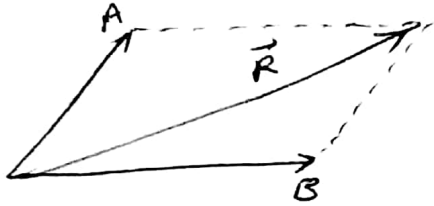


۲- روش متوازی الاضلاع: در این روش، ابتدا یک دو بردار را روی یکدیگر مرتب می‌کنیم و سپس از انتهای هر بردار، خط موازی با بردار دیگر رسم می‌کنیم تا یک متوازی الاضلاع تشکیل دهیم. خط دایم متوازی الاضلاع حاصل بردار برآیند است.

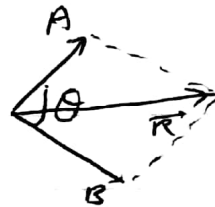


* (مقدار) برآیند دو بردار:

هنگامی که دو بردار مانند A و B با هم زاویه θ دارند، اندازه برآیند را می‌توانیم به صورت زیر محاسبه کنیم:

$$|\vec{R}| = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB \cos \theta}$$

θ زاویه بین دو بردار



⊛ چند حالت خاص بردار دو بردار برآیند:

$$\begin{array}{c} \xrightarrow{A} \quad \xrightarrow{B} \\ \hline \xrightarrow{R} \end{array} \quad \begin{array}{l} \vec{R} = \vec{A} + \vec{B} \\ R = A + B \end{array}$$

۱- دو بردار هم جهت باشند:

$$|\vec{R}| = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB} = \sqrt{(A+B)^2} = (A+B)$$

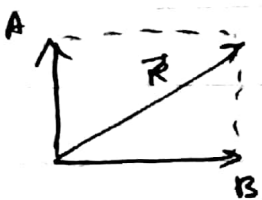
۲- دو بردار خلاف جهت باشند:



$$\boxed{\vec{R} = \vec{A} - \vec{B}} \quad (\text{در جهت بردار بزرگتر})$$

$$R = \sqrt{A^2 + B^2 - 2AB} = \sqrt{(A-B)^2} = A-B$$

۳- دو بردار عمود باشند:



$$R = \sqrt{A^2 + B^2}$$

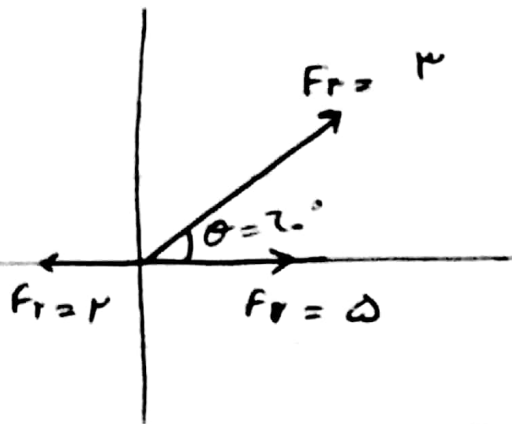
$\cos 90^\circ = 0$

۴- دو بردار هم اندازه باشند. $R = 2A \cos \theta/2$ $A=B$

مثال، دو نیرو $\vec{F}_1 = 3$ و $\vec{F}_2 = 4$ بر هم عمودند. برآیند این دو نیرو را بدست آورید.

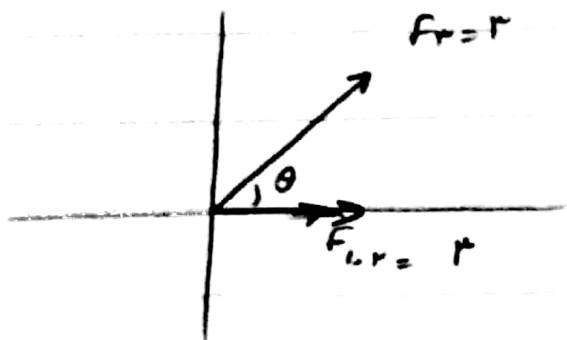
حالت دوم $F = \sqrt{f_1^2 + f_2^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = \sqrt{9+16} = \sqrt{25} = 5$

مثال ۳) نیرو مطابق شکل را بر جسمی وارد می‌شود. برآیند نیروهای وارد شده بر جسم را تعیین کنید.



① F_1 و F_2 حریف هستند پس برآیند آنها

$$R = F_1 - F_2 = 5 - 2 = 3$$



دو بردار هم اندازه اند $\rightarrow R = 2 f_{1,2} \cos \theta/2$

$$= 2 \times 3 \times \cos 15^\circ$$

$$= 4\sqrt{3}$$

همه مواد از ذرات به نام اکترون - پروتون و نوترون تشکیل شده اند. اکترون دارای بار منفی، پروتون دارای بار مثبت + و نوترون خا بدون بار هستند. واحد بار الکتریکی در دستگاه سیر (مکسی، کولمب) (C) است.

کولمب $\rightarrow$ واحد بار
(C) بار کولمب

بار الکتریکی (q)

* اصل کوانتاسیون بار: هر بار موجود در جهان، مضرب صحیحی از بار پایه (بار اکترون) است.

- یک اکترون کوچکترین واحد بار الکتریکی است و مقدار آن $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

- بار اکترون با بار پروتون برابر است ولی با علامت + $p = +1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

در حالت عادی مقدار اکترون ها و پروتون ها ی ماده با هم برابر است. بنا بر این صدم از نظر الکتریکی، خنثی است و اثری به عوی مقدار اکترون ها را بیشتر کنیم، صدم دارای بار منفی و اثر مقدار پروتون ها را بیشتر کنیم، صدم دارای بار مثبت می شود.

اثر پروتون پایه
بار اکترون حالت $q = \pm ne$ $\rightarrow$ مقدار بار الکتریکی
 $\downarrow$ مقدار اکترون یا پروتون

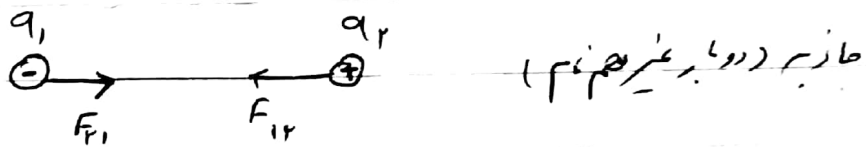
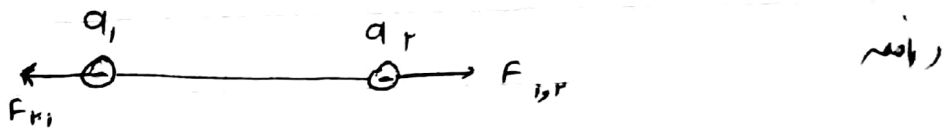
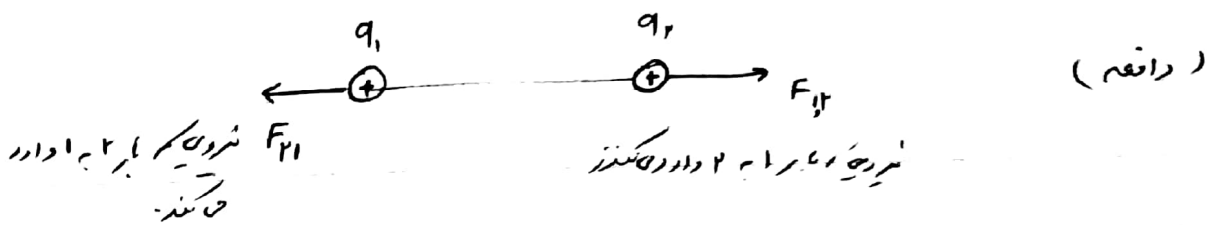
(معمولاً بارهای مثبت را با علامت + و بارهای منفی را با علامت - می نشانند. به همین علت مثبت در درج اول)

* نیروی الکتریکی بین اجسام باردار:

نیروه که دو جسم باردار به یکدیگر وارد می کنند را نیروی الکتریکی می گویند.

الف، اثر دو جسم هم نام باشد (مرد و مثبت یا مرد و منفی) نیروی بین آن ها دفعی است.

ب، - - - نامعنام باشد (مثبت و منفی) - - - جاذبه ای است.



«قانون کولن»

در مورد نیروی است که اجسام باردار به یکدیگر می‌دهند و در بارهای و حرکتی‌های زیر است :

۱. نیرو در امتداد خط است که بارها را بهم وصل می‌کند.
 ۲. نیرو با حاصلضرب بار دو جسم نسبت مستقیم دارد.
 ۳. نیرو با مجذور فاصله بین دو بار رابطه عکس دارد.
- $$F_{12} \propto q_1 q_2$$
- $$F_{12} \propto \frac{1}{r_{12}^2}$$

برای تبدیل تناسب مساوی، از یک ضریب استفاده کنیم که k نام دارد و ضریب گذر منسوب

است . $|q_1|$ اندازه q_1 (بر حسب C) $|q_2|$ اندازه q_2 (بر حسب C)

$$F_{12} = k \frac{|q_1| |q_2|}{r_{12}^2}$$

(نیوتن)

۲. ضریب تناسب دو بار (بر حسب متر)

احتمالاً ضریب (دو بار کمتر)، نیروی جاذبه یا رانده می‌شود

$$k = 9 \times 10^9 \left(\frac{N \cdot m^2}{C^2} \right)$$

نکته ها :

۱. استفاده از این رابطه فقط مقدار نیرو در دست می‌آید. بنابراین جهت بارها را در آن مشخص نمی‌کنیم. از جهت بارها برای تعیین جهت نیرو استفاده می‌کنیم.

۲. مقوله "بارها بر حسب یکدیگر و فاصله بر حسب سانتی متر داده شود" برای تبدیل آن‌ها از ضرایب زیر استفاده می‌شود:

$$\text{cm} \xrightarrow{\times 10^{-2}} \text{m} \quad \rightsquigarrow \quad (\text{cm})^2 \xrightarrow{\times 10^{-4}} \text{m}^2$$

$$\mu\text{C} \xrightarrow{\times 10^{-6}} \text{C}$$

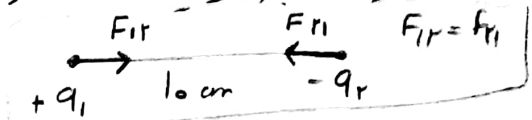
سؤال ۱: دو بار $q_1 = +5 \mu\text{C}$ و $q_2 = -8 \mu\text{C}$ در فاصله 10 cm از هم قرار دارند.

نیروی که دو بار به یکدیگر وارد می‌کنند را بدست آورید و نوع نیرو چیست؟

$$q_1 = +5 \mu\text{C} = 5 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$q_2 = -8 \mu\text{C} = -8 \times 10^{-6} \text{ C}$$

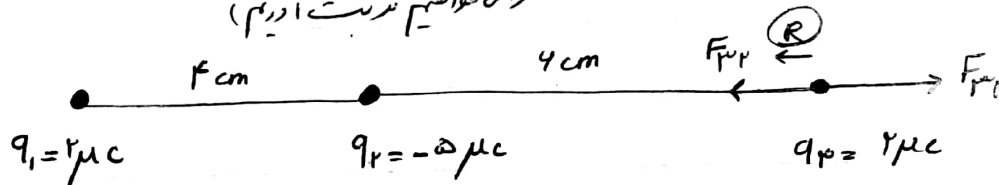
$$r = 10 \text{ cm} = 10 \times 10^{-2} \text{ m}$$



$$F = 9 \times 10^9 \times \frac{5 \times 10^{-6} \times 8 \times 10^{-6}}{(10 \times 10^{-2})^2} = \frac{36 \times 10^{-2}}{100 \times 10^{-4}} \times 9 \times 10^9 = 3.6 \text{ N}$$

نوع نیرو — جاذبه (یک سبب دیگر است)

سؤال ۲: سه بار نقطه‌ای مطابق شکل زیر در جای خود ثابت نگه داشته شده‌اند. برآیند نیروهای وارده بر q_3 را بدست آورید. رصه‌ای که خنجر داریم باید مشخص باشد نیروی وارده بر کدام بار را می‌خواهیم بدست آوریم)



یک نیرو از طرف بار ۱ و یک نیرو از طرف بار ۲ به آن وارد می‌شود.

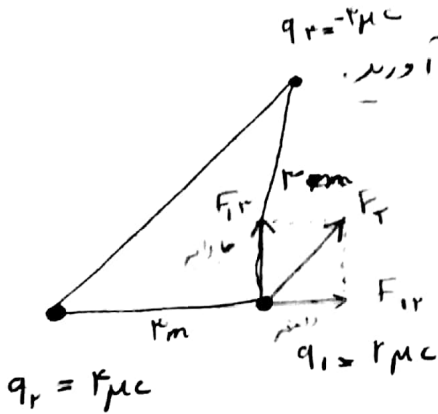
$$\rightarrow F_{31} = k \frac{q_1 q_3}{(r_{13})^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{(10 \times 10^{-2})^2} = \frac{36 \times 10^{-6}}{100 \times 10^{-4}} = 3.6 \text{ N}$$

$$\leftarrow F_{32} = k \frac{q_2 q_3}{(r_{23})^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 5 \times 10^{-6}}{(4 \times 10^{-2})^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 10 \times 10^{-12}}{16 \times 10^{-4}} = \frac{10^{-2}}{16} = 2.5 \text{ N}$$

در نیرو رصه‌ای جهت م $\rightarrow R = F = |F_{31} - F_{32}| = |3.6 - 2.5| = 1.1 \text{ N}$

جهت آن به سمت نیروی بزرگتر است (یعنی F_{31})

سوال ۳: در شکل زیر، برآیند نیروهای در زیر q را بدست آورید.



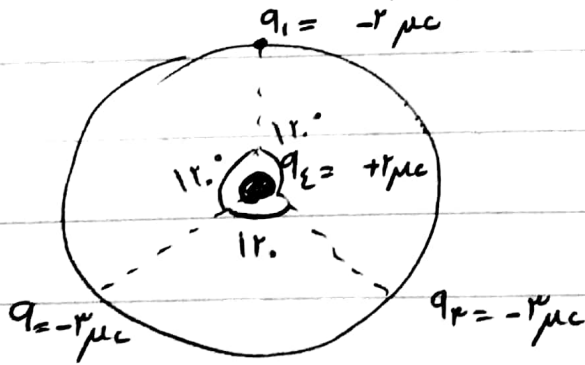
$$F_{12} = \frac{k q_1 q_2}{r_{12}^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{2^2} = 9 \times 10^{-3} \text{ N}$$

$$F_{13} = k \frac{q_1 q_3}{r_{13}^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-6} \times (-2) \times 10^{-6}}{3^2} = -4 \times 10^{-3} \text{ N}$$

نیروی خالص

$$F_1 = \sqrt{F_{12}^2 + F_{13}^2} = \sqrt{(9 \times 10^{-3})^2 + (4 \times 10^{-3})^2} = 10^{-2} \text{ N}$$

سوال ۴: بار نقطه ای مطابق شکل، روی دایره ای به شعاع ۱۰ cm قرار دارد. بار q_4 روی مرکز دایره است. برآیند نیروهای وارده بر این جابج را حساب کنید.



* میدان الکتریکی :

خاصیتی را که یک بار در فضای اطراف خود ایجاد می کند، میدان الکتریکی می نامیم.

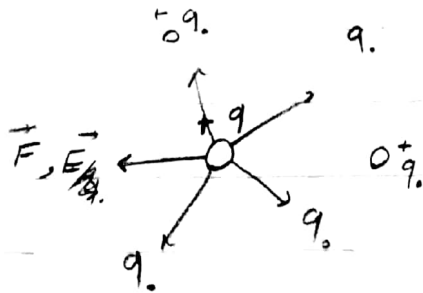
تعریف مکن میدان : نیروی دارد بر بار الکتریکی مثبت در هر نقطه از میدان می نویسد. دامنه آن (مربع) است و یک جهت دارد.

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

بار آزمون که در نقطه
جهت میدان از آن استفاده می شود.

۱. یک بار فرضی مثبت کوچک است که مقدار آن مثبت در نظر گرفته می شود.

یعنی اگر خواهم میدان حاصل از بار q را محاسبه کنم، یک بار آزمون q_0 در اطراف آن قرار می دهم. نیروی که آن بار بر آزمون وارد می کند را برابر آزمون q_0 تقسیم می کنم. میدان به دست می آید و جهت آن را در جهت نیرو است. آن را از آن دو برداشت می کنند.



(جهت میدان در هر نقطه هم جهت با نیروی است که به بار آزمون وارد می شود.)

* برای عاقل میدان الکتریکی از مفهوم خطوط نیرو استفاده می کنیم.

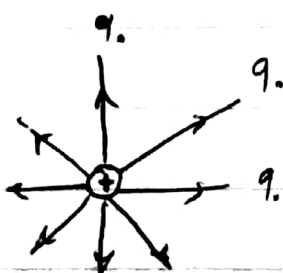
* خطوط میدان الکتریکی :

۱. خطوط میدان در هر نقطه هم جهت با نیروی دارد بر بار آزمون در آن نقطه باشد. بنا بر این خطوط میدان همیشه از بار مثبت خارج و به بار منفی وارد می شود.

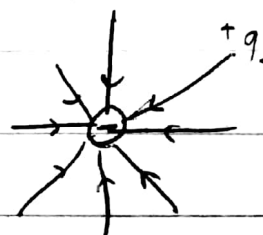
۲. خطوط نیرو در هر نقطه هم جهت میدان را مشخص می کنند.

۳. خطوط نیرو یکدیگر را قطع نمی کنند.

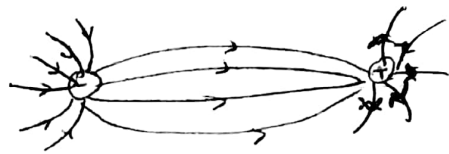
۴. هر چه میدان قوی تر باشد، خطوط هم تراش تر است.



خطوط میدان یک بار مثبت



خطوط میدان یک بار منفی

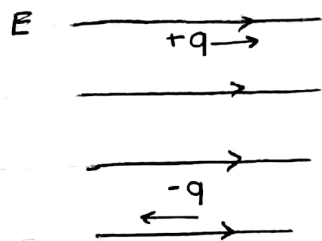


یک بار مثبت و یک بار منفی

خطوط میدان بار دو بار مثبت

* نیروی وارد بر بار الکتریکی در یک میدان خارجی :

هرگاه یک بار الکتریکی مانند q در یک میدان خارجی مانند E قرار گیرد، از طرف میدان به آن نیرو وارد می شود. اگر بار مثبت باشد نیرو و میدان هم جهت دارند و اگر بار منفی باشد، نیرو و میدان خلاف جهت یکدیگر هستند.

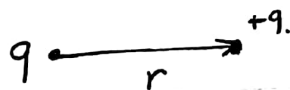


$$\vec{F} = q\vec{E}$$

جهت نیرو، نوع بار بستگی دارد

* میدان حاصل از یک بار نقطه ای :

میدان حاصل از یک بار نقطه ای در فاصله r از آن بصورت زیر می باشد :



یک بار آزمون در فاصله r قرار می دهیم؛ نیروی که این بار آزمون وارد می شود برابر است با :

$$F = k \frac{q \times q_0}{r^2} \quad \begin{matrix} E = \frac{F}{q_0} \\ F = q_0 E \end{matrix} \quad \rightarrow \quad E = \frac{k \frac{q q_0}{r^2}}{q_0} = k \frac{q}{r^2}$$

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

میدان حاصل از یک بار نقطه ای در فاصله r

میدان نیرو مانند نیروی گرانش است، پس :

- ۱) اگر بار الکتریکی بار داشته باشیم و میدان را می خواهیم در یک نقطه حساب کنیم؛ باید میدان هر یک را حساب کرده و پس از آن آنها را جمع آوریم.
- ۲) جهت بار را در دو رابطه حرکتی دهیم.

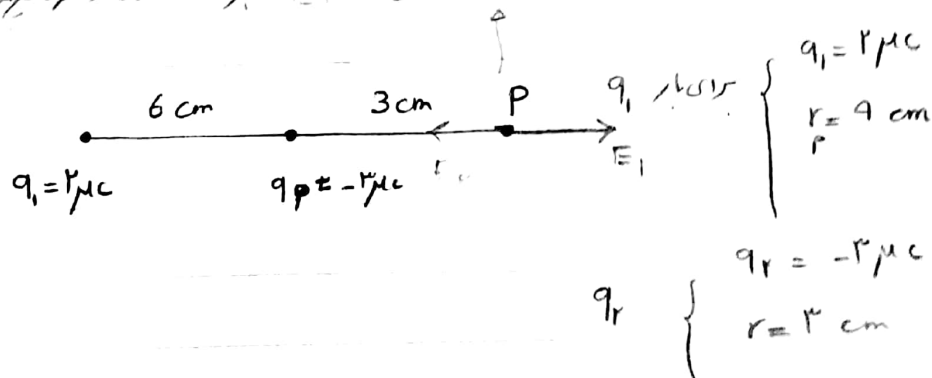
سوال ۱، میدان الکتریکی را در فاصله ۱۰ cm از یک بار ۲۰ میکروکولن مثبت آورید.

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

$$q = 20 \mu\text{C} = 20 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$E = k \frac{q}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{20 \times 10^{-6}}{(10 \times 10^{-2})^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 20 \times 10^{-6}}{100 \times 10^{-4}} = 18 \times 10^7 \text{ (N/C)}$$

سوال ۲، دو بار نقطه‌ای مطابق شکل زیر در جای خود ثابت نگه داشته شده‌اند. میدان الکتریکی را در نقطه P بدین جهت میدان را بدین یک بار مثبت و دیگری در نقطه P بدین جهت.



$$E_1 = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-6}}{(9 \times 10^{-2})^2} = \frac{18 \times 10^3}{81 \times 10^{-4}} = 2.22 \times 10^7 \text{ (N/C)}$$

$$E_2 = \frac{9 \times 10^9 \times 3 \times 10^{-6}}{(3 \times 10^{-2})^2} = 3 \times 10^7 \text{ (N/C)}$$

و قیاس

(دو بار نقطه‌ای یکبار مثبت و یکبار منفی)

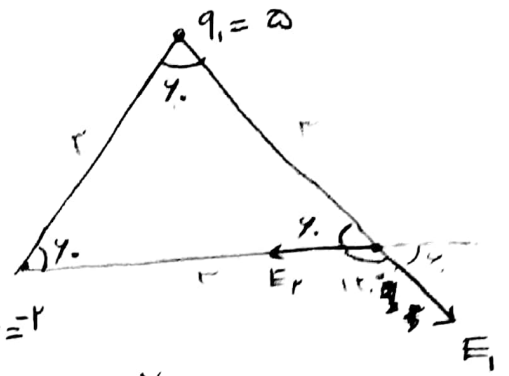
میدان الکتریکی

در جهت

$$E_1 - E_2 = 3 - 2.22 = 0.78 \times 10^7$$

در جهت E_2

سوال سوم: دو بار نقطه‌ای مطابق شکل زیر، روی رأس شش‌سایه‌ای از جنس پلاستیک به سطح ۳ سانتی متر قرار گرفته‌اند. میدان را در رأس سوم بدین جهت آورید.



$$E_1 = k \frac{q_1}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-9}}{(1 \times 10^{-2})^2} = \frac{18 \times 10^0 \times 10^{-9}}{1 \times 10^{-4}} = 18 \times 10^5 \text{ N/C}$$

$$E_2 = k \frac{q_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 1 \times 10^{-9}}{(1 \times 10^{-2})^2} = \frac{9 \times 10^0 \times 10^{-9}}{1 \times 10^{-4}} = 9 \times 10^5 \text{ N/C}$$

$\theta =$

$$|E| = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cos \theta} = 10^5 \times \sqrt{18^2 + 9^2 + 2 \times 18 \times 9 \times \cos 120^\circ}$$

* انرژی پتانسیل الکتریکی: پتانسیل جبهه آری است که در حجم واحد در نوار.

هرگاه بخواهیم خاصه سطح دوبار را تغییر دهیم، باید مقداری کار انجام دهیم که این کار در سیستم به صورت انرژی پتانسیل الکتریکی، ذخیره می شود. هم سطح وقتی یک بار در یک میدان الکتریکی حرکت کند، انرژی پتانسیل آن، تغییر می کند. تغییر انرژی پتانسیل برابری با انرژی که بار جای ۵ بار صرف شده است. انرژی پتانسیل را می توانیم به گیت اسکالریست، با U نشان دهیم که در نوار واحد آری در آن است.

پتانسیل الکتریکی:

فرض کنید بار ۹ در یک میدان الکتریکی از نقطه ۱ به ۲ جای شود، انرژی پتانسیل سیستم در این جایابی به اندازه ۵۸ تغییر کند در این صورت اختلاف پتانسیل بین سطح دو نقطه به صورت زیر تعریف می شود.

پتانسیل الکتریکی یک گیت اسکالریست. واحد آن $\frac{J}{C}$ است که دلتا V می نامیم. (۷)

$$\text{تغییرات انرژی پتانسیل} \rightarrow \frac{\Delta U}{q} = \Delta V \rightarrow \text{اختلاف پتانسیل}$$

سوال ۱: یک ذره آلفا $q = +2e$ در یک پتانسیل دهده از یک پتانسیل 6.5×10^6 (۷)

با پتانسیل صفر می رود. انرژی پتانسیل سیستم چه تغییری می کند؟

$$q = 2e = 2 \times (1.6 \times 10^{-19}) = 3.2 \times 10^{-19} \quad V_1 = 6.5 \times 10^6 \text{ (۷)}$$

$$V_2 = 0$$

$$V_2 - V_1 = \Delta V = 0 - 6.5 \times 10^6 = -6.5 \times 10^6 \text{ (۷)}$$

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \rightarrow \Delta U = \Delta V \times q = (-6.5 \times 10^6) \times (3.2 \times 10^{-19}) =$$

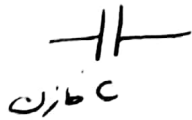
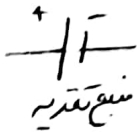
$$= -2.08 \times 10^{-13} \text{ (۷)}$$

خازن مسطح

دو صفحه دارای مواری در هم اندازه که در فاصله کمی از یکدیگر قرار دارند خازن مسطح گویند. اگر دو صفحه خازن به یک منبع با اختلاف پتانسیل V متصل شود بارها نسبت $+q$ و $-q$ روی صفحه خازن قرار می‌گیرند و اصطلاحاً می‌گویم خازن دارای بار q است. تجربه نشان داده شده است که نسبت بار یک خازن به اختلاف پتانسیل بین دو سر آن مقداری ثابت است که آنرا ظرفیت خازن می‌گویند.

$$\frac{q}{V} = \text{ثابت}$$

واحد ظرفیت خازن — فاراد (F)



بار خازن

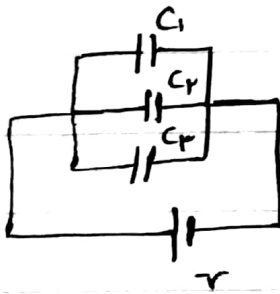
$$C = \frac{q}{V}$$

ظرفیت خازن

(مقدار پتانسیل بین دو صفحه خازن)

* بهم پیوسته خازن؟

الف) حالت موازی: در این حالت اختلاف پتانسیل بین دو سر همه خازن‌ها با هم برابر است.



$$V = V_1 = V_2 = V_3 \quad (1)$$

هم‌چنین در حالت موازی بار کل مجموع بارهای مجزوم بارهای تک تک خازن‌هاست.

$$q = q_1 + q_2 + q_3 \quad (2)$$

$$C = \frac{q}{V} \rightarrow q = C \cdot V$$

$$CV = C_1V + C_2V + C_3V$$

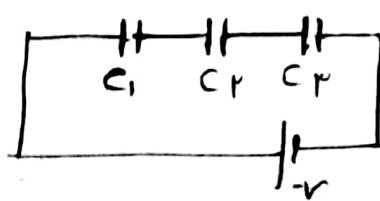
تا و قرار دادن $q = C \cdot V$ در رابطه (۲) داریم:

$$\rightarrow \textcircled{C} V = V (C_1 + C_2 + C_3) \rightarrow$$

$$\boxed{C = C_1 + C_2 + C_3}$$

لمرئیت معادل در حالت موازی:

(ب) حالت سری: در این حالت بار خازن ها با هم برابر است.



$$q = q_1 = q_2 = q_3 \quad (1)$$

- افت پتانسیل کل برابر مجموع افت پتانسیل دو سر هر خازن است.

$$V = V_1 = V_2 = V_3 \quad (2)$$

$$C = \frac{q}{V} \rightarrow V = \frac{q}{C} \rightarrow \frac{q}{C} = q \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right)$$

طرفین معادل خازن ها در حالت سری

$$\boxed{\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}}$$

* برابر دو خازن سری:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \rightarrow \frac{1}{C} = \frac{C_1 + C_2}{C_1 \times C_2}$$

$$\boxed{C = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}}$$

مسئله ۱) خازن با ظرفیت ۴۰ میکروفاراد به صورت موازی به یک باتری با افت ۲۰۰ ولت وصل شده است.

$$C_1 = 4 \mu F \quad C_2 = 4 \mu F \quad C_3 = 40 \mu F$$

الف) ظرفیت معادل خازن را بدست آورید.

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 4 + 4 + 40 = 50 \mu F$$

ب) بار الکتریکی و افت پتانسیل در هر یک از خازن ها را تعیین کنید.

$$q = C \cdot V = 50 \times 200 = 10000 \mu C$$

$$V = V_1 = V_2 = V_3 = 200 V$$

$$q_1 = C_1 \times V_1 = 4 \times 200 = 800 \mu C$$

$$q_2 = C_2 \times V_2 = 4 \times 200 = 800 \mu C$$

$$q_3 = C_3 \times V_3 = 40 \times 200 = 8000 \mu C$$

مسئله ۲) دو خازن با ظرفیت ۱۰۰ میکروفاراد به صورت سری به یک منبع با افت ۱۰۰ ولت وصل شده اند.

$$C_1 = 10 \mu F$$

$$C_2 = 100 \mu F$$

الف) ظرفیت معادل خازن را بدست آورید.

$$C = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2} = \frac{10 \times 100}{10 + 100} = 9.09 \mu F$$

ب) بار الکتریکی و افت پتانسیل در هر یک از خازن ها را بدست آورید.

$$q_1 = q_2 = q = C \cdot V \rightarrow q = 9.09 \times 100 = 909 \mu C$$

$$V_1 = \frac{q_1}{C_1} = \frac{909}{10} = 90.9 V$$

$$V_2 = \frac{q_2}{C_2} = \frac{909}{100} = 9.09 V$$

* انرژی ذخیره شده در خازن :

یکی از کاربردهای خازن، ذخیره انرژی الکتریکی است. یک خازن باردار دارای انرژی پتانسیل الکتریکی است که این انرژی برابر با مقدار کاری است که عامل خارجی (باطری یا مولد) برابر بار را در کردن خازن انجام می دهد. مقدار این انرژی از رابطه زیر بدست می آید:

$$U = \frac{1}{2} C V^2$$

انرژی الکتریکی ذخیره شده در خازن $\rightarrow U$

ظرفیت خازن $\rightarrow C$

اضافه پتانسیل $\rightarrow V$

$$u = \frac{U}{V}$$

* چگالی انرژی : انرژی موجود در واحد حجم

در هر نقطه از فضای که میدان الکتریکی وجود داشته باشد یک چگالی انرژی به اندازه $u = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$ وجود دارد که ϵ_0 ضریب ثابت دی الکتریک است و مقدار آن $(\frac{C^2}{N.m})$ 8.85×10^{-12} است و E میدان الکتریکی می باشد.

انرژی یک گیت الکتریکست و دامپ آن گول J است.

مثال ۱) یک کره رسانا به شعاع ۵ cm دارای بار $20 \mu C$ است. میدان الکتریکی و چگالی انرژی آنرا (الف) روی سطح کره ب، در فاصله یک متری از کره بدست آورید.

(ب)

$$q = 20 \mu C = 20 \times 10^{-6} C$$

$$r = 5 cm = 5 \times 10^{-2} m$$

$$E = k \frac{q}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{20 \times 10^{-6}}{(5 \times 10^{-2})^2}$$

* ابتدا میدان را بدست می آوریم.

$$\rightarrow E = \frac{180 \times 10^3}{25 \times 10^{-4}} = 7.2 \times 10^7$$

$$u = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 = \frac{1}{2} \times 8.85 \times 10^{-12} (7.2 \times 10^7)^2$$

$$r = 1 \text{ m}$$

(ب)

$$E = k \frac{q}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{2 \times 10^{-7}}{(1)^2} = \frac{18 \times 10^{-7}}{1} = 18 \times 10^{-7}$$

$$U = \frac{1}{2} \epsilon \cdot E^2 = \frac{1}{2} \times 8.85 \times 10^{-12} (18 \times 10^{-7})^2 = \dots$$

مکان ۱ دو خازن به ظرفیت های $C_1 = 4 \mu F$ و $C_2 = 2 \mu F$ به صورت سری به یک باتری با اختلاف پتانسیل $5V$ متصل می‌کنیم:

الف) انرژی ذخیره شده در این مجموعه را حساب کنید.

$$C = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2} = \frac{4 \times 2}{4 + 2} = 2.6 \mu F$$

$$U = \frac{1}{2} C V^2 = \frac{1}{2} \times 2.6 \times 5^2 = 3.25 \text{ J}$$

ب) انرژی ذخیره شده در هر یک از خازن‌ها را بدست آورید.

$$U_1 = \frac{1}{2} C_1 V_1^2 \quad U_2 = \frac{1}{2} C_2 V_2^2$$

$$q_1 = q_2 = q = C \times V = 2.6 \times 5 = 13$$

$$V_1 = \frac{q_1}{C_1} = \frac{13}{4} = 3.25$$

$$V_2 = \frac{q_2}{C_2} = \frac{13}{2} = 6.5$$

$$U_1 = \frac{1}{2} C_1 V_1^2 = \frac{1}{2} \times 4 \times (3.25)^2 = 21.5$$

$$U_2 = \frac{1}{2} C_2 V_2^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times (6.5)^2 = 42.25$$

فصل ۲ (جریان مستقیم)

* جریان الکتریکی

آهن انتقال بار الکتریکی با شدت جریان می‌انیم.

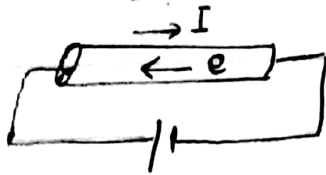
$$I = \frac{dq}{dt} \quad \text{شدت جریان الکتریکی}$$

برای جریان‌های ثابت این رابطه به صورت زیر ساده می‌شود.

$$I = \frac{q}{t}$$

واحد شدت جریان A را می‌باشد.

طبق قرارداد، جهت جریان یک ماده را هم جهت با حرکت بارها می‌شود در نظر می‌گیریم. بنابراین الکترون‌ها که دارای بار منفی هستند در یک ماده رسانا بر خلاف جهت جریان حرکت می‌کنند.



مثال ۱: جریان الکتریکی 3A با مدت ۱۷s از مداری عبور می‌کند. بار الکتریکی و تعداد الکترون‌ها را که از سطح این مدار گذشت است را بدست آوریم.

$$I = 3A \quad t = 17s \quad q = ?$$

$$I = \frac{q}{t} \Rightarrow q = I \times t = 3 \times 17 = 51C$$

$$q = ne \Rightarrow n = \frac{q}{e} = \frac{51}{1.6 \times 10^{-19}} = 3.19 \times 10^{20}$$

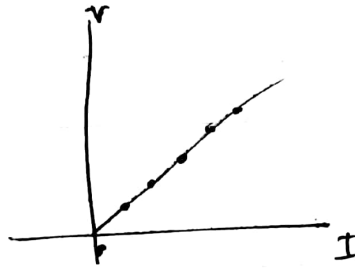
* مقاومت الکتریکی

نسبت افتد پتانسیل دوسر یک رسانا به سرت جریان عبوری از آن را مقاومت الکتریکی (R) میگویند. واحد آن اهم است.

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow V = RI$$

* قانون اهم :

برای دقت از مواد، نسبت افتد پتانسیل دوسر یک رسانا به سرت جریان عبوری از آن مقدار ثابت است. مواد که از این قانون پیروی کنند را مواد اهمی می نامیم. نمودار تبارجیب جریان برای این مواد ~~خط راست~~ یک خط راست است.



* مصرف انرژی در یک مدار الکتریکی :

وقتی به دوسر یک مقاومت به افتد پتانسیل V متصل شود، جریان I از آن عبور می کند. با گذشت زمان انرژی الکتریکی درون مدار به انرژی گرمایی تبدیل می شود. واحد آن ژول است و مقدار این انرژی به عوامل زیر بستگی دارد :

V — افتد پتانسیل

I — سرت جریان

t — زمان عبور جریان

$$W = VIt = RI^2t \rightarrow W = \frac{V^2}{R}t$$

* تعریف توان :

کار انجام شده در واحد زمان را توان می‌گویند.

کار انجام شده

$$P = \frac{W}{t} \left(\frac{J}{s} \right) \quad \begin{array}{l} \text{واحد آنرا} \\ \text{دست می‌نویسیم} \\ W \end{array}$$

توان مصرفی یک مقاومت :

$$P = V \cdot I = R I^2 = \frac{V^2}{R}$$

یکی دیگر از واحدهای انرژی که در صنعت کاربرد بیشتری دارد، کیلووات ساعت است. (kWh)

$$1 (k.w.h) = (1000 W) \times (3600 s) = 3.6 \times 10^6 J$$

$$1 kWh = 3.6 \times 10^6 J$$

مثال ۱ : یک بخاری برقی به مقاومت ۱۸ اهم جریان ۱۵ آمپر از شبکه می‌گردد.

الف، توان مصرفی و انرژی مصرف شده در مدت ۴ ساعت محاسبه است.

$$R = 18 \Omega \quad t = 4 h \quad I = 15 A \quad P = ? \quad W = ?$$

$$P = R I^2 = 18 \times (15)^2 = 4050 W \rightarrow 4050 \div 1000 = 4.05 k$$

$$W = P \cdot t = 4.05 \times 4 = 16.2 (k.w.h)$$

مثال ۲ : اگر از یک مقاومت ۲۰ اهمی در مدت ۵ ثانیه ۵۰ کولن الکتریسیته به طور مکنواخت عبور کرده باشد، انرژی الکتریکی مصرف شده در مقاومت چند ژول است.

$$U = R I^2 t \quad I = \frac{q}{t} = \frac{10}{5} = 2$$

$$U = 20 \times 2^2 \times 5 = 400 J$$

مثال، اگر یک ۵ سی ۲۴۰ ولتی، ۲۰۰ واتی به مدت ۹۰ دقیقه، به افتاد پتانسیل انرژی ۲۲۰ ولتی وصل باشد، چند کیلووات ساعت انرژی آن انرژی مصرف کرده؟

$$P = \frac{U}{t} \rightarrow U = Pt = 200 \times 90 \times 60 = 1.08 \times 10^6 \text{ ج}$$

$$1 \text{ kwh} = 3.6 \times 10^6 \text{ ج} \rightarrow \frac{1.08 \times 10^6}{3.6 \times 10^6} = 0.3 \text{ kwh}$$

* بهم ستن مقاومت ها :

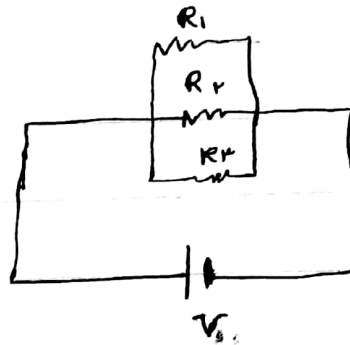
الف) حالت موازی :

رابطه (۱) : در حالت موازی افت پتانسیل در همه مقاومت ها هم برابر است - در اینر اتصال، یک سر همه مقاومت ها به یک نقطه وصل شده و سر دیگر همه آنها به یک نقطه انرژی وصل است.

$$V_1 = V_2 = V_3 = V \quad (1)$$

رابطه (۲) : جریان کل برابر مجموع جریانهایی عبوری از همه مقاومت است.

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$



نکات : اگر n مقاومت مشابه موازی داشته باشیم، مقاومت معادل برابر است با :

$$R_T = \frac{R}{n}$$

$$R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

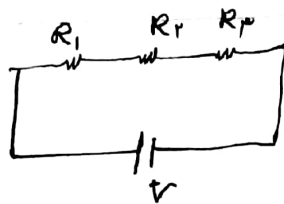
✓ اگر دو مقاومت موازی داشته باشیم :

ب، حالت سری (متوالی) } هر مقاومت با مقاومت بعدی در یک سر مشترک است.

رابطه (۱): در حالت سری جریان عبوری از همه مقاومت ها با هم برابر است.

$$I = I_1 = I_2 = I_3 \quad (۱)$$

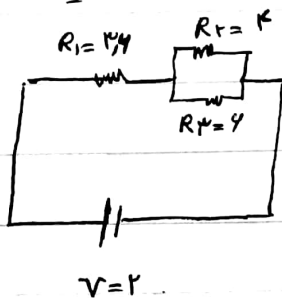
رابطه (۲): اختلاف پتانسیل کل برابر است با مجموع اختلاف پتانسیل در دو سر هر مقاومت.



$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

مثال (در شکل) دو برده مقاومت مدار و جریان عبوری از مدار را بدست آورید.



$$V=2$$

① مقاومت های ۲ و ۳ با هم موازی هستند، زیرا دو سر مشترک دارند.

مقاومت معادل

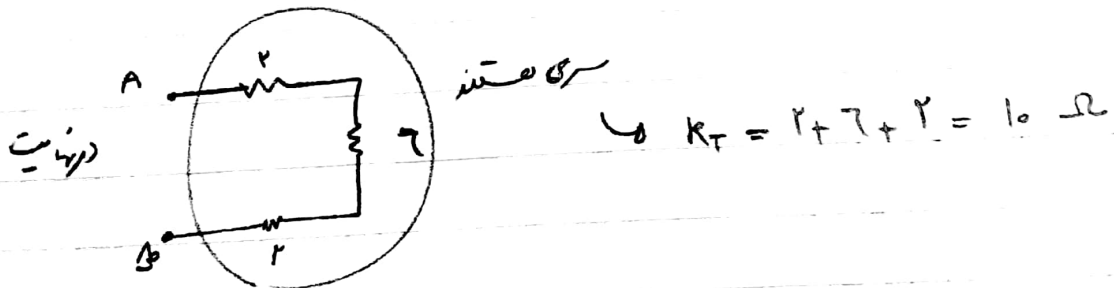
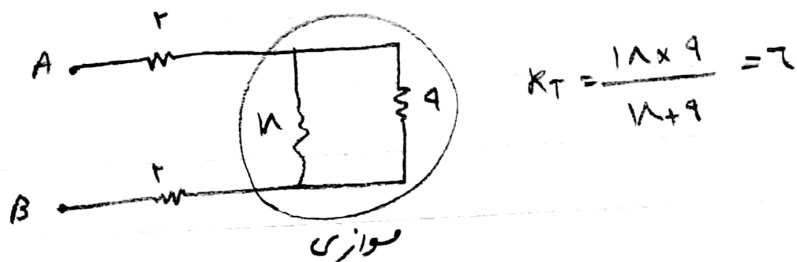
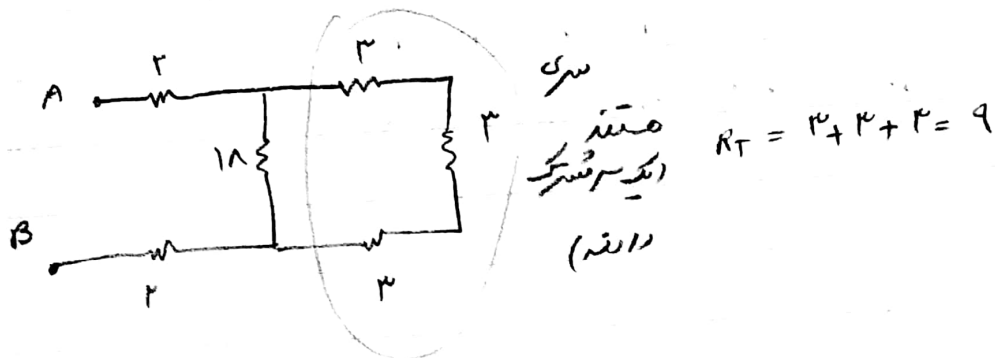
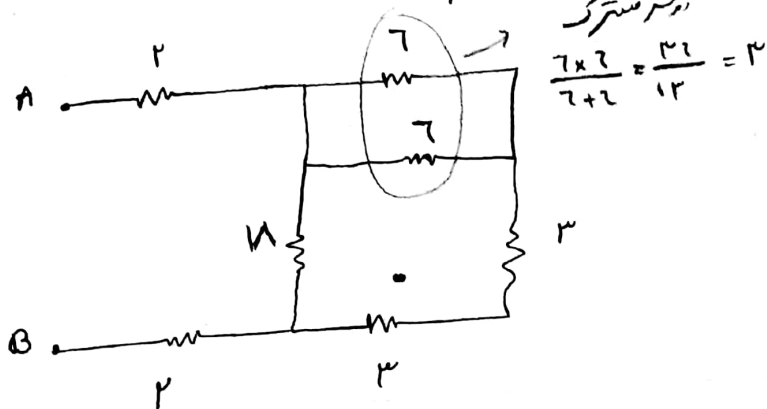
$$R_{T(2,3)} = \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3} = \frac{4 \times 6}{4 + 6} = 2.4$$

این دو با هم سری هستند، زیرا یک سر مشترک دارند.

$$R = R_1 + R_{T(2,3)} = 3.4 + 2.4 = 5.8$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{2}{5.8} = \frac{1}{2.9} = 0.345 \text{ A}$$

۵ مثال ، در شکل مقابل ، مقادیر معادل چند اهم است ؟



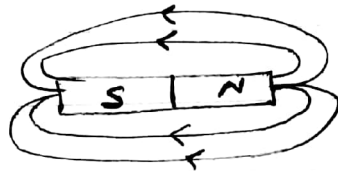
فصل سوم (میدان مغناطیسی)

* میدان مغناطیسی : خاصیتی است که در فضای اطراف آهنربا بوجود می آید و باعث شود آهنربا به مواد مغناطیسی اطراف خود نیرو وارد کند. گیتی برداری است و آنرا با $\vec{B}$ نشان می دهند. واحد آن تسلا T است. گیتی ریز را واحد در میدان مغناطیسی توان است.

$$1T = 10^4 \text{ Gauss} \quad \text{گوس} \rightarrow 1T \times 10^4$$

برای نمایش میدان مغناطیسی همانند میدان الکتریکی از مفهوم خطوط میدان استفاده می کنیم.

* قطب های مغناطیسی : نامیه ای از آهنربا که بیشترین خاصیت مغناطیسی را دارند، قطب های مغناطیسی می شوند.



* خطوط مغناطیسی :

خطوط جهت داری هستند که جهت میدان مغناطیسی را در هر نقطه از فضای آهنربا نشان می دهند. که جهت آنها در خارج از آهنربا از N به S و در داخل آن از S به N است.

ویژگی های خطوط مغناطیسی :

۱. همواره از قطب N خارج و به قطب S وارد می شود.
۲. هیچگاه یکدیگر را قطع نمی کنند.
۳. در هر نقطه، جهت میدان را مشخص می کند.
۴. هرچه میدان مغناطیسی قوی تر باشد، خطوط به هم نزدیک تر می شوند.



* میدان مغناطیسی یکپارچه :

اگر خطوط میدان مغناطیسی در نقاطی از فضا موازی و هم نامیه باشند، در این نامیه اندازه جهت میدان مغناطیسی ثابت است و آن را میدان مغناطیسی یکپارچه می گویند.

* نیروی وارد بر بار متحرک در یک میدان مغناطیسی :

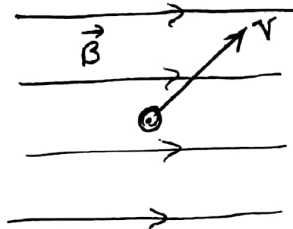
بریک بار درون میدان مغناطیسی نیروی مغناطیسی دارد که به عوامل زیر بستگی دارد :

۱- مقدار بار q (کولن)

۲- سرعت زو بار در v (m/s)

۳- شدت میدان مغناطیسی B (T)

۴- زاویه بین دو بردار سرعت و میدان مغناطیسی (θ)

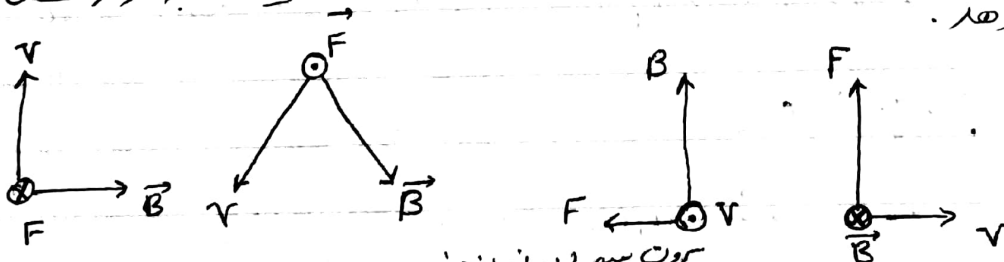


(توجه داشته باشید که باید هم بار متحرک باشد، یعنی سرعت داشته باشد v)
 $F = qvB \sin \theta$ نیروی وارد بر بار متحرک در میدان مغناطیسی

این نیرو بر اساس میدان مغناطیسی و سرعت زو متحرک است.

* جهت نیروی مغناطیسی با قانون دست راست :

۱- انگشت راست را باید در جهت سرعت زو بگیرید. جهت شش انگشت (همان جهت آن) در جهت B (میدان)؛ بین انگشت شست جهت نیروی وارد بر بار در راست دست در ده.



برون سو (برون از صفحه)

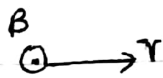
⊗ درون سو (انگشت به سمت دست)
 v باید باشد، هم شدن آن به سمت راست

نکته: جهت نیروی وارد بر بار متغی در حداث جهت نیروی وارد بر بار مثبت است.

مثال: مطابق شکل، ذره ای با بار $+1.0 \times 10^{-4} \text{ C}$ و با سرعت 200 m/s به طور عمود وارد یک میدان مغناطیسی به نرزی 0.145 T می شود.

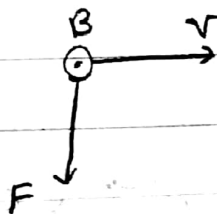
الف، نیروی وارد بر این ذره را سب کنید و جهت آن را تعیین کنید.

ب، اگر این ذره موازی میدان حرکت کند، نیروی وارد بر آن چگونه است؟



الف $q = +1.0^{-4} \text{ C}$ $v = 200 \text{ m/s}$ $\theta = 90^\circ$
 $\vec{B} = 0.145 \text{ T}$

$$F = q B v \sin \theta = 1.0^{-4} \times 200 \times 0.145 \times \sin 90^\circ = 9 \times 10^{-7} \text{ N}$$



ب، اگر ذره موازی میدان حرکت کند، زاویه 0 یا 180 است، $\sin$ این دو زاویه صفر است. پس نیروی وارد نمی شود.

مثال: میدان مغناطیسی به اندازه 1.2 mT در راستای قائم و به سمت بالا وجود دارد. یک ذره با سرعت $3.2 \times 10^7 \text{ m/s}$ به طعم افقی از جنوب به شمال در حرکت است. اندازه جهت نیروی وارد بر ذره بدوین را تعیین کنید.

$$B = 1.2 \text{ mT} = 1.2 \times 10^{-3} \text{ T}$$

$$v = 3.2 \times 10^7 \text{ m/s}$$

$$q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

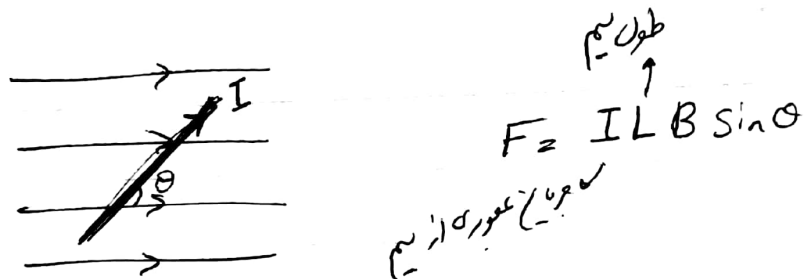
$$\sin 90^\circ = 1$$

$$F = q v B \sin \theta = (1.6 \times 10^{-19}) \times (3.2 \times 10^7) \times (1.2 \times 10^{-3}) \times 1 = 6.1 \times 10^{-15} \text{ N}$$

* نیرو دارد بر سیم حامل جریان در یک میدان مغناطیسی :

این نیرو به ۴ عامل بستگی دارد :

- ۱- طول سیم (L)
- ۲- شدت جریان الکتریکی I
- ۳- شدت میدان مغناطیسی B
- ۴- زاویه بین میدان مغناطیسی و امتداد جریان الکتریکی (θ)



- این نیرو بر راستای سیم و میدان مغناطیسی عمود است .

- جهت نیرو با مأمور دست راست یکدیگر می شود (۴ انگشت بیگاه انگشت در جهت سرعت باشد در جهت جریان است)

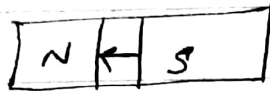
مثال ۱ یک سیم مسی به طول ۵ متر حامل جریان ۳ آمپر است . اگر مقدار میدان با میدان مغناطیسی زاویه ۶۰ درجه سازد ، شدت میدان مغناطیسی چقدر باشد تا نیروی ۱ نیوتن بر سیم وارد شود ؟

$$\sin 60 = 0.866$$

$$F = ILB \sin \theta \rightarrow B = \frac{F}{IL \sin \theta} = \frac{1}{3 \times 5 \times 0.866} = 0.0769 \text{ T}$$

* خاصیت مقناطیس مواری :

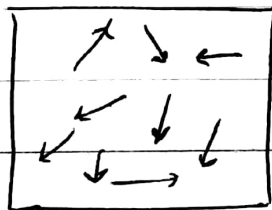
اتم ها و موکول ها در شکل رهند یک ماره مخمخ است دارای خاصیت مقناطیس مانند . این آهن های کوچک را دو قطبی مقناطیس می نامیم .



مواری که اتم ها و موکول ها در شکل رهند آنها را در خاصیت مقناطیس می کنند را مواری مقناطیس می نامیم . نحوه جهت گیری دو قطبی های مقناطیس متفاوت است و می توان آنها را از هم جدا کرد .

۱- مواری با مقناطیس

در یک ماره با مقناطیس دو قطبی ها را از هم جدا می کنند . در نتیجه خاصیت مقناطیس ندارند . پس اگر آنها را درون یک میدان مقناطیس قرار دهیم دو قطبی ها در امتداد میدان قرار می گیرند و مواز به هم خاصیت مقناطیس می شود .



با مقناطیس

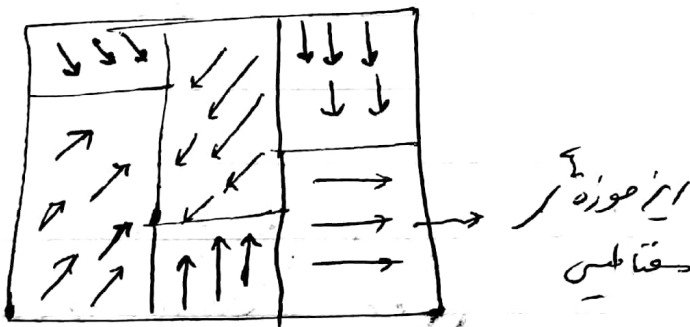
۲- مواری فرو مقناطیس

در این مواری دو قطبی درون یک ناحیه کوچک که آنها را از هم جدا می کند ، مقناطیس می نامیم ، در یک جهت قرار دارند . اما دو قطبی های یک از هم جدا با از هم جدا دیگر در یک جهت نیستند . این مواری فرو مقناطیس می نامیم .

فرومقایلیں ہاوردستہ ہستند:

الف) فرومقایلیں نرم: در این صوار با تراز برآورد در میدان مقایلیں دو قطبہ ہا را برآورد
 ہم جهت شدہ و مارہ خاصیت مقایلیں پیدا کند و با برآورد میدان، مارہ خاصیت مقایلیں
 خود را از دست مہر دهد. (آہنگ - نقطہ)

ب) فرومقایلیں سخت: در این صوار، دو قطبہ (بسیختہ) با میدان ہم جهت
 می شوند و پس از برآورد میدان نیز بہ حالت اولیه برنمی گردند و مارہ خاصیت مقایلیں
 خود را حفظ می کند. (عقودہ)



موفق، سید