

به نام خدا

پاسخ فعالیت ها و تمرین ها

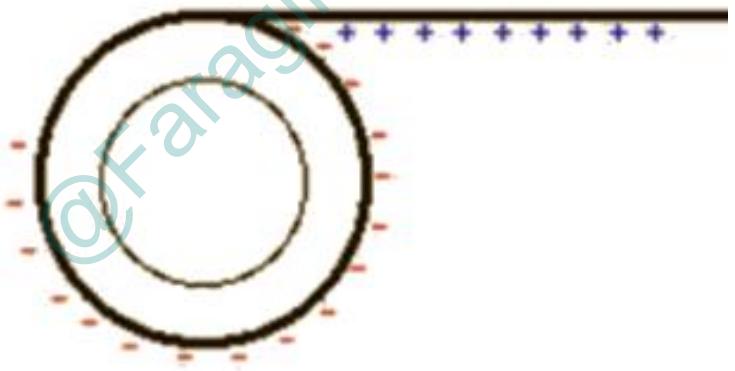
فصل اول (الکتریسیته ساکن )

فیزیک یازدهم ریاضی - فیزیک

شهریور ۱۳۹۶



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؟



پاسخ:

به هنگام جدا کردن روکش پلاستیکی از لوله‌ی پیچیده شده‌آن (به روش مالش) قسمت‌هایی از آن باردار می‌شود. روکش باردار شده می‌تواند لبه‌های ظرف پلاستیکی را قطبیده کند و نیروی جاذبه‌ی بین آنها باعث ثابت باقی ماندن روکش شود.

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؟

پاسخ:

هسته اورانیوم ۹۲ پروتون دارد **بار الکتریکی هسته** برابر است با :

$$q_1 = +ne = +92 \times 1/6 \times 10^{-19} = +1/472 \times 10^{-17} C$$

اتم اورانیوم در حالت عادی ۹۲ الکترون نیز دارد **بار الکتریکی منفی** اش برابر است با :

$$q_2 = -ne = -92 \times 1/6 \times 10^{-19} = -1/472 \times 10^{-17} C$$

بنابراین **بار الکتریکی اتم** اورانیوم در حالت عادی صفر است. و اتم اورانیوم در حالت عادی خنثی است.

$$q_{atom} = q_1 + q_2 = 0$$

## فعالیت ۱ - (کارد کلاس)

مطابق شکل دو نی پلاستیکی را از نزدیکی یک انتهای آنها خم کنید و پس از مالش دادن با پارچه ای پشمی نزدیک یکدیگر قرار دهید. اگر نی ها به خوبی باردار شده باشند نیروی دافعه آنها را می توانید به وضوح بر روی انگشتان خود حس کنید.

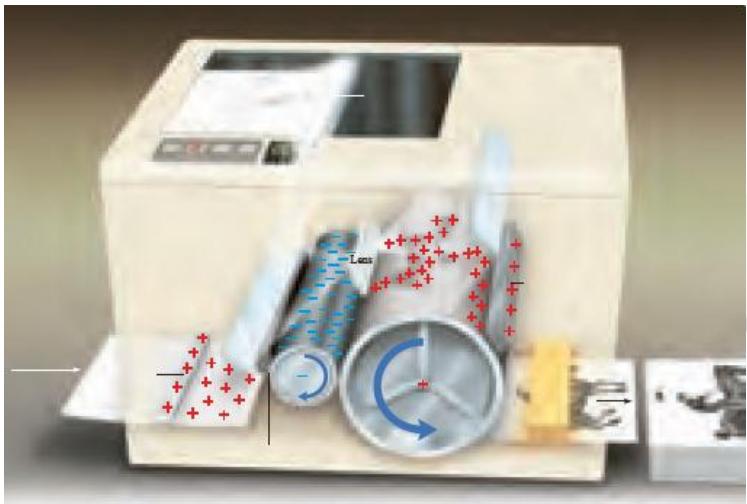


پاسخ:

نی های **پلاستیکی** در اثر مالش با پارچه پشمی هر دو **دارای بار منفی** می شوند و همچنین دو جسم باردار همنام بر یکدیگر نیروی الکتریکی وارد کرده و یکدیگر را می رانند.

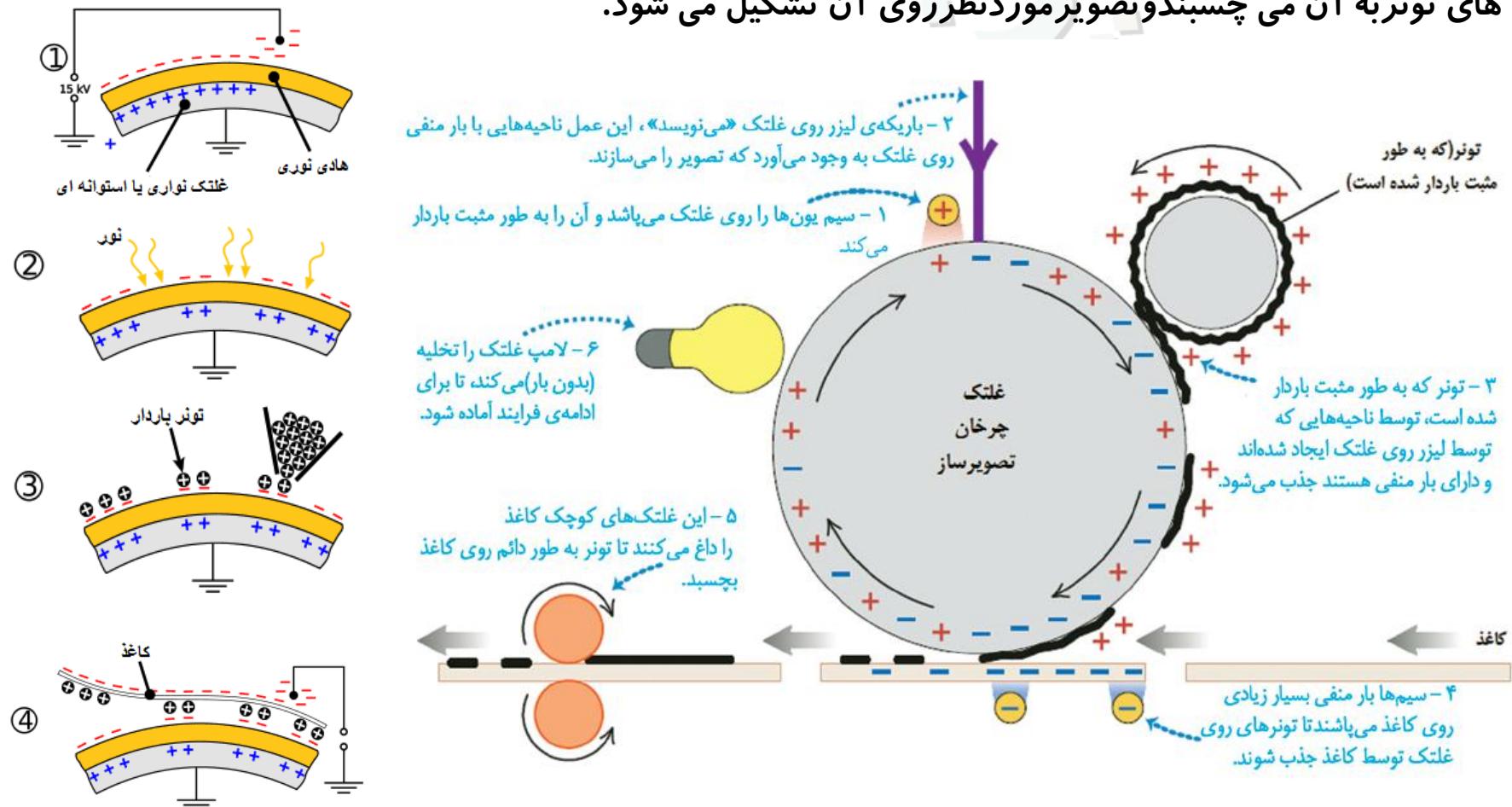
## فعالیت ۱-۲

شکل رو به رو تصویری از مرحله های ایجاد یک رونوشت در دستگاه فتوکپی را نشان می دهد. در مورد چگونگی کاردستگاه های فتوکپی تحقیق کنید.



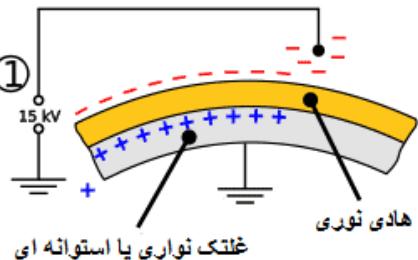
پاسخ:

**پاسخ فعالیت ۱-۲ :** نحوه عملکردیک چاپگر لیزری به طور طرح وار نشان می دهد که در آن از نیروهای بین جسم باردار استفاده می شود درابتدا غلتک چرخان تصویرساز به طور مثبت باردار می شود همچنان که غلتک می چرخد، یک باریکه لیزر روی ناحیه های انتخاب شده ای از غلتک فرود می آید و این ناحیه ها را به طور منفی باردار می کند. ذره تونر که دارای بار مثبت هستند به این ناحیه ها که توسط لیزر درج شده اند می چسبند. وقتی یک تکه کاغذ در تماس با غلتک قرار گیرد، ذره های تونر به آن می چسبند و تصویر مورد نظر روی آن تشکیل می شود.

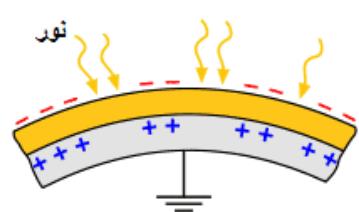


## اساس کار دستگاه کپی :

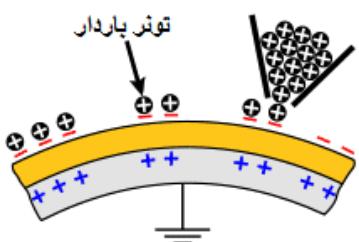
۱- ابتدا روی غلتک نواری یا استوانه‌ای درام (Drum) یک بار الکتریسیته یکنواخت ساکن قرار دارد که ولتاژ بین دو سر آن معمولاً ۷۰۰-۶۰۰ ولت می‌باشد. سطح غلتک با هادی نوری پوشیده شده است. در گذشته هادی نوری با روکش سلنیوم پوشیده شده بود که با بار مثبت شارژ می‌شد. اما به دلیل سمی بودن آن، امروزه از هادی‌های نوری آلی با بار منفی استفاده می‌شود.



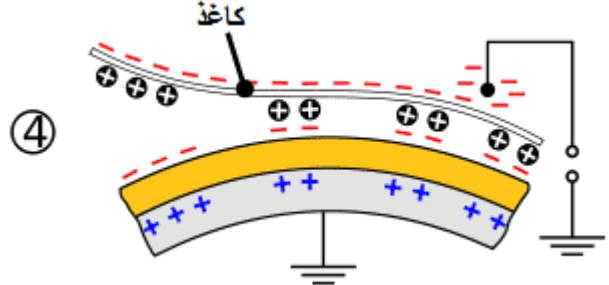
۲- در دستگاه کپی از نور استفاده می‌شود و به این خاطر است که به آن دستگاه فتوکپی می‌گویند بنابراین باریکه نور شدیدی از کاغذی که روی شیشه دستگاه کپی قرار داده شده است عبور می‌کند. قسمت‌های سفید کاغذ نور را منعکس کرده و هنگامی که نور منعکس شده به سطح درام برخورد می‌کند آن قسمت سطح باردار درام خنثی می‌شود. نواحی تیره سطح کاغذمانند: متن و تصاویر (نور را منعکس نمی‌کنند (جذب می‌کنند) و در نتیجه نواحی با بار منفی روی درام باقی می‌ماند.



۳- درون دستگاه فتوکپی پودر سیاه رنگ بسیار ظریفی به نام تونر موجود است. پودر تیره تونر که با بار مثبت شارژ شده‌اند به بارهای منفی که روی درام باقی مانده‌اند می‌چسبند (بارهای غیرهمنام یکدیگر را جذب می‌کنند). در واقع درام می‌تواند به صورت انتخابی شارژ شود. در نتیجه فقط قسمت‌هایی از آن تونر را جذب می‌کند. جایی که کاغذ اصلی سیاه است روی درام الکتریسیته ساکن ایجاد می‌کند اما جایی که سفید است ایجاد نمی‌کند و یک تصویر از مدرک روی آن شکل می‌گیرد.



۴- سطح کاغذ با الکتریسیته ساکن منفی شارژ می‌شود و تونر باردار مثبت از سطح درام به سطح کاغذ جذب می‌شود. تونر به دما حساس است و در نتیجه هنگامی که ذرات نرم تونر از درام جدا و جذب کاغذ می‌شوند با استفاده از گرما به سطح کاغذ می‌چسبند و به این ترتیب یک کپی ایجاد می‌شود.



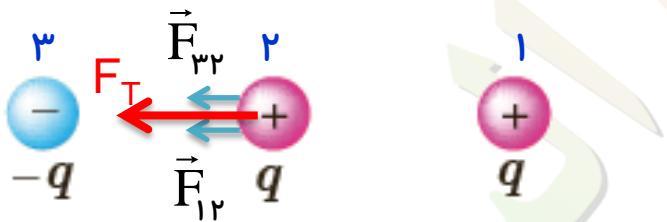
در مرحله آخر، هادی نوری باید پاک شده و برای کپی بعدی آماده شود. این عمل به طور عادی به وسیله در معرض نور قرار دادن آن و خروج بارهای الکتریکی باقیمانده و نیز حذف تونرهای اضافی به وسیله یک تیغه، انجام می‌شود.

## تمرین ۱-۲

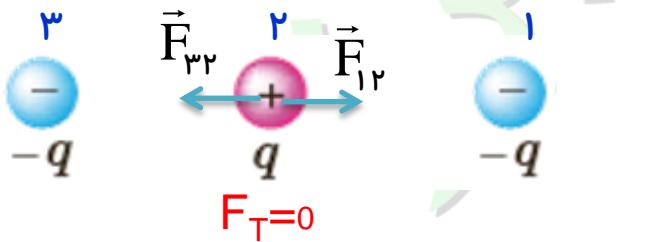
سه ذره باردار مانند شکل روبرو، روی یک خط راست قرار دارند و فاصله بارهای سمت راست و چپ از بار میانی برابر است. (الف) جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار الکتریکی میانی را تعیین کنید.  
 (ب) اگر ذره سمت راست به جای  $q$ ، بار  $Q$ -داشته باشد، جهت نیروهای الکتریکی خالص وارد بر بار میانی چگونه خواهد بود؟



پاسخ:

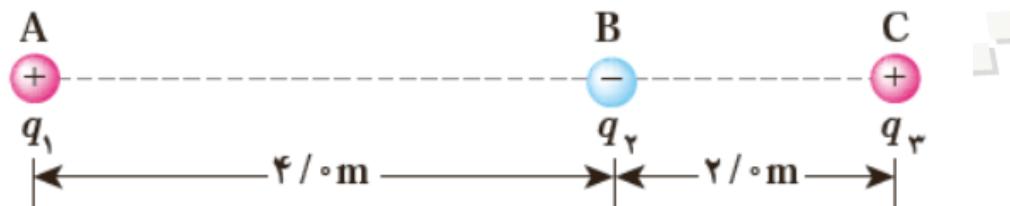


$$F_{32} = F_{12} \quad \Rightarrow \quad F_T = 2F_{32} \quad (\text{الف})$$



$$F_{32} = -F_{12} \quad \Rightarrow \quad F_T = 0 \quad (\text{ب})$$

درمثال ۱-۳(سه ذره با بارهای  $q_1 = +2/\mu\text{C}$ ,  $q_2 = -1 \mu\text{C}$ ,  $q_3 = +4/\mu\text{C}$ ) در نقطه های A و B، C مطابق شکل زیر ثابت شده اند) نیروی خالص وارد بر بار  $q_2$  را به دست آورید.



پاسخ:

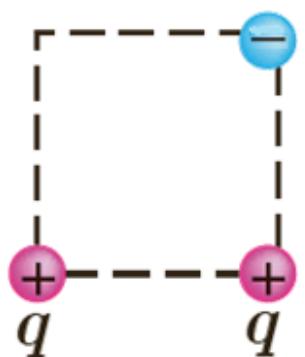


$$F_{12} = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r_{12}^2} \rightarrow F_{12} = 9 \times 10^9 \times \frac{2/\mu\text{C} \times 10^{-6} \times |-1 \mu\text{C}|}{4^2} \rightarrow \vec{F}_{12} = -1/4 \times 10^{-3} \vec{i}$$

$$F_{23} = k \frac{|q_2| \cdot |q_3|}{r_{23}^2} \rightarrow F_{23} = 9 \times 10^9 \times \frac{1 \mu\text{C} \times 10^{-6} \times |-1 \mu\text{C}|}{2^2} \rightarrow \vec{F}_{23} = +9 \times 10^{-3} \vec{i}$$

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{23} \rightarrow \vec{F}_T = -1/4 \times 10^{-3} \vec{i} + 9 \times 10^{-3} \vec{i} \rightarrow |\vec{F}_T| = 7/4 \times 10^{-3} \text{ N}$$

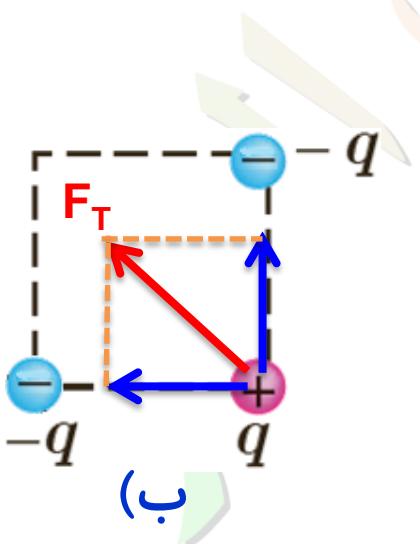
سه ذره باردار مطابق شکل در گوشه های یک مربع قرار دارند.



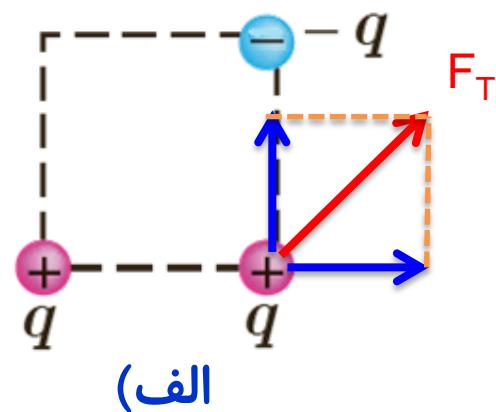
الف) جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار سمت راست  $q$  پایینی را تعیین کنید.

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؟

پاسخ:



(ب)



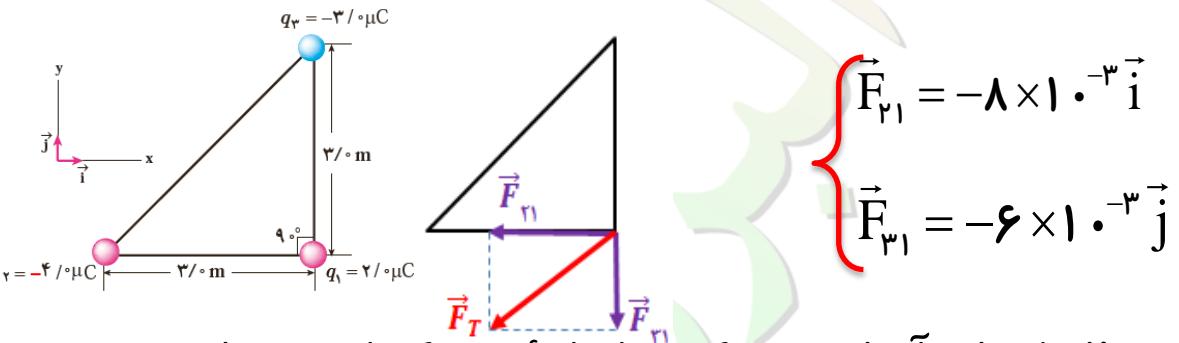
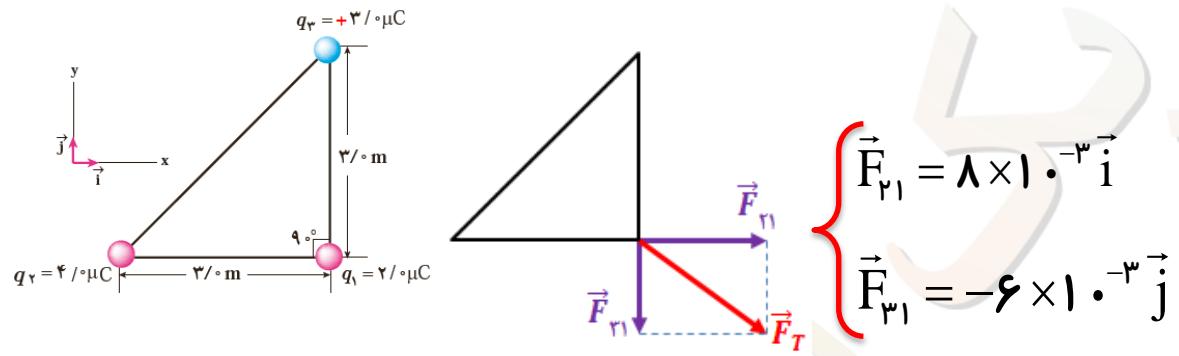
الف)

در مثال ۱-۴ الف) اگر علامت بار  $q_1$  تغییر کند جهت نیروی برایند وارد بر بار  $q_1$  چگونه خواهد شد؟ ب) اگر علامت بار  $q_1$  تغییر کند، جهت نیروی برایند وارد بر بار  $q_1$  چگونه خواهد شد؟ پ) آیا بزرگی نیروی برایند وارد بر بار  $q_1$  در قسمت های الف و ب با مقدار به دست آمده در مثال ۱-۴ متفاوت است؟

پاسخ:

(الف)

(ب)



پ) با توجه به این که اندازه بارها و همچنین فاصله های آنها تغییر نکرده، اندازه هر یک از نیروها و همچنین اندازه نیروی برایند وارد بر  $q_1$  نیز تغییر نمی کند.

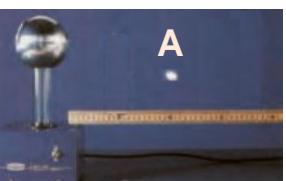
## تمرین ۱-۴

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 در این فاصله را تعیین کنید. ب) در چه فاصله ای از پروتون هسته، بزرگی میدان الکتریکی برابر با بزرگی میدان الکتریکی حاصل از مولد واندوگراف مثال پیش در فاصله  $1 \text{ m}$  از مرکز کلاهک آن است؟

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

پاسخ:

(الف)



$$E = k \frac{|q|}{r^2} \rightarrow E = \frac{9 \times 10^9 \times 1/6 \times 10^{-19}}{(5/3 \times 10^{-11})^2} \rightarrow E = \frac{14/4 \times 10^{-10}}{28/9 \times 10^{-22}} \rightarrow E = 5/13 \times 10^{11} \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

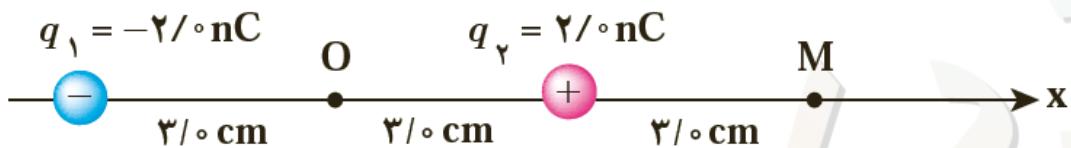
(ب)

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \rightarrow r^2 = k \frac{q}{E} \rightarrow r = \sqrt{\frac{kq}{E}} \rightarrow r = \sqrt{\frac{9 \times 10^9 \times 1/6 \times 10^{-19}}{9 \times 10^3}}$$

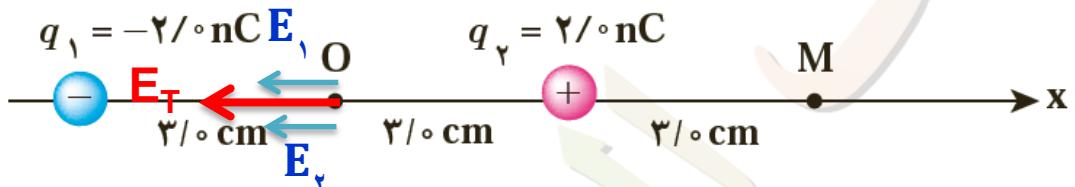
$$r = 4 \times 10^{-7} \text{ m}$$

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

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



پاسخ:



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

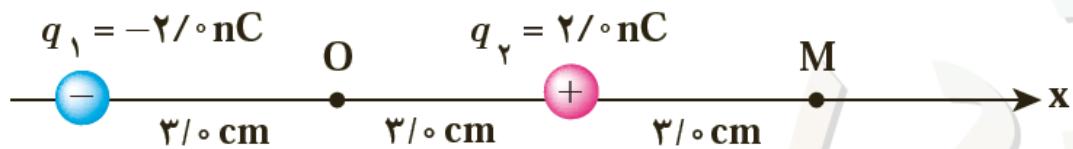
$$E_1 = \frac{9 \times 10^9 \times |-2 \times 10^{-9}|}{(3 \times 10^{-2})^2} = \frac{18}{9 \times 10^{-4}} \Rightarrow E_1 = 2 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$E_2 = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-9}}{(3 \times 10^{-2})^2} = \frac{18}{9 \times 10^{-4}} \Rightarrow E_2 = 2 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

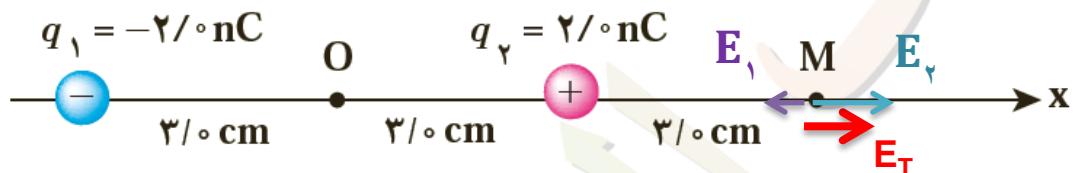
$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \Rightarrow E_T = 2E_1 = 2 \times 2 \times 10^4 = 4 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

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

$$k = 9 \times 10^9 \quad \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$$



پاسخ:

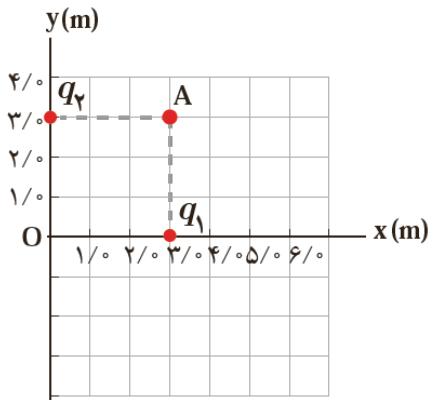


$$E_1 = \frac{9 \times 10^9 \times |-2 \times 10^{-9}|}{(9 \times 10^{-2})^2} = \frac{18}{81 \times 10^{-4}} \Rightarrow E_1 = 2.2 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$E_2 = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-9}}{(3 \times 10^{-2})^2} = \frac{18}{9 \times 10^{-4}} \Rightarrow E_2 = 2 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \Rightarrow E_T = E_2 - E_1 = 2 \times 10^4 - 2.2 \times 10^4 = 1.8 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

میدان الکتریکی خالص حاصل از آرایش بارمثال ۱-۸(دو بار نقطه ای  $q_1$  و  $q_2$  را در صفحه  $xy$ -نشان می دهد. میدان الکتریکی خالص را در نقطه A تعیین کنید.



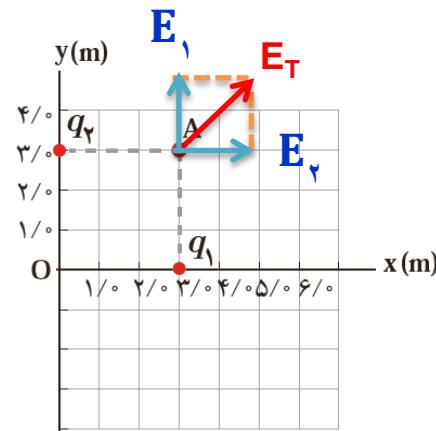
$$k = 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \quad (q_1 = q_2 = 5 \mu\text{C})$$

پاسخ:

$$E_1 = E_r = \frac{9 \times 10^9 \times 5 \times 10^{-6}}{3^2} = \frac{45 \times 10^3}{9} \Rightarrow E_1 = 5 \times 10^3 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_r \Rightarrow E_T = \sqrt{E_1^2 + E_r^2} \Rightarrow E_T = \sqrt{E_1^2 + E_r^2} = E_1 \sqrt{2}$$

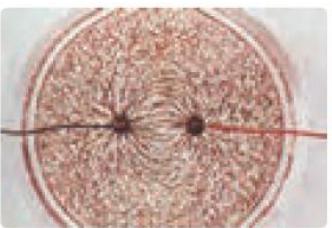
$$E_T = 5 \times 10^3 \sqrt{2} \Rightarrow E_T = 5\sqrt{2} \times 10^3 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$



## فعالیت (۱-۳) کار در کلاس)

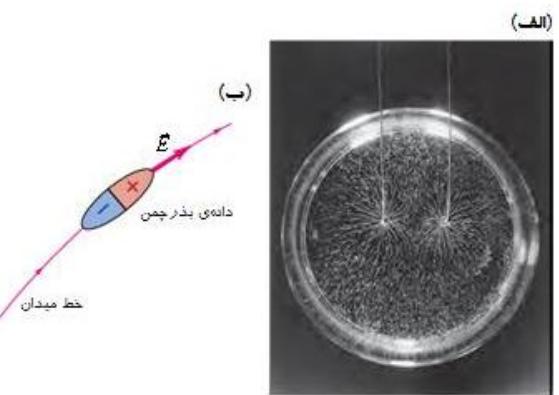
درون یک ظرف شیشه‌ای یا پلاستیکی با عمق کم، مقداری پارافین مایع یا روغن کرچک به عمق حدود  $5\text{ cm}$  برشید و داخل آن دو الکترود نقطه‌ای قراردهید. الکترودها را با سیم به پایانه‌های مثبت و منفی یک مولد ولتاژ بالا، مانند مولد وان دوگراف وصل کنید. روی سطح پارافین، مقدار کمی بذر چمن یا خاکشیرپاشید. مولد را روشن کنید. اکنون به سمت گیری دانه‌ها در فضای بین دو الکترود توجه کنید. شکل سمت گیری دانه‌ها در این فضا را رسم کنید.

پاسخ:

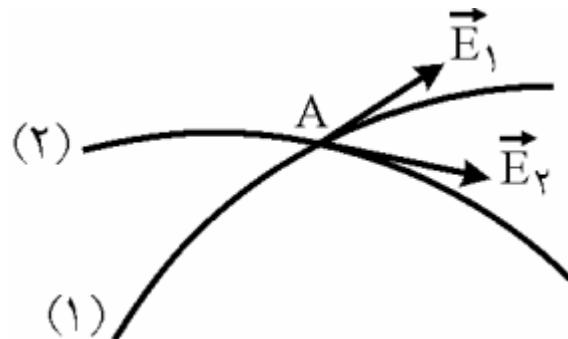


خط‌های میدان الکتریکی ناشی از دو بار نقطه‌ای مساوی. این نقش توسط دانه‌های بذر چمن شناور روی مایع در بالای دو سیم باردار تشکیل شده است

(شکل الف) میدان الکتریکی باعث قطبش دانه‌های بذرمی‌شود که به نوبه خود موجب می‌شود که دانه‌ها با میدان هم خط شوند(شکل ب)



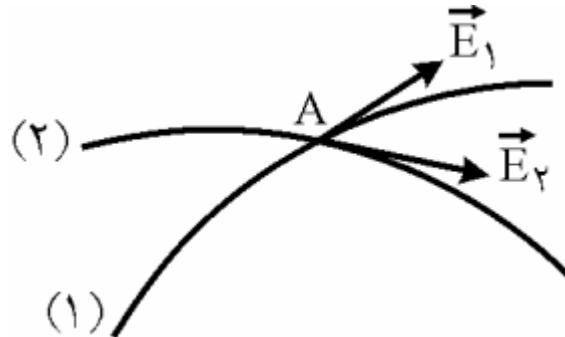
به نظر شما چرا خطوط میدان الکتریکی برایند هرگز یکدیگر را قطع نمی‌کنند؟



پاسخ:

فرض می‌کنیم که خطوط میدان در یک نقطه **همدیگر را قطع** می‌کنند، یعنی در آن نقطه دو جهت برای میدان وجود دارد به طوری که اگر بار آزمونی را در آن نقطه قرار دهیم، همزمان در دو جهت شروع به حرکت می‌کند که این امکانپذیر نیست، پس خطوط میدان همدیگر را قطع نمی‌کنند.

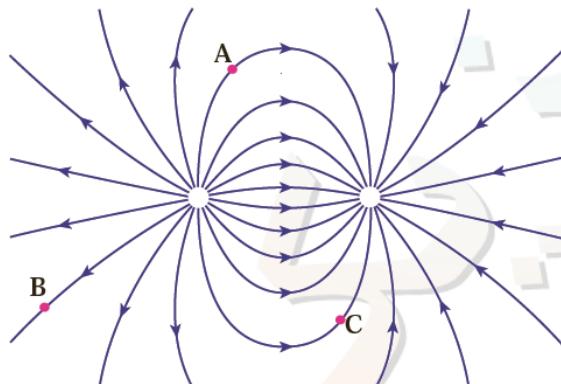
## به نظر شما چرا خطوط میدان الکتریکی برایند هرگز یکدیگر را قطع نمی‌کنند؟



پاسخ:

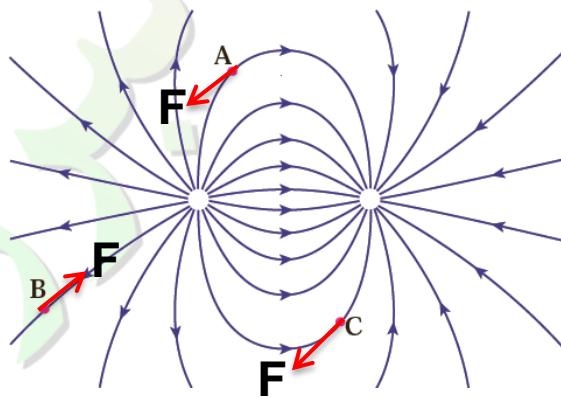
اگر از نقطه A مثلاً دو خط میدان بگذرد آن گاه مماس به هر کدام از آن ها راستای میدان را نشان می‌دهد از آن جایی که مماس بر خط میدان در هر نقطه در امتداد نیرویی است که بر یک ذره باردار واقع در آن نقطه وارد می‌شود، در این صورت باید به ذره باردار واقع در نقطه A دو نیرو اعمال شود. در صورتی که آزمایش نشان می‌دهد که چنین نیست و بار کوچک  $q_0$  در نقطه A و از حال سکون در جهت میدان برآیند شتاب می‌گیرد. یعنی در نقطه A یک میدان وجود دارد و در نتیجه از آن نقطه تنها یک خط میدان می‌گذرد.

بار  $q$ -را در نقطه های A, B و C از میدان الکتریکی غیریکنواخت شکل روبه رو قرار دهید و جهت نیروی الکتریکی وارد بر این بار منفی را تعیین کنید.

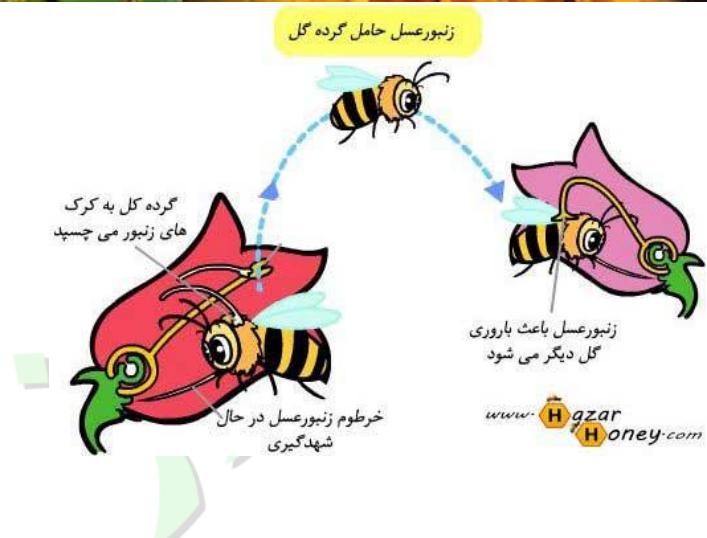


پاسخ:

نیرویی الکتریکی وارد بر بار منفی در **خلاف جهت میدان الکتریکی** که در هر نقطه مماس بر خطوط میدان الکتریکی است.



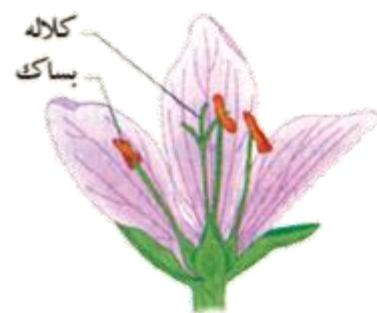
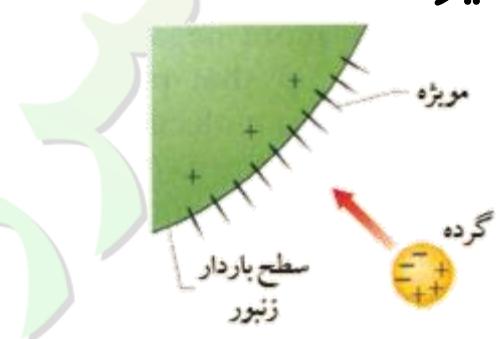
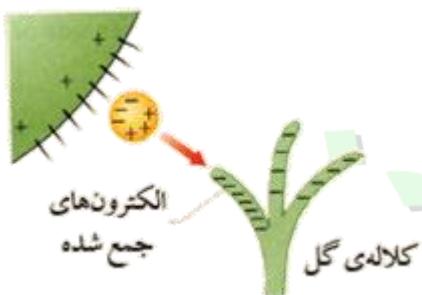
تولید مثل برخی از گل‌ها به زنبورهای عسل وابسته است. گرده‌ها به واسطه میدان الکتریکی، از یک گل به زنبور و از زنبور به گل دیگر منتقل می‌شوند. در این باره تحقیق کنید.



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

پاسخ:

زنبورهای عسل معمولاً در حین پروازدارای بارالکتریکی مثبت می‌شوند و وقتی به گرده بدون بار روی بساک یک گل می‌رسند میدان الکتریکی آنها روی گرده بارهای مثبت و منفی القامی کنده طوری که آن سمت گرده که به طرف زنبور است دارای بار منفی می‌شود و گرده به زنبور کشیده شده و گرده هاروی مویژه‌های ریز زنبور قرار می‌گیرند وقتی زنبور در اطراف گل دیگری پرواز می‌کند بارهای منفی روی کلاله القامی کند و اگر نیروی وارد از کلاله بزرگتر از نیروی وارد از زنبور بر گرده باشد گرده به سمت کلاله کشیده و گرده افشاری صورت می‌گیرد.



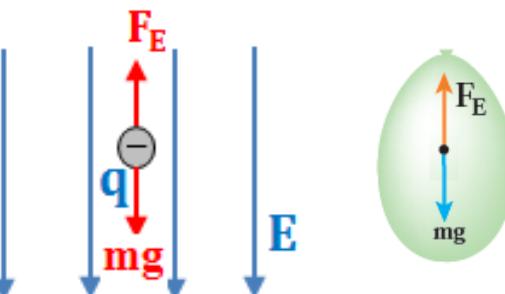
روی سطح بادکنکی به جرم  $0.200\text{ N}$  ایجاد می‌کنیم و آن را در یک میدان الکتریکی قرار می‌دهیم. بزرگی و جهت این میدان الکتریکی را در صورتی که بادکنک معلق بماند، تعیین کنید. از نیروی شناوری وارد به بادکنک چشم پوشی کنید.

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

پاسخ:

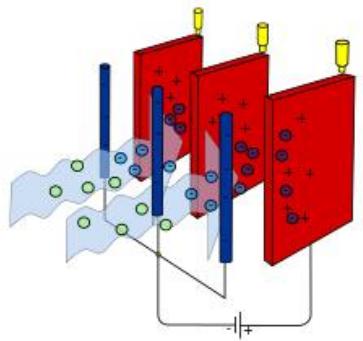
با توجه به این که بادکنک تحت اثر نیروهای وزن و الکتریکی در حالت تعادل قرار می‌گیرد و می‌دانیم که نیروی وزن در امتداد قائم رو به پایین است، نیروی الکتریکی در امتداد قائم رو به بالا و هماندازه با وزن بادکنک است. پس:

$$F_E = mg \rightarrow E|q| = mg \rightarrow E = \frac{1.0 \times 10^{-3} \times 1.0}{2.00 \times 10^{-9}} \rightarrow E = 5 \times 10^5 \text{ N/C}$$



از طرفی می‌دانیم که نیروی الکتریکی وارد بر بار منفی در خلاف جهت میدان است، پس راستای میدان قائم و جهت آن رو به پایین است.

رسوب دهنده الکترواستاتیکی (ESP) دود و غبار را از گازهای زائدی که از دودکش کارخانه ها و نیروگاه ها بالا می آید جدا می سازد. رسوب دهنده ها انواع مختلفی دارند. در مورد اساس کار این رسوب دهنده ها تحقیق کنید. شکل های زیر تأثیر رسوب دهنده را در کاهش آلودگی هوای ناشی از یک دودکش نشان می دهد.



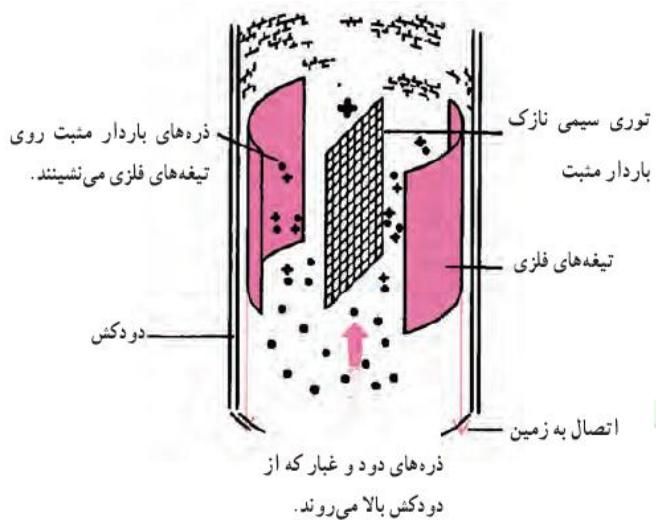
پاسخ:

رسوب دهنده الکترواستاتیکی با ایجاد یک **میدان الکتریکی**، ذرات موجود در گاز (عموماً هوای آن) جدا می سازد. این فیلتر طی دو مرحله عمل جداسازی ذرات را انجام می دهد. در مرحله اول ذرات معلق در هوای پس از عبور از ناحیه کوچکی در فیلتر به نام **کرونای تخلیه** است و با نور بنفش مشخص می شود باردار می شوند. در مرحله دوم این ذرات که به بار اشباع خود رسیده اند، توسط یک میدان الکتریکی قوی از جریان هوای جدا گردیده و بسوی یک الکترود که جهت خنثی سازی بار این ذرات بکار می رود حرکت کرده و در آنجا با از دست دادن بار خود بر روی یک بستر مناسب (تیغه های در نظر گرفته شده) تهشیین می شوند. تیغه ها را هر چند روز یک بار با ضربه زدن به وسیله یک چکش بزرگ و مخصوص که جزء فیلتر است، می تکانند تا دوباره امداده به کار شوند.

رسوب دهنده الکتروستاتیکی (ESP) دود و غبار را از گازهای زائدی که از دودکش کارخانه ها و نیروگاه ها بالا می آید جدا می سازد. رسوب دهنده ها انواع مختلفی دارند. در مورد اساس کار این رسوب دهنده ها تحقیق کنید. شکل های زیر تأثیر رسوب دهنده را در کاهش آلودگی هوای ناشی از یک دودکش نشان می دهد.

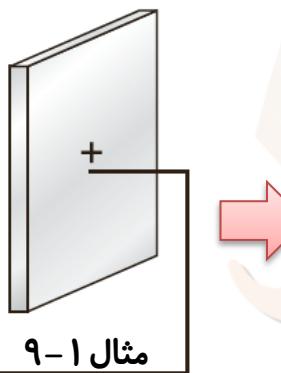
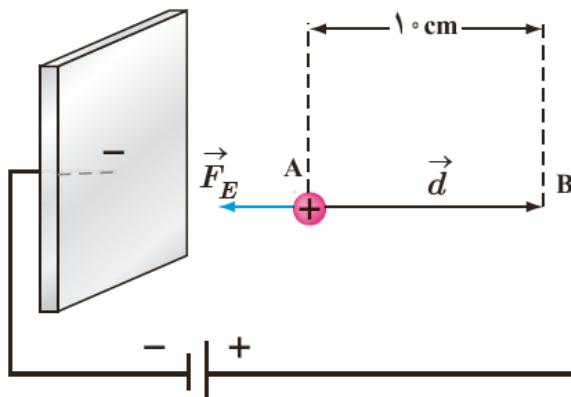
پاسخ:

شکل زیر چگونگی کار یک رسوب دهنده الکتروستاتیکی را نشان می دهد. توری سیمی که به میزان زیادی باردار مثبت شده است بین تیغه های فلزی متصل به زمین قرار دارد، به گونه ای که تخلیه الکتریکی مداومی بین توری و این تیغه ها روی می دهد. این تخلیه، جریان پیوسته ای از یون ها را به همراه دارد که خود را به ذره های غبار در گازی که از دودکش بالا می رود، متصل می کنند ذره های باردار عبوری به سوی تیغه های متصل به زمین رانده می شوند و در آنجا رسوب می کنند. پس از مدتی این تیغه ها را با زدن ضربه می تکانند و به این ترتیب ذره ها را جدا می کنند.

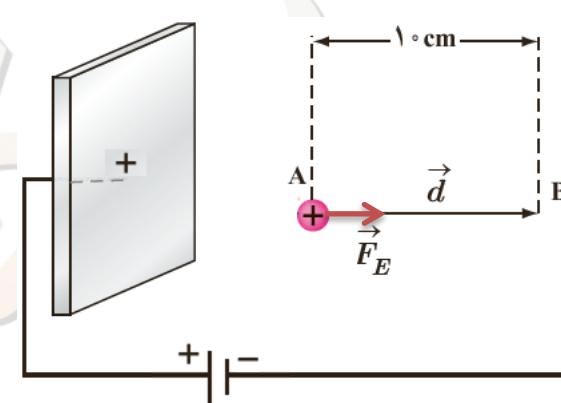


## تمرین ۱-۱

درمثال ۱-۱) در یک میدان الکتریکی یکنواخت،  $E = 2 \times 10^3 \text{ N/C}$  پروتونی از نقطه A با سرعت صفر خلاف جهت میدان الکتریکی پرتاپ شده است. پروتون سرانجام در نقطه B توقف می‌شود. بار پروتون  $C = 1.6 \times 10^{-19}$  و جرم آن  $kg = 1.67 \times 10^{-27}$  است) اگر جای قطب‌های باتری عوض شود پروتون را در نقطه A از حالت سکون رها کنیم، پروتون با چه تندی‌ای به نقطه B می‌رسد؟



مثال ۱-۱



تمرین ۱-۱

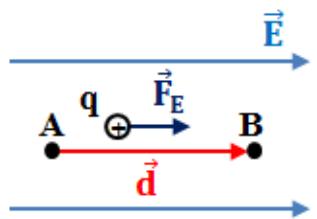
پاسخ:

$$\Delta U_E = -W_E = -Eqd \cos \alpha = -2 \times 10^3 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 1 \times \cos 0^\circ = -3.2 \times 10^{-17} \text{ J}$$

$$\Delta K = -\Delta U_E \rightarrow K_B - K_A = 3.2 \times 10^{-17} \rightarrow \frac{1}{2} \times 1.67 \times 10^{-27} \times V_B^2 = 3.2 \times 10^{-17}$$

$$V_B^2 = \frac{2 \times 3.2 \times 10^{-17}}{1.67 \times 10^{-27}} \rightarrow V_B = 3.83 \times 10^{10} \rightarrow V_B = 1.96 \times 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 2 \times 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

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



پاسخ:

الف) این سوال یک بار برای بار مثبت و بار دیگر برای بار منفی حل می کنیم.

اگر **بار مثبت**  $q$  را از نقطه  $A$  تا نقطه  $B$  جابه جا کنیم، با توجه به این که نیروی الکتریکی وارد بر بار مثبت هم جهت با میدان است، کار میدان الکتریکی برابر است با :

$$W_E = Fd \cos 90^\circ = E|q|d \cdot 0.$$

$$V_B - V_A = -\frac{W_E}{q} \quad W \cdot 0 \text{ و } q \cdot 0 \rightarrow V_B - V_A \cdot 0 \rightarrow V_B < V_A$$

اگر **بار منفی**  $q$  را از نقطه  $A$  تا نقطه  $B$  جابه جا کنیم، با توجه به این که نیروی الکتریکی وارد بر بار منفی در خلاف جهت میدان است، کار میدان الکتریکی برابر است با :

$$W_E = Fd \cos 90^\circ = E|q|d \cdot 0.$$

$$V_B - V_A = -\frac{W_E}{q} \quad W \cdot 0 \text{ و } q \cdot 0 \rightarrow V_B - V_A \cdot 0 \rightarrow V_B > V_A$$

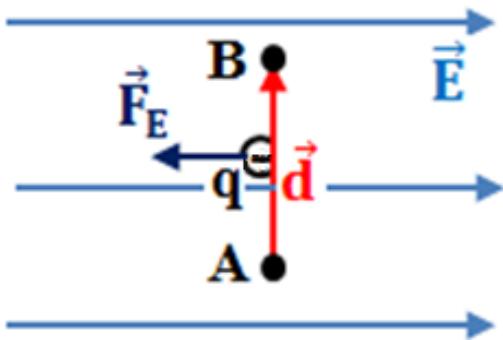
نتیجه :

در هر دو حالت  $V_B > V_A$  می باشد، این یعنی **پتانسیل الکتریکی در جهت میدان کاهش می یابد** و به علامت بار منتقل شده بستگی ندارد.

**ب) نشان دهید در میدان الکتریکی یکنواخت، با حرکت در جهت عمود بر خطوط میدان، پتانسیل الکتریکی تغییر نمی کند.**

پاسخ:

**ب) اگر بار در راستای عمود بر خط‌های میدان حرکت کند، کار انجام شده توسط میدان الکتریکی صفر است و بنابراین  $\Delta V$  صفر است.**



$$W_E = Fd \cos 90^\circ = 0 \quad \xrightarrow{\text{---}} \quad V_B - V_A = 0 \quad \rightarrow \quad V_B = V_A$$

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

پاسخ:

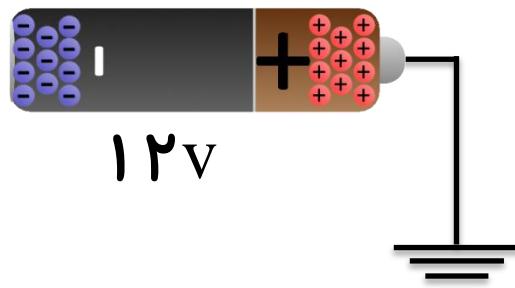
اگر پتانسیل پایانه مثبت را با  $V_+$  و پتانسیل پایانه منفی را با  $V_-$  نشان دهیم، در این صورت:

$$\begin{cases} V_+ = 0 \\ \Delta V = 12V \\ V_- = ? \end{cases}$$

$$\Delta V = V_+ - V_-$$

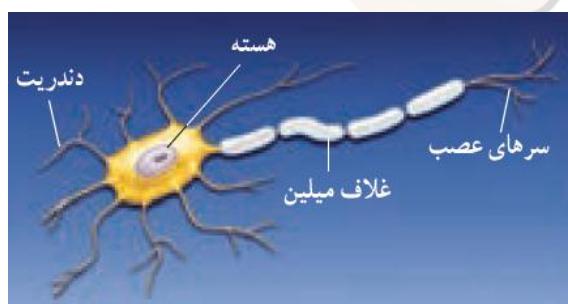
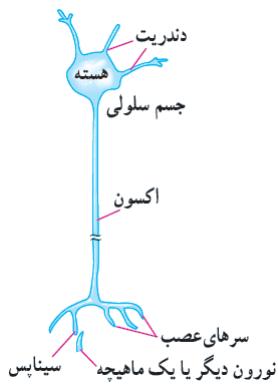
$$12 = 0 - V_-$$

$$V_- = -12V$$



## فعالیت ۱-۶

عمل مغز اساساً بر مبنای کنش‌ها و فعالیت‌های الکتریکی است. سیگنال‌های عصبی چیزی جز عبور جریان‌های الکتریکی نیست. مغزاًین سیگنال‌ها را دریافت می‌کند و اطلاعات به صورت سیگنال‌های الکتریکی در امتداد اعصاب گوناگون منتقل می‌شوند. هنگام انجام هر عمل خاصی، سیگنال‌های الکتریکی زیادی تولید می‌شوند. این سیگنال‌ها حاصل کنش الکتروشیمیایی در یاخته‌های عصبی موسوم به نورون هستند. دربارهٔ چگونگی کار نورون‌ها تحقیق و به کلاس گزارش کنید.



پاسخ:

## پاسخ فعالیت ۱-۶

نورون یک سلول قابل تحریک است که اطلاعات را با ارسال سیگنال الکتریکی و شیمیایی پردازش و منتقل می کند. هر نورون دارای یک جسم سلولی، دندانهای، و یک آکسون و پایانهای سیناپسی است. از لحاظ عملکردی یک نورون شامل بخش گیرنده (دندانهای)، بخش ادغام (جسم سلولی) و بخش انتقال دهنده پیام عصبی (آکسون ها) می باشد. در هر نورون همه اطلاعات پردازش شده در یک جهت حرکت می کند، که به این اصطلاح قطبیدگی می گویند.

همه نورون ها فعالیت‌شان هم الکتریکی است و هم شیمیایی. ارسال سیگنال شیمیایی از طریق سیناپس ها روی می دهد. نورون ها اجزای اصلی سیستم عصبی می باشند.

نورون ها دو نوعند، نورون های حسی و نورون های حرکتی

**نورون های حسی** به لامسه، صدا، نور، و بسیاری از محرک های دیگر که بر روی سلول های اندام های حسی تاثیر می گذارند، پاسخ داده و سیگنال ها را به نخاع و مغز ارسال می کنند. پیام های عصبی شیمیایی پس از اینکه از آکسون ها به دندانهای شوند به پیام های الکتریکی تبدیل شده و به سایر پیام های الکتریکی دریافت شده از سیناپس های دیگر اضافه یا از آن کم می گردد و در نهایت بر اساس برآیند این پیام های الکتریکی در مورد اینکه پیام عصبی به محل دیگری منتقل گردد یا نه تصمیم گیری می شود

**نورون های حرکتی** سیگنال ها را از مغز و نخاع دریافت کرده و به اندام های مختلف منتقل می کنند، انقباضات عضله را به وجود آورده و بر روی غده ها تاثیر می گذارند.

در شکل زیر الف) با فرض آنکه بار  $q+$  در ابتدا و انتهای جابه جایی ساکن باشد، آیا کار نیروی دست، مثبت است یا منفی؟  
 ب) آیا بار  $q+$  به نقطه ای با پتانسیل بیشتر حرکت کرده است یا به نقطه ای با پتانسیل کمتر؟ توضیح دهید.



پاسخ:

الف) کار نیروی دست مثبت است، زیرا نیروی دست با جابه جایی هم جهت است

$$W_{\text{خارجی}} = F \cdot d \cdot \cos^{\circ} > 0$$

ب) با توجه به رابطه  $W_{\text{خارجی}} = q \cdot \Delta V$  که در آن  $q$  و خارجی  $W$  هر دو مثبت هستند،  $\Delta V$  نیز مثبت است، پس:

$\Delta V > 0 \Rightarrow V_r - V_i > 0 \Rightarrow V_r > V_i$  یعنی بار  $q+$  به نقاطی با پتانسیل بیشتر منتقل شده است.

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



پاسخ:

الف) قفس فاراده یک قفس یا فضای بسته ساخته شده از فلز یا رسانای الکتریکی دیگر است. مایکل فاراده در یک آزمایش، فردی را در یک قفس رسانای بزرگ قرار داد و آن را توسط مولد واندوگراف تا حدی باردار کرد که بارهای الکتریکی به صورت جرقه از گوشه‌های آن جریان پیدا کردند و با وجود جرقه‌هایی که بین قفس و مولد زده می‌شد، فرد درون قفس هیچ آسیبی نمی‌بیند. این آزمایش نشان داد که بار الکتریکی یک رسانای بسته روی سطح خارجی آن قرار می‌گیرد و بار خالصی در رسانا قرار نمی‌گیرد.

قفس فاراده علاوه بر اینکه محافظتی در برابر امواج بیرونی است، به امواج درون خود نیز اجازه خروج نمی‌دهد. قفس فاراده در برابر نفوذ امواج رادیویی و تابش الکترومغناطیس نیز مقاوم است و این امواج نمی‌توانند به داخل آن نفوذ کنند.

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



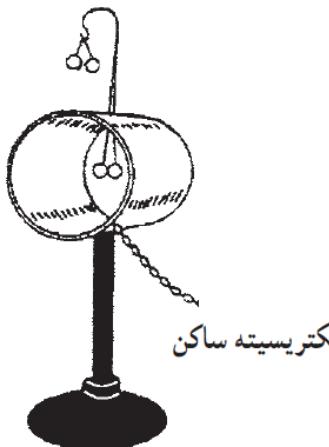
پاسخ:

ب) در هنگام برخورد آذرخش به اتومبیل یا هواپیما، بدن‌هه فلزی آن به صورت یک قفس فاراده (مانند رسانای خنثای منزوی را در یک میدان الکتریکی خارجی قرار دهیم، الکترون‌های آزاد رسانا طوری روی سطح خارجی آن توزیع می‌شوند که اثر میدان خارجی درون رسانا را خنثی و میدان خالص درون رسانا را صفر کنند). عمل می‌کند و مانع رسیدن امواج الکتریکی به سرنشینان درون اتومبیل یا مسافران هواپیما می‌شود.

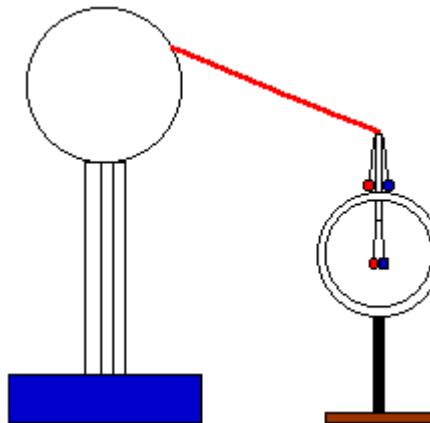
پ) با اعضای گروه خود آزمایش های دیگری را طراحی و اجرا کنید که نشان دهد بار اضافی داده شده به رسانا، روی سطح خارجی آن قرار می گیرد.

پاسخ:

پ) مطابق شکل دو آونگ الکتریکی مشابه با سیم های اتصال رسانا را برداشته و یکی را به داخل و دیگری را به خارج استوانه رسانا متصل می کنیم. سپس استوانه را به یک مولد واندو گراف متصل می کنیم، مشاهده می کنیم که گلوله های آونگ بیرونی همدیگر را دفع می کنند، ولی برای آونگ داخلی این اتفاق نمی افتد. این مسئله نشان می دهد که **بار خالص یک رسانای فلزی در سطح خارجی آن قرار می گیرد.**



به طرف ماشین مولد الکتریسیته ساکن



دو قطعه ورقه آلومینیمی نازک به ابعاد  $3\text{cm} \times 4\text{cm}$  را مچاله کنید و به سرهاي دو تکه نخ هم اندازه به طول  $30\text{cm}$  اوصل کنید. پس از آنکه جسم فلزی دوکی شکل را با مولدوان دوگراف باردار کردید، یکی از آونگ ها را مقابل نوک تیز و دیگری را مقابل بخش پهن دوک بیاویزید. چه مشاهده می کنید؟ مشاهده خود را توجیه کنید.



پاسخ:

مشاهده می کنیم که آونگی که به قسمت نوک تیز جسم نزدیک می شود، بیشتر از آونگ دیگر توسط جسم دفع می شود، به عبارتی بیشتر منحرف می شود. این نشان می دهد که چگالی سطحی بار در قسمت نوک تیز جسم رسانای باردار بیشتر است.

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

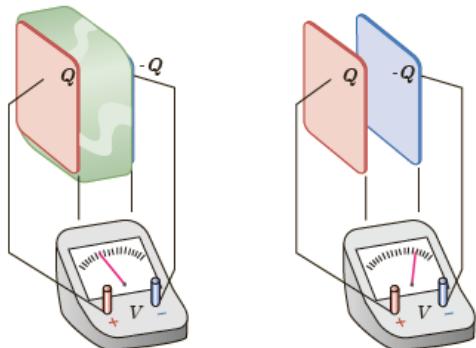


پاسخ:

برق‌گیر ساختمان: سیمی بلند و نوک تیز است که یک سرآن در بالاترین نقطه ساختمان مورد حفاظت نصب می‌شود تا با برخورد صاعقه با این میله از برخورد مستقیم صاعقه به ساختمان جلوگیری شود. ته سیم کاملاً به زمین متصل می‌شود تا بار الکتریکی حاصل از آذرخش توسط آن به زمین منتقل شود. برای این منظور معمولاً سیم به یک صفحه فلزی لحیم شده و درون زمین تا سطح آب زیر زمینی فرو برده می‌شود.

## پرسش ۶-۱

در شکل زیر صفحه های باردار یک خازن تخت را که بین آنها هواست، به ولت سنج وصل می کنیم. با وارد کردن دی الکتریک در بین صفحه ها، اختلاف پتانسیل دو صفحه کاهش می یابد. علت آن را توضیح دهید. (توجه کنید که این آزمایش با بیشتر ولت سنج های معمولی و رایج ممکن نیست).

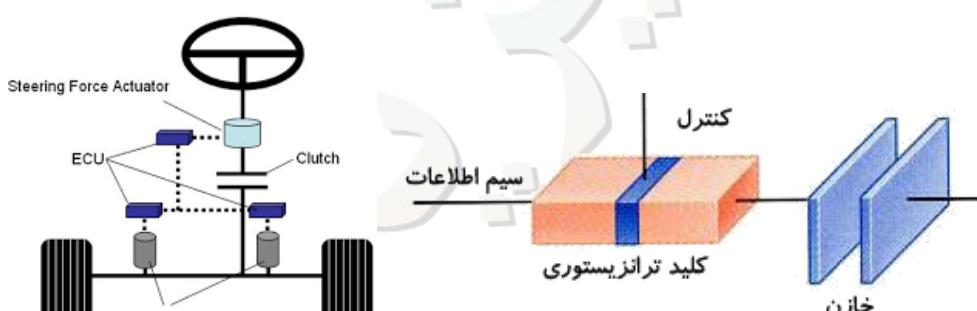


پاسخ:

باتوجه قانون پایستگی بار الکتریکی، بارخازن ثابت ولی **میدان الکتریکی** اولیه بین این صفحه ها **کاهش** می یابد و چون اختلاف پتانسیل با میدان الکتریکی رابطه مستقیم دارد در نتیجه **اختلاف پتانسیل** بین دو صفحه نیز **کاهش** می یابد.

$$E = \frac{V}{d} \quad E \downarrow \quad V \downarrow$$

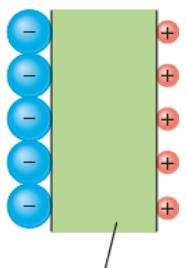
در حسگر کیسه هوای برخی از خودروها از یک خازن استفاده می شود. درباره چگونگی عملکرد این حسگرها تحقیق کنید و نتیجه آن را به کلاس گزارش دهید.



پاسخ:

داخل کیسه های هوا، خازنی است که از دو صفحه فلزی کوچک و نزدیک به هم ساخته شده است که بارهای  $Q^+$  دارند. وقتی اتومبیل ناگهان متوقف می شود، صفحه عقبی که سبکتر است به سمت صفحه سنگین تر جلویی حرکت می کند. این حرکت موجب تغییر ظرفیت خازن (نسبت  $Q$  به اختلاف پتانسیل الکتریکی  $V$  بین صفحه ها) می شود و یک مدار الکتریکی این تغییر را آشکارسازی کرده و کیسه های هوا را به کار می اندازد.

یک یاخته عصبی (نورون) را می‌توان با یک خازن تخت مدل سازی 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 ظرفیت یک سلول عصبی و تعداد یون‌های لازم (با فرض آن که هر یون یک باریونیده باشد) برای آنکه یک اختلاف پتانسیل  $85\text{mV}$  ایجاد شود چقدر است؟ فرض کنید غشا دارای ثابت دی الکتریک  $\kappa = 3$ ، ضخامت  $n\text{m} = 10$  و مساحت سطح  $A = 10^{-1}\text{m}^2$  است.



پاسخ:

$$C = \kappa \cdot \frac{A}{d} = 3 \times 8 / 85 \times 10^{-12} \times \frac{10^{-10}}{10 \times 10^{-9}} \rightarrow C = 2/65 \times 10^{-13} \text{F}$$

ظرفیت سلول عصبی

$$q = CV \rightarrow q = 2/65 \times 10^{-13} \times 85 \times 10^{-3} \rightarrow q \approx 2/3 \times 10^{-14} \text{C}$$

بار سلول عصبی

$$q = ne \rightarrow n = \frac{q}{e} = \frac{2/3 \times 10^{-14}}{1/6 \times 10^{-19}} \rightarrow n = 1/4 \times 10^5 \text{C}$$

تعداد یون‌های سلول عصبی

خازن ها انواع متعددی دارند؛ زیرا برای کاربردهای مختلف طراحی و ساخته می شوند. درباره خازن های مختلف مانند خازن های ورقه ای، میکا، سرامیکی، الکتروولیتی، خازن های متغیر، آبرخازن ها و ظرفیت آنها تحقیق کنید. هر گروه می تواند روی یک نوع خازن تحقیق کند.

پاسخ:

خازن های ورقه ای این خازن ها از دو ورقه قلع یا آلومینیوم تشکیل شده اند که بین آنها دو ورقه دی الکتریک مانند کاغذ یا پلاستیک جا داده می شود. این ورقه ها را لوله می کنند و به صورت یک استوانه درمی آورند و در محفظه ای پلاستیکی قرار می دهند. ظرفیت این نوع خازن ها از  $1\text{nF}$  تا  $1\text{mF}$  است.



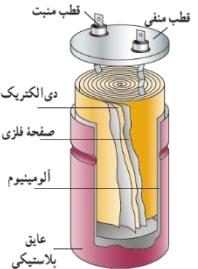
خازن های میکا بین ورقه های فلزی نازک قلعی، ورقه های نازک میکا قرار می دهند و ورقه های قلع را یک در میان به یکدیگر وصل می کنند. ظرفیت این خازن ها حدود ۵۰۰۰ پیکوفاراد است.



خازن های سرامیکی دی الکتریک این خازن ها سرامیک است که با استفاده از انواع سیلیکات ها در دمای بالا تهیه می شود. ثابت دی الکتریک این خازن ها زیاد و در حدود ۱۰۰۰۰ است. خازن های سرامیکی به شکل عدس تهیه می شوند و حجم آنها کم است. صفحه های رسانای آنها نیز با ذوب نقره در دو طرف سرامیک تهیه می شود. ظرفیت این خازن ها حدود ده ها نانوفاراد  $nF$  است.

## ادامه پاسخ فعالیت ۱-۱

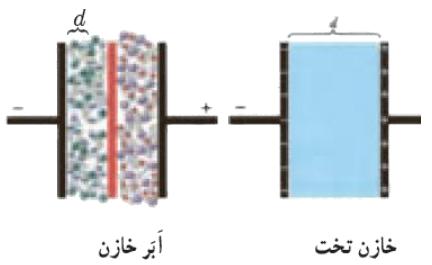
**خازن های الکتروولیتی:** این خازن ها از یک صفحه فلزی انود شده با اکسید آلومینیوم، به طوری که صفحه فلزی قطب مثبت خازن ولایه اکسید، دی الکتریک آن باشد، تشکیل شده است. الکتروولیت جامد یا مایع (که غالباً کاغذی آغشته به مایع الکتروولیت است) به عنوان قطب منفی خازن عمل می کند. ظرفیت این خازن ها بالاست و تا حدود  $1\text{F}$  می رسد.



**خازن های متغیر:** دی الکتریک این خازن ها معمولاً هواست. در ساختمان آنها دو نوع صفحه فلزی، یک دسته ثابت و دسته دیگر متتحرّک به کار رفته است که هر دو دسته، روی یک محور قرار گرفته اند؛ ولی صفحه های متتحرّک روی این محور می چرخند. صفحه ها به شکل نیم دایره اند و با چرخیدن صفحه های متتحرّک، مساحت خازن کم و زیاد می شود. این نوع خازن ها در گیرنده های رادیویی به کار می رفته است



**آبر خازن:** این نوع خازن ها از موادی مانند زغال فعال پر شده اند که خود درون نوعی الکتروولیت قرار گرفته اند. زغال ها پس از قرار گرفتن در دوسوی خازن که توسط غشای عایق و نفوذپذیری به نام جداکننده از هم جدا شده اند بارهایی با علامت مخالف می گیرند. با توجه به نفوذپذیری جداکننده، یون های موجود در الکتروولیت از غشای جداکننده عبور می کنند به طوری که یون های منفی درست زغال های باردار مثبت و یون های مثبت درست زغال های باردار منفی قرار می گیرند. هر یک از جفت بارهای مثبت و منفی زغال یون به مثابه خازنی با فاصله جدا ای  $d$  است که میلیون ها بارکوچک تر از فاصله جدا ای صفحه های یک خازن معمولی است. از طرفی ساختار میکروسکوپی زغال های فعال اسفنجی شکل است به طوری که در مقیاس نanosطح تماس بسیار بزرگی با یون ها داردند و بدین ترتیب مساحت  $A$  صفحه های این خازن نیز به مراتب بزرگ تراز مساحت سطح یک خازن معمولی است. بنابراین این خازن ها ظرفیت های بسیار بزرگی از مرتبه کیلوفاراد دارند که میلیون ها برابر خازن های معمولی هستند. یکی از ویژگی های این خازن ها آن است که خیلی سریع تراز باتری های شارژ شدنی شارژ می شوند و می توان آنها را به دفعاتی تا هزاران بار بیشتر تراز این باتری ها شارژ کرد. همین ویژگی است که باعث استفاده از این خازن ها در وسایل نقلیه الکتریکی می شود.



فناوری خازن های آبر مبتنی بر این مکانیزم است. این خازن های باردار میکروسکوپی از میلیون ها بارکوچک تر از خازن های معمولی هستند. این خازن های باردار بسیار بزرگی دارند و میتوانند بسیاری از خازن های معمولی را جایگزین کنند. این خازن های باردار بسیار سریع تراز می شوند و میتوان آنها را به دفعاتی تا هزاران بار بیشتر تراز این خازن های معمولی کرد. همین ویژگی است که باعث استفاده از این خازن ها در وسایل نقلیه الکتریکی می شود.

پرسش ها و مسئله های فصل ۱:

## ۱-چگونه توسط یک الکتروسکوپ می توانیم تشخیص دهیم که:



الف) یک میله باردار است یا نه؟

ب) میله رساناست یا عایق؟

پ) نوع بار میله باردار چیست؟

پاسخ:

الف) جسم را با کلاهک الکتروسکوپ **نزدیک** می کنیم، اگر ورقه انحراف پیدا کند، جسم بار الکتریکی دارد. در غیر این صورت بار الکتریکی ندارد.

ب) جسم را با کلاهک باردار الکتروسکوپ **تماس** داده اگر ورقه ها بهم بچسبند جسم رسانا و اگر انحراف ورقه تغییر نکند، جسم عایق است.

پ) جسم باردار را به آرامی به **الکتروسکوپ باردار** با بار مشخص **نزدیک** می کنیم اگر انحراف ورقه **بیشتر** شود. بار جسم والکتروسکوپ **هم علامت** هستند و اگر انحراف ورقه کمتر شود بار جسم والکتروسکوپ مخالف هم می باشند.

پرسش ها و مسئله های فصل ۱:

۲- یک میله پلاستیکی را با پارچه پشمی مالش می دهیم. پس از مالش، بار الکتریکی میله پلاستیکی  $12/8 \text{ nC}$  - می شود.

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

ب) تعداد الکترون های منتقل شده از پارچه پشمی به میله پلاستیکی را محاسبه کنید.

پاسخ:

الف) بار الکتریکی پارچه پشمی  $12/8 \text{ nC} + 12/8 \text{ nC}$  خواهد بود.

$$q = ne \quad \rightarrow \quad n = \frac{|q|}{e} \quad \rightarrow \quad n = \frac{12/8 \times 10^{-9}}{1/6 \times 10^{-19}} \quad \rightarrow \quad n = 8 \times 10^{10}$$

پرسش ها و مسئله های فصل ۱:

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

پاسخ:

الف) هسته اتم کربن عپروتون دارد **بار الکتریکی هسته** برابر است با :

$$q_1 = +ne = +6 \times 10^{-19} = 9/6 \times 10^{-19} C$$

اتم کربن در حالت عادی ۶ الکترون نیز دارد **بار الکتریکی منفی** اش برابر است با :

$$q_2 = -ne = -6 \times 10^{-19} = -9/6 \times 10^{-19} C$$

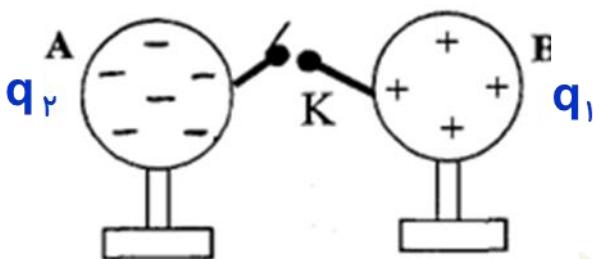
**اتم کربن در حالت عادی خنثی است.**

ب) اتم کربن ( $C^+$ ) دارای ۵ الکترون ولی داخل هسته آن عپروتون وجود دارد.

$$q_{\text{اتم یونیده}} = -5e + 6e = +1/6 \times 10^{-19} C$$

## پرسش ها و مسئله های فصل ۱:

۱۴- دو گوی رسانا، کوچک و یکسان به بارهای  $q_1 = 4nC$  و  $q_2 = -6nC$  را با هم تماس می دهیم و سپس تا فاصله  $r = 30\text{ cm}$  از هم دور می کنیم. نیروی برهمنش الکتریکی بین دو گوی را محاسبه کنید. این نیرو رانشی است یا رباشی؟



پاسخ:

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} \rightarrow q'_1 = q'_2 = \frac{+4 + (-6)}{2} \rightarrow q'_1 = q'_2 = -1nC$$

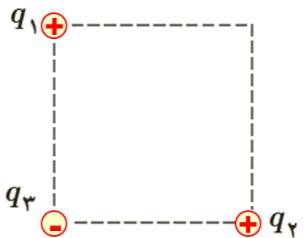
بعداز اتصال  
دوگره‌ی رسانای

$$F' = k \frac{|q'_1| \cdot |q'_2|}{r^2} \rightarrow F = 9 \times 10^9 \times \frac{|-1 \times 10^{-9}|^2}{(30 \times 10^{-2})^2} \rightarrow F' = 10^{-7} \text{ N}$$

رانشی است.

پرسش ها و مسئله های فصل ۱:

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



پاسخ:

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

$$r_{13} = r_{23} = 3m$$

$$q_1 = q_2 = -5\mu C$$

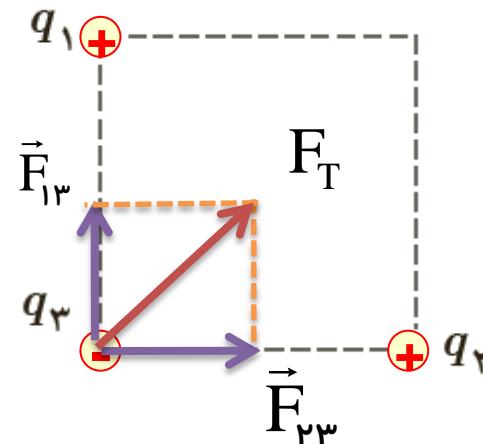
$$\vec{F}_T = ?$$

$$F_{13} = F_{23} = k \frac{|q_1| \cdot |q_3|}{r_{13}^2}$$

$$F = 9 \times 10^9 \times \frac{|-5 \times 10^{-6}| \times |2 \times 10^{-6}|}{3^2} = 10^{-3} N$$

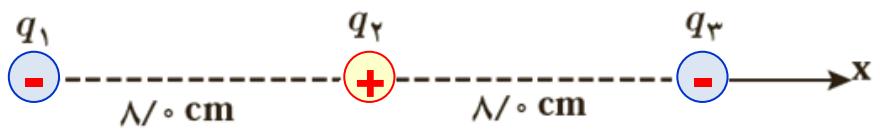
$$\vec{F}_T = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23}$$

$$\vec{F}_T = 10^{-3} \vec{i} + 10^{-3} \vec{j}$$



## پرسش ها و مسئله های فصل ۱:

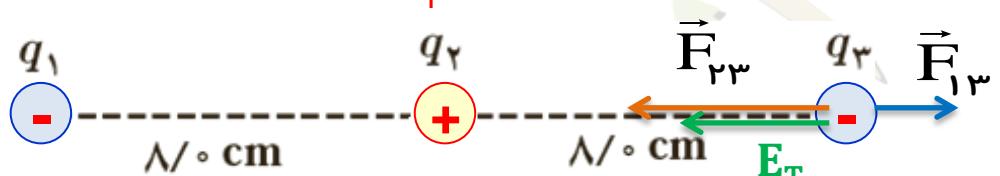
۶- بارهای الکتریکی نقطه ای  $q_1 = -4nC$  و  $q_2 = +5nC$  و  $q_3 = -3nC$  مطابق شکل، در جای خود ثابت شده اند. نیروی خالص الکتریکی وارد بر هر یک از بارهای  $q_2$  و  $q_3$  را محاسبه کنید.



پاسخ:

نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار  $q_2$ 

$$F_{T2} = F_{12} = F_{32} = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r_{12}^2} \rightarrow F_T = F_{12} - F_{32} = 0$$

نیروی الکتریکی خالص وارد بر  $q_3$ 

$$\left. \begin{aligned} F_{13} &= 9 \times 10^9 \times \frac{|-4 \times 10^{-9}|^2}{(16 \times 10^{-2})^2} = 56 \times 10^{-5} \text{ N} \\ F_{23} &= 9 \times 10^9 \times \frac{5 \times 10^{-9} \times |-4 \times 10^{-9}|}{(8 \times 10^{-2})^2} = 2/81 \times 10^{-5} \text{ N} \end{aligned} \right\} F_T = F_{23} - F_{13} \rightarrow F_T = 2/81 \times 10^{-5} - 56 \times 10^{-5} \\ F_T = 2/25 \times 10^{-5} \text{ N}$$

پرسش ها و مسئله های فصل ۱:

- ۷- در شکل روبرو، دو گوی مشابه به جرم  $2/5\text{g}$  و بار یکسان مثبت  $q$  در فاصله  $1\text{cm}$  از هم قرار دارند، به طوری که گوی بالایی به حالت معلق مانده است.
- الف) اندازه بار  $q$  را به دست آورید.
- ب) تعداد الکترون های کنده شده از هر گوی چقدر است؟

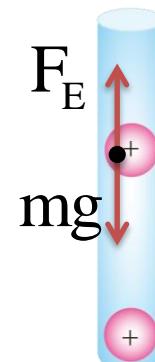


$$\left\{ \begin{array}{l} m = 2/5 \times 10^{-3}\text{kg} \\ r = 1 \times 10^{-2}\text{m} \\ q_1 = q_2 = q = ? \\ g = 1 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \\ k = 9 \times 10^9 \cdot \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \end{array} \right.$$

$$F_E = W \rightarrow k \frac{q^2}{r^2} = mg \rightarrow q^2 = \frac{mg r^2}{k}$$

$$q^2 = \frac{2/5 \times 10^{-3} \times 10 \times (10^{-2})^2}{9 \times 10^9} = \frac{25}{9} \times 10^{-16}$$

از طرفین جذر می گیریم



پاسخ:

(الف)

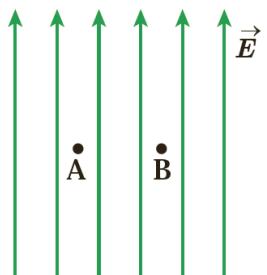
$$q = \frac{5}{3} \times 10^{-8}\text{C}$$

$$q = ne \rightarrow n = \frac{q}{e} = \frac{\frac{5}{3} \times 10^{-8}}{1.6 \times 10^{-19}} \approx 1 \times 10^{11}$$

(ب)

## پرسش ها و مسئله های فصل ۱ :

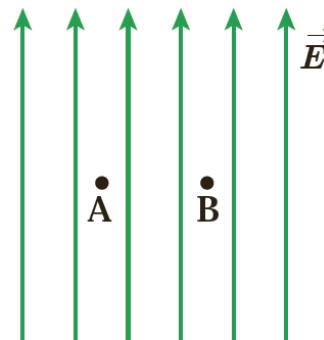
- یک ذره باردار را یک بار در نقطه A و بار دیگر در نقطه B قرار می دهیم. نیرویی که از طرف میدان الکتریکی براین ذره باردار در این دو نقطه وارد می شود را مقایسه کنید.



پاسخ:

چون میدان الکتریکی یکنواخت و ثابت است، بنابراین نیروی وارد بر ذره باردار در تمام نقاط واقع در این میدان یکسان می باشد.

$$\left. \begin{array}{l} F = Eq. \\ F_A = F_B \\ E_A = E_B = \text{ثابت} \end{array} \right\} \text{یک ذره باردار در دو نقطه قرار گرفته}$$



پرسش ها و مسئله های فصل ۱:

۹- هسته آهن شعاعی در حدود  $1 \times 10^{-15} \text{ m}$  دارد و پروتون های آن ۲۶ عدد است.  
 الف) بزرگی نیروی دافعه بین دو پروتون این هسته که به فاصله  $1 \times 10^{-15} \text{ m}$  از هم قرار دارند چقدر است؟  
 ب) اندازه میدان الکتریکی ناشی از هسته در فاصله  $1 \times 10^{-1} \text{ m}$  از مرکز هسته چقدر است؟ (بار الکتریکی پروتون  $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ )

پاسخ:

(الف)

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

$$r = 4 \times 10^{-15} \text{ m}$$

$$q_p = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$F = ?$$

$$r' = 1 \times 10^{-1} \text{ m}$$

$$q' = 26 \times 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$E = ?$$

$$F = k \frac{|q_p|^2}{r^2}$$

$$F = 9 \times 10^9 \times \frac{(1/6 \times 10^{-19})^2}{(4 \times 10^{-15})^2}$$

$$F = 14/4 \text{ N}$$

(ب)

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

$$E = 9 \times 10^9 \times \frac{26 \times 1/6 \times 10^{-19}}{(1 \times 10^{-1})^2}$$

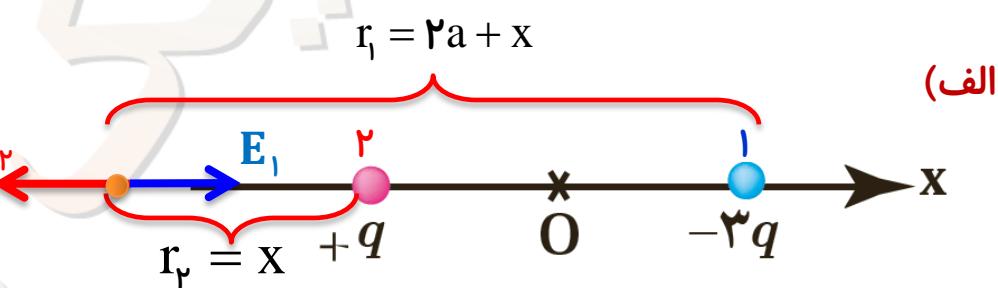
$$E = 3/7 \times 10^{12} \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

## پرسش ها و مسئله های فصل ۱:

۱- شکل زیر، دو ذره باردار را نشان می دهد که در جای خود روی محور X ثابت شده اند. بارها در فاصله یکسان a از مبدأ مختصات ( نقطه ۰ ) قرار دارند.  
 ب) در کجای این محور ( غیر از بی نهایت ) نقطه ای وجود دارد که در آنجا میدان الکتریکی برابر با صفر است؟



پاسخ:



شرط صفر شدن  
میدان الکتریکی  
برآیند

$$|E_1| = |E_p| \rightarrow \frac{k|q_1|}{r_1^2} = \frac{k|q_p|}{r_p^2}$$

 $E_p$  $E_1$ 

$$\frac{kq}{x^2} = \frac{k3q}{(2a+x)^2} \rightarrow \frac{1}{x^2} = \frac{3}{(2a+x)^2} \rightarrow (2a+x)^2 = 3x^2$$

از طرفین تساوی جذر می کیریم

$$2a+x = \pm\sqrt{3}x = \pm 1/\sqrt{3}x$$

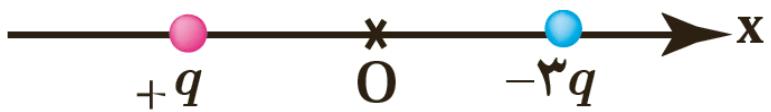
$$\begin{cases} 2a+x = 1/\sqrt{3}x & \rightarrow x = 2/\sqrt{3}a \\ 2a+x = -1/\sqrt{3}x & \rightarrow x = -2/\sqrt{3}a \end{cases}$$

ق ق

غ ق ق

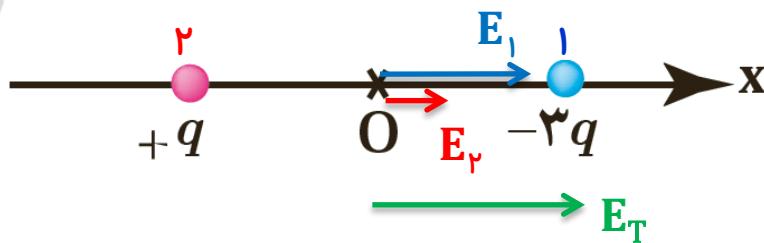
پرسش ها و مسئله های فصل ۱:

- ۱- شکل زیر، دو ذره باردار را نشان می دهد که در جای خود روی محور X ثابت شده اند. بارها در فاصله یکسان a از مبدأ مختصات ( نقطه ۰ ) قرار دارند.
- ب) بزرگی و جهت میدان الکتریکی برایند در مبدأ مختصات را بیابید.



پاسخ:

$$\left\{ \begin{array}{l} E_1 = \frac{k|q_1|}{r_1^2} \\ E_2 = \frac{k|q_2|}{r_2^2} \end{array} \right. \rightarrow \vec{E}_1 = \frac{3kq}{a^2} \hat{i} \quad \vec{E}_2 = \frac{kq}{a^2} \hat{i}$$



$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = \frac{3kq}{a^2} \hat{i} + \frac{kq}{a^2} \hat{i} = \frac{4kq}{a^2} \hat{i}$$

## پرسش ها و مسئله های فصل ۱:

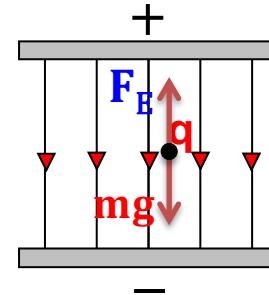
۱۱- در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی  $E = 5 \times 10^5 \text{ N/C}$  که جهت آن قائم و رو به پایین است، ذره بارداری به جرم  $2g$  معلق و به حال سکون قرار دارد. اگر  $g = 10 \text{ m/s}^2$  باشد، اندازه و نوع بار الکتریکی ذره را مشخص کنید.

پاسخ:

نیروی وزن نیرویی که از طرف میدان الکتریکی بر ذره وارد می شود باشد باهم مساوی و در خلاف جهت یکدیگر باشند

$$\begin{cases} E = 5 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}} \\ m = 2g = 2 \times 10^{-3} \text{ kg} \\ q = ? \\ g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \end{cases}$$

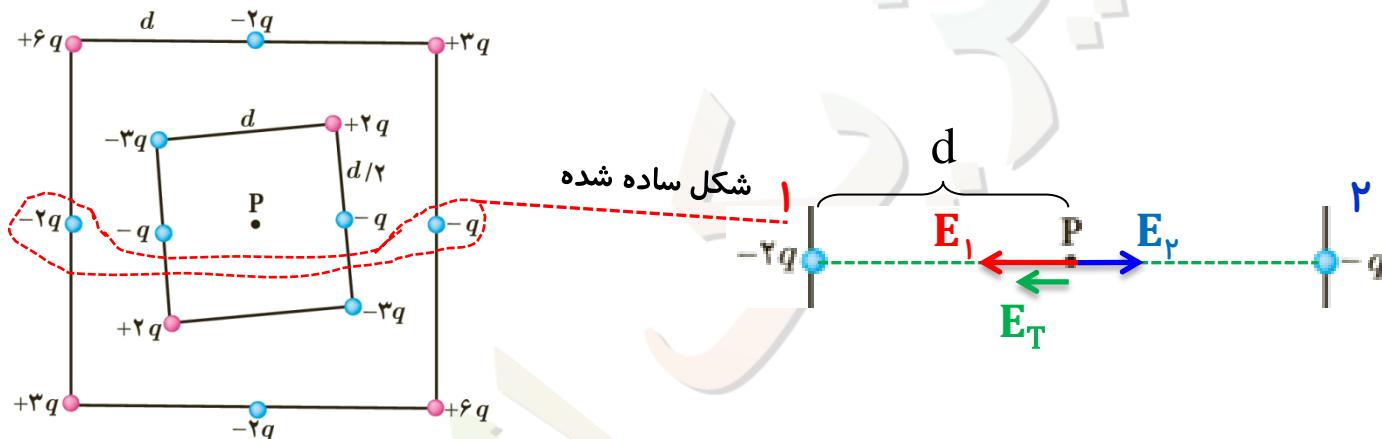
$$\left. \begin{array}{l} F_E = E|q| \\ F_g = W = mg \end{array} \right\} \quad ? \quad |q| = mg \rightarrow |q| = \frac{mg}{E} = \frac{2 \times 10^{-3} \times 10}{5 \times 10^5} = 4 \times 10^{-8} \text{ C} = 0.4 \mu\text{C}$$



چون نیرو و میدان الکتریکی خلاف جهت هم هستند، پس بار الکتریکی ذره **منفی** است.

پرسش ها و مسئله های فصل ۱:

۱۲- شکل زیر دو آرایه مربعی از ذرات باردار را نشان می دهد. مربع ها که در نقطه P هم مرکزند، هم ردیف نیستند. ذره ها روی محیط مربع به فاصله  $d/2$  یا  $d/4$  از هم قرار گرفته اند. بزرگی وجهت میدان الکتریکی برایند در نقطه P چیست؟



پاسخ:

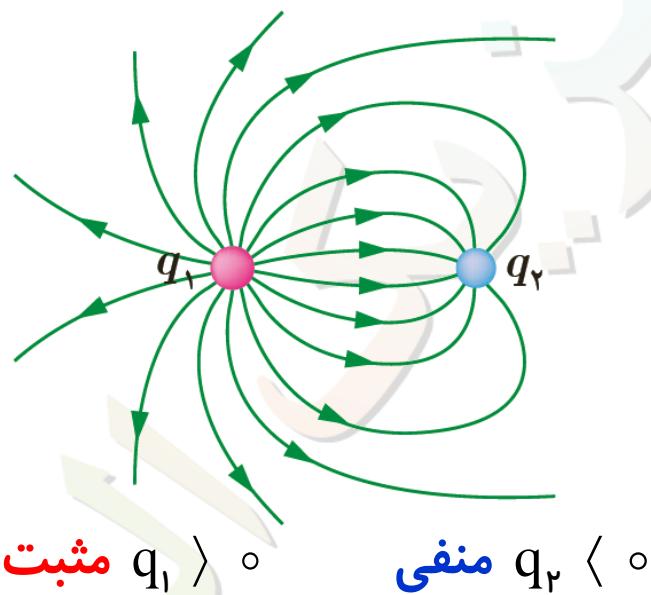
با توجه به تقارن شکل، همه میدان های حاصل از بارها در نقطه P هم دیگر را دو به دو خنثی می کنند، **به جز دوباری** که در وسط دو ضلع سمت چپ و راست مربع بزرگ قرار دارند.

$$\begin{cases} E_1 = \frac{k|q_1|}{r_1^2} \\ E_2 = \frac{k|q_2|}{r_2^2} \end{cases} \rightarrow \vec{E}_1 = -\frac{k2q}{d^2} \vec{i} \quad \vec{E}_2 = \frac{kq}{d^2} \vec{i}$$

$$E_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = -\frac{2kq}{d^2} \vec{i} + \frac{kq}{d^2} \vec{i} = -\frac{kq}{d^2} \vec{i}$$

پرسش ها و مسئله های فصل ۱:

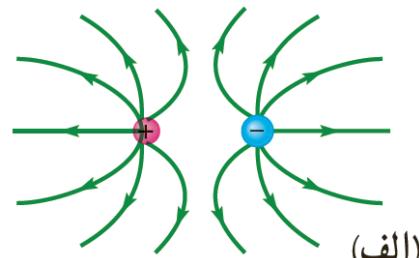
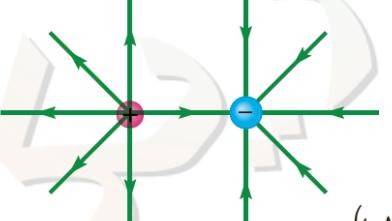
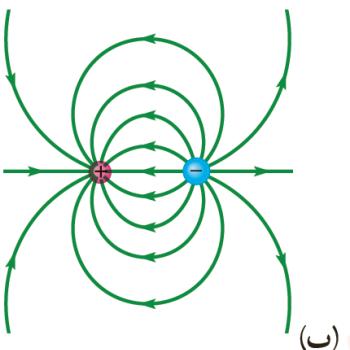
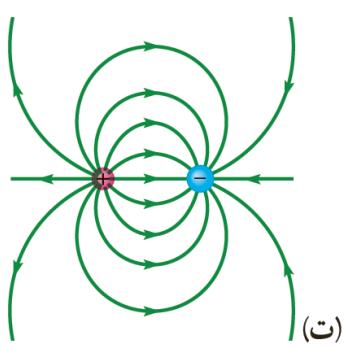
۱۳- خطوط میدان الکتریکی برای دوکره رسانای باردار کوچک در شکل رو به رو نشان داده شده است. نوع بارهای کرده را تعیین کرده و اندازه آنها را مقایسه کنید.



چون تراکم خطوط میدان الکتریکی اطراف بار  $q_1$  بیشتر از بار  $q_2$  است پس اندازه بار الکتریکی  $|q_1| > |q_2|$  است

## پرسش ها و مسئله های فصل ۱:

۱۴- 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.



پاسخ:

الف) نادرست- زیرا خطوط میدان الکتریکی دوبار ناهمنام رباشی است، نه رانشی

ب) نادرست- خطوط میدان اطراف دوقطبی الکتریکی باید انحنای معین داشته باشد.

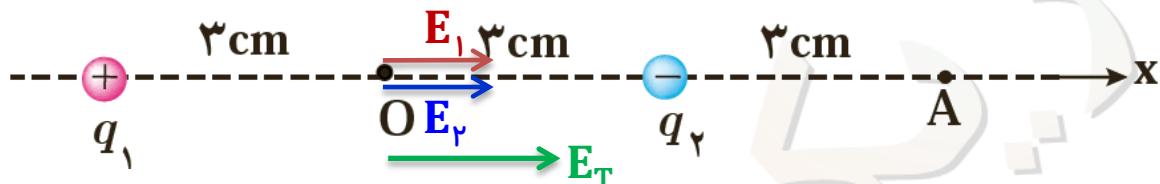
پ) نادرست- جهت خطوط میدان برای بارها مثبت و منفی بر عکس رسم شده است.

ت) درست- جهت و انحنای خطوط میدان، صحیح رسم شده است.

پرسش ها و مسئله های فصل ۱:

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

الف) جهت و اندازه میدان الکتریکی را در نقطه های  $O$  و  $A$  به دست آورید.



پاسخ:  
الف)

میدان الکتریکی در نقطه  $O$

$$E_1 = E_r = k \frac{|q_1|}{r^2} \rightarrow E_1 = 9 \times 10^9 \times \frac{1 \times 10^{-9}}{(3 \times 10^{-2})^2} \rightarrow E_1 = 1 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}} \rightarrow \vec{E}_T = 2 \vec{E}_1 = 2 \times 10^4 \vec{i} \frac{\text{N}}{\text{C}}$$



میدان الکتریکی در نقطه  $A$

$$\left. \begin{aligned} E_1 &= 9 \times 10^9 \times \frac{1 \times 10^{-9}}{(9 \times 10^{-2})^2} \rightarrow \vec{E}_1 = .11 \times 10^4 \vec{i} \\ E_r &= 9 \times 10^9 \times \frac{1 \times 10^{-9}}{(3 \times 10^{-2})^2} \rightarrow \vec{E}_r = -1 \times 10^4 \vec{i} \end{aligned} \right\} \vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_r = .11 \times 10^4 \vec{i} + (-1 \times 10^4 \vec{i}) = -.89 \times 10^4 \vec{i}$$

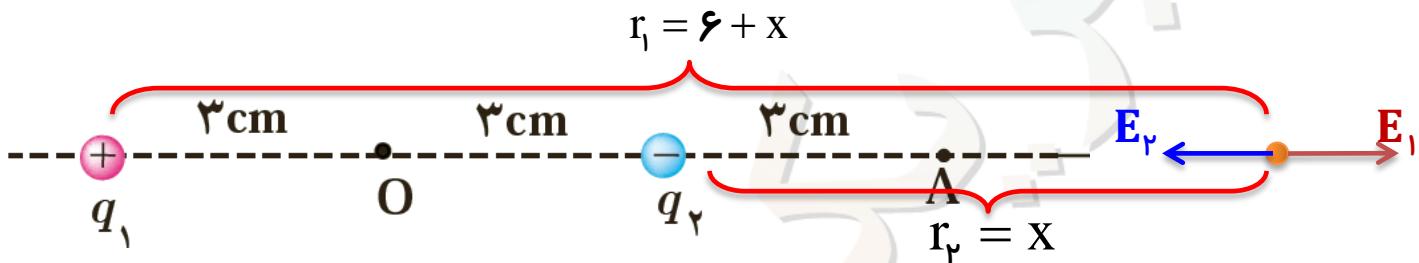
پرسش ها و مسئله های فصل ۱:

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

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

پاسخ:

(ب)



شرط صفر شدن  
میدان الکتریکی  
برآیند

$$|E_1| = |E_2| \rightarrow \frac{k|q_1|}{r_1^2} = \frac{k|q_2|}{r_2^2}$$

$$\frac{\cancel{kq}}{(6+x)^2} = \frac{\cancel{kq}}{x^2} \rightarrow \frac{1}{(6+x)^2} = \frac{1}{x^2} \rightarrow x^2 = (6+x)^2$$

از طرفین تساوی جذر می گیریم

$$x = \pm(6+x)$$

$$\begin{cases} x = 6+x \\ x = -6-x \end{cases} \rightarrow \begin{aligned} &0 \neq 6 \\ &2x = -6 \end{aligned} \rightarrow x = -3\text{cm}$$

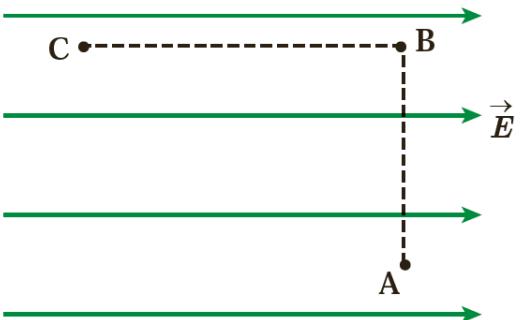
غیر ممکن

نتیجه:

خطوط میدان الکتریکی مربوط به دو قطبی طوری است که در هیچ مکانی، میدان برایند صفر نمی شود (به غیراز بینهایت)

پرسش ها و مسئله های فصل ۱:

۱۶- مطابق شکل زیر، بار  $q = +5 \times 10^{-9} C$  را در میدان الکتریکی  $E = 8 \times 10^5 N/C$  نخست از نقطه A تا نقطه B و سپس تا نقطه C جابه جا می کنیم. اگر  $AB = 0.2 m$  و  $BC = 0.4 m$  باشد، مطلوب است:



$$q = +5 \times 10^{-9} C$$

$$E = 8 \times 10^5 N/C$$

$$F = ?$$

$$d_{AB} = 0.2 m$$

$$d_{BC} = 0.4 m$$

$$W_F = ?$$

$$\Delta U = ?$$

$$F = E|q| \rightarrow F = 8 \times 10^5 \times 5 \times 10^{-9} \rightarrow F = 4 \times 10^{-3} N$$

$$A \xrightarrow{\text{مسیر}} B \quad W_F = F d_{AB} \cos \theta \rightarrow W_F = 4 \times 10^{-3} \times 0.2 \cos 90^\circ = 0 \quad (ب)$$

$$B \xrightarrow{\text{مسیر}} C \quad W_F = F d_{BC} \cos \theta \rightarrow W_F = 4 \times 10^{-3} \times 0.4 \cos 180^\circ = -1.6 \times 10^{-3} J \quad (ب)$$

$$\Delta U = -W_F \rightarrow \Delta U = 1.6 \times 10^{-3} J = 1.6 mJ$$

پاسخ:

(الف)

(ب)

(پ)

## پرسش ها و مسئله های فصل ۱:

۱۷- در شکل زیر ذرّه باردار مثبت و کوچکی را از حالت سکون، از نقطه A به سمت کره باردار که روی پایه عایقی قرار دارد، نزدیک می کنیم و در نقطه B قرار می دهیم.



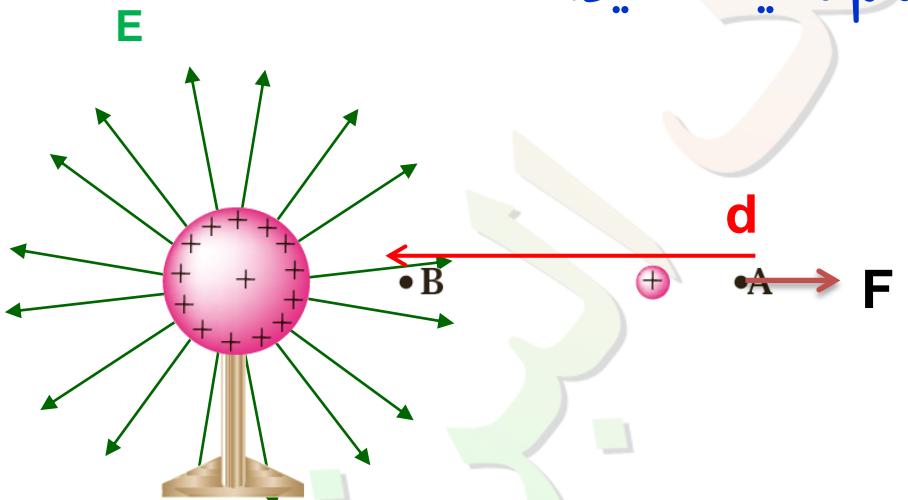
•B      +      •A

الف) در این جایه جایی، کار نیروی الکتریکی مثبت است یا منفی؟

ب) کاری که ما در این جایه جایی انجام می دهیم مثبت است یا منفی؟

پ) انرژی پتانسیل ذرّه باردار در این جایه جایی چگونه تغییر می کند؟

ت) پتانسیل نقطه های A و B را با هم مقایسه کنید.



پاسخ:

الف) منفی

ب) مثبت

پ) انرژی پتانسیل زیاد می شود.

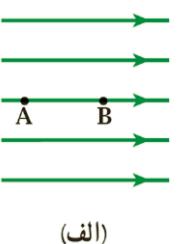
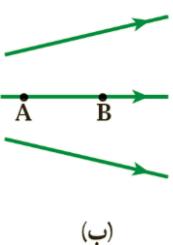
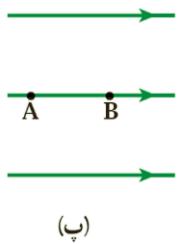
ت) پتانسیل B از A بیشتر است.

نکته:

اگر ذرّه باردار را از نقطه A در مسیرهای متفاوتی به نقطه B نزدیک کنیم کار ما و کار میدان الکتریکی در تمام مسیرها یکسان خواهد بود.

## پرسش ها و مسئله های فصل ۱:

۱۸- شکل زیر سه آرایش خطوط میدان الکتریکی را نشان می دهد. در هر آرایش، یک پروتون از حالت سکون در نقطه A رهایی شود و سپس توسط میدان الکتریکی تا نقطه B شتاب می گیرد. نقطه های A و B در هر سه آرایش در فاصله های یکسانی از هم قرار دارند. در کدام شکل سرعت پروتون در نقطه B بیشتر است؟ توضیح دهید.



پاسخ:

در شکل الف، در کل مسیر میدان یکنواخت بوده و تعداد خطوط میدان بیشتر و به یکدیگر نزدیک‌ترند پس همواره بزرگ‌نمایی شود. در شکل ب میدان غیریکنواخت بوده و در ابتدای مسیر نیروی بزرگ ولی در طی مسیر نیروی کوچکی به ذره باردار وارد می شود.

در شکل پ، در کل مسیر میدان یکنواخت و تعداد خطوط میدان کمتر از بقیه است، بنابر این یک نیروی ثابت و کوچکی به ذره باردار وارد می شود.

$$\left. \begin{aligned} E_{A_{\text{الف}}} &= E_{A_{\text{پ}}} \rangle E_{A_{\text{پ}}} \\ E_{B_{\text{الف}}} &\rangle E_{B_{\text{پ}}} \rangle E_{B_{\text{پ}}} \end{aligned} \right\} W_{E_{\text{الف}}} \rangle W_{E_{\text{پ}}} \rangle W_{E_{\text{پ}}} \quad W = K_B - K_A \quad V_{B_{\text{الف}}} \rangle V_{B_{\text{پ}}} \rangle V_{B_{\text{پ}}} \rightarrow V_{B_{\text{پ}}} \rangle V_{B_{\text{پ}}} \rangle V_{B_{\text{پ}}}$$

تندی نهایی پروتون در شکل الف بیشتر از شکل های دیگر است

## پرسش ها و مسئله های فصل ۱:

۱۹- دو صفحه رسانا با فاصله  $2\text{ cm}$  موازی یکدیگر قرار می دهیم و آنها را به اختلاف پتانسیل  $100\text{ V}$  اوصل می کنیم. در نتیجه، یکی از صفحه ها به طور منفی و دیگری به طور مثبت باردار می شوند و میان دو صفحه میدان الکتریکی یکنواختی به وجود می آید. اندازه 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.

پاسخ:

$$\left\{ \begin{array}{l} V = 100\text{ V} \\ d = 2 \times 10^{-2}\text{ m} \\ E = ? \end{array} \right. \quad E = \frac{V}{d} \quad \rightarrow \quad E = \frac{100}{2 \times 10^{-2}} = 5000 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

صفحه متصل به پایانه مثبت پتانسیل بیشتری نسبت به صفحه متصل به پایانه منفی دارد.

## پرسش ها و مسئله های فصل ۱:

۲۰- بار الکتریکی  $C = -4.0 \times 10^{-9} \text{ C}$  از نقطه ای با پتانسیل الکتریکی  $V_1 = -4.0 \text{ V}$  تا نقطه ای با پتانسیل  $V_2 = -1.0 \text{ V}$  آزادانه جابه جا می شود. (الف) انرژی پتانسیل الکتریکی بار چه اندازه و چگونه تغییر می کند؟ (ب) با توجه به قانون پایستگی انرژی، در مورد چگونگی تبدیل انرژی بار در این جابه جایی توضیح دهید.

پاسخ:

$$\left\{ \begin{array}{l} q = -4.0 \times 10^{-9} \text{ C} \\ V_1 = -4.0 \text{ V} \\ V_2 = -1.0 \text{ V} \\ \Delta U = ? \end{array} \right.$$

الف)

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \rightarrow \Delta U = q(V_2 - V_1)$$

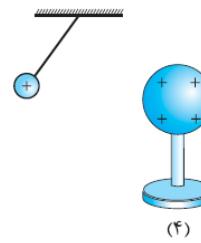
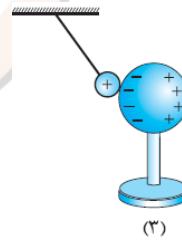
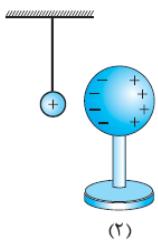
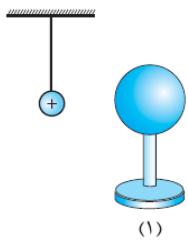
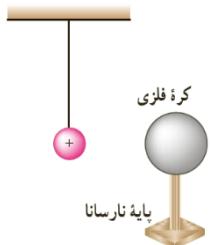
$$\Delta U = -4.0 \times 10^{-9}(-1.0 + 4.0) = -12.0 \times 10^{-9} \text{ J} = -1.2 \mu\text{J}$$

انرژی پتانسیل الکتریکی بار کاهش می یابد.

ب) کاهش انرژی پتانسیل الکتریکی ذره در این جابه جایی باعث افزایش انرژی جنبشی آن خواهد شد.

## پرسش ها و مسئله های فصل ۱:

۱۲- یک کره فلزی بدون بار الکتریکی را که روی پایه نارسانایی قرار دارد، به آونگ الکتریکی بارداری نزدیک می کنیم. با ذکر دلیل توضیح دهید که چه اتفاقی می افتد.

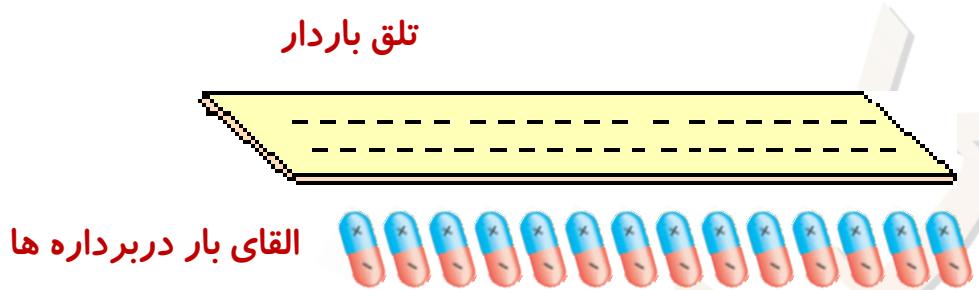


نیروی دافعه کولنی < نیروی جاذبه کولنی

آونگ باردار در کره رسانا بار القاء می کند با توجه به این که بارهای ناهمنام نزدیکتر قرار دارند نیروی جاذبه از دافعه قویتر است و سبب جذب آونگ می شود و آونگ به طرف کره رسانا منحرف می شود. در صورت تماس با کره قسمتی از بارهای آونگ به کره منتقل شده و به علت همنام شدن بار آونگ و کره، آونگ از کره دور می شود.

پرسش ها و مسئله های فصل ۱:

۲۲- یک صفحه پلاستیکی باردار (تلق یا ورق باردار) را به براده های ریز آلومینیمی بدون بارندیک می کنیم. مشاهده می شود که براده ها به طرف صفحه پلاستیکی جذب می شوند. علت این پدیده را توضیح دهید.



پاسخ:

نیروی دافعه کولنی < نیروی جاذبه کولنی

وقتی صفحه پلاستیکی باردار را به براده های ریز آلومینیمی بدون بارندیک کنیم، الکترون آزاد در براده ها حرکت می کند. به طوری که بخش نزدیک صفحه پلاستیکی بارناهمنام و بخش دورتر صفحه پلاستیکی بارهمنام می شود و چون نیروی جاذبه کولنی به علت فاصله کمتر بیشتر از نیروی دافعه است، در نتیجه براده ها جذب صفحه پلاستیکی می شود.

## پرسش ها و مسئله های فصل ۱:

۲۳- وقتی ماهواره ای به دور زمین می چرخد بر اثر عبور از فضای اطراف زمین باردار می شود. این بارها ممکن است موجب آسیب رساندن به قطعات الکترونیکی ماهواره شود. فرض کنید ماهواره ای در اثر عبور از یکی از لایه های جو دارای بار الکتریکی  $q = 2 \text{ nC}$  شود. این ماهواره، مکعبی به ضلع  $40 \text{ cm}$  است. چگالی سطحی بار الکتریکی روی سطح این ماهواره را محاسبه کنید. (از تجمع بار برابر روی لبه ها چشم پوشی شود.)



پاسخ:

روش اول:

با فرض آنکه بار  $Q$  مکعب به طور یکنواخت روی شش وجه توزیع شده باشد، روی هر وجه آن باری به اندازه  $Q/6$  قرار می گیرد. بنابراین، چگالی سطحی چنین می شود:

$$\sigma = \frac{Q}{A} \rightarrow \sigma = \frac{\frac{Q}{6}}{a^2} = \frac{Q}{6a^2} = \frac{2 \times 10^{-9}}{6 \times 4^2} \approx 2/1 \times 10^{-9} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}$$

روش دوم:

می توان بار  $Q$  را تقسیم بر مساحت جانبی کل مکعب  $A$ ، یعنی مساحت یک وجه  $a^2$  ضربدر  $6$  (تعداد وجه ها) نمود تا چگالی سطحی ماهواره مکعبی بدست آید

پرسش ها و مسئله های فصل ۱ :

۱۴- اگر ساختمان یک خازن را تغییر ندهیم، در هر یک از شرایط زیر ظرفیت خازن چگونه تغییر می کند؟  
 الف) بار آن دو برابر شود.

پاسخ:

الف) ظرفیت خازن به ساختمان خازن بستگی دارد، با دو برابر کردن بار الکتریکی خازن، ولتاژ دو سرخازن نیز دو برابر شده و چون ظرفیت خازن برابر تقسیم مقدار بار به اختلاف پتانسیل است و این نسبت ثابت است، درنتیجه **ظرفیت خازن ثابت** می ماند

$$C = \frac{q}{V} \xrightarrow[q' = 2q]{V' = 2V} C' = \frac{q'}{V'} = \frac{2q}{2V} = C$$

پرسش ها و مسئله های فصل ۱ :

- ۱۴- اگر ساختمان یک خازن را تغییر ندهیم، در هر یک از شرایط زیر ظرفیت خازن چگونه تغییر می کند؟
- ب) اختلاف پتانسیل میان صفحه های آن سه برابر شود.

پاسخ:

ب) مانند قسمت قبل با سه برابر کردن اختلاف پتانسیل میان صفحه ها، بار الکتریکی خازن نیز سه برابر شده و چون ظرفیت خازن برابر تقسیم مقدار بار به اختلاف پتانسیل است واين نسبت ثابت است، درنتیجه **ظرفیت خازن ثابت** می ماند

$$C = \frac{q}{V} \quad \xrightarrow{\begin{array}{l} q' = 3q \\ V' = 3V \end{array}} \quad C' = \frac{q'}{V'} = \frac{3q}{3V} = C$$

پرسش ها و مسئله های فصل ۱:

۲۵- اختلاف پتانسیل بین دو صفحه یک خازن را از ۲۸ ولت به ۴۰ ولت افزایش می دهیم. اگر با این کار ۱۵ میکروکولن بربار ذخیره شده در خازن افزوده شود، ظرفیت خازن را حساب کنید.

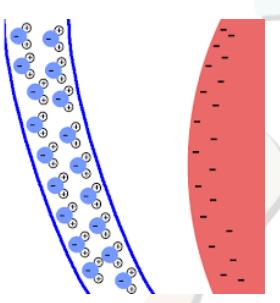
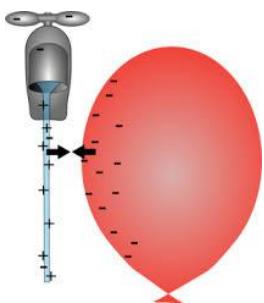
پاسخ:

$$\left\{ \begin{array}{l} V_1 = 28V \\ V_r = 40V \\ \Delta q = 15\mu C \\ C = ? \end{array} \right.$$

$$C = \frac{\Delta q}{\Delta V} \rightarrow C = \frac{15}{(40 - 28)} = \frac{15}{12} \rightarrow C = 1/25\mu F$$

## پرسش ها و مسئله های فصل ۱ :

۲۶- بادکنک باردار شکل زیر را به آب نزدیک کرده ایم. توضیح دهید چرا آب به جای اینکه به طور قائم فرو ریزد، **خمیده** می شود؟



**نیروی دافعه کولنی < نیروی جاذبه کولنی**

پاسخ:

وقتی بادکنک باردار منفی را به باریکه آب نزدیک کنیم چون مولکولهای آب قطبی هستند. اتمها و مولکولهای آن در میدان الکتریکی بادکنک آرایش جدیدی می گیرند به طوری که، بخش مثبت مولکولهای آب به طرف بادکنک کشیده و بخش منفی مولکولهای آب دور می شود و چون نیروی جاذبه کولنی به علت فاصله کمتر بیشتر از نیروی دافعه است، در نتیجه مسیر باریکه آب منحرف می شود.

پرسش ها و مسئله های فصل ۱ :

## ۲۷- با توجه به شکل زیر توضیح دهید چرا یک میله باردار، خرده های کاغذ را می رباشد؟



$$\text{نیروی دافعه کولنی} < \text{نیروی جاذبه کولنی}$$

پاسخ:

وقتی میله باردار منفی رابه خرده های کاغذ بدون بار نزدیک کنیم. مرکز بارهای مثبت و منفی اتمها و مولکولهای خرده های کاغذ از هم جدا شده و اتم یا مولکول قطبیده می شود، بخش مثبت اتم قطبیده شده به طرف میله کشیده و بخش منفی از میله دور می شود و چون نیروی جاذبه کولنی به علت فاصله کمتر قوی تر از نیروی دافعه کولنی است، بنابر این خرده های کاغذ جذب میله باردار می شود.

پرسش ها و مسئله های فصل ۱:

۲۸- ظرفیت یک خازن تخت با فاصله صفحات  $10\text{ mm}$  که بین صفحه های آن هوا قرار دارد، برابر  $1\text{ F}$  است. مساحت صفحه های این خازن چقدر است؟

$$\epsilon_r = 8/85 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}}$$

پاسخ:

$$d = 1 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$C = 1\text{ F} \quad C = \kappa \epsilon_r \frac{A}{d} \rightarrow A = \frac{Cd}{\kappa \epsilon_r} = \frac{1 \times 10^{-3}}{1 \times 8/85 \times 10^{-12}} \rightarrow A = 1/1 \times 10^8 \text{ m}^2$$

$$\kappa = 1$$

$$A = ?$$

$$\epsilon_r = 8/85 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}}$$

$$A = a^2 \rightarrow a = \sqrt{10^8} = 10^4 \text{ m} = 10\text{ km}$$

نتیجه می گیریم ظرفیت  $1$  فاراد برای خازن بسیار زیاد است و ساخت چنین خازنی نیاز به مساحت بسیار بزرگی داریم که عملآ امکان پذیر نمی باشد.

پرسش ها و مسئله های فصل ۱:

۲۹- یک خازن تخت به یک باتری بسته شده است تاباردار شود. پس از مدتی، در حالی که باتری همچنان به خازن متصل است، فاصله بین صفحه های خازن را دو برابر می کنیم. کدام یک از موارد زیر درست است؟

- الف) میدان الکتریکی میان صفحه ها نصف می شود.
- ب) اختلاف پتانسیل میان صفحه ها نصف می شود.
- پ) ظرفیت خازن دو برابر می شود.
- ت) بار روی صفحه ها تغییر نمی کند.

پاسخ:

الف) درست؛ طبق رابطه  $E = \frac{V}{d}$  با توجه به ثابت بودن  $V$  و دو برابر شدن  $d$ ، میدان الکتریکی نصف می شود.

ب) نادرست؛ چون ولتاژ مولد تغییر نکرده لذا اختلاف پتانسیل دو سرخازن ثابت می ماند.

پ) نادرست؛ طبق رابطه  $C = \frac{A}{d} \kappa \epsilon_0$  با دو برابر شدن فاصله خازن، ظرفیت خازن نصف می شود.

ت) نادرست؛ طبق رابطه  $q = C V$  با توجه به ثابت بودن  $V$  و نصف شدن ظرفیت، بار روی صفحات نیز نصف می شود

پرسش ها و مسئله های فصل ۱:

۳۰- مساحت هر یک از صفحه های خازن تختی،  $1/00\text{ m}^2$  و فاصله دو صفحه از هم،  $5/0\text{ mm}$  است. عایقی با ثابت دی الکتریک  $4/9$  بین دو صفحه قرار داده شده است. ظرفیت خازن را تعیین کنید.

$$\epsilon_r = 8/85 \times 1 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m}$$

پاسخ:

$$A = 1\text{ m}^2$$

$$d = 5 \times 1 \cdot 10^{-3}\text{ m}$$

$$\kappa = 4/9$$

$$C = ?$$

$$\epsilon_r = 8/85 \times 1 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m}$$

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

$$C = 4/9 \times 8/85 \times 1 \cdot 10^{-12} \times \frac{1}{5 \times 1 \cdot 10^{-3}}$$

$$C \approx 86/7 \times 1 \cdot 10^{-9}\text{ F}$$

$$C = 86/7n\text{ F}$$

پرسش ها و مسئله های فصل ۱:

**۳۱- دو صفحهٔ خازن تخت بارداری را به هم وصل می کنیم. در نتیجه جرقه ای زده می شود. حال اگر دوباره صفحات را به همان اندازه باردار کنیم ولی فاصله آنها را دو برابر کنیم و سپس دو صفحه را به هم وصل کنیم، آیا جرقهٔ حاصل بزرگ‌تر از قبل می شود، یا کوچک‌تر و یا تغییری نمی کند؟ توضیح دهید.**



پاسخ:

جرقه با انرژی خازن متناسب است، در اینجا مقدار بار الکتریکی ذخیره شده روی صفحات خازن ثابت است، با دو برابر شدن فاصله صفحات، ظرفیت خازن نصف و طبق رابطه  $U = \frac{q}{2C}$  انرژی ذخیره شده در خازن، دو برابر شده و جرقه شدیدتر می شود

$$C = \kappa \cdot \frac{A}{d} \xrightarrow{d'=2d} \frac{C'}{C} = \frac{d}{d'} \xrightarrow{\frac{C'}{C} = \frac{d}{2d} = \frac{1}{2}} C' = \frac{1}{2} C$$

$$U = \frac{q}{2C} \xrightarrow{C' = \frac{1}{2} C} \frac{U'}{U} = \frac{C}{C'} \xrightarrow{\frac{U'}{U} = \frac{C}{\frac{1}{2} C} = 2} U' = 2U$$

پرسش ها و مسئله های فصل ۱:

۳۲- ظرفیت خازنی  $1\text{ میکروفاراد}$  و بار الکتریکی آن  $q$  است. اگر الکتریکی را از صفحه منفی جدا کرده و به صفحه مثبت منتقل کنیم، انرژی ذخیره شده در خازن به اندازه  $L$  زیاد می شود.  $q$  را محاسبه کنید.

پاسخ راه اول:

$$C = 12 \times 10^{-6} \text{ F}$$

$$q_1 = q = ?$$

$$q_r - q_1 = +3 \times 10^{-3} \text{ C}$$

$$\Delta U = \lambda J$$

$$q = ?$$

$$q_r = q_1 + 3 \times 10^{-3} \text{ C}$$

$$\Delta U = U_r - U_1 = \frac{q_r^2}{2C} - \frac{q_1^2}{2C}$$

$$\lambda = \frac{1}{2 \times 12 \times 10^{-6}} (q_r - q_1)(q_r + q_1)$$

$$192 \times 10^{-6} = 3 \times 10^{-3} (2q_1 + 3 \times 10^{-3})$$

$$\frac{192 \times 10^{-6}}{3 \times 10^{-3}} = (2q_1 + 3 \times 10^{-3})$$

$$64 \times 10^{-3} - 3 \times 10^{-3} = 2q_1 \rightarrow 61 \times 10^{-3} = 2q_1$$

$$q_1 = 30 / 5 \times 10^{-3} \text{ C} = 30 / 5 \text{ mC}$$

پاسخ راه دوم:

$$U_1 = \frac{q^2}{2C} \quad U_2 = \frac{(q + \Delta q)^2}{2C}$$

$$\Delta U = U_2 - U_1$$

$$\Delta U = \frac{(q + \Delta q)^2}{2C} - \frac{q^2}{2C} = \frac{\Delta q^2 + 2q\Delta q}{2C}$$

$$\lambda = \frac{(3 \times 10^{-3})^2 + 2q \times 3 \times 10^{-3}}{2 \times 12 \times 10^{-6}}$$

$$\lambda = \frac{9 \times 10^{-6}}{2 \times 12 \times 10^{-6}} + \frac{2q \times 3 \times 10^{-3}}{2 \times 12 \times 10^{-6}}$$

$$\lambda = . / 375 + q \times . / 25 \times 10^{-3}$$

$$7 / 375 = q \times . / 25 \times 10^{-3} \rightarrow q = 30 / 5 \times 10^{-3} C$$



موفق و پیروز باشید

دی تبار