نام و نام خانوادگی:

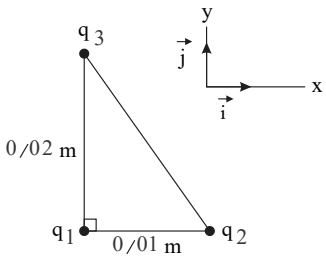
زمان برگزاری: ۱۰۸۰۰ دقیقه

نام آزمون: فیزیک (ریاضی) یازدهم

تاریخ آزمون: ۱۴۰۱/۱۱/۱۰

۱ یک الکتروسکوپ دارای بار الکتریکی منفی است. یک میلهٔ شیشه‌ای که با پارچهٔ ابریشمی مالش داده شده به آرامی به آن نزدیک می‌کنیم برای تیغهٔ الکتروسکوپ چه رخ می‌دهد؟

۲ مطابق شکل سه ذره‌ی باردار، در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای قرار دارند.

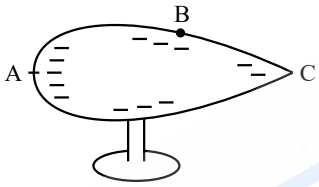


الف) نیروی الکتریکی وارد بر q_1 را برحسب بردارهای یکّه‌ی $\vec{i}$ و $\vec{j}$ دستگاه مختصات نشان داده شده در شکل بنویسید.

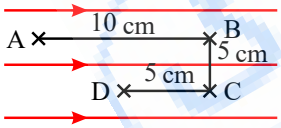
ب) بزرگی نیروی الکتریکی وارد بر q_1 را تعیین کنید.

$$k = ۹ \times ۱۰^{۹} \frac{N \cdot m^{۲}}{C^{۲}} \quad , \quad q_{۱} = ۴\mu C \quad , \quad q_{۲} = -۱\mu C \quad , \quad q_{۳} = ۴\mu C$$

۳ در رسانای دوکی شکل مقابل بین نقاط A و B و C، چگالی سطحی بار، پتانسیل الکتریکی و میدان الکتریکی در خارج از سطح ولی خیلی نزدیک به این نقاط و پتانسیل الکتریکی را مقایسه کنید.



۴ بار الکتریکی $q = ۱\mu C$ در میدان الکتریکی یکنواخت $E = ۱۰^{۷} \frac{N}{C}$ ابتدا از A به B، سپس از B به C و در نهایت از C به D برده می‌شود.

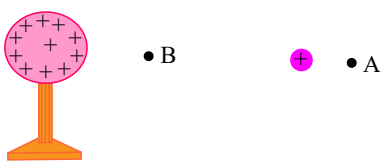


الف) تغییر انرژی پتانسیل بار در هر جابه‌جایی چقدر است؟

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

۵ دو بار الکتریکی q_1 و q_2 در فاصلهٔ r از هم واقع شده‌اند و نیروی F را به‌هم وارد می‌کنند. اگر اندازهٔ هر بار را ۳ برابر و فاصلهٔ بین بارها را نصف کنیم نیروی بین آن‌ها چند F می‌شود؟

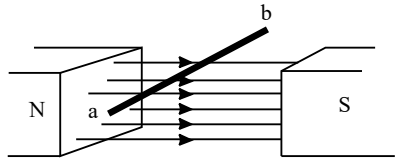
۶ در شکل زیر ذرهٔ باردار مثبت و کوچکی را از حالت سکون، از نقطهٔ A به سمت کرهٔ باردار که روی پایهٔ عایقی قرار دارد، نزدیک می‌کنیم و در نقطهٔ B قرار می‌دهیم. (الف) در این جابه‌جایی، کار نیروی الکتریکی مثبت است یا منفی؟ (ب) کاری که ما در این جابه‌جایی انجام می‌دهیم مثبت است یا منفی؟ (پ) انرژی پتانسیل ذرهٔ باردار در این جابه‌جایی چگونه تغییر می‌کند؟ (ت) پتانسیل نقطه‌های A و B را با هم مقایسه کنید.



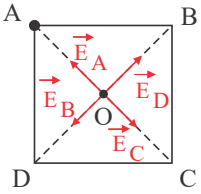
۷ نشان دهید که در حالت کلی با جابه‌جایی بین دو نقطه از میدان الکتریکی یکنواخت که در راستای میدان از هم به اندازهٔ d متر، از یکدیگر فاصله دارند، اختلاف پتانسیل الکتریکی دارای اندازهٔ Ed خواهد بود.

۸ در شکل مقابل سیم ab به طول $۲۰cm$ درون میدان مغناطیسی یکنواخت $B = ۴۰۰\ G$ در نقاط a و b به مداری وصل شده و جریان $۱۰\ A$ از آن می‌گذرد طوری که درون میدان معلق مانده است. الف) جهت جریان را تعیین کنید.

ب) جرم سیم چقدر است؟



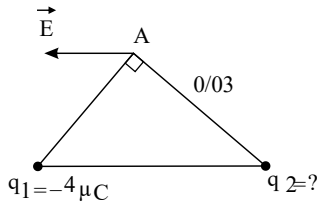
۹ در چهار رأس مربعی به ضلع $a = ۲m$ بارهای $q_A = -۳ \times ۱۰^{-۸}C$، $q_C = -۵ \times ۱۰^{-۸}C$ و $q_B = q_D = ۳ \times ۱۰^{-۸}C$ قرار دارند. میدان الکتریکی را در مرکز مربع محاسبه کنید.



۱۰ در شکل روبه رو ذره‌ی باردار q_1 و q_2 در دو رأس مثلث متساوی‌الساقین ثابت شده‌اند و میدان $\vec{E}$ حاصل از این دو بار در رأس A است.

الف) بار q_2 مثبت است یا منفی؟

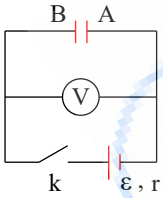
ب) اندازه‌ی q_2 را طوری تعیین کنید که بزرگی میدان $\vec{E}$ برابر با $۱۰^{۷}\ \frac{N}{C}$ باشد.



۱۱ در یک رسانای اهمی به مقاومت ۱۰۰Ω جریان متناوبی با بیشینهٔ نیروی محرکهٔ $۲۵۰V$ می‌گذرد. اگر دورهٔ تناوب این جریان $۰/۰۲s$ باشد، معادله شدت جریان برحسب زمان را در SI بنویسید.

۱۲ در مدار شکل زیر، پس از بسته شدن کلید k: (ولت‌سنج ایده‌آل است.)الف) عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد را با اندازه‌ی نیروی محرکه‌ی مولد، مقایسه کنید.

ب) با قرار دادن دی‌الکتریک با ضریب k بین دو صفحه‌ی خازن، ظرفیت خازن و میدان الکتریکی بین دو صفحه‌ی خازن چگونه تغییر می‌کنند؟



۱۳ الف) چگالی سطحی یک قطرهٔ جیوه به شعاع $۱mm$ و بار الکتریکی $q = ۳۰\mu C$ را محاسبه کنید. $(\pi \simeq ۳)$

ب) اگر ۸ قطرهٔ مشابه را به هم بچسبانیم با فرض آنکه دوباره تشکیل یک کره دهند چگالی سطحی این کره چقدر خواهد بود؟

۱۴ الف) برای جابه‌جا کردن ذرهٔ باردار q در داخل یک رسانای باردار از نقطهٔ A به B که از هم d متر فاصله دارند میدان الکتریکی چه مقدار کار انجام می‌دهد؟

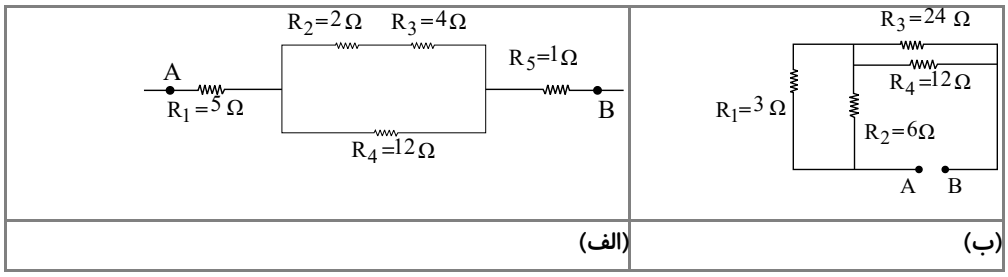
ب) از جواب قسمت الف چه نتیجه‌ای می‌توان در مورد پتانسیل نقاط گرفت؟

۱۵ بار الکتریکی $q = ۱۰\mu C$ در میدان الکتریکی یکنواخت $۱۰^{۴}\ \frac{N}{C}$ در جهت خطوط میدان الکتریکی از نقطهٔ A با پتانسیل $۱۰V$ به نقطهٔ B با پتانسیل $-۵۰V$ جابه‌جا شده است. مقدار این جابه‌جایی چقدر است؟

۱۶ مقدار اشباع یا بیشینه برای خاصیت آهنربایی چیست و چه موقع رخ می‌دهد؟

۱۷ اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه را به کمک مفهوم انرژی پتانسیل تعریف کنید.

۱۸ در شکل‌های زیر مقاومت معادل بین دو نقطهٔ A و B چقدر است؟



(الف) (ب)

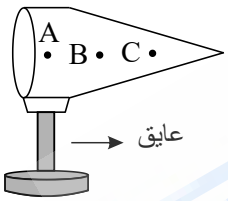
۱۹ مساحت هر یک از صفحه‌های خازن تختی، $۱٫۰۰\ m^۲$ و فاصله‌ی دو صفحه از هم، $۰٫۵۰۰\ mm$ است. عایقی با ثابت دی‌الکتریک ۴٫۹ بین دو صفحه قرار داده شده است. ظرفیت خازن را تعیین کنید.

۲۰ وقتی ماهواره‌ای به دور زمین می‌چرخد بر اثر عبور از فضای اطراف زمین باردار می‌شود. این بارها ممکن است موجب آسیب رساندن به قطعات الکترونیکی ماهواره شود. فرض کنید ماهواره‌ای در اثر عبور از یکی از لایه‌های جو دارای بار الکتریکی $q = ۲٫۰ \times ۱۰^{-۹} C$ شود. این ماهواره، مکعبی به ضلع $۴۰\ cm$ است. چگالی سطحی بار الکتریکی روی سطح این ماهواره را محاسبه کنید. (از تجمع بار بر روی لبه‌ها چشم‌پوشی شود.)

۲۱ در جدول زیر، هر یک از جمله‌های ستون A به کدام یک از عبارت‌های ستون B مربوط است؟ (در ستون B یک مورد اضافی است)

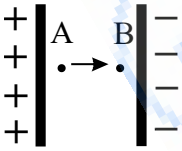
A	B
الف) خاصیتی که بار الکتریکی در هر نقطه از فضای اطراف خود ایجاد می‌کند	۱) اختلاف پتانسیل الکتریکی
ب) بار الکتریکی موجود در واحد سطح خارجی جسم رساناست	۲) میدان الکتریکی
پ) عامل شارش بار الکتریکی بین دو نقطه واقع در میدان الکتریکی است	۳) نیروی الکتریکی
ت) این پدیده موجب سوراخ شدن دی الکتریک جامد خازن می‌شود	۴) چگالی سطحی بار
	۵) فروشکست

۲۲ در شکل روبه‌رو مخروط فلزی باردار است. اگر چگالی سطحی بار الکتریکی در نقاط C و B و A را به ترتیب با σ_C، σ_B و σ_A نشان دهیم:۱-



$\sigma_A < \sigma_B < \sigma_C$ ۲- $\sigma_C = \sigma_B = \sigma_A$ ۳- $\sigma_A > \sigma_B > \sigma_C$

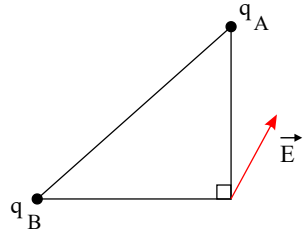
۲۳ ذره‌ای با بار الکتریکی مثبت را مطابق شکل، در یک میدان الکتریکی یکنواخت رها می‌کنیم. اگر ذره در مسیر نشان داده شده به حرکت در آید، انرژی پتانسیل الکتریکی ذره:



۱- افزایش می‌یابد. ۲- کاهش می‌یابد. ۳- ثابت می‌ماند.

۲۴ جاهای خالی را با عبارت‌های مناسب پر کنید:

الف مطابق شکل، دو بار الکتریکی q_A و q_B در دو رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ی متساوی‌الساقینی ثابت شده‌اند. باتوجه به بردار میدان الکتریکی رسم شده در شکل، دو بار الکتریکی ..... هستند و اندازه‌ی بار q_A از q_B ..... است.



ب مقدار بار الکتریکی روی سطح یک کره‌ی فلزی را دو برابر می‌کنیم. در این‌صورت ..... دو برابر می‌شود.

۲۵ جاهای خالی را با عبارت‌های مناسب کامل کنید و در پاسخ‌برگ بنویسید.

الف در جسم رسانا با سطح خارجی ..... ، چگالی سطحی بار الکتریکی در همه جای آن یکسان است.

ب اگر بار الکتریکی منفی، در جهت میدان الکتریکی یکنواخت جابه‌جا شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن ..... می‌یابد.

پ) اگر ذرهٔ باردار، موازی با خط‌های میدان مغناطیسی حرکت کند، بزرگی نیروی الکترومغناطیسی وارد بر آن ..... می‌شود.

ت) بزرگی نیرویی که دو سیم راست و موازی حامل جریان به هم وارد می‌کنند با حاصل‌ضرب جریان سیم‌ها نسبت .. .. دارد.

ث) آهن و نیکل، از مواد فرومغناطیس ..... هستند.

۲۶) یک ذره به جرم ۵٫۰ گرم با بار الکتریکی به بزرگی $-۱۰\mu C$ از نقطه‌ای با پتانسیل الکتریکی $V_۱ = -۴۰V$ تا نقطه‌ای با پتانسیل $V_۲ = ۱۰V$ آزادانه جابه‌جا می‌شود.

الف) انرژی پتانسیل الکتریکی بار q چه اندازه و چگونه تغییر می‌کند؟

ب) تندی ذره را پس از این جابه‌جایی محاسبه کنید.

۲۷) در جملهٔ زیر گزینهٔ درست را از داخل پرانتز انتخاب کرده و در پاسخ‌برگ بنویسید.

الف) اگر بار الکتریکی (مثبت - منفی)، در جهت میدان الکتریکی یکنواخت جابه‌جا شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد.

ب) در رساناهای فلزی، افزایش دما سبب (کاهش - افزایش) مقاومت ویژه رسانا می‌شود.

پ) برخی از مواد فرومغناطیس (سخت - نرم) به آسانی آهنربا می‌شوند.

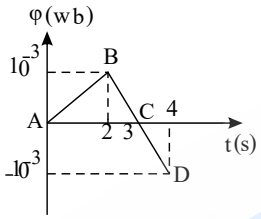
ت) پدیده‌ی خودالقایی به دلیل تغییر (جریان الکتریکی - میدان مغناطیسی) در پیچه یا سیملوله بوجود می‌آید.

ث) قوانینی که کمیت‌های (میکروسکوپی - ماکروسکوپی) را در فرآیندهای گرمایی به‌هم مربوط می‌کند، اساس علم ترمودینامیک است.

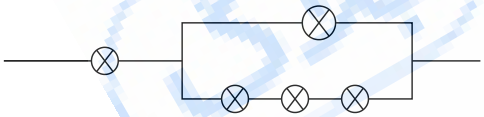
ج) در نیم‌رساناها، افزایش دما سبب (کاهش - افزایش) مقاومت ویژهٔ آن‌ها می‌شود.

۲۸) دو کرهٔ رسانای A و B بارهای مساوی دارند و رابطهٔ شعاع آن‌ها $R_A = ۲R_B$ است. نسبت چگالی سطحی بار آن‌ها چقدر است؟

۲۹) در شکل زیر، نمودار تغییرات شار مغناطیسی برحسب زمان برای یک حلقهٔ رسانا داده شده است. در هریک از سه مرحلهٔ AB، BC و CD نیرو محرکهٔ القایی را محاسبه کنید.

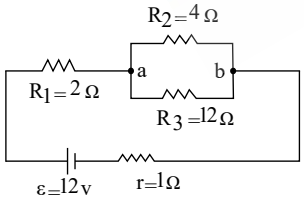


۳۰) در شکل مقابل لامپ‌ها مشابهند و حداکثر توان قابل تحمل هر لامپ $۸۰W$ است. بیش‌ترین توانی که می توان به دو سر این مجموعه متصل کرد تا هیچ کدام از لامپ‌ها نسوزند چقدر است؟

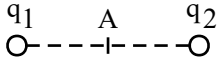


۳۱) در شکل مقابل:

جریان عبوری از هر یک مقاومت های مدار را به‌دست آورید.

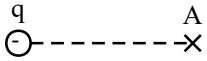


۳۲) میدان الکتریکی خالص ناشی از دو بار $q_۱$ و $q_۲$ در نقطهٔ A وسط فاصلهٔ دوبار $\vec{E}$ و به سمت راست شده است.



اگر بار $q_۱$ را حذف کنیم میدان الکتریکی $\frac{\vec{E}}{۴}$ و به سمت راست خواهد شد. نسبت $\frac{q_۱}{q_۲}$ را بدست آورید.

۳۳) در شکل مقابل بزرگی میدان الکتریکی ناشی از بار $q = -۱\mu C$ در نقطهٔ A برابر با $۲ \times ۱۰^{+۵} \frac{N}{C}$ است.

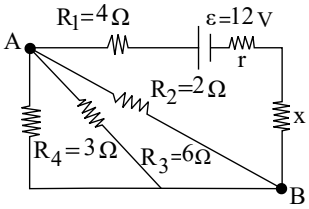


الف) بردار میدان در نقطهٔ A را رسم کنید.

ب) در چه فاصله‌ای از بار q میدان الکتریکی نصف می‌شود؟ $k = ۹ \times ۱۰^{۹} \frac{Nm^۲}{C^۲}$

۳۴ الف) در مدار مقابل اگر جریان مقاومت R_4 برابر $0/5A$ باشد، جریان در بقیهٔ مقاومت‌ها را حساب کنید.

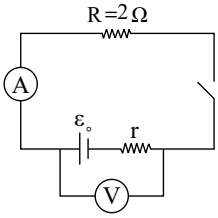
ب) اگر افت پتانسیل در مقاومت درونی مولد $1/5V$ باشد، مقاومت درونی مولد و مقاومت مجهول x را حساب کنید.



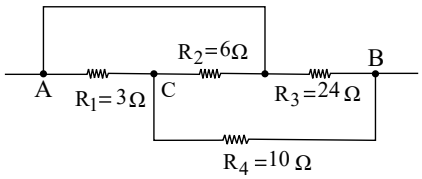
۳۵ در مدار شکل مقابل اگر کلید باز باشد ولت‌سنج عدد $6V$ را نشان می‌دهد و اگر کلید بسته شود آمپر سنج $2A$ را نشان می‌دهد.

الف) مقاومت درونی مولد چقدر است؟

ب) پس از بستن کلید، ولت‌سنج چه عددی را نشان می‌دهد؟



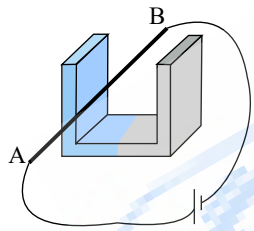
۳۶ در شکل مقابل مقاومت معادل بین دو نقطهٔ A و B چقدر است؟



۳۷ سیم AB در فضای بین دو قطب یک آهنربای نعلی‌شکل با میدان $2\times10^{-3}T$ قرار دارد و اختلاف پتانسیل باتری نیز $40v$ است. اگر جرم سیم AB برابر با $0/20gr$ باشد برای اینکه سیم معلق بماند:

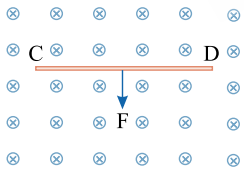
الف) قطب‌های N و S آهنربا را تعیین کنید.

ب) مقاومت الکتریکی AB چقدر باید باشد (طول سیم AB درون میدان را $20cm$ فرض کنید.)



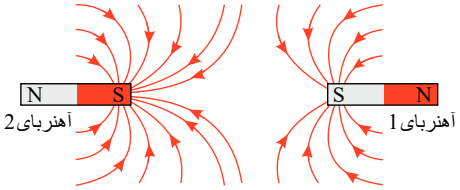
۳۸ سیم AB مطابق شکل در میدان $B=0/2T$ قرار دارد. جریان عبوری از سیم چقدر و در چه جهتی باشد تا نیروی وارد بر واحد طول سیم برابر با $0/2N$ و عمودبر سیم و رو به پایین باشد؟

۳۹ سیم رسانای CD به طول $2m$ مطابق شکل زیر عمودبر میدان مغناطیسی درون‌سو با اندازهٔ $0/5T$ قرار گرفته است؛ اگر اندازهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر سیم برابر $1N$ باشد، جهت و مقدار جریان عبوری از سیم را تعیین کنید.

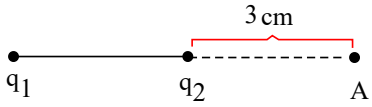


۴۰ الف) آهنربای میله‌ای با قطب‌های نامشخص در اختیار داریم. دست‌کم دو روش را برای تعیین قطب‌های این آهنربا بیان کنید.

ب) خط‌های میدان مغناطیسی بین دو آهنربا در شکل زیر نشان داده شده است. اندازه میدان مغناطیسی را در نزدیکی قطب‌های آهنرباها با هم مقایسه کنید.



۴۱ دو بار الکتریکی ذره‌ای $q_1 = -q_2 = 3\mu C$ در فاصله‌ی $7cm$ از یکدیگر ثابت شده‌اند.

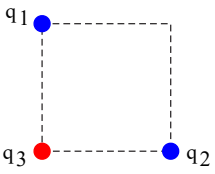


الف) به مجموعه‌ی این دو بار الکتریکی چه گفته می‌شود؟

ب) بزرگی میدان الکتریکی برآیند را در نقطه‌ی A محاسبه نموده و بردار آن را رسم نمایید.

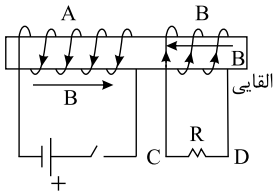
$$k = 9 \times 10^9 \ \frac{Nm^2}{C^2}$$

۴۲ سه ذره‌ی باردار q_1 ، q_2 و q_3 مطابق شکل در سه رأس مربعی به ضلع $3m$ ثابت شده‌اند. اگر $q_1 = q_2 = -5\mu C$ و $q_3 = +2\mu C$ باشد، نیروی خالص الکتریکی وارد بر بار q_3 را بر حسب بردارهای یکه‌ی $\vec{i}$ و $\vec{j}$ تعیین کنید. $(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$



۴۳ قدرت (استقامت) دی‌الکتریک در خازن‌ها را تعریف کنید.

۴۴ 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؟

۴۵ یک مولد جریان متناوب به دو سر یک مقاومت متصل است. در لحظه‌ای که شار مغناطیسی گذرنده از سیم‌پیچ نصف مقدار حداکثر شار است جریان گذرنده از مقاومت چه کسری از مقدار حداکثر خود را دارد؟

۴۶ آیا تمام انرژی مولد متصل به سیم‌لوله در میدان مغناطیسی سیم‌لوله ذخیره می‌شود؟ توضیح دهید.

۴۷ جاهای خالی را با کلمات مناسب پر کنید.

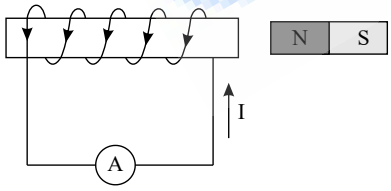
الف) اگر جریان عبوری از سیم‌لوله افزایش یابد، انرژی ذخیره‌شدهٔ آن ..... می‌یابد.

ب) انرژی ذخیره‌شده در القاگر به طول آن بستگی ..... .

ج) در مولدهای جریان متناوب معمولی با تغییر ..... جریان الکتریکی تولید می‌شود.

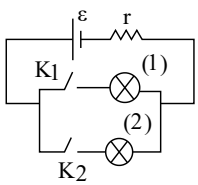
د) در مولد جریان برق متناوب، زمان یک دور چرخش پیچه در میدان مغناطیسی را ..... گویند.

۴۸ در شکل مقابل با حرکت دادن آهن‌ربا به کدام جهت، جریان نشان داده‌شده در شکل به وجود می‌آید؟

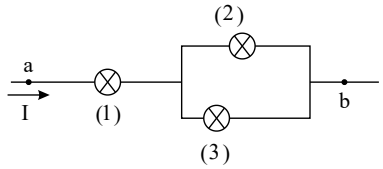


۴۹ سیم‌لوله‌ای بدون هسته دارای ۱۰۰ حلقه است. طول سیم‌لوله ۲۵ cm و شعاع حلقه‌های آن ۱۰ cm است. اگر در مدت $0/2s$ جریان الکتریکی آن به‌طور منظم از ۳۰ آمپر به صفر برسد، نیروی محرکهٔ خودالقایی آن چند ولت است؟ $(\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{Tm}{A} \ , \ \pi^2 \simeq 10)$

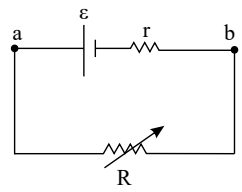
۵۰ در شکل مقابل لامپ‌ها مشابه‌اند. ابتدا کلید k_1 بسته می‌شود و سپس کلید k_2 نیز بسته می‌شود. در دو حالت جریان عبوری از هر لامپ را محاسبه کنید و نور لامپ (۱) را در حالت اول و دوم مقایسه کنید.



۵۱ در شکل مقابل مقاومت همهٔ لامپ‌ها برابر R است و حداکثر توان قابل تحمل هر لامپ $60W$ است. حداکثر چه توانی به دو نقطهٔ b و a داده شود تا هیچ لامپی نسوزد؟



۵۲ 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؟



۵۳ الف) مداری رسم کنید که در آن دیود بصورت صحیح و در جهت عبور جریان رسم شده باشد.

ب) LED چیست؟

۵۴ اگر در دمای ثابت جریان عبورکننده از یک مقاومت دو برابر شود مقاومت الکتریکی و ولتاژ دو سر مقاومت چگونه تغییر می‌کنند؟

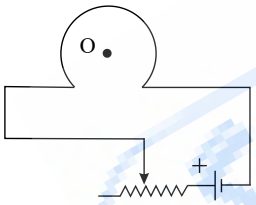
۵۵ یک باتری $60Ah$ چند ساعت می‌تواند جریان $5A$ را از خود عبور دهد. در چنین حالتی چند کولن بار جابه‌جا شده است؟

۵۶ فرض کنید از هر مقطع یک مدار در مدت زمان $50\ s$ مقدار $250\ C$ بار الکتریکی عبور کند. با فرض ثابت بودن آهنگ عبور بار، جریان متوسط را محاسبه کنید.

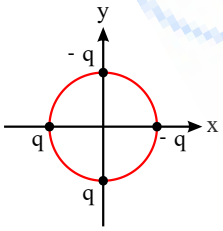
۵۷ از پیچهٔ مسطحی به شعاع $5cm$ که از ۱۰۰ دور سیم نازک درست شده است جریان $2A$ می‌گذرد. میدان مغناطیسی در مرکز پیچه چند گاوس است؟ $(\mu_0 = 12 \times 10^{-7} \frac{Tm}{A})$

۵۸ در شکل مقابل: الف) جهت میدان مغناطیسی در نقطهٔ O چگونه است؟

ب) با افزایش مقاومت متغیر میدان در نقطهٔ O چگونه تغییر خواهد کرد؟



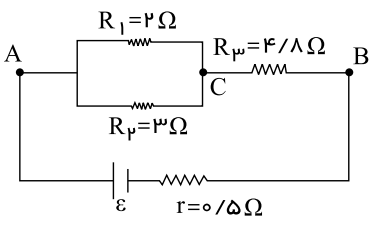
۵۹ در شکل مقابل شعاع دایره $1m$ و $q = 5\mu C$ است بزرگی و جهت میدان الکتریکی برآیند را در مرکز دایره (مرکز مختصات) با محاسبه و ترسیم تعیین کنید و بردار میدان خالص را با بردارهای یکه نشان دهید. $k = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$



۶۰ در شکل مقابل اختلاف پتانسیل بین دو نقطهٔ A , B برابر با $12V$ است. (اصلاحی: مقاومت ۲ اهمی R_1 است)

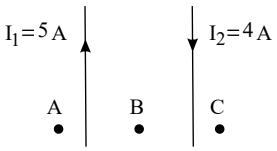
الف) جریان عبوری از مقاومت های R_1 و R_3 چقدر است؟

ب) نیرو محرکهٔ مولد چقدر است؟

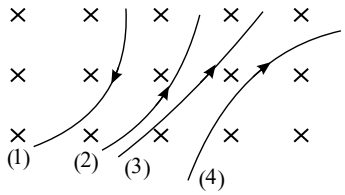


۶۱ طول یک سیم‌لوله ۳۱٫۴ سانتی‌متر و تعداد حلقه‌های آن ۲۰۰ دور است. چه جریانی از این سیم‌لوله عبور دهیم تا بزرگی مغناطیسی درون سیم‌لوله $4 \times 10^{-4} T$ شود؟

۶۲ در شکل مقابل جهت میدان مغناطیسی را در نقاط A و B مشخص کنید و درمورد جهت میدان در نقطهٔ C بحث کنید.



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



۶۴ هرگاه سیمی به طول $25cm$ که حامل جریان $2A$ است به‌طور عمودبر خطوط میدان مغناطیسی یکنواخت به شدت $0/4T$ قرار گیرد چه نیرویی بر آن وارد می‌شود؟

۶۵ پروتونی با سرعت $5\times 10^{7}\frac{m}{s}$ به‌سوی شمال وارد ناحیه‌ای با میدان مغناطیسی $1/5T$ در جهت بالا و میدان الکتریکی E می‌شود. اندازه و جهت میدان الکتریکی E را چنان بیابید که پروتون بر اثر دو میدان الکتریکی و مغناطیسی منحرف نشود.

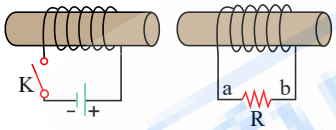
۶۶ سیمی به‌طول $80cm$ را به شکل یک پیچهٔ مربعی شامل ۲ حلقه درمی‌آوریم. پیچه را به‌طور عمود بر میدان مغناطیسی $0/5T$ قرار می‌دهیم.

الف) شار مغناطیسی عبوری از هر حلقه چقدر است؟

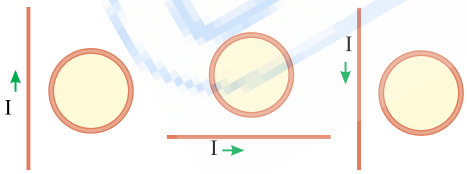
ب) اگر در مدت $0/2s$ شدت میدان مغناطیسی به صفر برسد بزرگی نیرو محرکهٔ القایی متوسط چقدر می‌شود؟

۶۷ در مدار نشان داده‌شده در شکل زیر، جهت جریان القایی را در مقاومت R در هریک از دو حالت زیر با ذکر دلیل پیدا کنید:

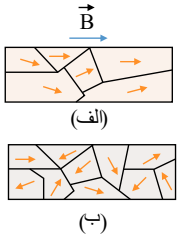
الف) در لحظهٔ بستن کلید، ب) در لحظهٔ باز کردن کلید K.



۶۸ جهت جریان القایی را در هریک از حلقه‌های رسانای نشان داده‌شده در شکل‌های زیر تعیین کنید.

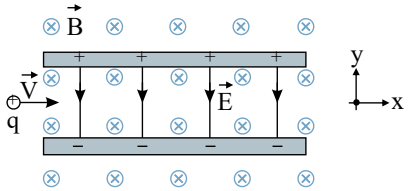


۶۹ شکل «الف» حوزه‌های مغناطیسی مادهٔ فرومغناطیسی را درون میدان خارجی $\vec{B}$ نشان می‌دهد. شکل «ب» همان ماده را پس از حذف میدان $\vec{B}$ نشان می‌دهد. نوع مادهٔ فرومغناطیسی را با ذکر دلیل تعیین کنید.

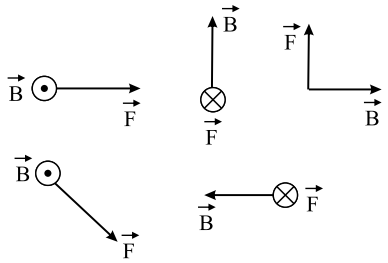


۷۰ سیملوله‌ای شامل ۲۵۰ حلقه و طول ۰/۱۴ متر است. اگر جریان گذرنده از سیملوله $0/8A$ باشد، اندازهٔ میدان مغناطیسی درون سیملوله را حساب کنید.

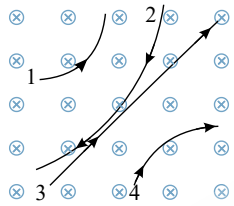
۷۱ ذرهٔ باردار مثبتی با جرم ناچیز و با سرعت $\vec{v}$ در امتداد محور x وارد فضایی می‌شود که میدان‌های یکنواخت $\vec{E}$ و $\vec{B}$ وجود دارد (شکل زیر). اندازهٔ این میدان‌ها برابر $E = ۴۵۰ N/C$ و $B = ۰/۱۸ T$ است. تندی ذره چقدر باشد تا در همان امتداد محور x به حرکت خود ادامه دهد؟



۷۲ 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.

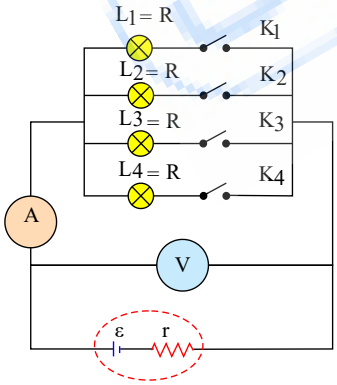


۷۳ چهار ذرّه هنگام عبور از میدان مغناطیسی درون‌سو مسیرهایی مطابق شکل زیر می‌پیماید. دربارهٔ نوع بار هر ذره چه می‌توان گفت؟



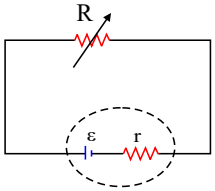
۷۴ سه مقاومت مشابه ۱۲ اُهمی را یک بار به طور متوالی و بار دیگر به طور موازی به یکدیگر می‌بندیم و به اختلاف پتانسیل ۱۲ ولت وصل می‌کنیم. در هر بار، چه جریانی از هر مقاومت می‌گذرد؟

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



۷۶ در شکل زیر، الف) نیروی محرکهٔ الکتریکی و مقاومت داخلی منبع را که توان خروجی آن به ازای $I_1 = ۵/۰۰ A$ برابر $۹/۵۰ W$ و به ازای $I_2 = ۷/۰۰ A$ برابر $۱۲/۶ W$ است، محاسبه کنید.

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



۷۷ عبارت صحیح را از داخل پرانتز انتخاب کنید و در پاسخ برگ بنویسید.

الف) به هر قسمتی از یک مدار که خاصیت القاوری داشته باشد، (القاگر، القاییدگی) می‌گویند.

ب) انرژی ذخیره‌شده در میدان مغناطیسی یک سیم‌لوله با رابطهٔ $(\frac{۱}{۲}LI \ , \ \frac{۱}{۲}LI^{۲})$ محاسبه می‌شود.

پ) یکای ضریب القاوری در SI، (هانری، وبر) است.

۷۸ محور مغناطیسی را تعریف کنید.

۷۹ در عبارت‌های زیر، جاهای خالی را با یکی از عبارت‌های داخل کادر پر کنید: (از عبارت‌های داخل کادر دو مورد اضافی است.)

جریان القایی – شار مغناطیسی – ضریب القاوری– افزایش جریان – کاهش جریان – القای متقابل

الف) با افزایش تعداد دورهای پیچه (N دور مشابه) در یک میدان مغناطیسی یکنواخت ..... ثابت می‌ماند.

ب) با افزایش جریان عبوری از یک القاگر ..... ثابت می‌ماند.

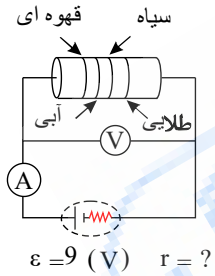
پ) در یک القاگر آرمانی هنگام ..... انرژی در القاگر آزاد می‌شود.

ت) بر اساس ..... می‌توان انرژی را از پیچه‌ای به پیچهٔ دیگر منتقل کرد.

۸۰ با توجه به جدول زیر نوع ماده مغناطیسی را مشخص کرده و به پاسخنامه انتقال دهید:

ویژگی مغناطیسی	پارامغناطیس	فرومغناطیس نرم	فرومغناطیس سخت
نوع ماده			
الف)پلاتین			
ب)فولاد			
پ)کبالت خالص			

۸۱ دانش‌آموزی با یک باتری ۹ ولتی، ولت‌سنج، آمپرسنج، مقاومت کربنی و سیم‌های رابط مداری مطابق شکل می‌بندد.



الف) با توجه به جدول کدهای رنگی، اندازه مقاومت چند اهم است؟

رنگ حلقه	سیاه	قهوه‌ای	قرمز	زرد	آبی
کد	۰	۱	۲	۴	۶

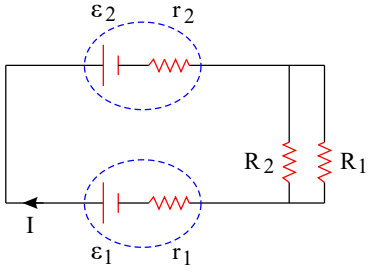
ب) اگر ولت‌سنج، عدد ۸ ولت و آمپرسنج عدد ۰٫۵ آمپر را نشان دهد، مقاومت درونی باتری چند اهم است؟

۸۲ شارش بار الکتریکی در هر مقطع رسانا را هنگام اعمال میدان الکتریکی در دو سر رسانا و موقع عدم حضور میدان مقایسه کنید.

۸۳ با وسایل زیر آزمایشی طراحی کنید که نشان دهد مقاومت رسانای اهمی در دمای ثابت به جنس رسانا بستگی دارد. (شکل مدار – شرح)

وسایل: منبع تغذیه – سیم رابط – سیم‌هایی از جنس تنگستن و نیکروم با طول و سطح مقطع مشخص و یکسان – آمپرسنج – ولت‌سنج – کلید

۸۴ در مدار شکل مقابل، شدت جریان در جهت نشان داده شده ۲ آمپر است.



الف) نیروی محرکهٔ $\varepsilon_۲$ چند ولت است؟

ب) توان خروجی مولد $\varepsilon_۱$ چند وات است؟

$\varepsilon_۱ = ۱۲V \ , \ \varepsilon_۲ = ? \quad R_۱ = R_۲ = ۴\Omega$

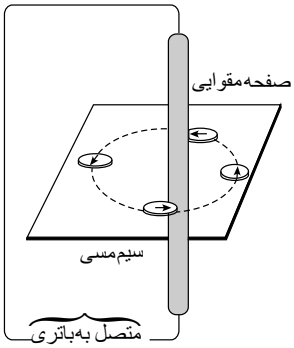
$r_۱ = r_۲ = ۰٫۵\Omega$

۸۵ هریک از عبارت‌های ستون A به کدام عبارت در ستون B مربوط است؟ (از ستون دو مورد اضافی است.)

ستون A	ستون B
	خط‌های راست و موازی و هم‌فاصله
الف) القای خاصیت مغناطیسی	نیروی رانشی
ب) مواد پارامغناطیس	نیروی ربایشی
ج) منشأ خاصیت مغناطیسی	پلاتین
د) سیم‌های حامل جریان‌های همسو	کبالت
ه) میدان مغناطیسی یکنواخت	ربایش سوزن فولادی توسط آهن‌ربا
	چرخش الکترون به دور هسته و خودش

۸۶ شکل زیر، آزمایش اورستد را نشان می‌دهد. الف) جهت جریان را در سیم راستی که از صفحهٔ مقوایی عبور کرده است، با دلیل تعیین کنید.

ب) یک نتیجهٔ مهم از این آزمایش را بنویسید.

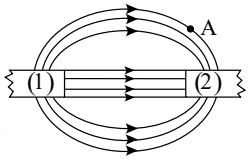


۸۷ در شکل روبه‌رو، دو آهنربای میله‌ای (۱) و (۲) در مقابل هم قرار گرفته‌اند. با انتقال شکل به پاسخنامه:

الف) نوع قطب آهنربا را در محل عدد (۱) بنویسید.

ب) جهت میدان مغناطیسی را در نقطهٔ A رسم کنید.

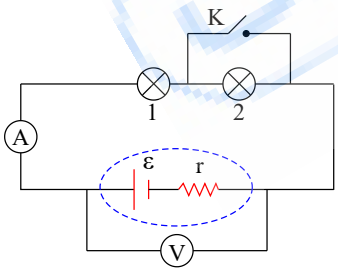
ج) قدرت آهنربایی دو آهنربای (۱) و (۲) را با یکدیگر مقایسه کنید.



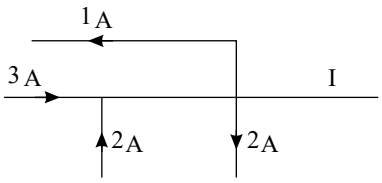
۸۸ برای هر یک از سؤالات زیر پاسخ کوتاه بنویسید:

الف دو مقاومت مساوی R را یک‌بار به‌طور متوالی و یک‌بار به‌طور موازی به یکدیگر می‌بندیم و آنها را هربار به ولتاژ V وصل می‌کنیم. نسبت توان مصرف شده در حالت موازی $(P_۱)$ به توان مصرف شده در حالت متوالی $(P_۲)$ چقدر است؟ (با نوشتن رابطه)

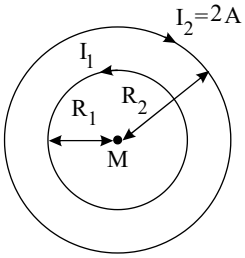
ب در مدار شکل مقابل، لامپ‌ها مشابه هستند. با استدلال کافی توضیح دهید پس از بستن کلید نور لامپ‌های (۱) و (۲) چه تغییری می‌کند؟در این مدار با فرض ایده‌آل بودن آمپرسنج و ولت‌سنج، اگر جای این دو وسیله را با یکدیگر عوض کنیم، کدام یک از این وسیله‌ها ممکن است آسیب ببینند؟



پ شکل روبه‌رو، بخشی از یک مدار را نشان می‌دهد. بزرگی و جهت جریان (I) را تعیین کنید.

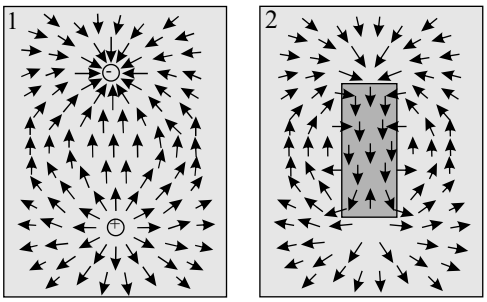


۸۹ در شکل مقابل، اندازه و جهت میدان مغناطیسی برآیند را در نقطهٔ M در مرکز دو حلقه تعیین کنید.



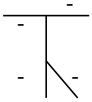
$$(R_۲ = ۱/۵R_۱, R_۱ = ۲cm, I_۱ = ۲I_۲, \mu_۰ = ۴\pi \times ۱۰^{-۷}\frac{T \cdot m}{A})$$

۹۰ دریافت خود را از مشاهدهٔ تصویر روبه‌رو بنویسید.



پاسخ‌نامه تشریحی

۱ همان‌طور که در شکل ملاحضه می‌شود بار منفی اولیه در تمام سطح الکتروسکوپ و میله و تیغه پراکنده است و تیغه باز است. با نزدیک کردن میلهٔ 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 بطرف بالا می‌آیند (جذب بار مثبت میلهٔ شیشه‌ای می‌شوند) و چون حرکت میله به آرامی بوده است ابتدا تیغه بسته می‌شود ولی با ادامهٔ 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 میلهٔ الکتروسکوپ دارای بار مثبت خواهند بود.

۲ بر بار q_1، یک نیروی ربایشی از طرف q_2 و یک نیروی رانشی از طرف q_3 وارد می‌شود.

الف)

$$F_{31}=k\frac{|q_1q_3|}{r_{13}^2}\Rightarrow F_{31}=9\times10^9\frac{4\times4\times10^{-12}}{4\times10^{-4}}\Rightarrow F_{31}=360N$$

$$F_{21}=9\times10^9\frac{1\times4\times10^{-12}}{1\times10^{-4}}\Rightarrow F_{21}=360N$$

$$\vec{F}_T=F_x(\vec{i})+F_y(\vec{j})\Rightarrow \vec{F}_T=360\vec{i}-360\vec{j}$$

ب)

$$F_T=\sqrt{F_x^2+F_y^2}\qquad F_T=360\sqrt{2}N$$

۳ چگالی سطحی بار الکتریکی در نقاط نوک تیز رساناها بیشتر است بنابراین:

$$\sigma_C>\sigma_A>\sigma_B$$

در حالت کلی در مورد میدان الکتریکی نیز همان موضوع صدق می‌کند که در مورد چگالی سطحی بار درست است پس

$$E_C>E_A>E_B$$

در مورد پتانسیل الکتریکی نقاط باید گفت که تمام نقاط یک جسم رسانا دارای پتانسیل یکسان هستند:

$$V_A=V_B=V_C$$

۴

$$AB:\Delta U_E=-|q|Ed\cos\theta=-\left|1\times10^{-6}\right|\times10^7\times0/1\times\cos(0)$$

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

به بار مثبت در جهت میدان نیرو وارد می‌شود پس θ در مسیر AB برابر صفر بوده است.

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

در مسیر CD زاویهٔ بردار جابه‌جایی و نیروی وارد شده بر بار مثبت برابر با 180° است:

$$CD:\Delta U_E=-|q|Ed\cos\theta=-\left|1\times10^{-6}\right|\times10^7\times0/05\times\cos(180)$$

$$\xrightarrow[\text{در مسیر } CD]{}\Delta U_E=0/5J$$

ب) برای محاسبهٔ ΔU کل دو راه هست یکی جمع کردن ΔUها:

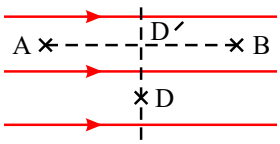
$$\Delta U_{\text{کل}}=\Delta U_{AB}+\Delta U_{BC}+\Delta U_{CD}=-1+0+0/5=-0/5J$$

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

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

$$\Delta U_{AD}=-\left|1\times10^{-6}\right|\times10^7\times0/05\times\cos(0)$$

$$\Delta U_{AD}=-0/5J$$



۵ رابطهٔ نیروی الکتریکی که دو بار به هم وارد می‌کنند را در دو حالت نوشته، سپس به هم تقسیم می‌کنیم. در حالت اول:

در حالت اول:

$$F=k\frac{q_1q_2}{r^2}$$

در حالت دوم:

$$F' = k\frac{(۳q_۱)\cdot(۳q_۲)}{(\frac{r}{۲})^۲} = ۹k\frac{q_۱q_۲}{\frac{r^۲}{۴}} \Rightarrow F' = ۳۶ \times k\frac{q_۱q_۲}{r^۲} \Rightarrow \frac{F'}{F} = ۳۶$$

۶ الف) چون نیروی الکتریکی وارد بر ذرهٔ باردار به سمت راست و جابه‌جایی به سمت چپ است $\theta = ۱۸۰^\circ$ است بنابراین کار نیروی الکتریکی منفی است.

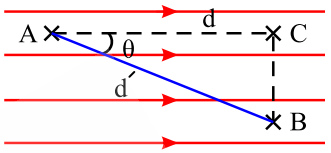
ب) کار ما مثبت خواهد بود چون برای غلبه بر نیروی الکتریکی که به سمت راست وارد می‌شود، ما نیرویی به سمت چپ و هم‌جهت با جابه‌جایی وارد کرده‌ایم و چون $\theta = ۰$ است در رابطهٔ $W = Fd\cos\theta$ کار ما مثبت خواهد بود.

پ) کاری که ما انجام می‌دهیم بصورت انرژی پتانسیل در ذرهٔ باردار ذخیره می‌شود پس انرژی پتانسیل آن افزایش می‌یابد.

ت) هر چه در خلاف جهت میدان حرکت کنیم یا به عبارتی هرچه به بارهای مثبت نزدیک شویم پتانسیل نقاط بیشتر می‌شود پس $V_B > V_A$ است.

۷ در حالت کلی داریم:

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



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 $\Delta U = ۰$ است پس فقط ΔU در مسیر AC یا CA (در جهت میدان و یا خلاف جهت میدان) معنی دارد:

$$\begin{cases}\theta = ۰\\ \theta = ۱۸۰^\circ\end{cases} \xrightarrow{|cos\theta|=۱} |\Delta U_E| = E\cdot d\cdot q$$

و در حالت کلی طبق تعریف داریم:

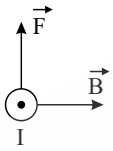
$$|\Delta V| = \frac{|\Delta U|}{q} = \frac{E\cdot d\cdot q}{q}$$

بنابراین در حالت کلی می‌توان نوشت:

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

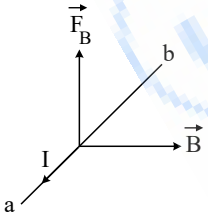
۸

الف) چون سیم معلق مانده است پس جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم در خلاف جهت وزن سیم یعنی رو به بالاست، بنابراین جهت جریان باید از b به a (برون‌سو) باشد:



ب) سیم معلق است:

$$F = BI\ell\sin\alpha = mg \Rightarrow (۴۰۰ \times ۱۰^{-۴})(۱۰) \times (۰/۲) \times (۱) = m \times ۱۰ \Rightarrow m = ۰/۰۰۸kg = ۸gr$$



۹ فاصلهٔ بارها تا مرکز مربع نصف قطر است: $\text{قطر} = \sqrt{a^۲ + a^۲} = ۲\sqrt{۲}m$

بنابراین نصف قطر برابر با $\sqrt{۲}m$ خواهد بود:

$$E_A = k\frac{|q_A|}{r^۲} = ۹ \times ۱۰^۹ \times \frac{۳ \times ۱۰^{-۸}}{(\sqrt{۲})^۲} = \frac{۲۷۰}{۲} = ۱۳۵\frac{N}{C}$$

$$E_B = k\frac{|q_B|}{r^۲} = ۹ \times ۱۰^۹\frac{۳ \times ۱۰^{-۸}}{(\sqrt{۲})^۲} = ۱۳۵\frac{N}{C}$$

$$E_C = k\frac{|q_C|}{r^۲} = ۹ \times ۱۰^۹\frac{۵ \times ۱۰^{-۸}}{(\sqrt{۲})^۲} = ۲۲۵\frac{N}{C}$$

$$E_D = k\frac{|q_D|}{r^۲} = ۹ \times ۱۰^۹ \times \frac{۳ \times ۱۰^{-۸}}{(\sqrt{۲})^۲} = ۱۳۵N$$

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

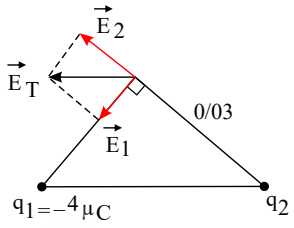
بردارهای $\vec{E}_C$ و $\vec{E}_A$ هم خلاف جهت هستند که $\vec{E}_C$ بزرگ‌تر است پس بردار میدان برآیند یا $\vec{E}_{\text{خالص}}$ هم‌جهت با $\vec{E}_C$ خواهد بود:

$$\vec{E}_{\text{خالص}} = \vec{E}_C + \vec{E}_A \Rightarrow E_{\text{خالص}} = E_C - E_A = ۲۲۵ - ۱۳۵ = ۹۰ \frac{N}{C}$$

۱۰ الف) با توجه به شکل روبرو $q_۲$ باید مثبت باشد تا $\vec{E}$ قطر متوازی‌الاضلاع دو بردار $\vec{E}_۱$ و $\vec{E}_۲$ باشد.

ب)

$$E_۱ = k\frac{q_۱}{r^۲} = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{۴ \times ۱۰^{-۶}}{(۰/۰۳)^۲} = ۴ \times ۱۰^۷ \ \frac{N}{C}$$



چون زاویه‌ی بین دو بردار $\vec{E}_۱$ و $\vec{E}_۲$ برابر با ۹۰° است می‌توان نوشت:

$$E_T^۲ = E_۱^۲ + E_۲^۲ \Rightarrow (۵ \times ۱۰^۷)^۲ = (۴ \times ۱۰^۷)^۲ + E_۲^۲ \Rightarrow E_۲^۲ = (۳ \times ۱۰^۷)^۲ \Rightarrow E_۲ = ۳ \times ۱۰^۷ \ \frac{N}{C}$$

$$E_۲ = k\frac{q_۲}{r^۲} \Rightarrow ۳ \times ۱۰^۷ = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{q_۳}{(۰/۰۳)^۲} \Rightarrow q_۲ = ۳ \times ۱۰^{-۶} C$$

۱۱

$$I_m = \frac{\varepsilon_m}{R} = ۲/۵ A \quad , \quad \frac{۲\pi}{T} = \frac{۲\pi}{۰/۰۲} = ۱۰۰\pi$$

$$I = I_m \sin \frac{۲\pi}{T} t = ۲/۵ \sin ۱۰۰\pi t$$

۱۲ الف) برابر نیروی محرکه مولد است. ب) ظرفیت افزایش می‌یابد، میدان الکتریکی ثابت می‌ماند.

۱۳ الف)

$$\sigma = \frac{q}{A} = \frac{q}{۴\pi r^۲} = \frac{۳۰ \times ۱۰^{-۶}}{۴\pi \times (۱ \times ۱۰^{-۳})^۲} = ۲/۵ \frac{C}{m^۲}$$

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

$$V_{\text{کرهٔ جدید}} = ۸ V_{\text{کرهٔ قدیم}}$$

$$\frac{۴}{۳}\pi r^۳_{\text{جدید}} = ۸ \times \frac{۴}{۳}\pi (۱ \times ۱۰^{-۳})^۳ \Rightarrow r^۳_{\text{جدید}} = ۲^۳ (۱ \times ۱۰^{-۳})^۳ \Rightarrow r_{\text{جدید}} = ۲ \times ۱۰^{-۳} m$$

$$\sigma_{\text{جدید}} = \frac{q_{\text{جدید}}}{A_{\text{جدید}}} = \frac{۸ \times q}{۴\pi r^۲_{\text{جدید}}} = \frac{۸ \times ۳۰ \times ۱۰^{-۶}}{۴ \times ۳ \times (۲ \times ۱۰^{-۳})^۲} = ۵ \frac{C}{m^۲}$$

یعنی چگالی سطحی ۲ برابر یکی از کره‌ها می‌شود.

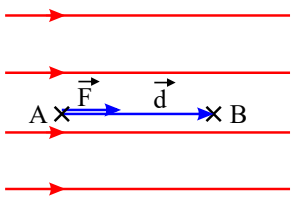
۱۴ الف) چون میدان الکتریکی در داخل رساناهای باردار صفر است نیروی الکتریکی وارد بر هر ذرهٔ باردار در داخل رسانا نیز صفر است بنابراین کار نیروی الکتریکی در هر جابه‌جایی دلخواهی در داخل رسانا صفر می‌شود.

ب) این موضوع که در قسمت الف بیان شد نتیجه می‌دهد که پتانسیل الکتریکی تمام نقاط روی یک رسانا یکسان است:

$$F_E = ۰ \Rightarrow \Delta U_E = -W_E = ۰$$

$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} = ۰ \Rightarrow V_۲ - V_۱ = ۰ \Rightarrow V_۲ = V_۱$$

۱۵



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

$$\Rightarrow \Delta U = ۱۰ \times ۱۰^{-۶} \times (-۵۰ - ۱۰) = -۶ \times ۱۰^{-۴} J$$

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

$$-۶ \times ۱۰^{-۴} = -\left|۱۰ \times ۱۰^{-۶}\right| \times ۱۰^۴ \times d \times ۱$$

$$d = \frac{۶ \times ۱۰^{-۴}}{۰/۱} = ۶ \times ۱۰^{-۳} m = ۶ mm$$

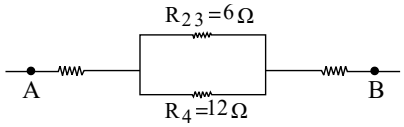
۱۶ برای خاصیت آهنربایی هر مادهٔ فرومغناطیسی مقدار اشباع یا بیشینه‌ای وجود دارد که زمانی رخ می‌دهد که مادهٔ فرومغناطیسی در یک میدان مغناطیسی خارجی بسیار قوی قرار گیرد طوری که حجم حوزه‌هایی که با میدان مغناطیسی خارجی همسو هستند به بیشترین مقدار خود برسد.

۱۷ اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه برابر است با تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی یکای بار مثبت، وقتی از نقطهٔ اول تا نقطهٔ دوم جابه‌جا می‌شود.

۱۸ در چنین مسایلی از یک گوشهٔ شکل که بتوانیم ۲ مقاومت سری یا موازی پیدا کنیم، شروع به ساده کردن شکل می‌کنیم تا آخر:

الف) مقاومت‌های $R_۲$ و $R_۳$ سری‌اند:

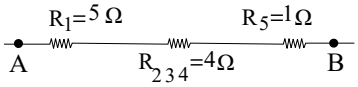
$$R_{۲۳} = R_۲ + R_۳ = ۶\Omega$$



$R_{۲۳}$, $R_۴$ موازی هستند : $\frac{۱}{R_{۲۳۴}} = \frac{۱}{R_{۲۳}} + \frac{۱}{R_۴}$

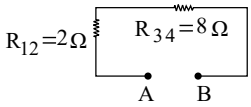
$$= \frac{۱}{۶} + \frac{۱}{۱۲} = \frac{۳}{۱۲} \Rightarrow R_{۲۳۴} = ۴\Omega$$

همهٔ مقاومت‌ها سری‌اند : $R_{eq} = ۵ + ۴ + ۱ = ۱۰\Omega$



ب) مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ با هم موازی‌اند و مقاومت‌های $R_۳$ و $R_۴$ هم با هم موازی‌اند:

$$\frac{۱}{R_{۱۲}} = \frac{۱}{R_۱} + \frac{۱}{R_۲} = \frac{۱}{۳} + \frac{۱}{۶} \Rightarrow R_{۱۲} = ۲\Omega \quad , \quad \frac{۱}{R_{۳۴}} = \frac{۱}{R_۳} + \frac{۱}{R_۴} = \frac{۱}{۲۴} + \frac{۱}{۱۲} \Rightarrow R_{۳۴} = ۸\Omega$$



این دو مقاومت سری‌اند : $R_{eq} = R_{۱۲} + R_{۳۴} = ۲ + ۸ \Rightarrow R_{eq} = ۱۰\Omega$

۱۹

$$C = \kappa\varepsilon_۰ \frac{A}{d} = ۴٫۹ \times ۸٫۸۵ \times ۱۰^{-۱۲} \frac{۱}{۰٫۵ \times ۱۰^{-۳}} \Rightarrow C = ۸۶٫۷۳ \times ۱۰^{-۹} F = ۸۶٫۷۳\ nF$$

۲۰

$$\begin{cases} \sigma = \dfrac{Q}{A} = \dfrac{۲ \times ۱۰^{-۹}}{۶ \times (۴۰ \times ۴۰ \times ۱۰^{-۴})} = \dfrac{۱۰^{-۷}}{۴۸} \dfrac{C}{m^۲} = ۰٫۰۲ \times ۱۰^{-۷} = ۲ \times ۱۰^{-۹} \dfrac{C}{m^۲} \\ A = ۶ \times a^۲ \end{cases}$$

۲۱ الف) ۲ ب) ۴ پ) ۱ ت) ۵

۲۲ گزینه‌ی ۱ تراکم بارهای الکتریکی در نقاط نوک تیز بیشتر از بقیه است.

۲۳ گزینه‌ی ۲ اگر یک ذره در یک میدان رها شده و به طور خود به خود در یک جهت حرکت کند، الزاماً انرژی پتانسیل آن کاهش می‌یابد. بدیهی است که در این سؤال اگر بار الکتریکی مثبت را در نقطهٔ A رها کنیم، خود به خود به طرف B می‌رود، پس انرژی پتانسیل الکتریکی با آن کاهش می‌یابد.

۲۴

الف غیرهمنام و بزرگ‌تر

ب چگالی سطحی بار

۲۵

الف متقارن

ب افزایش

پ صفر

ت مستقیم

ث نرم

۲۶

الف

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow ۱۰V - (-۴۰V) = \frac{\Delta U}{-۱ \times ۱۰^{-۵} C}$$

$\Rightarrow \Delta U = -۵ \times ۱۰^{-۴} J$ کاهش

ب

بدیهی است که کاهش انرژی پتانسیل الکتریکی برابر افزایش انرژی جنبشی آن است یعنی:

$$\Delta U = -\Delta K$$

$$۵ \times ۱۰^{-۴} J = \frac{۱}{۲}(۵ \times ۱۰^{-۳} kg) v^۲ \Rightarrow v^۲ = \frac{۲(۵ \times ۱۰^{-۴} J)}{(۵ \times ۱۰^{-۳} kg)} \Rightarrow v^۲ = ۲ \times ۱۰^{-۱} \frac{m^۲}{s^۲} \Rightarrow v = ۴٫۵ \times ۱۰^{-۱} \frac{m}{s}$$

۲۷

الف مثبت

ب افزایش

پ نرم

ت جریان الکتریکی

ث ماکروسکوپی

ج کاهش

۲۸

$$\frac{\sigma_A}{\sigma_B}=\frac{Q_A}{Q_B}\times\frac{A_B}{A_A}\Rightarrow\frac{\sigma_A}{\sigma_B}=۱\times\left(\frac{۴\pi r_B^۲}{۴\pi r_A^۲}\right)\Rightarrow\frac{\sigma_A}{\sigma_B}=(\frac{r_B}{r_A})^۲\Rightarrow\frac{\sigma_A}{\sigma_B}=(\frac{R_B}{R_A})^۲=\frac{۱}{۴}$$

۲۹

$$AB:\ \bar{\mathcal{E}}=-N\frac{\Delta\phi}{\Delta t}=-۱\times(\frac{۱۰^{-۳}-۰}{۲})\Rightarrow\bar{\mathcal{E}}=-\frac{۱}{۲}\times۱۰^{-۳}V$$

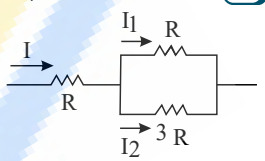
$$BC:\ \bar{\mathcal{E}}=-N\frac{\Delta\phi}{\Delta t}=-۱\times(\frac{۰-۱۰^{-۳}}{۱})\Rightarrow\bar{\mathcal{E}}=۱۰^{-۳}V$$

$$CD:\ \bar{\mathcal{E}}=-N\frac{\Delta\phi}{\Delta t}=-۱\times(\frac{-۱۰^{-۳}-۰}{۱})\Rightarrow\bar{\mathcal{E}}=۱۰^{-۳}V$$

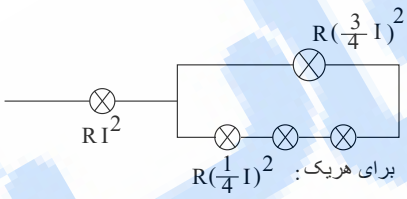
۳۰ با استفاده از روش تقسیم جریان، $I_۱$ و $I_۲$ را محاسبه می‌کنیم.

$$I_۱=\frac{۳R}{R+۳R}\times I=\frac{۳}{۴}I$$

$$I_۲=\frac{R}{R+۳R}\times I=\frac{۱}{۴}I$$



پس توان مصرفی هر یک از مجموعه‌ها:



برای هریک:

بنابراین بیش‌ترین توان مصرفی متعلق به همان لامپ اول است یعنی $RI^۲=۸۰W$

پس:

$$R(\frac{۳}{۴}I)^۲=\frac{۹}{۱۶}RI^۲=\frac{۹}{۱۶}\times۸۰=۴۵W$$

$$R(\frac{۱}{۴}I)^۲=\frac{۱}{۱۶}RI^۲=\frac{۱}{۱۶}\times۸۰=۵W$$

پس توان کل:

$$P_{\text{کل}}=۸۰+۴۵+(۵+۵+۵)=۱۴۰W$$

۳۱ ابتدا مقاومت معادل مدار را محاسبه می‌کنیم:

$$R_{۲۳}=\frac{R_۲R_۳}{R_۲+R_۳}=\frac{۴\times۱۲}{۴+۱۲}=۳\,\Omega$$

$$R_{eq}=R_۱+R_{۲۳}=۲+۳=۵\,\Omega$$

$$I_{\text{کل مدار}}=I_۱=\frac{\varepsilon}{r+R_{eq}}=\frac{۱۲}{۱+۵}=۲A$$

این جریان $R_۱$ هم هست.

برای محاسبهٔ جریان عبوری از $R_۲$ و $R_۳$ دو راه داریم:

راه اول: محاسبهٔ V_{ab}: $V_{ab}=R_{۲۳}I=۳\times۲=۶V$

$$V_{ab}=R_۲I_۲\Rightarrow I_۲=\frac{۶}{۴}=۱/۵A$$

$$V_{ab}=R_۳I_۳\Rightarrow I_۳=\frac{۶}{۱۲}=۰/۵A$$

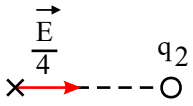
راه دوم تقسیم جریان است:

$$I_۲=\frac{R_۳}{R_۲+R_۳}I=\frac{۱۲}{۴+۱۲}\times۲=۱/۵A$$

$$I_۳ = \frac{R_۲}{R_۲ + R_۳} I = \frac{۴}{۴ + ۱۲} \times ۲ = ۰٫۵A$$

۳۲

با حذف $q_۱$ فقط بار $q_۲$ باقی مانده:



چون میدان ناشی از $q_۲$ در جهت جاذبه و به سمت $q_۲$ است پس بار $q_۲$ منفی است. از طرفی برآیند کل برابر $\vec{E}$ و به سمت راست است یعنی باید بار $q_۱$ هم میدانی برابر با $\frac{۳}{۴}\vec{E}$ به سمت راست ایجاد کرده باشد که در مجموع میدان خالص $\vec{E}$ و به سمت راست باشد و ضمناً $q_۱$ مثبت است. از آنجا که فاصلهٔ هر دو بار تا نقطهٔ A یکسان است پس فقط مقدار بارها در اندازهٔ E مؤثر است، یعنی داریم:

$$\frac{|q_۱|}{|q_۲|} = \frac{E_۱}{E_۲} = \frac{\frac{۳}{۴}E}{\frac{۱}{۴}E} = ۳$$

با توجه به علامت بارها $\frac{q_۱}{q_۲} = -۳$

۳۳

الف) چون q منفی است:

ب)

$$E = k\frac{q}{r^۲} \Rightarrow \frac{۲ \times ۱۰^۵}{۲} = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{۱ \times ۱۰^{-۶}}{r^۲} \Rightarrow r = ۰٫۳m$$

۳۴ الف) مقاومت‌های $R_۴$, $R_۳$, $R_۲$ با هم موازیند یعنی ولتاژ دو سر $R_۴$ با ولتاژ دو سر $R_۳$ و $R_۲$ برابر است:

$$V_{R_۴} = R_۴ I_۴ = ۳ \times ۰٫۵ = ۱٫۵V$$

$$V_{R_۳} = ۱٫۵V \Rightarrow V_{R_۳} = R_۳ I_۳ \Rightarrow ۱٫۵ = ۶I_۳ \Rightarrow I_۳ = ۰٫۲۵A$$

$$V_{R_۲} = ۱٫۵ \Rightarrow V_{R_۲} = R_۲ I_۲ \Rightarrow ۱٫۵ = ۲I_۲ \Rightarrow I_۲ = ۰٫۷۵A$$

بر اساس قانون جریان گره، جریان عبوری از مقاومت $R_۱$ برابر با مجموع جریان‌های عبوری از $R_۲$, $R_۳$, $R_۴$:

$$I_۱ = I_۲ + I_۳ + I_۴ \Rightarrow I_۱ = ۰٫۷۵ + ۰٫۲۵ + ۰٫۵ = ۱٫۵A$$

ب) طبق دادهٔ مسأله:

$$rI_۱ = ۱٫۵V \Rightarrow r_۱ \times ۱٫۵ = ۱٫۵ \Rightarrow r_۱ = ۱\Omega$$

ضمناً ولتاژ دو سر B و A برابر است با اختلاف پتانسیل دو سر $R_۲$, $R_۳$, $R_۴$:

$$V_{AB} = V_{R_۴} = ۱٫۵V$$

با چرخش از نقطهٔ B به A در جهت جریان $I_۱$:

$$V_B - xI_۱ - rI + \varepsilon - R_۱ I_۱ = V_A \Rightarrow \varepsilon - I_۱ (x + r + R_۱) = V_A - V_B$$

$$۱۲ - ۱٫۵ (x + ۱ + ۴) = ۱٫۵ \Rightarrow ۱٫۵ (۵ + x) = ۱۰٫۵ \Rightarrow ۵ + x = ۷ \Rightarrow x = ۲\Omega$$

۳۵ هنگامی‌که کلید باز است جریانی از مولد نمی‌گذرد بنابراین rI صفر است.

بنابراین: $V = \varepsilon - \cancel{rI}_{۰} \Rightarrow V = \varepsilon$

یعنی ولتاژ اندازه‌گیری شده از دو سر مولد همان نیرو محرکه مولد می‌باشد پس: $\varepsilon = ۶V$

با بسته شدن کلید جریان مدار $۲A$ خواهد شد و ولت‌سنج هم با مولد و هم با R موازی است پس ولتاژ دو سر مقاومت R را هم نشان می‌دهد:

$$V = \varepsilon - rI = RI \Rightarrow ۶ - r \times ۲ = ۲ \times ۲ \Rightarrow ۲r = ۲ \Rightarrow r = ۱\Omega$$

ب) همانطور که گفته شد با بستن کلید، ولت سنج RI را نشان می‌دهد:

$$V = RI = ۲ \times ۲ = ۴V$$

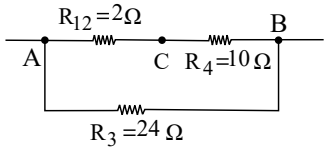
۳۶ با دقت در شکل متوجه می‌شویم که

دو سر مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ به هم وصل هستند پس این دو موازی‌اند:

$$\frac{۱}{R_{۱۲}} = \frac{۱}{R_۱} + \frac{۱}{R_۲} = \frac{۱}{۳} + \frac{۱}{۶} = \frac{۳}{۶}$$
$$\Rightarrow R_{۱۲} = ۲\Omega$$

و دو سر $R_{۱۲}$ همان نقاط A و C هستند.

دو سر مقاومت $R_۴$ همان نقاط B و C هستند و دو سر مقاومت $R_۳$ نقاط A و B هستند و شکل جدید بدست می‌آید.



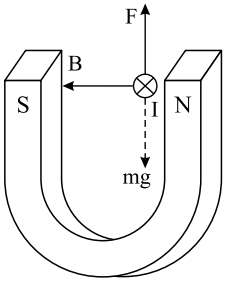
حالا مشاهده می‌شود که $R_{۱۲}$ با $R_{۴}$ سری است و حاصل آنها با $R_{۳}$ موازی است:

$$R_{۱۲۴} = R_{۱۲} + R_{۴} = ۲ + ۱۰ = ۱۲\Omega \Rightarrow \frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{R_{۱۲۴}} + \frac{۱}{R_{۳}} = \frac{۱}{۱۲} + \frac{۱}{۲۴} = \frac{۳}{۲۴} \Rightarrow R_{eq} = ۸\Omega$$

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

۳۷ الف) برای معلق ماندن سیم باید F_B خلاف جهت mg باشد و با آن برابر باشد.

درضمن جهت جریان از A به B یعنی درون‌سو (مثلاً رو به شمال) است. پس B باید به‌سمت 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.

$$F_B = mg \Rightarrow BI\ell \sin\theta = mg$$
$$\Rightarrow ۲ \times ۱۰^{-۳} \times I \times ۰/۲ \times ۱ = (۰/۲۰ \times ۱۰^{-۳}) \times ۱۰ \Rightarrow I = ۵A$$

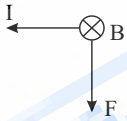
براساس قانون اهم:

$$v = RI$$
$$\Rightarrow ۴۰ = R \times ۵ \Rightarrow R = ۸\Omega$$

۳۸

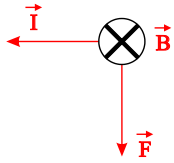
$$F = BI\ell \sin\alpha \Rightarrow ۰/۲ = ۰/۲ \times I \times ۱ \times \sin ۹۰^\circ \Rightarrow I = ۱A$$

با توجه به قانون دست راست جریان در سیم باید از B به‌طرف A باشد.



۳۹ براساس قانون دست راست جهت جریان را تعیین می‌کنیم که از D به C است. (جهت جریان قراردادی، جهت حرکت بارهای مثبت در مدار است).

$$F = BI\ell \sin\alpha$$
$$\Rightarrow ۱ = ۰/۵ \times I \times ۲ \times ۱ \Rightarrow I = ۱A$$



۴۰ الف) برای چنین کاری نیاز به وسایل دیگری نیز داریم. مثلاً می‌توانیم آهنربا را به کمک یک قطعه نخ بیاویزیم در این‌صورت می‌چرخد و قطب N آن رو به شمال جغرافیایی (یا همان قطب S آهنربای درونی کرهٔ زمین) قرار می‌گیرد.

روش دیگر اینست که آهنربای دیگری با قطب‌های مشخص در اختیار داشته باشیم. سمتی از آهنربای مجهول که جذب قطب N می‌شود، S است و بالعکس.

ب) همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود خطوط میدان مغناطیسی در اطراف آهنربای (۲) متراکم‌تر و دارای انحنای کمتری هستند؛ این موضوع نشان می‌دهد که این آهنربا قوی‌تر از آهنربای (۱) است.

۴۱ الف) دو قطبی الکتریکی

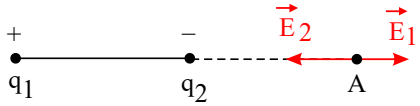
ب) ابتدا میدان الکتریکی ناشی از هر یک از بارهای $q_۱$ و $q_۲$ را در A محاسبه کرده سپس برآیند می‌گیریم:

$$E_۱ = k\frac{q_۱}{r^۲} \Rightarrow E_۱ = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{۳ \times ۱۰^{-۶}}{(۱۰ \times ۱۰^{-۲})^۲} = ۲/۷ \times ۱۰^۶ \frac{N}{C}$$

$$E_۲ = k\frac{q_۲}{r^۲} \Rightarrow E_۲ = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{۳ \times ۱۰^{-۶}}{(۳ \times ۱۰^{-۲})^۲} = ۳۰ \times ۱۰^۶ \frac{N}{C}$$

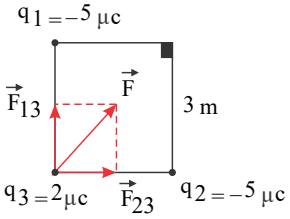
$$E_T = E_۲ - E_۱ = ۳۰ \times ۱۰^۶ - ۲/۷ \times ۱۰^۶ \Rightarrow E_T = ۲۷/۳ \times ۱۰^۶ \frac{N}{C}$$

$$\vec{E}_T = -(۲۷٫۳ \times ۱۰^۶ \frac{N}{C})\vec{i}$$



۴۲ به بار $q_۳$ دو نیرو، یکی در راستای محور x و دیگری در راستای محور y وارد می‌شود.

$$F_{۱۳} = k\frac{q_۱ q_۳}{r^۲} = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{(۵ \times ۱۰^{-۶})(۲ \times ۱۰^{-۶})}{۳^۲} \Rightarrow F_{۱۳} = ۱۰^{-۲} N$$



این نیرو در جهت محور y است پس:

$$F_{۱۳} = ۱۰^{-۲}\vec{j} \quad (N)$$

$$F_{۲۳} = k\frac{q_۲ q_۳}{r^۲} = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{(۵ \times ۱۰^{-۶})(۲ \times ۱۰^{-۶})}{۳^۲} = ۱۰^{-۲} N$$

این نیرو در جهت محور x ها است. پس:

$$\vec{F}_{۲۳} = ۱۰^{-۲}\vec{i} \quad (N)$$

در نتیجه نیروی خالص وارد شده بر $q_۳$ عبارتست از :

$$\vec{F} = ۱۰^{-۲}\vec{i} + ۱۰^{-۲}\vec{j}$$

برای محاسبه‌ی اندازه‌ی این نیرو می‌توان از رابطه‌ی فیثاغورث استفاده کرد:

$$F = \sqrt{(۱۰^{-۲})^۲ + (۱۰^{-۲})^۲} = \sqrt{۲} \times ۱۰^{-۲} \ N$$

۴۳ مقدار بیشینه میدان الکتریکی‌ای که دی‌الکتریک می‌تواند بدون فروریزش تحمل کند را قدرت (استقامت) دی‌الکتریک می‌نامند.

۴۴ 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 سیم‌لولهٔ 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 سیم‌لولهٔ B باید در خلاف جهت میدان مغناطیسی درون سیم‌لولهٔ 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.

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

۴۵

$$\phi = \phi_{max}\cos(\frac{۲\pi}{T}t) \Rightarrow \frac{۱}{۲}\cancel{\phi_{max}} = \cancel{\phi_{max}}\cos\frac{۲\pi}{T}t \Rightarrow \cos\frac{۲\pi}{T}t = \frac{۱}{۲} \Rightarrow \frac{۲\pi}{T} = \frac{\pi}{۳}$$

$$I = I_{max}\sin\frac{۲\pi}{T}t \Rightarrow I = I_{max}\sin\frac{\pi}{۳} \Rightarrow \frac{I}{I_{max}} = \sin\frac{\pi}{۳} = \frac{\sqrt{۳}}{۲}$$

۴۶ خیر. مقداری از آن در مقاومت مدار متصل به سیم‌لوله به‌صورت انرژی گرمایی تلف می‌شود و بقیه در میدان مغناطیسی سیم‌لوله ذخیره می‌شود.

۴۷ الف) افزایش ب) دارد ج) زاویهٔ α د) دوره

۴۸ چون جهت جریان القایی در سیم‌لوله در جهتی است که سمت راست سیم‌لوله تبدیل به قطب N آهن‌ربا شده است، پس جهت حرکت آهن‌ربا به‌سمت چپ بوده است. زیرا طبق قانون لنز باید جهت جریان القایی به‌گونه‌ای باشد که آثار مغناطیسی آن با تغییرات شار به وجود آمده مخالفت کند.

(قطب N آهن‌ربا در حال نزدیک شدن به سیم‌لوله بوده پس جریان القایی طوری ایجادشده که از جلو آمدن قطب N آهن‌ربا جلوگیری کرده باشد)

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

$$n = \frac{N}{L} = \frac{۱۰۰}{۲۵ \times ۱۰^{-۲}} = ۴۰۰ \text{ دور}$$

$$A = \pi r^۲ = ۱۰^{-۲}\pi(m^۲)$$

$$\Delta B = B_۲ - B_۱ = ۰ - B_۱ = -\mu_۰ nI = -۴\pi \times ۱۰^{-۷} \times ۴۰۰ \times ۳۰ \Rightarrow \Delta B = -۴۸\pi \times ۱۰^{-۴} T$$

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

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

$$\Rightarrow |\bar{\mathcal{E}}| = \left|-۱۰۰ \times ۱۰^{-۲} \times \pi \times (\frac{۴۸\pi \times ۱۰^{-۴}}{۰٫۰۲})\right| = ۰٫۲۴\pi^۲ \Rightarrow |\bar{\mathcal{E}}| = ۲٫۴V$$

۵۰ با بسته شدن کلید $k_۱$ داریم:

$$I_۱ = \frac{\varepsilon}{r + R}$$

برای هر دو سر لامپ (۱) : $V_۱ = R_۱ I_۱ = \varepsilon - rI_۱$

ولتاژ بالا برای هر دو لامپ است اما چون کلید $k_۲$ بسته است، از لامپ (۲) جریانی نمی گذرد.

وقتی کلید $k_۲$ را ببندیم دو لامپ با هم موازی می‌شوند.

$$\frac{۱}{R_{eq\ کل}} = \frac{۱}{R} + \frac{۱}{R} = \frac{۲}{R} \Rightarrow R_{eq} = \frac{R}{۲}$$

$$I_{۲\ کل\ مدار} = \frac{\varepsilon}{r + \frac{R}{۲}} \longrightarrow I_{عبوری\ از\ هر\ لامپ\ لامپ‌ها\ یکسان\ هستند} = \frac{I_۲}{۲} = \frac{۱}{۲}\left(\frac{\varepsilon}{r + \frac{R}{۲}}\right) = \frac{\varepsilon}{۲r + R}$$

همانطور که مشاهده می‌شود جریان عبوری از لامپ (۱) در حالت دوم، کوچک‌تر از جریان عبوری 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.

۵۱ باید توجه کرد که تمام جریان، مدار ابتدا باید از لامپ (۱) بگذرد و این جریان I بین بقیهٔ لامپ‌ها تقسیم خواهد شد (و چون دو لامپ (۲) و (۳) موازی و یکسان هستند جریان آن‌ها یکسان و برابر $\frac{I}{۲}$ خواهد بود.)

$$P_۱ = RI^۲ \quad , \quad P_۲ = P_۳ = R\left(\frac{I}{۲}\right)^۲ = \frac{RI^۲}{۴}$$

بنابراین باید حداکثر توان قابل تحمل یعنی $۶۰W$ را به لامپ (۱) نسبت دهیم به این ترتیب داریم:

$$P_۱ = RI^۲ = ۶۰W$$

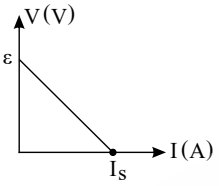
$$P_۲ = P_۳ = \frac{RI^۲}{۴} = \frac{۶۰}{۴} = ۱۵W$$

در نتیجه: $P_{کل} = ۶۰ + ۱۵ + ۱۵ = ۹۰W$

یعنی می توان $۹۰W$ به دو سر b و a توان منتقل نمود.

۵۲ 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 نشان‌دهندهٔ جریان در حالتی است که ولتاژ دو سر مولد یا بعبارتی V_{ab} برابر با صفر شده است یعنی مقاومت متغیر مدار دارای مقدار صفر بوده است:

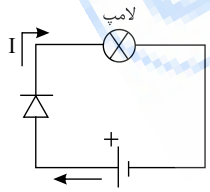
$$V = \overset{صفر}{\not{}} I = ۰$$

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

$$۰ = \varepsilon - rI \Rightarrow I_s = \frac{\varepsilon}{r}$$

۵۳

با توجه به آن‌که جهت عبور جریان از دیود در جهت فلش آن است در چنین مداری جریان از دیود عبور می‌کند و لامپ روشن می‌شود.



ب) یکی از انواع دیودها، LED است که دیود نورگسیل است. به عبارت دیگر با عبور جریان از LEDها این دیودها از خود نور گسیل می‌کنند یعنی انرژی الکتریکی را به نور تبدیل می‌کنند.

۵۴ مقاومت الکتریکی ثابت می‌ماند و ولتاژ دو سر مقاومت دو برابر می‌شود چون مقاومت الکتریکی فقط به دما و ویژگی‌های ساخت مقاومت (یعنی جنس، طول و مساحت سطح مقطع) وابستگی دارد ولی طبق قانون اهم $V \propto I$ یعنی ولتاژ دو سر مقاومت با جریان عبوری از آن متناسب است.

۵۵

$$\Delta q = I \cdot \Delta t \Rightarrow ۶۰ = ۵ \times \Delta t \Rightarrow \Delta t = ۱۲h$$

هر Ah معادل $۳۶۰۰\ C$ است بنابراین می‌توان نوشت:

$$q = ۶۰ \times ۳۶۰۰ = ۲۱۶۰۰\ C$$

۵۶ در مورد جریان الکتریکی متوسط داریم:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{۲۵۰}{۵۰} = ۵A$$

جریان عبوری $۵A$ است.

۵۷

$$B=\frac{\mu_{\circ}NI}{۲R}=\frac{۱۲\times ۱۰^{-۷}\times ۱۰۰\times (۲)}{۲\times (۵\times ۱۰^{-۲})}\Rightarrow B=۲۴\times ۱۰^{-۴}T=۲۴\,G$$

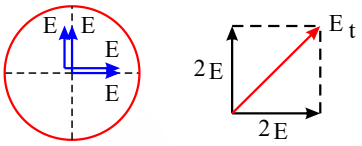
۵۸ الف) با توجه به آنکه جهت جریان عبوری از حلقه ساعتگرد است میدان مغناطیسی در نقطهٔ O درون‌سو خواهد بود.

ب) با افزایش مقدار مقاومت متغیر، جریان مدار کاهش می‌یابد و طبق رابطهٔ $B=\frac{\mu_{\circ}NI}{۲R}$ با کاهش جریان مقدار B در مرکز حلقه کاهش خواهد یافت.

۵۹ چون فاصلهٔ همهٔ بارها تا مرکز یکسان است و بارها اندازهٔ یکسان دارند بنابراین اندازهٔ میدان الکتریکی همهٔ بارها در مرکز دایره یکسان است:

$$E=k\frac{q}{r^{۲}}=۹\times ۱۰^{۹}\times\frac{۵\times ۱۰^{-۶}}{۱^{۲}}=۴/۵\times ۱۰^{۴}\frac{N}{C}$$

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



$$E_t=\sqrt{(۲E)^{۲}+(۲E)^{۲}}$$
$$E_t=۲\sqrt{۲}E=۹\sqrt{۲}\times ۱۰^{۴}\frac{N}{C}$$
$$\vec{E}_t=۲E\vec{i}+۲E\vec{j}$$
$$\vec{E}_t=۹\times ۱۰^{۴}\vec{i}+۹\times ۱۰^{۴}\vec{j}$$

۶۰

$R_۲$, $R_۱$ موازیند $R_{۱۲}=\frac{R_۱R_۲}{R_۱+R_۲}=\frac{۶}{۵}=۱/۲\Omega$

$$R_{eq}=R_{۱۲}+R_۳=۱/۲+۴/۸=۶\Omega\Rightarrow I=\frac{V_{AB}}{R_{eq}}\Rightarrow I=\frac{۱۲}{۶}=۲A$$

اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت که بین دو نقطهٔ A و C قرار دارد، همان اختلاف پتانسیل دو سر $R_۱$ است:

$$V_{R_۱}=V_{AC}=R_{۱۲}I=۱/۲\times ۲=۲/۴A\Rightarrow V_{R_۱}=R_۱I_۱\Rightarrow ۲/۴=۲\times I_۱\Rightarrow I_۱=۱/۲A$$

ب) $I_{\text{مدار}}=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}\Rightarrow ۲=\frac{\varepsilon}{۶+۰/۵}\Rightarrow \varepsilon=۱۳V$

۶۱

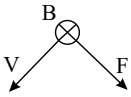
$$B=\frac{\mu_{\circ}NI}{\ell}\Rightarrow ۴\times ۱۰^{-۴}=\frac{۴\pi\times ۱۰^{-۷}\times ۲۰۰\times I}{۳۱/۴\times ۱۰^{-۲}}\Rightarrow I=۰/۵A$$

۶۲ نقطهٔ A: میدان ناشی از $I_۱$ در نقطهٔ A برون‌سو و میدان ناشی از $I_۲$ در A درون‌سو است ولی چون $I_۱>I_۲$ و A به $I_۱$ نیز نزدیک‌تر است پس قطعاً $|B_{۲A}|<|B_{۱A}|$، پس میدان خالص برون‌سو خواهد بود.

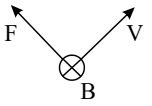
نقطهٔ B: هر دو میدان ناشی از $I_۱$ و $I_۲$ در نقطهٔ B درون‌سو هستند پس میدان خالص در B درون‌سو خواهد بود.

نقطهٔ C: میدان ناشی از $I_۱$ در C درون‌سو و میدان ناشی از $I_۲$ در C برون‌سو است. و باید توجه کرد که اگرچه جریان $I_۱>I_۲$ است ولی فاصلهٔ C به $I_۲$ کمتر از فاصلهٔ نسبت به $I_۲$ است بنابراین ممکن است $B_{۲C}<B_{۱C}$ شود یا $B_{۱C}=B_{۲C}$ گردد و یا $B_{۲C}>B_{۱C}$ شود. پس ممکن است میدان خالص درون‌سو، صفر یا برون‌سو گردد.

۶۳ می‌دانیم که جهت نیروی واردشده بر ذرهٔ باردار مثبت متحرک درون میدان مغناطیسی از قانون دست راست تعیین می‌شود. پس اگر انحراف هر ذره بر قانون دست راست منطبق بود (یعنی هم‌جهت با نیرو به دست آمد) آن ذره مثبت است و اگر انحراف خلاف جهت نیرو بود، آن ذره منفی است و در صورت عدم انحراف خنثی است.

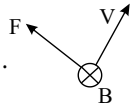
ذرهٔ (۱): منفی است. طبق قانون دست راست 

، ولی انحراف خلاف جهت F است.

ذرهٔ (۲): مثبت است. طبق قانون دست راست 

که انحراف با F منطبق است.

ذرهٔ (۳): منحرف نشده پس خنثی است.

ذرهٔ (۴): منفی است چون F با انحراف انطباق ندارد. 

. اگر مثبت باشد باید به‌صورت شکل منحرف می‌شد.

۶۴

$$F=BI\ell\sin\alpha\Rightarrow F=۰/۴\times ۲\times ۰/۲۵\times \sin ۹۰^{\circ}=۰/۲N$$

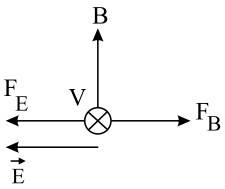
۶۵ در چنین حالتی دو نیرو بر پروتون اثر می‌کند:

$F=qvB\sin\theta$ ناشی از میدان مغناطیسی (نیروی لورنس) و $F=Eq$ ناشی از میدان الکتریکی

چون ذره منحرف نشده این دو نیرو باید هم‌اندازه باشند و البته در خلاف جهت:

$$|F_E|=|F_B|\Rightarrow E\cancel{q}=\cancel{q}vB\sin\theta\Rightarrow E=vB\,sin\theta\Rightarrow E=۵\times ۱۰^{۷}\times ۱/۵\times ۱=۷/۵\times ۱۰^{۷}\frac{N}{C}$$

اکنون به جهت می‌پردازیم:



برای خنثی شدن F_B باید F_E به سمت چپ یا غرب باشد و چون بار مثبت است جهت نیروی الکتریکی با جهت میدان الکتریکی یکسان است؛ پس جهت میدان الکتریکی هم به سمت چپ یا غرب است.

۶۶ الف) ابتدا به‌کمک طول سیم، طول ضلع هر مربع و سپس مساحت هر مربع را می‌یابیم. داریم:

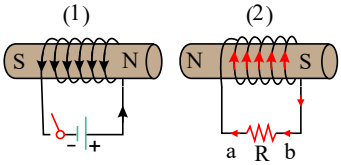
$$\text{مجموع محیط دو حلقه} = ۲ \times (۴a) = ۸۰cm \Rightarrow a = ۱۰cm = ۰/۱m$$

$$\text{مساحت هر حلقه } A = a^۲ = (۰/۱)(۰/۱) = ۱۰^{-۲}m^۲$$

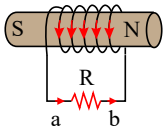
$$\phi = BA\cos\theta \overset{\theta=۰}{\Rightarrow} ۰/۵ \times ۰/۰۱ \times ۱ = ۰/۰۰۵Wb = ۵mWb$$

ب) $\overline{\varepsilon} = -N\dfrac{\Delta\phi}{\Delta t} \Rightarrow |\overline{\varepsilon}| = \left|-NA\dfrac{B_۲ - B_۱}{\Delta t}\cos\theta\right| = \left|-۲ \times ۰/۰۱ \times \dfrac{۰ - ۰/۵}{۰/۲} \times ۱\right| \Rightarrow |\overline{\varepsilon}| = ۰/۰۵V$

۶۷

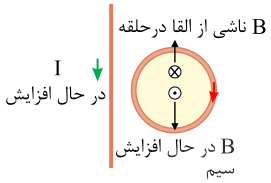


الف) در لحظهٔ بستن کلید K جریان در سیم‌لولهٔ (۱) افزایش یافته بنابراین میدان مغناطیسی آن در محل سیم‌لولهٔ (۲) زیاد می‌شود و شار عبوری از سیم‌لولهٔ (۲) نیز زیاد می‌شود بنابراین طبق قانون لنز باید میدان القایی در سیم‌لولهٔ (۲) در خلاف جهت میدان مغناطیسی سیم‌لولهٔ (۱) باشد تا با افزایش شار مخالفت کند. بنابراین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

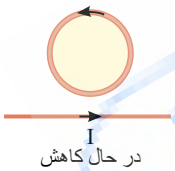


ب) هنگامی که کلید باز می‌شود جریان در سیم‌لولهٔ (۱) کاهش می‌یابد بنابراین میدان مغناطیسی و شار عبوری در محل سیم‌لولهٔ (۲) کم می‌شود بنابراین طبق قانون لنز باید میدان القایی در سیم‌لولهٔ (۲) هم‌جهت با میدان مغناطیسی سیم‌لولهٔ (۱) باشد تا با کاهش شار مخالفت کند. در نتیجه جریان القایی در مقاومت R از a به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

۶۸



الف) در این شکل میدان مغناطیسی ناشی از سیم در محل حلقه برون‌سو می‌باشد که در حال افزایش است پس جهت جریان القایی باید طوری باشد که با افزایش این میدان برون‌سو مخالف باشد یعنی باید میدان درون‌سو درون حلقه ایجاد کند یعنی جریان حلقه باید ساعت‌گرد باشد.



ب) میدان ناشی از سیم در محل حلقه برون‌سو و در حال کاهش است. پس باید جریان حلقه پادساعت‌گرد باشد و میدان القایی برون‌سو ایجاد کند که با کاهش شار مخالفت کرده باشد.

پ) چون جریان ثابت است با اینکه در محل حلقه میدان ایجاد می‌کند ولی چون این میدان تغییر نمی‌کند، شار عبوری از حلقه تغییر نمی‌کند و جریانی در حلقه القا نمی‌شود.

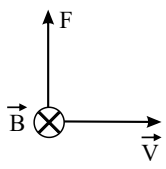
۶۹ این ماده از نوع فرومغناطیسی نرم است (مانند آهن و نیکل و کبالت خالص) زیرا پس از خارج کردن آن از میدان خارجی، حوزه‌های مغناطیسی درون ماده به حالت نامنظم بازگشته‌اند در حالی‌که با وجود میدان خارجی، این حوزه‌ها در جهت میدان مغناطیسی خارجی مرتب شده بودند.

۷۰ باید توجه کرد که N در رابطهٔ $B_{\text{سیملوله}} = \dfrac{\mu \cdot NI}{\ell}$ تعداد دورهای سیملوله یا تعداد حلقه‌های آن است و ℓ در این رابطه طول سیملوله است:

$$B_{\text{سیملوله}} = \frac{\mu \cdot NI}{\ell}$$

$$B = \frac{۴\pi \times ۱۰^{-۷} \times ۲۵۰ \times ۰/۸}{۰/۱۴} = ۱/۷۹ \times ۱۰^{-۳}T = ۱/۷۹mT$$

۷۱



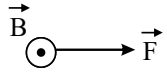
طبق قانون دست راست نیروی مغناطیسی وارد شده بر بار مثبت q به‌سمت بالا خواهد بود:

و به بار مثبت درون میدان الکتریکی یکنواخت، نیرویی در جهت میدان وارد می‌شود که رو به پایین است.

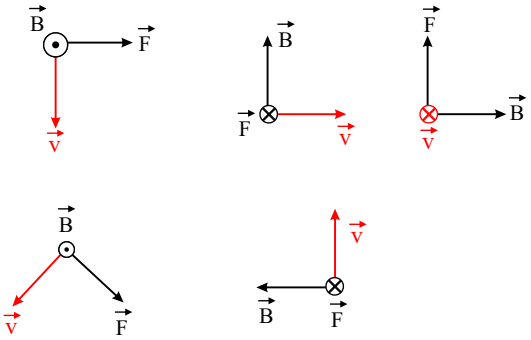
پس در صورتی که اندازهٔ این دو نیرو برابر باشد بار می‌تواند بدون انحراف به مسیر خود ادامه دهد:

$$F_{\text{الکتریکی}} = F_{\text{مغناطیسی}} \Rightarrow E\cancel{q} = \cancel{q} \cdot v \cdot B\sin\alpha \Rightarrow ۴۵۰ = v \times ۰/۱۸ \times ۱ \Rightarrow v = \frac{۴۵۰}{۰/۱۸} = ۲۵۰۰\frac{m}{s}$$

۷۲ باید توجه کرد که اگر برای بار منفی از قانون دست راست استفاده می‌کنیم باید درنهایت هر چیزی که پیدا می‌کنیم برعکس بیان کنیم به‌عنوان مثال در این شکل:



کف دست 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 رو به پایین را برای بار منفی بیان کنیم؛ پس:



۷۳ برای پاسخ دادن به چنین سوالاتی از قانون دست راست استفاده می‌شود. بار الکتریکی همیشه به سمتی منحرف می‌شود که نیروی مغناطیسی بر آن وارد شده است. بنابراین کف دست را رو به کاغذ قرار می‌دهیم (طوری که بردار عمودی خارج‌شده از کف دست به‌سمت کاغذ یعنی درون‌سو باشد)، چهار انگشت دست راست را در جهت سرعت بار (در هر نقطهٔ دلخواه از مسیرهای نشان داده‌شده) قرار داده می‌شود و به این ترتیب انگشت شست دست راست جهت منحرف شدن بار مثبت را نشان می‌دهد. اگر جهت انحراف نشان داده‌شده در شکل با جهت شست دست راست هم‌خوانی داشت معلوم می‌شود بار مثبت بوده، اگر خلاف آن بود بار منفی بوده و اگر انحرافی رخ نداده بود بار خنثی است پس، بار (۱) مثبت است چون جهت انحراف با جهت شست منطبق است، بار (۲) منفی است چون خلاف جهت است، سومی خنثی است چون منحرف نشده و بار (۴) هم منفی است چون انحراف بار خلاف جهت انگشت شست است.

۷۴ ابتدا به حالت متوالی می‌پردازیم:

$$R_{eq} = R + R + R = ۳R = ۳ \times ۱۲ = ۳۶\Omega$$

$$V = R_{سری} I \Rightarrow ۱۲ = ۳۶I \Rightarrow I = \frac{۱}{۳}A = ۰/۳۳A$$

و چون با هم سری هستند جریان عبوری از هر یک همان $\frac{۱}{۳}A$ است اکنون بررسی حالت موازی:

$$\frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{R} + \frac{۱}{R} + \frac{۱}{R} = \frac{۳}{R} = \frac{۳}{۱۲} \Rightarrow R_{eq} = ۴\Omega$$

$$V = R_{موازی} I \Rightarrow ۱۲ = ۴I \Rightarrow I = ۳A$$

که این جریان کل است و جریان عبوری از هر یک $\frac{I_{کل}}{۳} = ۱A$ می‌باشد.

البته برای محاسبهٔ جریان هر یک از مقاومت‌های موازی، چون اختلاف پتانسیل دو سر همگی یکسان است می‌توان مستقیماً برای هر یک نوشت:

$$V = RI \Rightarrow ۱۲ = ۱۲ \times I \Rightarrow I = ۱A$$

۷۵ با بستن $K_۱$:

$$I_۱ = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

$$V_۱ = \varepsilon - rI_۱ = RI$$

وقتی کلید $K_۲$ هم بسته شود مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ با هم موازی می‌شوند:

$$\frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{R} + \frac{۱}{R} \Rightarrow R_{eq} = \frac{R}{۲}$$

$$I_۲ = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow I_۲ = \frac{\varepsilon}{\frac{R}{۲} + r}$$

$$V_۲ = \varepsilon - rI_۲$$

در این حالت چون مخرج کسری که مقدار $I_۲$ را تعیین می کند، کاهش یافته است، پس $I_۱ < I_۲$ خواهد بود و به همین دلیل $V_۲ < V_۱$ خواهد شد.

البته باید توجه کرد که در این حالت درست است که جریان $I_۲$ از حالت اول یعنی $I_۱$ بزرگتر است ولی ۲ برابر نشده است و البته جریان عبوری از لامپ‌های $L_۱$ و $L_۲$ با هم برابر است و معادل $\frac{I_۲}{۲}$ است پس نور لامپ‌ها نسبت به حالتی که فقط اولی روشن بود کمتر شده است. اکنون با بسته شدن کلید $K_۳$ داریم:

$$\frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{R} + \frac{۱}{R} + \frac{۱}{R} \Rightarrow R_{eq} = \frac{R}{۳}$$

$$I_۳ = \frac{\varepsilon}{\frac{R}{۳} + r}, V_۳ = \varepsilon - r\, I_۳$$

در این حالت نیز $I_۱ < I_۲ < I_۳$ و البته به همین ترتیب $V_۱ > V_۲ > V_۳$ خواهد بود و به طریق مشابه می‌توان گفت که نور لامپ‌ها کمتر از حالتی است که فقط لامپ $L_۱$ به تنهایی روشن بود.

با بستن کلید $K_۴$ داریم:

$$\frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{R} + \frac{۱}{R} + \frac{۱}{R} + \frac{۱}{R} \Rightarrow R_{eq} = \frac{R}{۴}$$

$$I_۴ = \frac{\varepsilon}{\frac{R}{۴} + r} \quad , \quad V_۴ = \varepsilon - rI_۴$$

و می‌توان گفت $I_۱ < I_۲ < I_۳ < I_۴$ و همچنین به طریق مشابه $V_۱ > V_۲ > V_۳ > V_۴$. پس در نهایت اگر بعد از بستن کلید $k_۱$، کلیدها را یک به یک پشت سر هم ببندیم، نور لامپ ها کاهش یافته ولی عدد آمپرسنج افزایش و عدد ولت سنج کاهش می یابد.

۷۶ الف) در حالت کلی داریم: $P_{\text{خروجی}} = \varepsilon I - rI^۲$

برای دو حالت می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} ۹٫۵ = \varepsilon \times ۵ - r \times (۵)^۲ \\ ۱۲٫۶ = \varepsilon \times ۷ - r(۷)^۲ \end{cases} \Rightarrow \begin{matrix} -۷ \\ ۵ \end{matrix} \begin{cases} ۵\varepsilon - ۲۵r = ۹٫۵ \\ ۷\varepsilon - ۴۹r = ۱۲٫۶ \end{cases}$$

با حل دو معادله دو مجهول فوق داریم:

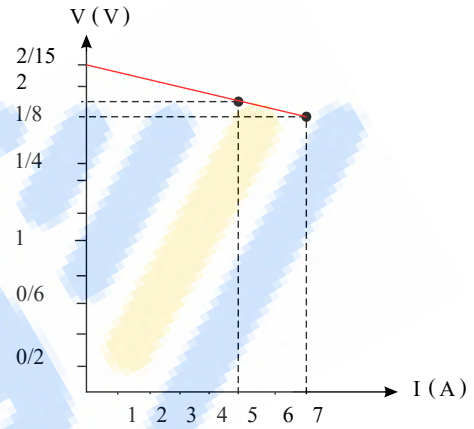
$$۱۷۵r - ۲۴۵r = -۶۶٫۵ + ۶۳ \Rightarrow ۷۰\, r = ۳٫۵ \Rightarrow r = ۰٫۰۵\Omega$$

با جاگذاری $r = ۰٫۰۵\Omega$ در یکی از معادلات:

$$۵\varepsilon - ۲۵ \times ۰٫۰۵ = ۹٫۵ \Rightarrow \varepsilon = ۲٫۱۵V$$

ب) برای رسم نمودار ابتدا اختلاف پتانسیل را در هر حالت محاسبه می‌کنیم:

$$V_۱ = \varepsilon - rI_۱ = ۲٫۱۵ - ۰٫۰۵ \times ۵$$
$$\Rightarrow V_۱ = ۱٫۹V$$
$$V_۲ = \varepsilon - rI_۲ = ۲٫۱۵ - ۰٫۰۵ \times ۷ = ۱٫۸V$$



۷۷ الف) القاگر ب) $\frac{۱}{۲}LI^۲$ پ) هانری

۷۸ خطی را که دو قطب یک دوقطبی مغناطیسی را به‌هم متصل می‌کند، محور مغناطیسی می‌نامند.

۷۹ الف) شار مغناطیسی ب) ضریب خودالقایی پ) کاهش جریان ت) القای متقابل

۸۰ الف) پارامغناطیس ب) فرومغناطیس سخت پ) فرومغناطیس نرم

۸۱

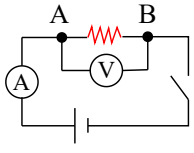
الف) $R = \overline{ab} \times ۱۰^n = ۱۶ \times ۱۰^۰ \Rightarrow R = ۱۶\Omega$

ب) $V = \varepsilon - Ir \Rightarrow ۸ = ۹ - ۰٫۵r \Rightarrow r = \frac{۱}{۰٫۵} = ۲\Omega$

۸۲ در عدم حضور میدان الکتریکی شارش بار خالص از هر مقطع رسانا صفر است و با اعمال میدان الکتریکی شارش بار خالص از هر مقطع رسانا صفر نیست.

۸۳ در مداری مطابق شکل، قطعه‌ای از سیم تنگستن را بین نقاط A و B قرار داده با بستن کلید و با استفاده از عددهای ولت‌سنج و آمپرسنج، اختلاف پتانسیل دو سر سیم (برحسب ولت) و جریانی که از مدار می‌گذرد (برحسب آمپر) را اندازه می‌گیریم. سپس با استفاده از قانون اهم $(R = \frac{V}{I})$، مقاومت قطعه سیم را (برحسب اهم) به‌دست می‌آوریم.

سپس همین کار را برای قطعه سیم نیکروم انجام می‌دهیم و مقاومت قطعه سیم را تعیین می‌کنیم با مقایسهٔ دو مقاومت به‌دست آمده نتیجه می‌گیریم که مقاومت رسانا در دمای ثابت، به جنس رسانا بستگی دارد.



۸۴

الف) $I = \frac{\varepsilon_۱ - \varepsilon_۲}{R_T + r_T} \qquad R_{۱۲} = \frac{R_۱ R_۲}{R_۱ + R_۲} = ۲\Omega$

$$۲ = \frac{۱۲ - \varepsilon_۲}{۳} \Rightarrow \varepsilon_۲ = ۶V$$

ب) $P_۱ = ۱۲ \times ۲ - ۰٫۵\,(۲^۲) \qquad P_۱ = ۲۲W \qquad P_۱ = \varepsilon_۱ I - r_۱ I^۲$

۸۵ الف) رباییش سوزن فولادی توسط آهن‌ربا ب) پلاتین ج) چرخش الکترون به دور هسته و خودش
د) نیروی ربایشی ه) خط‌های راست و موازی و هم‌فاصله

۸۶ الف) جهت جریان در این سیم به‌سمت بالا است.

ب) اطراف سیم حامل جریان میدان مغناطیسی وجود دارد.

۸۷ الف) قطب N

ب) رسم بردار مماس در نقطهٔ A بر خط میدان

ج) یکسان است.

۸۸

الف

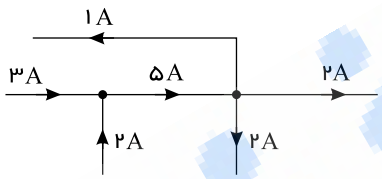
چون مقاومت‌ها در دو حالت به یک ولتاژ وصل شده‌اند نسبت توانها برابر با عکس نسبت مقاومت‌ها خواهد شد:

$$\left.\begin{array}{l} P=\frac{V^۲}{R} \\ R_{T_{۱\,\text{سری}}} \\ R_{T_{۲\,\text{موازی}}} \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{P_۱}{P_۲}=\frac{R_{T_۲}}{R_{T_۱}} \qquad \frac{P_۱}{P_۲}=\frac{۲R}{\frac{R}{۲}}=۴$$

ب با بستن کلید لامپ (۲) از مدار خارج می‌شود. مقاومت مدار در این حالت کاهش و نور لامپ (۱) افزایش می‌یابد. آمپرسنج

پ

جهت به سمت راست $\qquad ۳+۲=۲+۱+I \Rightarrow I=۲A$



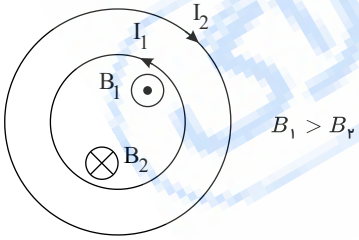
۸۹

$$B_۱=\frac{۴\pi\times ۱۰^{-۷}NI_۱}{۲R_۱}=\frac{(۴\pi\times ۱۰^{-۷}\frac{T\cdot m}{A})(۴A)}{۲\times(۲\times ۱۰^{-۲}m)}=۱{,}۲۵۶\times ۱۰^{-۴}T \ \odot$$

$$B_۲=\frac{۴\pi\times ۱۰^{-۷}\frac{T\cdot m}{A})(۲A)}{۲\times(۳\times ۱۰^{-۲}m)}=۴{,}۱۸۶\times ۱۰^{-۵}T \ \otimes$$

$$B_T=|B_۱-B_۲|=۸{,}۳۷۴\times ۱۰^{-۵}T \ \odot$$

جهت میدان برآیند برون‌سو است.



۹۰ در الکتریسیته به‌دلیل وجود تک‌قطبی‌های الکتریکی خط‌های میدان الکتریکی مسیرهای بسته تشکیل نمی‌دهند، ولی در مغناطیس به‌دلیل عدم وجود تک‌قطبی مغناطیسی، خط‌های میدان مغناطیسی حلقه‌های بسته تشکیل می‌دهند.