



الکتریسیته ساکن

فصل ۱

بخش ۱: بار الکتریکی

مقدمه :

◀ کلمه الکتریسیته از واژه ی یونانی "الکترون" گرفته شده است که در زبان یونانی به معنی "کهربا" است. سابقه دانش انسان در مورد الکتریسته به شش قرن قبل از میلاد مسیح می رسد، یعنی زمانی که تالس فیلسوف یونانی پی برد که در اجسام در اثر مالش با یکدیگر خاصیتی بوجود می آید که می توانند اجسام سبک مانند کاه را جذب نمایند. بعدها معلوم شد که همیشه پدیده ی جذب مشاهده نمی شود. بلکه در بعضی مواقع پدیده ی دفع هم مشاهده می گردد. امروزه مشخص شده که خیلی از پدیده ها مثل موارد زیر منشا الکتریکی دارند: آذرخش، درخشش لامپ های کوچک، پیوند اتم ها و تشکیل مولکول، پیام های عصبی، چسبیدن نوار سلوفان به ظروف و راه رفتن مارمولک روی دیوار.

مبحث الکتریسته به دو بخش عمده : ۱- الکتریسیته ساکن (الکتروستاتیک) ۲- الکتریسیته جاری دسته بندی می شود.

الکتریسیته ساکن (الکتروستاتیک) :

این مبحث به مطالعه در مورد بارهای ساکن می پردازد که به عنوان الکتروستاتیک مطرح می شود. در این فصل مفاهیم بار الکتریکی، نیروی بین دوار الکتریکی، میدان الکتریکی، القای بار و چگالی سطحی بار، پتانسیل الکتریکی، انرژی الکتریکی و خازن الکتریکی مورد بررسی قرار می گیرد.

بار الکتریکی :

◀ تجربه نشان می دهد که وقتی اجسام به یکدیگر مالش داده می شوند یک ویژگی پیدا می کنند که می توانند به یکدیگر نیروی رانشی (دافعه) یا ربایشی (جاذبه) وارد کنند. که این ویژگی در واقع باردار شدن اجسام است و از طرفی نتیجه می گیریم که دو نوع بار الکتریکی مثبت و منفی در اجسام بوجود می آید.

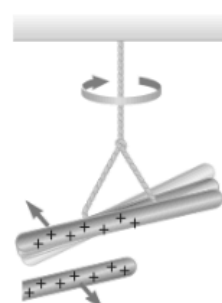
◀ اولین بار بنجامین فرانکلین بارها را بصورت جبری مثبت (+) و منفی (-) نامگذاری کرد. مزیت این نامگذاری این است که اگر در یک جسم بطور مساوی از بارهای مثبت و منفی وجود داشته باشد، جمع آنها صفر و یعنی جسم خنثی است. مثلا پلاستیک در اثر مالش با پارچه پشمی دارای بار منفی و میله شیشه ای در اثر مالش با پارچه ابریشمی دارای بار مثبت می شود



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



ب) وقتی دو میله پلاستیکی را با پارچه پشمی مالش دهیم، همدیگر را دفع می کنند.



الف) وقتی دو میله شیشه ای را با پارچه ابریشمی مالش دهیم، همدیگر را دفع می کنند.

۱۳۸۵

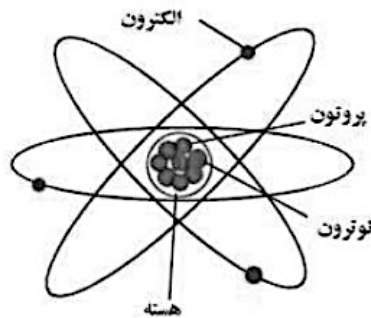
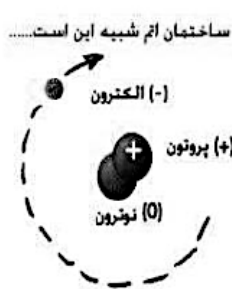
◀ سوال : بار الکتریکی چگونه در اثر مالش ایجاد می شود یا به عبارت دیگر منشا بار الکتری چیست؟

برای پاسخ به این سوال باید ساختار اتم را که در سال هشتم خوانده اید مرور کنیم.



ساختار اتم:

ساختار اتم در یک مدل ساده بنام مدل منظومه ای بصورت زیر مطرح می شود:
 هر اتم از یک بخش مرکزی بسیار کوچک بنام هسته شامل پروتون دارای بار مثبت و نوترون بدون بار تشکیل یافته و الکترونهای منفی بدور هسته می چرخند.
 مانند گردش سیارات بدور خورشید.



در هر اتم تعداد پروتونها و الکترونها باهم برابرند. اندازه بار الکترون و پروتون باهم برابر ولی نوع آنها مثبت و منفی است، جبری بار آنها صفر می شود، بنابراین یک اتم در حالت عادی خنثی است.

اما پاسخ سوال فوق:

خب الان می توانیم به این سوال پاسخ دهیم. اجسام نیز مانند اتم در حالت عادی خنثی هستند. در اثر مالش اتم های اجسام، الکترون از دست می دهند و تعداد پروتونها بیشتر از الکترونها می شود و بار جسم مثبت می گردد و یا الکترون می گیرند و تعداد الکترونها بیشتر از پروتونها می شود و بار جسم منفی می شود. مثلاً شیشه در اثر مالش با پارچه الکترون از دست می دهد و دارای بار مثبت می شود و پارچه الکترون می گیرد و بارش منفی می شود.

نوع باری که اجسام در اثر مالش پیدا می کنند به جنس آنها بستگی دارد.

خلاصه: مفهوم بار الکتریکی در اجسام چیزی جز افزایش و کاهش الکترون یا پروتون در اجسام نیست.

توجه: تجربه نشان می دهد که پروتونها به آسانی مثلاً در اثر مالش از اتم جدا نمی شوند زیرا در اتم در فضای بسیار کوچک تحت کنترل یا مقید به هسته هستند و از طرفی جرم آن ۲۰۰۰ برابر جرم الکترون است و نمی توانند در بار داشتن اجسام به روش مالش نقشی داشته باشند.

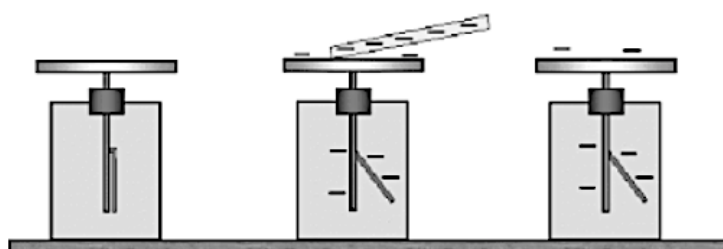
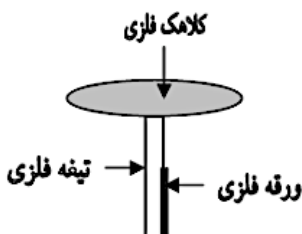
روشهای ایجاد بار الکتریکی: ۱- مالش ۲- تماس ۳- القای بار

الکتروسکوپ:

وسیله ساده ای است که:

۱- بار دار بودن یا نبودن ۲- نوع بار، مثبت یا منفی ۳- رسانا یا نارسانا بودن بار اجسام را مشخص می کند.

از سه قسمت اصلی متصل به هم کلاهک فلزی، تیغه فلزی و عقربه یا ورقه فلزی قابل حرکت تشکیل شده است.

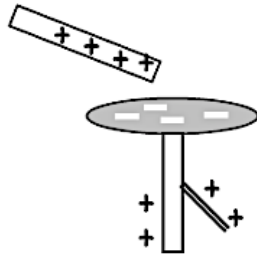




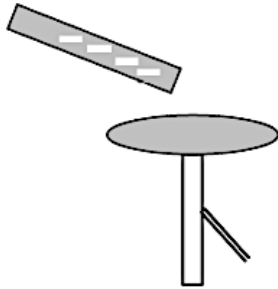
بخش ۱: بار الکتریکی

طرز کار الکتروسکوپ :

وقتی یک میله بار دار مثلاً مثبت (مطابق شکل) به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می کنیم ، الکترونها آزاد در سرتاسر الکتروسکوپ بطرف میله ربایش می شوند ، تیغه و ورقه دارای بار مثبت می شوند ، ورقه رانده شده و باز می شود و می فهمیم جسم دارای بار است.



تمرین : مطابق شکل اگر میله دارا بار منفی را به الکتروسکوپ نزدیک کنیم ، نشان دهید بار های الکتریکی چگونه در آن توزیع می شوند؟



یکای بار الکتریکی :

یکای بار الکتریکی کولن (C) است.

کولن از نظر مقیاس یک یکای بزرگ است. مثلاً بار الکتریکی انتقال یافته آذرخش به زمین حدود $10^9 C$ است. اما بارهای انتقال یافته از موی سربه شانه خیلی کم و در حدود نانو کولن (nC) است.

$$mC = 10^{-3} C$$

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

$$nC = 10^{-9} C$$

$$pC = 10^{-12} C$$

بار بنیادی :

کمترین مقدار بار الکتریکی مربوط به الکترون و پروتون است که اندازه آن حدود $1.6 \times 10^{-19} C$ است و آن را با e نشان می دهند و بار بنیادی می نامند. بنابر این بار الکترون $-e$ و بار پروتون $+e$ است. $e = 1.6 \times 10^{-19} C$

مقدار بار اجسام :

اگر جسمی به تعداد n تا الکترون ازدست بدهد یا بگیرد مقدار بار الکتریکی آن برابر است با :

$$q = \pm ne$$

$$n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

اصل کوانتیده بودن بار الکتریکی :

کوانتم در لغت یعنی گسسته ، مجزا و یا دانه ای بودن است.

مقدار بار الکتریکی همواره مضرب درستی از بار بنیادی (e) است که آن را کوانتم بار می نامند. بنابراین مقدار بار اجسام که از رابطه $q = \pm ne$ بدست می آید ، یک کمیت کوانتیده است. یعنی n که تعداد الکترونها یا پروتونها را نشان می دهد همواره یک عدد صحیح است.

مثل جمعیت انسانها که یک کمیت کوانتیمی است. مثلاً ۳۰ نفر دانش آموز که $n = 30$ تعداد و نفر کمترین مقدار جمعیت یعنی کوانتم جمعیت است.

اصل پایستگی بار الکتریکی :

مجموع جبری بارهای الکتریکی اجسام در یک دستگاه منزوی همواره ثابت یا پایسته است. یعنی بار می تواند از یک جسمی به جسم دیگر منتقل شود ولی هرگز امکان تولید و نابودی یک بار الکتریکی خالص وجود ندارد. نقص این اصل تا کنون در هیچ آزمایش یا پدیده ای مشاهده نشده است.



جدول سری الکتريسيته مالشی (تريبو الکتريک) :

این جدول ۱-۱ میزان الکترون خواهی مواد را نشان می دهد.

در این جدول از بالا به پایین میل الکترون خواهی مواد افزایش می یابد.

سوال ۱: اگر شیشه را به پوست انسان مالش دهیم، نوع بارالکتريکی شیشه و پوست انسان را تعیین کنید.

سوال ۲: در اثر مالش الف (چوب به کهربا ب) موی گربه به پارچه کتان ج) سرب به نایلون نوع بار هر کدام را تعیین کنید

سوال ۳:

الف) جسم A را به جسم B و جسم C را به جسم D مالش می دهیم. با توجه به جدول سری الکتريسيته مالشی زیر کدام دو جسم یکدیگر را دفع می کنند؟

انتهای مثبت سری
A
B
C
D
انتهای منفی سری

D , A (۲)

B , A (۱)

D , B (۳)

C , B (۳)



جدول ۱-۱ سری الکتريسيته مالشی (تريبو الکتريک)
انتهای مثبت سری
موی انسان
شیشه
نایلون
پشم
موی گربه
سرب
اوپشم
آلمینیم
پوست انسان
کاغذ
چوب
پارچه کتان
کهربا
برنج، نقره
پلاستیک، پلی اتیلن
لاستیک
تفلون
انتهای منفی سری

مثال

یک میله شیشه ای در اثر مالش با یک پارچه ابریشمی ۲۰۰۰ تا الکترون از دست می دهد:

مقدار بار الکتريکی الف: میله شیشه ای ب- پارچه را حساب کنید. $e = 1/6 \times 10^{-19} C$

$$n = 2000$$

$$q = +ne \Rightarrow q = +2000 \times 1/6 \times 10^{-19} \Rightarrow q = 3200 \times 10^{-19} C$$

حل: الف:

$$q = 3/2 \times 10^{-17} C$$

ب: بار پارچه هم به همان اندازه ولی منفی است. پس بار پارچه: $q = -ne = -3/2 \times 10^{-17} C$

مثال آموزشی

تست

۹۴-۹۵ چند الکترون باید از یک سکه‌ی خنثی خارج شود، تا بار الکتريکی آن $+1 \mu C$ شود؟ ($e = 1,6 \times 10^{-19} C$)۱ $1,6 \times 10^6$ ۲ $1,6 \times 10^{12}$ ۳ $6,25 \times 10^6$ ۴ $6,25 \times 10^{12}$

تست آموزشی



الکتریسیته ساکن

فصل ۱

بخش ۲: قانون کولن

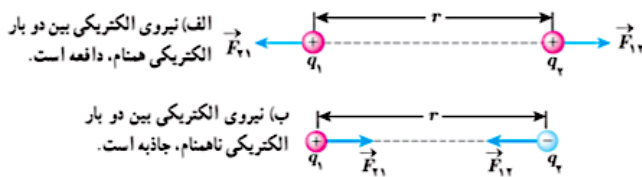
قانون کولن:

هر دو ذره یا دو بار نقطه ای در راستای خط واصل به همدیگر نیروی الکتریکی وارد می کنند که این نیرو با حاصل ضرب بارها نسبت مستقیم و با مجذور فاصله نسبت عکس دارد. اندازه این نیرو از رابطه زیر بدست می آید:

$$\begin{cases} F \propto q_1 q_2 \\ F \propto \frac{1}{r^2} \end{cases} \rightarrow F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

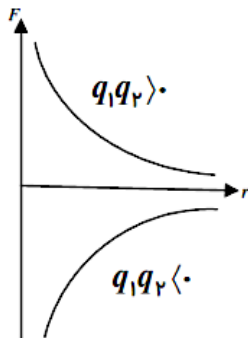
در رابطه فوق: q_1, q_2 بر حسب کولن (C)، r بر حسب متر (m) و F بر حسب نیوتن (N) است.
 k ثابت الکتروستاتیکی یا ثابت کولن نام دارد مقدار آن ثابت است. $k = 8.98755179 \times 10^9 = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$
 مقدار k برابر است با: $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ که $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2}$ و ثابت گذردهی الکتریکی خلاء نام دارد.

طبق قانون سوم نیوتن نیرویی که بار اول به دوم (\vec{F}_{12}) وارد می کند با نیرویی که بار دوم به اول (\vec{F}_{21}) وارد می کند از نظر اندازه برابر ولی در جهت مخالف یکدیگرند. بنابراین:



$$\begin{aligned} \vec{F}_{12} &= -\vec{F}_{21} \\ \downarrow \\ F_{12} &= F_{21} = F \end{aligned}$$

کپول آموزش



نمودار تغییرات نیروی الکتریکی دوبار الکتریکی بر حسب تغییر فاصله:

$$F = K \frac{q_1 q_2}{r^2} \xrightarrow{k, q_2 q_1} F = \frac{m}{r^2} \Rightarrow F \propto \pm \frac{1}{r^2}$$

$$\begin{cases} r \rightarrow 0 \\ F \rightarrow \infty \end{cases} \quad \begin{cases} r \rightarrow \infty \\ F \rightarrow 0 \end{cases}$$

مثال

دوبار الکتریکی $q_1 = +4\mu C$ و $q_2 = -2\mu C$ در فاصله ۲ سانتی متری یکدیگر قرار دارند، نیرویی که هر یک به دیگری وارد میکند را محاسبه کنید؟

مثال آموزش





کپول آموزش



هر گاه q_1, q_2 بر حسب میکرو کولن و r بر حسب سانتی متر باشد، فرمول نیروی بین دو بار پس از ساده کردن بصورت زیر نوشته می شود:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad F = 9 \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2}$$



مثال



مثال آموزش

دو بار الکتریکی $q_1 = -4 \mu C$ و $q_2 = -9 \mu C$ در فاصله ۲ سانتی متری یکدیگر قرار دارند، نیرویی که هر یک به دیگری وارد میکند را محاسبه کنید؟

مثال

مثال آموزش

دو بار الکتریکی $q_1 = +2 \mu C$ و $q_2 = +5 \mu C$ نیرویی معادل ۱۰۰ نیوتون به یکدیگر وارد میکنند، فاصله بین این دو بار چند سانتی متر است؟

تست

تست آموزش

۹۳-۹۴ دو گولهای فلزی کوچک و مشابه که دارای بار الکتریکی میباشند، از فاصله ۳۰ سانتی متری، نیروی جاذبه ۴ نیوتون بریکدیگر وارد می کنند. اگر این دو گوله را به هم تماس دهیم، بار الکتریکی هر کدام $+3 \mu C$ خواهد شد. بار اولیه

گولها بر حسب میکروکولن کدام است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$

-۲۹۸

۴

-۳۹۹

۳

-۴۹۱۰

۲

-۶۹۱۲

۱

کپول آموزش



اگر دو کره با بار الکتریکی مختلف را به یکدیگر تماس دهیم، مقدار بار بین هر دو به صورت مساوی



تقسیم میشود و از رابطه زیر به دست می آید:

$$q_1 = q_2 \rightarrow \frac{q_1 + q_2}{2}$$



کپول آموزش

رابطه مستقیم و عکس

در کل فیزیک و فرمول های موجود، همیشه یک مولفه ای مثل F (نیرو) برابر است با مجموعه ای از مولفه های دیگر. هر آنچه که با مولفه اول رابطه مستقیم داشته باشد بالای خط کسری و هر آنچه که رابطه عکس داشته باشد پایین خط کسری نوشته می شود

$$A = \frac{\text{رابطه مستقیم}}{\text{رابطه عکس}}$$

در سال های گذشته سوالات کنکور و طراح های آزمون های آزمایشی سوالاتی را مطرح کردند که از این رابطه می توان سوالات را به آسانی حل کرد، در این سوالات میتوان از دو روش ذهنی و تناسب استفاده کرد.

✓ زمانی که یک جسم را در دو حالت و یا دو جسم را با یکدیگر مقایسه کنند میتوان از روش زیر در کل فیزیک استفاده کرد.

روش ذهنی:

مثال: اگر فاصله بین دو بار را نصف کنیم و هر یک از بارها را ۲ برابر کنیم، نیرو چند برابر میشود؟

میخواید به سوال کنکور از فیزیک یازدهم حل کنیم؟؟؟

۹۸ - ۹۷ اگر اندازه بارهای هر یک از دو بار الکتریکی نقطه ای را ۳ برابر کنیم و فاصله بین آنها را نیز ۳ برابر کنیم، نیروی الکتریکی بین آنها چند برابر میشود؟

- | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۹ | ۴ | ۳ | ۳ | ۱ | ۲ | ۱ | ۳ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

روش مقایسه ای:

در این روش با استفاده رابطه بالا میتوان برای دو حالت مورد سوال به راحتی یک تناسب نوشت. البته این راه حل بیشتر برای نوشتن تشریحی مورد استفاده قرار میگیرد. و برای حل تست راه حل بهتر همان ذهنی می باشد.

رابطه مقایسه ای قانون کولن:

هر گاه در حالت کلی مقدار بارها q_1, q_2 و فاصله آنها r بین آنها به r', q_1', q_2' تغییر کند، می توانیم رابطه مقایسه ای را بصورت زیر بنویسیم:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{k \frac{q_1' q_2'}{r'^2}}{k \frac{q_1 q_2}{r^2}} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{q_1'}{q_1} \times \frac{q_2'}{q_2} \times \frac{r^2}{r'^2}$$





مثال

دو بار الکتریکی هم‌نام و هم‌اندازه $q = 6\mu C$ در چه فاصله‌ای از هم قرار داشته باشند تا نیرویی به اندازه $4N$ بر هم وارد کنند؟

مثال آموزشی

مثال

دو بار الکتریکی q_1 و q_2 در فاصله r از هم واقع شده‌اند و نیروی F را به هم وارد می‌کنند. اگر اندازه هر بار را 3 برابر و فاصله بین بارها را نصف کنیم نیروی بین آن‌ها چند F می‌شود؟

مثال آموزشی

مثال

دو بار الکتریکی نقطه‌ای و هم‌نام و هم‌اندازه q در فاصله معینی از هم، به هم نیروی F وارد می‌کنند. اگر $\frac{1}{4}$ یکی از بارها را برداشته و به دیگری اضافه کنیم.

الف) در همان فاصله قبلی نیروی بین آن‌ها چند برابر می‌شود؟
ب) اگر فاصله بارها را نیز پس از تغییر اندازه بارها نصف کنیم نیرو نسبت به حالت برابری بارها چند برابر می‌شود؟

مثال آموزشی

مثال

دو بار الکتریکی هم‌اندازه و هم علامت در فاصله r از هم قرار دارند. اگر نصف یکی از بارها را به دیگری بدهیم و فاصله بارها را هم $\frac{1}{3}$ حالت اول کنیم، نیروی بین آن‌ها چند برابر می‌شود؟

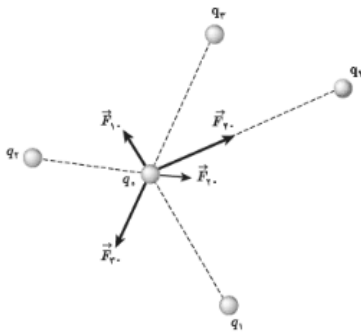
مثال آموزشی



اصل برهم نهی نیروهای الکتریکی :

اگر به جای دوزره باردار تعدادی بار نقطه ای داشته باشیم ، نیروی الکتریکی وارد بر هر ذره ، بر آیند نیروهایی است که هر یک از ذره های دیگر در غیاب سایر ذره ها، بر آن ذره وارد می کند. این موضوع که از آزمایش نتیجه شده است را اصل برهم نهی نیروهای الکتروستاتیکی می گویند. فرض کنید n ذره باردار در نزدیکی بار نقطه ای q قرار دارند. آنگاه نیروی خالص یا برآیند وارد بر بار نقطه ای q با جمع برداری زیر بدست می د:

$$\vec{F}_T = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n$$



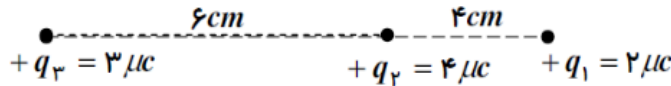
برای نمونه نیروی وارد بر q از طرف چهارذره دیگر در شکل نشان داده شده است.

$$\vec{F}_T = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4$$

حالت های مختلف سوالات برآیند نیروها را با هم بررسی میکنیم:
الف) برآیند نیروهای هم راستا:

مثال

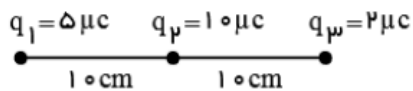
مطابق شکل برآیند نیروهای وارد بر بار q_1 را بدست آورید و جهت نیروی برآیند را مشخص کنید.



مثال آموزشی

مثال

در شکل مقابل نیروی خالص وارد شده به بار q_3 چقدر و در چه جهتی است؟



مثال آموزشی





کپول آموزشي



نکته (ب) تعادل بارهای الکتریکی در یک راستا

چگونه می‌توانیم تعادل را بررسی کنیم؟ تعادل داشتن یعنی اینکه برآیند نیروها صفر باشد.

وقتی دو بار q_1 و q_2 در محل خود ثابت شده باشند، می‌توان بار q_3 را در محلی قرار داد که برآیند نیروهای وارد بر آن از طرف

$$\vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = 0 \Rightarrow \vec{F}_{13} = -\vec{F}_{23} \Rightarrow F_{13} = F_{23}$$

دو بار دیگر صفر شود و اصطلاحاً بار q_3 در حالت تعادل قرار گیرد.

چهار نکته مهم که باید دقت کنید.

(۱) بار q_3 حتماً باید روی خط واصل بین دو بار باشد تا نیروهای وارد بر آن زاویه نداشته باشد و صفر شود.

(۲) مقدار و علامت q_3 هیچ تأثیری ندارد.

(۳) اگر q_1 و q_2 هم نام باشند، q_3 بین دو بار قرار می‌گیرد و اگر نام باشند q_3 خارج از فاصله دو بار قرار می‌گیرد.

(۴) بار q_3 همیشه نزدیکتر به باری است که اندازه کوچکتری دارد.



نکته: با توجه به قانون کولن و این که محل قرار گرفتن بار باید به گونه‌ای باشد که $F_{13} = F_{23}$ بنابراین باید شرط زیر برقرار

باشد

$$\frac{r_{13}^2}{r_{23}^2} = \frac{q_1}{q_2}$$



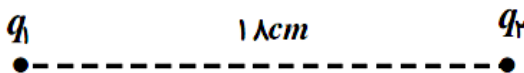
مثال

دو بار نقطه‌ای $q_1 = 2 \mu C$ و $q_2 = 8 \mu C$ مطابق شکل زیر در فاصله 1 cm از یکدیگر واقع اند. در چه فاصله‌ای از

بار q_1 در امتداد خط واصل دو بار q_1, q_2 بار $q_3 = 1 \mu C$ را قرار دهیم تا برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر آن صفر شود؟

(یا بار q_3 در تعادل باشد؟)

روش اول:



روش دوم:

مثال آموزشي

مثال

دو بار نقطه‌ای $q_1 = 1 \mu C$ و $q_2 = -2 \mu C$ مطابق شکل زیر در فاصله 8 cm از یکدیگر واقع اند. در چه

فاصله‌ای از بار q_1 در امتداد خط واصل دو بار q_1, q_2 بار $q_3 = -5 \mu C$ را قرار دهیم تا برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر

آن صفر شود؟

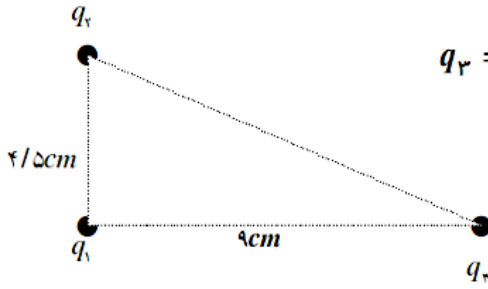
مثال آموزشي



چ) برآیند نیروهای الکتریکی عمود بر هم

خوب! حالا میریم سراغ نیروهایی که با هم زاویه می سازند و برآیند اون ها رو حساب میکنیم. برای اینکه باز هم قدم به قدم جلو ببریم، نیروهای عمود بر هم رو بررسی میکنیم و بعدش می‌بینیم سراغ حالت کلی...
وقتی دو نیرو باهم عمود باشند با استفاده از قضیه فیثاغورس میتوان بردار برآیند را محاسبه کرد

مثال



مطابق شکل زیر سه بار الکتریکی $q_3 = 9 \mu C, q_2 = -6 \mu C, q_1 = -6 \mu C$ در سه رأس یک مثلث قائم الزاویه قرار دارند. نیروی وارد بر بار q_1 را محاسبه و جهت آنرا مشخص کنید.

پاسخ:

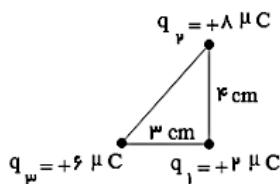
نیروهایی که از طرف بار q_2, q_3 وارد می شود رسم و محاسبه می کنیم. q_3

مثال آموزشی



مثال

مطابق شکل، سه ذره باردار در سه رأس مثلث قائم الزاویه ای ثابت شده‌اند. بزرگی برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_1 را به دست آورید.



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

مثال آموزشی

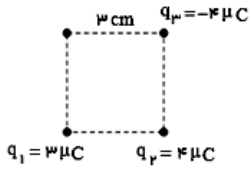




مثال

۹۸-۹۷ مطابق شکل، در سه رأس از یک مربع، بارهای الکتریکی نقطه‌ای قرار داده‌ایم. نیروی الکتریکی بر ایند وارد بر بار q_4 چند نیوتون

است و جهت آن کدام است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$



- | | |
|---|-----------------|
| ۱ | ۲۰۰، \nearrow |
| ۲ | ۲۰۰، \swarrow |
| ۳ | ۲۸۰، \nearrow |
| ۴ | ۲۸۰، \swarrow |

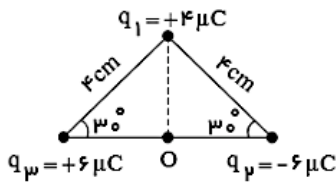


مثال آموزشی

مثال

۸۴-۸۳ سه بار نقطه‌ای مطابق شکل در سه رأس یک مثلث ثابت شده‌اند. نیروی وارد بر بار $q_4 = 1 \mu C$ واقع

در نقطه‌ی O در وسط خط واصل دو بار q_2, q_3 چند نیوتن است؟



- | | |
|---|--------------|
| ۱ | ۴۵ |
| ۲ | ۹۰ |
| ۳ | $45\sqrt{3}$ |
| ۴ | $90\sqrt{2}$ |

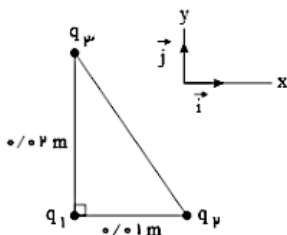
مثال آموزشی

مثال

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

الف) نیروی الکتریکی وارد بر q_1 را برحسب بردارهای یکه‌ی \vec{i} و \vec{j} دستگاه مختصات نشان داده شده در شکل بنویسید.

ب) بزرگی نیروی الکتریکی وارد بر q_1 را تعیین کنید.



$$K = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}, \quad q_1 = 4 \mu C, \quad q_2 = -1 \mu C, \quad q_3 = 4 \mu C$$

مثال آموزشی



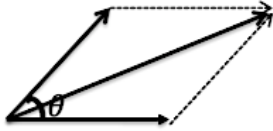


د) برآیند نیروها در حالت کلی:

نکته

اگر دو بردار \vec{F}_1 و \vec{F}_2 با یکدیگر زاویه θ بسازند، محاسبه بردار برآیند به صورت زیر است:

کپول آموزش



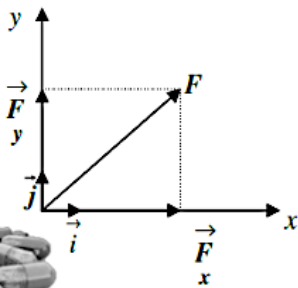
$$\vec{F}_T = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \Rightarrow F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \theta}$$

$$F_1 = F_2 \Rightarrow F_T = 2F_1 \cos \frac{\theta}{2} \quad \text{اگر } F_1 = F_2 \text{ باشد}$$

اگر دو بردار هم اندازه باشند، برآیند از روابط مقابل هم قابل محاسبه است:

$$F_1 = F_2 \Rightarrow F_T = 2F_1 \cos \frac{\theta}{2} \rightarrow \begin{cases} \theta = 60 \rightarrow F_T = \sqrt{3}F_1 \\ \theta = 90 \rightarrow F_T = \sqrt{2}F_1 \\ \theta = 180 \rightarrow F_T = F_1 = F_2 \end{cases}$$

روش تجزیه بردار:



$$\vec{F} = \vec{F}_x + \vec{F}_y \rightarrow F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

$$\vec{F} = F_x \vec{i} + F_y \vec{j}$$

$$\cos \theta = \frac{F_x}{F} \Rightarrow F_x = F \cos \theta$$

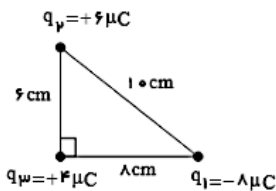
$$\Rightarrow F = F_x \cos \theta \vec{i} + F_y \sin \theta \vec{j}$$

$$\sin \theta = \frac{F_y}{F} \Rightarrow F_y = F \sin \theta$$

مثال

۹۶-۹۷ مطابق شکل زیر سه ذره باردار در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای قرار دارند. نیروی خالص وارد بر بار q_3 برحسب

بردارهای یکه در SI کدام است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$



۲ $-45 \vec{i} + 60 \vec{j}$

۱ $45 \vec{i} - 60 \vec{j}$

۴ $-360 \vec{i} + 360 \vec{j}$

۳ $360 \vec{i} - 360 \vec{j}$

مثال آموزش



جریان الکتریکی

۲

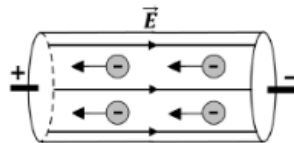
فصل

بخش ۱: مقاومت و نیروی محرکه در مدار

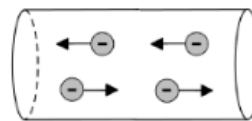
در رساناها، الکترون‌های آزاد با تندی بسیار زیاد (از مرتبه $10^6 \frac{m}{s}$) به طور کاتوره‌ای و در همه جهتها حرکت می‌کنند (به علت برخورد به اتم‌ها و الکترون‌های دیگر). هرگاه از یک سطح مقطع معین در رسانا، شارش (انتقال) خالص بار صورت گیرد، جریان الکتریکی ایجاد می‌شود. در اینجا بررسی می‌کنیم که چگونه این انتقال خالص بار صورت می‌گیرد:

① در نبود اختلاف پتانسیل: اگر بین دو سر رسانا اختلاف پتانسیل وجود نداشته باشد، پتانسیل الکتریکی در تمام نقاط رسانا یکسان است. بنابراین درون رسانا میدان الکتریکی وجود ندارد و از هر مقطع رسانا، تعداد الکترون‌هایی که به چپ و راست حرکت می‌کنند با هم برابرند. پس شارش خالص بار از یک سطح مقطع دلخواه صفر است و جریان الکتریکی وجود ندارد. (شکل الف)

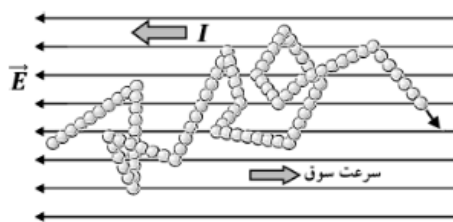
② در حضور اختلاف پتانسیل: وقتی به دو سر رسانا اختلاف پتانسیل اعمال شود، در داخل رسانا میدان الکتریکی برقرار می‌شود و بنابراین الکترون‌ها همین‌طور که مشغول حرکت سریع کاتوره‌ای خود هستند، خیلی آهسته در خلاف جهت خطوط میدان سوق پیدا می‌کنند. به این سرعت آهسته، سرعت سوق گفته می‌شود. بنابراین در حضور میدان، شارش خالص بار و جریان الکتریکی وجود دارد. (شکل ب)



(ب)



(الف)



★ به سرعت متوسط شارش الکترون‌ها در خلاف جهت میدان الکتریکی درون رسانا، سرعت سوق می‌گویند. این سرعت بسیار کم و به کندی حرکت یک حلزون (از مرتبه $1 \frac{mm}{s}$) است.

اما با این کندی حرکت الکترون‌ها در رسانا، وقتی کلید برق را می‌زنیم، لامپ بلافاصله روشن می‌شود. علت این است که در فلزات انبوهی از الکترون‌های

آزاد در سرتاسر فلز وجود دارند. با اعمال اختلاف پتانسیل، همه این الکترون‌ها در تمام بخش‌های سیم شروع به حرکت می‌کنند و با ورود الکترون‌ها از یک سو، بقیه الکترون‌ها از سوی دیگر خارج می‌شوند (مانند یک شیلنگ پر از آب).

جهت قراردادی جریان:

به طور قراردادی، جهت جریان در خلاف جهت شارش الکترون‌ها (خلاف جهت سوق الکترون‌ها) در نظر گرفته می‌شود. یعنی جریان در جهت میدان و از پتانسیل زیاد به کم است. (قدیم تصور می‌کردند که بارهای مثبت حرکت می‌کنند.)

حاملان بار الکتریکی:

در فلزات فقط الکترون‌های آزاد می‌توانند حرکت کنند و پروتون‌ها هیچ حرکتی ندارند. پس در فلزات، الکترون‌ها حاملان بار منفی هستند. اما در الکترولیت‌ها و گازهای یونیده، هم یون‌های منفی و هم یون‌های مثبت، حاملان بار هستند.



اندازه جریان الکتریکی :

بار خالص شارش شده در واحد زمان از مقطعی از یک رسانا را شدت جریان الکتریکی متوسط می‌گوییم. اگر این آهنگ شارش بار مقداری ثابت باشد، جریان الکتریکی برابر است با:

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

Δq : بار خالص عبوری (کولن C) Δt : مدت زمان (ثانیه s) I : جریان الکتریکی (آمپر: $1A = 1\frac{C}{s}$)

مثال

مثال آموزشی

جریان به شدت $5A$ به مدت 4 دقیقه در یک مقاومت الکتریکی برقرار می‌شود.

الف) در این مدت چند کولن بار الکتریکی از مقاومت می‌گذرد؟

ب) تعداد الکترون‌های عبوری از مقاومت چقدر می‌باشد؟ ($e = 1.6 \cdot 10^{-19} C$)



بار الکتریکی بر حسب یکا های اصلی:

یکای آمپر - ثانیه :

جریان الکتریکی جزء کمیت‌های اصلی و آمپر یک یکای اصلی است؛ اما بار الکتریکی (برحسب کولن) یک کمیت فرعی است. بنابراین می‌توانیم واحد بار الکتریکی (کولن) را برحسب کمیت‌های اصلی به دست آوریم:

$$\Delta q = I \Delta t \quad \xrightarrow{\text{یکای}} \quad 1C = 1A \cdot s$$

یکای آمپر - ساعت :

اگر زمان بر حسب ساعت باشد، می‌توانیم یکای بار الکتریکی را برحسب یکای آمپرساعت بیان کنیم:

$$1A \cdot h = 1A \times 1h = 1A \times 3600s = 3600A \cdot s = 3600C$$

★ هرچه «آمپرساعت» یک باتری بیشتر باشد، حداکثر باری که باتری می‌تواند از مدار عبور دهد تا به طور ایمن تخلیه شود، بیشتر است.

★ باتری خودروها با آمپرساعت (Ah) و باتری گوشی همراه با میلی آمپرساعت (mAh) مشخص می‌شوند.

مثال

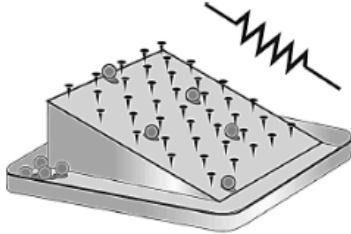
مثال آموزشی

یک باتری $60Ah$ چند ساعت می‌تواند جریان $5A$ را از خود عبور دهد. در چنین حالتی چند کولن بار جابه‌جا شده است؟



مفهوم مقاومت الکتریکی:

الکترون‌های آزاد در هنگام عبور از رسانا با اتم‌های در حال نوسان برخورد می‌کنند. این برخوردها باعث گرم شدن رسانا می‌شود. بنابراین الکترون‌های آزاد در هنگام حرکت در رسانا همیشه با نوعی مقاومت موسوم به «مقاومت الکتریکی» روبرو هستند. هرچه مقاومت یک رسانا بیشتر باشد، جریان کمتری از آن می‌گذرد.



شبیه‌سازی مکانیکی مقاومت: حرکت الکترون‌ها در یک رسانا مشابه حرکت گلوله‌ای است که از بالای سطح شیبدار میخ‌کوبی شده روبرو به پایین حرکت می‌کند. همان‌طور که میخ‌ها در برابر حرکت گلوله‌ها مقاومت می‌کنند، در رساناها هم اتم‌هایی که در مسیر حرکت الکترون‌ها قرار دارند، مقاومت ایجاد می‌کنند.

قانون اهم:

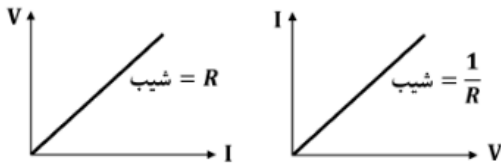
در یک دمای معین وقتی اختلاف پتانسیل دو سر رسانا تغییر کند، جریانی که از آن می‌گذرد نیز به همان نسبت تغییر می‌کند، به طوری که نسبت اختلاف پتانسیل به شدت جریان عبوری ثابت می‌ماند. به این نسبت، مقاومت الکتریکی رسانا گفته می‌شود:

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

V : اختلاف پتانسیل (ولت V) I : شدت جریان (آمپر A) R : مقاومت الکتریکی (ولت بر آمپر یا اهم: $1\Omega = 1\frac{V}{A}$)

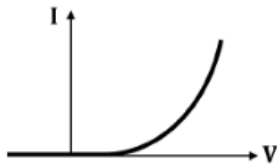
رسانای اهمی:

رسانایی که از قانون اهم پیروی می‌کند را رسانای اهمی می‌گویند. این رساناها به ازای ولتاژهای مختلف، مقاومت یکسانی دارند (البته در دمای ثابت). یعنی در رساناهای اهمی، R همیشه ثابت است و بنابراین جریان با اختلاف پتانسیل رابطه مستقیم دارد ($V \propto I$). بیشتر فلزات و بسیاری از رساناهای غیرفلزی، اهمی هستند.



رسانای غیر اهمی:

رساناهای غیر اهمی از قانون اهم پیروی نمی‌کنند. در این رساناها، جریان با اختلاف پتانسیل رابطه مستقیمی ندارد و با تغییر اختلاف پتانسیل نسبت $\frac{V}{I}$ یا همان R نیز تغییر می‌کند. دیود نورگسیل (LED) غیر اهمی است.



مثال

دو سر سیمی به مقاومت الکتریکی 3Ω را به اختلاف پتانسیل الکتریکی $12V$ متصل می‌کنیم. در هر دقیقه به‌طور خالص چند الکترون از هر مقطع این سیم شارش می‌یابد؟ ($e = 1.6 \times 10^{-19} C$)

- ۱ 16×10^{19} ۲ 1.5×10^{20} ۳ 1.5×10^{21} ۴ 16×10^{20}



عوامل موثر بر مقاومت الکتریکی:

مقاومت الکتریکی به ساختمان رسانا، یعنی به سه عامل طول، سطح مقطع و مقاومت ویژه (جنس) رسانا بستگی دارد:

۱. با طول رسانا رابطه مستقیم دارد ($R \propto L$): هرچه طول جسم بلندتر باشد، تعداد برخوردهای الکترون هنگام عبور از رسانا افزایش می‌یابد و مقاومت بیشتر می‌شود.

۲. با سطح مقطع رسانا رابطه عکس دارد ($R \propto \frac{1}{A}$): هرچه سطح مقطع کمتر شود، مثل این است که سطح مقطع لوله حاوی شاره کمتر شده و بنابراین مقدار شاره عبوری نیز کمتر می‌شود. یعنی مقاومت در برابر عبور شاره بیشتر می‌شود.

۳. با مقاومت ویژه رسانا رابطه مستقیم دارد ($R \propto \rho$): هرچه مقاومت ویژه جسم کمتر باشد، آن جسم رسانای بهتر و هرچه مقاومت ویژه جسم بیشتر باشد، آن جسم عایق بهتری است. (مقاومت ویژه نیم‌رساناها بین رساناها و نارساناها است).

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

مقاومت ویژه (ρ):

مقاومت قطعه‌ای از رسانا به طول یک متر و سطح مقطع یک مترمربع، مقاومت ویژه رسانا نامیده می‌شود و یکای آن $\Omega \cdot m$ است. مقاومت ویژه یک ماده به دو عامل بستگی دارد:

- ① ساختار اتمی (جنس): مقاومت ویژه رساناهای الکتریکی بسیار کم؛ و مقاومت ویژه نارساناها (عایق‌ها) بسیار زیاد است. مقاومت ویژه نیم‌رساناها (مانند ژرمانیم و سیلیسیم)، بین مقاومت ویژه رساناها و نارساناها است.
- ② دما: مقاومت ویژه رساناهای فلزی با افزایش دما زیاد می‌شود، اما مقاومت ویژه نیم‌رساناها با افزایش دما کاهش می‌یابد.

رابطه مقایسه ای مقاومت الکتریکی:

★ برای مقایسه مقاومت در دو وضعیت مختلف از رابطه مقایسه‌ای استفاده می‌کنیم:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{L_2}{L_1} \times \frac{A_1}{A_2}$$

مثال

یک سیم مسی با مقاومت ویژه $1.7 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ دارای طول 10 m و مساحت سطح مقطع 1 mm^2 است.

الف) مقاومت الکتریکی این سیم چقدر است؟

ب) اگر این سیم را از وسط نصف کنیم و دو قطعه را کنار هم قرار دهیم مقاومت مجموعه بدست آمده چه قدر خواهد شد؟



مشال

با اعمال اختلاف پتانسیل V به دو سر سیم بدون روکشی، جریان I از آن عبور می‌کند. حال اگر سیم را دولا کنیم و اختلاف پتانسیل دو سر آن را 20% درصد کاهش دهیم، جریان عبوری از آن $4,4$ آمپر افزایش پیدا می‌کند. جریان عبوری از سیم در حالت اول چند آمپر است؟

مشال آموزشی

- ۱ ۲ ۲,۲ ۳ ۶,۴ ۴ ۸,۸

مشال

مقاومت الکتریکی استوانه‌ای توخالی از جنس مس به شعاع خارجی 10 cm و شعاع داخلی 5 cm برابر با $0,64\ \Omega$ است. اگر فضای خالی داخلی این استوانه را با مس به‌طور کامل پر کنیم، مقاومت الکتریکی آن چند اهم می‌شود؟

مشال آموزشی

- ۱ ۰,۱۶ ۲ ۰,۳۶ ۳ ۰,۴۸ ۴ ۰,۷۲

مشال

سیمی فلزی به طول 30 cm ، قطر 2 mm و مقاومت ویژه $10^{-8}\ \Omega \cdot m$ را به اختلاف پتانسیل الکتریکی ثابت 24 ولت وصل می‌کنیم. در مدت زمان 5 دقیقه تعداد الکترون‌های عبوری از هر مقطع سیم کدام است؟
($e = 1,6 \times 10^{-19}\text{ C}$, $\pi = 3$)

مشال آموزشی

- ۱ $7,5 \times 10^{22}$ ۲ 125×10^{21} ۳ 3×10^{22} ۴ 125×10^{23}

مشال

ابعاد یک قطعه فلز مکعبی شکل به‌صورت $20\text{ cm} \times 4\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ می‌باشد. وقتی دو وجه موازی این قطعه را به اختلاف پتانسیل الکتریکی ثابت V وصل کنیم، نسبت بیشینه جریان عبوری از سیم به کمینه آن کدام است؟ (دما ثابت فرض شود.)

مشال آموزشی

- ۱ ۱۰۰ ۲ ۱۰ ۳ ۸۰ ۴ ۴۰





اثر دما بر مقاومت ها:

اثر دما بر مقاومت رساناها:

در اجسام رسانا، افزایش دما مقاومت را افزایش می‌دهد. هنگامی که دمای رسانا افزایش می‌یابد، تعداد حامل‌های بار (الکترون‌های آزاد) تقریباً ثابت می‌ماند، اما ارتعاشات اتمی رسانا بیشتر می‌شود و بنابراین برخورد الکترون‌های آزاد با شبکه اتمی بیشتر می‌شود. در نتیجه مقاومت رسانا افزایش می‌یابد.

اثر دما بر مقاومت نیم رساناها:

در نیم رساناها (مانند سیلیسیم و ژرمانیم) علاوه بر الکترون‌های آزاد، حامل‌های بار مثبتی نیز وجود دارند. نیم رساناها در دماهای پایین تعداد حامل‌های بار کمی دارند و مانند یک رسانا رفتار می‌کنند. افزایش دما باعث دو تغییر در نیم رسانا می‌شود:

۱. با بالا رفتن دما، تعداد حامل‌های بار زیاد می‌شود. در نتیجه رسانش الکتریکی افزایش و مقاومت کاهش می‌یابد.
۲. تعداد برخوردهای حامل‌های بار با شبکه اتمی افزایش می‌یابد. در نتیجه مقاومت افزایش می‌یابد.

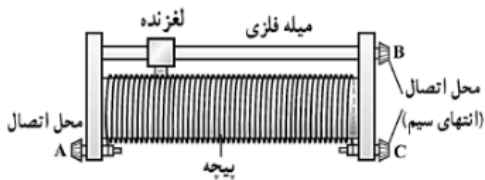
اما: در اجسام نیم رسانا، تاثیر افزایش تعداد حامل‌ها بیشتر از اثر افزایش تعداد برخورد است. پس با افزایش دما مقاومت ویژه نیم رسانا کم می‌شود (برعکس رساناها).



ابر رسانایی:

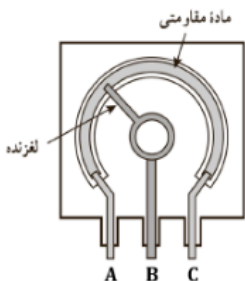
در برخی مواد، مانند جیوه و قلع با کاهش دما، مقاومت ویژه در دمای خاصی به صورت ناگهانی به صفر افت می‌کند و در دماهای پایین‌تر، همچنان صفر می‌ماند. این پدیده را ابررسانایی می‌گویند.

رئوستا:

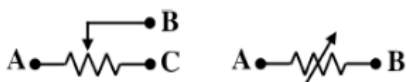


رئوستا از سیمی با مقاومت زیاد ساخته می‌شود، که روی استوانه‌ای نارسانا پیچیده شده است و از طریق دکمه لغزنده و میله فلزی (با مقاومت کم) با مدار در ارتباط است. با جابجا کردن لغزنده می‌توان مقدار مقاومت را تغییر داد.

★ برای استفاده از رئوستا باید ابتدا آن را با بیشترین مقدار در مدار قرار دهیم که کمترین جریان از مدار عبور کند تا آسیبی به دیگر اجزای مدار وارد نشود.



پتانسیومتر: نوعی رئوستا است که در مدارهای الکترونیکی و صنعتی به کار می‌رود. از یک لایه گرافیک نازک تشکیل شده است. اگر مطابق شکل، دو سر مدار را به نقاط A و B وصل کنیم، با چرخاندن ولوم پتانسیومتر در جهت عقربه‌های ساعت، طولی از گرافیت که در مدار قرار می‌گیرد، افزایش یافته و مقاومت نیز بیشتر می‌شود. ولی اگر دو سر مدار را به A و C متصل کنیم، پتانسیومتر مانند مقاومت عمل می‌کند.



★ در مدارها مقاومت متغیر (رئوستا یا پتانسیومتر) را با نمادهای روبرو نشان می‌دهیم. (در شکل سمت چپ، اگر خروجی رئوستا به نقطه C وصل شود، تمام طول سیم در مدار قرار می‌گیرد و حرکت لغزنده تاثیری نخواهد داشت):



مغناطیس و القا

۳

فصل

بخش ۱: مفاهیم اولیه مغناطیس

۱. مغناطیس و قطب‌های مغناطیسی

آهنربا:

آشنایی بشر با آهنربا با کشف کانی مگنتیت (Fe_3O_4) آغاز شد. کانی مگنتیت می‌تواند برخی فلزات نظیر آهن، نیکل و کبالت را جذب کند. نام مگنتیت از نام شهر مگنسیا در مقدونیه گرفته شده است. حتی تالس نیز با این کانی آشنایی داشته است. قطب‌های آهنربا: در هر آهنربا دو ناحیه وجود دارد که خاصیت آهنربایی در آنها بیشتر است. این دو ناحیه را قطب‌های آهنربا می‌گویند. (در مجاورت آهنربا با براده‌های آهن یا سوزن‌های کوچک، تجمع براده‌ها در قطب‌ها بیشتر است). نام‌گذاری قطب‌های آهنربا: اگر یک آهنربا را از مرکز آن توسط نخ آویزان کنیم، قطبی از آهنربا که به سمت شمال جغرافیایی قرار می‌گیرد قطب شمال (N) و قطب دیگر قطب جنوب (S) نامیده می‌شود. قطب‌های ناهمنام آهنربا یکدیگر را می‌ریزند و قطب‌های همنام همدیگر را می‌رانند.

دوقطبی مغناطیسی:

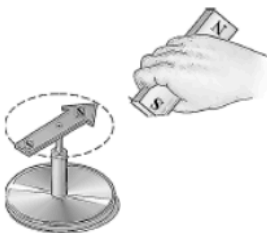


همه آهنرباها لزوماً دو قطب N و S دارند و قطب N و S نمی‌توانند به طور مجزاً وجود داشته باشند. یعنی در طبیعت تک‌قطبی مغناطیسی وجود ندارد. مطابق شکل اگر یک آهنربا را هر قدر نصف کنیم، باز هم هر تکه آن یک آهنربا با دو قطب N و S خواهد بود. (زیرا دو سر تکه‌های جدید یکدیگر را جذب می‌کنند).

اگر تقسیم کردن آهنربا را همین‌طور ادامه دهیم تا به کوچک‌ترین آهنربای ممکن (یک مولکول یا اتم) برسیم، این آهنربای بسیار کوچک را «دوقطبی مغناطیسی» می‌گوییم.

عقریه مغناطیسی (قطب‌نما):

قطب‌نما یک آهنربای میله‌ای کوچک است که می‌تواند حول یک محور قائم بچرخد. اگر آهنربای میله‌ای را از یک نخ آویزان و یا روی آب شناور کنیم، قطب N آن به سمت شمال جغرافیایی می‌ایستد. قطب‌نما را با نماد \vec{N} یا \vec{S} نشان می‌دهند، که سمت پررنگ آن قطب N است.



★ اگر یکی از قطب‌های یک آهنربای میله‌ای را به عقریه مغناطیسی نزدیک کنیم، قطب‌های ناهمنام عقریه و آهنربا یکدیگر را جذب کرده و عقریه به سمت آهنربا حرکت می‌کند. همچنین با دور کردن آهنربا از عقریه، میدان مغناطیسی زمین عقریه را به حالت اولیه خود بازمی‌گرداند.



۲. روش‌های آهنربا کردن اجسام آهنی

۱. کشیدن آهنربا بر روی آهن:

اگر یک آهنربا را چندین بار و در یک جهت روی یک میله آهنی یا فولادی (مانند سوزن) بکشیم، آن میله برای مدتی خاصیت مغناطیسی پیدا می‌کند و آهنربا می‌شود.

۲. القای مغناطیسی:

اگر یک آهنربا را به جسم آهنی نزدیک کنیم، در آهن خاصیت مغناطیسی القا شده و آهن به طور موقت تبدیل به آهنربا می‌شود. در القای مغناطیسی در محل تماس جسم با آهنربا قطب ناهمنام ایجاد می‌شود. بنابراین وقتی یک تکه آهن را نزدیک آهنربا نگه می‌داریم، در اثر القای مغناطیسی، همیشه «جذب» صورت می‌گیرد.



★ خاصیت مغناطیسی می‌تواند بین اجسام منتقل شود. در شکل مقابل در اثر القای مغناطیسی، ابتدا میخ آهنربا می‌شود و سپس واشرها تحت تأثیر خاصیت آهنربایی میخ، آهنربا می‌شوند.

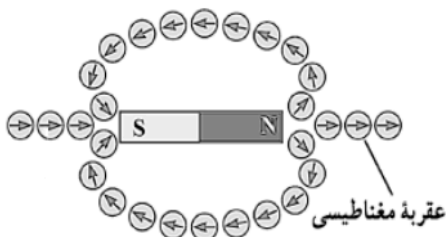


۳. میدان مغناطیسی \vec{B}

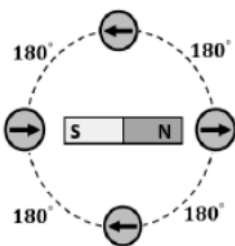
آهنربا می‌تواند بدون تماس با آهن، آن را جذب نماید؛ و یا از راه دور بر آهنرباهای دیگر نیرو وارد کند. این به دلیل خاصیتی است که هر آهنربا در اطراف خود ایجاد می‌کند و «میدان مغناطیسی» نامیده می‌شود. میدان مغناطیسی کمیتی برداری است. میدان مغناطیسی را با خطوط میدان نمایش می‌دهند. برای مشاهده این خطوط از براده‌های آهن استفاده می‌شود. وقتی براده‌های آهن در معرض میدان مغناطیسی قرار گیرند، در آنها خاصیت مغناطیسی القا شده و مانند آهنرباهای کوچک در راستای میدان مغناطیسی قرار می‌گیرند.

جهت میدان مغناطیسی:

جهت خطوط میدان مغناطیسی به کمک عقربه مغناطیسی تعیین می‌شود. عقربه مغناطیسی را در نقطه مدنظر قرار می‌دهیم. قطب N عقربه، جهت خطوط میدان مغناطیسی در آن نقطه را نشان می‌دهد. همچنین میدان مغناطیسی در هر نقطه مماس بر خط میدان در آن نقطه است. (شکل مقابل).

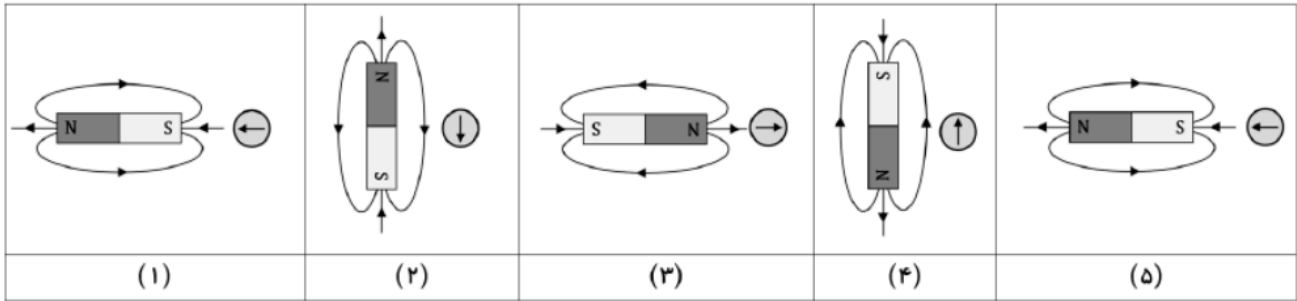


★ مطابق شکل، وقتی عقربه مغناطیسی را یک بار از یک قطب به قطب مقابل حرکت دهیم، 360° می‌چرخد و اگر آن را یک دور کامل بچرخانیم، عقربه دو بار یعنی 720° می‌چرخد.



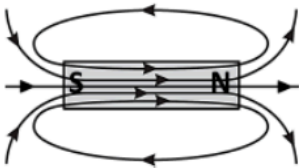


★ اگر محل عقربه مغناطیسی ثابت باشد و آهنربا 360° بچرخد، آنگاه عقربه نیز 360° می‌چرخد. در شکل زیر از چپ به راست در هر مرحله آهنربا به اندازه 90° می‌چرخد:

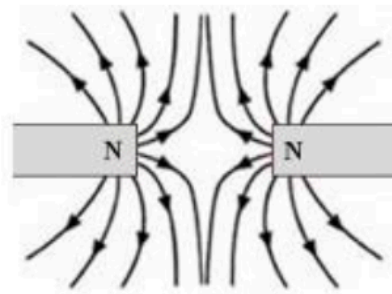
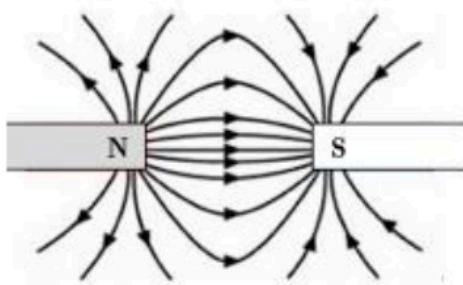


ویژگی‌های خطوط میدان مغناطیسی:

- ① خط‌های میدان مغناطیسی به صورت حلقه‌های بسته هستند (ولی خطوط میدان الکتریکی این‌گونه نبودند). بنابراین خطوط میدان مغناطیسی ابتدا و انتها ندارند و قطب‌های N و S از هم جدا نمی‌شوند و تک‌قطبی مغناطیسی وجود ندارد.
- ② هرچه تراکم خطوط میدان بیشتر باشد، میدان در آن نقطه قوی‌تر است. مثلاً تراکم خطوط در نزدیکی قطب آهنربا بیشتر است.
- ③ خط‌های میدان در خارج آهنربا از قطب N به S و در داخل آهنربا از S به N است.
- ④ بردار میدان در هر نقطه مماس بر خط میدان عبوری از آن نقطه و هم‌جهت با آن است.
- ⑤ خطوط میدان یکدیگر را قطع نمی‌کنند.

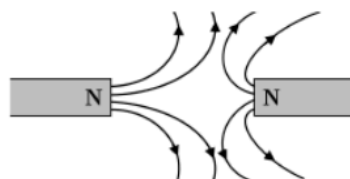
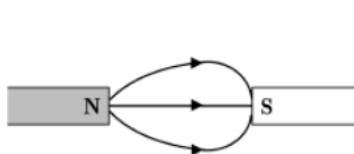


میدان مغناطیسی دو آهنربا:



میدان دو آهنربای قوی و ضعیف:

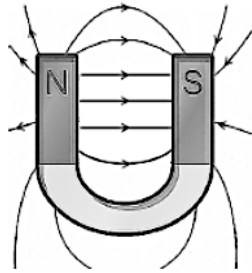
در هر دو شکل زیر آهنربای چپ قوی‌تر از آهنربای راست است. زیرا خطوط میدان در آن ناحیه فضای بیشتری را اشغال می‌کند:



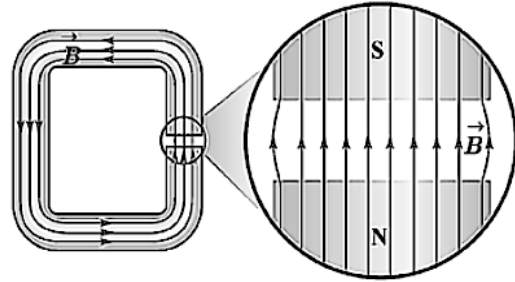


میدان مغناطیسی یکنواخت:

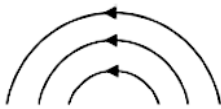
اگر اندازه و جهت میدان در تمام نقاط، ثابت و یکسان باشد، میدان یکنواخت است. برای نمایش میدان یکنواخت از خطوط هم‌جهت، موازی و هم‌فاصله استفاده می‌شود. میدان مغناطیسی یکنواخت را می‌توان در فضای بین قطب‌های N و S آهنربای نعلی‌شکل، و یا در ناحیه بین قطب‌های یک آهنربای C شکل ایجاد کرد. میدان مغناطیسی داخل سیم‌لوله نیز یکنواخت است.



آهنربای نعلی‌شکل



آهنربای C شکل



★ در شکل مقابل، خطوط میدان هم‌فاصله هستند و اندازه میدان در تمام نقاط یکسان است. اما به این علت که جهت میدان تغییر می‌کند، نتیجه می‌گیریم که میدان یکنواخت نیست.

مثال

پس از آن که آهنربای NS را مطابق شکل به سه قسمت تقسیم کنیم، x و y به ترتیب از راست به چپ چه قطب‌هایی هستند؟



- | | | | |
|------------------|---|------------------|---|
| $S \text{ و } S$ | ۲ | $S \text{ و } N$ | ۱ |
| $N \text{ و } S$ | ۴ | $N \text{ و } N$ | ۳ |

مثال آموزشی

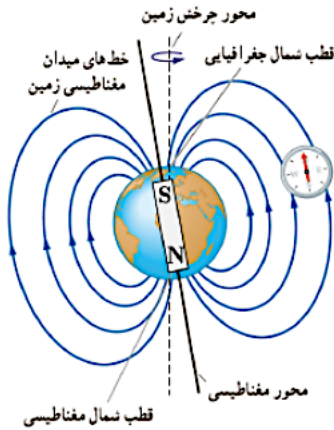
مثال

با توجه به شکل، جهت میدان مغناطیسی حاصل از آهن‌ربای تیغ‌های در نقاط A و B هم‌جهت با کدام گزینه‌اند؟



- | | | | |
|------------------------------------|---|--------------------------------------|---|
| $B \uparrow \text{ و } A \searrow$ | ۲ | $B \downarrow \text{ و } A \searrow$ | ۱ |
| $B \uparrow \text{ و } A \swarrow$ | ۴ | $B \downarrow \text{ و } A \swarrow$ | ۳ |

مثال آموزشی



۴. میدان مغناطیسی زمین

با توجه به خطوط میدان مغناطیسی زمین می‌توانیم زمین را به صورت یک آهنربای میله‌ای بزرگ مدل‌سازی کنیم. قطب S زمین در نزدیکی قطب شمال جغرافیایی و قطب N زمین در نزدیکی قطب جنوب جغرافیایی زمین است. به همین علت است که قطب N قطب‌نما به سمت قطب S زمین می‌ایستد و با تقریب خوبی قطب شمال جغرافیایی را نشان می‌دهد.

★ قطب N عقربه مغناطیسی در جهت قطب شمال جغرافیایی است. و قطب N مغناطیسی کره زمین در جهت قطب جنوب جغرافیایی است.

★ قطب‌های مغناطیسی زمین بر قطب‌های جغرافیایی آن منطبق نیستند. قطب S مغناطیسی زمین تقریباً در 180° کیلومتری قطب شمال جغرافیایی است. بنابراین قطب‌نما به طور دقیق جهت شمال جغرافیایی واقعی را نشان نمی‌دهد و کمی انحراف دارد.

★ هر چه از استوا به زمین قطب‌های کره زمین حرکت کنیم، بزرگی میدان مغناطیسی در سطح زمین افزایش می‌یابد.

★ طبق شواهد زمین‌شناختی، جهت این میدان در بازه‌های زمانی نامنظم از ده‌هزار تا یک میلیون سال به طور کامل وارون می‌شود.

★ شیب مغناطیسی: اگر یک آهنربای میله‌ای (یا سوزن مغناطیسی شده) را از نقطه تعادلش آویزان کنیم، به طور افقی نمی‌ایستد و امتدادش با سطح افقی زمین زاویه می‌سازد. به زاویه امتداد آهنربا با سطح افقی زمین، «شیب مغناطیسی» گفته می‌شود. شیب مغناطیسی در نقاط مختلف کره زمین متفاوت است. در برخی از نقاط هم شیب مغناطیسی صفر است.

۵. کاربرد مغناطیس در پزشکی

میدان مغناطیسی بدن انسان: جریان‌های الکتریکی ضعیف در بدن، میدان‌های مغناطیسی ضعیفی تولید می‌کنند. برای اندازه‌گیری آن باید مغناطیس‌سنج‌های بسیار حساس به نام اسکویید را به کار برد.

کاربرد مغناطیس در درمان سرطان: برای خارج کردن یاخته‌های سرطانی، ذره‌های یک ماده مغناطیسی به بدن تزریق می‌کنند. این ذره‌ها به یاخته‌های سرطانی می‌چسبند. سپس با یک آهنربا در بیرون از بدن، یاخته‌ها را از بدن خارج می‌کنند.



مغناطیس و القا

۳

فصل

بخش ۲: نیروهای مغناطیسی

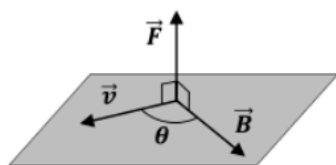
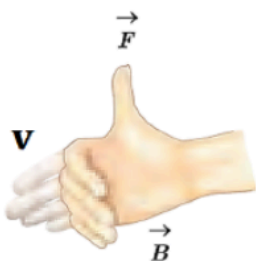
میدان الکتریکی هم بر بار ساکن و هم بر بار متحرک نیرو وارد می‌کند. اما میدان مغناطیسی فقط بر بار متحرک نیرو وارد می‌کند. فرض کنید میدان مغناطیسی \vec{B} در فضا وجود دارد و بار q با سرعت \vec{v} در این میدان حرکت می‌کند. از طرف میدان مغناطیسی به این ذره نیرو وارد می‌شود که به آن نیروی مغناطیسی می‌گویند. نیروی مغناطیسی کمیتی برداری و دارای اندازه و جهت است.



۱. جهت نیروی مغناطیسی وارد بر بار متحرک

جهت نیروی \vec{F} وارد بر ذره باردار را با قاعده دست راست تعیین می‌کنیم:

- اگر $q > 0$ باشد: چهار انگشت دست راست را در جهت \vec{v} قرار می‌دهیم، به طوری که وقتی چهار انگشت را خم می‌کنیم \vec{B} را نشان دهند. در این حالت، انگشت شست جهت \vec{F} را نشان می‌دهد.
- اگر $q < 0$ باشد: مانند حالت بالا قانون دست راست را اجرا می‌کنیم و در نهایت جهت بردار خواسته شده را برعکس می‌کنیم. (البته برای بار منفی می‌توانیم به جای دست راست، مستقیماً از دست چپ جهت را پیدا کنیم.)



★ نیروی مغناطیسی \vec{F} هم بر بردار میدان \vec{B} و هم بر بردار سرعت \vec{v} عمود است. یعنی

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{F} \perp \vec{v} \\ \vec{F} \perp \vec{B} \end{array} \right.$$

\vec{F} عمود بر صفحه‌ای است که \vec{v} و \vec{B} بر روی آن قرار دارند:

جهت درون‌سو و برون‌سو: اگر جهت کمیتی عمود بر صفحه کاغذ و به طرف داخل صفحه باشد، جهت آن درون‌سو \otimes است. و اگر جهت آن عمود بر صفحه کاغذ و به طرف بیرون صفحه باشد، جهت آن برون‌سو \odot است.



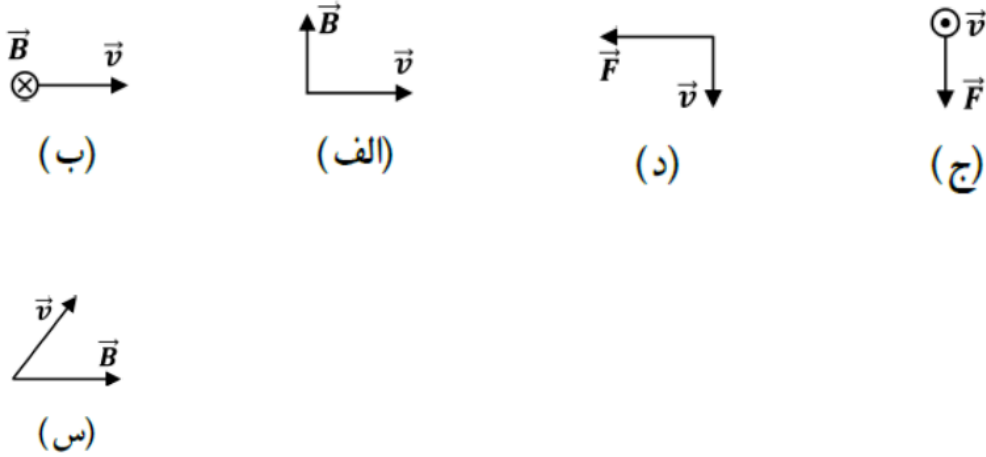
شش جهت جغرافیایی: اگر ذره را از روبرو نگاه کنیم، دست راست و چپ به ترتیب شرق و غرب را نشان می‌دهند. روبروی ما شمال و پشت سر ما جنوب است. بالای سر آسمان و زیر پای ما زمین است؛ و اگر بالا و پایین را به ترتیب شمال و جنوب در نظر بگیریم، جهت درون‌سو جهت زمین و جهت برون‌سو جهت آسمان است:





مثال

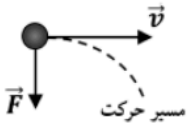
در شکل‌های زیر جهت کمیت مجهول را برای یک بار الکتریکی مثبت مشخص کنید.



مثال آموزشی



۲. مسیر حرکت بار در میدان مغناطیسی

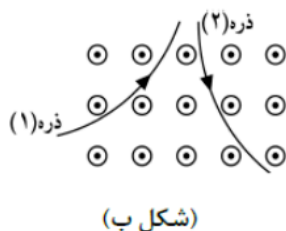


اگر یک بار الکتریکی به داخل میدان مغناطیسی پرتاب شود، نیروی مغناطیسی اندازه سرعت ذره را تغییری نمی‌دهد، بلکه فقط جهت حرکت آن را تغییر می‌دهد. مسیر حرکت ذره مماس بر \vec{v} است و در اثر نیروی \vec{F} به سمت \vec{F} منحرف می‌شود.

(البته به شرطی که جهت ذره هم‌راستا با میدان مغناطیسی نباشد. زیرا اگر زاویه بین \vec{v} و \vec{B} صفر باشد، اصلاً نیرویی بر ذره وارد نمی‌شود، زیرا: $\sin \theta = 0$ و در نتیجه: $F = 0$).

مثال

(الف) مطابق (شکل الف) سه ذره مثبت، منفی و خنثی وارد میدان مغناطیسی می‌شوند. مسیر حرکت ذره‌ها را رسم کنید.
(ب) مطابق (شکل ب) دو ذره در میدان مغناطیسی پرتاب شده‌اند. با توجه به مسیر حرکت ذره‌ها، نوع بار دو ذره را تعیین کنید.



مثال آموزشی