جزوه فیزیک یازدهم تجربی

فصل اول (الکتریسیتهٔ ساکن)

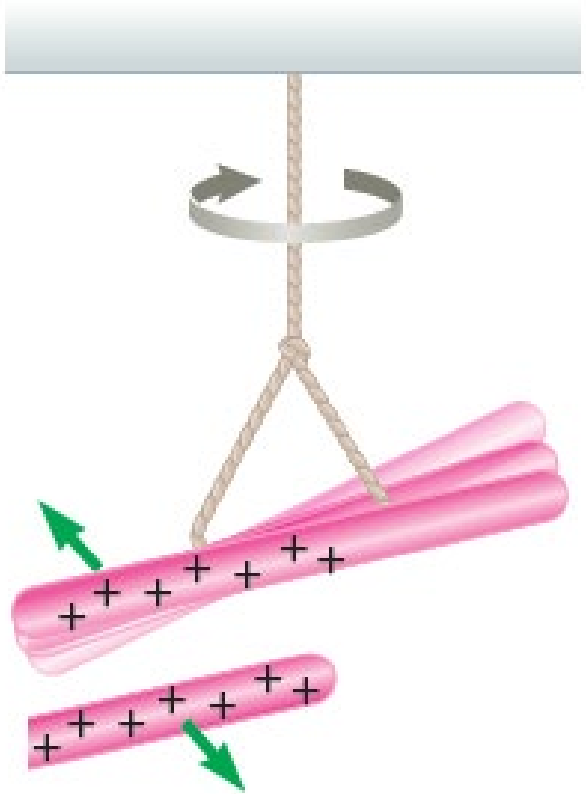
حسین هاشمی

بار الکتریکی

- طبق تجربه ۲ نوع بار الکتریکی وجود دارد بار مثبت و بار منفی
- اگر در یک جسم تعداد بارهای مثبت و منفی با هم برابر باشند آن جسم خنثی است.
- معمولا وقتی ۲ جسم با یکدیگر مالش داده می شوند هر دوی آنها دارای بار الکتریکی می شوند.
- اگر **میله شیشه ای** را با **پارچه ابریشمی** مالش دهیم, میله شیشه ای **بار مثبت** پیدا می کند.
- اگر **میله پلاستیکی** را با **پارچه پشمی** مالش دهیم, میله پلاستیکی **بار منفی** پیدا می کند.
- نوع باری که ۲ جسم مختلف بر اثر مالش پیدا می کنند به **جنس** آنها بستگی دارد.

۲ جسم با بار مثبت

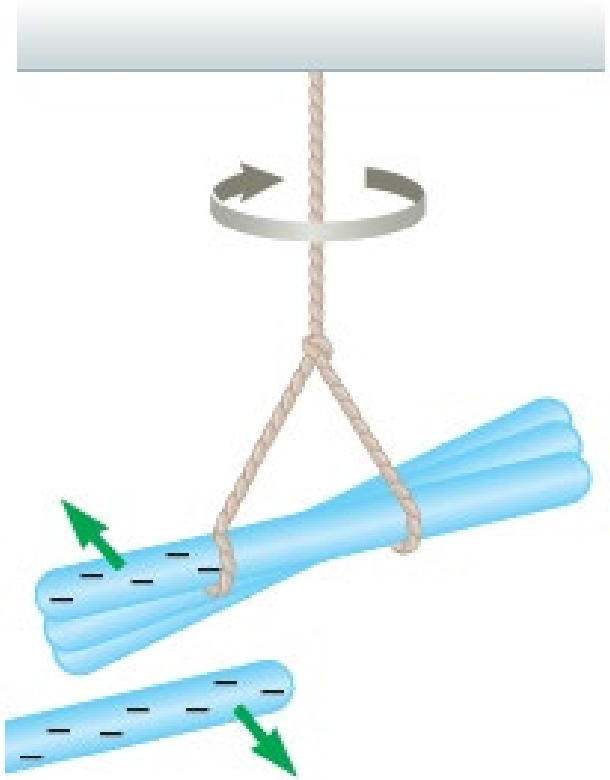
- وقتی دو میله شیشه ای را با پارچه ابریشمی مالش می دهیم, **همدیگر را دفع** می کنند.



- ۲ جسم با بار مثبت همدیگر را دفع می کنند.

۲ جسم با بار منفی

- وقتی دو میله پلاستیکی را با پارچه پشمی مالش می دهیم, **همدیگر را دفع** می کنند.



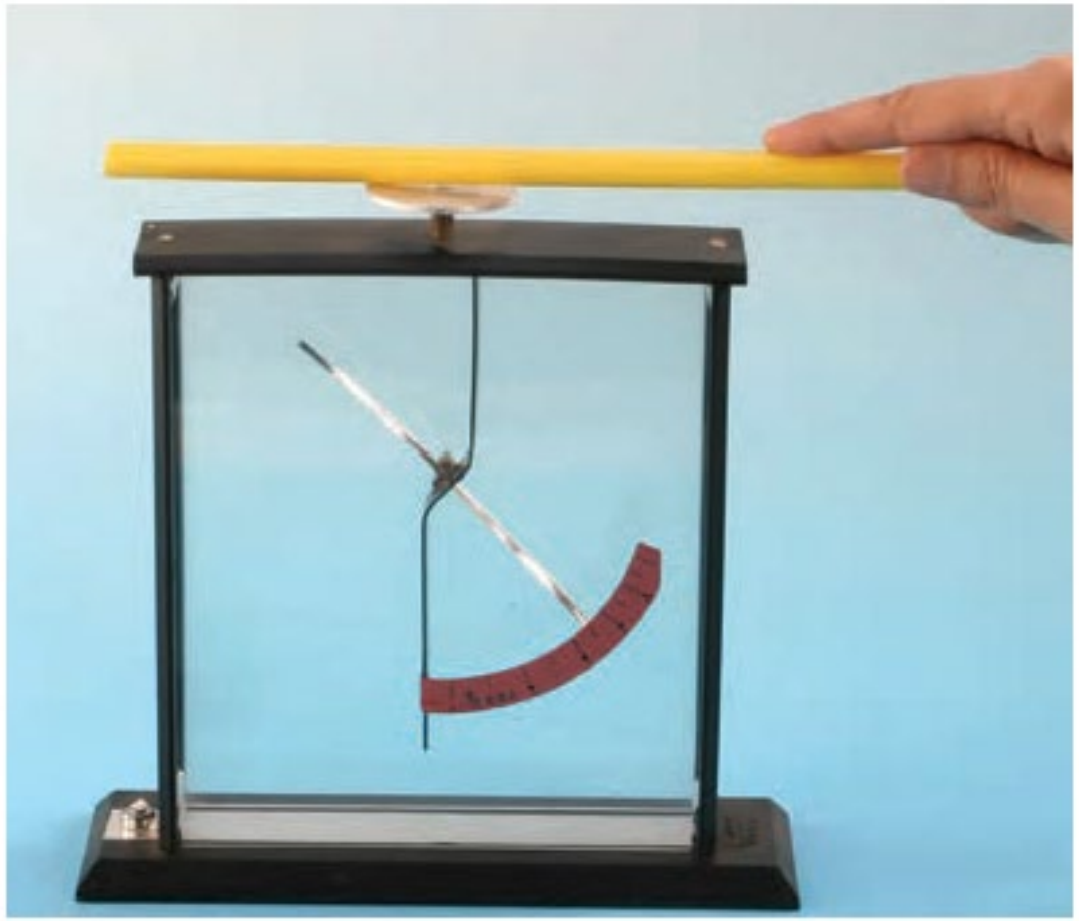
- ۲ جسم با بار منفی نیز همدیگر را دفع می کنند.

۲ جسم با بار متفاوت

- وقتی میله پلاستیکی مالش داده شده با پارچه پشمی را به میله شیشه ای مالش داده شده با پارچه ابریشمی نزدیک می کنیم **همدیگر را جذب** می کنند.

- ۲ جسم با بارهای متفاوت یکدیگر را جذب می کنند.

الکتروسکوپ



- الکتروسکوپ وسیله است که ۲ قابلیت مهم دارد :
- ۱ – مشخص می کند یک جسم باردار است یا خیر
- ۲– نوع بار جسم را مشخص می کند.

یکای بار الکتریکی

- بار الکتریکی را با نماد q نمایش می دهیم.
- یکای بار الکتریکی در SI **کولن** است.
- ۱ کولن مقدار بار بسیار بزرگی است.
- به طور مثال یک آذرخش معمولی حدود **۱۰ کولن** بار به زمین منتقل می کند!
- در زندگی روزمره معمولا با یکاهای **میکروکولن** و یا **نانوکولن** سروکار داریم.

بار بنیادی

- همه مواد از ذرات ریزی به نام اتم ساخته شده اند.
- در اتم **خنثی** تعداد بارهای مثبت (پروتون ها) و تعداد بارهای منفی (الکترون ها) با هم برابر است.
- اندازه بار منفی الکترون و بار مثبت پروتون با هم برابر است و به آن **بار بنیادی** گفته می شود.
- بار بنیادی با نماد e نمایش داده می شود.
- مقدار بار بنیادی $۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}$ کولن است.

سری الکتریسیته مالشی (تریبوالکتریک)

- مواد براساس میزان الکترون خواهی در جدولی به نام **سری الکتریسیته مالشی** دسته بندی می شوند.
- در این جدول مواد پایین تر الکترون خواهی بیشتری دارند.
- در تماس ۲ جسم با هم, الکترون از ماده **بالاتر** جدول (الکترون خواهی کمتر) به ماده **پایین تر** جدول (الکترون خواهی بیشتر) منتقل می شود.

انتهای مثبت سری
موی انسان
شیشه
نایلون
پشم
سرب
ابریشم
آلومینیم
کاغذ
چوب
پارچه کتان
کهربا
برنج - نقره
پلاستیک – پلی اتیلن
لاستیک
تفلون
انتهای منفی

بار الکتریکی خالص

- اگر در یک جسم تعداد الکترون ها و پروتون ها با هم برابر باشند آن جسم **خنثی** است.
- در صورتی که تعداد پروتون های یک جسم از تعداد الکترون های آن بیشتر باشد می گوییم آن جسم **بار الکتریکی خالص مثبت** دارد.
- در صورتی که تعداد الکترون های یک جسم از تعداد پروتون های آن بیشتر باشد می گوییم آن جسم **بار الکتریکی خالص منفی** دارد.
- بر اثر مالش دو جسم با یکدیگر الکترون از جسمی با الکترون خواهی کمتر به جسمی با الکترون خواهی بیشتر منتقل می شود.

۲ اصل بارهای الکتریکی

- در مورد بارهای الکتریکی دو اصل وجود دارد :
- ۱– **اصل پایستگی بار** :
- بار الکتریکی نه بوجود می آید و نه از بین می رود فقط می تواند از جسمی به جسم دیگر منتقل شود.
- ۲– **کوانتیده بودن بار** :
- بار الکتریکی هر جسمی همیشه **مضرب درستی از بار بنیادی** است.
- به طور مثال می تواند $\{1e - 16e - 35e\}$ باشد اما هیچ وقت نمی تواند $\{1.5e - 6.8e\}$ باشد.

$$q = ne$$

مثال از فرمول

$$q = ne$$

- در هنگام راه رفتن روی فرش امکان دارد بدن بار الکتریکی پیدا کند. اگر هنگام دست دادن با کسی بار الکتریکی ۱ نانوکولن به او منتقل کنیم در این فرایند چه تعداد الکترون منتقل شده است؟

مثال از فرمول

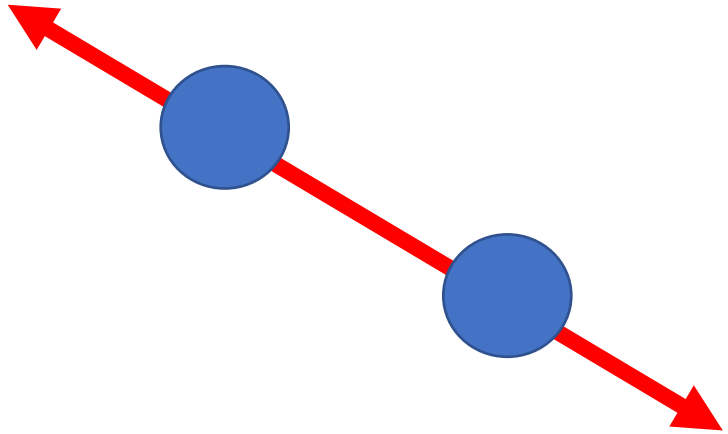
$$q = ne$$

بر اثر مالش دو جسم نارسانای خنثی به یکدیگر، بار یکی از آن‌ها $+۳۲nC$ و بار دیگری $-۳۲nC$ می‌شود. چه تعداد الکترون در این فرایند بین دو جسم جابه‌جا شده است؟ $(e = ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} C)$

قانون کولن

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

- اندازه نیروی الکتریکی بین ۲ بار نقطه ای با حاصل ضرب **اندازه** آنها رابطه مستقیم و با مربع فاصله آنها رابطه معکوس دارد.
- اندازه بار الکتریکی یعنی مقدار عددی آن بدون در نظر گرفتن علامت بار الکتریکی !
- جهت این نیرو در **راستای خط واصل** دو بار نقطه ای است.



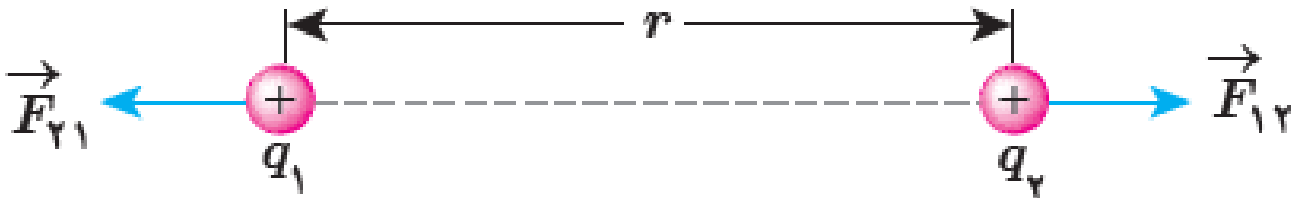
یکاهای قانون کولن

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

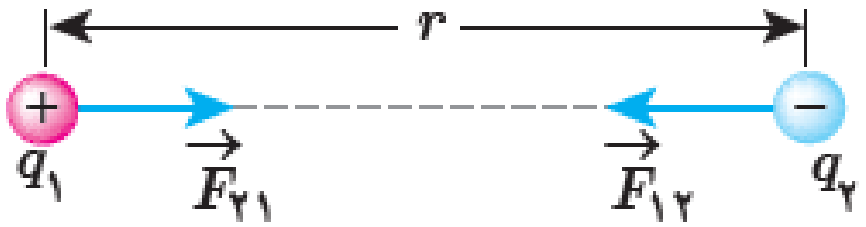
- مقدار بارهای الکتریکی را بر حسب کولن در فرمول قرار می دهیم.
- مقدار فاصله را بر حسب متر در فرمول قرار می دهیم.
- مقدار **k** که به آن ثابت الکتروستاتیکی یا **ثابت کولن** گفته می شود برابر عدد ۹×۱۰^{۹} است.
- نکته : معمولا بارها هر دو بر حسب میکروکولن داده می شود که بعد از تبدیل آنها به کولن و ساده شدن با مقدار $۱۰^{۹}$ می توان مقدار $۱۰^{-۳}$ را نوشت.

نیروی عمل و عکس العمل

- نیروی الکتریکی بین دو بار همنام **دافعه** است.



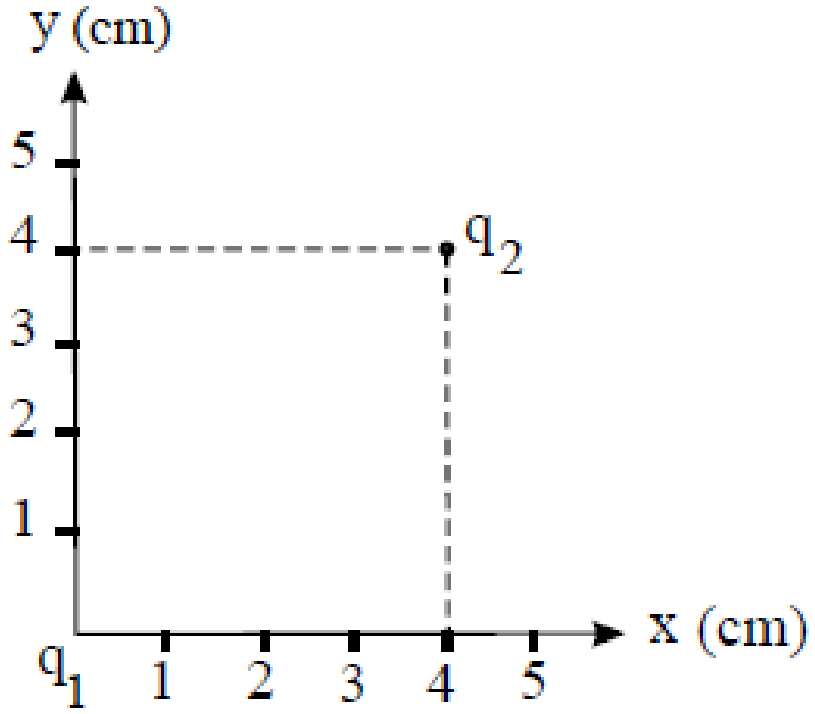
- نیروی الکتریکی بین دو بار ناهمنام **جاذبه** است.



مثال از فرمول

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

بارهای الکتریکی نقطه‌ای $q_1 = ۸\mu C$ و $q_2 = -۴\mu C$ مطابق شکل در دستگاه مختصات قرار گرفته‌اند. اندازهٔ نیروی الکتریکی وارد بر بار q_2 از طرف بار q_1 چند نیوتون است؟ $\left(k = ۹ \times ۱۰^{۹}\frac{N \cdot m^۲}{C^۲}\right)$



برایند نیروهای الکتریکی

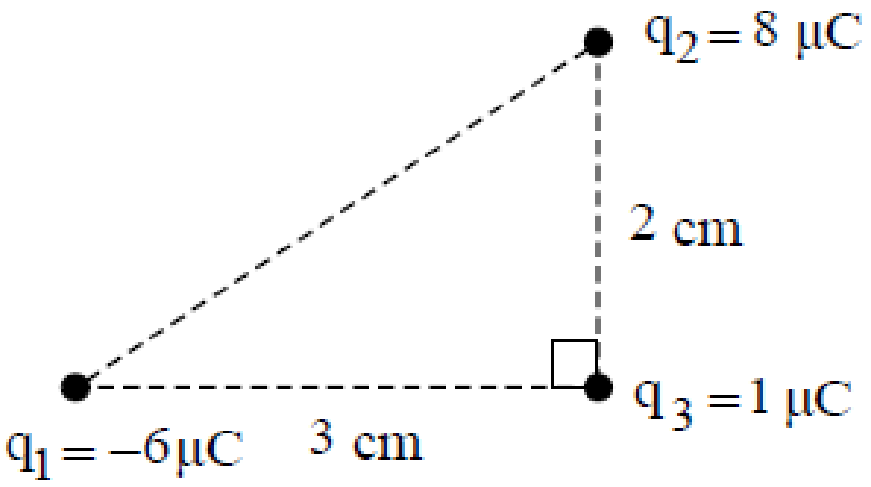
- اگر به جای ۲ ذره باردار تعداد بیشتری وجود داشت برای محاسبه نیروی الکتریکی برایند مراحل زیر را انجام می دهیم :
- ۱– تعیین می کنیم که برایند نیروهای وارد بر **کدام ذره** را می خواهیم محاسبه کنیم.
- ۲– **تک تک نیروهایی** که از سمت ذرات دیگر بر ذره مورد نظرمان وارد می شود را با فرمول محاسبه می کنیم.
- ۳– **جهت نیرو هایی** که ذرات دیگر بر ذره مورد نظرمان وارد می کنند را پیدا می کنیم.
- ۴– **قوانین جمع بردارها** جهت و مقدار نیروی برایند را پیدا میکنیم.

مثال از نیروی برایند

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

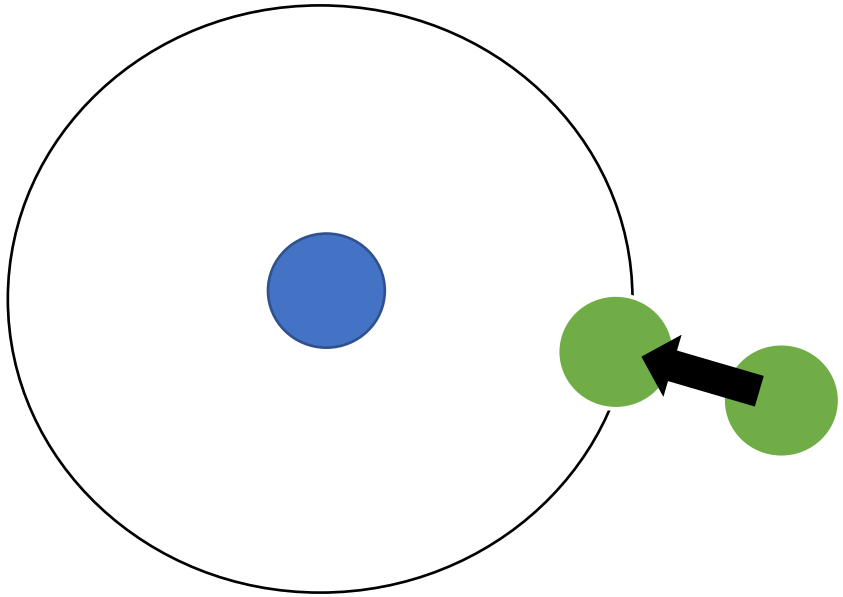
مطابق شکل زیر، سه ذرهٔ باردار در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای قرار دارند.

نیروی خالص وارد بر بار q_3 برحسب بردارهای یکه در SI کدام است؟



میدان الکتریکی

- چرا ۲ بار الکتریکی بر هم نیرو وارد می کنند؟
- هر بار الکتریکی خاصیتی در اطراف خود به نام **میدان الکتریکی** بوجود می آورد که وقتی یک بار الکتریکی دیگر در این فضا قرار می گیرد تحت تاثیر این خاصیت به آن نیرو وارد می شود.



- هر بار الکتریکی **نه با تماس** بلکه با **میدان** خود بر سایر بارهای الکتریکی اطراف خود **نیرو** وارد می کند.

محاسبه میدان الکتریکی

- برای محاسبه میدان الکتریکی حاصل از یک جسم باردار الکتریکی در هر نقطه از فضای اطراف آن مراحل زیر را انجام می دهیم :
- ۱– یک **بار کوچک و مثبت** در آن نقطه قرار می دهیم. به این بار کوچک و مثبت **بار آزمون** گفته می شود.
- ۲– نیرویی که به بار آزمون وارد می شود را **اندازه گیری** می کنیم.
- ۳– مقدار میدان در آن نقطه با فرمول روبه رو محاسبه می شود :

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

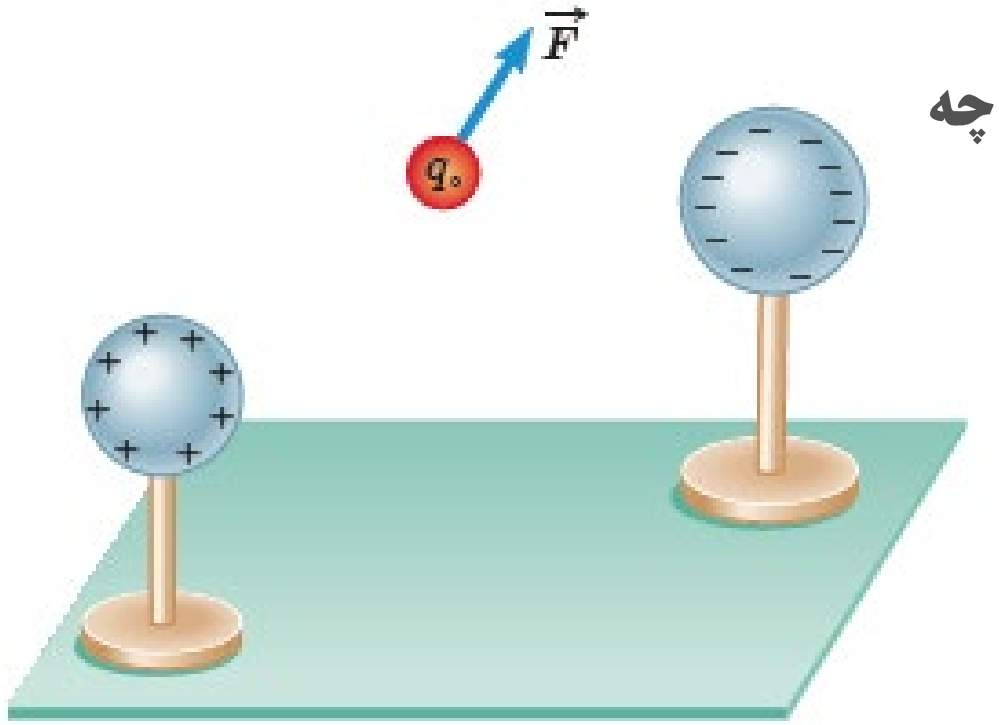
- ۴– جهت میدان همان جهت نیرویی است که به بار آزمون وارد می شود.

یکای میدان الکتریکی

- در فرمول محاسبه میدان الکتریکی نیرو را بر حسب نیوتون قرار می دهیم. $F \rightarrow N$
- بار الکتریکی را بر حسب کولن قرار می دهیم. $q_0 \rightarrow C$
- یکای میدان بر حسب نیوتون بر کولن بدست می آید. $E \rightarrow \frac{N}{C}$

مثال از میدان الکتریکی

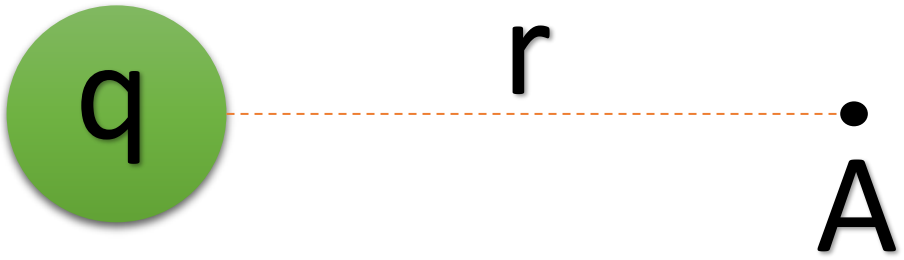
❖ بار آزمون نشان داده شده در شکل C $۱۰^{-۸}$ × ۳ است. پس از اندازه گیری مقدار نیروی برایند وارد بر آن N $۱۰^{-۸}$ × ۳ محاسبه شده است. میدان الکتریکی در محل بار آزمون را پیدا کنید.



❖ اگر به جای بار آزمون, بار $۱۰^{-۸}$ × ۱۲ کولنی قرار دهیم چه نیرویی به آن وارد می شود؟

میدان الکتریکی حاصل از یک ذره باردار

- میدان الکتریکی حاصل از یک ذره باردار درنقطه A به فاصله r از آن :



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

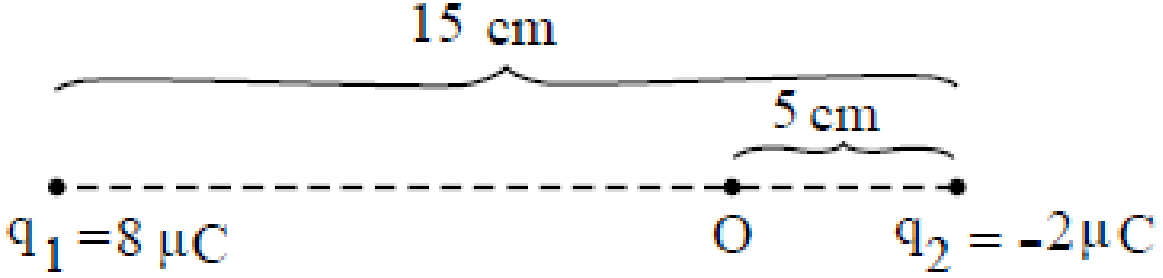
- جهت میدان الکتریکی جهت نیروی وارد بر بار آزمون در همان نقطه است.

برایند میدان های الکتریکی

- برای محاسبه میدان برایند چند ذره باردار در یک نقطه مراحل زیر را انجام می دهیم :
- ۱– میدان حاصل از هر ذره را در نقطه مورد نظر محاسبه می کنیم.
- ۲– با استفاده از قوانین جمع بردارها میدان برایند را محاسبه می کنیم;
- اگر بردارهای هم جهت بودند با هم جمع می شوند.
- اگر خلاف جهت بودن از هم کم می شوند.
- اگر عمود بر هم بودند از رابطه فیثاغورس استفاده می کنیم.

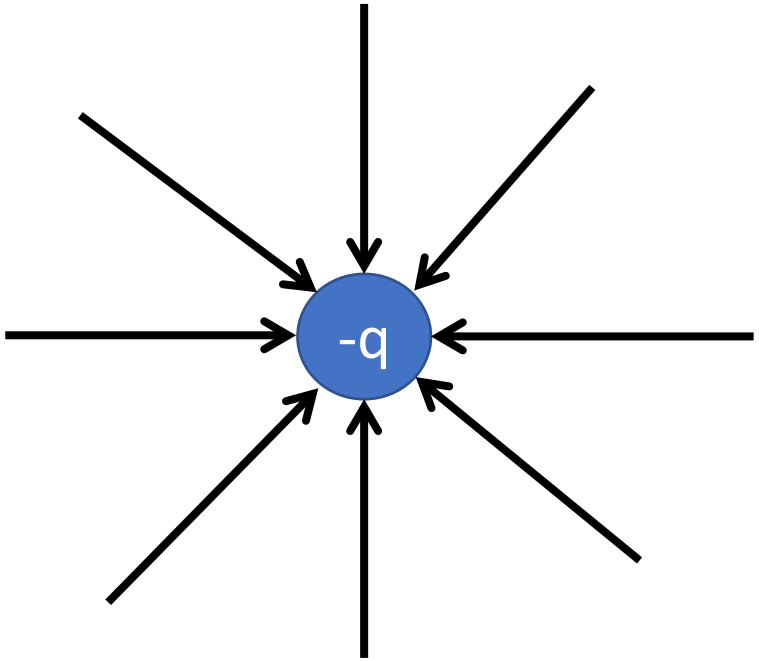
سوال

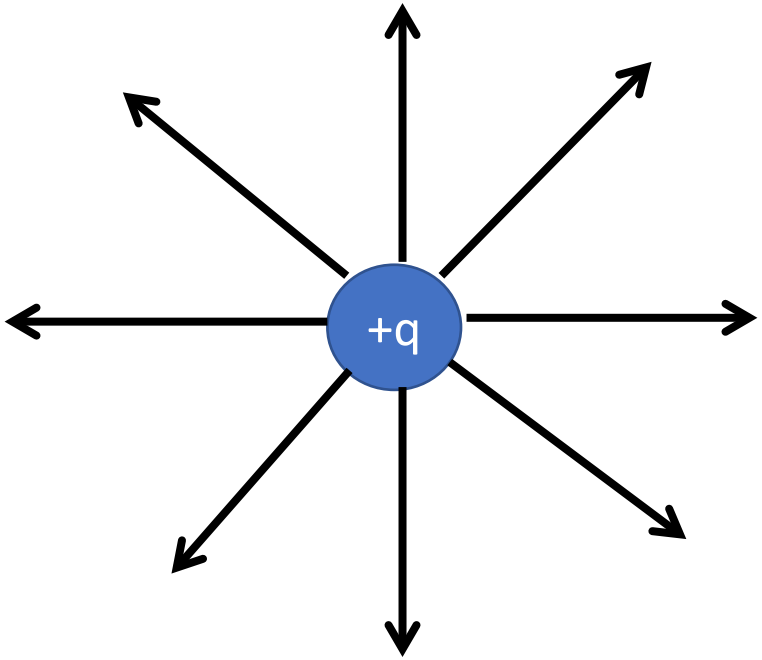
در شکل زیر برایند میدان‌های الکتریکی ناشی از دو بار q_1 و q_2 در نقطهٔ O برحسب نیوتون بر کولن کدام است؟ $(k = ۹ \times ۱۰^۹ N \cdot m^۲ / C^۲)$



خطوط میدان الکتریکی

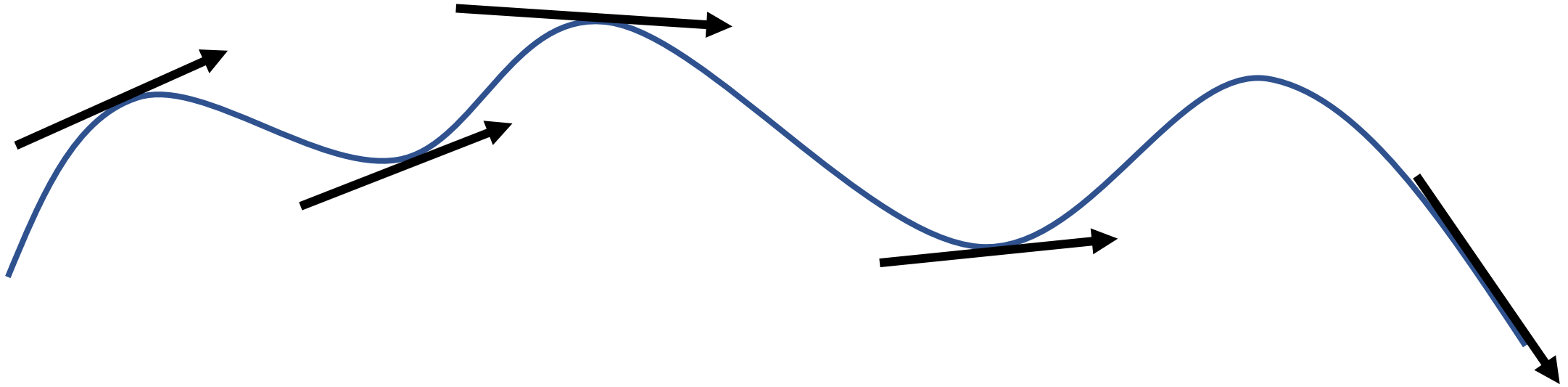
- برای مجسم کردن میدان الکتریکی در فضای اطراف اجسام باردار از خط های جهت داری موسوم به **خطوط میدان الکتریکی** استفاده می کنیم.





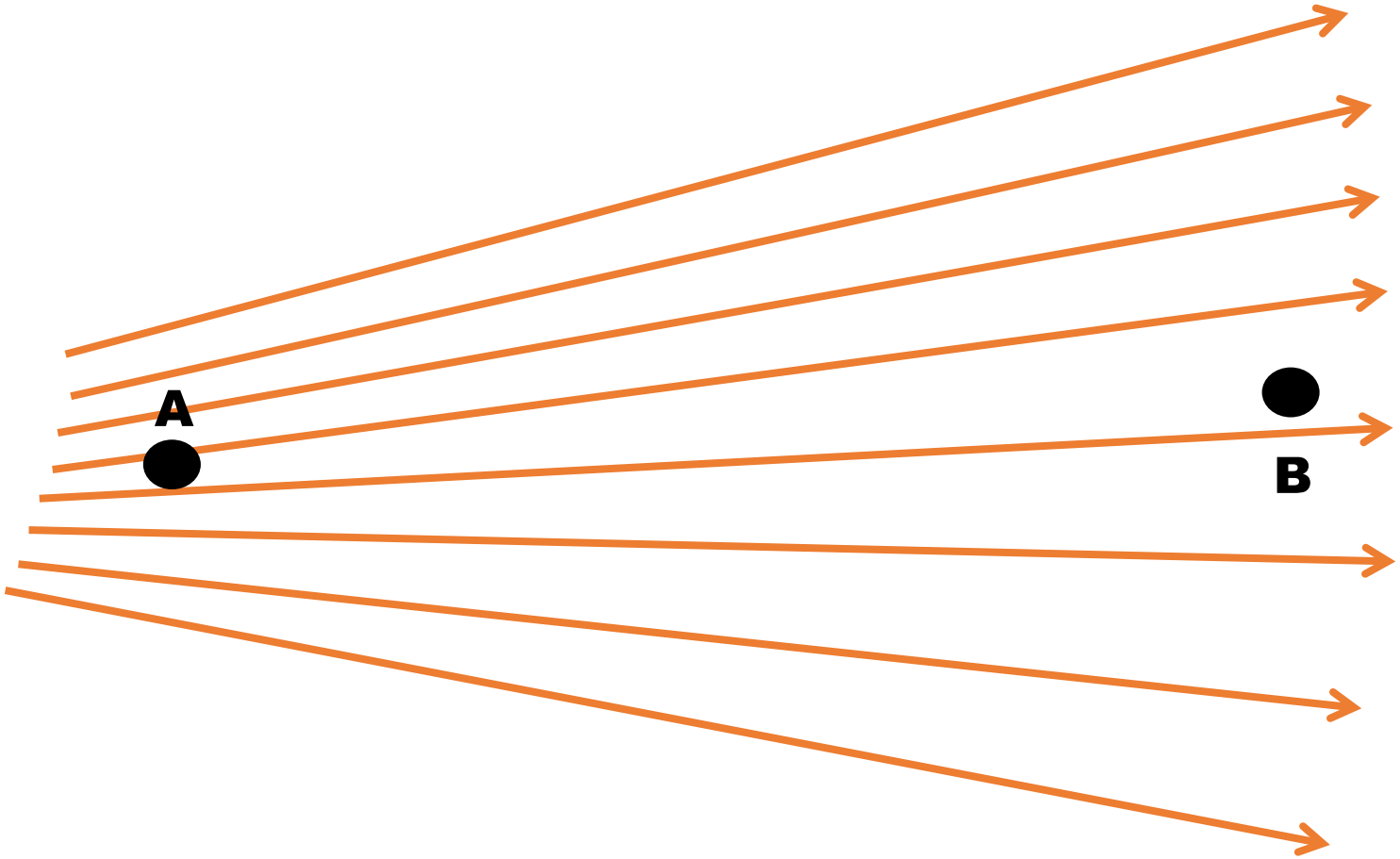
قاعده های رسم خطوط میدان الکتریکی

❖ ۱– در هر نقطه **بردار میدان** باید مماس بر **خط میدان** در آن نقطه و در همان جهت باشد.



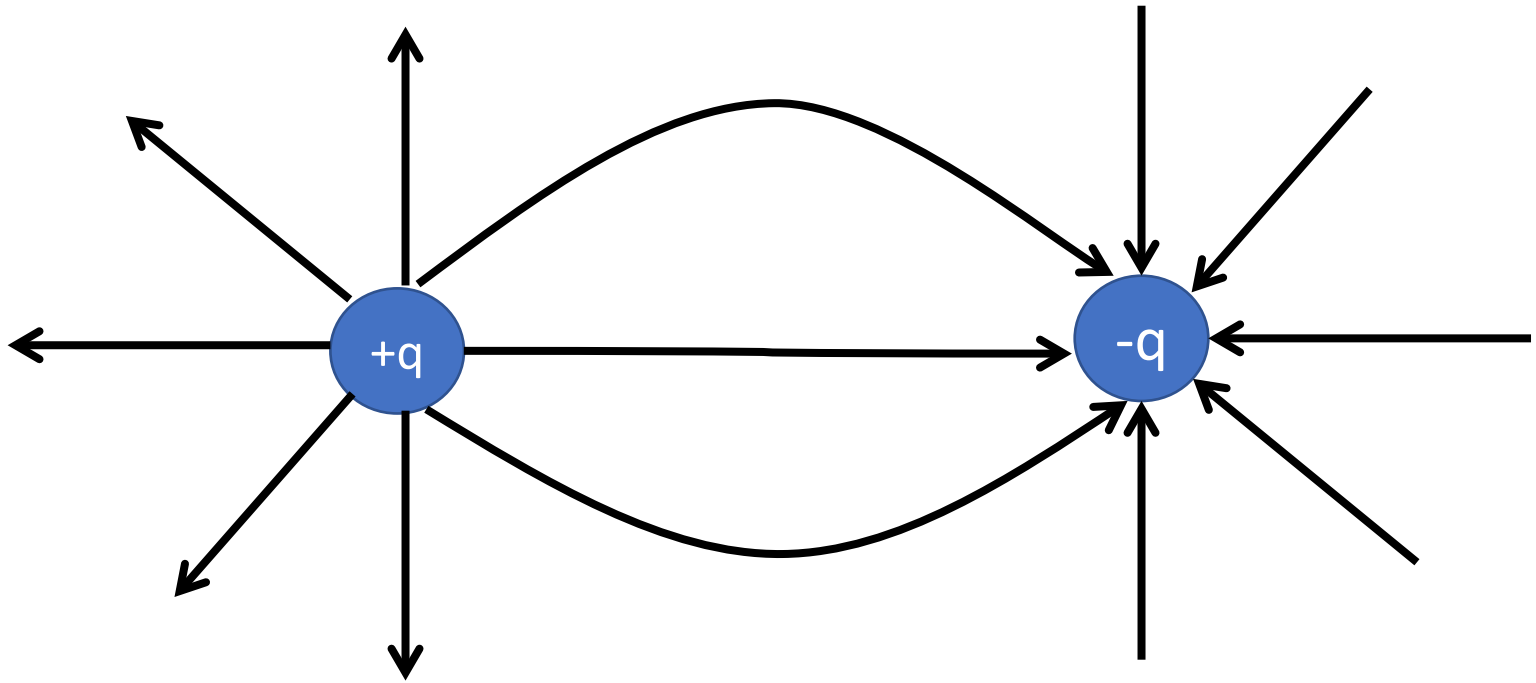
قاعده های رسم خطوط میدان الکتریکی

- ۲– میزان تراکم خطوط نشان دهنده اندازه میدان است.هر جا خطوط متراکم تر هستند میدان بزرگتر است.



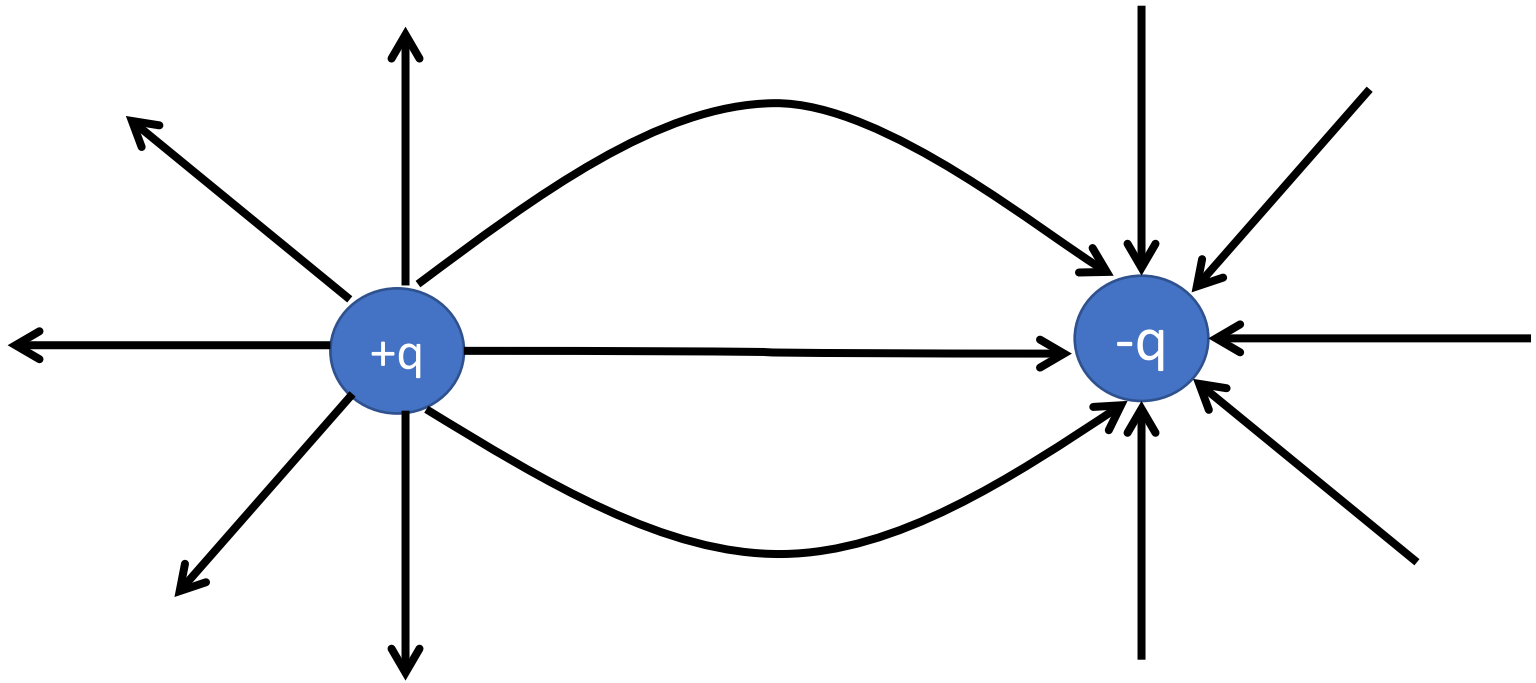
قاعده های رسم خطوط میدان الکتریکی

❖ ۳– خطوط میدان از بارهای مثبت شروع و به بارهای منفی ختم می شوند.



قاعده های رسم خطوط میدان الکتریکی

❖ ۴– خطوط میدان هرگز یکدیگر را قطع نمی کنند.از هر نقطه فضا فقط یک خط میدان می گذرد.



میدان الکتریکی یکنواخت

- در فضای بین دو صفحه فلزی موازی و دور از لبه ها خطوط میدان : **مستقیم** – **موازی** – **هم فاصله اند!**
- یعنی بردار میدان در تمام نقاط بین دو صفحه **هم اندازه** و **هم جهت** است .
- به چنین میدانی **میدان الکتریکی یکنواخت** می گوییم.

نیروی حاصل از میدان

- نیروی الکتریکی وارد بر بار q از طرف میدان الکتریکی از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$F = qE$$

- اندازه یا بزرگی نیرو از فرمول بالا محاسبه می شود.
- جهت نیرو در صورتی که بار q مثبت باشد در همان جهت میدان و اگر بار q منفی باشد خلاف جهت میدان الکتریکی است.

انرژی پتانسیل الکتریکی

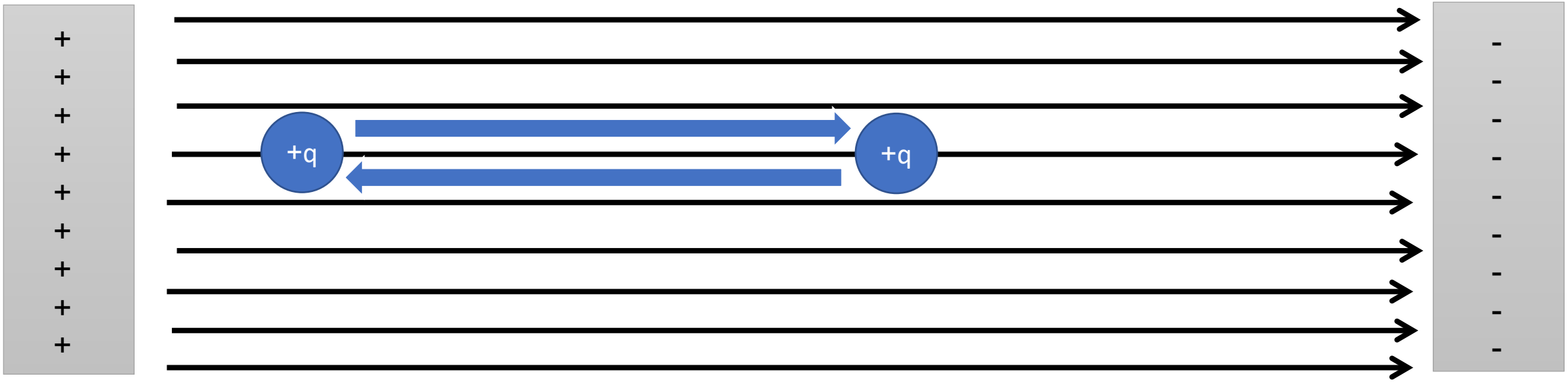
❖ تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی از رابطه زیر محاسبه می شود :

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

تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی ذره مثبت

- اگر ذره باردار **مثبت** در **جهت خطوط میدان** الکتریکی جا به جا شود انرژی پتانسیل الکتریکی آن **کاهش** و اگر در **خلاف جهت میدان** جا به جا شود انرژی پتانسیل الکتریکی آن **افزایش** می یابد.

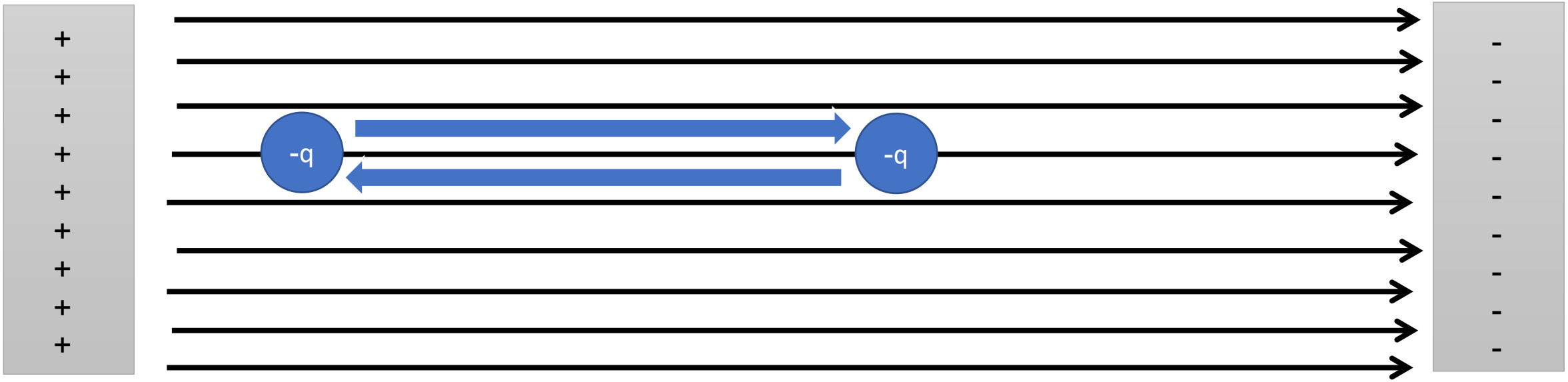
$$\Delta U_E = \pm qEd$$



تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی ذره منفی

- اگر ذره باردار **منفی** در **جهت خطوط میدان** الکتریکی جا به جا شود انرژی پتانسیل الکتریکی آن **افزایش** و اگر در **خلاف جهت میدان** جا به جا شود انرژی پتانسیل الکتریکی آن **کاهش** می یابد.

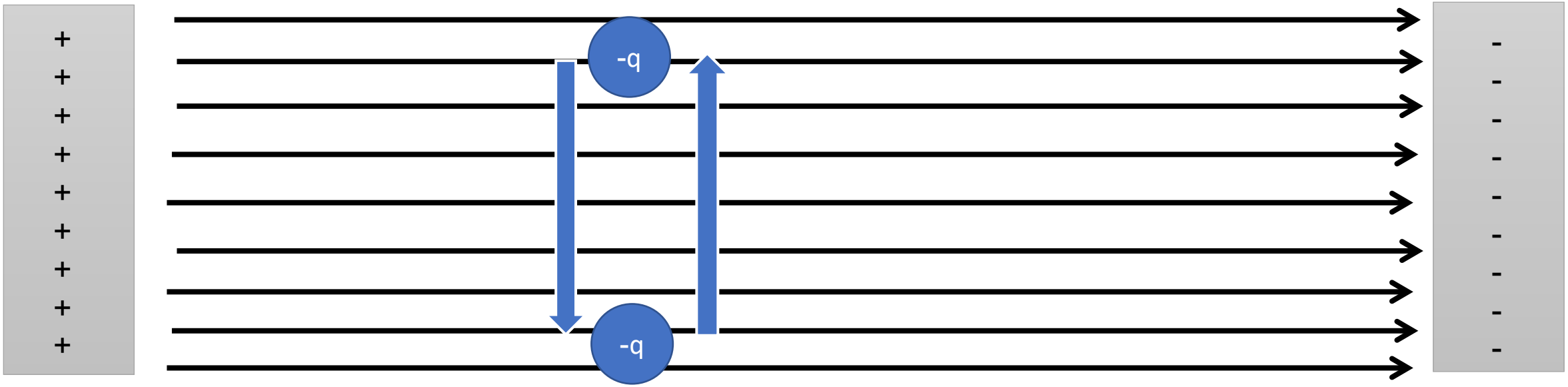
$$\Delta U_E = \pm qEd$$



تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی

- اگر ذره باردار مثبت یا منفی **عمود بر خطوط میدان** الکتریکی جا به جا شود انرژی پتانسیل الکتریکی آن **تغییری نمی کند.**

$$\Delta U_E = 0$$



اختلاف پتانسیل الکتریکی

- اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه که ذره بین آن ها جا به جا شده است از فرمول زیر محاسبه می شود :

$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} = \frac{-|q|Edcos\theta}{q} = -Edcos\theta$$

- تفاوت انرژی پتانسیل الکتریکی با اختلاف پتانسیل الکتریکی : انرژی پتانسیل الکتریکی به بار q وابسته است یعنی با تغییراندازه بار مقدار آن عوض می شود ولی **اختلاف پتانسیل به اندازه بار وابسته نیست.**

تغییرات پتانسیل الکتریکی

- با حرکت **در جهت خطوط** میدان پتانسیل الکتریکی **کاهش** می یابد و با حرکت **در خلاف جهت** خطوط میدان پتانسیل الکتریکی **افزایش** می یابد. (نوع بار مهم نیست!) و با حرکت **در جهت عمود** بر خطوط میدان پتانسیل الکتریکی **تغییر نمی کند**.

$$|\Delta V| = Ed$$

اختلاف پتانسیل باتری

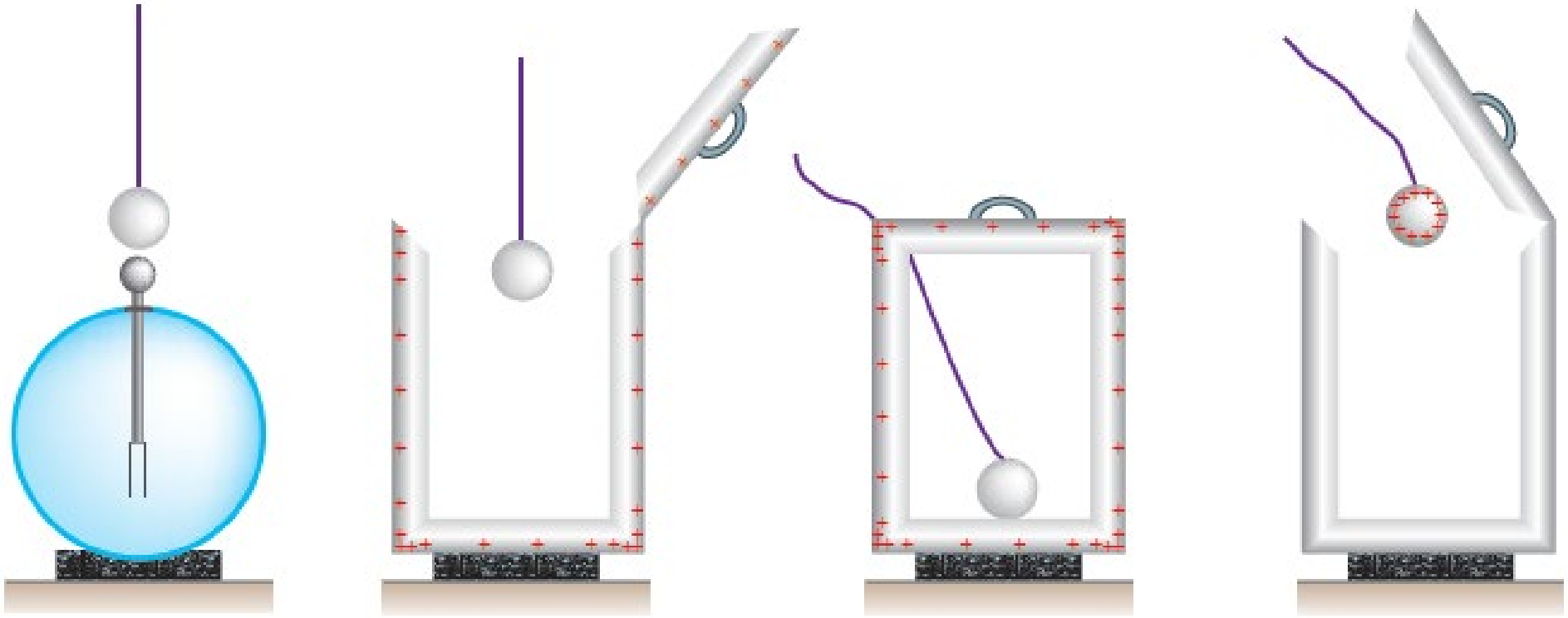
- وقتی می گوییم باتری خودرو ۱۲ ولت است یعنی اختلاف پتانسیل پایانه مثبت و منفی آن ۱۲ ولت است.
- مثلا اگر پتانسیل پایانه منفی آن ۱۰ ولت است پتانسیل پایانه مثبت آن ۲۲ ولت است!

- برای راحتی کار در مدارها پتانسیل نقطه ای را صفر در نظر گرفته و پتانسیل سایر نقاط را از روی آن محاسبه می کنند.به این نقطه اصطلاحا نقطه زمین یا پتانسیل صفر گفته می شود.

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

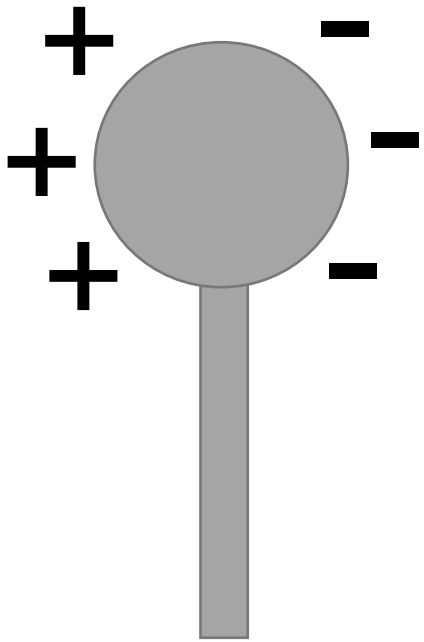
توزیع بار الکتریکی در اجسام رسانا

- طبق آزمایش فاراده بار اضافی داده شده به یک رسانا **روی سطح خارجی** آن توزیع می شود.



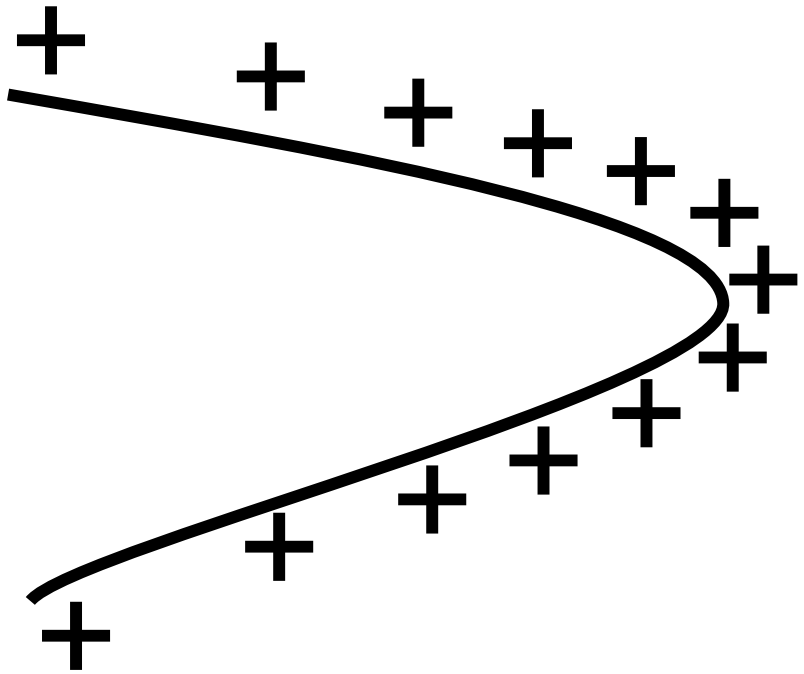
توزیع بار الکتریکی در اجسام رسانا

- بار در سطح خارجی رسانا به گونه ای توزیع می شود که میدان الکتریکی در داخل رسانا صفر شود.



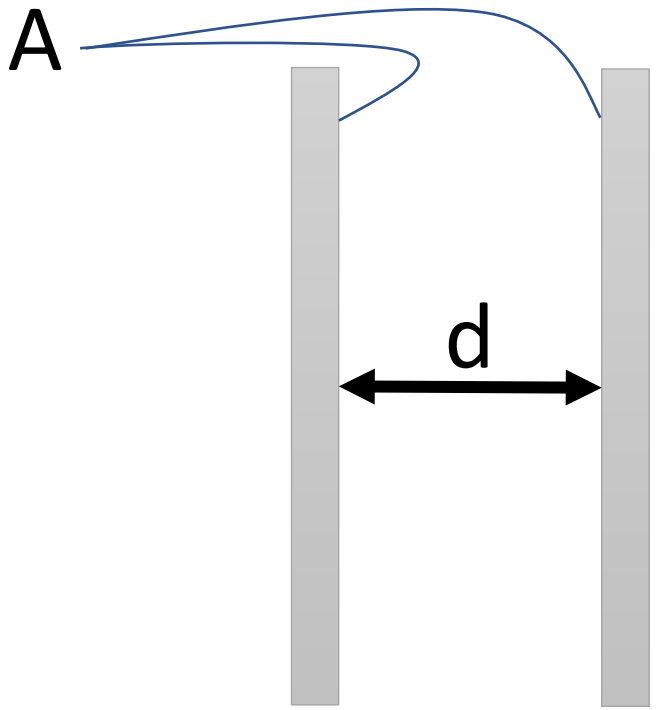
توزیع بار الکتریکی در اجسام رسانا

- تراکم بار در نقاط تیز سطح جسم رسانای باردار از نقاط دیگر آن بیشتر است.



خازن

- خازن می تواند **بار و انرژی الکتریکی** را در خود ذخیره کند.
- تفاوت خازن با باتری : خازن می تواند انرژی را با **آهنگ نسبتا زیادی** به مدار بدهد ولی باتری معمولا انرژی را با **آهنگ نسبتا کمی** به مدار بدهد.



باردار کردن خازن

- ساده ترین روش برای شارژ کردن خازن قرار دادن آن در یک **مدار ساده شامل باتری** است.
- در این روش شارش بار از باتری به خازن تا زمانی ادامه پیدا می کند که :
- **اختلاف پتانسیل** دو **صفحه خازن** با اختلاف پتانسیل **دو سر باتری** برابر شود.
- وقتی خازنی باردار می شود صفحه های آن دارای بارهایی با بزرگی یکسان ولی با علامت مختلف می شود. (صفحه مثبت بار $Q+$ و صفحه منفی بار $Q-$) در این حالت بار خازن را Q می گوییم .
- بین دو صفحه خازن باردار یک میدان الکتریکی از صفحه مثبت به سمت صفحه منفی بوجود می اید.

ظرفیت خازن

- نسبت بار الکتریکی ذخیره شده در صفحات خازن به اختلاف پتانسیل بین دو صفحه خازن, عددی ثابت است که به آن **ظرفیت خازن** گفته می شود.

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

- یکای بار الکتریکی کولن C
- اختلاف پتانسیل بین دو صفحه خازن ولت V
- و ظرفیت خازن فاراد است. F

ظرفیت خازن تخت

- ظرفیت خازن تخت به موارد زیر وابسته است :
- ۱– مساحت صفحه ها
- ۲– فاصله بین صفحه ها
- ۳– ماده ای که بین دو صفحه قرار گرفته است

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

$$\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$$

فروریزش الکتریکی

- هر خازن ۲ مشخصه مهم دارد :
- ۱– ظرفیت خازن
- ۲– حداکثر ولتاژ قابل تحمل خازن
- در صورتی که خازن را به ولتاژی بیش از حداکثر مقدار قابل تحمل آن وصل کنیم تعدادی از الکترون های ماده دی الکتریک کنده شده و مسیر های رسانایی درون دی الکتریک ایجاد می کنند که باعث تخلیه خازن می شوند. به این پدیده **فروریزش الکتریکی** گفته می شود.

انرژی خازن

- وقتی صفحه های خازن دارای بارالکتریکی می شوند در خازن **انرژی** ذخیره می شود.
- انرژی پتانسیل ذخیره شده در خازن از فرمول های زیر بدست می اید:

$$U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

علی جبرا سایت تخصصی ریاضی فیزیک

WWW.ALIGEBRA.COM

۰۹۱۲۷۷۴۴۲۸۱

۰۹۱۲۷۷۴۴۳۸۹