

گام به گام فیزیک یازدهم تجربی

فصل اول (الکتریسیته ساکن)

حسین هاشمی

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 دارای بار الکتریکی است که باعث چسبیده شدن لبه های ظرف شده و باعث نیروی جاذبه بین روکش و لبه های ظرف می شود.

وقتی روی فرش راه می‌روید و بدنتان بار الکتریکی پیدا می‌کند، هنگام دست دادن با دوستان، ممکن است با انتقال باری در حدود  $1 \text{ nC}$  به او شوک خفیفی وارد کنید. در این انتقال بار، حدود چند الکترون بین شما و دوستان منتقل شده است؟

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

$$n = ?$$

$$q = ne$$

$$1 \times 10^{-9} = n \times 1.6 \times 10^{-19}$$

$$n = \frac{1 \times 10^{-9}}{1.6 \times 10^{-19}} = \frac{1}{1.6} \times 10^{10}$$

$$n = 6.25 \times 10^8$$

## تمرین ۱-۱

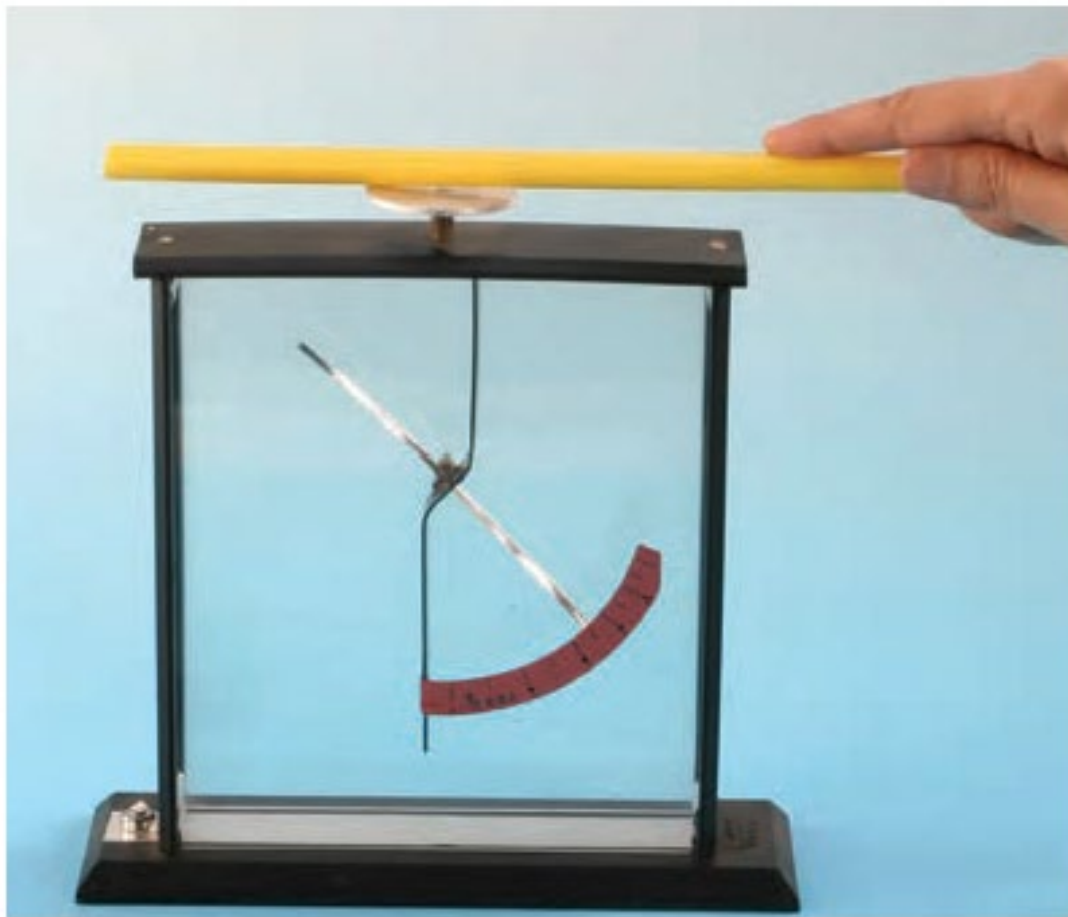
عدد اتمی اورانیوم  $Z = 92$  است. بار الکتریکی هسته اتم اورانیم چقدر است؟ مجموع بار الکتریکی الکترون‌های اتم اورانیم (خنثی) چه مقدار است؟ بار الکتریکی اتم اورانیم (خنثی) چقدر است؟

$$q = ne \rightarrow q = 92 \times 1.4 \times 10^{-19} = 1.47, 2 \times 10^{-19} \text{ C} \quad \text{الف)}$$

$$q = ne \rightarrow q = 92 \times -1.4 \times 10^{-19} = -1.47, 2 \times 10^{-19} \text{ C} \quad \text{ب)}$$

چون اتم خنثی است تعداد پروتون‌ها و الکترون‌ها با هم برابر است یعنی مجموع بار الکتریکی صفر است.

چگونه توسط یک الکتروسکوپ می‌توانیم تشخیص دهیم



که: الف) یک میله باردار است یا نه؟

بازدید کردن صیله به علامت الکتروسکوپ  
دماورت فاصله زرعین صفحات از هم آن  
صیله باردار است .

(ب) میله رساناست یا عایق؟



در صورت تماس میله با جلاهد (الکتروسکوپ) از قبل باردار شده باشند در صورتی که میله رسانا باشد بار الکتروسکوپ تخلیه شود و منفیات به هم نزدیک می‌شوند. میله عایق این قابلیت را ندارد.

پ) نوع بار میله‌ی باردار چیست؟



ارتباط الکتریسیته و بار را با وسایل یا فنون می‌کنیم .  
سین میله را به پلاستیک نزدیک می‌کنیم . (در فاصله  
صغیر حاصل هم بیشتر شد با الکتریسیته و میله  
همه‌ها است و در فاصله کمتر شد با همه‌ها است .

یک میله‌ی پلاستیکی را با پارچه‌ی پشمی مالش می‌دهیم. پس از مالش، بار الکتریکی میله‌ی پلاستیکی  $-12,8nC$  می‌شود.

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

$$q = +12,8nC$$



ب) تعداد الکترون‌های منتقل شده از پارچه‌ی پشمی به میله‌ی پلاستیکی را محاسبه کنید.

$$q = ne \rightarrow n = \frac{q}{e} = \frac{12.1 \times 10^{-9}}{1.6 \times 10^{-19}} = 7.56 \times 10^{10}$$

الف) بار الکتریکی اتم و هسته‌ی اتم کربن ( ${}^{12}_6C$ ) چند کولن است؟

تعداد پروتون ها = تعداد الکترون ها  $\Leftarrow q_{\text{اتم}} = 0$

$$q_{\text{هسته}} = 4 \times 1.4 \times 10^{-19} = 9.4 \times 10^{-19} C$$

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

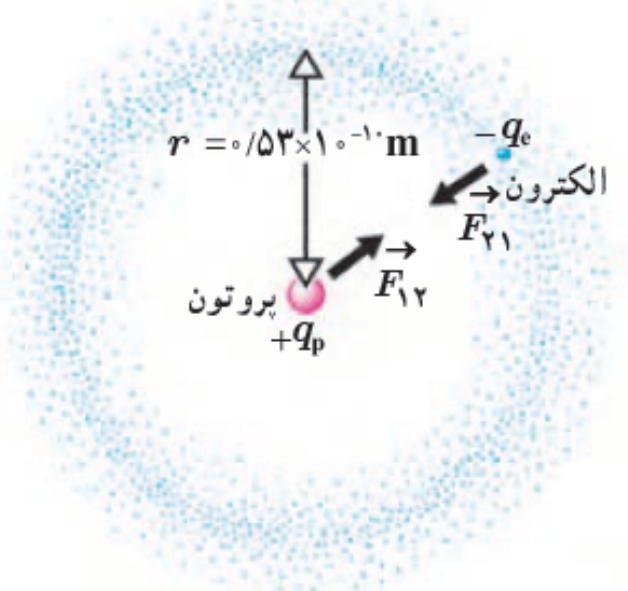
تعداد پروتون‌ها یا اتم کربن: ۶  
تعداد پروتون‌ها یا اتم کربن: ۶

تعداد الکترون‌ها یا اتم کربن: ۵  
تعداد الکترون‌ها یا اتم کربن: ۶

$$q = 1 \times 1.6 \times 10^{-19}$$

$$q = 0$$

الف) در مدل بور برای اتم هیدروژن، فاصله الکترون از پروتون هسته در حالت پایه  $5/3 \times 10^{-11} \text{ m}$  است (شکل را ببینید). اندازه نیروی الکتریکی که پروتون به الکترون وارد می کند را محاسبه کنید.



$$F = \frac{k q_1 q_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 1.6 \times 10^{-19}}{(5.3 \times 10^{-11})^2}$$

$$\Rightarrow F = 1.2 \times 10^{-9} \text{ N}$$

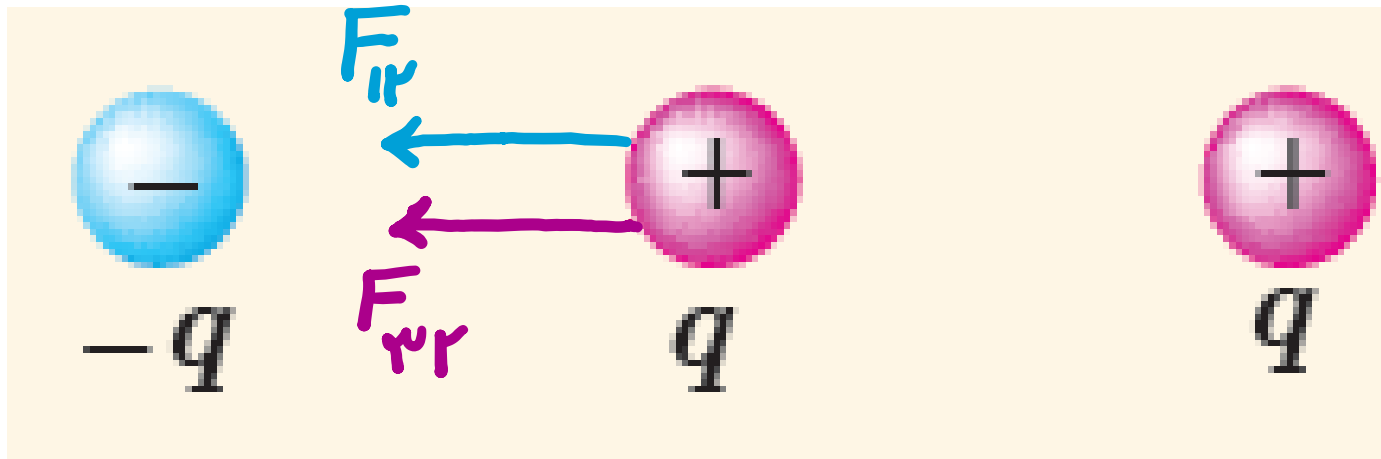
ب) در هسته اتم هلیم دو پروتون به فاصله تقریبی  $r = 2/4 \times 10^{-15} \text{ m}$  از هم قرار دارند. اندازه نیرویی که پروتون‌ها بر هم وارد می‌کنند را محاسبه کنید.

$$F = \frac{k q_1 q_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 1.6 \times 10^{-19}}{(2.5 \times 10^{-15})^2}$$

$$\Rightarrow F = 40 \text{ N}$$

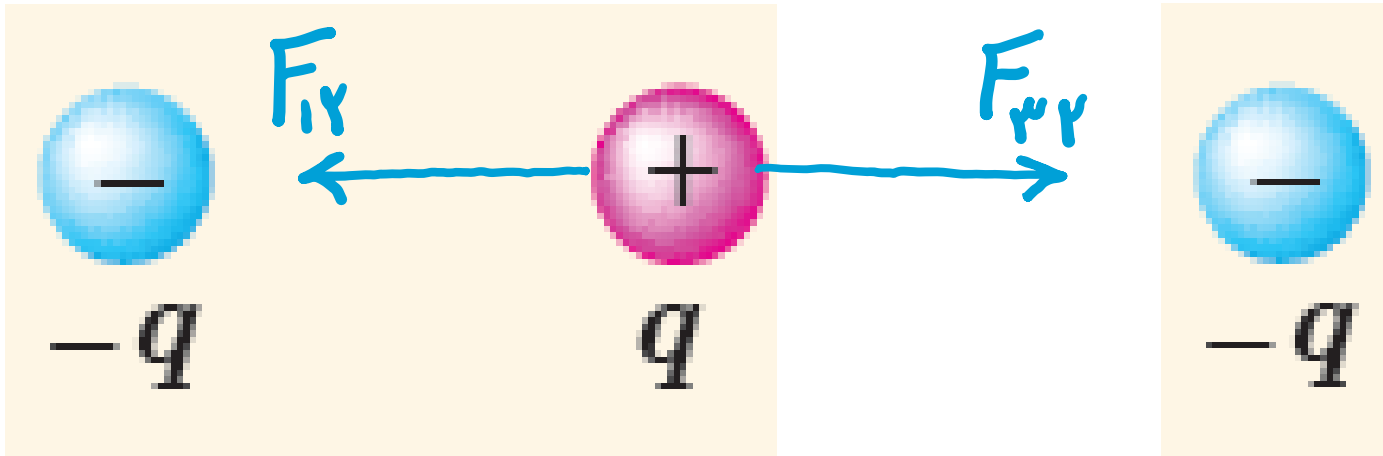
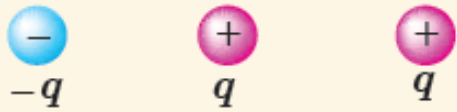


سه ذره باردار مانند شکل روبه‌رو، روی یک خط راست قرار دارند و فاصله بارهای سمت راست و چپ از بار میانی برابر است. الف) جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار الکتریکی میانی را تعیین کنید. ب) اگر ذره سمت راست به جای  $q$ ، بار  $-q$  داشته باشد، جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار میانی چگونه خواهد بود؟



جهت نیروی برآیند به سمت چپ خواهد بود.

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؟



برای نیروها منفی است.



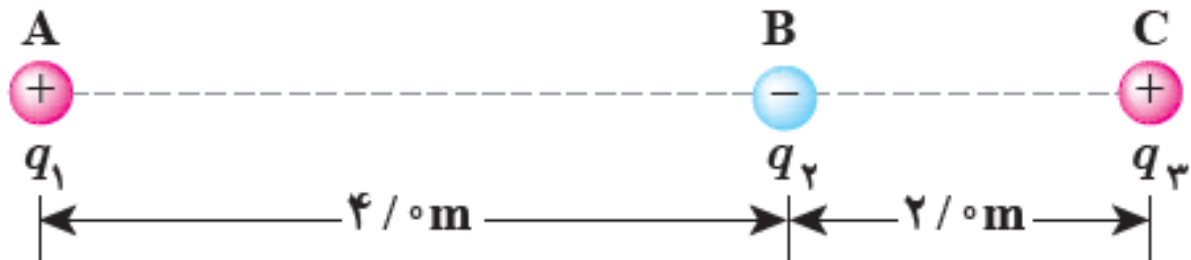
سه ذره با بارهای  $q_1 = +2/5 \mu\text{C}$  و  $q_2 = -1/0 \mu\text{C}$  و  $q_3 = +4/0 \mu\text{C}$  در نقطه‌های A، B و C مطابق شکل روبه‌رو ثابت شده‌اند. نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار  $q_3$  را محاسبه کنید.

$$F_{13} = \frac{kq_1q_3}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 2,5 \times 10^{-4} \times 4 \times 10^{-4}}{(4+2)^2} = 2,5 \times 10^{-3} \text{ N} \quad \text{به راست}$$

$$F_{23} = \frac{kq_2q_3}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 1 \times 10^{-4} \times 4 \times 10^{-4}}{(2)^2} = 9 \times 10^{-3} \text{ N} \quad \text{به چپ}$$

$$\text{نیروی خالص} = 9 \times 10^{-3} - 2,5 \times 10^{-3} = 6,5 \times 10^{-3} \quad \text{به سمت چپ}$$





در مثال ۱-۳، نیروی خالص وارد بر بار  $q_2$  را به دست آورید.

به چپ:

$$F_{12} = \frac{kq_1q_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-4} \times 1 \times 10^{-4}}{(4)^2} = 1.125 \times 10^{-3} \text{ N}$$

به سمت راست:

$$F_{23} = \frac{kq_2q_3}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 1 \times 10^{-4} \times 4 \times 10^{-4}}{(2)^2} = 9 \times 10^{-3} \text{ N}$$

به سمت راست:

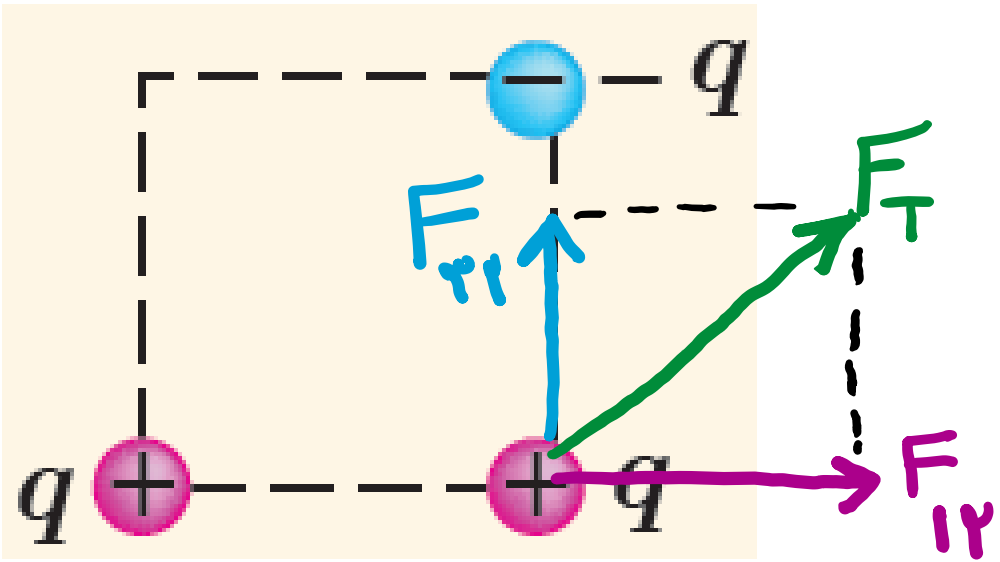
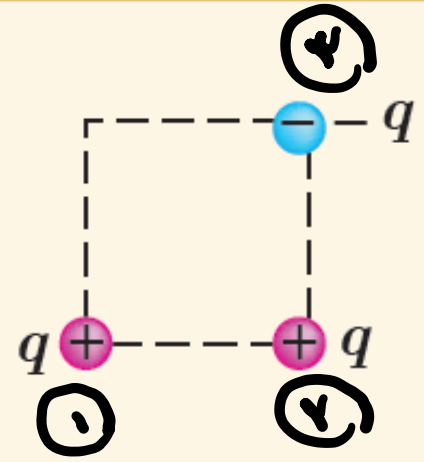
$$\Rightarrow F_{\text{نتیجه}} = 9 \times 10^{-3} - 1.125 \times 10^{-3} = 7.875 \times 10^{-3} \text{ N}$$

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؟



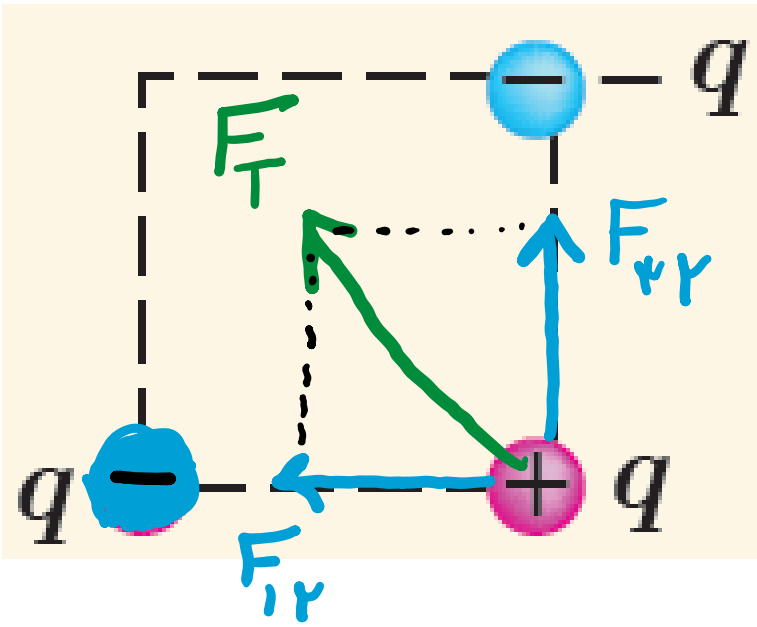
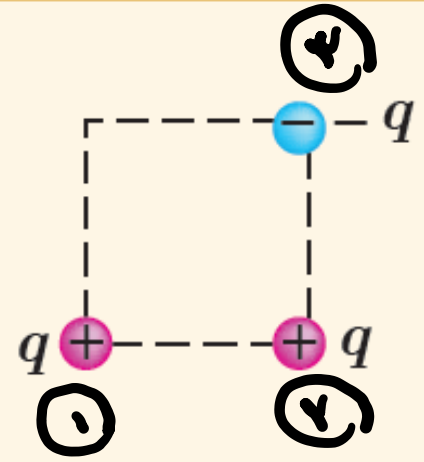
به سمت بالا و چپ

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.

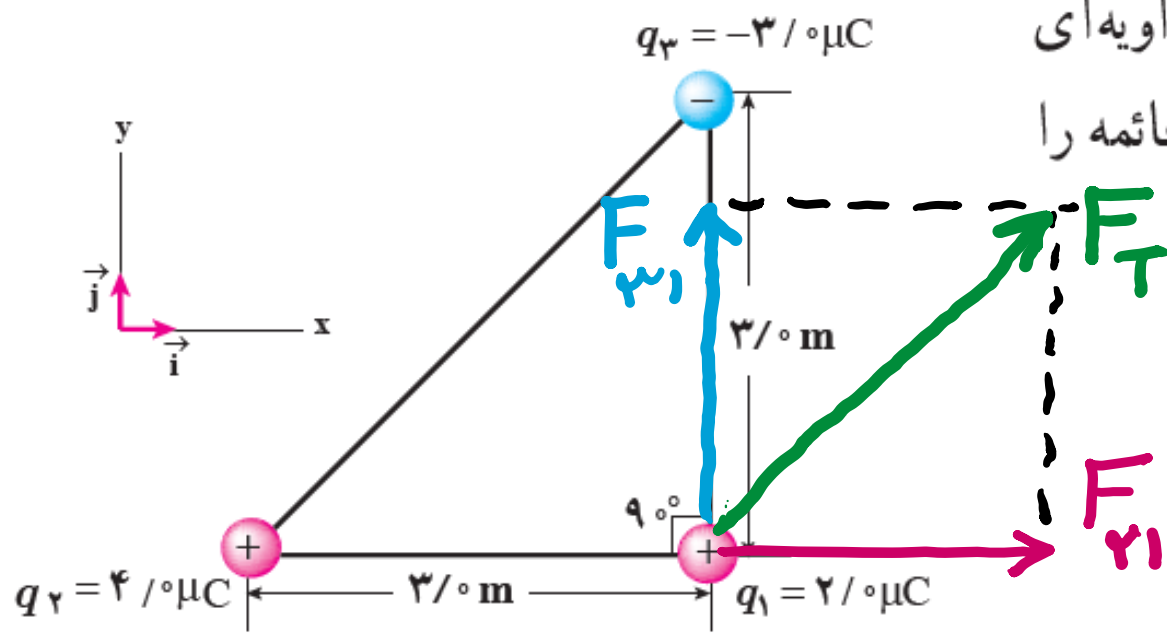
ب) اگر ذره سمت چپ پایینی به جای  $q$ ، بار  $-q$  داشته باشد، جهت نیروی الکتریکی خالص وارد

بر بار سمت راست پایینی چگونه خواهد بود؟



به سمت شمال غرب

سه ذره باردار مطابق شکل روبه‌رو در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای ثابت شده‌اند. نیروی الکتریکی خالص وارد بر ذره واقع در رأس قائمه را به دست آورده و اندازه این نیرو را محاسبه کنید.



$$F_T = 10 \times 10^{-3} \text{ N}$$

$$F_{12} = \frac{k q_1 q_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{3^2} = 4 \times 10^{-3} \text{ N}$$

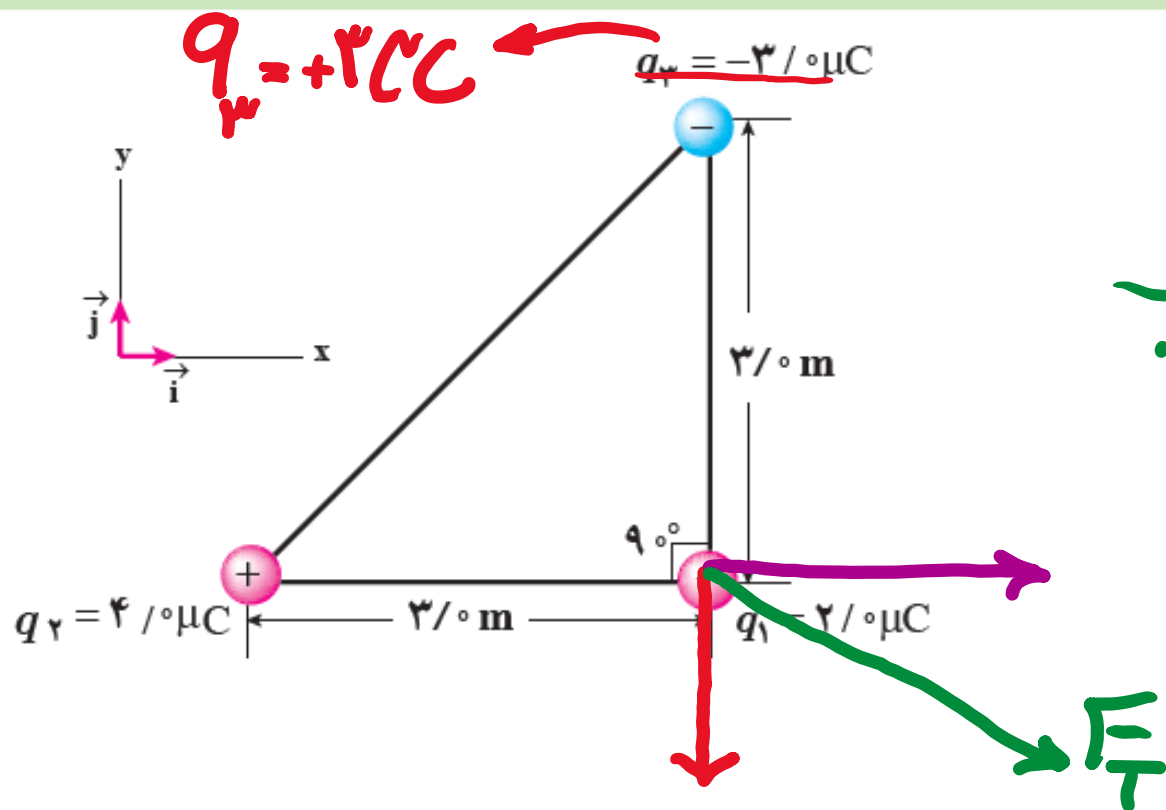
$$F_{13} = \frac{k q_1 q_3}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-6} \times 3 \times 10^{-6}}{3^2} = 6 \times 10^{-3} \text{ N}$$

### تمرین ۱-۳

در مثال ۱-۴ الف) اگر علامت بار  $q_3$  تغییر کند جهت نیروی برآیند وارد بر بار  $q_1$  چگونه خواهد شد؟

ب) اگر علامت بار  $q_3$  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؟



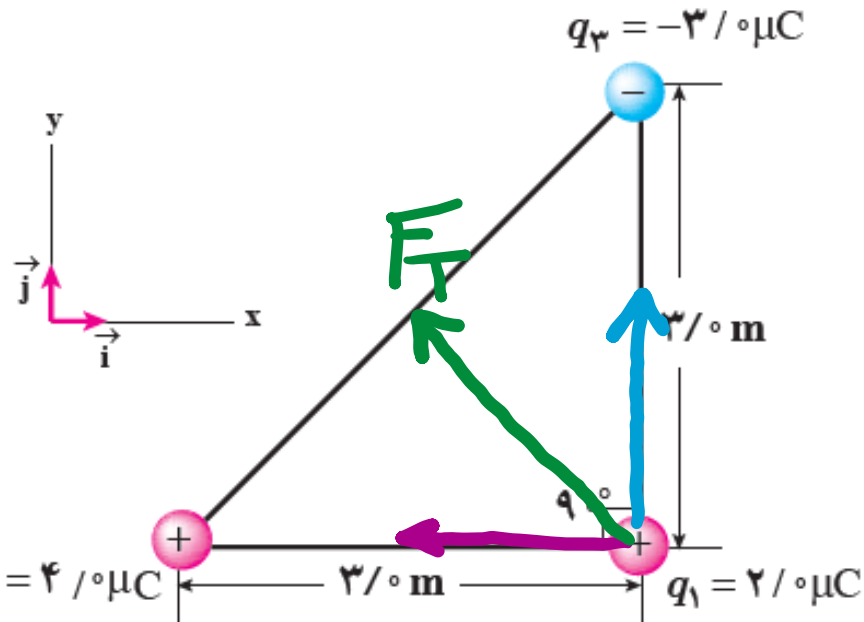
الف) جهت نیروی برآیند به سمت جنوب شرقی می‌شود.

### تمرین ۱-۳

در مثال ۱-۴ الف) اگر علامت بار  $q_3$  تغییر کند جهت نیروی برآیند وارد بر بار  $q_1$  چگونه خواهد شد؟

ب) اگر علامت بار  $q_3$  تغییر کند، جهت نیروی برآیند وارد بر بار  $q_1$  چگونه خواهد شد؟

پ) آیا اندازه نیروی برآیند وارد بر بار  $q_1$  در قسمت های الف و ب با مقدار به دست آمده در مثال ۱-۴ متفاوت است؟



ب) جهت نیروی برآیند به سمت شمال غربی می شود

پ) خیر، اندازه نیروی برآیند تغییری نمی کند فقط جهت آن عوض می شود.

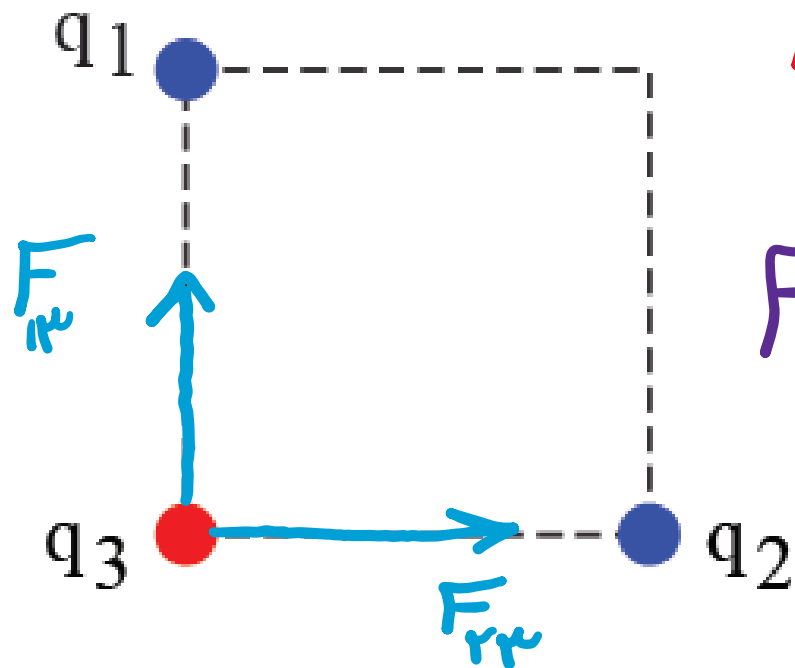
دو گوی رسانا، کوچک و یکسان به بارهای  $q_1 = 4,0 nC$  و  $q_2 = -6,0 nC$  را با هم تماس می‌دهیم و سپس تا فاصله‌ی  $r = 3,0 cm$  از هم دور می‌کنیم. نیروی برهم‌کنش الکتریکی بین دو گوی را محاسبه کنید. این نیرو رانشی است یا ربایشی؟

$$q_{\text{مجموعی}} = \frac{-4 + 4}{2} = \frac{-2}{2} = -1 nC$$

$$F = \frac{k q_1 q_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 1 \times 10^{-9} \times 1 \times 10^{-9}}{(3 \times 10^{-2})^2} = 10^{-7} N$$

رانشی است :

سه ذره‌ی باردار  $q_1$ ،  $q_2$  و  $q_3$  مطابق شکل در سه رأس مربعی به ضلع  $3m$  ثابت شده‌اند. اگر  $q_1 = q_2 = -5\mu C$  و  $q_3 = +2\mu C$  باشد، نیروی خالص الکتریکی وارد بر بار  $q_3$  را بر حسب بردارهای یکه‌ی  $\vec{i}$  و  $\vec{j}$  تعیین کنید.



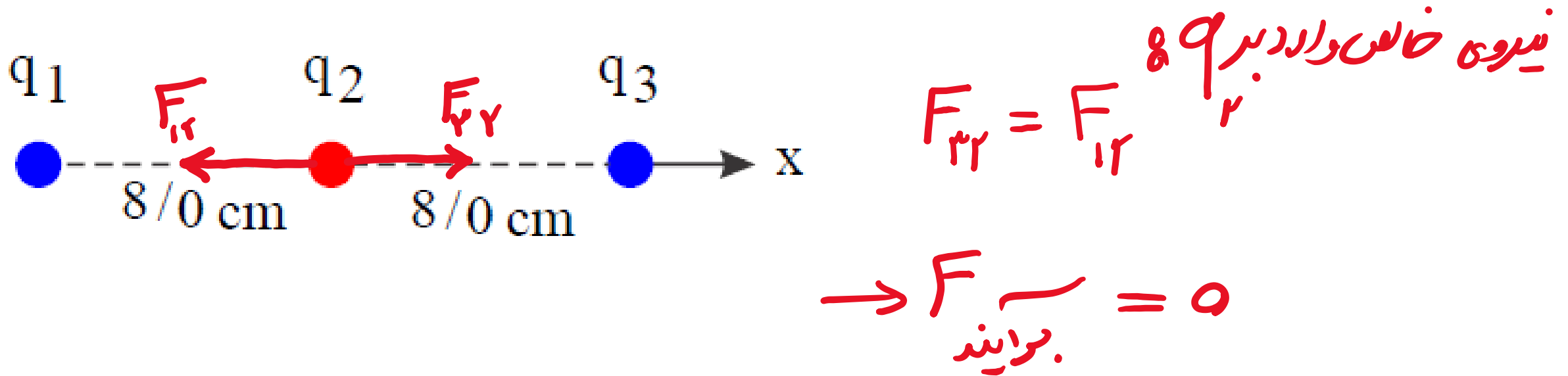
$$F_{13} = \frac{k q_1 q_3}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 5 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{9} = 10^{-2} N$$

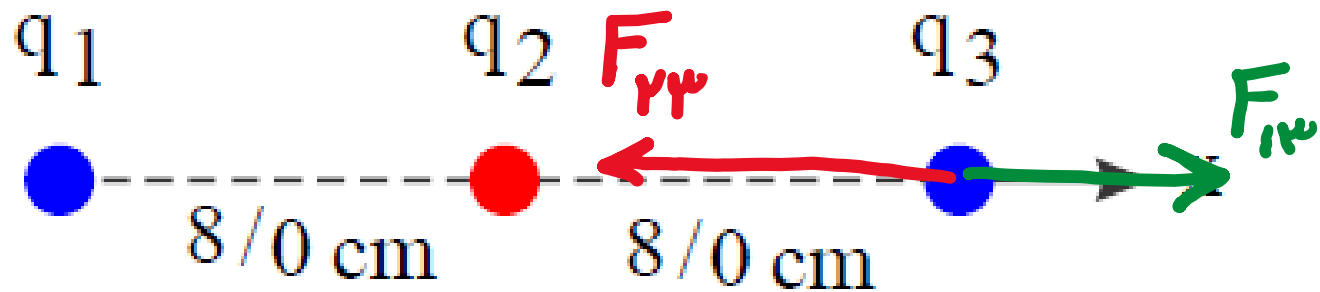
$$F_{23} = 10^{-2}$$

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



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





به سمت راست :

$$F_{13} = \frac{kq_1q_3}{r^2} = \frac{9 \times 10^{-9} \times 9 \times 10^{-9}}{(14 \times 10^{-2})^2} = \frac{9}{14} \times 10^{-5} \text{ N} = 2.14 \times 10^{-4} \text{ N}$$

$$F_{23} = \frac{kq_2q_3}{r^2} = \frac{9 \times 10^{-9} \times 9 \times 10^{-9}}{(8 \times 10^{-2})^2} = 2.18 \times 10^{-5} \text{ N} : \text{به سمت چپ}$$

$$F_{\text{کل}} = 2.18 \times 10^{-5} - 2.14 \times 10^{-4} = 2.24 \times 10^{-5} \text{ N} \quad \text{به سمت چپ}$$

در شکل روبه رو، دو گوی مشابه به جرم  $۲٫۵g$  و بار یکسان مثبت  $q$  در فاصله  $۱٫۰\text{ cm}$  از هم قرار دارند، به طوری که گوی بالایی به حالت معلق مانده است.

الف) اندازه‌ی بار را به دست آورید.



$$F = mg \rightarrow \frac{kq^2}{r^2} = mg \rightarrow \frac{kq^2}{r^2} = mg \rightarrow q^2 = \frac{mgr^2}{k}$$

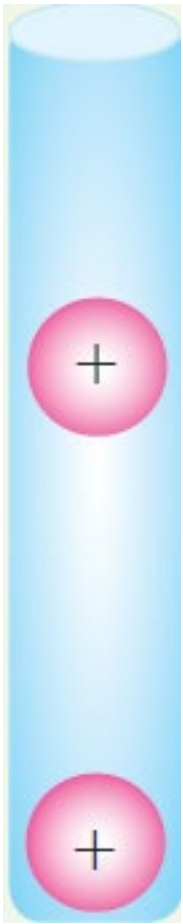
$$\rightarrow q^2 = \frac{2.5 \times 10^{-3} \times 10 \times (0.01)^2}{9 \times 10^9} = \frac{2.5 \times 10^{-14}}{9}$$

$$\rightarrow q = \frac{5}{3} \times 10^{-8} \text{ C} \rightarrow q = \frac{50}{3} \text{ nC} = \underline{\underline{14.4 \text{ nC}}}$$

ب) تعداد الکترون‌های کنده شده از هر گوی چقدر است؟

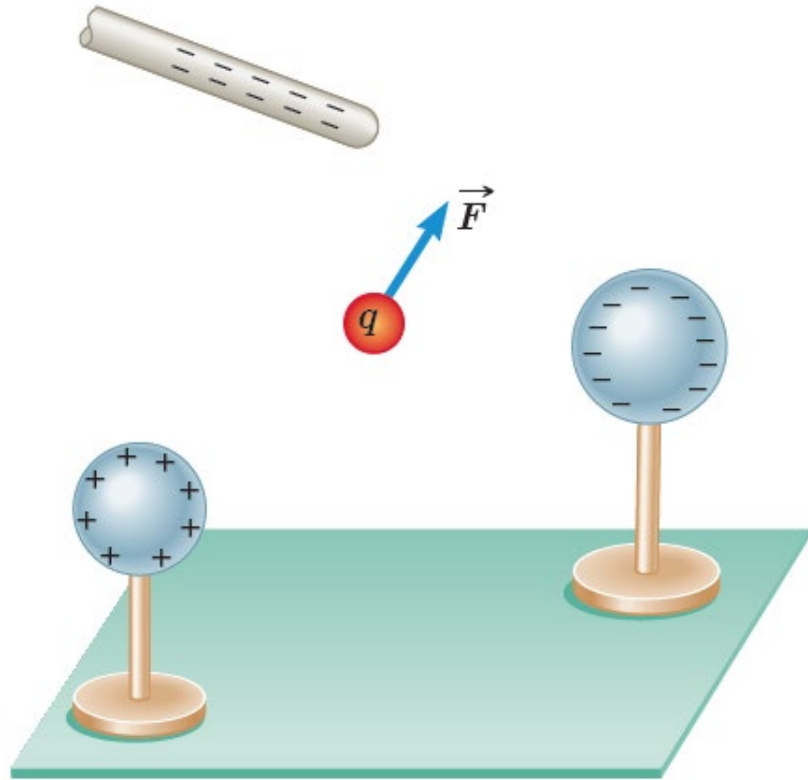
$$q = ne \rightarrow n = \frac{q}{e} = \frac{2 \times 10^{-11}}{1.6 \times 10^{-19}}$$

$$\rightarrow n \approx 1 \times 10^{11}$$



بار آزمون نشان داده شده در شکل  $q_0 = +3/0 \times 10^{-8} \text{ C}$  است و از سوی دو گوی و یک میله باردار نیرویی برابر با  $F = 6/0 \times 10^{-5} \text{ N}$  در جهت نشان داده شده بر آن وارد می شود.

الف) میدان الکتریکی در محل بار آزمون را تعیین کنید.

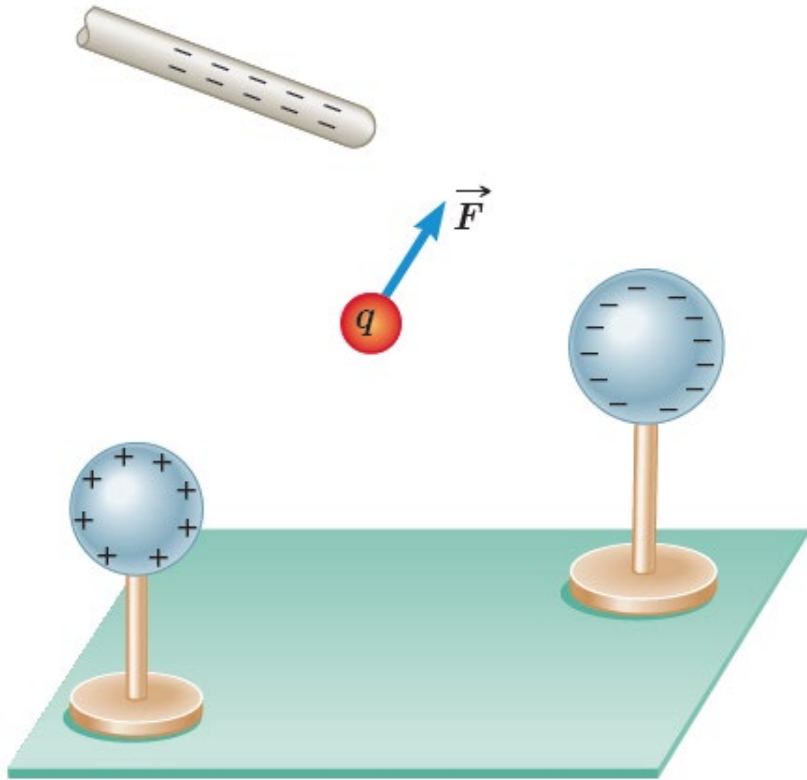


$$E = \frac{F}{q_0} = \frac{6 \times 10^{-5}}{3 \times 10^{-8}} = 2 \times 10^3 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

ب) اگر بار  $C \times 10^{-12} +$  را به جای  $q$  قرار دهیم، چه نیرویی به آن وارد می‌شود؟

$$F = qE = 12 \times 10^{-12} \times 2 \times 10^4$$

$$= 24 \times 10^{-8} \text{ N}$$



**مولد وان دوگراف'** وسیله‌ای است که با استفاده از تسمه‌ای متحرک، بار الکتریکی را بر روی یک کلاهک توخالی فلزی جمع می‌کند. فرض کنید کلاهک این مولد، کره‌ای با شعاع  $10^{-3}$  m است و باری به بزرگی  $10^{-6}$  C روی آن جمع می‌شود. با فرض آنکه همهٔ این بار در مرکز کره قرار داشته باشد، بزرگی میدان الکتریکی این بار را در فاصله‌های  $10^{-3}$  m،  $2 \times 10^{-3}$  m،  $3 \times 10^{-3}$  m و  $4 \times 10^{-3}$  m، از مرکز کره به دست آورید و سپس با نقطه‌یابی، نمودار بزرگی میدان الکتریکی را بر حسب فاصله از مرکز کره رسم کنید.



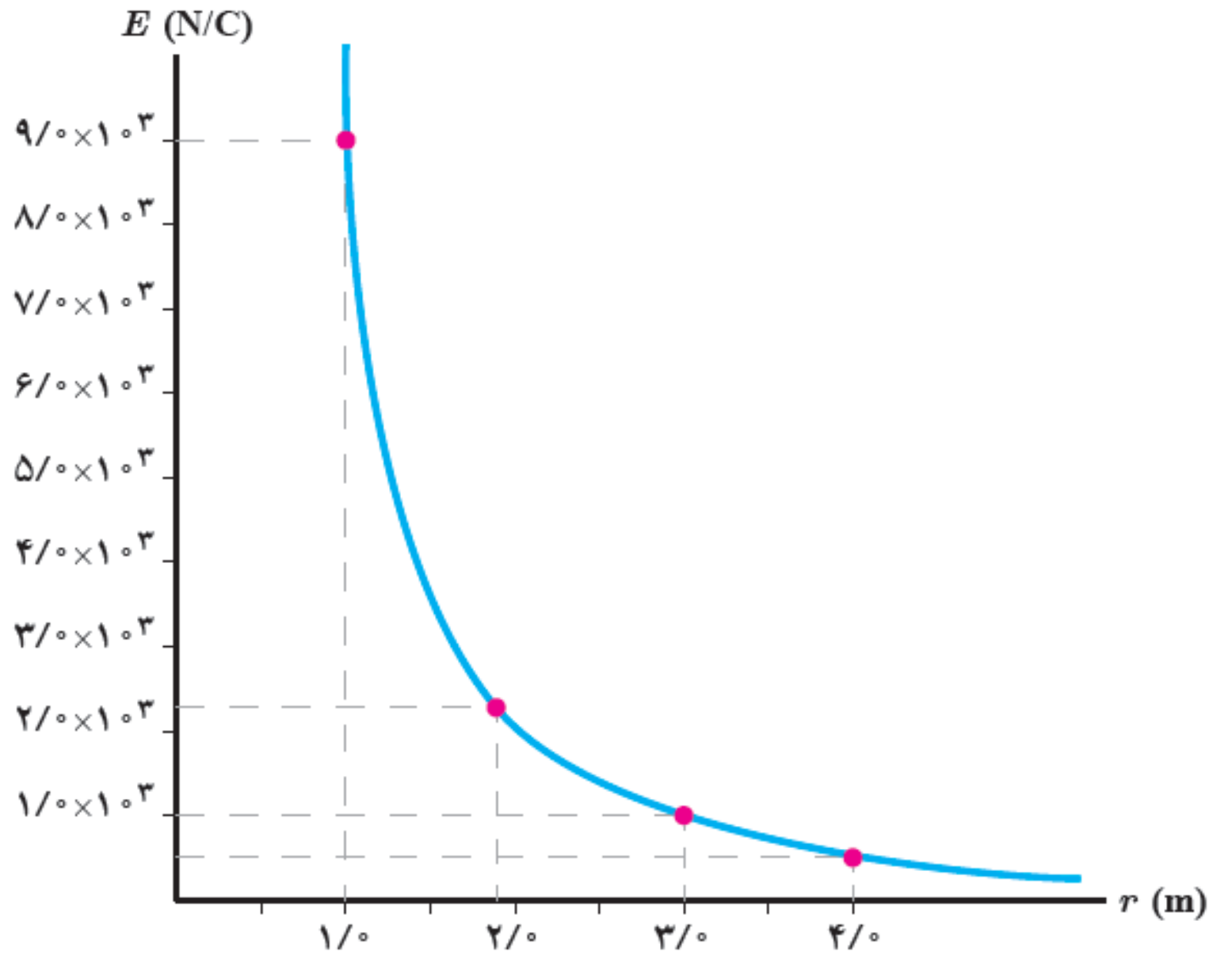
$$r=1\text{m} \rightarrow E = \frac{kq}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 1 \times 10^{-4}}{1^2} = 9 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$r=2\text{m} \rightarrow E = \frac{kq}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 1 \times 10^{-4}}{2^2} = \frac{9}{4} \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$r=4 \rightarrow E = \frac{9}{16} \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$r=8 \rightarrow E = \frac{9}{64} \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$





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.

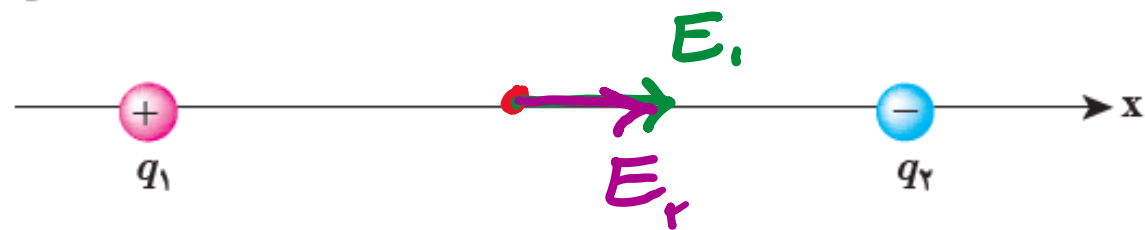
ب) در چه فاصله‌ای از پروتون هسته، بزرگی میدان الکتریکی برابر با بزرگی میدان الکتریکی حاصل از مولد وان دوگراف مثال پیش در فاصله  $1/0 \text{ m}$  از مرکز کلاهیک آن است؟

$$E = \frac{kq}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{1.4 \times 10^{-19}}{(5.3 \times 10^{-11})^2} = 5.1 \times 10^{11} \frac{\text{N}}{\text{C}} \quad \text{الف)}$$

$$E = \frac{kq}{r^2} \rightarrow 9 \times 10^9 = \frac{9 \times 10^9 \times 1.4 \times 10^{-19}}{r^2} \rightarrow r^2 = 14 \times 10^{-14} \quad \text{ب)}$$

$$r = 1.2 \times 10^{-7} \text{ m}$$

مطابق شکل، دو ذره با بارهای  $q_1 = 4 \mu\text{C}$  و  $q_2 = -6 \mu\text{C}$  در فاصله  $1 \text{ m}$  از یکدیگر ثابت شده‌اند. اندازه میدان الکتریکی



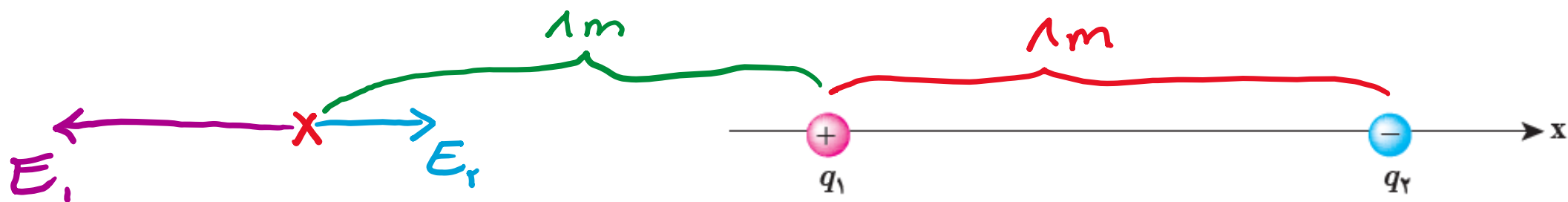
خالص را در نقطه‌های زیر به دست آورید :

الف) در وسط خط واصل دو ذره،

$$E_T = E_1 + E_2 = \frac{kq_1}{r_1^2} + \frac{kq_2}{r_2^2} = \frac{k}{r^2} (q_1 + q_2) =$$

$$E_T = \frac{9 \times 10^9}{1^2} \times (4 + 4) \times 10^{-6} = \frac{9}{14} \times 10^4 = 5,714 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

ب) در نقطه‌ای روی خط واصل دو ذره به فاصله  $1 \text{ m}$  از بار  $q_1$  و  $1 \text{ m}$  از بار  $q_2$ .

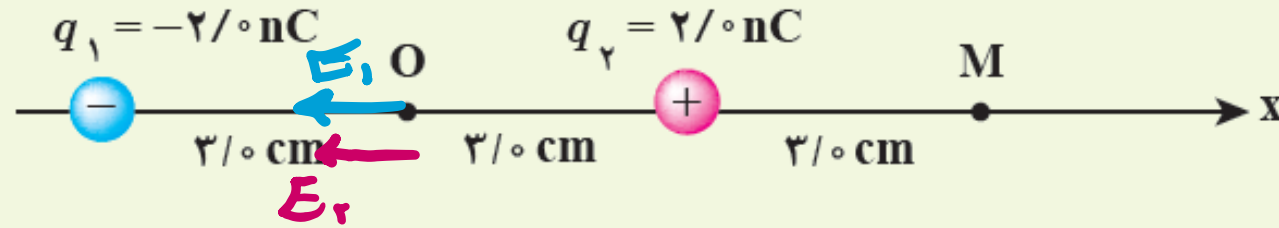


$$E_1 = \frac{kq_1}{r_1^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-4}}{1^2} = 3.6 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}} \quad \text{به سمت چپ}$$

$$E_2 = \frac{kq_2}{r_2^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-4}}{1^2} = 3.6 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}} \quad \text{به سمت راست}$$

$$E_{\text{نتیجه}} = 3.6 \times 10^6 - 3.6 \times 10^6 = 0 \frac{\text{N}}{\text{C}} \quad \text{به سمت صفر}$$

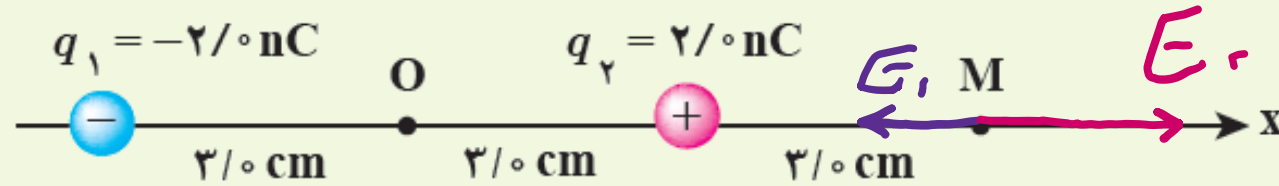
شکل زیر، آرایشی از دو بار الکتریکی هم اندازه و غیرهمنام (دوقطبی الکتریکی) را نشان می‌دهد که در آن فاصله دو بار از هم  $6 \text{ cm}$  است. میدان الکتریکی خالص را در نقطه‌های O و M به دست آورید.



$$E_r + E_1 = \frac{kq_1}{r^2} + \frac{kq_2}{r^2} = \frac{k}{r^2} (q_1 + q_2) \quad \text{نقطه O:}$$

$$= \frac{2 \times 10^{-9} \times (2 + 2) \times 10^{-9}}{(3 \times 10^{-2})^2} = \frac{2 \times 10^{-9} \times 4 \times 10^{-9}}{9 \times 10^{-4}} = \frac{8 \times 10^{-18}}{9 \times 10^{-4}} = \frac{8}{9} \times 10^{-14} \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

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



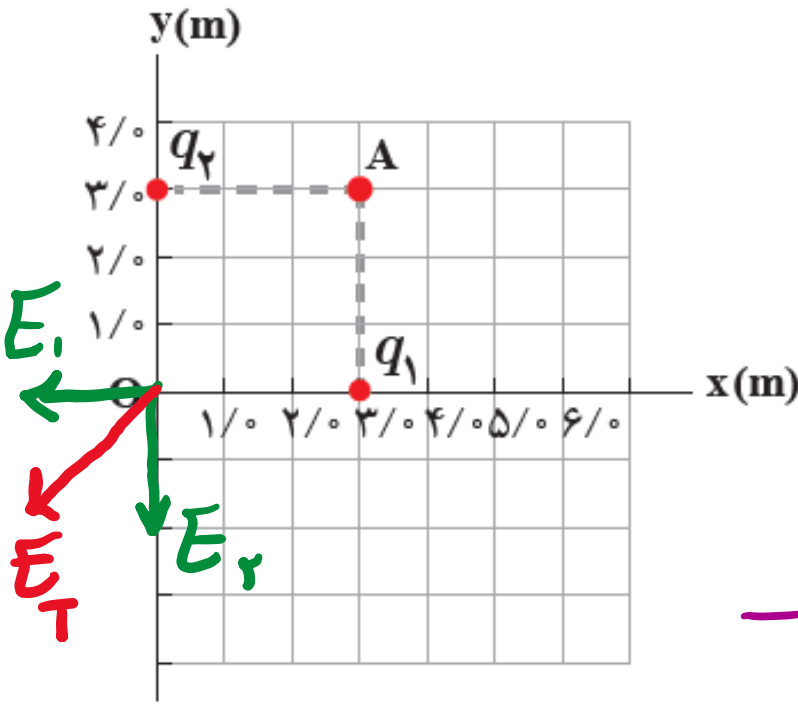
$$E_1 = \frac{kq_1}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \cdot 2 \times 10^{-9}}{(9 \times 10^{-2})^2} = \frac{2}{9} \times 10^{+7} \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

دفعه M:

$$E_2 = \frac{kq_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \cdot 2 \times 10^{-9}}{(3 \times 10^{-2})^2} = 2 \times 10^{+7} \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$\rightarrow E_T = \frac{14}{9} \times 10^{+7} \frac{\text{N}}{\text{C}}: \text{ به سمت راست}$$

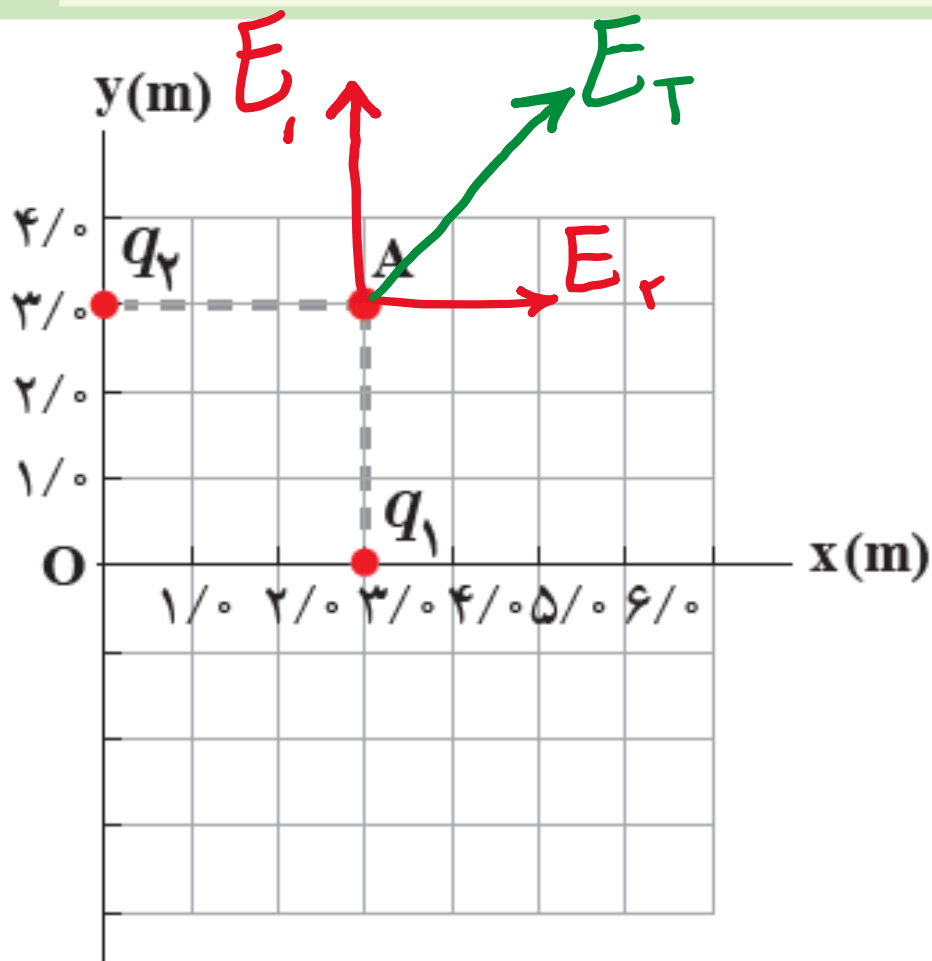
شکل روبه‌رو، دو بار نقطه‌ای  $q_1$  و  $q_2$  را در صفحه  $xy$  نشان می‌دهد. میدان الکتریکی خالص را در نقطه  $O$  (مبدأ مختصات) تعیین کنید. ( $q_1 = q_2 = 5/0 \mu C$ )



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

$$\rightarrow E_T = 5 \times 10^3 \times \sqrt{2} \frac{N}{C}$$

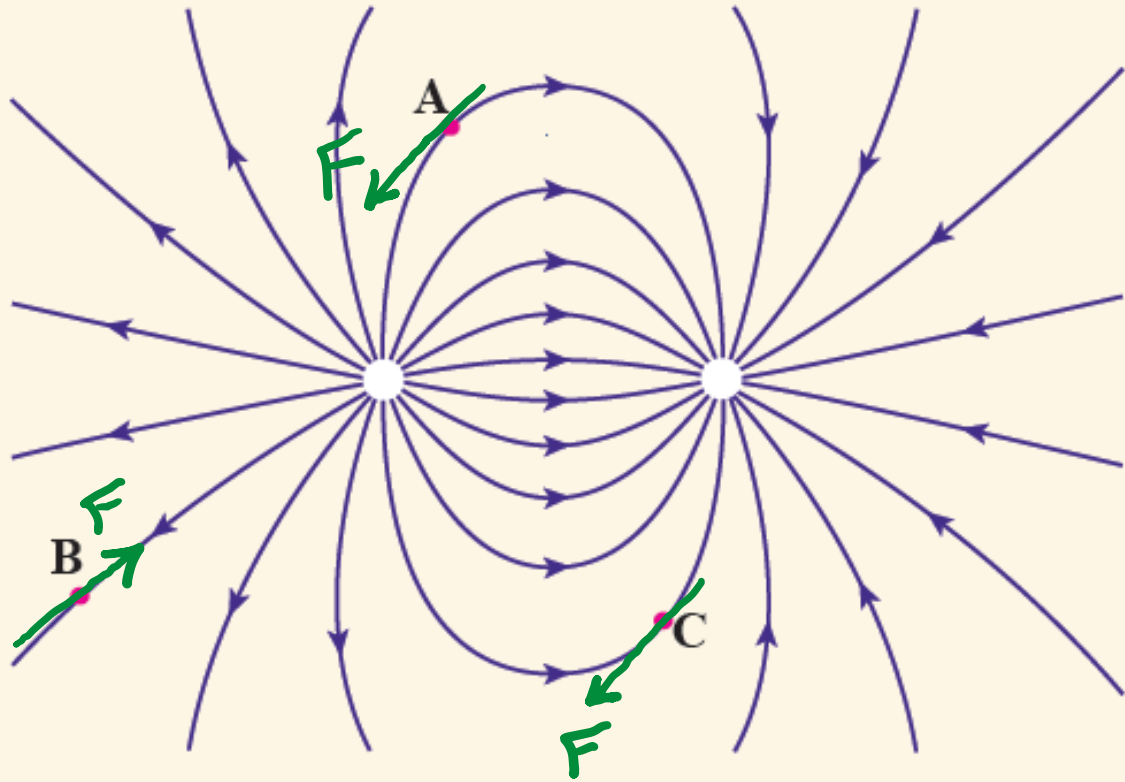
میدان الکتریکی خالص حاصل از آرایش بار مثال ۱-۸ را در نقطه A تعیین کنید.



$$E_1 = E_2 = \frac{kq}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times \omega \times 10^{-4}}{r^2}$$

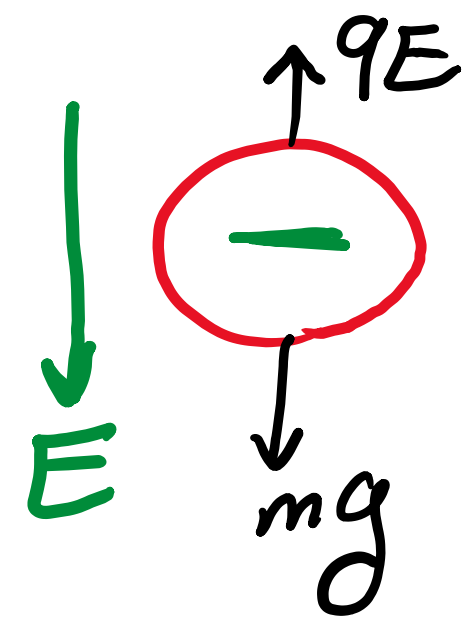
$$E_T = \omega \times 10^3 \times \sqrt{2} \frac{N}{C}$$





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.

روی سطح بادکنکی به جرم  $10^{-3} \text{g}$  بار الکتریکی  $200 \text{nC}$  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. از نیروی شناوری وارد به بادکنک چشم‌پوشی کنید.

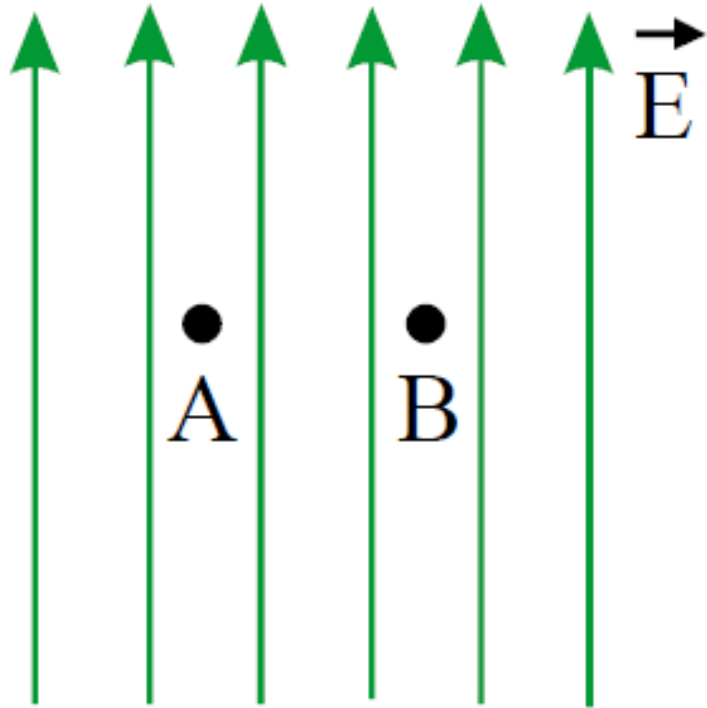


$$qE = mg \rightarrow E = \frac{mg}{q} = \frac{10 \times 10^{-3} \times 10}{200 \times 10^{-9}}$$

$$\rightarrow E = \frac{10^4}{2} = 5 \times 10^3 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

بدبافتنی نیروی خلاف جهت میدان وارد می‌شود پس میدان رو به پایین است.

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



$$F = qE$$

تفاوت  
نسبت  $E$

$$\rightarrow F_A = F_B$$

بهم برابر است .

در میدان یکنواخت اندازه میدان در تمام نقاط بهم برابر است .

هسته‌ی آهن شعاعی در حدود  $4,0 \times 10^{-15} m$  دارد و تعداد پروتون‌های آن ۲۶ عدد است. الف) بزرگی نیروی دافعه‌ی بین دو پروتون این هسته که به فاصله‌ی  $4,0 \times 10^{-15} m$  از هم قرار دارند چقدر است؟

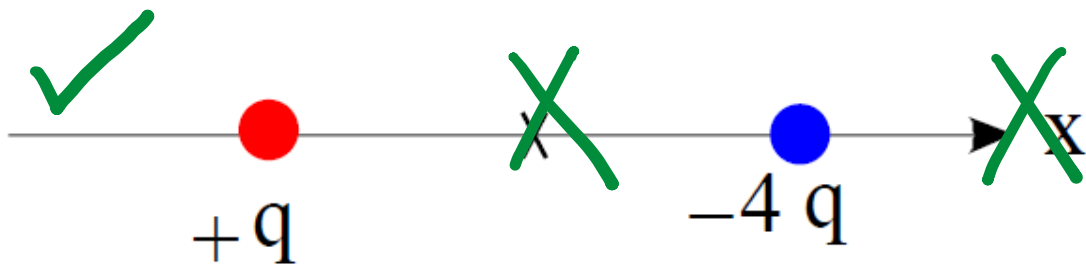
$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (1,6 \times 10^{-19})^2}{(4 \times 10^{-15})^2} = 14,4 N$$

ب) اندازه‌ی میدان الکتریکی ناشی از هسته در فاصله‌ی  $1.0 \times 10^{-10} \text{ m}$  از مرکز هسته چقدر است؟

$$E = \frac{kq}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 24 \times 1.6 \times 10^{-19}}{(10^{-10})^2} = 3.174 \times 10^{12} \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

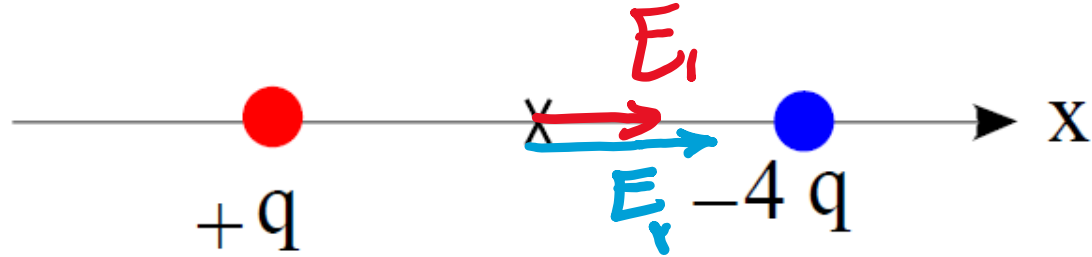
شکل زیر، دو ذره‌ی باردار را نشان می‌دهد که در جای خود روی محور  $x$  ثابت شده‌اند. بارها در فاصله‌ی یکسان  $a$  از مبدأ مختصات (نقطه‌ی  $O$ ) قرار دارند.

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



در سمت چپ بار  $+q$

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



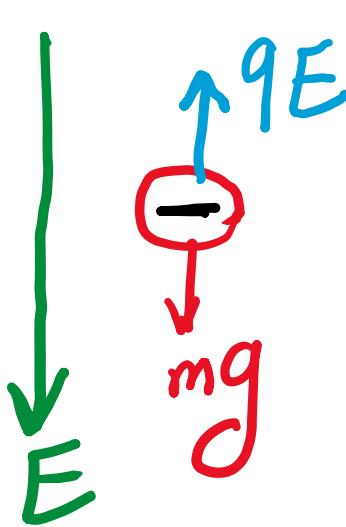
$$E_1 = \frac{kq}{r^2}$$



$$E_T = \frac{kq}{r^2} + \frac{kq}{r^2} = \frac{2kq}{r^2}$$

$$E_2 = \frac{k(4q)}{r^2}$$

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



The diagram shows a particle represented by a red circle with a minus sign inside. A blue arrow labeled  $qE$  points upwards from the particle, and a red arrow labeled  $mg$  points downwards. To the left, a green arrow labeled  $E$  points downwards, representing the electric field.

$$mg = qE \rightarrow q = \frac{mg}{E} = \frac{2 \times 10^{-3} \times 10}{5 \times 10^5}$$

$$\rightarrow q = \frac{2}{5} \times 10^{-6} = 4 \times 10^{-7} = 400 \text{ nC}$$

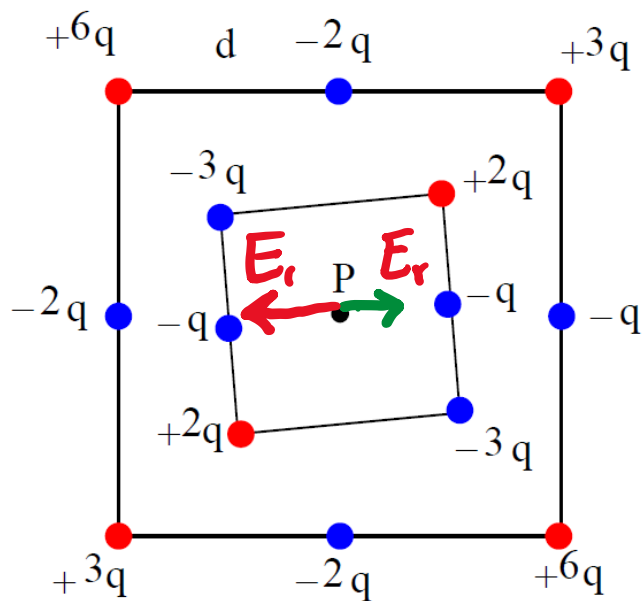
بار بزرگ منفی باشد تا نیروی جذب آن وارد می شود و به سمت بالا باشند.



شکل زیر دو آرایه‌ی مربعی از ذرات باردار را نشان می‌دهد. مربع‌ها که در

نقطه‌ی  $P$  هم‌مرکزند، هم‌ردیف نیستند. ذره‌ها روی محیط مربع به فاصله‌ی  $d$  یا  $\frac{d}{2}$

از هم قرار گرفته‌اند. بزرگی و جهت میدان الکتریکی برآیند در نقطه‌ی  $P$  چیست؟



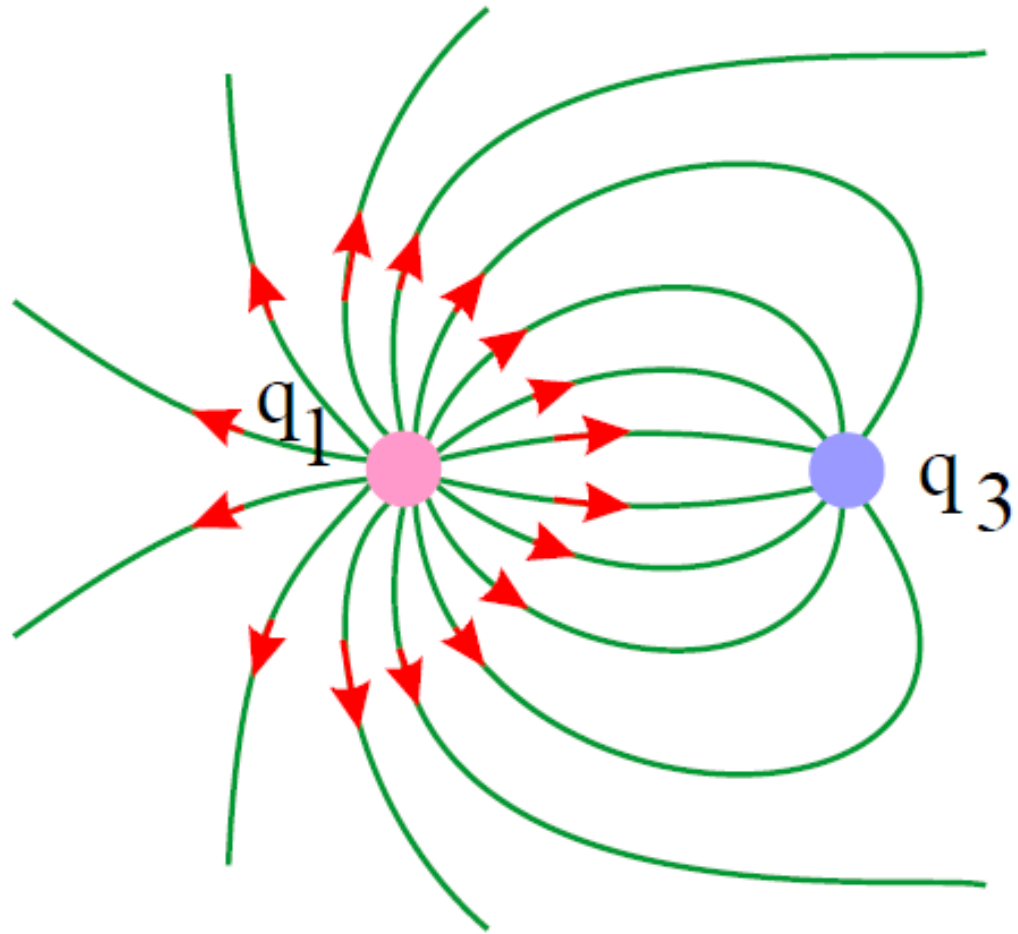
تمام میدان‌ها اثر هم‌دیگر را دارند. از این سخن‌ها بریندو نقطه

میدان حاصل از بار  $-q$  و  $-2q$  باقی‌مانند:

$$E_T = E_1 - E_2 = \frac{k(2q)}{d^2} - \frac{kq}{d^2} = \frac{kq}{d^2}$$

میدان

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

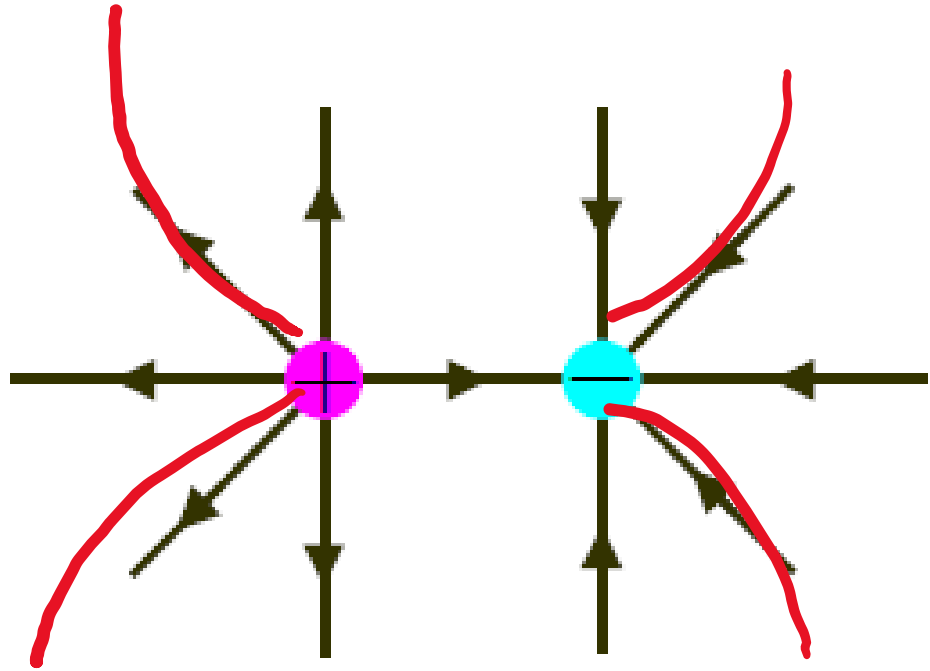


$q_1 \rightarrow +$

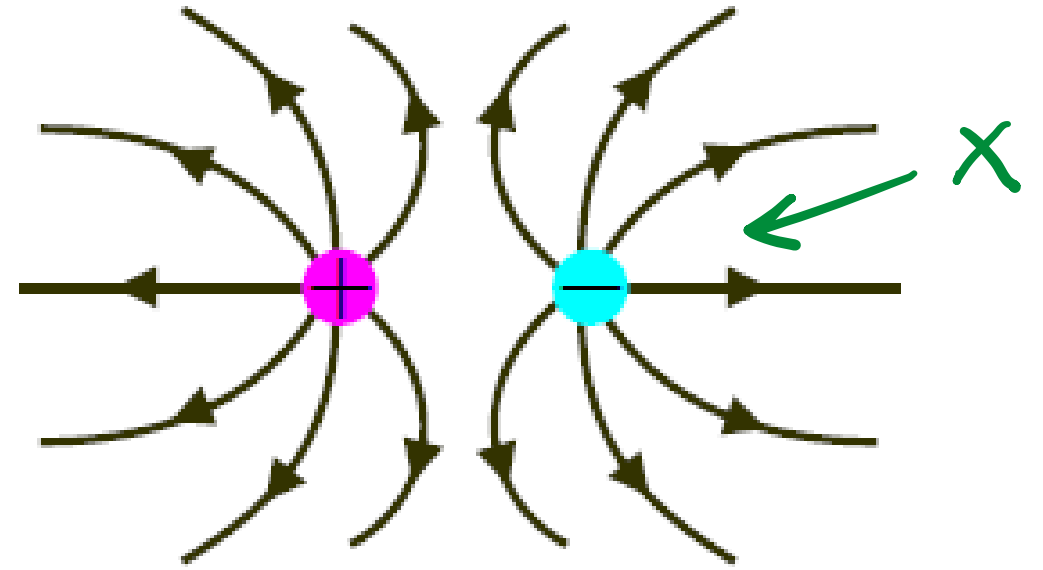
$q_3 \rightarrow -$

$$|q_1| > |q_3|$$

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

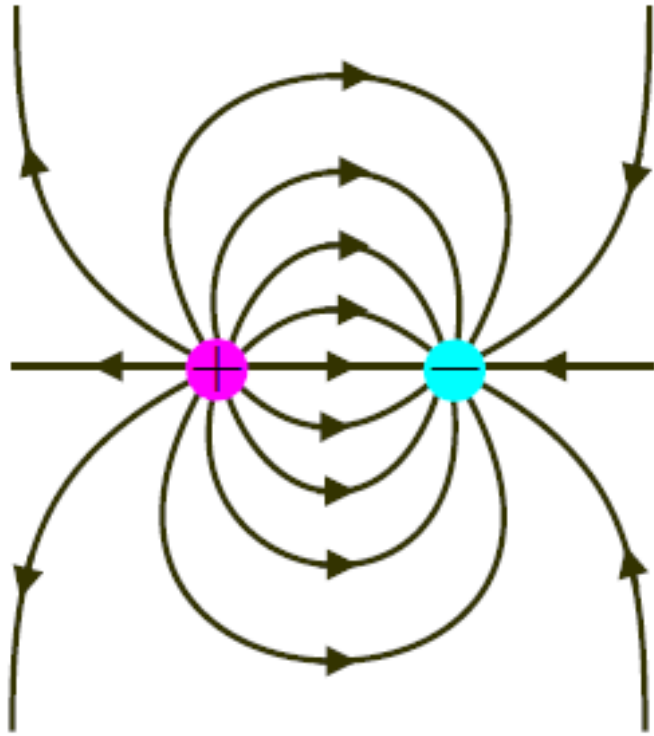


(پ) نادرست

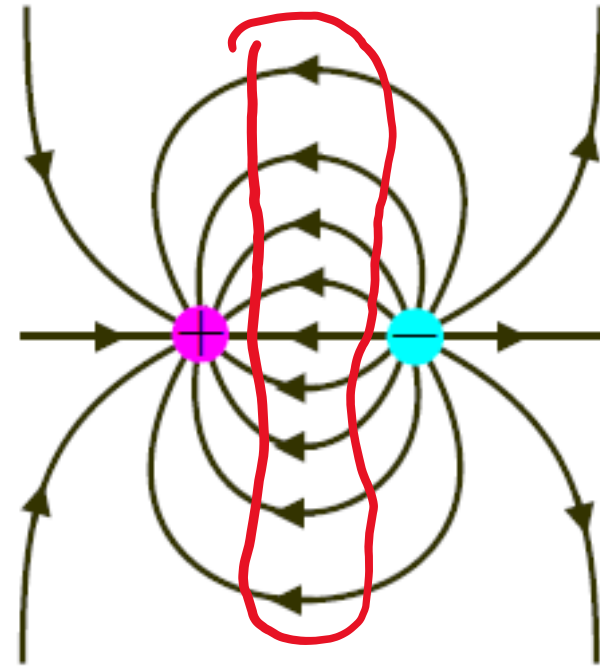


(الف) نادرست

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



(ا)



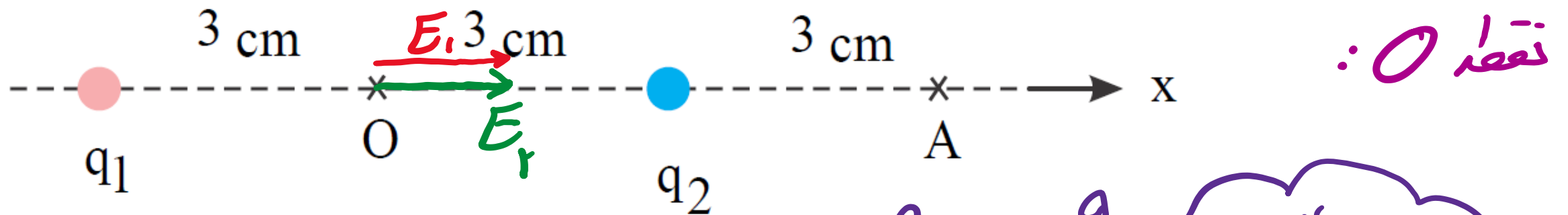
✗  
 نادرست

(ب)

دو بار الکتریکی نقطه‌ای غیرهمنام  $q_1 = +1,0 \text{ nC}$  و  $q_2 = -1,0 \text{ nC}$

مطابق شکل زیر به فاصله‌ی  $6,0 \text{ cm}$  از یکدیگر قرار دارند.

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

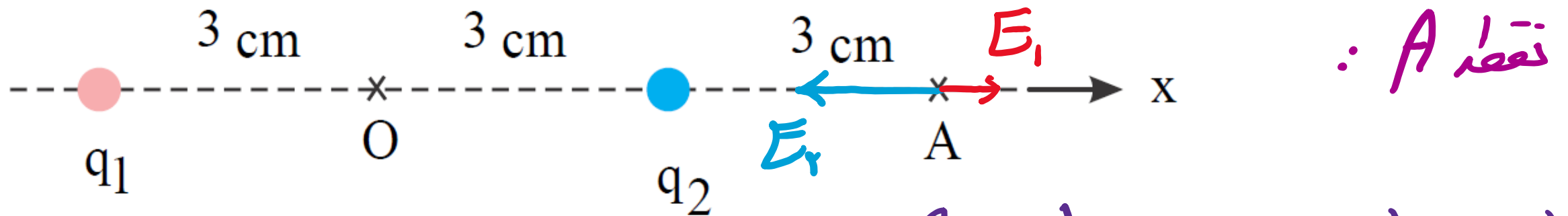


$$E_T = E_1 + E_2 = \frac{kq_1}{r_1^2} + \frac{kq_2}{r_2^2} = \frac{2 \times 9 \times 10^9 \times 10^{-9}}{(2 \times 10^{-2})^2} = 2 \times 10^4 \frac{N}{C}$$

دو بار الکتریکی نقطه‌ای غیرهمنام  $q_1 = +1,0 \text{ nC}$  و  $q_2 = -1,0 \text{ nC}$

مطابق شکل زیر به فاصله‌ی  $6,0 \text{ cm}$  از یکدیگر قرار دارند.

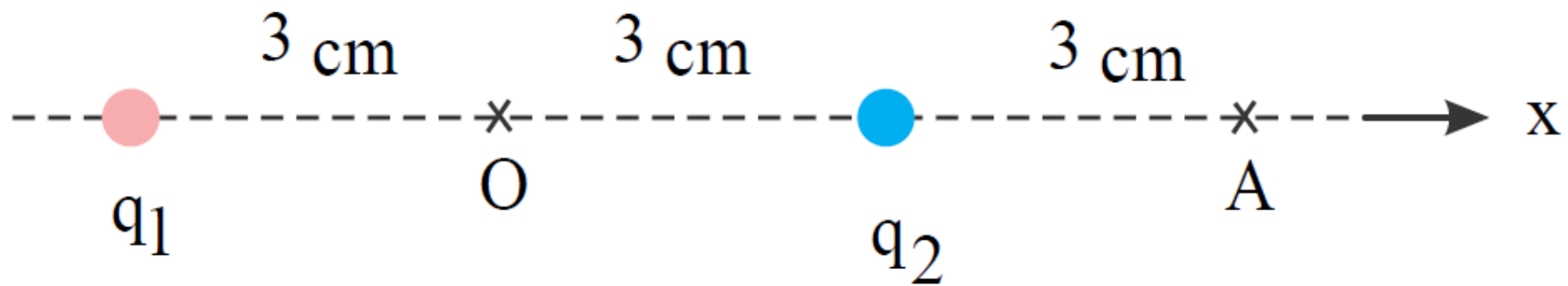
الف) جهت و اندازه‌ی میدان الکتریکی را در نقطه‌های  $O$  و  $A$  به دست آورید.



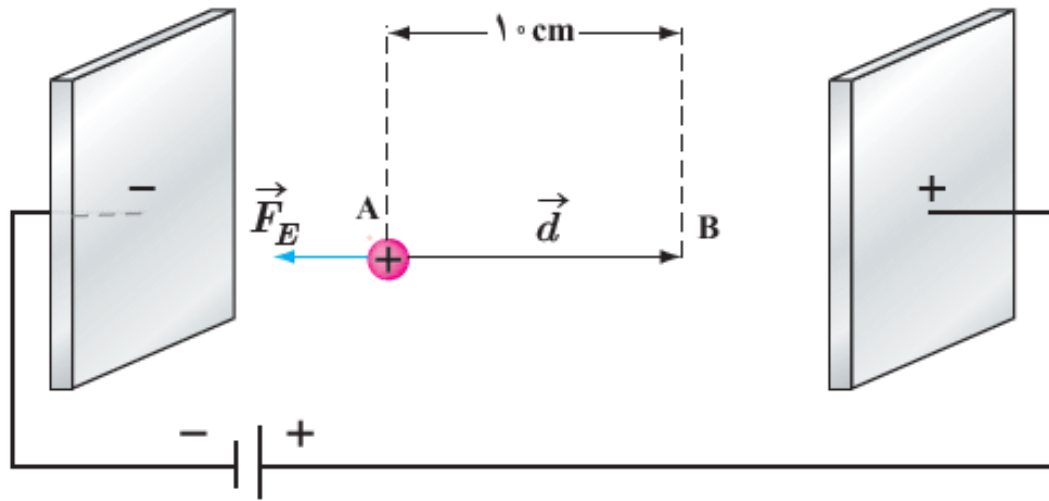
$$E_T = E_2 - E_1 = k \frac{q_2}{r_2^2} - k \frac{q_1}{r_1^2} = 9 \times 10^9 \times 1 \times 10^{-9} \left( \frac{1}{(3 \times 10^{-2})^2} - \frac{1}{(9 \times 10^{-2})^2} \right)$$

$$E_T = 9 \left( \frac{9 - 1}{1 \times 10^{-4}} \right) = \frac{9 \times 8}{1 \times 10^{-4}} = \frac{8}{9} \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

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



خیر . چون اندازه بارها با هم برابر است .



در یک میدان الکتریکی یکنواخت  $E = 2/0 \times 10^3 \text{ N/C}$ ، پروتونی از نقطه A با سرعت  $\vec{v}$  در خلاف جهت میدان الکتریکی پرتاب شده است. پروتون سرانجام در نقطه B متوقف می‌شود. بار پروتون  $1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$  و جرم آن  $1/67 \times 10^{-27} \text{ kg}$  است. الف) تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی پروتون در این جابه‌جایی چقدر است؟

$$\Delta u = qEd = 1,4 \times 10^{-19} \times 2 \times 10^3 \times 10 \times 10^{-2}$$

$$\Delta u = 3,2 \times 10^{-17} \text{ J}$$



ب) تندی پرتاب پروتون را پیدا کنید (از وزن پروتون و مقاومت هوا چشم پوشی شود).

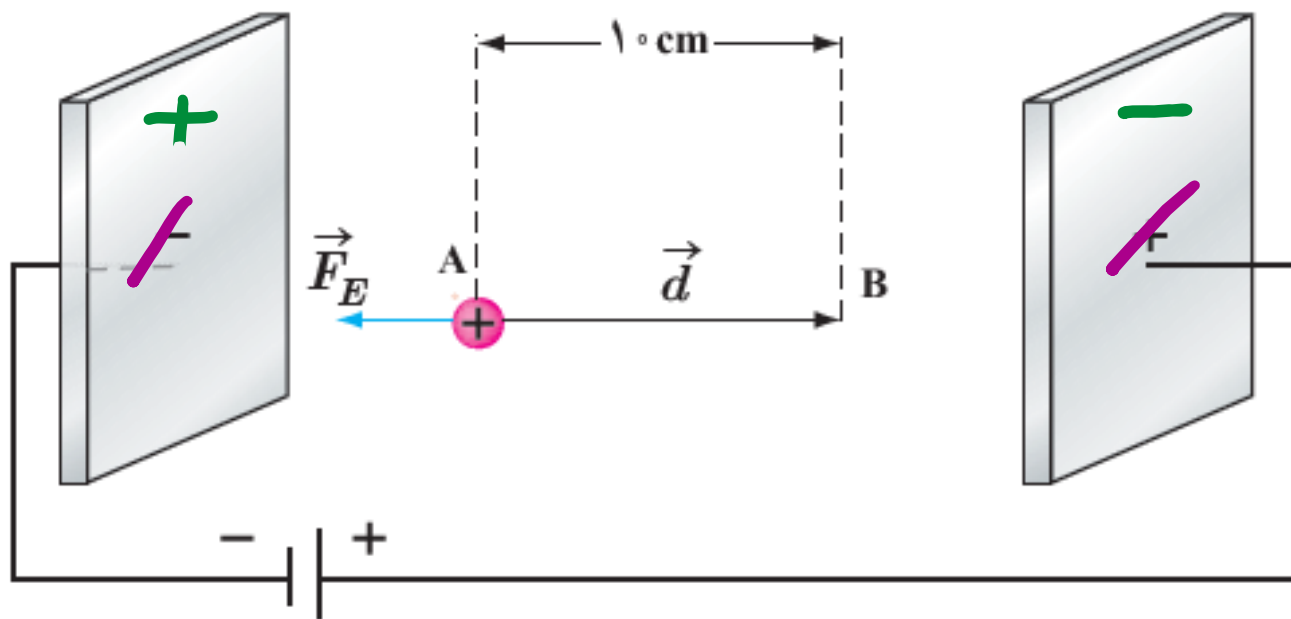
$$W_T = -\Delta U = \Delta K \leadsto \Delta U = K_i - \cancel{K_f} = \frac{1}{2} m v_f^2$$

$$\Delta U = 3,2 \times 10^{-17} = \frac{1}{2} \times 1,47 \times 10^{-27} v^2 \leadsto v = 1,1 \times 10^5$$

$$v = 1,94 \times 10^5 \frac{m}{s} \leadsto v \approx 2 \times 10^5 \frac{m}{s}$$

در مثال ۱-۱ 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؟

$$-\Delta U_{AB} = W_{AB} = \Delta K_{AB} = \frac{1}{2} m v_B^2 - \frac{1}{2} m v_A^2$$



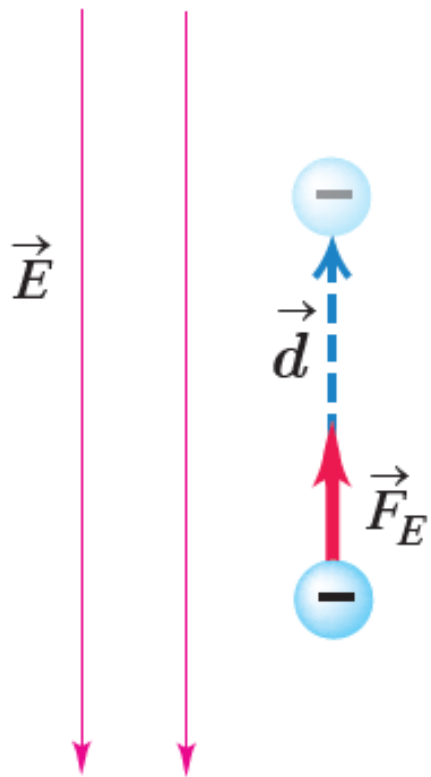
$$\rightarrow qEd = \frac{1}{2} m v_B^2$$

$$\rightarrow v_B^2 = \frac{2qEd}{m}$$

$$v_B \approx 2 \times 10^5 \frac{m}{s}$$

## مثال ۱-۱۱

در نتیجه برخورد پرتوهای کیهانی با مولکول‌های هوا، الکترون‌هایی از این مولکول‌ها کنده می‌شوند. در نزدیکی سطح زمین، میدان الکتریکی با بزرگی  $150 \text{ N/C}$  و جهت رو به پایین وجود دارد. الف) اگر یکی از این الکترون‌ها، تحت تأثیر این میدان  $500 \text{ m}$  رو به بالا جابه‌جا شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن چقدر تغییر می‌کند؟



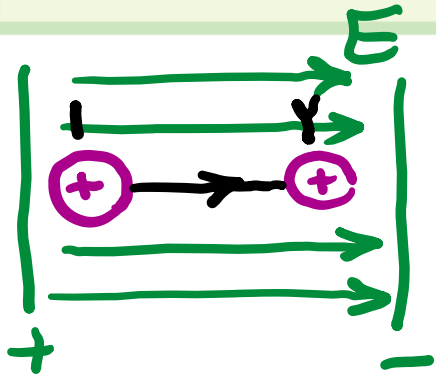
$$\Delta U = qEd = 1.6 \times 10^{-19} \times 150 \times 500 = 1.2 \times 10^{-14} \text{ J} \rightarrow \Delta U = -1.2 \times 10^{-14} \text{ J}$$

چون بار منفی ضد جهت میدان حرکت کرده تغییرات انرژی پتانسیل آن منفی است

ب) اختلاف پتانسیل الکتریکی دو نقطه‌ای که الکترون بین آنها جابه‌جا شده چقدر است؟

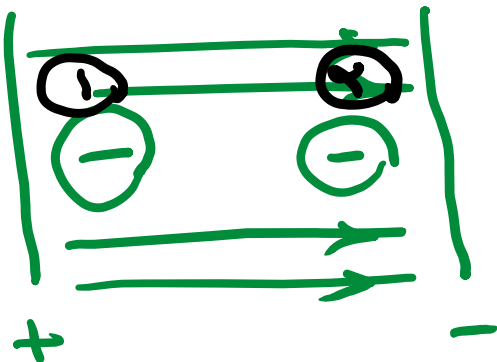
$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} = \frac{qEd}{q} = Ed = 150 \times 1000 = 150 \times 10^3 \text{ V}$$

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.



$$1 \rightarrow 2 : \Delta U < 0 \Rightarrow \Delta V = \frac{\Delta U}{q_{\oplus}} \rightarrow \Delta V < 0$$

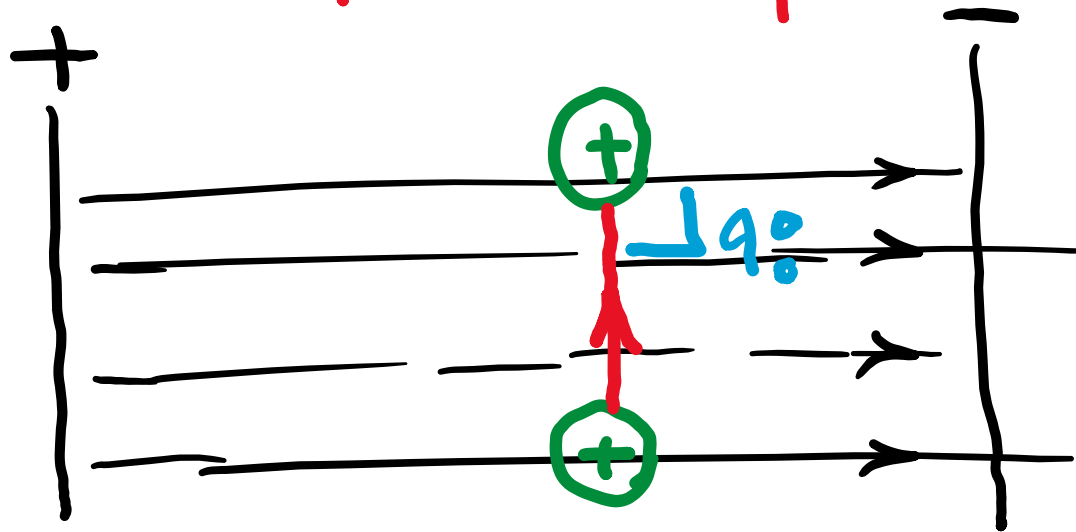
$$\Rightarrow 1 \rightarrow 2 : \Delta V < 0$$



$$1 \rightarrow 2 : \Delta U > 0 \Rightarrow \Delta V = \frac{\Delta U}{q_{\ominus}} \rightarrow \Delta V < 0$$

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.

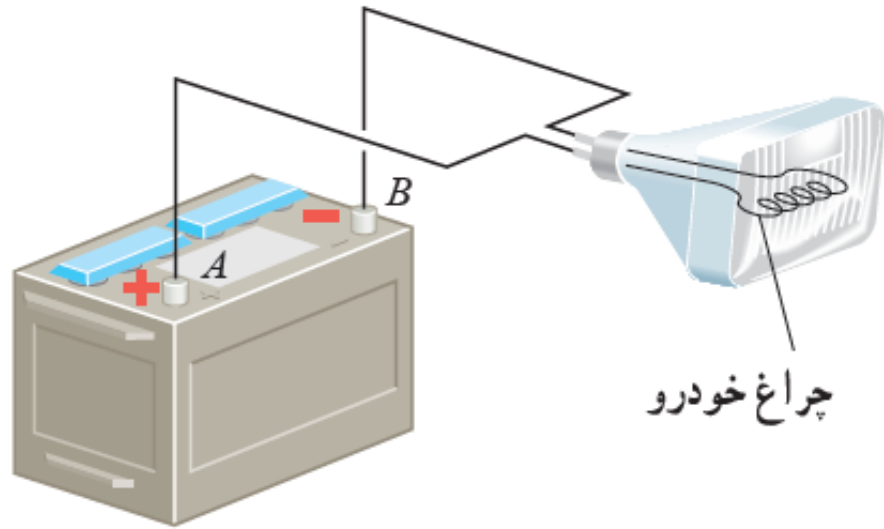
$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} = \frac{qEd \cos \theta}{q} = Ed \cos \theta = Ed \cos 90 = 0 \quad (\text{ب.})$$



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

$$\Delta V = +12 = V_{\text{مثبت}} - V_{\text{منفی}} = 12$$

$$0 - V_{\text{منفی}} = 12 \rightarrow V_{\text{منفی}} = -12$$



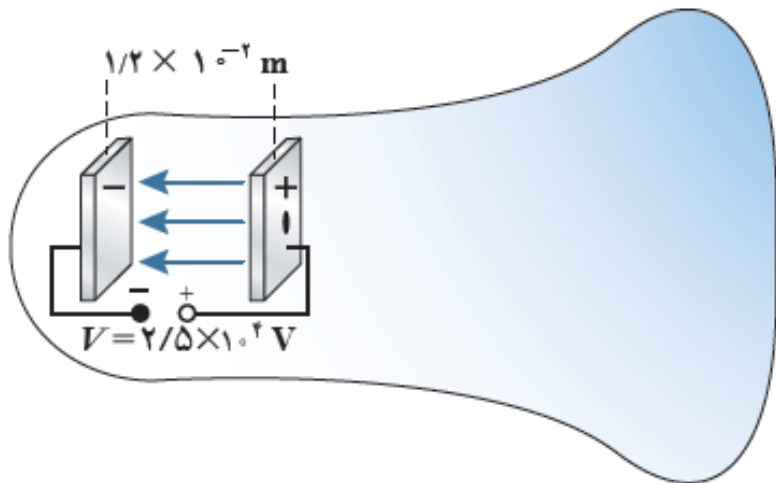
اختلاف پتانسیل الکتریکی پایانه‌های باتری خودروی نشان داده شده در شکل برابر  $12.0\text{V}$  است. اگر بار الکتریکی  $50\%$  - کولن از پایانه منفی به پایانه مثبت باتری جابه‌جا شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن چقدر تغییر می‌کند؟

$$\Delta u = qEd = 9\Delta v$$

$$\Delta u = (-50)(+12) = -600\text{J}$$



لامپ‌های تصویر تلویزیون‌ها و نمایشگرهای قدیمی، لامپ پرتو-کاتدی (CRT) بودند. در این لامپ، الکترون‌ها در میدان الکتریکی یکنواخت بین دو صفحه باردار، مطابق شکل، شتاب می‌گیرند و با صفحه نمایشگر برخورد می‌کنند. اگر صفحه‌ها در فاصله  $1/2 \times 10^{-2} \text{ m}$  از یکدیگر باشند و اختلاف پتانسیل بین آنها  $2/5 \times 10^4 \text{ V}$  باشد، بزرگی میدان الکتریکی بین صفحه‌ها را تعیین کنید.

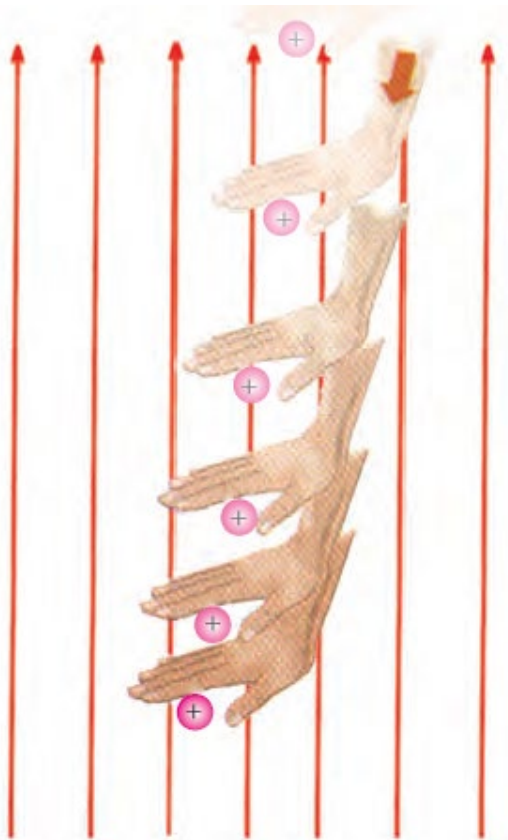


$$\Delta V = E d$$

$$2,5 \times 10^4 = E \times 1,2 \times 10^{-2}$$

$$E = \frac{2,5 \times 10^4}{1,2} = 2,1 \times 10^4 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

در شکل ۱-۲۷ 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.

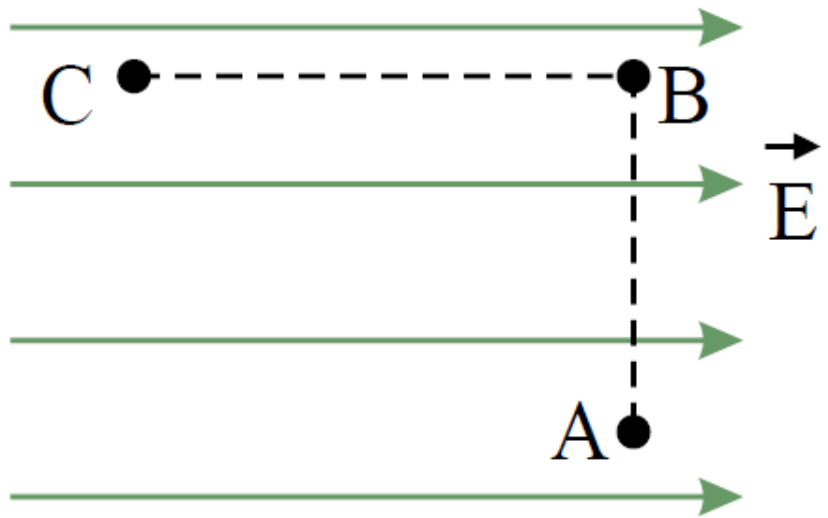


$$W_{\text{خارجی}} = F \cdot d \cdot \cos \theta \rightarrow W_{\text{خارجی}} > 0$$

$\downarrow$   $\downarrow$   $\downarrow$   
 رو به راستین    رو به راستین    کم‌صغر

ب) بدن نقطه‌ای با پتانسیل بیشتر

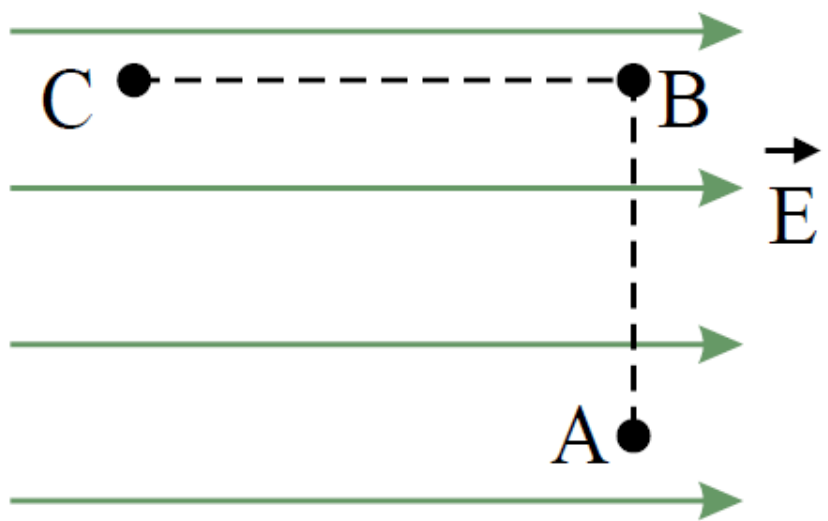
مطابق شکل زیر، بار  $q = +5.0 \text{ nC}$  را در میدان الکتریکی یکنواخت  $1.0 \times 10^5 \text{ N/C}$  نخست از نقطه  $A$  تا نقطه  $B$  و سپس تا نقطه  $C$  جابه‌جا می‌کنیم. اگر  $AB = 0.20 \text{ m}$  و  $BC = 0.40 \text{ m}$  باشد، مطلوب است:



الف) نیروی الکتریکی وارد بر بار  $q$ ،

$$F = qE = 5 \times 10^{-9} \times 1 \times 10^5$$

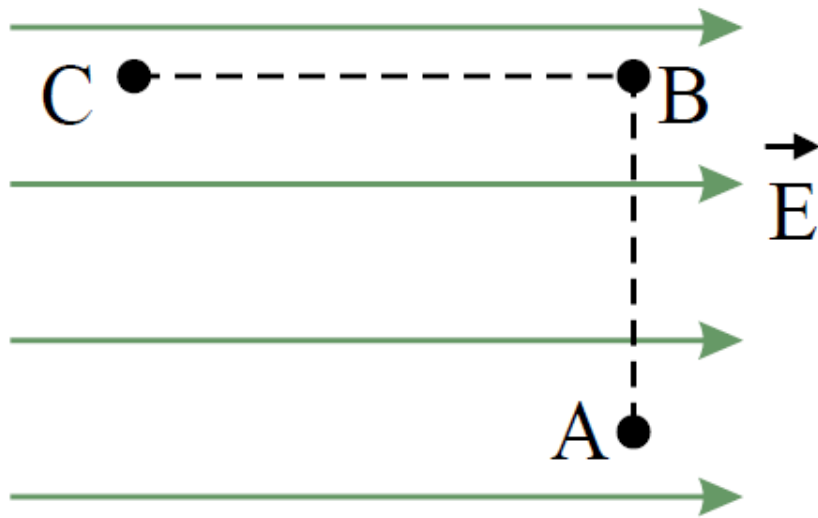
$$= 500 \times 10^{-4} \text{ N} = \underline{\underline{0.05 \text{ N}}}$$



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

بسیار خلاف جهت میدان حرکت کرده پس  $\Delta U < 0$  و  $w_E < 0$

نیروی جابه‌جایی همواره است،  $w_{AB} = 0$



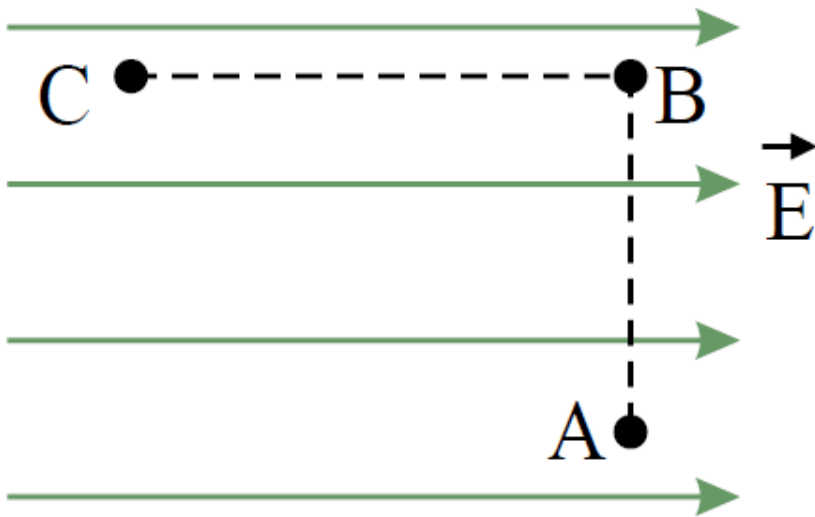
$$|w_{BC}| = |\Delta U_{BC}| = qEd$$

$$= 1.4 \times 10^{-9} \times 1 \times 10^5 \times 0.1$$

$$= 1.4 \times 10^{-7} \text{ J} \rightarrow w_{BC} = -1.4 \times 10^{-7}$$

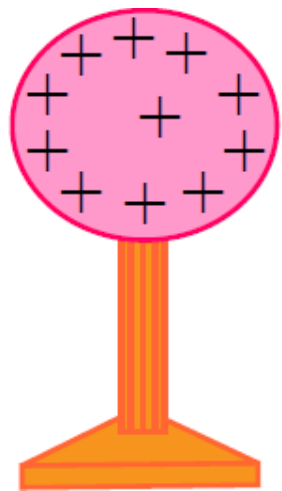
ج) تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار  $q$  در این جابه‌جایی.

$$\Delta U = -W = 1.4 \times 10^{-2} \text{ J}$$

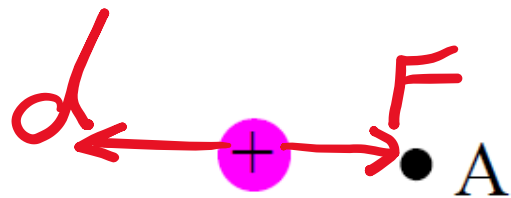


در شکل زیر ذره باردار مثبت و کوچکی را از حالت سکون، از نقطه  $A$  به سمت کره باردار که روی پایه عایقی قرار دارد، نزدیک می‌کنیم و در نقطه  $B$  قرار می‌دهیم. (الف) در این جابه‌جایی، کار نیروی الکتریکی مثبت است یا منفی؟

$$W_E = F \cdot d \cdot \cos \theta \rightarrow W_E < 0$$



• B



منفی است .

کاری که ما در این جا به جایی انجام می دهیم مثبت است یا منفی؟ (پ) انرژی پتانسیل ذره باردار در این جا به جایی چگونه تغییر می کند؟ (ت) پتانسیل نقطه های  $A$  و  $B$  را با هم مقایسه کنید.

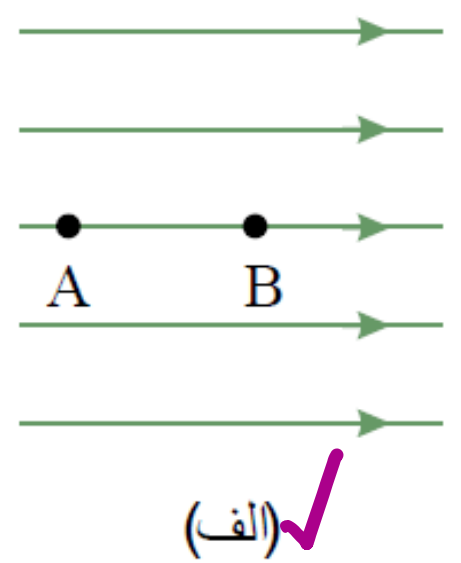
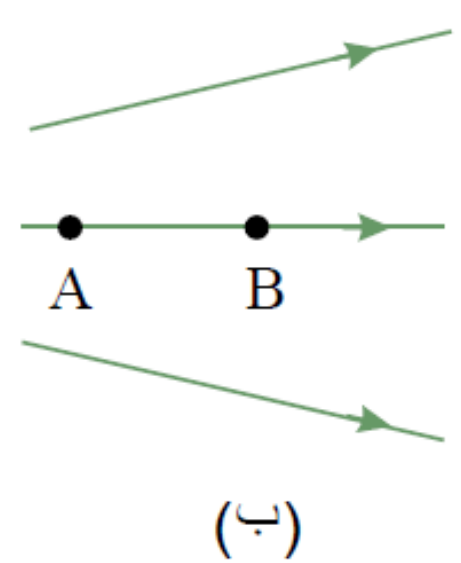
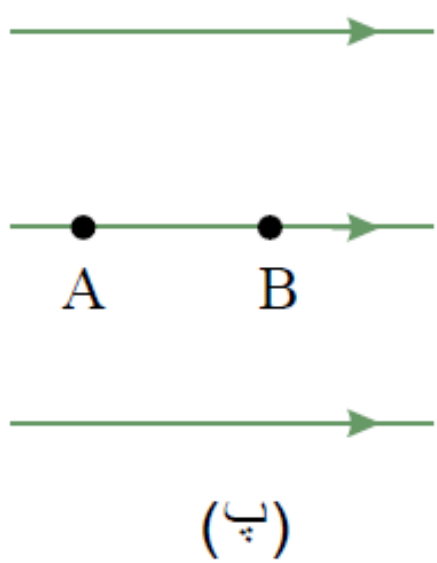
$$\omega_c = \Delta U = -\omega_E \rightarrow \omega_c > 0$$

$\Delta U > 0 \rightarrow$  افزایش می یابد

پتانسیل نقطه  $B$  بیشتر است .  
 $\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \rightarrow \Delta V > 0 \rightarrow V_B > V_A$



-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.

$$W_{AB} = \Delta K = -\Delta U$$

$$= qEd$$

تأثیر  $\rightarrow$   $E_1 > E_2 > E_3$  ثابت

دو صفحه رسانا با فاصله  $2,00\text{ cm}$  را موازی یکدیگر قرار می‌دهیم و آن‌ها را به اختلاف پتانسیل  $100\text{ V}$  وصل می‌کنیم در نتیجه یکی از صفحه‌ها بطور منفی و دیگری بطور مثبت باردار می‌شوند و میان دو صفحه میدان الکتریکی یکنواختی به وجود 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.

$$\Delta V = Ed \rightarrow E = \frac{100}{2 \times 10^{-2}} = 5000 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$



بار الکتریکی  $q = -40 \text{ nC}$  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.

$$W = qEd = q\Delta V = -40 \times 10^{-9} \times (-10 - (-40)) = -1.2 \times 10^{-7} \text{ J}$$

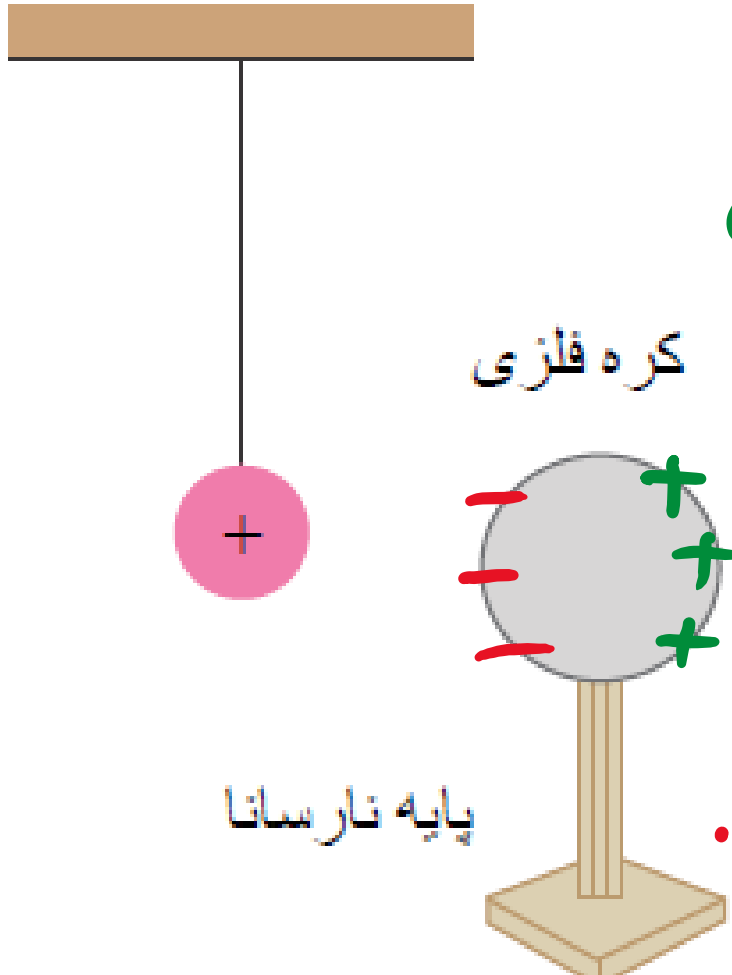
ب) در این جابه‌جایی انرژی پتانسیل الکتریکی بار کاهش یافته که باعث افزایش انرژی جنبی آن می‌شود.

سطح فلزی بزرگ بارداری را در نظر بگیرید که بار الکتریکی در سطح آن و دور از لبه‌ها به طور یکنواخت توزیع شده است. اگر چگالی بار روی این سطح  $2/0 \times 10^{-6} \text{ C/m}^2$  باشد، در بخشی از این سطح به شکل مربعی به ضلع  $1/0 \text{ mm}$  چقدر بار قرار گرفته است؟

$$\sigma = \frac{q}{A} \rightarrow q = \sigma A = 2 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^{-3}$$

$$= 2 \times 10^{-12} \text{ C}$$

یک کره فلزی بدون بار الکتریکی را که روی پایه نارسانایی قرار دارد، به آونگ الکتریکی بارداری نزدیک می‌کنیم. با ذکر دلیل توضیح دهید که چه اتفاقی می‌افتد. (فصل آونگ نارسانا)



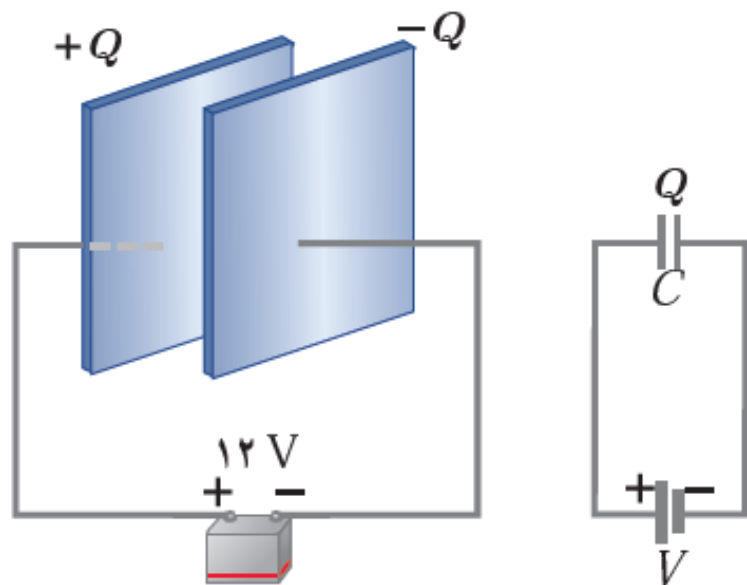
- ① چون میدان در داخل رسانا صفرمانند اوند باعث قوز شدن باهای مثبت دیکت است و باهای منفی در مرکز جمع می‌شود.
- ② این کارس باجابهت جذب اوند بکروه شده و اگر فاصله کم باشند اوند بکروه متصل می‌شود.
- ③ پس از اتصال هر دو باهم مثبت می‌گردد اوند از مرکز دور می‌شود.

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

براده‌ها مانند رسانا چون در میدان صفحه پلاستیکی قرار گرفته‌اند با چگالی الکتریسیته آن طوری جذب می‌شوند که در آن میدان دقت آن صفر باشد این را پس با چگالی جذب همین براده‌ها توسط صفحه پلاستیکی می‌شوند.

وقتی ماهواره‌ای به دور زمین می‌چرخد بر اثر عبور از فضای اطراف زمین باردار می‌شود. این بارها ممکن است موجب آسیب رساندن به قطعات الکترونیکی ماهواره شود. فرض کنید ماهواره‌ای در اثر عبور از یکی از لایه‌های جو دارای بار الکتریکی  $q = 2,0 \times 10^{-9} C$  شود. این ماهواره، مکعبی به ضلع  $40 \text{ cm}$  است. چگالی سطحی بار الکتریکی روی سطح این ماهواره را محاسبه کنید.

$$\sigma = \frac{q}{A} = \frac{2 \times 10^{-9}}{4 \times 40 \times 40 \times 10^{-4}} = \frac{1}{400} \times 10^{-7} \frac{C}{m^2}$$



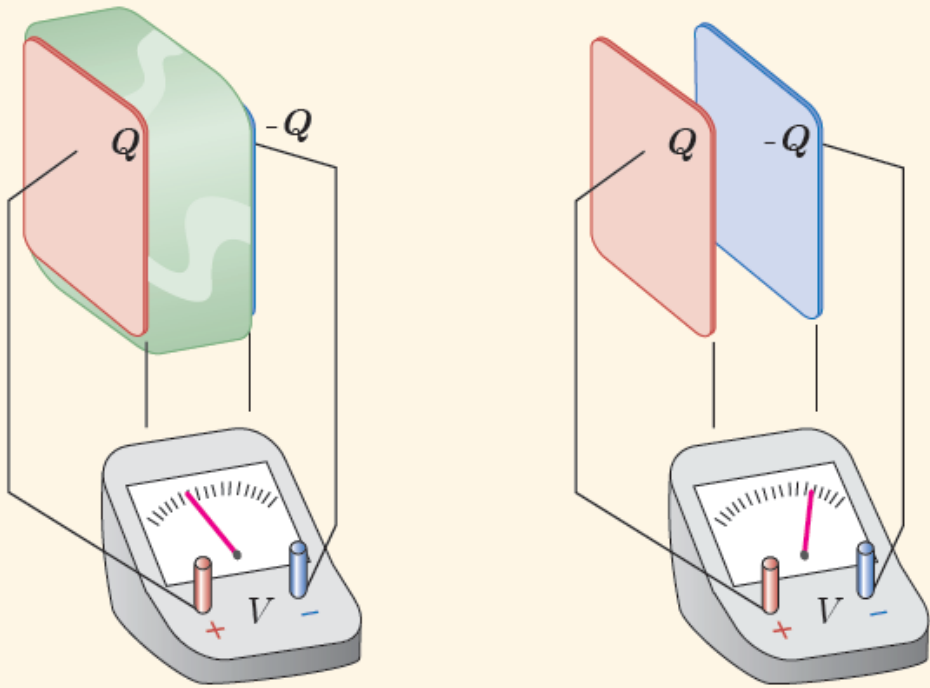
صفحه‌های خازنی را مطابق شکل به پایانه‌های یک باتری با اختلاف پتانسیل ۱۲V وصل می‌کنیم. اگر بار خازن  $24 \mu\text{C}$  شود، الف) ظرفیت خازن را محاسبه کنید. ب) اگر این خازن را به اختلاف پتانسیل ۳۶V وصل کنیم، بار الکتریکی آن چقدر می‌شود؟

$$C = \frac{q}{V} = \frac{24 \mu\text{C}}{12 \text{V}} = 2 \mu\text{F} \quad \text{الف)}$$

$$C = \frac{q}{V} \rightarrow q = CV = 2 \mu\text{F} \times 36 \text{V} = 72 \mu\text{C} \quad \text{ب)}$$

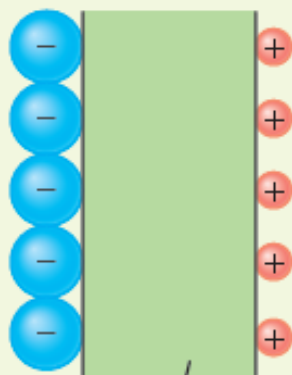


در شکل زیر صفحه‌های باردار یک خازن تخت را که بین آنها هواست، به ولت‌سنج وصل می‌کنیم. با وارد کردن دی‌الکتریک در بین صفحه‌ها، اختلاف پتانسیل دو صفحه کاهش می‌یابد. علت آن را توضیح دهید. (توجه کنید که این آزمایش با بیشتر ولت‌سنج‌های معمولی و رایج ممکن نیست.)



$$C = \frac{q}{V} \quad C = k \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

$k \uparrow \rightarrow C \uparrow \xrightarrow{\frac{q}{\text{پایه}}} V \downarrow$



غشای یاخته

یک یاختهٔ عصبی (نورون) را می‌توان با یک خازن تخت مدل‌سازی کرد، به طوری که 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  $85\text{mV}$  ایجاد شود چقدر است؟ فرض کنید غشا دارای ثابت دی الکتریک  $\kappa = 3$ ، ضخامت  $1\text{nm}$  و مساحت سطح  $10^{-10}\text{m}^2$  است.

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} = 3 \times 8.85 \times 10^{-12} \times \frac{1 \times 10^{-10}}{10 \times 10^{-9}} = 24.55 \times 10^{-14} \text{ F}$$

$$C = \frac{q}{V} \rightarrow q = 24.55 \times 10^{-14} \times 15 \times 10^{-3} = 3.68 \times 10^{-13} \text{ C} \rightarrow n = \frac{q}{e} = 2.3 \times 10^5$$



مدار یک فلاش عکاسی، انرژی را با ولتاژ  $۳۳۰\text{V}$ ، در یک خازن  $۶۶۰\ \mu\text{F}$ ، ذخیره می‌کند. الف) چه مقدار انرژی الکتریکی در این خازن ذخیره می‌شود؟ ب) اگر تقریباً همهٔ این انرژی در مدت  $۱\text{ms}$  آزاد شود، توان متوسط خروجی فلاش چقدر است؟

$$U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 440 \times 10^{-6} \times 330^2$$

$$\rightarrow U = 35.9\ \text{J}$$

$$\bar{P} = \frac{E}{t} = \frac{35.9}{1 \times 10^{-3}} = 35.9 \times 10^3\ \text{W}$$

اگر ساختمان یک خازن را تغییر ندهیم، در هر یک از شرایط زیر ظرفیت خازن چگونه تغییر می‌کند؟  
الف) بار آن دو برابر شود.  
ب) اختلاف پتانسیل میان صفحه‌های آن سه برابر شود.

در جمع‌درا از صورت‌ها بار C تفسیر نمی‌لند زیرا C به ۹ و ۷ وابسته نیست.

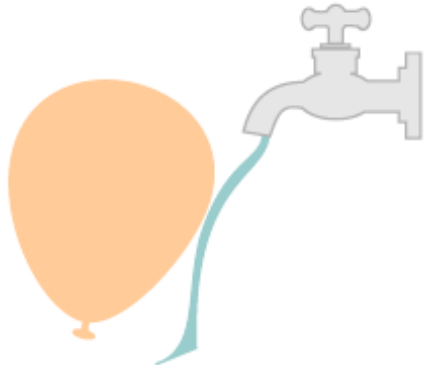
اختلاف پتانسیل بین دو صفحه‌ی یک خازن را از ۲۸ ولت به ۴۰ ولت افزایش می‌دهیم. اگر با این کار ۱۵ میکروکولن بر بار ذخیره شده در خازن افزوده شود، ظرفیت خازن را حساب کنید.

$$C = \frac{q_1}{V_1} = \frac{q_2}{V_2} = \frac{\Delta q}{\Delta V}$$

$$C = \frac{15 \times 10^{-6}}{12} = 1.25 \times 10^{-6} \text{ F} = 1.25 \mu\text{F}$$

بادکنک باردار شکل زیر را به آب نزدیک کرده‌ایم. توضیح دهید چرا آب به

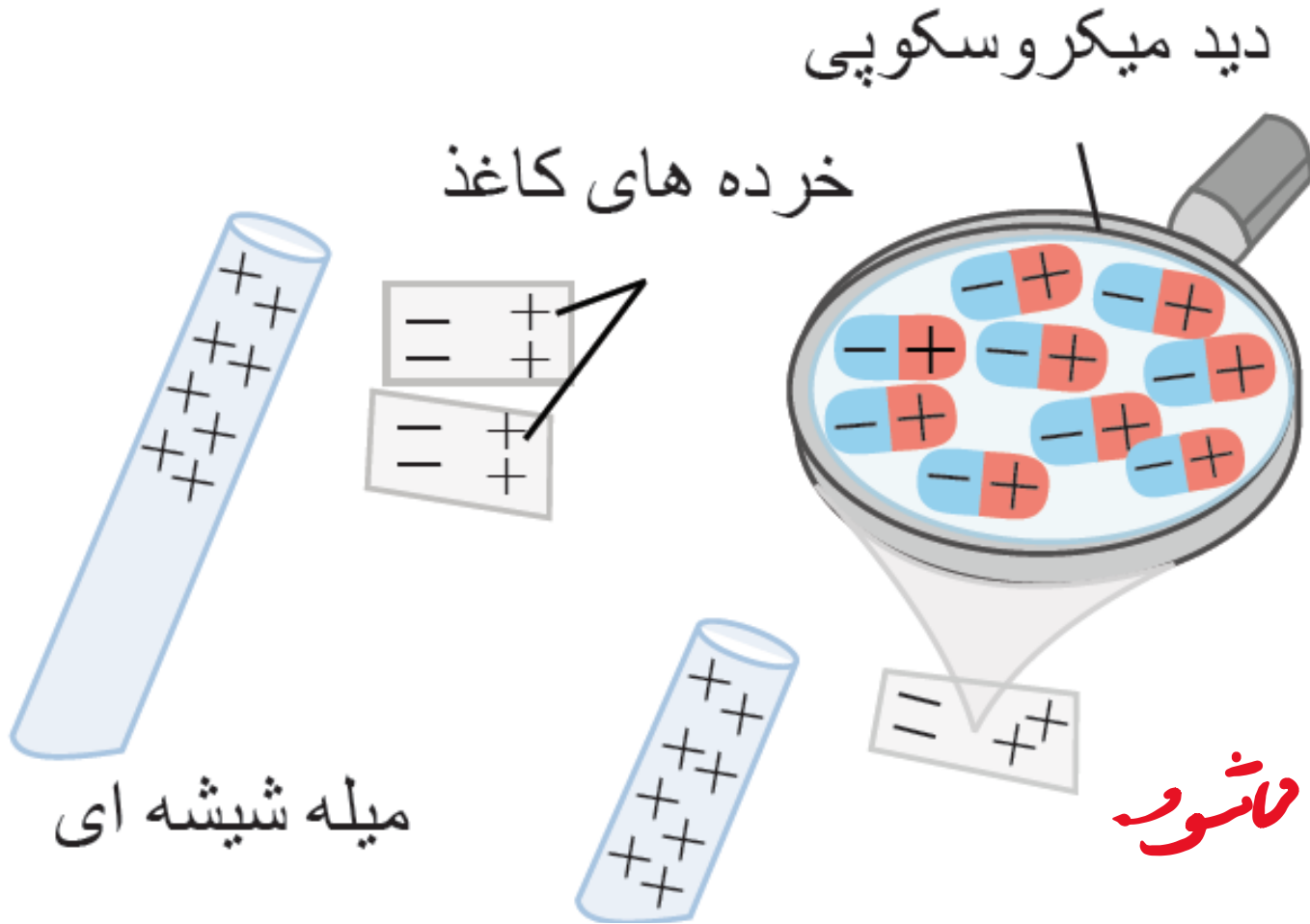
جای اینکه به طور قائم فرو ریزد، خمیده می‌شود؟



به مویکول‌ها دوقطبی آب تحت تأثیر میدان حاصل از بادکنک فرو ریزد  
شده و چون سر مخالف به بادکنک نزدیک‌تر است جذب آن می‌شود.

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

می رباید؟



کُلُّ دَرَمَسَاتِ لِهِنَّ نَسِي

بَدَا زَالِفًا بَارِدًا رَجِيمًا جَوْنًا مَر

مَخَالِفًا نَزِيدًا تَرَامَةً جِيمًا جَذِبًا مَاشُورًا

ظرفیت یک خازن تخت با فاصله صفحات  $1,0 \text{ mm}$  که بین صفحه‌های آن هوا قرار دارد، برابر  $F = 1,0$  است. مساحت صفحه‌های این خازن چقدر است؟ از این مسئله چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

$$C = k\epsilon_0 \frac{A}{d} \rightarrow A = \frac{Cd}{\epsilon_0 k} = \frac{1 \times 1 \times 10^{-3}}{1,15 \times 10^{-12}} = 1,1 \times 10^9 \text{ m}^2$$

بروزی الکتریکی مساحت خازن، ظرفیت یک فاراد معقول نیست.



یک خازن تخت به یک باتری بسته شده است تا باردار شود. پس از مدتی، در حالی که باتری همچنان به خازن متصل است، فاصله‌ی بین صفحه‌های خازن را دو برابر می‌کنیم. کدام یک از موارد زیر درست است؟  
الف) میدان الکتریکی میان صفحه‌ها نصف می‌شود. ✓

$$E = \frac{\Delta V}{d} \quad : \quad d \rightarrow 2d \quad \text{و} \quad E \rightarrow \frac{1}{2}E$$

$\Delta V$  : ثابت : زیرا همچنان به باتری متصل است.

ج) اختلاف پتانسیل میان صفحہ ہا نصف می شود.

خبر، تا زمانی کہ بہ باتری متصل دست لفظوں تپانسیل کا اہدوف  
تپانسیل دوبر باتری می ماند.

پ) ظرفیت خازن دو برابر می شود.

$$C = k\epsilon_0 \frac{A}{d} : d \rightsquigarrow 2d \text{ و } C \rightsquigarrow \frac{1}{2}C$$

اسباب است .

ت) بار روی صفحه‌ها تغییر نمی‌کند.

$$C = \frac{q}{V} \quad \text{نسبت: } V \text{ و } C \rightarrow \frac{1}{2}C \text{ و}$$

$$\Rightarrow q \rightarrow \frac{1}{2}q$$

چون ظرفیت خانن نصف شده و اختلاف پتانسیل ثابت است پس

به روی همند که نیز نصف می‌شود.

مساحت هر یک از صفحه‌های خازن تختی،  $1,00 \text{ m}^2$  و فاصله‌ی دو صفحه از هم،  $0,500 \text{ mm}$  است. عایقی با ثابت دی‌الکتریک  $4,9$  بین دو صفحه قرار داده شده است. ظرفیت خازن را تعیین کنید.

$$C = k\epsilon_0 \frac{A}{d} = 4,9 \times 8,85 \times 10^{-12} \times \frac{1}{0,5 \times 10^{-3}}$$

$$\Rightarrow C = 14,73 \times 10^{-9} \text{ F} \rightarrow C = 14,73 \text{ nF}$$

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

جرقه‌نشاندن‌ای از انرژی ذخیره‌شده در خازن است. هرچه انرژی ذخیره‌شده بیشتر باشد میزان جرقه‌نیز بیشتر خواهد بود.

$$U = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C}$$

ثابت

نصف

چون انرژی برابر شد جرقه بزرگ‌تر است.

→ برابر → U

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

$$\Delta U = \frac{1}{2} \frac{q_2^2}{C} - \frac{1}{2} \frac{q_1^2}{C} = \frac{1}{2C} (q_2^2 - q_1^2) = 8$$

$$\rightarrow q_2^2 - q_1^2 = 14C \rightarrow (q_1 + 3 \times 10^{-3})^2 - q_1^2 = 14C$$

$$\rightarrow 4 \times 10^{-3} q_1 + 9 \times 10^{-6} = 14C \rightarrow q_1 = \frac{14 \times 12 \times 10^{-4} - 9 \times 10^{-4}}{4 \times 10^{-3}}$$

$$\rightarrow q_1 = 3,515 \times 10^{-3} C$$

علی جیبرا سائیت تخصصی ریاضی فیزیک

[WWW.ALICEBRA.COM](http://WWW.ALICEBRA.COM)

AG

۰۹۱۲۷۷۴۴۲۸۱  
۰۹۱۲۷۷۴۴۳۸۹

