موضوعات این فصل :

قانون کولن

خطوط میدان الکتریکی

یاداشت ریاضی

انرژی پتانسیل الکتریکی واختلاف پتانسیل الکتریکی

اصل برهم نهی نیروها

توزیع بارالکتریکی

میدان الکتریکی

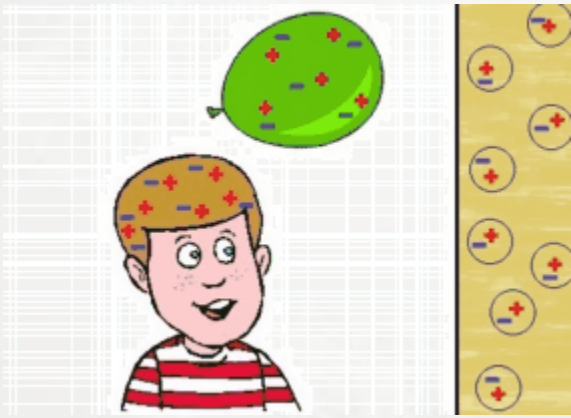
خازن

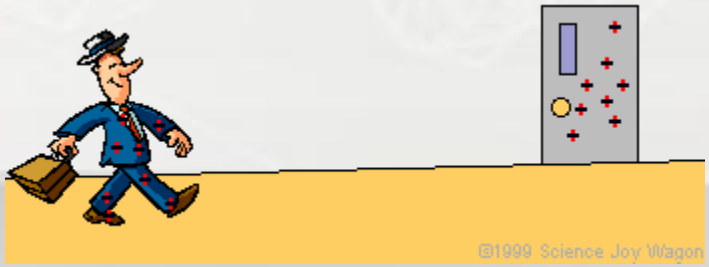
گروه آموزشی عصر

ASR_Group @ outlook.com

@ASRschool2

موضوع :قانون كولن





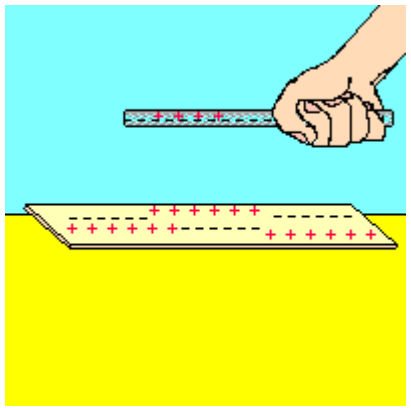
خروج

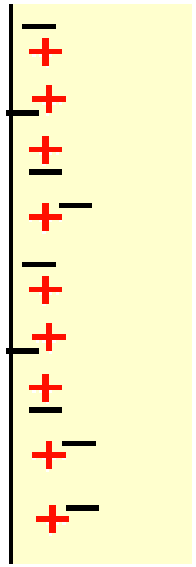
پرسش :

کلمهٔ الکتریسیته ازچه واژه ای گرفته شده است وبه چه معنای است؟

پاسخ:

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



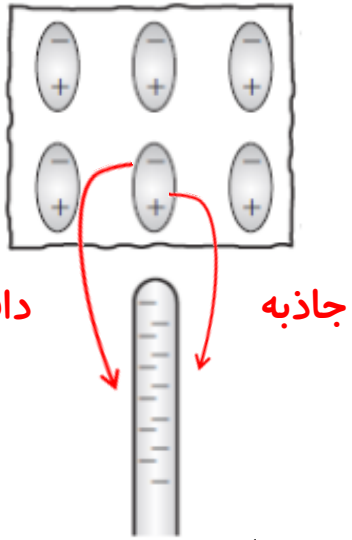


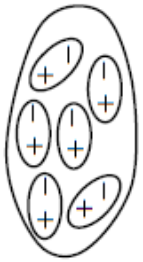
الکتریسیتهٔ ساکن(الکتروستاتیک)

به مطالعهٔ بارهای ساکن دراجسام باردار الکتریسیتهٔساکن(الکتروستاتیک) می گویند

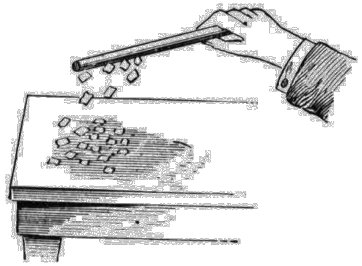
پرسش :

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 قطعهٔ کهربا با بارمنفی را به کاغذ بدون بار نزدیک کنیم چون الکترون آزاد در کاغذ وجود ندارد تا حرکت کند.اتمها ومولکولهای آن آرایش جدیدی می گیرند به طوری که مرکز بارهای مثبت و منفی از هم جدا شده واتم یا مولکول قطبیده می شود. بخش مثبت اتم قطبیده شده به طرف میله کشیده وبخش منفی از میله دور می شود و چون نیروی جاذبهٔ کولنی به علت فاصلهٔ کمتر قوی تر از نیروی دافعهٔ کولنی است،بنابر این خرده های کاغذ جذب کهربای باردار می شود.

پرسش :

چرابارهای الکتریکی را با علامت های جبری مثبت ومنفی نام گذاری کردند؟

پاسخ:

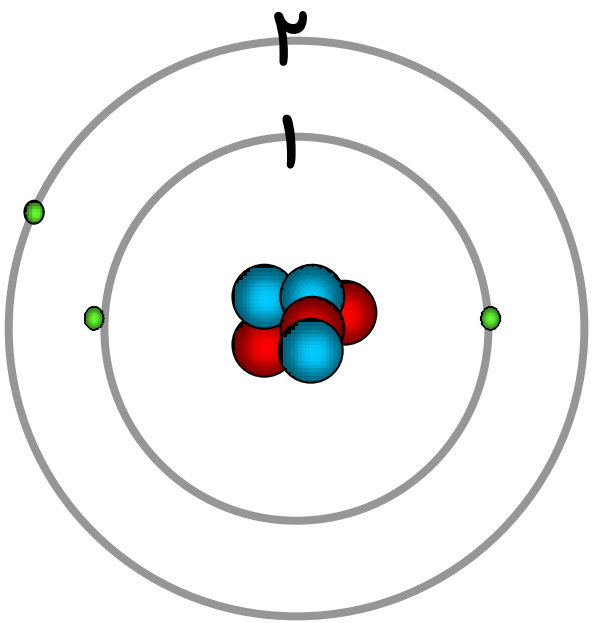
برای اینکه اگردر یک جسم از این دو نوع بار به مقدار مساوی وجود داشته باشد، جمع جبری بارهای جسم صفرمی شود که به معنی خنثی بودن آن جسم است.

پرسش :

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

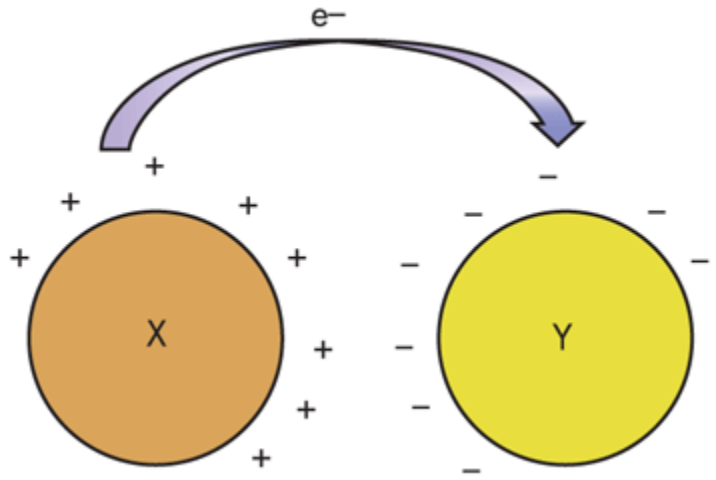
پاسخ:

یعنی تعداد الکترون های یک اتم برابر تعداد پروتون های موجوددرهسته اتم می‌باشدو بنابراین جمع جبری همهٔ بارها (بارخالص)دقیقا برابر با صفر است.



نکته:

درمالش اجسام به یکدیگرالکترون 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:

$$e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}\ C$$

که برای الکترون با علامت منفی و برای پروتون با علامت مثبت،آن را مشخص می کنیم.
به این مقدار، بارپایه می گوییم

توجه :

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

پرسش :

وقتی می گوییم جسمی دارای بار منفی است یعنی چه؟

پاسخ :

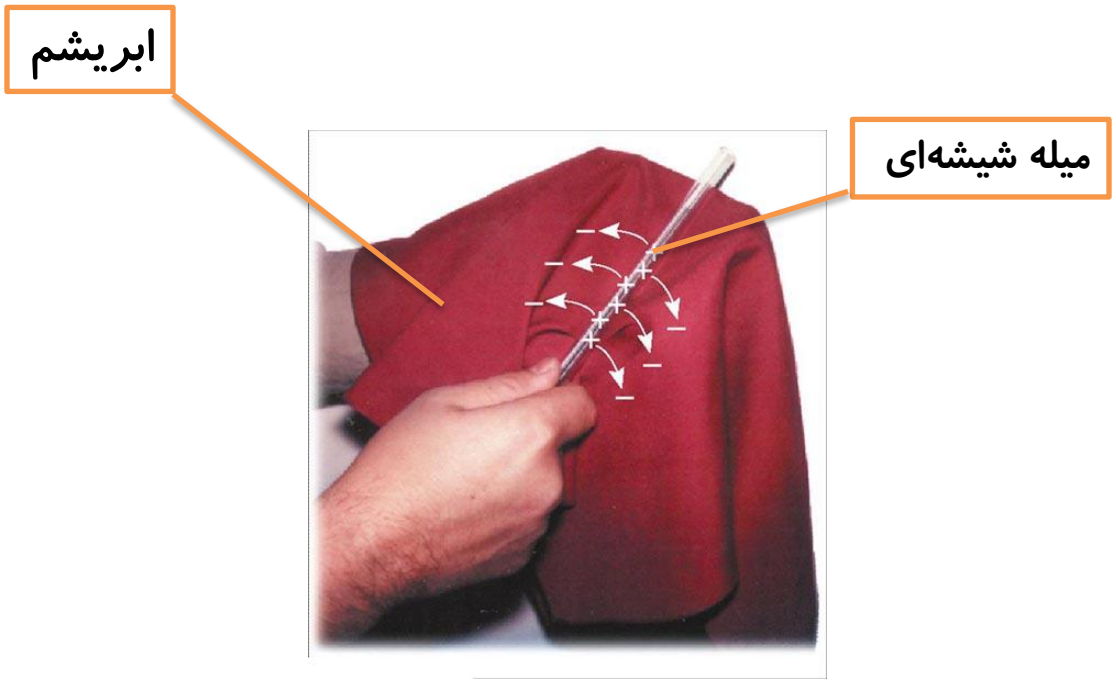
یعنی **تعداد الکترونهایش بیشتر** ازتعداد پروتونهایش می باشدو بارالکتریکی خالص آن منفی می گردد

پرسش :

وقتی می گوییم جسمی دارای بار مثبت است یعنی چه؟

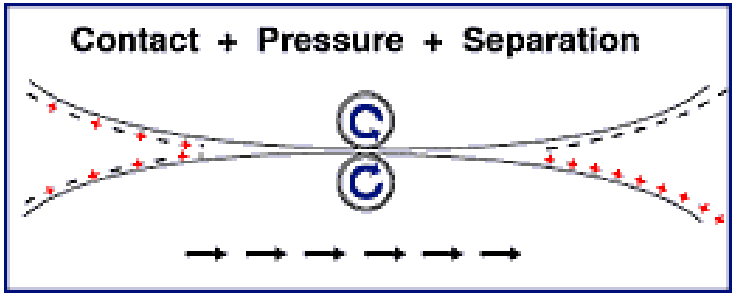
پاسخ :

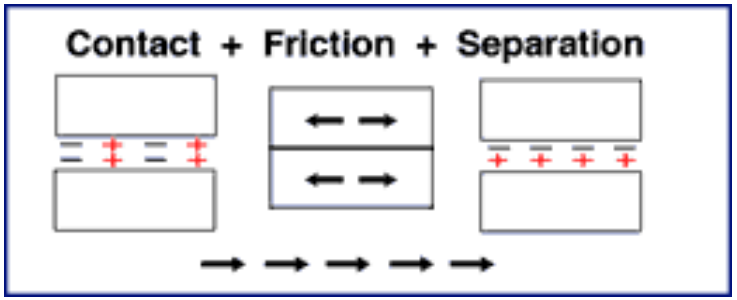
یعنی **تعداد الکترونهایش کمتر** از تعداد پروتونهایش است و بار الکتریکی خالص آن مثبت می گردد

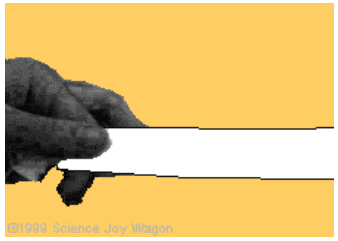


الکتریسیته ی مالشی(اثر تریبوالکتریک)

بر اثرمالش 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 الکتریسیته ی مالشی(سری تریبوالکتریک)

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 الکتریک** 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

انتهای مثبت سری

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

انتهای منفی سری

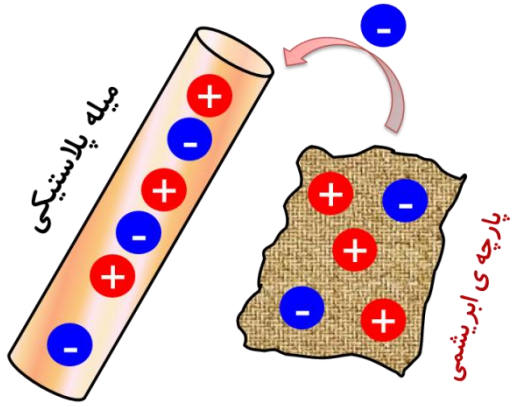
پرسش :

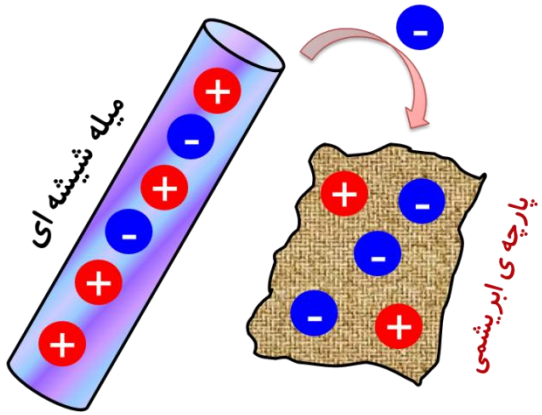
باتوجه به سری تریبوالکتریک یک بارپارچهٔابریشمی رابامیله شیشه ای وبار دیگر پارچهٔابریشمی را بامیله پلاستیکی مالش می دهیم بارالکتریکی پارچه ابریشمی در هرحالت رامشخص کنید.

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

الکترون خواهی کمتر

پاسخ:

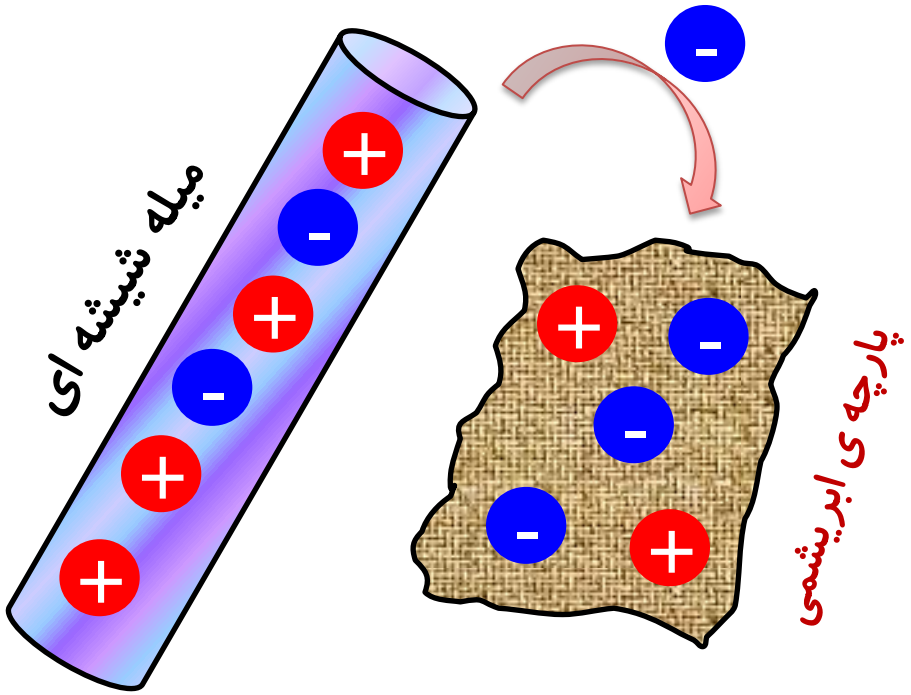




الکترون خواهی بیشتری

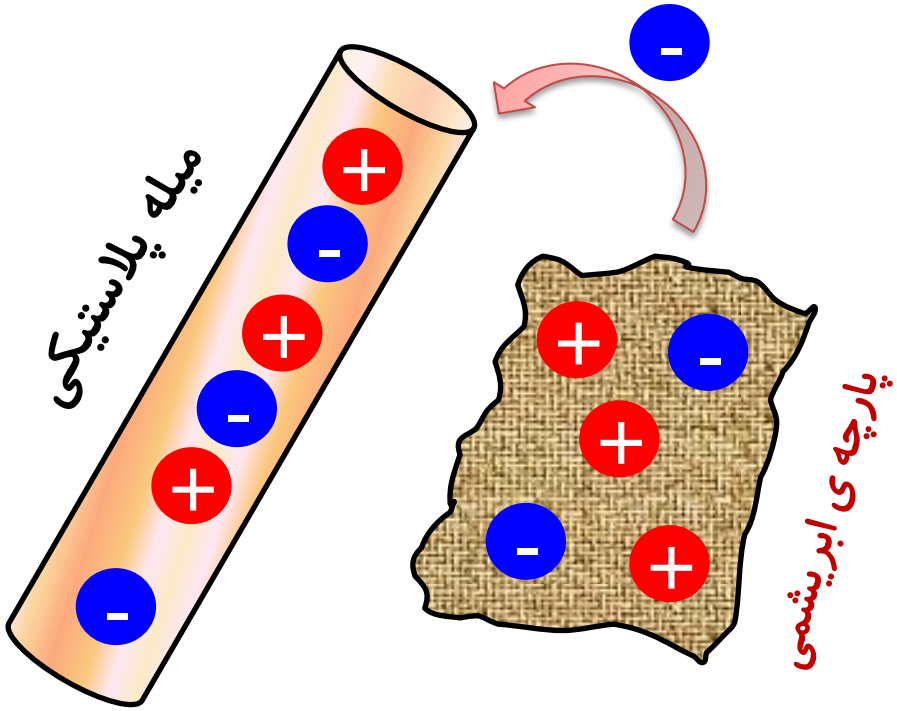
پاسخ :

دراثرمالش میله شیشه ای باپارچه ی ابریشمی، تعدادی الکترون از میله جداشده بر روی پارچه می نشیند بار الکتریکی ایجاد شده روی میله شیشه‌ای را بار مثبت می‌نامیم.



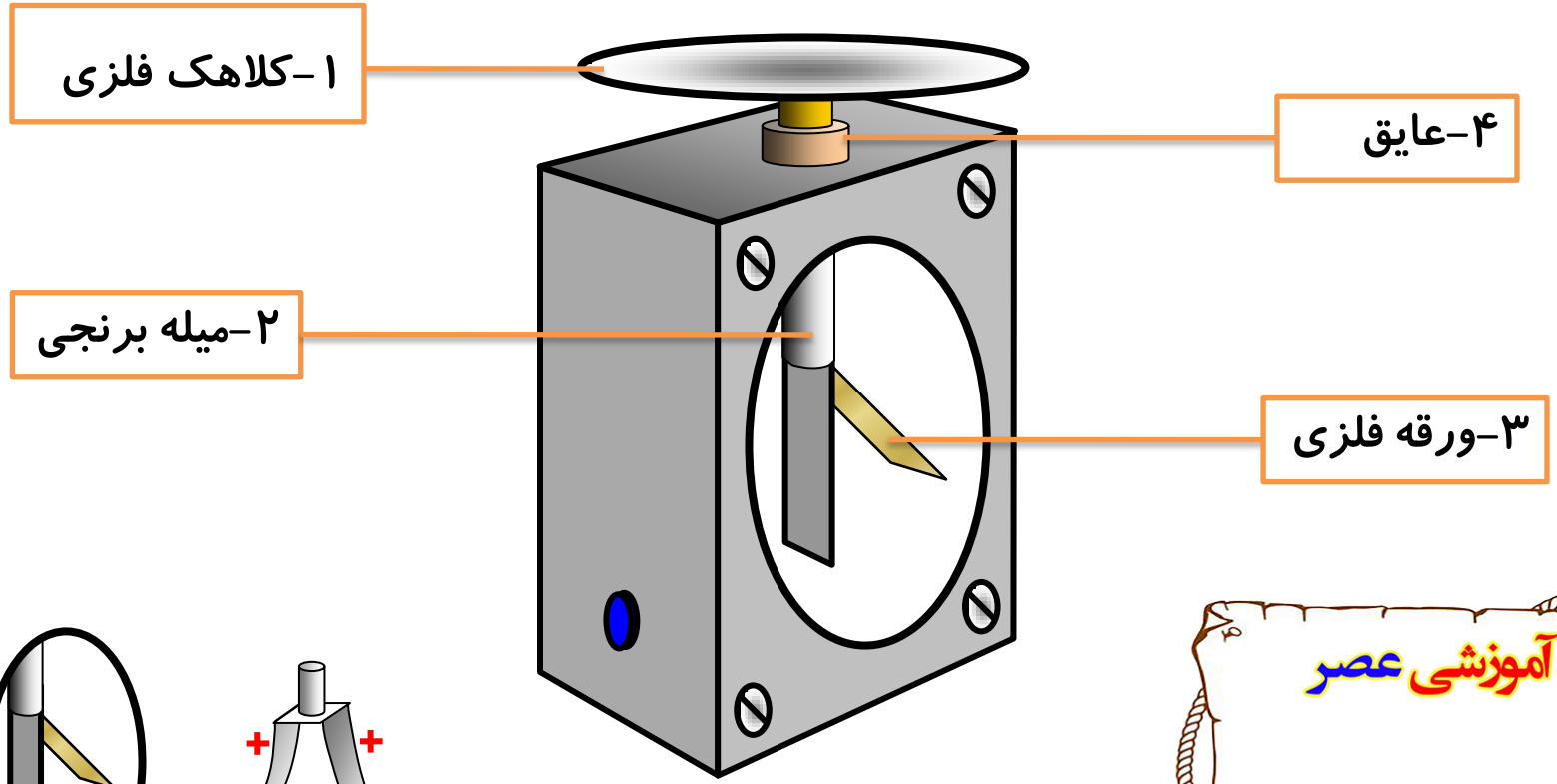
ادامه پاسخ :

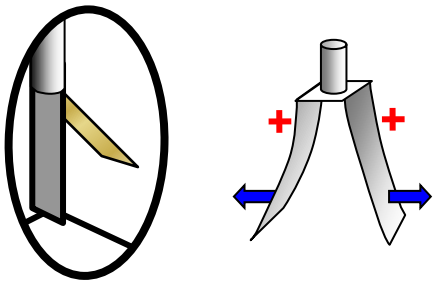
همچنین دراثرمالش میله پلاستیکی باپارچهٔابریشمی،تعدادی الکترون از پارچه جداشده برروی میله می نشیند بار الکتریکی ایجاد شده روی میلهٔ پلاستیکی را بار منفی می‌نامیم.



ساختمان برق نما یا الکتروسکوپ

الکتروسکوپ از چهار قسمت تشکیل شده است





گروه آموزشی عصر
ASR_Group @ outlook.com
@ASRschool2

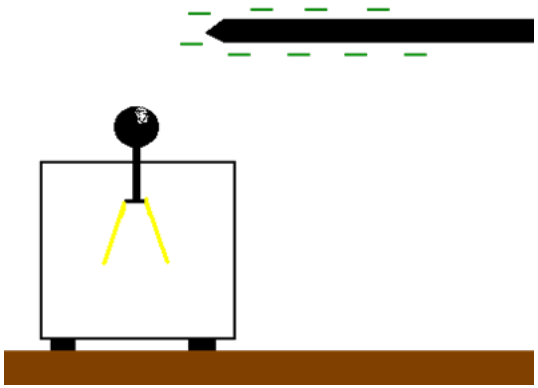
کاربردهای برق نما یا الکتروسکوپ

۱-تعیین وجود بارجسم

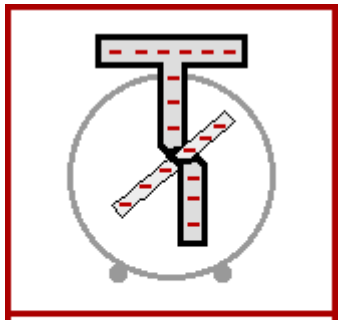
۲-نوع بار الکتـریکی جسم

۳-رسانا ونارسانا بودن جسم

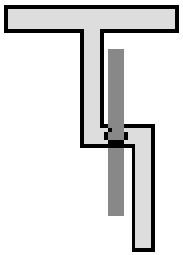
۴-مقدار بارجسم



نوع باراجسام



رسانا ونارسانا بودن



باردار بودن

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 میلهٔ باردار چیست؟

پاسخ:

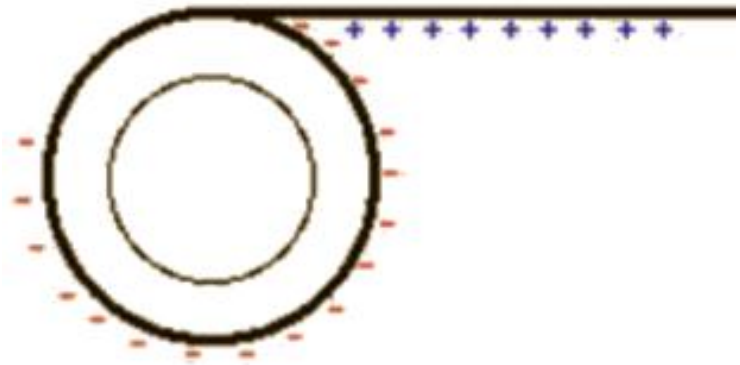
الف)جسم را با کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می کنیم، اگرورقه انحراف پیدا کند، جسم بارالکتریکی دارد.درغیراین صورت بارالکتریکی ندارد.

ب)جسم راباکلاهک باردار الکتروسکوپ تماس داده اگرورقه ها بهم بچسبندجسم رسانا و اگر انحراف ورقه تغییر نکند،جسم عایق است.

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

پرسش ۱-۱

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



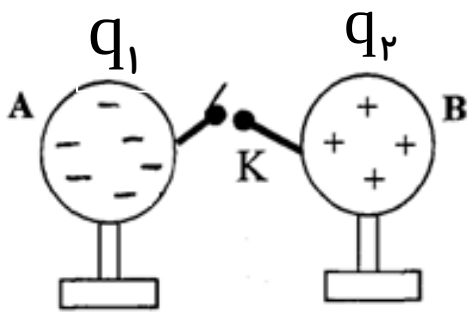
پاسخ:

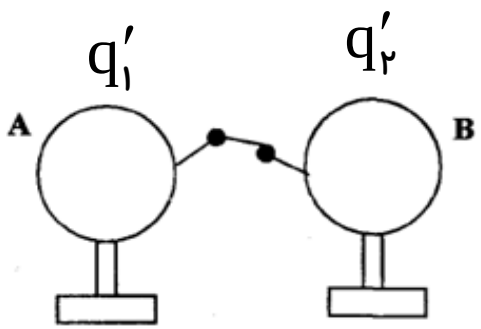
به هنگام جداکردن روکش پلاستیکی از لوله‌ی پیچیده شدهٔ‌آن(به روش مالش)قسمت‌هایی از آن باردار می‌شود.روکش باردار شده می‌تواند لبه‌های ظرف پلاستیکی را قطبیده کند و نیروی جاذبه ی بین آنها باعث ثابت باقی ماندن روکش شود.

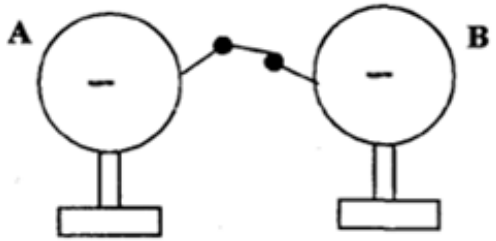
اصل پایستگی بارالکتریکی

مجموع جبری همه بارهای الکتریکی دریک دستگاه منزوی ثابت است،یعنی بارمی تواند از جسمی به جسم دیگر منتقل شود

ولی هرگزامکان تولید یا نابودی یک بار خالص وجود ندارد.هیچ شاهدی تجربی درنقض این اصل وجود ندارد.







قبل از اتصال دوکرهٔرسانای مشابه

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

بعداز اتصال دوکرهٔرسانای 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 آوردیا از دست بدهدهمواره بار الکتریکی مشاهده شدهٔ جسم مضرب درستی از بار بنیادی e است:

$$q = \pm ne \qquad n = ۰,۱,۲,۳,۰۰۰$$

تعداد

$q = -ne$ جسم الکترون گرفته

بار الکتریکی جسم

$q = +ne$ جسم الکترون از دست داده

تمرین :

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

پاسخ :

$q = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۳} c$

بارمثبت

$$\begin{cases} n = ۱۰^{۶} \\ q = ? \\ e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} c \end{cases}$$

$q = +ne$

$q = ۱۰^{۶} \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}$

$q = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۳} c$

تمرین :

بارالکتریکی چه تعداد الکترون برابر یک کولن است؟

پاسخ :

$$\begin{cases} q = -1c \\ n = ? \\ e = 1/6 \times 10^{-19} c \end{cases}$$

$$q = -ne$$

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

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

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

نکته :

یک کولُن 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 $Z = ۹۲$ 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**بارالکتریکی هسته** برابر است با :

$$q_۱ = +ne = +۹۲ \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} = +۱/۴۷۲ \times ۱۰^{-۱۷} C$$

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

$$q_۲ = -ne = -۹۲ \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} = -۱/۴۷۲ \times ۱۰^{-۱۷} C$$

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

$$q_{\text{اتم}} = q_۱ + q_۲ = ۰$$

تمرین :

بار الکتریکی یک جسم $-۳/۲\times۱۰^{-۸}C$ است .

الف)این جسم الکترون از دست داده یا گرفته است؟

ب)تعداد الکترون‌های مبادله شده را محاسبه کنید.

بار پایه $۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C$ است.

پاسخ :

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

ب)

$$\begin{cases} q=-۳/۲\times۱۰^{-۸}C \\ n=? \\ e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C \end{cases}$$

$$q=-ne$$

$$-۳/۲\times۱۰^{-۸}=-n\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹}$$

$$n=\frac{۳/۲\times۱۰^{-۸}}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}}$$

$$n=۲\times۱۰^{-۸}\times۱۰^{+۱۹}=۲\times۱۰^{+۱۱}$$

تمرین :

بار الکتریکی جسمی $۸\mu c$ ۴/ است این بار از چه تعدادالکترون تشکیل شده است. $(e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\ c)$

پاسخ :

$n=۳\times۱۰^{+۱۳}$

$$\begin{cases} q=۴/۸\mu c=۴/۸\times۱۰^{-۶} \\ n=? \\ e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}c \end{cases}$$

$$q=ne$$

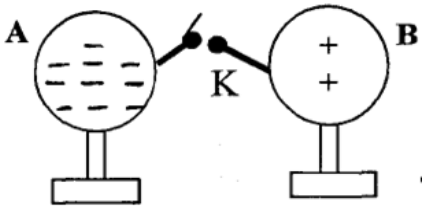
$$۴/۸\times۱۰^{-۶}=n\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹}$$

$$n=\frac{۴/۸\times۱۰^{-۶}}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}}$$

$$n=۳\times۱۰^{-۶}\times۱۰^{+۱۹}=۳\times۱۰^{+۱۳}$$

تمرین:

درشکل روبه رو،دوکرهٔرسانای مشابه بارداروی پایه های عایق قراردارند. پیش بینی کنیدبافرض این که روی سیم رابط باری نماند،بابستن کلید K ،تعدادونوع بارالکتریکی راروی،هرکره پس ازبرقراری تعادل الکتروستاتیک تعیین کنید.

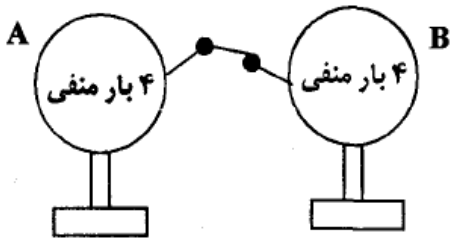


پاسخ

$$q_1' = q_2' = \frac{q_1 + q_2}{2}$$ بعداز اتصال دوکره ی رسانای

$$q_1' = q_2' = \frac{+2e + (-10\,e)}{2}$$

$$q_1' = q_2' = -4e$$

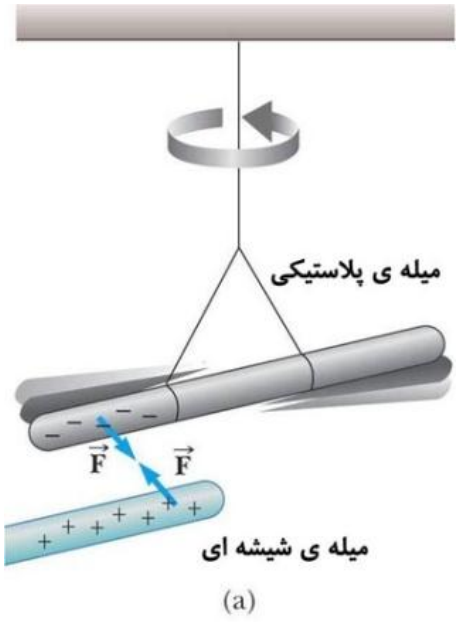


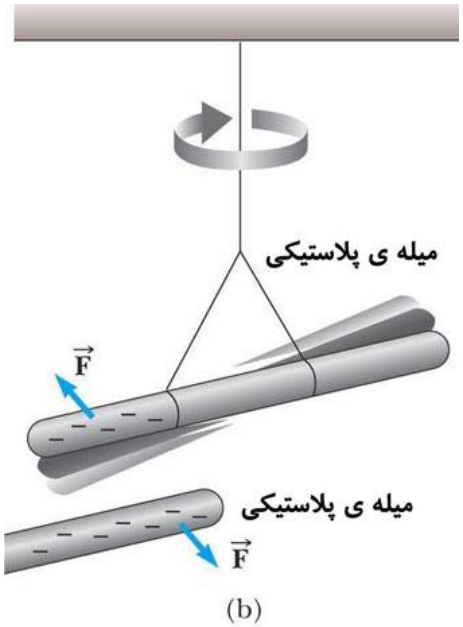
نیروی الکتریکی بین اجسام باردار F

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

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

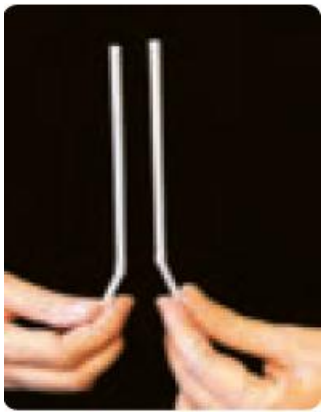
اگر بارهای الکتریکی دو جسم ناهمنام باشند. نیروی بین دو جسم ربایشی (جاذبه) است.





فعالیت ۱ - ۱ (کاردرکلاس)

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 دافعهٔ آنها را می توانید به وضوح بر روی انگشتان خود حس کنید.



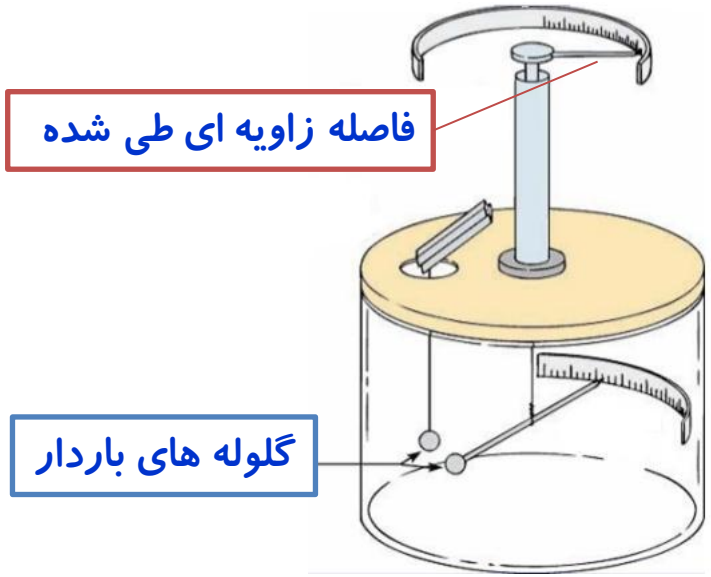
پاسخ:

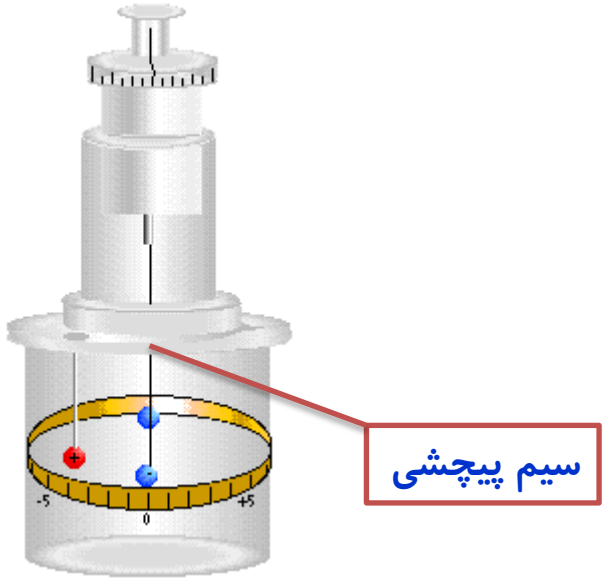
نی‌های **پلاستیکی** در اثر مالش با پارچهٔ پشمی هردو **دارای بار منفی** می‌شوند وهمچنین دو جسم باردار همنام بریکدیگر نیروی الکتریکی وارد کرده ویکدیگر رامی رانند.

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

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

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

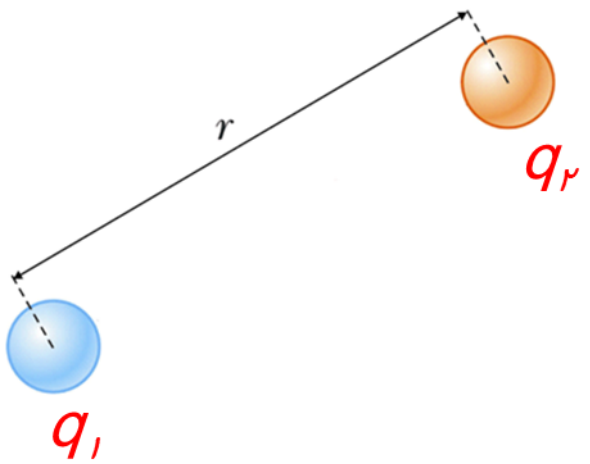




نیروی الکتریکی بین دو ذره باردار به چه عواملی بستگی دارد:

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

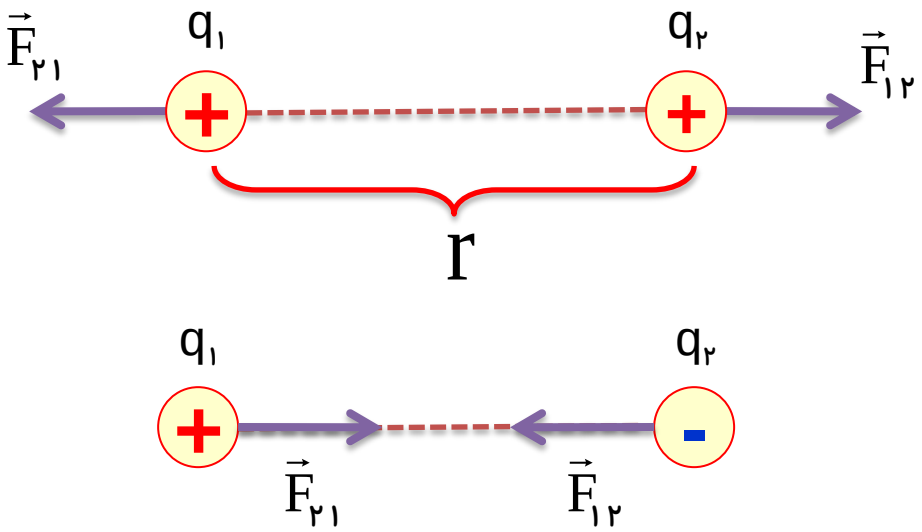
۲-و بامجذور فاصله دو ذره از هم نسبت رابطه وارون دارد. $F \propto \frac{1}{r^2}$



لذا می‌توان نوشت : $F \propto \frac{|q_1|.|q_2|}{r^2}$

قانون کولن

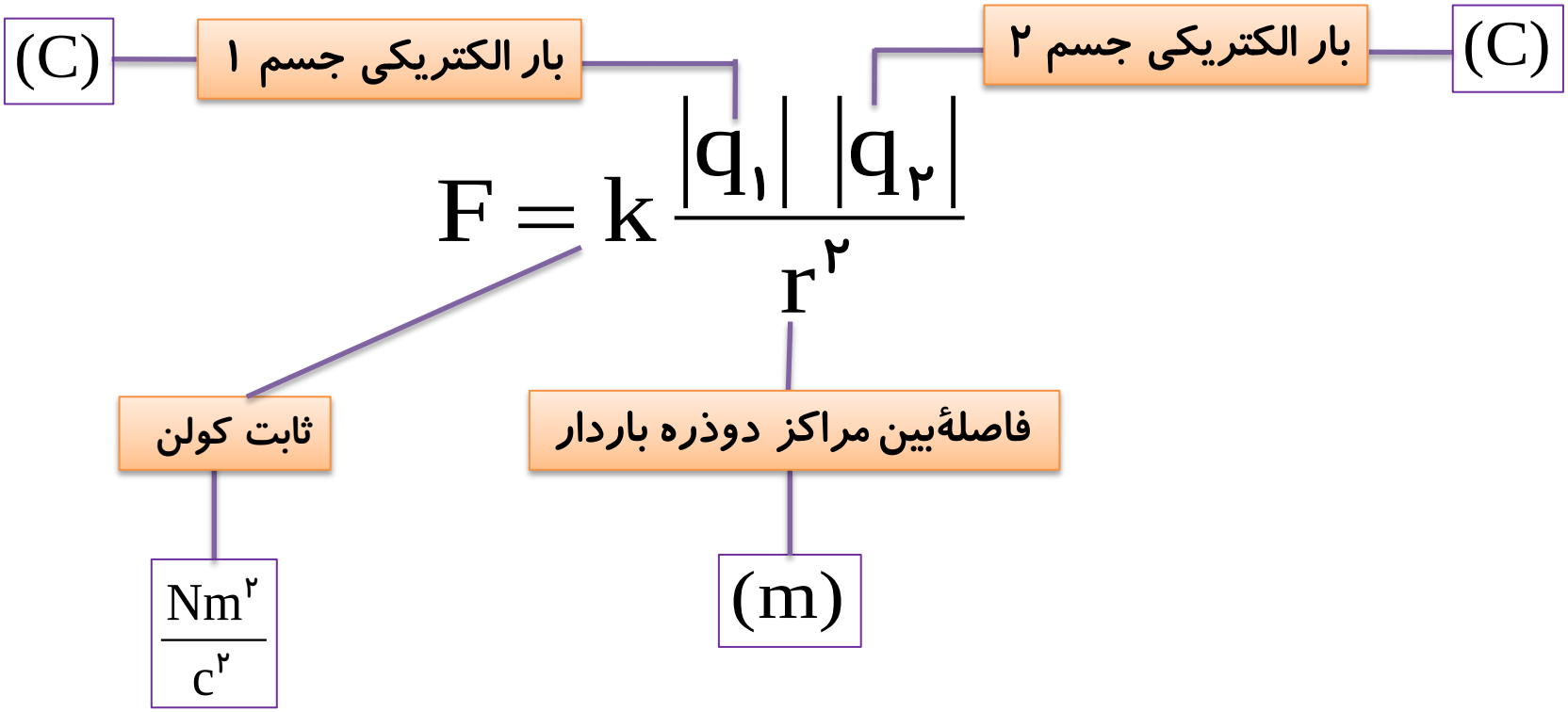
نیروهای الکتریکی بین دو ذره باردار، با حاصل‌ضرب اندازهٔ بار دو ذره نسبت مستقیم و با مجذور فاصله‌ی دو ذره باردار از هم ، نسبت وارون دارد .



$\vec{F}_{12}$ 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



$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \approx 9\times10^9 \frac{Nm^2}{c^2}$$

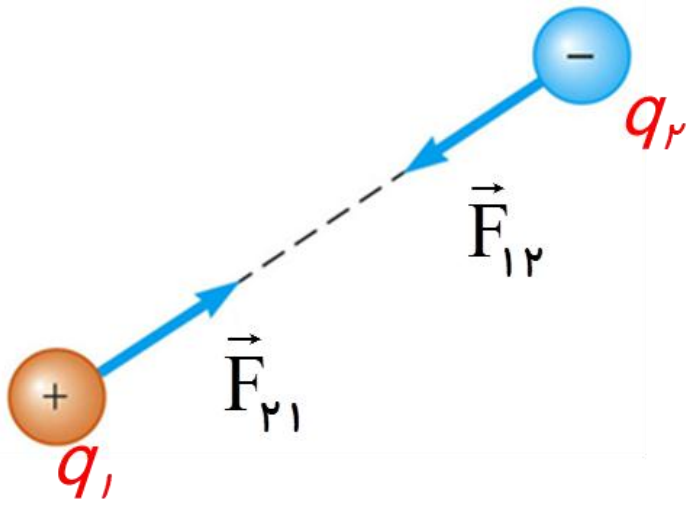
ضریب گذردهی الکتریکی خلأ $\varepsilon_0 \approx 8/85\times10^{-12} \frac{c^2}{Nm^2}$

نکته

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

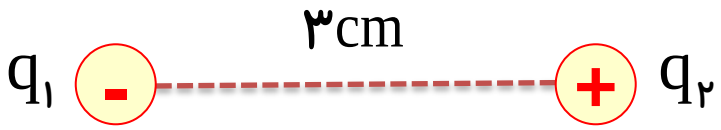
$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

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



تمرین :

دو ذره با بارهای الکتریکی $-2\mu c$ و $5\mu c$ در فاصله $3cm$ از یکدیگر ثابت شده اند، اندازهٔ نیرویی که دو ذره به یکدیگر وارد می کنند و نوع آن را مشخص کنید $k = 9\times10^{9}\ \frac{Nm^2}{c^2}$



$$\begin{cases} q_1 = -2\mu c = -2\times10^{-6}\,c \\ q_2 = 5\mu c = 5\times10^{-6}\,c \\ r = 3cm = 3\times10^{-2}\,m \\ F = ? \\ k = 9\times10^{9}\ \frac{Nm^2}{c^2} \end{cases}$$

پاسخ:

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

$$F = 9\times10^{9}\times\frac{\left|-2\times10^{-6}\right|\times\left|5\times10^{-6}\right|}{\left(3\times10^{-2}\right)^2}$$

$$F = \frac{9\times10\times10^{9}\times10^{-6}\times10^{-6}}{9\times10^{-4}}$$

$$F = 10\,N$$

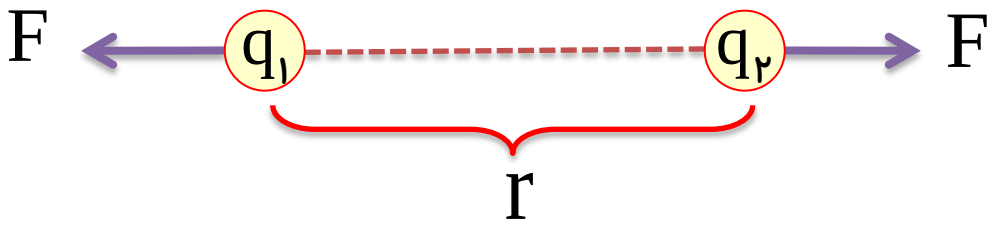
ربایشی است.

$F = 10\,N$

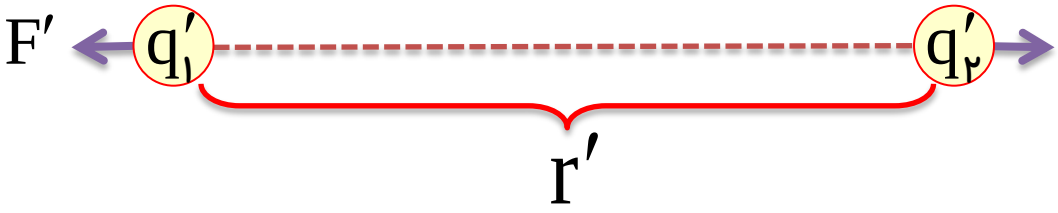
رابطهٔ تستی:

اگراندازهٔ بارهای q_1 و q_2 ویا فاصلهٔ r تغییر کند، نیروی کولنی درفرم مقایسه ای به صورت زیرمی توان نوشت

$$F \propto \frac{|q_1|\,|q_2|}{r^2} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \left|\frac{q_1'}{q_1}\right| \times \left|\frac{q_2'}{q_2}\right| \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2$$



قبل از تغییر پارامترها



بعداز تغییر پارامترها

تمرین :

دو کره کوچک فلزی مشابه دارای بارهای $q_1 = +8\mu c$ و $q_2 = -2\mu c$ در فاصلهٔ $30\ cm$ از یک‌دیگر واقع‌اند. اگر این دو کره را به یکدیگر تماس داده و در همان مکان اولیه قرار دهیم نوع نیرو و اندازهٔ نیروی الکتریکی قبل از تماس و بعد از تماس دو کره بین دو کره را تعیین کنید. $k = 9\times10^{9}\ \frac{Nm^2}{c^2}$

پاسخ:

$q_1 = 8\mu c$ $\qquad$ $q_2 = -2\mu c$

قبل از تماس دو کره

$$F = k\frac{|q_1|\,|q_2|}{r^2} \rightarrow F = 9\times10^{9}\times\frac{8\times10^{-6}\times|-2\times10^{-6}|}{(3\times10^{-1})^2} \rightarrow F = 1/6N$$

ربایشی است.

بعد از تماس دو کره

$$q_1' = q_2' = \frac{q_1+q_2}{2} \rightarrow q_1' = q_2' = \frac{+8+(-2)}{2} \rightarrow q_1' = q_2' = +3\mu c$$

$$F' = k\frac{|q'|_1.|q_2'|}{r^2} \rightarrow F = 9\times10^{9}\times\frac{3\times10^{-6}\times3\times10^{-6}}{(3\times10^{-1})^2} \rightarrow F' = ./9N$$

رانشی است.

تمرین :

هستهٔ آهن شعاعی درحدود $4\times10^{-15}m$ داردوشامل ۲۶ پروتون است. بزرگی نیروی دافعهٔ بین دو پروتون که به فاصلهٔ $4\times10^{-15}m$ از هم قرار دارند چقدر است؟ازاین مسئله به چه نتیجه ای می رسید؟ (بارالکتریکی پروتون $1/6\times10^{-19}c$)

$$k=9\times10^{9}\ \frac{Nm^2}{c^2}$$

پاسخ:

$$\begin{cases} q_p=1/6\times10^{-19}c \\ r=4\times10^{-15}m \\ F_E=? \\ k=9\times10^{9}\ \frac{Nm^2}{c^2} \end{cases}$$

$$F_E=k\frac{|q_p|^2}{r^2} \rightarrow F_E=\left|9\times10^{9}\times\frac{(1/6\times10^{-19})^2}{(4\times10^{-15})^2}\right|$$

$$F_E\approx14N$$

نیروی دافعه

$F\approx14N$

بایدنیروی دیگری وجودداشته باشدکه مانع فروپاشی هسته شود. به این نیرو،نیروی هسته ای گفته می شود

تمرین :

دو بار الکتریکی مشابه بافاصله‌ی ۲۰cm از یک‌دیگر واقع‌اند و بر یکدیگر نیروی ۹ N /. وارد می‌کنند .بزرگی هر یک از بارها را حساب کنید

پاسخ:

$$q_1 = q_2 = \pm 2\mu c$$

$$q^2 = \frac{Fr^2}{k}$$

تمرین:

دو کرهٔ رسانای هم اندازه وبسیارکوچک دارای بارهای $q_1 = +5\mu c$ و $q_2 = 15\mu c$ هستند. آنها را به هم تماس داده و به همان فاصلهٔ قبل می بریم. نیروی بین آنها چند برابر حالت اولیه می شود؟

پاسخ :

$$\frac{F'}{F} = \frac{۴}{۳}$$

فرمول تستی نیروی الکتریکی بین دو ذره باردار

$$F = ۹ \cdot \frac{|q_۱| \cdot |q_۲|}{r^۲}$$

- F: N
- $q_۱$: μc
- $q_۲$: μc
- r: cm

تست :

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

۱) دافعه،۸ / ۱نیوتن ۲) جاذبه،۸ / ۱نیوتن ۳) دافعه،۶ /۳نیوتن ۴) جاذبه،۶ /۳نیوتن

حل :

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

تست :

دو بار q و ۹q به فاصله‌ای از هم مفروضند. اگر نیرویی که بار q بر ۹q وارد می‌سازد F باشد ، نیرویی که بار ۹q بر q وارد می‌سازد چند F است؟

۱) F ۲) ۹F ۳) $\frac{۱}{۹}$F ۴) ۸۱F

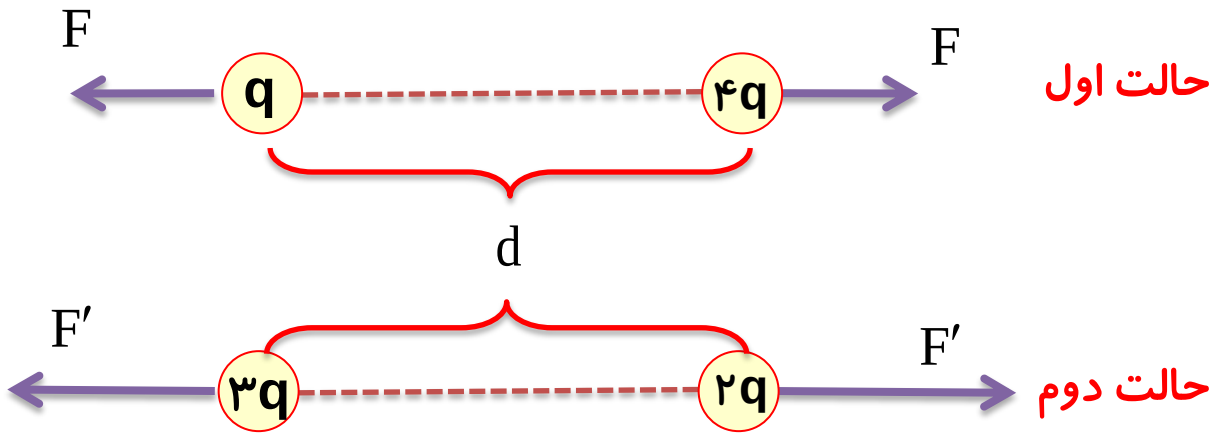
حل :

طبق قانون سوم نیوتن گزینه ۱ صحیح است.

تمرین:

دو بار همنام q و ۴q به فاصله d ازهم مفروضند وبرهم نیروی F واردمی کنند. اگرنصف اندازه بار بزرگتر را گرفته و به بار کوچکتر بدهیم. درهمان فاصله بین دو بار، نیروی بین دو بار چند F می‌شود؟

پاسخ :



$$\frac{F'}{F}=\frac{q'_1.q'_2}{q_1.q_2}=\frac{3q.2q}{q.4q}=\frac{6}{4}=\frac{3}{2}$$

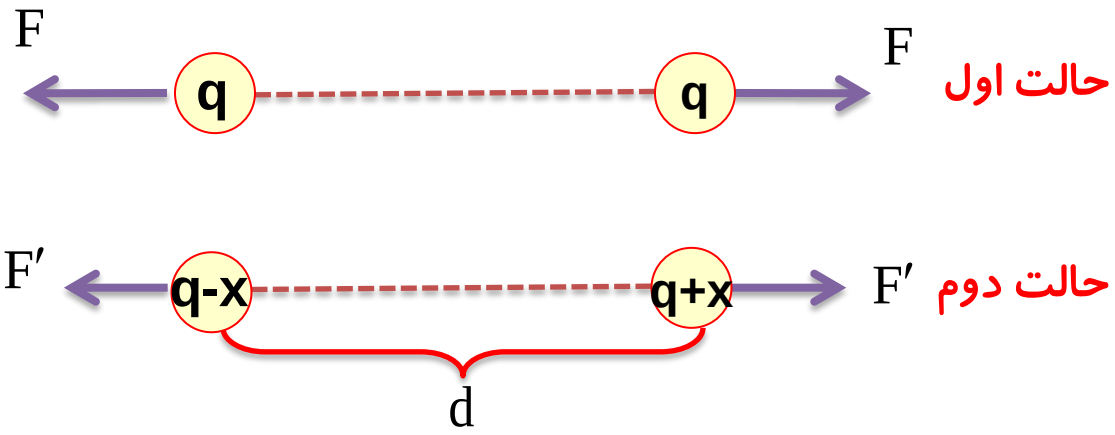
$$\frac{F'}{F}=\frac{3}{2}$$

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 درهمان فاصله نیروی بین دو بار $\frac{۳}{۴}$ گردد؟

پاسخ :

$x = \%۵۰q$



$$\frac{F'}{F} = \frac{۳}{۴} = \frac{q'_۱.q'_۲}{q_۱.q_۲} \rightarrow \frac{۳}{۴} = \frac{(q-x)(q+x)}{q.q} \rightarrow \frac{۳}{۴} = \frac{q^۲ - x^۲}{q^۲}$$

$$(\frac{x}{q})^۲ = ۱ - \frac{۳}{۴} = \frac{۱}{۴} \xrightarrow[\text{جذر می گیریم}]{\text{ازطرفین رابطه}} \frac{x}{q} = \frac{۱}{۲} \rightarrow x = \frac{۱}{۲}q \rightarrow x = \%۵۰q$$

تست:

دو بارالکتریکی نقطه ای برابروناهمنام درفاصلهdبریکدیگرنیروی Fراواردمی کنند. اگر ۲۰درصدیکی ازبارها راکم کرده وآن رابردیگری بیفزاییم، فاصلهٔ بین دوبار الکتریکی راچندبرابرکنیم تا نیروی کولنی بین آنها تغییرنکند.

۱) $\frac{۵}{۴}$ ۲) $\frac{۴}{۵}$ ۳) $\frac{۴}{۲۵}$ ۴) $\frac{۱۶}{۲۵}$

پاسخ :

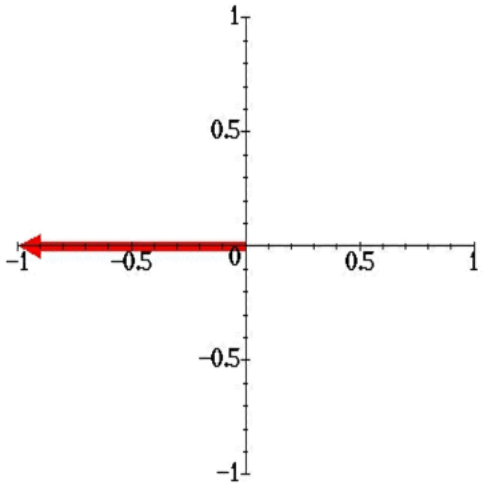
گزینه ۲ صحیح است.

موضوع : یاداشت ریاضی

نکته:

کمیت‌های برداری راتوسط پیکان کوچکی (→)که برروی کمیت قرارمی‌دهیم، مشخص می‌کنیم،مانندنماد $\vec{d}$

اندازه وبزرگی یک بردارا به طورمثال با نماد $|\vec{d}|$ یا با استفاده ازحرف معمولی مانندdمشخص می‌کنند.



انیمیشن معرفی کمیت برداری

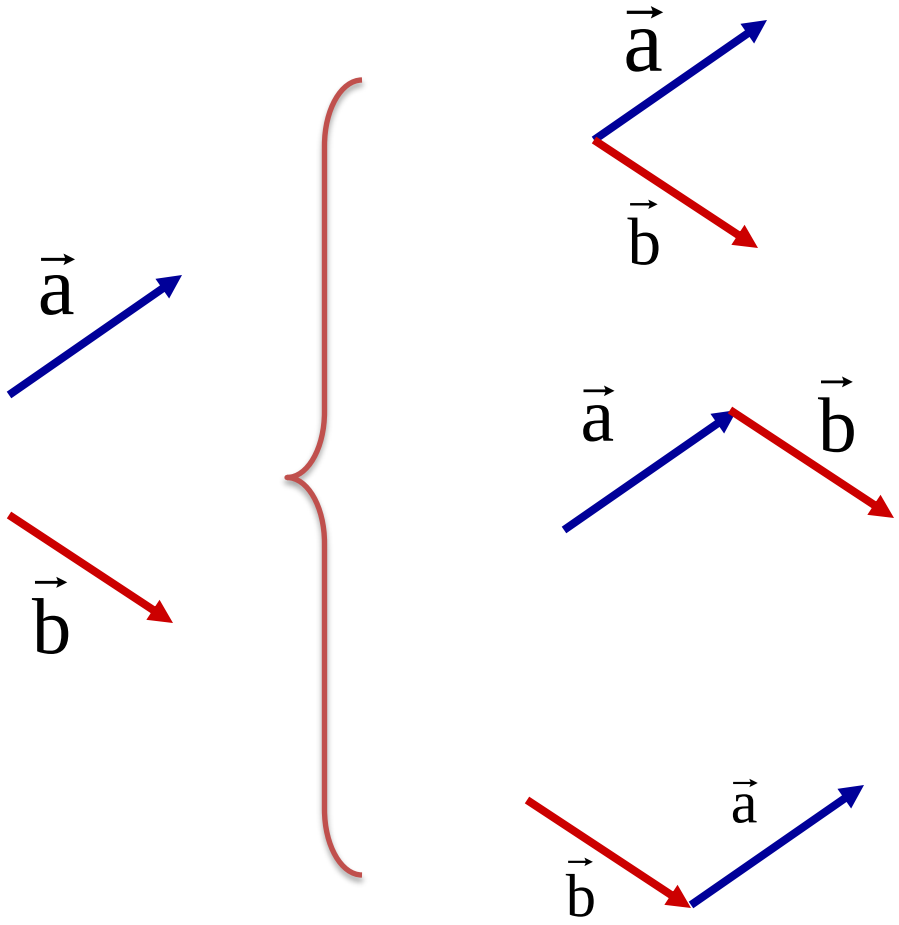
کمیت های برداری کمیت هایی هستند که علاوه بر اندازه ، جهت نیز دارند.

بردار به صورت زیر نمایش داده می شود.

بعدی

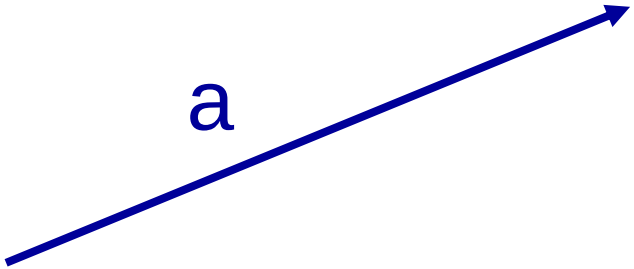
نکته :

بردارها درصفحه آزادند،به شرطی که اندازه، جهت آنها تغییرنکندمی‌توانند به هرجایی از صفحه منتقل شوند

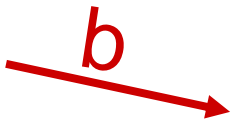


برآیند:

حاصل جمع دو یا چند بردار را برآیندآن بردارها نامند.

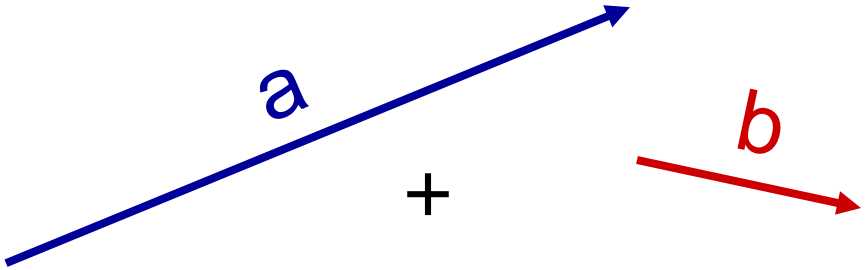


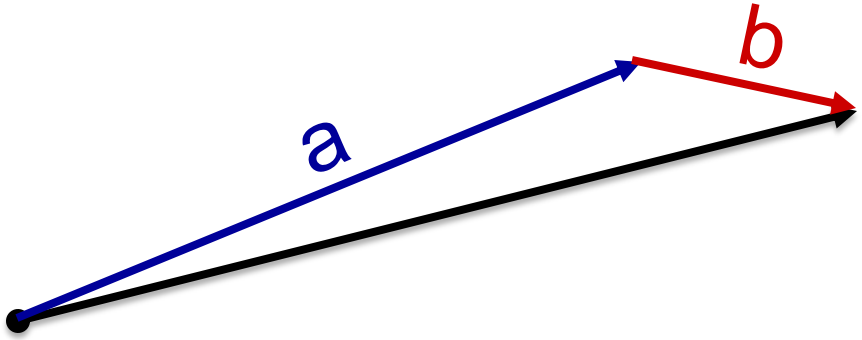
جمع برداری +

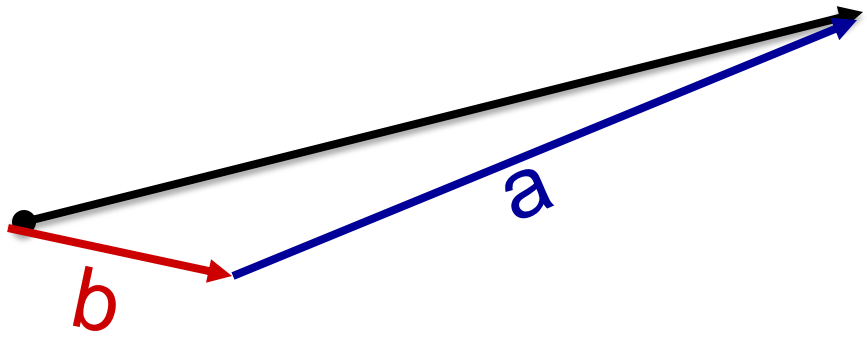


روشهای جمع برداری
- ۱- روش مثلث
- ۲- روش متوازی الاضلاع
- ۳- روش چند ضلعی

روش مثلث





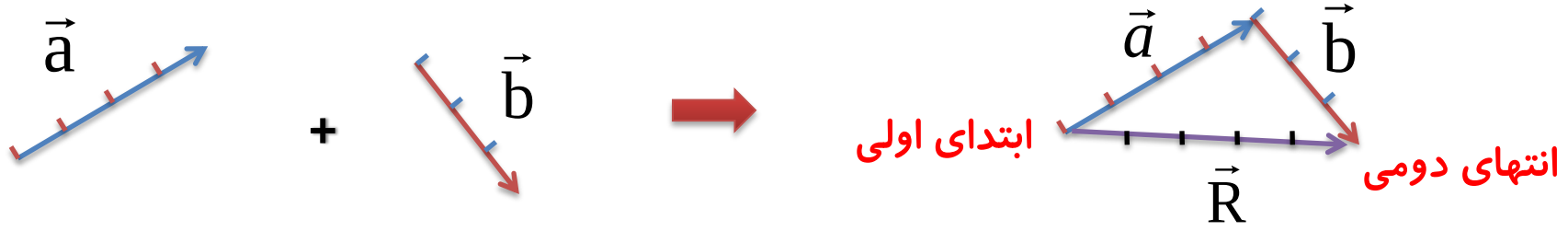


گروه آموزشی عصر
ASR_Group @ outlook.com
@ASRschool2

روش مثلث

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

چون شکل نهایی یک مثلث است، روش مثلث گفته می‌شود.

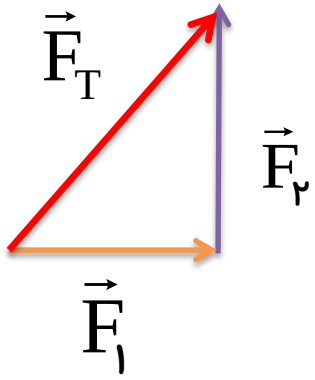


نکته

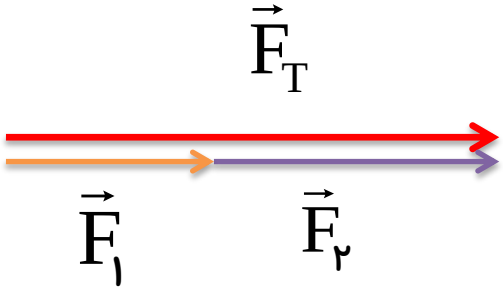
جمع دو بردار خاصیت جابه جایی دارد

حالات خاص

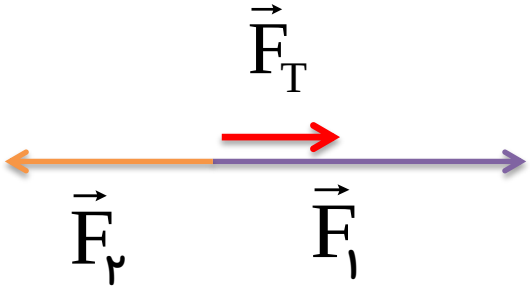
برآیند نیروها در روش مثلثی



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



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

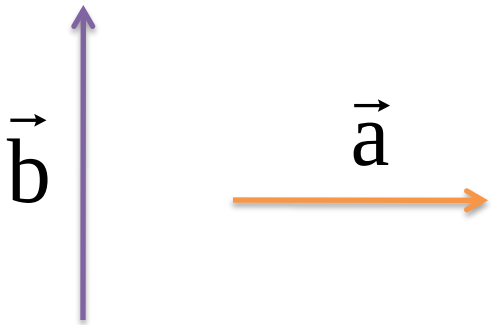


۳- اگر نیروها خلاف جهت هم باشند $\left|\vec{F}_T\right| = F_1 - F_2$

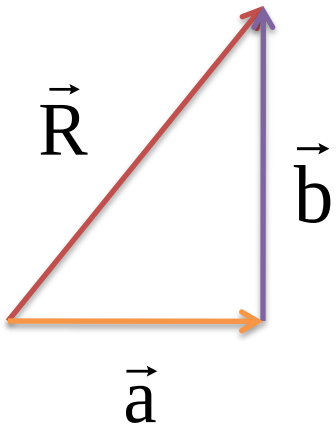
تمرین

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:

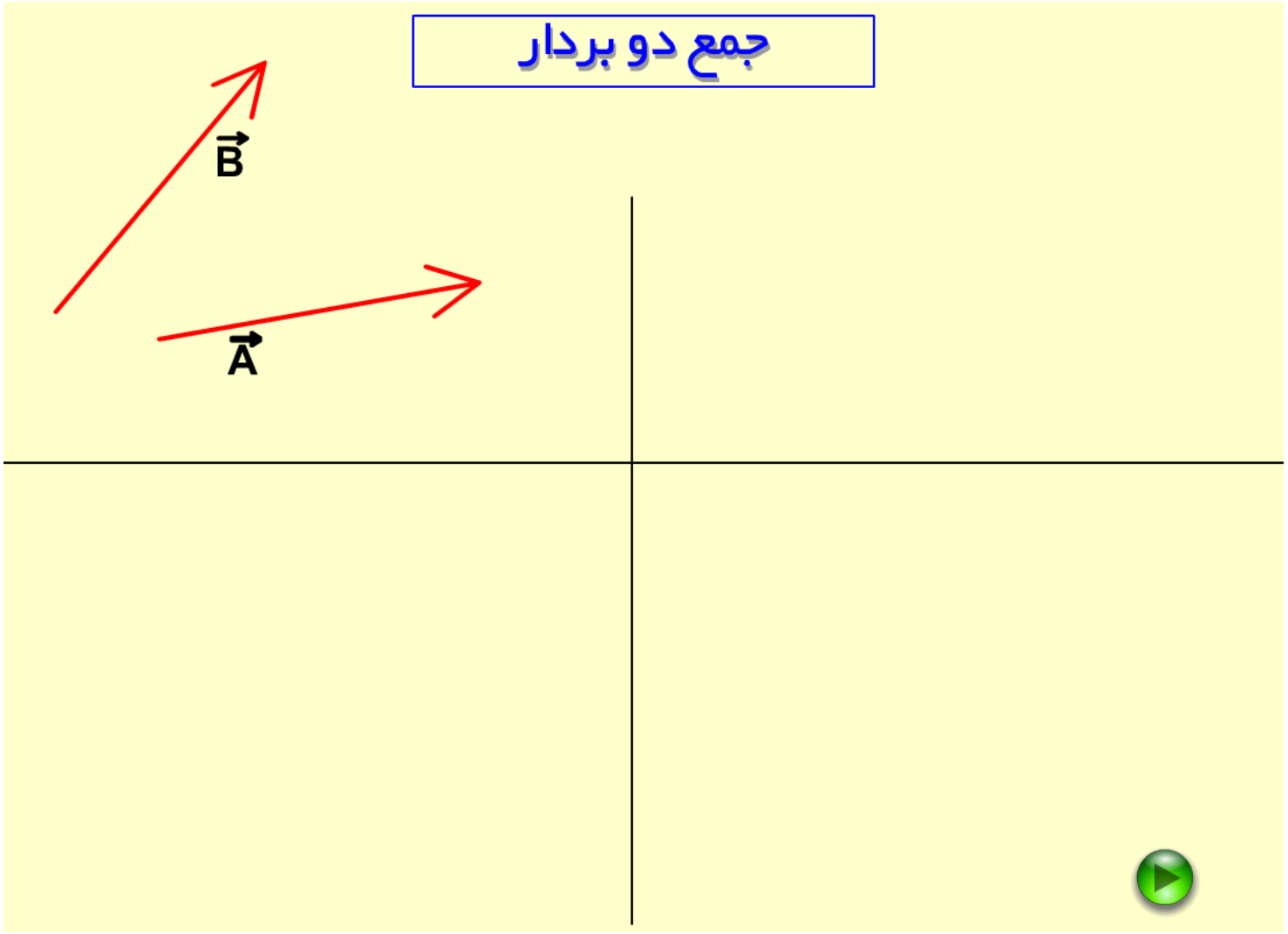


$$R = \sqrt{a^2 + b^2}$$

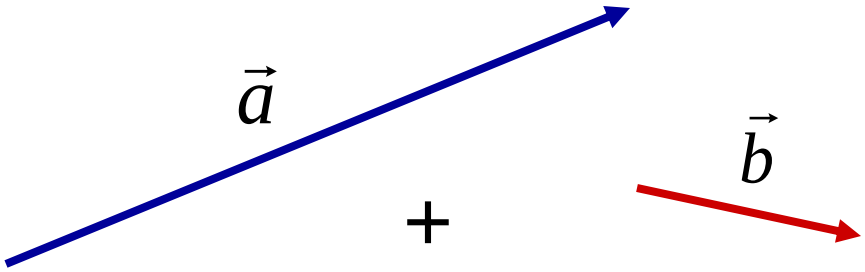
$$R = \sqrt{۶^2 + ۸^2}$$

$$R = ۱۰$$

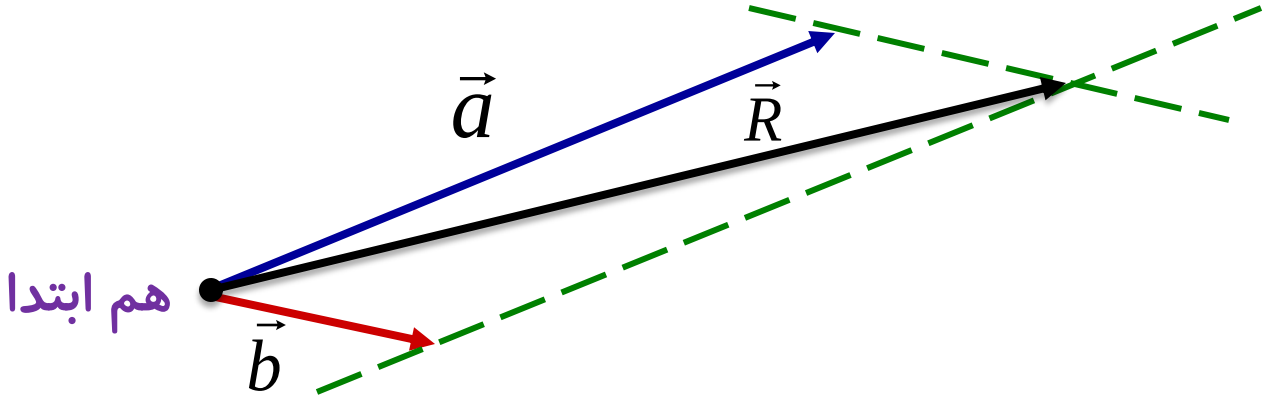
انیمیشن جمع دو بردار به روش مثلثی



روش متوازی‌الاضلاع



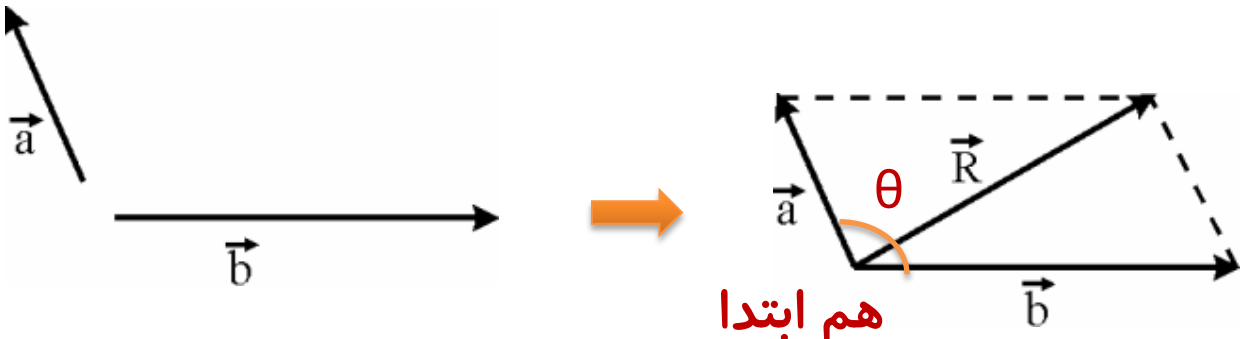
جمع برداری



روش متوازی‌الاضلاع:

اگر دو بردار به گونه‌ای رسم شوند که هم ابتدا باشند، متوازی‌الاضلاعی به کمک دو بردار رسم می‌کنیم، قطر رسم شده، نشان دهنده‌ی بردار برآیند $\vec{R}$ است.

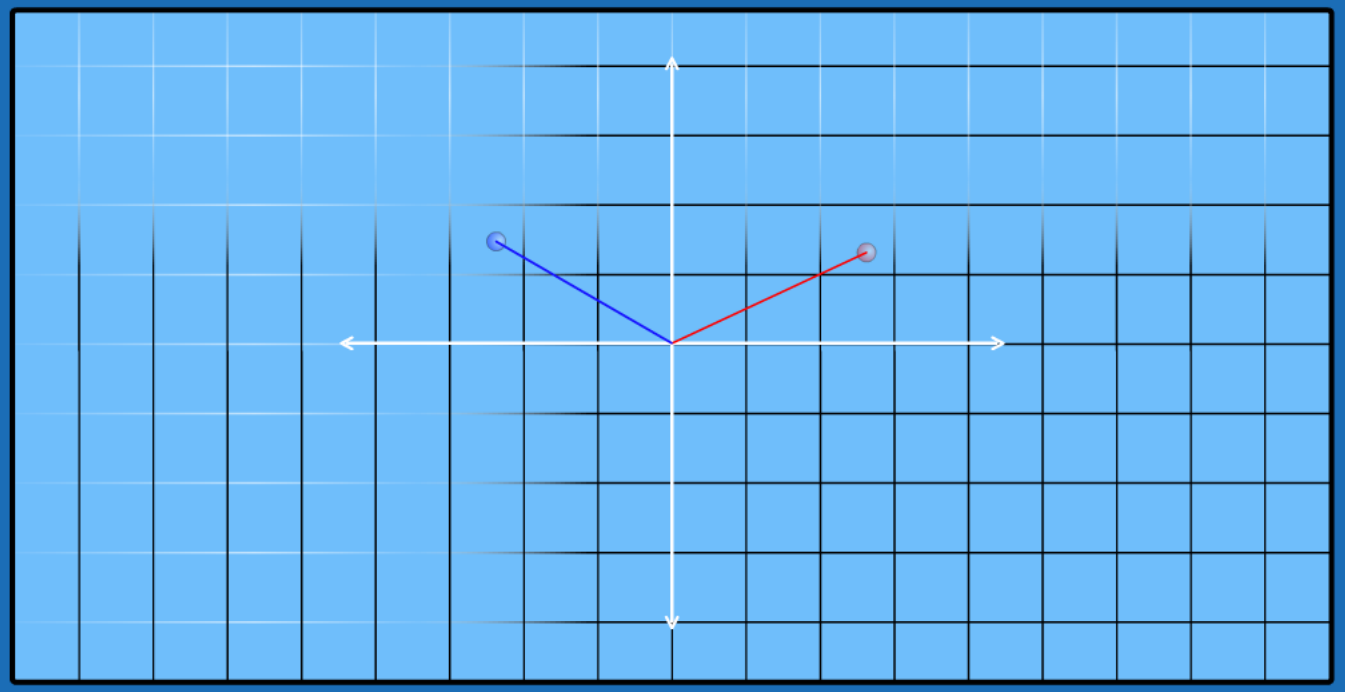
چون از شکل متوازی‌الاضلاع استفاده کرده‌ایم به این روش، روش متوازی‌الاضلاع می‌گوییم.



θ زاویه بین دو بردار a و b است

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

انیمیشن جمع دو بردار به روش متوازی الاضلاع



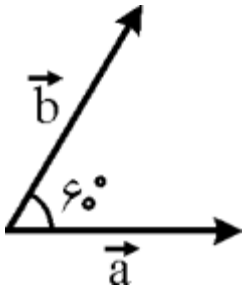
محاسبه مجموع

برای محاسبهٔ مجموع دو بردار از انتهای هرکدام از بردارها خطی به موازات بردار دیگر رسم می‌کنیم.
بـــردار‌ی که مبـدا مخـتصات را به محـل تقـاطـع این دو بـردار متصل می‌کند بردار مجموع است.

تمرین

درشکل زیر،اگر a=۳m و b=۵m، اندازه‌ی برآیندآن ها(R) را محاسبه کنید

$\left(\cos ۶۰^\circ = \frac{۱}{۲}\right)$



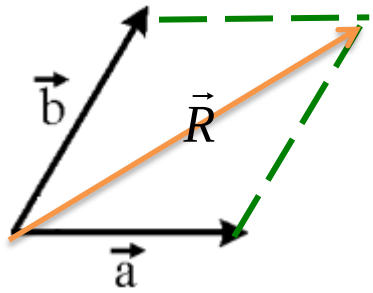
پاسخ:

$$\left|\vec{R}\right| = \sqrt{a^۲ + b^۲ + ۲ab\cos ۶۰}$$

$$\left|\vec{R}\right| = \sqrt{۳^۲ + ۵^۲ + ۲\times ۳\times ۵\times \frac{۱}{۲}}$$

$$\left|\vec{R}\right| = \sqrt{۹ + ۲۵ + ۱۵}$$

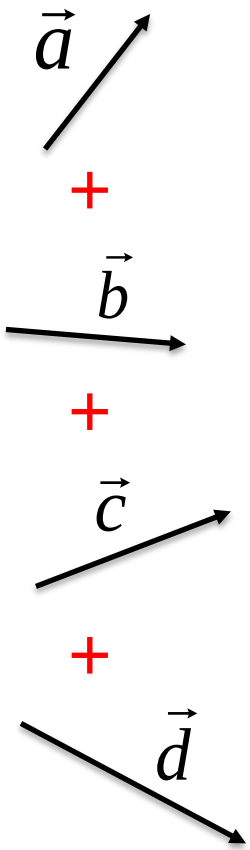
$$\left|\vec{R}\right| = \sqrt{۴۹} = ۷\text{m}$$

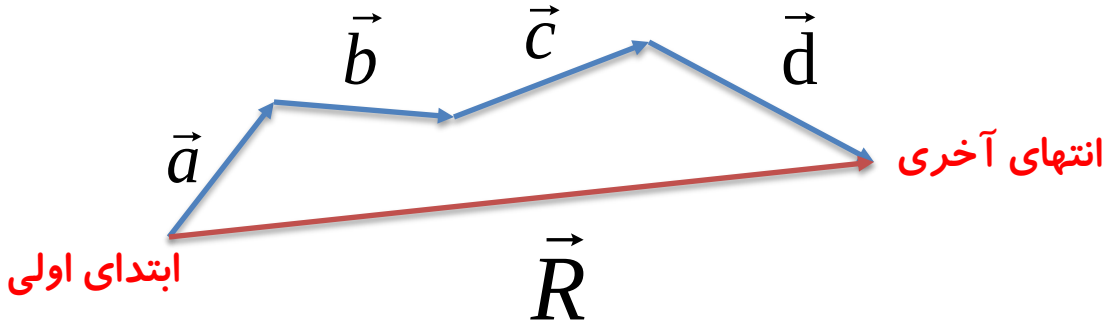


روش چند ضلعی

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 می‌شود.

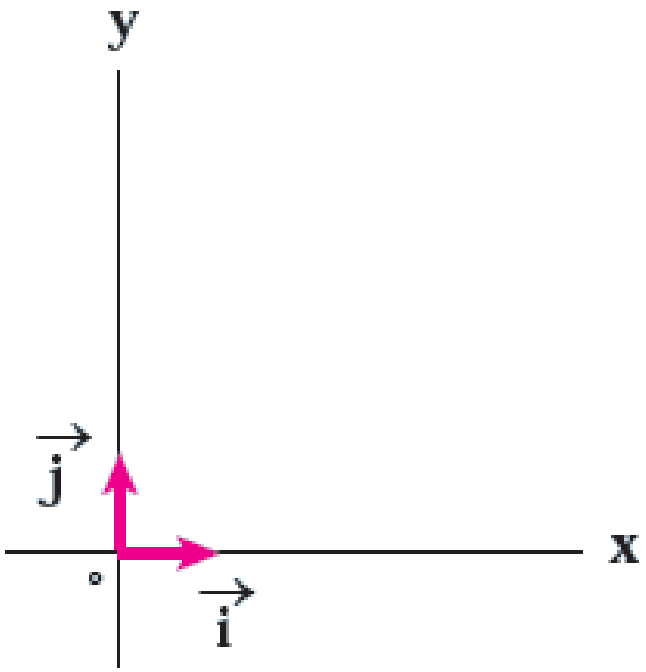




بردار یکه :

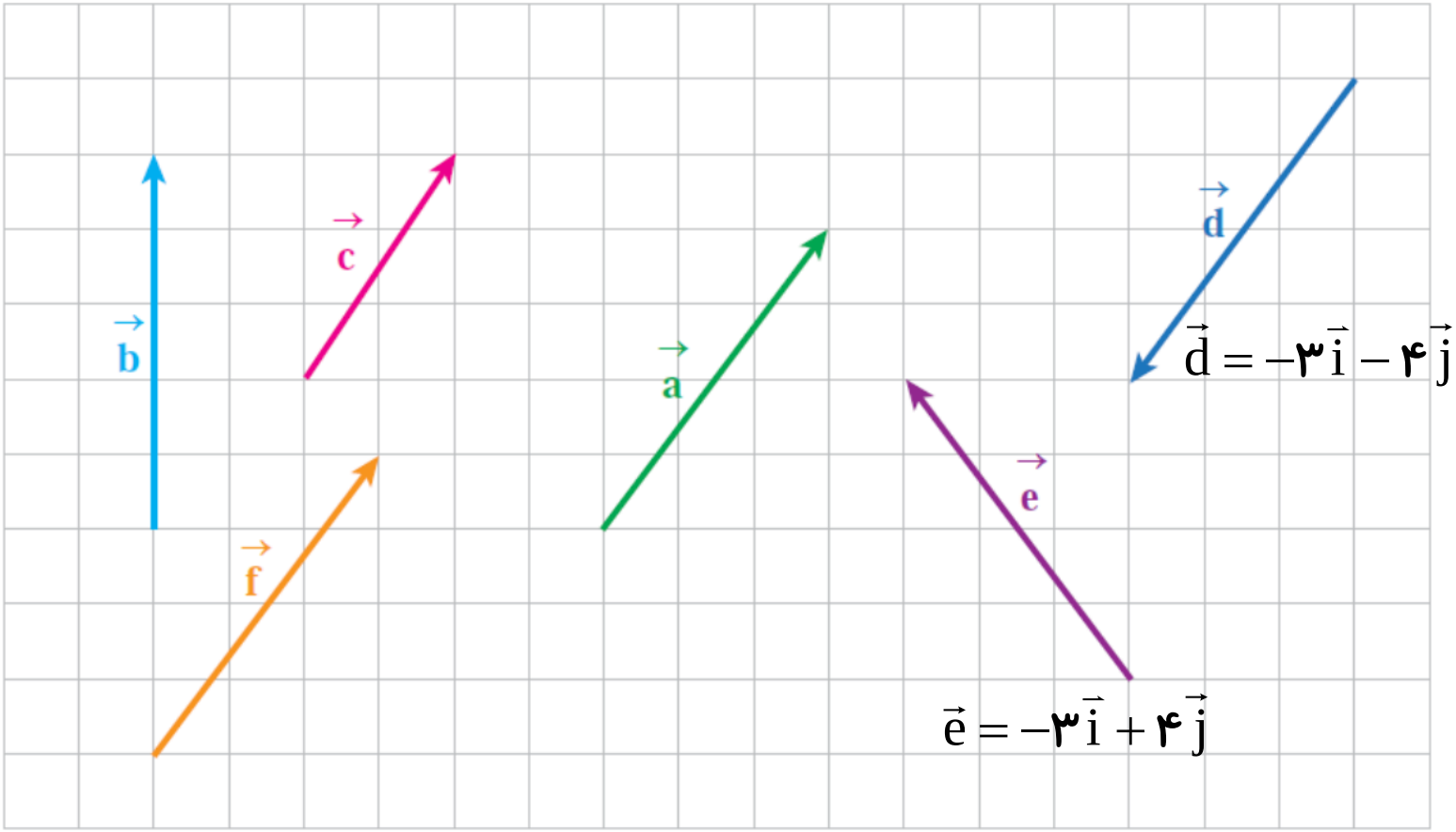
$\vec{i}$ برداری است به طول واحد و در جهت محور x ها

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



$$|\vec{i}| = |\vec{j}| = ۱ \text{ واحد}$$

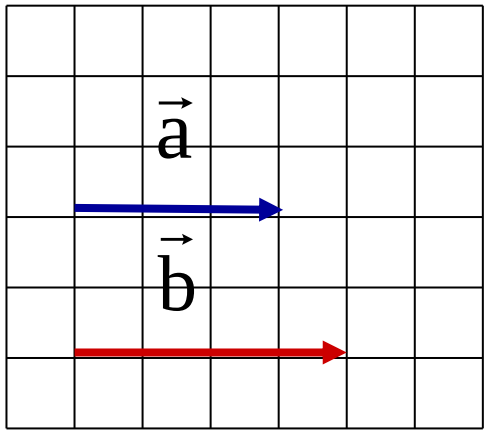
بردارها را به صورت برداریکه بنویسید



تمرین

اندازه‌ی برآیند بردارهای روبه رو را به دست آورده، آن را رسم کنید

پاسخ:



$$\vec{a} = ۳\vec{i}$$

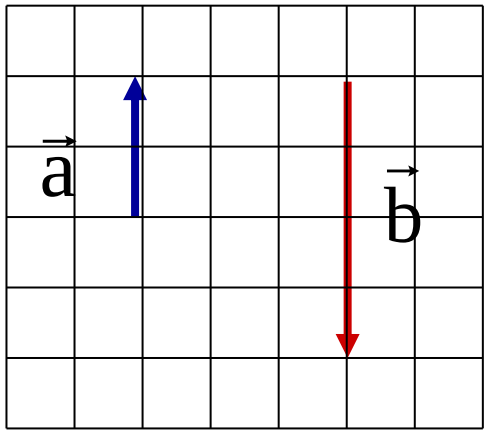
$$\vec{b} = ۴\vec{i}$$

$$\vec{R} = \vec{a} + \vec{b} = ۳\vec{i} + ۴\vec{i} = ۷\vec{i}$$

تمرین

اندازه‌ی برآیند بردارهای روبه رو را به دست آورده، آن را رسم کنید

پاسخ:



$$\vec{a} = ۲\vec{j}$$

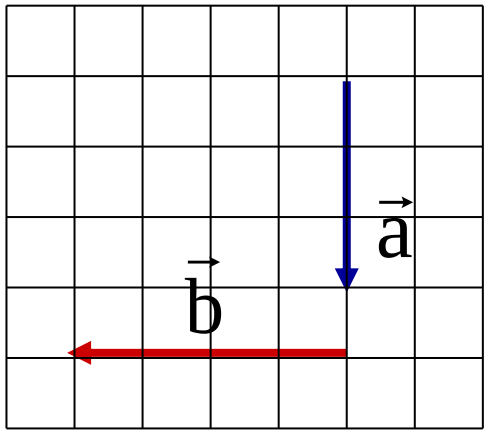
$$\vec{b} = -۴\vec{j}$$

$$\vec{R} = \vec{a} + \vec{b} = ۲\vec{j} - ۴\vec{j} = -۲\vec{j}$$

تمرین

اندازه‌ی برآیند بردارهای روبه رو را به دست آورده، آن را رسم کنید

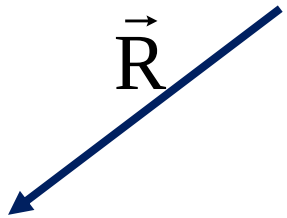
پاسخ:



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

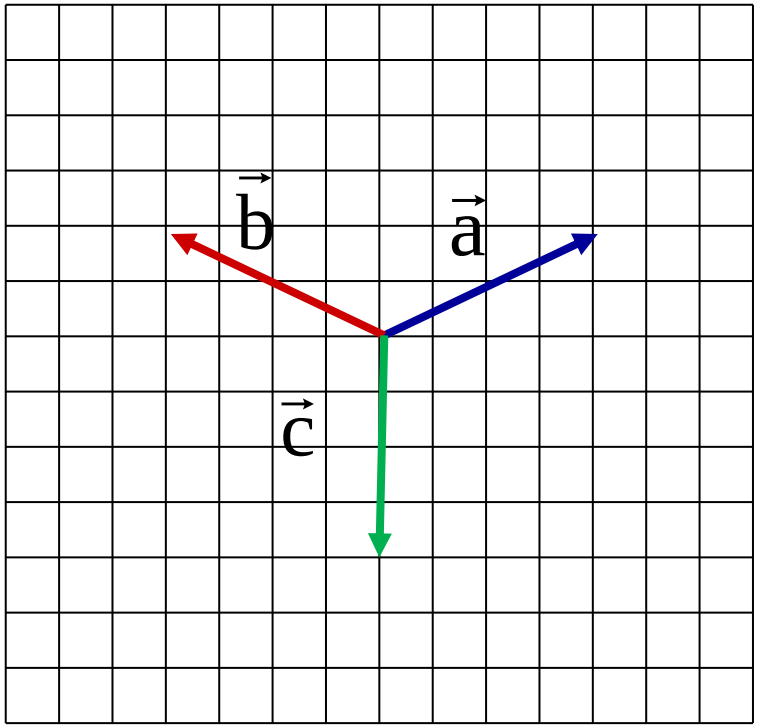
$$\vec{b} = -4\vec{i}$$

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



تمرین

اندازه‌ی برآیند بردارهای روبه رو را به دست آورده، آن را رسم کنید



پاسخ:

$$\vec{a} = ۴\vec{i} + ۲\vec{j}$$

$$\vec{b} = -۴\vec{i} + ۲\vec{j}$$

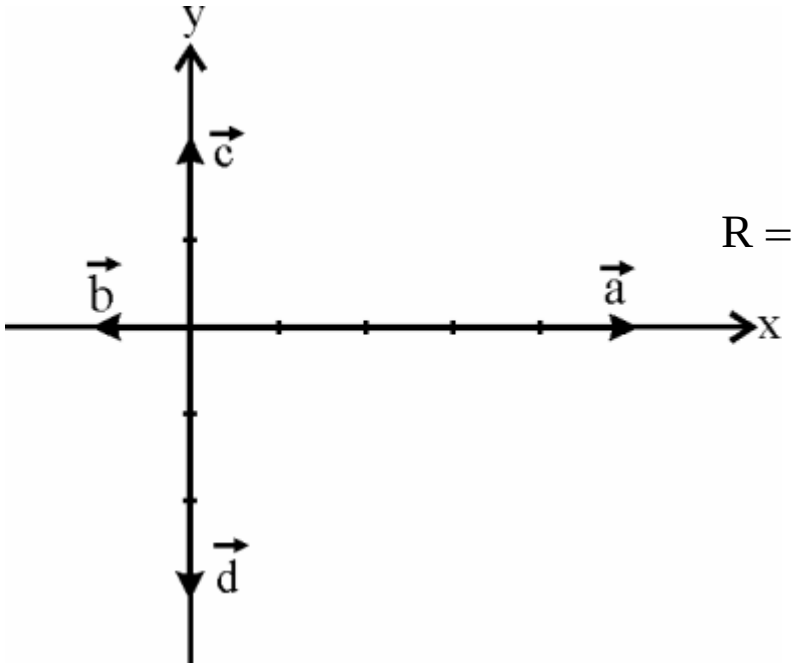
$$\vec{c} = -۴\vec{j}$$

$$\vec{R} = \vec{a} + \vec{b} + \vec{c} = ۴\vec{i} + ۲\vec{j} - ۴\vec{i} + ۲\vec{j} - ۴\vec{j} = ۰$$

تمرین

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

$$\begin{cases} \vec{a} = ۵\vec{i} \\ \vec{b} = -\vec{i} \\ \vec{c} = ۲\vec{j} \\ \vec{d} = -۳\vec{j} \end{cases}$$



پاسخ:

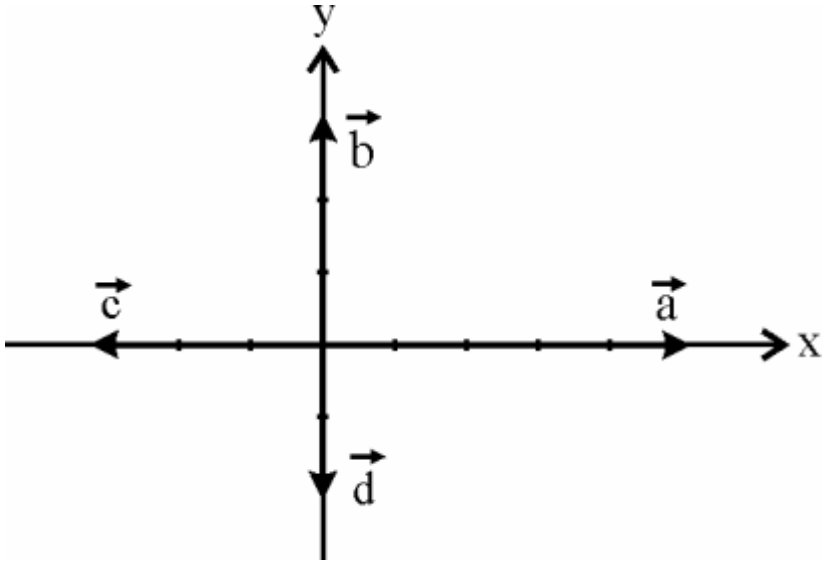
$R = \sqrt{۱۷}$

$$\vec{F}_T = \vec{a} + \vec{b} + \vec{c} + \vec{d} \Rightarrow \vec{F}_T = ۵\vec{i} - \vec{i} + ۲\vec{j} - ۳\vec{j}$$

$$\vec{F}_T = ۴\vec{i} - \vec{j} \Rightarrow \left|\vec{F}_T\right| = \sqrt{۴^۲ + (-۱)^۲} = \sqrt{۱۷}$$

تمرین

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

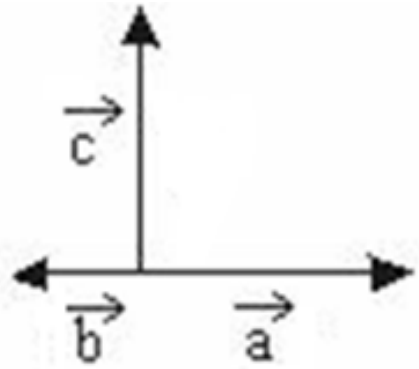


پاسخ:

$R = \sqrt{5}$

تمرین

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



$|\vec{a}| = ۸$

$|\vec{b}| = ۲$

$|\vec{c}| = ۸$

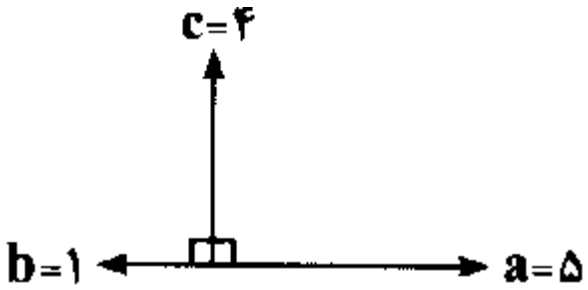
پاسخ:

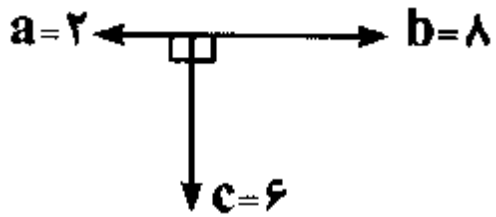
$R = ۱۰$

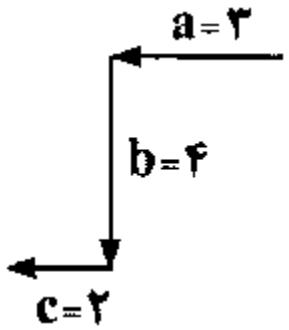
تمرین

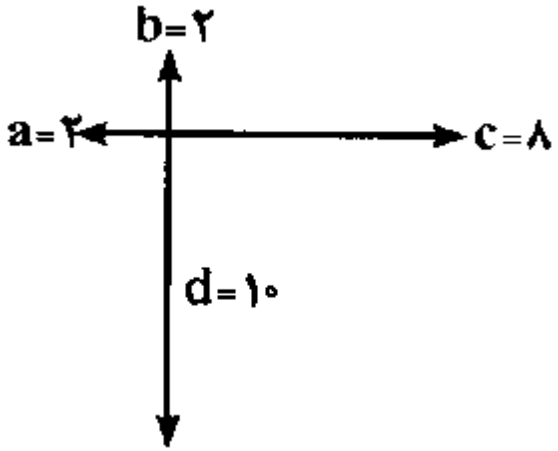
برآیند بردارهای شکلهای زیررا رسم و اندازه‌ی آنها را محاسبه کنید

پاسخ:





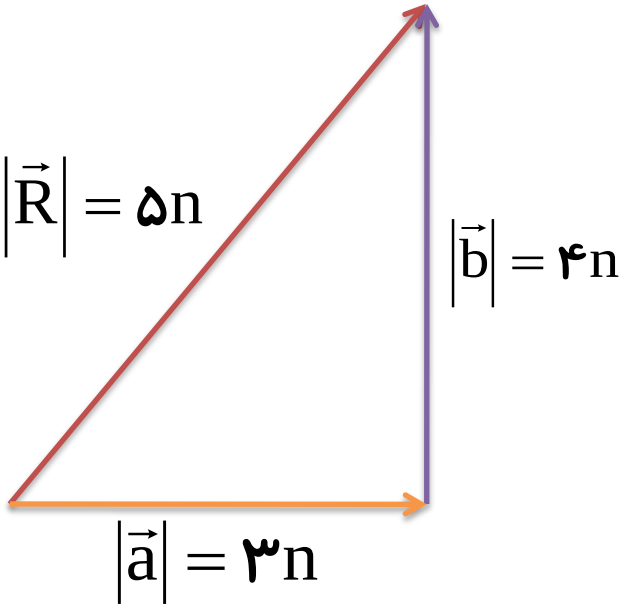




فرمول کنکوری: (۳,۴,۵)

اعدادِداخل کادر،اعدادفیثاغورس هستند، هرضریب ثابتی ازآنها نیز اعداد فیثاغورس خواهند بود

(۳,۴,۵)
- ×۲ → (۶,۸,۱۰)
- ×۳ → (۹,۱۲,۱۵)
- ×۴ → (۱۲,۱۶,۲۰)

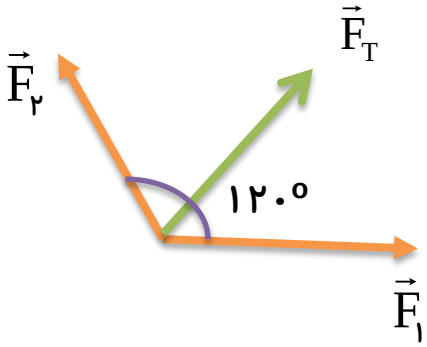


$$۵n = \sqrt{(۳n)^۲ + (۴n)^۲}$$

فرمول کنکوری:

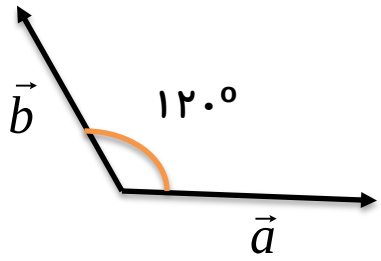
اگر اندازه دو برداری برابر باشد آنگاه : $F_1 = F_2 \Rightarrow F_T = 2F_1 \cos\frac{\theta}{2}$

واگرزاویه بین دو بردار ۱۲۰ باشد آنگاه : $F_T = F_1 = F_2$



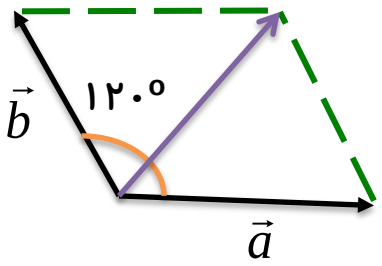
تمرین

دوبردارابرابربه طول ۵ واحدبایکدیگرزاویه ۱۲۰درجه می سازندبرآیند این دو بردار رامحاسبه کنید($\cos ۱۲۰^{o} = -\frac{۱}{۲}$)



پاسخ:

$R = ۵$



$$|\vec{R}| = \sqrt{a^{۲} + b^{۲} + ۲ab\cos\alpha}$$

$$|\vec{R}| = \sqrt{۵^{۲} + ۵^{۲} + ۲\times۵\times۵\cos۱۲۰}$$

$$|\vec{R}| = \sqrt{۲۵ + ۲۵ + ۲\times۲۵\times\frac{-۱}{۲}}$$

$$|\vec{R}| = \sqrt{۲۵} = ۵$$

حالت خاص :

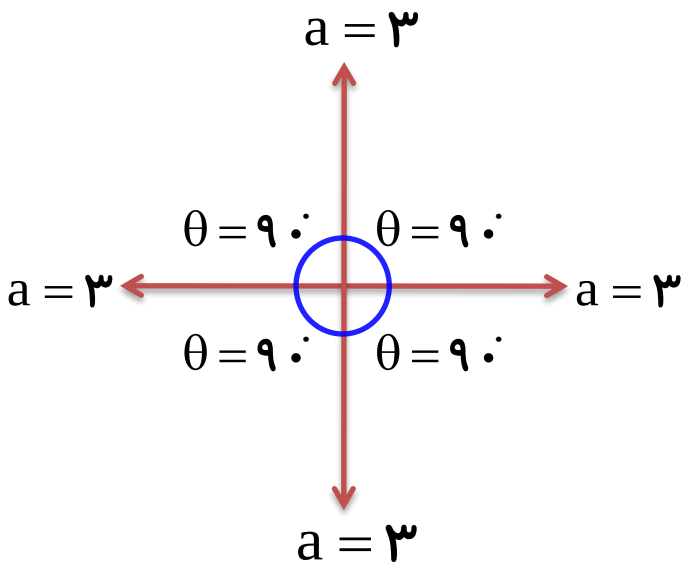
اگر اندازه دو برداری برابر باشد آنگاه :

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

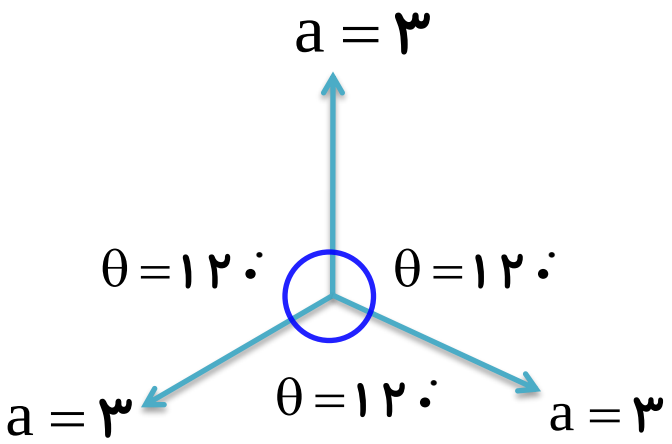
- $\alpha = 0^\circ \Rightarrow F_T = 2F_1$
- $\alpha = 60^\circ \Rightarrow F_T = \sqrt{3}F_1$
- $\alpha = 90^\circ \Rightarrow F_T = F_1\sqrt{2}$
- $\alpha = 120^\circ \Rightarrow F_T = F_1$
- $\alpha = 180^\circ \Rightarrow F_T = 0$

نکته:

هر گاه چند بردار دارا ی مقادیر مساوی ، مبدا مشترک بوده و زوایای بین آنها نیز یکسان باشد در آن صورت برآیند شان صفر خواهد بود .



$R = 0$

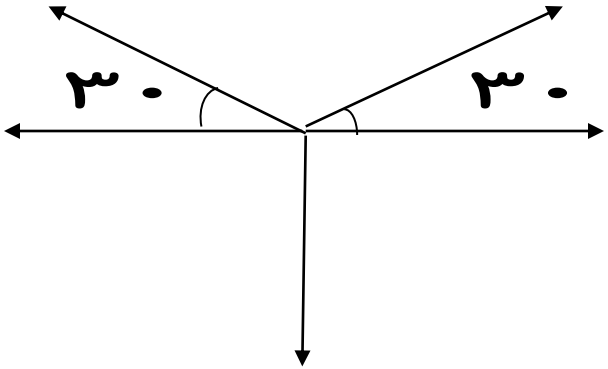


$R = 0$

تمرین

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

پاسخ:



$R = 0$

موضوع : اصل برهم نهی نیروها

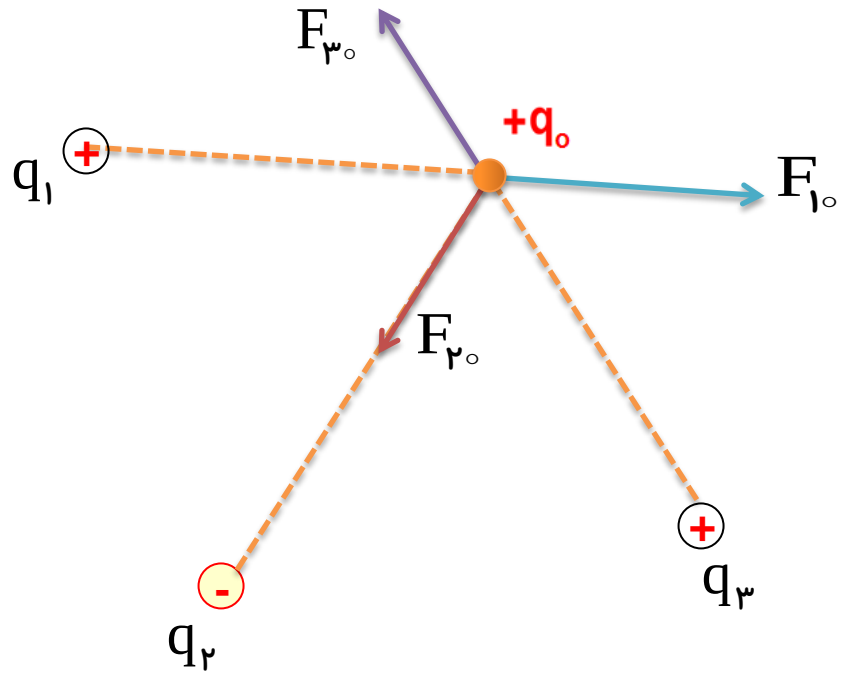
خروج

اصل برهم نهی نیروهای الکتروستاتیکی

اگردریک ناحیه ازفضا تعدادی ذرهٔ بارداراشته باشیم نیروی الکتریکی وارد بر هر ذره، برایندنیروهایی است که هر یک از ذره های دیگر در غیاب سایر ذره ها، بر آن ذره وارد می کند

$$\vec{F}_{T_0} = \vec{F}_{1_0} + \vec{F}_{2_0} + \vec{F}_{3_0} + \cdots$$

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

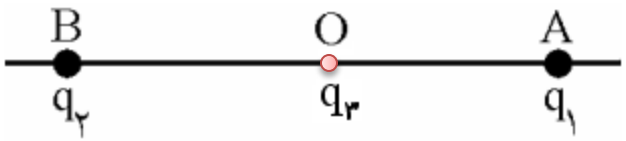


تمرین :

دوذرهٔباردار $q_1 = +3\mu C$ و $q_2 = -3\mu C$ درفاصله ی $6cm$ ازیکدیگرواقع شده‌اند بارالکتریکی $q_3 = +1\mu C$ را دروسط این دوذره،قرارمی‌دهیم. نیروی براین‌دوارد بر بار q_3 را محاسبه کنید. $k = 9\times10^9 \ \frac{Nm^2}{C^2}$

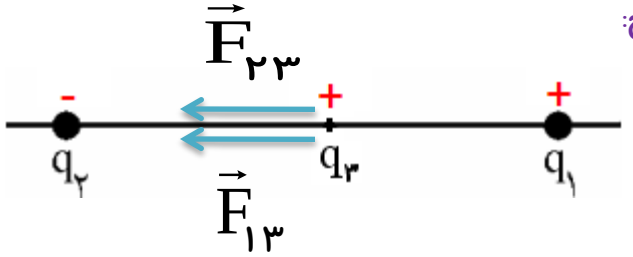
پاسخ:

$$\vec{F}_T = -60\vec{i}$$



گروه آموزشی عصر
ASR_Group @ outlook.com
@ASRschool2

پاسخ:



$$\begin{cases} r_{13} = 3cm = 3\times10^{-2}\,m \\ r_{23} = 3cm = 3\times10^{-2}\,m \end{cases}$$

$$F_{13} = k\frac{|q_1|.|q_3|}{r_{13}^{\,2}} \rightarrow F_{13} = 9\times10^{9}\times\frac{3\times10^{-6}\times10^{-6}}{(3\times10^{-2})^{2}} \rightarrow \vec{F}_{13} = -30\vec{i}$$

$$F_{23} = k\frac{|q_2|.|q_3|}{r_{23}^{\,2}} \rightarrow F_{23} = 9\times10^{9}\times\frac{|-3\times10^{-6}|\times10^{-6}}{(3\times10^{-2})^{2}} \rightarrow \vec{F}_{23} = -30\vec{i}$$

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

$$\vec{F}_T = -30\vec{i} - 30\vec{i} = -60\vec{i}$$

تمرین :

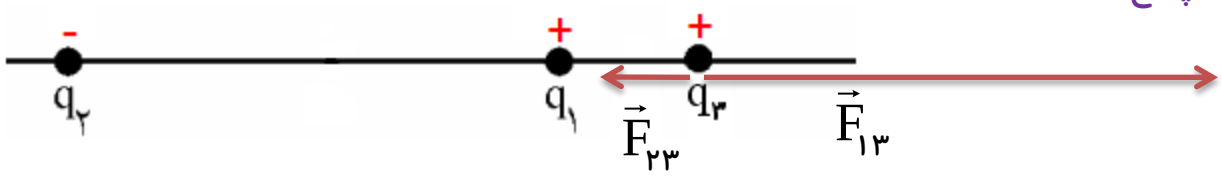
دوذرهٔباردار $q_1 = +3\mu C$ و $q_2 = -3\mu C$ درفاصلهٔ $6\ cm$ ازیکدیگرواقع شده‌اند.بارالکتریکی $q_3 = +1\mu C$ را $1\ cm$ روی خط واصل وخارج دوذره ونزدیک بارمثبت قرار می‌دهیم.بزرگی نیروی برایند وارد بر بار q_3 را محاسبه کنید. $k = 9\times10^9\ \frac{Nm^2}{c^2}$

پاسخ:

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

پاسخ:

$$\begin{cases} r_{۱۳} = ۱cm = ۱۰^{-۲}\,m \\ r_{۲۳} = ۷cm = ۷\times ۱۰^{-۲}\,m \end{cases}$$



$$F_{۱۳} = k\frac{|q_۱|.|q_۳|}{r_{۱۳}^{۲}} \rightarrow F_{۱۳} = ۹\times ۱۰^{۹}\times \frac{۳\times ۱۰^{-۶}\times ۱۰^{-۶}}{(۱۰^{-۲})^{۲}} \rightarrow \vec{F}_{۱۳} = +۲۷۰\vec{i}$$

$$F_{۲۳} = k\frac{|q_۲|.|q_۳|}{r_{۲۳}^{۲}} \rightarrow F_{۲۳} = ۹\times ۱۰^{۹}\times \frac{|-۳\times ۱۰^{-۶}|\times ۱۰^{-۶}}{(۷\times ۱۰^{-۲})^{۲}} \rightarrow \vec{F}_{۲۳} \approx -۵/۵\vec{i}$$

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{۱۳} + \vec{F}_{۲۳} \rightarrow \vec{F}_T = ۲۷۰\vec{i} - ۵/۵\vec{i} = ۲۶۴/۵\vec{i}$$

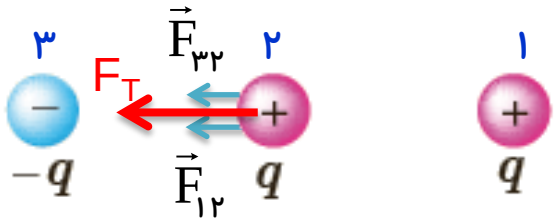
پرسش ۱-۲

سه ذرّه باردار مانند شکل روبه رو، روی یک خط راست قرار دارند و فاصلهٔ بارهای سمت راست وچپ ازبار میانی برابر است.الف) جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار الکتریکی میانی را تعیین کنید.

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

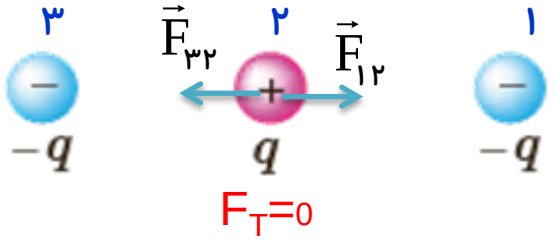
پاسخ:

الف)



$$F_{۳۲} = F_{۱۲} \Rightarrow F_T = ۲F_{۳۲}$$

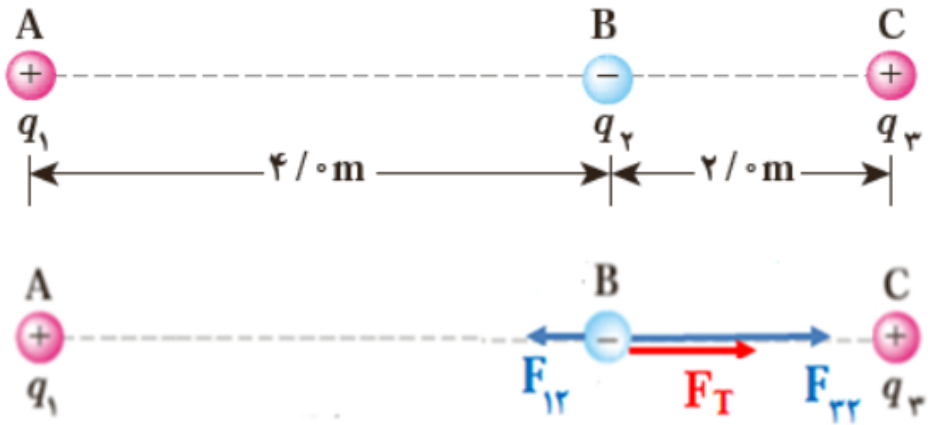
ب)



$$F_{۳۲} = -F_{۱۲} \Rightarrow F_T = ۰$$

تمرین ۱-۲

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



پاسخ:

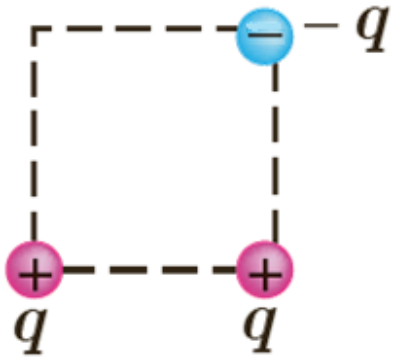
$$F_{12}=k\frac{|q_1||q_2|}{r_{12}^2}\Rightarrow F_{12}=9\times10^9\times\frac{2/5\times10^{-6}\times|-1\times10^{-6}|}{4^2}\Rightarrow \vec{F}_{12}=-1/4\times10^{-3}\vec{i}$$

$$F_{32}=k\frac{|q_3||q_2|}{r_{32}^2}\Rightarrow F_{32}=9\times10^9\times\frac{4\times10^{-6}\times|-1\times10^{-6}|}{2^2}\Rightarrow \vec{F}_{23}=+9\times10^{-3}\vec{i}$$

$$\vec{F}_T=\vec{F}_{12}+\vec{F}_{32}\Rightarrow \vec{F}_T=-1/4\times10^{-3}\vec{i}+9\times10^{-3}\vec{i}\Rightarrow |\vec{F}_T|=7/6\times10^{-3}N$$

پرسش ۱-۳

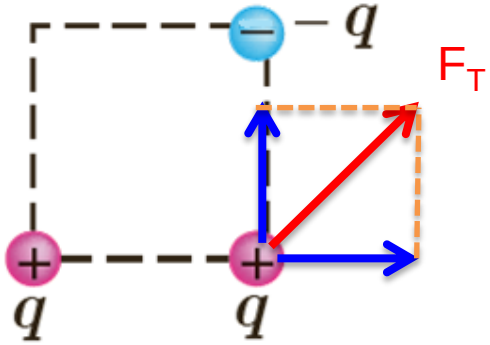
سه ذرهٔباردارمطابق شکل درگوشه های یک مربع قراردارند.



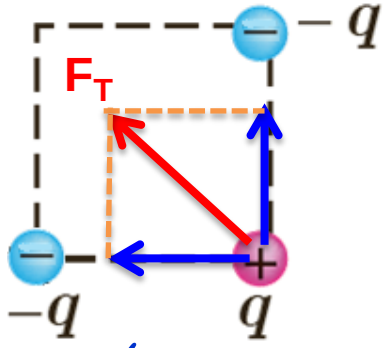
الف) جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار سمت راست پایینی را تعیین کنید.

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

پاسخ:



الف)



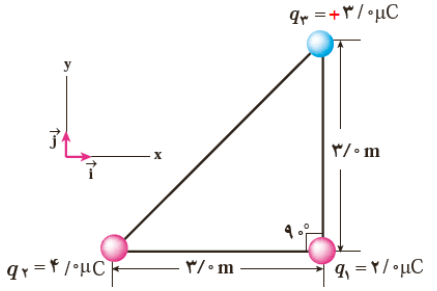
ب)

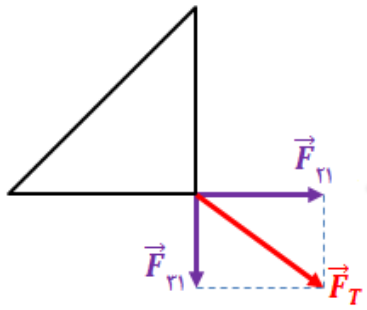
تمرین ۱-۳

در مثال ۱-۴ الف) اگر علامت بار q_3 تغییر کند جهت نیروی برایند واردبر بار q_1 چگونه خواهد شد؟ ب) اگر علامت بار q_2 تغییر کند، جهت نیروی برایندوارد بر بار q_1 چگونه خواهد شد؟ پ) آیا بزرگی نیروی برایندواردبر بار q_1 در قسمت های الف وب با مقداربه دست آمده درمثال ۴-۱ متفاوت است؟

پاسخ:

الف)

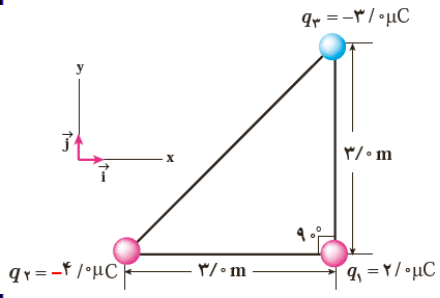


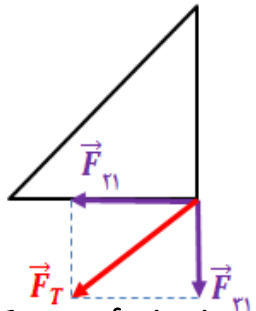


$$\begin{cases}\vec{F}_{21} = 8\times10^{-3}\,\vec{i}\\ \vec{F}_{31} = -6\times10^{-3}\,\vec{j}\end{cases}$$

$$\vec{F}_T = 8\times10^{-3}\,\vec{i} - 6\times10^{-3}\,\vec{j}$$

ب)





$$\begin{cases}\vec{F}_{21} = -8\times10^{-3}\,\vec{i}\\ \vec{F}_{31} = -6\times10^{-3}\,\vec{j}\end{cases}$$

$$\vec{F}_T = -8\times10^{-3}\,\vec{i} - 6\times10^{-3}\,\vec{j}$$

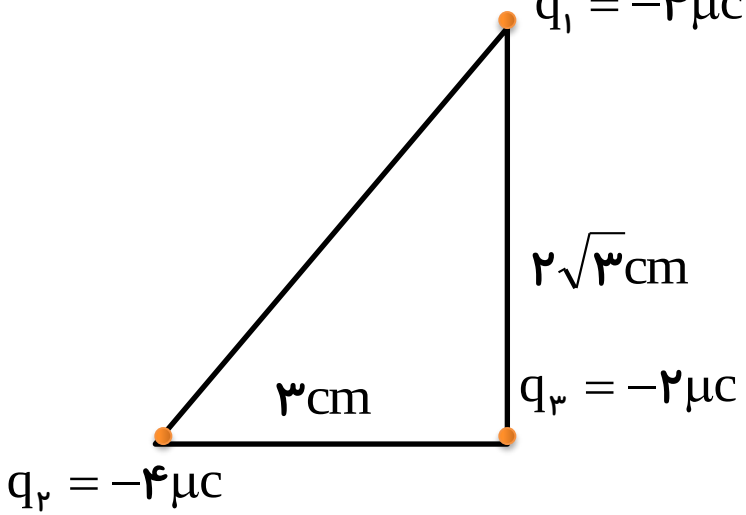
پ) با توجه به این که اندازهٔ بارها وهمچنین فاصله‌های آنها تغییر نکرده،اندازهٔ هر یک از نیروها و همچنین اندازهٔ نیروی برایند وارد بر q_1 نیز تغییر نمی‌کند.

تمرین :

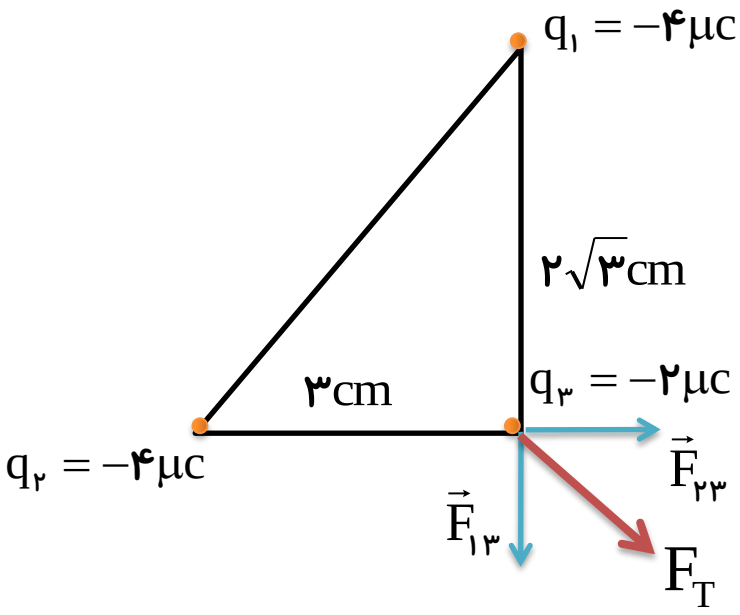
سه ذره ی باردار درسه راس مثلث قائم الزاویه ثابت شده اند بزرگی نیروی برآیند وارد بربار الکتریکی q_3 رامحاسبه کنید.

پاسخ:

$F_T = ۱۰۰N$



پاسخ:



$$\begin{cases} r_{13} = 2\sqrt{3}cm = 2\sqrt{3}\times10^{-2}m \\ r_{23} = 3cm = 3\times10^{-2}m \end{cases}$$

$$F_{13} = k\frac{|q_1|.|q_3|}{r_{13}^2} \rightarrow F_{13} = 9\times10^9 \times \frac{4\times10^{-6}\times2\times10^{-6}}{\left(2\sqrt{3}\times10^{-2}\right)^2} \rightarrow \vec{F}_{13} = -60\vec{j}$$

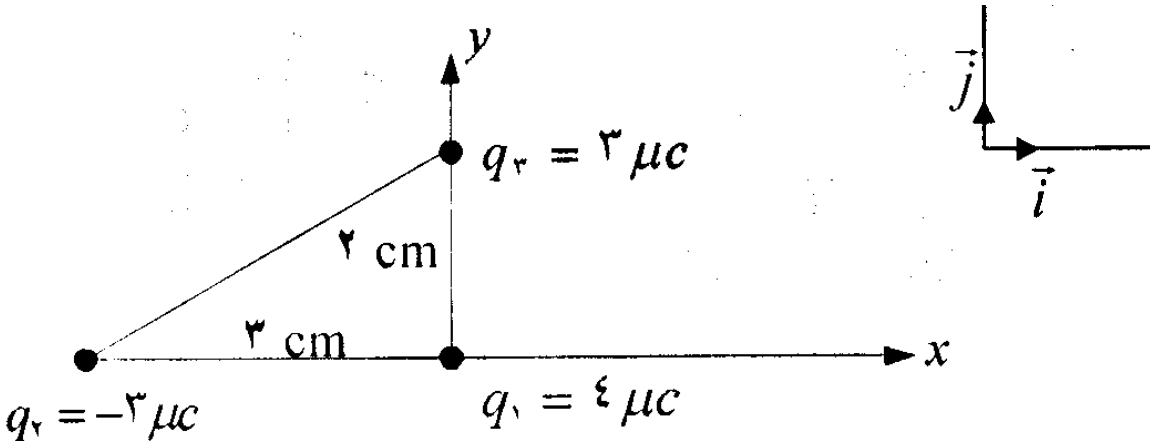
$$F_{23} = k\frac{|q_2|.|q_3|}{r_{23}^2} \rightarrow F_{23} = 9\times10^9 \times \frac{4\times10^{-6}\times\left|-2\times10^{-6}\right|}{\left(3\times10^{-2}\right)^2} \rightarrow \vec{F}_{23} = +80\vec{i}$$

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} \rightarrow \vec{F}_T = -60\vec{j} + 80\vec{i} \rightarrow \left|\vec{F}_T\right| = \sqrt{(-60)^2 + 80^2} \rightarrow \left|\vec{F}_T\right| = 100N$$

تمرین :

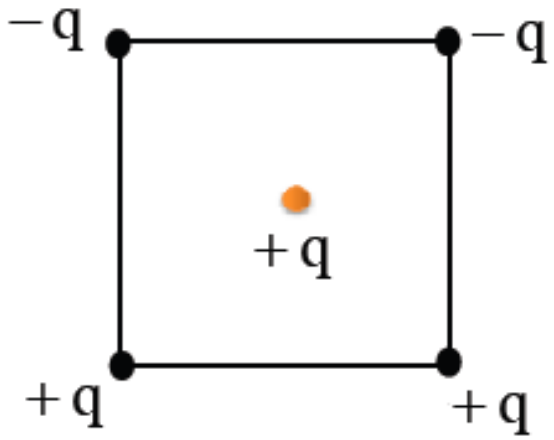
سه ذرهٔباردارمطابق شکل،درسه راس مثلث قائم الزاویه ای قراردارند.برآیند نیروی وارد بربارالکتریکی q_1رابرحسب بردارهای $\vec{i}$ و $\vec{j}$ دستگاه مختصات نشان داده شده درشکل رسم بدست آورید.

پاسخ:



تمرین :

چهارذره باردار مطابق شکل روی چهارراس مربعی قرارگرفته اند.اگراندازهٔ نیروی وارد ازطرف بارq بر ذرهٔ بارداراقع درمرکزمربع برابرFباشد.اندازهٔ نیروی برآیندرا درمرکز مربع بدست آورید.



پاسخ:

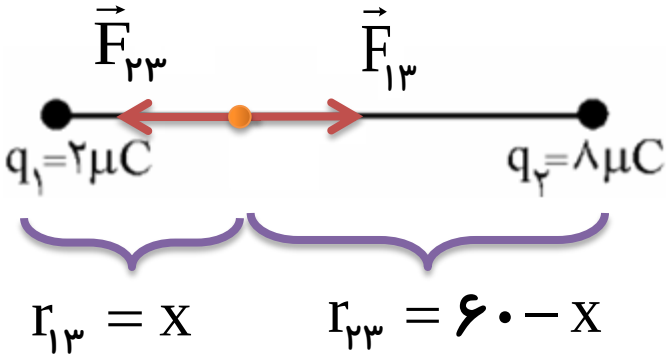
$F_T \approx ۲\sqrt{۲}\ F$

تمرین :

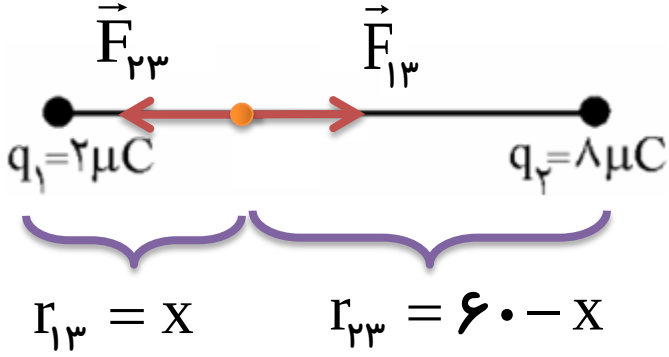
دو بار الکتریکی $+۲\mu C$ و $+۸\mu C$ به فاصله‌ی $۶۰\ cm$ ازیکدیگر واقع‌اند.بار $+۱\ \mu C$ را درچه فاصله‌ای از بارکوچکترقرار دهیم تا برآیند نیروهای وارد بر آن صفر باشد؟

پاسخ:

$r_{۱۳} = ۲۰cm$



پاسخ:



$$r_{13} = x \qquad r_{23} = 60 - x$$

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

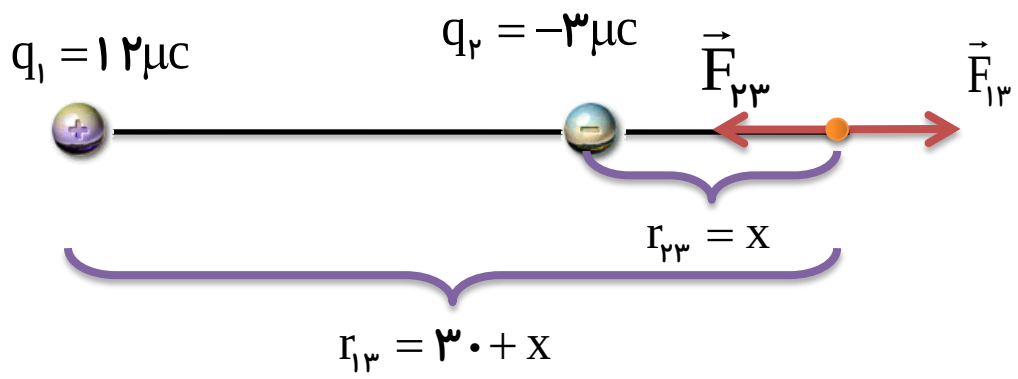
$$4x^2 = (60-x)^2 \xrightarrow{\text{ازطرفین جذر}} 2x = \pm(60-x)$$

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

تمرین :

دو بار الکتریکی $-۳\mu C$ و $+۱۲\mu C$ به فاصلهٔ $۳۰cm$ ازیکدیگر واقع‌اند.بار $-۲\mu C$ را درچه فاصله‌ای از بارکوچکترقرار دهیم تا برآیند نیروهای وارد بر آن صفر باشد؟

پاسخ:



برآیند صفر شدن $F_{۱۳} = F_{۲۳} \rightarrow k\frac{|q_۱|\cdot|q_۳|}{r_{۱۳}^۲} = k\frac{|q_۲|\cdot|q_۳|}{r_{۲۳}^۲} \rightarrow \frac{۱۲}{(۳۰+x)^۲} = \frac{۳}{x^۲}$

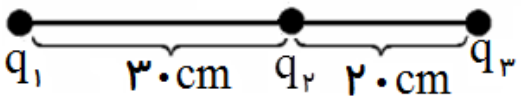
$۴x^۲ = (۳۰+x)^۲$ ازطرفین جذر $\rightarrow ۲x = \pm(۳۰+x)$

$۲x = +(۳۰+x) \rightarrow x = +۳۰cm$ ق ق

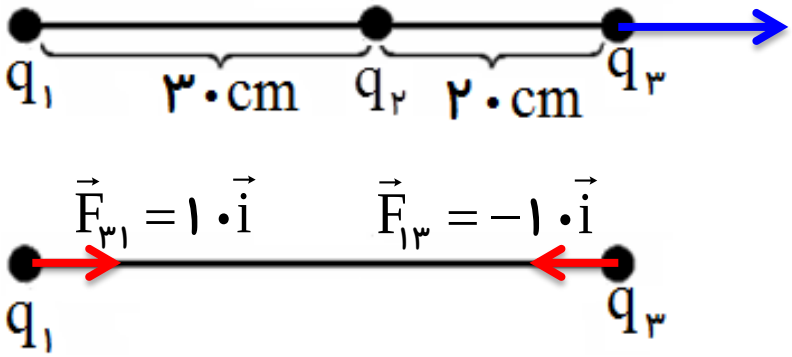
$۲x = -(۳۰+x) \rightarrow x = -۱۰cm$ غ ق ق

تمرین:

بارهای ذره ای q_1، q_2 و q_3 مطابق شکل روی یک محور واقعند. و نیروی ۲۰N بطرف راست به q_3 واردمی شود. اکنون اگر بار q_2 را برداریم نیروی واردبر بار q_1 برابر ۱۰ N به طرف راست می شود. نسبت بار q_2 به بار q_1 را بدست اورید.



پاسخ :



$$\vec{F}_T = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = 20\vec{i}$$

$$\vec{F}_{31} = -\vec{F}_{13} = 10\vec{i}$$

$$-10\vec{i} + \vec{F}_{23} = 20\vec{i}$$

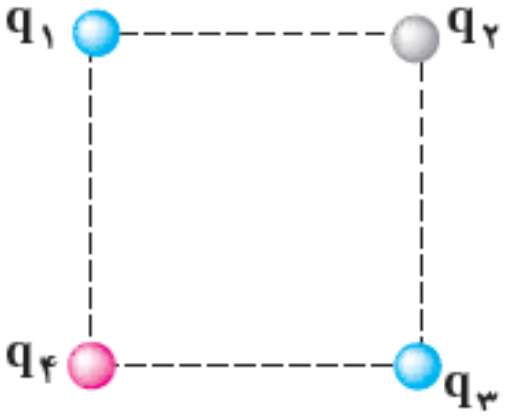
$$\vec{F}_{23} = 30\vec{i}$$

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

تمرین:

سه ذرهٔباردار q_1،q_2وq_3مطابق شکل درسه رأس مربعی ثابت شده اند.اگر$q_1 = q_3 = -5\mu C$ باشد، نوع و اندازهٔ بارq_2را طوری تعیین کنید که بار q_4در حال تعادل باشد.

پاسخ :

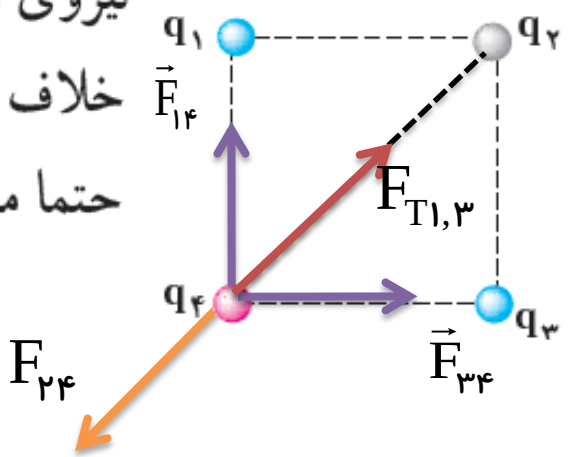


$q_2 = 10\sqrt{2}\mu C$

پاسخ:

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

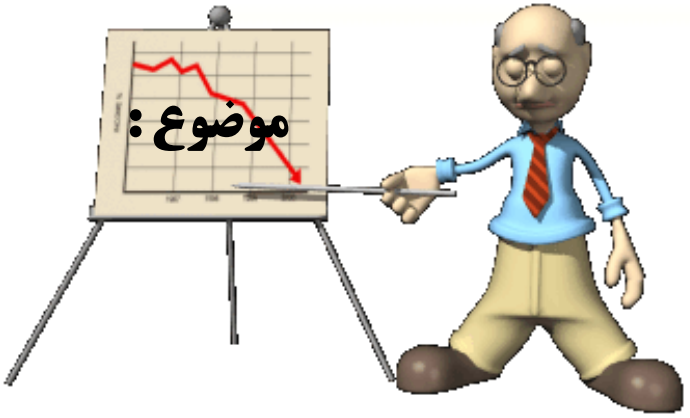
نیروی وارد از بار q_2 باید هم‌اندازهٔ این نیروی برایند و در خلاف جهت ان باشد تا بار q_4 در تعادل بماند. پس بار q_2 باید حتما مخالف بارهای q_1 و q_3 و بنابراین مثبت باشد.

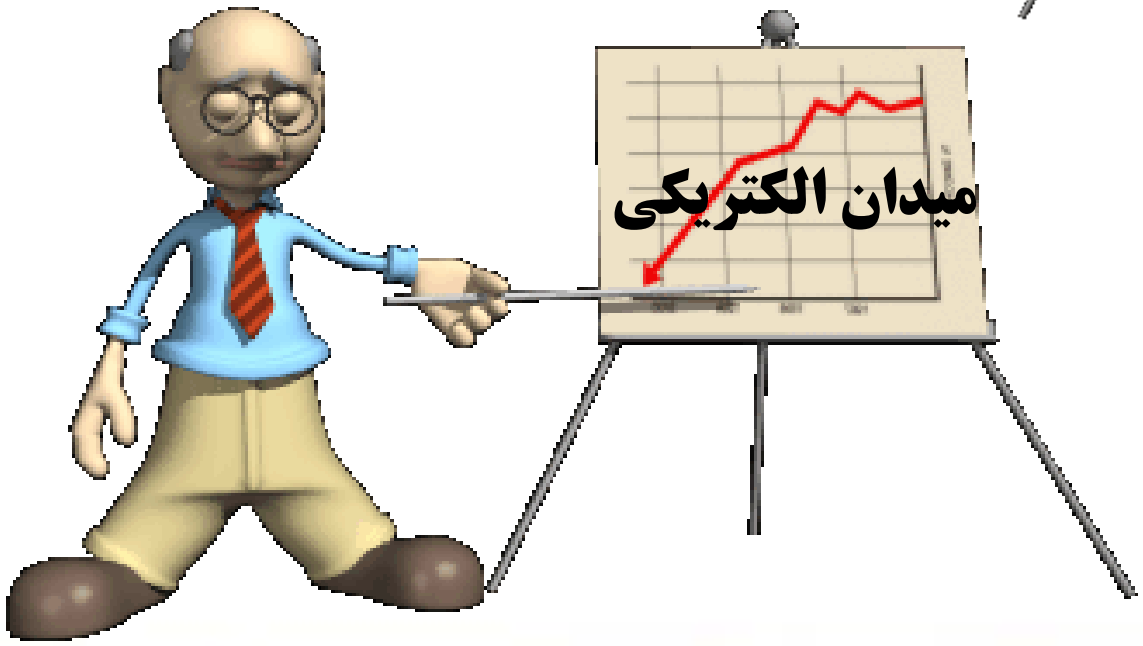


$$F_{14} = F_{34} = \left| k\frac{q_1 \cdot q_4}{a^2} \right| \quad \text{و} \quad F_{24} = \left| k\frac{q_2 \cdot q_4}{(\sqrt{2}\,a)^2} \right|$$

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

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

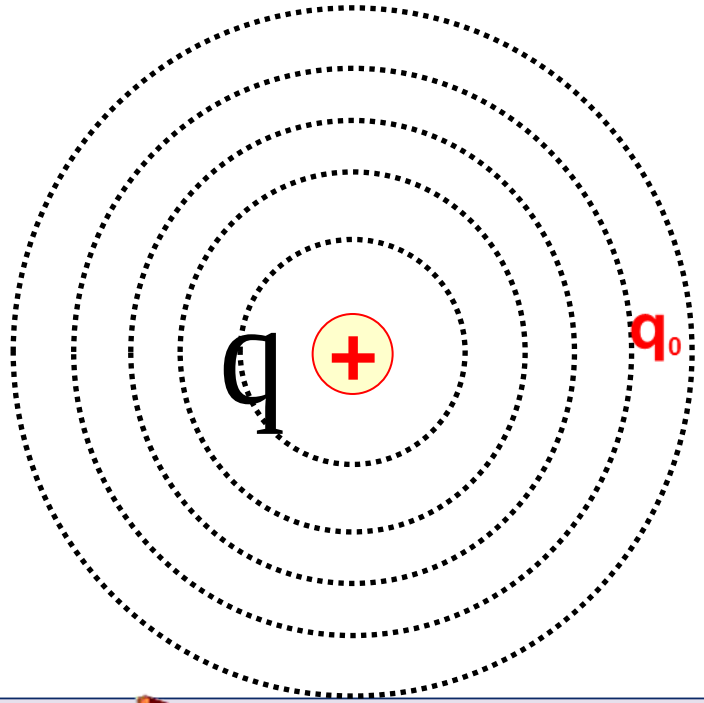

موضوع :

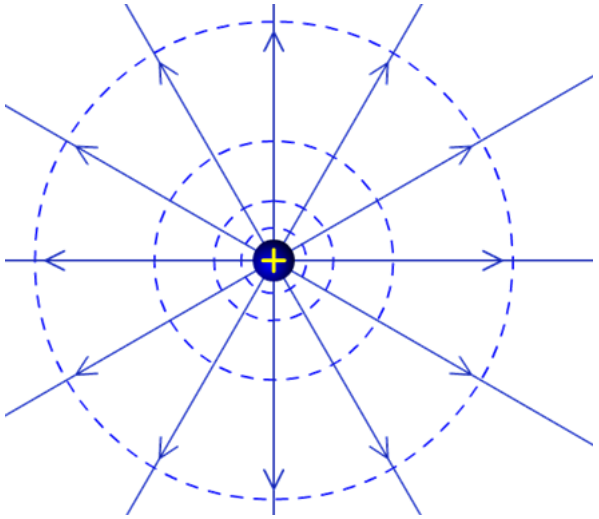

میدان الکتریکی

مقدمهٔ میدان الکتریکی

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

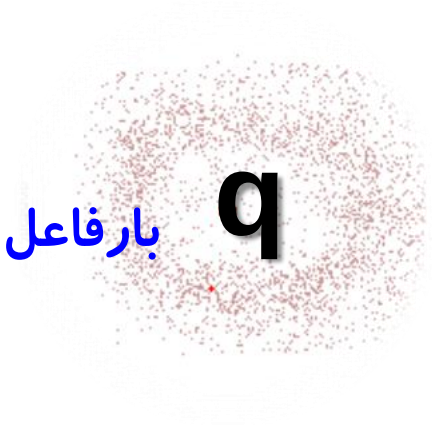
بار q از فاصلهٔ r بربار q_0 نیرو واردمی کند بار q درتمام نقطه های فضای اطراف خودخاصیتی به وجود می آورد که بر هر بار الکتریکی دیگردر این فضا قرار گیرد نیرو وارد می کند





میدان الکتریکی $\vec{E}$

خاصیتی است که یک بار الکتریکی درفضای اطراف خودبه وجودمی آورد



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

بار مفعول(بارمهمان:باری که درمیدانی قرارگرفته و ازطرف میدان برآن نیرو وارد می‌گردد): q_0

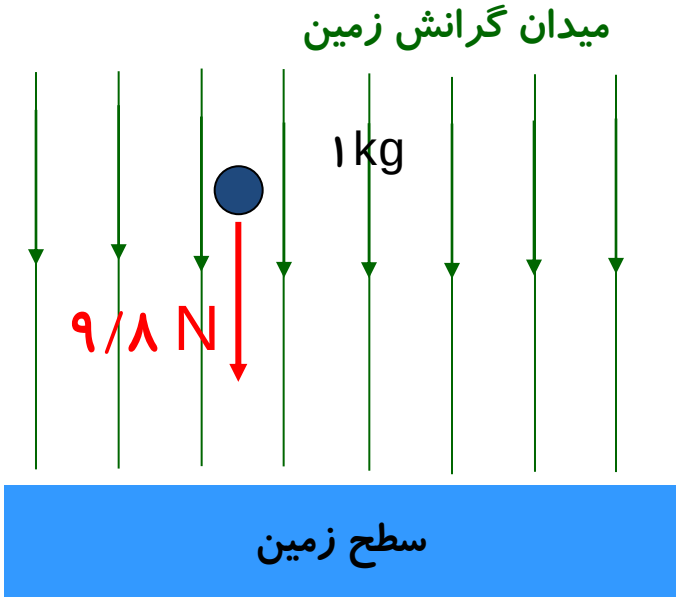
نکته:

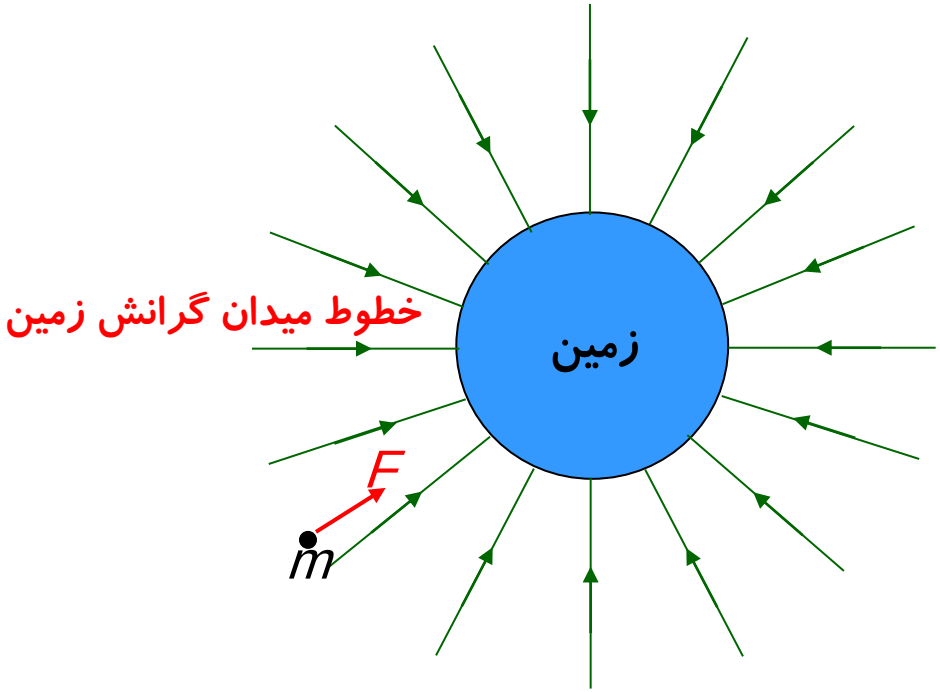
(بار آزمون باید آنقدرکوچک باشد که توزیع بار جسم را برهم نزند)

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 گوییم.

تجسم خطوط میدان گرانش

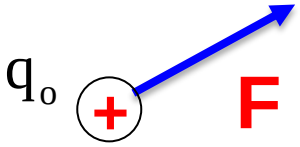


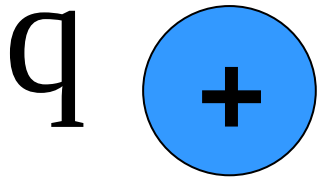


تعریف کمی میدان الکتریکی:

نیروی واردبریکای بار الکتریکی مثبت($+1C$)درهرنقطه را میدان الکتریکی در آن نقطه گویند

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





نکته:

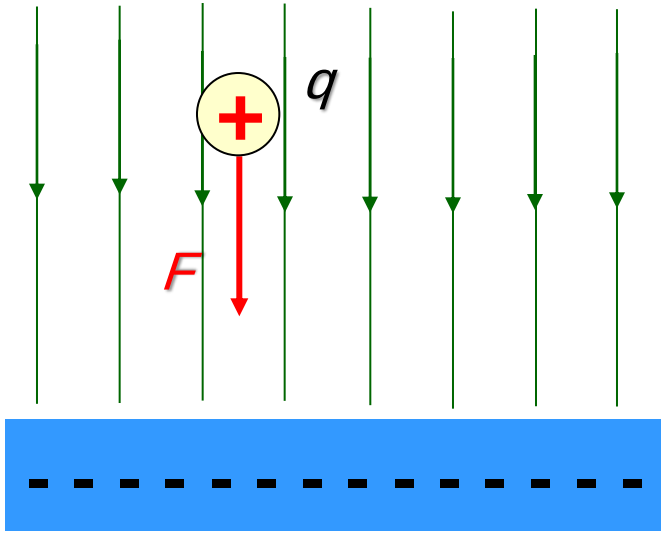
فرض می کنیم حضوربارآزمون هیچ تاثیری برتوزیع بار روی جسم ندارد وبنابراین میدان الکتریکی تعریف شدهٔ ما را تغییر نمی دهد

نکته:

میدان الکتریکی کمیتی است برداری که دارای جهت و اندازه است

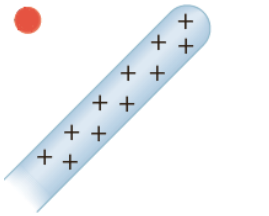
$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_o}$ $(\frac{N}{C})$ واحد میدان الکتریکی در سیستم SI ، نیوتن بر کولن است.

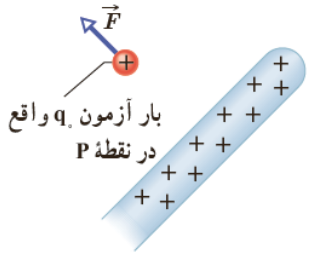
رفتارذرهٔ باردارمنفی مانند میدان گرانش زمین

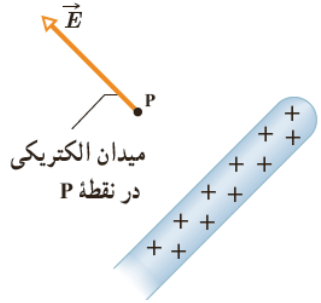


جهت میدان الکتریکی در هر نقطه:

هم‌جهت با نیروی واردبریکای بارمثبت(+۱C) واقع درآن نقطه است.

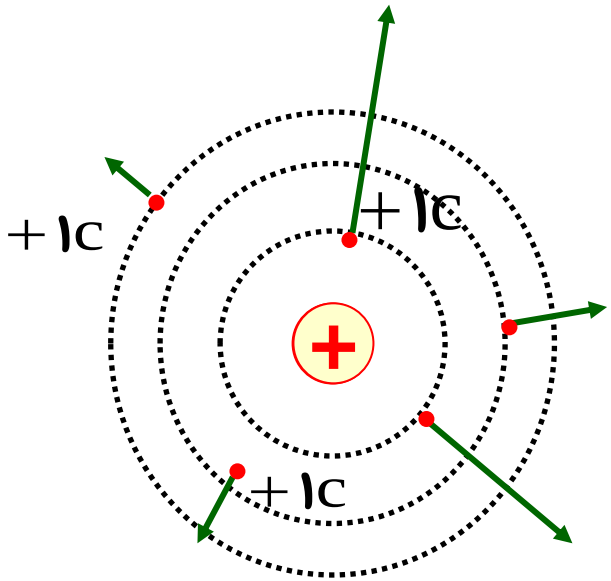


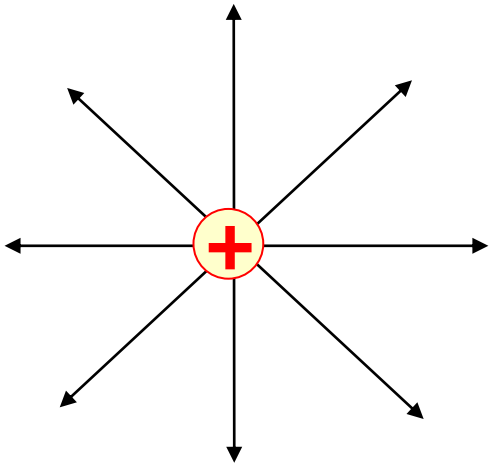




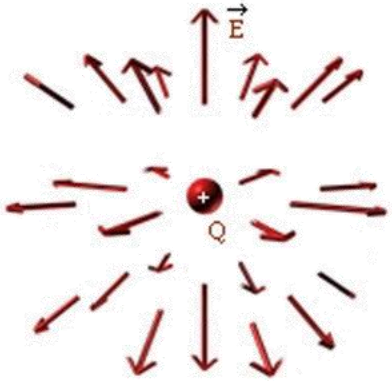
©1999 Science Joy Wagon

میدان در اطراف بارهای نقطه‌ای مثبت:



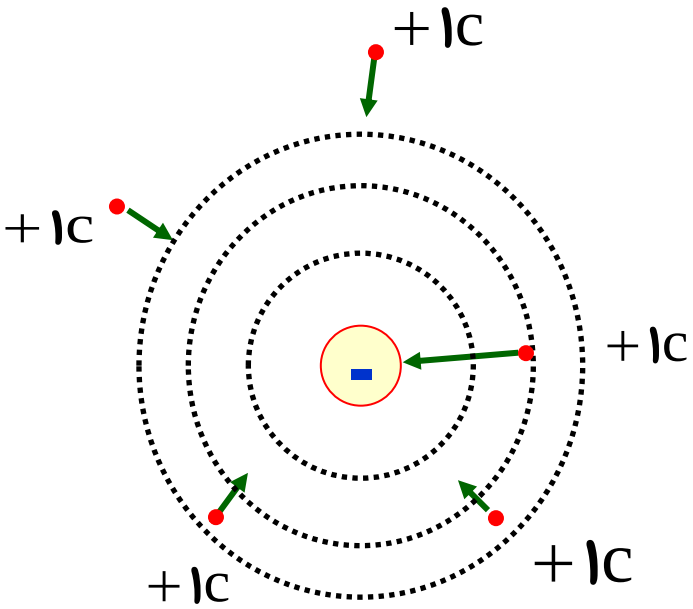


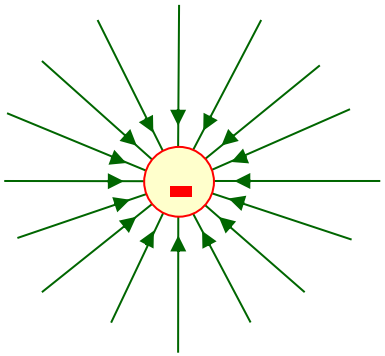
خطوط میدان دوبعدی



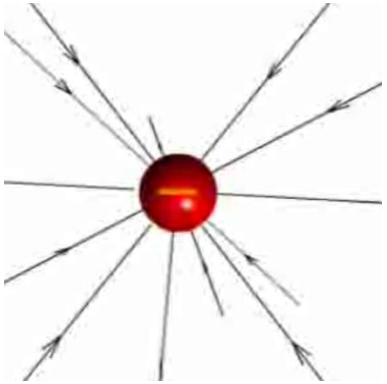
خطوط میدان سه بعدی

میدان در اطراف بارهای نقطه‌ای منفی:





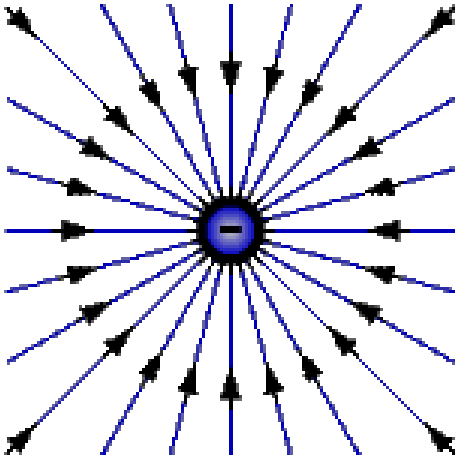
خطوط میدان دوبعدی



خطوط میدان سه بعدی

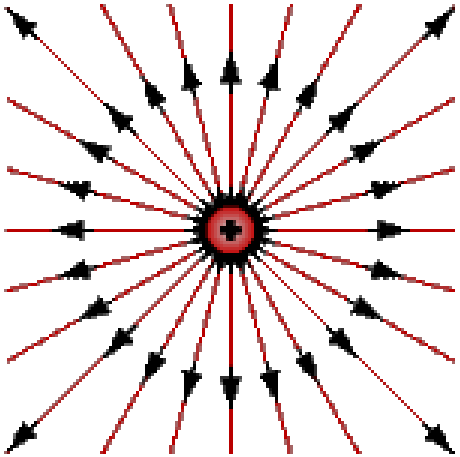
جهت خطوط میدان الکتریکی اطراف بارمثبت ومنفی

بارهای نقطه‌ای منفی:



شعاعی وبه سمت داخل باراست

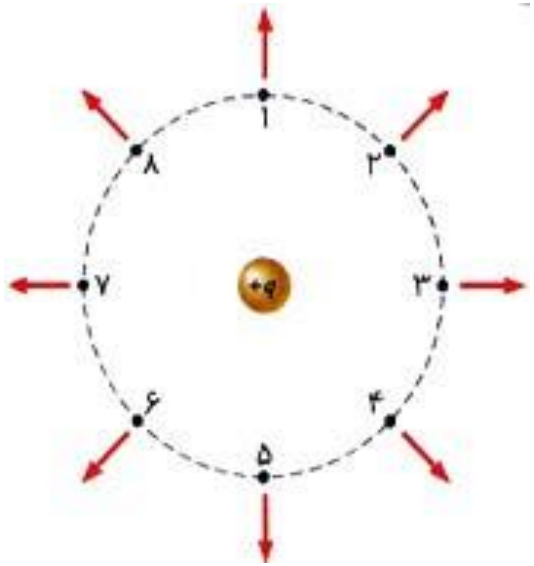
بارهای نقطه‌ای مثبت:



شعاعی وبه سمت خارج باراست

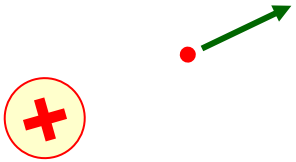
پرسش :

اندازه میدان الکتریکی درنقاط داده شده رابایکدیگر مقایسه کنید؟



تمرین :

بربار الکتریکی $۲۰\mu c$ در یک نقطه از میدان بار q، نیروی $۵۰\times۱۰^{-۲}\ N$ وارد می شود اندازه میدان الکتریکی رادراین نقطه محاسبه کنید



پاسخ:

$E = ۲/۵\times۱۰^{۴}\ \frac{N}{C}$

$$\begin{cases} q_o = ۲۰\mu c = ۲۰\times۱۰^{-۶}\ c \\ F = ۵۰\times۱۰^{-۲}\ N \\ E = ? \end{cases}$$

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

$$E = \frac{۵۰\times۱۰^{-۲}}{۲۰\times۱۰^{-۶}}$$

$$E = ۲/۵\times۱۰^{۴}\ \frac{N}{C}$$

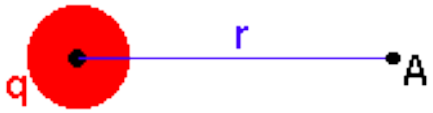
عامل های مؤثر بر میدان الکتریکی حاصل از بار(فاعل)

۱) بامقداربار الکتریکی که این میدان را به وجودآورده نسبت مستقیم دارد. $E \propto |q|$

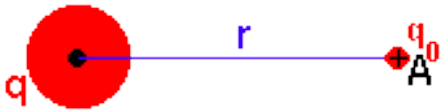
۲) بامجذورفاصله بار (تا بار مثبت فرضی) نسبت معکوس دارد. $E \propto \frac{۱}{r^۲}$

$$E \propto \frac{|q|}{r^۲} \Rightarrow E = K\frac{|q|}{r^۲}$$

فرمول میدان الکتریکی حاصل از بارqدر یک نقطه(A) :



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



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

$$F = k\frac{|q|.q_o}{r^2}$$

$$E = \frac{k\frac{|q|.q_o}{r^2}}{q_o} \Rightarrow E = K\frac{|q|}{r^2}$$

نکته :

میدان الکتریکی دریک نقطه به نوع ومقداربار الکتریکی مثبت فرضی(آزمون) در آن نقطه بستگی ندارد.

میدان الکتریکی یک ذره باردار از فرمول زیر محاسبه می شود

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

- E: میدان الکتریکی — N/C
- k: ثابت کولن — Nm^2/C^2
- |q|: مقدار بار الکتریکی — کولن C
- r: فاصله نقطه ی دلخواه تا بارموردنظر — متر m

تمرین:

اندازه وجهت میدان الکتریکی بارذرهٔ $۲\mu c$ -رادرنقطه ای به فاصلهٔ $۳cm$ از بار را پیداکنید.

$$\begin{cases} q = -۲\mu c = -۲\times ۱۰^{-۶}\,c \\ r = ۳cm = ۳\times ۱۰^{-۲}\,m \\ E = ? \\ k = ۹\times ۱۰^{۹}\ \dfrac{Nm^{۲}}{c^{۲}} \end{cases}$$

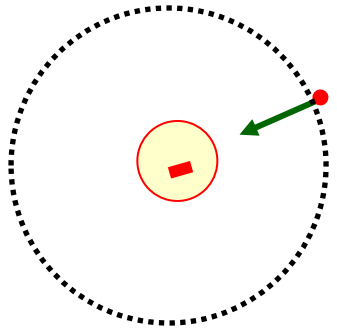
پاسخ :

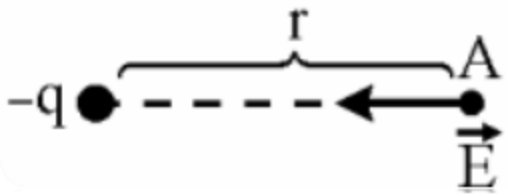
$$E = k\frac{|q|}{r^{۲}}$$

$$E = \frac{۹\times ۱۰^{۹}\times \left|-۲\times ۱۰^{-۶}\right|}{\left(۳\times ۱۰^{-۲}\right)^{۲}}$$

$$E = \frac{۱۸\times ۱۰^{+۳}}{۹\times ۱۰^{-۴}}$$

$$E = ۲\times ۱۰^{۷}\ \frac{N}{C}$$

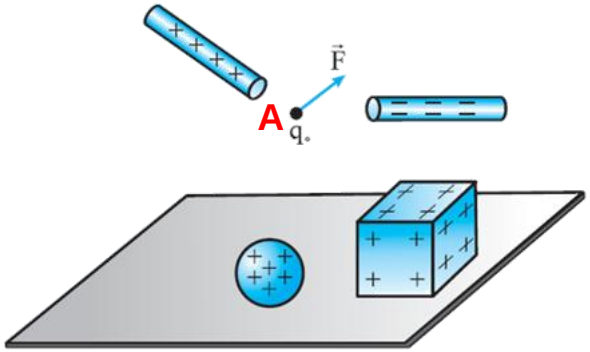




شعاعی وبه سمت باراست

تمرین:

اندازهٔ نیروی الکتریکی واردبربارآزمون $q_0 = ۱/۶nC$ واقع درنقطهٔ A،دراطراف چهارجسم باردار نشان داده شده برابر $۴/۸ \times ۱۰^{-۶} N$ است اگرجهت نیروی واردبربارآزمون به شکل روبه رو باشد،جهت واندازهٔ میدان الکتریکی درنقطهٔ A را مشخص کنید.



پاسخ :

جهت میدان الکتریکی،همان جهت نیروی وارد بربار مثبت آزمون است

$$\begin{cases} q_o = ۱/۶nC = ۱/۶ \times ۱۰^{-۹} C \\ F = ۴/۸ \times ۱۰^{-۶} N \\ E = ? \end{cases}$$

$$E = \frac{F}{q_o} = \frac{۴/۸ \times ۱۰^{-۶}}{۱/۶ \times ۱۰^{-۹}} = ۳ \times ۱۰^{۳} \frac{N}{C}$$

تمرین:

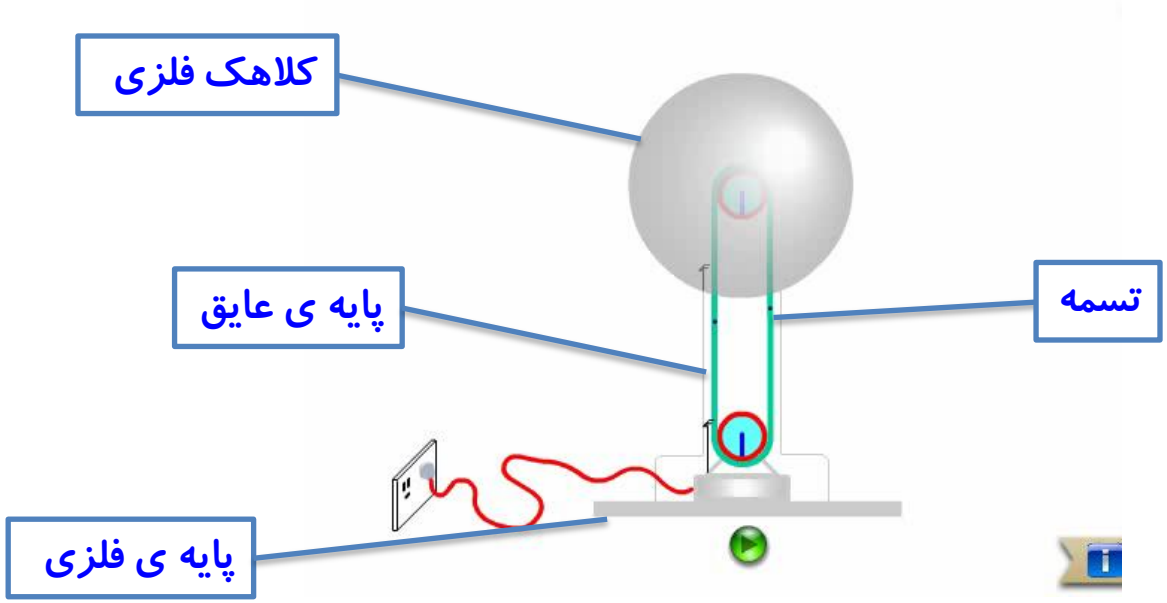
دریک نقطه ازفضا بربارالکتریکی $-۵\ c$ نیروی $\vec{F} = -۴۰۰\vec{i} + ۳۰۰\vec{j}$ برحسب نیوتون وارد می شود.میدان الکتریکی دراین نقطه چقدر است.

پاسخ :

$$\vec{E} = ۸۰\vec{i} - ۶۰\vec{j}$$

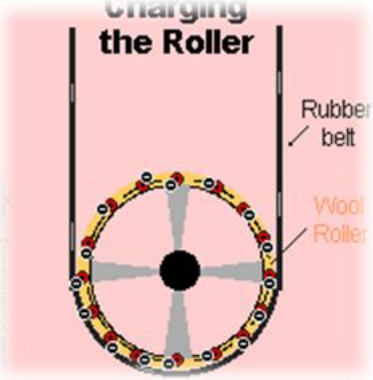
مولد وان دو گراف :

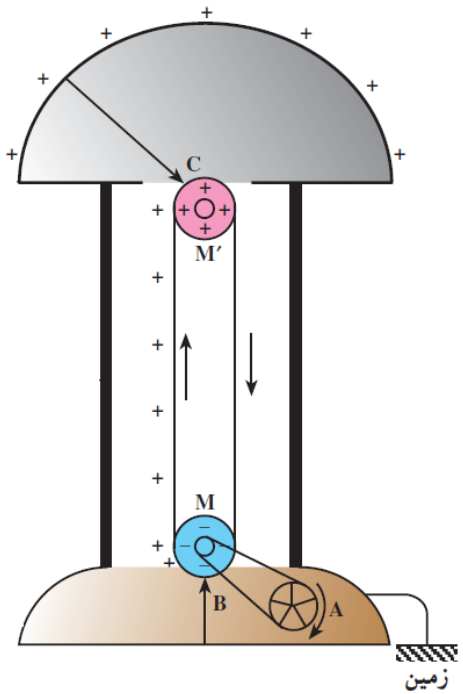
دستگاهی است که بار الکتریکی روی کلاهک فلزی آن انباشته می شود. اگر یک جسم رسانا با کلاهک این دستگاه تماس پیدا کند دارای بار الکتریکی می شود.

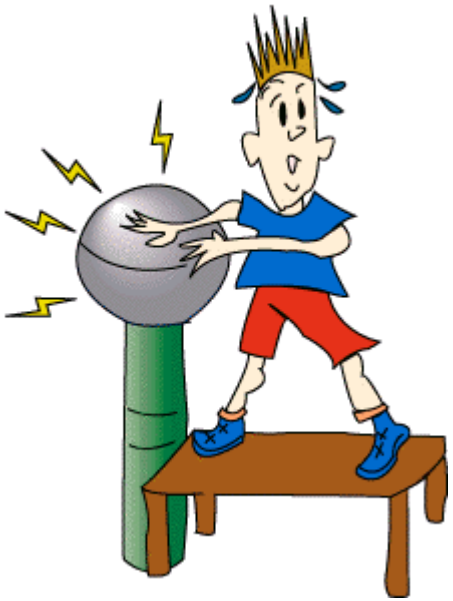


نکته:

این دستگاه دارای دوغلتک ازجنس 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

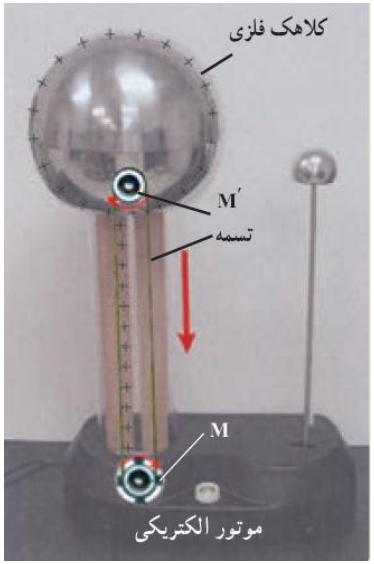


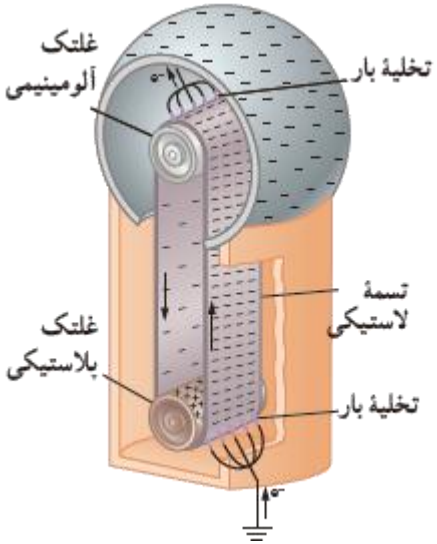




طرز کارمولد وان دو گراف : مطالعه آزاد

دروان‌دوگراف غلتک پایینی ازجنس پلاستیک پلی اتیلن وغلتک بالایی ازجنس آلومینیم است بر اثر مالش تسمه ای لاستیکی با غلتک پایینی، این غلتک بنا بر سری الکتریسیتهٔ مالشی،بار مثبت پیدا می کند. غلتک پایینی که بار مثبت دارد،دریک شانهٔ 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، تسمهٔ لاستیکی باردار منفی، الکترون ها را از نوک های شانهٔفلزی 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.



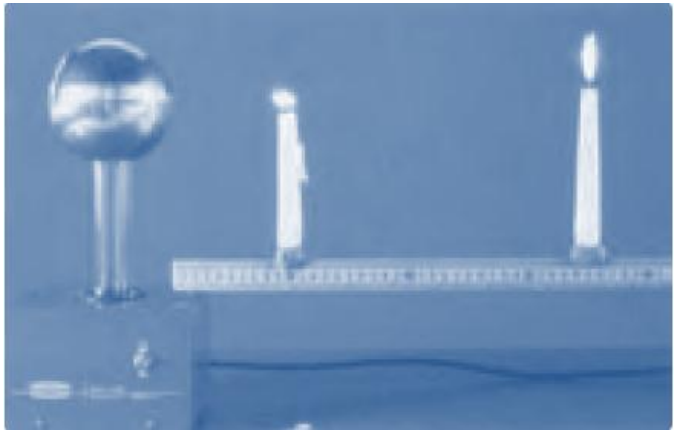


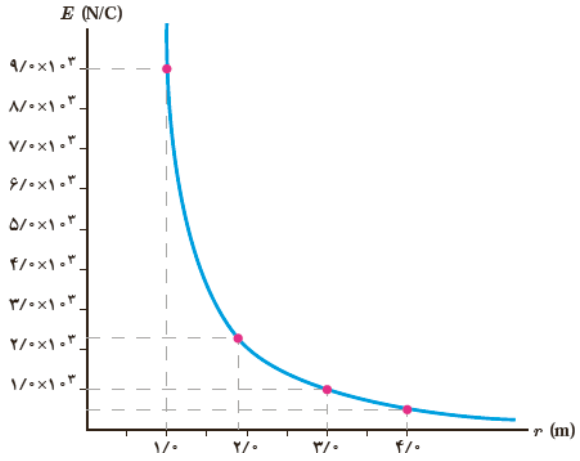
پرسش :

با دوشمع ویک خط کش،یک آزمایش طراحی کنیدکه نشان دهد با افزایش فاصله ،میدان الکتریکی کاهش می یابد.

پاسخ:

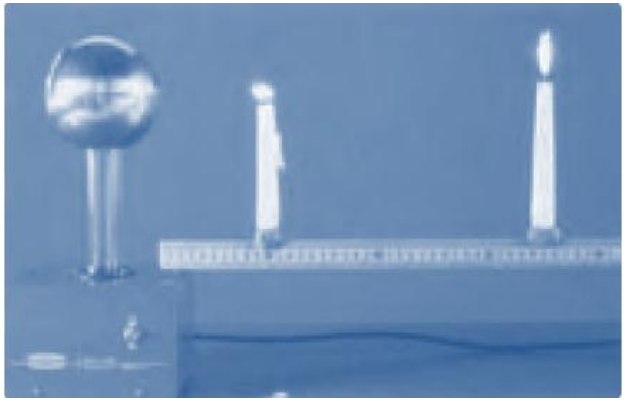
دوشمع یکی درفاصله ای نزدیک ودیگری درفاصله ای دورازکلاهک یک مولدوان دوگراف قرارگرفته اند.همان طور که مشاهده می کنیدشعلهٔشمع نزدیک تربه سمت کلاهک کشیده شده است، در حالی که شعلهٔ شمع دورتر تغییر چندانی نکرده است.





پرسش :

چراشعلهٔ شمع نزدیک تربه سمت کلاهک کشیده شده است، در حالی که شعلهٔ شمع دورتر تغییر چندانی نمی کند

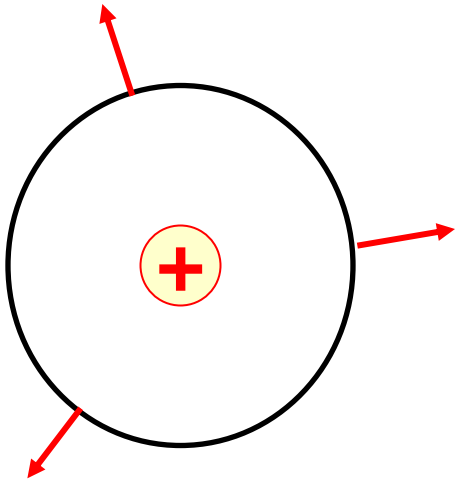


پاسخ:

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

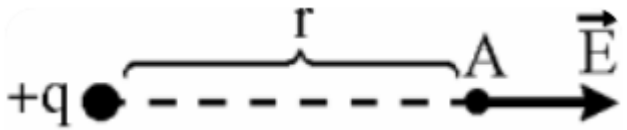
تمرین:

اندازه وجهت میدان الکتریکی بارذرهٔ μC ۴+رادرنقطه ای به فاصلهٔ cm ۶۰ از بار پیداکنید.



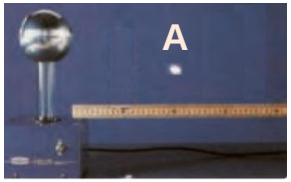
پاسخ :

$$E = ۱۰^{۵} \ \frac{N}{C}$$



تمرین ۱-۴

طبق مدل بور برای اتم هیدروژن، در حالت پایه فاصلهٔ الکترون از پروتون هسته برابر با $۵/۳\times۱۰^{-۱۱}m$ است.الف)اندازهٔ میدان الکتریکی ناشی از پروتون هسته 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 فاصلهٔ $۱m$ از مرکز کلاهک آن است؟ $k=۹\times۱۰^{۹}\ \frac{Nm^{۲}}{c^{۲}}$



پاسخ:

الف)

$$E=k\frac{|q|}{r^{۲}}\Rightarrow E=\frac{۹\times۱۰^{۹}\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹}}{(۵/۳\times۱۰^{-۱۱})^{۲}}\Rightarrow E=\frac{۱۴/۴\times۱۰^{-۱۰}}{۲۸/۰۹\times۱۰^{-۲۲}}\Rightarrow E=۵/۱۳\times۱۰^{۱۱}\ \frac{N}{C}$$

ب)

$$E=k\frac{|q|}{r^{۲}}\Rightarrow r^{۲}=k\frac{|q|}{E}\Rightarrow r=\sqrt{\frac{k|q|}{E}}\Rightarrow r=\sqrt{\frac{۹\times۱۰^{۹}\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹}}{۹\times۱۰^{۳}}}$$

$$r=۴\times۱۰^{-۷}m$$

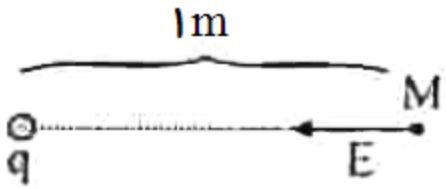
تمرین:

در فاصلهٔ ۰/۱ m از یک بار نقطه ای، بزرگی میدان الکتریکی ۱۸۰۰N/C است.اندازهٔ بار الکتریکی چقدر است؟

پاسخ :

$$q = ۲nc$$

تمرین:



مانند شکل ، درنقطه ی M ، $E_M = ۴۵۰۰\ N/C$ است.

الف) بارنقطه ای چند میکروکولن است وعلامت آن چیست؟

ب) بارالکتریکی ۲μc رادرنقطهٔ M قرارمی دهیم. بزرگی نیروی وارد برآن چند نیوتون است ؟

پاسخ :

$q = ./۵\mu c$

علامت آن منفی است

$F = ./۰۰۹N$

تمرین:

درچه فاصله‌ای ازیک بار الکتریکی، $۱۰\mu c$ بزرگی میدان الکتریکی برابر $۲/۲۵ \times ۱۰^{۶}\ \frac{N}{C}$ است؟

پاسخ :

$r = ۲۰cm$

$r = ?$

$q = ۱۰\mu c = ۱۰^{-۵} c$

$E = ۲/۲۵ \times ۱۰^{۶}\ \frac{N}{C}$

$k = ۹ \times ۱۰^{۹}\ \frac{Nm^{۲}}{c^{۲}}$

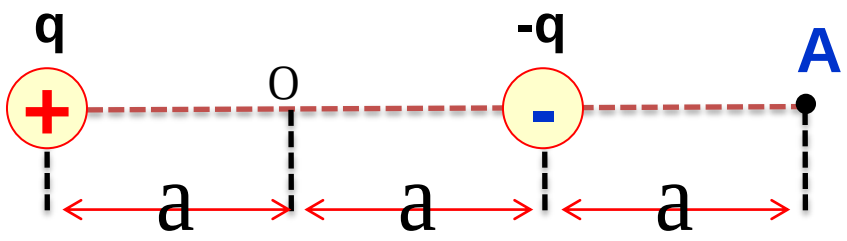
$$E = K\frac{|q|}{r^{۲}} \rightarrow r^{۲} = K\frac{|q|}{E} \rightarrow r = \sqrt{\frac{k|q|}{E}}$$

$$r = \sqrt{\frac{۹ \times ۱۰^{۹} \times ۱۰^{-۵}}{۲/۲۵ \times ۱۰^{۶}}} \rightarrow r = \sqrt{۴ \times ۱۰^{-۲}}$$

$$r = ./۲m = ۲۰cm$$

تمرین:

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



پاسخ :

$$E_T = \frac{8Kq}{9a^2}$$

تست:

بزرگی میدان الکتریکی حاصل از بار $1\mu C+$ در فاصله ۱۰ متری از آن بارچند N/C است ؟

۱) ۹۰ ۲) ۰/۹ ۳) ۹ ۴) ۹۰۰

پاسخ :

گزینه ۱ صحیح است.

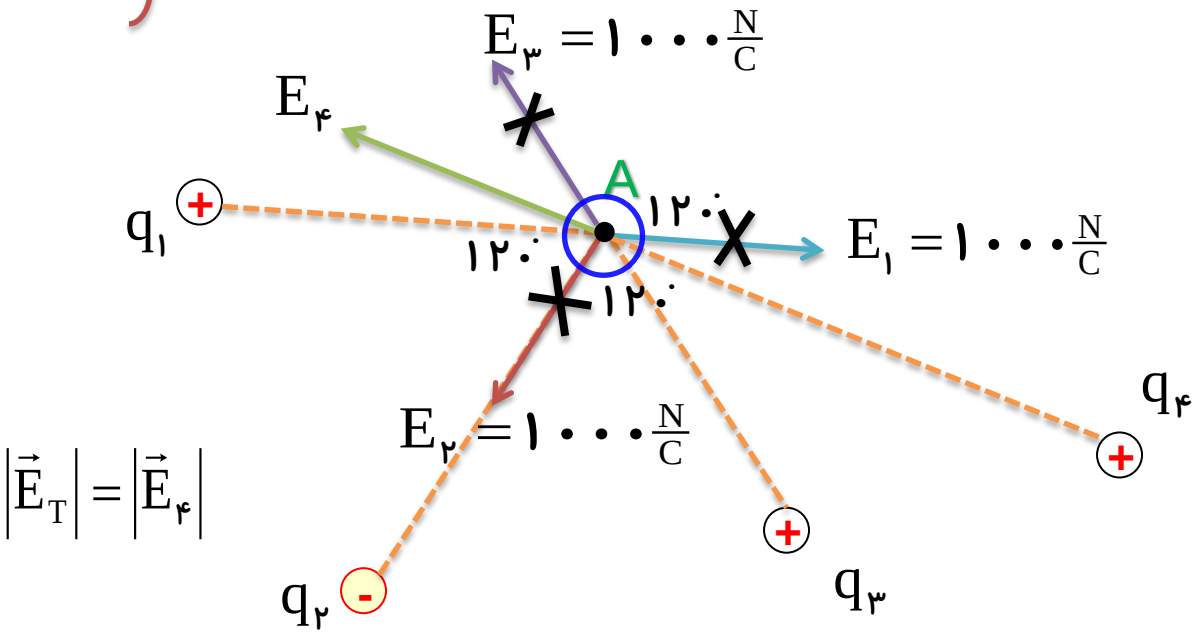
اصل برهم نهیِ میدان های الکتریکی

اگردریک ناحیه ازفضا چندذره ی باردارقرارداشته باشند،درهرنقطه یک میدان الکتریکی برآیندوجود دارد.این میدان ،برآیندمیدان هایی است که هرذرهٔباردار درغیاب سایر بارهای الکتریکی درآن نقطه ایجاد می کند.

$$\vec{E}_{T_0} = \frac{\vec{F}_{T_0}}{q_0}$$

$$\vec{F}_{T_0} = \vec{F}_{1_0} + \vec{F}_{2_0} + \vec{F}_{3_0} + \cdots$$

$$\vec{E}_T = \frac{\vec{F}_{1_0} + \vec{F}_{2_0} + \vec{F}_{3_0} + \cdots}{q_0} \Rightarrow \vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \cdots$$

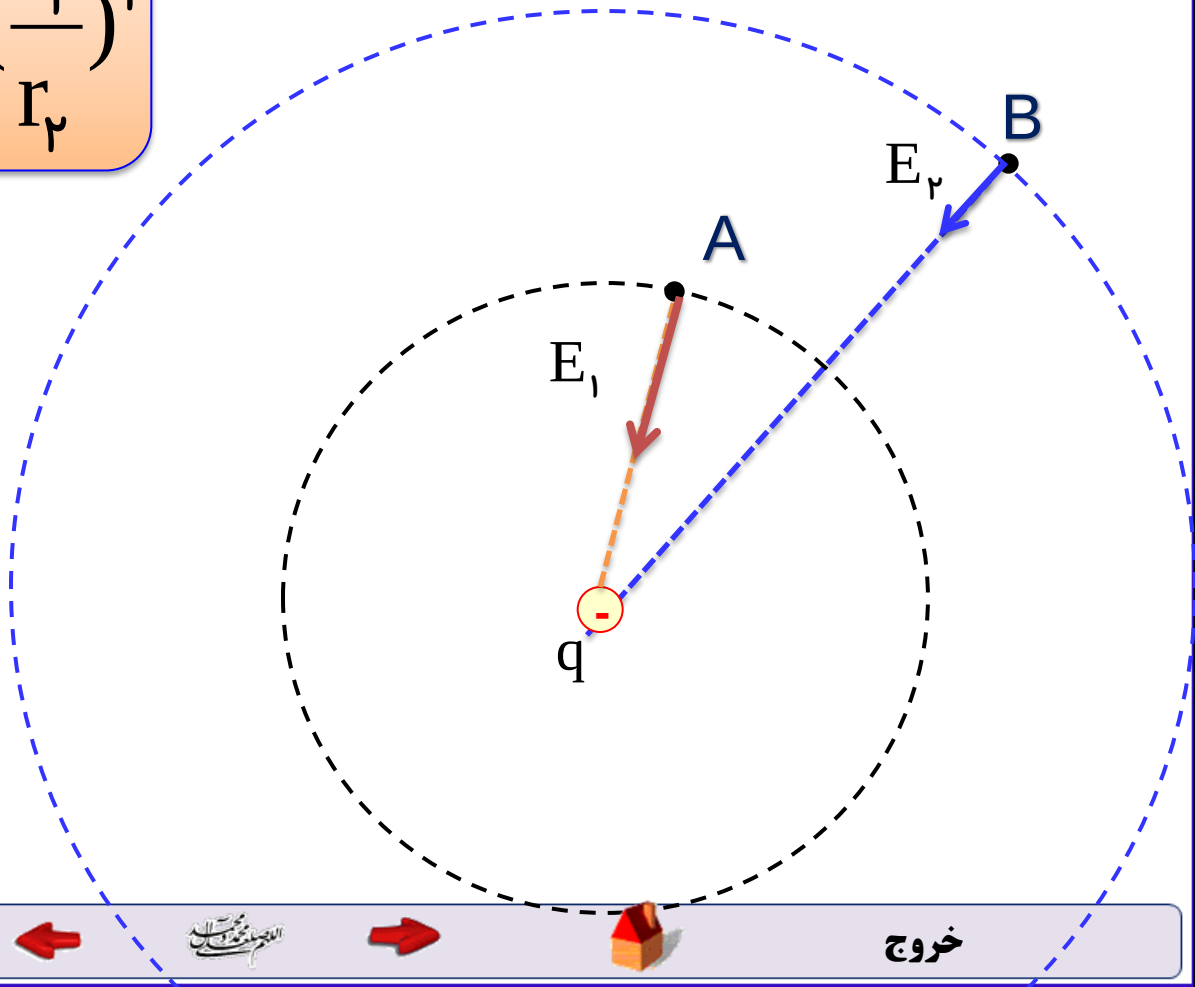


$$|\vec{E}_T| = |\vec{E}_4|$$

نکته:

فرم مقایسه ای رابطهٔ میدان الکتریکی یک ذرهٔ باردار دردونقطهٔ :

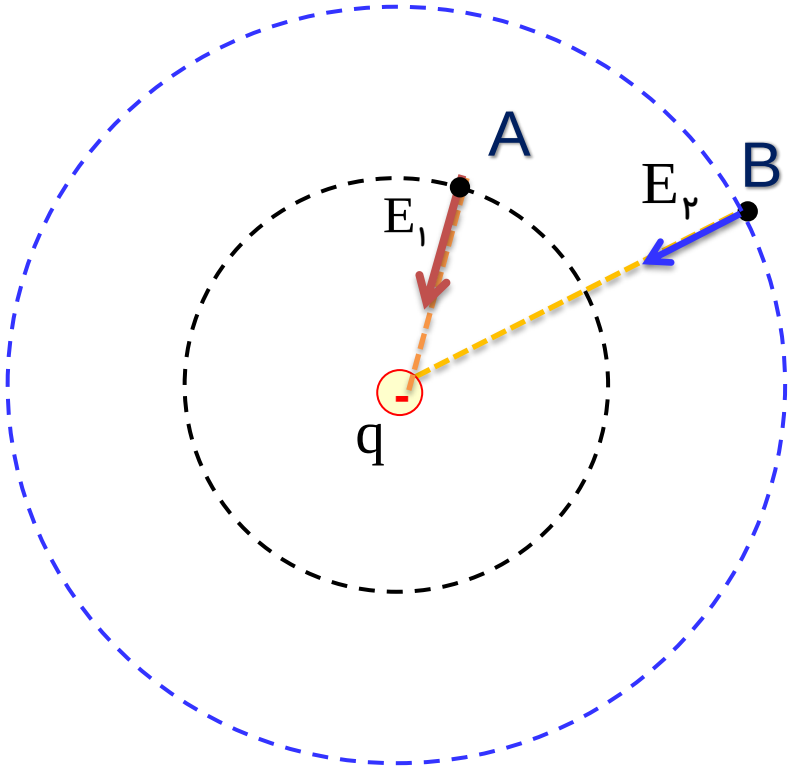
$$E \propto \frac{1}{r^2} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$$



نکته:

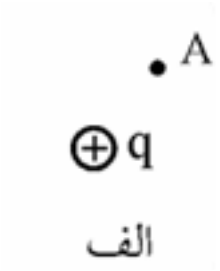
فرم مقایسه ای رابطهٔ میدان الکتریکی یک ذرهٔ باردار دردونقطهٔ :

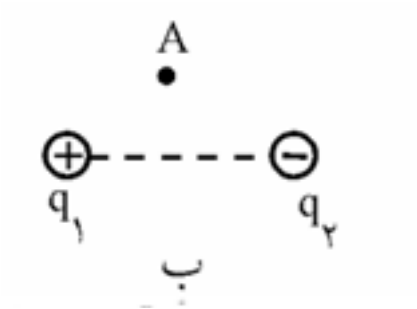
$$E \propto \frac{1}{r^2} \rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$$

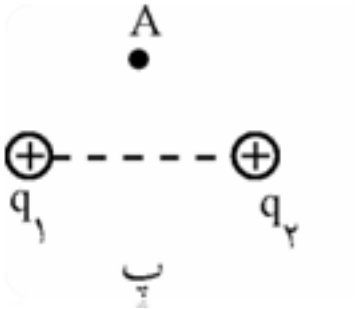


پرسش:

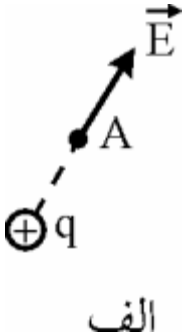
درهریک از شکل‌های زیرجهت میدان الکتریکی را درنقطه‌ی A تعیین کنید .

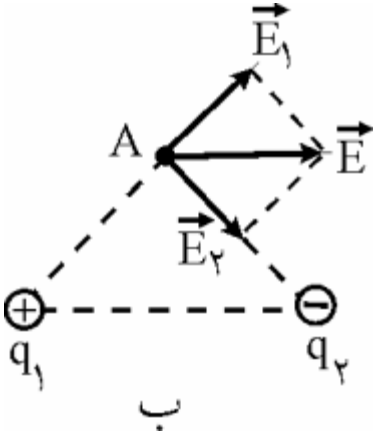


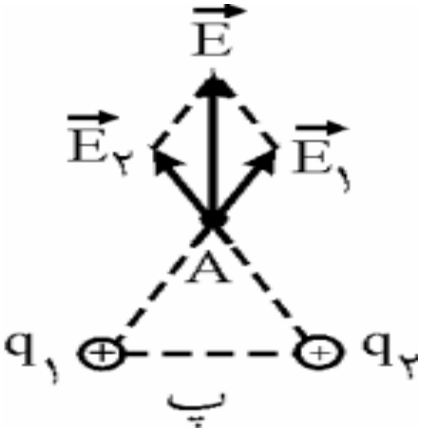




پاسخ:



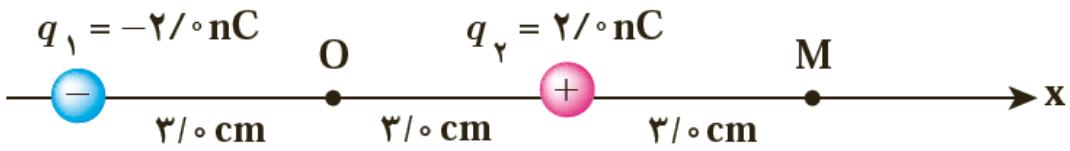


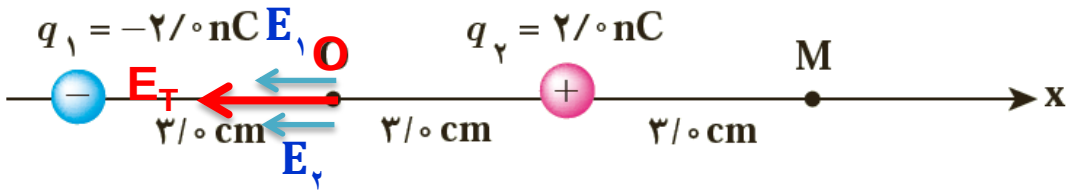


تمرین ۱-۵

شکل زیر، آرایشی ازدو بار الکتریکی هم اندازه و غیرهمنام(دوقطبی الکتریکی)را نشان می دهد که درآن فاصلهٔ دو بار ازهم ۶cm است. میدان الکتریکی خالص را در نقطه های O وMبه دست آورید. $k = ۹\times ۱۰^{۹}\ \frac{Nm^{۲}}{c^{۲}}$

پاسخ:





$$E = K\frac{|q|}{r^{۲}}$$

$$E_{۱} = \frac{۹\times ۱۰^{۹}\times |-۲\times ۱۰^{-۹}|}{(۳\times ۱۰^{-۲})^{۲}} = \frac{۱۸}{۹\times ۱۰^{-۴}} \Rightarrow E_{۱} = ۲\times ۱۰^{۴}\ \frac{N}{C}$$

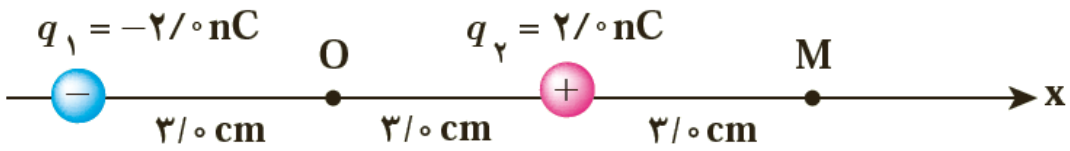
$$E_{۲} = \frac{۹\times ۱۰^{۹}\times ۲\times ۱۰^{-۹}}{(۳\times ۱۰^{-۲})^{۲}} = \frac{۱۸}{۹\times ۱۰^{-۴}} \Rightarrow E_{۲} = ۲\times ۱۰^{۴}\ \frac{N}{C}$$

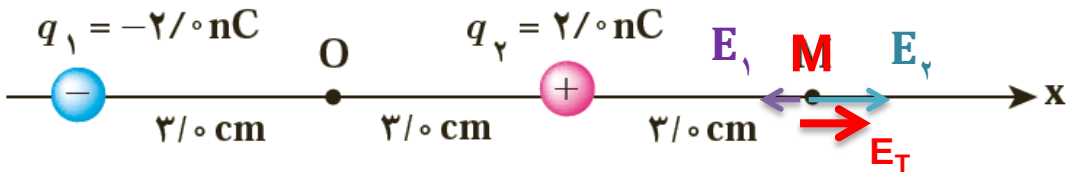
$$\vec{E}_T = \vec{E}_{۱} + \vec{E}_{۲} \Rightarrow E_T = ۲E_{۱} = ۲\times ۲\times ۱۰^{۴} = ۴\times ۱۰^{۴}\ \frac{N}{C}$$

تمرین ۱-۵

شکل زیر، آرایشی ازدو بار الکتریکی هم اندازه و غیرهمنام(دوقطبی الکتریکی)را نشان می دهد که درآن فاصلهٔ دو بار ازهم ۶cm است. میدان الکتریکی خالص را در نقطه های O و M به دست آورید. $k = ۹\times ۱۰^{۹}\ \frac{Nm^{۲}}{c^{۲}}$

پاسخ:





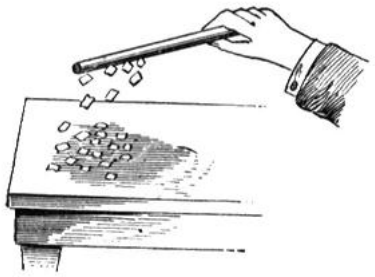
$$E_۱ = \frac{۹\times ۱۰^{۹}\times \left|-۲\times ۱۰^{-۹}\right|}{\left(۹\times ۱۰^{-۲}\right)^{۲}} = \frac{۱۸}{۸۱\times ۱۰^{-۴}} \Rightarrow E_۱ = ۰/۲\times ۱۰^{۴}\ \frac{N}{C}$$

$$E_۲ = \frac{۹\times ۱۰^{۹}\times ۲\times ۱۰^{-۹}}{\left(۳\times ۱۰^{-۲}\right)^{۲}} = \frac{۱۸}{۹\times ۱۰^{-۴}} \Rightarrow E_۲ = ۲\times ۱۰^{۴}\ \frac{N}{C}$$

$$\vec{E}_T = \vec{E}_۱ + \vec{E}_۲ \Rightarrow E_T = E_۲ - E_۱ = ۲\times ۱۰^{۴} - ۰/۲\times ۱۰^{۴} = ۱/۸\times ۱۰^{۴}\ \frac{N}{C}$$

پرسش ۱-۴

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



پاسخ:

نیروی دافعهٔ کولنی > نیروی جاذبهٔ کولنی

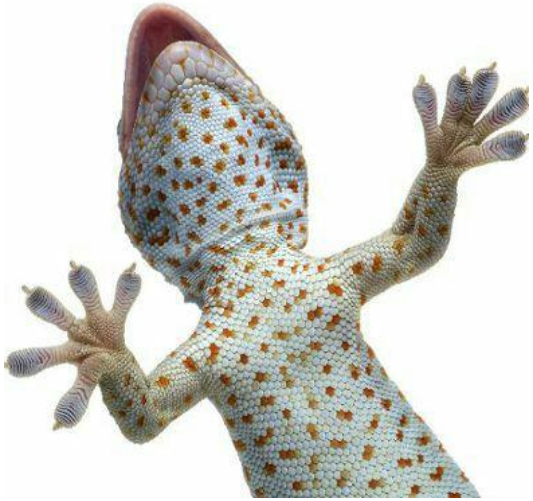
وقتی میلهٔباردار منفی رابه خرده های کاغذ بدون بار نزدیک کنیم .مرکز بارهای مثبت و منفی اتمها ومولکولهای خرده های کاغذ از هم جدا شده واتم یا مولکول قطبیده می شود، بخش مثبت اتم قطبیده شده به طرف میله کشیده وبخش منفی از میله دور می شود و چون نیروی جاذبهٔ کولنی به علت فاصلهٔ کمتر قوی تر از نیروی دافعهٔ کولنی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

پرسش :

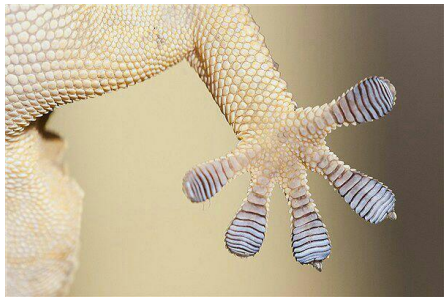
دلیل حرکت مارمولک روی دیوار چیست؟

پاسخ:

پاهای مارمولک پوشیده از میلیاردها موی بسیار کوچک است.روی سرانگشت مارمولک هم ترکیبات قطبی وهم ترکیبات غیرقطبی وجوددارد،وقتی مارمولک روی دیوارخشک راه می رود ترکیبات غیرقطبی،ماده پروتئینی پای مارمولک بادیوار نیروی دگرچسبی ایجادمی کنداگردیوارخیس باشد،ترکیبات قطبی پای مارمولک بادیوارنیروی دگرچسبی ایجادمی کند این جاذبه دگرچسبی(نیروی الکتریکی) برجاذبه زمین غلبه نموده وموجب بالارفتن مارمولک می گردد.



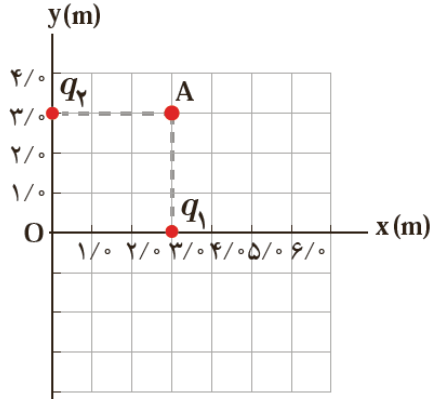
هر پای مارمولک از حدود نیم میلیون کاردک (موهایی باسر مثلثی یا برگی)است وقتی مارمولک پای خود را در محلی قرار می دهد بین پای مارمولک و دیوار نیروی واندروالسی بوجود می آید



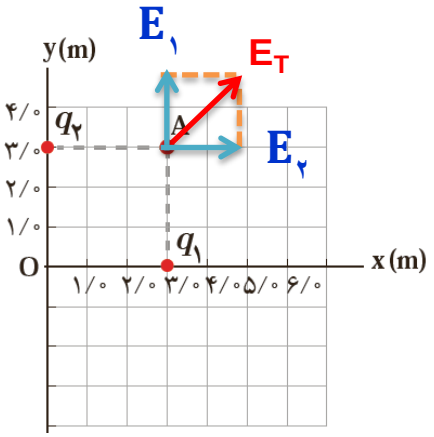
تمرین ۱-۶

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

$(q_1 = q_2 = 5\mu C)$ $k = 9\times10^9 \ \frac{Nm^2}{c^2}$



پاسخ:



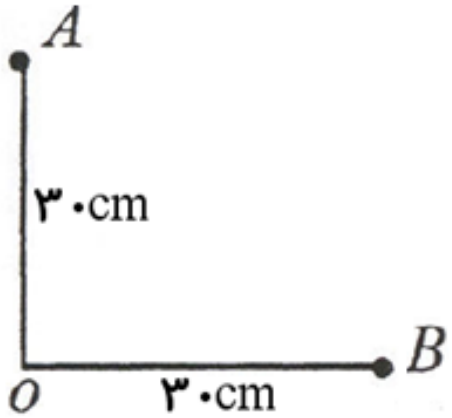
$$E_1 = E_2 = \frac{9\times10^9\times5\times10^{-6}}{3^2} = \frac{45\times10^3}{9} \Rightarrow E_1 = 5\times10^3 \ \frac{N}{C}$$

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

$$E_T = 5\times10^3\sqrt{2} \Rightarrow E_T = 5\sqrt{2}\times10^3 \ \frac{N}{C}$$

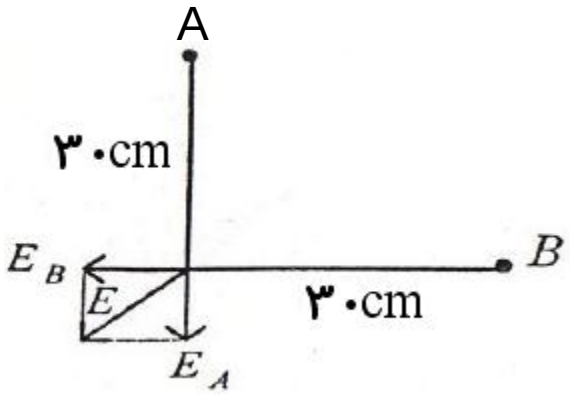
تمرین :

درشکل مقابل اگردرنقاط AوB دو بار الکتریکی ۰/۶ μc و ۰/۸ μc قرارگیرد شدت میدان الکتریکی برآیندرا درنقطه ی O حساب کنید؟



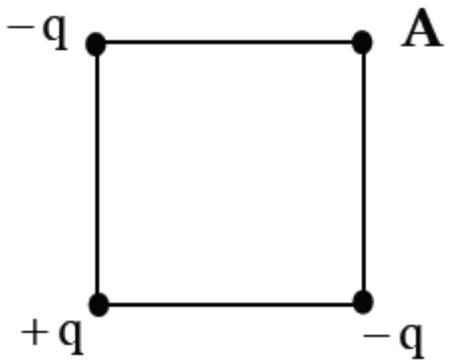
پاسخ:

$E_T = ۱۰^۵ \frac{N}{C}$



تمرین :

سه بارهم اندازه‌ی $q+$ و$q-$ و$q-$مطابق شکل روی سه راس مربعی قرارگرفته اند. اگر اندازه ی میدان ایجاد شده ازطرف بار$q-$ در راس A برابرEباشد.اندازهٔ میدان برآیندرا در این نقطه تعیین کنید.



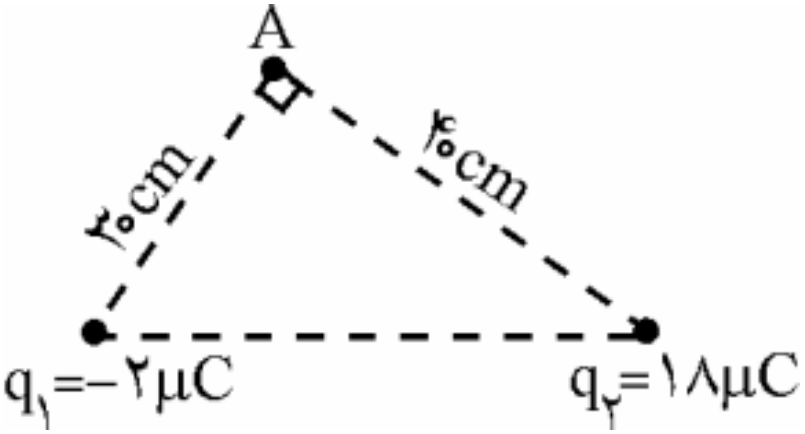
پاسخ:

$$E_T \approx ./۹E$$

تمرین:

با توجه به شکل زیر میدان الکتریکی برآیند را در نقطه‌ی A به‌دست آورید

($k= ۹\times ۱۰^{۹}\ Nm^2/c^2$)



پاسخ :

$E_T \approx ۱۰/۳۲\times ۱۰^{۵}\ \frac{N}{C}$

تست:

میدان الکتریکی درفاصلهٔ ۲۰cm ازبارq برابر۱۸ N/C است اگر۱۰cm دیگر ازبارفوق دورشویم میدان الکتریکی چندN/C می شود؟

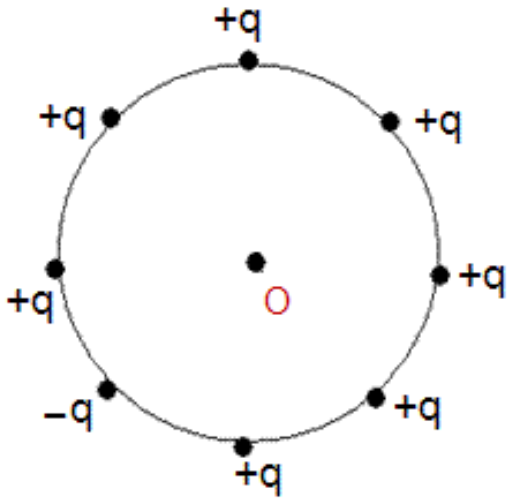
۱) ۲/۲۵ ۲) ۱/۵ ۳) ۱۲ ۴) ۸

پاسخ :

گزینه ۴ صحیح است.

تمرین:

اگربزرگی میدان الکتریکی حاصل از بار q+ درمرکزدایره برابر E باشد، بزرگی میدان الکتریکی برآیندر نقطه O چند E است؟

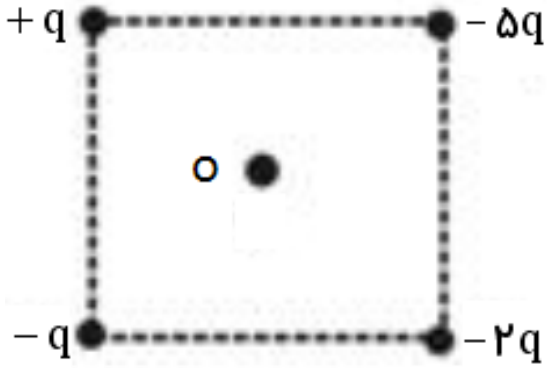


پاسخ :

2E

تمرین:

اگربزرگی میدان الکتریکی حاصل از بار q+ در مرکزمربع مقابل برابر E باشد، بزرگی میدان الکتریکی برآیندر این مرکزچند E است ؟



پاسخ :

۵E

تست:

اگربزرگی میدان الکتریکی حاصل از بار q در فاصله r از آن بار E باشد، بزرگی میدان الکتریکی حاصل از بار ۳q در فاصله $\frac{r}{۲}$ از آن بار چند E است؟

۱) ۴ ۲) $\frac{۱}{۱۲}$ ۳) ۱۲ ۴) $\frac{۱}{۴}$

پاسخ :

گزینه ۳ صحیح است.

تست:

دو ذره $q_1 = +4\mu c$ و $q_2 = -9\mu c$ به فاصله ۱۰ cm از هم مفروضند. مطلوب است شدت میدان حاصل از بار q_1 درمحل بار q_2

۱) $36\times10^{2}\ \frac{N}{C}$ ۲) $3/6\times10^{6}\ \frac{N}{C}$ ۳) $36000\ \frac{N}{C}$ ۴) $0/0036\ \frac{N}{C}$

پاسخ :

شدت میدان حاصل از بار ۴+ μC درمحل بار q_2 یعنی شدت میدان حاصل ازبار q_1 (بارفاعل) درفاصله ۱۰ cm از آن بار :

$$\begin{cases} q_1 = 4\mu c = 4\times10^{-6}\,c \\ r = 10\times10^{-2}\,m = 10^{-1}\,m \\ E = ? \end{cases}$$

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

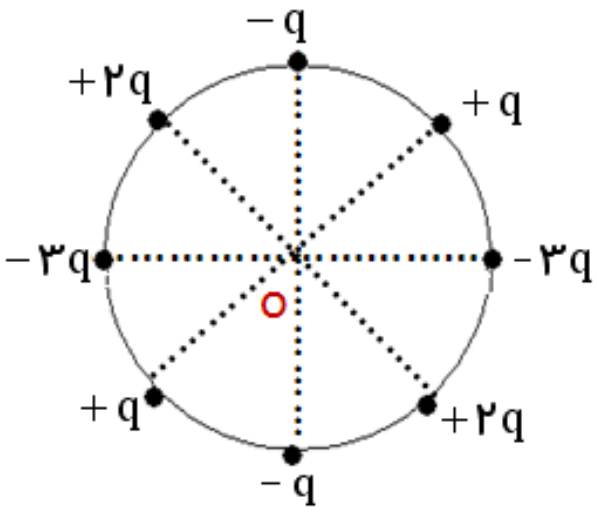
$$E = \frac{9\times10^{9}\times|-4\times10^{-6}|}{(10^{-1})^2}$$

$$E = 3/6\times10^{6}\ \frac{N}{C}$$

گزینه ۲ صحیح است.

تمرین:

درشکل زیر ، برآیند شدت میدان کل در مرکز دایره (نقطهo) چند E است اگر شدت میدان بار +q در مرکز دایره برابر E باشد؟

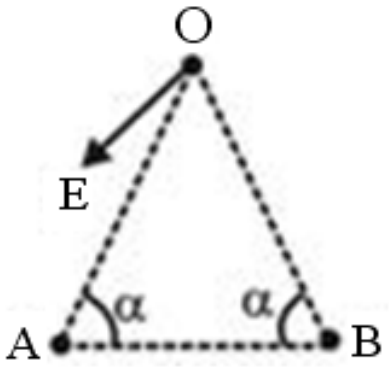


پاسخ :

میدان حاصل از هر دو بار همنام و هم اندازه در دو سرقطر دایره دروسط فاصله‌شان (درنقطه O) صفربوده لذا ،شدت میدان برآیند در نقطه O برابر صفر خواهد بود.

تست:

در نقاط A و B چه نوع باری قراردهیم تاشدت میدان درنقطه O برابربردار E شده باشد؟



۱) هر دو بار مثبت و $q_A \rangle q_B$

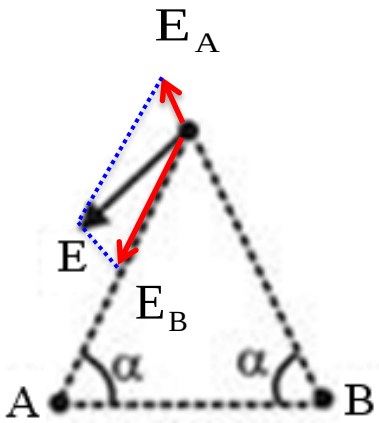
۲) بار q_A منفی و q_B مثبت و $|q_A| \rangle q_B$

۳) بار q_A مثبت و q_B مثبت و $|q_A| \langle q_B$

۴) هر دو بار منفی و $|q_A| \rangle |q_B|$

پاسخ :

گزینه ۲ صحیح است.



ابتدا میدان E را دردو راستای اضلاع مثلث تجزیه می کنیم

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

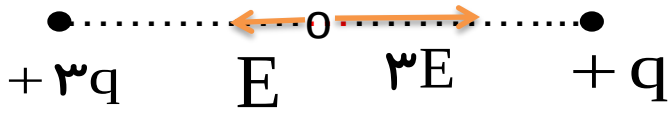
نکته :

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

تست:

اگربزرگی میدان الکتریکی حاصل از دو بار $+3q$ و $+q$ دروسط فاصله‌شان برابر $400\ N/C$ باشد ،وقتی بار بزرگتر را خنثی کنیم ،بزرگی میدان در این نقطه چند N/C می‌شود؟

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 ، ۳ E است پس :

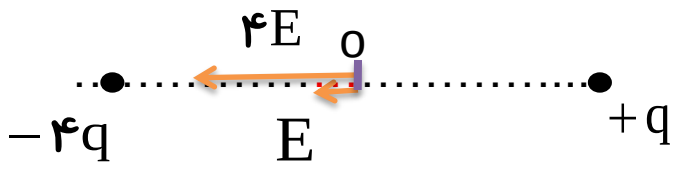
$$\begin{cases} E_T = 3E - E \\ E_T = 400\ N/C \end{cases} \rightarrow 2E = 400\ N/C \rightarrow E = 200\ N/C$$

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

تست:

اگر شدت میدان حاصل از دو بار $+q$ و $-۴q$ در وسط فاصله‌شان $۶۰۰\ N/C$ باشد، شدت میدان حاصل از بار بزرگتر در محل بار کوچکتر چند N/C است ؟

۱) ۴۸۰ ۲) ۳۰ ۳) ۱۲۰ ۴) ۲۴۰



پاسخ :

$E' = ۱۲۰ \frac{N}{C}$

اگر شدت میدان حاصل از بار $+q$ در نقطه o برابر E باشد ،آنگاه شدت میدان حاصل از بار $-۴q$ در نقطه o برابر $۴E$ است ،بنابراین:

$$\begin{cases} E_T = ۴E + E \\ E_T = ۶۰۰ N/C \end{cases} \rightarrow ۵E = ۶۰۰ N/C \rightarrow E = ۱۲۰ N/C = k\frac{q}{r^۲}$$

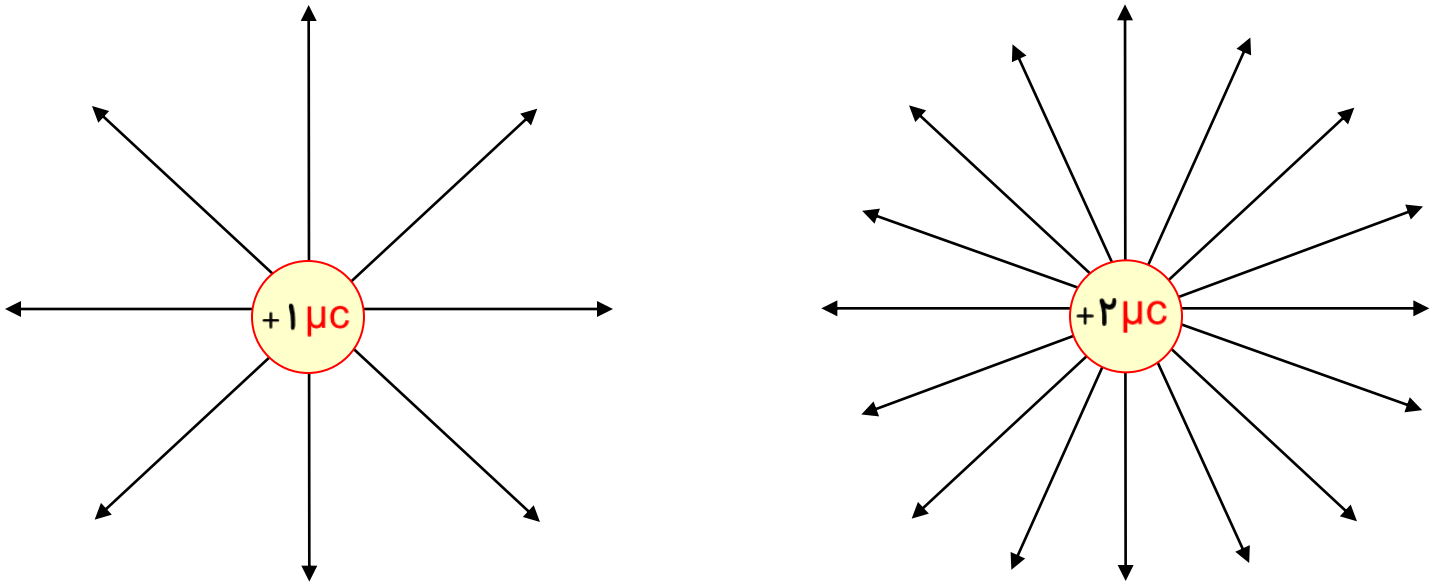
گزینه ۳ صحیح است.

$$E' = k\frac{۴q}{(۲r)^۲} \rightarrow E' = k\frac{q}{r^۲} = ۱۲۰ N/C$$

موضوع : خطوط میدان الکتریکی

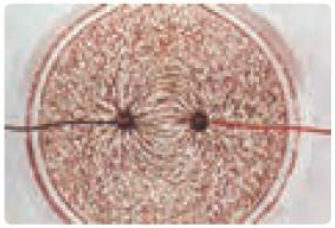
پرسش:

خط های میدان الکتریکی دوذره ی باردارراباایکدیگر مقایسه کنید؟



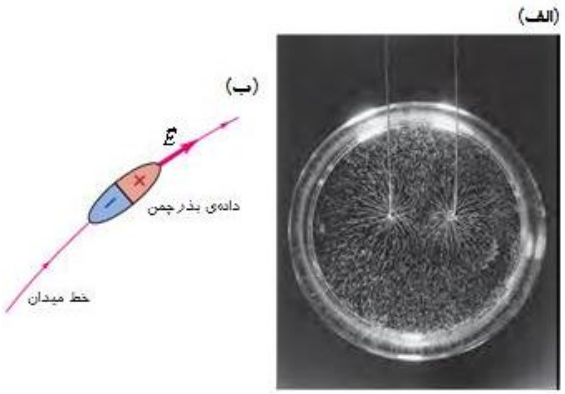
فعالیت (۱-۲کار در کلاس)

درون یک ظرف شیشه ای یا پلاستیکی با عمق کم، مقداری پارافین مایع یا روغن کرچک به عمق حدود ۰/۵ cm بریزید و داخل آن دو الکترود نقطه ای قراردهید. الکترودها 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 الکترودتوجه کنید. شکل سمت گیری دانه ها در این فضا را رسم کنید.



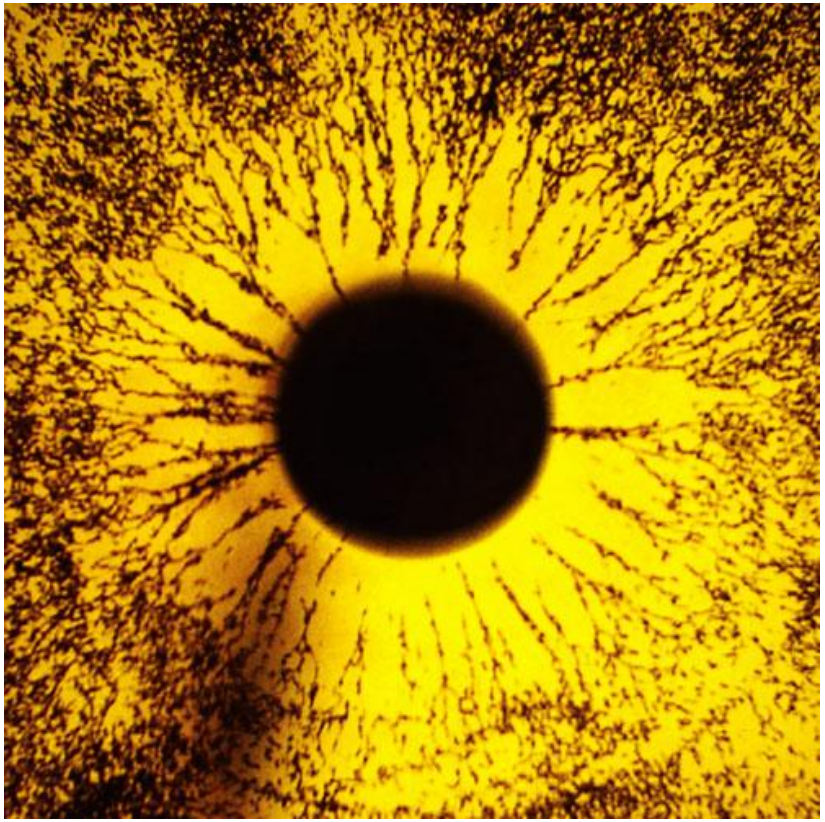
پاسخ:

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

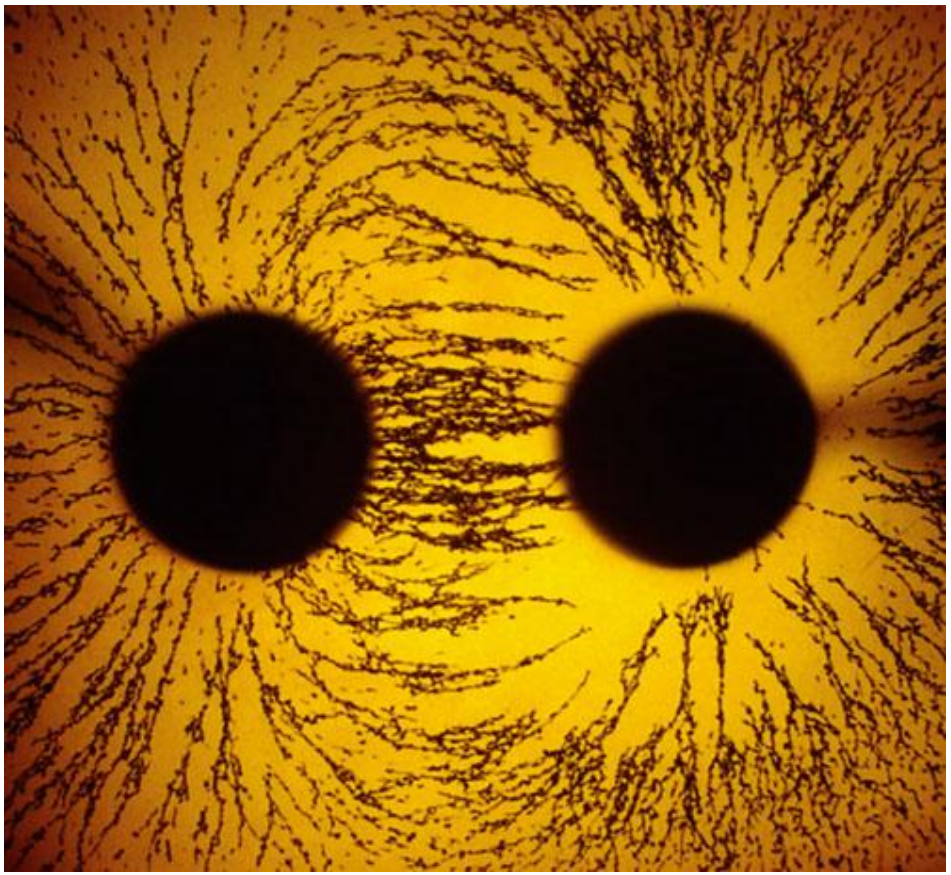


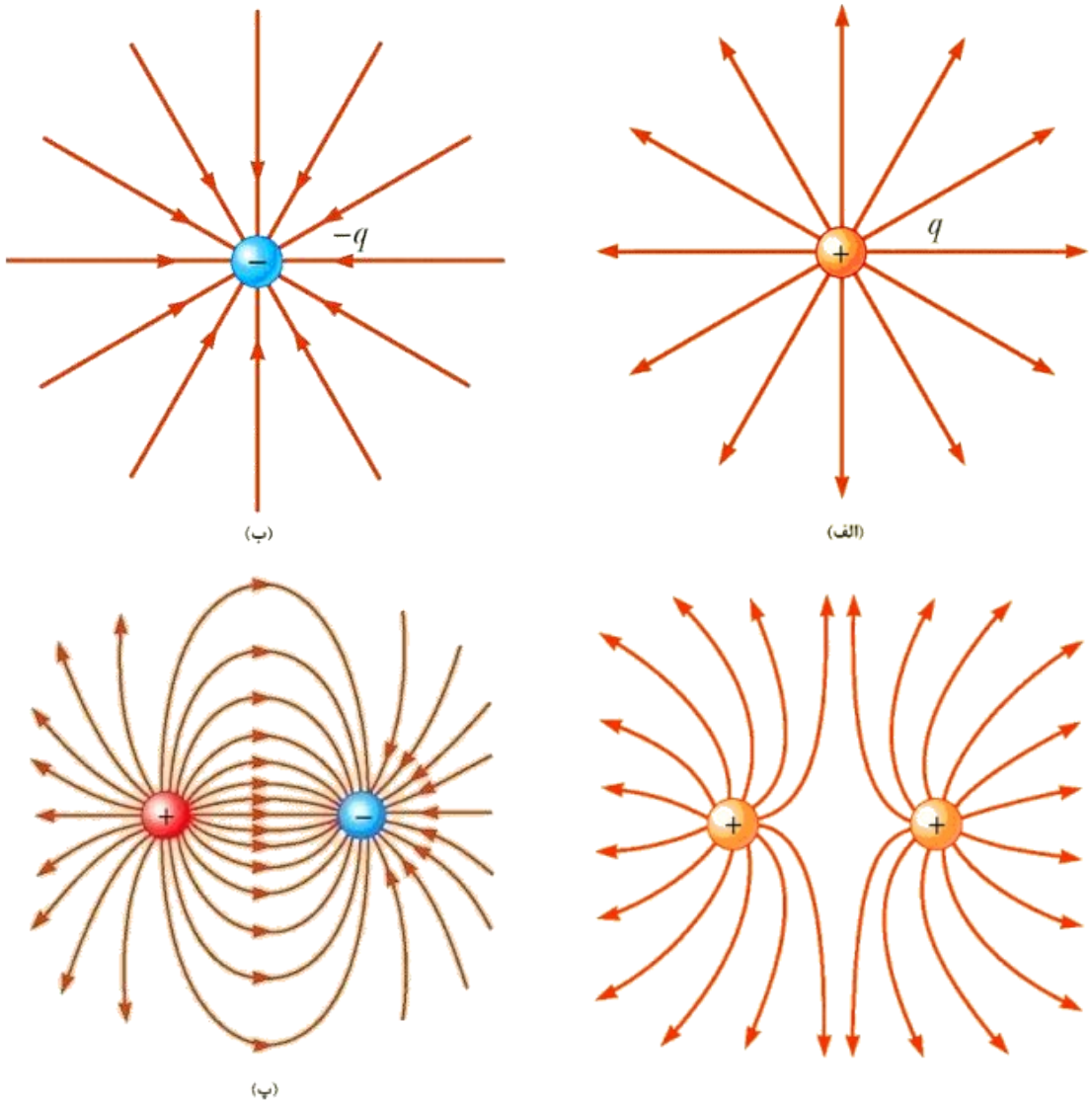
(شکل الف) میدان الکتریکی باعث قطبش دانه‌های بذرمی‌شود که به‌نوبهٔ خود موجب می‌شود که دانه‌ها با میدان هم‌خط شوند(شکل ب)

خطوط میدان الکتریکی اطراف بارمثبت



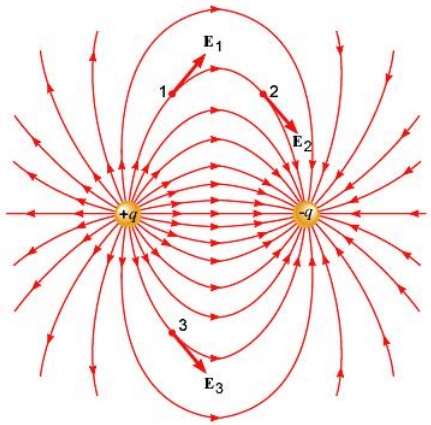
خطوط میدان الکتریکی اطراف بارمثبت ومنفی

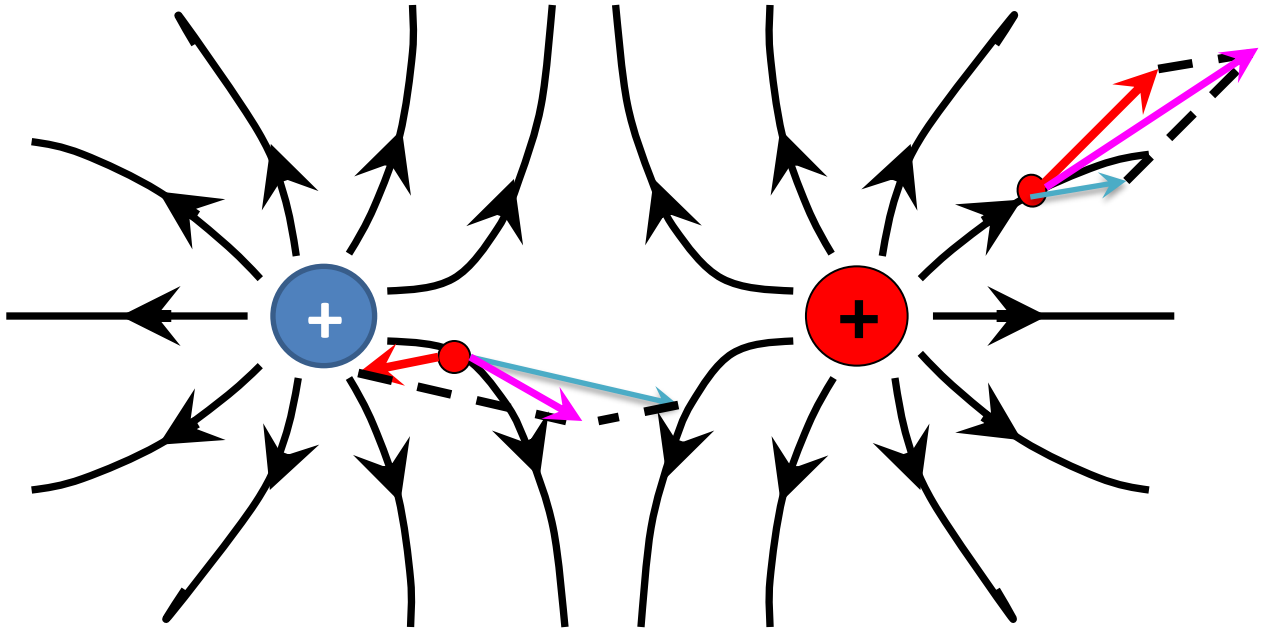



q
−q
(الف)
(ب)
(پ)

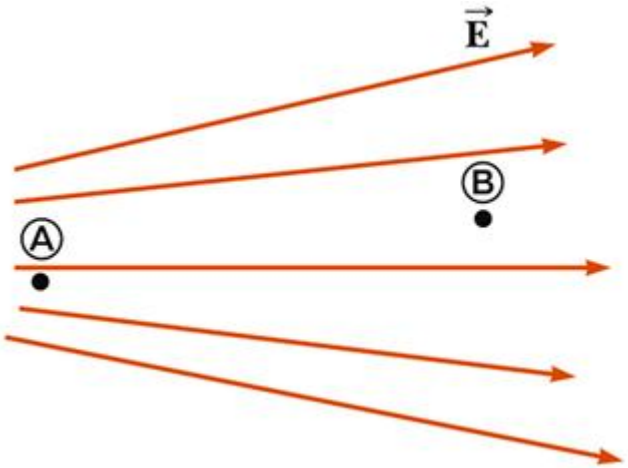
ویژگی های خطوط میدان الکتریکی :

۱ -درهرنقطه بردارمیدان الکتریکی باید مماس برخط میدان الکتریکی عبوری از آن نقطه و در همان جهت باشد

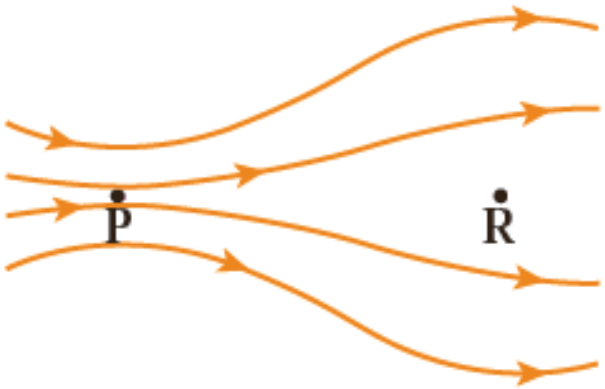




۲-میزان تراکم خطوط میدان در هر ناحیه ازفضا نشان دهندهٔ اندازهٔ میدان در آن ناحیه است؛هرجا خطوط میدان متراکم‌تر باشد، اندازهٔ میدان بیشتر است

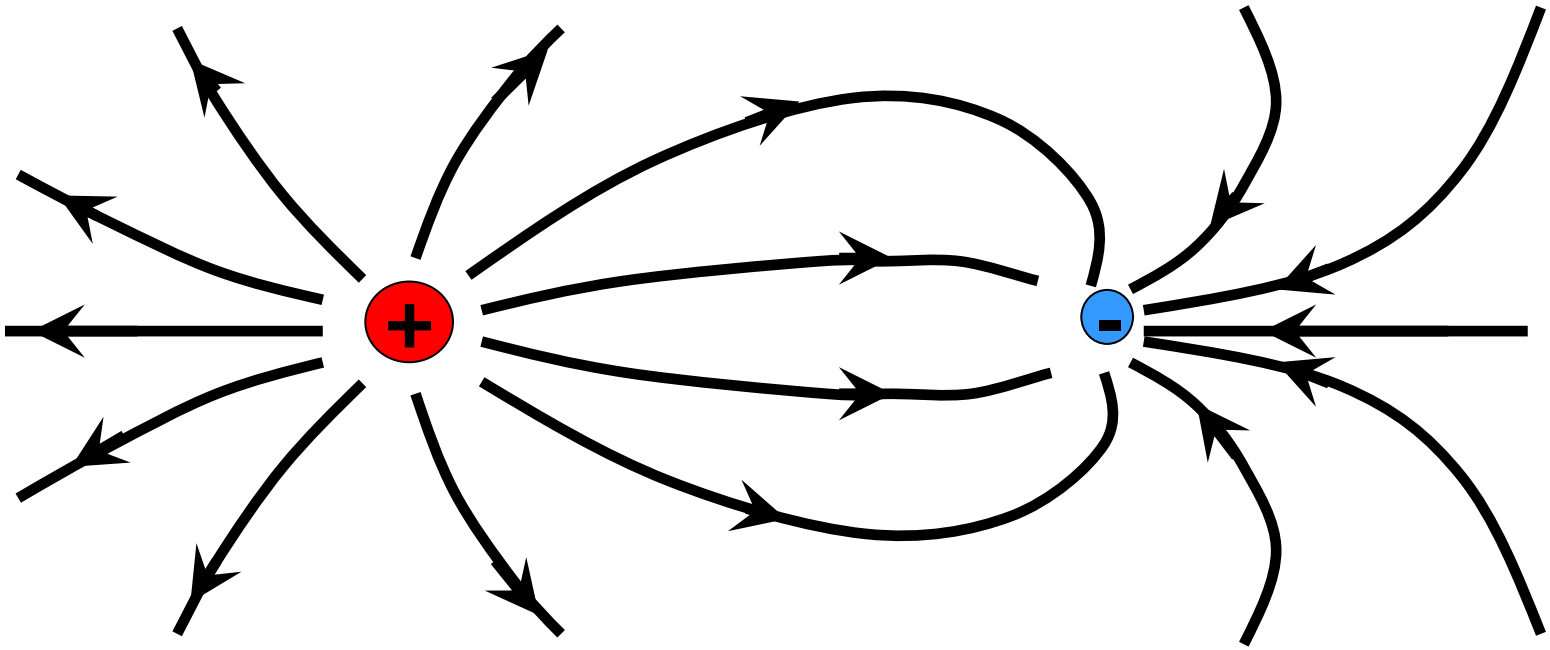


$$E_A \rangle E_B$$

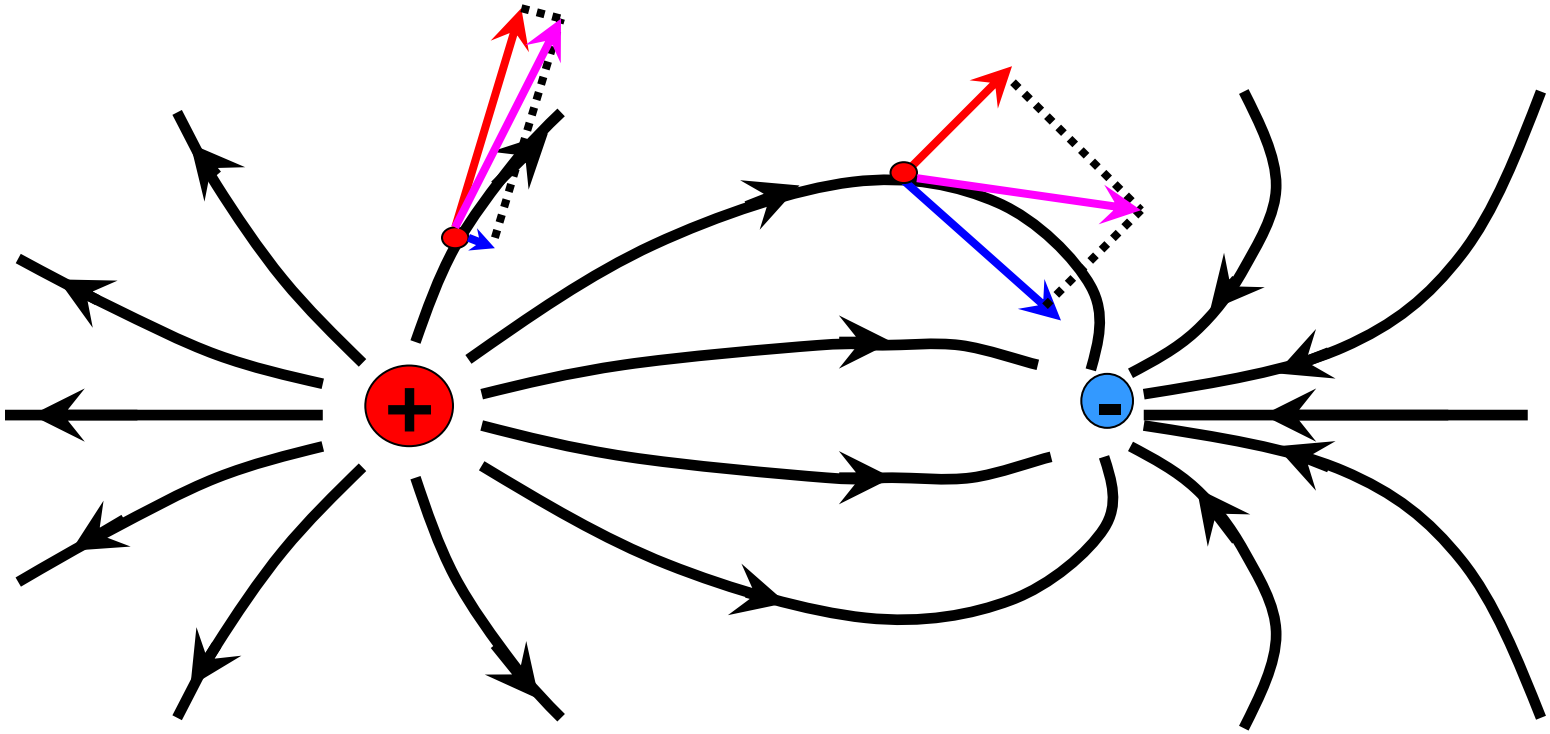


$$E_P \rangle E_R$$

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

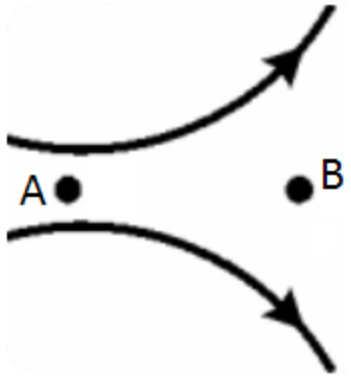


۴- خطوط میدان برایند هرگز یکدیگر را قطع نمی کنند یعنی از هر نقطهٔ فضا فقط یک خط میدان الکتریکی می گذرد.

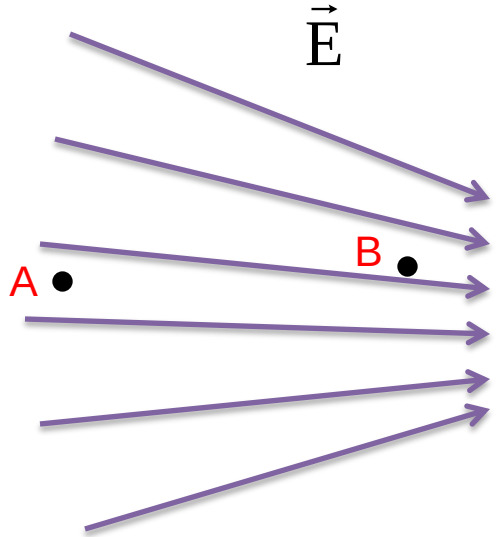


پرسش:

میدان الکتریکی دونقطه ی Aو Bرابایکدیگر مقایسه کنید؟



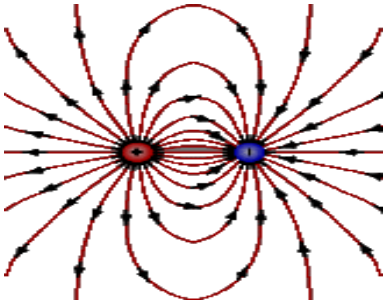
ب)

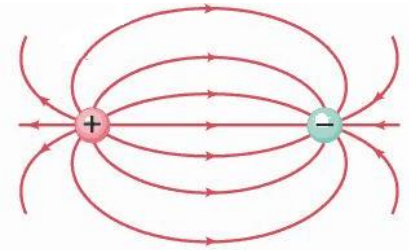


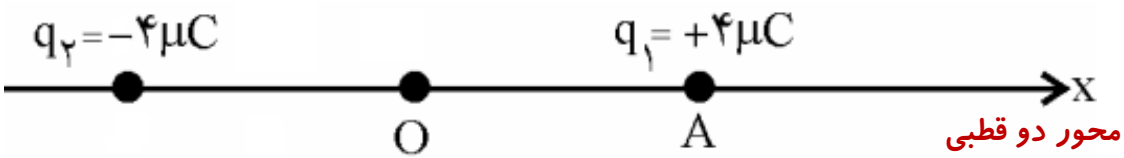
الف)

دو قطبی الکتریکی :

دو بارمساوی ومخالف که به فاصله ای ازیکدیگرقرار دارند.







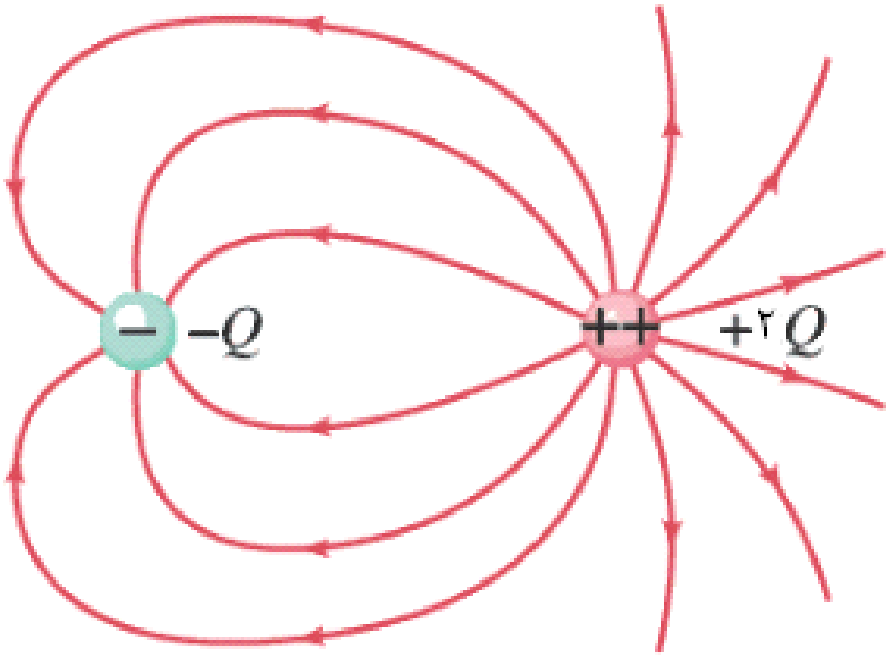
محور دو قطبی

مرکزدو قطبی

پرسش :

میدان اطراف دوذره ی بار Q–و ۲Q + که به فاصله ای ازیکدیگرقرار دارندرا رسم کنید.

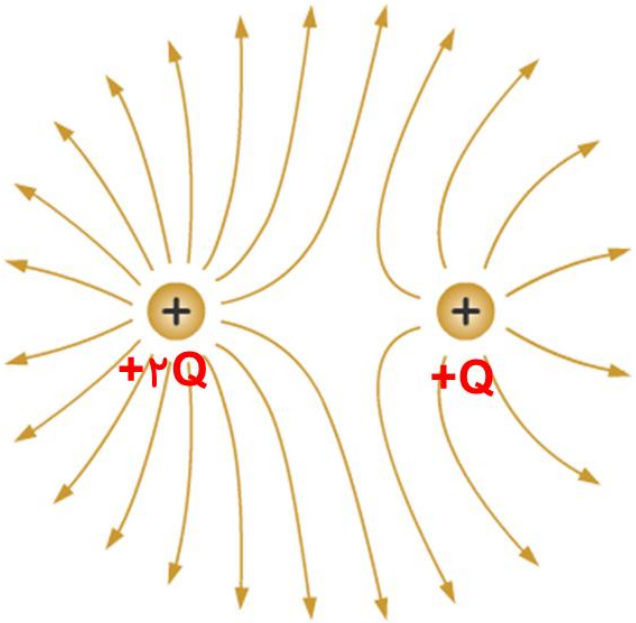
پاسخ:



پرسش :

میدان اطراف دوذره ی بار Q+و ۲Q+ که به فاصله ای ازیکدیگرقرار دارندرا رسم کنید.

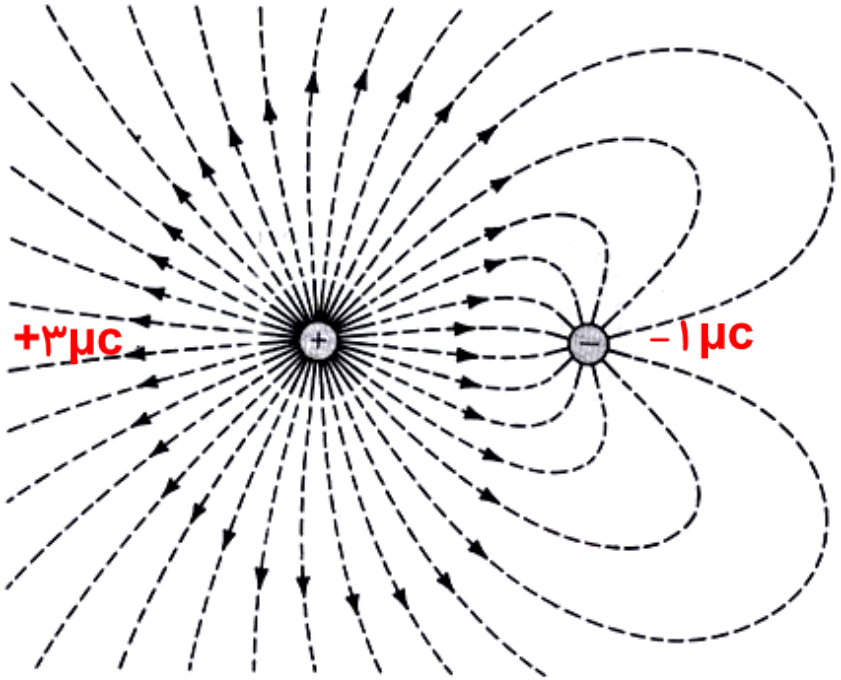
پاسخ:



پرسش :

میدان اطراف دوذرهٔبار$1\mu c$ -و $3\mu c$+ که به فاصله ای ازیکدیگرقرار دارندرا رسم کنید.

پاسخ:

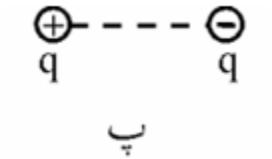


پرسش:

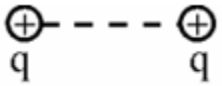
در هر یک از شکل‌های زیر خط‌های میدان را به‌طور کیفی رسم کنید.

الف

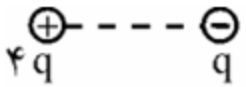
ب



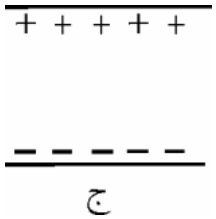
پ



ت



ث

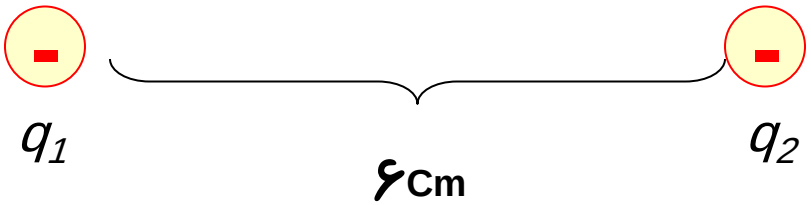

ج

تمرین:

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

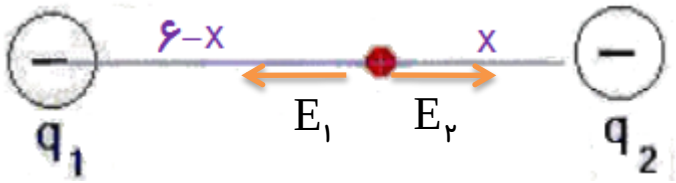
پاسخ :

$x = 2cm$



پاسخ :

شرط صفر شدن میدان الکتریکی برآیند آن است که :



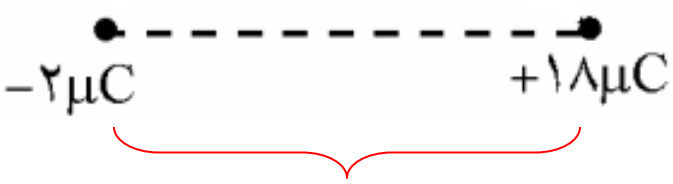
$$|E_۱| = |E_۲| \rightarrow \frac{k|q_۱|}{r_۱^۲} = \frac{k|q_۲|}{r_۲^۲} \rightarrow \frac{k|q_۱|}{(۶-x)^۲} = \frac{k|q_۲|}{x^۲} \rightarrow \frac{|-۸|}{(۶-x)^۲} = \frac{|-۲|}{x^۲} \rightarrow \frac{۴}{(۶-x)^۲} = \frac{۱}{x^۲}$$

$$۴x^۲ = (۶-x)^۲ \xrightarrow{\text{ازطرفین تساوی جذر می گیریم}} ۲x = \pm(۶-x)$$

$$\begin{cases} ۲x = (۶-x) \rightarrow x = ۲cm & \text{ق ق} \\ ۲x = -(۶-x) \rightarrow x = -۶cm & \text{غ ق ق} \end{cases}$$

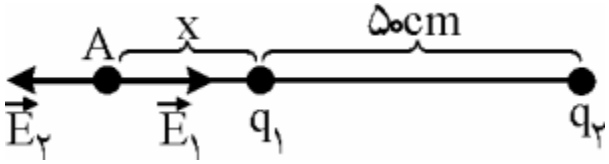
تمرین:

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



پاسخ :

$x = ۲۵cm$



پرسش:

درچه نقطه‌ای بین دو ذره ی باردار بر آیند میدان (یا نیروها) صفراست؟

پاسخ:

اگر دو بار همنام باشند، بین آنها روی خط واصل دو بار، واگر دو بار ناهمنام باشند، درخارج از فاصلهٔ دو بار روی خط واصل ودرهردو حالت نزدیک به بارکوچکترمی‌توان نقطه‌ای یافت تابرآیندمیدان ها(نیروها)واردبرهرذرهٔ بارداری واقع درآن نقطه صفر شود.

فاصله دوذره ی باردار

فاصله تابارکوچکتر

$$x = \frac{d}{\sqrt{\left|\frac{q_{بزرگ}}{q_{کوچک}}\right|} \pm ۱}$$

اگر دو بار همنام باشند : +

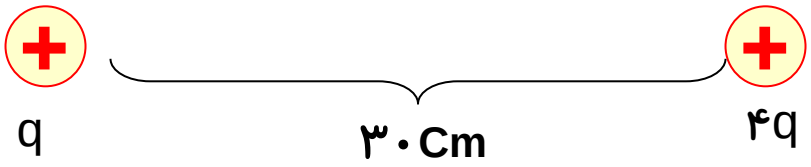
اگر دو بار ناهمنام باشند : −

تمرین:

دو بارنقطه ای ومثبت بامقادیرqو۴qبه فاصله در۳۰cm از هم قرار دارنددرچه فاصله ای از بار الکتریکیqروی خط واصل ،میدان الکتریکی برآیند صفراست؟

پاسخ :

$x = ۱۰cm$



$$x = \frac{d}{\sqrt{\left|\frac{q_{بزرگ}}{q_{کوچک}}\right|} + ۱}$$

$$x = \frac{۳۰}{\sqrt{\left|\frac{۴q}{q}\right|} + ۱} = \frac{۳۰}{۲+۱} = \frac{۳۰}{۳} = ۱۰cm$$

تست:

دوبار $-۹\ \mu c$ و $+۴\ \mu c$ به فاصله $۳۰\ cm$ از هم مفروضند. میدان الکتریکی برآیند در چه نقطه‌ای صفر است؟

۱) خارج از فاصله دو بار و $۶۰\ cm$ بار $-۹\ \mu c$

۲) بین دو بار و $۱۰\ cm$ بار $+۴\ \mu c$

۳) خارج از فاصله دو بار و $۶۰\ cm$ بار $+۴\ \mu c$

۴) بین دو بار و $۱۰\ cm$ بار $-۹\ \mu c$

پاسخ :

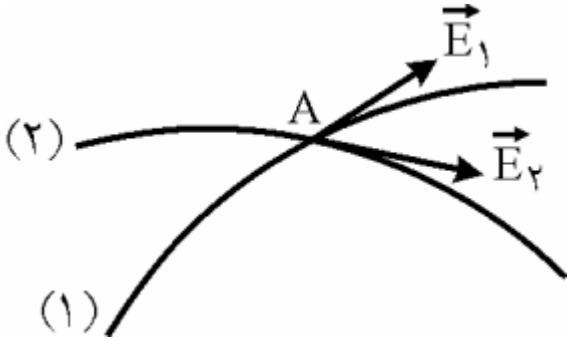
$$x = \frac{d}{\sqrt{\left|\frac{q_{بزرگ}}{q_{کوچک}}\right|} - ۱}$$

گزینه ۳ صحیح است.

$$x = \frac{۳۰}{\sqrt{\left|\frac{-۹}{۴}\right|} - ۱} = \frac{۳۰}{\frac{۳}{۲} - ۱} = \frac{۳۰}{\frac{۱}{۲}} = ۶۰\,cm$$

پرسش ۱-۴

به نظرشما چرا خطوط میدان الکتریکی برایند هرگزیکدیگررا قطع نمی کنند؟



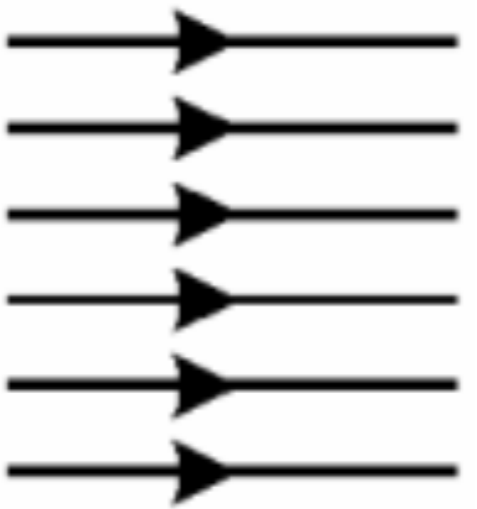
پاسخ:

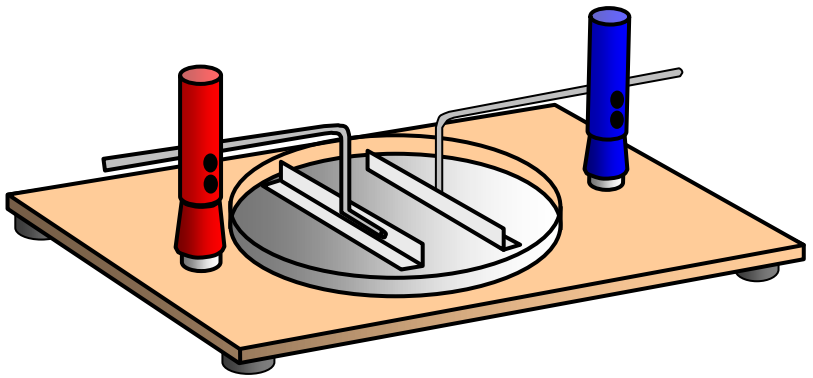
فرض می کنیم که خطوط میدان در یک نقطه همدیگر را قطع می‌کنند، یعنی در آن نقطه دو جهت برای میدان وجود دارد به طوری که اگر بار آزمونی را در آن نقطه قرار دهیم، همزمان در دو جهت شروع به حرکت می‌کند که این امکانپذیر نیست، پس خطوط میدان همدیگر را قطع نمی‌کنند.

میدان الکتریکی یکنواخت

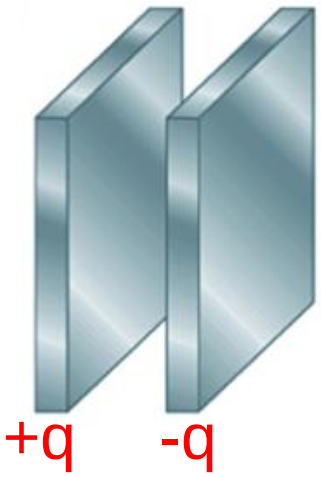
میدانی که خطوط آن راست، موازی و هم فاصله اند.(بردار $\vec{E}$ ثابت باشد)

یا میدانی با تراکم یکسان که اندازهٔ میدان در همهٔ نقاط آن برابر است





شرایط ایجاد میدان الکتریکی یکنواخت:

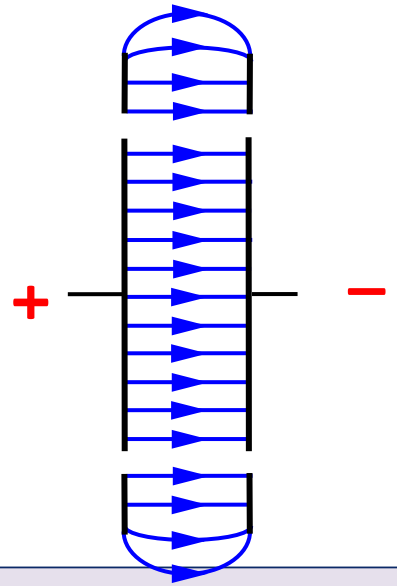


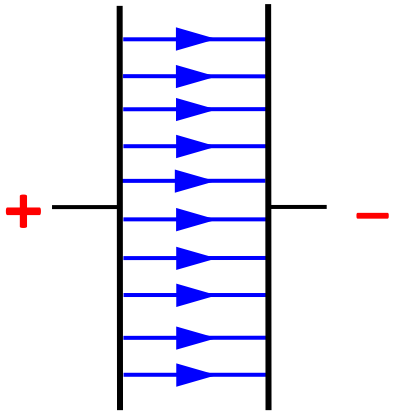
۱-دوصفحهٔ‌رسانای مشابه را به طورموازی از هم قراردهیم.

۲-یکی ازصفحات را بار q+ و به دیگری بار q− دهیم .

نکته:

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



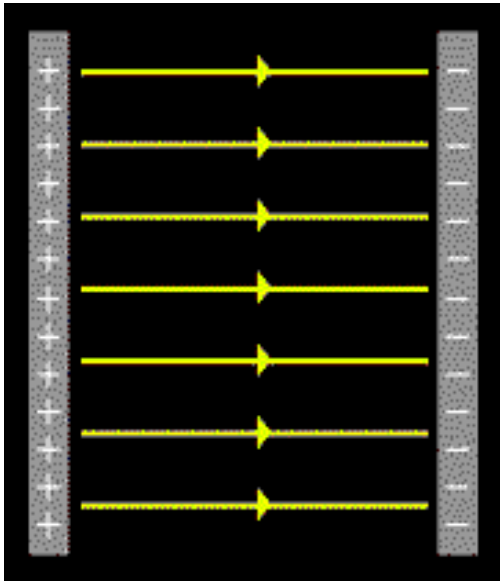


پرسش:

ازمشاهدهٔ تصویر متحرک زیرچه نتیجه ای می گیرید؟

پاسخ :

برهرذرهٔ بارداری که در یک میدان الکتریکی قرارگیردنیرویی وارد می‌گردد.



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

$$\vec{E}=\frac{\vec{F}}{q.} \Rightarrow \vec{F}=\vec{E}q.$$

$q.>0 \Rightarrow \vec{F} \parallel \vec{E}$ نیرو هم جهت میدان

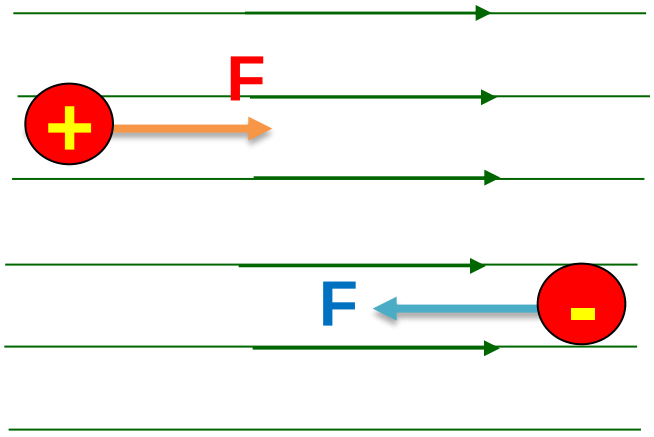
$q.<0 \Rightarrow \vec{F} \parallel \vec{E}$ نیرو خلاف جهت میدان

بربارمثبت واقع درمیدان الکتریکی،نیرویی هم جهت بامیدان الکتریکی واردمی شود.

بربارمنفی واقع درمیدان الکتریکی،نیرویی درخلاف جهت میدان الکتریکی واردمی شود.

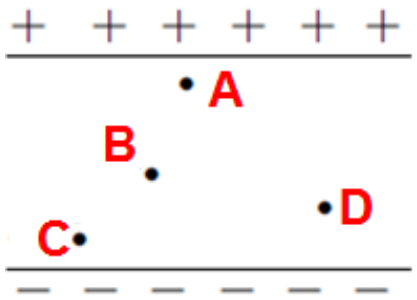
میدان الکتریکی خارجی ناشی از اجسام باردار دیگر

E



پرسش:

نیروی الکتریکی وارد بربارالکتریکیq+رادرشکل زیر،درنقاط A ، B ، C ، D باهم مقایسه کنید.



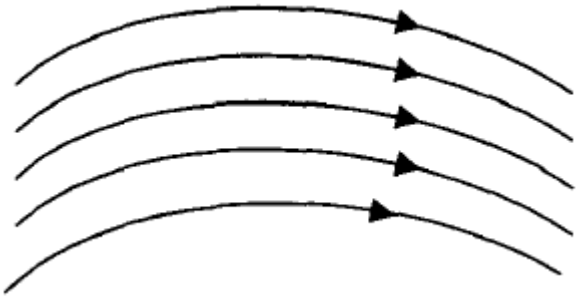
پاسخ :

چون بین دوصفحه میدان الکتریکی یکنواخت ایجاد شده است، پس نیرویی که بربارد‌رهرنقطه وارد می شود باهم برابرند

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

پرسش:

شکل زیرخطوط میدان الکتریکی دریک ناحیه ازفضا به صورت خمهای موازی وهم فاصله اندآیا این میدان الکتریکی یکنواخت است؟توضیح دهید

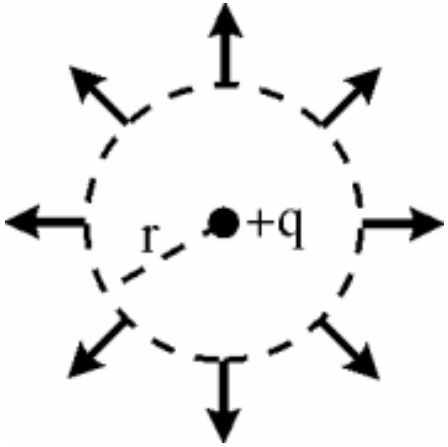


پاسخ :

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

پرسش:

بارنقطه ای را درنظربگیرید.به مرکزبار،کره ای به شعاع رسم کنید. آیا بردارمیدان الکتریکی بر روی سطح این کره ثابت است؟

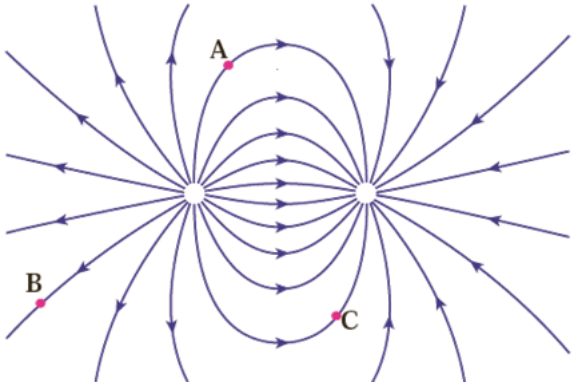


پاسخ :

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

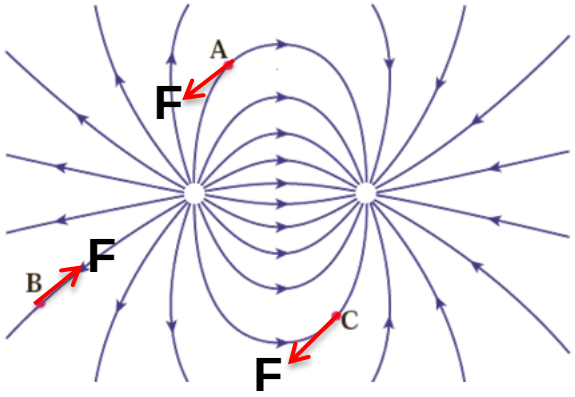
پرسش ۱-۵

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.



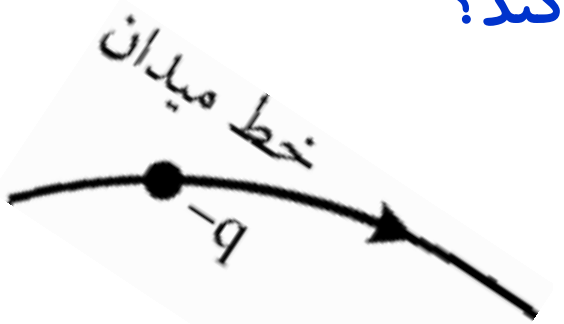
پاسخ:

نیرویی 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 برروی خط میدان قرار می دهیم. آیا ذره ی باردار بر روی خط میدان حرکت می کند؟



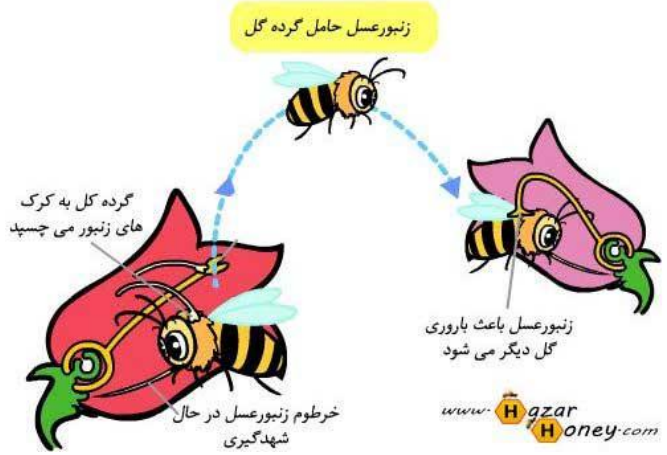
پاسخ :

نیروی در خلاف جهت میدان به ذره ی باردار وارد می شود و ذره به حرکت درمی‌آید 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

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

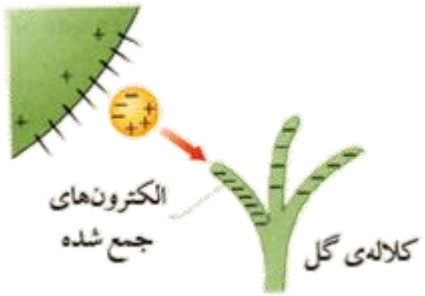


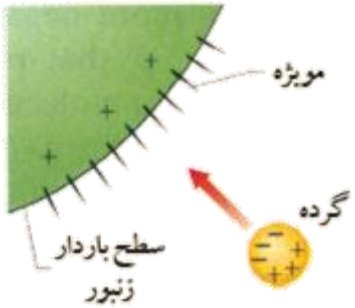
فعالیت ۱-۳

تولیدمثل برخی ازگل ها به زنبورهای عسل وابسته است.گرده ها به واسطهٔمیدان الکتریکی، از یک گل به زنبور و از زنبور به گل دیگر منتقل می شوند. در این باره تحقیق کنید.

پاسخ:

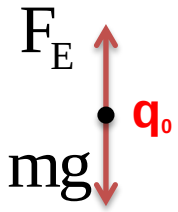
زنبورهای عسل معمولاً درحین پروازدارای بارالکتریکی مثبت می شوند و وقتی به گرده بدون بار روی بساک یک گل می رسندمیدان الکتریکی آنهاروی گرده بارهای مثبت و منفی القامی کندبه طوری که آن سمت گرده که به طرف زنبور است دارای بارمنفی می شودوگرده به زنبور کشیده شده وگرده هاروی مویژه های ریززنبور قرار می گیرند وقتی زنبور در اطراف گل دیگری پرواز می کندبارهای منفی روی کلاله القا می کندواگر 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 بارداری به جرم ۲g با بار الکتریکی ۴۰μc-دریک میدان الکتریکی یکنواخت معلق وبه حال سکون است. بزرگی وجهت میدان الکتریکی را تعیین کنید؟



پاسخ :

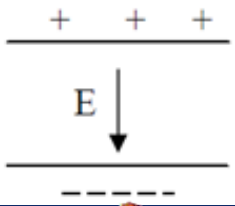
$$E = ۵۰۰ \frac{N}{C}$$

نیروی وزن ونیرویی که ازطرف میدان الکتریکی برذره وارد می شود باید باهم مساوی ودرخلاف جهت یکدیگر باشند

$$\begin{cases} m = ۲g = ۲\times ۱۰^{-۳} kg \\ q_o = -۴۰\times ۱۰^{-۶} c \\ E = ? \\ g = ۱۰ \frac{m}{s^۲} \end{cases} \qquad \begin{cases} F_E = E|q_o| \\ F_g = W = mg \end{cases} \xrightarrow{?} E|q_o| = mg \rightarrow E = \frac{mg}{|q_o|} = \frac{۲\times ۱۰^{-۳} \times ۱۰}{۴۰\times ۱۰^{-۶}}$$

$$\rightarrow E = ۵۰۰ \frac{N}{C}$$

چون به بارالکتریکی منفی ازطرف میدان الکتریکی ،نیروی به سمت بالا وارد شده است. بنابر این میدان به سمت پائین است



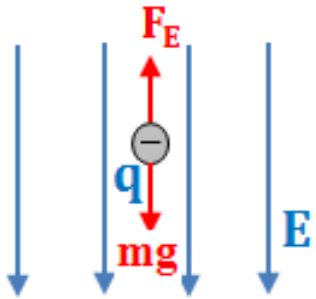
تمرین ۱-۷

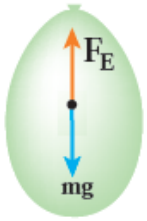
روی سطح بادکنکی به جرم $10\,g$ بار الکتریکی $-200\,nC$ ایجاد می کنیم و آن را در یک میدان الکتریکی قرارمی دهیم. بزرگی و جهت این میدان الکتریکی را در صورتی که بادکنک معلق بماند، تعیین کنید. از نیروی شناوری وارد به بادکنک چشم پوشی کنید. $k = 9\times10^{9}\ \frac{Nm^2}{c^2}$

پاسخ:

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

$$F_E = mg \rightarrow E|q| = mg \rightarrow E = \frac{10\times10^{-3}\times10}{200\times10^{-9}} \rightarrow E = 5\times10^{5}\ \frac{N}{C}$$





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

تست:

ذره‌ای به جرم ۱۰g و بار الکتریکی ۵μc در میدان الکتریکی ۱۰۰۰ N/C قرار دارد. شتاب حاصل از نیروی الکتریکی وارد بر این ذره را بیابید.

۱) ۰/۵ ۲) ۰/۱ ۳) ۰/۲ ۴) ۵

پاسخ :

$a = ./۵ \frac{m}{s^۲}$

$$\begin{cases} m = ۱۰g = ۱۰\times ۱۰^{-۳} kg = ۱۰^{-۲} kg \\ q_o = ۵\mu c = ۵\times ۱۰^{-۶} c \\ E = ۱۰۰۰ \frac{N}{C} = ۱۰^{۳} \frac{N}{C} \\ a = ? \end{cases}$$

$$\begin{cases} F = E|q.| \\ F = ma \end{cases} \Rightarrow E|q_o| = ma \overset{?}{} \rightarrow$$

$$a = \frac{E|q.|}{m} = \frac{۱۰^{۳}\times ۵\times ۱۰^{-۶}}{۱۰^{-۲}} \rightarrow$$

$$a = ./۵ \frac{m}{s^۲}$$

تمرین

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

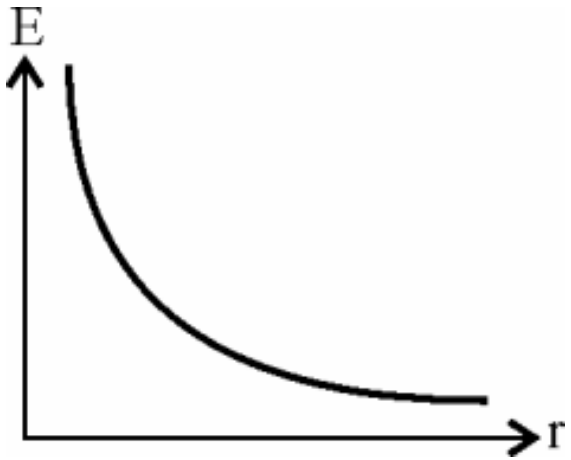
پاسخ :

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

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

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

$$\begin{cases} r = 0 \rightarrow E \Rightarrow \infty \\ r \Rightarrow \infty \rightarrow E = 0 \end{cases}$$

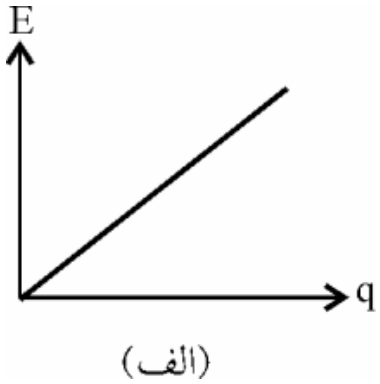


تمرین:

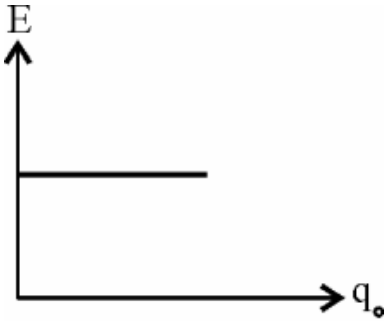
نمودارتغییرات میدان الکتریکی دریک نقطه را برحسب متغیرهای زیر به‌طور کیفی رسم کنید. الف)تغییرات بار مولد میدان (q) ب)تغییرات باری که درمیدان قرار می‌دهیم (q_0)

پاسخ :

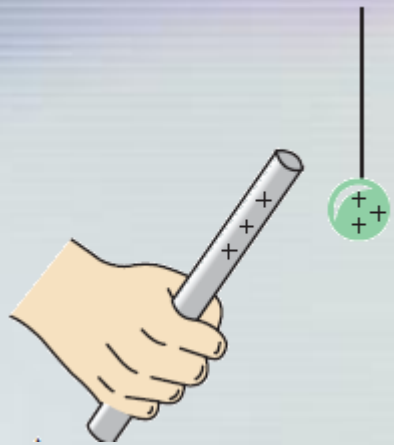
$$E = K\frac{q}{r^2} \rightarrow E = \frac{K}{r^2}|q|$$

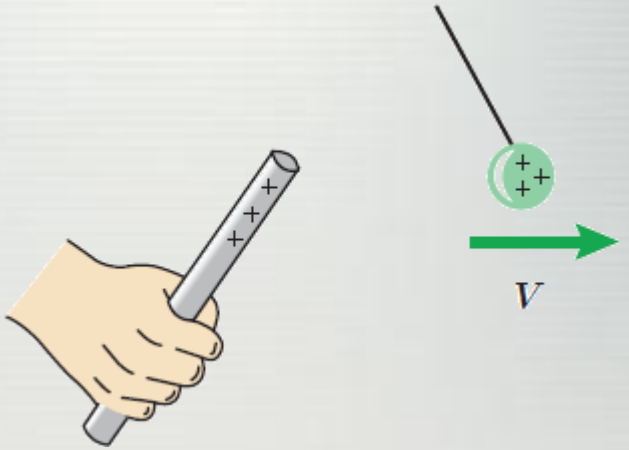


(الف)



(ب)



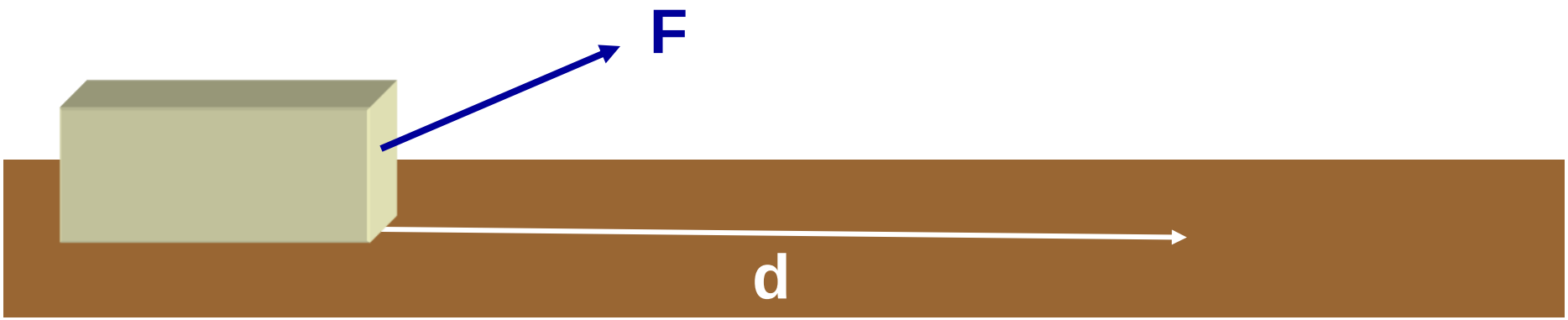


موضوع : انرژی پتانسیل الکتریکی

یادآوری

فرمول کار: $W_F = Fd \cos\theta$

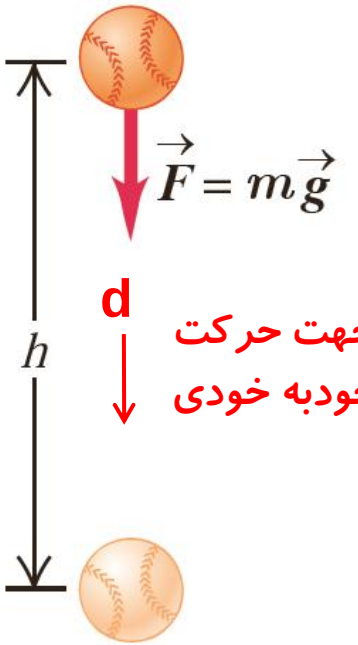
(کسینوس زاویه بین نیرو و جابجایی × جابجایی × نیرو) = کار انجام شده.



کار وانرژی جنبشی: $W_T = \Delta K$

نکات مهم در موردنحوه تغییرانرژی پتانسیل الکتریکی یک ذره دریک میدان

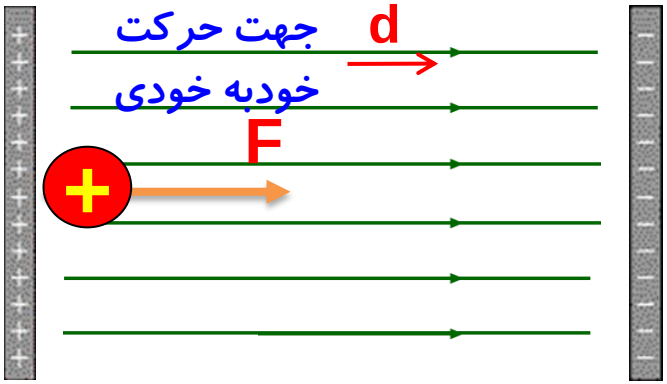
نکته ۱ –هر حرکتی که به صورت خودبه خودی درطبیعت انجام شود،درراستای آن انرژی پتانسیل سامانه را کاهش می دهد.برای مثال درشکل مقابل گلوله پس از رها شدن به صورت خودبه خودی به طرف پایین حرکت می کند،بنابر این انرژی پتانسیل گرانشی گلوله کاهش می یابد.



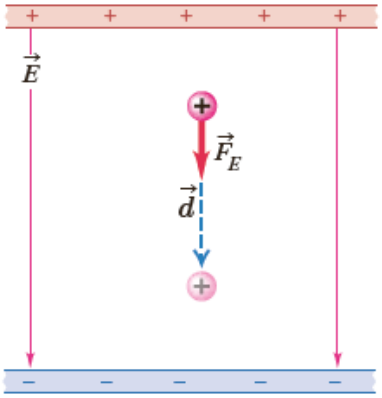
$$W_{\text{وزن}} = -\Delta U_{\text{گرانشي}}$$

$$\Delta U_g = -W_g$$

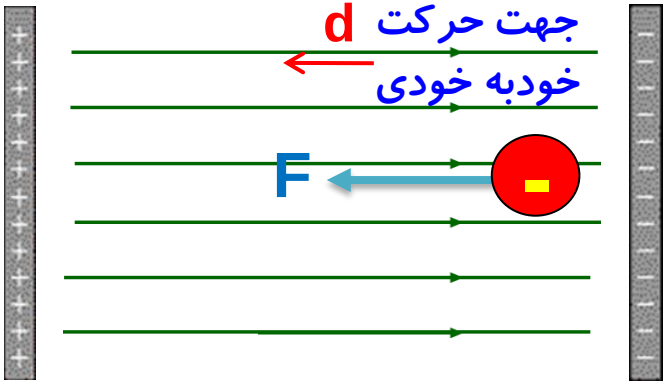
الف)می دانیم بارمثبت به صورت **خودبه خودی** درجهت میدان الکتریکی حرکت می کند، بنابراین انرژی پتانسیل الکتریکی پروتون با حرکت **درجهت میدان** کاهش می یابد



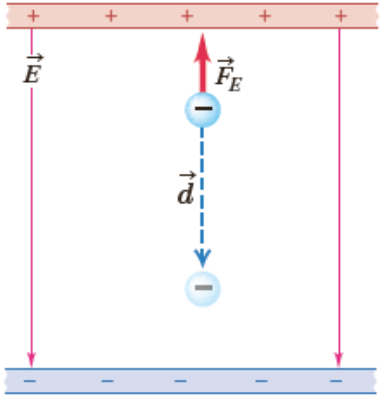
$$W_E = -\Delta U_E$$



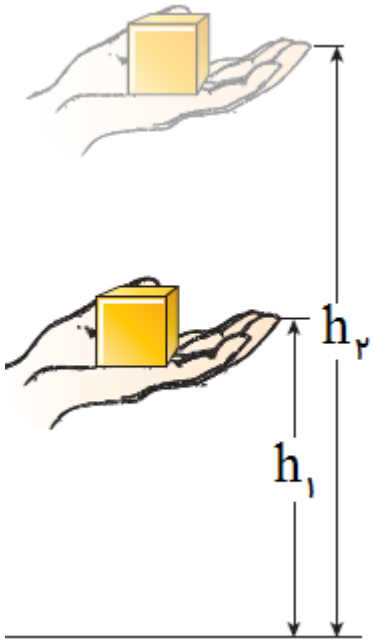
ب)می دانیم بارمنفی(الکترون)به صورت **خودبه خودی** درخلاف جهت میدان حرکت می کند، بنابراین انرژی پتانسیل الکتریکی الکترون با حرکت **درخلاف جهت میدان** کاهش می یابد



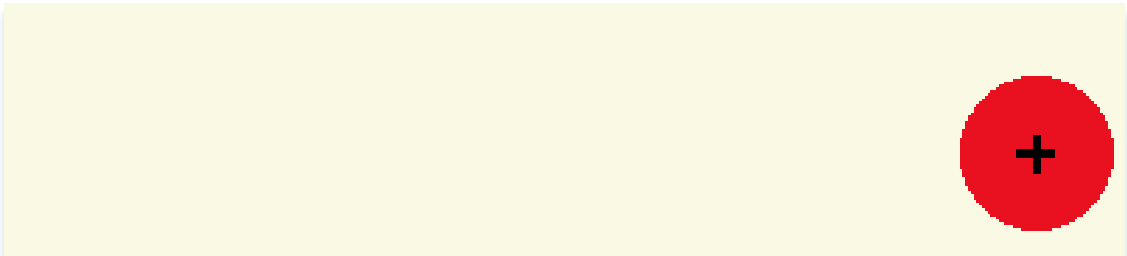
$$W_E = -\Delta U_E$$

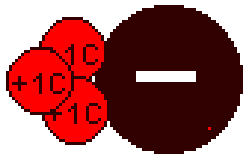


نکته۲-هرحرکتی که درخلاف جهت خودبه خودی انجام شود،برای انجام آن انرژی صرف می شودوراین حالت انرژی پتانسیل الکتریکیسامانه افزایش می یابد برای مثال تا زمانی که جسم به سمت بالا جابه جا می شود انرژی پتانسیل گرانشی سامانهٔ جسم-زمین در حال افزایش است.



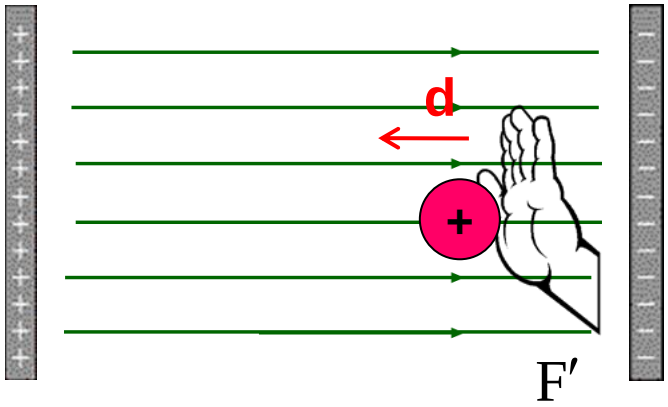
انرژی پتانسیل گرانشی جسم افزایش می یابد



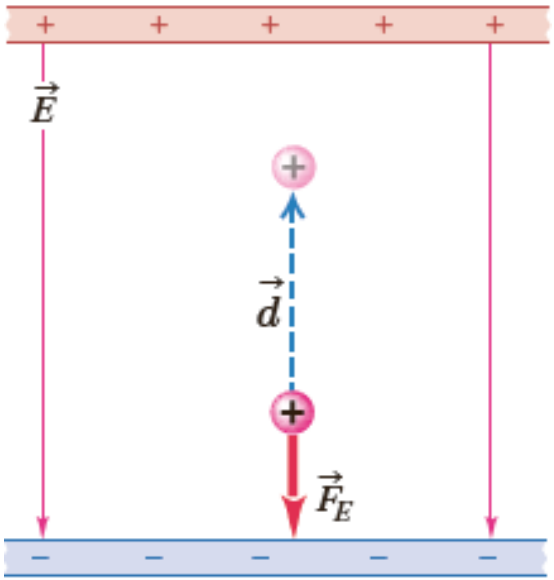


الف)انرژی پتانسیل الکتریکی بارمثبت (پروتون) با حرکت درخلاف جهت میدان (خلاف جهت خودبه خودی) افزایش می یابد

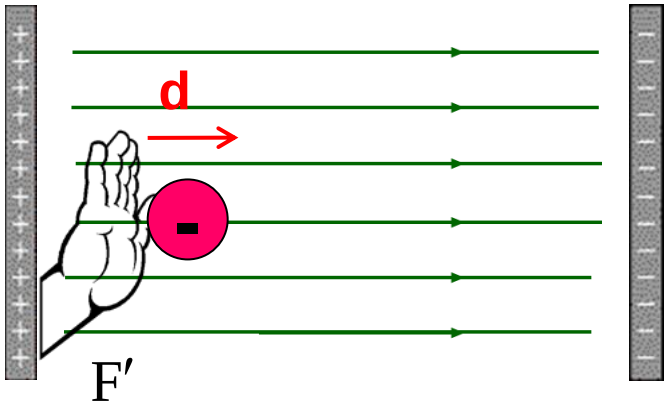
دقت شود که برای جابه جایی پروتون درخلاف جهت میدان باید انرژی مصرف کنیم(کار باتری) واین انرژی به صورت انرژی پتانسیل الکتریکی درپروتون ذخیره می شود.به عبارت ساده تر بار مثبت دوست ندارد درخلاف جهت میدان حرکت کند



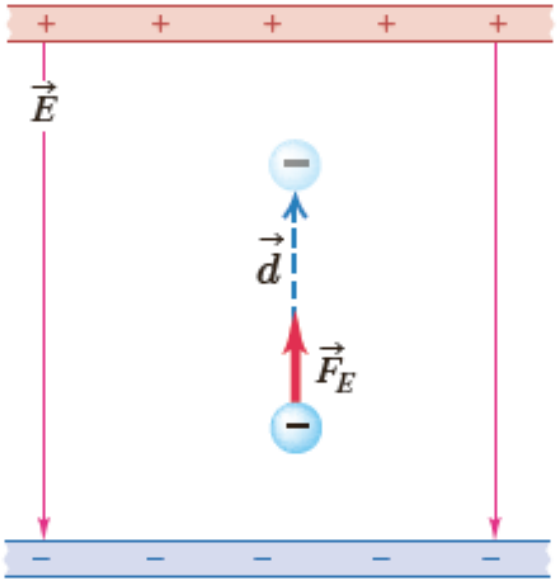
$$W_{F'} = \Delta U_E$$



ب)انرژی پتانسیل الکتریکی بارمنفی باحرکت درجهت میدان(خلاف جهت خودبه خودی) افزایش می یابد

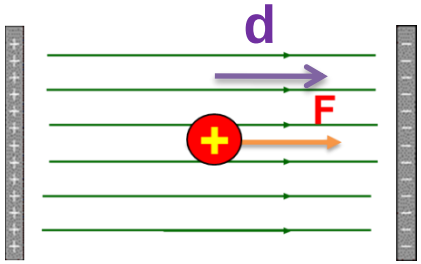


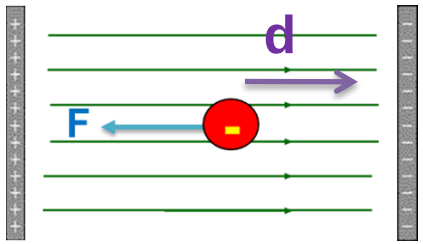
$$W_{F'} = \Delta U_E$$



تمرین:

مطابق شکل زیر،دریک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی E، بارالکتریکی q با سرعت ثابت به اندازه ی d، درجهت میدان جابه‌جا می‌کنیم .تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q را به‌دست آورید.





$$\Delta U_E = -W_E$$

$$W_E = Fd\cos\theta$$

$$F = E|q|$$

$$\Delta U_E = -E|q|d\cos\theta$$

زاویه بین نیرو و جابه جایی

$q>0 \Rightarrow \theta = \alpha$

$q<0 \Rightarrow \theta = \pi - \alpha$

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

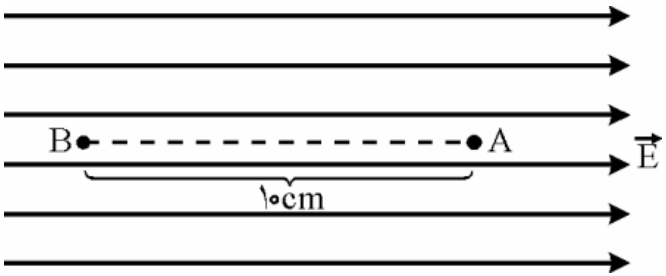
زاویه بین میدان و جابه جایی

نکته:

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

تمرین:

مطابق شکل زیر،دریک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $۴\times۱۰^{۴}\ N/C$،بارالکتریکی $+۵\mu c$ را ازنقطه‌یA تا Bباسرعت ثابت،جابه‌جا می‌کنیم.تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q را به‌دست آورید.



پاسخ :

$$\Delta U_E = ۲\times۱۰^{-۲}\,J$$

$$\begin{cases} E = ۴\times۱۰^{۴}\ \frac{N}{C} \\ q = ۵\times۱۰^{-۶}\,c \\ \Delta U_E = ? \\ \theta = ۱۸۰^{\circ} \\ d = ۱۰cm = ۱۰\times۱۰^{-۲}\,m = ۱۰^{-۱}\,m \end{cases}$$

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

$$\Delta U_E = -۴\times۱۰^{۴}\times۵\times۱۰^{-۶}\times۱۰^{-۱}\times\cos۱۸۰$$

$$\Delta U_E = ۲\times۱۰^{-۲}\,J$$

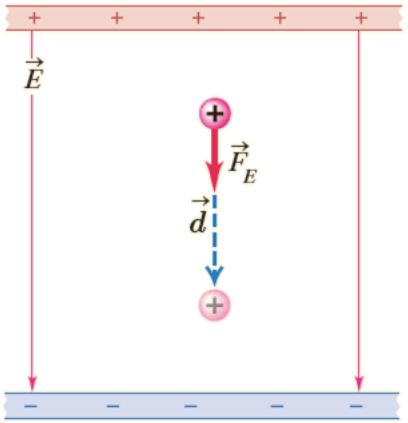
پرسش ۱-۲

درهریک از شکل های زیر،باتوجه به علامت بارذرهٔ جابه جا شده،وجهت میدان الکتریکی (E) ،جهت نیروی الکتریکی(F) وجهت 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.

$W_E = Fd\cos\theta$ و $\Delta U_E = -W_E$

پاسخ:

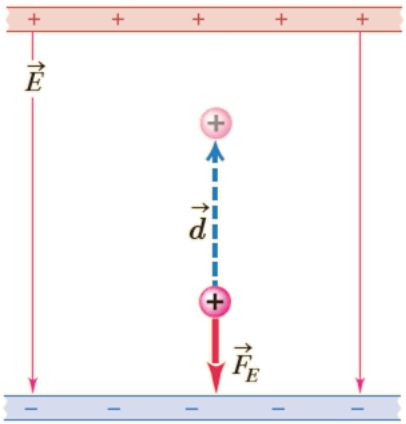
(الف) $W_E = Fd\cos 0^\circ$



$W_E = Fd > 0$

$\Delta U_E < 0$

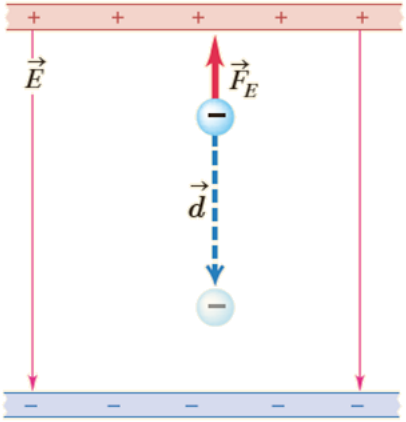
(ب) $W_E = Fd\cos 180^\circ$



$W_E = -Fd < 0$

$\Delta U_E > 0$

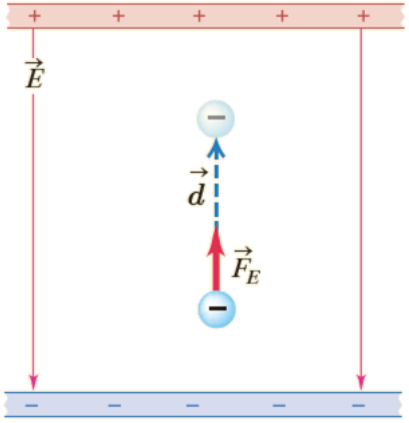
(پ) $W_E = Fd\cos 180^\circ$



$W_E = -Fd < 0$

$\Delta U_E > 0$

(ت) $W_E = Fd\cos 0^\circ$

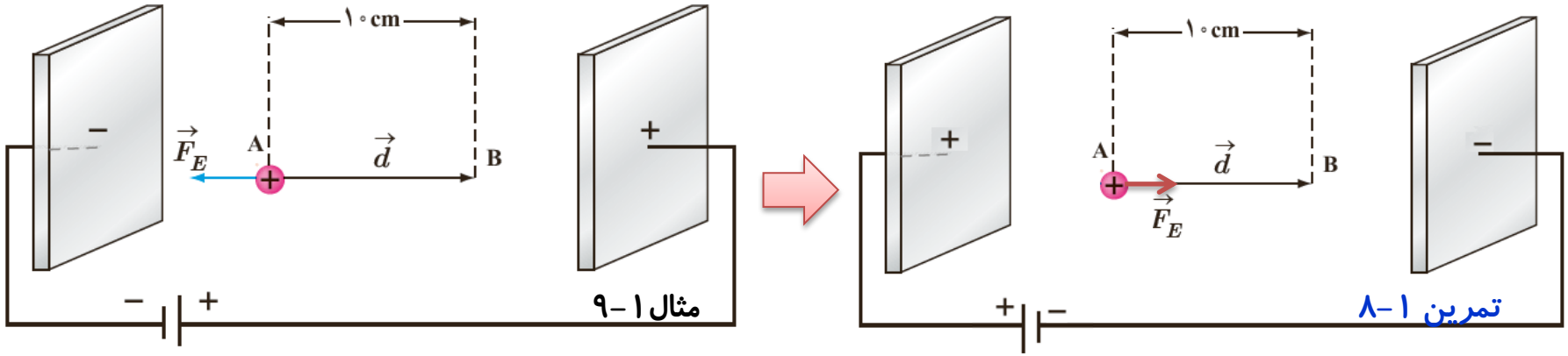


$W_E = Fd > 0$

$\Delta U_E < 0$

تمرین ۱-۸

درمثال ۱-۱۰ (در یک میدان الکتریکی یکنواخت، $E=۲\times ۱۰^{۳}\ N/C$ پروتونی ازنقطهٔ A با سرعت v_0 درخلاف جهت میدان الکتریکی پرتاب شده است. پروتون سرانجام درنقطهٔ B توقف می شود. بار پروتون $۱/۶\times ۱۰^{-۱۹}\ C$ وجرم آن $۱/۶۷\times ۱۰^{-۲۷}\ kg$ است) اگر جای قطب های باتری عوض شودو پروتون را در نقطهٔ A از حالت سکون رها کنیم، پروتون با چه تندی ای به نقطهٔ B می رسد؟



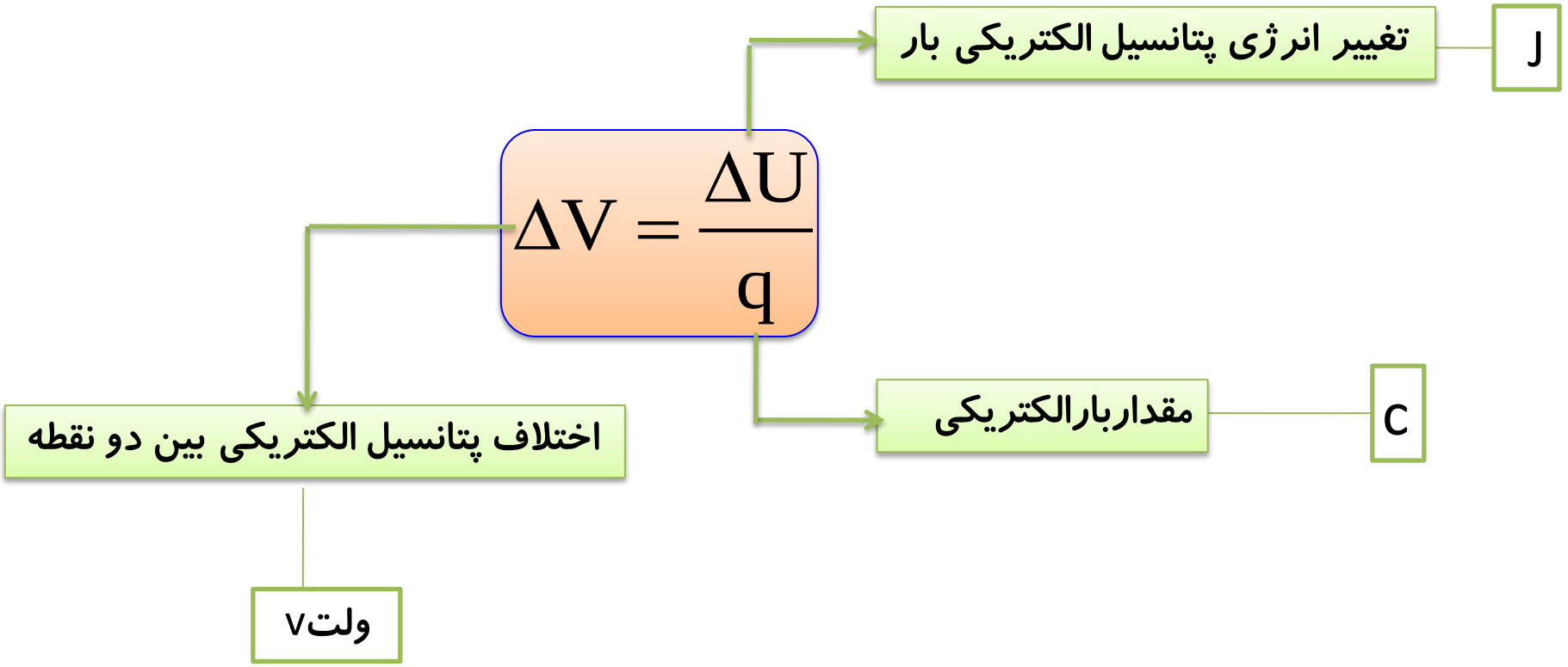
پاسخ:

$$\Delta U_E = -W_E = -Eqd\cos\alpha = -۲\times ۱۰^{۳}\times ۱/۶\times ۱۰^{-۱۹}\times ./۱\times \cos ۰ = -۳/۲\times ۱۰^{-۱۷}\ J$$

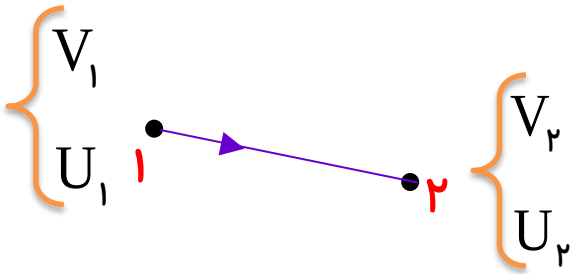
$$\Delta K = -\Delta U_E \Rightarrow K_B - K_A = ۳/۲\times ۱۰^{-۱۷} \Rightarrow \frac{۱}{۲}\times ۱/۶۷\times ۱۰^{-۲۷}\times V_B^{۲} = ۳/۲\times ۱۰^{-۱۷}$$

$$V_B^{۲} = \frac{۲\times ۳/۲\times ۱۰^{-۱۷}}{۱/۶۷\times ۱۰^{-۲۷}} \Rightarrow V_B^{۲} = ۳/۸۳\times ۱۰^{۱۰} \Rightarrow V_B = ۱/۹۶\times ۱۰^{۵}\ \frac{m}{s} \approx ۲\times ۱۰^{۵}\ \frac{m}{s}$$

فرمول اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه:

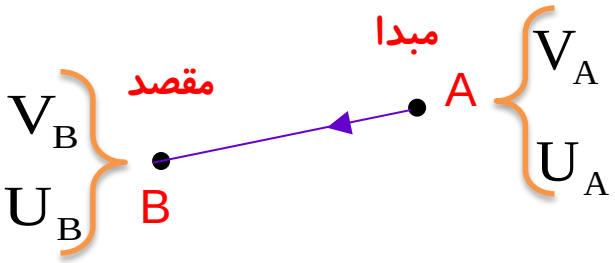


اختلاف پتانسیل الکتریکی نقطه ی ۲ نسبت به نقطه ی ۱:



$$(V_{۲}-V_{۱})=\frac{U_{۲}-U_{۱}}{q}$$

اختلاف پتانسیل نقطه‌ی B نسبت به نقطه‌ی A



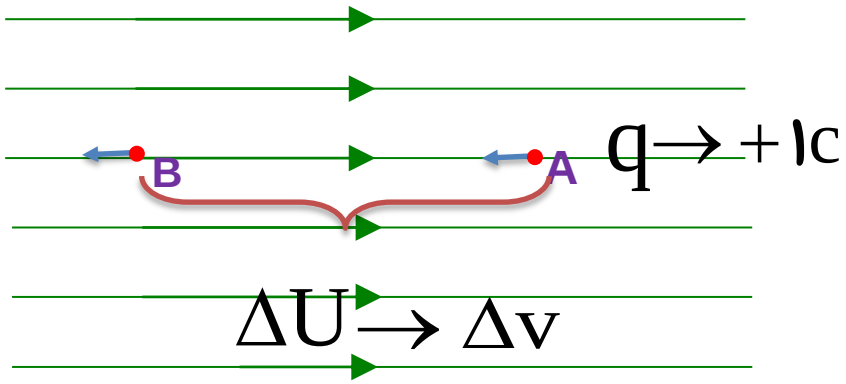
$$(V_{\text{مقصد}}-V_{\text{مبدا}})=\frac{U_{\text{مقصد}}-U_{\text{مبدا}}}{q}$$

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

اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه واقع دریک میدان الکتریکی :

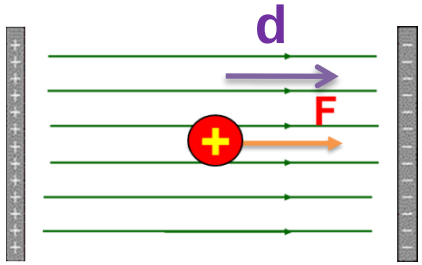
برابر تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی واحد بار مثبت است وقتی از نقطه اول تا نقطهٔ دوم جابه جا می شود

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



تعریف یک ولت : معادل J/C است

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

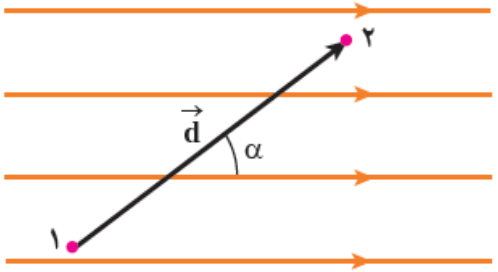


$$\Delta U_E \langle 0 \xrightarrow{\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q}} \Delta V \langle 0$$

نتیجه :

در جهت خطوط میدان الکتریکی پتانسیل الکتریکی کاهش می یابد .

رابطهٔ اختلاف پتانسیل الکتریکی بامیدان الکتریکی وفاصله از دونقطه:



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

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

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

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

زاویه بین میدان و جابه جایی

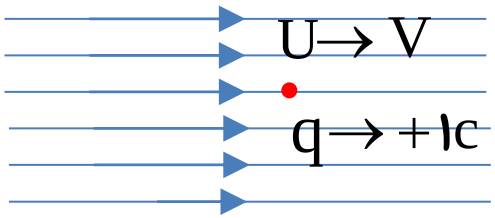
نکته:

اختلاف پتانسیل الکتریکی به نوع ومقدار بار الکتریکی بستگی ندارد.فقط به مکان قرار گرفتن درمیدان الکتریکی بستگی دارد.

پتانسیل الکتریکی هرنقطه ازمیدان :

برابرانرژی پتانسیل یکای بار الکتریکی مثبت(+۱C)درآن نقطه از میدان است .

$$\frac{q}{+1\,c} = \frac{U}{V} \Rightarrow U = V.q \Rightarrow V = \frac{U}{q}$$



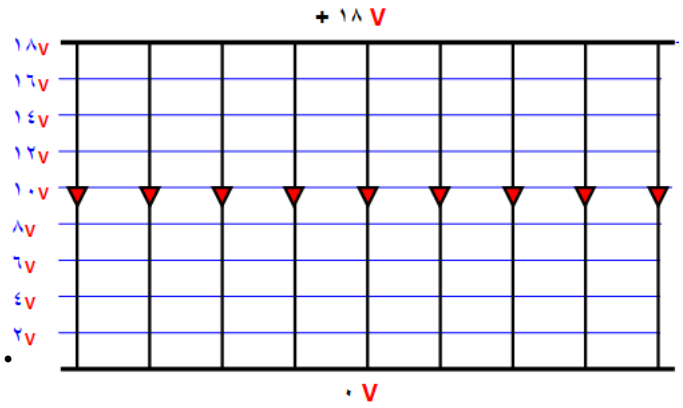
نکته:

پتانسیل الکتریکی :به نوع و اندازه بار الکتریکی بستگی ندارد.فقط به مکان قرارگرفتن درمیدان الکتریکی بستگی دارد.

مبدأ پتانسیل الکتریکی

پتانسیل الکتریکی یک نقطه(مثل زمین)را صفر انتخاب می‌کنیم و پتانسیل الکتریکی سایر نقطه‌های میدان الکتریکی را نسبت به آن به‌دست می‌آوریم به این نقطه، مبدأ پتانسیل الکتریکی می‌گوییم .

$$V = \frac{U}{q} \Rightarrow V = 0$$



مبدأ پتانسیل الکتریکی $U = 0$

پتانسیل بیشتر

پتانسیل صفر
(مثل زمین)

درجهت میدان حرکت کنیم پتانسیل نقاط کم می شود.

تمرین:

برای جابه جایی ۲C/. بار بین دو نقطه ۲۰ ژول انرژی مصرف می کنیم. اختلاف پتانسیل بین دو نقطه چند ولت است؟

پاسخ :

$\Delta V = ۱۰۰v$

$$\begin{cases} q = +./۲c \\ W_{F'} = ۲۰J \\ \Delta V = ? \end{cases} \quad \begin{cases} \Delta V = \dfrac{\Delta U}{q} \\ \Delta U = W_{F'} \end{cases} \Delta V = \frac{۲۰}{./۲} = ۱۰۰V$$

تمرین:

بارالکتریکی $q= +۳\mu c$ ازنقطه ای با پتانسیل الکتریکی $V_۱= -۴۰ v$ تانقطه ای با پتانسیل $V_۲= -۱۰ v$ جابه جا شده است. تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار چندژول است؟

پاسخ :

$$\Delta U = ۹\times ۱۰^{-۵} J$$

$$\begin{cases} q = +۳\mu c \\ V_۱ = -۴۰ V \\ V_۲ = -۱۰ V \\ (U_۲ - U_۱) = \Delta U = ? \end{cases}$$

$$(V_۲ - V_۱) = \frac{U_۲ - U_۱}{q}$$

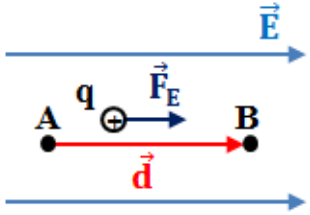
$$\Delta U = q(V_۲ - V_۱)$$

$$\Delta U = ۳\times ۱۰^{-۶}(-۱۰-(-۴۰))$$

$$\Delta U = ۹\times ۱۰^{-۵} J$$

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 می‌کنیم.

اگر بار مثبت q را از نقطهٔ A تا نقطهٔ B جابه‌جا کنیم، با توجه به این که نیروی الکتریکی وارد بر بار مثبت هم جهت با میدان است، کار میدان الکتریکی برابر است با :

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

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

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

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

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

نتیجه :

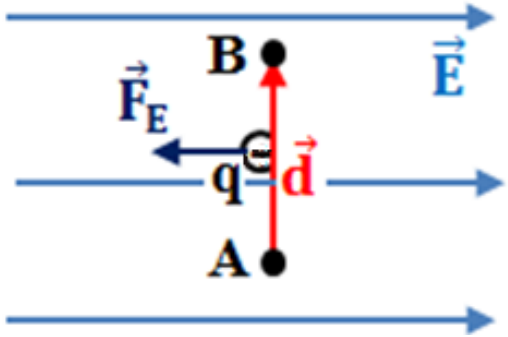
در هر دو حالت $V_B < V_A$ می‌باشد، این یعنی پتانسیل الکتریکی در جهت میدان کاهش می‌یابد و به علامت بار منتقل شده بستگی ندارد.

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.

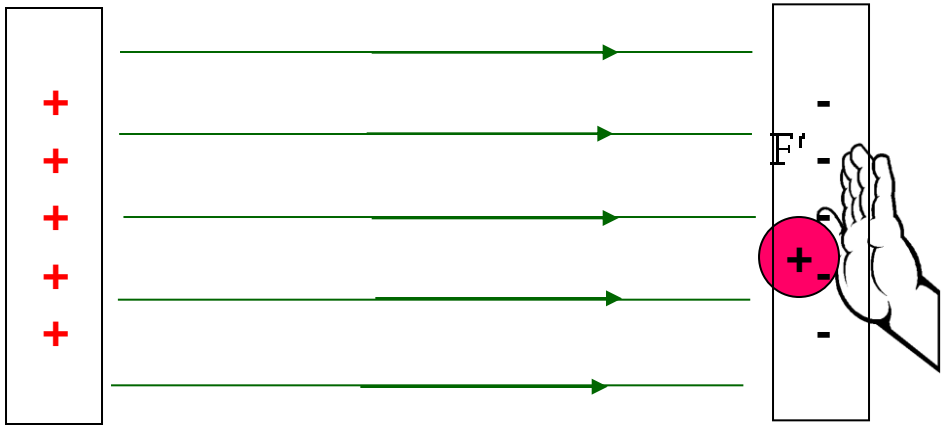


$$W_E = Fd\cos 90^\circ = 0 \xrightarrow{W_E = -\Delta U_E = 0} V_B - V_A = 0 \Rightarrow V_B = V_A$$

یک ژول:

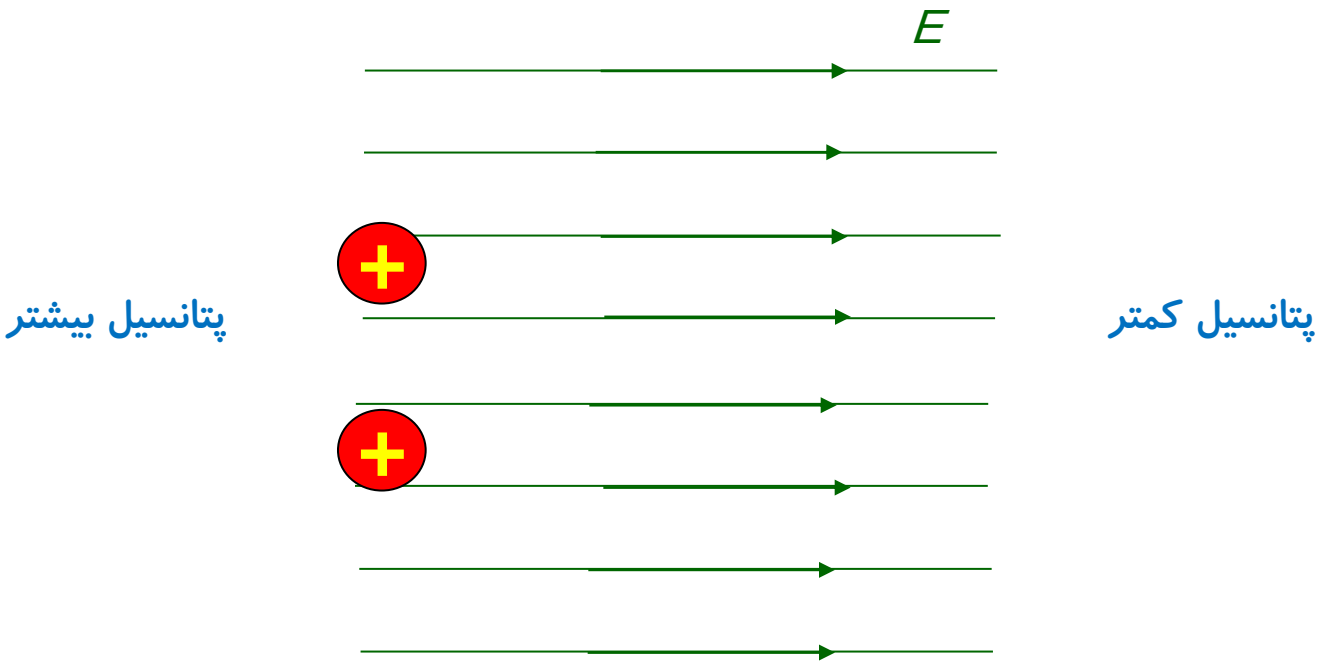
مقدارانرژیی که بارالکتریکی یک کولنی تحت ولتاژیک ولت بدست می آورد.

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



نکته

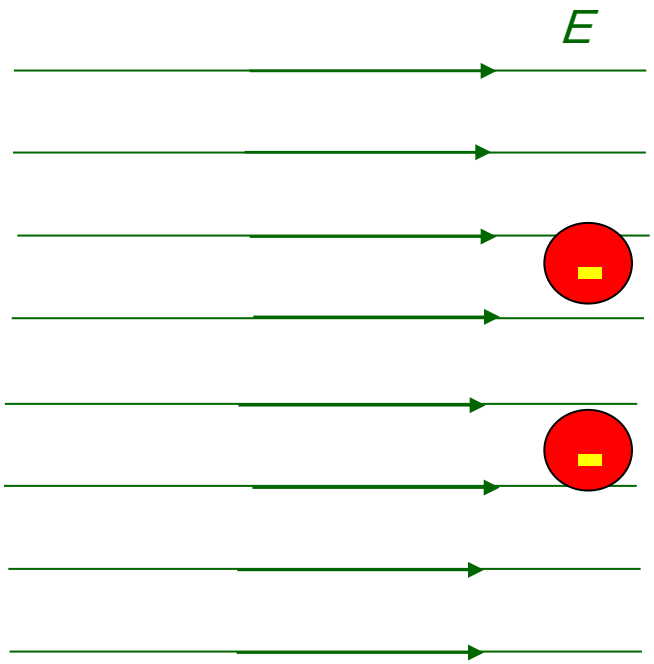
اگر بار مثبت.. را درمیدانی الکتریکی رها کنیم ، درجهت میدان حرکت می‌کند ،و این عمل باعث ..کاهش انرژی پتانسیل..الکتریکی بار می‌گردد (در واقع انرژی پتانسیل بار تبدیل به انرژی جنبشی می‌گردد).



همواره حرکت بارمثبت از پتانسیل بیشتر به کمتر است.

نکته

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



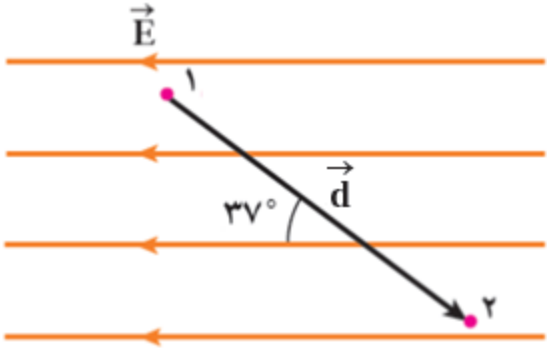
همواره حرکت بارمنفی از پتانسیل کمتر به بیشتر است.

تمرین:

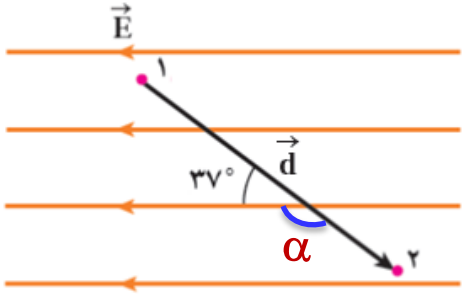
در میدان الکتریکی یکنواخت شکل زیر که بزرگی آن $E = ۵\times۱۰^{۵}\ V/m$ است:

الف)اختلاف پتانسیل الکتریکی بین نقاط ۱ و ۲ را بیابید.

ب) اگر بار نقطه ای $q = -۲nC$ از نقطهٔ ۱ به نقطهٔ ۲ جابه جا شود، تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی آن و کار انجام شده توسط نیروی الکتریکی را به دست آورید.($d = ۱۰cm$ و $\cos ۳۷^{۰} = ./۸$)



پاسخ:



$E = ۵\times ۱۰^{۵}\, v/m$

$\Delta V = ?$

$q = -۲nc$

$\Delta U = ?$

$W_E = ?$

$d = ۱۰cm$

$\cos ۳۷ = ./۸$

الف)

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

$$\Delta V = -۵\times ۱۰^{۵}\times ۱۰^{-۱}\times \cos(۱۸۰-۳۷)$$

$$\Delta V = -۵\times ۱۰^{۵}\times ۱۰^{-۱}\times (-./۸)$$

$$\Delta V = ۴\times ۱۰^{۴}\, v$$

ب)

$$\Delta U = q\Delta V \Rightarrow \Delta U = -۲\times ۱۰^{-۹}\times ۴\times ۱۰^{۴} = -۸\times ۱۰^{-۵}\, J$$

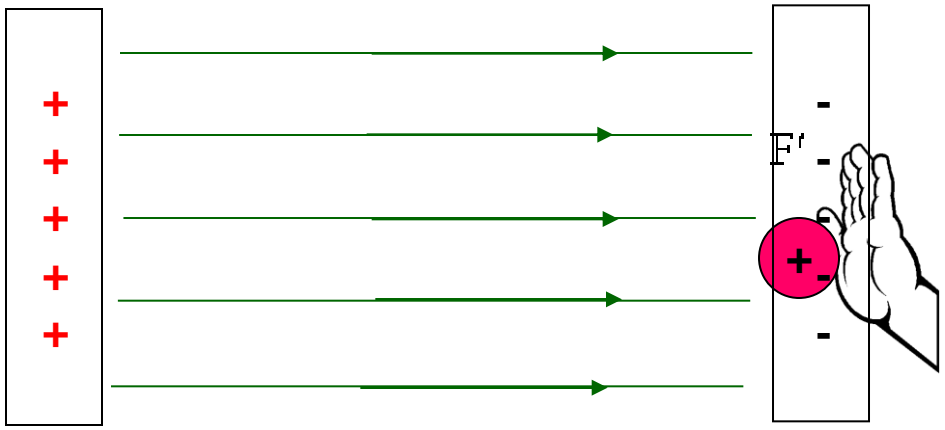
$$W_E = -\Delta U_E \Rightarrow W_E = +۸\times ۱۰^{-۵}\, J$$

نکته

یکای اختلاف پتانسیل برحسب ژول بر کولن یا ولت است .

یک ولت راتعریف کنید؟

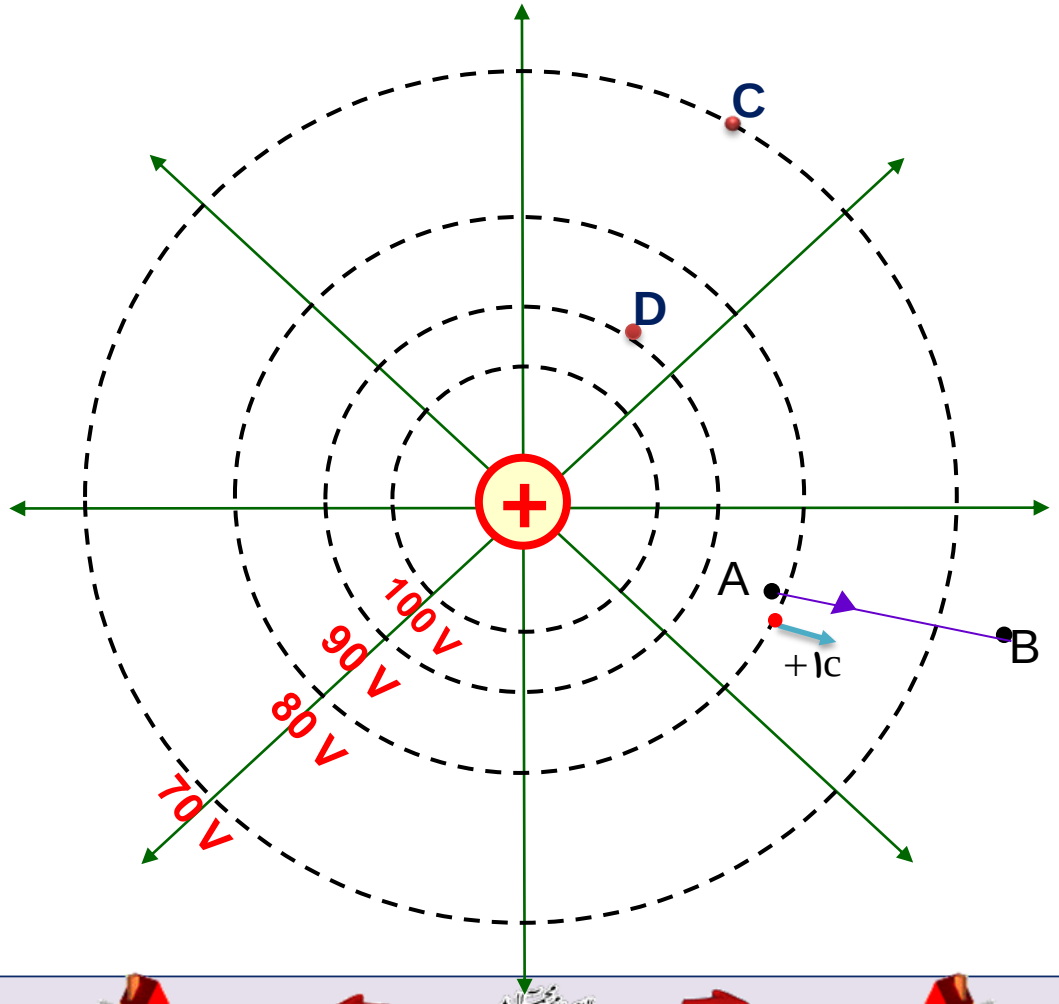
اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه ای است که، هرگاه یکای بار مثبت را بین این دو نقطه جابه‌جایی کنیم ، یک ژول انرژی مصرف می کنیم .



پرسش :

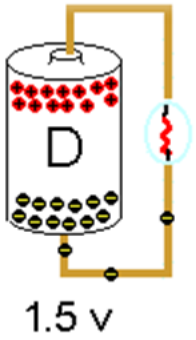
الف)پتانسیل نقطه ی Dبیشتراست یاپتانسیل الکتریکی نقطه C ؟

ب)اگربارالکتریکی۱μc+ازنقطه ی Aبه نقطه ی B برده شودپتانسیلش چه تغییری می کند؟

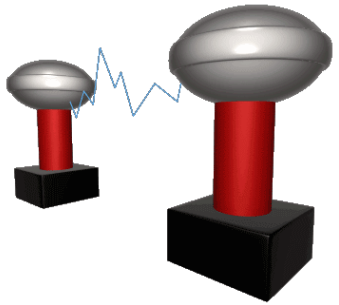


اختلاف پتانسیل دو سر یک مولد :

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



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



تمرین:

سر لامپ الکتریکی به پتانسیل ۷ ۹+ وسردیگربه پتانسیل ۷ ۳- وصل شده است.اختلاف پتانسیل دو سر این لامپ چند ولت است؟

پاسخ :

$$\begin{cases} V_+ = ۹v \\ V_- = -۳v \\ \Delta V = ? \end{cases}$$

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

$$\Delta V = ۹ - (-۳) = ۱۲v$$

$$\Delta V = ۱۲v$$

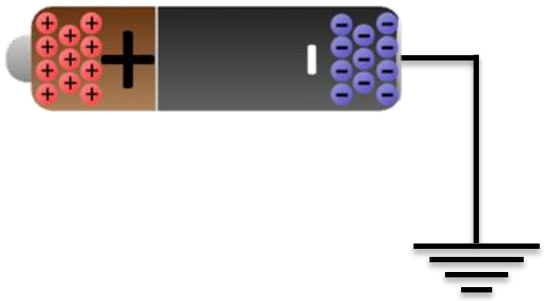
تمرین:

پایانهٔ منفی یک باتری قلمی۱/۵ولتی را به زمین وصل می‌کنیم.پتانسیل پایانهٔ مثبت چندولت می‌شود؟

پاسخ :

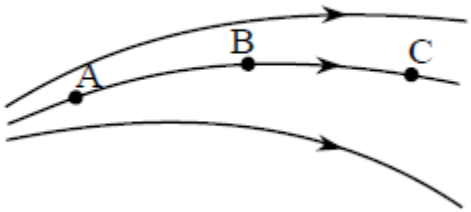
$V_+ = ۱/۵v$

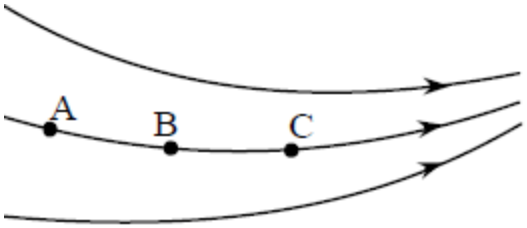
$$\begin{cases} \Delta V = ۱/۵V \\ V_- = ۰ \\ V_+ = ? \end{cases} \qquad \begin{matrix} \Delta V = V_+ - V_- \\ ۱/۵ = V_+ - ۰ \\ V_+ = ۱/۵v \end{matrix}$$



پرسش :

بزرگی میدان الکتریکی و پتانسیل الکتریکی نقاطA وB وC را درشکل های زیرباهم مقایسه کنید.





پاسخ :

$E_A > E_B > E_C$

$V_A > V_B > V_C$

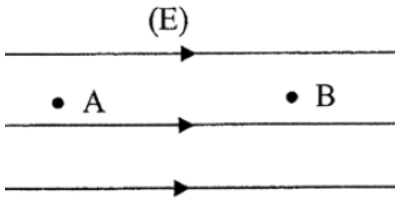
$E_C > E_B > E_A$

$V_A > V_B > V_C$

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

تمرین:

درشکل،بارالکتریکی $q=+2\mu c$ ازنقطه A به پتانسیل الکتریکی $V_A=+100v$ به نقطه B انتقال می یابد درنتیجه انرژی پتانسیل به اندازه $4\times10^{-4}\ J$ کاهش می یابد.پتانسیل نقطهٔ Bچند ولت است؟



پاسخ :

$V_B=-100v$

$$\begin{cases} q=+2\mu c \\ V_A=100v \\ \Delta U=-4\times10^{-4}J \\ V_B=? \end{cases}$$

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

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

$$-4\times10^{-4}=2\times10^{-6}(V_B-100)$$

$$-200=V_B-100$$

$$V_B=-100\ v$$

تمرین ۱-۱۰

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

پاسخ:

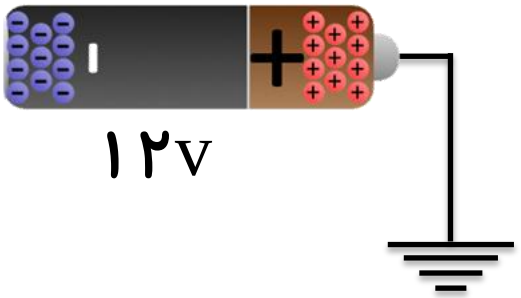
اگر پتانسیل پایانهٔ مثبت را با V_+ وپتانسیل پایانهٔ منفی را با V_- نشان دهیم،دراین صورت :

$$\begin{cases} V_+ = ۰ \\ \Delta V = ۱۲v \\ V_- = ? \end{cases}$$

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

$$۱۲ = ۰ - V_-$$

$$V_- = -۱۲v$$



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 می‌کند؟

۱) ۷/۵J- افزایش ۲) ۷/۵J - کاهش ۳) ۴۸۰ J - افزایش ۴) ۴۸۰J - کاهش

حل :

$$\begin{cases} \Delta V = ۶۰V \\ q = +۸c \\ U_- - U_+ = ? \end{cases}$$

$$V_+ - V_- = ۶۰v \Rightarrow V_- - V_+ = -۶۰v$$

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

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

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

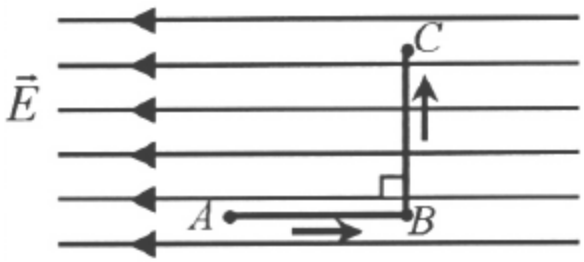
$$U_- - U_+ = ۸ \times (-۶۰) = -۴۸۰J$$

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

تمرین:

مطابق شکل،یک بارالکتریکی منفی q ،درمیدان الکتریکی یکنواخت، مسیر A→B→C را می پیماید.الف) پتانسیل الکتریکی نقطه های A و B و C را مقایسه کنید.

ب) انرژی پتانسیل الکتریکی بارالکتریکی q درمسیر A→B کاهش می یابد یا افزایش؟چرا؟



پاسخ :

$$V_A < V_B = V_C$$

چون بارالکتریکی منفی درخلاف جهت میدان الکتریکی حرکت می کند وبه صفحهٔمثبت نزدیک می شود، انرژی پتانسیل آن کاهش می یابد.

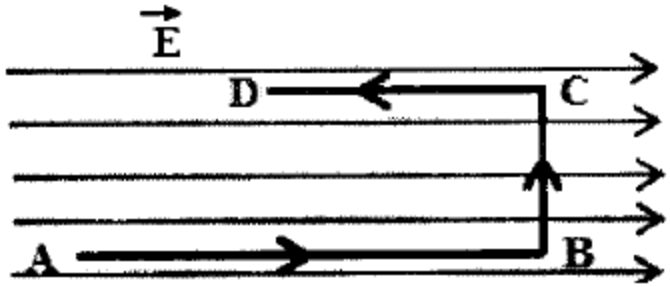
تمرین:

الکترونی باسرعت ثابت مطابق شکل،درمسیرهایA→BوB→CوC→Dجابه جامی کنیم.

الف) پتانسیل الکتریکی نقطهٔ A بیشتر است یانقطهٔ D؟

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

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



پاسخ :

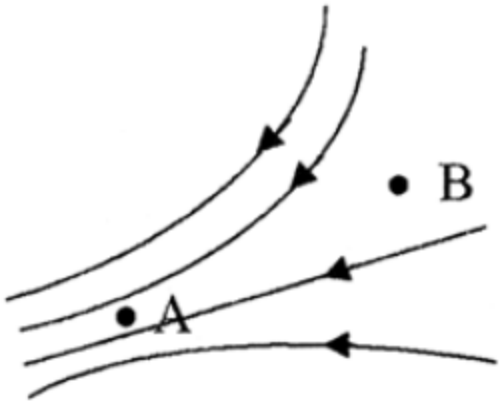
الف) نقطهA

ب) AB

ج)BC

تمرین:

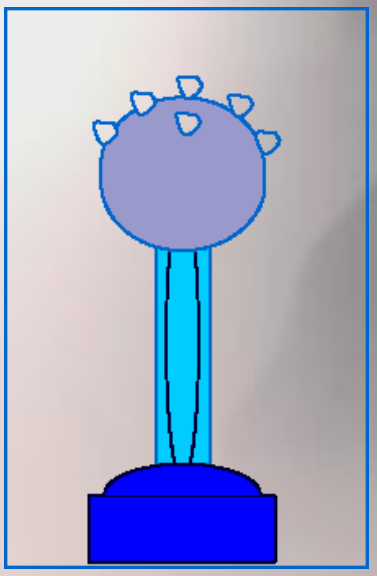
شکل زیرمربوط به یک میدان الکتریکی است،میدان الکتریکی وهم چنین پتانسیل الکتریکی رادرنقطه های A و B مقایسه کنید.

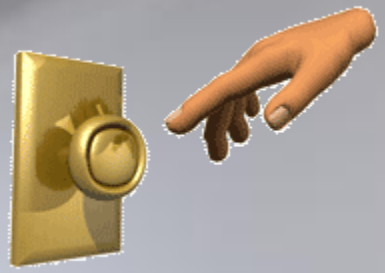


پاسخ :

$$E_A \rangle E_B$$

$$V_A \langle V_B$$

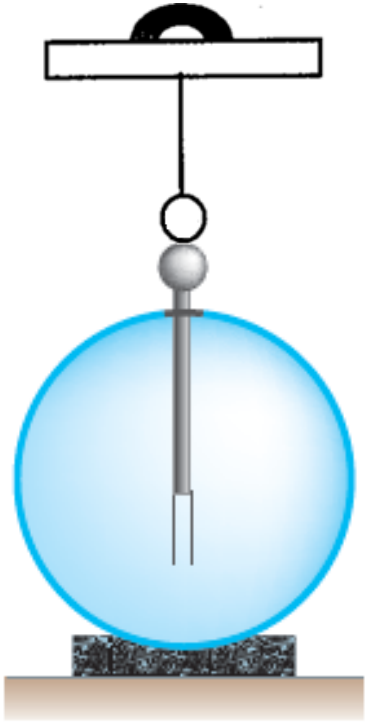


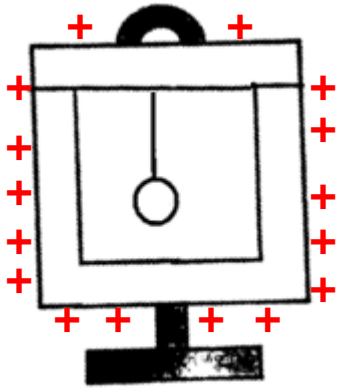


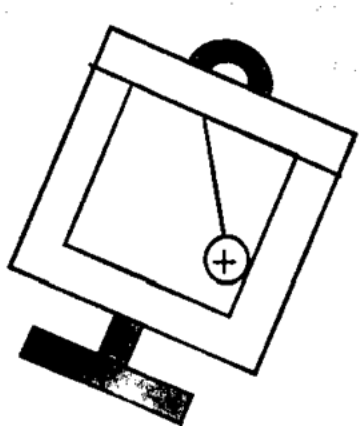
موضوع : توزیع بارالکتریکی

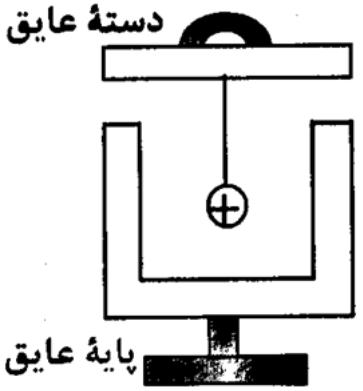
پرسش:

آزمایشی(آزمایش فاراده)طراحی کنید که نشان دهدبار الکتریکی برروی سطح خارجی جسم رسانا پخش می‌شود .









پرسش:

آزمایشی(آزمایش فاراده)طراحی کنید که نشان دهدبار الکتریکی برروی سطح خارجی جسم رسانا پخش می‌شود .

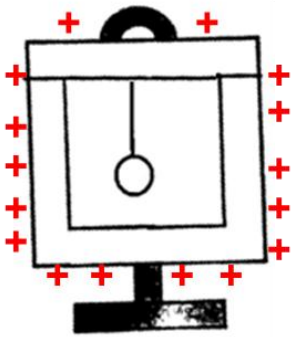
۱-ابتدا ظرف فلزی بدون بار است.(دستهٔدرپوش فلزی عایق است)

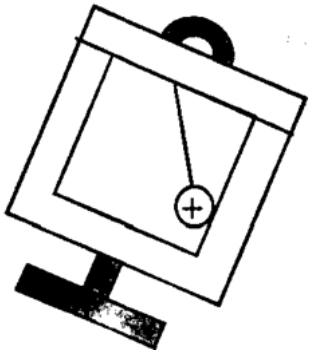
۲-گوی فلزی متصل به نخ عایق رابه درپوش فلزی وصل،سپس گوی را باردارمی کنیم.

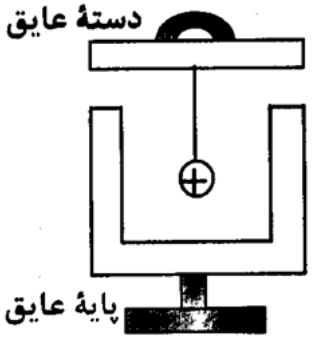
۳-اکنون ظرف فلزی راکج می کنیم تا گوی به ظرف برخورد کند و بعد درپوش فلزی را با دستهٔ عایقش برمی داریم

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

۵ -الکتروسکوپ، تغییری را نشان نمی دهد.

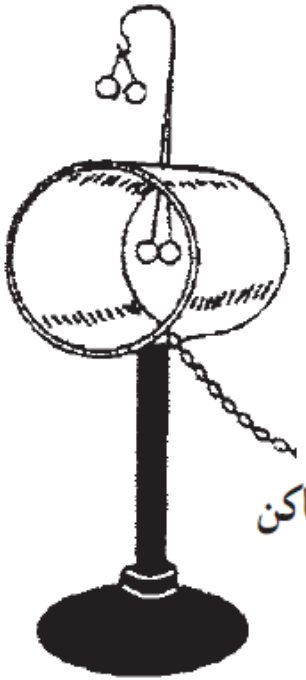






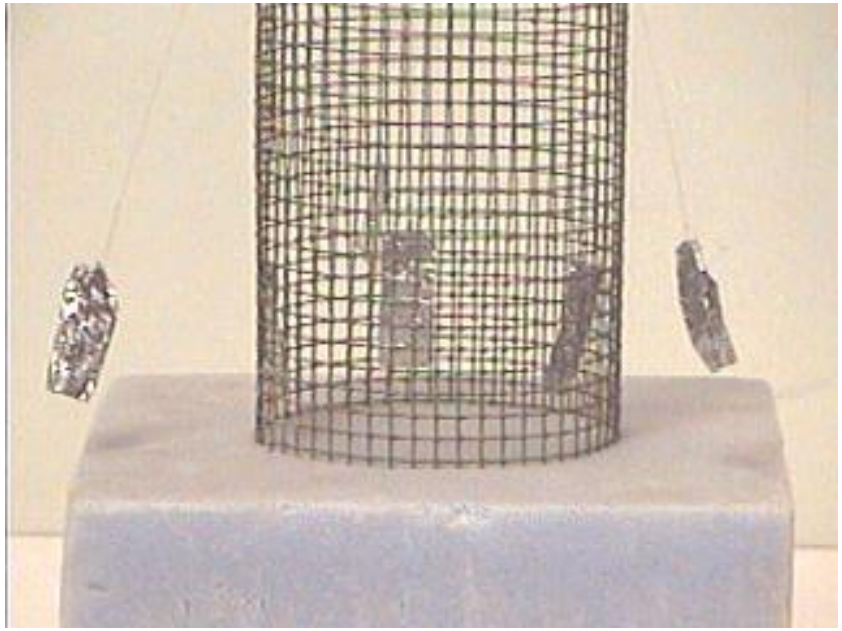
نکته:

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



به‌طرف ماشین مولد الکتریسیته ساکن

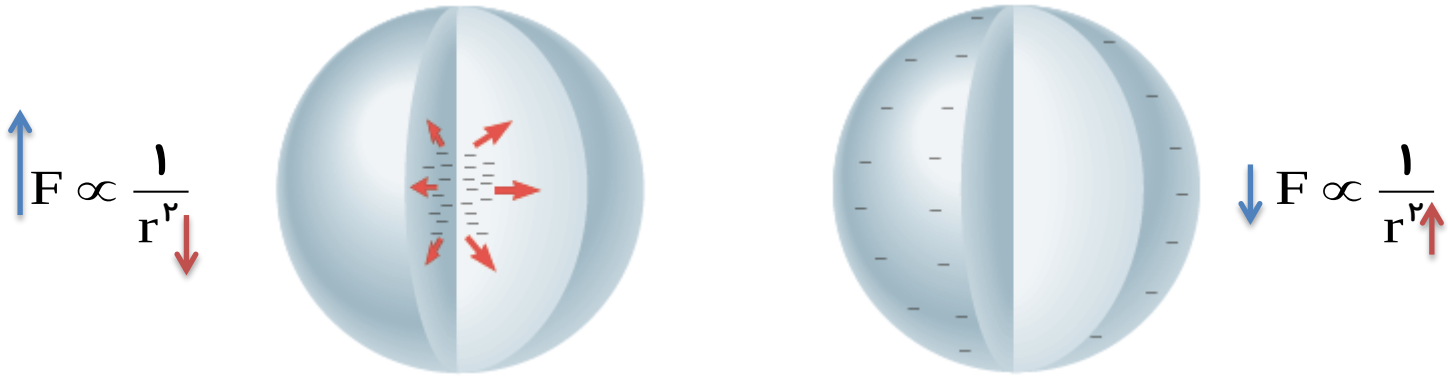
استوانه فاراده



پرسش:

چرا میدان الکتریکی درون یک رسانای باردار صفر است؟

پاسخ



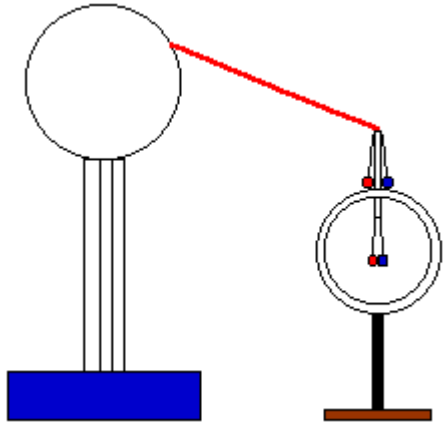
چون فاصلهٔبارهای داخلی رساناخیلی به هم نزدیکندبه یکدیگرنیرو واردکرده وشروع به حرکت می کنندتابه دورترین فاصله ازهم برسندوآنقدرجابه جا می شوند تابرآیندنیروها به حداقل خود می رسد.درنتیجه بارالکتریکی داخل رساناوهمچنین میدان الکتریکی داخل رسانا نیز مساوی صفر می‌شود.

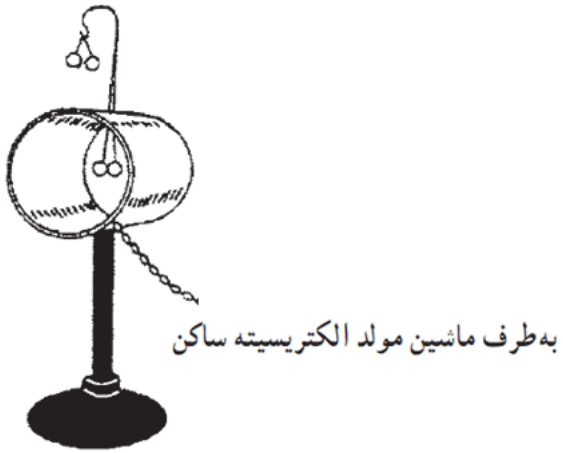
فعالیت ۱-۶

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:

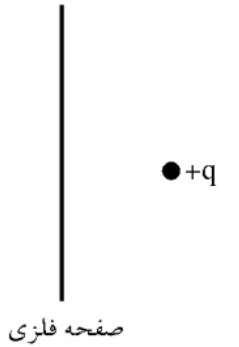
پ) مطابق شکل دو آونگ الکتریکی مشابه با سیم‌های اتصال رسانا را برداشته و یکی را به داخل و دیگری را به خارج استوانهٔ رسانامتصل می‌کنیم.سپس استوانه را به یک مولد واندوگراف متصل می‌کنیم،مشاهده می‌کنیم که گلوله‌های آونگ بیرونی همدیگر را دفع می‌کنند، ولی برای آونگ داخلی این اتفاق نمی‌افتد.
این مسئله نشان می‌دهد که بار خالص یک رسانای فلزی در سطح خارجی آن قرار می‌گیرد.





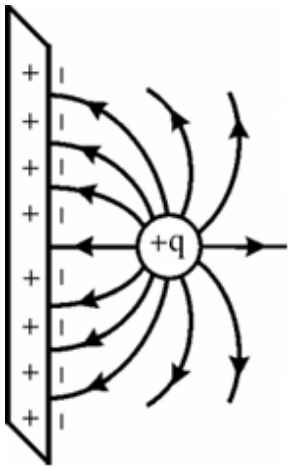
پرسش:

خط های میدان الکتریکی را برای یک صفحهٔرسانا ویک بارنقطه ای مثبت مطابق شکل رسم کنید.



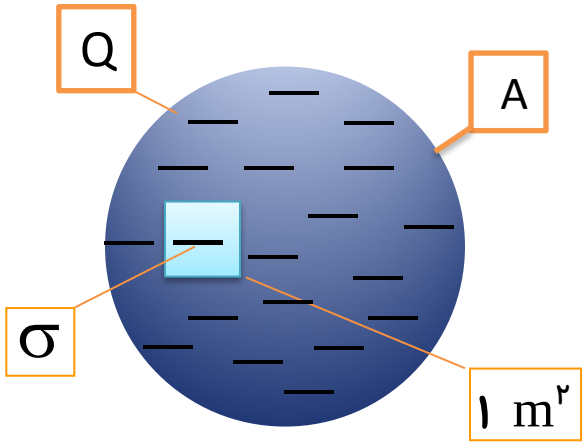
پاسخ :

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



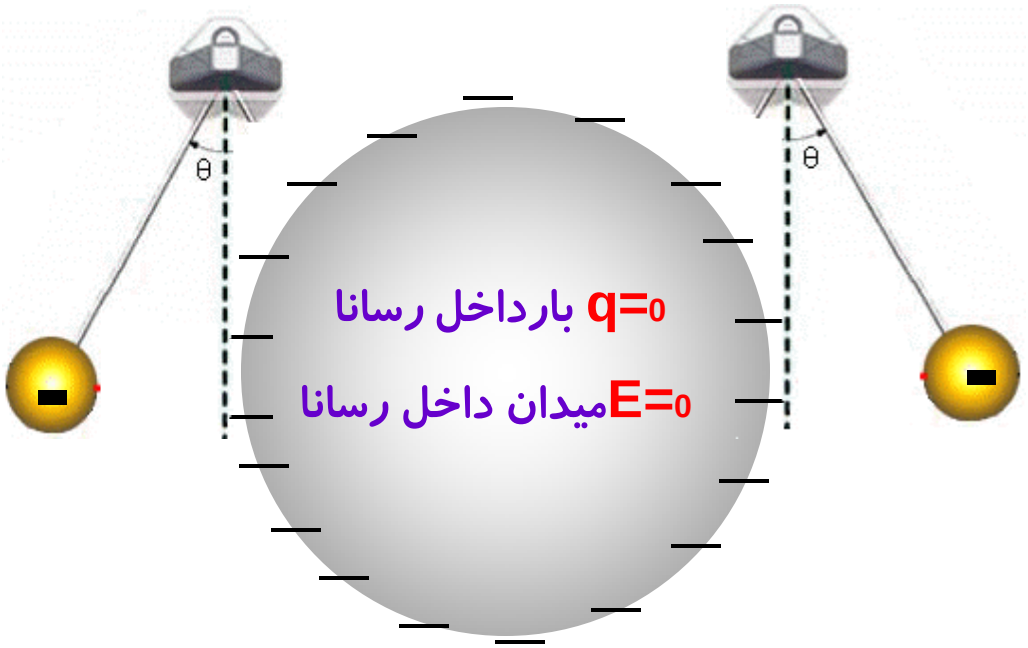
چگالی سطحی بار الکتریکی : با نماد σ (سیگما)

معیاری است که میزان بارالکتریکی موجوددرسطح مشخص را نشان می هد.

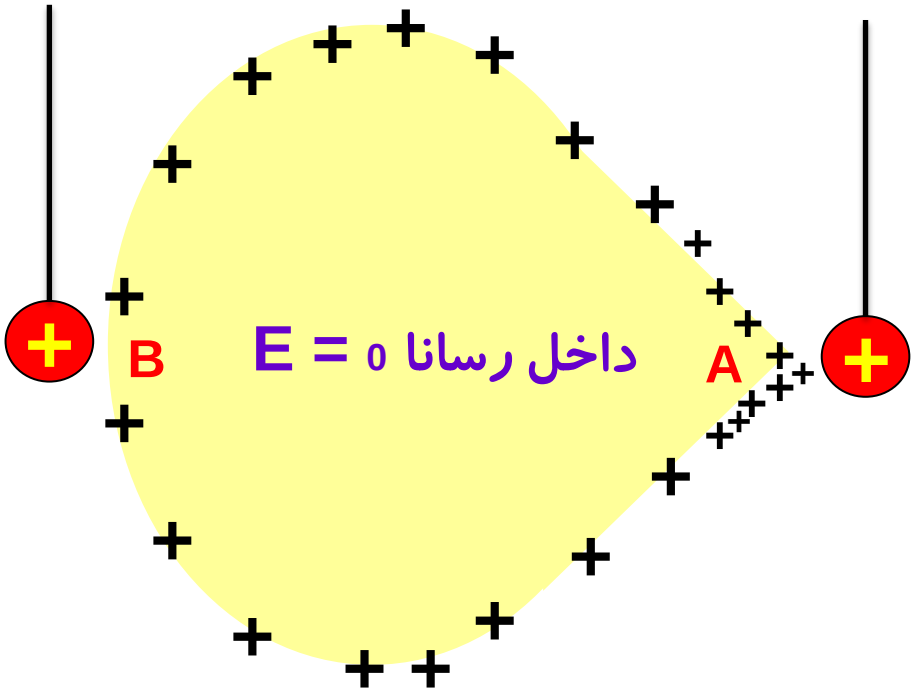


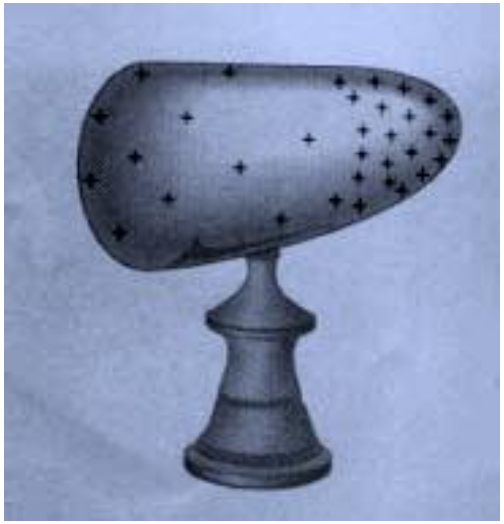
پخش بار الکتریکی در سطح خارجی جسم رسانا بستگی به شکل جسم رسانا دارد

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



۲-اگربه یک جسم نامتقارن(مثل رسانای دوکی شکل) بارالکتریکی بدهیم:چگالی سطحی بارالکتریکی درقسمت‌های نوک تیزوبرجستهٔجسم نسبت به قسمت‌های دیگرآن بیشتر است.

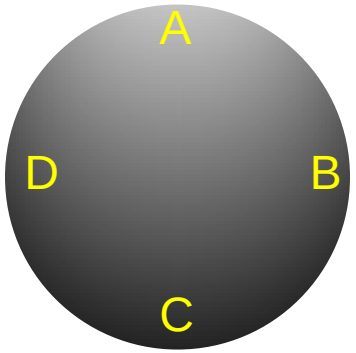


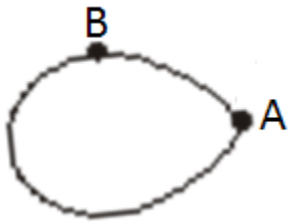


$$\sigma_A \rangle \sigma_B$$

پرسش :

چگالی سطحی بارالکتریکی وپتانسیل الکتریکی رادرنقاط مختلف جسم های رسانا مقایسه کنید؟





پاسخ:

$$\sigma_A = \sigma_B = \sigma_c = \cdots$$

$$V_A = V_B = V_c$$

$$\sigma_A \rangle \sigma_B$$

$$V_A = V_B$$

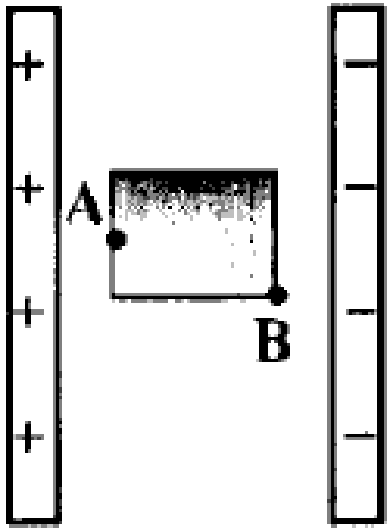
پرسش:

درشکل زیر یک رسانا دریک میدان الکتریکی یکنواخت قرار داشته وتعادل الکتروستاتیکی در آن ایجادشده است.

الف) آیا داخل این جسم رسانامیدان الکتریکی وجود دارد؟

ب)چگالی سطحی بارالکتریکی ،درکدام یک از نقاط A وB بیش تر است؟

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



پاسخ:

الف) خیر

ب) $\sigma_A < \sigma_B$

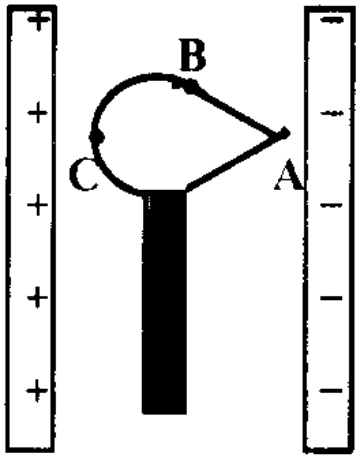
ج) $V_A = V_B$

پرسش:

درشکل زیرجسم رسانای منزوی وخنثی که روی پایه عایقی قراردا رد، بین دوصفحهٔرسانای باردارموازی،درتعادل الکتروستاتیکی قراردارد

الف)میدان الکتریکی خالص درون جسم رسانا چقدر است؟

ب) پتانسیل الکتریکی درنقاط A و B و Cرا باهم مقایسه کنید.



پاسخ:

الف) صفر

ب) $V_A = V_B = V_C$

فعالیت ۱-۶

الف)درشکل شخصی را داخل یک قفس توری فلزی می بینیدکه 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 بستهٔ ساخته‌شده ازفلزیا رسانای الکتریکی دیگر است. مایکل فاراده در یک آزمایش، فردی را در یک قفس رسانای بزرگ قرار داد وآن را توسط مولدواندوگراف تا حدی باردار کرد که بارهای الکتریکی به صورت جرقه از گوشه‌های آن جریان پیدا کردند و با وجود جرقه‌هایی که بین قفس و مولد زده می‌شود، فرد درون قفس هیچ آسیبی نمی‌بیند. این آزمایش نشان داد که بار الکتریکی یک رسانای بسته روی سطح خارجی آن قرار می گیرد و بار خالصی در رسانا قرار نمی‌گیرد.
قفس فاراده علاوه براینکه محافظی دربرابرامواج بیرونی است،به امواج درون خود نیز اجازهٔ خروج نمی‌دهد.
قفس فاراده در برابر نفوذ امواج رادیویی وتابش الکترومغناطیس نیز مقاوم است و این امواج نمی‌توانند به داخل آن نفوذ کنند.

فعالیت ۱-۶

ب)تحقیق کنیدچرا معمولاً شخصی که درداخل اتومبیل یا هواپیماست از خطر آذرخش در امان می ماند.

پاسخ:

ب)درهنگام برخوردآذرخش به اتومبیل یا هواپیما،بدنۀفلزی آن به صورت یک قفس فاراده (مانندرسانای خنثای منزوی را در یک میدان الکتریکی خارجی قراردهیم، 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 می‌کند و مانع رسیدن امواج الکتریکی به سرنشینان درون اتومبیل یا مسافران هواپیما می‌شود.

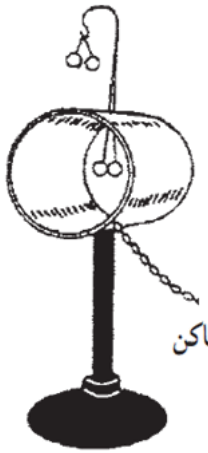
فعالیت ۱-۶

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.

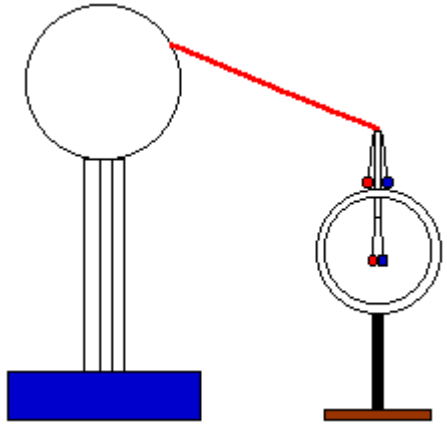
پاسخ:

پ) مطابق شکل دو آونگ الکتریکی مشابه با سیم‌های اتصال رسانا را برداشته و یکی را به داخل و دیگری را به خارج استوانهٔ رسانامتصل می‌کنیم.سپس استوانه را به یک مولد واندوگراف متصل می‌کنیم،مشاهده می‌کنیم که گلوله‌های آونگ بیرونی همدیگر را دفع می‌کنند، ولی برای آونگ داخلی این اتفاق نمی‌افتد.

این مسئله نشان می‌دهد که بار خالص یک رسانای فلزی در سطح خارجی آن قرار می‌گیرد.



به‌طرف ماشین مولد الکتریسیته ساکن



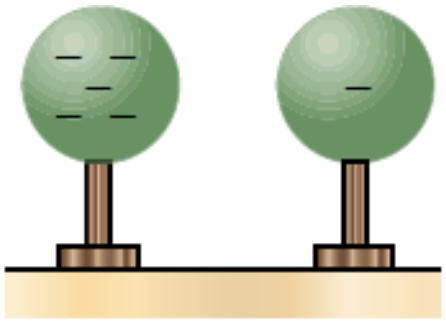
تست:

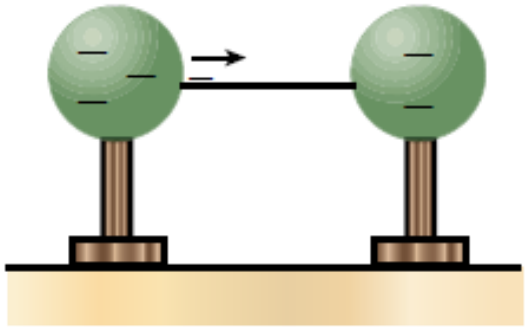
اگر دوجسم رسانای باردار راباهم تماس دهیم،کدام کمیت فیزیکی آنها با یکدیگر برابر می شود؟

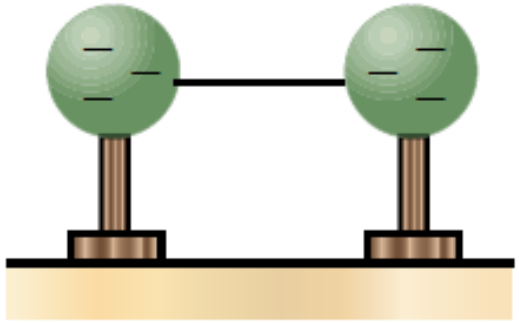
۱) بارالکتریکی ۲) چگالی سطحی بار ۳) پتانسیل الکتریکی ۴) پتانسیل الکتریکی و چگالی سطحی بار

پاسخ:

گزینه(۳)



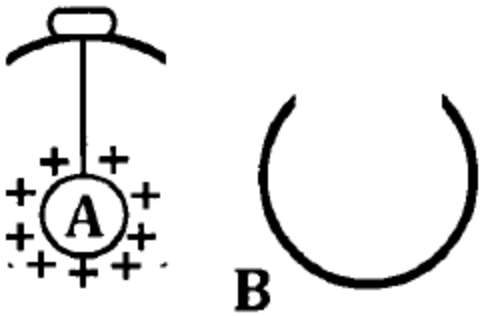


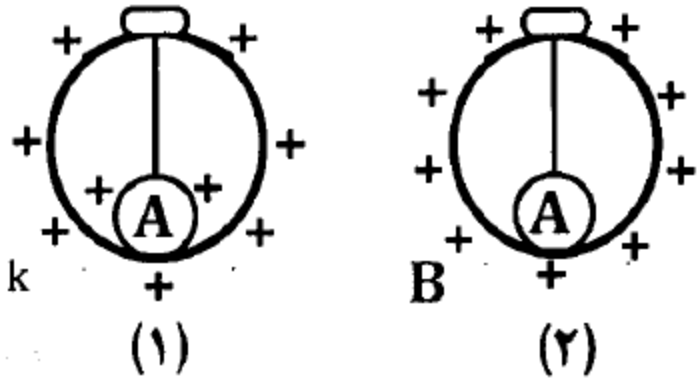


پرسش :

درشکل زیرآونگ الکتریکی Aکه توسط واندوگراف باردارشده است را به درپوش فلزی، متصل نموده ایم اگرآونگ رادرتماس باسطح داخلی ظرف کروی وفلزیB قرارداده ودر پوش راببندیم،کدامیک ازشکلهای(۱)یا(۲)چگونگی توزیع باررادرمجموعه ی آونگ و ظرف درست نشان می دهد؟دلیل رابنویسید.

درپوش فلزی با دسته ی عایق



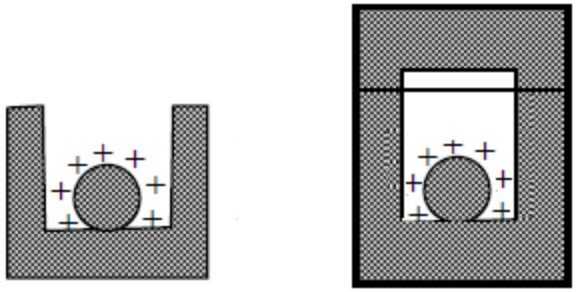


پاسخ:

شکل (۲) زیرابارظرف رسانای B درسطح داخلی باقی نمی ماندوبه سطح خارجی منتقل می شود.

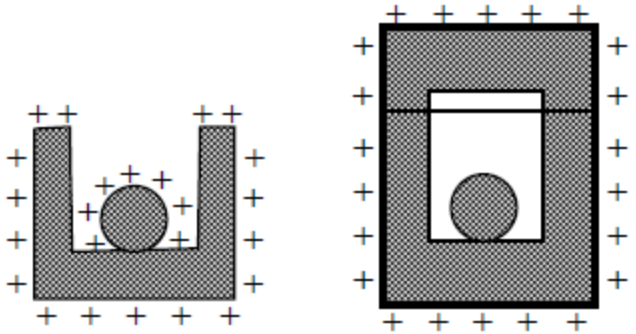
پرسش :

یک کره ی فلزی که دارای بارمثبت است را داخل یک استوانه ی فلزی قرارمی دهیم. یکبار بدون درپوش و باردیگرروی استوانه درپوش فلزی قرارمی دهیم.درهردو حالت توزیع بار را با رسم شکل نشان دهید.



پاسخ:

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



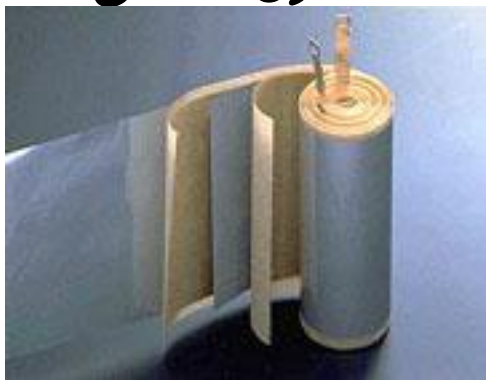
موضوع : خازن

خروج

خازن در اشکال مختلف ساخته می شود.

انواع خازن بر اساس دی الکتریک آنها:

۱. خازن کاغذی



۲. خازن سرامیکی

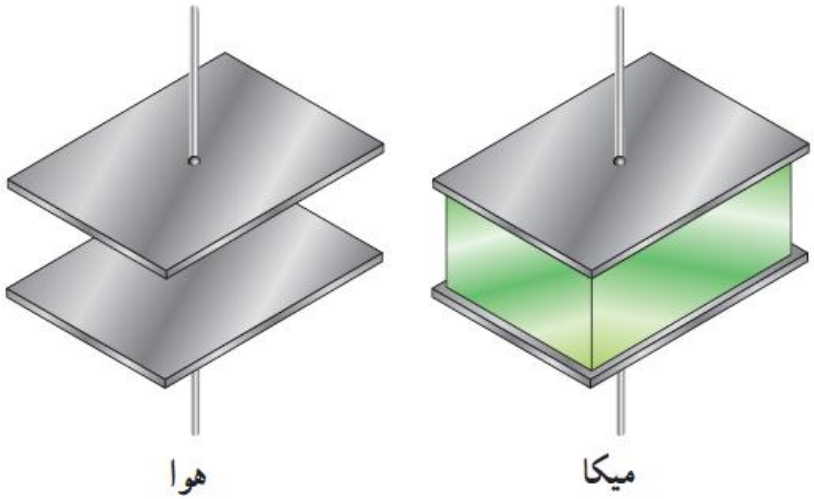
۳.خازن الکترولیتی

۴. خازن متغییر

ساختمان خازن

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

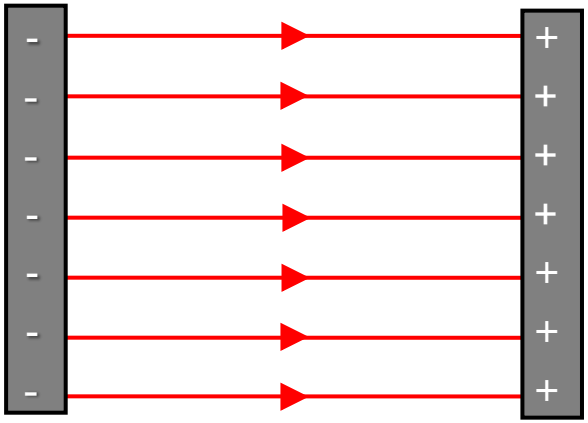
خازن تخت از معروفترین خازنها است که که صفحات رسانای آن موازی یکدیگرند.



نکته:

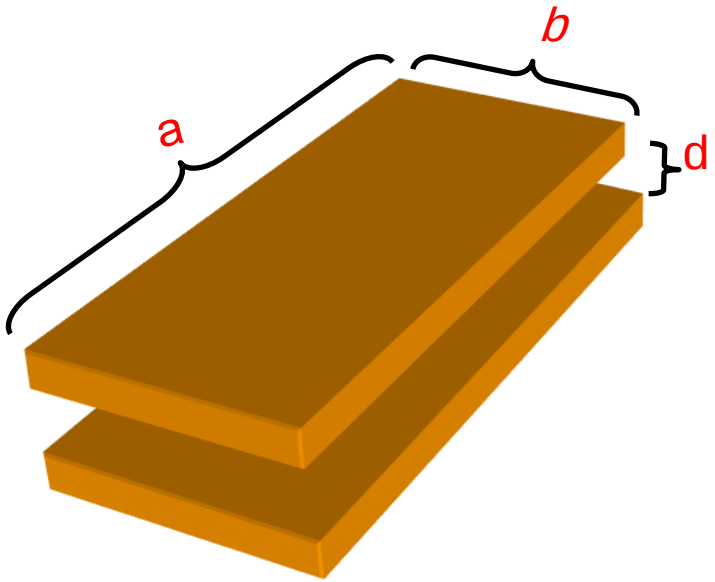
خازن وقتی درمدار قرار می‌گیرد.برخلاف مقاومت،بار الکتریکی را از خود عبور نمی‌دهد، بلکه آن را درخود ذخیره می‌کند.

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



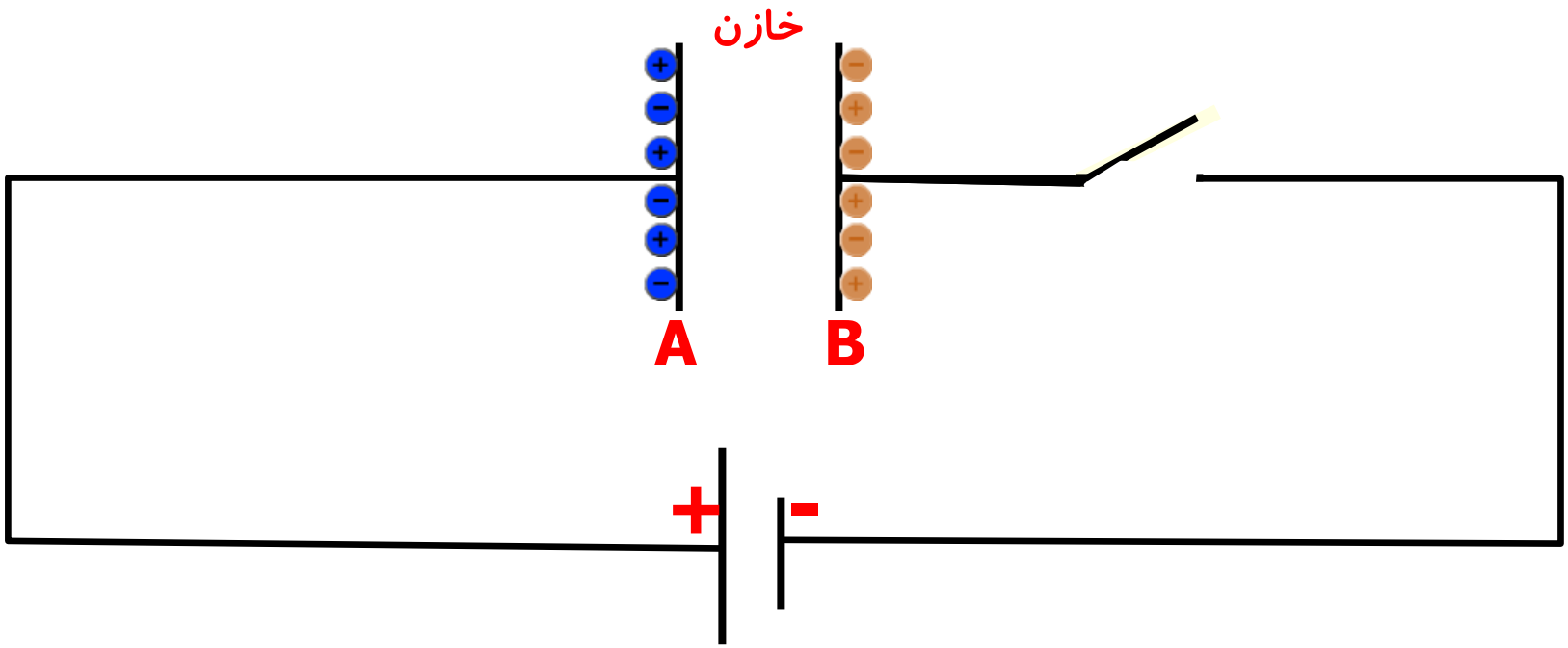
خازن تخت(خازن مسطح):

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



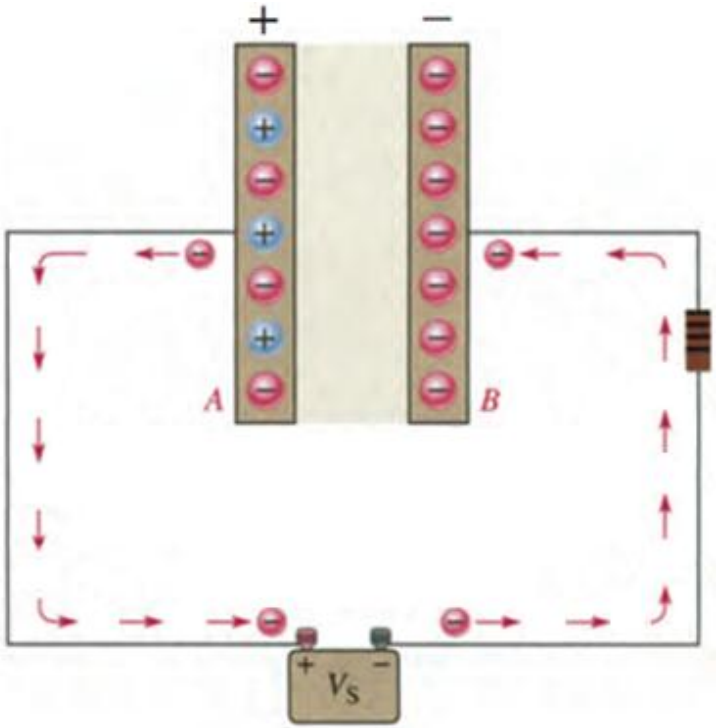
باردار(شارژ)کردن خازن:

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



ادامه باردارکردن خازن:

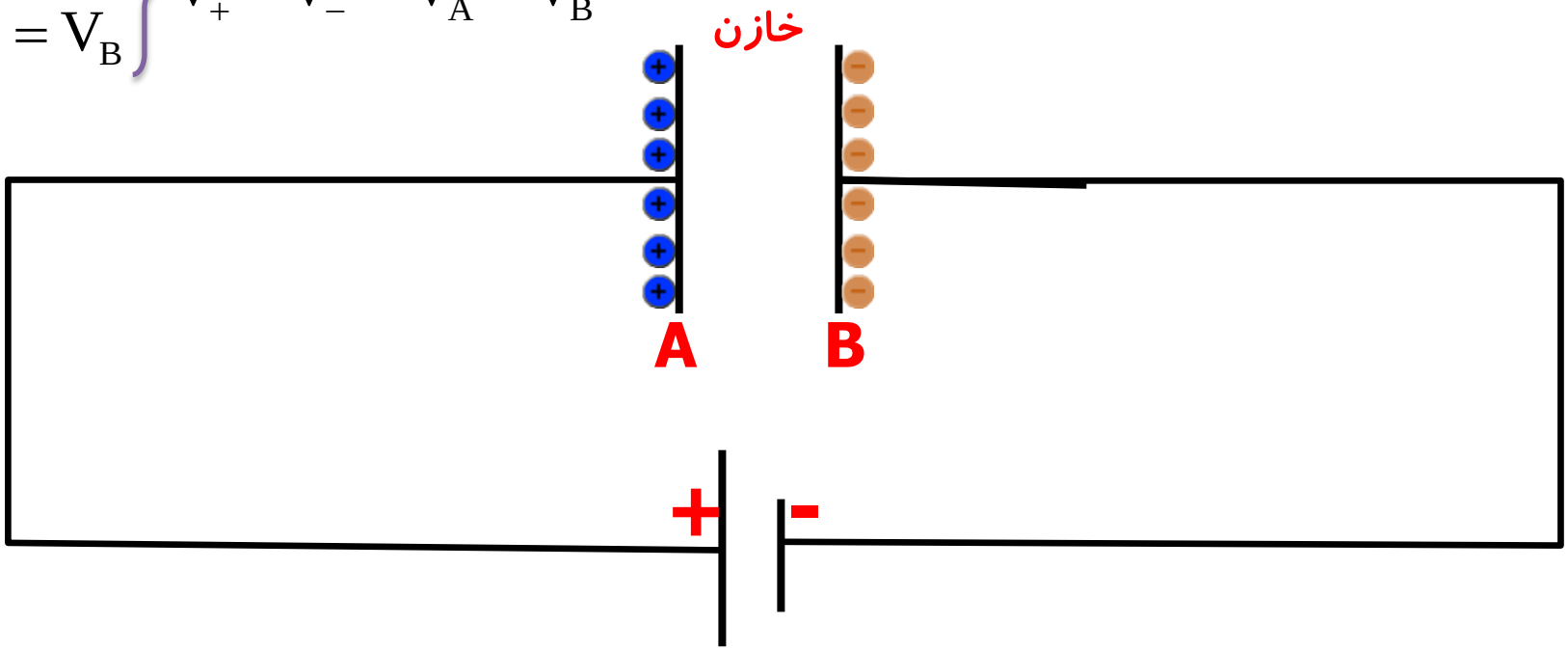
میدان الکتریکی الکترونها را از صفحهٔمتصل به پایانه ی مثبت به حرکت در می آورداین میدان دقیقا همین تعداد الکترون را از پایانهٔ منفی باتری به صفحهٔ دیگر خازن می راند.



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 راهمان بار صفحه ی مثبت در نظر می گیریم

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



تمرین:

فلاش یک دوربین عکاسی با تخلیهٔ خازنی به ظرفیت $10\mu F$ روشن می شود. اگراین خازن توسط یک باتری ۹ ولتی شارژ شده باشد، بارآن چقدر است؟

پاسخ :

$Q = 90\mu c$

$$\begin{cases} C = 10\ \mu F = 10\times10^{-6} F \\ V = 9V \\ Q = ? \end{cases}$$

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

$$Q = CV$$

$$Q = 10\times10^{-6}\times 9 = 90\mu c$$

تمرین:

اختلاف پتانسیل بین دو صفحهٔ یک خازن را از ۱۰V به ۳۰V افزایش می دهیم.اگر با این کار ۴۰μc بر بار ذخیره شده در خازن افزوده شود،ظرفیت خازن را حساب کنید.

پاسخ:

$C = ۲\mu F$

$V_۱ = ۱۰V$

$V_۲ = ۳۰V$

$\Delta Q = ۴۰\mu c$

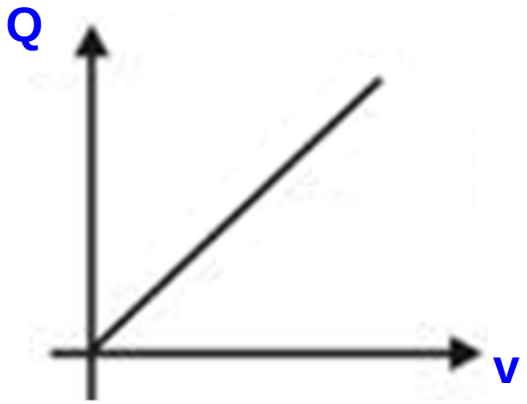
$C = ?$

$$C = \frac{Q}{V} \rightarrow Q = CV \xrightarrow{\text{ازطرفین دلتا می گیریم}} \Delta Q = C\Delta V$$

$$۴۰ = C(۳۰-۱۰) \rightarrow ۴۰ = ۲۰C \rightarrow C = \frac{۴۰}{۲۰} = ۲\mu F$$

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 .



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

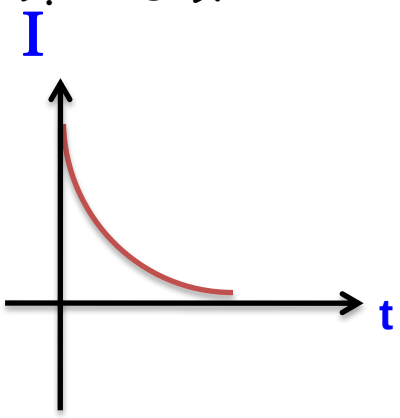
$$\tan\alpha = C$$

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

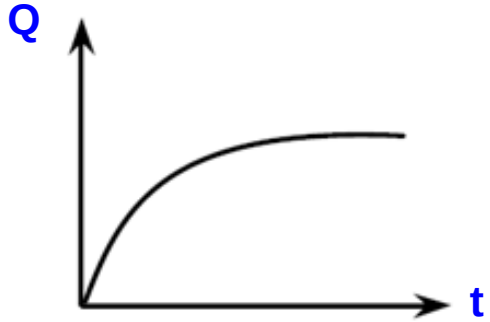
شارژ خازن (پُر کردن یک خازن)

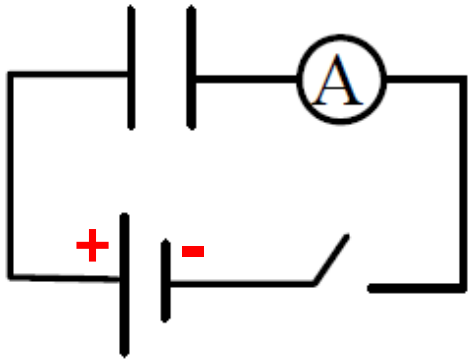
وقتی خازنی به مولدجریان مستقیم وصل می‌کنیم آمپرسنج برای لحظه‌ای عبورجریان را نشان می‌دهد.(تازمانی که خازن پر شود)

نمودارمربوط به جریان عبوری از آمپرسنج

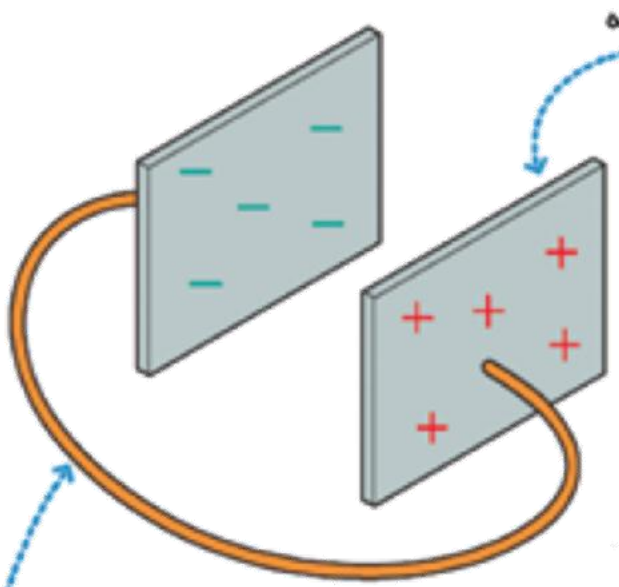


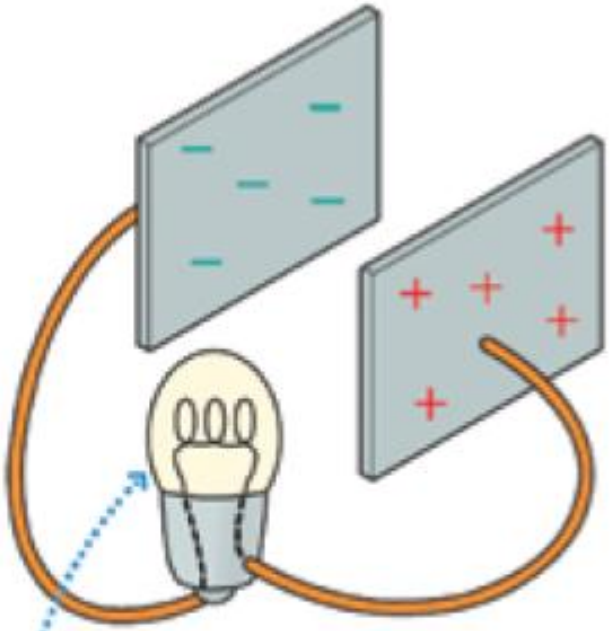
نمودار تغییرات بار صفحات خازن





دِشارژ (یا تخلیه بار) یک خازن:

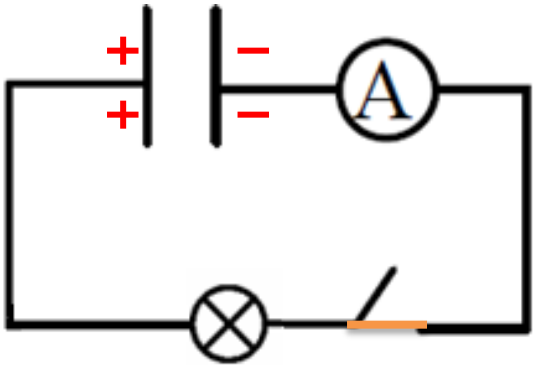


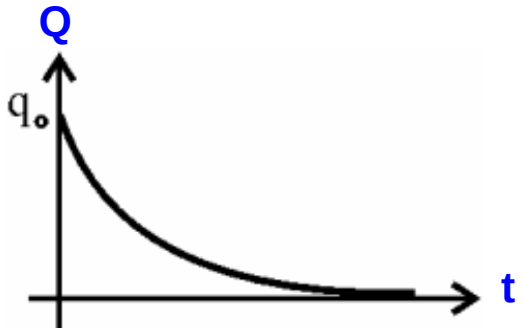


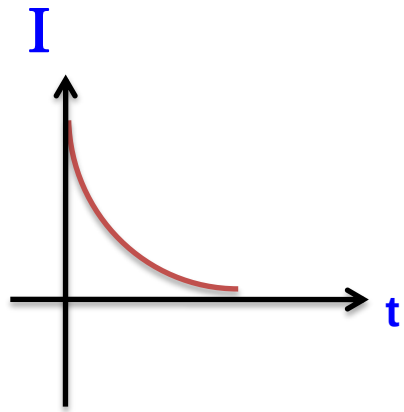
دِشارژ (یا تخلیه بار) یک خازن:

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

دراین حالت برای لحظه ای جریان برقرارشده تا بار خازن کاملا تخلیه شود و از آن به بعدجریان قطع می شود.

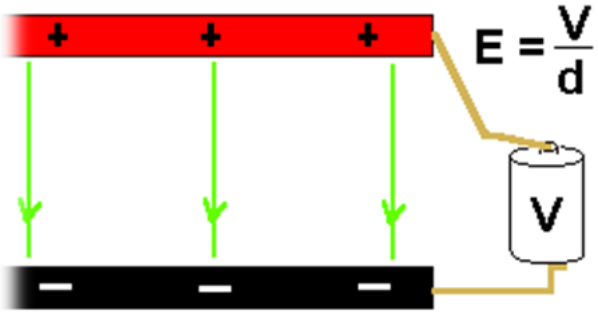






میدان الکتریکی درون خازن تخت

درفضای بین صفحات خازن باردار میدان الکتریکی یکنواختی برقرار می شود،که جهت آن همواره ازصفحه 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

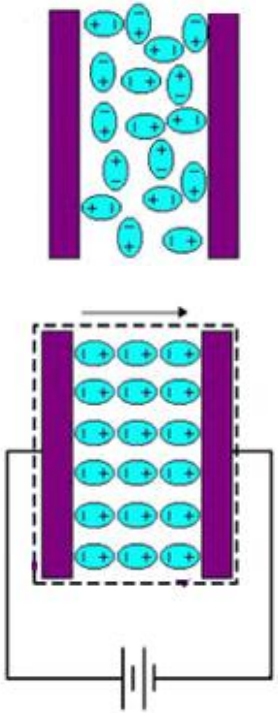
d: فاصله بین دو صفحه خازن

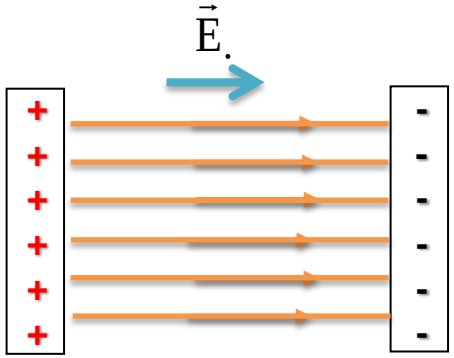
نکته

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

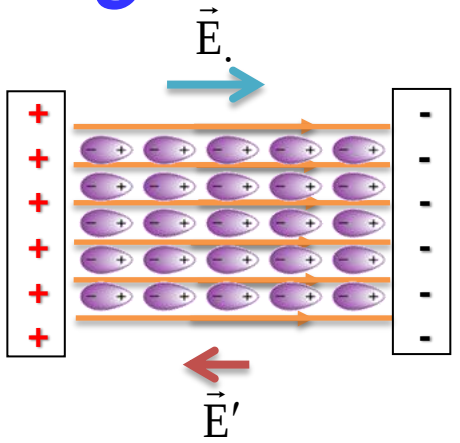
پرسش:

مولکول های دی الکتریک چه تاثیری برمیدان الکتریکی بین دو صفحهٔخازن می گذارند؟





میدان خازن بدون دی الکتریک



میدان خازن باوجوددی الکتریک

$$\vec{E}_T = \vec{E}_. - \vec{E}'$$

پاسخ :

درداخل دی الکتریک میدان الکتریکی E'حاصل ازدوقطبی هایی ایجاد می شود که مخالف میدان الکتریکی خارجی E_0 است .میدان الکتریکی برایندE_Tدرداخل خازن،جمع برداری میدان هایE_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.

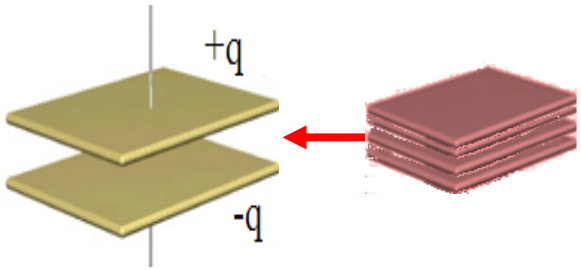
پاسخ :

خازنی را نخست توسط یک باتری باردارو سپس ازباتری جدا کرده ایم.اکنون فضای داخل این خازن را بایک دی الکتریک پرمی کنیم.باتوجه قانون پایستگی بار الکتریکی ،بارخازن ثابت ولی میدان الکتریکی اولیهٔبین این صفحه ها کاهش می یابدودرنتیجه اختلاف پتانسیل بین دو صفحه نیز کاهش می یابد بنابر این،طبق رابطهٔ $C=\frac{Q}{V}$ ظرفیت خازن افزایش می یابد.

$E=\frac{V}{d}$ → ↓E → ↓v

↑C → $C=\kappa C_0$

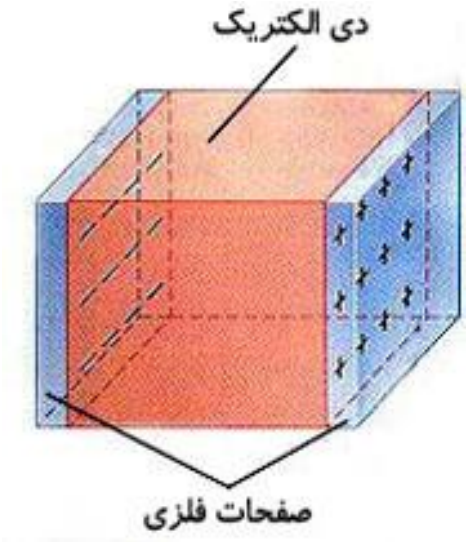
Q و dثابت ↑$C=\frac{Q}{V\downarrow}$



ظرفیت خازن تخت به چه عواملی بستگی :

ندارد:
- به مقدار بارالکتریکی خازن (Q)
- به اختلاف پتانسیل دو سرآن (V)

دارد: به مشخصات ساختمانی خازن



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

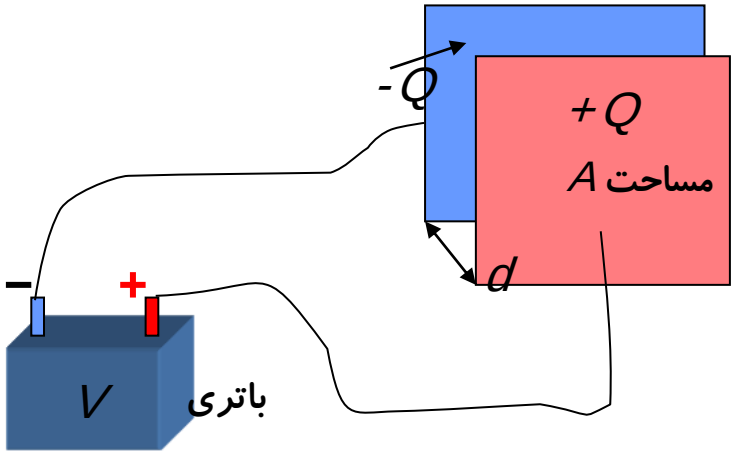
۱-با مساحت سطح مشترک صفحه های خازن که روبروی یکدیگرقراردارند، نسبت مستقیم دارد. $C \propto A$

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

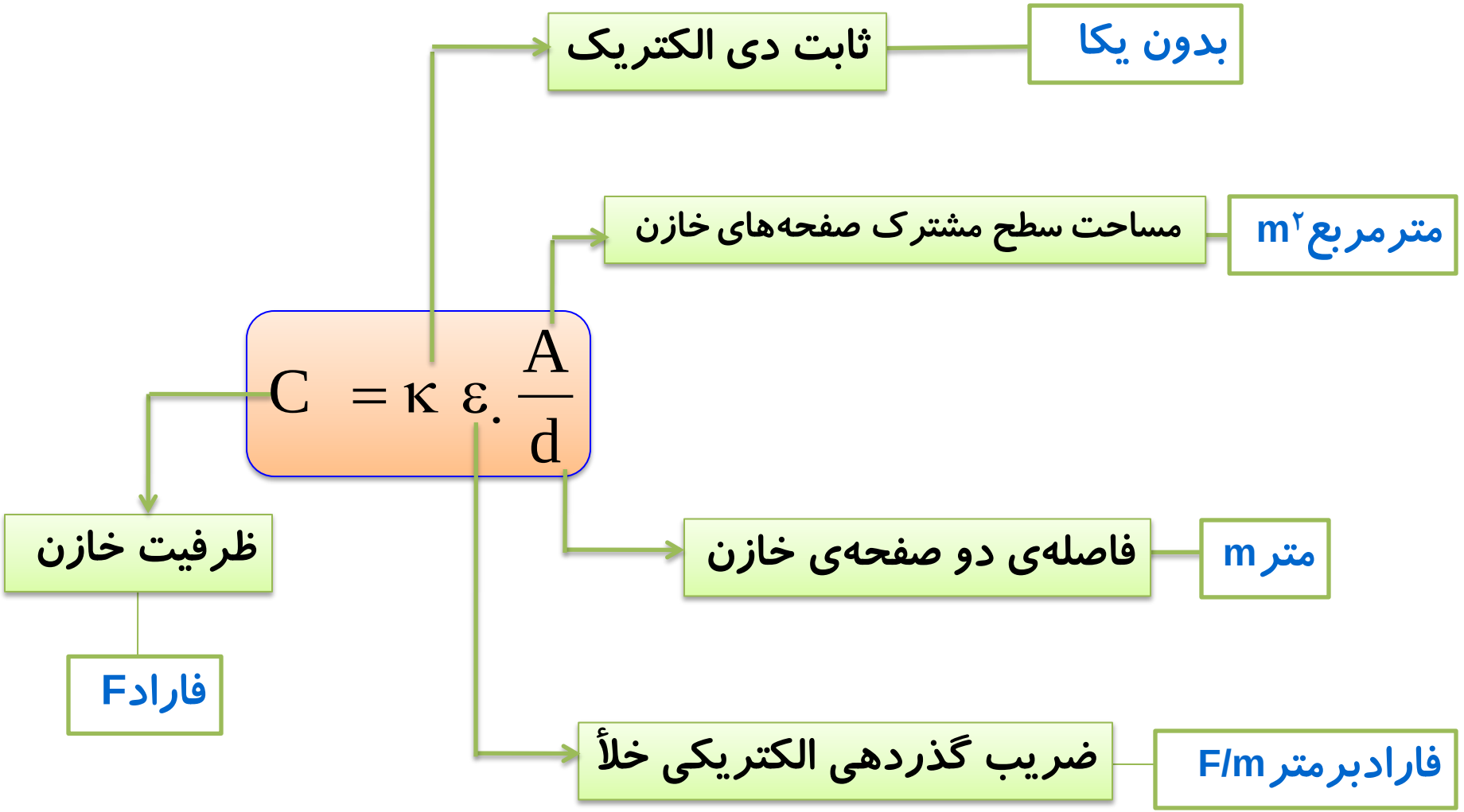
۳-بانوع دی الکتریک(جنس عایق) نسبت مستقیم دارد. $C \propto \kappa\varepsilon_0$

کاپا

ضریب گذردهی الکتریکی خلأ $\varepsilon_0 \approx 8/85 \times 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2}$



فرمول محاسبه ظرفیت خازن تخت :



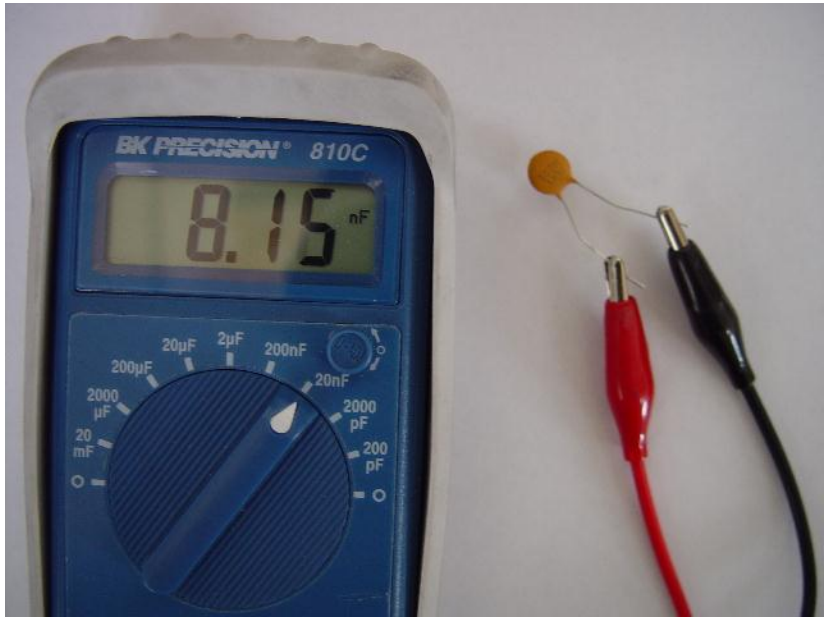
چندنکتهٔ مهم:

۱-ثابت دی الکتریک به جنس دی الکتریک بستگی دارد.

۲-اگربین دو صفحه خلأ(هوا) باشد $\kappa=1$ است.

۳-κبرای سایردی الکتریکها بزرگترازیک است.($\kappa>1$)

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



تبدیل واحدها:

واحدهای کوچکتر از فاراد

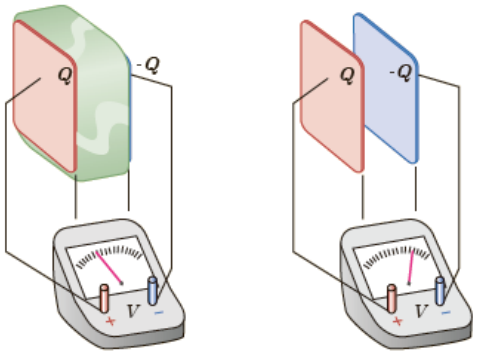
$1\mu F = 1\ 0^{-6} F$ ⟵ یک میکرو فاراد = 10^{-6} فاراد

$1nF = 1\ 0^{-9} F$ ⟵ یک نانو فاراد = 10^{-9} فاراد

$1pF = 1\ 0^{-12} F$ ⟵ یک پیکو فاراد = 10^{-12} فاراد

پرسش ۱-۸

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



پاسخ:

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

$E = \frac{V}{d}$ ثابت Q و d ⟹ ↓E ⟹ ↓V

تمرین:

مساحت هر کدام از صفحه‌های خازن تختی $۲۰cm^۲$ است.بین دو صفحه را با نارسانایی با ثابت دی‌الکتریک ۲۰ و ضخامت ۲mm/. پرکرده‌ایم .ظرفیت خازن را به‌دست آورید $(\varepsilon_0 \approx ۹ \times ۱۰^{-۱۲}\ F/m)$.

پاسخ :

$C = ۱/۸nF$

$$A = ۲۰cm^۲ = ۲۰ \times ۱۰^{-۴} m^۲$$

$$\kappa = ۲۰$$

$$d = ./۲mm = ./۲ \times ۱۰^{-۳} m$$

$$C = ?$$

$$\varepsilon_. \approx ۹ \times ۱۰^{-۱۲} \frac{F}{m}$$

$$C = \kappa\ \varepsilon_. \frac{A}{d}$$

$$C = ۲۰ \times ۹ \times ۱۰^{-۱۲} \times \frac{۲۰ \times ۱۰^{-۴}}{./۲ \times ۱۰^{-۳}}$$

$$C = ۱/۸ \times ۱۰^{-۹} F$$

$$C = ۱/۸nF$$

تمرین:

می‌خواهیم با دو صفحه‌ی رسانا و دی‌الکتریک میکا $\kappa=6$ خازنی به ظرفیت $20\,nF$ بسازیم. ضخامت میکا (فاصلهٔ صفحه‌ها) $0.02\,mm$ است. مساحت هر یک از صفحه‌ها تقریباً چند سانتی‌مترمربع است؟ ($\varepsilon_0 = 8.85\times10^{-12}\ F/m$).

$$\kappa = 6$$

$$C = 20\ nF = 20\times10^{-9}\ F$$

$$d = 0.02\,mm = 0.02\times10^{-3}\ m$$

$$A = ?\,cm^2$$

$$\varepsilon_0 = 8.85\times10^{-12}\ \frac{F}{m}$$

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

$$A = \frac{Cd}{\kappa\varepsilon_0}$$

$$A = \frac{20\times10^{-9}\times0.02\times10^{-3}}{6\times8.85\times10^{-12}}$$

$$A = 0.0075\,m^2$$

$$A = 75\,cm^2$$

پاسخ :

$A = 75\,cm^2$

تمرین:

فاصلهٔ بین صفحه های خازن صفحه کلیدرایانه ای عموماً $5\times10^{-3}m$ است که این فاصله با فشاردادن کلیدبه $1/5\times10^{-3}m$ می رسد.مساحت صفحه ها $9/5\times10^{-5}m^2$ است و خازن از ماده ای با ثابت دی الکتریک ۳/۵ پر شده است.تغییرظرفیتی که بافشاردادن کلید، توسط مدارهای الکترونیکی رایانه آشکار می شود چقدر است؟($\varepsilon_0 = 9\times10^{-12}\ F/m$) .

پاسخ :

پاسخ :

$d_1 = ۵\times ۱۰^{-۳}\,m$

$d_۲ = ./۱۵\times ۱۰^{-۳}\,m$

$A = ۹/۵\times ۱۰^{-۵}\,m^۲$

$\kappa = ۳/۵$

$\Delta C = ?$

$\varepsilon_. \approx ۹\times ۱۰^{-۱۲}\,\frac{F}{m}$

$C = \kappa\,\varepsilon_.\,\frac{A}{d} \Rightarrow \Delta C = \kappa\varepsilon_. A(\frac{۱}{d_۲} - \frac{۱}{d_۱})$

$\Delta C = ۳/۵\times ۹\times ۱۰^{-۱۲}\times ۹/۵\times ۱۰^{-۵}\times(\frac{۱}{./۱۵\times ۱۰^{-۳}} - \frac{۱}{۵\times ۱۰^{-۳}})$

$\Delta C = ۲۲۹/۲۵\times \frac{۱۰^{-۱۷}}{۱۰^{-۳}}\times(\frac{۱}{./۱۵} - \frac{۱}{۵})$

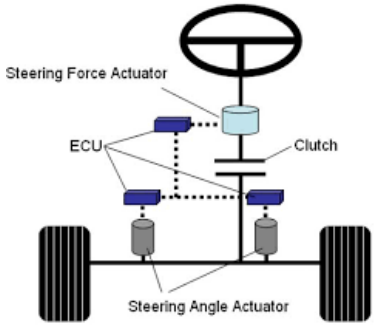
$\Delta C = ۲۲۹/۲۵\times ۱۰^{-۱۴}\times(۶/۶۶ - ./۲)$

$\Delta C = ۲۲۹/۲۵\times ۱۰^{-۱۴}\times ۶/۴۶$

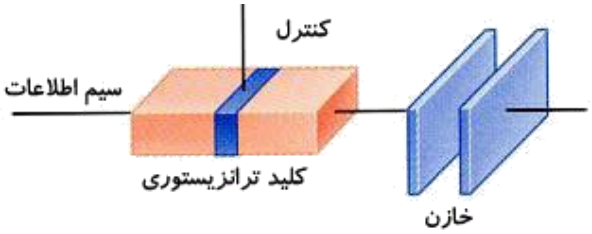
$\Delta C \approx ۱۵\,pF$

فعالیت ۱-۸

درحسگر کیسهٔهوای برخی از خودروها از یک خازن استفاده می شود.دربارهٔ چگونگی عملکرد این حسگرها تحقیق کنید و نتیجهٔآن 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-وQ+دارند. وقتی اتومبیل ناگهان متوقف می شود،صفحهٔ عقبی که سبکتر است به سمت صفحهٔسنگین تر جلویی حرکت می کند. این حرکت موجب تغییر ظرفیت خازن(نسبت Qبه اختلاف پتانسیل الکتریکی V ی بین صفحه ها) می شود و یک مدار الکتریکی این تغییر را آشکارسازی کرده و کیسه های هوا را به کار می اندازد.

تمرین:

دریک خازن تخت باصفحه های مربع شکل ،اگرفاصلهٔبین دوصفحه خازن را چهاربرابروطول ضلع مربع را $\frac{۱}{۴}$ برابرکنیم ،ظرفیت خازن چندبرابرمی شود؟

پاسخ :

$$\begin{cases} d' = ۴d \\ a' = \frac{۱}{۴}a \rightarrow A' = a'^{۲} = (\frac{۱}{۴}a)^{۲} \rightarrow A' = \frac{۱}{۱۶}A \\ C' = ?C \end{cases}$$

$$C = \kappa\varepsilon_{.}\frac{A}{d} \rightarrow \frac{C'}{C} = \frac{A'}{d'} \times \frac{d}{A}$$

$$\frac{C'}{C} = \frac{\frac{۱}{۱۶}A}{۴d} \times \frac{d}{A} \rightarrow \frac{C'}{C} = \frac{۱}{۶۴}$$

$C' = \frac{۱}{۶۴}C$

تمرین:

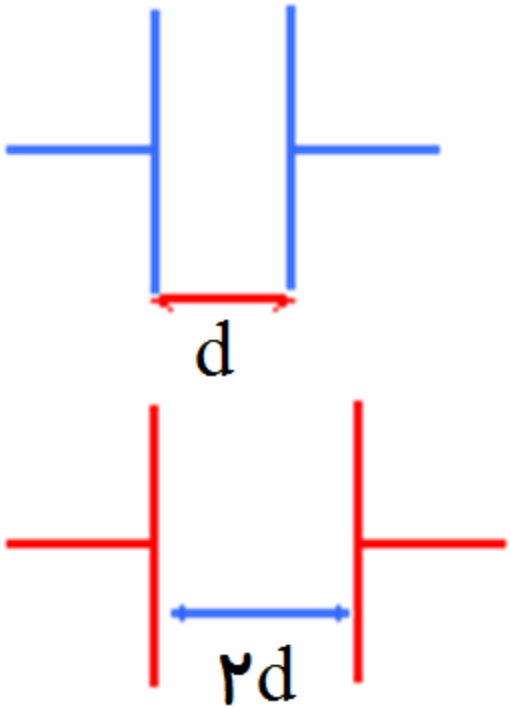
یک خازن تخت،دارای صفحات مستطیلی شکل به ابعاد۱۰cm×۲cm می باشد.اگرفاصله بین دو صفحه آن از هم یک میلی متروثابت دی الکتریک ۸۰ باشد. مطلوبست، ظرفیت خازن برحسب میکرو فاراد محاسبه کنید.($\varepsilon_0 \approx ۹ \times ۱۰^{-۱۲}\ F/m$) .

پاسخ :

$C = ۱/۴۴nF$

تمرین:

اگرفاصله بین صفحات یک خازن را ۲برابرکنیم،ظرفیت آن چندبرابرمی‌شود؟



پاسخ :

$$C' = \frac{۱}{۲}C$$

تمرین:

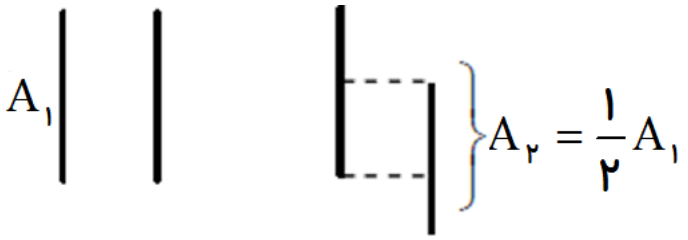
اگر فاصله بین صفحات یک خازن را نصف کنیم وبین صفحات آن ماده‌ای به ضریب دی‌الکتریک ۶ قرار دهیم، ظرفیت آن چند برابر می‌شود؟

پاسخ :

$$C' = ۱۲C$$

تمرین:

صفحه های خازن رابه موازات امتداداولیهٔ خودحرکت می دهیم تانصف مساحت صفحه ها روبروی هم قرارگیردیک دی الکتریک باضریبKبین دو صفحه قرارمی دهیم تا ظرفیت خازن تغییری نکندK چقدر است؟



پاسخ :

$\kappa = ۲$

$$\begin{cases} A_۲ = \frac{۱}{۲} A_۱ \\ \kappa_۱ = ۱ \\ \kappa_۲ = \kappa \\ C_۲ = C_۱ \end{cases}$$

$$C = \kappa \varepsilon_۰ \frac{A}{d} \rightarrow \frac{C_۲}{C_۱} = \frac{\kappa_۲}{\kappa_۱} \times \frac{A_۲}{A_۱} \times \frac{d_۱}{d_۲}$$

$$۱ = \frac{\kappa}{۱} \times \frac{\frac{۱}{۲} A_۱}{A_۱} \rightarrow ۱ = \frac{\kappa}{۲} \rightarrow \kappa = ۲$$

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 باذکر دلیل مشخص کنید برای به دست آوردن بیشترین ظرفیت ازکدام 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 $C = \kappa\varepsilon_0 \frac{A}{d}$ باید حالتی را انتخاب کرد که نسبت $\frac{\kappa}{d}$ بیشترین مقدار باشد.

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

تست:

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

۱) ۲ برابر　　۲) ۴ برابر　　۳) ۸ برابر　　۴) تغییری نمی‌کند.

پاسخ :

گزینه ی(۳) صحیح است.

تست:

خازنی به ولتاژ ۲۰ ولت وصل است و بار ۵μC در آن ذخیره شده است. اگر بار ذخیره شده در خازن ۱۵ μC گردد ، ولتاژ دو سر خازن چندولت بوده است؟

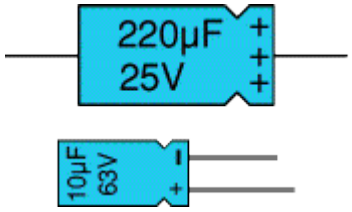
۱) ۶۰ ۲) ۴ برابر ۳) $\frac{۲۰}{۳}$ ۴) تغییری نمی‌کند.

پاسخ :

گزینه ی(۱) صحیح است.

پرسش :

اعداد روی خازن نشان دهندهٔ چیست؟



پاسخ:

مقدار ظرفیت واختلاف پتانسیل بیشینه ای که یک خازن می توانند تحمل کنند

فروریزش الکتریکی :

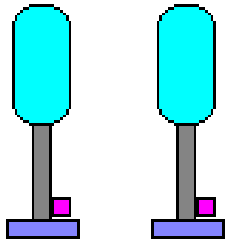
اگراختلاف پتانسیل بین صفحات افزایش یابد $V\uparrow$،میدان الکتریکی بسیارقوی $E\uparrow$ بین صفحات ایجادمی‌شود الکترون های اتم های مادهٔدی الکتریک،توسط میدان الکتریکی ایجادشده بین دو صفحه،کنده می شوندومسیرهایی رسانا درون دی الکتریک ایجاد می شودکه سبب تخلیهٔ خازن می گردد.

پرسش :

فروریزش الکتریکی درمادهٔدی الکتریک بین صفحهٔ خازن ها چه اثری همراه است؟

پاسخ:

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

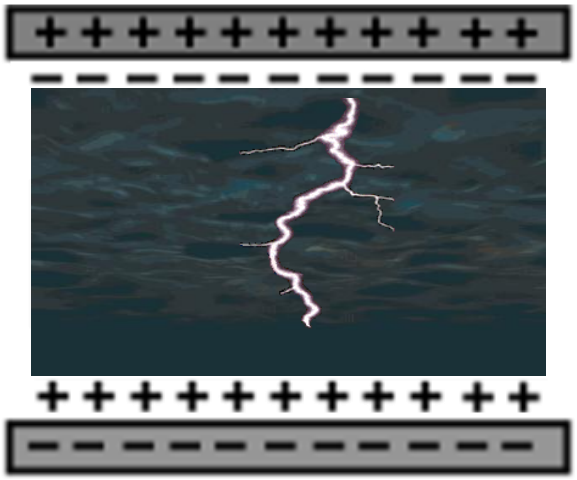


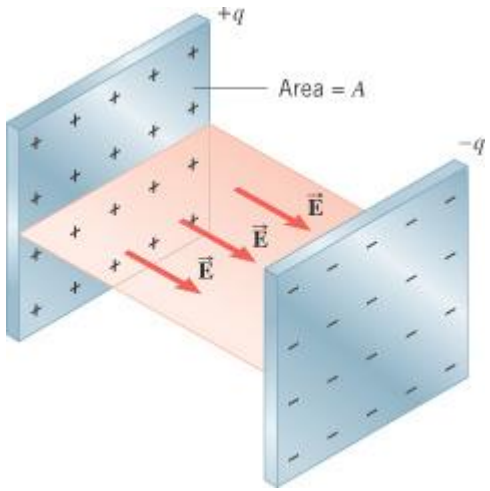
پرسش :

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

پاسخ:

فروریزش الکتریکی ناشی ازکنده شدن الکترون های اتم های مادهٔدی الکتریک توسط میدان الکتریکی وسپس رانده شدن این الکترونها توسط میدان الکتریکی وایجادیک مسیررسانایی دردی الکتریک است.





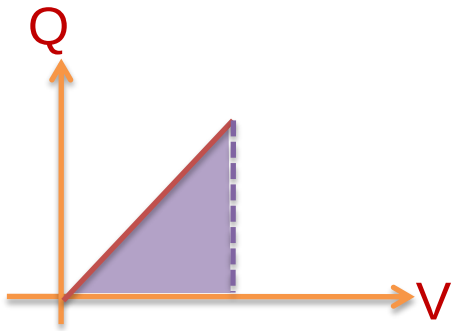
انرژی ذخیره شده در خازن:

باتری،دائماً باری جزئی ازیک صفحهٔ خازن جدا و به همان اندازه به صفحهٔ دیگرمنتقل می کند. کار انجام شده برای باردار شدن کامل خازن برابر با حاصل ضرب کلّ بارهای جزئی منتقل شده(q)در اختلاف پتانسیل متوسط است:

$$\Delta U = Q\overline{V}$$

$$\overline{V} = \frac{V_1 + V_2}{2} \rightarrow \overline{V} = \frac{0 + V}{2}$$

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



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

فرمولهای دیگرانرژی ذخیره شده در خازن :

Q بار ذخیره شده در خازن برحسب کولن،

C ظرفیت خازن برحسب فاراد

V ولتاژ دو سر خازن برحسب ولت.

U انرژی ذخیره شده در خازن برحسب ژول،

$$U = \frac{1}{2}QV \qquad q = CV \qquad \Rightarrow \quad U = \frac{1}{2}CV^2$$

$$U = \frac{1}{2}QV \qquad V = \frac{Q}{C} \qquad \Rightarrow \quad U = \frac{Q^2}{2C}$$

تمرین:

خازنی به ظرفیت ۵μF به ولتاژ ۸۰ولت وصل شده است .انرژی ذخیره شده در این خازن چند ژول است؟

پاسخ:

$U = ۱/۶ \times ۱۰^{-۲} J$

$$\begin{cases} C = ۵\mu F = ۵ \times ۱۰^{-۶} F \\ V = ۸۰ v \\ U = ? \end{cases} \qquad U = \frac{۱}{۲} CV^{۲} \Rightarrow U = \frac{۱}{۲} \times ۵ \times ۱۰^{-۶} \times ۸۰^{۲} \Rightarrow U = ۱/۶ \times ۱۰^{-۲} J$$

نکته

اگردرحالی که خازن به مولدوصل است تغییری در ساختمان آن ایجاد نماییم،

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

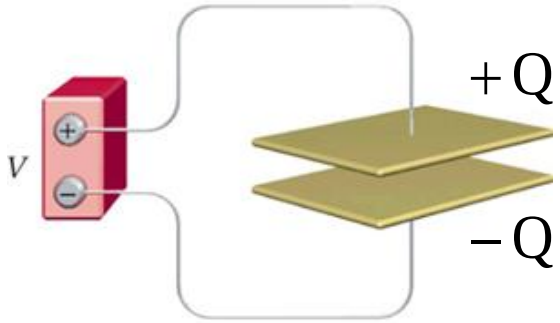
۲-ظرفیت خازن مطابق با رابطه $C = \kappa \varepsilon_0 \frac{A}{d}$ تغییر می‌کند

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 می‌کند.

بنابراین می‌توان در این حالت نوشت :

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



۵-مطابق بارابطه $E = \frac{V}{d}$ میدان الکتریکی با معکوس فاصله بین دوصفحه تغییرمی کند.

نکته

اگرخازنی را با مولدی شارژ و ازمولدجدا کنیم، سپس تغییری درساختمان خازن دهیم

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

۲-ظرفیت خازن طبق رابطه $C = \kappa \varepsilon_0 \frac{A}{d}$ تغییر می‌کند

۳-اختلاف پتانسیل دوسرآن طبق رابطه $V = \frac{Q}{C}$ به نسبت عکس ظرفیت خازن تغییر می‌کند

۴-انرژی خازن طبق رابطه $U = \frac{Q^2}{2C}$ نیزبه نسبت عکس ظرفیت خازن تغییرخواهدکرد

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

۵-میدان الکتریکی طبق رابطه $E = \frac{Q}{Cd} = \frac{Q}{\kappa \varepsilon_0 A}$ تغییر می کند.

پرسش:

یک خازن را توسط یک باتری پرمی کنیم،سپس درحالی که خازن به مولد متصل است،دی الکتریکی باثابت κ را بین صفحات خازن واردمی کنیم چه تغییراتی درظرفیت خازن ، مقداربارالکتریکی،ولتاژو انرژی خازن می افتد؟

پاسخ :

ولتاژ:	ثابت می ماند
ظرفیت خازن:	افزایش می یابد
بار الکتریکی :	افزایش می یابد
انرژی خازن :	افزایش می یابد

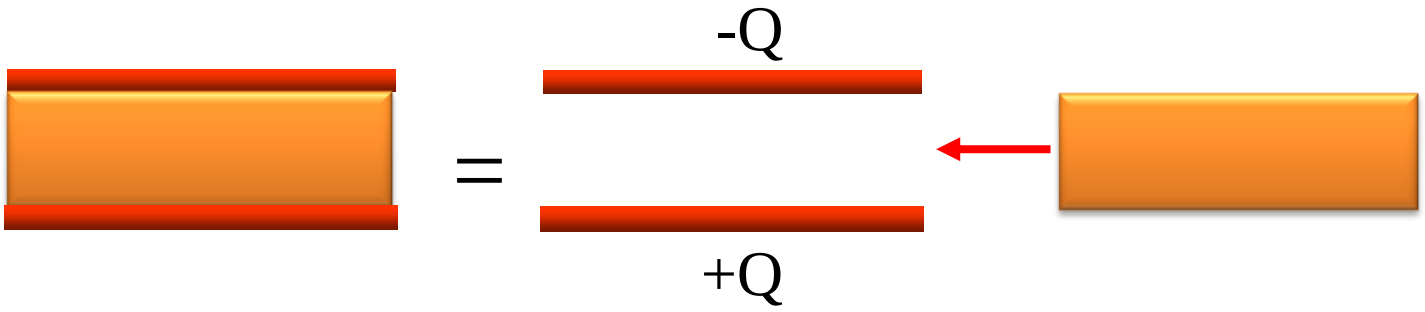
$$\uparrow C = \uparrow \kappa\, \varepsilon_{\cdot} \frac{A}{d}$$

$$\uparrow Q = \uparrow CV$$

$$\uparrow U = \frac{۱}{۲} C \uparrow V^{۲}$$

پرسش:

خازنی را با مولدی شارژ و سپس از مولد جدا می کنیم ، اگریک دی الکتریک واردآن کنیم ، چه تغییراتی درظرفیت خازن ، مقداربارالکتریکی ، ولتاژو انرژی خازن می افتد؟



پاسخ :

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

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

$$\downarrow U = \frac{Q^{۲}}{۲C}\uparrow$$

ظرفیت خازن : افزایش می یابد

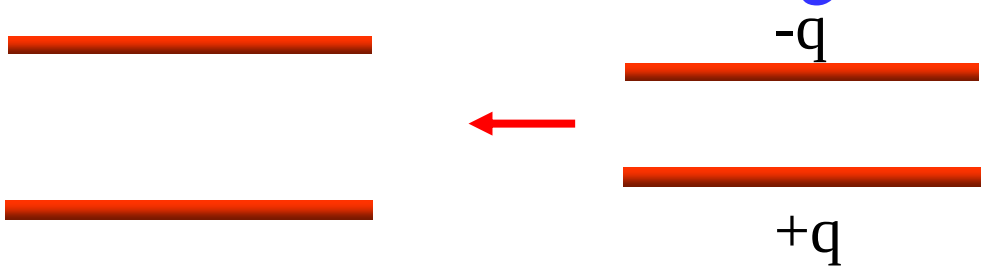
ولتاژ : کاهش می یابد

بار الکتریکی : ثابت می ماند

انرژی خازن : کاهش می یابد

پرسش:

یک خازن را توسط یک باتری پرمی کنیم،سپس خازن را ازمولدجدا می کنیم ،فاصله ی صفحات خازن رازیادمی کنیم چه تغییراتی درظرفیت خازن ،مقدار بارالکتریکی ،ولتاژو انرژی خازن می افتد؟



پاسخ :

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

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

$$\uparrow U = \frac{Q^{۲}}{۲C}\downarrow$$

ظرفیت خازن:	کاهش می یابد
ولتاژ :	افزایش می یابد
بار الکتریکی :	ثابت می ماند
انرژی خازن :	افزایش می یابد

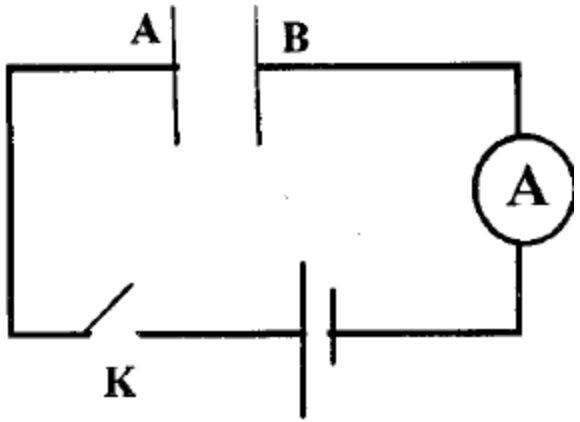
تمرین:

جاهای خالی راباکلمات مناسب پر کنید

الف)پس ازوصل کلید،صفحهٔ Bدارای بار.....می شود.

ب)زمانی که ولتاژدوسرمولد،.....ولتاژدوسرخازن است،آمپرسنج عبورجریان را نشان نمی دهد.

پ)بدون آنکه خازن را از مولدجداکنیم،صفحهٔAراطوری بالا می بریم که نصف آن مقابل صفحهٔBقرارگیردانرژی خازن دراین حالت، .....انرژی خازن درحالت اولیه است.



پاسخ :

الف)منفی

ب)برابربا

پ)کمتر از

تمرین:

ظرفیت خازن تختی $C = ۲۰\mu F$ وبار ذخیره شده در آن $q = ۲۰\mu c$ اگر فاصله صفحات خازن ۱ mm باشدبزرگی میدان الکتریکی یکنواخت بین صفحات آن وانرژی ذخیره شده درآن را بدست آورید.

پاسخ :

$E = ۱۰^{۳} \frac{N}{C}$

$U = ۱۰\mu J$

تمرین:

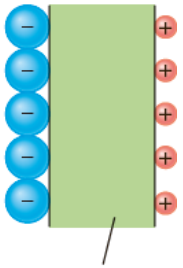
چندژول انرژی لازم است تامقدار $۲\mu C$ بار الکتریکی از یک صفحه خازن به صفحهٔ دیگر منتقل شود؟بارالکتریکی اولیه $۱۸\mu C$ وظرفیت آن $۱۰\ \mu F$ است.

پاسخ :

$$\Delta U = ۳/۸\mu J$$

تمرین ۱-۱۲

یک یاختهٔعصبی(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 دردوطرف غشا هستند به عنوان بارهای روی صفحه های خازن عمل کنندظرفیت یک سلول عصبی وتعدادیون های لازم(بافرض آن که هر یون یک باریونیده باشد)برای آنکه یک اختلاف پتاسیل۸۵mV ایجاد شود چقدر است؟فرض کنید غشا دارای ثابت دی الکتریک$\kappa=۳$،ضخامت$۱۰nm$و مساحت سطح$۱۰^{-۱۰}m^{۲}$ است.



پاسخ:

ظرفیت سلول عصبی

$$C=\kappa\varepsilon_{۰}\frac{A}{d}=۳\times۸/۸۵\times۱۰^{-۱۲}\times\frac{۱۰^{-۱۰}}{۱۰\times۱۰^{-۹}}\Rightarrow C=۲/۶۵\times۱۰^{-۱۳}F$$

بارسلول عصبی

$$Q=CV\Rightarrow Q=۲/۶۵\times۱۰^{-۱۳}\times۸۵\times۱۰^{-۳}\Rightarrow Q\approx۲/۳\times۱۰^{-۱۴}C$$

تعداد یون های سلول عصبی

$$q=ne\Rightarrow n=\frac{Q}{e}=\frac{۲/۳\times۱۰^{-۱۴}}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}}\Rightarrow n=۱/۴\times۱۰^{۵}$$

تمرین:

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

پاسخ:

انرژی ۲۱ ٪ افزایش می یابد.

$$Q_2 = Q_1 + 0/1Q_1 = 1/1Q_1$$

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

$$U_2 = \frac{Q_2^2}{2C} \rightarrow U_2 = \frac{(1/1Q_1)^2}{2C} = \frac{1/21Q_1^2}{2C}$$

$$U_2 = 1/21U_1$$

$$\frac{\Delta U}{U_1} \times 100\% = ? \rightarrow \frac{1/21U_1 - U_1}{U_1} \times 100\% = 21\%$$

تمرین:

باتخلیهٔقسمتی از بارالکتریکی یک خازن پرشده،اختلاف پتانسیل دوسرآن ۸۰درصدکاهش می یابد. انرژی این خازن چنددرصد کاهش می یابد؟

پاسخ:

انرژی ۹۶ ٪ کاهش می یابد.

$$V_2 = V_1 - 0.8V_1 = 0.2V_1$$

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

$$U_2 = \frac{1}{2}CV_2^2 \Rightarrow U_2 = \frac{1}{2}C(0.2V_1)^2 = 0.04\frac{1}{2}CV_1^2$$

$$U_2 = 0.04U_1$$

$$\frac{\Delta U}{U_1} \times 100\% = ? \Rightarrow \frac{0.04U_1 - U_1}{U_1} \times 100\% = -96\%$$

روابط وفرمولهای فصل الکتریسیته ساکن

۱-نیروی الکتریکی بین دوذرهٔ باردار $F = k\frac{|q_1|.|q_2|}{r^2}$

۲-میدان الکتریکی یک ذره باردار

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

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

۳-انرژی پتانسیل الکتریکی

$$\Delta U = W_{F'} = -W_E = -Eqd\cos\alpha$$

زاویه بین میدان و جابه جایی

۴-اختلاف پتانسیل الکتریکی

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

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

زاویه بین میدان و جابه جایی

۵-ظرفیت خازن

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

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

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 الکتریسیته ساکن

نام کمیت	علامت	یکا(SI)
بار الکتریکی	q	C (کولن)
فاصله دو بار	r	m
ثابت کولن	k	Nm^2/C^2
ضریب گذردهی الکتریکی خلا	ε_0	C^2/Nm^2
نیروی الکتریکی	F	N
میدان الکتریکی	E	N/C (نیوتن بر کولن)یا (V/mولت بر متر)
سطح یا مساحت	A	m^2
پتانسیل الکتریکی	V	V (ولت)
اختلاف پتانسیل الکتریکی	V یا ΔV	V (ولت)
انرژی پتانسیل الکتریکی	U	J
ظرفیت 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