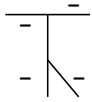


پاسخنامه تشریحی

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 میله شیشه‌ای باردار که اکنون دارای بار مثبت و نسبتاً بزرگی است (در حالت کلی از مالش یک میله با پارچه بار بزرگی روی سطح میله و پارچه ایجاد می‌شود)

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

۲

$$q = \pm ne \Rightarrow q = -2,0 \times 10^{10} \times (1,6 \times 10^{-19} C) \Rightarrow q = -3,2 \times 10^{-9} C$$

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:

$$q = \pm ne \Rightarrow q_{\text{هسته}} = 6 \times 1,6 \times 10^{-19} \Rightarrow q = 9,6 \times 10^{-19} C$$

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

$$q = \pm ne \Rightarrow q = +1 \times 1,6 \times 10^{-19} \Rightarrow q = 1,6 \times 10^{-19} C$$

۴

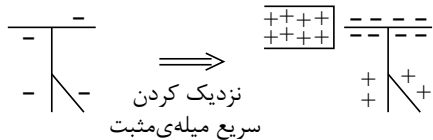
$$q = \pm ne$$

$$80 = n \times 1,6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = \frac{80}{1,6 \times 10^{-19}} = 5 \times 10^{20}$$

تعداد الکترون‌های جابه‌جا شده 5×10^{20} عدد بوده است.

۵ کوانتیده بودن بار الکتریکی به این معناست که بار الکتریکی نمی‌تواند 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 اندازه بار الکتریکی یک الکترون یا یک پروتون یعنی $1,6 \times 10^{-19} C$ معرفی شده است، یعنی می‌توان نوشت: $q = \pm ne$

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



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

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

$$q_{\text{پارچه}} = +12,8 nC$$

ب)

$$q = \pm ne \Rightarrow -12,8 \times 10^{-9} = -n \times 1,6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = \frac{12,8}{1,6} \times 10^{10} = 8 \times 10^{10}$$

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

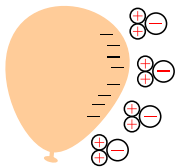
که مقایسه و درک موضوع را ساده می‌کند.

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 به دلیل 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 مالش داده شده 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 هنگامی که باریکهٔ آب از کنار بادکنک باردار عبور می‌کند، مولکول‌های قطبی آب چرخیده و سمت مثبت مولکول‌ها به طرف 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 به طور منحنی پایین می‌ریزد.
نمایی از این موضوع در شکل نشان داده شده است.



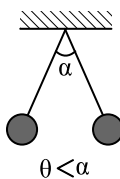
۱۳ وقتی صفحهٔ باردار را نزدیک به براده‌های فلز می‌کنیم، به الکترون‌های آزاد براده‌ها در خلاف جهت میدان الکتریکی نیرو وارد شده و سمتی از براده‌ها که نزدیک صفحهٔ پلاستیکی است، دارای بار مثبت می‌شوند. به این ترتیب نیروی جاذبهٔ الکتریکی بین براده‌ها و صفحهٔ پلاستیکی ایجاد می‌شود که چون براده‌ها سبک هستند،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

۱۴ با نزدیک کردن کرهٔ فلزی به بار مثبت، به الکترون‌های آزاد روی سطح کرهٔ فلزی، تحت تأثیر میدان الکتریکی بار مثبت، نیرویی به سمت 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 به سمت 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 همانم 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 نارسا (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 همانم و در غیر این صورت 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 به علت 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 همانم می‌شود؛ در نتیجه بر اثر دافعه بین بارهای همانم، 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

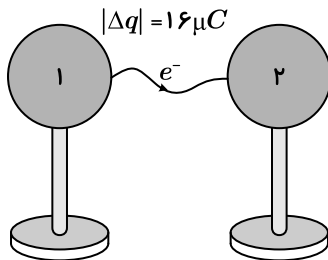
۲۲

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 کره (۱) منفی و بار کره (۲) مثبت است؛ بنابراین با تماس دو کره، الکترون‌ها از کره (۱) به کره (۲) می‌روند. از طرفی تعداد الکترون‌هایی که کره (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 الکتریسیته 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:

$$q_{\text{پشم}} = +ne \xrightarrow{e=1.6 \times 10^{-19} C} q_{\text{پشم}} = 10^7 \times 1.6 \times 10^{-19} C = 1.6 \times 10^{-12} C = 1.6 pC$$

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

$$q_{\text{کهربا}} = -q_{\text{پشم}} = -1.6 pC$$

ب اگر به سری الکتریسیته 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 رابطه عکس دارد.

ت درست

ث نادرست - بار اضافه داده شده 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

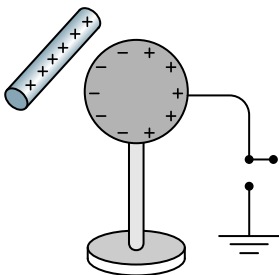
الف پایداری

ب خارجی

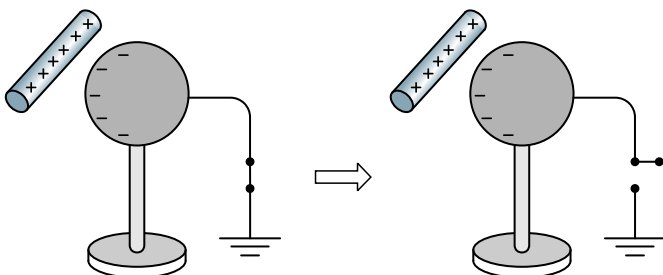
پ کاهش

۳۰

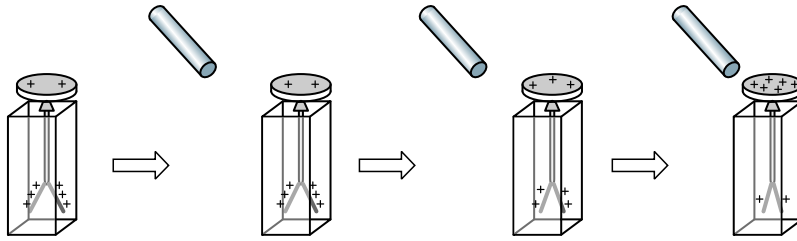
گام اول: با توجه به سری الکتریسیته مالشی، با مالش میله شیشه‌ای به پارچه ابریشمی، میله بار مثبت و پارچه بار منفی می‌گیرد.
گام دوم: با نزدیک کردن میله با بار مثبت به کره مطابق شکل روبه‌رو، الکترون‌های آزاد سطح کره به سمت میله کشیده می‌شوند.



گام سوم: با بستن کلید، الکترون‌های آزاد از زمین وارد کره می‌شوند و بارهای مثبت تجمع یافته 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 به تدریج 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 هم‌نام شدن 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 الکترون خواهی برنج بیشتر است. همان‌طور که می‌دانیم، اگر یک جسم باردار را به الکتروسکوپ با بار مخالف نزدیک کنیم، صفحات الکتروسکوپ به تدریج بسته می‌شود.

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

$$n = 8 \times 10^{10}$$

گام دوم: حالا مقدار بار را به دست می‌آوریم:

$$q = -ne = -8 \times 10^{10} \times (1.6 \times 10^{-19}) = 1.28 \times 10^{-8} C$$

۳۶ بار الکتریکی باید مضرب صحیحی از $1.6 \times 10^{-19} C$ باشد. باید بررسی کنیم کدام گزینه مضرب صحیحی از بار پایه می‌شود. برای این کار، بار هر گزینه را تقسیم بر $1.6 \times 10^{-19} C$ می‌کنیم.
گزینهٔ ۱:

$$n = \frac{4 \times 10^{-19} C}{1.6 \times 10^{-19} C} = \frac{4}{1.6} = 2.5$$

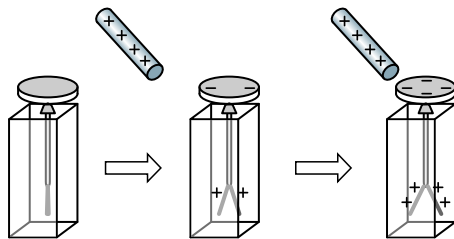
۲/۵ مضرب صحیح نیست.

گزینهٔ ۲:

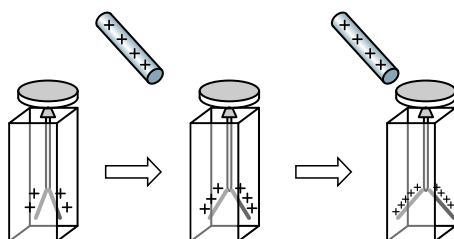
$$n = \frac{8 \times 10^{-19} C}{1.6 \times 10^{-19} C} = 5$$

که این مقدار مضرب صحیح است.

۳۷

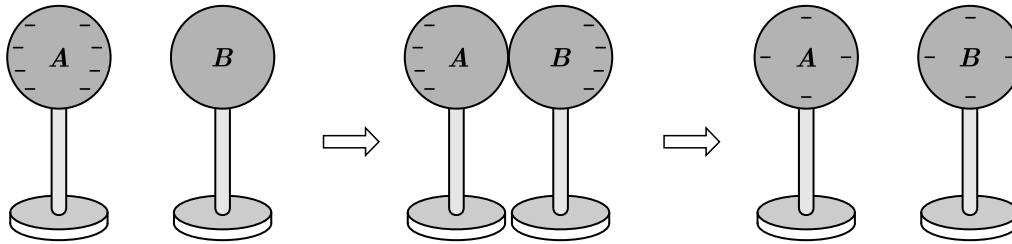


وقتی الکتروسکوپ بدون بار باشد، ورقه‌ها از همان اول بسته‌اند. هرچقدر میلهٔ باردار به الکتروسکوپ نزدیک شود، ورقه‌ها از یکدیگر بیشتر فاصله می‌گیرند؛ پس، گزینه‌های ۱ و ۲، حتماً نادرست‌اند. این موضوع را در شکل مقابل می‌بینید:



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 به صورت مساوی تقسیم می‌شود.

۳۹ می‌دانیم عدد اتمی همان تعداد پروتون‌های اتم است. پس هسته اتم اورانیم ۹۲ پروتون دارد که بار الکتریکی هر پروتون برابر $e \approx 1.6 \times 10^{-19} C$ است، بنابراین بار الکترون‌های اتم اورانیم برابر است با:

$$q = +ne = +92 \times 1.6 \times 10^{-19} \Rightarrow q = +1.472 \times 10^{-17} C$$

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

$$q = -ne = -92 \times 1.6 \times 10^{-19} \Rightarrow q = -1.472 \times 10^{-17} C$$

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

$$q = 0$$

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

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

$$\left. \begin{array}{l} \text{وزن } W = mg \\ F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \end{array} \right\} \Rightarrow mg = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow (2.5 \times 10^{-3})(10) = 9 \times 10^9 \frac{q^2}{(0.1)^2}$$

$$\Rightarrow q^2 = \frac{(2.5 \times 10^{-3})(0.1)^2}{9 \times 10^9} = \frac{25}{9} \times 10^{-16} \Rightarrow q = \frac{5}{3} \times 10^{-8} C$$

ب) تعداد الکترون‌های کنده‌شده از هریک از گوی‌ها:

$$q = ne \Rightarrow \frac{5}{3} \times 10^{-8} = n \times 1.6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 1.42 \times 10^{11}$$

۴۲ نیروی وارد از طرف بار q_1 به بار q_2 جاذبه و روبه‌بالا است $(+\vec{j})$ و نیرویی که بار q_3 به بار q_2 وارد می‌کند نیز جاذبه و رو به پایین است $(-\vec{j})$

$$q_1 = -2 \mu C, q_2 = 2 \mu C, q_3 = -3 \mu C$$

$$\vec{F}_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \rightarrow F_{12} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 2 \times 10^{-12}}{4} = 9 \times 10^{-3} N$$

$$\vec{F}_{23} = k \frac{q_2 q_3}{r^2} \rightarrow F_{23} = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 2 \times 10^{-12}}{9} = 6 \times 10^{-3} N$$

$$\vec{F}_T = (F_{12} - F_{23})\vec{j} \rightarrow \vec{F}_T = 3 \times 10^{-3} \vec{j}$$

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

(الف)

$$F_{21} = k \frac{|q_1 q_2|}{r_{12}^2} \Rightarrow F_{21} = 9 \times 10^9 \frac{4 \times 4 \times 10^{-12}}{4 \times 10^{-4}} \Rightarrow F_{21} = 360 N$$

$$F_{31} = 9 \times 10^9 \frac{1 \times 4 \times 10^{-12}}{1 \times 10^{-4}} \Rightarrow F_{31} = 360 N$$

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

(ب)

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

۴۴ بار الکتریکی q_1 ، نیرویی در جهت محور به بار q_2 وارد می‌کند (دافعه یا رانشی)، از طرفی بار q_3 ، نیرویی در خلاف جهت محور به بار q_2 وارد می‌کند (جاذبه یا ربایشی).

$$F_{12} = k \frac{|q_1||q_2|}{r_{12}^2} \Rightarrow F_{12} = 9 \times 10^9 \frac{2 \times 2 \times 10^{-12}}{36 \times 10^{-2}} \Rightarrow F_{12} = 0.1N$$

$$F_{23} = 9 \times 10^9 \frac{2 \times 4 \times 10^{-12}}{9 \times 10^{-2}} \Rightarrow F_{23} = 0.4N$$

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{23} \quad \vec{F}_T = 0.1\vec{i} - 0.4\vec{i} \quad \vec{F}_T = -0.3\vec{i}$$

۴۵ باید توجه کرد که طبق قانون کولن، نیروی بین دو بار الکتریکی با مجذور فاصله دو بار نسبت عکس دارد یعنی $F \propto \frac{1}{r^2}$

بنابراین اگر فاصله دو بار را ۴ برابر کنیم نیروی بین آنها $\frac{1}{4^2}$ یعنی $\frac{1}{16}$ حالت قبل می‌شود.

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

$$F_{21} = k \frac{|q_1||q_2|}{r_{21}^2} \rightarrow F_{21} = 9 \times 10^9 \frac{3 \times 4 \times 10^{-12}}{9 \times 10^{-4}} \Rightarrow F_{21} = 120N$$

$$F_{31} = 9 \times 10^9 \frac{3 \times 4 \times 10^{-12}}{4 \times 10^{-4}} \Rightarrow F_{31} = 270N$$

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} \Rightarrow \vec{F}_T = -120\vec{i} - 270\vec{j}$$

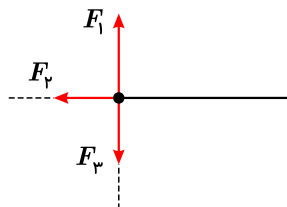
۴۷ قبل از هر چیز، نیرویی که به‌طور جداگانه، از طرف هریک از بارهای q_2 ، q_1 و q_3 به بار q موجود در نقطه A وارد می‌شود را می‌یابیم. سپس با رسم جهت نیروها، نیروی برابند را محاسبه می‌کنیم.

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

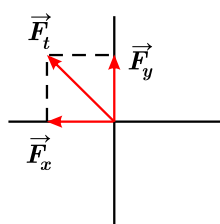
$$F_2 = k \frac{qq_2}{r_2^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{1 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{(3 \times 10^{-2})^2} = 40N$$

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

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



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



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

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

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

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

در حالت اول:

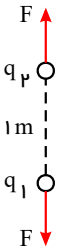
$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

در حالت دوم:

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

۴۹ ابتدا نیروی الکتریکی را محاسبه کرده، سپس این نیرو را با وزن تخته سنگ مساوی قرار می دهیم 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 تخته سنگ فرضی قرار می دهیم:

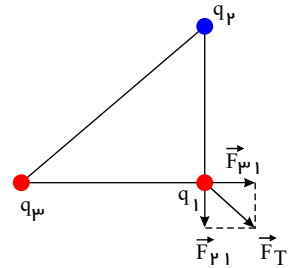
$$F = mg$$

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

یعنی این نیرو قادر است تخته سنگی به جرم ۹۰ تن را به صورت معلق در هوا نگه دارد!!

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

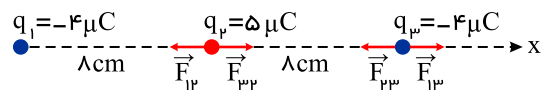
$$F_{r1} = k \frac{q_2 q_1}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{6 \times 10^{-6} \times (2 \times 10^{-6})}{(3 \times 10^{-2})^2} = 120 N \\ F_{r1} = 120 (N) \vec{i}$$



$$F_{r1} = k \frac{q_2 q_1}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{8 \times 10^{-6} \times (2 \times 10^{-6})}{(4 \times 10^{-2})^2} = 90 N$$

$$F_{r1} = (-90 N) \vec{j} \\ \vec{F}_T = \vec{F}_{r1} + \vec{F}_{r2} = (120 N) \vec{i} - (90 N) \vec{j}$$

۵۱



نیروهای F_{12} و F_{32} با هم برابر و در خلاف جهت هستند (بارهای q_2 و q_3 هم اندازه و فاصله آنها نیز از بار q_1 یکسان است بنابراین $F_{12} = F_{32}$ می باشد).
بنابراین نیروی خالص وارد شده بر q_2 صفر است. برای بار q_3 داریم:

$$F_{13} = k \frac{q_1 q_3}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(4 \times 10^{-9})(4 \times 10^{-9})}{(0.16)^2} = \frac{9}{16} \times 10^{-5} N$$

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

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

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

$$\vec{F}_3 = \frac{9}{16} \times 10^{-5} \vec{i} - \frac{45}{16} \times 10^{-5} \vec{i} \Rightarrow \vec{F}_3 = \left(-\frac{9}{4} \times 10^{-5} N\right) \vec{i}$$

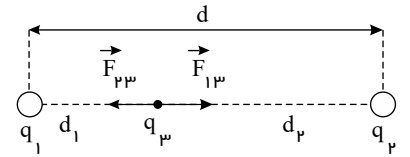
۵۲ بدیهی است که بار q_3 بین دو بار q_1 و q_2 قرار می‌گیرد. (بارهای q_1 و q_2 هم‌نامند)

$$\vec{F}_{13} = -\vec{F}_{31} \Rightarrow F_{13} = F_{31}$$

$$\frac{k|q_1||q_3|}{d_1^2} = \frac{k|q_2||q_3|}{d_2^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{|q_2|} = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2$$

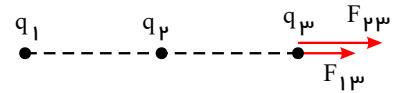
$$\Rightarrow \frac{d_1}{d_2} = \sqrt{\frac{|q_1|}{|q_2|}} \Rightarrow \frac{d_1}{d_2} = \sqrt{\frac{3 \times 10^{-6} C}{27 \times 10^{-6} C}} \Rightarrow \frac{d_1}{d_2} = \frac{1}{3} \Rightarrow d_2 = 3 \times d_1$$

$$d = d_1 + d_2 \Rightarrow 40 \text{ cm} = d_1 + 3 \times d_1 \Rightarrow d_1 = 10 \text{ cm}$$



۵۳ هر دو بار q_1 و q_2 بار q_3 را دفع می‌کنند بنابراین نیروی خالص به سمت راست خواهد بود:

$$F_{13} = k \frac{q_1 q_3}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{5 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{(0.2)^2} \Rightarrow F_{13} = 2.25 N$$



$$F_{23} = k \frac{q_2 q_3}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{10 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{(0.1)^2} = 18 N$$

$$F_t = F_{13} + F_{23} = 20.25 N$$

$$\vec{F}_t = 20.25 \vec{i}$$

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

$$q_{\text{جدید هریک}} = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{(4 \mu C) + (-10 \mu C)}{2} = \frac{-6 \mu C}{2} = -3 \mu C$$

$$F_{\text{جدید}} = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-6} \times (3 \times 10^{-6})}{(10 \times 10^{-2})^2} = 8.1 N$$

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

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

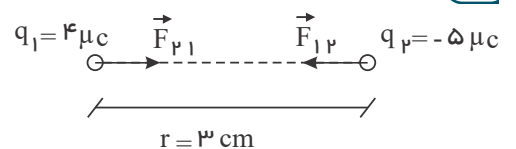
باید توجه داشت که بارها غیرهم‌نام هستند و اگر $\frac{1}{3}$ از یکی برداریم بار آن تبدیل به $\frac{2}{3}q$ می‌شود و اگر این $\frac{1}{3}$ را به دیگری اضافه کنیم چون علامت آن مخالف بار

اول است اندازهٔ آن هم $\frac{2}{3}q$ خواهد شد. به این ترتیب داریم:

$$F' = k \frac{\left|\frac{2}{3}q\right| \times \left|\frac{-2}{3}q\right|}{r^2} = k \times \frac{\frac{4}{9}q^2}{r^2} = \frac{4}{9}k \frac{q^2}{r^2}$$

$$\frac{F'}{F} = \frac{\frac{4}{9}k \frac{q^2}{r^2}}{k \frac{q^2}{r^2}} = \frac{4}{9}$$

۵۶ با استفاده از رابطهٔ مربوط به نیروی الکتریکی داریم:



$$F_{r1} = F_{12} = F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

$$F = 9 \times 10^9 \frac{4 \times 10^{-6} \times (5 \times 10^{-6})}{(3 \times 10^{-2})^2} = 200 N$$

نیروها از نوع جاذبه هستند. باید توجه داشت که اگرچه اندازه 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 برهم‌نهی، نیروی برآیند را پیدا می‌کنیم.

$$F_{13} = k \frac{q_1 q_3}{r_{13}^2} \Rightarrow F_{13} = 9 \times 10^9 \frac{4 \times 1 \times 10^{-12}}{100 \times 10^{-4}} \Rightarrow F_{13} = 3.6 N$$

$$F_{23} = 9 \times 10^9 \frac{9 \times 1 \times 10^{-12}}{100 \times 10^{-4}} \Rightarrow F_{23} = 8.1 N$$

$$F_T = |F_{23} - F_{13}| = 8.1 - 3.6 \Rightarrow F_T = 4.5 N$$

۵۸ می‌توانیم در دو حالت نیرو را محاسبه و سپس برهم‌تقسیم کنیم:

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

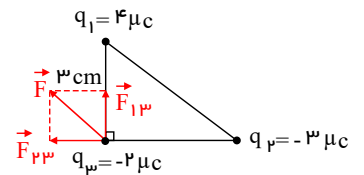
$$\text{در حالت دوم: } q_1 = \frac{q}{2}, \quad q_1 = q + \frac{q}{2} = \frac{3}{2}q$$

$$r_2 = \frac{1}{3}r \Rightarrow F_2 = k \frac{q_1 q_2}{r_2^2} = k \frac{\frac{q}{2} \times \frac{3}{2}q}{\left(\frac{r}{3}\right)^2} = \frac{27}{4} k \frac{q^2}{r^2}$$

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

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

$$F_{13} = k \frac{|q_1| |q_3|}{r^2} \Rightarrow F_{13} = 9 \times 10^9 \frac{4 \times 10^{-6} \times (2 \times 10^{-6})}{(3 \times 10^{-2})^2} \Rightarrow F_{13} = 80 N \Rightarrow \vec{F}_{13} = 80 \vec{j}$$

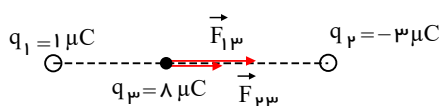


$$F_{23} = k \frac{|q_2| |q_3|}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{(3 \times 10^{-6})(2 \times 10^{-6})}{(3 \times 10^{-2})^2} = 60 N \Rightarrow \vec{F}_{23} = -60 \vec{i}$$

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

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

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 وارد شده بر بار q_3) به سمت راست خواهد بود:

$$F_{13} = k \frac{q_1 q_3}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{1 \times 10^{-6} \times (8 \times 10^{-6})}{(2 \times 10^{-2})^2} = 180 N$$

$$F_{23} = k \frac{q_2 q_3}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{3 \times 10^{-6} \times (8 \times 10^{-6})}{(2 \times 10^{-2})^2} = 540 N$$

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

$$F_{q_3} = 720 N$$

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

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

$$0.4 = 9 \times 10^9 \frac{(6 \times 10^{-6}) \times (6 \times 10^{-6})}{r^2} \Rightarrow r^2 = \frac{9 \times 10 \times (6 \times 10^{-6})^2}{4}$$

$$\Rightarrow r = \frac{3 \times 10^5 \times 6 \times 10^{-6}}{2} \Rightarrow r = 0.9m$$

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

$$q = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{4 \times 10^{-9} + (-6 \times 10^{-9})}{2}$$

$$q = -1 \times 10^{-9} C = -1nC$$

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow F = 9 \times 10^9 \frac{(1 \times 10^{-9}) \times (1 \times 10^{-9})}{(0.3)^2} = 10^{-9} N$$

چون هر دو بار منفی هستند، نیرو رانشی است.

۶۳

- الف وارون
ب کاهش
پ عمود

۶۴ الف در ابتدا: $F = k \frac{q \cdot q}{r^2} = k \frac{q^2}{r^2}$

اکنون یکی از بارها q و دیگری $\frac{3}{4}q$ خواهد شد:

$$F' = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2} = k \frac{\frac{3}{4}q \times (\frac{5}{4}q)}{r^2} = \frac{15}{16} k \frac{q^2}{r^2}$$

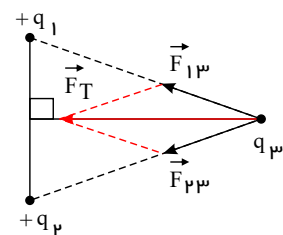
$$\frac{F'}{F} = \frac{15}{16}$$

ب) با نصف شدن فاصله داریم:

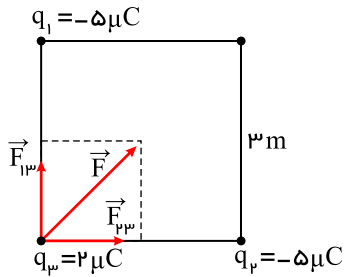
$$F'' = k \frac{(\frac{3}{4}q) \times (\frac{5}{4}q)}{(\frac{r}{2})^2} = k \frac{\frac{15}{16}q^2}{\frac{r^2}{4}} = \frac{15}{4} k \frac{q^2}{r^2} \Rightarrow \frac{F''}{F} = \frac{\frac{15}{4} k \frac{q^2}{r^2}}{k \frac{q^2}{r^2}} = \frac{15}{4}$$

۶۵ الف) نیروی الکتریکی ربایشی یا رانشی بین دو ذره باردار q_1 و q_2 که در فاصله r از یکدیگر قرار دارند با حاصل ضرب بار دو ذره نسبت مستقیم و با مجذور فاصله آنها از هم نسبت وارون دارد.

ب)



۶۶ به بار q_3 دو نیرو، یکی در راستای محور x و دیگری در راستای محور y وارد می‌شود.



$$F_{13} = k \frac{q_1 q_3}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{(5 \times 10^{-6})(2 \times 10^{-6})}{3^2} \Rightarrow F_{13} = 10^{-2} N$$

این نیرو در جهت محور y است، پس:

$$F_{13} = (10^{-2} \vec{j}) N$$

$$F_{23} = k \frac{q_2 q_3}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{(5 \times 10^{-6})(2 \times 10^{-6})}{3^2} = 10^{-2} N$$

این نیرو در جهت محور x است، پس:

$$\vec{F}_{23} = (10^{-2} \vec{i}) N$$

در نتیجه نیروی خالص وارد شده بر q_3 برابر است با:

$$\vec{F} = 10^{-2} \vec{i} + 10^{-2} \vec{j}$$

برای محاسبه اندازه این نیرو می توان از رابطه فیثاغورس استفاده کرد:

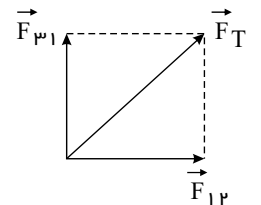
$$F = \sqrt{(10^{-2})^2 + (10^{-2})^2} = \sqrt{2} \times 10^{-2} N$$

۶۷ به بار الکتریکی q_1 ، دو نیروی عمود بر هم، یکی از طرف بار q_2 (که این نیرو رانشی است) و دیگری از طرف بار q_3 (که این نیرو ربایشی است) وارد می شود.

$$F_{31} = k \frac{q_1 q_3}{r_{13}^2} \Rightarrow F_{31} = 9 \times 10^9 \frac{1 \times 4 \times 10^{-12}}{3 \times 10^{-4}} \Rightarrow F_{31} = 120 N$$

$$r_{31} = 0.1 \sqrt{3}$$

$$F_{12} = 9 \times 10^9 \frac{1 \times 4 \times 10^{-12}}{1 \times 10^{-4}} \Rightarrow F_{12} = 360 N$$



$$F_T = \sqrt{120^2 + 360^2} = 120\sqrt{10}$$

۶۸ در اطراف بار q_1 ، دو بار q_2 و q_3 قرار دارند، پس به بار q_1 دو نیروی رانشی که عمود بر هم هستند، وارد می شود، بنابراین داریم:

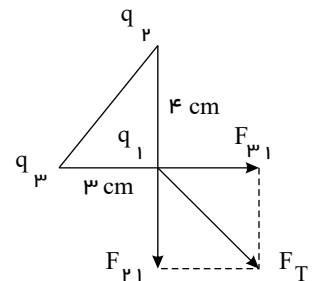
$$F_{31} = k \frac{q_3 q_1}{r_{31}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{6 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{(3 \times 10^{-2})^2}$$

$$F_{31} = 120 N$$

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

$$F_{21} = 90 N$$

$$F_T = \sqrt{F_{31}^2 + F_{21}^2} = 150 N$$



ب بار ذخیره شده در خازن

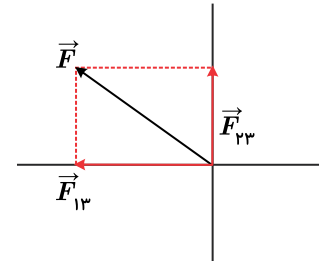
پ فروریزش

۷۰

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow F_{13} = \frac{9 \times 10^9 \times 40 \times 10^{-9} \times 20 \times 10^{-9}}{9 \times 10^{-2}} = 8 \times 10^{-3} N$$

$$F_{23} = \frac{9 \times 10^9 \times 30 \times 10^{-9} \times 20 \times 10^{-9}}{9 \times 10^{-2}} = 6 \times 10^{-3} N$$

$$\vec{F} = (-8 \times 10^{-3} N)\vec{i} + (6 \times 10^{-3} N)\vec{j}$$

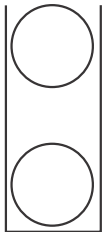


۷۱

$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2} \rightarrow 2.7 = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6} \times 3 \times 10^{-6}}{(r)^2} \Rightarrow r = 0.2 m$$

۷۲ ابتدا جرم دو گلوله کوچک را با ترازو اندازه گیری می کنیم. سپس آنها را جداگانه توسط پارچه پشمی مالش می دهیم، تا به یک اندازه باردار شوند. حال، مطابق شکل، دو گوی را درون استوانه شیشه ای قرار می دهیم تا گوی بالایی به حالت معلق قرار گیرد. با خط کش فاصله بین دو گوی را اندازه گیری می کنیم. اعداد

حاصل را در رابطه تعادل $\frac{kq^2}{r^2} = mg$ قرار داده و q را محاسبه می کنیم.



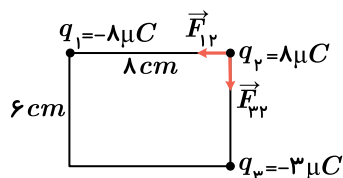
۷۳ $F = mg \rightarrow k \frac{q_1 q_2}{r^2} = mg$

$$9 \times 10^9 \frac{0.4 \times 10^{-6} \times 0.5 \times 10^{-6}}{d^2} = 2 \times 10^{-3} \times 10 \Rightarrow d = 0.3$$

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

۷۵

گام اول: جهت نیروهای وارد بر q_2 را مشخص می کنیم:



گام دوم: q_3 را در نظر نمی گیریم و نیروی وارد بر q_2 از طرف q_1 را به دست می آوریم. همان طور که در شکل بالا می بینید، این نیرو خلاف جهت $\vec{i}$ است:

$$\vec{F}_{12} = k \frac{|q_1||q_2|}{r_{12}^2} = (9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}) \frac{(4 \times 10^{-6} C)(4 \times 10^{-6} C)}{(4 \times 10^{-2} m)^2} = 90 N \Rightarrow \vec{F}_{12} = (-90 N)\vec{i}$$

گام سوم: این دفعه q_1 را کنار می گذاریم و $\vec{F}_{32}$ را تعیین می کنیم، چون این نیرو در خلاف جهت $\vec{j}$ است، داریم:

$$\vec{F}_{32} = k \frac{|q_3||q_2|}{r_{32}^2} = (9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}) \frac{(3 \times 10^{-6} C)(4 \times 10^{-6} C)}{(6 \times 10^{-2} m)^2} = 60 N \Rightarrow \vec{F}_{32} = (-60 N)\vec{j}$$

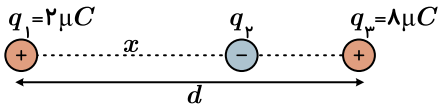
گام چهارم: با توجه به گام دوم و سوم، نیروی برابر است با:

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

اندازه F_T هم از رابطه روبه‌رو به دست می‌آید:

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

۷۶



در ابتدا به این نکته توجه کنید که چون برایندهای نیروهایی که به هر سه بار وارد می‌شود صفر است؛ پس، بار q_2 باید منفی باشد:

چون برایندهای نیروهای وارد بر q_2 صفر است، داریم:

$$\frac{k|q_1||q_2|}{x^2} = \frac{k|q_2||q_3|}{(d-x)^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{|q_2|} = \frac{x^2}{(d-x)^2} \Rightarrow \frac{2}{8} = \frac{x^2}{(d-x)^2} \Rightarrow \left(\frac{x}{d-x}\right)^2 = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{x}{d-x} = \frac{1}{2} \Rightarrow 2x = d-x \Rightarrow d = 3x$$

از طرفی برایندهای نیروهای وارد بر q_1 نیز صفر است:

$$\frac{k|q_1||q_2|}{x^2} = \frac{k|q_1||q_3|}{d^2} \Rightarrow \frac{|q_2|}{|q_3|} = \frac{x^2}{d^2} = \frac{1}{9} \Rightarrow |q_2| = 8 \times \frac{1}{9} = \frac{8}{9}\mu C \Rightarrow q_2 = -\frac{8}{9}\mu C$$

۷۷ الف) منفی؛ چون باید یک نیروی ربایشی باشد (F_{13}) و یک نیروی رانشی (F_{23}) تا در حال تعادل باشد.

ب)

$$F_{13} = F_{23} = \frac{k|q_1||q_3|}{r_{13}^2} = \frac{k|q_2||q_3|}{r_{23}^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{|q_2|} = \left(\frac{r_{13}}{r_{23}}\right)^2$$

$$r_{13} > r_{23} \Rightarrow |q_1| > |q_2|$$

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

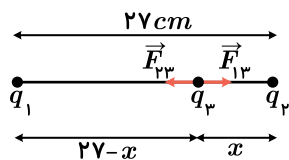
$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{8\mu C + (-10\mu C)}{2} = \frac{-2\mu C}{2} = -1\mu C$$

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

$$\frac{F'}{F} = \frac{|q'_1||q'_2|}{|q_1||q_2|} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2 \stackrel{r=r'}{=} \frac{|-1\mu C||-1\mu C|}{|8\mu C||-10\mu C|} \times (1)^2 = \frac{1}{80}$$

بنابراین پس از تماس، نیرویی که دو کره به هم وارد می‌کنند، $\frac{1}{80}$ برابر می‌شود.

۷۹



چون دو بار هم نام هستند، برای اینکه نیروی خالص وارد بر q_3 صفر شود، باید q_3 مطابق شکل مقابل بین دو بار و نزدیک بار کوچک‌تر قرار گیرد. همان‌طور که می‌بینید، اگر فاصله بین q_2 و q_3 را x در نظر بگیریم، فاصله بین دو بار q_1 و q_3 برابر $27 - x$ می‌شود.

نیروی خالص صفر شده است؛ پس:

$$\vec{F}_{23} + \vec{F}_{13} = 0 \Rightarrow \vec{F}_{23} = -\vec{F}_{13} \Rightarrow F_{23} = F_{13}$$

بنابراین با توجه به قانون کولن داریم:

$$\frac{kq_1q_2}{r_{12}^2} = \frac{kq_2q_3}{r_{23}^2} \Rightarrow \frac{q_1}{r_{12}^2} = \frac{q_3}{r_{23}^2} = \frac{25\mu C}{(27cm-x)^2} = \frac{16\mu C}{x^2} \Rightarrow \frac{5}{27cm-x} = \frac{4}{x}$$

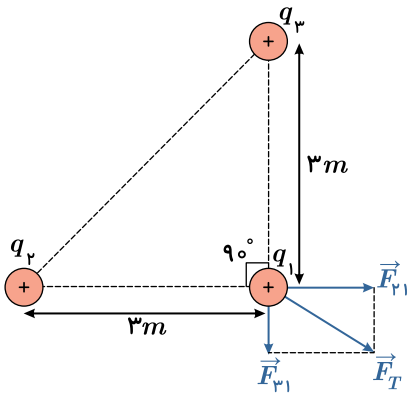
$$\Rightarrow 5x = 108cm - 4x \Rightarrow 5x + 4x = 108cm \Rightarrow 9x = 108cm \Rightarrow x = \frac{108cm}{9} = 12cm$$

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

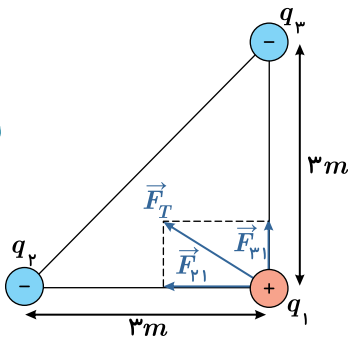
۸۰ با توجه به نکته بالا داریم:

$$\frac{F'}{F} = \frac{|q'_1| \times |q'_2|}{|q_1| \times |q_2|} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2 \stackrel{q'_1=q_1, q'_2=2q_2, r'=\frac{r}{2}}{=} \frac{|q_1| \times |2q_2|}{|q_1| \times |q_2|} \times \left(\frac{r}{\frac{r}{2}}\right)^2 = 2 \times \left(\frac{1}{\frac{1}{2}}\right)^2 = 2 \times (2)^2 = 2 \times 4 = 8$$

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

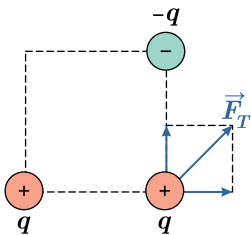


ب) با توجه به شکل روبه‌رو، بار q_1 توسط بارهای q_2 و q_3 جذب می‌شود. جهت نیروی برآیند را در شکل مشخص کرده‌ایم.

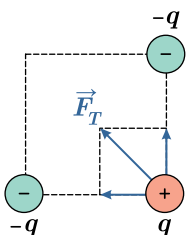


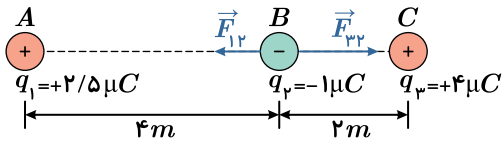
پ) خیر، از آنجا که اندازه، زاویه و فاصله بین بارها تغییر نمی‌کند، پس بزرگی نیروی برآیند وارد بر بار q_1 نیز تغییر نمی‌کند.

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 برآیند آنها مطابق شکل می‌شود.



ب) چون بار سمت راست پایینی با دو بار دیگر ناهمنام است در نتیجه این بار توسط دو بار دیگر جذب می‌شود. چون این نیروها برهم عمودند، برآیند آنها مطابق شکل می‌شود.





گام اول: دو بار q_1 و q_2 ناهمنامند، پس یکدیگر را جذب می‌کنند؛ بنابراین بردار $\vec{F}_{12}$ در خلاف جهت محور x است و طبق قانون کولن اندازه این نیرو به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$F_{12} = k \frac{|q_1| |q_2|}{r_{12}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2/5 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6}}{16} \simeq 1,4 \times 10^{-3} N \Rightarrow \vec{F}_{12} = -1,4 \times 10^{-3} \vec{i}$$

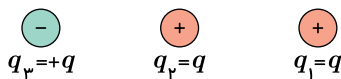
گام دوم: دو بار q_2 و q_3 ناهمنامند، در نتیجه یکدیگر را جذب می‌کنند و جهت $\vec{F}_{23}$ هم جهت با محور x است و طبق قانون کولن اندازه این نیرو داریم:

$$F_{23} = k \frac{|q_2| |q_3|}{r_{23}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{1 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{4} = 9 \times 10^{-3} N \Rightarrow \vec{F}_{23} = +9 \times 10^{-3} \vec{i}$$

گام سوم: برابند دو نیروی $\vec{F}_{12}$ و $\vec{F}_{23}$ را محاسبه می‌کنیم:

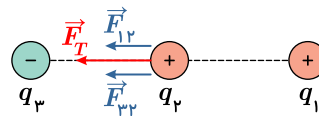
$$\vec{F}_T = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{23} \Rightarrow \vec{F}_T = 9 \times 10^{-3} \vec{i} - 1,4 \times 10^{-3} \vec{i} \Rightarrow \vec{F}_T = 7,6 \times 10^{-3} \vec{i} \Rightarrow F_T = 7,6 \times 10^{-3} N$$

۸۴



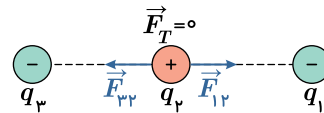
الف) بارهای q_1 و q_2 ناهمنام هستند، پس بار q_3 بار q_2 را جذب می‌کند. بارهای q_1 و q_2 همنامند، لذا بار q_1 بار q_2 را دفع می‌کند. نیروهای $\vec{F}_{12}$ و $\vec{F}_{23}$ را رسم می‌کنیم چون این دو نیرو هم جهت هستند، برابند آنها با هر دو نیرو، هم جهت و از آنها بزرگ‌تر می‌شود.

$$\begin{cases} q_1 = q \\ q_2 = q \\ q_3 = -q \end{cases}$$



ب) در این حالت بار q_1 و q_2 ناهمنام هستند، بنابراین بار q_1 بار q_2 را جذب می‌کند. چون بارها هم‌اندازه و بار q_2 در وسط دو بار q_1 و q_3 قرار دارد، پس دو نیروی $\vec{F}_{12}$ و $\vec{F}_{23}$ هم‌اندازه و در خلاف جهت هم هستند، پس برابند این دو نیرو صفر می‌شود.

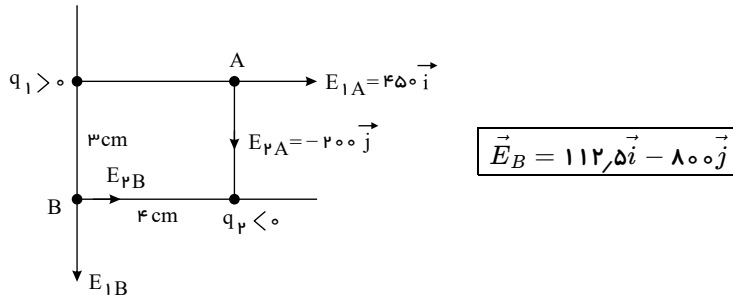
$$\begin{cases} q_1 = -q \\ q_2 = q \\ q_3 = -q \end{cases}$$



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

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

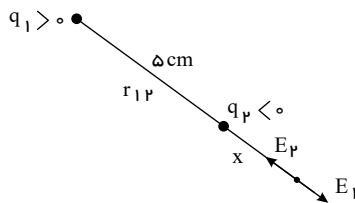
$$\frac{E_{2B}}{E_{1A}} = \left(\frac{r_{2A}}{r_{1B}} \right)^2 \Rightarrow \frac{E_{2B}}{200} = \left(\frac{3}{4} \right)^2 \Rightarrow \frac{E_{2B}}{200} = \frac{9}{16} \Rightarrow E_{2B} = 112,5 (+\vec{i})$$



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

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

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

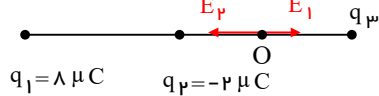


$$r_{12} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{ cm}$$

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

۸۶

E_3 باید در خلاف جهت برایند E_1 و E_2 باشد تا $E_{\text{خالص}}$ صفر شود. پس ابتدا E_1 و E_2 را محاسبه می‌کنیم:



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

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

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

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

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

$$E_2 = E' \Rightarrow 9 \times 10^9 \times \frac{|q_3|}{(1 \times 10^{-2})^2} = 10 \times 10^5 \Rightarrow |q_3| = \frac{10}{9} \mu\text{C} \xrightarrow{q_3 < 0} q_3 = -\frac{10}{9} \mu\text{C}$$

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.

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

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

۸۸ چون فاصله بارهای q_1 و q_2 تا نقطه A یکسان است و میدان برایند نیز موازی خط اتصال بارهاست، بدیهی است که میدان هریک از بارها در نقطه A یکسان

و البته بارهای q_1 و q_2 هم‌اندازه‌اند. بدیهی است که با توجه به شکل $q_2 < 0$ و $q_1 > 0$ است.

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

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

$$\vec{E}_A = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \rightarrow \vec{E}_A = (E_1 \cos \alpha + E_2 \cos \alpha) \vec{i} = (2E_1 \cos \alpha) \vec{i}$$

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

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 روبه بالا و در جهت میدان است.

به این ترتیب بار مثبت است.

(ب)

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

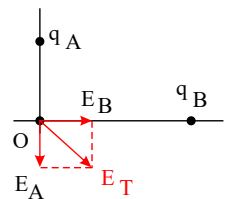
$$\Rightarrow (5 \times 10^{-3}) \times 10 = 10^3 \times q \Rightarrow q = 5 \times 10^{-5} C \Rightarrow q = 50 \mu C$$

۹۰ الف) بارها هم اندازه اند، همچنین فاصله آنها از نقطه O یکسان است. پس بزرگی میدان الکتریکی هریک با دیگری در نقطه O برابر است.

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

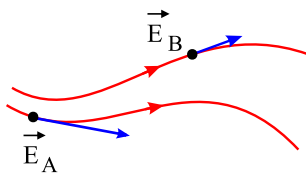
$$E = k \frac{q}{r^2} \Rightarrow E_{AO} = E_{BO} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6}}{(4 \times 10^{-2})^2}$$

$$\Rightarrow E_{AO} = E_{BO} = 2,25 \times 10^9 \frac{N}{C}$$



(ب)

$$\vec{E} = (2,25 \times 10^9) \vec{i} - (2,25 \times 10^9) \vec{j}$$



۹۱ الف) برای رسم بردار میدان در هر نقطه باید برداری مماس بر خط میدان عبورکننده از آن نقطه و هم جهت با خط میدان رسم کرد.

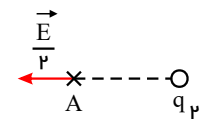
به علاوه باید دقت داشت که در نقطه A میدان قوی تر از نقطه B است. (تراکم خطوط بیشتر است).

(ب) در نقطه C میدان الکتریکی از نقطه D بزرگ تر است زیرا تراکم خطوط در C بیشتر از D است.

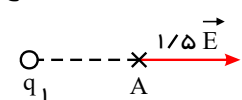
۹۲

وقتی بار q_1 حذف می شود، فقط بار q_2 در نقطه مورد نظر میدان الکتریکی ایجاد می کند:

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



چون میدان برابند $\vec{E}$ و به سمت راست بوده است پس حتماً میدان الکتریکی ناشی از بار q_1 باید دارای اندازه $1,5E$ و به سمت راست بوده باشد تا پس از جمع شدن با میدان الکتریکی $\vec{E}$ ناشی از بار q_2 که خلاف جهت آن است برابری برابر با $\vec{E}$ و به سمت راست ایجاد شده باشد:



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

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

$$qE - mg = ma \rightarrow 1,2 \times 10^5 \times 10^{-15} - 10^{-8} \times 10^{-3} \times 10 = 10^{-11} a \rightarrow a = 2 \frac{m}{s^2}$$

$$۹۴ \text{ فاصله بارها تا مرکز مربع نصف قطر است: } \sqrt{a^2 + a^2} = 2\sqrt{2}m \text{ قطر}$$

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

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

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

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

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

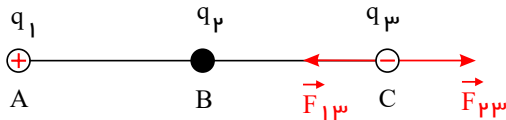
بردارهای $\vec{E}_D$ و $\vec{E}_B$ برابر و خلاف جهت هستند پس با هم خنثی می‌شوند.

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

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

۹۵

الف) منفی. چون باید بار q_3 را دفع کرده باشد تا تعادل برقرار شود.



ب)

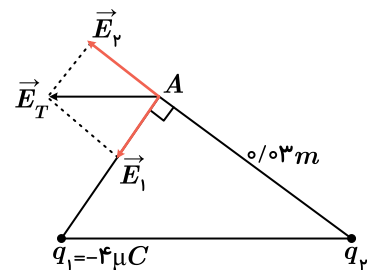
$$F_{13} = F_{23} \Rightarrow k \frac{q_1 q_3}{(AC)^2} = k \frac{q_2 q_3}{(BC)^2} \Rightarrow \frac{q_1}{AC^2} = \frac{q_2}{BC^2} \xrightarrow{AC > BC} |q_1| > |q_2|$$

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_2 باید مثبت باشد تا $\vec{E}$ قطر متوازی‌الاضلاع دو بردار $\vec{E}_1$ و $\vec{E}_2$ باشد.

ب)

$$E_1 = k \frac{q_1}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6}}{(0.03)^2} = 4 \times 10^7 \frac{N}{C}$$



چون زاویه بین دو بردار $\vec{E}_1$ و $\vec{E}_2$ برابر با 90° است می‌توان نوشت:

$$E_T^2 = E_1^2 + E_2^2 \Rightarrow (5 \times 10^7)^2 = (4 \times 10^7)^2 + E_2^2 \Rightarrow E_2^2 = (3 \times 10^7)^2 \Rightarrow E_2 = 3 \times 10^7 \frac{N}{C}$$

$$E_2 = k \frac{q_2}{r^2} \Rightarrow 3 \times 10^7 = 9 \times 10^9 \times \frac{q_2}{(0.03)^2} \Rightarrow q_2 = 3 \times 10^{-6} C$$

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

$$q_1 > 0$$

$$q_2 < 0$$

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

$$|q_1| > |q_2|$$

۹۸ الف)

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow F = 9 \times 10^9 \times \frac{(1.6 \times 10^{-19})(1.6 \times 10^{-19})}{(4 \times 10^{-15})^2} \Rightarrow F = 1.44 \times 10^{-1} = 144 \text{ N}$$

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

$$q_{\text{هسته}} = Ze \Rightarrow q_{\text{هسته}} = 26 \times 1.6 \times 10^{-19} = 41.6 \times 10^{-19} C$$

$$E = k \frac{q}{r^2} \Rightarrow E = 9 \times 10^9 \times \frac{41.6 \times 10^{-19}}{(1 \times 10^{-10})^2} = 374.4 \times 10^{10} \Rightarrow E = 3.744 \times 10^{12} \frac{N}{C}$$

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

$$E_1 = E_2 \rightarrow \frac{kq_1}{r_1^2} = \frac{kq_2}{r_2^2} \rightarrow \frac{2}{x^2} = \frac{32}{16^2} \rightarrow \frac{1}{x} = \frac{4}{16} \rightarrow x = 4cm$$

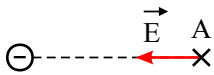
$$d = 16 + 4 = 20cm$$

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

گزینه 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)

$$E = k \frac{q}{r^2} \Rightarrow \frac{2 \times 10^{-5}}{2} = 9 \times 10^9 \frac{1 \times 10^{-6}}{r^2} \Rightarrow r = 0.3m$$

۱۰۲ الف) دوقطبی الکتریکی

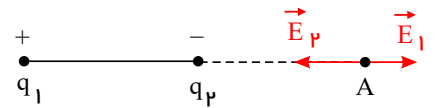
ب) ابتدا میدان الکتریکی ناشی از هریک از بارهای q_1 و q_2 را در A محاسبه کرده سپس برابری می‌گیریم:

$$E_1 = k \frac{q_1}{r^2} \Rightarrow E_1 = 9 \times 10^9 \frac{3 \times 10^{-6}}{(10 \times 10^{-2})^2} = 2.7 \times 10^6 \frac{N}{C}$$

$$E_2 = k \frac{q_2}{r^2} \Rightarrow E_2 = 9 \times 10^9 \frac{3 \times 10^{-6}}{(3 \times 10^{-2})^2} = 30 \times 10^6 \frac{N}{C}$$

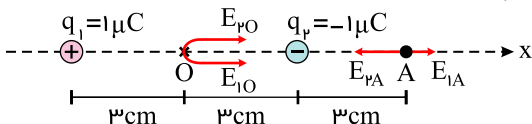
$$E_T = E_2 - E_1 = 30 \times 10^6 - 2.7 \times 10^6 \Rightarrow E_T = 27.3 \times 10^6 \frac{N}{C}$$

$$\vec{E}_T = -(27.3 \times 10^6 \frac{N}{C}) \vec{i}$$



۱۰۳ در نقطه O ، میدان الکتریکی ناشی از دو بار q_1 و q_2 هم‌جهت و در نقطه A در خلاف جهت هم هستند.

الف)



$$E_{1O} = k \frac{q_1}{r_{1O}^2} = 9 \times 10^9 \frac{1 \times 10^{-9}}{(3 \times 10^{-2})^2} = 10^4 \frac{N}{C} \Rightarrow \vec{E}_{1O} = 10^4 \vec{i} (\frac{N}{C})$$

$$E_{2O} = k \frac{q_2}{r_{2O}^2} = 9 \times 10^9 \frac{1 \times 10^{-9}}{(3 \times 10^{-2})^2} = 10^4 \frac{N}{C} \Rightarrow \vec{E}_{2O} = 10^4 \vec{i} (\frac{N}{C})$$

$$\vec{E}_O = \vec{E}_{1O} + \vec{E}_{2O} = 2 \times 10^4 \vec{i} (\frac{N}{C})$$

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

$$E_{2A} = k \frac{q_2}{r_A^2} = 9 \times 10^9 \frac{1 \times 10^{-9}}{(3 \times 10^{-2})^2} = 10^4 \frac{N}{C} \Rightarrow \vec{E}_{2A} = -10^4 \vec{i} \left(\frac{N}{C} \right)$$

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

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

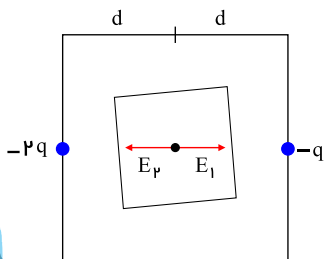
شکل (الف) نادرست است؛ زیرا خطوط میدان باید به بار منفی وارد شوند. ۱۰۴

شکل (ب) نادرست است؛ زیرا خطوط میدان دو ذره باردار در نزدیکی هم، نمی‌تواند کاملاً صاف و بدون انحنای 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 فاصله یکسان هستند. پس میدان الکتریکی ناشی از آنها در نقطه P صفر خواهد بود. به این ترتیب تنها بارهای مؤثر در شکل زیر نشان داده شده‌اند:

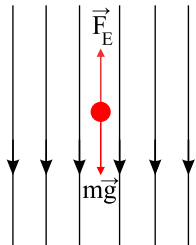


$$E_1 = k \frac{q}{r^2} = k \frac{q}{d^2} \Rightarrow \vec{E}_1 = +k \frac{q}{d^2} \vec{i}$$

$$E_2 = k \frac{(2q)}{d^2} \Rightarrow \vec{E}_2 = -2 \frac{kq}{d^2} \vec{i}$$

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

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

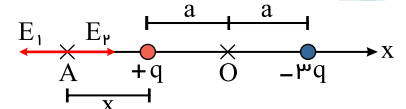


وزن $F_E = W$ نیروی الکتریکی

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

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

$$E_1 = E_2$$



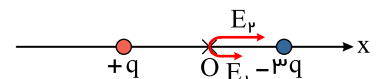
$$\frac{q}{x^2} = \frac{3q}{(x+2a)^2} \Rightarrow 3x^2 = (x+2a)^2 \rightarrow \sqrt{3}x = x+2a \rightarrow (\sqrt{3}-1)x = 2a \Rightarrow x = \frac{2}{\sqrt{3}-1}a$$

ب)

$$E_1 = k \frac{q}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{q}{a^2}$$

$$E_2 = 9 \times 10^9 \frac{(3q)}{a^2} = 27 \times 10^9 \frac{q}{a^2}$$

$$\vec{E}_{\text{خالص}} = 9 \times 10^9 \frac{q}{a^2} \vec{i} + 27 \times 10^9 \frac{q}{a^2} \vec{i} = 36 \times 10^9 \frac{q}{a^2} \vec{i} \quad (\text{در جهت محور } x \text{ ها})$$



۱۰۸ چون این یک میدان الکتریکی یکنواخت است، اندازه میدان الکتریکی در نقاط A و B یکسان است؛ پس طبق رابطه $F = E \cdot q$ اندازه نیروی وارد شده بر بار q در نقطه A و B با هم برابر است.

اگر بار q مثبت باشد، نیروی وارد شده به آن در هر دو نقطه هم جهت با خطوط میدان خواهد بود و اگر بار q منفی باشد، نیرو در خلاف جهت میدان می باشد.

۱۰۹ در مکان C ، نوع بار q_2 منفی است. زیرا بردار میدان ناشی از q_1 در امتداد قطر CA و رو به پایین است. پس باید q_2 منفی باشد تا بردار میدان آن که هم راستا با بردار اول است، در خلاف جهت آن باشد.

۱۱۰ با استفاده از تعریف کمی میدان الکتریکی داریم:

$$E = \frac{F}{q}, \quad E = \frac{5 \times 10^{-2}}{2 \times 10^{-6}} \Rightarrow E = 2.5 \times 10^4 \frac{N}{C}$$

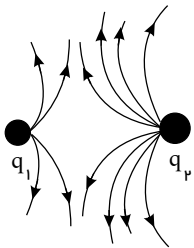
۱۱۱ در شکل (ب)، زیرا خطوط میدان نسبت به شکل (الف) متراکم تر یعنی میدان قوی تر است و نیروی وارد بر پروتون بیشتر می شود و شتاب حرکت در نتیجه سرعت آن بیشتر خواهد شد.

۱۱۲ (الف) خیر (ب) بلی (پ) بلی (ت) خیر

۱۱۳ چون بارهای q_1 و q_2 هم علامت هستند، نقطه مورد نظر بین بارها و نزدیک تر به بار با اندازه کوچک تر است.

$$\text{الف) } E_1 = E_2 \rightarrow \frac{kq_1}{x^2} = \frac{kq_2}{(9-x)^2} \rightarrow \frac{1}{x^2} = \frac{4}{(9-x)^2} \rightarrow \frac{1}{x} = \frac{2}{9-x} \rightarrow x = 3 \text{ cm}$$

ب) دقت کنید که چون $|q_2| > |q_1|$ است، تراکم خطوط در نزدیکی بار q_2 بیشتر از نزدیکی های بار q_1 است.



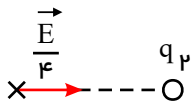
۱۱۴ خیلی راحت با جای گذاری مقادیر در رابطه بالا، اندازه میدان به دست می آید:

$$E = k \frac{|q|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6}}{(0.2)^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6}}{4 \times 10^{-2}} = 9 \times 10^5 \text{ N/C}$$

۱۱۵ در میدان الکتریکی یکنواخت، اندازه میدان در تمام نقاط میدان یکسان است و بر اساس رابطه $F = E \cdot q$ اندازه نیروی وارد شده بر بار q در هر سه این نقاط یکسان است و در هر سه مورد به سمت راست می باشد. زیرا به بار مثبت نیروی در جهت خطوط میدان وارد می شود.

۱۱۶

با حذف q_1 فقط بار q_2 باقی مانده:



چون میدان ناشی از q_2 در جهت جاذبه و به سمت q_2 است پس بار q_2 منفی است. از طرفی برابری $\vec{E}$ و به سمت راست است یعنی باید بار q_1 هم میدانی

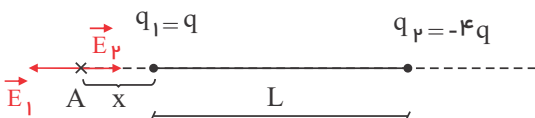
برابر با $\frac{3}{4} \vec{E}$ به سمت راست ایجاد کرده باشد که در مجموع میدان خالص $\vec{E}$ و به سمت راست باشد و ضمناً q_1 مثبت است. از آنجا که فاصله هر دو بار تا نقطه A

یکسان است پس فقط مقدار بارها در اندازه E مؤثر است، یعنی داریم:

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

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

۱۱۷ چون میدان را در هر نقطه باید روی بار $+1C$ مورد بررسی قرار داد، ابتدا فرض می کنیم بار $+1C$ در فاصله بین q_1 و q_2 قرار داشته باشد. واضح است که میدانها در این صورت هر دو به سمت راست خواهد شد و خنثی شدن رخ نمی دهد. بنابراین نقطه مورد نظر باید خارج از فاصله دو بار باشد و البته نزدیک به بار با اندازه کوچک تر. این نقطه را A نامیده ایم.



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

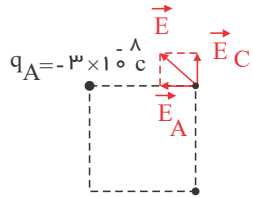
$$E_1 = E_r \Rightarrow k \frac{|q_1|}{x^2} = k \frac{|q_r|}{(L+x)^2} \Rightarrow \frac{q}{x^2} = \frac{4q}{(L+x)^2}$$

جذر از دو طرف
تساوی

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

به این ترتیب فاصله نقطه مورد نظر از بار q_r برابر با $2L$ است.

۱۱۸



برای محاسبه میدان الکتریکی در یک نقطه باید بار الکتریکی $+1C$ را در آن نقطه فرض کرد دقت کنید که بار q_B تأثیری در تعیین میدان الکتریکی در نقطه B ندارد.

$$E_A = k \frac{|q_A|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-8}}{2^2} = \frac{270}{4} = 67.5 \frac{N}{C}$$

$$E_C = k \frac{|q_C|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-8}}{2^2} = 67.5 \frac{N}{C}$$

$$\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_C = -67.5 \vec{i} + 67.5 \vec{j}$$

$$E = \sqrt{E_A^2 + E_C^2} = \sqrt{67.5^2 + 67.5^2} = 95.46 \frac{N}{C}$$

۱۱۹ الف) بار q_1 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 نقطه A قوی‌تر است. زیرا تراکم خطوط میدان در این نقطه بیشتر است.

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

الف) مثبت $E_A < E_B$ (ب) نقطه B

۱۲۱

الف) غیرهم‌نام - بزرگ‌تر

۱۲۲

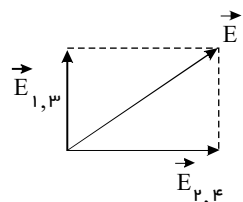
الف

$$E_1 = E_r = E_w = E_f = \frac{k|d|}{r^2} = \frac{(9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2})(5 \times 10^{-6} C)}{1^2}$$

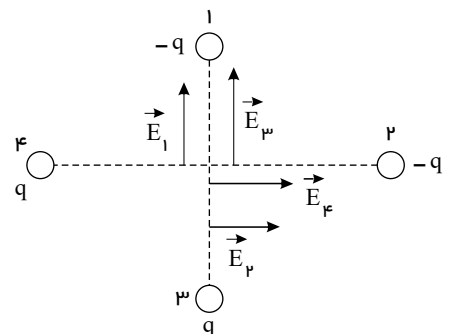
$$E_1 = E_r = E_w = E_f = 45 \times 10^4 \frac{N}{C}$$

$$E_{1,r} = E_{r,f} = 9 \times 10^4 \frac{N}{C}$$

$$E = \sqrt{(9 \times 10^4 \frac{N}{C})^2 + (9 \times 10^4 \frac{N}{C})^2} = 9\sqrt{2} \times 10^4 \frac{N}{C} \Rightarrow E \simeq 1.3 \times 10^5 \frac{N}{C}$$



$$\vec{E} = (9 \times 10^4 \frac{N}{C})(\vec{i} + \vec{j})$$

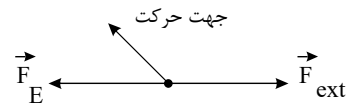


ب

$$F = E|q| = \left(8 \times 10^5 \frac{N}{C}\right)(2 \times 10^{-6} C) = 1,6 N$$

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

$$F_{ext} = F_E = 1,6 N$$



$$W_{ext} = F_{ext} d \cos \alpha = (1,6 N)(4,0 m) \cos(180^\circ - 30^\circ) \Rightarrow W_{ext} = -6,4 \times \frac{\sqrt{3}}{2} J \simeq -5,5 J$$

$$|\Delta U| = -W_E = W_{Ext} = 5,5 J \Rightarrow \Delta U = -5,5 J$$

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.

$$E = K \frac{|q|}{r^2}$$

$$E_1 = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6}}{(10 \times 10^{-2})^2} = 18 \times 10^5 \frac{N}{C}$$

$$E_2 = 9 \times 10^9 \times \frac{|-8 \times 10^{-6}|}{(30 \times 10^{-2})^2} = 8 \times 10^5 \frac{N}{C}$$

$$\vec{E}_t = 18 \times 10^5 \vec{i} - 8 \times 10^5 \vec{i} = 10 \times 10^5 \vec{i} \frac{N}{C}$$

$$126) E = k \frac{q}{r^2} \rightarrow E_1 = E_2 = \frac{9 \times 10^9 \times 5 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-4}} = 5 \times 10^7 \frac{N}{C}$$

$$\vec{E}_1 = 5 \times 10^7 \frac{N}{C} \vec{i}, \quad \vec{E}_2 = 5 \times 10^7 \frac{N}{C} \vec{j} \Rightarrow \vec{E}_A = 5 \times 10^7 \frac{N}{C} \vec{i} + 5 \times 10^7 \frac{N}{C} \vec{j}$$

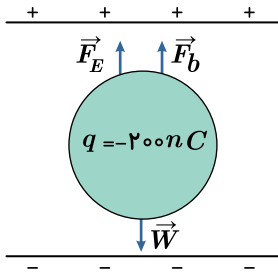
۱۲۷) شکل (۳). در میدان الکتریکی بر بار الکتریکی مثبت، نیرو در جهت میدان و بر بار منفی نیرو در خلاف جهت میدان وارد می‌شود. در تراکم بیشتر خطوط، میدان قوی‌تر و نیرو بزرگ‌تر است.

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 برابری 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:

$$W = mg \xrightarrow{m=0,01 \text{ kg}} W = 0,01 \times 10 = 0,1 N$$

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.



$$F_E + F_b = W \Rightarrow F_E = W - F_b = 0.1 - 0.05 = 0.05 \text{ N}$$

$$F_E = E|q| \Rightarrow \frac{F_E = 0.05 \text{ N}}{q = 200 \text{ nC}} \rightarrow E = \frac{5 \times 10^{-2}}{2 \times 10^{-7}} = 2.5 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

۱۳۰ چون فاصله همه بارها تا مرکز یکسان است و بارها اندازه یکسان دارند بنابراین اندازه میدان الکتریکی همه بارها در مرکز دایره یکسان است:

$$E = k \frac{q}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{5 \times 10^{-6}}{1^2} = 4.5 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

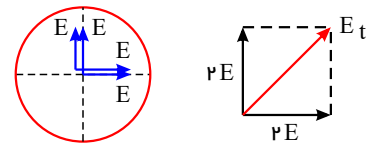
روی محور y دو میدان E در جهت مثبت و روی محور x هم دو برابر با اندازه E هم جهت داریم بنابراین:

$$E_t = \sqrt{(2E)^2 + (2E)^2}$$

$$E_t = 2\sqrt{2}E = 9\sqrt{2} \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

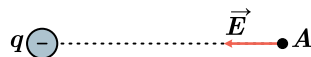
$$\vec{E}_t = 2E\vec{i} + 2E\vec{j}$$

$$\vec{E}_t = 9 \times 10^4 \vec{i} + 9 \times 10^4 \vec{j}$$



۱۳۱

الف



بار منفی است؛ پس میدان مانند شکل روبه‌رو است:

ب باید فاصله‌ای را به دست آوریم که $E_r = \frac{E_1}{2}$ شود:

$$E_1 = 2 \times 10^{+5} \text{ N/C} \Rightarrow E_r = \frac{E_1}{2} = \frac{2 \times 10^{+5} \text{ N/C}}{2} = 10^5 \text{ N/C}$$

$$E = k \frac{|q|}{r_r^2} \Rightarrow 10^5 \text{ N/C} = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \times \frac{1 \times 10^{-6} \text{ C}}{r_r^2} \Rightarrow r_r^2 = 9 \times 10^{-2} \text{ m}^2 \Rightarrow r_r = 3 \times 10^{-1} \text{ m}$$

۱۳۲

الف هم‌جهت

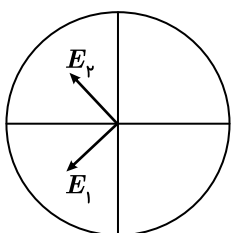
ب برداری - N/C

پ ثابت می‌ماند

ت ظرفیت خازن

۱۳۳

الف



$$E_1 = E_r = \frac{k|q|}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-4}} = 2 \times 10^9$$

$$E_t = 2\sqrt{2} \times 10^9$$

$$E_t = -2\sqrt{2} \times 10^9 i$$

ب براینده میدان‌های الکتریکی بارهای q_1 و q_2 در مرکز دایره به سمت چپ است؛ بنابراین باید در نقطه 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 قطره 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 قطره روغن اثر کند. چون سوی نیروی الکتریکی رو به بالا و سوی میدان الکتریکی رو به پایین است. نتیجه می‌گیریم که بار قطره روغن باید منفی باشد؛ یعنی، قطره روغن الکترون به دست آورده باشد. حالا به دنبال تعداد الکترون‌هایی هستیم که این قطره به دست آورده است. از شرط تعادل نیروها داریم:

$$\vec{F}_E = \vec{W} \Rightarrow |q|E = mg$$

و در نتیجه:

$$|q| = \frac{mg}{E} = \frac{(1.64 \times 10^{-14} \text{ kg})(9.81 \text{ N/kg})}{2 \times 10^5 \text{ N/C}} = 8 \times 10^{-19} \text{ C} \Rightarrow q = -8 \times 10^{-19}$$

از طرفی می‌دانیم $q = -ne$ است:

$$n = \frac{-8.0 \times 10^{-19} \text{ C}}{-1.60 \times 10^{-19} \text{ C}} = 5$$

بنابراین قطره روغن ۵ الکترون به دست آورده است.

۱۳۵

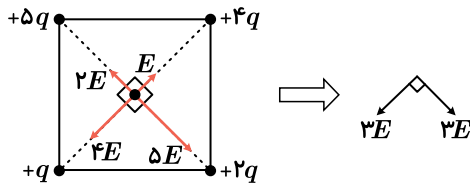
با استفاده از رابطه $\vec{F} = q\vec{E}$ نیروی الکتریکی وارد بر ذره باردار را به دست می‌آوریم:

$$\vec{F} = (-1 \text{ N})\vec{i}$$

$$\vec{F} = q\vec{E} \Rightarrow \vec{F} = (-2 \mu\text{C})((5 \times 10^5 \text{ N/C})\vec{i}) = (-2 \times 10^{-6} \text{ C})((5 \times 10^5 \text{ N/C})\vec{i}) = (-1 \text{ N})\vec{i}$$

۱۳۶

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

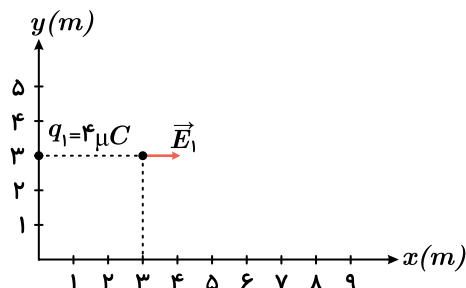


بنابراین:

$$E_T = \sqrt{(3E)^2 + (3E)^2} = 3\sqrt{2}E$$

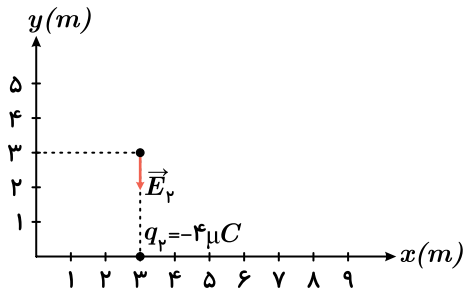
۱۳۷

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



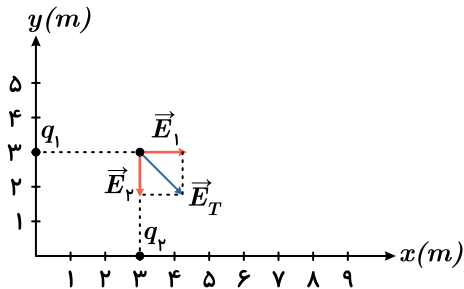
$$E_1 = k \frac{|q_1|}{r_1^2} = (9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}) \left(\frac{4 \times 10^{-6} \text{ C}}{(3 \text{ m})^2} \right) = 4 \times 10^3 \text{ N/C} \Rightarrow \vec{E}_1 = (4 \times 10^3 \text{ N/C})\vec{i}$$

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



$$E_r = k \frac{|q_2|}{r_r^2} = (9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}) \left(\frac{4 \times 10^{-6} C}{(3m)^2} \right) = 4 \times 10^3 N/C \Rightarrow \vec{E}_r = (-4 \times 10^3 N/C) \vec{j}$$

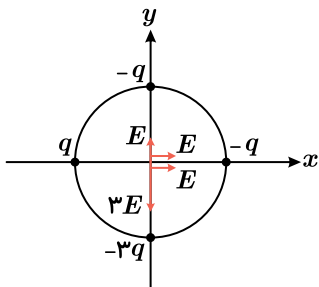
گام سوم: با به دست آوردن $\vec{E}_1$ و $\vec{E}_r$ کار را تمام می کنیم:



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

۱۳۸

جهت میدان حاصل از هر یک از بارها در مرکز به صورت روبه رو می شود. اندازه میدان حاصل از بار q یا $-q$ هم به صورت زیر می شود:



$$E = k \frac{q}{r^2} = (9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}) \left(\frac{5 \times 10^{-9} C}{(1m)^2} \right) = 45 N/C$$

اندازه میدان حاصل از $3q$ هم برابر $3E$ می شود.

حالا با توجه به شکل داریم:

$$\begin{aligned} \vec{E}_T &= \vec{E}_i + \vec{E}_i + \vec{E}_j - 3\vec{E}_j = 2\vec{E}_i - 2\vec{E}_j = (2 \times 45 N/C) \vec{i} - (2 \times 45 N/C) \vec{j} \\ \Rightarrow \vec{E}_T &= (90 N/C) \vec{i} - (90 N/C) \vec{j} \Rightarrow E = \sqrt{90^2 + 90^2} = 90\sqrt{2} N/C \end{aligned}$$

۱۳۹

شکل داده شده یک سازوکار آزمایشگاهی برای مشاهده این موضوع را که با افزایش فاصله، میدان الکتریکی کاهش می یابد، نشان می دهد. دو شمع، یکی در فاصله ای نزدیک و دیگری در فاصله ای دور از کلاهک یک مولد وان دوگراف قرار گرفته اند. همان طور که مشاهده می کنید، شعله شمع نزدیک تر، به سمت کلاهک کشیده شده است. در حالی که شعله شمع دورتر تغییر چندانی نکرده است. دلیل آن است که کلاهک مولد وان دوگراف بار منفی بزرگی دارد که یون های مثبت درون شعله شمع نزدیک تر را به سمت خود می کشد، در حالی که شمع دیگر در فاصله دوری از کلاهک قرار گرفته است که تحت تأثیر میدان الکتریکی ضعیفی قرار می گیرد.

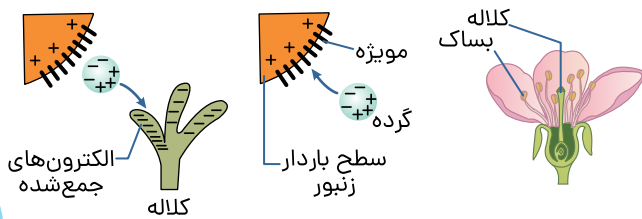
۱۴۰ با توجه به تعریف میدان الکتریکی داریم:

$$E = \frac{F}{q} \Rightarrow E = \frac{5 \times 10^{-3}}{20 \times 10^{-9}} = 2,5 \times 10^5 \text{ N/C}$$

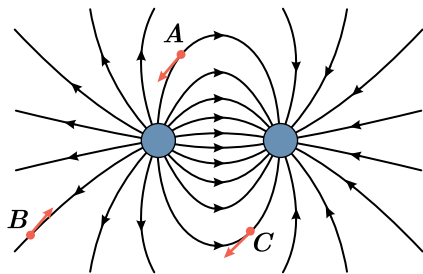
جهت میدان الکتریکی نیز به سمت شمال است!

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

۱۴۲ زنبورهای عسل معمولاً در حین پرواز دارای بار مثبت می‌شوند و وقتی به گرده بدون باری بر روی بساک یک گل می‌رسند، میدان الکتریکی اطراف بدن زنبور، باعث القای بار منفی در یک سمت گرده‌ها شده و جاذبه بین بارهای مثبت و منفی سبب کشیده شدن گرده به‌سمت زنبور می‌شود. گرده‌ها روی مویژه‌های ریز زنبور قرار می‌گیرند. وقتی زنبور در اطراف گل دیگری پرواز می‌کند بارهای منفی را بر روی کلاله گل القا می‌کند. هرگاه نیروی الکتریکی وارد از طرف کلاله به گرده متصل به زنبور، بزرگ‌تر از نیروی الکتریکی وارد از طرف زنبور بر گرده باشد، گرده به‌سمت کلاله کشیده و گرده‌افشانی صورت می‌پذیرد.

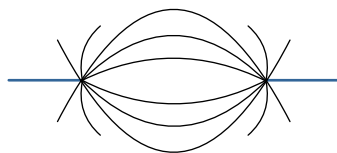


۱۴۳ در هر نقطه‌ای از میدان الکتریکی به بار منفی نیرو در خلاف جهت میدان وارد می‌شود. این نیرو، بر خط‌های میدان مماس است.



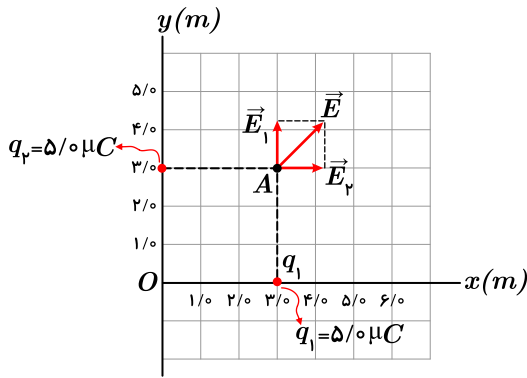
۱۴۴ از آنجایی که به بارهای الکتریکی در راستای خطوط میدان نیرو وارد می‌شود، اگر خطوط میدان در یک نقطه یکدیگر را قطع کنند، در این نقطه دو میدان الکتریکی برابند جهت‌های مختلف وجود خواهد داشت. بنابراین با قرار دادن ذره باردار در این نقطه، دو مسیر حرکت برای ذره پیش رو است که امکان‌پذیر نیست. بنابراین خطوط میدان برابند 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 نقطه A میدان الکتریکی مطابق شکل است. چون بارها با هم برابر و فاصله آنها تا نقطه A نیز یکسان است. اندازه میدان‌ها در این نقطه با هم برابر است.

گام اول: بار آزمون فرضی را در نقطه A قرار می‌دهیم. در غیاب هر یک از دو بار، میدان الکتریکی حاصل از بار دیگر را رسم می‌کنیم و آنها را $\vec{E}_1$ و $\vec{E}_2$ می‌نامیم. گام دوم: چون دو بردار برهم عمودند، اندازه بردار برابند با رابطه فیثاغورس به دست می‌آید.



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

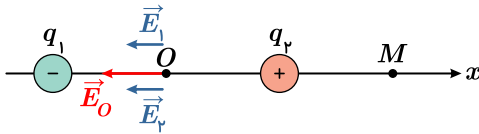
$$\Rightarrow \begin{cases} \vec{E}_1 = (5 \times 10^3 \frac{N}{C}) \vec{j} \\ \vec{E}_2 = (5 \times 10^3 \frac{N}{C}) \vec{i} \end{cases}$$

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

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

۱۴۷ برای نقطه O:

گام اول: بار آزمون (مثبت) فرضی را در نقطه 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.

$$E_1 = E_2 = k \frac{|q|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-9}}{(3 \times 10^{-2})^2} = 2 \times 10^4 \frac{N}{C} \Rightarrow \begin{cases} \vec{E}_1 = (-2 \times 10^4 \frac{N}{C}) \vec{i} \\ \vec{E}_2 = (-2 \times 10^4 \frac{N}{C}) \vec{i} \end{cases}$$

گام دوم: دو میدان $\vec{E}_1$ و $\vec{E}_2$ هم‌جهت‌اند، میدان برابری 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

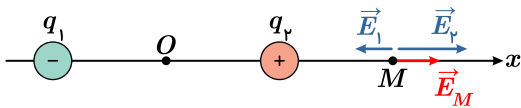
$$\vec{E}_O = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = (-2 \times 10^4 \frac{N}{C}) \vec{i} + (-2 \times 10^4 \frac{N}{C}) \vec{i} = (-4 \times 10^4 \frac{N}{C}) \vec{i}$$

$$\Rightarrow E_O = 4 \times 10^4 \frac{N}{C}$$

برای نقطه M:

گام اول: بار آزمون (مثبت) فرضی را در نقطه 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.



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

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

گام دوم: چون این دو بردار خلاف جهت هم هستند، بردار برابری آنها با برداری که اندازه آن بزرگ‌تر است هم‌جهت می‌شود. اندازه بردار برابر است با:

$$\vec{E}_M = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = (2 \times 10^4 \frac{N}{C}) \vec{i} + (-\frac{2}{9} \times 10^4 \frac{N}{C}) \vec{i} = (\frac{16}{9} \times 10^4 \frac{N}{C}) \vec{i}$$

$$\Rightarrow E_M = \frac{16}{9} \times 10^4 \frac{N}{C}$$

۱۴۸ الف)

$$|q| = e = 1,6 \times 10^{-19} C, \quad k \simeq 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}, \quad r = 5,3 \times 10^{-11} m, \quad E = ?$$

$$E = k \frac{|q|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{1,6 \times 10^{-19}}{(5,3 \times 10^{-11})^2} \simeq 5,1 \times 10^{11} \frac{N}{C} \Rightarrow E \simeq 5,1 \times 10^{11} \frac{N}{C}$$

ب) به کمک داده‌هایی که داریم، مسئله را حل می‌کنیم:

$$|q| = 1,6 \times 10^{-19} C, \quad k \simeq 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}, \quad E = 9 \times 10^3 \frac{N}{C}, \quad r = ?$$

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow r^2 = \frac{k|q|}{E} = \frac{9 \times 10^9 \times 1,6 \times 10^{-19}}{9 \times 10^3} = 1,6 \times 10^{-12} = 0,16 \times 10^{-11}$$

$$\Rightarrow r = \sqrt{0,16 \times 10^{-11}} = 0,4 \times 10^{-6} m \Rightarrow r = 0,4 \mu m$$

می‌دانیم که میدان الکتریکی در فاصله r از بار الکتریکی q به صورت زیر محاسبه می‌شود. ۱۴۹

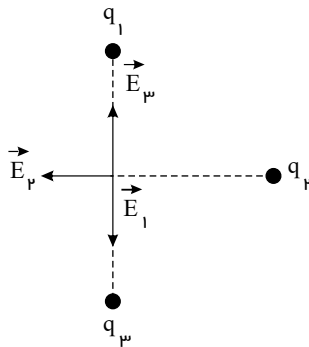
$$E_1 = E_2 = E_3 = \frac{k|q|}{r^2}$$

$$= \frac{(9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2})(2 \times 10^{-9} C)}{(3 \times 10^{-1} m)^2} = 2 \times 10^2 \frac{N}{C}$$

حال با توجه به شکل، میدان الکتریکی برابر است با:

$$E_x = 2 \times 10^2 \frac{N}{C}, \quad E_y = E_1 - E_3 = 0$$

$$\vec{E} = -2 \times 10^2 \hat{i} \frac{N}{C}$$



الف) با توجه به تعریف کمی میدان الکتریکی داریم: ۱۵۰

$$F = E|q| \Rightarrow F = 2 \times 10^2 \times 50 \times 10^{-9} = 1 \times 10^{-5} N$$

ب) بر اساس رابطه $W_E = |q| E d \cos \theta$ در مسیر AB زاویه بین بردار میدان و جابه‌جایی 90° و کار انجام شده صفر است. بنابراین داریم:

$$W_{ABC} = W_{AB} + W_{BC} = |q| E(BC) \cos(180^\circ) = 50 \times 10^{-9} \times 2 \times 10^2 \times 0,4 \times (-1)$$

$$\Rightarrow W_{ABC} = W_{BC} = -16 \times 10^{-3} = -0,016 J$$

ج) تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی برابر با منفی کار نیروی میدان الکتریکی است. یعنی:

$$\Delta U_E = -W_E \Rightarrow \Delta U_E = 0,016 J$$

به طور طبیعی چون بار مثبت در خلاف جهت میدان الکتریکی جابجا شده است انرژی پتانسیل آن افزایش یافته است.

۱۵۱

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

در مسیر AB
 $\longrightarrow \Delta U_E = -1 J$

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

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

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

$$CD: \Delta U_E = -|q| E d \cos \theta = -1 \times 10^{-6} \times 10^3 \times 0,05 \times \cos(180^\circ)$$

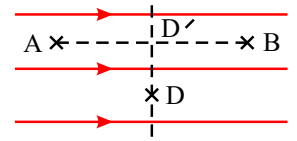
در مسیر CD
 $\longrightarrow \Delta U_E = 0,5 J$

ب) برای محاسبه ΔU کل دو راه هست یکی جمع کردن ΔU ها:

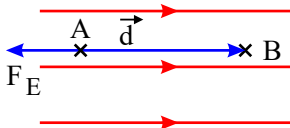
$$\Delta U_{\text{کل}} = \Delta U_{AB} + \Delta U_{BC} + \Delta U_{CD} = -1 + 0 + 0.5 = -0.5J$$

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

$$\begin{aligned}\Delta U_{AD} &= \Delta U_{AD'} = -|q|Ed \cos \theta \\ \Delta U_{AD} &= -|1 \times 10^{-6}| \times 10^5 \times 0.5 \times \cos(0) \\ \Delta U_{AD} &= -0.5J\end{aligned}$$



۱۵۲) مطابق شکل مقابل زاویه بین بردار جابه‌جایی و بردار نیروی ناشی از میدان بر بار منفی، برابر با 180° است:



$$\begin{aligned}\Delta U_E &= -W_E = -|q|Ed \cos 180^\circ \\ \Delta U_E &= -|-5 \times 10^{-6}| \times 10^5 \times 1 \times (-1) \\ \Delta U &= 0.5J\end{aligned}$$

یعنی انرژی پتانسیل بار $0.5J$ افزایش یافته است.

۱۵۳) هم جهت - 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 به صورت 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 نقطه B بیشتر خواهد بود. میدان الکتریکی در شکل الف) قوی‌تر از سایر شکل‌هاست و به این ترتیب، طبق رابطه $F = E|q|$ نیروی واردشده بر پروتون و در نتیجه شتابی که به آن داده شده است، (طبق رابطه $F = ma$) بیشتر است؛ بنابراین سرعت آن در B بیشتر خواهد بود.

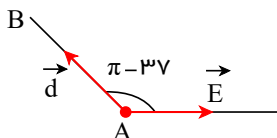
این موضوع را می‌توان به کمک $W = \Delta K$ نیز توضیح داد. از آنجا که کار انجام‌شده در شکل الف) برای جابه‌جایی پروتون از A تا B بیشتر از بقیه شکل‌هاست (با توجه به بزرگ‌تر بودن E)، در رابطه فوق تغییرات انرژی جنبشی و در نتیجه سرعت پروتون در شکل الف) بیشتر خواهد بود.

۱۵۸) گزینه 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 نقطه A رها کنیم، خودبه‌خود به‌طرف B می‌رود، پس انرژی پتانسیل الکتریکی با آن کاهش می‌یابد.

۱۵۹)

الف) افزایش

۱۶۰) تغییر انرژی پتانسیل از رابطه روبه‌رو به‌دست می‌آید که در این رابطه α زاویه بین راستای میدان با جهت حرکت بار است.



$$\Delta U = -E|q|d \cos \alpha$$

$$\Delta U = E|q|AB \cos(\pi - 37) = 10^2 \times 20 \times 0.2 \times 0.8 = +320 \mu J$$

از طرفی می‌دانیم: $W = -\Delta U$ میدان، پس:

$$W_{\text{میدان}} = -\Delta U \Rightarrow W_{\text{میدان}} = -320 \mu J$$

۱۶۱) الف) پاسخ به این سؤال به دو روش امکان‌پذیر است. اول آنکه به بار مثبت درون میدان الکتریکی، نیرویی در جهت میدان وارد می‌شود بنابراین بار مثبت خود از نقطه 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 $\Delta U < 0$ روش دیگر استفاده از رابطه:

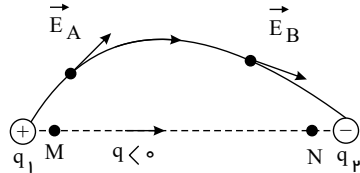
$$\begin{cases} \Delta U = -w_E = -|q| \cdot Ed \cos \theta \\ \theta = 0 \Rightarrow \Delta U < 0 \end{cases}$$

(ب) چون بار مورد نظر عمود بر خطوط میدان جابه‌جا شده است، در این جابه‌جایی کاری انجام نمی‌شود پس $\Delta U = 0$ خواهد بود.

۱۶۲

الف مثبت

۱۶۳ با توجه به جهت میدان الکتریکی در نقاط A و B، $q_1 > 0$ و $q_2 < 0$ است. با حرکت بار از نقطه M (نزدیک بار q_1) به نقطه N (نزدیک بار q_2)، چون بار $q < 0$ در جهت خط‌های میدان الکتریکی جابه‌جا می‌شود، بنابراین انرژی پتانسیل الکتریکی آن پیوسته افزایش می‌یابد.



۱۶۴

در حرکت غیر خودبه‌خودی، ΔU مثبت است.

$$W_E = \Delta K \xrightarrow{W_E = -\Delta U} -300 \times 10^{-6} = \frac{1}{2} \times (10^{-2} \times 10^{-3})((V_0 - 6)^2 - V_0^2)$$

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

۱۶۵ الف) همواره تغییرات انرژی پتانسیل با قرینه کار میدان برابر است:

$$\Delta U = -W_E = -10 \text{ mJ}$$

(ب) چون انرژی پتانسیل الکتریکی بار منفی کاهش یافته، یعنی حرکت آن خودبه‌خودی (در خلاف جهت میدان) بوده است.

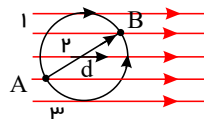
۱۶۶ از قضیه کار و انرژی جنبشی استفاده می‌کنیم.

$$W = \Delta K \Rightarrow Eqd = \frac{1}{2}mv_B^2 \Rightarrow 8 \times 10^3 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 9.1 \times 10^{-2} = \frac{1}{2} \times 9.1 \times 10^{-31} v_B^2$$

$$\Rightarrow v_B^2 = (16 \times 10^6)^2 \Rightarrow v_B = 16 \times 10^6 \text{ m/s}$$

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 فاصله AB را به دست می‌آوریم:

$$\text{محیط نیم‌دایره: } \frac{1}{2}(2\pi r) = 6\pi \Rightarrow r = 6 \text{ m}$$

$$AB = 2r = 2 \times 6 = 12 \text{ m}$$

$$\Delta U = -Edq \cos \theta = -Edq \cos 0^\circ = -2 \times 10^{-6} \times 1000 \times 12 \Rightarrow \Delta U = -24 \times 10^{-3} \text{ J}$$

علامت منفی نشان‌دهنده 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 قضیه کار و انرژی داریم: $\Delta U = -\Delta K$ ، پس:

$$-(K_2 - K_1) = \Delta U$$

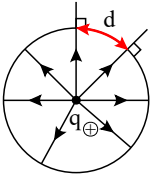
$$K_1 = 0$$

$$\longrightarrow -K_2 = \Delta U = -Edq \cos \theta$$

$$\xrightarrow{q = +2e = 2 \times 1.6 \times 10^{-19}} \xrightarrow{\theta = 0} K_2 = 200 \times 0.04 \times 2 \times 1.6 \times 10^{-19} = 2.56 \times 10^{-18} \text{ J}$$

۱۶۹ می‌دانیم خطوط میدان اطراف یک بار به صورت شعاعی رسم می‌شود. حال اگر بار را روی محیط دایره حرکت دهیم، فاصله تا مرکز (بار q^+) ثابت می‌ماند؛

پس میدان و نیروی الکتریکی $F = Eq$ هم ثابت می‌مانند.



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

۱۷۰ طبق قضیه پایستگی انرژی داریم:

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

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \rightarrow Edq \cos \theta = \frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2)$$

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

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

۱۷۱ با توجه به قضیه کار - انرژی جنبشی داریم:

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

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

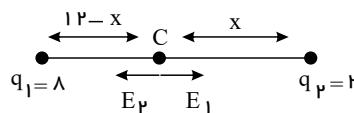
$$W_E + W_{mg} = -K_i \Rightarrow |q| Ed \cos 180^\circ + mgd \cos 0 = -\frac{1}{2}mv^2$$

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

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

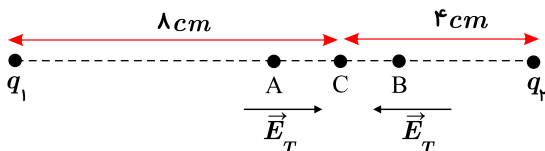
۱۷۲ می‌دانیم تغییر انرژی پتانسیل به جهت حرکت در میدان و نوع بار وابسته است مثلاً اگر بار منفی در جهت میدان حرکت کند حرکت انرژی پتانسیل زیاد می‌شود و برعکس، اگر خلاف جهت میدان حرکت کند (حرکت خودبه‌خودی) انرژی پتانسیل کم می‌شود؛ بنابراین جهت میدان برآیند را در نقاط مختلف مشخص می‌کنیم:

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



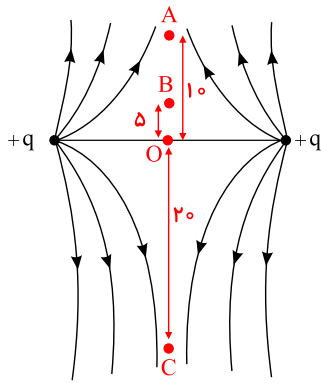
$$E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{kq_1}{r_1^2} = \frac{kq_2}{r_2^2}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{(12-x)^2} = \frac{2}{x^2} \Rightarrow 4x^2 = (12-x)^2 \Rightarrow 2x = 12-x \Rightarrow x = 4cm$$



بنابراین میدان الکتریکی برآیند در ۴ سانتی‌متری بار کوچک‌تر (q_2) صفر می‌شود. بین نقطه C و B، جهت میدان برآیند در جهت میدان حاصل از بار q_1 و به سمت راست است (چون $E_1 > E_2$). از طرفی هم بین نقطه A و C جهت میدان برآیند جهت میدان الکتریکی حاصل از بار q_2 است (چون $E_1 > E_2$) به سمت چپ است از آنجایی که اگر بار منفی در جهت میدان جابه‌جا شود انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد و اگر در خلاف جهت میدان الکتریکی جابه‌جا شود انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد. پس با جابه‌جایی بار منفی با سرعت ثابت از A تا B ابتدا در جهت $\vec{E}_T$ جابه‌جا شده و انرژی پتانسیل آن افزایش می‌یابد و سپس جابه‌جایی آن در خلاف جهت $\vec{E}_T$ خواهد بود که انرژی پتانسیل آن کاهش خواهد یافت.

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

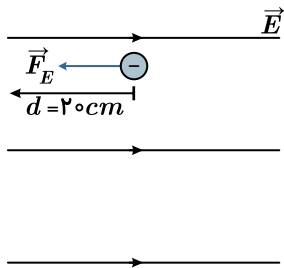


با حرکت از A تا B چون حرکت خودبه‌خودی است، انرژی پتانسیل کاهش یافته و $U_B < U_A$ می‌شود. از طرفی در نقطه O چون میدان صفر است، انرژی پتانسیل هم صفر است. با حرکت از نقطه O به C ، چون بار منفی هم‌جهت حرکت کرده، حرکت اجباری بوده و انرژی پتانسیل زیاد می‌شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت:

$$U_B < U_A < U_C$$

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 $\theta = 0$ است:

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

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

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

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

$$\Delta K = W_T = W_E \Rightarrow \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = 0.2J \Rightarrow \frac{1}{2}(0.1kg)v_2^2 = 0.2J \Rightarrow v_2^2 = 4 \Rightarrow v_2 = 2m/s$$

۱۷۵

الف

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

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

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

$$\Delta U = -(K_B - K_A) \Rightarrow 3.2 \times 10^{-17}J = -(0 - K_A) = \frac{1}{2}m_e v_A^2 \Rightarrow 3.2 \times 10^{-17}J = \frac{1}{2} \times (9.1 \times 10^{-31}kg) \times v^2$$

$$\Rightarrow v^2 = \frac{2 \times 3.2 \times 10^{-17}J}{9.1 \times 10^{-31}kg} \Rightarrow v^2 \simeq 7.03 \times 10^{12} = 7.03 \times 10^{12} \Rightarrow v \simeq 8.3 \times 10^6 m/s$$

۱۷۶

الف

$$|\Delta U| = |W_E| = |\Delta K| \xrightarrow{k_1=0} E|q|d \cos \theta = \frac{1}{2}mv^2$$

$$6 \times 10^3 \times 3 \times 10^{-9} \times 20 \times 10^{-2} = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^{-15} \times v^2 \Rightarrow v = 6 \times 10^4 \frac{m}{s}$$

ب طبق رابطه $E = \frac{\Delta V}{d}$ ، 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 گزینه 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 صفحه مثبت به صفحه منفی است و به بار مثبت نیرویی هم‌جهت میدان وارد می‌شود. مطابق شکل، جهت $\vec{F}_E$ و $\vec{d}$ را رسم می‌کنیم.

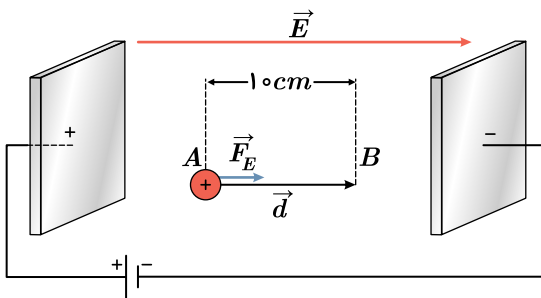
چون از وزن پروتون و مقاومت هوا چشم‌پوشی شده است به پروتون فقط $\vec{F}_E$ اثر می‌کند و طبق قضیه کار - انرژی جنبشی داریم:

$$W_t = \Delta K \Rightarrow W_E = \frac{1}{2}mv^2 - \cancel{\frac{1}{2}mv^2}$$

چون اتلاف انرژی نداریم، طبق قانون پایستگی انرژی $\Delta U = -\Delta K$ است در نتیجه:

$$\Delta U = -\frac{1}{2}mv^2$$

گام سوم: به کمک رابطه $\Delta U = |q|Ed \cos \theta$ ، می‌توانیم تبدی پروتون را به دست آوریم. دقت کنید در این رابطه θ زاویه بین $\vec{F}_E$ و $\vec{d}$ است که مطابق شکل صفر درجه است.



$$|q|Ed \cos \theta = \frac{1}{2}mv^2$$

$$1,6 \times 10^{-19} \times 2 \times 10^3 \times 0,1 \times 1 = \frac{1}{2} \times 1,67 \times 10^{-27} \times v^2$$

$$\Rightarrow v^2 = \frac{3,2 \times 10^{-17}}{0,835 \times 10^{-27}} \Rightarrow v \simeq \sqrt{\frac{3,2}{0,835} \times 10^{10}} \Rightarrow v \simeq 1,96 \times 10^5 \frac{m}{s}$$

۱۷۹ الف) در شکل‌های الف) و ت) نیروی الکتریکی و جابه‌جایی ذره هم‌جهت هستند، پس $W_E > 0$ است.

در شکل‌های ب) و پ) نیروی الکتریکی و جابه‌جایی ذره خلاف جهت هم هستند، پس $W_E < 0$ است.

ب) تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی قرینه کار نیروی الکتریکی است (با فرض اینکه هیچ نیروی دیگری به ذره وارد نمی‌شود)؛ بنابراین در شکل‌های الف) و ت) $\Delta U_E < 0$ است و پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد و در شکل‌های ب) و پ) $\Delta U_E > 0$ است و انرژی پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد.

۱۸۰ با استفاده از تعریف اختلاف پتانسیل الکتریکی داریم:

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

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

۱۸۱ الف) A ب) A تا B ج) B تا A

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

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

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

اکنون می‌توان نوشت:

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

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

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

۱۸۳ در میدان یکنواخت می‌توان نوشت:

$$|\Delta V| = Ed$$

$$100 = E \times (2 \times 10^{-2}) \Rightarrow E = 5 \times 10^3 \frac{N}{C}$$

خطوط میدان الکتریکی از صفحه مثبت به منفی است. بنابراین می‌توان گفت که صفحه مثبت دارای پتانسیل الکتریکی بیشتر و صفحه 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 محاسبه ΔV می‌پردازیم. چون بار در جهت میدان جابه‌جا شده است $\Delta V < 0$ خواهد بود (در حالت کلی هرگاه در جهت خطوط میدان حرکت کنیم پتانسیل نقاط کاهش می‌یابد):

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

در حالت کلی وقتی ذره 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:

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

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

۱۸۶ با استفاده از تعریف اختلاف پتانسیل الکتریکی داریم:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow V_B - V_A = \frac{U_B - U_A}{q} \Rightarrow V_B - 100 = \frac{-200}{2}$$

$$\Rightarrow V_B - 200 = -200 \Rightarrow V_B = 0$$

۱۸۷ الف) چون نیروی الکتریکی وارد بر ذره باردار به سمت راست و جابه‌جایی به سمت چپ است $\theta = 180^\circ$ است، بنابراین کار نیروی الکتریکی منفی است.

ب) کار ما مثبت است. چون برای غلبه بر نیروی الکتریکی که به سمت راست وارد می‌شود، ما نیرویی به سمت چپ و هم‌جهت با جابه‌جایی وارد کرده‌ایم و چون $\theta = 0$ است، طبق رابطه $W = Fd \cos \theta$ کار ما مثبت خواهد بود.

پ) کاری که ما انجام می‌دهیم، به صورت انرژی پتانسیل در ذره 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.

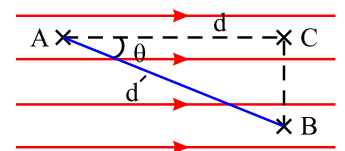
۱۸۸ با استفاده از تعریف اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه داریم:

$$\Delta U = q \cdot \Delta V$$

$$\Delta U = 3 \times 10^{-6} (-10 - (-40)) = 9 \times 10^{-5} J$$

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 $\Delta U = 0$ است پس فقط ΔU در مسیر AC یا CA (در جهت میدان و یا خلاف جهت میدان) معنی دارد:

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

و در حالت کلی طبق تعریف داریم:

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

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

بنابراین در حالت کلی می‌توان نوشت:

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

۱۹۱ الف) با توجه به تعریف اختلاف پتانسیل الکتریکی داریم:

$$\Delta U = q\Delta V = q(V_f - V_i)$$

$$\Rightarrow \Delta U = (-40 \times 10^{-9})(-10 - (-40)) = -1200 \times 10^{-9} = -1.2 \mu J$$

انرژی پتانسیل بار به اندازه ۱٫۲ میکروژول کاهش یافته است.

ب) با توجه به پایداری انرژی، هنگامی که انرژی پتانسیل کاهش می‌یابد، باید انرژی جنبشی افزایش یافته باشد که این موضوع بر اساس رابطه $W = \Delta K = -\Delta U$ 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 رابطه زیر مستقل از بار و اندازه آن است.

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} = -Ed \cos \alpha$$

۱۹۳ می‌دانیم که در مورد یک باتری داریم:

$$\Delta V_{\text{باتری}} = V_{\text{پایانه (+)}} - V_{\text{پایانه (-)}} = 12V$$

که در این مورد ۱۲ ولت داده شده است. ولی باید توجه کرد که در سؤال پایانه مثبت مبدأ حرکت و پایانه منفی مقصد بار تعیین شده است پس داریم:

$$\Delta U = q \cdot \Delta V = q(V_{\text{مقصد}} - V_{\text{مبدأ}}) = q(V_{\text{پایانه (-)}} - V_{\text{پایانه (+)}}) \Rightarrow \Delta U = -10 \times (-12) = 120J$$

به این ترتیب انرژی پتانسیل بار ۱۲۰J افزایش یافته است و به عبارت دیگر باتری شارژ شده است.

۱۹۴

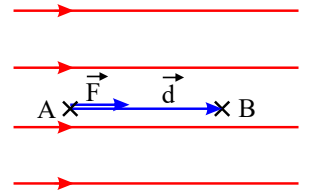
$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow \Delta U = q \cdot \Delta V = q(V_B - V_A)$$

$$\Rightarrow \Delta U = 10 \times 10^{-6} \times (-50 - 10) = -6 \times 10^{-4} J$$

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

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

$$d = \frac{6 \times 10^{-4}}{0.1} = 6 \times 10^{-3} m = 6mm$$



۱۹۵ الف)

$$E = \frac{V}{d} \Rightarrow E = \frac{300}{2 \times 10^{-2}} = 1.5 \times 10^4 \frac{N}{C}$$

ب)

$$F = Eq \Rightarrow F = 1.5 \times 10^4 \times 2 \times 10^{-6} \Rightarrow F = 0.3N$$

۱۹۶ الف) نقطه A ب) AB پ) BC

۱۹۷

الف)

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow 10V - (-40V) = \frac{\Delta U}{-1 \times 10^{-5} C}$$

$$\Rightarrow \Delta U = -5 \times 10^{-4} J \text{ کاهش}$$

ب)

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

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

$$5 \times 10^{-4} J = \frac{1}{2} (5 \times 10^{-3} kg) v^2 \Rightarrow v^2 = \frac{2(5 \times 10^{-4} J)}{(5 \times 10^{-3} kg)} \Rightarrow v^2 = 2 \times 10^{-1} \frac{m^2}{s^2} \Rightarrow v = 4.5 \times 10^{-1} \frac{m}{s}$$

۱۹۸ الف) جهت خطوط از A به B

$$\Delta U = q\Delta V \rightarrow \Delta U = -20 \times 10^{-6} \times (-20 - 30) = 10^{-3} J \text{ (ب)}$$

۱۹۹ الف) کاهش (ب) افزایش (پ) کاهش (ت) ثابت

۲۰۰ الف) کاهش

(ب) افزایش

(پ) کاهش

(ت) مثبت

۲۰۱

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \rightarrow -10 = \frac{\Delta U}{4 \times 10^{-6}} \rightarrow \Delta U = -40 \times 10^{-6} J$$

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 ($V_1 = 50V$) به

پتانسیل الکتریکی بیشتر ($V_2 = 30V$) است. یعنی بار در خلاف جهت خطوط میدان حرکت می‌کند. بنابراین $q < 0$ است. (از طرفی بار آزادانه جابه‌جا شده است یعنی انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش یافته است.)

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta E^\circ = \Delta U + \Delta K \rightarrow \boxed{\Delta K = -\Delta U} \quad (1) \\ \Delta V = \frac{\Delta U}{q} \rightarrow \Delta U = q\Delta V = (-40 \times 10^{-6})(30 - (-50)) = -32 \times 10^{-4} J \quad (2) \end{array} \right.$$

با علامت واقعی بار

$$\xrightarrow{(1), (2)} \Delta K = \frac{1}{2} m(v_2^2 - v_1^2) = -(-32 \times 10^{-4}) \rightarrow \frac{1}{2} \times \frac{2}{100} (v_2^2 - 0) = 32 \times 10^{-4}$$

$$\rightarrow v_2^2 = 32 \times 10^{-2} \rightarrow \boxed{v_2 = 0.4\sqrt{2} m/s}$$

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

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

مطابق رابطه‌ی تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی و اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه داریم:

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

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

$$\rightarrow W_2 = -2W_1$$

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

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

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

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

۲۰۴ با استفاده از تعریف پتانسیل الکتریکی و در نظر گرفتن زمین با اندیس E، داریم:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} = \frac{W_{\text{خارجی}}}{q} \Rightarrow \begin{cases} V_A - V_E = \frac{200 \times 10^{-6}}{20 \times 10^{-6}} \Rightarrow V_A - V_E = 10V \\ V_B - V_E = \frac{400 \times 10^{-6}}{-8 \times 10^{-6}} \Rightarrow V_B - V_E = -50V \end{cases}$$

$$\Rightarrow (V_B - V_E) - (V_A - V_E) = -50 - 10 \Rightarrow V_B - V_A = -60V$$

برای انتقال بار $5\mu C$ از نقطه A تا نقطه B داریم:

$$V_B - V_A = \frac{-W_E}{q} \Rightarrow -60 = \frac{-W_E}{5 \times 10^{-6}} \Rightarrow W_E = 300 \times 10^{-6} J = 300 \mu J$$

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

صفحه مثبت تا صفحه منفی، پتانسیل از ۶۰ ولت تا صفر کاهش می‌یابد. حال اگر اختلاف پتانسیل بین دو صفحه را به فاصله دو صفحه تقسیم کنیم داریم:

$$\frac{60}{12} \frac{V}{cm} = 5 \frac{V}{cm} \quad \text{یعنی در هر سانتی‌متر پتانسیل به اندازه } 5V \text{ کاهش می‌یابد، پس به ازای } 4 \text{ سانتی‌متر، پتانسیل } 20 \text{ ولت کاهش می‌یابد. بنابراین پتانسیل نقطه}$$

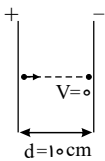
A برابر با $(60 - 20)V = 40V$ خواهد شد.

راه حل دوم: اندازه میدان الکتریکی یکنواخت بین دو صفحه برابر است با:

$$E = \frac{V}{d} = \frac{60}{12 \times 10^{-2}} = 500 \frac{N}{C}$$

با در نظر گرفتن فاصله نقطه A تا صفحه منفی، پتانسیل نقطه A برابر است با:

$$V_A = Ed \Rightarrow V_A = 500 \times (8 \times 10^{-2}) = 40V$$



۲۰۶

در غیاب نیروهای دیگر به جز نیروی الکتریکی، داریم:

$$E = \text{ثابت} \rightarrow U + K = \text{ثابت} \rightarrow U_f + K_f = U_i + K_i$$

$$\rightarrow (U_f - U_i) = -(K_f - K_i) \rightarrow \Delta U = -\Delta K \xrightarrow{\Delta U = q\Delta V}$$

از طرفی:

$$q\Delta V = -\Delta K \rightarrow (-8 \times 10^{-6})(-1000) = -(\cancel{K_f} - K_i)$$

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 صفحه با بار منفی پرتاب شده است.

بنابراین:

$$\text{اختلاف پتانسیل} \begin{cases} \Delta V = V_f - V_i = -1000V \\ v_f < v_i \end{cases}$$

$$K_i = 8 \times 10^{-3} \rightarrow \frac{1}{2} (0.2 \times 10^{-6} \times 10^{-3}) v^2 = 8 \times 10^{-3} \rightarrow v^2 = 8 \times 10^7 = 80 \times 10^6 \rightarrow v = 4000 \sqrt{5} m/s$$

۲۰۷ از قضیه کار و انرژی جنبشی استفاده می‌کنیم:

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

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

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

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

پس فاصله نقطه A از صفحه منفی برابر ۵cm 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 جابه‌جا شده، 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.

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

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

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

$$= W_{L_0} - 2 \times 10^{-3} J \Rightarrow 10 \times 10^{-3} J = W_{L_0} - 2 \times 10^{-3} J \Rightarrow W_{L_0} = 10 \times 10^{-3} J + 2 \times 10^{-3} J \Rightarrow W_{L_0} = 12 \times 10^{-3} J$$

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 تایلش حرکت کرده است، انرژی پتانسیل افزایش می‌یابد. میدان هم که همه‌جا ثابت است.

مسیر	پتانسیل الکتریکی (V)	انرژی پتانسیل الکتریکی (U)	میدان الکتریکی (E)
A → B	کاهش	افزایش	*
B → C	ثابت	*	ثابت

۲۱۲ الف) مثبت، زیرا نیروی دست هم جهت 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 انجام شده توسط نیروی دست به صورت 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 اجازه عبور می‌دهد و نسبت به بعضی از مواد مانند پروتئین‌ها نفوذناپذیر است. این خاصیت غشای نورون موجب می‌شود که ترکیب مواد در داخل نورون‌ها با ترکیب مواد در محیط خارج نورون‌ها متفاوت باشد. داخل نورون، یون پتاسیم (بار مثبت) زیادی وجود دارد، در حالی که خارج نورون، یون سدیم (بار منفی) بیشتری وجود دارد که باعث ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی در حدود ۸۰ میلی‌ولت بین داخل و خارج سلول می‌شود. وقتی نورون تحریک می‌شود، خاصیت نفوذپذیری غشا به سدیم زیاد شده و سدیم زیادی وارد آن می‌شود. در نتیجه وضعیت بارهای الکتریکی در دو سوی غشا در نقطه تحریک شده 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

$$\Delta V = 12 V, V_+ = 0, V_- = ?$$

$$\Delta V = V_+ - V_- \Rightarrow 12 = 0 - V_- \Rightarrow V_- = -12 V$$

۲۱۵ با حرکت بار مثبت در جهت خطوط میدان، انرژی پتانسیل الکتریکی کم می‌شود:

$$\left. \begin{array}{l} \Delta U_E < 0 : \text{انرژی پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد.} \\ q > 0 : \text{بار مثبت است.} \end{array} \right\} \xrightarrow{\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q}} \Delta V < 0$$

با حرکت بار منفی در جهت خطوط میدان، انرژی پتانسیل الکتریکی افزایش پیدا می‌کند:

$$\left. \begin{array}{l} \Delta U_E > 0 : \text{انرژی پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد.} \\ q < 0 : \text{بار منفی است.} \end{array} \right\} \xrightarrow{\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q}} \Delta V < 0$$

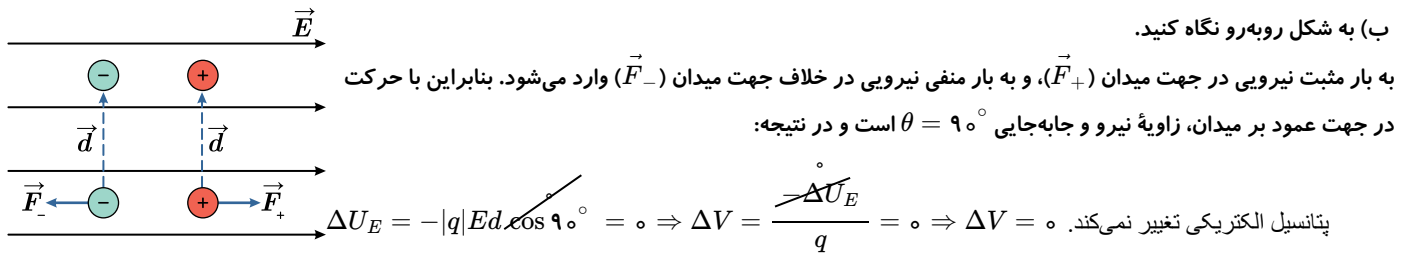
با حرکت بار مثبت در خلاف جهت خطوط میدان، انرژی پتانسیل الکتریکی افزایش پیدا می‌کند:

پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد. $\Rightarrow \Delta V > 0 \rightarrow \Delta V = \frac{\Delta U_E}{q}$ } انرژی پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد. $\Delta U_E > 0$: بار مثبت است. $q > 0$

با حرکت بار منفی در خلاف جهت خطوط میدان، انرژی پتانسیل الکتریکی کم می‌شود:

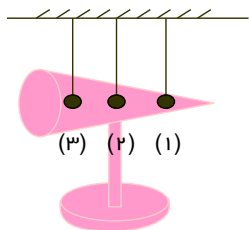
پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد. $\Rightarrow \Delta V > 0 \rightarrow \Delta V = \frac{\Delta U_E}{q}$ } انرژی پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد. $\Delta U_E < 0$: بار منفی است. $q < 0$

(ب) به شکل روبه‌رو نگاه کنید.



۲۱۶ چه کلید k بسته باشد و چه باز باشد بارهای الکتریکی حرکتی نمی‌کنند چون در هر صورت رساناهای بهم متصل هم پتانسیل 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 پایه 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 نوک تیز 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 تسمه 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 شانه فلزی منعطف به سطح تسمه، بارها به سمت کلاهک فلزی رانده می‌شوند و روی آن تجمع پیدا می‌کنند.

۲۱۹ گزینه ۱

۲۲۰ شکل (۲) - زیرا آونگ A پس از تماس با ظرف B جزو سطوح داخلی ظرف B محسوب شده و به واسطه 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 ذره 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 - کره B باردار نمی‌شود. زیرا بار الکتریکی داده شده به ظرف رسانای A ، بواسطه وجود نیروهای دافعه الکتریکی به خارجی‌ترین سطح آن می‌روند و داخل ظرف بدون بار می‌ماند.

۲۲۳ ابتدا مخروط فلزی را با وان‌دوگراف باردار می‌کنیم. سپس گلوله فلزی کوچک را از دسته عایق گرفته و با نوک تیز مخروط تماس می‌دهیم. سپس گلوله را با کلاهک الکتروسکوپ تماس می‌دهیم. مشاهده می‌شود ورقه‌های الکتروسکوپ از یکدیگر دور می‌شوند. با تماس دست، گلوله فلزی و الکتروسکوپ را خنثی می‌کنیم. اینک گلوله را از دسته عایق گرفته و با بدنه مخروط فلزی تماس داده و سپس آن را با کلاهک الکتروسکوپ تماس می‌دهیم. در این حالت، مشاهده می‌شود که ورقه‌های الکتروسکوپ نسبت به حالت اول (نوک تیز) انحراف کمتری پیدا می‌کنند. نتیجه می‌گیریم که تجمع بار در نقاط نوک تیز سطح جسم رسانای منزوی باردار از نقاط دیگر آن بیشتر است.

۲۲۴ الف) آونگ‌ها در تماس با مخروط، دارای بار همانم با آن می‌شوند و بر اثر دافعه بین بارهای همانم، آونگ‌ها از مخروط دور می‌شوند.

ب) آونگ (۱)؛ چون چگالی سطحی بار، در نقاط نوک تیز بیشتر است.

۲۲۵ الف)

$$\sigma = \frac{Q}{A} \rightarrow \sigma = \frac{4 \times 10^{-6}}{1 \times 10^{-4}} = 4 \times 10^{-2} \frac{C}{m^2}$$

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 رابطه $Q = \sigma A$ داریم:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\sigma_1}{\sigma_2} \times \frac{A_1}{A_2} \xrightarrow{\sigma_1 = \sigma_2} \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{4\pi R_1^2}{4\pi R_2^2} = \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2 = \left(\frac{2}{3}\right)^2 = \frac{4}{9}$$

۲۲۸ با تماس کره فلزی A به داخل پوسته کره‌ای، کل بار کره A به سطح خارجی پوسته B منتقل می‌شود و بار کره A صفر می‌شود. بار پوسته کره‌ای هم با توجه به پایداری بار از جمع بار کره A و B به دست می‌آید:

$$q_A + q_B = q'_A + q'_B \Rightarrow q'_B = -6\mu C + 10\mu C = 4\mu C$$

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 کره مسی در سطح خارجی پخش می‌شود و بار در کره پلاستیکی همان قسمتی که بار گرفته است، باقی می‌ماند.

۲۳۱ برق گیر میله یا سیم‌های رسانایی هستند که در بالاترین نقطه 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.

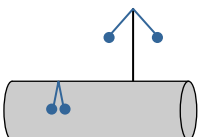
۲۳۲ ابتدا در هر دو آهنگ که بدون بار هستند مقداری بار الکتریکی توسط جسم دوکی شکل القا می‌شود و آونگ‌ها به سمت دوک جذب می‌شوند. بعد از برخورد آونگ‌ها با سطح دوک، مقداری از بار دوک به آنها منتقل شده و باری همانم با بار جسم دوکی شکل پیدا می‌کنند و به علت نیروی دافعه بین بارهای همانم، از جسم دوکی شکل دور می‌شوند. مشاهده می‌کنیم آونگی که به قسمت نوک تیز جسم برخورد می‌کند، بیشتر منحرف می‌شود، علت این است که چگالی بار در قسمت نوک تیز جسم دوکی شکل 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 بسته ساخته شده از فلز یا رسانایی دیگر است. اگر فردی را درون این قفس قرار داده و مولد وان دوگرافی در نزدیکی قفس نصب و آن را تا حد زیادی باردار کنیم، با وجود اینکه بارهای الکتریکی به صورت 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 قطبی 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 نظریه فاراده، امواج الکترومغناطیسی که به طور طبیعی از اطراف یک ماده 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 پر قدرت 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 در بسته‌ای قرار دهید یا یک فویل آلومینیومی را به دور آن بپیچید، از دسترس خارج خواهد شد.

ب) بدنه اتومبیل یا هواپیما از جنس فلز (رسانا) است. بنابراین، بار الکتریکی منتقل شده به آنها طبق آزمایش فاراده در سطح خارجی قرار گرفته و به افراد داخل اتومبیل یا هواپیما آسیبی نمی‌رسد.

پ) یک استوانه فلزی را به مولد وان دوگراف 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

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

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

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

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

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

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

۲۳۵ اگر بار الکتریکی خازن ثابت بماند و فاصله صفحات از هم دو برابر شوند بر اساس رابطه $C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d}$ ظرفیت خازن نصف می شود. در مورد انرژی ذخیره شده در خازن در حالت های اول و دوم می توان 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 ذخیره شده ۲ برابر حالت اول است. پس جرقه ای که ایجاد می شود بزرگ تر از حالت قبل خواهد بود (نور و صدای ایجاد شده بیشتر است).

۲۳۶ بار الکتریکی: افزایش میدان الکتریکی: ثابت انرژی: افزایش

۲۳۷

$$Q = CV \rightarrow \begin{cases} Q_1 = CV_1 \\ Q_2 = CV_2 \end{cases} \xrightarrow{\text{کم کردن دو رابطه از هم}} Q_2 - Q_1 = C(V_2 - V_1)$$

$$\Rightarrow \Delta Q = C(V_2 - V_1) \Rightarrow 15 \times 10^{-6} = C(40 - 28) \Rightarrow C = \frac{15 \times 10^{-6}}{12} = 1.25 \mu F$$

۲۳۸ الف) برابر نیروی محرکه مولد است. ب) ظرفیت افزایش می یابد، میدان الکتریکی ثابت می ماند.

۲۳۹

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} = 4.9 \times 1.85 \times 10^{-12} \frac{1}{0.5 \times 10^{-3}} \Rightarrow C = 18.73 \times 10^{-9} F = 18.73 nF$$

۲۴۰

الف

$$Q = CV = (12 \mu F)(5 \times 10^3 V) = 6 \times 10^4 \mu C$$

ب

$$U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times (12 \mu F)(5 \times 10^3 V)^2 = 1.5 \times 10^2 \mu J$$

پ

$$P = \frac{\text{انرژی}}{\text{زمان}} = \frac{1.5 \times 10^2 \mu J}{(2 \times 10^{-4})} = 7.5 \times 10^5 \mu W = 0.75 W$$

۲۴۱ بر اساس رابطه $V = Ed$ در خازن ها می توان گفت که با زیاد کردن فاصله بین صفحات، به دلیل 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 فاصله بین صفحات خازن طبق رابطه $C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d}$ ، ظرفیت کاهش می یابد. پس مورد پ) نیز نادرست است.

بر اساس رابطه $Q = CV$ با توجه به ثابت ماندن V و نصف شدن ظرفیت خازن، بار ذخیره شده روی خازن نیز نصف می شود پس مورد ت) نیز نادرست است.

۲۴۲ در خازن با دی الکتریک هوا، $\kappa = 1$ است:

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

$$1 = 1 \times 1,88 \times 10^{-12} \times \frac{A}{1 \times 10^{-3}} \Rightarrow A = 1,13 \times 10^6 m^2$$

می‌توان نتیجه گرفت که با دی‌الکتریک هوا، خازن فقط با ظرفیت‌های پایین قابل ساخته شدن است؛ چرا که چنین مساحت زیادی به هیچ‌وجه عملی نیست.

۲۴۳ الف) ظرفیت خازن فقط تابع شرایط ساختمانی آن است و با تغییر در بار الکتریکی ظرفیت آن عوض نمی‌شود؛ بلکه طبق رابطه $Q = CV$ 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 صفحه خازن را به دست می‌آوریم:

$$C = \frac{Q}{\Delta V} \Rightarrow 40 \times 10^{-6} = \frac{10 \times 10^{-6}}{\Delta V} \Rightarrow \Delta V = \frac{1}{4} V$$

حالا با استفاده از رابطه $E = \frac{\Delta V}{d}$ ، میدان بین صفحات را محاسبه می‌کنیم:

$$E = \frac{\Delta V}{d} \Rightarrow E = \frac{\frac{1}{4}}{1 \times 10^{-2}} = \frac{100}{4} = 25 V/m$$

۲۴۶ بار خازن ثابت می‌ماند چون از مولد جدا شده است.

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{k_2}{k_1} \times \frac{A_2}{A_1} \times \frac{d_1}{d_2} = 10 \times 1 \times \frac{1}{2} = 5 \Rightarrow C_2 = 5C_1$$

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{Q_2}{Q_1} \times \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow 5 = 1 \times \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow V_2 = \frac{1}{5} V_1$$

$$\frac{U_2}{U_1} = \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^2 \times \left(\frac{C_1}{C_2}\right) = 1 \times \frac{1}{5} \Rightarrow U_2 = \frac{1}{5} U_1$$

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

ب) اتم‌های ماده 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 به معنای افزایش ظرفیت خازن است.

۲۴۸ الف) با توجه به شکل، حداکثر ولتاژ در دو سر خازن برابر $400 V$ است.

$$U = \frac{1}{2} CV^2 \Rightarrow U_{max} = \frac{1}{2} \times 10 \times 10^{-6} \times (400)^2 = 0,8 J$$

ب) فروریزش الکتریکی اتفاق می‌افتد.

۲۴۹

$$U = Pt$$

$$U = 4 \times 10^3 \times 2 \times 10^{-3} = 8 J$$

$$U = \frac{1}{2} CV^2 \rightarrow 8 = \frac{1}{2} \times C \times (200)^2 \rightarrow C = 4 \times 10^{-4} F$$

۲۵۰ گام اول: ظرفیت خازن را در حالت اول (کمترین فاصله بین صفحات) محاسبه می‌کنیم:

$$C_1 = \epsilon_0 \frac{A}{d} = (9 \times 10^{-12} \frac{F}{m}) \frac{(6 \times 10^{-5} m^2)}{1 \times 10^{-3} m} = 54 \times 10^{-14} F = 54 \times 10^{-2} pF$$

گام دوم: ظرفیت خازن را در حالت دوم (بیشترین فاصله بین صفحات) به دست می‌آوریم:

$$C_2 = \epsilon_0 \frac{A}{d} = (9 \times 10^{-12} \frac{F}{m}) \frac{(6 \times 10^{-5} m^2)}{1,2 \times 10^{-3} m} = 45 \times 10^{-14} F = 45 \times 10^{-2} pF$$

گام سوم: حالا اختلاف ظرفیت خازن را که ایجاد یک سیگنال می‌کند، به دست می‌آوریم:

$$\Delta C = C_2 - C_1 = 54 \times 10^{-2} pF - 45 \times 10^{-2} pF = 9 \times 10^{-2} pF$$

۲۵۱

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{A_2}{A_1} \times \frac{d_1}{d_2} = \frac{\frac{1}{2} A_1}{A_1} \times \frac{d_1}{2d_1} = \frac{1}{4}$$

بنابراین $C_2 = \frac{1}{4} C_1$ خواهد شد.

۲۵۲ الف) صفحه B - زیرا به پایانه مثبت باتری متصل شده است.

ب) افزایش می‌یابد - زیرا برای جدا کردن بار مثبت از صفحه منفی و جابه‌جایی آن در خلاف جهت میدان الکتریکی باید انرژی مصرف کنیم (جهت میدان الکتریکی در فضای بین خازن از صفحه مثبت به صفحه منفی است) بخشی از این انرژی مصرف شده توسط ما در خازن ذخیره می‌شود.

۲۵۳ الف) ۳ (ب) ۱ (پ) ۲

۲۵۴ الف) منفی (ب) برابر با (پ) کمتر از

۲۵۵ الف)

$$U = \frac{q^2}{2C} \quad \text{کاهش } U : \xrightarrow{\text{افزایش } C} \xrightarrow{\text{افزایش } \kappa} \text{ ثابت } q : \Rightarrow \text{خازن جدا از باتری}$$

$$C = \frac{\kappa \epsilon_0 \cdot A}{d}$$

(ب)

$$U = \frac{q^2}{2C} \quad \text{افزایش } U : \xrightarrow{\text{کاهش } C} \xrightarrow{\text{کاهش } A} \text{ ثابت } q : \Rightarrow \text{خازن جدا از باتری}$$

$$C = \frac{\kappa \epsilon_0 \cdot A}{d}$$

۲۵۶ با خارج کردن دی‌الکتریک، طبق رابطه $C = \frac{\kappa \epsilon_0 A}{d}$ ، ظرفیت خازن کاهش می‌یابد. از آنجایی که خازن به مولد وصل نیست، بار الکتریکی روی صفحات

آن ثابت است؛ در نتیجه طبق رابطه $C = \frac{q}{V}$ ، با کاهش C ، اختلاف پتانسیل خازن افزایش می‌یابد.

۲۵۷ الف) ثابت - زیرا پس از اینکه خازن شارژ شد طبق رابطه $Q = CV$ 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 رابطه $C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d}$ با خارج کردن دی‌الکتریک ظرفیت خازن کاهش می‌یابد ولی چون مقدار بار Q ثابت مانده است طبق رابطه $Q = C \downarrow V \uparrow$ 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 $C = \kappa \frac{\epsilon_0 A}{d}$ ، با ورود دی‌الکتریک، ظرفیت خازن افزایش می‌یابد

۲۶۰

الف) درست

۲۶۱

الف

$$C = 20 \times 10^{-9} F, Q = 180 \times 10^{-9} C, U = ?$$

$$U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} \times \frac{(180 \times 10^{-9})^2}{(20 \times 10^{-9})} = 8.1 \times 10^{-7} J$$

ب) چون ابتدا باتری را از خازن جدا و سپس فاصله صفحات را دو برابر می‌کنیم، بار روی صفحات تغییر نمی‌کند: $Q_1 = Q_2$

طبق رابطه $C = \epsilon_0 \frac{A}{d}$ فاصله صفحات و ظرفیت خازن رابطه عکس دارند؛ بنابراین اگر فاصله صفحات را دو برابر کنیم، ظرفیت خازن نصف می‌شود:

$$C_p = \frac{1}{2} C_1$$

$$\frac{U_p}{U_1} = \frac{\frac{1}{2} \frac{Q_p}{C_p}}{\frac{1}{2} \frac{Q_1}{C_1}} = \left(\frac{\phi_p}{\phi_1} \right)^2 \left(\frac{C_1}{C_p} \right) = \frac{\phi_1}{\frac{1}{2} \phi_1} \Rightarrow \frac{U_p}{U_1} = 2 \Rightarrow U_p = 2U_1$$

۲۶۲

الف

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow C = 9 \times 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2} \times \frac{4 \times 10^{-8} m^2}{2 \times 10^{-3} m} \Rightarrow C = 18 \times 10^{-13} F$$

ب

$$E = \frac{V}{d} \Rightarrow V = 500 \times 2 \times 10^{-3} = 1V$$

۲۶۳

الف

ب

$$U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 10^{-6} \times 400^2 = 0.8J$$

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 به صورت یک استوانه در می‌آورند و در محفظه‌ای پلاستیکی قرار می‌دهند. ظرفیت این نوع خازن‌ها از $1nF$ تا $1\mu F$ است. خازن‌های میکا: در این نوع خازن‌ها بین ورقه‌های فلزی نازک قلعی ورقه‌های نازک میکا قرار می‌دهند و ورقه‌های قلع را یک در میان به یکدیگر وصل می‌کنند. ظرفیت این خازن‌ها حدود 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 صفحه فلزی اندودشده با اکسید آلومینیم به طوری که صفحه فلزی، قطب مثبت خازن و لایه اکسید، دی‌الکتریک آن باشد تشکیل شده است. الکترولیت جامد یا مایع که غالباً کاغذی آغشته به مایع الکترولیت است به عنوان قطب منفی خازن عمل می‌کند. ظرفیت این خازن‌ها بالا است و تا حدود $0.1F$ می‌رسد.

خازن‌های متغیر: دی‌الکتریک این خازن‌ها معمولاً هوا است. در ساختمان آنها دو نوع صفحه فلزی یک دسته ثابت و دسته دیگر متحرک به کار 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 به کار می‌رفته است.

آبرخازن‌ها: این نوع خازن‌ها از موادی مانند زغال فعال پر شده‌اند که خود درون نوعی الکترولیت قرار گرفته‌اند. زغال‌ها پس از قرار گرفتن در دو سوی خازن که توسط غشای عایق و نفوذپذیری به نام جداکننده از هم جدا شده‌اند، بارهایی با علامت مخالف می‌گیرند و با توجه به نفوذپذیری جداکننده، یون‌های موجود در الکترولیت از غشای جداکننده عبور می‌کنند؛ به طوری 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، به طوری که در مقیاس نانو سطح تماس بسیار بزرگی با یون‌ها دارند و به این ترتیب مساحت صفحات این خازن‌ها به مراتب بزرگ‌تر از مساحت سطح یک خازن معمولی است. بنابراین این خازن‌ها ظرفیت‌های بسیار بزرگی از مرتبه کیلوفاراد دارند که میلیون‌ها برابر خازن‌های معمولی است. از مزایای این نوع خازن‌ها شارژ سریع آنها است که باعث استفاده از آنها در وسایل الکتریکی می‌شود.

۲۶۵

یاخته عصبی را با یک خازن تخت، مدل‌سازی می‌کنیم.

گام اول: ابتدا کمک رابطه ظرفیت خازن تخت، ظرفیت این خازن را به دست می‌آوریم.

$$V = 85 \text{ mV} = 85 \times 10^{-3} \text{ V} , \quad \epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}} , \quad e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} , \quad \kappa = 3$$

$$d = 10 \text{ nm} = 10 \times 10^{-9} \text{ m} = 10^{-8} \text{ m} , \quad A = 1 \times 10^{-10} \text{ m}^2$$

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} = \frac{3 \times 8.85 \times 10^{-12} \times 1 \times 10^{-10}}{10 \times 10^{-9}} \Rightarrow C = 2.655 \times 10^{-13} \text{ F}$$

گام دوم: حالا بار الکتریکی این خازن را محاسبه می‌کنیم.

$$Q = CV = 2.655 \times 10^{-13} \times 85 \times 10^{-3} \Rightarrow Q = 2.257 \times 10^{-14} \text{ C}$$

گام سوم: در این مرحله تعداد یون‌ها را به سادگی به دست می‌آوریم.

$$q = ne \Rightarrow n = \frac{q}{e} = \frac{2.257 \times 10^{-14}}{1.6 \times 10^{-19}} \simeq 1.41 \times 10^5$$

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

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.

