

Lý thuyết và công thức trọng tâm

Khái niệm từ trường và tính chất cơ bản

Từ trường là một dạng vật chất tồn tại trong không gian xung quanh nam châm hoặc dòng điện (hạt mang điện chuyển động), biểu hiện qua lực từ tác dụng lên nam châm khác hoặc dòng điện khác đặt trong đó.

Đặc trưng hình học của từ trường là đường sức từ, có chiều tuân theo quy tắc thực nghiệm: vào cực Nam (S), ra cực Bắc (N) đối với nam châm, hoặc xác định bằng **quy tắc nắm tay phải** đối với dòng điện.

Từ trường đều là từ trường có các đường sức từ song song, cùng chiều và cách đều nhau; vectơ cảm ứng từ tại mọi điểm đều bằng nhau về hướng và độ lớn (ví dụ: vùng không gian hẹp giữa hai cực của nam châm hình chữ U).

Cảm ứng từ của dòng điện chạy trong dây dẫn thẳng dài

Độ lớn cảm ứng từ B do dòng điện thẳng dài vô hạn mang cường độ I gây ra tại một điểm M cách dây dẫn một khoảng r trong chân không hoặc không khí được tính theo công thức:

$$B = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{r}$$

Trong đó:

B là cảm ứng từ tại điểm khảo sát (đơn vị Tesla, T).

I là cường độ dòng điện chạy qua dây dẫn thẳng (đơn vị Ampe, A).

r là khoảng cách vuông góc từ điểm khảo sát đến trục dây dẫn (đơn vị mét, m).

Cảm ứng từ của dòng điện trong khung dây tròn và ống dây hình trụ

Cảm ứng từ tại tâm của khung dây tròn gồm N vòng, bán kính R , mang dòng điện I :

$$B = 2\pi \cdot 10^{-7} \cdot N \cdot \frac{I}{R}$$

Cảm ứng từ trong lòng ống dây hình trụ dài gồm N vòng, chiều dài l , mang dòng điện I (với mật độ vòng dây $n = \frac{N}{l}$):

$$B = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{N}{l} \cdot I = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot n \cdot I$$

Ba ví dụ bài tập minh họa

Ví dụ 1: Tính cảm ứng từ của dòng điện thẳng dài

Một dây dẫn thẳng dài vô hạn đặt trong không khí mang dòng điện có cường độ 5 A.

Khoảng cách từ điểm khảo sát M đến trục của dây dẫn là $r = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$.

Áp dụng công thức cảm ứng từ của dòng điện thẳng $B = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{r} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{5}{0,1}$.

Độ lớn cảm ứng từ tại điểm M bằng 10^{-5} T .

Ví dụ 2: Xác định cảm ứng từ tại tâm khung dây tròn

Một khung dây tròn gồm 20 vòng dây có bán kính mỗi vòng $R = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$ mang dòng điện 2,5 A.

Công thức tính cảm ứng từ tại tâm khung dây tròn là $B = 2\pi \cdot 10^{-7} \cdot N \cdot \frac{I}{R}$.

Thay số vào biểu thức ta có $B = 2\pi \cdot 10^{-7} \cdot 20 \cdot \frac{2,5}{0,05} = 2\pi \cdot 10^{-4} \text{ T}$.

Độ lớn cảm ứng từ tại tâm khung dây tròn xấp xỉ bằng $6,28 \cdot 10^{-4} \text{ T}$.

Ví dụ 3: Cảm ứng từ bên trong lòng ống dây hình trụ

Một ống dây hình trụ có chiều dài $l = 0,5 \text{ m}$ gồm 1000 vòng dây quấn đều, cho dòng điện 2 A chạy qua ống dây.

Mật độ vòng dây trên mỗi mét chiều dài của ống dây là $n = \frac{N}{l} = \frac{1000}{0,5} = 2000 \text{ vòng/m}$.

Áp dụng công thức cảm ứng từ trong lòng ống dây $B = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot n \cdot I = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2000 \cdot 2$.

Cảm ứng từ trong lòng ống dây có độ lớn xấp xỉ bằng $5,03 \cdot 10^{-3} \text{ T}$.

Bài 1

Một dây dẫn thẳng dài vô hạn đặt trong không khí mang dòng điện có cường độ 4 A. Hãy tính độ lớn cảm ứng từ do dòng điện này gây ra tại một điểm cách dây dẫn một khoảng 5 cm.

Bài 2

Cảm ứng từ do một dòng điện thẳng dài vô hạn gây ra tại điểm M cách dây dẫn một khoảng 8 cm có độ lớn bằng $2 \cdot 10^{-5} \text{ T}$. Hãy xác định cường độ dòng điện I chạy qua dây dẫn đó.

Bài 3

Dòng điện không đổi có cường độ 6 A chạy trong một dây dẫn thẳng dài đặt trong không khí. Tại điểm N trong không gian, cảm ứng từ đo được có độ lớn bằng $1,5 \cdot 10^{-5} \text{ T}$. Hãy tính khoảng cách từ điểm N đến dây dẫn.

Bài 4

Một dây dẫn thẳng dài mang dòng điện không đổi I . Tại điểm A cách dây dẫn một đoạn $r_A = 4 \text{ cm}$, cảm ứng từ có độ lớn $B_A = 3 \cdot 10^{-5} \text{ T}$. Tại điểm B nằm trên cùng một đường sức từ và cách dây dẫn một đoạn $r_B = 12 \text{ cm}$, cảm ứng từ B_B có độ lớn bằng bao nhiêu?

Bài 5

Một khung dây dẫn tròn phẳng gồm 1 vòng dây duy nhất có bán kính 10 cm mang dòng điện cường độ 5 A . Hãy xác định độ lớn cảm ứng từ tại tâm của khung dây tròn đó.

Bài 6

Một khung dây tròn gồm 50 vòng dây đồng quấn nối tiếp, bán kính mỗi vòng là 6 cm . Cho dòng điện có cường độ $1,8 \text{ A}$ chạy qua cuộn dây. Hãy tính độ lớn cảm ứng từ tại tâm của khung dây tròn.

Bài 7

Một khung dây tròn bán kính 4 cm gồm N vòng dây mang dòng điện 2 A . Cảm ứng từ đo được tại tâm khung dây có độ lớn bằng $3,14 \cdot 10^{-4} \text{ T}$ (lấy $\pi \approx 3,14$). Hãy xác định số vòng dây N của khung dây.

Bài 8

Một ống dây hình trụ dài $0,4 \text{ m}$ gồm 800 vòng dây quấn đều quanh lõi không khí. Khi cho dòng điện có cường độ $2,5 \text{ A}$ chạy qua ống dây, hãy tính mật độ vòng dây trên mỗi mét chiều dài và độ lớn cảm ứng từ bên trong lòng ống dây.

Bài 9

Một ống dây hình trụ dài $0,5 \text{ m}$ mang dòng điện 3 A . Biết cảm ứng từ đo được bên trong lòng ống dây là $3,77 \cdot 10^{-3} \text{ T}$ (lấy $\pi \approx 3,14$). Hãy tính tổng số vòng dây N đã quấn trên ống dây đó.

Bài 10

Hai dây dẫn thẳng dài vô hạn đặt song song trong không khí, cách nhau một khoảng 10 cm . Cho hai dòng điện cùng chiều có cường độ $I_1 = 3 \text{ A}$ và $I_2 = 5 \text{ A}$ chạy qua hai dây dẫn. Hãy xác định độ lớn cảm ứng từ tổng hợp tại trung điểm của đoạn thẳng nối hai dây dẫn.