



سیب ترش

بزرگترین مرکز مشاوره ای و آموزشی کشور

نسخه ۲۰

LEVELUP

فیزیک ۲



دانلود اپ سیب ترش

سیب ترش در صفحات مجازی



SIBTORSH



SIBTORSH.OFFICIAL



مرکز کنکوری سیب ترش

مدیر آموزشی : دکتر احمد رضا ورمزیار

سیب ترش : بزرگ ترین مرکز آنلاین کنکوری

نسخه ۲۰ : سوالات لول آپ

فیزیک ۲ : مثل آب خوردن ۲۰ بگیر

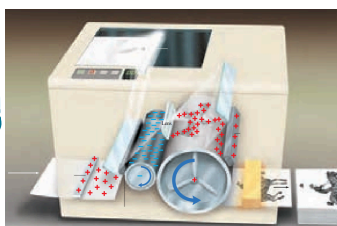
مدیر دپارتمان فیزیک : دکتر علی بزرگ زاده

فصل اول : الکتروسیسته ساکن

بار الکتریکی - پایدگی و کوانتیده بودن بار الکتریکی

۱) یک الکتروسکوپ دارای بار الکتریکی منفی است. یک میله شیشه‌ای که با پارچه ابریشمی مالش داده شده به آرامی به آن نزدیک می‌کنیم برای تیغه الکتروسکوپ چه رخ می‌دهد؟

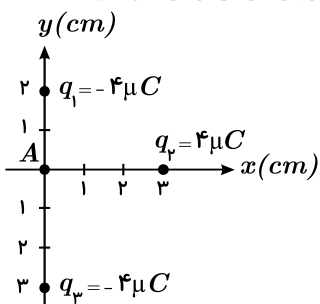
۲) اگر یک میله شیشه‌ای باردار را به سرعت به کلاهک یک الکتروسکوپ دارای بار منفی نزدیک کنیم چه رخ می‌دهد؟



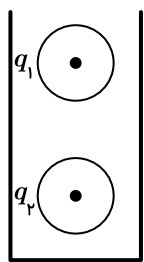
۳) شکل روبه‌رو تصویری از مرحله‌های ایجاد یک رونوشت در دستگاه فتوکپی را نشان می‌دهد. در مورد چگونگی کار دستگاه‌های فتوکپی تحقیق کنید.

قانون کولن - برهم نهی نیروهای الکتروستاتیکی

۴) در شکل مقابل نیروی خالص وارد شده بر بار $q = 1 \mu C$ را که در نقطه A قرار گرفته است، محاسبه و بردار آن را رسم کنید.

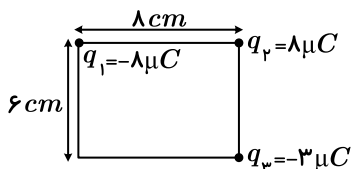


۵) با استفاده از وسایل زیر آزمایشی طراحی کنید که به وسیله آن بتوان اندازه بار الکتریکی یک گوی پلاستیکی را محاسبه نمود. (دو گوی پلاستیکی کوچک، پارچه پشمی، استوانه یا لوله شیشه‌ای، خط کش مدرج و ترازو)



۶ در شکل روبه‌رو دو گوی باردار مشابه به جرم $2g$ دارای بارهای $q_1 = 0.4 \mu C$ و $q_2 = 0.5 \mu C$ درون استوانه در فاصله d از یکدیگر و در حال تعادل قرار دارند. این فاصله را برحسب یکای SI به دست آورید. $g = \frac{10m}{s^2}$

$$(k = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2})$$

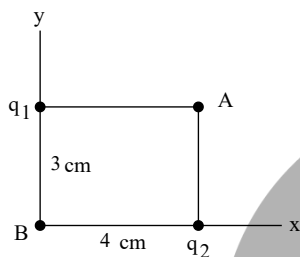


۷ سه بار الکتریکی در رأس‌های مستطیلی مطابق شکل زیر قرار دارند. نیروی وارد بر بار q_2 چند نیوتون است؟

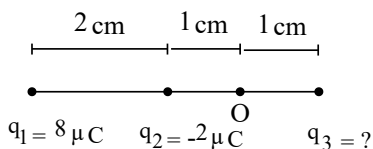
میدان الکتریکی - بر هم نهی میدان‌های الکتریکی - خطوط میدان الکتریکی - میدان الکتریکی یکنواخت

۸ در شکل مقابل بردار میدان الکتریکی خالص یکای SI در نقطه A برابر $\vec{E} = 450\vec{i} - 200\vec{j}$ (در SI) است.

الف) بردار میدان را در نقطه B حساب کنید.
ب) در چه فاصله‌ای از بار q_1 میدان خالص صفر می‌شود.

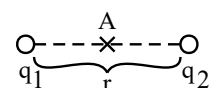


۹ سه بار الکتریکی مطابق شکل قرار گرفته‌اند. اندازه و نوع q_3 چقدر باشد تا بزرگی میدان الکتریکی در نقطه O صفر شود؟

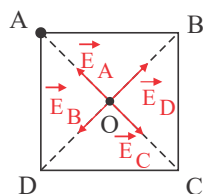


۱۰ دو بار q_1 و q_2 در فاصله r از هم قرار دارند. برایند میدان الکتریکی در نقطه وسط فاصله بین دو بار $\vec{E}$ و به سمت راست شده

است. اگر q_1 بار را حذف کنیم میدان الکتریکی $\frac{\vec{E}}{2}$ و به سمت چپ می‌شود، نسبت $\frac{q_1}{q_2}$ را به دست آورید.



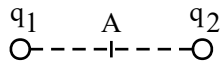
۱۱ در چهار رأس مربعی به ضلع $a = 2m$ بارهای $q_A = -3 \times 10^{-8} C$ ، $q_C = -5 \times 10^{-8} C$ و $q_B = q_D = 3 \times 10^{-8} C$ قرار دارند. میدان الکتریکی را در مرکز مربع محاسبه کنید.





۱۲) میدان الکتریکی خالص ناشی از دو بار q_1 و q_2 در نقطه A وسط فاصله دو بار $\vec{E}$ و به سمت راست شده است.

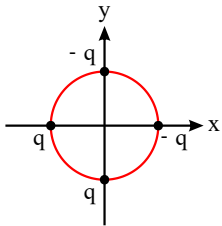
اگر بار q_1 را حذف کنیم میدان الکتریکی $\frac{\vec{E}}{4}$ و به سمت راست خواهد شد. نسبت $\frac{q_1}{q_2}$ را به دست آورید.



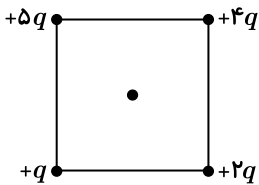
۱۳) دو بار $q_1 = q$ و $q_2 = -4q$ در فاصله L از هم قرار دارند. در چه فاصله‌ای برحسب L از بار q_2 بزرگی میدان الکتریکی صفر است؟

۱۴) در شکل مقابل شعاع دایره $1m$ و $q = 5\mu C$ است بزرگی و جهت میدان الکتریکی برابند را در مرکز دایره (مرکز مختصات) با

محاسبه و ترسیم تعیین کنید و بردار میدان خالص را با بردارهای یکه نشان دهید. $k = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$



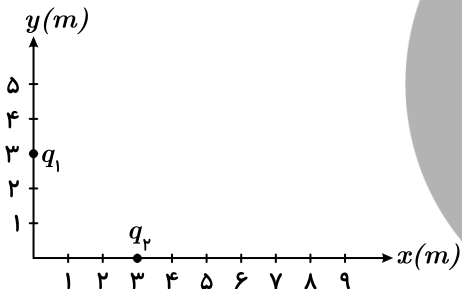
۱۵) اگر در یک رأس مربعی بار q قرار گیرد، اندازه میدان الکتریکی حاصل از آن در مرکز مربع E است. حال اگر در چهار رأس همان مربع، بارهای الکتریکی مطابق شکل قرار گیرند، اندازه میدان الکتریکی در مرکز آن چند برابر E می‌شود؟



۱۶) شکل روبه‌رو دو بار نقطه‌ای q_1 و q_2 را در صفحه xy نشان می‌دهد. میدان الکتریکی

خالص در نقطه‌ای با مختصات $\begin{bmatrix} 3 \\ 3 \end{bmatrix}$ را تعیین کنید.

$$(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}, q_1 = -q_2 = 4\mu C)$$



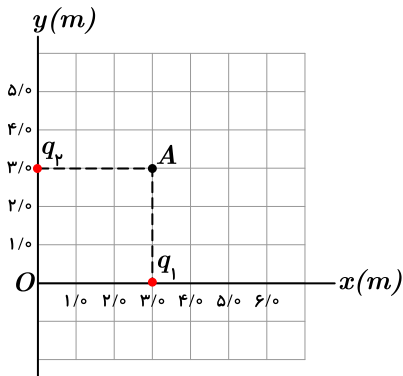
۱۷) رسوب‌دهنده الکتروستاتیکی (ESP) دود و غبار را از گازهای زائدی که از دودکش

کارخانه‌ها و نیروگاه‌ها بالا می‌آید جدا می‌سازد. رسوب‌دهنده‌ها انواع مختلفی دارند. در مورد اساس کار این رسوب‌دهنده‌ها تحقیق کنید. شکل‌های روبه‌رو تأثیر رسوب‌دهنده را در کاهش آلودگی هوای ناشی از یک دودکش نشان می‌دهد.





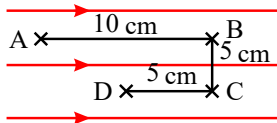
۱۸ تولیدمثل برخی از گل‌ها به زنبورهای عسل وابسته است. گرده‌ها به واسطه میدان الکتریکی، از یک گل به زنبور و از زنبور به گل دیگر منتقل می‌شوند. در این باره تحقیق کنید.



۱۹ میدان الکتریکی خالص حاصل از آرایش بار شکل مقابل را در نقطه A تعیین کنید.

انرژی پتانسیل الکتریکی

۲۰ بار الکتریکی $q = 1 \mu C$ در میدان الکتریکی یکنواخت $E = 10^4 \frac{N}{C}$ ابتدا از A به B، سپس از B به C و در نهایت از C به D برده می‌شود.



الف) تغییر انرژی پتانسیل بار در هر جابه‌جایی چقدر است؟
ب) در نهایت از A تا D انرژی پتانسیل بار چگونه تغییر کرده است؟

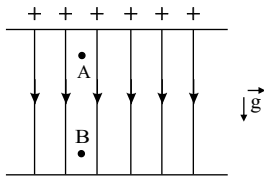
۲۱ در یک میدان الکتریکی یکنواخت، ذره‌ای به جرم $10^{-16} g$ با بار الکتریکی منفی با تندی اولیه v_0 از نقطه A در جهت خط‌های میدان پرتاب می‌شود و تا رسیدن به نقطه B تندی آن به اندازه $6 \frac{m}{s}$ تغییر می‌کند. اگر در این جابه‌جایی نیروی مؤثر بر ذره فقط حاصل از میدان الکتریکی و اندازه کار نیروی الکتریکی $300 \mu J$ باشد، تندی اولیه ذره (v_0) چند متر بر ثانیه است؟

۲۲ بار نقطه‌ای $(+q)$ را در مرکز دایره‌ای به شعاع R قرار داده‌ایم. اگر بار خیلی کوچک $(-q)$ را روی محیط دایره حرکت دهیم، انرژی پتانسیل الکتریکی سامانه و نیروی الکتریکی وارد بر بار $(-q)$ چگونه تغییر می‌کند؟

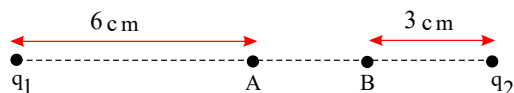
۲۳ ذره‌ای به جرم $4g$ و بار الکتریکی $-2 \mu C$ روی خط راستی که با میدان الکتریکی به بزرگی $5 \times 10^5 \frac{N}{C}$ زاویه 37° می‌سازد، خلاف جهت میدان ۱٫۲ متر حرکت می‌کند. اگر سرعت ذره در شروع جابه‌جایی $2 \frac{m}{s}$ باشد، سرعت آن در پایان جابه‌جایی چند $\frac{m}{s}$ خواهد شد؟ (از اصطکاک چشم‌پوشی کنید و $\cos 37^\circ = 0.8$)



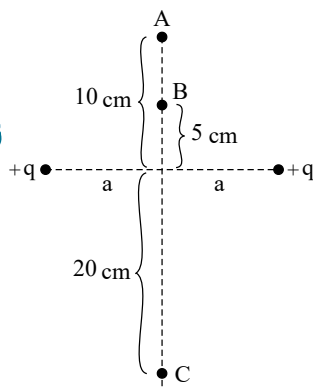
۲۴ مطابق شکل زیر، ذره‌ای با بار $q = -32 \mu C$ و جرم $1.6g$ ، در نقطه A با تندی $1 \frac{m}{s}$ در جهت خطوط میدان الکتریکی یکنواختی به بزرگی $3000 \frac{N}{C}$ ، پرتاب شده و در نقطه B متوقف می‌شود. فاصله میان نقطه A و B چند میلی‌متر است؟ (از مقاومت هوا چشم‌پوشی کنید و $g = 10 \frac{N}{kg}$)



۲۵ دو بار الکتریکی نقطه‌ای $q_1 = 8 \mu C$ و $q_2 = 2 \mu C$ در دو نقطه و به فاصله $12cm$ از یکدیگر ثابت شده‌اند. یک بار نقطه‌ای منفی را بین دو بار مطابق شکل زیر از نقطه A تا نقطه B با سرعت ثابت جابه‌جا می‌کنیم. انرژی پتانسیل الکتریکی بار در این جابه‌جایی چگونه تغییر می‌کند؟



۲۶ مطابق شکل زیر دو بار الکتریکی نقطه‌ای هم‌اندازه و مثبت در فاصله مشخص از یکدیگر ثابت شده‌اند. یک بار نقطه‌ای منفی روی عمود منصف خط واصل دو بار با سرعت ثابت از نقطه A تا نقطه C جابه‌جا می‌شود. انرژی پتانسیل الکتریکی بار در نقاط A ، B و C را مقایسه کنید.

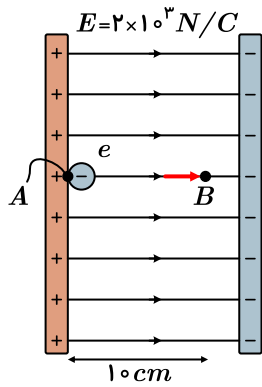


۲۷ یک جسم باردار به جرم $100g$ در یک میدان الکتریکی به بزرگی $500 N/C$ از حالت سکون رها می‌شود. اگر اندازه بار این جسم $|q| = 2mC$ باشد و آزادانه $20cm$ در خلاف جهت میدان جابه‌جا شود:

الف نوع بار را تعیین کنید.

ب تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی چند ژول است؟

پ سرعت جسم پس از این جابه‌جایی چند متر بر ثانیه است؟



۲۸ در میدان الکتریکی یکنواخت نشان داده شده در شکل، الکترونی با سرعت v_A پرتاب و در نقطه B متوقف می‌شود. (بار الکترون $1.6 \times 10^{-19} C$ و جرم آن $9.1 \times 10^{-31} kg$ است.)

الف تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی الکترون در این جابه‌جایی چه مقدار است؟

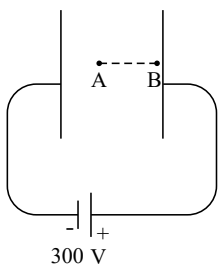
ب v_A را بیابید. (از نیروی وزن صرف‌نظر کنید.)

پتانسیل الکتریکی - رابطه‌ی اختلاف پتانسیل دو نقطه و اندازه‌ی میدان یکنواخت - کار نیروی خارجی

۲۹ اگر بار $1.0 \mu C$ توسط یک نیروی خارجی در میدان الکتریکی $E = 1.0 \frac{N}{C}$ در جهت میدان به اندازه $1.0 cm$ جابه‌جا شود طوری که انرژی جنبشی آن $1 J$ افزایش یابد، کار نیروی خارجی در این جابه‌جایی چقدر است؟

۳۰ نشان دهید که در حالت کلی با جابه‌جایی بین دو نقطه از میدان الکتریکی یکنواخت که در راستای میدان از هم به اندازه d متر، از یکدیگر فاصله دارند، اختلاف پتانسیل الکتریکی دارای اندازه Ed خواهد بود.

۳۱ در شکل زیر و در میدان الکتریکی یکنواخت بین دو صفحه به بزرگی $E = 2 \times 10^3 N/C$ ، پروتونی از نقطه A با تندی اولیه $2 \times 10^5 m/s$ به طرف صفحه دارای بار مثبت پرتاب شده و سرانجام در نقطه B که مجاور صفحه مثبت است، متوقف می‌شود. اگر اختلاف پتانسیل دو سر باتری $3.0 V$ باشد، فاصله نقطه A از صفحه منفی چند سانتی‌متر است؟ (از نیروی وزن و اصطکاک صرف‌نظر کنید و بار پروتون $1.6 \times 10^{-19} C$ و جرم آن $1.6 \times 10^{-27} kg$ فرض شود.)

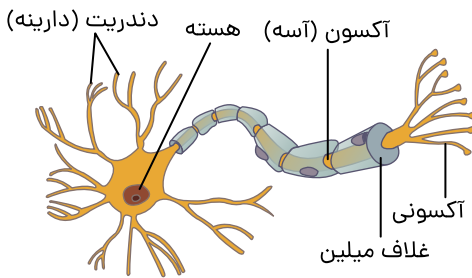


۳۲ بار الکتریکی $q = 1.0 \mu C$ در میدان الکتریکی یکنواخت $1.0 \frac{N}{C}$ در جهت خطوط میدان الکتریکی از نقطه A با پتانسیل $1.0 V$ به نقطه B با پتانسیل $5.0 V$ جابه‌جا شده است. مقدار این جابه‌جایی چقدر است؟



۳۳ دو بار الکتریکی نقطه‌ای $q_1 = 2\mu C$ و $q_2 = -4\mu C$ در یک میدان الکتریکی یکنواخت از نقطه A تا نقطه B جابه‌جا می‌شوند. اگر کار میدان الکتریکی وارد بر بار q_1 در این جابه‌جایی 6 میلی‌ژول بیشتر از کار میدان الکتریکی وارد بر بار q_2 در این جابه‌جایی باشد، $V_B - V_A$ چند ولت است؟

۳۴ ذره‌ای با بار الکتریکی $q = -1\mu C$ را موازی با خط‌های میدان الکتریکی یکنواختی به بزرگی $200 N/C$ و در جهت میدان به اندازه $1m$ جابه‌جا کرده‌ایم. اگر در این جابه‌جایی انرژی جنبشی ذره $1mJ$ افزایش یافته باشد، کاری که ما روی ذره انجام داده‌ایم چند ژول است؟



۳۵ عمل مغز اساساً بر مبنای کنش‌ها و فعالیت‌های الکتریکی است. سیگنال‌های عصبی چیزی جز عبور جریان‌های الکتریکی نیست. مغز این سیگنال‌ها را دریافت می‌کند و اطلاعات به صورت سیگنال‌های الکتریکی در امتداد اعصاب گوناگون منتقل می‌شوند. هنگام انجام هر عمل خاصی، سیگنال‌های الکتریکی زیادی تولید می‌شوند. این سیگنال‌ها حاصل کنش الکتروشیمیایی در یاخته‌های عصبی موسوم به نورون هستند. درباره چگونگی کار نورون‌ها توضیح دهید.

✿ میدان الکتریکی در داخل رساناها - رسانای خنثی در میدان الکتریکی - چگالی سطحی بار الکتریکی

۳۶ الف) چگالی سطحی یک قطره جیوه به شعاع $1mm$ و بار الکتریکی $q = 3\mu C$ را محاسبه کنید. ($\pi \simeq 3$)
ب) اگر 8 قطره مشابه را به هم بچسبانیم با فرض آنکه دوباره تشکیل یک کره دهند چگالی سطحی این کره چقدر خواهد بود؟

✿ خازن - خازن با دی الکتریک - انرژی خازن

۳۷ ظرفیت خازنی 12 میکروفاراد و بار الکتریکی آن q است. اگر $37mC$ بار الکتریکی را از صفحه منفی جدا کرده و به صفحه مثبت منتقل کنیم، انرژی ذخیره شده در خازن به اندازه $8J$ زیاد می‌شود. Q را محاسبه کنید.

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



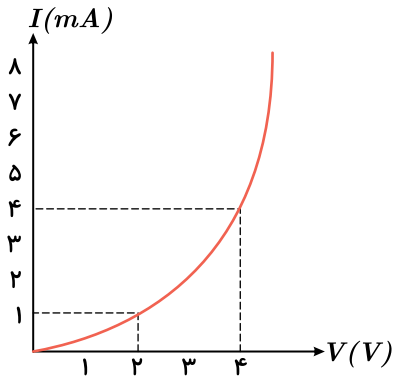
۳۹ در حسگر کیسه هوای برخی از خودروها از یک خازن استفاده می‌شود. درباره چگونگی عملکرد این حسگرها تحقیق کنید.



فصل دوم: جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

جریان الکتریکی - مقاومت الکتریکی و قانون اهم

۴۰ با توجه به شکل روبه‌رو که جریان برحسب ولتاژ را برای یک دیود نوری نشان می‌دهد، مقاومت در اختلاف پتانسیل $4V$ چند برابر مقاومت در اختلاف پتانسیل $2V$ است؟

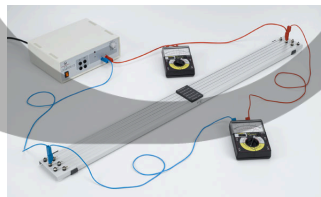
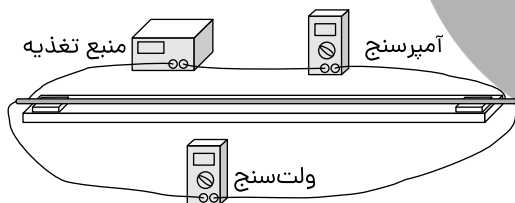


عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی، انواع مقاومت‌ها و کدگذاری

۴۱ لامپ یک چراغ‌قوه معمولی در $30^\circ C$ و $2.9V$ کار می‌کند. اگر مقاومت رشته تنگستنی این لامپ در دمای اتاق ($20^\circ C$) برابر 1.1Ω باشد، دمای این رشته وقتی که لامپ روشن است، چقدر است؟ ($a = 4.5 \times 10^{-3} K^{-1}$)

۴۲ ترمیستورها به دو نوع PTC و NTC تقسیم‌بندی می‌شوند. در مورد ساختار و کارکرد آنها توضیح دهید.

۴۳ 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.



الف) اسباب آزمایش اندازه‌گیری مقاومت یک سیم رسانا (ب) طرحی از مدار این آزمایش

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؟

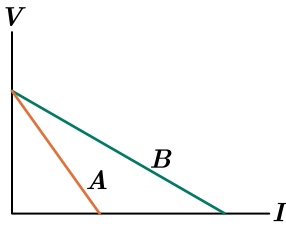
۲- آزمایش را با سیم‌هایی از جنس یکسان با طول برابر، ولی قطرهای متفاوت انجام دهید و نتایج خود را در جدولی ثبت کنید. به نظر شما چه رابطه‌ای بین مقاومت سیم‌ها و سطح مقطع آنها وجود دارد؟

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؟



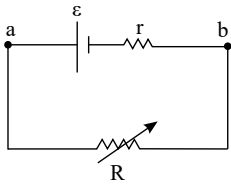
نیروی محرکه الکتریکی و مدارها - قاعده حلقه، مدار تک حلقه ای و افت پتانسیل در مقاومت

۴۴ شکل مقابل نمودار $V - I$ دو باتری فرسوده و نو را نشان می‌دهد. کدامیک مربوط به باتری نو و کدامیک مربوط به باتری فرسوده است؟



۴۵ آزمایشی برای اندازه‌گیری مقاومت داخلی باتری طراحی نمایید.

۴۶ در مدار مقابل با تغییر مقاومت متغیر جریان مدار نمودار $V - I$ را رسم کنید و توضیح دهید محل برخورد نمودار با محور I چه جریانی را نشان می‌دهد؟



توان و انرژی

۴۷ می‌خواهیم دمای یک لیتر آب را توسط سیم پلاتینی که داخل آن قرار دارد در مدت ۷ دقیقه از $20^{\circ}C$ به $60^{\circ}C$ برسانیم اگر اختلاف پتانسیل بین دو سر آن $100V$ باشد و تغییر مقاومت بر اثر تغییر دما ناچیز باشد:

الف) طول سیم چقدر است؟

ب) چه مقدار بار الکتریکی از مدار عبور می‌کند؟ (سطح مقطع سیم 0.8 میلی‌متر مربع و مقاومت ویژه آن $10^{-7} \Omega \cdot m$ است.)

$$J = 4200 \frac{kg^{\circ}C}{c_{\text{آب}}}$$

۴۸ مقاومت یک لامپ 100 وات و 220 ولتی در حالت خاموش 48.8Ω است. دمای سیم تنگستن لامپ هنگام روشن بودن با ولتاژ

$220V$ ، چند درجهٔ سلسیوس افزایش می‌یابد؟ $(\alpha = 0.004 \frac{1}{K})$

۴۹ در دو سر یک سیم نیکروم (آلیاژ کروم و نیکل) به طول $2m$ و سطح مقطع $0.2mm^2$ ، اختلاف پتانسیل $200V$ برقرار کرده‌ایم. در مدت $20min$ ، چند کیلووات ساعت انرژی الکتریکی در این سیم مصرف می‌شود؟ (مقاومت ویژه نیکروم $10^{-6} \Omega \cdot m$ است.)

۵۰ با توجه به قانون ژول و تعریف نیروی محرکهٔ الکتریکی، برای یک حلقهٔ ساده، شامل یک باتری و یک مقاومت نشان دهید که قاعدهٔ حلقه یا قانون ولتاژها چیزی جز پایستگی انرژی نیست.

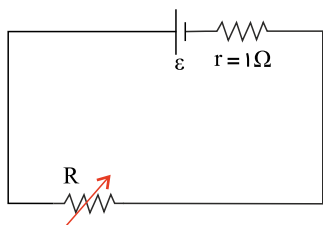


۵۱) اگر لامپ‌های رشته‌ای (التهابی) را با لامپ‌های LED جایگزین کنیم، درخواهیم یافت که در مصرف انرژی تفاوت چشمگیری حاصل می‌شود. مثلاً درحالی که لامپ هالوژن یک کلاه ایمنی چند باتری را در ۳ ساعت مصرف می‌کند، نوع LED همان لامپ، آن باتری‌ها را در ۳۰ ساعت به مصرف می‌رساند. دلیل این اختلاف را بیان کنید.

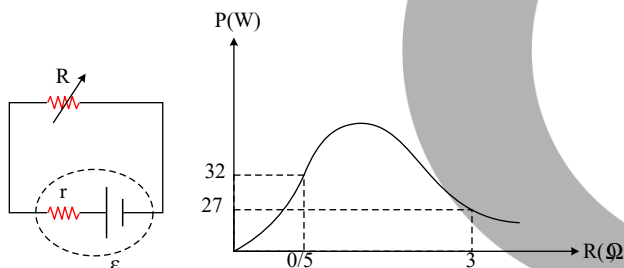


۵۲) الف) همانند شکل با یک اهم متر، مقاومت رشته سیم داخل لامپ ۱۰۰ وات را اندازه‌گیری کنید. سپس با استفاده از رابطه $P_{\text{مصرفی}} = \frac{V^2}{R}$ و با داشتن مشخصات روی لامپ، مقاومت آن را در حالت روشن محاسبه کنید. نتیجه محاسبه را با مقدار اندازه‌گیری شده مقایسه کنید.
ب) اکنون با استفاده از نتیجه به‌دست‌آمده، دمای رشته سیم داخل لامپ را در حال روشن برآورد کنید (رشته سیم لامپ از جنس تنگستن و ضریب دمایی مقاومت ویژه آن $4.5 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ است).

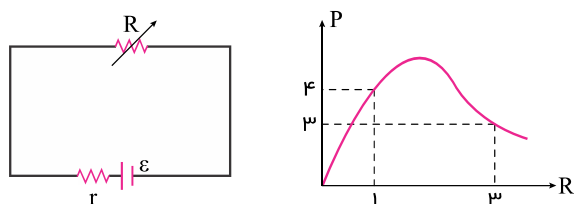
۵۳) در مدار شکل روبه‌رو، اگر مقاومت متغیر R را از 2Ω به 3Ω افزایش دهیم، توان خروجی مولد چگونه تغییر می‌کند؟



۵۴) در مدار زیر، نمودار توان خروجی مولد برحسب مقدار مقاومت الکتریکی متغیر R ، مطابق نمودار زیر است. حداکثر توان خروجی مولد چند وات است؟



۵۵) نمودار تغییرات توان مفید یک مولد برحسب مقاومت متغیر متصل به آن مطابق شکل است. نیروی محرکه مولد چند ولت است؟



۵۶) مقاومت متغیر R به دو سر یک مولد با مقاومت درونی r و نیروی محرکه $\mathcal{E}$ بسته شده است. حال اگر مقاومت R را دو برابر کنیم، چه تغییری در توان مفید مدار حاصل می‌شود؟

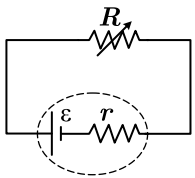


۵۷) اگر یک مقاومت 6Ω را به دو سر یک باتری با مقاومت درونی 4Ω ببندیم، توان خروجی (مفید) باتری چند درصد توان تولیدی باتری می‌شود؟

۵۸) سیمی به طول L و مقاومت R به یک باتری با مقاومت درونی r وصل می‌باشد. اگر سیم را به ۳ قسمت مساوی تقسیم کرده و آنها را به‌طور موازی به یکدیگر وصل کرده و سپس مجموعه را با همان باتری موازی می‌کنیم، در این حالت توان تولیدی باتری $\frac{9}{5}$ توان تولیدی حالت قبل می‌شود. r چند اهم است؟

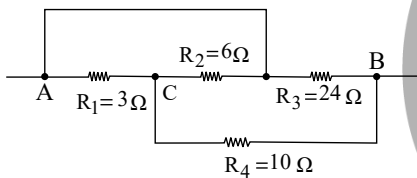
۵۹) نیروی محرکه مولدی ۲۴ ولت و بیشترین توان خروجی ممکن برای آن ۳۶ وات است. اگر مقاومت $R = 8\Omega$ را به دو سر این مولد ببندیم، اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر مولد چند ولت خواهد شد؟

۶۰) در مدار روبه‌رو، نیروی محرکه الکتریکی و مقاومت داخلی منبع را که توان خروجی آن به‌ازای $I_1 = 5A$ برابر $9.5W$ و به‌ازای $I_2 = 7A$ برابر $12.6W$ است، محاسبه کنید.

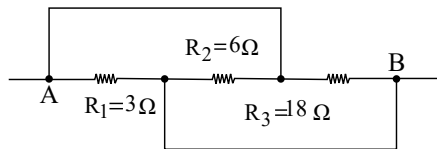


قاعده انشعاب، ترکیب مقاومت‌ها - به هم بستن متوالی، موازی یا ترکیبی

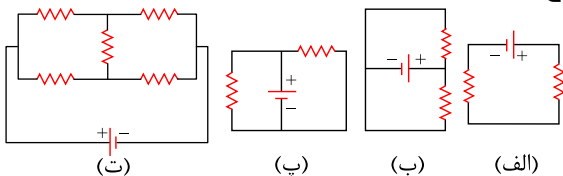
۶۱) در شکل مقابل مقاومت معادل بین دو نقطه A و B چقدر است؟



۶۲) مقاومت معادل را در شکل مقابل بیابید.



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

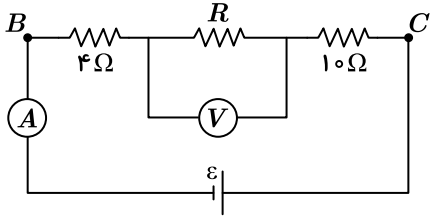


۶۴) سه مقاومت مساوی R را یک بار به‌طور متوالی و بار دیگر به‌صورت موازی به هم می‌بندیم و هر بار دو سر مجموعه را به مولدی با نیروی محرکه ε و مقاومت درونی $r = R$ وصل می‌کنیم. نسبت جریان در مدار در حالت متوالی به حالت موازی چقدر است؟



۶۵ دو سیم رسانای A و B با قطر مقطع و طول مساوی به‌طور موازی به هم وصل شده‌اند و از مجموعه آنها، جریان 12 آمپری عبور می‌کند. شدت جریان در سیم A چند آمپر است؟ ($\rho_B = 4 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$, $\rho_A = 2 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$)

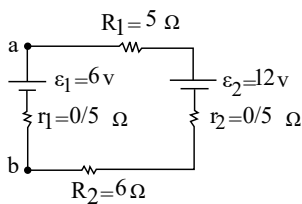
۶۶ اگر در شکل روبه‌رو، آمپرسنج و ولت‌سنج ایده‌آل به‌ترتیب $12A$ و $24V$ را نشان دهند، اختلاف پتانسیل بین دو نقطه B و C چند ولت خواهد بود؟



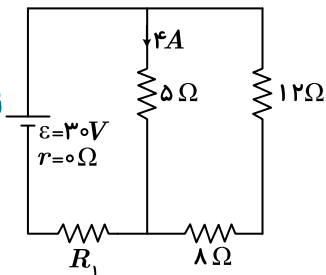
۶۷ در مدار شکل مقابل: الف) جریان عبوری از مدار چقدر است؟

ب) $V_b - V_a$ چقدر است؟

ج) در مورد عملکرد مولد ε_1 توضیح دهید.



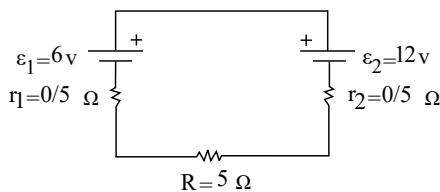
۶۸ در مدار شکل روبه‌رو، توان مصرفی مقاومت R_1 چند وات است؟



۶۹ در مدار شکل مقابل: الف) جریان عبوری از مقاومت R چقدر است؟

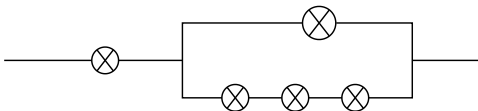
ب) توان مصرفی در مقاومت R چقدر است؟

ج) توان خروجی مولد ε_2 و توان ورودی مولد ε_1 را محاسبه کنید.



۷۰ در شکل مقابل لامپ‌ها مشابهند و حداکثر توان قابل تحمل هر لامپ $80W$ است. بیش‌ترین توانی که می‌توان به دو سر این

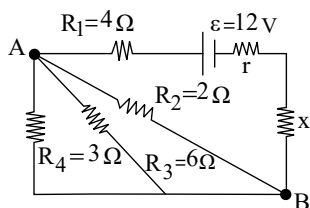
مجموعه متصل کرد تا هیچ کدام از لامپ‌ها نسوزند چقدر است؟





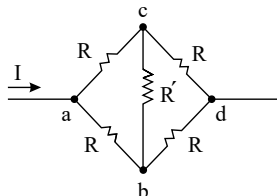
۷۱ الف) در مدار مقابل اگر جریان مقاومت R_1 برابر $0.5A$ باشد، جریان در بقیه مقاومت‌ها را حساب کنید.

ب) اگر افت پتانسیل در مقاومت درونی مولد $1.5V$ باشد، مقاومت درونی مولد و مقاومت مجهول x را حساب کنید.



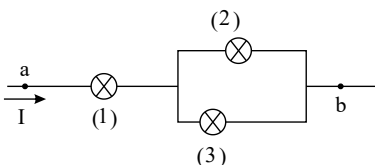
۷۲ الف) در شکل مقابل اگر دو سر مجموعه را به اختلاف پتانسیل V وصل کنیم، آیا از مقاومت R' جریانی عبور می‌کند؟

ب) مقاومت معادل مجموعه چقدر است؟



۷۳ در شکل مقابل مقاومت همه لامپ‌ها برابر R است و حداکثر توان قابل تحمل هر لامپ $60W$ است. حداکثر چه توانی به دو نقطه b و

a داده شود تا هیچ لامپی نسوزد؟



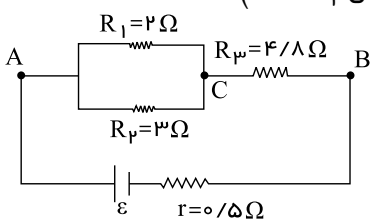
۷۴ دو لامپ را که روی آنها اعداد $(220V$ و $40W)$ و $(220V$ و $60W)$ نوشته شده است به صورت سری به هم بستیم و مجموعه را

به ولتاژ $220V$ (برق شهر) وصل کرده‌ایم. توان مصرفی هر یک از لامپ‌ها و توان کل مجموعه چند وات می‌شود؟

۷۵ در شکل مقابل اختلاف پتانسیل بین دو نقطه A, B برابر با $12V$ است. (اصلاحی: مقاومت 2 اهمی R_1 است)

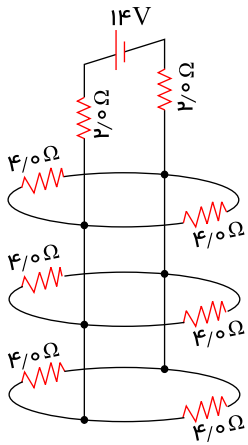
الف) جریان عبوری از مقاومت‌های R_1 و R_3 چقدر است؟

ب) نیرو محرکه مولد چقدر است؟

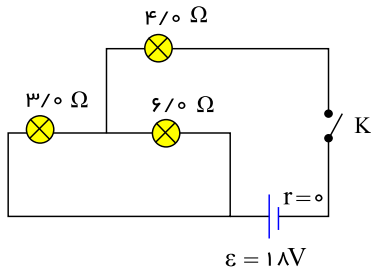




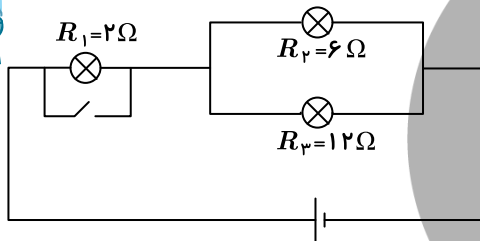
۷۶ جریانی که از منبع نیروی محرکه آرمانی و هر یک از مقاومت‌های شکل روبه‌رو می‌گذرد، چقدر است؟



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



۷۸ سه لامپ مطابق شکل زیر به یک باتری متصل شده است:



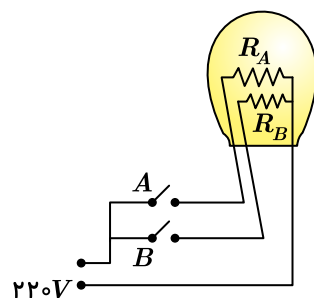
الف در حالتی که کلید باز است توان الکتریکی مصرفی در لامپ ۶ اهمی برابر $96W$ است. اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر باتری چند ولت است؟

ب اگر کلید را ببندیم روشنایی لامپ (۱) چه تغییری می‌یابد؟

۷۹ مطابق شکل، یک لامپ سه‌راهه $220V$ دوفیلامانه برای کار در سه توان مختلف ساخته شده است.

اگر کمترین و بیشترین توان مصرفی این لامپ به‌ترتیب $10W$ و $50W$ باشد، نسبت $\frac{R_A}{R_B}$ کدام است؟

($R_A > R_B$)

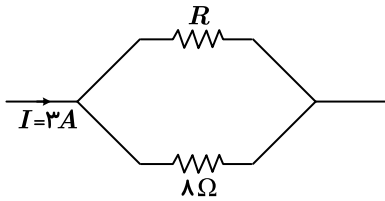




۸۰ در شکل زیر، اگر در مقاومت 8Ω در هر ثانیه $32J$ و در مقاومت R در هر ثانیه $16J$ گرما تولید شود، موارد زیر را به دست آورید.

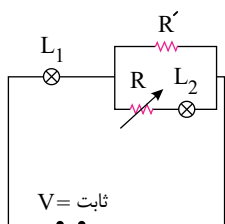
الف) مقدار مقاومت R

ب) جریان گذرنده از مقاومت 8 اهمی



۸۱ در سیم‌کشی منازل، همه مصرف‌کننده‌ها به‌طور موازی متصل می‌شوند. یک اتوی $1100W$ ، یک نان برشته‌کن (توستر) $1800W$ ،

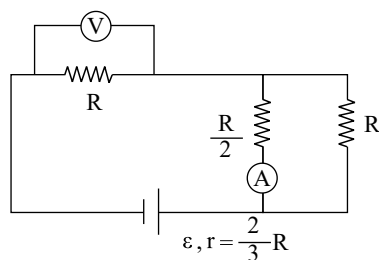
پنج لامپ رشته‌ای $100W$ و یک بخاری $1100W$ به پریزهای یک مدار سیم‌کشی خانگی $220V$ که حداکثر می‌تواند جریان $15A$ را تحمل کند وصل شده‌اند. آیا این ترکیب مصرف‌کننده‌ها باعث پریدن فیوز می‌شود یا خیر؟



۸۲ در مدار شکل مقابل با کاهش تدریجی مقاومت R ، نور لامپ‌های L_1 و L_2 چگونه تغییر می‌کند؟

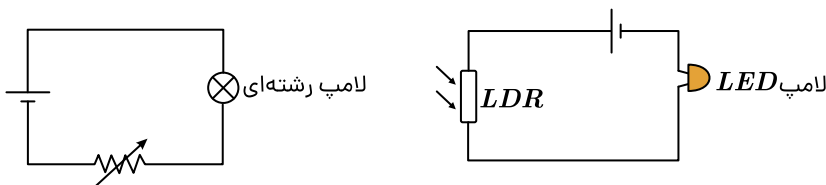
۸۳ در مدار شکل زیر، اگر جای ولت‌سنج و آمپرسنج را با هم عوض کنیم، عددی که ولت‌سنج (ایده‌آل) و آمپرسنج ایده‌آل نشان

می‌دهند، چگونه تغییر خواهند کرد؟

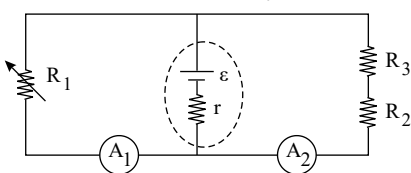


۸۴ اگر در مدار سمت چپ مقاومت رنوستا را کاهش دهیم، نور لامپ LED در مدار سمت راست افزایش می‌یابد یا کاهش؟ علت را

توضیح دهید.

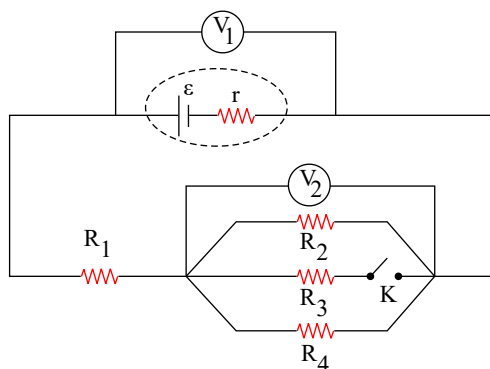


۸۵ در مدار شکل زیر، با افزایش مقاومت رنوستای R_1 ، اعدادی که آمپرسنجهای A_1 و A_2 نشان می‌دهند، چگونه تغییر می‌کند؟

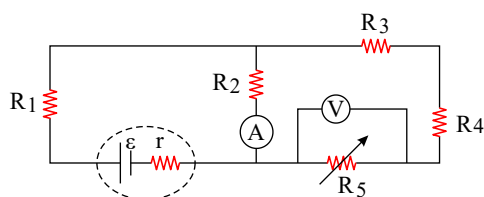




۸۶ در شکل مقابل اگر کلید K بسته شود، مقداری که ولتسنج‌های V_1 و V_2 نشان می‌دهند چگونه تغییر می‌کند؟

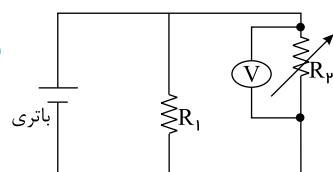


۸۷ در مدار شکل زیر، اگر مقاومت R_5 افزایش یابد، ولتسنج و آمپرسنج ایده‌آل چگونه تغییر می‌کنند؟

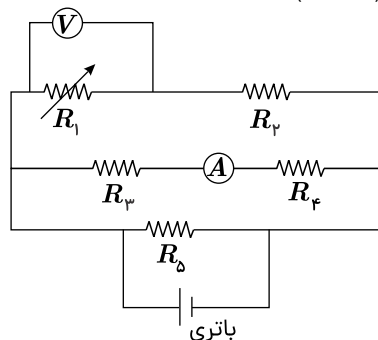


۸۸ در مدار شکل داده شده با افزایش تدریجی مقاومت R_p از 3Ω تا 6Ω ، عدد ولتسنج ایده‌آل تغییری نمی‌کند. توان خروجی باتری در

حین تغییر مقاومت R_p چه تغییری می‌کند؟

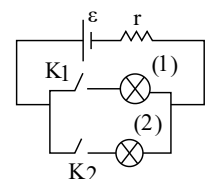


۸۹ در مدار شکل زیر با افزایش مقاومت R_1 ، عدد آمپرسنج ایده‌آل تغییری نمی‌کند. عدد ولتسنج (ایده‌آل) چگونه تغییر می‌کند؟



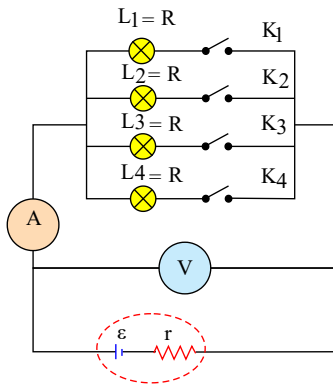
۹۰ در شکل مقابل لامپ‌ها مشابه‌اند. ابتدا کلید k_1 بسته می‌شود و سپس کلید k_2 نیز بسته می‌شود. در دو حالت جریان عبوری از هر

لامپ را محاسبه کنید و نور لامپ (۱) را در حالت اول و دوم مقایسه کنید.

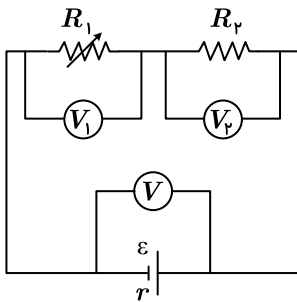
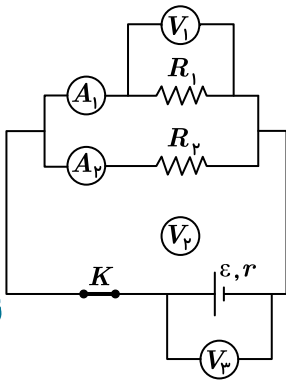




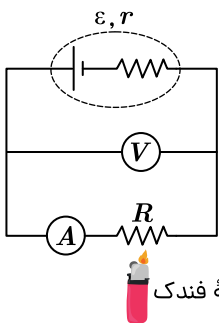
۹۱ در شکل زیر، تعدادی لامپ مشابه به‌طور موازی به هم متصل شده‌اند و هر لامپ با کلیدی همراه است. بررسی کنید که با بستن کلیدها یکی پس از دیگری، عددهایی که آمپرسنج و ولتسنج نشان می‌دهند، چه تغییری می‌کند؟



۹۲ در مدار شکل روبه‌رو، $R_1 < R_p$ است و ولتسنج‌ها و آمپرسنج‌ها مشابه‌اند. با توضیح کامل بنویسید کدام آمپرسنج و کدام ولتسنج به‌ترتیب جریان و اختلاف پتانسیل بیشتری را نشان می‌دهند؟



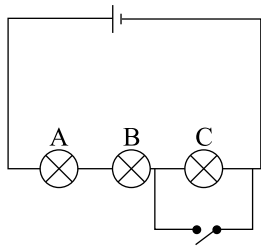
۹۳ در شکل روبه‌رو، مقاومت متغیر R_1 را به تدریج کاهش می‌دهیم. مقداری که V ، V_1 و V_p نشان می‌دهند، به‌ترتیب از راست به چپ چگونه تغییر می‌کند؟



۹۴ در شکل زیر، مقاومت R یک رشته تنگستن (رشته داخل لامپ) است. اگر شعله فندک را زیر این رشته قرار دهیم، اعدادی که آمپرسنج و ولتسنج نشان می‌دهند، چگونه تغییر می‌کنند؟



۹۵ لامپ‌های A ، B و C در شکل زیر همگی یکسان‌اند. با بستن کلید، کدام‌یک 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 50% کاهش می‌یابد.

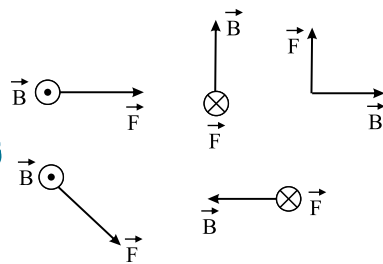
(پ) هریک از اختلاف پتانسیل‌های دو سر A و B به اندازه 50% افزایش می‌یابد.

(ت) اختلاف پتانسیل دو سر C به صفر کاهش می‌یابد.

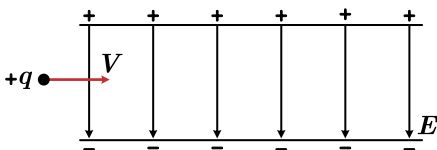
فصل سوم : مغناطیس

نیروی مغناطیسی وارد بر ذره ی باردار متحرک در میدان مغناطیسی

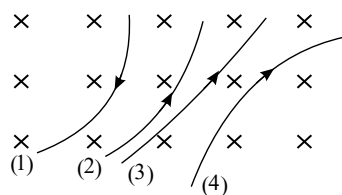
۹۶ نیروی مغناطیسی $\vec{F}$ وارد بر الکترونی که در میدان مغناطیسی $\vec{B}$ در حرکت است، در شکل زیر، نشان داده شده است. فرض کنید راستای حرکت الکترون بر میدان مغناطیسی عمود است؛ در هریک از حالت‌های نشان داده‌شده جهت سرعت الکترون را تعیین کنید.



۹۷ ذره باردار مثبتی با جرم ناچیز با سرعت $250 \times \frac{m}{s}$ در امتداد محور x وارد فضایی می‌شود که میدان‌های یکنواخت الکتریکی و مغناطیسی وجود دارد. اندازه میدان الکتریکی برابر $250 \frac{N}{C}$ است. اندازه و جهت میدان مغناطیسی را طوری تعیین کنید که ذره در همان امتداد محور x به حرکت خود ادامه دهد؟

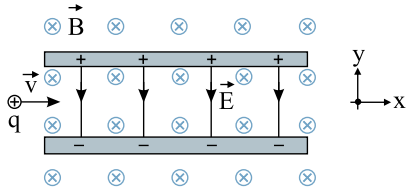


۹۸ شکل مقابل مسیر حرکت ۴ ذره در میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد. در هر مورد نوع بار الکتریکی را تعیین کنید.



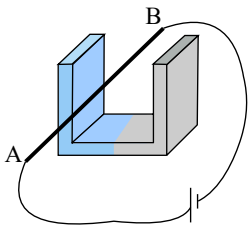


۹۹ ذره باردار مثبتی با جرم ناچیز و با سرعت $\vec{v}$ در امتداد محور x وارد فضایی می‌شود که میدان‌های یکنواخت $\vec{E}$ و $\vec{B}$ وجود دارد (شکل زیر). اندازه این میدان‌ها برابر $E = 450 \frac{N}{C}$ و $B = 0.18 T$ است. تندی ذره چقدر باشد تا در همان امتداد محور x به حرکت خود ادامه دهد؟



نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان

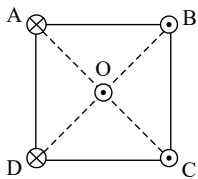
۱۰۰ سیم AB در فضای بین دو قطب یک آهنربای نعلی‌شکل با میدان $T \times 10^{-3} \times 2$ قرار دارد و اختلاف پتانسیل باتری نیز $40V$ است. اگر جرم سیم AB برابر با $20gr$ باشد برای اینکه سیم معلق بماند:
الف) قطب‌های N و S آهنربا را تعیین کنید.
ب) مقاومت الکتریکی AB چقدر باید باشد (طول سیم AB درون میدان را $20cm$ فرض کنید).



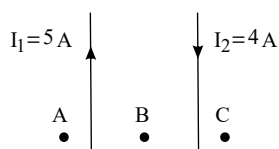
۱۰۱ آزمایشی طراحی کنید که به کمک آن بتوان نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان الکتریکی درون میدان مغناطیسی را اندازه‌گیری کرد. در صورت لزوم، برای اجرای آزمایش می‌توانید از ترازوی دیجیتال (رقمی) با دقت $0.1g$ استفاده کنید.

میدان مغناطیسی اطراف سیم راست حامل جریان

۱۰۲ در شکل مقابل در هریک از رأس‌های مربع جریان I عمودبر صفحه می‌گذرد و سیمی نیز در مرکز مربع (محل برخورد قطرها) قرار دارد که جریان برون‌سو به اندازه I از آن عبور می‌کند.
الف) میدان مغناطیسی خالص در نقطه O به کدام جهت است؟
ب) جهت نیروی وارد شده بر سیم O را پیدا کنید.

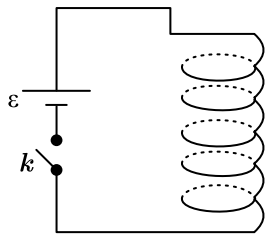


۱۰۳ در شکل مقابل جهت میدان مغناطیسی را در نقاط A و B مشخص کنید و در مورد جهت میدان در نقطه C بحث کنید.

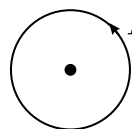




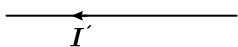
۱۰۴ با وصل کردن کلید در شکل مقابل، چه تغییری در طول فنر اتفاق می‌افتد؟ چرا؟



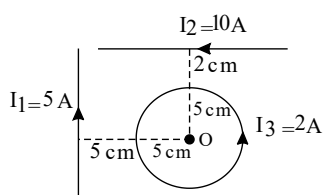
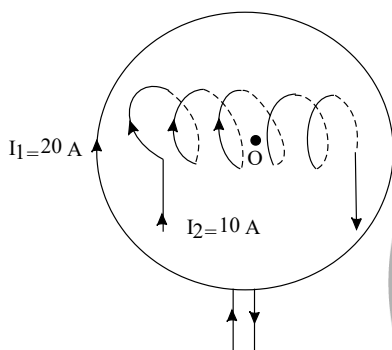
میدان ناشی از حلقه و سیم‌لوله



۱۰۵ در شکل داده‌شده، شعاع حلقه ۵ cm است. اگر میدان مغناطیسی حاصل از سیم راست در مرکز حلقه $I = \frac{5}{\pi} A$ باشد، G برابر $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$ چند تسلا و در چه جهتی است؟



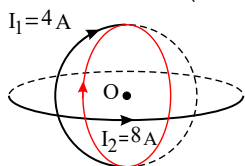
۱۰۶ مطابق شکل نقطه O در مرکز یک پیچه به شعاع ۲۰ cm قرار دارد که دارای ۱۰۰ حلقه است و جریان ۲۰ A از آن می‌گذرد. ضمناً O درون سیم‌لوله‌ای به طول ۱۰ cm که دارای ۱۰۰ حلقه است و از آن جریان ۱۰ A عبور می‌کند نیز واقع است. میدان مغناطیسی خالص در نقطه O چقدر است؟ $(\mu_0 = 12 \times 10^{-7} \frac{Nm}{A})$



۱۰۷ در شکل مقابل جهت میدان مغناطیسی برآیند را در نقطه O مشخص کنید.

۱۰۸ فرض کنید با سیمی که قطر آن ۱ mm است یک سیم‌لوله آرمانی با حلقه‌های به هم چسبیده درست کرده‌ایم که هزاران دور دارد. اگر جریان ۱ A از آن بگذرد، میدان مغناطیسی درون سیم‌لوله چقدر خواهد بود؟ $(\pi \simeq 3)$ فرض شود.

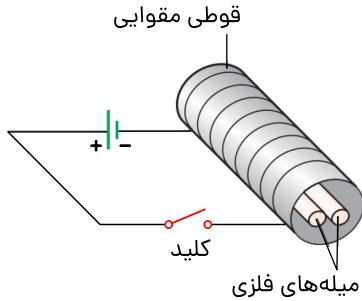
۱۰۹ در شکل مقابل شعاع هر حلقه ۱۰ cm و مرکز دو حلقه که عمود برهم واقع شده‌اند برهم منطبق است (نقطه O)، میدان مغناطیسی در نقطه O چقدر است؟





ویژگی های مغناطیسی مواد

۱۱۰ دو میله فلزی بلند مطابق شکل روبه‌رو درون سیملوله‌ای که دور یک قوطی مقوایی پیچیده شده است قرار دارند. با بستن کلید و عبور جریان از این سیملوله، مشاهده می‌شود که دو میله از یکدیگر دور می‌شوند. وقتی کلید باز و جریان در مدار قطع می‌شود، میله‌ها به محل اولیه بازمی‌گردند.



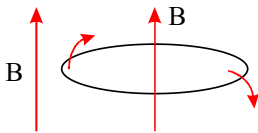
الف) چرا با عبور جریان از پیچه، میله‌ها از یکدیگر دور می‌شوند؟

ب) با دلیل توضیح دهید میله‌های فلزی از نظر مغناطیسی در کدام دسته قرار می‌گیرند.

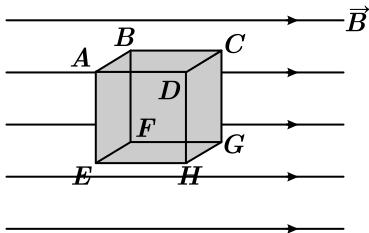
فصل چهارم : القای الکترومغناطیسی و جریان متناوب

القای الکترومغناطیسی

۱۱۱ میدان مغناطیسی مطابق شکل بر سطح یک حلقه در لحظه $t = 0$ عمود است. اگر این حلقه در هر ثانیه 30° در جهت نشان داده شده بچرخد و بیشینه شار عبوری از آن $5Wb$ باشد، مقدار شار عبوری از این حلقه در لحظه $t = 2s$ چند و بر است؟



۱۱۲ مکعبی به ضلع $2cm$ مطابق شکل مقابل، در یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی $1T$ قرار گرفته است.

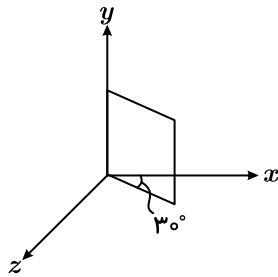


الف) شار گذرنده از هر وجه مکعب را به دست آورید.

ب) چه شار خالصی از کل مکعب می‌گذرد؟

۱۱۳ سیمی به طول $40cm$ را به شکل مربع درآورده و آن را داخل یک سیملوله بزرگتر و عمود بر خط میدان مغناطیسی قرار می‌دهیم. در هر متر از طول سیملوله 1000 حلقه وجود دارد و جریان $2A$ از آن می‌گذرد. شار گذرنده از مربع چند و بر است؟

$$\mu_0 \simeq 12 \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$$



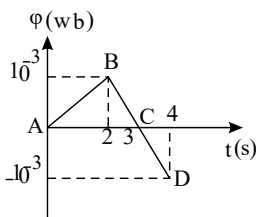
۱۱۴ در شکل مقابل قاب مستطیل‌شکلی به ابعاد $۱۵\text{cm} \times ۳۰\text{cm}$ در یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی ۰.۴T قرار دارد. میدان مغناطیسی در جهت محور x ها است. شار مغناطیسی عبوری از این قاب چند و بر است؟

۱۱۵ طول سیم‌لوله‌ای ۲۰cm و تعداد دورهای آن ۲۰۰ حلقه است. اگر سطح مقطع سیم‌لوله ۱۵cm^2 و جریان عبوری از آن ۵A باشد، شار مغناطیسی گذرنده از داخل سیم‌لوله چقدر است؟ $(\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{T} \cdot \text{m}}{\text{A}}, \pi \simeq ۳)$

۱۱۶ از سیمی به طول ۶۲.۸m پیچۀ مسطحی به شعاع ۵cm ساخته‌ایم. این پیچه به‌طور عمود بر یک میدان مغناطیسی یکنواخت قرار گرفته است. بزرگی میدان مغناطیسی با چه آهنگی تغییر کند تا شدت جریان القایی ۶mA شود؟ (مقاومت پیچه ۳.۱۴Ω است.)

۱۱۷ قابی شامل ۲۰۰ دور به شکل مستطیل به ابعاد $۱۰\text{cm} \times ۲۰\text{cm}$ عمود بر خطوط میدان مغناطیسی یکنواختی به شدت $۲ \times 10^{-3}\text{T}$ قرار دارد. اگر در مدت 10^{-2}s قاب ۶۰° بچرخد، اندازه نیرو محرکه القایی متوسط در قاب در این مدت چند ولت است؟

۱۱۸ در شکل زیر، نمودار تغییرات شار مغناطیسی برحسب زمان برای یک حلقۀ رسانا داده شده است. در هریک از سه مرحله AB ، BC و CD نیرو محرکه القایی را محاسبه کنید.

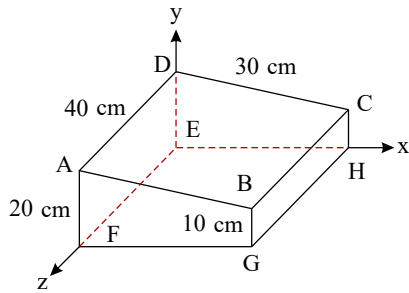


۱۱۹ سطح حلقه‌های پیچه‌ای که دارای N دور و مساحت هر حلقۀ آن ۲۰cm^2 است، بر میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی ۰.۲T عمود است. اگر میدان مغناطیسی در مدت ۲۰ms به ۰.۴T و در خلاف جهت اولیه برسد، نیروی محرکه القایی متوسط به بزرگی ۱۲ ولت در پیچه القا می‌شود. تعداد حلقه‌های پیچه (N) را به دست آورید.

۱۲۰ با یک سیم به طول ℓ یک قاب مربعی شکل درست می‌کنیم. شار عبوری بیشینه حاصل از میدان مغناطیسی یکنواخت عبوری از آن را Φ_1 می‌نامیم. سیم را به n قسمت مساوی تقسیم کرده و با هریک، یک قاب مربعی جدید می‌سازیم. مجموع شار بیشینه عبوری از آنها در همان میدان مغناطیسی قبل را Φ_2 می‌نامیم. نسبت $\frac{\Phi_2}{\Phi_1}$ چقدر است؟

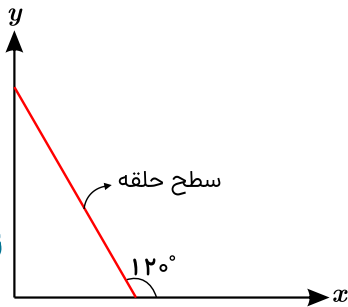


۱۲۱) جعبه‌ای مطابق شکل زیر در میدان مغناطیسی یکنواخت $B = ۵T$ که به موازات محور x است، قرار دارد. شار مغناطیسی گذرنده از وجه $ABCD$ چند میلی‌وبر است؟



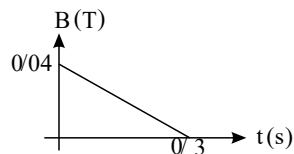
۱۲۲) سیم‌لوله‌ای به طول ۱۰۰ cm از ۱۰۰ حلقه نزدیک به هم تشکیل شده است. اگر شعاع سطح مقطع این سیم‌لوله ۵ cm باشد و در مدت ۰.۴ s جریان عبوری از سیم‌لوله ۸ A افزایش پیدا کند تغییر شار عبوری از سیم‌لوله چند وبر است؟ ($\pi^2 \simeq ۱۰$, SI , $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$)

۱۲۳) اگر در محلی بردار میدان مغناطیسی به صورت $\vec{B} = 3i + 3\sqrt{3}j$ (T) باشد و حلقه به صورت زیر قرار داشته باشد در این شرایط شار مغناطیسی عبوری از حلقه چند وبر است؟ (مساحت حلقه ۲ m^2 است)

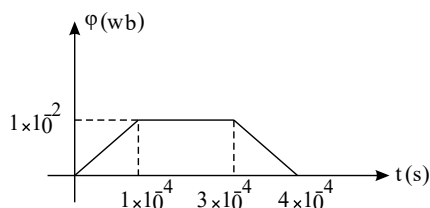


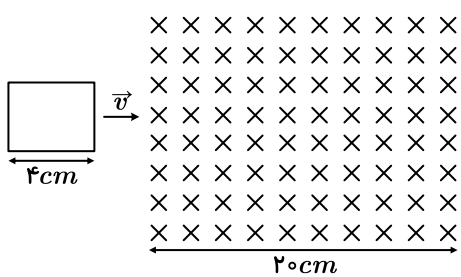
۱۲۴) خطوط میدان مغناطیسی یکنواخت بر سطح پیچ‌های شامل ۴۰۰ دور سیم عمود است و مساحت سطح مقطع پیچه ۲۰ cm^2 می‌باشد. اگر بزرگی میدان با آهنگ $۷ \frac{T}{s}$ تغییر کند، بزرگی نیرو محرکه القاشده را حساب کنید.

۱۲۵) حلقه‌ای به شعاع ۱۰ cm و مقاومت ۵Ω عمود بر میدان مغناطیسی متغیری که مطابق نمودار مقابل تغییر می‌کند قرار دارد. جریان القایی حلقه در لحظه $t = ۰.۲\text{ s}$ چقدر است؟ ($\pi = ۳$)



۱۲۶) نمودار شار مغناطیسی - زمان که از یک حلقه بسته می‌گذرد مطابق شکل است، نمودار تغییرات نیروی محرکه القاشده در حلقه را برحسب زمان رسم کنید.





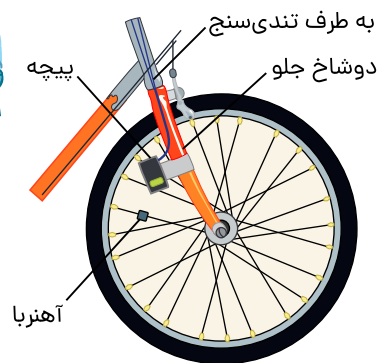
قاب فلزی مستطیل‌شکلی به ابعاد $4\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ مطابق شکل روبه‌رو با تندی ثابت $\frac{4}{5} \frac{m}{s}$ وارد میدان مغناطیسی یکنواخت 1 T شده و از طرف دیگر آن خارج می‌شود.

الف نمودار شار گذرنده از حلقه را رسم کنید.

ب نمودار نیروی محرکه القاشده در آن را برحسب زمان رسم کنید.

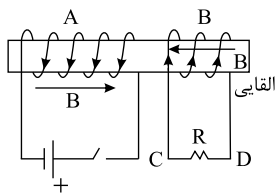
۱۲۸ پیچه‌ای به قطر 2 cm و مقاومت $3\text{ }\Omega$ ، دارای 240 دور است. میدان مغناطیسی 0.5 T که بر سطح پیچه عمود است، ناگهان از نظر جهت قرینه می‌شود. بار الکتریکی القاشده در پیچه چند کولن است؟ ($\pi \simeq 3$)

۱۲۹ یک حلقهٔ رسانا به مساحت 25 سانتی‌متر مربع در یک میدان مغناطیسی متغیر به معادلهٔ $B = 0.6t^2$ (در SI) عمود بر خط‌های میدان قرار دارد. در بازهٔ زمانی 1 تا 3 ثانیه، بزرگی نیروی محرکهٔ القایی متوسط در حلقه را محاسبه کنید.



۱۳۰ تندی‌سنج دوچرخه‌های مسابقه‌ای شامل یک آهنربای کوچک و یک پیچه است. آهنربا به سیم به طرف تندی‌سنج یکی از پره‌های چرخ جلو و پیچه به دو شاخ فرمان متصل است (شکل روبه‌رو). دو سر پیچه با سیم‌های رسانا به نمایشگر تندی‌سنج (که در واقع نوعی رایانهٔ کوچک است) وصل شده است. به نظر شما تندی‌سنج دوچرخه چگونه کار می‌کند؟

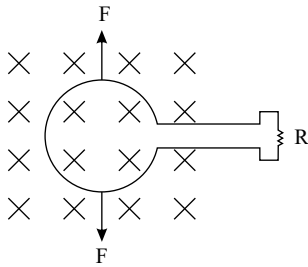
۱۳۱ دو سیم‌لولهٔ A و B که از سیم‌های روپوش‌داری درست شده‌اند بر روی یک هستهٔ آهنی (مطابق شکل) پیچیده شده‌اند.



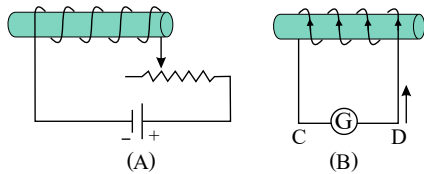
الف) هنگام وصل کلید جهت جریان القایی در مقاومت R را تعیین و مشخص کنید در این موقع نیرویی که دو سیم‌لوله به هم وارد می‌کنند چگونه است؟
ب) هنگام قطع کلید نیرویی که دو سیم‌لوله به هم وارد می‌کنند چگونه است؟



۱۳۲ ده حلقه قابل انعطاف به قطر 10 cm را که عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی به شدت 1200 G قرار دارند از دو طرف می‌کشیم تا در مدت $\pi(8)$ سطح آن به صفر برسد. در صورتی که در مجموع مقاومت حلقه‌ها و R برابر با $1\ \Omega$ باشد، جریان القایی متوسط چند میلی‌آمپر و در چه جهتی است؟

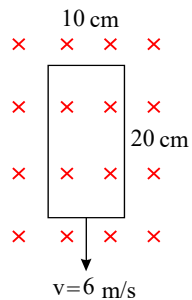


۱۳۳ در شکل مقابل اگر جریان القایی در سیم‌لوله B از نقطه C به D باشد مقاومت رئوستا در A در حال افزایش است یا کاهش؟ (لغزنده رئوستا به سمت راست می‌رود یا چپ؟) با ذکر دلیل.

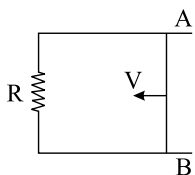


۱۳۴ سیم‌پیچ مستطیلی که در شکل مقابل است 60 دور دارد و مقاومت آن $2\ \Omega$ است. اگر آن را با سرعت $6\frac{m}{s}$ به طرف پایین و بیرون میدان مغناطیسی درون‌سو بکشیم جریان 2 A در آن برقرار می‌شود.

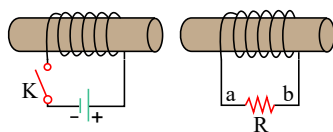
الف) اندازه میدان مغناطیسی چقدر است؟
ب) جهت جریان القایی را مشخص کنید.



۱۳۵ مطابق شکل مقابل میله فلزی AB با سیم‌های رابط و مقاومت R مدار بسته‌ای را تشکیل می‌دهند. میله AB با سرعت $4\frac{m}{s}$ در جهت نشان داده‌شده حرکت می‌کند. اگر میدان مغناطیسی یکنواخت برون‌سو با اندازه 5 T در صفحه برقرار باشد، اندازه و جهت جریان القایی در مدار را تعیین کنید (مقاومت کل مدار $6\ \Omega$ و $AB = 30\text{ cm}$)



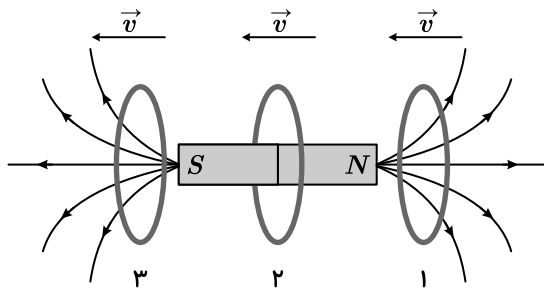
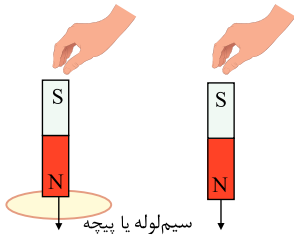
۱۳۶ در مدار نشان‌داده‌شده در شکل زیر، جهت جریان القایی را در مقاومت R در هر یک از دو حالت زیر با ذکر دلیل پیدا کنید:



الف) در لحظه بستن کلید K ، ب) در لحظه باز کردن کلید K .



۱۳۷ دو آهنربای میله‌ای مشابه را مطابق شکل، به‌طور قائم از ارتفاع معینی نزدیک سطح زمین رها می‌کنیم، به‌طوری که یکی از آنها از حلقهٔ رسانایی عبور می‌کند. اگر زمین در محل برخورد آهنرباها نرم باشد، مقدار فرورفتگی آهنرباها را در زمین با یکدیگر مقایسه کنید. (تأثیر میدان مغناطیسی زمین روی آهنرباها را نادیده بگیرید.)



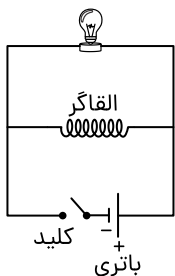
۱۳۸ یک حلقهٔ فلزی مطابق شکل روبه‌رو به طرف یک آهن‌ربا حرکت کرده و از آن عبور می‌کند. جهت جریان القایی را در حلقه برای حالت‌های (۱) و (۲) و (۳) به‌طور جداگانه تعیین کنید.

الف القاگر ها - خود القاوری - ضریب القاوری - القای متقابل - انرژی ذخیره شده در القاگر

۱۳۹ سیم‌لوله‌ای بدون هسته دارای ۱۰۰ حلقه است. طول سیم‌لوله ۲۵ cm و شعاع حلقه‌های آن ۱۰ cm است. اگر در مدت ۲ s، جریان الکتریکی آن به‌طور منظم از ۳۰ آمپر به صفر برسد، نیروی محرکه خودالقایی آن چند ولت است؟
 $(\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{Tm}{A}, \pi^2 \simeq 10)$

۱۴۰ از سیم راستی به طول ۹۰ m سیم‌لوله‌ای تهیه می‌کنیم که طول آن ۳۰ cm و شعاع هر حلقه آن ۵ cm باشد وقتی از آن جریان ۲۰ A عبور کند، انرژی مغناطیسی ذخیره‌شده در فضای درون آن چقدر است؟ ($\pi \simeq 3$)

۱۴۱ مداری مطابق شکل روبه‌رو می‌بندیم.



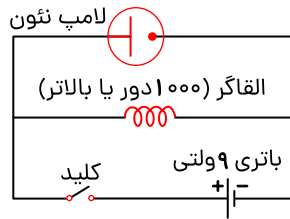
الف آیا با وصل کلید، لامپ روشن می‌شود؟

ب هنگام قطع کردن کلید چه اتفاقی رخ می‌دهد؟

۱۴۲ جریانی با رابطه $I = t^2 - 8$ از القاگری به ضریب القاوری ۱۰ mH می‌گذرد. در چه لحظه‌ای انرژی القاگر برابر ۳/۲ J است؟



۱۴۳ هدف: بررسی اثر خود - القاوری



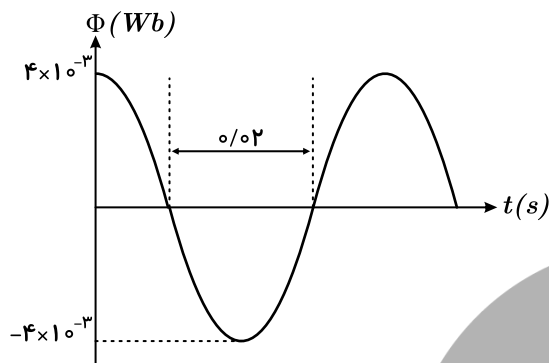
وسیله‌های مورد نیاز: لامپ نئون (لامپ فازمتری)، القاگر (۱۰۰۰ دور یا بالاتر)، باتری قلمی (۲ عدد) یا باتری ۹ ولتی، سیم رابط، کلید
شرح آزمایش:

• مداری مطابق شکل الف ببندید.

• کلید را وصل کنید. آیا لامپ روشن است؟ اینک کلید را قطع کنید. در لحظه قطع کردن کلید چه چیزی مشاهده می‌کنید؟ دلیل آنچه را مشاهده می‌کنید توضیح دهید.



جریان متناوب - مبدل ها



۱۴۴ پیچ‌های دارای ۲۰۰ حلقه و مقاومت الکتریکی 2π اهم است. اگر نمودار

شار برحسب زمان در هر یک از حلقه‌های این پیچ مطابق شکل باشد، جریان القایی

در این پیچ در لحظه $t = \frac{1}{10} s$ چند آمپر است؟

۱۴۵ در یک مبدل ولتاژ تناوب، ولتاژ طرف اولیه $220V$ و ولتاژ طرف ثانویه (خروجی) $22V$ است.

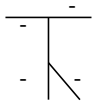
الف) اگر تعداد دورهای طرف اولیه (ورودی) ۱۰۰۰ دور باشد تعداد دورهای طرف ثانویه چقدر است؟

ب) اگر بیشینه جریان ورودی $25A$ باشد جریان خروجی حداکثر چقدر می‌تواند باشد؟



پاسخ نامه تشریحی

۱

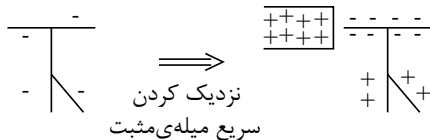


همان طور که در شکل ملاحظه می‌شود بار منفی اولیه در تمام سطح الکتروسکوپ و میله و تیغه پراکنده است و تیغه باز است. با نزدیک کردن میله شیشه‌ای باردار که اکنون دارای بار مثبت و نسبتاً بزرگی است (در حالت کلی از مالش یک میله با پارچه بار بزرگی روی سطح میله و پارچه ایجاد می‌شود)

ابتدا بارهای منفی روی میله و تیغه به سمت کلاهک و به طرف بالا می‌آیند (جذب بار مثبت میله شیشه‌ای می‌شوند) و چون حرکت میله به آرامی بوده است ابتدا تیغه بسته می‌شود ولی با ادامه نزدیک کردن میله و به دلیل بزرگی بار آن، روی میله و تیغه الکتروسکوپ تفکیک بار رخ داده و الکترون‌های آزاد پایین، به طرف بالا و کلاهک آمده و دوباره تیغه باز می‌شود که البته در این حالت تیغه و پایین میله الکتروسکوپ دارای بار مثبت خواهند بود.

۲

میله مالش داده شده با پارچه، دارای بار بزرگی است و چون به سرعت به کلاهک الکتروسکوپ منفی نزدیک می‌شود بارهای منفی یا به عبارتی الکترون‌های بسیاری ناگهان به سمت کلاهک حرکت می‌کنند که این موضوع سبب می‌شود بارهای مثبت زیادی در پایین الکتروسکوپ یعنی روی تیغه و پایین میله الکتروسکوپ بر جای بمانند یعنی تیغه بازتر از قبل می‌شود.



(توجه کنید که اگر میله شیشه‌ای مثبت به آرامی به الکتروسکوپ نزدیک شده بود تیغه ابتدا بسته و سپس باز می‌شد ولی چون میله باردار مثبت سریع نزدیک شده فرصتی برای باز و بسته شدن تیغه وجود نداشته است)

۳

در ابتدا غلطک نواری که درام نامیده می‌شود، با ولتاژی در حدود ۶۰۰ تا ۷۰۰ ولت دارای بار مثبت می‌شود. پس از قرار دادن کاغذ یا نوشته بر روی صفحه شیشه‌ای دستگاه کپی، باریکه نور شدیدی به آن تابیده و قسمت‌های تیره کاغذ، نور را جذب و قسمت‌های سفید، نور را به سطح درام منعکس می‌کنند. نور با برخورد به سطح باردار درام آن را خنثی و نواحی با بار مثبت که نمایانگر تصویر یا نوشته‌های کاغذ هستند بر روی درام باقی می‌ماند. پودر سیاه‌رنگی که تونر نامیده می‌شود و با بار منفی شارژ شده در تماس با درام به بخش‌های مثبت آن می‌چسبد. سطح کاغذهای ورودی به دستگاه نیز با بار مثبت شارژ شده و در اثر تماس با درام ذرات باردار منفی تونر را جذب می‌کنند. این ذرات از حرارت به کاغذ چسبیده و کپی ایجاد می‌شود.

۴

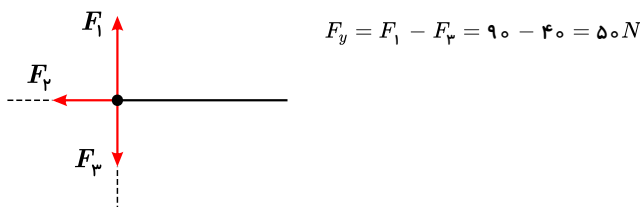
قبل از هر چیز، نیرویی که به طور جداگانه، از طرف هریک از بارهای q_1 ، q_2 و q_3 به بار q موجود در نقطه A وارد می‌شود را می‌یابیم. سپس با رسم جهت نیروها، نیروی برابند را محاسبه می‌کنیم.

$$F_1 = k \frac{qq_1}{r_1^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{1 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{(2 \times 10^{-2})^2} = 90 N$$

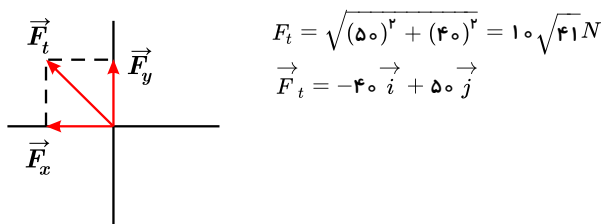
$$F_2 = k \frac{qq_2}{r_2^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{1 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{(3 \times 10^{-2})^2} = 40 N$$

$$F_3 = k \frac{qq_3}{r_3^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{1 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{(3 \times 10^{-2})^2} = 40 N$$

روی محور y و F_1 خلاف جهت یکدیگر هستند:



در خلاف جهت محور x : $F_x = F_2 = 40 N$

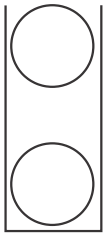


مثل آب خوردن ۲۰ بگیر

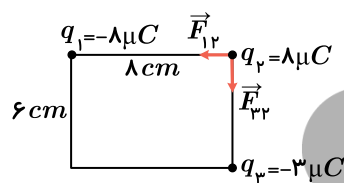
۵ ابتدا جرم دو گلوله کوچک را با ترازو اندازه گیری می‌کنیم. سپس آنها را جداگانه توسط پارچه پشمی مالش می‌دهیم، تا به یک اندازه باردار شوند. حال، مطابق شکل، دو



گوی را درون استوانه شیشه‌ای قرار می‌دهیم تا گوی بالای به حالت معلق قرار گیرد. با خط کش فاصله بین دو گوی را اندازه گیری می‌کنیم. اعداد حاصل را در رابطه تعادل $\frac{kq^2}{r^2} = mg$ قرار داده و q را محاسبه می‌کنیم.



۶ $F = mg \rightarrow k \frac{q_1 q_2}{r^2} = mg$
 $9 \times 10^{-9} \frac{0.4 \times 10^{-6} \times 0.5 \times 10^{-6}}{d^2} = 2 \times 10^{-3} \times 10 \Rightarrow d = 0.3$



گام اول: جهت نیروهای وارد بر q_2 را مشخص می‌کنیم:

گام دوم: q_3 را در نظر نمی‌گیریم و نیروی وارد بر q_2 از طرف q_1 را به دست می‌آوریم. همان‌طور که در شکل بالا می‌بینید، این نیرو خلاف جهت $\vec{i}$ است:

$$\vec{F}_{12} = k \frac{|q_1||q_2|}{r_{12}^2} = (9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}) \frac{(8 \times 10^{-6} C)(8 \times 10^{-6} C)}{(8 \times 10^{-2} m)^2} = 90 N \Rightarrow \vec{F}_{12} = (-90 N)\vec{i}$$

گام سوم: این دفعه q_1 را کنار می‌گذاریم و $\vec{F}_{23}$ را تعیین می‌کنیم، چون این نیرو در خلاف جهت $\vec{j}$ است، داریم:

$$\vec{F}_{23} = k \frac{|q_2||q_3|}{r_{23}^2} = (9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}) \frac{(8 \times 10^{-6} C)(3 \times 10^{-6} C)}{(6 \times 10^{-2} m)^2} = 60 N \Rightarrow \vec{F}_{23} = (-60 N)\vec{j}$$

گام چهارم: با توجه به گام دوم و سوم، نیروی برآیند برابر است با:

$$\vec{F}_T = (-90 N)\vec{i} + (-60 N)\vec{j}$$

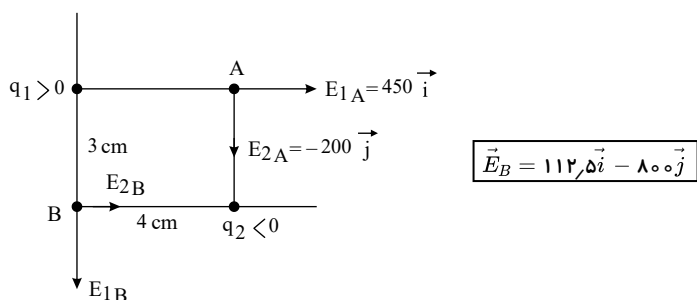
اندازه F_T هم از رابطه روبه‌رو به دست می‌آید:

$$F_T = \sqrt{90^2 + 60^2} = \sqrt{11700} N$$

۸ الف) با توجه به میدان داده‌شده در نقطه A ، بدیهی است که $q_1 > 0$ و $q_2 < 0$ است. با یک مقایسه ساده بزرگی میدان ناشی از بارهای q_1 و q_2 در نقطه B را یافته و بردار میدان را در آنجا می‌یابیم.

$$\frac{E_{1B}}{E_{1A}} = \left(\frac{r_{1A}}{r_{1B}} \right)^2 \Rightarrow \frac{E_{1B}}{450} = \left(\frac{4}{3} \right)^2 \Rightarrow \frac{E_{1B}}{450} = \frac{16}{9} \Rightarrow E_{1B} = 800 (-\vec{j})$$

$$\frac{E_{2B}}{E_{2A}} = \left(\frac{r_{2A}}{r_{2B}} \right)^2 \Rightarrow \frac{E_{2B}}{200} = \left(\frac{3}{4} \right)^2 \Rightarrow \frac{E_{2B}}{200} = \frac{9}{16} \Rightarrow E_{2B} = 112.5 (+\vec{i})$$

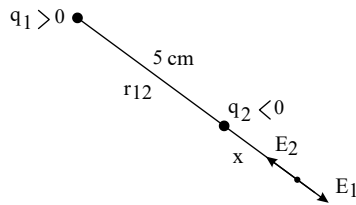


ب) ابتدا نسبت بارهای q_1 و q_2 و فاصله آنها از هم را می‌یابیم.



$$\frac{E_{1A}}{E_{2A}} = \frac{|q_1|}{|q_2|} \left(\frac{r_{2A}}{r_{1A}} \right)^2 \Rightarrow \frac{450}{200} = \frac{|q_1|}{|q_2|} \times \left(\frac{3}{4} \right)^2 \Rightarrow \frac{|q_1|}{|q_2|} = \frac{450}{200} \times \frac{16}{9} = 4$$

میدان خالص خارج از دو بار نزدیک بار با اندازه کمتر، صفر است.

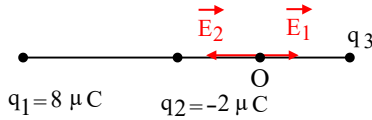


$$r_{12} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{ cm}$$

$$E_2 = E_1 \Rightarrow \frac{k|q_2|}{x^2} = \frac{k|q_1|}{(5+x)^2} \Rightarrow \frac{(5+x)^2}{x^2} = \frac{|q_1|}{|q_2|} = 4 \Rightarrow \frac{5+x}{x} = 2 \Rightarrow \boxed{x = 5 \text{ cm}}$$

۹

E_1 باید در خلاف جهت $\vec{E}_1$ و $\vec{E}_2$ باشد تا $E_{\text{خالص}}$ صفر شود. پس ابتدا $\vec{E}_1$ و $\vec{E}_2$ را محاسبه می‌کنیم:



$$E_1 = k \frac{|q_1|}{r^2}$$

$$E_1 = 9 \times 10^9 \frac{8 \times 10^{-6}}{(3 \times 10^{-2})^2} = 8 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$E_2 = 9 \times 10^9 \frac{2 \times 10^{-6}}{(1 \times 10^{-2})^2} = 18 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$E' = E_2 - E_1 = 18 \times 10^5 - 8 \times 10^5 = 10 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}} \text{ به سمت چپ}$$

$$E_2 = E' \Rightarrow 9 \times 10^9 \times \frac{|q_2|}{(1 \times 10^{-2})^2} = 10 \times 10^5 \Rightarrow |q_2| = \frac{10}{9} \mu\text{C} \xrightarrow{q_2 < 0} q_2 = -\frac{10}{9} \mu\text{C}$$

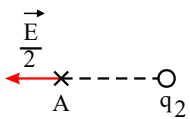
با علامت منفی

پس بار q_3 باید منفی باشد که میدان ناشی از آن به سمت راست شود:

۱۰

وقتی بار q_1 حذف می‌شود، فقط بار q_2 در نقطه مورد نظر میدان الکتریکی ایجاد می‌کند:

چون میدان بار q_2 در نقطه A به سمت چپ است پس q_2 حتماً مثبت است.



چون میدان برای $\vec{E}$ و به سمت راست بوده است پس حتماً میدان الکتریکی ناشی از بار q_1 باید دارای اندازه $\vec{E}$ و به سمت راست بوده باشد تا پس از جمع شدن با میدان الکتریکی $\vec{E}$ ناشی از بار q_2 که خلاف جهت آن است برای $\vec{E}$ و به سمت راست ایجاد شده باشد:

و بار q_1 هم مثبت است. چون فاصله هر دو بار تا نقطه A یکسان است پس فقط اندازه بارها در مقدار میدان الکتریکی ناشی از دو بار تأثیر داشته یعنی داریم:

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{1.5E}{0.5E} = 3$$

$$\text{فاصله بارها تا مرکز مربع نصف قطر است: } \sqrt{a^2 + a^2} = 2\sqrt{2}m \quad (11)$$

بنابراین نصف قطر برابر با $\sqrt{2}m$ خواهد بود:

$$E_A = k \frac{|q_A|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-8}}{(\sqrt{2})^2} = \frac{270}{2} = 135 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$E_B = k \frac{|q_B|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-8}}{(\sqrt{2})^2} = 135 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$



$$E_C = k \frac{|q_C|}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{5 \times 10^{-8}}{(\sqrt{2})^2} = 225 \frac{N}{C}$$

$$E_D = k \frac{|q_D|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-8}}{(\sqrt{2})^2} = 135 N$$

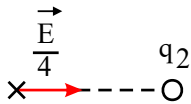
بردارهای $\vec{E}_D$ و $\vec{E}_B$ برابر و خلاف جهت هستند پس با هم خنثی می‌شوند.

بردارهای $\vec{E}_A$ و $\vec{E}_C$ هم خلاف جهت هستند که $\vec{E}_C$ بزرگتر است پس بردار میدان برایند یا $\vec{E}_{\text{خالص}}$ هم جهت $\vec{E}_C$ خواهد بود:

$$\vec{E}_{\text{خالص}} = \vec{E}_C + \vec{E}_A \Rightarrow E_{\text{خالص}} = E_C - E_A = 225 - 135 = 90 \frac{N}{C}$$

(۱۲)

با حذف q_1 فقط بار q_2 باقی مانده:



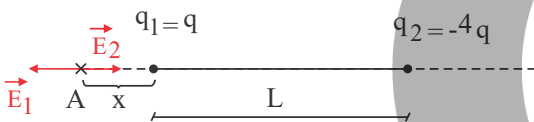
چون میدان ناشی از q_2 در جهت جاذبه و به سمت q_2 است پس بار q_2 منفی است. از طرفی برایند کل برابر $\vec{E}$ و به سمت راست است یعنی باید بار q_1 هم میدانی برابر با $\frac{3}{4}\vec{E}$ داشته باشد.

به سمت راست ایجاد کرده باشد که در مجموع میدان خالص $\vec{E}$ و به سمت راست باشد و ضمناً q_1 مثبت است. از آنجا که فاصله هر دو بار تا نقطه A یکسان است پس فقط مقدار بارها در اندازه E مؤثر است، یعنی داریم:

$$\frac{|q_1|}{|q_2|} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{\frac{3}{4}E}{\frac{1}{4}E} = 3$$

با توجه به علامت بارها $\frac{q_1}{q_2} = -3$

(۱۳) چون میدان را در هر نقطه باید روی بار $+1C$ مورد بررسی قرار داد، ابتدا فرض می‌کنیم بار $+1C$ در فاصله بین q_1 و q_2 قرار داشته باشد. واضح است که میدان‌ها در این صورت هر دو به سمت راست خواهد شد و خنثی شدن رخ نمی‌دهد. بنابراین نقطه موردنظر باید خارج از فاصله دو بار باشد و البته نزدیک به بار با اندازه کوچکتر. این نقطه را A نامیده‌ایم.



در نقطه A ، $\vec{E}_1$ به سمت چپ و $\vec{E}_2$ به سمت راست خواهد بود:

$$E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{|q_1|}{x^2} = \frac{|q_2|}{(L+x)^2} \Rightarrow \frac{q}{x^2} = \frac{4q}{(L+x)^2}$$

$$\frac{1}{x} = \frac{2}{L+x} \Rightarrow L+x=2x \rightarrow x=L$$

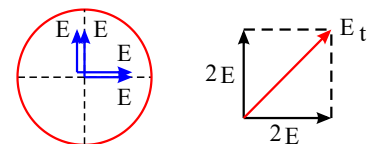
به این ترتیب فاصله نقطه موردنظر از بار q_2 برابر با $2L$ است.

(۱۴) چون فاصله همه بارها تا مرکز یکسان است و بارها اندازه یکسان دارند بنابراین اندازه میدانی الکتریکی همه بارها در مرکز دایره یکسان است:

$$E = k \frac{q}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{5 \times 10^{-6}}{1^2} = 45 \times 10^4 \frac{N}{C}$$

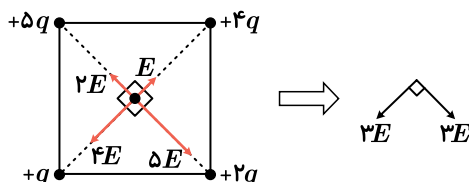
روی محور y دو میدان E در جهت مثبت و روی محور x هم دو برابر با اندازه E هم جهت محور x داریم بنابراین:

$$\begin{aligned} E_t &= \sqrt{(2E)^2 + (2E)^2} \\ E_t &= 2\sqrt{2}E = 9\sqrt{2} \times 10^4 \frac{N}{C} \\ \vec{E}_t &= 2E\vec{i} + 2E\vec{j} \\ \vec{E}_t &= 9 \times 10^4 \vec{i} + 9 \times 10^4 \vec{j} \end{aligned}$$



(۱۵)

با توجه به شکل می‌بینیم که میدان حاصل روی هر کدام از قطرها برابر با $3E$ است.

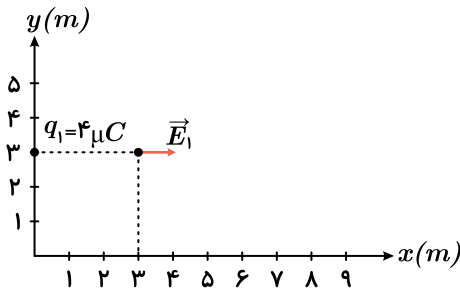




$$E_T = \sqrt{(\mathbf{r}E)^2 + (\mathbf{r}E)^2} = \mathbf{r}\sqrt{2}E$$

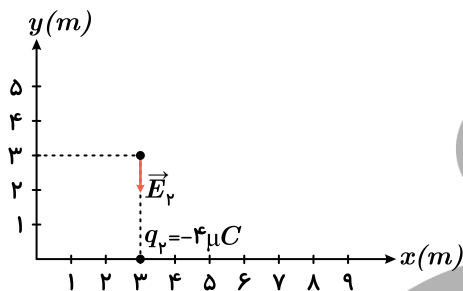
۱۶

گام اول: نقطه $\begin{bmatrix} 3 \\ 3 \end{bmatrix}$ را مشخص می‌کنیم و بدون در نظر گرفتن بار q_2 ، میدان حاصل از بار q_1 را به دست می‌آوریم:



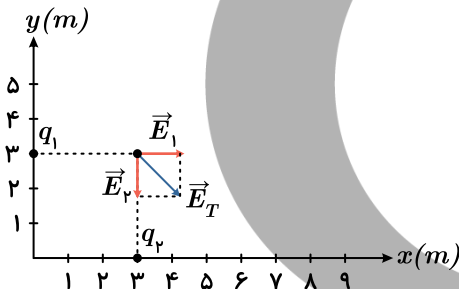
$$E_1 = k \frac{|q_1|}{r_1^2} = (9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}) (\frac{4 \times 10^{-6} C}{(3m)^2}) = 4 \times 10^3 N/C \Rightarrow \vec{E}_1 = (4 \times 10^3 N/C) \vec{i}$$

گام دوم: حالا بدون در نظر گرفتن بار q_1 ، میدان حاصل از q_2 را به دست می‌آوریم:



$$E_2 = k \frac{|q_2|}{r_2^2} = (9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}) (\frac{4 \times 10^{-6} C}{(3m)^2}) = 4 \times 10^3 N/C \Rightarrow \vec{E}_2 = (-4 \times 10^3 N/C) \vec{j}$$

گام سوم: با به دست آوردن $\vec{E}_1$ و $\vec{E}_2$ کار را تمام می‌کنیم:

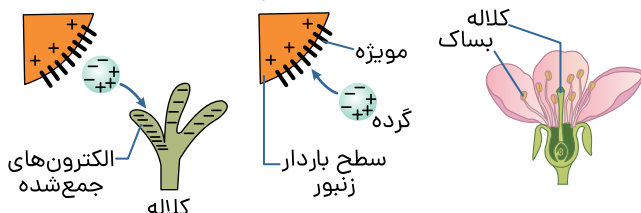


$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = (4 \times 10^3 N/C) \vec{i} + (-4 \times 10^3 N/C) \vec{j} \Rightarrow E_T = \sqrt{(4 \times 10^3)^2 + (-4 \times 10^3)^2} = 4\sqrt{2} \times 10^3 N/C$$

۱۷ رسوب‌دهنده دستگاهی است که با ایجاد یک میدان الکتریکی، ذرات موجود در یک گاز یا هوا را از آن جدا می‌سازد. این فیلتر طی دو مرحله عمل جداسازی ذرات انجام می‌دهد: در مرحله اول، ذرات معلق در هوا پس از عبور از «کرونا تخلیه» که ناحیه کوچکی در فیلتر است، باردار می‌شوند. در مرحله دوم، این ذرات که به بار اشباع خود رسیده‌اند، توسط یک میدان الکتریکی قوی از جریان هوا جدا گردیده و به‌سوی یک الکترود که برای خنثی‌سازی بار این ذرات به کار می‌رود، حرکت می‌کنند. در آنجا با از دست دادن بار خود بر روی یک بستر مناسب ته‌نشین می‌شوند. مزیت این نوع فیلتر نسبت به سایر فیلترها این است که افت فشار کمتری در مسیر جریان هوا ایجاد می‌کند. همچنین برای جداسازی ذرات کوچک‌تر از یک میکرون که فیلترهای دیگر بازده جداسازی پایینی دارند، استفاده از این فیلتر مناسب است.

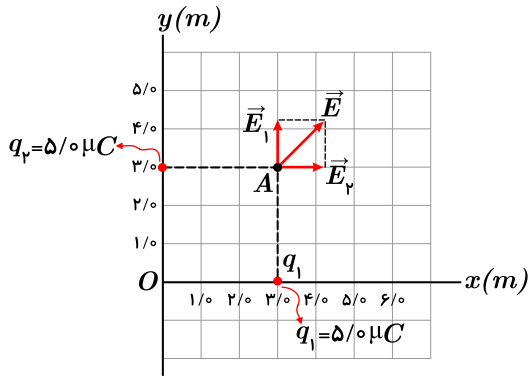
۱۸ زنبورهای عسل معمولاً در حین پرواز داراری بار مثبت می‌شوند و وقتی به گرده بدون باری بر روی بساک یک گل می‌رسند، میدان الکتریکی اطراف بدن زنبور، باعث القای بار منفی در یک سمت گرده‌ها شده و جاذبه بین بارهای مثبت و منفی سبب کشیده شدن گرده به‌سمت زنبور می‌شود.

گرده‌ها روی موئیه‌های ریز زنبور قرار می‌گیرند. وقتی زنبور در اطراف گل دیگری پرواز می‌کند بارهای منفی را بر روی کلاله گل القا می‌کند. هرگاه نیروی الکتریکی وارد از طرف کلاله به گرده متصل به زنبور، بزرگ‌تر از نیروی الکتریکی وارد از طرف زنبور بر گرده باشد، گرده به‌سمت کلاله کشیده و گرده‌افشانی صورت می‌پذیرد.





۱۹ در نقطه A میدان الکتریکی مطابق شکل است. چون بارها با هم برابر و فاصله آنها تا نقطه A نیز یکسان است. اندازه میدان‌ها در این نقطه با هم برابر است. گام اول: بار آزمون فرضی را در نقطه A قرار می‌دهیم. در غیاب هر یک از دو بار، میدان الکتریکی حاصل از بار دیگر را رسم می‌کنیم و آنها را $\vec{E}_1$ و $\vec{E}_2$ می‌نامیم. گام دوم: چون دو بردار برهم عمودند، اندازه بردار برابری با رابطه فیثاغورس به دست می‌آید.



$$E_1 = E_2 = E_r = k \frac{|q|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{5 \times 10^{-6}}{3^2} = 5 \times 10^3 \frac{N}{C}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \vec{E}_1 = (5 \times 10^3 \frac{N}{C}) \vec{j} \\ \vec{E}_2 = (5 \times 10^3 \frac{N}{C}) \vec{i} \end{cases}$$

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = (5 \times 10^3 \frac{N}{C}) \vec{i} + (5 \times 10^3 \frac{N}{C}) \vec{j}$$

$$E = \sqrt{(5 \times 10^3)^2 + (5 \times 10^3)^2} = \sqrt{2 \times (5 \times 10^3)^2} = 5\sqrt{2} \times 10^3 \frac{N}{C}$$

۲۰

$$AB: \Delta U_E = -|q|Ed \cos \theta = -|1 \times 10^{-6}| \times 10^3 \times 0.1 \times \cos(0)$$

$$\xrightarrow{\text{در مسیر } AB} \Delta U_E = -1J$$

$$BC: \theta = 90^\circ \Rightarrow \Delta U_E = 0$$

$$CD: \Delta U_E = -|q|Ed \cos \theta = -|1 \times 10^{-6}| \times 10^3 \times 0.5 \times \cos(180^\circ)$$

$$\xrightarrow{\text{در مسیر } CD} \Delta U_E = 0.5J$$

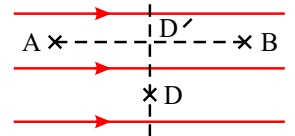
$$\Delta U_{\text{کل}} = \Delta U_{AB} + \Delta U_{BC} + \Delta U_{CD} = -1 + 0 + 0.5 = -0.5J$$

راه دیگر این است که بدانیم نقطه D از نظر تغییر انرژی پتانسیل کاملاً مشابه نقطه وسط فاصله AB است، زیرا اگر عمود بر خطوط میدان از نقطه وسط AB به نقطه D حرکت کنیم تغییری در انرژی پتانسیل بار ایجاد نمی‌شود بنابراین در چنین مسائلی می‌توان مستقیماً فقط مقدار فاصله دو نقطه را به جای D قرار داد:

$$\Delta U_{AD} = \Delta U_{AD'} = -|q|Ed \cos \theta$$

$$\Delta U_{AD} = -|1 \times 10^{-6}| \times 10^3 \times 0.5 \times \cos(0)$$

$$\Delta U_{AD} = -0.5J$$



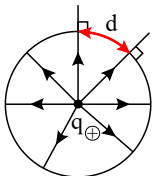
۲۱

$$W_E = \Delta K \xrightarrow{\text{در حرکت غیر خودبخودی، } \Delta U \text{ مثبت است}} -300 \times 10^{-6} = \frac{1}{2} \times (10^{-2} \times 10^{-3})((V_0 - 6)^2 - V_0^2)$$

$$-60 = \cancel{V_0^2} - 12V_0 + 36 - \cancel{V_0^2} \Rightarrow 12V_0 = 96 \Rightarrow V_0 = 8 \frac{m}{s}$$

۲۲ می‌دانیم خطوط میدان اطراف یک بار به صورت شعاعی رسم می‌شود. حال اگر بار را روی محیط دایره حرکت دهیم، فاصله تا مرکز (بار q^+) ثابت می‌ماند؛ پس میدان و نیروی الکتریکی $F = Eq$ هم ثابت می‌مانند.

از طرفی طبق رابطه $\Delta U = Fd \cos \theta$ ، چون همواره مسیر حرکت روی دایره بر خطوط میدان (شعاع) عمود است، پس $\Delta U = 0$



۲۳ طبق قضیه پایستگی انرژی داریم:

$$\Delta U = -\Delta K, \quad -Edq \cos \theta = -(K_f - K_i)$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \xrightarrow{\text{در حرکت غیر خودبخودی، } \Delta U \text{ مثبت است}} Edq \cos \theta = \frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2)$$

$$\Rightarrow 5 \times 10^5 \times 1.2 \times 2 \times 10^{-6} \times \cos 37^\circ = \frac{1}{2} \times 4 \times 10^{-3}(v_f^2 - 2^2)$$

$$9.6 \times 10^{-1} = 2 \times 10^{-3}(v_f^2 - 4) \Rightarrow 4.8 \times 10^2 = v_f^2 - 4 \Rightarrow 484 = v_f^2 \Rightarrow v_f = 22 \frac{m}{s}$$

۲۴ با توجه به قضیه کار - انرژی جنبشی داریم:

$$W_T = \Delta K \Rightarrow W_E + W_{mg} = K_B - K_A$$



از آنجایی که ذره متوقف می‌شود، انرژی جنبشی نهایی آن صفر است و از آنجایی که بار منفی در جهت خطوط میدان پرتاب می‌شود، نیروی الکتریکی وارد بر آن در خلاف جهت حرکت ($\alpha = 180^\circ$) و با توجه به شکل نیروی وزن در جهت حرکت ($\alpha = 0^\circ$) است. بنابراین:

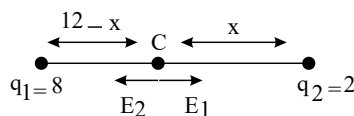
$$W_E + W_{mg} = -K_1 \Rightarrow |q| E d \cos 180^\circ + mgd \cos 0 = -\frac{1}{2}mv^2$$

$$\Rightarrow 32 \times 10^{-6} \times 3000 \times d \times (-1) + 1.6 \times 10^{-3} \times 10 \times d = -\frac{1}{2} \times 1.6 \times 10^{-3} \times 1^2$$

$$\Rightarrow d = 0.01m \Rightarrow d = 10mm$$

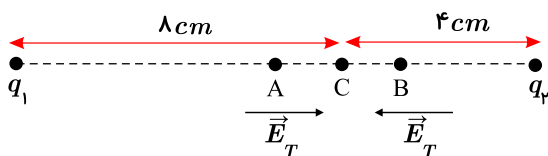
۲۵ می‌دانیم تغییر انرژی پتانسیل به جهت حرکت در میدان و نوع بار وابسته است مثلاً اگر بار منفی در جهت میدان حرکت کند انرژی پتانسیل زیاد می‌شود و برعکس، اگر خلاف جهت میدان حرکت کند (حرکت خودبه‌خودی) انرژی پتانسیل کم می‌شود؛ بنابراین جهت میدان برای این دو در نقاط مختلف مشخص می‌کنیم:

ابتدا نقطه‌ای که برای این میدان‌های الکتریکی حاصل از دو بار صفر می‌شود را به دست می‌آوریم و آن نقطه را C می‌نامیم. می‌دانیم در این نقطه باید میدان‌ها خلاف جهت و مساوی باشند تا میدان برآیند صفر باشد پس داریم:



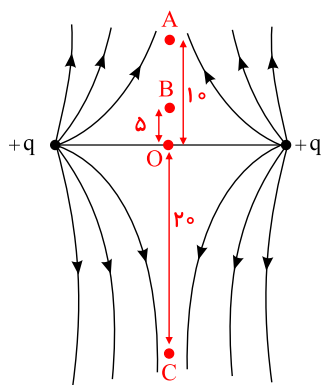
$$E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{kq_1}{r_1^2} = \frac{kq_2}{r_2^2}$$

$$\Rightarrow \frac{8}{(12-x)^2} = \frac{2}{x^2} \Rightarrow 4x^2 = (12-x)^2 \Rightarrow 2x = 12-x \Rightarrow x = 4cm$$



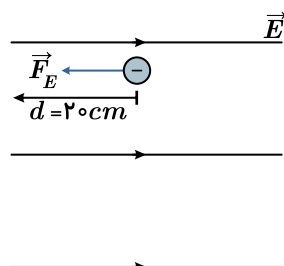
بنابراین میدان الکتریکی برای این دو بار کوچکتر (q_2) صفر می‌شود. بین نقطه C و B، جهت میدان برای این دو جهت میدان حاصل از بار q_1 و به سمت راست است (چون $E_1 > E_2$). از طرفی هم بین نقطه A و C جهت میدان برای این دو جهت میدان الکتریکی حاصل از بار q_2 است (چون $E_1 > E_2$) به سمت چپ است از آنجایی که اگر بار منفی در جهت میدان جابه‌جا شود انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد و اگر در خلاف جهت میدان الکتریکی جابه‌جا شود انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد. پس با جابه‌جایی بار منفی با سرعت ثابت از A تا B ابتدا در جهت $\vec{E}_T$ جابه‌جا شده و انرژی پتانسیل آن افزایش می‌یابد و سپس جابه‌جایی آن در خلاف جهت E_T خواهد بود که انرژی پتانسیل آن کاهش خواهد یافت.

۲۶ اگر خطوط میدان اطراف دو ذره باردار مثبت و هم‌اندازه را رسم کنیم، مطابق شکل زیر خواهد شد:



با حرکت از A تا B چون حرکت خودبه‌خودی است، انرژی پتانسیل کاهش یافته و $U_B < U_A$ می‌شود. از طرفی در نقطه O چون میدان صفر است، انرژی پتانسیل هم صفر است. با حرکت از نقطه O به C، چون بار منفی هم‌جهت میدان حرکت کرده، حرکت اجباری بوده و انرژی پتانسیل زیاد می‌شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت:

$$U_B < U_A < U_C$$



باتوجه به این‌که جسم پس از رها شدن در خلاف جهت میدان حرکت کرده است، مطابق شکل روبه‌رو بار آن منفی است. این موضوع به این خاطر است که نیروی الکتریکی وارد بر بار منفی در خلاف جهت میدان است و بار به خاطر این نیرو شروع به حرکت در خلاف جهت میدان می‌کند و جابه‌جا می‌شود. توجه کنید که چون در صورت سؤال به نیروی دیگر به‌جز نیروی الکتریکی اشاره نشده است و بار آزادانه حرکت کرده است، می‌توانیم این موضوع را نتیجه بگیریم.

ب بار در جهت نیرو جابه‌جا می‌شود، پس $\theta = 0$ است:



$$\Delta U_E = -|q|Ed \cos \theta = -(2mC) \times (500N/C) \times (20cm) \times 1 = -(2 \times 10^{-3}C) \times (500N/C) \times (0.2m) \times 1 = -0.2J$$

پ مقدار کار میدان الکتریکی بر روی بار، برابر منفی تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی است:

$$W_E = -\Delta U_E = -(-0.2J) = 0.2J$$

W_E تنها کاری است که روی بار انجام می‌شود. از طرفی براساس رابطه کار و انرژی جنبشی می‌دانیم $\Delta K = W_T$ است.

$$\Delta K = W_T = W_E \Rightarrow \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 = 0.2J \Rightarrow \frac{1}{2}(0.1kg)v_f^2 = 0.2J \Rightarrow v_f^2 = 4 \Rightarrow v_f = 2m/s$$

۲۸

الف

به بار منفی در خلاف جهت میدان نیرو وارد می‌شود؛ بنابراین زاویه بین جابه‌جایی و نیرو برابر $\theta = 180^\circ$ است:

$$\Delta U = -|q|Ed \cos \theta = -1.6 \times 10^{-19}C \times 2 \times 10^3N/C \times (10 \times 10^{-2}) \times (-1) \Rightarrow \Delta U = 3.2 \times 10^{-17}J$$

ب

در فیزیک دهم خواندید که اگر نیروهای اتلافی نداشته باشیم، $\Delta U = -\Delta K$ است. در نقطه B سرعت صفر شده است؛ پس انرژی جنبشی نقطه B صفر است.

$$\Delta U = -(K_B - K_A) \Rightarrow 3.2 \times 10^{-17}J = -(0 - K_A) = \frac{1}{2}m_e v_A^2 \Rightarrow 3.2 \times 10^{-17}J = \frac{1}{2} \times (9.1 \times 10^{-31}kg) \times v^2 \Rightarrow v^2 = \frac{2 \times 3.2 \times 10^{-17}J}{9.1 \times 10^{-31}kg} \\ \Rightarrow v^2 \simeq 7.0 \times 10^{12} = 7.0 \times 10^{12} \Rightarrow v \simeq 8.4 \times 10^6 m/s$$

$$\Delta K = W_{\text{نیروی خارجی}} + W_E = W_{\text{نیروی خارجی}} - q\Delta V \quad (29)$$

بنابراین ابتدا به محاسبه ΔV می‌پردازیم. چون در جهت میدان جابه‌جایی داشته‌ایم پس $\Delta V < 0$ است:

$$\Delta V = -Ed = -10^5 \times 10 \times 10^{-2} = -10^4 V$$

اکنون می‌توان نوشت:

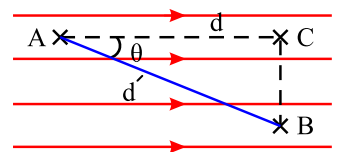
$$\Delta K = W_{\text{نیروی خارجی}} - q\Delta V$$

$$1 = W_{\text{نیروی خارجی}} - 10 \times 10^{-6} \times (-10^4) \Rightarrow 1 = W_{\text{نیروی خارجی}} + 0.1$$

$$\Rightarrow W_{\text{نیروی خارجی}} = 1 - 0.1 = 0.9J$$

$$\Delta U_E = -W_E \Rightarrow |\Delta U_E| = E \cdot d' \cdot \cos \theta$$

۳۰ در حالت کلی داریم:



در حالت کلی هر جابه‌جایی مشابه AB شامل یک جابه‌جایی موازی خطوط میدان الکتریکی و یک جابه‌جایی عمود بر خطوط میدان است که در جابه‌جایی دوم $\Delta U = 0$ است پس فقط ΔU در مسیر AC یا CA (در جهت میدان و یا خلاف جهت میدان) معنی دارد:

$$\begin{cases} \theta = 0 \\ \theta = 180^\circ \end{cases} \xrightarrow{|\cos \theta| = 1} |\Delta U_E| = E \cdot d \cdot q$$

و در حالت کلی طبق تعریف داریم:

$$|\Delta V| = \frac{|\Delta U|}{q} = \frac{E \cdot d \cdot q}{q}$$

$$\rightarrow |\Delta V| = Ed$$

بنابراین در حالت کلی می‌توان نوشت:

۳۱ از قضیه کار و انرژی جنبشی استفاده می‌کنیم:

$$W = \Delta K \Rightarrow Eqd_{AB} = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\Rightarrow 2 \times 10^{-3} \times 1.6 \times 10^{-19} \times d_{AB} = \frac{1}{2} \times 1.6 \times 10^{-27} \times (2 \times 10^5)^2$$

$$\Rightarrow d_{AB} = 0.1m = 10cm$$

$$\Delta V_{\text{کل}} = Ed_{\text{کل}} \Rightarrow d_{\text{کل}} = \frac{300}{2 \times 10^3} = 0.15 = 15cm$$

پس فاصله نقطه A از صفحه منفی برابر ۵cm است.

۳۲



$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow \Delta U = q \cdot \Delta V = q(V_B - V_A)$$

$$\Rightarrow \Delta U = 1.0 \times 10^{-6} \times (-5.0 - 1.0) = -6 \times 10^{-6} J$$

$$\Delta U = -|q| Ed \cos \theta$$

$$-6 \times 10^{-6} = -|1.0 \times 10^{-6}| \times 1.0^4 \times d \times 1$$

$$d = \frac{6 \times 10^{-6}}{1.0} = 6 \times 10^{-3} m = 6 mm$$

۳۳ می‌دانیم رابطه‌ی تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی بار برابر با منفی کار میدان الکتریکی مطابق رابطه‌ی زیر است:

$$\Delta U = -W \quad (1)$$

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \quad (2)$$

$$\xrightarrow{(1),(2)} \Delta V = \frac{-W}{q} \Rightarrow \begin{cases} \Delta V = \frac{-W_1}{2 \times 10^{-6}} \\ \Delta V = \frac{-W_2}{(-4) \times 10^{-6}} \end{cases} \Rightarrow \frac{-W_1}{2 \times 10^{-6}} = \frac{-W_2}{(-4) \times 10^{-6}}$$

$$\rightarrow W_2 = -2W_1$$

از طرفی طبق گفته‌ی سوال $W_1 = W_2 + 0.6 mJ$ ، بنابراین:

$$W_1 = -2W_1 + 0.6 mJ \rightarrow 3W_1 = 0.6 mJ \rightarrow W_1 = 0.2 mJ, \quad W_2 = -0.4 mJ$$

حال کافیست W_1 یا W_2 را در رابطه $\Delta V = \frac{W}{q}$ قرار دهیم:

$$\Delta V = \frac{-W_2}{q_2} = \frac{0.4 \times 10^{-3}}{-4 \times 10^{-6}} \Rightarrow \Delta V = -100 V$$

۳۴ ابتدا اختلاف پتانسیل را به دست می‌آوریم بار در جهت میدان جابه‌جا شده است؛ پس پتانسیل کاهش پیدا کرده و $\Delta V < 0$ است.

$$|\Delta V| = Ed = 200 N/C \times 1 m = 200 V \Rightarrow \Delta V = -200 V$$

حالا با استفاده از قضیه‌ی کار و انرژی، به راحتی می‌توانیم کاری که روی ذره انجام می‌دهیم را به دست آوریم:

$$\Delta K = W_E + W_{L_0} \Rightarrow 1.0 mJ = W_{L_0} - q\Delta V \Rightarrow 1.0 \times 10^{-3} J = W_{L_0} - (-1.0 \times 10^{-6} C)(-200 V) \\ = W_{L_0} - 2 \times 10^{-4} J \Rightarrow 1.0 \times 10^{-3} J = W_{L_0} - 2 \times 10^{-4} J \Rightarrow W_{L_0} = 1.0 \times 10^{-3} J + 2 \times 10^{-4} J \Rightarrow W_{L_0} = 12 \times 10^{-4} J$$

۳۵ غشایی از جنس چربی و پروتئین، نورون‌ها را از خارج می‌پوشاند. این غشا نسبت به بعضی مواد مانند اکسیژن نفوذناپذیر است و به آنها اجازه عبور می‌دهد و نسبت به بعضی از مواد مانند پروتئین‌ها نفوذناپذیر است. این خاصیت غشای نورون موجب می‌شود که ترکیب مواد در داخل نورون‌ها با ترکیب مواد در محیط خارج نورون‌ها متفاوت باشد. داخل نورون، یون پتاسیم (بار مثبت) زیادی وجود دارد، در حالی که خارج نورون، یون سدیم (بار منفی) بیشتری وجود دارد که باعث ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی در حدود ۸۰ میلی‌ولت بین داخل و خارج سلول می‌شود. وقتی نورون تحریک می‌شود، خاصیت نفوذپذیری غشا به سدیم زیاد شده و سدیم زیادی وارد آن می‌شود. در نتیجه وضعیت بارهای الکتریکی در دو سوی غشا در نقطه تحریک‌شده باقی نمانده و نقطه به نقطه در طول تار عصبی حرکت می‌کند و جریان یا پیام عصبی را پدید می‌آورد. بار الکتریکی هر نقطه پس از تحریک، فوراً به حالت اول بازمی‌گردد. پتانسیل الکتریکی نورون را در هنگام تحریک آن، پتانسیل عمل می‌نامند. نورون‌ها در نواحی اختصاص یافته‌ای به نام سیناپس با یکدیگر تماس برقرار می‌کنند و پیام‌های الکتریکی از طریق آزاد شدن مواد شیمیایی در سیناپس از یک نورون به نورون بعدی منتقل می‌شوند.

۳۶ الف)

$$\sigma = \frac{q}{A} = \frac{q}{4\pi r^2} = \frac{3.0 \times 10^{-6}}{4\pi \times (1 \times 10^{-3})^2} = 2.5 \frac{C}{m^2}$$

ب) ابتدا باید شعاع کره جدید را حساب کنیم. با چسباندن قطره‌ها به هم حجم کل ۸ برابر می‌شود:

$$V_{\text{کره جدید}} = 8V_{\text{کره قدیم}} \\ \frac{4}{3}\pi r_{\text{جدید}}^3 = 8 \times \frac{4}{3}\pi (1 \times 10^{-3})^3 \Rightarrow r_{\text{جدید}}^3 = 2^3 (1 \times 10^{-3})^3 \Rightarrow r_{\text{جدید}} = 2 \times 10^{-3} m$$

$$\sigma_{\text{جدید}} = \frac{q_{\text{جدید}}}{A_{\text{جدید}}} = \frac{8 \times q}{4\pi r_{\text{جدید}}^2} = \frac{8 \times 3.0 \times 10^{-6}}{4 \times \pi \times (2 \times 10^{-3})^2} = 5 \frac{C}{m^2}$$

یعنی چگالی سطحی ۲ برابر یکی از قطره‌ها می‌شود.

۳۷

$$U_1 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{12 \times 10^{-6}}$$

$$U_2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} \frac{(Q + 3 \times 10^{-3})^2}{C} = \frac{1}{2} \frac{(Q + 3 \times 10^{-3})^2}{12 \times 10^{-6}} = U_1 + 8$$



$$\Rightarrow \frac{1}{2} \frac{(Q^2 + 6 \times 10^{-3} Q + 9 \times 10^{-6})}{12 \times 10^{-6}} = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{12 \times 10^{-6}} + 8$$

$$\Rightarrow \cancel{Q^2} + 6 \times 10^{-3} Q + 9 \times 10^{-6} = \cancel{Q^2} + 8 \times 2 \times 12 \times 10^{-6}$$

$$6 \times 10^{-3} Q = 183 \times 10^{-6} \Rightarrow Q = 30.5 \times 10^{-3} C = 30.5 mC$$

(توجه: هنگامی که $3mC$ بار از صفحه منفی جدا شده و به صفحه مثبت منتقل می‌شود، بار خازن به اندازه $3mC$ افزایش می‌یابد.)

۳۸ خازن‌های ورقه‌ای: این خازن‌ها از دو ورق قلع یا آلومینیم تشکیل شده‌اند که بین آنها دو ورقه دی‌الکتریک مانند کاغذ یا پلاستیک جا داده می‌شود. این ورق‌ها را لوله می‌کنند و به صورت یک استوانه در می‌آورند و در محفظه‌ای پلاستیکی قرار می‌دهند. ظرفیت این نوع خازن‌ها از $1nF$ تا $1\mu F$ است. خازن‌های میکا: در این نوع خازن‌ها بین ورقه‌های فلزی نازک قلعی ورقه‌های نازک میکا قرار می‌دهند و ورقه‌های قلع را یک در میان به یکدیگر وصل می‌کنند. ظرفیت این خازن‌ها حدود 50 تا 500 پیکوفاراد است.

خازن‌های سرامیکی: دی‌الکتریک این خازن‌ها سرامیک است که با استفاده از انواع سیلیکات‌ها در دمای بالا تهیه می‌شود. ثابت دی‌الکتریک این خازن‌ها زیاد و در حدود 1000 است. خازن‌های سرامیکی به شکل عدس تهیه می‌شوند و حجم آنها کم است. صفحات رسانای آنها نیز با ذوب نقره در دو طرف سرامیک تهیه می‌شوند. ظرفیت این خازن‌ها ده‌ها نانوفاراد (nF) است.

خازن‌های الکترولیتی: این خازن‌ها از یک صفحه فلزی اندودشده با اکسید آلومینیم به‌طوری که صفحه فلزی، قطب مثبت خازن و لایه اکسید، دی‌الکتریک آن باشد تشکیل شده است. الکترولیت جامد یا مایع که غالباً کاغذی آغشته به مایع الکترولیت است به عنوان قطب منفی خازن عمل می‌کند. ظرفیت این خازن‌ها بالا است و تا حدود $1F$ می‌رسد. خازن‌های متغیر: دی‌الکتریک این خازن‌ها معمولاً هوا است. در ساختمان آنها دو نوع صفحه فلزی یک دسته ثابت و دسته دیگر متحرک به‌کار رفته است که هر دو دسته روی یک محور قرار گرفته‌اند ولی صفحات متحرک روی این محور می‌چرخند. صفحه‌ها به شکل نیم‌دایره‌اند و با چرخیدن صفحات متحرک مساحت خازن کم و زیاد می‌شود. این نوع خازن‌ها در گیرنده‌های رادیویی به‌کار می‌رفته است.

آبرخازن‌ها: این نوع خازن‌ها از موادی مانند زغال فعال پر شده‌اند که خود درون نوعی الکترولیت قرار گرفته‌اند. زغال‌ها پس از قرار گرفتن در دو سوی خازن که توسط غشای عایق و نفوذپذیری به نام جداکننده از هم جدا شده‌اند، بارهایی با علامت مخالف می‌گیرند و با توجه به نفوذپذیری جداکننده، یون‌های موجود در الکترولیت از غشای جداکننده عبور می‌کنند؛ به‌طوری که یون‌های منفی در سمت زغال‌های باردار مثبت و یون‌های مثبت در سمت زغال‌های باردار منفی قرار می‌گیرند. هریک از جفت بارهای مثبت و منفی زغال – یون به مثابه خازنی با فاصله جدایی d است که میلیون‌ها بار کوچک‌تر از فاصله جدایی صفحات یک خازن معمولی است. از طرفی ساختار میکروسکوپی زغال‌های فعال اسفنجی شکل است، به‌طوری که در مقیاس نانو سطح تماس بسیار بزرگی با یون‌ها دارند و به این ترتیب مساحت صفحات این خازن‌ها به مراتب بزرگ‌تر از مساحت سطح یک خازن معمولی است. بنابراین این خازن‌ها ظرفیت‌های بسیار بزرگی از مرتبه کیلوفاراد دارند که میلیون‌ها برابر خازن‌های معمولی است. از مزایای این نوع خازن‌ها شارژ سریع آنها است که باعث استفاده از آنها در وسایل الکتریکی می‌شود.

۳۹ این حسگرها که در قسمت جلوی خودرو نصب می‌شوند، شامل خازنی با یک صفحه ثابت و یک صفحه متحرک هستند. در تغییر سرعت‌های ناگهانی و ترمزهای شدید، فاصله بین این دو صفحه کاهش و ظرفیت خازن افزایش می‌یابد. این تغییر ظرفیت خازن توسط دستگاه کنترل مرکزی، آشکارسازی و باعث باز شدن کیسه هوا می‌شود.

۴۰ برای به دست آوردن مقاومت در هر ولتاژ باید از رابطه $R = \frac{V}{I}$ استفاده کنیم:

$$\left. \begin{aligned} R = \frac{V}{I} \Rightarrow R_f &= \frac{4V}{4mA} = \frac{4V}{4 \times 10^{-3}A} = 1000\Omega \\ R = \frac{V}{I} \Rightarrow R_v &= \frac{2V}{1mA} = \frac{2V}{1 \times 10^{-3}A} = 2000\Omega \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{R_f}{R_v} = \frac{1000\Omega}{2000\Omega} = \frac{1}{2}$$

همان‌طور که می‌بینید، مقاومت برای یک دیود نوری ثابت نیست و با تغییر ولتاژ، تغییر کرده است.

۴۱ گام اول: ابتدا مقاومت سیم را در حالت روشن به دست می‌آوریم:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{2.9V}{0.3A} \approx 9.6\Omega$$

گام دوم: حالا با توجه به رابطه $R = R_0 (1 + \alpha \Delta\theta)$ مقدار تغییرات دما را به دست می‌آوریم:

$$R = R_0 + R_0 \alpha \Delta\theta$$

$$\Rightarrow 9.6\Omega = 1.1\Omega + (1.1\Omega) \times (4.5 \times 10^{-3} ^\circ C^{-1}) \Delta\theta$$

$$\Rightarrow 9.6 - 1.1\Omega = (1.1\Omega) \times (4.5 \times 10^{-3} ^\circ C^{-1}) \Delta\theta$$

$$\Rightarrow \Delta\theta = \frac{8.5\Omega}{(1.1\Omega) \times (4.5 \times 10^{-3} ^\circ C^{-1})} \approx 1.71 \times 10^3 ^\circ C$$

گام سوم: همه چیز برای به دست آوردن دمای نهایی سیم آماده است:

$$\Delta\theta = \theta_f - \theta_i \Rightarrow 1710 ^\circ C = \theta_f - 20 ^\circ C \Rightarrow \theta_f = 1730 ^\circ C$$

۴۲ ترمیستورهای NTC از نیم‌رساناهای خالص، مانند سیلیسیم یا ژرمانیم ساخته شده‌اند، که با افزایش دما بر تعداد حامل‌های بار آنها افزوده شده و از مقاومت آنها کاسته می‌شود. ضریب دمایی مقاومت ویژه NTC ها منفی است. ترمیستورهای PTC خود بر دو نوع‌اند، یک نوع که به نام سیلیستور شناخته شده‌اند در واقع از سیلیسیم غیرخالص ساخته می‌شوند، که همانند فلزات رفتار کرده و رسانش الکتریکی دارند و مقاومت آنها با افزایش دما زیاد می‌شود. به عبارت دیگر، ضریب دمایی مقاومت ویژه آنها مثبت است. نوع دیگر آنها، رفتاری ویژه‌ای دارد، به‌طوری که ضریب دمایی مقاومت ویژه آنها تا پیش از دمایی خاص (موسوم به نقطه کوری) اندکی منفی است و پس از آن در یک محدوده دمایی، تغییر چشمگیری می‌کند و به شدت مثبت می‌گردد. از PTC ها برای تنظیم جریان و جلوگیری از افزایش آن در مدارهای الکتریکی استفاده می‌شود.



جنس سیم	طول سیم	قطر سیم	اختلاف پتانسیل (V)	جریان (I)	مقاومت ($R = \frac{V}{I}$)
نیکروم	۰٫۵m	۱٫۶mm	۵V	۲۰A	۰٫۲۵Ω
نیکروم	۱m	۱٫۶mm	۵V	۱۰A	۰٫۵Ω
نیکروم	۲m	۱٫۶mm	۵V	۵A	۱Ω

با افزایش طول سیم، مقاومت آن نیز به همان نسبت افزایش می‌یابد. بنابراین مقاومت سیم با طول آن رابطه مستقیم دارد.

۲-

جنس سیم	طول سیم	قطر سیم	اختلاف پتانسیل (V)	جریان (I)	مقاومت ($R = \frac{V}{I}$)
نیکروم	۵m	۳mm	۵V	۷A	۰٫۷Ω
نیکروم	۵m	۲mm	۵V	۳A	۱٫۶Ω
نیکروم	۵m	۱mm	۵V	۰٫۸A	۶٫۲۵Ω

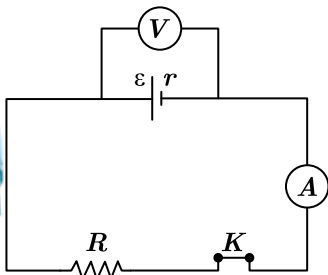
با کاهش سطح مقطع سیم، مقاومت آن افزایش می‌یابد. بنابراین مقاومت سیم با سطح مقطع آن رابطه وارون دارد.

۳-

جنس سیم	طول سیم	قطر سیم	اختلاف پتانسیل (V)	جریان (I)	مقاومت ($R = \frac{V}{I}$)
کنستانتان	۲m	۱٫۶mm	۵V	۱۱A	۰٫۴۵Ω
نیکروم	۲m	۱٫۶mm	۵V	۵A	۱Ω

مقاومت یک رسانا در دمای ثابت به طول، سطح مقطع و جنس رسانا بستگی دارد.

(۴۴) A باتری فرسوده است و B باتری نو؛ زیرا مقاومت درونی باتری A (که برابر با اندازه شیب نمودار است) بزرگتر است.



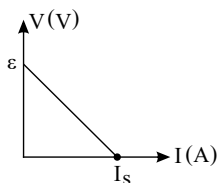
(۴۵) مداری مطابق شکل می‌بندیم.

در حالتی که کلید باز است، عدد ولت‌سنج را می‌خوانیم که نشان‌دهنده نیروی محرکه باتری است. پس از بسته شدن کلید، اعداد آمپرسنج و ولت‌سنج به ترتیب I و V را نشان می‌دهند.

اعداد به‌دست‌آمده را در رابطه $V = \varepsilon - Ir$ قرار داده و مقدار r را محاسبه می‌کنیم.

(۴۶) در حالت کلی برای ولتاژ دو سر مولد در چنین مداری می‌توان نوشت: $\begin{cases} V = \varepsilon - rI \\ V = RI \end{cases}$

واضح است که ε و r ثابت هستند پس نمودار V - I خطی با شیب (-r) و عرض از مبدأ ε خواهد بود.



محل تقاطع این خط با محور I در واقع نشان‌دهنده جریان در حالتی است که ولتاژ دو سر مولد یا عبارتی V_{ab} برابر با صفر شده است یعنی مقاومت متغیر مدار دارای مقدار صفر

بوده است: $V = 0 \Rightarrow I = I_s$

بعبارت دیگر این جریان که با I_s نشان داده شده است جریان اتصال کوتاه یا بیش‌ترین جریان عبوری از مولد است:

$$0 = \varepsilon - rI \Rightarrow I_s = \frac{\varepsilon}{r}$$

(۴۷) الف) به یاد داریم که $Q = mc\Delta\theta$ و ضمناً داریم:

$$W = P \cdot t = Q \Rightarrow Pt = mc\Delta T \Rightarrow P \times 7 \times 60 = 1 \times 4200 \times (60 - 20) \Rightarrow P = 400W$$

$$P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow R = \frac{V^2}{P} = \frac{100^2}{400} = 25\Omega$$

$$R = \rho \frac{L}{A} \Rightarrow L = \frac{RA}{\rho} = \frac{25 \times 0.8 \times 10^{-6}}{1.0 \times 10^{-7}} \Rightarrow L = 200m$$

ب) $q = It \Rightarrow q = \frac{V}{R}t = \frac{100}{25} \times 7 \times 60 = 1680C$



اما در سوال گفته شده است که مقاومت لامپ در حالت خاموش 48.8Ω است. این یعنی دما به مقدار $\Delta\theta$ افزایش یافته که باعث شده مقاومت سیم هم افزایش یابد:

$$R = R_0 (1 + \alpha\Delta\theta) \Rightarrow 48.8\Omega = (48.4\Omega)(1 + (4 \times 10^{-5} \frac{1}{K}) \times \Delta\theta) \Rightarrow \Delta\theta = 225^\circ C$$

گام اول: ابتدا مقاومت این قطعه سیم را با استفاده از رابطه $R = \rho \frac{L}{A}$ به دست می‌آوریم:

$$R = \rho \frac{L}{A} = 10^{-8} \Omega \cdot m \times \frac{2m}{0.2 \times 10^{-3} m^2} = 10\Omega$$

گام دوم: حالا توان مصرفی را به دست می‌آوریم:

$$P = \frac{(\Delta V)^2}{R} = \frac{(200V)^2}{10\Omega} = 4000W = 4kW$$

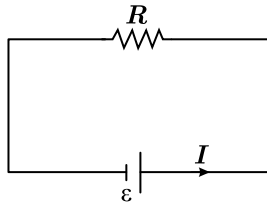
گام سوم: توجه کنید که چون توان را برحسب کیلووات داریم، اگر زمان را برحسب ساعت به دست آوریم، به راحتی می‌توانیم انرژی مصرفی را برحسب کیلووات ساعت حساب کنیم:

$$\Delta t = 20min = \frac{1}{3}h$$

بنابراین انرژی مصرفی برحسب کیلووات ساعت برابر است با:

$$U = P\Delta t = 4kW \times \frac{1}{3}h = \frac{4}{3}kWh$$

۵۰



قانون ژول: $Q = RI^2 \Delta t$

تعریف نیروی محرکه الکتریکی: $\varepsilon = \frac{\Delta W}{\Delta q}$ (۱)

تعریف جریان الکتریکی: $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$

قاعده حلقه: $\varepsilon - IR = 0 \Rightarrow \varepsilon = IR \xrightarrow{\times I \Delta t} \varepsilon I \Delta t = RI^2 \Delta t$ (۲)

$$(1), (2) \Rightarrow \frac{\Delta W}{\Delta q} \times \frac{\Delta q}{\Delta t} \times \Delta t = Q \Rightarrow \Delta W = Q$$

بنابراین کار انجام‌شده در انتقال بار توسط منبع نیروی محرکه الکتریکی برابر است با گرمای تولیدشده در مقاومت.

۵۱ در لامپ‌های رشته‌ای انرژی الکتریکی در رشته داخل لامپ، ابتدا به گرما تبدیل شده و سپس بخشی از گرمای تولیدشده به‌صورت نور گسیل می‌شود، ولی در لامپ‌های LED انرژی الکتریکی مستقیماً به نور تبدیل می‌شود. بنابراین لامپ‌های LED مصرف انرژی کمتری دارند.

۵۲ مقاومت لامپ خاموش 40Ω اندازه‌گیری می‌شود: $R_{\text{خاموش}} = 40\Omega$

اگر توان لامپ $P = 100W$ و ولتاژ اعمال‌شده به آن $V = 220V$ باشد، مقاومت لامپ روشن به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow R = \frac{V^2}{P} = \frac{220 \times 220}{100} \Rightarrow R_{\text{روشن}} = 484\Omega$$

از آنجایی که با افزایش دما، مقاومت رسانا افزایش می‌یابد، مقاومت لامپ روشن به دلیل دمای بالای آن بسیار بیشتر از مقاومت لامپ خاموش است. (ب)

$R_0 = 40\Omega$ (مقاومت لامپ خاموش)

$$R = R_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$$

$T_0 = 20^\circ C$ (دمای لامپ خاموش)

$$484 = 40 [1 + 4.5 \times 10^{-5} (T - 20)]$$

$R = 484\Omega$ (مقاومت لامپ خاموش)

$$12.1 = 1 + 4.5 \times 10^{-5} (T - 20)$$

$T = ?$

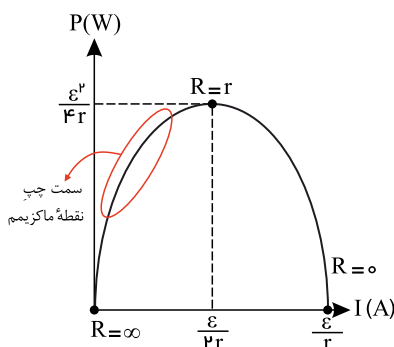
$$11.1 = 4.5 \times 10^{-5} (T - 20)$$

$$\alpha = 4.5 \times 10^{-5} \frac{1}{K}$$

$$T - 20 = \frac{11.1}{4.5 \times 10^{-5}} = 2467 \Rightarrow T = 2487^\circ C$$

۵۳ نمودار تابع $P = \varepsilon I - rI^2$ برحسب I مطابق شکل روبه‌رو است.

با توجه به نمودار درمی‌یابیم اگر $R > r$ باشد، در سمت چپ نقطهٔ ماکزیمم قرار داریم و با افزایش R و کاهش I واضح است توان خروجی کاهش می‌یابد.



مثل آب خوردن بگیر

$$P = \varepsilon I - rI^2 = \varepsilon \left(\frac{\varepsilon}{R+r} \right) - r \left(\frac{\varepsilon}{R+r} \right)^2 = \frac{R\varepsilon^2}{(R+r)^2}$$



دو رابطه را بر هم تقسیم می‌کنیم

$$\frac{32}{\frac{1}{2} \times (3+r)^2} = \frac{0.5 \times (3+r)^2}{\frac{1}{2} \times (0.5+r)^2} \Rightarrow \frac{64}{9} = \frac{(3+r)^2}{(0.5+r)^2} \Rightarrow \frac{8}{3} = \frac{3+r}{0.5+r} \Rightarrow 4+8r=9+3r \Rightarrow 5r=5 \Rightarrow r=1\Omega$$

$$II) \frac{1 \times \varepsilon^2}{(3+1)^2} \Rightarrow \varepsilon^2 = 9 \times 16 \Rightarrow \varepsilon = 3 \times 4 = 12V$$

می‌دانیم هنگامی که $R=r$ شود، توان خروجی مولد بیشینه می‌شود. بنابراین داریم:

$$P = \frac{R\varepsilon^2}{(R+r)^2} \xrightarrow{R=r} P_{max} = \frac{r\varepsilon^2}{(r+r)^2} = \frac{r\varepsilon^2}{(r+r)^2} \Rightarrow P_{max} = \frac{\varepsilon^2}{4r} = \frac{12^2}{4 \times 1} = 36W$$

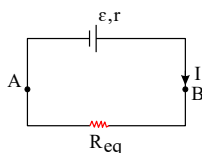
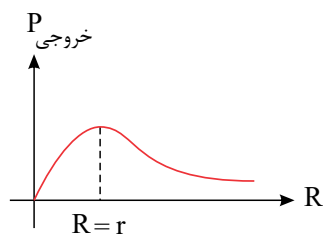
۵۵

$$P = \varepsilon I - rI^2 = \varepsilon \left(\frac{\varepsilon}{R+r} \right) - r \left(\frac{\varepsilon}{R+r} \right)^2 = \frac{R\varepsilon^2}{(R+r)^2}$$

$$R=1 \Rightarrow P=4 \Rightarrow \begin{cases} 4 = \frac{1 \times \varepsilon^2}{(1+r)^2} \\ 3 = \frac{3\varepsilon^2}{(3+r)^2} \end{cases} \Rightarrow \frac{4}{3} = \frac{(3+r)^2}{(1+r)^2 \times 3} \Rightarrow 2 = \frac{3+r}{1+r} \Rightarrow r=1\Omega$$

$$\Rightarrow 3 = \frac{3\varepsilon^2}{(3+1)^2} \Rightarrow \varepsilon = 4V$$

۵۶ مطابق نمودار رسم شده توان مصرف شده در مقاومت R و یا توان مفید مولد زمانی بیشینه است که $R=r$ باشد، حال اگر با افزایش R اندازه آن به r نزدیک شود، توان مفید مولد هم افزایش می‌یابد. در غیر این صورت توان مفید کاهش می‌یابد. بنابراین در این شرایط، توان خروجی (مفید) ممکن است افزایش یا کاهش بیابد و یا حتی ثابت بماند.

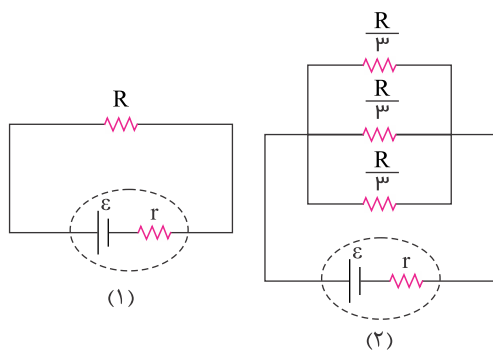


$$I = \frac{\varepsilon}{r + R_{eq}} \rightarrow \varepsilon = I(r + R_{eq})$$

$$\frac{P_{خروجی}}{P_{تولیدی}} = \frac{\varepsilon I - rI^2}{\varepsilon I} = \frac{\varepsilon - rI}{\varepsilon} = \frac{V_{AB}}{\varepsilon} = \frac{R_{eq}I}{I(r + R_{eq})}$$

$$= \frac{R_{eq}}{r + R_{eq}} = \frac{6}{4+6} = \frac{6}{10} = 60\%$$

۵۷



۵۸

$$R'_T = \frac{\frac{R}{3}}{3} = \frac{R}{9}$$

$$P = \varepsilon I \Rightarrow P' = \frac{1}{9}P \Rightarrow I' = \frac{1}{3}I$$



$$\Rightarrow \frac{\varepsilon}{\frac{R}{9} + r} = \frac{9}{5} \times \frac{\varepsilon}{R + r} \Rightarrow R + 9r = 5R + 5r \Rightarrow 4r = 4R \Rightarrow r = R$$

نکته: بیشینه توان مفید مولد (توان خروجی) در حالتی است که $R = r$ باشد. در این صورت به ازای جریان $I = \frac{\varepsilon}{2r}$ بیشترین توان خروجی برابر $P_{\max} = \frac{\varepsilon^2}{4r}$ خواهد شد.

$$P = \varepsilon I - rI^2 \xrightarrow{I = \frac{\varepsilon}{2r}} P_{\max} = \frac{\varepsilon^2}{4r}$$

$$P_{\max} = \frac{\varepsilon^2}{4r} \Rightarrow 36 = \frac{24^2}{4r} \Rightarrow r = 4\Omega$$

حال اگر مقاومت $R = 8\Omega$ را به دو سر مولد ببندیم داریم:

$$V = IR \Rightarrow V = \frac{\varepsilon R}{R + r} = \frac{24 \times 8}{8 + 4} = 16V$$

دو معادله و دو مجهول داریم. مجهول‌های ما ε و r در رابطه‌های زیر هستند:

$$I_1 = 5A \Rightarrow P_1 = \varepsilon I_1 - rI_1^2 \Rightarrow 9.5 = \varepsilon(5) - r(5)^2 \Rightarrow 9.5 = 5\varepsilon - 25r \quad (I)$$

$$I_2 = 7A \Rightarrow P_2 = \varepsilon I_2 - rI_2^2 \Rightarrow 12.6 = \varepsilon(7) - r(7)^2 \Rightarrow 12.6 = 7\varepsilon - 49r \quad (II)$$

به کمک روش حذفی، دستگاه معادله زیر را حل می‌کنیم و مقدار مقاومت درونی و نیروی محرکه را به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} 9.5 = 5\varepsilon - 25r \xrightarrow{\times 7} 66.5 = 35\varepsilon - 175r \\ 12.6 = 7\varepsilon - 49r \xrightarrow{\times 5} 63 = 35\varepsilon - 245r \end{cases} \downarrow -$$

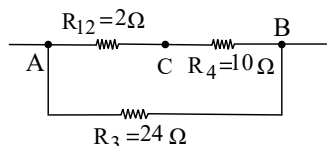
$$\xrightarrow{(I)} 9.5 = 5\varepsilon - 25 \times 0.05 \Rightarrow \varepsilon = 2.15V$$

با دقت در شکل متوجه می‌شویم که

دو سر مقاومت‌های R_1 و R_2 به هم وصل هستند پس این دو موازی‌اند:

و دو سر R_1 همان نقاط A و C هستند.

دو سر مقاومت R_3 همان نقاط B و C هستند و دو سر مقاومت R_4 نقاط A و B هستند و شکل جدید بدست می‌آید.



حالا مشاهده می‌شود که R_{12} با R_4 سری است و حاصل آنها با R_3 موازی است:

$$R_{124} = R_{12} + R_4 = 2 + 10 = 12\Omega \Rightarrow \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_{124}} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{12} + \frac{1}{24} = \frac{3}{24} \Rightarrow R_{eq} = 8\Omega$$

تکنیک اسم‌گذاری دو سر مقاومت‌ها کمک می‌کند که بهتر بتوانیم شکل‌های جدید را رسم کنیم.

با کمی دقت در شکل و توجه به این نکته که «رساناهای به هم متصل، هم‌پتانسیل هستند» متوجه می‌شویم که یک سر هر سه مقاومت R_1 , R_2 , R_3 به نقطه A متصل هستند (و هم‌پتانسیل با آن) و سر دیگر همه آنها به نقطه B متصل هستند (و هم‌پتانسیل با آن) و این تعریف موازی بودن مقاومت‌هاست. پس:

$$\text{سه مقاومت موازیند: } \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} + \frac{1}{18}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{R_{eq}} = \frac{6 + 3 + 1}{18} = \frac{10}{18} \Rightarrow R_{eq} = 1.8\Omega$$

در شکل (الف) مقاومت‌ها پشت سر هم و دارای یک جریان هستند، پس متوالی‌اند.

در شکل (ب) اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌ها یکسان است. به عبارتی سر اول هر دو مقاومت به یک پتانسیل و سر دوم هر دو هم به یک پتانسیل متصل است، پس موازی‌اند.

در شکل (پ) نیز شبیه شکل (ب)، سرهای متناظر هم‌پتانسیل هستند. پس این دو مقاومت نیز موازی‌اند.

در شکل (ت) اگر مقاومت‌ها مشابه نباشند، نه حالت موازی داریم و نه حالت متوالی. ولی اگر مشابه باشند، از مقاومت وسط جریانی عبور نمی‌کند و قابل حذف است (چون شکل کاملاً متقارن است و پتانسیل سر بالایی و پایینی آن حتماً یکسان خواهد شد) به این ترتیب دو مقاومت بالایی با هم و دو مقاومت پایینی هم با هم متوالی‌اند و مقاومت حاصل در شاخه بالایی و پایینی موازی خواهند بود. (یا دو مقاومت سمت چپ موازی، دو مقاومت سمت راست موازی و در نهایت معادل آنها با هم متوالی است.)

جریان به صورت $I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r}$ به دست می‌آید؛ پس، ما تنها کافی است به دنبال مقاومت معادل در دو حالت متوالی و موازی بگردیم. مقاومت‌ها با هم مساوی‌اند؛ بنابراین داریم:

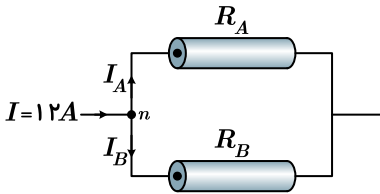
$$\text{متوالی: } R_{eq} = nR \xrightarrow{n=3} 3R$$

$$\text{موازی: } R'_{eq} = \frac{R}{n} \xrightarrow{n=3} \frac{R}{3}$$



$$\frac{I_{\text{متوالی}}}{I_{\text{موازی}}} = \frac{\frac{\varepsilon}{R_{eq} + r}}{\frac{\varepsilon}{R'_{eq} + r}} = \frac{\frac{1}{3R + R}}{\frac{1}{\frac{R}{3} + R}} = \frac{\frac{1}{4R}}{\frac{4}{3}R} = \frac{\frac{3}{4}R}{4R} = \frac{1}{3}$$

۶۵ ابتدا شکل سوال را رسم می‌کنیم تا بفهمیم با چه مسئله‌ای سر و کار داریم:



جریان I وقتی به گره n می‌رسد، به نسبت عکس مقاومت‌ها بین آنها تقسیم می‌شود:

$$\frac{I_A}{I_B} = \frac{R_B}{R_A} = \frac{\frac{\rho_B l_B}{A_B}}{\frac{\rho_A l_A}{A_A}} \xrightarrow{l_A=l_B, A_A=A_B} \frac{I_A}{I_B} = \frac{\rho_B}{\rho_A} = \frac{4 \times 10^{-8} \Omega \cdot m}{2 \times 10^{-8} \Omega \cdot m} = 2$$

پس $\frac{I_A}{I_B} = I_B$ است. از طرفی می‌دانیم $I = I_A + I_B$ است؛ بنابراین:

$$I = I_A + I_B = I_A + \frac{1}{2}I_A = \frac{3}{2}I_A \Rightarrow 12A = \frac{3}{2}I_A \Rightarrow I_A = 8A$$

۶۶ گام اول: ابتدا مقاومت R را به دست می‌آوریم:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{24V}{12V} = 2\Omega$$

گام دوم: مقاومت معادل بین دو نقطه B و C را به دست می‌آوریم:

$$R_{eq}^{BC} = 4\Omega + 2\Omega + 10\Omega = 16\Omega$$

گام سوم: حالا اختلاف پتانسیل بین این دو نقطه را با استفاده از رابطه $V_{BC} = IR_{eq}^{BC}$ محاسبه می‌کنیم:

$$V_{BC} = IR_{eq}^{BC} = (12A)(16\Omega) = 192V$$

۶۷ الف) باید توجه کرد که در مدارهای تک‌حلقه‌ای که دارای چند مولد هستند تعیین‌کننده جهت جریان، مولد بزرگتر یا مجموعه‌ای از مولدهای هم‌جهت هستند که بزرگ‌ترند. در این مدار جریان از سر مثبت مولد ε_1 خارج می‌شود:

$$I = \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{r_1 + r_2 + R_1 + R_2} = \frac{12 - 6}{0.5 + 0.5 + 5 + 6} = \frac{6}{12} = 0.5A$$

ب) کافی است در جهت جریان (بصورت پادساعت‌گرد) از a تا b در مدار حرکت کنیم:

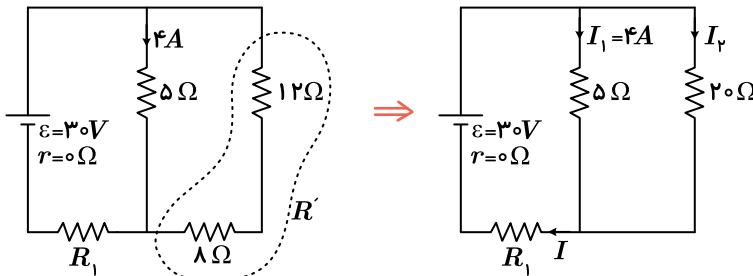
$$V_a - \varepsilon_1 - r_1 I = V_b \Rightarrow V_a - 6 - 0.5 \times 0.5 = V_b \Rightarrow V_b - V_a = -6.25V$$

ج) با توجه به این‌که جریان از سر مثبت مولد ε_1 به آن وارد می‌شود، مولد ε_1 در حال شارژ است و به همین دلیل اختلاف پتانسیل دو سر آن از ε_1 بیشتر شده است.

۶۸ برای اینکه توان مصرفی در R_1 را به دست بیاوریم، باید R_1 و جریان عبوری از آن را داشته باشیم که هیچ‌کدام را نداریم. به همین خاطر اول به سراغ به دست آوردن این دو مقدار می‌رویم.

مقاومت‌های ۱۲ و ۸ اهمی با هم متوالی‌اند؛ پس، به جای آنها مقاومت معادلشان را قرار می‌دهیم:

$$R' = 12\Omega + 8\Omega = 20\Omega$$



حالا جریان عبوری از مقاومت ۲۰ اهمی را به دست می‌آوریم:

$$\frac{20\Omega}{5\Omega} = \frac{I_1}{I_2} \Rightarrow 4 = \frac{4A}{I_2} \Rightarrow I_2 = 1A$$

حالا جریان کل عبوری از مدار را به دست می‌آوریم که همان جریان عبوری از R_1 است:

$$I = I_1 + I_2 = 4A + 1A = 5A$$

برای به دست آوردن مقدار R_1 ، از مقدار جریان عبوری از مدار تک‌حلقه یعنی $I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r}$ کمک می‌گیریم. ε ، I و r را داریم، R_{eq} به دست می‌آید. با محاسبه R_{eq} به راحتی

R_1 به دست می‌آید؛ چون، طبق شکل زیر R_1 با مجموعه مقاومت‌های ۲۰ و ۵ اهمی متوالی است. مقاومت‌های ۲۰ و ۵ اهمی با هم موازی هستند و معادل آنها

$$R'' = \frac{20 \times 5}{20 + 5} = 4\Omega \text{ است:}$$



$$P_{\varepsilon_2 \text{ خروجی}} = \underbrace{(\varepsilon_2 - r_2 I)}_{\text{ولتاژ دو سر مولد } \varepsilon_2} I = (12 - 0.5 \times 1) \times 1 = 11.5 \text{ W}$$

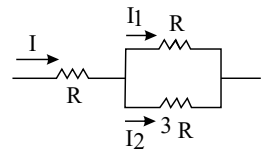
$$P_{\varepsilon_1 \text{ ورودی}} = \underbrace{(\varepsilon_1 + r_1 I)}_{\text{ولتاژ دو سر مولد } \varepsilon_1} I = (6 + 0.5 \times 1) \times 1 = 6.5 \text{ W}$$

باید توجه کرد مولد ε_2 در حال شارژ مولد ε_1 و نیز تأمین توان برای مقاومت R است یعنی توان مصرفی مقاومت R (همان 5 W) بعلاوه توان ورودی ε_1 (همان 6.5 وات) برابر با توان خروجی مولد اصلی مدار یعنی همان 11.5 وات خواهد بود.

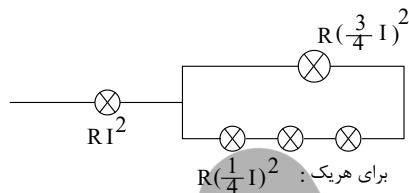
با استفاده از روش تقسیم جریان، I_1 و I_2 را محاسبه می‌کنیم.

$$I_1 = \frac{3R}{R + 3R} \times I = \frac{3}{4} I$$

$$I_2 = \frac{R}{R + 3R} \times I = \frac{1}{4} I$$



پس توان مصرفی هر یک از مجموعه‌ها:



بنابراین بیش‌ترین توان مصرفی متعلق به همان لامپ اول است یعنی $RI^2 = 80 \text{ W}$
پس:

$$R\left(\frac{3}{4}I\right)^2 = \frac{9}{16}RI^2 = \frac{9}{16} \times 80 = 45 \text{ W}$$

$$R\left(\frac{1}{4}I\right)^2 = \frac{1}{16}RI^2 = \frac{1}{16} \times 80 = 5 \text{ W}$$

$$P_{\text{کل}} = 80 + 45 + (5 + 5 + 5) = 140 \text{ W}$$

پس توان کل:

الف) مقاومت‌های R_f , R_p , R_v با هم موازیند یعنی ولتاژ دو سر R_f با ولتاژ دو سر R_p و R_v برابر است:

$$V_{R_f} = R_f I_f = 3 \times 0.5 = 1.5 \text{ V}$$

$$V_{R_p} = 1.5 \text{ V} \Rightarrow V_{R_p} = R_p I_p \Rightarrow 1.5 = 6 I_p \Rightarrow I_p = 0.25 \text{ A}$$

$$V_{R_v} = 1.5 \text{ V} \Rightarrow V_{R_v} = R_v I_v \Rightarrow 1.5 = 2 I_v \Rightarrow I_v = 0.75 \text{ A}$$

بر اساس قانون جریان گره، جریان عبوری از مقاومت R_1 برابر با مجموع جریان‌های عبوری از R_f , R_p , R_v :

$$I_1 = I_v + I_p + I_f \Rightarrow I_1 = 0.75 + 0.25 + 0.5 = 1.5 \text{ A}$$

ب) طبق داده مسئله:

$$r I_1 = 1.5 \text{ V} \Rightarrow r_1 \times 1.5 = 1.5 \Rightarrow r_1 = 1 \Omega$$

ضمناً ولتاژ دو سر B و A برابر است با اختلاف پتانسیل دو سر R_f , R_p , R_v :

$$V_{AB} = V_{R_f} = 1.5 \text{ V}$$

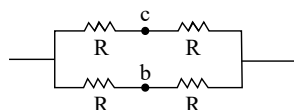
با چرخش از نقطه B به A در جهت جریان I_1 :

$$V_B - x I_1 - r I + \varepsilon - R_1 I_1 = V_A \Rightarrow \varepsilon - I_1 (x + r + R_1) = V_A - V_B$$

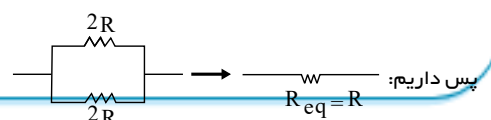
$$12 - 1.5(x + 1 + 4) = 1.5 \Rightarrow 1.5(5 + x) = 10.5 \Rightarrow 5 + x = 7 \Rightarrow x = 2 \Omega$$

الف) اگر مجموعه به ولتاژ V وصل شود و فرض کنیم جریان I وارد نقطه a می‌شود، چون مدار کاملاً متقارن است. جریان به دو قسمت مساوی تقسیم می‌شود و از هر کدام از دو مقاومت بالا و پایین می‌گذرد. بنابراین اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R در بالا و مقاومت R در پایین یکسان خواهد بود و چون سر اول هر دو به نقطه a وصل است می‌توان گفت:

$$V_c - V_a = V_b - V_a \Rightarrow V_b = V_c$$



یعنی جریانی از مقاومت R' نمی‌گذرد و می‌توان آن را حذف کرد.
ب) با توجه به قسمت الف شکل مدار تبدیل می‌شود به:





$$P_{\Sigma} = 60 + 15 + 15 = 90W$$

در نتیجه:

یعنی می توان $90W$ به دو سر b و a توان منتقل نمود.

(۷۴) توجه کنید که اگر دو لامپ به ولتاژ اسمی که روی آن نوشته وصل شود، همان توان اسمی که رویش نوشته را ایجاد می کند. در حالت کلی آنچه ثابت می ماند مقاومت لامپ است (با فرض آنکه محاسبات مربوط به دما را دخالت ندهیم):

$$P_1 = \frac{V^2}{R_1} \Rightarrow R_1 = \frac{V^2}{P_1} = \frac{(220)^2}{40}, \quad P_2 = \frac{V^2}{R_2} \Rightarrow R_2 = \frac{V^2}{P_2} = \frac{(220)^2}{60}$$

$$R_{eq} = R_1 + R_2 = \frac{(220)^2}{40} + \frac{(220)^2}{60} = \frac{(220)^2}{24}$$

$$I = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{220}{\frac{(220)^2}{24}} = \frac{24}{220} = \frac{6}{55}A$$

این جریان از هر دوی آنها می گذرد پس:

$$P_{1 \text{ جذب}} = R_1 I^2 = \frac{(220)^2}{40} \times \left(\frac{6}{55}\right)^2 = 14.4W, \quad P_{2 \text{ جذب}} = R_2 I^2 = \frac{(220)^2}{60} \times \left(\frac{6}{55}\right)^2 = 9.6W$$

$$P_t = P_{1 \text{ جذب}} + P_{2 \text{ جذب}} = 14.4 + 9.6 = 24W$$

تذکر: به طور کلی در این گونه سؤال ها که لامپ ها با برق شهر کار می کنند، آنها را به صورت متوالی به همان برق شهر متصل می کنیم، توان مصرفی کل آنها به صورت زیر محاسبه می شود:

$$P_t = \frac{P_1 P_2}{P_1 + P_2} \xrightarrow{\text{در اینجا}} P_t = \frac{60 \times 40}{100} = 24W$$

(۷۵)

$$\text{موازی } R_1, R_2: R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{6}{5} = 1.2\Omega$$

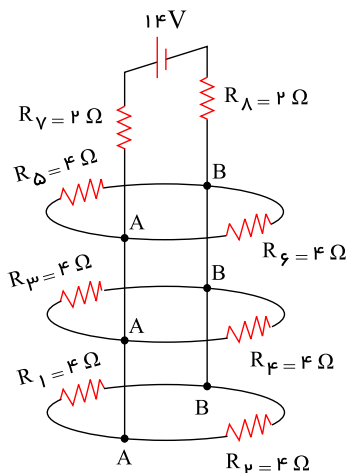
$$R_{eq} = R_{12} + R_3 = 1.2 + 4.8 = 6\Omega \Rightarrow I = \frac{V_{AB}}{R_{eq}} \Rightarrow I = \frac{12}{6} = 2A$$

اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت که بین دو نقطه A و C قرار دارد، همان اختلاف پتانسیل دو سر R_1 است:

$$V_{R_1} = V_{AC} = R_{12} I = 1.2 \times 2 = 2.4A \Rightarrow V_{R_1} = R_1 I_1 \Rightarrow 2.4 = 2 \times I_1 \Rightarrow I_1 = 1.2A$$

$$(b) \quad I_{\text{مدار}} = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow 2 = \frac{\varepsilon}{6 + 0.5} \Rightarrow \varepsilon = 13V$$

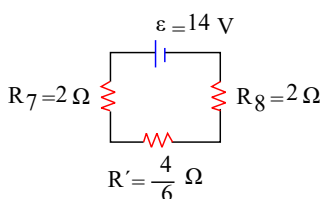
(۷۶) با کمی دقت در شکل فضایی مسأله مشاهده می شود که مقاومت های R_1 تا R_6 همگی بین دو نقطه A و B بسته شده اند و با هم موازی اند:



$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{R'} = \frac{6}{4} \Rightarrow R' = \frac{4}{6}\Omega$$

مدار ساده شده به شکل زیر خواهد بود:



$$R_{eq} = R_V + R_A + R'$$

$$R_{eq} = \frac{28}{6}\Omega = \frac{14}{3}\Omega$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} = \frac{14}{\frac{14}{3}} = 3A$$

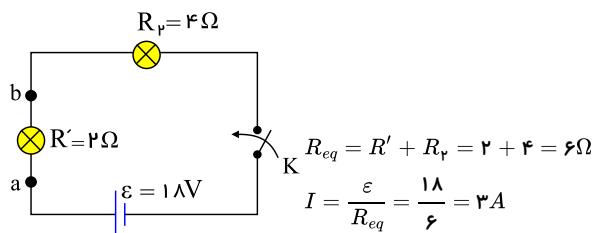
این جریان $3A$ از R_V ، R_A و R' می گذرد. پس:

$$V_{AB} = V_{R'} = R' I = \frac{4}{6} \times 3 = 2V$$



و در شکل جدید مشاهده می‌کنیم که R_p و R' سری‌اند:

حال جریان کل مدار را محاسبه می‌کنیم:



که این جریان هم از R_p و هم از R' می‌گذرد. پس داریم:

$$V_{ab} = V_{R'} = R' I = 2 \times 3 = 6V$$

چون R_1 و R_3 موازی هستند، V_{ab} هم اختلاف پتانسیل دو سر R_1 است و هم اختلاف پتانسیل دو سر R_3 :

$$I_1 = \frac{V_{ab}}{R_1} = \frac{6}{3} = 2A$$

$$I_3 = \frac{V_{ab}}{R_3} = \frac{6}{6} = 1A$$

(۷۸)

الف) ابتدا جریان عبوری از مقاومت R_p را به دست می‌آوریم:

$$P_p = R_p I_p^2 \rightarrow 96 = 6 I_p^2 \rightarrow I_p = 4A$$

با توجه به موازی بودن R_p و R_3 ، جریان عبوری از R_3 و سپس جریان کل مدار را به دست می‌آوریم:

$$\frac{I_p}{I_3} = \frac{R_3}{R_p} \rightarrow \frac{I_p}{I_3} = \frac{6}{12} \rightarrow I_p = 2A \rightarrow I_{eq} = 2 + 4 = 6A$$

اختلاف پتانسیل دو سر مولد با اختلاف پتانسیل دو سر مجموعه مقاومت‌ها یکسان است.

$$R_{p3} = 4\Omega \quad R_{eq} = 2 + 4 = 6\Omega$$

$$V = IR = 6 \times 6 = 36$$

ب) لامپ (۱) اتصال کوتاه و خاموش می‌شود.

(۷۹) گام اول: شکل سوال را به دقت ببینید. اگر کلید A را ببندیم، مقاومت R_A و اگر کلید B را ببندیم، مقاومت R_B و اگر هر دو کلید را ببندیم، هر دو مقاومت به ولتاژ ۲۲۰V وصل می‌شوند؛ پس، وقتی هر دو کلید بسته است، توان مصرفی لامپ، بیشینه خواهد شد:

$$P_{max} = P_A + P_B = 50W \quad (1)$$

گام دوم: طبق رابطه $P_n = \frac{V_n^2}{R}$ ، P_n و R با هم رابطه عکس دارند؛ پس، کمترین توان متعلق به بزرگترین مقاومت (یعنی R_A) است:

$$P_{min} = P_A = 10W \quad (2)$$

از رابطه‌های (۱) و (۲) نتیجه می‌گیریم:

$$P_B = P_{max} - P_A = 50 - 10 = 40W$$

گام سوم: باید نسبت $\frac{R_A}{R_B}$ را حساب کنیم:

$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{P_B}{P_A} = \frac{40}{10} = 4$$

(۸۰) الف) با توجه به رابطه $\frac{P_p}{P_1} = \frac{R_1}{R_p}$ داریم:

$$\frac{P_p}{P_1} = \frac{R_1}{R_p} \xrightarrow{\text{صورت و مخرج طرف چپ ضرب در } t} \frac{P_p t}{P_1 t} = \frac{E_p}{E_1} = \frac{R_1}{R_p} \Rightarrow \frac{32}{16} = \frac{R}{8\Omega} \Rightarrow 2 = \frac{R}{8\Omega} \Rightarrow R = 16\Omega$$

ب) جریان گذرنده از مقاومت ۸ اهمی را می‌توانیم از $U_p = R_p I_p^2 t$ به دست آوریم:

$$U_p = R_p I_p^2 t \Rightarrow 32J = (8\Omega) \times I^2 \times (1s) \Rightarrow I^2 = \frac{32}{8} = 4 \Rightarrow I = 2A$$

(۸۱) ابتدا توان کل مصرف‌کننده‌های این خانه را به دست می‌آوریم:

$$P_{\text{کل}} = P_{\text{توستر}} + P_{\text{لامپ}} \times 5 + P_{\text{بخاری}} \Rightarrow P_{\text{کل}} = 1100 + 1800 + 500 + 1100 = 4500W$$

حال جریان کل مدار را به دست می‌آوریم:

$$P_{\text{کل}} = VI_{\text{کل}} \Rightarrow I_{\text{کل}} = \frac{4500}{220} = 20.45A$$

چون جریان کل مدار از حداکثر جریان قابل تحمل فیوز بیشتر است، فیوز می‌پرد.

(۸۲)

با کاهش مقاومت متغیر R ، مقاومت کل کاهش می‌یابد، از این رو جریان کل (که همان R_{eq} جریان عبوری از لامپ L_1 است) افزایش می‌یابد. یعنی:

$$R \downarrow \Rightarrow R_{eq} \downarrow \Rightarrow I_T \uparrow \Rightarrow I_1 = I_T \uparrow \Rightarrow V_1 = R_1 I_1 \uparrow$$



$$V_1 + V_r = V_T \Rightarrow V_r \downarrow$$

ثابت افزایش

$$\left. \begin{aligned} I_r &= I_{r'} + I_{L_r} \\ I_{r'} &= \frac{V_r}{R'} \xrightarrow{\text{کاهش } V_r'} I_{r'} \end{aligned} \right\} \xrightarrow{I_T \uparrow} I_{L_r} \uparrow$$

بنابراین نور لامپ L_r زیاد می‌شود.

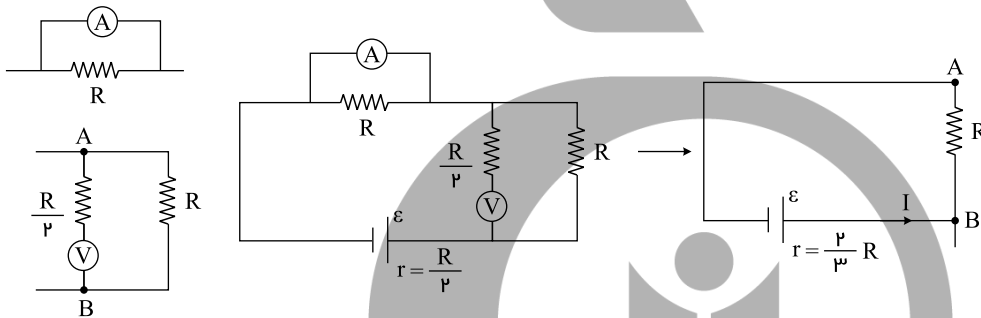
افزایش جریان I_1 یعنی افزایش جریان عبوری از لامپ L_1 ، در نتیجه افزایش نور لامپ L_1 .

۸۳

$$\text{گام ۱} \Rightarrow \left\{ \begin{aligned} I &= \frac{\varepsilon}{r + \frac{4}{3}R} \rightarrow I = \frac{\varepsilon}{\frac{4}{3}R + \frac{4}{3}R} = \frac{\varepsilon}{\frac{8}{3}R} \\ R_{eq} &= R + \frac{R \times \frac{4}{3}R}{R + \frac{4}{3}R} = R + \frac{\frac{4}{3}R^2}{\frac{7}{3}R} = R + \frac{4}{7}R = \frac{11}{7}R \end{aligned} \right.$$

$$\text{گام ۲} \Rightarrow \left\{ \begin{aligned} \text{عدد آمپر سنج} &= \left(\frac{R}{\frac{4}{3}R + R} \right) \left(\frac{\varepsilon}{\frac{8}{3}R} \right) = \frac{3}{7} \frac{\varepsilon}{8R} = \frac{\varepsilon}{16R} \rightarrow I_1 = \frac{\varepsilon}{16R} \\ \text{عدد ولت سنج} &= RI = R \left(\frac{\varepsilon}{16R} \right) = \frac{\varepsilon}{16} \rightarrow V_1 = \frac{\varepsilon}{16} \end{aligned} \right.$$

تعیین جای ولت سنج و آمپر سنج $\Rightarrow$ گام ۳



$$\Rightarrow \text{هم از مدار حذف می‌شود} \frac{R}{2} \quad I = \frac{\varepsilon}{R + \frac{4}{3}R} = \frac{\varepsilon}{\frac{7}{3}R} = \frac{3\varepsilon}{7R}$$

$$\Rightarrow \text{عدد ولت سنج (از ولت سنج جریانی عبور نمی‌کند).} \quad V_{AB} = R \times I \Rightarrow V_r = R \left(\frac{3\varepsilon}{7R} \right) = \frac{3\varepsilon}{7}$$

$$\text{گام ۴} \Rightarrow \left\{ \begin{aligned} V_1 &= \frac{\varepsilon}{2} \\ V_r &= \frac{3\varepsilon}{7} \end{aligned} \right. \Rightarrow V_r > V_1$$

$$\left\{ \begin{aligned} I_1 &= \frac{\varepsilon}{16R} \\ I_r &= \frac{3\varepsilon}{16R} \end{aligned} \right. \Rightarrow I_r > I_1$$

۸۴ با کاهش مقاومت رنوستا، نور لامپ رشته‌ای افزایش می‌یابد. در نتیجه مقاومت LDR کاهش می‌یابد. پس جریان در مدار سمت راست افزایش و نور لامپ LED نیز زیاد می‌شود.

۸۵ با افزایش مقاومت R_1 ، مقاومت معادل در مدار افزایش می‌یابد. با افزایش مقاومت معادل طبق رابطه $I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r}$ ، جریان کاهش می‌یابد.

طبق رابطه $V = \varepsilon - Ir$ ، با کاهش جریان اختلاف پتانسیل دو سر مولد و اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت معادل $R_{p,r}$ افزایش می‌یابد. پس با افزایش اختلاف پتانسیل جریان گذرنده از مقاومت $R_{p,r}$ نیز افزایش می‌یابد (طبق رابطه $V = RI$) پس A_p عدد بیشتری را ثبت می‌کند.

جریان اصلی بین دو مقاومت R_1 و $R_{p,r}$ تقسیم می‌شود و بنابر قانون جریان $I = I_1 + I_r$ چون I کاهش یافته است و I_r افزایش یافته است پس جریان I_1 کاهش می‌یابد و عددی که A_1 نشان می‌دهد کاهش می‌یابد.

۸۶ وقتی کلید K بسته می‌شود مقاومت R_p به صورت موازی به شاخه اضافه می‌شود. مقاومت معادل کاهش می‌یابد پس طبق رابطه $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$ چون مقاومت معادل کاهش می‌یابد پس شدت جریان در مدار افزایش می‌یابد. طبق رابطه $V_1 = \varepsilon - Ir$ چون افت پتانسیل افزایش می‌یابد، اختلاف پتانسیل مدار کاهش می‌یابد پس V_1 کم می‌شود.



$$\rightarrow V_A + \varepsilon - rI - R_1 I = V_C \rightarrow V_C - V_A = V_{CA} = \varepsilon - (r + R_1)I \downarrow \rightarrow V_{AC} \uparrow$$

گام چهارم:

$$\uparrow V_{AC} = V_{R_p} \uparrow = \underbrace{R_p}_{\text{ثابت}} I' \rightarrow (I') \uparrow$$

آمپرسنج افزایش می‌یابد.

گام پنجم:

$$I = I' + I'' \xrightarrow{I' \uparrow, I'' \downarrow} I'' \downarrow$$

گام ششم:

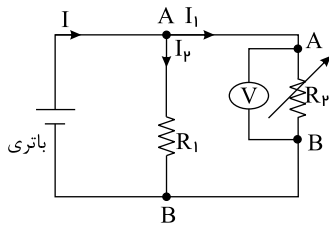
$$R_p : V_{CB} = (R_p + R_f) I'' \downarrow \rightarrow V_{CB} \downarrow$$

گام هفتم:

$$\downarrow V_{CB} + V_{BA} = V_{CA} \uparrow \rightarrow (V_{BA}) \uparrow$$

ولتسنج افزایش می‌یابد.

گام اول: اختلاف پتانسیل دو سر باتری با اختلاف پتانسیل هریک از مقاومت‌های R_1 و R_p برابر است.



گام دوم: با افزایش R_{eq} ، R_p هم افزایش می‌یابد پس I کل کاهش می‌یابد. اما عدد ولتسنج تغییری نکرده است از این موضوع نتیجه می‌گیریم:

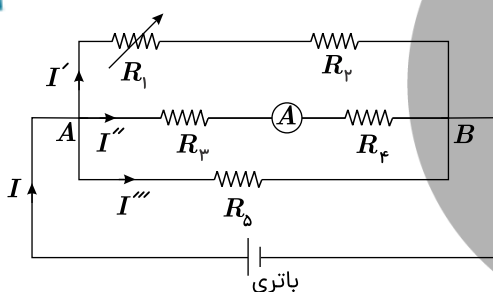
$$\underbrace{V}_{\text{ثابت}} = \varepsilon - rI \downarrow \rightarrow r = 0$$

اختلاف پتانسیل دو سر باتری

گام سوم:

$$P = V \cdot I = \varepsilon I - \cancel{rI^2} = \varepsilon I \downarrow \Rightarrow P \downarrow$$

توان خروجی باتری



گام ۱: مدار را به این شکل در نظر می‌گیریم:

گام ۲: از این که عدد آمپرسنج (با توجه به ثابت ماندن اعداد R_p و R_f) تغییر نکرده می‌توان فهمید که مقاومت درونی باتری صفر بوده است:

$$V_{AB} = V_{\text{باتری}} = \varepsilon - \underbrace{rI}_{\text{کاهش}} = \text{ثابت} \Rightarrow r = 0 \Rightarrow V_{AB} = \varepsilon \rightarrow I'' = \frac{V_{AB}}{R_{p,f}} = \text{ثابت} \Rightarrow I''' = \frac{V_{AB}}{R_\delta} = \text{ثابت}$$

$$R_1 \uparrow \Rightarrow R_{eq} \uparrow \Rightarrow I \downarrow \Rightarrow I = I' + \underbrace{I'' + I'''}_{\text{ثابت}} \Rightarrow I = I' + \text{عدد ثابت} \Rightarrow I' \downarrow \Rightarrow V_{R_p} = \underbrace{R_p}_{\text{ثابت}} I' \downarrow \Rightarrow V_{R_p} \downarrow$$

$$\text{گام ۳} \rightarrow \underbrace{V_{AB}}_{\text{ثابت}} = V_{R_1} + \underbrace{V_{R_p}}_{\text{کاهش}} \Rightarrow V_{R_1} \uparrow$$

با بسته شدن کلید k_1 داریم:

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{r + R}$$

$$(1) \text{ برای هر دو سر لامپ } V_1 = R_1 I_1 = \varepsilon - rI_1$$

ولتاژ بالا برای هر دو لامپ است اما چون کلید k_p بسته است، از لامپ (۲) جریانی نمی‌گذرد.

وقتی کلید k_p را ببندیم دو لامپ با هم موازی می‌شوند.

$$\frac{1}{R_{eq \text{ کل}}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{2}{R} \Rightarrow R_{eq} = \frac{R}{2}$$

$$I_p = \frac{\varepsilon}{r + \frac{R}{2}} \rightarrow I = \frac{I_p}{2} = \frac{1}{2} \left(\frac{\varepsilon}{r + \frac{R}{2}} \right) = \frac{\varepsilon}{2r + R}$$

عبوری از هر لامپ لامپ‌ها یکسان هستند کل مدار

۴۷

همانطور که مشاهده می‌شود جریان عبوری از لامپ (۱) در حالت دوم، کوچک‌تر از آن در حالت اول است، بنابراین نور لامپ (۱) پس از بسته شدن هر دو کلید،

کم‌تر از حالتی است که به تنهایی روشن است.



توجه: درست است که در این حالت جریان I_p از حالت اول یعنی I_1 بزرگتر است، ولی ۲ برابر نشده است. چون جریان عبوری از لامپ‌های L_1 و L_2 با هم برابر و معادل $\frac{I_p}{2}$ است، پس نور لامپ‌ها نسبت به حالتی که فقط یک لامپ روشن بود، کمتر شده است.
اکنون با بسته شدن کلید K_3 داریم:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} \Rightarrow R_{eq} = \frac{R}{3}$$

$$I_p = \frac{\varepsilon}{\frac{R}{3} + r}, \quad V_p = \varepsilon - r I_p$$

در این حالت نیز $I_p < I_1 < I_2$ و به همین ترتیب $V_1 > V_2 > V_p$ خواهد بود و به طریق مشابه می‌توان گفت که نور لامپ‌ها کمتر از حالتی است که فقط لامپ L_1 به تنهایی روشن بود. با بستن کلید K_4 داریم:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} \Rightarrow R_{eq} = \frac{R}{4}$$

$$I_p = \frac{\varepsilon}{\frac{R}{4} + r}, \quad V_p = \varepsilon - r I_p$$

و می‌توان گفت $I_p < I_1 < I_2 < I_3$ و همچنین به طریق مشابه $V_1 > V_2 > V_3 > V_p$ است. پس اگر بعد از بستن کلید K_1 ، کلیدها را یک به یک پشت سر هم ببندیم، عدد آمپرسنج افزایش و عدد ولتسنج و نور لامپ‌ها کاهش می‌یابد.

(۹۲) همان‌طور که می‌دانید، اگر دو یا چند مقاومت به‌طور موازی با هم بسته شوند، جریان عبوری از کوچک‌ترین مقاومت بیشترین مقدار است. پس داریم:

$$R_1 < R_p \Rightarrow I_1 > I_p$$

در مورد ولتسنج‌ها هم باید بگوییم که هر سه ولتسنج، یک مقدار نشان می‌دهند. ولتسنج ۱ و ۲ اختلاف پتانسیل دو سر دو مقاومت موازی را نشان می‌دهند که می‌دانیم با هم برابر است. ولتسنج ۳ هم اختلاف پتانسیل دو سر مدار را نشان می‌دهد که در این سوال همان اختلاف پتانسیل دو سر R_1 و R_p است.

(۹۳) با کاهش مقاومت R_1 ، مقاومت معادل مدار کاهش می‌یابد؛ زیرا:

$$R_{eq} = R_1 + R_p = r$$

بنابراین با توجه به این که جریان مدار برابر است با $I = \frac{\varepsilon}{R_{eq}}$ ، جریان افزایش می‌یابد. با افزایش جریان، مقدار V_p افزایش می‌یابد:

$$I \uparrow \Rightarrow V_p = R_p I \Rightarrow V_p \uparrow$$

اما با افزایش جریان، ولتاژ دو سر مولد کاهش می‌یابد؛ چون:

$$V = \varepsilon - Ir \Rightarrow I \uparrow \Rightarrow Ir \uparrow \Rightarrow (\varepsilon - Ir) \downarrow \Rightarrow V \downarrow$$

از طرفی می‌دانیم:

$$V = V_1 + V_p \Rightarrow V_1 = V - V_p$$

چون V_p افزایش یافته و V کاهش یافته است، $V - V_p$ که همان V_1 است، کاهش می‌یابد.

(۹۴) با افزایش دمای رساناهای فلزی، مقاومت آنها افزایش می‌یابد؛ در نتیجه، طبق رابطه $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$ ، با افزایش R ، جریان مدار یعنی عددی که آمپرسنج نشان می‌دهد، کاهش می‌یابد. از طرفی طبق رابطه $\Delta V = \varepsilon - Ir$ ، با کاهش جریان، ولتاژ دو سر مولد؛ یعنی، همان عددی که ولتسنج نشان می‌دهد، افزایش می‌یابد.

(۹۵) قبل از بستن کلید، ولتاژ باتری به‌صورت برابر بین سه لامپ تقسیم می‌شود (چون لامپ‌ها مشابه هستند). با فرض اینکه مقاومت درونی باتری صفر است، داریم:

$$V_{\text{باتری}} = \varepsilon - Ir = \varepsilon$$

$$V_A = V_B = V_C = \frac{\varepsilon}{3}$$

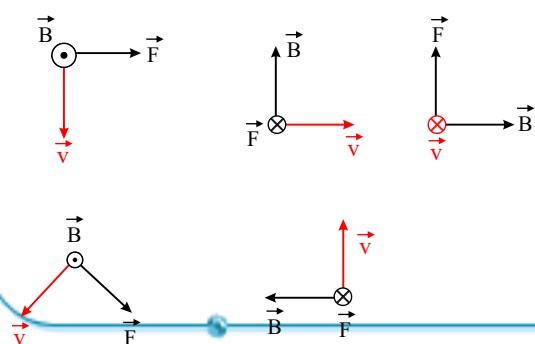
بعد از بسته شدن کلید، دو سر لامپ C اتصال کوتاه شده و این لامپ از مدار حذف می‌شود. بنابراین ولتاژ باتری در این حالت بین لامپ‌های A و B به‌صورت برابر تقسیم می‌شود:

$$V'_C = 0, \quad V'_A = V'_B = \frac{\varepsilon}{2}$$

بنابراین عبارت‌های (الف) و (ب) نادرست و عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند.

(۹۶) باید توجه کرد که اگر برای بار منفی از قانون دست راست استفاده می‌کنیم، باید در نهایت جهت هر چیزی که پیدا می‌کنیم را برعکس بیان کنیم. به‌عنوان مثال در شکل

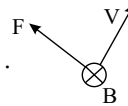
دستمان را طوری قرار می‌دهیم که کف دست رو به بیرون باشد و شست دست راست به سمت راست قرار گیرد، در این‌صورت چهار انگشت بالای کاغذ را نشان می‌دهد که این جهت حرکت بار مثبت است؛ پس باید جهت حرکت رو به پایین را برای بار منفی بیان کنیم؛ به همین ترتیب داریم:





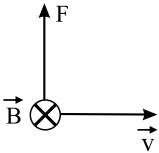
ذره (۳): منحرف نشده پس خنثی است.

ذره (۴): منفی است چون F با انحراف انطباق ندارد. اگر مثبت باشد به صورت شکل منحرف می‌شد.



(۹۹)

طبق قانون دست راست، نیروی مغناطیسی وارد شده بر بار مثبت q به سمت بالا خواهد بود. همچنین به بار مثبت درون میدان الکتریکی یکنواخت، نیرویی در جهت میدان وارد می‌شود که رو به پایین است.

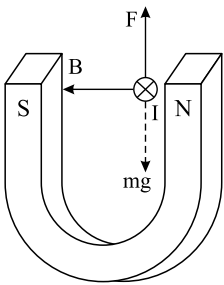


پس (با چشم‌پوشی از نیروی وزن) در صورتی که اندازه این دو نیرو برابر باشد، بار می‌تواند بدون انحراف به مسیر خود ادامه دهد:

$$F_{\text{مغناطیسی}} = F_{\text{الکتریکی}} \Rightarrow E v \sin \alpha = v B \sin \alpha \Rightarrow 450 = v \times 0.18 \times 1 \Rightarrow v = \frac{450}{0.18} = 2500 \frac{m}{s}$$

(۱۰۰)

الف) برای معلق ماندن سیم باید F_B خلاف جهت mg باشد و با آن برابر باشد. در ضمن جهت جریان از A به B یعنی درون سو (مثلاً رو به شمال) است. پس B باید به سمت چپ (یا مثلاً غرب باشد یعنی قطب N سمت راست و قطب S سمت چپ قرار دارد.



ب) ابتدا جریان عبوری از سیم و پس از آن با استفاده از قانون اهم، مقاومت الکتریکی‌اش را محاسبه می‌کنیم.

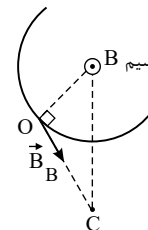
$$F_B = mg \Rightarrow B I \ell \sin \theta = mg \\ \Rightarrow 2 \times 10^{-3} \times I \times 0.2 \times 1 = (0.20 \times 10^{-3}) \times 10 \Rightarrow I = 5 A$$

بر اساس قانون اهم:

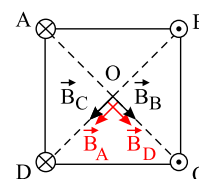
$$v = RI \\ \Rightarrow 40 = R \times 5 \Rightarrow R = 8 \Omega$$

(۱۰۱) سیمی را در فضای دهانه آهنربای C شکلی بر روی یک ترازوی رقمی قرار داده و نیروی وزن آهنربا را اندازه می‌گیریم. سپس از این سیم جریان معینی را عبور می‌دهیم. تغییر عدد ترازو برابر با نیروی مغناطیسی وارد بر سیم است.

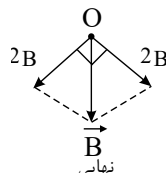
(۱۰۲) الف) جهت جریان هریک از سیم‌های A, B, C, D در نقطه O بر اساس قانون دست راست تعیین می‌شود، فقط باید توجه کرد که مثلاً برای سیم B ، بردار میدان بر OC منطبق است و جهت آن به سمت C است چون بردار میدان بر دایره‌ای که به مرکز B و به شعاع نصف قطر زده شده باشد مماس است:



بنابراین داریم:



یعنی میدان‌های ناشی از سیم A و C هم‌جهت و هم‌اندازه و میدان‌های ناشی از سیم B و D نیز هم‌جهت و هم‌اندازه خواهند بود. به این ترتیب در نقطه O داریم:





$$B_1 = \frac{\mu_0 NI}{2R} = \frac{12 \times 10^{-7} \times 100 \times 20}{2 \times (0.2)} = 6 \times 10^{-3} T = 6 \text{ mT}$$

میدان ناشی از سیملوله در نقطه O به سمت چپ است و داریم:

$$B_2 = \frac{\mu_0 NI}{\ell} = \frac{12 \times 10^{-7} \times 100 \times 10}{0.1} = 12 \times 10^{-3} T = 12 \text{ mT}$$

بردارهای B_1 و B_2 برهم عمودند: $\vec{B}_1 \otimes \vec{B}_2$ ، بنابراین میدان خالص از رابطه فیثاغورث به دست می‌آید:

$$B_t = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} = \sqrt{(6 \times 10^{-3})^2 + (12 \times 10^{-3})^2} = 6\sqrt{5} \times 10^{-3} T$$

(۱۰۷) اندازه میدان مغناطیسی در اطراف سیم حامل جریان، هم وابسته است به جریانی که از سیم می‌گذرد و هم به فاصله نقطه مورد نظر تا سیم مرتبط است.

هر چه جریان سیم بیشتر و فاصله نقطه مورد نظر تا سیم کمتر باشد میدان مغناطیسی قوی‌تر خواهد بود.

میدان ناشی از I_1 در محل O درون سیم است و میدان ناشی از I_2 در O برون سیم است که چون $B_1 < B_2$ است (به دلایل بالا) تا اینجا برآیند، برون سیم است.

از طرفی میدان ناشی از I_2 نیز برون سیم است، پس میدان مغناطیسی خالص در نقطه O برون سیم خواهد شد.

(۱۰۸) باید توجه کرد در رابطه $B = \frac{\mu_0 NI}{\ell}$ مقدار $\frac{N}{\ell}$ به معنای تعداد دور در واحد طول است. اگر حلقه‌های سیملوله به هم چسبیده باشند و قطر سیم هم 1 mm باشد

بنابراین می‌توان مطمئن بود که هر هزار حلقه کنار هم، طولی معادل 1000 میلی‌متر یا 1 m خواهند داشت؛ به عبارتی تعداد دورهای سیملوله در یک متر (واحد طول) که همان

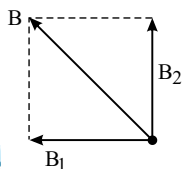
$\frac{N}{\ell}$ خواهد شد برابر با 1000 است، یعنی: (D قطر مقطع سیم است) $\frac{N}{\ell} = \frac{1}{D} = \frac{1}{10^{-3}}$

$$B = \mu_0 \frac{N}{\ell} \cdot I = 4\pi \times 10^{-7} \times (1000) \times 0.1 \Rightarrow B = 1.26 \times 10^{-4} T = 1.26 \text{ mT}$$

(۱۰۹)

طبق قانون دست راست میدان مغناطیسی B_1 که ناشی از جریان I_1 است به سمت چپ و میدان B_2 که ناشی از I_2 است به سمت بالاست و این دو

میدان برهم عمودند:



$$B_1 = \frac{\mu_0 NI}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1 \times 4}{2 \times 0.1} = 8\pi \times 10^{-6} T$$

$$B_2 = \frac{\mu_0 NI_2}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1 \times 8}{2 \times 0.1} = 16\pi \times 10^{-6} T$$

$$B_{\text{خالص}} = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} = \sqrt{(8\pi \times 10^{-6})^2 + (16\pi \times 10^{-6})^2}$$

$$\Rightarrow B_{\text{خالص}} = 8\pi \times \sqrt{5} \times 10^{-6} T \approx 5.6 \times 10^{-5} T$$

(۱۱۰) الف) وقتی جریان در سیملوله برقرار می‌شود، میدان مغناطیسی سیملوله خاصیت مغناطیسی را در میله‌ها القا کرده و میله‌ها آهنربا می‌شوند. چون در دو سر ابتدایی و

انتهایی میله‌ها قطب‌های همنام ایجاد می‌شود. میله‌ها از هم دور می‌شوند.

ب) چون میله‌ها تحت تأثیر یک میدان مغناطیسی خارجی به سادگی آهنربا شده، و با حذف میدان خارجی به آسانی خاصیت آهنربایی خود را از دست می‌دهند، فرومغناطیس نرم

هستند.

(۱۱۱) در لحظه $t = 0$ زاویه بین میدان و نیم‌خط عمود بر حلقه (θ) برابر صفر است.

در مدت 2 s حلقه 60° می‌چرخد و این زاویه به 60° درجه می‌رسد. بنابراین در لحظه $t = 2\text{ s}$ شار مغناطیسی برابر است با:

$$\Phi = AB \cos \theta \xrightarrow[\theta=60^\circ]{\Phi_{\text{max}}=AB=5\text{ Wb}} \theta = 5 \times 1.2 = 2.5 \text{ Wb}$$

(۱۱۲)

الف) از چهار وجه $ABCD$ ، $BCGF$ ، $ADHE$ و $EFGH$ شاری عبور نمی‌کند؛ زیرا، این وجوه در راستای خطوط میدان هستند و بردار عمود بر آنها با خطوط میدان زاویه

90° درجه می‌سازد.

$$\Phi = BA \cos 90^\circ \xrightarrow{\cos 90^\circ = 0} \Phi = 0$$

بردار عمود بر هر سطح را به سمت بیرون مکعب در نظر می‌گیریم:

$$A = (2\text{ cm}) \times (2\text{ cm}) = 4\text{ cm}^2 = 4 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\Phi_{ABFE} = BA \cos 180^\circ = (0.1\text{ T}) \times (4 \times 10^{-4} \text{ m}^2) \times (-1) = -4 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

$$\Phi_{CDHG} = BA \cos 0^\circ = (0.1\text{ T}) \times (4 \times 10^{-4} \text{ m}^2) \times 1 = 4 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

ب) شار کل گذرنده از مکعب برابر صفر است.



$$\Phi_{ABFE} + \Phi_{CDHG} = 0$$

گام اول: میدان مغناطیسی داخل سیملوله را (که شار مغناطیسی را ایجاد می‌کند) به دست می‌آوریم:

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

$$\frac{N}{\ell} = 1000 \rightarrow B = (12 \times 10^{-3} \frac{T \cdot m}{A}) \times (1000 \frac{1}{m}) \times (2A) = 24 \times 10^{-3} T$$

گام دوم: وقتی سیم ۴۰ سانتی‌متری را به شکل مربع درمی‌آوریم، طول هر ضلع آن ۱۰ cm می‌شود. مساحت مربع برابر است با:

$$A = (10 \text{ cm}) \times (10 \text{ cm}) = 100 \text{ cm}^2 = 100 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 10^{-2} \text{ m}^2$$

گام سوم: محاسبه شار:

$$\Phi = BA \cos \theta \Rightarrow \Phi = (24 \times 10^{-3} T) \times (10^{-2} \text{ m}^2) \times 1 = 24 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

گام اول: محاسبه θ : خطوط میدان مغناطیسی در راستای محور x ها هستند.

$$\theta = 90^\circ - \alpha = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$$

گام دوم: محاسبه A :

$$A = 15 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} = 450 \text{ cm}^2 = 450 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 4.5 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

گام سوم: محاسبه Φ :

$$\Phi = BA \cos \theta = (0.4 T) \times (4.5 \times 10^{-2} \text{ m}^2) \times \cos 60^\circ \rightarrow \Phi = 9 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

شار مغناطیسی گذرنده از سیملوله همیشه به خاطر وجود میدان مغناطیسی خارجی نیست. میدان مغناطیسی خود سیملوله نیز، در آن شار ایجاد می‌کند؛ بنابراین، ابتدا باید میدان مغناطیسی داخل سیملوله را حساب کنیم و سپس با استفاده از آن، شار را به دست آوریم.

گام اول: محاسبه میدان مغناطیسی داخل سیملوله:

$$B = \mu_0 \frac{NI}{\ell} \Rightarrow B = (4\pi \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}) \times (\frac{200}{20 \times 10^{-2} \text{ m}}) \times (5A) = 20\pi \times 10^{-4} T = 20 \times 3 \times 10^{-4} T = 6 \times 10^{-3} T$$

محاسبه شار: خطوط میدان سیملوله بر سطح مقطع آن عمود است؛ بنابراین، $\theta = 0$ و داریم:

$$\Phi = BA \cos \theta \xrightarrow{\theta=0 \Rightarrow \cos \theta=1} \Phi = (6 \times 10^{-3} T) \times (15 \times 10^{-2} \text{ m}^2) \times 1 = 90 \times 10^{-5} \text{ Wb} = 9 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

چون محیط هر حلقه برابر $2\pi r$ است پس مجموع محیط حلقه‌ها $(N \times 2\pi r)$ باید برابر با طول سیم اولیه باشد بنابراین تعداد حلقه‌ها از رابطه زیر به دست می‌آید.

داریم:

$$N = \frac{L}{2\pi r} = \frac{62.8}{2 \times 3.14 \times 5 \times 10^{-2}} = 200 \text{ دور}$$

$$\bar{E} = \frac{|\vec{E}|}{R} \Rightarrow 6 \times 10^{-3} = \frac{|\vec{E}|}{3.14} \Rightarrow |\vec{E}| = 3.14 \times 6 \times 10^{-3} = 18.84 \times 10^{-3} V$$

$$|\vec{E}| = \left| -N \frac{\Delta B}{\Delta t} A \cos \theta \right| = \left| -200 \times \frac{\Delta B}{\Delta t} \times \pi \times (5 \times 10^{-2})^2 \times 1 \right|$$

$$\Rightarrow 18.84 \times 10^{-3} = \frac{\Delta B}{\Delta t} \times 5\pi \times 10^{-1} \Rightarrow \frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{18.84 \times 10^{-3}}{5\pi \times 10^{-1}} \Rightarrow \frac{\Delta B}{\Delta t} = 1.2 \times 10^{-2} \frac{T}{s}$$

در حالت اول نیم‌خط عمود بر صفحه قاب با خطوط میدان زاویه صفر درجه و در حالت دوم زاویه 60° می‌سازد. بنابراین داریم:

$$\phi_1 = BA \cos \theta_1 = BA \cos(0^\circ) = BA$$

$$\phi_2 = BA \cos \theta_2 = BA \cos 60^\circ = \frac{1}{2} BA$$

$$|\vec{E}| = \left| -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t} \right| = |\vec{E}| = \left| -N \frac{\frac{1}{2} BA - BA}{\Delta t} \right| = \left| -\frac{1}{2} N \frac{BA}{\Delta t} \right|$$

$$\Rightarrow |\vec{E}| = \frac{1}{2} \times 200 \times \frac{2 \times 10^{-3} \times 200 \times 10^{-4}}{10^{-2}} = 100 \times 4 \times 10^{-3} \Rightarrow |\vec{E}| = 0.4 V$$

$$AB: \bar{E} = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = -1 \times \left(\frac{10^{-3} - 0}{2} \right) \Rightarrow \bar{E} = -\frac{1}{2} \times 10^{-3} V$$

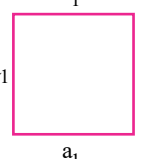
$$BC: \bar{E} = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = -1 \times \left(\frac{0 - 10^{-3}}{1} \right) \Rightarrow \bar{E} = 10^{-3} V$$

$$CD: \bar{E} = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = -1 \times \left(\frac{-10^{-3} - 0}{1} \right) \Rightarrow \bar{E} = 10^{-3} V$$



$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \rightarrow |\bar{\varepsilon}| = | -NA \cos \theta \frac{\Delta B}{\Delta t} \rightarrow 12 = N \times 20 \times 10^{-4} \times 1 \times \left(\frac{-0.4 - 0.2}{20 \times 10^{-3}} \right) \Rightarrow N = 200$$

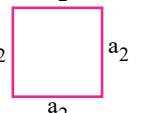
ابتدا طول ضلع مربع اولیه بزرگ و مربع های کوچک را به دست می آوریم:



$$\ell = 4a_1 \Rightarrow a_1 = \frac{\ell}{4} \Rightarrow A_1 = a_1^2 = \frac{\ell^2}{16}$$

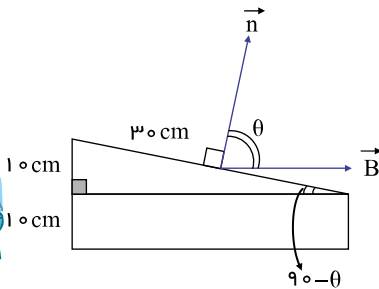
$$\frac{\ell}{n} = 4a_2 \Rightarrow a_2 = \frac{\ell}{4n} \Rightarrow A_2 = a_2^2 = \frac{\ell^2}{16n^2}$$

حال با استفاده از رابطه شار مغناطیسی داریم:



$$\frac{\Phi_2}{\Phi_1} = \frac{nBA_2 \cos 0^\circ}{BA_1 \cos 0^\circ} = \frac{nA_2}{A_1} = \frac{\frac{n\ell^2}{16n^2}}{\frac{\ell^2}{16}} = \frac{1}{n}$$

روش اول: برای محاسبه شاری که از صفحه $ABCD$ می گذرد می توانیم از شکل زیر کمک بگیریم. حال باید کسینوس زاویه بین میدان مغناطیسی و بردار $\vec{n}$ که عمود بر صفحه مذکور است را بیابیم:



$$\cos \theta = \sin(90 - \theta) = \frac{1}{3} = \frac{1}{3}$$

$$\sin(90 - \theta) = \frac{1}{3} = \frac{1}{3} = \cos \theta$$

$$\Phi_{ABCD} = BA \cos \theta = 0.4(40 \times 30 \times 10^{-4}) \cos \theta = 2 \times 30 \times 10^{-4} \times \frac{1}{3} = 2 \times 10^{-4} \text{ Wb} = 200 \text{ mWb}$$

می دانیم اگر از سیملوله جریان بگذرد میدان مغناطیسی در آن ایجاد می شود. تغییر جریان در سیملوله موجب تغییر میدان مغناطیسی و تغییر شار می شود بنابراین:

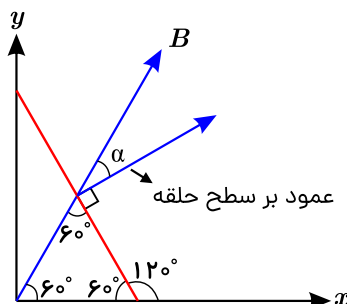
$$B = \mu_0 \left(\frac{N}{\ell} \right) I$$

$$\Delta B = \mu_0 \left(\frac{N}{\ell} \right) (I_2 - I_1)$$

$$\Delta \Phi = \Delta B \cdot A \cos \alpha \xrightarrow{\alpha=0} \Delta \Phi = \mu_0 \left(\frac{N}{\ell} \right) (I_2 - I_1) \times A = 4\pi \times 10^{-7} \times \left(\frac{100}{100 \times 10^{-2}} \right) \times \pi (5 \times 10^{-2})^2 \times 8$$

$$= 32\pi^2 \times 25 \times 10^{-9} = 8 \times 10^{-6} \text{ Wb}$$

۱۲۳ می دانیم شار عبوری از حلقه $(\phi = BA \cos \alpha)$ است. ابتدا باید زاویه بین نیم خط عمود بر حلقه و میدان مغناطیسی را محاسبه کنیم. به همین منظور از دستگاه مختصات استفاده می کنیم.



$$\vec{B} = 3\vec{i} + 3\sqrt{3}\vec{j} \rightarrow \tan \theta = \sqrt{3} \Rightarrow \theta = 60^\circ$$

$$\rightarrow \alpha = 180 - 60 - 90 = 30^\circ$$



اندازه میدان مغناطیسی $|\vec{B}| = \sqrt{(3)^2 + (3\sqrt{3})^2} = 6 \text{ T}$
 $\phi = BA \cos \alpha = 6 \times 2 \times \cos(30^\circ) = 6\sqrt{3} \text{ Wb}$

۱۲۴

$$\frac{\Delta \phi}{\Delta t} = \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot A \cdot \cos \theta = \frac{\Delta B}{\Delta t} \times A \times \cos(0)$$

$$\mathcal{E} = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = -NA \frac{\Delta B}{\Delta t}$$

$$|\bar{\mathcal{E}}| = |400 \times 20 \times 10^{-3} \times 7| = 56 \text{ V}$$

۱۲۵ باید توجه کرد با توجه به اینکه نمودار B بر حسب زمان به صورت خطی است پس مقدار $\frac{\Delta B}{\Delta t}$ که همان شیب خط در نمودار $B - t$ است مقدار ثابتی است و در نتیجه نیروی محرکه القایی و جریان القایی در کل بازه زمانی $0 < t < 0.3$ مقدار ثابتی است که شامل لحظه $t = 0.2 \text{ s}$ هم می‌شود. بنابراین داریم:

$$\bar{\mathcal{E}} = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = -NA \frac{\Delta B}{\Delta t} \cos \theta$$

$$A = \pi r^2 = 3 \times 10^{-2} = 300 \text{ cm}^2 = 300 \times 10^{-4} = 0.03 \text{ m}^2$$

$$\theta = 0$$

$$\frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{0 - 0.04}{0.3 - 0} = \frac{-4}{30} \left(\frac{\text{T}}{\text{s}} \right)$$

$$\bar{\mathcal{E}} = -NA \frac{\Delta B}{\Delta t} \cos 0 = -1 \times 0.03 \times \frac{-4}{30} = 0.004 \text{ V}$$

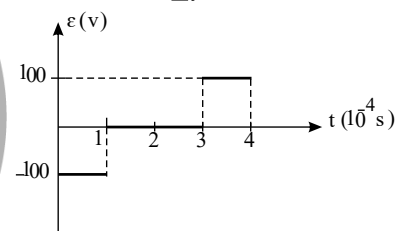
$$I = \frac{\bar{\mathcal{E}}}{R} = \frac{0.004}{5} = 0.0008 \quad A = 0.8 \times 10^{-3} A = 0.8 \text{ mA}$$

۱۲۶ با توجه به رابطه $\bar{\mathcal{E}} = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$ می‌توان گفت که برای یک حلقه ($N = 1$) نیرو محرکه در هر بخش از نمودار برابر با، منفی شیب خط نمودار $\phi - t$ است:

$$\bar{\mathcal{E}}_1 = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t} \Rightarrow \bar{\mathcal{E}}_1 = -1 \times \frac{10^{-2} - 0}{(1 - 0) \times 10^{-4}} = -100 \text{ V}$$

$$\bar{\mathcal{E}}_2 = -1 \times \frac{+10^{-2} - 10^{-2}}{(3 - 1) \times 10^{-4}} = 0$$

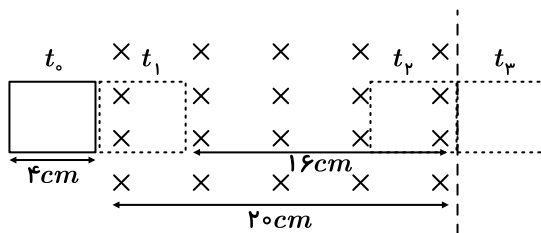
$$\bar{\mathcal{E}}_3 = -1 \times \frac{0 - 10^{-2}}{(4 - 3) \times 10^{-4}} = 100 \text{ V}$$



۱۲۷

الف

نحوه ورود و خروج قاب مستطیلی به میدان مغناطیسی مطابق شکل زیر است. ابتدا زمان‌های مشخص شده در شکل را محاسبه می‌کنیم:

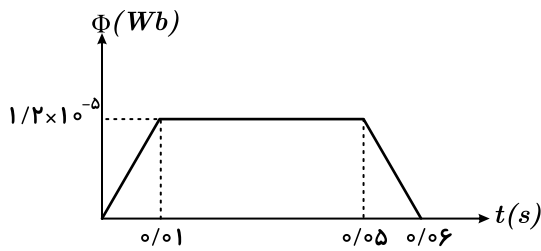


در این بازه زمانی، شار از صفر تا مقدار بیشینه زیاد می‌شود. $0.1 \text{ s} = \frac{4 \text{ cm}}{v} = \frac{4 \text{ cm}}{4 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$ (طول قاب) / (تندی قاب) = ورود کامل قاب به میدان (از t_0 تا t_1)

شار ثابت و در بیشترین مقدار است. $0.4 \text{ s} = \frac{16 \text{ cm}}{4 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$ (طول باقی‌مانده از میدان) / (تندی قاب) = حرکت قاب داخل میدان (از t_1 تا t_3)

شار از مقدار بیشینه تا صفر کاهش می‌یابد. $0.1 \text{ s} = \frac{4 \text{ cm}}{4 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$ (طول قاب) / (تندی قاب) = خروج کامل قاب از میدان (از t_3 تا t_4)

شار بیشینه $\Phi_m = BA = 0.1 \text{ T} \times (4 \text{ cm} \times 3 \text{ cm}) = 0.1 \times 12 \times 10^{-4} \text{ Wb} = 1.2 \times 10^{-5} \text{ Wb}$

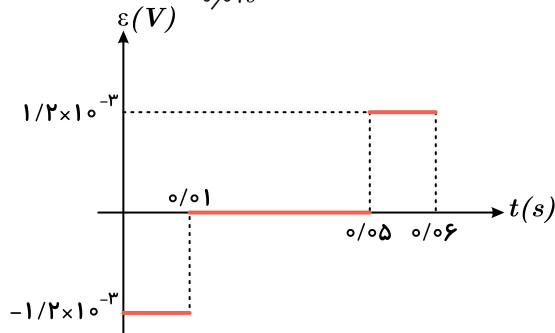


ب

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Rightarrow \bar{\varepsilon}_{(t_1 \rightarrow t_0)} = \frac{-(1/2 \times 10^{-5} - 0) \text{ Wb}}{0.01 \text{ s}} = -1/2 \times 10^{-3} \text{ V}$$

$$\bar{\varepsilon}_{(t_f \rightarrow t_1)} = 0$$

$$\bar{\varepsilon}_{(t_f \rightarrow t_f)} = \frac{-(0 - 1/2 \times 10^{-5}) \text{ Wb}}{0.01 \text{ s}} = +1/2 \times 10^{-3} \text{ V}$$



گام اول: شار گذرنده از پیچه را در هر دو حالت میدان حساب می‌کنیم: (۱۲۸)

$$d = 2 \text{ cm} \Rightarrow r = 1 \text{ cm} \Rightarrow A = \pi r^2 = 3 \times (1 \times 10^{-2} \text{ m})^2 = 3 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\Phi_1 = BA \cos 0^\circ = (0.5 \text{ T}) \times (3 \times 10^{-4} \text{ m}^2) \times 1 = 1.5 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

$$\Phi_f = BA \cos 180^\circ = (0.5 \text{ T}) \times (3 \times 10^{-4} \text{ m}^2) \times (-1) = -1.5 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

گام دوم: یکای نیروی محرکه القایی ولت است؛ پس، می‌توانیم آن را در رابطه قانون اهم جای‌گذاری کنیم:

$$V = IR \Rightarrow |\bar{\varepsilon}| = \left| -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = IR \Rightarrow N |\Delta \Phi| = \underbrace{I(\Delta t)R}_q \Rightarrow q = \frac{N |\Delta \Phi|}{R}$$

$$= \frac{240 \times |(-1.5 \times 10^{-4} \text{ Wb}) - (1.5 \times 10^{-4} \text{ Wb})|}{(30 \Omega)} = 24 \times 10^{-4} \text{ C} = 2.4 \times 10^{-3} \text{ C}$$

گام اول: با قرار دادن زمان‌های داده‌شده در معادله B ، اندازه میدان مغناطیسی را در ابتدا و انتهای بازه زمانی داده‌شده به دست می‌آوریم و بعد از آن ΔB را می‌نویسیم: (۱۲۹)

$$t_1 = 1 \text{ s} \Rightarrow B_1 = 0.6(1)^2 = 0.6 \text{ T}$$

$$t_f = 3 \text{ s} \Rightarrow B_f = 0.6(3)^2 = 0.54 \text{ T}$$

$$\Rightarrow \Delta B = B_f - B_1 = 0.54 \text{ T} - 0.6 \text{ T} = 0.06 \text{ T}$$

گام دوم: تغییرات شار را حساب می‌کنیم:

$$\Delta \Phi = \Delta(BA \cos \theta) = A(\cos 0^\circ) \Delta B \Rightarrow \Delta \Phi = 25 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \times 1 \times 0.06 \text{ T} = 12 \times 10^{-4} = 1.2 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

گام سوم: با توجه به بازه زمانی داده‌شده و $\Delta \Phi$ به دست آمده، می‌توان بزرگی نیروی محرکه القایی متوسط را محاسبه کرد:

$$|\bar{\varepsilon}| = \left| -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = 1 \times \frac{1.2 \times 10^{-3} \text{ Wb}}{(3 - 1) \text{ s}} = 0.6 \times 10^{-3} \text{ V} = 6 \times 10^{-4} \text{ V}$$

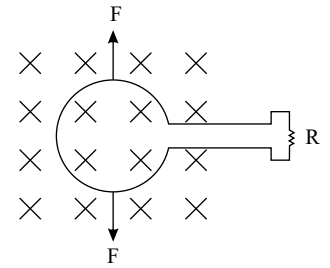
در حین چرخش چرخ، فاصله آهنربا از پیچه، تغییر می‌کند، بنابراین میدان مغناطیسی و در نتیجه شار مغناطیسی عبوری از پیچه تغییر و جریان القایی در آن ایجاد می‌شود. هر قدر تندی چرخ بیشتر باشد، جریان القایی بزرگتر است. تندی‌سنج با پردازش این جریان القایی، تندی حرکت دوچرخه را برآورد می‌کند. (۱۳۰)

(الف) هنگام وصل کلید در مقاومت R جریان از D به C خواهد بود. زیرا با افزایش جریان و به تبع آن میدان مغناطیسی سیم‌لوله A شار مغناطیسی عبوری از سیم‌لوله B نیز افزایش می‌یابد و طبق قانون لنز، آثار مغناطیسی جریان القایی باید مانع افزایش شار مغناطیسی شود (یعنی میدان مغناطیسی حاصل از جریان القایی در سیم‌لوله B باید در خلاف جهت میدان مغناطیسی درون سیم‌لوله A باشد) و در این موقع دو سیم‌لوله یکدیگر را دفع می‌کنند زیرا جریان در دو سیم خلاف جهت یکدیگر است. بنابراین جریان در مقاومت R از D به C می‌باشد. (۱۳۱)

(ب) هنگام قطع کلید، دو سیم‌پیچ یکدیگر را جذب می‌کنند زیرا جریان‌ها در دو سیم‌لوله هم‌جهت هستند.

ابتدا مساحت اولیه هر حلقه را به دست می‌آوریم و سپس با استفاده از قانون القای فاراده، نیروی محرکه القایی و در نهایت به کمک قانون اهم، شدت جریان القایی را (۱۳۲)

می‌یابیم.



$$A_1 = \pi r_1^2 = \pi (0.05)^2 = 25\pi \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_2 = 0$$

$$\frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{0 - 25\pi \times 10^{-4}}{10^{-1} \pi} = -25 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

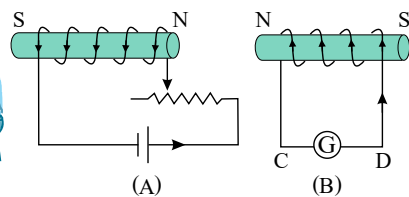
$$|\bar{\mathcal{E}}| = \left| -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t} \right| = \left| -NB \cos \alpha \frac{\Delta A}{\Delta t} \right|$$

$$\Rightarrow |\bar{\mathcal{E}}| = 10 \times 1200 \times 10^{-3} \cos(0) \times 25 \times 10^{-3} = 3 \times 10^{-2} \text{ V}$$

$$\bar{I} = \frac{|\bar{\mathcal{E}}|}{R} = \frac{3 \times 10^{-2}}{10} = 3 \times 10^{-3} \text{ A} = 3 \text{ mA}$$

جهت جریان در حلقه ساعتگرد خواهد بود تا میدان مغناطیسی که ایجاد می‌کند درون‌سو باشد.

۱۳۳



از آنجا که با توجه به جهت جریان عبوری از مدار (A)، سمت راست سیم‌لوله A قطب N بوده است و جریان داده‌شده از سیم‌لوله (B) نیز طوری است که سمت چپ آن هم قطب N شده، معلوم می‌شود که جریان در سیم‌لوله (A) در حال افزایش بوده که جریان القایی در (B) اثری مخالف آن ایجاد کرده است. پس مقاومت رنوستا در حال کاهش است، یعنی لغزنده به سمت راست حرکت کرده است.

۱۳۴ بر اساس مثال کتاب درسی می‌توان برای محاسبه $\bar{\mathcal{E}}$ در هنگام حرکت حلقه یا سیم با سرعت v در میدان مغناطیسی B از رابطه $\bar{\mathcal{E}} = -Blv$ استفاده کرد و حالا که حلقه است داریم:

$$|\bar{\mathcal{E}}| = |-NBlv| = |-60 \times B \times 0.1 \times 6| \Rightarrow \bar{\mathcal{E}} = RI = 60 \times B \times 0.1 \times 6$$

$$\Rightarrow 60 \times B \times 0.1 \times 6 = 2 \times 0.2 \Rightarrow B = \frac{1}{90} \text{ T}$$

(ب) چون شار مغناطیسی عبوری از سیم‌پیچ در حال کاهش است، پس میدان مغناطیسی حاصل از جریان القایی باید هم‌جهت با میدان اصلی باشد تا با کاهش شار مغناطیسی مخالفت کند بنابراین جریان القایی باید ساعتگرد باشد.

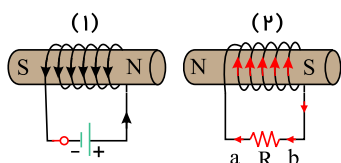
۱۳۵ باید توجه کرد که اگر طول میله ℓ باشد مساحت حلقه $\ell \times \Delta x$ خواهد بود که $\Delta x = v \cdot \Delta t$ است (در واقع Δx طولی است که AB در هر لحظه طی خواهد کرد)

$$\bar{\mathcal{E}} = -\frac{\Delta \phi}{\Delta t} = -\frac{\Delta(BA) \cos \theta}{\Delta t} \Rightarrow -B \frac{\Delta A}{\Delta t} = -B \frac{\ell \cdot v \Delta t}{\Delta t} \Rightarrow \bar{\mathcal{E}} = -Blv$$

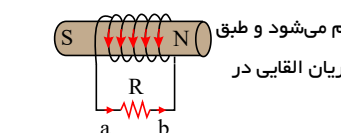
$$I = \frac{\bar{\mathcal{E}}}{R} \Rightarrow |I| = \left| \frac{-Blv}{R} \right| = \left| \frac{0.5 \times 0.3 \times 4}{6} \right| = \frac{0.6}{6} = 0.1 \text{ A}$$

با حرکت میله شار مغناطیسی در حال کاهش است پس جهت میدان مغناطیسی ناشی از جریان القایی طبق قانون لنز باید برون‌سو باشد تا با کاهش شار مغناطیسی مخالفت کند پس جریان پادساعتگرد است و در میله از B به A است.

۱۳۶



(الف) در لحظه بستن کلید K، جریان در سیم‌لوله (۱) افزایش می‌یابد؛ بنابراین میدان مغناطیسی آن در محل سیم‌لوله (۲) زیاد می‌شود و شار عبوری از سیم‌لوله (۲) نیز زیاد می‌شود، پس طبق قانون لنز باید میدان القایی در سیم‌لوله (۲) در خلاف جهت میدان مغناطیسی سیم‌لوله (۱) باشد، تا با افزایش شار مخالفت کند. یعنی جریان در مقاومت R از b به a است.



(ب) هنگامی که کلید باز می‌شود، جریان در سیم‌لوله (۱) کاهش می‌یابد؛ بنابراین میدان مغناطیسی و شار عبوری در محل سیم‌لوله (۲) کم می‌شود و طبق قانون لنز، باید میدان القایی در سیم‌لوله (۲) هم‌جهت با میدان مغناطیسی سیم‌لوله (۱) باشد، تا با کاهش شار مخالفت کند. در نتیجه جریان القایی در مقاومت R از a به b است.

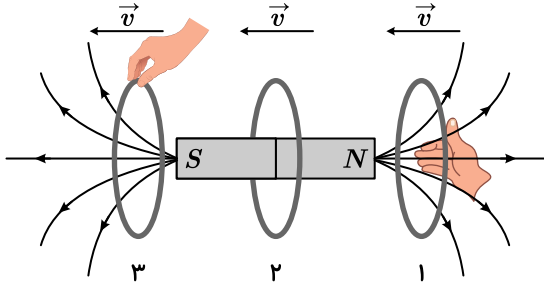
۱۳۷ هنگام ورود آهنربا به حلقه، شار مغناطیسی داخل حلقه افزایش می‌یابد و میدان مغناطیسی القایی در خلاف جهت میدان اصلی آهنربا تولید می‌شود تا با افزایش شار



مخالفت کند؛ بنابراین نیرویی روبه‌بالا به آهنربا وارد می‌شود. در هنگام خروج آهنربا از حلقه نیز شار مغناطیسی در حلقه کاهش می‌یابد و میدان مغناطیسی القایی هم‌جهت با میدان اصلی آهنربا در حلقه ایجاد می‌شود تا با کاهش شار مخالفت کند؛ بنابراین در این حالت نیز نیرویی روبه‌بالا به آهنربا وارد می‌شود و نسبت به حالتی که آهنربا از حلقه عبور نمی‌کند، این آهنربا با سرعت کمتری به زمین می‌خورد و فرورفتگی کمتری در سطح زمین ایجاد می‌شود.

۱۳۸ حالت اول: حلقه در حال نزدیک شدن به آهنربا است و جریان القایی در حلقه به گونه‌ای است که با نزدیک شدن حلقه به آهنربا مخالفت کند. برای این مخالفت، سمت چپ حلقه باید تبدیل به قطب N شود تا قطب‌های هم‌نام یکدیگر را برانند؛ بنابراین، اگر از چپ به راست نگاه کنیم، جهت جریان القایی در حالت (۱) پادساعتگرد است. حالت دوم: لحظه عوض شدن جهت جریان القایی است. در این لحظه جریان در حلقه صفر است.

حالت سوم: حلقه در حال دور شدن از آهنربا است و جریان القایی در حلقه به گونه‌ای است که با این دور شدن مخالفت کند. برای این منظور، سمت راست حلقه باید تبدیل به قطب N شود تا قطب‌های هم‌نام یکدیگر را برابیند؛ بنابراین، مطابق شکل زیر و با توجه به مکان بیننده، جهت جریان القایی ساعتگرد است.



۱۳۹ ابتدا تغییرات میدان مغناطیسی در سیم‌لوله را به دست می‌آوریم و سپس با کمک قانون القای فاراده نیروی محرکه القایی را به دست می‌آوریم. داریم:

$$n = \frac{N}{L} = \frac{100}{25 \times 10^{-2}} = 400 \text{ دور}$$

$$A = \pi r^2 = 10^{-2} \pi (m^2)$$

$$\Delta B = B_f - B_i = 0 - B_i = -\mu_0 n I = -4\pi \times 10^{-7} \times 400 \times 3 \Rightarrow \Delta B = -48\pi \times 10^{-4} T$$

$$\bar{\mathcal{E}} = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t} \Rightarrow |\bar{\mathcal{E}}| = \left| -N A \frac{\Delta B \cos \theta}{\Delta t} \right|$$

چون میدان مغناطیسی سیم‌لوله به سطح حلقه‌های آن عمود است، زاویه بین میدان مغناطیسی و خط عمود بر حلقه (θ) برابر صفر می‌شود.

$$\Rightarrow |\bar{\mathcal{E}}| = \left| -100 \times 10^{-2} \times \pi \times \left(\frac{48\pi \times 10^{-4}}{0.02} \right) \right| = 0.744\pi \Rightarrow |\bar{\mathcal{E}}| = 2.34V$$

۱۴۰ ابتدا تعداد حلقه‌های سیم‌لوله را به دست می‌آوریم:

$$N = \frac{\text{طول سیم}}{\text{محیط حلقه}} = \frac{90}{2\pi r} = \frac{90}{2 \times 3 \times 0.05} = 300 \text{ دور}$$

$$\begin{cases} A = \pi r^2 = 3 \times (0.05)^2 = 75 \times 10^{-4} m^2 \\ L = \frac{\mu_0 N^2}{\ell} = \frac{4 \times \pi \times 10^{-7} \times (9 \times 10^4) \times (75 \times 10^{-4})}{0.3} \Rightarrow L = 2.7 \times 10^{-3} H \end{cases}$$

$$U = \frac{1}{2} L I^2 = \frac{1}{2} \times 2.7 \times 10^{-3} \times (400) = 0.54 J$$

۱۴۱

الف) در لحظه وصل کلید، القاگر با ورود جریان به شاخه خودش مخالفت می‌کند؛ به همین دلیل، تمام جریان برای یک لحظه از لامپ گذشته و لامپ یک لحظه روشن می‌شود؛ اما، بعد از زمان کوتاهی، جریان از القاگر عبور می‌کند و چون مقاومت القاگر را ناچیز فرض می‌کنیم، تمام جریان از آن می‌گذرد و لامپ خاموش است.

ب) با قطع کلید، القاگر با کاهش جریان مخالفت می‌کند و انرژی ذخیره‌شده در آن وارد مدار می‌شود. در این حالت نیز لامپ برای یک لحظه روشن و سپس خاموش می‌شود.

۱۴۲ گام اول: از رابطه انرژی القاگر، اندازه جریان را در لحظه موردنظر به دست می‌آوریم:

$$U = \frac{1}{2} L I^2 \Rightarrow 3.2 J = \frac{1}{2} \times (100 \times 10^{-3} H) \times I^2 \Rightarrow I^2 = 64 \Rightarrow I = 8 A$$

گام دوم: جریان به‌دست‌آمده را در رابطه $I - t$ می‌گذاریم و t را حساب می‌کنیم:

$$I = t^2 - 8 \Rightarrow 8 = t^2 - 8 \Rightarrow t^2 = 16 \Rightarrow t = 4 s$$

۱۴۳ • بله، با بستن کلید لامپ روشن می‌شود، فاصله زمانی کوتاهی بین قطع کلید و خاموش شدن لامپ دیده می‌شود.

علت این پدیده اثر خود - القاوری القاگر است. در زمان قطع کلید، جریان مدار کاهش می‌یابد. بنابراین طبق قانون لنز، القاگر جریانی هم‌جهت با جریان مدار ایجاد کرده تا مانع از کاهش آن شود. در اینجا القاگر همانند یک مولد عمل می‌کند که برای مدت زمان کوتاهی لامپ را روشن نگه می‌دارد. یادتان باشد که القاگرها، توانایی ذخیره انرژی الکتریکی را دارند.

۱۴۴ گام اول: از روی نمودار می‌توانیم T را حساب کنیم. فاصله دو صفر متوالی روی نمودار، $0.2 s$ است؛ بنابراین:

$$\frac{T}{2} = 0.2 s \Rightarrow T = 0.4 s$$

گام دوم: معادله نیروی محرکه القایی را به دست می‌آوریم:



$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin \frac{2\pi}{T} t$$

$$\varepsilon_m = NAB \left(\frac{2\pi}{T} \right) \xrightarrow{\Phi_m = AB} \varepsilon_m = N\Phi_m \left(\frac{2\pi}{T} \right)$$

Φ_m را از روی نمودار می‌خوانیم.

$$\Phi_m = 4 \times 10^{-3} \text{ Wb} \Rightarrow \Phi_m = 200 \times 4 \times 10^{-3} \times \left(\frac{2\pi}{0.04} \right) = 40\pi \Rightarrow \varepsilon = 40\pi \sin \frac{2\pi}{0.04} t \Rightarrow \varepsilon = 40\pi \sin 50\pi t$$

گام سوم: زمان $t = \frac{1}{10} \text{ s}$ را در رابطه بالا قرار می‌دهیم تا نیروی محرکه القایی در آن لحظه به دست آید:

$$\varepsilon = 40\pi \sin \left(50\pi \times \frac{1}{10} \right) = 40\pi \sin 5\pi = 0$$

گام چهارم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{0}{2\pi} = 0$$

۱۴۵

$$\text{الف) } \frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} \Rightarrow \frac{22}{220} = \frac{N_2}{1000} \Rightarrow N_2 = \frac{22000}{220} \simeq 100 \text{ دور}$$

ب) می‌دانیم که $P = VI$ است؛ بر اساس اصل پایستگی انرژی، توان ورودی به مبدل باید با توان خروجی از آن برابر باشد پس $V_2 I_2 = V_1 I_1$ خواهد بود. خواهیم داشت:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow \frac{0.25}{I_2} = \frac{22}{220} \Rightarrow I_2 = 2.5 \text{ A}$$

