

به نام خدا

سازمان آموزش و پرورش استان اصفهان
مدیریت آموزش و پرورش شهرستان کاشان

دیرستان حاج عباس کریم

فیزیک سال یازدهم تجربی

فصل اول (الکتریسته ساکن)

تهیه کننده: محمد انصاری تبار

موضوعات این فصل :

خطوط میدان الکتریکی

قانون کولن

انرژی پتانسیل الکتریکی و اختلاف پتانسیل الکتریکی

یادداشت ریاضی

توزیع بار الکتریکی

اصل برهم نهی نیروها

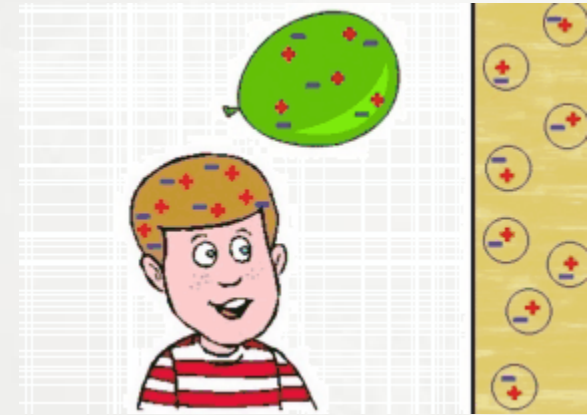
خازن

میدان الکتریکی





موضوع: قانون كولن



©1999 Science Joy Wagon



الرجوع



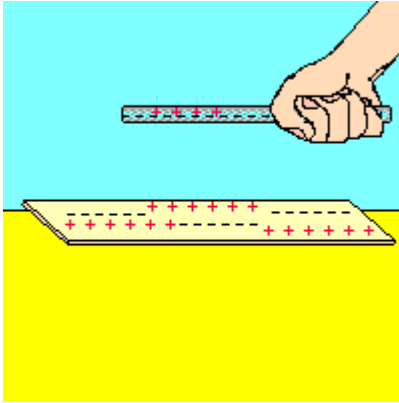
خروج

پرسش:

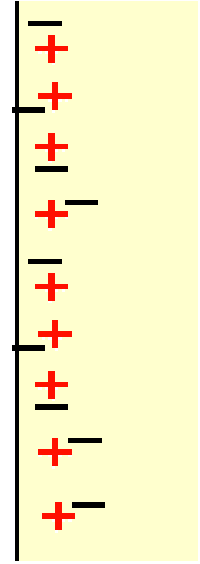
کلمه الکتروسیسته از چه واژه ای گرفته شده است و به چه معنای است؟

پاسخ:

از واژه یونانی الکترون (elektron) گرفته شده است که به معنی کهربا است.



©1999 Science Joy Wagon



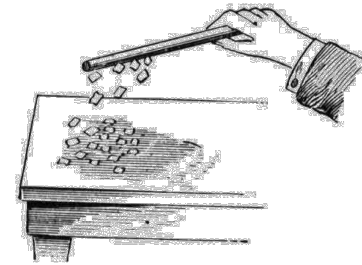
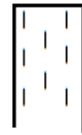
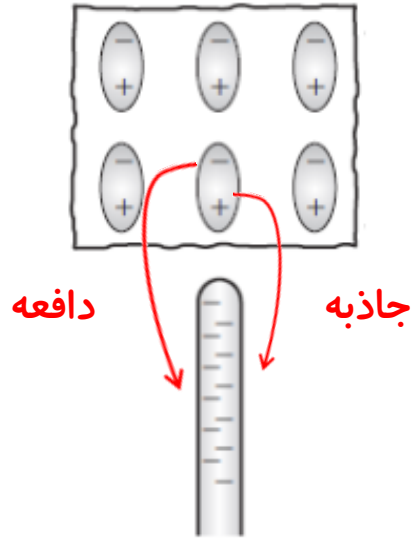
الکتريسيته ساكن (الکتروستاتيک)

به مطالعه بارهای ساکن در اجسام باردار الکتريسيته ساکن (الکتروستاتيک) می گویند



پرسش:

چرا قطعه ای از کهربا مالش داده شود تکه های کاغذ بدون بار را به طرف خود می کشد؟



پاسخ:

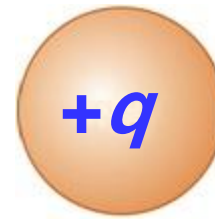
نیروی دافعه > نیروی جاذبه

وقتی قطعه کهربا با بار منفی را به کاغذ بدون بار نزدیک کنیم چون الکترون آزاد در کاغذ وجود ندارد تا حرکت کند. اتمها و مولکولهای آن آرایش جدیدی می گیرند به طوری که مرکز بارهای مثبت و منفی 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، بنابراین این خرد کاغذ جذب کهربای باردار می شود.



پرسش:

چرا بارهای الکتریکی را با علامت های جبری مثبت و منفی نام گذاری کردند؟



پاسخ:

برای اینکه اگر در یک جسم از این دو نوع بار به مقدار مساوی وجود داشته باشد، جمع جبری بارهای جسم صفر می شود که به معنی **خنثی بودن** آن جسم است.

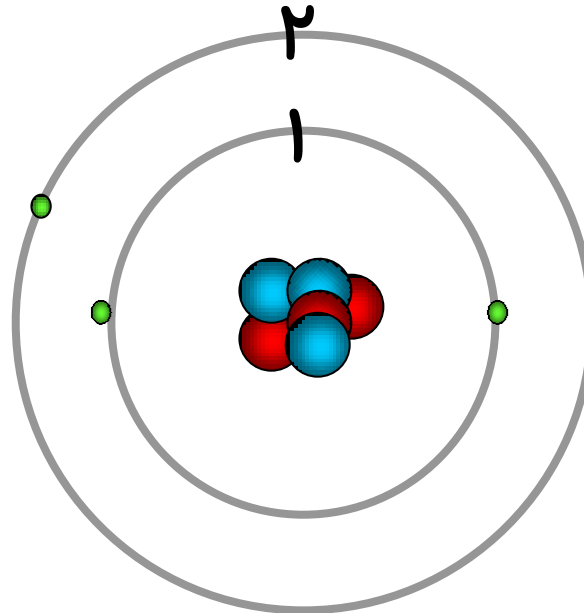


پرسش:

وقتی می‌گوییم اتم در حالت عادی از نظر بار الکتریکی خنثی است یعنی چه؟

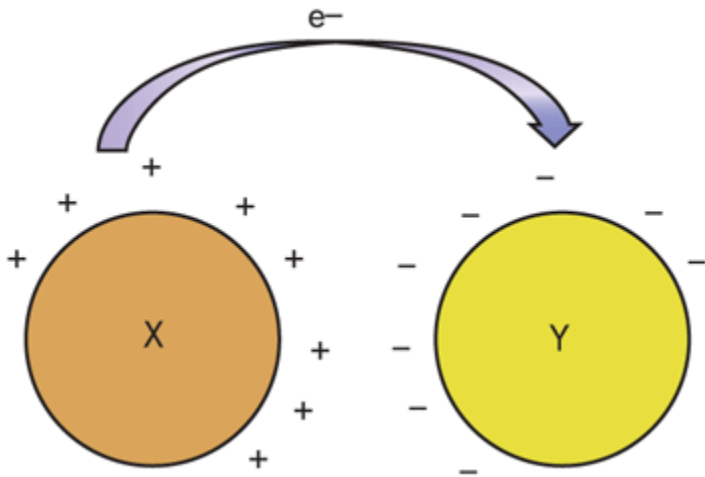
پاسخ:

یعنی تعداد الکترون‌های یک اتم برابر تعداد پروتون‌های موجود در هسته اتم می‌باشد و بنابراین جمع جبری همهٔ بارها (بارخالص) دقیقاً برابر با صفر است.



نکته:

درمالش اجسام به یکدیگر الکترون ها تولید نمی شوند و یا از بین نمی روند، بلکه صرفاً از جسمی به جسم دیگر منتقل می شوند.



پرسش:

مقدار بار یک الکترون یا یک پروتون چقدر است؟

پاسخ:

اندازه بار پروتون و الکترون با هم برابر است و مقدار آن برابر است با:

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

که برای الکترون با علامت منفی و برای پروتون با علامت مثبت، آن را مشخص می کنیم.
به این مقدار، بار پایه می گوئیم

توجه:

یکای بار الکتریکی کولن نام دارد و کولن را با نماد C نمایش می دهیم.

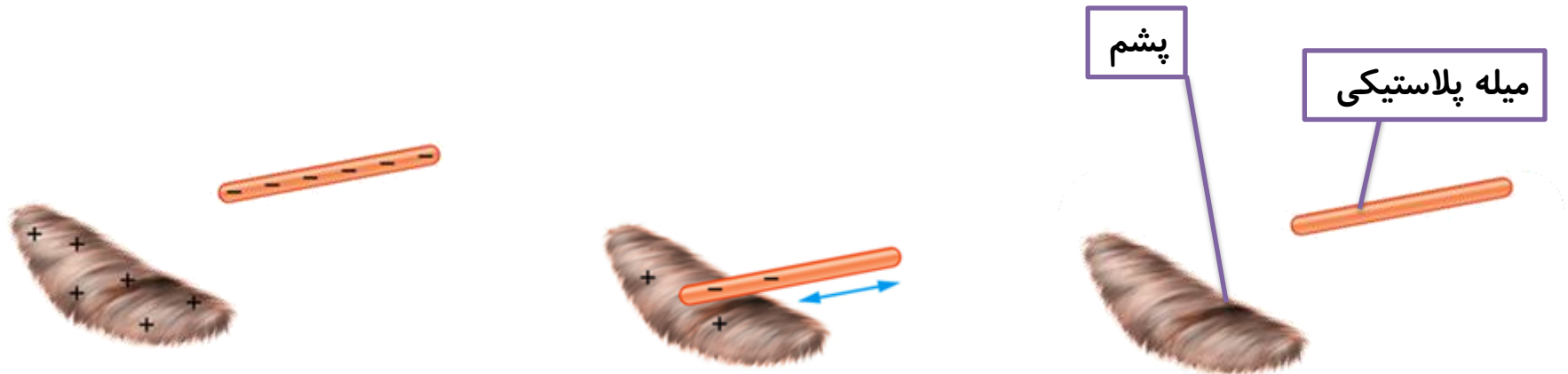


پرسش :

وقتی می گوئیم جسمی دارای بار منفی است یعنی چه؟

پاسخ :

یعنی تعداد الکترونهايش بیشتر از تعداد پروتونهايش می باشد و بارالکتریکی خالص آن منفی می گردد



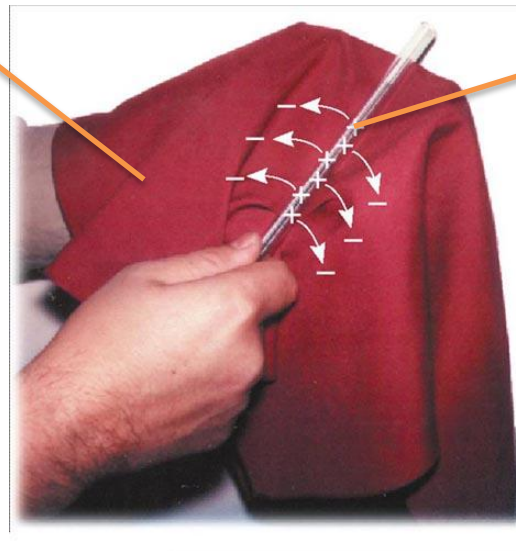
پرسش :

وقتی می گوئیم جسمی دارای بار مثبت است یعنی چه؟

پاسخ :

یعنی **تعداد الکترونهايش کمتر** از تعداد پروتونهايش است و بار الکتريکی خالص آن مثبت می گردد

ابريشم

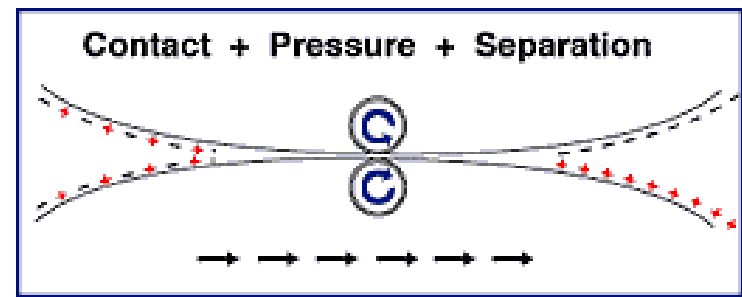
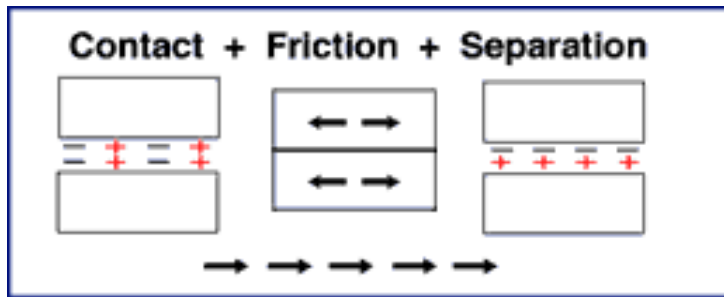


ميله شیشه‌ای



الکتروسیسته ی مالشی (اثر تریبوالکتریک)

بر اثر مالش دو جسم متفاوت به یکدیگر، انرژی گرمایی لازم برای **جداشدن الکترونها** از اتمهای **یک جسم** و انتقال آنها به **جسم دیگر** فراهم می شود به این پدیده، اثر تریبوالکتریک گفته می شود



سری الکتروسیسته ی مالشی (سری تریبو الکترونیک)

انتهای مثبت سری

موی انسان
شیشه
نایلون
پشم
موی گربه
سُرب
ابریشم
آلومینیوم
کاغذ
چوب
پارچه کتان
کهربا
برنج، مس
پلاستیک، پلی
اتیلن
لاستیک
تفلون

انتهای منفی سری

دانشمندان با توجه به توانایی مواد در **از دست دادن** یا **به دست آوردن الکترون**، آن ها را رده بندی کرده اند. این رده بندی را **سری تریبو الکترونیک** می نامند.

بر طبق این جدول اجسام پایین جدول در مالش تمایل به گرفتن الکترون و در بالا تمایل به از دست دادن الکترون دارند

مثلاً اگر تفلون با نایلون مالش یابد، الکترون ها از نایلون به تفلون منتقل می شوند

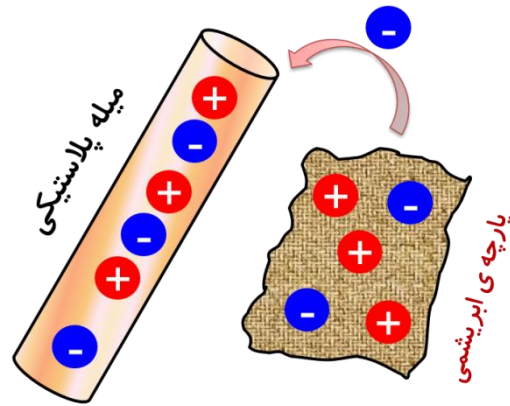


پرسش :

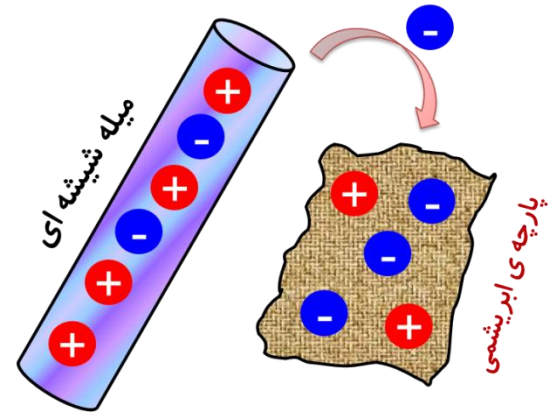
باتوجه به سری تریبوالکتریک یک بار پارچه ابریشمی را بامیله شیشه ای و بار دیگر پارچه ابریشمی را بامیله پلاستیکی مالش می دهیم بارالکتریکی پارچه ابریشمی در هر حالت را مشخص کنید.

پاسخ:

الکترون خواهی کمتر



الکترون خواهی بیشتری

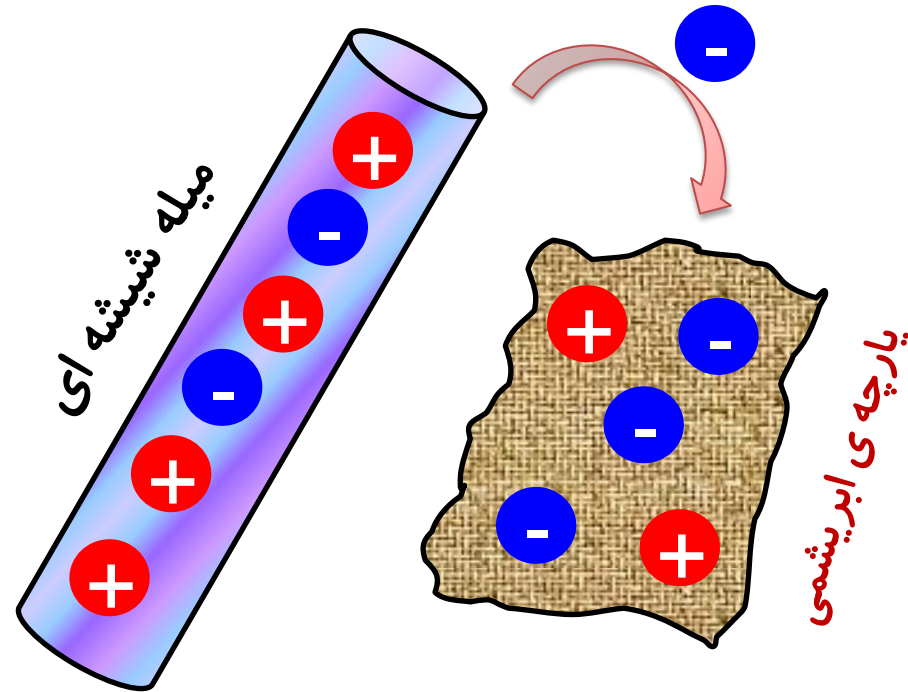


موی انسان
شیشه
نایلون
پشم
موی گربه
سُرب
ابریشم
آلومینیوم
کاغذ
چوب
پارچه کتان
کهربا
برنج، مس
پلاستیک، پلی
اتیلن
لاستیک
تفلون



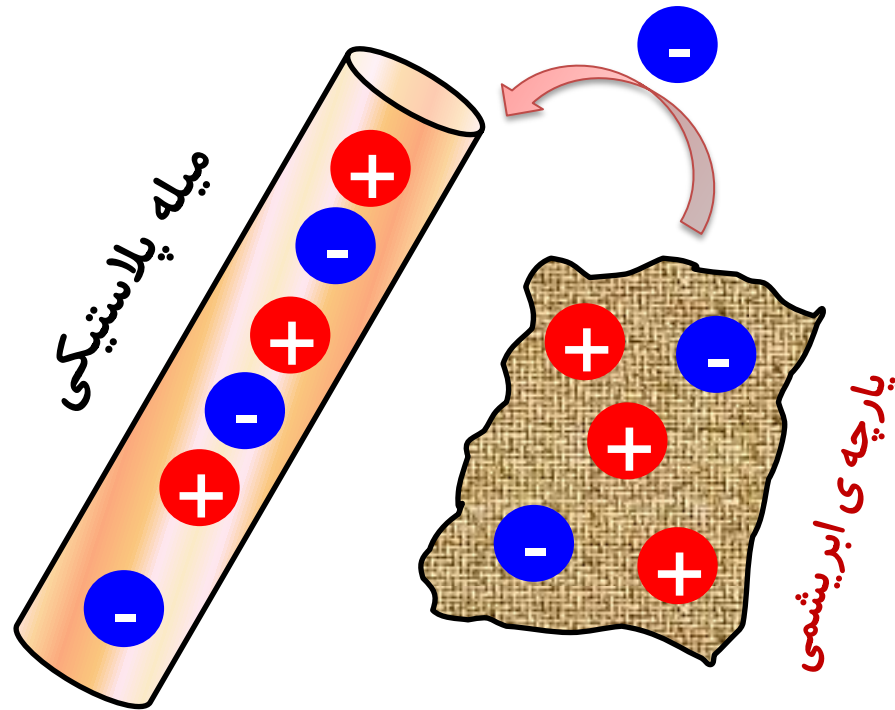
پاسخ:

دراثرمالش میله شیشه ای با پارچه ی ابریشمی، تعدادی الکترون از میله جدا شده بر روی پارچه می نشیند بار الکتریکی ایجاد شده روی میله **شیشه ای** را بار **مثبت** می نامیم.



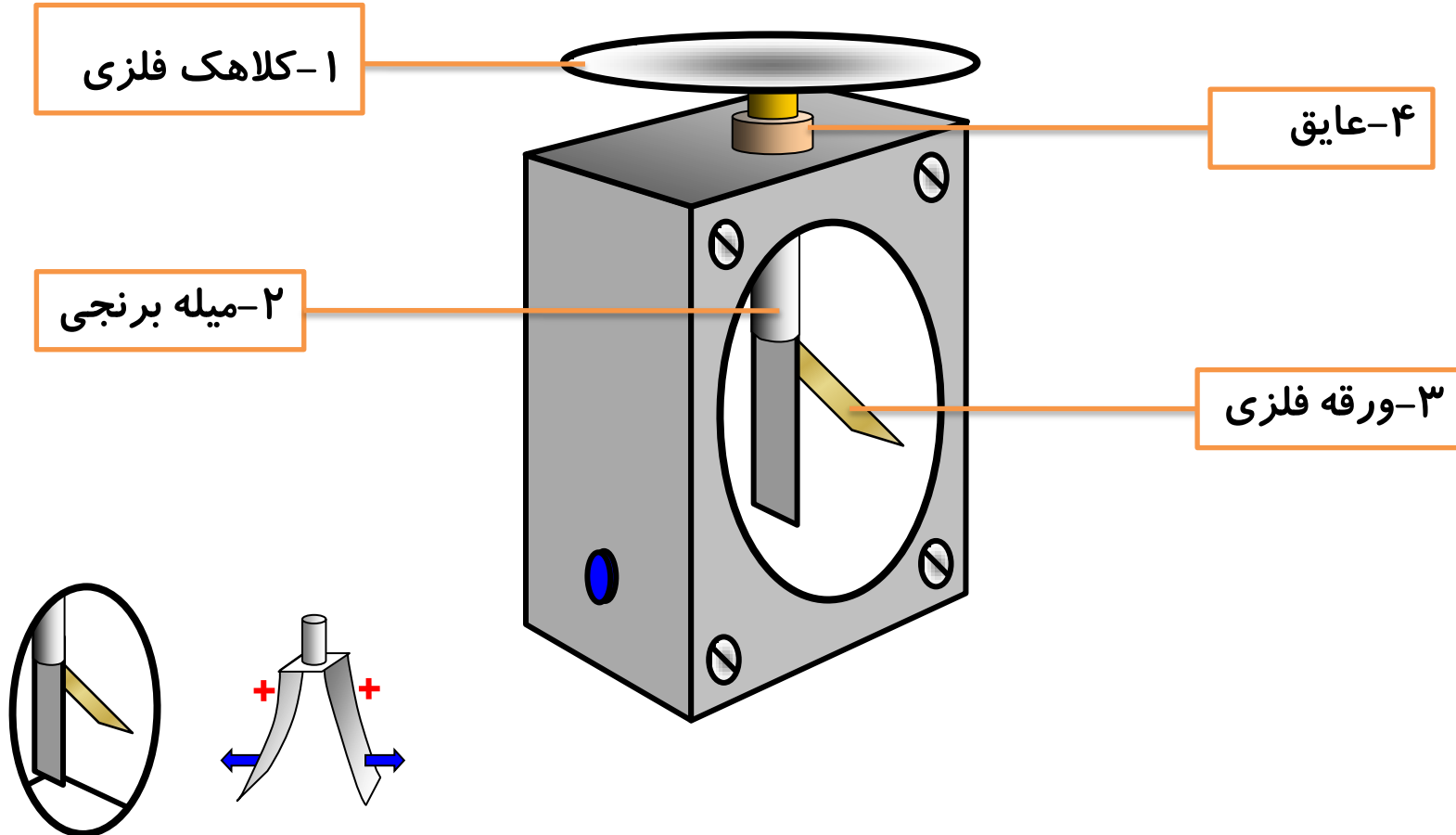
ادامه پاسخ:

همچنین در اثر مالش میله پلاستیکی با پارچه ابریشمی، تعدادی الکترون از پارچه جدا شده بر روی میله می نشیند بار الکتریکی ایجاد شده روی میله پلاستیکی را بار **منفی** می نامیم.



ساختمان برق نما یا الکتروسکوپ

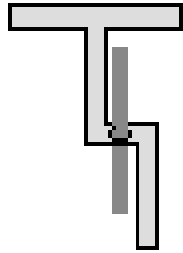
الکتروسکوپ از چهار قسمت تشکیل شده است



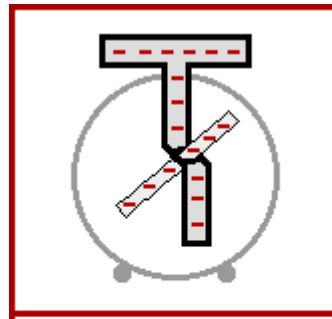
کاربردهای برق نما یا الکتروسکوپ



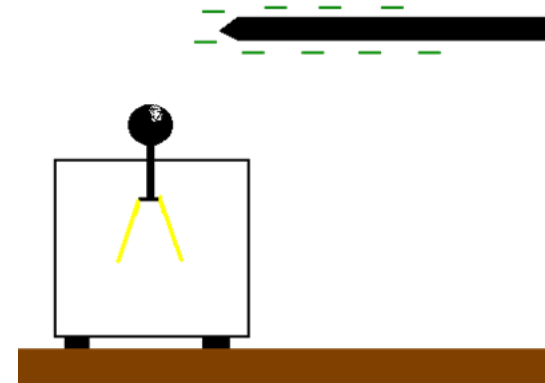
- ۱- تعیین وجود بار جسم
- ۲- نوع بار الکتریکی جسم
- ۳- رسانا و نارسانا بودن جسم
- ۴- مقدار بار جسم



باردار بودن



رسانا و نارسانا بودن



نوع بار اجسام



پرسش :

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.

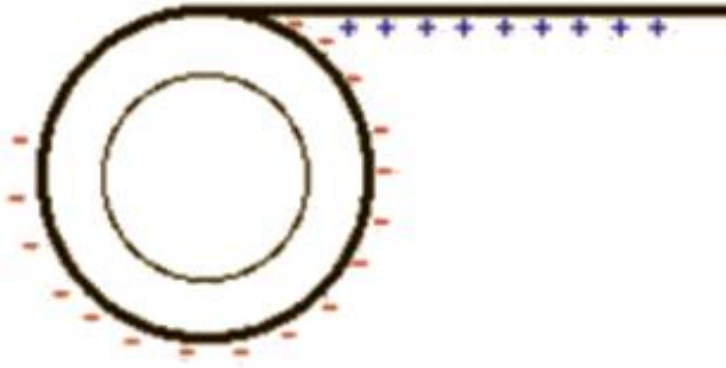
(ب) جسم را با کلاهک باردار الکتروسکوپ **تماس** داده اگر ورقه ها بهم بچسبند جسم رسانا و اگر انحراف ورقه تغییر نکند، جسم عایق است.

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



پرسش ۱-۱

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

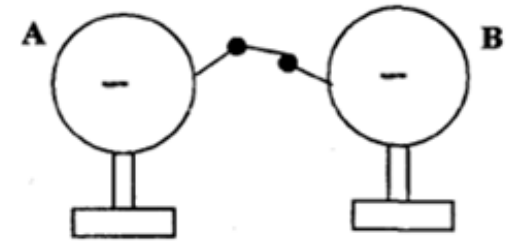
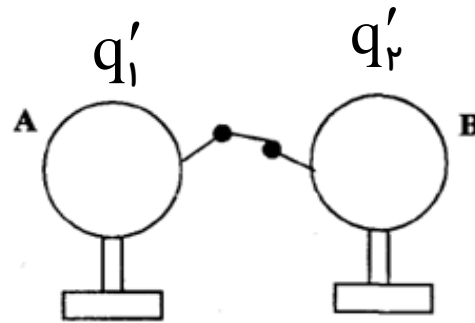
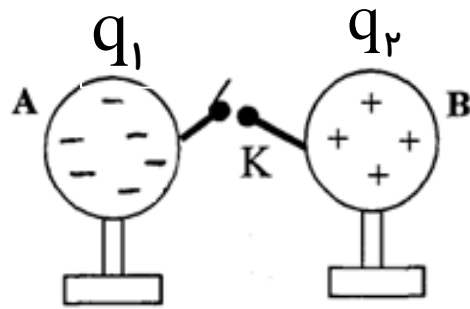


پاسخ:

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

اصل پایستگی بار الکتریکی

مجموع جبری همه بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی ثابت است، یعنی بار می تواند از جسمی به جسم دیگر منتقل شود ولی هرگز امکان تولید یا نابودی یک بار خالص وجود ندارد. هیچ شاهدهی تجربی در نقض این اصل وجود ندارد.



قبل از اتصال
دو کره رسانای
مشابه

$$q_1 + q_2 = q'_1 + q'_2$$

بعد از اتصال
دو کره رسانای
مشابه

$$q'_1 = q'_2$$

$$q_1 + q_2 = 2q'_1 \rightarrow q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2}$$



اصل کوانتیده بودن بار

اگر جسم خنثی الکترون به دست آورد یا از دست بدهد همواره بار الکتریکی مشاهده شده جسم **مضرب درستی** از بار بنیادی e است:

$$q = \pm ne$$

$$n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

تعداد

$$q = -ne$$

جسم الکترون گرفته

بار الکتریکی جسم

$$q = +ne$$

جسم الکترون از دست داده



تمرین:

یک میلیون الکترون از یک جسم خنثی خارج می شوند. الف) بار الکتریکی جسم چه قدر می شود؟ ب) بار الکتریکی جسم مثبت است یا منفی، چرا

پاسخ:

$$q = 1/6 \times 10^{-13} \text{ C}$$

بار مثبت

$$q = +ne$$

$$q = 10^6 \times 1/6 \times 10^{-19}$$

$$q = 1/6 \times 10^{-13} \text{ C}$$

$$n = 10^6$$

$$q = ?$$

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



تمرین :

بارالکتریکی چه تعداد الکترون برابر یک کولن است؟

پاسخ :

$$\left\{ \begin{array}{l} q = -1c \\ n = ? \\ e = 1/6 \times 10^{-19}c \end{array} \right.$$

$$q = -ne$$

$$-1 = -n \times 1/6 \times 10^{-19}$$

$$n = \frac{1}{1/6 \times 10^{-19}} = \frac{10^{19}}{1/6}$$

$$n = 6/25 \times 10^{18}$$

نکته :

یک کوئن مقدار بار بزرگی است از این رو غالباً از یکاهای کوچک مانند میکروکولن (μC) و نانوکولن (nC) استفاده می کنند.



تمرین ۱-۱

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

پاسخ:

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

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

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

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

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

خنثی است.

$$q_{\text{اتم}} = q_1 + q_2 = 0$$

تمرین:

بار الکتریکی یک جسم C $10^{-8} \times 3/2$ - است .
 الف) این جسم الکترون از دست داده یا گرفته است؟
 ب) تعداد الکترون‌های مبادله شده را محاسبه کنید.
 بار پایه C $10^{-19} \times 1/6$ است.

پاسخ:

الف) چون بار الکتریکی جسم منفی است، جسم الکترون گرفته است.

ب)

$$q = -ne$$

$$-3/2 \times 10^{-8} = -n \times 1/6 \times 10^{-19}$$

$$n = \frac{3/2 \times 10^{-8}}{1/6 \times 10^{-19}}$$

$$n = 2 \times 10^{-8} \times 10^{+19} = 2 \times 10^{+11}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} q = -3/2 \times 10^{-8} C \\ n = ? \\ e = 1/6 \times 10^{-19} C \end{array} \right.$$



تمرین :

بار الکتريکی جسمی $4/8 \mu\text{C}$ است این بار از چه تعداد الکترون تشکیل شده است. ($e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

پاسخ :

$$n = 3 \times 10^{+13}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} q = 4/8 \mu\text{C} = 4/8 \times 10^{-6} \\ n = ? \\ e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C} \end{array} \right.$$

$$q = ne$$

$$4/8 \times 10^{-6} = n \times 1/6 \times 10^{-19}$$

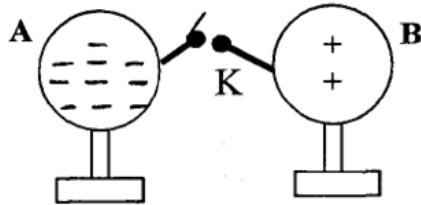
$$n = \frac{4/8 \times 10^{-6}}{1/6 \times 10^{-19}}$$

$$n = 3 \times 10^{-6} \times 10^{+19} = 3 \times 10^{+13}$$



تمرین:

در شکل روبه رو، دو کرهٔ رسانای مشابه باردار روی پایه های عایق قرار دارند. پیش بینی کنید با فرض این که روی سیم رابط باری نماند، با بستن کلید K، تعداد و نوع بار الکتریکی را روی، هر کره پس از برقراری تعادل الکتروستاتیک تعیین کنید.



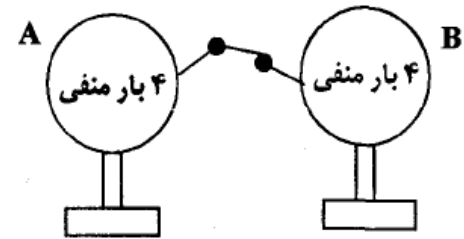
پاسخ

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2}$$

بعد از اتصال دو کره ی رسانای

$$q'_1 = q'_2 = \frac{+2e + (-1 \cdot e)}{2}$$

$$q'_1 = q'_2 = -\frac{1}{2}e$$

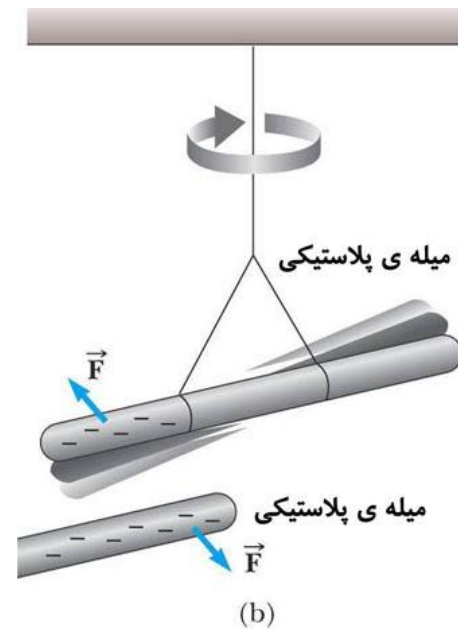
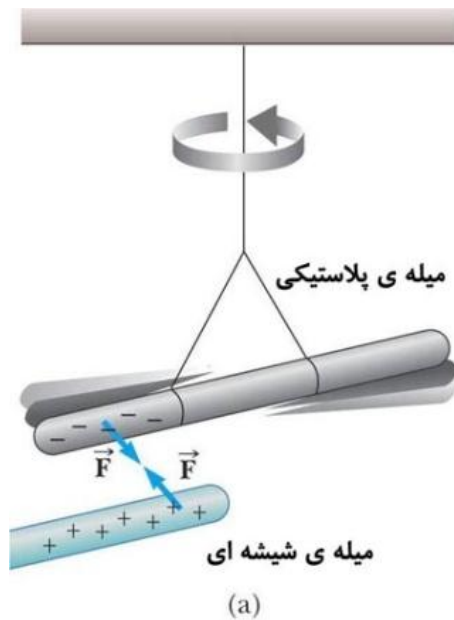


نیروی الکتریکی بین اجسام باردار F

اجسام باردار بر یکدیگر نیرو وارد می کنند که به آن نیروی الکتریکی گویند.

اگر بارهای الکتریکی دو جسم **همنام** باشند نیروی بین دو جسم رانشی (**دافعه**) است

اگر بارهای الکتریکی دو جسم **ناهمنام** باشند. نیروی بین دو جسم ربایشی (**جاذبه**) است.



فعالیت ۱-۱ (کارد در 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:

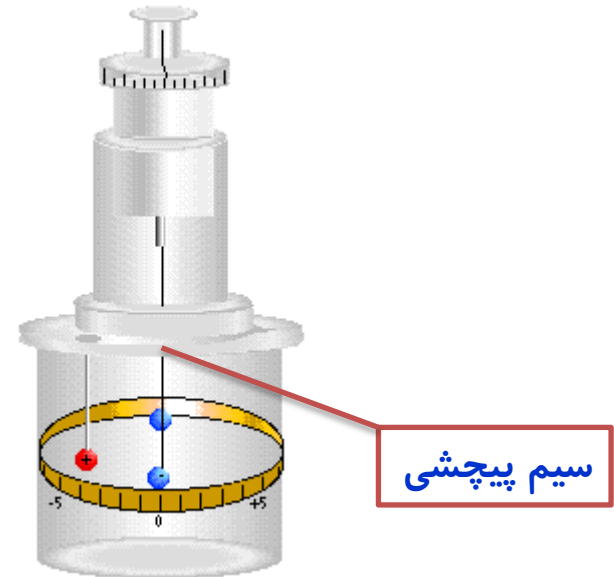
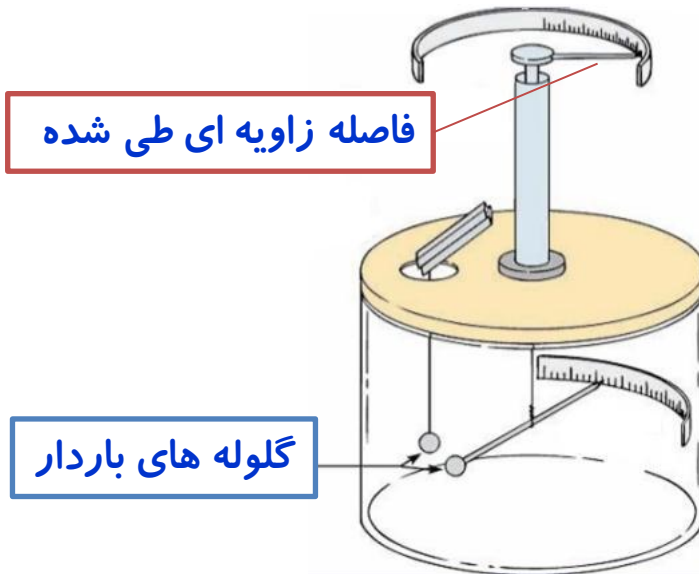
نی های پلاستیکی در اثر مالش با پارچه پشمی هر دو دارای بار منفی می شوند و همچنین دو جسم باردار همانام بر یکدیگر نیروی الکتریکی وارد کرده و یکدیگر را می رانند.



نیروی الکتریکی بین دو ذره باردار در ترازوی پیچشی به چه عواملی بستگی دارد:

۱- هرچه اندازه بار الکتریکی دو گلوله بیشتر باشد، فاصله زاویه ای طی شده روی نوار بیشتر می شود

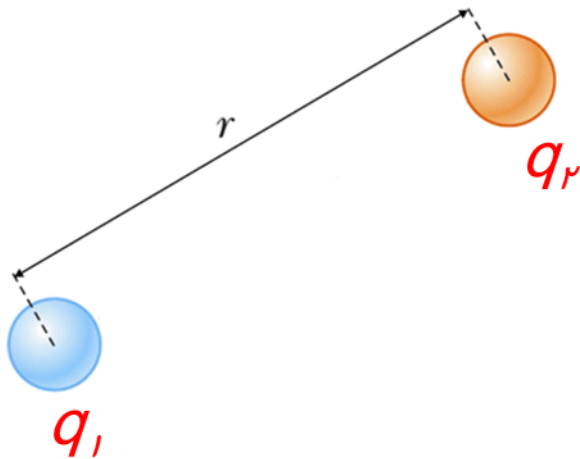
۲- هرچه فاصله بار الکتریکی دو گلوله کمتر باشد، فاصله زاویه ای طی شده روی نوار بیشتر می شود



نیروی الکتریکی بین دو ذره باردار به چه عواملی بستگی دارد:

۱- با حاصل ضرب اندازه ی بار دو ذره نسبت مستقیم دارد $F \propto |q_1| \cdot |q_2|$

۲- و با مجذور فاصله دو ذره از هم نسبت رابطه وارون دارد. $F \propto \frac{1}{r^2}$

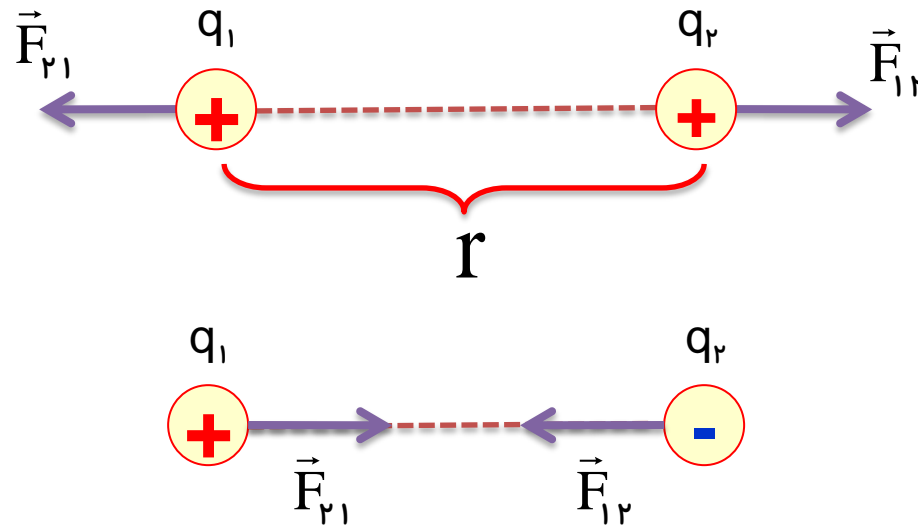


لذا می توان نوشت: $F \propto \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$



قانون کولن

نیروهای الکتریکی بین دو ذره باردار، با حاصل ضرب اندازه بار دو ذره نسبت مستقیم و با مجذور فاصله‌ی دو ذره باردار از هم، نسبت وارون دارد.



\vec{F}_{12} به معنای نیرویی است که ذره اول به ذره دوم وارد می کند
 \vec{F}_{21} به معنای نیرویی است که ذره دوم به ذره اول وارد می کند



نیروهای الکتریکی بین دو ذره باردار از فرمول زیر محاسبه می شود

(C) — بار الکتریکی جسم ۱ — $F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}$ — بار الکتریکی جسم ۲ — (C)

ثابت کولن $\frac{Nm^2}{c^2}$

فاصله بین مراکز دو ذره باردار (m)

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \approx 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{c^2}$$

$$\epsilon_0 \approx 8.85 \times 10^{-12} \frac{c^2}{Nm^2}$$

ضریب گذردهی الکتریکی خلأ

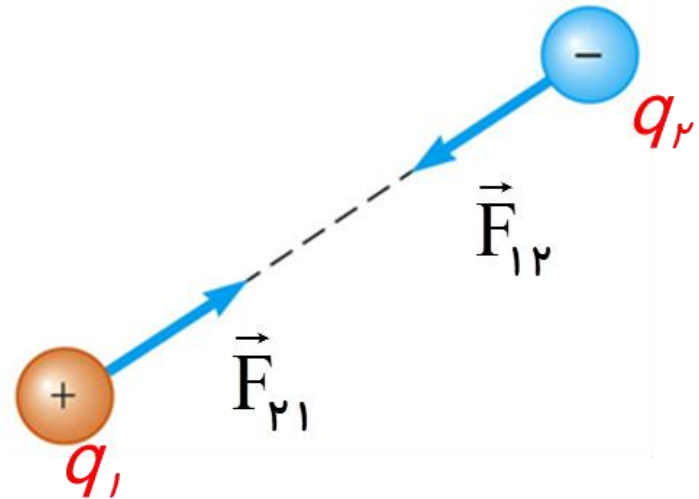


نکته

همواره طبق قانون سوم نیوتن اندازه نیروهایی که دو باربرهم واردمی کنند با هم برابر است؛ ولی جهت این نیروها در خلاف جهت هم هستند. یعنی:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

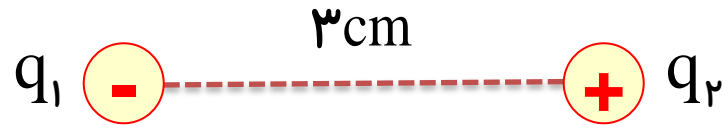
$$F_{12} = F_{21} = F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}$$



تمرین:

دو ذره با بارهای الکتریکی $2\mu\text{C}$ و $5\mu\text{C}$ در فاصله 3cm از یکدیگر ثابت شده اند، اندازه نیرویی که دو ذره به یکدیگر وارد می کنند و نوع آن را مشخص کنید

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



پاسخ:

$$F = 10 \cdot \text{N}$$

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

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

$$F = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-6} \times 5 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-4}}$$

$$F = 10 \cdot \text{N}$$

ربایشی است.

$$q_1 = -2\mu\text{C} = -2 \times 10^{-6} \text{C}$$

$$q_2 = 5\mu\text{C} = 5 \times 10^{-6} \text{C}$$

$$r = 3\text{cm} = 3 \times 10^{-2} \text{m}$$

$$F = ?$$

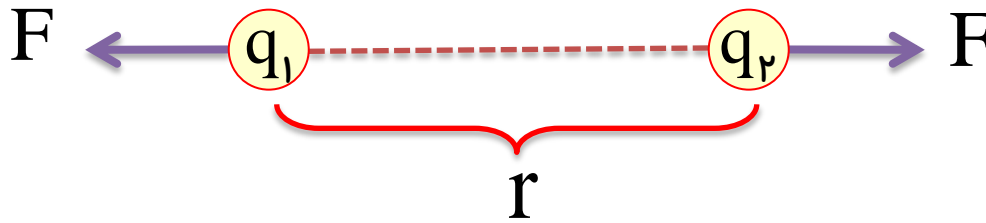
$$k = 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$$



رابطه تستی:

اگر اندازه بارهای q_1 و q_2 و یا فاصله r تغییر کند، نیروی کولنی در فرم مقایسه ای به صورت زیر می توان نوشت

$$F \propto \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{|q'_1|}{|q_1|} \times \frac{|q'_2|}{|q_2|} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2$$



تمرین:

دو کره کوچک فلزی مشابه دارای بارهای $q_1 = +8\mu\text{C}$ و $q_2 = -2\mu\text{C}$ در فاصله 30 cm از یکدیگر واقع اند. اگر این دو کره را به یکدیگر تماس داده و در همان مکان اولیه قرار دهیم نوع نیرو و اندازه نیروی الکتریکی قبل از تماس و بعد از تماس دو کره بین دو کره را تعیین کنید.

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

پاسخ:



$$q_1 = 8\mu\text{C}$$



$$q_2 = -2\mu\text{C}$$

قبل از تماس دو کره

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \rightarrow F = 9 \times 10^9 \times \frac{8 \times 10^{-6} \times |-2 \times 10^{-6}|}{(3 \times 10^{-1})^2} \rightarrow F = 1/6 \text{ N}$$

ربایشی است.

بعد از تماس دو کره

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} \rightarrow q'_1 = q'_2 = \frac{+8 + (-2)}{2} \rightarrow q'_1 = q'_2 = +3\mu\text{C}$$

$$F' = k \frac{|q'_1| |q'_2|}{r^2} \rightarrow F' = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-6} \times 3 \times 10^{-6}}{(3 \times 10^{-1})^2} \rightarrow F' = 9 \text{ N}$$

رانشی است.



تمرین:

هسته آهن شعاعی در حدود $m \cdot 10^{-15} \times 4$ دارد و شامل ۲۶ پروتون است. بزرگی نیروی دافعه بین دو پروتون که به فاصله $m \cdot 10^{-15} \times 4$ از هم قرار دارند چقدر است؟ از این مسئله به چه نتیجه ای می رسید؟ (بار الکتریکی پروتون $C \cdot 10^{-19} \times 1/6$)

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

پاسخ:

$$\left\{ \begin{array}{l} q_p = 1/6 \times 10^{-19} C \\ r = 4 \times 10^{-15} m \\ F_E = ? \\ k = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \end{array} \right.$$

$$F \approx 14 N$$

$$F_E = k \frac{|q_p|^2}{r^2} \rightarrow F_E = \left| 9 \times 10^9 \times \frac{(1/6 \times 10^{-19})^2}{(4 \times 10^{-15})^2} \right|$$

$$F_E \approx 14 N \quad \text{نیروی دافعه}$$

باید نیروی دیگری وجود داشته باشد که مانع فروپاشی هسته شود. به این نیرو، نیروی هسته ای گفته می شود



تمرین:

دو بار الکتریکی مشابه با فاصله 20 cm از یکدیگر واقع اند و بر یکدیگر نیروی 9 N وارد می کنند. بزرگی هر یک از بارها را حساب کنید

پاسخ:

$$q_1 = q_2 = \pm 2\mu\text{C}$$

$$q_1 = q_2 = \pm 2\mu\text{C}$$



تمرین:

دو کرهٔ رسانای هم اندازه و بسیار کوچک دارای بارهای $q_1 = +5\mu\text{C}$ و $q_2 = -15\mu\text{C}$ هستند. آنها را به هم تماس داده و به همان فاصلهٔ قبل می‌بریم. نیروی بین آنها چند برابر حالت اولیه می‌شود؟

پاسخ:

$$\frac{F'}{F} = \frac{4}{3}$$



فرمول تستى نيروى الكترىكى بين دو ذره باردار

$$F = 9 \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$$

μC μC
 N cm



تست :

دو بار $4\mu\text{C}$ - و $2\mu\text{C}$ + به فاصله 20 cm از هم مفروضند. نیروی بین دو بار از چه نوع و چه اندازه است؟

(۱) دافعه، $8 / 1$ نیوتن (۲) جاذبه، $8 / 1$ نیوتن (۳) دافعه، $6 / 3$ نیوتن (۴) جاذبه، $6 / 3$ نیوتن

حل :

چون دو بار نا همنامند ، لذا نیروی بین آنها جاذبه است



تست:

دو بار q و $9q$ به فاصله‌ای از هم مفروضند. اگر نیرویی که بار q بر $9q$ وارد می‌سازد F باشد، نیرویی که بار $9q$ بر q وارد می‌سازد چند F است؟

۸۱ F (۴)

$\frac{1}{9} F$ (۳)

۹ F (۲)

F (۱)

حل:

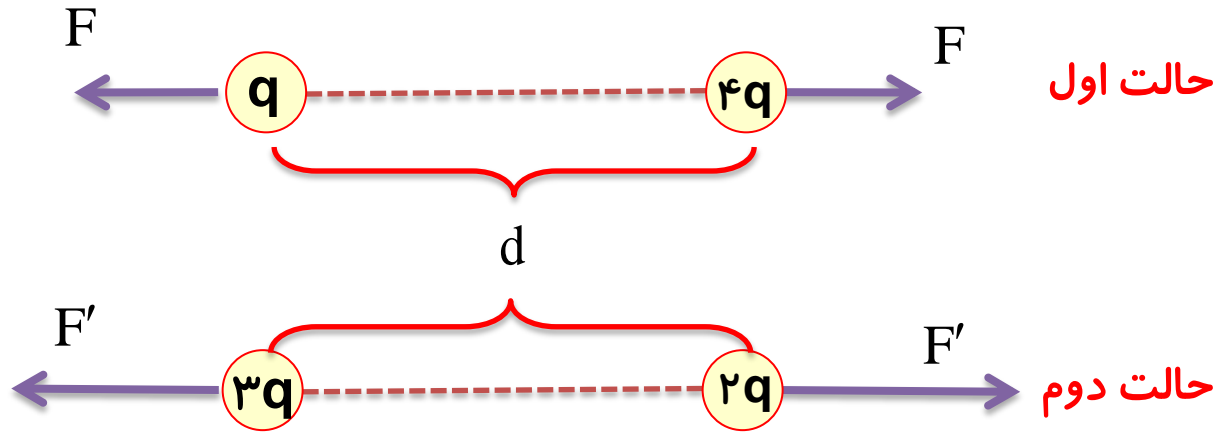
طبق قانون سوم نیوتن گزینه ۱ صحیح است.



تمرین:

دو بار همنام q و $4q$ به فاصله d از هم مفروضند و برهم نیروی F وارد می کنند. اگر نصف اندازه بار بزرگتر را گرفته و به بار کوچکتر بدهیم. در همان فاصله بین دو بار، نیروی بین دو بار چند F می شود؟

پاسخ:



$$\frac{F'}{F} = \frac{3}{2}$$

$$\frac{F'}{F} = \frac{q_1' \cdot q_2'}{q_1 \cdot q_2} = \frac{3q \cdot 2q}{q \cdot 4q} = \frac{6}{4} = \frac{3}{2}$$

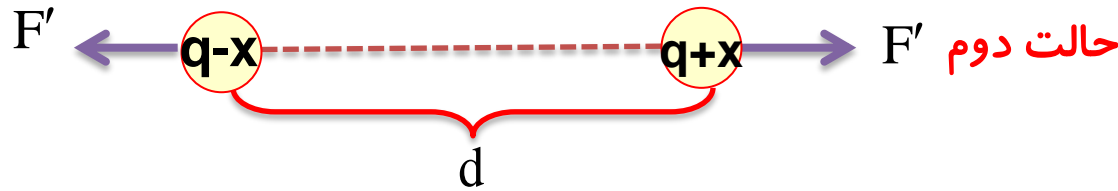


تمرین:

دو بار همنام و هم اندازه q به فاصله d بر هم نیروی F وارد می‌سازند. چند درصد از بار یکی گرفته و به دیگری بدهیم تا در همان فاصله نیروی بین دو بار $\frac{3}{4}$ گردد؟

پاسخ:

$$x = 0.5q$$



$$\frac{F'}{F} = \frac{3}{4} = \frac{q_1' \cdot q_2'}{q_1 \cdot q_2} \rightarrow \frac{3}{4} = \frac{(q-x)(q+x)}{q \cdot q} \rightarrow \frac{3}{4} = \frac{q^2 - x^2}{q^2}$$

$$\left(\frac{x}{q}\right)^2 = 1 - \frac{3}{4} = \frac{1}{4} \xrightarrow{\text{از طرفین رابطه جذر می‌گیریم}} \frac{x}{q} = \frac{1}{2} \rightarrow x = \frac{1}{2}q \rightarrow x = 0.5q$$



تست:

دو بارالکتریکی نقطه ای برابر و ناهمنام در فاصله d بر یکدیگر نیروی F را وارد می کنند. اگر 20% در صدی یکی از بارها را کم کرده و آن را بر دیگری بیفزاییم، فاصله بین دو بار الکتریکی را چند برابر کنیم تا نیروی کولنی بین آنها تغییر نکند.

$$\frac{16}{25} \quad (4)$$

$$\frac{4}{25} \quad (3)$$

$$\frac{4}{5} \quad (2)$$

$$\frac{5}{4} \quad (1)$$

پاسخ:

گزینه ۲ صحیح است.





موضوع : یاداشت ریاضی

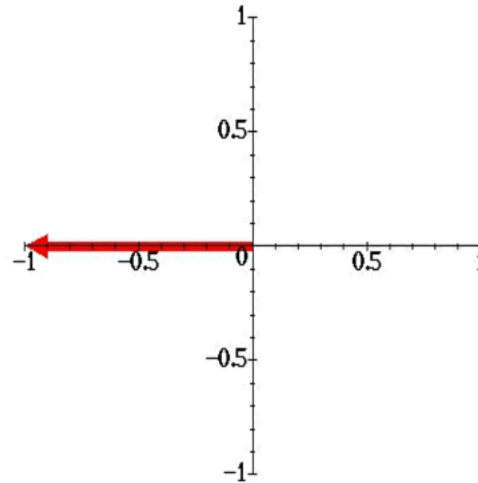


خروج

نکته:

کمیت‌های برداری را توسط پیکان کوچکی (\rightarrow) که بر روی کمیت قرار می‌دهیم، مشخص می‌کنیم، مانند نماد \vec{d}

اندازه و بزرگی یک بردار را به طور مثال با نماد $|\vec{d}|$ یا با استفاده از حرف معمولی مانند d مشخص می‌کنند.



انیمیشن معرفی کمیت برداری

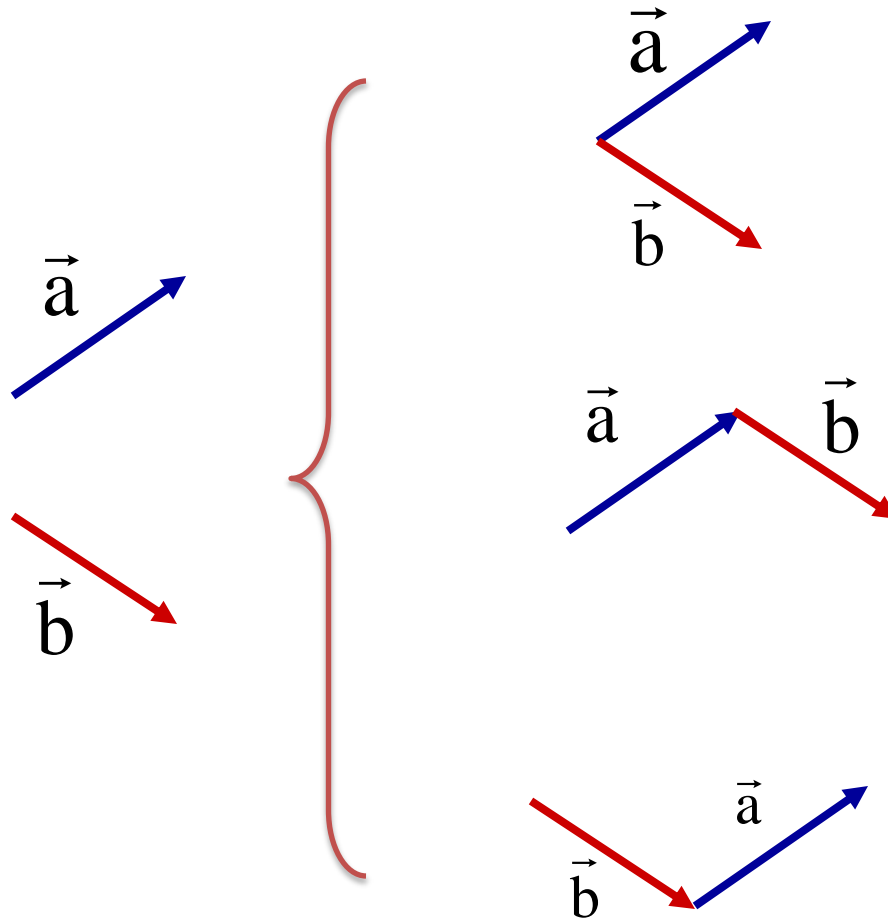
کمیت های برداری کمیت هایی هستند که علاوه بر اندازه ، جهت نیز دارند.
بردار به صورت زیر نمایش داده می شود.

بعدي



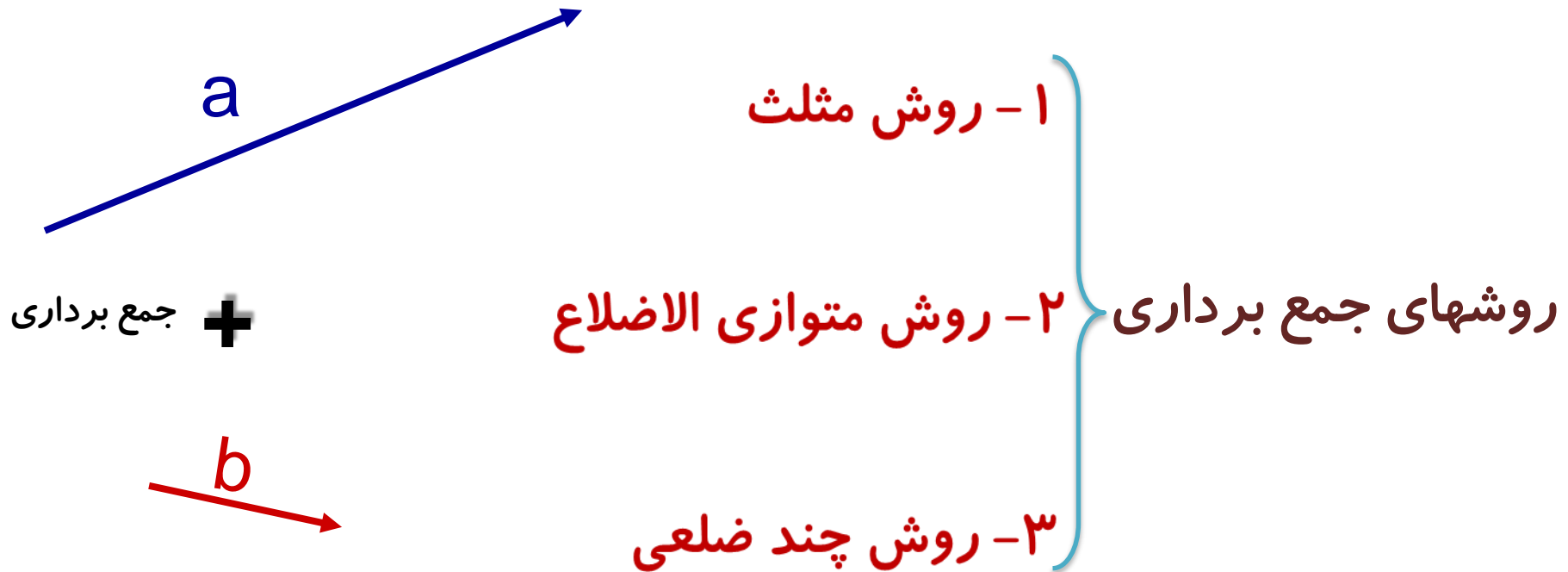
نکته:

بردارها در صفحه آزادند، به شرطی که اندازه، جهت آنها تغییر نکند می توانند به هر جایی از صفحه منتقل شوند

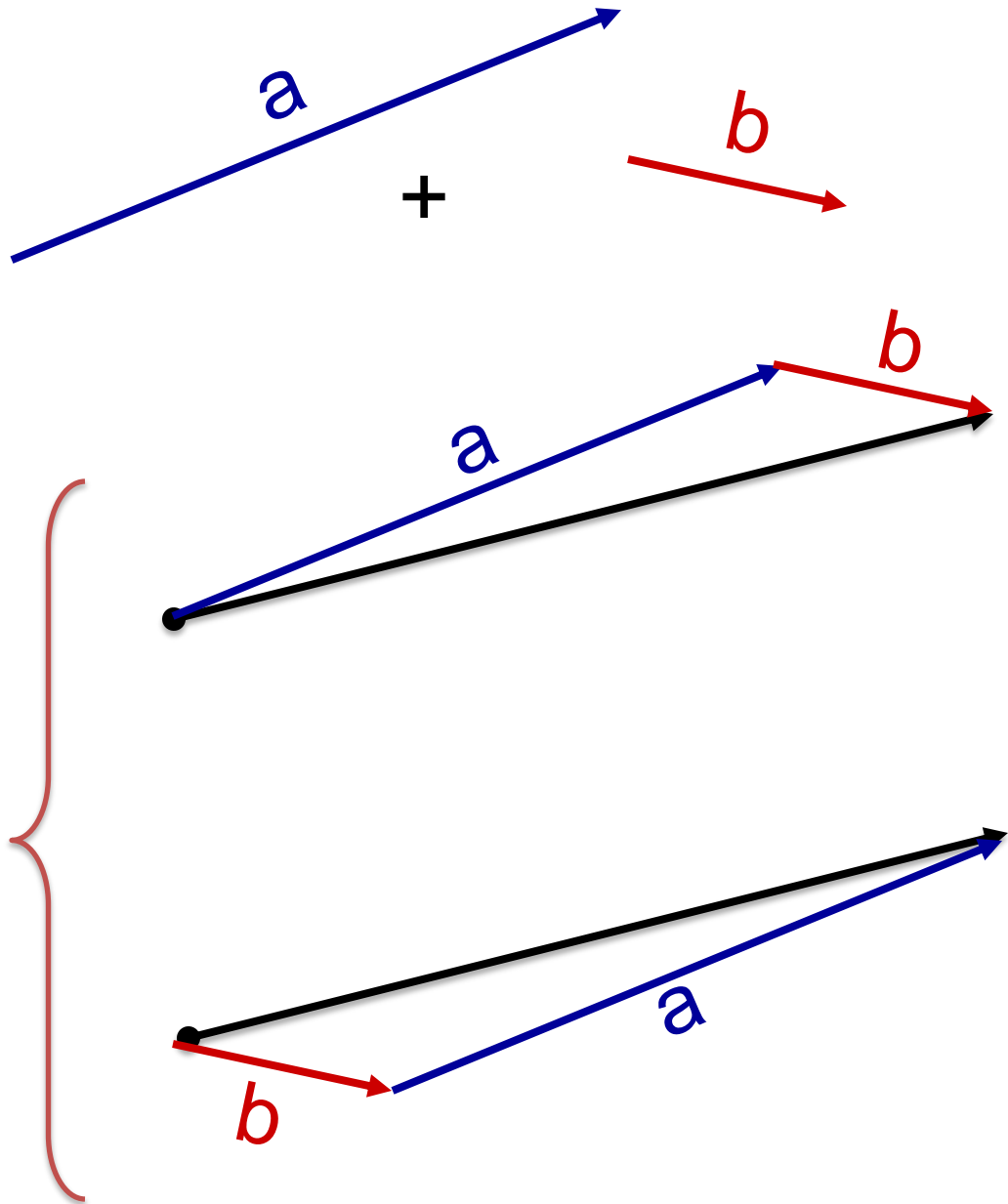


بر آیند:

حاصل جمع دو یا چند بردار را **بر آیند آن بردارها** نامند.



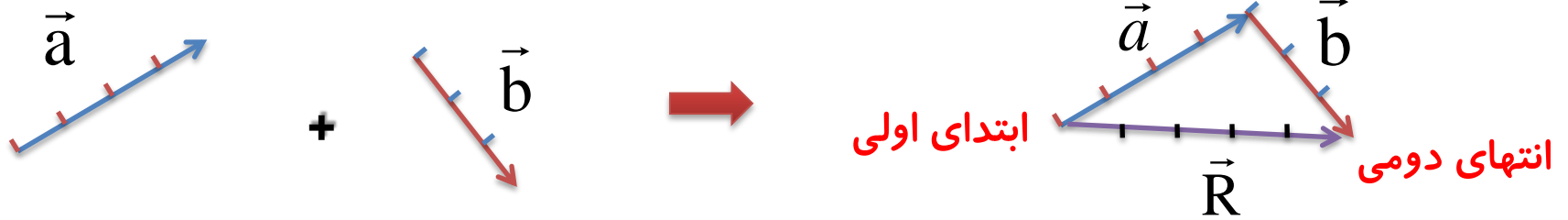
روش مثلث



روش مثلث

بردارها را بصورت مساوی و متناظر بدنبال هم رسم کرده؛ سپس، بارسم برداری از ابتدای اولی به انتهای دومی. بردار برآیند \vec{R} بدست می آید.

چون شکل نهایی یک مثلث است، روش مثلث گفته می شود.



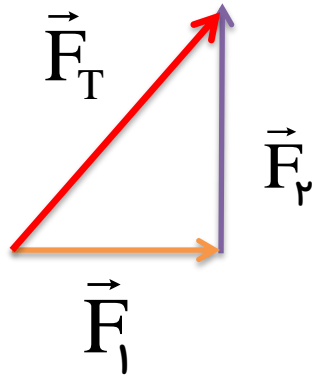
نکته

جمع دو بردار خاصیت جابه جایی دارد

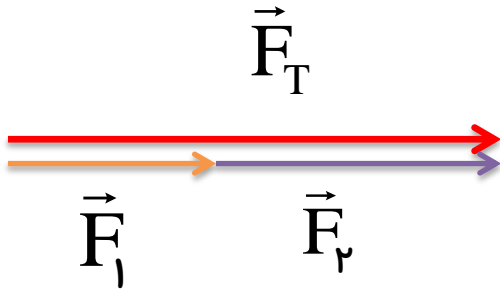


حالات خاص

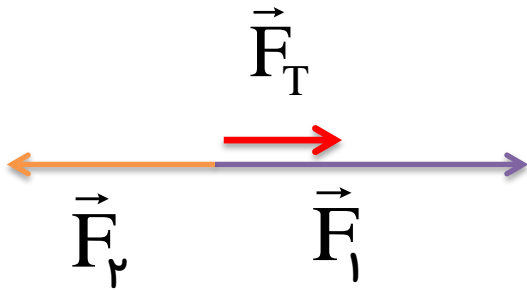
بر آیند نیروها در روش مثلثی



$$|\vec{F}_T| = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} \quad \text{۱- اگر نیروها بر هم عمود باشند}$$



$$|\vec{F}_T| = F_1 + F_2 \quad \text{۲- اگر نیروها هم جهت باشند.}$$



$$|\vec{F}_T| = F_1 - F_2 \quad \text{۳- اگر نیروها خلاف جهت باشند}$$

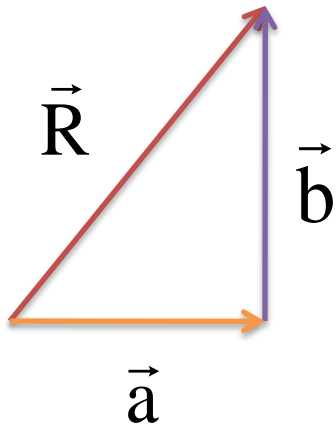
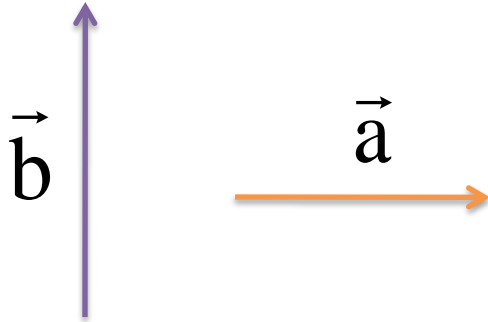


تمرین

بزرگی دو بردار عمود بر هم \vec{a} و \vec{b} به ترتیب ۶ واحد و ۸ واحد است. بزرگی برآیند این دو بردار چند واحد است؟

پاسخ:

دو بردار عمود بر هم برابر است با:



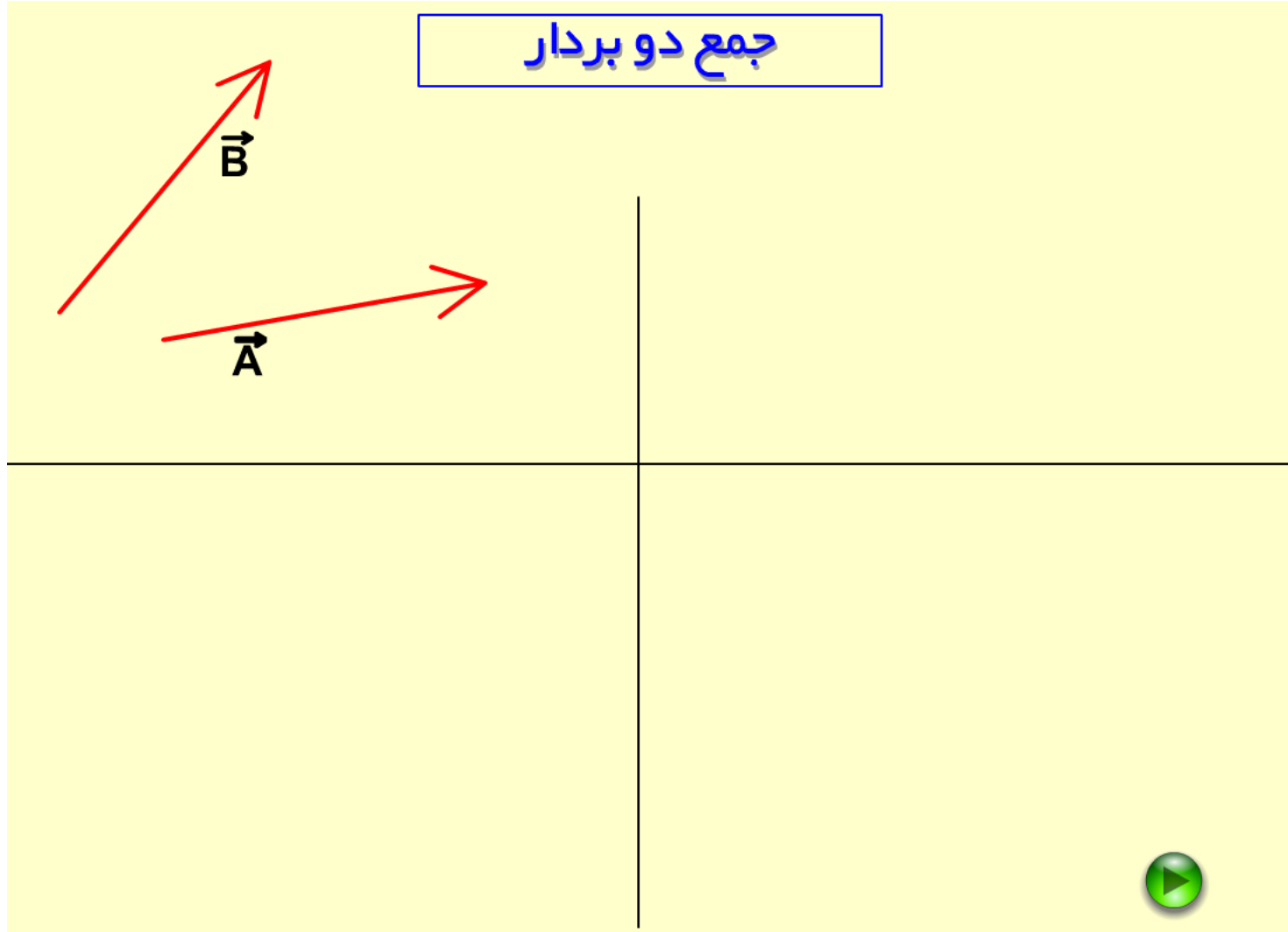
$$R = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$R = \sqrt{6^2 + 8^2}$$

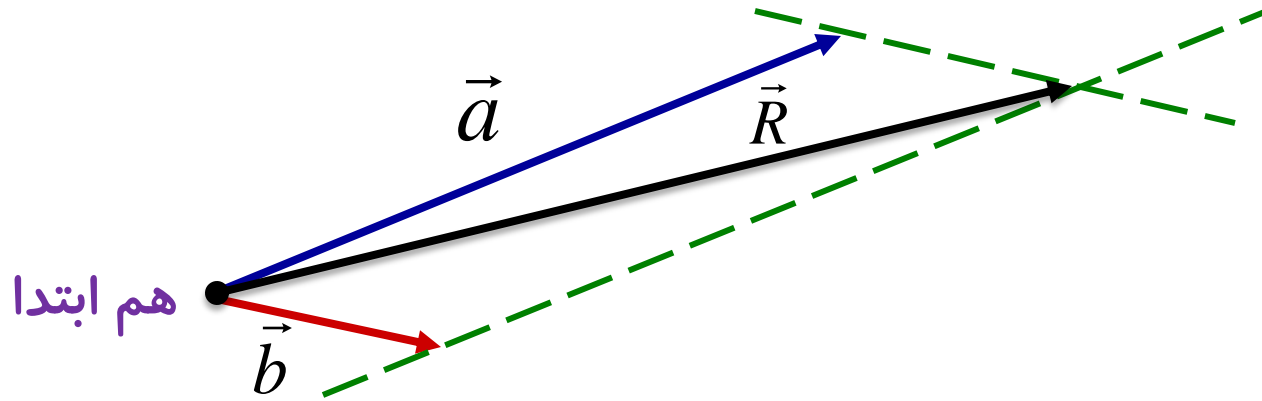
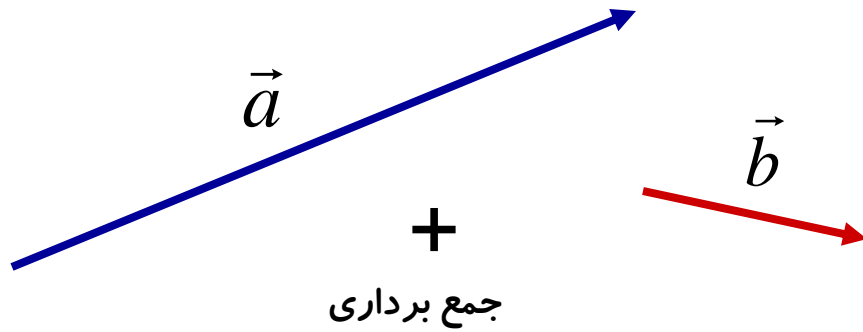
$$R = 10$$



انیمیشن جمع دو بردار به روش مثلثی

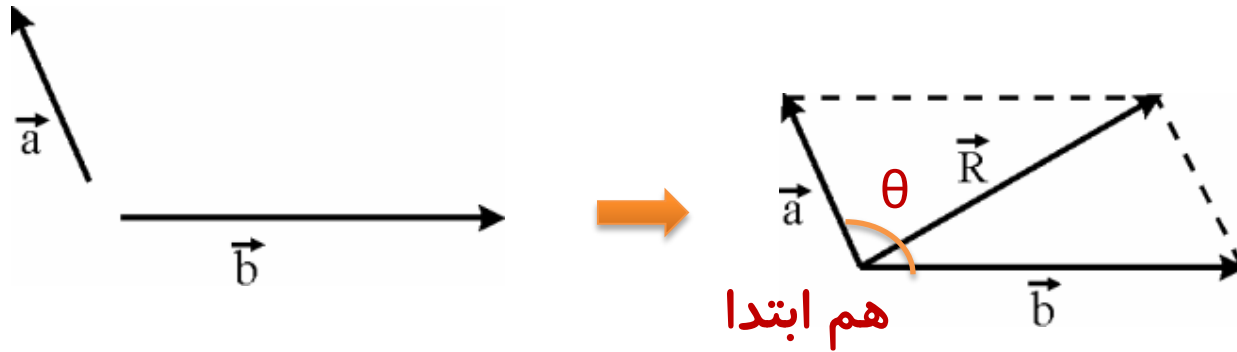


روش متوازی الاضلاع



روش متوازی الاضلاع:

اگر دو بردار به گونه‌ای رسم شوند که هم ابتدا باشند، متوازی الاضلاعی به کمک دو بردار رسم می‌کنیم، قطر رسم شده، نشان دهنده‌ی بردار برآیند \vec{R} است. چون از شکل متوازی الاضلاع استفاده کرده‌ایم به این روش، روش متوازی الاضلاع می‌گوییم.

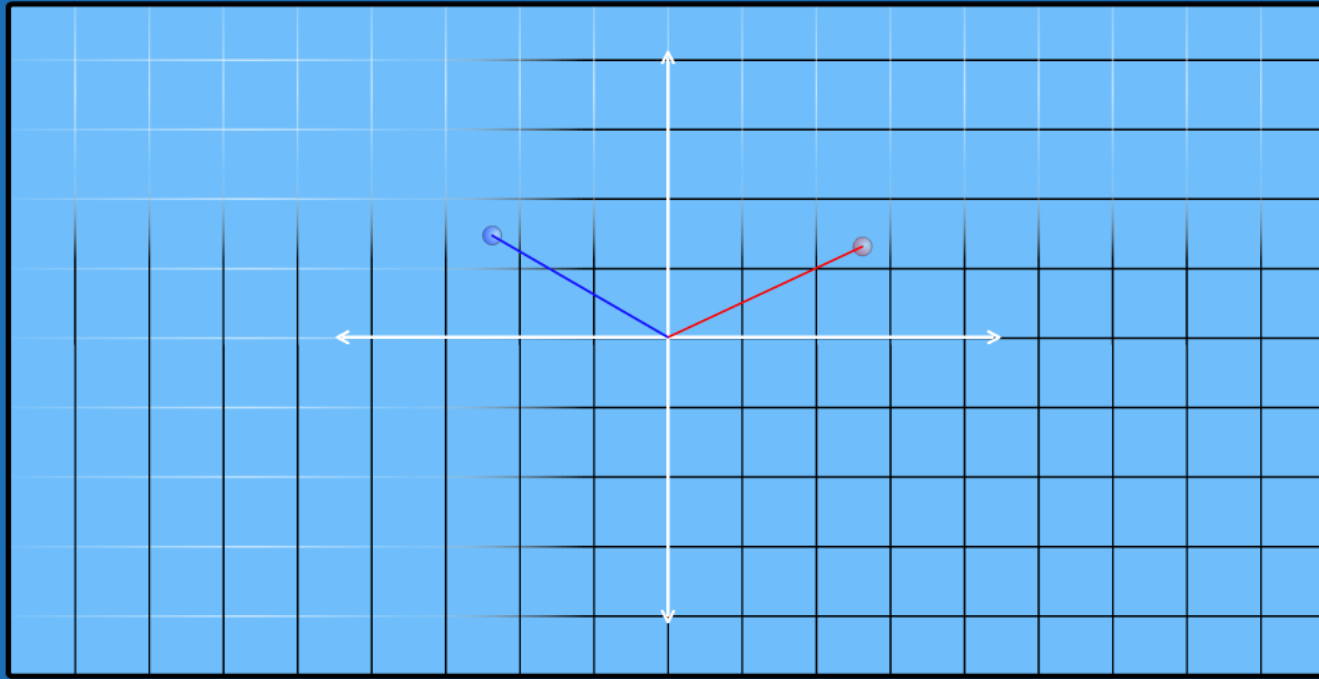


θ زاویه بین دو بردار a و b است

$$|\vec{R}| = \sqrt{a^2 + b^2 + 2ab \cos \theta}$$



انیمیشن جمع دو بردار به روش متوازی الاضلاع



محاسبه مجموع

برای محاسبه مجموع دو بردار از انتهای هر کدام از بردارها خطی به موازات بردار دیگر رسم می‌کنیم. برداری که مبدا مختصات را به محل تقاطع این دو بردار متصل می‌کند بردار مجموع است.

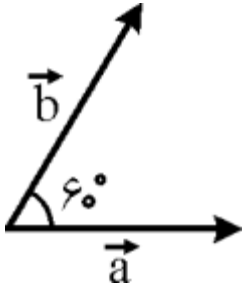


تمرین

در شکل زیر، اگر $a=3\text{m}$ و $b=5\text{m}$ ، اندازه‌ی برآیند آن‌ها (R) را محاسبه کنید

$$\left(\cos 60^\circ = \frac{1}{2} \right)$$

پاسخ:

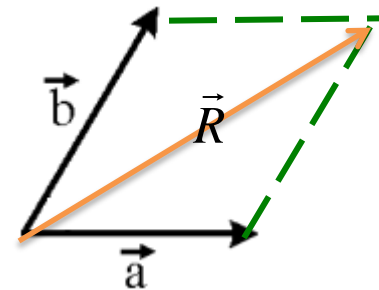


$$|\vec{R}| = \sqrt{a^2 + b^2 + 2ab \cos 60^\circ}$$

$$|\vec{R}| = \sqrt{3^2 + 5^2 + 2 \times 3 \times 5 \times \frac{1}{2}}$$

$$|\vec{R}| = \sqrt{9 + 25 + 15}$$

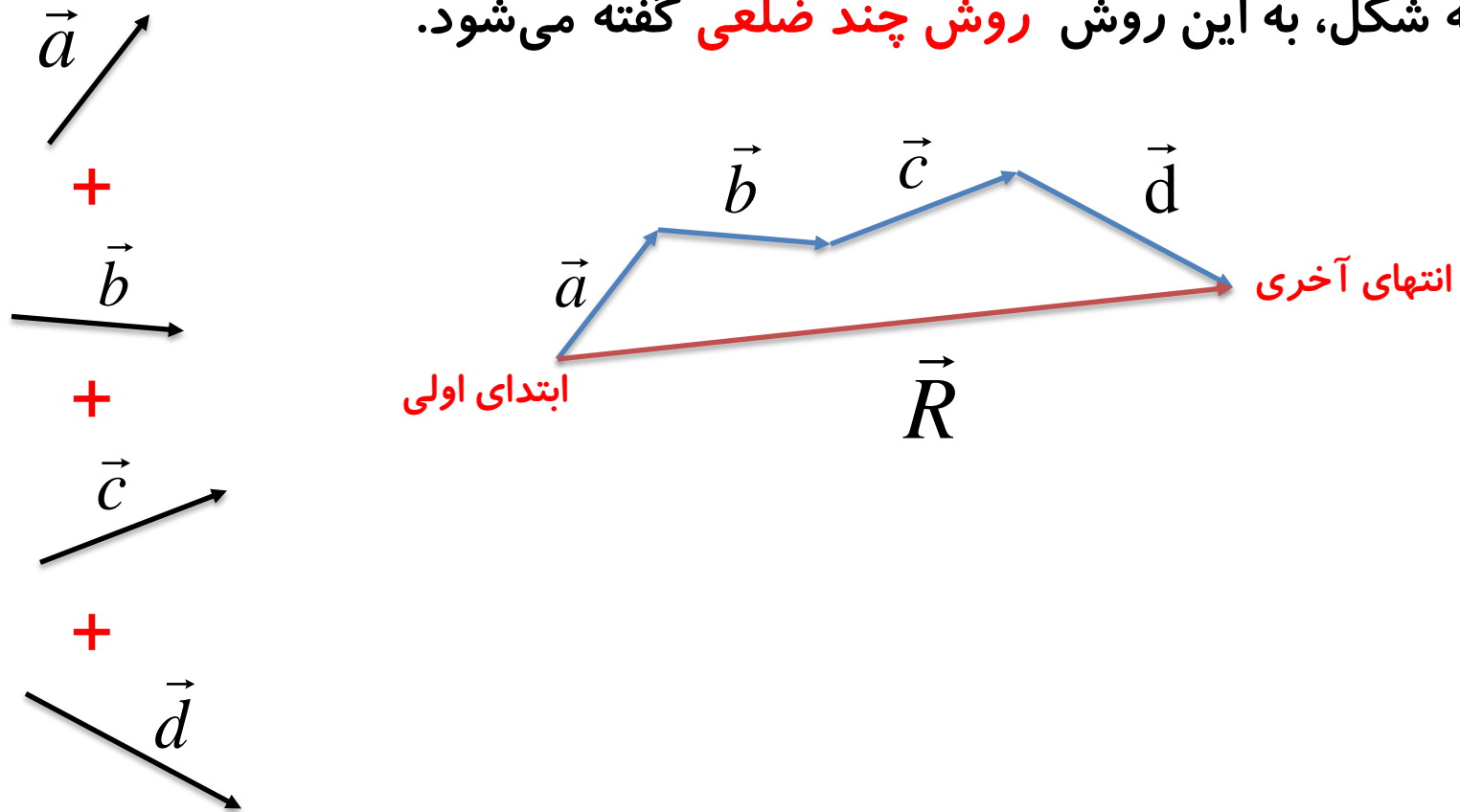
$$|\vec{R}| = \sqrt{49} = 7\text{m}$$



روش چند ضلعی

چند بردار را پشت سر هم رسم می کنیم برداری که ابتدای اولی رابه انتهای
آخری متصل می کند: بردار برآیند \vec{R} آنها است

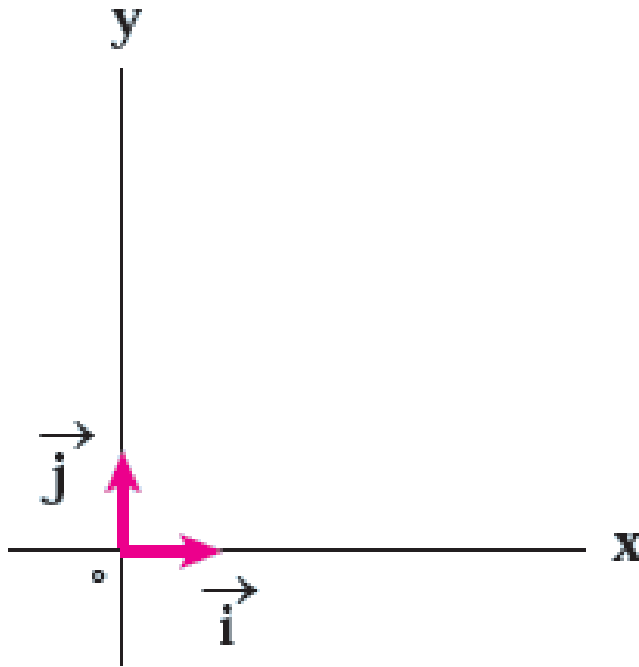
با توجه به شکل، به این روش **روش چند ضلعی** گفته می شود.



برداریکه :

\vec{i} برداری است به طول واحد و در جهت محور x ها

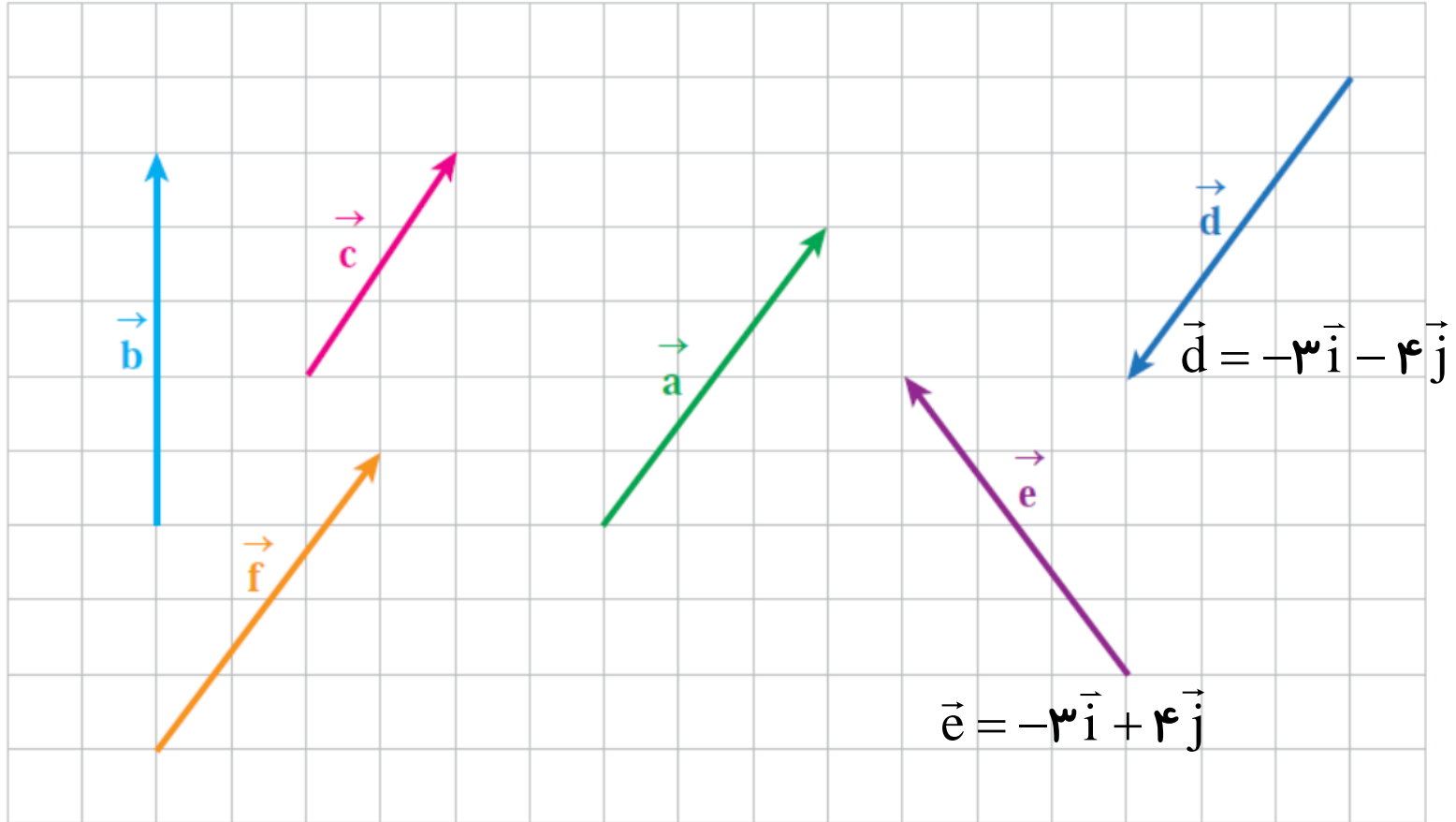
\vec{j} برداری است به طول واحد و در جهت محور y ها



$$|\vec{i}| = |\vec{j}| = 1 \text{ واحد}$$



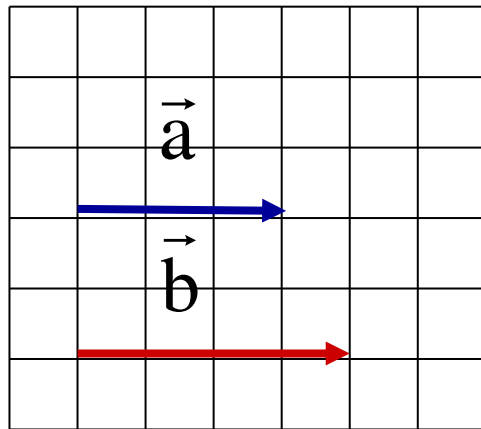
بردارها را به صورت برداریکه بنویسید



تمرین

اندازه‌ی برآیند بردارهای روبه‌رو را به دست آورده، آن را رسم کنید

پاسخ:



$$\vec{a} = 3\vec{i}$$

$$\vec{b} = 4\vec{i}$$

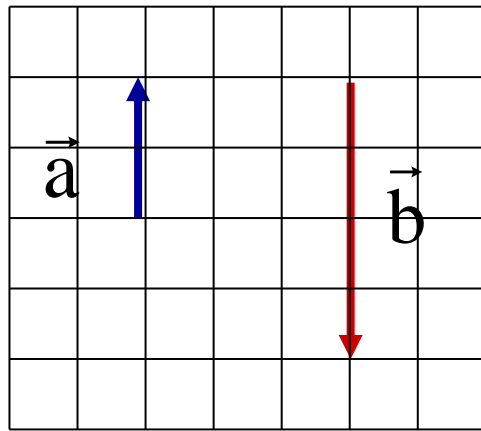
$$\vec{R} = \vec{a} + \vec{b} = 3\vec{i} + 4\vec{i} = 7\vec{i}$$



تمرین

اندازه‌ی برآیند بردارهای روبه‌رو را به دست آورده، آن را رسم کنید

پاسخ:



$$\vec{a} = 2\vec{j}$$

$$\vec{b} = -4\vec{j}$$

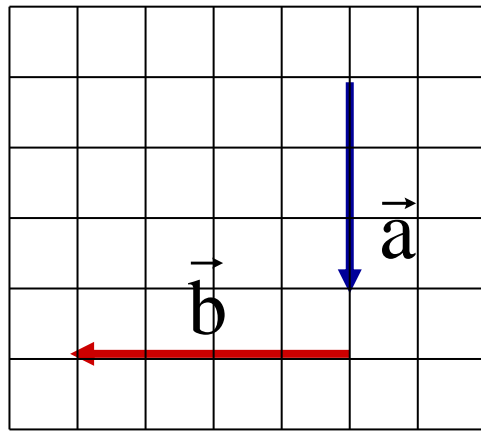
$$\vec{R} = \vec{a} + \vec{b} = 2\vec{j} - 4\vec{j} = -2\vec{j}$$



تمرین

اندازه‌ی برآیند بردارهای روبه‌رو را به دست آورده، آن را رسم کنید

پاسخ:



$$\vec{a} = -3\vec{j}$$

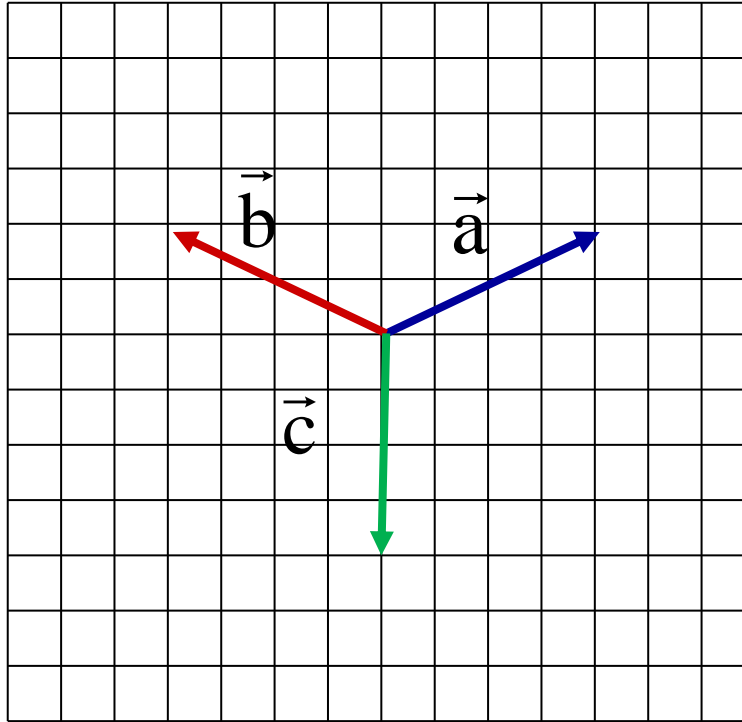
$$\vec{b} = -4\vec{i}$$

$$\vec{R} = \vec{a} + \vec{b} = -3\vec{j} - 4\vec{i} \rightarrow |\vec{R}| = \sqrt{(-3)^2 + (-4)^2} = 5$$



تمرین

اندازه‌ی برآیند بردارهای روبه‌رو را به دست آورده، آن را رسم کنید



پاسخ:

$$\vec{a} = 4\vec{i} + 2\vec{j}$$

$$\vec{b} = -4\vec{i} + 2\vec{j}$$

$$\vec{c} = -4\vec{j}$$

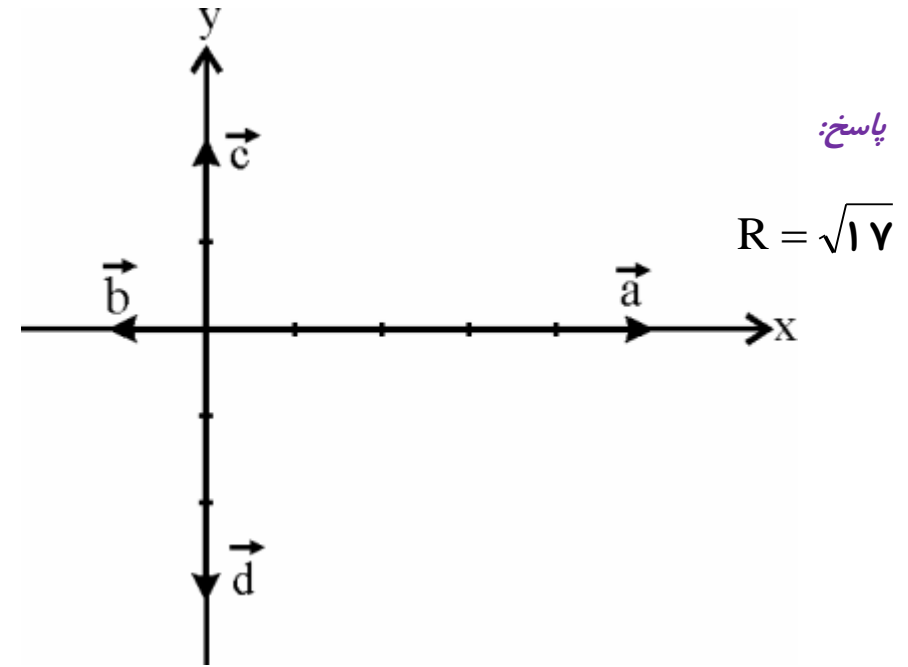
$$\vec{R} = \vec{a} + \vec{b} + \vec{c} = 4\vec{i} + 2\vec{j} - 4\vec{i} + 2\vec{j} - 4\vec{j} = 0$$



تمرین

اندازه‌ی برآیند بردارهای روبه‌رو را به دست آورده، آن را رسم کنید .

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{a} = 5\vec{i} \\ \vec{b} = -\vec{i} \\ \vec{c} = 2\vec{j} \\ \vec{d} = -3\vec{j} \end{array} \right.$$



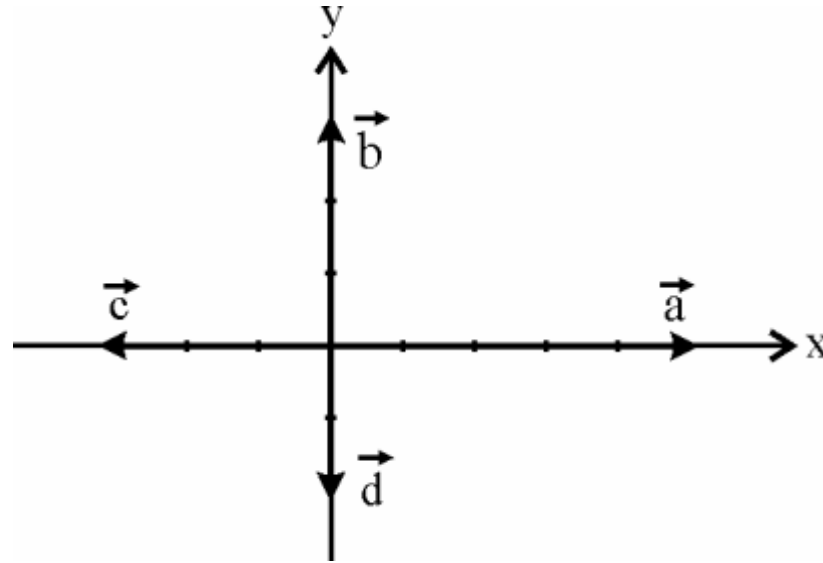
$$\vec{F}_T = \vec{a} + \vec{b} + \vec{c} + \vec{d} \rightarrow \vec{F}_T = 5\vec{i} - \vec{i} + 2\vec{j} - 3\vec{j}$$

$$\vec{F}_T = 4\vec{i} - \vec{j} \rightarrow |\vec{F}_T| = \sqrt{4^2 + (-1)^2} = \sqrt{17}$$



تمرین

بر آیند بردارهای شکل روبه رو را رسم و اندازهی آن را محاسبه کنید



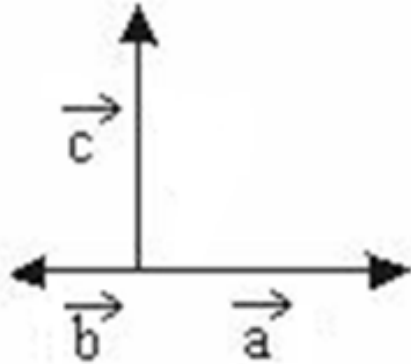
پاسخ:

$$R = \sqrt{5}$$



تمرین

برآیند بردارهای شکل روبه رو را رسم و اندازهی آن را محاسبه کنید



$$|\vec{a}| = ۸$$

$$|\vec{b}| = ۲$$

$$|\vec{c}| = ۸$$

پاسخ:

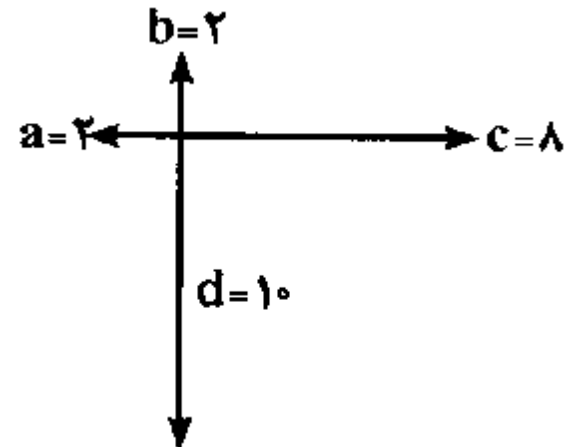
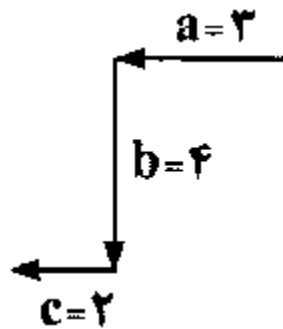
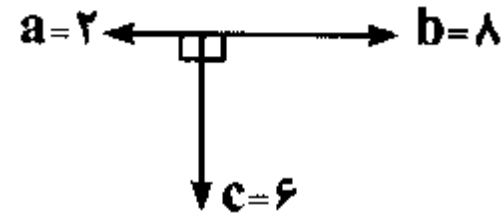
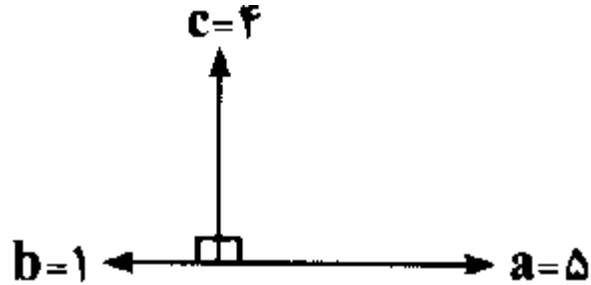
$$R = ۱۰$$



تمرین

بر آیند بردارهای شکلهای زیر را رسم و اندازهی آنها را محاسبه کنید

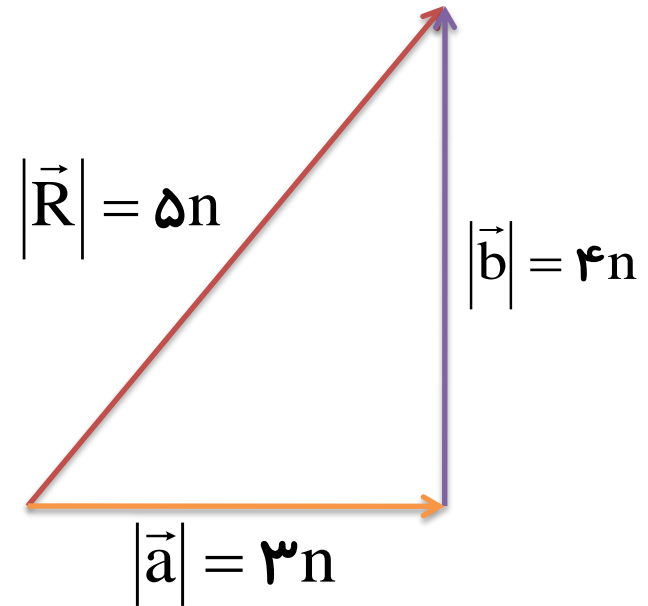
پاسخ:



فرمول کنکوری: (۳,۴,۵)

اعداد داخل کادر، اعداد فیثاغورس هستند، هر ضرب ثابتی از آنها نیز اعداد فیثاغورس خواهند بود

$$\begin{array}{l}
 (۳,۴,۵) \left\{ \begin{array}{l}
 \xrightarrow{\times ۲} (۶,۸,۱۰) \\
 \xrightarrow{\times ۳} (۹,۱۲,۱۵) \\
 \xrightarrow{\times ۴} (۱۲,۱۶,۲۰)
 \end{array} \right.
 \end{array}$$



$$5n = \sqrt{(3n)^2 + (4n)^2}$$

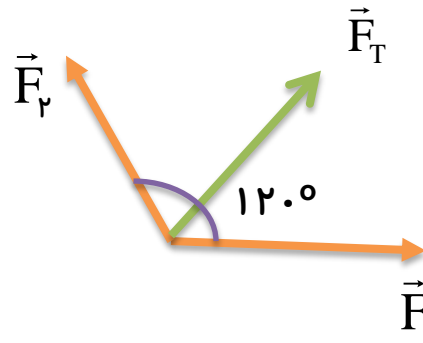


فرمول کنکوری:

اگر اندازه دو برداری برابر باشد آنگاه:

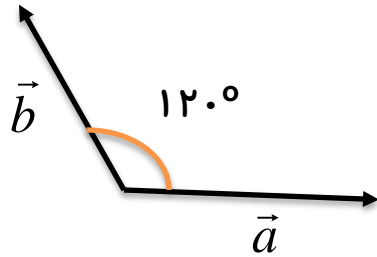
$$F_1 = F_2 \implies F_T = 2F_1 \cos \frac{\theta}{2}$$

و اگر زاویه بین دو بردار 120° باشد آنگاه:

$$F_T = F_1 = F_2$$


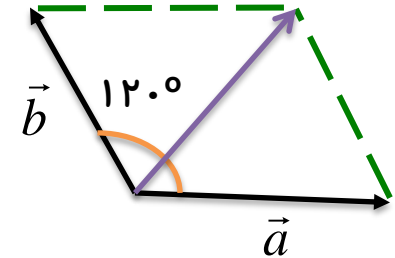
تمرین

دو بردار برابر به طول ۵ واحد بایکدیگر زاویه 120° درجه می سازند برآیند این دو بردار را محاسبه کنید ($\cos 120^\circ = -\frac{1}{2}$)



پاسخ:

R = ۵



$$|\vec{R}| = \sqrt{a^2 + b^2 + 2ab \cos \alpha}$$

$$|\vec{R}| = \sqrt{5^2 + 5^2 + 2 \times 5 \times 5 \cos 120^\circ}$$

$$|\vec{R}| = \sqrt{25 + 25 + 2 \times 25 \times \frac{-1}{2}}$$

$$|\vec{R}| = \sqrt{25} = 5$$



حالت خاص :

اگر اندازه دو برداری برابر باشد آنگاه :

$$F_1 = F_2 \implies F_T = 2F \cos \frac{\alpha}{2}$$

$$\alpha = 0^\circ$$

$$F_T = 2F_1$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$F_T = \sqrt{3}F_1$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$F_T = F_1 \sqrt{2}$$

$$\alpha = 120^\circ$$

$$F_T = F_1$$

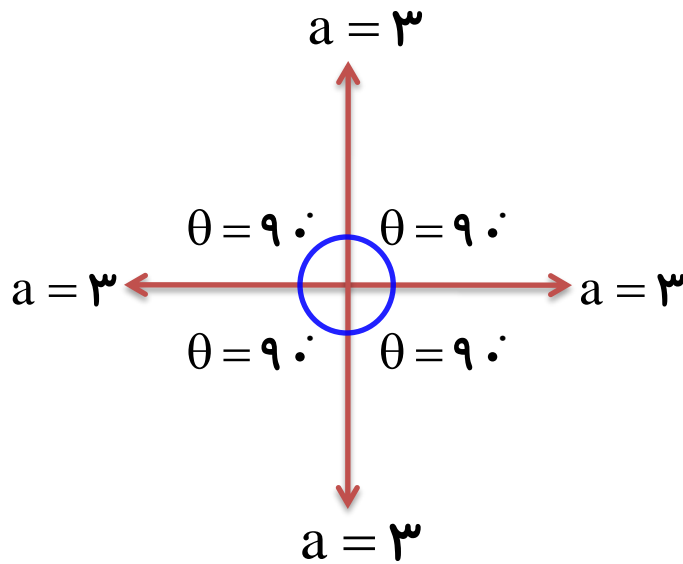
$$\alpha = 180^\circ$$

$$F_T = 0$$

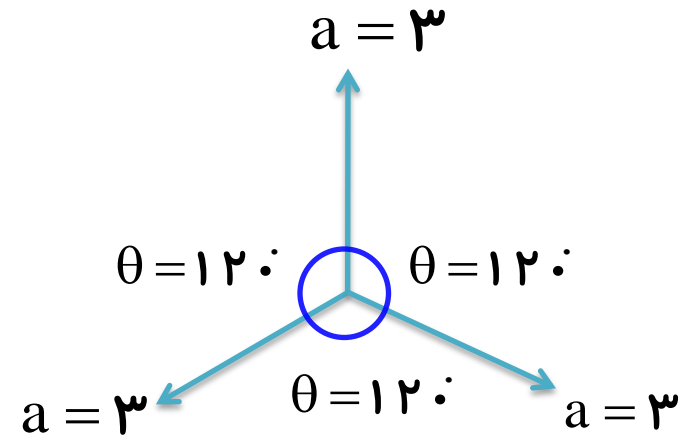


نکته:

هرگاه چند بردار دارای مقادیر مساوی، مبدأ مشترک بوده و زوایای بین آنها نیز یکسان باشد در آن صورت برآیندشان صفر خواهد بود.



$$R = 0$$



$$R = 0$$

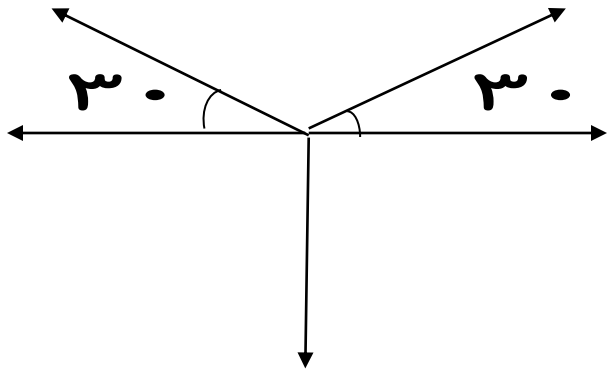


تمرین

پنج بردار برابر به طول ۵ واحد مطابق شکل زیر قرار دارند بزرگی بردار
برآیند چند واحد است؟

پاسخ:

$$R = 0$$



موضوع : اصل برہم نہی نیروہا



السلامة للجميع



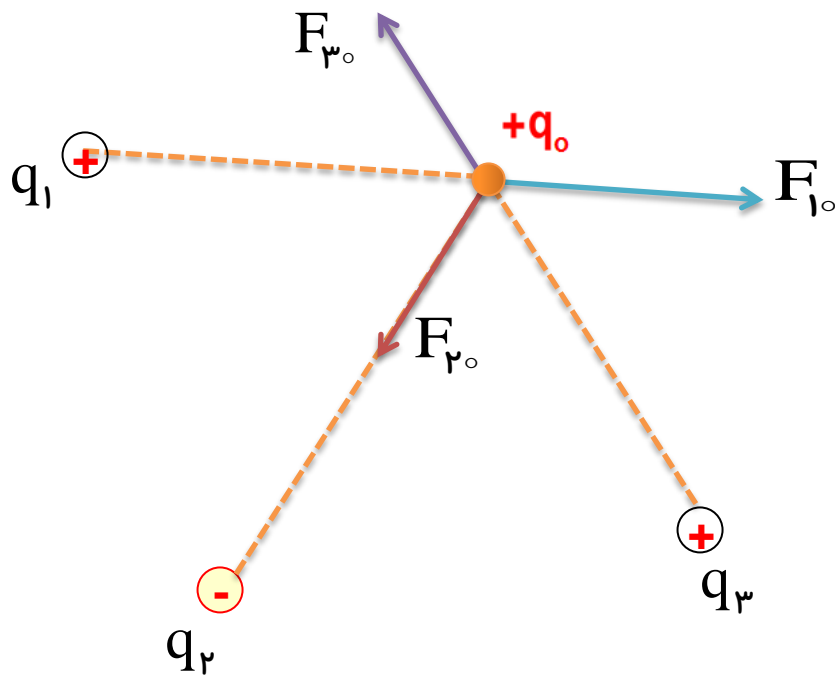
خروج

اصل برهم نهی نیروهای الکتروستاتیکی

اگر در یک ناحیه از فضا تعدادی ذره باردار داشته باشیم نیروی الکتریکی وارد بر هر ذره، بر ایندنیروهایی است که هر یک از ذره های دیگر در غیاب سایر ذره ها، بر آن ذره وارد می کند

$$\vec{F}_{T_o} = \vec{F}_{1_o} + \vec{F}_{2_o} + \vec{F}_{3_o} + \dots$$

نیروی الکتریکی وارد بر هر ذره، بر ایندنیروهایی است که هر یک از ذره های دیگر در غیاب سایر ذره ها، بر آن ذره وارد می کند

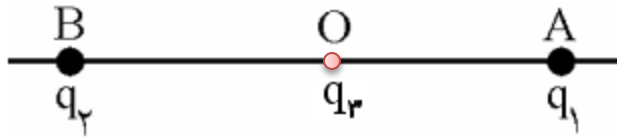


تمرین:

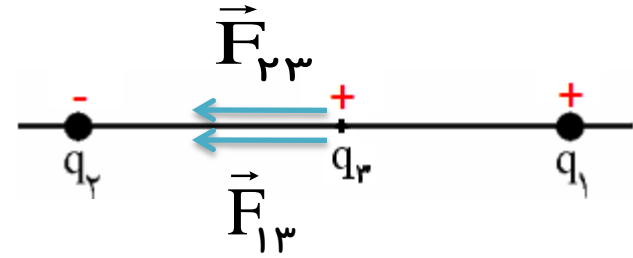
دو ذره باردار $q_1 = +3 \mu\text{C}$ و $q_2 = -3 \mu\text{C}$ در فاصله 6 cm از یکدیگر واقع شده‌اند
 بار الکتریکی $q_3 = +1 \mu\text{C}$ را در وسط این دو ذره، قرار می‌دهیم. نیروی بر این دو وارد
 بر بار q_3 را محاسبه کنید. $k = 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$

پاسخ:

$$\vec{F}_T = -6 \cdot \vec{i}$$



پاسخ:



$$\begin{cases} r_{13} = 3\text{cm} = 3 \times 10^{-2} \text{m} \\ r_{23} = 3\text{cm} = 3 \times 10^{-2} \text{m} \end{cases}$$

$$F_{13} = k \frac{|q_1| \cdot |q_3|}{r_{13}^2} \rightarrow F_{13} = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-6} \times 10^{-6}}{(3 \times 10^{-2})^2} \rightarrow \vec{F}_{13} = -3 \cdot \vec{i}$$

$$F_{23} = k \frac{|q_2| \cdot |q_3|}{r_{23}^2} \rightarrow F_{23} = 9 \times 10^9 \times \frac{|-3 \times 10^{-6}| \times 10^{-6}}{(3 \times 10^{-2})^2} \rightarrow \vec{F}_{23} = -3 \cdot \vec{i}$$

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

$$\vec{F}_T = -3 \cdot \vec{i} - 3 \cdot \vec{i} = -6 \cdot \vec{i}$$

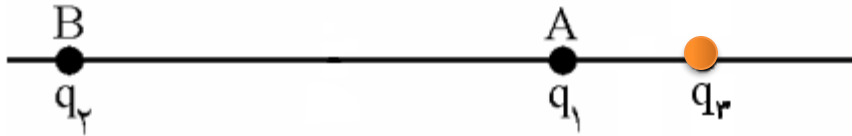


تمرین:

دو ذره باردار $q_1 = +3\mu\text{C}$ و $q_2 = -3\mu\text{C}$ در فاصله 6 cm از یکدیگر واقع شده اند. بار الکتریکی $q_3 = +1\mu\text{C}$ را 1 cm روی خط واصل و خارج دوزره و نزدیک بار مثبت قرار می دهیم. بزرگی نیروی بر ایند وارد بر بار q_3 را محاسبه کنید. $k = 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$.

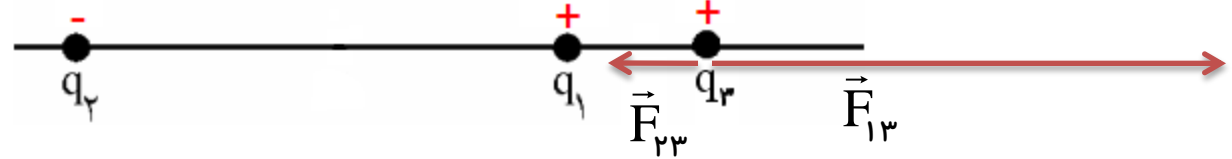
پاسخ:

$$\vec{F}_T = 264 / 5 \vec{i}$$



پاسخ:

$$\left\{ \begin{array}{l} r_{13} = 1 \text{ cm} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ m} \\ r_{23} = 7 \text{ cm} = 7 \times 10^{-2} \text{ m} \end{array} \right.$$



$$F_{13} = k \frac{|q_1| \cdot |q_3|}{r_{13}^2} \rightarrow F_{13} = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-6} \times 10^{-6}}{(10^{-2})^2} \rightarrow \vec{F}_{13} = +27 \cdot \vec{i}$$

$$F_{23} = k \frac{|q_2| \cdot |q_3|}{r_{23}^2} \rightarrow F_{23} = 9 \times 10^9 \times \frac{|-3 \times 10^{-6}| \times 10^{-6}}{(7 \times 10^{-2})^2} \rightarrow \vec{F}_{23} \approx -5 / 5 \vec{i}$$

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} \rightarrow \vec{F}_T = 27 \cdot \vec{i} - 5 / 5 \vec{i} = 264 / 5 \vec{i}$$



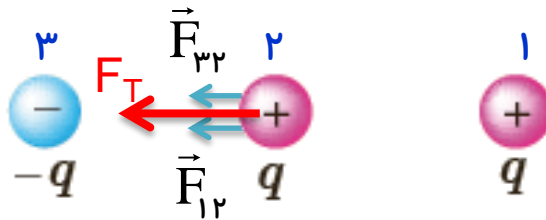
پرسش ۱-۲

سه ذره باردار مانند شکل روبه رو، 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.

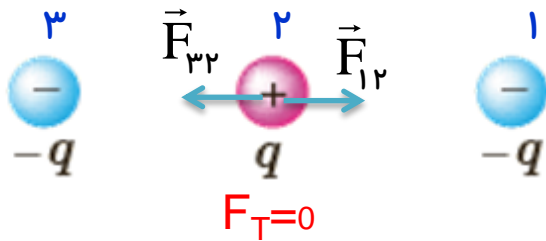
ب) اگر ذره سمت راست به جای q ، بار $-q$ داشته باشد، جهت نیروهای الکتریکی خالص وارد بر بار میانی چگونه خواهد بود؟



پاسخ:



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

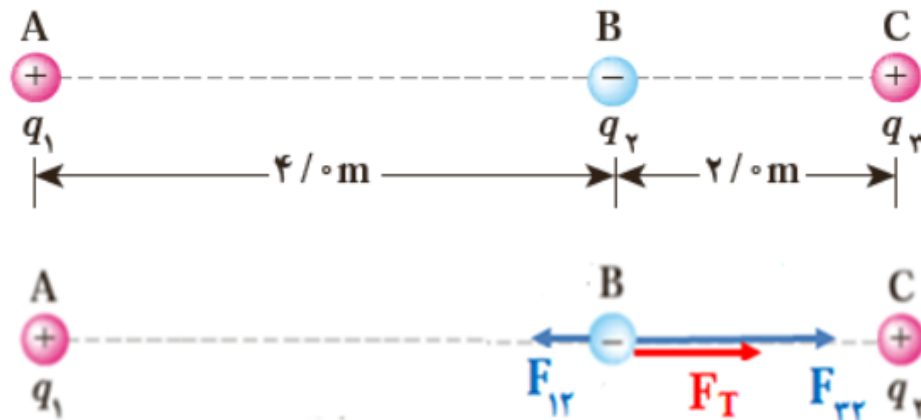


ب) $F_{32} = -F_{12} \Rightarrow F_T = 0$



تمرین ۱-۲

در مثال ۱-۳ (سه ذره با بارهای $q_1 = +2/5 \mu\text{C}$ ، $q_2 = -1 \mu\text{C}$ و $q_3 = +4 \mu\text{C}$ در نقطه های A، B و C مطابق شکل زیر ثابت شده اند) نیروی خالص وارد بر بار q_2 را به دست آورید.



پاسخ:

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

$$F_{32} = k \frac{|q_3| |q_2|}{r_{32}^2} \rightarrow F_{32} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6} \times |-1 \times 10^{-6}|}{2^2} \rightarrow \vec{F}_{32} = +9 \times 10^{-3} \vec{i}$$

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{32} \rightarrow \vec{F}_T = -1/4 \times 10^{-3} \vec{i} + 9 \times 10^{-3} \vec{i} \rightarrow |\vec{F}_T| = 7/6 \times 10^{-3} \text{ N}$$

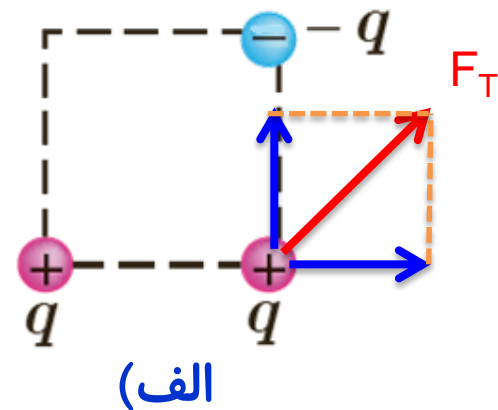
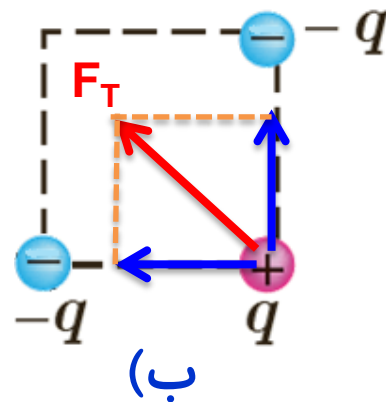
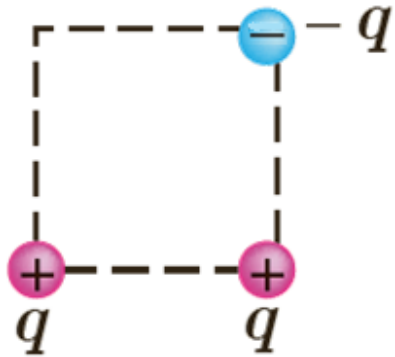


پرسش ۱-۳

سه ذره باردار مطابق شکل در گوشه های 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؟

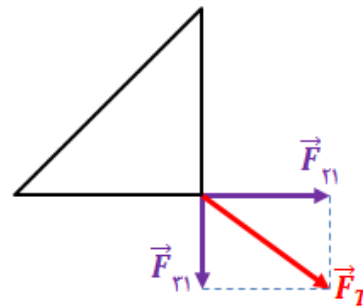
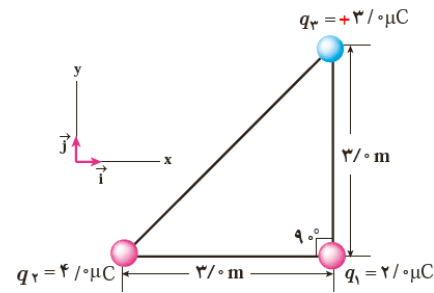
پاسخ:



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_2 تغییر کند، جهت نیروی برآیند وارد بر بار q_1 چگونه خواهد شد؟ (پ) آیا بزرگی نیروی برآیند وارد بر بار q_1 در قسمت های الف و ب با مقداره دست آمده در مثال ۱-۴ متفاوت است؟

پاسخ:

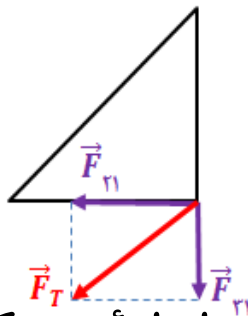
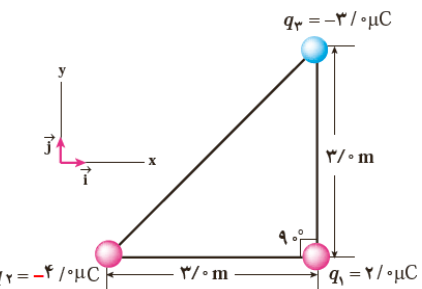


$$\begin{cases} \vec{F}_{21} = 8 \times 10^{-3} \vec{i} \\ \vec{F}_{31} = -6 \times 10^{-3} \vec{j} \end{cases}$$

$$\vec{F}_T = 8 \times 10^{-3} \vec{i} - 6 \times 10^{-3} \vec{j}$$

(الف)

(ب)



$$\begin{cases} \vec{F}_{21} = -8 \times 10^{-3} \vec{i} \\ \vec{F}_{31} = -6 \times 10^{-3} \vec{j} \end{cases}$$

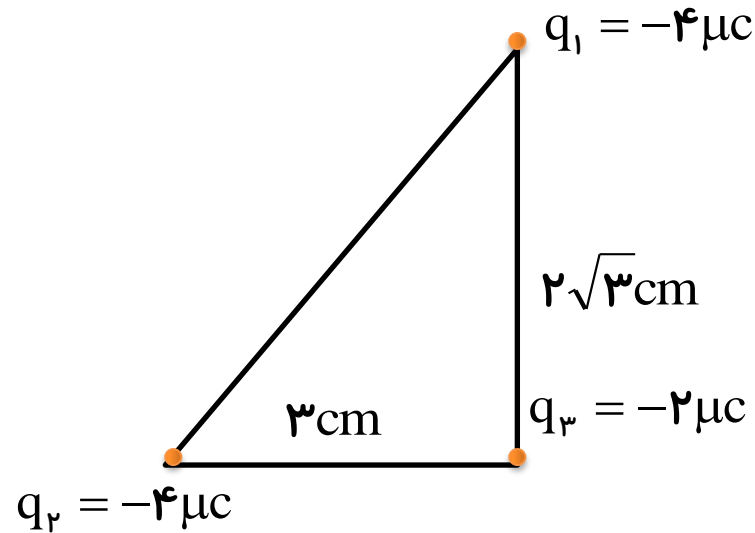
$$\vec{F}_T = -8 \times 10^{-3} \vec{i} - 6 \times 10^{-3} \vec{j}$$

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



تمرین:

سه ذره ی باردار در سه راس مثلث قائم الزاویه ثابت شده اند بزرگی نیروی برآیند وارد بر بار الکتریکی q_3 را محاسبه کنید.

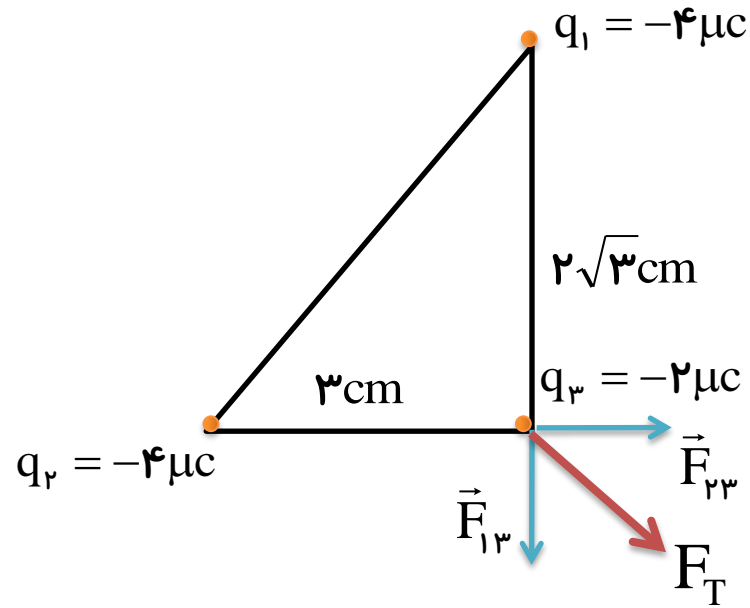


پاسخ:

$$F_T = 10 \cdot \text{N}$$



پاسخ:



$$\begin{cases} r_{13} = 2\sqrt{3}\text{cm} = 2\sqrt{3} \times 10^{-2}\text{m} \\ r_{23} = 3\text{cm} = 3 \times 10^{-2}\text{m} \end{cases}$$

$$F_{13} = k \frac{|q_1| \cdot |q_3|}{r_{13}^2} \rightarrow F_{13} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{(2\sqrt{3} \times 10^{-2})^2} \rightarrow \vec{F}_{13} = -6 \cdot \vec{j}$$

$$F_{23} = k \frac{|q_2| \cdot |q_3|}{r_{23}^2} \rightarrow F_{23} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6} \times |-2 \times 10^{-6}|}{(3 \times 10^{-2})^2} \rightarrow \vec{F}_{23} = +8 \cdot \vec{i}$$

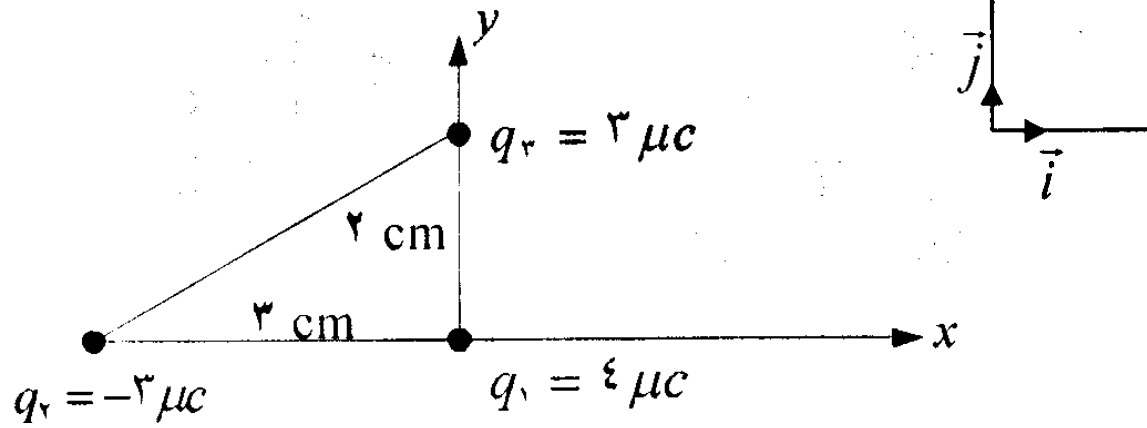
$$\vec{F}_T = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} \rightarrow \vec{F}_T = -6 \cdot \vec{j} + 8 \cdot \vec{i} \rightarrow |\vec{F}_T| = \sqrt{(-6)^2 + 8^2} \rightarrow |\vec{F}_T| = 10 \cdot \text{N}$$



تمرین:

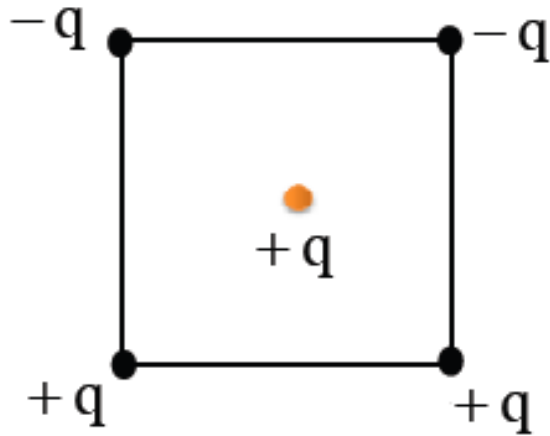
سه ذره باردار مطابق شکل، در سه راس مثلث قائم الزاویه ای قرار دارند. برآیند نیروی وارد بر بار الکتریکی q_1 را بر حسب برداری که \vec{i} و \vec{j} دستگاه مختصات نشان داده شده در شکل رسم بدست آورید.

پاسخ:



تمرین:

چهار ذره باردار مطابق شکل روی چهار راس مربعی قرار گرفته اند. اگر اندازه نیروی وارد از طرف بار q بر ذره باردار واقع در مرکز مربع برابر F باشد. اندازه نیروی بر آینه در مرکز مربع بدست آورید.



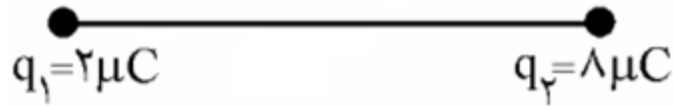
پاسخ:

$$F_T \approx 2\sqrt{2} F$$



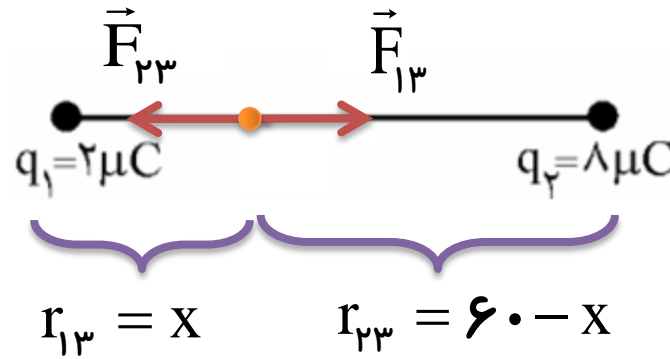
تمرین:

دو بار الکتریکی $+2\mu\text{C}$ و $+8\mu\text{C}$ به فاصله 60 cm از یکدیگر واقع اند. بار $+1\mu\text{C}$ را در چه فاصله‌ای از بار کوچکتر قرار دهیم تا برآیند نیروهای وارد بر آن صفر باشد؟

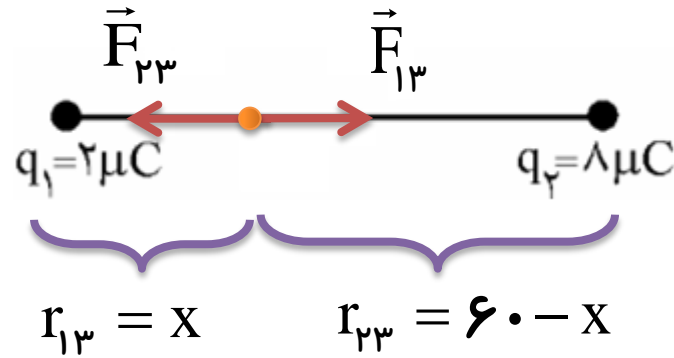


پاسخ:

$$r_{13} = 20\text{ cm}$$



پاسخ:



بر آیند صفر شدن $F_{13} = F_{23} \rightarrow k \frac{|q_1| \cdot |q_3|}{r_{13}^2} = k \frac{|q_2| \cdot |q_3|}{r_{23}^2} \rightarrow \frac{2}{x^2} = \frac{8}{(60 - x)^2}$

از طرفین جذر $4x^2 = (60 - x)^2 \rightarrow 2x = \pm(60 - x)$

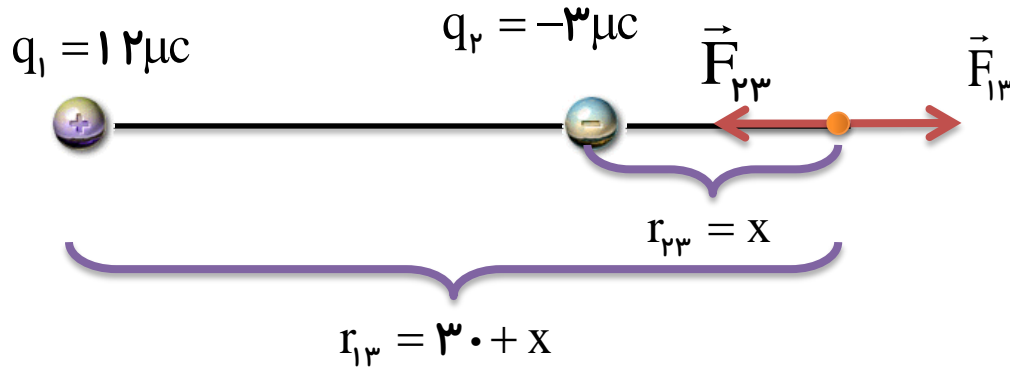
$$\begin{cases} 2x = +(60 - x) \\ 2x = -(60 - x) \end{cases} \begin{cases} x = +20 \text{ cm} & \text{ق ق} \\ x = -60 \text{ cm} & \text{غ ق ق} \end{cases}$$



تمرین:

دو بار الکتریکی $-3\mu\text{C}$ و $+12\mu\text{C}$ به فاصله 30cm از یکدیگر واقع اند. بار $2\mu\text{C}$ را در چه فاصله‌ای از بار کوچکتر قرار دهیم تا برآیند نیروهای وارد بر آن صفر باشد؟

پاسخ:



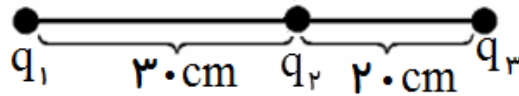
برآیند صفر شدن $F_{13} = F_{23} \rightarrow k \frac{|q_1| \cdot |q_3|}{r_{13}^2} = k \frac{|q_2| \cdot |q_3|}{r_{23}^2} \rightarrow \frac{12}{(30 + x)^2} = \frac{3}{x^2}$

از طرفین جذر $4x^2 = (30 + x)^2 \rightarrow 2x = \pm(30 + x) \begin{cases} 2x = +(30 + x) \\ 2x = -(30 + x) \end{cases} \begin{cases} x = +30\text{cm} \text{ ق ق} \\ x = -10\text{cm} \text{ غ ق ق} \end{cases}$

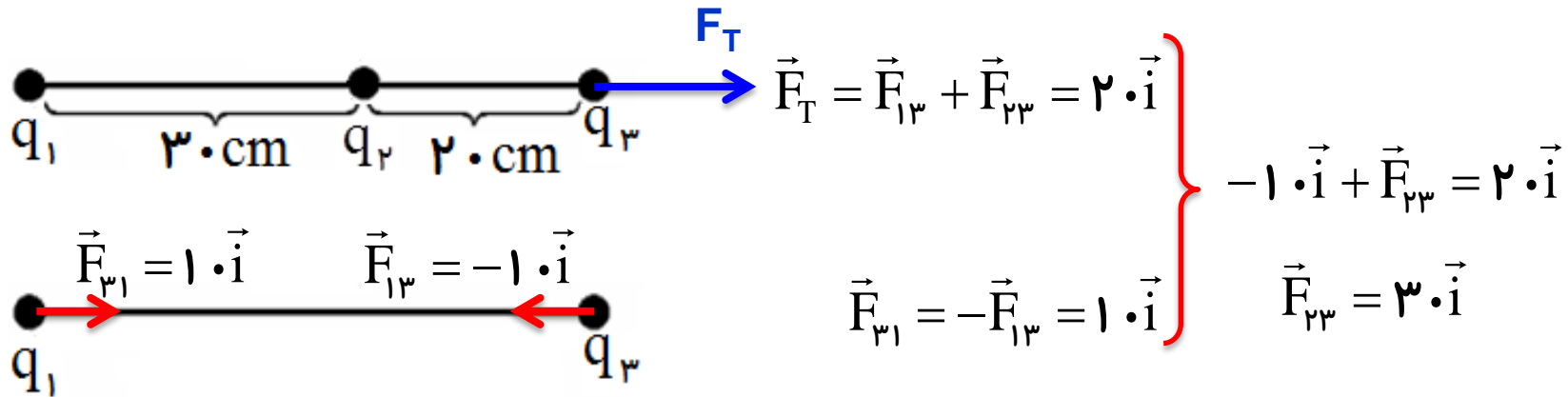


تمرین:

بارهای ذره ای q_1, q_2, q_3 مطابق شکل روی یک محور واقعند. و نیروی 20 N به طرف راست به q_3 وارد می شود. اکنون اگر بار q_2 را برداریم نیروی وارد بر بار q_1 برابر 10 N به طرف راست می شود. نسبت بار q_2 به بار q_1 را بدست آورید.



پاسخ:



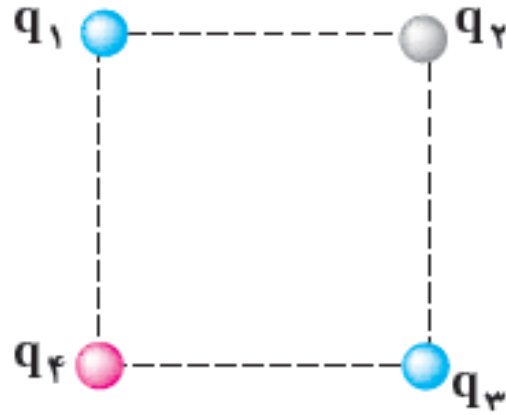
$$\frac{F_{23}}{F_{13}} = \frac{k \frac{|q_2| \cdot |q_3|}{r_{23}^2}}{k \frac{|q_1| \cdot |q_3|}{r_{13}^2}} \Rightarrow \frac{F_{23}}{F_{13}} = \frac{|q_2|}{|q_1|} \times \left(\frac{r_{13}}{r_{23}}\right)^2 \Rightarrow \frac{30}{10} = \frac{|q_2|}{|q_1|} \times \left(\frac{50}{20}\right)^2 \Rightarrow \frac{|q_2|}{|q_1|} = \frac{3 \times 4}{1 \times 25} \Rightarrow \frac{q_2}{q_1} = -\frac{12}{25}$$



تمرین:

سه ذره باردار q_1 ، q_2 و q_3 مطابق شکل در سه رأس مربعی ثابت شده اند. اگر $q_1 = q_3 = -5 \mu\text{C}$ باشد، نوع و اندازه بار q_2 را طوری تعیین کنید که بار q_4 در حال تعادل باشد.

پاسخ:



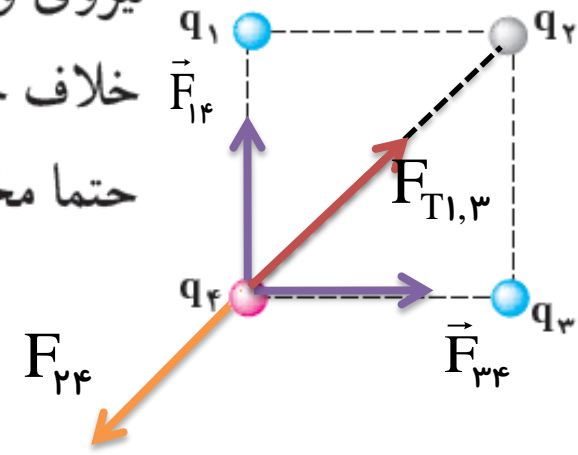
$$q_2 = 10\sqrt{2} \mu\text{C}$$



پاسخ:

نیروی وارد از بار q_2 باید هم اندازه این نیروی برآیند و در خلاف جهت آن باشد تا بار q_4 در تعادل بماند. پس بار q_2 باید حتما مخالف بارهای q_1 و q_3 و بنابراین مثبت باشد.

$r_{14} = r_{34} = a$
 $r_{24} = a\sqrt{2}$
 $q_1 = q_3 = -5\mu\text{C}$
 $q_2 = ?$

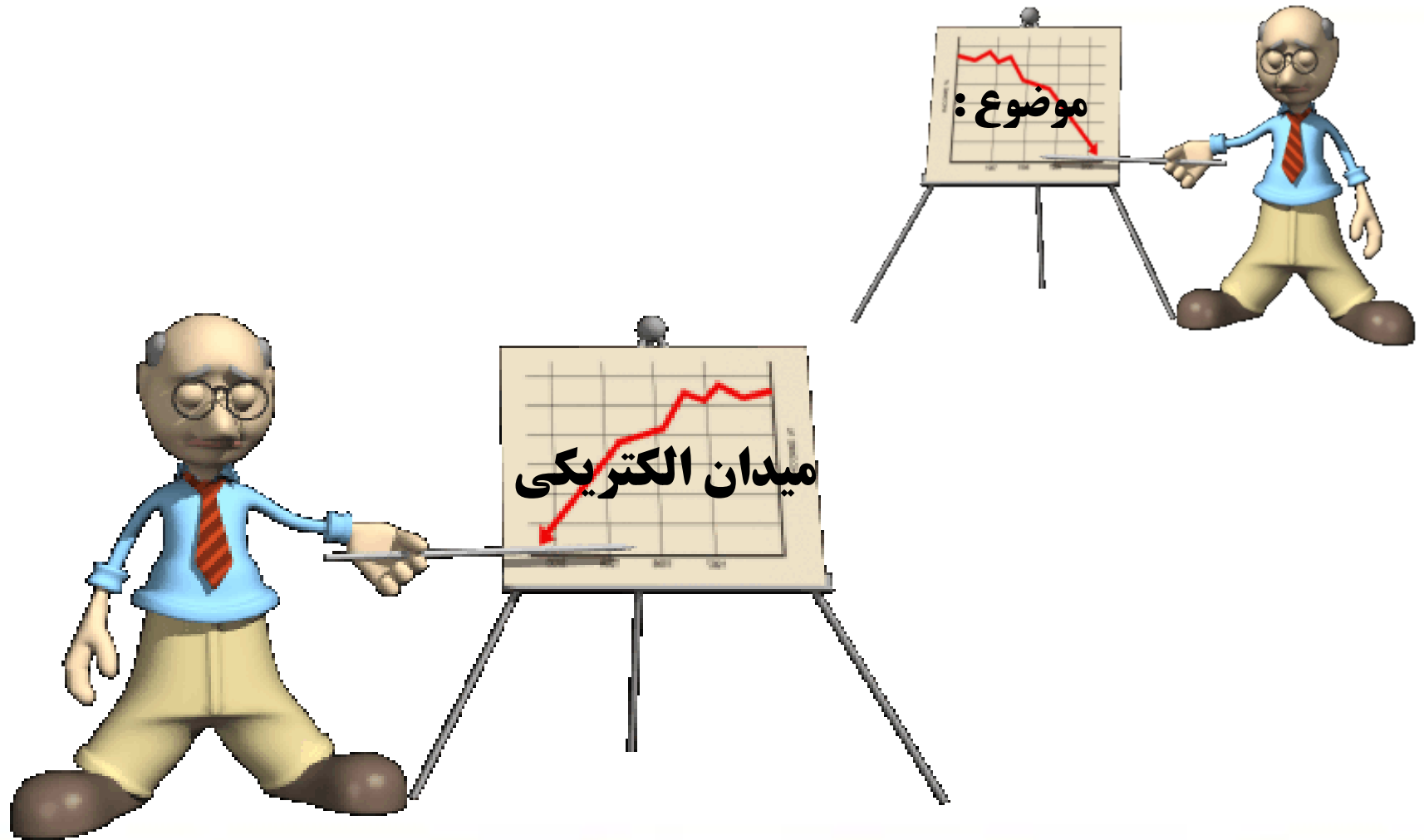


$$F_{14} = F_{34} = \left| k \frac{q_1 \cdot q_4}{a^2} \right| \quad \text{و} \quad F_{24} = \left| k \frac{q_2 \cdot q_4}{(\sqrt{2} a)^2} \right|$$

$$\vec{F}_{T1,3} = \vec{F}_{14} + \vec{F}_{34} \quad \begin{cases} F_{T1,3} = \sqrt{2} F_{14} \\ F_{T1,3} = F_{24} \end{cases} \quad \rightarrow \quad \sqrt{2} F_{14} = F_{24}$$

$$\sqrt{2} \left| k \frac{q_1 \cdot q_4}{a^2} \right| = \left| k \frac{q_2 \cdot q_4}{2a^2} \right| \quad \rightarrow \quad \sqrt{2} \times 5 = \frac{q_2}{2} \quad \rightarrow \quad q_2 = 10\sqrt{2} \mu\text{C}$$





الجمهورية العربية السورية

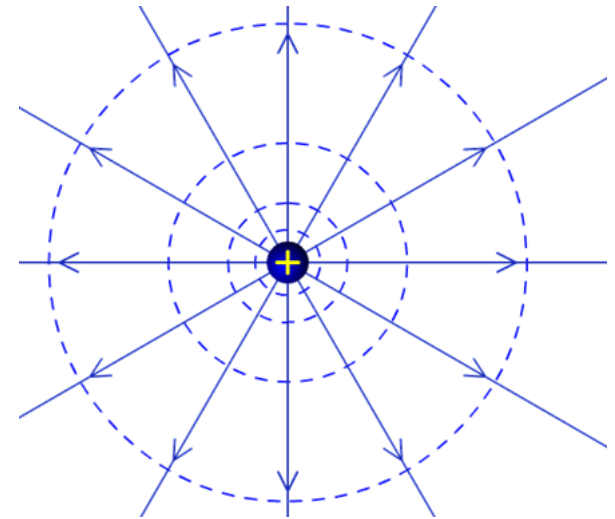
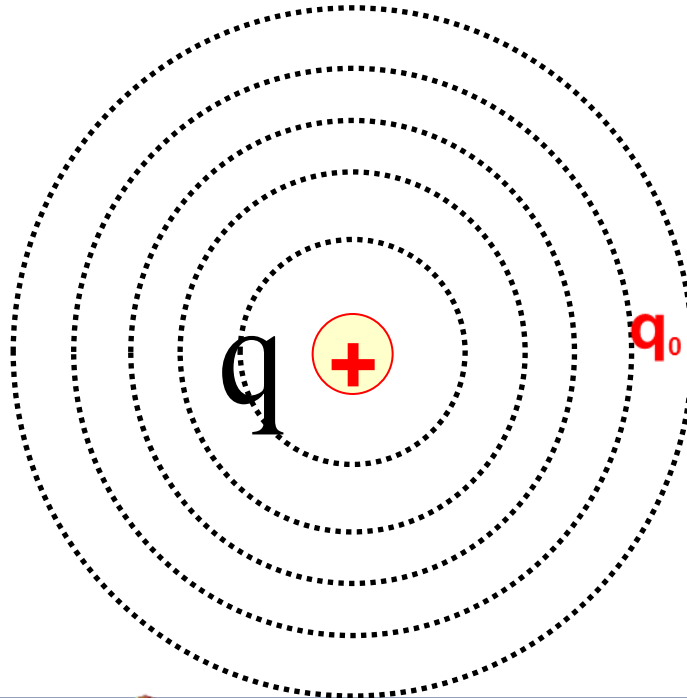


خروج

مقدمه میدان الکتریکی

دو بار الکتریکی از راه دور یا نزدیک، چه باهم در تماس باشند چه نباشند، میان دو بار الکتریکی محیط مادی باشد یا نباشد، بر یکدیگر نیرو وارد می کنند

بار q از فاصله r بر بار q_0 نیرو وارد می کند بار q در تمام نقطه های فضای اطراف خود خاصیتی به وجود می آورد که بر هر بار الکتریکی دیگر در این فضا قرار گیرد نیرو وارد می کند



میدان الکتریکی \vec{E}

خاصیتی است که یک بار الکتریکی در فضای اطراف خود به وجود می آورد



بار مفعول q_0

بار فاعل (باری که میدان را ایجاد کرده): q

بار مفعول (بار مهمان: باری که در میدانی قرار گرفته و از طرف میدان بر آن نیرو وارد می گردد): q_0

نکته:

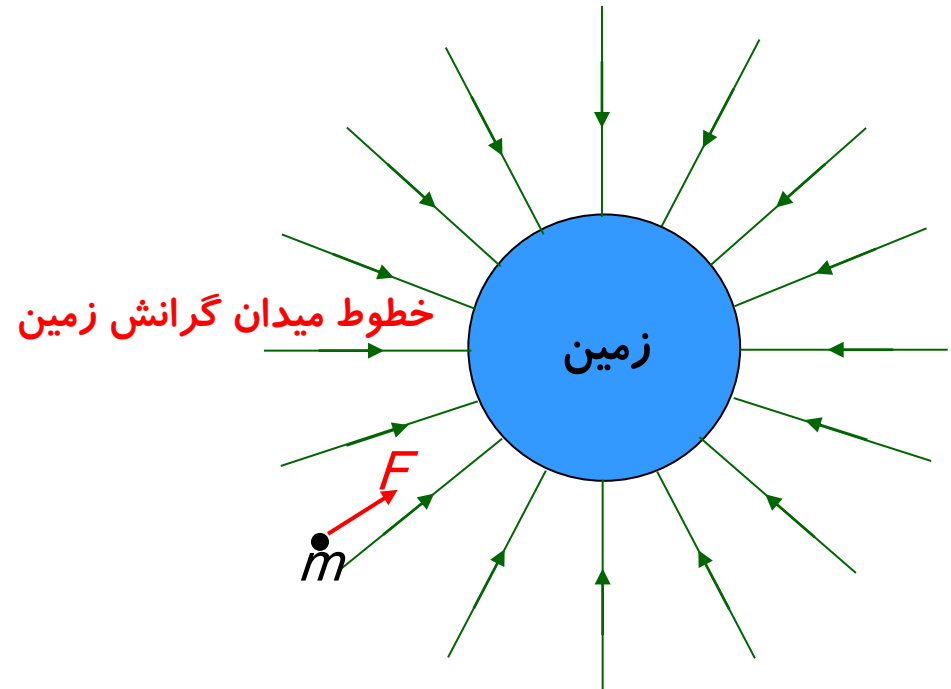
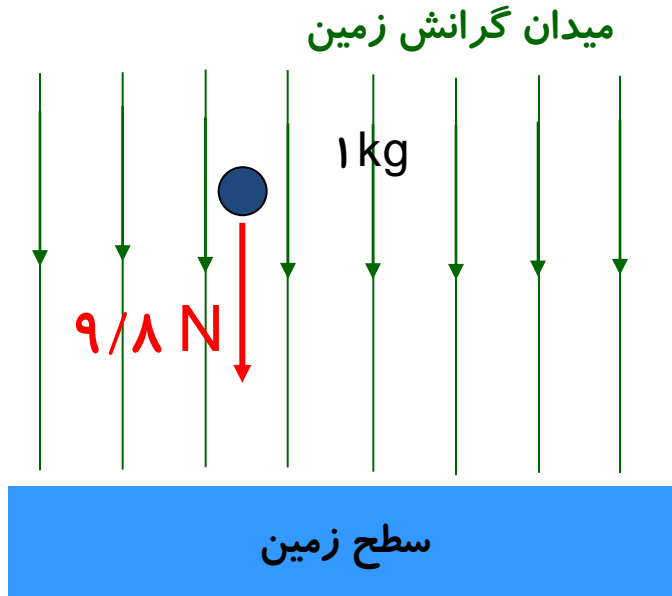
(بار آزمون باید آنقدر کوچک باشد که توزیع بار جسم را برهم نزند)



خطوط میدان الکتریکی

برای تجسم میدان الکتریکی در اطراف یک جسم باردار خط های فرضی رسم می کنیم که به آن ها خطوط میدان الکتریکی می گوئیم.

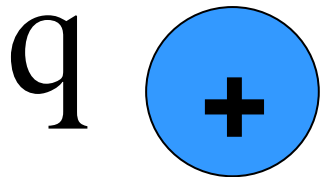
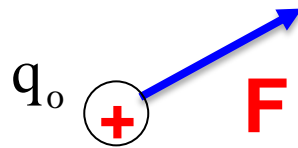
تجسم خطوط میدان گرانش



تعریف کمی میدان الکتریکی:

نیروی واردبریکای بار الکتریکی مثبت (+۱ C) در هر نقطه را میدان الکتریکی در آن نقطه گویند

$$\frac{q_0}{+1C} = \frac{\vec{F}}{\vec{E}} \Rightarrow \vec{F} = \vec{E}q_0 \Rightarrow \vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$



نکته:

فرض می کنیم حضور بار آزمون هیچ **تاثیری بر توزیع بار روی جسم ندارد** و بنابراین میدان الکتریکی تعریف شده ما را تغییر نمی دهد

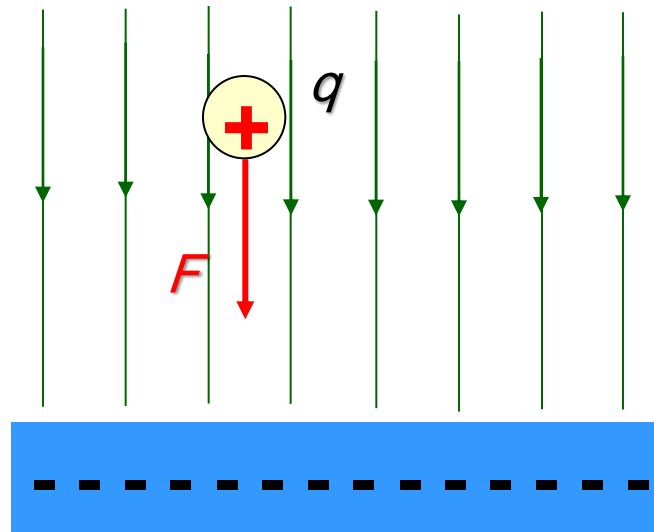


نکته:

میدان الکتریکی کمیتی است برداری که دارای جهت و اندازه است

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad \left(\frac{N}{C}\right) \text{ نیوتن بر کولن است. SI}$$

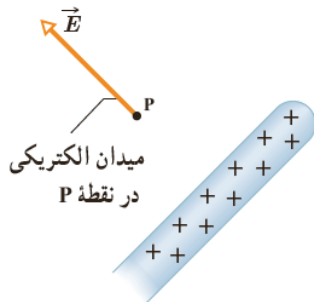
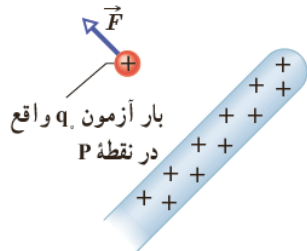
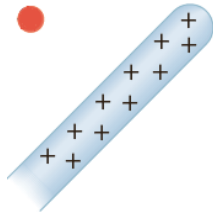
رفتار ذره باردار منفی مانند میدان گرانش زمین



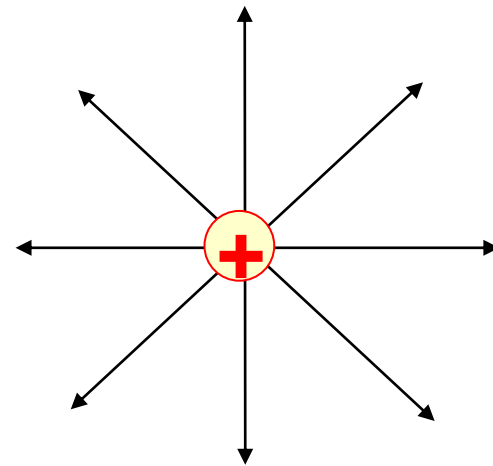
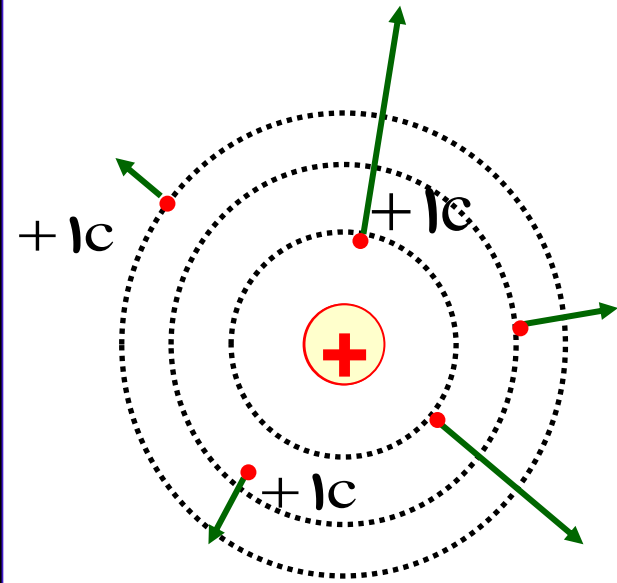
جهت میدان الکتریکی در هر نقطه:

هم جهت با نیروی وارد بر یکای بار مثبت (+۱ C) واقع در آن نقطه است

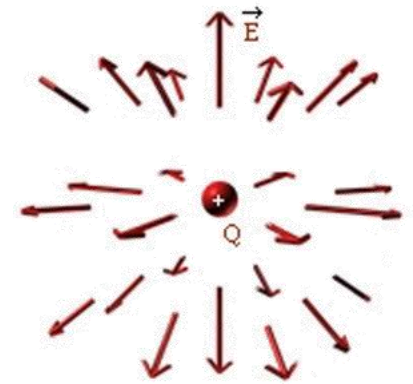
©1999 Science Joy Wagon



میدان در اطراف بارهای نقطه‌ای مثبت:



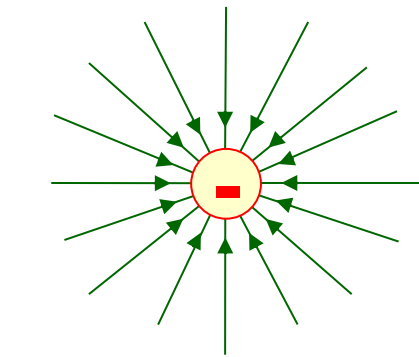
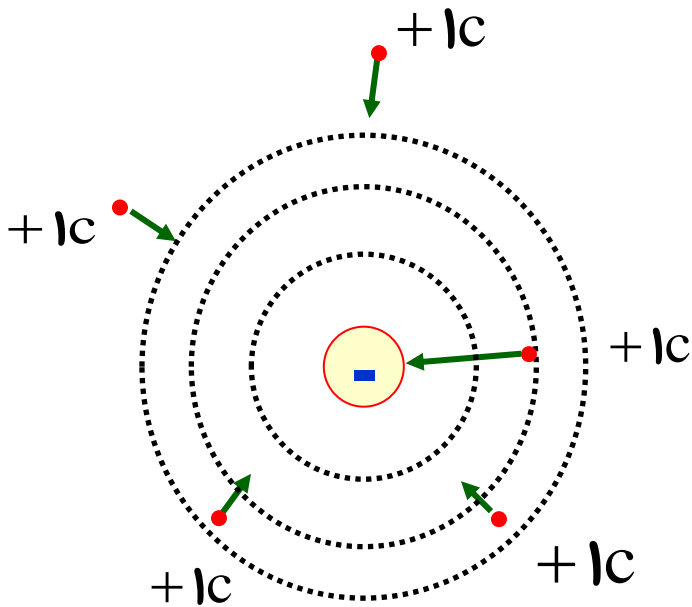
خطوط میدان دویعدی



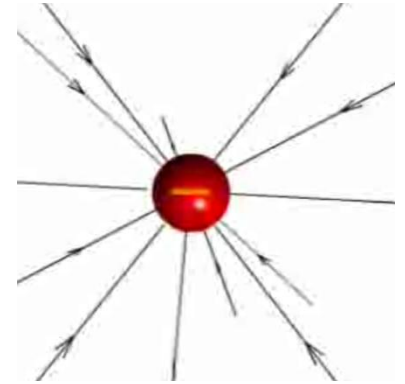
خطوط میدان سه بعدی



میدان در اطراف بارهای نقطه‌ای منفی:



خطوط میدان دوعدی

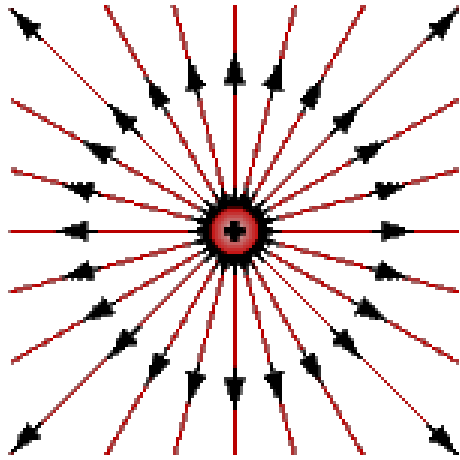


خطوط میدان سه بعدی



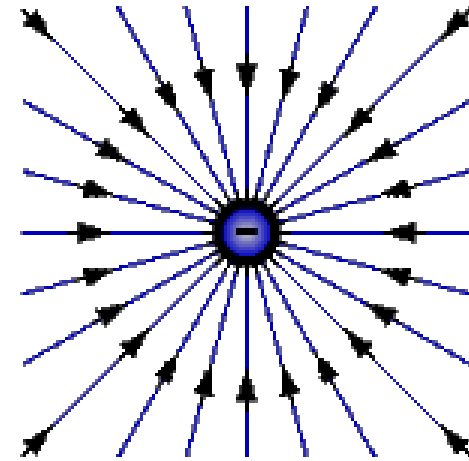
جهت خطوط میدان الکتریکی اطراف بار مثبت و منفی

بارهای نقطه‌ای مثبت:



شعاعی و به سمت خارج بار است

بارهای نقطه‌ای منفی:

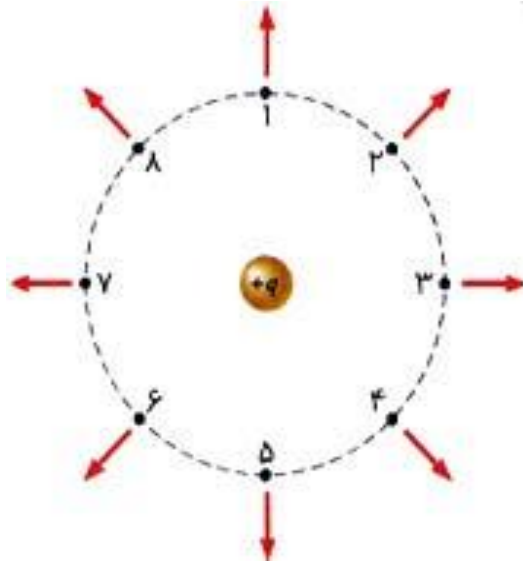


شعاعی و به سمت داخل بار است



پرسش :

اندازه میدان الکتریکی در نقاط داده شده را با یکدیگر مقایسه کنید؟

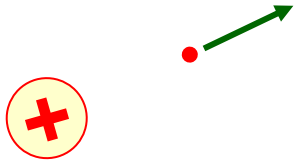


تمرین:

بر بار الکتریکی $2.0 \mu\text{C}$ در یک نقطه از میدان بار q ، نیروی $N = 5.0 \times 10^{-2}$ وارد می شود اندازه میدان الکتریکی را در این نقطه محاسبه کنید

پاسخ:

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



$$\left\{ \begin{array}{l} q_0 = 2.0 \mu\text{C} = 2.0 \times 10^{-6} \text{ C} \\ F = 5.0 \times 10^{-2} \text{ N} \\ E = ? \end{array} \right.$$

$$E = \frac{F}{q_0}$$

$$E = \frac{5.0 \times 10^{-2}}{2.0 \times 10^{-6}}$$

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



عامل های مؤثر بر میدان الکتریکی حاصل از بار (فاعل)

- (۱) بامقدار بار الکتریکی که این میدان را به وجود آورده نسبت مستقیم دارد. $E \propto |q|$
- (۲) بامجدور فاصله بار (تا بار مثبت فرضی) نسبت معکوس دارد. $E \propto \frac{1}{r^2}$

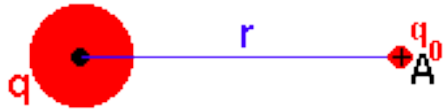
$$E \propto \frac{|q|}{r^2} \rightarrow E = K \frac{|q|}{r^2}$$



فرمول میدان الکتریکی حاصل از بار q در یک نقطه (A):



ابتدا یک بار مثبت فرضی q_0 را در نقطه A می گذاریم.



$$E = \frac{F}{q_0}$$

$$F = k \frac{|q| \cdot q_0}{r^2}$$

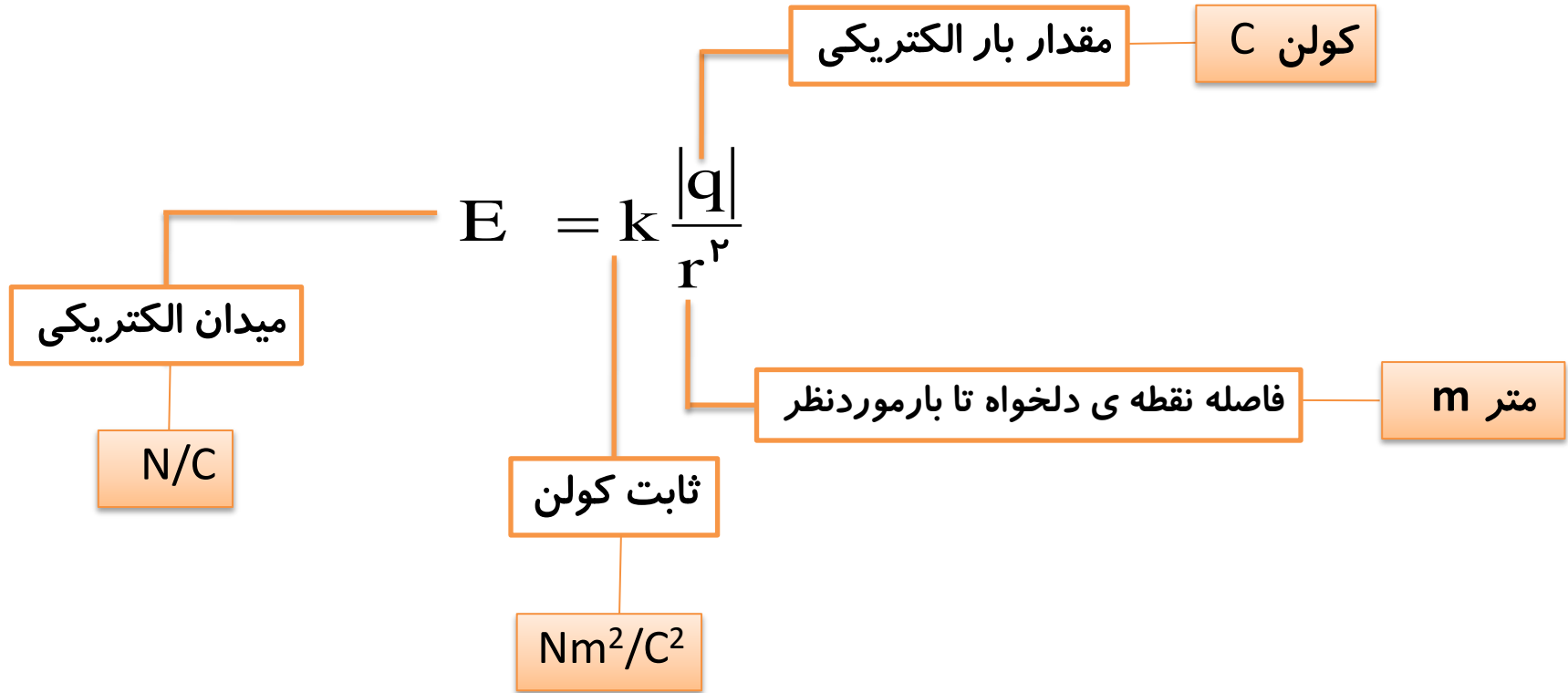
$$E = \frac{k \frac{|q| \cdot q_0}{r^2}}{q_0} \rightarrow E = K \frac{|q|}{r^2}$$

نکته:

میدان الکتریکی در یک نقطه به نوع و مقدار بار الکتریکی مثبت فرضی (آزمون) در آن نقطه بستگی ندارد.



میدان الکتریکی یک ذره باردار از فرمول زیر محاسبه می شود



تمرین:

اندازه و جهت میدان الکتریکی بار ذره $2\mu\text{C}$ - را در نقطه ای به فاصله 3cm از بار را پیدا کنید.

پاسخ:

$$q = -2\mu\text{C} = -2 \times 10^{-6} \text{C}$$

$$r = 3\text{cm} = 3 \times 10^{-2} \text{m}$$

$$E = ?$$

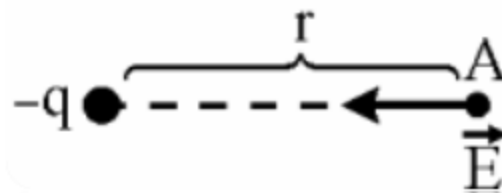
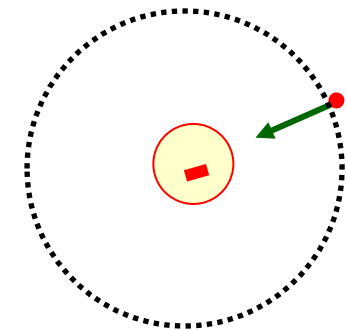
$$k = 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$$

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

$$E = \frac{9 \times 10^9 \times |-2 \times 10^{-6}|}{(3 \times 10^{-2})^2}$$

$$E = \frac{18 \times 10^{+3}}{9 \times 10^{-4}}$$

$$E = 2 \times 10^7 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

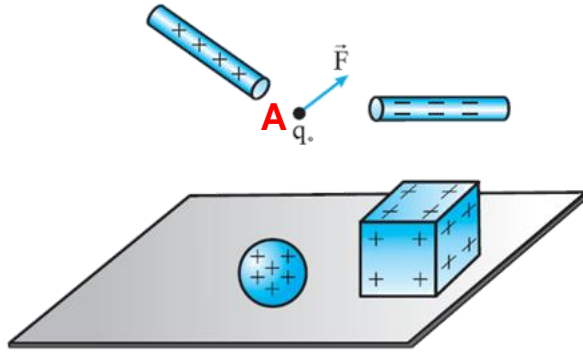


شعاعی وبه سمت بار است



تمرین:

اندازه نیروی الکتریکی وارد بر بار آزمون $q_0 = 1/6 \text{ nC}$ واقع در نقطه A ، در اطراف چهار جسم باردار نشان داده شده برابر $4/8 \times 10^{-6} \text{ N}$ است اگر جهت نیروی وارد بر بار آزمون به شکل روبه رو باشد، جهت و اندازه میدان الکتریکی در نقطه A را مشخص کنید.



پاسخ:

جهت میدان الکتریکی، همان جهت نیروی وارد بر بار مثبت آزمون است

$$q_0 = 1/6 \text{ nC} = 1/6 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$F = 4/8 \times 10^{-6} \text{ N}$$

$$E = ?$$

$$E = \frac{F}{q_0} = \frac{4/8 \times 10^{-6}}{1/6 \times 10^{-9}} = 3 \times 10^3 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$



تمرین:

در یک نقطه از فضا بر بار الکتریکی 5 C - نیروی $\vec{F} = -40 \cdot \vec{i} + 30 \cdot \vec{j}$ بر حسب نیوتون وارد می شود. میدان الکتریکی در این نقطه چقدر است.

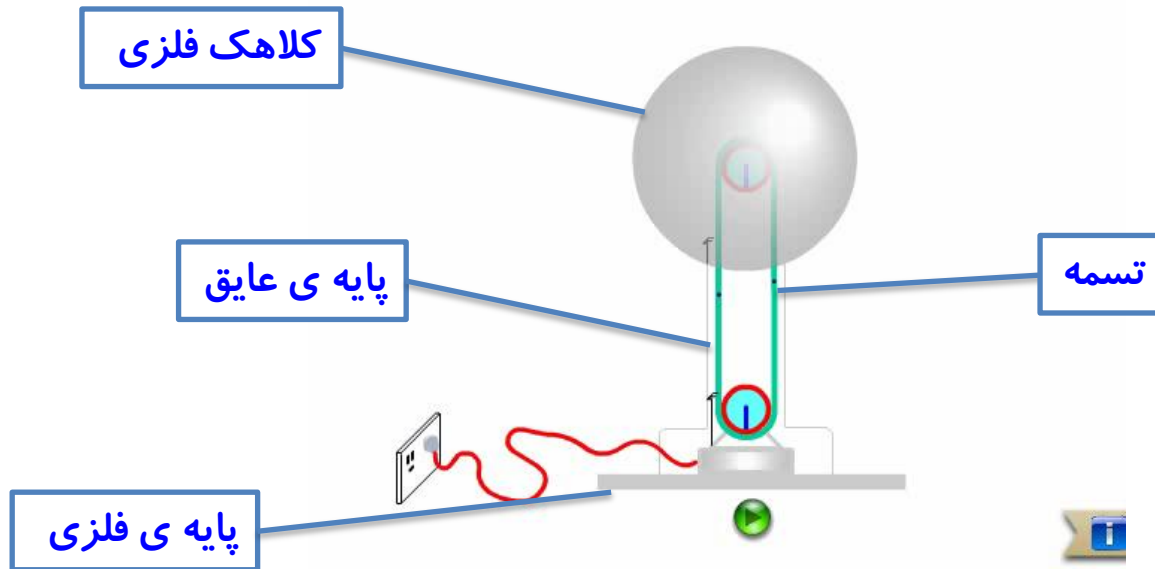
پاسخ:

$$\vec{E} = 8 \cdot \vec{i} - 6 \cdot \vec{j}$$



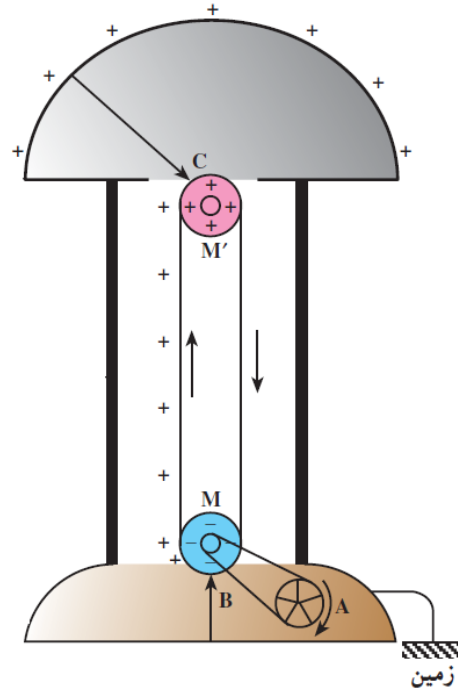
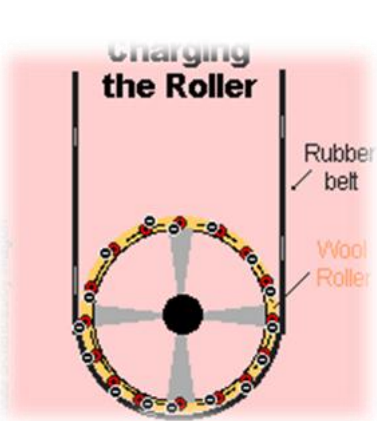
مولد وان دو گراف :

دستگاهی است که بار الکتریکی روی کلاهک فلزی آن انباشته می شود. اگر یک جسم رسانا با کلاهک این دستگاه تماس پیدا کند دارای بار الکتریکی می شود.



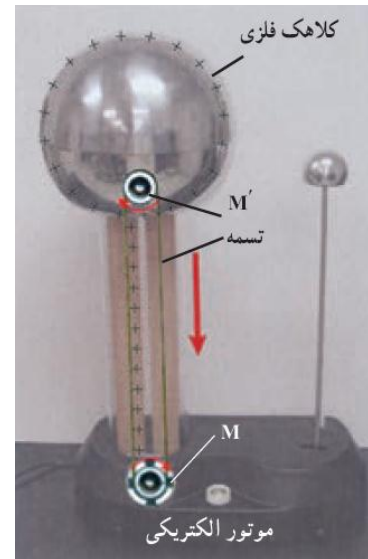
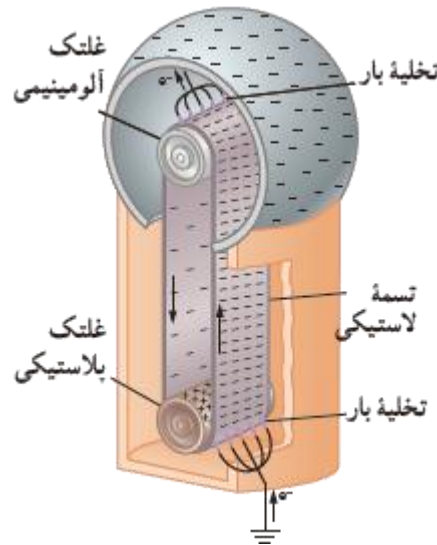
نکته:

این دستگاه دارای دو غلتک از جنس متفاوت است که توسط تسمه ای به حرکت درمی آیند. با حرکت تسمه بارهای الکتریکی به کلاهک منتقل می شوند. **نوع بار الکتریکی بستگی به جنس غلتکها دارد**



طرز کار مولد وان دو گراف : مطالعه آزاد

درواندو گراف غلتک پایینی از جنس **پلاستیک** پلی اتیلن و غلتک بالایی از جنس آلومینیم است بر اثر مالش تسمه ای لاستیکی با غلتک پایینی، این **غلتک بنا بر سری الکترواستاتیته مالشی، بار مثبت پیدا می کند**. غلتک پایینی که **بار مثبت** دارد، در یک شانه فلزی که متصل به زمین است، بار منفی القا می کند. بار منفی توسط این شانه روی سطح بیرونی تسمه قرار داده می شود. در غلتک بالایی، تسمه لاستیکی باردار منفی، الکترون ها را از نوک های شانه فلزی دفع می کند و نیز بار منفی از تسمه به شانه و سپس از شانه به سطح خارجی کلاهک منتقل می شود. به این ترتیب، بار الکتریکی منفی روی سطح خارجی کلاهک انباشته می شود.

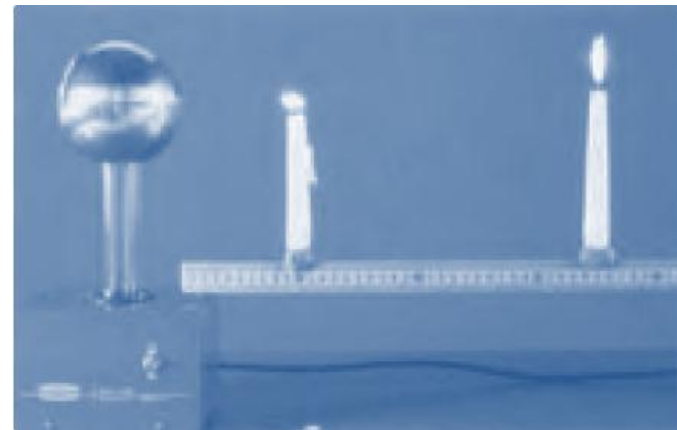
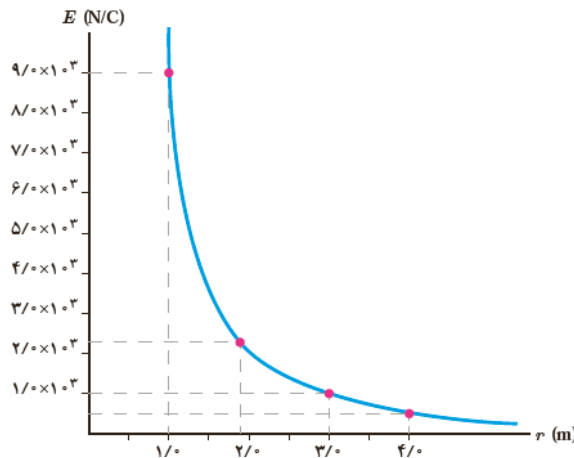


پرسش:

با دو شمع و یک خط کش، یک آزمایش طراحی کنید که نشان دهد با افزایش فاصله، میدان الکتریکی کاهش می یابد.

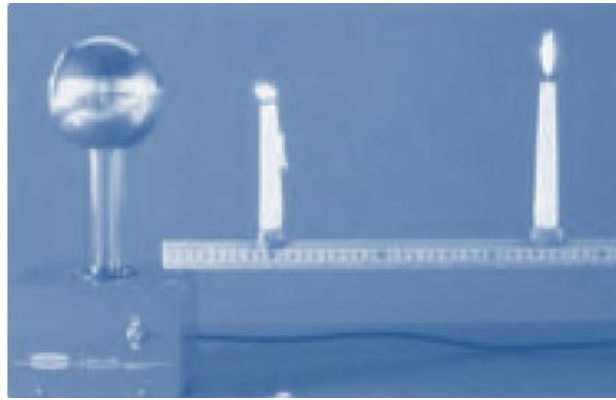
پاسخ:

دو شمع یکی در فاصله ای نزدیک و دیگری در فاصله ای دور از کلاهک یک مولدوان دوگراف قرار گرفته اند. همان طور که مشاهده می کنید شعله شمع نزدیک تر به سمت کلاهک کشیده شده است، در حالی که شعله شمع دورتر تغییر چندانی نکرده است.



پرسش:

چرا شعله شمع نزدیک تر به سمت کلاهک کشیده شده است، در حالی که شعله شمع دورتر تغییر چندانی نمی کند



پاسخ:

دلیل آن است که کلاهک مولدوان دوگراف بار منفی بزرگی دارد که یون های مثبت درون شعله شمع نزدیک تر را به سمت خود می کشد، در حالی که شمع دیگر در فاصله دوری از کلاهک قرار گرفته است که تحت تأثیر میدان الکتریکی ضعیف تری قرار می گیرد.

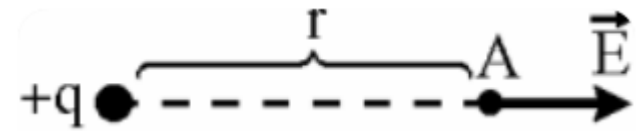
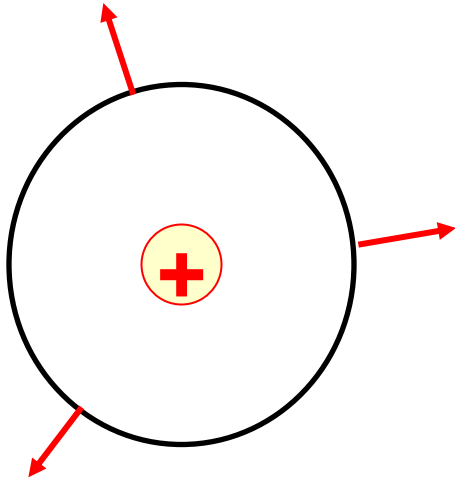


تمرین:

اندازه جهت میدان الکتریکی بار ذره $+4 \mu\text{C}$ را در نقطه ای به فاصله 60 cm از بار پیدا کنید.

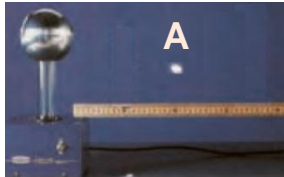
پاسخ:

$$E = 1.5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$



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 m از مرکز کلاهک آن است؟ $k = 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$



پاسخ:

الف)

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow E = \frac{9 \times 10^9 \times 1/6 \times 10^{-19}}{(5/3 \times 10^{-11})^2} \Rightarrow E = \frac{14/4 \times 10^{-10}}{28/0.9 \times 10^{-22}} \Rightarrow E = 5/13 \times 10^{11} \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

ب)

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

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



تمرین:

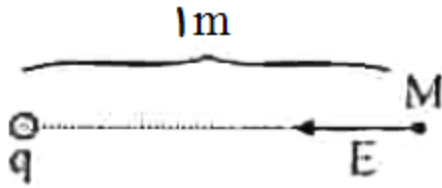
در فاصله 1 m از یک بار نقطه ای، بزرگی میدان الکتریکی 1800 N/C است. اندازه بار الکتریکی چقدر است؟

پاسخ:

$$q = 2nc$$



تمرین:



مانند شکل ، در نقطه ی M ، $E_M = 4500 \text{ N/C}$ است.

الف) بار نقطه ای چند میکروکولن است و علامت آن چیست؟

ب) بار الکتریکی $2\mu\text{C}$ را در نقطه M قرار می دهیم. بزرگی نیروی وارد بر آن چند نیوتون است ؟

پاسخ:

$$q = -5\mu\text{C}$$

علامت آن منفی است

$$F = 0.09\text{ N}$$



تمرین:

درچه فاصله‌ای از یک بار الکتریکی، $1 \mu\text{C}$ ابزرگی میدان الکتریکی برابر

$\frac{N}{C} \times 10^6 \times \frac{2}{25}$ است؟

پاسخ:

$$r = 2 \text{ cm}$$

$$r = ?$$

$$q = 1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$$

$$E = \frac{2}{25} \times 10^6 \frac{N}{C}$$

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

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

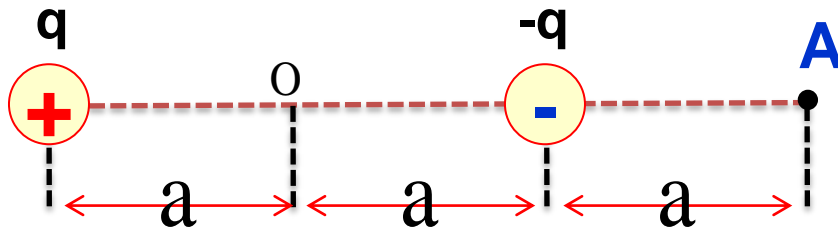
$$r = \sqrt{\frac{9 \times 10^9 \times 10^{-6}}{\frac{2}{25} \times 10^6}} \rightarrow r = \sqrt{11.25 \times 10^{-2}}$$

$$r = 0.106 \text{ m} = 10.6 \text{ cm}$$



تمرین:

شدت میدان برآیند حاصل از دو قطبی در نقطه A را به دست می‌آید؟



پاسخ:

$$E_T = \frac{1Kq}{9a^2}$$



تست:

بزرگی میدان الکتریکی حاصل از بار $1 \mu\text{C}$ در فاصله 10 متری از آن
 بارچند N/C است ؟

۹۰۰ (۴)

۹ (۳)

۰/۹ (۲)

۹۰ (۱)

پاسخ :

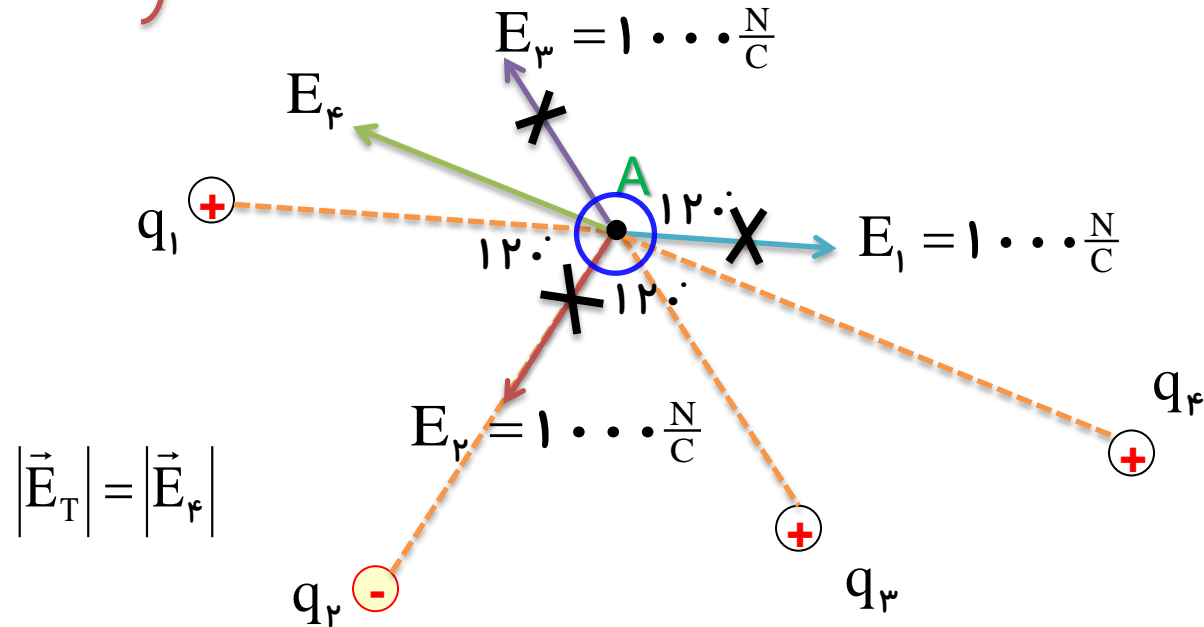
گزینه ۱ صحیح است.



اصل برهم نهی میدان های الکتریکی

اگر در یک ناحیه از فضا چند ذره ی باردار قرار داشته باشند، در هر نقطه یک میدان الکتریکی برآیند وجود دارد. این میدان، برآیند میدان هایی است که هر ذره باردار در غیاب سایر بارهای الکتریکی در آن نقطه ایجاد می کند.

$$\left. \begin{aligned} \vec{E}_{T_0} &= \frac{\vec{F}_{T_0}}{q_0} \\ \vec{F}_{T_0} &= \vec{F}_{1_0} + \vec{F}_{2_0} + \vec{F}_{3_0} + \dots \end{aligned} \right\} \vec{E}_T = \frac{\vec{F}_{1_0} + \vec{F}_{2_0} + \vec{F}_{3_0} + \dots}{q_0} \rightarrow \vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots$$



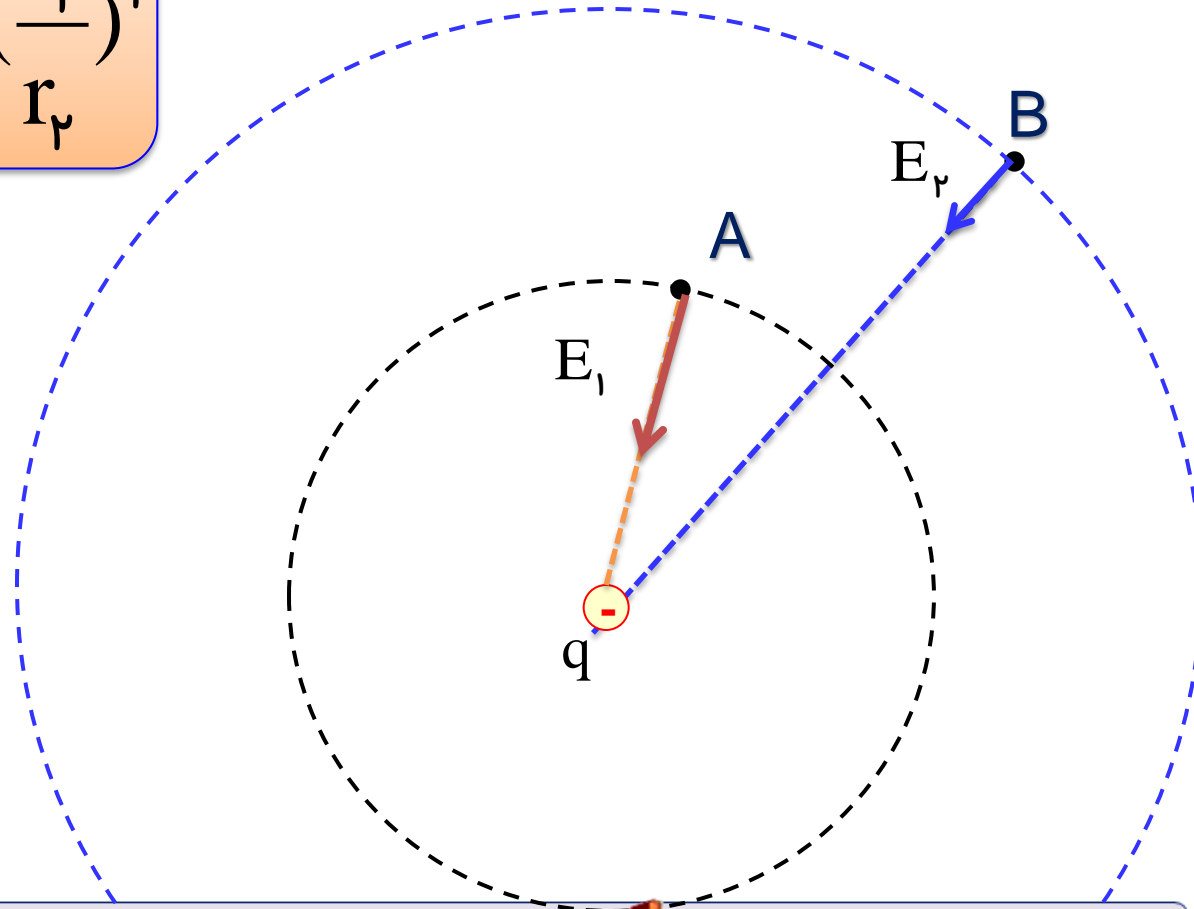
نکته:

فرم مقایسه ای رابطه میدان الکتریکی یک ذره باردار در نقطه:

$$E \propto \frac{1}{r^2}$$



$$\frac{E_r}{E_1} = \left(\frac{r_1}{r_r}\right)^2$$

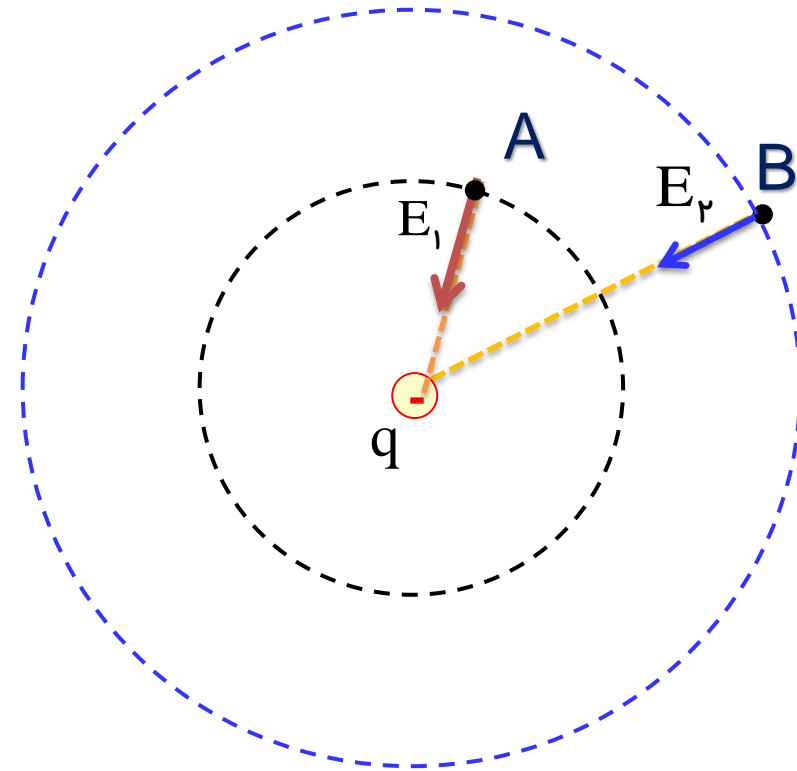


نکته:

فرم مقایسه ای رابطه میدان الکتریکی یک ذره باردار در نقطه:

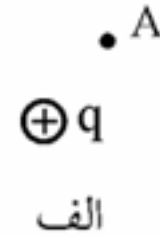
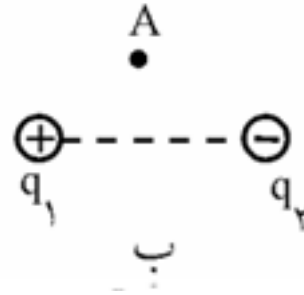
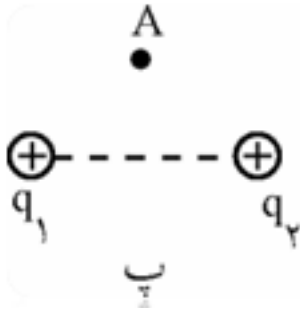
$$E \propto \frac{1}{r^2} \rightarrow$$

$$\frac{E_r}{E_1} = \left(\frac{r_1}{r_r}\right)^2$$

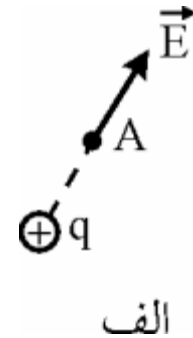
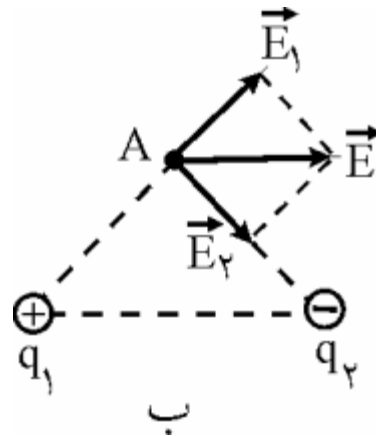
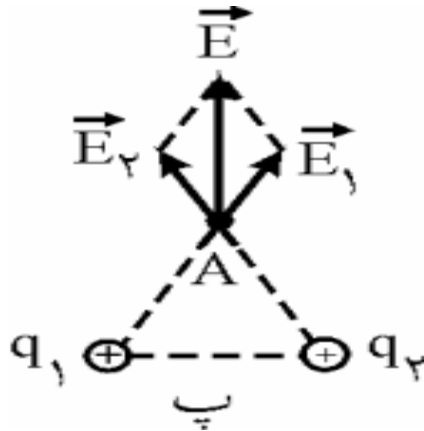


پرسش:

در هر یک از شکل‌های زیر جهت میدان الکتریکی را در نقطه‌ی A تعیین کنید .



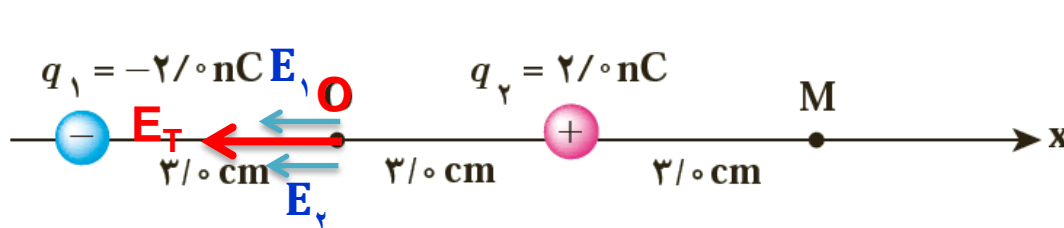
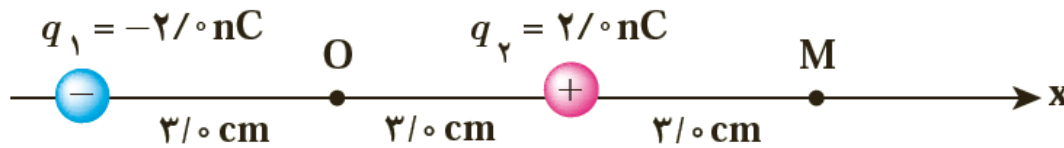
پاسخ:



تمرین ۱-۵

شکل زیر، آرایشی ازدو بار الکتریکی هم اندازه و غیرهمنام (دوقطبی الکتریکی) را نشان می دهد که در آن فاصله دو بار از هم 6cm 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:



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

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

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

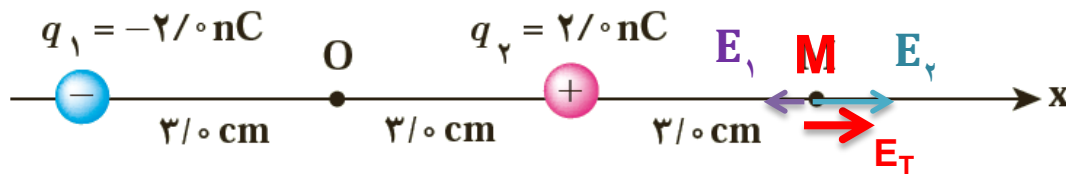
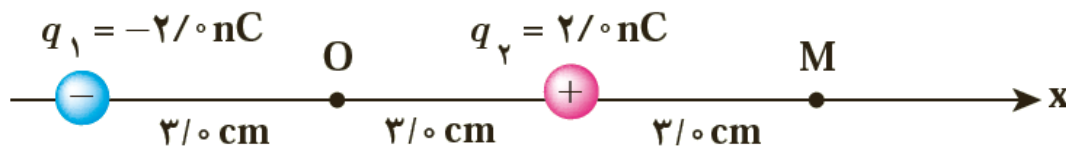
$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \Rightarrow E_T = 2E_1 = 2 \times 2 \times 10^4 = 4 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$



تمرین ۱-۵

شکل زیر، آرایشی ازدو بار الکتریکی هم اندازه و غیرهمنام (دوقطبی الکتریکی) را نشان می دهد که در آن فاصله دو بار از هم 6cm 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:



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

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

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



پرسش ۱-۴

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



نیروی دافعه کولنی > نیروی جاذبه کولنی

پاسخ:

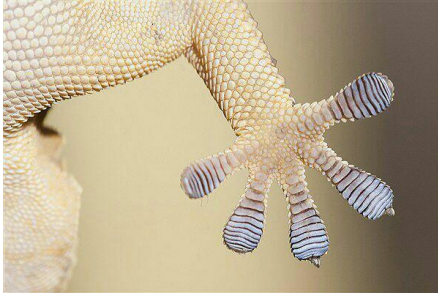
وقتی میله باردار منفی را به خرده های کاغذ بدون بار نزدیک کنیم. مرکز بارهای مثبت و منفی آنها و مولکولهای خرده های کاغذ از هم جدا شده و اتم یا مولکول قطبیده می شود، بخش مثبت اتم قطبیده شده به طرف میله کشیده و بخش منفی از میله دور می شود و چون نیروی جاذبه کولنی به علت فاصله کمتر قوی تر از نیروی دافعه کولنی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

پرسش :

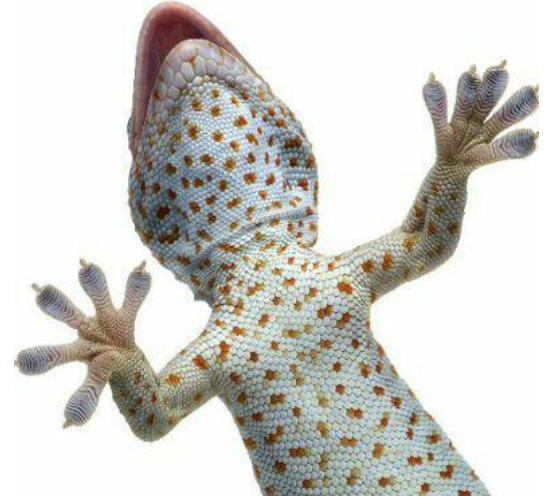
دلیل حرکت مارمولک روی دیوار چیست؟

پاسخ:

پاهای مارمولک پوشیده از میلیاردها موی بسیار کوچک است. روی سرانگشت مارمولک هم ترکیبات قطبی وهم ترکیبات غیرقطبی وجود دارد، وقتی مارمولک روی دیوار خشک راه می رود ترکیبات غیرقطبی، ماده پروتئینی پای مارمولک بادیوار نیروی دگرچسبی ایجاد می کند اگر دیوار خیس باشد، ترکیبات قطبی پای مارمولک بادیوار نیروی دگرچسبی ایجاد می کند این جاذبه دگرچسبی (نیروی الکتریکی) بر جاذبه زمین غلبه نموده وموجب بالارفتن مارمولک می گردد.

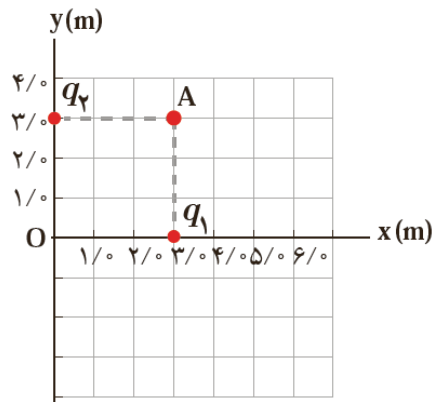


هر پای مارمولک از حدود نیم میلیون کاردک (موهایی باسر مثلثی یا برگگی) است وقتی مارمولک پای خود را در محلی قرار می دهد بین پای مارمولک و دیوار نیروی واندروالسی بوجود می آید



تمرین ۱-۶

میدان الکتریکی خالص حاصل از آرایش بار مثال 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.



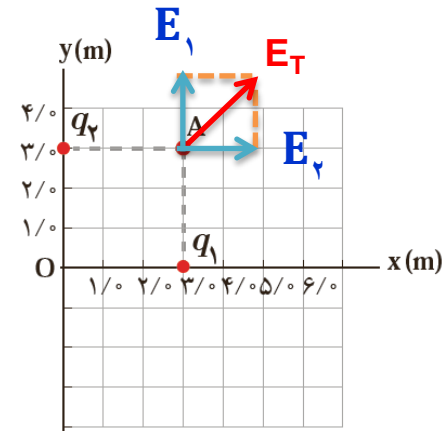
$$k = 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \quad (q_1 = q_2 = 5 \mu\text{C})$$

پاسخ:

$$E_1 = E_2 = \frac{9 \times 10^9 \times 5 \times 10^{-6}}{3^2} = \frac{45 \times 10^3}{9} \Rightarrow E_1 = 5 \times 10^3 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \Rightarrow E_T = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} \Rightarrow E_T = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = E_1 \sqrt{2}$$

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

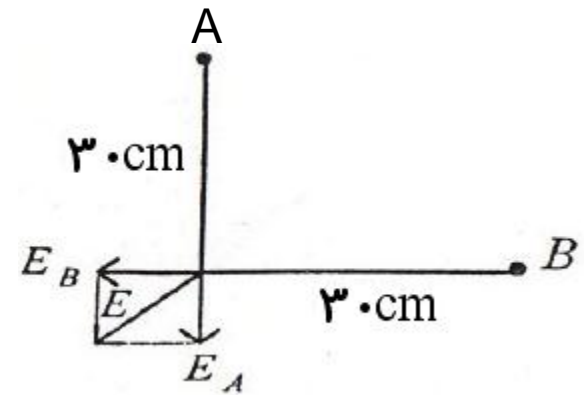
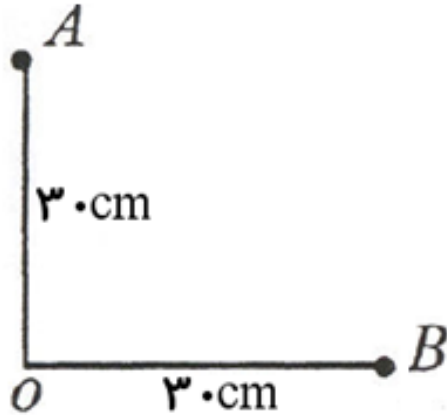


تمرین:

در شکل مقابل اگر در نقاط A و B دو بار الکتریکی $6 \mu\text{C}$ و $8 \mu\text{C}$ قرار گیرد شدت میدان الکتریکی بر آینه در نقطه O حساب کنید؟

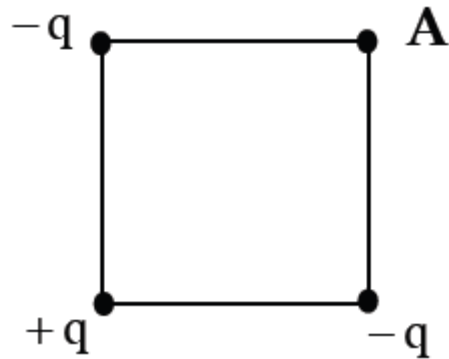
پاسخ:

$$E_T = 1.05 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$



تمرین:

سه بار هم اندازه‌ی $+q$ و $-q$ و $-q$ مطابق شکل روی سه راس مربعی قرار گرفته اند. اگر اندازه‌ی میدان ایجاد شده از طرف بار $-q$ در راس A برابر E باشد. اندازه‌ی میدان برآیندرا در این نقطه تعیین کنید.



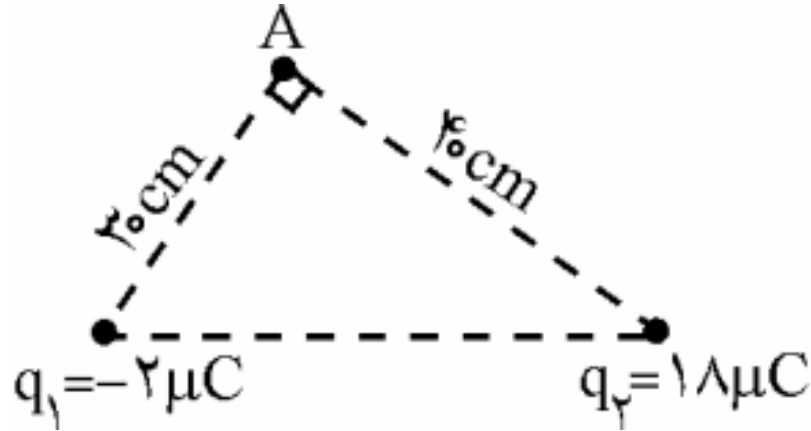
پاسخ:

$$E_T \approx .9E$$



تمرین:

با توجه به شکل زیر میدان الکتریکی برآیند را در نقطه‌ی A به دست آورید
 $(k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2)$



پاسخ:

$$E_T \approx 10.32 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$



تست:

میدان الکتریکی در فاصله 20 cm از بار q برابر 18 N/C است اگر 10 cm دیگر از بار فوق دور شویم میدان الکتریکی چند N/C می شود؟

۸ (۴)

۱۲ (۳)

۱/۵ (۲)

۲/۲۵ (۱)

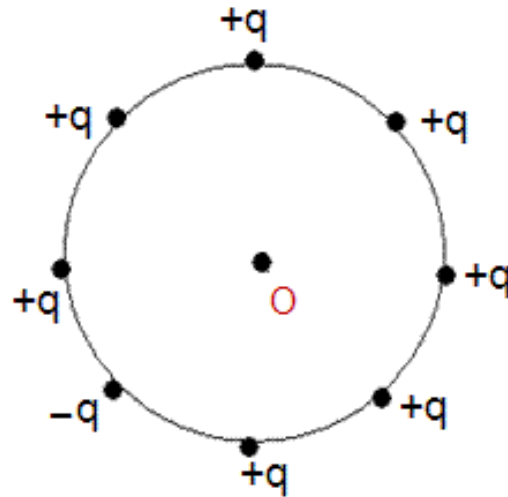
پاسخ:

گزینه ۴ صحیح است.



تمرین:

اگر بزرگی میدان الکتریکی حاصل از بار $+q$ در مرکز دایره برابر E باشد، بزرگی میدان الکتریکی برآیند در نقطه O چند E است؟

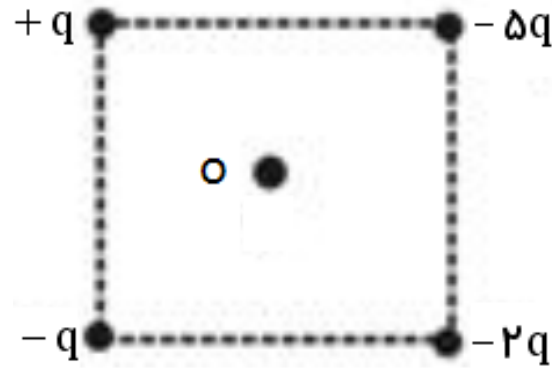


پاسخ:

 $2E$ 

تمرین:

اگر بزرگی میدان الکتریکی حاصل از بار $+q$ در مرکز مربع مقابل برابر E باشد، بزرگی میدان الکتریکی برآیند در این مرکز چند E است؟



پاسخ:

 $5E$ 

تست:

اگر بزرگی میدان الکتریکی حاصل از بار q در فاصله r از آن بار E باشد، بزرگی میدان الکتریکی حاصل از بار $3q$ در فاصله $\frac{r}{4}$ از آن بار چند E است؟

$$\frac{1}{16} \quad (4)$$

$$12 \quad (3)$$

$$\frac{1}{12} \quad (2)$$

$$4 \quad (1)$$

پاسخ:

گزینه ۳ صحیح است.



تست:

دو ذره $q_1 = +4\mu\text{C}$ و $q_2 = -9\mu\text{C}$ به فاصله 10 cm از هم مفروضند. مطلوب است شدت میدان حاصل از بار q_1 در محل بار q_2

- (۱) $36 \times 10^2 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ (۲) $3/6 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ (۳) $36000 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ (۴) $36 \times 10^3 \frac{\text{N}}{\text{C}}$

پاسخ:

شدت میدان حاصل از بار $4\mu\text{C} +$ در محل بار q_2 یعنی شدت میدان حاصل از بار q_1 (بارفاعل) در فاصله 10 cm از آن بار:

$$\left\{ \begin{array}{l} q_1 = 4\mu\text{C} = 4 \times 10^{-6} \text{C} \\ r = 10 \times 10^{-2} \text{m} = 10^{-1} \text{m} \\ E = ? \end{array} \right.$$

$$E = K \frac{|q_1|}{r^2}$$

گزینه ۲ صحیح است.

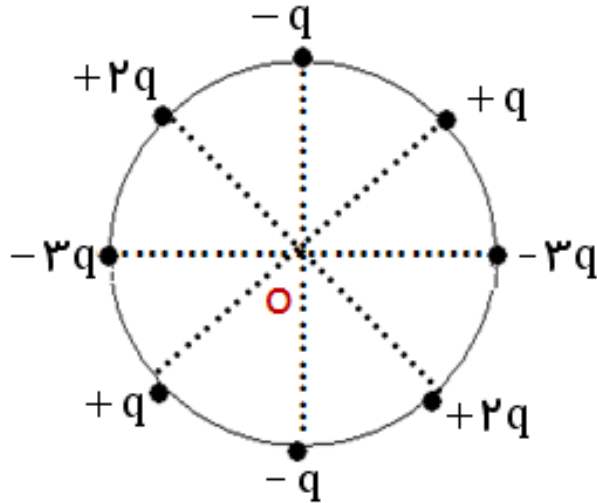
$$E = \frac{9 \times 10^9 \times | -4 \times 10^{-6} |}{(10^{-1})^2}$$

$$E = 3/6 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$



تمرین:

در شکل زیر، برآیند شدت میدان کل در مرکز دایره (نقطه O) چند E است اگر شدت میدان بار $+q$ در مرکز دایره برابر E باشد؟



پاسخ:

میدان حاصل از هر دو بار همنام و هم اندازه در دو سر قطر دایره در وسط فاصله شان (در نقطه O) صفر بوده لذا، شدت میدان برآیند در نقطه O برابر صفر خواهد بود.



تست:

در نقاط A و B چه نوع باری قراردهیم تا شدت میدان در نقطه O برابر بردار E شده باشد؟

(۱) هر دو بار مثبت و $q_A > q_B$

(۲) بار q_A منفی و q_B مثبت و $|q_A| > q_B$

(۳) بار q_A مثبت و q_B مثبت و $|q_A| < q_B$

(۴) هر دو بار منفی و $|q_A| > |q_B|$

پاسخ:

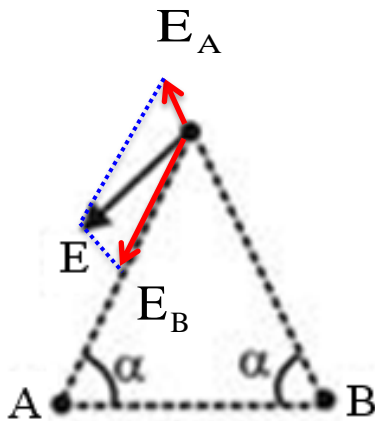
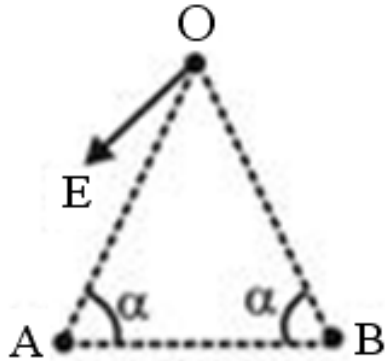
گزینه ۲ صحیح است.

ابتدا میدان E را در دو راستای اضلاع مثلث تجزیه می کنیم

$$E_A > E_B \rightarrow K \frac{|q_A|}{r^2} > K \frac{|q_B|}{r^2} \rightarrow |q_A| > |q_B|$$

نکته:

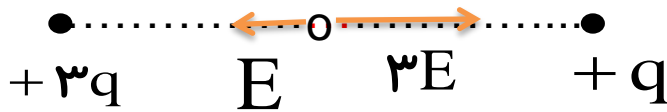
برایند دو بردار، با بردار بزرگتر زاویه ی کوچکتری می سازد



تست:

اگر بزرگی میدان الکتریکی حاصل از دو بار $+q$ و $+3q$ در وسط فاصله شان برابر 400 N/C باشد، وقتی بار بزرگتر را خنثی کنیم، بزرگی میدان در این نقطه چند N/C می شود؟

(۱) ۱۵۰ (۲) ۶۰۰ (۳) ۷۵ (۴) ۲۰۰



پاسخ:

اگر شدت میدان حاصل از بار $+q$ در نقطه O ، E باشد، آنگاه شدت میدان حاصل از بار $+3q$ در نقطه O ، $3E$ است پس:

$$\begin{cases} E_T = 3E - E \\ E_T = 400 \cdot \text{N/C} \end{cases} \rightarrow 2E = 400 \cdot \text{N/C} \rightarrow E = 200 \cdot \text{N/C}$$

بنابراین وقتی بار بزرگتر $(+3q)$ را خنثی کنیم، نقطه O تحت تاثیر تنها میدان بار $+q$ یعنی E قرار می گیرد؛ لذا گزینه ۴ صحیح است.



تست:

اگر شدت میدان حاصل از دو بار $+q$ و $-4q$ در وسط فاصله شان 600 N/C باشد، شدت میدان حاصل از بار بزرگتر در محل بار کوچکتر چند N/C است؟

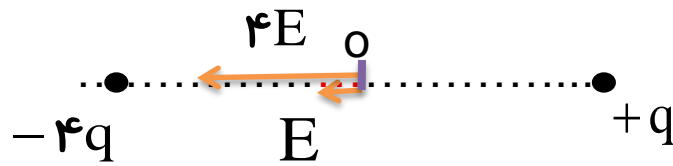
۲۴۰ (۴)

۱۲۰ (۳)

۳۰ (۲)

۴۸۰ (۱)

پاسخ:



$$E' = 120 \cdot \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

اگر شدت میدان حاصل از بار $+q$ در نقطه O برابر E باشد، آنگاه شدت میدان حاصل از بار $-4q$ در نقطه O برابر $4E$ است، بنابراین:

$$\begin{cases} E_T = 4E + E \\ E_T = 600 \cdot \frac{\text{N}}{\text{C}} \end{cases} \rightarrow 5E = 600 \cdot \frac{\text{N}}{\text{C}} \rightarrow E = 120 \cdot \frac{\text{N}}{\text{C}} = k \frac{q}{r^2}$$

گزینه ۳ صحیح است.

$$E' = k \frac{4q}{(2r)^2} \rightarrow E' = k \frac{q}{r^2} = 120 \cdot \frac{\text{N}}{\text{C}}$$



موضوع : خطوط ميدان الكترىكى



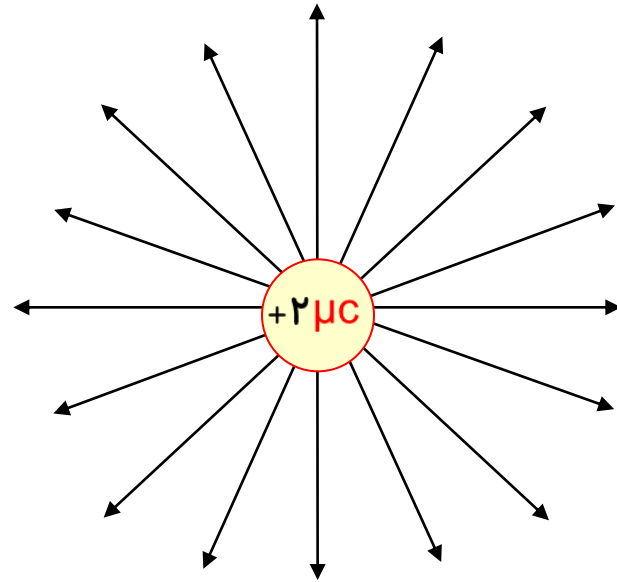
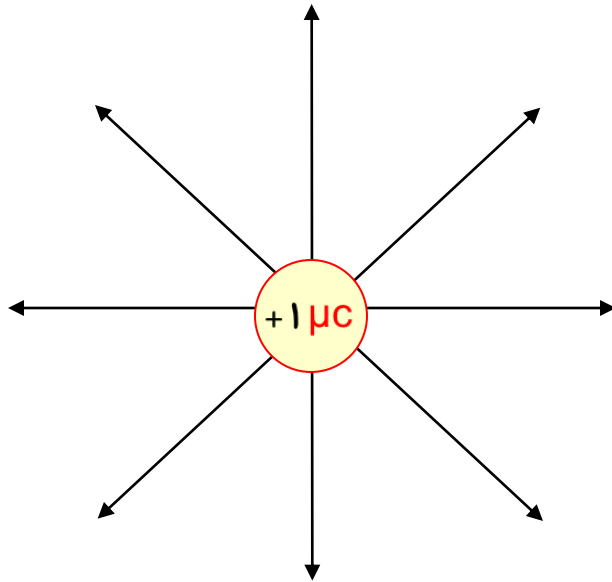
الاسم محمد بن عبد الله



خروج

پرسش:

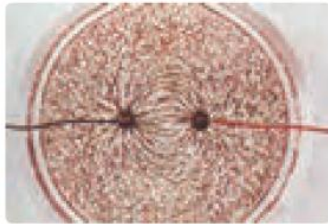
خط های میدان الکتریکی دوزره ی باردار را با یکدیگر مقایسه کنید؟



فعالیت (۱-۲ کار در کلاس)

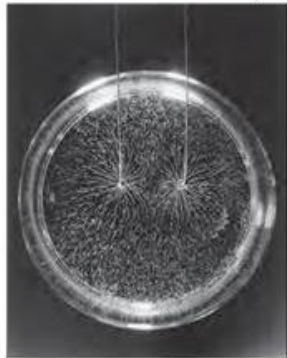
درون یک ظرف شیشه ای یا پلاستیکی با عمق کم، مقداری پارافین مایع یا روغن کرچک به عمق حدود 0.5 cm بریزید و داخل آن دو الکتروود نقطه ای قرار دهید. الکتروودها را با سیم به پایانه های مثبت و منفی یک مولد ولتاژ بالا، مانند مولد وان دوگراف وصل کنید. روی سطح پارافین، مقدار کمی بذر چمن یا خاکشیرپاشید. مولد را روشن کنید. اکنون به سمت گیری دانه ها در فضای بین دو الکتروود توجه کنید. شکل سمت گیری دانه ها در این فضا را رسم کنید.

پاسخ:

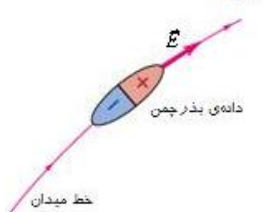


خطهای میدان الکتریکی ناشی از دو بار نقطه ای مساوی. این نقش توسط دانه های بذر چمن شناور روی مایع در بالای دو سیم باردار تشکیل شده است

(الف)



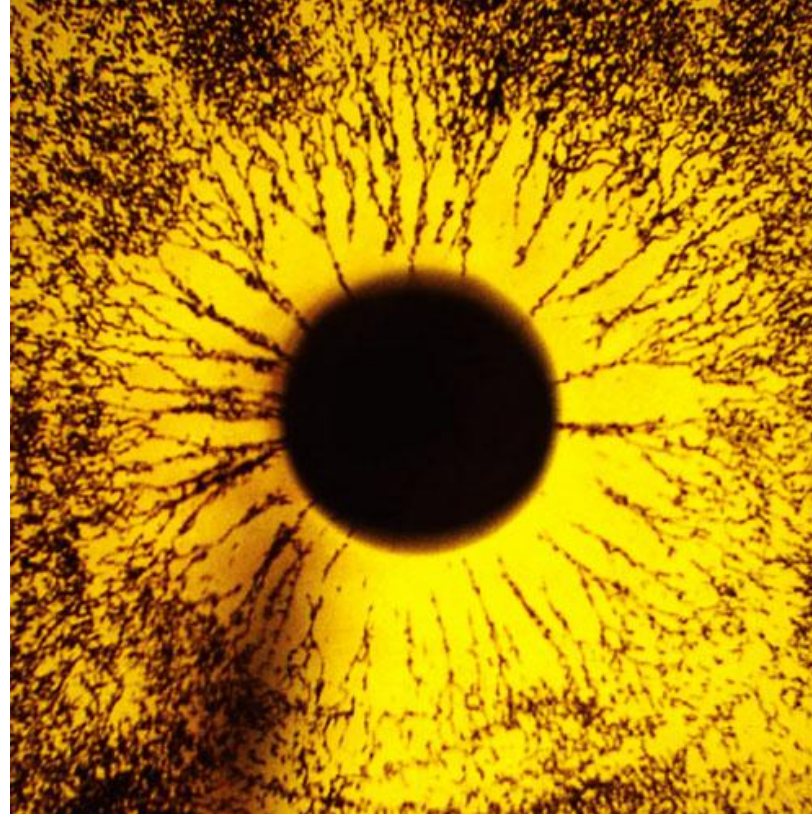
(ب)



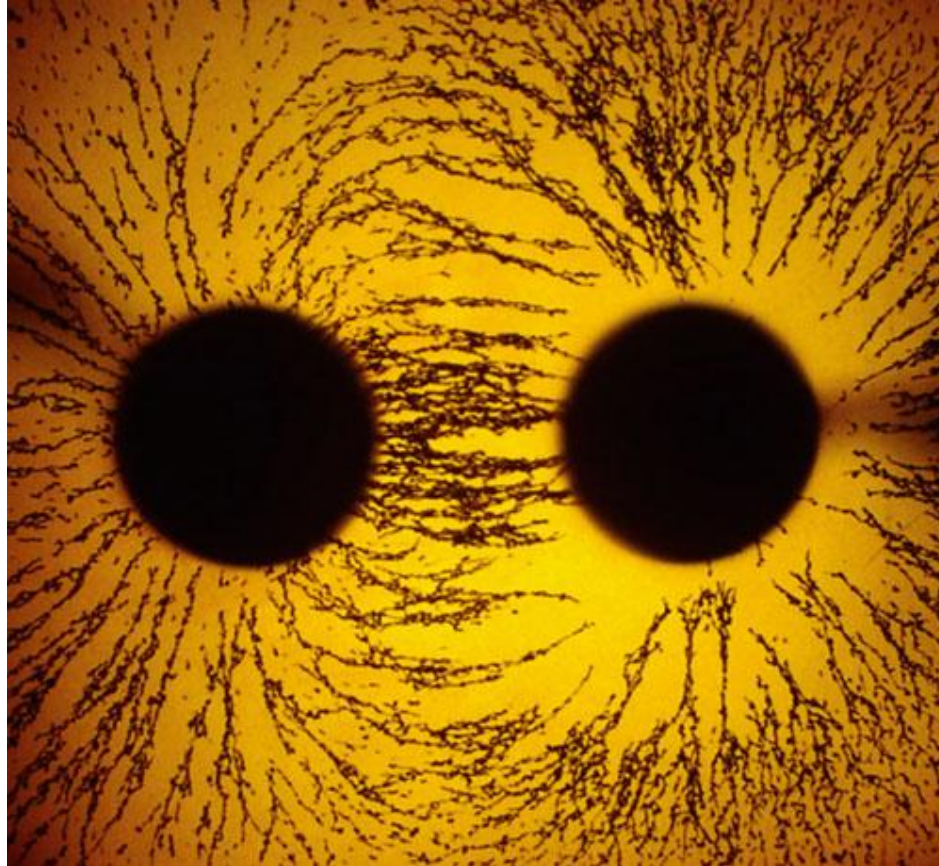
(شکل الف) میدان الکتریکی باعث قطبش دانه های بذر می شود که به نوبه خود موجب می شود که دانه ها با میدان هم خط شوند (شکل ب)

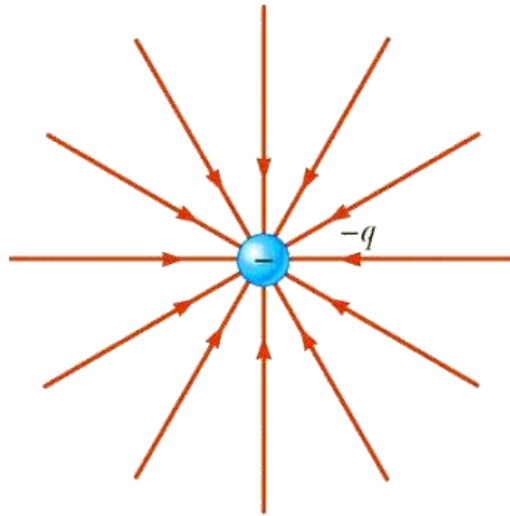


خطوط میدان الکتریکی اطراف بار مثبت

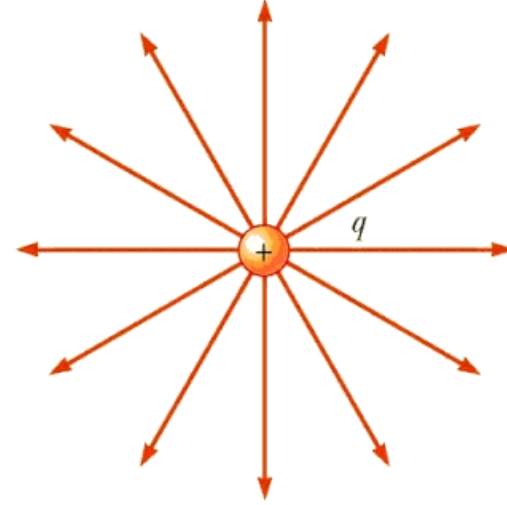


خطوط ميدان الكترىكى اطراف بار مثبت و منفى

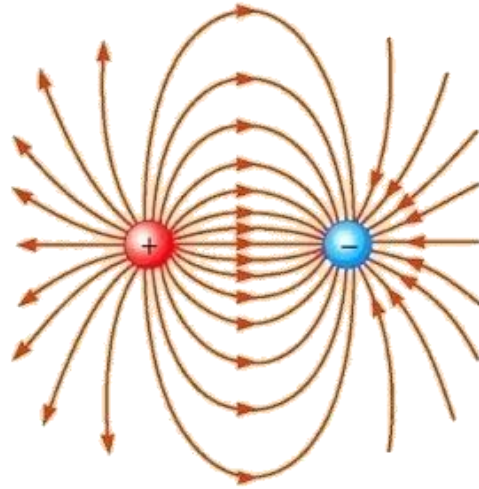




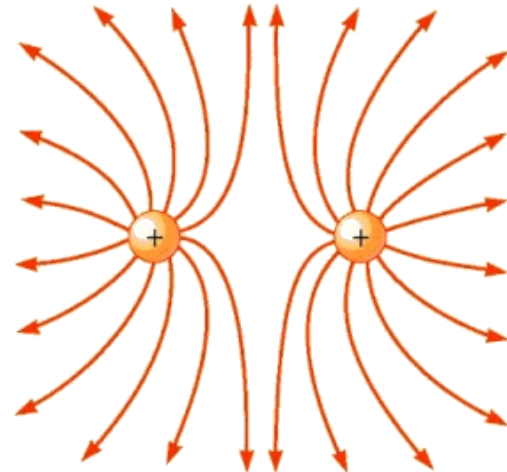
(ب)



(الف)

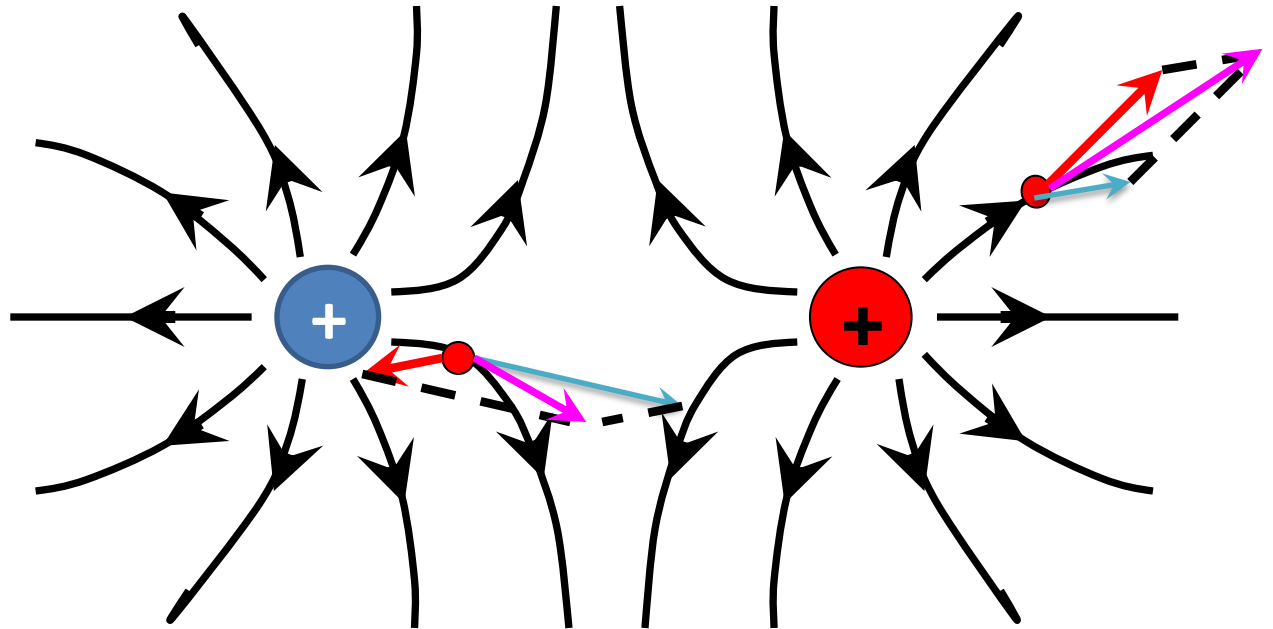
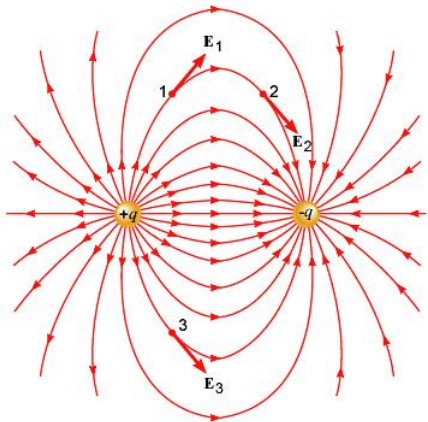


(ج)

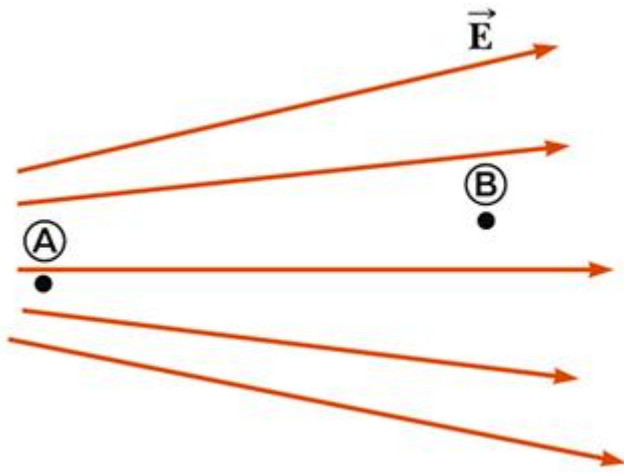


ویژگی های خطوط میدان الکتریکی :

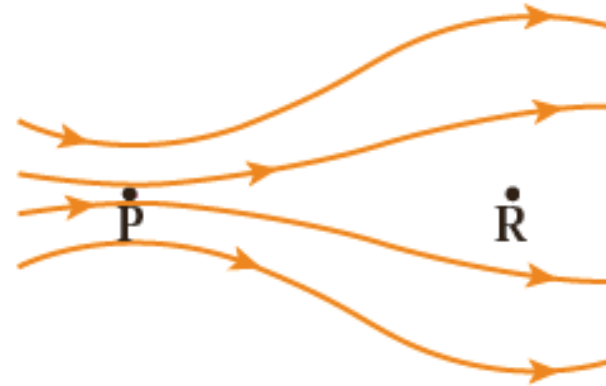
۱- در هر نقطه بردار میدان الکتریکی باید **مماس** بر خط میدان الکتریکی عبوری از آن نقطه و در **همان جهت** باشد



۲- میزان تراکم خطوط میدان در هر ناحیه از فضا نشان دهنده اندازه میدان در آن ناحیه است؛ هر جا خطوط میدان متراکم تر باشد، اندازه میدان بیشتر است



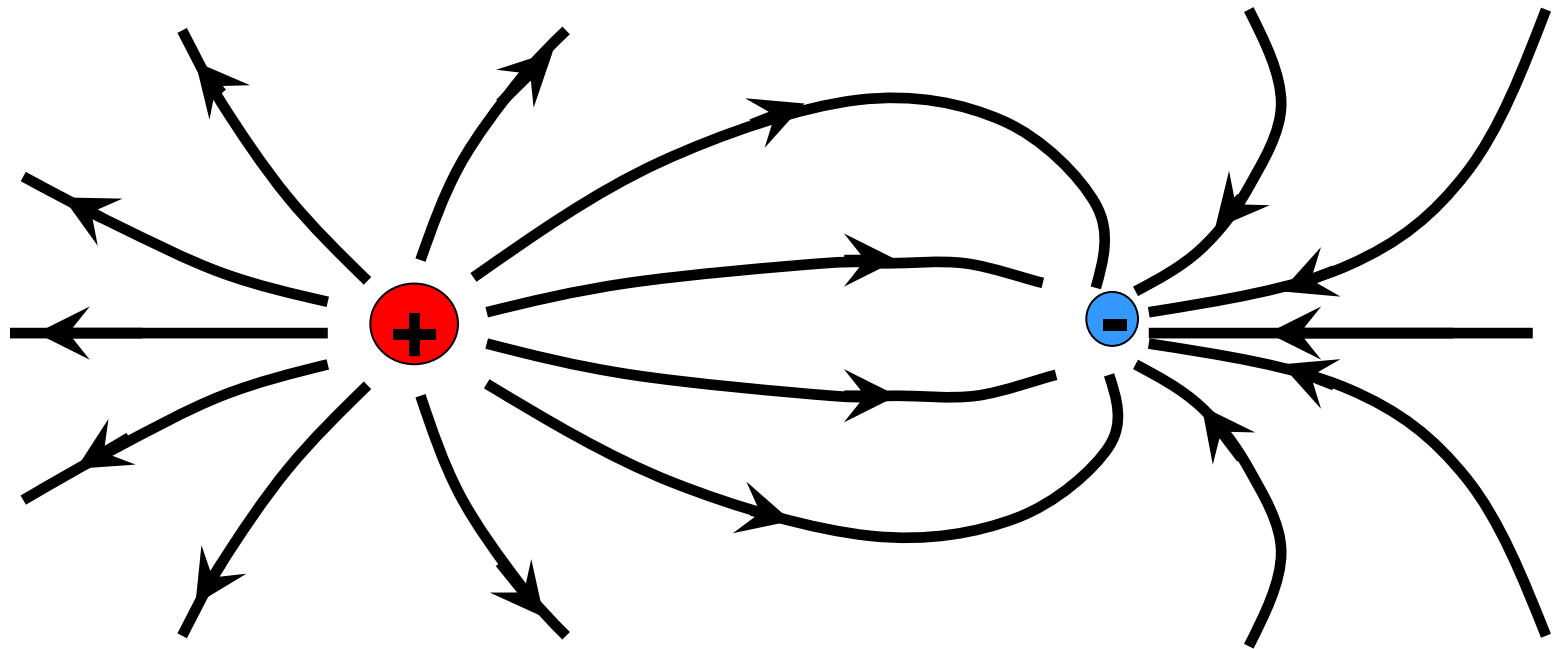
$$E_A > E_B$$



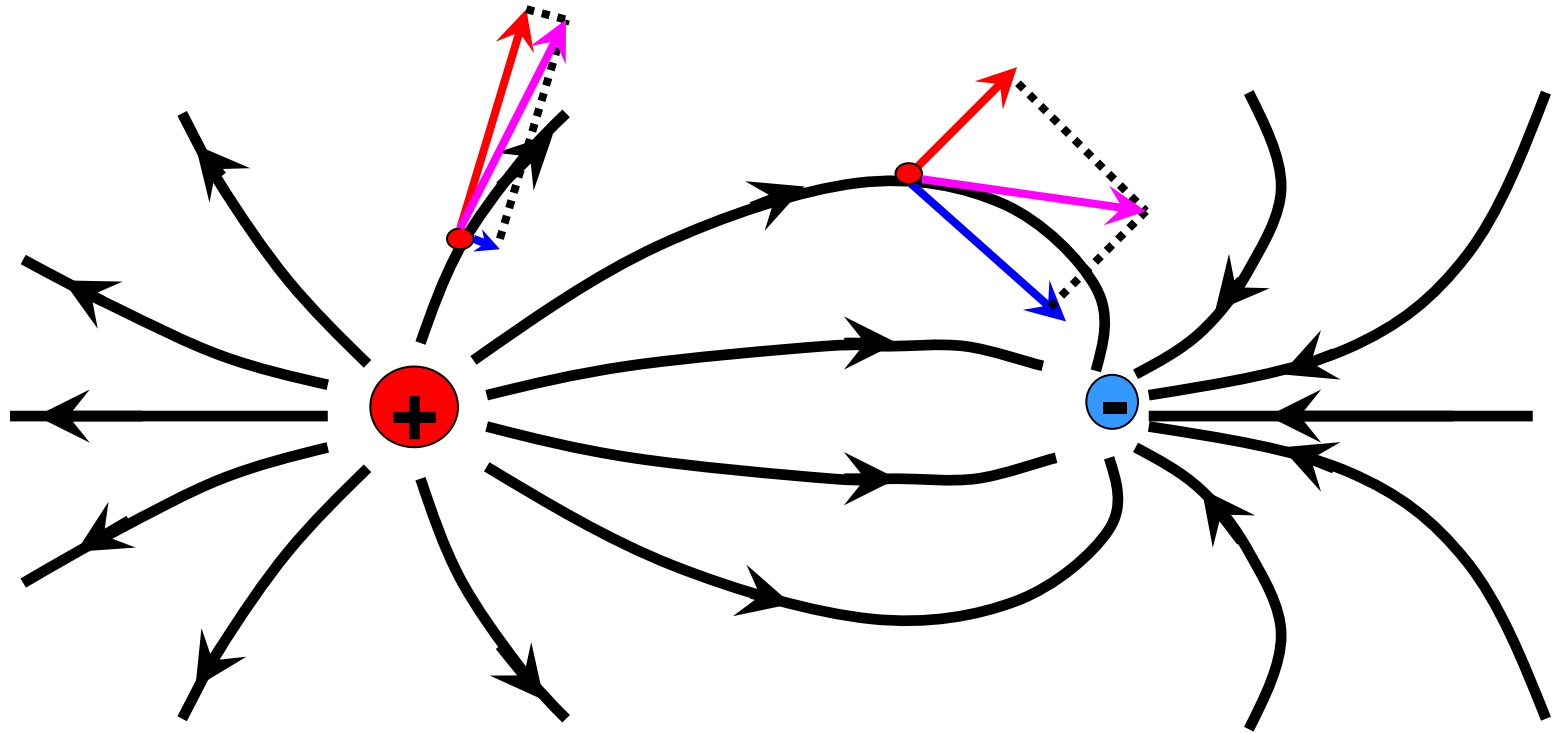
$$E_P > E_R$$



۳- در آرایشی از بارها خطوط میدان الکتریکی از بارهای مثبت شروع و به بارهای منفی ختم می شوند.

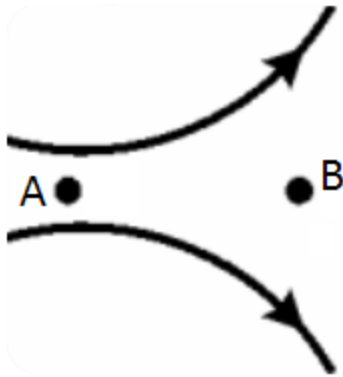


۴- خطوط میدان برایند هر گز یکدیگر را قطع نمی کنند یعنی از هر نقطه فضا فقط یک خط میدان الکتریکی می گذرد.

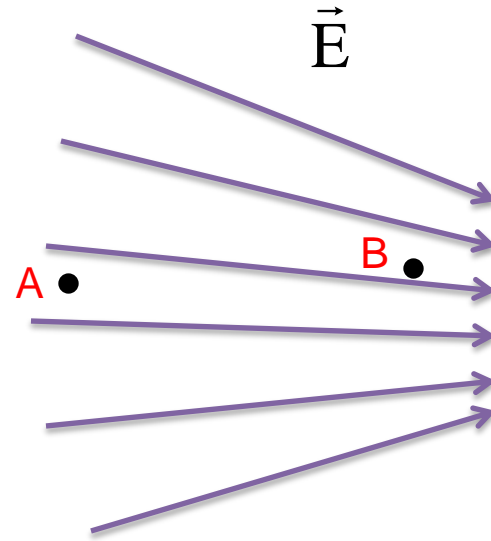


پرسش:

میدان الکتریکی دو نقطه ی A و B را با یکدیگر مقایسه کنید؟



(ب)

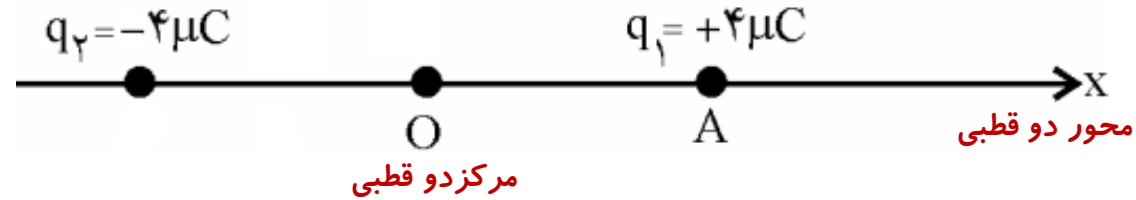
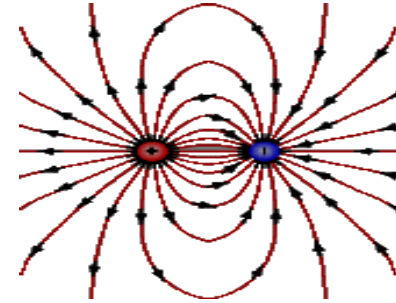
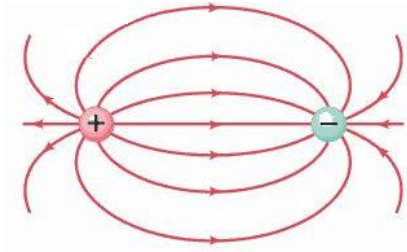


(الف)



دو قطبی الکتریکی :

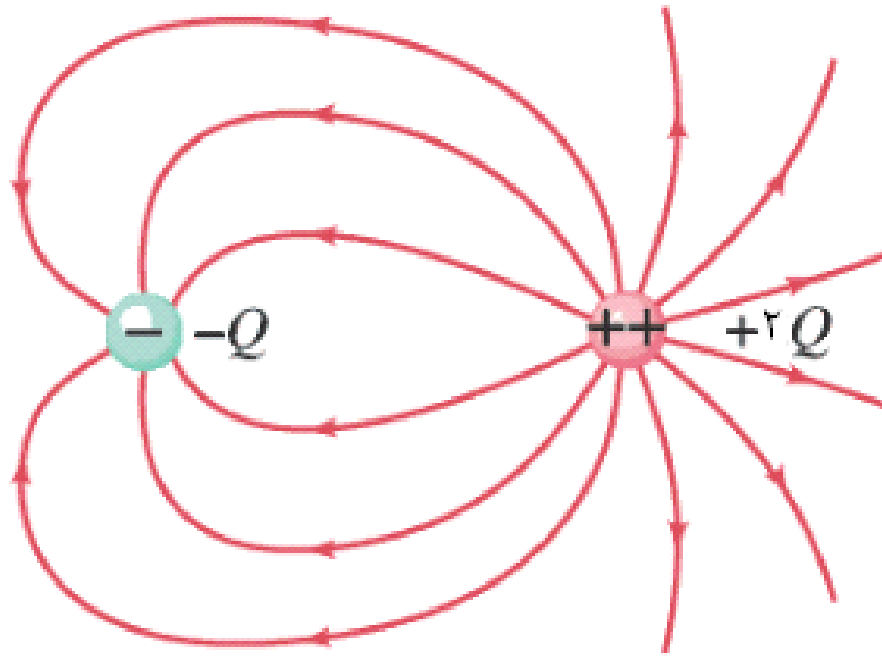
دو بار مساوی و مخالف که به فاصله ای از یکدیگر قرار دارند.



پرسش:

میدان اطراف دوزره ی بار $-Q$ و $+2Q$ که به فاصله ای از یکدیگر قرار دارند را رسم کنید.

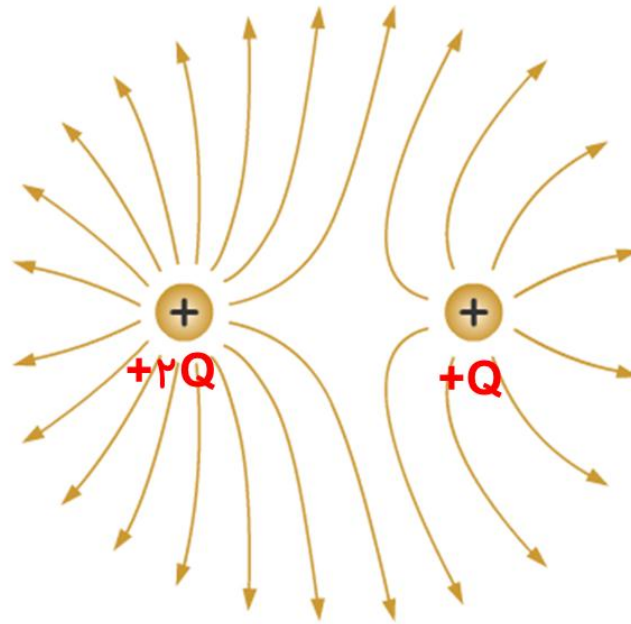
پاسخ:



پرسش:

میدان اطراف دوزره ی بار $+Q$ و $+2Q$ که به فاصله ای از یکدیگر قرار دارند را رسم کنید.

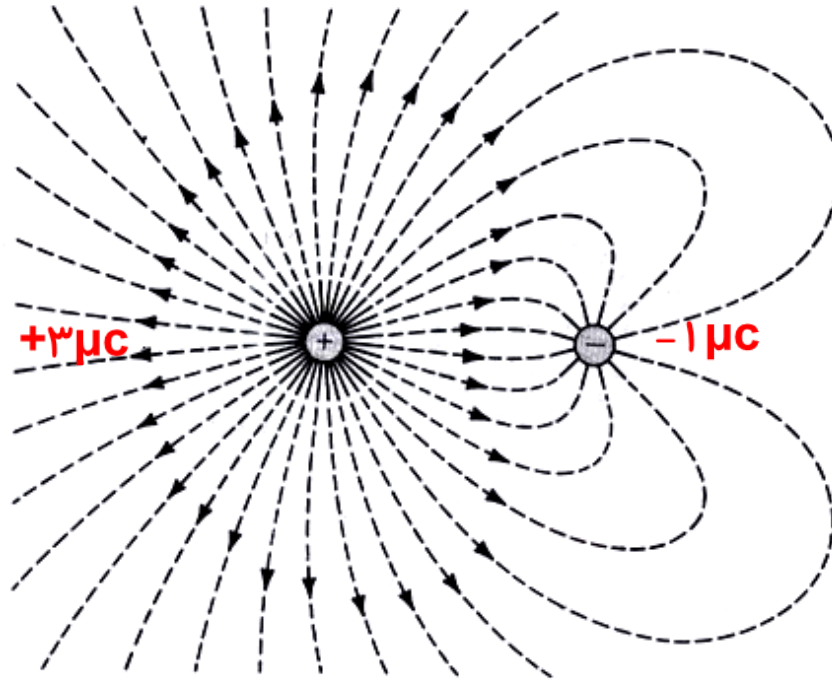
پاسخ:



پرسش:

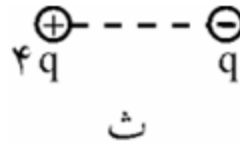
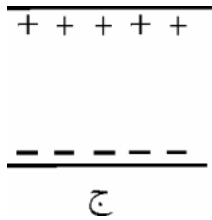
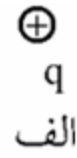
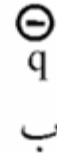
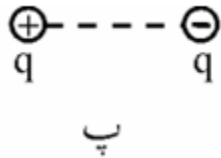
میدان اطراف دوزره بار $1\ \mu\text{C}$ و $+3\ \mu\text{C}$ که به فاصله ای از یکدیگر قرار دارند را رسم کنید.

پاسخ:



پرسش:

در هر یک از شکل‌های زیر خط‌های میدان را به‌طور کیفی رسم کنید.

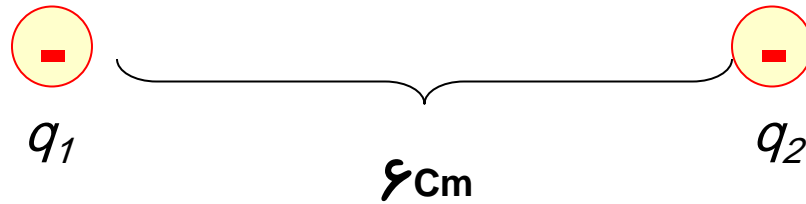


تمرین:

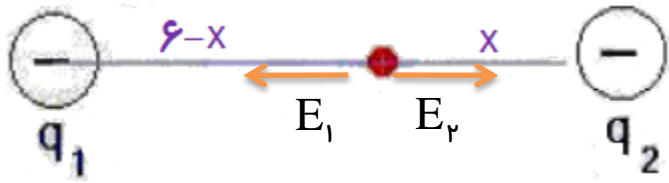
دو بار نقطه ای $q_1 = -8 \mu\text{C}$ و $q_2 = -2 \mu\text{C}$ در 6 cm از هم قرار گرفته اند در چه نقطه ای بین خط واصل آنها برآیند میدان الکتریکی صفر می شود.

پاسخ:

$$x = 2 \text{ cm}$$



پاسخ:



شرط صفر شدن میدان الکتریکی برآیند آن است که:

$$|E_1| = |E_2| \rightarrow \frac{k|q_1|}{r_1^2} = \frac{k|q_2|}{r_2^2} \rightarrow \frac{k|q_1|}{(6-x)^2} = \frac{k|q_2|}{x^2} \rightarrow \frac{|-8|}{(6-x)^2} = \frac{|-2|}{x^2} \rightarrow \frac{4}{(6-x)^2} = \frac{1}{x^2}$$

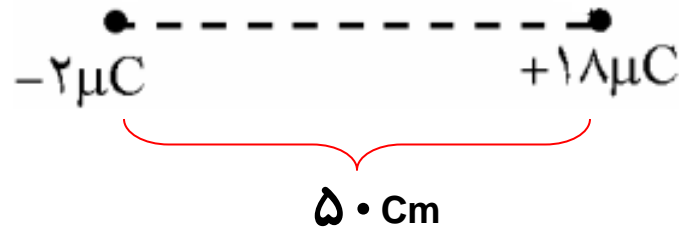
از طرفین تساوی جذر می گیریم

$$4x^2 = (6-x)^2 \rightarrow 2x = \pm(6-x) \left\{ \begin{array}{l} 2x = (6-x) \rightarrow x = 2\text{cm} \quad \text{ق ق} \\ 2x = -(6-x) \rightarrow x = -6\text{cm} \quad \text{غ ق ق} \end{array} \right.$$



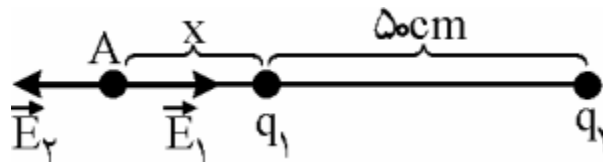
تمرین:

با توجه به شکل زیر میدان الکتریکی برآیند در چه نقطه‌ی صفر است؟



پاسخ:

$$x = 25\text{ cm}$$

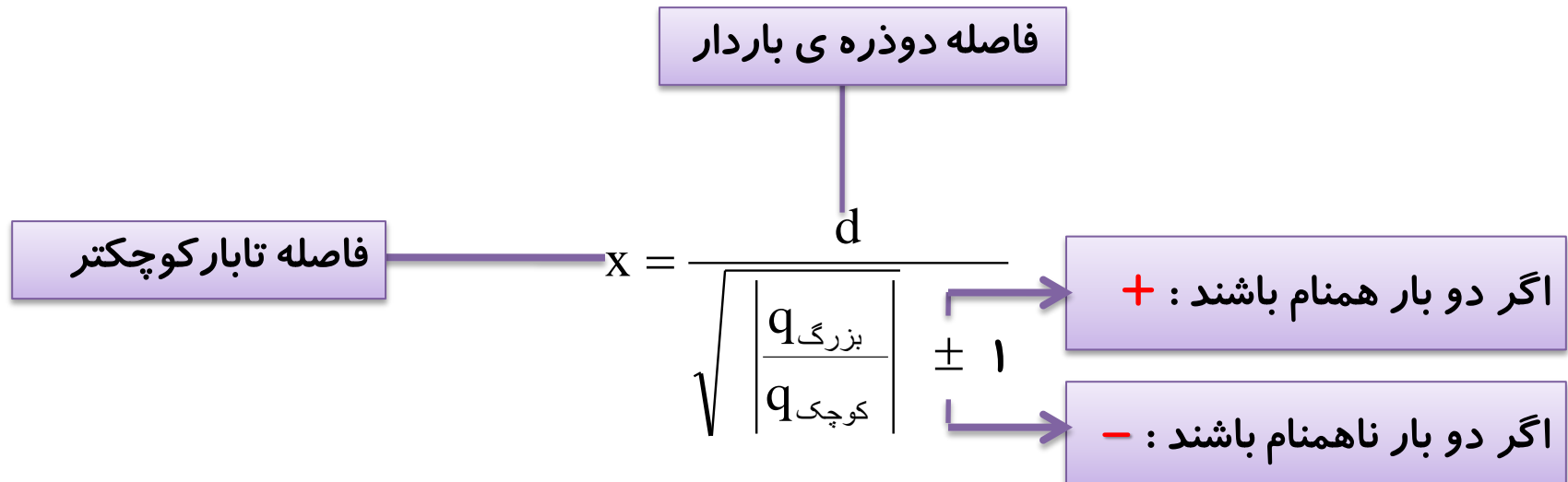


پرسش:

درچه نقطه‌ای بین دو ذره ی بارداربر آیند میدان (یا نیروها) صفر است؟

پاسخ:

اگر دو بار همنام باشند، بین آنها روی خط واصل دو بار، واگر دو بار ناهمنام باشند، در خارج از فاصله دو بار روی خط واصل و در هر دو حالت نزدیک به بار کوچکتر می‌توان نقطه‌ای یافت تا بر آیند میدان‌ها (نیروها) وارد بر ذره بار داری واقع در آن نقطه صفر شود.

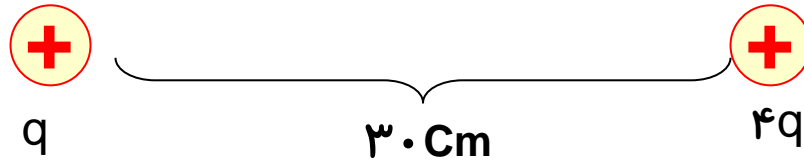


تمرین:

دو بار نقطه ای و مثبت با مقادیر q و $4q$ به فاصله 30 cm از هم قرار دارند در چه فاصله ای از بار الکترونیکی q روی خط واصل، میدان الکترونیکی برآیند صفر است؟

پاسخ:

$$x = 10\text{ cm}$$



$$x = \frac{d}{\sqrt{\frac{q_{\text{بزرگ}}}{q_{\text{کوچک}}} + 1}}$$

$$x = \frac{30}{\sqrt{\frac{4q}{q} + 1}} = \frac{30}{2 + 1} = \frac{30}{3} = 10\text{ cm}$$



تست:

دو بار $q_1 = -9 \mu\text{C}$ و $q_2 = +4 \mu\text{C}$ به فاصله 30 cm از هم مفروضند. میدان الکتریکی بر آیند در چه نقطه‌ای صفر است؟

(۲) بین دو بار و 10 cm بار $+4 \mu\text{C}$

(۱) خارج از فاصله دو بار و 60 cm بار $-9 \mu\text{C}$

(۴) بین دو بار و 10 cm بار $-9 \mu\text{C}$

(۳) خارج از فاصله دو بار و 60 cm بار $+4 \mu\text{C}$

پاسخ:

$$x = \frac{d}{\sqrt{\left| \frac{q_{\text{بزرگ}}}{q_{\text{کوچک}}} \right|} - 1}$$

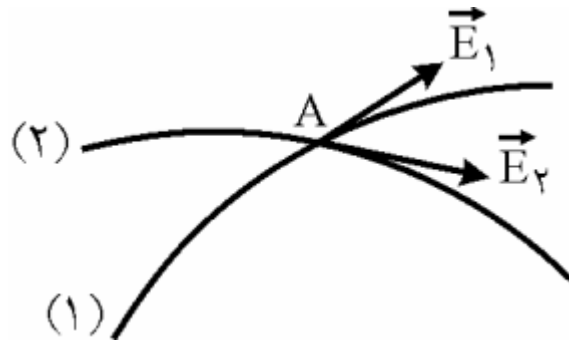
گزینه ۳ صحیح است.

$$x = \frac{30}{\sqrt{\left| \frac{-9}{4} \right|} - 1} = \frac{30}{\frac{3}{2} - 1} = \frac{30}{\frac{1}{2}} = 60 \text{ cm}$$



پرسش ۱-۴

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



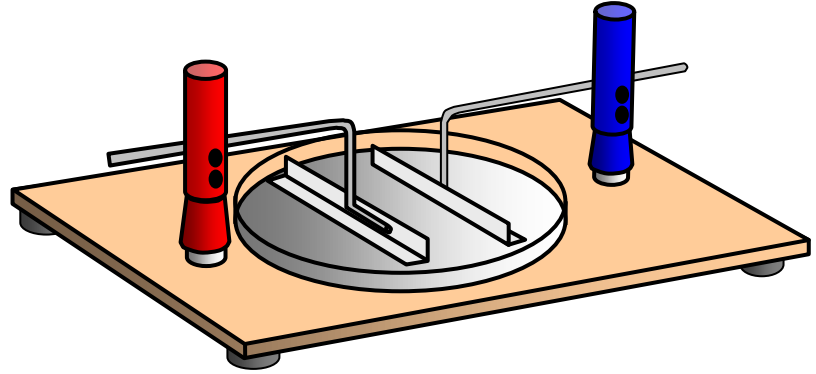
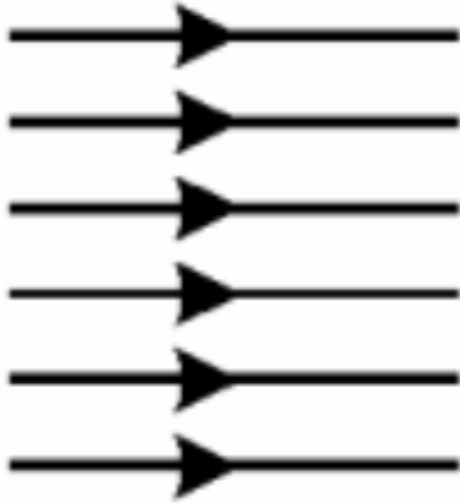
پاسخ:

فرض می کنیم که خطوط میدان در یک نقطه **همدیگر را قطع** می کنند، یعنی در آن نقطه دو جهت برای میدان وجود دارد به طوری که اگر بار آزمون را در آن نقطه قرار دهیم، همزمان در دو جهت شروع به حرکت می کند که این امکان پذیر نیست، پس خطوط میدان همدیگر را قطع نمی کنند.

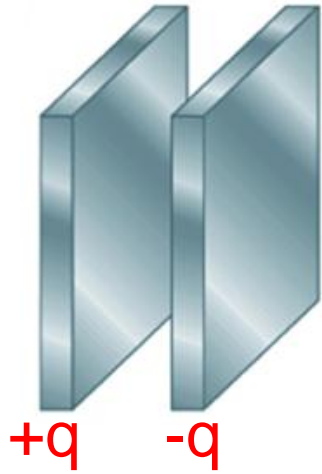


میدان الکتریکی یکنواخت

میدانی که خطوط آن راست، موازی و هم فاصله اند. (بردار \vec{E} ثابت باشد)
یا میدانی با تراکم یکسان که اندازه میدان در همه نقاط آن برابر است



شرایط ایجاد میدان الکتریکی یکنواخت:

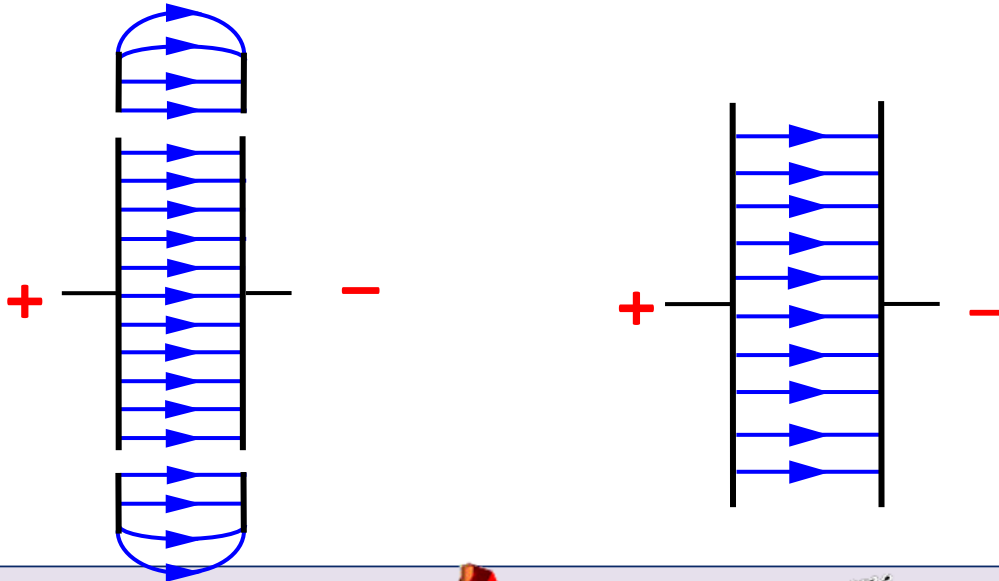


۱- دو صفحه رسانای مشابه را به طور موازی از هم قرار دهیم.

۲- یکی از صفحات را بار $+q$ و به دیگری بار $-q$ دهیم.

نکته:

میدان الکتریکی بین فضای دو صفحه و دور از لبه‌های دو صفحه، یکنواخت است.

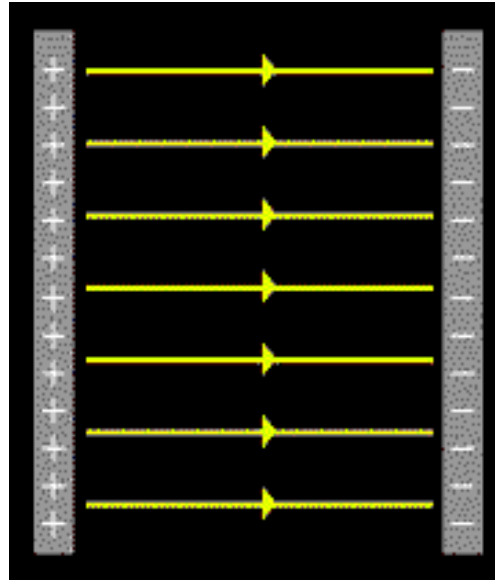


پرسش:

از مشاهده تصویر متحرک زیر چه نتیجه ای می گیرید؟

پاسخ:

بر هر ذره بار داری که در یک میدان الکتریکی قرار گیرد نیروی وارد می گردد.



جهت نیروی وارد بر بارهای مثبت و منفی واقع در یک میدان الکتریکی یکنواخت

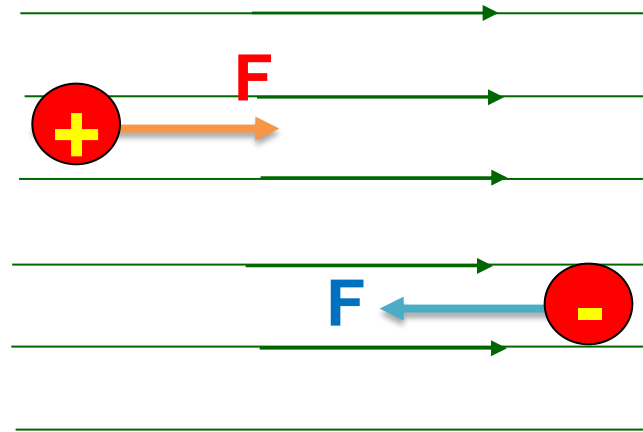
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \rightarrow \vec{F} = \vec{E}q. \begin{cases} q.>0 \rightarrow \vec{F} \parallel \vec{E} & \text{نیرو هم جهت میدان} \\ q.<0 \rightarrow \vec{F} \parallel \vec{E} & \text{نیرو خلاف جهت میدان} \end{cases}$$

بر بار مثبت واقع در میدان الکتریکی، نیرویی هم جهت با میدان الکتریکی وارد می شود.

بر بار منفی واقع در میدان الکتریکی، نیرویی در خلاف جهت میدان الکتریکی وارد می شود.

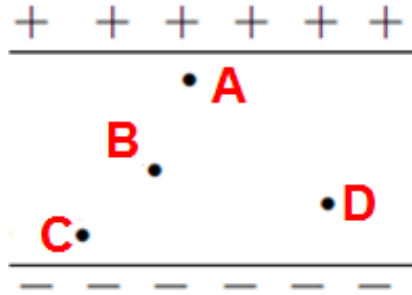
میدان الکتریکی خارجی
ناشی از اجسام باردار دیگر

E



پرسش:

نیروی الکتریکی وارد بر بار الکتریکی $+q$ را در شکل زیر، در نقاط A ، B ، C ، D باهم مقایسه کنید.



پاسخ:

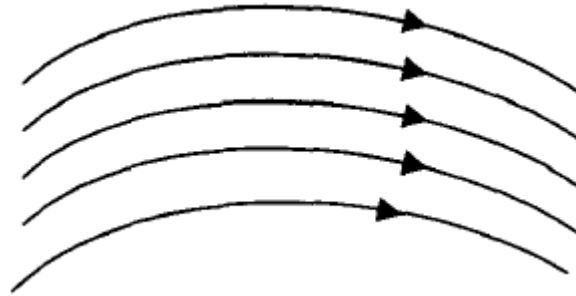
چون بین دو صفحه میدان الکتریکی یکنواخت ایجاد شده است، پس نیرویی که بر بار در هر نقطه وارد می شود باهم برابرند

$$\left. \begin{array}{l} F = Eq. \\ E = \text{ثابت} \end{array} \right\} F_A = F_B = F_C = F_D$$



پرسش:

شکل زیر خطوط میدان الکتریکی در یک ناحیه از فضا به صورت خمهای موازی وهم فاصله اند آیا این میدان الکتریکی یکنواخت است؟ توضیح دهید



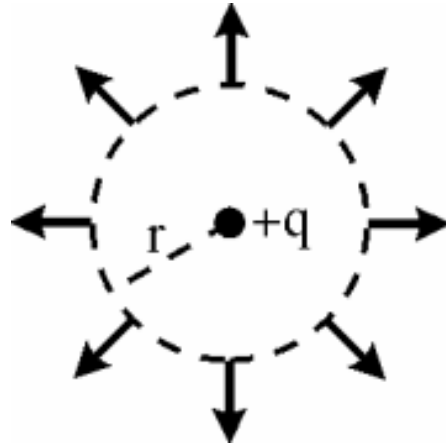
پاسخ:

خیر، زیرا جهت بردار میدان الکتریکی در این ناحیه ثابت نیست.



پرسش:

بارنقطه ای را در نظر بگیرید. به مرکز بار، کره ای به شعاع رسم کنید. آیا بردار میدان الکتریکی بر روی سطح این کره ثابت است؟



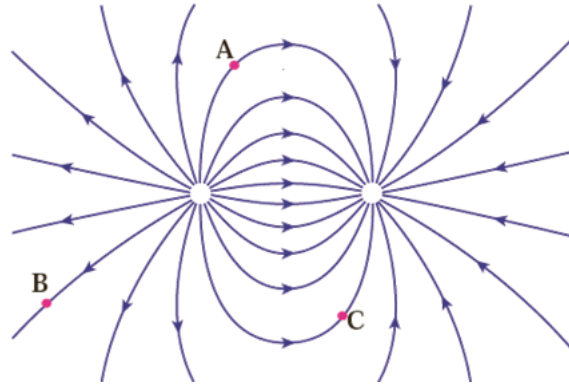
پاسخ:

خیر، اندازه میدان الکتریکی ثابت است ولی جهت آن در نقطه های مختلف، متفاوت است.



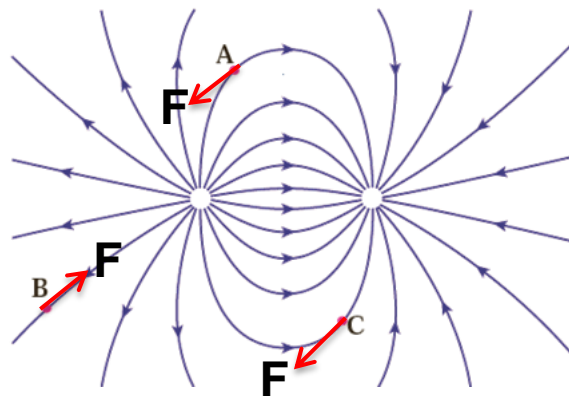
پرسش ۱-۵

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.



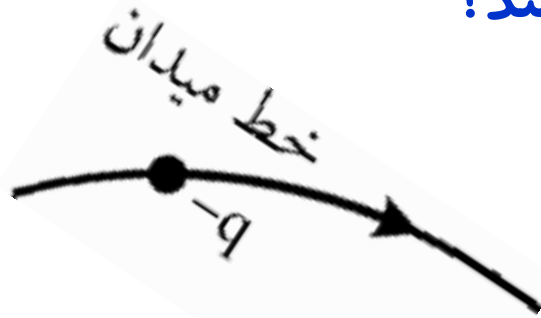
پاسخ:

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



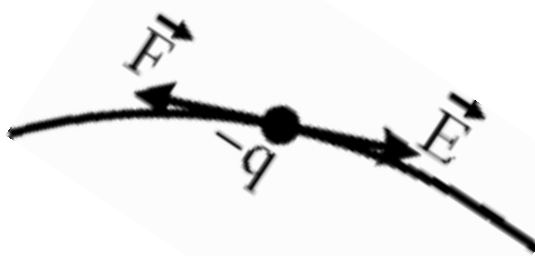
پرسش:

مطابق شکل، بار نقطه ای $-q$ را در یک نقطه بر روی خط میدان قرار می دهیم. آیا ذره ی باردار بر روی خط میدان حرکت می کند؟



پاسخ:

نیروی در خلاف جهت میدان به ذره ی باردار وارد می شود و ذره به حرکت درمی آید و از مسیر خارج می شود .

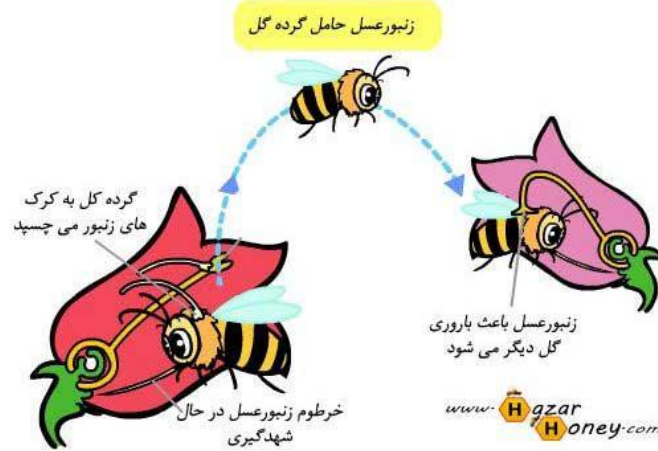


توجه کنید اگر خط میدان به صورت خطی راست باشد، ذره بر روی خط میدان حرکت می کند .



فعالیت ۱-۳

تولید مثل برخی از گل ها به زنبورهای عسل وابسته است. گرده ها به واسطه میدان الکتریکی، از یک گل به زنبور و از زنبور به گل دیگر منتقل می شوند. در این باره تحقیق کنید.

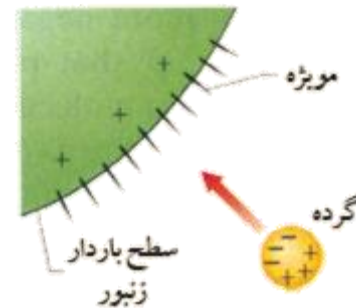
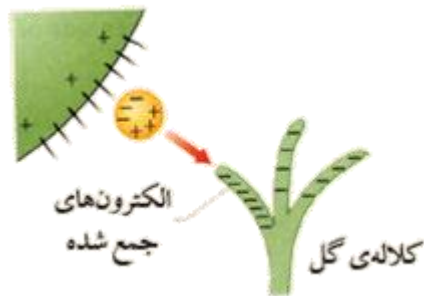


فعالیت ۱-۳

تولید مثل برخی از گل ها به زنبورهای عسل وابسته است. گرده ها به واسطه میدان الکتریکی، از یک گل به زنبور و از زنبور به گل دیگر منتقل می شوند. در این باره تحقیق کنید.

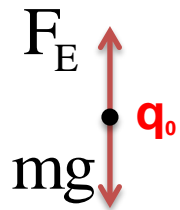
پاسخ:

زنبورهای عسل معمولاً در حین پرواز دارای بار الکتریکی مثبت می شوند و وقتی به گرده بدون بار روی بساک یک گل می رسند میدان الکتریکی آنهاروی گرده بارهای مثبت و منفی القامی کند به طوری که آن سمت گرده که به طرف زنبور است دارای بار منفی می شود و گرده به زنبور کشیده شده و گرده هاروی موثره های ریز زنبور قرار می گیرند وقتی زنبور در اطراف گل دیگری پرواز می کند بارهای منفی روی کلاله القا می کند و اگر نیروی وارد از کلاله بزرگتر از نیروی وارد از زنبور بر گرده باشد گرده به سمت کلاله کشیده و گرده افشانی صورت می گیرد.



تمرین:

ذره‌ی باردارى به جرم 2g با بار الکتریکی $40\ \mu\text{C}$ -در یک میدان الکتریکی یکنواخت معلق و به حال سکون است. بزرگی و جهت میدان الکتریکی را تعیین کنید؟



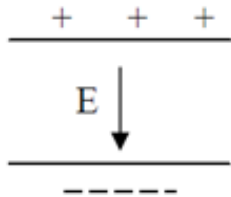
پاسخ:

$$E = 50 \cdot \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

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

$$\left\{ \begin{array}{l} m = 2\text{g} = 2 \times 10^{-3} \text{ kg} \\ q_0 = -40 \times 10^{-6} \text{ C} \\ E = ? \\ g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \end{array} \right. \quad \left. \begin{array}{l} F_E = E|q_0| \\ F_g = W = mg \end{array} \right\} \begin{array}{l} E|q_0| = mg \\ \rightarrow E = \frac{mg}{|q_0|} = \frac{2 \times 10^{-3} \times 10}{40 \times 10^{-6}} \end{array} \rightarrow E = 50 \cdot \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

چون به بار الکتریکی منفی از طرف میدان الکتریکی، نیروی به سمت بالا وارد شده است. بنابر این میدان به سمت پایین است



تمرین ۱-۷

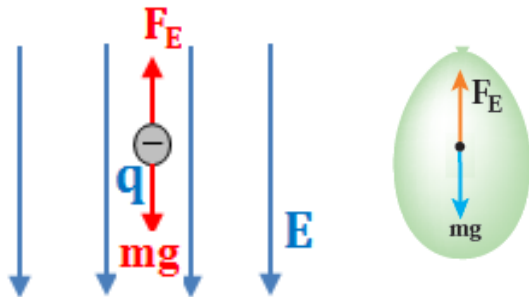
روی سطح بادکنکی به جرم 1.0g بار الکتریکی 200nC - ایجاد می کنیم و آن را در یک میدان الکتریکی قرار می دهیم. بزرگی و جهت این میدان الکتریکی را در صورتی که **بادکنک معلق بماند**، تعیین کنید. از نیروی شناوری وارد به

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 می گیرد و می دانیم که نیروی وزن در امتداد قائم رو به پایین است، نیروی الکتریکی در امتداد قائم رو به بالا و هم اندازه با وزن بادکنک است. پس:

$$F_E = mg \rightarrow E|q| = mg \rightarrow E = \frac{1.0 \times 10^{-3} \times 1.0}{200 \times 10^{-9}} \rightarrow E = 5 \times 10^5 \text{ N/C}$$



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

تست:

ذره‌ای به جرم 1.0 g او بار الکتریکی $5 \mu\text{C}$ در میدان الکتریکی 1000 N/C قرار دارد. شتاب حاصل از نیروی الکتریکی وارد بر این ذره را بیابید.

۵ (۴)

۰/۲ (۳)

۰/۱ (۲)

۰/۵ (۱)

پاسخ:

$$a = 0.5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$m = 1.0 \text{ g} = 1.0 \times 10^{-3} \text{ kg} = 10^{-2} \text{ kg}$$

$$q_0 = 5 \mu\text{C} = 5 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$E = 1000 \frac{\text{N}}{\text{C}} = 10^3 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$a = ?$$

$$\left. \begin{array}{l} F = E|q_0| \\ F = ma \end{array} \right\} E|q_0| = ma \rightarrow$$

$$a = \frac{E|q_0|}{m} = \frac{10^3 \times 5 \times 10^{-6}}{10^{-2}} \rightarrow$$

$$a = 0.5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$



تمرین

نمودار تغییرات میدان الکتریکی حاصل از یک بار نقطه‌ای را بر حسب فاصله از آن به‌طور کیفی رسم کنید.

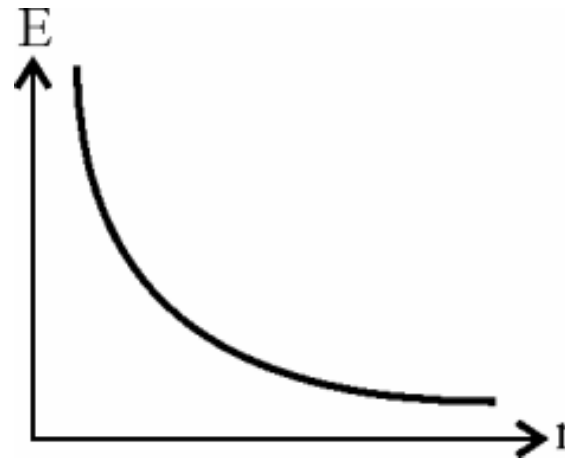
پاسخ:

چون $E \propto \frac{1}{r^2}$ است، بنابراین نمودار به‌صورت زیر خواهد بود:

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

$$E = Kq \frac{1}{r^2}$$

$$\left. \begin{array}{l} r = \bullet \rightarrow E \Rightarrow \infty \\ r \Rightarrow \infty \rightarrow E = \bullet \end{array} \right\}$$

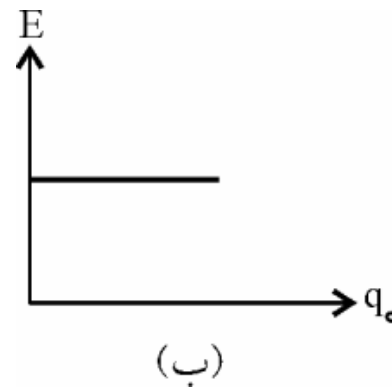
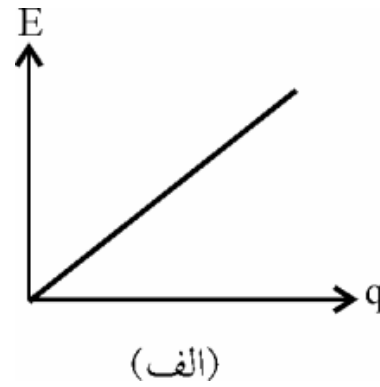


تمرین:

نمودار تغییرات میدان الکتریکی در یک نقطه را بر حسب متغیرهای زیر به طور کیفی رسم کنید. الف) تغییرات بار مولد میدان (q) ب) تغییرات باری که در میدان قرار می‌دهیم (q_0)

پاسخ:

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





موضوع : انرژى پتانسيل الكترىكى



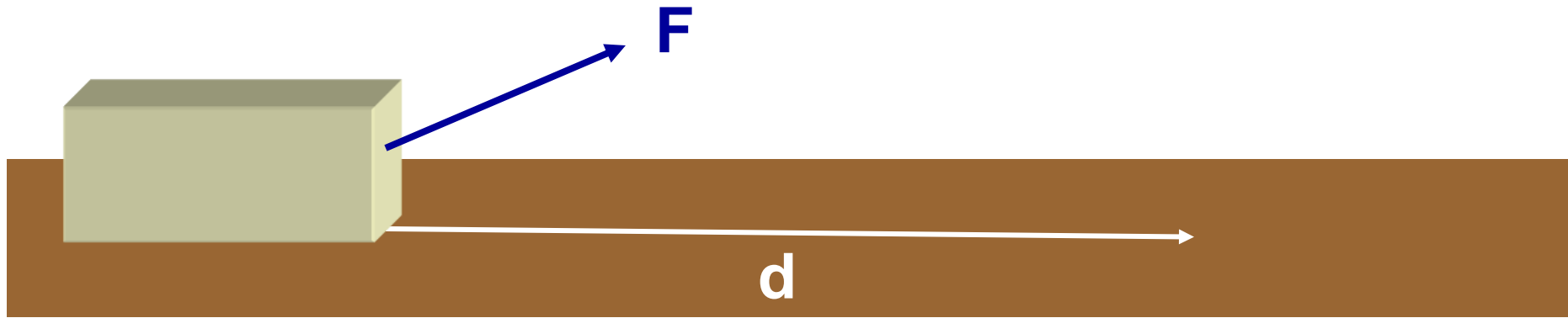
خروج

یادآوری

فرمول کار:

$$W_F = Fd \cos \theta$$

(کسینوس زاویه بین نیرو و جابجایی × جابجایی × نیرو) = کار انجام شده.

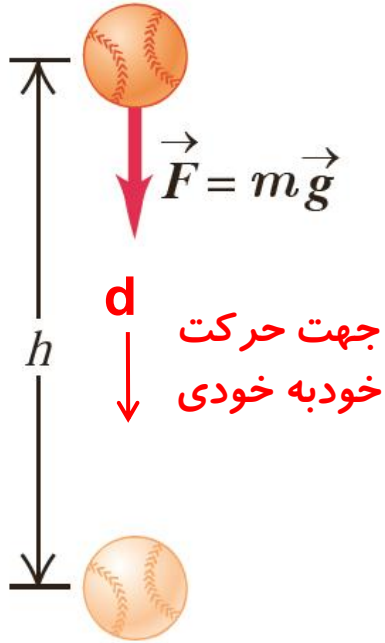


$$W_T = \Delta K$$

کار و انرژی جنبشی:



نکات مهم در مورد نحوه تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی یک ذره در یک میدان نکته ۱- هر حرکتی که به صورت **خودبه خودی** در طبیعت انجام شود، در راستای آن **انرژی پتانسیل** سامانه را **کاهش** می دهد. برای مثال در شکل مقابل گلوله پس از رها شدن به صورت خودبه خودی به طرف پایین حرکت می کند، بنابراین این انرژی پتانسیل گرانشی گلوله کاهش می یابد.

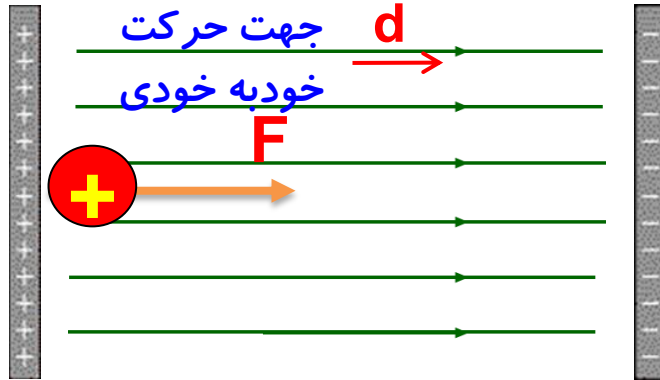


$$W_{\text{وزن}} = -\Delta U_{\text{گرانشی}}$$

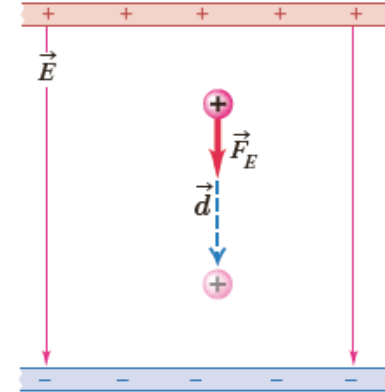
$$\Delta U_g = -W_g$$



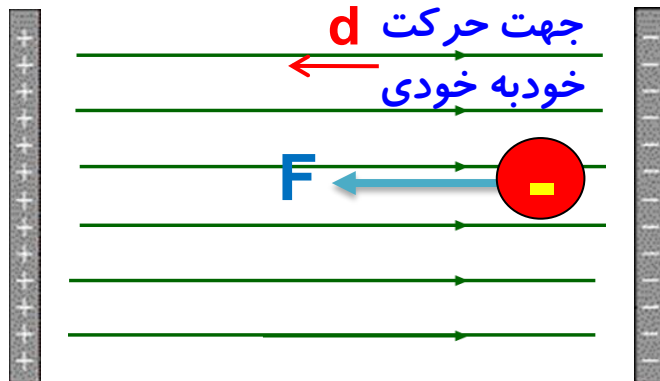
الف) می دانیم بار مثبت به صورت **خودبه خودی** در جهت میدان الکتریکی حرکت می کند، بنابراین انرژی پتانسیل الکتریکی پروتون با حرکت **در جهت میدان** کاهش می یابد



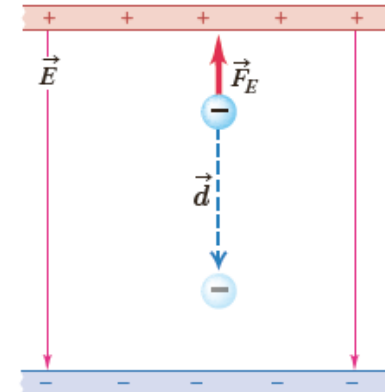
$$W_E = -\Delta U_E$$



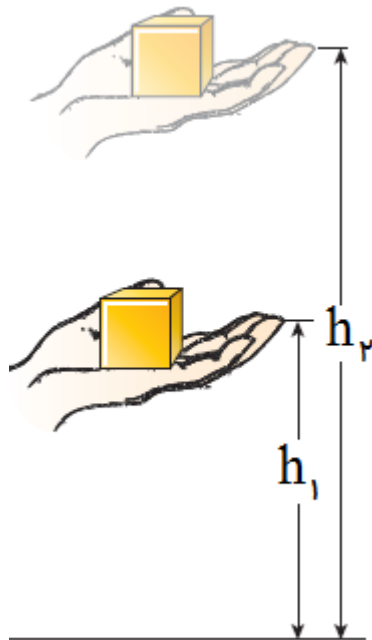
ب) می دانیم بار منفی (الکترون) به صورت **خودبه خودی** در خلاف جهت میدان حرکت می کند، بنابراین انرژی پتانسیل الکتریکی الکترون با حرکت **در خلاف جهت میدان** کاهش می یابد



$$W_E = -\Delta U_E$$



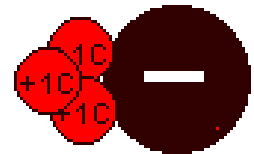
نکته ۲- هر حرکتی که در خلاف جهت خود به خودی انجام شود، برای انجام آن انرژی صرف می شود و در این حالت انرژی پتانسیل الکتریکی سامانه افزایش می یابد برای مثال تا زمانی که جسم به سمت بالا جابه جا می شود انرژی پتانسیل گرانشی سامانه جسم-زمین در حال افزایش است.



انرژی پتانسیل گرانشی
جسم افزایش می یابد

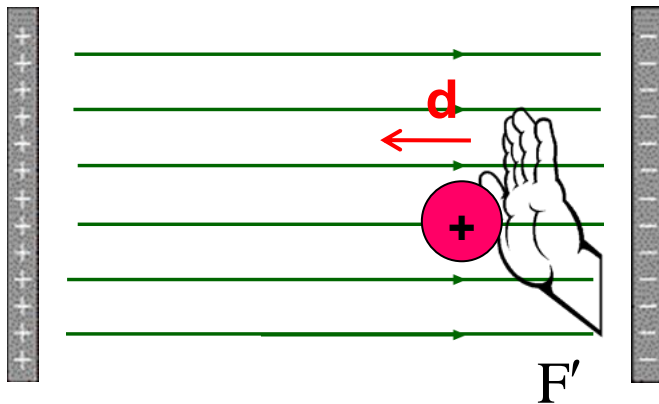


©1999 Science Joy Wagon

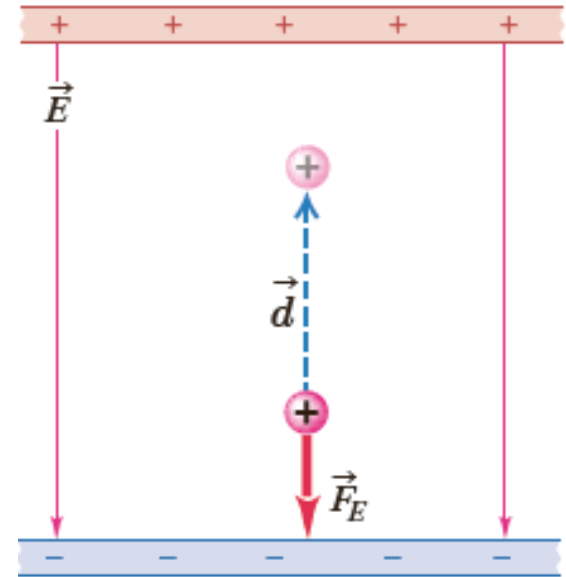


الف) انرژی پتانسیل الکتریکی بار مثبت (پروتون) با حرکت در خلاف جهت میدان (خلاف جهت خودبه خودی) افزایش می یابد

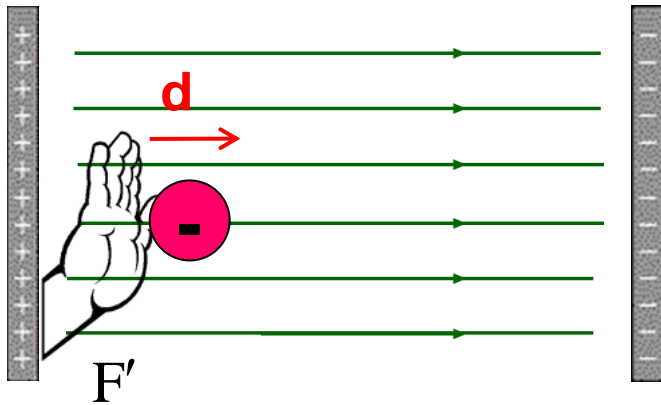
دقت شود که برای جابه جایی پروتون در خلاف جهت میدان باید انرژی مصرف کنیم (کار باتری) و این انرژی به صورت انرژی پتانسیل الکتریکی در پروتون ذخیره می شود. به عبارت ساده تر بار مثبت دوست ندارد در خلاف جهت میدان حرکت کند



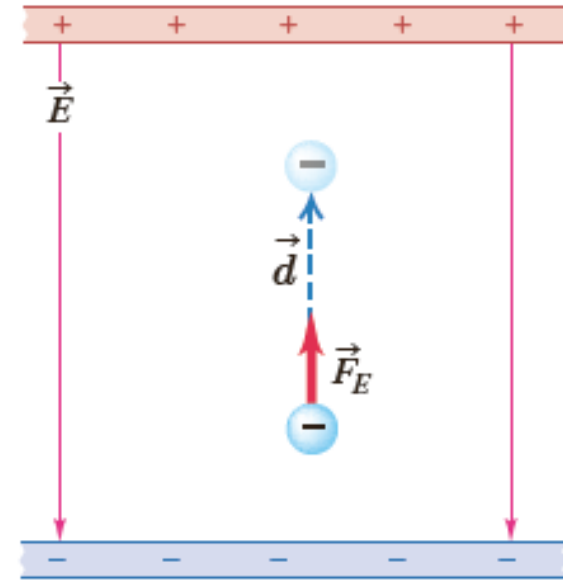
$$W_{F'} = \Delta U_E$$



ب) انرژی پتانسیل الکتریکی بار منفی با حرکت در جهت میدان (خلاف جهت خودبه خودی) افزایش می یابد

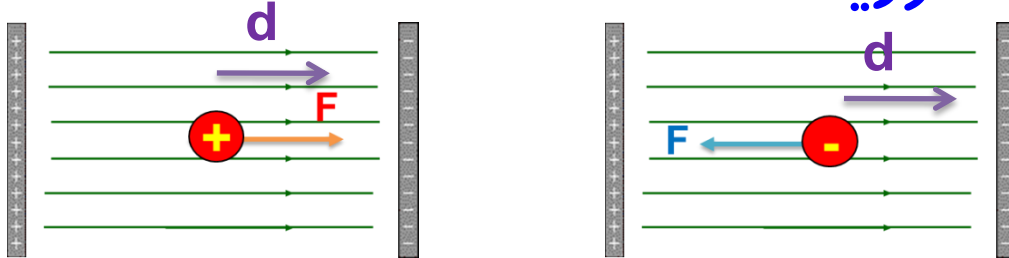


$$W_{F'} = \Delta U_E$$



تمرین:

مطابق شکل زیر، در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی E ، بار الکتریکی q با سرعت ثابت به اندازه d ، در جهت میدان جابه جا می کنیم. تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q را به دست آورید.



$$\left. \begin{aligned} \Delta U_E &= -W_E \\ W_E &= Fd \cos \theta \\ F &= E|q| \end{aligned} \right\} \Delta U_E = -E|q|d \cos \theta$$

زاویه بین نیرو و جابه جایی

$$\left. \begin{aligned} q > \bullet \rightarrow \theta = \alpha \\ \Delta U_E &= -Eqd \cos \alpha \\ q < \bullet \rightarrow \theta = \pi - \alpha \end{aligned} \right\}$$

زاویه بین میدان و جابه جایی

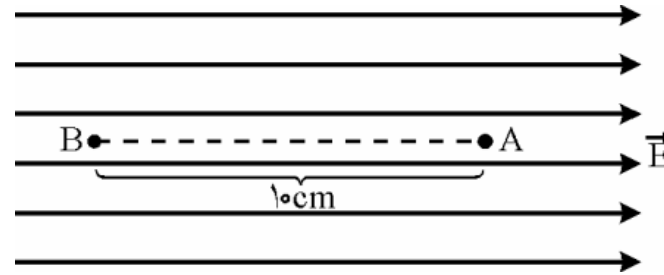
نکته:

تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار به نوع بار و مقدار بار ذره باردار، مقدار جابه جایی و زاویه میدان با جابه جایی بستگی دارد



تمرین:

مطابق شکل زیر، در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $4 \times 10^4 \text{ N/C}$ ، بار الکتریکی $+5 \mu\text{C}$ را از نقطه A تا B با سرعت ثابت، جابه جا می کنیم. تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q را به دست آورید.



پاسخ:

$$\Delta U_E = 2 \times 10^{-2} \text{ J}$$

$$E = 4 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$q = 5 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$\Delta U_E = ?$$

$$\theta = 180^\circ$$

$$d = 10 \text{ cm} = 10 \times 10^{-2} \text{ m} = 10^{-1} \text{ m}$$

$$\Delta U_E = -Eqd \cos \alpha$$

$$\Delta U_E = -4 \times 10^4 \times 5 \times 10^{-6} \times 10^{-1} \times \cos 180^\circ$$

$$\Delta U_E = 2 \times 10^{-2} \text{ J}$$

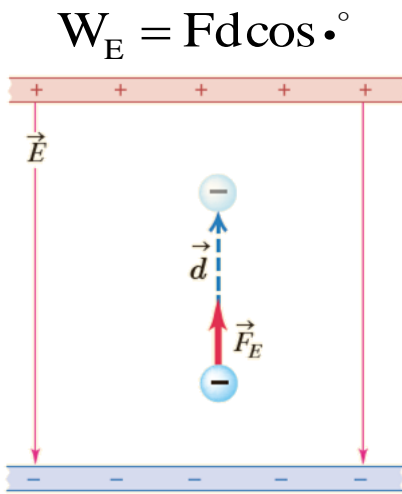


پرسش ۱-۲

در هر یک از شکل های زیر، با توجه به علامت بار ذره جابه جا شده، و جهت میدان الکتریکی (E)، جهت نیروی الکتریکی (F) و جهت جابه جایی ذره (d)، تعیین کنید که: الف) کار نیروی الکتریکی (W_E) مثبت است یا منفی. ب) انرژی پتانسیل الکتریکی (U_E) کاهش یافته است یا افزایش.

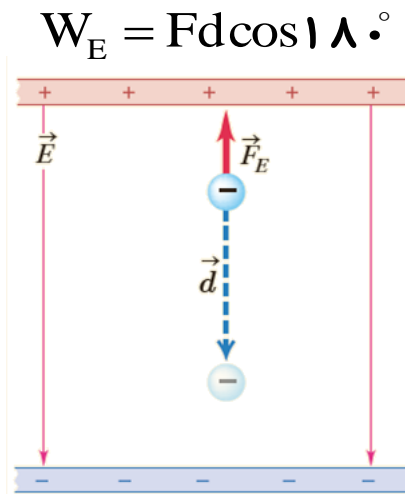
$$W_E = Fd \cos \theta \quad \text{و} \quad \Delta U_E = -W_E$$

پاسخ:



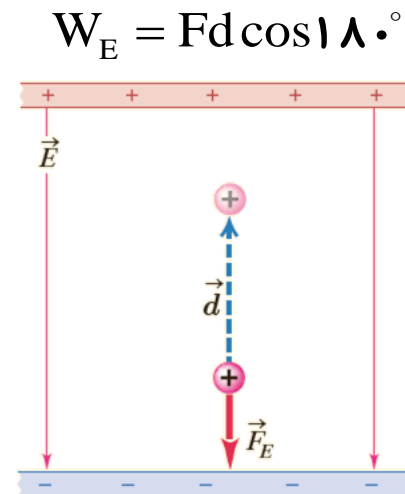
$$W_E = Fd > 0$$

$$\Delta U_E < 0$$



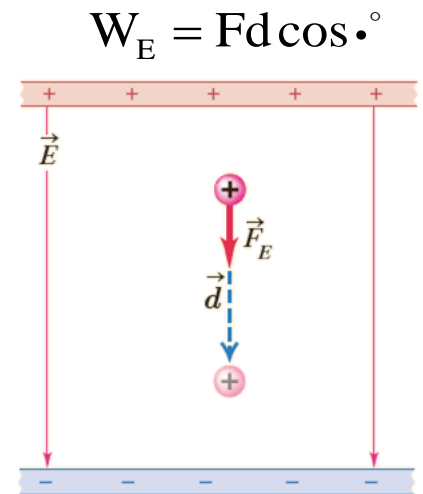
$$W_E = -Fd < 0$$

$$\Delta U_E > 0$$



$$W_E = -Fd < 0$$

$$\Delta U_E > 0$$

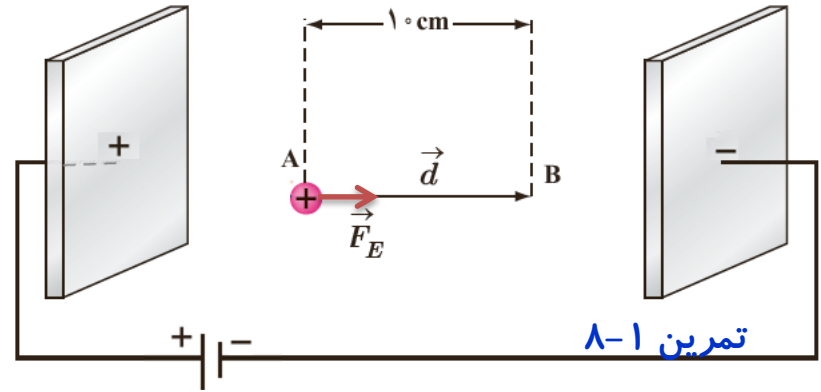
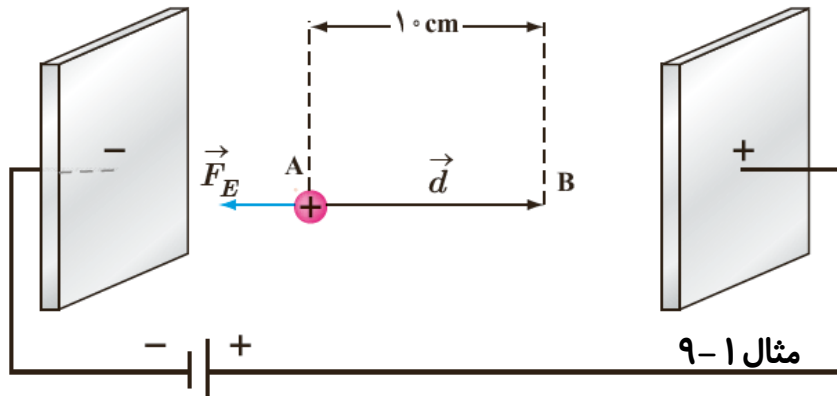


$$W_E = Fd > 0$$

$$\Delta U_E < 0$$

تمرین ۸-۱

در مثال ۱-۱۰) در یک میدان الکتریکی یکنواخت، $E = 2 \times 10^3 \text{ N/C}$ پروتونی از نقطه A با سرعت v_0 در خلاف جهت میدان الکتریکی پرتاب شده است. پروتون سرانجام در نقطه B توقف می شود. بار پروتون $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ و جرم آن $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ است) اگر جای قطب های باتری عوض شود و پروتون را در نقطه A از حالت سکون رها کنیم، پروتون با چه تندی ای به نقطه B می رسد؟



پاسخ:

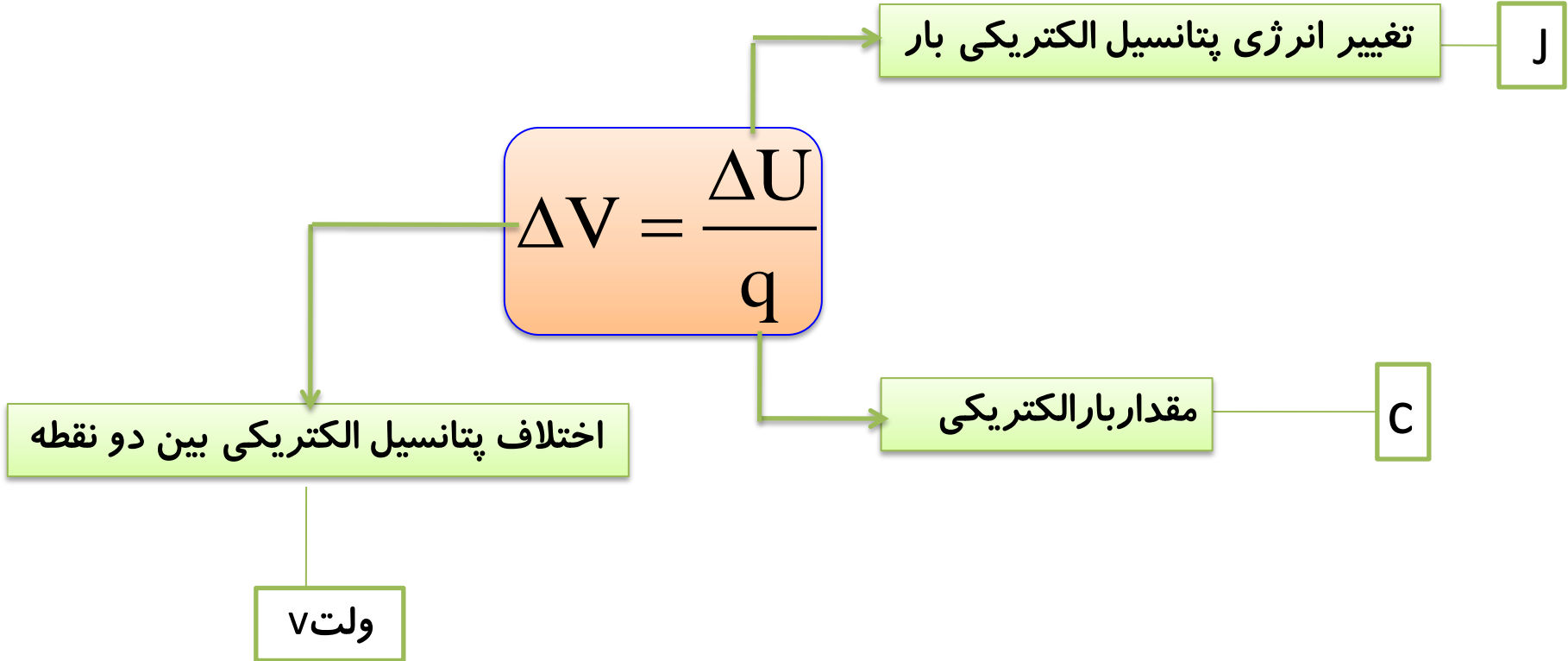
$$\Delta U_E = -W_E = -Eqd \cos \alpha = -2 \times 10^3 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 1 \times \cos 0 = -3.2 \times 10^{-17} \text{ J}$$

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

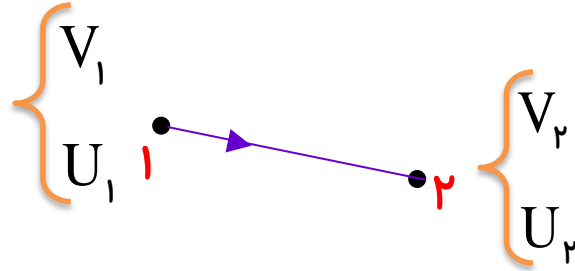
$$v_B^2 = \frac{2 \times 3.2 \times 10^{-17}}{1.67 \times 10^{-27}} \Rightarrow v_B^2 = 3.83 \times 10^{10} \Rightarrow v_B = 1.96 \times 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 2 \times 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



فرمول اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه:

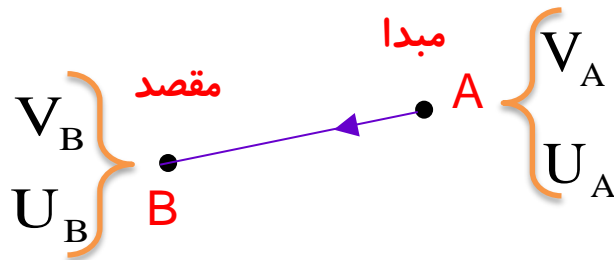


اختلاف پتانسیل الکتریکی نقطه ی ۲ نسبت به نقطه ی ۱:



$$(V_2 - V_1) = \frac{U_2 - U_1}{q}$$

اختلاف پتانسیل نقطه ی B نسبت به نقطه ی A



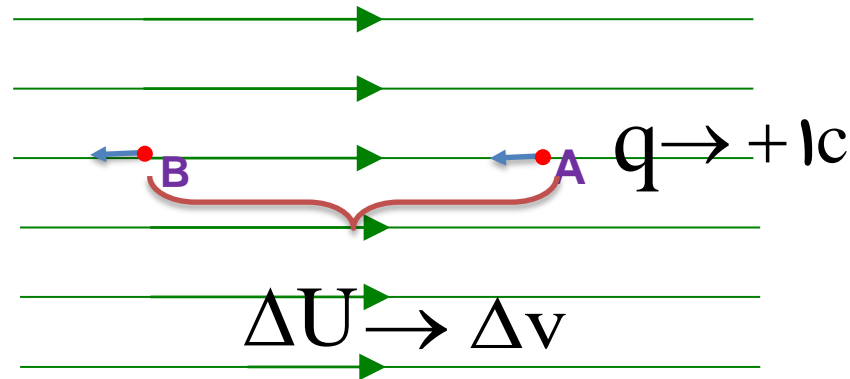
$$(V_{\text{مقصد}} - V_{\text{مبدا}}) = \frac{U_{\text{مقصد}} - U_{\text{مبدا}}}{q}$$

$$V_B - V_A = \frac{\Delta U}{q}$$



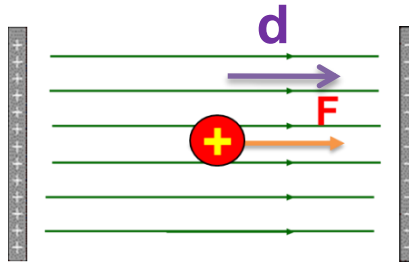
اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه واقع در یک میدان الکتریکی :
 برابر تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی واحد بار مثبت است وقتی از نقطه اول
 تا نقطه دوم جابه جا می شود

$$\frac{q}{+1c} = \frac{\Delta U}{\Delta V} \Rightarrow \Delta U = \Delta V \cdot q \Rightarrow \Delta V = \frac{\Delta U}{q}$$



تعریف یک ولت : معادل J/C لاست

اگر اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه برابر یک ولت باشد وقتی بار الکتریکی یک کولن بین دو نقطه جابه جا می شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن به اندازه ی یک ژول افزایش یا کاهش می یابد



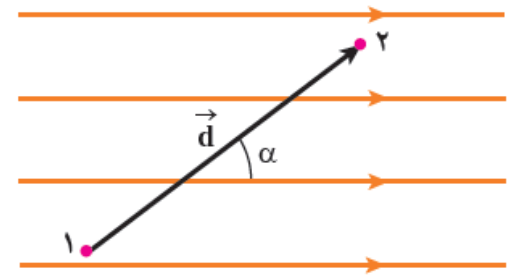
$$\Delta U_E \langle \bullet \quad \xrightarrow{\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q}} \quad \Delta V \langle \bullet$$

نتیجه :

در جهت خطوط میدان الکتریکی پتانسیل الکتریکی کاهش می یابد .



رابطهٔ اختلاف پتانسیل الکتریکی بامیدان الکتریکی و فاصله از دو نقطه:



$$\Delta U_E = -Eqd \cos \alpha$$

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

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



$$\Delta V = -Ed \cos \alpha$$

زاویه بین میدان و جابه جایی

نکته:

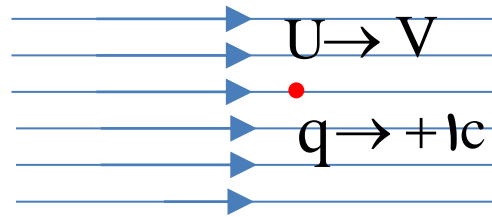
اختلاف پتانسیل الکتریکی به **نوع** و **مقدار بار** الکتریکی بستگی **ندارد**. فقط به مکان قرار گرفتن در میدان الکتریکی بستگی دارد.



پتانسیل الکتریکی هر نقطه از میدان :

برابر انرژی پتانسیل یکای بار الکتریکی مثبت (+1 C) در آن نقطه از میدان است .

$$\frac{q}{+1 \text{ C}} = \frac{U}{V} \Rightarrow U = V \cdot q \Rightarrow V = \frac{U}{q}$$



نکته:

پتانسیل الکتریکی: به نوع و اندازه بار الکتریکی بستگی ندارد. فقط به مکان قرار گرفتن در میدان الکتریکی بستگی دارد.

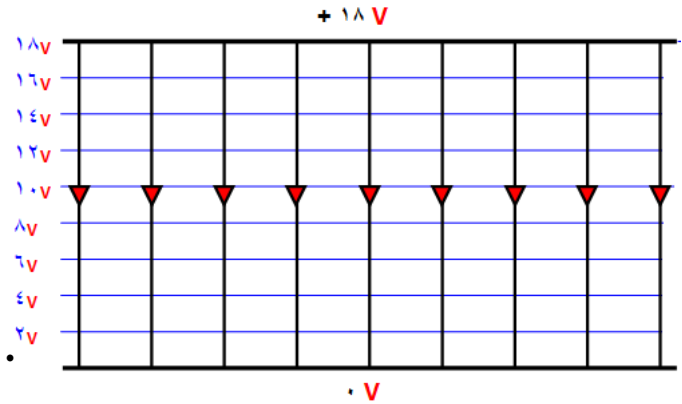


مبدأ پتانسیل الکتریکی

پتانسیل الکتریکی یک نقطه (مثل زمین) را صفر انتخاب می کنیم و پتانسیل الکتریکی سایر نقطه های میدان الکتریکی را نسبت به آن به دست می آوریم به این نقطه، مبدأ پتانسیل الکتریکی می گوئیم .

$$V = \frac{U}{q} \rightarrow V = \cdot$$

مبدأ پتانسیل الکتریکی $U = \cdot$



پتانسیل بیشتر



پتانسیل صفر
(مثل زمین)

در جهت میدان حرکت کنیم پتانسیل نقاط کم می شود.



تمرین:

برای جابه جایی 2C / بار بین دو نقطه 20 ژول انرژی مصرف می کنیم.
 اختلاف پتانسیل بین دو نقطه چند ولت است؟

پاسخ:

$$\Delta V = 100\text{V}$$

$$\left. \begin{array}{l} q = +2\text{C} \\ W_{F'} = 20\text{J} \\ \Delta V = ? \end{array} \right\} \begin{array}{l} \Delta V = \frac{\Delta U}{q} \\ \Delta U = W_{F'} \end{array} \left. \right\} \Delta V = \frac{20}{2} = 100\text{V}$$



تمرین:

بارالکتریکی $q = + 3 \mu\text{C}$ از نقطه ای با پتانسیل الکتریکی $V_1 = -40\text{V}$ تا نقطه ای با پتانسیل $V_2 = -10\text{V}$ جابه جا شده است. تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار چند ژول است؟

پاسخ:

$$\Delta U = 9 \times 10^{-5} \text{J}$$

$$q = +3 \mu\text{C}$$

$$(V_2 - V_1) = \frac{U_2 - U_1}{q}$$

$$V_1 = -40\text{V}$$

$$\Delta U = q(V_2 - V_1)$$

$$V_2 = -10\text{V}$$

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

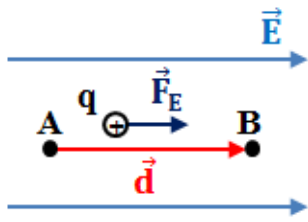
$$(U_2 - U_1) = \Delta U = ?$$

$$\Delta U = 9 \times 10^{-5} \text{J}$$



تمرین ۱-۹

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:

$$W_E = Fd \cos 0^\circ = Fd$$

$$V_B - V_A = -\frac{W_E}{q} \quad \xrightarrow{W > 0 \text{ و } q > 0} \quad V_B - V_A < 0 \quad \Rightarrow \quad V_B < V_A$$

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:

$$W_E = Fd \cos 180^\circ = -Fd$$

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

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.

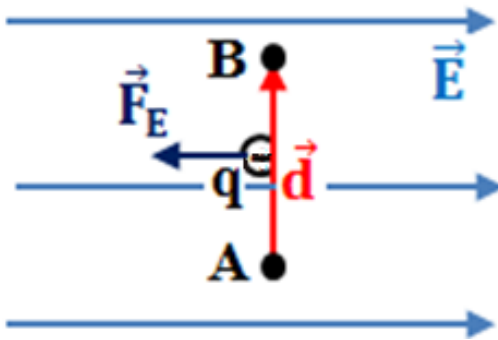


تمرین ۱-۹

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 ΔV صفر است.



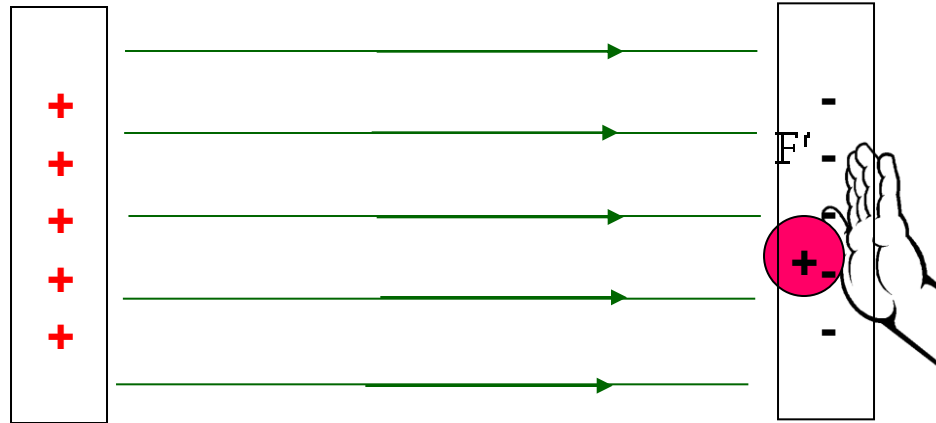
$$W_E = Fd \cos 90^\circ = 0 \quad \xrightarrow{W_E = -\Delta U_E = 0} \quad V_B - V_A = 0 \quad \rightarrow \quad V_B = V_A$$



یک ژول:

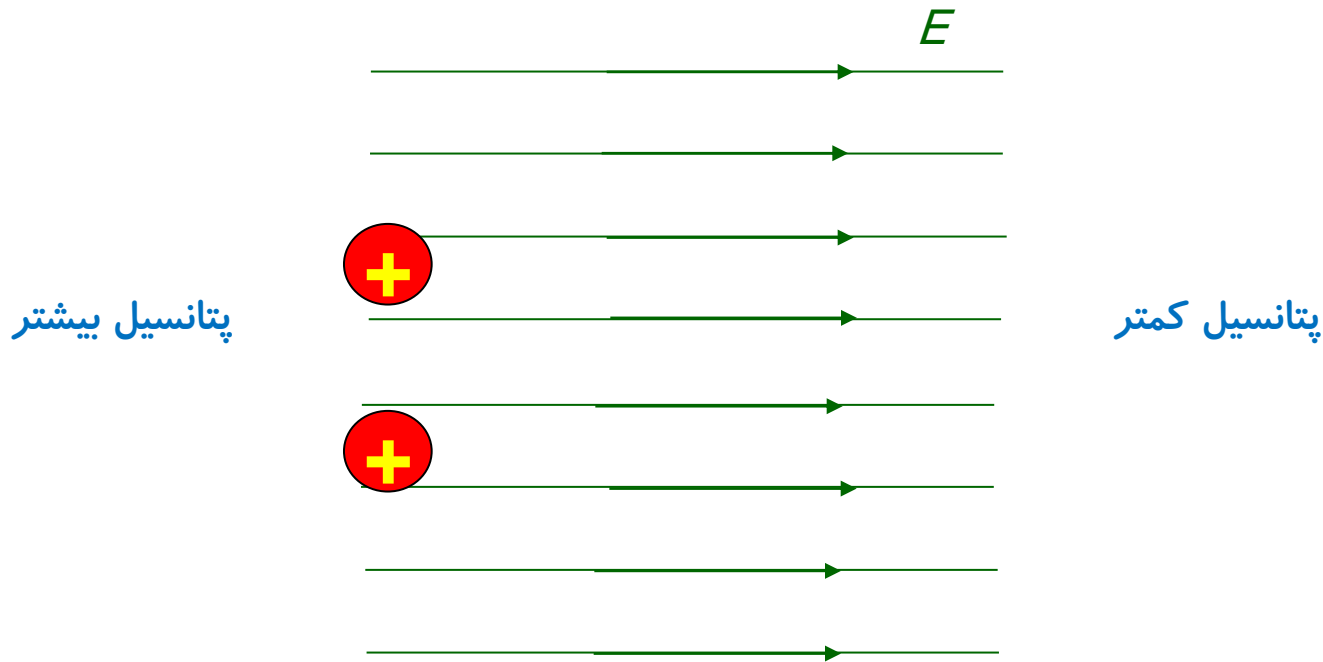
مقدار انرژی کہ بارالکتریکی **یک کولنی** تحت ولتاژیک ولت بدست می آورد.

$$\Delta v = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow \Delta U = \Delta v \cdot q \Rightarrow 1J = 1v \cdot 1c$$



نکته

اگر **بار مثبت**.. را در میدانی الکتریکی رها کنیم ، در جهت میدان حرکت می کند ، و این عمل باعث **کاهش انرژی پتانسیل**.. الکتریکی بار می گردد (در واقع انرژی پتانسیل بار تبدیل به انرژی جنبشی می گردد).

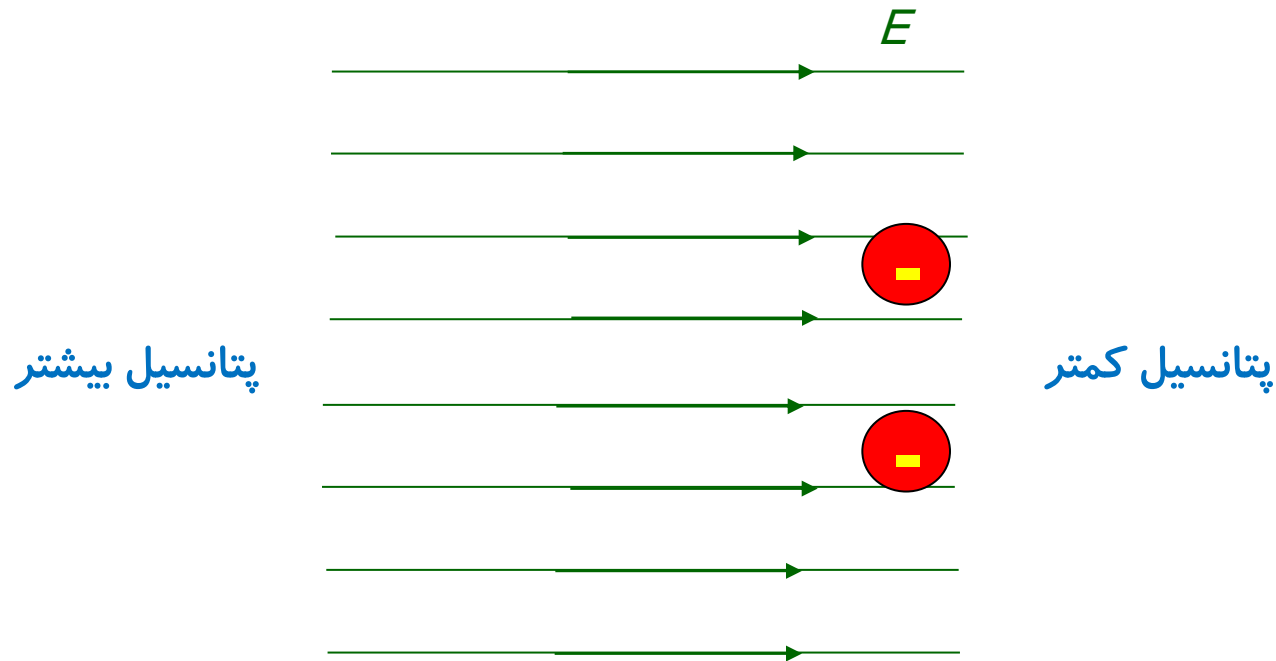


همواره حرکت **بار مثبت** از پتانسیل بیشتر به کمتر است.



نکته

اگر بار منفی را در میدانی الکتریکی (یکنواخت) رها کنیم، در **خلاف جهت میدان** حرکت می کند، و این عمل باعث **کاهش انرژی پتانسیل** بار می گردد. (در واقع انرژی پتانسیل بار تبدیل به انرژی جنبشی می گردد).



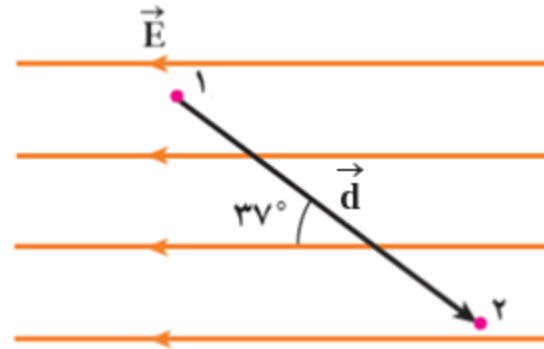
همواره حرکت **بار منفی** از پتانسیل کمتر به بیشتر است.



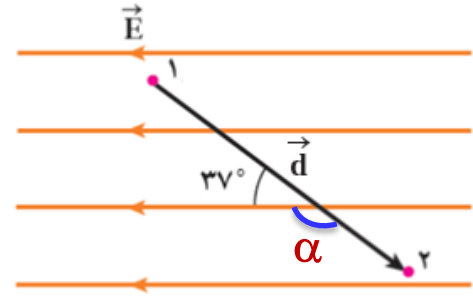
تمرین:

در میدان الکتریکی یکنواخت شکل زیر که بزرگی آن $E = 5 \times 10^5 \text{ V/m}$ است: (الف) اختلاف پتانسیل الکتریکی بین نقاط ۱ و ۲ را بیابید.

(ب) اگر بار نقطه ای $q = -2 \text{ nC}$ از نقطه ۱ به نقطه ۲ جابه جا شود، تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی آن و کار انجام شده توسط نیروی الکتریکی را به دست آورید. ($d = 10 \text{ cm}$ و $\cos 37^\circ = .8$)



پاسخ:



(الف)

$$E = 5 \times 10^5 \text{ V/m}$$

$$\Delta V = -Ed \cos \alpha$$

$$\Delta V = ?$$

$$\Delta V = -5 \times 10^5 \times 10^{-1} \times \cos(180^\circ - 37^\circ)$$

$$q = -2 \text{ nC}$$

$$\Delta V = -5 \times 10^5 \times 10^{-1} \times (-.8)$$

$$\Delta U = ?$$

$$\Delta V = 4 \times 10^4 \text{ V}$$

$$W_E = ?$$

(ب)

$$d = 10 \text{ cm}$$

$$\Delta U = q\Delta V \rightarrow \Delta U = -2 \times 10^{-9} \times 4 \times 10^4 = -8 \times 10^{-5} \text{ J}$$

$$\cos 37^\circ = .8$$

$$W_E = -\Delta U_E \rightarrow W_E = +8 \times 10^{-5} \text{ J}$$

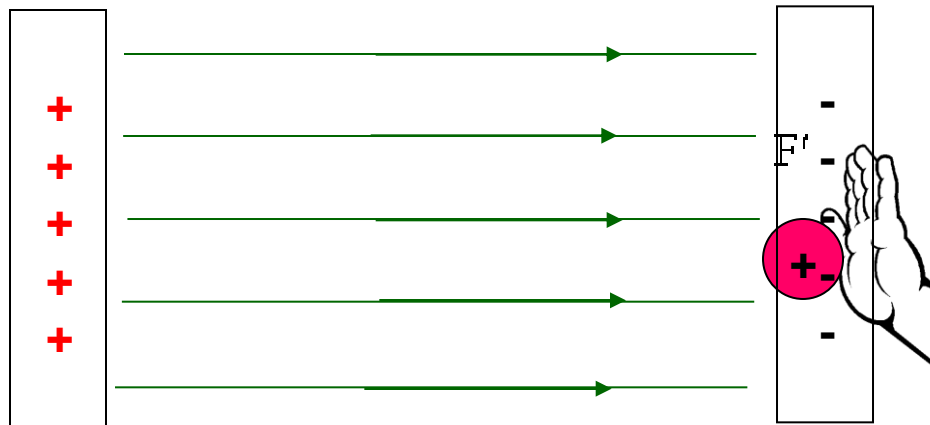


نکته

یکای اختلاف پتانسیل بر حسب ژول بر کولن یا ولت است .

یک ولت را تعریف کنید؟

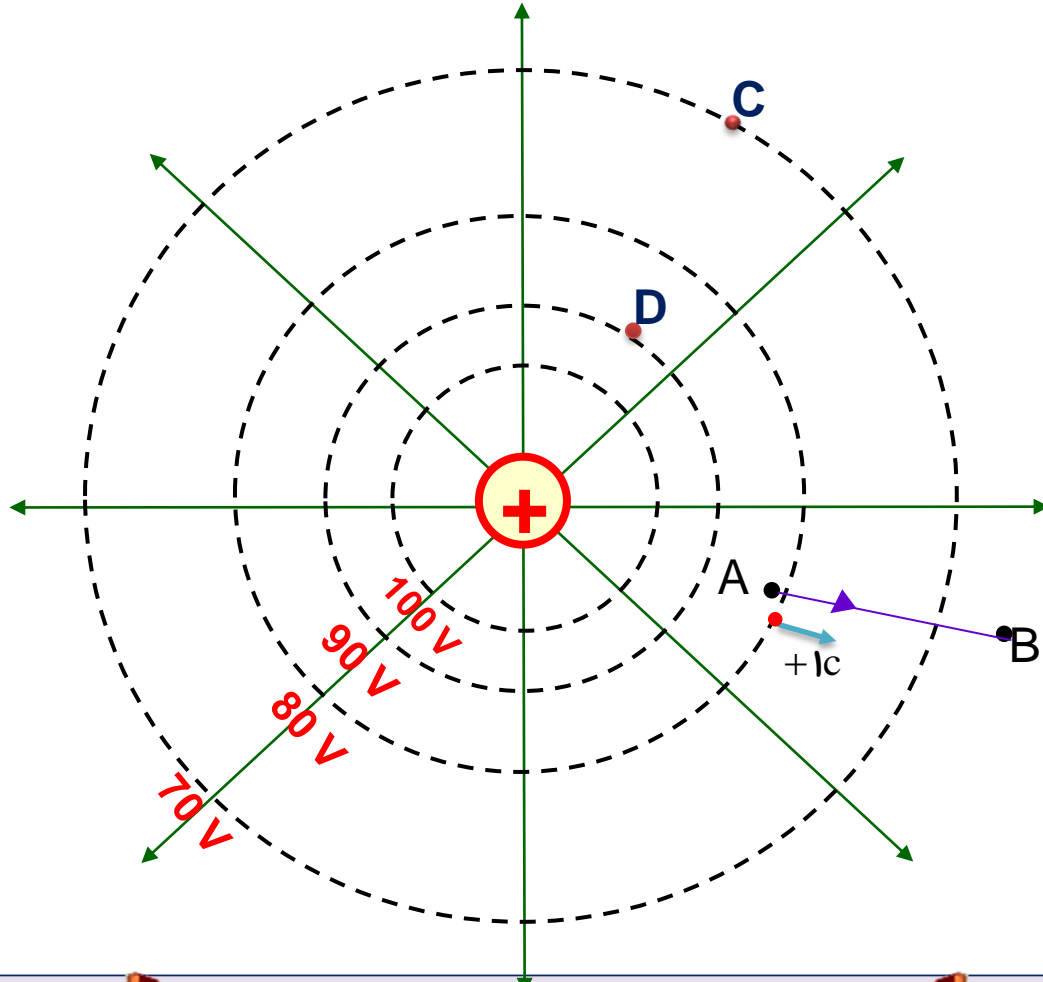
اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه ای است که، هرگاه یکای بار مثبت را بین این دو نقطه جابه جایی کنیم ، یک ژول انرژی مصرف می کنیم .



پرسش :

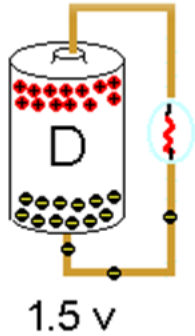
الف) پتانسیل نقطه ی D بیشتر است یا پتانسیل الکتریکی نقطه C ؟

ب) اگر بار الکتریکی $+1 \mu\text{C}$ از نقطه ی A به نقطه ی B برده شود پتانسیلش چه تغییری می کند؟

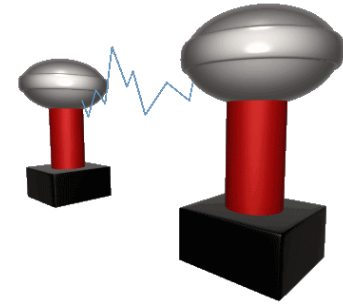


اختلاف پتانسیل دو سر یک مولد :

برابر اختلاف پتانسیل قطب مثبت (V_+) از قطب منفی (V_-) است .



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



تمرین:

سر لامپ الکتريکی به پتانسیل 9 V + و سر دیگر به پتانسیل 3 V - وصل شده است. اختلاف پتانسیل دو سر این لامپ چند ولت است؟

پاسخ:

$$\Delta V = 12\text{V}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_+ = 9\text{V} \\ V_- = -3\text{V} \\ \Delta V = ? \end{array} \right.$$

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

$$\Delta V = 9 - (-3) = 12\text{V}$$



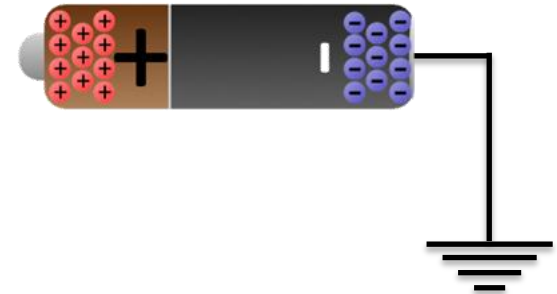
تمرین:

پایانه منفی یک باتری قلمی ۱/۵ ولتی را به زمین وصل می کنیم. پتانسیل پایانه مثبت چندولت می شود؟

پاسخ:

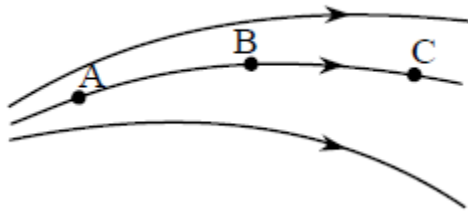
$$V_+ = 1/5 \text{ v}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta V = 1/5 \text{ V} \\ V_- = \cdot \\ V_+ = ? \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \Delta V = V_+ - V_- \\ 1/5 = V_+ - \cdot \\ V_+ = 1/5 \text{ v} \end{array}$$



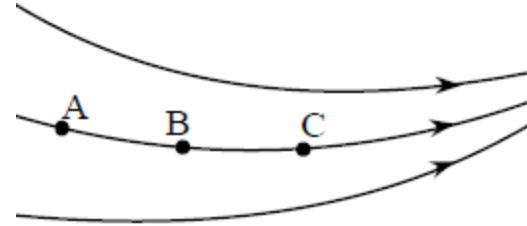
پرسش :

بزرگی میدان الکتریکی و پتانسیل الکتریکی نقاط A و B و C را در شکل های زیر با هم مقایسه کنید.



$$E_A > E_B > E_C$$

$$V_A > V_B > V_C$$



$$E_C > E_B > E_A$$

$$V_A > V_B > V_C$$

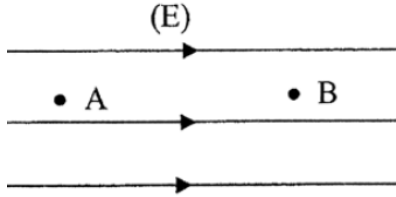
پاسخ :

در جهت خطوط میدان حرکت کنیم ، پتانسیل الکتریکی نقاط کاهش می یابند



تمرین:

در شکل، بار الکتریکی $q = +2\mu\text{C}$ از نقطه A به پتانسیل الکتریکی $V_A = +100\text{V}$ به نقطه B انتقال می یابد در نتیجه انرژی پتانسیل به اندازه $4 \times 10^{-4}\text{J}$ کاهش می یابد. پتانسیل نقطه B چند ولت است؟



پاسخ:

$$V_B = -100\text{V}$$

$$q = +2\mu\text{C}$$

$$V_A = 100\text{V}$$

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

$$V_B = ?$$

$$(V_B - V_A) = \frac{U_B - U_A}{q}$$

$$\Delta U = q(V_B - V_A)$$

$$-4 \times 10^{-4} = 2 \times 10^{-6} (V_B - 100)$$

$$-200 = V_B - 100$$

$$V_B = -100\text{V}$$



تمرین ۱-۱۰

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

پاسخ:

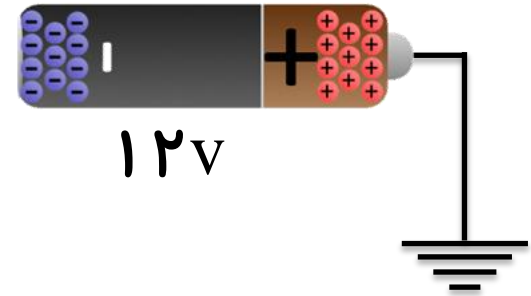
اگر پتانسیل پایانه مثبت را با V_+ و پتانسیل پایانه منفی را با V_- نشان دهیم، در این صورت:

$$\left\{ \begin{array}{l} V_+ = 0 \\ \Delta V = 12\text{V} \\ V_- = ? \end{array} \right.$$

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

$$12 = 0 - V_-$$

$$V_- = -12\text{V}$$



تست :

اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر یک مولد (باتری) برابر ۶۰۷ + است. اگر بار $+۸$ کولنی از پایانه (قطب) مثبت تا منفی باتری جابجا گردد. به ترتیب انرژی پتانسیل الکتریکی آن چه اندازه و چگونه تغییر می کند؟

۴) ۴۸۰ J - کاهش۳) ۴۸۰ J - افزایش۲) $۷/۵$ J - کاهش۱) $۷/۵$ J - افزایش

حل :

$$V_+ - V_- = ۶۰۷ \rightarrow V_- - V_+ = -۶۰۷$$

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

$$(V_- - V_+) = \frac{U_- - U_+}{q}$$

$$U_- - U_+ = q(V_- - V_+)$$

$$U_- - U_+ = ۸ \times (-۶۰) = -۴۸۰ \text{ J}$$

$$\Delta V = ۶۰۷$$

$$q = +۸c$$

$$U_- - U_+ = ?$$

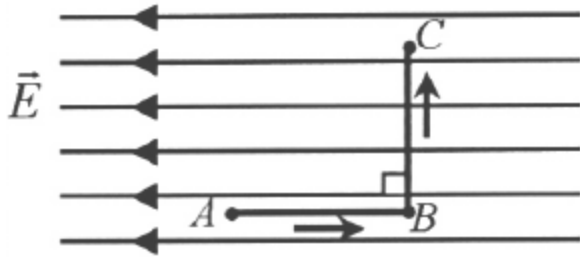
یعنی انرژی پتانسیل الکتریکی بار به اندازه ۴۸۰ کاهش یافته است. لذا گزینه ۴ صحیح است.



تمرین:

مطابق شکل، یک بار الکتریکی منفی q ، در میدان الکتریکی یکنواخت، مسیر $A \rightarrow B \rightarrow C$ را می پیماید. الف) پتانسیل الکتریکی نقطه های A و B و C را مقایسه کنید. ب) انرژی پتانسیل الکتریکی بار الکتریکی q در مسیر $A \rightarrow B$ کاهش می یابد یا افزایش؟ چرا؟

پاسخ:



$$V_A < V_B = V_C$$

چون بار الکتریکی منفی در خلاف جهت میدان الکتریکی حرکت می کند و به صفحه مثبت نزدیک می شود، انرژی پتانسیل آن کاهش می یابد.



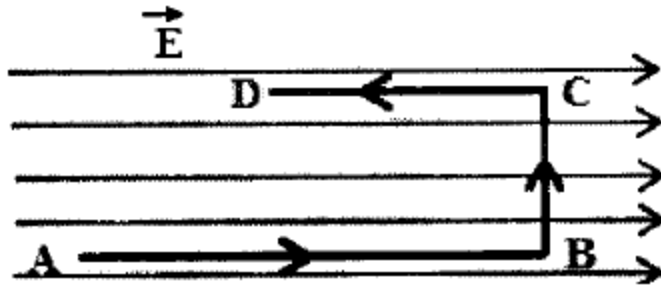
تمرین:

الکترونی با سرعت ثابت مطابق شکل، در مسیرهای $A \rightarrow B$ و $B \rightarrow C$ و $C \rightarrow D$ جابه جایی کنیم.

الف) پتانسیل الکتریکی نقطه A بیشتر است یا نقطه D ؟

ب) در کدام مسیر، انرژی پتانسیل الکتریکی الکترون، افزایش می یابد؟

ج) در کدام مسیر، کاری که باید برای جابه جایی الکترون انجام دهیم صفر است؟



پاسخ:

الف) نقطه A

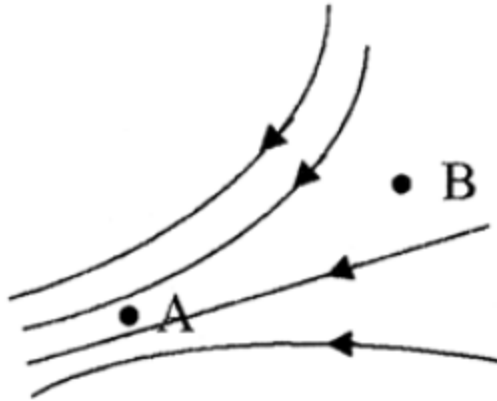
ب) AB

ج) BC



تمرین:

شکل زیر مربوط به یک میدان الکتریکی است، میدان الکتریکی وهم چنین پتانسیل الکتریکی را در نقطه های A و B مقایسه کنید.

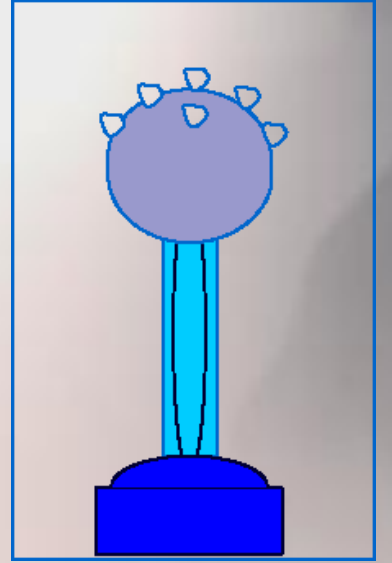
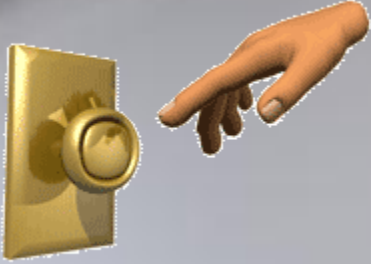


پاسخ:

$$E_A > E_B$$

$$V_A < V_B$$





موضوع : توزيع بار الكتریکی



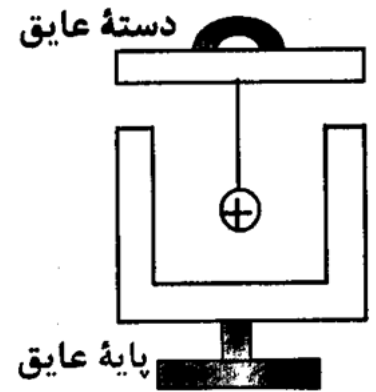
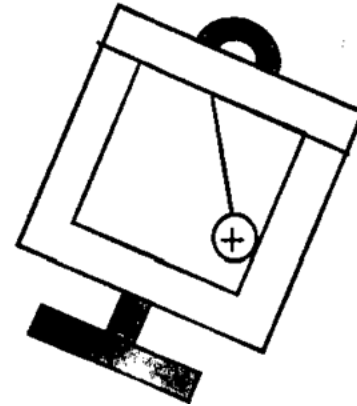
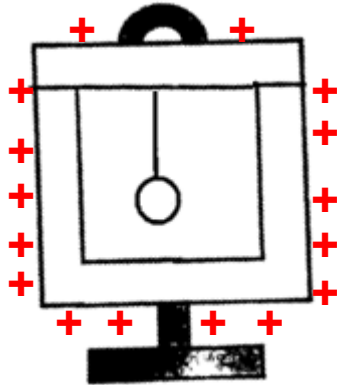
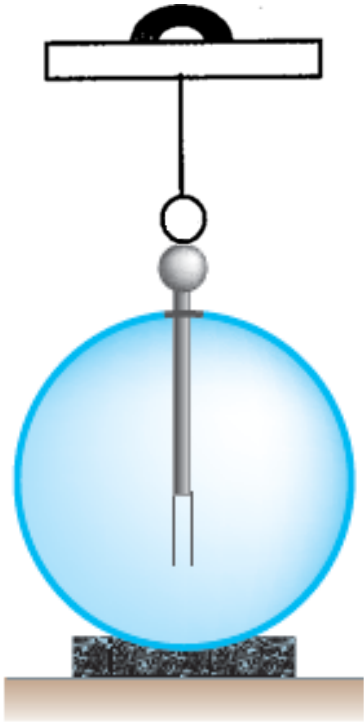
السلامة الكهربائية



خروج

پرسش:

آزمایشی (آزمایش فاراده) طراحی کنید که نشان دهد بار الکتریکی بر روی سطح خارجی جسم رسانا پخش می شود.



پرسش:

آزمایشی (آزمایش فاراده) طراحی کنید که نشان دهد بار الکتریکی بر روی سطح خارجی جسم رسانا پخش می شود.

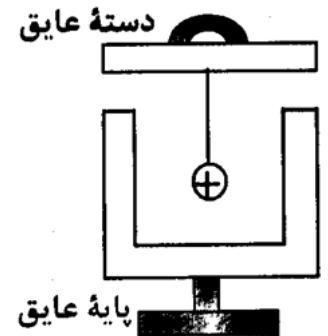
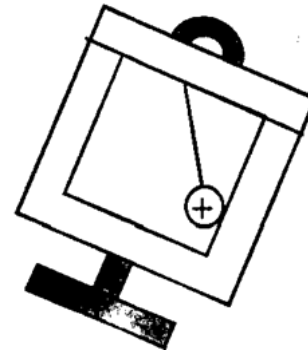
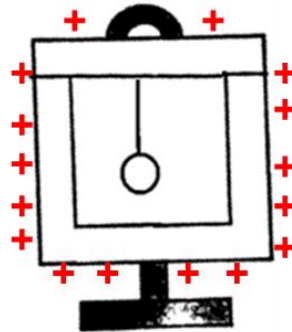
۱- ابتدا ظرف فلزی بدون بار است. (دسته درپوش فلزی عایق است)

۲- گوی فلزی متصل به نخ عایق را به درپوش فلزی وصل، سپس گوی را باردار می کنیم.

۳- اکنون ظرف فلزی را کج می کنیم تا گوی به ظرف برخورد کند و بعد درپوش فلزی را با دسته عایقش برمی داریم

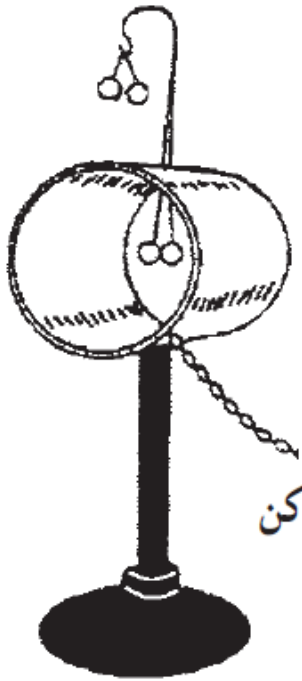
۴- گوی فلزی از ظرف خارج، آن را به کلاهک الکتروسکوپ بدون بار نزدیک می کنیم.

۵- الکتروسکوپ، تغییری را نشان نمی دهد.



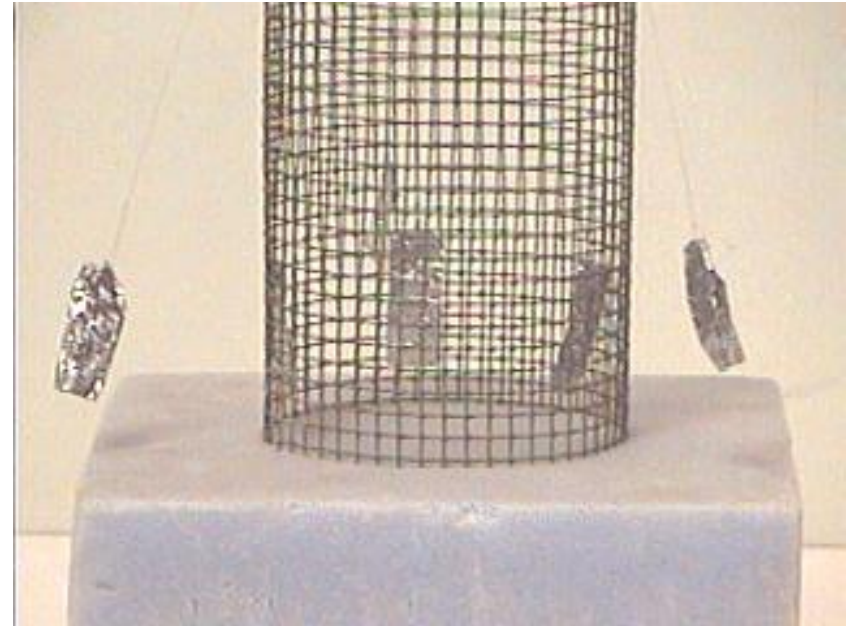
نکته:

از این آزمایش نتیجه می گیریم که بار اضافی یک رسانای منزوی روی سطح خارجی آن توزیع می شود.



به طرف ماشین مولد الکتروسیسته ساکن

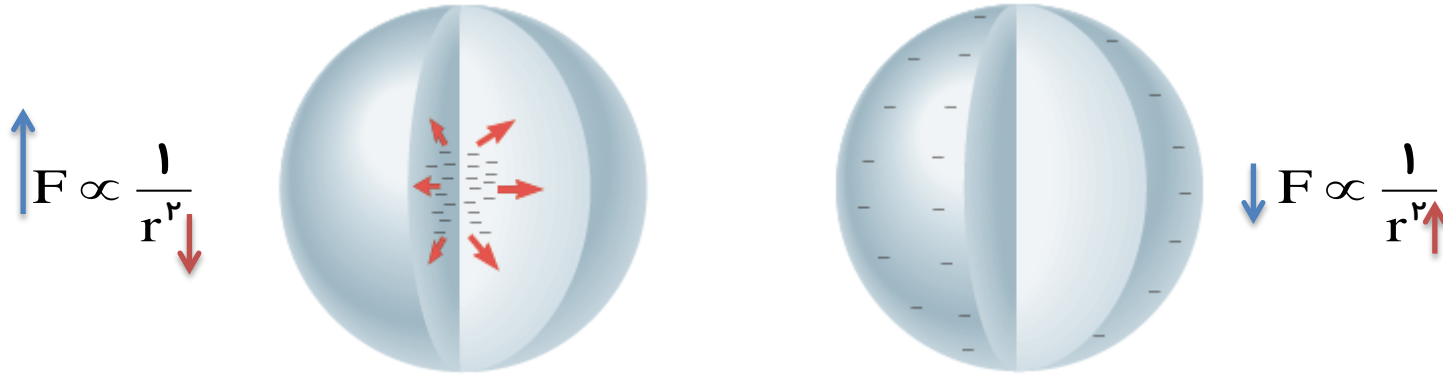
استوانه فاراده



پرسش:

چرا میدان الکتریکی درون یک رسانای باردار صفر است؟

پاسخ



چون فاصله بارهای داخلی رسانا خیلی به هم **نزدیکند** به یکدیگر نیرو وارد کرده و شروع به حرکت می کنند تا به دورترین فاصله از هم برسند و آنقدر جا به جا می شوند تا برآیند نیروها **به حداقل خود** می رسد. در نتیجه بار الکتریکی داخل رسانا و همچنین میدان الکتریکی داخل رسانا نیز مساوی صفر می شود.

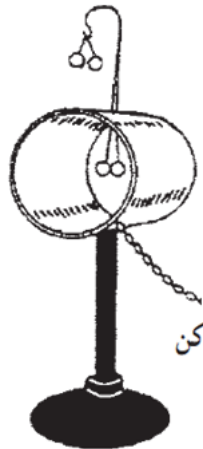


فعالیت ۱-۶

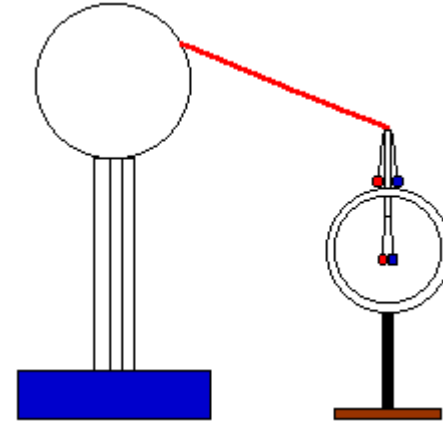
پ) با اعضای گروه خود آزمایش های دیگری را طراحی و اجرا کنید که نشان دهد بار اضافی داده شده به رسانا، روی سطح خارجی آن قرار می گیرد.

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 واندوگراف 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.**

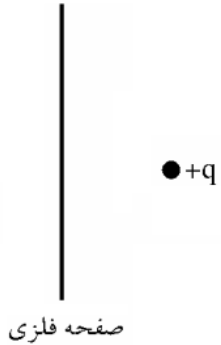


به طرف ماشین مولد الکتروسیسته ساکن



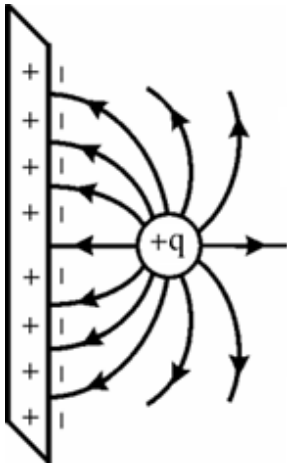
پرسش:

خط های میدان الکتریکی را برای یک صفحه رسانا و یک بار نقطه ای مثبت مطابق شکل رسم کنید.



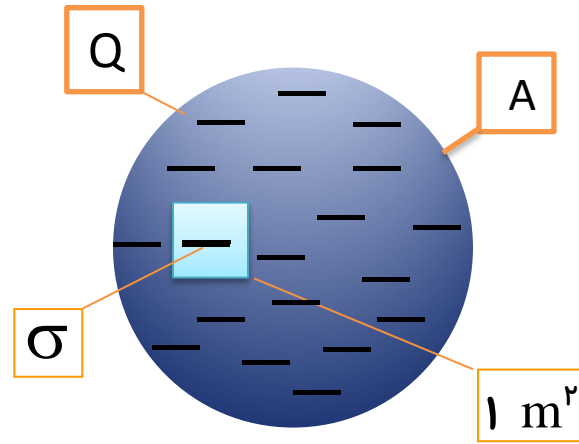
پاسخ:

توجه کنید خط های میدان از بار مثبت خارج می شوند و باید بر صفحه رسانا عمود باشند. دقت کنید بارهای روی صفحه ی فلزی ناشی از القای بار توسط بار نقطه ای است



چگالی سطحی بار الکتریکی: با نماد σ (سیگما)

معیاری است که میزان بار الکتریکی موجود در سطح مشخص را نشان می دهد.

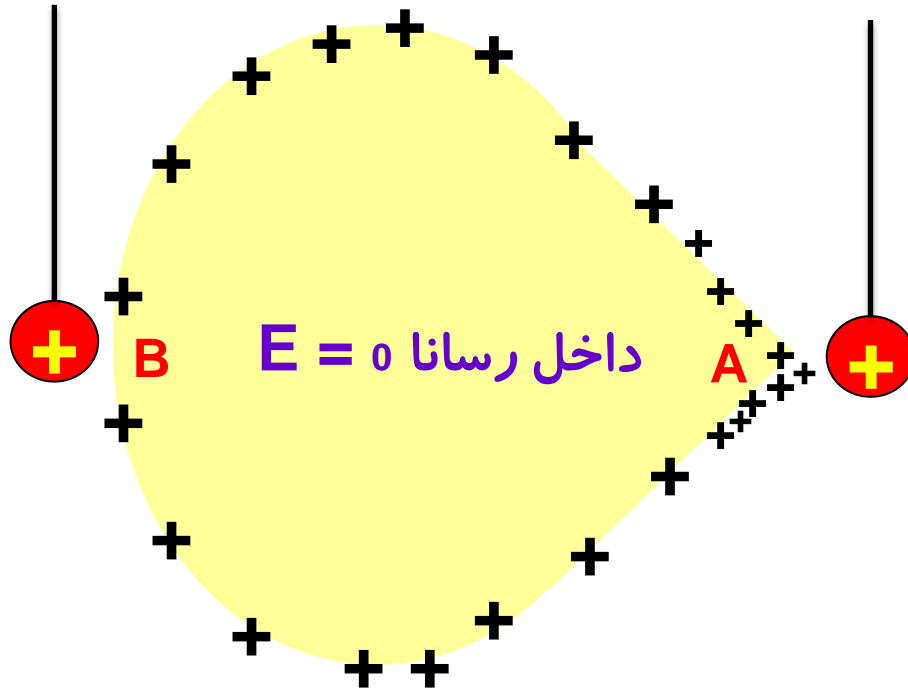


پخش بار الکتریکی در سطح خارجی جسم رسانا بستگی به شکل جسم رسانا دارد

۱- اگر به یک جسم متقارن (مثل رسانای کروی) بار الکتریکی بدهیم: چگالی سطحی بار در تمام نقاط یکسان می‌گردد.



۲- اگر به یک جسم نامتقارن (مثل رسانای دوکی شکل) بار الکتریکی بدهیم: چگالی سطحی بار الکتریکی در قسمت‌های نوک تیز و برجسته جسم نسبت به قسمت‌های دیگر آن **بیشتر** است.

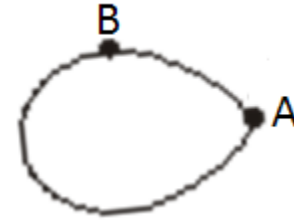
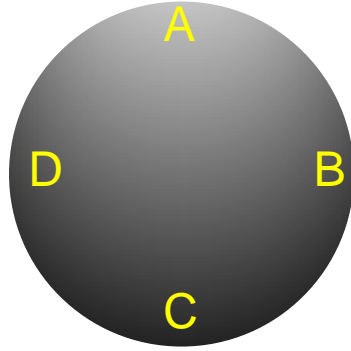


$$\sigma_A > \sigma_B$$



پرسش:

چگالی سطحی بارالکتریکی و پتانسیل الکتریکی را در نقاط مختلف جسم های رسانا مقایسه کنید؟



پاسخ:

$$\sigma_A = \sigma_B = \sigma_C = \dots$$

$$V_A = V_B = V_C$$

$$\sigma_A > \sigma_B$$

$$V_A = V_B$$



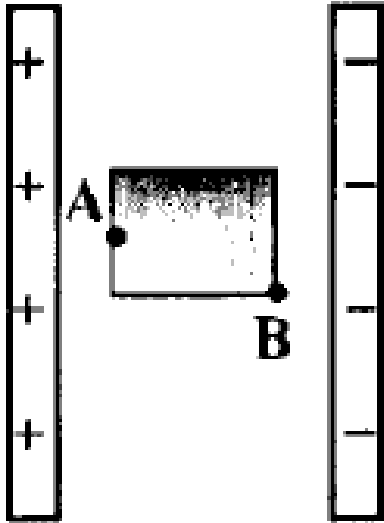
پرسش:

در شکل زیر یک رسانا در یک میدان الکتریکی یکنواخت قرار داشته و تعادل الکتروستاتیکی در آن ایجاد شده است.

الف) آیا داخل این جسم رسانا میدان الکتریکی وجود دارد؟

ب) چگالی سطحی بار الکتریکی، در کدام یک از نقاط A و B بیش تر است؟

ج) پتانسیل الکتریکی در نقاط A و B را باهم مقایسه کنید.



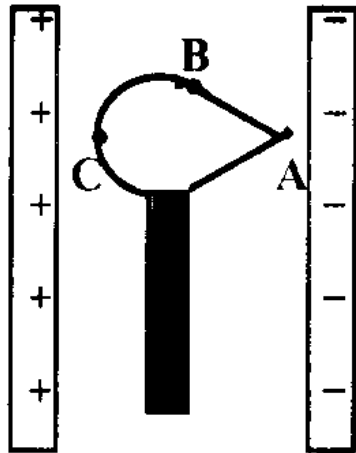
پاسخ:

الف) خیر

ب) $\sigma_A < \sigma_B$ ج) $V_A = V_B$ 

پرسش:

در شکل زیر جسم رسانای منزوی و خنثی که روی پایه عایقی قرار دارد، بین دو صفحه رسانای باردار موازی، در تعادل الکتروستاتیکی قرار دارد (الف) میدان الکتریکی خالص درون جسم رسانا چقدر است؟
 (ب) پتانسیل الکتریکی در نقاط A و B و C را باهم مقایسه کنید.



پاسخ:

(الف) صفر

$$(ب) V_A = V_B = V_C$$



فعالیت ۱-۶

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 مولدواندوگراف تا حدی باردار کرد که بارهای الکتریکی به صورت جرقه از گوشه های آن جریان پیدا کردند و با وجود جرقه هایی که بین قفس و مولد زده می شود، فرد درون قفس هیچ آسیبی نمی بیند. **این آزمایش نشان داد که بار الکتریکی یک رسانای بسته روی سطح خارجی آن قرار می گیرد و بار خالصی در رسانا قرار نمی گیرد.** قفس فاراده علاوه بر اینکه محافظی در برابر امواج بیرونی است، به امواج درون خود نیز اجازه خروج نمی دهد. قفس فاراده در برابر نفوذ امواج رادیویی و تابش الکترومغناطیس نیز مقاوم است و این امواج نمی توانند به داخل آن نفوذ کنند.



فعالیت ۱-۶

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



پاسخ:

ب) در هنگام برخورد آذرخش به اتومبیل یا هواپیما، بدنه فلزی آن به صورت یک قفس فاراده (مانند رسانای خنثای منزوی را در یک میدان الکتریکی خارجی قرار دهیم، الکترون های آزاد رسانا طوری روی سطح خارجی آن توزیع می شوند که اثر میدان خارجی درون رسانا را خنثی و میدان خالص درون رسانا را صفر کنند.) عمل می کند و مانع رسیدن امواج الکتریکی به سر نشینان درون اتومبیل یا مسافران هواپیما می شود.

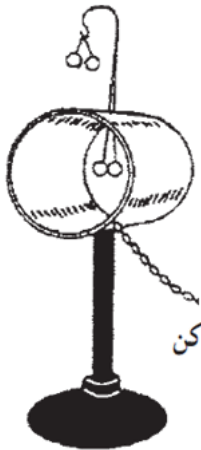


فعالیت ۱-۶

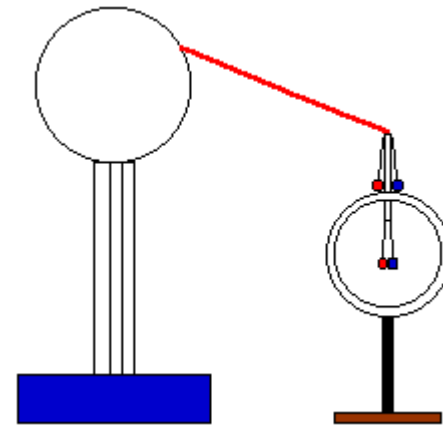
پ) با اعضای گروه خود آزمایش های دیگری را طراحی و اجرا کنید که نشان دهد بار اضافی داده شده به رسانا، روی سطح خارجی آن قرار می گیرد.

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 واندوگراف 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



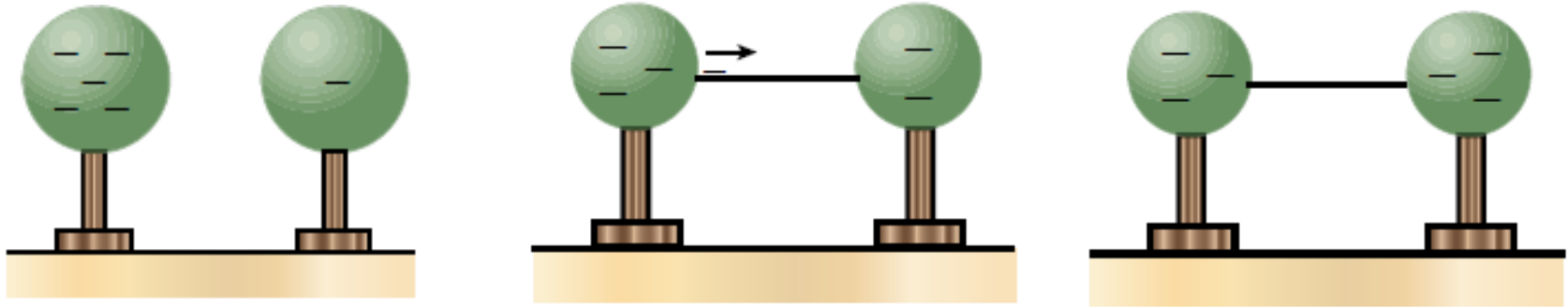
تست:

اگر دو جسم رسانای باردار را با هم تماس دهیم، کدام کمیت فیزیکی آنها با یکدیگر برابر می شود؟

(۱) بار الکتریکی (۲) چگالی سطحی بار (۳) پتانسیل الکتریکی (۴) پتانسیل الکتریکی و چگالی سطحی بار

پاسخ:

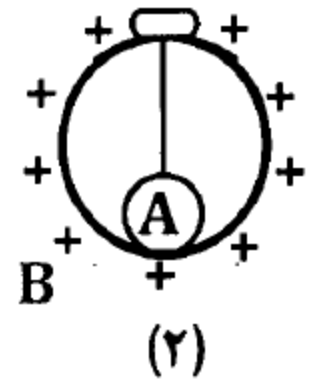
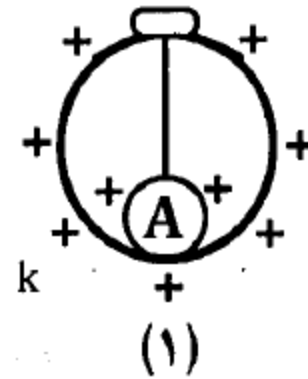
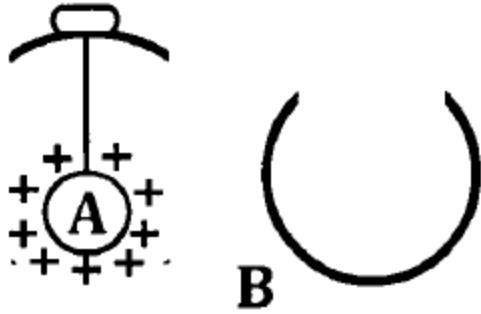
گزینه (۳)



پرسش:

در شکل زیر آونگ الکتریکی A که توسط واندوگراف باردار شده است را به درپوش فلزی متصل نموده ایم اگر آونگ را در تماس با سطح داخلی ظرف فلزی B قرار داده و در پوش را ببندیم، کدامیک از شکلهای (۱) یا (۲) چگونگی توزیع بار را در مجموعه ی آونگ و ظرف درست نشان می دهد؟ دلیل را بنویسید.

درپوش فلزی با دسته ی عایق



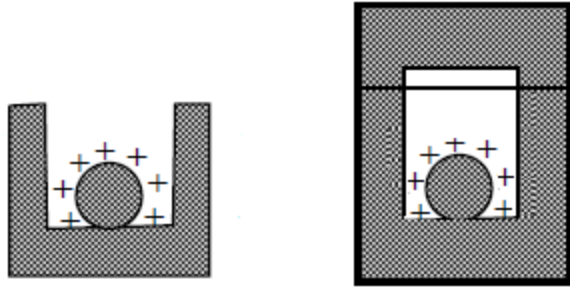
پاسخ:

شکل (۲) زیرا بار ظرف رسانای B در سطح داخلی باقی نمی ماند و به سطح خارجی منتقل می شود.



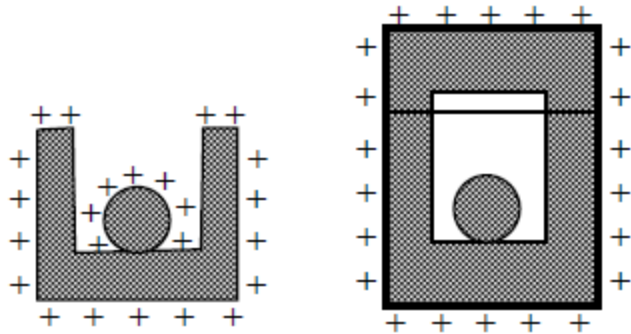
پرسش:

یک کره ی فلزی که دارای بار مثبت است را داخل یک استوانه ی فلزی قرار می دهیم. یکبار بدون درپوش و بار دیگر روی استوانه درپوش فلزی قرار می دهیم. در هر دو حالت توزیع بار را با رسم شکل نشان دهید.



پاسخ:

در شکل سمت چپ سطح خارجی شامل سطح کره و استوانه است. در صورتی که در شکل سمت راست سطح خارجی فقط سطح بیرونی استوانه است.



موضوع : خازن



الْحَمْدُ لِلَّهِ



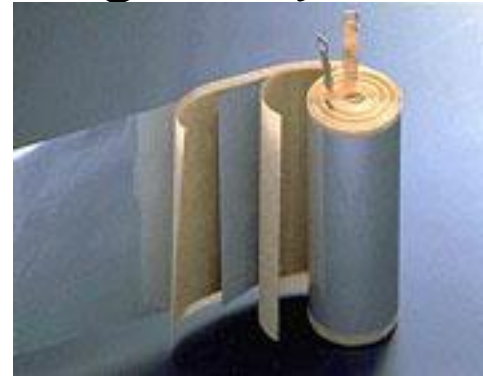
خروج

خازن در اشکال مختلف ساخته می شود. انواع خازن بر اساس دی الکتریک آنها:

۲. خازن سرامیکی



۱. خازن کاغذی



۴. خازن متغییر



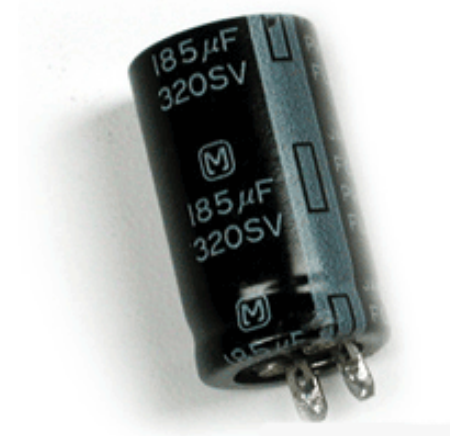
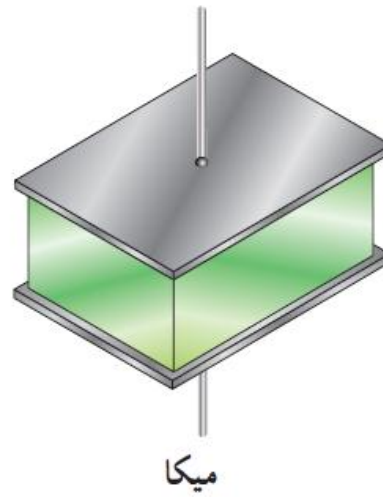
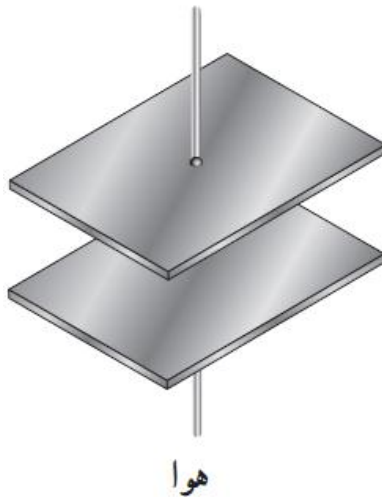
۳. خازن الکترولیتی



ساختمان خازن

دو رسانای منزوی با هر شکلی اگر در فاصله معینی از هم قرار بگیرند تشکیل یک خازن می دهند. فضای بین دو صفحه می تواند خلا، هوا یا یک ماده ی نارسانا باشد که به آن دی الکتریک می گویند.

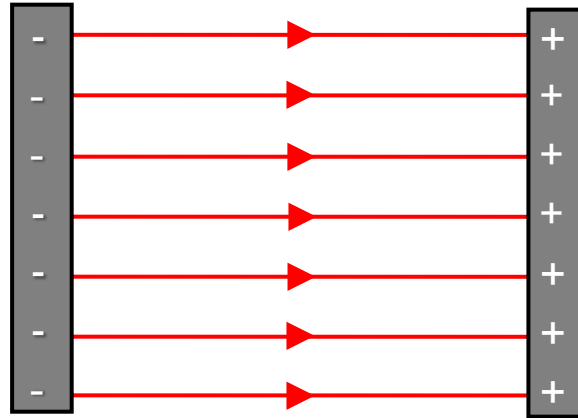
خازن تخت از معروفترین خازنها است که صفحات رسانای آن موازی یکدیگرند.



نکته:

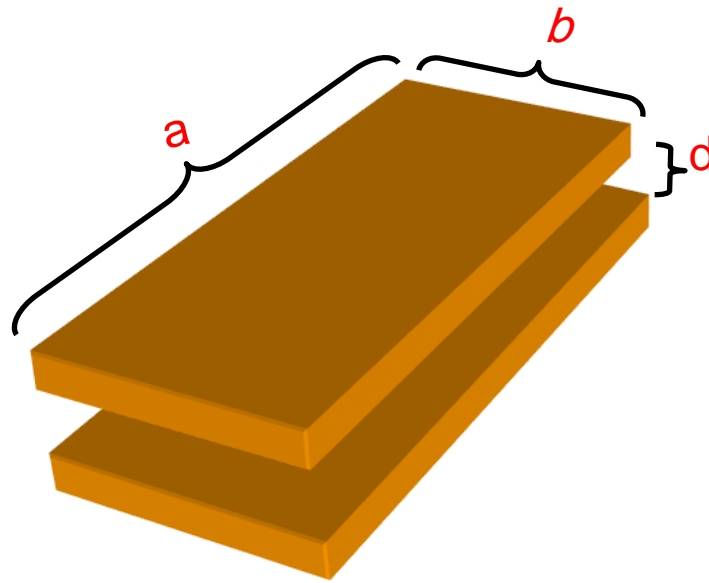
خازن وقتی در مدار قرار می گیرد بر خلاف مقاومت، بار الکتریکی را از خود عبور نمی دهد، بلکه آن را در خود ذخیره می کند.

خازنها می توانند میدانهای الکتریکی را در حجم های کوچک نگه دارند؛ همچنین می توان از آنها برای ذخیره کردن انرژی استفاده کرد.



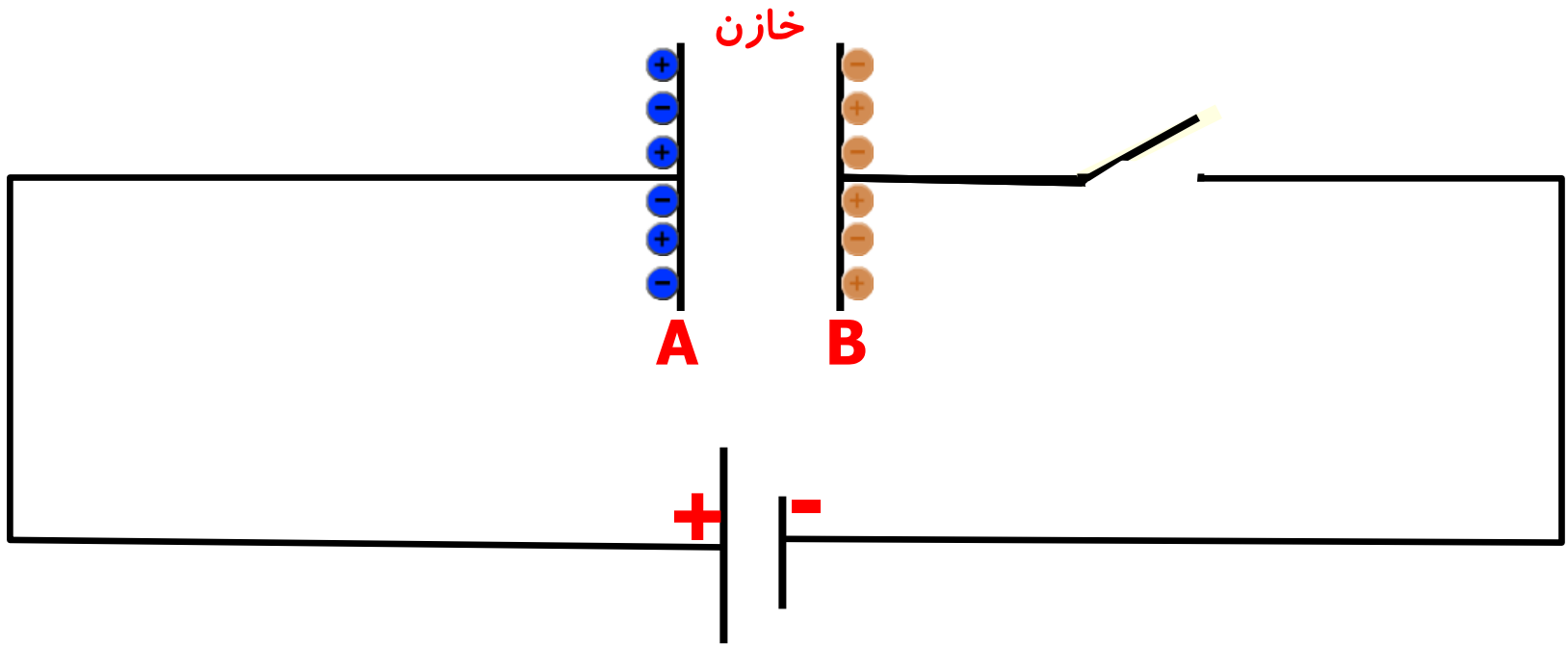
خازن تخت (خازن مسطح):

دو صفحه فلزی موازی که بین آنها دی الکتریک قرار دارد. مانند (هوا، شیشه)



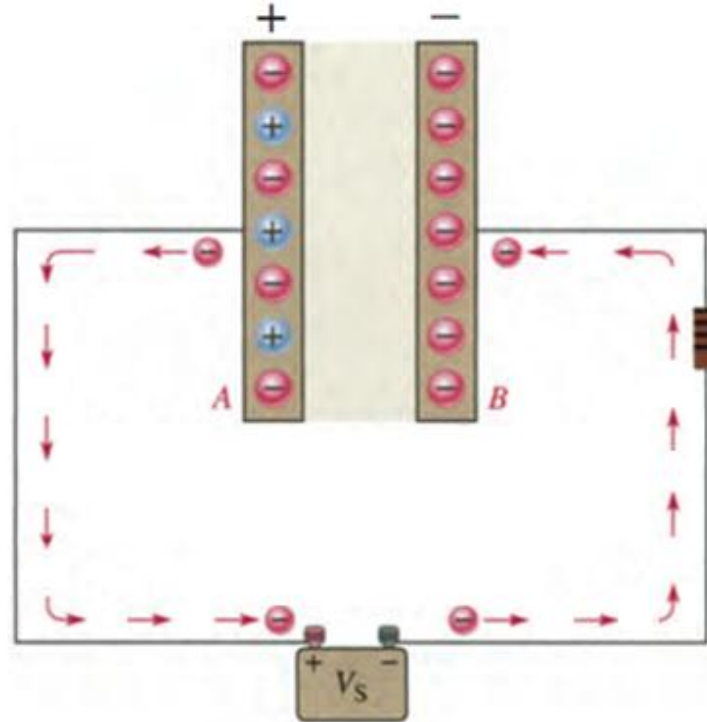
باردار (شارژ) کردن خازن:

خازن تختی را در مدار الکتریکی ساده ای شامل باتری و کلیدی بندیم با وصل کلید با توجه به این که بارهای الکتریکی منفی در خلاف جهت میدان الکتریکی تمایل دارند به پتانسیل بیشتر بروند.



ادامه باردار کردن خازن:

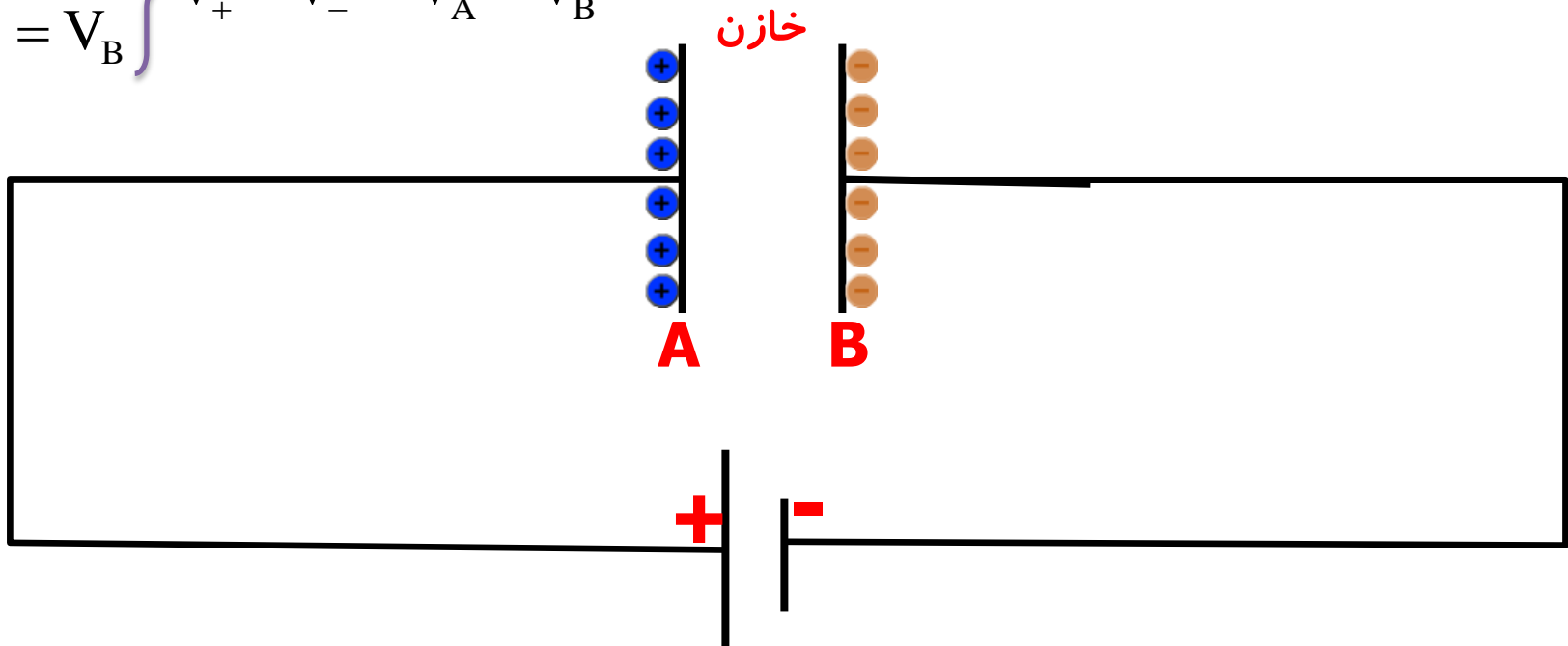
میدان الکتریکی الکترونها را از صفحه متصل به پایانه ی مثبت به حرکت در می آورد این میدان دقیقاً همین تعداد الکترون را از پایانه منفی باتری به صفحه دیگر خازن می راند.



نکته:

تا زمانی که صفحات خازن با پایانه ی های مولدی که به آن متصل است هم پتانسیل شوند این شارش بار ادامه می یابد، با پر یا شارژ شدن خازن ، شارش بار قطع می شود. یک خازن باردار صفحه هایی با بزرگی بار یکسان ولی علامت مخالف دارد ولی بار خازن را همان بار صفحه ی مثبت در نظر می گیریم

$$\left. \begin{array}{l} V_+ = V_A \\ V_- = V_B \end{array} \right\} V_+ - V_- = V_A - V_B$$



تمرین:

فلاش یک دوربین عکاسی با تخلیه خازنی به ظرفیت $1.0 \mu\text{F}$ روشن می شود. اگر این خازن توسط یک باتری ۹ ولتی شارژ شده باشد، بار آن چقدر است؟



پاسخ:

$$Q = 9.0 \mu\text{C}$$

$$C = 1.0 \mu\text{F} = 1.0 \times 10^{-6} \text{F}$$

$$C = \frac{Q}{V}$$

$$V = 9\text{V}$$

$$Q = CV$$

$$Q = ?$$

$$Q = 1.0 \times 10^{-6} \times 9 = 9.0 \mu\text{C}$$



تمرین:

اختلاف پتانسیل بین دو صفحه یک خازن را از 1.0V به 3.0V افزایش می دهیم. اگر با این کار $4.0\ \mu\text{C}$ برابر ذخیره شده در خازن افزوده شود، ظرفیت خازن را حساب کنید.

پاسخ:

$$C = 2\ \mu\text{F}$$

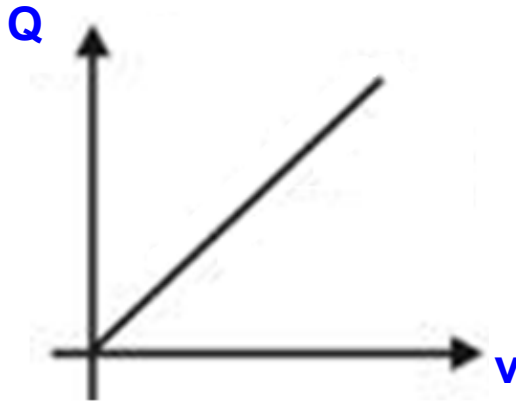
$$\left\{ \begin{array}{l} V_1 = 1.0\text{V} \\ V_2 = 3.0\text{V} \\ \Delta Q = 4.0\ \mu\text{C} \\ C = ? \end{array} \right. \quad C = \frac{Q}{V} \rightarrow Q = CV \xrightarrow{\text{از طرفین دلتا می گیریم}} \Delta Q = C\Delta V$$

$$4.0 = C(3.0 - 1.0) \rightarrow 4.0 = 2.0 \cdot C \rightarrow C = \frac{4.0}{2.0} = 2\ \mu\text{F}$$



نکته:

آزمایش نشان می دهد که ظرفیت یک خازن به اندازه بار (Q) و به اختلاف پتانسیل دو سر خازن (V) **بستگی ندارد** بلکه به نسبت $\frac{Q}{V}$ بستگی دارد .



$$\tan \alpha = C$$

$$\frac{Q_1}{V_1} = \frac{Q_2}{V_2} = \frac{Q_3}{V_3} = C$$

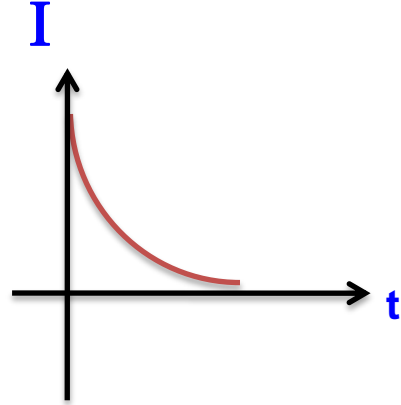
$$C = \frac{\Delta q}{\Delta v}$$



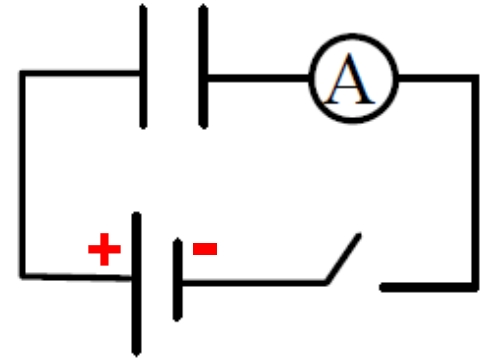
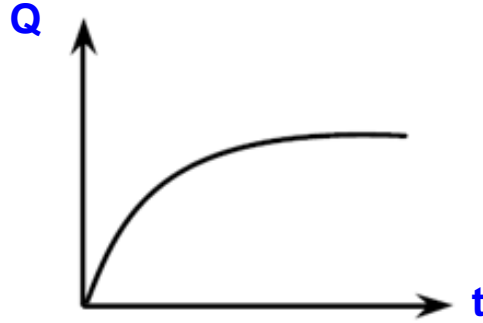
شارژ خازن (پُر کردن یک خازن)

وقتی خازنی به مولد جریان مستقیم وصل می‌کنیم آمپرسنج برای لحظه‌ای عبور جریان را نشان می‌دهد. (تازمانی که خازن پر شود)

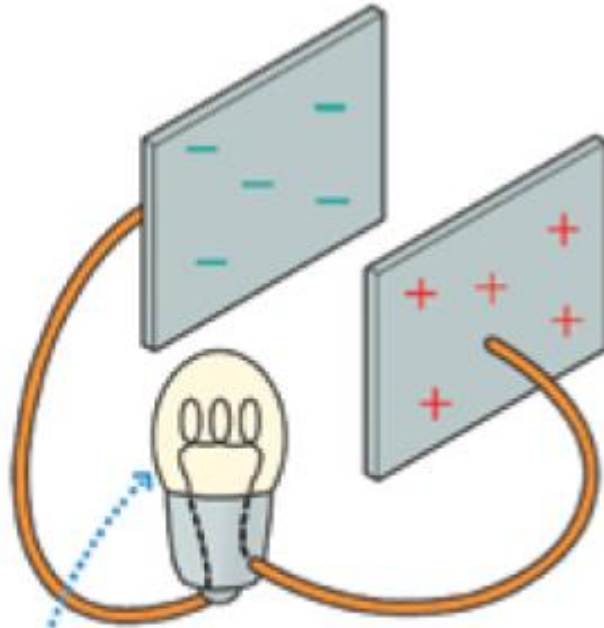
نمودار مربوط به جریان عبوری از آمپرسنج



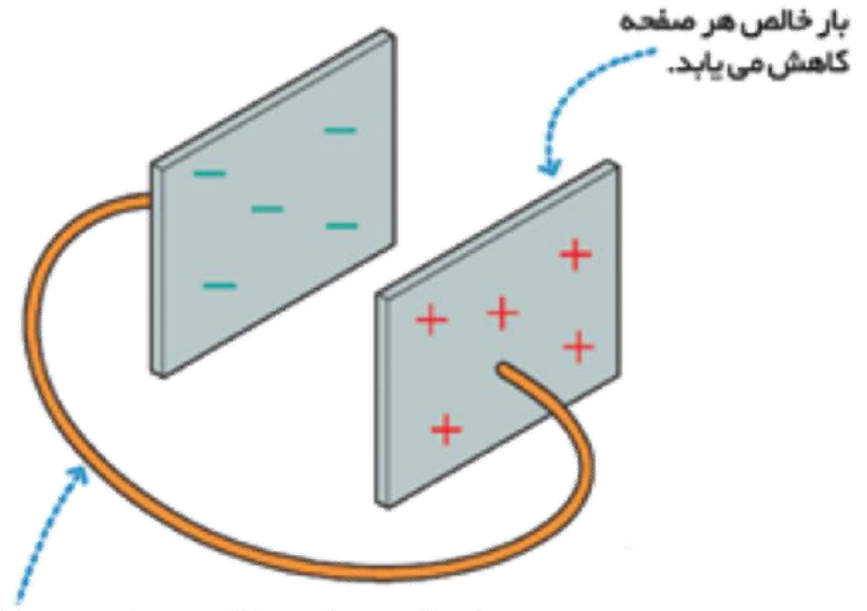
نمودار تغییرات بار صفحات خازن



دشارژ (یا تخلیه بار) یک خازن:



اگر در مسیر جریان ناشی از تخلیه ی خازن لامپی قرار دهیم انرژی الکتریکی خازن به صورت انرژی نورانی و گرمایی در لامپ تخلیه می شود.



اتصال دو صفحه ی خازن توسط سیم رسانا به سرعت سبب تخلیه ی خازن می شود.

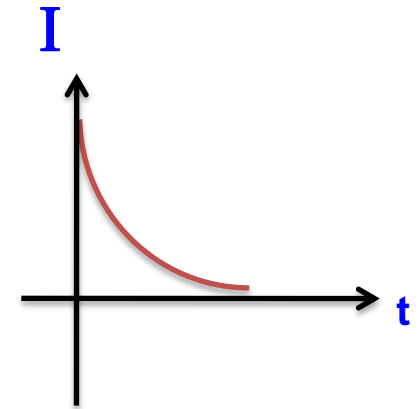
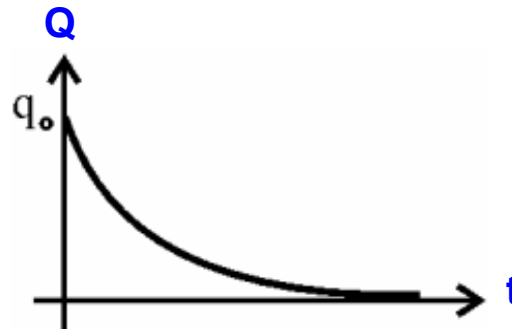
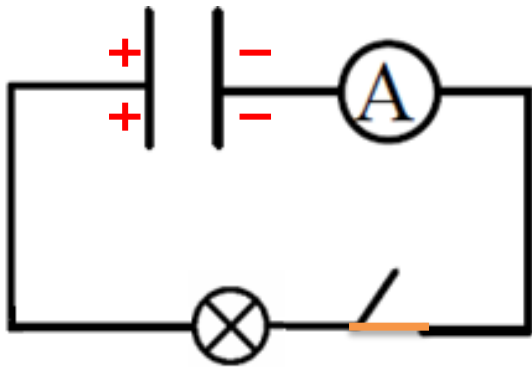
بار خالص هر صفحه کاهش می یابد.



دشارژ (یا تخلیه بار) یک خازن:

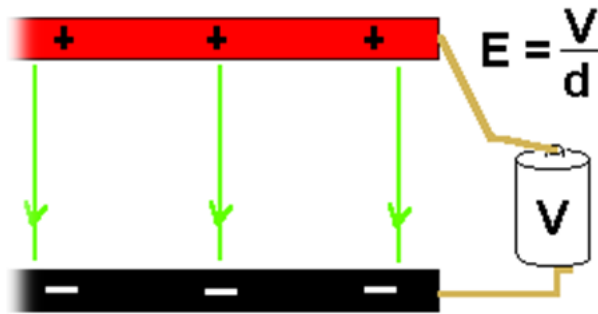
کافی است خازن را در یک مدار بدون مولد (یا به مقاومت الکتریکی) وصل کنیم.

در این حالت برای لحظه ای جریان برقرار شده تا بار خازن کاملا تخلیه شود و از آن به بعد جریان قطع می شود.



میدان الکتریکی درون خازن تخت

در فضای بین صفحات خازن باردار میدان الکتریکی یکنواختی برقرار می شود، که جهت آن همواره از صفحه مثبت خازن به سمت صفحه منفی خازن است. اندازه میدان همواره یک عدد ثابت می باشد.



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

E : میدان الکتریکی

V : اختلاف پتانسیل دو سر خازن

d : فاصله بین دو صفحه خازن

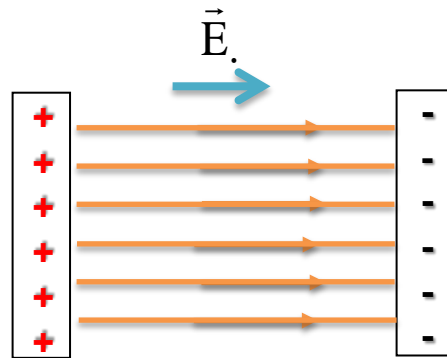
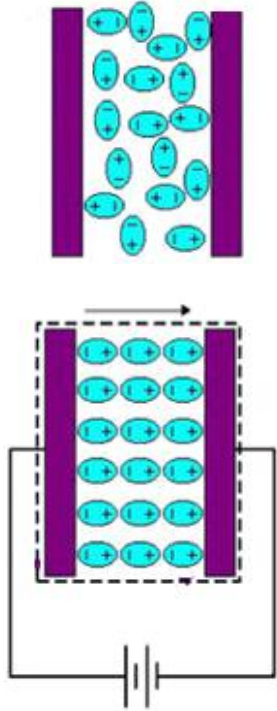
نکته

میدان الکتریکی با اختلاف پتانسیل دو سر خازن نسبت مستقیم و با فاصله بین صفحات خازن نسبت عکس دارد

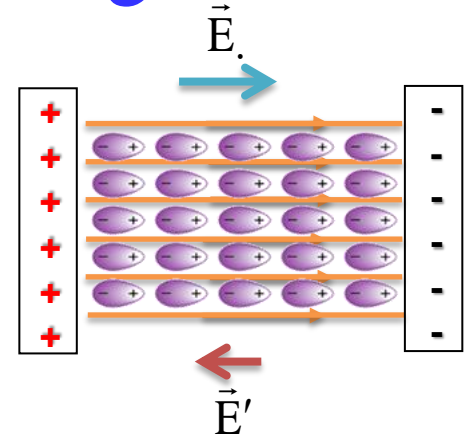


پرسش:

مولکول های دی الکتریک چه تاثیری بر میدان الکتریکی بین دو صفحه خازن می گذارند؟



میدان خازن بدون دی الکتریک



میدان خازن با وجود دی الکتریک

$$\vec{E}_T = \vec{E}_0 - \vec{E}'$$

پاسخ:

در داخل دی الکتریک میدان الکتریکی E' حاصل از دو قطبی هایی ایجاد می شود که مخالف میدان الکتریکی خارجی E_0 است. میدان الکتریکی بر ایند E_T در داخل خازن، جمع برداری میدان های E_0 و E' می شود، نتیجه می گیریم مولکول های دی الکتریک می کوشند میدان الکتریکی خارجی را تضعیف کنند.



پرسش:

نقش میکروسکوپیک دی الکتریک رادرافزایش ظرفیت خازن شرح دهید.

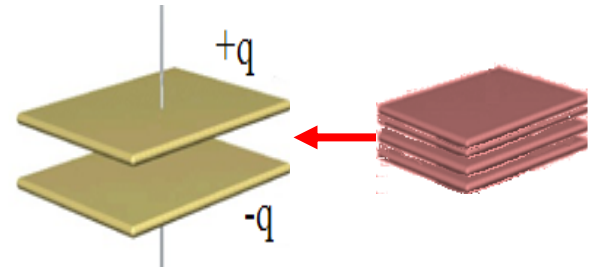
پاسخ:

خازنی را نخست توسط یک باتری باردار و سپس از باتری جدا کرده ایم. اکنون فضای داخل این خازن را بایک دی الکتریک پرمی کنیم. با توجه قانون پایستگی بار الکتریکی، بار خازن ثابت ولی **میدان الکتریکی** اولیه بین این صفحه ها **کاهش** می یابد و در نتیجه **اختلاف پتانسیل** بین دو صفحه نیز **کاهش** می یابد بنابراین این، طبق رابطه $C = \frac{Q}{V}$ ظرفیت خازن افزایش می یابد.

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

$$\uparrow C \rightarrow C = \kappa C_0$$

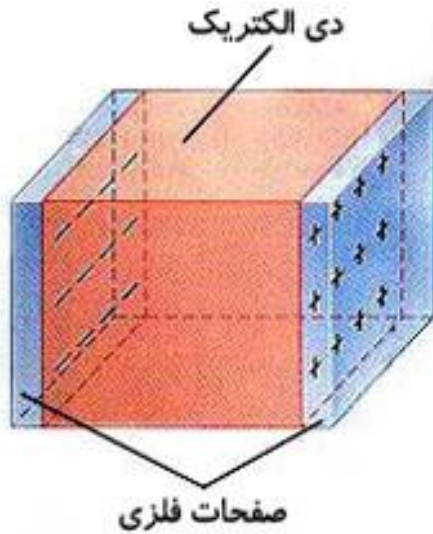
ثابت Q و d $\uparrow C = \frac{Q}{V}$



ظرفیت خازن تخت به چه عواملی بستگی :



به مقدار بارالکتریکی خازن (Q) } ندارد:
 به اختلاف پتانسیل دو سر آن (V) }



دارد: به مشخصات ساختمانی خازن

ظرفیت خازن تخت (مشخصات ساختمانی خازن) به چه عواملی بستگی دارد:

۱- با مساحت سطح مشترک صفحه های خازن که روبروی یکدیگر قرار دارند، نسبت مستقیم دارد. $C \propto A$

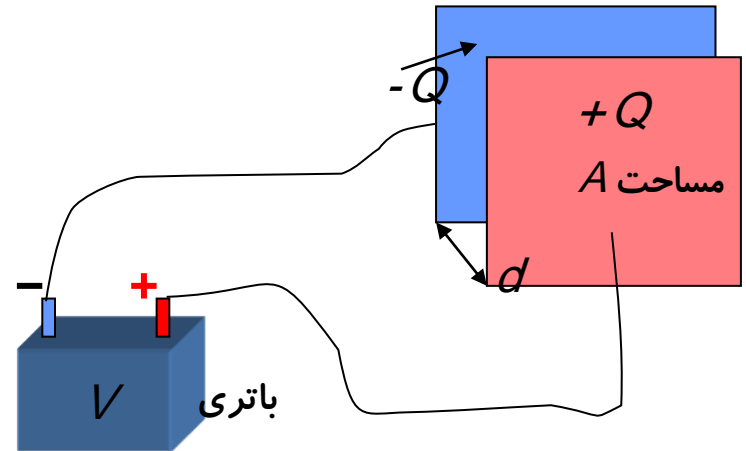
۲- با فاصله ی دو صفحه از یکدیگر نسبت وارون دارد. $C \propto \frac{1}{d}$

۳- بانوع دی الکتریک (جنس عایق) نسبت مستقیم دارد. $C \propto \kappa \epsilon$.

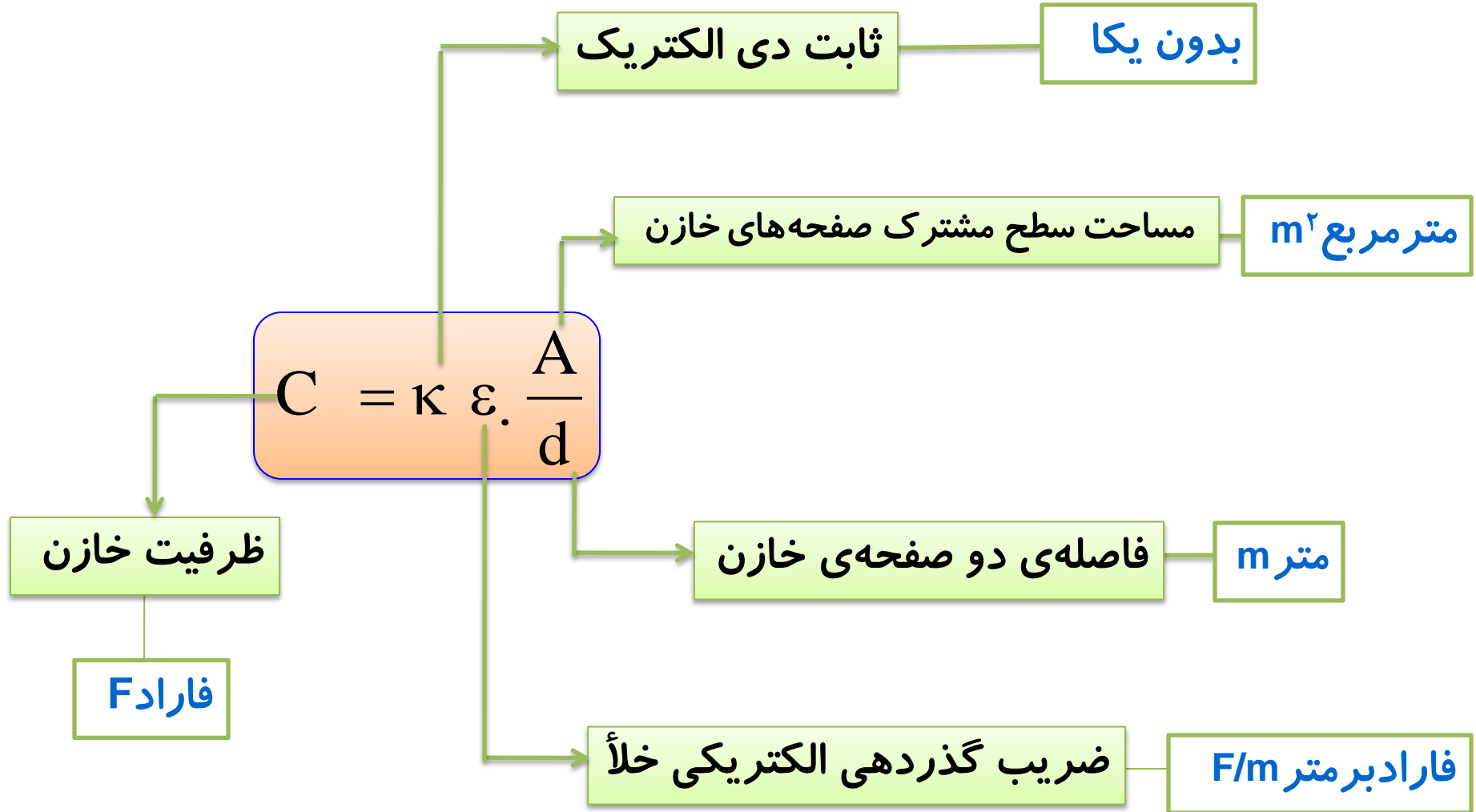
کاپا

$$\epsilon \approx 8/85 \times 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2}$$

ضریب گذردهی الکتریکی خلأ



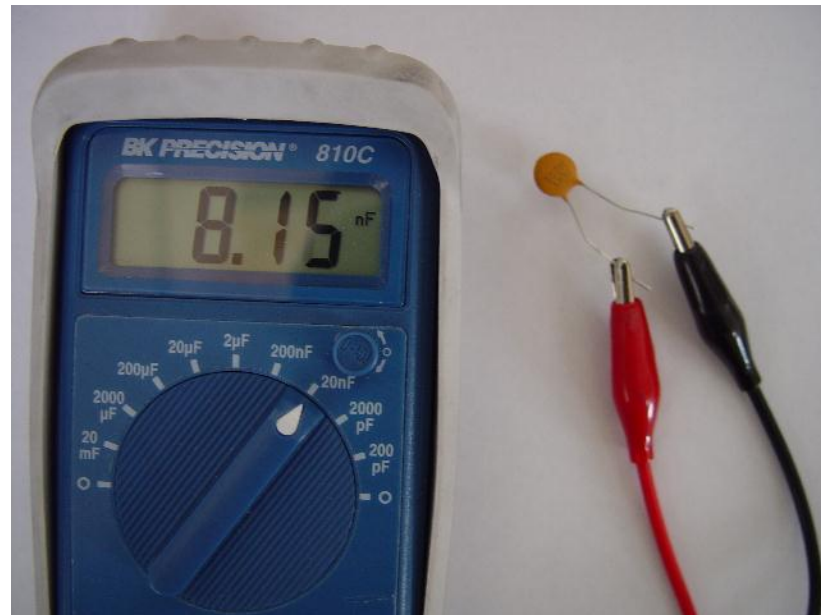
فرمول محاسبه ظرفیت خازن تخت :



چند نکته مهم:

- ۱- ثابت دی الکتریک به جنس دی الکتریک بستگی دارد.
- ۲- اگر بین دو صفحه خلأ (هوا) باشد $k=1$ است.
- ۳- k برای سایر دی الکتریکها بزرگتر از یک است. ($k > 1$)

ضریب دی الکتریک	ماده دی الکتریک
1	هوا
4.2	شیشه
5 - 9	میکا
4.5 - 7.5	باکلیت
2.8	لاستیک
3.5	کاغذ
2.2	پارافین



تبدیل واحدها:

واحدهای کوچکتر از فاراد

یک میکرو فاراد = 10^{-6} فاراد $\rightarrow 1 \mu\text{F} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ F}$

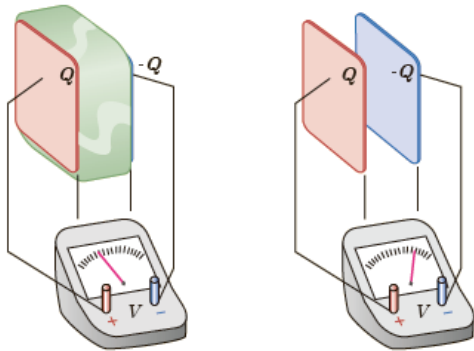
یک نانو فاراد = 10^{-9} فاراد $\rightarrow 1 \text{ nF} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ F}$

یک پیکو فاراد = 10^{-12} فاراد $\rightarrow 1 \text{ pF} = 1 \cdot 10^{-12} \text{ F}$



پرسش ۱-۸

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، بار خازن 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

$$E = \frac{V}{d} \quad \text{ثابت } Q \text{ و } d \quad \rightarrow \downarrow E \quad \rightarrow \downarrow V$$

تمرین:

مساحت هر کدام از صفحه‌های خازن تختی 20 cm^2 است. بین دو صفحه را با نارسانایی با ثابت دی‌الکتریک 20 و ضخامت 2 mm . پر کرده‌ایم. ظرفیت خازن را به دست آورید.
 ($\epsilon_0 \approx 9 \times 10^{-12} \text{ F/m}$)

پاسخ:

$$C = 1/\lambda nF$$

$$A = 20 \cdot \text{cm}^2 = 20 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\kappa = 20$$

$$d = 2 \text{ mm} = 2 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$C = ?$$

$$\epsilon_0 \approx 9 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}}$$

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

$$C = 20 \times 9 \times 10^{-12} \times \frac{20 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-3}}$$

$$C = 18 \times 10^{-9} \text{ F}$$

$$C = 1/\lambda nF$$



تمرین:

می خواهیم با دو صفحه ی رسانا و دی الکتریک میکا $\kappa=6$ خازنی به ظرفیت 20 nF بسازیم . ضخامت میکا (فاصله صفحه ها) 0.2 mm است . مساحت هر یک از صفحه ها تقریباً چند سانتی متر مربع است؟ $(\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m})$.

پاسخ :

$$\kappa = 6$$

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

$$A = 75 \text{ cm}^2$$

$$C = 20 \text{ nF} = 20 \times 10^{-9} \text{ F}$$

$$A = \frac{Cd}{\kappa \epsilon_0}$$

$$d = 0.2 \text{ mm} = 0.2 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$A = \frac{20 \times 10^{-9} \times 0.2 \times 10^{-3}}{6 \times 8.85 \times 10^{-12}}$$

$$A = ? \text{ cm}^2$$

$$A = 0.075 \text{ m}^2$$

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}}$$

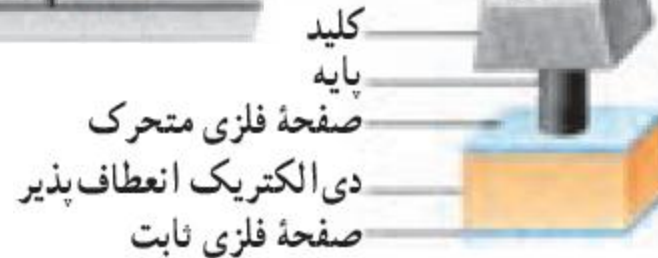
$$A = 75 \text{ cm}^2$$



تمرین:

فاصله بین صفحه های خازن صفحه کلید رایانه ای عموماً $m \cdot 10^{-3} \times 5$ است که این فاصله با فشار دادن کلید به $m \cdot 10^{-3} \times 15$ می رسد. مساحت صفحه ها $m^2 \cdot 10^{-5} \times 9/5$ است و خازن از ماده ای با ثابت دی الکتریک $3/5$ پر شده است. تغییر ظرفیتی که با فشار دادن کلید، توسط مدارهای الکترونیکی رایانه آشکار می شود چقدر است؟ ($\epsilon_0 = 9 \times 10^{-12} \text{ F/m}$).

پاسخ:



پاسخ:

$$d_1 = 5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$d_2 = 15 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$A = 9/5 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$\kappa = 3/5$$

$$\Delta C = ?$$

$$\epsilon_0 \approx 9 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}}$$

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad \rightarrow \quad \Delta C = \kappa \epsilon_0 A \left(\frac{1}{d_2} - \frac{1}{d_1} \right)$$

$$\Delta C = 3/5 \times 9 \times 10^{-12} \times 9/5 \times 10^{-5} \times \left(\frac{1}{15 \times 10^{-3}} - \frac{1}{5 \times 10^{-3}} \right)$$

$$\Delta C = 229/25 \times \frac{10^{-17}}{10^{-3}} \times \left(\frac{1}{15} - \frac{1}{5} \right)$$

$$\Delta C = 229/25 \times 10^{-14} \times (6/66 - 1/2)$$

$$\Delta C = 229/25 \times 10^{-14} \times 6/46$$

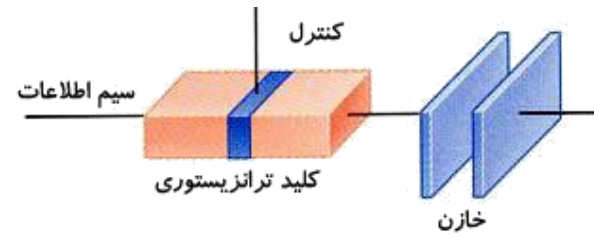
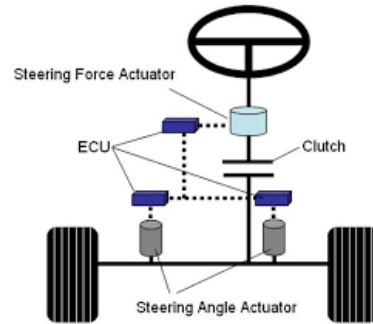
$$\Delta C \approx 15 \text{ pF}$$



فعالیت ۱-۸

در حسگر کیسه‌هوای برخی از خودروها از یک خازن استفاده می‌شود. دربارهٔ چگونگی عملکرد این حسگرها تحقیق کنید و نتیجهٔ آن را به کلاس گزارش دهید.

پاسخ:



داخل کیسه های هوا، خازنی است که از دو صفحهٔ فلزی کوچک و نزدیک به هم ساخته شده است که بارهای $+Q$ و $-Q$ دارند. وقتی اتومبیل ناگهان متوقف می‌شود، صفحهٔ عقبی که **سبکتر** است به سمت صفحهٔ سنگین‌تر جلویی **حرکت** می‌کند. این حرکت موجب **تغییر ظرفیت خازن** (نسبت Q به اختلاف پتانسیل الکتریکی V ی بین صفحه‌ها) می‌شود و **یک مدار الکتریکی** این تغییر را آشکارسازی کرده و **کیسه های هوا** را به کار می‌اندازد.

تمرین:

در یک خازن تخت باصفحه های مربع شکل، اگر فاصله بین دو صفحه خازن را چهار برابر و طول ضلع مربع را $\frac{1}{4}$ برابر کنیم، ظرفیت خازن چند برابر می شود؟

پاسخ:

$$C' = \frac{1}{64} C$$

$$d' = 4d$$

$$a' = \frac{1}{4} a \rightarrow A' = a'^2 = \left(\frac{1}{4} a\right)^2 \rightarrow A' = \frac{1}{16} A$$

$$C' = ? C \quad C = \kappa \epsilon \cdot \frac{A}{d} \rightarrow \frac{C'}{C} = \frac{A'}{d'} \times \frac{d}{A}$$

$$\frac{C'}{C} = \frac{\frac{1}{16} A}{4d} \times \frac{d}{A} \rightarrow \frac{C'}{C} = \frac{1}{64}$$



تمرین:

یک خازن تخت، دارای صفحات مستطیلی شکل به ابعاد $2\text{cm} \times 10\text{cm}$ می باشد. اگر فاصله بین دو صفحه آن از هم یک میلی متر و ثابت دی الکتریک 80 باشد. مطلوبست، ظرفیت خازن بر حسب میکرو فاراد محاسبه کنید. ($\epsilon_0 \approx 9 \times 10^{-12} \text{ F/m}$).

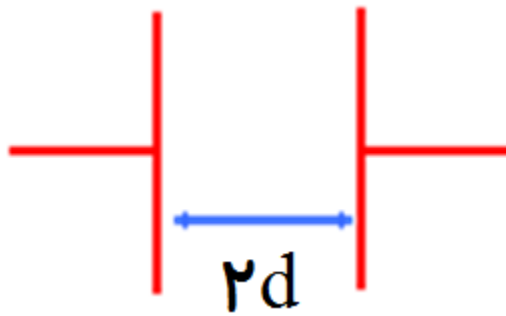
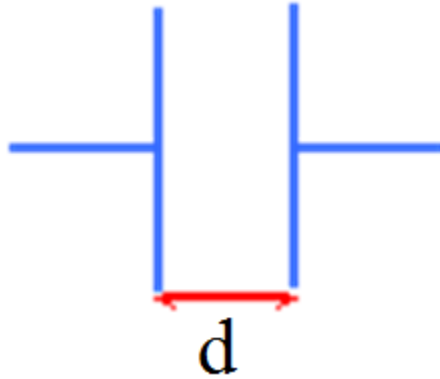
پاسخ:

$$C = 1/44 \text{ nF}$$



تمرین:

اگر فاصله بین صفحات یک خازن را ۲ برابر کنیم، ظرفیت آن چند برابر می شود؟



پاسخ:

$$C' = \frac{1}{2}C$$



تمرین:

اگر فاصله بین صفحات یک خازن را نصف کنیم و بین صفحات آن ماده‌ای به ضریب دی‌الکتریک ۶ قرار دهیم، ظرفیت آن چند برابر می‌شود؟

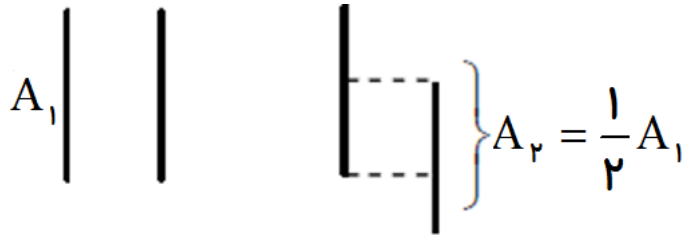
پاسخ:

$$C' = 12C$$



تمرین:

صفحه های خازن رابه موازات امتداد اولیه خود حرکت می دهیم تا نصف مساحت صفحه ها روبروی هم قرار گیرد یک دی الکتریک با ضریب κ بین دو صفحه قرار می دهیم تا ظرفیت خازن تغییری نکند κ چقدر است؟



پاسخ:

 $\kappa = 2$

$$\left\{ \begin{array}{l} A_2 = \frac{1}{2} A_1 \\ \kappa_1 = 1 \\ \kappa_2 = \kappa \\ C_2 = C_1 \end{array} \right. \quad C = \kappa \epsilon \cdot \frac{A}{d} \rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{\kappa_2}{\kappa_1} \times \frac{A_2}{A_1} \times \frac{d_1}{d_2}$$

$$1 = \frac{\kappa}{1} \times \frac{\frac{1}{2} A_1}{A_1} \rightarrow 1 = \frac{\kappa}{2} \rightarrow \kappa = 2$$



تمرین:

دو صفحه ی تخت مسی رابه دوطرف لایه ای از یکی از دی الکتریکی های جدول زیر، می چسبانیم تا یک خازن تخت ساخته شود با ذکر دلیل مشخص کنید برای به دست آوردن بیشترین ظرفیت از کدام دی الکتریک استفاده کنیم.

نام دی الکتریک	ثابت دی الکتریک	ضخامت دی الکتریک
A	۲	۰/۴ میلی متر
B	۳	۰/۸ میلی متر
C	۴	۱ میلی متر
D	۵	۱۲ میلی متر

پاسخ :

با توجه به رابطه $C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d}$ باید حالتی را انتخاب کرد که نسبت $\frac{\kappa}{d}$ بیشترین مقدار باشد.

دی الکتریک A بیشترین مقدار را دارد $\frac{\kappa}{d} = \frac{۲}{۰/۴} = ۵$



تست:

بین دو صفحه خازنی هوا قرار دارد. اگر به جای هوا از عایقی به ثابت دی الکتریک ۴ استفاده کنیم وضخامت عایق (d) را نصف کنیم ظرفیت خازن چند برابر می شود؟

(۴) تغییری نمی کند.

(۳) ۸ برابر

(۲) ۴ برابر

(۱) ۲ برابر

پاسخ:

گزینه ی (۳) صحیح است.



تست:

خازنی به ولتاژ ۲۰ ولت وصل است و بار $5\mu\text{C}$ در آن ذخیره شده است. اگر بار ذخیره شده در خازن $15\mu\text{C}$ گردد، ولتاژ دو سر خازن چندولت بوده است؟

(۱) ۶۰ (۲) ۴ برابر (۳) $\frac{20}{3}$ (۴) تغییری نمی کند.

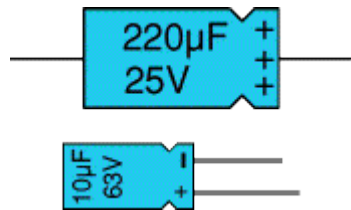
پاسخ:

گزینه ی (۱) صحیح است.



پرسش:

اعداد روی خازن نشان دهنده چیست؟



پاسخ:

مقدار ظرفیت و اختلاف پتانسیل بیشینه ای که یک خازن می تواند تحمل کند



فروریزش الکتريکی :

اگر اختلاف پتانسیل بین صفحات افزایش یابد $\uparrow V$ ، میدان الکتريکی بسیار قوی $\uparrow E$ بین صفحات ایجاد می شود الکترون های اتم های ماده دی الکتريک، توسط میدان الکتريکی ایجاد شده بین دو صفحه، کنده می شوند و مسیرهایی رسانا درون دی الکتريک ایجاد می شود که سبب تخلیه خازن می گردد.

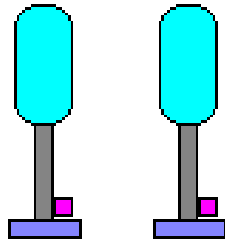


پرسش :

فروریزش الکتریکی در ماده‌دی الکتریک بین صفحه‌ خازن ها چه اثری همراه است؟

پاسخ:

با ایجاد یک جرقه همراه است و در بیشتر مواقع خازن را می سوزاند.

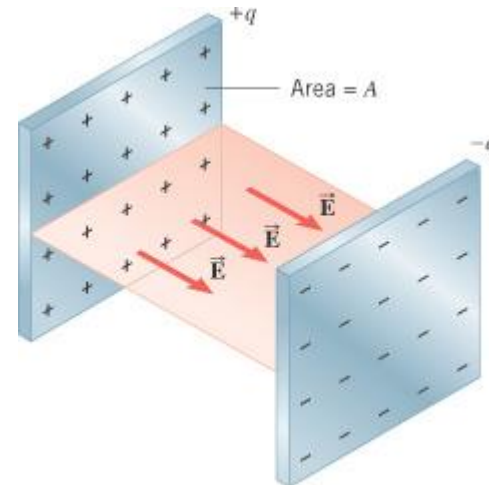


پرسش:

به لحاظ میکروسکوپی، فروریزش الکتریکی ماده‌دی الکتریکی یک خازن ناشی از چیست؟

پاسخ:

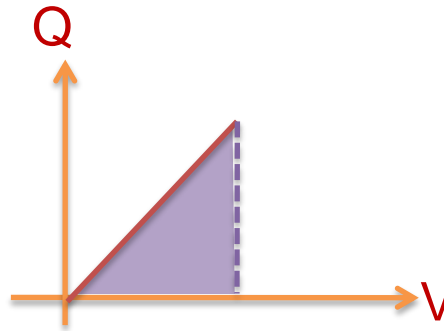
فروریزش الکتریکی ناشی از کنده شدن الکترون های اتم های ماده‌دی الکتریکی توسط میدان الکتریکی و سپس رانده شدن این الکترونها توسط میدان الکتریکی و ایجاد یک مسیرسانی دردی الکتریکی است.



انرژی ذخیره شده در خازن:

باتری، دائماً باری جزئی از یک صفحه خازن جدا و به همان اندازه به صفحه دیگر منتقل می کند. کار انجام شده برای باردار شدن کامل خازن برابر با حاصل ضرب کل بارهای جزئی منتقل شده (Q) در اختلاف پتانسیل متوسط است:

$$\bar{V} = \frac{V_1 + V_2}{2} \rightarrow \bar{V} = \frac{0 + V}{2} \left. \begin{array}{l} \Delta U = Q\bar{V} \\ \end{array} \right\} U = \frac{1}{2} QV$$



$$U = S = \frac{1}{2} QV$$



فرمولهای دیگر انرژی ذخیره شده در خازن :

Q بار ذخیره شده در خازن بر حسب کولن،

C ظرفیت خازن بر حسب فاراد

V ولتاژ دو سر خازن بر حسب ولت.

U انرژی ذخیره شده در خازن بر حسب ژول،

$$\left. \begin{array}{l} U = \frac{1}{2} QV \\ q = CV \end{array} \right\} U = \frac{1}{2} CV^2$$

$$\left. \begin{array}{l} U = \frac{1}{2} QV \\ V = \frac{Q}{C} \end{array} \right\} U = \frac{Q^2}{2C}$$



تمرین:

خازنی به ظرفیت $5\mu\text{F}$ به ولتاژ 80 ولت وصل شده است. انرژی ذخیره شده در این خازن چند ژول است؟

پاسخ:

$$U = 1/6 \times 10^{-2} \text{ J}$$

$$C = 5\mu\text{F} = 5 \times 10^{-6} \text{ F}$$

$$V = 80 \text{ V}$$

$$U = ? \quad U = \frac{1}{2} CV^2 \rightarrow U = \frac{1}{2} \times 5 \times 10^{-6} \times 80^2 \rightarrow U = 1/6 \times 10^{-2} \text{ J}$$



نکته

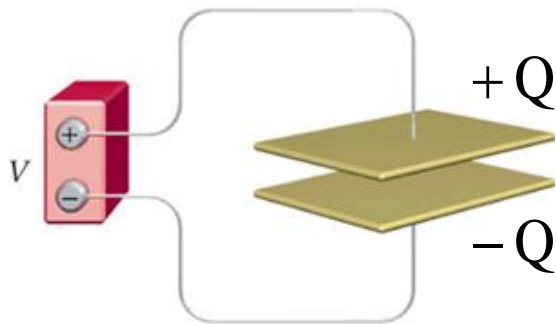
اگر در حالی که خازن به مولد وصل است تغییری در ساختمان آن ایجاد نمایم،

۱- چون مولد تغییر نکرده لذا اختلاف پتانسیل دو سر خازن ثابت می ماند.

۲- ظرفیت خازن مطابق با رابطه $C = \kappa \epsilon \cdot \frac{A}{d}$ تغییر می کند

۳- مطابق با رابطه $Q = CV$ مقدار بار خازن به نسبت تغییرات ظرفیت تغییر می کند.

۴- مطابق با رابطه $U = \frac{1}{2} CV^2$ انرژی خازن نیز به نسبت تغییرات ظرفیت تغییر می کند.



بنابراین می توان در این حالت نوشت :

$$\frac{U'}{U} = \frac{Q'}{Q} = \frac{C'}{C}$$

۵- مطابق با رابطه $E = \frac{V}{d}$ میدان الکتریکی با معکوس فاصله بین دو صفحه تغییر می کند.



نکته

اگر خازنی را با مولدی شارژ و از مولد جدا کنیم، سپس تغییری در ساختمان خازن دهیم

۱- در این حالت بار ذخیره شده در خازن ثابت می ماند،

۲- ظرفیت خازن طبق رابطه $C = \kappa \epsilon \cdot \frac{A}{d}$ تغییر می کند

۳- اختلاف پتانسیل دوسر آن طبق رابطه $V = \frac{Q}{C}$ به نسبت عکس ظرفیت خازن تغییر می کند

۴- انرژی خازن طبق رابطه $U = \frac{Q^2}{2C}$ نیز به نسبت عکس ظرفیت خازن تغییر خواهد کرد

خلاصه در این حالت می توان نوشت: $\frac{U'}{U} = \frac{V'}{V} = \frac{C}{C'}$

۵- میدان الکتریکی طبق رابطه $E = \frac{Q}{Cd} = \frac{Q}{\kappa \epsilon \cdot A}$ تغییر می کند.



پرسش:

یک خازن را توسط یک باتری پرمی کنیم، سپس درحالی که خازن به مولد متصل است، دی الکتریکی با ثابت K را بین صفحات خازن وارد می کنیم چه تغییراتی در ظرفیت خازن، مقدار بار الکتریکی، ولتاژ و انرژی خازن می افتد؟

پاسخ:

ولتاژ: ثابت می ماند

ظرفیت خازن: افزایش می یابد

بار الکتریکی: افزایش می یابد

انرژی خازن: افزایش می یابد

$$\uparrow C = \uparrow \kappa \varepsilon \cdot \frac{A}{d}$$

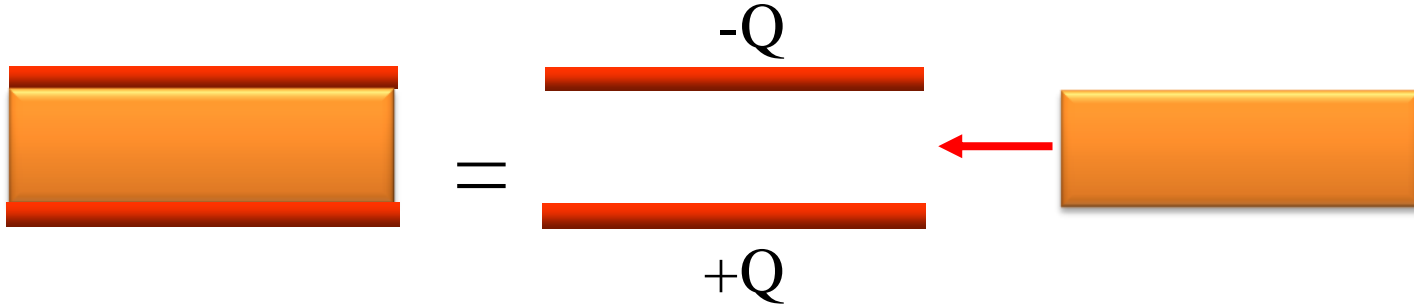
$$\uparrow Q = \uparrow CV$$

$$\uparrow U = \frac{1}{2} C \uparrow V^2$$



پرسش:

خازنی را با مولدی شارژ و سپس از مولد جدا می کنیم ، اگر یک دی الکتریک وارد آن کنیم ، چه تغییراتی در ظرفیت خازن ، مقدار بار الکتریکی ، ولتاژ و انرژی خازن می افتد؟



پاسخ:

$$\uparrow C = \uparrow \kappa \varepsilon \cdot \frac{A}{d}$$

$$\downarrow V = \frac{Q}{C} \uparrow$$

$$\downarrow U = \frac{Q^2}{2C} \uparrow$$

ظرفیت خازن : افزایش می یابد

ولتاژ : کاهش می یابد

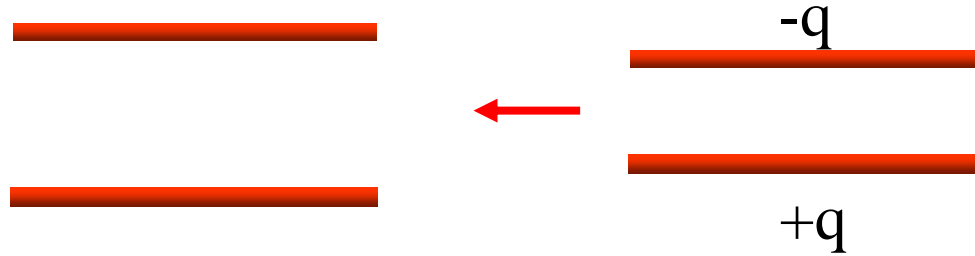
بار الکتریکی : ثابت می ماند

انرژی خازن : کاهش می یابد



پرسش:

یک خازن را توسط یک باتری پر می کنیم، سپس خازن را از مولد جدا می کنیم، فاصله ی صفحات خازن را زیاد می کنیم چه تغییراتی در ظرفیت خازن، مقدار بار الکتریکی، ولتاژ و انرژی خازن می افتد؟



پاسخ:

$$\downarrow C = \kappa \varepsilon \cdot \frac{A}{d} \quad \uparrow$$

$$\uparrow V = \frac{Q}{C} \quad \downarrow$$

$$\uparrow U = \frac{Q^2}{2C} \quad \downarrow$$

ظرفیت خازن: کاهش می یابد

ولتاژ: افزایش می یابد

بار الکتریکی: ثابت می ماند

انرژی خازن: افزایش می یابد



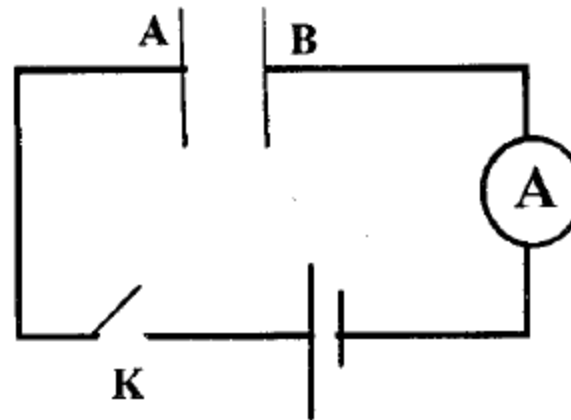
تمرین:

جاهای خالی را با کلمات مناسب پر کنید

الف) پس از وصل کلید، صفحه B دارای بار..... می شود.

ب) زمانی که ولتاژ دوسر مولد،..... ولتاژ دوسر خازن است، آمپرسنج عبور جریان را نشان نمی دهد.

پ) بدون آنکه خازن را از مولد جدا کنیم، صفحه A را طوری بالا می بریم که نصف آن مقابل صفحه B قرار گیرد انرژی خازن در این حالت،..... انرژی خازن در حالت اولیه است.



پاسخ:

الف) منفی

ب) برابر با

پ) کمتر از



تمرین:

ظرفیت خازن تختی $C = 20 \mu F$ و بار ذخیره شده در آن $q = 20 \mu C$ اگر فاصله صفحات خازن 1 mm باشد بزرگی میدان الکتریکی یکنواخت بین صفحات آن و انرژی ذخیره شده در آن را بدست آورید.

پاسخ:

$$E = 1.0^3 \frac{N}{C}$$

$$U = 1.0 \mu J$$



تمرین:

چند ژول انرژی لازم است تا مقدار $2\mu\text{C}$ بار الکتریکی از یک صفحه خازن به صفحه دیگر منتقل شود؟ بار الکتریکی اولیه $8\mu\text{C}$ و ظرفیت آن $10\mu\text{F}$ است.

پاسخ:

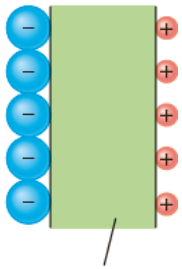
$$\Delta U = 3 / 8 \mu\text{J}$$



تمرین ۱-۱۲

یک یاخته عصبی (نورون) را می توان با یک خازن تخت مدل سازی کرد، به طوری که غشای سلول به عنوان دی الکتریک و یون های باردار با علامت مخالف که در دو طرف غشا هستند به عنوان بارهای روی صفحه های خازن عمل کنند **ظرفیت** یک سلول عصبی و **تعداد یون** های لازم (با فرض آن که هر یون یک باریونیده باشد) برای آنکه یک اختلاف پتانسیل 85mV ایجاد شود چقدر است؟ فرض کنید غشا دارای ثابت دی الکتریک $k=3$ ، ضخامت 1.0nm و مساحت سطح $1.0 \times 10^{-10}\text{m}^2$ است.

پاسخ:



$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} = 3 \times 8.85 \times 10^{-12} \times \frac{1.0 \times 10^{-10}}{1.0 \times 10^{-9}} \rightarrow C = 2.655 \times 10^{-13} \text{ F} \quad \text{ظرفیت سلول عصبی}$$

$$Q = CV \rightarrow Q = 2.655 \times 10^{-13} \times 85 \times 10^{-3} \rightarrow Q \approx 2.26 \times 10^{-14} \text{ C} \quad \text{بار سلول عصبی}$$

$$q = ne \rightarrow n = \frac{Q}{e} = \frac{2.26 \times 10^{-14}}{1.6 \times 10^{-19}} \rightarrow n = 1.41 \times 10^5 \quad \text{تعداد یون های سلول عصبی}$$



تمرین:

بار خازنی را ۱۰٪ افزایش می دهیم. انرژی آن چند درصد افزایش می یابد؟

پاسخ:

انرژی ۲۱٪ افزایش می یابد.

$$Q_2 = Q_1 + .1Q_1 = 1.1Q_1$$

$$U_1 = \frac{Q_1^2}{2C}$$

$$U_2 = 1.21U_1$$

$$U_2 = \frac{Q_2^2}{2C} \rightarrow U_2 = \frac{(1.1Q_1)^2}{2C} = \frac{1.21Q_1^2}{2C}$$

$$\frac{\Delta U}{U_1} \times 100\% = ? \rightarrow \frac{1.21U_1 - U_1}{U_1} \times 100\% = 21\%$$



تمرین:

باتخلیه قسمتی از بار الکتریکی یک خازن پر شده، اختلاف پتانسیل دوسر آن ۸۰ درصد کاهش می یابد. انرژی این خازن چند درصد کاهش می یابد؟

پاسخ:

انرژی ۹۶٪ کاهش می یابد.

$$V_2 = V_1 - .8V_1 = .2V_1$$

$$U_1 = \frac{1}{2} CV_1^2$$

$$U_2 = .4U_1$$

$$U_2 = \frac{1}{2} CV_2^2 \rightarrow U_2 = \frac{1}{2} C(.2V_1)^2 = .4 \frac{1}{2} CV_1^2$$

$$\frac{\Delta U}{U_1} \times 100\% = ? \rightarrow \frac{.4U_1 - U_1}{U_1} \times 100\% = -96\%$$



روابط و فرمولهای فصل الکتروسیسته ساکن

۱- نیروی الکتریکی بین دو ذره باردار $F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$ ۵- ظرفیت خازن

$$C = \frac{Q}{V}$$

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

$$E = \frac{F}{q_0}$$

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

۲- میدان الکتریکی یک ذره باردار

۳- انرژی پتانسیل الکتریکی

$$\Delta U = W_{F'} = -W_E = -Eqd \cos \alpha$$

زاویه بین میدان و جابه جایی

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

۴- اختلاف پتانسیل الکتریکی

$$\Delta V = -Ed \cos \alpha$$

زاویه بین میدان و جابه جایی

۶- میدان الکتریکی یکنواخت

(درون خازن تخت)

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

۷- انرژی ذخیره شده در خازن:

$$U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} QV = \frac{Q^2}{2C}$$



شناسنامه الکتريسيته ساكن

نام کميت	علامت	يکا (SI)
بار الکتريکی	q	C (کولن)
فاصله دو بار	r	m
ثابت کولن	k	Nm ² /C ²
ضريب گذردهی الکتريکی خلا	ϵ_0	C ² /Nm ²
نیروی الکتريکی	F	N
ميدان الکتريکی	E	N/C (نيوتن بر کولن) يا (V/m) (ولت بر متر)
سطح يا مساحت	A	m ²
پتانسیل الکتريکی	V	V (ولت)
اختلاف پتانسیل الکتريکی	V يا ΔV	V (ولت)
انرژی پتانسیل الکتريکی	U	J
ظرفيت خازن	C	F (فاراد)



با نظارت جمعی از اساتید و معلمان گروه فیزیک البرز :

حمیدرضا ایزدی

مهرداد باقرپور

محمد علی سبکبار

فاطمه زارعی

فتانه باقرزاده

محمد انصاری تبار

تاریخ ویرایش نهایی : شهریور ۱۳۹۶

ارتباط تلگرامی : @ansari132



خروج