آموزشکده فنی و کشاورزی فسا

بسم الله الرحمن الرحيم

فیزیک عمومی

مدرس : آرش دهیار

با آرزوی سلامتی برای تمامی

دانشجویان گرامی

فصل سوم

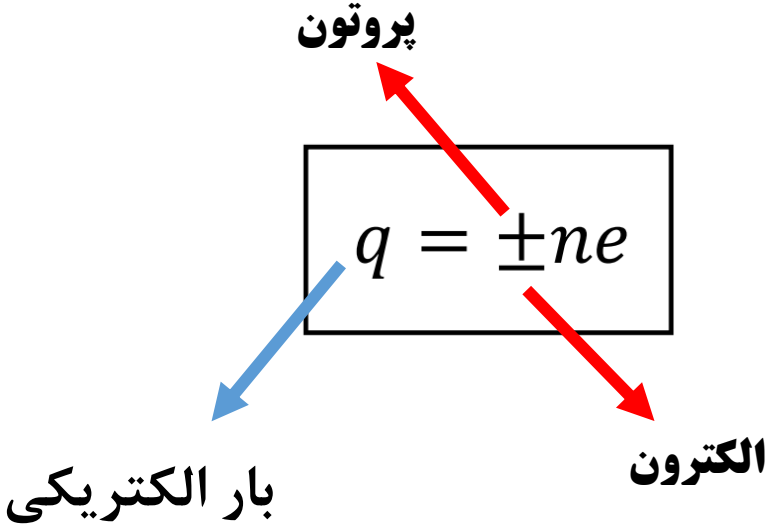
الکترواستاتیک

بار الکتریکی:

خاصیتی از ماده است که باعث می‌شود، هنگامیکه ماده در مجاورت ماده باردار دیگری قرار می‌گیرد به آن نیرو وارد شود.

بار الکتریکی در اثر انتقال الکترون از یک جسم به جسم دیگر به وجود می آید، در این مورد جسمی که الکترون از دست می دهد دارای بار مثبت و جسمی که الکترون می گیرد دارای بار منفی است.

در واقع بار الکتریکی ضریب صحیحی از بار الکترون است.



n = تعداد

$e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}$ (C)

مقدار بار الکترون

کولن

واحد بار الکتریکی کولن است

یکای بار الکتریکی

در سامانه بین‌المللی یکاها، واحد بار الکتریکی کولن است.

یک کولن، مقدار باری که توسط جریان یک آمپری از سیمی با سطح مقطع عرضی واحد در یک ثانیه عبور می‌کند.

نکته:

بار الکتریکی پروتون، مثبت و بار الکتریکی الکترون، منفی است و نوترونها فاقد بار الکتریکی هستند.

تعداد الکترونها و پروتونهای یک اتم برابر است. پس در حالت عادی اتم یک جسم از نظر بار الکتریکی خنثی است؛ یعنی در این شرایط هیچگونه خاصیت الکتریکی از خود ظاهر نمی‌سازد. بنابراین می‌توان گفت بار الکتریکی پروتون و الکترون از نظر قدر مطلق مساویند و فقط از نظر علامت با یکدیگر اختلاف دارند.

$$e_{\text{پروتون}} = +۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\ (C) \qquad e_{\text{الکترون}} = -۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\ (C)$$

مثال:

بار الکتریکی یک ذره باردار ۳/۲ کولن است. تعداد الکترون های این ذره چقدر است؟

حل:

با توجه به رابطه $q = -ne$ خواهیم داشت:

$$q = -ne \rightarrow ۳/۲ = -n\left(-۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\right) \rightarrow n = \frac{۳/۲}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}} \rightarrow n = ۲\times۱۰^{۱۹}$$

پایستگی بار الکتریکی:

قانونی است که بیان می‌دارد بار الکتریکی نه به وجود می‌آید نه از بین می رود، بلکه از جسمی به جسم دیگر منتقل می شود.

باردار کردن اجسام:

وقتی دو ماده نارسانا را به هم مالش می‌دهیم، الکترونهای سطح یک ماده که به سستی به اتمها متصل شده‌اند، در فرایند مالش جدا شده و بر سطح ماده دیگر می‌نشینند. جسمی که الکترون اضافه دریافت می‌کند، بار منفی و جسمی که الکترون از دست می‌دهد، بار مثبت پیدا می‌کند.

اگر یک میله شیشه ای را با یک پارچه ابریشمی مالش دهیم، میله دارای بار مثبت می شود، در حالیکه اگر یک میله پلاستیکی را با یک پوست خز مالش دهیم ، میله پلاستیکی دارای بار منفی می گردد.

مواد را در حالت كلي به چهار دسته مي‌توان دسته بندي كرد:

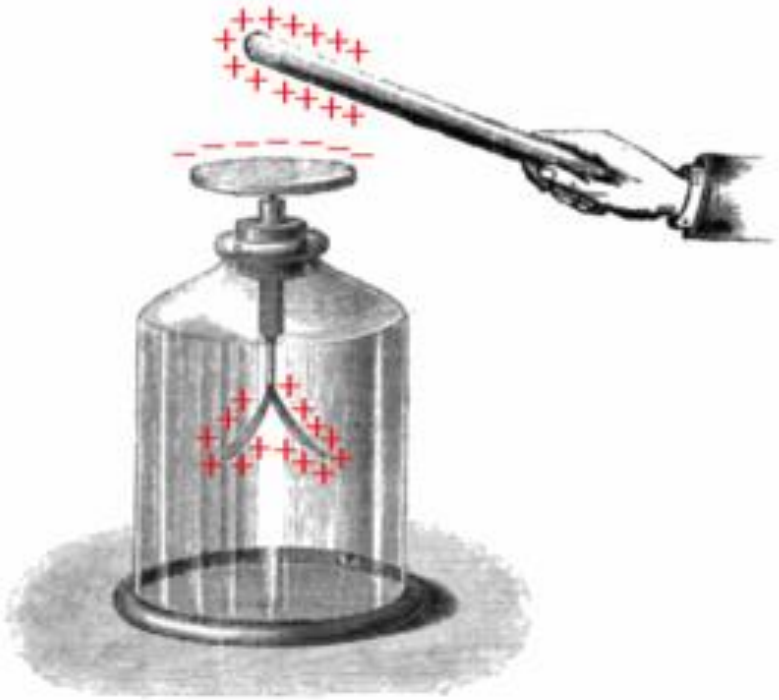
(1) **مواد رسانا:**	(2) **مواد نارسانا:**	(3) **موادنيمه رسانا:**	(4) **مواد ابر رسانا:**
در بعضي مواد جامد ساختمان اتمي به گونه‌اي است كه الكترونهاي ظرفيتي يعني الكترونهاي آخرين لايه هر اتم، به سادگي و با گرفتن انرژي اندكي، از اتم خود رها شده و در داخل ماده جامد آزادانه جابجا مي‌شوند بعضي از مواد رسانا عبارتند از مس، آلومينيوم و...	موادي هستند كه جريان الكتريكي را از خود عبور نمي‌دهند. اين مواد عبارتند از شيشه، لاستيك و ... در اين مواد الكترونها براي رها شدن از اتم يا مولكول، انرژي زيادي لازم دارند. چون عملاً تا اين انرژي را به دست نياورند، نمي‌توانند آزادانه جابجا شوند، در نتيجه اين الكترونها در ميدان الكتريكي خارجي، از خود واكنش نشان نمي‌هند.	اين مواد نه نارسانا هستند و نه رسانا. در اين مواد الكترونهاي آزاد به اندازه فلزات وجود ندارند و تعداد اين الكترونهاي آزاد به دما و نوع ماده ناخالص كه در ماده نيمه رسانا وجود دارد بستگي دارد. مواد نيمه رسانا در ساختمان ترانزيستور و مدارهاي پيچيده كاربرد وسيعي دارند.	اين مواد از آلياژهاي معين ساخته شده‌اند و خاصيت ابررسانايي را فقط در دماهاي پائين تر از يك دماي معين نشان مي‌دهند. اين دماها بسيار بسيار كم و زير صفر درجه سانتيگراد است.

برق‌نما یا الکتروسکوپ:

وسیله‌ای است که با استفاده از آن می‌توان باردار بودن، نوع بار و مقدار بار جسم و همچنین رسانا یا نارسانا بودن را شناسایی کرد. برای تشخیص باردار بودن از الکتروسکوپ بدون بار و برای تشخیص نوع بار از الکتروسکوپ که بار مشخّص دارد استفاده می کنیم. الکتروسکوپ وسیله ای برای آشکارسازی وجود بار الکتریکی است. الکتروسکوپ از دو ورقه طلا یا آلومینیم، تشکیل می‌شود که به یک سر میله رسانای فلزی متصل شده‌اند و میله به وسیله گیره عایقی نگاه داشته می‌شود، وقتی که میله و ورقه‌ها بار الکتریکی کسب کنند، ورقه‌ها بر اثر نیروی رانش متقابل حاصل از بارهای همنام از یکدیگر دور می‌شوند.

نحوه کارکردن الکتروسکوپ

اول باید الکتروسکوپ دارای بار الکتریکی معین باشد. برای مثال الکتروسکوپ دارای بار مثبت است. جسمی باردار را نزدیک کلاهک الکتروسکوپ می‌کنیم و اگر دو ورقه از هم باز شدند یعنی بار جسم و دستگاه همنام است (طبق مثال، نتیجه می‌گیریم جسم دارای بار مثبت است) و اگر به هم نزدیک شوند یعنی بار دستگاه و جسم نا همنام است (طبق مثال جسم دارای بار منفی است).



قانون کولن:

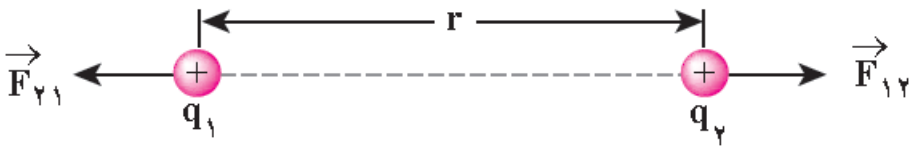
دو جسمِ باردار بر یکدیگر نیرو وارد می کنند.

نیرویی که دو جسم باردار بر هم وارد می کنند، نیروی الکتریکی نام دارد. نیروهای الکتریکی ممکن است ربایشی یا رانشی باشند. اگر بارهای الکتریکی دو جسم همنام باشند، یعنی هر دو مثبت یا هردو منفی باشند، این نیرو، رانشی است. در حالی که اگر بارالکتریکی یک جسم مثبت و بارالکتریکی دیگری منفی باشد، این نیرو، ربایشی خواهد بود.

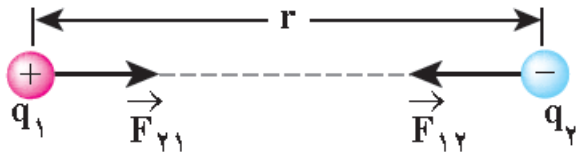
شارل کولن، دانشمند فرانسوی، برای اولین بار با انجام دادن آزمایش های ساده و هوشمندانه ای توانست عامل هایی را که نیروهای الکتریکی به آنها بستگی دارند، شناسایی کند و نتیجه آزمایش های خود را، که امروزه به نام قانون کولن شناخته شده است، به صورت زیر بیان کرد:

بزرگی نیروی الکتریکی ربایشی یا رانشی بین دو ذرّه با بارهای q1 و q2 که در فاصله r از یکدیگرقرار دارند، با حاصل ضرب اندازه بار دو ذره نسبت مستقیم و با مجذور فاصله دو ذره از هم، نسبت وارون دارد. بنابراین:

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



الف) نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی همنام، رانشی است.



ب) نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی غیرهمنام، ربایشی است.

که در آن q_1 و q_2 بارهای الکتریکی دو ذرّه برحسب کولن (C)، r فاصلهٔ بین دو ذرّه برحسب متر (m)، F بزرگی نیروی الکتریکی وارد بر هر ذرّه برحسب نیوتون (N) است. در این رابطه k ثابت کولن نام دارد و برابر است با :

$$k=۸/۹۹\times۱۰^{۹}\ N.m^{۲}/C^{۲}$$

ثابت کولن (k) را می‌توان برحسب یک ضریب ثابت دیگر به نام ضریب گذردهی الکتریکی خلأ ($\varepsilon_{۰}$) نیز نوشت :

$$k=\frac{۱}{۴\pi\varepsilon_{۰}}$$

که در آن

$$\varepsilon_{۰}=۸/۸۵\times۱۰^{-۱۲}\ C^{۲}/N.m^{۲}$$

در شکل ، $\vec{F}_{12}$ به معنای نیرویی است که ذرّهٔ اول به ذرّهٔ دوم وارد می‌کند و $\vec{F}_{21}$ نیرویی است که ذرّهٔ دوم به ذرّهٔ اول وارد می‌کند.

نیروهای الکتریکی که دو ذرّهٔ باردار به یکدیگر وارد می‌کنند، هم‌اندازه، در یک راستا و در جهت‌های مخالف یکدیگرند (قانون سوم نیوتون) و داریم :

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

به کمک قانون کولن می‌توان اندازهٔ نیروی الکتریکی‌ای را که دو ذرّهٔ باردار به‌یکدیگر وارد می‌کنند، محاسبه کرد. ربایشی یا رانشی بودن نیروها را به کمک نوع بارها مشخص می‌کنیم.

مثال

دو ذرّه با بارهای الکتریکی $q_1=+2/0\,\mu C$ و $q_2=-5/0\,\mu C$ در فاصلهٔ $3/0\,m$ از یکدیگر ثابت شده‌اند. بزرگی نیرویی که دو ذرّه به یکدیگر وارد می‌کنند و نوع آن را مشخص کنید.

پاسخ : با استفاده از رابطهٔ **بالا** داریم :

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

$$= (9/0\times10^9\ N.m^2/C^2)\times\frac{(2/0\times10^{-6}\ C)(5/0\times10^{-6}\ C)}{(3/0\ m)^2}$$

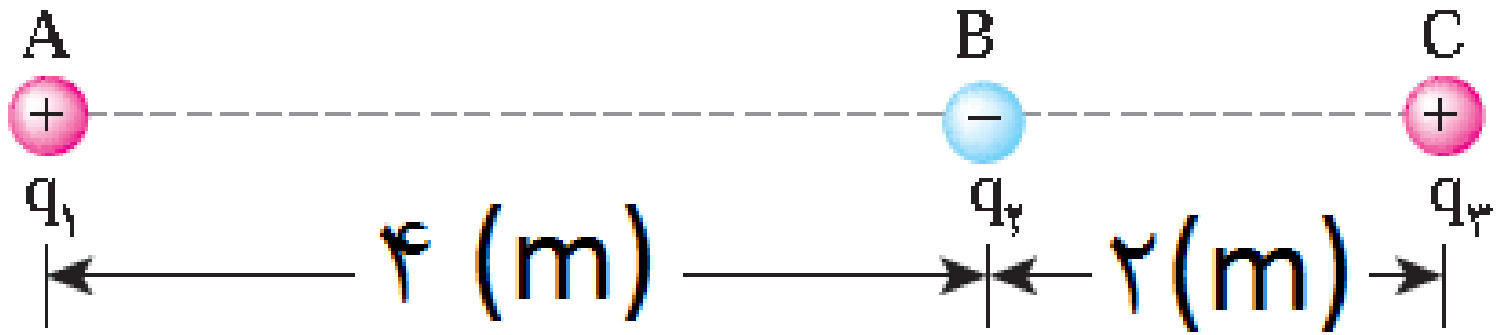
$$=1/0\times10^{-2}\ N$$

چون بارهای الکتریکی دو ذرّه ناهمنام هستند، نیرویی که دو ذرّه به هم وارد می‌کنند، ربایشی است.

مثال

سه ذره با بارهای الکتریکی $q_1=+2/5\mu C$، $q_2=-1/0\ \mu C$ و $q_3=+4/0\ \mu C$ درنقطه‌های A، B و C مطابق شکل زیر ثابت شده‌اند. نیروی الکتریکی وارد بر q_3 را محاسبه کنید.

$$q_1 = +2/5(\mu c)$$
$$q_2 = -1\ (\mu c)$$
$$q_3 = +4\ (\mu c)$$



پاسخ : نیرویی که بر بار q_3 وارد می‌شود، برایند دو نیرویی است که از طرف بارهای q_1 و q_2 بر آن وارد می‌شوند. برای محاسبهٔ این نیرو، نیرویی را که هر یک از بارهای q_1 و q_2 در غیاب دیگری، بر بار q_3 وارد می کند، محاسبه می کنیم. نیروی الکتریکی وارد بر q_3 برایند این دو نیرو است.

فاصلهٔ بین بارهای q_1 و q_2 را با r_{13} و فاصلهٔ بین بارهای q_2 و q_3 را با r_{23} نشان می دهیم.

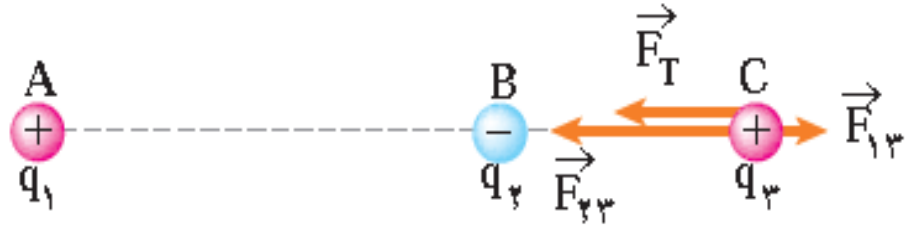
$$F_{13} = k\frac{|q_1||q_3|}{r_{13}^2} = (9/0\times10^9\ N.m^2/C^2)\ \frac{(2/5\times10^{-6}C)(4/0\times10^{-6}C)}{(6/0m)^2}$$

$$= 2/5\times10^{-3}N$$

$$F_{23} = k\frac{|q_2||q_3|}{r_{23}^2} = (9/0\times10^9\ N.m^2/C^2)\ \frac{(1/0\times10^{-6}C)(4/0\times10^{-6}C)}{(2/0m)^2}$$

$$= 9/0\times10^{-3}N$$

نیرویی که بار q_1 بر بار q_3 وارد می‌کند، رانشی و نیرویی که بار q_2 بر بار q_3 وارد می‌کند ربایشی است.



مطابق شکل، نیروهای $\vec{F}_{13}$ و $\vec{F}_{23}$ در جهت‌های مخالف یکدیگرند و برایند آنها برابر است با

$$\vec{F}_{T3} = \vec{F}_{23} + \vec{F}_{13}$$

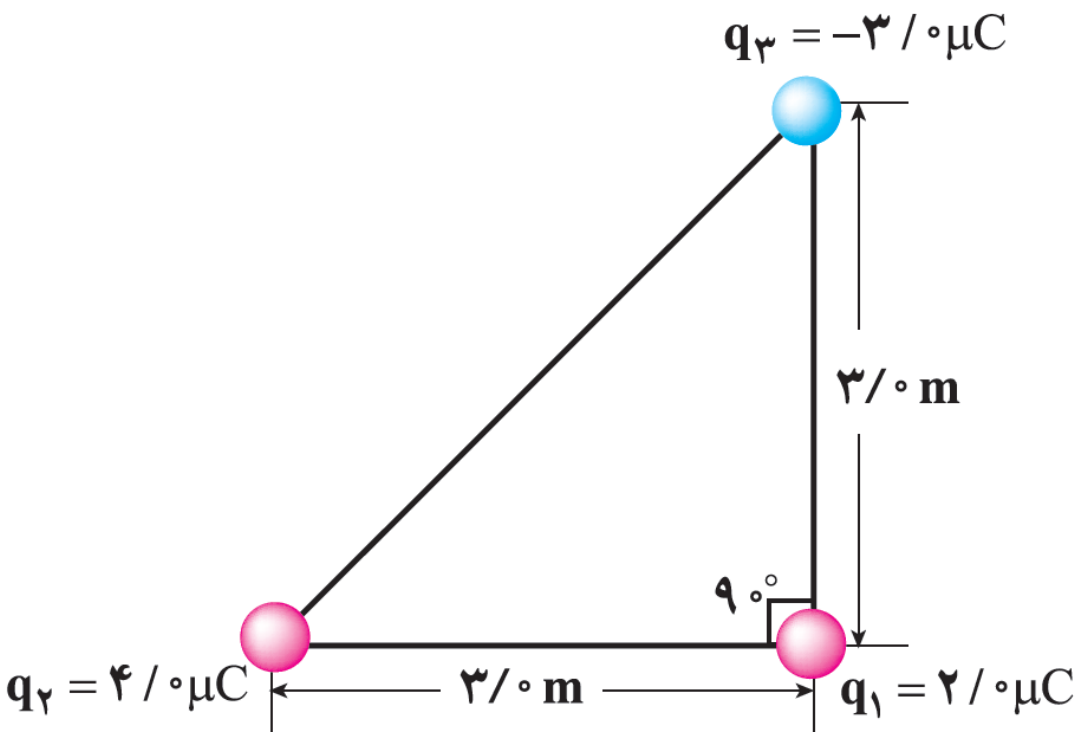
بنابراین بزرگی $\vec{F}_T$ برابر تفاضل بزرگی آنهاست:

$$F_{T3} = F_{23} - F_{13} = 6/5 \times 10^{-3}\ N$$

و جهت آن در جهت نیروی بزرگ‌تر ($\vec{F}_{23}$) است. اگر محور x را روی خط واصل سه بار و جهت مثبت آن را به سمت راست درنظر بگیریم و بردار یکهٔ محور x را، $\vec{i}$ بنامیم، داریم:

$$\vec{F}_{T3} = (-6/5 \times 10^{-3}\ N)\,\vec{i}$$

مثال: سه ذرّهٔ باردار مطابق شکل روبه‌رو در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای ثابت شده‌اند. نیروی الکتریکی وارد بر ذرّهٔ واقع در رأس قائمه را محاسبه کنید.

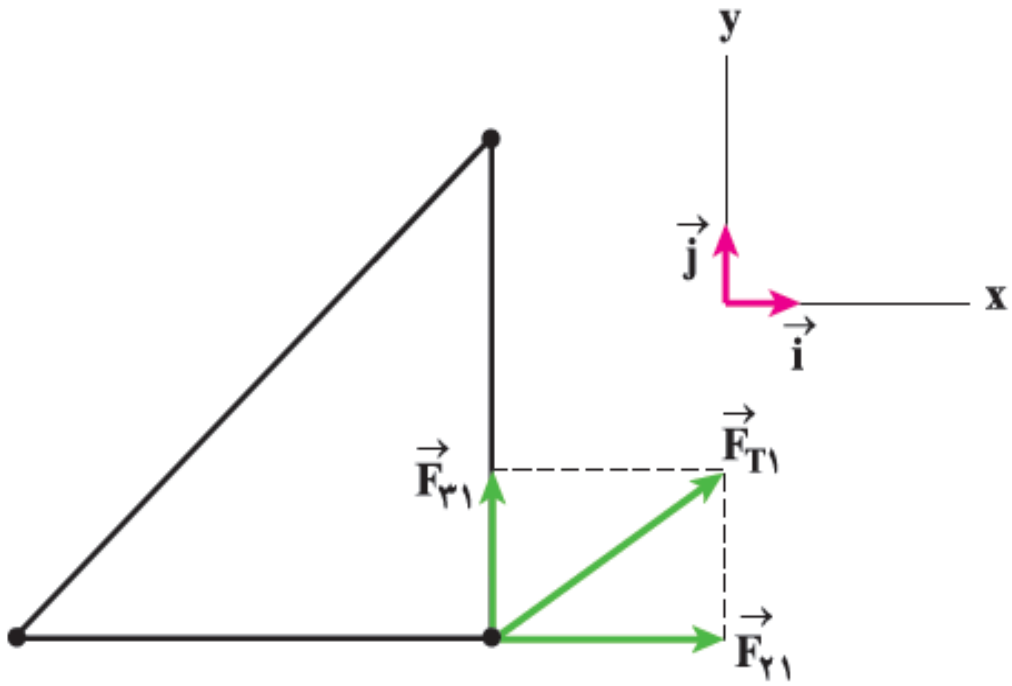


پاسخ : نیروی بین بارهای q_1 و q_2 رانشی و نیروی بین بارهای q_1 و q_3، ربایشی است.

$$F_{21} = k\frac{|q_2||q_1|}{r_{21}^2}$$

$$= (9/0\times10^{9}\,N.m^2/C^2)\frac{(4/0\times10^{-6}\,C)(2/0\times10^{-6}\,C)}{(3/0\,m)^2}$$

$$= 8/0\times10^{-3}\,N$$



با توجه به دستگاه مختصات انتخاب شده، $\vec{F}_{21}$ در جهت مثبت محور x است و بنابراین :

$$\vec{F}_{21} = (8/0\times10^{-3}\,N)\,\vec{i}$$

به همین ترتیب، برای نیروی بین بارهای q_3 و q_1 داریم :

$$F_{31} = k\frac{|q_3||q_1|}{r_{31}^2} = (9/0\times10^{9}\,N.m^2/C^2)\frac{(3/0\times10^{-6}\,C)(2/0\times10^{-6}\,C)}{(3/0\,m)^2}$$

$$= 6/0\times10^{-3}\,N$$

با توجه به دستگاه مختصات انتخاب شده $\vec{F}_{31}$ درجهت مثبت محور y است و بنابراین،

$$\vec{F}_{31} = (6/0\times10^{-3}\,N)\,\vec{j}$$

برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_1 برابر است با

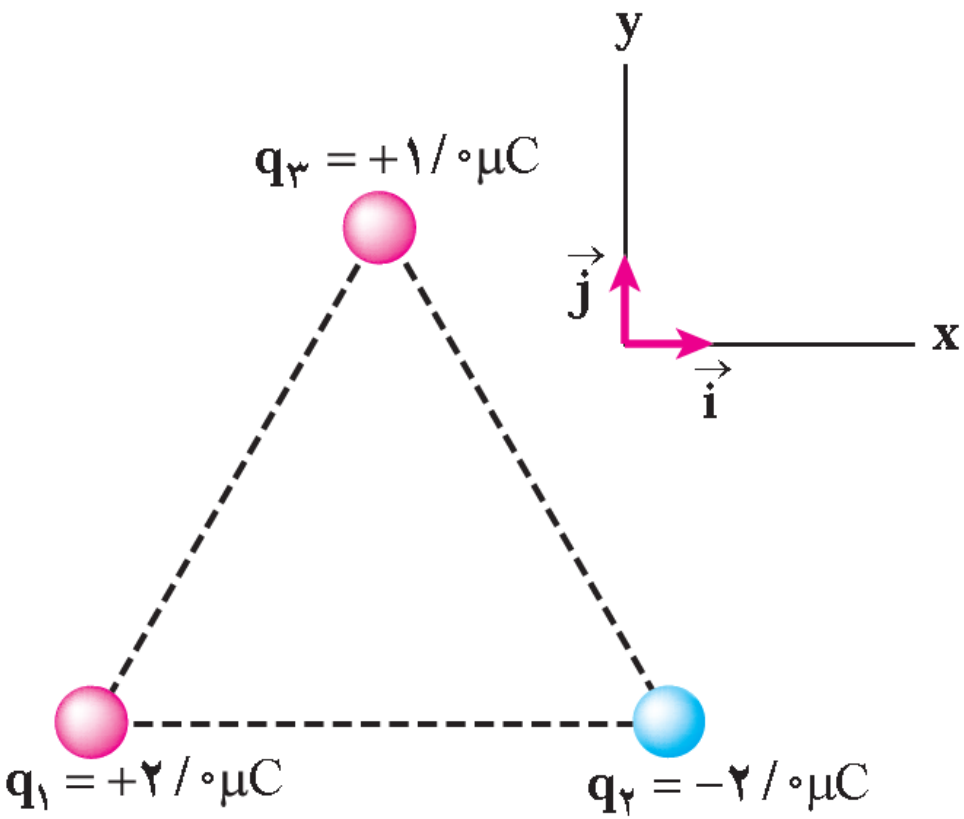
$$\vec{F}_{T1} = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} = (8/0 \times 10^{-3}\,N)\,\vec{i} + (6/0 \times 10^{-3}\,N)\,\vec{j}$$

و بزرگی آن از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید :

$$F_{T1} = \sqrt{(8/0 \times 10^{-3}\,N)^2 + (6/0 \times 10^{-3}\,N)^2}$$

$$= 1/0 \times 10^{-2} N$$

تمرین(۱):



سه ذرّهٔ باردار، مطابق شکل در سه رأس مثلث متساوی‌الاضلاعی به ضلع ۱/۵m ثابت شده‌اند.

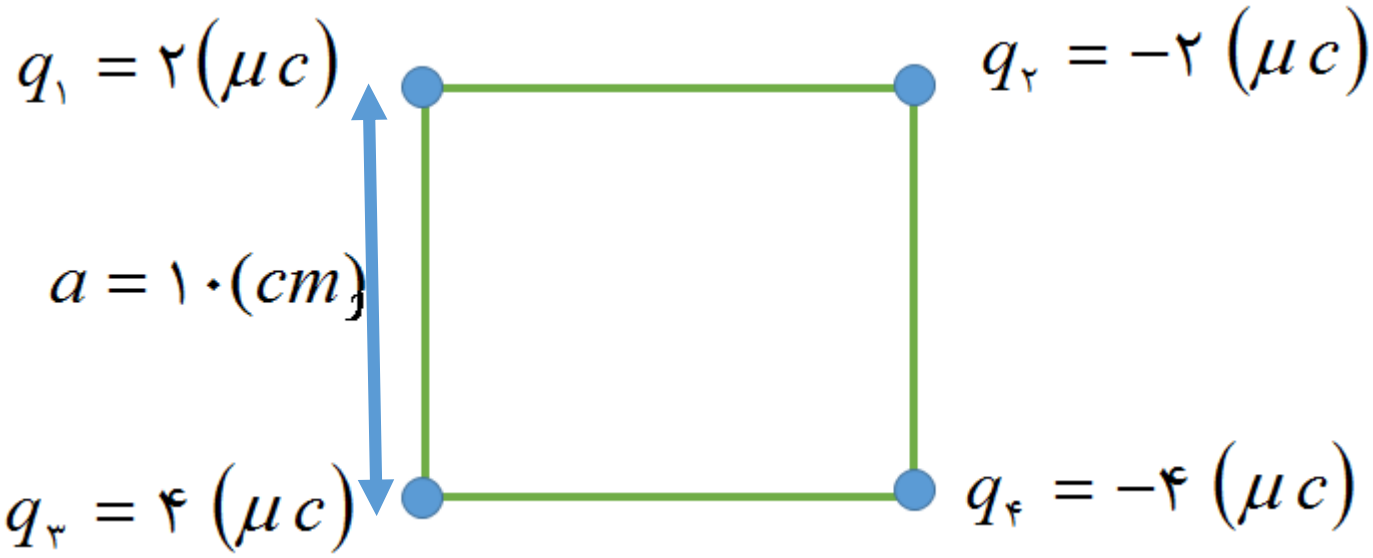
الف) نیرویی که بار q_1 بر بار q_3 وارد می‌کند ($\vec{F}_{13}$) را بر حسب بردارهای یکهٔ $\vec{i}$ و $\vec{j}$ دستگاه مختصات نشان داده شده در شکل بنویسید.

ب) نیروی $\vec{F}_{23}$ را نیز برحسب بردارهای یکه بنویسید.

پ) برایند نیروهای وارد بر بار q_3 را به‌دست آورید.

تمرین:

در مربع شکل زیر، نیروی وارد بر بار $q_۴ = -۴\ (\mu c)$ را محاسبه نمائید؟



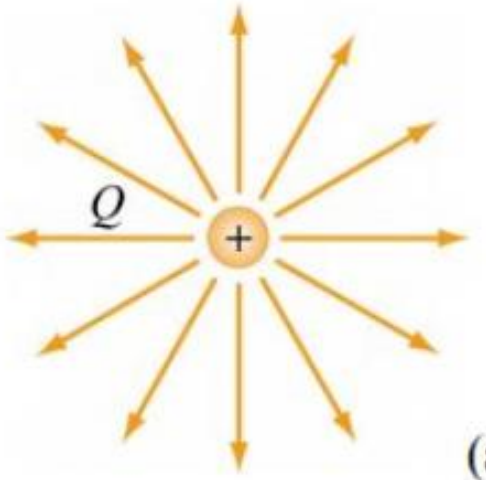
میدان الکتریکی:

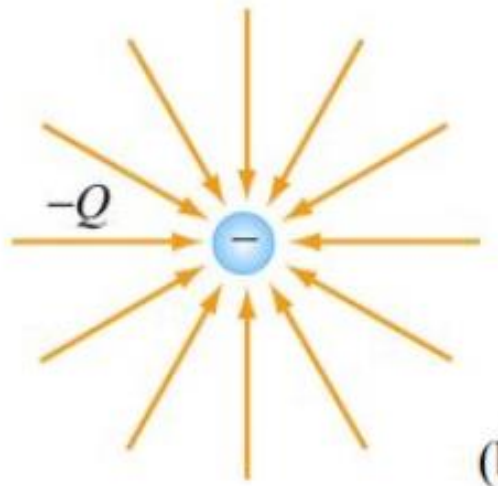
هر بار الکتریکی در فضای اطراف خود یک میدان الکتریکی ایجاد می کند به گونه‌ای که هر بار آزمون مثبتی در این فضا قرار گیرد، به آن نیرو وارد می شود.

- بار آزمون همیشه مثبت است.
- میدان الکتریکی کمیتی برداری است.
- میدان الکتریکی اطراف یک بار را با خطوطی به نام خطوط نیرو مشخص می‌کنند.

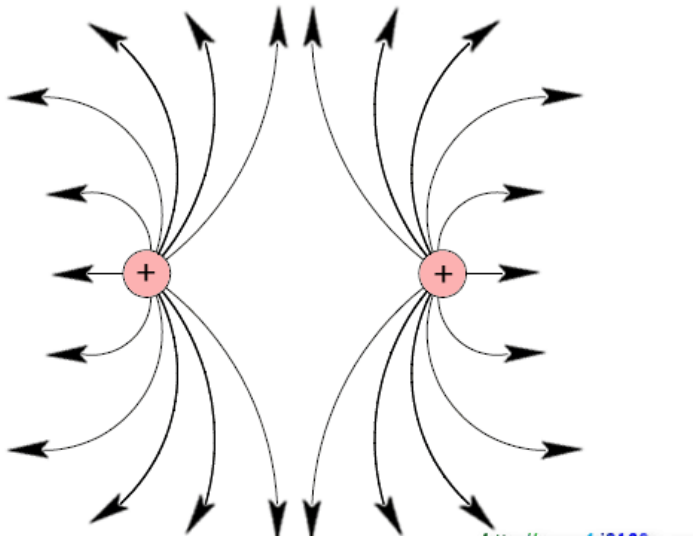
ویژگی های خطوط نیرو

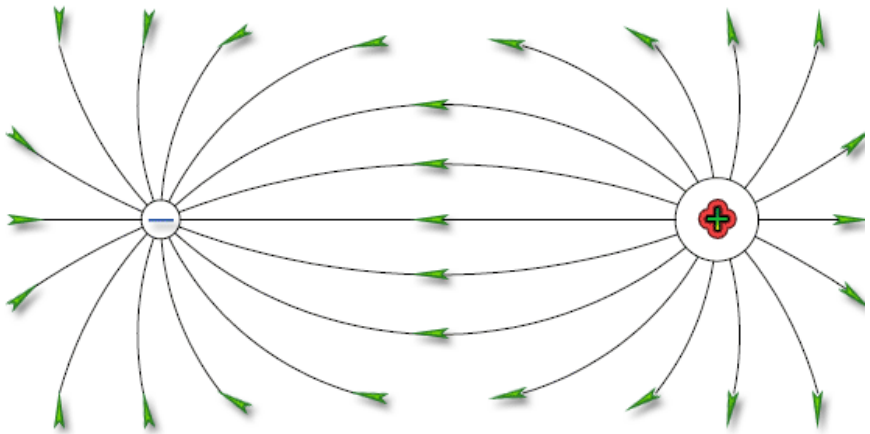
- ✓ جهت میدان الکتریکی در یک نقطه برابر با بردار مماس بر خطوط میدان در آن نقطه در نظر گرفته می‌شود.
- ✓ خطوط میدان یکدیگر را قطع نمی کنند.
- ✓ هرجا میدان قوی‌تر باشد خطوط میدان به هم نزدیک تر است.
- ✓ خطوط میدان در هر نقطه هم جهت با نیرویی است که به بار آزمون در آن نقطه وارد می شود.
- ✓ خطوط میدان از ذرات با بار مثبت شروع شده و به ذرات با بار منفی ختم می‌شوند.





همان‌طور که در شکل بالا نیز مشخص است، خطوط میدان الکتریکی برای ذرات با بار مثبت به صورت شعاعی دورشونده و همین خطوط برای ذرات با بار منفی به صورت نزدیک شونده هستند. این خطوط برای ذراتی با اندازه برابر و علامت مخالف، به شکل زیر هستند.





تعیین رابطه میدان الکتریکی:

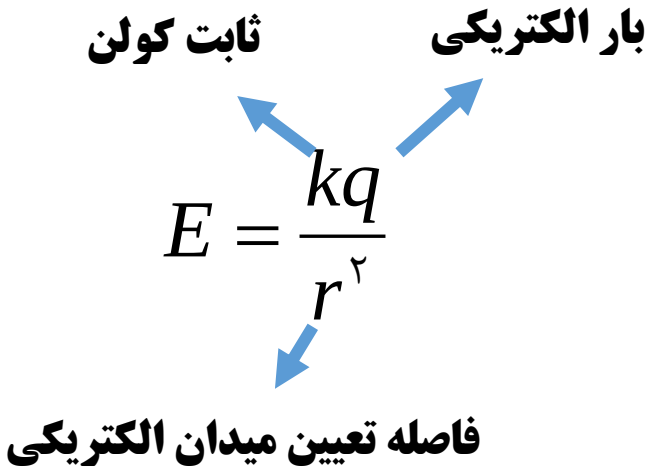
میدان الکتریکی از رابطه زیر محاسبه می شود:

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

یکای میدان الکتریکی $\left(\frac{N}{C}\right)$ است.

تعیین رابطه میدان الکتریکی در اطراف یک بار نقطه ای:

$$\begin{cases} \vec{E} = \dfrac{\vec{F}}{q_o}\left(\dfrac{N}{C}\right) \\ F = \dfrac{kqq_o}{r^2} \end{cases} \rightarrow E = \frac{\frac{kqq_o}{r^2}}{q_o} \rightarrow E = \frac{kqq_o}{q_o r^2} \rightarrow$$



برای به دست آوردن میدان الکتریکی در هر نقطه، ابتدا بار ازمون را در آن نقطه مشخص قرار می دهیم و سپس جهت نیروی وارد به بار آزمون را مشخص می نمائیم. جهت نیروی وارد به بار آزمون همان جهت میدان الکتریکی است

مثال: برای تعیین میدان الکتریکی در نقطه‌ای از فضا بار آزمون $+۲۰\,nC$ را در آن نقطه قرار می‌دهیم. نیروی الکتریکی $۵/۰\times۱۰^{-۳}N$ در راستای جنوب ــ شمال و به طرف شمال بر این بار وارد می‌شود. بزرگی و جهت میدان الکتریکی در این نقطه را مشخص کنید.

پاسخ: می‌توان بزرگی میدان الکتریکی در نقطهٔ موردنظر را محاسبه کرد.

$$E=\frac{F}{q_۰}$$

$$=\frac{۵/۰\times۱۰^{-۳}N}{۲۰\times۱۰^{-۹}C}=۲/۵\times۱۰^{۵}\frac{N}{C}$$

جهت میدان در نقطهٔ موردنظر هم‌جهت با نیروی وارد بر بار آزمون، یعنی رو به شمال است.

مثال:

بزرگی میدان الکتریکی ذرّه‌ای با بار $-۲/۰\mu C$ را در نقطهٔ M به فاصلهٔ

الف) ۲ متر محاسبه و بردار میدان را برای این نقطه رسم کنید؟
ب) ۲۰ متر محاسبه کنید؟

$$E = k\frac{|q|}{r^۲}$$

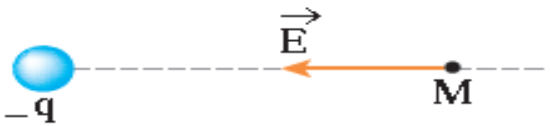
الف)

$$E_۱ = (۹/۰\times ۱۰^۹ N.m^۲/C^۲)\frac{(۲/۰\times ۱۰^{-۶} C)}{(۲/۰ m)^۲} = ۴/۵\times ۱۰^۳ \frac{N}{C}$$

ب)

$$E_۲ = (۹/۰\times ۱۰^۹ N.m^۲/C^۲)\frac{(۲/۰\times ۱۰^{-۶} C)}{(۲۰ m)^۲} = ۴۵ \frac{N}{C}$$

برای رسم بردار میدان در نقطهٔ M بار آزمونی را در آن نقطه فرض می‌کنیم. چون بار q منفی است، بار آزمون فرضی را جذب می‌کند. میدان بار q در جهت همین نیروست که در شکل زیر نشان داده شده است.



میدان بار q- در نقطهٔ M

در بخش قبل دیدیم اگر چند بار نقطه‌ای مانند q_1، q_2 ، ... داشته باشیم برایند نیروهای الکتریکی حاصل از این بارها بر بار آزمون q_0 با استفاده از اصل برهم نهیِ نیروهای کولنی از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید :

$$\vec{F}_{T0} = \vec{F}_{10} + \vec{F}_{20} + \cdots$$

حال اگر بخواهیم میدان الکتریکی را در محل بار آزمون به‌دست آوریم با استفاده از تعریف میدان الکتریکی ($\vec{E} = \vec{F}/q_0$) دو طرف معادلهٔ بالا را بر q_0 تقسیم می‌کنیم. آنگاه خواهیم داشت :

$$\frac{\vec{F}_{T0}}{q_0} = \frac{\vec{F}_{10}}{q_0} + \frac{\vec{F}_{20}}{q_0} + \cdots$$

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \cdots$$

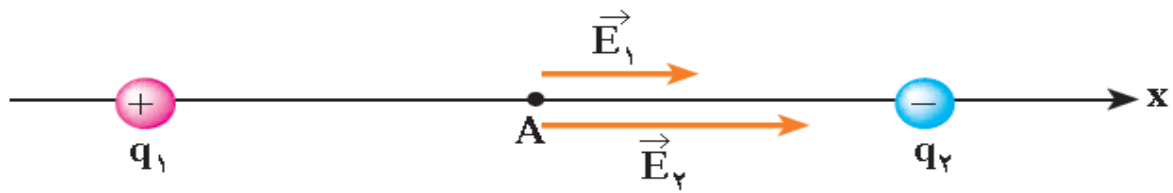
مثال: دو ذرّه با بارهای $q_1=+4/0\,\mu C$، $q_2=-6/0\,\mu C$ در فاصلهٔ $8/0\,m$ از یکدیگر ثابت شده‌اند. بزرگی میدان الکتریکی را در نقطه‌های زیر به‌دست آورید :

الف) در وسط خط واصل دو ذرّه،

ب) در نقطه‌ای به فاصلهٔ $8/0\,m$ از بار q_1 و $16\,m$ از بار q_2 و روی خط واصل دوبار.

پاسخ : در غیاب هر یک از دو بار، میدان حاصل از بار دیگر را محاسبه می‌کنیم. میدانِ حاصل از مجموعهٔ دوبار، برایند این دو میدان خواهد بود.

الف) در شکل زیر اگر بار آزمون را در نقطهٔ A واقع در وسط خط واصل دو ذرّه قرار دهیم، بار q_1 آن را می‌راند و بار q_2 آن را می‌رباید. بنابراین، همان‌طور که شکل نشان می‌دهد، $\vec{E}_1$ و $\vec{E}_2$ در نقطهٔ A هم‌جهت و به سوی بار q_2 (در سوی مثبت محور x) هستند.



با استفاده از اصل برهم نِهیِ میدان‌های الکتریکی داریم :

$$\vec{E}_A = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = E_1\,\vec{i} + E_2\,\vec{i}$$

مقادیر $E_۱$ و $E_۲$ را با استفاده از رابطهٔ $(E=k|q|/r^۲)$ به‌دست می‌آوریم :

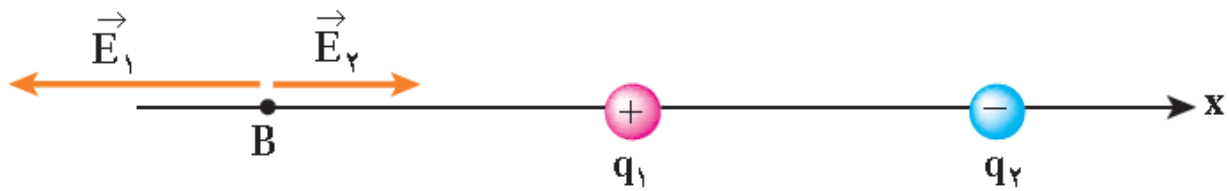
$$E_۱ = k\frac{|q_۱|}{r_۱^۲} = (۹/۰\times ۱۰^۹ N.m^۲/C^۲)\frac{(۴/۰\times ۱۰^{-۶} C)}{(۴/۰ m)^۲} = ۲/۲\times ۱۰^۳ N/C$$

$$E_۲ = k\frac{|q_۲|}{r_۲^۲} = (۹/۰\times ۱۰^۹ N.m^۲/C^۲)\frac{(۶/۰\times ۱۰^{-۶} C)}{(۴/۰ m)^۲} = ۳/۴\times ۱۰^۳ N/C$$

بنابراین :

$$\vec{E}_A = (۲/۲\times ۱۰^۳ N/C)\,\vec{i} + (۳/۴\times ۱۰^۳ N/C)\,\vec{i} = (۵/۶\times ۱۰^۳ N/C)\,\vec{i}$$

ب) اکنون اگر بار آزمون را در نقطهٔ B قرار دهیم شکل میدان‌ها به‌صورت زیر در می‌آید :



با استفاده از اصل برهم نهیِ میدان‌های الکتریکی داریم :

$$\vec{E}_A = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = -E_1\,\vec{i} + E_2\,\vec{i}$$

که در آن E_1 و E_2 برابرند با

$$E_1 = k\frac{|q_1|}{r_1^2} = (9/0\times10^9\ \mathrm{N.m^2/C^2})\frac{4/0\times10^{-6}}{(8/0\mathrm{m})^2} = 5/6\times10^2\ \mathrm{N/C}$$

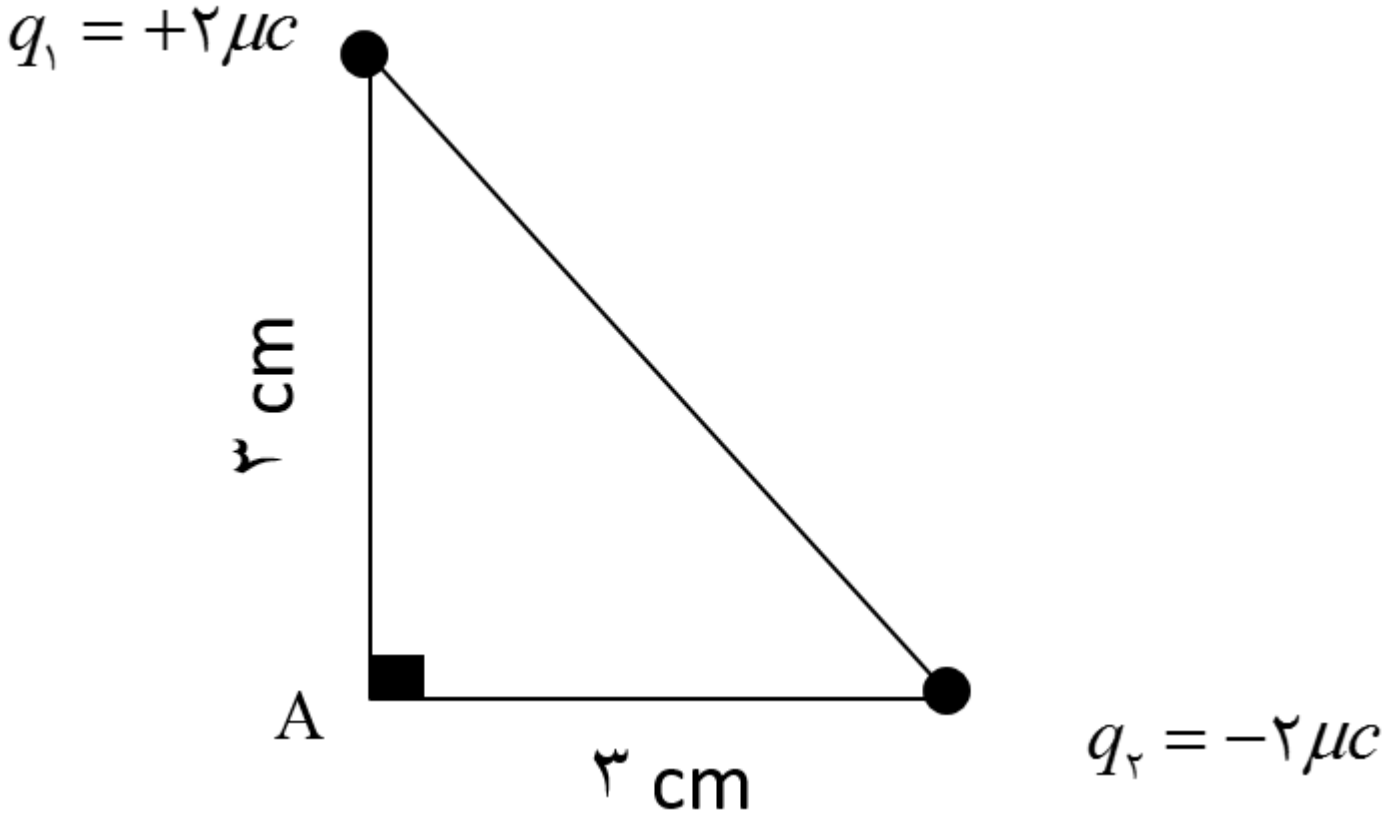
$$E_2 = k\frac{|q_2|}{r_2^2} = (9/0\times10^9\ \mathrm{N.m^2/C^2})\frac{(6/0\times10^{-6}\mathrm{C})}{(16\mathrm{m})^2} = 2/1\times10^2\ \mathrm{N/C}$$

بنابراین :

$$\vec{E}_B = (-5/6\times10^2\ \mathrm{N/C})\,\vec{i} + (2/1\times10^2\ \mathrm{N/C})\,\vec{i} = (-3/5\times10^2\ \mathrm{N/C})\,\vec{i}$$

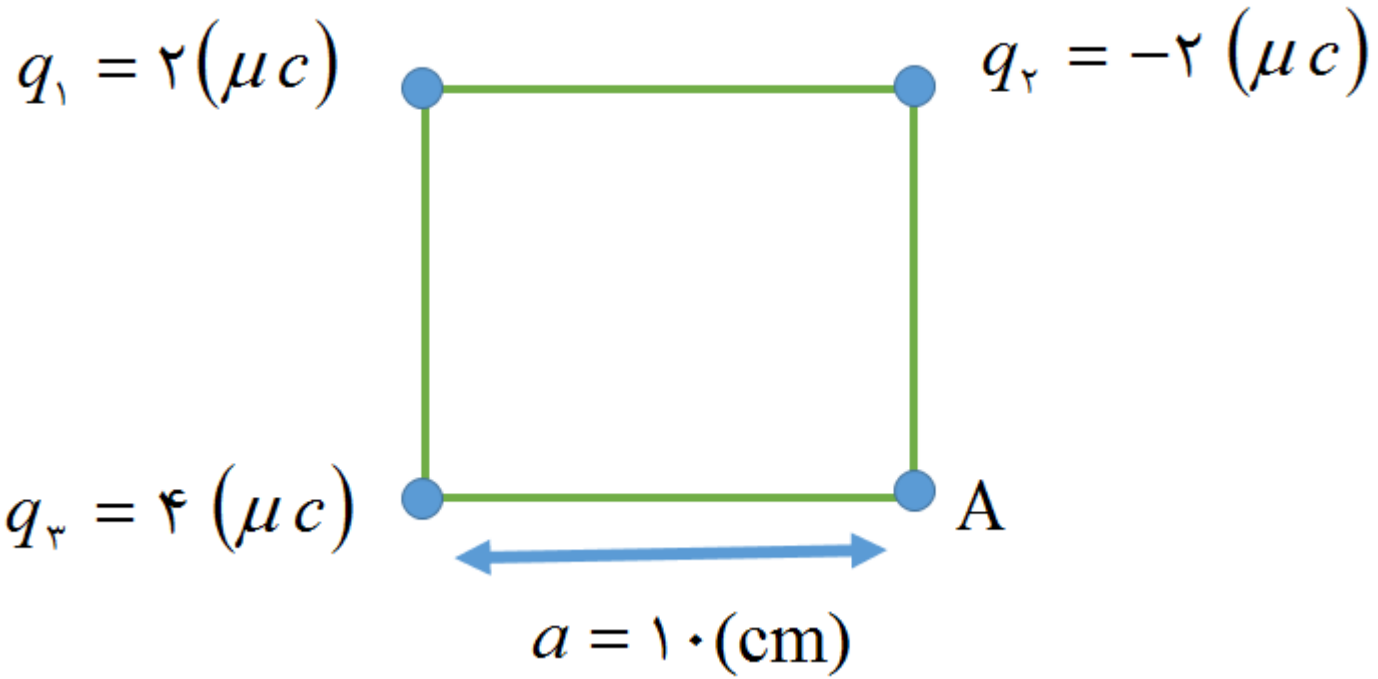
تمرین:

دو بار نقطه ای $q_1 = +2\,\mu c$, $q_2 = -2\,\mu c$ مطابق شکل زیر در رئوس یک مثلث قائم الزاویه ثابت نگه داشته شده اند. برآیند میدان الکتریکی در نقطه **A** را به دست آورید و روی شکل نشان دهید؟



تمرین:

در مربع شکل زیر، میدان الکتریکی حاصل از سه بار را در نقطه A محاسبه نمائید؟



انرژی پتانسیل الکتریکی:

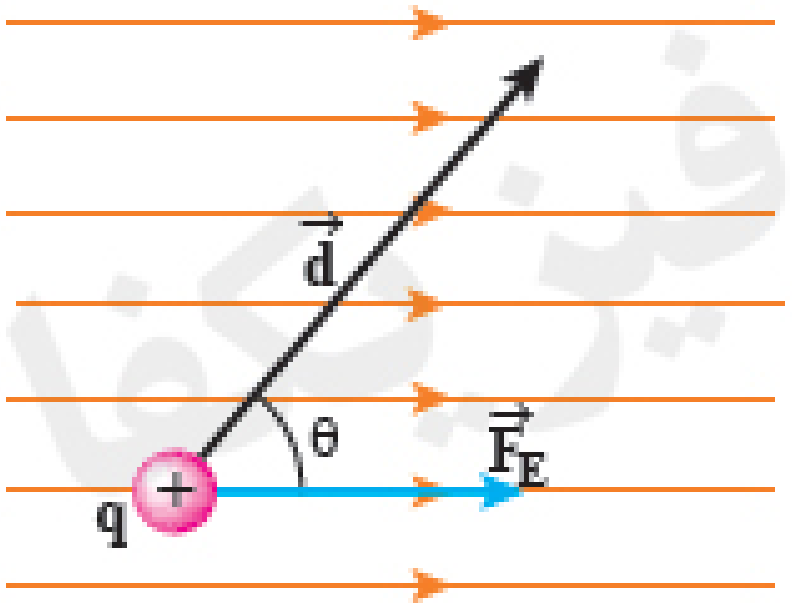
هر گاه دو بار الکتریکی q_1 و q_2 که یکی مثبت و دیگری منفی فرض می‌شوند، به فاصله **r** از یکدیگر قرار گیرند، برای دور کردن آنها از یکدیگر باید انرژی مصرف کنیم، ولی اگر دو بار q_1 و q_2 هر دو مثبت یا هر دو منفی باشند، در موقع دور شدن آنها از یکدیگر انرژی تولید می‌شود. در حالت اول انرژی مصرف شده سبب افزایش انرژی پتانسیل دو بار الکتریکی نسبت به یکدیگر شده و در حالت دوم انرژی پتانسیل دو بار الکتریکی نسبت به هم کاهش پیدا می‌کند .

- به عبارت ساده تر، انرژی پتانسیل الکتریکی،کاری که انجام می دهیم تا دو بار همنام را با سرعت ثابت به هم نزدیک کنیم ، یا دو بار ناهمنام را با سرعت ثابت از هم دور کنیم .

تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی یک ذره باردار در میدان الکتریکی E در یک جابجایی مشخص برابر منفی کار انجام شده توسط نیروی الکتریکی در همان جابجایی است یعنی :

$$\Delta U_E = -W_E = -|q|Ed\cos\theta$$

که در آن، θ زاویهٔ بین نیروی $\vec{F}_E$ و جابه جایی $\vec{d}$ است.



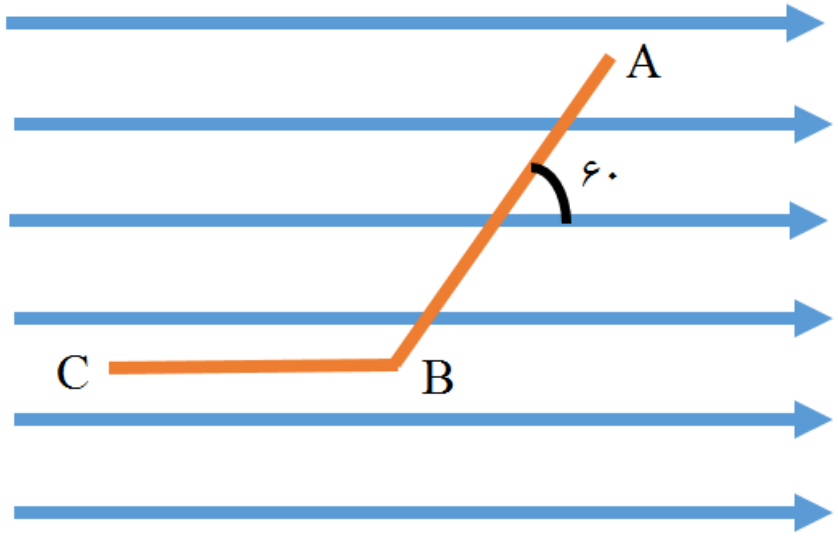
$$\Delta U_E = -W_E = -|q|Ed\cos\theta$$

در این رابطه، بار الکتریکی (q) بر حسب کولن (C)، بزرگی میدان الکتریکی (E) بر حسب نیوتون بر کولن (N/C)، اندازهٔ جابه‌جایی (d) بر حسب متر (m) و تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی (ΔU_E) بر حسب ژول (J) است. توجه کنید که این رابطه چه برای بار ذرّه‌ای مثبت و چه برای بار ذرّه‌ای منفی برقرار است.

توجه شود که رابطه بالا ،هم برای بار مثبت و هم برای بار منفی برقرار است

مثال:

بار الکتریکی $q=12(mc)$ در میدان الکتریکی یکنواخت E مطابق شکل از A تا B و سپس از B به C با سرعت ثابت جابجا می شود . تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q را حساب کنید .



$$\vec{E} = ۵\times ۱۰^{۵}\ (\frac{N}{C})$$

$$AB = ۴\,(cm)$$

$$BC = ۳\,(cm)$$

$$\cos(۶۰^{\circ}) = ۰/۵$$

$$\cos(۱۲۰^{\circ}) = -۰/۵$$

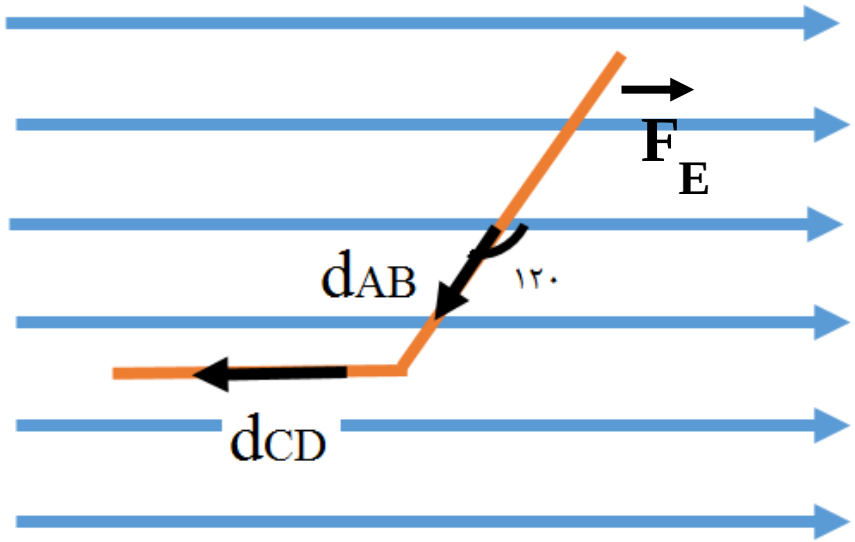
حل:

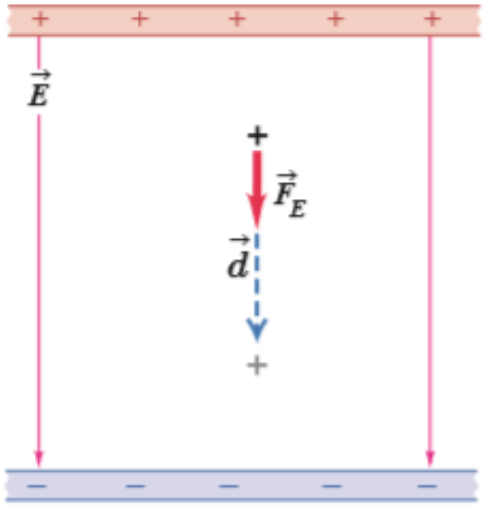
در این مساله دو جابه جایی انجام شده است. یک جا به جایی از A تا B و یک جا به جایی از B به C. بنابراین تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q برابر است با جمع تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی در جا به جایی از A تا B و تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی در جا به جایی از B به C.

$$\Delta U_{AB} = -E|q|d_{AB}\cos(۱۲۰^\circ) \rightarrow \Delta U_{AB} = -۵\times۱۰^{۵}\left(\frac{N}{C}\right)\times۱۲\times۱۰^{-۳}(C)\times۴\times۱۰^{-۲}(m)\times\cos(۱۲۰^\circ) \rightarrow \Delta U_{AB} = +۱۲۰(j)$$

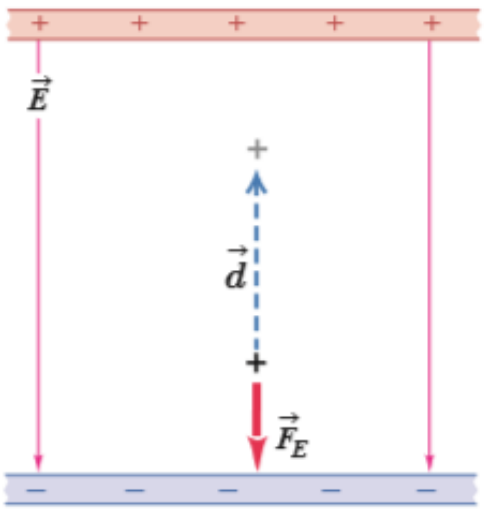
$$\Delta U_{BC} = -E|q|d_{BC}\cos(۱۸۰^\circ) \rightarrow \Delta U_{AB} = -۵\times۱۰^{۵}\left(\frac{N}{C}\right)\times۱۲\times۱۰^{-۳}(C)\times۳\times۱۰^{-۲}(m)\times\cos(۱۸۰^\circ) \rightarrow \Delta U_{AB} = +۱۸۰(j)$$

$$\Delta U = \Delta U_{AB} + \Delta U_{BC} \rightarrow \Delta U = ۱۲۰+۱۸۰ = ۳۰۰(j)$$

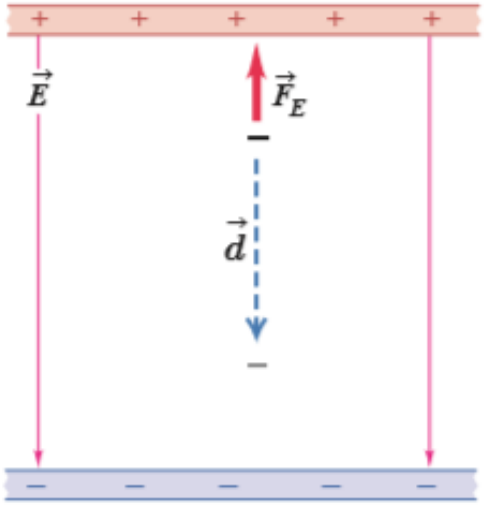




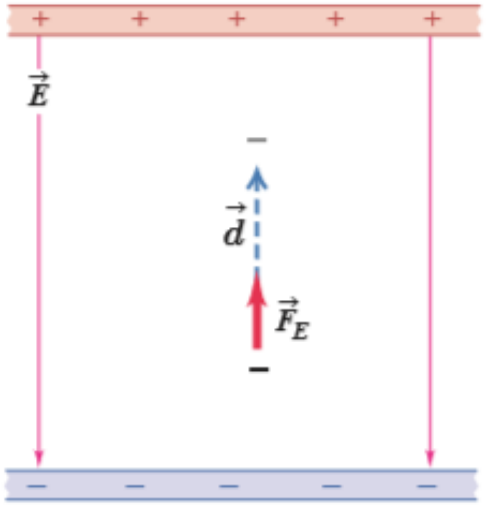
الف) بار مثبت را در جهت میدان الکتریکی $\vec{E}$ جابه‌جا می‌کنیم :
میدان الکتریکی *کار مثبت* W_E را روی بار انجام می‌دهد. انرژی پتانسیل الکتریکی U_E *کاهش می‌یابد*.



ب) بار مثبت را در خلاف جهت میدان الکتریکی $\vec{E}$ جابه‌جا می‌کنیم :
میدان الکتریکی *کار منفی* W_E را روی بار انجام می‌دهد. انرژی پتانسیل الکتریکی U_E *افزایش می‌یابد*.



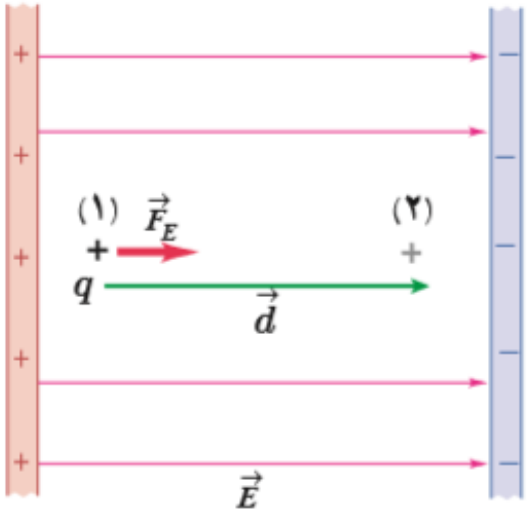
پ) بار منفی را در جهت میدان الکتریکی $\vec{E}$ جابه‌جا می‌کنیم :
میدان الکتریکی کار منفی W_E را روی بار انجام می‌دهد. انرژی پتانسیل الکتریکی U_E افزایش می‌یابد.



ت) بار منفی را در خلاف جهت میدان الکتریکی $\vec{E}$ جابه‌جا می‌کنیم :
میدان الکتریکی *کار مثبت* W_E را روی بار انجام می‌دهد. انرژی پتانسیل الکتریکی U_E *کاهش می‌یابد*.

پتانسیل الکتریکی

در بخش قبل دیدیم تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی یک ذرّهٔ باردار به بار الکتریکی آن بستگی دارد؛ مثلاً با دوبرابر شدن بار ذرّه، تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی آن نیز دو برابر می‌شود. بنابراین، نسبت تغییر انرژی پتانسیل به بار ذرّه، مستقل از نوع و اندازهٔ بار الکتریکی است. به این نسبت، **اختلاف پتانسیل الکتریکی** دونقطه‌ای می‌گوییم که ذرّه میان آنها جابه‌جا شده است (شکل ۱) و آن را با ΔV نمایش می‌دهیم :



نسبت تغییر انرژی پتانسیل به بار، مستقل از نوع و اندازهٔ بار الکتریکی است.

$$\Delta V = V_2 - V_1 = \frac{\Delta U_E}{q}$$

که در آن V کمیتی نرده‌ای موسوم به پتانسیل الکتریکی است که مقدار آن در نقطه‌های ۱ و ۲ به ترتیب V_1 و V_2 است. در این رابطه، اختلاف پتانسیل الکتریکی (ΔV) برحسب ژول بر کولن (J/C) است که آن را به افتخار *الساندرو ولتا*، ولت می‌نامند و با نماد V نمایش می‌دهند.

رابطه اختلاف پتانسیل:

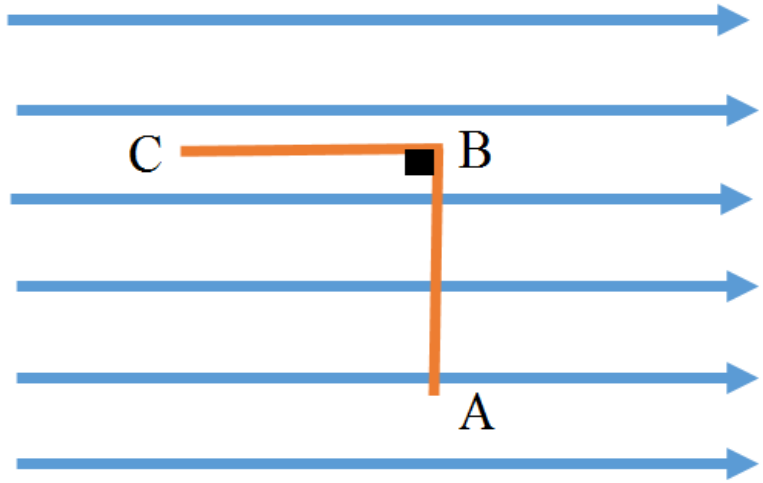
بنابراین رابطه زیر را می توان برای اختلاف پتانسیل بین دو نقطه به کار برد:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} = -Ed\cos(\theta)$$

برای **میدان الکتریکی یکنواخت** بین دو صفحه خازن ، زاویه تتا یا صفر است یا ۱۸۰ ، بنابراین خواهیم داشت

$$|\Delta V| = Ed$$

تمرین : ذره ای با بار الکتریکی ۲ میکروکولن در میدان الکتریکی یکنواخت E از A تا B و سپس از B به C منتقل می گردد .



$$\vec{E} = ۵ \times ۱۰^{۵} \left(\frac{N}{C} \right)$$

$$AB = ۳ (cm)$$

$$BC = ۴ (cm)$$

الف) تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار در این جابجایی را حساب کنید .

ب) اختلاف پتانسیل بین دو نقطه A و C را بیابید .

پتانسیل الکتریکی حاصل از یک بار نقطه ای:

پتانسیل الکتریکی حاصل از یک بار نقطه ای در فاصله r از این بار از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$V = \frac{kq}{r}$$

- در رابطه بالا q ، بار الکتریکی بر حسب کولن(C) ، r فاصله بر حسب متر (m) و k ثابت کولن است.
- واحد پتانسیل الکتریکی ولت است.
- پتانسیل الکتریکی کمیتی عددی یا اسکالر است.

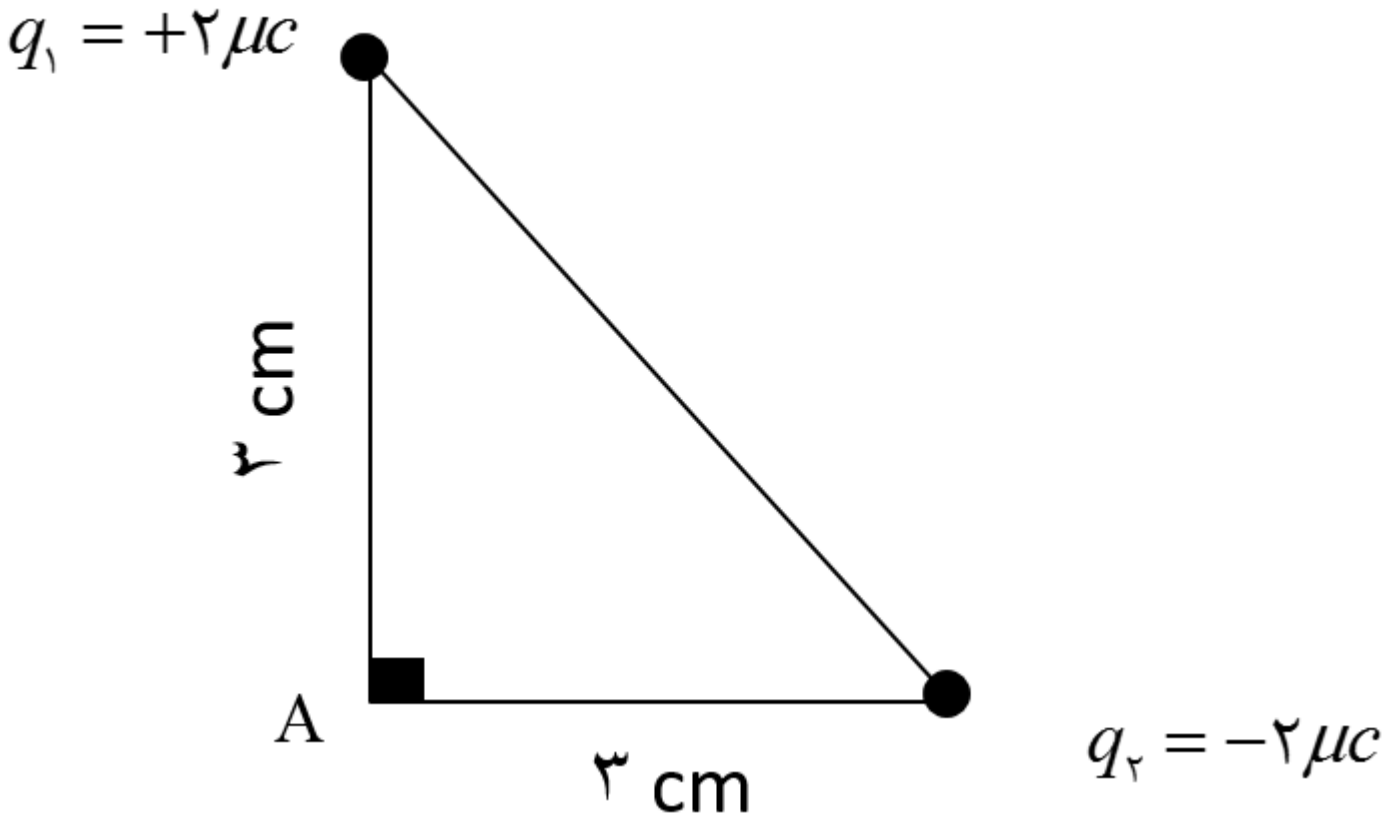
مثال:

پتانسیل الکتریکی حاصل از یک بار نقطه ای ۲ میکروکولنی در فاصله ۲ سانتیمتری از این بار را محاسبه نمائید؟

$$V = \frac{kq}{r} \rightarrow V = \frac{۹\times۱۰^{۹}\times۲\times۱۰^{-۶}}{۲\times۱۰^{-۲}} \rightarrow V = ۹\times۱۰^{۵}\ (\text{ولت})$$

مثال:

دو بار نقطه ای $q_۲ = -۲\ \mu c$, $q_۱ = +۲\ \mu c$ مطابق شکل زیر در رئوس یک مثلث قائم الزاویه ثابت نگه داشته شده اند. پتانسیل الکتریکی در نقطه A را به دست آورید؟



پتاسیل ناشی از بار q1 را با V1 و پتاسیل ناشی از بار q2 را با V2 نشان می دهیم. پتانسیل در نقطه A برابر با جمع دو پتانسیل V1 و V2 است.

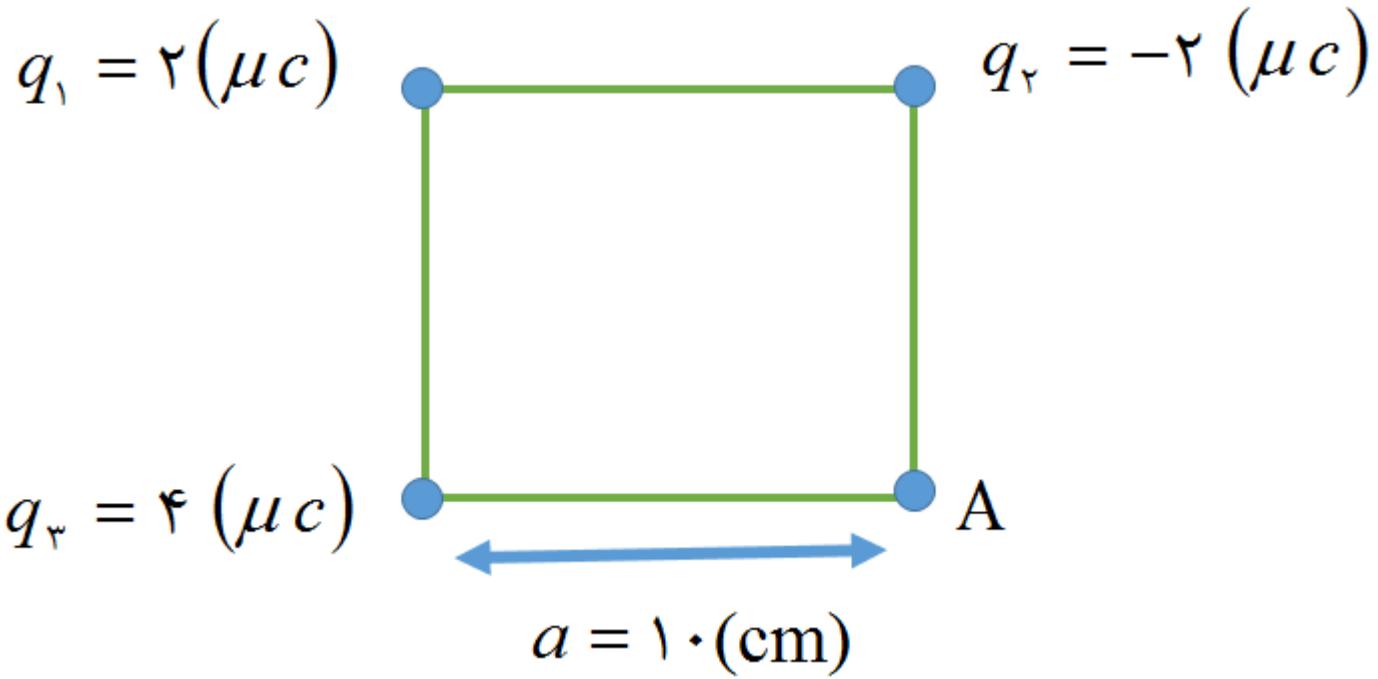
$$V_۱ = \frac{kq_۱}{r_۱} \rightarrow V = \frac{۹\times۱۰^{۹}\times۲\times۱۰^{-۶}}{۳\times۱۰^{-۲}} \rightarrow V_۱ = ۶\times۱۰^{۵}\ (\text{ولت})$$

$$V_۲ = \frac{kq_۲}{r_۲} \rightarrow V = \frac{۹\times۱۰^{۹}\times(-۲)\times۱۰^{-۶}}{۳\times۱۰^{-۲}} \rightarrow V_۲ = -۶\times۱۰^{۵}\ (\text{ولت})$$

$$V = V_۱ + V_۲ \rightarrow V = ۶\times۱۰^{۵} - ۶\times۱۰^{۵} = ۰$$

تمرین:

در مربع شکل زیر،پتانسیل الکتریکی حاصل از سه بار را در نقطه A محاسبه نمائید؟



موفق و پیروز باشید