انواع کمیت ها

۱. کمیت های اسکالر(نرده ای): به کمیت هایی می گوییم که فقط دارای مقدار می باشند. مثل طول ، جرم، زمان و ...

۲. کمیت های برداری: کمیت هایی میباشند که علاه بر مقدارارای جهت نیز هستند و از قوانین برداری پیروی می کنند. مانند نیرو، سرعت، شتاب ، میدان الکتریکی و ...

بردار ها

یک بردار را بایک پاره خط جهت دار نمایش می دهند. مانند $\vec{A}$

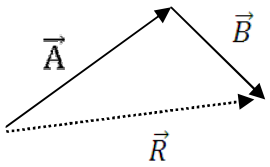
حاصل جمع دو بردار (نمایش هندسی)

برای حاصل جمع دو بردار دو روش وجوددارد:

۱. روش مثلثی : دراین روش ابتدا بردار B را روی انتهای بردار A قرار میدهیم. برداری که ابتدای A را به انتهای B وصل می نماید، همان بردار حاصل جمع دو بردار می باشد.

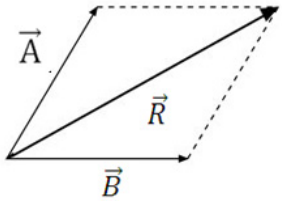
نکته: بردار حاصل جمع دو بردار را بردار برآیند می گویند و آنرا با R نمایش می دهند.

$$\vec{R} = \vec{A} + \vec{B}$$



۲. روش متواضی الاضلاع: دراین روش ابتدای دوبردار را روی یکدیگر قرارمی دهیم و سپس انتهای سپس از انتهای هر بردار خطی موازی بردار دیگر رسم می کنیم تا یکدیگر را قطع کنند و تشکیل یک متوازی الاضلاع دهند. قطر این متوازی الاضلاع همان بردار برآیند است.

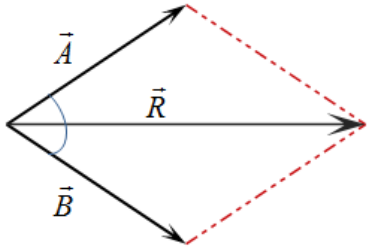
$$\vec{R} = \vec{A} + \vec{B}$$



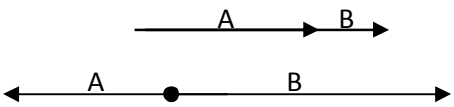
اندازه ی بردار برآیند

هرگاه دو بردار مانند A و B با هم زاویه بسازند اندازه ی بردار برآیند را می توانیم بصورت زیر محاسبه کنیم.

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



چند حالت خاص برای بردار برآیند:



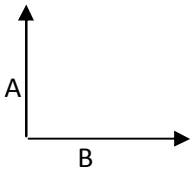
۱. دو بردار هم جهت باشند $\vec{R} = \vec{A} + \vec{B}$

۲. دو بردار خلاف جهت باشند $\vec{R} = \vec{B} - \vec{A}$

بردار کوچکتر از بردار بزرگتر کسر می گردد .

۳. دو بردار عمود باشند.

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



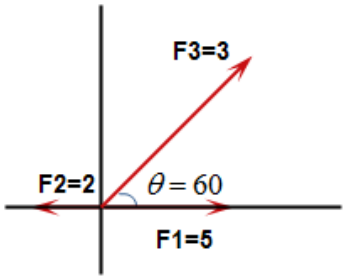
۴. دو بردار هم اندازه باشند: A=B $R = 2A\cos\frac{\theta}{2}$

سوال ۱: ۲ نیروی $F_1 = 3$ و $F_2 = 4$ بر هم عمودند برآیند این دو نیرو را بدست آورید؟

(بدلیل اینکه دو نیرو بر هم عمودند حالت سوم را انتخاب می کنیم)

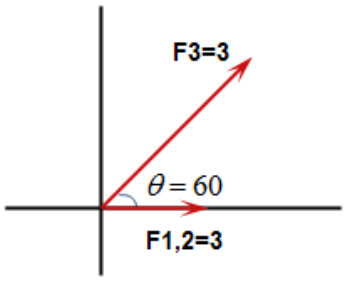
$$F = \sqrt{f_1^2 + f_2^2} = \sqrt{(3)^2 + (4)^2} = \sqrt{9 + 16} = \sqrt{25} = 5$$

سوال ۲: ۳ نیرو را مطابق شکل زیر به جسمی وارد می کنند. برآیند نیروهای وارد شده به جسم را تعیین کنید؟



F1 و F2 خلاف جهت هستند پس بردار برآیند آنها : $f_{1,2} = 5 - 2 = 3$

با بدست آوردن مقدار $f_{1,2}$ (برایند F1 و F2) شکل نمودار تغییر می کند:



دو بردار هم اندازه اند و از فرمول $R = 2f_{1,2}\cos\frac{\theta}{2}$

$$R = 2 \times 3 \times \cos\frac{60}{2} = 6 \times \cos 30 = 6 \times \sqrt{\frac{3}{2}}$$

بار الکتریکی

همه ی مواد از ذراتی به نام الکترون ، پروتون و نوترون تشکیل شده اند. الکترون ها دارای بار منفی ـ ، پروتون دارای با مثبت + و نوترون ها بدون بار هستند. واحد بار الکتریکی در دستگاه بین المللی، کولن (C)می باشد.

یک الکترون کوچکترین واحد بار الکتریکی می باشد و مقدار بار $e = -1.6 \times 10^{-19}$ کولن است.

بار الکترون با بار پروتون برابر است (ولی با علامت مثبت) $p = +1.6 \times 10^{-19}$

در حالت عادی تعداد الکترون ها و پروتون های یک ماده با هم برابر است. بنا بر این جسم از نظر الکتریکی خنثی است ولی اگر به نحوی تعداد الکترون ها را بیشتر کنیم، جسم دارای بار منفی و اگر تعداد پروتون ها را بیشتر کنیم جسم دارای بار مثبت می شود.

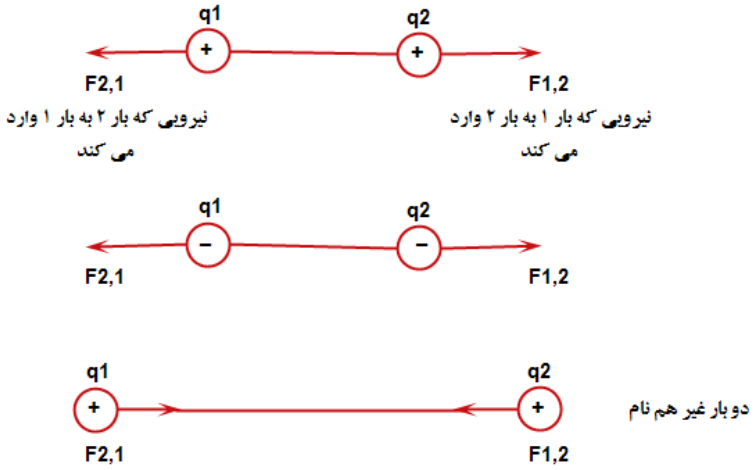
فرمول بار الکتریکی $q = \pm ne$

در فرمول بالا q بار الکتریکی ، nتعداد الکترون یا پروتون و e بار الکترون می باشد.

نیروی الکتریکی بین اجسام باردار

نیرویی که دو جسم باردار به یکدیگر وارد می کنند را نیروی الکتریکی می نامیم.

آزمایش نشان داده که اگر بار دو جسم همنام باشد (هردو مثبت یا هر دو منفی) نیروی بین آنها را نفعی یا دافعه و اگر دو بار نا همنام باشند نیروی بین آنها جاذبه است.



قانون کولن

بررسی کولن نشان داد که نیرویی که دو جسم باردار به یکدیگر وارد می کنند دارای ویژگی های زیر است:

۱. نیرو در امتداد خطی است که ۲ بار را به هم متصل می کند.
۲. نیرو با حاصلضرب بار دو جسم رابطه ی مستقیم دارد.

$$f_{1\,2} \quad \rightarrow \quad q_1 q_2$$

۳. نیرو با مجذور فاصله ی بین ۲ بار رابطه ی عکس دارد.

$$f_{1\,2} \times \frac{1}{r_{1,2}^2}$$

این موارد را می توان با رابطه ای بصورت زیر بیان کرد:

$$f_{12} = k\frac{q_1 \times q_2}{r_{1,2}^2}$$

که در اینجا k یک ضریب ثابت است و مقدار آن در دستگاه بین المللی برابر با :

$$k = \frac{1}{4\pi 40} = 9 \times 10^9 \ (\frac{N.M}{22})^2$$

$$40 = 8.8 \times 10^{-12} \ (\frac{2^2}{N.M}) \quad \text{ضریب گذردهی خلاء}$$

نکته ها:

۱. با استفاده از این رابطه مقدار نیرو بدست می آید. بنابراین علامت بارها را در آن منظور نمی کنیم. از علامت بارها فقط برای تعیین جهت نیرو استفاده می کنیم.
۲. معمولاً بار بر حسب میکرو کولن و فاصله بر حسب سانتی متر داده می شود. برای تبدیل آنها از ضرایب زیر استفاده می کنیم:

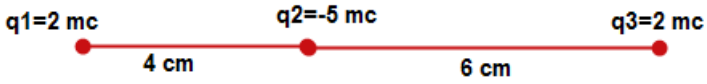
$$cm \xrightarrow{\times 10^{-2}} M$$

$$\mu c \xrightarrow{\times 10^{-6}} c$$

سوال ۱: دو بار $q_1 = +5\ mc$ و $q_2 = -8\ mc$ در فاصله ی 10 cm از هم قرار دارند. نیرویی که ۲بار بر یکدیگر وارد می کنند را بدست آورید؟

$$q_1 = +5\ (mc) = 5 \times 10^{-6}(c)$$
$$q_2 = -8\ (mc) = -8 \times 10^{-6}(c)$$
$$r_{1,2} = 10\ (mc) = 10 \times 10^{-6}(c)$$
$$f_{1,2} = k\frac{q1 \times q2}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{(5\times 10^{-6})(-8\times 10^{-6})}{(10\times 10^{-2})^2} = \frac{360\times 10^{-3}}{100\times 10^{-4}} = \frac{360\times 10}{100} = 36\ N$$

سوال ۲: ۳ بار نقطه ای مطابق شکل زیر در جای خود ثابت نگه داشته شده اند. برآیند نیروهای وارد بر $q3$ را بدست آورید؟



به q_3دو نیرو از طرف q_1 و q_2 وارد می شود

$$r_{1,3} = 4 + 6 = 10(cm)$$

$$f_{2,3} = k\frac{q1 \times q2}{(r_{2,3})^2} = 9$$

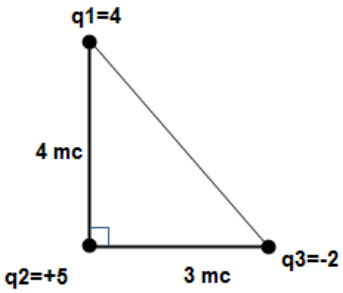
$$r_{1,2} = 10\ (mc) = 10 \times 10^{-6}(c)$$

$$f_{2,3} = k\frac{q2 \times q3}{(r_{2,3})^2} = 9 \times 10^9 \frac{(5\times10^{-6})(2\times10^{-6})}{(6\times10^{-2})^2} = \frac{90\times10}{36} = 25\ N$$

$$f_{1,3} = k\frac{q1 \times q3}{(r_{1,3})^2} = 9 \times 10^9 \frac{(2\times10^{-6})(2\times10^{-6})}{(10\times10^{-2})^2} = \frac{36\times10^{-3}}{100\times10^{-4}} = \frac{36\times10}{100} = 3.6\ N$$

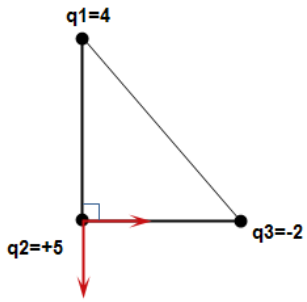
دو نیرو خلاف جهت هم هستند $f = 25 - 3.6 = 21.4\ N$

سوال ۳: در شکل زیر فرآیند نیروهای وارد بر بار $q2$ را بدست آورید؟



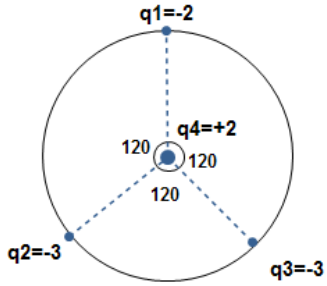
$$f_{1,2} = k\frac{q1 \times q2}{(r_{1,2})^2} = 9 \times 10^9 \frac{(4\times10^{-6})(5\times10^{-6})}{(4\times10^{-2})^2} = \frac{180\times10}{16} = 112.5\ N$$

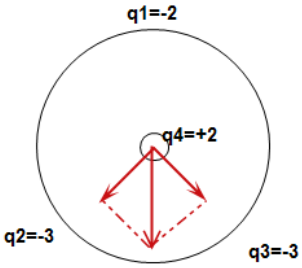
$$f_{3,2} = k\frac{q3 \times q2}{(r_{3,2})^2} = 9 \times 10^9 \frac{(2\times10^{-6})(5\times10^{-6})}{(3\times10^{-2})^2} = \frac{90\times10}{9} = 100\ N$$



دونیرو برهم عمودند پس برایند آنها $f = \sqrt{(100)^2(112.5)^2}$

سوال ۴: ۳ باز نقطه ای مطابق شکل روی دایره ای به شعاع *10cm* قرارداد بار *q4* روی مرکز دایره است براین نیروهای وارده بر این بار را بدست آورید؟





بردار برآیند به روش متوازی الاضلاع

$$f_{1,4} = k\frac{q1 \times q4}{(r_{1,4})^2} = 9 \times 10^9 \frac{(2\times10^{-6})(2\times10^{-6})}{(10\times10^{-2})^2} = \frac{36\times10}{100} = 3.6\ N$$

$$f_{2,4} = k\frac{q2 \times q4}{(r_{2,4})^2} = 9 \times 10^9 \frac{(3\times10^{-6})(2\times10^{-6})}{(10\times10^{-2})^2} = \frac{54\times10}{100} = 5.4\ N$$

$f_{2,4}$ و $f_{3,4}$ هم اندازه اند بنابر این برآیند آنها:

$$f' = 2f_{2,4}\cos\frac{120}{2} \rightarrow f' = 2\times5.4\times\cos 60 \rightarrow f' = 2\times5.4\times\frac{1}{2} = 5.4$$

$$f = f' - f_{1,4} \rightarrow f = 5.4 - 3.6 = 1.8$$

میدان الکتریکی

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

تعریف کمی میدان الکتریکی

نیروی الکتریکی وارد بر بار الکتریکی مثبت در هر نقطه ای را میدان الکتریکی می نامیم. واحد میدان الکتریکی در دستگاه بین المللی نیوتون به کولن $(\frac{N}{C})$ است.

**میدان الکتریکی یک کمیت برداری است.

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

در فرمول بالا E میدان الکتریکی، F نیرو و q_0 بار آزمون می باشد.

بار آزمون: یک بار فرضی بی نهایت کوچک است که مقدار آن مثبت در نظر گرفته می شود.

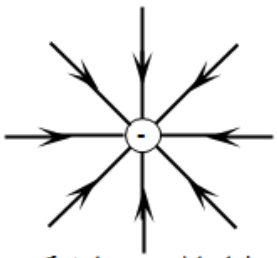
**جهت میدان الکتریکی در هر نقطه هم جهت با نیرویی است که به بار آزمون وارد می شود.

خطوط نیرو (خطوط میدان الکتریکی)

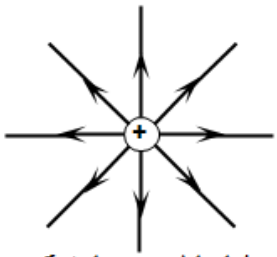
برای نمایش میدان الکتریکی از مفهوم خطوط نیرو استفاده استفاده می کنیم که دارای ویژگی های زیر است:

۱. خطوط در نیرو در هر نقطه همجهت با نیروی وارد بر بار آزمون در آن نقطه می باشند. بنا بر این خطوط همواره از بار مثبت خارج و از بار منفی وارد می شوند.
۲. خطوط در هر نقطه جهت میدان را مشخص می کند.
۳. خطوط نیرو یکدیگر را قطع نمی کند.
۴. هرجا میدان قویتر باشد خطوط به هم نزدیکتر است.

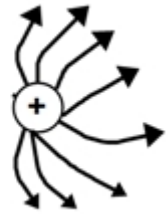
شکل های زیر، خطوط نیرو مربوط به چند حالت ساده را نمایش می دهند:

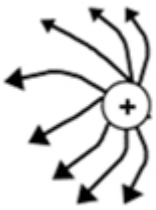


خطوط نیرو مربوط به یک بار منفی مفرد



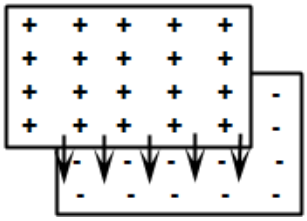
خطوط نیرو مربوط به یک بار مثبت مفرد





خطوط نیرو برای ۲ بار مثبت

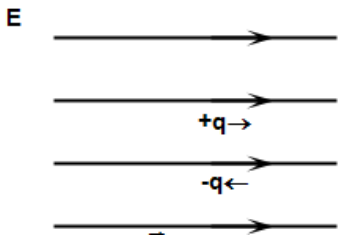
خطوط نیرو برای یک بار مثبت و یک بار منفی



خطوط نیرو برای دو قطب الکتریکی

نیروی وارد بر بار الکتریکی در یک میدان خارجی

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



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

در فرمول بالا E میدان الکتریکی، q بار و F نیرو می باشد.

میدان حاصل از یک بار نقطه ای

میدان حاصل از یک بار نقطه ای در فاصله r از آن بصورت زیر محاسبه می شود.

با استفاده از قانون کولن داریم: $f = k\frac{q\times q0}{r^2} \Rightarrow E = \frac{f}{q0} = \frac{k\frac{q\times q0}{r^2}}{q0} = k\frac{q}{r^2}$

میدان حاصل از یک بار نقطه ای در فاصله ی r : $E = k\frac{q}{r^2}$

میدان الکتریکی مانند نیرو یک کمیت برداری است بنابر این:

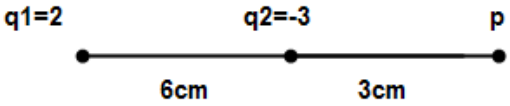
۱. اگر بیش از یک بار داشته باشیم میدان حاصل از هر بار را حساب کرده سپس برآیند آنها را بدست می آوریم.
۲. علامت بارها را درون رابطه قرار نمی دهیم.

سوال ۱: میدان الکتریکی را در فاصله ی $10cm$ از یک بار 20 میکروکلون بدست آورید؟

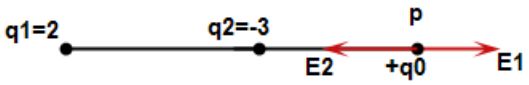
$q=20\mu c \qquad r=10\ cm$

$$E = k\frac{q}{r^2} = 9\times 10^9 \frac{20\times 10^{-6}}{(10\times 10^{-2})^2} \rightarrow \frac{180\times 10^3}{100\times 10^{-4}} = \frac{180}{100}\times 10^7 = 1.8\times 10^7\ (\frac{N}{C})$$

سوال۲: دوبار نقطه ای مطابق شکل زیر در جای خود ثابت نگهداشته شده اند میدان الکتریکی را در نقطه ی p پیدا کنید؟(جهت از ۲بار را روی شکل مشخص کنید)



اول جهت میدان را پیدامی کنیم برای اینکار یک بار آزمون را در نقطه ی p قرار می دهیم و جهت را بدست می آوریم.

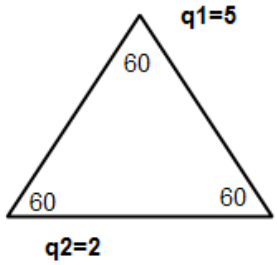


$$E_1 = k\frac{q1}{r_1^2} = 9\times10^9\frac{2\times10^{-6}}{(9\times10^{-2})^2} \rightarrow \frac{18\times10^3}{81\times10^{-4}} = 0.22\times10^7\ (\frac{N}{C})$$

$$E_2 = k\frac{q2}{r_2^2} = 9\times10^9\frac{3\times10^{-6}}{(3\times10^{-2})^2} \rightarrow \frac{27\times10^3}{9\times10^{-4}} = 3\times10^7\ (\frac{N}{C})$$

$$E = E - E_1 = 3\times10^7 - 0.22\times10^7 = 2.78\times10^7\ (\frac{N}{C})$$ $E1$و $E2$ خلاف جهت هستند

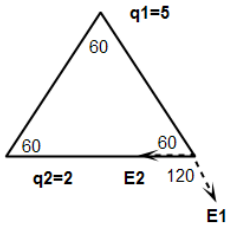
سوال۲:دوبار نقطه ای مطابق شکل زیر روی رأس مثلث متوازی الاضلاع به ضلع 3cm قرار دارند, میدان الکتریکی را روی رأس سوم مثلث بدست آورید؟



$$\cos 60 = \frac{1}{2} \qquad \cos 120 = -\frac{1}{2}$$

$$E_1 = k\frac{q1}{r_1^2} = 9\times10^9\frac{5\times10^{-6}}{(3\times10^{-2})^2} \rightarrow \frac{45\times10^3}{9\times10^{-4}} = 5\times10^7\ (\frac{N}{C})$$

$$E_2 = k\frac{q2}{r_2^2} = 9\times10^9\frac{2\times10^{-6}}{(3\times10^{-2})^2} = 2\times10^7\ (\frac{N}{C})$$



$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2\cos 120}$$ برآیند آنها

$$E = \sqrt{5^2 + 2^2 + 2\times5\times2\times(-\frac{1}{2})}\times10^7 \rightarrow \sqrt{25+4-10\times10^7} = \sqrt{19\times10^7}$$

انرژی پتانسیل الکتریکی

هرگاه بخواهیم فاصله ی بین دوبار را تغییر دهیم باید مقداری کار انجام دهیم که این کار در سیستم بصورت انرژی پتانسیل الکتریکی ذخیره می شود. همچنین وقتی یک بار در یک میدان الکتریکی حرکت کند انرژی پتانسیل تغییر می کند. تغییر انرژی پتانسیل برابر با انرژی ای است که برای جابجایی بار مصرف می شود.

انرژی پتانسیل یک کمیت اسکالر است که آنرا با U نمایش می دهیم و واحد آن در دستگاه بین المللی ژول (J)است.

پتانسیل الکتریکی

فرض کنید بار q_0در یک میدان الکتریکی از نقطه ی۱ تا ۲ جابجا شود. اگر انرژی پتانسیل سیستم در این جابجایی به اندازه Δu تغییر کند در این صورت اختلاف پتانسیل بین این دونقطه بصورت زیر تعریف می شود.

پتانسیل الکتریکی یک کمیت اسکالر است و واحد آن در دستگاه بین المللی ژول بر کلون $\frac{\text{ژول}}{\text{کلون}}$ است که آن را ولت V می نامیم.

$$\text{تغییرات انرژی پتانسیل} \rightarrow \Delta v = \frac{\Delta u}{q} \leftarrow \text{اختلاف پتانسیل}$$

سوال۱: یک ذره ی آلفا $q = +2e$ در یک شتاب دهنده از یک پایانه با پتانسیل $6.5 \times 10^6\ (v)$ به پایانه ی دیگر با پتانسیل صفر می رود. انرژی پتانسیل سیستم چه تغییری می کند؟

$$q = 2e = 2 \times (1.6 \times 10^{-19}) = 3.2 \times 10^{-19}$$

$$v_1 = 6.5 \times 10^6\ (v) \qquad v_2 = 0$$

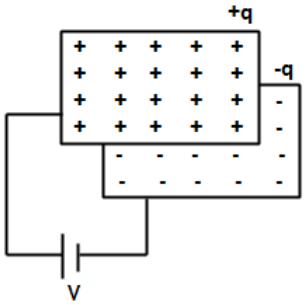
$$v_1 = 6.5 \times 10^6\ (v) \rightarrow \Delta v = v_2 - v_1 = 0 - 6.5 \times 10^6 = -6.5 \times 10^6\ (v)$$

$$\Delta v = \frac{\Delta u}{q} \rightarrow \Delta u = \Delta v \times q \rightarrow (-6.5 \times 10^6)(3.2 \times 10^{-19}) = -20.8 \times 10^{-13}\ (v)$$

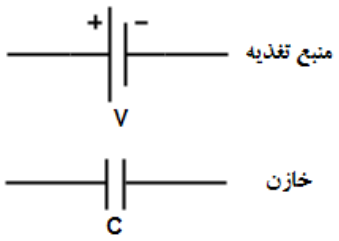
خازن مسطح

دو صفحه رسانای موازی و هم اندازه که در فاصله ی کمی از یکدیگر قرار دارند خازن مسطح گویند. اگر دوسر خازن به یک منبع با اختلاف پتانسیل V متصل شود بارهای مثبت $+q$ و $-q$ روی صفحه های خازن می گیرند و اصطلاحاً گوییم خازن دارای بار q است. تجربه نشان داده نسبت بار یک خازن به اختلاف پتانسیل دو سر آن مقداری ثابت است که آن را ظرفیت خازن گفته می شود.

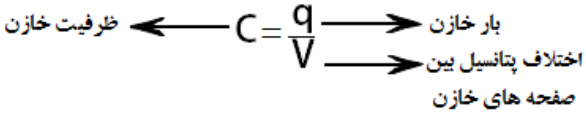
$$\frac{\text{کولن}}{\text{ولت}} = \frac{f}{\text{v}}$$



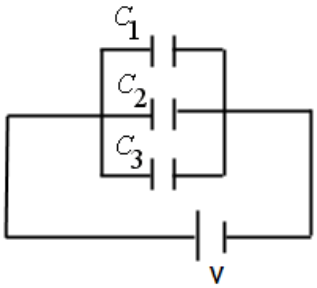
**واحد ظرفیت خازن در دستگاه بین المللی فاراد است.



به هم بستن خازن ها



الف) حالت موازی: در حالت موازی اختلاف پتانسیل دو سر همه ی خازن ها با هم برابر است.



رابطه ی ۱ : $(V = V_1 = V_2 = V_3)$

همچنین در حالت موازی بار کل مجموعه برابر مجموعه بارهای تک تک خازن ها است.

رابطه ی ۲ : $(q = q_1 = q_2 = q_3)$

$$C = \frac{q}{v} \Rightarrow q = c.v$$

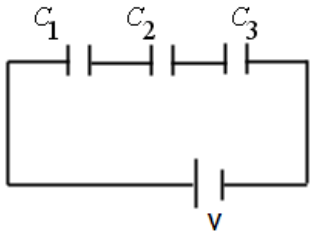
با قرار دادن $q = c.v$ در رابطه ی ۲ داریم : $CV = C_1.v + C_2.v + C_3.v$ از این رابطه نتیجه می گیریم:

$$CV = V(C_1 + C_2 + C_3)$$

در نهایت برای بدست آوردن ظرفیت معادل در حالت موازی خواهیم داشت:

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

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



رابطه ۱: $q = q_1 = q_2 = q_3$

اختلاف پتانسیل کل برابر مجموع اختلاف دو سر همه ی خازن ها است.

رابطه ی ۲: $V = V_1 = V_2 = V_3$

$$C = \frac{q}{v} \Rightarrow C = \frac{q}{c}$$

در نهایت برای بدست آوردن ظرفیت معادل در حالت سری خواهیم داشت:

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

برای دو خازن سری می توان نوشت:

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

مثال ۱: ۳ خازن با ظرفیت های زیر و بصورت موازی به یک باطری با اختلاف پتانسیل *200V* به هم متصل شده اند.

$C_1 = 4(\mu f)$
$C_2 = 6(\mu f)$
$C_3 = 40(\mu f)$

الف) ظرفیت خازن معادل را بدست آورید؟

*بدلیل اینکه بصورت موازی هستند از این روش استفاده می کنیم

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 4 + 6 + 40 = 50\ (\mu f)$$

ب) بار الکتریکی و اختلاف پتانسیل دو سر هر یک از خازن ها را تعیین کنید؟

بار کل $q = C.V = 500 \times 200 = 1000\ (\mu f)$

اختلاف پتانسیل $V = V_1 = V_2 = V_3 = 200V$

*برای بدست آوردن اختلاف پتانسیل دو سر هریک از خازن ها *200V* را در آنها ضرب می کنیم.

$$q_1 = C_1.V_1 = 4 \times 200 = 800\ (\mu f)$$

$$q_2 = C_2.V_2 = 6 \times 200 = 1200\ (\mu f)$$

$$q_3 = C_3.V_3 = 40 \times 200 = 8000\ (\mu f)$$

مثال ۲: دوخازن با ظرفیت های زیر بصورت سری به یک منبع با اختلاف پتانسیل *10V* وصل شده اند:

$$C_1 = 10(\mu f)$$
$$C_2 = 100(\mu f)$$

الف) ظرفیت خازن معادل را بدست آورید؟

*بدلیل اینکه بصورت سری هستند از این روش استفاده می کنیم

$$C = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2} = \frac{10 \times 100}{10 + 100} = 9.09\ (\mu f)$$

ب) بار الکتریکی و اختلاف پتانسیل دو سر هر یک از خازن ها را تعیین کنید؟

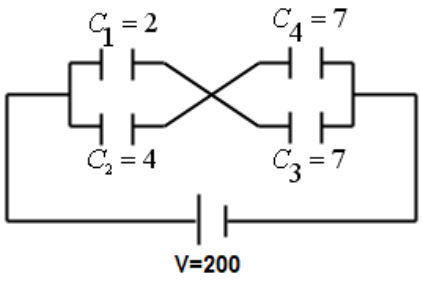
بار کل $q_1 = q_2 = q = C.V \rightleftharpoons q = 9.09 \times 10 = 90.9(\mu f)$

*برای بدست آوردن اختلاف پتانسیل دو سر هریک از خازن ها *200V* را در آنها ضرب می کنیم.

$$V_1 = \frac{q_1}{C_1} = \frac{90.9}{10} = 9.09$$

$$V_2 = \frac{q_2}{C_2} = \frac{90.9}{100} = 0.909$$

مثال ۳: در مدار زیر:



الف) ظرفیت خازن معادل را بدست آورید؟

C_1 و C_2با هم موازی می باشند

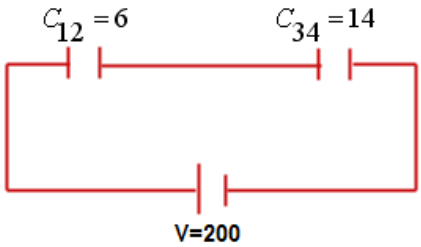
$$C_{12} = C_1 + C_2 = 2 + 4 = 6\ (\mu f)$$

C_3 و C_4با هم موازی می باشند

$$C_{34} = C_3 + C_4 = 7 + 7 = 14\ (\mu f)$$

*باتوجه به شکل جدید مدار C12 و C34 با هم سری می باشند از فرمول خازن سری استفاده می کنیم:

$$C = \frac{C_{12} \times C_{34}}{C_{12} + C_{34}} = \frac{6 \times 14}{6+14} = 4.2\ (\mu f)$$



ب) بار الکتریکی و اختلاف پتانسیل دو سر هر یک از خازن ها را تعیین کنید؟

$$q_{12} = q_{34} = q = C.V \Rightarrow q = 4.2 \times 200 = 840$$

$$V_1 = V_2 = V_{12} = \frac{q_{12}}{c_{12}} \Rightarrow V_{12} = \frac{840}{6} = 140$$

$$V_3 = V_4 = V_{34} = \frac{q_{34}}{c_{34}} \Rightarrow V_{34} = \frac{840}{14} = 60$$

اختلاف پتانسیل دوسر هر خازن

$$q_1 = C_1.V_{12} = 2 \times 140 = 280\ (\mu f)$$

$$q_2 = C_2.V_{12} = 4 \times 140 = 560\ (\mu f)$$

$$q_3 = C_3.V_{34} = 7 \times 60 = 420\ (\mu f)$$

$$q_3 = C_3.V_{34} = 7 \times 60 = 420\ (\mu f)$$

انرژی الکتریکی ذخیره شده در خازن

یکی از کاربردهای خازن ، ذخیره ی انرژی الکتریکی است. یک خازن باردار دارای انرژی پتانسیل الکتریکی است که این انرژی برابربا مقدار کاری است که عامل خارجی (باطری یا مولد) برای باردار کردن خازن انجام می دهد مقدار این انرژی از رابطه ی زیر بدست می آید.

$$U = \frac{1}{2}cv^2$$

U=انرژی الکتریکی ذخیره شده در خازن c=ظرفیت خازن v=اختلاف پتانسیل

چگالی انرژی : انرژی موجود در واحد حجم را چگالی انرژی می نامیم:

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

u=چگالی انرژی U=انرژی V= حجم

در هر نقطه ای از فضا که میدان الکتریکی وجود داشته باشد یک چگالی انرژی به اندازه ی $u = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2$ وجود دارد. در اینجا ε_0 را ضریب گذردهی خلاء می نامیم و مقدار آن برابراست با 8.85×10^{-12} $(\frac{c^2}{n.m})$ و E میدان الکتریکی می باشد.

انرژی یک کمیت اسکالر است و واحد آن در دستگاه بین المللی ژول (J) است.

مثال۱: یک کره ی رسانا به شعاع $5c$دارای بار $20\mu c$ است میدان الکتریکی و چگالی انرژی آن را :

الف: روی سطح کره

$q = 20\ \mu c \rightleftharpoons 20 \times 10^{-6}$ $r = 5\ cm \rightleftharpoons 5 \times 10^{-2}$

*ابتدا میدان الکتریکی را بدست می آوریم

$$E = k\frac{q}{r^2} = 9 \times 10^{-9}\frac{20\times10^{-6}}{(5\times10^{-2})^2} \rightarrow \frac{180\times10^3}{25\times10^{-4}} = 7.2 \times 10^7$$

$$u = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2 = u = \frac{1}{2} \times 8.85 \times 10^{-12}(7.2 \times 10^7)^2$$

ب: در فاصله ی یک متری از مرکز را بدست آورید؟

$$r = 1M$$

$$E = k\frac{q}{r^2} = 9 \times 10^{-9}\frac{20\times10^{-6}}{(1)^2} \rightarrow \frac{180\times10^3}{1} = 180 \times 10^3$$

$$u = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2 = u = \frac{1}{2} \times 8.85 \times 10^{-12}(180 \times 10^3)^2$$

متال ۲: دو خازن به ظرفیت های $c_1 = 4\ \mu f$ و $c_2 = 6\ \mu f$ بصورت سری به یک باطری با اختلاف پتانسیل 5v متصل می کنیم:

الف: انرژی ذخیره شده در این مجموعه را حساب کنید؟

*اول ظرفیت معادل را بدست می آوریم.

$$C = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2} = \frac{4\times 6}{4+6} = 2.4\ (\mu f)$$
$$U = \frac{1}{2} c v^2 = \frac{1}{2} \times 2.4 \times 5^2 = 30\ \mu j$$

ب: انرژی ذخیره شده در هر یک از خازن ها را حساب کنید؟

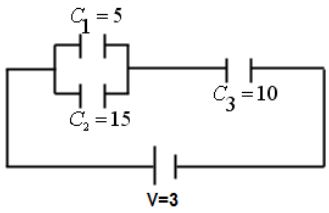
$$U_1 = \frac{1}{2} c_1 v_1^2 \qquad U_2 = \frac{1}{2} c_2 v_2^2$$

*در اینجا می بایست مقدار V را داشته باشیم پس بدلیل اینکه خازن ها سری هستند (V آنها برابر نیست) ابتدا q را بدست می آوریم

$$q_1 = q_1 = q = c.v = 2.4 \times 5 = 12$$
$$V_1 = \frac{q_1}{c_1} = \frac{12}{4} = 3$$
$$V_2 = \frac{q_2}{c_2} = \frac{12}{6} = 2$$

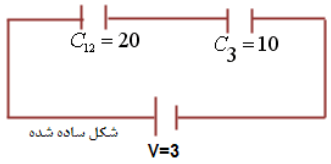
$$U_1 = \frac{1}{2} c_1 v_1^2 = \frac{1}{2} \times 4(3)^2 = 18$$
$$U_2 = \frac{1}{2} c_2 v_2^2 = \frac{1}{2} \times 6(2)^2 = 12$$

مثال۳: در مدار شکل زیر:



الف: ظرفیت خازن معادل؟

$$C_{12} = C_1 + C_2 = 15 + 5 = 20\ (\mu f)$$
$$C = \frac{C_{12} \times C_3}{C_{12} + C_3} = \frac{20\times 10}{20+10} = 6.6\ (\mu f)$$



ب: انرژی الکتریکی ذخیره شده در این مجموعه را حساب کنید؟

$$U = \frac{1}{2} c v^2 = \frac{1}{2} \times 6.6(3)^2 = 30\ \ \mu j$$

جریال الکتریکی

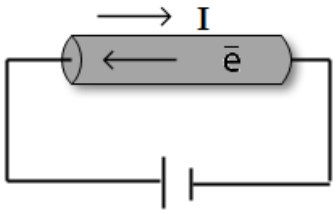
آهنگ انتقال بار الکتریکی را شدت جریان الکتریکی می نامند.

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

برای جریان های ثابت این رابطه بصورت زیر ساده می شود. واحد شدت جریان الکتریکی در دستگاه بین المللی آمپر A است.

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

طبق قرارداد، جهت جریان یک ماده را هم جهت با حرکت بارهای مثبت در نظر می گیریم. بنا بر این الکترون ها که دارای بار منفی هستند در یک ماده ی رسانا بر خلاف جهت جریان حرکت می کنند.



مثال۱: جریان الکتریکی 3A برای مدت ۱۶ ثانیه از مداری عبور می کند. بار الکتریکی و تعداد الکترون هایی که از سطح این مدار گذشته است را بدست آورید؟

$$I=3A \qquad t=16s \qquad q=?$$

$$I = \frac{q}{t} \Rightarrow q = I \times t = 2 \times 16 = 48\ c$$

*برای بدست آوردن الکترون ها

$$q = ne \Rightarrow n = \frac{q}{e} = \frac{48}{1.6\times10^{-19}} = 3 \times 10^{19}$$

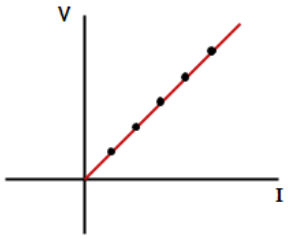
مقاومت الکتریکی

نسبت اختلاف پتانسیل دو سر یک رسانا به شدت جریان عبور از آن را مقاومت الکتریکی(R) می نامیم و واحد مقاومت اهم Ω می باشد.

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

قانون اهم

برای دسته ای از مواد، نسبت اختلاف پتانسیل دو سر یک رسانا به شدت جریان عبور از آن مقداری ثابت است. موادی که از این قانون پیروی می کنن را مواد اهمی می نامیم. نمودار ولتاژ بر حسب جریان برای این مواد یک خط راست است.



مصرف انرژی در یک مدار الکتریکی

وقتی دو سر یک مقاومت به اختلاف پتانسیل V متصل شود. جریان I از آن عبور می کند. با گذشت زمان انرژی الکتریکی درون مدار به انرژی گرمایی تبدیل می شود که به آن گرمایش، ژول می گوییم مقدار این انرژی به عوامل زیر بستگی دارد:

V. اختلاف پتانسیل

I. شدت جریان

t. زمان عبور جریان

$$\text{انرژی مصرف شده } W=V.I.T \rightarrow W = RI^2t \quad \rightarrow W=\frac{V^2}{R}t$$

تعریف توان: کار انجام شده در واحد زمان را توان می نامیم: $p = \frac{W}{t}$ توان (W همان کار انجام شده است)

واحد توان در دستگاه بین المللی ژول j بر ثانیه s است که آن را وات (W) می نامیم. $W = \frac{j}{s}$

توان مصرفی یک مقاومت

اگر در رابطه ی بالا به جای W انرژی مصرفی یک مقاومت را قرار دهیم، توان مصرفی مقاومت بصورت زیر بدست می آید.

$$P=V.I \rightarrow P = RI^2 \rightarrow P=\frac{V^2}{R}$$

یکی دیگر از واحد های انرژی که در صنعت کاربرد بیشتری دارد کیلو وات ساعت ($k.w.h$) است که به صورت زیر به ژول تبدیل می شود: ۱ثانیه ×یک وات= ۱ ژول

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

مثال۱: یک یخچال از خط ۱۱۰ ولت، جریان ۵ آمپر می کشد، توان مصرفی و انرژی مصرف شده در مدت ۲ ساعت چقدر است؟

$V=110v$ $t=2h \rightarrow 2\times3600=7200$ $I=5A$ $P=?$ $W=?$

$P = V.I = 110 \times 5 = 550w$ → $550\div1000=0.55\ kw$

$W = P.t = 0.55 \times 2 = 1.1(kw.h)$

*برای بدست آوردن ژول : 550×7200

مثال۲: یک بخاری برقی به مقاومت ۸ اهم جریان ۱۵ آمپر از شبکه می کشد:

الف:توان مصرفی و انرژی مصرف شده در مدت ۴ ساعت چقدر است؟

$R=8\ \Omega$ $t=4h$ $I=15A$ $P=?$ $W=?$

$P = RI^2 = 8 \times (15)^2 = 1800w$ → $1800\div1000=1.8\ kw$

$W = P.t = 1.8 \times 4 = 7.2(kw.h)$

ب: اگر هزینه ی برق ۳۰۰ ریال به ازای هر کیلو وات ساعت باشد هزینه ی چهار ساعت کارکرد بخاری چقدر است؟

$7.2\times300=2160$

مثال۳: یک موتور الکتریکی از خط $110w$ جریان $5A$ می کشد توان ورودی و انرژی منتقل شده به موتور در مدت ۲ ساعت چند ژول است؟

$V=110v$ $t=2h$ $I=5A$ $P=?$ $W=?$

$P = VI = 110 \times 5 = 550w$ → $550\div1000=0.55kw$

$W = P.t = 0.55 \times 2 = 1.1(kw.h)$

student1389@hotmail.com

مثال۴: توان مصرفی یک لامپ وقتی به اختلاف پانسیل ۲۰۰ ولت متصل است ۱۰۰ وات است.

الف: مقاومت الکتریکی لامپ وقتی روشن است چقدر است؟

$V=220v$ $t=24h$ $R=?$ $P=100W=0.1kw$ $W=?$

$P=\frac{V^2}{R}\rightarrow 100=\frac{220^2}{R}\rightarrow R=\frac{48400}{100}=484$ → $550\div 1000=0.55kw$

ب: در مدت ۲۴ ساعت چقدرانرژی مصرف می کند؟

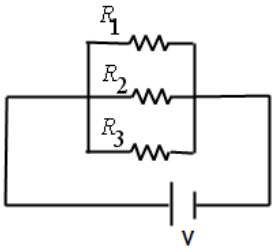
$W=P.t=0.1\times 24=2.4\ kw.h$

به هم بستن مقاومت ها

الف: حالت موازی:

رابطه ی ۱: در حالت موازی اختلاف پتانسیل دو سر هر مقاومت ها با هم برابر است $V_1 = V_2 = V_3 = V$

رابطه ی ۲: در حالت موازی جریان کل برابر مجموع جریان های عبوری از همه مقاومت هاست. $\mathrm{I} = I_1 + \mathrm{I}_2 + \mathrm{I}_3$



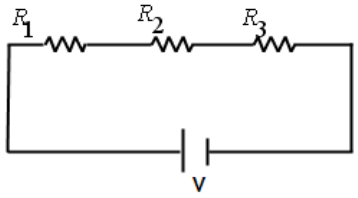
معادل دو مقاومت موازی $\mathrm{R} = \frac{\mathrm{R}_1 \times \mathrm{R}_2}{\mathrm{R}_1 + \mathrm{R}_2}$

ب: حالت سری:

رابطه ی ۱ : در حالت سری جریان عبوری از همه ی مقاومت ها با هم برابر است. $\mathrm{I} = \mathrm{I}_1 = \mathrm{I}_2 = \mathrm{I}_3$

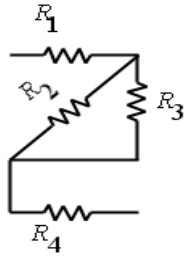
رابطه ی ۲: اختلاف پتانسیل کل برابر مجموع اختلاف پتانسیل های دو سر همه ی مقاومت ها است.

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$



$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

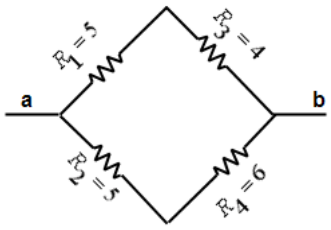
مثال۱: در شکل زیر همه مقاومت ها 10Ω هستند. مقاومت معادل بین نقاط a و b را تعیین کنید؟



موازی $R_{2\,3} = \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3} = \frac{10 \times 10}{10 + 10} = 5\ \Omega$

$R = R_{2\,3} + R_4 + R_1 = 5 + 10 + 10 = 25\Omega$

مثال۲: در شکل زیر مقاومت معادل a و b را بدست آورید؟



موازی $R_{1\,2} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{5\times5}{5+5} = 2.5$

موازی $R_{3\,4} = \frac{R_3 \times R_4}{R_3 + R_4} = \frac{4\times6}{4+6} = 2.4$

$R = R_{1\,2} + R_{3\,4} = 4.2$

مثال۳: از رشته ی سیمی به مقاومت 8Ω یک بخاری ساخته ایم. اگر اختلاف پتانسیل $10v$ متصل شود

الف: توان مصرفی آن چقدر است؟

$R=8\,\Omega$ $V=10v$ $P=?$

$P = \frac{V^2}{R} = \frac{10^2}{8} = 12.5w$

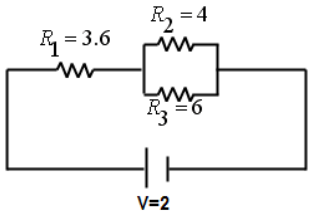
ب: این رشته را به دو دسته مساوی تقسیم کرده و مقدار آن را بطور موازی به هم می بندیم. توان مصرفی در این مقاومت چقدر است؟

$R_1 = R_2 = \frac{R}{2} = \frac{8}{2} = 4\Omega$

$\acute{R} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{4\times4}{4+4} = 2$

$\acute{P} = \frac{V^2}{\acute{R}} = \frac{10^2}{2} = 50w$

مثال۴: در شکل زیر مقاومت معادل و جریان عبوری از مدار را بدست آورید؟



موازی $R_{2\,3} = \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3} = \frac{4\times6}{4+6} = 2.4$

سری $R = R_1 + R_{2\,3} = 3.6 + 2.4 = 6$

$I = \frac{V}{R} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2} = 0.5$

میدان مغناطیسی

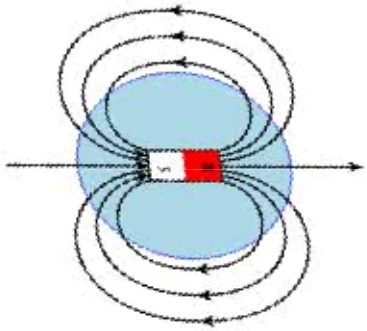
خاصیتی که یک آهن ربا با یک سیم حامل جریان در فضای اطراف ایجاد می کند را میدان مغناطیسی می گویند.

میدان مغناطیسی یک کمیت برداری است که آنرا با B نشان می دهند و واحد آن در دستگاه بین المللی تِسلا T است. یکی دیگر از واحد های میدان مغناطیسی گاوس G است. ۱ تسلا = $۱۰^{۴}$ گاوس است.

$$\text{تسلا} \xrightarrow{\times 10^{4}} \text{گاوس}$$

$$\text{گاوس} \xrightarrow{\times 10^{-4}} \text{تسلا}$$

برای نمایش میدان مغناطیسی همانند میدان الکتریکی از مفهوم خطوط میدان استفاده می کنیم.هنگامی که یک آهن ربا نزدیک عقربه قطب مغناطیسی قرار می گیرد، عقربه می چرخد تا در جهت میدان بایستد و قطبn آن است که جهت مغناطیسی را نشان می دهد.



خطوط مغناطیسی یک آهن ربای میله ای

ویژگی های خطوط میدان مغناطیسی یک خط

۱. همواره از قطب n خارج و به قطب s وارد می شود.
۲. خطوط یکدیگر را قطع نمی کنند.
۳. در هر نقطه جهت میدان را مشخص می کند.
۴. هر جا میدان قوسی تر باشد خطوط به هم نزدیک تر است.

میدان مغناطیسی یکنواخت :

اگر خطوط میدان مغناطیسی در نقاطی از فضا موازی و هم فاصله باشند، در این ناحیه اندازه و جهت میدان مغناطیسی ثابت است و به آن میدان مغناطیسی یکنواخت می گوییم.

نیروی وارد بر بار متحرک در یک میدان مغناطیسی

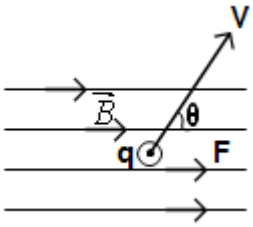
بر یک بار درون میدان مغناطیسی نیروی مغناطیسی وارد می شود. مقدار این نیرو به چهار عامل بستگی دارد:

۱. مقدار بار q

۲. سرعت ذره ی باردار V

۳. شدت میدان مغناطیسی B

۴. زاویه ی بین بردار سرعت و میدان مغناطیسی Θ



$$F = qVB\sin\theta$$

در این فرمول F نیروی وارد بر بار متحرت در میدان مغناطیسی، Vسرعت ، B شدت میدان و Θ زاویه ی بین B و Vمی باشد.

این نیرو بر راستای میدان مغناطیسی و سرعت ذره عمود است. جهت این نیرو با قانون دست راست تعیین می شود.

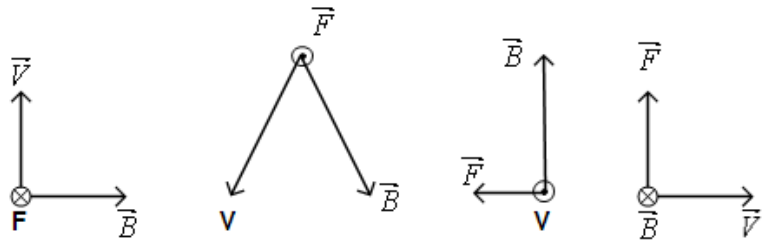
تعیین جهت نیرو با قانون دست راست

۴ انگشت درست راست را طوری در جهت میدان قرار می دهیم که انگشت شصت در جهت سرعت (V) باشد به این صورت که کف دست جهت نیرو وارد بر بار مثبت را نشان می دهد.

⊙ عمود بر صفحه به سمت بیرون

⊗ عمود بر صفحه به سمت داخل

شکل های زیر جهت نیروی وارد بر یک بار مثبت را نشان می دهند که با قانون دست راست مشخص شده اند.



مثال۱: میدان مغناطیسی به اندازه ی $1.2(B^+)$ در راستای قائم و به سمت بالا وجود دارد. پروتونی به سرعت $3.2 \times 10^7(\frac{m}{s})$ به طور افقی از جنوب به شمال در حال حرکت است. اندازه ی جهت نیروی مغناطیسی وارد بر پروتون را تعیین کنید؟

$B = 1.2\ \mu t \ \rightarrow 1.2 \times 10^{-3}\ (t)$
$V = 3.2 \times 10^{7} (\frac{m}{s})$
$q = 1.6 \times 10^{-19}$
$sin\, 90 = 1$

$F = qVB\ sin\,\theta\ = (1.6 \times 10^{-19}) \times (3.2 \times 10^{7}) \times (1.2 \times 10^{-3}) \times 1 = 6.1 \times 10^{-15}$

مثال۲: پروتونی با زاویه ی ۳۰ نسبت به یک میدان مغناطیسی به شدت $2.6\ (mt)$ حرکت می کند اگر نیرو ی مغناطیسی وارد بر پروتون 6.48×10^{-17} باشد سرعت پروتون را بدست آورید؟

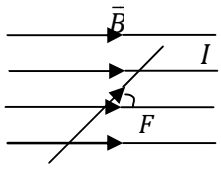
$B = 2.6mt \ \rightarrow 2.6 \times 10^{-3}\ (t)$
$F = 6.48 \times 10^{-17} (\frac{m}{s})$
$q = 1.6 \times 10^{-19}$
$sin\, 30 = \frac{1}{2}$

$F = qVB\ sin\,\theta \ \rightleftharpoons V = \frac{F}{qB\ sin\,\theta} = \frac{6.48 \times 10^{-17}}{(1.6 \times 10^{-19})(2.6 \times 10^{-3})\frac{1}{2}} = 3.1 \times 10^{-17} \times 10^{+22} = 3.1 \times 10^{5}$

نیروی وارد بر سیم حامل جریان در یک میدان مغناطیسی

این نیرو به ۴ عمل بستگی دارد:

۱. طول سیم L
۲. شدت جریان الکتریکی I
۳. شدت میدان مغناطیسی B
۴. زاویه ی بین میدان مغناطیسی و امتداد جریان الکتریکی Θ

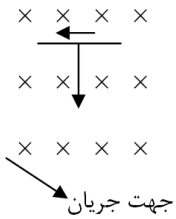


$$F = LIB \sin\theta$$

در این فرمول L طول سیم و I جریان عبوری از سیم می باشد.

این نیرو بر راستای سیم و میدان مغناطیسی عمود است. جهت این نیرو مانند قبل با قانون دست راست تعیین می شود با این شرط که انگشت شصت را به جای بردار سرعت در جریان قرار می دهند.

مثال۱: سیم رسانایی به طول ۲ متر مطابق شکل زیر عمود بر یک میدان مغناطیسی به شدت $0.5t$ قراردارد. اگر نیروی مغناطیسی وارد بر سیم یک نیوتون باشد اندازه و جهت جریان عبوری از سیم را تعیین کنید؟



میدان عمود بر صفحه به سمت داخل

$l = 2$
$F = 0.5t$
$f = 1(w)$
$\sin 90 = 1$

$F = LIB\sin\theta \rightleftharpoons 1 = 2 \times I \times 0.5 \times 1 \rightarrow I = 2 \times 1 \times 0.5 \times 1 \rightarrow I = 1$

مثال۲:یک سیم مسی به طول ۵ متر حامل جریان ۳ آمپر است. اگر امتداد جریان با میدان مغناطیسی زاویه ی ۶۰ درجه بسازد، شدت میدان مغناطیسی چقدر باسد تا نیروی ۶ نیوتون به سیم وارد شود؟

$L=5m \qquad I=3A \qquad B=? \qquad F=6N \qquad \sin 60=0.86$

$F = LIB\sin\theta \rightleftharpoons B = \frac{F}{LI\sin\theta} = \frac{6}{5\times3\times0.86} = 0.45$

مثال۳: سیمی بطول ۲ متر و جرم ۱۰۰ گرم حامل جریان ۵ آمپر است. اندازه و جهت میدان مغناطیسی را طوری تعیین کنید که سیم معلق بماند؟

نکته ها

*رابطه ی نیروی وزن جسم : $F = mg$ که F نیروی وزن ، mجرم و g شتاب جاذبه ی زمین است و مقدار آن $9.8 \cong 10$ می باشد.

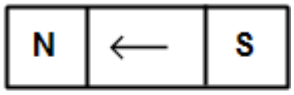
** نیروی مغناطیسی باید مساوی و در خلاف جهت نیروی وزن باشد.

$m=100g=0.1kg \qquad I=5A \qquad L=2m \qquad g=10 \qquad \sin 90=1$

$F = LIB\sin\theta \rightleftharpoons mg = LIB\sin\theta \rightleftharpoons 0.1 \times 10 = 2 \times 5 \times B \times 1 \rightarrow 1 = 10B \rightarrow B = \frac{1}{10}$

خاصیت مغناطیسی مواد

اتم ها و مولکول های تشکیل دهنده ی یک ماده ممکن است دارای خاصیت مغناطیسی باشند. این آهن ربای کوچک را دو قطبی مغناطیسی می نامیم.

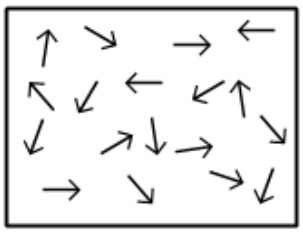


نمایش دو قطبی مغناطیسی

موادی که اتم ها یا مولکول های تشکیل دهنده ی آن دارای خاصیت مغناطیسی هستند را مواد مغناطیسی می نامیم.
نحوه ی جهت گیری دو قطبی ها ی مغناطیسی متفاوت است به همین دلیل از لحاظ ویژگی های مغناطیسی آنها را دسته بندی می کنیم:

۱. مواد پارا مغناطیسی

در یک ماده ی پارا مغناطیسی دو قطبی ها دارای جهت منظم و مشخص نیستند در نتیجه خاصیت مغناطیسی ندارند. ولی اگر انها را درون یک میدان مغناطیسی قرار دهیم دو قطبی ها در امتداد میدان قرار می گیرند و ماده دارای خاصیت مغناطیسی می شود.



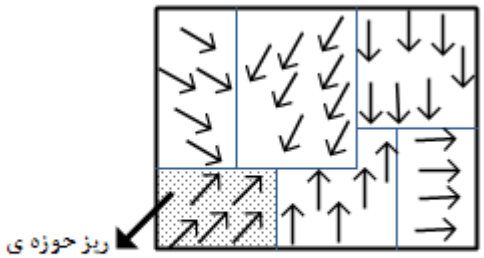
پارا مغناطیسی

۲. مواد فرو مغناطیسی

در این مواد دو قطبی های مغناطیسی درون یک ناحیه ی کوچک که آنرا ریز حوزه ی مغناطیسی می نامیم، در یک جهت قرار دارد. اما دو قطبی های یک ریز حوزه با ریز حوزه ی دیگر در یک جهت نیستند این مواد را فرو مغناطیسی می نامیم
فرو مغناطیسی ها را به دو دسته تقسیم می کنیم:

الف: فرو مغناطیسی نرم: در این مواد با قرار گرفتن در میدان مغناطیسی دو قطبی ها براحتی هم جهت شده و ماده خاصیت مغناطیسی پیدا می کند و با برداشتن میدان، ماده خاصیت مغناطیسی خود را از دست می دهد. مانند آهن، نیکل

ب: فرو مغناطیسی سخت: در این دسته از مواد، دو قطبی ها به سختی با میدان هم جهت می شوند و پس از برداشتن میدان نیز به حالت اولیه بر نمی گردند و ماده خاصیت مغناطیسی خود را حفظ می کند.
مانند فولاد



فرو مغناطیسی

پایان