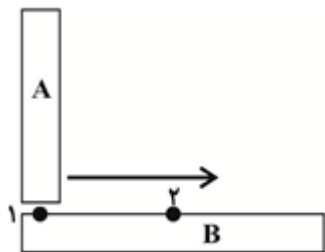


۱ کدامیک از عبارتهای زیر صحیح است؟

- ۱) همانطور که بارهای منفی و مثبت مجزا وجود دارند، تک قطبهای مغناطیسی N و S نیز وجود دارند.
- ۲) اگر یکی از قطبهای آهنربا را چند بار به صورت رفت و برگشت روی یک سوزن ته گرد بکشیم، سوزن دارای خاصیت آهنربایی دائم می شود.
- ۳) اگر سوزنی که تبدیل به آهنربا شده است را با نخ سبکی از وسط بیاویزیم به طوری که بتواند آزادانه بچرخد، یک سر آن به سمت قطب شمال قرار می گیرد که N نامیده می شود.
- ۴) تمام موارد

۲ مطابق شکل زیر، میله A را به صورت عمود روی میله B می کشیم. در نقطه ۱ جاذبه میان دو میله زیاد بوده و با حرکت به سمت نقطه ۲، نیروی جاذبه میان دو میله کاهش می یابد؛ در این صورت الزاماً.....



- ۱) میله A آهنربا است و میله B فلزی است.
- ۲) میله B آهنربا است و میله A فلزی است.
- ۳) هر دو میله آهنربا هستند.
- ۴) میله B آهنربا است ولی در مورد میله A نمی توان نظر داد.

۳ اگر در شکل زیر، قسمت (ب) شکسته شده تیغه آهنربای فولادی (الف) باشد، قسمت های A و B و C و D به ترتیب از راست به چپ کدام اند؟



۱) S و N و S و N

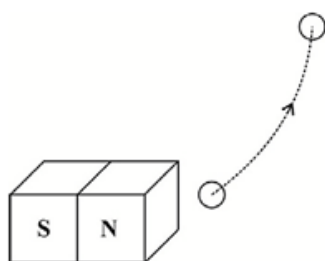
۲) S و S و N و N

۳) S و خنثی و خنثی و N

۴) N و خنثی و خنثی و S



۴ مطابق شکل زیر، یک عقربه مغناطیسی را در مسیر خط نشان داده شده جابه جا می کنیم. دو آهنربا مشابه هستند و خط نشان داده شده در انتها بر عمود منصف خط واصل دو آهنربا مماس می شود. عقربه مغناطیسی چگونه منحرف می شود؟



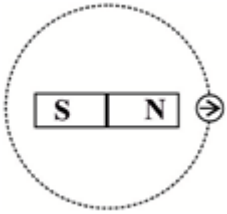
۱) ابتدا اندکی در جهت ساعتگرد منحرف می شود و سپس به حالت اولیه بازمی گردد.

۲) ابتدا اندکی در جهت پادساعتگرد منحرف می شود و سپس به حالت اولیه بازمی گردد.

۳) در جهت پادساعتگرد منحرف می شود و در انتها ۹۰ درجه از حالت اولیه منحرف می شود.

۴) در این جابه جایی هیچ گاه منحرف نمی شود.

۵ یک آهنربای میله‌ای مطابق شکل زیر، روی یک میز قرار دارد. یک عقربه مغناطیسی که می‌تواند آزادانه حول محور قائم بچرخد، روی مسیر دایره‌ای شکل به دور آهنربا  $\frac{3}{4}$  دور می‌چرخد. در این مسیر عقربه چند درجه دوران می‌کند؟



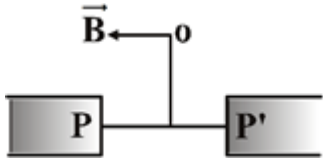
(۱) ۱۸۰

(۲) ۲۷۰

(۳) ۳۶۰

(۴) ۵۴۰

۶  $P$  و  $P'$  دو قطب از دو آهنربای تیغه‌ای هستند. اگر میدان مغناطیسی برآیند در نقطه  $O$  روی عمودمنصف  $PP'$  به صورت بردار  $\vec{B}$  باشد، در این صورت  $P$  و  $P'$  به ترتیب از راست به چپ عبارت‌اند از:



(۱) N و N

(۲) S و N

(۳) N و S

(۴) S و S

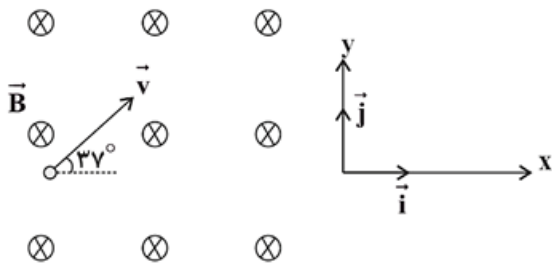
۷ ذره‌ای با سرعت اولیه  $10^6$  m/s تحت زاویه  $60^\circ$  درجه نسبت به خط‌های میدان مغناطیسی به بزرگی  $500$  G وارد آن می‌شود. اگر این ذره دارای بار الکتریکی  $100 \mu C$  و جرم  $15$  نانوگرم باشد، پس از  $10\sqrt{3}$  m جابه‌جایی، سرعت آن چند متر بر ثانیه می‌شود؟ (از نیروی وزن صرف‌نظر کنید)

(۲)  $10^6$ 

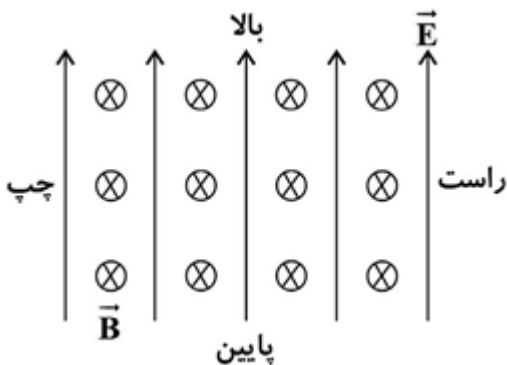
(۱) صفر

(۴)  $2 \times 10^6$ (۳)  $\sqrt{3} \times 10^6$ 

۸ مطابق شکل زیر، بار الکتریکی  $5$  میکروکولنی با سرعت  $2 \times 10^8$  m/s در یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی  $100$  گاوس درجهت نشان داده شده حرکت می‌کند. بردار نیروی وارد بر ذره در لحظه نشان داده شده در SI کدام است؟ ( $\sin 37^\circ = 0.6$ )

(۱)  $6\vec{i} - 8\vec{j}$ (۲)  $-6\vec{i} + 8\vec{j}$ (۳)  $8\vec{i} - 6\vec{j}$ (۴)  $-8\vec{i} + 6\vec{j}$ 

۹ در شکل زیر، میدان الکتریکی‌ای به اندازه  $E = 10^5$  N/C از پایین به بالا و میدان مغناطیسی‌ای به بزرگی  $B = 100$  G به صورت درون‌سو وجود دارند. در این فضا اگر الکترونی با حداقل سرعت ..... از ..... به ..... پرتاب شود، منحرف نمی‌شود و بر مسیری مستقیم می‌گذرد. (از جرم الکترون حداقل صرف‌نظر شود)

(۱)  $10^3$  m/s، بالا، پایین(۲)  $10^5$  m/s، چپ، راست(۳)  $10^3$  m/s، پایین، بالا(۴)  $10^5$  m/s، راست، چپ

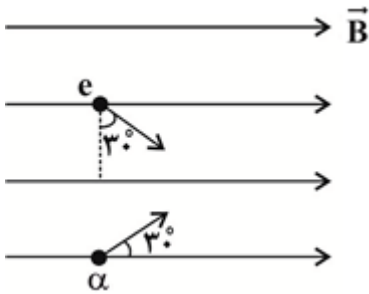
ذره A با بار  $10 \mu\text{C}$  و با تندی ۲۰ متر بر ثانیه درجهتی حرکت می‌کند که بردار سرعت آن با میدان مغناطیسی یکنواخت زاویه ۶۰ درجه می‌سازد. ذره B با بار  $5 \text{ nC}$  عمود بر راستای حرکت ذره A و با تندی ۱۰ متر بر ثانیه به‌گونه‌ای حرکت می‌کند که بردار سرعت آن موازی بردار نیروی مغناطیسی وارد بر ذره A است. بزرگی نیروی مغناطیسی وارد بر ذره A چندبرابر بزرگی نیروی مغناطیسی وارد بر ذره B است؟

- (۱)  $6000\sqrt{3}$  (۲)  $6\sqrt{3}$   
 (۳)  $2000\sqrt{3}$  (۴)  $2\sqrt{3}$

ذره‌ای با بار الکتریکی  $5 \mu\text{C}$  و با تندی  $2 \times 10^5 \text{ m/s}$  وارد میدان مغناطیسی یکنواخت  $\vec{B} = 4(\vec{i} + \vec{j})$  (در SI) شده و از طرف میدان به ذره نیرویی به اندازه  $0.4 \text{ N}$  وارد می‌شود. زاویه بردار سرعت ذره با بردار میدان مغناطیسی چند درجه می‌تواند باشد؟

- (۱) ۳۰ (۲) ۴۵  
 (۳) ۶۰ (۴) ۹۰

مطابق شکل زیر، یک ذره آلفا و یک الکترون در یک میدان مغناطیسی یکنواخت در حال حرکت هستند. چنانچه اندازه سرعت دو ذره برابر باشد، اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر ذره آلفا چندبرابر اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر الکترون است؟ (اندازه بار الکتریکی ذره آلفا، دو برابر اندازه بار الکتریکی الکترون است)



- (۱)  $\frac{1}{2}$   
 (۲) ۱  
 (۳)  $\frac{2\sqrt{3}}{3}$   
 (۴)  $\frac{\sqrt{3}}{3}$

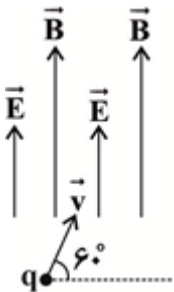
ذره‌ای به جرم  $1 \text{ g}$  با بار  $10 \mu\text{C}$  با تندی  $50 \text{ m/s}$  درجهت جنوب به شمال و در یک میدان الکتریکی قائم در حرکت است. اگر جهت میدان الکتریکی از پایین به بالا بوده و بزرگی آن  $800 \text{ N/C}$  باشد، جهت و بزرگی میدان مغناطیسی برحسب تسلا که عمود بر راستای حرکت ذره است و سبب می‌شود این ذره مسیر افقی حرکت خود را حفظ کند، کدام است؟ ( $g = 10 \text{ N/kg}$ )

- (۱) غرب به شرق، ۳۶ (۲) غرب به شرق، ۲۴  
 (۳) شرق به غرب، ۳۶ (۴) شرق به غرب، ۲۴

ذره‌ای به جرم  $500$  میلی‌گرم با تندی  $10^3 \text{ m/s}$  به‌طور عمود وارد میدان مغناطیسی یکنواخت  $4$  میلی‌تسلا می‌شود. اگر بار الکتریکی ذره  $50 \mu\text{C}$  باشد، شتابی که ذره تحت تأثیر میدان می‌گیرد، چند متر بر مجذور ثانیه است؟

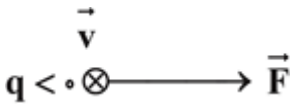
- (۱)  $0.4$  (۲)  $0.04$   
 (۳)  $0.2$  (۴)  $0.02$

مطابق شکل زیر، ذره‌ای با بار الکتریکی  $10 \mu\text{C}$  در فضایی که در آن یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی  $3 \times 10^4 \text{ N/C}$  و یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی  $0.4 \text{ T}$  در یک‌جهت وجود دارند، با تندی  $2 \times 10^5 \text{ m/s}$  در صفحه کاغذ پرتاب می‌شود. در لحظه نشان داده شده در شکل، بزرگی برآیند نیروهای وارد بر ذره چند نیوتن است؟ (از نیروی وزن وارد بر ذره صرف‌نظر کنید)



- (۱)  $0.3$   
 (۲)  $0.4$   
 (۳)  $0.7$   
 (۴)  $0.5$

شکل زیر، نیروی مغناطیسی وارد بر ذره‌ای که به صورت عمود وارد میدان مغناطیسی یکنواختی شده است را نشان می‌دهد. اگر ذره دیگری وارد همین میدان شود، کدام گزینه زیر جهت بردارهای  $\vec{v}$  و  $\vec{F}$  را به درستی نشان نمی‌دهد؟



$$\vec{F} \quad (1)$$

$$q < 0 \quad \vec{v} \quad (2)$$

$$\vec{F} \quad (3)$$

$$\vec{F} \quad (4)$$

$$q > 0 \quad \vec{v} \quad \vec{F}$$

مطابق شکل زیر، ذره‌ای به جرم ۱۵ گرم و بار الکتریکی  $50 \mu\text{C}$  وارد میدان الکتریکی افقی و یکنواخت  $\vec{E}$  به بزرگی  $3000 \text{ N/C}$  می‌شود. اگر این ذره با تندی  $10^5 \text{ m/s}$  به صورت درون سو و عمود بر صفحه کاغذ وارد میدان الکتریکی شود، میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی حداقل تقریباً چند تسلا و در چه جهتی مانع انحراف آن از مسیر مستقیم خود می‌شود؟ ( $g = 10 \text{ N}$  و  $\sqrt{2} \simeq 1/4$ )



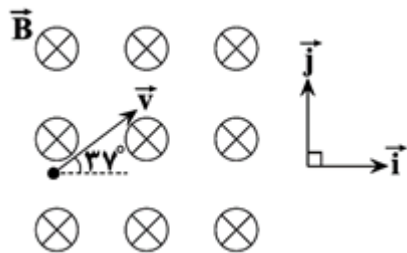
$$\downarrow \text{ و } 0.3 \quad (1)$$

$$\searrow \text{ و } 0.3 \quad (2)$$

$$\searrow \text{ و } 0.5 \quad (3)$$

$$\nearrow \text{ و } 0.3 \quad (4)$$

مطابق شکل زیر، بار الکتریکی  $+5$  میکروکولنی با سرعت  $3 \times 10^6 \text{ m/s}$  در یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی  $100$  گاوس در جهت نشان داده شده حرکت می‌کند. بردار نیروی مغناطیسی وارد بر ذره در SI کدام است؟ ( $\sin 37^\circ = 0.6$ )



$$0.09\vec{i} - 0.12\vec{j} \quad (1)$$

$$-0.09\vec{i} + 0.12\vec{j} \quad (2)$$

$$0.12\vec{i} - 0.09\vec{j} \quad (3)$$

$$-0.12\vec{i} + 0.09\vec{j} \quad (4)$$

الکترونی با سرعت  $v$  وارد میدان الکتریکی یکنواخت  $\vec{E}$  و میدان مغناطیسی یکنواخت  $\vec{B}$  که بر هم عمودند، می‌شود. برای اینکه مسیر حرکت الکترون و سرعت آن بتواند ثابت بماند در این صورت  $v$  باید ..... (از نیروی وزن وارد بر ذره صرف نظر شود)

$$(1) \text{ بر } E \text{ عمود و با } B \text{ موازی و مقدار آن } \frac{B}{E} \text{ باشد.} \quad (2) \text{ عمود بر } B \text{ و موازی با } E \text{ و مقدار آن } \frac{E}{B} \text{ باشد.}$$

$$(3) \text{ موازی با } E \text{ و مقدار آن } \frac{B}{E} \text{ باشد.} \quad (4) \text{ عمود بر } E \text{ و } B \text{ و مقدار آن برابر با } \frac{E}{B} \text{ باشد.}$$

ذره‌ای باردار به جرم  $1 \text{ mg}$  با انرژی جنبشی  $72$  میکروژول به طور عمود بر میدان مغناطیسی یکنواخت وارد آن می‌شود. اگر اندازه نیروی مغناطیسی که در این میدان به ذره باردار وارد می‌شود هم‌اندازه نیروی الکتریکی وارد بر این ذره در میدان الکتریکی  $12 \text{ N/C}$  باشد، اندازه میدان مغناطیسی چند تسلا است؟

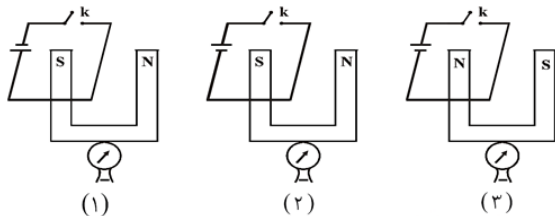
$$2/5 \times 10^{-2} \quad (1)$$

$$0.25 \quad (2)$$

$$0.5 \quad (3)$$

$$1 \quad (4)$$

۲۱ در کدام یک از شکل‌های زیر با بسته شدن کلید  $k$ ، عددی که ترازو نشان می‌دهد کاهش می‌یابد؟ (در همه شکل‌ها، یک آهنربا بر روی یک ترازو قرار دارد)



(۱) فقط ۲

(۲) فقط ۱

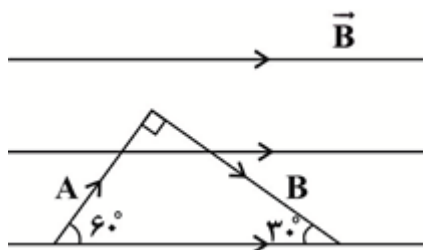
(۳) فقط ۳

(۴) ۱ و ۳

۲۲ یک سیم حامل جریان در راستای شرقی و غربی به طول  $50\text{ cm}$  و جرم  $200\text{ g}$  توسط دو نخ سبک به سقف آویزان است و در میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی  $10\text{ T}$  قرار دارد. اگر جهت میدان مغناطیسی از جنوب به شمال باشد، اندازه جریان سیم چند آمپر و در کدام جهت باشد تا نیروی کشش هر نخ  $10$  نیوتن باشد؟ ( $g = 10\text{ N/kg}$ )

(۱)  $1/6$ ، به سمت شرق(۲)  $1/6$ ، به سمت غرب(۳)  $3/6$ ، به سمت شرق

۲۳ مطابق شکل، سیم‌های  $A$  و  $B$  در میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی  $5\text{ T}$  قرار دارند و از آن‌ها جریان یکسان  $4\text{ A}$  عبور می‌کند. اگر به سیم  $A$ ، نیروی مغناطیسی به بزرگی  $2$  نیوتن وارد شود، اندازه برآیند نیروهای مغناطیسی وارد بر مجموعه (سیم‌های  $A$  و  $B$ ) چند نیوتن است؟

(۱)  $2\sqrt{2}$ 

(۲) ۴

(۳) ۳

(۴) صفر

۲۴ سیمی عمود بر میدان مغناطیسی  $\vec{B} = 0/4\vec{i} + 0/3\vec{j}$  تسلا قرار دارد. اگر از سیم جریان  $5$  آمپر عبور کند، بزرگی نیروی وارد بر  $10$  سانتی‌متر آن چند نیوتن خواهد بود؟

(۱)  $0/4$ (۲)  $1/5$ (۳)  $0/25$ 

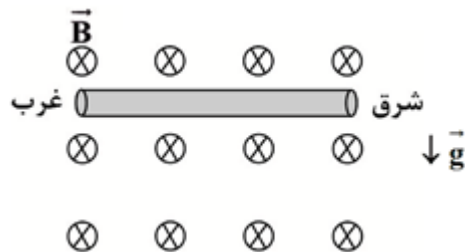
۲۵ یک سیم افقی حامل جریان، درون میدان مغناطیسی یکنواختی در حالت تعادل قرار دارد. اگر این میدان به صورت افقی و رو به شمال باشد، در این صورت جریان عبوری از این سیم الزاماً در چه جهتی باشد تا نیروی وزن آن را خنثی کند؟

(۱) شرق

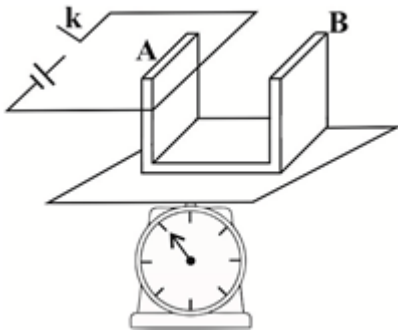
(۲) غرب

(۳) جنوب

۲۶ مطابق شکل زیر، سیمی به صورت افقی در راستای شرق-غرب درون میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی  $50$  گاوس در حالت تعادل قرار دارد. اگر چگالی سیم  $8\text{ g/cm}^3$  و قطر مقطع آن  $0/5\text{ mm}$  باشد، جریان عبوری از این سیم چند آمپر و در چه جهتی است؟ ( $\pi = 3$ ,  $g = 10\text{ N/kg}$ )

(۱)  $3$ ، به سمت شرق(۲)  $3$ ، به سمت غرب(۳)  $6$ ، به سمت شرق(۴)  $6$ ، به سمت غرب

در شکل زیر، ترازو قبل از بستن کلید  $5\text{ N}$  و بعد از بستن کلید  $5/5\text{ N}$  را نشان می‌دهد. کدام قطب از آهنربا و جریان عبوری از سیم برحسب آمپر کدام است؟ (میدان آهنربا برابر با  $500$  گاوس و طولی از سیم که در میدان قرار دارد برابر با  $50\text{ cm}$  است)



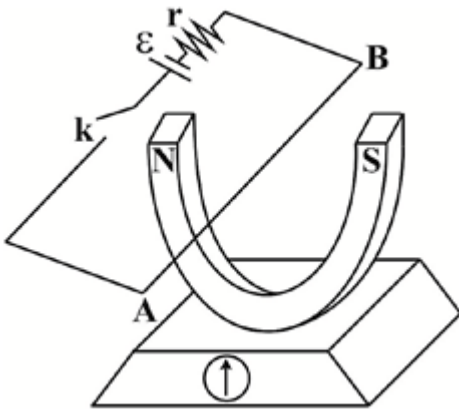
(۱)  $10\text{ N}$

(۲)  $20\text{ N}$

(۳)  $10\text{ S}$

(۴)  $20\text{ S}$

در شکل زیر سیم  $AB$  بین قطب‌های آهنربای نعلی شکل قرار گرفته است. وقتی کلید  $k$  باز است، ترازو عدد  $F_1$  و اگر کلید  $k$  را ببندیم، ترازو عدد  $F_2$  را نمایش می‌دهد. کدام گزینه، مقایسه‌ی درستی بین عددهای  $F_1$  و  $F_2$  را نشان می‌دهد؟



(۱)  $F_2 > F_1$

(۲)  $F_2 < F_1$

(۳)  $F_2 = F_1$

(۴) نمی‌توان اظهار نظر قطعی کرد.

بر طول  $L$  از سیم راستی که دارای جریان  $I$  است و در حالتی که عمود بر خطوط میدان مغناطیسی یکنواخت  $B$  است، نیروی مغناطیسی به بزرگی  $F$  وارد می‌شود. اندازه میدان مغناطیسی را چقدر تغییر دهیم تا اگر جهت سیم با جهت خط‌های میدان مغناطیسی زاویه  $30^\circ$  درجه بسازد، با همان جریان و به طول  $\frac{2}{3}L$  از سیم، نیروی مغناطیسی به بزرگی  $4F$  وارد شود؟

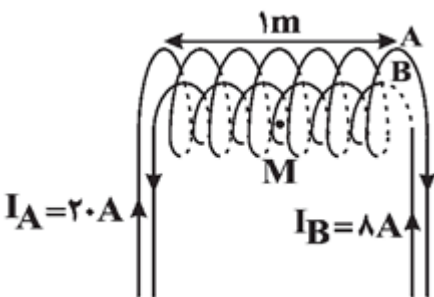
(۲)  $12B$

(۱)  $3B$

(۴)  $9B$

(۳)  $11B$

در شکل زیر دو سیمولوله هم‌محور  $A$  و  $B$  دارای طول برابر هستند. اگر تعداد دور سیمولوله  $A$  برابر با  $100$  و تعداد دور سیمولوله  $B$  برابر  $125$  باشد، بزرگی میدان مغناطیسی برآیند در نقطه  $M$  روی محور اصلی مشترک سیمولوله‌ها چند گاوس و در چه جهتی است؟ ( $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\text{ T.m/A}$ )



(۱)  $12\pi$  و  $\rightarrow$

(۲)  $12\pi$  و  $\leftarrow$

(۳)  $4\pi$  و  $\rightarrow$

(۴)  $4\pi$  و  $\leftarrow$

از سیمی به طول  $d$  یک سیمولوله به طول  $15\text{ cm}$  درست می‌کنیم که شعاع هر حلقه‌اش  $1\text{ cm}$  باشد و از آن جرابی به شدت  $1/5\text{ A}$  عبور می‌دهیم. بزرگی میدان مغناطیسی روی محور اصلی سیمولوله  $2$  میلی‌تسلا می‌شود. طول اولیه سیم چند متر بوده است؟ ( $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\text{ T.m/A}$ )

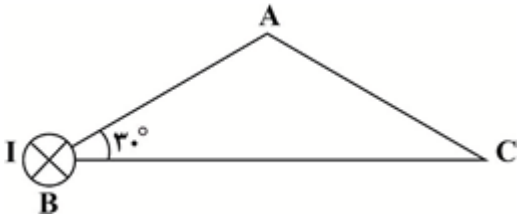
(۲)  $5$

(۱)  $1$

(۴)  $20$

(۳)  $10$

۳۲ مطابق شکل زیر، جریان الکتریکی درون سوی I، عمود بر صفحه از رأس B واقع در مثلث ABC می‌گذرد. با جابه‌جایی این سیم به وسط ضلع BC، جهت بردار میدان مغناطیسی این سیم در رأس A چند درجه تغییر می‌کند؟ ( $\overline{AB} = \overline{AC}$ )



(۱) ۳۰

(۲) ۴۵

(۳) ۶۰

(۴) ۹۰

۳۳ سیمولهای آرمانی را از وسط نصف و جریان عبوری از آن را ۲۰ درصد کاهش می‌دهیم. اندازه میدان مغناطیسی روی محور این سیمولها چگونه تغییر می‌کند؟

(۲) ۱۰ درصد کاهش می‌یابد.

(۱) ۲۰ درصد کاهش می‌یابد.

(۴) تغییری نمی‌کند.

(۳) ۴۰ درصد کاهش می‌یابد.

۳۴ سیمی به قطر مقطع ۱ mm و طول ۱۲/۵۶ متر را که مقاومت ویژه آن  $10^{-8} \Omega \cdot m$  است، به شکل سیمولهای درآورده‌ایم که در هر سانتی‌متر طولش ۴ حلقه دارد. برای ایجاد میدان مغناطیسی  $6/28 \text{ G}$  درون این سیمولها آن را به باتری ایده‌آلی با نیروی محرکه چند ولت باید متصل کرد؟ ( $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m}/\text{A}$  و  $\pi = 3/14$ )

(۲) ۱/۲۵

(۱) ۵

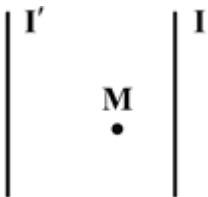
(۴) ۶/۲۸

(۳) ۴

۳۵ سیمی به طول ۲۴ متر را به شکل سیمولهای که قطر هر حلقه آن ۴ cm است درمی‌آوریم و از آن جریان ۵/۰ آمپر می‌گذرد. اگر حلقه‌ها بدون فاصله در کنار یکدیگر پیچیده شده باشند و قطر سیم ۱ mm باشد، بزرگی میدان مغناطیسی در درون سیمولها چند گاوس است؟ ( $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m}/\text{A}$ )

(۲)  $4\pi$ (۱)  $2\pi$ (۴)  $8\pi$ (۳)  $\pi$ 

۳۶ دو سیم موازی، مستقیم و دراز حامل جریان مطابق شکل زیر در صفحه کاغذ قرار دارند. اگر میدان مغناطیسی برآیند حاصل از جریان عبوری از این دو سیم در نقطه M صفر باشد، جهت جریان دو سیم و همچنین نوع نیروی میان آن‌ها چگونه است؟



(۱) خلاف جهت - دافعه

(۲) هم‌جهت - دافعه

(۳) خلاف جهت - جاذبه

(۴) هم‌جهت - جاذبه

۳۷ از سیمی به طول L، سیمولهای بدون هسته‌ای به طول ۶ cm می‌سازیم و جریان ۵ A از آن عبور می‌دهیم. اگر شعاع هر حلقه سیمولها ۲ cm و اندازه میدان مغناطیسی در داخل سیمولها و روی محور اصلی آن ۰/۰۱ T باشد، L چند متر است؟ ( $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m}/\text{A}$ )

(۲) ۱۲۰۰

(۱) ۱۲

(۴) ۶۰۰

(۳) ۶

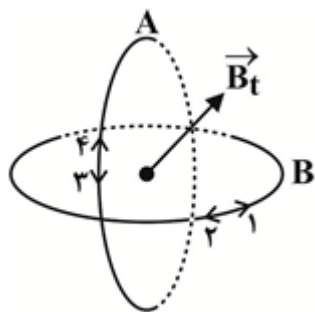
۳۸ سیمولهای دارای N حلقه و طول L است. زمانی که این سیمولها را به اختلاف‌پتانسیل V وصل می‌کنیم، اندازه میدان مغناطیسی روی محور اصلی آن B می‌شود. اگر این سیمولها را به ۶ قسمت مساوی تقسیم کنیم و یکی از قسمت‌ها را به همان اختلاف‌پتانسیل متصل کنیم، اندازه میدان روی محور اصلی آن چند B می‌شود؟

(۲) ۶

(۱) ۳

(۴)  $\frac{1}{6}$ (۳)  $\frac{1}{3}$

مطابق شکل زیر، دو حلقه هم‌مرکز حامل جریان به صورت عمود بر هم درون هم قرار گرفته‌اند. اگر بردار میدان مغناطیسی برآیند دو حلقه در مرکز آن‌ها به صورتی باشد که در شکل نشان داده شده، جهت جریان حلقه‌های A و B به ترتیب از راست به چپ مطابق کدام گزینه است؟



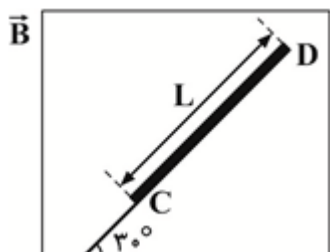
(۱) ۱ و ۳

(۲) ۲ و ۳

(۳) ۱ و ۴

(۴) ۲ و ۴

مطابق شکل زیر، از میله فلزی همگنی به طول  $L$ ، قطر مقطع  $1\text{ cm}$  و چگالی  $8\text{ g/cm}^3$  که بر روی صفحه افقی بزرگ و بدون اصطکاکی به حالت سکون قرار گرفته است، جریان الکتریکی به بزرگی  $4\text{ A}$  از C به D عبور می‌کند. اگر در تمامی فضای این صفحه میدان مغناطیسی یکنواخت و برون‌سویی به بزرگی  $1/2 \times 10^{-2}$  تسلا برقرار شود، اندازه شتاب افقی حرکت میله بر سطح افقی در اثر نیروی مغناطیسی وارد بر آن چند متر بر مجذور ثانیه است؟ ( $\pi \simeq 3$ )



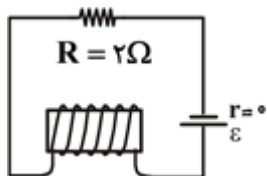
(۱) ۰/۲

(۲) ۰/۴

(۳) ۰/۸

(۴) می‌بایست طول میله فلزی ( $L$ ) معلوم باشد.

در شکل زیر توان مصرفی مقاومت  $R$  برابر با ۸ وات است. اگر سیم‌لوله در هر متر ۳۰ دور حلقه داشته باشد، بزرگی میدان مغناطیسی داخل سیم‌لوله آرمانی و روی محور اصلی آن چند تسلا است؟ ( $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\text{ T.m/A}$ )

(۱)  $2/4\pi \times 10^{+5}$ (۲)  $2/4\pi \times 10^{-5}$ (۳)  $9/6\pi \times 10^{-5}$ (۴)  $9/6\pi \times 10^{+5}$ 

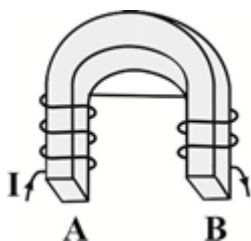
یک پروتون و یک الکترون هر دو با سرعت ثابت و یکسان درون یک سیم‌لوله بدون جریان و به موازات محور اصلی آن در حال حرکت‌اند. اگر دو سر سیم‌لوله را به یک باتری وصل کرده و سرعت پروتون را در این حالت با  $v$  و سرعت الکترون را با  $v'$  نشان دهیم، کدام گزینه صحیح است؟

(۱)  $v > v'$ (۲)  $v' > v$ 

(۳) نمی‌توان اظهار نظر قطعی کرد.

(۴)  $v = v'$ 

مطابق شکل زیر روی یک هسته U شکل، سیم‌پیچی شده است و از آن جریان  $I$  می‌گذرد. هر یک از دو انتهای A و B به ترتیب از راست به چپ قطب‌های ..... و ..... هستند.



(۱) S و S

(۲) N و S

(۳) N و N

(۴) S و N



سیمولوله‌ای دارای مقاومت  $R$  به باتری ایده‌آلی متصل است. اگر سیمولوله را نصف کنیم و یک نصف آن را مجدداً به همان باتری متصل کنیم، اندازه میدان مغناطیسی درون سیمولوله نسبت به حالت اول چگونه تغییر می‌کند؟

۴۴

۱ (۲)

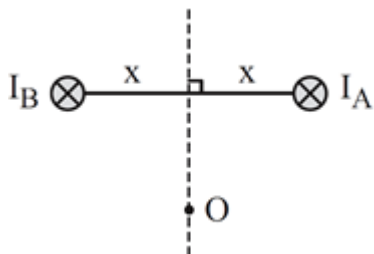
(۱)  $\frac{1}{2}$ 

۴ (۴)

(۳) ۲

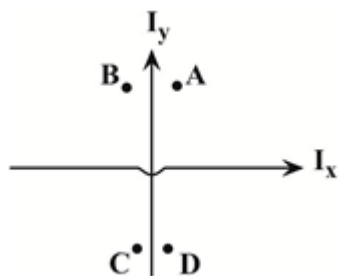
باتوجه به جهت جریان در دو سیم بلند و موازی  $A$  و  $B$ ، میدان مغناطیسی برآیند حاصل از جریان‌های آن‌ها در نقطه  $O$  به کدام سمت است؟ (  $I_A = I_B$  )

۴۵

(۱)  $\uparrow$ (۲)  $\downarrow$ (۳)  $\rightarrow$ (۴)  $\leftarrow$ 

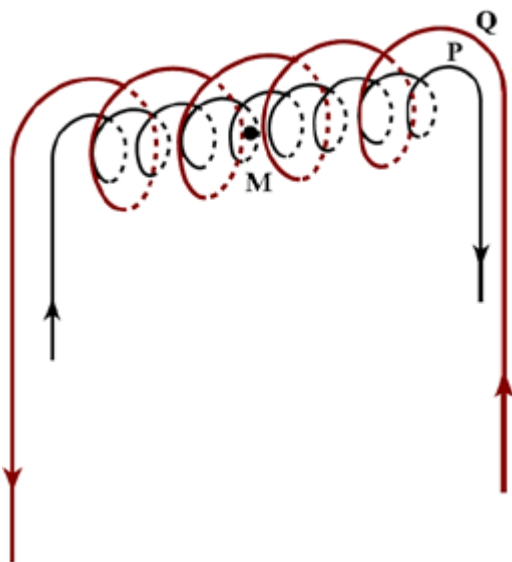
مطابق شکل زیر، دو سیم حامل جریان  $I_x$  و  $I_y$  تشکیل محور مختصات داده‌اند. در کدام نقطه امکان صفر شدن میدان‌های مغناطیسی وجود دارد؟

۴۶

(۱)  $D$  و  $A$ (۲)  $C$  و  $B$ (۳)  $C$  و  $A$ (۴)  $D$  و  $B$ 

در شکل زیر دو سیمولوله  $P$  و  $Q$  به طول  $157\text{ cm}$  طوری قرار دارند که محور اصلی آن‌ها بر هم منطبق است. اگر جریان الکتریکی  $1\text{ A}$  از هر یک از سیمولوله‌ها بگذرد و تعداد دور سیمولوله‌های  $P$  و  $Q$  به ترتیب برابر با  $200$  و  $300$  دور باشد، برآیند میدان‌های مغناطیسی ناشی از جریان دو سیمولوله در نقطه  $M$  روی محور اصلی مشترک دو سیمولوله چند تسلا است؟ (  $\pi = 3/14$  و  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\text{ T.m/A}$  )

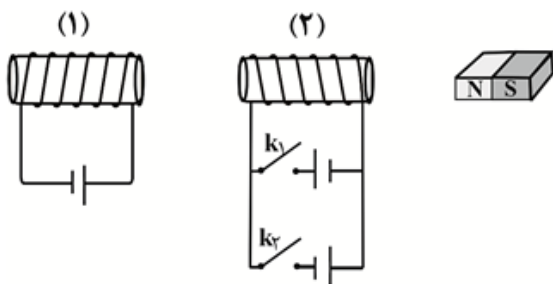
۴۷

(۱)  $8 \times 10^{-5}$ (۲)  $24 \times 10^{-5}$ (۳)  $16 \times 10^{-4}$ (۴)  $4 \times 10^{-4}$ 

در شکل زیر، بعد از بستن کلید ..... سیمولوله (۲)، سیمولوله (۱) را جذب می‌کند و در این حالت آهنربا ..... می‌شود.

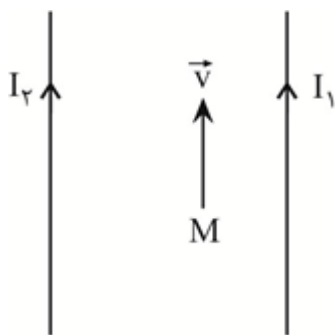
۴۸

(۱)  $k_1$  - جذب(۲)  $k_1$  - دفع(۳)  $k_2$  - جذب(۴)  $k_2$  - دفع



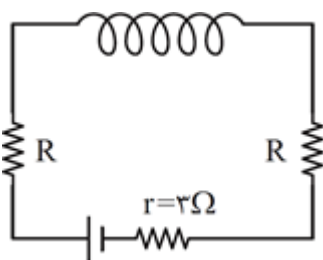
در شکل زیر، اندازه میدان مغناطیسی ناشی از دو سیم راست و موازی (۱) و (۲) که در صفحه کاغذ قرار دارند، در نقطه M در صفحه کاغذ به ترتیب برابر با  $5 \times 10^{-5} \text{ T}$  و  $7 \times 10^{-5} \text{ T}$  است. ذره‌ای با بار الکتریکی  $q = -2 \mu\text{C}$  و تندی  $10^6 \text{ m/s}$  از نقطه M بین سیم‌ها و موازی آنها شلیک می‌شود. اندازه نیرویی که در نقطه M بر این ذره وارد می‌شود، چند نیوتن و جهت آن به کدام سمت است؟

۴۹

(۱)  $2/4 \times 10^{-6}$ ، راست(۲)  $4 \times 10^{-7}$ ، راست(۳)  $2/4 \times 10^{-6}$ ، چپ(۴)  $4 \times 10^{-7}$ ، چپ

در شکل زیر طول سیم‌لوله  $20 \text{ cm}$  و بزرگی میدان مغناطیسی روی محور اصلی و درون آن  $24 \text{ G}$  است و سیم‌لوله  $200$  حلقه دارد. اگر مقاومت سیم‌لوله ناچیز و توان مفید مولد بیشینه باشد، نیروی محرکه مولد چند ولت است؟ ( $\mu_0 = 12 \times 10^{-7} \text{ T.m/A}$ )

۵۰



(۱) ۶

(۲) ۹

(۳) ۱۲

(۴) ۱۸

کدامیک از گزینه‌های زیر صحیح نیست؟

۵۱

(۱) تنها منشأ خاصیت مغناطیسی اتم، چرخش الکترون به دور هسته است.

(۲) در برخی از مواد مغناطیسی، دوقطبی‌های مغناطیسی کوچک خودبه‌خود با دوقطبی‌های مجاور خود هم‌جهت می‌شوند. به این‌گونه مواد فرومغناطیس گفته می‌شود.

(۳) مواد فرومغناطیس نرم برای ساختن آهنرباهای الکتریکی (غیر دائم) مناسب‌اند.

(۴) مواد پارامغناطیس در میدان‌های مغناطیسی قوی تا حدودی خاصیت مغناطیسی موقت پیدا می‌کنند.

کدام گزینه در مورد یک ماده فرومغناطیس نرم صحیح است؟

۵۲

(۱) حجم حوزه‌های مغناطیسی در آن به‌سختی تغییر می‌کند.

(۲) اگر در میدان مغناطیسی قرار بگیرد، به‌سختی آهنربا می‌شود.

(۳) فاقد حوزه‌های مغناطیسی است و تک‌قطبی‌های آن به‌صورت مجزا سمت‌گیری دارند.

(۴) اگر در میدان مغناطیسی قرار گیرد، به‌راحتی سریع آهنربا می‌شود.

در کدام گزینه تمام موارد نام برده شده جزء مواد پارامغناطیس هستند؟

- (۱) اورانیم، پلاتین، آلومینیم  
(۲) سدیم، اکسیژن، سرب  
(۳) مس، نقره، بیسموت  
(۴) آهن، نیکل، کبالت

کدام گزاره درباره مواد مغناطیسی نادرست است؟

- (۱) ماده فرومغناطیس نرم به سختی خاصیت آهنربایی را از دست می‌دهد.  
(۲) مواد پارامغناطیسی فقط در میدان‌های مغناطیسی قوی آهنربا می‌شوند.  
(۳) مواد فرومغناطیس نرم به سهولت آهنربا شده و به سهولت هم این خاصیت را از دست می‌دهند.  
(۴) در یک ماده فرومغناطیس سخت، بعد از حذف میدان، خاصیت مغناطیسی برای مدت طولانی باقی می‌ماند.

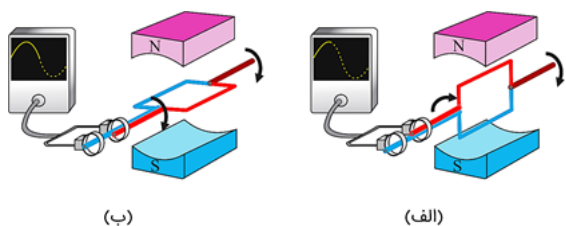
کدامیک از موارد زیر در مواد فرومغناطیس و پارامغناطیس مشترک است؟

- (۱) داشتن دوقطبی‌های مغناطیسی  
(۲) داشتن حوزه‌های مغناطیسی  
(۳) آهنربا شدن تحت تأثیر میدان خارجی با هر شدت دلخواه  
(۴) همه موارد فوق

مواد ..... مانند ..... خاصیت مغناطیسی دارند اما دوقطبی‌های وابسته به آن‌ها، به‌طور کاتوره‌ای سمت‌گیری کرده‌اند و در حالت عادی میدان مغناطیسی خالص ایجاد نمی‌کنند.

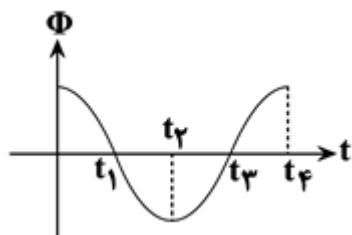
- (۱) فرومغناطیس - پلاتین  
(۲) فرومغناطیس - مس  
(۳) پارامغناطیس - پلاتین  
(۴) پارامغناطیس - مس

مطابق شکل‌های زیر، یک قاب با سرعت زاویه‌ای ثابت در یک میدان مغناطیسی یکنواخت می‌چرخد. اندازه شار عبوری از قاب و اندازه نیروی محرکه القایی دو سر قاب به ترتیب از راست به چپ در کدام شکل بیشینه مقدار خود را دارد؟



- (۱) الف و ب  
(۲) الف و الف  
(۳) ب و الف  
(۴) ب و ب

نمودار شار مغناطیسی برحسب زمان که از یک حلقه می‌گذرد مطابق شکل زیر است. در کدام بازه زمانی نیروی محرکه القایی در حال افزایش و مثبت است؟



- (۱)  $t_1$  تا  $0$   
(۲)  $t_2$  تا  $t_1$   
(۳)  $t_3$  تا  $t_2$   
(۴)  $t_4$  تا  $t_3$

سیمی به طول  $L$  را به شکل قاب مربعی به مساحت  $9 \text{ cm}^2$  درآورده‌ایم و آن را عمود بر خطوط میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی  $500 \text{ G}$  قرار می‌دهیم. اگر همین سیم را به شکل مستطیلی که طول آن  $5 \text{ cm}$  است درآوریم و عمود بر همان میدان مغناطیسی قرار دهیم، شار مغناطیسی عبوری از قاب چند وبر نسبت به حالت اول تغییر می‌کند؟

- (۱)  $2 \times 10^{-4}$  (۲)  $2 \times 10^{-5}$   
(۳)  $2 \times 10^{-2}$  (۴)  $2 \times 10^{-3}$

مساحت یک حلقه مسی  $400$  سانتی‌مترمربع است و مقاومت آن  $0.01 \Omega$  است. سطح حلقه با خط‌های میدان مغناطیسی یکنواخت زاویه  $30^\circ$  درجه می‌سازد. اگر در مدت  $0.2$  ثانیه، بزرگی میدان مغناطیسی بدون تغییر جهت از  $0.6$  تسلا به  $0.3$  تسلا کاهش یابد، جریان القایی متوسط در این مدت چند آمپر است؟

- (۱)  $0.03$  (۲)  $3$   
(۳)  $0.3$  (۴)  $0.003$

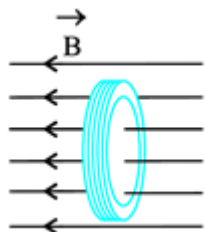
حلقه‌ای به مساحت  $200 \text{ cm}^2$  عمود بر خطوط میدان مغناطیسی یکنواختی که معادله آن در SI به صورت  $B = t^2 + 2t$  است، قرار دارد. اندازه نیروی محرکه القایی متوسطی که در بازه زمانی  $t_1 = 1 \text{ s}$  تا  $t_2 = 3 \text{ s}$  در این حلقه ایجاد می‌شود، چند ولت است؟

- (۱)  $0.24$  (۲)  $0.36$   
(۳)  $0.12$  (۴)  $0.18$

بیشترین شار مغناطیسی گذرنده از حلقه‌ای که درون میدان مغناطیسی یکنواخت  $0.2$  تسلا قرار دارد و حول یکی از قطرهایش که عمود بر خطوط میدان است می‌چرخد،  $4 \times 10^{-3}$  وبر است. مساحت این حلقه چند سانتی‌مترمربع است؟

- (۱)  $25$  (۲)  $50$   
(۳)  $100$  (۴)  $200$

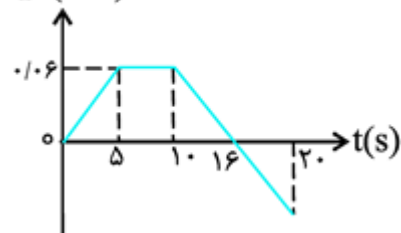
مطابق شکل، سطح پیچه‌ای با  $1000$  دور حلقه عمود بر خط‌های میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی  $0.2$  تسلا قرار دارد که سوی آن از راست به چپ است. اگر میدان مغناطیسی در مدت  $0.1 \text{ s}$  به  $0.2$  تسلا در خلاف جهت اولیه برسد، بزرگی نیروی محرکه القایی متوسط در پیچه طی این مدت چند ولت است؟ (مساحت سطح هر پیچه  $50 \text{ cm}^2$  است)



- (۱)  $10$   
(۲)  $0.1$   
(۳)  $20$   
(۴)  $0.2$

نمودار تغییرات شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه برحسب زمان مطابق شکل زیر است. بزرگی نیروی محرکه القایی متوسط در حلقه در بازه زمانی  $10$  تا  $20$  ثانیه چند میلی‌ولت است؟

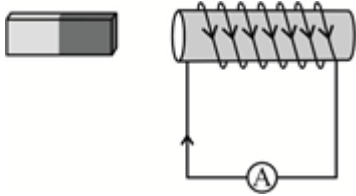
$\Phi$  (Wb)



- (۱)  $0.01$   
(۲)  $0.02$   
(۳)  $20$   
(۴)  $10$

شاری که از یک حلقه بسته می‌گذرد،  $0.4$  وبر تغییر می‌کند. اگر مقاومت حلقه  $2 \Omega$  باشد، چند کولن بار الکتریکی در حلقه، جریان یافته است؟

- (۱)  $0.2$  (۲)  $0.4$   
(۳)  $20$  (۴)  $40$



در شکل زیر باتوجه به جهت جریان القایی در سیملوله، کدام گزینه درست است؟

۶۶

(۱) آهنربا از طرف قطب S به سیملوله نزدیک شده است.

(۲) آهنربا از طرف قطب N به سیملوله نزدیک شده است.

(۳) آهنربا از طرف قطب S از سیملوله دور شده است.

(۴) گزینه‌های "۲" و "۳" صحیح هستند.

شار عبوری از یک حلقه در مدت ۳ میلی‌ثانیه از  $\Phi_1$  به  $\Phi_2$  تغییر کرده و نیروی محرکه القایی متوسط به بزرگی  $20\text{ V}$  ایجاد می‌کند.  $\Phi_1$  و  $\Phi_2$  کدامیک از گزینه‌های زیر برحسب و بر می‌توانند باشند؟

۶۷

$$\Phi_2 = 40 \text{ و } \Phi_1 = 20 \quad (۲)$$

$$\Phi_2 = 0/04 \text{ و } \Phi_1 = 0/02 \quad (۱)$$

$$\Phi_2 = 4 \text{ و } \Phi_1 = -2 \quad (۴)$$

$$\Phi_2 = 0/04 \text{ و } \Phi_1 = -0/02 \quad (۳)$$

حلقه مسطحی در یک میدان مغناطیسی به صورتی قرار گرفته که نصف بیشینه شار قابل عبور، از آن می‌گذرد. در این حالت سطح این حلقه نسبت به خطوط میدان مغناطیسی چه وضعیتی دارد؟

۶۸

(۲) با آن زاویه  $30^\circ$  می‌سازد.

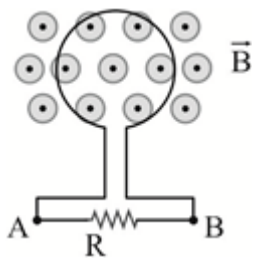
(۱) به آن عمود است.

(۴) با آن زاویه  $60^\circ$  می‌سازد.

(۳) با آن موازی است.

شکل زیر، سطح یک حلقه فلزی را عمود بر خطوط یک میدان مغناطیسی که اندازه آن متغیر است، در لحظه  $t = 0$  نشان می‌دهد. اگر معادله شار مغناطیسی‌ای که از حلقه می‌گذرد در SI، به صورت  $\Phi = t^2 - 16$  باشد، جهت جریان القایی در مقاومت  $R$  در لحظه  $t = 2\text{ s}$  چگونه است و در ثانیه دوم بزرگی نیروی محرکه القایی متوسط چند ولت است؟

۶۹



(۱) از A به B، ۳

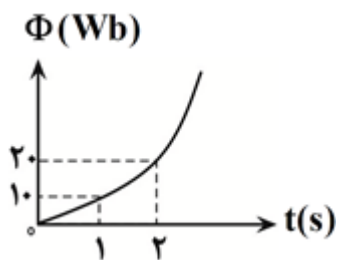
(۲) از B به A، ۱۲

(۳) از B به A، ۳

(۴) از A به B، ۱۲

نمودار شار عبوری از یک پیچیده بسته با ۱۰ دور سیم و مقاومت  $20\ \Omega$  مطابق شکل زیر است. مقدار بار عبوری از یک مقطع مدار در اثر القای الکترومغناطیسی در مدار در ثانیه دوم برابر با چند میکروکولن است؟

۷۰



(۱) ۵

(۲)  $5 \times 10^6$

(۳) ۱

(۴)  $1 \times 10^6$

خطهای میدان مغناطیسی  $\vec{B} = 0/3\vec{i} + 0/4\vec{j}$  (در SI) بر سطح حلقه‌ای به شکل مستطیل به ابعاد  $5\text{ cm} \times 4\text{ cm}$  عمود است. شار مغناطیسی گذرنده از این حلقه چند میلی‌وبر است؟

۷۱

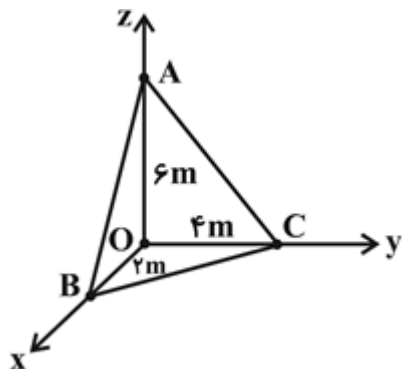
(۲) ۱

(۱) ۰/۴

(۴) ۰/۶

(۳) ۱/۴

در شکل زیر، صفحه ABC در یک میدان مغناطیسی به بزرگی  $۲\text{ T}$  که در امتداد محور xها است، قرار دارد. شار مغناطیسی گذرنده از سطح ABC چند وبر است؟



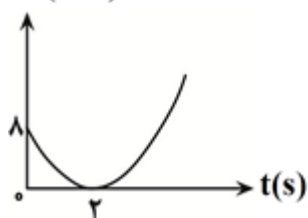
(۱) ۸

(۲) ۱۲

(۳) ۱۵

(۴) ۲۴

نمودار شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه برحسب زمان به صورت سهمی زیر است. نیروی محرکه القایی متوسط در دو ثانیه دوم چند ولت است؟

 $\Phi(\text{Wb})$ 

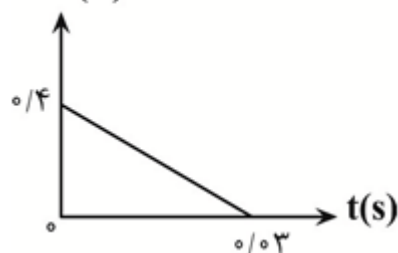
(۱) ۲

(۲) ۴

(۳) -۴

(۴) -۲

سیمی با مقاومت الکتریکی  $۰/۱\text{ اهم}$  و طول  $۱۲۰\text{ cm}$  به شکل مربعی به ضلع  $۱۰\text{ cm}$  درآورده شده است. سطح این مربع عمود بر میدان مغناطیسی‌ای است که اندازه آن برحسب زمان مطابق نمودار زیر تغییر می‌کند. اندازه جریان القایی متوسط درون آن در بازه زمانی  $t = ۰$  تا  $t = ۰/۰۲$  چند آمپر می‌شود؟

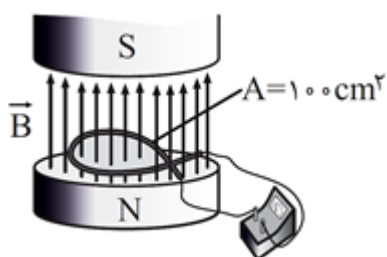
 $B(\text{T})$ (۱)  $\frac{۴}{۳}$ 

(۲) ۰/۴

(۳) ۴

(۴)  $\frac{۲}{۱۵}$ 

مطابق شکل، میدان مغناطیسی بین قطب‌های آهنربای الکتریکی بر سطح حلقه عمود است و بزرگی آن در مدت  $۱۵۰\text{ ms}$  از  $۱۵۰\text{ mT}$  روبه‌بالا به  $۳۰۰\text{ mT}$  روبه‌پایین می‌رسد. در این مدت نیروی محرکه القایی متوسط در حلقه چند میلی‌ولت می‌شود؟



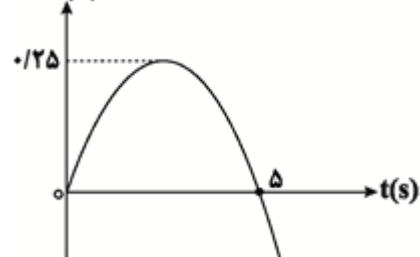
(۱) ۳۰

(۲) ۱۵

(۳) ۱۰

(۴) ۵

نمودار تغییرات میدان مغناطیسی برحسب زمان که خط‌های آن بر یک قاب مستطیل‌شکل به مساحت  $۲۰۰$  سانتی‌مترمربع عمود است، مطابق سهمی شکل زیر است. اگر مقاومت قاب  $۲\text{ اهم}$  باشد، توان مصرفی قاب در لحظه  $t = ۲\text{ s}$  چند وات است؟

 $B(\text{T})$ (۱)  $۳/۲ \times ۱۰^{-۶}$ (۲)  $۳/۲ \times ۱۰^{-۷}$ (۳)  $۲/۴ \times ۱۰^{-۳}$ (۴)  $۶/۴ \times ۱۰^{-۷}$

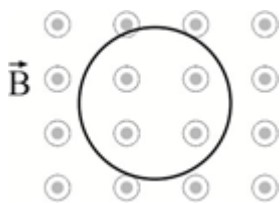
معادله شار عبوری از یک حلقه برحسب زمان در SI به صورت  $\Phi = (-t^2 + 5t - 6) \times 10^{-3}$  است. بزرگی نیروی محرکه القایی متوسط در کدام بازه زمانی زیر بزرگتر است؟

- (۱) (۳ s, ۵ s) (۲) (۲/۵ s, ۴/۵ s)  
(۳) (۱/۵ s, ۵/۵ s) (۴) (۳ s, ۴ s)

پیچه‌ای را درون میدان مغناطیسی یکنواختی قرار می‌دهیم. چه تعداد از موارد زیر، تأثیری در اندازه شار مغناطیسی عبوری از این پیچه ندارد؟ شعاع حلقه‌های پیچه - زاویه بین سطح پیچه و خط‌های میدان مغناطیسی - تعداد حلقه‌های پیچه - مدت زمانی که پیچه در میدان قرار می‌گیرد.

- (۱) صفر (۲) یک مورد  
(۳) دو مورد (۴) سه مورد

مطابق شکل زیر، سطح حلقه‌ای به مساحت  $25 \text{ cm}^2$  و مقاومت  $5 \Omega$  بر خط‌های میدان مغناطیسی یکنواخت برون‌سویی عمود است. اگر بزرگی میدان مغناطیسی بدون تغییر جهت در مدت  $0.2 \text{ s}$  از  $0.5 \text{ T}$  به  $0.3 \text{ T}$  برسد، اندازه جریان القایی متوسط ایجاد شده در حلقه چند میلی‌آمپر و در چه جهتی است؟



- (۱) ۵، پادساعت‌گرد  
(۲) ۵۰، ساعت‌گرد  
(۳) ۵، ساعت‌گرد  
(۴) ۵۰، پادساعت‌گرد

نیم‌خط عمود بر یک صفحه دایره‌ای به شعاع  $0.5 \text{ m}$  موازی محور xها قرار دارد و در میدان مغناطیسی  $\vec{B} = 4\vec{i} + 3\vec{j} \text{ (T)}$  قرار گرفته است. شار مغناطیسی عبوری از این صفحه تقریباً چند وبر است؟ ( $\pi \approx 3$ )

- (۱) ۳/۷۵ (۲) ۲/۲۵  
(۳) ۳ (۴) ۵/۲۵

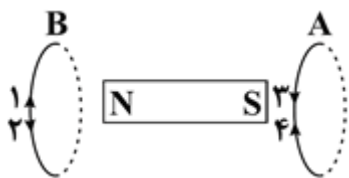
پیچه‌ای با ۱۰۰ دور، عمود بر یک میدان مغناطیسی به بزرگی  $100 \text{ G}$  قرار دارد. اگر این حلقه کشیده شود و در مدت  $0.05 \text{ s}$  مساحت آن ۲۰ درصد کاهش یابد، نیروی محرکه القایی متوسطی برابر با  $80 \text{ mV}$  در آن القا می‌شود. مساحت اولیه این حلقه برحسب سانتی‌متر مربع کدام است؟

- (۱) ۵۰ (۲) ۵۰۰  
(۳) ۲۰ (۴) ۲۰۰

سیمی به طول ۲۰۰ متر را به صورت پیچه‌ای مسطح با ۱۰۰ دور درآورده‌ایم. مقاومت الکتریکی این سیم  $2/5 \Omega$  است و آن را طوری درون میدان مغناطیسی یکنواختی قرار می‌دهیم که سطح پیچه با خط‌های میدان زاویه  $30^\circ$  درجه بسازد. اگر میدان مغناطیسی با آهنگ  $0.75 \text{ T/s}$  تغییر کند، اندازه جریان القایی ایجاد شده در سیم چند آمپر می‌شود؟ ( $\pi \approx 3$ )

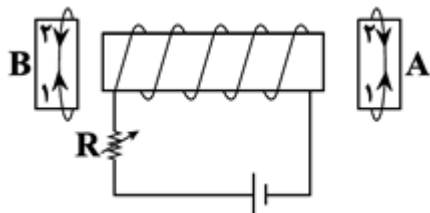
- (۱)  $25\sqrt{3}$  (۲)  $5\sqrt{3}$   
(۳) ۲۵ (۴) ۵

در شکل زیر، با حرکت آهنربا به طرف راست، جریان القایی در حلقه‌های A و B، به ترتیب از راست به چپ کدام است؟



- (۱) ۳ و ۲ (۲) ۳ و ۱  
(۳) ۴ و ۲ (۴) ۴ و ۱

در شکل زیر، مقاومت  $R$  را به تدریج افزایش می‌دهیم. در هنگام افزایش مقاومت الکتریکی، جریان‌های القایی در حلقه‌های A و B به ترتیب از راست به چپ در کدام جهت نشان داده خواهند شد؟



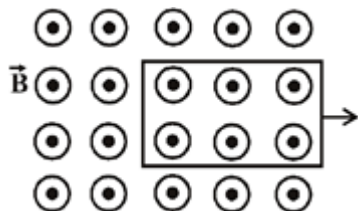
(۱) (۲) و (۲)

(۲) (۲) و (۱)

(۳) (۱) و (۲)

(۴) (۱) و (۱)

مطابق شکل زیر، حلقه مستطیلی را که ابتدا به‌طور کامل در فضای میدان مغناطیسی  $\vec{B}$  قرار دارد، به‌طرف راست می‌کشیم و از میدان مغناطیسی برون‌سو خارج می‌کنیم. جهت جریان القایی در حلقه مستطیلی کدام است؟



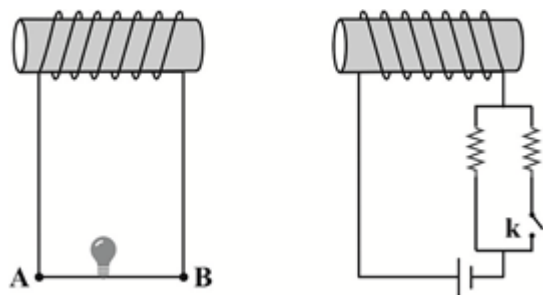
(۱) ساعت‌گرد

(۲) پادساعت‌گرد

(۳) ابتدا ساعت‌گرد و سپس پادساعت‌گرد

(۴) ابتدا پادساعت‌گرد و سپس ساعت‌گرد

در شکل زیر، با بستن کلید k، جهت جریان القایی عبوری از لامپ از ..... است و با گذشت زمان نور این لامپ .....



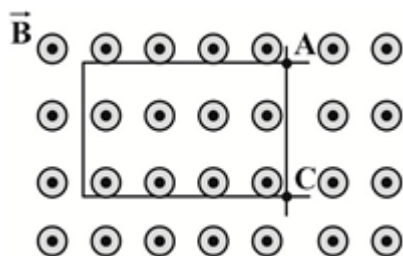
(۱) A به B - کاهش می‌یابد.

(۲) A به B - ثابت می‌ماند.

(۳) B به A - کاهش می‌یابد.

(۴) B به A - ثابت می‌ماند.

شکل زیر مدار بسته تک‌حلقه‌ای را نشان می‌دهد که از رسانای ساکن U شکل و سیم راست و لغزنده AC ساخته شده است. مدار در میدان مغناطیسی یکنواخت برون‌سوی  $\vec{B}$  قرار دارد. در لحظاتی که سیم AC را به‌طرف راست حرکت دهیم، جریان القایی در مدار ..... و نیروی مغناطیسی‌ای که میدان برون‌سوی  $\vec{B}$  به سیم AC وارد می‌کند به‌طرف ..... است.



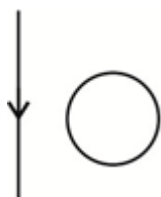
(۱) ساعت‌گرد - راست

(۲) ساعت‌گرد - چپ

(۳) پادساعت‌گرد - راست

(۴) پادساعت‌گرد - چپ

در شکل زیر اگر جریان گذرا از سیم راست و بلند کاهش یابد، جهت جریان القایی در حلقه رسانا، ..... است و اگر جریان I ثابت بماند و حلقه رسانا را به‌سمت راست حرکت دهیم، جهت جریان القایی در حلقه ..... می‌شود.



(۱) ساعت‌گرد، ساعت‌گرد

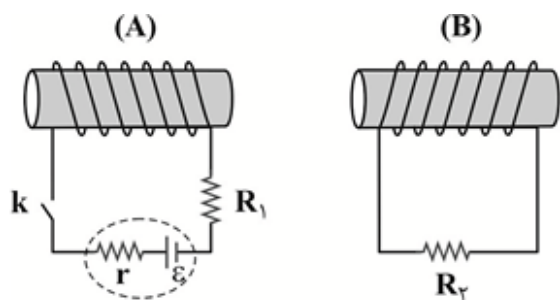
(۲) ساعت‌گرد، پادساعت‌گرد

(۳) پادساعت‌گرد، ساعت‌گرد

(۴) پادساعت‌گرد، پادساعت‌گرد



مطابق شکل زیر در کدام حالت یا حالت‌ها جریان القایی در مقاومت  $R_2$  به سمت راست است؟



حالت ۱: لحظه وصل کلید

حالت ۲: هنگامی که کلید وصل است، مقاومت  $R_1$  کاهش یابد.

حالت ۳: هنگامی که کلید وصل است، سیم‌لوله B به سمت راست حرکت کند.

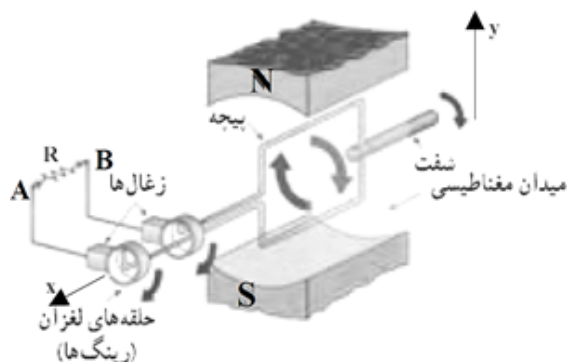
(۱) حالت ۳

(۲) حالت ۱ و ۲

(۳) حالت ۱ و ۳

(۴) حالت ۲ و ۳

شکل زیر پیچ‌های را نشان می‌دهد که در میدان مغناطیسی یک‌نواخت حول محور X می‌چرخد. در این لحظه که سطح قاب موازی خطوط میدان مغناطیسی است، جریان عبوری از مقاومت R از ..... به ..... است و بزرگی جریان عبوری از مقاومت پس‌از این لحظه ..... می‌یابد.



(۱) A, B, کاهش

(۲) B, A, کاهش

(۳) A, B, افزایش

(۴) B, A, افزایش

در چند مورد جهت جریان القایی  $I'$  در حلقه و سیم‌لوله رسم شده است؟

(الف) ب)

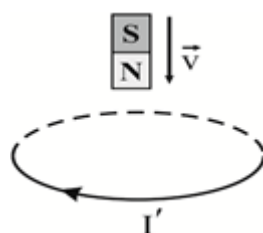
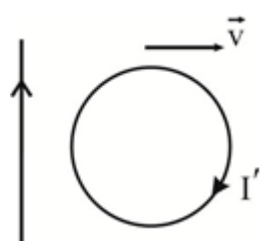
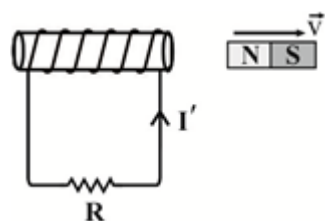
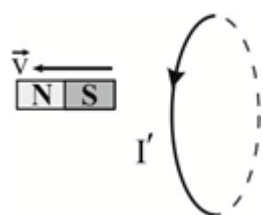
(پ) ت)

(۱) ۱

(۲) ۲

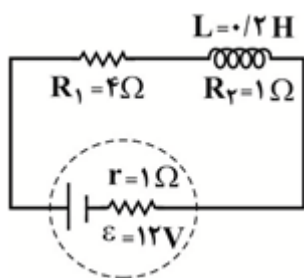
(۳) ۳

(۴) صفر



در مدار شکل زیر، انرژی ذخیره شده در سیملوله چند ژول است؟

۹۲



(۱) ۰/۴

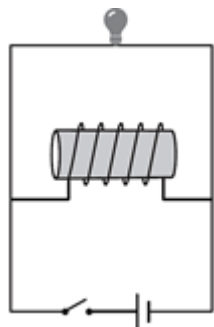
(۲) ۰/۲

(۳) ۴

(۴) ۲

در مدار شکل زیر با اتصال کلید، لامپ ..... و پس از مدتی با قطع کلید، لامپ ..... (مقاومت القاگر ناچیز است)

۹۳



(۱) فوراً روشن و با گذشت زمان خاموش می شود - به مرور زمان خاموش می شود.

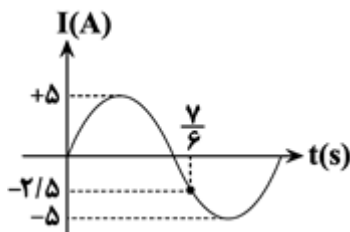
(۲) فوراً روشن می شود و با گذشت زمان نور آن تغییری نمی کند - به مرور زمان خاموش می شود.

(۳) فوراً روشن و با گذشت زمان خاموش می شود - فوراً خاموش می شود.

(۴) فوراً روشن می شود و با گذشت زمان نور آن تغییری نمی کند - فوراً خاموش می شود.

باتوجه به نمودار جریان القایی برحسب زمان که برای یک پیچه رسم شده است، در چه لحظه ای برحسب ثانیه برای اولین بار نیروی محرکه القایی به بیشینه مقدار خود می رسد؟

۹۴



(۱) ۱/۴

(۲) ۱/۲

(۳) ۳/۴

(۴) ۲/۳

معادله جریان- زمان یک مولد جریان متناوب در SI به صورت  $I = 0.004 \sin 10\pi t$  است. مقدار جریان در لحظه  $t = \frac{1}{60}$  s چند آمپر است؟

۹۵

(۲) ۰/۰۰۲

(۱) ۰/۰۲

(۴) ۰/۰۰۱

(۳) ۰/۰۱

در انتقال توان الکتریکی، از مبدل ..... در کنار نیروگاه و از مبدل ..... در نزدیکی محل مصرف استفاده می کنیم تا اتلاف توان در خط های انتقال کم شود.

۹۶

(۲) افزایشده - افزایشده

(۱) افزایشده - کاهشده

(۴) کاهشده - کاهشده

(۳) کاهشده - افزایشده

جریان متناوبی با دوره تناوب ۲۰ میلی ثانیه که بیشینه مقدار آن برابر با ۱ A است، از رسانایی با مقاومت الکتریکی ۱۰ Ω می گذرد. اگر در لحظه  $t = 0$  هیچ جریانی از رسانا عبور نکند، در چه لحظه ای برحسب ثانیه، اختلاف پتانسیل دو سر رسانا برای اولین بار برابر با ۵ V می شود؟

۹۷

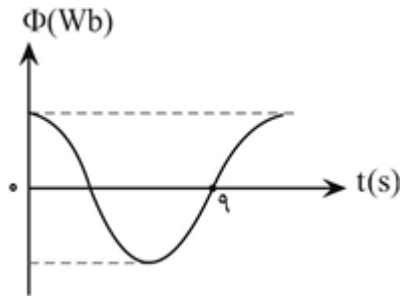
(۲) ۱/۱۰۰

(۱) ۱/۵۰

(۴) ۱/۶۰۰

(۳) ۱/۳۰۰

شکل زیر، نمودار تغییرات شار عبوری از یک پیچه را برحسب زمان نشان می‌دهد. اگر بیشینه شار مغناطیسی عبوری از آن  $36 \text{ mWb}$  باشد، معادله شار عبوری از پیچه در SI کدام است؟



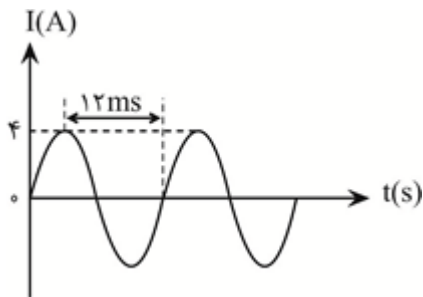
$$(1) \quad 3/6 \times 10^{-2} \cos\left(\frac{\pi}{6}t\right)$$

$$(2) \quad 3/6 \times 10^{-2} \sin\left(\frac{\pi}{6}t\right)$$

$$(3) \quad 36 \cos\left(\frac{\pi}{6}t\right)$$

$$(4) \quad 36 \sin\left(\frac{\pi}{6}t\right)$$

شکل زیر، نمودار جریان متناوبی را نشان می‌دهد که از یک رسانای  $5 \text{ اهمی}$  می‌گذرد. در لحظه  $t = 12 \text{ ms}$ ، اندازه نیروی محرکه القایی چند ولت است و در چه لحظه‌ای برحسب میلی‌ثانیه، جریان برای اولین بار در رسانا بیشینه می‌شود؟



$$(1) \quad \text{صفر، } 3$$

$$(2) \quad \text{صفر، } 4$$

$$(3) \quad 3, 20$$

$$(4) \quad 4, 20$$

از سیملوله‌ای به ضریب القاوری  $0.2 \text{ هانری}$  جریان متناوبی می‌گذرد که معادله آن در SI به صورت  $I = 4 \sin(20\pi t)$  است. در لحظه  $t = \frac{13}{120} \text{ s}$  انرژی ذخیره‌شده در سیملوله چند میلی‌ژول است و تا این مدت چند بار جهت جریان عبوری از سیملوله تغییر کرده است؟

$$(1) \quad 40, \text{ یک بار}$$

$$(2) \quad 40, \text{ دو بار}$$

$$(3) \quad 40\sqrt{3}, \text{ یک بار}$$

$$(4) \quad 40\sqrt{3}, \text{ دو بار}$$

گزینه ۳

۱

هنگامی که یک آهنربای دائمی برای چندین بار و در یک جهت به یک سوزن خیاطی یا سوزن ته‌گرد کشیده شود، سوزن نیز برای مدتی آهنربا می‌شود. اگر این سوزن را توسط ریسمانی از وسط آن بیاویزیم که بتواند آزادانه بچرخد، یک سر آن تقریباً به سوی شمال جغرافیایی قرار می‌گیرد که این سر را قطب N می‌نامند. ولی دقت کنید بعد از مدتی سوزن خاصیت آهنربایی خود را از دست می‌دهد.

ممکن است مفهوم قطب‌های مغناطیسی به نظر مشابه مفهوم بارهای الکتریکی باشد و قطب‌های شمال و جنوب، مشابه بارهای مثبت و منفی به نظر بیاید؛ ولی این مشابهت می‌تواند گمراه‌کننده باشد. بارهای مثبت و منفی مجزا وجود دارند، درحالی‌که هیچ گواهی تجربی بر وجود تک‌قطبی مغناطیسی وجود ندارد، قطب‌های مغناطیسی همواره به صورت زوج ظاهر می‌شوند.

گزینه ۴

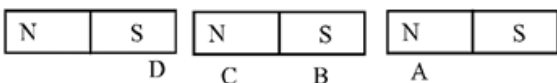
۲

چون با حرکت به سمت مرکز میله B نیروی جاذبه میان دو میله کاهش یافته است، قطعاً میله B آهنربا است (در دو سر آهنربا قدرت آهنربایی بیشتر است) ولی باتوجه به اینکه آهنربا هم میله فلزی و هم قطب ناهمنام آهنربای دیگر را جذب می‌کند، در مورد میله A نمی‌توان نظر داد.

گزینه ۱

۳

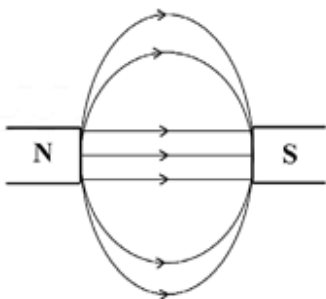
اگر یک آهنربا را به چند قسمت تقسیم کنیم، هریک از قطعه‌ها خود یک آهنربای مستقل خواهد بود. بنابراین اگر یک انتهای هر قطعه مثلاً قطب S باشد، انتهای دیگر آن قطب N خواهد بود و برعکس، بنابراین مطابق شکل قطب‌های آهنرباها مشخص می‌شود.



گزینه ۲

۴

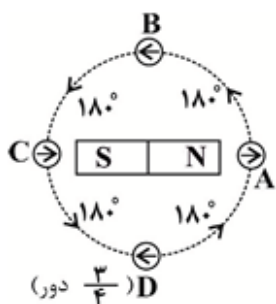
عقربه مغناطیسی همواره در جهت خطوط میدان مغناطیسی در خارج از آهنربا از قطب N خارج و وارد قطب S می‌شوند و باتوجه به یکسان بودن آهنرباها، خطوط میدان دارای تقارن نسبت به دو آهنربا است. با ترسیم خطوط میدان مشخص می‌شود که عقربه مغناطیسی ابتدا قدری در جهت پادساعت‌گرد منحرف می‌شود و در انتها در همان جهت اولیه قرار می‌گیرد.



گزینه ۴

۵

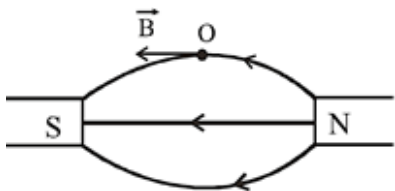
باتوجه به شکل زیر، در جابه‌جایی از A تا B، عقربه  $180^\circ$  و از B تا C نیز  $180^\circ$  درجه و به همین ترتیب هر ربع دایره،  $180^\circ$  می‌چرخد؛ پس در  $\frac{3}{4}$  دور، عقربه به اندازه  $180^\circ \times 3 = 540^\circ$  می‌چرخد.



گزینه ۲

۶

در خارج آهنربا، جهت میدان مغناطیسی از N به S است و در هر نقطه از میدان، بردار میدان مغناطیسی  $\vec{B}$  بر خط میدان مماس است؛ بنابراین  $P'$  قطب N و قطب S آهنربا خواهد بود.



گزینه ۲

۷

نیروی مغناطیسی همواره بر راستای سرعت و میدان مغناطیسی عمود است. همچنین جهت سرعت نیز همواره در جهت حرکت ذره است؛ بنابراین نیروی مغناطیسی وارد بر ذره همواره عمود بر راستای جابه‌جایی ذره است. از این رو مطابق روابط زیر، کار نیروی مغناطیسی برابر با صفر است. همچنین با استفاده از قضیه کار و انرژی جنبشی درمی‌یابیم که انرژی جنبشی ذره تغییری نمی‌کند و سرعت آن ثابت می‌ماند.

$$W = F d \cos(\theta) \xrightarrow{\theta=90^\circ} W = 0$$

$$W = \Delta K \Rightarrow 0 = K_2 - K_1 \Rightarrow K_2 = K_1$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} m v_2^2 = \frac{1}{2} m v_1^2 \Rightarrow v_2 = v_1$$

توجه: زاویه بین سرعت و میدان مغناطیسی هر مقداری می‌تواند باشد، اما نیروی مغناطیسی همواره بر راستای سرعت و میدان مغناطیسی عمود است.

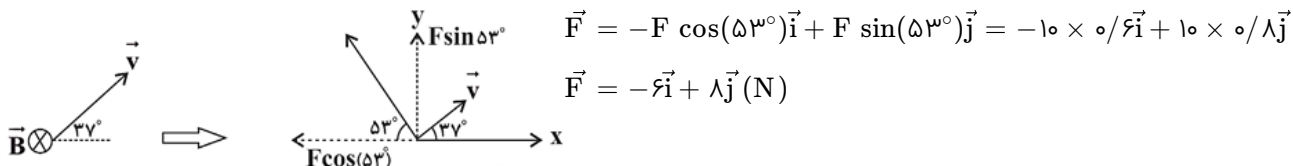
گزینه ۲

۸

ابتدا مطابق رابطه زیر اندازه نیروی وارد بر ذره باردار را محاسبه می‌کنیم. در این رابطه باید توجه داشت که زاویه بین بردار سرعت و میدان مغناطیسی ۹۰ درجه است.

$$F = |q| v B \sin(\theta) = 5 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^8 \times 100 \times 10^{-4} \times 1 = 10 \text{ (N)}$$

باتوجه به قانون دست راست برای نیروی وارد بر ذره باردار درون میدان مغناطیسی، جهت این نیرو عمود بر بردار سرعت و میدان مغناطیسی و مطابق شکل است.

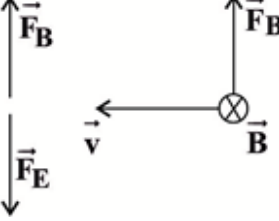


$$\vec{F} = -F \cos(53^\circ) \vec{i} + F \sin(53^\circ) \vec{j} = -10 \times 0.6 \vec{i} + 10 \times 0.8 \vec{j}$$

$$\vec{F} = -6 \vec{i} + 8 \vec{j} \text{ (N)}$$

با عبور الکترون از درون میدان الکتریکی و مغناطیسی، دو نیروی الکتریکی و مغناطیسی به آن وارد می‌شود. برای آنکه ذره بدون انحراف به حرکت خود ادامه دهد باید برآیند نیروهای وارد بر آن صفر شود.

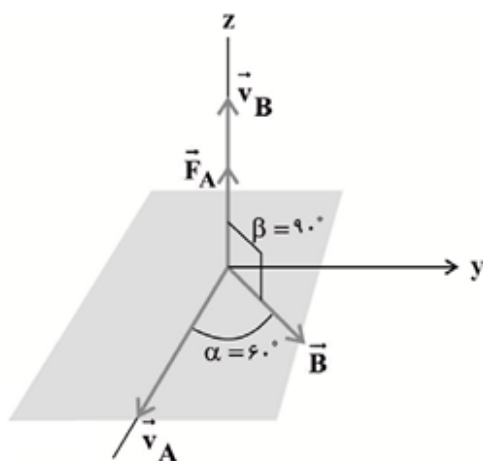
از این رو نیروی الکتریکی و مغناطیسی وارد بر ذره باید یکدیگر را خنثی کنند. جهت نیروی الکتریکی وارد بر ذره باردار منفی در خلاف جهت میدان الکتریکی و به سمت پایین است، بنابراین جهت نیروی مغناطیسی باید در خلاف جهت آن و به سمت بالا باشد. طبق قانون دست راست و باتوجه به جهت میدان مغناطیسی و نیروی مغناطیسی، جهت سرعت (حرکت) الکترون که دارای بار منفی است، باتوجه به گزینه‌ها باید از راست به چپ باشد.



$$F_B = F_E \Rightarrow |q| v B \sin(\theta) = |q| E$$

$$\xrightarrow{\sin(\theta)=1} v B = E \Rightarrow v = \frac{E}{B} = \frac{10^5}{100 \times 10^{-6}} = 10^9 \text{ m/s}$$

زاویه‌ای که راستای حرکت A با بردار میدان می‌سازد را  $\alpha$  می‌نامیم که برابر با  $60^\circ$  درجه است. باتوجه به فرض مسئله مطابق شکل زیر زاویه‌ای که راستای حرکت B با بردار میدان می‌سازد برابر با  $90^\circ$  درجه است؛ این زاویه را  $\beta$  می‌نامیم.



برای مقایسه نیروی مغناطیسی وارد بر دو ذره داریم:

$$F = |q| v B \sin \theta \Rightarrow \frac{F_A}{F_B} = \left| \frac{q_A}{q_B} \right| \times \frac{v_A}{v_B} \times \frac{B}{B} \times \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

با جایگذاری مقادیر داده شده داریم:

$$\frac{F_A}{F_B} = \left| \frac{10 \times 10^{-6}}{5 \times 10^{-9}} \right| \times \frac{20}{10} \times \frac{2}{1} = 2 \times 10^3 \times 2 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 2000\sqrt{3}$$

ابتدا با داشتن بردار میدان مغناطیسی، بزرگی میدان را محاسبه می‌کنیم.

$$\vec{B} = 4\vec{i} + 4\vec{j} \Rightarrow |\vec{B}| = \sqrt{4^2 + 4^2} = \sqrt{2 \times 4^2} = 4\sqrt{2} \text{ T}$$

اکنون از رابطه نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار متحرک درون میدان مغناطیسی کمک می‌گیریم و زاویه بردار سرعت ذره با بردار میدان را به دست می‌آوریم.

$$|\vec{F}| = qvB \sin \theta$$

$$\Rightarrow 0/4 = 0/5 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^5 \times 4\sqrt{2} \times \sin \theta$$

$$\Rightarrow \sin \theta = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow \theta = 45^\circ \text{ یا } \theta = 135^\circ$$

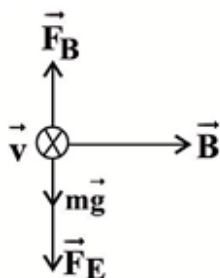
بزرگی نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار متحرک با اندازه بار (q)، اندازه سرعت (v) و بزرگی میدان مغناطیسی (B) و زاویه (θ) بین  $\vec{v}$  و  $\vec{B}$  برابر است با:

$$F = |q| vB \sin \theta$$

$$\begin{cases} F_\alpha = |q_\alpha| vB \sin 30^\circ \\ F_e = |q_e| vB \sin 60^\circ \end{cases}$$

$$\xrightarrow{q_\alpha = 2q_e} \frac{F_\alpha}{F_e} = \frac{|2q_e| \times v \times B \times \sin 30^\circ}{|q_e| \times v \times B \times \sin 60^\circ} \Rightarrow \frac{F_\alpha}{F_e} = \frac{2\sqrt{3}}{3}$$

برای اینکه ذره مسیر حرکت خود را در راستای افقی حفظ کند، باید نیروی مغناطیسی به‌گونه‌ای وارد شود که برآیند نیروهای وارد بر این ذره در راستای قائم صفر شود.



باتوجه به جهت میدان الکتریکی و منفی بودن بار ذره، نیروی وارد از سوی این میدان هم‌جهت با وزن بوده و روبه‌پایین است؛ برای اینکه ذره مسیر افقی خود را حفظ کند برآیند نیروها در راستای قائم باید صفر باشد، بنابراین جهت نیروی مغناطیسی باید روبه‌بالا باشد، در نتیجه طبق قاعده دست راست جهت میدان مغناطیسی از غرب به شرق است.

$$F_B = mg + F_E \Rightarrow |q| vB \sin \alpha = mg + E |q|$$

$$\Rightarrow 10 \times 10^{-6} \times 50 \times B \times 1 = 10^{-3} \times 10 + 800 \times 10 \times 10^{-6} \Rightarrow B = 36 \text{ T}$$

ابتدا باتوجه به اینکه فقط نیروی مغناطیسی باعث شتاب جسم باردار شده است، می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} F = |q| v B \sin \theta \\ F = ma \end{cases} \Rightarrow |q| v B \sin \theta = ma \Rightarrow a = \frac{|q| v B \sin \theta}{m}$$

$$\frac{m=500 \text{ mg}=0.5 \text{ g}=0.5 \times 10^{-3} \text{ kg}}{v=10^3 \text{ m/s}, \theta=90^\circ, B=4 \times 10^{-3} \text{ T}, q=50 \times 10^{-6} \text{ C}} a = \frac{50 \times 10^{-6} \times 10^3 \times 4 \times 10^{-3} \times \sin 90^\circ}{0.5 \times 10^{-3}} = 0.4 \text{ m/s}^2$$

باتوجه به اینکه بار ذره مثبت است، از طرف میدان الکتریکی، نیرویی به سمت بالا (هم‌جهت با میدان  $\vec{E}$ ) بر ذره وارد می‌شود و اندازه آن برابر است با:

$$\vec{F}_E = |q| E = (10 \times 10^{-6}) \times 3 \times 10^6 = 0.3 \text{ N}$$

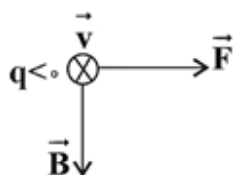
از طرف دیگر بنا بر قاعده دست راست، نیروی مغناطیسی وارد بر ذره از طرف میدان مغناطیسی، عمود بر  $\vec{v}$  و  $\vec{B}$  و برون سو می‌باشد و اندازه آن برابر است با:

$$\begin{aligned} \theta &= 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ \Rightarrow F_B = |q| v B \sin \theta \\ \Rightarrow F_B &= (10 \times 10^{-6}) \times 2 \times 10^5 \times 0.4 \times \sin 30^\circ = 0.4 \text{ N} \end{aligned}$$

باتوجه به اینکه دو نیروی  $\vec{F}_E$  و  $\vec{F}_B$  بر یکدیگر عمودند، اندازه برآیند آن‌ها برابر است با:

$$|\vec{F}| = \sqrt{F_E^2 + F_B^2} = \sqrt{(0.3)^2 + (0.4)^2} = 0.5 \text{ N}$$

باتوجه به قاعده دست راست، جهت میدان برای شکل نشان داده شده، روبه پایین است. در تمام گزینه‌ها به جز گزینه "۲"، جهت میدان مغناطیسی روبه پایین است.

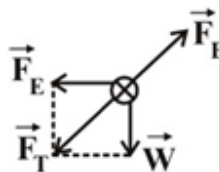




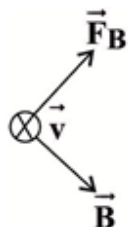
$$W = mg = 15 \times 10^{-3} \times 10 = 0.15 \text{ N}$$

$$F_E = E |q| = 3000 \times (50 \times 10^{-6}) = 0.15 \text{ N}$$

بار الکتریکی ذره منفی است، بنابراین جهت نیروی الکتریکی وارد بر آن در خلاف جهت میدان الکتریکی  $\vec{E}$  خواهد بود. در شکل زیر، برآیند دو نیروی وزن ( $\vec{W}$ ) و نیروی الکتریکی ( $\vec{F}_E$ ) را با  $\vec{F}_T$  نشان داده‌ایم که به علت هم‌اندازه بودن  $\vec{F}_E$  و  $\vec{W}$ ، جهت  $\vec{F}_T$  به صورت  $\swarrow$  خواهد شد.



بنابراین برای اینکه ذره مسیر مستقیم خود را حفظ کند، نیروی مغناطیسی ( $\vec{F}_B$ ) باید  $\vec{F}_T$  را خنثی کند، پس جهت  $\vec{F}_B$  باید  $\nearrow$  به صورت  $\nearrow$  باشد. از طرفی می‌دانیم  $\vec{F}_B$  هم بر  $\vec{v}$  و هم بر  $\vec{B}$  عمود است؛ لذا طبق قاعده دست راست و باتوجه به منفی بودن بار ذره، باید جهت میدان مغناطیسی ( $\vec{B}$ ) به صورت  $\searrow$  باشد. اکنون اندازه  $\vec{B}$  را به دست می‌آوریم:



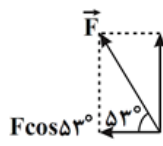
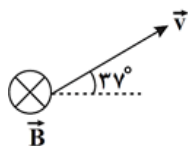
$$F_T = \sqrt{W^2 + F_E^2} = 0.15\sqrt{2} \text{ N} \xrightarrow{\text{جهت خنثی شدن}} F_B = F_T = 0.15\sqrt{2} \text{ N}$$

$$F_B = qvB \sin 90^\circ \Rightarrow 0.15\sqrt{2} = (50 \times 10^{-6}) \times (1/4 \times 10^5) \times B \times 1 \xrightarrow{\sqrt{2} \approx 1/4} B \approx 0.03 \text{ T}$$

ابتدا مطابق رابطه زیر، اندازه نیروی وارد بر ذره باردار را محاسبه می‌کنیم. در این رابطه باید توجه داشت که زاویه بین بردار سرعت و میدان مغناطیسی ۹۰ درجه است.

$$F = |q| vB \sin \theta = 5 \times 10^{-6} \times 3 \times 10^6 \times 100 \times 10^{-4} \times 1 = 0.15 \text{ N}$$

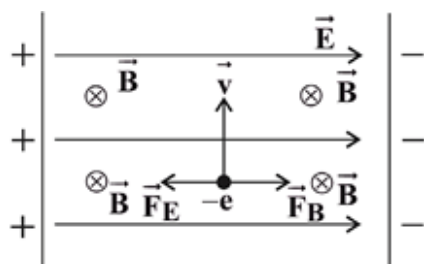
باتوجه به قانون دست راست برای نیروی وارد بر ذره باردار درون میدان مغناطیسی، جهت این نیرو عمود بر بردار سرعت و میدان مغناطیسی و مطابق شکل است.



$$\vec{F} = -F \cos 53^\circ \vec{i} + F \sin 53^\circ \vec{j} = -0.15 \times 0.6 \vec{i} + 0.15 \times 0.8 \vec{j}$$

$$\Rightarrow \vec{F} = -0.09 \vec{i} + 0.12 \vec{j} \text{ (N)}$$

برای آنکه مسیر حرکت الکترون و سرعت آن ثابت باشد باید برآیند نیروهای وارد بر بار صفر باشد؛ یعنی نیروی مغناطیسی و نیروی الکتریکی وارد بر بار یکدیگر را خنثی کنند (هم‌اندازه و در خلاف جهت هم باشند). طبق گفته سؤال  $\vec{E}$  و  $\vec{B}$  برهم عمودند.



بر بار منفی، نیرویی در خلاف جهت میدان الکتریکی وارد می‌شود؛ بنابراین  $\vec{F}_E$  باید به سمت چپ باشد. باتوجه به قاعده دست راست،  $\vec{v}$  باید به سمت بالا باشد؛ بنابراین هم بر  $\vec{E}$  و هم بر  $\vec{B}$  عمود است.

$$F_B = F_E \Rightarrow |q| vB \sin 90^\circ = E |q| \Rightarrow v = \frac{E}{B}$$

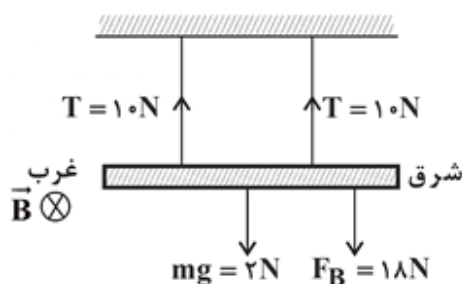
انرژی جنبشی جسم برابر است با:

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow 72 \times 10^{-6} = \frac{1}{2} \times 10^{-6}v^2 \Rightarrow v = 12 \text{ m/s}$$

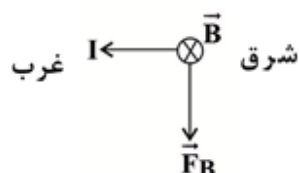
اندازه نیروی مغناطیسی و الکتریکی وارد بر ذره دارای مقدار یکسانی است:

$$F_B = F_E \Rightarrow |q|vB \sin(\theta) = |q|E \xrightarrow{\sin(\theta)=1} B = \frac{E}{v} = \frac{12}{12} = 1 \text{ T}$$

در حالتی که کلیدها بسته شوند، جریان در مدارها برقرار می‌شود. در شکل (۲) با استفاده از قاعده دست راست می‌توان دریافت که از طرف آهنربا نیرویی به طرف پایین بر سیم حامل جریان وارد می‌شود. طبق قانون سوم نیوتن، واکنش این نیرو از طرف سیم بر آهنربا به طرف بالا وارد می‌شود؛ بنابراین طبق قانون سوم نیوتن، نیرویی به طرف بالا از طرف سیم حامل جریان بر آهنربا وارد می‌شود و در نتیجه عددی که ترازو در این حالت نمایش می‌دهد، کمتر خواهد شد. در شکل‌های (۱) و (۳) نیروی وارد بر آهنربا به طرف پایین است و بنابراین ترازو عدد بیشتری را نشان می‌دهد.

باتوجه به شکل، برای اینکه نیروی کشش هر نخ  $10 \text{ N}$  باشد، باید نیروی مغناطیسی به سمت پایین و برابر با  $18 \text{ N}$  نیوتن باشد.

پس:



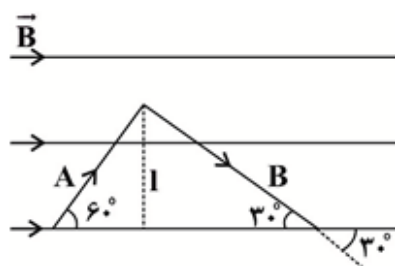
$$2T = mg + F_B \Rightarrow 2 \times 10 = 2 + F_B \Rightarrow F_B = 18 \text{ N}$$

$$F_B = LIB \sin \alpha \Rightarrow 18 = \frac{1}{2} \times I \times 10 \times 1 \Rightarrow I = 3/6 \text{ A}$$

طبق قاعده دست راست جهت جریان می‌بایست به سمت غرب باشد.

$$F_A = IL_A B \sin 60^\circ = I(L_A \sin 60^\circ)B = I l B = 2 \text{ N} \text{ درون سو}$$

$$F_B = IL_B B \sin 30^\circ = I(L_B \sin 30^\circ)B = I l B = 2 \text{ N} \text{ برون سو}$$



نیروی مغناطیسی وارد بر سیم‌های A و B هم‌اندازه و خلاف جهت هم هستند، بنابراین نیروی برآیند صفر است.

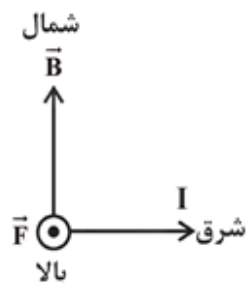
ابتدا باتوجه به مؤلفه‌های میدان مغناطیسی، اندازه میدان مغناطیسی را تعیین می‌کنیم.

$$B = \sqrt{0/4^2 + 0/3^2} = 0/5 \text{ T}$$

حال از آنجاکه راستای سیم حامل جریان بر راستای میدان مغناطیسی عمود است، بزرگی نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی را به دست می‌آوریم:

$$F = I\ell B \sin \theta \quad \begin{matrix} I=5 \text{ A}, \ell=10 \text{ cm}=0/1 \text{ m} \\ B=0/5 \text{ T}, \theta=90^\circ \end{matrix} \rightarrow F = 5 \times 0/1 \times 0/5 \times \sin 90^\circ = 0/25 \text{ N}$$

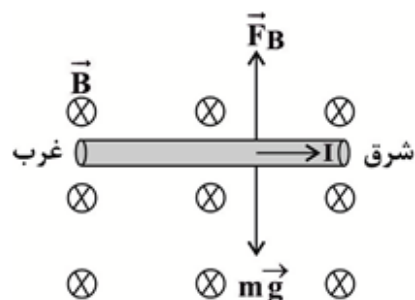
برای اینکه سیم در حالت تعادل قرار بگیرد باید نیروی مغناطیسی وارد بر سیم به سمت بالا باشد تا نیروی وزن را خنثی کند. باتوجه به قاعده دست راست، جهت جریان باید به سمت شرق باشد (اگر جهت روبه‌پایین را درون سو در صفحه بگیریم، جهت روبه‌بالا به صورت یک بردار برون سو در صفحه است).



برای متعادل ماندن سیم باید نیروی مغناطیسی وارد بر سیم با نیروی وزن آن برابر باشد؛ بنابراین نیروی مغناطیسی باید روبه‌بالا به سیم وارد شود. باتوجه به قانون دست راست، جهت جریان سیم باید به سمت شرق باشد.

$$F_B = mg \quad \begin{matrix} F_B = BIL \sin(\alpha) \\ m = \rho V, V = AL \end{matrix} \rightarrow BIL \sin(\alpha) = \rho ALg \quad \begin{matrix} \sin(\alpha)=1 \\ A = \pi \frac{D^2}{4} \end{matrix} \rightarrow I = \frac{\rho \pi D^2 g}{4B}$$

$$\Rightarrow I = \frac{(8 \times 10^3) \times 3 \times (0/5 \times 10^{-3})^2 \times 10}{4 \times 50 \times 10^{-4}} = 3 \text{ A}$$



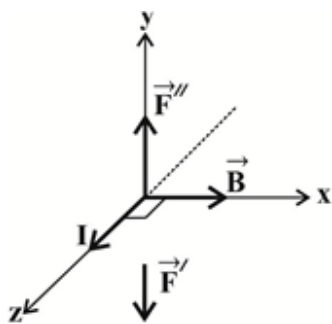
چون بعد از بستن کلید، ترازو عدد بیشتری را نشان می‌دهد، بنابراین از طرف سیم حامل جریان به آهنربا به طرف پایین نیروی  $\vec{F}'$  وارد می‌شود. واکنش این نیرو به سمت بالا از طرف میدان مغناطیسی به سیم وارد می‌شود. اندازه این نیرو برابر است با:

$$F'' = F' = \omega/\omega - \omega = \omega/\omega N$$

$$F'' = ILB \sin \alpha \frac{F'' = \omega/\omega N, L = \omega/\omega m}{B = \omega \times 10^{-4} T, \alpha = 90^\circ} \rightarrow \omega/\omega = I \times \omega/\omega \times \omega \times 10^{-4} \times 1$$

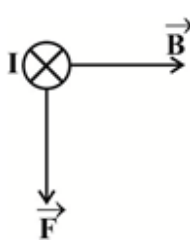
$$\Rightarrow I = \frac{100}{\omega} = 20 A$$

اکنون با کمک قاعده دست راست، چهار انگشت باز دست راست را در جهت  $I$  قرار می‌دهیم. انگشت شست جهت  $\vec{F}''$  را نشان می‌دهد. بردار  $\vec{B}$  از کف دست خارج می‌شود و چون می‌دانیم سوی میدان مغناطیسی در خارج آهنربا از قطب N به طرف قطب S است، پس B قطب S آهنربا است.



با بستن کلید k و برقراری جریان در سیم AB از طرف A به B، نیرویی از طرف آهنربا به سیم وارد می‌شود که به طرف پایین است (باتوجه به شکل و قاعده دست راست).

بنابراین طبق قانون سوم نیوتن، از طرف سیم هم به آهنربا نیرویی به طرف بالا وارد می‌شود، پس عددی که ترازو در این حالت نشان می‌دهد یعنی  $F_2$ ، کمتر از  $F_1$  است.



طبق رابطه بزرگی نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی داریم:

$$F = ILB \sin 90^\circ$$

$$4F = I \times \frac{2}{3} LB' \sin 30^\circ \Rightarrow \frac{F}{4F} = \frac{ILB}{I \times \frac{2}{3} LB' \times \frac{1}{2}} \Rightarrow \frac{1}{4} = \frac{6B}{2B'} \Rightarrow B' = 12B$$

$$\Delta B = B' - B = 12B - B = 11B$$

$$B_A = \frac{\mu_0 N_A I_A}{L_A} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 100 \times 20}{1} = 8\pi \times 10^{-4} T = 8\pi G \quad \leftarrow \text{جهت}$$

$$B_B = \frac{\mu_0 N_B I_B}{L_B} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 125 \times 1}{1} = 5\pi \times 10^{-4} T = 5\pi G \quad \rightarrow \text{جهت}$$

$$B_T = B_A - B_B = 8\pi - 5\pi \Rightarrow B_T = 3\pi G \quad \leftarrow \text{جهت میدان مغناطیسی برآیند}$$

محیط هر حلقه  $2\pi r$  است که از سیمی به طول  $d$  تعداد حلقه‌هایی که درست می‌شود برابر است با:

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

$$B = 4\pi \times 10^{-7} \frac{NI}{\ell} = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\frac{d}{2\pi r} I}{\ell} \Rightarrow B = 2 \times 10^{-7} \frac{dI}{r\ell}$$

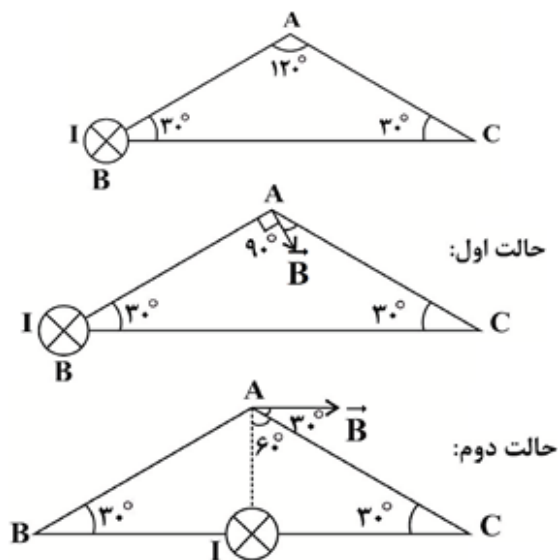
$$\Rightarrow 2 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-7} \times \frac{d \times 1/5}{10^{-2} \times (15 \times 10^{-2})} \Rightarrow d = 10 \text{ m}$$

باتوجه به برابر بودن اضلاع  $AB$  و  $AC$  و در نتیجه متساوی الساقین بودن مثلث  $ABC$ ، زاویه داخلی رأس  $C$  و رأس  $B$  یکسان و برابر با  $30^\circ$  درجه است. زاویه رأس  $A$  نیز برابر است با:

$$\hat{A} + \hat{B} + \hat{C} = 180^\circ \Rightarrow \hat{A} + 30^\circ + 30^\circ = 180^\circ \Rightarrow \hat{A} = 120^\circ$$

میدان مغناطیسی ناشی از سیم راست و بلند در هر نقطه بر خط واصل سیم و آن نقطه عمود است؛ بنابراین باتوجه به قاعده دست راست در حالت اول و دوم داریم:

باتوجه به شکل جهت بردار، میدان مغناطیسی  $60^\circ$  درجه تغییر کرده است.



با نصف کردن سیم‌لوله، طول آن نصف و تعداد دورهای آن نیز نصف می‌شود؛ بنابراین داریم:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L} \Rightarrow \frac{B_2}{B_1} = \frac{N_2}{N_1} \times \frac{I_2}{I_1} \times \frac{L_1}{L_2}$$

$$\frac{N_2 = \frac{N_1}{2}, L_2 = \frac{L_1}{2}}{I_2 = 0.8 I_1} \rightarrow \frac{B_2}{B_1} = \frac{N_1}{N_1} \times \frac{0.8 I_1}{I_1} \times \frac{L_1}{\frac{L_1}{2}}$$

$$\Rightarrow \frac{B_2}{B_1} = \frac{1}{2} \times 0.8 \times 2 = 0.8 \Rightarrow B_2 = 0.8 B_1 \Rightarrow B_2 = 80\% B_1$$

در نتیجه میدان مغناطیسی،  $80\%$  درصد مقدار اولیه خود می‌شود؛ یعنی  $20\%$  درصد کاهش می‌یابد.

$$\frac{\Delta B}{B_1} \times 100 = \frac{0.8 B_1 - B_1}{B_1} \times 100 = -20\%$$

باید توجه داشت که در سیمولوله نسبت  $\frac{N}{L}$  در هر بخش آن یکسان است. میدان مغناطیسی درون سیمولوله برابر است با:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L} \Rightarrow 6/28 \times 10^{-6}$$

$$= \frac{4 \times 3/14 \times 10^{-7} \times 4 \times I}{10^{-2}} \Rightarrow I = \frac{5}{4} A$$

مقاومت این سیمولوله برابر است با:

$$R = \rho \frac{L}{A} \xrightarrow{A=\pi \frac{D^2}{4}} R = \rho \frac{L}{\pi \frac{D^2}{4}} = 25 \times 10^{-8} \times \frac{12/56}{3/14 \times \frac{(1 \times 10^{-3})^2}{4}} = 4 \Omega$$

با اتصال سیمولوله به باتری، جریان درون آن برابر است با:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} \Rightarrow \frac{5}{4} = \frac{\varepsilon}{4} \Rightarrow \varepsilon = 5 V$$

میدان مغناطیسی در سیمولوله از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$\left\{ \begin{array}{l} N = \frac{L}{2\pi R} = \frac{24}{2\pi \times 0.02} = \frac{600}{\pi} \text{ دور} \\ L = Nd = \frac{600}{\pi} \times 10^{-3} = \frac{6}{10\pi} \text{ m} \end{array} \right.$$

$$B = \mu_0 \frac{NI}{L} = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\frac{600}{\pi} \times \frac{1}{2}}{\frac{6}{10\pi}} = 2\pi \times 10^{-6} T = 2\pi G$$

باتوجه به اینکه میدان مغناطیسی برآیند ناشی از دو سیم در نقطه نشان داده شده صفر است، در نتیجه میدان مغناطیسی حاصل از دو سیم اثر هم را خنثی کرده است و میدانها در این نقطه خلاف جهت هم هستند، در نتیجه جهت جریان دو سیم یکسان است؛ از طرفی می دانیم نیروی میان دو سیم موازی حامل جریانهای همسو، جاذبه است.

ابتدا تعداد دورهای سیمولوله را به دست می آوریم:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L} \xrightarrow{B=0.01 T, L=6 \times 10^{-2} m, I=5 A} 0.01$$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times N \times 5}{6 \times 10^{-2}} \Rightarrow N = \frac{300}{\pi} \text{ دور}$$

اکنون با استفاده از رابطه  $N = \frac{L}{2\pi R}$  طول سیم را حساب می کنیم.

$$N = \frac{L}{2\pi R} \xrightarrow{N=\frac{300}{\pi} \text{ دور}, R=2 \times 10^{-2} \text{ m}} \frac{300}{\pi} = \frac{L}{2 \times \pi \times 2 \times 10^{-2}} \Rightarrow L = 12 \text{ m}$$

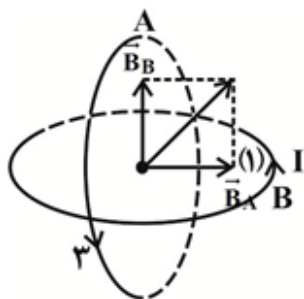
اگر سیموله را به ۶ قسمت مساوی تقسیم کنیم، نسبت  $\frac{N}{L}$  (تعداد حلقه در واحد طول) تغییر نمی‌کند. چون هم تعداد حلقه و هم طول آن  $\frac{1}{6}$  شده است؛ ولی چون طول سیم  $\frac{1}{6}$  شده است، مقاومت الکتریکی آن  $\frac{1}{6}$  برابر می‌شود ( $R = \rho \frac{L}{A}$ ) و از آنجا که اختلاف پتانسیل ثابت است، جریان عبوری از آن ۶ برابر می‌شود، یعنی:

$$V_1 = V_2 \Rightarrow I_1 R_1 = I_2 R_2 \xrightarrow{R_2 = \frac{1}{6} R_1} I_2 = 6 I_1$$

اکنون برای مقایسه میدان مغناطیسی سیموله می‌نویسیم:

$$B = \frac{\mu_0 N I}{L} \xrightarrow[\mu_0 = \text{ثابت}]{\frac{N}{L} = \text{ثابت}} \frac{B_2}{B_1} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{6 I_1}{I_1} = 6$$

با تجزیه میدان در راستای عمود بر سطح حلقه‌ها درمی‌یابیم میدان حاصل از جریان حلقه A به سمت راست و میدان حاصل از جریان حلقه B به سمت بالا است، پس جهت جریان در حلقه A درجهت (۳) و جهت جریان در حلقه B درجهت (۱) است.



با استفاده از قانون دوم نیوتن، رابطه اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر رسانای حامل جریان و رابطه چگالی یک جسم همگن و توجه به این مطلب که تنها نیروی افقی وارد بر میله فلزی، نیروی مغناطیسی ناشی از میدان مغناطیسی یکنواخت است، داریم:

$$F = ma \xrightarrow[m = \rho V = \rho AL = \rho \pi r^2 L]{F = ILB \sin \alpha} ILB \sin \alpha = \rho \pi r^2 L a$$

$$\xrightarrow{\text{حذف } L \text{ از طرفین}} a = \frac{IB \sin \alpha}{\rho \pi r^2} \quad (1)$$

باتوجه به اینکه  $\alpha$  زاویه حاده جهت جریان با جهت بردار میدان مغناطیسی است، در این سؤال  $\alpha = 90^\circ$  است. با جایگذاری اعداد در رابطه (۱) داریم:

$$a = \frac{IB \sin \alpha}{\rho \pi r^2} \xrightarrow[\rho = 8 \text{ g/cm}^3 = 8000 \text{ kg/m}^3, r = \frac{D}{2} = 5 \text{ mm} = 5 \times 10^{-3} \text{ m}]{I = 40 \text{ A}, B = 1/2 \times 10^{-2} \text{ T}, \alpha = 90^\circ, \pi \approx 3}$$

$$a = \frac{40 \times 1/2 \times 10^{-2} \times \sin 90^\circ}{8000 \times 3 \times (5 \times 10^{-3})^2} \Rightarrow a = 0.8 \text{ m/s}^2$$

توجه داشته باشید که به دلیل حذف شدن  $L$  از طرفین رابطه، برای محاسبه  $a$  به طول میله فلزی ( $L$ ) نیاز نداریم.

ابتدا جریان عبوری از مقاومت را که جریان عبوری از سیمولوه است، به دست می‌آوریم.

$$P = RI^2 \xrightarrow[\substack{P=\lambda W \\ R=2\Omega}]{\lambda = 2 \times I^2} I = 2 A$$

میدان مغناطیسی درون سیمولوه، به صورت زیر به دست می‌آید:

$$B = \mu_0 \frac{NI}{L}$$

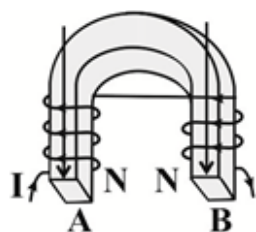
$$\xrightarrow[\substack{N=30 \text{ دور}, I=2 A \\ L=1 m}]{B = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{30}{1} \times 2}$$

$$\Rightarrow B = 2/4\pi \times 10^{-5} T$$

باتوجه به اینکه پروتون و الکترون به موازات محور اصلی سیمولوه در حرکت‌اند، پس از وصل کلید، زاویه بردار سرعت آن‌ها با خط‌های میدان مغناطیسی تولیدی برابر با صفر یا  $180^\circ$  بوده و در هر دو حالت به آن‌ها نیرویی از طرف میدان مغناطیسی وارد نمی‌شود، باتوجه به این موضوع، سرعت آن‌ها ثابت باقی می‌ماند.

$$\alpha = 180^\circ \text{ یا } 0^\circ \Rightarrow \begin{cases} F = qvB \sin 180^\circ = 0 \\ F = qvB \sin 0^\circ = 0 \end{cases}$$

ابتدا مطابق شکل زیر، جهت جریان‌ها در سیم‌ها را مشخص می‌کنیم و سپس برای هر قطعه از هسته U شکل، بنا بر قاعده دست راست، چهار انگشت را در مسیر جریان می‌گیریم تا انگشت شست، جهت قطب N آهنربا را مشخص کند. باتوجه به این شکل هر دو انتهای A و B، قطب N آهنربا خواهند بود.



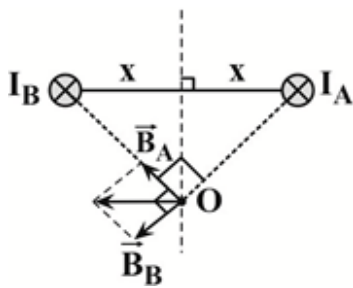
طبق رابطه  $R = \rho \frac{L}{A}$ ، مقاومت الکتریکی سیم با طول آن رابطه مستقیم دارد و با نصف کردن طول سیمولوه، مقاومت الکتریکی آن نیز نصف می‌شود. همچنین طبق رابطه  $I = \frac{V}{R}$ ، با نصف شدن مقاومت، جریان عبوری از سیمولوه دو برابر می‌شود. از طرفی با نصف کردن سیمولوه، تعداد دورهای آن نیز نصف می‌شود؛ بنابراین داریم:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L} \Rightarrow \frac{B_2}{B_1} = \frac{N_2}{N_1} \times \frac{I_2}{I_1} \times \frac{L_1}{L_2}$$

$$\xrightarrow[\substack{N_2 = \frac{N_1}{2}, L_2 = \frac{L_1}{2} \\ I_2 = 2I_1}]{\frac{B_2}{B_1} = \frac{\frac{N_1}{2}}{N_1} \times \frac{2I_1}{I_1} \times \frac{L_1}{\frac{L_1}{2}} = 2}$$

باتوجه به قاعده دست راست (انگشت شست در جهت جریان و چرخش چهار انگشت در جهت میدان مغناطیسی)، جهت میدان مغناطیسی حاصل از جریان‌های درون سوی دو سیم A و B و برآیند آن‌ها به صورت زیر می‌شود.

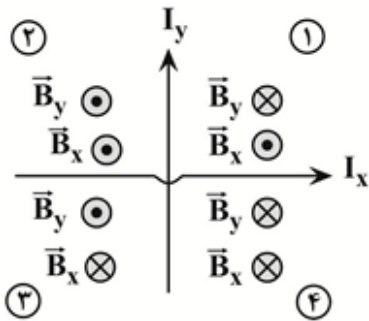




گزینه ۳

۴۶

طبق قاعده دست راست جهت میدان مغناطیسی ناشی از سیم حامل جریان  $I_x$  در نواحی ۳ و ۴ درون سو و در نواحی ۱ و ۲ برون سو است. با همین قاعده جهت میدان مغناطیسی ناشی از سیم حامل جریان  $I_y$  در نواحی ۱ و ۴ درون سو و در نواحی ۲ و ۳ برون سو است؛ پس امکان صفر شدن برآیند میدان‌های مغناطیسی در نواحی ۱ و ۳ وجود دارد؛ یعنی در نقاط A و C.



گزینه ۱

۴۷

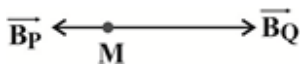
اندازه میدان مغناطیسی درون سیم‌لوله‌های P و Q برابر است با:

$$B_P = \frac{\mu_0 N_P I_P}{L_P} = \frac{4 \times 3/14 \times 10^{-7} \times 200 \times 1}{1/57} = 16 \times 10^{-5} \text{ T}$$

$$B_Q = \frac{\mu_0 N_Q I_Q}{L_Q} = \frac{4 \times 3/14 \times 10^{-7} \times 300 \times 1}{1/57} = 24 \times 10^{-5} \text{ T}$$

باتوجه به قاعده دست راست، این دو میدان خلاف جهت یکدیگر و برآیند آنها برابر است با:

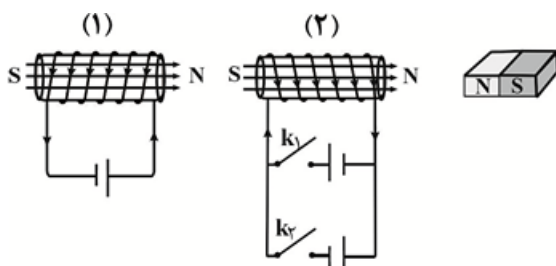
$$B_M = B_Q - B_P = 24 \times 10^{-5} - 16 \times 10^{-5} = 8 \times 10^{-5} \text{ T}$$



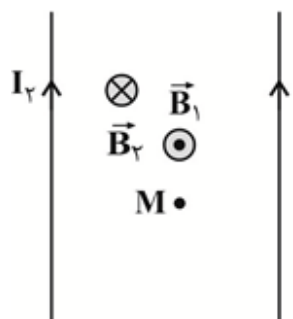
گزینه ۲

۴۸

برای ایجاد نیروی جاذبه بین این دو سیم‌لوله، باید قطب‌های مغناطیسی ناهمنام ایجاد شده در سیم‌لوله‌ها در نزدیکی یکدیگر قرار بگیرند. باتوجه به قاعده دست راست، میدان مغناطیسی درون سیم‌لوله (۱)، به سمت راست است. در نتیجه میدان مغناطیسی درون سیم‌لوله (۲) نیز باید به سمت راست باشد. برای ایجاد چنین میدانی، جریان الکتریکی باید مطابق شکل به صورت ساعت‌گرد باشد، بنابراین کلید  $k_1$  باید متصل گردد. با اتصال این کلید و ایجاد قطب مغناطیسی N در سمت راست سیم‌لوله (۲)، این سیم‌لوله آهنربا را دفع می‌کند.



ابتدا جهت میدان مغناطیسی هریک از سیم‌ها را در نقطه M تعیین می‌کنیم و سپس باتوجه به جهت آن‌ها، برآیندشان را به دست می‌آوریم و جهت آن را تعیین می‌کنیم؛ چون  $B_2 = 7 \times 10^{-5} \text{ T}$  بزرگتر از  $B_1 = 5 \times 10^{-5} \text{ T}$  است، جهت برآیند میدان‌های مغناطیسی در جهت میدان مغناطیسی  $\vec{B}_2$ ، یعنی درون سو می‌باشد و اندازه آن برابر است با:

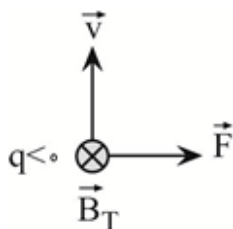


$$B_T = B_2 - B_1 = 7 \times 10^{-5} - 5 \times 10^{-5} \Rightarrow B_T = 2 \times 10^{-5} \text{ T} \rightarrow$$

اکنون با استفاده از رابطه  $F = |q| v B \sin \theta$ ، اندازه نیروی وارد بر ذره باردار را حساب می‌کنیم.

$$F = |q| v B_T \sin \theta \xrightarrow[\theta=90^\circ, v=10^6 \text{ m/s}]{|q|=2 \times 10^{-6} \text{ C}, B_T=2 \times 10^{-5} \text{ T}} F = 2 \times 10^{-6} \times 10^6 \times 2 \times 10^{-5} \times 1 \Rightarrow F = 4 \times 10^{-5} \text{ N}$$

باتوجه به قاعده دست راست جهت نیروی وارد بر ذره باردار با بار منفی به طرف راست است.



ابتدا از رابطه میدان مغناطیسی درون سیم‌لوله، جریان مدار را حساب می‌کنیم.

$$B = \frac{\mu_0 \cdot N I}{\ell} \xrightarrow{B=24 \text{ G}=24 \times 10^{-4} \text{ T}, N=200, \ell=0.2 \text{ m}} 24 \times 10^{-4}$$

$$= \frac{12 \times 10^{-4} \times 200 \times I}{0.2} \Rightarrow I = 2 \text{ A}$$

اکنون از رابطه  $I = \frac{\mathcal{E}}{R_{eq} + r}$  نیروی محرکه مولد را حساب می‌کنیم. دقت کنید چون توان مفید مولد بیشینه است،  $R_{eq} = r$  می‌باشد.

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_{eq} + r} \xrightarrow{R_{eq}=r=3 \Omega} 2 = \frac{\mathcal{E}}{3 + 3} \Rightarrow \mathcal{E} = 12 \text{ V}$$

منشأ خاصیت مغناطیسی اتم علاوه بر چرخیدن الکترون به دور هسته، چرخیدن الکترون به دور خودش نیز است.

ماده فرومغناطیس نرم اگر در میدان مغناطیسی قرار بگیرد به آسانی و سریع آهنربا می‌شود.

آهن، نیکل و کبالت از جمله مواد فرومغناطیس نرم هستند.  
مس، نقره، بیسموت و سرب از جمله مواد دیامغناطیس هستند.  
پلاتین، آلومینیم، سدیم، اکسیژن و اورانیوم از جمله مواد پارامغناطیس هستند.

ماده فرومغناطیس نرم مانند آهن پس از خروج از میدان مغناطیسی، خاصیت مغناطیسی خود را سریع از دست می‌دهد.

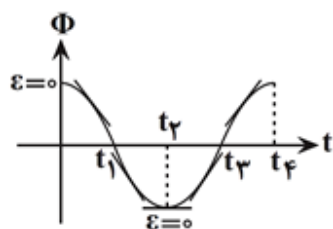
مواد فرومغناطیس و پارامغناطیس در داشتن دو قطبی‌های مغناطیسی مشترک‌اند. دو قطبی‌های مواد فرومغناطیس درون حوزه‌های مغناطیسی قرار دارند، اما این حوزه‌های مغناطیسی در مواد پارامغناطیس وجود ندارد (رد گزینه "۲"). مواد پارامغناطیس در حضور میدان مغناطیسی قوی (مثلاً نزدیک یک آهنربای قوی) خاصیت مغناطیسی پیدا می‌کنند (رد گزینه "۳").

در مواد پارامغناطیسی، دو قطبی‌های مغناطیسی به صورت کاتوره‌ای سمت‌گیری کرده‌اند که پلاتین یکی از آن‌ها است.

قاب با سرعت زاویه‌ای ثابت می‌چرخد. در لحظه‌ای که سطح قاب موازی خطوط میدان می‌شود، اندازه نیروی محرکه القایی قاب بیشینه است و در لحظه‌ای که سطح قاب عمود بر خطوط میدان مغناطیسی است شار عبوری از قاب بیشینه است.

طبق قانون القای فارادی می‌دانیم  $\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi}{dt}$  به عبارتی شیب نمودار  $\Phi - t$  برابر است با:

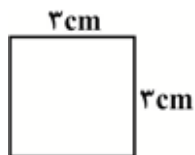
$$\tan \alpha = \frac{-\mathcal{E}}{N}$$



- مرحله "۱": اندازه آن در حال افزایش  $\mathcal{E}_1 > 0$   $\tan \alpha < 0$   $0 - t_1$
  - مرحله "۲": اندازه آن در حال کاهش  $\mathcal{E}_2 > 0$   $\tan \alpha < 0$   $t_1 - t_2$
  - مرحله "۳": اندازه آن در حال افزایش  $\mathcal{E}_3 < 0$   $\tan \alpha > 0$   $t_2 - t_3$
  - مرحله "۴": اندازه آن در حال کاهش  $\mathcal{E}_4 < 0$   $\tan \alpha > 0$   $t_3 - t_4$
- فقط از صفر تا  $t_1$  نیروی محرکه مثبت و در حال افزایش است.

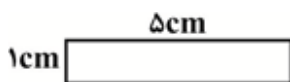
ابتدا باتوجه به مساحت قاب مربعی، طول سیم را می‌یابیم:

$$A = a^2 \xrightarrow{A=9 \text{ cm}^2} 9 = a^2 \Rightarrow a = 3 \text{ cm} \Rightarrow L = 4a = 4 \times 3 = 12 \text{ cm}$$



حال باتوجه به طول سیم، عرض مستطیل را به دست می‌آوریم:

$$L = 2(\omega + x) \Rightarrow 12 = 2(\omega + x) \Rightarrow x = 1 \text{ cm}$$



حال تغییر شار را می‌یابیم:

$$\Delta \Phi = \Phi_{\text{مستطیل}} - \Phi_{\text{مربع}}$$

$$\Rightarrow \Delta \Phi = BA_{\text{مستطیل}} \cos \theta - BA_{\text{مربع}} \cos \theta$$

$$\xrightarrow{\theta=0^\circ} \Delta \Phi = 500 \times 10^{-F} \times (1 \times \omega \times 10^{-F} - 9 \times 10^{-F}) = -2 \times 10^{-\Delta} \text{ Wb}$$

B=500 G=500x10<sup>-F</sup> T

$$\Rightarrow |\Delta \Phi| = 2 \times 10^{-\Delta} \text{ Wb}$$

ابتدا شاری را که در دو حالت اولیه و نهایی از پیچه می‌گذرد، محاسبه می‌کنیم:

$$\Phi_1 = B_1 A \cos \theta = 0.6 \times 400 \times 10^{-F} \times \cos 60^\circ = 12 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

$$\Phi_2 = B_2 A \cos \theta = 0.3 \times 400 \times 10^{-F} \times \cos 60^\circ = 6 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

تغییر شار مغناطیسی‌ای که از سطح پیچه می‌گذرد، برابر است با:

$$\Delta \Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = 6 \times 10^{-3} - 12 \times 10^{-3} = -6 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

این تغییر شار در بازه زمانی 0.2 ثانیه روی داده است، بنابراین آهنگ متوسط تغییر شار برابر است با:

$$\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{-6 \times 10^{-3}}{0.2} = -3 \times 10^{-2} \text{ Wb/s}$$

در نتیجه بزرگی نیروی محرکه القایی متوسط برابر است با:

$$|\bar{\epsilon}| = \left| -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = |-1 \times -0.03| = 0.03 \text{ V}$$

حال جریان القایی متوسط برابر است با:

$$\bar{I} = \frac{|\bar{\epsilon}|}{R} = \frac{0.03}{0.01} = 3 \text{ A}$$

ابتدا تغییر میدان مغناطیسی در بازه زمانی مورد نظر را به دست می‌آوریم:

$$B = t^2 + 2t \Rightarrow \begin{cases} t_1 = 1s \Rightarrow B_1 = 1 + 2 = 3T \\ t_2 = 3s \Rightarrow B_2 = 9 + 6 = 15T \end{cases}$$

$$\Delta B = B_2 - B_1 = 15 - 3 \Rightarrow \Delta B = 12T$$

اکنون تغییر شار مغناطیسی را حساب می‌کنیم. دقت کنید چون سطح حلقه بر خطوط میدان مغناطیسی عمود است، زاویه بین نیم‌خط عمود بر سطح و میدان مغناطیسی ثابت و برابر با  $\theta = 0^\circ$  یا  $\theta = 180^\circ$  است.

$$\Delta \Phi = A \times \Delta B \times \cos \theta \xrightarrow{A=200 \text{ cm}^2 = 200 \times 10^{-4} \text{ m}^2, \Delta B=12T, \theta=0^\circ} \Delta \Phi = 200 \times 10^{-4} \times 12 \times 1 = 24 \times 10^{-2} \text{ Wb}$$

بنابراین اندازه نیروی محرکه القایی متوسط در این بازه زمانی برابر است با:

$$|\bar{\epsilon}| = \left| -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| \xrightarrow{N=1, \Delta \Phi=24 \times 10^{-2} \text{ Wb}, \Delta t=3-1=2s} |\bar{\epsilon}| = \left| -1 \times \frac{24 \times 10^{-2}}{2} \right| \Rightarrow |\bar{\epsilon}| = 0.12V$$

بیشترین شار مغناطیسی هنگامی از حلقه می‌گذرد که میدان مغناطیسی بر سطح قاب عمود باشد.

$$\Phi_{\max} = BA \cos(0) \Rightarrow 4 \times 10^{-3} = 0.2 \times A \times 1 \Rightarrow A = 0.02 \text{ m}^2$$

$$\xrightarrow{1 \text{ m}^2 = 10^4 \text{ cm}^2} A = 200 \text{ cm}^2$$

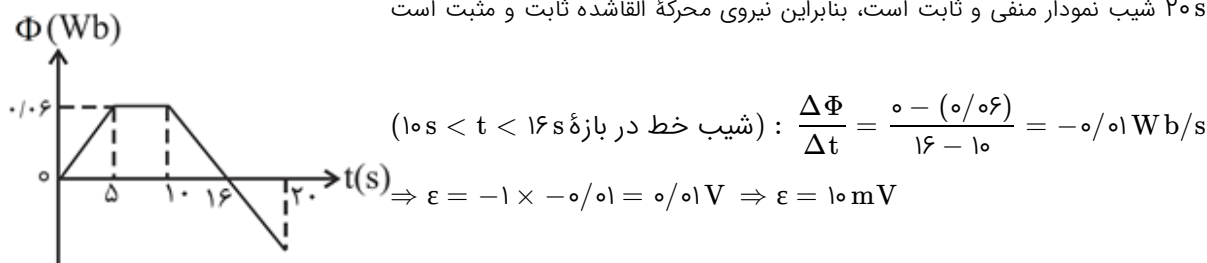
نیروی محرکه القایی متوسط از رابطه  $\bar{\epsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$  به دست می‌آید. از ثابت بودن A می‌توان نتیجه گرفت  $\Delta \Phi = A \Delta B$  و از اینکه B به  $-B$  تغییر یافته می‌توان نتیجه گرفت  $\Delta B = B_2 - B_1 = -B - B = -2B$ ؛ بنابراین داریم:

$$\bar{\epsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{-NA \Delta B}{\Delta t} = \frac{-NA(-2B)}{\Delta t} = \frac{2NAB}{\Delta t}$$

$$\xrightarrow{N=1000, A=5 \times 10^{-3} \text{ m}^2, B=0.02T, \Delta t=0.1s} \bar{\epsilon} = \frac{2 \times 1000 \times 5 \times 10^{-3} \times 0.02}{0.1} = 20V$$

باتوجه به قانون القای الکترومغناطیسی فاراده، یعنی  $\bar{\epsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ ، بزرگی نیروی محرکه القایی متناسب با منفی آهنگ تغییر شار مغناطیسی است.

در بازه زمانی ۱۰s تا ۲۰s شیب نمودار منفی و ثابت است، بنابراین نیروی محرکه القاشده ثابت و مثبت است و داریم:



در ابتدا باتوجه به قانون اهم، قانون فاراده و رابطه تعیین بار الکتریکی شارش شده، جریان القایی در حلقه را تعیین می‌کنیم:

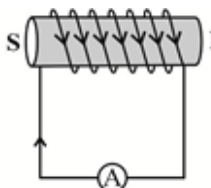
$$\begin{cases} \bar{I} = \frac{\bar{\epsilon}}{R} \\ |\bar{\epsilon}| = \left| -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| \Rightarrow \bar{I} = \frac{N}{R} \left| -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| \end{cases}$$

$$\bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{N}{R} \left| -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| \Rightarrow \Delta q = \frac{N}{R} |-\Delta\Phi|$$

حال باتوجه به معلوم بودن  $\Delta\Phi$  (تغییر شار مغناطیسی) و  $R$  (مقاومت الکتریکی حلقه) داریم:

$$\Delta q = \frac{N |\Delta\Phi|}{R} \xrightarrow{R=2\Omega, N=1, \text{دور}} \Delta q = \frac{1 \times 0/4}{2} \Rightarrow \Delta q = 0/2 \text{ C}$$

ابتدا باتوجه به جهت جریان القایی در سیملوله و با کمک قاعده دست راست، میدان ناشی از جریان القایی در سیملوله ( $B'$ ) را رسم می‌کنیم.



حال اگر آهنربا از طرف قطب S به سیملوله نزدیک شود در این حالت شار مغناطیسی عبوری از سیملوله در حال افزایش است و میدان القایی حاصل از سیملوله با نزدیک شدن آهنربا به آن مخالفت می‌کند و اگر آهنربا از طرف قطب N نزدیک سیملوله شود، در این حالت می‌بایست طرف چپ سیملوله قطب N شود که در این حالت جهت جریان القایی نیز برعکس می‌شود که خواسته سؤال نیست، پس گزینه "۲" صحیح نیست و گزینه "۳" هم با استدلال مشابه رد می‌شود و در حالتی که آهنربا از طرف قطب N از سیملوله دور شود نیز جهت جریان القایی به صورت خواسته سؤال خواهد بود.

طبق رابطه قانون القای الکترومغناطیسی فاراده داریم:

$$|\bar{\epsilon}| = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow 20 = 1 \times \frac{\Delta\Phi}{3 \times 10^{-3}} \Rightarrow \Delta\Phi = 0/06 \text{ Wb}$$

تنها در گزینه "۳" تغییرات شار به اندازه ۰/۰۶ وبر است.

$$\Phi = AB \cos \theta$$

$$\Phi_{\max} = AB$$

$$\Rightarrow \frac{\Phi}{\Phi_{\max}} = \cos \theta = \frac{1}{2} \Rightarrow \theta = 60^\circ$$

$\theta$  زاویه بین خط عمود بر سطح حلقه مسطح با خطوط میدان است، در نتیجه زاویه بین سطح قاب با خطوط میدان  $30^\circ$  است.

برای تعیین جهت جریان القایی می‌توان گفت طبق رابطه  $\Phi = t^2 - 16$  در لحظه  $t = 4$  s شار مغناطیسی صفر می‌شود؛ بنابراین در بازه زمانی  $t = 0$  تا  $t = 4$  s، اندازه شار مغناطیسی گذرا از حلقه کاهش می‌یابد که ناشی از کاهش اندازه میدان مغناطیسی برون‌سوی عبوری از داخل حلقه است؛ لذا باید جریان القایی در حلقه در جهتی باشد که میدان مغناطیسی ناشی از آن هم‌جهت با میدان مغناطیسی خارجی، یعنی برون‌سو باشد؛ بنابراین جریان القایی در حلقه پادساعت‌گرد است که در مقاومت R از A به B است. اکنون برای محاسبه بزرگی نیروی محرکه القایی در ثانیه دوم داریم:

$$\Phi = t^2 - 16 \Rightarrow \begin{cases} t = 1 \text{ s} \Rightarrow \Phi_1 = -15 \text{ Wb} \\ t = 2 \text{ s} \Rightarrow \Phi_2 = -12 \text{ Wb} \end{cases}$$

$$|\mathcal{E}| = \left| -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| \xrightarrow{N=1} |\mathcal{E}| = \left| (1) \frac{-12 - (-15)}{2 - 1} \right| = 3 \text{ V}$$

اگر در یک پیچه با N حلقه، شار عبوری در مدت  $\Delta t$  ثانیه به اندازه  $\Delta \Phi$  تغییر کند، در مدار بار الکتریکی q جاری می‌شود که برای به دست آوردن آن داریم:

$$\begin{cases} \bar{I} = \frac{-N \Delta \Phi}{R \Delta t} \\ \bar{I} = \frac{|\Delta q|}{\Delta t} \end{cases} \Rightarrow \left| \frac{-N \Delta \Phi}{R \Delta t} \right| = \left| \frac{\Delta q}{\Delta t} \right| \Rightarrow |\Delta q| = \left| N \frac{\Delta \Phi}{R} \right|$$

حال برای محاسبه  $|\Delta q|$  از  $t_1 = 1$  s تا  $t_2 = 2$  s می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} t_1 = 1 \text{ s} \Rightarrow \Phi_1 = 10 \text{ Wb} \\ t_2 = 2 \text{ s} \Rightarrow \Phi_2 = 20 \text{ Wb} \end{cases}$$

$$\Rightarrow |\Delta q| = 10 \times \frac{20 - 10}{20} = 5 \text{ C} = 5 \times 10^6 \mu\text{C}$$

$$|\vec{B}| = \sqrt{0/3^2 + 0/4^2} = 0/5 \text{ T}$$

$$\begin{cases} \Phi = BA \cos \theta \\ A = 0/04 \text{ m} \times 0/05 \text{ m} = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \\ \theta = 0 \end{cases}$$

$$\Phi = 0/5 \times (2 \times 10^{-3}) \times (1) \Rightarrow \Phi = 10^{-3} \text{ Wb} = 1 \text{ mWb}$$

شار گذرنده از سطح ABC از رابطه  $\Phi = BA \cos \theta$  به دست می‌آید که  $A \cos \theta$  تصویر صفحه ABC بر روی صفحه‌ای است که بر خطوط میدان عمود است (صفحه yOz) که در واقع همان صفحه AOC می‌شود. مساحت این صفحه برابر است با:

$$A_{AOC} = \frac{6 \times 4}{2} = 12 \text{ m}^2 = A_{ABC} \cos \theta$$

$$\Phi = BA_{ABC} \cos \theta = 2 \times 12 = 24 \text{ Wb}$$

باتوجه به سهمی داده شده می‌توانیم معادله شار عبوری از یک حلقه را برحسب زمان به صورت یک تابع درجه ۲ به دست آوریم:

$$\Phi = at^2 + bt + c \xrightarrow[t=\circ]{\Phi=\lambda Wb} \Phi = c = \lambda$$

$$\xrightarrow[\Phi=\circ]{t=2s, c=\lambda} \circ = 4a + 2b + \lambda \Rightarrow 2a + b = -4 \quad (1)$$

همچنین رأس سهمی برابر است با:

$$t = -\frac{b}{2a} = 2 \Rightarrow b = -4a \quad (2)$$

حل همزمان معادله‌های (۱) و (۲):

$$\left. \begin{array}{l} 2a + b = -4 \\ b = -4a \end{array} \right\} \Rightarrow a = +2, b = -8$$

پس معادله شار مغناطیسی برابر است با:

$$\Phi = 2t^2 - 8t + 8$$

حال طبق قانون القای الکترومغناطیسی فاراده، نیروی محرکه القایی متوسط در دو ثانیه دوم را به دست می‌آوریم:

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \left\{ \begin{array}{l} t_1 = 2s \Rightarrow \Phi_1 = \circ \\ t_2 = 4s \Rightarrow \Phi_2 = 8 Wb \end{array} \right.$$

$$\bar{\varepsilon} = -1 \times \frac{8}{2} = -4 V$$



هنگامی که یک سیم به صورت مربعی به ضلع  $a$  درمی‌آید، به ازای هر  $\mathcal{F}a$  (اندازه محیط مربع)، یک دور به وجود می‌آید؛ بنابراین تعداد دور این مربع برابر است با:

$$L = N \times \mathcal{F}a \Rightarrow 120 = N \times \mathcal{F} \times 10 \Rightarrow N = 3$$

باتوجه به شکل، معادله میدان مغناطیسی بر حسب زمان برابر است با:

$$B = at + b \Rightarrow \begin{cases} t = 0, & B = 0/4 \text{ T} \\ t = 0/03 \text{ s}, & B = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 0/4 = 0 + b \\ 0 = a \times 0/03 + b \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} b = 0/4 \text{ T} \\ a = -\frac{0/4}{0/03} \text{ T/s} \end{cases} \Rightarrow B = -\frac{0/4}{0/03}t + 0/4$$

اندازه میدان در لحظه  $t = 0/02$  ثانیه برابر است با:

$$B = -\frac{0/4}{0/03} \times 0/02 + 0/4 = \frac{2}{15} \text{ T}$$

نیروی محرکه متوسط القا شده و جریان القایی متوسط در پیچ برابر است با:

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \xrightarrow{\Phi = BA \cos(\theta)} \bar{\varepsilon} = -N \frac{B_2 A \cos(\theta) - B_1 A \cos(\theta)}{\Delta t}$$

$$\Rightarrow \bar{\varepsilon} = -N A \cos(\theta) \frac{B_2 - B_1}{\Delta t}$$

$$\xrightarrow{A = a^2} \bar{\varepsilon} = -3 \times (10 \times 10^{-2})^2 \times 1 \times \frac{\frac{2}{15} - 0/4}{0/02} = 0/4 \text{ V}$$

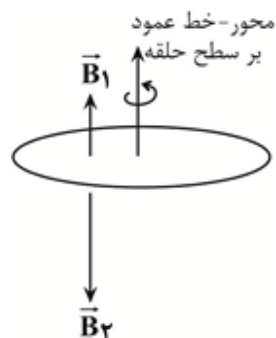
$$\Rightarrow \bar{I} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R} = \frac{0/4}{0/1} = 4 \text{ A}$$

با تغییر جهت خطوط میدان مغناطیسی، زاویه بین خطوط میدان و خط عمود بر صفحه برابر با  $180$  درجه می‌شود. اندازه نیروی محرکه متوسط القا شده در پیچ برابر است با:

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \xrightarrow{\Phi = BA \cos(\theta)} \bar{\varepsilon} = -N \frac{AB_2 \cos(\theta_2) - AB_1 \cos(\theta_1)}{\Delta t}$$

$$\Rightarrow \bar{\varepsilon} = -N A \frac{B_2 \cos(\theta_2) - B_1 \cos(\theta_1)}{\Delta t}$$

$$\Rightarrow \bar{\varepsilon} = -1 \times 100 \times 10^{-4} \times \frac{(0/3 \times (-1)) - (0/15 \times 1)}{0/15} = 0/03 \text{ V} = 30 \text{ (mV)}$$



$$B = at^{\nu} + bt + c \Rightarrow \begin{cases} \xrightarrow{t=0} c = 0 \\ \xrightarrow{B=0} \Delta a + b = 0 \Rightarrow b = -\Delta a \quad (*) \\ \xrightarrow{t=\frac{\Delta}{\nu} s} \frac{\nu \Delta}{\nu} a + \frac{\Delta}{\nu} b = 0 / \nu \Delta \Rightarrow \nu \Delta a + 1 \cdot b = 1 \\ \xrightarrow{B=0 / \nu \Delta T} \\ \xrightarrow{(*)} -\nu \Delta a = 1 \Rightarrow a = -\frac{1}{\nu \Delta} \Rightarrow b = \frac{1}{\Delta} \end{cases}$$

$$\Rightarrow B = \frac{-1}{\nu \Delta} t^{\nu} + \frac{1}{\Delta} t$$

$$\Phi = AB \cos \theta \xrightarrow{A=\nu \cdot 0 \cdot \text{cm}^{\nu} = \nu \times 10^{-\nu} \text{ m}^{\nu}, \theta=0} \Phi = \nu \left( \frac{-1}{\nu \Delta} t^{\nu} + \frac{1}{\Delta} t \right) \times 10^{-\nu}$$

$$\Rightarrow \frac{d\Phi}{dt} = 0 / 0 \nu \left( \frac{-\nu t}{\nu \Delta} + \frac{1}{\Delta} \right) \xrightarrow{I = \frac{\epsilon}{R}, \epsilon = -\frac{d\Phi}{dt}} P = R \left( \frac{-d\Phi}{R dt} \right)^{\nu}$$

$$\xrightarrow{R=\nu \Omega, \frac{d\Phi}{dt} = \frac{\nu}{\nu \Delta \cdot 0} \text{ Wb/s} \approx V} P = \nu \times \frac{1}{\nu} \times \left( \frac{\nu}{\nu \Delta \cdot 0} \right)^{\nu} = \frac{\nu}{\nu \Delta \cdot 0} \times 10^{-\nu} = \nu / \nu \times 10^{-\nu} \text{ W}$$

$$|\bar{\epsilon}| = \left| \frac{-\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = \left| -\frac{-t^{\nu} + \Delta t - \epsilon - (-t'^{\nu} + \Delta t' - \epsilon)}{t - t'} \right| \times 10^{-\nu}$$

$$\Rightarrow |\bar{\epsilon}| = \left| -\frac{t'^{\nu} - t^{\nu} + \Delta(t - t')}{t - t'} \right| \times 10^{-\nu} = |t + t' - \Delta| \times 10^{-\nu}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \text{گزینه ۱} \Rightarrow |\bar{\epsilon}| = 3 \times 10^{-3} \text{ V} \\ \text{گزینه ۲} \Rightarrow |\bar{\epsilon}| = 2 \times 10^{-3} \text{ V} \\ \text{گزینه ۳} \Rightarrow |\bar{\epsilon}| = 2 \times 10^{-3} \text{ V} \\ \text{گزینه ۴} \Rightarrow |\bar{\epsilon}| = 2 \times 10^{-3} \text{ V} \end{cases}$$

طبق رابطه  $\Phi = BA \cos \theta$  شار عبوری از هر پیچه در یک میدان مغناطیسی به اندازه میدان، مساحت حلقه و متمم زاویه بین سطح پیچه و میدان بستگی دارد و به تعداد حلقه‌های پیچه و مدت زمان حضور پیچه در میدان بستگی ندارد.

ابتدا بزرگی نیروی محرکه القایی را حساب می‌کنیم.

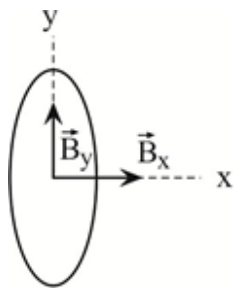
$$|\bar{\epsilon}| = \left| -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| \xrightarrow{|\bar{\epsilon}|=RI} RI = \left| -N \frac{A \cos \theta \Delta B}{\Delta t} \right|$$

$$\xrightarrow{A=\nu \Delta \times 10^{-\nu} \text{ m}^{\nu}, \theta=0, N=1, R=\Delta \Omega} \Delta B=0 / \nu \cdot 0 / \Delta = -0 / \nu T} \Delta I = 1 \times \frac{\nu \Delta \times 10^{-\nu} \times 1 \times (0 / \nu)}{0 / 0 \nu}$$

$$\Rightarrow I = \Delta \times 10^{-\nu} \text{ A} \Rightarrow I = \Delta \text{ mA}$$

چون میدان مغناطیسی اصلی، برون سو و اندازه آن در حال کاهش است، باعث می‌شود شار مغناطیسی عبوری کاهش یابد، بنابراین باید جهت جریان القایی در جهتی باشد که از کاهش میدان مغناطیسی که باعث کاهش شار مغناطیسی می‌گردد، جلوگیری کند؛ لذا جریان القایی باید یک میدان مغناطیسی القایی همسو با میدان اصلی یعنی میدان مغناطیسی برون سو ایجاد کند. طبق قاعده دست راست، جریان باید پادساعتگرد باشد.

چون نیم‌خط عمود بر صفحه موازی محور  $x$ ها قرار دارد، مؤلفه  $\vec{B}_y$  میدان مغناطیسی با نیم‌خط عمود زاویه  $90^\circ$  می‌سازد، بنابراین شار مغناطیسی تولید نخواهد کرد؛ لذا شار مغناطیسی عبوری از این صفحه را  $\vec{B}_x$  ایجاد می‌کند که بر صفحه عمود است. دقت کنید چون  $\vec{B}_x$  بر صفحه عمود است، زاویه بین نیم‌خط عمود بر صفحه و  $\vec{B}_x$  برابر با صفر درجه است.



$$\vec{B} = B_x \vec{i} + B_y \vec{j} \Rightarrow \begin{cases} B_x = 4 \text{ T} \\ B_y = 3 \text{ T} \end{cases}$$

$$\Phi_x = AB_x \cos \theta \xrightarrow{A = \pi R^2} \Phi_x = \pi R^2 B_x \cos(0)$$

$$\xrightarrow[\frac{R = 0.5 \text{ m}}{B_x = 4 \text{ T}}]{} \Phi_x = 3 \times (0.5)^2 \times 4 \times 1 \Rightarrow \Phi_x = 3 \text{ Wb}$$

چون مؤلفه  $\vec{B}_y$  با نیم‌خط عمود بر صفحه زاویه  $90^\circ$  می‌سازد،  $\Phi_y = 0$  است؛ زیرا:

$$\Phi_y = AB_y \cos 90^\circ \Rightarrow \Phi_y = 0$$

بنابراین شار مغناطیسی عبوری از حلقه برابر است با:

$$\Phi = \Phi_x + \Phi_y = 3 + 0 \Rightarrow \Phi = 3 \text{ Wb}$$

مساحت حلقه ۲۰ درصد کاهش یافته است:

$$\Delta A = A_2 - A_1 = -0.2 A_1$$

نیروی محرکه متوسط القا شده در پیچ برابر است با:

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$$\xrightarrow{\Phi = BA \cos(\theta)} \bar{\varepsilon} = -N \frac{B A_2 \cos(\theta) - B A_1 \cos(\theta)}{\Delta t}$$

$$\Rightarrow \bar{\varepsilon} = -NB \cos(\theta) \frac{A_2 - A_1}{\Delta t}$$

$$\Rightarrow 10 \times 10^{-3} = -100 \times 100 \times 10^{-4} \times 1 \times \frac{-0.2 A_1}{0.05}$$

$$\Rightarrow A_1 = 0.2 \text{ m}^2 = 200 \text{ cm}^2$$

هنگامی که یک سیم به صورت پیچه با شعاع  $r$  درمی‌آید، به ازای هر  $2\pi r$  (اندازه محیط دایره)، یک دور به وجود می‌آید؛ بنابراین طول سیم برابر است با:

$$L = N \times 2\pi r \Rightarrow 200 = 100 \times 2\pi r \Rightarrow r = \frac{1}{\pi} \text{ m}$$

زاویه بین سطح پیچه و میدان برابر با  $30^\circ$  درجه است، بنابراین زاویه بین خط عمود بر سطح پیچه و خط‌های میدان برابر با  $60^\circ$  درجه خواهد بود. اندازه نیروی محرکه متوسط القا شده در پیچه برابر است با:

$$|\bar{\epsilon}| = N \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| \xrightarrow{\Phi = BA \cos(\theta)} |\bar{\epsilon}| = N \frac{|B_2 A \cos(\theta) - B_1 A \cos(\theta)|}{\Delta t}$$

$$\Rightarrow |\bar{\epsilon}| = N A \cos(\theta) \frac{|\Delta B|}{\Delta t}$$

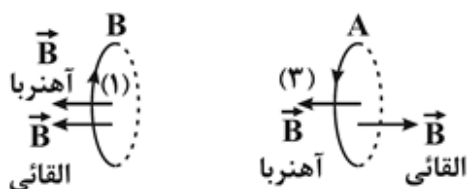
$$\xrightarrow{A = \pi r^2, \theta = 60^\circ, r = \frac{1}{\pi}} \bar{\epsilon} = 100 \times \pi \times \left(\frac{1}{\pi}\right)^2 \times \frac{1}{2} \times 0.75 \simeq 12/5 \text{ V}$$

جریان القایی در پیچه برابر است با:

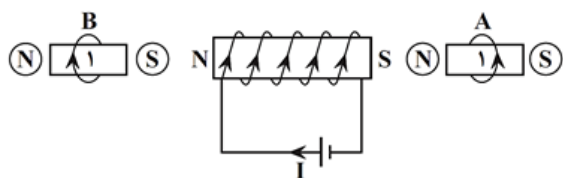
$$\bar{I} = \frac{\bar{\epsilon}}{R} = \frac{12/5}{2/5} = 6 \text{ A}$$

جهت میدان مغناطیسی آهنربا در محل حلقه‌های A و B به صورت زیر است:

با نزدیک شدن آهنربا به حلقه A، شار عبوری از حلقه A افزایش و شار عبوری از حلقه B کاهش می‌یابد؛ بنابراین جهت جریان القایی در حلقه A درجهتی است که با افزایش شار مغناطیسی مخالفت کند و جهت جریان القایی در حلقه B درجهتی است که با کاهش شار مغناطیسی مخالفت کند. با استفاده از قانون دست راست، جهت جریان القایی در حلقه‌های A و B را تعیین می‌کنیم.

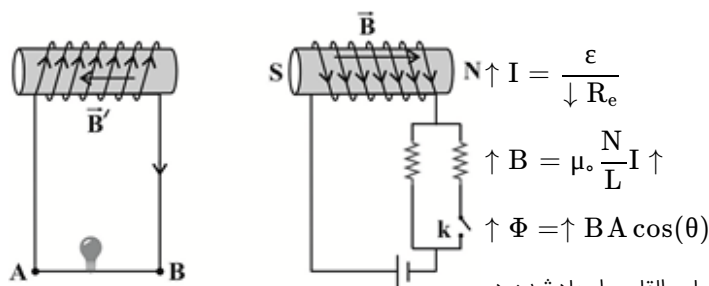


با افزایش مقاومت  $R$  در سیملوله، جریان در سیملوله کاهش می‌یابد و با کاهش جریان در این سیملوله، میدان مغناطیسی آن کاهش می‌یابد. با کاهش میدان مغناطیسی سیملوله، شار عبوری از حلقه‌های A و B کاهش می‌یابد. با کاهش شار عبوری، مطابق قانون لنز، هر دو حلقه A و B به گونه‌ای عمل می‌کنند که میدان مغناطیسی همسو با سیملوله ایجاد کنند. به همین دلیل وضعیت قطب‌های آن‌ها مطابق شکل زیر است.



بنا بر قانون لنز، جریان القایی در مدار در جهتی است که آثار مغناطیسی ناشی از آن با عامل به وجود آورنده جریان القایی، یعنی تغییر شار مغناطیسی مخالف کند. بنابراین چون حلقه از میدان مغناطیسی برون‌سو در حال خارج شدن است، باید جریان القایی ایجاد شده، میدان برون‌سویی ایجاد کند تا از کاهش میدان مغناطیسی و در نتیجه کاهش شار مغناطیسی جلوگیری کند که بنا بر قاعده دست راست، جریان القایی پادساعت‌گرد در پیچه ایجاد می‌شود.

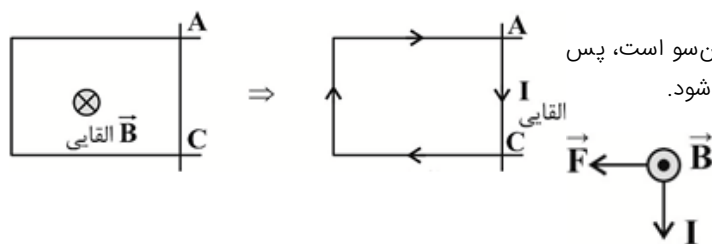
با اتصال کلید  $k$ ، یک مقاومت به صورت موازی به مدار اضافه می‌شود و بنابراین مقاومت معادل در مدار سمت راست کاهش و در نتیجه جریان عبوری از سیمولوله سمت راست افزایش می‌یابد. با افزایش جریان، میدان مغناطیسی ناشی از سیمولوله سمت راست بیشتر و شار عبوری از سیمولوله سمت چپ نیز بیشتر می‌شود.



در اثر افزایش شار عبوری از سیمولوله سمت چپ، بنا به قانون لنز، جهت جریان القایی ایجاد شده در

آن چنان است که میدان مغناطیسی ناشی از آن با افزایش شار مخالفت کند؛ بنابراین میدان مغناطیسی سیمولوله سمت چپ، در خلاف جهت میدان مغناطیسی سیمولوله سمت راست خواهد بود و برای ایجاد این میدان باتوجه به قاعده دست راست، جهت جریان به صورت شکل فوق و از  $B$  به  $A$  است. با گذشت زمان، جریان مدار سمت راست تغییری نمی‌کند و در نتیجه میدان ناشی از سیمولوله سمت راست و شار عبوری از سیمولوله سمت چپ ثابت می‌ماند و با ثابت ماندن شار، نیروی محرکه‌ای القا نمی‌شود؛ بنابراین جریان القایی و نور لامپ کاهش می‌یابد و به سمت خاموشی می‌رود.

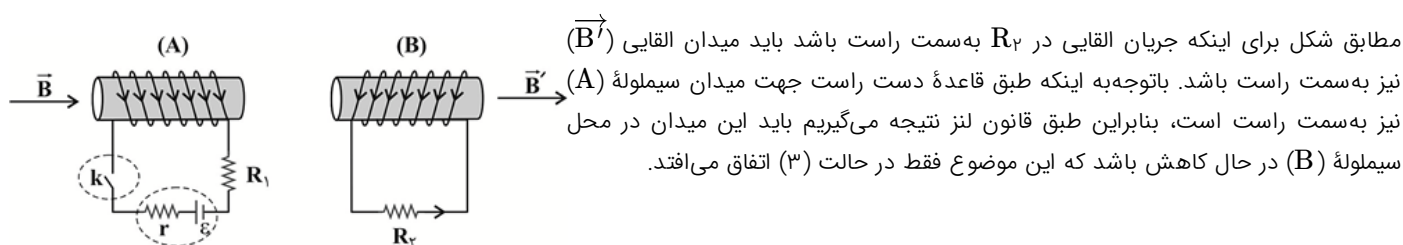
با حرکت سیم  $AC$  به طرف راست، مساحت مدار زیاد می‌شود و در نتیجه شار مغناطیسی عبوری افزایش می‌یابد. بنا بر قانون لنز، میدان ناشی از جریان القایی در خلاف جهت میدان برون‌سوی  $\vec{B}$  ایجاد می‌شود، تا با افزایش شار مخالفت کند؛ پس میدان ناشی از جریان القایی درون سو است. اکنون طبق قاعده دست راست، جریان القایی ساعت‌گرد می‌شود.



از طرفی جریان در سیم  $AC$  روبه پایین و میدان مغناطیسی اصلی (اولیه) برون سو است، پس طبق قاعده دست راست نیروی مغناطیسی وارد بر سیم  $AC$  به طرف چپ می‌شود.

با کاهش جریان گذرا از سیم راست، بزرگی میدان مغناطیسی برون‌سوی ناشی از سیم در داخل حلقه کاهش یافته و شار مغناطیسی گذرا از حلقه کاهش می‌یابد؛ بنابراین طبق قانون لنز، جهت میدان ناشی از جریان القایی در جهت میدان اصلی و برون سو خواهد بود که در این حالت طبق قاعده دست راست جریان القایی در حلقه پادساعت‌گرد است.

از طرف دیگر با حرکت حلقه به سمت راست، میدان مغناطیسی ناشی از جریان سمت راست در داخل حلقه به علت افزایش فاصله از سیم، کاهش می‌یابد و در نتیجه شار گذرنده از حلقه هم کاهش می‌یابد که در این حالت بنا بر قانون لنز، جهت میدان ناشی از جریان القایی در حلقه در جهت میدان اصلی و برون سو خواهد بود که طبق قاعده دست راست، جریان القایی در حلقه پادساعت‌گرد می‌شود.



مطابق شکل برای اینکه جریان القایی در  $R_2$  به سمت راست باشد باید میدان القایی  $(\vec{B}')$  نیز به سمت راست باشد. باتوجه به اینکه طبق قاعده دست راست جهت میدان سیمولوله  $(A)$  نیز به سمت راست است، بنابراین طبق قانون لنز نتیجه می‌گیریم باید این میدان در محل سیمولوله  $(B)$  در حال کاهش باشد که این موضوع فقط در حالت (۳) اتفاق می‌افتد.

در این لحظه شار عبوری از قاب برابر با صفر است و بزرگی نیروی محرکه القایی بیشینه مقدار خود را دارد؛ بنابراین جریان بیشینه مقدار خود را دارد و پس از این لحظه بزرگی آن کاهش می‌یابد.

باتوجه به جهت چرخش، پیش از این لحظه شار عبوری از قاب در حال کاهش است؛ بنابراین جریان قاب در جهتی است که مطابق قانون لنز با این کاهش شار مخالفت کند. باتوجه به جهت میدان مغناطیسی خارجی، جریان القایی در قاب در جهتی است که جریان در مقاومت R از A به B است.

موارد را به ترتیب بررسی می‌کنیم.

در شکل‌های (الف) و (ب) آهنربا دور می‌شود، در نتیجه میدان و شار عبوری از حلقه کاهش می‌یابد، پس جهت جریان القایی باید طوری باشد که با دور شدن آهنربا مخالفت کند.

پس در مورد (الف) باید جهت جریان روبه‌بالا و در مورد (ب) باید جریان عبوری از مقاومت R به سمت چپ باشد.

(پ) حلقه با دور شدن از سیم در میدان ضعیف‌تری قرار می‌گیرد و شار عبوری از آن کاهش می‌یابد؛ پس طبق قانون لنز باید جهت میدان حاصل از سیم و حلقه در مرکز آن یکی باشد؛ یعنی میدان القایی حلقه درون سو و جهت جریان القایی ساعت‌گرد است.

(ت) در این مورد نیز طبق قانون لنز جهت جریان القایی درست رسم نشده است.

ابتدا جریان الکتریکی مدار که از سیم‌لوله می‌گذرد را به دست می‌آوریم و سپس انرژی ذخیره‌شده در آن را حساب می‌کنیم.

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_{eq} + r} \Rightarrow I = \frac{12}{(4 + 1) + 1} \Rightarrow I = 2 \text{ A}$$

$$U = \frac{1}{2} LI^2 \xrightarrow[\substack{L=0.2 \text{ H} \\ I=2 \text{ A}}]{\substack{L=0.2 \text{ H} \\ I=2 \text{ A}}} U = \frac{1}{2} \times 0.2 \times 4 \Rightarrow U = 0.4 \text{ J}$$

با اتصال کلید، جریان در مدار به وجود می‌آید و با تغییر جریان (از صفر)، میدان مغناطیسی القاگر تغییر می‌کند و این سبب تغییر شار مغناطیسی عبوری از آن می‌شود. این فرآیند سبب القای نیروی محرکه‌ای در القاگر می‌شود که بنا بر قانون لنز با تغییر جریان عبوری از آن مخالفت می‌کند؛ بنابراین جریان تولیدی باتری در ابتدا از القاگر عبور نمی‌کند و از لامپ عبور می‌کند. با گذشت زمان جریان به مقدار ثابتی می‌رسد و دیگر نیروی محرکه القایی نخواهیم داشت و در این حالت لامپ اتصال کوتاه و خاموش می‌شود و تمام جریان مدار از القاگر عبور می‌کند.

با باز کردن کلید، انرژی ذخیره‌شده در القاگر در لامپ مصرف می‌شود و با اتمام انرژی ذخیره‌شده القاگر، لامپ خاموش می‌شود.

$$\frac{T}{2} + \frac{T}{12} = \frac{7T}{12} = \frac{7}{6} \Rightarrow T = 2 \text{ s}$$

طبق رابطه  $\mathcal{E} = RI$  اندازه نیروی محرکه القایی و جریان القایی متناوب هم‌زمان بیشینه می‌گردد و بنابراین در لحظه  $t = \frac{T}{4}$  برای اولین بار این دو کمیت بیشینه می‌گردند.

$$\Rightarrow \Delta t = \frac{T}{4} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2} \text{ s}$$

$$I = 0.004 \sin 10\pi t \xrightarrow{t=\frac{1}{20} \text{ s}} I = 0.004 \times \sin \frac{\pi}{6} = 0.002 \text{ A}$$

در نزدیکی نیروگاه از مبدل افزایشده استفاده می‌کنیم و تا حد امکان از ولتاژ بالاتر و جریان کمتر استفاده می‌کنیم تا اتلاف  $RI^2$  در خط‌های انتقال کم شود و چون در وسایل خانگی و صنعتی (محل مصرف) ولتاژهای به نسبت پایین‌تری به لحاظ ایمنی و عایق‌بندی استفاده می‌کنیم، از مبدل کاهشده در نزدیکی محل مصرف استفاده می‌شود.

ابتدا جریان عبوری از رسانا را در لحظه موردنظر به دست می‌آوریم:

$$V = RI \Rightarrow \omega = 10 \times I \Rightarrow I = 0.5 \text{ A}$$

باتوجه به رابطه جریان متناوب داریم:

$$I = I_m \sin\left(\frac{2\pi}{T} t\right) \xrightarrow{T=20 \text{ ms} = 2 \times 10^{-2} \text{ s}} 0.5 = 1 \times \sin\left(\frac{2\pi}{0.02} t\right)$$

$$\Rightarrow \sin(100\pi t) = \frac{1}{2} \xrightarrow{\text{اولین بار}} 100\pi t = \frac{\pi}{6} \Rightarrow t = \frac{1}{600} \text{ s}$$

باتوجه به نمودار  $9 \text{ s} = \frac{3T}{4}$  است.  
بنابراین می‌توان نوشت:

$$\frac{3T}{4} = 9 \Rightarrow T = 12 \text{ s}$$

$$\frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{12} = \frac{\pi}{6} \text{ rad/s}$$

از طرفی شار عبوری از پیچه طبق رابطه  $\Phi = \Phi_{\max} \cos\left(\frac{2\pi}{T} t\right)$  برابر است با:

$$\Phi = 3/6 \times 10^{-2} \cos\left(\frac{\pi}{6} t\right)$$

باتوجه به شکل، دوره تناوب برابر است با:

$$\frac{3T}{4} = 12 \Rightarrow T = 16 \text{ ms}$$

معادله جریان عبوری از رسانا برابر است با:

$$I = I_{\max} \sin\left(\frac{2\pi}{T} t\right) \Rightarrow I = 4 \sin\left(\frac{2\pi}{0.016} t\right)$$

جریان و نیروی محرکه القایی در لحظه  $t = 12 \text{ ms}$  برابر است با:

$$I = 4 \sin\left(\frac{2\pi}{0.016} \times 0.012\right) = 4 \sin\left(\frac{3\pi}{2}\right) = -4 \text{ A} \Rightarrow |I| = 4 \text{ A}$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R} \Rightarrow 4 = \frac{\varepsilon}{5} \Rightarrow \varepsilon = 20 \text{ V}$$

جریان در لحظه  $t = \frac{T}{4} = \frac{16}{4} = 4 \text{ ms}$  به مقدار بیشینه خود می‌رسد.

جریان عبوری از القاگر در لحظه  $t = \frac{13}{120}$  s برابر است با:

$$I = 4 \sin(20\pi \times \frac{13}{120}) = 4 \sin(\frac{13}{6}\pi) = 4 \sin(2\pi + \frac{\pi}{6}) = 4 \sin(\frac{\pi}{6}) = 4 \times \frac{1}{2} = 2 \text{ A}$$

انرژی ذخیره شده در القاگر در این لحظه برابر است با:

$$U = \frac{1}{2} LI^2 = \frac{1}{2} \times \frac{2}{100} \times 2^2 = 0.04 \text{ J} = 40 \text{ mJ}$$

دوره تناوب جریان برابر است با:

$$\begin{cases} I = 4 \sin(20\pi t) \\ I = I_{\max} \sin(\frac{2\pi}{T} t) \end{cases} \Rightarrow \frac{2\pi}{T} = 20\pi \Rightarrow T = \frac{1}{10} \text{ s}$$

بعد از هر  $\frac{T}{2}$  ثانیه، جهت جریان عوض می شود:

$$\frac{t}{(\frac{T}{2})} = \frac{\frac{13}{120}}{\frac{1}{20}} = 2/16$$

بنابراین دو بار جهت جریان تغییر کرده است.