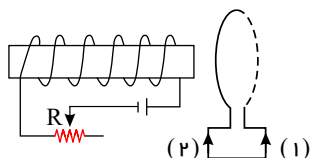


۱ - از سیملوله ای به ضریب القاوری ۵ میلی هانری، جریان ۸ میلی آمپر عبور می کند. انرژی ذخیره شده در سیملوله چند میلی ژول است؟

- ① 1.6×10^{-4} ② 3.2×10^{-4} ③ 1.6×10^{-1} ④ 3.2×10^{-1}

۲ - در مدار روبه‌رو، مقاومت رئوستا در حال افزایش است. جهت جریان القایی در حلقه در جهت است و نیروی محرکه‌ی القاوری در سیملوله در نیروی محرکه‌ی مولد عمل می‌کند.

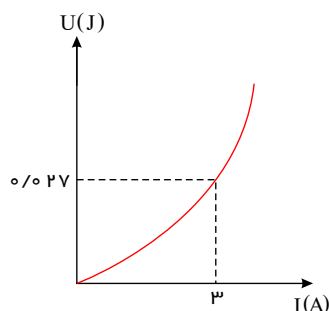


- ① (۱)، جهت ② (۲)، جهت
③ (۱)، خلاف جهت ④ (۲)، خلاف جهت

۳ - کدام مورد درباره‌ی القاگر درست نیست؟

- ① هنگام عبور جریان پایا از القاگر آرمانی انرژی به آن وارد یا از آن خارج نمی‌شود.
② وقتی جریان عبوری از القاگر آرمانی در حال کاهش باشد، انرژی وارد القاگر می‌شود.
③ ضریب القاوری (خود القایی) یک القاگر به تعداد دور، طول، سطح مقطع القاگر و جنس هسته‌ی داخل آن بستگی دارد.
④ بخشی از انرژی که مولد به القاگر می‌دهد در مقاومت سیم‌های القاگر به صورت گرما تلف می‌شود و بقیه در میدان مغناطیسی القاگر ذخیره می‌شود.

۴ - شکل مقابل، نمودار انرژی ذخیره شده در سیملوله بر حسب جریان گذرنده از آن است. ضریب القاوری سیملوله چند میلی هانری است؟



- ① ۶
② ۳
③ ۱
④ ۹

۵ - از القاگری به ضریب القاوری 40 mH جریان الکتریکی عبور می‌کند. اگر بزرگی جریان عبوری از این القاگر 2 A تغییر کند، 40 mJ از انرژی ذخیره شده در آن آزاد می‌شود. جریان الکتریکی اولیه‌ی عبوری از القاگر چند آمپر بوده است؟

- ① $2\sqrt{5}$ ② ۴ ③ ۶ ④ ۸

۶ - ضریب القاوری سیم لوله‌ی A ، ۲ برابر ضریب القاوری سیم لوله‌ی B است و جریان الکتریکی عبوری از آن نیز دو برابر جریان الکتریکی عبوری از سیم لوله‌ی B است. انرژی ذخیره شده در سیم لوله‌ی A چند برابر انرژی ذخیره شده در سیم لوله‌ی B است؟

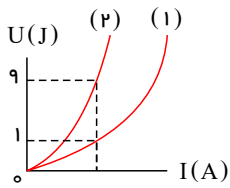
- ① ۲ ② $2\sqrt{2}$ ③ ۴ ④ ۸

۷ - سیملوله‌ای بدون هسته‌ی آهنی، دارای ۲۰۰۰ حلقه است و از آن جریان الکتریکی 2 A می‌گذرد. اگر طول سیملوله ۲۵ سانتی‌متر و مساحت هر حلقه‌ی

آن 1 cm^2 باشد، انرژی ذخیره شده در سیملوله چند میلی‌ژول است؟ $(\mu_0 = 12.5 \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A})$

- ① ۴۰۰ ② ۱۰۰ ③ ۴۰ ④ ۱۰

۸- انرژی ذخیره شده در دو القاگر با سطح مقطع و طول یکسان برحسب جریان عبوری از آن‌ها مطابق شکل زیر است. تعداد حلقه‌های القاگر (۲) چند برابر تعداد حلقه‌های القاگر (۱) است؟

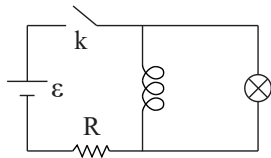


(۱) ۹

(۲) ۳

(۳) $\frac{1}{9}$

(۴) $\frac{1}{3}$



۹- در مدار شکل زیر، مقاومت القاگر ناچیز است. پس از بستن کلید k ، لامپ

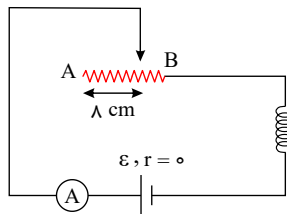
(۱) روشن شده و سپس خاموش می‌شود.

(۲) روشن نمی‌شود.

(۳) روشن شده و به تدریج به روشنایی آن افزوده می‌شود.

(۴) پس از مدت زمانی طولانی از وصل کلید روشن می‌شود.

۱۰- در مدار شکل زیر، القاگری به یک مولد و یک مقاومت متغییر متصل است و انرژی ذخیره شده در القاگر 10 mJ است. لغزنده چند سانتی‌متر و چگونه جابه‌جا شود تا انرژی ذخیره شده در القاگر 36 mJ تغییر کند و جهت جریان خود - القاوری در جهت خروجی از باتری شود؟ (طول مقاومت متغییر AB برابر 20 cm است.)



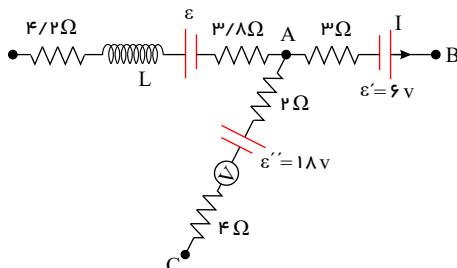
(۱) ۳ سانتی‌متر به سمت راست

(۲) ۲ سانتی‌متر به سمت راست

(۳) ۳ سانتی‌متر به سمت چپ

(۴) ۲ سانتی‌متر به سمت چپ

۱۱- در شکل مقابل، پتانسیل الکتریکی نقاط A و B به ترتیب برابر با 18 V و 6 V است. اگر ضریب القاوری سیملوله 2 mH باشد، انرژی ذخیره شده در سیملوله چند میلی ژول است؟ (ولت سنج ایده آل است.)



(۱) ۳۶

(۲) ۱۶

(۳) ۱۸

(۴) اطلاعات مساله کافی نیست

۱۲- اگر با سیمی به طول 160 m سیملوله‌ای بدون هسته به شعاع 4 cm و طول 20 cm بسازیم، ضریب القاوری سیملوله چند هانری است؟ $(\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A})$

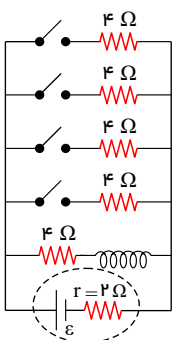
(۱) $1,28$

(۲) $6,4 \times 10^{-1}$

(۳) $1,28 \times 10^{-2}$

(۴) $6,4 \times 10^{-3}$

۱۳- در مدار مقابل، مقاومت الکتریکی القاگر برابر با صفر و انرژی ذخیره شده در آن 8 J می‌باشد. چه تعداد از کلیدها را ببندیم تا انرژی ذخیره شده در القاگر، 35 J کاهش یابد؟



(۱) ۱

(۲) ۲

(۳) ۳

(۴) ۴

۱۴- سیمی به طول ۶۰ متر را به صورت سیملوله ای بدون هسته ای به طول ۵/۰m و شعاع حلقه ی ۱۰cm در آورده و از آن جریان $10A$ عبور می دهیم. انرژی ذخیره شده در آن چند ژول می شود؟ ($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$)

- ① 3.6×10^{-2} ② $4\pi \times 10^{-2}$ ③ $8\pi^2 \times 10^{-5}$ ④ $16\pi^2 \times 10^{-5}$

۱۵- ضریب القاوری سیملوله ای بدون هسته، به طول ۴۰cm و شعاع ۱۰cm که از سیمی به قطر مقطع ۲mm ساخته شده است، چند میلی هانری است؟ ($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} T \cdot m/A$)

- ① π^2 ② $0.1\pi^2$ ③ $0.4\pi^2$ ④ $4\pi^2$

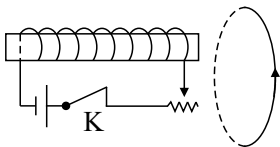
۱۶- ضریب القاوری یک القاگر ۱۲m هانری است. اگر جریان عبوری از آن ۲ آمپر افزایش یابد، انرژی ذخیره شده در آن ۶۰۰ میلی ژول تغییر می کند. انرژی ذخیره شده در القاگر در حالت اول چند میلی ژول است؟

- ① ۲۴۰ ② ۵۴۰ ③ ۰.۲۴ ④ ۱۳۵

۱۷- اگر جریان الکتریکی عبوری از یک سیملوله ۲ برابر شود، آن ۴ برابر و آن ۲ برابر می شود.

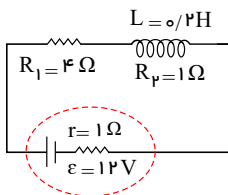
- ① شار مغناطیسی - میدان مغناطیسی ② شار مغناطیسی - انرژی ③ میدان مغناطیسی - شار مغناطیسی ④ انرژی - میدان مغناطیسی

۱۸- با توجه به شکل زیر، با انجام کدام یک از اعمال زیر نمی توان جریان القاوی در جهت نشان داده شده در حلقه ایجاد کرد؟



- ① باز کردن کلید K
② کاهش مساحت حلقه (با کشیدن آن از دو طرف)
③ دور کردن حلقه از سیملوله
④ کاهش مقاومت رئوستا

۱۹- در مدار شکل مقابل، انرژی ذخیره شده در سیملوله چند ژول است؟



- ① ۰.۴ ② ۰.۲ ③ ۴ ④ ۲

۲۰- با سیمی به قطر ۱/۵mm، سیملوله ای آرمانی به طول ۱۳/۵cm و شعاع ۲/۵cm می سازیم به طوری که حلقه های سیم بدون فاصله و در کنار هم در یک ردیف قرار گرفته اند. ضریب القاوری سیملوله چند میلی هانری است؟ ($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$ و $\pi^2 = 10$)

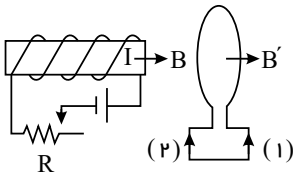
- ① 0.15×10^{-3} ② 0.15×10^{-1} ③ ۰.۱۵ ④ ۱۵

پاسخنامه تشریحی

۱ - گزینه ۱ می دانیم انرژی ذخیره شده در یک سیم لوله از رابطه ی زیر به دست می آید:

$$U = \frac{1}{2} \times 5 \times 10^{-3} \times (8 \times 10^{-3})^2 = 1,6 \times 10^{-7} J = 1,6 \times 10^{-4} mJ$$

۲ - گزینه ۱ وقتی رثوستا در حالت معینی قرار دارد، جریان I در سیملوله در جهتی که نشان داده شده است می گذرد و در حلقه جریانی وجود ندارد. با ازدیاد مقاومت رثوستا جریان I کم شده و خط های میدان مغناطیسی عبوری از حلقه کم می شود. بنا به قانون لنز باید جریان القایی در حلقه در جهتی به وجود بیاید که با عامل به وجود آورنده اش مخالفت کند و به عبارت دیگر، آن تغییر را جبران کند، پس در این حالت در حلقه، جریان در جهت (۱) (که هم جهت با جریان I است) به وجود می آید، تا تغییر شار مربوط به کم شدن I را جبران کند. از طرفی نیروی محرکه خود القاوری در سیم لوله (ε_L) طبق قانون لنز در جهتی است که می خواهد مانع کاهش شار مغناطیسی ای شود که منبع تغذیه ایجاد می کند به همین دلیل در جهت نیروی محرکه ی منبع تغذیه عمل می کند.



۳ - گزینه ۲ با کاهش جریان الکتریکی (خارجی) عبوری از القاگر، القاگر یک جریان خودالقایی در جهت جریان اصلی در مدار ایجاد می کند و این یعنی القاگر مقداری انرژی آزاد می کند.

گزینه ۱ - ۴

$$U = \frac{1}{2} LI^2 \Rightarrow 0,027 = \frac{1}{2} L(3)^2 \Rightarrow 0,027 = \frac{1}{2} L \times 9 \Rightarrow L = 0,006 H = 6 mH$$

۵ - گزینه ۳

$$\frac{U'}{U} = \left(\frac{I'}{I}\right)^2 \Rightarrow \frac{U - 400 \times 10^{-3}}{U} = \left(\frac{I-2}{I}\right)^2 \xrightarrow{U = \frac{1}{2} LI^2} 1 - \frac{400 \times 10^{-3}}{\frac{1}{2} \times 40 \times 10^{-3} I^2} = \frac{(I-2)^2}{I^2}$$

$$1 - \frac{0,4}{0,02 I^2} = \frac{(I-2)^2}{I^2} \Rightarrow 1 - \frac{20}{I^2} = \left(\frac{I-2}{I}\right)^2 \xrightarrow{\text{امتحان گزینه ها}} I = 6 A$$

۶ - گزینه ۴ رابطه انرژی ذخیره شده در سیم لوله به صورت زیر است:

$$U = \frac{1}{2} LI^2 \left\{ \begin{array}{l} \frac{U_A}{U_B} = \left(\frac{L_A}{L_B}\right) \times \left(\frac{I_A}{I_B}\right)^2 \\ L_A = 2L_B \\ I_A = 2I_B \end{array} \right. \Rightarrow \frac{U_A}{U_B} = 2(2)^2 = 8$$

۷ - گزینه ۳ ابتدا ضریب القاوری سیملوله را به دست می آوریم.

$$L = \mu_0 \frac{N^2}{\ell} A \rightarrow L = 12,5 \times 10^{-7} \times \frac{(2000)^2}{0,25} \times 10 \times 10^{-4} \Rightarrow L = 2 \times 10^{-2} H$$

انرژی ذخیره شده در القاگر (سیملوله) از رابطه ی $U = \frac{1}{2} LI^2$ به دست می آید.

$$U = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^{-2} \times (2)^2 = 4 \times 10^{-2} J = 40 mJ$$

۸ - گزینه ۲ باتوجه به رابطه انرژی ذخیره شده در القاگر، داریم:

$$U = \frac{1}{2} LI^2 \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{L_2}{L_1} \times \left(\frac{I_2}{I_1}\right)^2 \xrightarrow{I_1=I_2, U_2=9J, U_1=1J} \frac{9}{1} = \frac{L_2}{L_1} \times 1 \Rightarrow \frac{L_2}{L_1} = 9$$

حال باتوجه به رابطه ضریب القاوری، می توان نوشت:

$$L = \mu_0 \frac{AN^2}{\ell} \Rightarrow \frac{L_2}{L_1} = \frac{A_2}{A_1} \times \frac{\ell_1}{\ell_2} \times \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 \Rightarrow 9 = 1 \times 1 \times \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{N_2}{N_1} = 3$$

۹ - گزینه ۱ بلافاصله پس از بستن کلید، القاگر همانند قطعه ای با مقاومت بسیار بالا عمل کرده و اجازه ی عبور جریان را از خود نمی دهد و تمام جریان از لامپ عبور می کند. اما رفته رفته از خاصیت القایی القاگر کاسته شده و سرانجام القاگر، همانند یک سیم بدون مقاومت رفتار کرده و تمام جریان مدار این بار از القاگر عبور کرده و دو سر لامپ اتصال کوتاه شده و لامپ خاموش خواهد شد.

۱۰ - گزینه ۳ بنا به قانون لنز، جهت جریان خود - القاوری در القاگر به گونه ای است که با اثرات خود با تغییر جریان عبوری از خود مخالفت می کند و در این سوال جهت جریان خود - القاوری در جهت جریان خروجی باتری است. بنابراین می توان نتیجه گرفت که جریان خروجی از باتری در حال کاهش است و این امر توسط افزایش مقاومت متغیر AB رخ داده است. با کاهش جریان خروجی باتری، انرژی ذخیره شده در القاگر (۳۶ میلی ژول) کاهش می یابد و از مقدار ۱۰۰ میلی ژول به ۶۴ میلی ژول می رسد. با مقایسه دو حالت داریم:

$$U = \frac{1}{2} LI^2 \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{\frac{1}{2} LI_2^2}{\frac{1}{2} LI_1^2} \Rightarrow \frac{64}{100} = \frac{I_2^2}{I_1^2} \Rightarrow \frac{8}{10} = \frac{I_2}{I_1} \quad (1)$$

از طرفی جریان در مدار برابر است با:

$$I = \frac{\varepsilon}{r + R} \xrightarrow{r=0} \frac{I_r}{I_1} = \frac{\frac{\varepsilon}{R_r}}{\frac{\varepsilon}{R_1}} \stackrel{(1)}{\rightarrow} \frac{\lambda}{10} = \frac{R_1}{R_r} \quad (2)$$

طول مقاومت ۲۰ سانتی‌متر است و ۸ سانتی‌متر آن در مدار قرار ندارد در نتیجه، در ابتدا ۱۲ سانتی‌متر از مقاومت در مدار قرار دارد. با توجه به رابطه مقاومت داریم:

$$R = \rho \frac{L}{A} \Rightarrow \frac{R_r}{R_1} = \frac{\rho \frac{L_r}{A}}{\rho \frac{L_1}{A}} \stackrel{(2)}{\rightarrow} \frac{10}{\lambda} = \frac{L_r}{L_1} \xrightarrow{L_1=12\text{ cm}} L_r = 15\text{ cm}$$

بنابراین طولی از مقاومت که در مدار قرار دارد از ۱۲ به ۱۵ سانتی‌متر رسیده است و این به معنای ۳ سانتی‌متر جابه‌جایی لغزنده به سمت چپ است.

۱۱ - گزینه ۱ به دلیل وجود ولت سنج ایده آل در شاخه‌ی AC جریان عبوری از این شاخه صفر است. در نتیجه جریان عبوری از سیم‌لوله همان جریان عبوری از شاخه‌ی AB است. از نقطه‌ی A به سمت نقطه‌ی B حرکت می‌کنیم و جمع جبری اختلاف پتانسیل‌های دو سر اجزای مدار را می‌نویسیم:

$$V_A - 3I + \varepsilon' = V_B \Rightarrow 18 - 3I + 6 = 6 \Rightarrow I = 6A$$

$$U = \frac{1}{2}LI^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^{-3} \times 6^2 = 36\text{ mJ}$$

۱۲ - گزینه ۲

$$N = \frac{L}{2\pi r} = \frac{160}{2\pi \times 4 \times 10^{-2}} = \frac{2000}{\pi}$$

$$L = \frac{\mu_0 AN^2}{\ell} = \frac{(4\pi \times 10^{-7}) \times (\pi \times 16 \times 10^{-4}) \times \left(\frac{2000}{\pi}\right)^2}{20 \times 10^{-2}} = 1.28 \times 10^{-2} H$$

۱۳ - گزینه ۱ اگر فرض کنیم n کلید را ببندیم، جریان عبوری از هر مقاومت $R = 4\Omega$ برابر است با:

$$I_{\text{ج}} = \frac{\varepsilon}{\frac{R}{n+1} + r} \Rightarrow I = \frac{I_{\text{ج}}}{n+1} \Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{R + (n+1)r}$$

انرژی ذخیره شده در القاگر برابر است با:

$$U = \frac{1}{2}LI^2 \xrightarrow{I=\frac{\varepsilon}{R+(n+1)r}} U = \frac{1}{2}L\left(\frac{\varepsilon}{R + (n+1)r}\right)^2$$

با بستن کلیدها، L و ε تغییری نمی‌کند، بنابراین می‌توان نوشت:

$$\frac{U'}{U} = \left(\frac{R + (n+1)r}{R + (n'+1)r}\right)^2 \xrightarrow[n=0, U=0.8J]{U'=0.8-0.35=0.45J} \frac{0.45}{0.8} = \left(\frac{4+2}{4+(n'+1) \times 2}\right)^2 \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{6}{4+(n'+1) \times 2} \Rightarrow n' = 1$$

در نتیجه باید یک کلید بسته شود تا انرژی ذخیره شده در القاگر $0.35J$ کاهش یابد.

۱۴ - گزینه ۱

$$N = \frac{L}{2\pi r} = \frac{60}{2\pi(0.1)} = \frac{60}{0.2\pi} = \frac{300}{\pi}$$

$$L = \mu_0 \frac{N^2 A}{\ell} = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\left(\frac{300}{\pi}\right)^2 \times \pi(0.1)^2}{0.5}$$

$$\Rightarrow L = 4\pi \times 10^{-7} \frac{90000 \times \pi \times 10^{-2}}{\frac{1}{2}} = 8 \times 9 \times 10^{-5} = 72 \times 10^{-5} H$$

$$U = \frac{1}{2}LI^2 = \frac{1}{2} \times 72 \times 10^{-5} (10^2) = 36 \times 10^{-3} = 3.6 \times 10^{-2} J$$

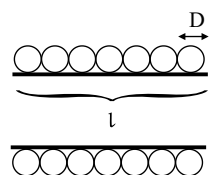
۱۵ - گزینه ۳ با توجه به رابطه ضریب القاوری سیم‌لوله بدون هسته داریم:

$$\begin{cases} L = \frac{\mu_0 N^2 A}{\ell} \\ A = \pi r^2 = \pi(0.1)^2 = 10^{-2} \pi m^2 \end{cases}$$

اگر حلقه‌های سیم‌لوله بدون فاصله در کنار هم چیده شده باشند، با توجه به شکل زیر می‌توانیم تعداد حلقه‌های آن را به دست آوریم:

$$\ell = ND \Rightarrow 400 = N \times 2 \Rightarrow N = 200 \quad \text{دور}$$

$$\begin{aligned} L &= \frac{\mu_0 N^2 A}{\ell} \Rightarrow L = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times (200)^2 \times 10^{-2} \pi}{40 \times 10^{-2}} \\ &= 0.4 \times 10^{-3} \pi^2 H = 0.4\pi^2 mH \end{aligned}$$



۱۶ - گزینه ۴ با توجه به رابطه انرژی ذخیره شده در القاگر داریم:

$$U = \frac{1}{2}LI^2 \Rightarrow U_2 - U_1 = \frac{1}{2}L(I_2^2 - I_1^2)$$

$$\frac{I_2 = I + 2(A), \Delta U = 600mJ = 0.6J}{L = 0.12H} \rightarrow 0.6 = \frac{1}{2} \times 0.12 \times [(I + 2)^2 - I^2] \Rightarrow 10 = (I + 2 - I)(I + 2 + I)$$

$$\Rightarrow 10 = 4 + 4I \Rightarrow I = \frac{3}{2}A \xrightarrow[L=0.12H]{U=\frac{1}{2}LI^2} U = \frac{1}{2} \times 0.12 \times \left(\frac{3}{2}\right)^2$$

$$\Rightarrow U = 0.06 \times \frac{9}{4} = 0.135J = 135mJ$$

۱۷ - گزینه ۴

$$B = \mu_0 \frac{NI}{l} \Rightarrow B \propto I \Rightarrow B_2 = 2B_1$$

$$\Phi = BA \cos \theta \Rightarrow \Phi \propto B \Rightarrow \Phi_2 = 2\Phi_1$$

$$U = \frac{1}{2}LI^2 \Rightarrow U \propto I^2 \Rightarrow U_2 = 4U_1$$

۱۸ - گزینه ۴ با توجه به این که میدان مغناطیسی ایجاد شده توسط سیملوله و حلقه هم جهت می باشند، طبق قانون لنز باید شار مغناطیسی عبوری از حلقه روبه کاهش باشد که این کاهش شار می تواند با کاهش جریان (باز کردن کلید)، کاهش مساحت حلقه و یا دور کردن حلقه از سیملوله ایجاد شود.

۱۹ - گزینه ۱ ابتدا جریان الکتریکی مدار که از سیملوله می گذرد را به دست می آوریم و سپس انرژی ذخیره شده در آن را حساب می کنیم.

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

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

۲۰ - گزینه ۳ چون حلقه های سیملوله آرمانی در یک ردیف و بدون فاصله در کنار هم پیچیده شده اند، بنابراین طول سیملوله برابر با حاصل ضرب تعداد حلقه ها در قطر سیم به کار رفته در ساخت سیملوله است. بنابراین:

$$\ell = Nd \Rightarrow 13.5 = N \times 1.5 \times 10^{-1} \Rightarrow N = 90 \text{ دور}$$

حال با استفاده از رابطه ضریب القاوری سیملوله آرمانی، داریم:

$$L = \mu_0 \frac{AN^2}{\ell} \Rightarrow L = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{\pi \times (2.5 \times 10^{-2})^2 \times 90^2}{13.5 \times 10^{-2}} \Rightarrow L = 0.15 \times 10^{-3}H = 0.15mH$$

پاسخنامه کلیدی

۱ - ۱	۴ - ۱	۷ - ۳	۱۰ - ۳	۱۳ - ۱	۱۶ - ۴	۱۹ - ۱
۲ - ۱	۵ - ۳	۸ - ۲	۱۱ - ۱	۱۴ - ۱	۱۷ - ۴	۲۰ - ۳
۳ - ۲	۶ - ۴	۹ - ۱	۱۲ - ۲	۱۵ - ۳	۱۸ - ۴	