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 "ست.

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 یکدیگرخاصیتی 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.

امروز ه مشخص شده که خیلی از پدیده ها مثل موارد زیر منشا الکتریکی دارند:

آذرخش ،درخشش لامپ های کوچک، پیوند اتم ها وتشکیل 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.

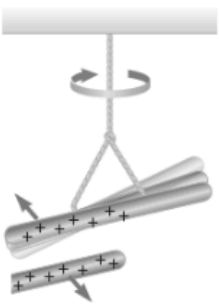
در این فصل مفاهیم بارالکتریکی ، نیروی بین دوبار الکتریکی ، میدان الکتریکی ،القای بار وچگالی سطحی بار، پتانسیل الکتریکی ، انرژی الکتریکی و خازن الکتریکی مورد برسی قرار می گیرد.

بار الکتریکی :

➤ تجربه نشالن می دهد که وقتی اجسام به یکدیگر مالش داده می شوند یک ویژگیی پیدا می کنند که می توانند به یکدیگر نیروی رانشی (دافعه) یا ربایشی (جاذبه) وارد کنند. که این ویژگی درواقع باردار شدن اجسام است و ازطرفی نتیجه می گیریم که دو نوع بارالکتریکی مثبت و منفی در اجسام بوجود می آید.

➤ اولین بار بنجامین فراکلین بارها را بصورت جبری مثبت(+) و منفی (-) نامگذاری کرد.مزیت این نامگذاری این است که اگر در یک جسم بطور مساوی از بارهای مثبت ومنفی وجود داشته باشد ، جمع آنها صفر ویعنی 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



الف) وقتی دو میلهٔ شیشه‌ای را با پارچهٔ ابریشمی مالش دهیم، همدیگر را دفع می‌کنند.

ب) وقتی دو میلهٔ پلاستیکی را با پارچهٔ پشمی مالش دهیم، همدیگر را دفع می‌کنند.

ب) وقتی میلهٔ پلاستیکی مالش داده شده با پارچهٔ پشمی را به میلهٔ شیشه‌ای مالش داده شده با پارچهٔ ابریشمی نزدیک کنیم، همدیگر را جذب می‌کنند.

➤ سوال : بارالکتریکی چگونه در اثر مالش ایجاد می شود یا به عبارت دیگر منشا بارالکتری چیست؟

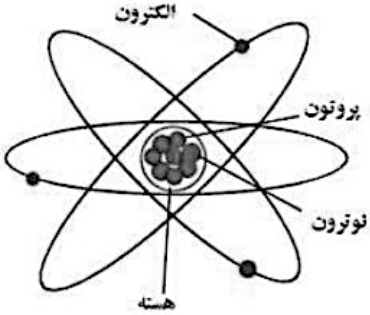
برای پاسخ به این سوال باید ساختار اتم را که در سال هشتم خوانده اید مرور کنیم.

ساختار اتم :

ساختار اتم در یک ملی ساده بنام مدل منظومه ای بصورت زیر مطرح می شود:

هر اتم ازیک بخش مرکزی بسیار کوچک بنام هسته شامل پروتون دارای بار مثبت و نوترون بدون بار تشکیل یافته و الکترونها منفی بدور هسته می چرخند.

مانند گردش سیارات بدور خورشید.



➤درهر اتم تعداد پروتونها والکترونها 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 الآن 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 وتعداد پروتون ها بیشتر از الکترونها می شود وبار جسم مثبت می گرددو یا الکترون می گیرندوتعداد الکترون ها بیشتر از پروتو نها می شودوبار جسم منفی می شود.مثلا شیشه در اثر مالش با پارچه الکترون از دست می دهد و دارا ی بار مثبت می شودو پارچه الکترون می گیرد وبارش 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 پروتون ها به آسانی مثلا 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 ۲۰۰۰برابر جرم الکترون است و نمی توانند در بار دارشدن اجسام به روش مالش نقشی داشته باشند.

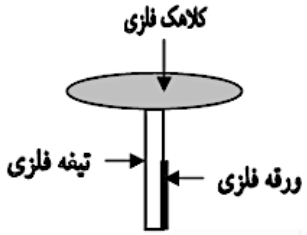
➤روشهای ایجاد بارالکتریکی : ۱-مالش ۲-تماس ۳- القای بار

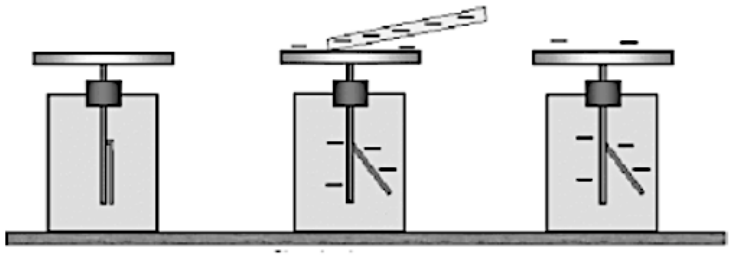
الکتروسکوپ :

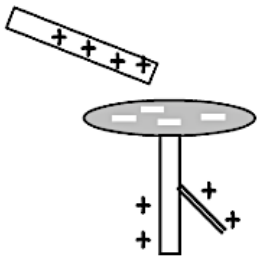
وسیله ساده ای است که :

۱-بار دار بودن یا نبودن ۲- نوع بار، مثبت یا منفی ۳-رسانا یا نارسانا بودن بار ا جسام 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.

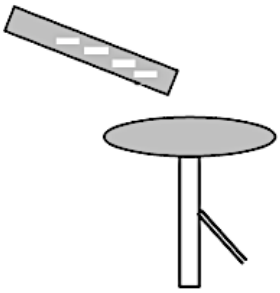






طرز کار الکتروسکوپ :

وقتی یک میله بار دارمثلا مثبت (مطابق شکل) به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می کنیم ،
الکترونها آزاد در سرتاسر الکتروسکو پ بطرف میله رمایش می شوند ،
تیغه و ورقه دارای بار مثبت می شوند ، ورقه رانده شده وباز می شود و می فهمیم جسم دارای بار است.



تمرین : مطابق شکل اگر میله دارا بار منفی را به الکتروسکو پ 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.مثلا بارالکتریکی انتقال یافته آذرخش به زمین حدود $10C$ است. اما بارهای انتقال یافته از موی سربه شانه خیلی کم و در حدود نانو کولن (nC) است.

$$mC = 10^{-3}C$$
$$\mu C = 10^{-6}C$$
$$nC = 10^{-9}C$$
$$pC = 10^{-12}C$$

باربنیادی :

کمترین مقدار بارالکتریکی مربوط به الکترون وپروتون است که اندازه آن حدود $1/6\times10^{-19}C$ است و آن را با e نشان می دهند و بار بنیادی می نامند. بنابر این بار الکترون $-e$ و بارپروتون $+e$ است. $e=1/6\times10^{-19}C$

مقدار بار اجسام :

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

$$q=\pm ne \qquad n=0,1,2,3,.....$$

اصل کوانتیده بودن بارالکتریکی :

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

مقدار بارالکتریکی همواره مضرب درستی از باربنیادی (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 عددصحیح است.

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

اصل پایستگی بارالکتریکی :

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 بارالکتریکی خالص وجود ندارد.

نقص این اصل تا کنون در هیچ آزمایش یا پدیده ای مشاهده نشده است.

جدول سری الکتریسیته مالشی(تریبو الکتریک) :

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 بارالکتریکی 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 هرکدام 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 الکتریسیته مالشی زیر کدام دو جسم یکدیگر را دفع می کنند؟

انتهای مثبت سری
A
B
C
D
انتهای منفی سری

۱) B , A ۲) D , A

۳) C , B ۴) D , B

جدول۱-۱ سری الکتریسیته مالشی (تریبوالکتریک)[۱]

انتهای مثبت سری
موی انسان
شیشه
نایلون
پشم
موی گربه
سُرب
ابریشم
آلومینیم
پوست انسان
کاغذ
چوب
پارچهٔ کتان
کهربا
برنج، نقره
پلاستیک، پلی‌اتیلن
لاستیک
تفلون
انتهای منفی سری

مثال

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

مقدار بار الکتریکی الف: میله شیشه ای ب- پارچه را حساب کنید. $e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C$

مثال آموزشی

$n = ۲۰۰۰$

حل: الف:

$$q = +ne \Rightarrow q = +۲۰۰۰ \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} \Rightarrow q = ۳۲۰۰ \times ۱۰^{-۱۹} C$$

$$q = ۳/۲ \times ۱۰^{۳} \times ۱۰^{-۱۹} = ۳/۲ \times ۱۰^{-۱۶} C$$

ب: بار پارچه هم به همان اندازه ولی منفی است.پس بار پارچه : $q = -ne = -۳/۲ \times ۱۰^{-۱۶} C$

تست

تست آموزشی

۹۵ - ۹۴ چند الکترون باید از یک سکه‌ی خنثی خارج شود، تا بار الکتریکی آن $+۱\mu C$ شود؟ ($e = ۱,۶ \times ۱۰^{-۱۹} C$)

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

الکتریسیته ساکن

فصل ۱

بخش ۲ : قانون کولن

قانون کولن:

هر دو ذره یا دو بارنقطه 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 :

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

در رابطه فوق : q_2, q_1 بر حسب کولن (C) ، r بر حسب متر (m) و F بر حسب نیوتن (N) است .

k ثابت الکتروستاتیکی یا ثابت کولن نام داردومقدار آن ثابت است. $k = ۸/۹۸۷۵۵۱۷۹ \times ۱۰^{۹} \approx ۹ \times ۱۰^{۹} \frac{N m^2}{c^2}$

مقدار k برابر است با : $k = \frac{1}{۴\pi\varepsilon_0}$ که $\varepsilon_0 = ۸/۸۵ \times ۱۰^{-۱۲} \frac{C^2}{Nm^2}$ 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 باردوم به اول $(\vec{F}_{21})$ وارد می کند از نظر اندازه برابر ولی درجهت مخالف یکدیگرند.بنابراین:

الف) نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی همنام، دافعه است.

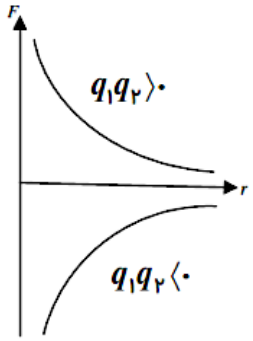
ب) نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی ناهمنام، جاذبه است.

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \Rightarrow F_{12} = F_{21} = F$$

نکته

کپسول آموزشی

نمودار تغییرات نیروی الکتریکی دوبار الکتریکی برحسب تغییر فاصله:



$$F = K\frac{q_1 q_2}{r^2} \quad \frac{k, q_2 q_1}{} \rightarrow F = \frac{m}{r^2} \Rightarrow F\alpha \pm \frac{1}{r^2}$$

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

مثال

مثال کمورشی

دوبار الکتریکی $q_1 = +۶\mu C$ و $q_2 = -۲\mu C$ در فاصله ۲ سانتی متری یکدیگر قرار دارند، نیرویی که هر یک به دیگری وارد میکند را محاسبه کنید؟

نکته

کپسول آموزشی

هرگاه q_1, q_2 برحسب میکرو کولن و r برحسب سانتی متر باشد، فرمول نیروی بین دوبار پس از ساده کردن بصورت زیر نوشته می شود:

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

مثال

مثال آموزشی

دوبار 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 آموزشی

دوبار الکتریکی $q_1 = +2\,\mu C$ و $q_2 = +8\,\mu C$ نیرویی معادل ۱۰۰ نیوتون به یکدیگر وارد میکنند، فاصله بین این دوبار چند سانتی متر است؟

تست

تست آموزشی

۹۳ - ۹۴ دو گلوله‌ی فلزی کوچک و مشابه که دارای بارالکتریکی می‌باشند، از فاصله‌ی ۳۰ سانتی‌متری، نیروی جاذبه‌ی ۴ نیوتون بریکدیگر وارد می‌کنند. اگراین دو گلوله را به هم تماس دهیم، بار الکتریکی هرکدام $+3\mu C$ خواهد شد. بار اولیه گلوله‌ها برحسب میکروکولن کدام است؟ $(k = 9\times10^9 \frac{N\cdot m^2}{C^2})$

۱) -6 و 12 ۲) -4 و 10 ۳) -3 و 9 ۴) -2 و 8

نکته

کپسول آموزشی

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:

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

نکته

کپسول آموزشی

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 وهر 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 کنکورو 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 دردو 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 بار هارا ۲ برابر کنیم، نیرو چند برابر میشود؟

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

۹۸ - ۹۷ اگر اندازهٔ بارهای هر یک از دو بار الکتریکی نقطه‌ای را **۳** برابر کنیم و فاصلهٔ بین آن‌ها را نیز **۳** برابر کنیم، نیروی الکتریکی بین آن‌ها چند برابر می‌شود؟

۱) $\frac{۱}{۳}$ ۲) ۱ ۳) ۳ ۴) ۹

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.

رابط مقایسه ای قانون کولن :

هر گاه در حالت کلی مقدار بارها $q_۱ , q_۲$ و فاصله آنها r بین آنها به $r' , q_۲' , q_۱'$ تغییر کند، می توانیم رابطه مقایسه ای را بصورت زیر بنویسیم:

$$F = k\frac{q_۱ q_۲}{r^۲} \quad , \quad F' = k\frac{q_۱' q_۲'}{r'^۲} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{k\frac{q_۱' q_۲'}{r'^۲}}{k\frac{q_۱ q_۲}{r^۲}} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{q_۱'}{q_۱} \times \frac{q_۲'}{q_۲} \times \frac{r^۲}{r'^۲}$$

مثال آموزشی

مثال

دو بار الکتریکی هم‌نام و هم‌اندازهٔ $q = ۶\mu C$ در چه فاصله‌ای از هم قرار داشته باشند تا نیرویی به اندازهٔ $۰٫۴N$ بر هم وارد کنند؟

مثال آموزشی

مثال

دو بار الکتریکی $q_۱$ و $q_۲$ در فاصلهٔ r از هم واقع شده‌اند و نیروی F را به‌هم وارد می‌کنند. اگر اندازهٔ هر بار را ۳ برابر و فاصلهٔ بین بارها را نصف کنیم نیروی بین آن‌ها چند F می‌شود؟

مثال آموزشی

مثال

دو بار الکتریکی نقطه‌ای و هم‌نام و هم اندازهٔ q در فاصلهٔ معینی از هم، به‌هم نیروی F وارد می‌کنند. اگر $\frac{۱}{۴}$ یکی از بارها را برداشته و به دیگری اضافه کنیم.

الف) در همان فاصلهٔ قبلی نیروی بین آن‌ها چند برابر می‌شود؟
ب) اگر فاصلهٔ بارها را نیز پس از تغییر اندازهٔ بارها نصف کنیم نیرو نسبت‌به حالت برابری بارها چند برابر می‌شود؟

مثال آموزشی

مثال

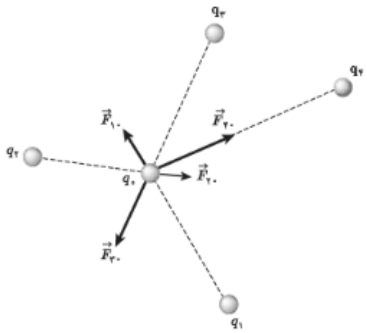
دو بار الکتریکی هم اندازه و هم علامت در فاصلهٔ r از هم قرار دارند. اگر نصف یکی از بارها را به دیگری بدهیم و فاصلهٔ بارها را هم $\frac{۱}{۳}$ حالت اول کنیم، نیروی بین آن‌ها چند برابر می‌شود؟

اصل برهم نهی نیروهای الکتریکی :

اگر به جای دوذره باردار تعدادی بارنقطه ای داشته باشیم ، نیروی الکتریکی وارد برهر ذره ، برآیند نیروهایی است که هریک از ذره های دیگر در غیاب سایر ذره ها، برآن ذره وارد می کند. این موضوع که از آزمایش نتیجه شده است را اصل برنهی نیروهای الکتروستاتیکی می گویند.

فرض کنید n ذره باردار در نزدیکی بار نقطه ای q_0 قرار دارند. آنگاه نیروی خالص یا برآیند وارد بربار نقطه ای q_0 با جمع برداری زیر بدست می د:

$$\vec{F}_{T.} = \vec{F}_{1.} + \vec{F}_{2.} + \vec{F}_{3.} + \ldots\ldots\ldots + \vec{F}_{n.}$$



برای نمونه نیروی وارد بر q_0 از طرف چهارذره دیگر در شکل نشان داده شده است.

$$\vec{F}_{T.} = \vec{F}_{1.} + \vec{F}_{2.} + \vec{F}_{3.} + \vec{F}_{4.}$$

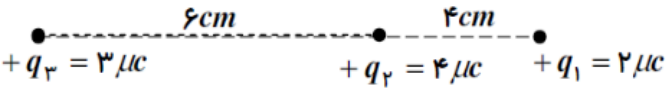
حالت های مختلف سوالات برایند نیروها را با هم بررسی میکنیم:

الف) برایند نیروهای هم راستا:

مثال

مثال آموزشی

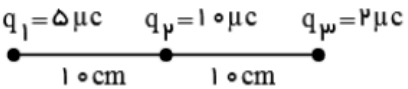
مطابق شکل برآیند نیروهای وارد بر بار q_1 را بدست آورید وجهت نیروی برآیند را مشخص کنید .



مثال

مثال آموزشی

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



نکته

کپسول آموزشی

ب) تعادل بارهای الکتریکی در یک راستا

بچه ها میدونید تعادل چیه؟ تعادل داشتن یعنی اینکه برایند نیرو ها صفر بشه.

وقتی دو بار q_1 و q_2 در محل خود ثابت شده باشند، می توان بار q_3 را در محلی قرار داد که برایند نیروهای وارد بر آن از طرف دو بار دیگر صفر شود و اصطلاحا بار q_3 در حالت تعادل قرار گیرد.

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

چهار نکته مهم که باید دقت کنید.

۱) بار q_3 حتما باید روی خط واصل بین دو بار باشد تا نیرو های وارد بر آن زاویه نداشته باشد و صفر شود.

۲) مقدار و علامت q_3 هیچ تاثیری ندارد.

۳) اگرq_1و q_2 هم نام باشند، q_3 بین دو بار قرار میگیرد و اگر نا هم نام باشد q_3خارج از فاصله دو بار قرار می گیرد.

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

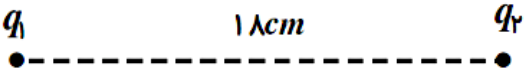
نکته : با توجه به قانون کولن و این که محل قرار گرفتن بار باید به گونه ای باشد که $F_{23}=F_{13}$ بنابر ایم باید شرط زیر برقرار باشد

$$\frac{r_{13}}{r_{23}}=\sqrt{\frac{q_1}{q_2}}$$

مثال

مثال کمورشی

دو بار نقطه ای $q_1=2\mu c$ و $q=8\mu c$ مطابق شکل زیر در فاصله $18cm$ از یکدیگر واقع اند . در چه فاصله ای از بار q_1 در امتداد خط واصل دو بار q_2, q_1 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

مثال کمورشی

دو بار نقطه ای $q_1=18\mu c$ و $q_2=-2\mu c$ مطابق شکل زیر در فاصله $80cm$ از یکدیگر واقع اند . در چه فاصله ای از بار q_1 در امتداد خط واصل دو بار q_2, q_1 بار $q_3=-5\mu c$ را قرار دهیم تا برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر آن صفر شود ؟

ج) برایند نیروهای الکتریکی عمود بر هم

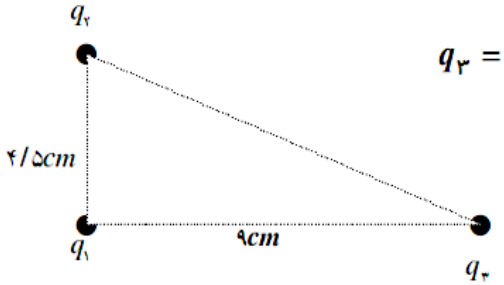
خوب! حالا میریم سراغ نیروهایی که با هم زاویه می سازند و برایند اون هارو حساب میکنیم ، برای اینکه بازم قدم به قدم جلو بریم ، نیرو های عمود بر هم رو بررسی میکنیم و بعدش می ریم سراغ حالت کلی...

وقتی دو نیرو باهم عمود باشند با استفاده از قضیه فیثاغورس میتوان بردار برایند را محاسبه کرد

مثال آموزشی

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 :

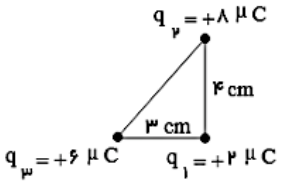
نیروهایی که از طرف بار q_2, q_3 وارد می شود رسم ومحاسبه می کنیم .

مثال آموزشی

مثال

مطابق شکل، سه ذره‌ی باردار در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای ثابت شده‌اند. بزرگی برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_1 را به‌دست آورید.

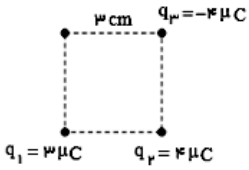
$$k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$$



مثال

مثال آموزشی

۹۸ - ۹۷ مطابق شکل، در سه رأس از یک مربع، بارهای الکتریکی نقطه‌ای قرار داده‌ایم. نیروی الکتریکی برایند وارد بر بار q_2 چند نیوتون است و جهت آن کدام است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$



۱) ↗, ۲۰۰

۲) ↙, ۲۰۰

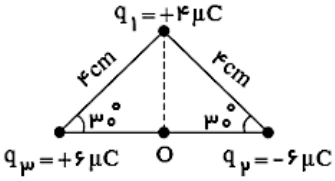
۳) ↗, ۲۸۰

۴) ↙, ۲۸۰

مثال

مثال آموزشی

۸۴ - ۸۳ سه بار نقطه‌ای مطابق شکل در سه راس 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) $90\sqrt{2}$

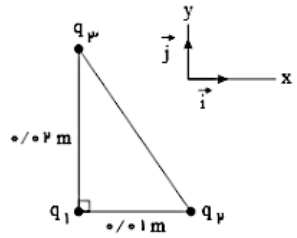
مثال

مثال آموزشی

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.



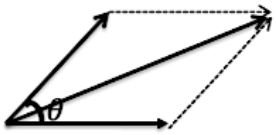
$K = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$, $q_1 = 4\mu C$, $q_2 = -1\mu C$, $q_3 = 4\mu C$

د) برآیند نیروها در حالت کلی:

نکته

کپسول آموزشی

اگر دو بردار $\overrightarrow{F_1}$ و $\overrightarrow{F_2}$ با یکدیگر زاویه θ بسازند، محاسبه بردار برآیند به صورت زیر است:



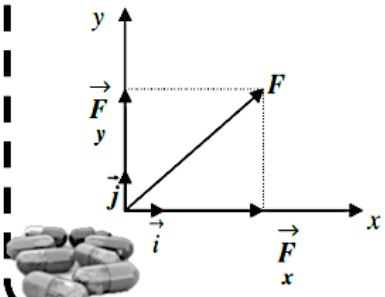
$$\vec{F}_T = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \Rightarrow F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\theta}$$

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

اگر دو بردار هم اندازه باشند، برایند 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 :



$$\vec{F} = \vec{F}_x + \vec{F}_y \rightarrow F = \sqrt{F_X{}^2 + F_Y{}^2}$$

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

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

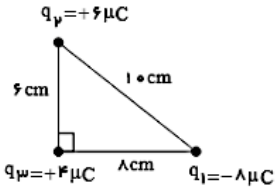
$$\sin\theta = \frac{F_y}{F} \Rightarrow F_y = F\sin\theta$$

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

مثال

مثال آموزشی

۹۶ - ۹۷ مطابق شکل زیر سه ذرهٔ باردار در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای قرار دارند. نیروی خالص وارد بر بار q_3 برحسب بردارهای یکه در SI کدام است؟ $(k = 9\times10^9 \frac{N\cdot m^2}{C^2})$



۱) $45\vec{i} - 60\vec{j}$

۲) $-45\vec{i} + 60\vec{j}$

۳) $360\vec{i} - 360\vec{j}$

۴) $-360\vec{i} + 360\vec{j}$

جریان الکتریکی

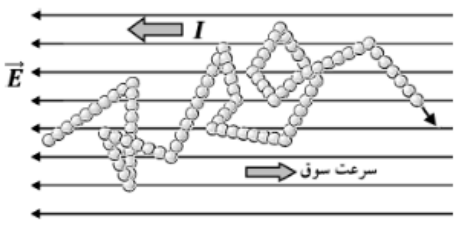
فصل ۲ بخش ۱: مقاومت و نیروی محرکه در مدار

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:

❶ **در نبود اختلاف پتانسیل:** اگر بین دو سر رسانا اختلاف‌پتانسیل وجود نداشته باشد، پتانسیل‌الکتریکی در تمام نقاط رسانا یکسان است. بنابراین درون رسانا میدان‌الکتریکی 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)

❷ **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 می شود. 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 کنکوری

جریان به شدت $5A$ به مدت ۴ 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 ـ 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:

$$\Delta q = I\Delta t \xrightarrow{\text{یکا}} 1C = 1A.s$$

یکای آمپر ـ ساعت :

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

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

★ 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 میلی‌آمپرساعت (mAh) مشخص می‌شوند.

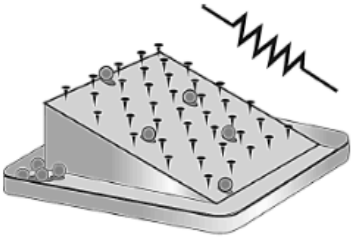
مثال

مثال کنکوری

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 اُهم:

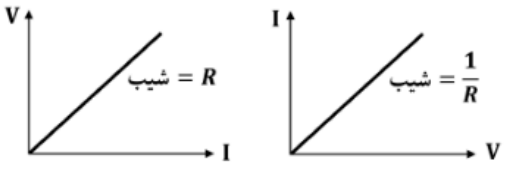
در یک دمای معین وقتی اختلاف پتانسیل دو سر رسانا تغییر کند، جریانی که از آن می‌گذرد نیز به همان نسبت تغییر می‌کند، به طوری‌که نسبت اختلاف پتانسیل به شدت جریان عبوری ثابت می‌ماند. به این نسبت، مقاومت الکتریکی رسانا گفته می‌شود:

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

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

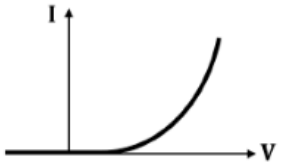
رسانای اهمی:

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 غیراهمی:

رساناهای غیراهمی از قانون اهم پیروی نمی‌کند. 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) غیراهمی است.



مثال

مثال آموزشی

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) $1/5 \times 10^{20}$ ۳) $1/5 \times 10^{21}$ 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 مقاومت ویژه 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 $\Omega.m$ است.

مقاومت ویژه یک ماده به دو عامل بستگی دارد:

❶ **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.

❷ **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: $\frac{R_۲}{R_۱} = \frac{\rho_۲}{\rho_۱} \times \frac{L_۲}{L_۱} \times \frac{A_۱}{A_۲}$.

مثال

مثال آموزشی

یک سیم مسی با مقاومت ویژهٔ $۱٫۷ \times ۱۰^{-۸}\ \Omega \cdot m$ دارای طول $۱۰m$ و مساحت سطح مقطع $۱mm^۲$ 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 چه‌قدر خواهد شد؟

مثال

مثال کنکوری

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 ۲۰ درصد کاهش دهیم، جریان عبوری از آن ۴٫۴ آمپر افزایش پیدا می‌کند. جریان عبوری از سیم در حالت اول چند آمپر است؟

۱) ۲ ۲) ۲٫۲ ۳) ۶٫۴ ۴) ۸٫۸

مثال

مثال کنکوری

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

۱) ۰٫۱۶ ۲) ۰٫۳۶ ۳) ۰٫۴۸ ۴) ۰٫۷۲

مثال

مثال کنکوری

سیمی فلزی به طول $300m$، قطر $2mm$ و مقاومت ویژهٔ $1/5 \times 10^{-8}\Omega \cdot m$ را به اختلاف پتانسیل الکتریکی ثابت ۲۴ ولت وصل می‌کنیم. در مدت زمان ۵ دقیقه تعداد الکترون‌های عبوری از هر مقطع سیم کدام است؟ $(e = 1/6 \times 10^{-19}C \ , \ \pi = 3)$

۱) $7/5 \times 10^{22}$ ۲) 125×10^{21}

۳) 3×10^{22} ۴) 125×10^{23}

مثال

مثال کنکوری

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

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. هنگامی‌که دمای رسانا افزایش می‌یابد، تعداد حامل‌های بار (الکترون‌های آزاد) تقریبا 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 نیم‌رساناها :

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

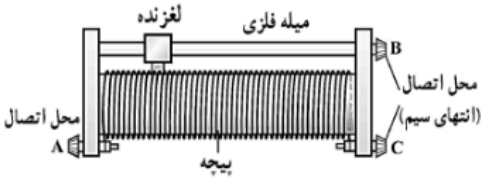
اما: در اجسام نیم‌رسانا، تاثیر افزایش تعداد حامل‌ها بیشتر از اثر افزایش تعداد برخورد است. پس با افزایش دما مقاومت ویژه نیم‌رسانا کم می‌شود (برعکس رساناها).

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 آبَررسانایی می‌گویند.

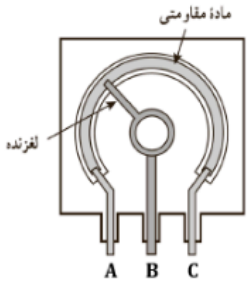
رئوستا:

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.

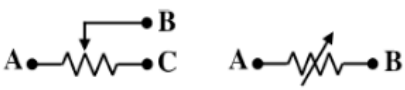


★ برای استفاده از رئوستا باید ابتدا آن را با بیشترین مقدار در مدار قرار دهیم که کمترین جریان از مدار عبور کند تا آسیبی به دیگر اجزای مدار وارد نشود.

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

فصل ۳ بخش ۱: مفاهیم اولیه مغناطیس

۱. مغناطیس و قطب‌های مغناطیسی

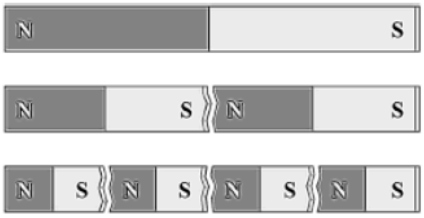
آهنربا:

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 می‌ربایند و قطب‌های همنام همدیگر را می‌رانند.

دوقطبی مغناطیسی:

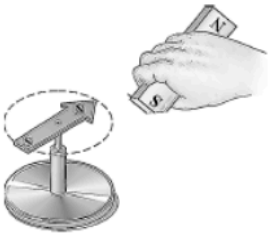


همه آهنرباها لزوماً دو قطب N و S دارند و قطب N و S نمی‌توانند به طور مجزا وجود داشته باشند. یعنی در طبیعت تک‌قطبی مغناطیسی وجود ندارد. مطابق شکل اگر یک آهنربا را هر قدر نصف کنیم، باز هم هر تکه آن یک آهنربا با دو قطب N و S خواهد بود. (زیرا دو سر تکه‌های جدید یکدیگر را جذب می‌کنند).

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

عقربه 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 $\overset{S}{\rightarrowtail}\!\!\!\!\!\!\overset{N}{\rightarrowtail}$ یا نشان می‌دهند، که سمت پررنگ آن قطب N است.



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

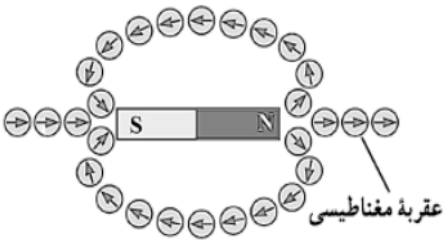
★ خاصیت مغناطیسی می‌تواند بین اجسام منتقل شود. در شکل مقابل در اثر القای مغناطیسی، ابتدا میخ آهنربا می‌شود و سپس واشرها تحت‌تأثیر خاصیت آهنربایی میخ، آهنربا می‌شوند.

۳. میدان مغناطیسی $\vec{B}$

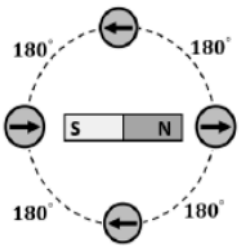
آهنربا می‌تواند بدون تماس با آهن، آن را جذب نماید؛ و یا از راه دور بر آهنرباهای دیگر نیرو وارد کند. این به دلیل خاصیتی است که هر آهنربا در اطراف خود ایجاد می‌کند و «میدان مغناطیسی» نامیده می‌شود. میدان مغناطیسی کمیتی برداری است. میدان مغناطیسی را با خطوط میدان نمایش می‌دهند. برای مشاهده این خطوط از براده‌های 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 :

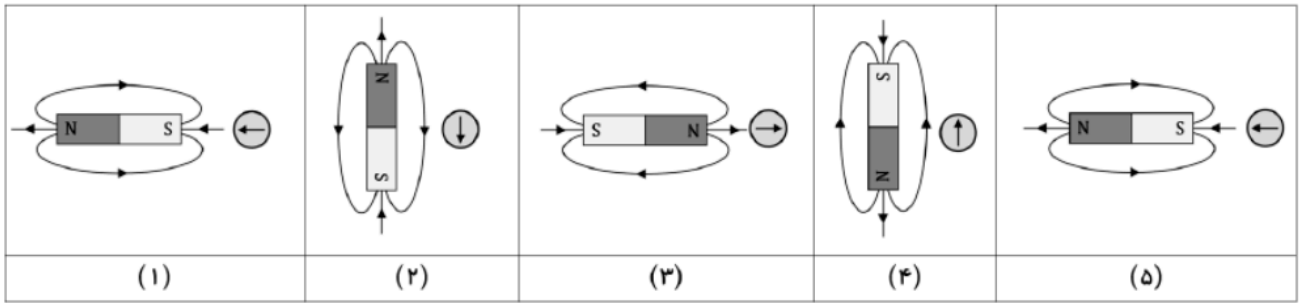
جهت خطوط میدان مغناطیسی به کمک عقربه مغناطیسی تعیین می شود. عقربه مغناطیسی را در نقطه مدنظر قرار می‌دهیم. قطب N عقربه، جهت خطوط میدان مغناطیسی در آن نقطه را نشان می‌دهد. همچنین میدان مغناطیسی در هر نقطه مماس بر خط میدان در آن نقطه است. (شکل مقابل).



★ مطابق شکل، وقتی عقربه مغناطیسی را یک بار از یک قطب به قطب مقابل حرکت دهیم، ۳۶۰° می‌چرخد و اگر آن را یک دور کامل بچرخانیم، عقربه دو بار یعنی ۷۲۰° می‌چرخد.



★ اگر محل عقربه مغناطیسی ثابت باشد و آهنربا ۳۶۰° بچرخد، آنگاه عقربه نیز ۳۶۰° می‌چرخد. در شکل زیر از چپ به راست در هر مرحله آهنربا به اندازه ۹۰° می‌چرخد:



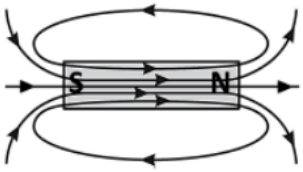
(۱) (۲) (۳) (۴) (۵)

ویژگی‌های خطوط میدان مغناطیسی:

❶ 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.

❷ هرچه تراکم خطوط میدان بیشتر باشد، میدان در آن نقطه قوی‌تر است. مثلا تراکم خطوط در نزدیکی قطب آهنربا بیشتر است.

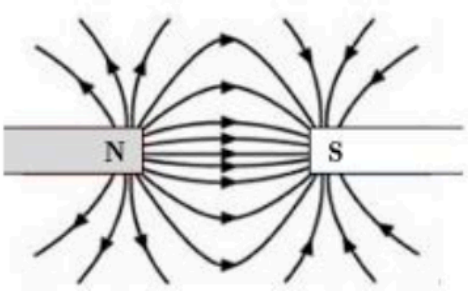
❸ خط‌های میدان در خارج آهنربا از قطب N به S و در داخل آهنربا از S به N است.

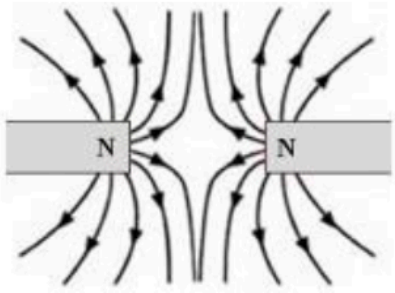


❹ بردار میدان در هر نقطه مماس بر خط میدان عبوری از آن نقطه و هم‌جهت با آن است.

❺ خطوط میدان یکدیگر را قطع نمی‌کنند.

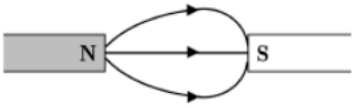
میدان مغناطیسی دو آهنربا:

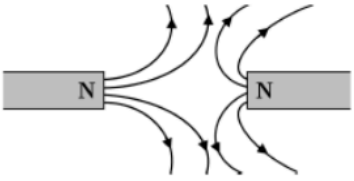




میدان دو آهنربای قوی و ضعیف:

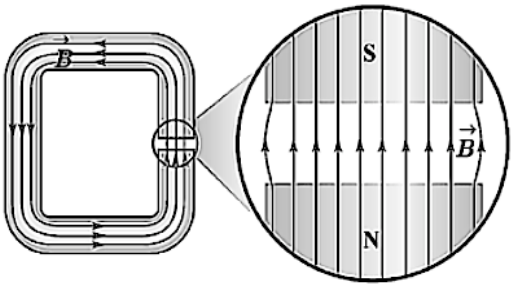
در هر دو شکل زیر آهنربای چپ قوی‌تر از آهنربای راست است. زیرا خطوط میدان در آن ناحیه فضای بیشتری را اشغال می‌کند:



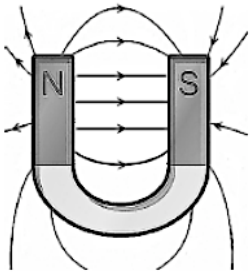


میدان مغناطیسی یکنواخت:

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.

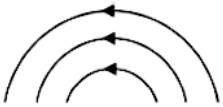


آهنربای C شکل



آهنربای نعلی‌شکل

★ 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

مثال آموزشی

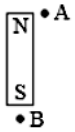
پس از آن که آهنربای NS را مطابق شکل به سه قسمت تقسیم کنیم، x و y به‌ترتیب از راست به چپ چه قطب‌هایی هستند؟

۱) S و N
۲) S و S
۳) N و N
۴) N و S

مثال

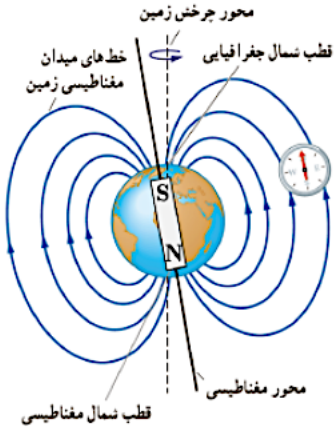
مثال آموزشی

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



۱) $B\downarrow$ و $A\searrow$
۲) $B\uparrow$ و $A\searrow$
۳) $B\downarrow$ و $A\nwarrow$
۴) $B\uparrow$ و $A\nwarrow$

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 تقریبا در ۱۸۰۰ 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 یک‌میلیون سال به طور کامل وارون می‌شود.

★ **شیب مغناطیسی:** اگر یک آهنربای میله‌ای (یا سوزن مغناطیسی‌شده) 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.

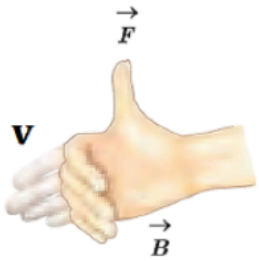
مغناطیس و القا

فصل ۳ 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.

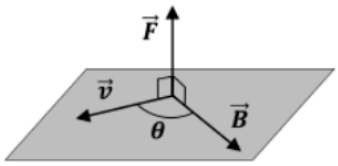
۱. جهت نیروی مغناطیسی وارد بر بار متحرک

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



❶ **اگر $q > 0$ باشد:** چهار انگشت دست راست را در جهت $\vec{v}$ قرار می‌دهیم، به‌طوری‌که وقتی چهار انگشت را خم می‌کنیم $\vec{B}$ را نشان دهند. در این حالت، انگشت شست جهت $\vec{F}$ را نشان می‌دهد.

❷ **اگر $q < 0$ باشد:** مانند حالت بالا قانون دست راست را اجرا می‌کنیم و در نهایت جهت بردار خواسته‌شده را برعکس می‌کنیم. (البته برای بار منفی می‌توانیم به جای دست راست، مستقیماً از دست چپ جهت را پیدا کنیم.)

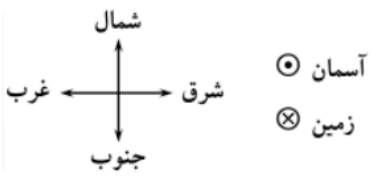


★ نیروی مغناطیسی $\vec{F}$ هم بر بردار میدان $\vec{B}$ و هم بر بردار سرعت $\vec{v}$ عمود است. یعنی $\vec{F}$ عمود بر صفحه‌ای است که $\vec{B}$ و $\vec{v}$ بر روی آن قرار دارند:

$$\begin{cases} \vec{F} \perp \vec{v} \\ \vec{F} \perp \vec{B} \end{cases}$$

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

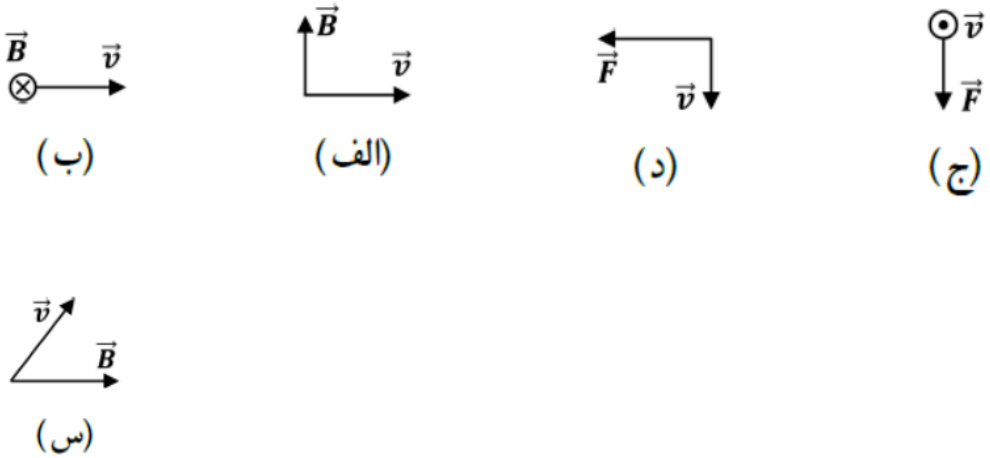
شش جهت جغرافیایی: اگر ذره را از روبرو نگاه کنیم، دست راست و چپ به ترتیب شرق و غرب را نشان می‌دهند. روبروی ما شمال و پشت سر ما جنوب است. بالای سر آسمان و زیر پای ما زمین است؛ و اگر بالا و پایین را به ترتیب شمال و جنوب در نظر بگیریم، جهت درون‌سو جهت زمین و جهت برون‌سو جهت آسمان است:



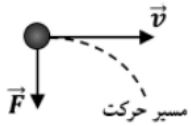
مثال

مثال کنکوری

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



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 آن‌را تغییر می‌دهد. مسیر حرکت ذره مماس بر $\vec{v}$ است و در اثر نیروی $\vec{F}$ به سمت $\vec{F}$ منحرف می‌شود.

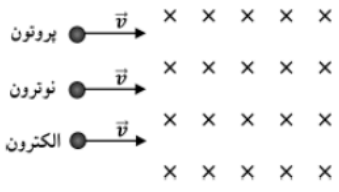
(البته به شرطی که جهت ذره هم‌راستا با میدان مغناطیسی نباشد. زیرا اگر زاویه بین $\vec{v}$ و $\vec{B}$ صفر باشد، اصلاً نیرویی بر ذره وارد نمی‌شود، زیرا: $\sin\theta = 0$ و در نتیجه: $F = 0$).

مثال

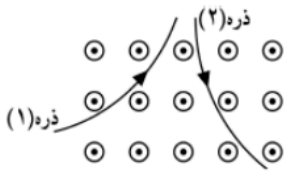
مثال کنکوری

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.



(شکل الف)



(شکل ب)