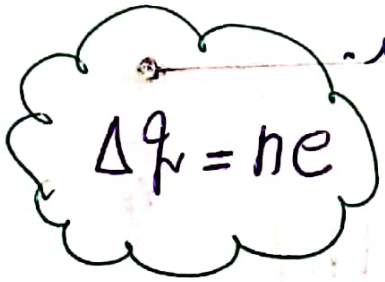
الکتریسیته ساکن:

تعداد الکترون‌های موجود در یک جسم، بار آن جسم را تعیین خواهد کرد و اگر بار هر الکترون $e = 1,6 \times 10^{-19} C$ و تعداد الکترون را با n نمایش دهیم، تغییرات بار را به صورت Δq نمایش می‌دهند.



تمرین: اگر بار الکتریکی جسمی q_1 باشد، اگر جسم تعداد 5×10^{12} الکترون از دست بدهد، اندازه بار آن چهار برابر شده و علامت بار تغییر می‌کند q_1 را بیابید.

حل:

$$\begin{cases} \Delta q = ne \\ q_2 > 0 \\ q_1 < 0 \end{cases} \longrightarrow$$ چون الکترون از دست داده و علامت بار نیز تغییر کرده

$$q_2 = 4q_1 \longrightarrow q_2 - q_1 = ne$$

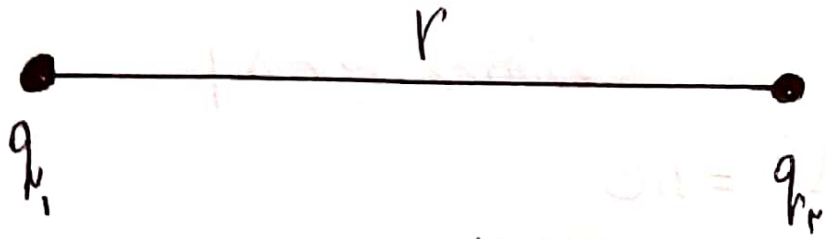
$$4q_1 + q_1 = 5 \times 10^{12} \times 1,6 \times 10^{-19} \longrightarrow q_1 = -1,6 \times 10^{-7} C$$

$$\boxed{q_1 = -0,16 \mu C}$$

Scanned by CamScanner

نیروی کولنی:

دو ذره باردار q_1 و q_2 در فاصله r از هم قرار گیرند بر هم نیروی جاذبه (برای غیرهمنام) یا دافعه (برای همنام) وارد می‌کنند.



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

ثابت کولن: $9\times10^9 \frac{N m^2}{C^2}$

* واحد بار الکتریکی در دستگاه SI، کولن (C) است.

$$\mu C \times 10^{-6} = C$$

* واحد فاصله در دستگاه SI، متر (m) است.

$$cm \times 10^{-2} = m$$

* اگر دو کره رسانای مشابه را برای چند لحظه به هم تماس دهیم، بعد از مدتی بار الکتریکی آن‌ها با هم برابر می‌شود.

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

Scanned by CamScanner

تمرین: دو بار برابر و غیرهمنام در فاصله r بر هم نیروی F را وارد می‌کنند. اگر ۲۵ درصد از یکی برداشته و به دیگری اضافه کنیم، در همان فاصله r نیروی بین چند برابر حالت اول بر هم وارد می‌کنند؟

حل:

$$\begin{cases} q_1 = q \\ q_2 = -q \\ r_1 = r \end{cases} \longrightarrow F = k\frac{q \times q}{r^2}$$

$$\begin{cases} q_1 = \frac{3}{4}q \\ q_2 = -\frac{3}{4}q \\ r_2 = r \end{cases} \longrightarrow F' = k\frac{\frac{3}{4}q \times \frac{3}{4}q}{r^2}$$

$$\longrightarrow \frac{F'}{F} = \frac{9}{16}$$

تمرین: دو کرهٔ کوچک هم‌اندازه دارای بارهای $-9\mu C$ و $+1\mu C$ بوده و در فاصلهٔ r بر هم نیروی F وارد می‌کنند. دو کره را به هم تماس داده و آنها را در فاصلهٔ $2r$ از هم قرار می‌دهیم. نیروی بین آنها در حالت جدید چند برابر حالت اول است؟

حل:

$$\begin{cases} q_1 = -9\mu C \\ q_2 = 1\mu C \\ r_1 = r \end{cases} F = k\frac{9 \times 1}{r^2}$$

$$\begin{cases} \frac{q_1 + q_2}{2} = q' = -4\mu C \\ r_2 = 2r \end{cases} F' = k\frac{4 \times 4}{4r^2}$$

$$\longrightarrow \frac{F'}{F} = \frac{4}{9}$$

Scanned by CamScanner

برآیند (بردهم نهی) بردارها:

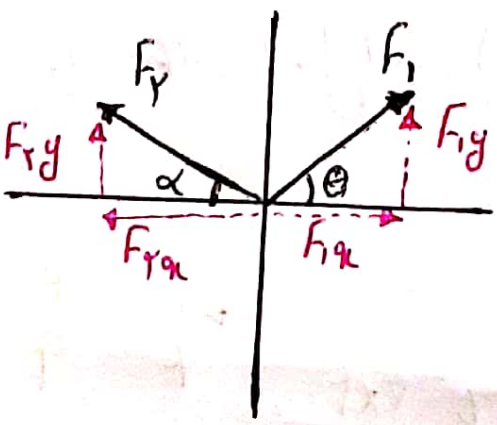
* اگر بردارها در یک راستا باشند، یا با هم جمع می شوند یا از هم کم می شوند (اگر هم جهت باشند جمع می شوند و اگر خلاف جهت باشند، کم می شوند)

* اگر بردارها با هم زاویه θ بسازند:

۱) $F_T = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\theta}$

۲) دو بردار برابر $\Rightarrow F_T = 2F_1\cos\frac{\theta}{2}$

۳) بردارها را بر روی محور x و y به صورت زیر تجزیه کرد:



$$\left.\begin{matrix} F_{1y} = F_1\sin\theta \\ F_{2y} = F_2\sin\alpha \end{matrix}\right\} F_y = (F_{1y} + F_{2y})j$$

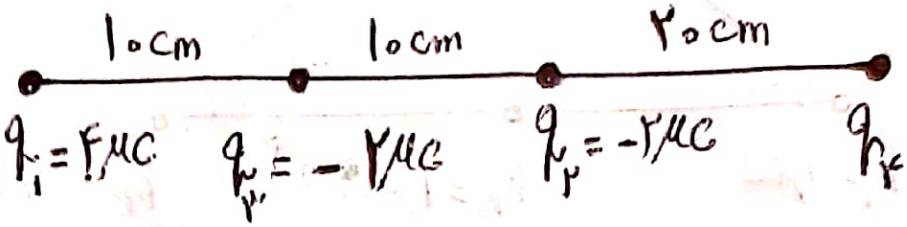
$$\left.\begin{matrix} F_{1x} = F_1\cos\theta \\ F_{2x} = F_2\cos\alpha \end{matrix}\right\} F_x = (F_{1x} + F_{2x})i$$

Scanned by CamScanner

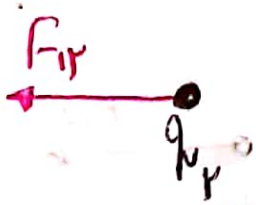
۵/

تمرین: با توجه به اشکال زیر برآیند نیروهای وارد بر q_2 را بیابید.

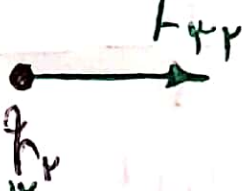
۱)



حل:

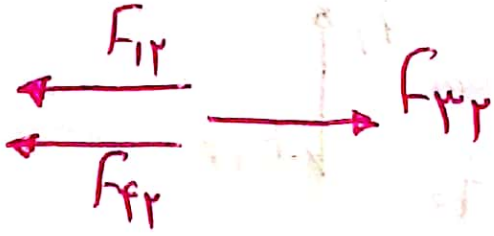


$$F_{12} = 9\times10^{9} \times \frac{4\times2\times10^{-12}}{400\times10^{-4}} = 1.8\ N$$



$$F_{32} = 9\times10^{9} \times \frac{2\times2\times10^{-12}}{100\times10^{-4}} = 3.6\ N$$

$$F_{42} = 9\times10^{9} \times \frac{8\times2\times10^{-12}}{400\times10^{-4}} = 3.6\ N$$

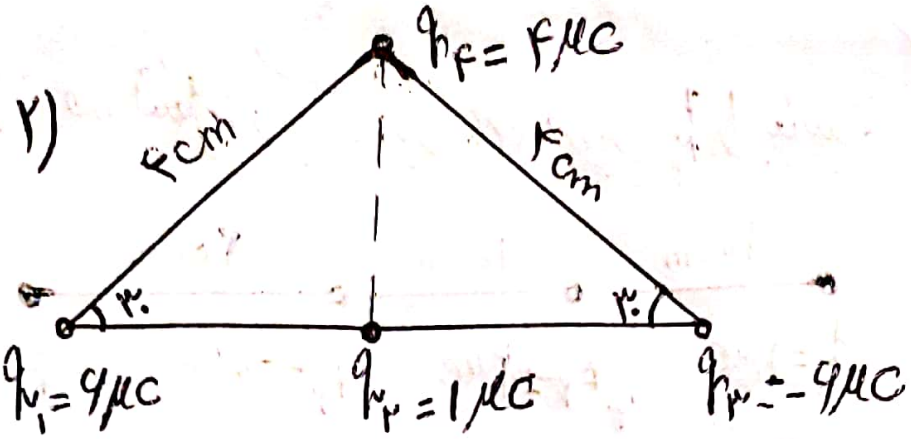


$$F_T = (F_{12} + F_{42}) - F_{32} = 1.8\ N$$

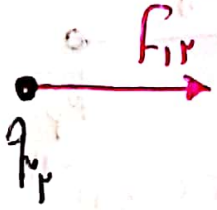
Scanned by CamScanner

۹

۲)



حل:



$$\cos 30^\circ = \frac{r_1}{4} \longrightarrow r_1 = 2\sqrt{3}\ cm$$

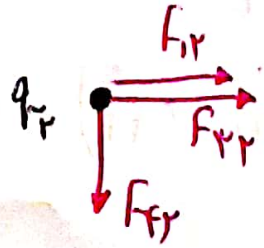
$$F_{12} = 9\times10^9 \times \frac{9\times1\times10^{-12}}{4\times3\times10^{-4}} = 45\ N$$

$$r_3 = r_1 = 2\sqrt{3}$$

$$F_{32} = F_{12} = 45\ N$$

$$\sin 30^\circ = \frac{r_4}{4} \longrightarrow r_4 = 2\ cm$$

$$F_{42} = 9\times10^9 \times \frac{4\times1\times10^{-12}}{4\times10^{-4}} = 90$$



$$(F_{12}+F_{32})\,i + F_{42}\,j$$

$$F_T = 90\,i - 90\,j$$

$$F_T = \sqrt{90^2+90^2} = 90\sqrt{2}$$

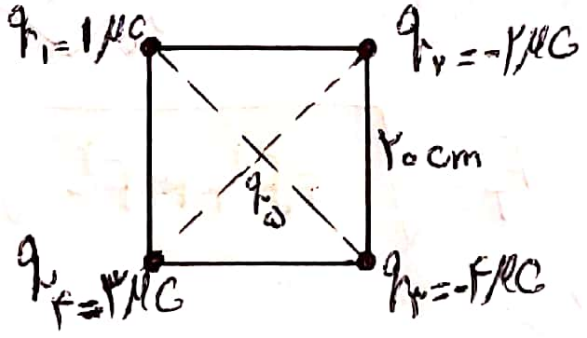
Scanned by CamScanner

۷

تذکر: در قوانین برآیندگیری که برآیند را در مرکز مربع یا دایره می‌خواهد، چون، نیروها دو به دو با هم برابرند، بهتر آن است که کوچکترین بار از لحاظ اندازه را ببریم و میدان ایجاد کرده و نیروی آن وارد بر بار واقع در مرکز مربع را F بنامیم و نیروهای دیگر را بر اساس آن بنویسیم. (قطر مربع به ضلع a ← $a\sqrt{2}$)

تمرین: با توجه به اشکال زیر برآیند نیروهای وارد بر $q_5 = 1\mu C$ را بیابید.

۱)

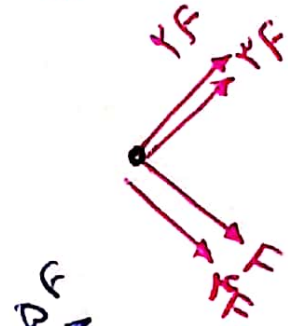


$q_1 = 1\mu C \longrightarrow F_{15} = 9\times10^9 \times \frac{1\times1\times10^{-12}}{100\times2\times10^{-4}} = F = 45N$

$q_2 = -2\mu C \longrightarrow F_{25} = 2F$

$q_3 = -4\mu C \longrightarrow F_{45} = 4F$

$q = 3\mu C \longrightarrow F_{35} = 3F$

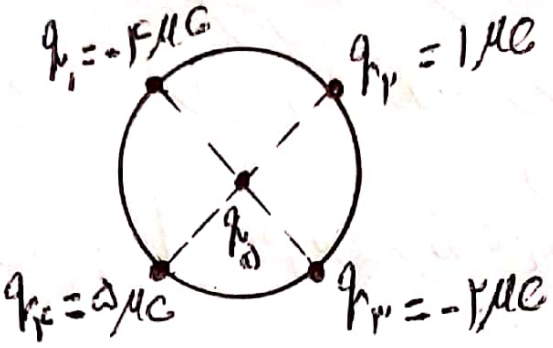


$F_T = 5\sqrt{2}F$

$F_T = 5\sqrt{2}\times45$

۱/

۲)



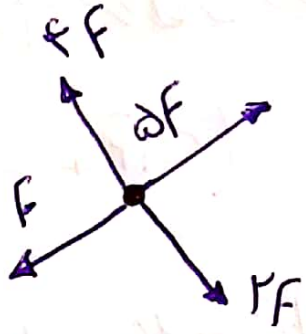
$r = 10cm$

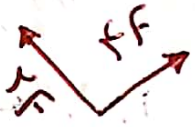
$$q_2 = 1\mu C \longrightarrow F_{13} = 9\times10^{9}\times\frac{1\times1\times10^{-12}}{100\times10^{-4}} = 0.9 = F$$

$$q_1 = -4\mu C \longrightarrow F_{13} = 4F$$

$$q_2 = -2\mu C \longrightarrow F_{23} = 2F$$

$$q_4 = 5\mu C \longrightarrow F_{43} = 5F$$





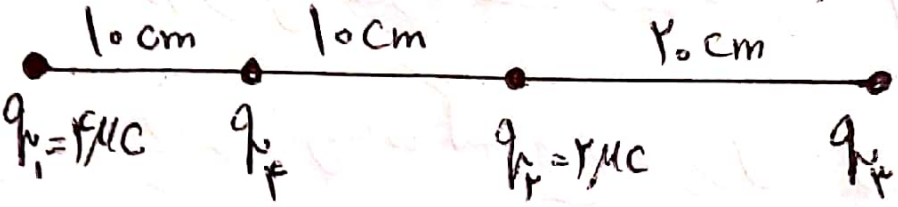
$$F_T = \sqrt{4F^2 + 16F^2} = \sqrt{20}\,F = 0.9\sqrt{20}$$

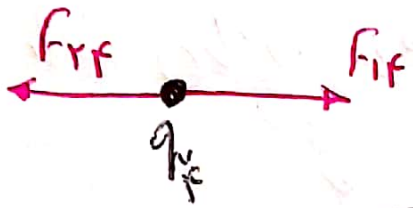
نقطهٔ تعادل: همواره نقطهٔ تعادل جایی است که برآیند کل نیروها در آنجا صفر است.

Scanned by CamScanner

۹

تمرین: در شکل زیر برآیند نیروهای وارد بر q_4 برابر صفر است، بار q_3 را بیابید.





چون این دو بردار که مقدارشان نیز معلوم است، خلاف جهت هم هستند، پس مقدارشان برابر است آن را با هم جمع می‌کنیم تا F_{34} که کولنی آنرا خنثی می‌کند

$$F_{14} = 9\times10^9 \times \frac{4\times q_4 \times 10^{-12}}{100\times10^{-4}} = 3.6\, q_4$$

$$F_{24} = 9\times10^9 \times \frac{2\times q_4 \times 10^{-12}}{100\times10^{-4}} = 1.8\, q_4$$

$$\longrightarrow F' = 1.8\, q_4$$

$$F' = F_{34} \longrightarrow 1.8\, q_4 = 9\times10^9 \times \frac{q_3 q_4 \times 10^{-12}}{900\times10^{-4}}$$

$$q_3 = 18\,\mu C$$

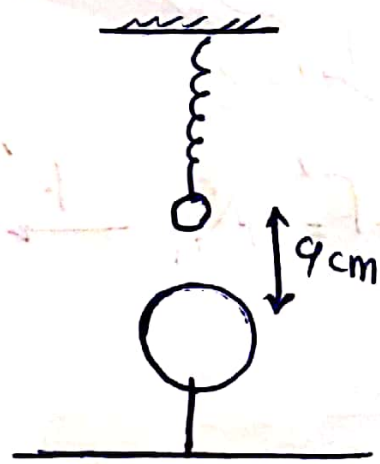
و چون q_4 را دور کرده پس مثبت است.

Scanned by CamScanner

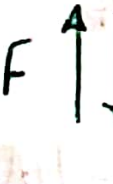
نیروی کولنی و نیروهای دیگر:

در برخی از سئوالات با شناسایی نیروی کولنی و نیروهایی مانند کشش نخ و نیروی وزن می‌توان رابطه‌ای را بین نیروها نوشت.

تمرین: با توجه به شکل زیر اگر جرم کرهٔ باردار ۳۰۰ گرم باشد، و بار موجود در کرهٔ بزرگ و کوچک $1\mu C$ باشد، عددی که نیروسنج نشان می‌دهد چقدر است؟



حل:



$$\text{نیروسنج } F = |F - mg|$$

$$\text{نیروسنج } F = \left| 9\times10^{9} \times \frac{1\times1\times10^{-12}}{36\times10^{-4}} - (300\times10^{-3}\times10) \right|$$

$$\text{نیروسنج } F = 0.5$$

Scanned by CamScanner

میدان الکتریکی:

در اطراف هر بار نقطه ای مانند q خاصیتی وجود دارد که بر هر باری که در این فضا قرار می گیرد، نیروی وارد می شود که به این خاصیت، میدان الکتریکی بار q می گوییم.

پس میدان الکتریکی بار q در فاصله r از این بار را با نماد E نمایش می دهند.

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

* پس می توانیم بگوییم که نیروی این میدان که بر بار q' وارد می شود به صورت: $F_E = E|q'|$

تمرین: ذره ای به جرم 2 گرم و بار الکتریکی $10\mu C$ در میدان الکتریکی $E = 3i + 4j$ قرار دارد. شتابی که در اثر این میدان بر بار وارد می شود را تعیین کنید.

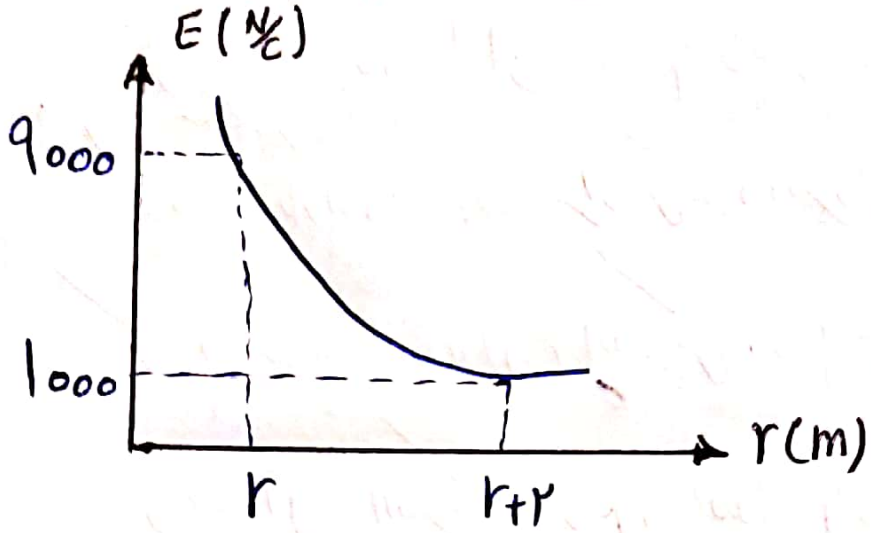
حل:

$$F = mg \rightarrow E|q| = ma$$

$$(3i+4j)(10\times10^{-6}) = 2\times10^{-3}\times a \rightarrow a = 0.06i + 0.08j$$

بردار شتاب $\leftarrow$ $|a| = 25\times10^{-3}$

۱۲ تمرین: با توجه به نمودار زیر اندازه بار چند میکروکولن است؟



حل:

$$\frac{E_2}{E_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$$

$$\frac{1000}{9000} = \left(\frac{r}{r+2}\right)^2 \longrightarrow \frac{1}{3} = \frac{r}{r+2}$$

$$3r = r+2 \longrightarrow \boxed{r = 1\,m}$$

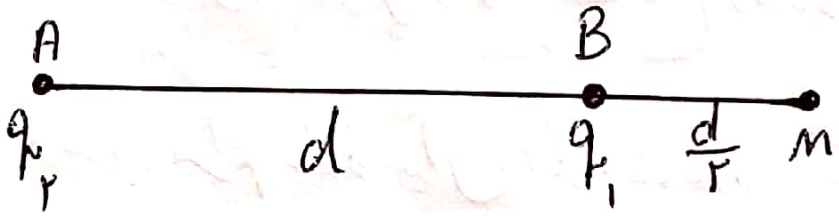
$$E = k\frac{|q|}{r^2} \longrightarrow 9000 = 9\times10^9 \times \frac{|q|}{1}$$

$$|q| = 10^{-6}\,C = 1\,\mu C$$

Scanned by CamScanner

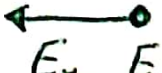
تذکر: هرگاه بخواهیم در یک نقطه، شدت میدان الکتریکی را تعیین کنیم، باید در آن نقطه بار +1 کولنی قرار دهیم و بردارهای جذب و دفع را در آنجا تعیین می‌کنیم. و باید بدانیم که تمامی قوانین برآیندگیری برداری برای آنها نیز اجرا می‌شود.

تمرین: دو بار الکتریکی q_1 و q_2 در نقاط A و B قرار دارند و شدت میدان الکتریکی در نقطه M برابر E می‌باشد اگر بار q_1 را خنثی کنیم، شدت میدان در همان نقطه $\frac{E}{3}$ می‌شود، $\frac{q_2}{q_1} = ?$



حل: در حالت اول میدان در نقطه M برابر E است.

در حالت دوم فقط بار q_2 باقی مانده است:



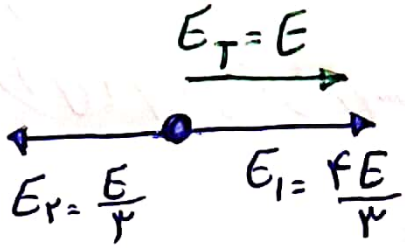
پس اگر بخواهیم میدان برآیند به راست قرار گیرد پس $E_1 = \frac{4E}{3}$ و به سمت راست قرار گیرد.

Scanned by CamScanner

۱۴/

$$E_1 = \frac{4E}{3} = k\frac{|q_1|}{\frac{d^2}{4}} \longrightarrow F = \frac{|q_1|}{|q_2|} \times 9$$

$$E_2 = \frac{E}{3} = k\frac{|q_2|}{\frac{9d^2}{4}} \qquad \frac{|q_1|}{|q_2|} = \frac{4}{9}$$



بار q_2 تعداد N را جذب و بار q_1 این تعداد را دفع می‌کند.

خطوط میدان الکتریکی:

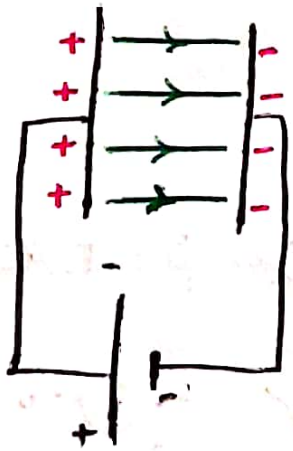
خطوط میدان الکتریکی از بار مثبت خارج و به بار منفی وارد می‌شوند و هرچه تراکم خطوط میدان اطراف باری بیشتر باشد، آن بار از لحاظ اندازه، بزرگ‌تر است و هرچه فاصله خطوط میدان از هم بیشتر شود، در آن ناحیه، قدرت میدان کمتر است.

Scanned by CamScanner

میدان الکتریکی یکنواخت:

هرگاه بخواهیم خطوط میدان الکتریکی به صورت منظم قرار گیرند باید دو صفحه فلزی را به هم قرار داده و آنها را به دو قطب یک مولد وصل کنیم.

در این صورت خطوط میدان کاملاً موازی و هم اندازه قرار می‌گیرند که به آن میدان الکتریکی یکنواخت می‌گویند.



اگر فاصله دو صفحه موازی رسانا برابر d و اختلاف پتانسیل بین دو قطب مولد برابر ΔV باشد:

$$E = \frac{\Delta V}{d}$$

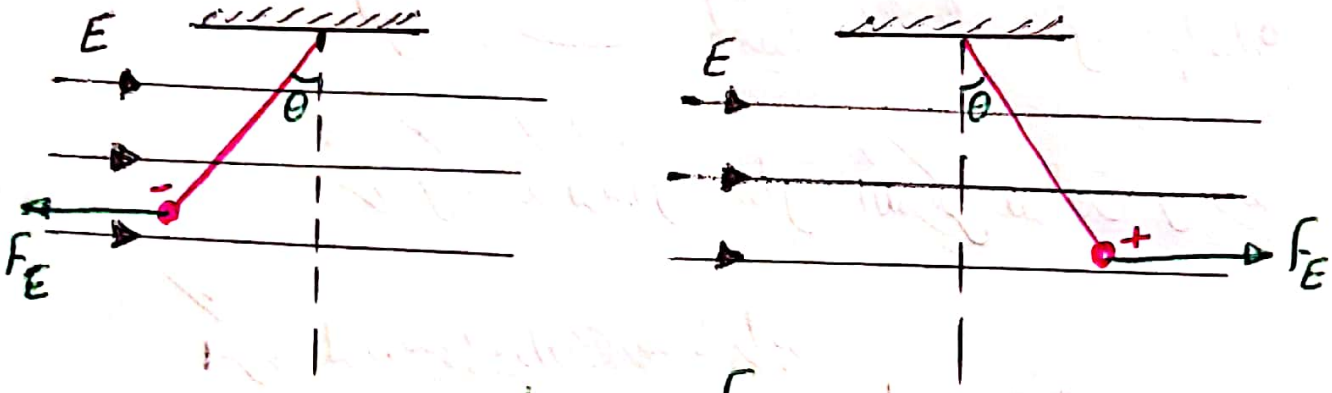
* حال چون مقدار میدان الکتریکی یکنواخت ثابت است:

$$\frac{(\Delta V)_1}{d_1} = \frac{(\Delta V)_2}{d_2}$$

Scanned by CamScanner

* اگر بار q را از یک نخ به طول L آویزان کرده و آن را در یک میدان الکتریکی قرار دهیم:

- اگر بار مثبت باشد، در جهت خطوط میدان منحرف می‌شود.
- اگر بار منفی باشد، خلاف جهت خطوط میدان منحرف می‌شود.



$$\tan\theta = \frac{F}{mg}$$

تمرین: بار $q = -40\mu C$ به جرم $40g$ در یک میدان الکتریکی یکنواخت قائم $5\times10^4 N/C$ و رو به پایین قرار می‌گیرد، شتاب وارد بر بار را بیابید.

حل:

$$|F - mg| = ma$$

$$|Eq - mg| = ma$$

$$5\times10^4 \times 40\times10^{-6} - 40\times10^{-3}\times10 = 40\times10^{-3}\times a$$

$$a = 40\ m/s^2$$

Scanned by CamScanner

پتانسیل الکتریکی:

کمیتی است عددی که فقط مقدار دارد و باید بدانیم که آنرا با تماس داده که واحدش ولت است

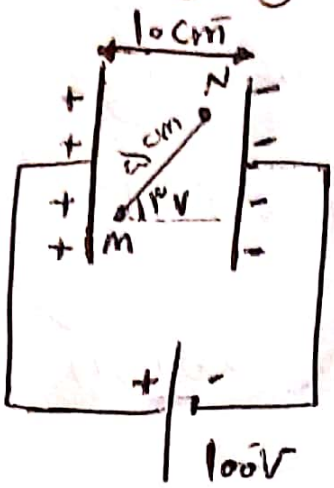
اگر اختلاف پتانسیل بین دو نقطه را با ΔV نشان دهیم، می‌توان گفت که اگر در جهت میدان الکتریکی حرکت کنیم پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد و اگر خلاف جهت میدان الکتریکی حرکت کنیم پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد.

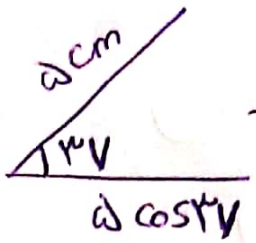
پس بدانیم که علامت اختلاف پتانسیل الکتریکی هیچ ربطی به نوع و اندازه بار الکتریکی ندارد.

$$\Delta V = E d \cos\theta$$

θ زاویه بین E و d

تمرین: در شکل زیر اختلاف پتانسیل بین M و N را بیابید.





حل:

$$\frac{\Delta V_1}{d_1} = \frac{\Delta V_2}{d_2} \rightarrow \frac{100}{10} = \frac{\Delta V_2}{5\times0.8}$$

$$\Delta V_2 = 40\ V$$

انرژی پتانسیل الکتریکی:

اگر کار هر نیرویی را قرینه تغییرات انرژی پتانسیل آن نیرو بدانیم ($\Delta U_g = -W_{mg}$) پس می‌توانیم بگوییم که کار نیروی میدان الکتریکی ($W_E = E|q|d\cos\theta$) برابر با قرینه انرژی پتانسیل الکتریکی بار است:

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

Scanned by CamScanner

* اگر دو بار همنام را به هم نزدیک کنیم انرژی پتانسیل الکتریکی بار افزایش می یابد و اگر دو بار غیرهمنام را به هم نزدیک کنیم، انرژی پتانسیل الکتریکی بار کاهش می یابد.

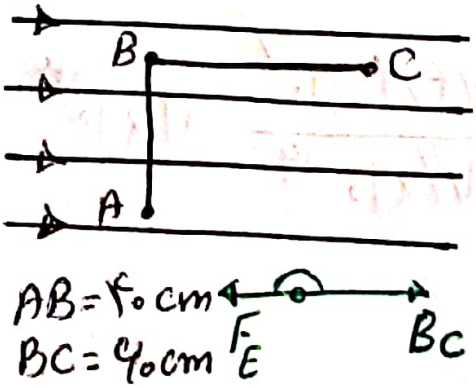
پس بدانیم که تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی به نوع و علامت بار الکتریکی مربوط است.

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

پس گاهی اوقات می توانیم علامت ΔU را از حاصل ضرب علامت ΔV در q بدست آوریم.

تمرین: بار $-4\mu C$ را از نقطه A به B و سپس به C می بریم، تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی بار را محاسبه کنید.

$E = 10^4 N/C$



حل: جابجایی AB و میدان بر هم عمود اند

پس $\cos 90 = 0$ و $\Delta U = 0$

$$\Delta U_{BC} = -10^4 \times 4 \times 10^{-6} \times 0.6 \times \cos 180$$

$$\Delta U_{BC} = +24 \times 10^{-2} J$$

Scanned by CamScanner

چگالی سطحی بار: (مخصوص رشته ریاضی)

بر روی سطح تمامی اجسام رسانا، بار الکتریکی به صورت یکنواخت پخش می‌شود ولی چگالی سطحی بار در نقاط نوک تیز بیشتر از نقاط دیگر است.

$$\sigma = \frac{|q|}{A} \longrightarrow \text{مساحت}$$

تمرین: چگالی سطحی بار کره‌ای به شعاع ۱۰cm برابر $10\ \mu C/m^2$ است، اگر این کره را با سیمی به زمین وصل کنیم، چند الکترون از زمین به کره منتقل می‌شود؟

حل:

$$\sigma = \frac{q}{A} \Rightarrow 10 \times 10^{-6} = \frac{q}{4\pi \times 100 \times 10^{-4}}$$

$$q = 4\pi \times 10^{-7}$$

$$q = ne \longrightarrow n = \frac{4 \times 3 \times 10^{-7}}{1.6 \times 10^{-19}} = 12 \times 10^{13}$$

Scanned by CamScanner