فصل اول : الکتریسیته ساکن

بار الکتریکی - پایستگی و کوانتیده بودن بار الکتریکی ۱
قانون کولن - برایند نیروهای الکتریکی ۵
میدان الکتریکی - برایند میدان های الکتریکی - خطوط میدان الکتریکی - میدان الکتریکی یکنواخت ۱۰
انرژی پتانسیل الکتریکی ۱۸
پتانسیل الکتریکی - رابطه اختلاف پتانسیل دو نقطه و اندازه میدان الکتریکی یکنواخت ۲۳
توزیع بار الکتریکی در اجسام رسانا ۲۷
خازن - انرژی خازن ۲۹

فصل اول : الکتریسیته ساکن

بار الکتریکی - پایستگی و کوانتیده بودن بار الکتریکی

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؟ سخت

۲ به جسمی $۲/۰ \times ۱۰^{۱۰}$ الکترون اضافی داده شده است. بزرگی بار الکتریکی و نوع بار جسم را تعیین کنید. آسان

۳ الف) بار الکتریکی اتم و هستهٔ اتم کربن (${}^{۱۲}_{۶}C$) چند کولن است؟ آسان

ب) بار الکتریکی اتم کربن یک بار یونیده (C^{+}) چقدر است؟

۴ بار الکتریکی جابه‌جاشده در یک آذرخش حدود $۸۰C$ بوده است. در چنین آذرخشی چه تعداد الکترون جابه‌جا شده‌اند؟ $= ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}$ آسان

۵ کوانتیده بودن بار الکتریکی یعنی چه؟ آسان

$(e \qquad C)$

۶ اگر یک میلهٔ شیشه‌ای باردار را به‌سرعت به کلاهک یک الکتروسکوپ دارای بار منفی نزدیک کنیم چه رخ می‌دهد؟ سخت

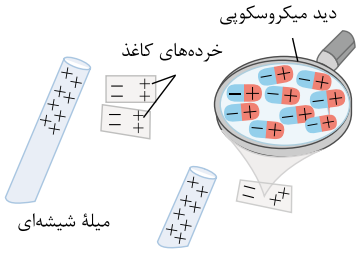
۷ یک میلهٔ پلاستیکی را با پارچهٔ پشمی مالش می‌دهیم. پس از مالش، بار الکتریکی میلهٔ پلاستیکی $-۱۲/۸nC$ می‌شود. آسان

الف) بار الکتریکی ایجاد شده در پارچه‌ی پشمی چقدر است؟

ب) تعداد الکترون‌های منتقل‌شده از پارچهٔ پشمی به میلهٔ پلاستیکی را محاسبه کنید.

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

۹ با توجه به شکل زیر توضیح دهید چرا یک میلهٔ باردار، خرده‌های کاغذ را می‌رباید؟ متوسط



۱۰ الف) از مالش یک میلهٔ پلاستیکی با پارچهٔ پشمی چه نوع باری در میله و پارچه ایجاد می‌شود؟

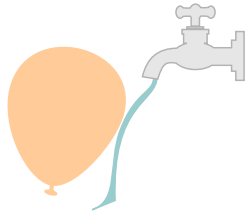
ب) اگر میلهٔ پلاستیکی باردار را بیاویزیم چه نیرویی بر پارچهٔ پشمی مالش‌داده‌شده به خود وارد می‌کند؟ متوسط

۱۱ 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؟(در سری تریبوالکتریک، ابریشم پایین‌تر از شیشه قرار دارد.) آسان

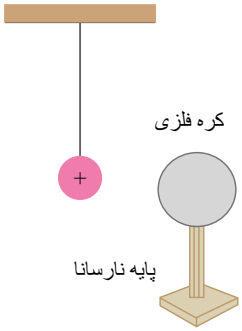
پ) در مورد مقدار بار هر میلهٔ شیشه‌ای در مقایسه با پارچه چه می‌توان گفت؟

۱۲ بادکنک باردار شکل زیر را به آب نزدیک کرده‌ایم. توضیح دهید چرا آب به‌جای اینکه به‌طور قائم فرو ریزد، خمیده می‌شود؟ متوسط



۱۳ یک صفحهٔ پلاستیکی باردار (تلق یا ورق باردار) را به براده‌های ریز آلومینیمی بدون بار نزدیک می‌کنیم. مشاهده می‌شود که براده‌ها به‌طرف صفحهٔ پلاستیکی، جذب می‌شوند. علت این پدیده را توضیح دهید. متوسط

۱۴ یک کرهٔ فلزی بدون بار الکتریکی را که روی پایهٔ نارسانایی قرار دارد، به آونگ الکتریکی بارداری نزدیک می‌کنیم. با ذکر دلیل توضیح دهید که چه اتفاقی می‌افتد. متوسط



۱۵ چگونه توسط یک الکتروسکوپ می‌توانیم تشخیص دهیم که:

الف) یک میله باردار است یا نه؟ متوسط

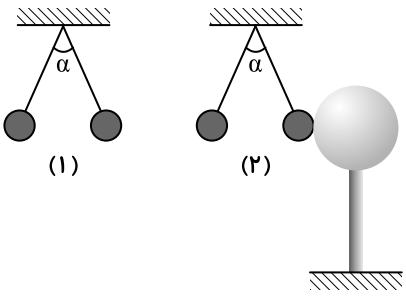
ب) میله رساناست یا عایق؟

پ) نوع بار میلهٔ باردار چیست؟

۱۶ شکل (۱) دو آونگ الکتریکی کاملاً مشابه با بارهای مثبت و هم‌اندازه را نشان می‌دهد که با یکدیگر زاویهٔ α ساخته‌اند. یک کرهٔ رسانای بدون بار را با پایهٔ عایق مطابق شکل (۲) به گلولهٔ یکی از آونگ‌ها تماس داده و سپس دور می‌کنیم. آسان

الف) با رسم شکل ساده پیش‌بینی کنید چه اتفاقی می‌افتد؟

ب) از انجام این آزمایش، چه نتیجه‌ای می‌گیریم؟



۱۷ اصل پایستگی بار الکتریکی به چه معناست؟ آسان

۱۸ درهریک از موارد زیر، کلمهٔ صحیح را از داخل پرانتز انتخاب کنید. آسان

الف) در اثر مالش شانهٔ پلاستیکی با موهای سر، بارهای منتقل‌شده از مرتبه (نانوکولن - کولن) است. آسان

ب) خطوط میدان الکتریکی برایند یکدیگر را قطع (می‌کنند - نمی‌کنند). آسان

پ) با افزایش فاصلهٔ دو بار الکتریکی نقطه‌ای، اندازهٔ نیروی الکتریکی بین آنها (افزایش - کاهش) می‌یابد. آسان

۱۹) میلهٔ شیشه‌ای را با پارچه ابریشمی مالش می‌دهیم، سپس آن را به کلاهک الکتروسکوپی با بار مثبت نزدیک می‌کنیم ورقه‌های الکتروسکوپ به هم نزدیک‌تر می‌شوند یا دورتر؟ چرا؟ متوسط

انتهای مثبت سری
شیشه
نایلون
ابریشم
انتهای منفی سری

۲۰) بار الکتریکی منفی موجود در الکترون‌های یک مولکول اکسیژن چقدر است؟ آسان

۲۱) در جمله‌های زیر کلمهٔ مناسب را از پرانتز انتخاب نموده و در پاسخ‌برگ بنویسید. متوسط

الف) نیروهای الکتریکی که دو ذرهٔ باردار به یکدیگر وارد می‌کنند، (هم‌جهت - خلاف جهت یکدیگر) هستند. آسان

۲۲) دو کرهٔ رسانای مشابه با بارهای $q_1 = -8\mu C$ و $q_2 = 24\mu C$ را با یک سیم رسانا به هم وصل می‌کنیم و سپس جدا می‌کنیم. متوسط

الف) بار هر یک از کره‌ها چقدر می‌شود؟ متوسط

ب) کدام کره و به چه تعداد الکترون می‌گیرد؟ متوسط

۲۳) در مالش کهربا به پشم، 10^7 الکترون از یک جسم به جسم دیگر منتقل می‌شود. متوسط

سری الکتریسیتهٔ مالشی
پشم
سرب
کهربا
لاستیک

الف) با توجه به سری الکتریسیتهٔ مالشی، بار کدام ماده منفی و بار کدام ماده مثبت می‌شود؟

ب) بار هر کدام چند پیکوکولن می‌شود؟ متوسط

پ) اگر لاستیک را به سرب مالش دهیم، کهربای آزمایش بالا کدام را جذب و کدام را دفع می‌کند؟ متوسط

۲۴) در جمله‌های زیر، جاهای خالی را با کلمه یا عبارت مناسب کامل کنید. آسان

الف) بار الکتریکی به وجود نمی‌آید و از بین نمی‌رود، به این بیان ..... گفته می‌شود. آسان

ب) بار الکتریکی ..... از یک بار پایه است که به آن بار بنیادی می‌گوییم. آسان

پ) نوع بار یک جسم باردار را می‌توانیم به کمک ..... تعیین کنیم. آسان

ت) نیروی الکتریکی بین دو ذرهٔ باردار، با حاصل‌ضرب اندازهٔ بار الکتریکی دو ذره نسبت ..... دارد. آسان

۲۵) کلمهٔ مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید. آسان

الف) مجموع جبری همهٔ بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی (ثابت / صفر) است. آسان

ب) نیروهای الکتریکی که دو ذرهٔ باردار به یکدیگر وارد می‌کنند، (هم‌جهت / خلاف جهت یکدیگر) هستند. متوسط

پ) اگر فقط اندازهٔ یکی از بارهای الکتریکی دو برابر شود، اندازهٔ نیروی الکتریکی بین دو بار (دو برابر / نصف) می‌شود. متوسط

ت) اگر علامت کار میدان روی هر بار الکتریکی (مثبت / منفی) باشد، انرژی پتانسیل کاهش می‌یابد. آسان

ث) عامل شارش بار الکتریکی بین دو نقطه از مدار، وجود (اختلاف / انرژی) پتانسیل الکتریکی بین آن دو نقطه است. آسان

۲۶) درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را تعیین کنید. متوسط

الف) بر اثر مالش دو جسم خنثی که به انتهای منفی سری الکتریسیتهٔ مالشی نزدیک هستند، بار دو جسم منفی می‌شود. متوسط

ب) بزرگی میدان الکتریکی حاصل از یک ذرهٔ باردار در هر نقطه، با اندازهٔ بار ذره نسبت مستقیم دارد. آسان

پ) بزرگی میدان الکتریکی حاصل از یک ذرهٔ باردار با فاصله از آن رابطهٔ عکس دارد. آسان

ت) میدان الکتریکی خالص درون یک رسانا که با عایق از اطراف خود جدا شده است، صفر است. متوسط

ث اگر بار مثبت را به داخل یک استوانهٔ رسانای توخالی بدهیم، بار سطح داخلی مثبت و بار سطح خارجی منفی می‌شود. متوسط

ج بار الکتریکی اضافی داده‌شده به یک رسانا که به‌طور الکتریکی از محیط اطراف خود با عایق جدا شده است، روی سطح خارجی آن قرار می‌گیرد. متوسط

۲۷ درستی یا نادرستی جمله‌های زیر را با کلمات «درست» و «نادرست» مشخص کنید. متوسط

الف بار الکتریکی هر جسم باردار، مضرب درستی از بار بنیادی e است. آسان

۲۸ درستی یا نادرستی گزاره‌های زیر را با واژه‌های «درست» یا «نادرست» مشخص کنید. آسان

الف بار الکتریکی یک جسم نمی‌تواند هر مقدار دلخواهی را داشته باشد. آسان

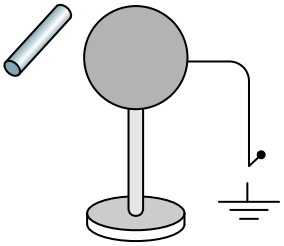
۲۹ در هریک از موارد زیر عبارت صحیح را از داخل پرانتز انتخاب کنید. آسان

الف جملهٔ «مجموع جبری همهٔ بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی ثابت است.» بیانگر اصل (پایستگی - کوانتیده بودن) بار است. آسان

ب بار اضافی داده‌شده به رسانا در سطح (خارجی - داخلی) آن توزیع می‌شود. آسان

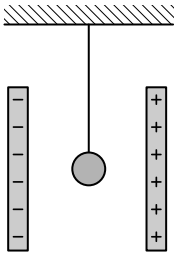
پ با دور شدن از بار نقطه‌ای اندازهٔ میدان الکتریکی (افزایش - کاهش) می‌یابد. آسان

۳۰ ابتدا میلهٔ شیشه‌ای را به پارچهٔ ابریشمی مالش می‌دهیم و سپس مطابق شکل زیر به یک کرهٔ فلزی نزدیک می‌کنیم. اگر کلید را ببندیم و سپس باز کنیم، بار میله و کرهٔ فلزی از چه نوعی می‌شود؟ متوسط

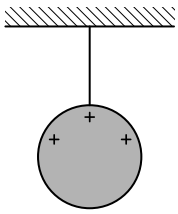


۳۱ با ذکر دلیل بگویید، اگر یک میلهٔ فلزی خنثی را به آرامی به کلاهک الکتروسکوپ بارداری نزدیک کنیم، برای ورقه‌های الکتروسکوپ چه اتفاقی رخ می‌دهد؟ متوسط

۳۲ در شکل زیر، گلولهٔ رسانای سبک و بدون بار توسط نخ عایقی میان دو صفحهٔ باردار آویزان است. اگر آن را یک بار به یکی از صفحه‌ها تماس داده و رها کنیم، دائماً بین دو صفحه نوسان می‌کند (به صفحه‌های چپ و راست برخورد می‌کند.). علت را توضیح دهید و بنویسید تا چه زمانی این کار ادامه دارد. متوسط



۳۳ در شکل زیر گلولهٔ فلزی بارداری از نخ آویزان است. کرهٔ فلزی خنثی را که دارای دستهٔ نارسانا است، به گلوله نزدیک می‌کنیم. مشاهده می‌شود که گلوله ..... می‌شود، وقتی تماس حاصل شد، کره را جدا کرده و دوباره به آرامی آن را به گلوله نزدیک می‌کنیم. مشاهده می‌شود گلوله ..... می‌شود. متوسط



۳۴ یک جسم شیشه‌ای را به یک جسم برنجی مالش می‌دهیم و سپس جسم شیشه‌ای را به کلاهک یک الکتروسکوپ که بار منفی دارد، نزدیک می‌کنیم. صفحات الکتروسکوپ چگونه تغییر می‌کنند؟ (در سری تریبوالکتریک، برنج پایین‌تر از شیشه قرار دارد.) متوسط

۳۵ به هر سانتی‌متر از یک میلهٔ عایق ۸ سانتی‌متری، 10^{10} الکترون می‌دهیم. بار این میله چند کولن می‌شود؟ (بار هر الکترون $-1/6 \times 10^{-19} C$ است.) متوسط

۳۶ یک جسم به وسیلهٔ مالش دارای بار الکتریکی شده است. کدام گزینهٔ زیر می‌تواند مقدار بار الکتریکی آن برحسب کولن باشد؟ (اندازهٔ بار الکتریکی هر الکترون $1/6 \times 10^{-19}$ کولن است.) متوسط

۱) 4×10^{-19} ۲) 8×10^{-19}

۳۷ میله‌ای با بار الکتریکی مثبت را به‌تدریج به کلاهک یک الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم. ملاحظه می‌شود که ورقه‌ها به‌تدریج بسته و سپس باز می‌شوند. بار ورقه‌ها قبل از آزمایش چه بوده است؟ متوسط

۱) خنثی یا مثبت ۲) خنثی یا منفی ۳) منفی ۴) مثبت

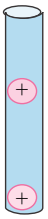
۳۸ دو کرهٔ فلزی مشابه داریم که یکی از آنها ۸ الکترون بیشتر از پروتون‌هایش دارد و دیگری خنثی است. با رسم شکل به‌طور کیفی نشان دهید اگر دو کره را با هم تماس دهیم، چه اتفاقی می‌افتد. متوسط

۳۹ عدد اتمی اورانیوم $Z = ۹۲$ است. بار الکتریکی هستهٔ اتم اورانیم چقدر است؟ مجموع بار الکتریکی الکترون‌های اتم اورانیم (خنثی) چه مقدار است؟ بار الکتریکی اتم اورانیم (خنثی) چقدر است؟ آسان

۴۰ چرا وقتی روکش پلاستیکی را روی یک ظرف غذا می‌کشید و آن را در لبه‌های ظرف فشار می‌دهید، روکش در جای خود ثابت باقی می‌ماند؟ آسان

قانون کولن - برایند نیروهای الکتریکی

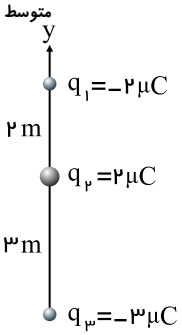
۴۱ در شکل روبه‌رو، دو گوی مشابه به جرم $۲٫۵g$ و بار یکسان مثبت q در فاصلهٔ $۱٫۰\ cm$ از هم قرار دارند، به‌طوری که گوی بالایی به‌حالت معلق مانده است. متوسط



الف) اندازهٔ بار q را به دست آورید.

ب) تعداد الکترون‌های کنده‌شده از هر گوی چقدر است؟

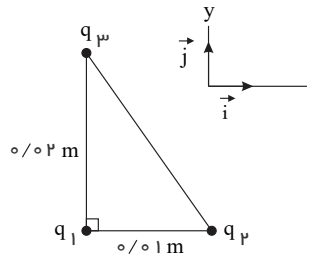
۴۲ سه ذرهٔ باردار روی محور yها مطابق شکل روبه‌رو قرار دارند. متوسط



برایند نیروهای وارد بر بار $q_۲$ را (در SI) برحسب بردارهای یکه محاسبه کنید.

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

۴۳ مطابق شکل سه ذرهٔ باردار، در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای قرار دارند. متوسط

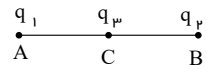


الف) نیروی الکتریکی وارد بر $q_۱$ را برحسب بردارهای یکّهٔ $\vec{i}$ و $\vec{j}$ دستگاه مختصات نشان‌داده‌شده در شکل بنویسید.

ب) بزرگی نیروی الکتریکی وارد بر $q_۱$ را تعیین کنید.

$$k = ۹ \times ۰^{۹}\ \frac{N \cdot m^{۲}}{C^{۲}}\ ,\ q_۱ = ۴\mu C\ ,\ q_۲ = -۱\mu C\ ,\ q_۳ = ۴\mu C$$

۴۴ مطابق شکل، سه ذرهٔ باردار $q_۱$ ، $q_۲$ و $q_۳$ در نقطه‌های A، B و C ثابت شده‌اند. نیروی الکتریکی وارد بر بار $q_۲$ را برحسب بردار یکّهٔ دستگاه مختصات نشان‌داده‌شده در شکل بنویسید متوسط



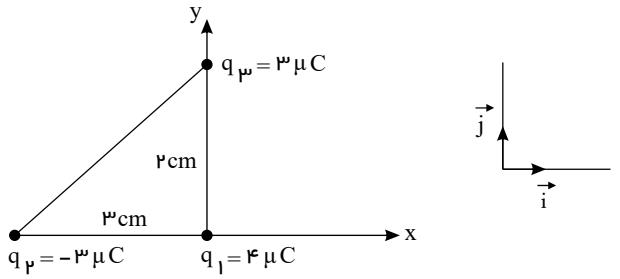
$$k = ۹ \times ۱۰^{۹}\ \frac{N \cdot m^{۲}}{C^{۲}}\quad ,\quad q_۱ = q_۲ = ۲\mu C\quad ,\quad q_۳ = -۴\mu C\quad AC = CB = ۳۰cm$$

۴۵ اگر فاصلهٔ بین دو بار را بدون تغییر اندازهٔ بارها ۴ برابر کنیم، نیروی بین آنها چگونه تغییر می‌کند؟ آسان

۴۶ مطابق شکل، سه بار الکتریکی نقطه‌ای در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای قرار دارند. برایند نیروهای وارد بر بار q_1 را برحسب بردارهای یکّهٔ $\vec{i}$ و $\vec{j}$ دستگاه مختصات نشان‌داده‌شده در شکل بنویسید.

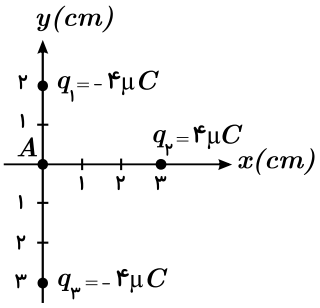
سخت

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



۴۷ در شکل مقابل نیروی خالص واردشده بر بار $q = ۱\mu C$ را که در نقطهٔ A قرار گرفته است، محاسبه و بردار آن را رسم کنید.

سخت



۴۸ دو بار الکتریکی $q_۱$ و $q_۲$ در فاصلهٔ r از هم واقع شده‌اند و نیروی F را به هم وارد می‌کنند. اگر اندازهٔ هر بار را ۳ برابر و فاصلهٔ بین بارها را نصف کنیم نیروی بین آنها چند F می‌شود؟

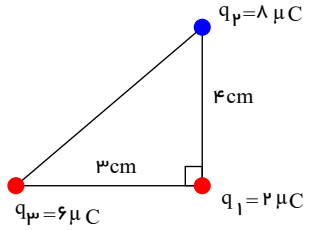
آسان

۴۹ دو بار الکتریکی $+۱۰mC$ به فاصلهٔ یک متر از هم در راستای قائم و عمود بر سطح زمین قرار دارند طوری که $q_۱$ روی زمین است. با محاسبه نشان دهید که به‌کمک نیروی دافعهٔ بین این دو بار الکتریکی می‌توان تخته‌سنگی با چه جرمی را در هوا به‌صورت معلق درآورد؟

متوسط

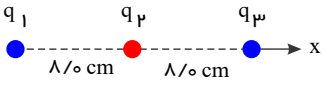
۵۰ مطابق شکل سه ذرهٔ باردار در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای ثابت شده‌اند. برایند نیروهای الکتریکی واردشده بر بار $q_۱$ را بر حسب بردارهای یکه حساب کنید. $k = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{Nm^۲}{C^۲}$

متوسط



۵۱ بارهای الکتریکی نقطه‌ای $q_۱ = -۴٫۰nC$، $q_۲ = +۵٫۰nC$ و $q_۳ = -۴٫۰nC$ مطابق شکل، در جای خود ثابت شده‌اند. نیروی خالص الکتریکی وارد بر هر یک از بارهای $q_۲$ و $q_۳$ را محاسبه کنید.

متوسط

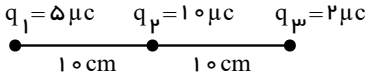


۵۲ دو بار الکتریکی $q_۱ = ۳۰\mu C$ و $q_۲ = ۲۷۰\mu C$ به فاصلهٔ ۴۰٫۰ سانتی‌متر از یکدیگر قرار دارند. بار الکتریکی $q_۳$ را در چه فاصله‌ای از بار $q_۱$ قرار دهیم تا برایند نیروهای وارد بر آن از طرف بارهای $q_۱$ و $q_۲$ صفر شود. شکلی از مسئله رسم کنید.

متوسط

۵۳ در شکل مقابل نیروی خالص واردشده به بار $q_۳$ چقدر و در چه جهتی است؟

آسان



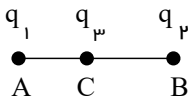
۵۴ دو کرهٔ رسانای کوچک نقطه‌ای $q_۱ = ۴\mu C$ و $q_۲ = -۱۰\mu C$ در فاصلهٔ $۱۰cm$ از هم قرار دارند. برای یک لحظهٔ کوتاه آنها را به‌هم وصل کرده، سپس جدا کرده و دوباره در فاصلهٔ قبلی قرار می‌دهیم. در حالت دوم نیرو چند نیوتون می‌شود؟ $(k = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{N \cdot m^۲}{C^۲})$

متوسط

۵۵ دو بار غیرهم‌نام و هم‌اندازهٔ q در فاصلهٔ معینی به هم نیروی F وارد می‌کنند. اگر $\frac{۱}{۳}$ بار یکی از آنها را برداشته و روی دیگری قرار دهیم، در همان فاصلهٔ قبلی نیروی بین دو بار چند F می‌شود؟ متوسط

۵۶ دو بار الکتریکی $q_۱ = ۴\mu C$ و $q_۲ = -۵\mu C$ در فاصلهٔ $۳cm$ از هم قرار دارند نیروی الکتریکی بین دو بار چقدر است؟ آسان
$(k = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{N \cdot m^۲}{C^۲})$

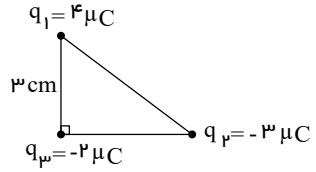
۵۷ مطابق شکل زیر، سه ذره با بارهای الکتریکی $q_۱ = +۴\mu C$، $q_۲ = +۹\mu C$ و $q_۳ = +۱\mu C$ در نقطه‌های A و B و C ثابت شده‌اند. نیروی الکتریکی وارد بر بار $q_۳$ را محاسبه کنید. متوسط



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

۵۸ دو بار الکتریکی هم‌اندازه و هم‌علامت در فاصلهٔ r از هم قرار دارند. اگر نصف یکی از بارها را به دیگری بدهیم و فاصلهٔ بارها را هم $\frac{۱}{۳}$ حالت اول کنیم، نیروی بین آنها چند برابر می‌شود؟ متوسط

۵۹ دو بار الکتریکی $q_۱ = ۴\mu C$ و $q_۲ = -۳\mu C$ در دو رأس یک مثلث متساوی‌الساقین قائم‌الزاویه به ضلع ۳ سانتی‌متر قرار دارند. نیروی وارد بر بار $q_۳ = -۲\mu C$ که در رأس قائم قرار دارد چقدر است؟ نیروها را رسم کنید. متوسط



۶۰ دو بار الکتریکی $q_۱ = +۱\mu C$ و $q_۲ = -۳\mu C$ در فاصلهٔ $۴cm$ از هم قرار دارند اگر بار $q_۳ = +۸\mu C$ را بین دو بار $q_۱$ و $q_۲$ در وسط خط واصل بین آنها قرار دهیم، اندازهٔ نیرو و جهت نیروی وارد بر $q_۳$ را به دست آورید. $(k = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{N \cdot m^۲}{C^۲})$ متوسط

۶۱ دو بار الکتریکی هم‌نام و هم‌اندازهٔ $q = ۶\mu C$ در چه فاصله‌ای از هم قرار داشته باشند تا نیرویی به اندازهٔ $۰/۴N$ بر هم وارد کنند؟ آسان
$(k = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{N \cdot m^۲}{C^۲})$

۶۲ دو گوی رسانا، کوچک و یکسان به بارهای $q_۱ = ۴/۰nC$ و $q_۲ = -۶/۰nC$ را با هم تماس می‌دهیم و سپس تا فاصلهٔ $r = ۳۰cm$ از هم دور می‌کنیم. نیروی برهم‌کنش الکتریکی بین دو گوی را محاسبه کنید. این نیرو رانشی است یا ربایشی؟ متوسط

۶۳ در هریک از جمله‌های زیر گزینهٔ درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید و در پاسخ‌برگ بنویسید. آسان

الف) بزرگی نیروی الکتریکی بین دو ذرهٔ باردار که در فاصلهٔ r از یکدیگر قرار دارند، با مربع فاصلهٔ دو ذره از هم نسبت (مستقیم - وارون) دارد. آسان

ب) هرگاه یک بار الکتریکی منفی را در خلاف جهت خطوط میدان الکتریکی جابه‌جا کنیم، انرژی پتانسیل الکتریکی آن (کاهش - افزایش) می‌یابد. آسان

پ) میدان الکتریکی روی سطح رسانا، (مماس - عمود) بر این سطح است. متوسط

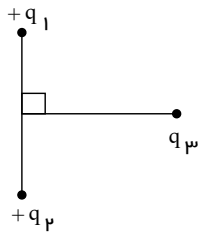
۶۴ دو بار الکتریکی نقطه‌ای و هم‌نام و هم‌اندازهٔ q در فاصلهٔ معینی از هم، به هم نیروی F وارد می‌کنند. اگر $\frac{۱}{۴}$ یکی از بارها را برداشته و به دیگری اضافه کنیم. متوسط

الف) در همان فاصلهٔ قبلی نیروی بین آنها چند برابر می‌شود؟

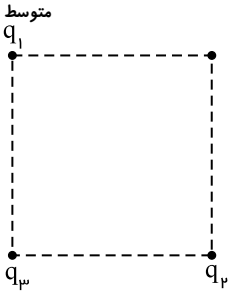
ب) اگر فاصلهٔ بارها را نیز پس از تغییر اندازهٔ بارها نصف کنیم نیرو نسبت به‌حالت برابری بارها چند برابر می‌شود؟

۶۵ الف) قانون کولن را بنویسید. آسان

ب) مطابق شکل روبه‌رو 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.



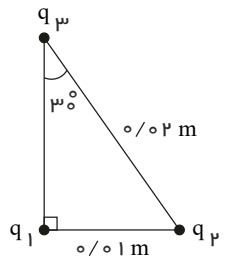
۶۶ سه ذرهٔ باردار q_1 ، q_2 و q_3 مطابق شکل در سه رأس مربعی به ضلع $3m$ ثابت شده‌اند. اگر $q_1 = q_2 = -5\mu C$ و $q_3 = +2\mu C$ باشد، نیروی خالص الکتریکی وارد بر بار q_3 را برحسب بردارهای یکهٔ $\vec{i}$ و $\vec{j}$ تعیین کنید. $(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$ متوسط



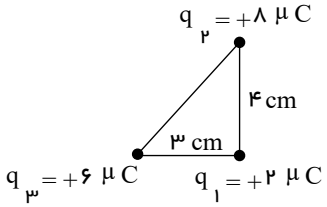
۶۷ بزرگی و جهت نیروی الکتریکی وارد بر ذرهٔ باردار q_1 را تعیین کنید: متوسط

$$q_1 = 1\mu C \qquad q_2 = -4\mu C \qquad q_3 = 4\mu C$$

$$k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \qquad \cos 60 = 0/5 \qquad \cos 30 = \frac{\sqrt{3}}{2}$$



۶۸ مطابق شکل، سه ذرهٔ باردار در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای ثابت شده‌اند. بزرگی برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_1 را به دست آورید. $k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$ متوسط



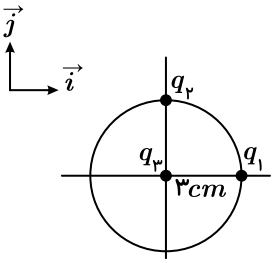
۶۹ عبارت صحیح را از داخل پرانتز انتخاب کنید و در پاسخ‌نامه بنویسید: متوسط

الف اگر فاصلهٔ بین دو ذرهٔ باردار را نصف کنیم، در این حالت نیرویی که به یکدیگر وارد می‌کنند $(4 - \frac{1}{4})$ برابر می‌شود. متوسط

ب خازن تختی که بین صفحات آن دی‌الکتریکی با ثابت k قرار دارد به یک مولد متصل است. اگر پس از پر شدن خازن را از مولد جدا و دی‌الکتریک را خارج کنیم (اختلاف پتانسیل دو سر خازن- بار ذخیره‌شده در خازن) تغییر نمی‌کند. متوسط

پ اگر بار ذخیره‌شده در خازن از حد معینی بیشتر شود باعث رسانایی موقتی دی‌الکتریک شده و در خازن در یک لحظه پدیدهٔ (فروریزش-قطبیده شدن اتم) اتفاق می‌افتد. متوسط

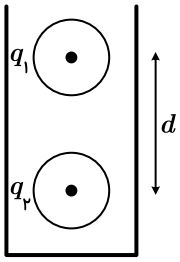
۷۰ دو ذرهٔ باردار $q_1 = ۴۰nC$ و $q_2 = -۳۰nC$ روی محیط دایره‌ای به شعاع $۳cm$ قرار دارند. نیروی خالص وارد بر بار $q_3 = ۲۰nC$ را که در مرکز دایره واقع است، رسم کنید و آن را برحسب بردارهای یکهٔ $(\vec{i}, \vec{j})$ بنویسید. $(k = ۹ \times ۱۰^۹ \ \frac{N \cdot m^۲}{c^۲})$ متوسط



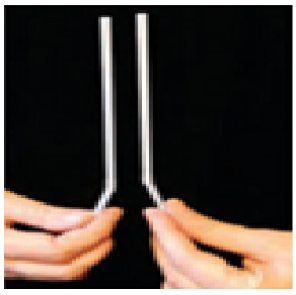
۷۱ دو بار نقطه‌ای $q_1 = ۴\mu C$ و $q_2 = ۳\mu C$ در فاصلهٔ r از هم قرار دارند، اگر نیروی بین این دو بار $۲/۷N$ باشد، فاصلهٔ دو بار چند متر است؟ $(k = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{N \cdot m^۲}{C^۲})$ آسان

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

۷۳ در شکل روبه‌رو دو گوی باردار مشابه به جرم $۲g$ دارای بارهای $q_1 = ۰/۴\mu C$ و $q_2 = ۰/۵\mu C$ درون استوانه در فاصلهٔ d از یکدیگر و در حال تعادل قرار دارند. این فاصله را برحسب یکای SI به دست آورید. $(g = \frac{۱۰m}{s^۲}, k = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{Nm^۲}{C^۲})$ سخت

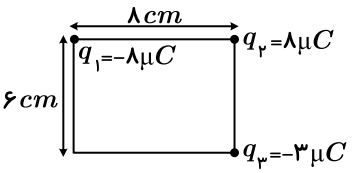


۷۴ مطابق شکل، دو لولهٔ کاغذی را در کنار هم قرار داده‌ایم. یکی را با پارچهٔ ابریشمی و دیگری را با پارچهٔ کتان مالش می‌دهیم. نیروی الکتریکی بین این دو لوله پس از مالش آنها به پارچه‌ها، ربایشی است یا رانشی؟ چرا؟ متوسط

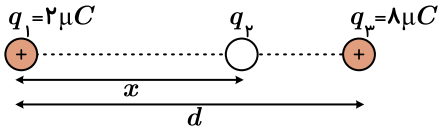


انتهای مثبت سری
ابریشم
کاغذ
پارچهٔ کتان
انتهای منفی سری

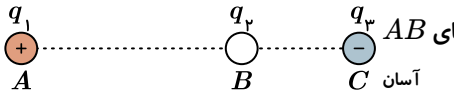
۷۵ سه بار الکتریکی در رأس‌های مستطیلی مطابق شکل زیر قرار دارند. نیروی وارد بر بار q_2 چند نیوتون است؟ سخت



۷۶ سه بار نقطه‌ای مطابق شکل زیر در یک راستا قرار دارند. برایند نیروهای الکترواستاتیکی وارد بر هر یک از بارها صفر است. بار q_2 چند میکروکولن است؟ متوسط



۷۷ دو بار نقطه‌ای q_1 و q_2 مطابق شکل در نقطه‌های A و B ثابت شده‌اند. q_3 در نقطهٔ C در راستای AB در حال تعادل است. آسان



الف) نوع بار q_2 مثبت است یا منفی؟

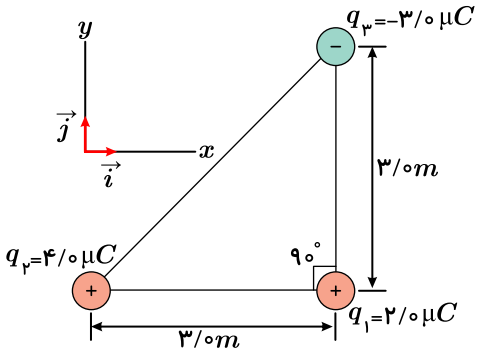
ب) مقادیر $|q_1|$ و $|q_2|$ را مقایسه کنید.

۷۸ دو کرهٔ فلزی مشابه به بارهای $q_1 = ۸\mu C$ و $q_2 = -۱۰\mu C$ در فاصلهٔ ۲۰ سانتی‌متری از یکدیگر قرار دارند. اگر این دو کره را با هم تماس دهیم و سپس در همان فاصلهٔ قبلی قرار دهیم، نیروی بین دو کره چند برابر می‌شود؟ متوسط

۷۹ دو بار $q_1 = ۲۵\mu C$ و $q_2 = ۱۶\mu C$ در فاصلهٔ $۲۷cm$ از یکدیگر ثابت شده‌اند. بار q_3 را در چه فاصله‌ای از q_2 قرار دهیم تا اندازهٔ نیروی خالص وارد بر q_3 صفر شود؟ متوسط

۸۰ دو بار الکتریکی نقطه‌ای در فاصلهٔ معینی از یکدیگر قرار دارند و به هم نیروی F وارد می‌کنند. اگر یکی از بارها ۲ برابر و فاصلهٔ بین آنها نصف شود، نیروی بین بارها چند برابر می‌شود؟ متوسط

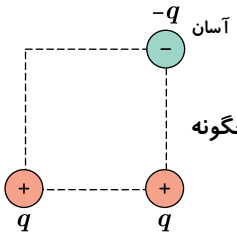
۸۱ درشکل زیر، الف) اگر علامت بار $q_۳$ تغییر کند جهت نیروی برایند وارد بر بار $q_۱$ چگونه خواهد بود؟ متوسط



ب) اگر علامت بار $q_۲$ تغییر کند، جهت نیروی برایند وارد بر بار $q_۱$ چگونه خواهد شد؟

پ) آیا اندازهٔ نیروی برایند وارد بر بار $q_۱$ در قسمت‌های الف و ب با حالتی که تغییری در علامت نیروها داده نشود، متفاوت است؟

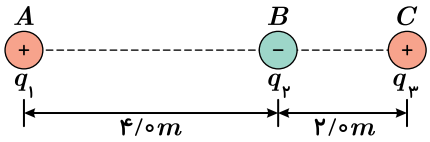
۸۲ سه ذرّهٔ باردار مطابق شکل روبه‌رو، در سه گوشهٔ یک مربع قرار دارند. آسان



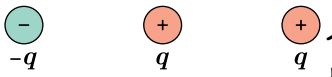
الف) جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار سمت راست پایینی را تعیین کنید.

ب) اگر ذرّهٔ سمت چپ پایینی به جای q، بار $-q$ داشته باشد، جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار سمت راست پایینی چگونه خواهد بود؟

۸۳ سه ذره با بارهای $q_۱=+۲/۵\mu C$، $q_۲=-۱/۰\mu C$ و $q_۳=+۴/۰\mu C$ در نقطه‌های A، B و C مطابق شکل ثابت شده‌اند. نیروی خالص وارد بر بار $q_۲$ را به دست آورید. متوسط



۸۴ سه ذرّه باردار مانند شکل روبه‌رو، روی یک خط راست قرار دارند و فاصلهٔ بارهای سمت راست و چپ از بار میانی برابر است. متوسط

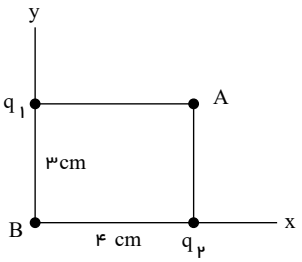


الف) جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار الکتریکی میانی را تعیین کنید.

ب) اگر ذرّهٔ سمت راست به جای q، بار $-q$ داشته باشد، جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار میانی چگونه خواهد بود؟

میدان الکتریکی - برایند میدان های الکتریکی - خطوط میدان الکتریکی - میدان الکتریکی یکنواخت

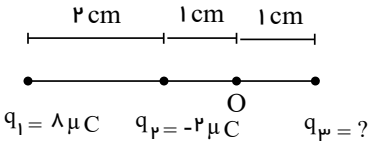
۸۵ در شکل مقابل بردار میدان الکتریکی خالص یکای SI در نقطهٔ A برابر $\vec{E}=۴۵۰\vec{i}-۲۰۰\vec{j}$ (در SI) است. سخت



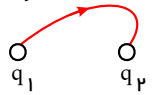
الف) بردار میدان برایند را در نقطهٔ B حساب کنید.

ب) در چه فاصله‌ای از بار $q_۱$ میدان خالص صفر می‌شود.

۸۶ سه بار الکتریکی مطابق شکل قرار گرفته‌اند. اندازه و نوع $q_۳$ چقدر باشد تا بزرگی میدان الکتریکی در نقطهٔ O صفر شود؟ سخت



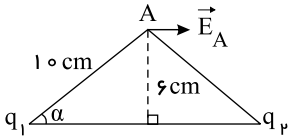
۸۷ دو بار $q_۱$ و $q_۲$ به فاصلهٔ r از هم واقع شده‌اند و یکی از خطوط میدان الکتریکی بین آنها به‌صورت شکل مقابل است. در مورد علامت و اندازهٔ بارها چه می‌توان گفت؟ متوسط



۸۸ 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. سخت

اگر بردار میدان الکتریکی در نقطهٔ A (در SI) به‌صورت: $\overrightarrow{E_A} = (۷٫۲ \times ۱۰^{۴})\vec{i}$ باشد، اندازه و نوع بارهای الکتریکی q_1 و q_2 را تعیین کنید.

$(k = ۹ \times ۱۰^{۹} \frac{N \cdot m^{۲}}{c^{۲}})$

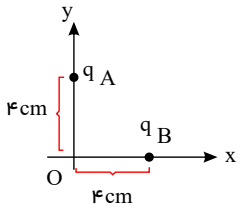


۸۹ در یک میدان الکتریکی یکنواخت قائم روبه‌بالا ذره‌ای باردار به جرم ۵ گرم معلق و در حال سکون است. اگر بزرگی میدان $۱۰۰۰ \frac{N}{C}$ باشد: متوسط

الف) علامت ذره را تعیین کنید.

ب) مقدار بار الکتریکی ذره چقدر است؟ $(g = ۱۰ \frac{N}{kg})$

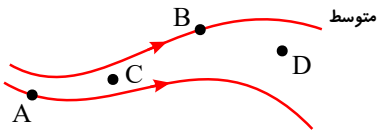
۹۰ دو ذرهٔ باردار $q_A = ۴\mu C$ و $q_B = -۴\mu C$ مطابق شکل روی محور x و y ثابت شده‌اند: متوسط



الف) بزرگی میدان الکتریکی هریک از دو ذرهٔ باردار در نقطهٔ O چند نیوتون بر کولن است؟

ب) بردار میدان الکتریکی برایند را در نقطهٔ O برحسب بردارهای یکهٔ $\vec{i}$ و $\vec{j}$ بنویسید. $k = ۹ \times ۱۰^{۹} \frac{Nm^{۲}}{C^{۲}}$

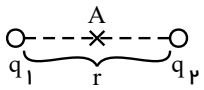
۹۱ در شکل مقابل خطوط میدان الکتریکی رسم شده‌اند. متوسط



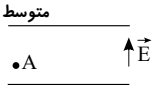
الف) بردارهای میدان الکتریکی را در نقاط A و B رسم کنید.

ب) در مورد اندازهٔ میدان الکتریکی در نقاط C و D چه می‌توان گفت؟

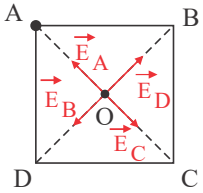
۹۲ دو بار q_1 و q_2 در فاصلهٔ r از هم قرار دارند. برایند میدان الکتریکی در نقطهٔ وسط فاصلهٔ بین دو بار $\vec{E}$ و به‌سمت راست شده است. اگر q_1 بار را حذف کنیم میدان الکتریکی $\frac{\vec{E}}{۲}$ و به‌سمت چپ می‌شود، نسبت $\frac{q_1}{q_2}$ را به دست آورید. سخت



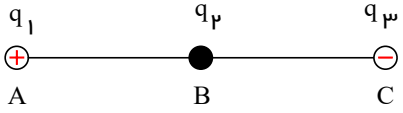
۹۳ مطابق شکل، یک غبار که دارای بار الکتریکی $۱٫۰ \times ۱۰^{-۱۵} C$ و جرم $۱٫۰ \times ۱۰^{-۸} g$ است در میدان الکتریکی یکنواخت $۱٫۲ \times ۱۰^{۵} \frac{N}{C}$ بین دو صفحهٔ افقی قرار گرفته است. اگر غبار در ابتدا ساکن و در نقطهٔ A به فاصلهٔ $۴cm$ از صفحهٔ بالایی قرار داشته باشد، شتاب حرکت غبار را تا رسیدن به صفحهٔ بالایی حساب کنید. $g = ۱۰ \frac{N}{kg}$ متوسط



۹۴ 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. سخت



۹۵ دو بار نقطه‌ای q_1 و q_2 مطابق شکل در نقطه‌های A و B ثابت شده‌اند و q_3 در نقطهٔ C در راستای AB در حال تعادل است: متوسط



(q_1 مثبت و q_3 منفی است)

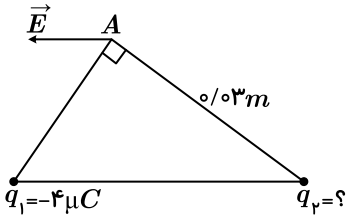
الف) نوع بار q_2 مثبت است یا منفی؟

ب) مقادیر $|q_1|$ و $|q_2|$ را مقایسه کنید.

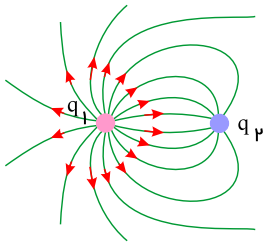
۹۶ در شکل روبه‌رو ذرهٔ باردار q_1 و q_2 در دو رأس مثلث متساوی‌الساقین ثابت شده‌اند و میدان $\vec{E}$ حاصل از این دو بار در رأس A است. سخت

الف) بار q_2 مثبت است یا منفی؟

ب) اندازهٔ q_2 را طوری تعیین کنید که بزرگی میدان $\vec{E}$ برابر با $۵ \times ۱۰^{۷} \frac{N}{C}$ باشد.



۹۷ خطوط میدان الکتریکی برای دو کرهٔ رسانای باردار کوچک در شکل روبه‌رو نشان داده شده است. نوع بار هر کره را تعیین کرده و اندازهٔ آنها را مقایسه کنید. آسان



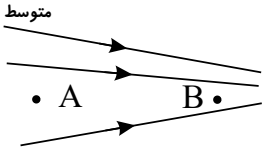
۹۸ هستهٔ آهن شعاعی در حدود $۴/۰ \times ۱۰^{-۱۵} m$ دارد و تعداد پروتون‌های آن ۲۶ عدد است. آسان

الف) بزرگی نیروی دافعهٔ بین دو پروتون این هسته که به فاصلهٔ $۴/۰ \times ۱۰^{-۱۵} m$ از هم قرار دارند چقدر است؟

ب) اندازهٔ میدان الکتریکی ناشی از هسته در فاصلهٔ $۱/۰ \times ۱۰^{-۱۰} m$ از مرکز هسته چقدر است؟ (بار الکتریکی پروتون هم‌اندازهٔ بار الکترون است و $q_e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C$)

۹۹ میدان الکتریکی حاصل از دو بار نقطه‌ای $q_1 = +۲\mu C$ و $q_2 = +۳۲\mu C$ در فاصلهٔ ۱۶ سانتی‌متری از بار q_2 صفر می‌باشد. فاصلهٔ دو بار الکتریکی از یکدیگر چند سانتی‌متر است؟ متوسط

۱۰۰ شکل روبه‌رو خطوط میدان الکتریکی را در قسمتی از فضای اطراف یک بار الکتریکی نشان می‌دهد. اگر میدان الکتریکی را در نقاط A و B به‌ترتیب با E_A و E_B نشان دهیم: متوسط

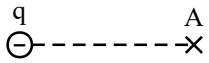


۱- $E_B > E_A$ ۲- $E_B = E_A$ ۳- $E_B < E_A$

۱۰۱ 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. آسان

الف) بردار میدان در نقطهٔ A را رسم کنید.

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

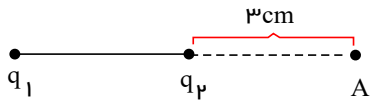


۱۰۲ دو بار الکتریکی ذره‌ای $q_1 = -q_2 = ۳\mu C$ در فاصلهٔ $۷cm$ از یکدیگر ثابت شده‌اند. آسان

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

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

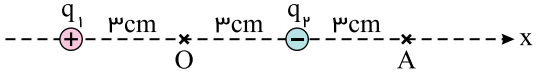
$k = ۹ \times ۱۰^{۹} \frac{Nm^۲}{C^۲}$



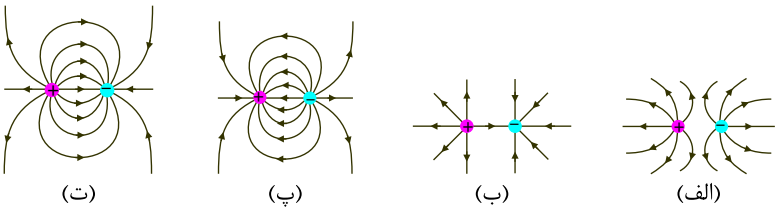
۱۰۳ دو بار الکتریکی نقطه‌ای غیرهمنام $q_1 = +۱/۰ \ nC$ و $q_2 = -۱/۰ \ nC$ مطابق شکل زیر به فاصلهٔ $۶/۰ \ cm$ از یکدیگر قرار دارند. متوسط

الف) جهت و اندازهٔ میدان الکتریکی را در نقطه‌های O و A به دست آورید.

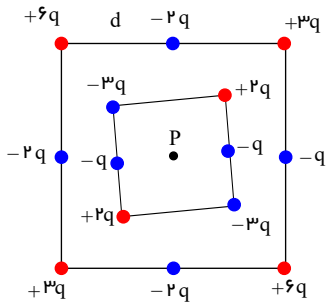
ب) آیا بر روی محور، نقطه‌ای وجود دارد که میدان خالص در آن صفر شود؟



۱۰۴ در شکل‌های زیر، اندازهٔ دو بار، یکسان ولی علامت آنها مخالف هم است. کدام آرایش‌های خطوط میدان نادرست است؟ دلیل آن را توضیح دهید. آسان



۱۰۵ شکل زیر دو آرایهٔ مربعی از ذرات باردار را نشان می‌دهد. مربع‌ها که در نقطهٔ P هم‌مرکزند، هم‌ردیف نیستند. ذره‌ها روی محیط مربع به فاصلهٔ d یا $\frac{d}{۲}$ از هم قرار گرفته‌اند. بزرگی و جهت میدان الکتریکی برایند در نقطهٔ P چیست؟ متوسط

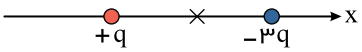


۱۰۶ در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $۵٫۰ \times ۱۰^{۵} \frac{N}{C}$ که جهت آن قائم و رو به پایین است، ذرهٔ بارداری به جرم $۲٫۰\ g$ معلق و به‌حال سکون قرار دارد. اگر $g = ۱۰ \frac{N}{kg}$ باشد، اندازه و نوع بار الکتریکی ذره را مشخص کنید. متوسط

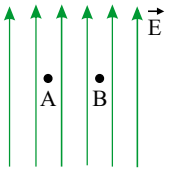
۱۰۷ شکل زیر، دو ذرهٔ باردار را نشان می‌دهد که در جای خود روی محور x ثابت شده‌اند. بارها در فاصلهٔ یکسان a از مبدأ مختصات (نقطهٔ O) قرار دارند. متوسط

(الف) در کجای این محور (غیر از بی‌نهایت) نقطه‌ای وجود دارد که در آنجا میدان الکتریکی برایند برابر با صفر است؟

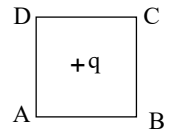
(ب) بزرگی و جهت میدان الکتریکی برایند در مبدأ مختصات را بیابید.



۱۰۸ یک ذرهٔ باردار را یک بار در نقطهٔ A و بار دیگر در نقطهٔ B قرار می‌دهیم. نیرویی که از طرف میدان الکتریکی بر این ذرّهٔ باردار در این دو نقطه وارد می‌شود را مقایسه کنید. آسان



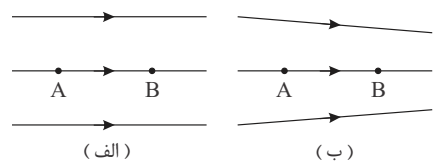
۱۰۹ مطابق شکل، بار $q_۱ = +q$ در مرکز یک مربع ثابت شده است. بار $q_۲$ را در یکی از رأس‌های مربع قرار می‌دهیم طوری که میدان الکتریکی در رأس A صفر شود. نوع و مکان بار الکتریکی $q_۲$ را در این حالت تعیین کنید. متوسط



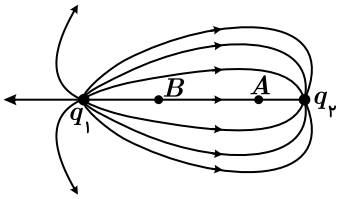
۱۱۰ بر بار الکتریکی $+۲\mu C$ در یک نقطه از میدان الکتریکی، نیرویی برابر $۵ \times ۱۰^{-۲} N$ وارد می‌شود. اندازهٔ میدان الکتریکی را در این نقطه محاسبه کنید. آسان

۱۱۱ شکل روبه‌رو دو آرایش خطوط میدان الکتریکی را نشان می‌دهد. در هر آرایش، یک پروتون از حالت سکون در نقطهٔ A رها می‌شود و سپس توسط میدان الکتریکی تا نقطهٔ B شتاب می‌گیرد. فاصلهٔ نقاط A و B در هر دو آرایش یکسان است. آسان

در کدام شکل سرعت پروتون در نقطهٔ B بیشتر است؟ توضیح دهید.



۱۱۲ در شکل زیر میدان الکتریکی را اطراف دو ذرهٔ باردار q_1 و q_2 مشاهده می‌کنید. آسان



با توجه به شکل به سؤال‌های زیر با بلی و خیر پاسخ دهید:

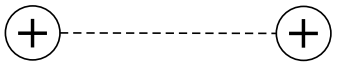
الف) نوع بار الکتریکی q_1 منفی است؟ (بلی – خیر)

ب) اندازهٔ بار الکتریکی q_1 بیشتر از q_2 است؟ (بلی – خیر)

پ) پتانسیل الکتریکی نقطهٔ A کمتر از نقطهٔ B است؟ (بلی – خیر)

ت) اندازهٔ میدان الکتریکی در دو نقطهٔ A و B برابر است؟ (بلی – خیر)

۱۱۳ دو بار نقطه‌ای $q_1 = 1\mu C$ و $q_2 = 4\mu C$ بر روی خط راستی به فاصلهٔ ۹ سانتی‌متری از یکدیگر قرار دارند. متوسط



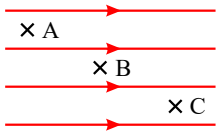
$q_1 = +1\ \mu C$ $\quad$ $q_2 = +4\ \mu C$

الف) در چه فاصله‌ای از بار q_1 برایند میدان الکتریکی حاصل از دو بار صفر می‌شود؟

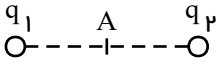
ب) خط‌های میدان الکتریکی این بارها را به‌طور کیفی رسم کنید. $\quad k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$

۱۱۴ اندازهٔ میدان الکتریکی ذره‌ای با بار $4\mu C$ در نقطهٔ A، به فاصلهٔ ۲۰ سانتی‌متری از این بار، چند N/C است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$) آسان

۱۱۵ 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 واردشده بر آن در هریک از این نقاط چه می‌توان گفت؟ آسان



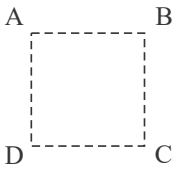
۱۱۶ میدان الکتریکی خالص ناشی از دو بار q_1 و q_2 در نقطهٔ A وسط فاصلهٔ دو بار $\vec{E}$ و به‌سمت راست شده است. سخت



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

۱۱۷ 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؟ سخت

۱۱۸ در رأس‌های A و B و C از یک مربع به طول ضلع $2m$ مطابق شکل بارهای $q_A = -3 \times 10^{-8} C$ و $q_B = q_C = 3 \times 10^{-8} C$ قرار گرفته‌اند. مطلوبست محاسبهٔ شدت میدان الکتریکی در رأس B مربع. متوسط

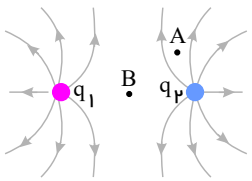


۱۱۹ شکل مقابل خط‌های میدان الکتریکی در اطراف دو ذره با بارهای q_1 و q_2 را نشان می‌دهد. آسان

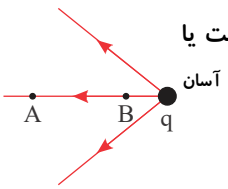
الف) نوع بار الکتریکی q_1 را تعیین کنید.

ب) اندازهٔ این دو بار را با یکدیگر مقایسه کنید.

پ) در کدام‌یک از نقاط A و B میدان الکتریکی قوی‌تر است؟



۱۲۰ شکل مقابل، بخشی از خطوط میدان الکتریکی در اطراف بار الکتریکی منفرد را نشان می‌دهد. الف) بار q مثبت است یا منفی؟ آسان

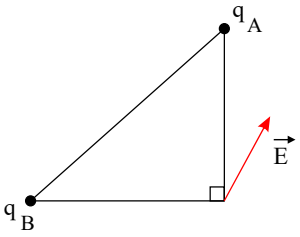


ب) بزرگی میدان الکتریکی را در نقاط A و B با هم مقایسه کنید.

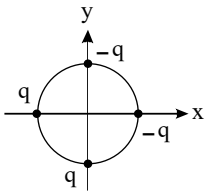
ب) پتانسیل الکتریکی کدام نقطه بیشتر است؟

۱۲۱ جاهای خالی را با عبارت‌های مناسب پر کنید: متوسط

الف مطابق شکل، دو بار الکتریکی q_A و q_B در دو رأس مثلث قائم‌الزاویهٔ متساوی‌الساقینی ثابت شده‌اند. با توجه به بردار میدان الکتریکی رسم‌شده در شکل، دو بار الکتریکی ..... هستند و اندازهٔ بار q_A از q_B ..... است. متوسط



۱۲۲ در شکل زیر، شعاع دایره ۱ متر و $q = ۵ \times ۱۰^{-۶} C$ است. متوسط

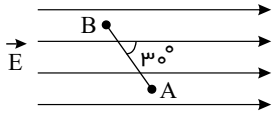


$k = ۹/۰ \times ۱۰^{۹} \frac{Nm^۲}{C^۲}$

الف اندازه و جهت میدان الکتریکی برایند را در مرکز دایره (مبدأ مختصات) با محاسبه و ترسیم تعیین کنید. متوسط

ب بردار میدان الکتریکی را در مرکز دایره برحسب بردارهای یکه بنویسید. متوسط

۱۲۳ مطابق شکل زیر، بار $q = -۲/۰ \mu C$ را با تندی ثابت در میدان الکتریکی یکنواخت $E = ۸/۰ \times ۱۰^{۵} \frac{N}{C}$ از نقطهٔ A تا B جابه‌جا می‌کنیم. اگر $AB = ۴/۰ m$ و $\alpha = ۳۰^\circ$ باشد، مطلوب است محاسبهٔ: متوسط



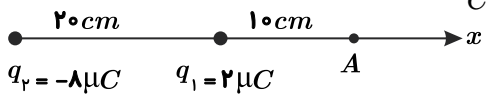
الف نیروی الکتریکی وارد بر بار q. متوسط

ب کاری که برای این جابه‌جایی باید انجام دهیم. متوسط

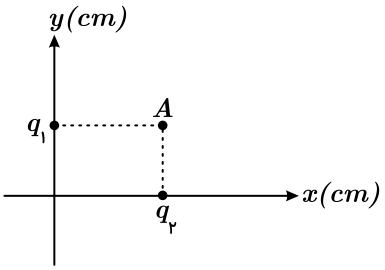
پ تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q، در اینجا که با تندی ثابت حرکت می‌کند به‌صورت زیر است. متوسط

۱۲۴ آزمایشی طراحی کنید که با استفاده از آن بتوان طرح خطوط میدان الکتریکی اطراف دو بار نقطه‌ای هم‌اندازه و ناهمنام را مشاهده نمود. متوسط

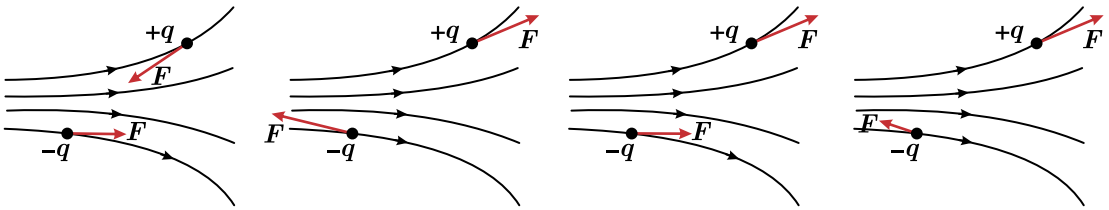
۱۲۵ در شکل زیر اندازه و جهت میدان الکتریکی برایند را در نقطهٔ A به دست آورید. $(k = ۹ \times ۱۰^{۹} \frac{N \cdot m^۲}{C^۲})$ متوسط



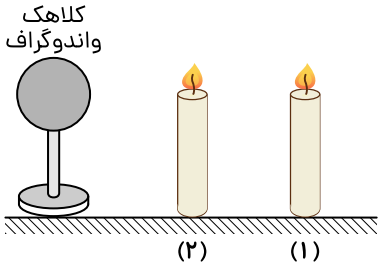
۱۲۶ دو بار الکتریکی $q_۱ = q_۲ = ۵\mu C$ یکی در مکان $x = ۳cm$ و دیگری در مکان $y = ۳cm$ روی محورهای مختصات در یک دستگاه xoy قرار دارند. میدان الکتریکی خالص را در نقطهٔ A به مختصات $(۳cm$ و $۳cm)$ برحسب بردارهای یکه بنویسید. $(k = ۹ \times ۱۰^{۹} \frac{Nm^۲}{C^۲})$ متوسط



۱۲۷ کدام شکل نیروی الکتریکی وارد بر دو ذرهٔ باردار هم‌اندازه و ناهمنام را در میدان الکتریکی به درستی نشان می‌دهد؟ چرا؟ متوسط



۱۲۸ با توجه به شکل داده‌شده، معین کنید: متوسط

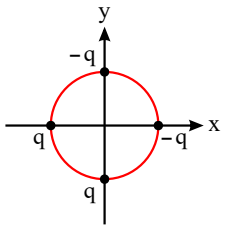


الف) اگر به کلاهک وان‌دوگراف بار الکتریکی منفی بزرگی داده شود، شعلهٔ کدام شمع انحراف بیشتری پیدا می‌کند؟

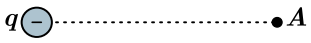
ب) علت انحراف شعلهٔ شمع‌ها چیست؟

۱۲۹ روی سطح بادکنکی به جرم $۱۰/۰g$ بار الکتریکی $-۲۰۰nC$ ایجاد می‌کنیم و آن را در یک میدان الکتریکی قرار می‌دهیم. بزرگی و جهت این میدان الکتریکی را در صورتی که بادکنک معلق بماند، تعیین کنید. اندازهٔ نیروی شناوری روبه‌بالای وارد بر بادکنک را $۰/۰۵N$ فرض کنید. متوسط

۱۳۰ در شکل مقابل شعاع دایره $۱m$ و $q = ۵\mu C$ است بزرگی و جهت میدان الکتریکی برایند را در مرکز دایره (مرکز مختصات) با محاسبه و ترسیم تعیین کنید و بردار میدان خالص را با بردارهای یکه نشان دهید. $k = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{Nm^۲}{C^۲}$ سخت



۱۳۱ در شکل زیر بزرگی میدان الکتریکی ناشی از ذرهٔ باردار $q = -۱\mu C$ در نقطهٔ A، $۲ \times ۱۰^۵ N/C$ است.



متوسط

الف بردار میدان الکتریکی را در نقطهٔ A رسم کنید. متوسط

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

۱۳۲ در جمله‌های زیر، جاهای خالی را با کلمه یا عبارت مناسب کامل کنید. آسان

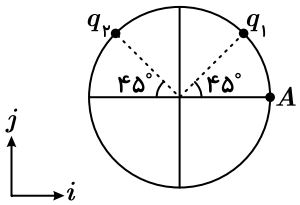
الف نیروی وارد بر بار الکتریکی مثبت آزمون واقع در میدان الکتریکی، با آن میدان ..... است. آسان

ب میدان الکتریکی کمیتی ..... است که یکان آن در SI، ..... است. آسان

پ اگر عمود بر خطوط میدان الکتریکی، بار الکتریکی را جابه‌جا کنیم، انرژی پتانسیل الکتریکی بار ..... . آسان

ت اساس کار میکروفون خازنی و کلیدهای برخی از صفحه‌کلیدهای کامپیوتر، تغییر ..... است. آسان

۱۳۳ دو بار الکتریکی $q_۱ = ۲\mu C$ و $q_۲ = -۲\mu C$ مطابق شکل مقابل، روی محیط دایره‌ای به شعاع $۳cm$ قرار دارند. متوسط



الف اندازه میدان الکتریکی خالص را در مرکز دایره به دست آورید و بردار میدان را بر حسب بردارهای یکه بنویسید. متوسط

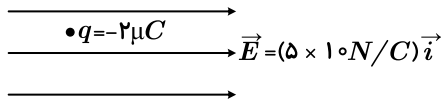
$(k = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{Nm^۲}{c^۲})$

ب چه نوع باری (مثبت یا منفی) در نقطه A قرار دهیم تا میدان الکتریکی خالص در مرکز دایره صفر شود؟ متوسط

۱۳۴ در یک آزمایش میلیکان، قطرهٔ روغن در فضای بین دو صفحه معلق است. اگر جرم این قطرهٔ روغن $۱/۶۴ \times ۱۰^{-۱۴} kg$ و میدان الکتریکی دارای بزرگی $۲ \times ۱۰^۵ N/C$ و رو به پایین باشد، تعداد الکترون‌هایی که قطره جذب کرده یا از دست داده است، چقدر است؟ $(g = ۹/۸۱ N/kg)$

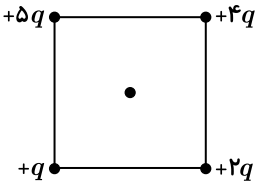
متوسط

۱۳۵ ذرهٔ بارداری مطابق شکل در یک میدان الکتریکی یکنواخت قرار دارد. نیروی وارد بر این ذره را برحسب بردارهای یکه تعیین کنید و آن را رسم کنید.



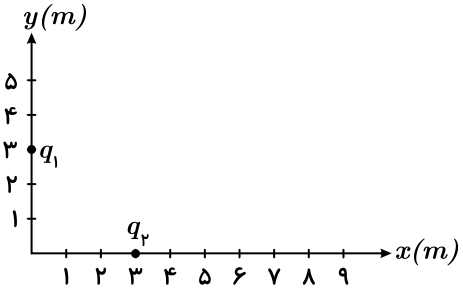
آسان

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



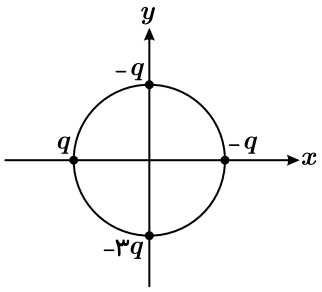
سخت

۱۳۷ شکل روبه‌رو دو بار نقطه‌ای q_1 و q_2 را در صفحهٔ xy نشان می‌دهد. میدان الکتریکی خالص در نقطه‌ای با مختصات $\begin{bmatrix}۳\\۳\end{bmatrix}$ را تعیین کنید. $(k = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{N \cdot m^۲}{C^۲}, q_1 = -q_2 = ۴\mu C)$



سخت

۱۳۸ اگر در شکل مقابل، شعاع دایره $۱m$ و $q = ۵nC$ باشد، بزرگی میدان الکتریکی برایند را در مرکز دایره به دست آورید. $(k = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{N \cdot m^۲}{C^۲})$



متوسط

۱۳۹ با ۲ شمع، مولد وان‌دوگراف و یک خط‌کش، یک آزمایش طراحی کنید که نشان دهد با افزایش فاصله، میدان الکتریکی کاهش می‌یابد.

متوسط

۱۴۰ برای تعیین میدان الکتریکی در نقطه‌ای از فضا، بار آزمون $+۲۰nC$ را در آن نقطه قرار می‌دهیم. نیروی الکتریکی $۵ \times ۱۰^{-۳} N$ در راستای جنوب – شمال و به طرف شمال بر این بار وارد می‌شود. بزرگی و جهت میدان الکتریکی در این نقطه را مشخص کنید.

آسان

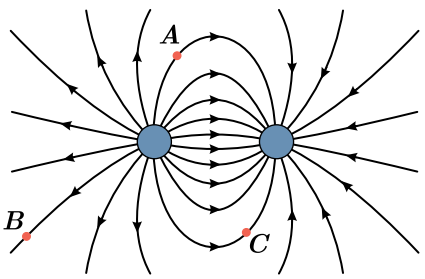
۱۴۱ رسوب‌دهندهٔ الکتروستاتیکی (ESP) دود و غبار را از گازهای زائدی که از دودکش کارخانه‌ها و نیروگاه‌ها بالا می‌آید جدا می‌سازد. رسوب‌دهنده‌ها انواع مختلفی دارند. در مورد اساس کار این رسوب‌دهنده‌ها تحقیق کنید. شکل‌های روبه‌رو تأثیر رسوب‌دهنده را در کاهش آلودگی هوای ناشی از یک دودکش نشان می‌دهد.

سخت

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

سخت

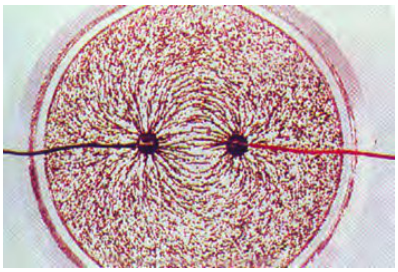
۱۴۳ بار $-q$ را در نقطه‌های A، B و C از میدان الکتریکی غیریکنواخت شکل روبه‌رو قرار دهید و جهت نیروی الکتریکی وارد بر این بار منفی را تعیین کنید.



آسان

۱۴۴ به نظر شما چرا خطوط میدان الکتریکی برایند هرگز یکدیگر را قطع نمی‌کنند؟

متوسط

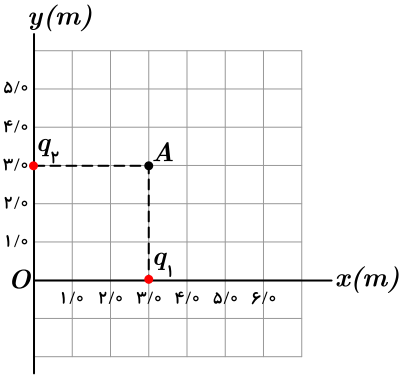


۱۴۵ درون یک ظرف شیشه‌ای یا پلاستیکی با عمق کم، مقداری پارافین مایع یا روغن کرچک به عمق حدود $0/5cm$ بریزید و داخل آن دو الکترود نقطه‌ای قرار دهید. الکترودها را با سیم به پایانه‌های مثبت و منفی یک مولد ولتاژ بالا، مانند مولد وان‌دوگراف وصل کنید. روی سطح پارافین، مقدار کمی بذر چمن یا خاکشیر بپاشید. مولد را روشن کنید. اکنون به سمت‌گیری دانه‌ها در فضای بین دو الکترود توجه کنید. شکل سمت‌گیری دانه‌ها در این فضا را رسم کنید.

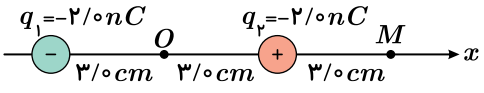
آسان

۱۴۶ میدان الکتریکی خالص حاصل از آرایش بار شکل مقابل را در نقطهٔ A تعیین کنید.

سخت



۱۴۷ شکل زیر، آرایشی از دو بار الکتریکی هم‌اندازه و غیرهمنام (دوقطبی الکتریکی) را نشان می‌دهد که در آن فاصلهٔ دو بار از هم $6/0cm$ است. میدان الکتریکی خالص را در نقطه‌های O و M به دست آورید.



متوسط

۱۴۸ طبق مدل بور برای اتم هیدروژن، در حالت پایه فاصلهٔ الکترون از پروتون هسته برابر با $5/3 \times 10^{-11} m$ است.

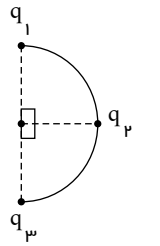
الف) اندازهٔ میدان الکتریکی ناشی از پروتون هسته را در این فاصله تعیین کنید.

ب) در چه فاصله‌ای از پروتون هسته، بزرگی میدان الکتریکی برابر با بزرگی میدان الکتریکی حاصل از مولد وان‌دوگراف در فاصلهٔ $1/0m$ از مرکز کلاهک آن $(9 \times 10^3 \frac{N}{C})$ است؟

متوسط

۱۴۹ سه بار الکتریکی مثبت روی محیط نیم‌دایره‌ای به شعاع ۳۰ سانتی‌متر قرار دارند. بردار میدان الکتریکی را در مرکز نیم‌دایره برحسب بردارهای یکه نوشته و اندازهٔ آن را تعیین کنید. $(q_1 = q_2 = q_3 = q = (2 \times 10^{-9} C)$

متوسط



$k = 9/0 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$

انرژی پتانسیل الکتریکی

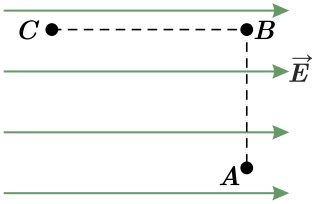
۱۵۰ مطابق شکل زیر، بار $q = +50nC$ را در میدان الکتریکی یکنواخت $8/0 \times 10^5 \frac{N}{C}$ نخست از نقطهٔ A تا نقطهٔ B و سپس تا نقطهٔ C جابه‌جا می‌کنیم. اگر $AB = 0/20m$ و $BC = 0/40m$ باشد، مطلوب است:

الف) نیروی الکتریکی وارد بر بار q،

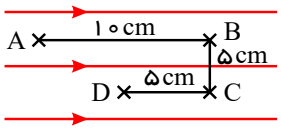
ب) کاری که نیروی الکتریکی در این جابه‌جایی انجام می‌دهد،

ج) تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q در این جابه‌جایی.

متوسط



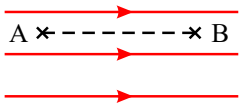
۱۵۱ بار الکتریکی $q = ۱\mu C$ در میدان الکتریکی یکنواخت $E = ۱۰^{۷}\frac{N}{C}$ ابتدا از A به B، سپس از B به C و در نهایت از C به D برده می‌شود. سخت



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

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

۱۵۲ 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؟ $(AB = ۱m)$ متوسط



۱۵۳ کلمه‌های مناسب را انتخاب کنید.

هرگاه ذرهٔ باردار مثبت در جهت میدان الکتریکی حرکت کند، نیروی الکتریکی وارد بر آن (هم‌جهت – خلاف جهت) میدان است و انرژی پتانسیل الکتریکی ذره (افزایش - کاهش) می‌یابد. آسان

۱۵۴ هریک 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. آسان

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

۱۵۵ جاهای خالی را با عبارت‌های مناسب پر کنید: آسان

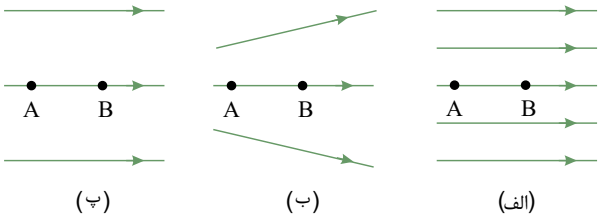
الف انرژی پتانسیل بار الکتریکی q با حرکت در جهت میدان افزایش می‌یابد. در این صورت نوع بار الکتریکی ..... است. آسان

ب میدان الکتریکی خالص در ..... جسم رسانای باردار که در تعادل الکترواستاتیکی قرار دارد، صفر است. آسان

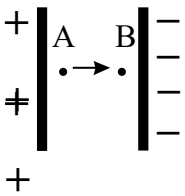
۱۵۶ الف) وقتی دو بار الکتریکی هم‌نام را به هم نزدیک می‌کنیم انرژی پتانسیل الکتریکی چگونه تغییر می‌کند؟

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

۱۵۷ شکل زیر سه آرایش خطوط میدان الکتریکی را نشان می‌دهد. در هر آرایش، یک پروتون از حالت سکون در نقطهٔ A رها می‌شود و سپس توسط میدان الکتریکی تا نقطهٔ B شتاب می‌گیرد. نقطه‌های A و B در هر سه آرایش در فاصله‌های یکسانی از هم قرار دارند. در کدام شکل سرعت پروتون در نقطهٔ B بیشتر است؟ توضیح دهید. متوسط



۱۵۸ ذره‌ای با بار الکتریکی مثبت را مطابق شکل، در یک میدان الکتریکی یکنواخت رها می‌کنیم. اگر ذره در مسیر نشان‌داده‌شده به حرکت درآید، انرژی پتانسیل الکتریکی ذره: آسان



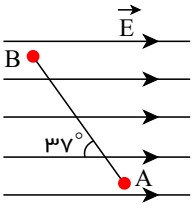
۱- افزایش می‌یابد. ۲- کاهش می‌یابد. ۳- ثابت می‌ماند.

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

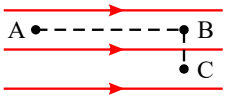
الف اگر بار الکتریکی منفی، در جهت میدان الکتریکی یکنواخت جابه‌جا شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن ..... می‌یابد. آسان

۱۶۰ بار $+۲۰\mu C$ در یک میدان یکنواخت از نقطهٔ A به B انتقال می‌یابد. کار میدان روی بار چند μJ است؟ آسان

$(E = ۱۰^{۲} N/C\ ,\ AB = ۲۰cm\ ,\ \cos ۳۷ = ۰/۸)$



۱۶۱ شکل مقابل میدان الکتریکی یکنواختی را نشان می‌دهد. متوسط



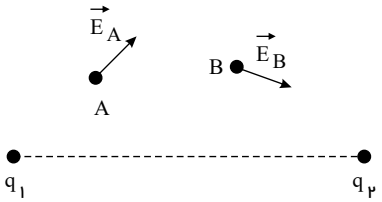
الف) اگر بار $+q$ را از نقطهٔ A به B جابه‌جا کنیم انرژی پتانسیل آن چگونه تغییر می‌کند؟

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

۱۶۲ در جملهٔ زیر گزینهٔ درست را از داخل پرانتز انتخاب کرده و در پاسخ‌برگ بنویسید. آسان

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

۱۶۳ بردار میدان الکتریکی برایند حاصل از بارهای $q_۱$ و $q_۲$ در نقاط A و B مطابق شکل زیر است. اگر بار $q < ۰$ روی خط واصل دو بار از نقطه‌ای نزدیک بار $q_۱$ تا نقطه‌ای نزدیک بار $q_۲$ جابه‌جا شود، انرژی پتانسیل الکتریکی بار q چگونه تغییر می‌کند؟ متوسط



۱۶۴ در یک میدان الکتریکی یکنواخت، ذره‌ای به جرم $۰/۰۱g$، با بار الکتریکی منفی با تندی اولیهٔ $v_۰$ از نقطهٔ A در جهت خط‌های میدان پرتاب می‌شود و تا رسیدن به نقطهٔ B تندی آن به اندازهٔ $۶\frac{m}{s}$ تغییر می‌کند. اگر در این جابه‌جایی نیروی مؤثر بر ذره فقط حاصل از میدان الکتریکی و اندازهٔ کار نیروی الکتریکی $۳۰۰\mu J$ باشد، تندی اولیهٔ ذره $(v_۰)$ چند متر بر ثانیه است؟ سخت

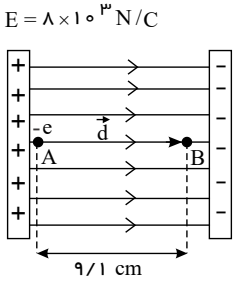
۱۶۵ در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $E = ۱۰^{۵}\frac{N}{C}$، بار الکتریکی $q = -۵\mu C$ با چرم ناچیز، در راستای خطوط میدان از نقطهٔ A به نقطهٔ B جابه‌جا شده و کار نیروی میدان الکتریکی وارد بر ذره $+۱۰mJ$ است. در این جابه‌جایی: متوسط

الف) انرژی پتانسیل الکتریکی ذره چند میلی‌ژول تغییر کرده است؟

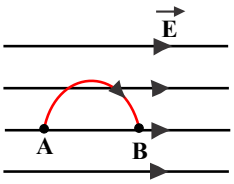
ب) بار q در جهت میدان الکتریکی حرکت کرده یا در خلاف آن؟

۱۶۶ در میدان الکتریکی یکنواخت نشان‌داده‌شده در شکل زیر، الکترونی از نقطهٔ A با تندی اولیهٔ $v_۰$ در راستای افقی به سمت راست پرتاب می‌شود و در نهایت در نقطهٔ B متوقف می‌شود. $v_۰$ چند متر بر ثانیه است؟ متوسط

$(e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C$ ،$m_e = ۹/۱ \times ۱۰^{-۳۱} kg$ و از نیروی وزن وارد بر الکترون صرف‌نظر شود.)



۱۶۷ مطابق شکل زیر، بار الکتریکی نقطه‌ای $q = ۲\mu C$ را در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $۱۰۰۰\ \frac{N}{C}$ برروی نیم‌دایره‌ای به محیط ۶π متر با سرعت ثابت از نقطه‌ی A تا نقطه‌ی B جابه‌جا می‌کنیم، تغییر انرژی پتانسیل بار الکتریکی چند ژول و چگونه است؟ متوسط

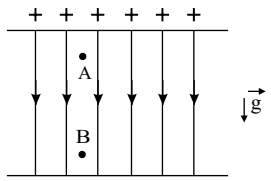


۱۶۸ اگر جرم و بار الکتریکی پروتون به ترتیب $۱٫۶ \times ۱۰^{-۲۷} kg$ و $۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} C$ باشد. اگر اتم آلفا $(^{۴}_{۲}\alpha^{۲+})$ در راستای یک میدان یکنواخت به بزرگی $۲۰۰ \frac{N}{C}$ از حال سکون رها شود، انرژی جنبشی آن پس از $۴cm$ جابه‌جایی چند ژول خواهد بود؟ (تنها نیروی مؤثر وارد بر ذره ناشی از میدان الکتریکی است.) متوسط

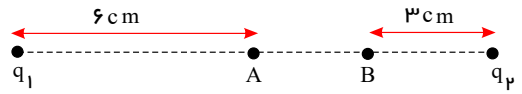
۱۶۹ بار نقطه‌ای $(+q)$ را در مرکز دایره‌ای به شعاع R قرار داده‌ایم. اگر بار خیلی کوچک $(-q)$ را روی محیط دایره حرکت دهیم، انرژی پتانسیل الکتریکی سامانه و نیروی الکتریکی وارد بر بار $(-q)$ چگونه تغییر می‌کند؟ سخت

۱۷۰ ذره‌ای به جرم $۴g$ و بار الکتریکی $-۲\mu C$ روی خط راستی که با میدان الکتریکی به بزرگی $۵ \times ۱۰^{۵} \frac{N}{C}$ زاویهٔ ۳۷° می‌سازد، خلاف جهت میدان $۱٫۲$متر حرکت می‌کند. اگر سرعت ذره در شروع جابه‌جایی $۲ \frac{m}{s}$ باشد، سرعت آن در پایان جابه‌جایی چند $\frac{m}{s}$ خواهد شد؟ (از اصطکاک چشم‌پوشی کنید و $\cos ۳۷^\circ = ۰٫۸$) سخت

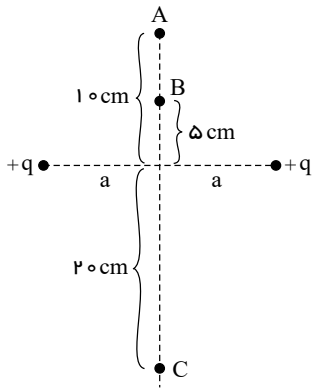
۱۷۱ مطابق شکل زیر، ذره‌ای با بار $q = -۳۲\mu C$ و جرم $۱٫۶g$ ، در نقطهٔ A با تندی $۱ \frac{m}{s}$ در جهت خطوط میدان الکتریکی یکنواختی به بزرگی $۳۰۰۰ \frac{N}{C}$، پرتاب شده و در نقطهٔ B متوقف می‌شود. فاصلهٔ میان نقطهٔ A و B چند میلی‌متر است؟ (از مقاومت هوا چشم‌پوشی کنید و $g = ۱۰ \frac{N}{kg}$) سخت



۱۷۲ دو بار الکتریکی نقطه‌ای $q_۱ = ۸\mu C$ و $q_۲ = ۲\mu C$ در دو نقطه و به فاصلهٔ $۱۲cm$ از یکدیگر ثابت شده‌اند. یک بار نقطه‌ای منفی را بین دو بار مطابق شکل زیر از نقطهٔ A تا نقطهٔ B با سرعت ثابت جابه‌جا می‌کنیم. انرژی پتانسیل الکتریکی بار در این جابه‌جایی چگونه تغییر می‌کند؟ سخت



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



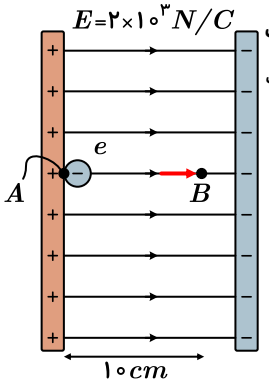
۱۷۴ یک جسم باردار به جرم $۱۰۰g$ در یک میدان الکتریکی به بزرگی $۵۰۰N/C$ از حالت سکون رها می‌شود. اگر اندازهٔ بار این جسم $|q| = ۲mC$ باشد و آزادانه $۲۰cm$ در خلاف جهت میدان جابه‌جا شود: سخت

الف نوع بار را تعیین کنید. سخت

ب تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی چند ژول است؟ سخت

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

۱۷۵ در میدان الکتریکی یکنواخت نشان‌داده‌شده در شکل، الکترونی با سرعت v_A پرتاب و در نقطهٔ B متوقف می‌شود. (بار الکترون $-۱۰^{-۱۹} \times ۱٫۶ C$ و جرم آن $۱۰^{-۳۱} \times ۹٫۱ kg$ است.)



سخت

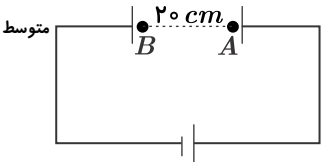
الف تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی الکترون در این جابه‌جایی چه مقدار است؟

سخت

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

سخت

۱۷۶ با توجه به شکل:



متوسط

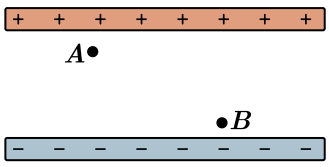
الف در میدان الکتریکی یکنواخت $E = ۶ \times ۱۰^{۳} \frac{N}{C}$ ذرهٔ بارداری به جرم ۲۰×۱۰^{-۱۵} و بار $q = ۳nC$ را مطابق شکل زیر از نقطهٔ A بدون تندی اولیه رها می‌کنیم. تندی ذره به هنگام رسیدن به نقطهٔ B به فاصلهٔ ۲۰ سانتی‌متر از نقطهٔ A، چند متر بر ثانیه است؟ (از وزن ذره و مقاومت هوا چشم‌پوشی شود)

سخت

ب در حالی که صفحات رسانا به باتری متصل‌اند آنها را کمی از هم دور می‌کنیم، اختلاف پتانسیل بین نقاط A و B چگونه تغییر می‌کند؟ (کاهش - افزایش - ثابت)

متوسط

۱۷۷ در شکل زیر، اگر نیروی وارد بر بار نقطه‌ای $(-q)$ و انرژی پتانسیل این بار را در نقطهٔ A به ترتیب با F_A و U_A و همین کمیت‌ها را در نقطهٔ B با F_B و U_B نشان دهیم، کدام رابطه درست است؟ (از نیروی وزن صرف‌نظر کنید.)



متوسط

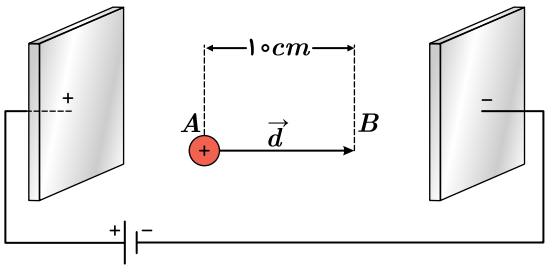
۱) $U_A > U_B, F_A = F_B$

۲) $U_A \leq U_B, F_A > F_B$

۳) $U_A \geq U_B, F_A < F_B$

۴) $U_A < U_B, F_A = F_B$

۱۷۸ در یک میدان الکتریکی یکنواخت $E = ۲٫۰ \times ۱۰^{۳} \frac{N}{C}$ پروتونی را در نقطهٔ A از حال سکون رها می‌کنیم. پروتون با چه تندی‌ای به نقطهٔ B می‌رسد؟ بار پروتون $۱۰^{-۱۹} \times ۱٫۶ C$ و جرم آن $۱۰^{-۲۷} \times ۱٫۶۷ kg$ است.

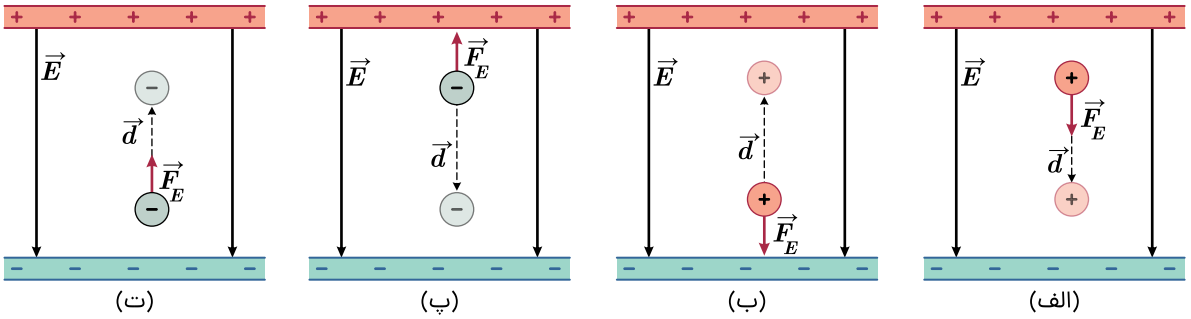


متوسط

۱۷۹ در هریک از شکل‌های زیر، با توجه به علامت بار ذرهٔ جابه‌جا شده، و جهت میدان الکتریکی $(\vec{E})$، جهت نیروی الکتریکی $(\vec{F}_E)$ و جهت جابه‌جایی ذرّه $(\vec{d})$، تعیین کنید که: متوسط

الف) کار نیروی الکتریکی $(\vec{W}_E)$ مثبت است یا منفی.

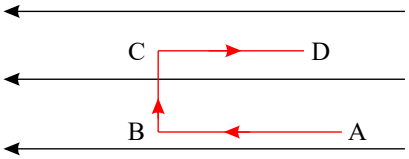
ب) انرژی پتانسیل الکتریکی $(\vec{U}_E)$ کاهش یافته است یا افزایش.



پتانسیل الکتریکی - رابطه اختلاف پتانسیل دو نقطه و اندازه میدان الکتریکی یکنواخت

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

۱۸۱ مطابق شکل، بار الکتریکی $-q$ را با سرعت ثابت در یک میدان الکتریکی یکنواخت از A تا D در مسیرهای نشان‌داده‌شده جابه‌جا می‌کنیم. آسان



الف) در کدام نقطه، پتانسیل الکتریکی بیشتر از سایر نقاط است؟

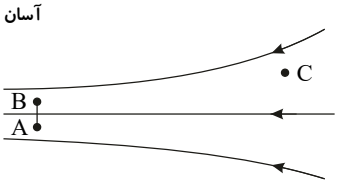
ب) در کدام مسیر، انرژی پتانسیل الکتریکی بار افزایش می‌یابد؟

ج) در کدام مسیر، کاری که میدان در جابه‌جایی بار انجام می‌دهد، صفر است؟

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

۱۸۳ دو صفحهٔ رسانا با فاصلهٔ $۲/۰۰cm$ را موازی یکدیگر قرار می‌دهیم و آنها را به اختلاف پتانسیل $۱۰۰V$ وصل می‌کنیم در نتیجه یکی از صفحه‌ها به‌طور منفی و دیگری به‌طور مثبت باردار می‌شوند و میان دو صفحه میدان الکتریکی یکنواختی به وجود می‌آید. اندازهٔ این میدان الکتریکی را حساب کنید و با توجه به جهت خطوط میدان الکتریکی در فضای بین دو صفحه توضیح دهید که کدام‌یک از دو صفحه پتانسیل الکتریکی بیشتری دارند. آسان

۱۸۴ شکل روبه‌رو نقطه‌های A، B و C را در یک میدان الکتریکی نشان می‌دهد. با توجه به آن درست یا نادرست بودن عبارت‌های زیر را مشخص کنید: آسان



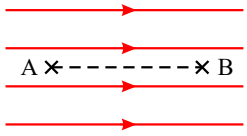
الف) اندازهٔ میدان الکتریکی در نقطهٔ C کمتر از نقطهٔ A است.

ب) کار انجام‌شده روی ذرهٔ باردار q در جابجایی از A تا B صفر است.

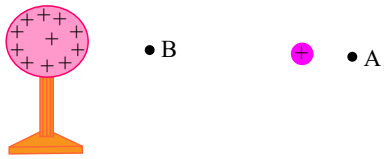
پ) پتانسیل نقطهٔ A بیشتر از پتانسیل نقطهٔ B است.

۱۸۵ فرض کنید بار $q = ۱۰\mu C$ با سرعت ثابت توسط یک نیروی خارجی در میدان الکتریکی $E = ۱۰^{۵} \frac{N}{C}$ در جهت میدان به‌اندازهٔ $۱۰cm$ جابه‌جا شده است. کار نیروی خارجی در این جابه‌جایی چقدر است؟ متوسط

۱۸۶ یک بار الکتریکی $q = +۲C$ از نقطهٔ A با پتانسیل $۱۰۰V$ به نقطهٔ B درون میدان الکتریکی یکنواخت منتقل می‌شود و در نتیجه انرژی پتانسیل آن $۲۰۰J$ کاهش می‌یابد پتانسیل نقطهٔ B چقدر است؟ متوسط



۱۸۷ در شکل زیر ذرهٔ باردار مثبت و کوچکی را از حالت سکون، از نقطهٔ A به‌سمت کرهٔ باردار که روی پایهٔ عایقی قرار دارد، نزدیک می‌کنیم و در نقطهٔ B قرار می‌دهیم. آسان



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.

۱۸۸ بار الکتریکی $q = ۳\mu C$ از نقطه‌ای با پتانسیل الکتریکی $V_۱ = -۴۰\ V$ تا نقطه‌ای با پتانسیل $V_۲ = -۱۰\ V$ جابه‌جا شده است. تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q چند ژول است؟ آسان

۱۸۹ 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. سخت

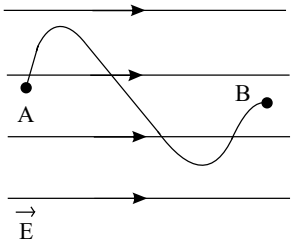
۱۹۰ اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه را به کمک مفهوم انرژی پتانسیل تعریف کنید. آسان

۱۹۱ بار الکتریکی $q = -۴۰nC$ 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؟ متوسط

ب) با توجه به قانون پایستگی انرژی، در مورد چگونگی تبدیل انرژی بار q در این جابه‌جایی توضیح دهید.

۱۹۲ در میدان الکتریکی یکنواخت نشان‌داده‌شده در شکل، ذره‌ای با بار الکتریکی $q_۱ = +۲\mu C$ از نقطهٔ A تا نقطهٔ B جابه‌جا می‌شود. متوسط



الف) انرژی پتانسیل الکتریکی این ذره در این جابه‌جایی افزایش می‌یابد یا کاهش؟

ب) اگر بخواهیم این ذره را از نقطهٔ B به A برگردانیم، کاری که باید انجام دهیم مثبت است یا منفی؟

پ) اگر به‌جای بار الکتریکی $q_۱$ ذره‌ای با بار الکتریکی $q_۲ = -۴\mu C$ مسیر A تا B را طی کند، با نوشتن رابطه‌ای مناسب بیان کنید اختلاف پتانسیل الکتریکی بین این دو نقطه نسبت به‌حالت اولیه چه تغییری می‌کند؟

۱۹۳ بار $-۱۰C$ از پایانهٔ مثبت یک باتری ۱۲ ولتی به پایانهٔ منفی آن منتقل شده است. انرژی پتانسیل الکتریکی بار چقدر تغییر کرده است؟ متوسط

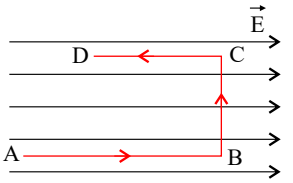
۱۹۴ بار الکتریکی $q = ۱۰\mu C$ در میدان الکتریکی یکنواخت $۱۰^۴ \frac{N}{C}$ در جهت خطوط میدان الکتریکی از نقطهٔ A با پتانسیل $۱۰V$ به نقطهٔ B با پتانسیل $-۵۰V$ جابه‌جا شده است. مقدار این جابه‌جایی چقدر است؟ سخت

۱۹۵ اختلاف پتانسیل بین دو صفحهٔ رسانای موازی ۳۰۰ ولت و فاصلهٔ آنها $۲cm$ است. تعیین کنید. متوسط

الف) شدت میدان الکتریکی یکنواخت بین دو صفحه چقدر است؟

ب) هرگاه بار الکتریکی $۲\mu C$ در این میدان قرار گیرد چه نیرویی بر آن وارد می‌شود؟

۱۹۶ الکترونی را با سرعت ثابت در یک میدان الکتریکی یکنواخت مطابق شکل در مسیرهای $A \to B$ و $B \to C$ و $C \to D$ جابه‌جا می‌کنیم. به سؤالات زیر پاسخ کوتاه دهید. آسان



الف) پتانسیل الکتریکی نقطهٔ A بیشتر است یا نقطهٔ D؟

ب) در کدام مسیر، انرژی پتانسیل الکتریکی الکترون، افزایش می‌یابد؟

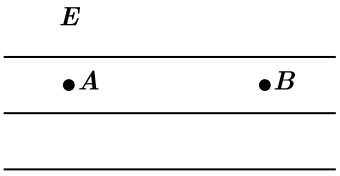
پ) در کدام مسیر، کاری که باید برای جابه‌جایی الکترون انجام دهیم، صفر است؟

۱۹۷ 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. متوسط

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

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

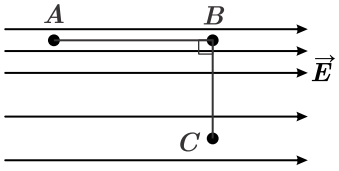
۱۹۸ در شکل داده‌شده، پتانسیل الکتریکی نقاط A و B در میدان الکتریکی یکنواخت برابر $V_A = ۳۰V$ و $V_B = -۲۰V$ است. بار الکتریکی $q = -۲۰\mu C$ با تندی ثابت از نقطهٔ A به نقطه B منتقل می‌شود. متوسط



الف) جهت خطوط میدان الکتریکی از A به B است یا از B به A؟

ب) انرژی پتانسیل الکتریکی بار چند ژول تغییر می‌کند؟

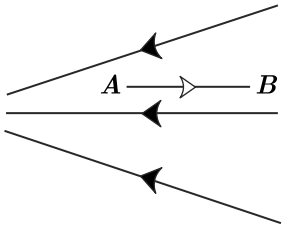
۱۹۹ الکترونی را مطابق شکل زیر از نقطهٔ A به B و سپس به نقطهٔ C منتقل می‌کنیم. به جای حروف الفبا در خانه‌های جدول کلمات (افزایش - کاهش - ثابت) بنویسید. متوسط



مسیر	اندازهٔ میدان الکتریکی	پتانسیل الکتریکی	انرژی پتانسیل الکتریکی
$A \to B$		(الف)	(ب)
$B \to C$	(پ)	(ت)	

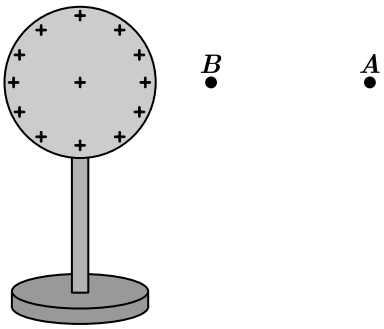
۲۰۰ مطابق شکل الکترونی را از نقطهٔ A تا B در میدان الکتریکی جابه‌جا می‌کنیم. آسان

به کمک کلمات (افزایش - کاهش - ثابت - مثبت - منفی) جدول را کامل کنید.



اندازه میدان الکتریکی	پتانسیل الکتریکی	انرژی پتانسیل الکتریکی	کار میدان الکتریکی
(الف)	(ب)	(پ)	(ت) .....

۲۰۱ کره رسانای باردار و نقاط A و B در شکل مقابل نشان داده شده است. اگر اندازه اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه A و B، ۱۰ ولت باشد و بار الکتریکی $q = ۴\mu C$ را از B تا A جابه‌جا کنیم، انرژی پتانسیل الکتریکی سیستم چه اندازه و چگونه تغییر می‌کند؟ آسان



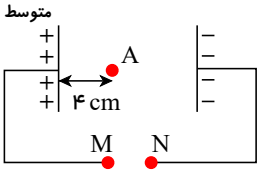
۲۰۲ یک ذره به جرم $۲۰g$ با بار الکتریکی به بزرگی $۴۰\mu C$ از نقطه‌ای با پتانسیل الکتریکی $-۵۰V$ رها شده و تا نقطه‌ای با پتانسیل الکتریکی $۳۰V$ آزادانه جابه‌جا می‌شود. تندی ذره در لحظهٔ رسیدن به پتانسیل $۳۰V$ چند (m/s) است؟ (از وزن ذره و اتلاف انرژی صرف‌نظر می‌شود.) متوسط

۲۰۳ دو بار الکتریکی نقطه‌ای $q_۱ = ۲\mu C$ و $q_۲ = -۴\mu C$ در یک میدان الکتریکی یکنواخت از نقطهٔ A تا نقطهٔ B جابه‌جا می‌شوند. اگر کار میدان الکتریکی وارد بر بار $q_۱$ در این جابه‌جایی ۰٫۶ میلی‌ژول بیشتر از کار میدان الکتریکی وارد بر بار $q_۲$ در این جابه‌جایی باشد، $V_B - V_A$ چند ولت است؟ سخت

۲۰۴ حداقل کار لازم برای انتقال بارهای $q_۱ = ۲۰\mu C$ و $q_۲ = -۸\mu C$ از سطح زمین تا نقطه‌های A و B به‌ترتیب، برابر با $۲۰۰\mu J$ و $۴۰۰\mu J$ است. اگر بار $۵\mu C$ از نقطهٔ A تا نقطهٔ B جابه‌جا شود، کار میدان الکتریکی برابر با چند میکروژول است؟(از نیروی وزن صرف‌نظر کنید.) متوسط

۲۰۵ در شکل روبه‌رو، دو صفحه رسانای موازی در فاصله ۱۲ سانتی‌متری هم قرار دارند و نقطهٔ A بین این دو صفحه مشخص شده است. اگر پتانسیل الکتریکی نقاط N و M به‌ترتیب صفر و ۶۰ ولت باشد، پتانسیل الکتریکی نقطهٔ A چند ولت است؟

متوسط

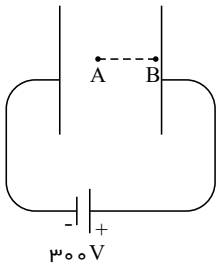


۲۰۶ میان دو صفحهٔ رسانای تخت و موازی به فاصلهٔ $d = ۱۰cm$ و اختلاف پتانسیل $۱۰۰۰V$ ذره‌ای با بار $q = -۸\mu C$ و جرم $۰٫۲\mu g$ از یک صفحه، مستقیم به طرف صفحهٔ دیگر پرتاب می‌شود. اگر ذره درست در سطح صفحهٔ دیگر به حالت سکون لحظه‌ای درآید، سرعت اولیهٔ آن چند m/s بوده است؟ (تنها نیروی وارد بر ذره نیروی الکتریکی فرض می‌شود)

متوسط

۲۰۷ در شکل زیر و در میدان الکتریکی یکنواخت بین دو صفحه به بزرگی $E = ۲ \times ۱۰^{۳} N/C$ ، پروتونی از نقطهٔ A با تندی اولیهٔ $۲ \times ۱۰^{۵} m/s$ به طرف صفحهٔ دارای بار مثبت پرتاب شده و سرانجام در نقطهٔ B که مجاور صفحهٔ مثبت است، متوقف می‌شود. اگر اختلاف پتانسیل دو سر باتری $۳۰۰V$ باشد، فاصلهٔ نقطهٔ A از صفحهٔ منفی چند سانتی‌متر است؟ (از نیروی وزن و اصطکاک صرف‌نظر کنید و بار پروتون $۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} C$ و جرم آن $۱٫۶ \times ۱۰^{-۲۷} kg$ فرض شود.)

سخت



۲۰۸ بار الکتریکی $q = -۴۰nC$ از نقطه‌ای با پتانسیل الکتریکی $V_۱ = -۴۰V$ تا نقطه‌ای با پتانسیل $V_۲ = -۱۰V$ آزادانه جابه‌جا می‌شود. انرژی پتانسیل الکتریکی بار q چه اندازه و چگونه تغییر می‌کند؟

آسان

۲۰۹ در یک میدان الکتریکی، بار $q = ۲۰nC$ از نقطهٔ A تا B جابه‌جا می‌شود. اگر انرژی پتانسیل آن در نقطه‌های A تا B به‌ترتیب $۵ \times ۱۰^{-۵} J$ و $-۴ \times ۱۰^{-۵} J$ باشد، اختلاف پتانسیل الکتریکی میان دو نقطه $(V_B - V_A)$ را محاسبه کنید.

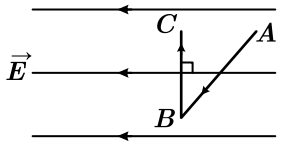
آسان

۲۱۰ ذره‌ای با بار الکتریکی $q = -۱۰\mu C$ را موازی با خط‌های میدان الکتریکی یکنواختی به بزرگی $۲۰۰N/C$ و در جهت میدان به اندازهٔ $۱m$ جابه‌جا کرده‌ایم. اگر در این جابه‌جایی انرژی جنبشی ذره $۱۰mJ$ افزایش یافته باشد، کاری که ما روی ذره انجام داده‌ایم. چند ژول است؟

سخت

۲۱۱ مطابق شکل روبه‌رو، بار الکتریکی منفی، در میدان الکتریکی یکنواخت، مسیر $A \to B \to C$ را با سرعت ثابت می‌پیماید. خانه‌های خالی جدول صفحهٔ بعد را با کلمه‌های (افزایش - کاهش - ثابت) پر کنید.

متوسط

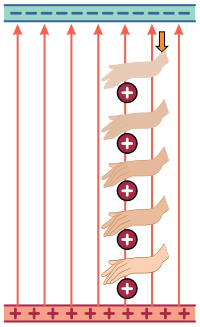


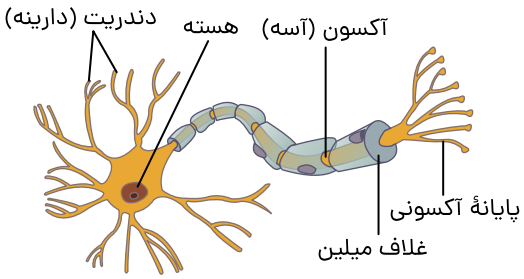
مسیر	پتانسیل الکتریکی (V)	انرژی پتانسیل الکتریکی (U)	میدان الکتریکی (E)
$A \to B$			
$B \to C$			

۲۱۲ در شکل مقابل الف) با فرض آنکه بار $+q$ در ابتدا و انتهای جابه‌جایی ساکن باشد، آیا کار نیروی خارجی، مثبت است یا منفی؟

متوسط

ب) آیا بار $+q$ به نقطه‌ای با پتانسیل بیشتر حرکت کرده است یا به نقطه‌ای با پتانسیل کمتر؟ توضیح دهید.





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

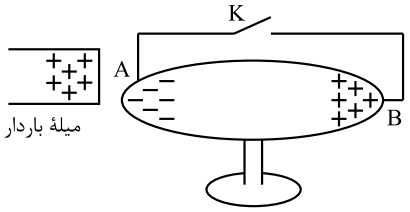
۲۱۴ اگر پایانهٔ مثبت یک باتری ۱۲ ولتی را مرجع پتانسیل درنظر بگیریم، پتانسیل پایانهٔ منفی آن چند ولت خواهد شد؟ آسان

۲۱۵ الف) نشان دهید در یک میدان الکتریکی یکنواخت، با حرکت در سوی خطوط میدان، بدون توجه به نوع بار، پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد و بالعکس با حرکت در خلاف جهت خطوط میدان، بدون توجه به نوع بار، پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد.

ب) نشان دهید در میدان الکتریکی یکنواخت، با حرکت در جهت عمود بر خطوط میدان، پتانسیل الکتریکی تغییر نمی‌کند. متوسط

توزیع بار الکتریکی در اجسام رسانا

۲۱۶ در شکل مقابل با بستن کلید k بارهای الکتریکی چگونه حرکت می‌کنند؟ (جسم رسانا روی پایهٔ عایق قرار دارد) متوسط



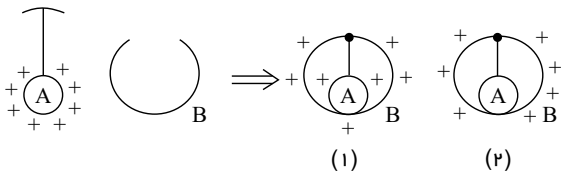
۲۱۷ آزمایشی را شرح دهید که چگونگی توزیع بار الکتریکی را در سطح خارجی یک جسم رسانای نامتقارن نشان دهد. متوسط

۲۱۸ مولد وان‌دوگراف چیست و اساس کار آن چگونه است؟ آسان

۲۱۹ 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. متوسط

۲۲۰ در شکل زیر آونگ الکتریکی A را که توسط واندوگراف باردار شده است، به درپوش فلزی متصل نموده‌ایم. اگر آونگ را در تماس با سطح داخلی ظرف کروی و فلزی B قرار داده و درپوش را ببندیم. کدام‌یک از شکل‌های (۱) یا (۲) چگونگی توزیع بار را در مجموعهٔ آونگ و ظرف درست نشان می‌دهد؟ (با ذکر دلیل) متوسط



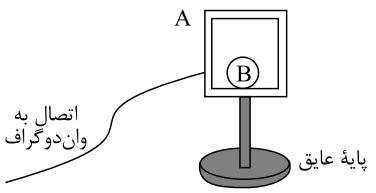
۲۲۱ الف) برای جابه‌جا کردن ذرهٔ باردار q در داخل یک رسانای باردار از نقطهٔ A به B که از هم d متر فاصله دارند میدان الکتریکی چه مقدار کار انجام می‌دهد؟ متوسط

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

۲۲۲ الف) چگالی سطحی بار الکتریکی را تعریف کنید.

ب) مطابق شکل روبه‌رو ظرف رسانای توخالی A به یک وان‌دوگراف باردار متصل شده است و کرهٔ فلزی B درون آن قرار دارد. متوسط

با ارائهٔ دلیل توضیح دهید کرهٔ B دارای بار الکتریکی می‌شود یا خیر؟



۲۲۳ با استفاده از وسایل زیر، آزمایشی طراحی کنید که نشان دهد چگالی سطحی بار الکتریکی در نقاط نوک‌تیز سطح جسم رسانای منزوی باردار بیشتر از سایر نقاط آن است.

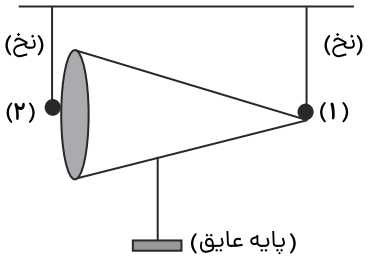
مخروط فلزی با پایهٔ عایق، گلولهٔ کوچک فلزی با دستهٔ عایق، الکتروسکوپ، مولد واندوگراف. متوسط

۲۲۴ مطابق شکل دو آونگ فلزی خنثی در تماس با جسم فلزی دوکی شکل هستند، به کمک مولد واندوگراف به جسم دوکی شکل بار الکتریکی می‌دهیم:

متوسط

الف) چرا آونگ‌ها منحرف می‌شوند؟

ب) کدام آونگ بیشتر منحرف می‌شود؟ چرا؟



۲۲۵ بار الکتریکی $q = ۴\mu C$ را به کرهٔ رسانای نازکی به مساحت $۱cm^۲$ می‌دهیم. متوسط

الف) چگالی سطحی بار الکتریکی در سطح خارجی کره چند کولن بر متر مربع است؟

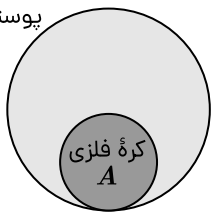
ب) در سطح داخلی کره چطور؟

۲۲۶ در جمله‌های زیر، عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید. متوسط

الف در یک جسم رسانای مخروطی‌شکل، (چگالی سطحی بار - پتانسیل) الکتریکی در نقاط نوک‌تیز بیشتر از نقاط دیگر است. آسان

۲۲۷ چگالی سطحی بار الکتریکی روی دو کرهٔ فلزی به شعاع‌های $R_۱$ و $R_۲$ با هم برابر است. اگر $\frac{R_۱}{R_۲} = \frac{۲}{۳}$ باشد، نسبت بار الکتریکی دو کره $(\frac{Q_۱}{Q_۲})$ چقدر است؟ متوسط

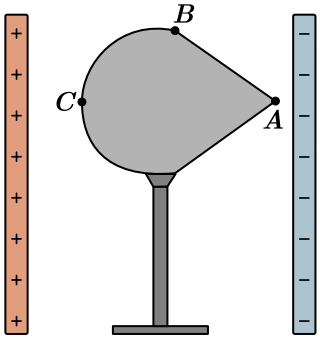
۲۲۸ کرهٔ فلزی A با بار $q_A = -۶\mu C$ را مطابق شکل روبه‌رو به درون یک پوستهٔ کروی با بار $q_B = ۱۰\mu C$ تماس می‌دهیم و سپس جدا می‌کنیم. پس از تماس، بار کره و پوسته چند میکروکولن می‌شود؟ متوسط



۲۲۹ در شکل روبه‌رو، جسم رسانای منزوی و خنثی که روی پایهٔ عایقی قرار دارد. بین دو صفحه رسانای باردار موازی، در تعادل الکترواستاتیکی قرار دارد. متوسط

الف) میدان الکتریکی خالص درون جسم رسانا چقدر است؟

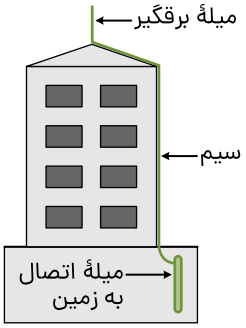
ب) پتانسیل الکتریکی نقاط A، B و C را با یکدیگر مقایسه کنید.



۲۳۰ دو کرهٔ توپر با شعاع‌های مساوی یکی مسی و دیگری پلاستیکی روی پایه‌های عایق قرار دارند. به هر دو کره مقدار مساوی بار الکتریکی هم‌نام می‌دهیم. نحوهٔ توزیع بار الکتریکی در هر یک از آنها چگونه است؟ متوسط

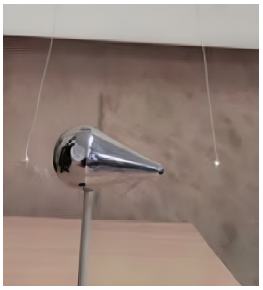
۲۳۱ در مورد برق‌گیرهای ساختمان تحقیق کنید و بررسی کنید آنها چگونه ساختمان‌ها را از گزند آذرخش در امان نگه می‌دارند.

متوسط



۲۳۲ دو قطعه ورقهٔ آلومینیمی نازک به ابعاد $۳cm \times ۴cm$ را مچاله می‌کنیم و به سرهای دو تکه نخ هم‌اندازه به طول $۳۰cm$ وصل کنید. پس از آنکه جسم فلزی دوکی‌شکل را با مولد وان‌دوگراف باردار کردید، یکی از آونگ‌ها را مقابل نوک تیز و دیگری را مقابل بخش پهن دوک بیاویزید.مشاهدات خود را توضیح دهید.

متوسط



۲۳۳ الف) در شکل شخصی را داخل یک قفس توری فلزی می‌بینید که نوعی از قفس فاراده است. در مورد قفس فاراده و کاربردهایش تحقیق و به کلاس گزارش کنید.

متوسط

ب) تحقیق کنید چرا معمولاً شخصی که در داخل اتومبیل یا هواپیماست از خطر آذرخش در امان می‌ماند.

پ) آزمایش‌هایی را طراحی و اجرا کنید که نشان دهد بار اضافی داده‌شده به رسانا، روی سطح خارجی آن قرار می‌گیرد.

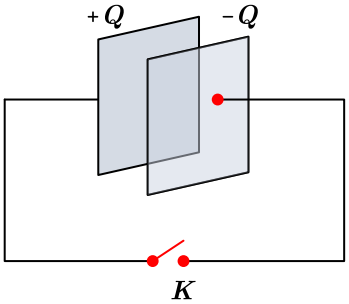
خازن - انرژی خازن

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

سخت

۲۳۵

دو صفحهٔ خازن تخت بارداری را همانند شکل با بستن کلید به هم وصل می‌کنیم، در نتیجه جرقه‌ای زده می‌شود. حال اگر دوباره صفحات را به همان اندازه باردار کنیم ولی فاصلهٔ آنها را دو برابر کنیم و سپس دو صفحه را به هم وصل کنیم، آیا جرقهٔ حاصل بزرگ‌تر از قبل می‌شود، یا کوچک‌تر و یا تغییری نمی‌کند؟ توضیح دهید.



متوسط

۲۳۶ خازنی با ظرفیت معلوم و دی‌الکتریک هوا به اختلاف پتانسیل ثابتی وصل شده است. در این حالت فضای میان دو صفحهٔ خازن را با دی‌الکتریکی به ضریب k پر می‌کنیم. جاهای خالی جدول را با کلمه‌های (کاهش، افزایش، ثابت) برای این خازن پر کنید:

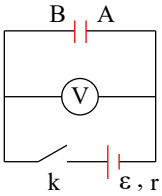
آسان

بار الکتریکی	میدان الکتریکی	انرژی ذخیره‌شده در خازن

۲۳۷ اختلاف پتانسیل بین دو صفحهٔ یک خازن را از ۲۸ ولت به ۴۰ ولت افزایش می‌دهیم. اگر با این کار ۱۵ میکروکولن بر بار ذخیره‌شده در خازن افزوده شود، ظرفیت خازن را حساب کنید.

متوسط

۲۳۸ در مدار شکل زیر، پس از بسته شدن کلید k: (ولت‌سنج ایده‌آل است.) سخت



الف) عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد را با اندازهٔ نیروی محرکهٔ مولد، مقایسه کنید.

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

۲۳۹ مساحت هریک از صفحه‌های خازن تختی، $۱٫۰۰\ m^۲$ و فاصلهٔ 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. $(\varepsilon_۰ = ۸٫۸۵ \times ۱۰^{-۱۲}\ \frac{F}{m})$ آسان

۲۴۰ اگر ظرفیت خازن یک دستگاه دفیبریلاتور $۱۲\mu F$ باشد و با ولتاژ $۵kV$ باردار شده باشد: متوسط

الف بزرگی بار ذخیره‌شده در آن صفحه را محاسبه کنید. متوسط

ب انرژی ذخیره‌شده در آن را محاسبه کنید. متوسط

پ اگر انرژی آن در مدت ۰٫۲۰۰ میلی‌ثانیه تخلیه شود، توان خروجی آن را محاسبه کنید. متوسط

۲۴۱ یک خازن تخت به یک باتری بسته شده است تا باردار شود. پس از مدتی، در حالی که باتری همچنان به خازن متصل است، فاصلهٔ بین صفحه‌های خازن را دو برابر می‌کنیم. کدام‌یک از موارد زیر درست است؟

الف) میدان الکتریکی میان صفحه‌ها نصف می‌شود. متوسط

ب) اختلاف پتانسیل میان صفحه‌ها نصف می‌شود.

پ) ظرفیت خازن دو برابر می‌شود.

ت) بار روی صفحه‌ها تغییر نمی‌کند.

۲۴۲ ظرفیت یک خازن تخت با فاصلهٔ صفحات $۱٫۰\ mm$ که بین صفحه‌های آن هوا قرار دارد، برابر $۱٫۰\ F$ است. مساحت صفحه‌های این خازن چقدر است؟ از این مسئله چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ $(\varepsilon_۰ = ۸٫۸۵ \times ۱۰^{-۱۲}\ \frac{F}{m})$ آسان

۲۴۳ اگر ساختمان یک خازن را تغییر ندهیم، در هریک از شرایط زیر ظرفیت خازن چگونه تغییر می‌کند؟

الف) بار آن دو برابر شود. متوسط

ب) اختلاف پتانسیل میان صفحه‌های آن سه برابر شود.

۲۴۴ در جدول زیر، هریک از جمله‌های ستون A به کدام‌یک از عبارت‌های ستون B مربوط است؟ (در ستون B یک مورد اضافی است) آسان

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 نقطهٔ واقع در میدان الکتریکی است	۳) نیروی الکتریکی
ت) این پدیده موجب سوراخ شدن دی‌الکتریک جامد خازن می‌شود	۴) چگالی سطحی بار
	۵) فروشکست

۲۴۵ ظرفیت خازن مسطحی $۴۰\mu F$ است. اگر بار الکتریکی $۱۰\mu C$ در آن ذخیره شود و فاصلهٔ صفحات خازن $۱cm$ باشد، بزرگی میدان الکتریکی بین دو صفحه چند ولت بر متر است؟ متوسط

۲۴۶ خازنی به ظرفیت C را با اختلاف پتانسیل V پر کرده و از مولد جدا می‌کنیم. سپس فاصلهٔ بین دو صفحهٔ آن را دو برابر کرده و بین دو صفحه، دی‌الکتریکی با ضریب ۱۰ قرار می‌دهیم. بار، ظرفیت، اختلاف پتانسیل و انرژی ذخیره‌شده در خازن چند برابر می‌شوند؟ متوسط

۲۴۷ الف) ظرفیت خازن تخت، به کدام‌یک از عامل‌های زیر بستگی دارد و به کدام‌یک بستگی ندارد؟

۱) مساحت سطح مشترک صفحه‌های خازن ۲) فاصلهٔ دو صفحهٔ خازن از یکدیگر متوسط

۳) اختلاف پتانسیل دو سر خازن

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

۲۴۸ با توجه به اعداد روی خازن در شکل روبه‌رو:

الف) حداکثر انرژی‌ای که می‌توان در این خازن ذخیره نمود، چند ژول است؟ متوسط

ب) اگر این خازن را به اختلاف پتانسیل بیشتر از ۴۰۰ ولت متصل کنیم چه اتفاقی رخ می‌دهد؟

۲۴۹ در مدار فلاش دوربین عکاسی خازنی وجود دارد که با ولتاژ ۲۰۰ ولت شارژ شده است. اگر فلاش دوربین عکاسی روشن شود، تخلیهٔ انرژی در مدت $۲ \times ۱۰^{-۳} s$ و با توان ۴۰۰۰ وات انجام می‌شود، ظرفیت خازن چند فاراد است؟ سخت

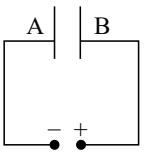
۲۵۰ در یک میکروفون خازنی، کمترین و بیشترین فاصلهٔ بین دو صفحهٔ خازن به ترتیب $۱mm$ و $۱/۲mm$ است. اگر مساحت هر یک از صفحه‌ها $۰/۶cm^۲$ و حدفاصل آنها هوا باشد، اختلاف بیشترین و کمترین ظرفیت خازن چند پیکوفاراد است؟ $(\varepsilon = ۹ \times ۱۰^{-۱۲} \frac{F}{m})$ متوسط

۲۵۱ اگر سطح صفحه‌های یک خازن تخت با دی‌الکتریک هوا، نصف و فاصلهٔ دو صفحهٔ آن دو برابر شود ظرفیت خازن چند برابر می‌شود؟ آسان

۲۵۲ در شکل روبه‌رو خازنی با صفحه‌های رسانای A و B به باتری متصل شده است: متوسط

الف) پتانسیل الکتریکی صفحهٔ A بیشتر است یا صفحهٔ B؟

ب) در صورتی که بار مثبت q' را از صفحهٔ منفی خازن باردار جدا کرده و به صفحهٔ مثبت منتقل کنیم، انرژی ذخیره‌شده در خازن افزایش می‌یابد یا کاهش؟ (توضیح دهید)

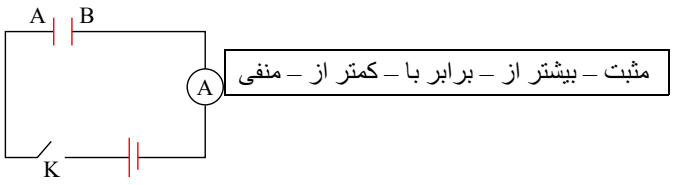


۲۵۳ خازن تختی را به مولد وصل می‌کنیم و پس از پر شدن، از مولد جدا کرده و سپس فاصلهٔ صفحه‌های خازن را نصف می‌کنیم.

در جدول زیر، هر عبارت از ستون A به یک عبارت از ستون B مرتبط است. آنها را مشخص کنید و در پاسخ‌برگ بنویسید. متوسط

ستون A	ستون B
الف) بار الکتریکی ذخیره‌شده در خازن	۱ – نصف می شود
ب) اختلاف پتانسیل دو سر خازن	۲ – دو برابر می شود
پ) ظرفیت خازن	۳ – ثابت می ماند
	۴ – $\frac{۱}{۴}$ برابر می شود

۲۵۴ در شکل مقابل، یک خازن با دی‌الکتریک هوا و یک باتری و کلید، مشاهده می‌کنید. با استفاده از کلمه‌های داده‌شده در کادر، جاهای خالی در متن زیر را کامل کنید.



مثبت – بیشتر از – برابر با – کمتر از – منفی

الف) پس از وصل کلید، صفحهٔ B دارای بار ..... می‌شود. متوسط

ب) زمانی که ولتاژ دو سر مولد، ..... ولتاژ دو سر خازن است، آمپرسنج عبور جریان را نشان نمی‌دهد.

پ) بدون آنکه خازن را از مولد جدا کنیم، صفحهٔ A را طوری بالا می‌بریم که نصف آن مقابل صفحهٔ B قرار گیرد، انرژی خازن در این حالت، ..... انرژی خازن در حالت اولیه است.

۲۵۵ خازن تختی که بین صفحات آن هواست، توسط یک باتری باردار شده است. آن را از باتری جدا می‌کنیم، هریک از تغییرات زیر چه تاثیری بر انرژی ذخیره‌شده در خازن ایجاد می‌کند؟

الف) قرار دادن دی‌الکتریک بین صفحات خازن متوسط

ب) کاهش مساحت صفحات خازن

۲۵۶ صفحات باردار یک خازن تخت که بین آنها شیشه است، به ولت‌سنج وصل می‌کنیم. با خارج کردن شیشه از بین صفحات خازن، عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد چه تغییری می‌کند؟ چرا؟ متوسط

۲۵۷ خازن تختی با دی‌الکتریک شیشه‌ای را به دو سر باتری متصل می‌کنیم و پس از شارژ شدن آن را از باتری جدا کرده و سپس دی‌الکتریک خازن را خارج می‌کنیم خانه‌های خالی جدول زیر را با عبارت‌های (افزایش، کاهش، ثابت) کامل کرده و در پاسخ‌برگ بنویسید. متوسط

بار الکتریکی	اختلاف پتانسیل	انرژی خازن	ظرفیت خازن
الف:	ب:		پ:

۲۵۸ خازن تختی با دی‌الکتریک شیشه‌ای را به دو سر باتری متصل می‌کنیم و پس از شارژ شدن آن را از باتری جدا کرده، سپس دی‌الکتریک خازن را خارج می‌کنیم.

خانه‌های خالی جدول زیر را با عبارت‌های (افزایش، کاهش، ثابت) کامل کرده و در پاسخ‌برگ بنویسید. متوسط

بارالکتریکی	اختلاف پتانسیل	انرژی خازن	ظرفیت خازن
الف:	ب:	پ:	ت:

۲۵۹ در جملهٔ زیر، گزینهٔ درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید. آسان

الف با قرار دادن دی‌الکتریک بین صفحه‌های خازن (میدان الکتریکی اولیه بین دو صفحهٔ - ظرفیت) آن افزایش می‌یابد. متوسط

۲۶۰ درستی یا نادرستی جملهٔ زیر را تعیین کنید و در پاسخ‌برگ بنویسید. آسان

الف اگر دی‌الکتریک را از بین صفحات خازن پُر که از مولد جدا شده است، خارج کنیم ولتاژ دو سر خازن افزایش می‌یابد. آسان

۲۶۱ ظرفیت خازن تختی $۲۰nF$ و بار الکتریکی آن $۱۸۰nC$ است. متوسط

الف انرژی ذخیره‌شده در این خازن چقدر است؟ آسان

ب بین صفحات خازن هواست. خازن را از باتری جدا و فاصلهٔ بین صفحه‌های آن را دوبرابر می‌کنیم. انرژی ذخیره‌شده در خازن چقدر افزایش می‌یابد؟ متوسط

۲۶۲ مساحت صفحات موازی خازن تختی $۴cm^۲$ و فاصلهٔ میان آنها $۲mm$ است. اگر میدان الکتریکی بین صفحه‌ها $۵۰۰N/C$ باشد و بین صفحه‌ها هوا قرار داشته باشد: $(\varepsilon_۰ \cong ۹ \times ۱۰^{-۱۲} \frac{C^۲}{N \cdot m^۲})$ متوسط

الف ظرفیت خازن چند فاراد است؟ متوسط

ب اختلاف پتانسیل بین صفحه‌های خازن چند ولت است؟ متوسط

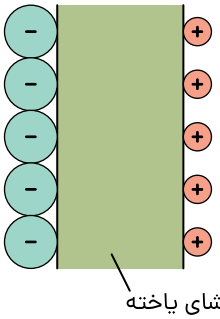
۲۶۳ روی خازنی دو عدد $۴۰۰V$ و $۱۰\mu F$ نوشته شده است: متوسط

الف مفهوم عدد $۴۰۰V$ چیست؟ متوسط

ب حداکثر انرژی الکتریکی که می‌توان در این خازن ذخیره نمود چند ژول است؟ آسان

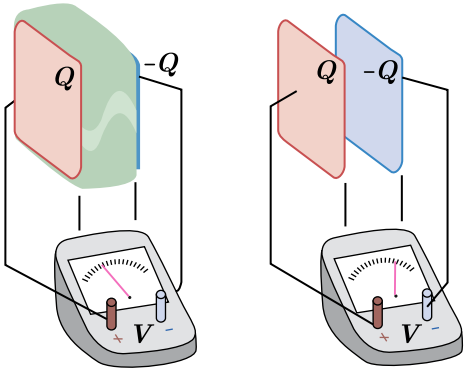
۲۶۴ خازن‌ها انواع متعددی دارند؛ زیرا برای کاربردهای مختلفی طراحی و ساخته می‌شوند. دربارهٔ خازن‌های مختلف مانند خازن‌های ورقه‌ای، میکا، سرامیکی، الکترولیتی، خازن‌های متغیر، آَبَرخازن‌ها و ظرفیت آنها تحقیق کنید. هر گروه می‌تواند روی یک نوع خازن تحقیق کند. سخت

۲۶۵ یک یاختهٔ عصبی(نورون) را می‌توان با یک خازن تخت مدل‌سازی کرد، به‌طوری که غشای سلول به عنوان دی‌الکتریک و یون‌های باردار با علامت مخالف که در دو طرف غشا هستند به عنوان بارهای روی صفحه‌های خازن عمل کنند (شکل روبه‌رو). ظرفیت یک سلول عصبی و تعداد یون‌های لازم (با فرض آنکه هر یون یک بار یونیده باشد)، برای آنکه یک اختلاف پتانسیل $۸۵mV$ ایجاد شود چقدر است؟ فرض کنید غشا دارای ثابت دی‌الکتریک $\kappa = ۳٫۰$، ضخامت $۱۰٫۰nm$ و مساحت سطح $۱٫۰ \times ۱۰^{-۱۰} m^۲$ است. متوسط



۲۶۶ در حسگر کیسهٔ هوای برخی از خودروها از یک خازن استفاده می‌شود. دربارهٔ چگونگی عملکرد این حسگرها تحقیق کنید.

سخت

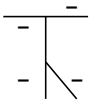


۲۶۷ در شکل زیر صفحه‌های باردار یک خازن تخت را که بین آنها هواست، به ولت‌سنج وصل می‌کنیم. با وارد کردن دی‌الکتریک در بین صفحه‌ها، اختلاف پتانسیل دو صفحه کاهش می‌یابد. علت آن را توضیح دهید. (توجه کنید که این آزمایش با بیشتر ولت‌سنج‌های معمولی و رایج ممکن نیست.)

متوسط

پاسخ‌نامه تشریحی

۱



همان طور که در شکل ملاحظه می‌شود بار منفی اولیه در تمام سطح الکتروسکوپ و میله و تیغه پراکنده است و تیغه باز است. با نزدیک کردن 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 به‌سمت کلاهک و به‌طرف 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 به‌دلیل بزرگی بار آن، روی میله و تیغهٔ الکتروسکوپ تفکیک بار رخ داده و الکترون‌های آزاد پایین، به‌طرف 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

$$q = \pm ne \Rightarrow q = -۲٫۰ \times ۱۰^{۱۰} \times (۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} C) \Rightarrow q = -۳٫۲ \times ۱۰^{-۹} C$$

۳ الف) بار خالصی که یک اتم خنثی دارد، برابر صفر است؛ زیرا تعداد الکترون‌ها و پروتون‌های آن برابرند و چون تعداد پروتون‌های هسته ۶ عدد است، بار هسته برابر است با:

$$q = \pm ne \Rightarrow q_{\text{هسته}} = ۶ \times ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} \Rightarrow q = ۹٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} C$$

ب) اتم کربن یک بار یونیده، یک الکترون از دست داده است؛ بنابراین بار این یون برابر است با:

$$q = \pm ne \Rightarrow q = +۱ \times ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} \Rightarrow q = ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} C$$

۴

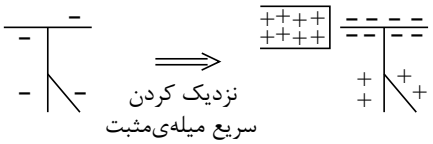
$$q = \pm ne$$

$$۸۰ = n \times ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} \Rightarrow n = \frac{۸۰}{۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹}} = ۵ \times ۱۰^{۲۰}$$

تعداد الکترون‌های جابه‌جا شده ۵×۱۰^{۲۰} عدد بوده است.

۵ 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: $q = \pm ne$

۶ میلهٔ مالش داده شده با پارچه، دارای بار بزرگی است و چون به‌سرعت به کلاهک الکتروسکوپِ منفی نزدیک می‌شود بارهای منفی یا به عبارتی الکترون‌های بسیاری ناگهان به‌سمت 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)

۷ الف) بار ایجادشده در پارچه و میله از نظر اندازه برابر است و فقط علامت آنها متفاوت است. در واقع الکترون‌ها از پارچهٔ پشمی به میلهٔ پلاستیکی منتقل شده‌اند. یعنی:

$$q_{\text{پارچه}} = +۱۲٫۸ nC$$

ب)

$$q = \pm ne \Rightarrow -۱۲٫۸ \times ۱۰^{-۹} = -n \times ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} \Rightarrow n = \frac{۱۲٫۸}{۱٫۶} \times ۱۰^{۱۰} = ۸ \times ۱۰^{۱۰}$$

۸ در یک جسم در حالت عادی از این دو نوع بار به‌مقدار مساوی وجود دارد و در این‌صورت جمع جبری بارهای جسم صفر می‌شود و این به‌معنای خنثی بودن جسم است و کمتر بودن تعداد الکترون‌ها در یک جسم به‌معنای مثبت شدن جسم و زیادتر بودن آنها نسبت به تعداد پرتون‌ها به‌معنای منفی بودن بار جسم می‌باشد

که مقایسه و درک موضوع را ساده می‌کند.

۹ با نزدیک کردن یک میلهٔ باردار به خرده‌های کاغذ، مولکول‌های کاغذ قطبیده می‌شوند؛ یعنی مرکز مؤثر بارهای مثبت و منفی آنها از هم جدا شده و به این ترتیب به‌دلیل کمتر بودن فاصلهٔ بارهای میلهٔ شیشه‌ای (یعنی بارهای مثبت) با قطب منفی دو قطبی‌های تولیدشده، نیروی جاذبه قوی‌تر از نیروی دافعه خواهد شد و خرده‌های کاغذ جذب میلهٔ باردار می‌شوند.

۱۰ الف) بار الکتریکی میلهٔ پلاستیکی در مالش با پارچهٔ پشمی منفی خواهد بود یعنی میلهٔ پلاستیکی از پارچهٔ پشمی الکترون جدا می‌کند و به این ترتیب پارچهٔ پشمی دارای بار مثبتی به همان اندازهٔ بار میلهٔ پلاستیکی می‌شود. (با توجه به جدول تریبوالکتریک کتاب درسی)

ب) چون بار الکتریکی میلهٔ پلاستیکی منفی و پارچهٔ پشمی مالش‌داده‌شده به آن مثبت است این دو یکدیگر را جذب می‌کنند.

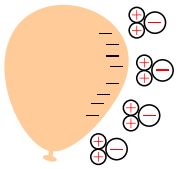
۱۱ الف) در چنین حالتی دو میلهٔ شیشه‌ای هر دو دارای بار مثبت می‌شوند بنابراین میله‌ها یکدیگر را دفع می‌کنند.

ب) هنگام مالش پارچهٔ ابریشمی به میلهٔ شیشه‌ای، چون شیشه به سر مثبت سری تریبوالکتریک نزدیک‌تر است، الکترون‌های سطح میلهٔ شیشه‌ای به پارچهٔ ابریشمی منتقل می‌شوند؛ پس پارچه دارای بار منفی می‌شود.

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

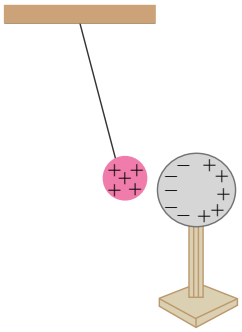
۱۲ هنگامی‌که باریکهٔ آب از کنار بادکنک باردار عبور می‌کند، مولکول‌های قطبی آب چرخیده و سمت مثبت مولکول‌ها به‌طرف بادکنک باردار (که چون از جنس لاستیک است، بار آن منفی خواهد بود) قرار می‌گیرد و به این ترتیب باریکهٔ آب جذب بادکنک می‌شود و به‌طور منحنی پایین می‌ریزد.

نمایی از این موضوع در شکل نشان داده شده است.



۱۳ وقتی صفحهٔ باردار را نزدیک به براده‌های فلز می‌کنیم، به الکترون‌های آزاد براده‌ها در خلاف جهت میدان الکتریکی نیرو وارد شده و سمتی از براده‌ها که نزدیک صفحهٔ پلاستیکی است، دارای بار مثبت می‌شوند. به این ترتیب نیروی جاذبهٔ الکتریکی بین براده‌ها و صفحهٔ پلاستیکی ایجاد می‌شود که چون براده‌ها سبک هستند، به‌راحتی جذب صفحهٔ پلاستیکی می‌شوند.

۱۴



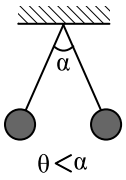
با نزدیک کردن کرهٔ فلزی به بار مثبت، به الکترون‌های آزاد روی سطح کرهٔ فلزی، تحت‌تأثیر میدان الکتریکی بار مثبت، نیرویی به‌سمت چپ وارد شده و به این ترتیب سمت چپ کره دارای بار منفی و سمت راست آن دارای بار مثبت می‌شود. به این ترتیب آونگ الکتریکی جذب کرهٔ رسانا شده و به‌سمت آن متمایل می‌شود. اگر بار آونگ زیاد باشد، نیروی بین آونگ و کره هم بزرگ‌تر می‌شود و آونگ به کره برخورد می‌کند. پس از تماس آونگ و کره، بار آنها با هم همنام می‌شود و به دلیل دافعهٔ الکتریکی، آونگ از کره دور می‌شود.

۱۵ الف) اگر با نزدیک کردن میله به یک الکتروسکوپ خنثی، ورقه‌های الکتروسکوپ از هم فاصله گرفتند، متوجه می‌شویم میله باردار بوده است.

ب) اگر با تماس میلهٔ باردار به کلاهک یک الکتروسکوپ خنثی و سپس جدا کردن آن از کلاهک، الکتروسکوپ باردار ماند، یعنی ورقه‌های الکتروسکوپ همچنان از هم فاصله داشتند، معلوم می‌شود میلهٔ باردار رسانا بوده و در غیر این صورت، میلهٔ باردار نارسانا (عایق) بوده است.

ج) میلهٔ باردار را به کلاهک یک الکتروسکوپ باردار که نوع بار آن نیز مشخص است، نزدیک می‌کنیم. اگر ورقه‌های الکتروسکوپ از هم دور شدند، بار میله با الکتروسکوپ همنام و در غیر این‌صورت بار میله با الکتروسکوپ ناهمنام است.

۱۶



الف) پس از تماس، گلولهٔ آونگ مقداری از بارش را به کره می‌دهد و نیروی بین دو گلولهٔ آونگ به‌علت کم شدن بار کم می‌شود و زاویهٔ انحراف بین دو آونگ کمتر می‌شود.

ب) نیروی الکتریکی با بار گلوله‌ها، نسبت مستقیم دارد.

۱۷ 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.

۱۸

الف) نانوکولن

ب نمی‌کنند

پ کاهش

۱۹ چون شیشه در اثر مالش با ابریشم، بار مثبت پیدا می‌کند و با الکتروسکوپ همنام می‌شود؛ درنتیجه بر اثر دافعهٔ بین بارهای همنام، انحراف ورقه‌های الکتروسکوپ بیشتر می‌شود.

۲۰ می‌دانیم که عدد اتمی O برابر ۸ است بنابراین مولکول اکسیژن که O_2 می‌باشد دارای ۱۶ عدد پروتون و ۱۶ عدد الکترون است پس:

$$q = -ne$$

$$q = -16 \times 1/6 \times 10^{-19} = -2/56 \times 10^{-18} C$$

۲۱

الف خلاف جهت یکدیگر

۲۲

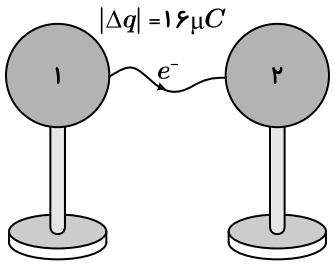
الف کره‌ها مشابه‌اند؛ پس، بار الکتریکی آنها پس از اتصال، با هم برابر می‌شود.

به کمک قانون پایستگی بار داریم:

$$q_1 + q_2 = q'_1 + q'_2 \Rightarrow q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{-8\mu C + 24\mu C}{2} = 8\mu C$$

ب بار کرهٔ (۱) منفی و بار کرهٔ (۲) مثبت است؛ بنابراین با تماس دو کره، الکترون‌ها از کرهٔ (۱) به کرهٔ (۲) می‌روند. از طرفی تعداد الکترون‌هایی که کرهٔ (۲) می‌گیرد، به مقدار بار جابه‌جاشده بستگی دارد که برابر با $q'_2 - q_2$ است:

پس، اول بار جابه‌جاشده را به دست می‌آوریم:



$$\text{مقدار بار جابه‌جا شده} = \Delta q_2 = q'_2 - q_2 = 8\mu C - (24\mu C) = -16\mu C$$

۲۳

الف با توجه به سری الکتریسیتهٔ مالشی، بار کهربا با گرفتن الکترون منفی می‌شود؛ چون، به انتهای منفی سری نزدیک‌تر است. بار پشم هم با از دست دادن الکترون مثبت می‌شود.

ب بار پشم که 10^7 الکترون از دست داده است، به‌صورت زیر به دست می‌آید:

$$q_{\text{پشم}} = +ne \xrightarrow{e=1/6\times10^{-19}C} q_{\text{پشم}} = 10^7 \times 1/6 \times 10^{-19} C = 1/6 \times 10^{-12} C = 1/6 pC$$

با توجه به پایستگی بار، بار کهربا برابر منفی بار پشم است؛ پس:

$$q_{\text{کهربا}} = -q_{\text{پشم}} = -1/6 pC$$

پ اگر به سری الکتریسیتهٔ مالشی نگاه کنید، می‌فهمید که لاستیک الکترون‌خواهی بیشتری دارد، بنابراین، الکترون جذب می‌کند و بارش منفی می‌شود. از طرفی با جدا شدن الکترون از سرب، بار آن مثبت می‌شود؛ بنابراین، کهربا که بار منفی دارد، سرب را جذب و لاستیک را دفع می‌کند.

۲۴

الف پایستگی بار

ب مضرب صحیحی

پ الکتروسکوپ

ت مستقیم

۲۵ **الف** ثابت

ب خلاف جهت یکدیگر

پ دو برابر

ت مثبت

ث اختلاف

۲۶

الف نادرست – گفتیم در اثر مالش دو جسم خنثی با هم، حتماً دو جسم بار مخالف با هم پیدا می‌کنند و فرقی ندارد کجای سری قرار دارند.

ب درست

پ نادرست – با مجذور فاصله از بار رابطهٔ عکس دارد.

ت درست

ث نادرست – بار اضافهٔ داده‌شده به یک رسانا روی سطح خارجی آن قرار می‌گیرد و در نتیجه گوی رسانا بدون بار می‌شود.

ج درست

۲۷

الف درست

۲۸

الف درست

۲۹

الف پایستگی

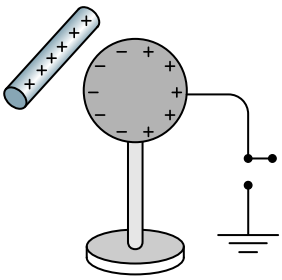
ب خارجی

پ کاهش

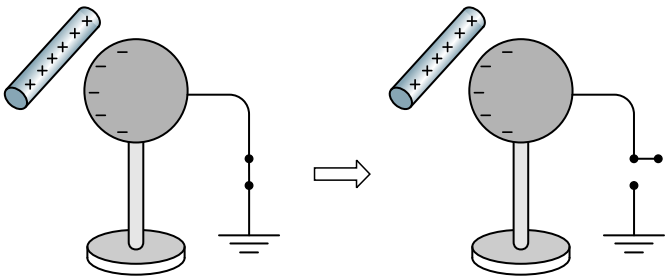
۳۰

گام اول: با توجه به سری الکتریسیتهٔ مالشی، با مالش میلهٔ شیشه‌ای به پارچهٔ ابریشمی، میله بار مثبت و پارچه بار منفی می‌گیرد.

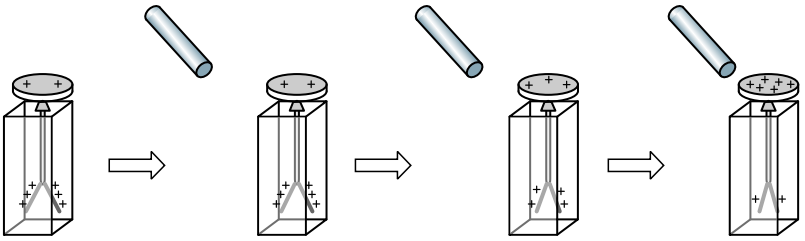
گام دوم: با نزدیک کردن میله با بار مثبت به کره مطابق شکل روبه‌رو، الکترون‌های آزاد سطح کره به سمت میله کشیده می‌شوند.



گام سوم: با بستن کلید، الکترون‌های آزاد از زمین وارد کره می‌شوند و بارهای مثبت تجمع‌یافته در طرف راست کره را خنثی می‌کنند. با این اتفاق بار خالص کره منفی می‌شود و با باز کردن کلید، بار کره منفی می‌ماند.



۳۱



چون الکتروسکوپ باردار است، وقتی یک میلهٔ خنثی را به آرامی به کلاهک نزدیک می‌کنیم، در میله بار مخالف القا می‌شود؛ از این رو بارهای الکتروسکوپ توسط میله جذب می‌شود. با جذب بار توسط میله، بارهای روی ورقه‌ها به روی کلاهک می‌آیند و ورقه‌ها به‌تدریج بسته می‌شوند.

۳۲ با تماس دادن گلوله به یکی از صفحه‌ها، بار هم‌نام آن صفحه را گرفته و از آن دفع شده و به طرف صفحهٔ مقابل با بار مخالف می‌رود و با آن برخورد می‌کند. بعد از تماس به علت هم‌نام‌شدن بار گلوله با آن صفحه، دوباره به طرف مقابل می‌رود و به صفحهٔ مقابل برخورد می‌کند. این عمل تا زمانی که بار روی صفحه‌ها خنثی شود، ادامه دارد.

۳۳ جذب - دفع

۳۴ وقتی یک جسم شیشه‌ای را به یک جسم برنجی مالش می‌دهیم، بار شیشه مثبت و بار برنج منفی می‌شود، چون الکترون‌خواهی برنج بیشتر است. همان‌طور که می‌دانیم، اگر یک جسم باردار را به الکتروسکوپ با بار مخالف نزدیک کنیم، صفحات الکتروسکوپ به‌تدریج بسته می‌شود.

۳۵ گام اول: ابتدا تعداد الکترون‌های کل میله را به دست می‌آوریم:

$$n = ۸ \times ۱۰^{۱۰}$$

گام دوم: حالا مقدار بار را به دست می‌آوریم:

$$q = -ne = -۸ \times ۱۰^{۱۰} \times (۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹}) = ۱٫۲۸ \times ۱۰^{-۸} C$$

۳۶ بار الکتریکی باید مضرب صحیحی از $۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} C$ باشد. باید بررسی کنیم کدام گزینه مضرب صحیحی از بار پایه می‌شود. برای این کار، بار هر گزینه را تقسیم بر $۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} C$ می‌کنیم.

گزینهٔ «۱»:

$$n = \frac{۴ \times ۱۰^{-۱۹} C}{۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} C} = \frac{۴}{۱٫۶} = ۲٫۵$$

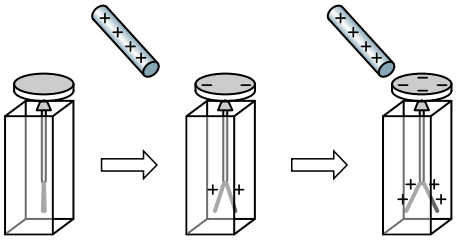
۲٫۵ مضرب صحیح نیست.

گزینهٔ «۲»:

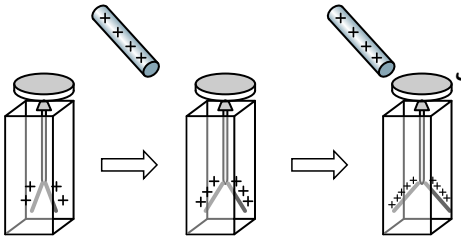
$$n = \frac{۸ \times ۱۰^{-۱۹} C}{۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} C} = ۵$$

که این مقدار مضرب صحیح است.

۳۷

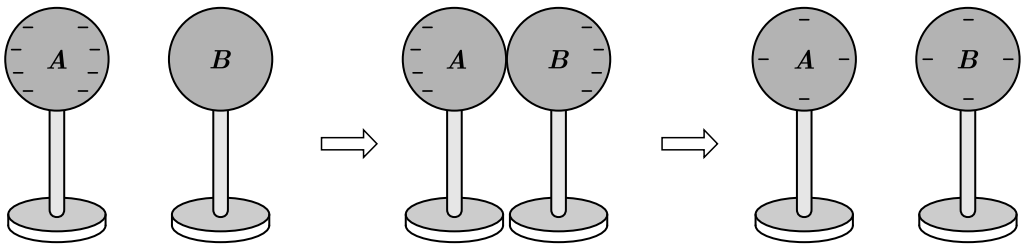


وقتی الکتروسکوپ بدون بار باشد، ورقه‌ها از همان اول بسته‌اند. هرچقدر میلهٔ باردار به الکتروسکوپ نزدیک شود، ورقه‌ها از یکدیگر بیشتر فاصله می‌گیرند؛ پس، گزینه‌های «۱» و «۲» حتماً نادرست‌اند. این موضوع را در شکل مقابل می‌بینید:



حالا فرض کنیم بار ورقه‌های الکتروسکوپ مثبت است. در این صورت با نزدیک کردن میله با بار مثبت، مقدار بیشتری بار مثبت روی ورقه‌ها القا می‌شود و در نتیجه فاصلهٔ ورقه‌ها بیشتر می‌شود؛ پس، گزینهٔ «۴» هم نادرست است.

۳۸ وقتی جسمی تعداد الکترون‌هایش از تعداد پروتون‌هایش بیشتر باشد، بار منفی دارد. هر الکترون را با یک $(-)$ نشان می‌دهیم. چون دو کره مشابه هستند، پس از تماس، بار بین آنها به‌صورت مساوی تقسیم می‌شود.



۳۹ می‌دانیم عدد اتمی همان تعداد پروتون‌های اتم است. پس هستهٔ اتم اورانیم ۹۲ پروتون دارد که بار الکتریکی هر پروتون برابر $e \simeq ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} C$ است، بنابراین بار الکترون‌های اتم اورانیم برابر است با:

$$q = +ne = +۹۲ \times ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} \Rightarrow q = +۱۴۷٫۲ \times ۱۰^{-۱۹} C$$

اتم اورانیم خنثی دارای ۹۲ الکترون است. بنابراین بار الکترون‌های اتم اورانیم برابر است با:

$$q = -ne = -۹۲ \times ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} \Rightarrow q = -۱۴۷٫۲ \times ۱۰^{-۱۹} C$$

بار الکتریکی اتم اورانیم، برابر مجموع بارهای الکترون‌ها و پروتون‌های آن است؛ بنابراین:

$$q = ۰$$

۴۰ در اثر مالش روکش پلاستیکی با بدنهٔ ظرف در لبه‌ها، الکترون بین آنها مبادله می‌شود. پس جاذبهٔ بین بارهای ناهمنام سبب چسبیدن روکش به لبه‌های ظرف می‌شود.

۴۱ اگر گوی بالایی به‌صورت معلق مانده باشد، پس حتماً نیروی وزن آن با نیروی الکتریکی روبه‌بالا برابر بوده و خنثی شده است:

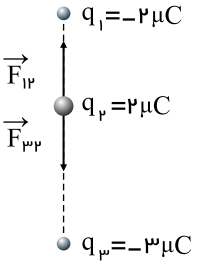
$$\left.\begin{array}{l} \text{وزن } W = mg \\ F = k\dfrac{q_۱ q_۲}{r^۲} \end{array}\right\} \Rightarrow mg = k\frac{q_۱ q_۲}{r^۲} \Rightarrow (۲٫۵ \times ۱۰^{-۳})(۱۰) = ۹ \times ۱۰^{۹} \frac{q^۲}{(۰٫۰۱)^۲}$$

$$\Rightarrow q^۲ = \frac{(۲٫۵ \times ۱۰^{-۲})(۰٫۰۱)^۲}{۹ \times ۱۰^{۹}} = \frac{۲۵}{۹} \times ۱۰^{-۱۶} \Rightarrow q = \frac{۵}{۳} \times ۱۰^{-۸}\ C$$

ب) تعداد الکترون‌های کنده‌شده از هریک از گوی‌ها:

$$q = ne \Rightarrow \frac{۵}{۳} \times ۱۰^{-۸} = n \times ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} \Rightarrow n = ۱٫۴۲ \times ۱۰^{۱۱}$$

۴۲ نیروی وارد از طرف بار $q_۱$ به بار $q_۲$، جاذبه و روبه‌بالا است $(+\vec{j})$ و نیرویی که بار $q_۳$ به بار $q_۲$ وارد می‌کند نیز جاذبه و رو به پایین است $(-\vec{j})$



$$F_{۱۲} = k\frac{q_۱ \times q_۲}{r^۲} \rightarrow F_{۱۲} = ۹ \times ۱۰^{۹} \times \frac{۲ \times ۲ \times ۱۰^{-۱۲}}{۴} = ۹ \times ۱۰^{-۳} N$$

$$F_{۳۲} = k\frac{q_۳ \times q_۲}{r^۲} \rightarrow F_{۳۲} = ۹ \times ۱۰^{۹} \times \frac{۳ \times ۲ \times ۱۰^{-۱۲}}{۹} = ۶ \times ۱۰^{-۳} N$$

$$\overrightarrow{F_T} = (F_{۱۲} - F_{۳۲})\vec{j} \rightarrow \overrightarrow{F_T} = ۳ \times ۱۰^{-۳}\vec{j}$$

۴۳ بر بار $q_۱$، یک نیروی ربایشی از طرف $q_۲$ و یک نیروی رانشی از طرف $q_۳$ وارد می‌شود.

الف)

$$F_{۳۱} = k\frac{|q_۱ q_۳|}{r_{۱۳}^۲} \Rightarrow F_{۳۱} = ۹ \times ۱۰^{۹} \frac{۴ \times ۴ \times ۱۰^{-۱۲}}{۴ \times ۱۰^{-۴}} \Rightarrow F_{۳۱} = ۳۶۰ N$$

$$F_{۲۱} = ۹ \times ۱۰^{۹} \frac{۱ \times ۴ \times ۱۰^{-۱۲}}{۱ \times ۱۰^{-۴}} \Rightarrow F_{۲۱} = ۳۶۰ N$$

$$\vec{F}_T = F_x(\vec{i}) + F_y(\vec{j}) \Rightarrow \vec{F}_T = ۳۶۰\vec{i} - ۳۶۰\vec{j}$$

ب)

$$F_T=\sqrt{F_x^{۲}+F_y^{۲}} \qquad F_T=۳۶۰\sqrt{۲}N$$

۴۴ بار الکتریکی $q_۱$، نیرویی در جهت محور به بار $q_۲$ وارد می‌کند (دافعه یا رانشی)، از طرفی بار $q_۳$، نیرویی در خلاف جهت محور به بار $q_۲$ وارد می‌کند (جاذبه یا ربایشی)

$$F_{۱۲}=k\frac{|q_۱||q_۲|}{r_{۱۲}^{۲}}\Rightarrow F_{۱۲}=۹\times ۱۰^{۹}\frac{۲\times ۲\times ۱۰^{-۱۲}}{۳۶\times ۱۰^{-۲}}\Rightarrow F_{۱۲}=۰/۱N$$

$$F_{۳۲}=۹\times ۱۰^{۹}\frac{۲\times ۴\times ۱۰^{-۱۲}}{۹\times ۱۰^{-۲}}\Rightarrow F_{۳۲}=۰/۸N$$

$$\vec{F}_T=\vec{F}_{۱۲}+\vec{F}_{۳۲}\quad \vec{F}_T=۰/۱\vec{i}-۰/۸\vec{i}\quad \vec{F}_T=-۰/۷\vec{i}$$

۴۵ باید توجه کرد که طبق قانون کولن، نیروی بین دو بار الکتریکی با مجذور فاصلهٔ دو بار نسبت عکس دارد یعنی $F\propto\frac{۱}{r^{۲}}$

بنابراین اگر فاصلهٔ دوبار را ۴ برابر کنیم نیروی بین آنها $\frac{۱}{۴^{۲}}$ یعنی $\frac{۱}{۱۶}$ حالت قبل می‌شود.

۴۶ به بار $q_۱$، دو نیروی عمود بر هم، یکی از طرف بار $q_۲$ (که ربایشی است) و دیگری از طرف بار $q_۳$ (که رانشی است) وارد می‌شود.

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

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

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

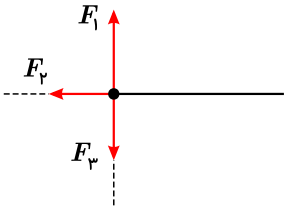
۴۷ قبل از هر چیز، نیرویی که به‌طور جداگانه، از طرف هریک از بارهای $q_۲$، $q_۱$ و $q_۳$ به بار q موجود در نقطهٔ A وارد می‌شود را می‌یابیم. سپس با رسم جهت نیروها، نیروی برایند را محاسبه می‌کنیم.

$$F_۱=k\frac{qq_۱}{r_۱^{۲}}=۹\times ۱۰^{۹}\times\frac{۱\times ۱۰^{-۶}\times ۴\times ۱۰^{-۶}}{(۲\times ۱۰^{-۲})^{۲}}=۹۰N$$

$$F_۲=k\frac{qq_۲}{r_۲^{۲}}=۹\times ۱۰^{۹}\times\frac{۱\times ۱۰^{-۶}\times ۴\times ۱۰^{-۶}}{(۳\times ۱۰^{-۲})^{۲}}=۴۰N$$

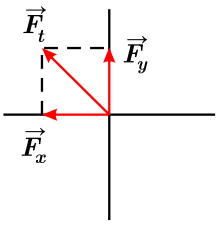
$$F_۳=k\frac{qq_۳}{r_۳^{۲}}=۹\times ۱۰^{۹}\times\frac{۱\times ۱۰^{-۶}\times ۴\times ۱۰^{-۶}}{(۳\times ۱۰^{-۲})^{۲}}=۴۰N$$

روی محور y ها $F_۱$ و $F_۳$ خلاف جهت یکدیگر هستند:



$$F_y=F_۱-F_۳=۹۰-۴۰=۵۰N$$

در خلاف جهت محور xها: $F_x=F_۲=۴۰N$



$$F_t=\sqrt{(۵۰)^{۲}+(۴۰)^{۲}}=۱۰\sqrt{۴۱}N$$

$$\vec{F}_t=-۴۰\vec{i}+۵۰\vec{j}$$

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

در حالت اول:

$$F = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$$

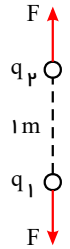
در حالت دوم:

$$F' = k\frac{(3q_1)\cdot(3q_2)}{(\frac{r}{2})^2} = 9k\frac{q_1 q_2}{\frac{r^2}{4}} \Rightarrow F' = 36 \times k\frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow \frac{F'}{F} = 36$$

۴۹ ابتدا نیروی الکتریکی را محاسبه کرده، سپس این نیرو را با وزن تخته‌سنگ مساوی قرار می‌دهیم تا جرم آن را بیابیم.

$$F = k\frac{q_1 q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{10 \times 10^{-3} \times 10 \times 10^{-3}}{1}$$

$$\Rightarrow F = 9 \times 10^5 N$$



اکنون این نیرو را برابر با وزن تخته‌سنگ فرضی قرار می‌دهیم:

$$F = mg$$

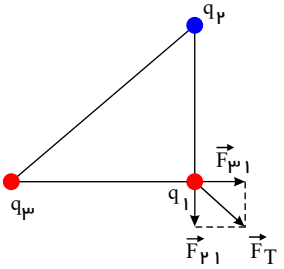
$$9 \times 10^5 = m \times 10 \Rightarrow m = 90 \times 10^3 kg$$

یعنی این نیرو قادر است تخته‌سنگی به جرم ۹۰ تن را به‌صورت معلق در هوا نگه دارد!!

۵۰ بر بار q_1 دو نیروی الکتریکی عمود بر هم وارد می‌شود. یعنی:

$$F_{31} = k\frac{q_3 q_1}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{6 \times 10^{-6} \times (2 \times 10^{-6})}{(3 \times 10^{-2})^2} = 120N$$

$$\vec{F}_{31} = 120\ (N)\ \vec{i}$$

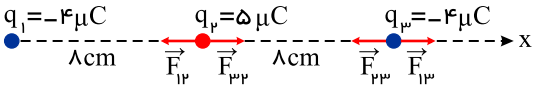


$$F_{21} = k\frac{q_2 q_1}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{8 \times 10^{-6} \times (2 \times 10^{-6})}{(4 \times 10^{-2})^2} = 90N$$

$$\vec{F}_{21} = (-90N)\ \vec{j}$$

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{31} + \vec{F}_{21} = (120N)\ \vec{i} - (90N)\ \vec{j}$$

۵۱



نیروهای F_{12} و F_{32} با هم برابر و در خلاف جهت هستند (بارهای q_1 و q_3 هم‌اندازه و فاصلهٔ آنها نیز از بار q_2 یکسان است بنابراین $F_{12} = F_{32}$ می‌باشد).

بنابراین نیروی خالص واردشده بر q_2 صفر است. برای بار q_3 داریم:

$$F_{13} = k\frac{q_1 q_3}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(4 \times 10^{-9})(4 \times 10^{-9})}{(0/16)^2} = \frac{9}{16} \times 10^{-5} N$$

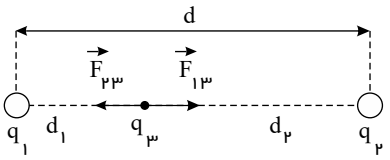
$$\Rightarrow \vec{F}_{13} = (\frac{9}{16} \times 10^{-5} N)\ \vec{i}$$

$$F_{23} = k\frac{q_2 q_3}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{(5 \times 10^{-9})(4 \times 10^{-9})}{(8 \times 10^{-2})^2} = \frac{45}{16} \times 10^{-5}\ N$$

$$\vec{F}_{23} = (-\frac{45}{16} \times 10^{-5} N)\vec{i}$$

در نهایت : $\vec{F}_{۳}=\frac{۹}{۱۶}\times ۱۰^{-۵}\ \vec{i}-\frac{۴۵}{۱۶}\times ۱۰^{-۵}\ \vec{i}\Rightarrow \vec{F}_{۳}=(-\frac{۹}{۴}\times ۱۰^{-۵}N)\ \vec{i}$

۵۲ بدیهی است که بار $q_۳$، بین دو بار $q_۱$ و $q_۲$ قرار می‌گیرد. (بارهای $q_۱$ و $q_۲$ هم‌نامند)



$$\vec{F}_{۱۳}=-\vec{F}_{۲۳}\Rightarrow F_{۱۳}=F_{۲۳}$$

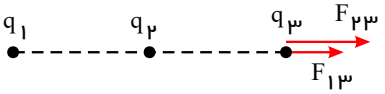
$$\frac{k|q_۱||q_۳|}{d_۱^{۲}}=\frac{k|q_۲||q_۳|}{d_۲^{۲}}\Rightarrow\frac{|q_۱|}{|q_۳|}=(\frac{d_۱}{d_۲})^{۲}$$

$$\Rightarrow\frac{d_۱}{d_۲}=\sqrt{\frac{|q_۱|}{|q_۲|}}\Rightarrow\frac{d_۱}{d_۲}=\sqrt{\frac{۳٫۰\mu C}{۲۷٫۰\mu C}}\Rightarrow\frac{d_۱}{d_۲}=\frac{۱}{۳٫۰}\Rightarrow d_۲=۳٫۰d_۱$$

$$d=d_۱+d_۲\Rightarrow ۴۰٫۰cm=d_۱+۳٫۰d_۱\Rightarrow d_۱=۱۰٫۰cm$$

۵۳ هر دو بار $q_۱$ و $q_۲$ بار $q_۳$ را دفع می‌کنند بنابراین نیروی خالص به‌سمت راست خواهد بود:

$$F_{۱۳}=k\frac{q_۱q_۳}{r^{۲}}=۹\times ۱۰^{۹}\times\frac{۵\times ۱۰^{-۶}\times ۲\times ۱۰^{-۶}}{(۰٫۲)^{۲}}\Rightarrow F_{۱۳}=۲٫۲۵N$$



$$F_{۲۳}=k\frac{q_۲q_۳}{r^{۲}}=۹\times ۱۰^{۹}\times\frac{۱۰\times ۱۰^{-۶}\times ۲\times ۱۰^{-۶}}{(۰٫۱)^{۲}}=۱۸N$$

$$F_t=F_{۱۳}+F_{۲۳}=۲۰٫۲۵N$$

$$\vec{F}_t=۲۰٫۲۵\ \vec{i}$$

۵۴ اندازهٔ هریک از بارها پس از تماس، میانگین بارهای اولیه خواهد بود:

$$q_{\text{جدید هریک}}=\frac{q_۱+q_۲}{۲}=\frac{(۴\mu C)+(-۱۰\mu C)}{۲}=\frac{-۶\mu C}{۲}=-۳\mu C$$

$$F_{\text{جدید}}=k\frac{|q_۱|\cdot|q_۲|}{r^{۲}}=۹\times ۱۰^{۹}\times\frac{۳\times ۱۰^{-۶}\times(۳\times ۱۰^{-۶})}{(۱۰\times ۱۰^{-۲})^{۲}}=۸٫۱N$$

۵۵ قبل از تغییرات، نیرویی که دو بار الکتریکی هم‌اندازهٔ q در فاصلهٔ r از هم، به یکدیگر وارد می‌کنند به‌صورت زیر است:

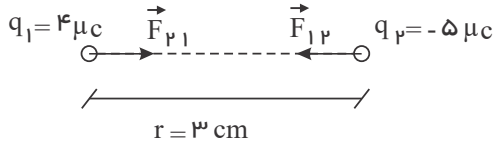
$$F=k\frac{|q_۱||q_۲|}{r^{۲}}=k\frac{q\cdot q}{r^{۲}}=k\frac{q^{۲}}{r^{۲}}$$

باید توجه داشت که بارها غیرهم‌نام هستند و اگر $\frac{۱}{۳}$ از یکی برداریم بار آن تبدیل به $\frac{۲}{۳}q$ می‌شود و اگر این $\frac{۱}{۳}$ را به دیگری اضافه کنیم چون علامت آن مخالف بار اول است اندازهٔ آن هم $\frac{۲}{۳}q$ خواهد شد. به این ترتیب داریم:

$$F'=k\frac{|\frac{۲}{۳}q|\times|\frac{-۲}{۳}q|}{r^{۲}}=k\times\frac{\frac{۴}{۹}q^{۲}}{r^{۲}}=\frac{۴}{۹}k\frac{q^{۲}}{r^{۲}}$$

$$\frac{F'}{F}=\frac{\frac{۴}{۹}k\frac{q^{۲}}{r^{۲}}}{k\frac{q^{۲}}{r^{۲}}}=\frac{۴}{۹}$$

۵۶ با استفاده از رابطهٔ مربوط به نیروی الکتریکی داریم:



$$F_{۲۱}=F_{۱۲}=F=k\frac{|q_۱||q_۲|}{r^{۲}}$$

$$F=۹\times ۱۰^{۹}\frac{۴\times ۱۰^{-۶}\times(۵\times ۱۰^{-۶})}{(۳\times ۱۰^{-۲})^{۲}}=۲۰۰N$$

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.

۵۷ در ابتدا به‌طور جداگانه، نیروی وارد بر q_3 را از طرف هریک از بارهای q_1 و q_2 محاسبه کرده، سپس با استفاده از اصل بر هم نهی، نیروی برایند را پیدا می‌کنیم.

$$F_{13}=k\frac{q_1q_3}{r_{13}^2}\Rightarrow F_{13}=9\times10^9\frac{4\times1\times10^{-12}}{100\times10^{-4}}\Rightarrow F_{13}=3/6N$$

$$F_{23}=9\times10^9\frac{9\times1\times10^{-12}}{100\times10^{-4}}\Rightarrow F_{23}=8/1N$$

$$F_T=|F_{23}-F_{13}|=8/1-3/6\Rightarrow F_T=4/5N$$

۵۸ می‌توانیم در دو حالت نیرو را محاسبه و سپس بر هم تقسیم کنیم:

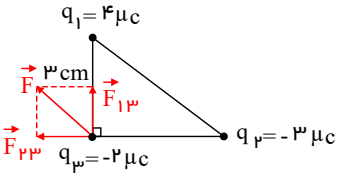
$$F_1=k\frac{q\cdot q}{r^2}=k\frac{q^2}{r^2}$$

در حالت دوم: $q_1=\frac{q}{2}\ ,\ q_1=q+\frac{q}{2}=\frac{3}{2}q$

$$r_2=\frac{1}{3}r\Rightarrow F_2=k\frac{q_1q_2}{r_2^2}=k\frac{\frac{q}{2}\times\frac{3}{2}q}{(\frac{r}{3})^2}=\frac{27}{4}k\frac{q_2}{r^2}$$

$$\frac{F_2}{F_1}=\frac{\frac{27}{4}k\frac{q^2}{r^2}}{k\frac{q^2}{r^2}}=\frac{27}{4}$$

۵۹ بر بار q_3 دو نیروی الکتریکی عمود برهم وارد می‌شود. یعنی:



$$F_{13}=k\frac{|q_1|\cdot|q_3|}{r^2}\Rightarrow F_{13}=9\times10^9\frac{4\times10^{-6}\times(2\times10^{-6})}{(3\times10^{-2})^2}$$

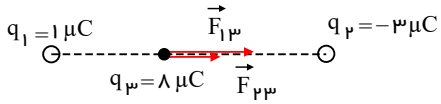
$$\Rightarrow F_{13}=80N\Rightarrow\vec{F}_{13}=80\vec{j}$$

$$F_{23}=k\frac{|q_2||q_3|}{r^2}=9\times10^9\frac{(3\times10^{-6})(2\times10^{-6})}{(3\times10^{-2})^2}=60N\Rightarrow\vec{F}_{23}=-60\vec{i}$$

$$\vec{F}_{\text{خالص}}=\vec{F}_{13}+\vec{F}_{23}=-60\vec{i}+80\vec{j}$$

$$F_{\text{خالص}}=\sqrt{F_{13}^2+F_{23}^2}=\sqrt{(60^2)+(80)^2}=100N$$

۶۰ بار q_1، بار q_3 را دفع می‌کند $(\vec{F}_{13})$ و بار q_2 بار q_3 را جذب می‌کند $(\vec{F}_{23})$ پس برآیند نیروها (نیروی خالص واردشده بر بار q_3) به‌سمت راست خواهد بود:



$$F_{13}=k\frac{q_1q_3}{r^2}=9\times10^9\frac{1\times10^{-6}\times(8\times10^{-6})}{(2\times10^{-2})^2}=180N$$

$$F_{23}=k\frac{q_2q_3}{r^2}=9\times10^9\frac{3\times10^{-6}\times(8\times10^{-6})}{(2\times10^{-2})^2}=540N$$

$$\vec{F}_{\text{خالص}}=\vec{F}_{13}+\vec{F}_{23}=180\vec{i}+540\vec{i}=720\vec{i}$$

$$F_{\text{خالص وارد بر }q_3}=720N$$

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

$$F = k\frac{|q_۱| \cdot |q_۲|}{r^۲}$$

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

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

۶۲ ابتدا بار هر یک از دو گوی را پس از تماس دادن، می‌یابیم. سپس نیروی الکتریکی بین آنها را محاسبه می‌کنیم.

$$q = \frac{q_۱ + q_۲}{۲} = \frac{۴ \times ۱۰^{-۹} + (-۶ \times ۱۰^{-۹})}{۲}$$

$$q = -۱ \times ۱۰^{-۹} C = -۱nC$$

$$F = k\frac{q_۱ q_۲}{r^۲} \Rightarrow F = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{(۱ \times ۱۰^{-۹}) \times (۱ \times ۱۰^{-۹})}{(۰/۳)^۲} = ۱۰^{-۷} N$$

چون هر دو بار منفی هستند، نیرو رانشی است.

۶۳

الف وارون

ب کاهش

پ عمود

۶۴ الف) در ابتدا: $F = k\frac{q \cdot q}{r^۲} = k\frac{q^۲}{r^۲}$

اکنون یکی از بارها $\frac{۳}{۴}q$ و دیگری $q + \frac{۱}{۴}q = \frac{۵}{۴}q$ خواهد شد:

$$F' = k\frac{|q_۱| \cdot |q_۲|}{r^۲} = k\frac{\frac{۳}{۴}q \times (\frac{۵}{۴}q)}{r^۲} = \frac{۱۵}{۱۶}k\frac{q^۲}{r^۲}$$

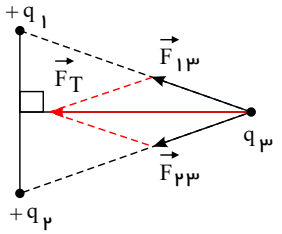
$$\frac{F'}{F} = \frac{۱۵}{۱۶}$$

ب) با نصف شدن فاصله داریم:

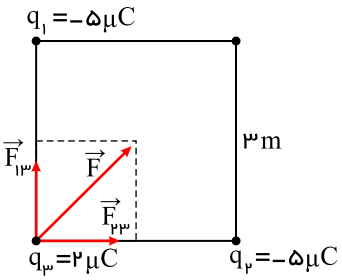
$$F'' = k\frac{(\frac{۳}{۴}q) \times (\frac{۵}{۴}q)}{(\frac{r}{۲})^۲} = k\frac{\frac{۱۵}{۱۶}q^۲}{\frac{r^۲}{۴}} = \frac{۱۵}{۴}k\frac{q^۲}{r^۲} \Rightarrow \frac{F''}{F} = \frac{\frac{۱۵}{۴}k\frac{q^۲}{r^۲}}{k\frac{q^۲}{r^۲}} = \frac{۱۵}{۴}$$

۶۵ الف) نیروی الکتریکی ربایشی یا رانشی بین دو ذرهٔ باردار $q_۱$ و $q_۲$ که در فاصلهٔ r از یکدیگر قرار دارند با حاصل‌ضرب بار دو ذره نسبت مستقیم و با مجذور فاصلهٔ آنها از هم نسبت وارون دارد.

ب)



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



$$F_{۱۳}=k\frac{q_۱q_۳}{r^۲}=۹\times ۱۰^۹\frac{(۵\times ۱۰^{-۶})(۲\times ۱۰^{-۶})}{۳^۲}\Rightarrow F_{۱۳}=۱۰^{-۲}N$$

این نیرو در جهت محور y است، پس:

$$F_{۱۳}=(۱۰^{-۲}\vec{j})\quad N$$

$$F_{۲۳}=k\frac{q_۲q_۳}{r^۲}=۹\times ۱۰^۹\frac{(۵\times ۱۰^{-۶})(۲\times ۱۰^{-۶})}{۳^۲}=۱۰^{-۲}N$$

این نیرو در جهت محور xها است، پس:

$$\vec{F}_{۲۳}=(۱۰^{-۲}\vec{i})N$$

در نتیجه نیروی خالص واردشده بر $q_۳$ برابر است با:

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

برای محاسبهٔ اندازهٔ این نیرو می‌توان از رابطهٔ فیثاغورس استفاده کرد:

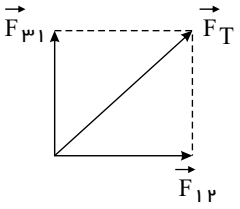
$$F=\sqrt{(۱۰^{-۲})^۲+(۱۰^{-۲})^۲}=\sqrt{۲}\times ۱۰^{-۲}\ N$$

۶۷ به بار الکتریکی $q_۱$، دو نیروی عمود بر هم، یکی از طرف بار $q_۲$ (که این نیرو رانشی است) و دیگری از طرف بار $q_۳$ (که این نیرو ربایشی است) وارد می‌شود.

$$F_{۳۱}=k\frac{q_۱q_۳}{r_{۱۳}^۲}\Rightarrow F_{۳۱}=۹\times ۱۰^۹\frac{۱\times ۴\times ۱۰^{-۱۲}}{۳\times ۱۰^{-۴}}\Rightarrow F_{۳۱}=۱۲۰N$$

$$r_{۳۱}=۰/۰۱\sqrt{۳}$$

$$F_{۱۲}=۹\times ۱۰^۹\frac{۱\times ۴\times ۱۰^{-۱۲}}{۱\times ۱۰^{-۴}}\Rightarrow F_{۱۲}=۳۶۰N$$



$$F_T=\sqrt{۱۲۰^۲+۳۶۰^۲}=۱۲۰\sqrt{۱۰}$$

۶۸ 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:

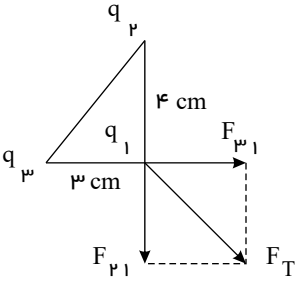
$$F_{۳۱}=k\frac{q_۳q_۱}{r_{۳۱}^۲}=۹\times ۱۰^۹\times\frac{۶\times ۱۰^{-۶}\times ۲\times ۱۰^{-۶}}{(۳\times ۱۰^{-۲})^۲}$$

$$F_{۳۱}=۱۲۰N$$

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

$$F_{۲۱}=۹۰N$$

$$F_T=\sqrt{F_{۳۱}^۲+F_{۲۱}^۲}=۱۵۰N$$



۶۹

الف ۴

ب بار ذخیره‌شده در خازن

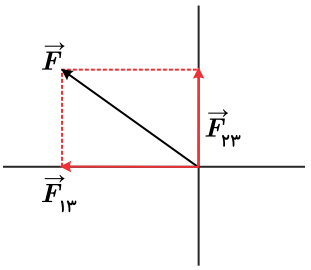
پ فروریزش

۷۰

$$F = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow F_{13} = \frac{9\times10^{9}\times40\times10^{-9}\times20\times10^{-9}}{9\times10^{-4}} = 8\times10^{-3}N$$

$$F_{23} = \frac{9\times10^{9}\times30\times10^{-9}\times20\times10^{-9}}{9\times10^{-4}} = 6\times10^{-3}N$$

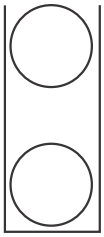
$$\vec{F} = (-8\times10^{-3}N)\vec{i} + (6\times10^{-3}N)\vec{j}$$



۷۱

$$F = k\frac{|q_1 q_2|}{r^2} \rightarrow 2/7 = \frac{9\times10^{9}\times4\times10^{-6}\times3\times10^{-6}}{(r)^2} \Rightarrow r = 0/2m$$

۷۲ ابتدا جرم دو گلولهٔ کوچک را با ترازو اندازه گیری می‌کنیم. سپس آنها را جداگانه توسط پارچهٔ پشمی مالش می‌دهیم، تا به یک اندازه باردار شوند. حال، مطابق شکل، دو گوی را درون استوانه شیشه‌ای قرار می‌دهیم تا گوی بالایی به حالت معلق قرار گیرد. با خط کش فاصلهٔ بین دو گوی را اندازه گیری می‌کنیم. اعداد حاصل را در رابطه تعادل $\frac{kq^2}{r^2} = mg$ قرار داده و q را محاسبه می‌کنیم.



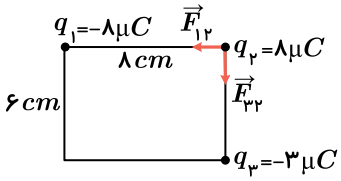
۷۳ $F = mg \rightarrow k\frac{q_1 q_2}{r^2} = mg$

$$9\times10^{9}\frac{0/4\times10^{-6}\times0/5\times10^{-6}}{d^2} = 2\times10^{-3}\times10 \Rightarrow d = 0/3$$

۷۴ ربایشی است. زیرا کاغذ در مالش با ابریشم دارای بار منفی و در مالش با کتان دارای بار مثبت می‌گردد و بارهای ناهمنام یکدیگر را می‌ربایند.

۷۵

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



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

$$\vec{F_{12}} = k\frac{|q_1||q_2|}{r_{12}^2} = (9\times10^{9}\frac{N\cdot m^2}{C^2})\frac{(8\times10^{-6}C)(8\times10^{-6}C)}{(8\times10^{-2}m)^2} = 90N \Rightarrow \vec{F_{12}} = (-90N)\vec{i}$$

گام سوم: این دفعه q_1 را کنار می‌گذاریم و $\vec{F_{32}}$ را تعیین می‌کنیم، چون این نیرو در خلاف جهت $\vec{j}$ است، داریم:

$$\vec{F_{32}} = k\frac{|q_3||q_2|}{r_{23}^2} = (9\times10^{9}\frac{N\cdot m^2}{C^2})\frac{(3\times10^{-6}C)(8\times10^{-6}C)}{(6\times10^{-2}m)^2} = 60N \Rightarrow \vec{F_{32}} = (-60N)\vec{j}$$

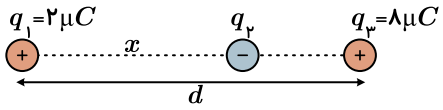
گام چهارم: با توجه به گام دوم و سوم، نیروی برایند برابر است با:

$$F_T = (-۹۰N)\vec{i} + (-۶۰N)\vec{j}$$

اندازهٔ F_T هم از رابطهٔ روبه‌رو به دست می‌آید:

$$F_T = \sqrt{۹۰^۲ + ۶۰^۲} = \sqrt{۱۱۷۰۰}N$$

۷۶



در ابتدا به این نکته توجه کنید که چون برایند نیروهایی که به هر سه بار وارد می‌شود صفر است؛ پس، بار $q_۲$ باید منفی باشد:

چون برایند نیروهای وارد بر $q_۲$ صفر است، داریم:

$$\frac{k|q_۱||q_۲|}{x^۲} = \frac{k|q_۳||q_۲|}{(d-x)^۲} \Rightarrow \frac{|q_۱|}{|q_۳|} = \frac{x^۲}{(d-x)^۲} \Rightarrow \frac{۲}{۸} = \frac{x^۲}{(d-x)^۲} \Rightarrow (\frac{x}{d-x})^۲ = \frac{۱}{۴} \Rightarrow \frac{x}{d-x} = \frac{۱}{۲} \Rightarrow ۲x = d - x \Rightarrow d = ۳x$$

از طرفی برایند نیروهای وارد بر $q_۱$ نیز صفر است:

$$\frac{k|q_۱||q_۲|}{x^۲} = \frac{k|q_۱||q_۳|}{d^۲} \Rightarrow \frac{|q_۲|}{|q_۳|} = \frac{x^۲}{d^۲} = \frac{۱}{۹} \Rightarrow |q_۲| = ۸ \times \frac{۱}{۹} = \frac{۸}{۹}\mu C \Rightarrow q_۲ = \frac{-۸}{۹}\mu C$$

۷۷ الف) منفی؛ چون باید یک نیروی ربایشی باشد ($F_{۱۳}$) و یک نیروی رانشی ($F_{۲۳}$) تا $q_۳$ در حال تعادل باشد.

ب)

$$F_{۱۳} = F_{۲۳} = \frac{k|q_۱||q_۳|}{r_{۱۳}^۲} = \frac{k|q_۲||q_۳|}{r_{۲۳}^۲} \Rightarrow \frac{|q_۱|}{|q_۲|} = (\frac{r_{۱۳}}{r_{۲۳}})^۲$$

$$r_{۱۳} > r_{۲۳} \Rightarrow |q_۱| > |q_۲|$$

۷۸ گام اول: وقتی دو کره را به هم تماس می‌دهیم، بار آنها با هم مساوی می‌شود و مقدار هر یک از آنها به‌صورت زیر به دست می‌آید:

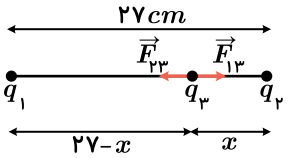
$$q'_۱ = q'_۲ = \frac{q_۱ + q_۲}{۲} = \frac{۸\mu C + (-۱۰\mu C)}{۲} = \frac{-۲\mu C}{۲} = -۱\mu C$$

گام دوم: در صورت سؤال گفته‌ایم که دو کره را در فاصلهٔ قبلی قرار می‌دهیم؛ پس:

$$\frac{F'}{F} = \frac{|q'_۱||q'_۲|}{|q_۱||q_۲|} \times (\frac{r}{r'})^۲ \overset{r=r'}{=} \frac{|-۱\mu C||-۱\mu C|}{|۸\mu C||-۱۰\mu C|} \times (۱)^۲ = \frac{۱}{۸۰}$$

بنابراین پس از تماس، نیرویی که دو کره به هم وارد می‌کنند، $\frac{۱}{۸۰}$ برابر می‌شود.

۷۹



چون دو بار هم‌نام هستند، برای اینکه نیروی خالص وارد بر $q_۳$ صفر شود، باید $q_۳$ مطابق شکل مقابل بین دو بار و نزدیک بار کوچک‌تر قرار گیرد. همان‌طور که می‌بینید، اگر فاصلهٔ بین $q_۲$ و $q_۳$ را X در نظر بگیریم، فاصلهٔ بین دو بار $q_۱$ و $q_۳$ برابر $۲۷ - X$ می‌شود.

نیروی خالص صفر شده است؛ پس:

$$\vec{F_{۲۳}} + \vec{F_{۱۳}} = ۰ \Rightarrow \vec{F_{۲۳}} = -\vec{F_{۱۳}} \Rightarrow \vec{F_{۲۳}} = \vec{F_{۱۳}}$$

بنابراین با توجه به قانون کولن داریم:

$$\frac{kq_۱q_۳}{r_{۱۳}^۲} = \frac{kq_۲q_۳}{r_{۲۳}^۲} \Rightarrow \frac{q_۱}{r_{۱۳}^۲} = \frac{q_۲}{r_{۲۳}^۲} = \frac{۲۵\mu C}{(۲۷cm - x)^۲} = \frac{۱۶\mu C}{x^۲} \Rightarrow \frac{۵}{۲۷cm - x} = \frac{۴}{x}$$

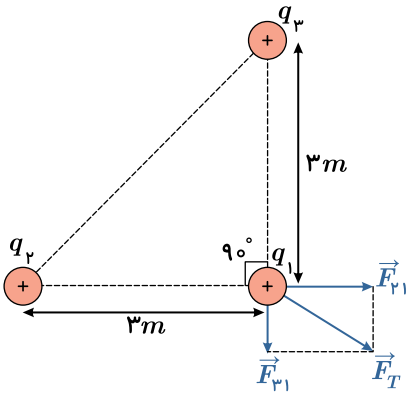
$$\Rightarrow ۵x = ۱۰۸cm - ۴x \Rightarrow ۵x + ۴x = ۱۰۸cm \Rightarrow ۹x = ۱۰۸cm \Rightarrow x = \frac{۱۰۸cm}{۹} = ۱۲cm$$

بنابراین باید بار q_3 را در ۱۲ سانتی‌متری q_2 و بین دو بار q_1 و q_2 قرار دهیم تا نیروی خالص وارد بر آن صفر شود.

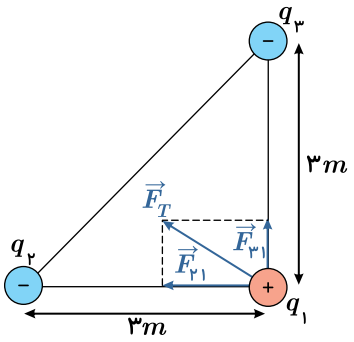
۸۰ با توجه به نکتهٔ بالا داریم:

$$\frac{F'}{F}=\frac{|q_1'|\times|q_2'|}{|q_1|\times|q_2|}\times(\frac{r}{r'})^2 \xrightarrow{q_1'=q_1,q_2'=2q_2,r'=\frac{r}{2}} \frac{|q_1|\times|2q_2|}{|q_1|\times|q_2|}\times(\frac{r}{\frac{r}{2}})^2=2\times(\frac{1}{\frac{1}{2}})^2=2\times(2)^2=2\times4=8$$

۸۱ الف) با توجه به شکل روبه‌رو، نیروهای وارد بر q_1 را رسم می‌کنیم و جهت نیروی برایند را مشخص می‌کنیم. می‌دانیم بارهای q_2 و q_3 به خاطر هم علامت بودن با بار q_1، آن را دفع می‌کنند.

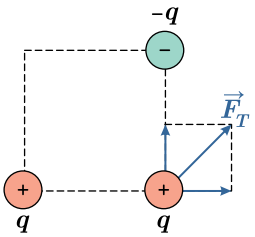


ب) با توجه به شکل روبه‌رو، بار q_1 توسط بارهای q_2 و q_3، جذب می‌شود. جهت نیروی برایند را در شکل مشخص کرده‌ایم.

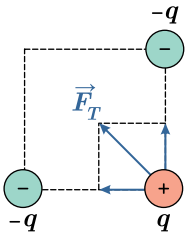


پ) خیر، از آنجا که اندازه، زاویه و فاصلهٔ بین بارها تغییر نمی‌کند، پس بزرگی نیروی برایند وارد بر بار q_1 نیز تغییر نمی‌کند.

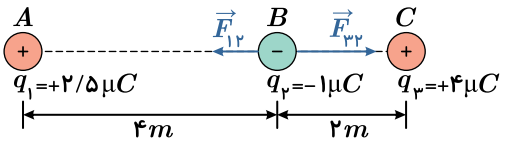
۸۲ الف) اگر بارها همنام باشند یکدیگر را دفع و اگر ناهمنام باشند یکدیگر را جذب می‌کنند. لذا به بار سمت راست پایینی دو نیرو اثر می‌کند که چون این دو نیرو برهم عمودند برایند آنها مطابق شکل می‌شود.



ب) چون بار سمت راست پایین با دو بار دیگر ناهمنام است درنتیجه این بار توسط دو بار دیگر جذب می‌شود. چون این نیروها برهم عمودند، برایند آنها مطابق شکل می‌شود.



۸۳



گام اول: دو بار $q_۱$ و $q_۲$ ناهمنام‌اند، پس یکدیگر را جذب می‌کنند؛ بنابراین بردار $\vec{F}_{۱۲}$ در خلاف جهت محور x است و طبق قانون کولن اندازهٔ این نیرو به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$F_{۱۲}=k\frac{|q_۱|\,|q_۲|}{r_{۱۲}^{۲}}=۹\times ۱۰^{۹}\times\frac{۲/۵\times ۱۰^{-۶}\times ۱\times ۱۰^{-۶}}{۱۶}\simeq ۱/۴\times ۱۰^{-۳}N\Rightarrow \vec{F}_{۱۲}=-۱/۴\times ۱۰^{-۳}\,\vec{i}$$

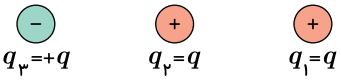
گام دوم: دو بار $q_۲$ و $q_۳$ ناهمنام‌اند، درنتیجه یکدیگر را جذب می‌کنند و جهت $\vec{F}_{۳۲}$ هم‌جهت با محور x است و طبق قانون کولن اندازهٔ این نیرو داریم:

$$F_{۳۲}=k\frac{|q_۳|\,|q_۲|}{r_{۳۲}^{۲}}=۹\times ۱۰^{۹}\times\frac{۴\times ۱۰^{-۶}\times ۱\times ۱۰^{-۶}}{۴}=۹\times ۱۰^{-۳}N\Rightarrow \vec{F}_{۳۲}=+۹\times ۱۰^{-۳}\,\vec{i}$$

گام سوم: برایند دو نیروی $\vec{F}_{۱۲}$ و $\vec{F}_{۳۲}$ را محاسبه می‌کنیم:

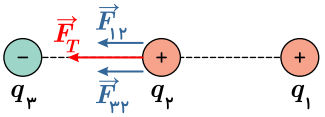
$$\vec{F}_T=\vec{F}_{۱۲}+\vec{F}_{۳۲}\Rightarrow \vec{F}_T=۹\times ۱۰^{-۳}\vec{i}-۱/۴\times ۱۰^{-۳}\vec{i}\Rightarrow \vec{F}_T=۷/۶\times ۱۰^{-۳}\vec{i}\Rightarrow F_T=۷/۶\times ۱۰^{-۳}N$$

۸۴



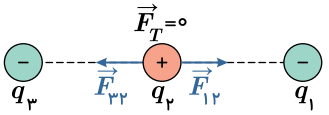
الف) بارهای $q_۲$ و $q_۳$ ناهمنام هستند، پس بار $q_۳$ بار $q_۲$ را جذب می‌کند. بارهای $q_۲$ و $q_۱$ همنام‌اند، لذا بار $q_۱$، بار $q_۲$ را دفع می‌کند. نیروهای $\vec{F}_{۱۲}$ و $\vec{F}_{۳۲}$ را رسم می‌کنیم چون این دو نیرو هم‌جهت هستند، برایند آنها با هر دو نیرو، هم‌جهت و از آنها بزرگ‌تر می‌شود.

$$\begin{cases} q_۱=q \\ q_۲=q \\ q_۳=-q \end{cases}$$



ب) در این حالت بار $q_۱$ و $q_۲$ ناهمنام هستند، بنابراین بار $q_۱$، بار $q_۲$ را جذب می‌کند. چون بارها هم‌اندازه و بار $q_۲$ در وسط دو بار $q_۱$ و $q_۳$ قرار دارد، پس دو نیروی $\vec{F}_{۱۲}$ و $\vec{F}_{۳۲}$ هم‌اندازه و در خلاف جهت هم هستند، پس برایند این دو نیرو صفر می‌شود.

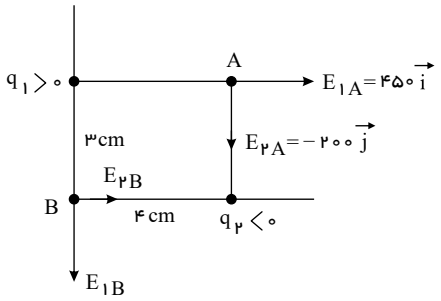
$$\begin{cases} q_۱=-q \\ q_۲=q \\ q_۳=-q \end{cases}$$



۸۵ الف) با توجه به میدان داده‌شده در نقطهٔ A، بدیهی است که $q_۱>۰$ و $q_۲<۰$ است. با یک مقایسهٔ ساده بزرگی میدان ناشی از بارهای $q_۱$ و $q_۲$ در نقطهٔ B را یافته و بردار میدان را در آنجا می‌یابیم.

$$\frac{E_{۱B}}{E_{۱A}}=\left(\frac{r_{۱A}}{r_{۱B}}\right)^{۲}\Rightarrow\frac{E_{۱B}}{۴۵۰}=\left(\frac{۴}{۳}\right)^{۲}\Rightarrow\frac{E_{۱B}}{۴۵۰}=\frac{۱۶}{۹}\Rightarrow E_{۱B}=۸۰۰(-\vec{j})$$

$$\frac{E_{۲B}}{E_{۲A}}=\left(\frac{r_{۲A}}{r_{۲B}}\right)^{۲}\Rightarrow\frac{E_{۲B}}{۲۰۰}=\left(\frac{۳}{۴}\right)^{۲}\Rightarrow\frac{E_{۲B}}{۲۰۰}=\frac{۹}{۱۶}\Rightarrow E_{۲B}=۱۱۲/۵(+\vec{i})$$

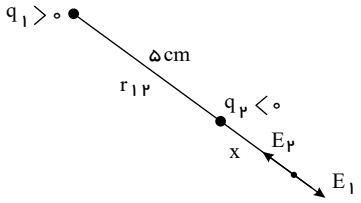


$$\vec{E}_B = ۱۱۲/۵\vec{i} - ۸۰۰\vec{j}$$

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

$$\frac{E_{1A}}{E_{2A}} = \frac{|q_1|}{|q_2|}\left(\frac{r_{2A}}{r_{1A}}\right)^2 \Rightarrow \frac{۴۵۰}{۲۰۰} = \frac{|q_1|}{|q_2|} \times \left(\frac{۳}{۴}\right)^2 \Rightarrow \frac{|q_1|}{|q_2|} = \frac{۴۵۰}{۲۰۰} \times \frac{۱۶}{۹} = ۴$$

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

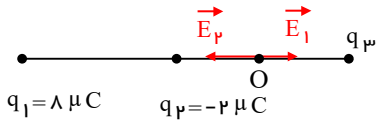


$$r_{12} = \sqrt{۳^2 + ۴^2} = ۵cm$$

$$E_2 = E_1 \Rightarrow \frac{k|q_2|}{x^2} = \frac{k|q_1|}{(۵+x)^2} \Rightarrow \frac{(۵+x)^2}{x^2} = \frac{|q_1|}{|q_2|} = ۴ \Rightarrow \frac{۵+x}{x} = ۲ \Rightarrow \boxed{x = ۵cm}$$

۸۶

E_3 باید در خلاف جهت برایند $\vec{E}_1$ و $\vec{E}_2$ باشد تا $E_{\text{خالص}}$ صفر شود. پس ابتدا $\vec{E}_1$ و $\vec{E}_2$ را محاسبه می‌کنیم:



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

$$E_1 = ۹\times۱۰^9 \frac{۸\times۱۰^{-6}}{(۳\times۱۰^{-2})^2} = ۸\times۱۰^7 \frac{N}{C}$$

$$E_2 = ۹\times۱۰^9 \frac{۲\times۱۰^{-6}}{(۱\times۱۰^{-2})^2} = ۱۸\times۱۰^7 \frac{N}{C}$$

پس بار q_3 باید منفی باشد که میدان ناشی از آن به‌سمت راست شود: به‌سمت چپ $E' = E_2 - E_1 = ۱۸\times۱۰^7 - ۸\times۱۰^7 = ۱۰\times۱۰^7 \frac{N}{C}$

$$E_3 = E' \Rightarrow ۹\times۱۰^9 \times \frac{|q_3|}{(۱\times۱۰^{-2})^2} = ۱۰\times۱۰^7 \Rightarrow |q_3| = \frac{۱۰}{۹}\mu C \xrightarrow{q_3<0} q_3 = -\frac{۱۰}{۹}\mu C$$

با علامت منفی

۸۷ علامت q_1 مثبت و علامت q_2 منفی است زیرا خط میدان از بار مثبت خارج شده و به بار منفی وارد می‌شود.

اندازهٔ بار q_1 از اندازهٔ بار q_2 بزرگ‌تر است یعنی $|q_1| > |q_2|$

زیرا خطوط میدان در اطراف بارها دارای اندازهٔ بزرگ‌تر دارای انحنای کمتری هستند (تا خط‌های متراکم‌تری بتوانند در کنار هم قرار گیرند)

۸۸ چون فاصلهٔ بارهای q_1 و q_2 تا نقطهٔ A یکسان است و میدان برایند نیز موازی خط اتصال بارهاست، بدیهی است که میدان هریک از بارها در نقطهٔ A یکسان و البته بارهای q_1 و q_2 هم‌اندازه‌اند. بدیهی است که با توجه به شکل $q_2 < ۰$ و $q_1 > ۰$ است.

$q_۱ > ۰ \quad , \quad q_۲ < ۰ \quad , \quad r_۱ = r_۲ = r$

$$E_۲ = E_۱ = k\frac{q_۱}{r^۲} \rightarrow E_۲ = E_۱ = ۹ \times ۱۰^۹ \times \frac{q_۱}{(۱۰ \times ۱۰^{-۲})^۲}$$

$$\overrightarrow{E_A} = \overrightarrow{E_۱} + \overrightarrow{E_۲} \rightarrow \overrightarrow{E_A} = (E_۱ \cos\alpha + E_۲ \cos\alpha)\vec{i} = (۲E_۱ \cos\alpha)\vec{i}$$

$$۷٫۲ \times ۱۰^۴ = ۲ \times ۹ \times ۱۰^۹ \times \frac{q_۱}{(۱۰ \times ۱۰^{-۲})^۲} \times ۰٫۸ \rightarrow q_۱ = |q_۲| = ۵ \times ۱۰^{-۸} C$$

۸۹ الف) بار مثبت است. زیرا برای برقراری تعادل و معلق ماندن ذره لازم است نیروی وزن ذره با نیروی ناشی از میدان برابر و در خلاف جهت آن باشد. پس نیروی الکتریکی روبه‌بالا و در جهت میدان است.

به این ترتیب بار مثبت است.

ب)

$$\left.\begin{matrix} F = Eq \\ F = mg \end{matrix}\right\} \Rightarrow mg = Eq$$

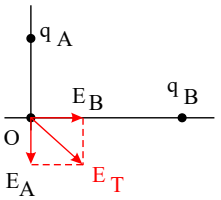
$$\Rightarrow (۵ \times ۱۰^{-۳}) \times ۱۰ = ۱۰^۳ \times q \Rightarrow q = ۵ \times ۱۰^{-۵} C \Rightarrow q = ۵۰\mu C$$

۹۰ الف) بارها هم‌اندازه‌اند، همچنین فاصلهٔ آنها از نقطهٔ O یکسان است. پس بزرگی میدان الکتریکی هریک با دیگری در نقطهٔ O برابر است.

$$E_{AO} = E_{BO}$$

$$E = k\frac{q}{r^۲} \Rightarrow E_{AO} = E_{BO} = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{۴ \times ۱۰^{-۶}}{(۴ \times ۱۰^{-۲})^۲}$$

$$\Rightarrow E_{AO} = E_{BO} = ۲٫۲۵ \times ۱۰^۷ \frac{N}{C}$$



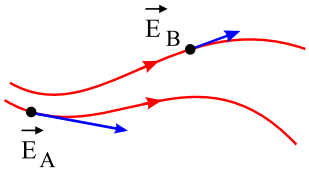
ب)

$$\overrightarrow{E} = (۲٫۲۵ \times ۱۰^۷)\overrightarrow{i} - (۲٫۲۵ \times ۱۰^۷)\overrightarrow{j}$$

۹۱

الف) برای رسم بردار میدان در هر نقطه باید برداری مماس بر خط میدان عبورکننده از آن نقطه و هم‌جهت با خط میدان رسم کرد. به‌علاوه باید دقت داشت که در نقطهٔ A میدان قوی‌تر از نقطهٔ B است. (تراکم خطوط بیشتر است.)

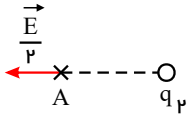
ب) در نقطهٔ C میدان الکتریکی از نقطهٔ D بزرگ‌تر است زیرا تراکم خطوط در C بیشتر از D است.



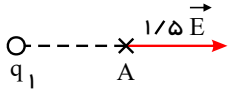
۹۲

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

چون میدان بار $q_۲$ در نقطهٔ A به‌سمت چپ است پس $q_۲$ حتماً مثبت است.



چون میدان برایند $\overrightarrow{E}$ و به‌سمت راست بوده است پس حتماً میدان الکتریکی ناشی از بار $q_۱$ باید دارای اندازهٔ $۱٫۵\overrightarrow{E}$ و به‌سمت راست بوده باشد تا پس از جمع شدن با میدان الکتریکی $۰٫۵\overrightarrow{E}$ ناشی از بار $q_۲$ که خلاف جهت آن است برایندی برابر با $\overrightarrow{E}$ و به‌سمت راست ایجاد شده باشد:



و بار $q_۱$ 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:

$$\frac{q_۱}{q_۲} = \frac{E_۱}{E_۲} = \frac{۱٫۵E}{۰٫۵E} = ۳$$

۹۳

$$qE - mg = ma \rightarrow ۱٫۲ \times ۱۰^۵ \times ۱۰^{-۱۵} - ۱۰^{-۸} \times ۱۰^{-۳} \times ۱۰ = ۱۰^{-۱۱} a \rightarrow a = ۲\frac{m}{s^۲}$$

۹۴ 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:

$$E_A = k\frac{|q_A|}{r^2} = ۹\times۱۰^۹ \times \frac{۳\times۱۰^{-۸}}{(\sqrt{۲})^۲} = \frac{۲۷۰}{۲} = ۱۳۵\frac{N}{C}$$

$$E_B = k\frac{|q_B|}{r^2} = ۹\times۱۰^۹ \frac{۳\times۱۰^{-۸}}{(\sqrt{۲})^۲} = ۱۳۵\frac{N}{C}$$

$$E_C = k\frac{|q_C|}{r^2} = ۹\times۱۰^۹ \frac{۵\times۱۰^{-۸}}{(\sqrt{۲})^۲} = ۲۲۵\frac{N}{C}$$

$$E_D = k\frac{|q_D|}{r^2} = ۹\times۱۰^۹ \times \frac{۳\times۱۰^{-۸}}{(\sqrt{۲})^۲} = ۱۳۵N$$

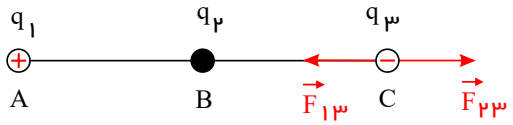
بردارهای $\vec{E}_B$ و $\vec{E}_D$ برابر و خلاف جهت هستند پس با هم خنثی می‌شوند.

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

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

۹۵

الف) منفی. چون باید بار $q_۳$ را دفع کرده باشد تا تعادل برقرار شود.



ب)

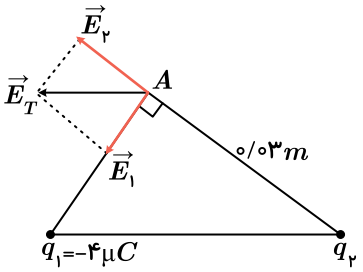
$$F_{۱۳} = F_{۲۳} \Rightarrow k\frac{q_۱ q_۳}{(AC)^۲} = k\frac{q_۲ q_۳}{(BC)^۲} \Rightarrow \frac{q_۱}{AC^۲} = \frac{q_۲}{BC^۲} \xrightarrow{AC>BC} |q_۱| > |q_۲|$$

چون AC از BC بزرگ‌تر است پس باید صورت کسر طرف اول هم از صورت کسر طرف دوم بزرگ‌تر باشد تا تساوی حفظ شود.

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

ب)

$$E_۱ = k\frac{q_۱}{r^۲} = ۹\times۱۰^۹ \times \frac{۴\times۱۰^{-۶}}{(۰/۰۳)^۲} = ۴\times۱۰^۷ \ \frac{N}{C}$$



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

$$E_T^۲ = E_۱^۲ + E_۲^۲ \Rightarrow (۵\times۱۰^۷)^۲ = (۴\times۱۰^۷)^۲ + E_۲^۲ \Rightarrow E_۲^۲ = (۳\times۱۰^۷)^۲ \Rightarrow E_۲ = ۳\times۱۰^۷ \ \frac{N}{C}$$

$$E_۲ = k\frac{q_۲}{r^۲} \Rightarrow ۳\times۱۰^۷ = ۹\times۱۰^۹ \times \frac{q_۳}{(۰/۰۳)^۲} \Rightarrow q_۲ = ۳\times۱۰^{-۶}C$$

۹۷ جهت میدان الکتریکی همواره در جهت خروج از بار مثبت و ورود به بار منفی است؛ در نتیجه:

$q_۱ > ۰$

$q_۲ < ۰$

همچنین از آنجا که خطوط میدان الکتریکی در اطراف بار با اندازهٔ بزرگ‌تر، تراکم بیشتر و در نتیجه انحنای کمتری دارند، بنابراین:

$|q_۱| > |q_۲|$

۹۸ الف)

$$F = k\frac{q_۱ q_۲}{r^۲} \Rightarrow F = ۹\times۱۰^۹ \times \frac{(۱/۶\times۱۰^{-۱۹})(۱/۶\times۱۰^{-۱۹})}{(۴\times۱۰^{-۱۵})^۲} \Rightarrow F = ۱/۴۴\times۱۰^{-۱} = ۱۴/۴ \ N$$

ب) ابتدا بار هسته را می‌یابیم. می‌دانیم که: (Z عدد اتمی است)

$$q_{\text{هسته}} = Ze \Rightarrow q_{\text{هسته}} = ۲۶ \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} = ۴۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}\ C$$

$$E = k\frac{q}{r^۲} \Rightarrow E = ۹ \times ۱۰^{۹} \times \frac{۴۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}}{(۱ \times ۱۰^{-۱۰})^۲} = ۳۷۴/۴ \times ۱۰^{۱۰} \Rightarrow E = ۳/۷۴۴ \times ۱۰^{۱۲}\ \frac{N}{C}$$

۹۹ چون بارها هم‌نام هستند، نقطه‌ای که در آنجا، میدان الکتریکی برایند صفر شده، بین دو بار و نزدیک‌تر به بار با اندازهٔ کوچک‌تر است.

$$E_۱ = E_۲ \rightarrow \frac{kq_۱}{r_۱^۲} = \frac{kq_۲}{r_۲^۲} \rightarrow \frac{۲}{x^۲} = \frac{۳۲}{۱۶^۲} \rightarrow \frac{۱}{x} = \frac{۴}{۱۶} \rightarrow x = ۴cm$$

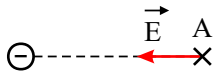
$$d = ۱۶ + ۴ = ۲۰cm$$

(x) فاصله از بار کوچک‌تر و (d) فاصلهٔ دو بار از یکدیگر است.

۱۰۰ گزینهٔ ۱ می‌دانیم که بزرگی میدان الکتریکی با تراکم خطوط میدان متناسب است. چون در B خطوط میدان متراکم‌تر از A هستند پس $E_B > E_A$ است.

۱۰۱

الف) چون q منفی است:



ب)

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

۱۰۲ الف) دوقطبی الکتریکی

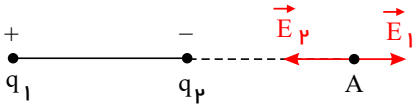
ب) ابتدا میدان الکتریکی ناشی از هریک از بارهای $q_۱$ و $q_۲$ را در A محاسبه کرده سپس برایند می‌گیریم:

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

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

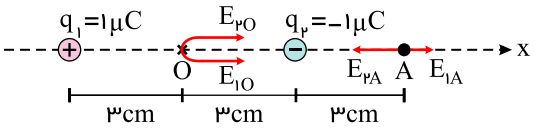
$$E_T = E_۲ - E_۱ = ۳۰ \times ۱۰^{۶} - ۲/۷ \times ۱۰^{۶} \Rightarrow E_T = ۲۷/۳ \times ۱۰^{۶}\frac{N}{C}$$

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



۱۰۳ در نقطهٔ O، میدان الکتریکی ناشی از دو بار $q_۱$ و $q_۲$ هم‌جهت و در نقطهٔ A در خلاف جهت هم هستند.

الف)



$$E_{۱O} = k\frac{q_۱}{r_O^۲} = ۹ \times ۱۰^{۹}\frac{۱ \times ۱۰^{-۹}}{(۳ \times ۱۰^{-۲})^۲} = ۱۰^{۴}\frac{N}{C} \Rightarrow \vec{E}_{۱O} = ۱۰^{۴}\vec{i}\ (\frac{N}{C})$$

$$E_{۲O} = k\frac{q_۲}{r_O^۲} = ۹ \times ۱۰^{۹}\frac{۱ \times ۱۰^{-۹}}{(۳ \times ۱۰^{-۲})^۲} = ۱۰^{۴}\frac{N}{C} \Rightarrow \vec{E}_{۲O} = ۱۰^{۴}\vec{i}(\frac{N}{C})$$

$$\vec{E}_O = \vec{E}_{۱O} + \vec{E}_{۲O} = ۲ \times ۱۰^{۴}\vec{i}\ (\frac{N}{C})$$

$$E_{1A} = k\frac{q_1}{r_A^2} = 9\times10^9\frac{1\times10^{-9}}{(9\times10^{-2})^2} = \frac{10^4}{9}\ \frac{N}{C} \Rightarrow \vec{E}_1 = \frac{10^4}{9}\vec{i}\ (\frac{N}{C})$$

$$E_{2A} = k\frac{q_2}{r'_A} = 9\times10^9\frac{1\times10^{-9}}{(3\times10^{-2})^2} = 10^4\ \frac{N}{C} \Rightarrow \vec{E}_{2A} = -10^4\vec{i}\ (\frac{N}{C})$$

$$\vec{E}_A = \vec{E}_{1A} + \vec{E}_{2A} = \frac{10^4}{9}\vec{i} - 10^4\vec{i} = \frac{-8}{9}\times10^4\vec{i}\ (\frac{N}{C})$$

ب) خیر چنین نقطه‌ای وجود ندارد. زیرا در فاصلهٔ بین q_1 و q_2 که میدان‌ها هم‌جهت هستند و خارج از فاصلهٔ دو بار هم در هر صورت به یکی از بارها نزدیک‌تر خواهیم بود و با توجه به یکسان بودن اندازهٔ بارها، امکان برابری میدان‌ها وجود ندارد.

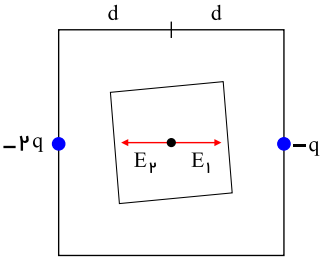
۱۰۴ شکل (الف) نادرست است؛ زیرا خطوط میدان باید به بار منفی وارد شوند.

شکل (ب) نادرست است؛ زیرا خطوط میدان دو ذرهٔ باردار در نزدیکی هم، نمی‌تواند کاملاً صاف و بدون انحنا باشد.

شکل (پ) نادرست است؛ زیرا خطوط میدان باید از بار مثبت خارج و به بار منفی وارد شوند.

بنابراین تنها شکل (ت) صحیح است.

۱۰۵ با دقت در شکل متوجه می‌شویم که بارهای الکتریکی که در رأس‌های مربع‌ها قرار گرفته‌اند، نسبت به مرکز، متقارن و هم‌اندازه و با علامت و فاصلهٔ یکسان هستند. پس میدان الکتریکی ناشی از آنها در نقطهٔ P صفر خواهد بود. به این ترتیب تنها بارهای مؤثر در شکل زیر نشان داده شده‌اند:

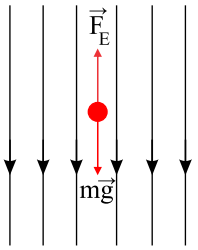


$$E_1 = k\frac{q}{r^2} = k\frac{q}{r^2} \Rightarrow \vec{E_1} = +k\frac{q}{d^2}\vec{i}$$

$$E_2 = k\frac{(2q)}{d^2} \Rightarrow \vec{E_2} = -2\frac{kq}{d^2}\vec{i}$$

$$\text{خالص}\ \vec{E} = +k\frac{q}{d^2}\vec{i} - 2k\frac{q}{d^2}\vec{i} = -k\frac{q}{d^2}\vec{i}$$

۱۰۶ چون نیروی الکتریکی باید رو به بالا و در خلاف جهت میدان الکتریکی باشد، پس نوع بار الکتریکی منفی است.

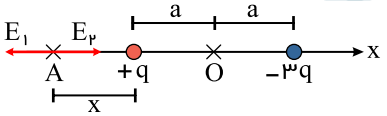


وزن $F_E = W$ نیروی الکتریکی

$$E|q| = mg \rightarrow 5\times10^5\times|q| = (2\times10^{-3})(10) \rightarrow |q| = 4\times10^{-8} \rightarrow q = -40nC$$

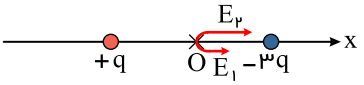
۱۰۷ الف) برای دو بار نقطه‌ای ناهمنام، میدان در نقطه‌ای خارج از فاصلهٔ دو بار و نزدیک‌تر به بار کوچک‌تر (از نظر اندازه) است؛ بنابراین داریم:

$$E_1 = E_2$$



$$\frac{\cancel{k}\cancel{q}}{x^2} = \cancel{k}\frac{3\cancel{q}}{(x+2a)^2} \Rightarrow 3x^2 = (x+2a)^2 \xrightarrow[\text{جذر}} \sqrt{3}x = x+2a \rightarrow (\sqrt{3}-1)x = 2a \Rightarrow x = \frac{2}{\sqrt{3}-1}a$$

ب)



$$E_1 = k\frac{q}{r^2} = 9\times10^9\frac{q}{a^2}$$

$$E_2 = 9\times10^9\frac{(3q)}{a^2} = 27\times10^9\frac{q}{a^2}$$

$$\vec{E}_{\text{خالص}} = 9\times10^9\frac{q}{a^2}\vec{i} + 27\times10^9\frac{q}{a^2}\vec{i} = 36\times10^9\frac{q}{a^2}\vec{i}\quad (\text{در جهت محور} x\text{ها})$$

۱۰۸ چون این یک میدان الکتریکی یکنواخت است، اندازهٔ میدان الکتریکی در نقاط A و B یکسان است؛ پس طبق رابطهٔ $F = E\cdot q$ اندازهٔ نیروی واردشده بر بار q در نقطهٔ A و B با هم برابر است.

اگر بار q مثبت باشد، نیروی واردشده به آن در هر دو نقطه هم‌جهت با خطوط میدان خواهد بود و اگر بار q منفی باشد، نیرو در خلاف جهت میدان می‌باشد.

۱۰۹ در مکان C، نوع بار $q_۲$ منفی است. زیرا بردار میدان ناشی از $q_۱$ در امتداد قطر CA و رو به پایین است. پس باید $q_۲$ منفی باشد تا بردار میدان آن که هم‌راستا با بردار اول است، در خلاف جهت آن باشد.

۱۱۰ با استفاده از تعریف کمی میدان الکتریکی داریم:

$$E=\frac{F}{q}\ ,\ E=\frac{۵\times ۱۰^{-۲}}{۲\times ۱۰^{-۶}}\Rightarrow E=۲/۵\times ۱۰^{۴}\frac{N}{C}$$

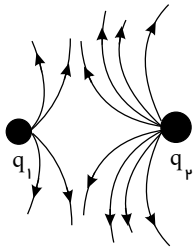
۱۱۱ در شکل (ب)، زیرا خطوط میدان نسبت به شکل (الف) متراکم‌تر یعنی میدان قوی‌تر است و نیروی وارد بر پروتون بیشتر می‌شود و شتاب حرکت در نتیجه سرعت آن بیشتر خواهد شد.

۱۱۲ الف) خیر ب) بلی پ) بلی ت) خیر

۱۱۳ چون بارهای $q_۱$ و $q_۲$ هم‌علامت هستند، نقطهٔ موردنظر بین بارها و نزدیک‌تر به بار با اندازهٔ کوچک‌تر است.

الف) $E_۱=E_۲\rightarrow\frac{kq_۱}{x^۲}=\frac{kq_۲}{(۹-x)^۲}\rightarrow\frac{۱}{x^۲}=\frac{۴}{(۹-x)^۲}\rightarrow\frac{۱}{x}=\frac{۲}{۹-x}\rightarrow x=۳cm$

ب) دقت کنید که چون $|q_۲|>|q_۱|$ است، تراکم خطوط در نزدیکی بار $q_۲$ بیشتر از نزدیکی‌های بار $q_۱$ است.



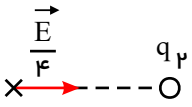
۱۱۴ خیلی راحت با جای‌گذاری مقدارها در رابطهٔ بالا، اندازهٔ میدان به دست می‌آید:

$$E=k\frac{|q|}{r^۲}=۹\times ۱۰^{۹}\times\frac{۴\times ۱۰^{-۶}}{(۰/۲)^۲}=\frac{۹\times ۱۰^{۹}\times ۴\times ۱۰^{-۶}}{۴\times ۱۰^{-۲}}=۹\times ۱۰^{۵}N/C$$

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

۱۱۶

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

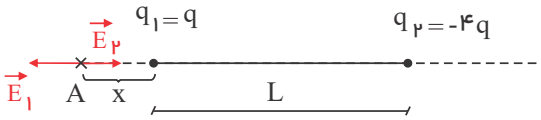


چون میدان ناشی از $q_۲$ در جهت جاذبه و به‌سمت $q_۲$ است پس بار $q_۲$ منفی است. از طرفی برایند کل برابر $\vec{E}$ و به‌سمت راست است یعنی باید بار $q_۱$ هم میدانی برابر با $\frac{۳}{۴}\vec{E}$ به‌سمت راست ایجاد کرده باشد که در مجموع میدان خالص $\vec{E}$ و به‌سمت راست باشد و ضمناً $q_۱$ مثبت است. از آنجا 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 $\frac{q_۱}{q_۲}=-۳$

۱۱۷ 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:

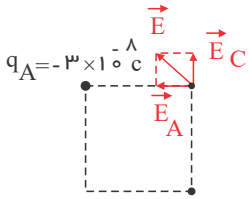
$$E_۱ = E_۲ \Rightarrow \cancel{k}\frac{|q_۱|}{x^۲} = \cancel{k}\frac{|q_۲|}{(L+x)^۲} \Rightarrow \frac{\cancel{q}}{x^۲} = \frac{۴\cancel{q}}{(L+x)^۲}$$

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

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

۱۱۸

برای محاسبهٔ میدان الکتریکی در یک نقطه باید بار الکتریکی $+۱c$ را در آن نقطه فرض کرد دقت کنید که بار q_B تأثیری در تعیین میدان الکتریکی در نقطهٔ B ندارد.



$$E_A = k\frac{|q_A|}{r^۲} = ۹\times۱۰^۹\frac{۳\times۱۰^{-۸}}{۲^۲} = \frac{۲۷۰}{۴} = ۶۷/۵\frac{N}{C}$$

$$E_C = k\frac{|q_C|}{r^۲} = ۹\times۱۰^۹\times\frac{۳\times۱۰^{-۸}}{۲^۲} = ۶۷/۵\frac{N}{C}$$

$$\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_C = -۶۷/۵\,\vec{i} + ۶۷/۵\,\vec{j}$$

$$E = \sqrt{E_A^۲ + E_C^۲} = \sqrt{۶۷/۵^۲ + ۶۷/۵^۲} = ۹۵/۴۶\frac{N}{C}$$

۱۱۹ الف) بار $q_۱$ از نوع مثبت است چون خط‌های میدان از آن خارج شده‌اند.

ب) هم‌اندازه هستند. چون خطهای میدان در دو سوی آن متقارن هستند.

پ) در نقطهٔ A قوی‌تر است. زیرا تراکم خطوط میدان در این نقطه بیشتر است.

۱۲۰ به‌جهت خطوط میدان و تراکم آنها توجه کنید، بدیهی است که:

الف) مثبت ب) $E_A < E_B$ پ) نقطهٔ B

۱۲۱

الف غیرهم‌نام - بزرگ‌تر

۱۲۲

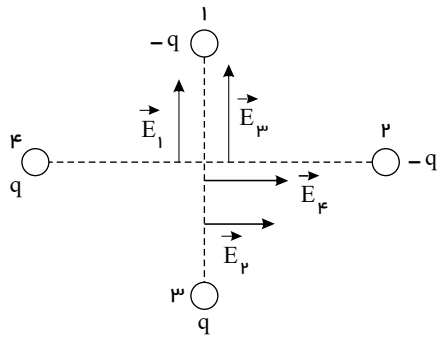
الف

$$E_۱ = E_۲ = E_۳ = E_۴ = \frac{k|d|}{r^۲} = \frac{(۹\times۱۰^۹\frac{Nm^۲}{C^۲})(۵\times۱۰^{-۶}C)}{۱/۰}$$

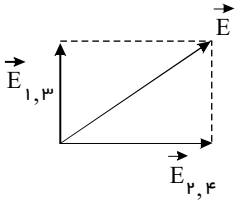
$$E_۱ = E_۲ = E_۳ = E_۴ = ۴/۵\times۱۰^۴\frac{N}{C}$$

$$E_{۱,۳} = E_{۲,۴} = ۹\times۱۰^۴\frac{N}{C}$$

$$E = \sqrt{(۹\times۱۰^۴\frac{N}{C})^۲ + (۹\times۱۰^۴\frac{N}{C})^۲} = ۹\sqrt{۲}\times۱۰^۴\frac{N}{C} \Rightarrow E \simeq ۱/۳\times۱۰^۵\frac{N}{C}$$



ب



$$\vec{E} = (۹\times۱۰^۴\frac{N}{C})(\vec{i}+\vec{j})$$

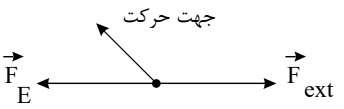
۱۲۳

الف

$$F = E|q| = (۸ \times ۱۰^{۵}\frac{N}{C})(۲ \times ۱۰^{-۶}C) = ۱٫۶N$$

ب طبق قوانین نیوتون، در علوم پایهٔ نهم آموختید، وقتی تندی ثابت است، نیروی ما (F_{ext}) با نیروی الکتریکی (F_E) از نظر اندازه باید برابر باشد، ولی جهت آنها خلاف یکدیگر است.

$$F_{ext} = F_E = ۱٫۶N$$



$$W_{ext} = F_{ext}d\cos\alpha = (۱٫۶N)(۴٫۰m)\cos(۱۸۰ - ۳۰) \Rightarrow W_{ext} = -۶٫۴ \times \frac{\sqrt{۳}}{۲}J \simeq -۵٫۵J$$

پ

$$|\Delta U| = -W_E = W_{E\times t} = ۵٫۵J \Rightarrow \Delta U = -۵٫۵J$$

علامت ΔU منفی شد، زیرا اگر بار منفی خلاف جهت خط‌های میدان الکتریکی جابه‌جا شود از انرژی پتانسیل آن کاسته می‌شود.

۱۲۴ درون یک ظرف شیشه‌ای مقداری پارافین مایع می‌ریزیم و داخل آن دو الکترود قرار می‌دهیم. الکترودها را به پایانه‌های یک مولد واندوگراف وصل می‌کنیم. سپس مقداری بذر چمن روی سطح پارافین می‌ریزیم. با روشن کردن مولد، سمت‌گیری دانه‌ها خطوط میدان الکتریکی را نمایش می‌دهد.

۱۲۵

$$E = K\frac{|q|}{r^{۲}}$$

$$E_{۱} = ۹ \times ۱۰^{۹} \times \frac{۲ \times ۱۰^{-۶}}{(۱۰ \times ۱۰^{-۲})^{۲}} = ۱۸ \times ۱۰^{۵}\frac{N}{C}$$

$$E_{۲} = ۹ \times ۱۰^{۹} \times \frac{|-۸ \times ۱۰^{-۶}|}{(۳۰ \times ۱۰^{-۲})^{۲}} = ۸ \times ۱۰^{۵}\frac{N}{C}$$

$$\vec{E}_t = ۱۸ \times ۱۰^{۵}\vec{i} - ۸ \times ۱۰^{۵}\vec{i} = ۱۰ \times ۱۰^{۵}\vec{i}\frac{N}{C}$$

۱۲۶ $E = k\frac{q}{r^{۲}} \rightarrow E_{۱} = E_{۲} = \frac{۹ \times ۱۰^{۹} \times ۵ \times ۱۰^{-۶}}{۹ \times ۱۰^{-۴}} = ۵ \times ۱۰^{۷}\frac{N}{C}$

$$\bar{E}_{۱} = ۵ \times ۱۰^{۷}\frac{N}{C}\bar{i} \quad , \quad \bar{E}_{۲} = ۵ \times ۱۰^{۷}\frac{N}{C}\bar{j} \Rightarrow \bar{E}_{۸} = ۵ \times ۱۰^{۷}\frac{N}{C}\bar{i} + ۵ \times ۱۰^{۷}\frac{N}{C}\bar{j}$$

۱۲۷ شکل (۳). در میدان الکتریکی بر بار الکتریکی مثبت، نیرو در جهت میدان و بر بار منفی نیرو در خلاف جهت میدان وارد می‌شود. در تراکم بیشتر خطوط، میدان قوی‌تر و نیرو بزرگ‌تر است.

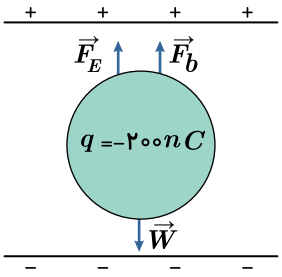
۱۲۸ الف) شمع (۲)

ب) کلاهک مولد وان‌دوگراف بار منفی بزرگی دارد که یون‌های مثبت، شعلهٔ شمع نزدیک‌تر را به سمت خود می‌کشد.

۱۲۹ گام اول: چون بادکنک معلق و ساکن است باید برایند نیروهای وارد بر آن صفر باشد. نیروی وزن همواره رو به پایین و نیروی شناوری روبه‌بالا است، بنابراین باید با مقایسهٔ بزرگی این دو نیرو، جهت نیروی الکتریکی وارد بر بادکنک را تعیین کنیم:

$$W = mg \xrightarrow{m=۰٫۰۱\ kg} W = ۰٫۰۱ \times ۱۰ = ۰٫۱\ N$$

با توجه به اینکه اندازهٔ نیروی وزن بیشتر از نیروی شناوری وارد بر بادکنک است، جهت نیروی الکتریکی باید رو به بالا باشد تا بادکنک در حالت تعادل قرار گیرد.



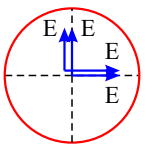
$$F_E + F_b = W \Rightarrow F_E = W - F_b = ۰/۱ - ۰/۰۵ = ۰/۰۵\ N$$

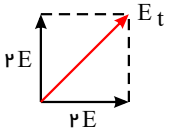
$$F_E = E|q| \xrightarrow[q=۲۰۰nC]{F_E=۰/۰۵N} E = \frac{۵ \times ۱۰^{-۲}}{۲ \times ۱۰^{-۷}} = ۲/۵ \times ۱۰^{۵}\ \frac{N}{C}$$

۱۳۰ 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 هم‌جهت محور xها داریم بنابراین:





$$E_t = \sqrt{(۲E)^۲ + (۲E)^۲}$$

$$E_t = ۲\sqrt{۲}E = ۹\sqrt{۲} \times ۱۰^{۴}\ \frac{N}{C}$$

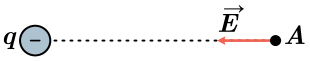
$$\vec{E}_t = ۲E\,\vec{i} + ۲E\,\vec{j}$$

$$\vec{E}_t = ۹ \times ۱۰^{۴}\,\vec{i} + ۹ \times ۱۰^{۴}\,\vec{j}$$

۱۳۱

الف

بار منفی است؛ پس میدان مانند شکل روبه‌رو است:



ب باید فاصله‌ای را به‌دست آوریم که $E_۲ = \frac{E_۱}{۲}$ شود:

$$E_۱ = ۲ \times ۱۰^{+۵} N/C \Rightarrow E_۲ = \frac{E_۱}{۲} = \frac{۲ \times ۱۰^{+۵} N/C}{۲} = ۱۰^{۵} N/C$$

$$E = k\frac{|q|}{r_۲^۲} \Rightarrow ۱۰^{۵} N/C = ۹ \times ۱۰^{۹}\ \frac{N \cdot m^۲}{C^۲} \times \frac{۱ \times ۱۰^{-۶} C}{r_۲^۲} \Rightarrow r_۲^۲ = ۹ \times ۱۰^{-۲} m^۲ \Rightarrow r_۲ = ۳ \times ۱۰^{-۱} m$$

۱۳۲

الف هم‌جهت

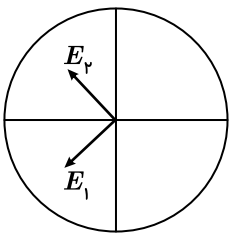
ب برداری - N/C

پ ثابت می‌ماند

ت ظرفیت خازن

۱۳۳

الف



$$E_۱ = E_۲ = \frac{k|q|}{r^۲} = \frac{۹ \times ۱۰^{۹} \times ۲ \times ۱۰^{-۶}}{۹ \times ۱۰^{-۴}} = ۲ \times ۱۰^{۷}$$

$$E_t = ۲\sqrt{۲} \times ۱۰^{۷}$$

$$E_t = -۲\sqrt{۲} \times ۱۰^{۷} i$$

ب برایند میدان‌های الکتریکی بارهای $q_۱$ و $q_۲$ در مرکز دایره به سمت چپ است؛ بنابراین باید در نقطهٔ A یک بار منفی قرار دهیم، تا میدان حاصل از آن به

سمت راست باشد و میدان کل در مرکز دایره صفر شود.

۱۳۴ چون قطرهٔ روغن در میدان الکتریکی معلق است و نیروی وزن همواره رو به پایین اثر می‌کند؛ بنابراین، نیروی الکتریکی باید مطابق شکل روبه‌رو، رو به بالا بر قطرهٔ روغن اثر کند. چون سوی نیروی الکتریکی رو به بالا و سوی میدان الکتریکی رو به پایین است. نتیجه می‌گیریم که بار قطرهٔ روغن باید منفی باشد؛ یعنی، قطرهٔ روغن الکترون به دست آورده باشد. حالا به دنبال تعداد الکترون‌هایی هستیم که این قطره به دست آورده است. از شرط تعادل نیروها داریم:

$$F_E = W \Rightarrow |q|E = mg$$

و در نتیجه:

$$|q| = \frac{mg}{E} = \frac{(۱٫۶۴ \times ۱۰^{-۱۴} kg)(۹٫۸۱ N/kg)}{۲ \times ۱۰^{۵} N/C} = ۸ \times ۱۰^{-۱۹} C \Rightarrow q = -۸ \times ۱۰^{-۱۹}$$

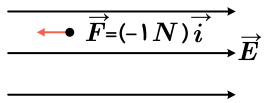
از طرفی می‌دانیم $q = -ne$ است:

$$n = \frac{-۸٫۰ \times ۱۰^{-۱۹} C}{-۱٫۶۰ \times ۱۰^{-۱۹} C} = ۵$$

بنابراین قطرهٔ روغن ۵ الکترون به دست آورده است.

۱۳۵

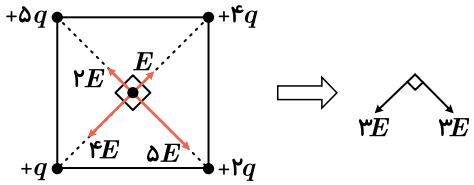
با استفاده از رابطهٔ $\vec{F} = q\vec{E}$ نیروی الکتریکی وارد بر ذرهٔ باردار را به دست می‌آوریم:



$$\vec{F} = q\vec{E} \Rightarrow \vec{F} = (-۲\mu C)((۵ \times ۱۰^{۵} N/C)\vec{i})) = (-۲ \times ۱۰^{-۶} C)((۵ \times ۱۰^{۵} N/C)\vec{i})) = (-۱N)\vec{i}$$

۱۳۶

با توجه به شکل می‌بینیم که میدان حاصل روی هر کدام از قطرها برابر با $۳E$ است.

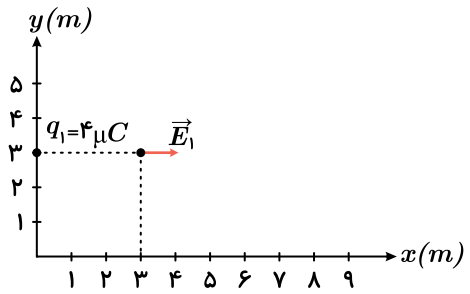


بنابراین:

$$E_T = \sqrt{(۳E)^۲ + (۳E)^۲} = ۳\sqrt{۲}E$$

۱۳۷

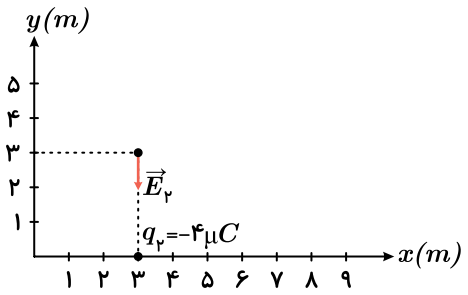
گام اول: نقطهٔ $\begin{bmatrix} ۳ \\ ۳ \end{bmatrix}$ را مشخص می‌کنیم و بدون در نظر گرفتن بار $q_۲$، میدان حاصل از بار $q_۱$ را به دست می‌آوریم:



$$E_۱ = k\frac{|q_۱|}{r_۱^۲} = (۹ \times ۱۰^{۹} \frac{N \cdot m^۲}{C^۲})(\frac{۴ \times ۱۰^{-۶} C}{(۳m)^۲}) = ۴ \times ۱۰^{۳} N/C \Rightarrow \vec{E}_۱ = (۴ \times ۱۰^{۳} N/C)\vec{i}$$

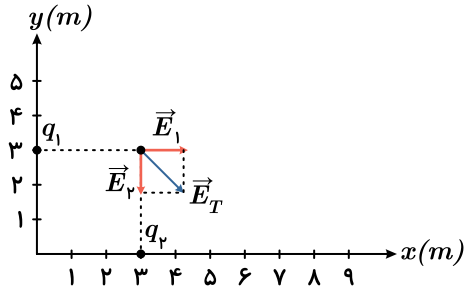
t.me/Alpshool

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



$$E_2 = k\frac{|q_2|}{r_2^2} = (9\times10^9\frac{N\cdot m^2}{C^2})(\frac{4\times10^{-6}C}{(3m)^2}) = 4\times10^3 N/C \Rightarrow \vec{E_2} = (-4\times10^3 N/C)\vec{j}$$

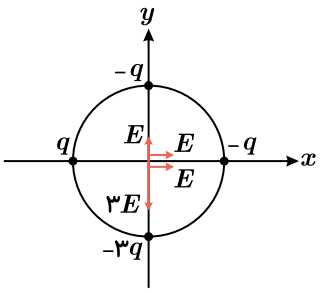
گام سوم: با به دست آوردن برایند $\vec{E_1}$ و $\vec{E_2}$ کار را تمام می‌کنیم:



$$\vec{E_T} = \vec{E_1} + \vec{E_2} = (4\times10^3 N/C)\vec{i} + (-4\times10^3 N/C)\vec{j} \Rightarrow E_T = \sqrt{(4\times10^3)^2 + (-4\times10^3)^2} = 4\sqrt{2}\times10^3 N/C$$

۱۳۸

جهت میدان حاصل از هر یک از بارها در مرکز به‌صورت روبه‌رو می‌شود. اندازهٔ میدان حاصل از بار q یا $-q$ هم به‌صورت زیر می‌شود:



اندازهٔ میدان حاصل از q و $-q$ $E = k\frac{q}{r^2} = (9\times10^9\frac{N\cdot m^2}{C^2})(\frac{5\times10^{-9}C}{(1m)^2}) = 45N/C$

اندازهٔ میدان حاصل از $-3q$ هم برابر $3E$ می‌شود.

حالا با توجه به شکل داریم:

$$\vec{E_T} = E\vec{i} + E\vec{i} + E\vec{j} - 3E\vec{j} = 2E\vec{i} - 2E\vec{j} = (2\times45N/C)\vec{i} - (2\times45N/C)\vec{j}$$
$$\Rightarrow \vec{E_T}(90N/C)\vec{i} - (90N/C)\vec{j} \Rightarrow E = \sqrt{90^2 + 90^2} = 90\sqrt{2}N/C$$

۱۳۹

شکل داده‌شده یک سازوکار آزمایشگاهی برای مشاهدهٔ این موضوع را که با افزایش فاصله، میدان الکتریکی کاهش می‌یابد، نشان می‌دهد. دو شمع، یکی در فاصله‌ای نزدیک و دیگری در فاصله‌ای دور از کلاهک یک مولد وان‌دوگراف قرار گرفته‌اند. همان‌طور که مشاهده می‌کنید، شعلهٔ شمع نزدیک‌تر، به سمت کلاهک کشیده شده است. در حالی‌که شعلهٔ شمع دورتر تغییر چندانی نکرده است. دلیل آن است که کلاهک مولد وان‌دوگراف بار منفی بزرگی دارد که یون‌های مثبت درون شعلهٔ شمع نزدیک‌تر را به سمت خود می‌کشد، در حالی‌که شمع دیگر در فاصلهٔ دوری از کلاهک قرار گرفته است که تحت‌تأثیر میدان الکتریکی ضعیفی قرار می‌گیرد.

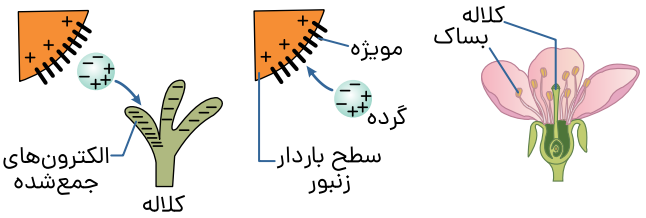
۱۴۰ با توجه به تعریف میدان الکتریکی داریم:

$$E = \frac{F}{q} \Rightarrow E = \frac{۵ \times ۱۰^{-۳}}{۲۰ \times ۱۰^{-۹}} = ۲٫۵ \times ۱۰^{۵} N/C$$

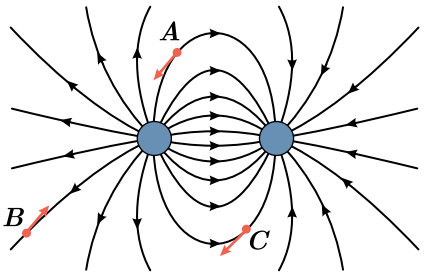
جهت میدان الکتریکی نیز به سمت شمال است!

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

۱۴۲ زنبورهای عسل معمولاً در حین پرواز دارای بار مثبت می‌شوند و وقتی به گردهٔ بدون باری بر روی بساک یک گل می‌رسند، میدان الکتریکی اطراف بدن زنبور، باعث القای بار منفی در یک سمت گرده‌ها شده و جاذبهٔ بین بارهای مثبت و منفی سبب کشیده شدن گرده به‌سمت زنبور می‌شود.
گرده‌ها روی مویژه‌های ریز زنبور قرار می‌گیرند. وقتی زنبور در اطراف گل دیگری پرواز می‌کند بارهای منفی را بر روی کلالهٔ گل القا می‌کند. هرگاه نیروی الکتریکی وارد از طرف کلاله به گردهٔ متصل به زنبور، بزرگ‌تر از نیروی الکتریکی وارد از طرف زنبور بر گرده باشد، گرده به‌سمت کلاله کشیده و گرده‌افشانی صورت می‌پذیرد.



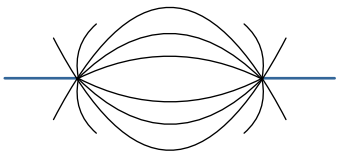
۱۴۳



در هر نقطه‌ای از میدان الکتریکی به بار منفی نیرو در خلاف جهت میدان وارد می‌شود. این نیرو، بر خط‌های میدان مماس است.

۱۴۴ از آنجایی که به بارهای الکتریکی در راستای خطوط میدان نیرو وارد می‌شود، اگر خطوط میدان در یک نقطه یکدیگر را قطع کنند، در این نقطه دو میدان الکتریکی برایند جهت‌های مختلف وجود خواهد داشت. بنابراین با قرار دادن ذرهٔ باردار در این نقطه، دو مسیر حرکت برای ذره پیش رو است که امکان‌پذیر نیست. بنابراین خطوط میدان برایند هرگز یکدیگر را قطع نمی‌کنند.

۱۴۵

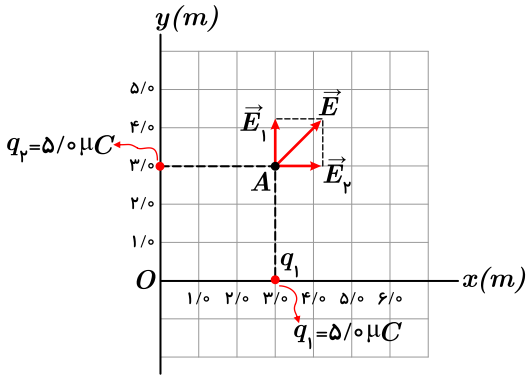


دانه‌ها تحت تأثیر میدان الکتریکی ایجاد شده توسط الکترودها، هم‌ردیف شده و خطوط میدان الکتریکی را مطابق شکل در فضای اطراف الکترودها نمایش می‌دهند.

۱۴۶ در نقطهٔ A میدان الکتریکی مطابق شکل است. چون بارها با هم برابر و فاصله آنها تا نقطه A نیز یکسان است. اندازهٔ میدان‌ها در این نقطه با هم برابر است.

گام اول: بار آزمون فرضی را در نقطهٔ A قرار می‌دهیم. در غیاب هر یک از دو بار، میدان الکتریکی حاصل از بار دیگر را رسم می‌کنیم و آنها را $\vec{E}_۱$ و $\vec{E}_۲$ می‌نامیم.

گام دوم: چون دو بردار برهم عمودند، اندازهٔ بردار برایند با رابطهٔ فیثاغورس به دست می‌آید.



$$E_1 = E_2 = k\frac{|q|}{r^2} = ۹\times۱۰^۹ \times \frac{۵\times۱۰^{-۶}}{۳^2} = ۵\times۱۰^۳ \frac{N}{C}$$

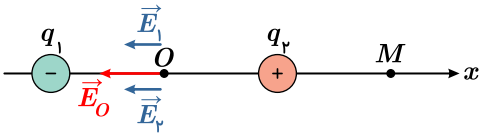
$$\Rightarrow \begin{cases} \vec{E}_1 = (۵\times۱۰^۳ \frac{N}{C})\vec{j} \\ \vec{E}_2 = (۵\times۱۰^۳ \frac{N}{C})\vec{i} \end{cases}$$

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = (۵\times۱۰^۳ \frac{N}{C})\vec{i} + (۵\times۱۰^۳ \frac{N}{C})\vec{j}$$

$$E = \sqrt{(۵\times۱۰^۳)^2 + (۵\times۱۰^۳)^2} = \sqrt{۲\times(۵\times۱۰^۳)^2} = ۵\sqrt{۲}\times۱۰^۳ \frac{N}{C}$$

۱۴۷ برای نقطهٔ O:

گام اول: بار آزمون (مثبت) فرضی را در نقطهٔ O قرار می‌دهیم.



در غیاب بار q_2، میدان الکتریکی حاصل از بار q_1 را رسم می‌کنیم و آن را $\vec{E}_1$ می‌نامیم.

در غیاب بار q_1، میدان الکتریکی حاصل از بار q_2 را رسم می‌کنیم و آن را $\vec{E}_2$ می‌نامیم.

$$E_1 = E_2 = k\frac{|q|}{r^2} = ۹\times۱۰^۹ \times \frac{۲\times۱۰^{-۹}}{(۳\times۱۰^{-۲})^2} = ۲\times۱۰^۴ \frac{N}{C} \Rightarrow \begin{cases} \vec{E}_1 = (-۲\times۱۰^۴ \frac{N}{C})\vec{i} \\ \vec{E}_2 = (-۲\times۱۰^۴ \frac{N}{C})\vec{i} \end{cases}$$

گام دوم: دو میدان $\vec{E}_1$ و $\vec{E}_2$ هم‌جهت‌اند، میدان برایند نیز با آنها هم‌جهت و در خلاف جهت محور x بوده و بزرگی آن از جمع این دو میدان به دست می‌آید. مطابق شکل بالا

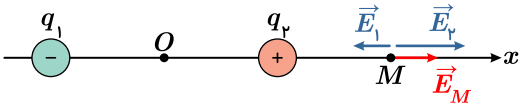
$$\vec{E}_O = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = (-۲\times۱۰^۴ \frac{N}{C})\vec{i} + (-۲\times۱۰^۴ \frac{N}{C})\vec{i} = (-۴\times۱۰^۴ \frac{N}{C})\vec{i}$$ میدان برایند نقطهٔ O

$$\Rightarrow E_O = ۴\times۱۰^۴ \frac{N}{C}$$

برای نقطهٔ M:

گام اول: بار آزمون (مثبت) فرضی را در نقطهٔ M قرار می‌دهیم.

در غیاب هر یک از دو بار، میدان حاصل از بار دیگر را رسم کرده و محاسبه می‌کنیم و آنها را $\vec{E}_1$ و $\vec{E}_2$ می‌نامیم.



$$E_1 = k\frac{|q_1|}{r_1^2} = ۹\times۱۰^۹ \times \frac{۲\times۱۰^{-۹}}{(۹\times۱۰^{-۲})^2} = \frac{۲}{۹}\times۱۰^۴ \frac{N}{C} \Rightarrow \vec{E}_1 = (-\frac{۲}{۹}\times۱۰^۴ \frac{N}{C})\vec{i}$$

$$E_2 = k\frac{|q_2|}{r_2^2} = ۹\times۱۰^۹ \times \frac{۲\times۱۰^{-۹}}{(۳\times۱۰^{-۲})^2} = ۲\times۱۰^۴ \frac{N}{C} \Rightarrow \vec{E}_2 = (۲\times۱۰^۴ \frac{N}{C})\vec{i}$$

گام دوم: چون این دو بردار خلاف جهت هم هستند، بردار برایند آنها با برداری که اندازهٔ آن بزرگ‌تر است هم‌جهت می‌شود. اندازهٔ بردار برایند برابر است با:

$$\vec{E}_M = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = (۲\times۱۰^۴ \frac{N}{C})\vec{i} + (-\frac{۲}{۹}\times۱۰^۴ \frac{N}{C})\vec{i} = (\frac{۱۶}{۹}\times۱۰^۴ \frac{N}{C})\vec{i}$$ میدان برایند در نقطهٔ M

$$\Rightarrow E_M = \frac{۱۶}{۹}\times۱۰^۴ \frac{N}{C}$$

۱۴۸ الف)

$$|q| = e = ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} C \quad , \quad k \simeq ۹ \times ۱۰^{۹} \frac{N \cdot m^۲}{C^۲} \quad , \quad r = ۵٫۳ \times ۱۰^{-۱۱} m \quad , \quad E = ?$$

$$E = k\frac{|q|}{r^۲} = ۹ \times ۱۰^{۹} \times \frac{۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹}}{(۵٫۳ \times ۱۰^{-۱۱})^۲} \simeq ۰٫۵۱ \times ۱۰^{۱۲} \frac{N}{C} \Rightarrow E \simeq ۵٫۱ \times ۱۰^{۱۱} \frac{N}{C}$$

ب)به کمک داده‌هایی که داریم، مسئله را حل می‌کنیم:

$$|q| = ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} C \quad , \quad k \simeq ۹ \times ۱۰^{۹} \frac{N \cdot m^۲}{C^۲} \quad , \quad E = ۹ \times ۱۰^{۳} \frac{N}{C} \quad , \quad r = ?$$

$$E = k\frac{|q|}{r^۲} \Rightarrow r^۲ = \frac{k|q|}{E} = \frac{۹ \times ۱۰^{۹} \times ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹}}{۹ \times ۱۰^{۳}} = ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۳} = ۰٫۱۶ \times ۱۰^{-۱۲}$$

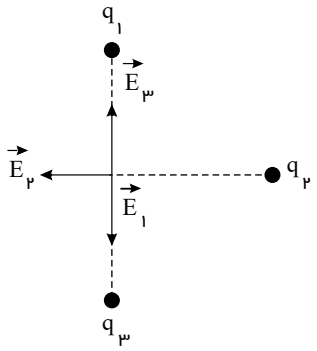
$$\Rightarrow r = \sqrt{۰٫۱۶ \times ۱۰^{-۱۲}} = ۰٫۴ \times ۱۰^{-۶} m \Rightarrow r = ۰٫۴ \mu m$$

۱۴۹ می‌دانیم که میدان الکتریکی در فاصلهٔ r از بار الکتریکی q به‌صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$E_۱ = E_۲ = E_۳ = \frac{k|q|}{r^۲}$$

$$= \frac{(۹ \times ۱۰^{۹} \frac{Nm^۲}{C^۲})(۲ \times ۱۰^{-۹} C)}{(۳ \times ۱۰^{-۱} m)^۲} = ۲ \times ۱۰^{۲} \frac{N}{C}$$

حال با توجه به‌شکل، میدان الکتریکی برایند برابر است با:



$$E_x = ۲ \times ۱۰^{۲} \frac{N}{C}, E_y = E_۱ - E_۳ = ۰$$

$$\vec{E} = -۲ \times ۱۰^{۲} \vec{i} \frac{N}{C}$$

۱۵۰ الف) با توجه به تعریف کمّی میدان الکتریکی داریم:

$$F = E|q| \Rightarrow F = ۸ \times ۱۰^{۵} \times ۵۰ \times ۱۰^{-۹} = ۴ \times ۱۰^{-۲} N$$

ب) بر اساس رابطهٔ $W_E = |q| Ed\cos\theta$، در مسیر AB زاویهٔ بین بردار میدان و جابه‌جایی ۹۰° و کار انجام‌شده صفر است. بنابراین داریم:

$$W_{ABC} = \cancel{W_{AB}}^{۰} + W_{BC} = |q| E(BC)\cos(۱۸۰^\circ) = ۵۰ \times ۱۰^{-۹} \times ۸ \times ۱۰^{۵} \times ۰٫۴ \times (-۱)$$

$$\Rightarrow W_{ABC} = W_{BC} = -۱۶ \times ۱۰^{-۳} = -۰٫۰۱۶ J$$

ج) تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی برابر با منفی کار نیروی میدان الکتریکی است. یعنی:

$$\Delta U_E = -W_E \Rightarrow \Delta U_E = ۰٫۰۱۶ J$$

به‌طور طبیعی چون بار مثبت در خلاف جهت میدان الکتریکی جابجا شده است انرژی پتانسیل آن افزایش یافته است.

۱۵۱

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

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

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

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

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

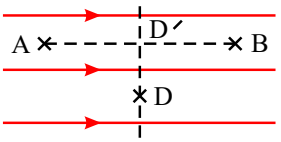
$$CD : \Delta U_E = -|q| Ed\cos\theta = -\left|۱ \times ۱۰^{-۶}\right| \times ۱۰^{۷} \times ۰٫۰۵ \times \cos(۱۸۰)$$

$$\xrightarrow{\text{در مسیر } CD} \Delta U_E = ۰٫۵ J$$

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

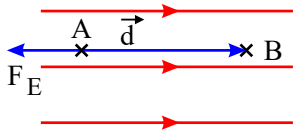
$$\Delta U_{\text{کل}} = \Delta U_{AB} + \Delta U_{BC} + \Delta U_{CD} = -۱ + ۰ + ۰/۵ = -۰/۵J$$

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 به‌جای D قرار داد:



$$\Delta U_{AD} = \Delta U_{AD'} = -|q|Ed\cos\theta$$
$$\Delta U_{AD} = -\left|۱ \times ۱۰^{-۶}\right| \times ۱۰^{۷} \times ۰/۰۵ \times \cos(۰)$$
$$\Delta U_{AD} = -۰/۵J$$

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



$$\Delta U_E = -W_E = -|q|Ed\cos ۱۸۰^\circ$$
$$\Delta U_E = -\left|-۵ \times ۱۰^{-۶}\right| \times ۱۰^{۵} \times ۱ \times (-۱)$$
$$\Delta U = ۰/۵J$$

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

۱۵۳ هم‌جهت – کاهش

۱۵۴ الف) میدان الکتریکی ب) افزایش

۱۵۵

الف منفی

ب درون

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

ب) کاهش می‌یابد. هرگاه یک بار الکتریکی درون میدان الکتریکی در جهت وارد شدن نیرو حرکت کند، انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد.

۱۵۷ در شکل (الف) سرعت پروتون در نقطهٔ B بیشتر خواهد بود. میدان الکتریکی در شکل (الف) قوی‌تر از سایر شکل‌هاست و به این ترتیب، طبق رابطهٔ $F = E|q|$ نیروی واردشده بر پروتون و در نتیجه شتابی که به آن داده شده است، (طبق رابطهٔ $F = ma$) بیشتر است؛ بنابراین سرعت آن در B بیشتر خواهد بود.

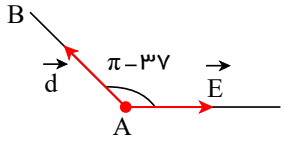
این موضوع را می‌توان به کمک $W = \Delta K$ نیز توضیح داد. از آنجا که کار انجام‌شده در شکل (الف) برای جابه‌جایی پروتون از A تا B بیشتر از بقیهٔ شکل‌هاست (با توجه به بزرگ‌تر بودن E)، در رابطهٔ فوق تغییرات انرژی جنبشی و در نتیجه سرعت پروتون در شکل (الف) بیشتر خواهد بود.

۱۵۸ گزینهٔ ۲ اگر یک ذره در یک میدان رها شده و به‌طور خودبه‌خود 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، خودبه‌خود به‌طرف B می‌رود، پس انرژی پتانسیل الکتریکی با آن کاهش می‌یابد.

۱۵۹

الف افزایش

۱۶۰ تغییر انرژی پتانسیل از رابطهٔ روبه‌رو به‌دست می‌آید که در این رابطه α زاویه بین راستای میدان با جهت حرکت بار است.



$$\Delta U = -E|q|d\cos\alpha$$
$$\Delta U = E|q|AB\cos(\pi - ۳۷) = ۱۰^{۲} \times ۲۰ \times ۰/۲ \times ۰/۸ = +۳۲۰\mu J$$

از طرفی می‌دانیم: $W = -\Delta U$ میدان، پس:

$$W_{\text{میدان}} = -\Delta U \Rightarrow W_{\text{میدان}} = -۳۲۰\mu J$$

۱۶۱ 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:

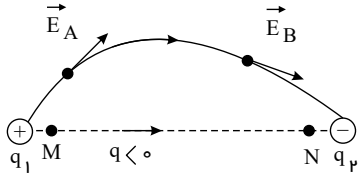
$$\begin{cases}\Delta U = -w_E = -|q| \cdot Ed\cos\theta \\ \theta = ۰ \text{ زاویه } \theta \text{ بین جابه‌جایی } F_E \text{ یا همان نیروی ناشی از میدان } ۰ \Rightarrow \Delta U < ۰\end{cases}$$

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

۱۶۲

الف مثبت

۱۶۳ با توجه به جهت میدان الکتریکی در نقاط A و B، $q_۱ > ۰$ و $q_۲ < ۰$ است. با حرکت بار از نقطهٔ M (نزدیک بار $q_۱$) به نقطهٔ N (نزدیک بار $q_۲$)، چون بار $q < ۰$ در جهت خط‌های میدان الکتریکی جابه‌جا می‌شود، بنابراین انرژی پتانسیل الکتریکی آن پیوسته افزایش می‌یابد.



۱۶۴

$$W_E = \Delta K \xrightarrow[W_E=-\Delta U]{\text{در حرکت غیر خودبه‌خودی، } \Delta U \text{ مثبت است.}} -۳۰۰ \times ۱۰^{-۶} = \frac{۱}{۲} \times (۱۰^{-۲} \times ۱۰^{-۳})((V_۰ - ۶)^۲ - V_۰^۲)$$

$$-۶۰ = \cancel{V_۰^۲} - ۱۲V_۰ + ۳۶ - \cancel{V_۰^۲} \Rightarrow ۱۲V_۰ = ۹۶ \Rightarrow V_۰ = ۸\frac{m}{s}$$

۱۶۵ الف) همواره تغییرات انرژی پتانسیل با قرینهٔ کار میدان برابر است:

$$\Delta U = -W_E = -۱۰mJ$$

ب) چون انرژی پتانسیل الکتریکی بار منفی کاهش یافته، یعنی حرکت آن خودبه‌خودی (در خلاف جهت میدان) بوده است.

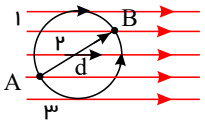
۱۶۶ از قضیهٔ کار و انرژی جنبشی استفاده می‌کنیم.

$$W = \Delta K \Rightarrow Eqd = \frac{۱}{۲}mv_B^۲ \Rightarrow ۸ \times ۱۰^۳ \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} \times ۹/۱ \times ۱۰^{-۲} = \frac{۱}{۲} \times ۹/۱ \times ۱۰^{-۳۱} v_B^۲$$

$$\Rightarrow v_B^۲ = (۱۶ \times ۱۰^۶)^۲ \Rightarrow v_B = ۱۶ \times ۱۰^۶ m/s$$

۱۶۷

نکته: تغییر انرژی پتانسیل مستقل از نوع مسیر است و فقط به بردار جابه‌جایی ربط دارد. یعنی در تمام حالات زیر داریم:



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

پس ابتدا با استفاده از محیط نیم‌دایره فاصلهٔ AB را به دست می‌آوریم:

محیط نیم‌دایره: $\frac{۱}{۲}(۲\pi r) = ۶\pi \Rightarrow r = ۶m$

$$AB = ۲r = ۲ \times ۶ = ۱۲m$$

$$\Delta U = -Edq\cos\theta = -Edq\cos ۰^\circ = -۲ \times ۱۰^{-۶} \times ۱۰۰۰ \times ۱۲ \Rightarrow \Delta U = -۲۴ \times ۱۰^{-۳} J$$

علامت منفی نشان‌دهندهٔ این است که انرژی پتانسیل الکتریکی کاهش یافته است، دقت کنید اگر بار الکتریکی مثبت در جهت خط‌های میدان جابه‌جا شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد.

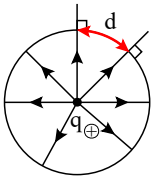
۱۶۸ طبق قضیهٔ کار و انرژی داریم: $\Delta U = -\Delta K$، پس:

$$-(K_۲ - K_۱) = \Delta U$$

$$\xrightarrow{K_۱ = ۰} -K_۲ = \Delta U = -Edq\cos\theta$$

$$\xrightarrow[\theta = ۰]{q = +۲e = ۲ \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}} K_۲ = ۲۰۰ \times ۰/۰۴ \times ۲ \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} = ۲/۵۶ \times ۱۰^{-۱۸} J$$

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



از طرفی طبق رابطهٔ $\Delta U = Fd\cos\theta$، چون همواره مسیر حرکت روی دایره بر خطوط میدان (شعاع) عمود است، پس $\Delta U = ۰$

۱۷۰ طبق قضیهٔ پایستگی انرژی داریم:

$$\Delta U = -\Delta K \quad , \quad -Edq\cos\theta = -(K_۲ - K_۱)$$

$$\xrightarrow{K=\frac{۱}{۲}mv^۲} Edq\cos\theta = \frac{۱}{۲}m(v_۲^۲ - v_۱^۲)$$

$$\Rightarrow ۵\times ۱۰^۵ \times ۱/۲ \times ۲ \times ۱۰^{-۶} \times \cos ۳۷^\circ = \frac{۱}{۲}\times ۴ \times ۱۰^{-۳}(v_۲^۲ - ۲^۲)$$

$$۹/۶ \times ۱۰^{-۱} = ۲ \times ۱۰^{-۳}(v_۲^۲ - ۴) \Rightarrow ۴/۸ \times ۱۰^۲ = v_۲^۲ - ۴ \Rightarrow ۴۸۴ = v_۲^۲ \rightarrow v_۲ = ۲۲\frac{m}{s}$$

۱۷۱ با توجه به قضیهٔ کار - انرژی جنبشی داریم:

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

از آنجایی که ذره متوقف می‌شود، انرژی جنبشی نهایی آن صفر است و از آنجایی که بار منفی در جهت خطوط میدان پرتاب می‌شود، نیروی الکتریکی وارد بر آن در خلاف جهت حرکت $(\alpha = ۱۸۰^\circ)$ و با توجه به شکل نیروی وزن در جهت حرکت $(\alpha = ۰^\circ)$ است. بنابراین:

$$W_E + W_{mg} = -K_۱ \Rightarrow |q|\ Ed\cos ۱۸۰^\circ + mgd\cos ۰ = -\frac{۱}{۲}mv^۲$$

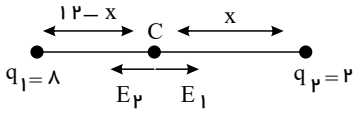
$$\Rightarrow ۳۲ \times ۱۰^{-۶} \times ۳۰۰۰ \times d \times (-۱) + ۱/۶ \times ۱۰^{-۳} \times ۱۰ \times d = -\frac{۱}{۲} \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۳} \times ۱^۲$$

$$\Rightarrow d = ۰/۰۱m \Rightarrow d = ۱۰\,mm$$

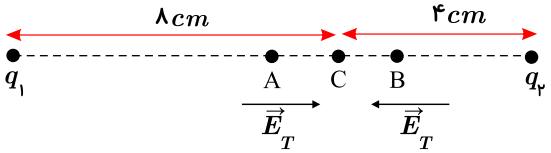
۱۷۲ می‌دانیم تغییر انرژی پتانسیل به جهت حرکت در میدان و نوع بار وابسته است مثلاً اگر بار منفی در جهت میدان حرکت کند حرکت انرژی پتانسیل زیاد می‌شود و برعکس، اگر خلاف جهت میدان حرکت کند (حرکت خودبه‌خودی) انرژی پتانسیل کم می‌شود؛ بنابراین جهت میدان برایند را در نقاط مختلف مشخص می‌کنیم:

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

$$E_۱ = E_۲ \Rightarrow \frac{kq_۱}{r_۱^۲} = \frac{kq_۲}{r_۲^۲}$$

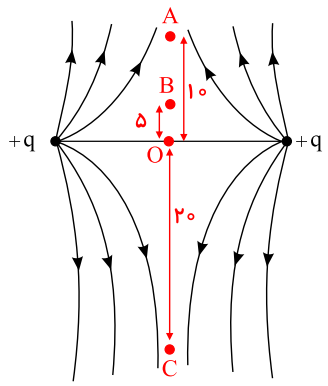


$$\Rightarrow \frac{۸}{(۱۲-x)^۲} = \frac{۲}{x^۲} \Rightarrow ۴x^۲ = (۱۲-x)^۲ \Rightarrow ۲x = ۱۲ - x \Rightarrow x = ۴cm$$



بنابراین میدان الکتریکی برایند در ۴ سانتی‌متری بار کوچک‌تر $(q_۲)$ صفر می‌شود. بین نقطهٔ C و B، جهت میدان برایند در جهت میدان حاصل از بار $q_۱$ و به سمت راست است (چون $E_۱ > E_۲$). از طرفی هم بین نقطهٔ A و C جهت میدان برایند جهت میدان الکتریکی حاصل از بار $q_۲$ است (چون $E_۱ > E_۲$) به سمت چپ است از آنجایی که اگر بار منفی در جهت میدان جابه‌جا شود انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد و اگر در خلاف جهت میدان الکتریکی جابه‌جا شود انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد. پس با جابه‌جایی بار منفی با سرعت ثابت از A تا B ابتدا در جهت $\vec{E}_T$ جابه‌جا شده و انرژی پتانسیل آن افزایش می‌یابد و سپس جابه‌جایی آن در خلاف جهت E_T خواهد بود که انرژی پتانسیل آن کاهش خواهد یافت.

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

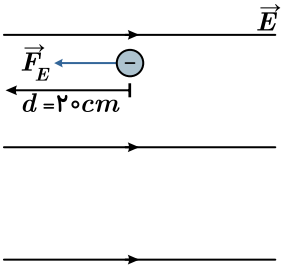


با حرکت از A تا B چون حرکت خودبه‌خودی است، انرژی پتانسیل کاهش یافته و $U_B < U_A$ می‌شود. از طرفی در نقطهٔ O چون میدان صفر است، انرژی پتانسیل هم صفر است. با حرکت از نقطهٔ O به C، چون بار منفی هم‌جهت میدان حرکت کرده، حرکت اجباری بوده و انرژی پتانسیل زیاد می‌شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت:

$$U_B < U_A < U_C$$

۱۷۴

الف



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

ب بار در جهت نیرو جابه‌جا می‌شود، پس $\theta = ۰$ است:

$$\Delta U_E = -|q|Ed\cos\theta = -(۲mC)\times(۵۰۰N/C)\times(۲۰cm)\times ۱ = -(۲\times ۱۰^{-۳}C)\times(۵۰۰N/C)\times(۰/۲m)\times ۱ = -۰/۲J$$

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

$$W_E = -\Delta U_E = -(-۰/۲J) = ۰/۲J$$

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

$$\Delta K = W_T = W_E \Rightarrow \frac{۱}{۲}mv_۲^۲ - \cancel{\frac{۱}{۲}mv_۱^۲}^{۰} = ۰/۲J \Rightarrow \frac{۱}{۲}(۰/۱kg)v_۲^۲ = ۰/۲J \Rightarrow v_۲^۲ = ۴ \Rightarrow v_۲ = ۲m/s$$

۱۷۵

الف به بار منفی در خلاف جهت میدان نیرو وارد می‌شود؛ بنابراین زاویهٔ بین جابه‌جایی و نیرو برابر $\theta = ۱۸۰^\circ$ است:

$$\Delta U = -|q|Ed\cos\theta = -۱/۶\times ۱۰^{-۱۹}C\times ۲\times ۱۰^{۳}N/C\times(۱۰\times ۱۰^{-۲})\times(-۱) \Rightarrow \Delta U = ۳/۲\times ۱۰^{-۱۷}J$$

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

$$\Delta U = -(K_B - K_A) \Rightarrow ۳/۲\times ۱۰^{-۱۷}J = -(۰ - K_A) = \frac{۱}{۲}m_e v_A^۲ \Rightarrow ۳/۲\times ۱۰^{-۱۷}J = \frac{۱}{۲}\times(۹/۱\times ۱۰^{-۳۱}kg)\times v^۲$$

$$\Rightarrow v^۲ = \frac{۲\times ۳/۲\times ۱۰^{-۱۷}J}{۹/۱\times ۱۰^{-۳۱}kg} \Rightarrow v^۲ \simeq ۷۰/۳\times ۱۰^{۱۲} = ۷/۰۳\times ۱۰^{۱۳} \Rightarrow v \simeq ۸/۳\times ۱۰^{۶}m/s$$

۱۷۶

الف

$$|\Delta U| = |W_E| = |\Delta K| \xrightarrow{k_۱=۰} E|q|d\cos\theta = \frac{۱}{۲}mv^۲$$

$$۶\times ۱۰^{۳}\times ۳\times ۱۰^{-۹}\times ۲۰\times ۱۰^{-۲} = \frac{۱}{۲}\times ۲\times ۱۰^{-۱۵}\times v^۲ \Rightarrow v = ۶\times ۱۰^{۴}\frac{m}{s}$$

ب طبق رابطهٔ $E=\frac{\Delta V}{d}$، با دور شدن صفحات، میدان الکتریکی بین صفحات کاهش می‌یابد (اختلاف پتانسیل بین صفحات ثابت است)؛ با کاهش میدان، اختلاف پتانسیل بین نقاط A و B نیز کاهش می‌یابد.

۱۷۷ گزینهٔ ۴

میدان الکتریکی بین صفحات با بار مخالف یکنواخت است، پس داریم:

$$E_A=E_B \Rightarrow |q|E_A=|q|E_B \Rightarrow F_A=F_B$$

از طرفی بار $-q$ هر چقدر به بارهای منفی نزدیک‌تر باشد، انرژی پتانسیل بیشتری دارد؛ چون، انرژی پتانسیل بار منفی با حرکت در جهت خطوط میدان الکتریکی افزایش می‌یابد. پس:

$$U_A<U_B$$

۱۷۸ گام اول: جهت میدان الکتریکی از صفحهٔ مثبت به صفحهٔ منفی است و به بار مثبت نیرویی هم‌جهت میدان وارد می‌شود. مطابق شکل، جهت $\vec{F}_E$ و $\vec{d}$ را رسم می‌کنیم.

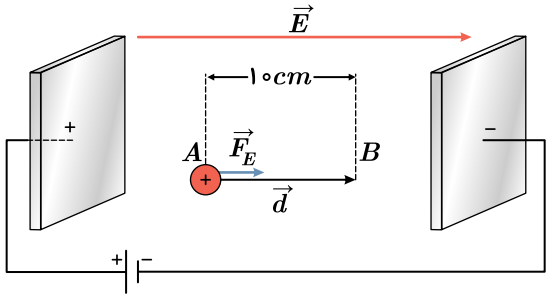
چون از وزن پروتون و مقاومت هوا چشم‌پوشی شده است به پروتون فقط $\vec{F}_E$ اثر می‌کند و طبق قضیهٔ کار - انرژی جنبشی داریم:

$$W_t=\Delta K \Rightarrow W_E=\frac{۱}{۲}mv^۲-\cancel{\frac{۱}{۲}mv_۰^۲}^{\,۰}$$

چون اتلاف انرژی نداریم، طبق قانون پایستگی انرژی $\Delta U=-\Delta K$ است در نتیجه:

$$\Delta U=-\frac{۱}{۲}mv^۲$$

گام سوم: به کمک رابطهٔ $\Delta U=|q|Ed\cos\theta$، می‌توانیم تندی پروتون را به دست آوریم. دقت کنید در این رابطه θ زاویهٔ بین $\vec{F}_E$ و $\vec{d}$ است که مطابق شکل صفر درجه است.



$$|q|Ed\cos\theta=\frac{۱}{۲}mv^۲$$

$$۱٫۶\times۱۰^{-۱۹}\times۲\times۱۰^{۳}\times۰٫۱\times۱=\frac{۱}{۲}\times۱٫۶۷\times۱۰^{-۲۷}\times v^۲$$

$$\Rightarrow v^۲=\frac{۳٫۲\times۱۰^{-۱۷}}{۰٫۸۳۵\times۱۰^{-۲۷}} \Rightarrow v\simeq\sqrt{\frac{۳٫۲}{۰٫۸۳۵}\times۱۰^{۱۰}} \Rightarrow v\simeq۱٫۹۶\times۱۰^{۵}\frac{m}{s}$$

۱۷۹ الف) در شکل‌های (الف) و (ت) نیروی الکتریکی و جابه‌جایی ذره هم‌جهت هستند، پس $W_E>۰$ است.

در شکل‌های (ب) و (پ) نیروی الکتریکی و جابه‌جایی ذره خلاف جهت هم هستند، پس $W_E<۰$ است.

ب) تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی قرینهٔ کار نیروی الکتریکی است (با فرض اینکه هیچ نیروی دیگری به ذره وارد نمی‌شود)؛ بنابراین در شکل‌های (الف) و (ت) $\Delta U_E<۰$ است و پتانسیل الکتریکی کاهش می یابد و در شکل‌های (ب) و (پ) $\Delta U_E>۰$ است و انرژی پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد.

۱۸۰ با استفاده از تعریف اختلاف پتانسیل الکتریکی داریم:

$$\Delta V=\frac{\Delta U}{q}\rightarrow V_B-V_A=\frac{U_B-U_A}{q}=\frac{۵\times۱۰^{-۵}-\left(-۴\times۱۰^{-۵}\right)}{۳\times۱۰^{-۶}}$$

$$\Rightarrow V_B-V_A=۳۰V$$

۱۸۱ الف) A ب) B تا A ج) C تا B

۱۸۲ 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 $\Delta V<۰$ است:

$$\Delta V=-Ed=-۱۰^{۵}\times۱۰\times۱۰^{-۲}=-۱۰^{۴}V$$

اکنون می‌توان نوشت:

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

$$۱=W_{\text{نیروی خارجی}}-۱۰\times۱۰^{-۶}\times\left(-۱۰^{۴}\right) \Rightarrow ۱=W_{\text{نیروی خارجی}}+۰٫۱$$

$$\Rightarrow W_{\text{نیروی خارجی}}=۱-۰٫۱=۰٫۹J$$

۱۸۳ در میدان یکنواخت می‌توان نوشت:

$$|\Delta V| = Ed$$

$$۱۰۰ = E \times (۲ \times ۱۰^{-۲}) \Rightarrow E = ۵ \times ۱۰^{۳} \frac{N}{C}$$

خطوط میدان الکتریکی از صفحهٔ مثبت به منفی است. بنابراین می‌توان گفت که صفحهٔ مثبت دارای پتانسیل الکتریکی بیشتر و صفحهٔ منفی دارای پتانسیل الکتریکی کمتری است زیرا با حرکت در جهت خطوط میدان، پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد.

۱۸۴ الف) درست؛ خطوط در A و B متراکم‌ترند.

ب) درست

پ) نادرست؛ با حرکت در جهت خطوط میدان، پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد.

۱۸۵ ابتدا به محاسبهٔ ΔV می‌پردازیم. چون بار در جهت میدان جابه‌جا شده است $\Delta V < ۰$ خواهد بود (در حالت کلی هرگاه در جهت خطوط میدان حرکت کنیم پتانسیل نقاط کاهش می‌یابد):

$$\Delta V = -Ed = -۱۰^{۵} \times (۱۰ \times ۱۰^{-۲}) = -۱۰^{۴} V$$

در حالت کلی وقتی ذرهٔ باردار با سرعت ثابت حرکت می‌کند، داریم:

$$\begin{cases} W_{\text{نیروی خارجی}} = -W_E = q\Delta V \\ W_E = -\Delta U_E \\ \Delta U = q\Delta V \end{cases}$$

بنابراین می‌توان نوشت:

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

$$W_{\text{نیروی خارجی}} = ۱۰ \times ۱۰^{-۶} \times (-۱۰^{۴}) = -۰/۱ J$$

۱۸۶ با استفاده از تعریف اختلاف پتانسیل الکتریکی داریم:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow V_B - V_A = \frac{U_B - U_A}{q} \Rightarrow V_B - ۱۰۰ = \frac{-۲۰۰}{۲}$$

$$\Rightarrow V_B - ۲۰۰ = -۲۰۰ \Rightarrow V_B = ۰$$

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

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

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

ت) هرچه 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.

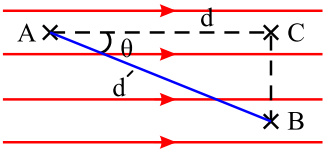
۱۸۸ با استفاده از تعریف اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه داریم:

$$\Delta U = q \cdot \Delta V$$

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

۱۸۹ 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:

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

۱۹۰ 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.

۱۹۱ الف) با توجه به تعریف اختلاف پتانسیل الکتریکی داریم:

$$\Delta U = q\Delta V = q(V_۲ - V_۱)$$

$$\Rightarrow \Delta U = (-۴۰ \times ۱۰^{-۹})(-۱۰ - (-۴۰)) = -۱۲۰۰ \times ۱۰^{-۹} = -۱/۲\mu J$$

انرژی پتانسیل بار به‌اندازهٔ ۱٫۲ میکروژول کاهش یافته است.

ب) با توجه به پایستگی انرژی، هنگامی که انرژی پتانسیل کاهش می‌یابد، باید انرژی جنبشی افزایش یافته باشد که این موضوع بر اساس رابطهٔ $W = \Delta K = -\Delta U$ صحیح است؛ زیرا ΔU منفی بوده و در نتیجه ΔK یعنی تغییرات انرژی جنبشی مثبت است. پس سرعت و به عبارتی انرژی جنبشی بار افزایش یافته است.

۱۹۲ الف) کاهش

ب) مثبت

پ) تغییر نمی‌کند، زیرا در میدان الکتریکی یکنواخت، اختلاف پتانسیل الکتریکی طبق رابطهٔ زیر مستقل از بار و اندازهٔ آن است.

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} = -Ed\cos\alpha$$

۱۹۳ می‌دانیم که در مورد یک باتری داریم:

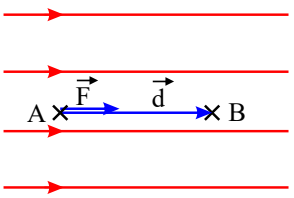
$$\Delta V_{\text{باتری}} = V_{\text{پایانه (+)}} - V_{\text{پایانهٔ منفی}} = ۱۲V$$

که در این مورد ۱۲ ولت داده شده است. ولی باید توجه کرد که در سؤال پایانهٔ مثبت مبدأ حرکت و پایانهٔ منفی مقصد بار تعیین شده است پس داریم:

$$\Delta U = q \cdot \Delta V = q(V_{\text{مقصد}} - V_{\text{مبدأ}}) = q(V_{\text{پایانه (-)}} - V_{\text{پایانه (+)}}) \Rightarrow \Delta U = -۱۰ \times (-۱۲) = ۱۲۰J$$

به این ترتیب انرژی پتانسیل بار $۱۲۰J$ افزایش یافته است و به‌عبارت دیگر باتری شارژ شده است.

۱۹۴



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

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

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

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

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

۱۹۵ الف)

$$E = \frac{V}{d} \Rightarrow E = \frac{۳۰۰}{۲ \times ۱۰^{-۲}} = ۱/۵ \times ۱۰^{۴}\frac{N}{C}$$

ب)

$$F = Eq \Rightarrow F = ۱/۵ \times ۱۰^{۴} \times ۲ \times ۱۰^{-۶} \Rightarrow F = ۰/۰۳N$$

۱۹۶ الف) نقطهٔ A ب) AB پ) BC

۱۹۷

الف

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

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

ب

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

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

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

۱۹۸ الف) جهت خطوط از A به B

ب) $\Delta U=q\Delta V\rightarrow \Delta U=-۲۰\times ۱۰^{-۶}\times(-۲۰-۳۰)=۱۰^{-۳}j$

۱۹۹ الف) کاهش ب) افزایش پ) کاهش ت) ثابت

۲۰۰ الف) کاهش

ب) افزایش

پ) کاهش

ت) مثبت

۲۰۱

$$\Delta V=\frac{\Delta U}{q}\rightarrow -۱۰=\frac{\Delta U}{۴\times ۱۰^{-۶}}\rightarrow \Delta U=-۴۰\times ۱۰^{-۶}J$$

با توجه به علامت منفی، انرژی پتانسیل الکتریکی سیستم کاهش می‌یابد.

۲۰۲ چون بار الکتریکی آزادانه جابه‌جا شده یعنی در جهت دلخواه خود حرکت می‌کند. جابه‌جایی بار الکتریکی از پتانسیل الکتریکی کم $(V_۱=۵۰V)$ به پتانسیل الکتریکی بیشتر $(V_۲=۳۰V)$ است. یعنی بار در خلاف جهت خطوط میدان حرکت می‌کند. بنابراین $q<۰$ است. (از طرفی بار آزادانه جابه‌جا شده است یعنی انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش یافته است.)

$$\begin{cases}\cancel{\Delta E}^{\circ}=\Delta U+\Delta K\rightarrow \boxed{\Delta K=-\Delta U} & (۱)\\ \Delta V=\underbrace{\frac{\Delta U}{q}}_{\text{با علامت واقعی بار}}\rightarrow \Delta U=q\Delta V=(-۴۰\times ۱۰^{-۶})\overbrace{(۳۰-(-۵۰))}^{۸۰}=-۳۲\times ۱۰^{-۴}J & (۲)\end{cases}$$

$$\xrightarrow{(۱),(۲)}\Delta K=\frac{۱}{۲}m(v_{۲}^{۲}-\cancel{v_{۱}^{۲}}^{\circ})=-(-۳۲\times ۱۰^{-۴})\rightarrow \frac{۱}{۲}\times\frac{۲}{۱۰۰}(v_{۲}^{۲}-۰)=۳۲\times ۱۰^{-۴}$$

$$\rightarrow v_{۲}^{۲}=۳۲\times ۱۰^{-۲}\rightarrow \boxed{v_{۲}=۰/۴\sqrt{۲}m/s}$$

۲۰۳ می‌دانیم رابطه‌ی تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی بار برابر با منفیِ کار میدان الکتریکی مطابق رابطهٔ زیر است:

$$\Delta U=-W\quad(۱)$$

مطابق رابطه‌ی تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی و اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه داریم:

$$\Delta V=\frac{\Delta U}{q}\quad(۲)$$

$$\xrightarrow{(۱),(۲)}\Delta V=\frac{-W}{q}\Rightarrow\begin{cases}\Delta V=\dfrac{-W_{۱}}{۲\times ۱۰^{-۶}}\\ \Delta V=\dfrac{-W_{۲}}{(-۴)\times ۱۰^{-۶}}\end{cases}\Rightarrow\frac{-W_{۱}}{۲\times ۱۰^{-۶}}=\frac{-W_{۲}}{(-۴)\times ۱۰^{-۶}}$$

$$\rightarrow W_{۲}=-۲W_{۱}$$

از طرفی طبق گفتهٔ سوال $W_{۱}=W_{۲}+۰/۶mJ$، بنابراین:

$$W_{۱}=-۲W_{۱}+۰/۶mJ\rightarrow ۳W_{۱}=۰/۶mJ\rightarrow W_{۱}-۰/۲mJ\ ,\ W_{۲}=-۰/۴mJ$$

حال کافی‌ست $W_{۱}$ یا $W_{۲}$ را در رابطهٔ $\Delta V=\frac{W}{q}$ قرار دهیم:

$$\Delta V=\frac{-W_{۲}}{q_{۲}}=\frac{۰/۴\times ۱۰^{-۳}}{-۴\times ۱۰^{-۶}}\Rightarrow \Delta V=-۱۰۰V$$

۲۰۴ با استفاده از تعریف پتانسیل الکتریکی و در نظر گرفتن زمین با اندیس E، داریم:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} = \frac{W_{\text{خارجی}}}{q} \Rightarrow \begin{cases} V_A - V_E = \frac{۲۰۰ \times ۱۰^{-۶}}{۲۰ \times ۱۰^{-۶}} \Rightarrow V_A - V_E = ۱۰V \\ V_B - V_E = \frac{۴۰۰ \times ۱۰^{-۶}}{-۸ \times ۱۰^{-۶}} \Rightarrow V_B - V_E = -۵۰V \end{cases}$$

$$\Rightarrow (V_B - V_E) - (V_A - V_E) = -۵۰ - ۱۰ \Rightarrow V_B - V_A = -۶۰V$$

برای انتقال بار $۵\mu C$ از نقطهٔ A تا نقطهٔ B داریم:

$$V_B - V_A = \frac{-W_E}{q} \Rightarrow -۶۰ = \frac{-W_E}{۵ \times ۱۰^{-۶}} \Rightarrow W_E = ۳۰۰ \times ۱۰^{-۶} J = ۳۰۰\mu J$$

۲۰۵ راه حل اول: بین این دو صفحه میدان الکتریکی یکنواخت تشکیل می‌شود که جهت میدان در جهت کاهش پتانسیل الکتریکی است. بین این دو صفحه از صفحهٔ مثبت تا صفحهٔ منفی، پتانسیل از ۶۰ ولت تا صفر کاهش می‌یابد. حال اگر اختلاف پتانسیل بین دو صفحه را به فاصلهٔ دو صفحه تقسیم کنیم داریم: $\frac{۶۰}{۱۲}\frac{V}{cm} = ۵\frac{V}{cm}$ یعنی در هر سانتی‌متر پتانسیل به اندازهٔ $۵V$ کاهش می‌یابد، پس به‌ازای ۴ سانتی‌متر، پتانسیل ۲۰ ولت کاهش می‌یابد. بنابراین پتانسیل نقطهٔ A برابر با $(۶۰ - ۲۰)V = ۴۰V$ خواهد شد.

راه حل دوم: اندازهٔ میدان الکتریکی یکنواخت بین دو صفحه برابر است با:

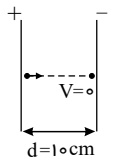
$$E = \frac{V}{d} = \frac{۶۰}{۱۲ \times ۱۰^{-۲}} = ۵۰۰ \ \frac{N}{C}$$

با در نظر گرفتن فاصلهٔ نقطهٔ A تا صفحهٔ منفی، پتانسیل نقطهٔ A برابر است با:

$$V_A = Ed \Rightarrow V_A = ۵۰۰ \times (۸ \times ۱۰^{-۲}) = ۴۰V$$

۲۰۶

در غیاب نیروهای دیگر به جز نیروی الکتریکی، داریم:



$$E = \text{ثابت} \rightarrow U + K = \text{ثابت} \rightarrow U_۲ + K_۲ = U_۱ + K_۱$$

$$\rightarrow (U_۲ - U_۱) = -(K_۲ - K_۱) \rightarrow \Delta U = -\Delta K \xrightarrow{\Delta U = q\Delta V}$$

از طرفی:

$$q\Delta V = -\Delta K \rightarrow (-۸ \times ۱۰^{-۶})(-۱۰۰۰) = -(\cancel{K_۲}^{\ ۰} - K_۱)$$

نکته: چون بار ذره منفی بوده و ذره در نهایت متوقف شده است، می‌فهمیم که به ذره در خلاف جهت حرکت آن ذره نیرو وارد شده است؛ یعنی ذره از صفحه با بار مثبت به طرف صفحهٔ با بار منفی پرتاب شده است.

بنابراین:

$$\text{اختلاف پتانسیل} \begin{cases} \Delta V = V_۲ - V_۱ = -۱۰۰۰V \\ v_۲ < v_۱ \end{cases}$$

$$K_۱ = ۸ \times ۱۰^{-۳} \rightarrow \frac{۱}{۲}(۰/۲ \times ۱۰^{-۶} \times ۱۰^{-۳})v^۲ = ۸ \times ۱۰^{-۳} \rightarrow v^۲ = ۸ \times ۱۰^{۷} = ۸۰ \times ۱۰^{۶} \rightarrow v = ۴۰۰۰\sqrt{۵} m/s$$

۲۰۷ از قضیهٔ کار و انرژی جنبشی استفاده می‌کنیم:

$$W = \Delta K \Rightarrow Eqd_{AB} = \frac{۱}{۲}mv^۲$$

$$\Rightarrow ۲ \times ۱۰^{۳} \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} \times d_{AB} = \frac{۱}{۲} \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۲۷} \times (۲ \times ۱۰^{۵})^۲$$

$$\Rightarrow d_{AB} = ۰/۱m = ۱۰cm$$

$$\Delta V_{\text{کل}} = Ed_{\text{کل}} \Rightarrow d_{\text{کل}} = \frac{۳۰۰}{۲ \times ۱۰^{۳}} = ۰/۱۵ = ۱۵cm$$

پس فاصلهٔ نقطهٔ A از صفحهٔ منفی برابر $5cm$ است.

۲۰۸

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow -10 - (-40) = \frac{\Delta U}{-40 \times 10^{-9}} \Rightarrow \Delta U = -1/2\mu J$$

۲۰۹ با داشتن تغییرات انرژی پتانسیل و مقدار بار جابه‌جاشده، اختلاف پتانسیل را به دست می‌آوریم:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} = \frac{5 \times 10^{-5} - (-4 \times 10^{-5})}{20 \times 10^{-9}} = \frac{9 \times 10^{-5}}{20 \times 10^{-9}} = 4/5 \times 10^{3} V$$

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

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

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

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

۲۱۱ با توجه به اینکه اختلاف پتانسیل در جهت میدان کاهش و عمود بر میدان ثابت می‌ماند. ستون اول را پر می‌کنیم. در مورد ستون دوم با توجه به اینکه بار منفی از A تا B در جهت میدان و در نتیجه در خلاف جهت تمایلش حرکت کرده است، انرژی پتانیسل افزایش می‌یابد. میدان هم که همه‌جا ثابت است.

مسیر	پتانسیل الکتریکی (V)	انرژی پتانسیل الکتریکی (U)	میدان الکتریکی (E)
$A \to B$	کاهش	افزایش	*
$B \to C$	ثابت	*	ثابت

۲۱۲ الف) مثبت، زیرا نیروی دست هم‌جهت با جابه‌جایی است.

ب) به نقطه‌ای با پتانسیل بیشتر حرکت کرده است. زیرا با حرکت در خلاف جهت میدان الکتریکی پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد. (کار انجام‌شده توسط نیروی دست به‌صورت انرژی پتانسیل الکتریکی در بار ذخیره شده است.)

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

۲۱۴

$$\Delta V = 12V \ , \ V_+ = 0 \ , \ V_- = ?$$
$$\Delta V = V_+ - V_- \Rightarrow 12 = 0 - V_- \Rightarrow V_- = -12V$$

۲۱۵ با حرکت بار مثبت در جهت خطوط میدان، انرژی پتانسیل الکتریکی کم می‌شود:

پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد. $\Rightarrow \Delta V < 0 \xrightarrow{\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q}}$ $\begin{cases} \Delta U_E < 0 : \text{انرژی پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد.} \\ q > 0 : \text{بار مثبت است.} \end{cases}$

با حرکت بار منفی در جهت خطوط میدان، انرژی پتانسیل الکتریکی افزایش پیدا می‌کند:

پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد. $\Rightarrow \Delta V < 0 \xrightarrow{\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q}}$ $\begin{cases} \Delta U_E > 0 : \text{انرژی پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد.} \\ q < 0 : \text{بار منفی است.} \end{cases}$

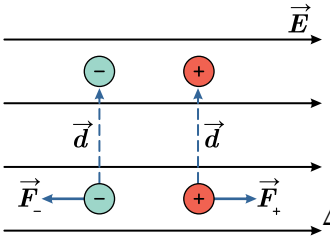
با حرکت بار مثبت در خلاف جهت خطوط میدان، انرژی پتانسیل الکتریکی افزایش پیدا می‌کند:

پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد. $\Rightarrow \Delta V > 0 \xrightarrow{\Delta V=\frac{\Delta U_E}{q}}$ $\Delta U_E > 0$: انرژی پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد. / $q > 0$: بار مثبت است.

با حرکت بار منفی در خلاف جهت خطوط میدان، انرژی پتانسیل الکتریکی کم می‌شود:

پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد. $\Rightarrow \Delta V > 0 \xrightarrow{\Delta V=\frac{\Delta U_E}{q}}$ $\Delta U_E < 0$: انرژی پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد. / $q < 0$: بار منفی است.

ب) به شکل روبه‌رو نگاه کنید.

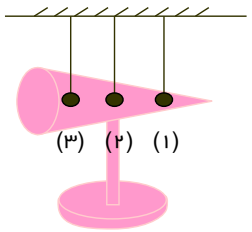


به بار مثبت نیرویی در جهت میدان ($\vec{F}_+$)، و به بار منفی نیرویی در خلاف جهت میدان ($\vec{F}_-$) وارد می‌شود. بنابراین با حرکت در جهت عمود بر میدان، زاویهٔ نیرو و جابه‌جایی $\theta = 90^\circ$ است و در نتیجه:

پتانسیل الکتریکی تغییر نمی‌کند. $\Delta U_E = -|q|Ed\cancel{\cos 90^\circ} = 0 \Rightarrow \Delta V = \frac{\cancel{\Delta U_E}}{q} = 0 \Rightarrow \Delta V = 0$

۲۱۶ چه کلید k بسته باشد و چه باز باشد بارهای الکتریکی حرکتی نمی‌کنند چون در هر صورت رساناهای بهم متصل هم‌پتانسیل هستند و نقاط A و B دارای پتانسیل یکسان هستند و بار الکتریکی برای حرکت بین دو نقطه نیاز به وجود اختلاف پتانسیل بین آن دو نقطه دارد.

۲۱۷



مطابق شکل چند آونگ الکتریکی را در اطراف مخروط فلزی که روی پایهٔ عایقی قرار دارد در تماس با آن قرار می‌دهیم. با اتصال وان‌دوگراف به مخروط، به آن بار الکتریکی می‌دهیم مشاهده می‌شود که انحراف آونگ (۱) بیشتر از ۲ آونگ دیگر است. این موضوع نشان می‌دهد که چگالی سطحی بار الکتریکی و در نتیجه میدان الکتریکی در نقاط نوک‌تیز بیشتر از سایر نقاط است.

۲۱۸ 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.

۲۱۹ گزینهٔ ۱

۲۲۰ شکل (۲) – زیرا آونگ A پس از تماس با ظرف B جزو سطوح داخلی ظرف B محسوب شده و به واسطهٔ نیروهای دافعه بین بارهای هم‌نام، بارهای الکتریکی روی خارجی‌ترین سطح ظرف B پراکنده می‌شوند و در داخل آن باری باقی نمی‌ماند.

۲۲۱ 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:

$$F_E = 0 \Rightarrow \Delta U_E = -W_E = 0$$

$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} = 0 \Rightarrow V_2 - V_1 = 0 \Rightarrow V_2 = V_1$$

۲۲۲ الف) نسبت بار الکتریکی موجود در سطح رسانا به مساحت سطح آن را چگالی سطحی بار الکتریکی گویند.

ب) خیر – کرهٔ B باردار نمی‌شود. زیرا بار الکتریکی داده‌شده به ظرف رسانای A، بواسطهٔ وجود نیروهای دافعهٔ الکتریکی به خارجی‌ترین سطح آن می‌روند و داخل ظرف بدون بار می‌ماند.

۲۲۳ ابتدا مخروط فلزی را با واندوگراف باردار می‌کنیم. سپس گلولهٔ فلزی کوچک را از دستهٔ عایق گرفته و با نوک‌تیز مخروط تماس می‌دهیم. سپس گلوله را با کلاهک الکتروسکوپ تماس می‌دهیم. مشاهده می‌شود ورقه‌های الکتروسکوپ از یکدیگر دور می‌شوند. با تماس دست، گلولهٔ فلزی و الکتروسکوپ را خنثی می‌کنیم. اینک گلوله را از دستهٔ عایق گرفته و با بدنهٔ مخروط فلزی تماس داده و سپس آن را با کلاهک الکتروسکوپ تماس می‌دهیم. در این حالت، مشاهده می‌شود که ورقه‌های الکتروسکوپ نسبت به‌حالت اول (نوک‌تیز) انحراف کمتری پیدا می‌کنند. نتیجه می‌گیریم که تجمع بار در نقاط نوک‌تیز سطح جسم رسانای منزوی باردار از نقاط دیگر آن بیشتر است.

۲۲۴ الف) آونگ‌ها در تماس با مخروط، دارای بار همنام با آن می‌شوند و بر اثر دافعهٔ بین بارهای همنام، آونگ‌ها از مخروط دور می‌شوند.

ب) آونگ (۱)؛ چون چگالی سطحی بار، در نقاط نوک‌تیز بیشتر است.

۲۲۵ الف)

$$\sigma = \frac{Q}{A} \rightarrow \sigma = \frac{۴ \times ۱۰^{-۶}}{۱ \times ۱۰^{-۴}} = ۴ \times ۱۰^{-۲} \frac{c}{m^۲}$$

ب) صفر (زیرا بار الکتریکی در سطح خارجی رسانا توزیع می‌شود و درون رسانا باری وجود ندارد.)

۲۲۶

الف چگالی سطحی بار

۲۲۷ با توجه به رابطهٔ $Q = \sigma A$ داریم:

$$\frac{Q_۱}{Q_۲} = \frac{\sigma_۱}{\sigma_۲} \times \frac{A_۱}{A_۲} \xrightarrow{\sigma_۱ = \sigma_۲} \frac{Q_۱}{Q_۲} = \frac{۴\pi R_۱^۲}{۴\pi R_۲^۲} = (\frac{R_۱}{R_۲})^۲ = (\frac{۲}{۳})^۲ = \frac{۴}{۹}$$

۲۲۸ با تماس کرهٔ فلزی A به داخل پوستهٔ کروی، کل بار کرهٔ A به سطح خارجی پوستهٔ B منتقل می‌شود و بار کرهٔ A صفر می‌شود. بار پوستهٔ کروی هم با توجه به پایستگی بار از جمع بار کرهٔ A و B به دست می‌آید:

$$q_A + q_B = \cancel{q_A^{\circ}} + q'_B \Rightarrow q'_B = -۶\mu C + ۱۰\mu C = ۴\mu C$$

۲۲۹ الف) میدان الکتریکی داخل یک رسانا که از اطراف خودش با عایق جدا شده است (رسانای منزوی)، صفر است.

ب) پتانسیل نقاط مختلف یک رسانای منزوی با هم برابر است:

$$V_A = V_B = V_C$$

۲۳۰ بار در کرهٔ مسی در سطح خارجی پخش می‌شود و بار در کرهٔ پلاستیکی همان قسمتی که بار گرفته است، باقی می‌ماند.

۲۳۱ برق‌گیر میله یا سیم‌های رسانایی هستند که در بالاترین نقطهٔ ساختمان نصب می‌شوند. این دستگاه توانایی کنترل جریان الکتریکی عظیم وابسته به رعد و برق را دارد و آن را بدون ایجاد هرگونه خسارت به زمین منتقل می‌کند.

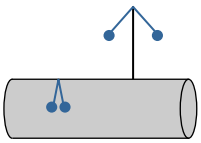
۲۳۲ ابتدا در هر دو آهنگ که بدون بار هستند مقداری بار الکتریکی توسط جسم دوکی‌شکل القا می‌شود و آونگ‌ها به‌سمت دوک جذب می‌شوند. بعد از برخورد آونگ‌ها با سطح دوک، مقداری از بار دوک به آنها منتقل شده و باری همنام با بار جسم دوکی‌شکل پیدا می‌کنند و به علت نیروی دافعه بین بارهای همنام، از جسم دوکی‌شکل دور می‌شوند. مشاهده می‌کنیم آونگی که به قسمت نوک تیز جسم برخورد می‌کند، بیشتر منحرف می‌شود، علت این است که چگالی بار در قسمت نوک‌تیز جسم دوکی‌شکل بیشتر است، در نتیجه میدان الکتریکی در نزدیکی آن قوی‌تر و نیرویی که به آونگ وارد می‌کند بیشتر است. دقت کنید که آونگ‌ها از هر نظر مشابه هستند و وزن یکسانی هم دارند.

۲۳۳ الف) قفس فاراده یک قفس یا فضای بستهٔ ساخته‌شده از فلز یا رسانایی دیگر است. اگر فردی را درون این قفس قرار داده و مولد وان‌دوگرافی در نزدیکی قفس نصب و آن را تا حد زیادی باردار کنیم، با وجود اینکه بارهای الکتریکی به‌صورت جرقه از مولد به قفس جریان پیدا می‌کنند، فرد درون قفس آسیبی نمی‌بیند؛ زیرا بارهای الکتریکی در سطح خارجی قفس قرار می‌گیرند. در آزمایشی مشابه، هنگامی که یک قوطی فلزی را که درونش یک موش آزمایشگاهی قرار دارد، به سیم حامل جریان الکتریکی وصل می‌کنیم، چون کل جریان از سطح خارجی فلز عبور می‌کند به موش آسیبی نرسیده و دچار شوک الکتریکی نمی‌شود. طبق نظریهٔ فاراده، امواج الکترومغناطیسی که به‌طور طبیعی از اطراف یک مادهٔ رسانا گذر می‌کنند به درون آن نفوذ نمی‌کنند. بنابراین قفس فاراده علاوه بر اینکه در برابر نفوذ امواج بیرونی و خروج امواج درون خود نیز است. از این قفس به شکل مکعب مستطیل با هدف حفاظت در برابر امواج الکترومغناطیسی استفاده می‌شود که در نزدیکی رادارهای پرقدرت به منظور حفاظت از افراد و همچنین محافظت از سیستم‌های الکتریکی و مخابراتی پیشرفته، از قبیل وسایل مربوط به مهندسی پزشکی، کامپیوترهای پیشرفته و ... استفاده می‌شود.

خوب است بدانید که اگر گوشی تلفن همراه خود را درون ظرف فلزی دربسته‌ای قرار دهید یا یک فویل آلومینیومی را به دور آن بپیچید، از دسترس خارج خواهد شد.

ب) بدنهٔ اتومبیل یا هواپیما از جنس فلز (رسانا) است. بنابراین، بار الکتریکی منتقل‌شده به آنها طبق آزمایش فاراده در سطح خارجی قرار گرفته و به افراد داخل اتومبیل یا هواپیما آسیبی نمی‌رسد.

پ) یک استوانهٔ فلزی را به مولد واندوگراف متصل می‌کنیم و مطابق شکل دو آونگ درون استوانه و دو آونگ نیز بیرون آن می‌آویزیم. مشاهده می‌شود که آونگ‌های بیرون استوانه به دلیل دریافت بار الکتریکی از استوانه و دافعه بارهای هنگام، یکدیگر را دفع می‌کنند، ولی تغییری در وضعیت آونگ‌های داخل استوانه دیده نمی‌شود چون بار الکتریکی در سطح خارجی جسم رسانا قرار دارد و نه در سطح داخلی آن.



۲۳۴

$$U_1 = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{12\times10^{-6}}$$

$$U_2 = \frac{1}{2}\frac{Q_2^2}{C} = \frac{1}{2}\frac{(Q+3\times10^{-3})^2}{C} = \frac{1}{2}\frac{(Q+3\times10^{-3})^2}{12\times10^{-6}} = U_1 + 8$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}\frac{(Q^2+6\times10^{-3}Q+9\times10^{-6})}{12\times10^{-6}} = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{12\times10^{-6}} + 8$$

$$\Rightarrow \cancel{Q^2} + 6\times10^{-3}Q + 9\times10^{-6} = \cancel{Q^2} + 8\times2\times12\times10^{-6}$$

$$6\times10^{-3}Q = 183\times10^{-6} \Rightarrow Q = 30{,}5\times10^{-3}C = 30{,}5mC$$

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

۲۳۵ اگر بار الکتریکی خازن ثابت بماند و فاصلهٔ صفحات از هم دو برابر شوند بر اساس رابطهٔ $C = \kappa\varepsilon_0\frac{A}{d}$ ظرفیت خازن نصف می‌شود. در مورد انرژی ذخیره‌شده در خازن در حالت‌های اول و دوم می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} U_1 = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C_1} \\ C_2 = \frac{C_1}{2} \end{cases} \Rightarrow U_2 = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C_2} = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{\frac{C_1}{2}} = 2\times\frac{1}{2}\frac{Q^2}{C_1} = 2U_1$$

یعنی در این حالت انرژی ذخیره‌شده ۲ برابر حالت اول است. پس جرقه‌ای که ایجاد می‌شود بزرگ‌تر از حالت قبل خواهد بود (نور و صدای ایجادشده بیشتر است).

۲۳۶ بار الکتریکی: افزایش میدان الکتریکی: ثابت انرژی: افزایش

۲۳۷

$$Q = CV \rightarrow \begin{matrix} Q_1 = CV_1 \\ Q_2 = CV_2 \end{matrix} \xrightarrow{\text{کم کردن دو رابطه از هم}} Q_2 - Q_1 = C(V_2 - V_1)$$

$$\Rightarrow \Delta Q = C(V_2 - V_1) \Rightarrow 15\times10^{-6} = C(40-28) \Rightarrow C = \frac{15\times10^{-6}}{12} = 1{,}25\mu F$$

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

۲۳۹

$$C = \kappa\varepsilon_0\frac{A}{d} = 4{,}9\times8{,}85\times10^{-12}\frac{1}{0{,}5\times10^{-3}} \Rightarrow C = 86{,}73\times10^{-9}F = 86{,}73\ nF$$

۲۴۰

الف

$$Q = CV = (12\mu F)(5\times10^3V) = 6\times10^4\mu C$$

ب

$$U = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}\times(12\mu F)(5\times10^3V)^2 = 1{,}5\times10^2\mu J$$

پ

$$P = \frac{\text{انرژی}}{\text{زمان}} = \frac{1{,}5\times10^2\mu J}{(2\times10^{-4})} = 7{,}5\times10^5\mu W = 0{,}75W$$

۲۴۱ بر اساس رابطهٔ $V = Ed$ در خازن‌ها می‌توان گفت که با زیاد کردن فاصلهٔ بین صفحات، به‌دلیل آنکه ولتاژ ثابت مانده است (خازن به باتری متصل است)، باید E کاهش یابد تا V ثابت بماند.

پس مورد (الف) درست و مورد (ب) نادرست است.

همچنین با افزایش فاصلهٔ بین صفحات خازن طبق رابطهٔ $C = \kappa\varepsilon_0\frac{A}{d}$، ظرفیت کاهش می‌یابد. پس مورد (پ) نیز نادرست است.

بر اساس رابطهٔ $Q = CV$ با توجه به ثابت ماندن V و نصف شدن ظرفیت خازن، بار ذخیره‌شده روی خازن نیز نصف می‌شود پس مورد (ت) نیز نادرست است.

۲۴۲ در خازن با دی‌الکتریک هوا، $\kappa = 1$ است:

$$C = \kappa\varepsilon_0\frac{A}{d}$$

$$۱ = ۱ \times ۸٫۸۵ \times ۱۰^{-۱۲} \times \frac{A}{۱ \times ۱۰^{-۳}} \Rightarrow A = ۱٫۱۳ \times ۱۰^{۸} m^{۲}$$

می‌توان نتیجه گرفت که با دی‌الکتریک هوا، خازن فقط با ظرفیت‌های پایین قابل ساخته شدن است؛ چرا که چنین مساحت زیادی به‌هیچ‌وجه عملی نیست.

۲۴۳ الف) ظرفیت خازن فقط تابع شرایط ساختمانی آن است و با تغییر در بار الکتریکی ظرفیت آن عوض نمی‌شود؛ بلکه طبق رابطهٔ $Q = CV$ تنها ولتاژ دو سر آن تغییر می‌کند. (۲ برابر می‌شود)

ب) در این صورت هم ظرفیت ثابت است و طبق رابطه، $Q = CV$، بار الکتریکی روی صفحات خازن سه برابر می‌شود.

۲۴۴ الف) ۲ ب) ۴ پ) ۱ ت) ۵

۲۴۵

ابتدا اختلاف پتانسیل دو صفحهٔ خازن را به‌دست می‌آوریم:

$$C = \frac{Q}{\Delta V} \Rightarrow ۴۰ \times ۱۰^{-۶} = \frac{۱۰ \times ۱۰^{-۶}}{\Delta V} \Rightarrow \Delta V = \frac{۱}{۴} V$$

حالا با استفاده از رابطهٔ $E = \frac{\Delta V}{d}$، میدان بین صفحات را محاسبه می‌کنیم:

$$E = \frac{\Delta V}{d} \Rightarrow E = \frac{\frac{۱}{۴}}{۱ \times ۱۰^{-۲}} = \frac{۱۰۰}{۴} = ۲۵ V/m$$

۲۴۶ بار خازن ثابت می‌ماند چون از مولد جدا شده است.

$$\frac{C_۲}{C_۱} = \frac{k_۲}{k_۱} \times \frac{A_۲}{A_۱} \times \frac{d_۱}{d_۲} = ۱۰ \times ۱ \times \frac{۱}{۲} = ۵ \Rightarrow C_۲ = ۵C_۱$$

$$\frac{C_۲}{C_۱} = \frac{Q_۲}{Q_۱} \times \frac{V_۱}{V_۲} \Rightarrow ۵ = ۱ \times \frac{V_۱}{V_۲} \Rightarrow V_۲ = \frac{۱}{۵} V_۱$$

$$\frac{U_۲}{U_۱} = (\frac{Q_۲}{Q_۱})^{۲} \times (\frac{C_۱}{C_۲}) = ۱ \times \frac{۱}{۵} \Rightarrow U_۲ = \frac{۱}{۵} U_۱$$

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

ب) اتم‌های مادهٔ دی‌الکتریک در میدان الکتریکی قطبیده می‌شوند و در مجاورت صفحه‌های خازن در سطح دی‌الکتریک بارهای غیرهم‌نام با بار صفحه ایجاد می‌شود و این باعث می‌شود که با ولتاژ ثابت، بار خازن افزایش یابد و این به‌معنای افزایش ظرفیت خازن است.

۲۴۸ الف) با توجه به شکل، حداکثر ولتاژ در دو سر خازن برابر $۴۰۰V$ است.

$$U = \frac{۱}{۲} CV^{۲} \Rightarrow U_{max} = \frac{۱}{۲} \times ۱۰ \times ۱۰^{-۶} \times (۴۰۰)^{۲} = ۰٫۸J$$

ب) فروریزش الکتریکی اتفاق می‌افتد.

$$U = Pt$$

۲۴۹

$$U = ۴ \times ۱۰^{۳} \times ۲ \times ۱۰^{-۳} = ۸J$$

$$U = \frac{۱}{۲} CV^{۲} \rightarrow ۸ = \frac{۱}{۲} \times C \times (۲۰۰)^{۲} \rightarrow C = ۴ \times ۱۰^{-۴} F$$

۲۵۰ گام اول: ظرفیت خازن را در حالت اول (کمترین فاصلهٔ بین صفحات) محاسبه می‌کنیم:

$$C_۱ = \varepsilon_۰ \frac{A}{d} = (۹ \times ۱۰^{-۱۲} \frac{F}{m}) \frac{(۶ \times ۱۰^{-۵} m^{۲})}{۱ \times ۱۰^{-۳} m} = ۵۴ \times ۱۰^{-۱۴} F = ۵۴ \times ۱۰^{-۲} pF$$

گام دوم: ظرفیت خازن را در حالت دوم (بیشترین فاصلهٔ بین صفحات) به دست می‌آوریم:

$$C_۲ = \varepsilon_۰ \frac{A}{d} = (۹ \times ۱۰^{-۱۲} \frac{F}{m}) \frac{(۶ \times ۱۰^{-۵} m^{۲})}{۱٫۲ \times ۱۰^{-۳} m} = ۴۵ \times ۱۰^{-۱۴} F = ۴۵ \times ۱۰^{-۲} pF$$

گام سوم: حالا اختلاف ظرفیت خازن را که ایجاد یک سیگنال می‌کند، به دست می‌آوریم:

$$\Delta C = C_۲ - C_۱ = ۵۴ \times ۱۰^{-۲} pF - ۴۵ \times ۱۰^{-۲} pF = ۹ \times ۱۰^{-۲} pF$$

۲۵۱

$$C=\kappa\varepsilon_{\circ}\frac{A}{d}\Rightarrow\frac{C_{۲}}{C_{۱}}=\frac{A_{۲}}{A_{۱}}\times\frac{d_{۱}}{d_{۲}}=\frac{\frac{۱}{۲}A_{۱}}{A_{۱}}\times\frac{d_{۱}}{۲d_{۱}}=\frac{۱}{۴}$$

بنابراین $C_{۲}=\frac{۱}{۴}C_{۱}$ خواهد شد.

۲۵۲ الف) صفحهٔ B – زیرا به پایانهٔ مثبت باتری متصل شده است.

ب) افزایش می‌یابد – زیرا برای جدا کردن بار مثبت از صفحهٔ منفی و جابه‌جایی آن در خلاف جهت میدان الکتریکی باید انرژی مصرف کنیم (جهت میدان الکتریکی در فضای بین خازن از صفحهٔ مثبت به صفحهٔ منفی است) بخشی از این انرژی مصرف‌شده توسط ما در خازن ذخیره می‌شود.

۲۵۳ الف) ۳ ب) ۱ پ) ۲

۲۵۴ الف) منفی ب) برابر با پ) کمتر از

۲۵۵ الف)

$$\text{خازن جدا از باتری}\Rightarrow q:\text{ ثابت}\xrightarrow[C=\frac{\kappa\varepsilon\cdot A}{d}]{\text{افزایش }\kappa}C:\text{ افزایش}\xrightarrow{U=\frac{q^{۲}}{۲c}}U:\text{ کاهش}$$

ب)

$$\text{خازن جدا از باتری}\Rightarrow q:\text{ ثابت}\xrightarrow[C=\frac{\kappa\varepsilon\cdot A}{d}]{\text{کاهش }A}C:\text{ کاهش}\xrightarrow{U=\frac{q^{۲}}{۲c}}U:\text{ افزایش}$$

۲۵۶ با خارج کردن دی‌الکتریک، طبق رابطهٔ $C=\frac{\kappa\varepsilon_{\circ}A}{d}$، ظرفیت خازن کاهش می‌یابد. از آنجایی که خازن به مولد وصل نیست، بار الکتریکی روی صفحات آن ثابت است؛ درنتیجه طبق رابطهٔ $C=\frac{q}{V}$، با کاهش C، اختلاف پتانسیل خازن افزایش می‌یابد.

۲۵۷ الف) ثابت – زیرا پس از اینکه خازن شارژ شد طبق رابطهٔ $Q=CV$ بار Q روی آن ذخیره می‌شود که با جدا شدن از باتری طبق اصل پایستگی بار این بار Q ثابت می‌ماند.

ب) افزایش – زیرا بر اساس رابطهٔ $C=\kappa\varepsilon_{\circ}\frac{A}{d}$ با خارج کردن دی‌الکتریک ظرفیت خازن کاهش می‌یابد ولی چون مقدار بار Q ثابت مانده است طبق رابطهٔ $Q=C\downarrow V\uparrow$، V باید افزایش یابد تا کاهش C جبران شده تساوی حفظ شود.

پ) کاهش – با خارج کردن دی‌الکتریک از بین صفحات خازن، ظرفیت آن کاهش می‌یابد.

۲۵۸ الف) ثابت ب) افزایش پ) افزایش ت) کاهش

۲۵۹

الف ظرفیت ($C=\kappa\frac{\varepsilon_{\circ}A}{d}$، با ورود دی‌الکتریک، ظرفیت خازن افزایش می‌یابد)

۲۶۰

الف درست

۲۶۱

الف

$$C=۲۰\times۱۰^{-۹}F\ ,\ Q=۱۸۰\times۱۰^{-۹}C\ ,\ U=?$$

$$U=\frac{۱}{۲}\frac{Q^{۲}}{C}=\frac{۱}{۲}\times\frac{(۱۸۰\times۱۰^{-۹})^{۲}}{(۲۰\times۱۰^{-۹})}=۸\text{/}۱\times۱۰^{-۷}J$$

ب چون ابتدا باتری را از خازن جدا و سپس فاصلهٔ صفحات را دو برابر می‌کنیم، بار روی صفحات تغییر نمی‌کند: $Q_{۱}=Q_{۲}$

طبق رابطهٔ $C=\varepsilon_{\circ}\frac{A}{d}$ فاصلهٔ صفحات و ظرفیت خازن رابطهٔ عکس دارند؛ بنابراین اگر فاصلهٔ صفحات را دو برابر کنیم، ظرفیت خازن نصف می‌شود:

$$C_۲ = \frac{۱}{۲}C_۱$$

$$\frac{U_۲}{U_۱} = \frac{\frac{۱}{۲}\frac{Q_۲^۲}{C_۲}}{\frac{۱}{۲}\frac{Q_۱^۲}{C_۱}} = (\frac{\not{Q}_۲}{\not{Q}_۱})^۲(\frac{C_۱}{C_۲}) = \frac{\not{Q}_۱}{\frac{۱}{۲}\not{Q}_۱} \Rightarrow \frac{U_۲}{U_۱} = ۲ \Rightarrow U_۲ = ۲U_۱$$

۲۶۲

الف

$$C = \varepsilon_۰\frac{A}{d} \Rightarrow C = ۹ \times ۱۰^{-۱۲}\frac{C^۲}{N \cdot m^۲} \times \frac{۴ \times ۱۰^{-۴}m^۲}{۲ \times ۱۰^{-۳}m} \Rightarrow C = ۱۸ \times ۱۰^{-۱۳}F$$

ب

$$E = \frac{V}{d} \Rightarrow V = ۵۰۰ \times ۲ \times ۱۰^{-۳} = ۱V$$

۲۶۳

الف یعنی حداکثر ولتاژی که می‌تواند این خازن را به آن متصل کرد، تا فروریزش الکتریکی اتفاق نیفتد. یا حداکثر ولتاژ قابل تحمل خازن.

ب

$$U = \frac{۱}{۲}CV^۲ = \frac{۱}{۲} \times ۱۰ \times ۱۰^{-۶} \times ۴۰۰^۲ = ۰/۸J$$

۲۶۴ خازن‌های ورقه‌ای: این خازن‌ها از دو ورق قلع یا آلومینیم تشکیل شده‌اند که بین آنها دو ورقه دی‌الکتریک مانند کاغذ یا پلاستیک جا داده می‌شود. این ورق‌ها را لوله می‌کنند و به‌صورت یک استوانه در می‌آورند و در محفظه‌ای پلاستیکی قرار می‌دهند. ظرفیت این نوع خازن‌ها از $۱nF$ تا $۱\mu F$ است.

خازن‌های میکا: در این نوع خازن‌ها بین ورقه‌های فلزی نازک قلعی ورقه‌های نازک میکا قرار می‌دهند و ورقه‌های قلع را یک در میان به یکدیگر وصل می‌کنند. ظرفیت این خازن‌ها حدود ۵۰ تا ۵۰۰ پیکوفاراد است.

خازن‌های سرامیکی: دی‌الکتریک این خازن‌ها سرامیک است که با استفاده از انواع سیلیکات‌ها در دمای بالا تهیه می‌شود. ثابت دی‌الکتریک این خازن‌ها زیاد و در حدود ۱۰۰۰ است. خازن‌های سرامیکی به شکل عدس تهیه می‌شوند و حجم آنها کم است. صفحات رسانای آنها نیز با ذوب نقره در دو طرف سرامیک تهیه می‌شوند. ظرفیت این خازن‌ها حدود ده‌ها نانوفاراد (nF) است.

خازن‌های الکترولیتی: این خازن‌ها از یک صفحهٔ فلزی اندودشده با اکسید آلومینیم به‌طوری که صفحهٔ فلزی، قطب مثبت خازن و لایهٔ اکسید، دی‌الکتریک آن باشد تشکیل شده است. الکترولیت جامد یا مایع که غالباً کاغذی آغشته به مایع الکترولیت است به عنوان قطب منفی خازن عمل می‌کند. ظرفیت این خازن‌ها بالا است و تا حدود $۰/۱F$ می‌رسد.

خازن‌های متغیر: دی‌الکتریک این خازن‌ها معمولاً هوا است. در ساختمان آنها دو نوع صفحهٔ فلزی یک دسته ثابت و دسته دیگر متحرک به‌کار رفته است که هر دو دسته روی یک محور قرار گرفته‌اند ولی صفحات متحرک روی این محور می‌چرخند. صفحه‌ها به شکل نیم‌دایره‌اند و با چرخیدن صفحات متحرک مساحت خازن کم و زیاد می‌شود. این نوع خازن‌ها در گیرنده‌های رادیویی به‌کار می‌رفته است.

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

۲۶۵ یاختهٔ عصبی را با یک خازن تخت، مدل‌سازی می‌کنیم.

گام اول: ابتدا کمک رابطهٔ ظرفیت خازن تخت، ظرفیت این خازن را به دست می‌آوریم.

$V = ۸۵mV = ۸۵ \times ۱۰^{-۳}V \quad , \quad \varepsilon_{۰} = ۸٫۸۵ \times ۱۰^{-۱۲}\frac{F}{m} \quad , \quad e = ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹}C \quad , \quad \kappa = ۳$

$d = ۱۰nm = ۱۰ \times ۱۰^{-۹}m = ۱۰^{-۸}m \quad , \quad A = ۱ \times ۱۰^{-۱۰}m^{۲}$

$$C = \kappa\varepsilon_{۰}\frac{A}{d} = \frac{۳ \times ۸٫۸۵ \times ۱۰^{-۱۲} \times ۱ \times ۱۰^{-۱۰}}{۱۰ \times ۱۰^{-۹}} \Rightarrow C = ۲٫۶۵۵ \times ۱۰^{-۱۳}F$$

گام دوم: حالا بار الکتریکی این خازن را محاسبه می‌کنیم.

$$Q = CV = ۲٫۶۵۵ \times ۱۰^{-۱۳} \times ۸۵ \times ۱۰^{-۳} \Rightarrow Q = ۲٫۲۵۷ \times ۱۰^{-۱۴}C$$

گام سوم: در این مرحله تعداد یون‌ها را به سادگی به دست می‌آوریم.

$$q = ne \Rightarrow n = \frac{q}{e} = \frac{۲٫۲۵۷ \times ۱۰^{-۱۴}}{۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹}} \simeq ۱٫۴۱ \times ۱۰^{۵}$$

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

۲۶۷ با قرار دادن دی‌الکتریک بین صفحات خازن ظرفیت آن افزایش می‌یابد، از آنجایی که بار روی صفحات خازن ثابت است بنابراین طبق رابطه $V = \frac{Q}{C}$، اختلاف پتانسیل کاهش می‌یابد.