

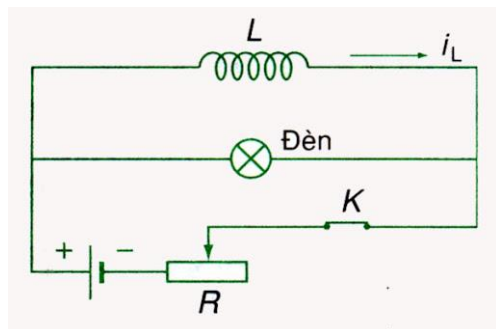
## Dạng 5: Năng lượng từ trường của ống dây tự cảm

### 1. Lí thuyết

#### a, Năng lượng của ống dây có dòng điện

*Thí nghiệm:* Hiện tượng tự cảm khi ngắt mạch

Mắc mạch điện như sơ đồ hình vẽ dưới đây:



Điều chỉnh biến trở R để độ sáng của đèn yếu, vừa đủ để trông rõ được sợi dây tóc. Nếu đột ngột ngắt khóa K, ta thấy đèn sáng bùng lên trước khi tắt. Điều này chứng tỏ đã có một năng lượng giải phóng trong đèn. Năng lượng này chính là năng lượng đã được tích lũy trong ống dây tự cảm khi có dòng điện chạy qua.

Khi có dòng điện cường độ  $i$  chạy qua ống dây tự cảm thì ống dây tích lũy được

một năng lượng được cho bởi:  $W = \frac{1}{2} \cdot Li^2$

*Trong đó:*

W là năng lượng từ trường, đơn vị J

L là độ tự cảm của ống dây, đơn vị H

$i$  là cường độ dòng điện qua ống dây, đơn vị A

#### b, Năng lượng từ trường của ống dây

Khi cho dòng điện chạy qua ống dây thì trong ống dây có từ trường. Vì vậy, năng lượng của ống dây chính là năng lượng của từ trường trong ống dây đó.

- Xét trường hợp của một ống dây dài: Cảm ứng từ bên trong ống dây được xác

định bởi  $B = 4\pi \cdot 10^{-7} nI$ . Sử dụng công thức  $L = 4\pi \cdot 10^{-7} n^2 V$  và  $W = \frac{1}{2} \cdot Li^2$  ta thu

được công thức:

$$W = \frac{1}{8\pi} \cdot 10^7 \cdot B^2 V$$

### c, Mật độ năng lượng từ trường

Từ trường trong ống dây là từ trường đều, nên  $W = wV$   
(với  $w$  là mật độ năng lượng từ trường và  $V$  là thể tích ống dây).

Công thức mật độ năng lượng từ trường:  $w = \frac{1}{8\pi} 10^7 B^2$

Nếu ống dây có lõi sắt thì:  $w = \frac{1}{8\pi\mu} \cdot 10^7 \cdot B^2$

*Trong đó:*

$n$  là số vòng dây trên 1 mét chiều dài của ống, đơn vị vòng/mét

$B$  là cảm ứng từ, đơn vị T

$V$  là thể tích ống dây, đơn vị  $m^3$

$w$  là mật độ năng lượng từ trường, đơn vị  $J / m^3$

$\mu$  là độ từ thẩm của lõi sắt

### 2. Phương pháp giải

Áp dụng công thức tính năng lượng từ trường của ống dây và mật độ năng lượng từ trường để giải quyết các yêu cầu của bài tập.

### 3. Ví dụ minh họa

**Ví dụ 1:** Một ống dây điện có lõi bằng vật liệu sắt từ có độ từ thẩm là  $\mu = 1,4 \cdot 10^4$ , cảm ứng từ bên trong ống dây là  $B = 0,06T$ . Tính mật độ năng lượng từ trường trong ống dây? (chọn đáp án gần đúng nhất).

A.  $0,08J / m^3$

B.  $0,1J / m^3$

C.  $0,15J / m^3$

D.  $0,18J / m^3$

### Lời giải chi tiết

Mật độ năng lượng điện từ bên trong ống dây là:

$$w = \frac{W}{V} = \frac{1}{8\pi\mu} \cdot 10^7 \cdot B^2 = \frac{1}{8\pi \cdot 1,4 \cdot 10^4} \cdot 10^7 \cdot (0,06)^2 \approx 0,1(J / m^3)$$

**Chọn đáp án B**

**Ví dụ 2:** Một ống dây dài 40cm bán kính 2,4cm có 1800 vòng dây. Năng lượng của từ trường bên trong ống dây khi có dòng điện cường độ 4,2A chạy qua là: (chọn đáp án gần đúng nhất).

A.0,16J

B.0,26J

C.0,36J

D.0,46J

**Lời giải chi tiết**

Năng lượng của từ trường bên trong ống dây là:

$$W = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2 = \frac{1}{2} \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{N^2 \cdot S \cdot I^2}{\ell}$$

$$\Rightarrow W = \frac{1}{2} \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{1800^2 \cdot \pi \cdot (2,4 \cdot 10^{-2})^2 \cdot (4,2)^2}{0,4} \approx 0,16J$$

**Chọn đáp án A**

**4. Bài tập vận dụng**

**Bài 1:** Một ống dây có độ tự cảm là  $L = 0,6H$ . Muốn tích lũy năng lượng từ trường 120J trong ống dây thì phải cho dòng điện có cường độ bao nhiêu đi qua ống dây đó? (chọn đáp án gần đúng nhất).

A.15A

B.20A

C.25A

D.28A

**Chọn đáp án B**

**Bài 2:** Một ống dây dài 30cm bán kính 2cm có 1200 vòng dây. Năng lượng của từ trường bên trong ống dây khi có dòng điện cường độ 3,6A chạy qua là: (chọn đáp án gần đúng nhất).

A.0,02J

B.0,03J

C.0,04J

D.0,05J

### Chọn đáp án D

**Bài 3:** Một ống dây điện có lõi bằng vật liệu sắt từ có độ từ thẩm là  $\mu = 1,4 \cdot 10^4$ , cảm ứng từ bên trong ống dây là  $B = 0,08\text{T}$ . Tính mật độ năng lượng từ trường trong ống dây? (chọn đáp án gần đúng nhất).

A.  $0,08\text{J} / \text{m}^3$

B.  $0,1\text{J} / \text{m}^3$

C.  $0,15\text{J} / \text{m}^3$

D.  $0,18\text{J} / \text{m}^3$

### Chọn đáp án D

**Bài 4:** Chọn đáp án đúng trong các đáp án dưới đây? Công thức xác định năng lượng từ trường trong cuộn dây khi có dòng điện chạy qua là:

A.  $W = \frac{1}{2}LI^2$

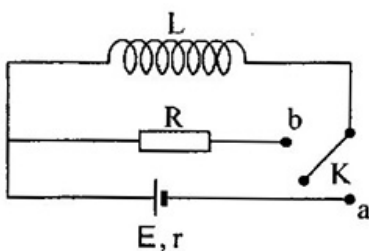
B.  $W = \frac{\epsilon \cdot E^2}{4\pi \cdot k \cdot d}$

C.  $W = \frac{1}{2}LI$

D.  $W = \frac{1}{8\pi} \cdot 10^{-7} \cdot B^2 \cdot V$

### Chọn đáp án A

**Bài 5:** Trong mạch điện như hình vẽ, cuộn cảm  $L$  có điện trở bằng không. Lúc đầu đóng khóa  $K$  về vị trí  $a$  để nạp năng lượng cho cuộn cảm  $L$ , khi đó dòng điện qua  $L$  bằng  $1,2\text{A}$ . Chuyển  $K$  sang vị trí  $b$ , tính nhiệt lượng tỏa ra trong  $R$ , biết độ tự cảm  $L = 0,4\text{H}$ ? (chọn đáp án gần đúng nhất).



A.  $0,2\text{J}$

B.0,25J

C.0,3J

D.0,4J

**Chọn đáp án C**

**Bài 6:** Cuộn tự cảm có  $L = 3\text{mH}$  khi có dòng điện cường độ  $8\text{A}$  đi qua. Năng lượng từ trường tích lũy trong cuộn cảm có giá trị là:

A. 0,066J

B. 0,076J

C. 0,086J

D. 0,096J

**Chọn đáp án D**

**Bài 7:** Một ống dây điện có lõi bằng vật liệu sắt từ có độ từ thẩm là  $\mu = 1,5 \cdot 10^4$ , cảm ứng từ bên trong ống dây là  $B = 0,02\text{T}$ . Tính mật độ năng lượng từ trường trong ống dây? (chọn đáp án gần đúng nhất).

A.  $0,08\text{J} / \text{m}^3$

B.  $0,01\text{J} / \text{m}^3$

C.  $0,15\text{J} / \text{m}^3$

D.  $0,18\text{J} / \text{m}^3$

**Chọn đáp án B**

**Bài 8:** Một ống dây có độ tự cảm là  $L = 0,9\text{H}$ . Muốn tích lũy năng lượng từ trường  $150\text{J}$  trong ống dây thì phải cho dòng điện có cường độ bao nhiêu đi qua ống dây đó? (chọn đáp án gần đúng nhất)

A.  $18\text{A}$

B.  $20\text{A}$

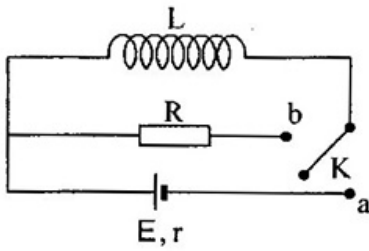
C.  $22\text{A}$

D.  $28\text{A}$

**Chọn đáp án A**

**Bài 9:** Trong mạch điện như hình vẽ, cuộn cảm  $L$  có điện trở bằng không. Lúc đầu đóng khóa  $K$  về vị trí a để nạp năng lượng cho cuộn cảm  $L$ , khi đó dòng điện qua  $L$

bằng 1A. Chuyển K sang vị trí b, tính nhiệt lượng tỏa ra trong R, biết độ tự cảm  $L = 0,7H$ ? (chọn đáp án gần đúng nhất).



- A. 0,2J
- B. 0,25J
- C. 0,3J
- D. 0,35J

**Chọn đáp án D**

**Bài 10:** Một ống dây dài 70cm bán kính 3,6cm có 1500 vòng dây. Năng lượng của từ trường bên trong ống dây khi có dòng điện cường độ 3A chạy qua là: (chọn đáp án gần đúng nhất).

- A. 0,065J
- B. 0,075J
- C. 0,085J
- D. 0,01J

**Chọn đáp án B**