

خودآموز فصل ۱ فیزیک یازدهم

رشته تجربی

سال: ۱۴۰۳

احسان احمدی نژاد

در گروه رفع اشکال آموزشگاه فیزیلند میتونی اشکالات رو با اساتید آموزشگاه
مطرح کنی و پاسخ سوالات رو آنلاین بگیری.
از طریق لینک زیر عضو شید:



<https://t.me/phyzilandgroup>

بخش اول:

تمارین و پرسش ها

پرسش ۱-۱

چرا وقتی روکش پلاستیکی را روی یک ظرف غذا می کشید و آن را در لبه های ظرف فشار می دهید، روکش در جای خود ثابت باقی می ماند؟

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 ۱-۱

عدد اتمی اورانیوم $Z = 92$ است. بار الکتریکی هسته اتم اورانیم چقدر است؟ مجموع بار الکتریکی الکترون های اتم اورانیم (خنثی) چه مقدار است؟ بار الکتریکی اتم اورانیم (خنثی) چقدر است؟

الف) هسته اتم متشکل از پروتون و نوترون 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:

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

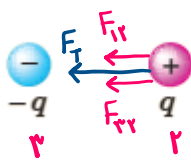
پ) بار اتم در حالت خنثی برابر با صفر است. یعنی تعداد الکترون ها با تعداد پروتون ها برابر است.

$$q_a = q_e + q_p = 0$$

پرسش ۱-۲

سه ذره باردار مانند شکل روبه‌رو، روی یک خط راست قرار دارند و فاصله 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 ذره 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.



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

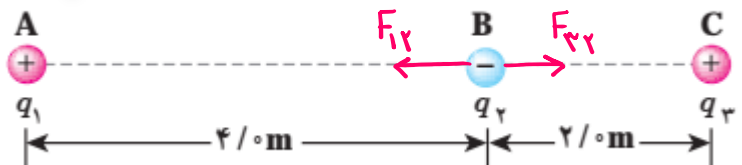
ب) در این حالت جهت دو نیرو در خلاف هم بوده و نیروی برآیند برابر صفر است.



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

تمرین ۱-۲

در مثال ۱-۳، نیروی خالص وارد بر بار q_2 را به دست آورید. $q_1 = +2.5 \mu\text{C}$ ، $q_2 = -1.0 \mu\text{C}$ و $q_3 = +4.0 \mu\text{C}$



$$F_{32} = \frac{k|q_3||q_2|}{4} = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6}}{4} = 9 \times 10^{-3} \text{ N}$$

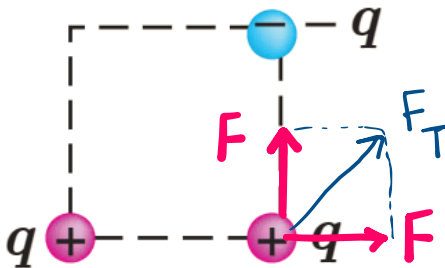
$$F_{12} = \frac{k|q_1||q_2|}{16} = \frac{9 \times 10^9 \times 2.5 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6}}{16} \cong 1.4 \times 10^{-3} \text{ N}$$

$$F_T = F_{32} - F_{12} = (9 - 1.4) \times 10^{-3} \text{ N} = 7.6 \times 10^{-3} \text{ N}$$

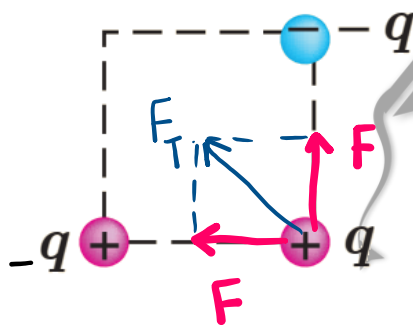
پرسش ۱-۳

سه ذره باردار مطابق شکل روبه‌رو، در سه گوشه یک مربع قرار دارند.
الف) جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار سمت راست پایینی را تعیین کنید.
ب) اگر ذره سمت چپ پایینی به جای q ، بار $-q$ داشته باشد، جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار سمت راست پایینی چگونه خواهد بود؟

(الف)



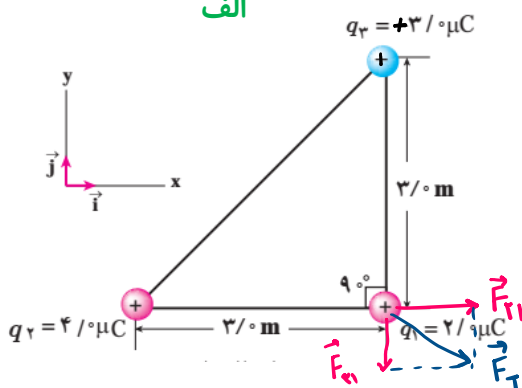
(ب)



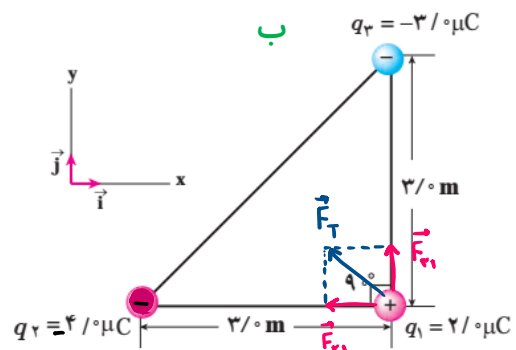
تمرین ۱-۳

در مثال ۱-۴: الف) اگر علامت بار q_r تغییر کند جهت نیروی برآیند وارد بر بار q_1 چگونه خواهد شد؟
ب) اگر علامت بار q_r تغییر کند، جهت نیروی برآیند وارد بر بار q_1 چگونه خواهد شد؟
پ) آیا اندازه نیروی برآیند وارد بر بار q_1 در قسمت‌های الف و ب با مقدار به دست آمده در مثال ۱-۴ 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 ۴-۱

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

الف) اندازه 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 وان دوگراف مثال پیش در فاصله $1/0 \text{ m}$ از مرکز کلاهک آن است؟

(الف)

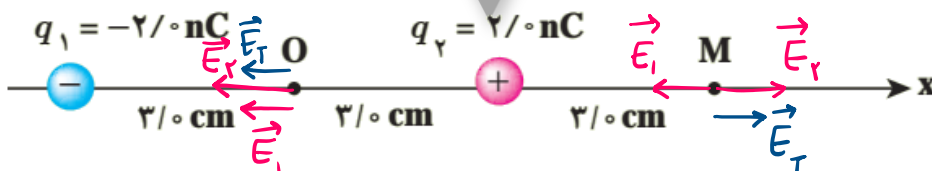
$$E = \frac{k|q|}{r^2} = \frac{ke}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 1.6 \times 10^{-19}}{(5.3 \times 10^{-11})^2} \cong 5.13 \times 10^{11} \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

ب) بر طبق نتایج مثال ۱-۶ میدان در فاصله ۱ متری از مولد وان دوگراف برابر $9 \times 10^3 \text{ N/C}$ است.

$$E = \frac{k|q|}{r^2} \rightarrow r = \sqrt{\frac{k|q|}{E}} = \sqrt{\frac{9 \times 10^9 \times 1.6 \times 10^{-19}}{9 \times 10^3}} = 4 \times 10^{-7} \text{ m}$$

تمرین ۵-۱

شکل زیر، آرایشی از دو بار الکتریکی هم اندازه و غیرهمنام (دوقطبی الکتریکی) را نشان می‌دهد که در آن فاصله دو بار از هم $6/0 \text{ cm}$ است. میدان الکتریکی خالص را در نقطه‌های O و M به دست آورید.

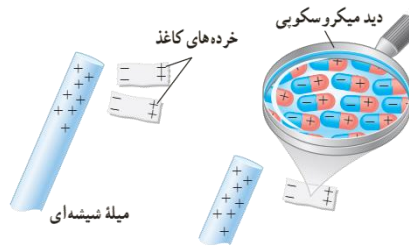


$$\begin{aligned} \vec{E}_M &= \vec{E}_2 - \vec{E}_1 = \frac{k|q|}{r_{2M}^2} \vec{i} - \frac{k|q|}{r_{1M}^2} \vec{i} = k|q| \left(\frac{1}{r_{2M}^2} - \frac{1}{r_{1M}^2} \right) \vec{i} \\ &= 9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-9} \left(\frac{1}{9 \times 10^{-4}} - \frac{1}{81 \times 10^{-4}} \right) \vec{i} = 18 \times 10^4 \left(\frac{8}{81} \right) \vec{i} \cong 1.8 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}} \vec{i} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \vec{E}_0 &= -(\vec{E}_1 + \vec{E}_2) = -9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-9} \left(\frac{1}{9 \times 10^{-4}} + \frac{1}{9 \times 10^{-4}} \right) \vec{i} = -18 \times 10^4 \left(\frac{2}{9} \right) \vec{i} \\ &\cong -4 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}} \vec{i} \end{aligned}$$

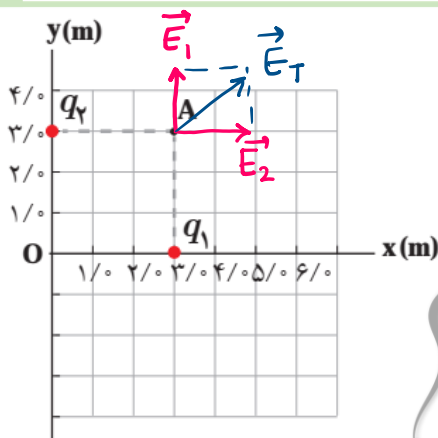
وقتی میله باردار مثبت به کاغذ نزدیک شود مرکز بارهای مثبت و منفی اتم ها یا مولکول های کاغذ از هم جدا می شوند (قطبیده می شود). در این حالت بخش منفی به سمت میله و بخش مثبت از میله دور می شود. از آنجا که بخش منفی به میله نزدیک تر است (فاصله کمتر است) نیروی جاذبه بین میله و کاغذ قوی تر بوده و کاغذ جذب میله می شود.

با توجه به شکل زیر توضیح دهید چرا یک میله باردار، خرده های کاغذ را می رباید؟



تمرین ۱-۶

میدان الکتریکی خالص حاصل از آرایش بار مثال ۸-۱ را در نقطه A تعیین کنید. ($q_1 = q_2 = 5 \times 10^{-6} \mu C$).



$$E_1 = \frac{k|q_1|}{r_1^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 5 \times 10^{-6}}{9} = 5 \times 10^3 \frac{N}{C}$$

$$E_2 = \frac{k|q_2|}{r_2^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 5 \times 10^{-6}}{9} = 5 \times 10^3 \frac{N}{C}$$

$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = E_1 \vec{j} + E_2 \vec{i} = 5 \times 10^3 (\vec{i} + \vec{j})$$

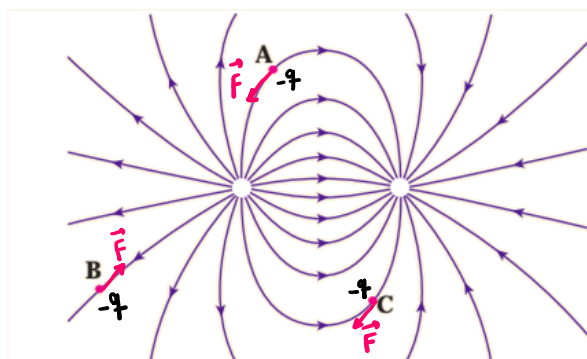
$$E_T = \sqrt{25 \times 10^6 + 25 \times 10^6} = 5\sqrt{2} \times 10^3 N/C$$

پرسش را ۵

به نظر شما چرا خطوط میدان الکتریکی برایندهرگز 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 ۱-۶



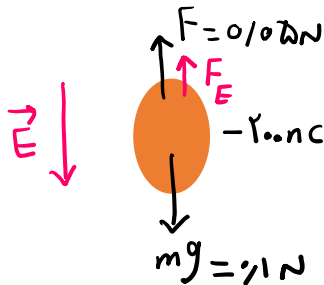
بار $-q$ را در نقطه‌های A، B و C از میدان الکتریکی غیریکنواخت شکل روبه‌رو قرار دهید و جهت نیروی الکتریکی وارد بر این بار منفی را تعیین کنید.

جهت نیروی الکتریکی وارد بر یک بار الکتریکی منفی در خلاف جهت میدان الکتریکی است.



تمرین ۱-۷

روی سطح بادکنکی به جرم 10^{-3} kg بار الکتریکی -20 nC 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. اندازه نیروی شناوری روبه بالای وارد بر بادکنک را 0.05 N فرض کنید.



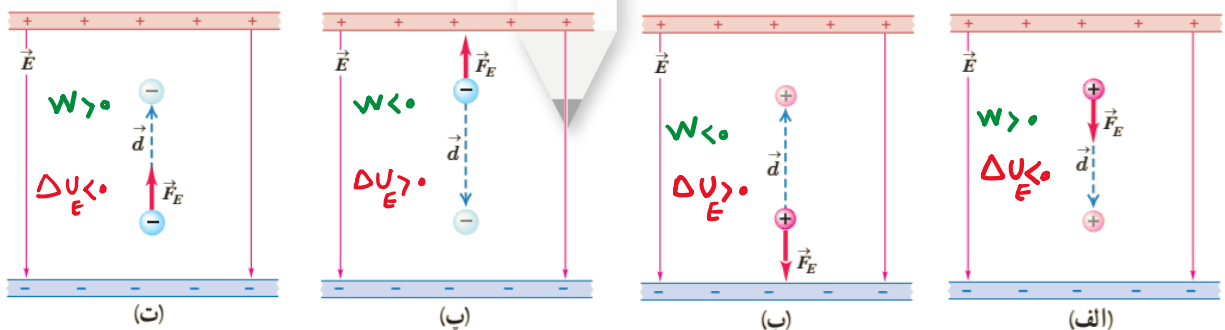
از آنجا که نیروی وزن از نیروی شناوری بیشتر است، پس برای معلق ماندن بادکنک باید نیروی الکتریکی به سمت بالا وارد شود. چون بار بادکنک منفی است، پس جهت میدان الکتریکی باید به سمت پایین باشد تا نیرویی رو به بالا به بادکنک وارد کند. از توازن نیروها می‌توان مقدار نیروی الکتریکی را حساب کرد.

$$F_E = mg - F = 0.1 - 0.05 = 0.05 \text{ N}$$

پرسش ۱-۷

در هر یک از شکل‌های زیر، با توجه به علامت بار ذره جابه‌جا شده، و جهت میدان الکتریکی (\vec{E}) ، جهت نیروی الکتریکی (\vec{F}_E) و جهت جابه‌جایی ذره (\vec{d}) ، تعیین کنید که:

الف) کار نیروی الکتریکی (W_E) مثبت است یا منفی. ب) انرژی پتانسیل الکتریکی (U_E) کاهش یافته است یا افزایش.



الف) اگر جابجایی و نیروی الکتریکی در یک جهت باشند، کار نیروی الکتریکی مثبت و اگر در خلاف هم باشند کار منفی است.

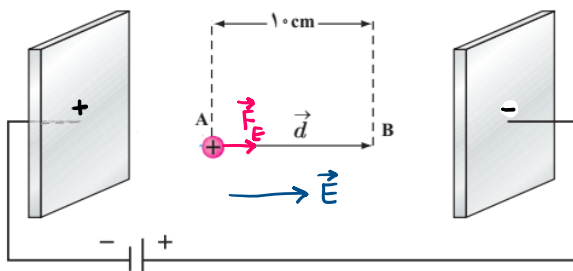
$$W_E = Fd \cos \theta$$

ب) تغییرات انرژی پتانسیل برابر است با منفی کار میدان الکتریکی.

$$\Delta U_E = -W_E$$

تمرین ۸-۱

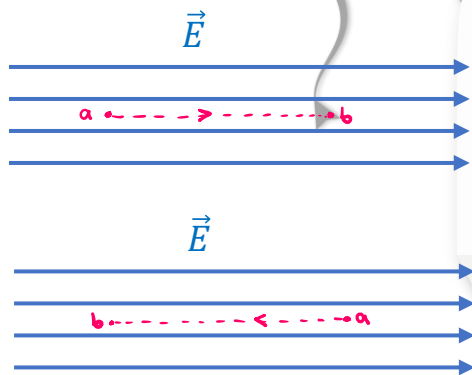
در مثال ۱-۱۰ اگر جای قطب‌های باتری عوض شود و پروتون را در نقطه A از حالت سکون رها کنیم، پروتون با چه تندی ای به نقطه B می‌رسد؟



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

تمرین ۹-۱

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.



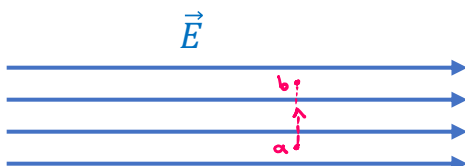
$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} = -E d \cos 0 = -Ed$$

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

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

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

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



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

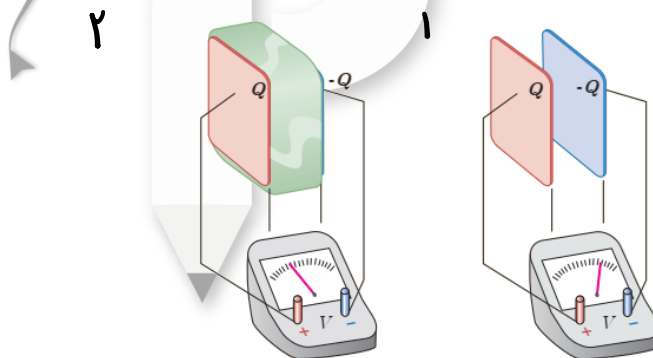
تمرین ۱-۱۰

اگر پایانه مثبت یک باتری ۱۲ ولتی را مرجع پتانسیل در نظر بگیریم، پتانسیل پایانه منفی آن چند ولت خواهد شد؟

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

پرسش ۱-۸

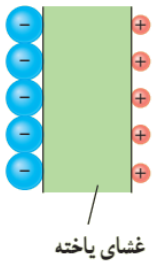
در شکل زیر صفحه‌های باردار یک خازن تخت را که بین آنها هواست، به ولت‌سنج وصل می‌کنیم. با وارد کردن دی‌الکتریک در بین صفحه‌ها، اختلاف پتانسیل دو صفحه کاهش می‌یابد. علت آن را توضیح دهید (توجه کنید که این آزمایش با بیشتر ولت‌سنج‌های معمولی و رایج ممکن نیست).



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

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

تمرین ۱-۱۱



یک یاخته عصبی (نورون) را می‌توان با یک خازن تخت مدل‌سازی کرد، به‌طوری‌که غشای سلول به عنوان دی الکتریک و یون‌های باردار با علامت مخالف که در دو طرف غشا هستند به عنوان بارهای روی صفحه‌های خازن عمل کنند (شکل روبه‌رو). ظرفیت یک سلول عصبی و تعداد یون‌های لازم (بافرض آنکه هر یون یک بار یونیده باشد)، برای آنکه یک اختلاف پتانسیل 85mV ایجاد شود چقدر است؟ فرض کنید غشا دارای ثابت دی الکتریک $\kappa = 3$ ، ضخامت 10nm و مساحت سطح 10^{-10}m^2 است.

$$C = \frac{k\epsilon_0 A}{d} = \frac{3 \times 8.85 \times 10^{-12} \times 10^{-10}}{10 \times 10^{-9}} = 2.65 \times 10^{-13} \text{ F}$$

ظرفیت یاخته

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

بار یون

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

تعداد یون



بخش دوم:

مسائل پایان فصل

پرسش‌ها و مسئله‌های فصل ۱

۱ یک میله پلاستیکی را با پارچه پشمی مالش می‌دهیم. پس از مالش، بار الکتریکی میله پلاستیکی $-۱۲/۸\text{nC}$ می‌شود. الف) بار الکتریکی ایجاد شده در پارچه پشمی چقدر است؟ ب) تعداد الکترون‌های منتقل شده از پارچه پشمی به میله پلاستیکی را محاسبه کنید.

الف) $+12.8\text{nC}$

در اثر مالش میله پلاستیکی با پارچه پشمی، الکترون‌ها از پارچه به میله منتقل می‌شوند. بنابراین به همان اندازه که میله الکترون بگیرد، پارچه الکترون از دست داده است. ب) مقدار بار همواره مضرب صحیحی از بار بنیادی e می‌باشد، پس:

$$q = ne \rightarrow n = \frac{q}{e} = \frac{12.8 \times 10^{-9}}{1.6 \times 10^{-19}} = 8 \times 10^3$$

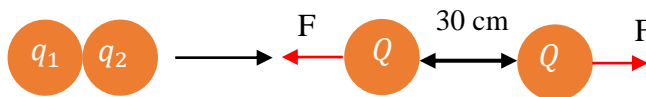
۲ الف) بار الکتریکی اتم و هسته اتم کربن ($^{12}_6\text{C}$) چند کولن است؟ ب) بار الکتریکی اتم کربن یک بار یونیده (C^+) چقدر است؟

الف) بار الکتریکی اتم در حالت عادی خنثی (صفر) است (تعداد الکترون‌ها و پروتون‌ها 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.

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

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

۳ دو گوی رسانا، کوچک و یکسان به بارهای $q_1 = 4 \text{ nC}$ و $q_2 = -6 \text{ nC}$ را با هم تماس می‌دهیم و سپس تا فاصله $r = 30 \text{ cm}$ از هم دور می‌کنیم. 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 می‌شود (بار الکتریکی از کره با بار بیشتر به کره با بار کمتر منتقل می‌شود). از آنجا که دو کره کاملاً مشابه هستند، بعد از دور شدن از هم بار الکتریکی آنها با هم برابر می‌باشد و از رابطه زیر بدست می‌آید:

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

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

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

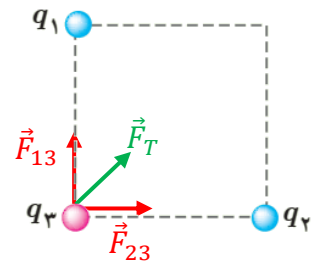
۴ سه ذره باردار q_1 ، q_2 و q_3 مطابق شکل در سه رأس مربعی به ضلع 30 cm ثابت شده‌اند. اگر $q_1 = q_2 = -5 \text{ } \mu\text{C}$ و $q_3 = +2 \text{ } \mu\text{C}$ باشد، نیروی خالص الکتریکی وارد بر بار q_3 را برحسب بردارهای یکه \vec{i} و \vec{j} تعیین کنید.

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

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

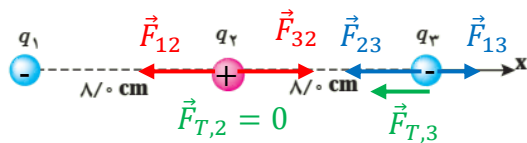
$$r_{13} = r_{23}$$

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



$$F_{13} = \frac{k|q_1||q_3|}{r_{13}^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 5 \times 10^{-6} \times 0.2 \times 10^{-6}}{3^2} = \frac{9 \times 10^{-3}}{9} = 10^{-3} \text{ N}$$

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



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

۵ بارهای الکتریکی نقطه‌ای $q_1 = +5\text{ nC}$ ، $q_2 = -4\text{ nC}$ و $q_3 = -4\text{ nC}$ مطابق شکل، در جای خود ثابت شده‌اند. نیروی خالص الکتریکی وارد بر هر یک از بارهای q_1 و q_2 را محاسبه کنید.

نیروهای وارد بر بارهای q_2 و q_3 در شکل رسم شده‌اند.

$$F_{13} = \frac{k|q_1||q_3|}{r_{13}^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-9} \times 4 \times 10^{-9}}{0.16^2} = \frac{144 \times 10^{-9}}{256 \times 10^{-4}} \cong 0.56 \times 10^{-5} \text{ N}$$

$$F_{23} = \frac{k|q_2||q_3|}{r_{23}^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 5 \times 10^{-9} \times 4 \times 10^{-9}}{0.08^2} = \frac{180 \times 10^{-9}}{64 \times 10^{-4}} \cong 2.8 \times 10^{-5} \text{ N}$$

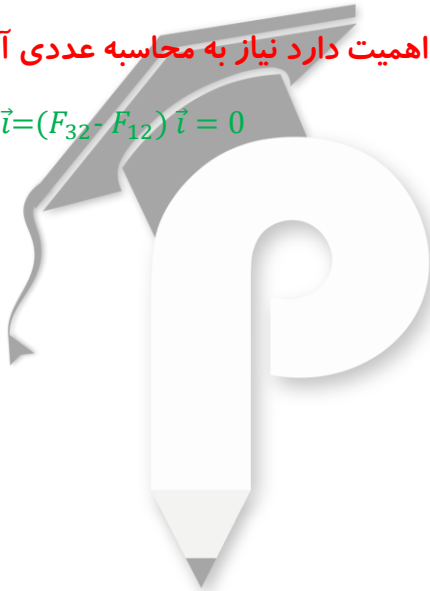
$$\vec{F}_{T,3} = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = F_{13}\vec{i} - F_{23}\vec{i} = (F_{13} - F_{23})\vec{i} = (0.56 - 2.8) \times 10^{-5}(\text{N})\vec{i} = -2.24(\text{N})\vec{i}$$

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

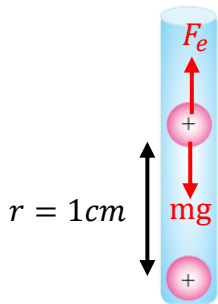
$$F_{12} = \frac{k|q_2||q_1|}{r_{12}^2}$$

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

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



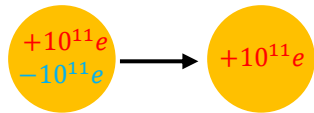
۶ در شکل روبه‌رو، دو گوی مشابه به جرم 25g و بار یکسان مثبت q در فاصله 1cm از هم قرار دارند، به‌طوری که گوی بالایی به حالت معلق مانده است. الف) اندازه بار q را به دست آورید. ب) تعداد الکترون‌های کنده‌شده از هر گوی چقدر است؟



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

$$F_e = mg \rightarrow \frac{k|q||q|}{r^2} = mg \rightarrow |q| = \sqrt{\frac{mgr^2}{k}} = \sqrt{\frac{2.5 \times 10^{-3} \times 10 \times 1 \times 10^{-4}}{9 \times 10^9}} = \sqrt{\frac{25 \times 10^{-7}}{9 \times 10^9}} \\ \cong \sqrt{2.8 \times 10^{-16}} = 1.7 \times 10^{-8} \text{C}$$

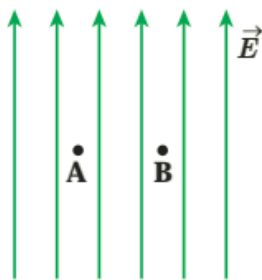
ب) می‌دانیم که بار الکتریکی همواره مضرب صحیحی از بار بنیادی است. پس می‌توانیم تعداد بارهای بنیادی گوی را بدست آوریم:



کندن الکترون‌ها گوی خنثی

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

از آنجا که بار گوی‌ها مثبت است، نتیجه می‌گیریم که این مقدار الکترون از گوی کنده شده است.

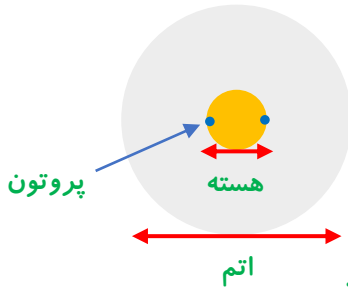


۷ یک ذره باردار را یک بار در نقطه A و بار دیگر در نقطه B قرار می‌دهیم. نیرویی که از طرف میدان الکتریکی بر این ذره باردار در این دو نقطه وارد می‌شود را مقایسه کنید.

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

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

۸ هسته اتم آهن شعاعی در حدود $4/0 \times 10^{-15} \text{m}$ دارد و تعداد پروتون‌های آن ۲۶ عدد است. الف) بزرگی نیروی دافعه بین دو پروتون این هسته که به فاصله $4/0 \times 10^{-15} \text{m}$ از هم قرار دارند چقدر است؟ ب) اندازه میدان الکتریکی ناشی از هسته در فاصله $1/0 \times 10^{-10} \text{m}$ از مرکز هسته چقدر است؟



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

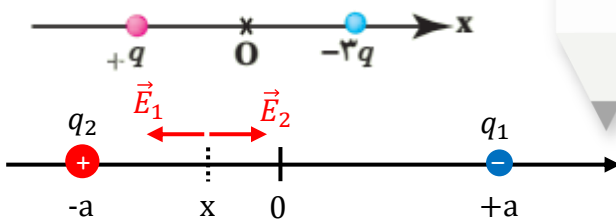
$$F = \frac{k|q_p||q_p|}{r_n^2} \cong \frac{23 \times 10^{-29}}{16 \times 10^{-30}} = 1.44 \times 10^1 = 14.4 \text{N}$$

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

$$E = \frac{kq_n}{r_a^2} = \frac{kZe}{r_a^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 26 \times 1.6 \times 10^{-19}}{(10^{-10})^2} = \frac{374.4 \times 10^{-10}}{10^{-20}} = 374.4 \times 10^{10} \cong 3.7 \times 10^{12} \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

۹ شکل زیر، دو ذره باردار را نشان می‌دهد که در جای خود روی محور x ثابت شده‌اند. بارها در فاصله یکسان a از مبدأ مختصات (نقطه O) قرار دارند.

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



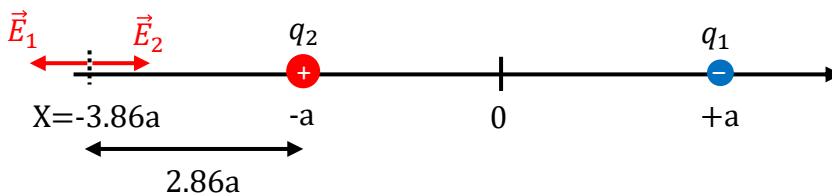
الف) می‌دانیم که میدان الکتریکی با اندازه بار الکتریکی نسبت مستقیم و با مجذور فاصله نسبت عکس دارد. در این مسئله اندازه بار ۱ بیشتر از ۲ است، پس اگر بنا باشد میدان الکتریکی ناشی از هر دو بار در جایی بر روی محور صفر باشد، آن محل باید نزدیک بار ۲ باشد. فرض می‌کنیم که میدان برآیند در نقطه‌ای به فاصله x از مبدأ 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 بر آیند 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.

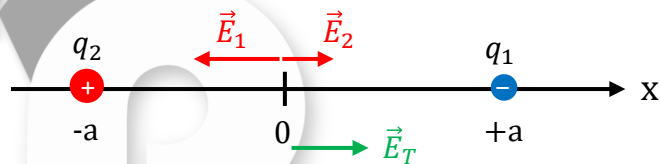


(ب)

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

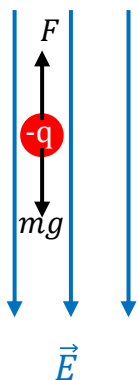
$$\vec{E}_2 = E_2 \vec{i} = \frac{kq_2}{a^2} \vec{i}$$

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



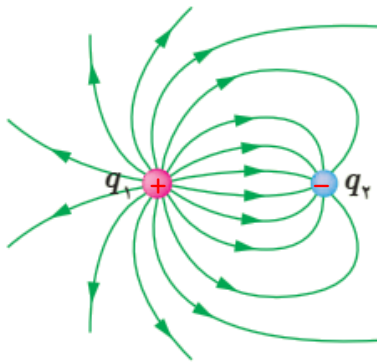
۱۰ در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $4/9 \times 10^5 \text{ N/C}$ که جهت آن قائم و رو به پایین است، ذره بارداری به جرم $2/0 \text{ g}$ معلق و به حال سکون قرار دارد. اگر $g = 9/8 \text{ N/kg}$ باشد، اندازه و نوع بار الکتریکی ذره را مشخص کنید.

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).



$$F = mg \rightarrow qE = mg \rightarrow q = \frac{mg}{E} = \frac{2 \times 10^{-3} \times 9.8}{4.9 \times 10^5} = 4 \times 10^{-8} \text{ C} = 0.04 \mu\text{C}$$

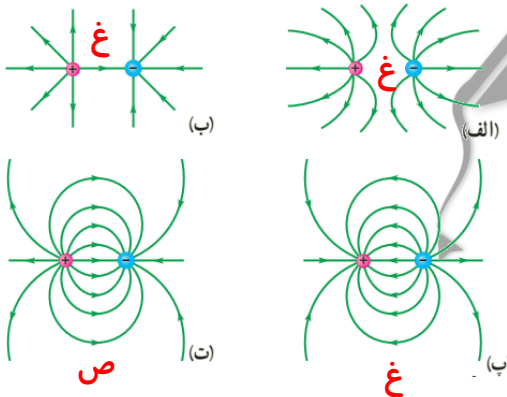
۱۱ خطوط میدان الکتریکی برای دو کره رسانای باردار کوچک در شکل زیر نشان داده شده است. نوع بار هر کره را تعیین کرده و اندازه آنها را مقایسه کنید.



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.

$$|q_1| > |q_2|$$

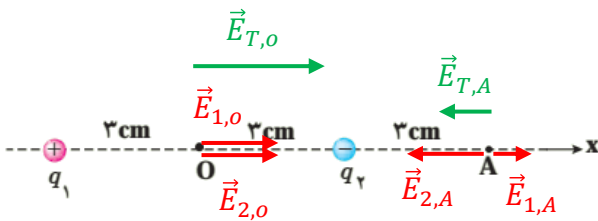
۱۲ در شکل های زیر، اندازه دو بار، یکسان ولی علامت آنها مخالف هم است. کدام آرایش های خطوط میدان نادرست است؟ دلیل آن را توضیح دهید.



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.

۱۳ دو بار الکتریکی نقطه‌ای غیرهمنام $q_1 = +1 \text{ nC}$ و $q_2 = -1 \text{ nC}$ مطابق شکل زیر به فاصله 6 cm از یکدیگر قرار دارند.

الف) جهت و اندازه میدان الکتریکی را در نقطه‌های O و A به دست آورید.
ب) آیا بر روی محور، نقطه‌ای وجود دارد که میدان خالص در آن صفر شود؟



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

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

$$\vec{E}_{T,A} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = \frac{k|q_1|}{r_1^2} \vec{i} - \frac{k|q_2|}{r_2^2} \vec{i} = kq \times \left(\frac{1}{r_{1,A}^2} - \frac{1}{r_{2,A}^2} \right) = 9 \times 10^9 \times 1 \times 10^{-9} \left(\frac{1}{81 \times 10^{-4}} - \frac{1}{9 \times 10^{-4}} \right) \vec{i}$$

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

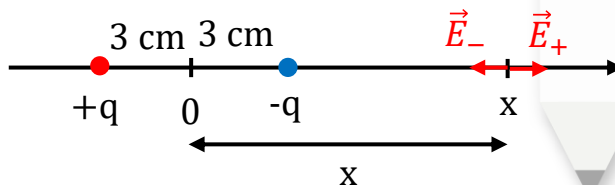
الف):

$$r_{1,O} = 3 \text{ cm}, r_{2,O} = 3 \text{ cm}$$

$$\vec{E}_{1,O} = E_1 \vec{i}, \vec{E}_{2,O} = E_2 \vec{i}$$

$$\vec{E}_{T,O} = \vec{E}_{1,O} + \vec{E}_{2,O} = \frac{k|q_1|}{r_{1,O}^2} \vec{i} + \frac{k|q_2|}{r_{2,O}^2} \vec{i} = 9 \times 10^9 \times 1 \times 10^{-9} \left(\frac{1}{9 \times 10^{-4}} + \frac{1}{9 \times 10^{-4}} \right) \vec{i} = 2 \times 10^4 (N) \vec{i}$$

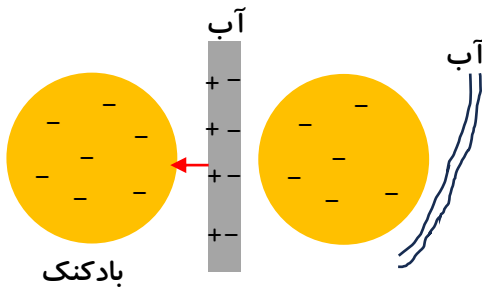
ب) فرض می‌کنیم چنین نقطه‌ای وجود داشته باشد. مطابق شکل زیر فاصله آن نقطه از مبدا مختصات را x می‌گیریم:



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

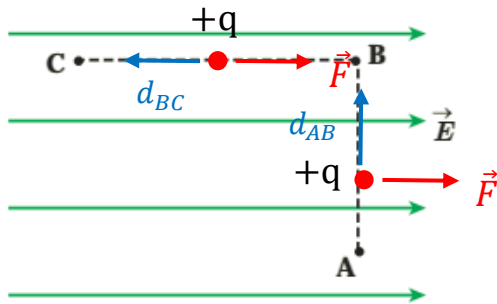
به یک عبات ناصحیح رسیدیم و این نشان می‌دهد چنین نقطه‌ای وجود ندارد. پس در آرایش نشان داده شده که یک دوقطبی الکتریکی است، نقطه‌ای را نمی‌توان یافت که میدان در آنجا برابر صفر باشد.

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



مولکول‌های آب دو قطبی الکتریکی هستند و وقتی در میدان الکتریکی قرار می‌گیرند، آرایش بارهای دوقطبی تحت تاثیر نیروی ناشی از میدان تغییر می‌کند. فرض کنید بادکنک دارای بار منفی باشد. در این حالت میدان ناشی از بادکنک سبب می‌شود 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 بادکنک می‌شود.

۱۵ مطابق شکل زیر، بار $q = +5 \text{ nC}$ را در میدان الکتریکی یکنواخت $E = 8 \times 10^5 \text{ N/C}$ نخست از نقطه A تا نقطه B و سپس تا نقطه C جابه جا می کنیم. اگر $AB = 0.2 \text{ m}$ و $BC = 0.4 \text{ m}$ باشد، مطلوب است:



- الف) نیروی الکتریکی وارد بر بار q ،
 ب) کاری که نیروی الکتریکی در این جابه جایی انجام می دهد،
 پ) تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q در این جابه جایی.

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

$$F = qE \rightarrow F_{AB} = qE = 50 \times 10^{-9} \times 8 \times 10^5 = 4 \times 10^{-2} \text{ N}$$

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.

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

$$W_{AB} = F d_{AB} \cos 90 = 0$$

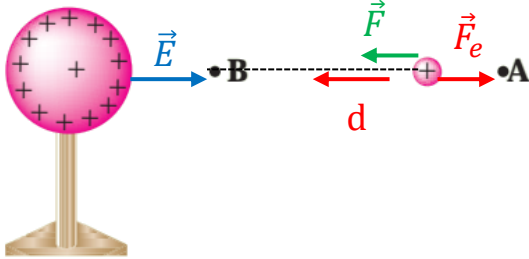
$$W_{BC} = F d_{BC} \cos 180 = -F d_{BC} = -4 \times 10^{-2} \times 0.4 = -1.6 \times 10^{-2} \text{ J}$$

$$W_T = W_{AB} + W_{BC} = 0 + (-1.6 \times 10^{-2}) = -1.6 \times 10^{-2} \text{ J}$$

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

$$\Delta U = -W = +1.6 \times 10^{-2} \text{ J}$$

۱۶ در شکل زیر ذره باردار مثبت و کوچکی را از نقطه A به سمت کره باردار که روی پایه عایقی قرار دارد، نزدیک می کنیم و در نقطه B قرار می دهیم. الف) در این جابه جایی، کار نیروی الکتریکی مثبت است یا منفی؟ ب) انرژی پتانسیل ذره باردار در این جابه جایی چگونه تغییر می کند؟ پ) پتانسیل نقطه های 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 کار انجام 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:

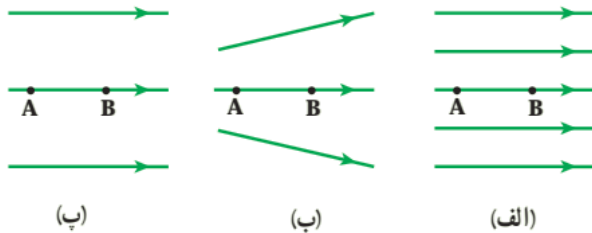
$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q}$$

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

شود، یعنی:

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

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



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

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

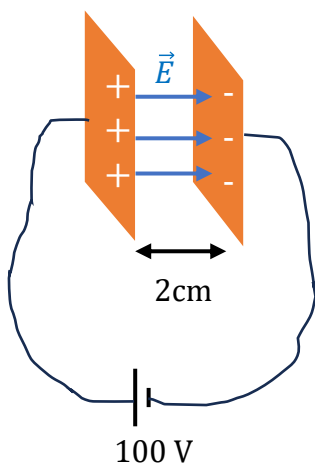
$$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \xrightarrow{v_0=0, \Delta x=d} v = \sqrt{2ad} = \sqrt{\frac{2dF_E}{m}}$$

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 می‌گیرد. در شکل‌های نشان داده شده هر جا تراکم خطوط بیشتر باشد به معنای میدان قوی و نیروی قوی خواهد بود. یعنی:

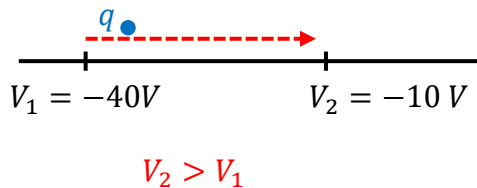
$$E_{\text{الف}} > E_{\text{ب}} > E_{\text{پ}} \rightarrow F_{\text{الف}} > F_{\text{ب}} > F_{\text{پ}} \rightarrow v_{\text{الف}} > v_{\text{ب}} > v_{\text{پ}}$$



۱۸ دو صفحه رسانا با فاصله ۲/۰۰ cm را موازی یکدیگر قرار می‌دهیم و آنها را به اختلاف پتانسیل ۱۰۰V وصل می‌کنیم. در نتیجه، یکی از صفحه‌ها به‌طور منفی و دیگری به‌طور مثبت باردار می‌شوند و میان دو صفحه میدان الکتریکی را یکنواختی به‌وجود می‌آید. اندازه این میدان الکتریکی را حساب کنید و با توجه به جهت خطوط میدان الکتریکی در فضای بین دو صفحه توضیح دهید که کدام یک از دو صفحه پتانسیل الکتریکی بیشتری دارند.

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

صفحه مثبت پتانسیل بیشتری دارد.



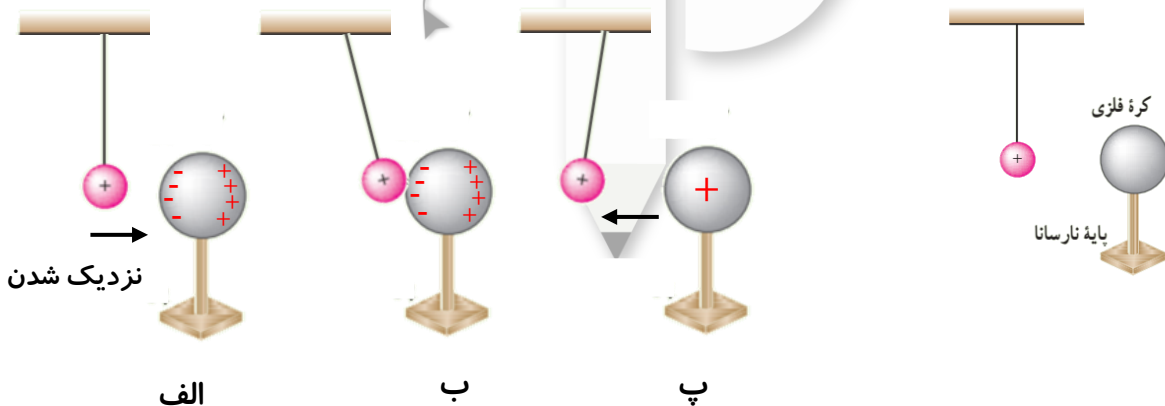
۱۹ بار الکتریکی $q = -4 \text{ nC}$ از نقطه‌ای با پتانسیل الکتریکی $V_1 = -40 \text{ V}$ تا نقطه‌ای با پتانسیل $V_2 = -10 \text{ V}$ آزادانه جابه‌جا می‌شود. الف) انرژی پتانسیل الکتریکی بار q چه اندازه و چگونه تغییر می‌کند؟ ب) با توجه به قانون پایستگی انرژی، در مورد چگونگی تبدیل انرژی بار q در این جابه‌جایی توضیح دهید.

الف) بار الکتریکی در جهتی حرکت می‌کند که پتانسیل الکتریکی رفته رفته در مسیرش بیشتر می‌شود. مطابق روابط زیر انرژی پتانسیل بار الکتریکی کاهش یافته است:

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

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.

۲۰ یک کره فلزی بدون بار الکتریکی را که روی پایه نارسانی 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 می‌شود به طوری که بارهای منفی در سمت نزدیک به آونگ و بارهای مثبت در سمت دورتر قرار می‌گیرند (الف). (این آرایش بار به همراه بار آونگ میدان الکتریکی را در داخل کره صفر می‌کند). در این حالت به دلیل قرارگیری بارهای ناهمنام کره و آونگ در نزدیک هم، آونگ به سمت کره جذب می‌شود (ب). در مرحله بعد مقداری بار الکتریکی از آونگ به کره رسانا انتقال می‌یابد و این انتقال بار تا زمانی که بار هر دو یکسان شود ادامه دارد. در این حالت نیروی دافعه بین آونگ و کره باعث می‌شود آونگ از کره دور شود (پ) و این مراحل مجدداً تکرار می‌شوند.

۲۱ 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 صفحه های 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.

۲۲ اختلاف پتانسیل بین دو صفحه یک خازن را از ۲۸V به

۴۰V افزایش می دهیم. اگر با این کار $15\mu C$ بار ذخیره شده

در خازن افزوده شود، ظرفیت خازن را حساب کنید.

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

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

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:

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

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

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

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

$$d = 1 \text{ mm}$$

$$k = 1$$

$$C = 1 \text{ F}$$

$$A = ?$$

۲۳ ظرفیت یک خازن تخت با فاصله صفحات 1 mm که بین صفحه‌های آن هوا قرار دارد، برابر 1 F است. مساحت صفحه‌های این خازن چقدر است؟ از این مسئله چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

$$C = \frac{k\epsilon_0 A}{d} \rightarrow A = \frac{Cd}{k\epsilon_0} = \frac{1 \times 10^{-3}}{1 \times 8.85 \times 10^{-12}} = 1.1 \times 10^8 \text{ m}^2$$

عددی که برای مساحت صفحات خازن بدست آمده بسیار بزرگ است (مساحت زمین چمن فوتبال ورزشگاه آزادی حدود 8250 متر مربع است). پس عملاً ساخت یک خازن یک میکروفارادی امکان پذیر نیست و باید ظرفیت‌های بسیار کمتر مورد استفاده قرار گیرد.

۲۴ یک خازن تخت به یک باتری بسته شده است تا باردار

شود. پس از مدتی، درحالی‌که باتری همچنان به خازن متصل است، فاصله بین صفحه‌های خازن را دو برابر می‌کنیم.

کدام یک از موارد زیر درست است؟

(الف) میدان الکتریکی میان صفحه‌ها نصف می‌شود.

(ب) اختلاف پتانسیل میان صفحه‌ها نصف می‌شود.

(پ) ظرفیت خازن دو برابر می‌شود.

(ت) بار روی صفحه‌ها تغییر نمی‌کند.

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

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

(ب) غلط. از آنجا که خازن از صفحات جدا نشده، همواره پتانسیل آن برابر V می‌ماند.

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

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d} \rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{d}{2d} = \frac{1}{2}$$

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

نیز نصف می‌شود.

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

$$\begin{aligned}d &= 0.5 \text{ mm} \\k &= 4.9 \\C &=? \\A &= 1 \text{ m}^2\end{aligned}$$

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

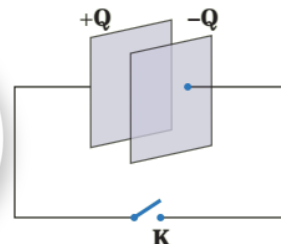
$$C = \frac{k\epsilon_0 A}{d} = \frac{4.9 \times 8.85 \times 10^{-12} \times 1}{0.5 \times 10^{-3}} = 87 \times 10^{-9} \text{ F} = 87 \text{ nF}$$

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 پردازیم:

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

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

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.



۲۷ ظرفیت خازن تختی ۲۰ nF و بار الکتریکی آن ۱۸۰ nC است.

الف) انرژی ذخیره شده در این خازن چقدر است؟
ب) بین صفحات خازن هواست. خازن را از باتری جدا و فاصله بین صفحه‌های آن را دو برابر می کنیم. انرژی ذخیره شده در خازن چقدر افزایش می یابد؟

$$U = \frac{q^2}{2C} = \frac{180^2}{2 \times 20} = 810 \text{ nJ} = 8.1 \times 10^{-7} \text{ J}$$

(الف)

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

$$U' = 2U = 1620 \text{ nJ}$$

ب) مطابق رابطه روبرو چنانچه فاصله بین صفحات دو برابر شود، ظرفیت خازن نصف می شود:

پس مطابق رابطه انرژی اگر ظرفیت خازنی نصف شود، انرژی آن دو برابر می شود (بار خازن با جدا کردن از باتری ثابت می ماند).