

این فصل عملاً از دو قسمت تشکیل شده است. قسمت اول، مباحث مفهومی و قسمت دیگر، مباحث مربوط به حل مسئله‌ها.

قسمت اول: مباحث مفهومی

آهن‌ریا: هر ماده‌ای که بتواند آهن، نیکل، کبالت و یا آلیاژهای آن‌ها را جذب کند.

اولین آهن‌ریای طبیعی: ماده‌ی کانی مگنتیت (Fe_3O_4)^۱.

قطب‌های آهن‌ریا: در هر آهن‌ریا دو ناحیه وجود دارد که خاصیت آهن‌ریایی در آن‌ها بیشتر از قسمت‌های دیگر است؛ این ناحیه‌ها را قطب‌های آهن‌ریا می‌نامند.



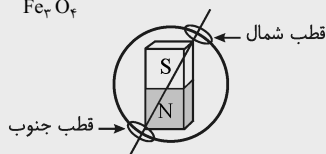
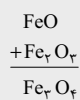
یکی از این قطب‌ها را قطب شمال (N) و قطب دیگر را قطب جنوب (S) می‌نامند. در خیلی از کتاب‌های رنگی، قطب شمال را با رنگ قرمز و قطب جنوب را با رنگ آبی نمایش می‌دهند. در کتاب‌ها و سؤال‌های آزمون‌های آزمایشی که چاپ رنگی نیستند، معمولاً قطب N را با هاشور (رنگ خاکستری) نشان می‌دهند.

نیروی بین آهن‌ریاها: دو قطب هم‌نام همدیگر را دفع می‌کنند و دو قطب ناهم‌نام همدیگر را جذب می‌کنند. توجه کنید که نیروهای بین دو آهن‌ریا، عمل و عکس‌العمل هستند و همیشه با هم هم‌اندازه‌اند.

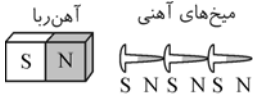


عقربه‌ی مغناطیسی (قطب‌نما): یک آهن‌ریای میله‌ای نازک که بر پایه‌ای سوار است و می‌تواند آزادانه بچرخد و جهت تقریبی شمال را نشان دهد.^۲

۱- ماده‌ای با ترکیب Fe_3O_4 عملاً وجود ندارد؛ بلکه منظور از آن یک ترکیب مساوی (با فراوانی برابر) از FeO و Fe_2O_3 است. ظاهراً اولین بار آهن‌ریا توسط چسپیدن این ماده به عصای آهنی یک چوپان در آسیای صغیر (ترکیه‌ی امروزی) کشف شد.



۲- در مرکز زمین، فلزات ذوب‌شده مثل آهن، نیکل و کبالت وجود دارد. با چرخش زمین، این فلزات مذاب یک میدان مغناطیسی ایجاد می‌کنند؛ گویی که درون زمین یک آهن‌ریای فرضی وجود دارد. محور این آهن‌ریای فرضی، منطبق بر محور چرخش زمین نیست و کمی با آن زاویه دارد.



القای مغناطیسی: اگر یک فلز از جنس آهن، نیکل، کبالت و یا آلیاژهای آن‌ها را به یک آهن‌ربا نزدیک کنیم، قطعه‌ی یادشده هم تبدیل به آهن‌ربا می‌شود که ترتیب قطب‌های N و S آن مانند آهن‌ربای اولیه است و توسط آن جذب می‌شود؛ این پدیده را القای مغناطیسی می‌نامند.

میدان مغناطیسی

در فضای اطراف هر آهن‌ربا خاصیتی وجود دارد که بر اثر آن در قطعه‌های آهنی، نیکلی، کبالتی و یا آلیاژهای آن‌ها خاصیت آهن‌ربایی القا می‌شود و بر قطب‌های آهن‌رباهای دیگر نیرو وارد می‌شود. به‌طور مثال، این خاصیت باعث چرخش عقربه‌ی مغناطیسی می‌شود. این خاصیت را میدان مغناطیسی می‌نامند و آن را با B نمایش می‌دهند. میدان مغناطیسی کمیتی برداری است و واحد آن در SI، تسلا (T) است. در عمل، معمولاً از واحد کوچک‌تری به نام گاوس (G) استفاده می‌کنند.

جهت میدان مغناطیسی این‌گونه تعیین می‌شود: هنگامی که عقربه‌ی مغناطیسی در نزدیکی آهن‌ربا قرار می‌گیرد، عقربه می‌چرخد تا در امتداد میدان مغناطیسی آهن‌ربا قرار گیرد و قطب N آن، سوی میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد.

خطوط میدان مغناطیسی:

برای تجسم بهتر میدان در اطراف یک آهن‌ربا، از خطوط میدان مغناطیسی استفاده می‌کنیم که دارای ویژگی‌های زیر هستند:

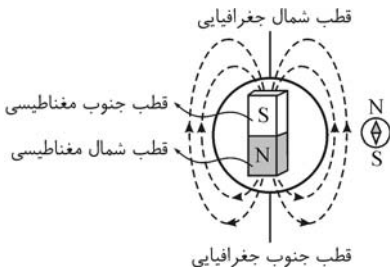
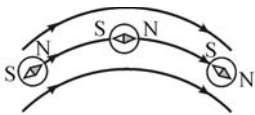
۱) راستای میدان در هر نقطه، مماس بر خطوط میدان است.

۲) هر چه خطوط متراکم‌تر باشند، میدان در آن ناحیه قوی‌تر است.

۳) خطوط میدان هیچ‌گاه همدیگر را قطع نمی‌کنند.

۴) خطوط میدان مغناطیسی، خطوط بسته‌ای هستند که در خارج از آهن‌ربا، جهت آن‌ها از N به S و در داخل آهن‌ربا، از S به N است.

عقربه‌ی مغناطیسی همواره مماس بر خطوط میدان است و به‌گونه‌ای قرار می‌گیرد که قطب N آن جهت خطوط را نشان دهد.



جهت خطوط میدان مغناطیسی در سطح زمین، همواره از جنوب به شمال است. بنابراین قطب N آهن‌ربای فرضی زمین در قطب جنوب جغرافیایی قرار دارد!



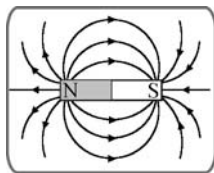
۱- میله‌ی A، میله‌ی B را دفع و میله‌ی C را جذب می‌کند. کدام گزینه درست است؟

- ۱) میله‌ی A می‌تواند آهن‌ربا نباشد.
- ۲) میله‌ی B می‌تواند آهن‌ربا نباشد.
- ۳) میله‌ی C می‌تواند آهن‌ربا نباشد.
- ۴) هر سه میله حتماً آهن‌ربا هستند.

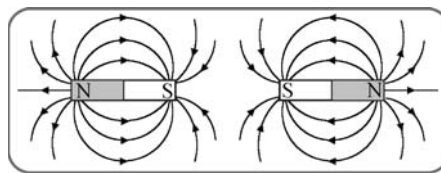
۲- یک میله‌ی آهنی و یک آهن‌ربای میله‌ای در ظاهر، کاملاً مشابه‌اند. بدون هیچ وسیله‌ی دیگری،

- ۱) آهن‌ربا قابل تشخیص نیست.
- ۲) آهن‌ربا قابل تشخیص است ولی محل و نوع قطب‌هایش قابل تشخیص نیست.
- ۳) آهن‌ربا و محل قطب‌هایش قابل تشخیص است ولی نوع قطب‌ها، قابل تشخیص نیست.
- ۴) آهن‌ربا و محل و نوع قطب‌هایش قابل تشخیص است.

به خطوط میدان مغناطیسی در اطراف آهن‌ربا، در وضعیت‌های مختلف توجه کنید:



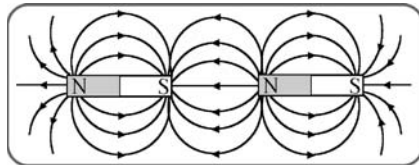
خطوط میدان یک آهن‌ربای تنها



خطوط میدان دو آهن‌ربای مشابه که قطب‌های هم‌نامشان کنار هم قرار گرفته است.

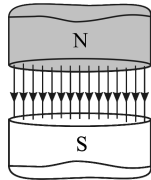
۱- این موضوع، معادل این است که میدان در هر نقطه، کمیتی یکتاست.

۲- این موضوع، معادل این است که آهن‌ربای تک‌قطبی، یعنی آهن‌ربایی که فقط قطب N یا S داشته باشد، نداریم.

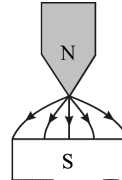


خطوط میدان دو آهن‌ربای مشابه که قطب‌های ناهم‌نامشان کنار هم قرار گرفته است.

میدان مغناطیسی یکنواخت: اگر خطوط میدان مغناطیسی در ناحیه‌ای از فضا با یکدیگر موازی و هم‌فاصله باشند، بردار میدان مغناطیسی در همه‌ی نقاط آن ناحیه، بزرگی و جهت ثابتی دارد. چنین میدانی را میدان مغناطیسی یکنواخت می‌نامند.



میدان مغناطیسی یکنواخت



میدان مغناطیسی غیریکنواخت

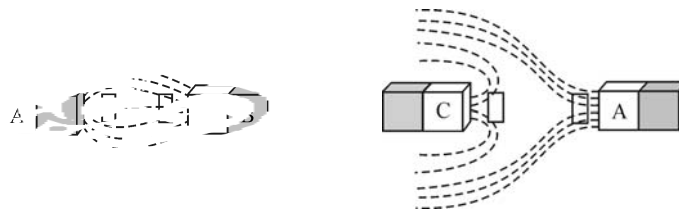
۳- در نقاط A و B جهت بردار میدان مغناطیسی به چه صورتی است؟ (از اثر آهن‌ربای دورتر، چشم‌پوشی کنید.)

(۱) ↗ و ↘ (۲) ↑ و ← (۳) ← و ↑ (۴) ↘ و ↗

۴- با توجه به خطوط میدان، قطب‌های A و B به ترتیب چه هستند و کدام قطب قوی‌تر است؟ (رنگ خاکستری نمایانگر قطب N است.)

(۱) S و N از A و C و B قوی‌تر است.
 (۲) N و S از A و C قوی‌تر و از B ضعیف‌تر است.
 (۳) S و N از A و C قوی‌تر است.
 (۴) S و N از A و C قوی‌تر و از B ضعیف‌تر است.

اگر نمی‌توانید تراکم خطوط میدان را در نزدیکی قطب‌ها مقایسه کنید، یک روش جالب به شما یاد می‌دهد. دو مستطیل هم‌اندازه‌ی مشابه را در فاصله‌های یکسان از دو قطب رسم کنید و تعداد خطوط درون هر یک را بشمارید!



دوقطبی مغناطیسی

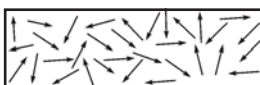
کوچک‌ترین ذرات تشکیل‌دهنده‌ی مواد مغناطیسی یعنی اتم‌ها و مولکول‌های آن‌ها نیز آهن‌ربا هستند و دو قطب N و S دارند. این آهن‌رباهای کوچک را دوقطبی مغناطیسی می‌نامند. دوقطبی مغناطیسی را با یک پیکان نشان می‌دهند که سر آن قطب N است (شکل مقابل).



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

مواد مغناطیسی: موادی که اتم‌ها و مولکول‌های آن‌ها خاصیت مغناطیسی دارند، مواد مغناطیسی نامیده می‌شوند.^۱ مواد مغناطیسی به دو دسته تقسیم می‌شوند: پارامغناطیسی و فرومغناطیسی.

مواد پارامغناطیسی:^۲ در این گونه مواد، دوقطبی‌های مغناطیسی دارای سمت‌گیری مشخص و منظمی نیستند و در جهت کاتوره‌ای قرار دارند. پس این مواد خاصیت مغناطیسی ندارند. اما هنگامی که در یک میدان مغناطیسی (مثلاً نزدیک یک آهن‌ربا) قرار گیرند، برخی از دوقطبی‌های مغناطیسی همانند عقربه‌ی

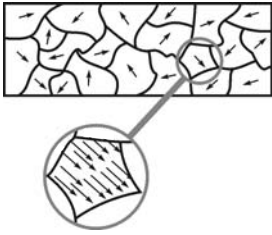


۱- موادی که مغناطیسی نیستند (دوقطبی مغناطیسی ندارند) را دیامغناطیس می‌نامند.

۲- مانند منگنز، پلاتین، آلومینیم، اکسید ازت، عناصر گروه I و II جدول مندلیف.



مغناطیسی تغییر جهت داده و منظم می‌شوند. البته تغییر جهت آن‌ها به‌سادگی تغییر جهت عقربه‌ی مغناطیسی نیست. بنابراین فقط تعداد کمی از دوقطبی‌ها تغییر جهت داده و در جهت میدان اصلاح می‌شوند. هر چه میدان قوی‌تر باشد، تعداد بیشتری از این دوقطبی‌ها اصلاح می‌شوند و خاصیت آهن‌ربایی جسم بیشتر می‌شود. با خروج ماده‌ی پارامغناطیسی از میدان، دوقطبی‌ها به‌سرعت به حالت اولیه برمی‌گردند و جسم خاصیت آهن‌ربایی خود را از دست می‌دهد.



مواد فرومغناطیس:^۱ در این‌گونه مواد، دوقطبی‌های مغناطیسی کوچک به‌طور خودبه‌خود، با دوقطبی‌های مجاور خود هم‌خط می‌شوند و تشکیل بخش‌های کوچک به‌نام حوزه‌های مغناطیسی می‌دهند؛ به‌گونه‌ای که دوقطبی‌های هر حوزه‌ی مغناطیسی با هم هم‌جهت هستند ولی با دوقطبی‌های حوزه‌های مجاور هم‌جهت نیستند. جهت‌گیری و اندازه‌ی حوزه‌ها ممکن است به‌گونه‌ای باشد که اثر هم‌راختی کند و جسم در کل، خاصیت مغناطیسی نداشته باشد.

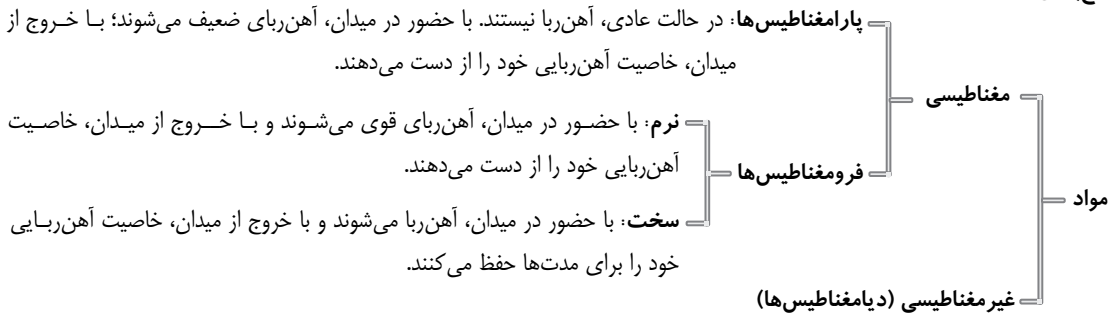
با قرار دادن یک فرومغناطیس در یک میدان مغناطیسی، برخی از دوقطبی‌های مغناطیسی با خطوط میدان هم‌جهت می‌شوند؛ بنابراین حوزه‌ی آن‌ها هم تغییر جهت پیدا می‌کند. به این ترتیب حجم حوزه‌های هم‌جهت با میدان افزایش پیدا می‌کند و در نتیجه حجم حوزه‌هایی که جهت‌گیری آن‌ها نسبت به میدان مناسب نیست، کاهش می‌یابد. هر چه میدان خارجی قوی‌تر باشد، حجم حوزه‌های هم‌سو با آن بزرگ‌تر می‌شود.

مغناطیس اشباع: اگر میدان به اندازه‌ی کافی قوی باشد، به‌طوری که تمامی حوزه‌ها هم‌جهت با میدان شوند، دیگر عملاً کل حوزه‌های مغناطیسی تبدیل به یک حوزه می‌شوند. در این حالت، فرومغناطیس به قوی‌ترین آهن‌ربای ممکن (برای خودش) تبدیل شده است و از آن پس، هر چه میدان را قوی‌تر کنیم، خاصیت آهن‌ربایی بیشتر نمی‌شود.

فرومغناطیس نرم:^۲ برخی از مواد فرومغناطیس با قرار گرفتن در میدان، به‌راحتی آهن‌ربا می‌شوند و با خروج از میدان، به‌راحتی خاصیت آهن‌ربایی خود را از دست می‌دهند. به این‌گونه مواد، فرومغناطیس نرم می‌گویند. این مواد برای ساختن آهن‌ربای موقت (آهن‌ربای الکتریکی) کاربرد دارند.

فرومغناطیس سخت:^۳ برخی دیگر از مواد فرومغناطیس با قرار گرفتن در میدان، به‌سختی آهن‌ربا می‌شوند و پس از خروج از میدان هم مدت‌ها خاصیت آهن‌ربایی خود را حفظ می‌کنند. به این مواد، فرومغناطیس سخت می‌گویند. این مواد برای ساختن آهن‌ربای دائمی مناسب هستند.

جمع‌بندی:



۵- کدام جمله‌ی زیر صحیح است؟

- (۱) منگنز یک ماده‌ی مغناطیسی است ولی خاصیت مغناطیسی ندارد.
- (۲) اگر یک آهن‌ربا را به دو قسمت تقسیم کنیم، این دو قسمت در همان حالت، حتماً همدیگر را جذب می‌کنند.
- (۳) در شرایط مشابه و در حضور میدان، فرومغناطیس سخت آهن‌ربای بهتری است تا فرومغناطیس نرم.
- (۴) یک قطب‌نما در حضور میدان زمین، به‌گونه‌ای قرار می‌گیرد که قطب N آن، شمال مغناطیسی زمین را نشان می‌دهد.

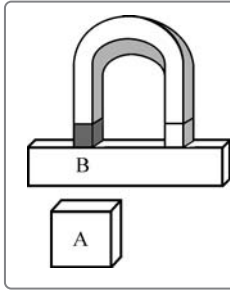
۶- کدام یک از شکل‌های زیر، نمایشگر یک ماده‌ی فرومغناطیس در حضور میدان خارجی تقریباً قوی است؟



۱- مانند آهن، نیکل، کبالت و آلیاژهای آن‌ها.

۲- مانند آهن، نیکل و کبالت وقتی به‌صورت خالص هستند.

۳- برخی از آلیاژهای آهن، نیکل و کبالت مثل فولاد (آهن + کربن).



۷- در شکل روبه‌رو، در چه صورتی جسم A توسط جسم B جذب می‌شود؟

- (۱) A و B، ماده‌ی مغناطیسی باشند.
- (۲) A و B، هیچ‌کدام مغناطیسی نباشند.
- (۳) A مغناطیسی باشد و B مغناطیسی نباشد.
- (۴) A مغناطیسی نباشد و B مغناطیسی باشد.

قسمت دوم: مباحث مربوط به حل مسئله‌ها

میدان مغناطیسی در اطراف یک سیم بلند نازک مستقیم حامل جریان

در اطراف یک سیم بلند نازک مستقیم حامل جریان، یک میدان مغناطیسی به‌صورت حلقه‌هایی به مرکز سیم و در صفحه‌ای عمود بر سیم به‌وجود می‌آید.

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

اندازه‌ی این میدان از رابطه‌ی مقابل به‌دست می‌آید:

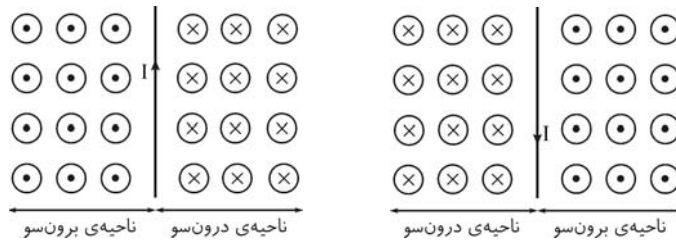
$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$$

• μ_0 ، تراوایی مغناطیسی خلأ نام دارد و مقدار آن عبارتست از:

• جهت میدان مغناطیسی از قانون دست راست مشخص می‌شود. اگر انگشت شست دست راست را در جهت جریان قرار دهیم، جهت خم شدن چهار انگشت دست، جهت خطوط میدان را نشان می‌دهد.



• میدان مغناطیسی یک سیم حامل جریان، روی صفحه‌ی شامل سیم بلند، همواره به دو ناحیه‌ی درون سو و برون سو تقسیم می‌شود که مرز این دو ناحیه، خود سیم است.



$$\frac{B_T}{B_1} = \frac{d_1}{d_T}$$

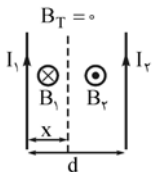
برای مقایسه‌ی میدان حاصل از یک سیم بلند در دو نقطه به فاصله‌های d_1 و d_T از آن، می‌توان از رابطه‌ی روبه‌رو استفاده کرد:

فرض کنید که دو سیم موازی داریم که حامل جریان‌های I_1 و I_2 هستند ($I_2 > I_1$). در این صورت:

(الف) اگر جریان دو سیم هم‌جهت باشد:

میدان روی یک خط موازی سیم‌ها و بین دو سیم برابر صفر است. این خط به سیمی که جریان کم‌تری دارد،

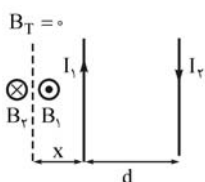
نزدیک‌تر است. اگر فاصله‌ی دو سیم، d و فاصله‌ی خط مذکور تا سیم کم‌جریان‌تر، x باشد، داریم:

$$x = \frac{d}{\frac{I_2}{I_1} + 1}$$


(ب) اگر جریان دو سیم در خلاف جهت هم باشد:

میدان روی یک خط موازی سیم‌ها و خارج دو سیم برابر صفر است. این خط به سیمی که جریان کم‌تری دارد،

نزدیک‌تر است. اگر فاصله‌ی دو سیم، d و فاصله‌ی خط مذکور تا سیم کم‌جریان‌تر، x باشد، داریم:

$$x = \frac{d}{\frac{I_2}{I_1} - 1}$$


توجه در صورتی که جریان در دو سیم برابر و در خلاف جهت هم باشد، میدان در هیچ نقطه‌ای صفر نمی‌شود.

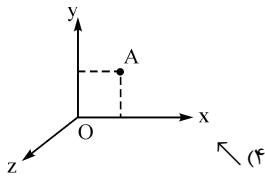




۸- در فاصله d از یک سیم بلند که از آن جریان I می‌گذرد، بزرگی میدان، $2G$ است. اگر 1 cm به این سیم نزدیک شویم، بزرگی میدان $12G$ می‌شود. d و I به ترتیب عبارتند از:

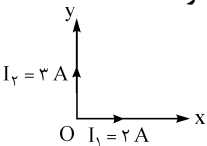
- (۱) 12 cm و 10 A (۲) 12 cm و 10 A (۳) $1/2\text{ cm}$ و 10 A (۴) 12 cm و 12 A

۹- نقطه‌ی A روی صفحه‌ی xy و به فاصله‌ی مساوی از دو محور x و y قرار دارد. اگر ۳ سیم بلند روی محور x ، y و z قرار داشته باشد که شامل جریان‌های مساوی و هم‌جهت با محورها باشند، میدان برآیند در نقطه‌ی A به کدام سمت است؟



- (۱) \odot (۲) \searrow (۳) \otimes (۴) \swarrow

۱۰- مطابق شکل، دو سیم بلند بر محورهای مختصات منطبق هستند. میدان برآیند دو سیم روی کدام خط برابر صفر است؟



- (۱) $y = \frac{2}{3}x$ (۲) $y = \frac{3}{2}x$ (۳) $y = -\frac{2}{3}x$ (۴) $y = -\frac{3}{2}x$

میدان مغناطیسی در مرکز حلقه‌ی حامل جریان

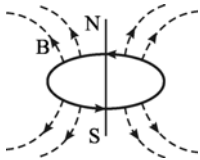
در مرکز حلقه‌ای به شعاع r که از آن جریان I عبور می‌کند، میدان مغناطیسی عمود بر سطح حلقه است و اندازه‌ی آن از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2r}$$

جهت میدان را به کمک قانون دست راست پیدا می‌کنیم. اگر چهار انگشت دست راست در جهت جریان بچرخند، انگشت شست جهت میدان را نشان می‌دهد.

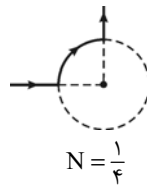
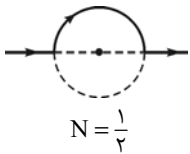


یک حلقه‌ی حامل جریان، تشکیل یک دوقطبی مغناطیسی (آهن‌ربا) می‌دهد که جهت میدان حلقه از قطب S به قطب N می‌باشد (شکل روبه‌رو).

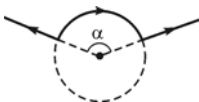


$$B = \frac{\mu_0 NI}{2r}$$

اگر حلقه از N دور تشکیل شده باشد (در این حالت، معمولاً به آن پیچه می‌گویند)، رابطه به صورت مقابل درمی‌آید. N ممکن است عدد صحیح باشد یا نباشد؛ مثلاً:

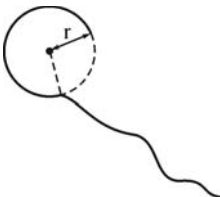


- در برخی از مسائل، ممکن است که N از روش‌های خاصی به دست آید:



$$N = \frac{\alpha}{360}$$

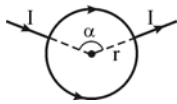
اگر کمانی به زاویه‌ی α درجه داشته باشیم:



$$N = \frac{d}{2\pi r}$$

اگر سیمی به طول d متر را تبدیل به پیچه‌ای به شعاع r کنیم:

اگر سیم در امتداد مرکز حلقه، به حلقه وارد و یا از آن خارج نشود، خود سیم قسمت بیرون حلقه یک میدان اضافی در مرکز حلقه ایجاد کرده و سبب ایجاد اختلال می‌شود.



۱۱- حلقه‌های مطابق شکل، در مدار قرار می‌گیرد. اندازه‌ی میدان در مرکز حلقه چه قدر است؟

$$(1) \frac{\mu_0 I}{2r} \left(\frac{\alpha}{360} \right)$$

$$(2) \frac{\mu_0 I}{2r} \left(\frac{\alpha}{360 - \alpha} \right)$$

(۴) صفر

$$(3) \frac{\mu_0 I}{2r} \left(\frac{360 - 2\alpha}{360} \right)$$

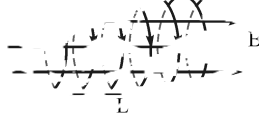
۱۲- از سیمی به طول L ، پیچهای به شعاع R_1 می‌سازیم و از آن جریان I عبور می‌دهیم؛ بزرگی میدان در مرکز آن برابر B_1 می‌شود. سپس با همان سیم، پیچهای به شعاع R_2 می‌سازیم و همان جریان را از آن عبور می‌دهیم؛ بزرگی میدان در مرکز آن برابر B_2 می‌شود.

نسبت $\frac{B_2}{B_1}$ برابر است با:

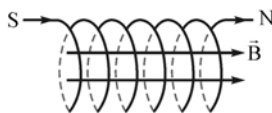
$$(1) \frac{R_1}{R_2} \quad (2) \frac{R_2}{R_1} \quad (3) \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^2 \quad (4) \left(\frac{R_2}{R_1} \right)^2$$

میدان درون سیملوله‌ی حامل جریان

اگر سیملوله‌ای به طول L از N دور تشکیل شده باشد و از آن جریان I عبور کند، درون سیملوله یک میدان مغناطیسی یکنواخت به وجود می‌آید که موازی با محور سیملوله است و اندازه‌ی آن از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:



$$B = \mu_0 \frac{N}{L} I$$



همانند حلقه‌ی حامل جریان، سیملوله‌ی حامل جریان نیز تشکیل یک دوقطبی مغناطیسی می‌دهد که جهت میدان سیملوله از قطب S به قطب N می‌باشد.



جهت میدان از قانون دست راست به دست می‌آید. اگر چهار انگشت دست راست در جهت جریان بچرخند، انگشت شست جهت میدان را نشان خواهد داد.

• $\frac{N}{L}$ بیانگر تعداد حلقه‌ها در واحد طول است که آن را تراکم می‌نامند و با n نشان می‌دهند. $B = \mu_0 n I$

همان‌طور که از رابطه‌ی میدان درون سیملوله مشخص است، این میدان فقط به تراکم و جریان بستگی دارد و طول سیملوله و یا شعاع حلقه‌ها تأثیری در آن ندارند.

• برای افزایش اندازه‌ی میدان درون سیملوله، درون آن یک فرومغناطیس نرم می‌گذارند که به آن هسته می‌گویند.

• اگر ضریب (مغناطیسی) هسته، k باشد، میدان از رابطه‌ی مقابل به دست می‌آید: $B = k \mu_0 \frac{N}{L} I = k \mu_0 n I$

• k به جنس هسته بستگی دارد و برای هوا یا خلأ $k = 1$ در نظر گرفته می‌شود.

توجه به ظاهر، با توجه به رابطه‌ی $B = \mu_0 \frac{N}{L} I$ میدان درون سیملوله به L بستگی دارد؛ ولی ما هر طول L' از سیملوله را که در نظر بگیریم، نسبت تعداد دورهای واقع در آن به طول در نظر گرفته شده $\left(\frac{N'}{L'} \right)$ همواره مقدار ثابتی است. به همین دلیل میدان درون سیملوله به طول سیملوله بستگی ندارد.



سیملوله



۱۳- با سیمی به طول L' و قطر d ، سیملوله‌ی فشرده‌ای به قطر D می‌سازیم و از آن جریان I عبور می‌دهیم. در این صورت، میدان درون سیملوله چه قدر است؟

(۴) $\mu_0 I L' \frac{D}{d}$

(۲) $\mu_0 I \frac{d}{D}$

(۳) $\mu_0 \frac{I}{D}$

(۱) $\mu_0 \frac{I}{d}$

۱۴- نقاط A, B, C, D و به ترتیب چه قطب‌هایی هستند؟



(۲) S, N, S, N

(۱) N, S, N, S

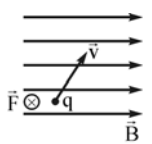
(۴) N, N, N, S

(۳) S, S, S, N

نیروی وارد بر بار متحرک در میدان مغناطیسی یکنواخت

اگر بار q با سرعت \vec{v} درون میدان مغناطیسی یکنواخت \vec{B} حرکت کند، به گونه‌ای که راستای حرکت با خطوط میدان زاویه‌ی α بسازد، به آن نیرویی وارد می‌شود که بر \vec{v} و \vec{B} عمود است و اندازه‌ی آن از رابطه‌ی مقابل محاسبه می‌شود:

$$F = qvB \sin \alpha$$



جهت نیروی وارد بر بار مثبت (شکل مقابل) از قانون دست راست به دست می‌آید. اگر چهار انگشت دست راست در جهت \vec{v} باشد، به گونه‌ای که \vec{B} از کف دست خارج شود، انگشت شست جهت \vec{F} را نشان می‌دهد.



● جهت نیروی وارد بر بار منفی، در خلاف جهت نیروی وارد بر بار مثبت است.

● اگر ذره، بار نداشته باشد، به آن نیرویی وارد نمی‌شود.

● اگر ذره‌ی باردار، متحرک نباشد، به آن نیرویی وارد نمی‌شود.

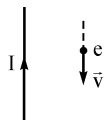
● اگر ذره‌ی باردار متحرک، موازی با خطوط میدان (در جهت یا در خلاف جهت میدان) حرکت کند، به ذره نیرویی وارد نمی‌شود.

● اگر ذره‌ی باردار متحرک، عمود بر خطوط میدان حرکت کند، نیروی وارد بر آن بیشینه می‌شود. $F_{\max} = qvB \rightarrow \alpha = 90^\circ$

● بردار \vec{F} لزوماً بر هر دو بردار \vec{v} و \vec{B} عمود است؛ ولی دو بردار \vec{v} و \vec{B} می‌توانند هر زاویه‌ای نسبت به هم داشته باشند.

● از آن‌جا که بردار \vec{F} همواره بر \vec{v} و در نتیجه بر مسیر حرکت ذره عمود است، طبق قضیه‌ی کار و انرژی، نیروی مغناطیسی وارد بر ذره هیچ تغییری در اندازه‌ی سرعت ذره ایجاد نمی‌کند و تنها مسیر حرکت ذره را تغییر می‌دهد.

۱۵- مطابق شکل، الکترون به موازات سیم بلند حامل جریان سقوط می‌کند. در این صورت، نیروی وارد بر



الکترون در کدام جهت است؟

- (۱) ← (۲) ↑ (۳) → (۴) ↓

۱۶- در شکل زیر، یک الکترون را با سرعت v به صورت درون سو و عمود بر صفحه‌ی شکل، بین دو صفحه‌ی خازن شلیک کرده‌ایم و می‌خواهیم با کمک یک میدان مغناطیسی مانع انحراف الکترون شویم. جهت و اندازه‌ی میدان مغناطیسی کدام است؟ (اثر نیروی وزن ناچیز است.)



(۲) $\frac{E}{v}$ و ←

(۱) $\frac{E}{v}$ و →

(۴) $\frac{v}{E}$ و →

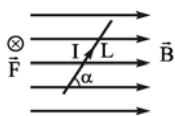
(۳) $\frac{v}{E}$ و ←

نیروی وارد بر سیم راست حامل جریان در میدان مغناطیسی یکنواخت

فرض کنید از سیم راستی به طول L جریان I می‌گذرد و این سیم در میدان مغناطیسی یکنواخت قرار دارد؛ به گونه‌ای که راستای سیم با خطوط میدان زاویه‌ی α می‌سازد. در این صورت، به سیم نیرویی وارد می‌شود که

$$F = BIL \sin \alpha$$

اندازه‌ی آن از رابطه‌ی مقابل محاسبه می‌شود:



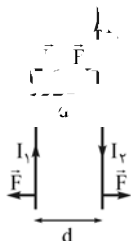


جهت نیرو از قانون دست راست مشخص می‌شود. اگر چهار انگشت دست راست در جهت I قرار گیرند، به‌گونه‌ای که \vec{B} از کف دست خارج شود، انگشت شست جهت نیرو را نشان می‌دهد. \vec{F} لزوماً بر راستای سیم و میدان عمود است؛ اما راستای سیم و میدان می‌توانند هر زاویه‌ای نسبت به هم داشته باشند.

واحد میدان مغناطیسی (تسلا)، به کمک همین رابطه تعریف می‌شود: یک تسلا بزرگی میدان مغناطیسی یکنواختی است که اگر یک سیم حامل جریان 1 A و به طول 1 m عمود بر آن قرار گیرد، به سیم نیروی 1 N وارد شود.

نیروی بین دو سیم بلند مستقیم و موازی حامل جریان

فرض کنید دو سیم بلند و مستقیم در فاصله‌ی d از هم قرار دارند و حامل جریان‌های I_1 و I_2 هستند؛ در این صورت، از طرف هر سیم به سیم دیگر، نیرو وارد می‌شود که این دو نیروی وارد بر دو سیم، عمل و عکس‌العمل هستند.



اگر جریان دو سیم هم‌سو باشد، دو سیم همدیگر را جذب می‌کنند.

اگر جریان دو سیم ناهم‌سو باشد، دو سیم یکدیگر را دفع می‌کنند.

$$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2 L}{2\pi d}$$

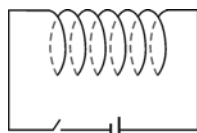
اندازه‌ی نیروی وارد بر L متر از هر سیم، از رابطه‌ی مقابل به‌دست می‌آید.

به کمک این رابطه، واحد جریان (آمپر) را تعریف می‌کنند:

هرگاه از دو سیم نازک، موازی، مستقیم و بسیار دراز که به فاصله‌ی 1 متر از یکدیگر در خلأ قرار دارند، جریان‌های مساوی عبور کند، به‌گونه‌ای که بر 1 متر از طول هر یک از سیم‌ها، نیرویی برابر 2×10^{-7} نیوتون وارد شود، جریانی که از هر یک از سیم‌ها می‌گذرد، برابر 1 آمپر است.

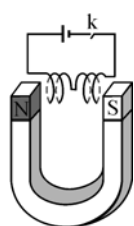


۱۷- در شکل مقابل، با بستن کلید،



- (۱) شعاع حلقه‌ها بزرگ‌تر شده و طول سیم‌لوله کوتاه‌تر می‌شود.
- (۲) شعاع حلقه‌ها کوچک‌تر شده و طول سیم‌لوله بلندتر می‌شود.
- (۳) شعاع حلقه‌ها و طول سیم‌لوله، هر دو بزرگ‌تر می‌شوند.
- (۴) شعاع حلقه‌ها و طول سیم‌لوله، هر دو کوچک‌تر می‌شوند.

۱۸- در شکل مقابل، با بستن کلید k ، سیم‌لوله



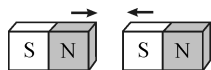
- (۱) بلندتر می‌شود.
- (۲) کوتاه‌تر می‌شود.
- (۳) به سمت راست می‌رود.
- (۴) به سمت چپ می‌رود.

۱- به این تعریف واحد جریان، تعریف عملیاتی می‌گویند؛ یعنی تعریفی که قابل آزمایش و عمل کردن است. همان‌طور که قبلاً دیدیم، واحد جریان تعریف‌های دیگری هم دارد.

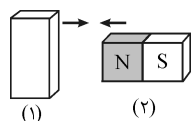
پایه تشریحی فصل ۸

۱- گزینه «۳» وقتی دو میله همدیگر را جذب می‌کنند، نیازی نیست هر دو آهن‌ریا باشند؛ بلکه ممکن است یکی آهن باشد و توسط دیگری که آهن‌ریاست، القا و سپس، جذب شده باشد.

اما وقتی دو میله همدیگر را دفع می‌کنند، حتماً هر دو آهن‌ریا هستند؛ زیرا در اثر القا، فقط جذب صورت می‌گیرد، نه دفع. بنابراین وقتی میله‌های A و B همدیگر را دفع می‌کنند، حتماً هر دو آهن‌ریا هستند ولی میله‌ی C می‌تواند آهن یا آهن‌ریا باشد.

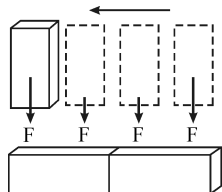


۲- گزینه «۳» اگر دو میله را از سرهایشان به هم نزدیک کنیم، حتماً همدیگر را جذب می‌کنند. زیرا آهن‌ریا، آهن را القا کرده و هر دو تبدیل به آهن‌ریا با قطب‌های ناهم‌نام می‌شوند. بنابراین نمی‌توان فهمید کدام آهن است و کدام آهن‌ریا؛ اما اگر سر یکی (۲) را به وسط دیگری (۱) نزدیک کنیم، دو حالت پیش می‌آید:



(الف) همدیگر را جذب می‌کنند. در این صورت، میله‌ی (۲)، آهن‌ریا و میله‌ی (۱)، آهن است؛ زیرا وسط یک آهن‌ریا، خاصیت آهن‌ریایی ندارد. پس میله‌ی (۱) نمی‌تواند میله‌ی (۲) را القا کند ولی میله‌ی (۲) می‌تواند میله‌ی (۱) را القا کند. (ب) همدیگر را جذب نمی‌کنند.

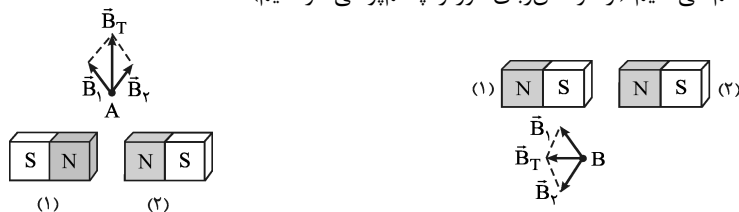
در این صورت، میله‌ی (۲) آهن است؛ پس میله‌ی (۱) آهن‌ریاست (چون حتماً یکی از این دو، آهن‌ریاست). تا این‌جا، آهن‌ریا مشخص شد ولی محل قطب‌های یک آهن‌ریا چگونه توسط یک آهن مشخص می‌شود؟



توسط آهن‌ریا به آهن نیرو وارد می‌شود ولی وقتی به قطب‌ها می‌رسیم، این نیرو قوی‌تر است! پس وقتی آهن را در نزدیکی آهن‌ریا و در سرتاسر آن جابه‌جا می‌کنیم، هر جا نیروی وارد بر دستمان بیشتر بود، آن‌جا قطب است.

چون هیچ وسیله‌ی دیگری نداریم، نوع قطب‌ها مشخص نمی‌شود ولی اگر مثلاً نخ داشتیم، با آویزان کردن آهن‌ریا، آن سری که به سمت شمال می‌ایستاد، قطب شمال و سر دیگر، قطب جنوب می‌شد.

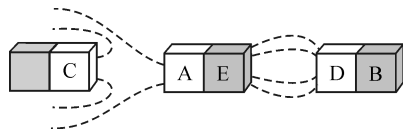
۳- گزینه «۳» میدان مغناطیسی در خارج از آهن‌ریا همیشه از قطب N به قطب S است. در نقطه‌های A و B، میدان ناشی از هر آهن‌ریا و سپس برابند آن‌ها را رسم می‌کنیم (از اثر آهن‌ریای دورتر چشم‌پوشی کرده‌ایم).



۴- گزینه «۳» از آن‌جا که خاکستری، رنگ قطب N آهن‌ریاست، قطب C مشخصاً S است. پس قطب A هم که هم‌نام C است، S است (اگر ناهم‌نام بودند، خطوط از A به C می‌رفتند). قطب D ناهم‌نام با E است؛ پس S است و لذا قطب B، N است.

خطوط میدان قطب A کم‌تر از خطوط قطب C خم شده‌اند و این یعنی قطب A از C قوی‌تر است.

قدرت A و E مثل هم است (شکل مقابل)؛ زیرا دو قطب یک آهن‌ریا هستند. قطب E از D قوی‌تر است؛ زیرا تراکم خطوط در نزدیکی E بیشتر از نزدیکی D است. قدرت قطب‌های D و B مثل هم است؛ زیرا دو قطب یک آهن‌ریا هستند. قدرت E از D بیشتر است؛ پس قدرت A هم از B بیشتر است.



۵- گزینه «۱» برای درک بهتر، هر چهار گزینه را کاملاً بررسی می‌کنیم. اما اول نکته‌ی زیر را ببینید:

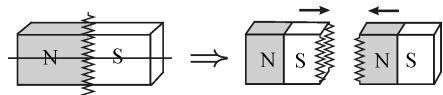
ماده‌ی مغناطیسی بودن با خاصیت مغناطیسی داشتن فرق می‌کند. ماده‌ی مغناطیسی یعنی ماده‌ای که می‌تواند خاصیت مغناطیسی پیدا کند ولی شاید در حال حاضر (بدون حضور میدان) خاصیت مغناطیسی نداشته باشد. مثلاً آهن یک ماده‌ی مغناطیسی است چون می‌تواند خاصیت مغناطیسی پیدا کند (تبدیل به آهن‌ریا شود)؛ ولی در حالت عادی، خاصیت مغناطیسی ندارد.



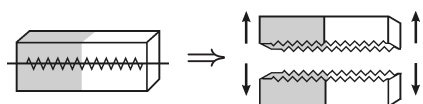
پس دلیلی ندارد که هر ماده‌ی مغناطیسی، خاصیت مغناطیسی داشته باشد ولی اگر ماده‌ای خاصیت مغناطیسی داشته باشد، حتماً یک ماده‌ی مغناطیسی است.

گزینه‌ی (۱): منگنز یک ماده‌ی پارامغناطیس است. پس یک ماده‌ی مغناطیسی است ولی در شرایط عادی (بدون حضور میدان مغناطیسی قوی)، خاصیت مغناطیسی ندارد.

گزینه‌ی (۲): این که دو قطعه‌ی آهن‌ریا همدیگر را جذب می‌کنند یا دفع، به این بستگی دارد که چگونه آهن‌ریا را به دو نیم تقسیم کنیم. اگر مطابق

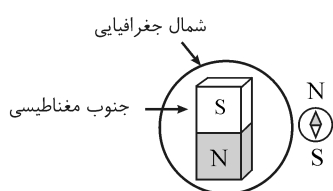


شکل، خط برش عمود بر محور مغناطیسی باشد، دو قطعه‌ی آهن‌ریا همدیگر را جذب می‌کنند.



اما اگر خط برش موازی محور مغناطیسی باشد، دو قطعه یکدیگر را دفع می‌کنند.

گزینه‌ی (۳): در شرایط مشابه و در حضور میدان مغناطیسی، در فرومغناطیس نرم، دو قطبی‌ها راحت‌تر با میدان هم‌راستا می‌شوند تا فرومغناطیس سخت. بنابراین فرومغناطیس نرم آهن‌ریای بهتری خواهد بود. اما پس از حذف میدان، فرومغناطیس سخت آهن‌ریای بهتری است.



گزینه‌ی (۴): در حضور میدان مغناطیسی زمین، قطب‌نما به گونه‌ای قرار می‌گیرد که قطب N آن شمال جغرافیایی را نشان دهد و می‌دانیم که شمال جغرافیایی زمین، جنوب مغناطیسی آن است. قطب N قطب‌نما، جذب قطب S آهن‌ریای زمین می‌شود.

۶- گزینه‌ی «۴»
گزینه‌های ۱ تا ۴ به ترتیب بیانگر یک ماده‌ی فرومغناطیس در:

گزینه‌ی (۱): عدم حضور میدان (برایند بردارها صفر است)؛

گزینه‌ی (۲): میدان تقریباً ضعیف (برایند بردارها به سمت راست و نسبتاً کوچک است)؛

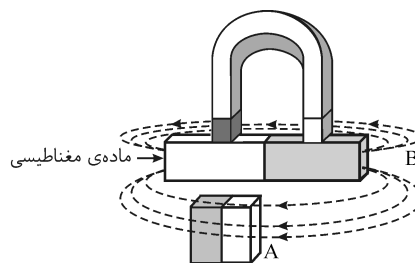
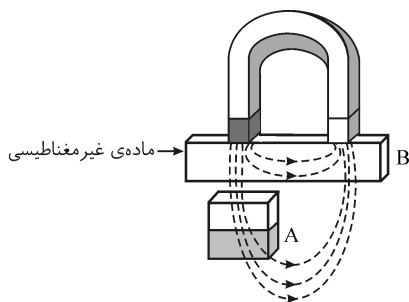
گزینه‌ی (۳): میدان بسیار قوی؛

گزینه‌ی (۴): میدان تقریباً قوی (برایند بردارها به سمت راست و نسبتاً بزرگ است) هستند. همان‌طور که مشاهده می‌کنید، در گزینه‌ی (۴) دو قطبی‌ها تقریباً در یک جهت، جهت‌گیری کرده‌اند.

۷- گزینه‌ی «۳»
برای این که A جذب آهن‌ریا شود، باید در آن القای مغناطیسی صورت گیرد و بدیهی است که باید یک ماده‌ی

مغناطیسی باشد و اما B ...

اگر B یک ماده‌ی مغناطیسی باشد، خود تبدیل به یک آهن‌ریا می‌شود و جهت خطوط میدان را عوض می‌کند. بنابراین ماده‌ی A دیگر توسط آهن‌ریا جذب نمی‌شود. زیرا وسط یک آهن‌ریا (وسط B) خاصیت آهن‌ریایی ندارد. به شکل خطوط میدان در دو حالت توجه کنید.



۸- گزینه‌ی «۱»

$$\frac{B_r}{B_1} = \frac{d_1}{d_r} \rightarrow \frac{12}{2} = \frac{d}{d-1} \rightarrow 12d - 12 = 2d \rightarrow 10d = 12 \rightarrow d = 1.2 \text{ cm}$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d} \rightarrow 2 \times 10^{-4} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times I}{2\pi \times 1.2 \times 10^{-2}} \rightarrow 2I = 24 \rightarrow I = 12 \text{ A}$$

۹- گزینهی «۴»

میدان ناشی از سیم‌های x و y در نقطه‌ی A به ترتیب برون‌سو و درون‌سو هستند و از آن‌جا که جریان سیم‌ها و نیز فاصله‌ی نقطه‌ی A تا دو سیم یکسان است، $B_x = B_y$ می‌باشد. بنابراین اثر هم را خنثی می‌کنند و تنها \vec{B}_z باقی می‌ماند (شکل مقابل).

۱۰- گزینهی «۱»

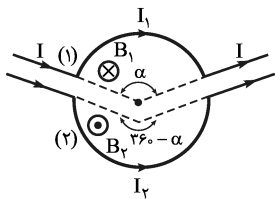
نقطه‌ای که در آن، میدان برآیند صفر می‌شود، باید در ربع اول یا سوم باشد؛ زیرا در ربع دوم و چهارم میدان‌های ناشی از دو سیم، هم‌جهت هستند و نمی‌توانند همدیگر را خنثی کنند. نقطه‌ی فرضی M را در شکل پایین، در نظر بگیرید که در آن، میدان برآیند صفر است. همان‌طور که از شکل هم مشخص است، فاصله‌ی نقطه‌ی M تا محور y را با x و فاصله تا محور x را با y نشان می‌دهیم؛ داریم:

$$B_1 = B_2 \rightarrow \frac{\mu_0 I_1}{2\pi y} = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi x} \rightarrow \frac{2}{y} = \frac{3}{x} \Rightarrow y = \frac{2}{3}x$$

۱۱- گزینهی «۴»

جریان به هنگام ورود به حلقه به دو بخش تقسیم می‌شود. یک قسمت از جریان از شاخه‌ی بالایی و مابقی جریان از شاخه‌ی پایینی عبور می‌کند. حلقه عملاً از دو کمان تشکیل شده است که میدان یکی درون‌سو و میدان دیگری برون‌سو است. اگر مقاومت کل حلقه را R در نظر بگیریم، مقاومت کمان (۱) عبارتست از: $R_1 = \frac{\alpha}{360}R$ و مقاومت کمان (۲) عبارتست از: $R_2 = \frac{360-\alpha}{360}R$.

جریان‌ها به نسبت عکس مقاومت‌ها تقسیم می‌شوند؛ پس: $I_1 = \frac{360-\alpha}{360}I$ و $I_2 = \frac{\alpha}{360}I$ می‌باشند. حال میدان‌های مغناطیسی را در مرکز حلقه حساب می‌کنیم:



$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2r} \times N_1 = \frac{\mu_0 \times \frac{360-\alpha}{360} I}{2r} \times \frac{\alpha}{360} = \frac{\mu_0 I}{2r} \left(\frac{360-\alpha}{360} \right) \left(\frac{\alpha}{360} \right)$$

$$B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2r} \times N_2 = \frac{\mu_0 \times \frac{\alpha}{360} I}{2r} \times \frac{360-\alpha}{360} = \frac{\mu_0 I}{2r} \left(\frac{\alpha}{360} \right) \left(\frac{360-\alpha}{360} \right)$$

بنابراین میدان ناشی از دو کمان، هم‌اندازه و در خلاف جهت هم است؛ پس اثر هم را خنثی می‌کنند و میدان کل در مرکز حلقه، صفر است. بدیهی است که این موضوع، مستقل از زاویه‌ی α یا جریان I یا شعاع حلقه (r) است.

۱۲- گزینهی «۳»

بزرگی میدان را در دو حالت حساب می‌کنیم:

میدان پیچه به شعاع R_1 : $B_1 = \frac{\mu_0 I}{2R_1} \times (N_1) = \frac{\mu_0 I}{2R_1} \left(\frac{L}{2\pi R_1} \right)$

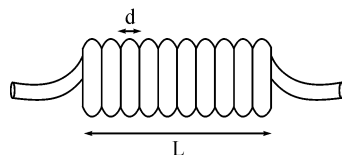
میدان پیچه به شعاع R_2 : $B_2 = \frac{\mu_0 I}{2R_2} \times (N_2) = \frac{\mu_0 I}{2R_2} \left(\frac{L}{2\pi R_2} \right)$

$$\frac{B_2}{B_1} = \frac{\frac{\mu_0 I}{2R_2} \left(\frac{L}{2\pi R_2} \right)}{\frac{\mu_0 I}{2R_1} \left(\frac{L}{2\pi R_1} \right)} = \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^2$$

۱۳- گزینهی «۱»

منظور از سیم‌لوله‌ی فشرده، این است که حلقه‌ها به هم چسبیده‌اند و بین آن‌ها فاصله‌ای نیست. در این صورت، اگر

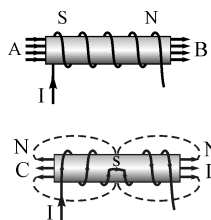
سیم‌لوله از N حلقه با سیم‌هایی به قطر d تشکیل شده باشد، داریم:



$$L = N \times d$$

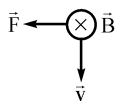
$$B = \mu_0 \frac{N}{L} I = \mu_0 \frac{N}{N \times d} I = \frac{\mu_0 I}{d}$$

همان‌طور که می‌بینید، قطر سیم‌لوله و یا طول سیم و سیم‌لوله تأثیری در میدان سیم‌لوله‌ی فشرده ندارد.

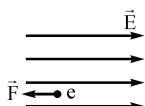
۱۴- گزینه‌ی «۴»


به کمک قانون دست راست، مشخص است که خطوط میدان به A وارد شده و از B خارج می‌شوند؛ پس A قطب S و B قطب N است.

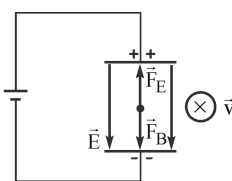
به همین ترتیب، به کمک قانون دست راست، مشخص است که خطوط میدان هم از C و هم از D خارج می‌شوند؛ پس هم C و هم D قطب N هستند و وسط جسم قطب S است. یعنی این آهن‌ربای الکتریکی دو قطب N و یک قطب S قوی‌تر دارد.



۱۵- گزینه‌ی «۱» در نقطه‌ی مورد نظر، میدان مغناطیسی سیم درون سو است. طبق قانون دست راست، نیرو باید به سمت راست باشد؛ ولی چون بار ذره‌ی مورد نظر منفی است، نیرو به سمت چپ است. می‌دانیم که سیم بر بار نیروی الکتریکی وارد نمی‌کند و \vec{F} فقط مغناطیسی است.

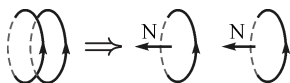


۱۶- گزینه‌ی «۲» می‌دانیم که نیروی وارد بر الکترون در میدان الکتریکی، در خلاف جهت خطوط میدان است و ربطی به نحوه‌ی حرکت آن ندارد؛ در حالی که نیروی وارد بر الکترون در میدان مغناطیسی وابسته به نحوه‌ی حرکت و در خلاف جهت قانون دست راست است.

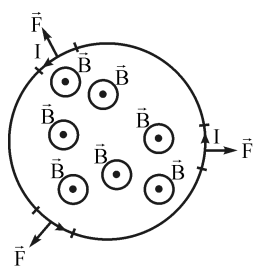


نیروی میدان الکتریکی (\vec{F}_E) به سمت بالا است؛ پس نیروی میدان مغناطیسی (\vec{F}_B) باید به سمت پایین باشد تا برابند نیروهای وارد بر ذره صفر شود (از نیروی وزن صرف‌نظر شده است). طبق قانون دست راست، \vec{B} باید به سمت راست باشد و ولی چون بار ذره منفی است، \vec{B} به سمت چپ است. از طرفی، اندازه‌ی \vec{F}_E و \vec{F}_B باید یکسان باشد؛ پس داریم:

$$F_E = F_B \rightarrow Eq = qvB \sin \alpha \rightarrow E = vB \rightarrow B = \frac{E}{v}$$

۱۷- گزینه‌ی «۱»


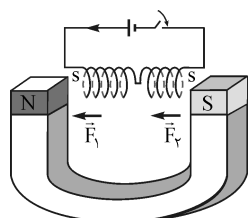
جریان در حلقه‌ها به صورت روبه‌رو است؛ پس روی سمت چپ همه‌ی حلقه‌ها N و روی سمت راست همه‌ی حلقه‌ها S است. پس قطب N هر حلقه در کنار قطب S حلقه‌ی مجاور است و لذا حلقه‌ها همدیگر را جذب می‌کنند؛ در نتیجه، طول سیملوله کوتاه‌تر می‌شود.



این موضوع را این‌گونه نیز می‌توان توجیه کرد: جریان حلقه‌ها هم‌سو است و می‌دانیم دو سیم که جریان هم‌سو دارند، همدیگر را جذب می‌کنند.

و اما در مورد شعاع حلقه‌ها:

هر قطعه‌ی کوچک (المان) از یک حلقه را که در نظر بگیریم، تحت اثر میدان قوی‌تر درون سیملوله، یک نیرو به سمت بیرون به آن وارد می‌شود؛ پس در اثر این نیروها، حلقه‌ها اندکی بازتر می‌شوند و شعاع آن‌ها اندکی بزرگ‌تر می‌شود.

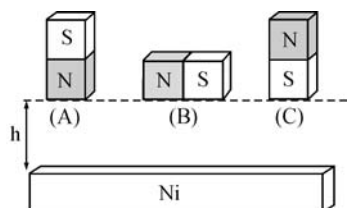
۱۸- گزینه‌ی «۴»


ابتدا نوع قطب‌های دو سر سیملوله را به کمک قانون دست راست تعیین می‌کنیم:

بنابراین در سمت چپ یک نیروی جاذبه (\vec{F}_1) و در سمت راست یک نیروی دافعه (\vec{F}_2) به سیملوله وارد می‌شود. در نتیجه، سیملوله به سمت چپ حرکت می‌کند.

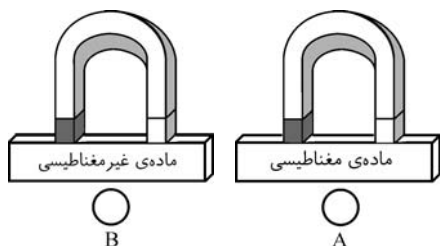
آزمون فصل ۸: مغناطیس

۸۶- این سه آهن‌ریبا کاملاً مشابه‌اند و همگی از یک ارتفاع در خلأ رها شده‌اند. کدام یک دیرتر به سطح نیکلی می‌رسد؟



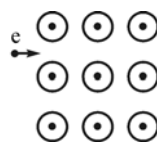
- (۱) A
(۲) B
(۳) C
(۴) هر سه هم‌زمان می‌رسند.

۸۷- جهت قطب‌نماهای A و B به ترتیب کدام است؟



- (۱) و
(۲) و
(۳) و
(۴) و

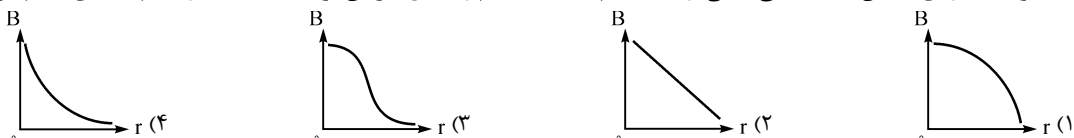
۸۸- الکترونی مطابق شکل، به‌طور عمود وارد یک میدان مغناطیسی یکنواخت می‌شود. اگر از نیروی وزن آن



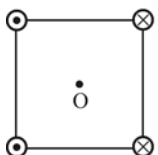
صرف‌نظر کنیم، با ورود به میدان، اندازه‌ی

- (۱) سرعت حرکت ذره زیاد می‌شود.
(۲) سرعت حرکت ذره کم می‌شود.
(۳) سرعت حرکت ذره تغییر نمی‌کند.
(۴) سرعت حرکت ذره به‌طور نوسانی کم و زیاد می‌شود.

۸۹- تغییرات اندازه‌ی میدان مغناطیسی ناشی از یک سیم بلند مستقیم و حامل جریان برحسب فاصله از سیم، مطابق کدام گزینه است؟



۹۰- چهار سیم بلند و موازی با جریان‌های مساوی مطابق جهت‌گیری نشان داده‌شده در شکل، در چهار رأس یک

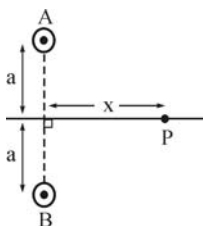


مربع قرار گرفته‌اند. جهت میدان مغناطیسی برآیند در نقطه‌ی O به کدام سمت است؟

- (۱) ←
(۲) →
(۳) ↑
(۴) ↓

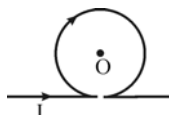
۹۱- A و B دو سیم حامل جریان‌های مساوی I و عمود بر صفحه هستند. اندازه و جهت میدان مغناطیسی برآیند در نقطه‌ی P واقع بر

عمودمنصف AB کدام است؟



- (۱) $\rightarrow, \frac{a\mu_0 I}{\pi(a^2 + x^2)}$
(۲) $\uparrow, \frac{a\mu_0 I}{\pi(a^2 + x^2)}$
(۳) $\rightarrow, \frac{x\mu_0 I}{\pi(a^2 + x^2)}$
(۴) $\uparrow, \frac{x\mu_0 I}{\pi(a^2 + x^2)}$

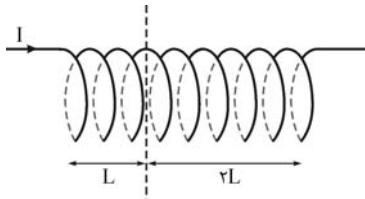
۹۲- جهت میدان در نقطه‌ی O به کدام سمت است؟



- (۱)
(۲)
(۳) \uparrow
(۴) \downarrow

۹۳- از سیم‌لوله‌ای جریان I عبور می‌کند و میدان درون آن B است. مطابق شکل،

سیم‌لوله را به نسبت ۲ به ۱ به دو قسمت تقسیم می‌کنیم و از هر قسمت، دوباره جریان I را عبور می‌دهیم. بزرگی میدان‌ها در قسمت‌های راست و چپ به ترتیب عبارتند از:



- (۱) $\frac{1}{3}B$ و $\frac{2}{3}B$
(۲) B و $2B$
(۳) B و B
(۴) $\frac{1}{9}B$ و $\frac{4}{9}B$



۹۴- دو سیم موازی در فاصله‌ی ۲۰ سانتی‌متری از یکدیگر قرار دارند. اگر جریان عبوری از سیم‌ها هم‌جهت و اندازه‌ی آن‌ها ۲ A و ۳ A باشد، نیروی وارد بر هر متر از هر سیم چند نیوتون است؟ نیروی بین دو سیم جاذبه است یا دافعه؟

- (۱) 3×10^{-5} و دافعه (۲) 6×10^{-6} و جاذبه (۳) 6×10^{-5} و جاذبه (۴) 3×10^{-6} و دافعه

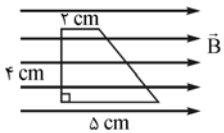
۹۵- سیملوله‌ای به طول ۲۰ cm از ۵۰ حلقه تشکیل شده است. اگر قطر حلقه‌های سیملوله Δ cm باشد و در سیملوله جریان ۱۰ A برقرار باشد، میدان درون سیملوله چند گاوس است؟

- (۱) $\pi \times 10^{-3}$ (۲) 10^{-3} (۳) 10 (۴) 10π

۹۶- یکای μ در SI کدام است؟

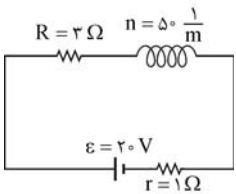
- (۱) $\frac{N \cdot s^2}{C^2}$ (۲) $\frac{N \cdot C^2}{s^2}$ (۳) $\frac{N \cdot s}{C^2}$ (۴) $\frac{N \cdot C}{s^2}$

۹۷- در شکل مقابل، میدان مغناطیسی یکنواخت، $B = \Delta$ T است. اگر جریان ۲ A از مفتول بگذرد، نیروی وارد بر مفتول دوزنقه چند نیوتون است؟



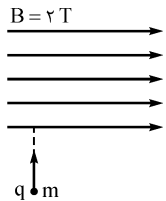
- (۱) 0.4 N (۲) 0.8 N (۳) $1/2$ N (۴) صفر

۹۸- در مدار مقابل، میدان مغناطیسی در سیملوله چند T است؟



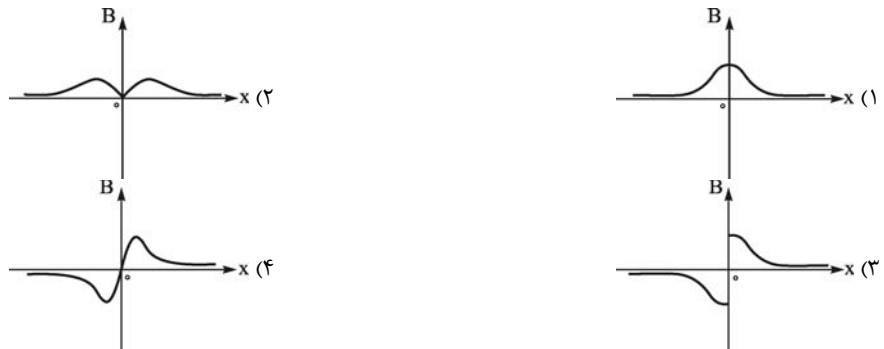
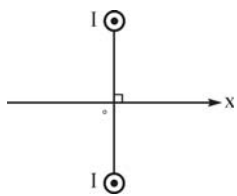
- (۱) $\pi \times 10^{-4}$ (۲) 10^{-4} (۳) $\pi \times 10^{-3}$ (۴) 10^{-3}

۹۹- در شکل مقابل، ذره‌ای با بار $q = \Delta \mu C$ و جرم $m = 1 \mu g$ را با سرعت 10 m/s به‌طور عمود درون میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی $B = 2$ T پرتاب می‌کنیم. ذره پس از وارد شدن در میدان، یک مسیر دایره‌ای را می‌پیماید. شعاع دایره چند cm است؟ (از نیروی وزن صرف‌نظر کنید.)



- (۱) 0.1 (۲) 0.2 (۳) 1 (۴) 2

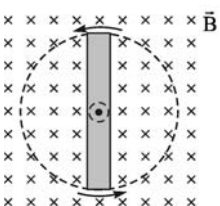
۱۰۰- در شکل مقابل، جریان در دو سیم یکسان است. کدام نمودار نحوه‌ی تغییرات اندازه‌ی میدان مغناطیسی را روی خط عمودمنصف (محور x) بهتر نشان می‌دهد؟



۱۰۱- از سیمی به طول L، یک پیچ‌های مسطح به شعاع r ساخته و در آن جریان I برقرار می‌سازیم؛ اندازه‌ی میدان مغناطیسی در مرکز پیچه کدام است؟

- (۱) $B = \frac{\mu_0 L I}{2\pi r^2}$ (۲) $B = \frac{\mu_0 L I}{4\pi r^2}$ (۳) $B = \mu_0 L I$ (۴) $B = \frac{\mu_0 L I}{4\pi r}$

۱۰۲- میله‌ای مطابق شکل، حول نقطه‌ی O در مرکز آن به‌صورت پادساعتگرد می‌چرخد. کدام گزینه در همین لحظه، نحوه‌ی تجمع بار را در آن به‌خوبی نشان می‌دهد؟

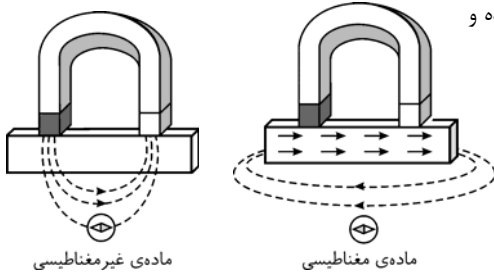


- (۱) (۲) (۳) (۴)

فصل ۸

۸۶- گزینه‌ی «۲» آهن‌رباهای A و C سطح نیکلی را القا کرده و نیروی جاذبه‌ی مغناطیسی بین آن‌ها و سطح نیکل، باعث بیشتر شدن شتاب سقوط می‌شود.

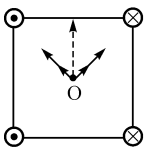
۸۷- گزینه‌ی «۱» ماده‌ی مغناطیسی تحت اثر آهن‌ربا، خود تبدیل به آهن‌ربا شده و مسیر خطوط میدان را عوض می‌کند.



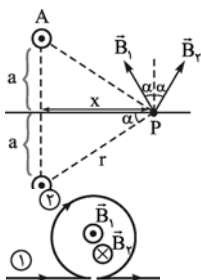
۸۸- گزینه‌ی «۳» نیروی وارد بر بار همواره عمود بر سرعت است؛ پس فقط جهت سرعت را تغییر می‌دهد ولی اندازه‌ی سرعت، ثابت می‌ماند.

۸۹- گزینه‌ی «۴» با توجه به رابطه‌ی روبه‌رو، نمودار B بر حسب r شبیه گزینه‌ی (۴) است.

۹۰- گزینه‌ی «۳» کفایت میدان ناشی از هر سیم را در نقطه‌ی O رسم کنیم و برآیند آن‌ها را به‌دست آوریم.



۹۱- گزینه‌ی «۴» میدان ناشی از هر سیم را در نقطه‌ی P حساب می‌کنیم و برآیند آن‌ها را به‌دست می‌آوریم.



$$B_1 = B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi(r)} = \frac{\mu_0 I}{2\pi(\sqrt{x^2 + a^2})}$$

$$B_T = 2B \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) = 2B \cos \alpha = 2 \times \frac{\mu_0 I}{2\pi\sqrt{x^2 + a^2}} \times \frac{x}{\sqrt{x^2 + a^2}} = \frac{\mu_0 I x}{\pi(x^2 + a^2)}$$

۹۲- گزینه‌ی «۲» میدان در مرکز حلقه از \vec{B}_1 و \vec{B}_2 تشکیل شده است. برای این‌که جهت میدان کل را در مرکز حلقه بدانیم، باید بررسی کنیم که B_1 بزرگ‌تر است یا B_2 ؟

$$\begin{aligned} \text{میدان ناشی از سیم راست: } B_1 &= \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \\ \text{میدان ناشی از حلقه: } B_2 &= \frac{\mu_0 I}{2r} \end{aligned} \Rightarrow B_2 > B_1$$

بنابراین جهت میدان برآیند، به سمت داخل صفحه است.

۹۳- گزینه‌ی «۳» بزرگی میدان در یک سیم‌لوله، از رابطه‌ی $B = \mu_0 nI$ به‌دست می‌آید و مستقل از طول سیم‌لوله است. پس با تقسیم کردن سیم‌لوله، میدان آن تغییر نمی‌کند.

۹۴- گزینه‌ی «۲»
$$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 2 \times 3}{4\pi \times 10^{-1}} = 6 \times 10^{-6} \text{ N}$$

می‌دانیم اگر جهت جریان در دو سیم موازی، هم‌سو باشد، نیروی بین آن‌ها جاذبه خواهد بود.

۹۵- گزینه‌ی «۴»
$$B = \mu_0 nI = \mu_0 \frac{N}{L} \times I = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{50}{0.2} \times 10 = \pi \times 10^{-3} \text{ T}$$

$$\rightarrow B = \pi \times 10^{-3} \times 10^4 = 10\pi \text{ G}$$

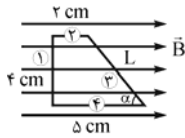
۹۶- گزینه‌ی «۱» در این‌جا براکت را برای نمایش یکای هر عبارت به‌کار می‌بریم:

$$\begin{cases} B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d} \\ F = ILB \sin \alpha \rightarrow B = \frac{F}{IL \sin \alpha} \end{cases} \Rightarrow \left[\frac{\mu_0 I}{2\pi d} \right] = \left[\frac{F}{IL \sin \alpha} \right]$$

$$\rightarrow [\mu_0] = \left[\frac{2\pi d F}{I^2 L \sin \alpha} \right] \rightarrow [\mu_0] = \frac{N \cdot m}{A^2 \cdot m} = \frac{N}{A^2} = \frac{N}{C^2} = \frac{N \cdot s^2}{C^2}$$

نیروی وارد بر هر سیم مفتول را جداگانه حساب می‌کنیم:

۹۷- گزینه‌ی «۴»



$$F_1 = ILB \sin \alpha = 2 \times \frac{4}{100} \times 5 \times 1 = 0.4 \text{ N}$$

$$F_2 = ILB \sin \alpha = 2 \times \frac{2}{100} \times 5 \times 0 = 0$$

$$F_3 = ILB \sin \alpha = 2 \times 2 \times 5 \times \frac{100}{L} = 0.4 \text{ N}$$

$$F_4 = ILB \sin \alpha = 2 \times \frac{2}{100} \times 5 \times 0 = 0$$

بنابراین به کل دوزنقه دو نیروی ۰/۴ N در جهت‌های مخالف وارد می‌شود و نیروی کل وارد بر دوزنقه صفر است.

برایند نیروهای وارد بر یک حلقه‌ی بسته در یک میدان یکنواخت مغناطیسی، همواره صفر است.



$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r} = \frac{2.0}{3 + 1} = 0.5 \text{ A}$$

$$B = \mu_0 n I = 4\pi \times 10^{-7} \times 50 \times 0.5 = \pi \times 10^{-6} \text{ T}$$

نیروی میدان مغناطیسی بر ذره‌ی متحرک همواره بر مسیر حرکت عمود است؛ پس این نیرو می‌تواند همان نیروی

۹۹- گزینه‌ی «۱»

$$\frac{mv^2}{r} = qvB \sin \alpha \rightarrow \frac{mv}{r} = qB \sin \alpha \rightarrow \frac{(10^{-6} \times 10^{-3}) \times 10^6}{r} = 5 \times 10^{-6} \times 2 \times 1 \rightarrow r = 10^{-3} \text{ m} = 0.1 \text{ cm}$$

مرکزگرا باشد.

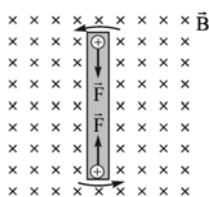
۱۰۰- گزینه‌ی «۲»

$$N = \frac{L}{2\pi r}$$

ابتدا باید تعداد حلقه‌های پیچ را حساب کنیم:

۱۰۱- گزینه‌ی «۲»

$$B = \frac{\mu_0 N I}{2r} = \frac{\mu_0 \left(\frac{L}{2\pi r} \right) I}{2r} = \frac{\mu_0 L I}{4\pi r^2}$$



یک بار مثبت فرضی روی میله در نظر می‌گیریم. در قسمت بالای میله، بار فرضی همراه با

۱۰۲- گزینه‌ی «۳»

میله به سمت چپ حرکت می‌کند و طبق قانون دست راست به آن نیرویی به سمت مرکز میله وارد می‌شود. بنابراین بار مثبت به مرکز میله می‌آید و سر بالایی میله بار منفی پیدا می‌کند.

در قسمت پایین میله، بار مثبت فرضی همراه با میله به سمت راست حرکت می‌کند و طبق قانون دست راست به آن نیرویی به سمت مرکز وارد می‌شود. بنابراین بار مثبت به مرکز می‌آید و سر پایینی میله بار منفی پیدا می‌کند.