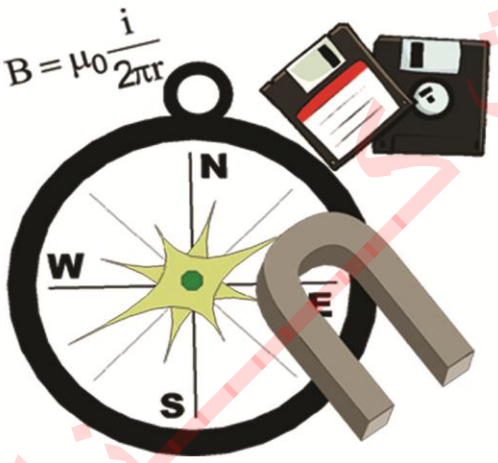
@Maharate_Konkur
مهارت کنکور

درسنامه و مجموعه سئوالات

فیزیک ۳

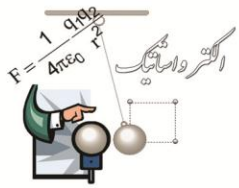
رشته علوم تجربی

@Maharate_Konkur



فصل سوم
مغناطیس

@Maharate_Konkur



مغناطیس

خاصیت مغناطیسی: خاصیتی است که برخی از سنگ‌های معدنی مانند Fe_3O_4 دارند و به‌موجب این خاصیت، مواد آهنی، فولادی، نیکلی و بعضی از آلیاژهای آنها را جذب می‌کنند. این خاصیت در فضای اطراف رساناهای حامل جریان برق نیز وجود دارد.

آهن‌ربا: موادی که خاصیت مغناطیسی دارند را آهن‌ربا نیز می‌نامند.

انواع آهن‌ربا: آهن‌رباها را به شکل‌های مختلفی می‌سازند که از آن جمله می‌توان به آهن‌ربای میله‌ای، تیغه‌ای، حلقه‌ای و نعلی (U شکل) اشاره کرد.

قطب‌های آهن‌ربا: در هر آهن‌ربا، دو ناحیه وجود دارد که شدت خاصیت مغناطیسی در آنها از نواحی دیگر بیشتر است. این دو ناحیه را قطب‌های آهن‌ربا می‌نامند. محل دقیق قرارگرفتن قطب‌های هر آهن‌ربا به شکل آن بستگی دارد. همچنین ناحیه‌ای که در وسط دو قطب قرار دارد، به‌کلی فاقد خاصیت مغناطیسی است و ناحیه خنثی خوانده می‌شود.

نام‌گذاری قطب‌های آهن‌ربا: اگر یک آهن‌ربای میله‌ای را توسط نخ سبکی از نقطه وسط (گرانیگاه) آن بیاویزیم، همواره یکی از قطب‌های آن در راستای تقریبی شمال جغرافیایی و قطب دیگر در راستای جنوب قرار می‌گیرد. قطبی را که به سمت شمال می‌ایستد، قطب شمال‌گرا یا قطب شمال نامیده و آن را با N نشان می‌دهیم. قطب دیگر قطب جنوب‌گرا یا قطب S است.

خاصیت مغناطیسی زمین: زمین نیز مانند یک آهن‌ربای بزرگ دایمی، دارای خاصیت مغناطیسی است. منشاء خاصیت مغناطیسی کره زمین هنوز با قطعیت کامل معلوم نیست. اما برخی از دانشمندان وجود آن را به حرکت چرخشی نسبی مواد مذاب باردار در هسته زمین نسبت می‌دهند. به هرحال خاصیت مغناطیسی زمین به‌گونه‌ای است که می‌توان در نظر گرفت که یک آهن‌ربای فرضی درون زمین طوری قرار گرفته است که قطب جنوب آن در شمال جغرافیایی و قطب شمال آن در جنوب جغرافیایی زمین واقع شده است.

نیروی مغناطیسی: برهم‌کنش(نیروی) بین قطب‌های آهن‌ربا را نیروی مغناطیسی می‌نامند. آزمایش نشان می‌دهد که قطب‌های همنام یک آهن‌ربا یک‌دیگر را می‌رانند و قطب‌های ناهمنام، هم‌دیگر را می‌ربایند.

مثال۱: دو میله کاملاً مشابه، یکی از جنس آهن و دیگری آهن‌ربا در اختیار داریم. چگونه می‌توان بدون استفاده از هیچ وسیله دیگری، آهن‌ربا را از آهن تشخیص داد؟

القای مغناطیسی: ایجاد خاصیت مغناطیسی در موادی مانند آهن را بدون تماس آهن‌ربا با آنها، القای مغناطیسی می‌نامند. اگر یک قطب آهن‌ربا را به یک میله آهنی نزدیک کنیم، میله آهنی آهن‌ربا می‌شود، طوری که سر نزدیک به قطب آهن‌ربا، ناهمنام با آن می‌شود. یعنی در اثر القای مغناطیسی، همواره جاذبه اتفاق می‌افتد.

مثال۲: نوک سوزن فولادی را از روبرو به قطب N یک آهن‌ربای تیغه‌ای نزدیک می‌کنیم. در اثر القای مغناطیسی:

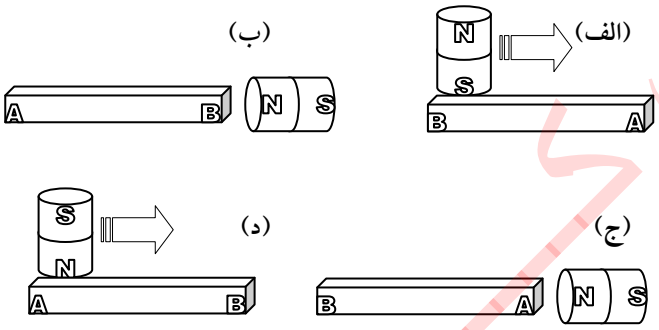
الف) نوک سوزن N و ته آن S می‌شود.

ب) فقط نوک سوزن N می‌شود.

ج) نوک سوزن S و ته آن N می‌شود.

د) فقط نوک سوزن S می‌شود.

مثال۳: می‌خواهیم میله آهنی AB را طوری آهن‌ربا کنیم که سر A آن، قطب S و سر B، قطب N باشد. در کدام یک از شکل‌های زیر روش عمل درست نشان داده شده است؟



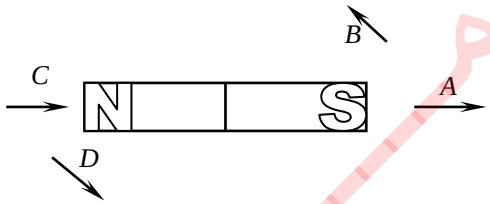
عقربه مغناطیسی: آهن‌ربای کوچک و سبکی است که بر روی تکیه‌گاه بدون اصطکاکی قرار دارد و می‌تواند به‌راحتی چرخیده و در راستای میدان مغناطیسی قرار بگیرد. عقربه مغناطیسی را قطب‌نما نیز می‌نامند.

میدان مغناطیسی: خاصیتی است در فضای اطراف آهن‌ربا، که به‌موجب آن بر هر عقربه مغناطیسی که در آن فضا قرار می‌گیرد، نیرو وارد می‌شود. خواهیم دید که میدان مغناطیسی بر بارهای متحرک و رساناهای حامل جریان الکتریکی نیز نیرو وارد می‌کند. میدان مغناطیسی که آن را با $\vec{B}$ نشان می‌دهند، کمیتی است برداری که دارای جهت و اندازه می‌باشد.

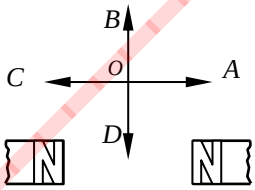
تعیین جهت میدان مغناطیسی: بنا به تعریف، جهت میدان مغناطیسی در هر نقطه دلخواه از میدان، در جهت s به n عقربه مغناطیسی است که در آن نقطه به حال تعادل قرار گرفته باشد.

نکته۱: برای تعیین جهت میدان در یک نقطه، همچنین می‌توان یک تک‌قطبی مغناطیسی **فرضی** N را در آن نقطه قرار داد و جهت نیروی وارد بر آن را مشخص کرد.

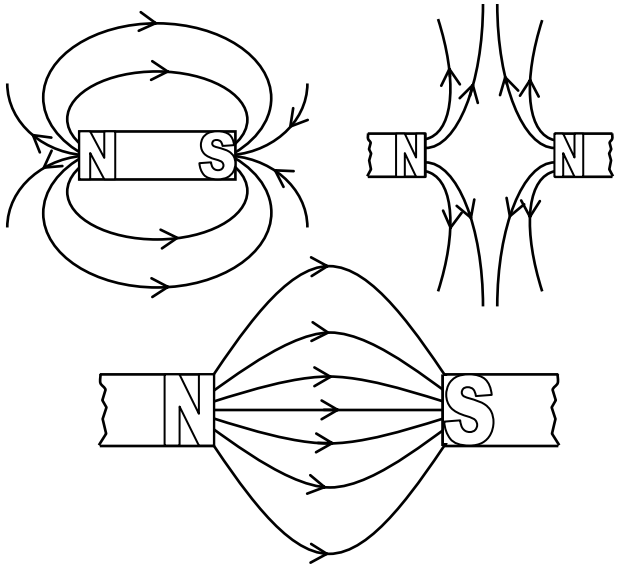
مثال۴: چهار نقطه A، B، C و D روی یک صفحه قرار دارند و آهن‌ربای تیغه‌ای NS نیز روی همین صفحه است. در کدام نقطه میدان مغناطیسی حاصل از آهن‌ربا، تقریباً درست نشان داده شده است؟



مثال۵: جهت عقربه مغناطیسی در نقطه O را تعیین کنید.



خطوط میدان مغناطیسی: برای تجسم میدان مغناطیسی در فضای اطراف آهن‌رباها و ... از یک ابزار ترسیمی و هندسی به نام خطوط میدان مغناطیسی استفاده می‌کنیم. برای رسم خطوط میدان، یک عقربه مغناطیسی را در نقاط مختلف قرار داده و جهت میدان را در آن نقاط یافته و سپس جهت‌های به‌دست آمده را امتداد داده و به هم وصل می‌کنیم. به عنوان مثال خطوط میدان زیر را در نظر می‌گیریم:



ویژگی‌های خطوط میدان مغناطیسی: با توجه به شکل‌های فوق، ویژگی‌های زیر را برای خطوط میدان مغناطیسی نتیجه می‌گیریم:

۱) تراکم خطوط در هر نقطه نشان‌دهنده بزرگی میدان در آن نقطه است. یعنی هرجا که خطوط به یکدیگر نزدیک‌ترند، میدان در آنجا قوی‌تر است و برعکس.

۲) مماس بر خطوط میدان در هر نقطه، راستای میدان را در آن نقطه نشان می‌دهد.

۳) سوی خطوط میدان، سوی میدان را نشان می‌دهد. خطوط میدان همواره از قطب N خارج و به قطب S وارد می‌شوند. به همین دلیل گاهی قطب N را «چشمه خطوط مغناطیسی» و قطب S را «چاهک خطوط مغناطیسی» نیز می‌نامند.

۴) خطوط میدان همدیگر را قطع نمی‌کنند.

۵) خطوط میدان مغناطیسی، خطوط بسته‌ای هستند، به این معنی که هر خط میدان که از قطب N خارج شده و به قطب S وارد می‌شود، در داخل آهن‌ربا نیز امتداد یافته و از قطب S به سمت قطب N خواهد بود. این گفته همچنین بدین معنی است که: «**در طبیعت تک قطبی مغناطیسی وجود ندارد**».

نکته۲: اگر به قطب N یک آهن‌ربای میله‌ای با سطح مقطع دایره‌ای، از مقابل طوری نگاه کنیم که یک دایره ببینیم، خطوط میدان خارج شده از قطب N را به شکل برون‌سو خواهیم دید. و اگر به قطب S این آهن‌ربا به همان صورت نگاه کنیم، خطوط میدان وارد شده به قطب S را به شکل درون‌سو می‌بینیم. خطوط برون‌سو را با نماد $\odot$ و خطوط درون‌سو را با نماد $\otimes$ نشان می‌دهیم.

میدان مغناطیسی یکنواخت: میدانی است که اندازه و جهت آن در تمام نقاط، یکسان باشد. خطوط میدان مغناطیسی یکنواخت به‌صورت خطوط راست موازی با فواصل مساوی از یکدیگر رسم می‌شوند.

نیروی الکترومغناطیسی: نیروی وارد از طرف میدان **مغناطیسی** بر بارهای **الکتریکی** متحرک و یا سیم‌های حامل جریان الکتریکی را نیروی الکترومغناطیسی می‌نامند. یکی از ویژگی‌های نیروی الکترومغناطیسی آن است که این نیرو هم بر راستای میدان مغناطیسی و هم بر راستای حرکت بار (و یا جریان الکتریکی) عمود است.

نیروی الکترومغناطیسی وارد بر سیم جریان‌دار: اگر سیم راستی که از آن جریان مستقیم I می‌گذرد، در میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی B قرار بگیرد، از طرف میدان بر آن نیرویی وارد می‌شود که اندازه آن از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$F = IlB\sin\alpha$$

در این رابطه l طولی از سیم است که در داخل میدان مغناطیسی قرار دارد و α زاویه بین راستای میدان و راستای جریان است.

حالت خاص ۱: اگر راستای سیم با راستای میدان مغناطیسی موازی باشد، ($\alpha = 0^\circ$ یا $\alpha = 180^\circ \rightarrow \sin\alpha = 0$) در این صورت نیرویی بر سیم وارد نمی‌شود.

حالت خاص۲: اگر راستای سیم بر راستای میدان مغناطیسی عمود باشد، ($\alpha = ۹۰^\circ \rightarrow \sin\alpha = ۱$) در این صورت بیشترین نیروی ممکن بر سیم وارد می‌شود:

$$F_{max} = IlB$$

تعریف کمی میدان مغناطیسی: اگر این رابطه را به‌صورت $B = \frac{F_{max}}{Il}$ بنویسیم، می‌توان «اندازه» میدان مغناطیسی را به‌صورت زیر تعریف کنیم: بزرگی میدان مغناطیسی در هر نقطه دلخواه، برابر است با نیرویی که بر یک متر از طول سیمی که عمود بر راستای میدان قرار گرفته و جریانی به شدت یک آمپر از آن می‌گذرد، وارد می‌شود.

یکاهای میدان مغناطیسی: یکای میدان مغناطیسی در سیستم بین‌المللی یکاها، **تسلا** نام دارد. تسلا را با T نشان می‌دهند. در کاربردهای عملی از واحد کوچک‌تری به‌نام گاؤس(G) برای سنجش میدان استفاده می‌شود. رابطه بین گاؤس و تسلا عبارت است از:

$$۱(T) = ۱۰^{۴}(G) \quad و \quad ۱(G) = ۱۰^{-۴}(T)$$

تعریف تسلا: یک تسلا بزرگی میدان مغناطیسی است که اگر سیمی به‌طول یک متر و حامل جریانی به شدت یک آمپر، به‌طور عمود بر راستای میدان، در آن قرار بگیرد، بر آن نیرویی به بزرگی یک نیوتون وارد شود. یعنی:

$$۱\ (T) = \frac{۱(N)}{۱(A)\times ۱(m)}$$

تعیین جهت نیروی وارد بر سیم جریان‌دار در میدان مغناطیسی: آزمایش‌های اورستد نشان دادند که نیروی الکترومغناطیسی وارد بر سیم راست حامل جریان در میدان مغناطیسی یکنواخت، هم بر راستای میدان و هم بر راستای جریان عمود است. برای تعیین سوی این نیرو از قاعده زیر که به «**قانون دست راست**» معروف است، استفاده می‌کنیم.

قانون(قاعده) دست راست برای تعیین جهت نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان: مراحل زیر را دنبال می‌کنیم:

۱. چهار انگشت دست راست خود را در جهت جریان I در سیم، نگه‌می‌داریم.

۲. در همان حال، کف دست راست خود را به سمت میدان مغناطیسی B می‌گیریم.

۳. جهت انگشت شست کاملاً کشیده شده، جهت نیروی F را نشان خواهد داد.

نکته۳: *این قاعده را می‌توان به صورت زیر نیز بیان کرد: دست راست خود را باز نگه می‌داریم و چهار انگشت آن را در جهت جریان به‌گونه‌ای می‌گیریم که اگر انگشتان خود را خم کنیم، در جهت میدان مغناطیسی قرار بگیرند، در این حالت انگشت شست جهت نیرو را نشان خواهد داد.*

مثال۶: سیمی به طول ۲ متر در میدان مغناطیسی یکنواخت ($۰/۰۰۴(T$) قرار دارد. اگر جریان $۵(A)$ از سیم بگذرد، بیشترین نیروی وارد از طرف میدان مغناطیسی بر سیم چقدر است؟

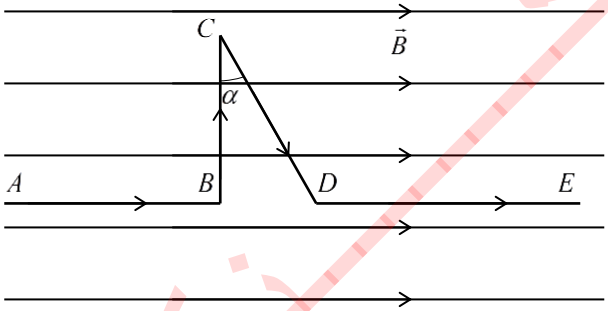
مثال۷: از سیم راستی به طول ۲ متر که به‌طور **قائم** در یک میدان مغناطیسی یکنواخت و افقی به بزرگی ۰/۰۲ تسلا قرار دارد، جریان ۱۰ آمپری از بالا به پایین عبور می‌دهیم. اگر جهت میدان از شمال به جنوب باشد، اندازه و جهت نیروی وارد بر سیم را مشخص کنید.

مثال۸: سیم راستی به طول ۰/۵متر که از آن جریان ۱ آمپر می‌گذرد، عمود بر خطوط میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی ۰/۰۱ تسلا قرار دارد. اگر جهت میدان رو به شمال و جهت جریان رو به شرق باشد، نیروی وارد بر سیم چند نیوتون و در چه جهتی خواهد بود؟

مثال۹: سیم راستی به طول $۱\ m$ و جرم $۱۰\ gr$ به‌طور افقی در راستای مشرق‌ـمغرب عمود بر یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی $۰/۲\ T$ که آن نیز افقی و در راستای جنوب به شمال می‌باشد، قرار گرفته است. شدت جریانی که از سیم می‌گذرد، چند آمپر و در چه سویی باشد تا نیروی الکترومغناطیسی حاصل، وزن سیم را خنثی کند؟

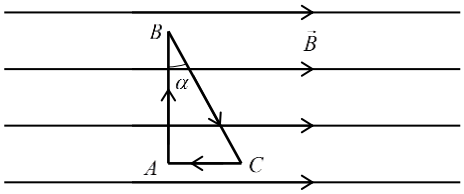
مثال۱۰: در شکل زیر $B = ۰/۱۵\ (T)$ و $i = ۵(A)$ و $\alpha = ۳۷^\circ$ است. نیروی وارد بر هر قطعه از سیم را حساب کنید.

$\sin ۵۳^\circ = ۰/۸$ و $\sin ۳۷^\circ = ۰/۶$



$AB = ۲۴\ cm$ و $BC = ۱۶\ cm$ و $CD = ۲۰\ cm$ و $DE = ۳۰\ cm$

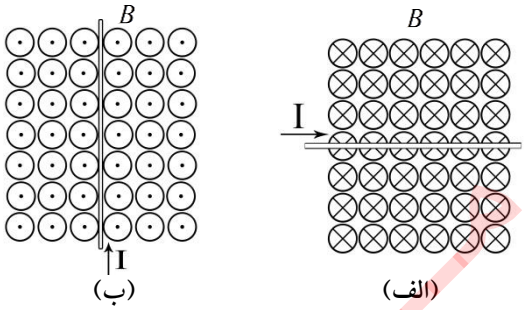
مثال۱۱: در شکل زیر، بزرگی میدان مغناطیسی T $B = ۰/۱۵$ است. بزرگی و جهت نیروی الکترومغناطیسی وارد بر هر ضلع مثلث را که حامل جریان $I = ۵A$ است، مشخص کنید. ($\alpha = ۳۷^\circ$)



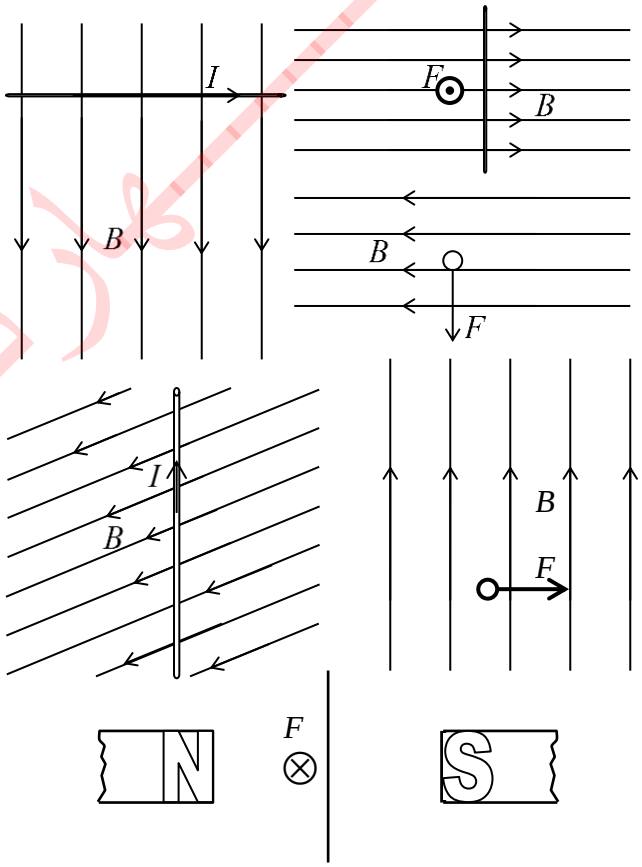
$AB = ۴۰\ cm$ و $BC = ۵۰\ cm$ و $\sin ۳۷^\circ = ۰/۶$

@Maharate_Konkur

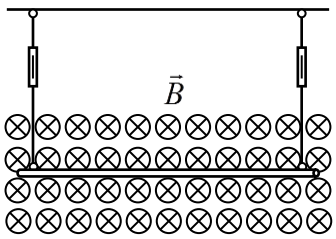
مثال۱۲: در شکل های زیر جهت نیروی الکترومغناطیسی وارد بر سیم طویل حامل جریان در داخل میدان مغناطیسی یکنواخت را مشخص کنید.



مثال۱۳: در شکل‌های زیر سیم حامل جریان الکتریکی در داخل میدان مغناطیسی قرار دارد. در هر مورد، جهت داده نشده را بیابید.



مثال۱۴: در یک میدان مغناطیسی به بزرگی ۴۰ گاوس، سیمی به طول ۱۰ سانتی‌متر و به جرم ۲ گرم توسط دو نخ آویزان است. چه جریانی و در کدام جهت از سیم عبور کند تا هر دو نیروسنج عدد صفر را نشان دهند؟



نیروی الکترومغناطیسی وارد بر بار متحرک در داخل میدان: اگر ذره‌ای با بار الکتریکی q با سرعت V درون میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی B در حال حرکت باشد، از طرف میدان بر آن نیرویی وارد می‌شود که اندازه آن از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$F = qVB\sin\alpha$$

در این رابطه α زاویه بین راستای میدان و راستای سرعت ذره باردار است.

حالت خاص۱: اگر راستای سرعت بار با راستای میدان مغناطیسی موازی باشد، ($\alpha = 180^\circ$ یا $\alpha = 0^\circ \rightarrow \sin\alpha = 0$) در این صورت نیرویی بر ذره باردار وارد نمی‌شود.

حالت خاص۲: اگر راستای حرکت ذره باردار بر راستای میدان مغناطیسی عمود باشد، ($\alpha = 90^\circ \rightarrow \sin\alpha = 1$) در این صورت بیشترین نیروی ممکن بر بار وارد می‌شود:

$$F_{max} = qVB$$

تعیین جهت نیروی وارد بر بار متحرک مثبت در میدان مغناطیسی: آزمایش نشان می‌دهد که نیروی الکترومغناطیسی وارد بر بار متحرک در میدان مغناطیسی یکنواخت، هم بر راستای میدان و هم بر راستای حرکت بار عمود است. برای تعیین سوی این نیرو نیز از قاعده «**دست راست**» دیگری به شرح زیر، استفاده می‌کنیم:

قاعده دست راست برای بار الکتریکی متحرک در میدان: مراحل زیر را دنبال می‌کنیم:

۱. چهار انگشت دست راست خود را در جهت سرعت V ذره باردار مثبت، نگه‌می‌داریم.

۲. در همان حال، کف دست راست خود را به سمت میدان مغناطیسی B می‌گیریم.

۳. جهت انگشت شست کاملاً کشیده شده، جهت نیروی F وارد بر بار مثبت را نشان خواهد داد.

نکته۴: *این قاعده را هم می‌توان به صورت زیر بیان کرد: دست راست خود را باز نگه می‌داریم و چهار انگشت آن را در جهت حرکت بار مثبت به‌گونه‌ای می‌گیریم که اگر انگشتان خود را خم کنیم، در جهت میدان مغناطیسی قرار بگیرند، در این حالت انگشت شست جهت نیروی وارد بر بار مثبت را درون میدان مغناطیسی نشان خواهد داد.*

نیروی وارد بر بار منفی متحرک در میدان مغناطیسی: بر بار منفی متحرک در داخل میدان مغناطیسی، نیرو در «**خلاف جهت**» بار مثبت وارد می‌شود.

@Maharate_Konkur

مثال۱۵: میدان مغناطیسی یکنواخت $(T)^{-۴}۱۰\times۳$ موازی سطح کاغذ و به طرف راست وجود دارد. پروتونی با سرعت $(m/s)^{۶}۱۰\times۵$ در راستای عمود بر سطح کاغذ به طرف داخل پرتاب می‌شود. اندازه و جهت نیروی وارد بر پروتون را حساب کنید.

مثال۱۶: ذره‌ای به جرم $۸gr$ و بار الکتریکی $۵\mu C$ با سرعت $۴\times۱۰^{۵}\,m/s$ در میدان مغناطیسی یکنواخت $۰/۲T$ حرکت می‌کند.

الف) اگر راستای حرکت بار با خطوط میدان زاویه ۵۳° بسازد، نیروی وارد بر آن چقدر است؟

ب) شتاب ذره را با چشم‌پوشی از وزن آن حساب کنید.

مثال۱۷: نیروی وارد بر ذره باردار مثبت واقع در میدان مغناطیسی زمین که به طور قائم از بالا به پایین حرکت می‌کند، به کدام سمت است؟

الف) جنوب **ب)** شمال **ج)** شرق **د)** غرب

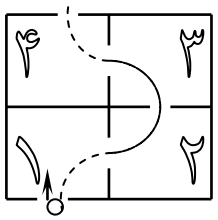
مثال۱۸: اگر یک دسته الکترون در راستای افقی به طرف شما بیاید و ضمن عبور از یک میدان مغناطیسی به طرف چپ منحرف شود، میدان مغناطیسی به کدام سمت است؟

الف) پایین ب) بالا ج) راست د) چپ

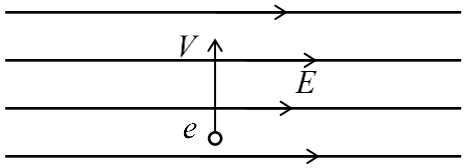
مثال۱۹: ذره‌ای به جرم $(gr)۰/۵$ دارای بار الکتریکی $(C)^{-۸}۱۰\times۲/۵$ است. سرعت اولیه ذره در جهت مشرق و افقی $(m/s)^{۴}۱۰\times۴$ است. جهت و کمترین اندازه میدان مغناطیسی که قادر است مسیر ذره را همان جهت مشرق و افقی نگاه دارد، را به دست آورید.

مثال۲۰: یک ذره آلفا ($q=+۲e$ و $m=۴p$) از شمال به جنوب در حرکت است. این ذره به طور عمود وارد میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی $(T)^{-۴}۱۰\times۲$ می‌شود. اندازه سرعت ذره و جهت میدان مغناطیسی را به گونه‌ای تعیین کنید که ذره بدون انحراف از میدان بگذرد.

مثال۲۱: مطابق شکل مقابل، ذره‌ای با بار منفی وارد یک منطقه چهار قسمتی می‌شود و در مسیر نشان داده شده حرکت می‌کند. در هر ناحیه، جهت میدان مغناطیسی را تعیین کنید.



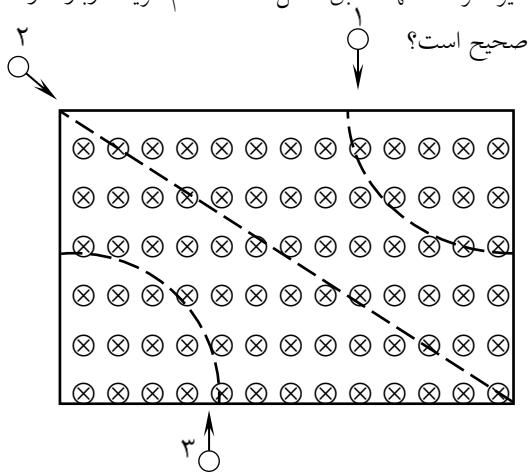
مثال۲۲: مطابق شکل، الکترونی از میدان الکتریکی یکنواخت E عبور می‌کند. برای آنکه ذره بدون انحراف از این میدان بگذرد، از میدان مغناطیسی یکنواخت B استفاده شده است. جهت میدان مغناطیسی را تعیین کنید.



مثال۲۳: یک میدان مغناطیسی عمود بر صفحه کاغذ و درون‌سو وجود دارد. هرگاه بر ذره‌ای که با سرعت در جهت محور x ها در حرکت است، نیرویی در خلاف جهت محور y ها اثر کند، این ذره چه می‌تواند باشد؟

الف) آلفا **ب)** الکترون **ج)** پروتون **د)** نوترون

مثال۲۴: سه ذره جداگانه در یک میدان مغناطیسی درون‌سو پرتاب شده‌اند و مسیر حرکت آنها مطابق شکل است. کدام گزینه درباره ذره‌های ۱ ، ۲ و ۳ صحیح است؟



الف) مثبت، خنثی، منفی **ب)** منفی، خنثی، مثبت

ج) مثبت، خنثی، مثبت د) منفی، خنثی، مثبت

آثار جریان برق: به‌طور کلی جریان الکتریکی سه اثر مهم دارد: اثر گرمایی، اثر شیمیایی و اثر مغناطیسی.

اثر مغناطیسی جریان برق: ثابت شده است که میدان مغناطیسی در نتیجه حرکت بارهای الکتریکی به‌وجود می‌آید. به‌این ترتیب، هنگامی که بار الکتریکی ساکن است، در اطرافش فقط یک میدان الکتریکی وجود دارد؛ اما اگر همین بار به حرکت درآید، در فضای اطرافش، هم میدان الکتریکی و هم میدان مغناطیسی وجود خواهد داشت. از آنجایی که در یک سیم رسانای حامل جریان، بارهای الکتریکی در حال حرکتند، انتظار داریم در فضای اطراف سیم جریان‌دار نیز میدان مغناطیسی وجود داشته باشد. آزمایش نشان می‌دهد که چنین میدانی در اطراف رساناهای حامل جریان الکتریکی، وجود دارد. به عبارت دیگر هر سیم جریان‌دار مانند نوعی آهن‌ربا رفتار می‌کند. سه حالت زیر را در نظر می‌گیریم:

۱) میدان مغناطیسی ناشی از سیم راست جریان‌دار: اگر از سیم راستی به‌طول بی‌نهایت زیاد جریان مستقیم I بگذرد، در هر نقطه دلخواهی به فاصله R از آن میدان مغناطیسی از رابطه:

$$B=\frac{\mu_{۰}I}{۲\pi R}$$

به‌دست می‌آید. در این رابطه $\mu_{۰}$ مقدار ثابتی است که گذردهی (تراوایی) مغناطیسی خلاء نام دارد و اندازه آن برابر است با:

$$\mu_{۰}=۴\pi\times۱۰^{-۷}(\frac{T.m}{A})$$

مثال۲۵: یک ناظر نسبت به الکترونی در **حرکت** است. اسباب‌های اندازه‌گیری او ..... را نشان می‌دهند.

الف) فقط یک میدان الکتریکی

ب) فقط یک میدان مغناطیسی

ج) هم میدان الکتریکی و هم مغناطیسی

د) بسته به سرعت ناظر، میدان الکتریکی یا مغناطیسی

مثال۲۶: میدان مغناطیسی در ۵ سانتی‌متری سیم راست و بلندی که از آن جریان ۲۰ آمپر می‌گذرد، چند تسلا است؟

مثال۲۷: جریان الکتریکی به شدت ۲ آمپر از سیمی نازک و مستقیم می‌گذرد. بزرگی میدان مغناطیسی حاصل در چه فاصله ای از سیم برابر $۲\times۱۰^{-۴}\ (T)$ است؟

مثال۲۸: بزرگی میدان مغناطیسی حاصل از جریانی که از سیم دراز و نازکی عبور می‌کند، در فاصله ۲ میلی‌متری از سیم، برابر $۲\times۱۰^{-۴}\ (T)$ است. شدت جریان عبوری از سیم چند آمپر است؟

تعیین «جهت» میدان مغناطیسی ناشی از سیم راست جریان‌دار: برای تعیین جهت این میدان از «**قاعده دست راست**» دیگری به‌شرح زیر استفاده می‌کنیم:

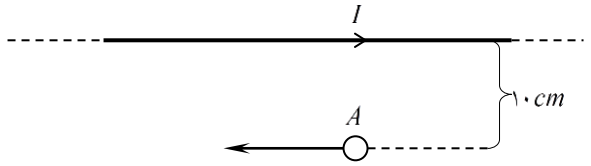
۱. سیم حامل جریان را در دست راست خود طوری می‌گیریم که انگشت شست در جهت جریان الکتریکی باشد.

۲. جهت خم‌شدن چهار انگشت به دور سیم، جهت میدان حاصل را نشان خواهد داد.

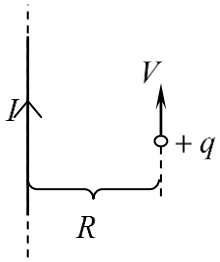
مثال۲۹: سیمی در راستای شمال و جنوب کشیده شده است و جریانی از سوی شمال به جنوب از آن می‌گذرد. میدان مغناطیسی حاصل از جریان در یک نقطه بالای این سیم در کدام جهت است؟

مثال۳۰: از یک سیم افقی که در راستای شرقی-غربی کشیده شده است، جریان الکتریکی از شرق به غرب عبور می‌کند. میدان مغناطیسی در یک نقطه بالای این سیم در کدام جهت است؟

مثال۳۱: الکترونی از نقطه A در جهت نشان داده شده در شکل، به طور موازی با سیم حامل جریان $I=۴A$، با سرعت $۲\times۱۰^{۵}\ m/s$ شلیک می‌شود. بزرگی و جهت نیروی وارد بر الکترون را بلافاصله بعد از شلیک آن حساب کنید.



مثال۳۲: از سیم راست و بلند شکل زیر جریان ۲۰ آمپر می‌گذرد و در فاصله R از سیم میدان مغناطیسی $۴\times۱۰^{-۳}(T)$ می‌باشد.

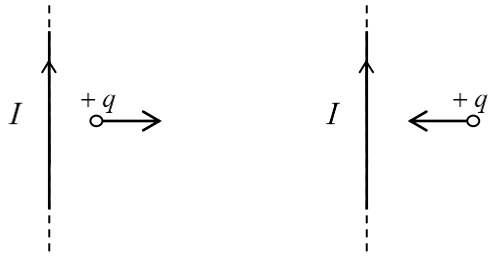


الف) فاصله R چقدر است؟

ب) جهت میدان را در نقطه A تعیین کنید.

ج) اگر بار الکتریکی $q=+۴\mu C$ در فاصله R با سرعت $۲\times۱۰^{۴}(m/s)$ به موازات سیم در حرکت باشد، بزرگی و جهت نیروی وارد بر بار را به‌دست آورید.

مثال۳۳: در هر یک از دو شکل زیر، جهت نیروی وارد بر بار الکتریکی را با ذکر دلیل، مشخص کنید.

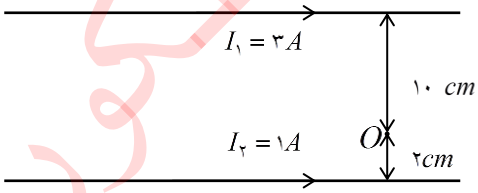


مثال۳۴: مثال فوق را یک بار دیگر برای بار منفی حل کنید.

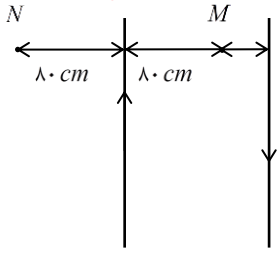
میدان مغناطیسی برآیند دو یا چند سیم راست موازی جریان‌دار: اگردو یا چند سیم راست موازی حامل جریان را در نظر بگیریم، میدان مغناطیسی برآیند در هر نقطه دلخواه واقع بر صفحه گذرنده از این دو سیم، برابر جمع برداری میدان‌های ناشی از هر کدام از سیم‌ها است.

مثال۳۵: از دو سیم که در فاصله ۲ متر از هم قرار دارند، جریان‌های ۶ و ۴ آمپر در خلاف جهت یکدیگر می‌گذرند. اندازه میدان مغناطیسی را در نقطه M وسط فاصله بین دو سیم تعیین کنید.

مثال۳۶: در شکل زیر، جهت و بزرگی میدان مغناطیسی برآیند، حاصل از جریان‌های $I_۱$ و $I_۲$ را در نقطه O تعیین کنید.



مثال۳۷: دو رشته سیم راست و موازی به فاصله ۱۲۰ سانتی‌متر از هم قرار دارند و از هر یک جریانی به‌شدت $۰/۴\ A$ در دو جهت مخالف عبور می‌کند. میدان مغناطیسی کل را در نقاط M و N حساب کنید.



@Maharate_Konkur

مثال۳۸: در حالت کلی، مکان هندسی نقاطی را بیابید که میدان مغناطیسی برآیند ناشی از دو سیم راست موازی حامل جریان‌های:

الف) هم‌سو **ب)** ناهم‌سو

در آن نقاط برابر صفر باشد.

مثال۳۹: از دو سیم راست و موازی A و B به ترتیب جریان‌های $۲(A)$ و $۳(A)$ در یک جهت می‌گذرد. در کدام نقطه برآیند میدان‌های مغناطیسی حاصل از دو سیم صفر است؟

الف) بین دوسیم، نزدیک سیم A

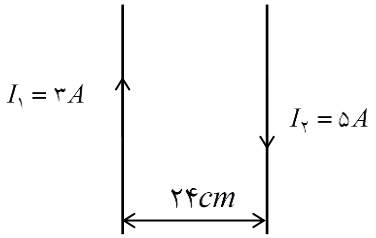
ب) خارج از فاصله دوسیم، نزدیک سیم A

ج) بین دوسیم و نزدیک سیم B

د) خارج از فاصله دوسیم، نزدیک سیم B

مثال۴۰: از دو سیم مستقیم و موازی A و B جریان‌های $۱۵(A)$ و $۵(A)$ در دو جهت مخالف می‌گذرد. اگر میدان مغناطیسی حاصل از دو جریان در نقطه‌ای در صفحه دو سیم و به فاصله $۱۰\,cm$ از سیم B برابر صفر باشد، فاصله دو سیم از هم چقدر است؟

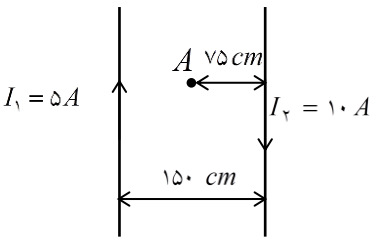
مثال۴۱: از دو رشته سیم راست و موازی جریان‌هایی به شدت $۳\,A$ و $۵\,A$ در خلاف جهت یکدیگر عبور می‌کنند. در چه فاصله‌ای از سیم $I_۱$ برآیند میدان‌های مغناطیسی حاصل از دو سیم صفر است؟



مثال۴۲: از دو سیم راست و موازی و بسیار بلند، جریان‌هایی مطابق شکل می‌گذرد.

الف) بزرگی میدان مغناطیسی برآیند را در نقطه A حساب کنید.

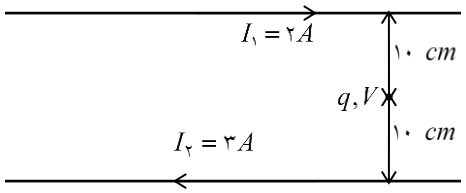
ب) در چه فاصله‌ای از سیم $I_۲$ میدان مغناطیسی برآیند صفر می‌شود؟



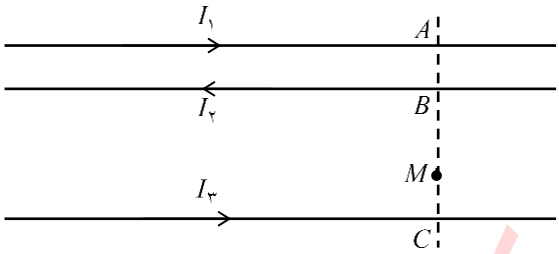
مثال۴۳: از دو سیم مستقیم وموازی جریان‌های الکتریکی مساوی در دو جهت مخالف می‌گذرد. بزرگی میدان مغناطیسی حاصل از دو جریان در نقطه M وسط دو سیم برابر B است. اگر یکی از سیم‌ها را به اندازه $\frac{d}{۴}$ به دیگری نزدیک کنیم، بزرگی میدان مغناطیسی در همان نقطه چند برابر B خواهد شد؟

مثال۴۴: از دو سیم مستقیم وموازی به ترتیب جریان‌های I و $۳I$ در دو جهت مخالف می‌گذرد. بزرگی میدان مغناطیسی برآیند در نقطه M وسط دو سیم برابر B است. اگر جهت جریان I را تغییر دهیم، بزرگی میدان مغناطیسی در همان نقطه چند برابر B خواهد شد؟

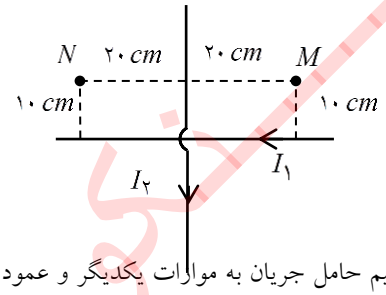
مثال۴۵: ذره‌ای با بار $-۱\mu C$ و سرعت $۲\times۱۰^{۵}(m/s)$ به موازات دو سیم و بین آنها به سمت راست حرکت می‌کند. اندازه و جهت نیروی الکترومغناطیسی وارد بر ذره باردار را تعیین کنید.



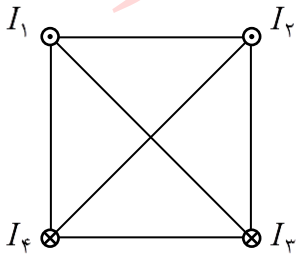
مثال۴۶: در شکل زیر، $I_۱ = ۱۲A$ ، $I_۲ = ۱۶A$ و $I_۳ = ۳A$ است. اگر $BC = ۶cm$ و $MC = ۲cm$ و $AB = ۲cm$ باشد، اندازه و جهت میدان را در نقطه M حساب کنید.



مثال۴۷: دو سیم بسیار طویل حامل جریان‌های $I_۱ = ۱۰A$ و $I_۲ = ۶A$ به‌صورت عمود بر هم در یک صفحه قرار دارند. میدان مغناطیسی برآیند را در نقاط M و N بیابید.



مثال۴۸: چهار سیم حامل جریان به موازات یکدیگر و عمود بر صفحه کاغذ در چهار رأس مربعی به ضلع $a = ۴cm$ قرار دارند. میدان مغناطیسی برآیند را در مرکز مربع به دست آورید.



$I_۱ = I_۲ = ۱۰A$

$I_۳ = ۲۰A \qquad I_۴ = ۳۰A$

نیروی الکترومغناطیسی بین سیم‌های موازی جریان‌دار: اگر دو سیم راست موازی حامل جریان‌های I_1 و I_2 همسو(یا ناهمسو) در مجاورت یکدیگر و به فاصله d از هم قرار بگیرند، بر هر یک از این دو سیم از طرف میدان مغناطیسی سیم دیگر نیروی الکترو مغناطیسی وارد می‌شود. با استفاده ار شکل‌های زیر می‌توان نتیجه گرفت که این نیرو برای سیم‌های با جریان‌های همسو، جاذبه و برای سیم‌های با جریان‌های ناهمسو، دافعه است. همچنین برای محاسبه اندازه نیروی وارد بر هر سیم، ابتدا با استفاده از رابطه $B=\frac{\mu_0 I}{2\pi R}$، میدان مغناطیسی ناشی از سیم دیگر را در محل سیم مورد نظر یافته و سپس با کمک رابطه $F=IlB\sin\alpha$، نیروی وارد بر آن را حساب می‌کنیم:

$$B_1=\frac{\mu_0 I_1}{2\pi d} \Rightarrow F_2=I_2 l B_1=\frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi d}$$

همچنین:

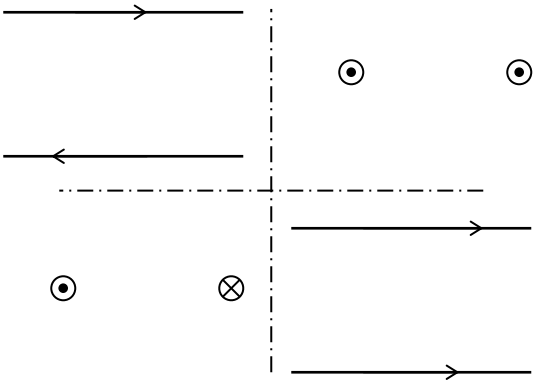
$$B_2=\frac{\mu_0 I_2}{2\pi d} \Rightarrow F_1=I_1 l B_2=\frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi d}$$

نکته۵: همان‌طور که دیده می‌شود، بزرگی نیروی وارد از طرف سیم ۱ بر سیم ۲ با بزرگی نیروی وارد از طرف سیم ۲ بر سیم ۱ برابر است. این مطلب را با استفاده از قانون سوم نیوتون نیز می‌توان نتیجه گرفت.

تعریف عملیاتی آمپر: یک آمپر جریانی است که اگر از دو سیم راست موازی و بی‌نهایت دراز، که به فاصله ۱ متر از هم در خلاء قرار دارند، عبور کند، بر هر متر از طول این سیم‌ها، نیرویی به اندازه $2\times10^{-7}(N)$ وارد شود.

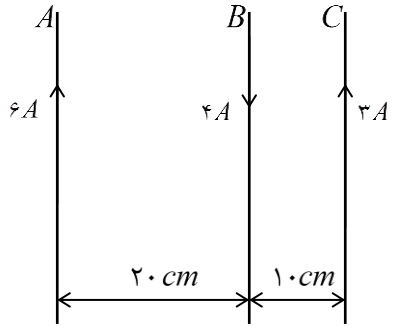
مثال۴۹: آزمایشی طراحی کنید که به‌وسیله آن بتوان نیروی بین سیم‌های راست و بلند موازی حامل جریان را نشان داد.

مثال۵۰: در هر یک از شکل‌های زیر، جهت نیروی الکترومغناطیسی وارد بر هر یک از سیم‌ها را با ذکر دلیل مشخص کنید.

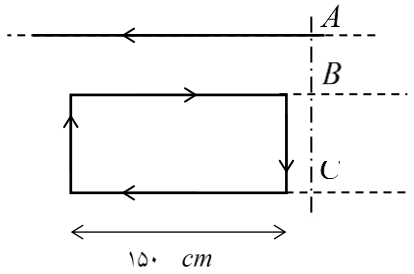


مثال۵۱: از سیم راست و نازکی، جریانی به شدت $10A$ عبور می‌کند. اگر سیم بلند و نازک دیگری در فاصله ۲۰ سانتی‌متری آن حامل جریان $2A$ باشد، چه نیرویی بر واحد طول آن وارد می‌شود؟

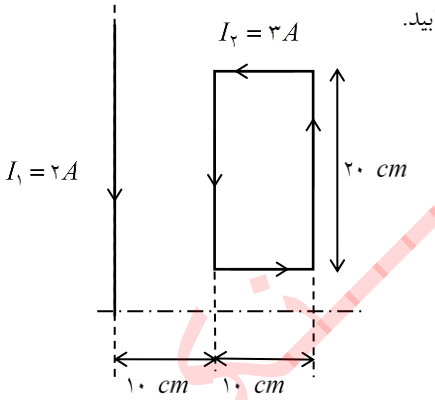
مثال۵۲: در شکل زیر، بزرگی و جهت نیرویی که از طرف دو سیم A و B بر ۱۰ سانتی‌متر از سیم C وارد می‌شود را تعیین کنید.



مثال۵۳: از سیم راست بی‌نهایت دراز شکل زیر جریان $10(A)$ می‌گذرد. ازحلقه مستطیلی جریان $20(A)$ می‌گذرد. اندازه و جهت نیروی وارد بر حلقه مستطیلی را بیابید. $AB=30cm \quad BC=50cm$



مثال۵۴: در شکل مقابل، سیم راست و بلندی در کنار یک قاب مستطیل شکل که شامل یک دور سیم است و هر دو در صفحه کاغذ قرار دارند، می‌باشد. از هر یک از آنها جریان ثابتی می‌گذرد. اندازه و نوع نیروی وارد بر قاب را بیابید.



۲) میدان مغناطیسی ناشی از پیچه دایره‌ای مسطح جریان‌دار: پیچه، شکلی است که از پیچیده شدن فشرده چندین دور سیم نازک روپوش‌دار به دور یک حلقه معمولاً دایره‌ای تشکیل می‌شود. پیچه را مسطح می‌نامیم اگر بتوان از ضخامت آن در مقایسه با شعاع، صرف نظر کرد. اگر از یک پیچه جریان الکتریکی مستقیم I عبور کند، در فضای اطراف آن میدان مغناطیسی B ایجاد می‌شود که می‌توان اندازه آن را در **مرکز** پیچه از رابطه مقابل محاسبه کرد:

$$B=\frac{\mu_0 NI}{2R}$$

در این رابطه N عده دورهای پیچه و R شعاع آن است.

نکته۶: اگر طول سیم به‌کار رفته در ساختن پیچه را برابر L بگیریم، می‌توان رابطه زیر را برای تعیین تعداد دورهای پیچه مورد استفاده قرار داد:

$$N = \frac{L}{۲\pi R}$$

نکته۷: N الزاماً عدد صحیح نیست و حتی می‌تواند کوچک‌تر از یک نیز باشد.

مثال۵۵: از پیچه مسطحی به شعاع $۶/۲۸\,cm$ که از ۲۰ دور سیم نازک تشکیل شده است، جریانی به شدت ۵ آمپر می‌گذرد. اندازه میدان مغناطیسی را در مرکز پیچه به‌دست آورید.

مثال۵۶: از سیمی به طول ۱۵۷ سانتی‌متر که به صورت حلقه دایره‌ای درآمده است، جریان ۲ آمپر می‌گذرد. میدان مغناطیسی حاصل از جریان را در مرکز حلقه به‌دست آورید.

مثال۵۷: از سیمی به‌طول L پیچه‌ای مسطح به شعاع ۵ سانتی‌متر و به تعداد N دور درست می‌کنیم. اگر جریان الکتریکی گذرنده از این پیچه را به‌اندازه $\frac{۲}{\pi}$ کاهش دهیم، بزرگی میدان مغناطیسی در مرکز آن به اندازه G ۰/۴ کاهش می‌یابد.

الف) تعداد دورهای پیچه را به‌دست آورید.

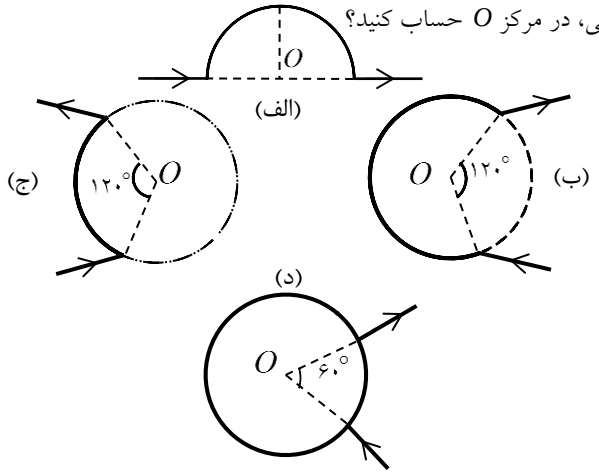
ب) طول سیم را حساب کنید.

مثال۵۸: سیمی به طول L در اختیار داریم. اگر این سیم را به شکل یک حلقه دایره‌ای درآوریم و جریان I از آن عبور دهیم، بزرگی میدان مغناطیسی در مرکز آن برابر B می‌شود. اگر همین سیم را به‌صورت پیچه مسطحی با N حلقه درآوریم، میدان مغناطیسی در اثر عبور همان جریان، در مرکز سیم پیچ، برابر B' می‌شود. کدام گزینه صحیح است؟

الف) $B' < B$ **ب)** $B' = B$

ج) $B' > B$ **د)** هرسه گزینه می‌تواند صحیح باشد.

مثال۵۹: در هر یک از شکل‌های زیر، میدان مغناطیسی را در حالت کلی، در مرکز O حساب کنید؟



تعیین جهت میدان مغناطیسی پیچه مسطح: جهت میدان مغناطیسی در پیچه را با دو روش زیر می‌توان تعیین کرد:

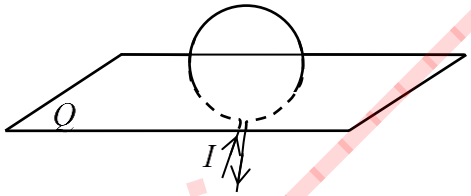
الف) قاعده دست راست مشابه با سیم راست حامل جریان، بدین ترتیب که پیچه را در دست راست خود طوری نگه‌می‌داریم که انگشت شست جهت جریان را نشان دهد. در این حالت جهت حلقه‌شدن چهار انگشت به دور سیم، جهت میدان را در درون پیچه نشان خواهد داد.

ب) با استفاده از شکل زیر طوری به پیچه از مقابل نگاه می‌کنیم که یک دایره ببینیم. اگر جهت جریان در پیچه از دید ما پادساعتگرد باشد، میدان در وجهی از پیچه که در طرف ما قرار دارد، برون‌سو (و بنابراین، آن وجه قطب N) و اگر جریان ساعتگرد باشد، میدان درون‌سو (و آن وجه قطب S) خواهد بود.

نکته۸: برای به‌خاطر سپردن بهتر جهت‌های فوق، از نمادهای زیر استفاده می‌کنیم:

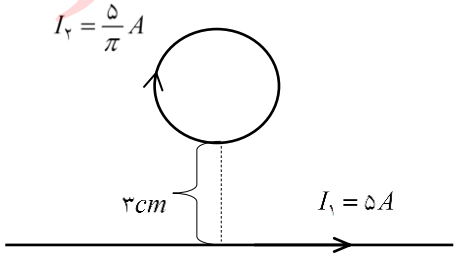
پادساعتگرد ساعتگرد

مثال۶۰: در شکل زیر با توجه به جهت جریان الکتریکی در حلقه، خطوط میدان مغناطیسی حاصل را روی صفحه Q (به‌صورت دوبعدی) رسم کنید. بزرگی میدان در کدام ناحیه بیشتر است؟

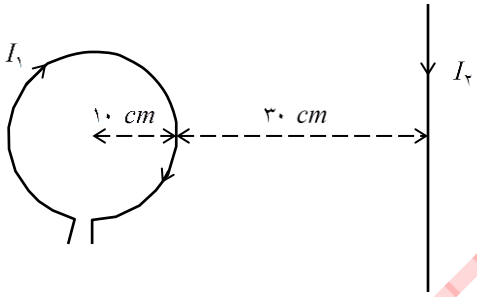


پرسش۱: چگونه می‌توان پیچه‌ای ساخت که با وجود آن که جریان الکتریکی از آن می‌گذرد، اما آثار مغناطیسی از خود نشان نمی‌دهد؟

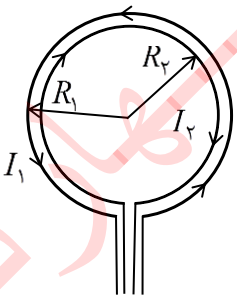
مثال۶۱: در شکل زیر حلقه به قطر $۴\,cm$ و سیم راست بلند، منطبق بر صفحه کاغذ می‌باشند و از هر یک جریان الکتریکی ثابتی می‌گذرد. میدان مغناطیسی حاصل را در مرکز حلقه به دست آورید.



مثال۶۲: در شکل زیر از پیچه جریان $I_۱ = ۱۰A$ و از سیم راست جریان $I_۲ = ۲۰A$ می‌گذرد. برآیند میدان‌های مغناطیسی حاصل را در مرکز پیچه به دست آورید.($\pi \approx ۳$)



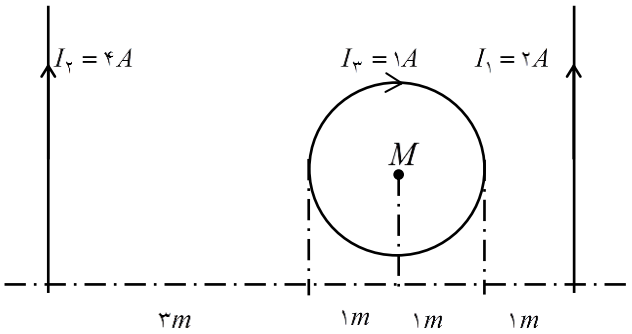
مثال۶۳: شکل زیر دو پیچه مسطح هم‌صفحه و هم‌مرکز را نشان می‌دهد که جریان‌هایی در جهت‌های مخالف هم از آنها عبور می‌کند. اگر شدت جریان در پیچه بزرگ‌تر ۱۰ آمپر باشد، از پیچه کوچک‌تر، چه جریانی باید عبور کند تا برآیند میدان‌های مغناطیسی دو پیچه در مرکز برابر صفر شود؟



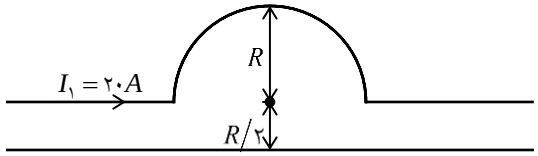
$R_۱ = ۳۰cm$ و $R_۲ = ۲۱cm$

$I_۱ = ۱۰A$ و $I_۲ = ?$

مثال۶۴: در شکل زیر بزرگی میدان مغناطیسی را در نقطه M (مرکزحلقه) حساب کنید.



مثال۶۵: در شکل زیر، شعاع نیم‌دایره حامل جریان R است و میدان مغناطیسی برآیند در مرکز نیم‌دایره صفر است. جهت و اندازه جریان را در سیم راست و بلند تعیین کنید. ($\pi \approx ۳$)



مثال۶۶: سیم راستی بر محور پیچه‌ای دایره‌ای منطبق است. اگر جریان $۵A$ از سیم راست و جریان ۲ آمپر از پیچه عبور کند بر ۱۰ سانتی‌متر از سیم راست چه نیرویی وارد خواهد شد؟

۳) میدان مغناطیسی ناشی از سیملوله جریان‌دار: سیملوله شکلی است که از پیچیده شدن چندین دور سیم نازک روپوش‌دار به دور یک لوله استوانه‌ای تشکیل می‌شود. همچنین در حالت ساده‌ای که ما بررسی می‌کنیم، طول سیملوله را نسبت به قطر دهانه آن، زیاد فرض می‌کنیم. اگر از یک سیملوله جریان الکتریکی مستقیم I عبور کند، در فضای بیرون و درون آن میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود که می‌توان اندازه آن را در داخل سیملوله و در نقاط دور از لبه‌های آن از رابطه زیر محاسبه کرد:

$$B = \frac{\mu_۰ NI}{l}$$

در این رابطه N عده دورها و l طول سیملوله است.

نکته۹: اگر تعداد دور سیم در واحد طول سیملوله را با n نشان دهیم، خواهیم داشت:

$$n = \frac{N}{l}$$

در این‌صورت، رابطه میدان در سیملوله به شکل زیر نوشته می‌شود:

$$B = \mu_۰ nI$$

مثال۶۷: از سیملوله‌ای که در هر ۴ سانتی‌متر طول خود دارای ۲۰۰ دور سیم است، جریان ۵ آمپر می‌گذرد. بزرگی میدان مغناطیسی را در محور سیملوله به‌دست آورید.($\pi \approx ۳$)

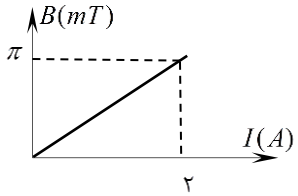
مثال۶۸: درون سیملوله‌ای به طول ۴۰ سانتی‌متر که جریان ۱۰ آمپر از آن می‌گذرد، بزرگی میدان مغناطیسی ۹/۴۲ میلی تسلا است. این سیملوله چند حلقه دارد؟

مثال۶۹: الف) از سیملوله‌ای به طول ۴ سانتی‌متر، که دارای ۴۰۰ حلقه سیم روکش‌دار است، چه جریانی عبور دهیم تا بزرگی میدان مغناطیسی در درون سیملوله $۲\pi \times ۱۰^{-۲}$ تسلا شود؟

ب) الکترونی در فضای داخلی این سیملوله با سرعت $۳\times ۱۰^{۴}\ m/s$ طوری در حرکت است که بردار سرعتش با راستای میدان مغناطیسی، زاویه ۳۰° می‌سازد. بزرگی نیروی وارد بر الکترون را محاسبه کنید.

مثال۷۰: می‌خواهند سیملوله‌ای به شکل استوانه‌ای به طول $۲۰\ cm$ و قطر $۵\ cm$ بسازند، چنانکه میدان مغناطیسی در ناحیه مرکزی آن به ازای عبور جریان $۱/۵\ A$ برابر با $۰/۲\ T$ شود. به‌ترتیب چند دور و چند متر سیم لازم است؟

مثال۷۱: نمودار شکل مقابل، مربوط به سیملوله‌ای به‌طول ۰/۵ متر است. شمار دورهای این سیملوله چقدر است؟



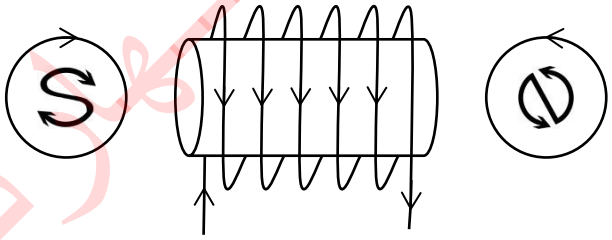
@Maharate_Konkur

تعیین جهت میدان سیملوله: جهت میدان مغناطیسی در درون سیملوله را نیز با سه روش زیر می‌توان تعیین کرد:

الف) قاعده دست راست مشابه با سیم راست و پیچه حامل جریان، بدین ترتیب که سیمِ سیملوله را در دست راست خود طوری نگه‌می‌داریم که انگشت شست در جهت جریان باشد. در این حالت جهت حلقه‌شدن چهار انگشت به دور سیم، جهت میدان مغناطیسی را در درون سیملوله نشان می‌دهد.

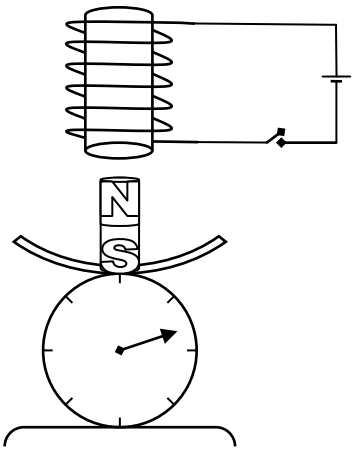
ب) سطح استوانه‌ای سیملوله را طوری در دست راست خود نگه‌می‌داریم که جهت چرخش چهار انگشت جهت جریان را نشان دهد. در این حالت، انگشت شست، قطب N سیملوله را نشان می‌دهد.

ج) با استفاده از شکل زیر طوری به سیملوله از پهلو نگاه می‌کنیم که یک دایره ببینیم. اگر جهت جریان در سیملوله از دید ما پادساعتگرد باشد، وجهی از پیچه که در طرف ما قرار دارد، قطب N و اگر جریان ساعتگرد باشد، قطب S خواهد بود.

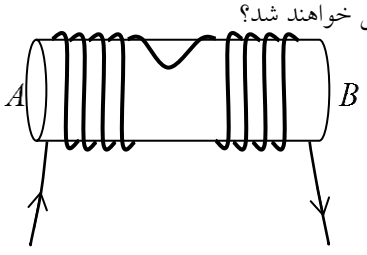


تمرین: هم‌ارزی سه روش فوق را در مورد چند مثال تحقیق کنید.

مثال۷۲: در شکل مقابل آهن‌ربای میله‌ای بر روی یک ترازوی یک کفه‌ای(باسکولی) قرار گرفته و سیملوله‌ای متصل به مولد جریان مستقیم در بالای آن است. اگر کلید مدار سیملوله را ببندیم، پیش‌بینی کنید عددی که ترازو نشان می‌دهد چه تغییری خواهد کرد؟ چرا؟



مثال۷۳: از سیملوله‌ای که دارای هسته آهنی است، مطابق شکل جریان I می‌گذرد. دو انتهای A و B سیملوله به ترتیب از راست به چپ به کدام قطب مغناطیسی تبدیل خواهند شد؟



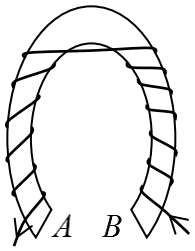
الف) N و N

ب) N و S

ج) S و N

د) S و S

مثال۷۴: به دو سر میله آهنی U شکل سیم روپوش‌دار پیچیده و جریانی مطابق شکل از سیم می‌گذرانیم. دو انتهای A و B این میله به ترتیب چه قطب‌های مغناطیسی خواهند شد؟



الف) N و N **ب)** N و S

ج) S و N **د)** S و S

ویژگی‌های میدان ناشی از سیملوله: سه ویژگی زیر را در مورد میدان مغناطیسی سیملوله حامل جریان تشخیص می‌دهیم:

۱. میدان مغناطیسی در داخل سیملوله با صرف نظر از لبه‌های آن، یکنواخت و موازی با محور سیملوله است.

۲. میدان در داخل سیملوله، به‌مراتب، قوی‌تر از خارج آن است.

۳. سوی میدان در داخل و خارج سیملوله در خلاف جهت یکدیگر است.(میدان در خارج سیملوله از قطب N سیملوله به S آن و در داخل از S به N است).

هسته آهنی سیملوله: میله آهنی که در داخل سیملوله قرار می‌گیرد را هسته سیملوله می‌نامند. وجود هسته آهنی باعث تقویت خطوط میدان مغناطیسی در داخل سیموله می‌شود. اندازه این تقویت، بسته به جنس و شکل هسته می تواند تا چند برابر باشد. این نسبت را با ضریبی به نام **تراوایی(گذردهی) نسبی مغناطیسی هسته** k نشان می‌دهند. بنابراین میدان مغناطیسی در داخل سیملوله‌ای که هسته داشته باشد، از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$B = k\frac{\mu_0 NI}{l}$$

آهن‌ربای الکتریکی: اگر یک هسته آهنی درون سیملوله حامل جریان قرار دهیم، میدان مغناطیسی درون سیملوله، در داخل هسته نیز خاصیت مغناطیسی القا کرده و هسته آهنی را آهن‌ربا می‌کند. این آهن‌ربا را آهن‌ربای الکتریکی می‌نامند. خاصیت مغناطیسی در هسته آهنی با قطع شدن جریان سیملوله فوراً از بین می‌رود. از آهن‌ربای الکتریکی در صنعت در ساخت جرثقیل‌های برقی و ... استفاده می‌شود.

خاصیت مغناطیسی مواد: مواد را به‌طور کلی به دو دسته مواد مغناطیسی و مواد غیر مغناطیسی تقسیم‌بندی می‌کنند:

مواد غیرمغناطیسی: موادی هستند که اجزاء سازنده آنها (مولکول‌ها و اتم‌ها) خاصیت مغناطیسی ندارند. چوب، پلاستیک، شیشه و ... از جمله مواد غیرمغناطیسی هستند.

مواد مغناطیسی: موادی هستند که اجزاء سازنده آنها خاصیت مغناطیسی دارند. این اجزاء دوقطبی مغناطیسی نامیده می‌شوند.

دوقطبی مغناطیسی: کوچک‌ترین جزء سازنده مواد مغناطیسی (مولکول یا اتم) که خود دارای خاصیت مغناطیسی هستند و نوعی آهن‌ربای کوچک محسوب می‌شوند، دوقطبی مغناطیسی نام دارند. دوقطبی مغناطیسی را به صورت نمادین با یک پیکان که ابتدای آن قطب S و انتهای آن قطب n است، نشان می‌دهند.

محور مغناطیسی: خطی که دو قطب یک دوقطبی مغناطیسی را به هم وصل می‌کند، محور مغناطیسی نام دارد.

انواع مواد مغناطیسی: با توجه به نوع چینش و آرایش دوقطبی‌ها در مواد مغناطیسی، انواع مختلف مواد مغناطیسی به‌وجود می‌آیند. این مواد عبارتند از: مواد پارامغناطیس، مواد فرومغناطیس و مواد دیامغناطیس.

مواد پارامغناطیسی: در این مواد، دوقطبی‌های مغناطیسی به‌صورت نامنظم و کاتوره‌ای در کنار هم قرار گرفته‌اند، طوری که اثر مغناطیسی یکدیگر را خنثی کرده‌اند و ماده پارامغناطیس به‌طور کلی دارای خاصیت مغناطیسی نیست. اما اگر این ماده در میدان مغناطیسی قوی خارجی قرار بگیرد، دوقطبی‌های آن کمی با میدان خارجی هم‌خط شده و ماده خاصیت مغناطیسی اندکی پیدا می‌کند. با حذف میدان خارجی، این خاصیت نیز از بین می‌رود. منگنز، آلومینیوم، پلاتین، اکسیژن و ... از جمله مواد پارامغناطیس محسوب می‌شوند.

مواد فرومغناطیسی: مواد فرومغناطیس موادی هستند که دوقطبی‌های تشکیل‌دهنده آنها، به‌طور خودبه‌خود با یکدیگر هم‌خط می‌شوند. مواد فرومغناطیس از نواحی کوچکی به نام حوزه‌های مغناطیسی تشکیل شده‌اند. یک حوزه مغناطیسی، ناحیه کوچکی است که دوقطبی‌های مغناطیسی درون آن با یکدیگر هم‌خط، اما دوقطبی‌های هر حوزه با دوقطبی‌های حوزه‌های مجاور دارای سمت‌گیری‌های متفاوت هستند. در حالت عادی و در غیاب میدان مغناطیسی خارجی، اندازه و سمت‌گیری حوزه‌های مغناطیسی در یک ماده فرومغناطیس طوری است که اثر همدیگر را خنثی می‌کنند و ماده در مجموع فاقد خاصیت آهن‌ربایی است. اما در حضور میدان خارجی، حوزه‌های با سمت‌گیری مناسب رشد کرده و حجمشان زیاد شده و حوزه‌های دیگر کوچک می‌شوند.

مغناطش اشباع: اگر ماده فرومغناطیس در یک میدان مغناطیسی خارجی به‌قدر کافی بزرگ قرار بگیرد، همه دوقطبی‌های آن با یکدیگر هم‌خط می‌شوند و حجم حوزه‌های ناهمسو به صفر می‌رسد. در حالت مغناطش اشباع ماده فرومغناطیس بیشترین خاصیت مغناطیسی را دارد.

از بین بردن خاصیت مغناطیسی: برای از بین بردن خاصیت مغناطیسی مواد، می‌توان به آنها ضربه زد، آنها را ملتهب(گرم) کرد و یا داخل سیملوله‌ای حامل جریان **متناوب** قرار داد. در همه این حالت‌ها بهتر است راستای آهن‌ربا شرقی-غربی باشد تا میدان مغناطیسی زمین در آن مجدداً خاصیت مغناطیسی القا نکند.

انواع مواد فرومغناطیس: مواد فرومغناطیس را به دو دسته نرم و سخت تقسیم می‌کنند:

مواد فرومغناطیسی نرم: موادی هستند که خاصیت مغناطیسی را به آسانی (درمدت کوتاهی) به‌دست می‌آورند اما آن را به آسانی (به‌سرعت) نیز از دست می‌دهند. آهن خالص، نیکل خالص و کبالت خالص از جمله مواد فرومغناطیسی نرم هستند. از فرومغناطیس‌های نرم به‌عنوان هسته در آهن‌رباهای الکتریکی استفاده می‌شود.

مواد فرومغناطیسی سخت: موادی هستند که خاصیت مغناطیسی را به سختی(به‌کندی) به‌دست می‌آورند و آن را به سختی نیز از دست می‌دهند.(یعنی آن را تا مدت‌های طولانی در خود حفظ می‌کنند) فولاد و برخی از آلیاژهای دیگر از جمله مواد فرومغناطیسی سخت هستند. از فرومغناطیس‌های سخت در ساختن آهن‌رباهای دائمی استفاده می‌شود.

نکته ۱۰: آزمایش نشان می‌دهد که اگر دو میله آهنی و فولادی به‌طرز مشابهی، توسط نیروهای آهن‌ربا کننده مساوی، به آهن‌ربا تبدیل شوند، شدت خاصیت مغناطیسی در آهن، اندکی بیشتر از فولاد است.

مواد دیامغناطیسی: این مواد نیز مانند مواد پارامغناطیس در حالت عادی مغناطیسی نیستند، اما در حضور میدان خارجی مثلاً در مجاورت یک آهن‌ربای قوی، اندک خاصیت مغناطیسی پیدا می‌کنند. با این تفاوت که در مواد دیامغناطیس، در اثر القای مغناطیسی، دافعه ایجاد می‌گردد، به‌گونه‌ای که نزدیک هر قطب آهن‌ربا که قرار بگیرند، دفع می‌شوند. بیسموت و آب نمونه‌هایی از مواد دیامغناطیسی هستند.

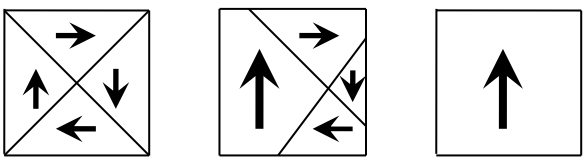
مثال ۷۵: کدام یک از مواد زیر اگر در میدان مغناطیسی خارجی قرار بگیرند، خاصیت مغناطیسی داخل آنها تقویت می‌شود؟

الف) فرومغناطیس **ب)** پارامغناطیس

ج) دیامغناطیس **د)** موارد الف و ب

مثال ۷۶: در مثال فوق، کدام یک از مواد گفته شده، اگر در میدان مغناطیسی خارجی قرار بگیرند، خاصیت مغناطیسی داخل آنها تضعیف می‌شود؟

مثال ۷۷: طرح‌واره‌های زیر از نظر مغناطیسی مربوط به چه نوع ماده‌ای هستند؟ (بزرگی و جهت میدان مغناطیسی خارجی را که جسم در آن قرار گرفته است، در هر مورد مشخص کنید).



(۱) (۲) (۳)

@Maharate_Konkur