



PHYSICS TEAM

— Learn Physics, Love Physics —

PHYSICS 2018 SERIES

| VẬT LÝ 12 |

— CHUYÊN ĐỀ —

TỪ TRƯỜNG

HỆ THỐNG LÝ THUYẾT TRỌNG TÂM – PHƯƠNG PHÁP GIẢI NHANH
BÀI TẬP TỪ CƠ BẢN ĐẾN NÂNG CAO



HỆ THỐNG LÝ THUYẾT TRỌNG TÂM

Tóm tắt kiến thức cốt lõi,
dễ hiểu, dễ nhớ



BÀI TẬP PHÂN DẠNG

Từ cơ bản đến nâng cao,
bám sát các dạng bài thường gặp



PHƯƠNG PHÁP GIẢI NHANH

Phân tích – Bình luận –
Mẹo giải hay



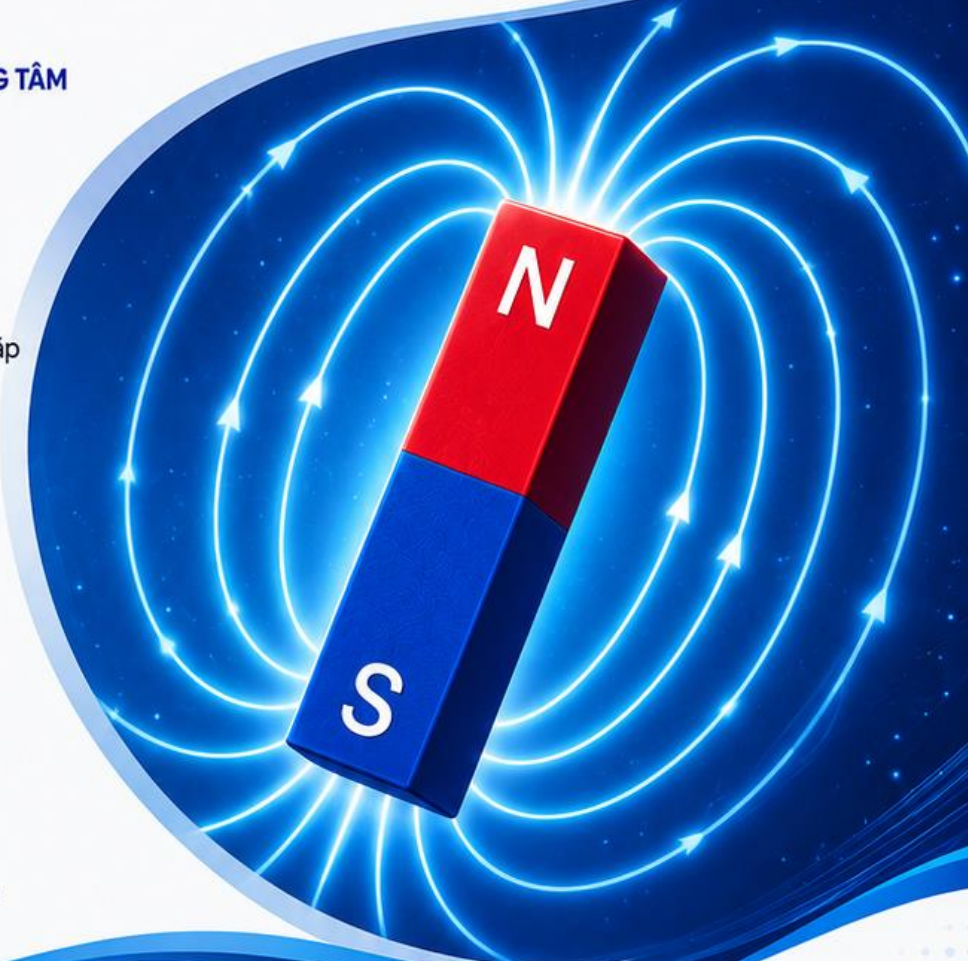
VÍ DỤ MINH HỌA

Bài mẫu chi tiết,
lập luận chặt chẽ



PHÁT TRIỂN TƯ DUY

Rèn luyện tư duy vật lý
và kỹ năng giải bài tập hiệu quả



BÁM SÁT
CHƯƠNG TRÌNH 2018



DỄ HIỂU
DỄ GHI NHỚ



HIỆU QUẢ
VƯỢT TRỘI



HIỂU BẢN CHẤT – GIẢI MỌI BÀI TOÁN

CHUYÊN ĐỀ: TỪ TRƯỜNG

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU	3
DẠNG 1: TỪ TRƯỜNG VÀ CẢM ỨNG TỪ	4
I. HỆ THỐNG LÝ THUYẾT	4
1. Vectơ cảm ứng từ	4
2. Nguyên lý chồng chất từ trường	4
3. Quy tắc xác định chiều từ trường.....	4
4. Cảm ứng từ của các dòng điện đặc biệt	5
5. Mở rộng cho học sinh giỏi	6
a) Định luật Biot – Savart	6
6. Sai lầm thường gặp	7
II. PHƯƠNG PHÁP	7
III. BÀI TẬP VẬN DỤNG	8
♦ PT Bài 1: Xác định điểm có cảm ứng từ tổng hợp triệt tiêu và tính chất của vùng từ trường	8
♦ PT Bài 2: Tổng hợp từ trường của hệ dây dẫn thẳng song song tạo thành hình vuông.....	9
♦ PT Bài 3: Khảo sát phương và độ lớn cảm ứng từ của hệ hai dây dẫn song song.....	12
♦ PT Bài 4: Ứng dụng cuộn dây dẹt trong thiết bị đo từ trường và tạo từ trường đều.....	13
♦ PT Bài 5: Mở rộng cho HSG: Từ trường của dòng điện trong vật dẫn khối	15
III. BÀI TẬP TRẮC NGHIỆM TRẢ LỜI NGẮN.....	17
♦ PT Bài 6: Cường độ dòng điện trong cuộn dây tròn nhiều vòng	17
♦ PT Bài 7: Cảm ứng từ trên trục cuộn dây tròn và ứng dụng trong đo từ trường	18
♦ PT Bài 8: Tổng hợp từ trường của hai dây dẫn trong hệ thống cáp điện.....	19
♦ PT Bài 9: Xác định vị trí có cảm ứng từ tổng hợp bằng không	20
♦ PT Bài 10: Từ trường tại tâm của hệ bốn dây dẫn	22

LỜI NÓI ĐẦU

Chào mừng các Thầy/Cô giáo và các em học sinh đến với **Physics 2018 series** — Bộ tài liệu chuyên sâu được nghiên cứu và phát triển độc quyền bởi đội ngũ **Physics Team**.

Chuyên đề **Từ trường - Vật lý 12** được biên soạn bám sát triết lý của Chương trình Giáo dục Phổ thông 2018. **Physics 2018 series** tập trung tối đa vào việc phát triển **bản chất vật lý cốt lõi, năng lực mô hình hóa và tư duy thực nghiệm**.

Nội dung giáo trình được thiết kế theo cấu trúc tuyến tính đồng bộ qua **05** dạng bài chuyên sâu:

- **Dạng 1:** Từ trường và cảm ứng từ
- **Dạng 2:** Lực từ tác dụng lên dây dẫn và điện tích
- **Dạng 3:** Từ thông và cảm ứng điện từ
- **Dạng 4:** Máy phát điện, máy biến áp và tự cảm
- **Dạng 5:** Điện từ trường và sóng điện từ

Hệ thống 5 dạng bài này hướng tới việc giải quyết đa mục tiêu chiến lược:

- **Bồi dưỡng Học sinh giỏi đỉnh cao:** Cung cấp các công cụ tư duy cao cấp, đào sâu bản chất lý thuyết để chinh phục các kỳ thi từ cấp Trường, Tỉnh/Thành phố, đến các kỳ thi Olympic và Học sinh giỏi Quốc gia (VMO)
- **Bứt phá điểm 9+, 10 thi Tốt nghiệp THPT:** Trang bị phương pháp giải quyết các câu hỏi định lượng phức tạp và các câu hỏi thực nghiệm phân hóa trong cấu trúc đề thi mới.

Để giúp học sinh chuyển hóa lý thuyết thành năng lực giải quyết vấn đề thực tế, cấu trúc của mỗi dạng toán được chuẩn hóa chặt chẽ theo các trụ cột:

1. Hệ thống lý thuyết cơ bản và chuyên sâu: Mở rộng các mô hình vật lý tiên tiến và các dành riêng cho học sinh giỏi.

2. Phương pháp giải: Gồm quy trình từng bước rõ ràng.

3. Hệ thống bài tập vận dụng mẫu: Mỗi bài tập được trình bày qua tiến trình 4 bước độc quyền: *Đề bài* →  **Định hướng tư duy** →  **Hướng dẫn giải chi tiết** →  **Lưu ý cho học sinh**.

4. Hệ thống bài tập Trắc nghiệm trả lời ngắn: Điểm nhấn cốt lõi bám sát cấu trúc đề thi mới. Phần này giúp học sinh rèn luyện kỹ năng bấm máy, kiểm soát sai số và làm chủ tốc độ xử lý tình huống định lượng dưới áp lực phòng thi.

*Tập tài liệu là tâm huyết của đội ngũ **Physics Team**, cam kết là bộ phóng vững chắc đưa các em học sinh làm chủ chương trình mới và vươn tới những bảng vàng thành tích cao nhất.*

Hệ thống phát hành và bảo mật tự động tại: <https://physicsteam.vn>

DẠNG 1: TỪ TRƯỜNG VÀ CẢM ỨNG TỪ**I. HỆ THỐNG LÝ THUYẾT****1. Vector cảm ứng từ**

Từ trường tại một điểm được đặc trưng bởi vector cảm ứng từ $\vec{B}$.

Phương: trùng với trục của kim nam châm thử đặt cân bằng tại điểm khảo sát.

Chiều: từ cực Nam đến cực Bắc của kim nam châm thử.

Đơn vị: $[B] = T$

2. Nguyên lý chồng chất từ trường

Cảm ứng từ tổng hợp tại một điểm bằng tổng vector các cảm ứng từ thành phần:

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots + \vec{B}_n$$

Một số trường hợp thường gặp:

a) Các vector cùng phương

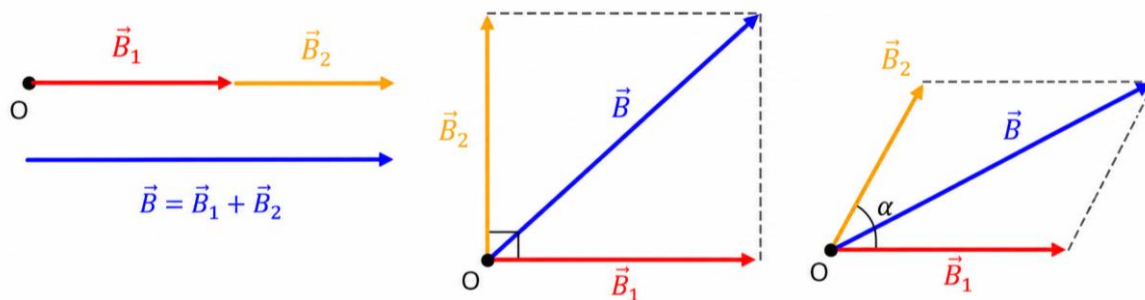
$$B = B_1 + B_2 + \dots$$

b) Hai vector vuông góc

$$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2}$$

c) Hai vector hợp góc α

$$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2 + 2B_1B_2\cos\alpha}$$

**3. Quy tắc xác định chiều từ trường****a) Dòng điện trong dây dẫn thẳng dài**

- Đặt ngón cái của bàn tay phải chỉ theo chiều dòng điện.
- Các ngón còn lại khum tự nhiên chỉ chiều các đường sức từ bao quanh dây dẫn.

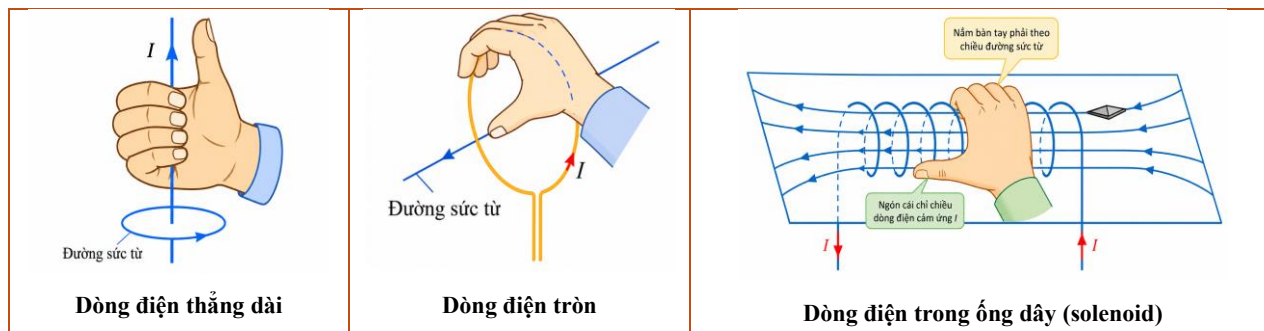
b) Dòng điện trong vòng dây tròn

- Khum các ngón tay phải theo chiều dòng điện chạy trong vòng dây.
- Ngón cái choãi ra chỉ chiều của vector cảm ứng từ tại tâm vòng dây và bên trong vòng dây.

c) Dòng điện trong ống dây (solenoid)

- Khum các ngón tay phải theo chiều dòng điện chạy qua các vòng dây.
- Ngón cái choãi ra chỉ chiều của vectơ cảm ứng từ bên trong ống dây, đồng thời chỉ về phía cực Bắc của ống dây.

Áp dụng: Dây dẫn thẳng dài, vòng dây tròn, ống dây.



b) Quy ước hình học

- $\odot$: vectơ hướng ra khỏi mặt phẳng hình vẽ.
- $\otimes$: vectơ hướng vào mặt phẳng hình vẽ.

4. Cảm ứng từ của các dòng điện đặc biệt

a) Dòng điện thẳng dài

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

hay

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

Trong đó: I : cường độ dòng điện, r : khoảng cách từ điểm khảo sát đến dây.

b) Vòng dây tròn tại tâm

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R}$$

Nếu có N vòng:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2R}$$

c) Trên trục vòng dây

$$B = \frac{\mu_0 IR^2}{2(R^2 + x^2)^{3/2}}$$

Trong đó: R : bán kính vòng dây, x : khoảng cách từ điểm khảo sát đến tâm.

d) Ống dây dài

$$B = \mu_0 \frac{N}{l} I = 2\pi \cdot 10^{-7} nI$$

với $n = \frac{N}{l}$ là số vòng dây trên một đơn vị chiều dài, N là tổng số vòng dây của ống, l là chiều dài của ống.

5. Mở rộng cho học sinh giỏi

a) Định luật Biot – Savart

Định luật Biot – Savart dùng để xác định từ trường của các dòng điện có hình dạng bất kỳ.

Phần tử cảm ứng từ:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I(d\vec{l} \times \vec{r})}{r^3}$$

Độ lớn:

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Idl \sin \theta}{r^2}$$

Trong đó: dl : phần tử dòng điện, r : khoảng cách từ phần tử dòng điện đến điểm khảo sát.

b) Từ trường của đoạn thẳng hữu hạn

Dùng để giải các bài toán khung dây hình vuông, hình tam giác, đa giác.

- Công thức:

$$B = 10^{-7} \cdot \frac{I}{r} (\cos \theta_1 + \cos \theta_2)$$

(Trong đó r là khoảng cách từ điểm xét đến dây, θ_1, θ_2 là các góc hợp bởi dây dẫn và các đoạn thẳng nối hai đầu dây đến điểm xét).

c) Ống dây hữu hạn

Tại một điểm trên trục của ống dây hữu hạn, từ trường không đều hoàn toàn.

- Công thức tổng quát:

$$B = 2\pi \cdot 10^{-7} \cdot n \cdot I \cdot (\cos \theta_1 + \cos \theta_2)$$

Hoặc cách viết khác thường gặp:

$$B = 2\pi \cdot 10^{-7} \cdot n \cdot I \cdot (\sin \beta_1 + \sin \beta_2)$$

Trong đó θ_1, θ_2 là các góc trông từ điểm đang xét đến hai bán kính ở hai đầu ống dây.

- **Hệ quả:** Tại miệng ống dây (một đầu ống), cảm ứng từ chỉ bằng một nửa giá trị ở chính giữa ống dây: $B_{miệng} = \frac{1}{2} B_{giữa}$.

d) Định luật Ampere

Phát biểu: Tuần hoàn của vector cảm ứng từ dọc theo một đường kín bất kỳ bằng μ_0 nhân với tổng đại số các dòng điện xuyên qua mặt giới hạn bởi đường kín đó.

Biểu thức: $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I$

Ý nghĩa: Định luật Ampere đặc biệt hữu hiệu đối với các hệ có tính đối xứng cao: Dây dẫn thẳng dài, ống dây dài, dây dẫn trụ đặc, cáp đồng trục.

Ví dụ kinh điển: Với dây dẫn thẳng dài: $B \cdot 2\pi r = \mu_0 I$

suy ra $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$

chính là công thức quen thuộc của dây dẫn thẳng dài.

e) Kỹ thuật tích phân trong bài toán từ trường

Đối với các dây dẫn có hình dạng phức tạp:

- **Bước 1:** Chia dây dẫn thành các phần tử rất nhỏ: dl
- **Bước 2:** Tính: dB theo định luật Biot – Savart.
- **Bước 3:** Khai thác tính đối xứng để loại bỏ các thành phần triệt tiêu.
- **Bước 4:** Lấy tích phân: $B = \int dB$

f) Chồng chất từ trường trong không gian

Đối với bài toán ba chiều:

$$B_x = \sum B_i \cos \alpha_i$$

$$B_y = \sum B_i \cos \beta_i$$

$$B_z = \sum B_i \cos \gamma_i$$

Sau đó:

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}$$

Phương pháp này thường gặp trong các bài toán:

- Hệ dây dẫn vuông góc.
- Khung dây không đồng phẳng.
- Từ trường trong không gian.

6. Sai lầm thường gặp

- Nhầm chiều của vectơ cảm ứng từ.
- Nhầm khoảng cách r trong công thức dây thẳng dài.
- Cộng đại số thay vì cộng vectơ.
- Dùng công thức dây thẳng dài cho dây hữu hạn.
- Quên khai thác tính đối xứng.
- Xác định sai góc θ trong định luật Biot – Savart.
- Nhầm giữa từ trường tại tâm vòng dây và trên trục vòng dây.

II. PHƯƠNG PHÁP

- Xác định đúng chiều của từng vectơ cảm ứng từ.
- Khai thác tính đối xứng của hệ.
- Lựa chọn giữa Biot – Savart và Ampere.

- Chuyển bài toán vectơ thành bài toán hình học.

Vì vậy, trước khi tính toán, cần luôn trả lời ba câu hỏi:

1. Từ trường do từng dòng điện có chiều như thế nào?
2. Có thành phần nào triệt tiêu do đối xứng không?
3. Có thể sử dụng Ampere để tránh tích phân hay không?

III. BÀI TẬP VẬN DỤNG

♦ PT | Bài 1: Xác định điểm có cảm ứng từ tổng hợp triệt tiêu và tính chất của vùng từ trường

Hai dây dẫn thẳng dài vô hạn được đặt song song trong không khí, cách nhau một khoảng $d = 10 \text{ cm}$. Dòng điện chạy trong hai dây có cường độ lần lượt là $I_1 = 6 \text{ A}$ và $I_2 = 9 \text{ A}$.

1. Giả sử hai dòng điện chạy ngược chiều nhau, hãy xác định vị trí của những điểm có cảm ứng từ tổng hợp bằng 0. Điểm đó nằm trong hay nằm ngoài khoảng cách giữa hai dây?

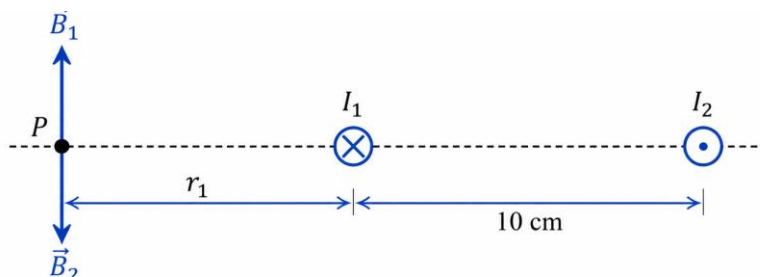
2. Tại điểm M nằm cách dây (1) một khoảng 6 cm và cách dây (2) một khoảng 8 cm. Tính độ lớn cảm ứng từ tổng hợp tại M trong trường hợp hai dòng điện ngược chiều.

🌀 ĐỊNH HƯỚNG TƯ DUY

- **Nguyên lý chồng chất:** Cảm ứng từ tại một điểm là tổng vector: $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$.
- **Điều kiện triệt tiêu ($\vec{B} = \vec{0}$):** Hai vectơ $\vec{B}_1$ và $\vec{B}_2$ phải cùng phương, ngược chiều và cùng độ lớn.
- **Với hai dòng ngược chiều:** Điểm triệt tiêu nằm ngoài khoảng hai dây, về phía dây có dòng điện nhỏ hơn.
- **Quy tắc nắm tay phải:** Sử dụng để xác định phương và chiều của từng vector cảm ứng từ thành phần. Lưu ý $\vec{B}$ luôn vuông góc với bán kính nối từ dây đến điểm xét.
- **Hình học:** Kiểm tra mối liên hệ giữa các khoảng cách (6 – 8 – 10) để nhận diện tam giác vuông, từ đó đơn giản hóa việc tổng hợp vector.

📖 HƯỚNG DẪN GIẢI CHI TIẾT

1. Xác định vị trí điểm có cảm ứng từ bằng 0



Để $\vec{B}_1 + \vec{B}_2 = \vec{0}$ thì $\vec{B}_1$ và $\vec{B}_2$ phải ngược chiều và $B_1 = B_2$.

- Vị trí: Đối với hai dòng điện ngược chiều, các điểm có vector cảm ứng từ ngược chiều nhau phải nằm ngoài khoảng cách giữa hai dây. Vì $I_1 < I_2$, điểm này nằm gần dây (1) hơn.

- Gọi r_1 là khoảng cách từ điểm đó đến dây (1), khi đó khoảng cách đến dây (2) là $r_2 = r_1 + 10 \text{ (cm)}$.

- Độ lớn:

$$B_1 = B_2 \Rightarrow 2 \cdot 10^{-7} \frac{I_1}{r_1} = 2 \cdot 10^{-7} \frac{I_2}{r_2}$$

$$\Rightarrow \frac{6}{r_1} = \frac{9}{r_1 + 10} \Rightarrow 6r_1 + 60 = 9r_1 \Rightarrow 3r_1 = 60 \Rightarrow r_1 = 20 \text{ cm}$$

Kết luận: Điểm cần tìm nằm ngoài khoảng cách hai dây, cách dây (1) một đoạn 20 cm và cách dây (2) một đoạn 30 cm.

2. Tính cảm ứng từ tại điểm M

Ta có $r_1 = 6 \text{ cm} = 0,06 \text{ m}$; $r_2 = 8 \text{ cm} = 0,08 \text{ m}$;

$d = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$.

Nhận thấy: $r_1^2 + r_2^2 = 6^2 + 8^2 = 10^2 = d^2 \Rightarrow$

Tam giác tại M vuông tại M.

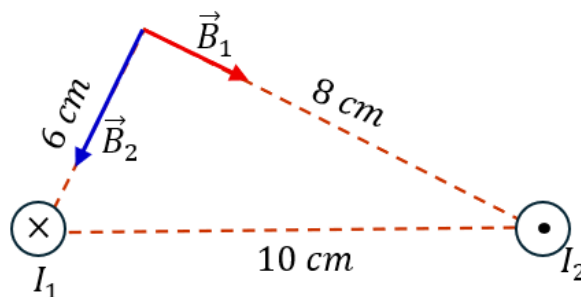
- Độ lớn các cảm ứng từ thành phần:

$$B_1 = 2 \cdot 10^{-7} \frac{I_1}{r_1} = 2 \cdot 10^{-7} \frac{6}{0,06} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

$$B_2 = 2 \cdot 10^{-7} \frac{I_2}{r_2} = 2 \cdot 10^{-7} \frac{9}{0,08} = 2,25 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

- Tổng hợp vector: Vì $\vec{B}_1 \perp r_1$ và $\vec{B}_2 \perp r_2$ mà $r_1 \perp r_2$ nên $\vec{B}_1 \perp \vec{B}_2$.

$$B_M = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} = \sqrt{(2 \cdot 10^{-5})^2 + (2,25 \cdot 10^{-5})^2} \approx 3,01 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$



⚠ LƯU Ý CHO HỌC SINH

• **Quy tắc nắm tay phải:** Ngón cái chỉ chiều dòng điện, các ngón tay khum lại chỉ chiều đường sức từ. Tại một điểm cụ thể, vector $\vec{B}$ là tiếp tuyến của đường sức từ tại điểm đó.

• **Vị trí điểm triệt tiêu:**

Hai dòng cùng chiều: Điểm triệt tiêu nằm trong khoảng giữa hai dây.

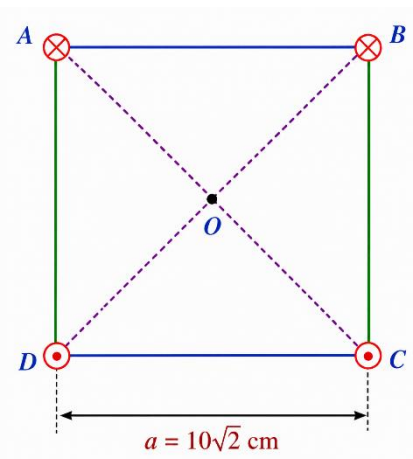
Hai dòng ngược chiều: Điểm triệt tiêu nằm ngoài khoảng hai dây, về phía dòng điện nhỏ hơn.

• **Đơn vị:** Luôn đổi khoảng cách từ cm sang m trước khi tính toán để tránh sai số lũy thừa.

• **Tư duy hình học:** Luôn kiểm tra các bộ số Pythagore (3 – 4 – 5, 6 – 8 – 10) để xác định nhanh phương của các vector.

♦ PT | Bài 2: Tổng hợp từ trường của hệ dây dẫn thẳng song song tạo thành hình vuông

Bốn dây dẫn thẳng dài vô hạn được đặt song song với nhau, xuyên vuông góc qua bốn đỉnh của một hình vuông $ABCD$ cạnh $a = 10\sqrt{2}$ cm trong không khí. Dòng điện chạy qua bốn dây có cùng cường độ $I = 10$ A. Biết dòng điện tại A và B hướng vào mặt phẳng hình vẽ ($\otimes$), dòng điện tại C và D hướng ra ngoài mặt phẳng hình vẽ ($\odot$).



1. Xác định hướng của các vector cảm ứng từ do từng dòng điện gây ra tại tâm O của hình vuông.
2. Tính độ lớn cảm ứng từ tổng hợp tại tâm O .
3. Nếu thay đổi chiều dòng điện tại B thành hướng ra ngoài ($\odot$), cảm ứng từ tổng hợp tại tâm O sẽ thay đổi như thế nào về độ lớn?
4. Trong thực tế, các kỹ sư điện thường xoắn các cặp dây dẫn ngược chiều lại với nhau. Dựa vào kết quả bài toán, hãy giải thích tại sao việc này giúp giảm nhiễu từ trường ra môi trường xung quanh.

🌀 ĐỊNH HƯỚNG TƯ DUY

- **Xác định khoảng cách:** Tâm O của hình vuông cách mỗi đỉnh một khoảng $r = \frac{AC}{2} = \frac{a\sqrt{2}}{2}$.
- **Quy tắc nắm tay phải:** Để xác định hướng của $\vec{B}$, ta đặt ngón cái theo chiều dòng điện, các ngón tay khum lại chỉ chiều đường sức. Vector $\vec{B}$ tại O sẽ vuông góc với đoạn nối từ đỉnh đến O .
- **Tổng hợp vector:** Do tính đối xứng, ta nhóm các cặp vector cùng phương để cộng đại số trước, sau đó mới dùng quy tắc hình bình hành (hoặc định lý Pythagoras) để tìm vector tổng cuối cùng.
- **Triệt tiêu từ trường:** Khi hai dòng điện ngược chiều đặt sát nhau, từ trường chúng gây ra ở khoảng cách xa sẽ ngược chiều và có độ lớn xấp xỉ nhau, dẫn đến triệt tiêu nhiễu.

📖 HƯỚNG DẪN GIẢI CHI TIẾT

1. Xác định hướng các vector cảm ứng từ tại O

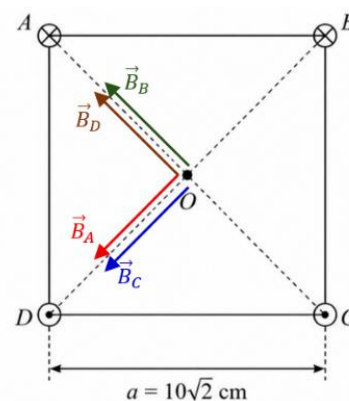
Khoảng cách từ các đỉnh đến tâm O : $r = \frac{10\sqrt{2} \cdot \sqrt{2}}{2} = 10$ cm = 0,1 m.

Theo quy tắc nắm tay phải:

- $\vec{B}_A \perp OA$, hướng về phía đỉnh D .
- $\vec{B}_B \perp OB$, hướng về phía đỉnh A .
- $\vec{B}_C \perp OC$, hướng về phía đỉnh D .
- $\vec{B}_D \perp OD$, hướng về phía đỉnh A .

2. Tính độ lớn cảm ứng từ tổng hợp tại O

Độ lớn cảm ứng từ do mỗi dây gây ra là như nhau vì cùng I và cùng r :



$$B_A = B_B = B_C = B_D = 2 \cdot 10^{-7} \frac{I}{r} = 2 \cdot 10^{-7} \frac{10}{0,1} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ T.}$$

- Nhận xét về phương chiều:

+ $\vec{B}_A$ và $\vec{B}_C$ cùng hướng (cùng vuông góc với đường chéo AC và hướng về D).

$$\Rightarrow B_{AC} = B_A + B_C = 4 \cdot 10^{-5} \text{ T.}$$

+ $\vec{B}_B$ và $\vec{B}_D$ cùng hướng (cùng vuông góc với đường chéo BD và hướng về A).

$$\Rightarrow B_{BD} = B_B + B_D = 4 \cdot 10^{-5} \text{ T.}$$

- Hai vector tổng $\vec{B}_{AC}$ và $\vec{B}_{BD}$ vuông góc với nhau (do hai đường chéo hình vuông vuông góc).

$$B_{tổng} = \sqrt{B_{AC}^2 + B_{BD}^2} = 4 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt{2} \approx 5,66 \cdot 10^{-5} \text{ T.}$$

3. Khi thay đổi chiều dòng điện tại B

Nếu dòng điện tại B hướng ra ($\odot$), theo quy tắc nắm tay phải, $\vec{B}_B$ sẽ đổi chiều (ngược hướng với $\vec{B}_D$).

- Khi đó: $B_{BD} = |B_B - B_D| = 0$ (do cùng cường độ dòng điện).

- Cảm ứng từ tổng hợp lúc này chỉ còn:

$$B'_{tổng} = B_{AC} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ T.}$$

Kết luận: Độ lớn cảm ứng từ giảm đi $\sqrt{2}$ lần.

4. Giải thích ứng dụng dây xoắn đôi

- Từ bài toán, ta thấy khi các dòng điện ngược chiều (A, B vào; C, D ra), từ trường có xu hướng triệt tiêu lẫn nhau ở một số vùng không gian.

- Trong dây xoắn đôi, hai dây dẫn mang dòng điện ngược chiều được xoắn chặt lại với nhau. Tại một điểm ở xa cặp dây, khoảng cách từ điểm đó đến hai dây xấp xỉ bằng nhau. Vì dòng điện ngược chiều, từ trường do chúng gây ra sẽ ngược hướng và triệt tiêu nhau ($B \approx 0$). Việc này giúp ngăn chặn bức xạ điện từ gây nhiễu cho các thiết bị xung quanh và ngược lại, bảo vệ tín hiệu bên trong dây khỏi nhiễu bên ngoài.

⚠ LƯU Ý CHO HỌC SINH

• **Kỹ năng vẽ hình 2D:** Hãy vẽ hình vuông trên mặt phẳng giấy, ký hiệu $\otimes$ và $\odot$ tại các đỉnh. Khi xác định $\vec{B}$, hãy nhớ vector $\vec{B}$ phải vuông góc với bán kính. Một mẹo nhỏ: $\vec{B}$ tại O do dây tại A gây ra sẽ nằm dọc theo đường chéo BD .

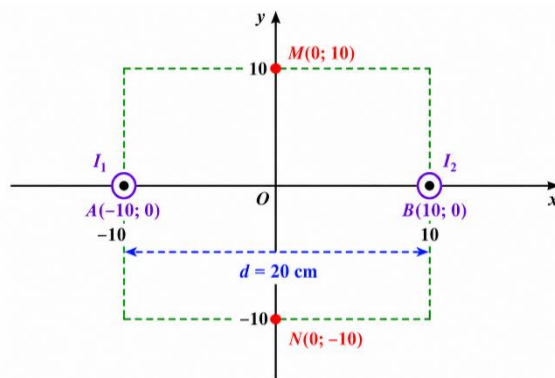
• **Độ lớn cảm ứng từ:** Luôn tính giá trị B đơn lẻ trước khi thực hiện tổng hợp vector.

• **Tính đối xứng:** Các hình có tính đối xứng (vuông, tam giác đều, lục giác). Hãy tận dụng việc các vector có độ lớn bằng nhau để nhóm chúng lại, giúp biểu thức tính toán gọn hơn.

• **Đơn vị:** $a = 10\sqrt{2} \text{ cm} \Rightarrow r = 10 \text{ cm}$. Đừng quên đổi sang mét (0,1 m) để công thức 10^{-7} có giá trị đúng.

◆ PT | Bài 3: Khảo sát phương và độ lớn cảm ứng từ của hệ hai dây dẫn song song

Hai dây dẫn thẳng dài, song song, đặt cách nhau một khoảng $d = 20 \text{ cm}$ trong không khí. Dòng điện chạy trong hai dây có cường độ $I_1 = I_2 = 100 \text{ A}$. Chọn hệ trục tọa độ Oxy sao cho hai dây dẫn đi qua các điểm $A(-10; 0)$ và $B(10; 0)$ trên trục Ox (đơn vị tọa độ là cm), chiều dòng điện hướng ra ngoài mặt phẳng hình vẽ.



1. Xác định vector cảm ứng từ tại điểm $M(0; 10)$ và điểm $N(0; -10)$. Có nhận xét gì về đặc điểm đối xứng của từ trường tại hai điểm này?

2. Tìm tập hợp các điểm trên mặt phẳng Oxy mà tại đó vector cảm ứng từ tổng hợp có phương song song với trục Ox .

🌀 ĐỊNH HƯỚNG TƯ DUY

• • **Bước 1:** Xác định hướng của các vector cảm ứng từ thành phần $\vec{B}_1, \vec{B}_2$ dựa vào quy tắc nắm tay phải. Lưu ý vector $\vec{B}$ tại một điểm luôn vuông góc với bán kính nối từ dòng điện đến điểm đó.

• • **Bước 2:** Vận dụng nguyên lý chồng chất $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_0$. Sử dụng tính chất đối xứng của hình học và hàm số để tối giản biểu thức.

📖 HƯỚNG DẪN GIẢI CHI TIẾT

1. Vector cảm ứng từ tại điểm $M(0; 10)$ và điểm $N(0; -10)$:

Tại $M(0; 10)$:

- Khoảng cách

$$r_1 = AM = \sqrt{10^2 + 10^2} = 10\sqrt{2} \text{ cm} = 0,1\sqrt{2} \text{ m}.$$

- Do $I_1 = I_2$ và $r_1 = r_2$ nên

$$B_1 = B_2 = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I_1}{r_1} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{100}{0,1\sqrt{2}} = \sqrt{2} \cdot 10^{-4} \text{ T}.$$

- Vector $\vec{B}_1 \perp AM, \vec{B}_2 \perp BM$.

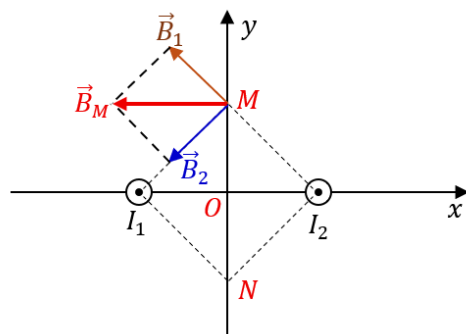
- Do tính đối xứng qua trục Oy , các thành phần theo trục Oy triệt tiêu nhau, các thành phần theo trục Ox cộng dồn:

$$B_M = 2 \cdot B_1 \cdot \cos(45^\circ) = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot 10^{-4} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ T}$$

- Vì dòng điện hướng ra, theo quy tắc nắm tay phải, $\vec{B}_M$ hướng theo chiều âm trục Ox .

- Tương tự tại $N(0; -10)$, tính toán cho kết quả $B_N = 2 \cdot 10^{-4} \text{ T}$ nhưng hướng theo chiều dương trục Ox .

Nhận xét: Từ trường tại hai điểm đối xứng qua trục chứa hai dây dẫn (Ox) có độ lớn bằng nhau nhưng ngược chiều (đối xứng qua tâm O).



2. Tập hợp các điểm trên mặt phẳng Oxy mà tại đó vector cảm ứng từ tổng hợp có phương song song với trục Ox :

Tại điểm bất kỳ $K(x; y)$, điều kiện để $\vec{B}$ song song Ox là thành phần $B_y = 0$.

$$B_y = B_{1y} + B_{2y} = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \left(\frac{x+10}{r_1^2} + \frac{x-10}{r_2^2} \right) = 0$$

Điều kiện $\vec{B}$ song song Ox :

$$B_y = 0$$

suy ra:

$$(x+10)[(x-10)^2 + y^2] + (x-10)[(x+10)^2 + y^2] = 0$$

$$2x(x^2 + y^2 - 100) = 0$$

Vậy tập hợp điểm là:

$$\boxed{x = 0}$$

hoặc

$$\boxed{x^2 + y^2 = 100}$$

trừ hai điểm đặt dây.

⚠ LƯU Ý CHO HỌC SINH

- **Quy tắc nắm tay phải:** Với dòng điện hướng ra khỏi mặt phẳng hình vẽ ($\odot$), các đường sức từ có chiều ngược chiều kim đồng hồ. Vector $\vec{B}$ tại mỗi điểm luôn tiếp tuyến với đường sức từ và vuông góc với bán kính nối từ dây dẫn đến điểm đang xét.
- **Khai thác tính đối xứng:** Tại các điểm nằm trên trục đối xứng của hệ, nhiều thành phần cảm ứng từ có độ lớn bằng nhau. Hãy tách $\vec{B}$ theo các trục tọa độ rồi xét thành phần nào triệt tiêu, thành phần nào cộng dồn.
- **Không cộng trực tiếp độ lớn:** Khi tổng hợp từ trường do nhiều dây dẫn gây ra, phải cộng vector $\vec{B}$, không được cộng đại số các độ lớn B nếu các vector không cùng phương.

◆ PT | Bài 4: Ứng dụng cuộn dây dẹt trong thiết bị đo từ trường và tạo từ trường đều

Người ta đặt một cuộn dây tròn dẹt gồm $N = 100$ vòng dây quấn sát nhau, bán kính trung bình $R = 10$ cm, sao cho mặt phẳng của nó song song với thành phần nằm ngang của từ trường Trái Đất $\vec{B}_0$ ($B_0 = 2 \times 10^{-5}$ T). Tại tâm O của cuộn dây, đặt một kim nam châm nhỏ có thể quay tự do trong mặt phẳng ngang.

1. Khi cho dòng điện $I = 25$ mA chạy qua cuộn dây, kim nam châm lệch một góc θ so với hướng ban đầu. Tính θ . Nếu muốn kim nam châm lệch đúng 45° để giảm thiểu sai số số đọc, ta cần điều chỉnh cường độ dòng điện I bằng bao nhiêu?

2. (Dành cho HSG) Người ta ghép thêm một cuộn dây thứ hai giống hệt cuộn dây trên, đặt đồng trục và cách cuộn thứ nhất một khoảng h .

a) Chứng minh rằng nếu chọn $h = R$ (cấu hình Helmholtz) thì tại điểm chính giữa đoạn nối tâm hai cuộn dây, đạo hàm bậc hai của cảm ứng từ tổng hợp theo biến x sẽ triệt tiêu:

$$B''(0) = 0.$$

b) Nêu ý nghĩa thực tiễn của kết quả trên.

🔗 ĐỊNH HƯỚNG TƯ DUY

- **Bước 1:** Xác định cảm ứng từ do cuộn dây gây ra tại tâm. Với cuộn dây tròn N vòng, bán kính R , dòng điện I : $B_{\text{dây}} = \frac{\mu_0 NI}{2R}$.
- **Bước 2:** Nhận ra đây là nguyên lý của **từ kế tiếp tuyến (tangent galvanometer)**. Kim nam châm chịu tác dụng đồng thời của từ trường Trái Đất $\vec{B}_0$ và từ trường do cuộn dây $\vec{B}_{\text{dây}}$, hai vector vuông góc nhau.
- **Bước 3:** Sử dụng quy tắc cộng vector từ trường để xác định góc lệch: $\tan \theta = \frac{B_{\text{dây}}}{B_0}$.
- **Bước 4:** Muốn kim lệch một góc xác định (ví dụ 45°), suy ra giá trị từ trường cần thiết rồi tìm cường độ dòng điện tương ứng.
- **Bước 5:** Với hệ hai cuộn dây đồng trục, viết biểu thức cảm ứng từ tổng hợp trên trục đối xứng bằng nguyên lý chồng chất từ trường.
- **Bước 6:** Khai thác tính đối xứng tại điểm giữa hai cuộn dây. Tính các đạo hàm của $B(x)$ tại tâm để tìm điều kiện làm cho từ trường biến thiên chậm nhất theo vị trí.
- **Bước 7:** Liên hệ ý nghĩa vật lý của điều kiện $h = R$: tạo vùng từ trường gần như đồng đều trong một khoảng không gian rộng quanh tâm.

📖 HƯỚNG DẪN GIẢI CHI TIẾT

1. Điều chỉnh cường độ dòng điện I :

Cảm ứng từ do cuộn dây gây ra tại tâm khi $I = 25 \text{ mA} = 0,025 \text{ A}$:

$$B_{\text{dây}} = 2\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{100 \cdot 0,025}{0,1} \approx 1,57 \cdot 10^{-5} \text{ T}.$$

Góc lệch của kim nam châm: $\tan \theta = \frac{B_{\text{dây}}}{B_0} = \frac{1,57 \cdot 10^{-5}}{2 \cdot 10^{-5}} = 0,785 \Rightarrow \theta \approx 38,1^\circ$.

Để $\theta = 45^\circ$ thì $B_{\text{dây}} = B_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ T}$.

$$\Rightarrow I' = \frac{2 \cdot B_0 \cdot R}{\mu_0 \cdot N} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 10^{-5} \cdot 0,1}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 100} \approx 0,0318 \text{ A} = 31,8 \text{ mA}.$$

2a) Chứng minh khi chọn $h = R$, thì $B''(0) = 0$:

- Đặt gốc tọa độ tại điểm chính giữa hai cuộn dây. Vị trí hai cuộn lần lượt là $x = -h/2$ và $x = h/2$.

- Từ trường tổng hợp: $B_{\text{th}}(x) = C \cdot [(R^2 + (x + h/2)^2)^{-3/2} + (R^2 + (x - h/2)^2)^{-3/2}]$.

- Đạo hàm bậc hai $B''(x)$ tại $x = 0$ cho kết quả tỉ lệ với biểu thức $(h^2 - R^2)$.

Khi chọn $h = R$, ta có $B''(0) = 0$.

2b) Ý nghĩa:

- Tại khu vực giữa hai cuộn dây, cảm ứng từ không những có đạo hàm bậc nhất bằng 0 (cực trị - tính đối xứng) mà đạo hàm bậc hai cũng bằng 0 (điểm uốn). Điều này làm cho hàm $B(x)$ gần như không đổi trong một vùng không gian rộng quanh tâm, tạo ra từ trường đều cực kỳ tinh khiết để phục vụ các thí nghiệm chính xác, hiệu chuẩn cảm biến và nghiên cứu từ trường.

⚠ LƯU Ý CHO HỌC SINH

• **Phân biệt đúng từ trường tác dụng lên kim nam châm:** Kim không chỉ chịu tác dụng của cuộn dây mà còn chịu tác dụng của từ trường Trái Đất. Góc lệch được xác định từ **từ trường tổng hợp**, không phải chỉ từ $B_{\text{dây}}$.

• **Không cộng đại số độ lớn từ trường:** Trong bài này $\vec{B}_0$ và $\vec{B}_{\text{dây}}$ vuông góc nhau nên phải cộng vectơ. Hệ thức đúng là $\tan \theta = B_{\text{dây}}/B_0$.

• **Ghi nhớ công thức tại tâm cuộn dây tròn nhiều vòng:**

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2R}.$$

Học sinh thường quên hệ số N hoặc nhầm với công thức của ống dây dài.

• **Ý nghĩa của cấu hình Helmholtz:** Điều kiện $h = R$ không làm từ trường lớn nhất mà làm từ trường **đều nhất** quanh vùng trung tâm.

• **Khai thác đạo hàm phải dựa trên đối xứng:** Tại điểm giữa hai cuộn dây luôn có $B'(0) = 0$. Điểm đặc biệt của cấu hình Helmholtz là còn có thêm $B''(0) = 0$, nên độ đồng đều của từ trường tăng đáng kể.

• **Liên hệ thực tiễn:** Cặp cuộn Helmholtz được sử dụng để hiệu chuẩn cảm biến từ, nghiên cứu từ trường và tạo môi trường từ trường gần như đồng đều trong phòng thí nghiệm.

♦ PT | Bài 5: Mở rộng cho HSG: Từ trường của dòng điện trong vật dẫn khối

Xét một dây dẫn hình trụ đặc, dài vô hạn, bán kính $R = 5 \text{ cm}$. Dòng điện chạy trong dây dẫn có cường độ tổng cộng là $I = 20 \text{ A}$. Tuy nhiên, do hiệu ứng vật liệu, dòng điện không phân bố đều trên tiết diện ngang mà có mật độ dòng điện j biến thiên theo khoảng cách r tính từ trục của hình trụ theo quy luật:

$$j(r) = j_0 \left(1 - \frac{r^2}{R^2} \right) \text{ với } (r \leq R)$$

Trong đó j_0 là một hằng số.

1. Hãy xác định giá trị của hằng số j_0 theo I và R . Tính giá trị số của j_0 .

2. Sử dụng định luật Ampere, hãy thiết lập biểu thức cảm ứng từ B tại một điểm nằm bên trong dây dẫn ($r < R$).

3. Xác định biểu thức cảm ứng từ B tại một điểm nằm bên ngoài dây dẫn ($r > R$). Tại vị trí nào thì cảm ứng từ đạt giá trị cực đại? Tính giá trị cực đại đó.

🔗 ĐỊNH HƯỚNG TƯ DUY

- **Bước 1:** Mật độ dòng điện j là dòng điện trên một đơn vị diện tích. Để tìm I tổng cộng, ta chia tiết diện thành các vành khăn siêu mỏng diện tích $dS = 2\pi r dr$ rồi lấy tích phân: $I = \int_0^R j(r) 2\pi r dr$.
- **Bước 2:** Sử dụng Định luật Ampere: $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I_{in}$. Chọn đường tròn bao quanh trục làm đường lấy tích phân (Amperian loop). I_{in} là phần dòng điện nằm bên trong đường tròn bán kính r đang xét.

📖 HƯỚNG DẪN GIẢI CHI TIẾT

1. Xác định j_0 :

Dòng điện tổng cộng qua tiết diện:

$$I = \int_0^R j_0 \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right) 2\pi r dr = 2\pi j_0 \int_0^R \left(r - \frac{r^3}{R^2}\right) dr = 2\pi j_0 \left[\frac{r^2}{2} - \frac{r^4}{4R^2}\right]_0^R = \frac{\pi j_0 R^2}{2}$$

$$\Rightarrow j_0 = \frac{2I}{\pi R^2} = \frac{2 \cdot 20}{\pi \cdot (0,05)^2} \approx 5093 \text{ A/m}^2.$$

2. Từ trường bên trong dây dẫn ($r < R$):

Chọn đường Amperian là đường tròn bán kính r . Theo định luật Ampere: $B \cdot 2\pi r = \mu_0 I_{in}(r)$.

Dòng điện bên trong bán kính r :

$$I_{in}(r) = \int_0^r j_0 \left(1 - \frac{r'^2}{R^2}\right) 2\pi r' dr' = 2\pi j_0 \left(\frac{r^2}{2} - \frac{r^4}{4R^2}\right) = \pi j_0 r^2 \left(1 - \frac{r^2}{2R^2}\right)$$

Thay $j_0 = 2I/(\pi R^2)$ vào: $I_{in}(r) = I \frac{r^2}{R^2} \left(2 - \frac{r^2}{R^2}\right) / 1$ (cần cẩn thận bước rút gọn).

Kết quả cuối cùng cho B :

$$B(r) = \frac{\mu_0 I r}{2\pi R^2} \left(2 - \frac{r^2}{R^2}\right)$$

3. Từ trường bên ngoài dây dẫn ($r > R$):

Với $r > R$, toàn bộ dòng điện I nằm bên trong đường Amperian:

$$B \cdot 2\pi r = \mu_0 I \Rightarrow B(r) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}.$$

Nhận xét: Bên ngoài dây dẫn đặc, từ trường biến thiên giống hệt như dòng điện thẳng mảnh.

Cực đại: Từ biểu thức ở b, khảo sát hàm $B(r)$ bên trong vật dẫn, ta thấy B tăng từ tâm ra, đạt cực đại tại bề mặt $r = R$ (vì hàm trong ngoặc luôn dương và hàm tăng).

$$B_{max} = B(R) = \frac{\mu_0 I}{2\pi R} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 20}{2\pi \cdot 0,05} = 8 \cdot 10^{-5} \text{ T}.$$

⚠ LƯU Ý CHO HỌC SINH

- **Phạm vi áp dụng định luật Ampere:** Chỉ nên dùng khi hệ có tính đối xứng cao (hình trụ dài, mặt phẳng rộng, ống dây vô hạn). Nếu dây dẫn hữu hạn, bắt buộc phải dùng Biot-Savart.

- **Kỹ năng tích phân vành khăn:** Đây là kỹ năng nền tảng. Khi mật độ dòng j phụ thuộc vào bán kính r , ta phải chia nhỏ tiết diện thành các vành tròn có diện tích $dS = 2\pi r dr$.
- **Sự liên tục của từ trường:** Hãy kiểm tra xem biểu thức B ở (2) khi cho $r = R$ có khớp với biểu thức ở (3) không. Nếu không khớp, chắc chắn bạn đã sai ở bước tính tích phân I_{in} .

III. BÀI TẬP TRẮC NGHIỆM TRẢ LỜI NGẮN

◆ PT | Bài 6: Cường độ dòng điện trong cuộn dây tròn nhiều vòng

Một cuộn dây tròn gồm 100 vòng dây giống nhau được quấn nối tiếp, cách điện với nhau. Mỗi vòng dây có bán kính $R = 5,0$ cm. Khi cho dòng điện chạy qua cuộn dây, cảm ứng từ tại tâm cuộn dây có độ lớn $B = 5,0 \times 10^{-4}$ T. Cường độ dòng điện chạy trong cuộn dây bằng bao nhiêu? Kết quả ghi theo đơn vị A và làm tròn đến hàng phần mười.

🔗 ĐỊNH HƯỚNG TƯ DUY

- **Bước 1:** Viết công thức cảm ứng từ tại tâm của một vòng dây tròn.
- **Bước 2:** Mở rộng công thức cho cuộn dây gồm nhiều vòng dây giống nhau.
- **Bước 3:** Biến đổi công thức để tìm cường độ dòng điện.

📖 HƯỚNG DẪN GIẢI CHI TIẾT

Cảm ứng từ tại tâm của cuộn dây gồm N vòng:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2R}$$

Suy ra:

$$I = \frac{2RB}{\mu_0 N}$$

Thay số:

$$I = \frac{2 \cdot 0,05 \cdot 5 \times 10^{-4}}{4\pi \times 10^{-7} \cdot 100}$$

$$I = \frac{5 \times 10^{-5}}{4\pi \times 10^{-5}} = \frac{1}{4\pi} \approx 0,398 \text{ A}$$

Đáp số điền phiếu:

0	,	4	
---	---	---	--

⚠ LƯU Ý CHO HỌC SINH

- Với cuộn dây gồm N vòng giống nhau mắc nối tiếp, cảm ứng từ tại tâm bằng N lần cảm ứng từ do một vòng dây gây ra.
- Khi thay số cần đổi bán kính sang mét: $R = 5,0 \text{ cm} = 0,050 \text{ m}$
- Công thức $B = \frac{\mu_0 NI}{2R}$ chỉ áp dụng cho cuộn dây tròn có các vòng đồng tâm và cùng bán kính.

◆ PT | Bài 7: Cảm ứng từ trên trục cuộn dây tròn và ứng dụng trong đo từ trường

Trong thực nghiệm, để tạo ra một vùng từ trường có độ đồng nhất cao hoặc để hiệu chuẩn các thiết bị đo từ trường như cảm biến Hall, người ta thường sử dụng các cuộn dây tròn dẹt. Xét một cuộn dây tròn dẹt gồm $N = 100$ vòng dây quấn sát nhau, bán kính trung bình của cuộn dây là $R = 10$ cm. Dòng điện chạy qua cuộn dây có cường độ không đổi I .

Trên trục của cuộn dây, tại điểm M cách tâm O một khoảng x , cảm ứng từ giảm còn một nửa so với giá trị tại tâm. Tính tỉ số $\frac{x}{R}$ có giá trị bằng bao nhiêu? (kết quả làm tròn đến hàng phần trăm)

Đáp số:

🔗 ĐỊNH HƯỚNG TƯ DUY

• • **Bước 1:** Dùng công thức cảm ứng từ trên trục của cuộn dây tròn: $B(x) = \frac{\mu_0 N I R^2}{2(R^2 + x^2)^{3/2}}$.

• • **Bước 2:** Tính giá trị tại tâm O : $B(0) = \frac{\mu_0 N I}{2R}$.

• • **Bước 3:** Dùng điều kiện cảm ứng từ tại M giảm 2 lần: $B(x) = \frac{1}{2} B(0)$.

Từ đó giải phương trình theo $\frac{x}{R}$.

📖 HƯỚNG DẪN GIẢI CHI TIẾT

- Cảm ứng từ tại điểm M trên trục cuộn dây, cách tâm O một khoảng x , có độ lớn:

$$B(x) = \frac{\mu_0 N I R^2}{2(R^2 + x^2)^{3/2}}.$$

- Tại tâm O , tức $x = 0$: $B(0) = \frac{\mu_0 N I}{2R}$.

- Theo đề bài:

$$B(x) = \frac{1}{2} B(0).$$

Suy ra:

$$\frac{\mu_0 N I R^2}{2(R^2 + x^2)^{3/2}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\mu_0 N I}{2R}.$$

Rút gọn:

$$\begin{aligned} \frac{R^2}{(R^2 + x^2)^{3/2}} &= \frac{1}{2R} \\ 2R^3 &= (R^2 + x^2)^{3/2}. \end{aligned}$$

Lũy thừa hai vế:

$$\begin{aligned} 4R^6 &= (R^2 + x^2)^3 \\ R^2 + x^2 &= R^2 \sqrt[3]{4} \\ x^2 &= R^2 (\sqrt[3]{4} - 1). \end{aligned}$$

Do đó:

$$\frac{x}{R} = \sqrt{\sqrt[3]{4} - 1}.$$

Tính gần đúng:

$$\frac{x}{R} \approx 0,766.$$

Đáp số điền phiếu:

0	,	7	7
---	---	---	---

⚠ LƯU Ý CHO HỌC SINH

• **Giá trị tại tâm:** Khi thay $x = 0$, công thức trên trục phải trở về: $B(0) = \frac{\mu_0 N I}{2R}$.

Đây là cách kiểm tra nhanh công thức.

• **Không cần thay số N, I, R :** Bài hỏi tỉ số $\frac{x}{R}$, nên các đại lượng μ_0, N, I sẽ triệt tiêu.

• **Cẩn thận với “giảm đi 2 lần”:** Cụm này có nghĩa là: $B(x) = \frac{1}{2}B(0)$, không phải $B(x) = B(0) - 2$.

♦ PT | Bài 8: Tổng hợp từ trường của hai dây dẫn trong hệ thống cáp điện

Trong một hệ thống truyền tải điện, hai dây dẫn thẳng dài được bố trí vuông góc nhau trong không gian để giảm ảnh hưởng lẫn nhau. Dây thứ nhất mang dòng điện có cường độ $I_1 = 10 \text{ A}$, dây thứ hai mang dòng điện có cường độ $I_2 = 30 \text{ A}$. Khoảng cách ngắn nhất giữa hai dây là $d = 4 \text{ cm}$. Một cảm biến từ trường được đặt tại điểm M nằm trên đoạn vuông góc chung của hai dây và cách mỗi dây một khoảng 2 cm . Độ lớn cảm ứng từ tổng hợp tại vị trí đặt cảm biến bằng $x \cdot 10^{-4} \text{ T}$. Giá trị của x bằng bao nhiêu? (làm tròn kết quả đến hàng phần trăm)

Đáp số:

--	--	--	--

ĐỊNH HƯỚNG TƯ DUY

- **Bước 1:** Xác định khoảng cách từ cảm biến đến mỗi dây dẫn: $r_1 = r_2 = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}$.
- **Bước 2:** Tính cảm ứng từ do từng dây gây ra: $B = 2 \cdot 10^{-7} \frac{I}{r}$.
- **Bước 3:** Sử dụng tính chất hình học của đoạn vuông góc chung để xác định góc giữa hai vector cảm ứng từ.
- **Bước 4:** Tổng hợp hai vector cảm ứng từ bằng định lý Pitago.

📖 HƯỚNG DẪN GIẢI CHI TIẾT

Khoảng cách từ điểm M đến mỗi dây:

$$r = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}.$$

Tính cảm ứng từ do dây thứ nhất gây ra

$$B_1 = 2 \cdot 10^{-7} \frac{I_1}{r} = 2 \cdot 10^{-7} \frac{10}{0,02} = 1,0 \times 10^{-4} \text{ T}.$$

Tính cảm ứng từ do dây thứ hai gây ra

$$B_2 = 2 \cdot 10^{-7} \frac{I_2}{r} = 2 \cdot 10^{-7} \frac{30}{0,02} = 3,0 \times 10^{-4} \text{ T.}$$

Tổng hợp cảm ứng từ

Tại điểm M , hai vectơ cảm ứng từ vuông góc nhau nên:

$$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2}.$$

Suy ra:

$$\begin{aligned} B &= \sqrt{(1,0 \times 10^{-4})^2 + (3,0 \times 10^{-4})^2} \\ &= \sqrt{10} \times 10^{-4} \\ &\approx 3,16 \times 10^{-4} \text{ T.} \end{aligned}$$

Vậy:

$$B = 3,16 \times 10^{-4} \text{ T.}$$

Đáp số điền phiếu:

3	,	1	6
---	---	---	---

⚠ LƯU Ý CHO HỌC SINH

- **Đổi đơn vị trước khi tính:** Trong công thức $B = 2 \cdot 10^{-7} \frac{I}{r}$, khoảng cách r phải tính bằng mét.
- **Tổng hợp từ trường là tổng hợp vector:** Chỉ được cộng trực tiếp độ lớn khi các vector cùng phương, cùng chiều.
- **Khai thác hình học:** Nếu hai vectơ cảm ứng từ vuông góc nhau thì nên dùng ngay:

$$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2}.$$

- **Ước lượng kết quả:** Vì $B_2 = 3B_1$, nên cảm ứng từ tổng hợp phải lớn hơn B_2 nhưng không vượt quá $B_1 + B_2$. Đây là cách kiểm tra nhanh kết quả tính toán.

♦ PT | Bài 9: Xác định vị trí có cảm ứng từ tổng hợp bằng không

Ba dây dẫn thẳng dài, song song và nằm trong cùng một mặt phẳng. Hai dây liên tiếp cách nhau một khoảng $a = 6 \text{ cm}$. Cường độ dòng điện trong các dây là: $I_1 = I_2 = I, I_3 = 2I$. Dây I_3 nằm ngoài I_1, I_2 đồng thời dòng điện trong dây I_3 ngược chiều với dòng điện trong hai dây I_1 và I_2 . Khoảng cách từ điểm M đến dây I_2 để cảm ứng từ tổng hợp tại M bằng không bằng bao nhiêu centmét (kết quả làm tròn đến hàng phần mười)?

Đáp số:

--	--	--	--

🌀 ĐỊNH HƯỚNG TƯ DUY

- **Bước 1:** Chọn trục tọa độ trùng với đường thẳng đi qua ba dây dẫn.

- **Bước 2:** Dùng quy tắc nắm tay phải để xác định vùng có khả năng xuất hiện điểm $B = 0$.
- **Bước 3:** Viết biểu thức độ lớn cảm ứng từ do từng dây gây ra tại điểm M .
- **Bước 4:** Áp dụng điều kiện cảm ứng từ tổng hợp bằng không để tìm vị trí của M .

HƯỚNG DẪN GIẢI CHI TIẾT

- Đặt ba dây trên một đường thẳng theo thứ tự: I_1, I_2, I_3 với khoảng cách: $I_1I_2 = I_2I_3 = a = 6 \text{ cm}$
- Do I_1 và I_2 cùng chiều, còn I_3 ngược chiều nên điểm có $B = 0$ chỉ có thể nằm giữa hai dây I_1 và I_2 .
- Gọi x là khoảng cách từ M đến dây I_2 .

Khi đó:

$$\begin{aligned} MI_2 &= x \\ MI_1 &= 6 - x \\ MI_3 &= 6 + x \end{aligned}$$

Điều kiện cảm ứng từ tổng hợp bằng không:

$$B_1 + B_3 = B_2$$

hay

$$\frac{\mu_0 I}{2\pi(6-x)} + \frac{\mu_0(2I)}{2\pi(6+x)} = \frac{\mu_0 I}{2\pi x}$$

Rút gọn:

$$\frac{1}{6-x} + \frac{2}{6+x} = \frac{1}{x}$$

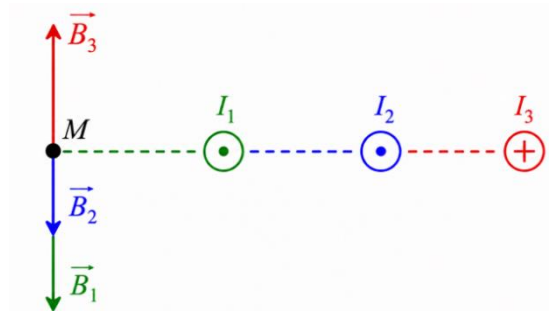
Nhân khử mẫu:

$$\begin{aligned} x(6+x) + 2x(6-x) &= 36 - x^2 \\ 18x - x^2 &= 36 - x^2 \rightarrow x = 2 \text{ cm} \end{aligned}$$

Vậy điểm M nằm giữa hai dây I_1 và I_2 , cách dây I_2 : **2 cm**

Đáp số điền phiếu:

2			
---	--	--	--

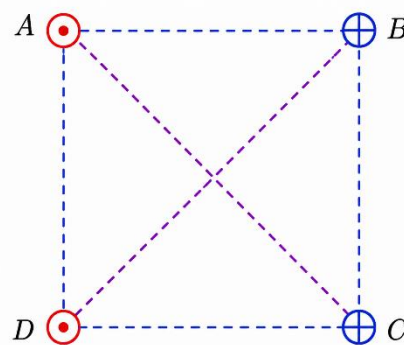


LƯU Ý CHO HỌC SINH

- Trước khi lập phương trình cần xác định đúng vùng có thể xuất hiện điểm $B = 0$.
- Không được cộng đại số các độ lớn cảm ứng từ khi chưa xét chiều của các vectơ cảm ứng từ.
- Với bài toán nhiều dây dẫn song song, nên dùng quy tắc nắm tay phải để loại nhanh các vùng không thể có $B = 0$.

◆ PT | Bài 10: Từ trường tại tâm của hệ bốn dây dẫn

Bốn dây dẫn thẳng dài đặt song song với nhau, vuông góc với mặt phẳng hình vẽ. Tiết diện ngang của bốn dây là bốn đỉnh của một hình vuông cạnh $a = 20 \text{ cm}$. Trong mỗi dây có dòng điện cường độ $I = 2,0 \text{ A}$, chiều dòng điện như hình vẽ. Độ lớn cảm ứng từ tổng hợp tại tâm O của hình vuông bằng $x \cdot 10^{-6} \text{ T}$. Giá trị của x bằng bao nhiêu? (Kết quả làm tròn đến hàng phần mười)



Đáp số:

🔗 ĐỊNH HƯỚNG TƯ DUY

- **Bước 1:** Tính khoảng cách từ tâm hình vuông đến mỗi dây dẫn.
- **Bước 2:** Tính cảm ứng từ do một dây dẫn gây ra tại tâm.
- **Bước 3:** Dựa vào tính đối xứng của hệ để cộng các vector cảm ứng từ.

📖 HƯỚNG DẪN GIẢI CHI TIẾT

- Khoảng cách từ tâm hình vuông đến mỗi dây:

$$r = \frac{a\sqrt{2}}{2} = \frac{0,20\sqrt{2}}{2} = 0,10\sqrt{2} \text{ m}$$

- Cảm ứng từ do một dây dẫn thẳng dài gây ra tại tâm:

$$B_0 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

$$B_0 = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2}{2\pi \cdot 0,10\sqrt{2}} = 2\sqrt{2} \cdot 10^{-6} \text{ T}$$

- Theo quy tắc nắm tay phải và tính đối xứng của hệ:

Các thành phần song song với cạnh AB triệt tiêu nhau.

Các thành phần vuông góc với cạnh AB cùng chiều và cộng lại.

Do đó:

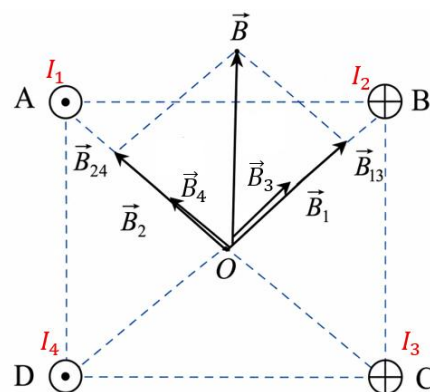
$$B = 4B_0 \cos 45^\circ$$

$$B = 4 \cdot 2\sqrt{2} \cdot 10^{-6} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 8 \cdot 10^{-6} \text{ T}$$

Vậy:

$$B = 8,0 \times 10^{-6} \text{ T}$$

Đáp số điền phiếu: 8 , 0



⚠ LƯU Ý CHO HỌC SINH

- Khoảng cách từ tâm hình vuông đến đỉnh là $a\sqrt{2}/2$, không phải $a/2$.

- Nên khai thác tính đối xứng của hệ thay vì cộng trực tiếp bốn vector cảm ứng từ.
- Bài toán chỉ yêu cầu độ lớn nên không cần xác định chi tiết hướng của từng vector thành phần.