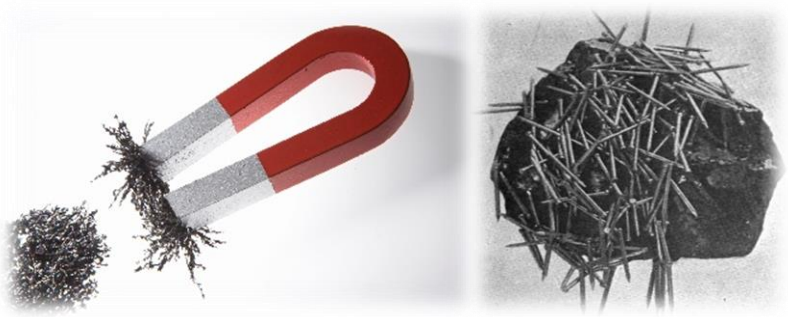
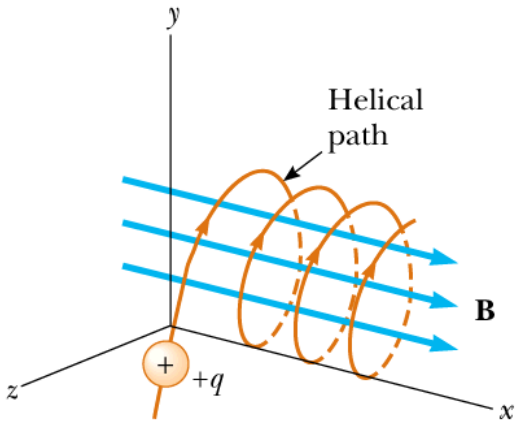
یا لطیف

« ساندویچ مغناطیس »



نیروهای مغناطیسی

در مبحث الکتریسیته با این واقعیت آشنا شدیم که ذراتِ دارای بار الکتریکی به یکدیگر نیروی الکتریکی وارد می‌کنند (قانون کولن)[1]. هنگامی که ذرات باردار نسبت به‌هم شروع به حرکت می‌کنند، نیرویی که به‌هم وارد می‌کنند، دیگر تنها از قانون کولن پیروی نمی‌کند و به طرز پیچیده‌ای!، این نیرو وابسته به حرکت و سرعت آن‌ها می‌شود. فیزیک‌دان‌ها پس از انجام آزمایش‌های علمی و محاسبات ریاضی فراوان به این نتیجه رسیدند که، علاوه بر نیروی الکتریکی، نیروی دیگری هم به‌واسطه‌ی حرکت ذره‌های باردار تولید می‌شود که آن‌را **نیروی مغناطیسی** می‌نامیم. رایج ترین ذره‌ی باردار الکترون است که حرکت آن موجب ایجاد نیروی مغناطیسی می‌شود. به‌عنوان نتیجه می‌توان گفت، ماهیت مشترک نیروهای الکتریکی و مغناطیسی، که عموما آن‌را الکترومغناطیس می‌نامیم، به ذرات باردار برمی‌گردد.



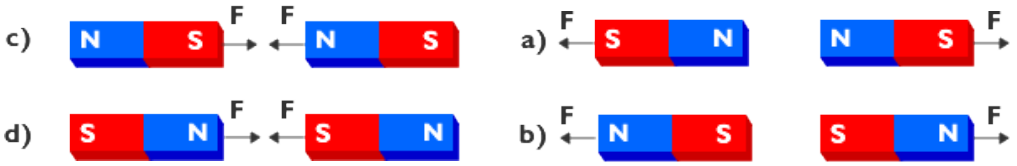
[1] $F_E = k\ \frac{q_1 * q_2}{r^2}$

قطب‌های مغناطیسی

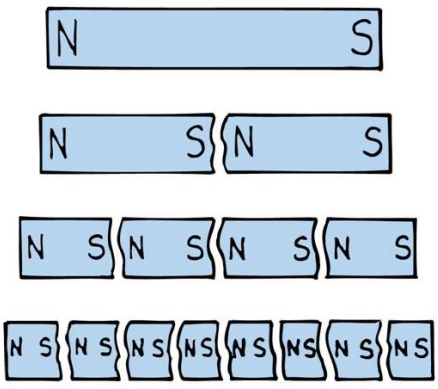
هنگام کار با آهن‌ربا، حتما مشاهده کرده‌اید که دو ناحیه در آهن‌ربا وجود دارد که خاصیت مغناطیسی در این دو ناحیه بیشتر است(مثلا براده‌ی آهن بیشتری جذب این ناحیه می‌شود!). به ناحیه‌هایی از هر آهن‌ربا که نیروی مغناطیسی تولید می‌کند، **قطب‌های مغناطیسی** می‌گویند.

اگر یک آهن‌ربای میله‌ای را به کمک یک نخ آویزان کنید، شروع به جهت‌گیری می‌کند و در یک راستای مشخص می‌ایستد (شما یک قطب‌نما ساخته‌اید). سمتی از آهن‌ربا که روبه شمال زمین است را قطب شمال N و طرف دیگر را قطب جنوب S آهن‌ربا می‌نامند.

شبیه به اتفاقی که در مورد بارهای الکتریکی هم‌نام و ناهم‌نام می‌افتاد، قطب‌های هم‌نام آهن‌ربا یکدیگر را دفع می‌کنند و قطب‌های ناهم‌نام یکدیگر را جذب می‌کنند.



تک قطبی مغناطیسی[۲]



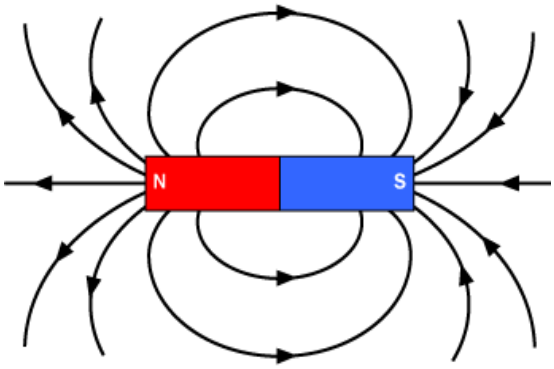
برخلاف بار الکتریکی، بارهای مغناطیسی در طبیعت به صورت منفرد یافت نمی‌شوند. به عبارت دیگر ظاهراً تک قطبی مغناطیسی وجود ندارد. شکستن یک آهنربای میله‌ای به دو تک قطبی مغناطیسی غیرممکن است. چنانچه یک آهن‌ربا را بشکنید، دو آهن‌ربای جدید که هرکدام دارای قطب N و S هستند، خواهید داشت.

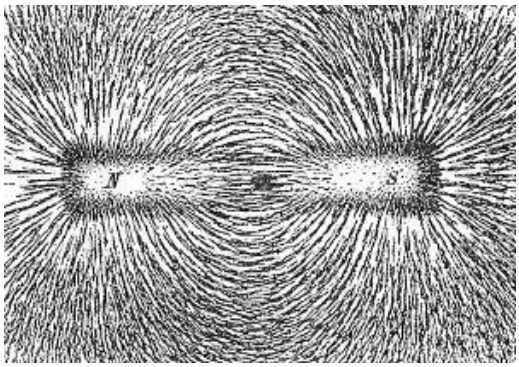
اگر شکاندن آهن‌ربا به قطعات کوچک را تا رسیدن به اتم هم ادامه دهید، می‌بینید خودِ اتم نیز به واسطه‌ی حرکت الکترون‌ها به دور هسته (و به دور خود)، به یک آهن‌ربای کوچک تبدیل شده است و دارای قطب N و S مخصوص به خود است.

[2] Magnetic Monopole

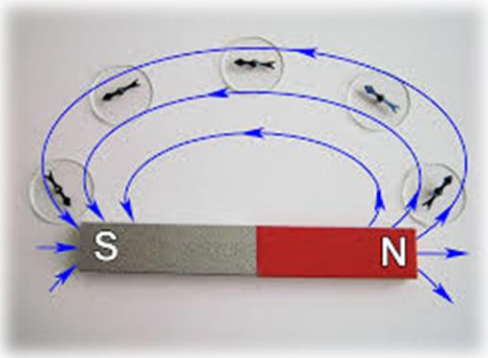
میدان‌های مغناطیسی[3]

میدان مغناطیسی خاصیتی است در اطراف هر آهن‌ربا که سبب می‌شود به اجسام مغناطیسی‌ای که در نزدیکی آن قرار می‌گیرند، *نیرو* وارد شود. اگر مقداری براده‌ی آهن را روی ورقه‌ی کاغذی بپاشید که روی آهن‌ربایی قرار دارد، می‌بینید براده‌ها طرح خط‌های منظمی ترسیم می‌کنند که آهن‌ربا را احاطه کرده‌اند. این خطوط، نشان دهنده‌ی میدان مغناطیسی آهن‌ربا هستند. یکی از عوامل مؤثر بر میدان مغناطیسی فاصله است، هر چه به آهنربا نزدیک تر شویم، تأثیر و قدرت آن بیشتر خواهد بود.





جهت میدان مغناطیسی در بیرون آهن‌ربا از قطب شمال N به قطب جنوب S است. هرجا فشردگی خطوط بیشتر باشد، میدان در آن نقطه قوی‌تر است(میدان مغناطیسی کمیتی برداری است که در هر نقطه از فضا دارای اندازه و جهت است!). با قرار دادن یک قطب نمای کوچک در اطراف هر آهن‌ربا، می‌توان جهت میدان مغناطیسی در آن نقطه را تعیین کرد.



نکته: میدان مغناطیسی را با نماد اختصاری B نشان می‌دهند و یک کمیت برداری است(دارای اندازه و جهت!). مانند هرکمیت دیگر، میدان مغناطیسی دارای یکای اندازه‌گیری می‌باشد. برای یکای اندازه‌گیری میدان مغناطیسی، از واحد تسلا (T) یا گوس (G) استفاده می‌کنند. (۱ تسلا برابر ۱۰۰۰۰ گوس است!)

در جدول زیر اندازه‌ی برخی از میدان‌های مغناطیسی آورده شده است.

۱۰۰ فمتو[4]تسلا تا ۱ پیکو[5]تسلا	میدان مغناطیسی مغز انسان
۱۰۰ پیکو تسلا تا ۱۰ نانو[6]تسلا	میدان مغناطیسی در مدار زمین به دور خورشید

[3] Magnetic Field

[4] فمتو $= 10^{-15}$

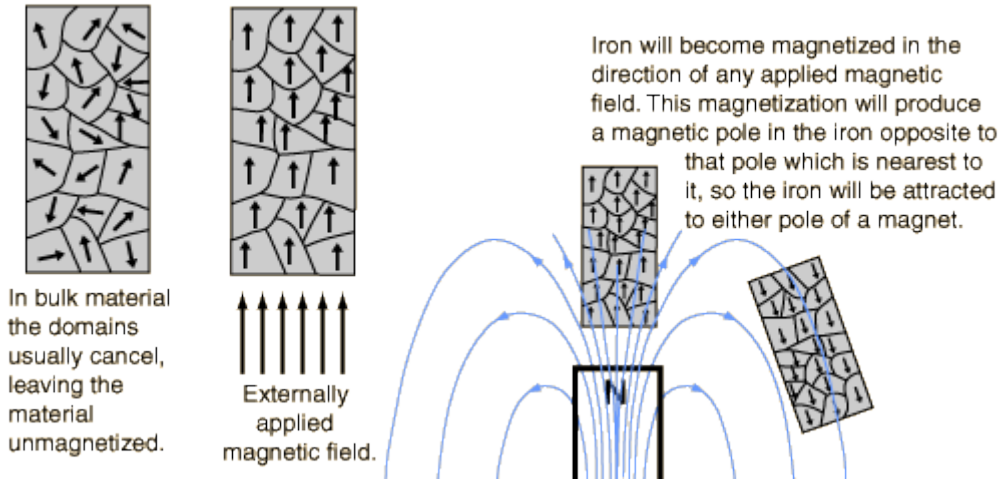
[5] پیکو $= 10^{-12}$

[6] نانو $= 10^{-9}$

۲۰ میکرو[7]تسلا	میدان مغناطیسی نزدیک نوارهای صوتی قدیمی
۲۵ تا ۶۵ میکروتسلا	میدان مغناطیسی زمین
۱ تسلا	سیم‌پیچ بلندگو، آهن‌ربای نئودیمیوم
۱ تا ۱۰ تسلا	دستگاه NMR (همان MRI)، قورباغه معلق
۳۶ تسلا	قوی‌ترین میدان طولانی ایجاد شده بدون استفاده از ابر رسانا
۴۵ تسلا	قوی‌ترین میدان طولانی ایجاد شده تا کنون
۷۳۰ تسلا	قوی‌ترین پالس میدان در آزمایشگاه توکیو (با هر بار برقراری این میدان وسایل آزمایش از بین می‌رود!)
۱ تا ۱۰۰ مگا[8]تسلا	شدت میدان روی ستاره‌ی نوترونی

حوزه‌های مغناطیسی[9]

همان‌طورکه گفتیم، یکی از کوچک‌ترین آهن‌رباهای طبیعی، اتم‌ها هستند. جهت‌گیری‌های مختلف اتم‌ها درون ماده، باعث ایجاد آهن-رباهایی در جهت‌های مختلف درون ماده می‌شود. گاهی میدان مغناطیسی یک اتم، اتم مجاور را تحت تاثیر خود قرار می‌دهد و آن‌را هم‌جهت خود می‌کند (مانند این‌که دو آهن‌ربا از قطب‌های ناهم‌نام به یکدیگر بچسبند!). به این ناحیه‌ها در ماده که در آن جهت‌گیری اتم‌ها همسو هستند، **حوزه‌های مغناطیسی** می‌گویند. به بیان دیگر، حوزه‌های مغناطیسی آهن‌رباهای کوچکی هستند که از کنار هم قرار گرفتن آن‌ها، ماده تشکیل می‌شود. هر حوزه از میلیاردها اتم همسو تشکیل شده است. هرچه تعداد حوزه‌های هم‌جهت در یک جسم بیشتر باشد، خاصیت آهن‌ربایی قوی‌تری دارد.



حال این سوال پیش می‌آید: اگر همه‌ی مواد دارای حوزه‌های مغناطیسی هستند، چرا همه‌ی آن‌ها خاصیت آهن‌ربایی ندارند؟ چرا برخی مواد جذب آهن‌ربا می‌شوند و برخی خیر؟

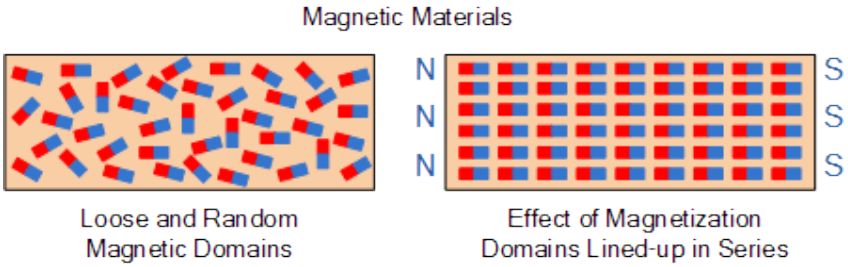
---

[7] میکرو $= 10^{-6}$

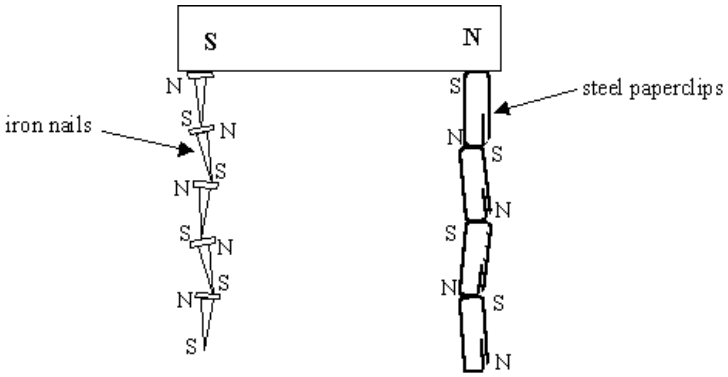
[8] مگا $= 10^{6}$

[9] Magnetic Domains

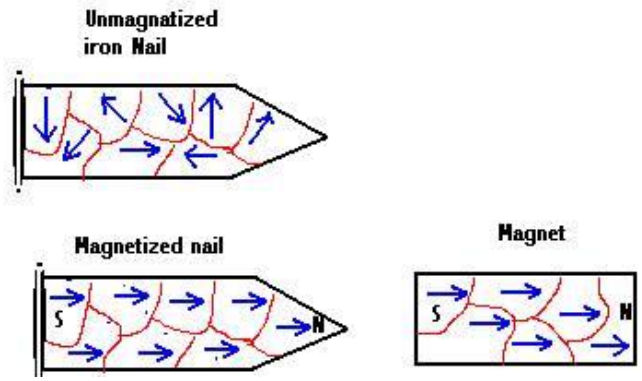
در آهن‌رباها، حوزه‌های مغناطیسی، عموما همسو هستند. لذا می‌توان فرض کرد که یک از اتصال چندین حوزه‌ی مغناطیسی همسو، یک حوزه‌ی بزرگ‌تر به‌وجود آمده است وآهن‌ربا تشکیل شده است.



حتما این تجربه را کرده‌اید که با نزدیک کردن یک سوزن آهنی به آهن‌ربا، سوزن به‌سرعت جذب آهن‌ربا می‌شود. همچنین اگر آهن‌ربا قدرت کافی داشته‌باشد، می‌توان چند سوزن دیگر را نیز به دنبال سوزن اول آویزان کرد.



با نزدیک کردن سوزن آهنی به آهن‌ربا، حوزه‌های مغناطیسی موجود در سوزن آهنی، شروع به تغییر جهت و همسو شدن می‌کنند(با توجه به جهت میدان مغناطیسی آهن‌ربا). در واقع می‌توان گفت با نزدیک کردن سوزن آهنی به آهن‌ربا، خاصیت مغناطیسی درون سوزن **القا** می‌شود. با القا شدن خاصیت مغناطیسی توسط آهن‌ربا درون سوزن، خودِ سوزن تبدیل به یک آهن‌ربای موقت می‌شود و می‌تواند سوزن‌های بعدی را نیز جذب کند.



حال با توجه به شناختی که نسبت به حوزه های مغناطیسی پیدا کردیم، توجیه عواملی که آهنربا را تضعیف می کنند امکان پذیر است. ضربه دیدن و یا گرم و سرد شدن آهن‌ربا سبب می‌شود برخی از حوزه‌های مغناطیسی آن از همسویی خارج شود و قدرت آهن‌ربا کاهش می‌یابد.

یکی از روش‌های ساخت آهن‌ربا، **القای خاصیت مغناطیسی** درون قطعه است. برای این‌کار قطعه‌ای که قرار است آهن‌ربا شود را در کنار یک آهن‌ربای قوی به‌مدت طولانی قرار می‌دهند. پس از گذشت زمان، حوزه‌های مغناطیسی قطعه همسو می‌شوند و قطعه تبدیل به آهن‌ربا می‌شود.

حال اگر سوزن ما از جنس طلا، مس و ... باشد، آیا باز هم خاصیت مغناطیسی در آن القا می‌شود؟ پاسخ خیر است. تنها برخی مواد هستند که در آن‌ها حوزه‌های مغناطیسی توانایی تغییر جهت را دارند. در سایر مواد از جمله طلا، مس، چوب و .... برای تغییر جهت حوزه‌های مغناطیسی، به یک نیروی دست نیافتنی نیاز داریم، لذا قرارگیری این مواد در میدان مغناطیسی تاثیری روی آن‌ها ندارد.

به طور خلاصه دسته‌بندی مواد از نظر مغناطیسی به‌این صورت است:

۱. **فرومغناطیس:** موادی که جذب آهن‌ربا می‌شوند. آهن، نیکل، کبالت و برخی از آلیاژهای آن‌ها جزو این دسته مواد هستند. مواد فرو مغناطیس خود به دو دسته تقسیم می‌شوند:

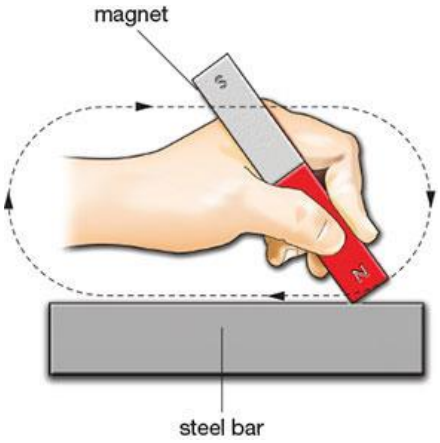
الف) فرومغناطیس نرم: با قرارگیری در میدان مغناطیسی به‌راحتی آهن‌ربا می‌شوند و با دور شدن از میدان به راحتی خاصیت مغناطیسی خودرا از دست می‌دهند. مانند آهن

ب) فرو مغناطیس سخت: با قرارگیری در میدان مغناطیسی به‌سختی آهن‌ربا می‌شوند و با دور شدن از میدان به سختی خاصیت مغناطیسی خودرا از دست می‌دهند. مانند فولاد

۲. **پارامغناطیس:** موادی هستند که میدان مغناطیسی روی آن‌ها تاثیری ندارد

۳. **دیا مغناطیس:** دیامغناطیس‌ها موادی هستند که در اثر اعمال یک میدان مغناطیسی خارجی در آنها یک میدان مغناطیسی القایی در جهت مخالف ایجاد می‌کنند و توسط میدان دفع می‌شوند. (پلاسما یکی از معروف‌ترین مواد دیامغناطیس است.)

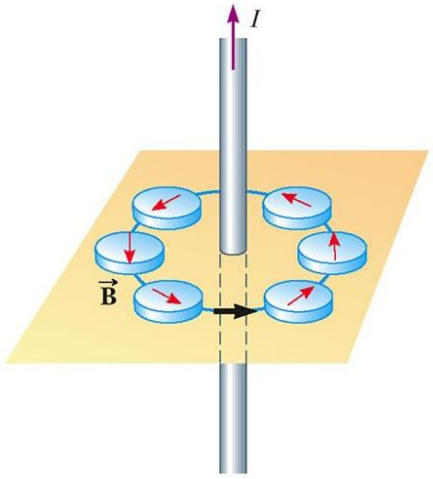
مواد فرومغناطیس را می‌توان توسط مالش نیز به آهن‌ربا تبدیل کرد. به این صورت‌که اگر آهن‌ربایی را به صورت منظم و در یک جهت (مانند شکل) از ابتدا تا انتهای یک ماده فرومغناطیس بکشیم، آن جسم تبدیل به آهن‌ربا می‌شود.

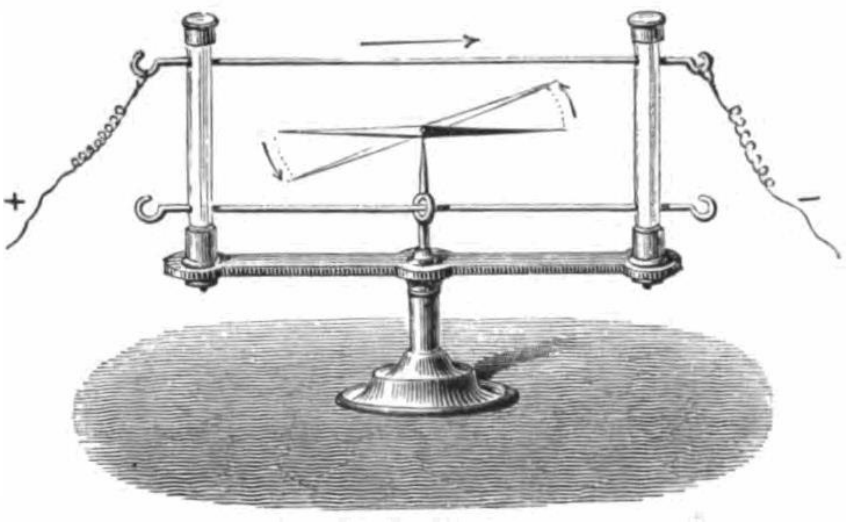


به نظر شما جهت N و S در شکل بالا پس از آهن‌ربا شدن میله‌ی استیل، چگونه خواهد بود؟

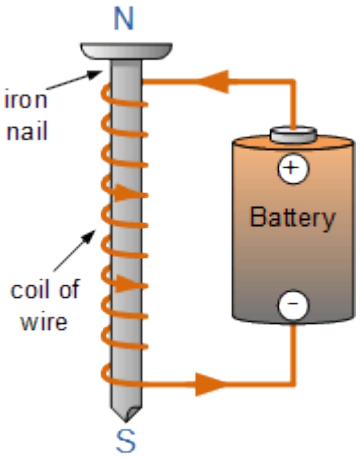
جریان الکتریکی – میدان مغناطیسی

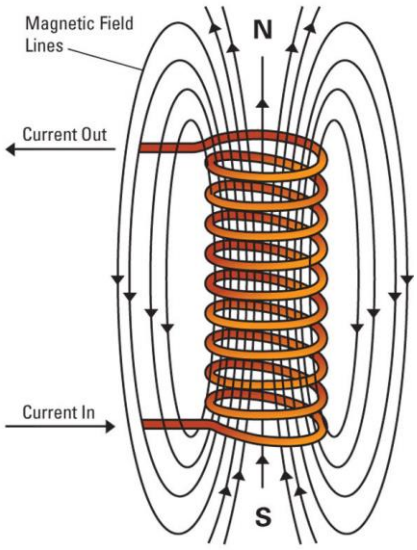
همان‌طورکه گفتیم حرکت بار الکتریکی میدان مغناطیسی تولید می‌کند. پس می‌توان گفت که عبور جریان از داخل سیم نیز باعث ایجاد میدان مغناطیسی اطراف سیم می‌شود. آقای اورستد برای اولین‌بار در آزمایش‌های خود به این نتیجه رسید و آغازگر پیوند الکتریسیته و مغناطیس شد. او با عبور دادن جریان الکتریکی از درون یک سیم مسی، متوجه شد قطب‌نمایی که در نزدیکی سیم قرار داده بود منحرف می‌شود. با تغییر جهت جریان، جهت‌گیری قطب‌نماها نیز معکوس می‌شود. (جهت میدان مغناطیسی را می‌توان از روی جهت جریان با استفاده از قانون دست راست، که در آینده با آن آشنا خواهید شد، به‌دست آورد.)





از این خاصیت می‌توان برای درست کردن آهن‌رباهای الکتریکی استفاده کرد. اگر سیم حامل جریان را به‌صورت حلقه‌هایی پشت سر هم بپیچیم، یک آهن‌ربای الکتریکی خواهیم داشت.





برای تقویت آهن‌رباهای الکتریکی، عموما سیم را به‌دور یک هسته‌ی آهنی می‌پیچند. فکر می‌کنید علت چیست؟ چه عواملی در تقویت آهن‌ربای الکتریکی تاثیرگذار است؟

شاد و با نشاط باشید!