نام و نام خانوادگی:

نام آزمون: فیزیک (تجربی) یازدهم

تاریخ آزمون: ۱۴۰۱/۱۱/۱۰

زمان برگزاری: ۹۲۰۰ دقیقه

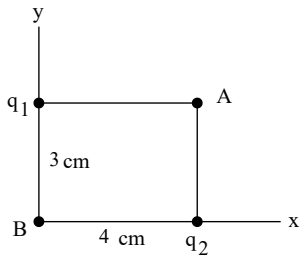
شرکت توسعه انتشارات

پرش_م۱۱

۱ در شکل مقابل بردار میدان الکتریکی خالص یکای SI در نقطهٔ A برابر $\vec{E} = ۴۵۰\vec{i} - ۲۰۰\vec{j}$ (در SI) است.

الف) بردار میدان برآیند را در نقطهٔ B حساب کنید.

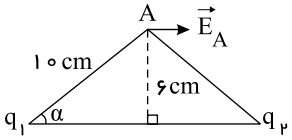
ب) در چه فاصله‌ای از بار q_1 میدان خالص صفر می‌شود.



۲ ظرفیت خازنی ۱۲ میکروفاراد و بار الکتریکی آن q است. اگر $+۳٫۰mC$ بار الکتریکی را از صفحه‌ی منفی جدا کرده و به صفحه‌ی مثبت منتقل کنیم، انرژی ذخیره شده در خازن به اندازه‌ی $۸٫۰J$ زیاد می‌شود. Q را محاسبه کنید.

۳ مطابق شکل، دو ذره با بارهای الکتریکی q_1 و q_2 که خط واصل آن‌ها در راستای محور x است، در دو رأس یک مثلث متساوی‌الساقین ثابت شده‌اند.

اگر بردار میدان الکتریکی در نقطه‌ی A (در SI) به صورت: $\overrightarrow{E_A} = (۷٫۲ \times ۱۰^{۴})\vec{i}$ باشد، اندازه و نوع بارهای الکتریکی q_1 و q_2 را تعیین کنید. ($k = ۹ \times ۱۰^{۹} \frac{N \cdot m^۲}{c^۲}$)



۴ در یک میدان الکتریکی، بار $q = +۳\mu C$ از نقطه‌ی A تا B جابه‌جا می‌شود. اگر انرژی پتانسیل الکتریکی بار در نقطه‌های A و B به ترتیب $-۴ \times ۱۰^{-۵}J$ و $۵ \times ۱۰^{-۵}J$ باشد، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه‌ی $(V_B - V_A)$ چند ولت است؟

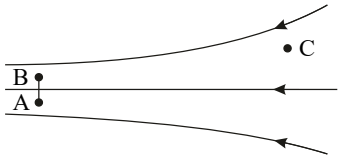
۵ یک الکتروسکوپ دارای بار الکتریکی منفی است. یک میلهٔ شیشه‌ای که با پارچهٔ ابریشمی مالش داده شده به آرامی به آن نزدیک می‌کنیم برای تیغهٔ الکتروسکوپ چه رخ می‌دهد؟

۶ اگر بار $۱۰\mu C$ توسط یک نیروی خارجی در میدان الکتریکی $E = ۱۰^{۵}\frac{N}{C}$ در جهت میدان به اندازهٔ $۱۰cm$ جابه‌جا شود طوری که انرژی جنبشی آن $۱J$ افزایش یابد، کار نیروی خارجی در این جابه‌جایی چقدر است؟

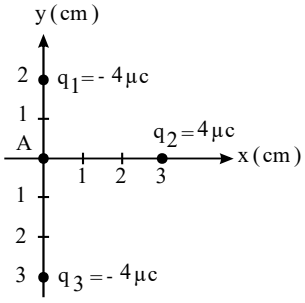
۷ شکل روبه‌رو نقطه‌های A، B و C را در یک میدان الکتریکی نشان می‌دهد. باتوجه به آن درست یا نادرست بودن عبارت‌های زیر را مشخص کنید: الف) اندازه‌ی میدان الکتریکی در نقطه‌ی C کمتر از نقطه‌ی A است.

ب) کار انجام شده روی ذره‌ی باردار q در جابجایی از A تا B صفر است.

پ) پتانسیل نقطه‌ی A بیش‌تر از پتانسیل نقطه‌ی B است.

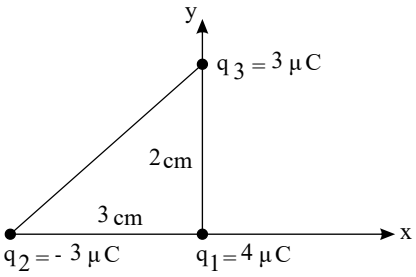


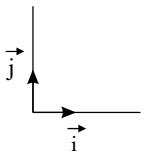
۸ در شکل مقابل نیروی خالص وارد شده بر بار $q = ۱\mu C$ را که در نقطهٔ A قرار گرفته است محاسبه و رسم کنید.



۹ مطابق شکل، سه بار الکتریکی نقطه‌ای در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای قرار دارند. برآیند نیروهای وارد بر بار q_1 را برحسب بردارهای یکّه‌ی $\vec{i}$ و $\vec{j}$ دستگاه مختصات نشان داده شده در شکل بنویسید.

$(k = ۹ \times ۱۰^{۹} \frac{Nm^{۲}}{C^{۲}})$

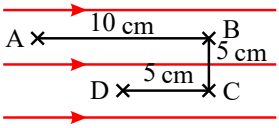




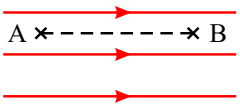
۱۰ بار الکتریکی $q = ۱\mu C$ در میدان الکتریکی یکنواخت $E = ۱۰^{۷} \frac{N}{C}$ ابتدا از A به B، سپس از B به C و در نهایت از C به D برده می‌شود.

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

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



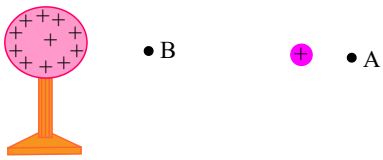
۱۱ بار الکتریکی $q = -۵\mu C$ در میدان الکتریکی $E = ۱۰^{۵} \frac{N}{C}$ از نقطهٔ A به B جابه‌جا شده است. تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q در این جابه‌جایی چقدر است؟ $AB = ۱m$



۱۲ مولد وان‌دوگراف چیست و اساس کار آن چگونه است؟

۱۳ کوانتیده بودن بار الکتریکی یعنی چه؟

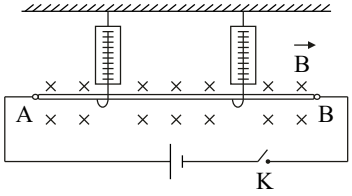
۱۴ در شکل زیر ذرهٔ باردار مثبت و کوچکی را از حالت سکون، از نقطهٔ A به سمت کرهٔ باردار که روی پایهٔ عایقی قرار دارد، نزدیک می‌کنیم و در نقطهٔ B قرار می‌دهیم. (الف) در این جابه‌جایی، کار نیروی الکتریکی مثبت است یا منفی؟ (ب) کاری که ما در این جابه‌جایی انجام می‌دهیم مثبت است یا منفی؟ (پ) انرژی پتانسیل ذرهٔ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



۱۵ در شکل روبه‌رو، میلهٔ AB در میدان مغناطیسی یکنواخت درون‌سویی به حال تعادل قرار دارد.

الف) در صورتی که کلید K باز باشد، نیروسنج‌ها چه کمیتی را نشان می‌دهند؟

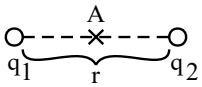
ب) اگر کلید K را ببندیم عدد نیروسنج‌ها بلافاصله پس از بستن کلید، افزایش می‌یابد یا کاهش؟ توضیح دهید.



۱۶ اگر یک رسانای خنثی منزوی در یک میدان الکتریکی خارجی قرار داده شود، میدان خالص درون رسانا:

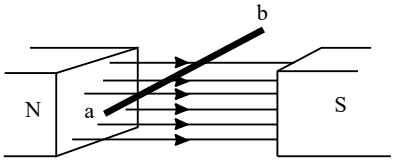
۱- صفر می‌شود. ۲- افزایش می‌یابد. ۳- کاهش می‌یابد.

۱۷) دو بار q_1 و q_2 در فاصلهٔ r از هم قرار دارند. برآیند میدان الکتریکی در نقطهٔ وسط فاصلهٔ 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 بدست آورید.



۱۸) در شکل مقابل سیم ab به طول $20cm$ درون میدان مغناطیسی یکنواخت $B = 400\ G$ در نقاط a و b به مداری وصل شده و جریان $10\ A$ از آن می‌گذرد طوری که درون میدان معلق مانده است. الف) جهت جریان را تعیین کنید.

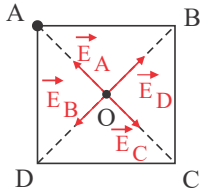
ب) جرم سیم چقدر است؟



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

۲۰) استفاده از علامت‌های جبری (مثبت و منفی) برای بارهای الکتریکی چه مزیتی بر دیگر نام‌هایی که می‌توانستند بر این بارها بگذارند ایجاد می‌کند؟

۲۱) 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.



۲۲) دو بار الکتریکی $q_1 = 4\mu C$ و $q_2 = -5\mu C$ در فاصلهٔ $3cm$ از هم قرار دارند نیروی الکتریکی بین دو بار چقدر است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$

۲۳) بار الکتریکی $q = 3\mu C$ از نقطه‌ای با پتانسیل الکتریکی $V_1 = -40\ V$ تا نقطه‌ای با پتانسیل $V_2 = -10\ V$ جابجا شده است. تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q چند ژول است؟

۲۴) هر یک از جمله‌های زیر را با عبارت مناسب کامل کنید.

الف) بار الکتریکی در هر نقطه از فضای اطراف خود خاصیتی ایجاد می‌کند که به آن ..... می‌گویند.

ب) در یک میدان الکتریکی هر گاه بار $+q$ خلاف جهت میدان جابجا شود، انرژی پتانسیل آن ..... می‌یابد.

۲۵) هر یک از جمله‌های زیر را با عبارت مناسب کامل کنید:

الف) بار الکتریکی در هر نقطه از فضای اطراف خود خاصیتی ایجاد می‌کند که به آن ..... می‌گویند.

ب) در یک میدان الکتریکی هرگاه بار الکتریکی $+q$ خلاف جهت میدان جابجا شود، انرژی پتانسیل الکتریکی این بار ..... می‌یابد.

۲۶) دو بار الکتریکی هم اندازه و هم علامت در فاصلهٔ r از هم قرار دارند. اگر نصف یکی از بارها را به دیگری بدهیم و فاصلهٔ بارها را هم $\frac{1}{3}$ حالت اول کنیم، نیروی بین آن‌ها چند برابر می‌شود؟

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

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

۲۹) الف) وقتی دو بار الکتریکی هم نام را به هم نزدیک می‌کنیم انرژی پتانسیل الکتریکی چگونه تغییر می‌کند؟

ب) اگر یک بار مثبت در جهت میدان الکتریکی حرکت کند انرژی پتانسیل الکتریکی آن چگونه تغییر می‌کند؟

۳۰) الف) اگر دو میلهٔ شیشه‌ای را با پارچهٔ ابریشمی مالش دهیم و در کنار هم بیاویزیم چه رخ می‌دهد و بار میله‌ها دارای چه علامتی است؟

ب) بار پارچهٔ ابریشمی دارای چه علامتی است؟

پ) در مورد مقدار بار هر میلهٔ شیشه‌ای در مقایسه با پارچه چه می‌توان گفت؟

۳۱ مقاومت یک سیم فلزی به طول $2m$ و قطر $4mm$ برابر 2Ω است.

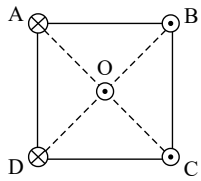
الف) مقاومت ویژهٔ فلز را تعیین کنید.

ب) شعاع همین طول از سیم مذکور چقدر باشد تا مقاومت آن برابر یک اهم شود؟

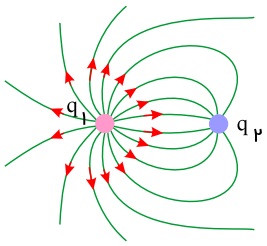
۳۲ در شکل مقابل در هریک از رأس‌های مربع جریان I عمودبر صفحه می‌گذرد و سیمی نیز در مرکز مربع (محل برخورد قطرها) قرار دارد که جریان برون‌سو به اندازهٔ I از آن عبور می‌کند.

الف) میدان مغناطیسی خالص در نقطهٔ O به کدام جهت است؟

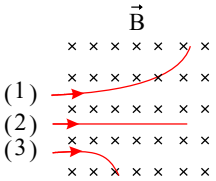
ب) جهت نیروی واردشده بر سیمِ O را پیدا کنید.



۳۳ خطوط میدان الکتریکی برای دو کره‌ی رسانای باردار کوچک در شکل روبه‌رو نشان داده شده است. نوع بار هر کره را تعیین کرده و اندازه‌ی آن‌ها را مقایسه کنید.



۳۴ سه ذرهٔ الکترون، پروتون و نوترون با سرعت افقی و ثابت v در هنگام عبور از میدان مغناطیسی درون‌سوی $\vec{B}$، مسیرهایی مطابق شکل می‌پیمایند. ذره‌های (۱)، (۲) و (۳) را نام‌گذاری کنید.



۳۵ الف) ظرفیت خازن تخت، به کدام یک از عامل‌های زیر بستگی دارد و به کدام یک بستگی ندارد؟

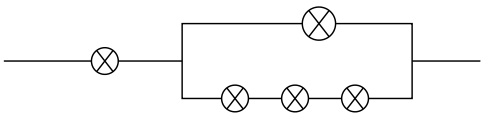
۱) مساحت سطح مشترک صفحه‌های خازن

۲) فاصله‌ی دو صفحه‌ی خازن از یکدیگر

۳) اختلاف پتانسیل دو سر خازن

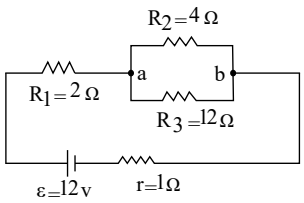
ب) علت افزایش ظرفیت خازن را در اثر قرار دادن دی الکتریک بین صفحه‌های آن توضیح دهید.

۳۶ در شکل مقابل لامپ‌ها مشابهند و حداکثر توان قابل تحمل هر لامپ $80W$ است. بیش‌ترین توانی که می توان به دو سر این مجموعه متصل کرد تا هیچ کدام از لامپ‌ها نسوزند چقدر است؟



۳۷ در شکل مقابل:

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

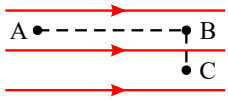


۳۸ یک سیم مسی با مقاومت ویژهٔ $1/7 \times 10^{-8}\ \Omega \cdot m$ دارای طول $10m$ و مساحت سطح مقطع $1mm^2$ است.

الف) مقاومت الکتریکی این سیم چقدر است؟

ب) اگر این سیم را از وسط نصف کنیم و دو قطعه را کنار هم قرار دهیم مقاومت مجموعه به‌دست آمده چقدر خواهد شد؟

۳۹ شکل مقابل میدان الکتریکی یکنواختی را نشان می‌دهد.

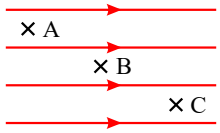


الف) اگر بار $+q$ را از نقطهٔ A به B جابه‌جا کنیم انرژی پتانسیل آن چگونه تغییر می‌کند؟

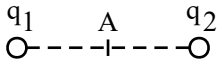
ب) اگر بار $-q$ را از نقطهٔ B به C ببریم چطور؟

۴۰ یک سیم حامل جریان $5A$ به‌صورت عمودبر خط‌های میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی $0/04mT$ که به‌سمت شرق هستند قرار دارد و جریان روبه شمال است. بزرگی نیروی مغناطیسی وارد بر یک متر از سیم چقدر است و این نیرو در چه جهتی است؟

۴۱ شکل روبه‌رو میدان الکتریکی یکنواختی را نشان می‌دهد. اگر بار مثبت q را در نقاط A و B و C قرار دهیم در مورد نیروی الکتریکی وارد شده بر آن در هر یک از این نقاط چه می‌توان گفت؟



۴۲ میدان الکتریکی خالص ناشی از دو بار q_1 و q_2 در نقطهٔ A وسط فاصلهٔ دوبار $\vec{E}$ و به سمت راست شده است.

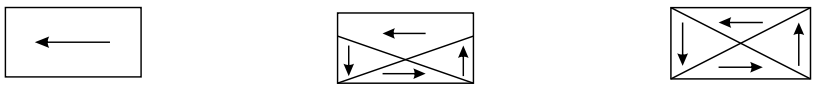


اگر بار q_1 را حذف کنیم میدان الکتریکی $\frac{\vec{E}}{4}$ و به سمت راست خواهد شد. نسبت $\frac{q_1}{q_2}$ را بدست آورید.

۴۳ شکل روبه‌رو یک نوع ماده مغناطیسی را در سه حالت نشان می‌دهد.

الف) نوع ماده مغناطیسی را تعیین کنید.

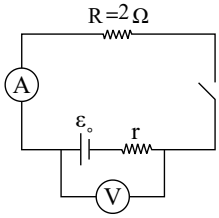
ب) خاصیت مغناطیسی ماده را در سه حالت مقایسه کنید.



(۱) (۲) (۳)

۴۴ اصل پایستگی بار الکتریکی به چه معناست؟

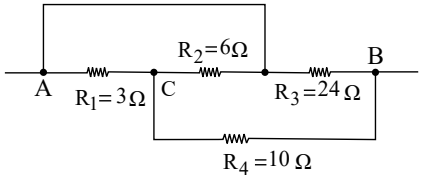
۴۵ در مدار شکل مقابل اگر کلید باز باشد ولت‌سنج عدد $6V$ را نشان می‌دهد و اگر کلید بسته شود آمپر سنج $2A$ را نشان می‌دهد.



الف) مقاومت درونی مولد چقدر است؟

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

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



۴۷ جریانی به شدت $5A$ به مدت ۴ دقیقه در یک مقاومت الکتریکی برقرار می‌شود.

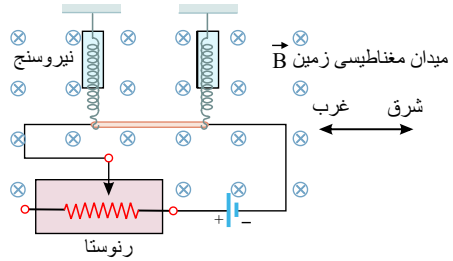
الف) در این مدت چند کولن بار الکتریکی از مقاومت می‌گذرد؟

ب) تعداد الکترون‌های عبوری از مقاومت چقدر می‌باشد؟ $\left(e = 1/6 \cdot 10^{-19} c\right)$

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

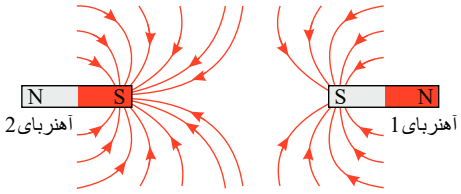
الف) اندازهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر هر متر این سیم را پیدا کنید.

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



۴۹ 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.

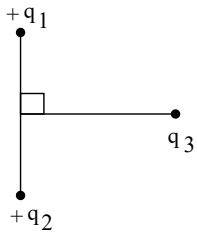


۵۰ دو بار $q_1 = q$ و $q_2 = -4q$ در فاصلهٔ L از هم قرار دارند. در چه فاصله‌ای برحسب L از بار q_2 بزرگی میدان الکتریکی صفر است؟

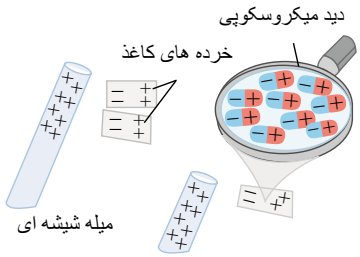
۵۱ دو بار الکتریکی هم‌نام و هم‌اندازهٔ $q = 6\mu C$ در چه فاصله‌ای از هم قرار داشته باشند تا نیرویی به اندازهٔ $0/4N$ بر هم وارد کنند؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$

۵۲ الف) قانون کولن را بنویسید.

ب) مطابق شکل روبه رو بار نقطه‌ای q_3 روی عمودمنصف خط واصل دو بار مساوی q_1 و q_2 قرار دارد. نیروی الکتریکی خالص وارد بر q_3 را رسم کنید.



۵۳ با توجه به شکل زیر توضیح دهید چرا یک میله‌ی باردار، خرده‌های کاغذ را می‌رباید؟



۵۴ باتوجه به جدول زیر که بعضی از ویژگی‌های دی‌الکتریک‌ها در دمای $20^\circ C$ را نشان می‌دهد، به سؤالات زیر پاسخ دهید.

ماده‌ی دی الکتریک	ثابت دی الکتریک	قدرت دی الکتریک
کاغذ	۳٫۵	۱۶ $\frac{kV}{mm}$
پارافین	۲٫۲	۶۰ $\frac{kV}{mm}$

الف) خازنی با دی الکتریک کاغذ را با اختلاف پتانسیل $200V$ شارژ کرده، سپس آن را از مولد جدا می‌کنیم. اگر فقط فضای بین صفحات خازن را به جای کاغذ با پارافین پر کنیم، انرژی ذخیره شده در خازن کاهش می‌یابد یا افزایش؟

ب) اگر از همان ابتدا بدون آن که خازن را از مولد جدا کنیم، فاصله‌ی صفحه‌های خازن با دی الکتریک کاغذ را به $0/01mm$ برسانیم، آیا خازن می‌سوزد؟ با ذکر دلیل توضیح دهید.

۵۵ عبارت صحیح را از داخل پرانتز انتخاب کنید و در پاسخ‌برگ بنویسید:

الف) اگر بار الکتریکی موازی با میدان مغناطیسی حرکت کند، نیروی مغناطیسی وارد بر آن (صفر – بیشینه) است.

ب) هرگاه جریان عبوری از دو سیم موازی، مستقیم و بلند غیر هم‌سو باشد، دو سیم یک‌دیگر را (می‌ربایند – می‌رانند).

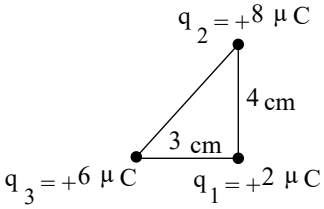
پ) مواد فرومغناطیس نرم، برای ساختن آهنرباهای (دائمی – غیردائمی) به کار می‌رود.

ت) پلاتین و منگنز جزء مواد (پارامغناطیس – فرومغناطیس) هستند.

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

۵۷ مطابق شکل، سه ذره‌ی باردار در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای ثابت شده‌اند. بزرگی برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_1 را به‌دست آورید.

$k = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{N \cdot m^۲}{C^۲}$



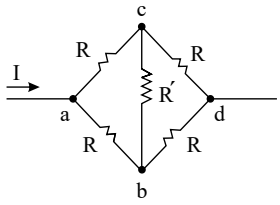
۵۸ به سؤالات زیر پاسخ کوتاه دهید.

الف تفاوت یک باتری نو و فرسوده در چیست؟

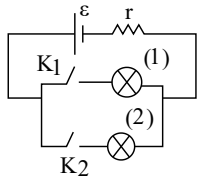
ب جریان الکتریکی متوسط را تعریف کنید.

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

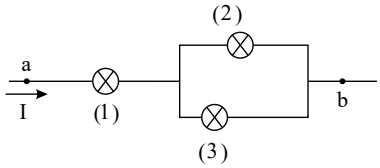
ب) مقاومت معادل مجموعه چقدر است؟



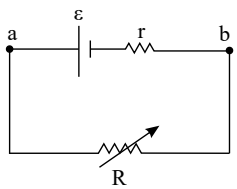
۶۰ در شکل مقابل لامپ‌ها مشابه‌اند. ابتدا کلید k_1 بسته می‌شود و سپس کلید k_2 نیز بسته می‌شود. در دو حالت جریان عبوری از هر لامپ را محاسبه کنید و نور لامپ (۱) را در حالت اول و دوم مقایسه کنید.



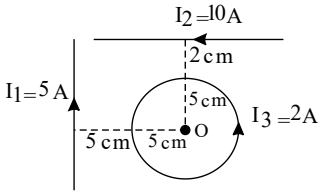
۶۱ در شکل مقابل مقاومت همهٔ لامپ‌ها برابر R است و حداکثر توان قابل تحمل هر لامپ $۶۰W$ است. حداکثر چه توانی به دو نقطهٔ b و a داده شود تا هیچ لامپی نسوزد؟



۶۲ 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؟

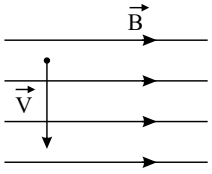


۶۳ در شکل مقابل جهت میدان مغناطیسی برآیند را در نقطهٔ O مشخص کنید.



۶۴ از سیملوله‌ای شامل ۲۰۰ حلقه و طول $6cm$ جریان $3A$ می‌گذرد. بزرگی میدان مغناطیسی را در محور سیملوله محاسبه کنید. (برحسب گاوس)($\mu_{\circ} = 12 \times 10^{-7} \frac{Tm}{A}$)

۶۵ پروتونی با تندی $4 \times 10^{6} \frac{m}{s}$ مطابق شکل در میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی $20mT$ در حرکت است. بزرگی و جهت نیروی وارد بر آن را تعیین کنید.($q = 1/6 \times 10^{-19} C$ پروتون)



۶۶ فرض کنیم سیملوله‌ای به طول $30\ cm$ با سیم‌های به‌هم چسبیده با ۱۰۰۰ دور ایجاد کرده‌ایم و جریان $0/5A$ از آن می‌گذرد. بزرگی میدان مغناطیسی درون سیملوله (دور از لبه‌ها) چقدر است؟ ($\pi \simeq 3$ فرض شود.)

۶۷ در هر شکل جهت نیروی وارد بر بار منفی را پیدا کنید.

(الف) (ب) (ج) (د)

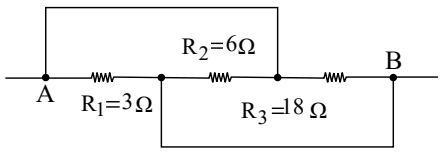
۶۸ حداقل ۵ مورد از کاربردهای امروزی آهنرباها را ذکر کنید.

۶۹ مواد دیامغناطیسی چه موادی هستند و سه مثال ذکر کنید.

۷۰ بار الکتریکی منفی موجود در الکترون‌های یک مولکول اکسیژن چقدر است؟

۷۱ دو لامپ را که روی آنها اعداد ($40W$ و $220V$) و ($60W$ و $220V$) نوشته شده است به‌صورت سری به هم بسته‌ایم و مجموعه را به ولتاژ $220v$(برق شهر) وصل کرده‌ایم. توان مصرفی هر یک از لامپ‌ها و توان کل مجموعه چند وات می‌شود؟

۷۲ مقاومت معادل را در شکل مقابل بیابید.



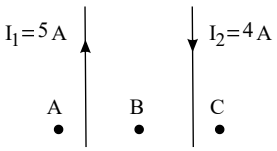
۷۳ می‌خواهیم دمای یک لیتر آب را توسط سیم پلاتینی که داخل آن قرار دارد در مدت ۷ دقیقه از $20^{\circ}C$ به $60^{\circ}C$ برسانیم اگر اختلاف پتانسیل بین دو سر آن $100V$ باشد و تغییر مقاومت بر اثر تغییر دما ناچیز باشد:

الف) طول سیم چقدر است؟

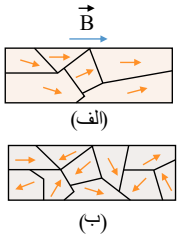
ب) چه مقدار بار الکتریکی از مدار عبور می‌کند؟ (سطح مقطع سیم ۰/۸ میلی‌متر مربع و مقاومت ویژهٔ آن $10^{-7} \Omega \cdot m$ است. $c_{\text{آب}} = 4200 \frac{J}{kg^{\circ}C}$)

۷۴ یک سیم فلزی به طول $1m$ و قطر $4mm$ و مقاومت ویژهٔ $2\pi \times 10^{-5} \Omega \cdot m$ مفروض است. اگر دو سر این سیم را به ولتاژ $20V$ وصل کنیم در هر دقیقه چه مقدار بار و چه تعداد الکترون از هر مقطع آن عبور می‌کند؟

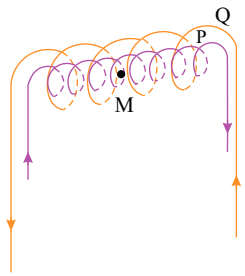
۷۵ در شکل مقابل جهت میدان مغناطیسی را در نقاط A و B مشخص کنید و درمورد جهت میدان در نقطهٔ C بحث کنید.



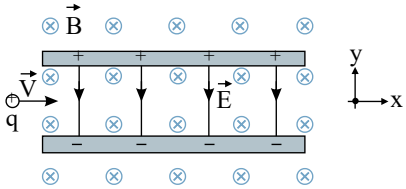
۷۶ شکل «الف» حوزه‌های مغناطیسی مادهٔ فرومغناطیسی را درون میدان خارجی $\vec{B}$ نشان می‌دهد. شکل «ب» همان ماده را پس از حذف میدان $\vec{B}$ نشان می‌دهد. نوع مادهٔ فرومغناطیسی را با ذکر دلیل تعیین کنید.



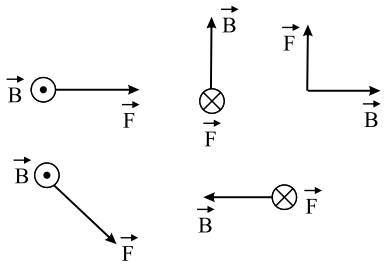
۷۷ در شکل زیر دو سیملولهٔ P و Q هم‌محورند و طول برابر دارند. تعداد دور سیملولهٔ P برابر ۲۰۰ و تعداد دور سیملولهٔ Q برابر ۳۰۰ است. اگر جریان $1A$ از سیملولهٔ Q عبور کند، از سیملولهٔ P چه جریانی باید عبور کند تا برآیند میدان مغناطیسی ناشی از دو سیملوله در نقطهٔ M (روی محور دو سیملوله) صفر شود؟



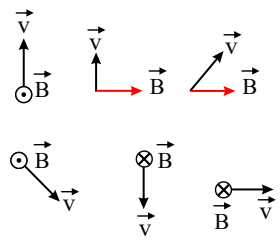
۷۸ ذرهٔ باردار مثبتی با جرم ناچیز و با سرعت $\vec{v}$ در امتداد محور x وارد فضایی می‌شود که میدان‌های یکنواخت $\vec{E}$ و $\vec{B}$ وجود دارد (شکل زیر). اندازهٔ این میدان‌ها برابر $E = 450 N/C$ و $B = 0/18 T$ است. تندی ذره چقدر باشد تا در همان امتداد محور x به حرکت خود ادامه دهد؟



۷۹ 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.



۸۰ جهت نیروی مغناطیسی وارد بر بار مثبت را در هریک از حالت‌های نشان‌داده در شکل زیر تعیین کنید.



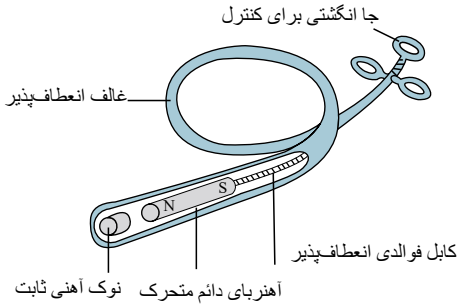
۸۱ کودکی یک قطعهٔ آهنی را بلعیده است. پزشک می‌خواهد آن را با دستگاه شکل زیر بیرون بیاورد.

الف) هنگامی که آهنربای دائمی به نوک ثابت آهنی نزدیک می‌شود چه اتفاقی می‌افتد؟

ب) ساختن نوک ثابت آهن چه مزیتی دارد؟

پ) این وسیله را باید به درون گلوی کودک وارد و به‌سوی فلز بلعیده شده هدایت کرد؛ چرا غلاف باید انعطاف‌پذیر باشد؟

ت) پزشک می‌خواهد یک گیرهٔ آهنی کاغذ و یک واشر آلومینیومی را از گلوی کودک بیرون بیاورد؛ کدام‌یک را می‌توان بیرون آورد؟ چرا؟



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

۸۳ در جاهای خالی عبارت مناسب بنویسید:

الف) اگر در تمام بازه‌های زمانی شدت جریان متوسط ثابت بماند، جریان را ..... می‌نامند.

ب) نسبت اختلاف پتانسیل دو سر رسانا به شدت جریانی که از آن می‌گذرد، ..... رسانا نامیده می‌شود.

پ) اگر جریانی از مولّد نگذرد، اختلاف پتانسیل دو سر مولّد با ..... مولّد برابر است.

ت) مقاومت معادل در به هم پیوستن مقاومت‌ها به طور ..... ، برابر مجموع مقاومت‌ها است.

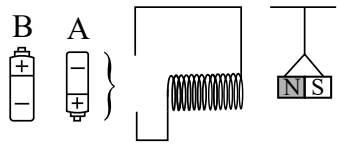
۸۴ تعریف مفاهیم زیر را بنویسید:

الف) دوقطبی مغناطیسی

ب) پدیده القای خاصیت مغناطیسی

۸۵ میدان مغناطیسی یکنواخت را تعریف کنید و یک روش برای ایجاد آن بنویسید.

۸۶ الف) کدام باتری را در مدار شکل روبه‌رو قرار دهیم تا آهن‌ربای میله‌ای آویزان‌شده به‌طرف سیملوله جذب شود؟ دلیل انتخاب خود را توضیح دهید.ب) با قرار دادن یک هستهٔ آهنی درون سیملوله، میزان جذب آهنربای میله‌ای بیشتر می‌شود یا کمتر؟



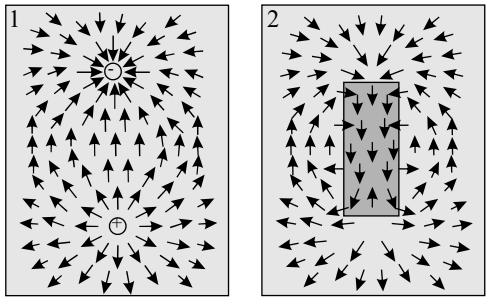
۸۷ ذره‌ای با بار $-16\mu C$ و با سرعت $2\times10^{4}\frac{m}{s}$ در جهتی حرکت می‌کند که با میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی $100G$ زاویهٔ ۹۰ درجه می‌سازد (شکل روبه‌رو). بزرگی نیروی مغناطیسی وارد بر این ذرّه را محاسبه و جهت آن‌را مشخص کنید.

$V \leftarrow \otimes B$

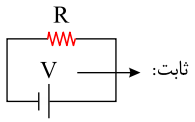
۸۸ هریک از عبارت‌های ستون A به کدام عبارت در ستون B مربوط است؟ (از ستون دو مورد اضافی است.)

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

۸۹ دریافت خود را از مشاهدهٔ تصویر روبه‌رو بنویسید.



۹۰ در شکل زیر در هر ثانیه $۱٫۴ \times ۱۰^{۱۹}$ الکترون از مقاومت R عبور می‌کند. اگر مقاومت R برداشته شود و به جای آن مقاومتی به بزرگی $۳R$ جایگزین شود، چند الکترون در هر ثانیه از آن عبور می‌کند؟ $\left(e = ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹}\ C\right)$

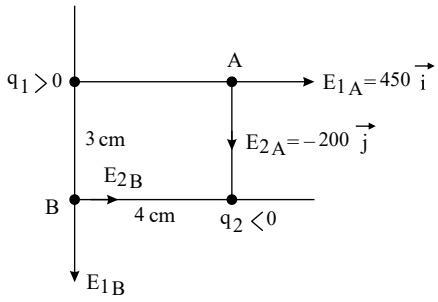


پاسخ‌نامه تشریحی

۱ الف) با توجه به میدان داده شده در نقطهٔ A، بدیهی است که $q_1 > 0$ و $q_2 < 0$ است. با یک مقایسهٔ ساده بزرگی میدان ناشی از بارهای q_1 و q_2 در نقطهٔ B را یافته و بردار میدان را در آنجا می‌یابیم.

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

$$\frac{E_{2B}}{E_{2A}} = \left(\frac{r_{2A}}{r_{2B}}\right)^2 \Rightarrow \frac{E_{2B}}{200} = \left(\frac{3}{4}\right)^2 \Rightarrow \frac{E_{2B}}{200} = \frac{9}{16} \Rightarrow E_{2B} = 112/5(+\vec{i})$$

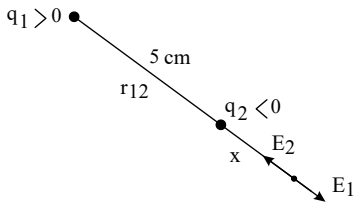


$$\boxed{\vec{E}_B = 112/5\vec{i} - 800\vec{j}}$$

ب) ابتدا نسبت بارهای q_1 و q_2 و فاصلهٔ 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 اندازهٔ کمتر، صفر است.



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

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

۲ انرژی اولیه:

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

$$U_2 = \frac{1}{2}\frac{Q_2^2}{C} = \frac{1}{2}\frac{(Q + 3 \times 10^{-3})^2}{C} = \frac{1}{2}\frac{(Q + 3 \times 10^{-3})^2}{12 \times 10^{-6}} = U_1 + 8$$

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

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

$$6 \times 10^{-3}Q = 183 \times 10^{-6}$$

$$Q = 30/5 \times 10^{-3}C = 30/5mC$$

(توجه: هنگامی‌که $+3mC$ بار از صفحه‌ی منفی جدا کرده و به صفحه‌ی مثبت منتقل می‌شود بار خازن به اندازه‌ی $3mC$ افزایش می‌یابد.)

۳ چون فاصلهٔ بارهای q_1 و q_2 تا نقطهٔ یکسان است و میدان برآیند نیز موازی خط اتصال بارهاست، بدیهی است که میدان هر یک از بارها در نقطهٔ A یکسان و البته بارهای q_1 و q_2 هم اندازه‌اند. بدیهی است که با توجه به شکل $q_2 < 0$ و $q_2 > 0$ است.

$q_1 > 0 \quad , \quad q_2 < 0 \quad , \quad r_1 = r_2 = r$

$$E_2 = E_1 = k\frac{q_1}{r^2} \rightarrow E_2 = E_1 = 9 \times 10^9 \times \frac{q_1}{(10 \times 10^{-2})^2}$$

$$\overrightarrow{E_A} = \overrightarrow{E_1} + \overrightarrow{E_2} \rightarrow \overrightarrow{E_A} = (E_1 \cos\alpha + E_2 \cos\alpha)\vec{i} = (2E_1 \cos\alpha)\vec{i}$$

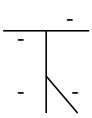
$$7/2 \times 10^4 = 2 \times 9 \times 10^9 \times \frac{q_1}{(10 \times 10^{-2})^2} \times 0/8 \rightarrow q_1 = |q_2| = 5 \times 10^{-8} C$$

۴ با استفاده از تعریف اختلاف پتانسیل الکتریکی داریم:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \rightarrow V_B - V_A = \frac{U_B - U_A}{q} = \frac{5 \times 10^{-5} - \left(-4 \times 10^{-5}\right)}{3 \times 10^{-6}}$$

$$\Rightarrow V_B - V_A = 30V$$

۵



همان‌طور 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 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.

۶ می‌دانیم: $\Delta K = W_{\text{نیروی خارجی}} + W_E = W_{\text{نیروی خارجی}} - q\Delta V$

بنابراین ابتدا به محاسبهٔ 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:

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

$$1 = W_{\text{نیروی خارجی}} - 10 \times 10^{-6} \times (-10^4) \Rightarrow 1 = W_{\text{نیروی خارجی}} + 0/1$$

$$\Rightarrow W_{\text{نیروی خارجی}} = 1 - 0/1 = 0/9J$$

۷ الف) د خطوط در A و B متراکمترند ب) د پ) ن (با حرکت در جهت خطوط میدان، پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد)

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

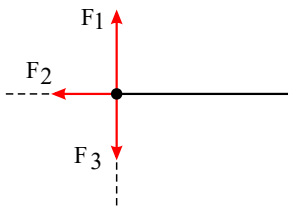
$$F_1 = k\frac{qq_1}{r_1^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{1 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{(2 \times 10^{-2})^2} = 90N$$

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

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

روی محور y ، F_1 و F_3 خلاف جهت یکدیگر هستند:

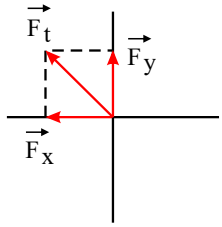
$$F_y = F_1 - F_3 = 90 - 40 = 50N$$



در خلاف جهت محور x: $F_x = F_2 = 40N$

$$F_t = \sqrt{(50)^2 + (40)^2} = 10\sqrt{41}N$$

$$\vec{F}_t = -40\vec{i} + 50\vec{j}$$



۹ به بار q_1 ، دو نیروی عمود بر هم، یکی از طرف بار q_2 (که ربایشی است) و دیگری از طرف بار q_3 (که رانشی است) وارد می‌شود.

$$F_{۲۱}=k\frac{|q_۱||q_۲|}{r_{۲۱}^{۲}}\rightarrow F_{۲۱}=۹\times ۱۰^{۹}\frac{۳\times ۴\times ۱۰^{-۱۲}}{۹\times ۱۰^{-۴}}\quad\Rightarrow\quad F_{۲۱}=۱۲۰N$$

$$F_{۳۱}=۹\times ۱۰^{۹}\frac{۳\times ۴\times ۱۰^{-۱۲}}{۴\times ۱۰^{-۴}}\Rightarrow F_{۳۱}=۲۷۰N$$

$$\vec{F}_T=\vec{F}_{۲۱}+\vec{F}_{۳۱}\quad\Rightarrow\vec{F}_T=-۱۲۰\vec{i}-۲۷۰\vec{j}$$

۱۰

$$AB:\Delta U_E=-|q|Ed\cos\theta=-\left|۱\times ۱۰^{-۶}\right|\times ۱۰^{۷}\times ۰/۱\times\cos(۰)$$

$$\xrightarrow[\text{در مسیر } AB]{}\Delta U_E=-۱J$$

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

$$BC:\theta=۹۰\Rightarrow\Delta U_E=۰$$

در مسیر CD زاویهٔ بردار جابه‌جایی و نیروی وارد شده بر بار مثبت برابر با ۱۸۰° است:

$$CD:\Delta U_E=-|q|Ed\cos\theta=-\left|۱\times ۱۰^{-۶}\right|\times ۱۰^{۷}\times ۰/۰۵\times\cos(۱۸۰)$$

$$\xrightarrow[\text{در مسیر } CD]{}\Delta U_E=۰/۵J$$

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

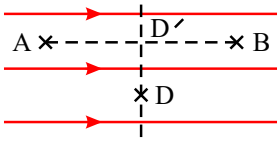
$$\Delta U_{\text{کل}}=\Delta U_{AB}+\Delta U_{BC}+\Delta U_{CD}=-۱+۰+۰/۵=-۰/۵J$$

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:

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

$$\Delta U_{AD}=-\left|۱\times ۱۰^{-۶}\right|\times ۱۰^{۷}\times ۰/۰۵\times\cos(۰)$$

$$\Delta U_{AD}=-۰/۵J$$

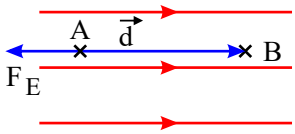


۱۱ مطابق شکل مقابل زاویهٔ بین بردار جابه‌جایی و بردار نیروی ناشی از میدان بر بار منفی، برابر با ۱۸۰° می‌باشد:

$$\Delta U_E=-W_E=-|q|Ed\cos ۱۸۰^{\circ}$$

$$\Delta U_E=-\left|-۵\times ۱۰^{-۶}\right|\times ۱۰^{۵}\times ۱\times(-۱)$$

$$\Delta U=۰/۵J$$



یعنی انرژی پتانسیل بار $۰/۵J$ افزایش یافته است.

۱۲ وسیله‌ای است که با استفاده از تسمه‌ای متحرک بار الکتریکی را روی یک کلاهک توخالی فلزی جمع می‌کند. در این وسیله با مالش تسمهٔ لاستیکی متحرک به غلتک شیشه‌ای یا پلاستیکی و به کمک میدان الکتریکی ایجاد شده توسط بارهای جمع شده روی غلتک، به بارهای الکتریکی تسمه نیرو وارد شده و این بارها از طریق کشیده شدن یک شانهٔ فلزی منعطف به سطح تسمه، بارها به سمت کلاهک فلزی رانده می‌شوند و روی آن تجمع پیدا می‌کنند.

۱۳ کوانتیده بودن بار الکتریکی به این معناست که بار الکتریکی نمی‌توانند با هر مقداری وجود داشته باشد یعنی اینکه بار الکتریکی یک جسم همواره مضرب درستی از مقدار بنیادی بار الکتریکی است که در این کتاب e یعنی اندازهٔ بار الکتریکی یک الکترون یا یک پروتون یعنی $۱/۶\times ۱۰^{-۱۹}C$ معرفی شده است، یعنی می‌توان نوشت: $q=\pm ne$

۱۴ 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.

۱۵ الف) وزن سیم

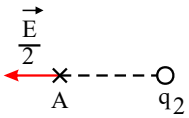
ب) کاهش- با بستن کلید با توجه به جهت جریان در سیم نیرویی رو به بالا، خلاف جهت نیروی وزن به سیم وارد می‌شود، بنابراین عدد نیروسنج کاهش می‌یابد.

۱۶ گزینه‌ی ۱

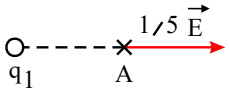
۱۷

وقتی بار $q_۱$ حذف می‌شود، فقط بار $q_۲$ در نقطهٔ مورد نظر میدان الکتریکی ایجاد می‌کند:

چون میدان بار $q_۲$ در نقطهٔ A به سمت راست است پس $q_۲$ حتماً مثبت است.



چون میدان برآیند $\vec{E}$ و به سمت راست بوده است پس حتماً میدان الکتریکی ناشی از بار $q_۱$ باید دارای اندازهٔ $۱/۵\vec{E}$ و به سمت چپ بوده باشد تا پس از جمع شدن با میدان الکتریکی $۰/۵\vec{E}$ ناشی از بار $q_۲$ که خلاف جهت آن است برآیندی برابر با $\vec{E}$ و به سمت راست ایجاد شده باشد:

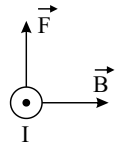


و بار q_1 هم مثبت است. چون فاصلهٔ هر دو بار تا نقطهٔ A یکسان است پس فقط اندازهٔ بارها در مقدار میدان الکتریکی ناشی از دو بار تأثیر داشته یعنی داریم:

$$\frac{q_1}{q_2}=\frac{E_1}{E_2}=\frac{1/5E}{0/5E}=3$$

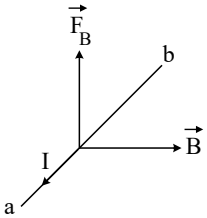
۱۸

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:

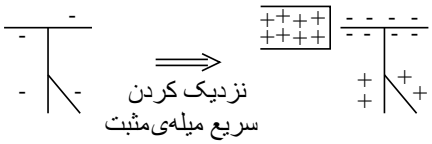


ب) سیم معلق است:

$$F=BI\ell\sin\alpha=mg\Rightarrow(400\times10^{-4})(10)\times(0/2)\times(1)=m\times10\Rightarrow m=0/0008kg=8gr$$



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



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

۲۰ در یک جسم در حالت عادی از این دو نوع بار به مقدار مساوی وجود دارد و در این‌صورت جمع جبری بارهای جسم صفر می‌شود و این به معنای خنثی بودن جسم است و کمتر بودن تعداد الکترون‌ها در یک جسم به معنای مثبت شدن جسم و زیادتر بودن آن‌ها نسبت به تعداد پرتون‌ها به معنای منفی بودن بار جسم می‌باشد که مقایسه و درک موضوع را ساده می‌کند.

۲۱ فاصلهٔ بارها تا مرکز مربع نصف قطر است: $\text{قطر}=\sqrt{a^2+a^2}=2\sqrt{2}m$

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

$$E_A=k\frac{|q_A|}{r^2}=9\times10^9\times\frac{3\times10^{-8}}{(\sqrt{2})^2}=\frac{270}{2}=135\frac{N}{C}$$

$$E_B=k\frac{|q_B|}{r^2}=9\times10^9\frac{3\times10^{-8}}{(\sqrt{2})^2}=135\frac{N}{C}$$

$$E_C=k\frac{|q_C|}{r^2}=9\times10^9\frac{5\times10^{-8}}{(\sqrt{2})^2}=225\frac{N}{C}$$

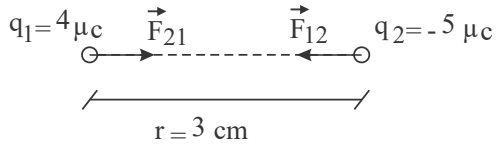
$$E_D=k\frac{|q_D|}{r^2}=9\times10^9\times\frac{3\times10^{-8}}{(\sqrt{2})^2}=135N$$

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:

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

۲۲ با استفاده از رابطهٔ مربوط به نیروی الکتریکی داریم:



$$F_{21}=F_{12}=F=k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

$$F=9\times10^9\frac{4\times10^{-6}\times(5\times10^{-6})}{(3\times10^{-2})^2}=200N$$

نیروها از نوع جاذبه هستند. باید توجه داشت که اگرچه اندازهٔ بارها متفاوت است ولی نیرویی که بار q_1 به بار q_2 وارد می‌کند ($\vec{F}_{12}$) از نظر اندازه با نیرویی که بار q_2 به بار q_1 وارد می‌کند ($\vec{F}_{21}$) برابر است.

۲۳ با استفاده از تعریف اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه داریم:

$$\Delta U = q \cdot \Delta V$$
$$\Delta U = ۳ \times ۱۰^{-۶}(-۱۰ - (-۴۰)) = ۹ \times ۱۰^{-۵}\ J$$

۲۴ الف) میدان الکتریکی

ب) افزایش – (زیرا با جابه‌جایی بار مثبت در خلاف جهت میدان پتانسیل الکتریکی نقاط افزایش یافته‌اند یعنی $\Delta V > ۰$ و چون $q > ۰$ است طبق رابطه‌ی $\Delta U = q \cdot \Delta V$ انرژی پتانسیل نیز افزایش یافته یعنی $\Delta U > ۰$)

۲۵ الف) میدان الکتریکی ب) افزایش

۲۶ می‌توانیم در دو حالت نیرو را محاسبه و سپس برهم تقسیم کنیم:

$$F_۱ = k\frac{q \cdot q}{r^۲} = k\frac{q^۲}{r^۲}$$

در حالت دوم : $q_۱ = \frac{q}{۲}$ ، $q_۱ = q + \frac{q}{۲} = \frac{۳}{۲}q$

$$r_۲ = \frac{۱}{۳}r \Rightarrow F_۲ = k\frac{q_۱ q_۲}{r_۲^۲} = k\frac{\frac{q}{۲} \times \frac{۳}{۲}q}{(\frac{r}{۳})^۲} = \frac{۲۷}{۴}k\frac{q_۲}{r^۲}$$

$$\frac{F_۲}{F_۱} = \frac{\frac{۲۷}{۴}k\frac{q^۲}{r^۲}}{k\frac{q^۲}{r^۲}} = \frac{۲۷}{۴}$$

۲۷ 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.

۲۸ 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.

۲۹ الف) افزایش می‌یابد. زیرا برای نزدیک کردن دو بار همنام به یکدیگر ما باید انرژی مصرف کنیم (چون خود به خود به هم نزدیک نمی‌شوند) و این انرژی بصورت انرژی پتانسیل الکتریکی در مجموعه ذخیره می‌شود.

ب) کاهش می‌یابد. هرگاه یک بار الکتریکی درون میدان الکتریکی در جهتی حرکت کند که نیروی میدان در همان جهت بر آن وارد می‌شده است (به عبارت دیگر در جهتی حرکت کند که مطابق میلش باشد) انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد.

۳۰ الف) در چنین حالتی دو میلهٔ شیشه‌ای هر دو دارای بار مثبت می‌شوند بنابراین میله‌ها یکدیگر را دفع می‌کنند.

ب) هنگام مالش پارچهٔ ابریشمی به میلهٔ شیشه‌ای، با توجه به جدول تریبوالکتریک کتاب درسی پارچه از سطح میلهٔ شیشه‌ای الکترون جدا می‌کند یعنی الکترون‌های سطح میلهٔ شیشه‌ای به پارچهٔ ابریشمی منتقل می‌شوند پس پارچه دارای بار منفی می‌شود.

پ) بار هر میلهٔ شیشه‌ای از نظر اندازه با پارچه‌ای که به آن مالش داده شده است برابر است ولی دارای علامت مخالف هستند.

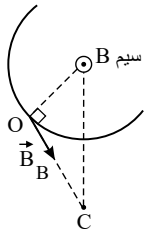
۳۱

الف)
$$A = \pi r^۲ = ۴\pi\, mm^۲ = ۴\pi \times ۱۰^{-۶} m^۲$$

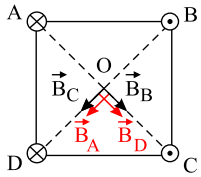
$$R = \rho\frac{L}{A} \Rightarrow \rho = \frac{RA}{L} = \frac{۲ \times ۴\pi \times ۱۰^{-۶}}{۲} = ۴\pi \times ۱۰^{-۶} \simeq ۱۲ \times ۱۰^{-۶}\Omega \cdot m$$

ب)
$$\frac{R_۲}{R_۱} = (\frac{r_۱}{r_۲})^۲ \Rightarrow \frac{۱}{۲} = (\frac{۲}{r_۲})^۲ \Rightarrow r_۲ = ۲\sqrt{۲}\, mm$$

۳۲ الف) جهت جریان هریک از سیم‌های D, C, B, A در نقطهٔ O براساس 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 شده‌باشد مماس است:

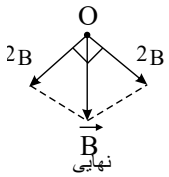


بنابراین داریم:



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.

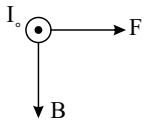
به این ترتیب در نقطهٔ O داریم:



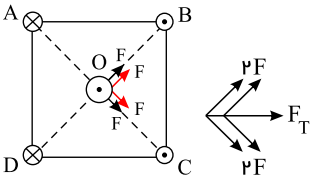
پس میدان خالص در نقطهٔ O رو به پایین خواهد بود.

ب) برای به دست آوردن جهت نیروی واردشده به سیم O از قانون دست راست استفاده می‌کنیم:

پس نیرو به سمت راست یا شرق خواهد بود.



روش دوم: می‌دانیم که سیم‌های موازی و طویل حامل جریان‌های هم‌سو یکدیگر را می‌ربایند (جذب می‌کنند). سیم‌های حامل جریان‌های غیر همسو یکدگیر را می‌رانند (دفع می‌کنند)؛ بنابراین برای سیم O داریم:



۳۳ باید توجه کرد که جهت میدان الکتریکی همواره در جهت خروج از بار مثبت و ورود به بار منفی است. در نتیجه:

$q_1 > 0$

$q_2 < 0$

همچنین توجه به این نکته ضروری است که خطوط میدان الکتریکی در اطراف بار دارای اندازه‌ی بزرگ‌تر دارای تراکم بیش‌تر و در نتیجه انحنای کم‌تری هستند و همچنین تراکم خط‌های خارج شده یا وارد شده در نزدیکی باری که دارای اندازه‌ی بزرگ‌تری است، بیش‌تر از نزدیکهای دیگری است.بنابراین:

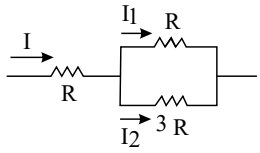
$|q_1| > |q_2|$

۳۴ ذرهٔ (۱) پروتون ذرهٔ (۲) نوترون ذرهٔ (۳) الکترون

۳۵ الف) ۱- بستگی دارد ۲- بستگی دارد ۳- بستگی ندارد

ب) اتم‌های ماده‌ی دی الکتریک در میدان الکتریکی قطبیده می‌شوند و در مجاورت صفحه‌های خازن در سطح دی الکتریک بارهای غیرهمنام با بار صفحه ایجاد می‌شود و این باعث می‌شود که با ولتاژ ثابت، بار خازن افزایش یابد و این به معنای افزایش ظرفیت خازن است.

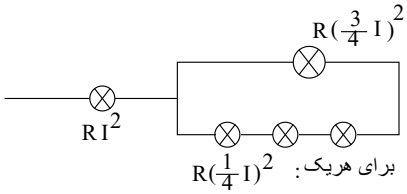
۳۶ با استفاده از روش تقسیم جریان، I_1 و I_2 را محاسبه می‌کنیم.



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

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

پس توان مصرفی هر یک از مجموعه‌ها:



بنابراین بیش‌ترین توان مصرفی متعلق به همان لامپ اول است یعنی $RI^2 = 80W$

پس:

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

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

پس توان کل:

$$P_{کل} = 80 + 45 + (5+5+5) = 140W$$

۳۷ ابتدا مقاومت معادل مدار را محاسبه می‌کنیم:

$$R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{4 \times 12}{4+12} = 3\,\Omega$$

$$R_{eq} = R_1 + R_{23} = 2 + 3 = 5\,\Omega$$

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

این جریان $R_۱$ هم هست.

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

راه اول: محاسبهٔ V_{ab} : $V_{ab} = R_{۲۳}I = ۳ \times ۲ = ۶V$

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

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

راه دوم تقسیم جریان است:

$$I_۲ = \frac{R_۳}{R_۲ + R_۳}I = \frac{۱۲}{۴ + ۱۲} \times ۲ = ۱٫۵A$$

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

۳۸

الف)

$$R = \rho\frac{L}{A} = ۱٫۷ \times ۱۰^{-۸} \times \frac{۱۰}{۱ \times (۱۰^{-۳})^۲} \Rightarrow R = ۰٫۱۷\,\Omega$$

ب) با توجه به این که دو قطعهٔ سیم کنار هم قرار دارند سطح مقطع نسبت به حالت اول دو برابر شده و طول سیم هم نصف می شود:

$$R = \rho\frac{L}{A} = ۱٫۷ \times ۱۰^{-۸} \times \frac{۵}{۲ \times ۱ \times (۱۰^{-۳})^۲} = ۰٫۰۴۲۵\ \Omega$$

روش دیگر: با توجه به جواب قسمت الف و نصف شدن طول سیم و دو برابر شدن مساحت می‌توان گفت که مقاومت در حالت دوم $\frac{۱}{۴}$ حالت اول است:

$$R = \frac{۰٫۱۷}{۴} = ۰٫۰۴۲۵\,\Omega$$

۳۹ الف) پاسخ به این سوال به دو روش امکان‌پذیر است. اول آن‌که به بار مثبت درون میدان الکتریکی، نیرویی در جهت میدان وارد می‌شود بنابراین بار مثبت خود از نقطهٔ A به B خواهد رفت و در این جابه‌جایی انرژی هم از دست می‌دهد.

(مانند کسی که خود به مسافرت تفریحی می‌رود و برای این کار حاضر به خرج کردن پس‌انداز خودش هم هست) پس $\Delta U < ۰$

روش دیگر استفاده از رابطه:

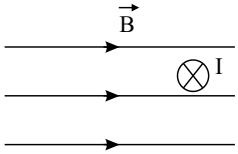
$$\begin{cases} \Delta U = -W_E = -|q| \cdot Ed\cos\theta \\ \theta = ۰ \end{cases}$$

F_E θ زاویهٔ بین ΔU جابه‌جایی و

یا همان نیروی ناشی از میدان

ب) چون بار مورد نظر عمود بر خطوط میدان جابه‌جا شده است، در این جابه‌جایی کاری انجام نمی‌شود پس $\Delta U = ۰$ خواهد بود.

۴۰ با توجه به جهت‌های مشخص‌شده در مسأله می‌توان شکل ذیل را رسم نمود:

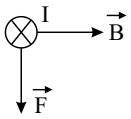


$$F = BIl\sin\alpha$$

$$F = (۰٫۰۴ \times ۱۰^{-۳}) \times ۵ \times ۱ \times ۱$$

$$F = ۲ \times ۱۰^{-۴}N$$

طبق قانون دست راست برای جهت نیرو داریم:

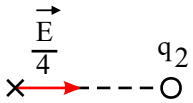


پس نیروی وارد بر سیم روبه پایین است.

۴۱ در میدان الکتریکی یکنواخت، اندازهٔ میدان در تمام نقاط میدان یکسان است و بر اساس رابطهٔ $F = E \cdot q$ اندازهٔ نیروی وارد شده بر بار q در هر سهٔ این نقاط یکسان است و در هر سه مورد به سمت راست می‌باشد. زیرا به بار مثبت نیروی در جهت خطوط میدان وارد می‌شود.

۴۲

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 $\frac{q_۱}{q_۲}=-۳$

۴۳ الف) این ماده فرومغناطیسی است چون در این ماده حوزه‌های مغناطیسی وجود دارند.

ب) در شکل (۱) سمت‌گیری حوزه‌های مغناطیسی متفاوت است پس ماده خاصیت مغناطیسی نشان نمی‌دهد (در غیاب میدان خارجی است).

در شکل (۲) ماده در یک میدان مغناطیسی خارجی قرار دارد و تا حدودی از خود خاصیت آهنربایی نشان می‌دهد (حجم حوزه به‌سمت چپ بزرگتر شده است).

در شکل (۳) مادهٔ فرومغناطیسی به حالت اشباع یا بیشینهٔ خاصیت مغناطیسی خود رسیده است و این نشان می‌دهد که میدان خارجی بسیار قوی بوده و همهٔ حوزه‌ها هم‌جهت شده‌اند.

۴۴ معنای این اصل آن است که مجموع جبری همهٔ بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی (دستگاه جدا از محیط اطراف خود) همواره ثابت است. یعنی بار می‌تواند از جسمی به جسم دیگر منتقل شود ولی هرگز امکان تولید یا نابودی یک بار خالص وجود ندارد.

۴۵ 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:

$$V=RI=۲\times ۲=۴V$$

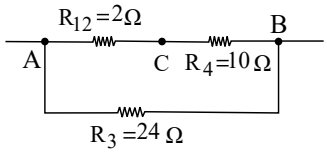
۴۶ با دقت در شکل متوجه می‌شویم که

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

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

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

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.

۴۷ الف)

$$q=I\cdot t\Rightarrow q=۵\times ۴\times ۶۰=۱۲۰۰C$$

ب)

$$q=\pm ne\Rightarrow ۱۲۰۰=n\times ۱٫۶\times ۱۰^{-۱۹}\Rightarrow n=\frac{۱۲۰۰}{۱٫۶\times ۱۰^{-۱۹}}=۷٫۵\times ۱۰^{۲۱}$$ عدد الکترون

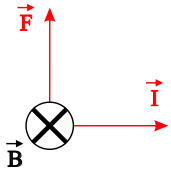
باید توجه داشت که جهت قراردادی جریان الکتریکی جهت حرکت بارهای مثبت است به این معنی که اگر مثلاً جهت قراردادی جریان از چپ به راست باشد، حرکت الکترون‌ها از راست به چپ خواهد بود.

۴۸

الف) می‌توان نوشت:

$$F=BI\ell\sin\alpha$$
$$F=(۰٫۰۵\times ۱۰^{-۳})\times ۱٫۶\times ۱\times ۱=۰٫۰۸\times ۱۰^{-۳}=۸\times ۱۰^{-۵}N$$

ب) برای اینکه نیروسنج‌ها عدد صفر را نشان دهند باید نیروی مغناطیسی وارد بر هر متر از سیم رو به بالا و هم اندازهٔ وزن آن باشد:



$F_B = mg$
$BI\ell \sin\alpha = mg$

$۰/۰۵ \times ۱۰^{-۳} \times I \times ۱ \times ۱ = (۸ \times ۱۰^{-۳}) \times ۱۰$
$\Rightarrow I = \frac{۸۰}{۰/۰۸} = ۱۶۰۰A$

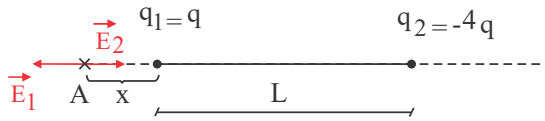
و جریان باید به‌سمت راست باشد.

۴۹ 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.

۵۰ چون میدان را در هر نقطه باید روی بار $+۱C$ مورد بررسی قرار داد، ابتدا فرض می‌کنیم بار $+۱C$ در فاصلهٔ بین $q_۲$ و $q_۱$ قرار داشته باشد. واضح است که میدان‌ها در این صورت هر دو به‌سمت راست خواهد شد و خنثی شدن رخ نمی‌دهد. بنابراین نقطهٔ موردنظر باید خارج از فاصلهٔ دو بار باشد و البته نزدیک به بار با اندازهٔ کوچک‌تر. این نقطه را A نامیده‌ایم.



در نقطهٔ A، $\vec{E}_۱$ به‌سمت چپ و $\vec{E}_۲$ به‌سمت راست خواهد بود:

$E_۱ = E_۲ \Rightarrow \frac{|q_۱|}{x^۲} = \frac{|q_۲|}{(L+x)^۲} \Rightarrow \frac{q}{x^۲} = \frac{۴q}{(L+x)^۲}$

$\xrightarrow[\text{تساوی}]{\text{جذر از دو طرف}} \frac{۱}{x} = \frac{۲}{L+x} \Rightarrow L + x = ۲x \rightarrow x = L$

به این ترتیب فاصلهٔ نقطهٔ موردنظر از بار $q_۲$ برابر با $۲L$ است.

۵۱ می‌دانیم که در رابطهٔ مربوط به تعیین نیروی الکتریکی، باید همهٔ یکاها در SI باشند. یعنی:

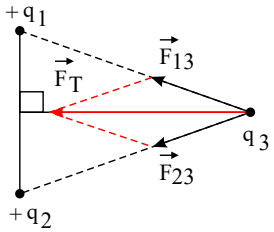
$F = k\frac{|q_۱| \cdot |q_۲|}{r^۲}$

$۰/۴ = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{(۶ \times ۱۰^{-۶}) \times (۶ \times ۱۰^{-۶})}{r^۲} \Rightarrow r^۲ = \frac{۹ \times ۱۰ \times (۶ \times ۱۰^{-۶})^۲}{۴}$

$\Rightarrow r = \frac{۳ \times ۱۰^۵ \times ۶ \times ۱۰^{-۶}}{۲} \Rightarrow r = ۰/۹m$

۵۲ الف) نیروی الکتریکی ربایشی یا رانشی بین دو ذره‌ی باردار $q_۱$ و $q_۲$ که در فاصله‌ی r از یکدیگر قرار دارند با حاصل ضرب بار دو ذره نسبت مستقیم و با مجذور فاصله‌ی آن ها از هم نسبت وارون دارد.

ب)



۵۳ با نزدیک کردن یک میله‌ی باردار به خرده‌های کاغذ مولکول‌های کاغذ قطبیده می‌شوند یعنی مرکز مؤثر بارهای مثبت و منفی آنها از هم جدا شده و به این ترتیب به دلیل کمتر بودن فاصله‌ی بارهای میله‌ی شیشه‌ای (یعنی بارهای مثبت) با قطب منفی دو قطبی‌های تولید شده، نیروی جاذبه قوی‌تر از نیروی دافعه خواهد شد و خرده‌های کاغذ جذب میله‌ی باردار می‌شوند.

۵۴ الف) کاهش

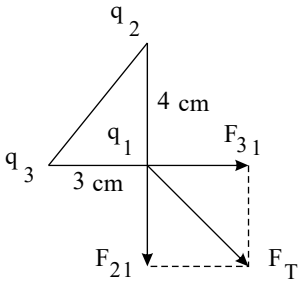
ب) $V_{max} = E_{max} \times d \rightarrow V_{max} = ۱۶ \times ۱۰^۳ \times ۰/۰۱ = ۱۶۰V$

چون ولتاژ اعمال شده به خازن از ولتاژ فروریزش بیش‌تر است پس حتماً خازن با دی الکتریک کاغذ می‌سوزد.

۵۵ الف) صفر ب) می‌رانند پ) غیردائمی ت) پارامغناطیس

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

۵۷ در اطراف بار $q_۱$، دو بار $q_۲$ و $q_۳$ قرار دارند، پس به بار $q_۱$ دو نیروی رانشی که عمود برهم هستند، وارد می‌شود، بنابراین داریم:



$$F_{۳۱}=k\frac{q_۳q_۱}{r_{۳۱}^{۲}}=۹\times ۱۰^{۹}\times\frac{۶\times ۱۰^{-۶}\times ۲\times ۱۰^{-۶}}{(۳\times ۱۰^{-۲})^{۲}}$$

$$F_{۳۱}=۱۲۰N$$

$$F_{۲۱}=k\frac{q_۲q_۱}{r_{۲۱}^{۲}}=۹\times ۱۰^{۹}\times\frac{۸\times ۱۰^{-۶}\times ۲\times ۱۰^{-۶}}{(۴\times ۱۰^{-۲})^{۲}}$$

$$F_{۲۱}=۹۰N$$

$$F_T=\sqrt{F_{۳۱}^{۲}+F_{۲۱}^{۲}}=۱۵۰N$$

۵۸

الف در مقدار مقاومت درونی باتری‌ها است؛ به گونه ای که مقاومت درونی باتریِ فرسوده، بیشتر از باتری نو است.

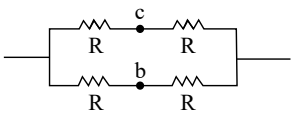
ب نسبت بار الکتریکی خالص Δq به بازه‌ی زمانی Δt در یک رسانا را جریان الکتریکی متوسط گویند.

۵۹ الف) اگر مجموعه به ولتاژ V وصل شود و فرض کنیم جریان I وارد نقطهٔ 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 نقطهٔ a وصل است می توان گفت:

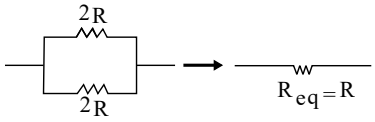
$$V_c-V_a=V_b-V_a\Rightarrow V_b=V_c$$

یعنی جریانی از مقاومت R' نمی‌گذرد و می‌توان آن را حذف کرد.

ب) با توجه به قسمت الف شکل مدار تبدیل می‌شود به:



پس داریم:



۶۰ با بسته شدن کلید $k_۱$ داریم:

$$I_۱=\frac{\varepsilon}{r+R}$$

برای هر دو سر لامپ (۱): $V_۱=R_۱I_۱=\varepsilon-rI_۱$

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.

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

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

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.

۶۱ 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:

$$P_۱=RI^{۲}=۶۰W$$

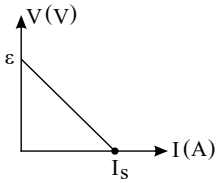
$$P_۲=P_۳=\frac{RI^{۲}}{۴}=\frac{۶۰}{۴}=۱۵W$$

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

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

۶۲ 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:

$$V = \overset{\text{صفر}}{\cancel{r}} I = ۰$$

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

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

۶۳ اندازهٔ میدان مغناطیسی در اطرف سیم حامل جریان، هم وابسته است به جریانی که از سیم می‌گذرد و هم به فاصلهٔ نقطهٔ موردنظر تا سیم مرتبط است.

هر چه جریان سیم بیشتر و فاصلهٔ نقطهٔ موردنظر تا سیم کمتر باشد میدان مغناطیسی قوی‌تر خواهد بود.

میدان ناشی از $I_۱$ در محل O درون‌سو است و میدان ناشی از $I_۲$ در O برون‌سو است که چون $B_۱ < B_۲$ است (به دلایل بالا) تا اینجا برآیند، برون‌سو است.

از طرفی میدان ناشی از $I_۳$ نیز برون‌سو است، پس میدان مغناطیسی خالص در نقطهٔ O برون‌سو خواهد شد.

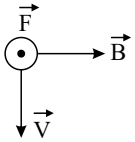
۶۴

$$B = \frac{\mu_۰ NI}{\ell} = \frac{۱۲ \times ۱۰^{-۷} \times (۲۰۰) \times (۳)}{۶ \times ۱۰^{-۲}} \Rightarrow B = ۱۲ \times ۱۰^{-۳} T = ۱۲۰ \times ۱۰^{-۴} T = ۱۲۰ G$$

۶۵

$$F = qvB \sin\alpha \Rightarrow F = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} \times ۴ \times ۱۰^{۶} \times (۲۰ \times ۱۰^{-۳}) \times ۱ \Rightarrow F = ۱/۲۸ \times ۱۰^{-۱۳} N$$

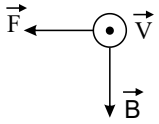
طبق قانون دست راست:



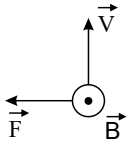
۶۶ می‌دانیم میدان مغناطیسی درون سیملوله و دور از لبه‌های آن مقدار ثابتی است و از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$B = \frac{\mu_۰ NI}{\ell} = \frac{۴\pi \times ۱۰^{-۷} \times (۱۰۰۰) \times ۰/۵}{۰/۳} \Rightarrow B = ۲ \times ۱۰^{-۳} T = ۲mT = ۲۰ G$$

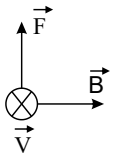
۶۷ برای پیدا کردن جهت نیروی وارد بر بار منفی ابتدا با دست راست جهت نیروی وارد بر بار مثبت را پیدا می‌کنیم و بعد آن را برعکس بیان می‌کنیم. البته می‌توانیم از دست چپ هم استفاده کنیم که توصیه نمی‌شود.



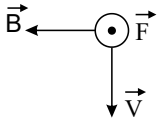
(د) برای بار منفی



(ج) برای بار منفی



(ب) برای بار منفی



(الف) برای بار منفی

۶۸ آهنرباها امروزه در بلندگوها، گوشی‌های تلفن همراه، رایانه‌ها، کارت‌های بانکی، موتورهای الکتریکی، یخچال‌ها، اغلب سامانه‌های هشدار و ایمنی و نیز در دستگاه‌های MRI کاربرد دارند.

۶۹ موادی که اتم‌های آنها به‌طور ذاتی دارای خاصیت مغناطیسی نیستند ولی با قرارگیری در میدان مغناطیسی خارجی خاصیت مغناطیسی در خلاف جهت میدان خارجی در دوقطبی‌های آنها القا می‌شود و به این ترتیب مواد دیامغناطیسی از میدان مغناطیسی خارجی می‌گریزند.

نقره، مس، سرب و بیسموت از این دسته‌اند.

۷۰ می‌دانیم که عدد اتمی O برابر ۸ است بنابراین مولکول اکسیژن که $O_۲$ می‌باشد دارای ۱۶ عدد پروتون و ۱۶ عدد الکترون است پس:

$$q = -ne$$

$$q = -۱۶ \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} = -۲/۵۶ \times ۱۰^{-۱۸} C$$

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

$$P_۱ = \frac{V^۲}{R_۱} \Rightarrow R_۱ = \frac{V^۲}{P_۱} = \frac{(۲۲۰)^۲}{۴۰} \quad , \quad P_۲ = \frac{V^۲}{R_۲} \Rightarrow R_۲ = \frac{V^۲}{P_۲} = \frac{(۲۲۰)^۲}{۶۰}$$

$$R_{eq} = R_۱ + R_۲ = \frac{(۲۲۰)^۲}{۴۰} + \frac{(۲۲۰)^۲}{۶۰} = \frac{(۲۲۰)^۲}{۲۴}$$

این جریان از هر دوی آنها می‌گذرد پس:

$$I = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{۲۲۰}{\frac{(۲۲۰)^۲}{۲۴}} = \frac{۲۴}{۲۲۰} = \frac{۶}{۵۵} A$$

$$P_{۱\ \text{جدید}} = R_۱ I^۲ = \frac{(۲۲۰)^۲}{۴۰} \times (\frac{۶}{۵۵})^۲ = ۱۴٫۴W \ , \ P_{۲\ \text{جدید}} = R_۲ I^۲ = \frac{(۲۲۰)^۲}{۶۰} \times (\frac{۶}{۵۵})^۲ = ۹٫۶W$$

$$P_t = P_{۱\ \text{جدید}} + P_{۲\ \text{جدید}} = ۱۴٫۴ + ۹٫۶ = ۲۴W$$

تذکر: به طور کلی در این گونه سؤال‌ها 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:

$$P_t = \frac{P_۱ P_۲}{P_۱ + P_۲} \xrightarrow{\text{در اینجا}} P_t = \frac{۶۰ \times ۴۰}{۱۰۰} = ۲۴W$$

۷۲ 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 $R_۱ , R_۲ , R_۳$ به نقطهٔ A متصل هستند (و هم‌پتانسیل با آن) و سر دیگر همهٔ آنها به نقطهٔ B متصل هستند (و هم‌پتانسیل با آن) و این تعریف موازی بودن مقاومت‌هاست. پس:

سه مقاومت موازیند : $\frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{R_۱} + \frac{۱}{R_۲} + \frac{۱}{R_۳} = \frac{۱}{۳} + \frac{۱}{۶} + \frac{۱}{۱۸}$

$$\Rightarrow \frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۶ + ۳ + ۱}{۱۸} = \frac{۱۰}{۱۸} \Rightarrow R_{eq} = ۱٫۸\Omega$$

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

$$W = P \cdot t = Q \Rightarrow Pt = mc\Delta T \Rightarrow P \times ۷ \times ۶۰ = ۱ \times ۴۲۰۰ \times (۶۰ - ۲۰) \Rightarrow P = ۴۰۰W$$

$$P = \frac{V^۲}{R} \Rightarrow R = \frac{V^۲}{P} = \frac{۱۰۰^۲}{۴۰۰} = ۲۵\Omega$$

$$R = \rho\frac{L}{A} \Rightarrow L = \frac{RA}{\rho} = \frac{۲۵ \times ۰٫۸ \times ۱۰^{-۶}}{۱۰^{-۷}} \Rightarrow L = ۲۰۰m$$

ب)
$$q = It \Rightarrow q = \frac{V}{R}t = \frac{۱۰۰}{۲۵} \times ۷ \times ۶۰ = ۱۶۸۰C$$

۷۴ ابتدا مساحت سطح مقطع سیم را محاسبه می‌کنیم:

$$A = \pi r^۲ = \pi(۲ \times ۱۰^{-۳})^۲ = ۴\pi \times ۱۰^{-۶} m^۲$$

$$R = \rho\frac{L}{A} \Rightarrow R = ۲\pi \times ۱۰^{-۵} \times \frac{۱}{۴\pi \times ۱۰^{-۶}} \Rightarrow R = ۵\Omega$$

$$V = RI \Rightarrow I = \frac{V}{R} = \frac{۲۰}{۵} = ۴A$$

مقدار بار عبور کننده: $q = It \Rightarrow q = ۴ \times ۶۰ = ۲۴۰C$

$$q = \pm ne \Rightarrow ۲۴۰ = n \times ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} \Rightarrow n = \frac{۲۴۰}{۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹}} = ۱٫۵ \times ۱۰^{۲۱}$$

پس تعداد الکترون‌های عبور کننده $۱٫۵ \times ۱۰^{۲۱}$ عدد خواهد بود.

۷۵ 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.

۷۶ 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.

۷۷ براساس قانون دست راست و شکل داده‌شده، میدان مغناطیسی ناشی از سیملولهٔ Q در داخل آن به‌سمت راست و میدان مغناطیسی ناشی از P در داخل آن به‌سمت چپ می‌باشد. چون برآیند میدان مغناطیسی در مرکز صفر است، پس $B_Q = B_P$ بوده است:

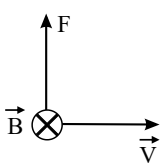
$$B_Q = B_P$$

$$\frac{\mu \cdot N_Q I_Q}{\ell_Q} = \frac{\mu \cdot N_P I_P}{\ell_P} \Rightarrow ۳۰۰ \times ۱ = ۲۰۰ \times I_P \Rightarrow I_P = \frac{۳}{۲} = ۱٫۵A$$

۷۸

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

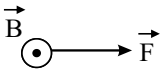
و به بار مثبت درون میدان الکتریکی یکنواخت، نیرویی در جهت میدان وارد می‌شود که رو به پایین است.



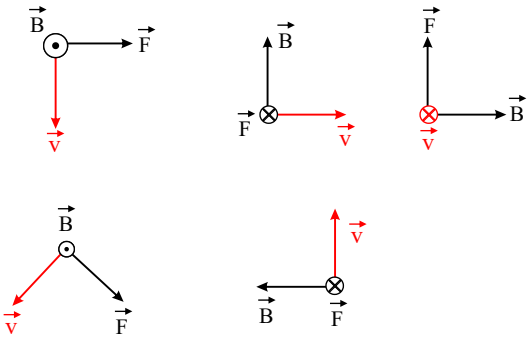
پس در صورتی که اندازهٔ این دو نیرو برابر باشد بار می‌تواند بدون انحراف به مسیر خود ادامه دهد:

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

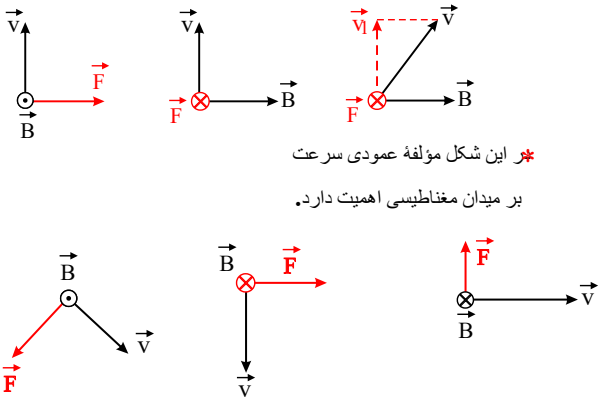
۷۹ باید توجه کرد که اگر برای بار منفی از قانون دست راست استفاده می‌کنیم باید درنهایت هر چیزی که پیدا می‌کنیم برعکس بیان کنیم به‌عنوان مثال در این شکل:



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:



۸۰ طبق قانون دست راست، چهار انگشت دست راست در جهت حرکت بار مثبت و کف دست را در جهت میدان مغناطیسی قرار می‌دهیم، انگشت شست دست راست جهت نیرو را نشان می‌دهد:



* بر این شکل مؤلفهٔ عمودی سرعت بر میدان مغناطیسی اهمیت دارد.

۸۱ الف) در چنین حالتی در فلزِ داخل بدن بیمار پدیدهٔ القای مغناطیسی رخ می‌دهد و آن فلز خود تبدیل به یک آهنربای کوچک می‌شود. به این ترتیب جذب نوک ثابت این وسیله می‌شود و به آن می‌چسبد.

پ) آهنی بودن نوک ثابت باعث می‌شود که با نزدیک کردن آهنربای داخلی وسیله به آن، نوک وسیله آهنربا شود و بتواند شیء خارجی را جذب کند و پس از خارج کردن آن و دور کردن آهنربای داخلی، آهن خاصیت آهنربایی را از دست بدهد تا شیء خارجی از وسیله جدا شود. ضمناً ثابت بودن نوک مانع از صدمات احتمالی ناشی از جلو و عقب بردن آهنربا به داخل بدن بیمار می‌شود.

پ) تا به سادگی بتواند از انحنای گلو عبور کند.

ت) گیرهٔ آهنی جذب آهنربا می‌شود ولی واشر آلومینیومی که جنس مواد پارامغناطیسی است جذب این آهنربا نمی‌شود. (باید آهنربای بسیار بسیار قوی داشته باشیم).

۸۲ چون آمپرسنج بصورت سری در مدار قرار می‌گیرد باید در حالت ایده‌آل دارای مقاومت صفر باشد و در حالت واقعی کمترین مقدار ممکن را دارا باشد. زیرا اگر آمپرسنج دارای مقاومت زیاد باشد، چون به‌صورت سری در مدار قرار گرفته، مقاومت آن با سایر مقاومت‌ها جمع شده و سبب کاهش جریان عبوری از مدار می‌شود و خطا در اندازه‌گیری به شدت افزایش می‌یابد.

۸۳ الف) مستقیم و ثابت ب) مقاومت الکتریکی پ) نیروی محرکه ت) متوالی

۸۴ الف) به کوچکترین ذره‌های تشکیل‌دهنده آهنرباها (یعنی اتم‌ها یا مولکول‌ها) که خود نیز آهنربا هستند و دو قطب N و S دارند، دوقطبی مغناطیسی می‌گویند.

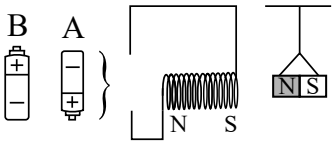
ب) از قرار گرفتن قطعهٔ آهنی در نزدیکی آهنربا، خاصیت مغناطیسی در قطعهٔ آهنی به‌صورتی القا می‌شود که قطعهٔ آهنی جذب آهنربای اصلی می‌شود. به این پدیده القای خاصیت مغناطیسی می‌گویند.

۸۵ اگر خط‌های میدان مغناطیسی، در ناحیه‌ای از فضا با یکدیگر موازی و هم‌فاصله باشند به طوری که بردار میدان مغناطیسی، در تمام نقاط آن ناحیه، بزرگی و جهت ثابتی داشته باشد، به این میدان، میدان مغناطیسی یکنواخت می‌گوییم.

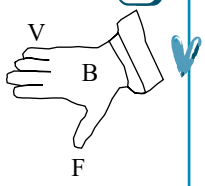
روش: میدان مغناطیسی بین دو قطب ناهمنام دو آهنربای میله‌ای یا هر روش درست دیگر.

۸۶ الف) باتری B، در نزدیک قطب N آهن‌ربا باید قطب S در سیملوله به‌وجود آید تا یکدیگر را جذب کنند. بنابراین با درنظر گرفتن جهت میدان داخل سیملوله (از S به N) و استفاده از قاعدهٔ دست راست، جهت جریان در سیملوله و مدار، و همچنین نوع باتری تعیین می‌شود.

ب) بیشتر



۸۷ $F = qvB\sin\alpha \rightarrow F = (۱۶ \times ۱۰^{-۶}) \times (۲ \times ۱۰^{۴}) \times ۰/۰۱ \times \sin ۹۰^{\circ} \xrightarrow{\sin ۹۰^{\circ}=۱} F = ۳۲ \times ۱۰^{-۴} N$



براساس استفاده از قاعدهٔ دست راست، نیروی وارد بر بار مثبتی که در این میدان در جهت نشان داده‌شده حرکت کند، نیروی روبه پایین است و چون بار منفی است جهت نیرو به‌طرف بالا می‌شود.

۸۸ 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

۸۹ 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.

۹۰

$$I_۱ = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow I = \frac{n_۱ e}{t}$$

$$\Rightarrow I_۱ = \frac{۱/۴ \times ۱۰^{۱۹} \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C}{۱ s} \simeq ۲/۲ A$$

$$\frac{R_۱}{R_۲} = \frac{V_۱}{V_۲} \times \frac{I_۲}{I_۱} \Rightarrow \frac{R}{۳R} = ۱ \times \frac{I_۲}{۲/۲A} \Rightarrow I_۲ \simeq ۷/۳ \times ۱۰^{-۱} A$$

$$I_۲ = \frac{n_۲ e}{t} \Rightarrow ۷/۳ \times ۱۰^{-۱} A = \frac{n_۲ \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C}{۱ s} \Rightarrow n_۲ \simeq ۴/۶ \times ۱۰^{۱۸}$$