

یازدهم

فیزیک

امیر جمشید

- ✓ فوق لیسانس فیزیک
- ✓ مدرس موسسات کنکور
- ✓ مدرس مدارس تیزهوشان

فصل اول

الکتریسیته ساکن

پروتون +

ذرات منفی

الکٹرون منفی

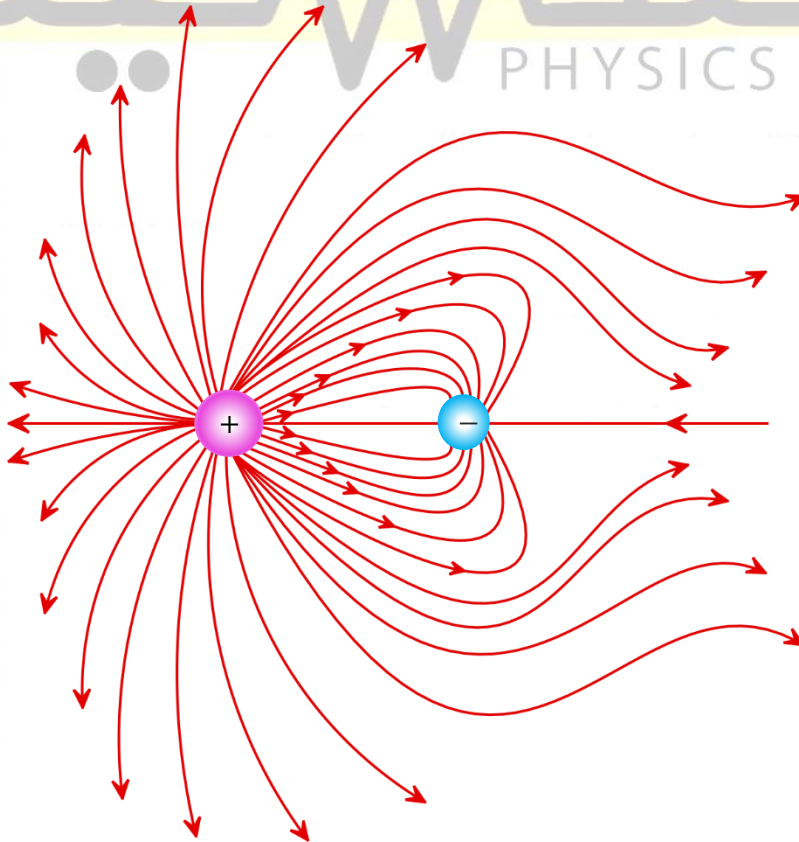
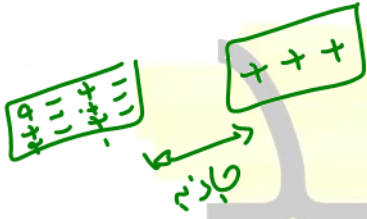
بار مثبت ← تعداد پروٹون

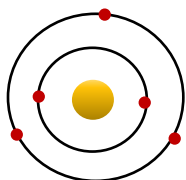
بار منفی ← تعداد الیکٹرون

صاف $P = e$



دفع	+	+
جذب	-	+
دفع	-	-
جذب	صفر	+
جذب	صفر	-





همه مواد از مولکول ها و مولکول ها از اتم ها ساخته شده اند.

سه ذره بنیادی سازنده هر اتم:

۱) پروتون با بار مثبت ۲) الکترون با بار منفی ۳) نوترون بدون بار الکتریکی

* پروتون ها و نوترون ها در هسته اتم قرار دارند و جدا کردن آن ها از هسته بسیار مشکل است ولی الکترون ها در مدارهایی با فاصله از هسته (ترازها) قرار دارند و به راحتی از هسته جدا می شوند. بنابر این یک اتم در حالت عادی فقط مبادله الکترون می کند.

الکتریسیته: در اثر مالش یک خودکار با موی سر، در خودکار خاصیتی ایجاد می شود که می تواند ذرات ریز کاغذ را برباید، این خاصیت را الکتریسیته (کهربایی) می گویند و این نوع الکتریسیته را الکتریسیته ساکن (الکترواستاتیک) می نامند.

* واژه الکتریسیته از واژه یونانی الکترون، به معنای کهربا گرفته شده است.

$$P = |-e| = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

* اندازه بار الکتریکی پروتون و الکترون با هم برابرند.

* یکای بار الکتریکی در (SI) کولن (C) است. در الکتریسیته ساکن، کولن بار بسیار بزرگی است بنابراین از واحدهای کوچکتر میکروکولن و نانوکولن استفاده می شود.

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

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

* اتم در حالت عادی فتنی است زیرا تعداد پروتون ها و الکترون های آن با هم برابر است.

جسم باردار: جسمی که کمبود یا اضافی الکترون داشته باشد.

* جسمی که کمبود الکترون دارد بارش مثبت و جسمی که الکترون اضافی دارد بارش منفی است.

* نام گذاری مثبت و منفی روی بارهای الکتریکی توسط بنیامین فرانکلین، دانشمند آمریکایی صورت گرفت.

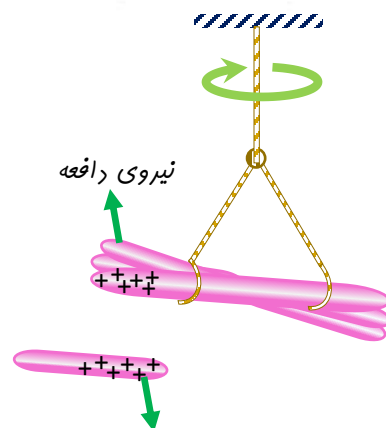
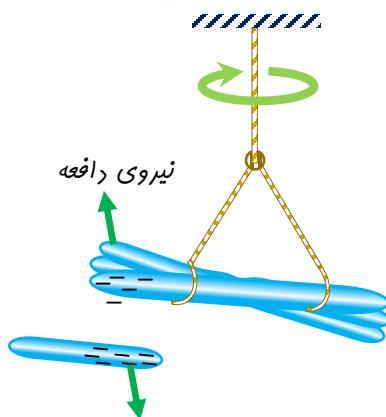
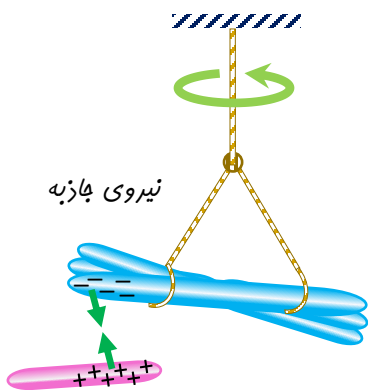
* بار الکتریکی جسم را با نماد Q نشان می دهیم و برابر است با:

$$q = \pm ne \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

بار هر جسم مضرب صحیحی از یک بار پایه به نام الکترون می باشد.

* بار الکتریکی کمیتی کوانتومی (گسسته) می باشد. [الکترون یک ذره بنیادی است که زیر سافتار ندارد. یعنی از ذرات دیگری ساخته نشده است]

قانون اساسی الکترواستاتیک: بارهای هم نام همدیگر را می رانند و بارهای غیر هم نام همدیگر را می ربایند.





اصل پایستگی بار الکتریکی: مجموع جبری همه بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی ثابت است. بار الکتریکی به وجود نمی آید و از بین نمی رود بلکه از جسمی به جسم دیگر منتقل می شود.



مثال (۱): یک میله پلاستیکی را با پارچه کتان مالش می دهیم، در اثر این عمل، میله پلاستیکی $+Q$ بار منفی پیدا می کند. بار الکتریکی پارچه کتان و تعداد الکترون های منتقل شده در میله پلاستیکی را تعیین کنید. ($e = 1.6 \times 10^{-19} C$)

$$Q = -\lambda n e$$

$$n = \frac{Q}{-e} = \frac{1.5 \times 10^{-11}}{1.6 \times 10^{-19}} = 9.375 \times 10^7$$

$$Q = n e$$

$$1.5 \times 10^{-11} = n \times 1.6 \times 10^{-19}$$

$$Q = +\lambda n e$$

مثال (۲): بار الکتریکی هسته یون Y^{2+} چند کولن است؟ بار این یون چند کولن است؟ (عدد اتمی عنصر Y ، $Z = 8$ و $e = 1.6 \times 10^{-19} C$ است)

$$Q = +n e$$

$$Q = +8 \times 1.6 \times 10^{-19} = 1.28 \times 10^{-18} C$$

$$Q_p = 2 Q_1$$

$$Q = +2 \times 1.6 \times 10^{-19} = 3.2 \times 10^{-19} C$$

مثال (۳): جسمی دارای بار الکتریکی مثبت است. اگر تعداد 5×10^{13} الکترون از آن گرفته شود، بار الکتریکی آن ۳ برابر می شود، بار اولیه جسم چند میکروکولن بوده است؟ ($e = 1.6 \times 10^{-19} C$)

$$Q_1 + Q' = Q_2$$

$$Q_1 + Q' = 3 Q_1$$

$$Q' = 2 Q_1 \Rightarrow 1 \times 10^{-6} = 2 Q_1 \Rightarrow Q_1 = 5 \times 10^{-7} C = 0.5 \mu C$$

مثال (۴): چه تعداد از بارهای داده شده در جدول زیر می تواند وجود داشته باشد؟ ($e = 1.6 \times 10^{-19} C$)

$$q_A = 4/23 C, q_B = -0.8 \times 10^{-19} C, q_C = 9/6 \times 10^{-19} C, q_D = +4 \times 10^{-19} C, q_E = -5/3 \mu C$$





روش های باردار کردن اجسام: (۱) مالش (۲) تماس (۳) القای بار الکتریکی

(۱) **روش مالش:** در اثر مالش، الکترون از یک جسم به جسم دیگر منتقل می شود. [این روش برای اجسام نارسا به کار می رود]

* از دست دادن یا گرفتن الکترون توسط اجسام به کمک جدول سری تریبو الکتریک (به معنی مالش) تعیین می شود.

* اگر دو ماده در این جدول را با هم مالش دهیم، الکترون از ماده بالاتر در جدول به ماده پایین تر منتقل می شود. مثلاً در اثر مالش نایلون با تفلون، الکترون از نایلون به تفلون منتقل می شود.

* اگر یک میله شیشه ای با یک پارچه ابریشمی مالش داده شود، میله شیشه ای بار مثبت و پارچه بار منفی می گیرد.

* اگر یک میله پلاستیکی (ابونیتی - لاک) با یک پارچه پشمی مالش داده شود، میله پلاستیکی بار منفی و پارچه بار مثبت پیدا می کند.

- بار (+) و بار (-) ایجاد شده در اثر مالش بنا به پایداری بار الکتریکی با هم برابرند.

(۲) **روش تماس:** در این روش که برای اجسام رسا به کار می رود، یک جسم بار دار رسا با یک جسم رسانای

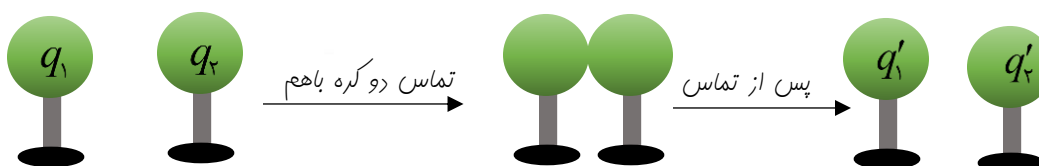
بدون بار، تماس داده می شود و بخشی از بارهای جسم بار دار به دیگری منتقل می شود.



* در روش تماس دو جسم دارای بار هم نام می شوند.

* اگر دو جسم هم شکل و هم اندازه باشند، بار آن ها بعد از تماس با هم برابر است.

نکته: اگر دو کره رسانای باردار مشابه که حامل بارهای q_1 و q_2 می باشند را با هم تماس داده و سپس از هم دور کنیم، بار پس از تماس هر کره برابر است با:



$$q_1' = q_2' = \frac{q_1 + q_2}{2}$$

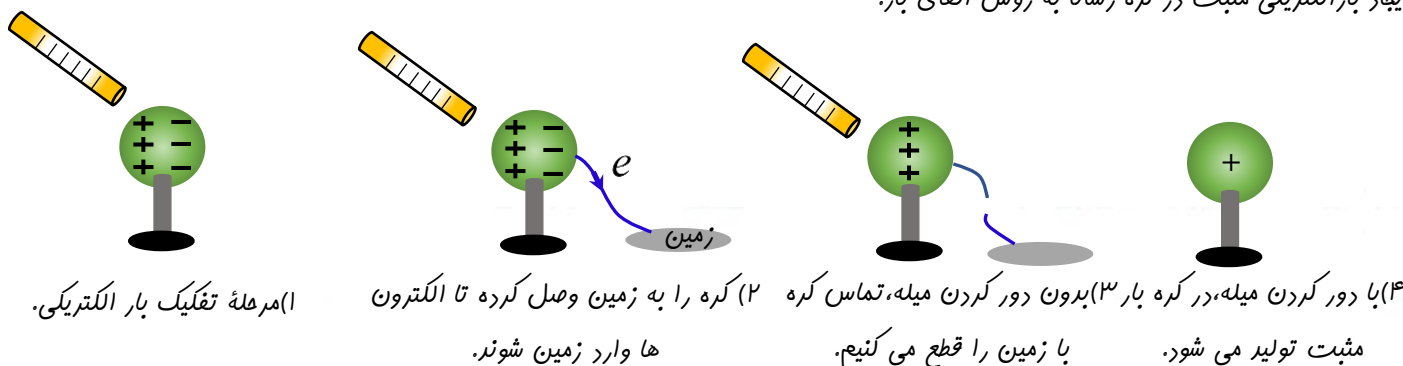
* در این رابطه علامت (+) و (-) بارهای الکتریکی منظور می شود.



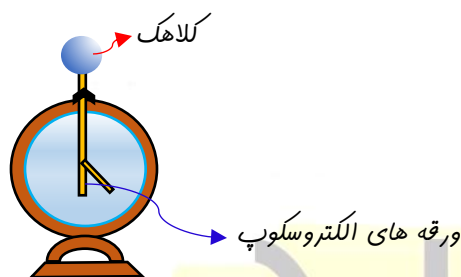


۳) روش القای الکتریکی: باردار کردن یک جسم رسانا بدون تماس با یک جسم باردار دیگر. [این روش مخصوص اجسام رسانا می باشد]

* ایجاد بار الکتریکی مثبت در کره رسانا به روش القای بار.



بار میله (القاهر) همواره از بار کره (القاشونده) بیشتر است.

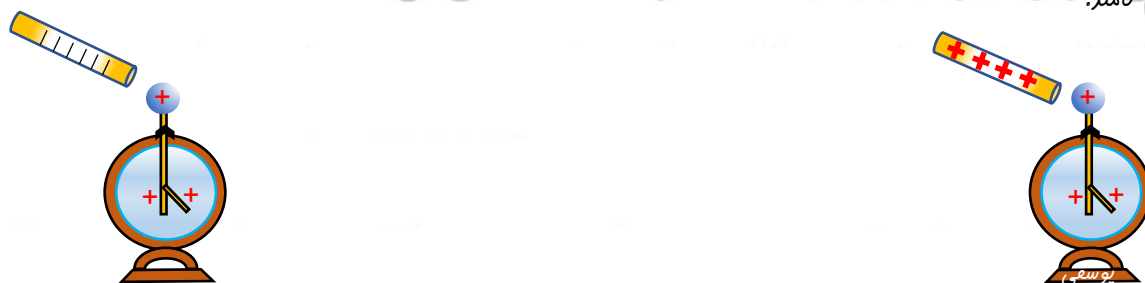


الکتروسکوپ (برق نما): وسیله ای است برای تعیین و تشخیص بار الکتریکی جسم.

* به وسیله الکتروسکوپ باردار می توان رسانا یا نارسانا بودن جسم را تشخیص داد.

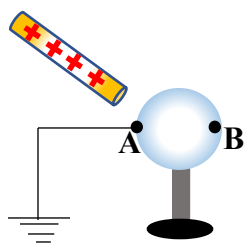
روش کار با الکتروسکوپ:

- اگر با نزدیک کردن جسم باردار به کلاهک الکتروسکوپ، ورقه های الکتروسکوپ بیشتر منفرجه شوند، بار جسم و الکتروسکوپ هم نامند.
- جسم باردار را به آرامی به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می کنیم، اگر ورقه های الکتروسکوپ به هم نزدیک و سپس دور شدند بار جسم و الکتروسکوپ غیر هم نامند.



مثال (۵): در شکل زیر، اگر ابتدا اتصال جسم رسانا با زمین را قطع کنیم و سپس میله باردار را دور کنیم، بار نقاط A و B جسم رسانا به ترتیب کدام

است؟



(۲) فنشی - مثبت

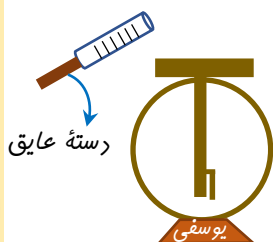
(۱) منفی - منفی

(۴) مثبت - مثبت

(۳) فنشی - منفی



مثال (۶): در شکل زیر، اگر میله رسانا را با کلاهک الکتروسکوپ فنثی تماس دهیم و سپس میله را دور کنیم، زاویه بین ورقه های الکتروسکوپ α می شود. حال اگر در همین وضعیت میله رسانا را مجدداً به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک کنیم به طوری که بین کلاهک و الکتروسکوپ تماس برقرار نشود، زاویه بین ورقه های الکتروسکوپ β می شود. کدام گزینه در مورد α و β درست است؟



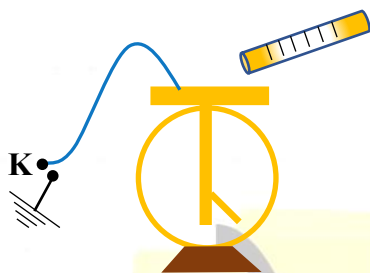
$$\alpha = \beta \quad (۱)$$

$$\beta < \alpha \quad (۲)$$

$$\beta > \alpha \quad (۳)$$

(۴) بسته به شرایط هر کدام از گزینه ها می تواند درست باشد.

مثال (۷): در شکل زیر، اگر در حضور میله، کلید K را وصل و سپس قطع کنیم، ورقه های الکتروسکوپ و اگر میله را دور کنیم، ورقه ها و اگر در این وضعیت یک میله فنثی به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک کنیم، ورقه ها



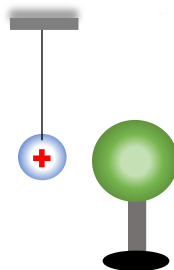
(۱) به هم می پسبند - منصرف نمی شوند - دور می شوند

(۲) به هم می پسبند - از هم دور می شوند - از هم دور تر می شوند.

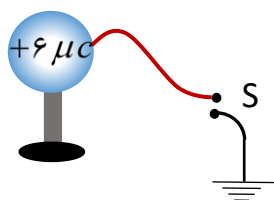
(۳) از هم دور می مانند - منصرف نمی شوند - از هم دور می شوند.

(۴) به هم می پسبند - از هم دور می شوند - به هم نزدیکتر می شوند.

مثال (۸): یک کره فلزی بدون بار الکتریکی را که روی پایه نارسائایی قرار دارد، به آونگ الکتریکی باردار نزدیک می کنیم. بازگر دلیل توضیح دهید که چه اتفاقی می افتد؟



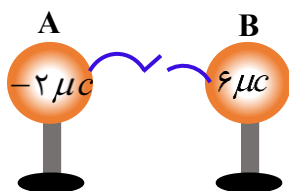
مثال (۹): در شکل زیر، با اتصال کلید S، تعداد الکترون از به منتقل می شود. ($e = 1.6 \times 10^{-19} C$)





مثال (۱۰): مطابق شکل زیر، دو کره مشابه فلزی A و B بر روی پایه های عایقی قرار دارند. اگر سیم رابط دو کره را بپندیم، تعداد..... الکترون از

کره..... به کره..... منتقل می شود. ($e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$)



مثال (۱۱): اگر میله نارسائی را بعد از مالش با پارچه پشمی به الکتروسکوپ که دارای بار منفی است، نزدیک کنیم، ورقه های الکتروسکوپ به هم نزدیک می شوند. با توجه به جدول سری الکتریسیته مالشی (تریبو الکتریک)، جنس این میله و علامت بار ایجاد شده در آن کدام است؟

جدول سری الکتریسیته مالشی
انتهای مثبت سری
شیشه
پشم
ابریشم
پلاستیک
انتهای منفی سری

(۱) شیشه ای - منفی (۲) شیشه ای - مثبت

(۳) پلاستیکی - منفی (۴) پلاستیکی - مثبت

مثال (۱۲): وضعیت قرارگیری دو ماده پشم و تفلون در سری الکتریسیته مالشی به صورت زیر است. اگر یک میله تفلونی با پارچه پشمی مالش داده شود، بار الکتریکی میله تفلونی چند میکروکولن می تواند باشد؟

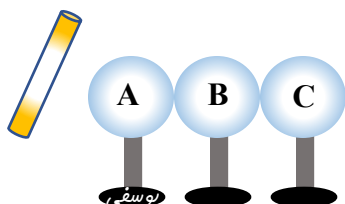
جدول سری الکتریسیته مالشی
انتهای مثبت سری
پشم
تفلون
انتهای منفی سری

(۱) $3 / 2 \times 10^{-13}$ (۲) $-3 / 2 \times 10^{-13}$

(۳) $2 / 4 \times 10^{-13}$ (۴) $-2 / 4 \times 10^{-13}$

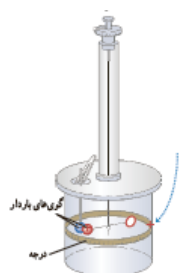
مثال (۱۳): مطابق شکل، یک میله پلاستیکی را با پارچه پشمی مالش داده و آن را به سه کره رسانای فنثای مشابه A و B و C که در تماس با هم قرار دارند، نزدیک می کنیم. اگر در حضور میله ابتدا کره C را جدا کرده و سپس میله را دور کرده و دو کره A و B را از هم جدا می کنیم، علامت بار نهایی کره های A و B و C را تعیین کنید.

انتهای مثبت سری الکتریسیته	پشم	پلاستیک	انتهای منفی سری الکتریسیته
----------------------------	-----	---------	----------------------------





قانون کولن: نیروی الکتریکی بین دو ذره باردار (بارهای نقطه ای) با حاصلضرب اندازه دو بار رابطه مستقیم و با مجذور فاصله میان دو بار رابطه عکس دارد.



$$\begin{cases} F \propto |q_1||q_2| \\ F \propto \frac{1}{r^2} \end{cases}$$



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

بار الکتریکی بر حسب کولن (c)

فاصله بین دو بار بر حسب متر (m)

ترازوی پیمشی کولن وسیله

تفقیق قانون کولن

* ثابت k ثابت الکترواستاتیک یا ثابت کولن نام دارد که مقدار آن به یکه‌های انتخاب شده و به جنس محیطی که بارها در آن

قرار دارد بستگی دارد.

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \approx 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$$

در فضا یا هوا

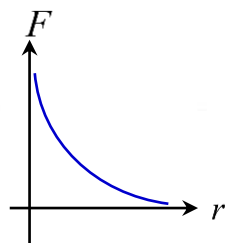
$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2}$$

ضریب گذردهی الکتریکی فضا

$$k' = \frac{1}{4\pi\epsilon} \xrightarrow{\epsilon > \epsilon_0} k' < k$$

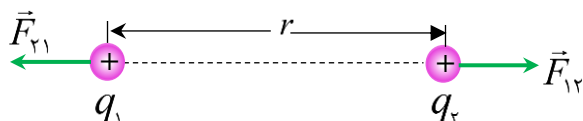
برای محیط‌های عایق غیر از هوا

* اگر در حل مسائل ثابت کولن را $k = 9.0 \frac{N(cm)^2}{(\mu C)^2}$ در نظر بگیریم، در رابطه قانون کولن، مستقیماً فاصله را بر حسب سانتی متر و بار را بر حسب میکروکولن می نویسیم و نیازی به تبدیل واحد نیست.



نمودار نیروی الکتریکی بین دو بار نقطه ای بر حسب فاصله بین دو بار:

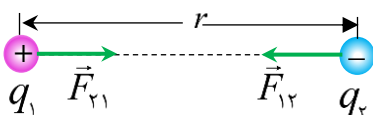
رسم بردار نیروی جاذبه و دافعه بین دو ذره باردار:



الف) نیروی دافعه:

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

قانون سوم نیوتن



ب) نیروی جاذبه:





رابطه مقایسه ای قانون کولن در یک محیط:

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

$$\frac{F'}{F} = \left(\frac{r}{r'} \right)^2$$

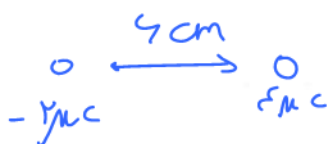
* اگر بار ثابت باشد و فقط فاصله تغییر کند:

$$\frac{F'}{F} = \left(\frac{q'_1 q'_2}{q_1 q_2} \right)$$

* اگر فاصله ثابت و فقط اندازه بارها تغییر کند:

رابطه

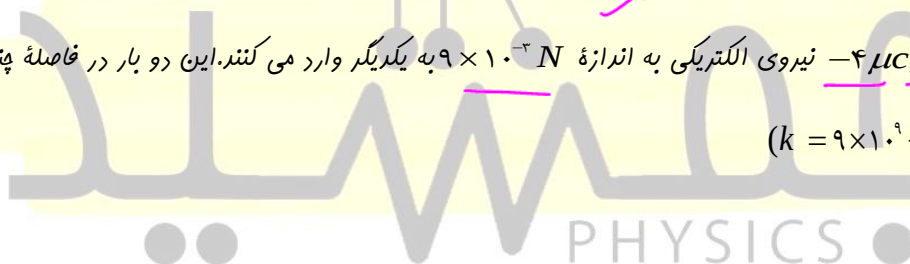
مثال (۱۴): دو بار الکتریکی $q_1 = +4 \mu C$ و $q_2 = -2 \mu C$ در فاصله 6 cm از هم ثابت شده اند. اندازه و نوع نیرویی که این دو بار بر هم وارد می کنند را تعیین کنید. ($k = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$)



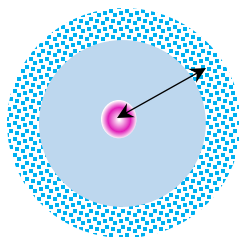
$$F = \frac{1}{9} \times 4 \times 2 = 2.0 \text{ N}$$

رابطه

مثال (۱۵): دو ذره باردار $1 \mu C$ و $-4 \mu C$ نیروی الکتریکی به اندازه $9 \times 10^{-3} \text{ N}$ به یکدیگر وارد می کنند. این دو بار در فاصله چند سانتی متری از یکدیگر قرار دارند؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$)



مثال (۱۶): الکترونی در فاصله 200 پیکومتری از مرکز هسته اتم کلسیم (Ca) قرار دارد. بزرگی نیروی الکتریکی که از طرف هسته اتم کلسیم به این الکترون وارد می شود، چند نانو نیوتن است؟ ($e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$, $k = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$)





مثال (۱۷): دو بار الکتریکی $q, 2q$ که هر م آن ها به ترتیب $m, 2m$ است در نزدیکی یکدیگر قرار دارند. اگر در اثر اعمال نیروی الکتریکی بین آن ها بار q شتاب a حرکت کند، بار الکتریکی $2q$ با چه شتابی حرکت می کند؟

$$F_1 = ma \quad F_2 = 2ma'$$

$$\frac{F_1}{m} = a \quad \frac{F_2}{2m} = a'$$

$$F_1 = F_2 \Rightarrow ma = 2ma' \Rightarrow a' = \frac{a}{2}$$

مثال (۱۸): دو بار نقطه ای مشابه در فاصله مشخصی از هم قرار گرفته اند. اگر اندازه یکی از بارها را ۶ برابر کرده و فاصله بین بارها را $\sqrt{3}$ برابر کنیم، نیروی الکتریکی بین دو بار چند برابر می شود؟

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

$$\frac{F'}{F} = \frac{q_1' q_2'}{q_1 q_2} \times \frac{r^2}{r'^2} = \frac{1 \times 6}{1 \times 1} \times \frac{1}{(\sqrt{3})^2} = \frac{6}{3} = 2$$

مثال (۱۹): دو کره فلزی کوچک با بارهای الکتریکی هم اندازه و نا همنام در فاصله ای معین نیرویی به بزرگی F به یکدیگر وارد می کنند. اگر ۵۰ درصد بار الکتریکی یکی از بارها را به کره دیگر منتقل کنیم، بزرگی نیروی الکتریکی که دو کره در همان فاصله قبلی به یکدیگر وارد می کنند، چند درصد و چگونه تغییر می کند؟

$$\frac{F'}{F} = \frac{q_1' q_2'}{q_1 q_2} \times \frac{r^2}{r'^2} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times 1 = \frac{1}{4}$$

$$F' = \frac{1}{4} F \Rightarrow F' = 25\% F$$

مثال (۲۰): دو بار هم اندازه و هم نام $+q$ در فاصله r از هم قرار دارند، چند درصد یکی از بارها را برداشته و به دیگری اضافه کنیم تا در همان فاصله قبلی نیروی بین دو بار $\frac{24}{25}$ برابر شود؟

$$\frac{F'}{F} = \frac{24}{25} = \frac{q - x}{q} \times \frac{q + x}{q}$$

$$\frac{24}{25} = \frac{q^2 - x^2}{q^2} \Rightarrow 24q^2 = 25q^2 - 25x^2 \Rightarrow 25x^2 = q^2 \Rightarrow x = \frac{q}{5}$$

$$q_1' = q - x = \frac{4q}{5} \quad q_2' = q + x = \frac{6q}{5}$$

مثال (۲۱): دو کره فلزی مشابه دارای بارهای الکتریکی $q_1 = -5nc$, $q_2 = +15nc$ در فاصله ۳ متری یکدیگر قرار دارند. این دو کره را با یکدیگر تماس داده و در فاصله ۵ متری از هم قرار می دهیم. در این صورت نیروی بین دو بار نسبت به حالت قبل چقدر و چگونه تغییر می کند؟

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = k \frac{(-5 \times 10^{-9}) (15 \times 10^{-9})}{3^2} = 75 \times 10^{-19} N$$

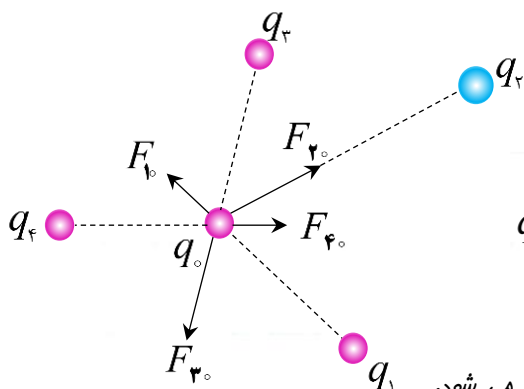
$$q = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{15 + (-5)}{2} = 5nc$$

$$F' = k \frac{q^2}{r'^2} = k \frac{(5 \times 10^{-9})^2}{5^2} = 9 \times 10^{-19} N$$



بر آیند نیروهای الکتریکی:

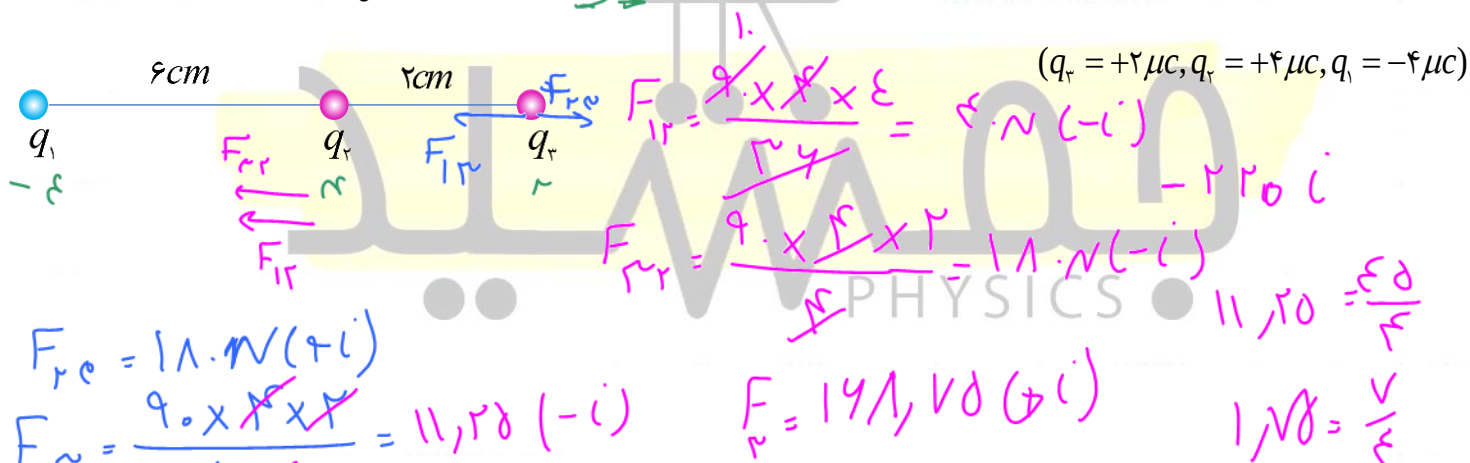
n ذرهٔ باردار در کنار هم قرار داشته باشند، نیروی الکتریکی وارد بر هر ذره، برابند نیروهایی است که هر یک از ذرات در غیاب سایر ذرات دیگر بر آن وارد می‌کند.



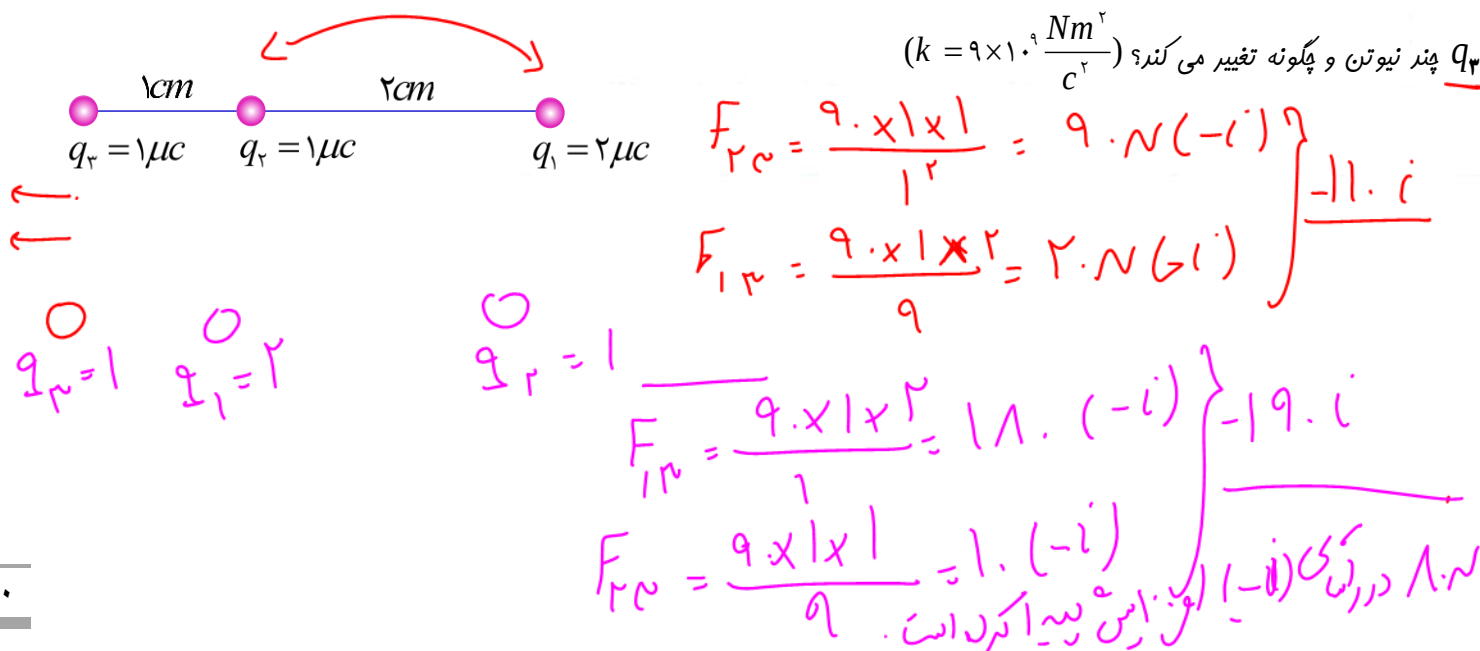
$$q_o \text{ نیروی برآیند وارد بر بار } q_o \quad \vec{F}_{T_o} = \vec{F}_{1_o} + \vec{F}_{2_o} + \vec{F}_{3_o} + \vec{F}_{4_o} + \dots \vec{F}_{n_o}$$

* اگر n بار الکتریکی در کنار هم قرار داشته باشند، بر هر بار $n-1$ نیرو از طرف بارهای دیگر وارد می شود.

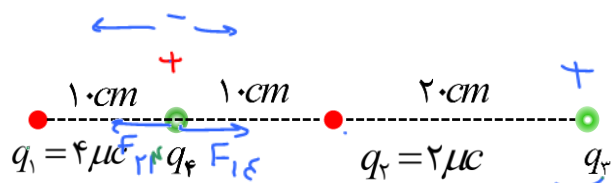
مثال (۲۲): در شکل روبه رو، برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بارهای الکتریکی نقطه ای q_1, q_2 ، را تعیین کنید؛ $(k = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2})$



مثال (۲۳): مطابق شکل، سه ذره باردار بر روی پاره قطعی ثابت شده اند. اگر جای دو ذره q_1, q_2 را عوض کنیم، نیروی خالص وارد شده به بار الکتریکی



مثال (۲۴): در شکل روبه رو، برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_4 برابر صفر است. بار q_3 چند میکروکولن است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2})$



$$F_{1\epsilon} = \frac{9 \times \epsilon \times Q_{\epsilon}}{1 \dots} = 0,4 Q_{\epsilon} (7.1)$$

$$F_{r\epsilon} = \frac{9 \times 10^9 \times Q_\epsilon}{100} = 1,11 Q_\epsilon (-)$$

$F_{\text{net}} = 0$
 $F_{c_E} = 1,1 \text{ Q}$

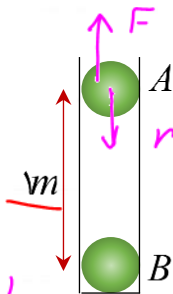
$$F_{\varepsilon} = 1,1 Q_{\varepsilon} = \frac{9 \cdot x Q_{\sim} x Q_{\varepsilon}}{900}$$

$1, \wedge Q (+i)$

$$Q_z = +1 \mu e$$

مثال (۲۵): مطابق شکل، دو گوی A و B به جرم های $m_A = 0.1g$ ، $m_B = 0.5g$ در فاصله یک متری یکدیگر قرار گرفته اند و گوی A به حال

تعداد است. اگر بار الکتریکی گوی A ، $-2\mu C$ باشد، بار الکتریکی گوی B چند میکروکولن است؟ (اصطلاح گوی ها با دیواره ناپیاز است) $F_{net} = 0$



$$I_A = -1 \mu e$$

$$F = mg$$

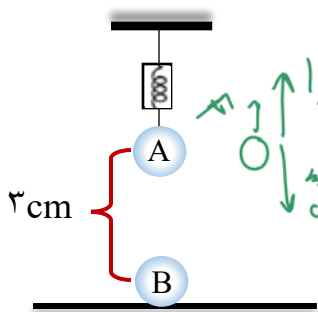
$$(g = 1 \cdot \frac{m}{s^r}, k = 9 \times 1 \cdot \frac{Nm^r}{c^r})$$

$$m_f = \frac{1}{2} |x| \cdot |x| =$$

[illegible]

$$Q_B \Rightarrow Q_B = \frac{1}{1A} \times 1 \cdot C = \frac{1}{1A} \text{ me}$$

مثال (۲۶): در شکل زیر، دو گوی باردار با جرم های 200g در فاصله 3cm از هم قرار دارند. اگر بار هر گوی برابر q و نیروی سنخ متصل به گوی A ، عدد



۱/۹ نشان دهر، q فنر میکروکولن است؟ $(g = 1 \cdot \frac{m}{s^2}, k = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2})$

$$mg = \cdot 15 \times 1 \cdot = 15$$

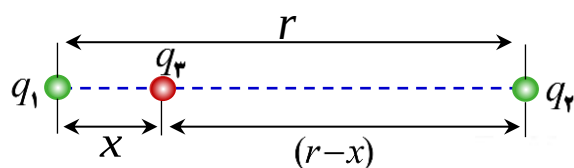
$$\Rightarrow F = 1$$

$$\therefore 1 = \frac{q \cdot Q^r}{q} \Rightarrow Q^r = \frac{1}{1} \Rightarrow Q = 1 \mu C$$



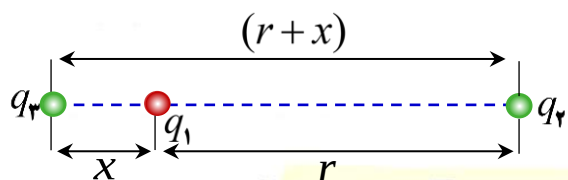
تعیین مکان هندسی نقطه ای اطراف دو بار الکتریکی که در آن، برآیند نیروهای وارد بر بار سوم صفر است:

۱) اگر دو بار هم نام باشند، در نقطه ای روی خط واصل دو بار و نزدیک به بار کوچکتر، برآیند نیروهای وارد بر بار سوم صفر است.



$$|q_2| > |q_1| \text{ فرض:}$$

۲) اگر دو بار نا هم نام باشند، در نقطه ای خارج خط واصل دو بار و نزدیک به بار کوچکتر، برآیند نیروهای وارد بر بار سوم صفر است.



$$x = \frac{r}{\sqrt{\frac{|q_2|}{|q_1|}} \pm 1}$$

*رابطه تستی:

(+) برای دو بار هم نام

(-) برای دو بار نا هم نام

مثال (۲۷): دو بار الکتریکی $q_1 = +1 \mu\text{C}$ ، $q_2 = +4 \mu\text{C}$ به فاصله ۳۰ سانتی متری از یکدیگر قرار دارند. بار $-6 \mu\text{C}$ را در فاصله چند سانتی متری از

$$\text{فاصله از } q_1 = 20 \text{ cm}$$

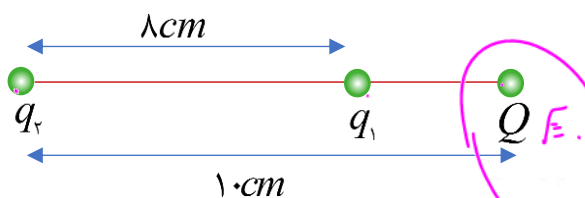
بار q_2 قرار دهیم تا در حالت تعادل قرار گیرد؟

$$\begin{aligned} & \text{۳۰ cm} \\ & \begin{array}{ccc} q_1 & & q_2 \\ & q_3 & \end{array} \\ & \frac{1}{r^2} = \frac{1}{(r-x)^2} \Rightarrow \\ & \frac{1}{r^2} = \frac{1}{r^2 - 2rx + x^2} \Rightarrow \underline{r = 10} \end{aligned}$$





مثال (۲۸): با توجه به شکل زیر اگر برآیند نیروهای وارد بر بار Q برابر صفر باشد، نسبت $\frac{q_2}{q_1}$ را تعیین کنید.



$$\frac{q_1}{r^2} = \frac{q_2}{r^2} \Rightarrow \frac{q_1}{4} = \frac{q_2}{100}$$

$$\frac{q_2}{q_1} = 25$$

$$\frac{q_2}{q_1} = -25$$

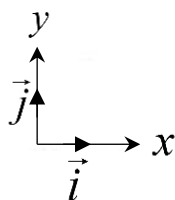
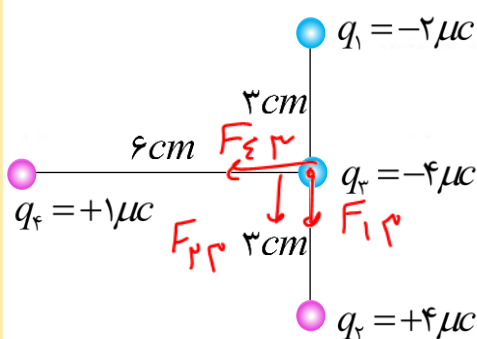
مثال (۲۹): در شکل زیر، برآیند نیروهای وارد بر هر یک از بارهای نقطه ای برابر صفر است، نسبت $\frac{q_3}{q_1}$ را تعیین کنید.



$$\frac{q_1}{(2d)^2} = \frac{q_3}{d^2} \Rightarrow \frac{q_1}{4} = \frac{q_3}{1} \Rightarrow \frac{q_3}{q_1} = -\frac{1}{4}$$

بارهای نقطه ای واقع در صفحه:

مثال (۳۰): در شکل زیر، بردار برآیند نیروی خالص وارد بر بار q_2 در SI کدام است؟



$$-1\vec{i} - 8\vec{j} \quad (2)$$

$$-1\vec{i} - 24\vec{j} \quad (1) \checkmark$$

$$1\vec{i} + 24\vec{j} \quad (3) \text{ (crossed out)}$$

$$-1\vec{i} + 24\vec{j} \quad (4) \text{ (crossed out)}$$

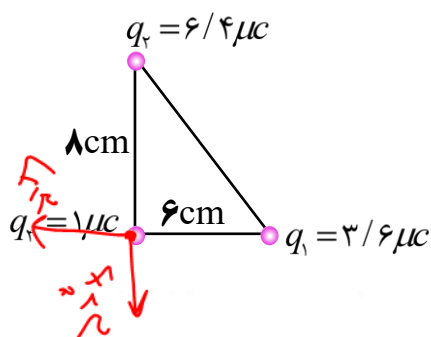
$$F_{23} = \frac{q \cdot x \cdot 4 \times 10^{-6}}{9} = 14 \cdot (-\vec{j})$$

$$F_{12} = \frac{q \cdot x \cdot 2 \times 10^{-6}}{9} = 1 \cdot (-\vec{j}) \quad (-24\vec{j})$$





مثال (۳۱): برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار الکتریکی q_3 در شکل زیر، چند نیوتن است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$)



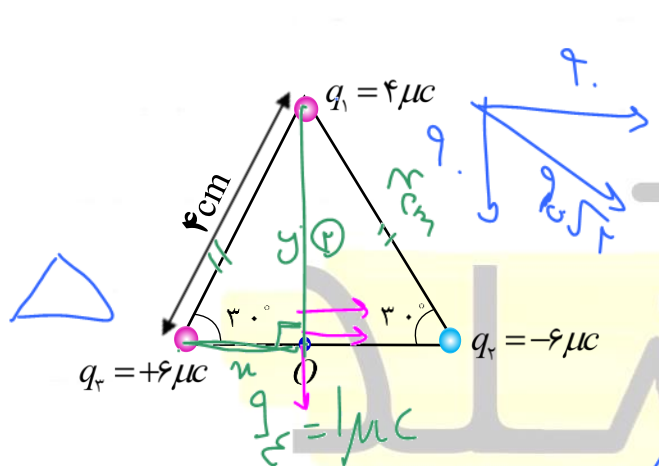
$$F = -9i - 9j$$

$$F = \sqrt{9^2 + 9^2} = 9\sqrt{2}$$

$$F_{23} = \frac{9 \times 6 \times 1}{4\epsilon} = 9$$

$$F_{13} = \frac{9 \times 3 \times 1}{2\epsilon} = 9(-i)$$

مثال (۳۲): سه بار نقطه ای مطابق شکل در سه رأس یک مثلث ثابت شده اند. بزرگی نیروی الکتریکی برآیند وارد بر بار $q_3 = +1 \mu C$ واقع در



نقطه O، در وسط خط واصل دو بار q_2, q_3 چند نیوتن است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$)

$$F_{12} = \frac{9 \times 4 \times 1}{\epsilon}$$

$$\sin \theta = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{وتر}}$$

$$\cos \theta = \frac{\text{ضلع مجاور}}{\text{وتر}}$$

$$\cos 30^\circ = \frac{x}{r} = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow x = \frac{\sqrt{3}}{2} r$$

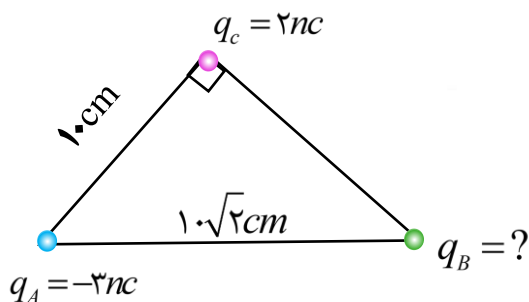
$$\sin 30^\circ = \frac{y}{r} \Rightarrow y = \frac{r}{2}$$

$$F_{12} = \frac{9 \times 4 \times 1}{12} = 30 N (+i)$$

$$F_{13} = 30 N (+i)$$

$$F_{net} = 9\sqrt{2}$$

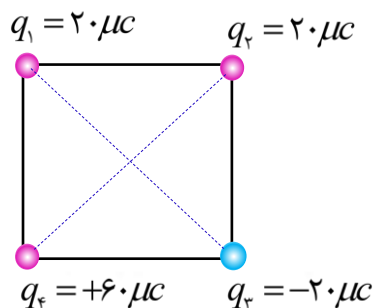
مثال (۳۳): مطابق شکل، برآیند نیروهای وارد بر بار q_c ، $9 \mu N$ است. اندازه q_B چقدر است؟ ($K = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$)



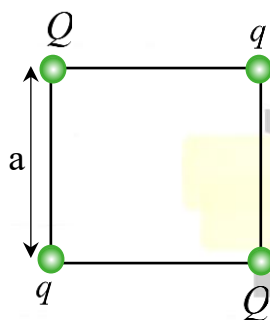


مثال (۳۴): در چهار رأس یک مربع به ضلع 20 cm ، مطابق شکل بارهای نقطه ای قرار دارند. اگر یک بار $10 \mu\text{C}$ را در مرکز مربع قرار دهیم،

نیروی وارد بر آن چند نیوتن و در کدام جهت خواهد بود؟ $(K = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2})$

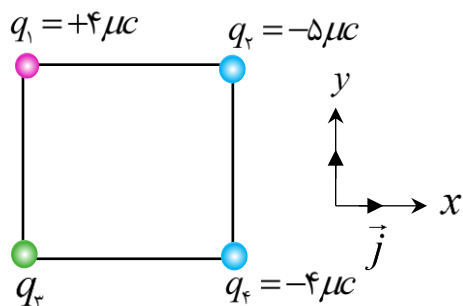


مثال (۳۵): بارهای الکتریکی q و Q مطابق شکل در چهار رأس مربع قرار دارند. اگر برآیند نیروهای وارد بر بار Q صفر باشد، نسبت $\frac{Q}{q}$ را تعیین کنید.



مثال (۳۶): چهار ذره باردار مطابق شکل زیر، در رأس های یک مربع به ضلع 20 cm قرار دارند. اگر نیروی الکتریکی قائلن وارد بر بار q_1 در SI به

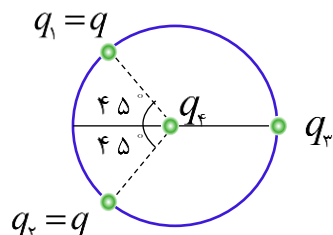
صورت $\vec{F} = -9\vec{i}$ باشد، q_3 چند میکروکولن است؟





مثال (۳۷): مطابق شکل، سه بار نقطه ای روی محیط دایره ای به شعاع ۲ ثابت نگه داشته شده اند و بار چهارم q_4 در مرکز دایره قرار دارد، اگر برآیند

نیروهای وارد بر بار q_4 صفر شود، نسبت $\frac{q_3}{q_2}$ برابر کدام است؟



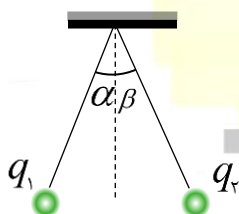
$$\sqrt{3} \quad (1) \quad \frac{\sqrt{3}}{3} \quad (2)$$

$$\sqrt{2} \quad (3) \quad \frac{\sqrt{2}}{2} \quad (4)$$

آونک الکتریکی

مثال (۳۸): دو گلوله کوچک هم چرم، یکی دارای بار $q_1 = q$ و دیگری دارای بار $q_2 = 2q$ را به انتهای دو نخ با طول های مساوی بسته و انتهای

دیگر نخ ها را از یک نقطه می آویزیم. زوایل انحراف دو گلوله از وضعیت تعادل، که آن ها را به ترتیب α, β می نامیم چه رابطه ای با هم دارند؟



$$\alpha = \beta \quad (1) \quad \beta = 2\alpha \quad (2)$$

$$\tan \beta = 2 \tan \alpha \quad (3) \quad 2\alpha > \beta > \alpha \quad (4)$$

مثال (۳۹): دو گلوله رسانا که وزن هر کدام $\sqrt{3} \times 10^{-3} N$ است توسط دو نخ عایق به طول های یک متر در راستای قائم آویزان اند. به گلوله ها

بارهای هم نام و هم اندازه می دهیم تا همدیگر را دفع کنند. اگر پس از تعادل، راستای هر نخ با وضع قائم زاویه 30° درجه بسازد بار هر گلوله چند

$$\text{میکروکولن است؟} \left(g = 10 \frac{m}{s^2}, k = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \right)$$

