خودآموز فصل ۱ فیزیک یازدهم

رشته ریاضی

سال: ۱۴۰۳

دکتر احسان احمدی نژاد

https://t.me/phyzilandgroup

بخش اول:

تمارین و پرسش ها

پرسش ۱ـ۱

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

روکش های پلاستیکی (سلفون) معمولا در کارخانه ها به شکل رول تولید می شوند. این رول ها حاوی لایه های بسیار زیادی از این روکش های پلاستیکی است و بنابراین هنگامی که قصد داریم ظروف و یا هر نوع وسیله دیگری را با این روکش ها بپوشانیم باید آن را از رول جدا کنیم. در این فرآیند جداسازی در اثر مالش بین لایه ها، روکش ها به شکل جزئی باردار می شوند. لذا هنگام پوشاندن سطح ظروف، لبه های ظرف قطبیده می شوند و همدیگر را جذب می کنند. به این صورت روکش به لبه های ظرف می چسبد.

تمرین ۱ـ۱

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

الف) هسته اتم متشکل از پروتون و نوترن است. از آنجا که نوترون خنثی است لذا بار هسته ها برابر می شود با عدد اتمی ضربدر بار پروتون:

$$q_p = +ze = 92 \times 1.6 \times 10^{-19} C \cong 1.5 \times 10^{-17} C$$

ب) در حالت خنثی تعداد الکترون ها و پروتون ها در اتم برابر است. پس مجموع بار الکترون های اتم اورانیوم خنثی برابر است با:

$$q_e = -q_p \cong -1.5 \times 10^{-17} C$$

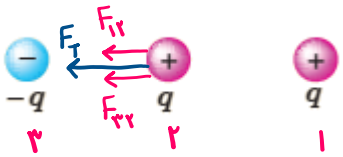
پ) بار اتم در حالت خنثی برابر با صفر است. یعنی تعداد الکترون ها با تعداد پروتون ها برابر است.

$$q_a = q_e + q_p = 0$$

پرسش ۱ــ۲

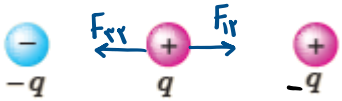
سه ذرّه باردار مانند شکل روبه‌رو، روی یک خط راست قرار دارند و فاصلهٔ بارهای سمت راست و چپ از بار میانی برابر است. الف) جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار الکتریکی میانی را تعیین کنید.
ب) اگر ذرّهٔ سمت راست به جای q، بار $-q$ داشته باشد، جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار میانی چگونه خواهد بود؟

الف) از آنجا که بارهای الکتریکی و فواصل بین آنها با هم برابر است، بنابراین نیروی الکتریکی وارد بر بار میانی از طرف دیگر بارها برابر و به سمت چپ می باشد. پس نیروی برآیند نیز به سمت چپ خواهد بود.



$$F_{12}=\frac{k|q|^2}{r^2}=F_{32}\rightarrow F_T=F_{12}+F_{32}=2F_{12}=2F_{32}$$

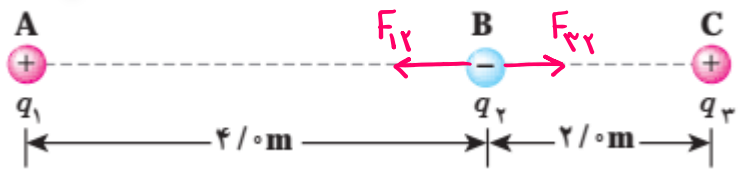
ب) در این حالت جهت دو نیرو در خلاف هم بوده و نیروی برآیند برابر صفر است.



$$F_T=F_{12}-F_{32}=0$$

تمرین ۱ــ۲

در مثال ۱ــ۳، نیروی خالص وارد بر بار q_2 را به‌دست آورید. $q_1=+2/5\mu C$ ، $q_2=-1/0\mu C$ و $q_3=+4/0\mu C$



$$F_{32}=\frac{k|q_3||q_2|}{4}=\frac{9\times10^9\times4\times10^{-6}\times1\times10^{-6}}{4}=9\times^{10^{-3}}N$$

$$F_{12}=\frac{k|q_1||q_2|}{16}=\frac{9\times10^9\times2.5\times10^{-6}\times1\times10^{-6}}{16}\cong1.4\times^{10^{-3}}N$$

$$F_T=F_{32}-F_{12}=(9-1.4)\times10^{-3}N=7.6\times10^{-3}N$$

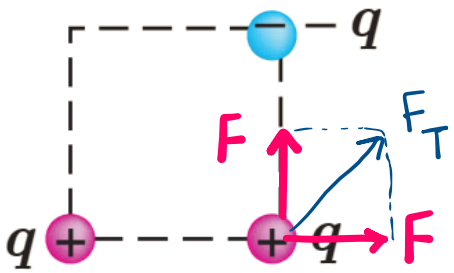
پرسش ۱ــ ۳

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

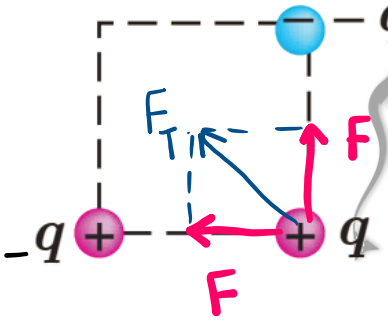
الف) جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار سمت راست پایینی را تعیین کنید.

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

الف)



ب)



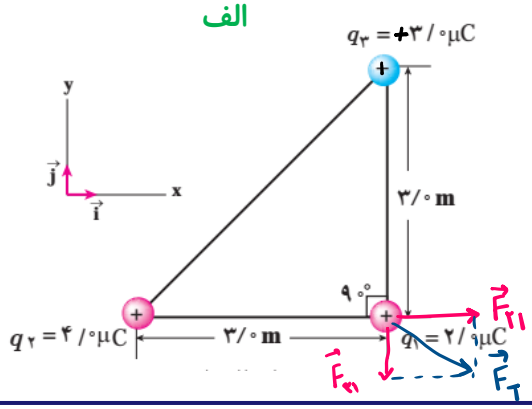
تمرین ۱ــ ۳

در مثال ۱ــ ۴؛ الف) اگر علامت بار $q_۲$ تغییر کند جهت نیروی برایند وارد بر بار $q_۱$ چگونه خواهد شد؟

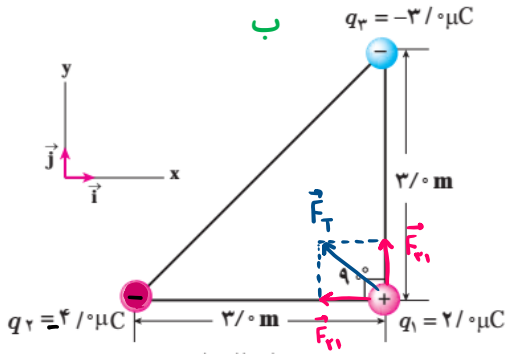
ب) اگر علامت بار $q_۲$ تغییر کند، جهت نیروی برایند وارد بر بار $q_۱$ چگونه خواهد شد؟

پ) آیا اندازهٔ نیروی برایند وارد بر بار $q_۱$ در قسمت‌های الف و ب با مقدار به دست آمده در مثال ۱ــ ۴ متفاوت است؟

الف



ب



پ) به دلیل اینکه اندازه بارها و فواصل بین تغییر نکرده، بزرگی نیروی برآیند نیز تغییر نمی کند و صرفاً جهت آن متفاوت است.

تمرین ۱ـ۴

طبق *مدل بور* برای اتم هیدروژن، در حالت پایه فاصلهٔ الکترون از پروتون هسته برابر با $۵/۳\times۱۰^{-۱۱}\,m$ است.

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

ب) در چه فاصله‌ای از پروتون هسته، بزرگی میدان الکتریکی برابر با بزرگی میدان الکتریکی حاصل از مولد وان‌دوگراف مثال پیش در فاصلهٔ $۱/۰\,m$ از مرکز کلاهک آن است؟

الف)

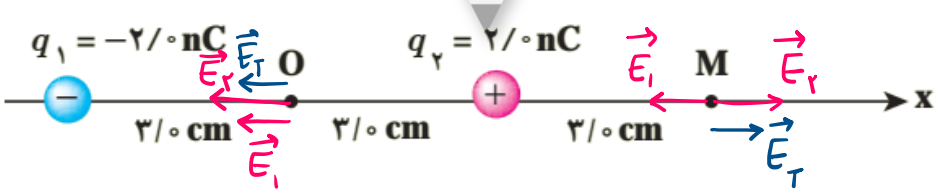
$$E=\frac{k|q|}{r^2}=\frac{ke}{r^2}=\frac{9\times10^9\times1.6\times10^{-19}}{(5.3\times10^{-11})^2}\cong 5.13\times10^{11}\,\frac{N}{C}$$

ب) بر طبق نتایج مثال ۱-۶ میدان در فاصله ۱ متری از مولد وان دوگراف برابر $9\times10^3\ N/c$ است.

$$E=\frac{k|q|}{r^2}\rightarrow r=\sqrt{\frac{k|q|}{E}}=\sqrt{\frac{9\times10^9\times1.6\times10^{-19}}{9\times10^3}}=4\times10^{-7}m$$

تمرین ۱ـ۵

شکل زیر، آرایشی از دو بار الکتریکی هم‌اندازه و غیرهمنام (دوقطبی الکتریکی) را نشان می‌دهد که در آن فاصلهٔ دو بار از هم $۶/۰\,cm$ است. میدان الکتریکی خالص را در نقطه‌های O و M به‌دست آورید.



$$\vec{E}_M=\vec{E}_2-\vec{E}_1=\frac{k|q|}{r_{2M}^2}\vec{\imath}-\frac{k|q|}{r_{1M}^2}\vec{\imath}=k|q|\left(\frac{1}{r_{2M}^2}-\frac{1}{r_{1M}^2}\right)\vec{\imath}$$

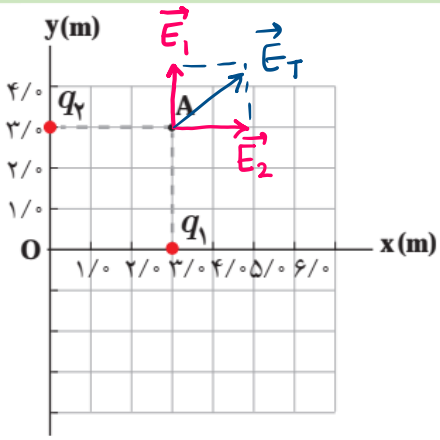
$$=9\times10^9\times2\times10^{-9}\left(\frac{1}{9\times10^{-4}}-\frac{1}{81\times10^{-4}}\right)\vec{\imath}=18\times10^4\left(\frac{8}{81}\right)\vec{\imath}\cong1.8\times10^4\,\frac{N}{C}\vec{\imath}$$

$$\vec{E}_0=-(\vec{E}_1+\vec{E}_2)=-9\times10^9\times2\times10^{-9}\left(\frac{1}{9\times10^{-4}}+\frac{1}{9\times10^{-4}}\right)\vec{\imath}=-18\times10^4\left(\frac{2}{9}\right)\vec{\imath}$$

$$\cong-4\times10^4\,\frac{N}{C}\vec{\imath}$$

تمرین ۱ــ۶

میدان الکتریکی خالص حاصل از آرایش بار مثال ۱ــ۸ را در نقطهٔ A تعیین کنید. $(q_1 = q_2 = ۵/۰\ \mu C)$.



$$E_1 = \frac{k|q_1|}{r_1^2} = \frac{9\times10^9\times5\times10^{-6}}{9} = 5\times10^3\,\frac{N}{C}$$

$$E_1 = \frac{k|q_2|}{r_2^2} = \frac{9\times10^9\times5\times10^{-6}}{9} = 5\times10^3\,\frac{N}{C}$$

$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = E_1\vec{j} + E_2\vec{i} = 5\times10^3(\vec{i}+\vec{j})$$

$$E_T = \sqrt{25\times10^6 + 25\times10^6} = 5\sqrt{2}\times10^3\ {}^{N}/_{C}$$

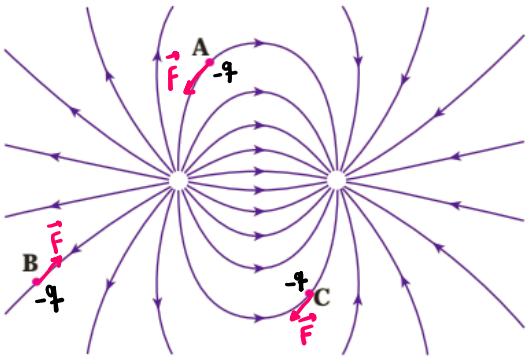
پرسش ۱ــ۴

به نظر شما چرا خطوط میدان الکتریکی برایند هرگز یکدیگر را قطع نمی کنند؟

چنانچه خطوط میدان همدیگر را قطع نمایند، در یک نقطه دو مقدار برای میدان خواهیم داشت و این با خاصیت یکتا بودن میدان مغایرت دارد. در این حالت اگر یک بار آزمون را در آن نقطه قرار دهیم، بار باید همزمان در دو جهت شروع به حرکت کند، که این در واقعیت امکانپذیر نمی باشد.

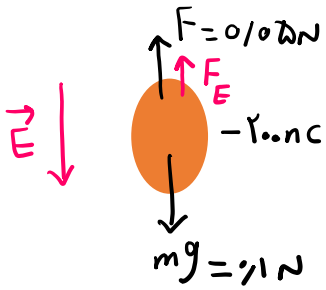
پرسش ۱ــ۵

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



تمرین ۱ـ۷

روی سطح بادکنکی به جرم ۰/۰g ۱ بار الکتریکی ۲۰۰nC- ایجاد می‌کنیم و آن را در یک میدان الکتریکی قرار می‌دهیم. بزرگی و جهت این میدان الکتریکی را در صورتی که بادکنک معلق بماند، تعیین کنید. اندازهٔ نیروی شناوری رو به بالای وارد بر بادکنک را ۰/۰۵۰N فرض کنید.

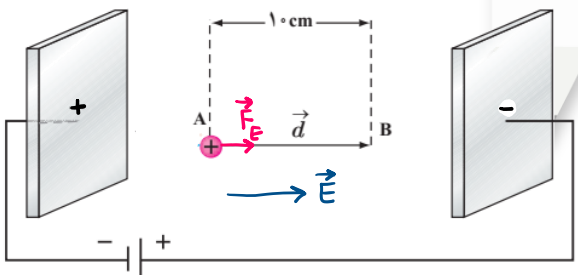


از آنجا که نیروی وزن از نیروی شناوری بیشتر است، پس برای معلق ماندن بادکنک باید نیروی الکتریکی به سمت بالا وارد شود. چون بار بادکنک منفی است، پس جهت میدان الکتریکی باید به سمت پایین باشد تا نیرویی رو به بالا به باد کنک وارد کند. از توازن نیروها می توان مقدار نیروی الکتریکی را حساب کرد.

$$F_E = mg - F = 0.1 - 0.05 = 0.05N$$

تمرین ۱ـ۸

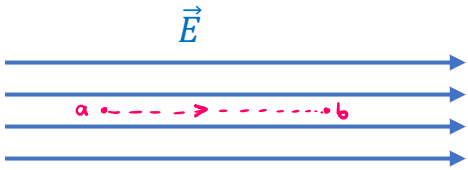
در مثال ۱ـ۱۰ اگر جای قطب‌های باتری عوض شود و پروتون را در نقطهٔ A از حالت سکون رها کنیم، پروتون با چه تندی‌ای به نقطهٔ B می‌رسد؟



$$w_E = \Delta k \rightarrow qE\,\mathrm{d}\cos 0^0 = \frac{1}{2}mv_B^2 \rightarrow v_B = \sqrt{\frac{2qEd}{m}} = \sqrt{\frac{2\times 1.6\times 10^{-19}\times 2\times 10^3\times 0.1}{1.67\times 10^{-27}}}$$
$$\cong \sqrt{3.8\times 10^{10}} \approx 2\times 10^5 m/s$$

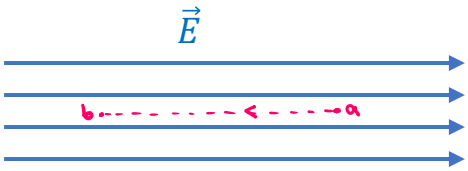
تمرین ۱ــ۹

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



$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} = -E\,d\cos 0 = -Ed$$

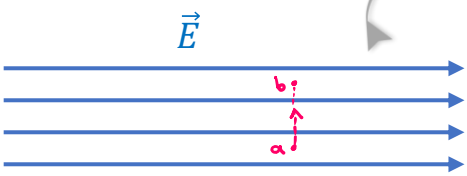
$$V_b - V_a < 0 \rightarrow V_b < V_a$$



$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} = -E\,d\cos 180 = +Ed$$

$$V_b - V_a > 0 \rightarrow V_b > V_a$$

در روابط بالا مشاهده می کنیم که پتانسیل الکتریکی فقط به بزرگی میدان و فاصله که هر دو کمیت هایی مثبت هستند بستگی دارد و مقدار آن مستقل از نوع بار الکتریکی است.



$$\Delta V = -E\,d\cos 90 = 0 \rightarrow V_b = V_a$$

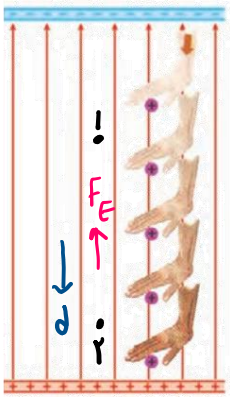
تمرین ۱ــ۱۰

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

$$\Delta V = V_+ - V_- = 12 \rightarrow 0 - V_- = 12v \rightarrow V_- = -12v$$

تمرین ۱ـ۱۱

در شکل ۱ـ۲۷ الف) با فرض آنکه بار $q+$ در ابتدا و انتهای جابه‌جایی ساکن باشد، آیا کار نیروی خارجی، مثبت است یا منفی؟
ب) آیا بار $q+$ به نقطه‌ای با پتانسیل بیشتر حرکت کرده است یا به نقطه‌ای با پتانسیل کمتر؟ توضیح دهید.



الف)

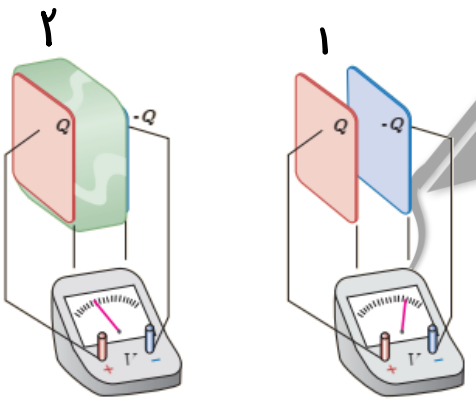
$$w + w_E = \Delta k = 0 \rightarrow w = -w_E \xrightarrow{w_E<0} w > 0$$

ب) مطابق رابطه زیر، به ناحیه با پتانسیل بیشتر حرکت کرده است.

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} = \frac{-w_E}{q} = \frac{w}{q} > 0 \rightarrow V_2 - V_1 > 0 \rightarrow V_2 > V_1$$

پرسش ۱ـ۶

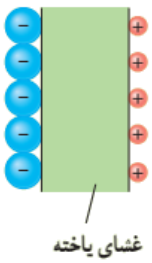
در شکل زیر صفحه‌های باردار یک خازن تخت را که بین آنها هواست، به ولت‌سنج وصل می‌کنیم. با وارد کردن دی‌الکتریک در بین صفحه‌ها، اختلاف پتانسیل دو صفحه کاهش می‌یابد. علت آن را توضیح دهید. (توجه کنید که این آزمایش با بیشتر ولت‌سنج‌های معمولی و رایج ممکن نیست.)



با ورود دی الکتریکی به خازن، میدان الکتریکی بین صفحات کاهش می یابد. از آنجا که میدان الکتریکی رابطه مستقیم با پتانسیل الکتریکی دارد، در نتیجه پتانسیل خازن کاهش می یابد

$$\Delta V = Ed:\ E_2 < E_1 \rightarrow \Delta V_2 < \Delta V_1$$

تمرین ۱ــ ۱۲



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

ظرفیت یاخته

$$C = \frac{k\varepsilon_0 A}{d} = \frac{3 \times 8.85 \times 10^{-12} \times 10^{-10}}{10 \times 10^{-9}} = 2.65 \times 10^{-13} F$$

بار یون

$$q = CV = 2.65 \times 10^{-13} \times 85 \times 10^{-3} \cong 2.3 \times 10^{-14} C$$

تعداد یون

$$n = \frac{q}{e} = \frac{2.3 \times 10^{-14}}{1.6 \times 10^{-19}} = 1.4 \times 10^{5}$$

بخش دوم:

مسائل پایان فصل

پرسش‌ها و مسئله‌های فصل ۱

۱ چگونه توسط برق‌نما (الکتروسکوپ) می‌توانیم تشخیص دهیم که :

الف) یک میله باردار است یا نه؟

ب) میله رساناست یا نارسانا؟

پ) نوع بار میلهٔ باردار چیست؟

الف) میله را به کلاهک الکتروسکوپ خنثی نزدیک می کنیم، اگر فاصله صفحات تغییر کند میله باردار بوده در غیر اینصورت خنثی است.

ب) ابتدا الکتروسکوپ را باردار می کنیم سپس میله را به کلاهک آن نزدیک می کنیم. اگر صفحات آن به هم بچسبد میله رسانا است و اگر صفحات آن تغییری نکند میله نارسانا بوده است.

پ) میله باردار را به الکتروسکوپ باردار نزدیک می کنیم. اگر فاصله صفحات آن بیشتر شد، بار میله و بار الکتروسکوپ همنام هستند و اگر فاصله صفحات کمتر شد ناهمنام بوده اند.

---

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

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

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

الف) $+12.8nc$

در اثر مالش میله پلاستیکی با پارچه پشمی، الکترون ها از پارچه به میله منتقل می شوند. بنابراین به همان اندازه که میله الکترون بگیرد، پارچه الکترون از دست داده است.

ب) مقدار بار همواره مضرب صحیحی از بار بنیادی e می باشد، پس:

$$q = ne \rightarrow n = \frac{q}{e} = \frac{12.8 \times 10^{-9}}{1.6 \times 10^{-12}} = 8 \times 10^{3}$$

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

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

الف) بار الکتریکی اتم در حالت عادی خنثی (صفر) است (تعداد الکترون ها و پروتون ها با هم برابر هستند). هسته نیز شامل پروتون و نوترون هست که نوترون بدون بار و پروتون دارای باری هم اندازه با الکترون است. پس بار هسته کربن $+6e$ است.

$$q = 6e = 6 \times 1.6 \times 10^{-19} = 9.6 \times 10^{-19} c$$

ب) اگر یک الکترون از اتم خارج شود، بار آن $+e$ می شود و به آن یک بار یونیده می گویند. بدیهی است که دوبار یونیده به معنی خروج دو الکترون از اتم است.

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

پاسخ: در اثر تماس دو گوی رسانا، بار الکتریکی بین آنها رد و بدل می شود (بار الکتریکی از کره با بار بیشتر به کره با بار کمتر منتقل می شود). از آنجا که دو کره کاملا مشابه هستند، بعد از دور شدن از هم بار الکتریکی آنها با هم برابر می باشد و از رابطه زیر بدست می آید:

$$Q = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{4 - 6}{2} = -1nc$$

حال از قانون کولن نیروی بین دو کره با بار Q را محاسبه می کنیم(چون هر دو بار همنام هستند، نیروی بین آنها رانشی است):

$$F = \frac{k|Q||Q|}{r^2} = \frac{kQ^2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 1 \times 10^{-9} \times 1 \times 10^{-9}}{0.3^2} = \frac{9 \times 10^{-9}}{9 \times 10^{-2}} = 1 \times 10^{-7} N$$

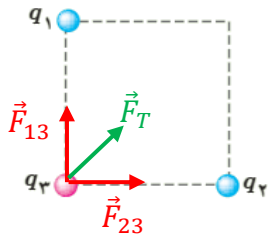
۵ سه ذرّهٔ باردار q_1، q_2 و q_3 مطابق شکل در سه رأس مربعی به ضلع ۳m ثابت شده‌اند. اگر $q_1 = q_2 = -5\mu C$ و $q_3 = +0/2\,\mu C$ باشد، نیروی خالص الکتریکی وارد بر بار q_3 را برحسب بردارهای یکهٔ $\vec{i}$ و $\vec{j}$ تعیین کنید.

$\vec{F}_{23} = F_{23}\vec{\imath}$

$\vec{F}_{13} = F_{13}\vec{\jmath}$

$r_{13} = r_{23}$

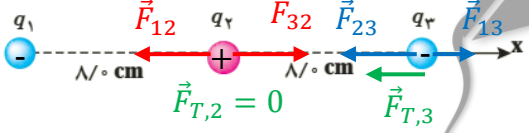
$\vec{F}_T = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = F_{13}\vec{\jmath} + F_{23}\vec{\imath} = 10^{-3}(N)\vec{\imath} + 10^{-3}(N)\vec{\jmath}$



$$F_{13} = \frac{k|q_1||q_3|}{{r_{13}}^2} = \frac{9\times10^9\times5\times10^{-6}\times0.2\times10^{-6}}{3^2} = \frac{9\times10^{-3}}{9} = 10^{-3}N$$

$$F_{23} = \frac{k|q_2||q_3|}{{r_{23}}^2} = F_{13} = 10^{-3}N$$

۶ بارهای الکتریکی نقطه‌ای $q_1=-4/0\,nC$ ، $q_2=+5/0\,nC$ و $q_3=-4/0\,nC$ مطابق شکل، در جای خود ثابت شده‌اند. نیروی خالص الکتریکی وارد بر هریک از بارهای q_2 و q_3 را محاسبه کنید.



$r_{12} = 8cm, r_{13} = 16cm, r_{23} = 8cm$

نیروهای وارد بر بارهای q_2 و q_3 در شکل رسم شده اند.

$$F_{13} = \frac{k|q_1||q_3|}{{r_{13}}^2} = \frac{9\times10^9\times4\times10^{-9}\times4\times10^{-9}}{0.16^2} = \frac{144\times10^{-9}}{256\times10^{-4}} \cong 0.56\times10^{-5}N$$

$$F_{23} = \frac{k|q_2||q_3|}{{r_{23}}^2} = \frac{9\times10^9\times5\times10^{-9}\times4\times10^{-9}}{0.08^2} = \frac{180\times10^{-9}}{64\times10^{-4}} \cong 2.8\times10^{-5}N$$

$\vec{F}_{T,3} = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = F_{13}\vec{\imath} - F_{23}\vec{\imath} = (F_{13} - F_{23})\,\vec{\imath} = (0.56 - 2.8)\times10^{-5}(N)\vec{\imath} = -2.24\,(N)\vec{\imath}$

$$F_{32} = \frac{k|q_2||q_3|}{{r_{32}}^2} \xrightarrow{q_1 = q_3} F_{32} = F_{12}$$
$$F_{12} = \frac{k|q_2||q_1|}{{r_{12}}^2}$$

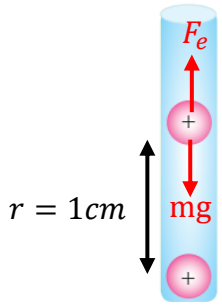
از آنجا که اختلاف این دو نیرو برای ما اهمیت دارد نیاز به محاسبه عددی آن نیست.

$\vec{F}_{T,2} = \vec{F}_{32} + \vec{F}_{12} = F_{32}\vec{\imath} - F_{12}\vec{\imath} = (F_{32} - F_{12})\,\vec{\imath} = 0$

۷ در شکل روبه‌رو، دو گوی مشابه به جرم ۲/۵g و بار یکسان مثبت q در فاصلهٔ ۱/۰ cm از هم قرار دارند، به‌طوری‌که گوی بالایی به حالت معلق مانده است.

الف) اندازهٔ بار q را به‌دست آورید.

ب) تعداد الکترون‌های کنده‌شده از هر گوی چقدر است؟

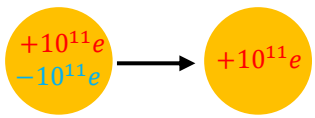


الف) همانطور که در شکل نمایش داده شده است، به گوی بالایی دو نیروی وزن و نیروی الکتریکی (از طرف گوی پایین) وارد می شود. از آنجا که این گوی معلق مانده است نتیجه گرفته می شود که برآیند نیروهای وارد بر آن صفر است. به عبارتی دو نیروی وارد شده به آن با هم برابر می باشد. پس:

$$F_e = mg \rightarrow \frac{k|q||q|}{r^2} = mg \rightarrow |q| = \sqrt{\frac{mgr^2}{k}} = \sqrt{\frac{2.5\times10^{-3}\times10\times1\times10^{-4}}{9\times10^{9}}} = \sqrt{\frac{25\times10^{-7}}{9\times10^{9}}}$$

$$\cong \sqrt{2.8\times10^{-16}} = 1.7\times10^{-8}c$$

ب) می دانیم که بار الکتریکی همواره مضرب صحیحی از بار بنیادی است. پس می توانیم تعداد بارهای بنیادی گوی را بدست آوریم:



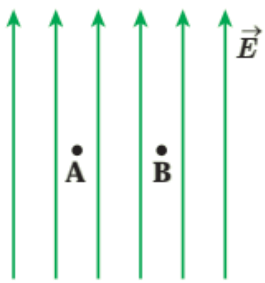
گوی خنثی — کندن الکترون ها

$$q = +ne \rightarrow n = \frac{q}{e} = \frac{1.7\times10^{-8}}{1.6\times10^{-19}} \cong 10^{11}$$

از آنجا که بار گوی ها مثبت است، نتیجه می گیریم که این مقدار الکترون از گوی کنده شده است.

---

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



پاسخ: از آنجا که خطوط میدان الکتریکی موازی، هم فاصله و مستقیم بوده، پس میدان الکتریکی یکنواخت است و اندازه آن درتمامی نقاط ناحیه از جمله A و B برابر است. در نتیجه نیرویی که به یک ذره باردار با بار q در این میدان وارد می شود نیز برابر خواهد بود:

$$\vec{E}_A = \vec{E}_B \xrightarrow{F=qE} \vec{F}_A = \vec{F}_B$$

۹ هستهٔ اتم آهن شعاعی در حدود $۴/۰\times۱۰^{-۱۵}\mathrm{m}$ دارد و تعداد پروتون‌های آن ۲۶ عدد است. الف) بزرگی نیروی دافعهٔ بین دو پروتون این هسته که به فاصلهٔ $۴/۰\times۱۰^{-۱۵}\mathrm{m}$ از هم قرار دارند چقدر است؟ ب) اندازهٔ میدان الکتریکی ناشی از هسته در فاصلهٔ $۱/۰\times۱۰^{-۱۰}\mathrm{m}$ از مرکز هسته چقدر است؟

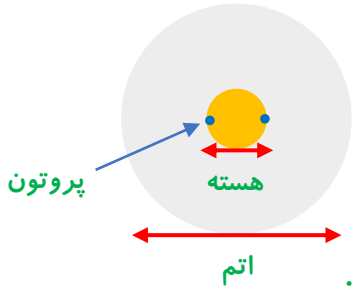
$r_n = 4\times10^{-15}m$ شعاع هسته

$r_a = 1\times10^{-10}m$ شعاع اتم

$Z = 26$ تعداد پروتون

$q_p = 1.6\times10^{-19}c$ بار پروتون

$q_n = Ze$ بار هسته



الف) دو پروتون مطابق شکل بر محیط هسته قرار گرفته اند:

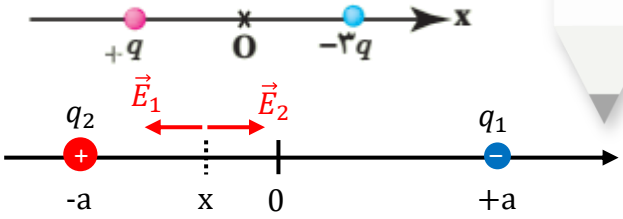
$$F = \frac{k|q_p||q_p|}{r_n^2} \cong \frac{23\times10^{-29}}{16\times10^{-30}} = 1.44\times10^{1} = 14.4N$$

ب) شعاع اتم حدود $1\times10^{-10}m$ است. پس می خواهیم میدان الکتریکی هسته را در ابعاد اتم حساب کنیم:

$$E = \frac{kq_n}{r_a^2} = \frac{kZe}{r_a^2} = \frac{9\times10^{9}\times26\times1.6\times10^{-19}}{(10^{-10})^2} = \frac{374.4\times10^{-10}}{10^{-20}} = 374.4\times10^{10} \cong 3.7\times10^{12}\,\frac{N}{c}$$

۱۰ شکل زیر، دو ذرّهٔ باردار را نشان می‌دهدکه در جای خود روی محور x ثابت شده‌اند. بارها در فاصلهٔ یکسان a از مبدأ مختصات (نقطهٔ O) قرار دارند.

(الف) در کجای این محور (غیر از بی‌نهایت) نقطه‌ای وجود دارد که در آنجا میدان الکتریکی برایند برابر با صفر است؟ (ب) بزرگی و جهت میدان الکتریکی برایند در مبدأ مختصات را بیابید.



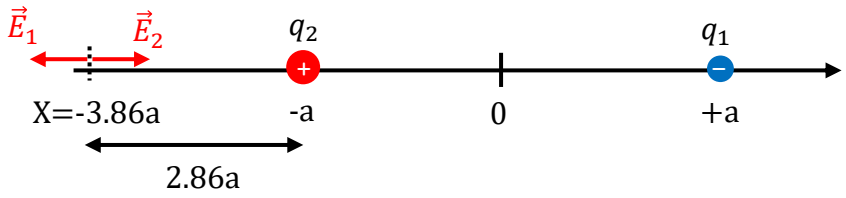
الف) می دانیم که میدان الکتریکی با اندازه بار الکتریکی نسبت مستقیم و با مجذور فاصله نسبت عکس دارد. در این مسئله اندازه بار ۱ بیشتر از ۲ است، پس اگر بنا باشد میدان الکتریکی ناشی از هر دو بار در جایی بر روی محور صفر باشد، آن محل باید نزدیک بار ۲ باشد. فرض می کنیم که میدان برآیند در نقطه ای به فاصله x از مبدا برابر صفر است:

$$|E_1| = |E_2| \rightarrow \frac{k|q_1|}{(x+a)^2} = \frac{k|q_2|}{(x-a)^2} \rightarrow \frac{3q}{(x+a)^2} = \frac{q}{(x-a)^2} \rightarrow 3(x-a)^2 = (x+a)^2 \rightarrow \sqrt{3}|x-a| = |x+a|$$

$$\rightarrow (\sqrt{3}-1)|x| = (\sqrt{3}+1)a \rightarrow |x| = \frac{\sqrt{3}+1}{\sqrt{3}-1}a \cong \frac{2.7}{0.7}a = 3.86a \rightarrow x_1 = +3.86a,\ x_2 = -3.86a$$

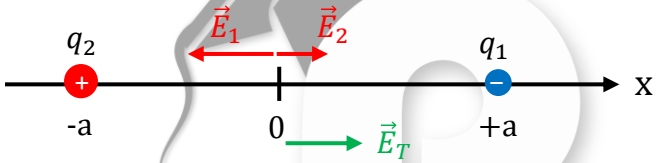
می دانیم که مقدار x باید منفی باشد، پس x_2 پاسخ صحیح است. بنابراین در نقطه ای به فاصله تقریبی $-3.86a$ از مبدأ مختصات میدان برآیند می تواند صفر شود.

نکته: ابتدا نقطه x را بین مبدا و بار ۲ در نظر گرفتیم، اما با حل معادله متوجه شدیم که این نقطه در فاصله $x < -a$ است. برای حل چنین مسائلی اهمیتی ندارد که در ابتدا نقطه x را کجا بگیرید. چرا که با پیش بردن مسئله و یافتن مقدار x مکان صحیح بدست می آید.



ب)

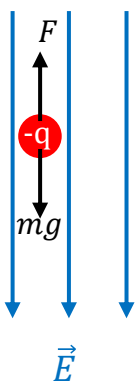
$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = \frac{kq_2}{a^2}\vec{i} + (-\frac{kq_1}{a^2}\vec{i}) = (\frac{kq_2}{a^2} - \frac{kq_1}{a^2})\vec{i} = \frac{k}{a^2}(q-(-3q))\vec{i} = \frac{4kq}{a^2}(N)\vec{i}$$



$$\vec{E}_2 = E_2\vec{i} = \frac{kq_2}{a^2}\vec{i}$$
$$\vec{E}_1 = -E_1\vec{i} = -\frac{kq_1}{a^2}\vec{i}$$

---

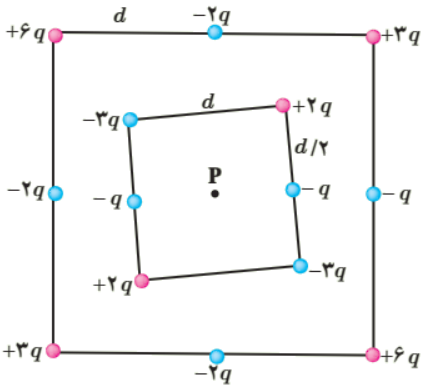
۱۱ در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $۵/۰\times۱۰^۵ N/C$ که جهت آن قائم و رو به پایین است، ذرّهٔ بارداری به جرم ۲/۰g معلّق و به حال سکون قرار دارد. اگر $g=۱۰ N/kg$ باشد، اندازه و نوع بار الکتریکی ذرّه را مشخص کنید.



پاسخ: مطابق شکل، چنانچه ذره بخواهد در میدان الکتریکی به حالت معلق قرار گیرد، باید جهت نیروی الکتریکی وارد بر آن به سمت بالا باشد. این حالت در صورتی رخ می دهد که بار ذره منفی باشد (یادآوری: نیروی وارد بر بار مثبت در جهت میدان و نیروی وارد بر بار منفی در خلاف جهت میدان است).

$$F = mg \rightarrow qE = mg \rightarrow q = \frac{mg}{E} = \frac{2 \times 10^{-3} \times 10}{5 \times 10^{5}} = 4 \times 10^{-8} c = 0.04 \mu c$$

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



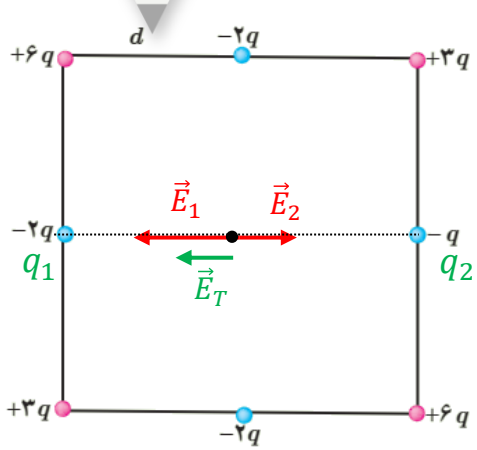
$$q_1 = -2q$$
$$q_2 = -q$$

پاسخ: اگر به شکل دقت کنیم میبینیم که میدان الکتریکی در مرکزمربع توسط تعدادی از زوج بارها خنثی می شود. مثلاً میدان ناشی از بار 6q در دو گوشه مربع در مرکز صفر است و... . در مربع بزرگ، فقط میدان بارهای -2q و −q غیر صفر است و در مربع کوچک نیز میدان ناشی از تمامی بارها در مرکز صفر است. حال میدان الکتریکی برآیند ناشی از این دو بار را در مرکز مربع محاسبه می کنیم:

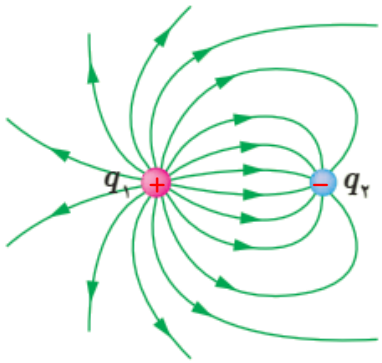
$$\vec{E}_2 = E_2\vec{\imath} = \frac{k|q_2|}{d^2}\vec{\imath}$$

$$\vec{E}_1 = -E_1\vec{\imath} = -\frac{k|q_1|}{d^2}\vec{\imath}$$

$$\rightarrow \quad \vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = \frac{k}{d^2}(|q_2| - |q_1|)\vec{\imath} = -\frac{kq}{d^2}\vec{\imath}$$



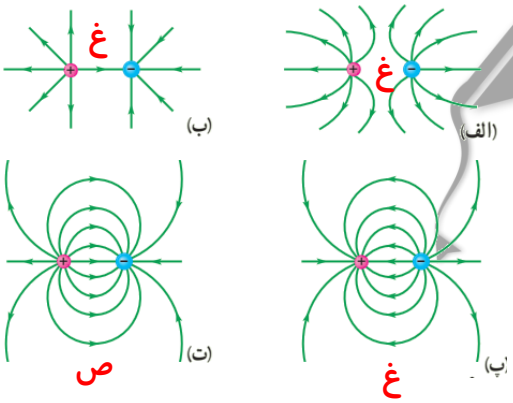
۱۳ خطوط میدان الکتریکی برای دو کرهٔ رسانای باردار کوچک در شکل روبه‌رو نشان داده شده است. نوع بار هر کره را تعیین کرده و اندازهٔ آنها را مقایسه کنید.



پاسخ: می دانیم که جهت خطوط میدان الکتریکی از بار مثبت به سمت بار منفی است. پس نتیجه می گیریم که بار ۱ مثبت و بار ۲ منفی است. از طرفی تراکم خطوط میدان در نزدیکی بار ۱ بیشتر از بار ۲ است که این نشان می دهد بزرگی بار ۱ بیشتر از بار ۲ است.

$$|q_1| > |q_2|$$

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

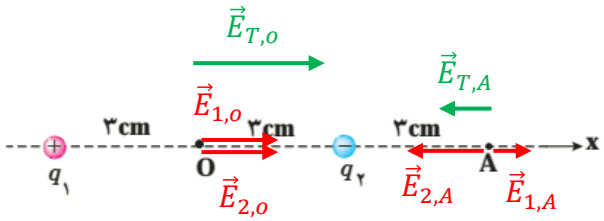


جهت خطوط میدان الکتریکی همواره از بار مثبت شروع و به بار منفی ختم می شود، از اینرو شکل (الف) و (پ) نادرست است. در حالت (ب) نیز خطوط میدان به صورت منحنی است در صورتی که خطوط نمایش داده شده مربوط به یک بار الکتریکی مستقل است. تنها شکل (ت) خطوط میدان را به صورت صحیح نشان می دهد.

۱۵ دو بار الکتریکی نقطه‌ای غیرهمنام $q_1=+1/0nC$ و $q_2=-1/0nC$ مطابق شکل زیر به فاصلهٔ $6/0cm$ از یکدیگر قرار دارند.

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

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



الف):

$r_{1,A}=9cm, r_{2,A}=3cm$

$\vec{E}_{1,A}=E_1\vec{\imath}, \vec{E}_{2,A}=-E_2\vec{\imath}$

$\vec{E}_{T,A}=\vec{E}_1+\vec{E}_2=\frac{k|q_1|}{r_1^2}\vec{\imath}-\frac{k|q_2|}{r_2^2}\vec{\imath}=kq\times\left(\frac{1}{r_{1,A}^2}-\frac{1}{r_{2,A}^2}\right)=9\times10^9\times1\times10^{-9}\left(\frac{1}{81\times10^{-4}}-\frac{1}{9\times10^{-4}}\right)\vec{\imath}$

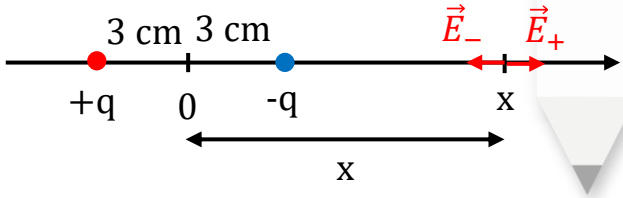
$=10^4\left(\frac{1}{9}-1\right)\vec{\imath}=-0.89\times10^4(N)\vec{\imath}$

$r_{1,o}=3cm, r_{2,o}=3cm$

$\vec{E}_{1,o}=E_1\vec{\imath}, \vec{E}_{2,o}=E_2\vec{\imath}$

$\vec{E}_{T,o}=\vec{E}_{1,o}+\vec{E}_{2,o}=\frac{k|q_1|}{r_{1,o}^2}\vec{\imath}+\frac{k|q_2|}{r_{2,o}^2}\vec{\imath}=9\times10^9\times1\times10^{-9}\left(\frac{1}{9\times10^{-4}}+\frac{1}{9\times10^{-4}}\right)\vec{\imath}=2\times10^4(N)\vec{\imath}$

ب) فرض می کنیم چنین نقطه ای وجود داشته باشد. مطابق شکل زیر فاصله آن نقطه از مبدا مختصات را x می گیریم:



$|E_+|=|E_-|\rightarrow\frac{kq}{(3+x)^2}=\frac{kq}{(x-3)^2}\rightarrow(x-3)^2=(x+3)^2\rightarrow|x-3|\neq|x+3|$

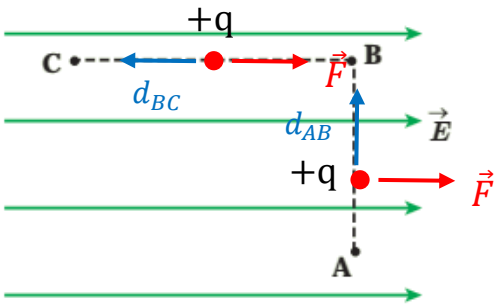
به یک عبات ناصحیح رسیدیم و این نشان می دهد چنین نقطه ای وجود ندارد. پس در آرایش نشان داده شده که یک دوقطبی الکتریکی است، نقطه ای را نمی توان یافت که میدان در آنجا برابر صفر باشد.

۱۶ مطابق شکل زیر، بار $q=+50nC$ را در میدان الکتریکی یکنواخت $8/0\times10^5 N/C$ نخست از نقطهٔ A تا نقطهٔ B و سپس تا نقطهٔ C جابه‌جا می‌کنیم. اگر $AB=0/20m$ و $BC=0/40m$ باشد، مطلوب است :

الف) نیروی الکتریکی وارد بر بار q،

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

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



الف) نیروی وارد بر بار q در میدان الکتریکی مستقل از مسیر و ثابت است و از رابطه زیر بدست می آید:

$$F = qE \rightarrow F_{AB} = qE = 50\times10^{-9}\times8\times10^{5} = 4\times10^{-2}N$$

ب) کار نیروی الکتریکی را در هر مسیر جداگانه حساب می کنیم و در آخر به صورت جبری جمع می کنیم. دقت داشته باشید که در مسیر AB زاویه بین نیرو و جابجایی مطابق شکل برابر ۹۰ و در مسیر BC برابر ۱۸۰ درجه می باشد.

$$d_{AB} = 0.2m, d_{BC} = 0.4m$$

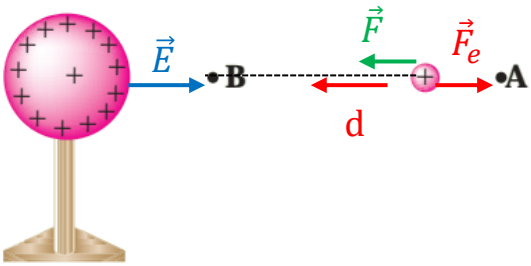
$$w_{AB} = Fd_{AB}cos90 = 0$$

$$w_{BC} = Fd_{BC}cos180 = -Fd_{BC} = -4\times10^{-2}\times0.4 = -1.6\times10^{-2}J$$

$$w_T = w_{AB} + w_{BC} = 0 + (-1.6\times10^{-2}) = -1.6\times10^{-2}\text{J}$$

پ) تغییر انرژی پتانسیل برابر است با منفی کار انجام شده توسط نیروی الکتریکی بر روی بار

$$\Delta U = -w = +1.6\times10^{-2}\text{J}$$



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

الف) جهت خطوط میدان کره باردار مثبت همانند بار نقطه ای به سمت بیرون است. پس به بار الکتریکی مثبت هم نیرویی در جهت میدان وارد می شود (مطابق شکل). بنابراین:

$$w_e = F_e d\cos 180 = -Fd < 0$$

ب) مطابق شکل کاری که ما انجام می دهیم در جهت جابجایی است، پس کار مت مثبت است:

$$w = Fd\cos 180 = Fd > 0$$

پ) تغییر انرژی پتانسیل برابر است منفی کارانجام شده توسط نیروی الکتریکی:

$$\Delta U = -w_e = Fd > 0 \rightarrow U_B > U_A$$

انرژی پتانسیل بار الکتریکی مثبت وقتی در خلاف جهت میدان حرکت کند، زیاد می شود.

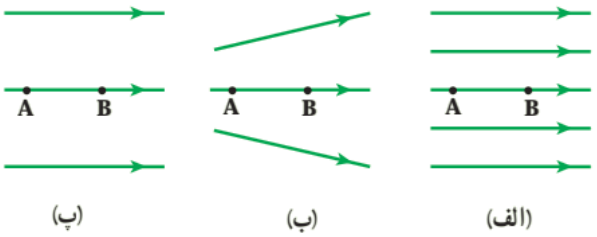
ت) اختلاف پتانسیل مستقل از بار الکتریکی است و برابر است با نسبت تغییر انرژی پتانسیل به بار الکتریکی:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q}$$

مطابق قسمت پ که انرژی پتانسیل از نقطه A تا B زیاد می شد، پس اختلاف پتانسیل هم زیاد می شود، یعنی:

$$\Delta U_{AB} > 0 \rightarrow \Delta V_{AB} > 0 \rightarrow V_B - V_A > 0 \rightarrow V_B > V_A$$

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



پاسخ: پروتون تحت تاثیر نیروی الکتریکی در جهت میدان شتاب می گیرد. پس بنابر قانون دوم نیوتن:

$$F_E = ma \rightarrow a = \frac{F_E}{m}$$

$$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \xrightarrow{v_0=0,\Delta x=d} v = \sqrt{2ad} = \sqrt{\frac{2dF_E}{m}}$$

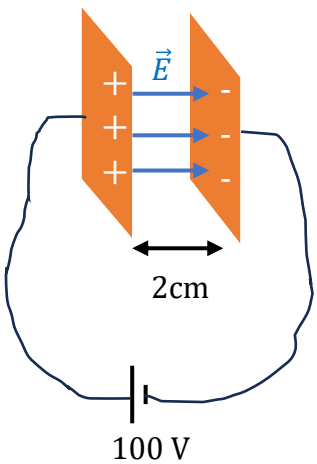
همانطور که از رابطه مشخص است، سرعت پروتون به نیروی الکتریکی وارد بر آن بستگی دارد. از طرفی مطابق رابطه زیر، نیروی الکتریکی به میدان الکتریکی بستگی دارد.

$$F = qE$$

پس هر جا میدان قوی باشد، نیرو نیز قوی است و الکترون سرعت بیشتری می گیرد. در شکل های نشان داده شده هر جا تراکم خطوط بیشتر باشد به معنای میدان قوی و نیروی قوی خواهد بود. یعنی:

$$E_{الف} > E_{ب} > E_{پ} \rightarrow F_{الف} > F_{ب} > F_{پ} \rightarrow v_{الف} > v_{ب} > v_{پ}$$

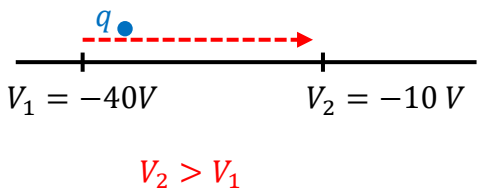
۱۹ دو صفحهٔ رسانا با فاصلهٔ ۲/۰۰ cm را موازی یکدیگر قرار می‌دهیم و آنها را به‌اختلاف پتانسیل ۱۰۰V وصل می‌کنیم. درنتیجه، یکی از صفحه‌ها به‌طور منفی و دیگری به‌طور مثبت باردار می‌شوند و میان دو صفحه میدان الکتریکی یکنواختی به‌وجود می‌آید. اندازهٔ این میدان الکتریکی را حساب کنید و با توجه به جهت خطوط میدان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



$$V = Ed \rightarrow E = \frac{V}{d} = \frac{100}{0.02} = 5000\ N/c$$

صفحه مثبت پتانسیل بیشتری دارد.

۲۰ بار الکتریکی $q=-۴۰\,nC$ از نقطه‌ای با پتانسیل الکتریکی $V_۱=-۴۰\,V$ تا نقطه‌ای با پتانسیل $V_۲=-۱۰\,V$ آزادانه جابه‌جا می‌شود. الف) انرژی پتانسیل الکتریکی بار q چه اندازه و چگونه تغییر می‌کند؟ ب) با توجه به قانون پایستگی انرژی، در مورد چگونگی تبدیل انرژی بار q در این جابه‌جایی توضیح دهید.



$V_2 > V_1$

الف) بار الکتریکی در جهتی حرکت می کند که پتانسیل الکتریکی رفته رفته در مسیرش بیشتر می شود.

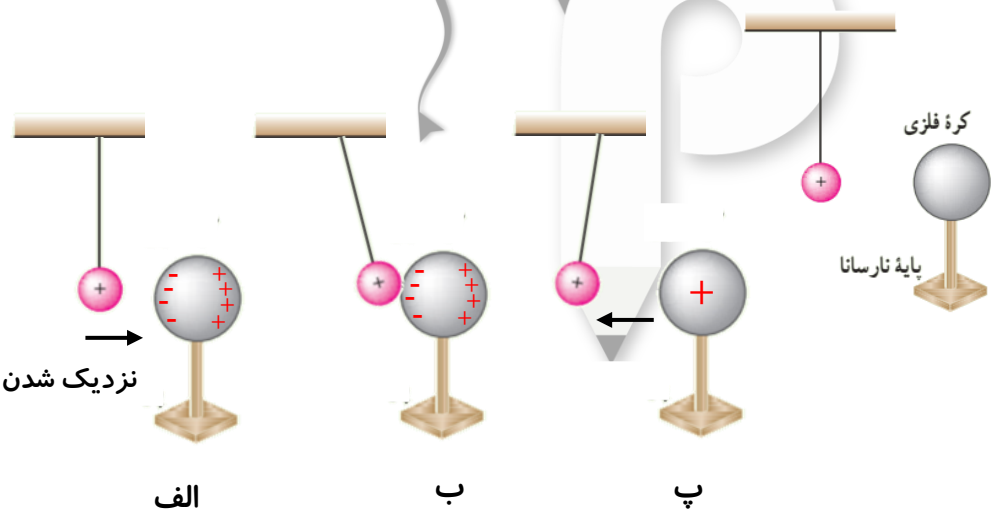
مطابق روابط زیر انرژی پتانسیل بار الکتریکی کاهش یافته است:

$$\Delta U = q\Delta V = q(V_2 - V_1) = -40 \times 10^{-9}\big(-10-(-40)\big) = -40 \times 30 \times 10^{-9}$$
$$= -1200 \times 10^{-9} = -1.2 \times 10^{-6} J = -1.2\mu J$$

ب) مطابق قانون پایستگی انرژی، اگر انرژی پتانسیل کاهش یابد باید انرژی جنبشی آن افزایش یابد. پس در این مسئله کاهش انرژی پتانسیل به انرژی جنبشی بار الکتریکی تبدیل شده است.

۱ـ۹ میدان الکتریکی در داخل رساناها

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

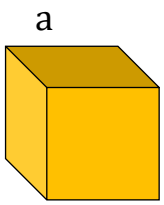


با نزدیک شدن آونگ به کره، بارهای الکتریکی در کره رسانا القا می شود به طوری که بارهای منفی در سمت نزدیک به آونگ و بارهای مثبت در سمت دورتر قرار می گیرند (الف). (آین آرایش بار به همراه بار آونگ میدان الکتریکی را در داخل کره صفر می کند). در این حالت به دلیل قرارگیری بارهای ناهمنام کره و آونگ در نزدیک هم، آونگ به سمت کره جذب می شود (ب). در مرحله بعد مقداری بار الکتریکی از آونگ به کره رسانا انتقال می یابد و این انتقال بار تا زمانی که بار هر دو یکسان شود ادامه دارد. در این حالت نیروی دافعه بین آونگ و کره باعث می شود آونگ از کره دور شود (پ) و این مراحل مجددا تکرار می شوند.

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

در این مسئله همان اتفاق مسئله ۲۱ رخ می دهد، اما چون صفحه باردار ایزوله نیست (با دست ما در تماس است) انتقال باری رخ نمی دهد و براده ها از صفحه پلاستیک جدا نمی شوند.

۲۳ وقتی ماهواره‌ای به دور زمین می‌چرخد بر اثر عبور از فضای اطراف زمین باردار می‌شود. این بارها ممکن است موجب آسیب‌رساندن به قطعات الکترونیکی ماهواره شود. فرض کنید ماهواره‌ای در اثر عبور از یکی از لایه‌های جو دارای بار الکتریکی $q=۲/۰\times۱۰^{-۹}\mathrm{C}$ شود. این ماهواره، مکعبی به ضلع ۴۰cm است. چگالی سطحی بار الکتریکی روی سطح این ماهواره را محاسبه کنید. (از تجمع بار بر روی لبه‌ها چشم‌پوشی شود.)



فرض می کنیم ماهواره مکعبی به ضلع a باشد. مساحت این مکعب برابر مساحت یک وجه ضربدر تعداد وجوه آن است. یعنی:

$$\sigma=\frac{q}{A}=\frac{q}{6a^2}=\frac{2\times10^{-9}}{6(0.4)^2}=\frac{2\times10^{-9}}{0.96}\cong 2.1\frac{nc}{m^2}$$

۲۴ اگر ساختمان یک خازن را تغییر ندهیم، در هریک از شرایط زیر ظرفیت خازن چگونه تغییر می کند؟

الف) بار آن دو برابر شود.

ب) اختلاف پتانسیل میان صفحه‌های آن سه برابر شود.

الف و ب) ظرفیت یک خازن فقط به ساختمان آن (مساحت صفحات، فاصله بین صفحات، نوع ماده دی الکتریک) بستگی دارد. چنانچه بار خازن و یا اختلاف پتانسیل دو سر آن افزایش یابد، تغییری در ظرفیت آن ایجاد نمی شود.

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

$V_1 = 28\,V \rightarrow V_2 = 40V$

$q_1 = q_1 \rightarrow q_2 = q_1 + 15\mu c$

می دانیم که ظرفیت خازن فقط به ساختمان آن بستگی دارد و با تغییر بار الکتریکی یا اختلاف پتانسیل تغییر نمی کند. برای حل مسئله ظرفیت خازن را در هر دو حالت محاسبه می کنیم و از برابری آنها، بار الکتریکی را بدست می آوریم:

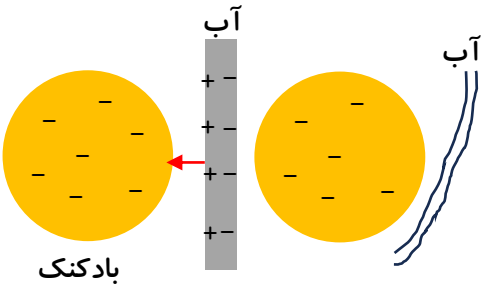
$$C_1 = \frac{q_1}{V_1} = \frac{q_1}{28}$$

$$C_2 = \frac{q_2}{V_2} = \frac{q_1 + 15}{40}$$

$$\rightarrow C_1 = C_2 \rightarrow \frac{q_1}{28} = \frac{q_1 + 15}{40} \rightarrow 40q_1 = 28q_1 + 420 \rightarrow q_1 = 35\mu c$$

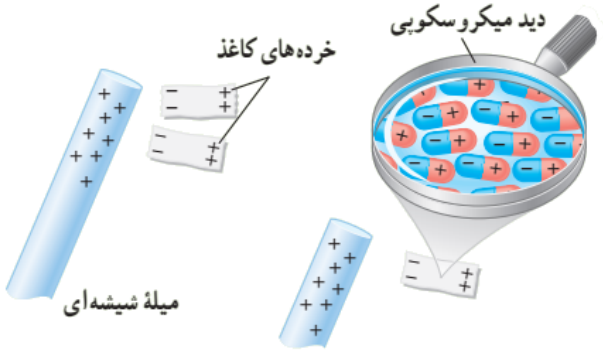
$$C_1 = \frac{q_1}{V_1} = \frac{q_1}{28} = \frac{35}{28} = 1.25\mu F = C_2$$

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



مولکول های آب دو قطبی الکتریکی هستند و وقتی در میدان الکتریکی قرار می گیرند، آرایش بارهای دوقطبی تحت تاثیر نیروی ناشی از میدان تغییر می کند. فرض کنید بادکنک دارای بار منفی باشد. در این حالت میدان ناشی از بادکنک سبب می شود تا بارهای مثبت دوقطبی به سمت بادکنک کشیده شود و بارهای منفی آن در سمت دیگر جانمایی کنند. در نتیجه بارهای ناهمنام بادکنک و آب مقابل هم قرار گرفته و سبب جذب آب به سمت باد کنک می شود.

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



این مسئله مشابه مسئله قبل است. در واقع کاغذ نیز دارای مولکول های دو قطبی است و در اثر نزدیک شدن میل شیشه ای همان اتفاقی که در مسئله قبل توضیح داده شد اتفاق خواهد افتاد و کاغذ توسط میله جذب می شود.

۲۸ ظرفیت یک خازن تخت با فاصله صفحات ۱/۰mm که بین صفحه‌های آن هوا قرار دارد، برابر ۱/۰F است. مساحت صفحه‌های این خازن چقدر است؟ از این مسئله چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

$d = 1\ mm$
$k = 1$
$C = 1\ F$
$A = ?$

$$C = \frac{k\varepsilon_0 A}{d} \rightarrow A = \frac{Cd}{k\varepsilon_0} = \frac{1 \times 10^{-3}}{1 \times 8.85 \times 10^{-12}} = 1.1 \times 10^{8} m^2$$

عددی که برای مساحت صفحات خازن بدست آمده بسیار بزرگ است (مساحت زمین چمن فوتبال ورزشگاه آزادی حدود ۸۲۵۰ متر مربع است). پس عملا ساخت یک خازن یک میکروفارادی امکان پذیر نیست و باید ظرفیت های بسیار کمتر مورد استفاده قرار گیرد.

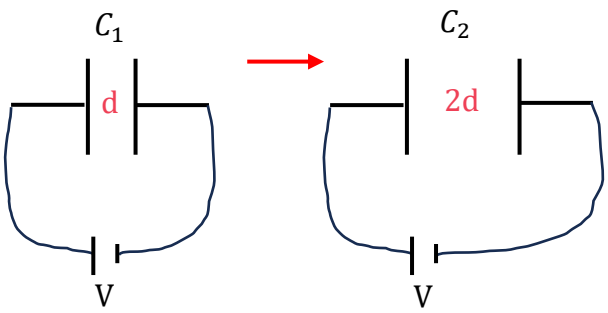
۲۹ یک خازن تخت به یک باتری بسته شده است تا باردار شود. پس از مدتی، درحالی‌که باتری همچنان به خازن متصل است، فاصلهٔ بین صفحه‌های خازن را دو برابر می‌کنیم. کدام‌یک از موارد زیر درست است؟

الف) میدان الکتریکی میان صفحه‌ها نصف می‌شود.

ب) اختلاف پتانسیل میان صفحه‌ها نصف می‌شود.

پ) ظرفیت خازن دو برابر می شود.

ت) بار روی صفحه‌ها تغییر نمی‌کند.



الف) **صحیح.** مطابق رابطه میدان الکتریکی بین صفحات خازن، اگر فاصله دو برابر شود، میدان الکتریکی نصف می شود.

$$E = \frac{V}{d} \rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{d}{2d} = \frac{1}{2}$$

ب) **غلط.** از آنجا که خازن از صفحات جدا نشده، همواره پتانسیل آن برابر V می ماند.

پ) **غلط.** مطابق رابطه مربوط به ظرفیت، چنانچه فاصله صفحات دو برابر شود ظرفیت خازن نصف می شود.

$$C = \frac{\varepsilon_0 A}{d} \rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{d}{2d} = \frac{1}{2}$$

ت) **غلط.** مطابق رابطه مربوط به ظرفیت، در صورتی که در پتانسیل ثابت ظرفیت خازن نصف شود، بار آن نیز نصف می شود.

$$C = \frac{q}{V} \rightarrow q = CV \rightarrow \frac{q_2}{q_1} = \frac{C_2}{C_1} = \frac{1}{2}$$

---

۳۰ مساحت هریک از صفحه‌های خازن تختی، ۱/۰۰ m^2 و فاصلهٔ دو صفحه از هم، ۰/۵۰۰ mm است. عایقی با ثابت دی‌الکتریک ۴/۹ بین دو صفحه قرار داده شده است. ظرفیت خازن را تعیین کنید.

$d = 0.5\ mm$
$k = 4.9$
$C = ?$
$A = 1\ m^2$

$$C = \frac{k\varepsilon_0 A}{d} = \frac{4.9 \times 8.85 \times 10^{-12} \times 1}{0.5 \times 10^{-3}} = 87 \times 10^{-9} F = 87\ nF$$

---

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

جرقه به معنای تخلیه انرژی است. یعنی با نزدیک نمودن صفحات خازن، هر آنقدر که انرژی مابین صفحات وجود دارد تخلیه می شود. بنابراین باید به مقایسه انرژی در دو حالت بپردازیم:

$$U = \frac{q^2}{2C} \rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{C_1}{C_2} = \frac{d_2}{d_1} = 2$$

$$C = \frac{\varepsilon_0 A}{d}$$

مشاهده می شود که در صورتی که فاصله صفحات دو برابر شود (بار ثابت بماند)، انرژی خازن دو برابر می شود. پس در حالت دوم جرقه بیشتر می شود.

---

۳۲ ظرفیت خازنی ۱۲ میکروفاراد و بارالکتریکی آن q است. اگر $+۳/۰\,mC$ بار الکتریکی از صفحهٔ منفی به صفحهٔ مثبت منتقل شود، انرژی ذخیره‌شده در خازن به اندازهٔ $۸/۰\,J$ زیاد می‌شود. q را محاسبه کنید.

$C = 12\ \mu F$
$\Delta U = 8\ J$
$q_1 = q$
$q_2 = q_1 + 0.003 = q + 0.003$

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{q_2^2}{2C} - \frac{q_1^2}{2C} = \frac{1}{2C}(q_2^2 - q_1^2) = \frac{1}{2C}(q_2 - q_1)(q_2 + q_1)$$

$$\rightarrow \frac{1}{24 \times 10^{-6}}(3 \times 10^{-3})(2q + 3 \times 10^{-3}) = 8 \rightarrow 192 \times 10^{-6}$$

$$= 6 \times 10^{-3}q + 9 \times 10^{-6} \rightarrow 183 \times 10^{-6} = 6 \times 10^{-3}q \rightarrow q = 30.5\ mc$$