



گزینه ۲

۱

معادله جریان متناوب عبوری از پیچه به صورت $I = I_{\max} \sin \omega t$ است. مطابق نمودار $I - t$ در صورت تست، $I_{\max} = 2 \text{ A}$ و در لحظه $t = 5 \text{ s}$ برای دومین بار $I = 1 \text{ A}$ می‌شود.

$$I = 2 \sin \omega t \Rightarrow 1 = 2 \sin \omega \times 5 \Rightarrow \sin 5\omega = \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow 5\omega = \pi - \frac{\pi}{6} \Rightarrow \omega = \frac{\pi}{6} \text{ rad/s}$$

$$\Phi = AB \cos \omega t = (50 \times 10^{-4}) \times 0.04 \times \cos\left(\frac{\pi}{6} \times 2\right) = 2 \times 10^{-4} \times \frac{1}{2} = 10^{-4} \text{ Wb}$$

گزینه ۳

۲

سطح حلقه درون میدان در حال تغییر است؛ بنابراین:

$$\Delta \Phi = \Phi_2 - \Phi_1 \xrightarrow{\Phi=AB} \Delta \Phi = A_2 B - A_1 B \Rightarrow \Delta \Phi = \Delta AB$$

$$\Delta \Phi = (20 \times 20 \times 10^{-4} - 20 \times 10 \times 10^{-4}) \times 400 \times 10^{-4} = 8 \times 10^{-4} \text{ Wb} = 0.8 \text{ mWb}$$

آهنگ هر کمیت برابر تقسیم تغییرات آن کمیت بر زمان تغییر است:

$$\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{0.8}{0.2} = 4 \text{ (mWb/s)}$$

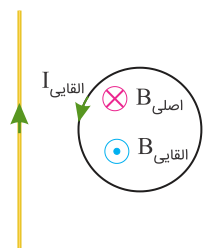
گزینه ۱: در میان اشکال با محیط ثابت، دایره بیشترین محیط را دارد. پس در هر صورت A کاسته شده و Φ نیز کم می شود.

گزینه ۲: با نزدیک تر شدن حلقه به سیم راست، میدان قوی تری از آن گذشته و با افزایش B ، Φ هم افزایش می یابد.

گزینه ۳: با دورتر کردن حلقه از سیم راست، میدان ضعیف تری از آن گذشته و با کاهش B ، Φ نیز کم می شود.

گزینه ۴: هیچ کدام از A ، B و $\cos \theta$ دچار تغییر نمی شوند و Φ ثابت می ماند.

به ازای افزایش Φ ، جریان القایی در جهتی خواهد بود که میدان حاصل از آن در خلاف جهت میدان اصلی باشد.



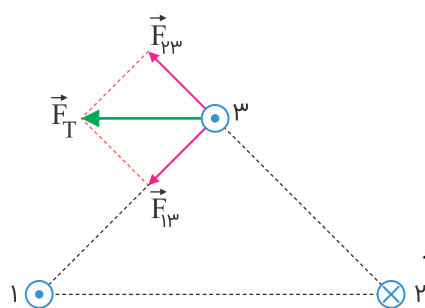
گام اول: جریان سیم‌های (۱) و (۳) همسو هستند، بنابراین نیرویی که به یکدیگر وارد می‌کنند جاذبه است و باتوجه‌به اینکه میدان حاصل از سیم (۱) در محل سیم (۳) برابر با 0.5 T است، بزرگی نیروی وارد بر هر متر از سیم (۳) از طرف سیم (۱) به‌صورت زیر به دست می‌آید:

$$F_{13} = I_3 \ell_3 B_1 \sin \theta \xrightarrow{\theta=90^\circ} F_{13} = 2 \times 1 \times 0.5 \times 1 = 1 \text{ N}$$

گام دوم: جریان عبوری از سیم (۲) برابر با جریان عبوری از سیم (۱) است و فاصله سیم (۳) از دو سیم (۱) و (۲) برابر است؛ بنابراین بزرگی نیروی وارد بر هر متر از سیم (۳) از طرف سیم‌های (۱) و (۲) باهم برابر است و می‌توان نوشت:

$$F_{23} = F_{13} = 1 \text{ N}$$

گام سوم: باتوجه‌به اینکه جریان‌های ناهم‌سو یکدیگر را می‌رانند، جهت $\vec{F}_{13}$ و $\vec{F}_{23}$ را تعیین می‌کنیم:



اندازه دو نیرو باهم برابر و بر یکدیگر عمودند، بنابراین برآیند آن‌ها در جهت منفی محور x بوده و اندازه آن برابر است با $F_T = \sqrt{2} \text{ N}$. پس بردار نیروی مغناطیسی خالص وارد بر هر متر از سیم (۳) به‌صورت زیر است:

$$\vec{F}_T = -\sqrt{2} \vec{i}$$

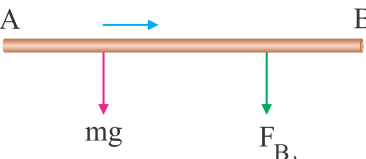
باتوجه به این که نیروسنج نیروی برآیند را نشان می‌دهد، داریم:

نیروی برآیند در حالت اول : $F_{T_1} = 2 \times 1/4 = 2/8 \text{ N}$

نیروی برآیند در حالت دوم : $F_{T_2} = 2 \times 5/8 = 1/6 \text{ N}$

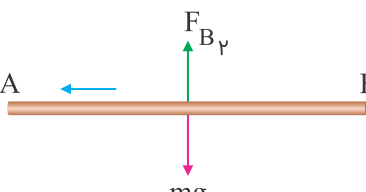
باتوجه به تغییر جهت جریان سیم، جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان نیز عوض شده است. به این دلیل که نیروی برآیند در حالت اول بیشتر از حالت دوم است، قطعاً در حالت اول جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم هم جهت با نیروی وزن سیم بوده است. بنابراین داریم:

حالت اول:



$$F_{T_1} = F_{B_1} + mg = 2/8 \text{ N} \quad (1)$$

حالت دوم:



$$F_{T_2} = -F_{B_2} + mg = 1/6 \text{ N} \quad (2)$$

با حل دستگاه متشکل از معادلات (۱) و (۲) مطابق زیر داریم:

$$\left. \begin{aligned} IF_{B_1} + mg &= 2/8 \text{ N} \\ -F_{B_2} + mg &= 1/6 \text{ N} \end{aligned} \right\} \Rightarrow F_{B_1} + F_{B_2} = 1/2 \text{ N}$$

حال با استفاده از رابطه $F_B = BI\ell \sin \theta$ و توجه به این که میدان مغناطیسی عمود بر صفحه است ($\theta = 90^\circ$) داریم:

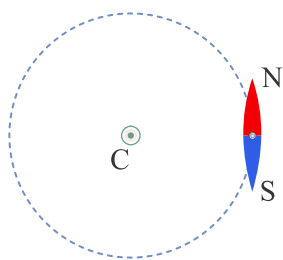
$$BI_1\ell + BI_2\ell = 1/2 \Rightarrow B\ell(I_1 + I_2) = 1/2 \xrightarrow{B=1 \text{ T}, I_1=2 \text{ A}, I_2=4 \text{ A}} 1 \times \ell \times (2 + 4) = 1/2$$

$$\Rightarrow \ell = 5/2 \text{ m} = 25 \text{ cm}$$

مشاهده می‌کنیم که خطوط میدان مغناطیسی در خارج آهنربا از قطب Y خارج می‌شوند. بنابراین Y قطب N است.

همچنین چون در ادامه خطوط به قطب X وارد نمی‌شوند، پس قطب X، S نیست و حتماً قطب N است. برای مشخص کردن آهنربای قوی‌تر باید به تراکم خطوط میدان مغناطیسی که نشان‌دهنده قدرت میدان مغناطیسی است توجه کنیم. تراکم خطوط اطراف قطب X آهنربای (۲) بیشتر از قطب Y آهنربای (۱) است. پس آهنربای (۲) قوی‌تر است.

باتوجه به شکل زیر، اگر انگشت شست دست راست را در جهت جریان الکتریکی قرار دهیم، جهت خم شدن چهار انگشت دست راست، جهت N و جهت باز شدن چهار انگشت جهت S را نشان می‌دهد. همچنین عقربه مغناطیسی با انتقال از نقطه A به نقطه B، ۹۰ درجه خواهد چرخید.



دوره تناوب تغییر شار و دوره تناوب جریان باهم برابرند پس دوره تناوب را به دست می‌آوریم:

$$\frac{2\pi}{T} = 100\pi \Rightarrow T = \frac{2}{100} \text{ s} \Rightarrow \frac{T}{2} = \frac{1}{100}$$

بنابراین گزینه‌های (۱) و (۳) نمی‌توانند درست باشند.

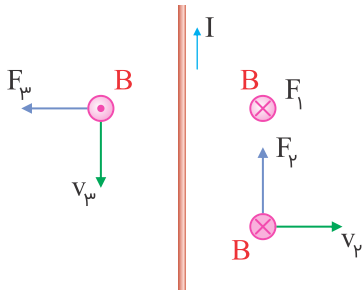
حالا شار مغناطیسی بیشینه را محاسبه می‌کنیم:

$$\Phi_{\max} = BA = 0.5 \times 100 \times 10^{-2} = 0.05 \text{ Wb}$$

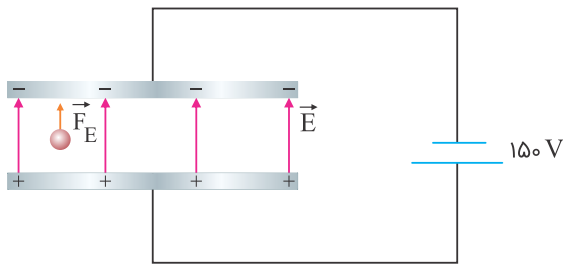
دقت کنید که در رابطه نیروی وارد بر بار در میدان مغناطیسی یعنی $F = qvB \sin \theta$ ، θ زاویه بین خطوط میدان و راستای بردار سرعت ذره است که در این شکل و در هر دو حالت برابر با 90° است، پس اندازه نیرو تغییر نخواهد کرد.

$$\frac{F_2}{F_1} = 1$$

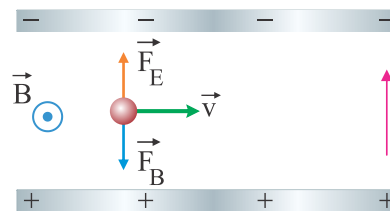
ابتدا جهت میدان مغناطیسی ناشی از سیم را در اطراف آن مشخص می‌کنیم و سپس جهت نیروی وارده بر تمام بارها را توسط قانون دست راست به دست می‌آوریم:
از شکل پیداست که امتداد F_2 و F_3 بر هم عمودند.



گام اول: جهت میدان الکتریکی بین صفحات از صفحه مثبت به صفحه منفی است. نیروی الکتریکی وارد بر هر ذره α مطابق شکل زیر در جهت میدان الکتریکی و به طرف بالا است.



برای اینکه ذره منحرف نشود، نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باید به سمت پایین باشد. با استفاده از قاعده دست راست جهت میدان مغناطیسی به سمت بیرون از صفحه (برون سو) خواهد بود.



گام دوم: اندازه میدان الکتریکی $\vec{E}$ بین صفحات به صورت زیر به دست می آید:

$$E = \frac{\Delta V}{d} = \frac{150}{7/5 \times 10^{-3}} = 2 \times 10^4 \text{ V/m}$$

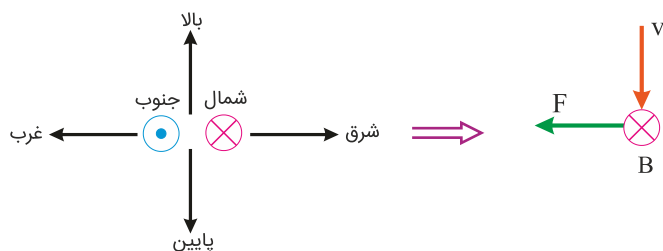
گام سوم: انرژی جنبشی ذرات α داده شده است؛ بنابراین تندی آنها برابر است با:

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow 8/75 \times 10^{-16} = \frac{1}{2} \times 7 \times 10^{-27} \times v^2 \Rightarrow v^2 = \frac{2 \times 8/75 \times 10^{-16}}{7 \times 10^{-27}} \\ \Rightarrow v^2 = 2 \times 1/25 \times 10^{11} = 2/5 \times 10^{11} = 25 \times 10^{10} \xrightarrow{\text{جذر می گیریم}} v = 5 \times 10^5 \text{ m/s}$$

گام چهارم: برای اینکه ذرات α منحرف نشوند باید برآیند نیروهای وارد بر آنها صفر باشد؛ بنابراین اندازه نیروی الکتریکی و مغناطیسی برابر است و می توان نوشت:

$$F_e = F_B \Rightarrow |q|E = |q|vB \sin \theta \\ \xrightarrow{\theta=90^\circ} B = \frac{E}{v} = \frac{2 \times 10^4}{5 \times 10^5} = 0/4 \times 10^{-1} = 0/04 \text{ T}$$

گزینه "۲" صحیح است. به سمت غرب منحرف می‌شود.



اگر القاگر آرمانی باشد، مقاومتش صفر است و پس از ثابت شدن جریان مانند اتصال کوتاه عمل کرده و لامپ خاموش می‌شود.

اگر القاگر غیرآرمانی باشد، پس از ثابت شدن جریان، به علت مقاومتی که دارد، جریان بین دو شاخه القاگر و لامپ توزیع شده و لامپ با نور عادی روشن می‌ماند.

آهنرباهای الکتریکی، آهنرباهای غیردائمی‌اند؛ بنابراین در ساخت آن‌ها از فرومغناطیس نرم مانند آهن استفاده می‌شود.

فولاد یکی از آلیاژهای آهن جزء مواد فرومغناطیس سخت است.

$$\Phi_m = AB = (20 \times 10^{-2})^2 \times 4 = 0.16$$

$$\Phi = \Phi_m \cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right) = 0.16 \cos\left(\frac{2\pi t}{3}\right)$$

$$\begin{cases} t_1 = \frac{1}{3} \text{ s} \Rightarrow \Phi_1 = 0.16 \cos\left(\frac{2\pi}{3} \times \frac{1}{3}\right) = 0.08 \text{ (Wb)} \\ t_2 = \frac{3}{3} \text{ s} \Rightarrow \Phi_2 = 0.16 \cos\left(\frac{2\pi}{3} \times \frac{3}{3}\right) = -0.16 \text{ (Wb)} \end{cases}$$

$$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = -0.16 - 0.08 = -0.24 \text{ (Wb)}$$

$$\bar{\varepsilon} = - \left| N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| \Rightarrow \bar{\varepsilon} = \left| -100 \times \frac{-0.24}{1} \right| = 24 \text{ (V)}$$

ابتدا معادله شار را باتوجه به نمودار می‌نویسیم:

$$\frac{\omega T}{\epsilon} = \phi / \omega \Rightarrow T = \phi / \omega$$

$$\phi = \phi_m \cos\left(\frac{\omega}{T} t\right) = \phi / \omega \cos(\omega t)$$

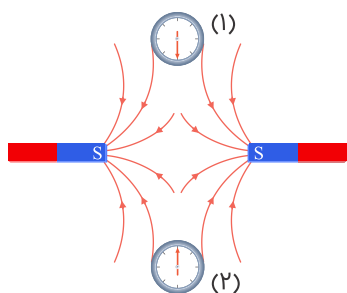
بزرگی نیروی محرکه متوسط در بازه $\left(0, \frac{\lambda}{15}\right)$ برابر است با:

$$|\bar{\epsilon}| = \left| -\epsilon_0 \times \frac{\phi_{\frac{\lambda}{15}} - \phi_0}{\Delta t} \right| = \left| -\epsilon_0 \times \frac{\phi / \omega \cos\left(\omega \pi \times \frac{\lambda}{15}\right) - \phi / \omega}{\frac{\lambda}{15}} \right|$$

$$\Rightarrow |\bar{\epsilon}| = \left| -\epsilon_0 \times \frac{-\phi / \omega - \phi / \omega}{\frac{\lambda}{15}} \right| = 225 V$$

$$\bar{I} = \frac{|\bar{\epsilon}|}{R} = \frac{225}{\epsilon_0 \times \phi / \omega} = \frac{225}{100} = 2/25 A$$

اگر هر دو قطب P_1 و P_2 ، قطب‌های S باشند، خطوط میدان مغناطیسی به سمت آن‌ها بوده و در نتیجه خط مماس بر آن‌ها در نقطه (۱) به سمت پایین است. (قطب‌نما در نقطه (۱) به سمت پایین قرار می‌گیرد) قطب‌نما در هر نقطه، هم‌جهت با میدان مغناطیسی در آن نقطه قرار می‌گیرد؛ پس در نقطه (۲) به سمت بالا خواهد بود.



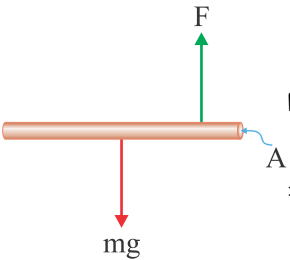
کافی است داده‌های مسئله را در رابطه زیر جایگذاری کنیم:

$$B = \mu_0 \frac{N}{L} I \Rightarrow 50 \times 10^{-4} = 12/5 \times 10^{-7} \times \frac{60}{12 \times 10^{-2}} \times I \Rightarrow I = 8 A$$

نکته ۱: اگر جریان مدار در حال افزایش باشد، جریان ناشی از نیرو محرکه خود - القاوری در خلاف آن ایجاد می‌شود.

نکته ۲: اگر جریان در حال کاهش باشد، جریان ناشی از نیرو محرکه خود - القاوری هم‌جهت آن ایجاد می‌شود. پس: با افزایش مقاومت رئوستا، جریان کل مدار کاهش یافته و جهت جریان ناشی از نیرو محرکه خود القاوری در جهت جریان اصلی مدار خواهد بود.

به سیم نیروی مغناطیسی روبه بالا و وزن روبه پایین وارد می‌شود؛ پس داریم:

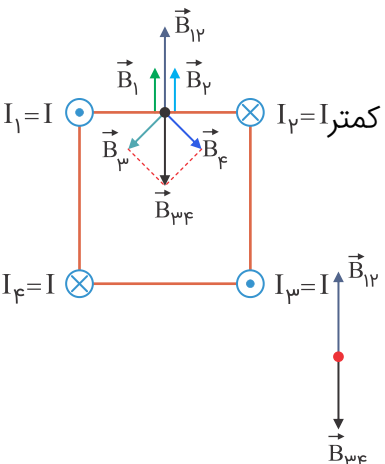


$$m = \rho V_{\text{حجم}} = \rho AL \Rightarrow F_{\text{net}} = ma \Rightarrow BIL \sin \alpha - mg = ma$$

$$\Rightarrow BIL \sin \alpha - mg = ma \Rightarrow BIL \sin 90^\circ - \rho ALg = \rho ALa$$

$$\Rightarrow 3 \times I - 2500 \times 4 \times 10^{-4} \times 10 = 2500 \times 4 \times 10^{-4} \times \frac{2}{3} \Rightarrow 3 \times I - 10 = 2 \Rightarrow I = 4 \text{ A}$$

گام اول: ابتدا با استفاده از قاعده دست راست جهت میدان برآیند در نقطه M را تعیین می‌کنیم.

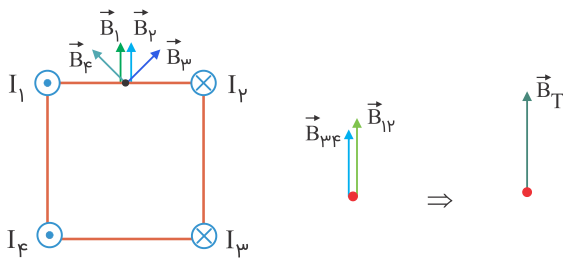


گام دوم: جریان عبوری از سیم‌ها برابر است. فاصله نقطه M از سیم‌های I_1 و I_2 کمتر از I_3 و I_4 است؛ بنابراین میدان‌های B_1 و B_2 بزرگ‌تر از B_3 و B_4 است.

$$\vec{B}_{12} > \vec{B}_{34} \Rightarrow \vec{B}_T$$

گام سوم: حالا جهت جریان‌های I_3 و I_4 را تغییر می‌دهیم و میدان سیم‌ها در نقطه M را رسم می‌کنیم.

جهت میدان برآیند در نقطه M در هر دو حالت به سمت بالا است، پس تغییر نمی‌کند.



گزینه ۳

۲۲

$$\text{بازده: } R_a = \frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2 I_2}{V_1 I_1}$$

$$R_a = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{V_1 I_1} \Rightarrow \frac{10}{100} = \frac{P_2}{20 \times 5} \Rightarrow P_2 = 10 \text{ (W)}$$

در حالت ثانویه، توان ۸۰ وات می‌باشد که معادل 16×5 است و ۱۶ لامپ می‌توانند هرکدام ۵ وات از آن را مصرف کنند.

گزینه ۳

۲۳

$$A = 20 \times 40 = 800 \text{ cm}^2 = 8 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

دقت کنید که چون سطح موازی محور y است مؤلفه B_y شاری ایجاد نمی‌کند و کافی است فقط شار B_x را حساب کنیم. دقت کنید زاویه نیم‌خط عمود بر سطح قاب با محور x زاویه 60° درجه می‌سازد.

$$\Phi = AB \cos 60^\circ \Rightarrow \Phi = 8 \times 10^{-2} \times 0.04 \times \frac{1}{2} = 16 \times 10^{-4} \text{ Wb} = 1/6 \text{ mWb}$$

گزینه ۱

۲۴

ابتدا مقاومت معادل را به دست می‌آوریم:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} \Rightarrow R_T = 2 \Omega$$

حال با کمک مقاومت معادل می‌توان جریان کل را که همان جریان عبوری از سیم‌لوله است را به دست آورد:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_T + r} = \frac{10}{2 + 0} = 5 \text{ A}$$

و در نهایت میدان مغناطیسی سیم‌لوله برابر است با:

$$B = \frac{\mu_0 N I}{l} = \frac{12 \times 10^{-7} \times 100 \times 5}{1} = 6 \times 10^{-4} \text{ T} = 6 \text{ G}$$

گام اول: برای معلق ماندن سیم در میدان مغناطیسی باید نیروی مغناطیسی وارد بر آن رو به بالا و اندازه آن برابر با وزن سیم باشد. سؤال اشاره‌ای به زاویه بین جریان و میدان مغناطیسی نکرده است ولی باتوجه به اینکه حداقل بزرگی میدان مغناطیسی را می‌خواهد، بنابراین باتوجه به رابطه $F = I\ell B \sin \theta$ و ثابت بودن I و ℓ ، $\sin \theta$ باید حداکثر مقدار ممکن را داشته باشد؛ پس می‌توان نوشت:

$$\sin \theta = 1$$

گام دوم: بزرگی نیروی مغناطیسی و وزن جسم را برابر قرار می‌دهیم. باتوجه به اینکه جرم سیم هم در صورت سؤال بیان نشده از رابطه $\rho = \frac{m}{V}$ استفاده می‌کنیم. همچنین حجم سیم برابر با حاصل ضرب مساحت سطح مقطع و طول سیم است.

$$F_B = mg \Rightarrow I\ell B \sin \theta = \rho V g \xrightarrow[\sin \theta = 1]{V = A\ell} I\cancel{\ell}B = \rho A\cancel{\ell}g$$

$$\Rightarrow B = \frac{\rho Ag}{I} \xrightarrow{A = \pi r^2, r = \frac{d}{2} = 0.5 \text{ mm} = 0.5 \times 10^{-3} \text{ m}} B = \frac{9000 \times \pi \times (0.5 \times 10^{-3})^2 \times 10}{0.3}$$

$$\Rightarrow B = \frac{9\pi \times (0.5)^2 \times 10^{-2}}{0.3} = 7.5\pi \times 10^{-2} \text{ T}$$

باتوجه به جهت جریان سیم گذرنده از سیملوله و قاعده دست راست، قطب‌های سیملوله را تعیین می‌کنیم:



چون آهنربای (۱) جذب سیملوله می‌شود، پس P_1 قطب N است و چون آهنربای (۲) از سیملوله دفع می‌شود، پس P_2 قطب S است.

چهار انگشت باز دست راست را در جهت بردار سرعت ذره ۱ قرار می‌دهیم؛ به طوری که خم انگشتان در جهت $\vec{B}$ قرار گیرد. همان طور که در شکل ملاحظه می‌کنید مسیر حرکت ذره به سوی شست دست راست منحرف شده است؛ بنابراین جهت بردار $\vec{F}$ در همان جهتی است که شست دست راست نشان می‌دهد و بار ذره مثبت است. اگر همین کار را برای ذره ۲ نیز انجام دهیم، می‌بینیم که جهت انحراف مسیر ذره ۲ در خلاف جهتی است که شست دست راست نشان می‌دهد؛ بنابراین بار ذره ۲ منفی است.

ذره ۳ هم که اصلاً منحرف نشده است، بنابراین نیروی مغناطیسی بر آن وارد نمی‌شود و این ذره بدون بار الکتریکی (خنثی) است.

ابتدا تغییرات میدان مغناطیسی سیملوله را به دست می‌آوریم:

$$\Delta B = \frac{\mu_0 N \Delta I}{\ell} = \frac{12 \times 10^{-7} \times 200 \times \Delta I}{0.4} = 6 \times 10^{-4} \times \Delta I$$

حالا با استفاده از $\bar{\epsilon} = \left| -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right|$ ، بزرگی نیروی محرکه القایی متوسط در ثانیه سوم را به دست می‌آوریم. شار عبوری از سیملوله بر سطح سیملوله عمود است.

$$\begin{aligned} \bar{\epsilon} &= \left| -N \frac{\Delta B A \cos \theta}{\Delta t} \right| = \left| -200 \times \frac{6 \times 10^{-4} \Delta I}{\Delta t} \times 20 \times 10^{-4} \times \cos 0 \right| \\ \Rightarrow \bar{\epsilon} &= 24 \times 10^{-5} \frac{\Delta I}{\Delta t} \end{aligned}$$

شیب نمودار $(I - t)$ است که در ثانیه سوم با بازه زمانی $(0, 6 \text{ s})$ برابر است؛ پس:

$$\bar{\epsilon}_{(2 \text{ s}, 3 \text{ s})} = \bar{\epsilon}_{(0, 6 \text{ s})} = 24 \times 10^{-5} \times \frac{12}{6} = 48 \times 10^{-5} \text{ V}$$

$$\begin{aligned} \begin{cases} \Phi_1 = B_1 A \cos \alpha_1 = 8 \times 10^{-2} \times 2 \times 10^{-2} \times \cos 60^\circ = 8 \times 10^{-4} \\ \Phi_2 = B_2 A \cos \alpha_2 = 4 \times 10^{-2} \times 2 \times 10^{-2} \times \cos 120^\circ = -4 \times 10^{-4} \end{cases} \\ \Rightarrow \Delta \Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = 12 \times 10^{-4} \\ I = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \left| -\frac{N}{R} \times \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| \Rightarrow \Delta q = \frac{N \Delta \Phi}{R} \\ N = 1 \Rightarrow \Delta q = \frac{1}{2} \times 12 \times 10^{-4} = 6 \times 10^{-4} \text{ C} = 0.6 \text{ mC} \end{aligned}$$

شرط آنکه ذره با سرعت ثابت حرکت کند آن است که برآیند نیروها صفر باشد. ابتدا نیروی مغناطیسی و وزن را محاسبه و مقایسه می‌کنیم:

$$F_B = qvB \sin \alpha \quad \text{نیروی مغناطیسی}$$

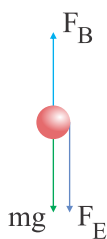
$$= 5 \times 10^{-6} \times 500 \times 10^3 \times 8 \times 10^{-4} \times \sin 90^\circ = 2 \times 10^{-3} \text{ N}$$

$$\Rightarrow (W) \text{ وزن} = mg = 0.1 \times 10^{-3} \times 10 = 10^{-3} \text{ N}$$

چون نیروی مغناطیسی بزرگ‌تر از نیروی وزن است، پس نیروی وارد بر بار از طرف میدان الکتریکی باید هم‌جهت با نیروی وزن باشد تا برآیند نیروها صفر شود.

$$F_E + W = F_B \Rightarrow F_E + 10^{-3} = 2 \times 10^{-3}$$

$$\Rightarrow F_E = 10^{-3} \text{ N} \Rightarrow E = \frac{F_E}{q} = \frac{10^{-3}}{5 \times 10^{-6}} = 200 \text{ N/m}$$



به بار مثبت نیرویی در جهت میدان وارد می‌شود؛ پس جهت میدان الکتریکی هم باید روبه‌پایین باشد.