**دکتر محمد جواد سورچی**

**دانشجوی پزشکی مشهد**

**مدرس فیزیک آموزشگاه های کشور**

@physics_sourchi

محمد جواد سورچی

# «الکتریسیته ساکن»

## مفاهیم اولیه

### ویژگی‌های بار الکتریکی

۱- نیروی بین بارهای هم نام رانشی (دافعه) و نیروی بین بارهای ناهم نام ربایشی (جاذبه) است.

۲- بار کمیتی کوانتیده (قابل شمارش و گسسته) است و همواره مضربی از یک بار پایه (بار الکترون) است.

$$q = \pm \underset{\downarrow}{n} \underset{\downarrow}{e}$$

بار پایه مضرب صحیح $= ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C$

۳- بار بوجود نمی‌آید و از بین نمی‌رود (قانون پایستگی بار الکتریکی)

تبادل بار بین دو جسم با بارهای $q_۱$ و $q_۲$ ← کاربرد

* $q'_۱ + q'_۲ = q_۱ + q_۲$

علامت بار مهم

* یک جسم باردار بر تمام اجسام (چه باردار و چه بدون بار) نیرو وارد می‌کند.

از طریق القا

سراسری ریاضی ۹۵) چند الکترون باید از یک سکه‌ی خنثی خارج شود، تا بار الکتریکی آن $+۱\mu C$ شود؟

$(e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C)$

۱) $۱/۶ \times ۱۰^{۶}$ ۲) $۱/۶ \times ۱۰^{۱۲}$ ۳) $۶/۲۵ \times ۱۰^{۶}$ ۴) $۶/۲۵ \times ۱۰^{۱۲}$

$$q = ne \rightarrow ۱ \times ۱۰^{-۶} = n \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} \rightarrow n = ۶/۲۵ \times ۱۰^{۱۲}$$

محمد جواد سوری

## ساختار مواد

- اتم‌ها و مولکول‌ها ذرات تشکیل دهنده‌ی مواد هستند. که داخل هسته‌ی اتم پروتون‌ها با بار مثبت و اطراف هسته الکترون با بار منفی وجود دارد.
- اجسام رسانا: دارای الکترون آزاد بوده و سبب برقراری جریان می‌شود
- اجسام نارسانا: فاقد الکترون آزاد بوده و الکترون‌ها به شدت به هسته وابسته هستند.

## روش‌های باردار کردن اجسام

۱ مالش
- کنده شدن الکترون از جسم بالاتر در تریبو الکتریک ⊕
- انتقال الکترون به جسم پایین‌تر در تریبو الکتریک ⊖

کاربرد در باردار کردن اجسام نارسانا

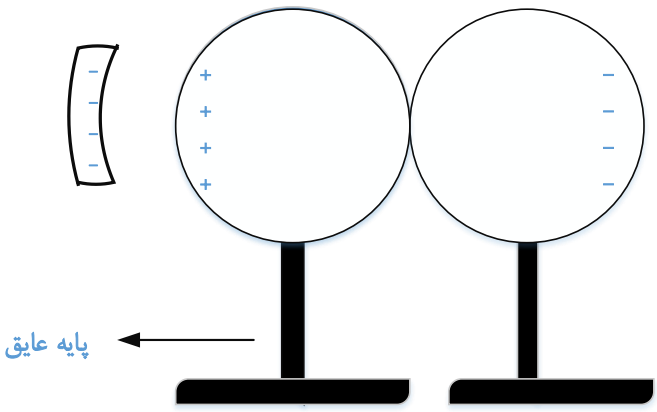
مالِ + به‌ِ − ما‌ِ − به‌ِ +

۲ تماس ← اگر دو کره‌ی یکسان و رسانا با بارهای اولیه‌ی $q_1$ و $q_2$ را با هم تماس دهیم، بار نهایی آنها $q'_2$ و $q'_1$ با هم برابر می‌شود.

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

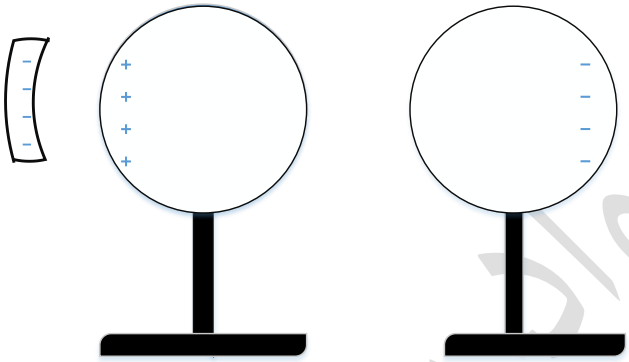
۳ لقا ← روشی برای باردار کردن اجسام رسانا

محمد جواد سورجی

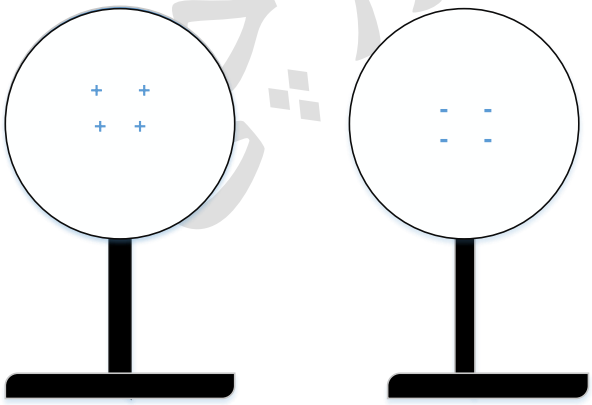



۱- نزدیک کردن میله‌ی باردار به کره‌های رسانا

۲- دور کردن کره‌های رسانا از هم



۳- دور کردن میله



؟) اگر یک خط‌کش چوبی را به موی سر و یک میله‌ی پلاستیکی را به پارچه‌ی کتانی مالش دهیم، کدام دو جسم یکدیگر را دفع می‌کنند؟

محمد جواد سوری

۱) خط‌کش چوبی و میله‌ی پلاستیکی

۲) خط‌کش چوبی و پارچه‌ی کتانی

۳) موی انسان و میله‌ی پلاستیکی

۴) میله‌ی پلاستیکی و پارچه‌ی کتانی

| |
|---|
| انتهای مثبت سری |
| موی انسان |
| چوب |
| پارچه کتان |
| پلاستیک |
| انتهای منفی سری |

پاسخ: گزینه ۱

با توجه به جدول تریبوالکتریک بر اثر مالش، خط‌کش چوبی و میله‌ی پلاستیکی دارای بار منفی و موی سر و پارچه‌ی کتانی دارای بار مثبت می‌شوند بنابراین خط‌کش و میله‌ی پلاستیکی یکدیگر را دفع می‌کنند.

**تجربی خارج ۹۰)** سه جسم A و Bو C را دو به دو به یکدیگر نزدیک می‌کنیم. وقتیA و B به یکدیگر نزدیک می‌شوند، همدیگر را با نیروی الکتریکی جذب می‌کنند و اگر B و C را به یکدیگر نزدیک کنیم، یکدیگر را با نیروی الکتریکی دفع می‌کنند، کدام یک از گزینه‌های زیر می‌تواند صحیح باشد؟

۱) A و C بار هم نام و هم اندازه دارند

۲) B وC بار غیر هم نام دارند

۳) B بدون بار و C باردار است.

۴) A بدون بار و B باردار است.

پاسخ: گزینه ۴

محمد جواد نوروزی

اگر A باردار باشد چون B را جذب می‌کند قطعاً C را هم جذب می‌کند چون B و Cهم نام هستند و همدیگر را دفع می‌کنند **(رد گزینه ۲ و ۳ )**

پس A و C هم غیر هم نام هستند **( رد گزینه ۱)**

الکتروسکوپ

وسیله‌ای برای مشخص کردن باردار بودن و نوع بار یک جسم است.

اگر جسمی باردار به آرامی به یک الکتروسکوپ باردار نزدیک شود. در صورتی که انحراف ورقه‌ها بیشتر شود جسم دارای بار هم نام با بار الکتروسکوپ است و اگر انحراف ورقه‌ها کمتر شود. جسم دارای بار ناهمنام با بار الکتروسکوپ است.

## قانون کولن

نیرویی که دوبار برهم وارد می‌کنند با حاصلضرب دوبار نسبت مستقیم و با مجذور فاصله‌ی دوبار نسبت وارون دارد.

در صورتیکه بارها را بر حسب میکروکولن $(\mu C)$ و فاصله را $cm$ در رابطه قرار دهیم.

$$F = ۹۰ \times \frac{q_۱ q_۲}{r^۲}$$

$$F = K\frac{q_۱ q_۲}{r^۲} \Rightarrow$$

$$\frac{۱}{۴\pi \times \varepsilon} = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{Nm^۲}{C^۲}$$

$\varepsilon$ ← ضریب گذردهی خلا $= ۸/۸۵ \times ۱۰^{-۱۲} \frac{G^۲}{Nm^۲}$

محمد جواد سوری

بر اساس قانون سوم نیوتون نیرویی که بار $q_1$ بر بار $q_2$ وارد می‌کند برابر نیرویی است که بار $q_2$ بر بار $q_1$ وارد می‌کند.

در بررسی نیروی کولنی بار را نقطه‌ای در نظر می‌گیرند اگر جسم گسترده باشد، شکل، ابعاد و چگونگی توزیع بار در اندازه‌ی نیروی کولنی موثر است.

راستای نیروی بین دوبار در راستای خط واصل دوبار است و جهت آن با توجه به علامت بارها تعیین می‌شود.

**ریاضی۹۴)** دو گلوله فلزی کوچک و مشابه که دارای بار الکتریکی می‌باشند. از فاصله‌ی ۳۰ سانتی‌متری، نیروی جاذبه‌ی ۴ نیوتون بر یکدیگر وارد می‌کنند.

اگر این دو گلوله را به هم تماس دهیم بار الکتریکی هر کدام $+3\mu C$ خواهد شد. بار اولیه‌ی گلوله‌ها برحسب میکروکولن کدام است؟ $\left(k = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}\right)$

۱) ۱۲ و ۶-  ۲) ۱۰ و ۴-  ۳) ۹ و ۳-  ۴) ۸ و ۲-

پاسخ: گزینه ۲

وقتی دو گلوله‌ی باردار مشابه را به هم تماس دهیم بار هر دو یکسان شده و با توجه به قانون پایستگی بار داریم :

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} \rightarrow q_1 + q_2 = 2 \times q'_1 = 2 \times 3 = 6\ \mu C$$

$$F = k.q_1.q_2 \quad \overset{q(\mu C)}{\underset{r(cm)}{\rightarrow}} \quad 4 = \frac{90 \times q_1 q_2}{900} \rightarrow q_1 q_2 = 40$$

$$\rightarrow \begin{cases} q_1 + q_2 = 6 \\ q_1 \times q_2 = 40 \end{cases} \rightarrow q_1 = -4\ ,\ q_2 = 10$$

**تجربی ۹۱ )** دو کره‌ی فلزی مشابه دارای بارهای الکتریکی $q_1 = +5\mu C$ و $q_2 = +15\mu C$ در فاصله‌ی $r$ نیروی $F$ بر یکدیگر وارد می‌کنند. اگر این دو کره را در یک لحظه با یکدیگر تماس می دهیم، به‌طوری که فقط بین دو کره مبادله‌ی بار صورت گیرد و مجدداً به همان فاصله‌ی قبلی برگردانیم، نیروی دافعه‌ی بین دو کره چگونه تغییر می‌کند.

۱) ۲۵ درصد افزایش می‌یابد
۲) ۲۵ درصد کاهش می‌یابد
۳) تقریباً ۳۳ درصد کاهش می‌یابد
۴) تقریباً ۳۳٪ افزایش می‌یابد

پاسخ گزینه ۴

ثابت

$$F = k.\frac{q_1 q_2}{r^2} \rightarrow F = kq_1 q_2 \rightarrow \frac{100}{75} \text{ برابر}$$

$$F_{\text{جدید}} \rightarrow \frac{4}{3}F \rightarrow F + \frac{1}{3}F \rightarrow \text{۳۳٪ افزایش}$$

تماس دو کره‌ی یکسان موجب برابری بار دو کره می‌شود.

**تجربی خارج ۹۷)** دو بار نقطه $q$ در فاصله‌ی $r$ نیروی $F$ را به هم وارد می‌کنند چند درصد از یکی از بارها را برداریم و به دیگری اضافه کنیم. تا وقتی فاصله‌ی دوبار ۲۵ درصد افزایش یابد، نیرویی که به هم وارد می‌کنند، ۵۲ درصد کاهش یابد؟

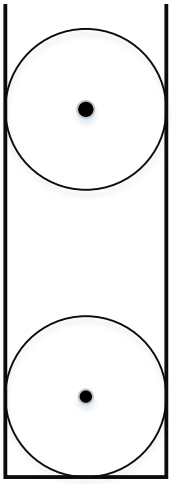
۱) ۲۵ ۲) ۵۰ ۳) ۴۰ ۴) ۷۵

پاسخ : گزینه ۲

$$F = k.\frac{q_1 q_2}{r^2} \rightarrow \frac{48}{100} = \frac{q_1 q_2}{\frac{10}{8} \times \frac{10}{8}} \rightarrow \frac{100}{64}$$

$$q_1 q_2 = \frac{48}{100} \times \frac{100}{64} = \frac{3}{4} \text{ برابر}$$

$$\frac{(q-x)(q+x)}{q_2} = \frac{3}{4} \rightarrow q_2 = 4x^2 \rightarrow q = 2x \rightarrow x = \frac{q}{2} \rightarrow x = \%50 q$$



؟) مطابق شکل دو گوی مشابه درون یک استوانه

شیشه ای در حال تعادل اند. با الکتریکی هر گوی $0.2\mu c$ است.

و نیروی $0.3N$ به عنوان نیروی عمود تکیه گاه به گوی پایینی وارد.

می شود. فاصله ی گوی ها چند سانتی متر است؟

($K = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$ و اصطکاک بین گوی ها و دیواره ی داخلی استوانه نا چیز است.)

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ: گزینه۴

گلوله ی بالایی در حال تعادل است بنابراین $mg = Fe$ و چون نیروی وارد بر سطح برابر

است با:

$$N = mg + Fe \rightarrow N = 2Fe = 0.2 \rightarrow Fe = 0.1$$

$$\rightarrow Fe = \frac{9 \times q_1 q_2}{r^2} = \frac{90 \times 0.1 \times 0.1}{r^2} = 0.1 \rightarrow \boxed{r = 3cm}$$

μc

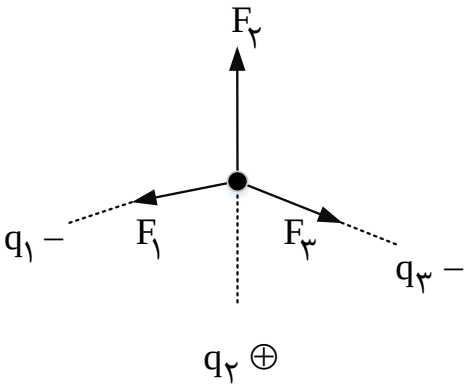
cm

محمد جواد سورجی

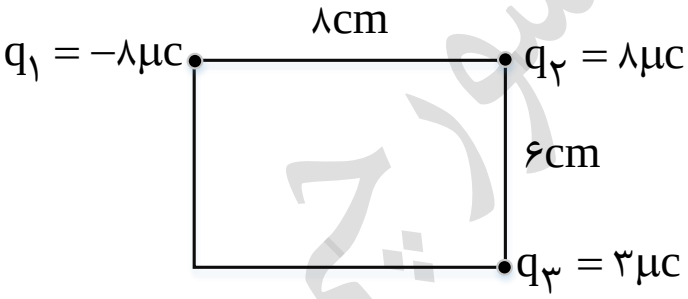
## اصل برهم نهی نیروهای الکتریکی

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

$\vec{F}_{۴}$ نیروهای وارد بر بار $q$ ←




**ریاضی خارج ۹۰ با تغییر)** سه بار الکتریکی در رأس های مستطیلی مطابق شکل قرار دارند، نیروی وارد بر بار $q_۲$ چند نیوتن است؟ $\left(K = ۹ \times ۱۰^{۹} \frac{N.m^۲}{C^۲}\right)$




۱) $۶۰\sqrt{۳}$

۲) ۱۲۰

۳) $۳۰\sqrt{۱۳}$

۴) ۱۵۰

پاسخ: گزینه۳

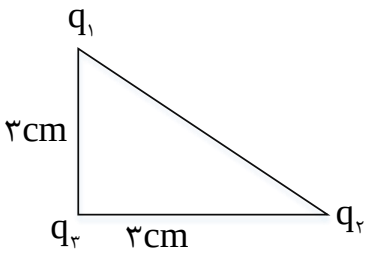
$$F_{۱۲} = K\frac{q_۱ q_۲}{r_{۱۲}^۲} = \frac{۹۰ \times ۸ \times ۸}{۶۴} = ۹۰N$$

$$F_{۳۲} = K\frac{q_۳ q_۲}{r_{۳۲}^۲} = \frac{۹۰ \times ۳ \times ۸}{۶۴} = ۶۰N$$

$$\rightarrow F_T = \sqrt{(۹۰)^۲ + (۶۰)^۲} = \boxed{۳۰\sqrt{۱۳}N}$$

محمد جواد سورجی

؟)سه ذره ی باردار $q_1, q_2, q_3$ مطابق شکل زیر در سه رأس مثلث قائم الزاویه قرار دارند، اگر $q_1 = -4\mu C$ و $q_2 = 3\mu C$ و $q_3 = -1.5\mu C$ باشند، بردار نیروی الکتریکی واردب ر بار $q_3$ کدام است؟ $\left(K = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}\right)$




۱) $45\vec{i} + 60\vec{j}$

۲) $45\vec{i} - 60\vec{j}$

۳) $135\vec{i} + 180\vec{j}$

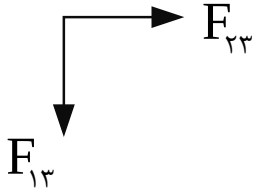
۴) $135\vec{i} - 180\vec{j}$

پاسخ: گزینه۲

$$F_{13} = K\frac{q_1 q_3}{r_{13}^2} = \frac{90 \times 4 \times 1.5}{9} = 60N$$

$$F_{23} = K\frac{q_2 q_3}{r_{23}^2} = \frac{90 \times 3 \times 1.5}{9} = 45N$$

$$\rightarrow \vec{F}_T = 45\vec{i} - 60\vec{j}$$




**نقطه تعادل در حضور دو بار:** دو بار الکتریکی $q_1, q_2$ داریم. می خواهیم ببینیم که بار الکتریکی $q_3$ را در چه نقطه ای قرار دهیم تا برآیند نیرو های الکتریکی وارد بر آن صفر باشد.

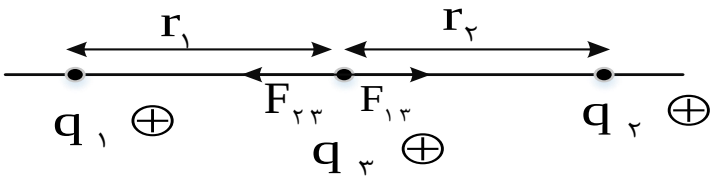
برای پیدا کردن این نقطه، مسئله را از دو جهت بررسی می کنیم:

۱- بررسی کیفی ← نقطه مد نظر، برروی خط گذرنده از دو بار و نزدیک به بار کوچکتر است.

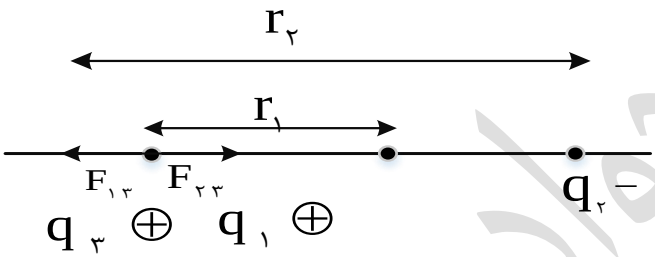
اگر بار ها هم نام باشند، نقطه ی تعادل بین دو بار و اگر بار ها ناهمنام باشند، نقطه ی تعادل خارج دو بار است.

محمد جواد سوری

بررسی کمی ← کافی است بار $q_3$ را در نقطه ای فرضی که شرایط کیفی را برآورده می کند قرار دهیم و اصل بر هم نهی نیرو های کولنی را بنویسیم. جمع بردار دو نیرو را در آن نقطه مساوی صفر قرار دهیم و فاصله ی نقطه ی مورد نظر را از دو بار به دست می آوریم.




$$q_1 < q_2$$




$$q_1 < |q_2|$$

**تجربی ۹۷)** در شکل زیر، برآیند نیرو های الکتریکی وارد بر هر یک از بار ها صفر است. اگر بار $q_4 = 1\mu c$ در نقطه ی Oقرار گیرد، نیروی الکتریکی وارد بر ان چند نیوتن می شود؟ $\left(K = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}\right)$

۱) ۱,۲۵ ۲) ۵,۹۵

۳) ۶,۷۵ ۷,۵۵

پاسخ: گزینه۴

محمد جواد سوری

با توجه به حکم سوال نیروی وارد بر $q_3$ را صفر در نظر می گیریم

$$F_{13} = -F_{23} \rightsquigarrow K\frac{q_1 q_3}{(r_1)^2} = K\frac{q_2 q_3}{(r_2)^2} \longrightarrow q_2 = \frac{8}{9}$$

$$F_{14} = \frac{90 \times 2 \times 1}{100} = 0.45$$

$$F_{24} = \frac{90 \times \frac{8}{9} \times 1}{400} = 0.8$$

$$F_{34} = \frac{90 \times 8 \times 1}{100} = 7.2$$

$$\rightarrow F_T = F_{34} + F_{24} - F_{14}$$

$$\rightarrow F_T = 7.2 + 0.8 - 0.45 = 7.55$$

## میدان الکتریکی

- در اطراف هر بار خاصیتی وجود دارد که بر اجسام دیگر نیرو وارد می کند. به این خاصیت اطراف بار میدان الکتریکی می گویند.
- میدان الکتریکی کمیتی برداری است.
- میدان الکتریکی برابر نیروی وارد بر یکای بار مثبت است

$$E = \frac{F}{q.}\left(\frac{N}{C}\right)$$

- میدان بار نقطه ای $q$ در فاصله $r$ از بار $\leftarrow E = K\frac{q}{r^2}$
- جهت میدان الکتریکی هم جهت با نیروی وارد بر بار مثبت است.

محمد جواد سوری

**تجربی۹۷)** میدان الکتریکی حاصل از بار q در نقطه ی A که در فاصله ی ۳۰ سانتی متری آن قرار دارد، برابر $۱۱۰\ \frac{N}{C}$ است. اگر بار $q'$ در نقطه A قرار گیرد نیرویی برابر $۰,۰۲N$ از طرف میدان به آن وارد می شود. q و $q'$ به ترتیب از راست به چپ، چند میکرو کولن اند؟ $\left(K = ۹ \times ۱۰^{۹}\ \frac{N.m^{۲}}{C^{۲}}\right)$

۱) ۱و۰,۲ ۲) ۱۰ و۰,۲ ۳) ۱ و۰,۵ ۴) ۱۰ و ۰,۵

پاسخ: گزینه ۱

$$E = K\frac{q}{r^{۲}} \rightarrow ۱۰^{۵} = \frac{۹ \times ۱۰^{۹}}{۰.۰۹} \rightarrow q = ۱\mu c$$

$$F = E.q' \rightarrow ۰.۰۲ = ۱۰^{۵} \times q' \rightarrow q' = ۰.۲\mu C$$

**ریاضی خارج۹۲)** میدان الکتریکی در فاصله r از یک بار نقطه ای $۲۵۰\ \frac{N}{C}$ است. اگر فاصله را $۱۰\ cm$ بیشتر کنیم، میدان الکتریکی $۱۶۰\ \frac{N}{C}$ می شود. r چند سانتی متر است؟

۱) ۲۰ ۲) ۴۰ ۳) $\frac{۴۰}{۹}$ ۴) $\frac{۱۶۰}{۹}$

پاسخ: گزینه۲

ثابت

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

$\frac{۱۶}{۲۵}$

$$\frac{۱}{۴}r = ۱۰cm \rightarrow r = \boxed{۴۰cm} \rightarrow$$ برابر $\frac{۵}{۴}$

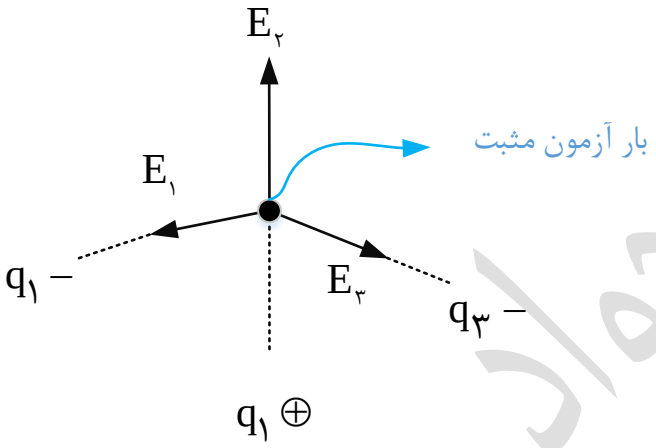
اصل بر هم نهی میدان های الکتریکی

محمد جواد سوری

اصل بر هم نهی میدان های الکتریکی همانند اصل بر هم نهی نیروی الکترو استاتیکی است.

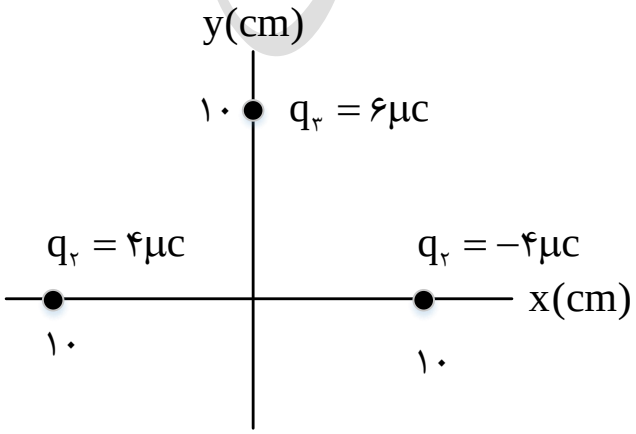
میدان الکتریکی در هر نقطه از فضا با جمع برداری تک تک میدان های الکتریکی در آن نقطه به دست می آید.

* جهت بردار های میدان در یک نقطه را می توان با فرض یک بار آزمون مثبت در آن نقطه تعیین کرد.




$$\overrightarrow{E_A} = \overrightarrow{E_۱} + \overrightarrow{E_۲} + \overrightarrow{E_۳}$$

**ریاضی خارج۹۱)** در شکل زیر، ۳ بار الکتریکی در نقاط مشخص شده قرار دارند، بردار میدان الکتریکی در مبدأ مختصات در SI کدام است؟ $\left(K = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{N.m^۲}{C^۲}\right)$




۱) $۹ \times ۱۰^۶ \vec{i}$

۲) $-۵.۴ \times ۱۰^۶ \vec{i}$

۳) $(۷.۲\vec{i} - ۵.۴\vec{j})۱۰^۶$

۴) $(۵.۴\vec{i} - ۷.۲\vec{j})۱۰^۶$

پاسخ: گزینه۳

محمد جواد سورجی

$$E_1 = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6}}{(0.1)^2} = 3.6 \times 10^6 \frac{N}{C}$$

$$E_2 = E_1 = 3.6 \times 10^6 \frac{N}{C} \rightarrow$$

$$E_3 = \frac{9 \times 10^9 \times 6 \times 10^{-6}}{(0.1)^2} = 5.4 \times 10^6 \downarrow \frac{N}{C}$$

$$\overrightarrow{E_0} = \overrightarrow{E_1} + \overrightarrow{E_2} + \overrightarrow{E_3} = (7.2\vec{i} - 5.4\vec{j})10^6 N$$

نقطه تعادل با حضور دو بار: دو بار الکتریکی $q_1$ و $q_2$ را داریم، میدان الکتریکی برآیند حاصل از این دو بار در نقطه ای از فضا صفحه می شود.این نقطه دقیقاً همان مکانی است که اگر بار $q_3$ را در آن محل قرار دهیم، هیچ نیرویی به آن وارد نمی شود.

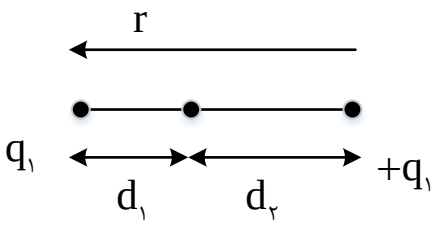
بنابراین برای یافتن مکان نقطه ای تعادل، از همان نکات و روابط گفته شده در قسمت اصل بر هم نهی نیروهای الکترواستاتیکی استفاده نمی کنیم.

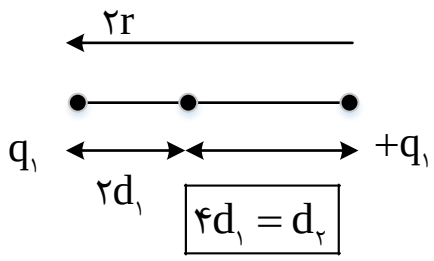
تجربی۹۴) دوبار نقطه ای $q_1 q_2 = 4$ و $q_1$ در فاصله ی r از هم واقع اند. میدان الکتریکی ناشی از دو بار در فاصله ی $d_1$ از بار $q_1$ برابر صفر است.اگر فاصله ی دو بار از هم دوبرابر شود میدان الکتریکی برآیند در فاصله ی $d_2$ از بار $q_2$ برابر صفر می شود. $d_2$ چند برابر $d_1$ است؟

۱) $\frac{4}{3}$ ۲) $\frac{3}{2}$ ۳) ۲ ۴) ۴

پاسخ: گزینه۴

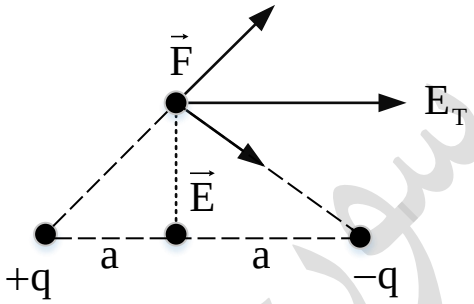
$$E = K\frac{q}{r^2} \rightarrow |E_1| = |E_2| \rightarrow K\frac{q_1}{(r_1)^2} = K\frac{q_2}{(r_2)^2}$$




دو قطبی: دوبار الکتریکی هم اندازه و نا هم نام که در فاصله ای از هم قرار دارند.

* میدان روی عمود منصف دو قطبی موازی محور قطبی است.



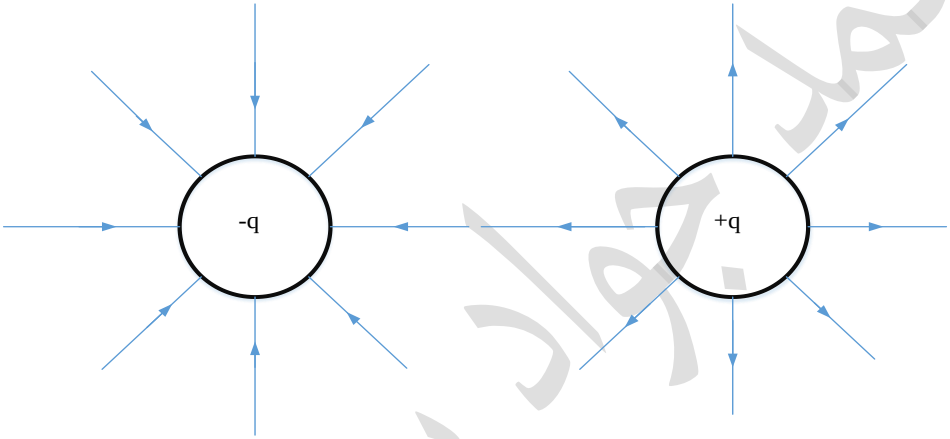

محمد جواد سوری

## خطوط میدان الکتریکی

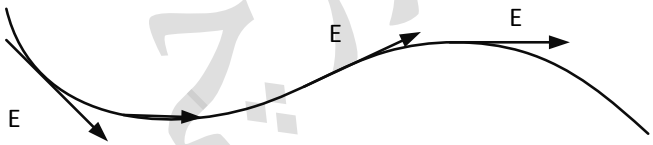
☑ برای تجسم میدان الکتریکی در فضای اطراف اجسام باباردار از خطا های جهت داری به نام خط های میدان استفاده می شود.

## ویژگی های خطوط میدان الکتریکی

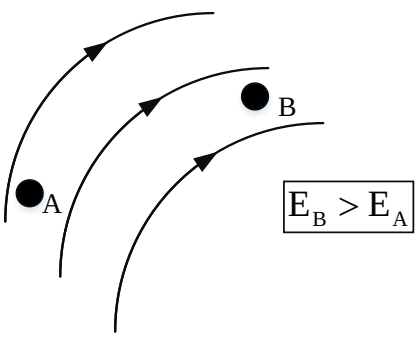
- جهت خط های میدان در هر نقطه از جهت نیروی وارد بر بار مثبت است.
- خط های میدان از بار مثبت خارج و به بار منفی وارد می شوند.




- بردار میدان در هر نقطه بر خط های میدان مماس است.




- هر چه تراکم خطوط میدان بیشتر باشد، میدان در آن قسمت قوی تر است.




محمد جواد سورجی

خطوط میدان هیچگاه یک دیگر را قطع نمی کنند.

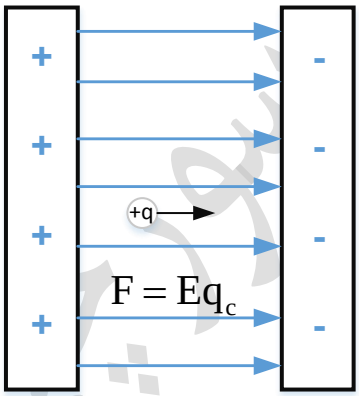
## میدان الکتریکی یکنواخت

☑ در میدان الکتریکی یکنواخت خطوط میدان با هم موازی هستند و فاصله خطوط از یک دیگر یکسان است.

☑ برای ایجاد میدان الکتریکی یکنواخت از دو صفحه ی رسانا بارداری که فاصله آن ها از هم در مقایسه با ابعادشان بسیار کوچک است، استفاده می شود و این صفحات رسانا دارای بار الکتریکی یکسان $-q$ و $+q$ هستند(میدان دور از لبه ها یکنواخت است)

☑ میدان یکنواخت

$$\frac{(\text{نوترون})\,N}{(\text{کولن})\,C} = \frac{(\text{وات})\,V}{(\text{متر})\,m} \rightsquigarrow E_{\text{۱}} = \frac{v}{d}$$




## انرژی پتانسیل الکتریکی

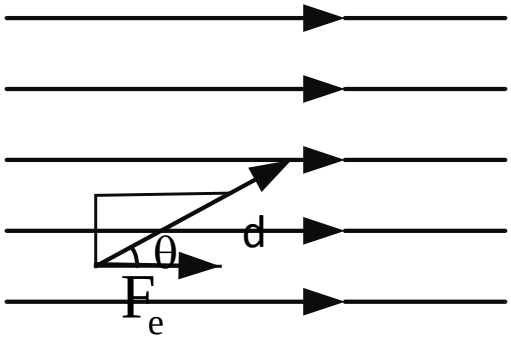
➢ هرگاه دو بار مثبت را به یکدیگر نزدیک کرده و رها کنیم از هم دور می شوند، علت این پدیده ذخیره شدن انرژی در مجموعه ی دو بار است. به این نوع انرژی که در اجسام بادار نزدیک به هم وجود دارد انرژی پتانسیل الکتریکی می گویند.

➢ تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی یک ذره باردار برابر منفی کار میدان الکتریکی است.

محمد جوادپوری

$$\Delta U_E = -W_E$$

- هر گاه بار مثبت در جهت خط های میدان الکتریکی جابجا شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می یابد و اگر در خلاف جهت میدان جابجا شود، انرژِ پتانسیل الکتریکی آن افزایش می یابد(ّرای بار منفی برعکس این حالت رخ می دهد).




$$W_E = F_E . d . \cos\theta$$
$$F_E = E . q$$

## پتانسیل الکتریکی

انرژی یکای بار مثبت در یک نقطه از فضا را پتانسیل الکتریکی آن نقطه می گویند(انرژِ یک کولن)

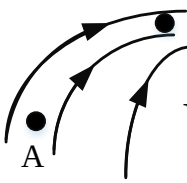
پتانسیل الکتریکی

$$v = \frac{u}{q} \rightarrow v(\text{ولت}) = \frac{j(\text{ژول})}{C(\text{کولن})}$$

بار الکتریکی

انرژی پتانسیل الکتریکی

با حرکت در جهت میدان به سمت نقاط با پتانسیل الکتریکی کمتر و با حرکت در خلاف جهت میدان به سمت نقاط با پتانسیل الکتریکی بیشتر میرویم(بدون وابستگی بار)




$$V_A - V_B > 0 \leftarrow V_B < V_A$$

محمد جواد سوری

## مقایسه میدان، نیرو، پتانسیل و انرژی الکتریکی

میدان الکتریکی ⇜ نیروی الکتریکی وارد بر ۱C بار(مستقل از جابجایی و بار)

نیروی الکتریکی ⇜ نیروی الکتریکی وارد بر باری به اندازه q(مستقل از جابجایی و وابسته به بار)

پتانسیل الکتریکی ⇜ انرژی الکتریکی ۱C بار(وابسته به جابجایی و مستقل از بار)

انرژی پتانسیل الکتریکی ⇜ انرژی الکتریکی باری به اندازه q(وابسته به جابجایی و بار)

* در جابجایی عمود بر خطوط میدان، انرژی پتانسیل بار و پتانسیل الکتریکی نقاط ثابت می مانند.

تغییر انرژی جنبشی بار الکتریکی: با استفاده از قضیه ی کار و انرژی($W_t = \Delta K$) می توانیم تغییر انرژی جنبشی یک بار الکتریکی را با استفاده از کار میدان و کار نیروی خارجی بدست آوریم.

تغییر انرژی جنبشی: $\Delta \mathrm{k} = \mathrm{W_E} + \mathrm{W}_{\text{خارجی}}$

اگر اندازه ی تندی اولیه و نهایی بارالکتریکی، یکسان باشد، خواهیم داشت:

$$\Delta \mathrm{k} = ۰ \rightarrow \Delta U_E = \mathrm{W}_{\text{خارجی}} = -\mathrm{W_E} = q.\Delta V$$

اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه، عامل شارش بار بین آن دو نقطه است.

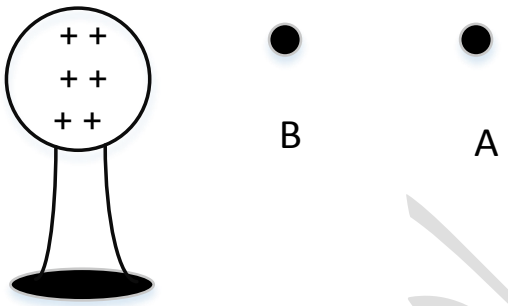
شارش بار مثبت از پتانسیل بیشتر به پتانسیل کمتر تا وقتی ادامه پیدا می کند که دو نقطه هم پتانسیل شوند

* بنابر قرارداد، پتانسیل الکتریکی زمین(⏚) را صفحه در نر می گیریم و آن را پتانسیل مرجع می نامیم. منظور از پتانسیل الکتریکی نقطه، اختلاف پتانسیل آن نقطه با پتانسیل مرجع است.

محمد جواد سروری

* اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر باتری برابر با تفاضل پتانسیل پایانه مثبا با پایانه منفی است.

ریاضی خارج۹۶) در شکل زیر، کره با بار مثبت روی پایانه ی عایقی قرار دارد. شخصی در میدان الکتریکی حاصل از این کره ذره ی باردار مثبت را با سرعت ثابت در راستای افقی از نقطه $B$ تا $A$ جابجا می کند. اگر کار شخص در این میدان، W و کار نیروی حاصل از میدان W′ و اختلاف پتانسیل الکتریکی $V_A - V_B = \Delta V$ باشد، کدام رابطه درست است؟




۱) $\Delta V > 0, W' > 0, W < 0$

۲) $\Delta V < 0, W' > 0, W < 0$

۳) $\Delta V > 0, W' < 0, W > 0$

۴) $\Delta V < 0, W' < 0, W > 0$

پاسخ: گزینه۲

با توجه به اینکه هر چه از بار مثبت فاصله می گیریم پتانسیل الکتریکی کاهش می یابد بنابراین $V_A < V_B \leftarrow \Delta V = V_A - V_B < 0$ (رد گزینه۱ و ۳)

چون نیرویی که میدان بر بار ⊕ وارد می کند $W'$ هم جهت با جابجایی است بنابراین $W'>0$ است.(رد گزینه۴) و چون بار با سرعت ثابت حرکت می کند بنابراین مجموع نیروهای وارد بر آن صفر است پس باید نیرویی وجود داشته باشد به صورت هم اندازه و خلاف جهت نیروی حاصل از میدان تا آن را خنثی کند، لذا چون جهت نیروی خارجی و جایی خلاف یکدیگر است بنابراین $W<0$ است.

محمد جواد نوری

ریاضی۹۶) درون یک میدان الکتریکی یکنواخت، بارالکتریکی $q = ۲\mu c$ از نقطه $A$ تا نقطه $B$ جابجا می شود. اگر کار نیروی الکتریکی در این انتقال برابر $۵ \times ۱۰^{-۵}\text{J}$ باشد، تغییر انرژِ پتانسیل الکتریکی بار q چند ژول است و $V_B - V_A$ برابر چند ولت است؟

۱) $-۲۵ , -۵ \times ۱۰^{-۵}$ ۲) $+۲۵ , -۵ \times ۱۰^{-۵}$

۳) $-۲۵ , +۵ \times ۱۰^{-۵}$ ۴) $+۲۵ , +۵ \times ۱۰^{-۵}$

پاسخ: گزینه ۱

با توجه به اینکه $\Delta U = -W_E \leftarrow \Delta U = -۵ \times ۱۰^{-۵}$

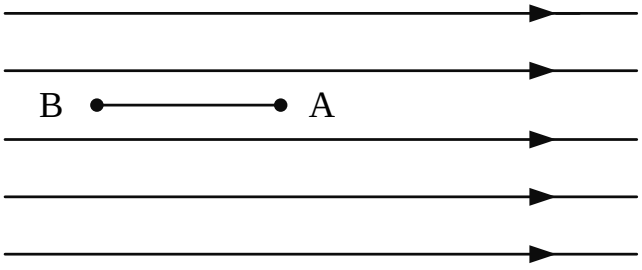
$$\Delta U = q.\Delta V \xrightarrow{\substack{q\oplus \\ \Delta u\ominus}} \Delta v\ominus \Rightarrow V_B - V_A = -۲۵\text{v}$$

ریاضی۸۹) بارالکتریکی $\text{q} = -۴\mu c$ مطابق شکل در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $۱۰^{۵}\frac{\text{v}}{\text{m}}$ راها می شود، در جایی بار q از A تا B انرژی جنبشی بار، ۸میلی ژول افزایش می یابد $V_B - V_A$ چند کیلو وات است؟

۱) ۲ ۲) -۲ ۳) ۲۰۰ ۴) -۲۰۰

پاسخ: گزینه ۱

چون در میدان هر چه به سمت قطب منفی حرکت کنیم پتانسیل کاهش می یابد بنابراین $V_B > V_A$ است و $\Delta v$ مثبت است(رد گزینه ۲ و ۴)




محمد خواد سورچی

## توزیع بار الکتریکی روی اجسام

وقتی مقداری بارالکتریکی اضافی روی یک جسم قرار می دهیم، بسته به اینکه جسم رسانا یا نارسانا باشد، توزیع بارها متفاوت است.

توزیع بار در اجسام نارسانا: در شرایط عادی با نمی تواند در اجسام رسانا حرکت کند بار قرار داده شده در جای خود ثابت می ماند.

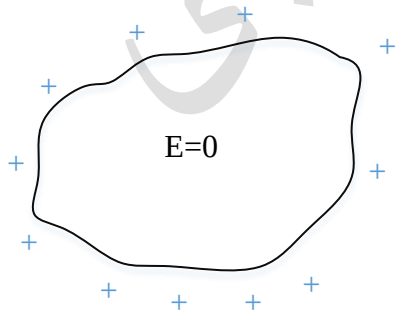
توزیع بار در اجسام رسانا: بار های الکتریکی در جسم رسانا حرکت می کنند تا در دورترین فاصله از یکدیگر و روی بیرونی ترین سطح رسانا قرار گیرند.

* در حالت تعادل (حالتی که بار ها حرکت نمی کنند) در داخل یک رسانای بسته، هیچ باری وجود ندارد.

* توزیع بار در اجسام رسانا به گونه ای اتفاق می افتد که پتانسیل الکتریکی تمام سطح رسانا با هم برابر شوند؛ یعنی سطح رسانا در حالت تعادل، یک سطح هم پتانسیل است.

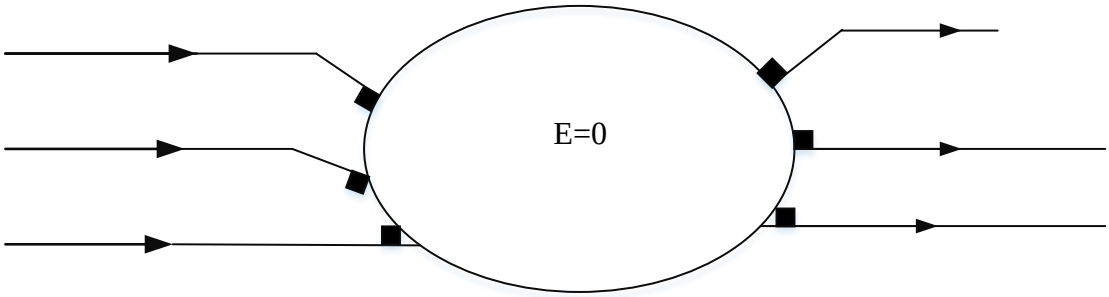
### میدان الکتریکی و جسم رسانا

میدان الکتریکی در داخل جسم رسانا: میدان الکتریکی داخل جسم رسانایی که در حالت تعادل قرار دارد، همواره صفر است.




جسم رسانا داخل میدان الکتریکی: اگر یک جسم رسانا داخل میدان الکتریکی قرار بگیرد، خطوط میدان بر سطح رسانا عمود می شود.

محمد جواد سوری



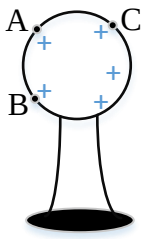

**چگالی سطحی بار:** نسبت باز توضیع شده روی رسانا به سطح آن رسانا را چگالی سطحی بار می نامیم.

$$\sigma = \frac{Q}{A}$$

$Q$: بار الکتریکی $(C)$

$A$: سطح رسانا $(m^2)$

توزیع بار روی یک کره ی رسانا به صورت متقارن بوده و چگالی سطحی در تمام نقاط آن یکسان است.




$$\sigma_A = \sigma_B = \sigma_C$$
$$V_A = V_B = V_C$$

محمد جواد سوری