

ĐẠI HỌC THỦ DẦU MỘT

GIÁO TRÌNH VẬT LÝ ĐẠI CƯƠNG A2

Chủ biên: TS. Võ Văn Ôn

ThS. Huỳnh Duy Nhân – ThS. Nguyễn Thị Huỳnh Nga – ThS. Nguyễn Đức Hảo

Lưu hành nội bộ

Lời nói đầu

Các em sinh viên thân mến!

Các em đang cầm trong tay quyển Vật lý đại cương A2 dành cho sinh viên các ngành Kỹ thuật và Công nghệ của trường Đại học Thủ Dầu Một, do thầy cùng một số thầy cô trong bộ môn Vật lý, khoa Khoa học Tự nhiên biên soạn.

Tâm niệm của nhóm là biên soạn một giáo trình chứa những kiến thức cơ bản của Vật lý đại cương và cập nhật những kiến thức mới dù ở mức độ cơ bản nhất để cung cấp cho các em học tập và nghiên cứu.

Giáo trình chứa các kiến thức cơ bản, các ví dụ áp dụng, các câu hỏi củng cố cùng bài tập có đáp số để các em vận dụng tuy mức độ không quá khó.

Giáo trình được phân công biên soạn như sau:

- TS. Võ Văn Ôn: các chương 0; 5;7;8(A1); 8;9;10;11;12 (A2)
- ThS. Huỳnh Duy Nhân: các chương 9;10;11(A1);1; 2(A2)
- ThS. Nguyễn Thị Huỳnh Nga: các chương 1;2(A1); 3; 6; 7(A2)
- ThS. Nguyễn Đức Hào: các chương 3;4;6(A1); 4; 5(A2)

Dù thật nhiều cố gắng nhưng chắc không tránh khỏi sai sót trong lần xuất bản đầu, mong được sự góp ý của các đồng nghiệp và các em sinh viên. Mọi sự góp ý xin gửi về địa chỉ email: onvv@tdmu.edu.vn

Bình Dương, tháng 10 năm 2015

Võ Văn Ôn

MỤC LỤC

Chương 1: TỪ TRƯỜNG TĨNH.....	1
§1.1 TỪ TRƯỜNG TĨNH, ĐỊNH LUẬT AMPERE.....	1
§1.2 TỪ TRƯỜNG TĨNH.....	4
§1.3 CÁC ĐỊNH LÝ QUAN TRỌNG VỀ TỪ TRƯỜNG.....	9
§1.4 TÁC DỤNG CỦA TỪ TRƯỜNG LÊN DÒNG ĐIỆN.....	16
§1.5 CHUYỂN ĐỘNG CỦA ĐIỆN TÍCH TRONG TỪ TRƯỜNG.....	23
§1.6 TÓM TẮT NỘI DUNG.....	29
§1.7 CÂU HỎI LÝ THUYẾT VÀ BÀI TẬP	34
Chương 2: CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ	37
§2.1. CÁC ĐỊNH LUẬT CƠ BẢN VỀ CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ.....	38
§2.2. HIỆN TƯỢNG TỰ CẢM VÀ HỖ CẢM.....	48
§2.3. NĂNG LƯỢNG TỪ TRƯỜNG	55
§2.4. TÓM TẮT NỘI DUNG.....	59
§2.5. CÂU HỎI LÝ THUYẾT VÀ BÀI TẬP	61
Chương 3: VẬT LIỆU TỪ.....	64
§3.1 KHÁI NIỆM VỀ TỪ TÍNH CỦA VẬT LIỆU.....	64
§3.2 CHẤT NGHỊCH TỪ.....	68
§3.3 CHẤT THUẬN TỪ.....	70
§3.4 CHẤT SẮT TỪ	71
§3.5 CHẤT PHẢN SẮT TỪ VÀ FERIT TỪ	73
§3.6 VẬT LIỆU TỪ CỨNG VÀ TỪ MỀM.....	74
§3.7 TÓM TẮT CHƯƠNG 3.....	77
§3.8 CÂU HỎI LÝ THUYẾT VÀ BÀI TẬP	79
Chương 4: ĐIỆN TỪ TRƯỜNG.....	81
§4.1 THUYẾT MAXWELL VỀ ĐIỆN TỪ TRƯỜNG.....	81
§ 4.2 SÓNG ĐIỆN TỪ TỰ DO	86
§4.3 MỘT SỐ BÀI TOÁN VÍ DỤ VỀ ĐIỆN TỪ TRƯỜNG.....	89

§4.4 TÓM TẮT NỘI DUNG CHƯƠNG 4.....	92
§4.5 CÂU HỎI LÝ THUYẾT VÀ BÀI TẬP	94
Chương 5: DAO ĐỘNG ĐIỆN TỬ	98
§5.1 DAO ĐỘNG ĐIỆN TỬ ĐIỀU HOÀ.....	98
§5.2 DAO ĐỘNG ĐIỆN TỬ TẮT DẦN.....	104
§5.3 DAO ĐỘNG ĐIỆN TỬ CƯỖNG BỨC	108
§5.4 SỰ TỔNG HỢP DAO ĐỘNG.....	110
§5.5 TÓM TẮT NỘI DUNG.....	116
§5.6 CÂU HỎI LÝ THUYẾT VÀ BÀI TẬP	117
Chương 6: QUANG HỌC SÓNG.....	121
§6.1 GIAO THOA ÁNH SÁNG	121
§6.2. NHIỄU XẠ ÁNH SÁNG.....	129
§6.3. PHÂN CỰC ÁNH SÁNG.....	136
§6.4 TÓM TẮT CHƯƠNG 6.....	147
§6.5 CÂU HỎI LÝ THUYẾT VÀ BÀI TẬP	151
Chương 7: QUANG HỌC LƯỢNG TỬ.....	155
§7.1 THUYẾT LƯỢNG TỬ PLANCK VÀ THUYẾT PHOTON EINSTEIN	165
§7.2 HIỆU ỨNG QUANG ĐIỆN.....	168
§7.3 HIỆU ỨNG COMPTON.....	161
§7.4 BỨC XẠ NHIỆT	165
§7.5 CÁC ĐỊNH LUẬT CỦA VẬT ĐEN TUYỆT ĐỐI.....	161
§7.6 TÓM TẮT CHƯƠNG 7.....	165
§7.7 CÂU HỎI LÝ THUYẾT VÀ BÀI TẬP	172
Chương 8: CƠ HỌC LƯỢNG TỬ	174
§8.1 LƯỜNG TÍNH SÓNG HẠT CỦA VI HẠT	174
§8.2 HỆ THỨC BẤT ĐỊNH HEISENBERG	178
§8.3 HÀM SÓNG.....	182
§8.4 PHƯƠNG TRÌNH SCHRODINGER.....	183
§8.5 ỨNG DỤNG CỦA PHƯƠNG TRÌNH SCHRODINGER.....	185

§8.6 TÓM TẮT NỘI DUNG	190
§8.7 CÂU HỎI LÝ THUYẾT VÀ BÀI TẬP	192
Chương 9: VẬT LÝ NGUYÊN TỬ.....	194
§9.1 NGUYÊN TỬ HYDROGEN	194
§9.2 NGUYÊN TỬ KIM LOẠI KIỀM.....	202
§9.3 MOMENT ĐỘNG LƯỢNG VÀ MOMENT TỪ CỦA ĐIỆN TỬ.....	205
§9.4 SPIN CỦA ĐIỆN TỬ.....	207
§9.5 BẢNG HỆ THỐNG TUẦN HOÀN MENDELEEV	210
§9.6 LASER.....	213
§9.7 TÓM TẮT NỘI DUNG.....	218
§9.8 CÂU HỎI LÝ THUYẾT VÀ BÀI TẬP	221
Chương 10: VẬT LÝ HẠT NHÂN.....	224
§10.1 NHỮNG TÍNH CHẤT CƠ BẢN CỦA HẠT NHÂN	224
§10.2 HIỆN TƯỢNG PHÓNG XẠ.....	229
§10.3 CÁC PHƯƠNG PHÁP GIA TỐC HẠT	237
§10.4 PHẢN ỨNG HẠT NHÂN	240
§10. 5 PHẢN ỨNG PHÂN HẠCH	243
§10.6 PHẢN ỨNG NHIỆT HẠCH.....	246
§10.7 TÓM TẮT NỘI DUNG.....	249
§10.8 CÂU HỎI LÝ THUYẾT VÀ BÀI TẬP.....	250
Chương 11: HẠT SƠ CẤP.....	253
§11.1 NHỮNG ĐẶC TRƯNG CỦA HẠT SƠ CẤP	253
§11.2 PHÂN LOẠI CÁC HẠT SƠ CẤP	258
§11.3 TƯƠNG TÁC CỦA CÁC HẠT SƠ CẤP.....	259
§11. 4 CÁC ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN	262
§11.5 CÁC HẠT QUARK – CÁC HẠT LEPTON.....	265
§11.6 SỰ THỐNG NHẤT CÁC TƯƠNG TÁC	269
§ 11.7 TÓM TẮT NỘI DUNG	277

§ 11.8 CÂU HỎI LÝ THUYẾT VÀ BÀI TẬP.....	278
Chương 12: MỞ ĐẦU VẬT LÝ VŨ TRỤ	280
§12.1 HỆ MẶT TRỜI.....	280
§12.2 CÁC SAO VÀ CÁC THIÊN HÀ.....	286
§12.3 BIG BANG VÀ VŨ TRỤ GIÃN NỞ.....	295
§12.4 VẬT CHẤT TỐI.....	300
§12.5 NĂNG LƯỢNG TỐI.....	304
§12.6 TÓM TẮT NỘI DUNG	308
§12.7 CÂU HỎI LÝ THUYẾT VÀ BÀI TẬP.....	311

Tailieu.vn

Chương 1

TỪ TRƯỜNG TĨNH

Nội dung chương

- 1.1. Từ trường tĩnh – Định luật Ampère
- 1.2. Từ trường
- 1.3. Các định lý quan trọng về từ trường
- 1.4. Tác dụng của từ trường lên dòng điện
- 1.5. Chuyển động của điện tích trong từ trường
- 1.6. Tóm tắt nội dung
- 1.7. Câu hỏi lý thuyết và bài tập

Mục tiêu chương

Sau khi học xong chương này sinh viên hiểu rõ được một số vấn đề về:

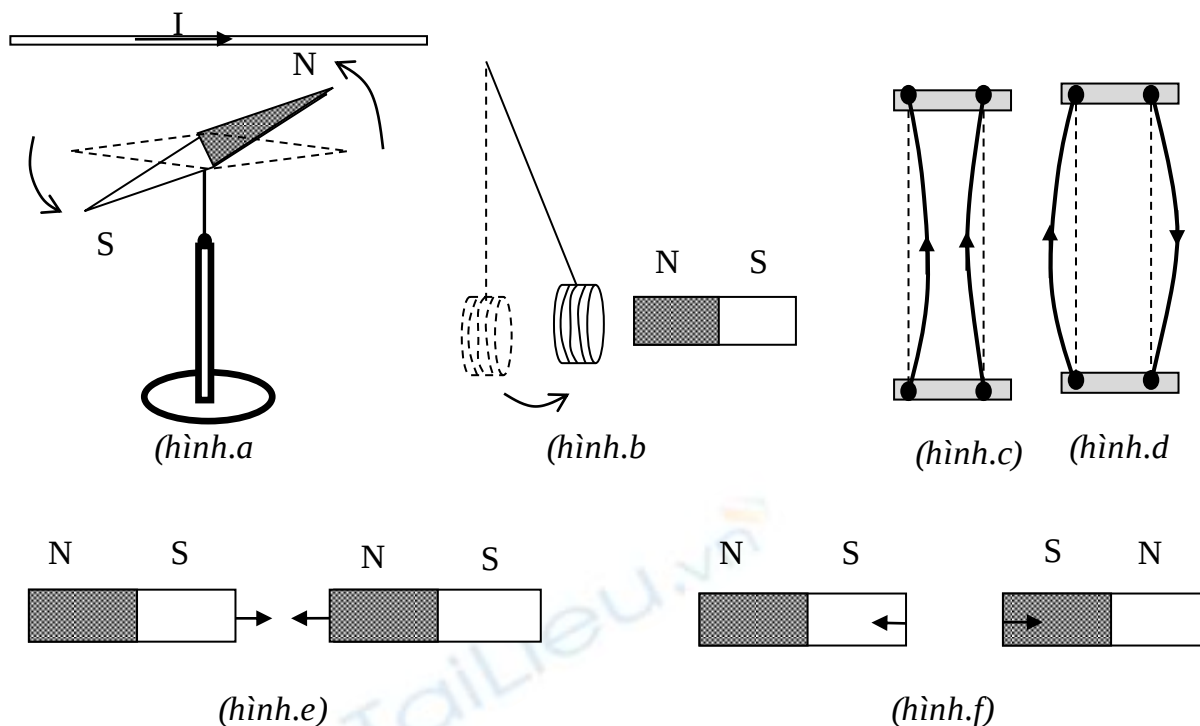
- Tương tác từ, khái niệm từ trường, các định luật về từ trường
- Tác dụng của từ trường lên dòng điện có dạng mạch khác nhau.
- Công của lực từ.
- Lực từ tác dụng lên hạt mang điện chuyển động (lực Lorentz). Từ đó hiểu được bản chất của lực từ tác dụng lên dòng điện, nguồn gốc sinh ra từ trường.
- Làm được các dạng bài tập về từ trường tĩnh

§1.1 TỪ TRƯỜNG TĨNH, ĐỊNH LUẬT AMPERE

1. Tương tác từ

Các hiện tượng về điện, từ đã được con người biết đến từ lâu, nhưng không biết chúng có liên quan với nhau. Mãi đến 1820 Oersted, nhà vật lý người Đan Mạch phát hiện ra hiện tượng dòng điện đặt gần kim la bàn làm kim la bàn không chỉ theo hướng Bắc – Nam nữa mà bị lệch đi thì người ta mới biết hiện tượng điện từ liên quan với nhau. Sau đó Ampere, nhà vật lý người Pháp, phát hiện rằng, các dòng điện cũng tương tác với nhau

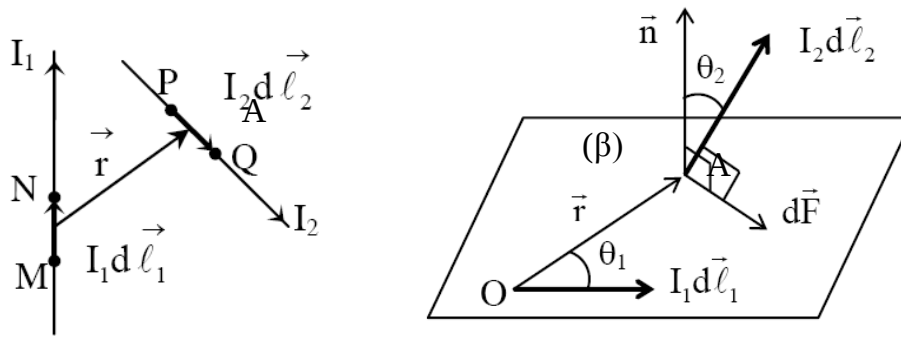
Xét về phương diện từ thì dòng điện cũng có thể coi như một nam châm. Nói cách khác tương tác giữa nam châm với nam châm, nam châm với dòng điện, dòng điện với dòng điện cùng chung một bản chất. Ta gọi là tương tác từ.



Hình 1.1: (a) tương tác giữa nam châm với dòng điện; (b) tương tác giữa nam châm với cuộn dây; (c) tương tác giữa hai dòng điện cùng chiều; (d) tương tác giữa hai dòng điện ngược chiều; (e) tương tác giữa hai nam châm khác tên; (f) tương tác giữa hai nam châm cùng tên

2. Định luật Ampere về tương tác giữa hai phần tử dòng điện

Định luật Ampere là định luật nói về sự tương tác giữa hai phần tử dòng điện. Phần tử dòng điện là một đoạn rất ngắn của dây dẫn mang dòng điện. Giả sử chúng ta lấy hai đoạn dây dẫn MN và PQ rất ngắn trên hai dây dẫn có hình dạng bất kì có cường độ I_1 và I_2 . Trên đoạn MN tương ứng với véc tơ phần tử dòng điện $I_1 d\vec{l}_1$ và đoạn PQ tương ứng với véc tơ phần tử dòng điện $I_2 d\vec{l}_2$, hai véc tơ phần tử dòng điện $I_1 d\vec{l}_1$ và $I_2 d\vec{l}_2$ có phương, chiều lần lượt là phương chiều của dòng điện I_1 và I_2 . Đặt véc tơ vị trí $\vec{r} = \overrightarrow{OA}$. Gọi θ_1 là góc giữa phần tử $I_1 d\vec{l}_1$ và $\vec{r}$. Vẽ mặt phẳng (β) chứa yếu tố $I_1 d\vec{l}_1$ và điểm A, vẽ pháp tuyến $\vec{n}$ đối với mặt phẳng (β) tại điểm A ($\vec{n}$ phải có chiều sao cho ba véc tơ $d\vec{l}$, $\vec{r}$ và $\vec{n}$ theo thứ tự hợp thành tam diện thuận. Gọi θ_2 là góc hợp bởi giữa phần tử $I_2 d\vec{l}_2$ và $\vec{n}$.



Hình 1.2: tương tác giữa hai phần tử dòng điện

Khi đó định luật Ampere được phát biểu như sau:

Lực từ do phần tử dòng điện $I_1 d\vec{l}_1$ tác dụng lên phần tử dòng điện $I_2 d\vec{l}_2$ đặt trong chân không là một véc tơ $d\vec{F}$ có:

- Phương: vuông góc với mặt phẳng chứa yếu tố dòng $I_2 d\vec{l}_2$ và véc tơ $\vec{n}$.
- Chiều: xác định theo qui tắc cái đinh ốc: Xoay cái đinh ốc từ véc tơ $I_2 d\vec{l}_2$ đến véc tơ $\vec{n}$ theo góc nhỏ nhất thì chiều tiến của cái đinh ốc là chiều véc tơ $d\vec{F}$. (tam diện thuận)

- Độ lớn : $dF = \frac{\mu_0 \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot dl_1 \cdot dl_2 \cdot \sin \theta_1 \cdot \sin \theta_2}{4\pi r^2}$ (1.1)

- Điểm đặt: tại yếu tố dòng điện $I_2 d\vec{l}_2$.

Trong đó μ_0 là hằng số từ, có giá trị $\mu_0 = 4\pi 10^{-7}(\text{H/m})$

Hay có thể biểu diễn định luật Ampere bằng biểu thức véc tơ lực do phần tử $I_1 d\vec{l}_1$ tác

dụng lên phần tử $I_2 d\vec{l}_2$ là $d\vec{F} = \frac{\mu_0 \cdot I_2 d\vec{l}_2 \times (I_1 d\vec{l}_1 \times \vec{r})}{4\pi r^3}$ (1.2)

Thực nghiệm chứng tỏ rằng, nếu hai dòng điện I_1 và I_2 đặt trong môi trường đồng chất đẳng hướng thì lực từ thay đổi μ lần so với khi chúng đặt trong chân không

$$d\vec{F} = \frac{\mu_0 \mu \cdot I_2 d\vec{l}_2 \times (I_1 d\vec{l}_1 \times \vec{r})}{4\pi r^3} \quad (1.3)$$

Có thể đặt hệ số $k = \frac{\mu_0}{4\pi}$, và μ_0 là hằng số từ, có giá trị $\mu_0 = 4\pi 10^{-7}(\text{H/m})$

Trong đó μ được gọi là hệ số từ thẩm của môi trường. Đối với chân không $\mu = 1$, các chất sắt từ $\mu \gg 1$; đối với các chất thuận từ hoặc nghịch từ thì μ dao động hơn kém xung quanh đơn vị một lượng nhỏ ($\mu \approx 1$). Vì thế trong đa số trường hợp, ta bỏ qua hệ số μ .

§1.2 TỪ TRƯỜNG TĨNH

1. Khái niệm từ trường

Từ bài học trên, ta có thể đặt ra một câu hỏi tại sao hai phần tử dòng điện, giữa nam châm với nam châm, giữa nam châm với dòng điện, giữa dòng điện với dòng điện lại tương tác được với nhau? Có cái gì đó làm chúng tương tác được với nhau?

Theo thuyết tác dụng xa cho rằng, lực từ được truyền đi một cách tức thời từ yếu tố này đến yếu tố kia. Nghĩa là truyền với vận tốc bằng vô cùng mà không cần thông qua một môi trường nào cả. Còn dòng điện và nam châm không gây cho một biến đổi gì cho môi trường xung quanh.

Theo thuyết tác dụng gần. Dòng điện hoặc nam châm làm cho tính chất không gian xung quanh nó bị biến đổi. Cụ thể là gây ra xung quanh nó một từ trường. Nếu ta đặt trong không gian của nó một dòng điện hoặc một nam châm khác, thì dòng điện hoặc nam châm này sẽ chịu tác dụng một lực từ.

Thông qua từ trường lực từ truyền đi từ dòng điện hoặc nam châm này đến dòng điện hoặc nam châm khác với vận tốc là hữu hạn (bằng vận tốc ánh sáng trong chân không).

Vậy: Từ trường là môi trường vật chất đặc biệt tồn tại xung quanh dòng điện hoặc nam châm và tác dụng lực từ lên dòng điện hoặc nam châm khác đặt trong nó.

2. Véc tơ cảm ứng từ

Tương tự như cường độ điện trường, để đặc trưng cho cường độ từ trường tại mỗi điểm, người ta định nghĩa véc tơ cảm ứng từ $d\vec{B}$. Từ (1.3) cảm ứng từ do yếu tố dòng điện $I_1 d\vec{l}_1$ gây ra tại A (nơi đặt phần tử $I_2 d\vec{l}_2$) có biểu thức như sau:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{I_1 d\vec{l}_1 \times \vec{r}}{r^3} \quad (1.4)$$

$d\vec{B}$ chỉ phụ thuộc vào yếu tố $I_1 d\vec{l}_1$ và phụ thuộc vào vị trí điểm A.

Trong trường hợp tổng quát véc tơ cảm ứng từ do yếu tố dòng điện $I d\vec{l}$ gây ra tại điểm M cách nó một khoảng r là:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{I d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3} \quad (1.5)$$

Biểu thức (1.5) do Biot- Savart – Laplace rút ra từ thực nghiệm và Biot- Savart – Laplace đã phát biểu thành định luật sau:

Véc tơ cảm ứng từ $d\vec{B}$ do yếu tố dòng điện $I d\vec{l}$ gây ra tại điểm M cách nó một khoảng r là:

- *Điểm đặt tại điểm M*

- *Phương vuông góc với mặt phẳng chứa phân tử dòng điện $I d\vec{l}$ và điểm M.*

- *Chiều sao cho ba véc tơ $I d\vec{l}$, $\vec{r}$ và $d\vec{B}$ hợp thành một tam diện thuận.* (chiều của $d\vec{B}$ cũng có thể xác định theo quy tắc vặn nút chai: Đặt cái vặn nút chai theo phương của dòng điện, quay cái vặn nút chai tiến theo chiều dòng điện thì chiều quay cái vặn nút chai tại điểm M sẽ là chiều của véc tơ cảm ứng từ tại điểm đó)

- *Độ lớn cảm ứng từ dB được xác định bởi công thức:*

$$dB = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{I \cdot dl \cdot \sin \theta}{r^2} \quad (1.6)$$

trong đó θ là góc tạo bởi $I d\vec{l}$ và $\vec{r}$

định luật Biot- Savart – Laplace cho ta xác định được $d\vec{B}$ từ đó cho ta xác định được lực tác dụng $d\vec{F}$ của phân tử dòng điện $I d\vec{l}$ lên phân tử dòng điện $I_0 d\vec{l}_0$ bằng công thức sau:

$$d\vec{F} = I_0 d\vec{l}_0 \times d\vec{B} \quad (1.7)$$

Cũng giống như cường độ điện trường, cảm ứng từ đặc trưng cho từ trường về mặt tác dụng lực.

Trong hệ SI, cảm ứng từ có đơn vị là tesla (kí hiệu: T)

3. Nguyên lý chồng chất từ trường

Từ trường cũng giống như điện trường cũng tuân theo nguyên lý chồng chất.

Véc tơ cảm ứng từ $\vec{B}$ do một dòng điện bất kì gây ra tại một điểm M bằng tổng véc tơ cảm ứng từ $d\vec{B}$ do tất cả các phần tử nhỏ của dòng điện gây ra tại điểm ấy

$$\vec{B} = \int_{\text{ca dòng điện}} d\vec{B} \quad (1.8)$$

Nếu từ trường do nhiều dòng điện sinh ra, theo nguyên lý chồng chất từ trường:

Véc tơ cảm ứng từ $\vec{B}$ do nhiều dòng điện gây ra tại một điểm M bằng tổng véc tơ cảm ứng từ do từng dòng điện gây ra tại điểm ấy

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots + \vec{B}_n = \sum_{i=1}^n \vec{B}_i \quad (1.9)$$

4. Véc tơ cường độ từ trường

Véc tơ cảm ứng từ do dòng điện gây ra phụ thuộc vào độ từ thẩm μ của môi trường. Vì vậy nếu ta đi từ môi trường này sang môi trường khác thì độ từ thẩm μ sẽ biến đổi đột ngột và véc tơ cảm ứng từ $\vec{B}$ cũng biến đổi. Vì vậy người ta đưa ra đại lượng cường độ từ trường $\vec{H}$ không phụ thuộc vào μ .

Véc tơ cường độ từ trường $\vec{H}$ tại một điểm M trong từ trường là một véc tơ bằng tỉ số giữa véc tơ cảm ứng từ $\vec{B}$ tại điểm đó với tích $\mu_0\mu$.

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0\mu} \quad (1.10)$$

Trong hệ SI đơn vị của cường độ từ trường là ampe trên mét. Kí hiệu A/m

5. Các ví dụ xác định véc tơ cảm ứng từ

Thí dụ 1: Một dây dẫn là nửa đường tròn AB bán kính R được đặt trong một từ trường đều $\vec{B}$ và có dòng điện I chạy qua như hình vẽ. Tính độ lớn của từ lực $\vec{F}$ tác dụng vào dây dẫn AB.

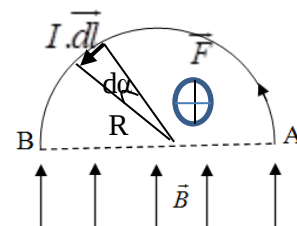
Hướng dẫn giải

Xét đoạn dây dl nhỏ. Đoạn này sẽ chịu tác dụng của lực từ:

$$d\vec{F}_1 = I d\vec{l} \times \vec{B}, \text{ hướng ra sau và có độ lớn } dF_1 = IBdl \sin \alpha = IBR \sin \alpha d\alpha$$

$$\text{Do đó dây sẽ chịu tác dụng một lực: } F = \int_{AB} dF_1 = RIB \int_0^\pi \sin \alpha d\alpha = 2RIB$$

$\Rightarrow \vec{F} \perp$ mặt phẳng hình vẽ hướng ra sau.



Hình 1.3: lực từ tác dụng lên cung dây dẫn mang dòng điện

Ví dụ 2: Xác định véc tơ cảm ứng từ do dòng điện có cường độ I chạy trong đoạn dây dẫn thẳng AB gây ra tại M cách dây dẫn AB một khoảng h

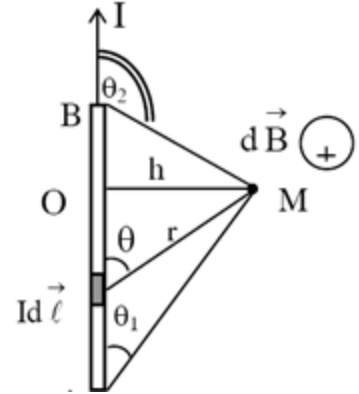
Hướng dẫn giải:

Xét yếu tố dòng điện $I\vec{dl}$ trên đoạn AB. Khi đó véc tơ cảm ứng từ do yếu tố $I\vec{dl}$ gây ra tại M là:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0\mu}{4\pi} \frac{I\vec{dl} \times \vec{r}}{r^3} \quad (1.11)$$

Theo nguyên lý chồng chất, véc tơ cảm ứng từ do đoạn AB mang dòng điện I gây ra tại M là:

$$\vec{B} = \int_A^B d\vec{B} \quad (1.12)$$



Hình 1.4: Cảm ứng từ gây bởi đoạn dây dẫn mang dòng điện

Dùng quy tắc vắn nút chai, suy ra $d\vec{B}$ hướng từ ngoài vào trong và vuông góc với mặt phẳng hình vẽ. Nên véc tơ cảm ứng từ tổng hợp $\vec{B}$ cũng có hướng từ ngoài vào trong và vuông góc mặt phẳng hình vẽ.

$$B = \int_A^B dB = \frac{\mu_0\mu}{4\pi} \int_A^B \frac{I \cdot dl \cdot \sin \theta}{r^2} \quad (1.13)$$

Từ M ta hạ đường vuông góc với AB tại O và $OM = h$, θ là góc hợp bởi $Id\vec{l}$ và $\vec{r}$ và l là khoảng cách từ O đến $Id\vec{l}$

Ta có: $l = h \cot \theta \Rightarrow dl = \frac{h \cdot d\theta}{\sin^2 \theta}$, dl là đường đi, ta chỉ lấy giá trị độ lớn nên bỏ qua

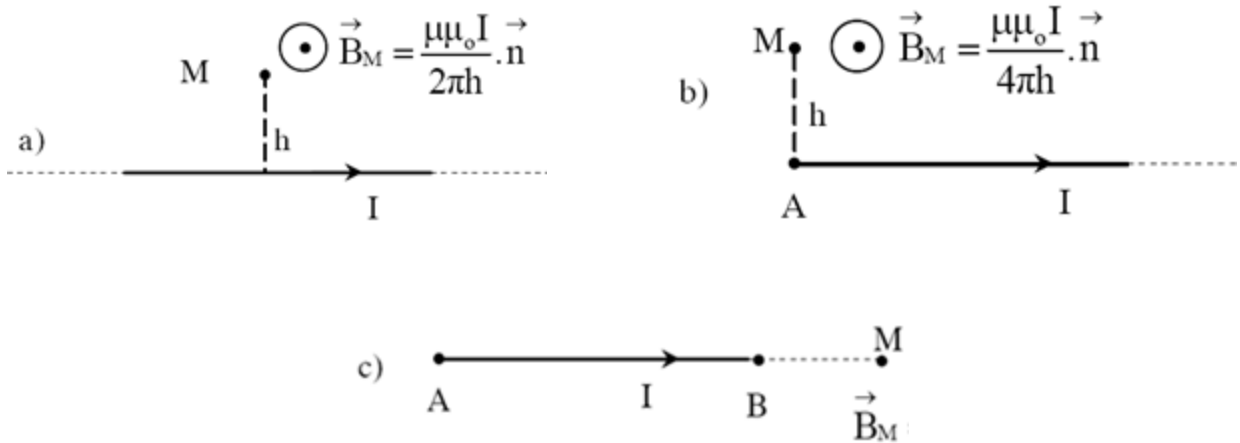
dấu -. Mà $r = \frac{h}{\sin \theta}$ do đó (1.13) trở thành:

$$B = \frac{\mu_0\mu}{4\pi} \int_A^B \frac{\frac{h \cdot d\theta}{\sin^2 \theta} \cdot \sin \theta}{\left(\frac{h}{\sin \theta}\right)^2} = \frac{\mu_0\mu I}{4\pi h} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin \theta \cdot d\theta \Rightarrow B = \frac{\mu_0\mu I}{4\pi h} (\cos \theta_1 - \cos \theta_2) \quad (1.14)$$

$$\text{ở dạng véc tơ ta có: } \vec{B} = \frac{\mu_0\mu I}{4\pi h} (\cos \theta_1 - \cos \theta_2) \vec{n} \quad (1.15)$$

$\vec{n}$ là véc tơ pháp tuyến của mặt phẳng giới hạn bởi AB và điểm M, chiều của $\vec{n}$ tuân theo quy tắc cái đinh ốc: xoay cái đinh ốc sao cho nó tiến theo chiều dòng điện thì chiều quay của cái đinh ốc là chiều của $\vec{n}$, cũng chính là chiều của $\vec{B}$.

Từ kết quả của (1.15) ta suy ra một số trường hợp đặc biệt sau:



Hình 1.5: (a) dây AB rất dài, (b) nửa đường thẳng, (c) điểm M nằm trên đường
thẳng AB

a) Nếu dây AB rất dài, hoặc điểm khảo sát rất gần AB thì $\cos \theta_1 = 1$ và $\cos \theta_2 = -1$ khi

đó ta có:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 \mu I}{2\pi h} \cdot \vec{n} \quad (1.16)$$

b) Nếu AB rất dài và điểm M nằm trên đường vuông góc với AB tại một đầu dây:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 \mu I}{4\pi h} \cdot \vec{n} \quad (1.17)$$

c) Nếu điểm M nằm trên đường thẳng AB. Thì $I \cdot d\vec{l}$ cùng phương với $\vec{r}$. Do đó $d\vec{B} = 0$ và cảm ứng từ tổng hợp tại M

$$\vec{B} = 0 \quad (1.18)$$

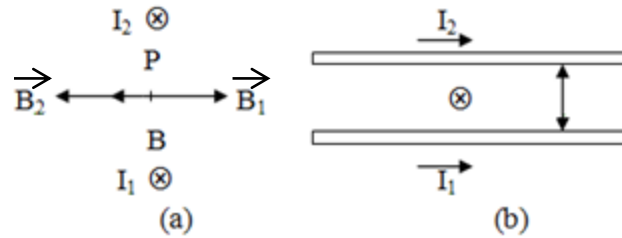
Ví dụ 3: Từ trường tạo bởi hai dòng điện song song đặt trong không khí. Hai dòng điện thẳng và dài, đặt song song và cách nhau 240 mm với cùng độ tương ứng bằng $I_1 = 20A$ và $I_2 = 30A$. Hai dòng điện có cùng chiều như ở hình vẽ. Hãy xác định cảm ứng từ tại một điểm P nằm trong mặt phẳng của hai dòng điện và ở chính giữa khoảng cách giữa hai dòng điện đó.

Hướng dẫn giải:

Cảm ứng từ tại điểm P là tổng vector của cảm ứng từ $\vec{B}_1$ do dòng điện I_1 gây ra và B_2 do I_2 gây ra. Độ lớn của B_1 và B_2 được cho bởi biểu thức:

$$B_1 = \frac{\mu_0 \mu I_1}{2\pi R_1} \quad \text{và} \quad B_2 = \frac{\mu_0 \mu I_2}{2\pi R_2}$$

Hướng của mỗi cảm ứng từ được cho trên hình vẽ (a) và được xác định bằng quy



Hình 1.6: Từ trường tại điểm P bằng tổng đóng góp của hai dòng điện (a) Nhìn hình từ một đầu, (b) Nhìn từ phía bên

tắc bàn tay phải. Tại điểm P: $\vec{B}_1$ và $\vec{B}_2$ ngược hướng nhau. Tổng vector $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$ có hướng của $\vec{B}_2$ và độ lớn của vector tổng là:

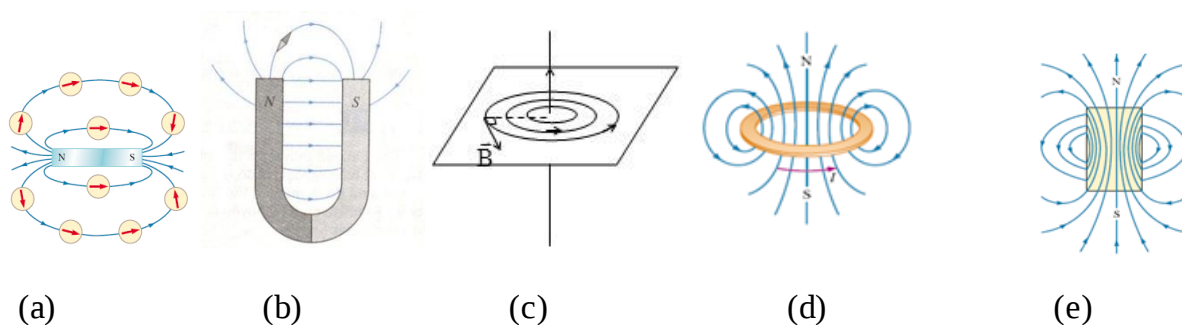
$$B = B_1 - B_2 = \frac{\mu_0 \mu}{2\pi} \left(\frac{I_2}{R_2} - \frac{I_1}{R_1} \right) = (2 \cdot 10^{-7} \cdot \text{m/A}) \cdot \left(\frac{30 \text{ A}}{0,12 \text{ m}} - \frac{20 \text{ A}}{0,12 \text{ m}} \right) = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ T.}$$

§1.3 CÁC ĐỊNH LÝ QUAN TRỌNG VỀ TỪ TRƯỜNG

1. Đường cảm ứng từ (đường sức từ trường)

Tương tự như đường sức điện trường, véc tơ cảm ứng từ $\vec{B}$ có thể biến đổi từ điểm này qua điểm khác cả về hướng và độ lớn. Vì vậy, để có một hình ảnh về mặt hình học cụ thể cho sự biến đổi ấy, người ta đưa ra định nghĩa về đường cảm ứng từ.

Đường cảm ứng từ là đường cong vạch ra trong từ trường sao cho tiếp tuyến tại mọi điểm của nó trùng với phương của véc tơ cảm ứng từ tại những điểm ấy, chiều của đường cảm ứng từ là chiều của véc tơ cảm ứng từ.



Hình 1.8: Từ phổ (a) nam châm hình thanh; (b) nam châm hình chữ U; (c) dòng điện thẳng dài; (d) vòng dây tròn mang dòng điện; (e) ống dây mang dòng điện

Người ta quy ước vẽ số đường cảm ứng từ qua một đơn vị diện tích nằm vuông góc với phương của từ trường, tỉ lệ với độ lớn của véc tơ cảm ứng từ tại nơi đặt diện tích đó.

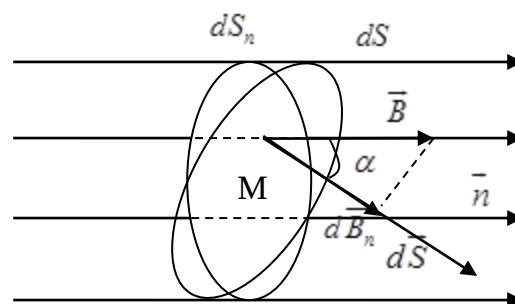
Tập hợp các đường cảm ứng từ hợp thành từ phổ. Từ phổ cho ta biết một cách khái quát nhưng cũng tương đối đầy đủ sự biến đổi của từ trường từ điểm này qua điểm khác.

Nghiên cứu từ phổ của từ trường ở trên ta thấy các đường cảm ứng từ là các đường cong kín, một trường mà có các đường sức khép kín được gọi là một trường xoáy. Vậy từ trường là một trường xoáy.

2. Từ thông

Xét một diện tích dS nhỏ sao cho véc tơ cảm ứng từ tại mọi điểm trên diện tích ấy có thể coi là bằng nhau.

Từ thông gửi qua diện tích dS là đại lượng về giá trị bằng



Hình 1.9: Định nghĩa từ thông gửi qua diện tích dS

Trong đó $\vec{B}$ là véc tơ cảm ứng từ tại một điểm bất kì trên diện tích ấy, $d\vec{S}$ là một véc tơ nằm trên phương pháp tuyến $\vec{n}$ với diện tích đang xét, có chiều là chiều dương của pháp tuyến đó, và có độ lớn bằng chính độ lớn của diện tích đó.

Gọi α là góc giữa véc tơ vi phân diện tích $d\vec{S}$ và véc tơ cảm ứng từ $\vec{B}$ (tức là véc tơ pháp tuyến $\vec{n}$ của diện tích $d\vec{S}$ và $\vec{B}$), B_n là hình chiếu của véc tơ $\vec{B}$ lên pháp

tuyến đó, dS_n là hình chiếu của diện tích dS trên mặt phẳng vuông góc với đường cảm ứng từ. Ta có:

$$d\phi = BS.\cos\alpha = B_n.dS = B.dS_n \quad (1.20)$$

Từ thông gửi qua diện tích lớn S là:

$$\phi = \int_S \vec{B}.d\vec{S} \quad (1.21)$$

Nếu diện tích S là phẳng và nằm trong từ trường đều ($\vec{B} = \text{const}$) vuông góc với các đường cảm ứng ($\alpha = 0$) thì ta có:

$$\phi = \int_S B.dS = B \int_S dS = B.S \quad (1.22)$$

Trong hệ SI đơn vị từ thông là véc be. Kí hiệu Wb

$$\text{Từ (1.22) Nếu cho } \phi = 1Wb, S = 1m^2, \text{ thì: } B = \frac{\phi}{S} = \frac{1Wb}{1m^2} = 1T$$

Vậy: Tesla là cảm ứng từ của một từ thông đều 1 véc be xuyên vuông góc qua một mặt phẳng có diện tích là 1 mét vuông.

3. Định lý Ostrogradsky – Gauss (O – G) đối với từ trường

Ta biết rằng, đối với điện trường, định lý O – G được phát biểu “Thông lượng điện trường gửi qua mặt kín bất kì thì bằng tổng các điện tích chứa trong mặt kín đó chia cho hằng số điện môi $\epsilon_0\epsilon$ “. Bằng cách suy luận tương tự, đối với từ trường ta có thể phát biểu định lý O – G như sau: Từ thông gửi qua mặt kín bất kì thì bằng tổng các từ tích chứa trong mặt kín đó chia cho hằng số từ $\mu_0\mu$. Tuy nhiên, sự khác nhau căn bản giữa điện trường và từ trường ở chỗ điện trường tĩnh được gây ra bởi các điện tích đứng yên, còn từ trường được gây ra bởi các điện tích chuyển động cho tới ngày nay, người ta chưa hề tìm thấy các từ tích trong tự nhiên.

Từ hình 1.10 ta quy ước đối với một mặt kín, ta chọn chiều dương của pháp tuyến là chiều hướng ra phía ngoài mặt đó. Vì vậy từ thông ứng với đường cảm ứng từ đi vào mặt kín là âm (tại M_1 : $\alpha > 90^\circ$ nên $d\phi = BS.\cos\alpha < 0$); từ thông ứng với đường cảm ứng từ đi ra mặt kín là dương (tại M_2 : $\alpha < 90^\circ$ nên $d\phi = BS.\cos\alpha > 0$). Vì các đường cảm ứng từ là khép kín, nên số đường cảm ứng từ đi vào mặt kín bằng số đường cảm ứng từ ra khỏi mặt kín đó nên từ thông của các đường cảm ứng đi vào mặt

kín bằng từ thông các đường cảm ứng đi ra khỏi mặt kín nhưng trái dấu nhau. Kết quả từ thông toàn phần gửi qua mặt kín bằng không.

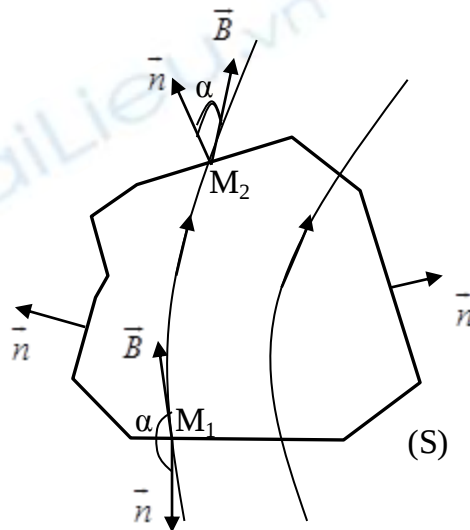
Định lý: Từ thông toàn phần gửi qua một mặt kín bất kì nào cũng bằng không.

Biểu thức:
$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0 \quad (1.23)$$

Theo toán học:
$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = \int_V \text{div} \vec{B} \cdot dV = 0$$

Hay dạng vi phân:
$$\text{div} \vec{B} = 0 \quad (1.24)$$

Từ (1.23) và (1.24) đường sức từ trường là đường khép kín. Ta nói từ trường là một trường xoáy.



Hình 1.10: Tính từ thông gửi qua mặt kín (S) bất kì

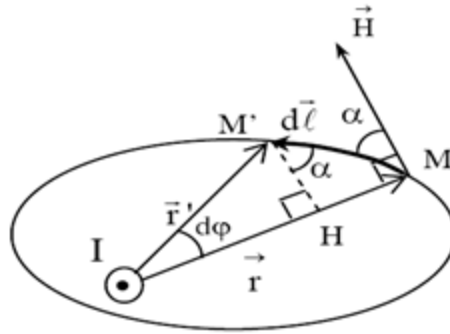
4. Định lý Amere (về lưu thông của véc tơ cường độ từ trường)

Xét một đường cong kín (C) bất kì nằm trong từ trường. Trên (C), ta lấy một đoạn cung $dl = MM'$ đủ nhỏ, tích phân $\oint_{(C)} \vec{H} \cdot d\vec{l}$ được gọi là lưu thông của véc tơ cường

độ từ trường dọc theo đường cong kín (C).

Trong trường hợp đơn giản, (C) bao quanh dòng điện I chạy trong dây dẫn thẳng dài và giả sử (C) nằm trong mặt phẳng vuông góc với dây dẫn. Ta có: $\vec{H} d\vec{l} = H dl \cos \alpha$ với α là góc giữa $\vec{H}$ và $d\vec{l}$. Vì $dl = MM'$ rất nhỏ nên $r = r'$; $dl \cdot \cos \alpha = HM' = r' \sin(d\phi) = r d\phi$.

Mặt khác: $H = \frac{B}{\mu_0 \mu} = \frac{I}{2\pi r}$



Hình 1.11: lưu số của véc tơ cường độ từ trường dọc theo đường cong kín (C)

Suy ra $\vec{H} \cdot d\vec{l} = \frac{I}{2\pi r} \cdot r \cdot d\phi = \frac{I \cdot d\phi}{2\pi}$

Từ đó tính được lưu thông của véc tơ $\vec{H}$ dọc theo đường cong (C):

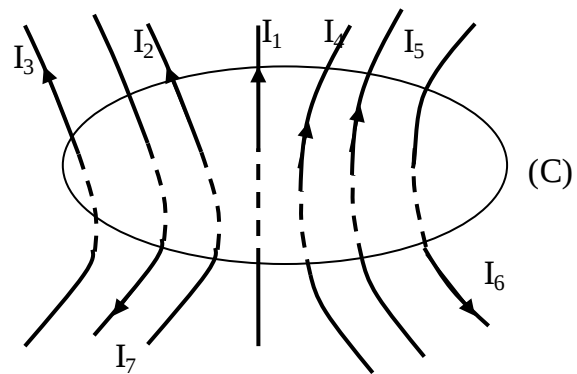
$$\oint_{(C)} \vec{H} \cdot d\vec{l} = \frac{I}{2\pi} \int_0^{2\pi} d\phi = I \quad (1.25)$$

Kết quả này ta đã lấy tích phân theo chiều thuận với chiều của véc tơ $\vec{H}$. Trong trường hợp tính tích phân theo chiều ngược lại thì góc $\alpha > 90^\circ$ và $\oint_{(C)} \vec{H} \cdot d\vec{l} = -I$

Nếu đường cong kín (C) không bao quanh dòng điện I:

$$\oint_{(C)} \vec{H} \cdot d\vec{l} = 0$$

Trong trường hợp đường cong kín (C) bao quanh nhiều dòng điện thì từ nguyên lý chồng chất suy ra, lưu thông của véc tơ $\vec{H}$ sẽ bằng tổng đại số các dòng điện đó.



Hình 1.12: Định lý Ampere về từ trường

Định lý: Lưu thông của véc tơ cường độ từ trường $\vec{H}$ dọc theo một đường cong kín (C) bất kỳ bằng tổng đại số các cường độ của dòng điện xuyên qua diện tích giới hạn bởi đường cong kín đó.

$$\oint_{(C)} \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum_i^n I_i \quad (1.26)$$

Nếu dòng điện xuyên qua đường kín ta quy ước chiều dòng điện hướng lên là +I thì chiều dòng điện hướng xuống là -I

5. Bài tập ví dụ

Ví dụ 1: Một mặt kín dạng bán cầu với mặt đáy là (S_1) bán kính R và mặt bán cầu (S_2) , đặt trong từ trường đều $\vec{B}$ hướng xuyên vào mặt đáy và vuông góc với mặt đáy như hình vẽ. Xác định từ thông gửi qua mặt (S_2) .

Hướng dẫn giải

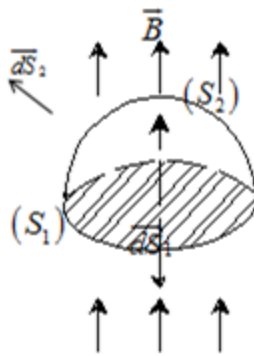
Vì mặt bán cầu giới hạn giữa (S_1) và (S_2) là mặt kín nên số đường sức từ đi vào mặt (S_1) bằng số đường sức từ đi ra khỏi mặt (S_2) .

Áp dụng định lý Ostrogradsky – Gauss, ta có từ thông gửi qua toàn bộ mặt kín là:

$$\phi = \phi_1 + \phi_2 = \oint_{(S_1+S_2)} \vec{B} \cdot d\vec{S} = \int_{S_1} \vec{B}_1 \cdot d\vec{S}_1 + \int_{S_2} \vec{B}_2 \cdot d\vec{S}_2 = 0 \quad (1.27)$$

$$\Rightarrow \phi_2 = -\phi_1 = -\int_{S_1} \vec{B}_1 \cdot d\vec{S}_1$$

$$\phi_2 = -\int_{S_1} B_1 \cdot dS_1 \cos \pi = BS_1 = B\pi R^2 \quad (1.28)$$



Hình 1.13: Xác định từ thông qua mặt (S_2)

Ví dụ 2 : Tính lưu số vectơ cường độ từ trường dọc theo đường cong kín (C) như hình vẽ. Cho $I_1 = 8A$; $I_2 = 5A$; $I_3 = 15A$; $I_4 = 7A$.