

۲۵۱۷- گزینه ۳ دوقطبی‌های مغناطیسی در یک ماده‌ی پارامغناطیس دارای سمت‌گیری مشخص و منظمی نیستند و در جهت‌های کاتوره‌ای مطابق شکل روبه‌رو قرار دارند. بنابراین گزینه‌ی (۱) درست است. اگر مواد پارامغناطیس را درون یک میدان مغناطیسی قرار دهیم، دوقطبی‌های کوچک در راستای خط‌های میدان مغناطیسی منظم می‌شوند (شبیه عقربه‌های مغناطیسی در مجاورت آهن‌ربا) و ماده‌ی پارامغناطیس دارای خاصیت مغناطیسی می‌شود، بنابراین گزینه‌ی (۲) درست است.

اگر مواد پارامغناطیس را از میدان مغناطیسی خارج کنیم دوقطبی‌های مغناطیسی دوباره به سرعت به وضعیت کاتوره‌ای که در غیاب میدان داشتند، برمی‌گردند. بنابراین گزینه‌ی (۴) درست است. اما در مواد پارامغناطیس حوزه‌های مغناطیسی وجود ندارد و گزینه‌ی (۳) نادرست و پاسخ تست است.

۲۵۱۸- گزینه ۱ در برخی از مواد مغناطیسی، دوقطبی‌های مغناطیسی کوچک به‌طور خودبه‌خود با دوقطبی‌های مجاور خود هم‌جهت می‌شوند. این گونه مواد را فرومغناطیس می‌نامند. آهن، کبالت و نیکل فرومغناطیس هستند. اگر آهن، کبالت و نیکل خالص در میدان مغناطیسی قرار گیرند، حوزه‌های مغناطیسی آن‌ها هم‌جهت شده و خاصیت مغناطیسی پیدا می‌کنند و با خارج کردن آن‌ها از میدان، این مواد خاصیت مغناطیسی را از دست می‌دهند و به آهن‌ها **فرومغناطیس نرم** می‌گویند که در هسته‌ی آهن‌رباهای الکتریکی به کار می‌روند. فولاد و آلیاژهای دیگر آهن، نیکل و کبالت به سختی آهن‌ربا می‌شوند که به آهن‌ها **فرومغناطیس سخت** می‌گویند (گزینه‌ی (۲) درست است). این مواد اگر در میدان مغناطیسی قرار گیرند دارای خاصیت مغناطیسی می‌شوند و اگر از میدان مغناطیسی خارج شوند، همچنان خاصیت مغناطیسی خود را حفظ می‌کنند، بنابراین گزینه‌ی (۱) نادرست است.

از مواد مغناطیسی سخت برای تولید آهن‌رباهای دائمی استفاده می‌شود (گزینه‌ی (۴) درست است) و هر جسم فرومغناطیس دارای مقدار بیشینه‌ای خاصیت مغناطیسی است و آن هنگامی است که تمام حوزه‌های مغناطیسی در یک میدان مغناطیسی قوی هم‌خط می‌شوند (گزینه‌ی (۳) درست است). آهن و آلیاژهای آن جزء مواد فرومغناطیس هستند.

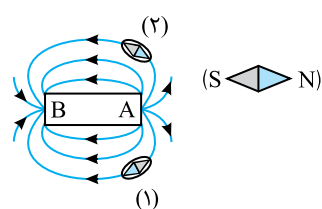
۲۵۲۰- گزینه ۲ آهن، فرومغناطیس نرم و فولاد، فرومغناطیس سخت است. خاصیت مغناطیسی در فرومغناطیس نرم فقط تا زمانی وجود دارد که میدان مغناطیسی خارجی داریم و خاصیت مغناطیسی در فرومغناطیس سخت باقی می‌ماند و دائمی است.

۲۵۲۱- گزینه ۳ دوقطبی‌های مغناطیسی میله‌ی آهنی، تحت تأثیر میدان آهن‌ربا منظم شده و حوزه‌های مغناطیسی در جهت میدان جهت‌گیری می‌کنند. القای مغناطیسی باعث القای قطب S (قطب مخالف) در انتهای A می‌شود.

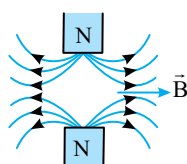
۲۵۲۲- گزینه ۴ در تقسیم یک آهن‌ربا به چند جزء، هر جزء نیز یک آهن‌ربای کامل است.

۲۵۲۳- گزینه ۳ خط‌های میدان مغناطیسی یک‌دیگر را قطع نمی‌کنند، بنابراین گزینه‌ی (۱) نادرست است.

بین دو آهن‌ربای میله‌ای در قسمت وسط، میدان ناچیز است، بنابراین میدان بین دو آهن‌ربا یکنواخت نبوده و در نزدیکی قطب‌ها قوی و در وسط ضعیف است. بنابراین گزینه‌ی (۲) نادرست و به همین دلیل گزینه‌ی (۳) درست است. در گزینه‌ی (۴) خط‌های میدان در خارج آهن‌ربا از S به N رسم شده‌اند که نادرست است.



۲۵۲۴- گزینه ۲ خطوط میدان در خارج آهن‌ربا از N به S است بنابراین A قطب N و B قطب S است. قطب N عقربه‌ی مغناطیسی سوی خطوط میدان را نشان می‌دهد. از این‌رو عقربه‌ی مغناطیسی (۱) در میدان درست قرار گرفته است.



۲۵۲۵- گزینه ۲ بردار میدان مغناطیسی در هر نقطه بر خط میدان مماس است. در این صورت در نقطه‌ی مورد نظر باید سوی خطوط میدان به سمت راست باشد و شکل خطوط مطابق شکل روبه‌رو است. در این صورت K و L دو قطب همنام بوده و هر دو N هستند.

۲۵۲۶- گزینه ۲ عقربه‌ی مغناطیسی می‌چرخد تا در راستای میدان مغناطیسی B قرار گیرد. پس عقربه پادساعتگرد می‌چرخد.

۲۵۲۷- گزینه ۲ هرگاه یک سیم حامل جریان در یک میدان مغناطیسی قرار گیرد، بر آن نیروی $F = I l B \sin \alpha$ وارد می‌شود. با توجه به

این رابطه می‌توان نوشت:

$$B = \frac{F}{I l \sin \alpha} \Rightarrow T = \frac{N}{A \cdot m}$$

(A)

۲۵۲۸- گزینه ۲

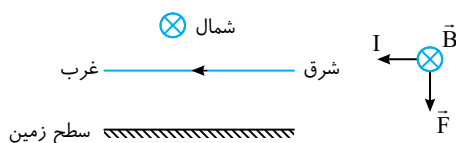
نیروی که بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی وارد می‌شود برابر است با:

$$F = I l B \sin \alpha \Rightarrow F = 4 \times 1 \times 4 \times 10^{-2} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 0.8\sqrt{3} \text{ N}$$

(A)

۲۵۲۹- گزینه ۱

با توجه به قانون دست راست، نیروی وارد بر سیم رو به پایین است.

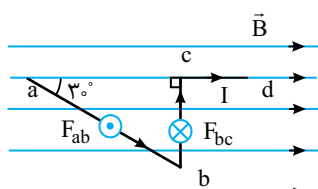


(A)

۲۵۳۰- گزینه ۴

بر سیم cd که در امتداد خط‌های میدان است نیرویی وارد نمی‌شود. نیروی وارد

بر ab برونسو و نیروی وارد بر bc درونسو است.



$$F = I l B \sin \alpha \Rightarrow \begin{cases} F_{ab} = I B (ab) \sin 30^\circ = I B (bc) \\ F_{bc} = I B (bc) \sin 90^\circ = I B (bc) \end{cases} \Rightarrow |F_{ab}| = |F_{bc}|$$

این دو نیرو هم‌اندازه و در خلاف جهت هم هستند، پس برآیند آن‌ها صفر است.

(A)

۲۵۳۱- گزینه ۳

جریان الکتریکی در سیم BA، از A به B می‌باشد. جهت میدان مغناطیسی نیز از N به S، یعنی به سمت بالا می‌باشد. با

استفاده از قانون دست راست، نیرو به سمت چپ به دست می‌آید.

(A)

۲۵۳۲- گزینه ۱

با توجه به جهت نیروی وارد بر سیم و میدان مغناطیسی آهن‌ریا، جهت جریان (۱) در مدار وجود دارد. پس قطب A منفی

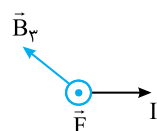
و B مثبت است.

(A)

۲۵۳۳- گزینه ۳

با توجه به قاعده‌ی دست راست، چهار انگشت را در راستای سیم در سوی جریان به گونه‌ای

قرار می‌دهیم که خم کردن آن روی بردار B قرار گیرد، در این صورت انگشت شست جهت F را نمایش می‌دهد.



(B)

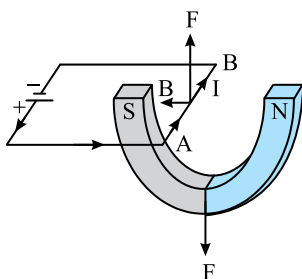
۲۵۳۴- گزینه ۱

با توجه به جهت جریان الکتریکی روی سیم و جهت خطوط میدان مغناطیسی

آهن‌ریا، جهت نیروی وارد بر سیم به سمت بالا می‌باشد. این نیرو از طرف میدان آهن‌ریا به سیم حامل

جریان وارد می‌شود. بنابر قانون سوم نیوتون، واکنش این نیرو به آهن‌ریا به سمت پایین می‌باشد که باعث

فشرده شدن آهن‌ریا به ترازو می‌شود و ترازو عدد بیش‌تری را نشان می‌دهد.



(C)

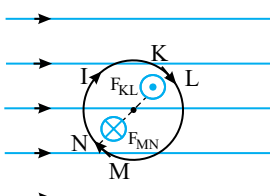
۲۵۳۵- گزینه ۱

به جزء کوچک KL و MN از حلقه دقت کنید با توجه به قاعده‌ی دست راست

برای نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی، نیروی وارد بر KL برونسو و نیروی وارد

بر MN درونسو و هم‌اندازه هستند، بنابراین برآیند آن‌ها صفر است. اگر هر دو جزء مقابل هم این حلقه

را بررسی کنیم به همین نتیجه می‌رسیم. بنابراین برآیند نیروهای وارد بر حلقه صفر است.

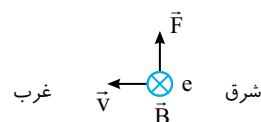


(A)

۲۵۳۶- گزینه ۱

با توجه به قاعده‌ی دست چپ برای بار منفی مطابق شکل، میدان مغناطیسی رو به

شمال است.



سطح زمین

(B)

۲۵۳۷- گزینه ۱

با توجه به رابطه‌ی $W = Fd \cos \alpha$ می‌توان کار را محاسبه کرد. نیرو بر مسیر حرکت عمود است، پس کار انجام شده صفر است.

(A)

۲۵۳۸- گزینه ۳

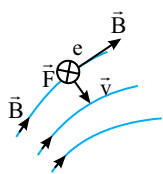
نیروی وارد بر بار متحرک در میدان مغناطیسی از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$F = qvB \sin \alpha \Rightarrow \begin{cases} F_1 = qvB \sin 60^\circ \\ F_2 = qvB \sin 30^\circ \end{cases} \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \frac{\sin 30^\circ}{\sin 60^\circ} \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

۲۵۳۹- گزینه ۴ (A) با توجه به قاعده‌ی دست راست برای بار منفی، بردار $\vec{v}$ در حالت (ب) و (ت) می‌تواند جواب باشد.

۲۵۴۰- گزینه ۴ (A) نیرو هنگامی بیشینه است که ذره به صورت عمود بر میدان حرکت کند و هر سه جهت بیان شده، در صفحه‌ی افقی بوده که بر راستای قائم عمود است.

۲۵۴۱- گزینه ۴ (A) میدان مغناطیسی در هر نقطه بر خط میدان مماس است. با توجه به قاعده‌ی دست راست نیروی وارد بر الکترون درونسو است.



۲۵۴۲- گزینه ۱ (A) راه حل اول: بر مؤلفه‌ی y سرعت نیرویی وارد نمی‌شود. اما بر مؤلفه‌ی x سرعت توسط میدان مغناطیسی نیرویی عمود بر $\vec{v}$ و $\vec{B}$ وارد می‌شود که در جهت $+z$ است.

راه حل دوم: استفاده از حاصل ضرب برداری:

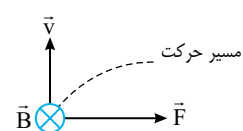
$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} \Rightarrow \vec{F} = q(a\vec{i} + b\vec{j}) \times c\vec{j}$$

$$\vec{F} = qac(\vec{i} \times \vec{j}) + 0$$

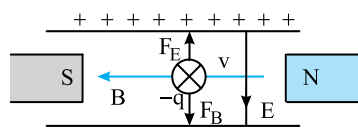
$$\vec{F} = qack\vec{k}$$

با توجه به صورت سؤال q ، a و c مثبت هستند، پس F در جهت $+z$ است.

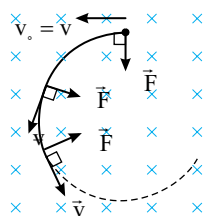
۲۵۴۳- گزینه ۲ (A) با توجه به قاعده‌ی دست چپ (برای الکترون)، نیروی وارد بر الکترون به سمت راست است بنابراین سرعت باید بالاسو باشد. در این صورت تحت تأثیر این نیرو، الکترون مسیر خط چین را طی می‌کند.



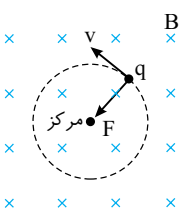
۲۵۴۴- گزینه ۴ (B) میدان الکتریکی بر بار منفی در خلاف جهت میدان، نیرو وارد می‌کند، پس نیروی الکتریکی رو به بالا وارد می‌شود. با قاعده‌ی دست راست مشخص می‌شود که نیرویی که میدان مغناطیسی بر بار منفی q وارد می‌کند رو به پایین است. اندازه‌ی میدان‌ها و اندازه‌ی نیرویی که می‌توانند بر بار وارد کنند مشخص نیست، پس هر سه حالت بیان شده ممکن است رخ دهد.



۲۵۴۵- گزینه ۲ (C) نیروی وارد بر ذره‌ی بردار بر $\vec{v}$ (یعنی مسیر حرکت) عمود است. تحت تأثیر این نیرو مسیر ذره تغییر می‌کند، اما در نقطه‌ی جدید نیز F بر $\vec{v}$ عمود است و در تمام مسیر نیرو بر مسیر حرکت عمود بوده و این ویژگی حرکت دایره‌ای یکنواخت می‌باشد.



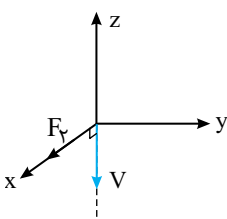
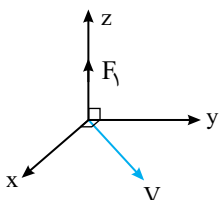
۲۵۴۶- گزینه ۳ (A) ذره روی مسیر دایره‌ای با سرعت ثابت در حرکت است بنابراین نیروی وارد بر ذره با بار مثبت باید رو به مرکز دایره باشد و بنا بر قاعده‌ی دست راست برای بار مثبت باید ذره دارای حرکت پادساعتگرد باشد تا نیروی وارد بر آن بر $\vec{v}$ عمود و رو به مرکز باشد تا ذره روی مسیر دایره‌ای حرکت کند.



۲۵۴۷- گزینه ۴ (C) نیرویی که میدان مغناطیسی بر بار متحرک وارد می‌کند بر سرعت بار و میدان مغناطیسی عمود است ذره در حالت اول در صفحه‌ی xOy در حرکت است و بر آن نیروی F_y مطابق شکل در جهت محور z وارد شده است، طبق قاعده‌ی دست راست باید میدان در صفحه‌ی xOy و عمود بر $\vec{v}$ باشد.

در حالت دوم، ذره در خلاف جهت محور z در حال حرکت است و بر آن نیرویی در جهت محور x وارد شده است بنابراین طبق قاعده‌ی دست راست باید بردار B در صفحه‌ی zOy باشد. یعنی B باید هم در صفحه‌ی xOy و هم در صفحه‌ی zOy باشد، بنابراین روی فصل مشترک آن‌ها یعنی محور y قرار دارد. از طرفی در حالت دوم می‌توان نوشت:

$$F = qvB \sin \alpha \Rightarrow 4 \times 10^{-5} = 5 \times 10^{-9} \times 2 \times 10^4 \times B \times \sin 90^\circ \Rightarrow B = 0.4 T$$



۲۵۴۸- گزینه ۱ (B) بردار سرعت و میدان مطابق شکل بر هم عمودند و زاویه‌ی بین آن‌ها $\alpha = 90^\circ$ است از این‌رو نیروی وارد بر ذره توسط

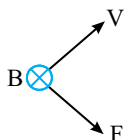
$$F = qvB \sin \alpha \Rightarrow F = 10^{-5} \times 1000 \times 0.2 \Rightarrow F = 2 \times 10^{-4} \text{ N}$$

میدان مغناطیسی برابر است با:

$$F = ma \Rightarrow 2 \times 10^{-4} = 10 \times 10^{-6} a \Rightarrow a = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

شتاب ناشی از این نیرو برابر است با:

با قاعده‌ی دست چپ برای بار منفی جهت نیرو را مطابق شکل مشخص می‌کنیم:



۲۵۴۹- گزینه ۳ (A) بدون انحراف عبور کرده پس خنثی است. با توجه به قاعده‌ی دست راست، بارهای P و R هر دو مثبت‌اند.

۲۵۵۰- گزینه ۳ (B) با توجه به شکل، صفحه‌ی بالایی خازن دارای بار مثبت و صفحه‌ی پایینی دارای

بار منفی و میدان الکتریکی از بالا به پایین بوده و بر بار $+q$ نیروی الکتریکی $F_E = qE$ رو به پایین

وارد می‌شود. پس برای آن‌که بار منحرف نشود، باید میدان مغناطیسی نیروی $F_B = qvB$ را رو به

بالا بر بار وارد کند و بنا بر قاعده‌ی دست راست باید B از راست به چپ باشد. پس قطب S باید در

سمت چپ قرار گیرد.

۲۵۵۱- گزینه ۱ (A) هر تسلا برابر با 10^4 گاوس است. ابتدا میدان مغناطیسی را بر حسب تسلا از رابطه‌ی زیر به‌دست آورده و سپس یکای

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times \frac{40}{2}}{2\pi} = 4 \times 10^{-5} \text{ T} = 0.4 \text{ G}$$

آن را به گاوس تبدیل می‌کنیم:

۲۵۵۲- گزینه ۳ (A) با توجه به قاعده‌ی دست راست برای میدان حاصل از سیم راست

گزینه‌ی (۳) درست است. دقت کنید جهت شمال جغرافیایی درون‌سو و جهت جنوب جغرافیایی

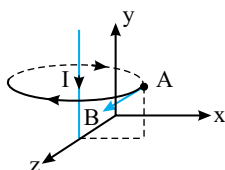
برونسو رسم شده است.



۲۵۵۳- گزینه ۴ (A) رابطه‌ی میدان مغناطیسی را در دو حالت نوشته و سپس بر هم تقسیم می‌کنیم:

$$\begin{cases} B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi R_1} \\ B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi R_2} \end{cases} \Rightarrow \frac{B_2}{B_1} = \frac{I_2}{I_1} \times \frac{R_1}{R_2} \Rightarrow \frac{B_2}{B_1} = \frac{4}{2} \times \frac{R}{R} = 2$$

۲۵۵۴- گزینه ۲ (B) بردار مماس بر دایره در نقطه‌ی A هم‌جهت با محور Z است.



۲۵۵۵- گزینه ۱ (A) ابتدا جهت میدان مغناطیسی هر سیم را در محل سیم دیگر مشخص می‌کنیم سپس

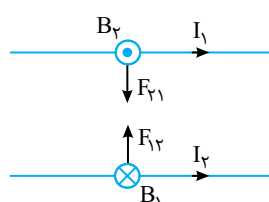
به کمک قاعده‌ی دست راست برای نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی جهت نیرو را

مطابق شکل به‌دست می‌آوریم. (البته نیروی الکترومغناطیسی که دو سیم راست با جریان همسو بر هم

وارد می‌کنند، ربایشی است و جهت نیروها مطابق شکل خواهد بود.)

بنا بر قانون سوم نیوتون، نیرویی که هر سیم بر (قسمتی از) دیگری وارد می‌کند با هم برابر و در خلاف

جهت هم است.



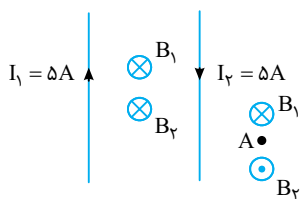
۲۵۵۶- گزینه ۱ (A) اگر جریان‌های دو سیم هم‌جهت باشند در نقطه‌ای بین دو سیم، میدان مغناطیسی برآیند صفر می‌شود. اگر جریان‌های دو

سیم ناهم‌سو باشند در نقطه‌ای خارج از فاصله‌ی دو سیم، میدان مغناطیسی برآیند می‌تواند صفر شود. در هر دو صورت، این نقطه نزدیک به

سیمی است که جریان کم‌تری دارد. با این اطلاعات در نقطه‌ی C میدان می‌تواند صفر شود.

(B)

۲۵۵۷- گزینه ۴



با توجه به شکل روبه‌رو میدان‌های مغناطیسی با دو جریان ناهمسو بین دو سیم، هم‌جهت بوده (درونسو) و برآیند میدان‌ها صفر نمی‌شود. در نقطه‌ی A میدان ناشی از سیم I_1 درونسو و میدان ناشی از سیم I_2 برونسو است. اما میدان ناشی از سیم I_2 که به نقطه‌ی A نزدیک‌تر است از میدان مغناطیسی ناشی از سیم I_1 بیش‌تر بوده و میدان برآیند صفر نمی‌شود. از این‌رو گزینه‌ی (۴) درست است.

(B)

۲۵۵۸- گزینه ۲

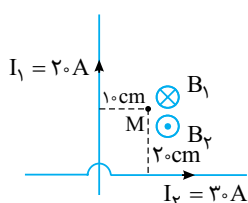
میدان هر دو سیم با هم برابر است و هر یک را برابر با B می‌گیریم. میدان در نقطه‌ی C، برابر با $2B$ می‌شود. وقتی یک سیم را به اندازه‌ی $\frac{a}{p}$ به نقطه‌ی C نزدیک می‌کنیم و فاصله‌ی آن نصف می‌شود، میدان آن ۲ برابر خواهد شد (طبق رابطه‌ی $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}$) و داریم:

$$B'_T = B + 2B$$

پس میدان جدید $1/5$ برابر قبل می‌شود: $\frac{B'_T}{B} = \frac{3B}{2B} = 1/5$

(A)

۲۵۵۹- گزینه ۲

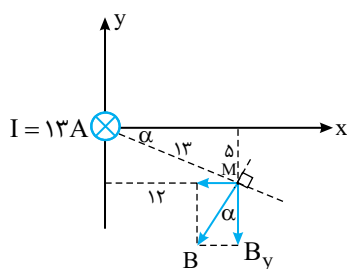


با توجه به قاعده‌ی دست راست برای میدان مغناطیسی سیم راست حامل جریان میدان B_1 در محل M درونسو و میدان B_2 برونسو است. میدان‌های مغناطیسی را به‌دست می‌آوریم:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R} \Rightarrow \begin{cases} B_1 = 2 \times 10^{-7} \times \frac{2}{0.1} = 4 \times 10^{-5} \text{ T درونسو} \\ B_2 = 2 \times 10^{-7} \times \frac{3}{0.2} = 3 \times 10^{-5} \text{ T برونسو} \end{cases} \Rightarrow B_T = 4 \times 10^{-5} - 3 \times 10^{-5} = 1 \times 10^{-5} \text{ T درونسو}$$

(C)

۲۵۶۰- گزینه ۳



میدان بر خطی که سیم را به نقطه‌ی M وصل می‌کند عمود است و با توجه به قاعده‌ی دست راست جهت میدان B در نقطه‌ی M به شکل روبه‌رو است، زاویه‌ی بین B و محور yها مطابق شکل α است و داریم:

$$\cos \alpha = \frac{12}{13}, \sin \alpha = \frac{5}{13}$$

میدان در نقطه‌ی M را به‌دست آورده و آن را به دو مؤلفه روی محور X و Y تجزیه می‌کنیم:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = 2 \times 10^{-7} \times \frac{13}{13 \times 10^{-2}} = 2 \times 10^{-5} \text{ T}$$

$$|B_x| = B \sin \alpha = 2 \times 10^{-5} \times \frac{5}{13} = \frac{10 \times 10^{-5}}{13} \text{ T}$$

$$|B_y| = B \cos \alpha = 2 \times 10^{-5} \times \frac{12}{13} = \frac{24}{13} \times 10^{-5} \text{ T}$$

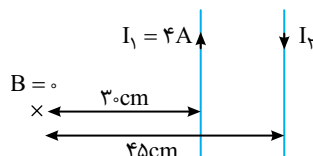
$$\vec{B} = B_x \vec{i} + B_y \vec{j} = \left(-\frac{10}{13} \vec{i} - \frac{24}{13} \vec{j} \right) \times 10^{-5}$$

در این صورت بردار میدان برابر خواهد شد با:

(A)

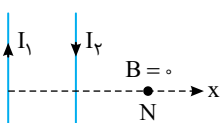
۲۵۶۱- گزینه ۲

باید میدان‌ها در نقطه‌ی مورد نظر هم‌اندازه و در خلاف جهت هم باشند:

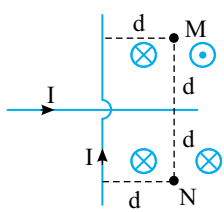


$$B_1 = B_2 \Rightarrow \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r_1} = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r_2} \Rightarrow \frac{4}{3} = \frac{I_2}{4.5} \Rightarrow I_2 = 6 \text{ A}$$

دو سیم دارای جریان‌های ناهمسو و نابرابرند، بنابراین در نقطه‌ای خارج از فاصله‌ی دو سیم و نزدیک سیم با جریان کم‌تر میدان مغناطیسی برآیند می‌تواند صفر باشد. از طرفی در نزدیکی سیم حامل جریان، میدان بزرگ است و در نقاط بسیار دور از سیم، میدان صفر می‌شود. در این صورت هنگامی که از نزدیک سیم I_2 به سمت راست می‌رویم، ابتدا میدان کاهش می‌یابد تا در نقطه‌ی فرضی N صفر شود، سپس میدان افزایش می‌یابد و سرانجام مجدداً کاهش یافته تا در نقاط دور از دو سیم صفر شود.



پس وقتی از نزدیکی سیم I_2 به نقطه‌ی مزبور نزدیک می‌شویم میدان کم می‌شود تا به صفر برسد و بعد از آن میدان به مقداری غیر از صفر می‌رسد، یعنی زیاد می‌شود و مجدداً در فاصله‌های دور به صفر می‌رسد، یعنی کم می‌شود.



۲۵۶۳- گزینه‌ی ۲ با توجه به قاعده‌ی دست راست، برای میدان مغناطیسی سیم راست در نقطه‌ی M

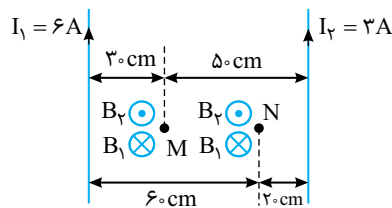
میدان‌های ناشی از دو سیم در خلاف جهت هم و در نقطه‌ی N هم‌جهت هستند، پس:

$$B_M = B_1 - B_1 = 0$$

$$B_N = B_1 + B_1 = 2B_1$$

۲۵۶۴- گزینه‌ی ۳ ابتدا جهت میدان مغناطیسی ناشی از هر سیم را در نقطه‌های M و N مطابق شکل زیر به دست می‌آوریم، سپس میدان

ناشی از هر سیم را در نقطه‌ی مورد نظر به دست آورده و برآیند میدان‌های مغناطیسی در هر نقطه را حساب کرده و بر هم تقسیم می‌کنیم:



$$N: B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r_1} = \frac{\mu_0 \times 6}{2\pi \times 6 \times 10^{-2}} = 10 \times \frac{\mu_0}{2\pi} \Rightarrow B_N = B_2 - B_1 = 5 \times \frac{\mu_0}{2\pi}$$

$$B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r_2} = \frac{\mu_0 \times 3}{2\pi \times 2 \times 10^{-2}} = 15 \times \frac{\mu_0}{2\pi}$$

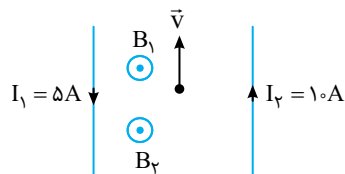
$$M: B_1 = \frac{\mu_0 \times 6}{2\pi \times 3 \times 10^{-2}} = 20 \times \frac{\mu_0}{2\pi} \Rightarrow B_M = B_1 - B_2 = 14 \times \frac{\mu_0}{2\pi}$$

$$B_2 = \frac{\mu_0 \times 3}{2\pi \times 5 \times 10^{-2}} = 6 \times \frac{\mu_0}{2\pi}$$

$$\frac{B_M}{B_N} = \frac{14 \times \frac{\mu_0}{2\pi}}{5 \times \frac{\mu_0}{2\pi}} = \frac{14}{5}$$

در نتیجه خواهیم داشت:

۲۵۶۵- گزینه‌ی ۳ ابتدا میدان مغناطیسی حاصل از هر سیم را در محل بار به دست می‌آوریم:



$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = 2 \times 10^{-7} \times \frac{5}{10^{-1}} = 10^{-5} \text{ T برونسو}$$

$$B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = 2 \times 10^{-7} \times \frac{10}{10^{-1}} = 2 \times 10^{-5} \text{ T برونسو}$$

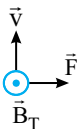
$$B_T = B_2 + B_1 = 2 \times 10^{-5} + 10^{-5} \Rightarrow B_T = 3 \times 10^{-5} \text{ T}$$

میدان برآیند در محل بار برابر است با:

$$F = qvB \sin \alpha \Rightarrow F = 4 \times 10^{-6} \times 10^6 \times 3 \times 10^{-5} \times 1 = 12 \times 10^{-4} \text{ N}$$

نیروی وارد بر بار برابر است با:

با توجه به قاعده‌ی دست راست نیروی وارد بر بار به سمت راست است.



۲۵۶۶- گزینه‌ی ۴ ابتدا بردار میدان هر یک را رسم می‌کنیم، سپس برآیند آن‌ها را به دست می‌آوریم:

$$B_T = 2B \cos \left(\frac{\pi - 2\alpha}{2} \right) = 2B \cos \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right)$$

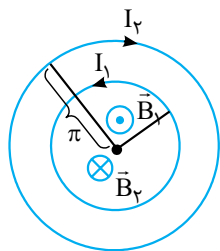
$$B_T = 2B \sin \alpha = 2 \frac{\mu_0 I}{2\pi \sqrt{a^2 + x^2}} \times \frac{a}{\sqrt{a^2 + x^2}}$$

$$B_T = \frac{\mu_0 I a}{\pi(a^2 + x^2)}$$

۲۵۶۷- گزینه‌ی ۲ N=1 ثابت است، جریان نیز ثابت فرض شده است. به این ترتیب با توجه به این که میدان حلقه با شعاع نسبت عکس

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

دارد، میدان دو برابر می‌شود.



۲۵۶۸- گزینه ۱ با توجه به شکل میدان ناشی از جریان‌های دو سیم در خلاف جهت هم بوده و میدان برآیند از تفاضل اندازه‌ی B_1 و B_2 به دست می‌آید.

$$B_T = B_1 - B_2 = \frac{\mu_0 N I_1}{2r_1} - \frac{\mu_0 N I_2}{2r_2}$$

$$B_T = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 2}{2 \times \frac{\pi}{2} \times 10^{-2}} - \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 2}{2 \times \pi \times 10^{-2}} = 8 \times 10^{-5} - 4 \times 10^{-5} = 4 \times 10^{-5} \text{ T}$$

$$B_T = 4 \times 10^{-5} \times 10^4 = 0.4 \text{ G} = 4 \times 10^{-1} \text{ G}$$

۲۵۶۹- گزینه ۱ ابتدا تعداد کل حلقه‌هایی را که با این سیم می‌توان ساخت به دست می‌آوریم:

$$N = \frac{l}{2\pi r} = \frac{314}{2 \times 3.14 \times 0.1} = 500$$

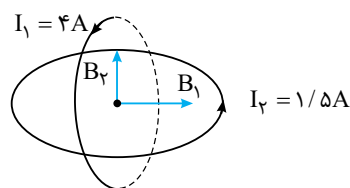
وقتی ۱۰۰ حلقه را در جهت عکس حلقه‌های دیگر می‌پیچیم، دو پیچه به وجود می‌آید، یکی دارای ۴۰۰ حلقه و دیگری دارای ۱۰۰ حلقه که میدان این ۱۰۰ حلقه، میدان ۱۰۰ حلقه از پیچه‌ی اول را خنثی کرده و مانند این است که فقط یک پیچه داریم که دارای ۳۰۰ حلقه است.

$$B = \frac{\mu_0 N I}{2r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 300 \times 2}{2 \times 0.1} = 12\pi \times 10^{-4} \text{ T} = 12\pi \text{ G}$$

۲۵۷۰- گزینه ۱ میدان سیم راست در مرکز دایره درون‌سو می‌باشد، پس میدان حلقه باید برون‌سو باشد. بنابراین جریان باید پادساعتگرد باشد.

$$B_{\text{حلقه}} = B_{\text{سیم}} \Rightarrow \frac{\mu_0 N I}{2r} = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d} \Rightarrow \frac{I}{0.2} = \frac{3}{\pi \times 0.5} \Rightarrow I = \frac{1}{3\pi} \text{ A}$$

۲۵۷۱- گزینه ۱ با توجه به شکل روبه‌رو و قاعده‌ی دست راست برای میدان مغناطیسی حلقه‌ی



حامل جریان، بردارهای میدان مغناطیسی بر هم عمودند. میدان مغناطیسی هر حلقه را به دست آورده و برآیند آن‌ها را حساب می‌کنیم:

$$B_1 = \frac{\mu_0 N I}{2R} \Rightarrow B_1 = 2\pi \times 10^{-7} \times \frac{4}{0.1} = 8\pi \times 10^{-6} \text{ T}$$

$$B_2 = 2\pi \times 10^{-7} \times \frac{1/5}{0.5} = 6\pi \times 10^{-6} \text{ T}$$

$$B_T = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} \Rightarrow B_T = \sqrt{(8\pi \times 10^{-6})^2 + (6\pi \times 10^{-6})^2} = \sqrt{100\pi^2 \times 10^{-12}} = \pi \times 10^{-5} \text{ T}$$

۲۵۷۲- گزینه ۴ خط میدان مغناطیسی حلقه بر محور حلقه منطبق است هرگاه بار روی محور حلقه حرکت کند در واقع در امتداد خط میدان در حرکت است و بر آن نیرویی وارد نمی‌شود.

۲۵۷۳- گزینه ۳ با توجه به رابطه‌ی میدان مغناطیسی درون سیم‌لوله، طول سیم‌لوله را به دست می‌آوریم:

$$B = \mu_0 \frac{N}{l} I \Rightarrow 5 \times 10^{-4} = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{50}{l} \times 4$$

$$l = 16\pi \times 10^{-2} \text{ m} = 16 \times 3.14 \text{ cm} = 50.24 \text{ cm}$$

۲۵۷۴- گزینه ۴ قطر سیم‌لوله در میدان مغناطیسی درون سیم‌لوله‌ی حامل جریان تأثیری ندارد. از طرفی تعداد حلقه‌ها و طول سیم‌لوله‌ها برابرند و جریان یکسانی از آن‌ها می‌گذرد بنابراین میدان مغناطیسی درون سیم‌لوله‌ها با هم برابر است.

۲۵۷۵- گزینه ۲ وقتی دو سیم‌لوله را به هم وصل کرده و سیم‌لوله‌ی بزرگی می‌سازیم، طول و تعداد دورهای سیم‌لوله‌ی جدید ۲ برابر طول و تعداد حلقه‌های یکی از لوله‌های اولیه است و تعداد دورهای سیم‌لوله‌ی جدید در واحد طول فرقی نمی‌کند.

$$B = \mu_0 n I \xrightarrow{\frac{n'=n}{l'=l}} B' = B$$

۲۵۷۶- گزینه ۱ وقتی سیم‌های سیم‌لوله‌ای به قطر ۱mm در یک لایه کنار هم پیچیده می‌شوند، در هر یک متر از طول سیم‌لوله ۱۰۰۰ دور حلقه قرار می‌گیرد. پس تعداد دورهای سیم‌لوله در واحد طول برابر با ۱۰۰۰ می‌شود.

$$B = \frac{\mu_0 N I}{l} = \mu_0 \times \frac{N}{l} \times I = 4\pi \times 10^{-7} \times 1000 \times 1 \Rightarrow B = 1/25 \times 10^{-3} \text{ T}$$

رابطه‌ی میدان مغناطیسی درون سیم‌لوله و میدان مغناطیسی در مرکز پیچه را نوشته و بر هم تقسیم می‌کنیم:

$$\frac{B'}{B} = \frac{\mu_0 \frac{N}{l} I}{\frac{\mu_0 NI}{2R}} = \frac{2R}{l} = 2 \times \frac{3}{3} = 2$$

میدان مغناطیسی درون سیم‌لوله یکنواخت است. اگر سیم‌لوله طویل و ایده‌آل باشد میدان در خارج از آن صفر است، اما در سیم‌لوله‌ی معمولی میدان در خارج از سیم‌لوله صفر نیست، اما از درون آن ضعیف‌تر و در لبه‌های آن یکنواخت نیست.

خطوط میدان سیم‌لوله موازی با سیم راست حامل جریان هستند و به آن نیرویی وارد نمی‌کنند.

مطابق شکل میدان مغناطیسی سیم‌لوله (B_1) و میدان مغناطیسی سیم راست

(B_2) بر هم عمودند.

میدان سیم راست را به دست می‌آوریم:

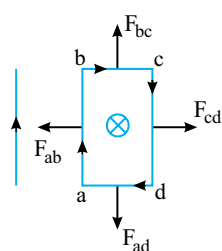
$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \Rightarrow B_1 = 2 \times 10^{-7} \times \frac{2}{2 \times 10^{-3}} = 2 \times 10^{-3} \text{ T} = 2 \text{ mT}$$

اکنون برآیند میدان‌ها را به دست می‌آوریم:

$$B_T = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} = \sqrt{2^2 + 4^2} = 2\sqrt{5} \text{ mT} = 2\sqrt{5} \text{ G}$$

هرگاه از دو سیم راست و دراز و موازی جریان‌های I_1 و I_2 بگذرد نیرویی که بر هر متر از دو سیم وارد می‌شود برابر است با:

$$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d} \Rightarrow F = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 2 \times 2}{2\pi \times 0.2} \Rightarrow F = 4 \times 10^{-6} \text{ N}$$



نیرویی که سیم راست بر قاب وارد می‌کند را به دست می‌آوریم. بنا بر قانون سوم نیوتون

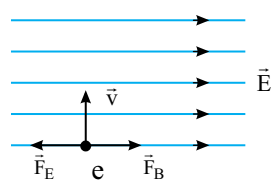
قاب نیز بر سیم راست همان نیرو را در خلاف جهت وارد می‌کند.

میدان در سمت راست سیم راست، درون‌سو است. بنا بر قاعده‌ی دست راست، نیروهای وارد بر اضلاع قاب را به دست می‌آوریم. F_{ad} و F_{bc} یک‌دیگر را خنثی می‌کنند، اما $F_{ab} > F_{cd}$ است؛ زیرا به سیم راست نزدیک‌تر است. پس سیم راست قاب را می‌رباید و قاب نیز سیم راست را می‌رباید و به آن نیرویی به سمت راست وارد می‌کند.

مؤلفه‌ای از میدان مغناطیسی به سیم نیرو وارد می‌کند که موازی آن نباشد. پس مؤلفه‌ی $\vec{B}_y = 4\vec{j}$ اثری روی سیم ندارد و

فقط مؤلفه‌ی $\vec{B}_x = 4\vec{i}$ به سیم نیرو وارد می‌کند. این مؤلفه بر راستای سیم عمود است: $F = BIl \sin 90^\circ = 4 \times 5 \times 8 \times 10^{-2} \times 1 \Rightarrow F = 1/6 \text{ N}$

بنا بر قانون سوم نیوتون، نیرویی که سیم d_1 بر یک متر از سیم d_2 وارد می‌کند، برابر است با نیرویی که سیم d_2 بر یک متر از سیم d_1 وارد می‌کند.



برای عدم وجود انحراف، دو نیروی F_E و F_B باید یک‌دیگر را خنثی کنند. نیروی

وارد بر بار منفی در میدان الکتریکی خلاف جهت میدان مغناطیسی وارد بر الکترون باید به سمت راست و خلاف جهت F_E باشد. با استفاده از قانون دست راست جهت میدان مغناطیسی درون‌سو (عمود بر صفحه و به سمت درون صفحه) به دست می‌آید.

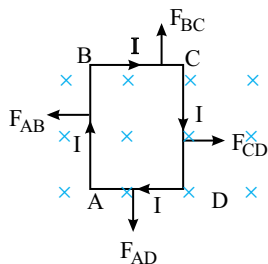
ابتدا تعداد حلقه‌ها را به دست می‌آوریم:

$$N_1 = \frac{I_1}{2\pi R} = 1, \quad N_2 = \frac{3I_1}{2\pi \frac{R}{2}}$$

$$\frac{B_2}{B_1} = \frac{\mu_0 \frac{N_2 I_2}{2R_2}}{\mu_0 \frac{N_1 I_1}{2R_1}} = \frac{N_2 I_2 R_1}{N_1 I_1 R_2} = \frac{\frac{3I_1}{2\pi \frac{R}{2}} \times \frac{I}{3} \times R}{\frac{I_1}{2\pi R} \times I \times \frac{R}{2}} \Rightarrow \frac{B_2}{B_1} = 4$$

(B)

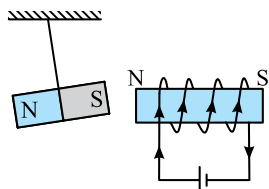
۲۵۸۷- گزینه‌ی ۴ نیروهای وارد بر اضلاع مستطیل دوجه‌دو با هم برابر و خلاف جهت هم هستند پس برآیند آنها صفر است.



$$\begin{cases} F_{AD} = F_{BC} \\ F_{AB} = F_{CD} \end{cases} \Rightarrow \sum F = 0$$

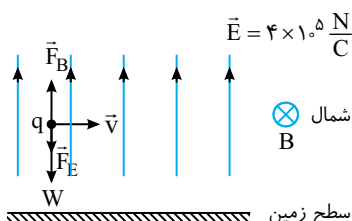
(A)

۲۵۸۸- گزینه‌ی ۱ مطابق شکل با بستن کلید K و برقراری جریان، سمت چپ سیم‌لوله قطب N شده و آهن‌ربا را به سوی خود می‌کشد.



(B)

۲۵۸۹- گزینه‌ی ۳ بر بار منفی توسط میدان الکتریکی نیرو در خلاف جهت میدان یعنی رو به پایین وارد می‌شود که با نیروی وزن جمع می‌شود. برای آن که میدان مغناطیسی بتواند مانع انحراف بار شود، باید به آن نیرویی بالاسو وارد کند. صورت سؤال خواسته که کم‌ترین اندازه‌ی میدان مغناطیسی را به دست آوریم، پس باید B بر v عمود باشد. ($\sin \alpha = 1$) با توجه به قاعده‌ی دست راست برای بار منفی باید میدان مغناطیسی رو به جنوب باشد.



$$F_B = F_E + W \Rightarrow qvB = qE + mg$$

$$\Rightarrow 2/5 \times 10^{-8} \times 12 \times 10^4 \times B = 2/5 \times 10^{-8} \times 4 \times 10^5 + 0/5 \times 10^{-3} \times 10 \Rightarrow B = 5 \text{ T}$$

(B)

۲۵۹۰- گزینه‌ی ۲ با توجه به قاعده‌ی دست راست نیرویی که از طرف میدان مغناطیسی بر میله وارد می‌شود رو به بالا است. اندازه‌ی این نیرو را به دست می‌آوریم:

$$F_B = I l B \sin \alpha = 5 \times 2 \times 0/8 \times 1 = 8 \text{ N}$$

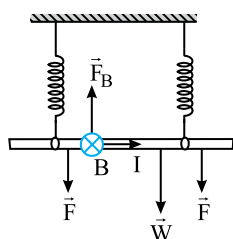
نیروی وزن میله را به دست می‌آوریم:

$$W = mg = 0/5 \times 10 = 5 \text{ N}$$

نیروی $F_B > W$ است، پس فنرها را رو به بالا فشرده می‌کند و نیروی کشسانی فنرها رو به پایین است.

$$2F = F_B - W \Rightarrow 2F = 8 - 5 \Rightarrow F = 1/5 \text{ N}$$

$$F = k \Delta L \Rightarrow 1/5 = 50 \Delta L \Rightarrow \Delta L = 3 \text{ cm}$$



(C)

۲۵۹۱- گزینه‌ی ۲ وزن میله برابر است با: $W = mg = 0/5 \times 10 = 0/5 \text{ N}$

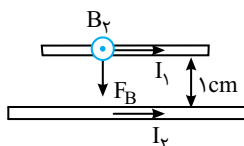
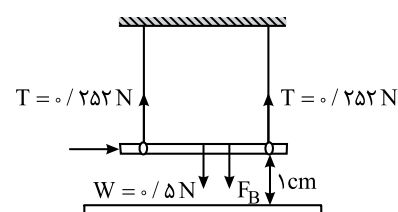
نیروی کشش هر ریسمان برابر با $0/252 \text{ N}$ و جمعاً $0/504 \text{ N}$ رو به بالا است. پس باید از طرف میدان حاصل از سیم I_2 نیرویی رو به پایین به سیم I_1 وارد شده باشد.

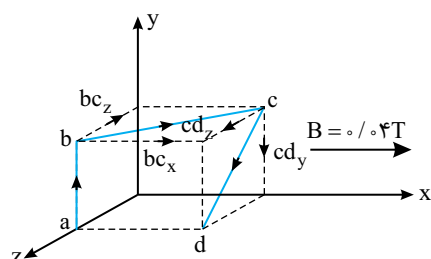
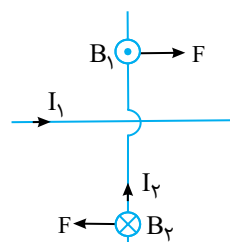
$$F_B = 2T - W = 0/504 - 0/5 = 4 \times 10^{-3} \text{ N}$$

با توجه به جهت جریان I_1 و نیروی F_B باید میدان مغناطیسی حاصل از سیم I_2 در محل سیم I_1 برون‌سو باشد (بنا بر قاعده‌ی دست راست) و I_2 باید به سمت راست باشد.

$$F_B = I_1 I_2 B_r \Rightarrow 4 \times 10^{-3} = 5 \times 1 \times B_r \Rightarrow B_r = 8 \times 10^{-4} \text{ T}$$

$$B_r = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r} \Rightarrow 8 \times 10^{-4} = 2 \times 10^{-7} \times \frac{I_2}{10^{-2}} \Rightarrow I_2 = 4 \text{ A}$$





۲۵۹۲- گزینه ۳ جهت میدان مغناطیسی سیم I_1 در محل سیم I_2 بالا و پایین سیم I_1 را به کمک قاعده‌ی دست راست مشخص می‌کنیم. در بالای سیم I_1 میدان برونس و در پایین آن درونسو است. حال به کمک قاعده‌ی دست راست نیروی وارد بر سیم I_1 را به دست می‌آوریم. نیروی وارد بر قسمت بالایی سیم I_2 به سمت راست و نیروی وارد بر قسمت پایینی سیم I_2 به سمت چپ است و باعث چرخش سیم I_2 در جهت ساعتگرد می‌شود.

۲۵۹۳- گزینه ۱ سیم bc را به دو مؤلفه و سیم cd را نیز به دو مؤلفه تقسیم می‌کنیم. جریان‌های سیم‌های cd_y و ab ناهمسو بوده و نیروی وارد بر آن‌ها با هم برابر و در خلاف جهت هم است و همچنین جریان cd_z و bc_z برابر و ناهمسو بوده و نیروی وارد بر آن‌ها نیز برابر و در خلاف جهت هم است. جریان bc_x نیز با میدان هم‌سو بوده و نیرویی بر آن وارد نمی‌شود، بنابراین برآیند نیروهای الکترومغناطیسی وارد بر سیم $abcd$ صفر است.

۲۵۹۴- گزینه ۱ سیم‌هایی که جریان همسو دارند یک‌دیگر را می‌ربایند و اگر جریان ناهمسو داشته باشند، یک‌دیگر را می‌رانند. جریان حلقه‌ها همسو است، پس برهم نیروی مغناطیسی ربایشی وارد می‌کنند.

۲۵۹۵- گزینه ۲ در مواد فرومغناطیس، دو قطبی‌های کوچک مغناطیسی به طور خودبه‌خود با دو قطبی‌های مجاور خود هم‌خط می‌شوند. هر بخش از ماده‌ی فرومغناطیس که در آن دو قطبی‌ها هم‌خط شده‌اند را یک حوزه‌ی مغناطیسی می‌گویند.

۲۵۹۶- گزینه ۱ شکل مربوط به سمت‌گیری دوقطبی‌های مغناطیسی در ماده‌ی پارامغناطیس در غیاب میدان مغناطیسی است و پلاتین از جمله مواد پارامغناطیس است.

۲۵۹۷- گزینه ۲ نیکل، کبالت، آهن و آلیاژهای آن‌ها فرومغناطیس بوده و خاصیت آهن‌ربایی دارند. اما آلومینیوم پارامغناطیس است.

۲۵۹۸- گزینه ۳ مواد فرومغناطیس به دو دسته (فرومغناطیس نرم مانند آهن خالص و فرومغناطیس سخت مانند فولاد) تقسیم می‌شوند. فرومغناطیس نرم در میدان مغناطیسی آهن‌ربا شده و با حذف میدان، خاصیت آهن‌ربایی خود را از دست می‌دهد و برای هسته‌ی آهن‌ربای الکتریکی مناسب است. فرومغناطیس سخت در میدان مغناطیسی آهن‌ربا شده و با حذف میدان، خاصیت آهن‌ربایی در آن باقی می‌ماند.