

TRƯỜNG ĐẠI HỌC TRÀ VINH
KHOA KHOA HỌC CƠ BẢN



TÀI LIỆU GIẢNG DẠY MÔN VẬT LÝ ĐẠI CƯƠNG A2

GV biên soạn: Nguyễn Văn Sáu

Trà Vinh, ngày 20 tháng 6 năm 2014
Lưu hành nội bộ

Chương 1

TRƯỜNG TÍNH ĐIỆN

BÀI HƯỚNG DẪN 1: ĐIỆN TÍCH, VẬT DẪN VÀ ĐIỆN MÔI

Mục tiêu

Kiến thức: Hiểu biết được khái niệm cơ bản về điện tích, vật dẫn, điện môi; phân biệt được vật dẫn với điện môi.

Kỹ năng: Tư duy nhận xét, phân tích vấn đề, tổng hợp thông qua phân tích tổng hợp lực.

Thái độ: Ý thức được trong tự nhiên tồn tại hai loại điện tích, từ đó có nhận xét sự vật hiện tượng về điện toàn diện hơn.

1. Điện tích

Tương tác điện

Các hiện tượng tự nhiên thể hiện dưới rất nhiều dạng khác nhau, nhưng vật lý học hiện đại cho rằng chúng đều thuộc vào trong bốn dạng tương tác sau: tương tác hấp dẫn, tương tác điện từ, tương tác mạnh, tương tác yếu; trong đó tương tác hấp dẫn, tương tác điện từ là rất phổ biến. Đối với các vật thể có kích thước thông thường thì tương tác hấp dẫn là rất yếu và có thể bỏ qua. Nhưng tương tác điện từ nói chung là đáng kể, thậm chí nhiều khi rất đáng kể. Trong tương tác hấp dẫn giữa hai vật chỉ có một loại, đó là lực hút giữa hai vật đó. Còn tương tác điện từ thì có cả lực hút lẫn lực đẩy. Tương tác hấp dẫn phụ thuộc khối lượng của các vật thể. Còn tương tác điện từ thì phụ thuộc điện tích của chúng.

Trong quá trình hình thành, tồn tại và phát triển, con người đã tìm hiểu tự nhiên, chinh phục và cải tạo nó. Các hiện tượng tự nhiên như sự nhiễm điện do ma sát của một số vật đã được con người phát hiện từ xa xưa và nghiên cứu chúng. Khi vật bị nhiễm điện thì chúng mang điện dương hoặc âm và chúng ta bảo rằng chúng chứa các điện tích ^[1].

Thực nghiệm chứng tỏ các điện tích luôn luôn tương tác với nhau: các điện tích cùng dấu đẩy nhau, trái dấu hút nhau. *Tương tác giữa các điện tích đứng yên gọi là tương tác tĩnh điện* (hay tương tác Coulomb). Điện tích trên một vật bất kỳ có cấu tạo gián đoạn, độ lớn của nó luôn bằng một số nguyên lần điện tích nguyên tố. Điện tích nguyên tố là điện tích nhỏ nhất được biết trong tự nhiên, có độ lớn $e = 1,6 \cdot 10^{-19}(\text{C})$.

Proton là hạt mang điện tích nguyên tố dương $+e$, Electron là hạt mang điện tích nguyên tố âm $-e$. Proton và electron đều có trong thành phần cấu tạo nguyên tử của mọi chất. Proton nằm trong hạt nhân nguyên tử, electron chuyển động xung quanh hạt nhân đó.

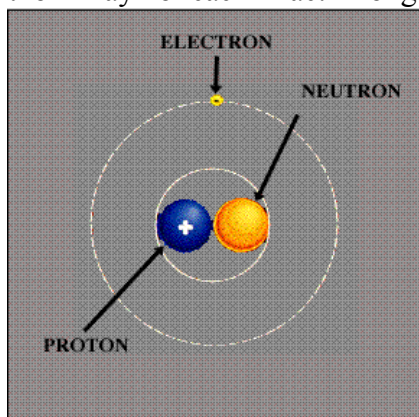
Nguyên tử mất đi một hoặc nhiều electron, nó sẽ trở thành phân tử mang điện dương, khi đó nguyên tử được gọi là ion dương. Nếu nguyên tử nhận thêm electron, nó sẽ trở thành phân tử mang điện âm, khi đó nguyên tử được gọi là ion âm.

Như vậy, vật mang điện tích dương hay âm là do vật đó mất đi hoặc nhận thêm electron so với lúc vật không mang điện.

Thuyết dựa vào sự chuyển dời của electron để giải thích các hiện tượng điện được gọi là *thuyết điện tử*. Theo thuyết này, quá trình nhiễm điện của thủy tinh khi cọ xát vào lụa chính là quá trình chuyển dời của electron từ thủy tinh sang lụa: thủy tinh mất electron, do đó mang điện tích dương; ngược lại lụa nhận thêm electron từ thủy tinh nên lụa mang điện âm.

Đơn vị đo điện tích là Coulomb, ký hiệu là C. Trị tuyệt đối của điện tích được gọi là điện lượng.

Định luật bảo toàn điện tích: “ Các điện tích không tự sinh ra mà cũng không tự mất đi, chúng chỉ có thể truyền từ vật này sang vật khác hoặc dịch chuyển bên trong một vật mà thôi ” hay nói cách khác: “Tổng đại số các điện tích trong hệ cô lập về điện là không đổi”.



Các điện tích nguyên tố	Khối lượng (gam)	Điện tích (Coulomb)
Electron (e^-)	$9,1091 \cdot 10^{-28}$	$-1,6021 \cdot 10^{-19}$
Pronton (p)	$1,67252 \cdot 10^{-24}$	$+1,6021 \cdot 10^{-19}$

Hình 1.1. Cấu trúc nguyên tử

2. Vật dẫn và chất điện môi

Vật dẫn điện (vật dẫn) là vật trong đó có các điện tích chuyển động tự do trong toàn bộ thể tích của vật, do đó trạng thái nhiễm điện được truyền đi trong vật (Ví dụ: kim loại, dd acid, bazơ...).

Điện môi (chất cách điện) là những chất trong đó không có các điện tích chuyển động tự do, mà điện tích xuất hiện ở đâu sẽ định xứ ở đấy (thuỷ tinh, cao su, dầu, nước, nguyên chất...).

Vật dẫn và chất điện môi chỉ mang tính tương đối. Thật vậy, trong những điều kiện nhất định, vật nào cũng có thể dẫn điện được, chúng chỉ khác nhau ở chỗ dẫn điện nhiều hay ít.

Thí dụ: Thuỷ tinh ở nhiệt độ bình thường thì không dẫn điện, nhưng ở nhiệt độ cao trở thành chất dẫn điện.

Ngoài ra còn có một nhóm chất có tính chất dẫn điện trung gian. Người ta gọi chất này là chất bán dẫn.

BÀI HƯỚNG DẪN 2

ĐỊNH LUẬT COULOMB & VÉCTƠ CƯỜNG ĐỘ ĐIỆN TRƯỜNG

Mục tiêu

Kiến thức: Hiểu biết được định luật Coulomb, cường độ điện trường và các tính chất của điện trường.

Kỹ năng: Tư duy nhận xét, phân tích, tổng hợp vấn đề, thông qua phân tích, tổng hợp lực.

Thái độ: Ý thức được sự tồn tại dạng vật chất “ điện trường” và các tính chất của nó. Từ đó, có sự nhìn nhận, phân tích các hiện tượng về điện đầy đủ hơn.

1. Định luật Coulomb

Thực nghiệm chứng tỏ các điện tích luôn luôn tương tác với nhau: các điện tích cùng dấu đẩy nhau, trái dấu hút nhau. *Tương tác giữa các điện tích đứng yên gọi là tương tác tĩnh điện* (hay tương tác Coulomb). Năm 1785, Coulomb đã xác định được lực tương tác giữa hai điện tích điểm.

Điện tích điểm là một vật mang điện có kích thước nhỏ không đáng kể so với khoảng cách từ điện tích đó tới những điểm hoặc những vật mang điện khác mà ta đang xét.

Định luật Coulomb: Lực tương tác tĩnh điện giữa hai điện tích điểm q_1, q_2 đứng yên trong một môi trường có:

- phương nằm trên đường thẳng nối liền hai điện tích điểm.
- chiều phụ thuộc vào dấu hai điện tích (hai điện tích cùng dấu thì đẩy nhau, trái dấu thì hút nhau)

- độ lớn
$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \quad (1.1)$$

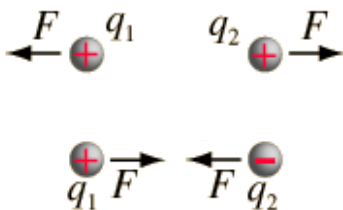
Trong đó, ϵ phụ thuộc vào tính chất của môi trường (gọi là hằng số điện môi), ϵ không có thứ nguyên. Đối với chân không $\epsilon = 1$.

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$$

với $\epsilon_0 = 8,86 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{Nm}^2}$ gọi là hằng số điện, r là khoảng cách giữa hai điện tích.

Biểu thức vector của định luật Coulomb

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} |q_1||q_2| \frac{\vec{r}_i}{r^3} \quad (1.2)$$



Hình 1.2 Lực tương tác giữa hai điện tích

Nếu có nhiều hơn hai điện tích thì phương trình trên cho mỗi cặp điện tích. Lực tổng hợp tác dụng lên mỗi điện tích khi đó sẽ được tìm bằng nguyên lý chồng chất: Tức là bằng tổng vector của các lực tác dụng lên điện tích từ mỗi điện tích khác trong hệ.

2. Điện trường

Như ta đã biết, các điện tích tương tác với nhau ngay cả khi chúng cách nhau một khoảng r nào đó. Ở đây ta có thể đặt ra nhiều câu hỏi: lực tương tác giữa các điện tích được truyền đi như thế nào? Có sự tham gia của môi trường xung quanh không? Khi chỉ có một điện tích thì không gian bao quanh điện tích đó có gì thay đổi?

2.1. Khái niệm điện trường

Thực nghiệm cho rằng: trong không gian bao quanh mỗi điện tích có xuất hiện một dạng vật chất đặc biệt gọi là điện trường. Chính nhờ điện trường làm nhân tố trung gian lực tương tác tĩnh điện được truyền từ điện tích này tới điện tích kia.

Tính chất cơ bản của điện trường là mọi điện tích đặt trong điện trường đều bị điện trường đó tác dụng lực.

2.2. Vectơ cường độ điện trường

Định nghĩa: Đặt một điện tích dương q_0 tại điểm M nào đó trong điện trường (điện tích này đủ nhỏ để nó không làm thay đổi điện trường mà ta đang xét - gọi là điện tích thử), thì q_0 sẽ bị điện trường tác dụng một lực \vec{F} . Thực nghiệm chứng tỏ $\frac{\vec{F}}{q_0}$ không phụ thuộc vào điện tích q_0 mà chỉ phụ thuộc vị trí của điểm M , nghĩa là tại mỗi điểm xác định trong điện trường thì tỷ số $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$ là hằng số.

Như vậy, \vec{E} đặc trưng cho điện trường về phương diện tác dụng lực tại điểm đang xét. \vec{E} được gọi là **vector cường độ điện trường**, độ lớn của \vec{E} được gọi là cường độ điện trường. Trong hệ SI, đơn vị của điện trường là V/m.

Vector cường độ điện trường gây ra bởi một điện tích điểm

Giả sử có một điện tích q tạo ra không gian xung quanh nó một điện trường. Vector cường độ điện trường do q gây ra tại M cách q một khoảng r là

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \frac{\vec{r}}{r} \quad (1.3)$$

\vec{E} hướng ra xa q nếu $q > 0$

\vec{E} hướng vào q nếu $q < 0$.

Vậy, để tìm được vectơ cường độ điện trường trong không gian do một điện tích điểm gây ra bằng cách di chuyển điện tích thử quanh không gian đó.

Nguyên lý chồng chất điện trường:

Bài toán cơ bản của tĩnh điện học là: biết sự phân bố điện tích (nguồn sinh ra điện trường) trong không gian, xác định vectơ cường độ điện trường tại mỗi điểm trong điện trường.

Để giải quyết bài toán trên người ta đưa vào nguyên lý gọi là nguyên lý chồng chất điện trường.

Cụ thể, ta xét một hệ điện tích điểm $q_1, q_2, q_3 \dots q_n$ được phân bố không liên tục trong không gian. Ta đi xác định vector cường độ điện trường tại mỗi điểm trong điện trường.

Đặt một điện tích thử q_0 vào điện trường của hệ điện tích nói trên, lực tổng hợp tác dụng lên q_0 bằng:

$$\vec{F} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i, \quad \vec{F}_i: \text{lực tác dụng của điện trường lên điện tích thứ } i.$$

Theo định nghĩa:
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} = \frac{\sum_{i=1}^n \vec{F}_i}{q_0} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i \quad (1.4)$$

Vậy: Vectơ cường độ điện trường gây bởi một hệ điện tích điểm bằng tổng các vector cường độ điện trường gây bởi từng điện tích điểm của hệ. Đây chính là nguyên lý chồng chất điện trường.

Trường hợp vật mang điện (Xem như hệ điện tích được phân bố liên tục):

$$\vec{E} = \int d\vec{E} \quad (1.5)$$

Khi khảo sát các hệ điện tích phân bố liên tục thuận lợi nhất ta dùng khái niệm mật độ điện tích.

Trường hợp điện tích phân bố liên tục trong toàn bộ thể tích vật, để mô tả điện tích trên một đơn vị thể tích người ta dùng khái niệm mật độ điện khối ρ :

$$\rho = \frac{dq}{dv} = \frac{q}{v} (C/m^3)$$

Trường hợp điện tích phân bố liên tục trên toàn bộ bề mặt của vật, để mô tả điện tích trên một đơn vị diện tích người ta dùng khái niệm “mật độ điện mặt”.

$$\sigma = \frac{dq}{ds} = \frac{q}{s} (C/m^2)$$

Trường hợp điện tích phân bố liên tục theo chiều dài, để mô tả điện tích trên một đơn vị thể tích người ta dùng khái niệm “mật độ điện dài”:

$$\lambda = \frac{dq}{dl} = \frac{q}{\ell} (C/m)$$

Câu hỏi & Bài tập

1. Phân biệt các thông số về các hạt proton, electron.
2. Cho thí dụ cụ thể vật dẫn điện, vật cách điện.
3. Điện trường là gì ? Nêu tính chất cơ bản nó.
4. Đại lượng đặc cho điện trường về Phương diện tác dụng lực là đại lượng nào ?
5. Hai quả cầu giống nhau được treo ở đầu hai sợi dây có chiều dài $l = 10 \text{ Cm}$ đặt trong chân không. Hai sợi dây cùng buộc vào một điểm O ở đầu trên. Mỗi quả cầu mang một điện tích q bằng nhau và có khối lượng $m = 0,1 \text{ g}$. Do lực đẩy giữa hai quả cầu, hai sợi dây treo tạo nên một góc $2\alpha = 10^\circ$. Lấy gia tốc trọng trường $g = 10 \text{ m/s}^2$. Tìm độ lớn của q ?

6. Cho hai điện tích $q_1 = 8.10^{-8}C$ và $q_2 = - 3.10^{-8}C$, $q_3 = 8.10^{-8}C$ đặt trong không khí tại 3 đỉnh của tam giác đều ABC cạnh $d = 10^{-1}m$. Tìm vectơ cường độ điện trường tại trung điểm của BC.

BÀI HƯỚNG DẪN 3: TÌM VÉCTƠ CƯỜNG ĐỘ ĐIỆN TRƯỜNG

Mục tiêu

Kiến thức: Hiểu biết được cách tìm vectơ cường độ điện trường do vật mang điện gây ra.

Kỹ năng: Tư duy, phân tích, tổng hợp thông qua phân tích, tổng hợp vectơ cường độ điện trường.

Thái độ: Ý thức được việc vận dụng lý thuyết sang bài toán thực tế về điện trường do vật mang điện gây ra; liên hệ phương pháp tìm điện trường do vật mang điện gây ra với việc giải quyết một vấn đề trong cuộc sống.

Bây giờ chúng ta xét các hệ điện tích gồm rất nhiều điện tích điểm ở gần nhau, trải dài trên một đường, trên một mặt hoặc trong một thể tích. Các hệ này được coi là liên tục. Ta đi tìm vectơ cường độ điện trường do các hệ điện tích này gây ra.

Ta không thể áp dụng ngay phương trình:

$$E = \frac{F}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{q}{r^2}$$

Vì vòng dây mang điện, mặt cầu mang điện, mặt phẳng mang điện,... không phải là điện tích điểm.

Để tìm vectơ cường độ điện trường trong trường hợp này, ta thực hiện các bước sau:

Bước 1: Chia vật mang điện thành những điện tích điểm.

Bước 2: Xác định vectơ cường độ điện trường do các điện tích điểm (vừa chia ở bước 1) gây ra tại điểm đang xét.

Bước 3: Vẽ hình

Bước 4: Dùng nguyên lý chồng chất điện trường, tìm vectơ cường độ điện trường tổng hợp tại điểm đang xét.

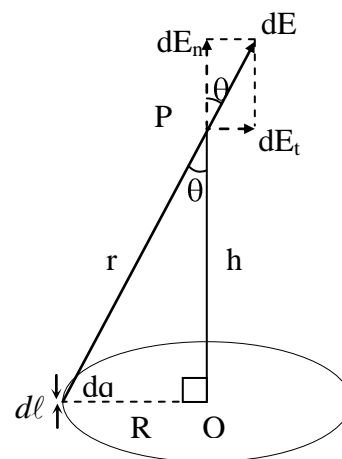
Bước 5: Biến đổi toán học và lấy tích phân

Bài 1. Vectơ cường độ điện trường tạo bởi một vòng dây tích điện đều

Cho một vòng dây mảnh bán kính R, tích điện đều với mật độ điện dài λ . Ta tìm vectơ cường độ điện trường do vòng dây gây ra tại điểm P cách mặt phẳng chứa vòng dây một khoảng h và nằm trên trục đi qua tâm của nó.

Bước 1: chia vòng dây thành nhiều đoạn dl khá bé, mỗi đoạn dl mang điện tích rất nhỏ dq.

Bước 2&3: mỗi dq gây ra điện trường tại P là $d\vec{E}$. Ta có:



Hình 1.3

$$\lambda = \frac{dq}{d\ell} \Rightarrow dq = \lambda \cdot d\ell$$

Điện tích dq tạo ra tại P một điện trường $d\vec{E}$ có:

Phương: đường nối liền giữa d ℓ và P

Chiều như Hình 1.1

Độ lớn:

$$dE = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{dq}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{\lambda \cdot d\ell}{r^2}$$

$$\text{Mà: } r^2 = R^2 + h^2$$

$$\Rightarrow dE = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{\lambda \cdot d\ell}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{\lambda \cdot d\ell}{(R^2 + h^2)} \quad (1.6)$$

Véc tơ $d\vec{E}$ hợp với trục của đường dây một góc θ , có các thành phần vuông góc $d\vec{E}_t$ và thành phần song song với trục $d\vec{E}_n$.

Mỗi yếu tố điện tích trên vòng dây đều tạo ra một điện trường $d\vec{E}$ ở điểm P có độ lớn như ở biểu thức (1.6) và các thành phần song song và vuông góc với trục vòng dây.

Bước 4: Do tính chất đối xứng nên các thành phần $d\vec{E}_t$ triệt tiêu nhau.

Bước 5: Cường độ điện trường tại P, do cả vòng dây tạo ra:

$$\vec{E} = \int d\vec{E}_n \Rightarrow E = \int dE \cdot \cos\theta$$

$$\text{Ta có: } \cos\theta = \frac{h}{r} = \frac{h}{(R^2 + h^2)^{\frac{1}{2}}}$$

$$\Rightarrow E = \int_{\text{cavongday}} dE \cdot \cos\theta = \int_{\text{cavongday}} \frac{h}{(R^2 + h^2)^{\frac{1}{2}}} \cdot \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{\lambda \cdot d\ell}{(R^2 + h^2)}$$

$$E = \int_{\text{cavongday}} \frac{h \cdot \lambda}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{1}{(h^2 + R^2)^{\frac{3}{2}}} \cdot d\ell$$

$$E = \frac{h\lambda}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{1}{(h^2 + R^2)^{\frac{3}{2}}} \cdot \int_0^{2\pi R} d\ell = \frac{h\lambda(2\pi R)}{4\pi\epsilon_0\epsilon(h^2 + R^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$\text{Mà: } \lambda = \frac{dq}{dl} = \frac{q}{l} = \frac{q}{2\pi R} \Rightarrow \lambda \cdot 2\pi R = q$$

$$\Rightarrow E = \frac{q \cdot h}{4\pi \epsilon_0 \epsilon (h^2 + R^2)^{3/2}}$$

(Nếu trên vòng dây tích điện âm thì \vec{E} hướng vào vòng dây)

Trường hợp $h \gg R$:

$$E = \frac{1}{4\pi \epsilon_0 \epsilon} \cdot \frac{q}{h^2}$$

Trường hợp $h = 0$ (ở tâm của vòng dây).

$$\vec{E} = 0$$

$$E = 0$$

Bài 2. Điện trường gây ra bởi một đĩa tròn mang điện:

Cho một đĩa tròn mang điện, bán kính R . Giả sử trên đĩa điện tích được phân bố liên tục với mật độ điện mặt σ . Tìm Vector cường độ điện trường do đĩa tròn mang điện gây ra tại điểm nằm trên trục của đĩa và cách mặt phẳng đĩa một khoảng h .

Thực hiện 5 bước nêu ở bài 1, ta được \vec{E} có:

Phương nằm trên trục của đĩa.

Chiều hướng ra xa đĩa (vì $\sigma > 0$).

Độ lớn:

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0 \epsilon} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{R^2/h^2 + 1}} \right)$$

Nếu $R \rightarrow \infty$ (đĩa trên mang điện trở thành mặt phẳng vô hạn mang điện đều) ta có:

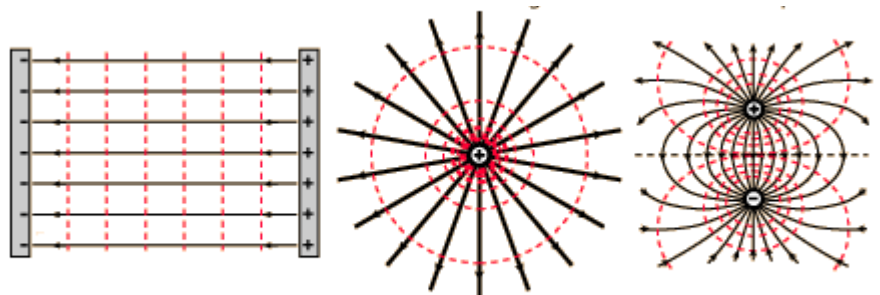
$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0 \epsilon} \quad (1.7)$$

Nhận xét:

- Cường độ điện trường do một mặt phẳng mang điện đều gây ra tại điểm M trong điện trường không phụ thuộc vào vị trí điểm M đó.

($E = \text{const}$)

- Tại mọi điểm trong điện trường, vector \vec{E} (do mặt phẳng vô hạn mang điện



Hình 1.5 Mô tả điện trường của tụ điện, điện tích điểm, hệ 2 điện tích điểm trái dấu

đều gây ra) có phương vuông góc với mặt phẳng, hướng ra phía ngoài mặt phẳng nếu mặt phẳng mang điện dương, hướng về phía mặt phẳng nếu mặt phẳng mang điện âm.

Bài tập

Cho dây mảnh hình vòng cung, bán kính R , góc mở 2α , tích điện đều, mật độ điện dài λ . Tìm độ lớn cường độ điện trường E tại tâm O .

Cho hai mặt phẳng song song rộng vô hạn mang điện đều với mật độ điện mặt bằng nhau nhưng trái dấu ($+\sigma, -\sigma$). Hãy xác định điện trường do hai mặt phẳng gây ra tại điểm ở bên trong và bên ngoài 2 mặt phẳng đó.

BÀI HƯỚNG DẪN 4

ĐIỆN THÔNG . ĐỊNH LÝ OSTROGRADKI-GAUSS (O-G)

Mục tiêu

Kiến thức: Hiểu biết được khái niệm đường sức điện trường, điện thông, định lý O-G về điện trường.

Kỹ năng: Tư duy nhận xét, phân tích vấn đề, tổng hợp thông qua phân tích, tổng hợp vectơ cường độ điện trường do vật mang điện có tính đối xứng gây ra.

Thái độ: Ý thức được việc vận dụng các bước giải quyết bài toán về điện trường do vật mang điện gây ra theo định lý O – G để liên hệ giải quyết các bài toán thực tế xảy ra hàng ngày trong cuộc sống.

1. Đường sức điện trường

Đường sức điện trường là đường cong vẽ trong điện trường sao cho tiếp tuyến tại mọi điểm của nó có phương tiếp tuyến với phương của cường độ điện trường tại điểm đó và có chiều là chiều của vectơ điện trường tại điểm đó.

Qui ước:

Các đường sức được vẽ sao cho số đường sức trên một đơn vị diện tích trong mặt phẳng thẳng góc với các đường sức tỉ lệ với độ lớn của \vec{E} . Điều này có nghĩa là ở nơi các đường sức sát nhau thì E lớn, ở nơi các đường sức thưa thì E nhỏ.

Tập hợp các đường sức điện trường gọi là phổ đường sức điện trường hay điện phổ.

Tính chất:

Đường sức điện trường là những đường không khép kín, xuất phát từ điện tích dương (+) và kết thúc ở điện tích âm (-). Các đường sức không cắt nhau.

2. Vectơ điện cảm

Các nghiên cứu trong bài hướng dẫn số 3 (Kết quả học tập 1) cho ta thấy cường độ điện trường gây ra bởi điện tích điểm, lưỡng cực điện, đĩa tròn mang điện,.. phụ thuộc vào tính chất của môi trường (E tỷ lệ nghịch với ϵ). Khi đi qua mặt phân cách của hai môi trường, cường độ điện trường biến đổi đột ngột; vì vậy phổ các đường sức điện trường bị gián đoạn ở mặt phân cách của hai môi trường.

Để mô tả điện trường, người ta còn dùng đại lượng vật lý khác, không phụ thuộc vào tính chất của môi trường gọi là vectơ cảm ứng điện \vec{D} .

Trong trường hợp môi trường đồng nhất, người ta định nghĩa: $\vec{D} = \epsilon\epsilon_0\vec{E}$

3. Thông lượng điện (ĐIỆN THÔNG)

Giả sử ta đặt một diện tích (S) trong một điện trường bất kì \vec{E} . Ta chia diện tích S thành những diện tích vô cùng nhỏ ds sao cho vectơ \vec{E} tại mọi điểm trên diện tích ấy có thể bằng nhau.

Người ta định nghĩa thông lượng gởi qua diện tích ds bằng:

$$d\Phi_e = \vec{E}.d\vec{S} \quad (1.8),$$

trong đó $d\vec{S}$ vectơ diện tích hướng theo pháp tuyến \vec{n} của dS và có độ lớn bằng dS , ta có:

$$d\phi_e = \vec{E}.d\vec{S} = EdS.\cos\alpha \quad (1.9), \quad \alpha = (\vec{n}, \vec{E})$$

$$d\phi_e = \vec{E}.d\vec{S}$$

$$d\phi_e = \vec{E}.d\vec{S}_n$$

(E_n là hình chiếu của \vec{E} lên \vec{n} , dS_n là hình chiếu của dS lên phương vuông góc với \vec{E})

Vậy: Thông lượng \vec{E} gởi qua mặt (S) là: $\phi_e = \int_{(S)} E_n dS = \int_{(S)} E dS_n$

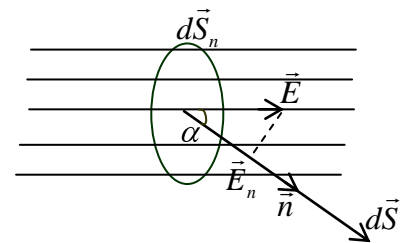
Từ biểu thức (1.9), cho ta thấy dấu của $d\phi_e$ phụ thuộc vào góc α

Người ta qui ước: đối với mặt kín ta luôn chọn chiều dương của \vec{n} là chiều hướng ra xa mặt đó.

Với qui ước trên ta có:

$$d\phi_e < 0 \quad \text{khi } \alpha > \frac{\pi}{2}$$

$$d\phi_e > 0 \quad \text{khi } \alpha < \frac{\pi}{2}$$



Hình 1.6

Theo hình vẽ 1.6 ta thấy số đường sức gởi qua ds cũng bằng số đường sức gởi qua ds_n

Vậy: Thông lượng điện trường \vec{E} gởi qua diện tích (S) là một đại lượng có độ lớn bằng số đường sức điện trường vẽ qua diện tích đó.

Trong hệ SI, đơn vị của điện thông là vôn.mét (V.m)

4. Định lý O-G (OSTROGRASKI-GAUSS)

Để tìm khối tâm của một củ khoai, bạn có thể thực hiện bằng thực nghiệm hoặc bằng cách tính toán một số tích phân ba lớp. Tuy nhiên nếu một củ khoai có dạng của một elipsoit đều thì sự đối xứng của nó giúp bạn biết chính xác khối tâm của nó mà không cần tính toán.

Sự đối xứng có trong mọi lĩnh vực vật lý, nó sẽ có ý nghĩa nếu thể hiện các định luật vật lý dưới dạng tận dụng đầy đủ tính đối xứng ấy.

Định luật coulomb là một định luật chủ chốt trong tĩnh điện học nhưng nó không thể hiện dưới dạng dễ có thể làm cho việc tính toán được đặc biệt đơn giản trong các trường hợp có sự đối xứng. Định lý O-G dễ dàng tận dụng các trường hợp đặc biệt như vậy.

Trọng tâm của định lý O-G là một mặt được giả thuyết là một mặt kín (còn gọi là mặt Gauss). Mặt kín này có thể có dạng bất kỳ mà bạn muốn. Nhưng mặt kín có ít nhất là mặt thể hiện được tính đối xứng (Thường là mặt cầu, mặt trụ hoặc có dạng đối xứng nào đó).

Xét một hệ điện tích điểm q_1, q_2, \dots, q_n (Phân bố gián đoạn trong không gian), hệ tích điện này gây ra xung quanh một điện trường. Định lý O-G cho phép ta tính thông lượng điện trường qua một mặt kín (S) bất kỳ đặt trong điện trường.

Phát biểu:

“ Thông lượng điện trường gởi qua mặt kín (S) bất kỳ trong môi trường đồng chất bằng tổng đại số điện tích nằm trong mặt kín đó chia cho tích số $\epsilon_0 \epsilon$ ”:

$$\phi_e = \int_{(S)} \vec{E} d\vec{s} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{\epsilon_0 \epsilon} \quad (1.9)$$

Chú ý: Vế phải của phương trình trên và dấu của điện tích tổng cộng chứa trong mặt (S). Nhưng \vec{E} ở vế trái là điện trường do tất cả các điện tích cả trong lẫn ngoài mặt kín tạo ra.

Bài tập Áp dụng định lý O-G

Bài 1: Cho các điện tích được phân bố như hình 1.5. Tính thông lượng điện trường gởi qua mặt kín (S). Cho: $q_1 = 10^{-9} C, q_2 = -\frac{2}{3} 10^{-9} C, q_3 = 3 \cdot 10^{-9} C, q_4 = q_5 = 2 \cdot 10^{-9} C$

Giải

Nhận xét trong mặt kín (S) có tất cả là mấy điện tích ? (có 3: q_1, q_2, q_3)

Định lý O-G:

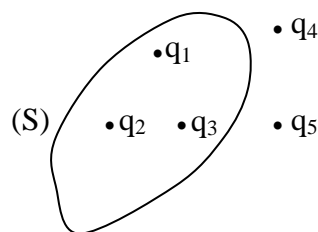
$$\phi_e = \vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{\epsilon_0 \epsilon}$$

$$\phi_e = \frac{q_1 + q_2 + q_3}{\epsilon_0 \epsilon} = \frac{(1 - \frac{2}{3} + 3) \cdot 10^{-9}}{\epsilon_0 \epsilon}$$

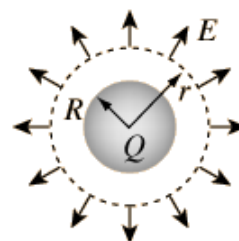
$$\phi_e = \frac{10 \cdot 10^{-9}}{3 \cdot \epsilon_0 \epsilon}$$

Đối với không khí: $\epsilon = 1$. Khi đó :

$$\phi_e = \frac{10 \cdot 10^{-9}}{3 \cdot \epsilon_0 \cdot 1} = \frac{10 \cdot 10^{-9}}{3.8,85 \cdot 10^{-12}} (V.m)$$



Hình 1.7



Hình 1.8 Điện trường của mặt cầu

Bài 2: Xác định điện trường của một mặt cầu mang điện đều: Cho mặt cầu mang điện đều có bán kính R tích điện một điện lượng là q ($q > 0$).

Hãy tính điện trường \vec{E} do mặt cầu gây ra tại điểm M cách tâm mặt cầu một đoạn $r > R$.

Để xác định \vec{E} do mặt cầu rây ra tại điểm M ta thực hiện các bước sau:

Bước 1: Xác định loại đối xứng của vật mang điện.

Bước 2: Qua điểm khảo sát (M), ta vẽ một mặt kín (S) (Trường hợp này là đối xứng cầu nên ta vẽ mặt cầu cùng tâm với mặt cầu mang điện)

Bước 3: Ta tính thông lượng điện trường qua mặt kín (S).

$$\Rightarrow \phi_e = \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \oint_S E \cdot dS \cos\alpha$$

$$\phi = E \oint_S dS = E \cdot 4\pi \cdot r^2$$

(Do tính chất đối xứng, E có phương luôn luôn đi qua tâm mặt cầu nên $\cos\alpha = 1$)

Bước 4: Áp dụng Định lí O-G:

$$\Rightarrow \phi_e = E \cdot 4\pi \cdot r^2 = \frac{q}{\epsilon_0 \epsilon}$$

$$\Rightarrow E = \frac{q}{4\pi \epsilon_0 \epsilon \cdot r^2}$$

Dễ dàng thấy rằng \vec{E} hướng từ tâm mặt cầu ra phía ngoài nếu mặt cầu mang điện dương và ngược lại.

Nếu điểm M nằm trong mặt cầu ($r < R$) thì bằng phép tính tương tự ta được:

$$\phi_e = E \cdot 4\pi \cdot r^2 = \frac{0}{\epsilon_0 \epsilon} \quad (\text{vì trong trường hợp này điện tích trong mặt kín (S) bằng 0})$$

$$\Rightarrow E = 0$$

Vậy: ở bên trong mặt cầu mang điện đều, điện trường bằng 0. Ở ngoài mặt cầu, điện trường giống điện trường gây bởi một điện tích điểm có cùng độ lớn đặt ở tâm của mặt cầu mang điện đó.

Nếu người ta không cho điện tích trên mặt cầu mà người ta cho mật độ điện tích trên mặt cầu thì ta tính:

$$q = \sigma \cdot 4\pi R^2$$

$$\Rightarrow E = \frac{q}{4\pi \epsilon_0 \epsilon \cdot r^2} = \frac{\sigma \cdot 4\pi R^2}{4\pi \epsilon_0 \epsilon \cdot r^2} = \frac{\sigma R^2}{\epsilon_0 \epsilon \cdot r^2}$$

Bài 3: Điện trường của quả cầu tích điện đều: Cho một quả cầu tích điện đều với mật độ điện khối ρ không đổi có bán kính R. Tìm \vec{E} từ điểm M nằm trong và ngoài mặt cầu.

Thực hiện các 5 bước như bài tập số 2, ta được:

Trường hợp M nằm ngoài quả cầu ($r > R$), vectơ cường độ điện trường \vec{E} có:

- Phương đi qua tâm mặt cầu
- Chiều hướng ra xa tâm mặt cầu (vì mặt cầu mang điện dương)

$$\text{- Độ lớn: } E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon.r^2} = \frac{\frac{4}{3}\pi R^3\rho}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}$$

(q: điện tích của quả cầu bán kính R, s: điện tích của quả cầu bán kính r)

Trường hợp M nằm trong quả cầu ($r < R$), vectơ cường độ điện trường \vec{E} có:

- Phương đi qua tâm mặt cầu
- Chiều hướng ra xa tâm mặt cầu (vì mặt cầu mang điện dương)

$$\text{- Độ lớn: } E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon.r^2} = \frac{\rho.r}{3\epsilon_0\epsilon}$$

Bài 4: Điện trường của mặt phẳng vô hạn mang điện đều:

Cho mặt phẳng rộng vô hạn mang điện đều, với mật độ điện mặt $\sigma > 0$. Xác định điện trường do mặt phẳng vô hạn mang điện gây ra tại điểm M ở ngoài mặt phẳng mang điện.

Thực hiện các 5 bước như bài tập áp dụng số 2, ta được véc tơ \vec{E} có:

- Phương đi vuông góc với mặt phẳng mang điện.
- Chiều hướng ra xa mặt phẳng mang điện (vì $\sigma > 0$).

$$\text{- Độ lớn: } E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon}$$

Từ biểu thức trên chứng tỏ \vec{E} không phụ thuộc vào vị trí của điểm M trong điện trường. Tức là tại mọi điểm trong điện trường $\vec{E} = \text{const}$. **Vậy, điện trường do mặt phẳng vô hạn mang điện đều là một điện trường đều.**

Mặt phẳng mang điện dương thì \vec{E} hướng ra phía ngoài mặt phẳng mang điện và ngược lại.

BÀI HƯỚNG DẪN 5: LƯỜNG CỰC ĐIỆN

Mục tiêu

Kiến thức: Hiểu biết được khái niệm lưỡng cực điện, tác điện trường lên lưỡng cực điện.

Kỹ năng: Tư duy nhận xét, phân tích vấn đề, tổng hợp thông qua phân tích, tổng hợp vectơ lực tác dụng của điện trường lên lưỡng cực điện.

Thái độ: Trung thực khách quan khi phân tích, nhận xét vấn đề.

1. Định nghĩa

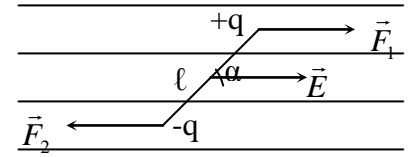
Lưỡng cực điện là một hệ hai điện tích điểm có độ lớn bằng nhau nhưng trái dấu cách nhau một khoảng l rất nhỏ.

2. Tính chất

Được đặt trung bởi momen lưỡng cực Pe (còn gọi là momen điện).

Momen điện là một véctơ $\vec{P}_e = q\vec{l}$ có:

- Phương nối liền hai điện tích điểm
- Chiều $-q \rightarrow +q$,
- Độ lớn bằng ql



Hình 1.9

3. Lưỡng cực điện đặt trong điện trường đều

Giả sử \vec{P}_e hợp với đường sức điện trường một góc α .

Ở hai đầu của lưỡng cực tĩnh điện, chịu tác dụng các lực \vec{F}_1, \vec{F}_2 . $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$, ($F_1 = F_2 = (qE)$) tạo thành một ngẫu lực, có cánh tay đòn bằng $l \cdot \sin \alpha$. Do đó momen \vec{M} của ngẫu lực được xác định:

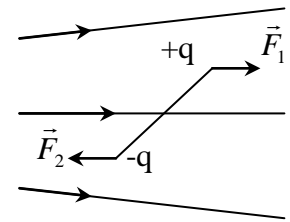
$$\vec{M} = \vec{l} \wedge \vec{F}_1 = \vec{l} \wedge (q\vec{E}) = \underbrace{q\vec{l}}_{\vec{P}_e} \wedge \vec{E}$$

$$\vec{M} = \vec{P}_e \wedge \vec{E}$$

Momen ngẫu lực là một vectơ có phương vuông góc (\vec{P}_e, \vec{E}) với và có chiều sao cho \vec{P}_e, \vec{E} và \vec{M} tạo thành một tam diện thuận có độ lớn:

$$M = P_e \cdot E \cdot \sin \alpha \quad , (\alpha = (\vec{P}_e, \vec{E}))$$

Dưới tác dụng của momen ngẫu lực \vec{M} , lưỡng cực điện bị quay theo chiều sao cho \vec{P}_e tới trùng với hướng của điện trường \vec{E}_0 . Ở vị trí này các lực \vec{F}_1 và \vec{F}_2 trực đối nhau: Nếu lưỡng cực là cứng (l không thay đổi) lưỡng cực sẽ cân bằng; nếu lưỡng cực là đàn hồi thì nó bị biến dạng



Hình 1.10

4. Lưỡng cực điện đặt trong điện trường không đều

Trong trường hợp này lưỡng cực chịu 2 tác dụng:

Momen lực làm cho lưỡng cực quay đến khi \vec{P}_e trùng hướng \vec{E}

Lực tác dụng sẽ kéo lưỡng cực về phía điện trường mạnh.

BÀI HƯỚNG DẪN 6: ĐIỆN THẾ

Mục tiêu

Kiến thức: Hiểu biết được khái niệm điện thế, hiệu điện thế, liên hệ giữa điện trường và điện thế, ý nghĩa của điện thế.

Kỹ năng: Tư duy nhận xét, phân tích, tổng hợp vấn đề, thông qua phân tích, tổng hợp vectơ lực tác dụng của điện trường lên điện tích; tính công của lực điện trường.

Thái độ: Trung thực khách quan khi phân tích, nhận xét vấn đề.

1. Công của lực tĩnh điện

Ta khảo sát sự chuyển dời của điện tích $q_0 > 0$ từ A đến B trên đường cong bất kì (L) trong điện trường gây bởi điện tích $q > 0$.

Công dịch của lực điện trên dịch chuyển $d\vec{l}$ là dA :

$$dA = \vec{F} \cdot d\vec{l} = F \cdot dl \cdot \cos \alpha \quad (1.10)$$

$d\vec{l}$ là vectơ có phương tiếp tuyến với đường cong tại điểm đang xét, có chiều là chiều chuyển dời và có độ lớn là dl

Ta có: $dr = dl \cdot \cos \alpha \quad (1.11)$

(dr là hình chiếu của $d\vec{l}$ lên phương \vec{r})

Từ biểu thức (1.10) và (1.11) ta có:

$$dA = F \cdot dr = \frac{qq_0}{4\pi\epsilon_0\epsilon \cdot r^2} \cdot dr$$

Suy ra công của lực tĩnh điện trong chuyển dời điện tích q_0 từ A đến B là:

$$A_{AB} = \int_{AB} dA = \int_{r_A}^{r_B} \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0\epsilon \cdot r^2} dr$$

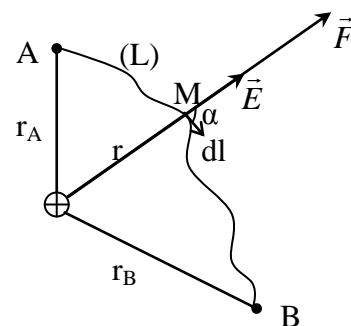
$$A_{AB} = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0\epsilon \cdot r_A} - \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0\epsilon \cdot r_B} \quad (1.12)$$

Biểu thức (1.12) cho ta thấy **công của lực tĩnh điện không phụ thuộc vào dạng đường cong (L) mà chỉ phụ thuộc vào điểm đầu và điểm cuối** của đoạn đường dịch chuyển điện tích q_0 trong điện trường.

Nếu điện tích q_0 dịch chuyển theo một đường cong kín thì:

$$A = \oint_{(L)} q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l} = \oint_{(L)} \vec{F} \cdot d\vec{l} = 0$$

$$A = \oint_{(L)} q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$$



Hình 1.11

$$\Rightarrow \oint_{(L)} \vec{E} \cdot d\vec{\ell} = 0 \quad (1.13)$$

Biểu thức (1.13) chứng tỏ **điện trường là trường thế**

2. Thế năng của điện tích điểm trong điện trường

Trường hợp điện trường gây bởi một điện tích điểm

Điện trường là một trường thế nên công của lực tĩnh điện trong sự dịch chuyển của một điện tích điểm q_0 trong điện trường bằng độ giảm thế năng.

Trong một chuyển dời nguyên tố $d\ell$:

$$dA = -dW, \quad \text{với } dA = q_0 \vec{E} d\vec{\ell} = \vec{F} d\vec{\ell}$$

Và trong dịch chuyển hữu hạn từ điểm A đến điểm B trong điện trường ta được:

$$\int_A^B dA = \int_A^B -dW \quad \text{hay} \quad A_{AB} = \int_A^B q_0 \vec{E} d\vec{\ell} = W_A - W_B \quad (1.14)$$

$W_A - W_B$ là độ giảm thế năng của điện tích điểm q_0 trong sự dịch chuyển điện tích đó từ điểm A đến điểm B trong điện trường.

Để cụ thể, trước hết ta xét trường hợp điện tích q_0 dịch chuyển trong điện trường của một điện tích điểm q , ta biết công của lực điện trường:

$$A_{AB} = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon \cdot r_A} - \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon \cdot r_B} \quad (1.15)$$

$$\Rightarrow W_A - W_B = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon \cdot r_A} - \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon \cdot r_B} \quad (1.16)$$

Từ đó, ta suy ra biểu thức thế năng của điện tích điểm q_0 đặt trong điện trường của điện tích điểm q và cách điện tích này một đoạn r bằng:

$$W = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon \cdot r} + C \quad (1.17)$$

C: hằng số tùy ý

W: thế năng tương tác của hệ tích điểm q_0 và q

Biểu thức (1.17) chứng tỏ thế năng của điện tích điểm q_0 trong điện trường được xác định sai khác một hằng số C. Tuy nhiên, giá trị C không ảnh hưởng gì tới những phép tính trong thực tế, vì trong thực tế các phép tính đó ta chỉ gặp các hiệu thế năng. Vì vậy người ta qui ước chọn thế năng của điện tích điểm ở vô cùng thì bằng 0:

$$W = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon \cdot r_\infty} + C = 0$$

$$\Rightarrow C = 0 = W_\infty$$

Với qui ước trên (1.17) trở thành:

$$W = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon \cdot r} \quad (1.18)$$

Nếu q, q_0 cùng dấu (lực tương tác là lực đẩy), thế năng tương tác của chúng là dương.

Nếu q, q_0 trái dấu (lực tương tác là lực hút), thế năng tương tác của chúng là âm.

Nếu q, q_0 cách xa nhau vô cùng (Khi $r \rightarrow \infty$) thì $W=0$

3. Thế năng của hệ điện tích điểm:

Hệ điện tích điểm phân bố không liên tục, thế năng của hệ điện tích q_0 được xác định:

$$W = \sum_{i=1}^n W_i = \sum_{i=1}^n \frac{q_0 q_i}{4\pi\epsilon_0 \epsilon \cdot r_i} \quad (1.19)$$

Hệ điện tích phân bố liên tục (điện trường của vật mang điện), thế năng của hệ điện tích q_0 được xác định: $W_M = \int_M q_0 \vec{E} d\vec{\ell}$ (1.20)

Vậy: Thế năng của điện tích điểm q_0 tại một điểm trong điện trường là một đại lượng về trị số bằng công của lực tĩnh điện trong sự dịch chuyển điện tích đó từ điểm đang xét ra xa vô cùng.

4. Điện thế và hiệu điện thế

Từ công thức: $W = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon \cdot r}$, ta nhận thấy tỉ số $\frac{W}{q_0}$ không phụ thuộc vào độ lớn của điện tích q mà chỉ phụ thuộc vào các điện tích gây ra điện trường và phụ thuộc vào vị trí của điểm đang xét. Vì vậy, ta có thể dùng tỉ số đó để đặc trưng cho điện trường về mặt trữ năng lượng tại điểm đang xét.

Người ta định nghĩa tỉ số $V = \frac{W}{q_0}$ là điện thế của điện trường tại điểm đang xét.

Trường hợp điện trường gây bởi điện tích điểm thì điện thế:

$$V = \frac{W}{q_0} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon \cdot r}$$

Trường hợp điện trường gây bởi hệ điện tích điểm $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$ thì khi đó điện thế tại điểm đang xét:

$$V = \sum_{i=1}^n V_i = \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{4\pi\epsilon_0 \epsilon \cdot r_i}, \quad r_i \text{ khoảng cách từ điểm đang xét tới điện tích } q_i$$

Trường hợp điện trường bất kì (điện trường của vật mang điện):

$$V = \frac{W_M}{q_0} = \int_M \vec{E} \cdot d\vec{\ell} \quad (1.21)$$

Chia hai vế phương trình (1.14) cho q_0 ta được :

$$\frac{A_{AB}}{q_0} = \frac{W_A}{q_0} - \frac{W_B}{q_0} = V_A - V_B \quad (1.22)$$

$$\frac{A_{AB}}{q_0} = V_A - V_B \text{ được gọi là hiệu điện thế giữa hai điểm A và B}$$

Trong hệ SI, đơn vị của hiệu điện thế là vôn (V)

$$\text{Từ biểu thức (1.22) suy ra: } A_{AB} = q_0(V_A - V_B) \quad (1.23).$$

Vậy, công của lực tĩnh điện trong sự dịch chuyển điện tích điểm q_0 từ điểm A đến điểm B trong điện trường bằng tích số của điện tích q_0 với hiệu điện thế giữa hai điểm đó.

▣ **Ý nghĩa của điện thế, hiệu điện thế:** Từ biểu thức cho thấy: nếu lấy $q = 1\text{C}$ thì $A_{AB} = (V_A - V_B)$. Vậy, hiệu điện thế giữa hai điểm nào đó trong điện trường là một đại lượng về trị số bằng công của lực tĩnh điện trong sự dịch chuyển một đơn vị điện tích dương giữa hai điểm đó.

Và nếu ta dịch chuyển q_0 đi từ M đến vô cùng thì $A_{A\infty} = V_A$ ($V_\infty = 0$). Vậy, điện thế tại một điểm trong điện trường là một đại lượng về trị số bằng công của lực tĩnh điện trong sự chuyển dời một đơn vị điện tích từ điểm A_A đến vô cùng.

5. Mặt đẳng thế

Định nghĩa: *Mặt đẳng thế* là quỹ tích của những điểm trong không gian có cùng một điện thế.

Phương trình của mặt đẳng thế: $V = C = \text{const}$

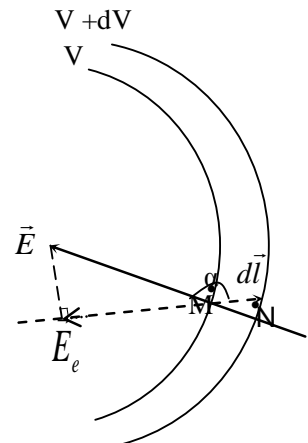
Với mọi giá trị của hằng số C, ta được một mặt đẳng thế.

Tính chất:

- Các mặt đẳng thế không cắt nhau, vì tại mọi điểm của điện trường chỉ có một giá trị xác định của điện thế

- Công của lực tĩnh điện trong sự dịch chuyển một điện tích q_0 trên mặt đẳng thế bằng không.

- Vectơ cường độ điện trường tại một điểm trên mặt đẳng thế vuông góc với mặt đẳng thế tại điểm đó.



Hình 1.12

6. Liên hệ giữa vectơ cường độ điện trường \vec{E} và điện thế.

Xét hai điểm M và N rất gần nhau trong điện trường \vec{E}

Giả sử điện thế tại các điểm M và N lần lượt là V và $(V + dv)$ với $dv > 0$ (nghĩa là điện thế tại N lớn hơn điện thế tại M).

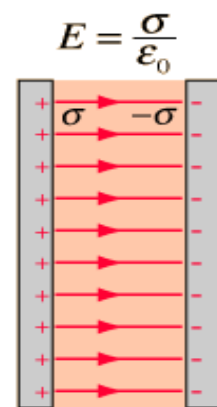
Để tìm biểu thức liên hệ giữa \vec{E} và V, ta tính công lực tĩnh điện khi dịch chuyển điện tích q_0 từ M đến N. Ta có:

$$dA = \vec{F}d\vec{l} = q_0\vec{E}d\vec{l}$$

$$dA = q_0 E dl \cdot \cos\alpha = q_0 E_e dl$$

Với $E_e = E \cdot \cos\alpha$ là hình chiếu của \vec{E} trên phương \vec{l}

$$\text{Mặt khác: } dA = q_0 \int_{V}^{-(V + dV)} -q_0 dV$$



Hình 1.13 Điện trường của 2 mặt phẳng mang điện

$$q_0 E_\ell d\ell = -q_0 dV$$

$$E_\ell = -\frac{dV}{d\ell} \quad (1.24)$$

Vậy: Hình chiếu của \vec{E} lên một phương nào đó có giá trị bằng độ giảm thế trên một đơn vị chiều dài theo phương đó.

Bài tập áp dụng

Bài 1. Xác định hiệu điện thế giữa hai mặt phẳng song song vô hạn mang điện đều nhưng trái dấu được đặt song song với nhau.

Bước 1: Xác định điện trường trong vùng không gian ta đang xét

(Điện trường của mặt phẳng mang điện đều, được xác định BÀI HƯỚNG DẪN 4-mục 3.2-bài tập áp dụng số 4)

Bước 2: Thay vectơ điện trường vừa tìm ở bước 1 vào biểu thức liên hệ \vec{E} và V

Bước 3: Gọi: V_1, V_2 lần lượt là điện thế ở hai điểm ta cần tính hiệu điện thế giữa chúng.

Bước 4: Tính tích phân: $-dV = E_\ell d\ell \Rightarrow V_1 - V_2 = -\int_{V_1}^{V_2} dV = \int_0^d E_\ell d\ell$

$$\Rightarrow V_1 - V_2 = E_\ell d, \quad \text{mà } E = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon} \Rightarrow V_1 - V_2 = \frac{\sigma d}{\epsilon_0 \epsilon}$$

Bài 2. Xác định hiệu điện thế giữa hai điểm trong điện trường của mặt cầu mang điện đều.

Giả sử ta muốn xác định hiệu điện thế giữa hai điểm nằm cách tâm mặt cầu mang điện những đoạn R_1 và R_2 (với $R_1 > R_2 > R$. R là bán kính của mặt cầu mang điện).

Thực hiện 4 bước như bài tập 1, ta được hiệu điện thế giữa hai điểm nằm trong điện trường:

$$\Leftrightarrow V_1 - V_2 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

Trường hợp $R_1 = R$ và $R_2 = \infty$ (ở $R_2 = \infty$ thì $V_2 = V_\infty = 0$) ta sẽ tìm được biểu thức điện thế V của một mặt cầu mang điện đều:

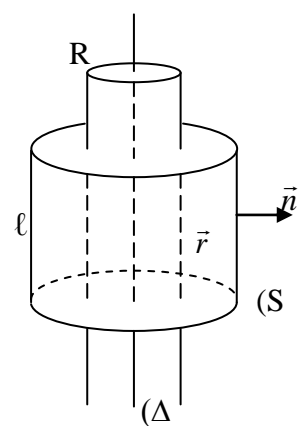
$$V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon.R}$$

Bài 3. Xác định hiệu điện thế giữa hai điểm trong điện trường của một mặt trụ thẳng dài vô hạn mang điện đều:

Tương tự thực hiện các bước trên ta được

Hiệu điện thế giữa hai điểm nằm cách trục của mặt trụ mang điện đều giữa đoạn R_1 và R_2 được tính bởi công thức:

$$V_1 - V_2 = \int_{V_1}^{V_2} -dv = \int_{R_1}^{R_2} E_\ell dr$$



Hình 1.14

$$\Rightarrow V_1 - V_2 = \int_{R_1}^{R_2} \frac{Q}{2\pi\epsilon_0\epsilon.l} \cdot \frac{dr}{r}$$

Câu hỏi & Bài tập

1. Nêu: định nghĩa điện thế, ý nghĩa của điện thế, ý nghĩa của hiệu điện thế.
2. Một điện tích điểm chuyển động vuông góc với đường sức trong một điện trường. Có lực nào tác dụng lên nó không?
3. Phát biểu và viết biểu thức định lý Ostrogradski-Gauss đối với điện trường.
4. Electron có xu hướng chuyển động đến điện thế cao hay điện thế thấp?
5. Nếu V không đổi trong một miền cho trước của không gian thì bạn có thể nói gì về điện trường \vec{E} ở miền đó.
6. Một mặt phẳng vô hạn mang điện đều, được đặt theo phương thẳng đứng. Gần mặt đó treo một quả cầu khối lượng $m = 2\text{g}$ mang điện tích $q = 5 \cdot 10^{-7}\text{C}$ cùng dấu với điện tích của mặt phẳng thì thấy dây treo quả cầu bị lệch đi một góc 45° so với phương thẳng đứng. Tìm cường độ điện trường gây bởi mặt phẳng mang điện.

Câu hỏi trắc nghiệm chương 1

1. Lực tương tác giữa hai điện tích điểm thay đổi thế nào nếu ta giữ nguyên khoảng cách r , đưa chúng từ không khí vào dầu có hằng số điện môi $\epsilon = 4$ và tăng độ lớn điện tích điểm lên gấp đôi.

A. Tăng 16 lần B. Không đổi C. Còn một nửa D. Tăng 64 lần.
2. Vectơ cường độ điện trường \vec{E} tại một điểm có tính chất:

A. Độ lớn tỷ lệ nghịch với trị số của điện tích đặt tại điểm đó.
 B. Cùng phương với lực điện \vec{F} tác dụng lên điện tích đặt tại điểm đó.
 C. Cùng chiều với lực điện \vec{F} tác dụng lên điện tích đặt tại điểm đó.
 D. Độ lớn tỷ lệ với trị số của điện tích đặt tại điểm đó.
3. Trong không khí có một mặt phẳng rất rộng tích điện đều với $\sigma > 0$. Vectơ cường độ điện trường \vec{E} gần đó có đặc điểm:

A. Trị số $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$ B. Vectơ \vec{E} hướng ra xa mặt phẳng.
 C. Trị số $E = \frac{2\sigma}{\epsilon_0}$ D. Cả A và B đúng.
4. Một điện tích $Q > 0$ phân bố đều trong khối cầu tâm O, bán kính a , r là khoảng cách từ điểm M đến tâm O. Trị số cường độ điện trường E tại M có đặc điểm:

A. Càng xa tâm O (r tăng), E giảm dần.
 B. Khi $r < a$, biểu thức của E giống của một điện tích điểm có điện tích q đặt tại O.
 C. Khi $r > a$, càng ra xa tâm O, E càng tăng.
 D. A và B đúng.

5. Dây mảnh hình vòng cung, bán kính R , góc mở 2α , tích điện đều, mật độ điện dài λ . Độ lớn cường độ điện trường E tại tâm O là:

- A. $\frac{k\lambda}{2R} \cos\alpha$ B. $\frac{k\lambda}{2R} \sin\alpha$ C. $2\frac{k\lambda}{R}$ D. $\frac{k\lambda}{R} \sin\alpha$

6. Vòng dây tròn có điện tích $q < 0$ phân bố đều. Xét điểm M nằm trên đường thẳng đi qua tâm O , vuông góc với mặt phẳng vòng dây. Vectơ cường độ điện trường \vec{E} tại M có đặc điểm:

- A. Vectơ cường độ điện trường \vec{E} cùng phương ngược chiều với \overrightarrow{OM} .
B. Vectơ cường độ điện trường \vec{E} cùng phương cùng chiều với \overrightarrow{OM} .
C. Vectơ cường độ điện trường \vec{E} song song với \overrightarrow{OM} .
D. Độ lớn của \vec{E} giảm đều khi khoảng cách OM tăng.

7. Một mặt phẳng rộng vô hạn mang điện đều với mật độ điện mặt $\sigma > 0$, đặt trong không khí. Vectơ cường độ điện trường \vec{E} do mặt phẳng gây ra gần mặt phẳng có đặc điểm:

- A. Trị số $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$
B. \vec{E} hướng ra xa mặt phẳng và vuông góc với mặt phẳng
C. Trị số $E = \frac{2\sigma}{\epsilon_0}$
D. A và B đúng.

Chương 2 VẬT DẪN

BÀI HƯỚNG DẪN1: VẬT DẪN TRONG ĐIỀU KIỆN CÂN BẰNG TĨNH ĐIỆN

Mục tiêu:

Kiến thức: Hiểu biết được khái niệm vật dẫn, điều kiện cân bằng tĩnh điện của vật dẫn và tính chất của vật dẫn; hiện tượng điện hưởng; điện dung của vật dẫn cô lập.

Kỹ năng: Tư duy nhận xét, phân tích vấn đề thông qua việc phân tích điều kiện cân bằng tĩnh điện của vật dẫn, phân tích hiện tượng điện hưởng.

Thái độ: Phân tích, nhận xét vấn đề một cách khoa học, khách quan.

Như chúng ta đã biết vật dẫn là vật có các hạt mang điện tự do; các hạt mang điện này có thể chuyển động trong toàn bộ vật dẫn. Có nhiều loại vật dẫn (rắn, lỏng, khí). Trong chương này chúng ta chỉ nghiên cứu các vật dẫn kim loại.

1. Điều kiện cân bằng tĩnh điện

Ta đã biết: vật dẫn là vật có các hạt mang điện tự do, các hạt mang điện này có thể chuyển động trong toàn bộ thể tích vật dẫn. Trạng thái cân bằng tĩnh điện là trạng thái trong đó các điện tích đứng yên trong vật dẫn.

Như vậy, điều kiện cân bằng tĩnh điện của một vật dẫn mang điện là:

- Vectơ cường độ điện trường tại mọi điểm bên trong vật dẫn phải bằng không $\vec{E}_r = 0$

- Thành phần tiếp tuyến của vectơ cường độ điện trường tại mọi điểm trên mặt vật dẫn phải bằng không. Nói cách khác, tại mọi điểm trên vật dẫn, vectơ cường độ điện trường phải vuông góc với mặt vật dẫn: $\vec{E}_t = 0$

Thực vậy, nếu $\vec{E}_r \neq 0$ và $\vec{E}_t \neq 0$ thì các hạt mang điện tự do bên trong và trên mặt vật dẫn sẽ chuyển dời có hướng, do đó trái với điều kiện cân bằng.

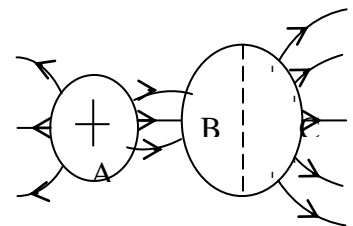
2. Tính chất vật dẫn mang điện

- Vật dẫn là một vật đẳng thế

- Điện tích chỉ tập trung trên mặt ngoài vật dẫn.

- Lý thuyết và thực nghiệm đã chứng tỏ sự phân bố điện tích trên mặt vật dẫn phụ thuộc vào hình dạng vật dẫn đó.

Vì lí do đối xứng, trên những mặt vật dẫn có dạng: mặt cầu, mặt phẳng vô hạn, mặt trụ dài vô hạn...điện tích được phân bố đều đặn. Đối với những vật dẫn có dạng khác, điện tích phân bố không đều. Nơi nào cong (lồi) điện tích tập trung nhiều, mật độ điện tích lớn, đặc biệt ở những mũi nhọn của vật dẫn điện tích tập trung nhiều. Vì vậy, tại vùng lân cận mũi nhọn điện trường rất mạnh tạo ra hiệu ứng mũi nhọn.



Hình 2.1

3. Hiện tượng điện hưởng

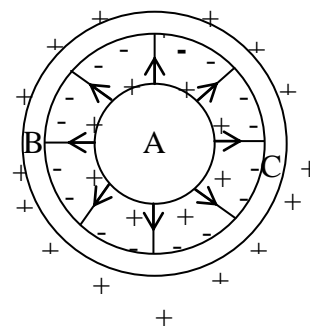
3.1. Hiện tượng

Khi một vật dẫn BC trong điện trường ngoài \vec{E}_o , điện trường \vec{E}_o do một đầu kim loại dương gây ra, dưới tác dụng của lực điện trường các electron trong vật dẫn chuyển dời có hướng ngược chiều điện trường. Kết quả là trên các mặt giới hạn B, C của vật xuất hiện các điện tích trái dấu. Các điện tích này gọi là các điện tích cảm ứng.

Các điện tích cảm ứng gây ra bên trong vật dẫn một điện trường phụ \vec{E}' ngày càng lớn và ngược với điện trường ngoài \vec{E}_o làm cho điện trường tổng hợp yếu dần ($\vec{E}_{th} = \vec{E}_o + \vec{E}'$). Các electron tự do trong vật dẫn chỉ ngừng chuyển dời có hướng khi cường độ điện trường tổng hợp bên trong vật dẫn bằng không và đường sức của điện trường ngoài vuông góc với mặt vật dẫn, nghĩa là khi điều kiện cân bằng tĩnh điện được thực hiện.

Khi đó các điện tích cảm ứng sẽ có độ lớn xác định. Điện tích cảm ứng âm (Do thừa e^- ở B) và điện tích cảm ứng dương (Do mất e^- ở C) có độ lớn bằng nhau.

Hiện tượng các điện tích cảm ứng xuất hiện trên vật dẫn khi đặt vật dẫn trong điện trường được gọi là hiện tượng điện hưởng.



Hình 2.2

3.2. Điện hưởng một phần và điện hưởng toàn phần

Trường hợp điện hưởng mà trong đó độ lớn độ lớn của điện tích cảm ứng nhỏ hơn độ lớn của điện tích trên vật mang điện gọi là hiện tượng điện hưởng một phần ($q' < q$)

Trường hợp điện hưởng mà trong đó độ lớn độ lớn của điện tích cảm ứng bằng độ lớn của điện tích trên vật mang điện gọi là hiện tượng điện hưởng toàn phần ($q' = q$)

Câu hỏi & Bài tập

1. Hãy chứng minh: Vật dẫn cân bằng tĩnh điện là một vật đẳng thế.
2. Hãy chứng minh: điện tích chỉ tập trung trên bề mặt của vật dẫn.
3. Hiện tượng điện hưởng ?

BÀI HƯỚNG DẪN 2: TỤ ĐIỆN. ĐIỆN DUNG

Mục tiêu

Kiến thức: Hiểu biết về tụ điện, điện dung của tụ điện.

Kỹ năng: Tư duy tổng hợp thông qua định nghĩa điện dung vật dẫn, điện dung của tụ, điện dung của tụ điện.

Thái độ: Trung thực, khách quan khi phân tích vấn đề.

1. Điện dung của một vật dẫn cô lập

Một vật dẫn được gọi là cô lập về điện (hay cô lập) nếu gần nó không có một vật nào khác có thể gây ảnh hưởng đến sự phân bố điện tích trên vật dẫn đang xét.

Khi ta tích điện cho vật dẫn cô lập thì điện tích Q của vật dẫn tỉ lệ với điện thế của nó:

$$Q = CV,$$

C : là hệ số tỉ lệ, nó phụ thuộc vào kích thước vật và môi trường chứa vật dẫn được gọi là điện dung của vật dẫn, nó đặt trưng cho khả năng tích điện của vật dẫn.

Đơn vị điện dung (SI) là Fara (F)

Thông thường người ta áp dụng các ước số của Fara :

$$1MF = 10^{-6} F$$

$$1PF = 10^{-12} F$$

2. Điện dung của tụ điện

Tụ điện là hệ hai vật dẫn cô lập ở điều kiện hưởng ứng điện toàn phần. Hai vật dẫn tạo nên tụ điện được gọi là hai bản tụ.

Điện tích Q của tụ điện tỉ lệ với hiệu điện thế $V_1 - V_2$ giữa 2 bản tụ: $Q = C (V_1 - V_2)$

$$C = \frac{Q}{V_1 - V_2} \quad (2.1)$$

C là điện dung của tụ điện.

3. Các tụ điện thường dùng (phân theo hình dạng)

Tụ điện phẳng là hai mặt phẳng kim loại có cùng diện tích S đặt song song cách nhau một khoảng d (hình 2.11). Nếu khoảng cách d giữa 2 bản tụ rất nhỏ so với kích thước của mỗi bản tụ thì có thể coi điện trường giữa 2 bản tụ điện là điện trường gây bởi 2 mặt phẳng rộng vô hạn mang điện đều bằng nhau nhưng trái dấu, đặt song song với nhau, điện dung của tụ:

$$C = \frac{Q}{V_1 - V_2} = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d} \quad (2.2)$$

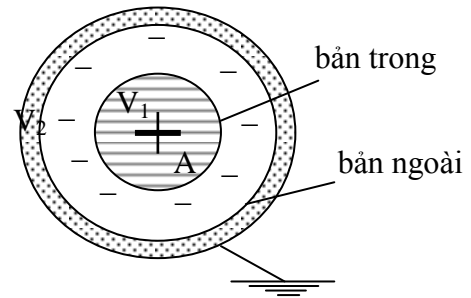
Tụ điện cầu, hai bản tụ là hai mặt cầu kim loại đồng tâm bán kính R_1 và R_2 (bao bọc lẫn nhau). Điện dung của tụ:

$$C = \frac{Q}{V_1 - V_2} = \frac{4\pi\epsilon\epsilon_0 R_1 R_2}{R_2 - R_1} \quad (2.3)$$

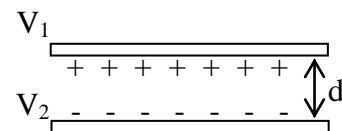
Nếu $R_2 - R_1 = d$ rất nhỏ so với R_1 , có thể coi $R_2 \approx R_1$, khi đó công thức (2.3) trở thành:

$$C = \frac{4\pi\epsilon\epsilon_0 R_1 R_2}{R_2 - R_1} = \frac{4\pi\epsilon\epsilon_0 R_1^2}{d} = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d} \quad (2.4)$$

Tụ điện trụ, hai bản tụ là hai mặt trụ kim loại đồng trục bán kính lần lượt là R_1 và R_2 có chiều cao bằng l . Điện dung của tụ:



Hình 2.3



Hình 2.4



Hình 2.5 Tụ hóa

$$C = \frac{Q}{V_1 - V_2} = \frac{2\pi\epsilon\epsilon_0 l}{\ln \frac{R_2}{R_1}} \quad (2.5)$$

Nếu khoảng cách giữa 2 bản tụ $d = R_2 - R_1$ rất nhỏ so với R_1 , theo công thức gần đúng:

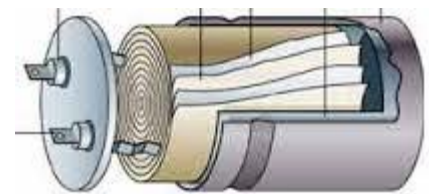
$$\ln \frac{R_2}{R_1} = \ln\left(1 + \frac{R_2 - R_1}{R_1}\right) \approx \frac{R_2 - R_1}{R_1} = \frac{d}{R_1}, \text{ khi đó công thức (2.3) trở thành:}$$

$$C = \frac{2\pi\epsilon\epsilon_0 l}{\ln \frac{R_2}{R_1}} = \frac{2\pi\epsilon\epsilon_0 l R_1}{d} = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d} \quad (2.6)$$

Từ công thức (2.2), (2.4), (2.6) cho chúng ta thấy:

- Nếu khoảng giữa 2 bản tụ điện rất nhỏ so với kích thước các bản tụ thì điện dung của một tụ điện bất kỳ tỷ lệ thuận với diện tích của mỗi bản tụ, với hằng số điện môi của môi trường lấp đầy khoảng không gian giữa 2 bản tụ và tỷ lệ nghịch với khoảng cách giữa 2 bản đó.

- Điện dung tăng ϵ lần khi thay không khí bằng chất điện môi hằng số ϵ . Ta có thể tăng C bằng cách giảm d nhưng khi d quá nhỏ thì tụ điện dễ bị hỏng vì có hiện tượng phóng điện. Vì thế không thể tăng C bằng cách giảm d . Muốn có tụ điện kích thước nhỏ, điện dung lớn, bằng cách chọn những chất điện môi có hằng số điện môi lớn và chịu được hiệu điện thế đánh thủng.



Hình 2.6 Tụ điện giấy

Hiệu điện thế lớn nhất mà tụ điện có thể chịu được để không bị đánh thủng được gọi là *hiệu điện thế đánh thủng*.

Một số tụ điện thường dùng trong kĩ thuật (phân theo cấu tạo):

Tụ điện giấy (hay tụ mica) là hai hệ thống lá kim loại riêng biệt, đặt xen kẽ lẫn nhau. Cứ giữa 2 bản người ta đệm một tờ giấy thấm paraffin (hoặc đệm mica), dùng làm chất điện môi. Hệ thống lá thường được cuộn chặt để tụ có kích thước nhỏ (Hình 2.6). Điện dung của loại tụ điện này có thể đạt tới 10^{-2} Mf, với hiệu điện thế đánh thủng vài trăm vôn.

Tụ điện không khí có điện dung thay đổi được, tụ gồm hai hệ thống bản kim loại (thường có hình bán nguyệt) riêng biệt đặc biệt xen kẽ nhau trong không khí (Hình 2.7). Một trong hai hệ thống bản tụ được giữ cố định, bản còn lại có thể xoay quanh một trục. Khi hệ thống bản này xoay, diện tích đối diện giữa 2 bản sẽ thay đổi, điện dung của tụ điện sẽ biến thiên. Loại tụ điện này thường được dùng trong các máy thu vô tuyến.



Hình 2.7 Tụ điện không khí

4. Ghép tụ điện

4.1. Ghép nối tiếp: bản âm của tụ điện 1 nối với bản dương của tụ điện 2 và cứ thế (Hình 2.8). Bản dương của tụ điện đầu và bản âm của tụ điện cuối được nối với hiệu điện thế

$V - V'$. Các tụ điện có cùng điện tích Q , điện thế giữa cực âm của tụ điện 1 với bản dương của tụ điện 2 là V_1 , cực âm của tụ điện 2 với bản dương của tụ điện 3 là V_2, \dots

Ta có: $V - V' = (V - V_1) + (V_1 - V_2) + \dots + (.. - V')$

Tụ điện tương đương có điện dung C , đặt dưới hiệu điện thế $V - V'$, điện tích Q nên :

$$C = \frac{Q}{V - V'} = \frac{Q}{(V - V_1) + (V_1 - V_2) + \dots + (.. - V')}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{V - V_1}{Q} + \frac{V_1 - V_2}{Q} + \dots$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots \quad (2.7)$$

C : điện dung của bộ tụ

C_1, C_2, C_3 lần lượt là điện dung của các tụ điện nối tiếp.

4.2. Ghép song song: Các tụ điện ghép như (hình 2.9). Với cách ghép này, hiệu điện thế giữa 2 bản tụ điện của các tụ là bằng nhau. Điện tích trên các bản tụ :

$$Q_1 = C_1(V_1 - V_2)$$

$$Q_2 = C_2(V_1 - V_2)$$

.....

$$Q_n = C_n(V_1 - V_2)$$

Điện tích của cả bộ tụ bằng tổng điện tích của các tụ riêng biệt :

$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots$$

Điện dung của bộ tụ điện ghép song song :

$$C = \frac{Q}{V_1 - V_2} = C_1 + C_2 + \dots + C_n \quad (2.8)$$

Câu hỏi& Bài tập

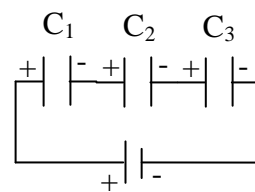
1. Chứng minh công thức điện dung của tụ điện phẳng, tụ điện cầu, tụ điện trụ:

$$C_{phang} = \frac{\epsilon_0 \epsilon . S}{d}, \quad \epsilon \text{ là hằng số điện môi.}$$

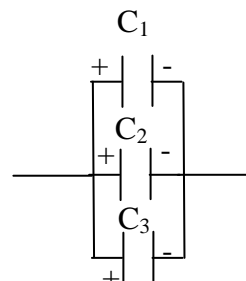
$C_{cau} = \frac{\epsilon_0 \epsilon . L}{\ln(a/b)}$, trong đó L là chiều dài của hình trụ ; a, b lần lượt là bán kính trong và bán kính ngoài của tụ điện trụ

$C_{cau} = \frac{\epsilon_0 \epsilon . a . b}{b - a}$, trong đó a, b lần lượt là bán kính trong và bán kính ngoài của tụ điện cầu

2. Một tụ điện được nối với một acquy. Tại sao mỗi bản tụ nhận một điện tích có độ lớn bằng nhau?



Hình 2.8



Hình 2.9

3. Có thể có một hiệu điện thế giữa hai vật dẫn kề nhau mang cùng một lượng điện tích dương như nhau không?
4. Hai bản tụ điện phẳng cách nhau 1,00mm. Nếu điện dung của tụ bằng 1,00F thì điện tích trên các bản tụ bằng bao nhiêu?
5. Các vật dẫn hình trụ trong và ngoài của một dây cáp đồng trục, được dùng để truyền tín hiệu ti vi, có kích thước $a = 0,15\text{mm}$ và $b = 2,1\text{mm}$. Hỏi điện dung của một đơn vị chiều dài của dây cáp đó?
6. Một tụ nhỏ trên một chip của bộ nhớ RAM có điện dung 55.10^{-3}pF . nếu tụ được nạp đến điện thế 5,3V thì có bao nhiêu electron dư trên bản âm của tụ?
7. Một tụ điện phẳng có diện tích 115cm^2 , khoảng cách giữa hai bản tụ 1,24cm. Mắc hai bản tụ vào một acquy có điện thế 85,5V. Sau đó ngắt quay ra rồi lắp vào khoảng giữa hai bản tụ một tấm điện môi có bề dày, hằng số 2,61. Tìm:
- Điện dung của tụ trước khi lấp đầy điện môi ?
 - Điện tích tự do xuất hiện trên các bản tụ ?
 - Điện trường của tụ điện.

8. Một điện tích $q = 4,5.10^{-9}\text{C}$ đặt giữa hai bản của một tụ điện phẳng có điện dung $C = 1.78.10^{-11}\text{F}$. Điện tích đó chịu tác dụng của một lực bằng $F = 9,81.10^{-5}\text{N}$. Diện tích của mỗi bản tụ bằng $S = 100\text{cm}^2$. Giữa hai bản tụ chứa một chất có hằng số điện môi bằng 2.

Tìm:

- Hiệu điện thế hai bản tụ,
- Điện tích trên hai bản tụ,
- Năng lượng điện trường,
- Lực tương tác giữa hai bản tụ.

BÀI HƯỚNG DẪN 3: NĂNG LƯỢNG ĐIỆN TRƯỜNG

Mục tiêu

Kiến thức: Hiểu biết về năng lượng điện trường.

Kỹ năng: Phân tích, tổng hợp thông qua tính năng lượng của điện trường đều, điện trường không đều.

Thái độ: Trung thực, khách quan khi phân tích, tổng hợp vấn đề.

1. Năng lượng tụ điện

Xét một tụ điện phẳng đang được tích điện. Giả sử ở thời điểm đang xét tụ điện có độ lớn điện tích là Q . Hiệu điện thế giữa hai bản là $V_1 - V_2$, một điện tích dq dương dịch chuyển từ bản âm sang bản dương. Công dA trong quá trình này:

$$dA = dq(V_1 - V_2) = -dq(V_2 - V_1)$$

$$dA = \frac{-q dq}{C}, \quad (V_1 - V_2 = \frac{q}{C})$$

Công cản lực tĩnh điện là công cản (công âm). Để thực hiện được quá trình này ta phải cung cấp cho dq một công $dA = -dA'$

$$dA' = -(-\frac{q}{C} dq) = \frac{q}{C} dq$$

Công cung cấp trung bình tích điện cho tụ từ giá trị 0 đến giá trị Q :

$$A' = \int_0^Q dA' = \int_0^Q \frac{q dq}{C} = \frac{q^2}{2C} \Big|_0^Q$$

$$A' = \frac{Q^2}{2C}$$

Chính công này đã biến thành năng lượng của tụ điện.

Gọi W_e là năng lượng của tụ điện:

$$W_e = A' = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{Q(V_1 - V_2)}{2} = \frac{C(V_1 - V_2)^2}{2}$$

2. Năng lượng điện trường

a. Năng lượng điện trường đều:

Năng lượng W_e của tụ điện phẳng định xứ trong khoảng không gian giữa hai bản tụ nên năng lượng này còn được gọi là năng lượng trường tĩnh điện trong điện trường đều.

Ta có: $V_1 - V_2 = E.d$

$$\Rightarrow W_e = \frac{\epsilon_0 \epsilon . S E^2 . d^2}{2d} = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2 S . d}{2}$$

$$W_e = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2 V}{2}, \quad V: \text{ thể tích giới hạn giữa hai bản tụ.}$$

Nếu ta gọi $\omega_e = \frac{W_e}{V} = \frac{\epsilon \epsilon_0 E^2}{2}$: là mật độ năng lượng điện trường thì năng lượng điện trường bên trong tụ điện phẳng được viết lại: $W_e = \omega_e . V$

Vậy: năng lượng điện trường đều bằng mật độ năng lượng nhân với thể tích vùng không gian có điện trường.

b. Năng lượng điện trường không đều:

Để tính năng lượng điện trường không đều thì người ta chia vùng không gian đó (có thể tích V) thành nhiều thể tích dV vô cùng nhỏ, sao cho điện trường tại mọi điểm trên dV là đều. Khi đó, năng lượng điện trường có trong dV bằng dW : $dW_e = \omega_e . dV$

Muốn tính năng lượng điện trường trong thể tích V ta tính tổng các dW lại.

Vận năng lượng điện trường trong vùng không gian bất kỳ bằng $W_e = \int_V dW_e = \int_V \omega_e dV$

Câu hỏi & bài tập chương 2

- Tại điểm nào dưới đây không có điện trường:
 - Ở ngoài gần mặt cầu bằng cao su bị nhiễm điện.
 - Ở trong mặt cầu bằng cao su bị nhiễm điện.
 - Ở ngoài gần mặt cầu bằng thép bị nhiễm điện.
 - Ở trong mặt cầu bằng thép bị nhiễm điện.
- Đặt một thỏi thép vào trong điện trường thì :
 - Ở trong lõi thép : $\vec{E} = 0$.
 - Điện thế ở trong lõi cao hơn ở ngoài bề mặt ngoài.
 - Điện tích phân bố khắp thể tích.
 - Tất cả đều đúng.
- Đặt cái hộp rỗng bằng nhôm vào điện trường thì :
 - Điện trường trong hộp (phần không khí) mạnh hơn ở vỏ (phần bằng nhôm).
 - Điện trường trong hộp (phần không khí) thấp hơn ở vỏ (phần bằng nhôm).
 - Điện tích chỉ phân bố ở mặt ngoài của vỏ hộp.
 - Tất cả đều đúng.
- Chọn câu sai: Đưa vật A mang điện dương tới gần quả cầu kim loại nhỏ treo trên sợi dây tơ, quả cầu bị vật A hút. Có thể kết luận rằng:
 - Vật A gây ra hiện tượng điện hưởng ở quả cầu kim loại, làm cho mặt cầu ở phía gần vật A có điện tích âm và điện tích âm này hút điện tích dương của vật A.
 - Quả cầu trước đó đã không mang điện. Khi đó xảy ra hiện tượng cảm ứng điện từ.
 - Quả cầu trước đó đã mang điện âm, nhưng khá nhỏ so với điện tích của vật A.
 - Tất cả đều sai.
- Tích điện cho tụ điện phẳng, ngắt khỏi nguồn. Nhúng ngập hẳn vào điện môi lỏng thì:
 - Điện tích trên mỗi bản tụ tăng, hiệu điện thế giữa hai bản tụ giảm.
 - Điện tích trên mỗi bản tụ giảm, hiệu điện thế giữa hai bản tụ tăng.
 - Điện tích trên mỗi bản tụ không đổi, hiệu điện thế giữa hai bản tụ giảm.
 - Cường độ điện trường giữa hai bản tụ không đổi.
- Hai tụ được nạp điện cùng trị số điện tích thì:
 - Hai tụ có cùng điện dung.
 - Hai tụ đó có cùng hiệu điện thế giữa hai bản tụ của chúng.
 - Tụ điện nào có điện dung lớn hơn thì hiệu điện thế lớn hơn.
 - Tụ nào có điện dung lớn hơn thì hiệu điện thế nhỏ hơn.
- Gọi C_1, C_2 lần lượt là điện dung của hai tụ điện và cho biết $C_1 > C_2$. Nếu:
 - Mắc song song hai tụ vào một nguồn có hiệu điện thế U thì điện tích $Q_1 = Q_2$
 - Mắc nối tiếp hai tụ vào một nguồn có hiệu điện thế U thì điện tích $Q_1 > Q_2$

- C. Mắc nối tiếp hai tụ vào một nguồn có hiệu điện thế U thì hiệu điện thế $U_1 < U_2$.
D. A, B, C đúng.
8. Năng lượng điện trường tụ điện phẳng phụ thuộc vào:
A. Hằng số điện môi của môi trường giữa hai bản tụ điện.
B. Độ lớn của vectơ cường độ điện trường giữa hai bản tụ điện.
C. Độ lớn điện tích giữa hai bản tụ.
D. A, B, C đúng.
9. Mắc tụ điện có điện dung $5,0\mu\text{F}$ vào nguồn điện một chiều có điện thế 12V . Sau đó, gỡ bỏ nguồn rồi nhúng vào chất có điện môi bằng 3 thì hiệu điện thế giữa hai bản tụ là:
A. $1,0\text{V}$. B. $2,0\text{V}$ C. $3,0\text{V}$. D. $4,0\text{V}$
10. Mắc tụ C_1 vào nguồn $U_0 = 20\text{V}$. Sau đó, ngắt bỏ nguồn rồi ghép C_1 song song với tụ C_2 chưa tích điện thì hiệu điện thế chung của chúng là 5. Vậy:
A. $C_1 = C_2$ B. $2C_1 = C_2$ C. $3C_1 = C_2$ D. $0,5C_1 = C_2$

Chương 3

ĐIỆN MÔI

Mục tiêu

Kiến thức: Hiểu biết về điện môi, sự phân cực điện môi.

Kỹ năng: Tư duy về phân tích hiện tượng thông qua phân tích sự phân cực của chất điện môi.

Thái độ: Trung thực, khách quan khi phân tích vấn đề.

1. Hiện tượng phân cực chất điện môi

1.1. Hiện tượng phân cực của chất điện môi

Là hiện tượng khi đặt một thanh điện môi vào điện trường thì ở hai đầu của thanh xuất hiện các điện tích trái dấu.

1.2. Giải thích hiện tượng

Như chúng ta đã biết mỗi phân tử (hay nguyên tử) gồm các hạt mang điện tích dương và các electron mang điện tích âm. Trong phạm vi nguyên tử hay phân tử các electron chuyển động với vận tốc rất lớn làm cho vị trí của chúng so với hạt nhân thay đổi liên tục. Vì thế, khi xét tương tác của mỗi electron với các điện tích bên ngoài, ta có thể coi một cách gần đúng như electron đứng yên tại một điểm nào đó, điểm này được xác định như vị trí trung bình của electron theo thời gian.

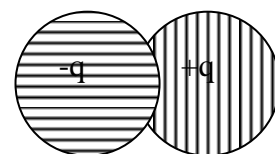
Đối với những khoảng cách lớn so với kích thước phân tử ta có thể coi tác dụng của các electron trong phân tử tương đương với tác dụng của điện tích tổng cộng $-q$ của chúng đặt tại một điểm nào đó. Điểm này được gọi là “Trọng tâm” của các điện tích âm.

Tương tự như vậy, ta có thể coi tác dụng của hạt nhân tương đương với tác dụng của điện tích tổng cộng $+q$ của chúng, đặt tại “Trọng tâm” của các điện tích dương.

Tùy theo sự phân bố của electron xung quanh hạt nhân mà người ta phân biệt hai loại điện môi: Phân tử không phân cực và phân tử phân cực.

Phân tử không phân cực là loại phân tử có phân bố electron đối xứng xung quanh hạt nhân. Vì thế khi chưa đặt vào điện trường ngoài các trọng tâm của điện tích dương và điện tích âm trùng nhau, phân tử không phải là lưỡng cực điện, momen điện của nó bằng không (phân tử H_2, N_2, CCl_4, \dots). Khi đặt phân tử không phân cực trong điện trường ngoài, các điện tích dương và âm của phân tử bị điện trường ngoài tác dụng và dịch chuyển ngược chiều nhau: Điện tích dương theo chiều điện trường, điện tích âm ngược chiều điện trường; phân tử trở thành lưỡng cực điện có momen điện.

Phân tử phân cực là loại phân tử có phân bố electron không đối xứng xung quanh hạt nhân. Vì thế, ngay khi chưa đặt trong điện trường ngoài các trọng tâm điện tích dương và âm của phân tử không trùng nhau, chúng nằm cách nhau một đoạn l , phân tử là một lưỡng cực điện có momen điện \vec{P}_e khác không. Khi đặt trong điện trường ngoài, phân tử phân cực sẽ quay sao cho momen điện \vec{P}_e của nó có hướng theo điện trường ngoài. Điện trường ngoài hầu như không có ảnh hưởng đến độ lớn của momen điện \vec{P}_e . Vì vậy trong điện trường phân tử phân cực như một lưỡng cực (“cứng”)



Hình 3.1

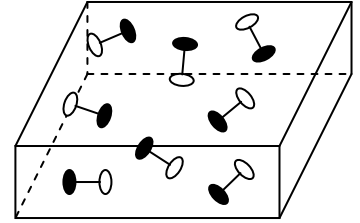
(Một chất điện môi có phân tử thuộc loại này: H_2O , NH_3 , HCl , $CHCl_3$, ...)

Giải thích hiện tượng

Ta đã biết, khi đặt điện môi trong điện trường ngoài, trên các mặt của chất điện môi có xuất hiện điện tích. Ta giải thích hiện tượng này:

Trường hợp điện môi cấu tạo bởi các phân tử phân cực:

Xét một khối điện môi chứa một số rất lớn phân tử. Khi chưa đặt điện môi trong điện trường ngoài, do chuyển động nhiệt các lưỡng cực phân tử trong khối điện môi sắp xếp hoàn toàn hỗn loạn theo mọi phương; các điện tích trái dấu của các lưỡng cực phân tử trung hoà nhau, tổng momen điện của các lưỡng cực phân tử bằng không: Toàn bộ khối điện môi chưa tích điện.



Hình 3.2

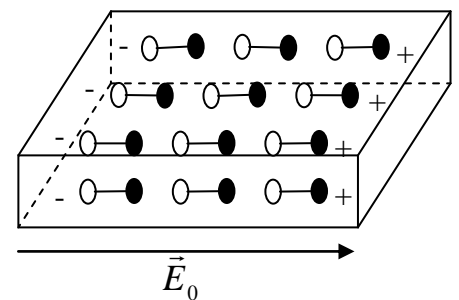
Khi đặt điện môi trong điện trường ngoài \vec{E}_0 , các lưỡng cực phân tử điện môi có xu hướng quay sao cho momen điện của chúng hướng theo điện trường ngoài. Tuy nhiên do chuyển động nhiệt, hướng của các momen điện không thể nằm song song với \vec{E}_0 được, mà vẫn bị “tung ra” hai phía so với phương của điện trường ngoài.

Như vậy, dưới tác dụng đồng thời của điện trường ngoài và chuyển động nhiệt, các momen điện \vec{P}_e của các phân tử được sắp xếp có thứ tự hơn theo hướng của điện trường ngoài \vec{E}_0 . Điện trường ngoài càng mạnh, chuyển động nhiệt của các phân tử càng yếu (Tức nhiệt độ khối điện môi càng thấp), thì sự định hướng của các momen theo điện trường ngoài càng rõ rệt. Khi đó trong lòng khối điện môi, điện tích trái dấu của các lưỡng cực phân tử trung hoà nhau: Trong lòng khối điện môi không xuất hiện điện tích. Còn ở trên các mặt giới hạn có xuất hiện các điện tích trái dấu: Ở mặt giới hạn mà đường sức điện trường đi vào xuất hiện điện tích âm, ở mặt giới hạn mà đường sức điện trường đi ra xuất hiện điện tích dương. Các điện tích này chính là tập hợp điện tích của các lưỡng cực phân tử trên các mặt giới hạn. Vì vậy, chúng không phải là điện tích “tự do” (gọi là các điện tích liên kết).

Trường hợp điện môi cấu tạo bởi các điện tích không phân cực:

Khi chưa đặt điện môi trong điện trường, mỗi phân tử điện môi chưa phải là một lưỡng cực điện (Vì các trọng tâm điện tích dương và âm của nó trùng nhau): Điện môi trung hoà điện.

Khi đặt trong điện trường ngoài, các phân tử điện môi điều trở thành các lưỡng cực điện có momen điện $\vec{P}_e \neq 0$ (khác với phân tử cô lập, phân tử trong khối điện môi trở thành lưỡng cực điện là do sự biến dạng của lớp vỏ e của phân tử- nghĩa là do sự dịch chuyển của trọng tâm điện tích âm).



Hình 3.4

Trong trường hợp điện trường và mật độ chất không lớn lắm, công thức tính momen điện của phân tử cô lập ($\vec{P}_e \sim \vec{E}_0$, \vec{E} là điện trường tổng hợp trong điện môi).

Như vậy, dưới tác dụng của điện trường momen điện của các phân tử điện môi đều hướng theo điện trường. (Khi đó ta có kết quả tương tự như trường hợp trên).

Trên các mặt giới hạn của khối điện môi xuất hiện các điện tích liên kết trái dấu nhau (hình bên). Chuyển động nhiệt không ảnh hưởng gì đến sự biến dạng của lớp vỏ điện tử (Tức

sự dịch chuyển của các trọng tâm điện tích). Sự phân cực điện môi ở đây được gọi là sự phân cực electron.

Trường hợp điện môi tinh thể:

Đối với các điện môi tinh thể có các mạng tinh thể ion lập phương (Như NaCl, CsCl), ta có thể coi toàn bộ tinh thể như một “phân tử khổng lồ”: các mạng ion dương và ion âm lồng vào nhau.

Dưới tác dụng của điện trường ngoài, các mạng ion dương dịch chuyển theo chiều điện trường, còn các mạng ion âm dịch chuyển ngược chiều điện trường và gây ra hiện tượng phân cực điện môi. Dạng phân cực này gọi là phân cực ion.

2. Điện trường tổng hợp trong chất điện môi

Giả sử có một điện trường \vec{E}_0 giữa hai mp song song vô hạn mang điện đều bằng nhau nhưng trái dấu; Chất điện môi được lấp đầy khoảng không gian giữa hai mp mang điện. Khi đó khối điện môi bị phân cực. Trên các mặt giới hạn của nó xuất hiện các điện tích liên kết, mật độ điện bằng: $-\sigma'$ và $+\sigma'$. Các điện tích liên kết này sẽ gây ra điện trường phụ \vec{E}' cùng phương ngược chiều với điện trường ban đầu \vec{E}_0 .

Theo nguyên lý chồng chất điện trường: (Điện trường trong chất điện môi)

$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}' \quad (3.1)$$

Chiếu (3.1) lên phương của \vec{E}_0 :

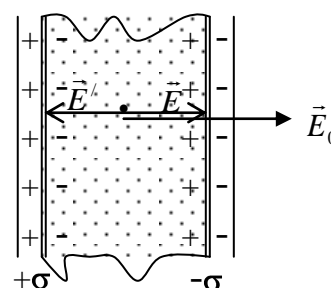
$$E = E_0 - E', \text{ trong đó: } E' = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \chi E$$

$$\Rightarrow E = E_0 - \chi E$$

$$\text{Hay } E = \frac{E_0}{1 + \chi} \quad (3.2)$$

Với $1 + \chi = \epsilon$ gọi là hằng số điện môi của môi trường (Phụ thuộc vào tính chất của môi trường)

Kết quả trên (3.2) cũng đúng trong trường hợp tổng quát. Vậy cường độ điện trường trong điện môi giảm đi ϵ lần so với điện trường trong chân không.



Hình 3.5

Bài đọc thêm: HIỆU ỨNG ÁP ĐIỆN

Hiện tượng áp điện (tiếng Anh là *piezoelectric phenomena*) là một hiện tượng được nhà khoáng vật học người Pháp đề cập đầu tiên vào năm 1817, sau đó được anh em nhà Pierre và Jacques Curie chứng minh và nghiên cứu thêm vào năm 1880. Hiện tượng xảy ra như sau: người ta tìm được một loại chất có tính chất hóa học gần giống gốm (*ceramic*) và nó có hai hiệu ứng thuận và nghịch nhưng khi áp vào nó một trường điện thì nó biến đổi hình dạng và ngược lại khi dùng lực cơ học tác động vào nó theo phương đặc biệt thì trên mặt giới hạn của nó xuất hiện các điện tích trái dấu, tương tự như hiện tượng phân cực chất điện môi. Vật liệu

này đóng vai trò như một máy biến đổi trực tiếp từ năng lượng điện sang năng lượng cơ học và ngược lại.

Ứng dụng

Ngày nay hiện tượng áp điện được ứng dụng rất rộng rãi trong kỹ thuật phục vụ cho cuộc sống hàng ngày như: máy bật lửa, cảm biến, máy siêu âm, điều khiển góc quay nhỏ gương phản xạ tia lade, các thiết bị, động cơ có kích thước nhỏ, hiện nay người ta đang phát triển nhiều chương trình nghiên cứu như máy bay đập cánh như côn trùng, cơ nhân tạo, cánh máy bay biến đổi hình dạng, phòng triệt tiêu âm thanh, các cấu trúc thông minh, hầu hết các máy in hiện nay... một trong những ứng dụng quan trọng hiện nay trong kỹ thuật là dùng làm động cơ piezo.

Cho đến hiện nay người ta đã tìm ra được 2 loại vật liệu piezo cơ bản đó là dạng cục (như gốm) ceramic và tấm mỏng như tấm film.

Câu hỏi & Bài tập

1. Hiện tượng phân cực chất điện môi là gì ? So sánh hiện tượng phân cực chất điện môi với hiện tượng điện hưởng.
2. Giải thích hiện tượng phân cực chất điện môi đối với điện môi là phân tử phân cực, phân tử không phân cực.
3. Tích điện cho tụ điện phẳng một điện tích $Q = 2,0 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, sau đó ngắt khỏi nguồn, nhúng ngập hẳn vào điện môi lỏng có hằng số điện môi $\epsilon = 3$. Hỏi:
 - a. Điện tích trên hai bản tụ sau khi ngắt khỏi nguồn.
 - b. Hiệu điện thế giữa hai bản tụ

Chương 4

NHỮNG ĐỊNH LUẬT CƠ BẢN CỦA DÒNG ĐIỆN KHÔNG ĐỔI

Mục tiêu

Kiến thức: Hiểu biết về dòng điện, các định cơ bản về dòng điện .

Kỹ năng: Áp dụng lý thuyết giải các bài toán về mạch điện phân nhánh.

Thái độ: Trung thực và linh hoạt thông qua việc vận dụng các định luật.

BÀI HƯỚNG DẪN 1 : DÒNG ĐIỆN KHÔNG ĐỔI

1. Định nghĩa

Dòng điện dẫn là dòng chuyển dời có hướng của các hạt mang điện trong điện trường

Dòng điện dịch là một điện trường biến thiên theo thời gian

Quỹ đạo chuyển động của các hạt điện được gọi là đường dòng. tập hợp các đường dòng gọi là ống dòng

2. Bản chất của các hạt chuyển dời có hướng

Với vật dẫn loại 1 là các electron tự do.

Với vật dẫn loại 2 là các ion dương và âm chuyển dời theo hai hướng ngược nhau .

Đối với chất khí là ion dương, ion âm và các electron.

Trong chất bán dẫn là các electron và lỗ trống.

Qui ước: Chiều dòng điện là chiều chuyển động của các hạt điện tích dương.

3. Các đại lượng đặc trưng của dòng điện

3.1. Cường độ dòng điện

Định nghĩa: Cường độ dòng điện qua diện tích S có trị số bằng điện lượng qua diện tích S trong một đơn vị thời gian.

Gọi dq là điện lượng qua S trong thời gian dt, thì cường độ dòng điện i qua S là:

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (4.1)$$

Biết cường độ dòng điện i ta tính được điện lượng q chuyển qua diện tích S trong khoảng thời gian t:

$$q = \int_0^q dq = \int_0^t i dt \quad (4.2)$$

Dòng điện không đổi: là dòng điện có cường độ và chiều không đổi theo thời gian.

Vì $i = \text{const}$ nên: $q = I.t$ hay $I = \frac{q}{t}$

Trong hệ SI đơn vị của cường độ dòng điện là Ampere ký hiệu là A. Đơn vị Ampere là một trong những đơn vị cơ bản của hệ SI

3.2. Vectơ mật độ dòng điện

$$\text{Mật độ dòng điện qua } ds: J = \frac{dI}{dS} \quad (4.3)$$

$dS_n = dS \cos\alpha$ là hình chiếu của dS lên mặt phẳng vuông góc với vectơ pháp tuyến của mặt dS .

Vectơ mật độ dòng \vec{J} : Gọi n là mật độ các hạt mang điện chuyển động có hướng, \vec{v} là vectơ vận tốc trung bình của các hạt mang điện, q là điện tích của mỗi hạt thì:

$$\vec{J} = nq\vec{v} \quad (4.4)$$

4. Định luật Ohm

4.1. Định luật Ohm cho đoạn mạch chỉ có điện trở thuần:

Định luật Ohm khẳng định rằng cường độ dòng điện I qua một vật dẫn kim loại đồng chất tỉ lệ thuận với hiệu điện thế $(V_2 - V_1)$ đặt lên vật dẫn đó:



$$I = \frac{V_2 - V_1}{R} \quad (4.5)$$

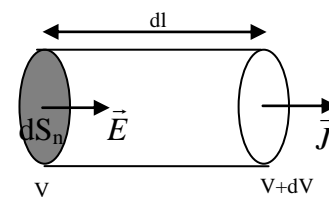
Ở đây hệ số tỉ lệ giữa I và $V_2 - V_1$ được viết dưới dạng: $\frac{1}{R}$

Công thức (4.5) thường được gọi là dạng tích phân của định luật Ohm. Đại lượng R được gọi là điện trở (*thuần*) của dụng cụ.

Trong hệ SI, đơn vị của điện trở là Ohm, kí hiệu là Ω .

Điện trở của vật dẫn phụ thuộc vào hình dạng kích thước và chất liệu làm vật dẫn. Thực nghiệm cho thấy rằng, đối với vật dẫn hình trụ, chiều dài l , tiết diện thẳng bằng S thì điện trở của vật dẫn đó được xác định theo công thức:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (4.6)$$



Trong đó, ρ là hệ số phụ thuộc chất liệu làm vật dẫn và được gọi là điện trở suất. Trong hệ đơn vị SI, ρ được đo bằng Ohm-met, kí hiệu là $\Omega.m$.

Điện trở suất phụ thuộc vào nhiệt độ theo công thức: $\rho = \rho_0 (1 + \alpha t^0)$, suy ra:

$$R = R_0(1 + \alpha t^0) \quad (4.7)$$

Trong đó, ρ , ρ_0 , R , R_0 tương ứng là điện trở suất và điện trở ở nhiệt độ $t^\circ C$ và $0^\circ C$.

Thực nghiệm đã chứng tỏ rằng ở những nhiệt độ rất thấp, điện trở của một số kim loại và hợp kim biến thiên theo nhiệt độ không theo công thức (3.7); cụ thể là khi nhiệt độ hạ xuống dưới một nhiệt độ T_0 nào đó điện trở của chúng giảm đột ngột đến giá trị bằng không. Đó là *hiện tượng siêu dẫn*, và khi đó kim loại hoặc hợp kim đó trở thành siêu dẫn.

4.2. Định luật Ohm dạng vi phân:

Xét 2 điện tích nhỏ dS_n vuông góc với đường dòng và cách nhau một đoạn dl , điện thế ở hai đầu là V và $V+dV$, cường độ dòng điện qua dS_n là dI . Theo công thức (3.5) ta có:

$$dI = \frac{V - (V + dV)}{R} = -\frac{dV}{R}, \text{ Nhưng } R = \rho \frac{dl}{dS_n}$$

$$dI = -\frac{dV}{\rho} \cdot \frac{dS_n}{dl} = \frac{1}{\rho} \left(-\frac{dV}{dl}\right) dS_n$$

$$\text{Và } j = \frac{dI}{dS_n} = \frac{1}{\rho} \left(-\frac{dV}{dl}\right) = \frac{1}{\rho} E$$

Đặt $\sigma = \frac{1}{\rho}$ là suất điện dẫn của chất làm dây dẫn. Khi đó ta được: $j = \sigma E$

$$\text{Vì } \vec{j}, \vec{E} \text{ cùng phương, cùng chiều nên ta có: } \vec{j} = \sigma \vec{E} \quad (4.8)$$

Biểu thức (4.8) là dạng vi phân của định luật Ohm, nó cho biết tại nơi có dòng điện thì vectơ \vec{j} tỉ lệ thuận với vectơ \vec{E} tại đó.

5. Công và công suất của dòng điện

Khi một điện lượng q chuyển dời từ điểm A đến điểm B có hiệu điện thế là $V_1 - V_2 = U$ thì công của lực điện trường là:

$$A = q(V_1 - V_2) = qU = Uit \quad (4.9)$$

Công này được gọi là công của dòng điện.

Vậy công suất của dòng điện là:

$$P = \frac{A}{t} = UI \quad (4.10)$$

Nếu đoạn dây AB là thuần điện trở thì $U = RI \Rightarrow A = RI^2t$.

Khi dòng điện không đổi đi qua đoạn dây thuần điện trở thì toàn bộ công của dòng điện chuyển thành nhiệt lượng Q tỏa ra ở dây:

$$Q = A = RI^2t \quad (4.11)$$

6. Suất điện động của nguồn điện

Suất điện động ξ của nguồn điện có trị số bằng công A của lực lạ làm dịch chuyển một đơn vị điện tích q dương một vòng quanh mạch kín đó

$$\xi = \frac{A}{q} \quad (4.12)$$

Nếu gọi \vec{E} là vectơ cường độ điện trường tĩnh, \vec{E}^* là vectơ cường độ lực lạ thì ta có:

$$dA = \vec{F} \cdot d\vec{s} = q(\vec{E} + \vec{E}^*) \cdot d\vec{s}$$

Công của trường lực tổng hợp làm điện tích q chuyển dời một vòng kín trong mạch:

$$A = \oint dA = \oint q(\vec{E} + \vec{E}^*)d\vec{s} \Rightarrow \xi = \frac{A}{q} = \oint \vec{E}d\vec{s} + \oint \vec{E}^*d\vec{s}$$

Vì trường tĩnh điện là trường thế nên $\oint \vec{E}d\vec{s} = 0 \Rightarrow \xi = \oint \vec{E}^*d\vec{s}$ (4.13)

Vậy: Suất điện động của một nguồn điện có trị số bằng công của lực lạ làm dịch chuyển một đơn vị điện tích dương đi một vòng quanh mạch kín.

Chú ý: trường lực lạ chỉ tồn tại trong một phần của mạch nên biểu thức (3.9) được viết lại:

$$\xi = \int \vec{E}^*d\vec{s} \quad (4.14)$$

Công và công suất của nguồn điện: Nếu trong thời gian t có điện lượng q chuyển dời một vòng quanh mạch kín thì công suất của nguồn điện sinh ra trong thời gian đó là:

$$A = q\xi = \xi \cdot I \cdot t \quad (4.15)$$

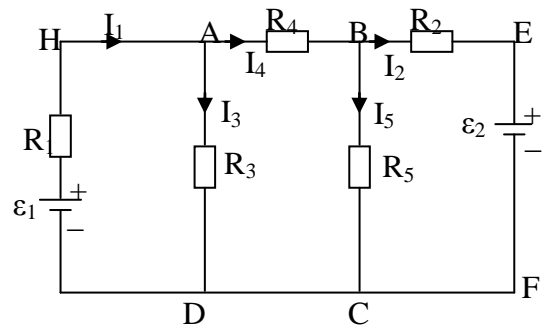
Và công suất của nguồn:

$$P = \xi \cdot I \quad (4.16)$$

BÀI HƯỚNG DẪN 2: CÁC ĐỊNH LUẬT KIRCHOFF

1. Mạch phân nhánh

Định luật ôm nêu lên mối quan hệ giữa dòng điện và hiệu điện thế của mạch không phân nhánh. Với các định luật ôm, ta có thể giải mọi bài toán về điện. Tuy nhiên trong thực tế ta thường gặp các mạng điện phân nhánh phức tạp gồm nhiều nút và vòng mạng. Trong trường hợp này nếu ta sử dụng định luật ôm để giải quyết thì gặp khó khăn, vì phải giải nhiều phương trình. Chính vì vậy ta đưa một cách giải quyết mới bằng cách dựa trên các định luật Kirchoff



Hình 4.1

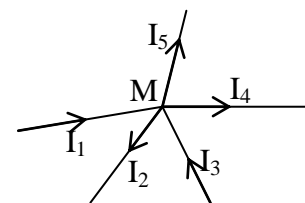
Trước tiên ta cần nắm một số khái niệm trong mạch phân nhánh:

Nút mạng: Là điểm gặp nhau của từ 3 dây dẫn trở lên. Trên hình vẽ A, B, C, D là những nút mạng.

Vòng mạng: Là vòng kín do các đoạn mạch tạo thành. Trên hình vẽ:

(ABCD), (AEFDA), (ADHA) là các vòng mạng.

Vòng mạng không bao bọc nhánh bên trong được gọi là **mắt mạng:** (ABCD), (BEFCB), (HADH) là các mắt mạng.



Hình 4.2

2. Định luật Kirchoff

2.1. Định luật Kirchoff 1

Định luật này được thiết lập cho các nút mạng. Xét nút mạng M- điểm nối của 5 dây dẫn, số dòng điện đi vào là: I_1 và I_3 , còn các dòng điện đi ra khỏi nút là I_2 , I_4 và I_5 .

Đối với dòng không đổi, không có sự tích tụ điện lượng ở bất kỳ điểm nào trong dây dẫn (Vì nếu có thì khi đó điện thế của điểm đó sẽ thay đổi và làm cho dòng điện cũng thay đổi theo). Vì vậy theo định luật bảo toàn điện tích, trong cùng một thời gian tổng các dòng điện đi tới nút phải bằng tổng các cường độ dòng điện đi khỏi nút đó.

$$I_1 + I_3 = I_2 + I_4 + I_5$$

$$\text{hay } I_1 + (-I_2) + I_3 + (-I_4) + (-I_5) = 0$$

Nếu qui ước: Dòng điện đi đến nút có dấu dương, dòng điện đi rời nút có dấu âm, thì phương trình trên được viết một cách tổng quát:

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0, \text{ tức là tổng đại số các dòng điện tại một nút bằng không}$$

Đối với hình 1:

$$\text{Nút A: } I_1 - I_4 - I_3 = 0$$

$$\text{Nút B: } I_4 - I_2 - I_5 = 0$$

$$\text{Nút (C,D): } I_2 + I_3 + I_5 - I_1 = 0$$

2.2. Định luật Kirchoff 2: (Định luật này được viết cho các mắt mạng)

Trong cùng một mắt mạng tổng đại số các suất điện động bằng tổng đại số các độ giảm thế trên các điện trở.

Để viết được phương trình Kirchoff ta phải chọn chiều cho mắt mạng.

Qui ước:

Suất điện động mang dấu (+) nếu chiều đi đã chọn trên mắt mạng đi vào cực âm ra cực dương của nguồn và ngược lại

Cường độ dòng điện mang dấu (+) nếu nó cùng chiều với chiều đi đã chọn và ngược lại.

Ví dụ: Đối với hình 4.1, ta có:

$$\text{Mắt mạng (ADHA): } \xi_1 = I_1 R_1 + I_3 R_3$$

$$\text{Mắt mạng (ABCD): } 0 = I_4 R_4 + I_5 R_5 - I_3 R_3$$

$$\text{Mắt mạng (BEFC): } \xi_2 = -I_2 R_2 + I_5 R_5$$

★ **Chú ý:** Khi vận dụng các định luật Kirchoff để giải quyết các bài toán về mạng điện phức tạp, ta có thể tiến hành trình tự các bước như sau:

Bước 1: Trên mỗi đoạn mạch của mắt mạng, ta có thể chọn chiều dòng điện một cách tùy ý. Đương nhiên chọn càng gần thực tế thì càng tốt (chẳng hạn thường chọn chiều dòng điện xuyên vào cực âm ra cực dương của nguồn điện). Trên một đoạn mạch chỉ có một cường độ dòng điện.

Bước 2: Định luật Kirchoff được áp dụng cho mọi mắt mạng. Sau khi chọn chiều tùy ý đi vào mắt mạng ta viết phương trình

$$\sum_{i=1}^n \xi_k = \sum_{i=1}^n I_i R_i \quad (*) \text{ cho mắt mạng đó với qui ước đã chọn như trên}$$

Sở dĩ phương trình (*) không phụ thuộc vào sự lựa chọn chiều đi vì khi đổi chiều đi mọi số hạng đều bị đổi dấu.

Bước 3: Chỉ bắt đầu tính toán khi đã viết được số phương trình độc lập bằng số ẩn số. Người ta chứng minh được rằng với một mạch có n nút thì có $(n-1)$ phương trình nút độc lập.

Bước 4: Sau khi giải hệ phương trình và thực hiện tính toán bằng số, nếu cường độ dòng điện nào có giá trị âm thì chiều thực của dòng điện đó sẽ ngược với chiều lựa chọn lúc đầu.

Câu hỏi và bài tập chương 4

- Hãy đề ra phương pháp đo suất điện động và đo điện trở trong của acquy.
- Một bóng đèn 120V làm việc ở 25W sáng bình thường khi được nối vào một acquy. Một bóng đèn làm việc ở 500W khi mắc vào acquy này thì hơi sáng. Tại sao?

Những hoàn cảnh nào ta mắc song song, mắc nối tiếp các điện trở với nhau?

Những hoàn cảnh nào ta mắc song song, mắc nối tiếp các nguồn với nhau?

- Hai điện trở giống nhau được nối tiếp qua một nguồn pin, dòng điện đo được là I . Khi hai điện trở đó mắc song song và cũng mắc vào nguồn pin đó thì dòng điện mạch chính là:

- A. I B. $2I$ C. $4I$ D. $16I$

- Cho mạch điện như hình vẽ 4.4, với $R_0 = 60\Omega$; $AB = 100\text{cm}$ là dây kim loại đồng chất, tiết diện đều. Khi con chạy ở vị trí C với $2AC = BC$ thì điện kế chỉ số không. Điện trở R bằng:

- A. 50Ω . B. 120Ω .
C. 60Ω . D. 100Ω .

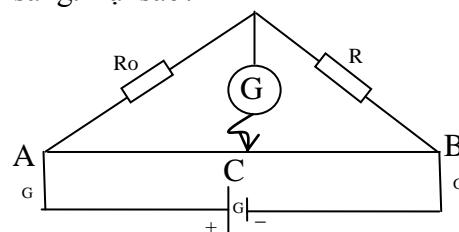
- Cho mạch điện như hình vẽ. Chọn phương trình đúng:

- A. $I_5 = I_6 + I_3$ B. $I_3 = I_1 + I_2$
C. $I_5 = I_4 + I_1$ D. $I_5 + I_4 = I_6 + I_3$

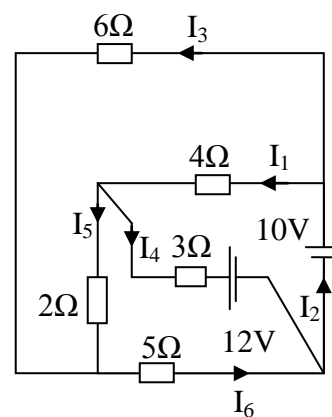
- Một bếp điện có điện trở bằng một sợi dây hợp kim nicrom, tiết diện đều, chiều dài l , $R = 72\Omega$. Đặt vào hai đầu sợi dây này hiệu điện thế 120V, công suất tiêu thụ trên sợi dây là P_1 . Sợi dây được cắt làm hai và hiệu điện thế 120V được đặt lên một nửa dây đó, công suất tiêu hao bây giờ là P_2

- A. $P_1 = 100\text{W}$, $P_2 = 360\text{W}$ B. $P_1 = 200\text{W}$, $P_2 = 400\text{W}$
C. $P_1 = 400\text{W}$, $P_2 = 200\text{W}$ D. $P_1 = 200\text{W}$, $P_2 = 400\text{W}$

- Mỗi giây có $3,75 \cdot 10^{14}$ electron đến đập vào màn hình tivi. Cường độ dòng điện trong đèn hình của tivi đó là:



Hình 4.4



Hình 4.5

- A. $6,0 \mu\text{A}$. B. $0,6 \text{ mA}$. C. $0,3 \text{ mA}$. D. $60 \mu\text{A}$.

9. Con chim đậu trên dây điện mà không bị điện giật, vì:

- A. Chân chim có lớp vảy cách điện tốt.
B. Điện trở cơ thể chim rất lớn hơn điện trở của đoạn dây giữa hai chân nó.
C. Điện trở cơ thể chim xấp xỉ điện trở của đoạn dây giữa hai chân nó.
D. Điện trở cơ thể chim rất nhỏ hơn điện trở của đoạn dây giữa hai chân nó.

10. Đặt một động cơ có điện trở trong 5Ω dưới một hiệu điện thế 120V thì nó hoạt động với công suất 480W (công suất tiêu thụ). Công suất có ích của động cơ bằng:

- A. $P' = 400\text{W}$ B. $P' = 40\text{W}$ C. $P' = 100\text{W}$ D. $P' = 200\text{W}$

11. Có 3 bóng đèn trong đó có 2 bóng giống nhau: $\text{Đ}_1: 50\text{W} - 110\text{V}$, $\text{Đ}_2: 50\text{W} - 110\text{V}$, $\text{Đ}_3: 100\text{W} - 110\text{V}$. Mắc 3 bóng đèn trên vào mạng điện 220 . Để đèn sáng bình thường ta thực hiện cách mắc:

- A. Mắc 3 bóng đèn song song với nhau.
B. Mắc Đ_1 song song với Đ_2 rồi mắc nối tiếp với Đ_3
C. Mắc nối tiếp 3 bóng với nhau
D. Mắc bóng Đ_3 song song Đ_1 rồi nối tiếp Đ_2

12. Một đường dây điện 220V trong gia đình, được bảo vệ bằng một cầu chì 15A . Trong gia đình có sử dụng các thiết bị: 1. Tủ lạnh $220\text{V} - 500\text{W}$, 2. bàn là $220\text{V} - 1000\text{W}$, 3. nồi cơm điện $220\text{V} - 500\text{W}$, 4. lò nướng $220\text{V} - 2000\text{W}$. Các thiết bị được mắc song song nhau. Để cầu chì không bị cháy, ta thực hiện:

- A. Cho 4 thiết bị hoạt động cùng thời điểm.
B. Cho thiết bị 1, 2, 4 hoạt động cùng thời điểm
C. Cho thiết bị 1, 2, 3: hoạt động cùng thời điểm, thiết bị 4: tắt.
D. Cho thiết bị 2, 3, 4 hoạt động cùng thời điểm, thiết bị 1 tắt.

13. Một đường dây điện 120V được bảo vệ bằng một cầu chì 15A . Số bóng đèn 500W , tối đa có thể đồng thời mắc song song vào đường dây mà không làm cháy cầu chì:

- A. 2 bóng B. 3 bóng C. 4 bóng D. 5 bóng

Chương 5 TỪ TRƯỜNG

BÀI HƯỚNG DẪN 1: TƯƠNG TÁC TỪ. ĐỊNH LUẬT AMPERE

Mục tiêu: Giúp người học hiểu biết về tương tác từ, định luật Ampe .

1. Khái niệm tương tác từ

Thực nghiệm chứng tỏ tương tác giữa hai thanh nam châm, giữa nam châm và dòng điện, giữa dòng điện và dòng điện có cùng bản chất gọi là tương tác từ. Tương tác từ xuất hiện khi có các điện tích chuyển động và phụ thuộc vào tính chất của chuyển động đó.

2. Định luật Ampe

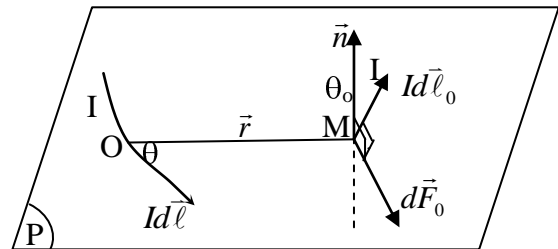
Phần tử dòng điện là một phần nhỏ của dây dẫn có độ dài là dl có dòng điện cường độ là I chạy qua .

Người ta biểu diễn phần tử dòng điện bằng một vectơ $I d\vec{l}$, có phương và chiều của dòng điện và độ lớn $I dl$

Định luật Ampe

Xét hai phần tử dòng điện $I d\vec{l}$ và $I_0 d\vec{l}_0$, đặt tại O và M trong cùng một môi trường. Gọi:

$$\begin{aligned} \vec{r} &= \overrightarrow{OM} \\ \theta &= (I d\vec{l}, \vec{r}) \\ \theta_0 &= (I_0 d\vec{l}_0, \vec{n}) \end{aligned}$$



Hình 5.1

Định luật Ampere được phát biểu: Lực từ do phần tử dòng điện $I d\vec{l}$ tác dụng lên phần tử dòng điện $I_0 d\vec{l}_0$ là một vectơ $d\vec{F}$, có:

- Phương \perp mp($I_0 dl_0, \vec{n}$)
- Chiều sao cho 3 vectơ $I_0 d\vec{l}_0, \vec{n}$ và $d\vec{F}$ tạo thành tam diện thuận.

$$\text{- Độ lớn: } dF_0 = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \cdot \frac{I_0 dl_0 \cdot Idl \sin \theta_0 \sin \theta}{r^2} \quad (5.1)$$

Với $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$ gọi là hằng số từ, μ : Là độ từ thẩm của môi trường (Đối với chân không thì $\mu = 1$.

Ta có thể viết biểu thức của định luật dưới dạng vectơ:

$$d\vec{F} = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{I_0 d\vec{l}_0 \wedge (I d\vec{l} \wedge \vec{r})}{r^3} \quad (5.2)$$

Câu hỏi & bài tập

1. So sánh tương tác từ với tương tác điện
2. So sánh định luật Coulomb với định luật Ampe.

BÀI HƯỚNG DẪN 2

VÉCTOR CẢM ỨNG TỪ VÀ VÉCTOR CƯỜNG ĐỘ TỪ TRƯỜNG

Mục tiêu

Kiến thức: Hiểu biết về từ trường, cảm ứng từ, cường độ từ trường, cách tính cảm ứng do phần tử dòng điện, dòng điện gây ra.

Kỹ năng: Phân tích, tổng hợp thông qua việc tính cảm ứng từ do dòng điện gây ra.

Thái độ: Trung thực, khách quan khi phân tích một vấn đề.

1. Vectơ cảm ứng từ

1.1. Khái niệm từ trường

Lực tương tác giữa các dòng điện được truyền đi với vận tốc hữu hạn từ dòng điện này sang dòng điện khác thông qua từ trường. **Từ trường là một dạng vật chất mà biểu hiện của nó là khi đặt một dòng điện vào trong từ trường thì dòng điện sẽ chịu tác dụng lực.**

1.2. Vectơ cảm ứng từ (Định luật Biô-Savart-Laplace)

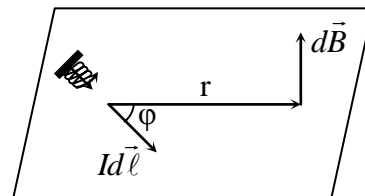
Từ biểu thức của định luật Ampe:

$$d\vec{F} = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{I_0 d\vec{\ell}_0 \wedge (Id\vec{\ell} \wedge \vec{r})}{r^3}$$

Đặt:

$$d\vec{B} = \frac{d\vec{F}}{I_0 d\ell_0} = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{I_0 d\vec{\ell}_0 \wedge (Id\vec{\ell} \wedge \vec{r})}{I_0 dl_0 r^3} \quad (5.3)$$

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{(Id\vec{\ell} \wedge \vec{r})}{r^3}$$



Hình 5.2

Ta thấy $d\vec{B}$ chỉ phụ thuộc vào phần tử dòng điện $Id\vec{\ell}$ sinh ra từ trường và phụ thuộc vào vị trí đặt phần tử $I_0 d\vec{\ell}_0$ mà không phụ thuộc vào phần tử $I_0 d\vec{\ell}_0$. Do đó người ta dùng $d\vec{B}$ để đặt trưng cho từ trường về phương diện tác dụng lực.

Và $d\vec{B}$ được gọi là vectơ cảm ứng từ (do phần tử $Id\vec{\ell}$ gây ra tại M), $d\vec{B}$ có:

- Phương \perp mp $(Id\vec{\ell}, \vec{r})$
- Chiều sao cho $Id\vec{\ell}, \vec{r}$ và $d\vec{B}$ tạo thành tam diện thuận (Xác định theo qui tắc vắn nút chai)

- Độ lớn:
$$dB = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{Id\ell \cdot \sin \theta}{r^2} \quad (5.4)$$

Trong hệ SI, đơn vị của cảm ứng từ là Tesla (T), $1\text{Gauss} = 10^{-4}(\text{T})$

Biểu thức (5.3) còn được gọi là định luật Biô-Savart-Laplace

2. Nguyên lý chồng chất từ trường

Vectơ cảm ứng từ \vec{B} do một dòng điện bất kì gây ra tại một điểm M

$$\vec{B} = \int d\vec{B} \quad (5.5)$$

Nếu từ trường do nhiều dòng điện sinh ra, thì:

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots + \vec{B}_n = \sum_{i=1}^n \vec{B}_i \quad (5.6)$$

\vec{B}_i vectơ cảm ứng từ do dòng điện thứ i gây ra tại M

Dùng định luật Biot-Savart và nguyên lý chồng chất từ trường ta có thể tìm được \vec{B} do một dòng điện gây ra.

3. Vectơ cường độ từ trường

Người ta định nghĩa vectơ cường độ từ trường \vec{H} tại điểm M trong từ trường:

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0 \mu} \quad (5.7),$$

\vec{H} đặt trưng cho từ trường do riêng dòng điện sinh ra và không phụ thuộc vào tính chất của môi trường trong đó đặt dòng điện.

Trong hệ SI đơn vị của cường độ từ trường là Ampe/met (A/m)

4. Áp dụng:

Bài 1: Xác định vectơ cảm ứng từ và vectơ cường độ từ trường của một dòng điện thẳng

Dòng điện thẳng: Dòng điện chạy trên dây dẫn thẳng gọi là dòng điện thẳng

Xét dây dẫn AB , có dòng điện không đổi, có cường độ I chạy qua. Hãy xác định \vec{B} và \vec{H} do dòng điện I gây ra tại M cách AB một khoảng R .

Bước 1: Chia dòng điện thẳng thành nhiều phần tử dòng điện.

Bước 2: Xét phần tử dòng điện $Id\vec{l}$ trên AB gây ra tại M , vectơ cảm ứng từ $d\vec{B}$ có:

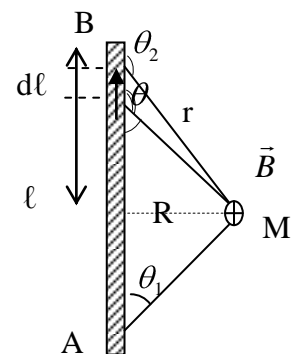
- Phương \perp mp($Id\vec{l}, \vec{r}$)
- Chiều: Tuân theo qui tắc cái vụn nút chai (hoặc quy tắc bàn tay phải).

$$- \text{Độ lớn: } dB = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{Idl \cdot \sin \theta}{r^2} \quad (5.8)$$

Bước 3: Áp dụng nguyên lý chồng chất từ trường:

$$\vec{B} = \int_{AB} d\vec{B}$$

Các $d\vec{B}$ do các phần tử dòng điện của AB sinh ra đều có cùng phương chiều, nên \vec{B} cũng có cùng phương chiều như $d\vec{B}$ và có độ lớn:



Hình 5.3

$$B = \int_{AB} dB = \int_{AB} \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{Idl \cdot \sin \theta}{r^2}$$

$$B = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} I \int_{AB} \frac{dl \cdot \sin \theta}{r^2}$$

Bước 4: chọn phép tính tích phân:

Để tính tích phân này, ta biểu diễn dl và r cùng một biến số:

$$\cot g \theta' = \frac{\ell}{R}$$

Mà: $\theta + \theta' = \pi \Rightarrow \cot g \theta' = -\cot g \theta$

$$\Rightarrow \frac{\ell}{R} = -\cot g \theta \Rightarrow dl = -\left(-R \cdot \frac{d\theta}{\sin^2 \theta}\right), \quad \sin \theta = \frac{R}{r},$$

$$\Leftrightarrow dl = R \cdot \frac{d\theta}{\sin^2 \theta}$$

mà $\sin \theta' = \sin(\pi - \theta) = \sin \theta$

$$\Rightarrow \frac{R}{r} = \sin \theta$$

$$\Rightarrow B = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi R} \cdot I \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin \theta \cdot d\theta$$

$$\Leftrightarrow B = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi R} \cdot I \cdot (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$$

$$\Rightarrow H = \frac{I}{4\pi R} \cdot (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$$

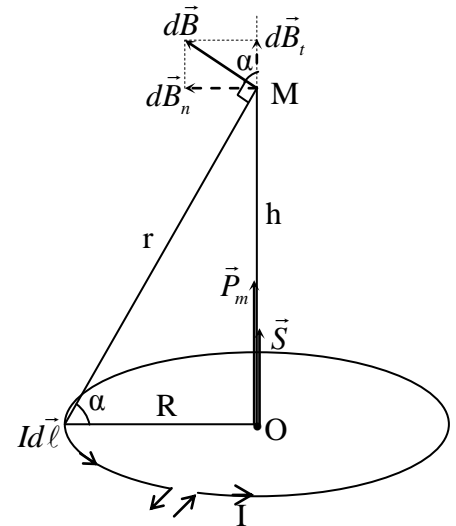
Nếu dây dẫn AB là dài vô hạn thì:

$$\theta_1 = 0 \quad \theta_2 = \pi$$

$$B = \frac{\mu_0 \mu \cdot I}{2\pi R} \quad (5.9)$$

Khi đó:

$$H = \frac{I}{2\pi R} \quad (A/m)$$



Hình 5.4

Bài 2: Xác định vectơ cảm ứng từ và vectơ cường độ từ trường của một dòng điện tròn:

Dòng điện tròn: Dòng điện chạy trên dây dẫn uốn thành vòng tròn gọi là dòng điện tròn

Thực hiện 5 bước như bài tập 1: Ta được vectơ cảm ứng từ \vec{B} và vectơ cường độ từ trường \vec{H} do dòng điện tròn cường độ I bán kính R gây ra tại M nằm trên trục của dòng điện và cách tâm của nó một đoạn h bằng:

$$B = \frac{\mu_0 \mu}{2} \cdot \frac{I.R^2}{(R^2 + h^2)^{3/2}} \quad (5.10)$$

$$\Rightarrow H = \frac{B}{\mu_0 \mu} = \frac{I.R^2}{2(R^2 + h^2)^{3/2}} \quad (5.11)$$

Véc tơ Momen từ

Đặt: $I(\pi R^2) = I.S = P_m$: Momen từ

Dạng vector: $\vec{P}_m = I.\vec{S}$ (5.12), có:

- Phương \perp đường tròn
- Chiều: là chiều tiến của cái vặn nút chày khi ta quay nó theo chiều của dòng điện
- Độ lớn bằng diện tích S của dòng điện.

Ta có thể viết lại \vec{B} và \vec{H} dưới dạng \vec{P}_m :

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 \mu}{2\pi} \cdot \frac{\vec{P}_m}{(R^2 + h^2)^{3/2}}$$

$$\vec{H} = \frac{\vec{P}_m}{2\pi(R^2 + h^2)^{3/2}}$$

Suy ra vectơ cảm ứng từ tại tâm O của dòng điện tại tâm ($h=0$):

$$\Rightarrow \vec{B} = \frac{\mu_0 \mu}{2\pi} \cdot \frac{\vec{P}_m}{R^3} \quad \text{hay} \quad B = \frac{\mu_0 \mu . I}{2R}$$

$$\vec{H} = \frac{\vec{P}_m}{2\pi R^3} \quad , H = \frac{I}{2R}$$

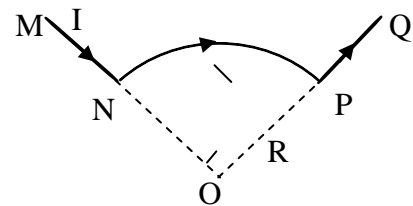
(4.13)

Câu hỏi & Bài tập

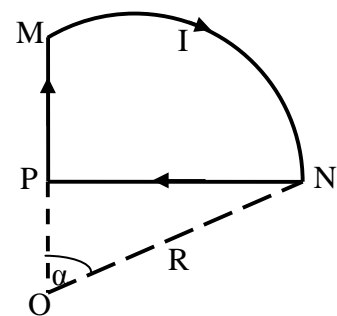
1. Từ trường là gì? Nêu Tính chất cơ bản của nó.
2. Một sợi dây dẫn như hình 30 có dòng điện chạy qua, gồm một cung tròn NP bán kính R, góc ở tâm là 90° và hai đoạn dây thẳng MN và PQ mà khi kéo dài sẽ cắt nhau tại tâm O của cung tròn. Tính cảm ứng từ B do dòng điện trên gây ra tại tâm O.

(Đs: $B = \mu\mu_0 I/8R$)

4. Một dòng điện cường độ $I = 6A$ chạy trong một dây dẫn uốn thành hình vuông cạnh là $a = 0,1m$. Tìm vectơ cảm ứng từ và vectơ cường độ từ trường tại tâm của hình vuông này.



Hình 5.5



Hình 5.6

5. Cho khung dây MNP như hình vẽ (Hình 31), có dòng điện $I = 10A$ chạy trong khung. Xác định vectơ cảm ứng từ B do khung dây gây ra tại O . Biết cung MN có bán kính $OM = R = 10$ cm, góc $\alpha = 60^\circ$.

BÀI HƯỚNG DẪN 3

TỪ THÔNG-ĐỊNH LÍ O-G ĐỐI VỚI TỪ TRƯỜNG

ĐỊNH LÍ AMPERE VỀ DÒNG ĐIỆN TOÀN PHẦN

Mục tiêu

Kiến thức: Hiểu biết về đường cảm ứng từ, tính chất đường cảm ứng từ; từ thông; phương pháp khác tính cảm ứng từ do dòng điện, nhiều dòng điện gây ra.

Kỹ năng: Phân tích, tổng hợp thông qua việc tính cảm ứng từ do dòng điện, nhiều dòng điện gây ra.

Thái độ: Trung thực, khách quan, toàn diện khi phân tích, tổng hợp một vấn đề.

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

Định nghĩa: Là đường cong trong từ trường sao cho tiếp tuyến tại mọi điểm của nó trùng với vectơ cảm ứng từ \vec{B} tại những điểm ấy, chiều của đường cảm ứng từ là chiều của \vec{B} .

Ngoài ra, người ta qui ước số đường cảm ứng qua qua một đơn vị diện tích nằm vuông góc với vectơ \vec{B} sẽ bằng độ lớn của vectơ \vec{B} tại đó.

Tính chất: Các đường cảm ứng từ không gặp nhau trong không gian và các đường này là những đường khép kín. Vì tại mọi điểm trong từ trường vectơ cảm ứng từ chỉ có phương chiều và giá trị xác định.

Tập hợp các đường sức từ được gọi là phổ đường sức hay còn gọi là từ phổ

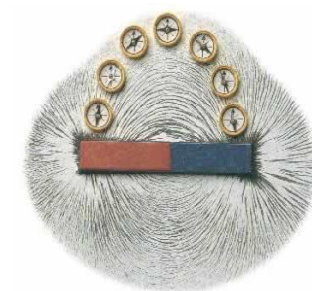
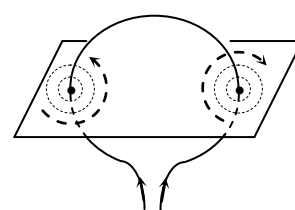
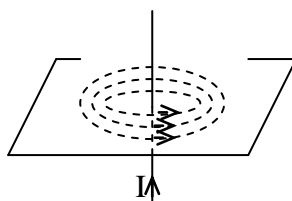
2. Từ thông.

Xét diện tích ds trong từ trường sao cho vectơ \vec{B} trên ds xem như đều (Hình 5.4).

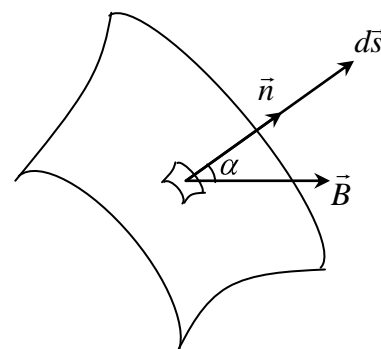
Người ta định nghĩa từ thông gọi qua diện tích dS là: $d\phi_{om} = \vec{B} \cdot d\vec{s}$ hay $d\phi_m = B \cdot ds \cos \alpha$, với $\alpha = (\vec{B}, d\vec{s})$

Trong đó: \vec{B} là vectơ cảm ứng từ tại một điểm bất kì trên ds , $d\vec{s}$: vectơ diện tích và $d\vec{s} = ds \cdot \vec{n}$.

Từ thông cảm ứng từ \vec{B} gọi qua diện tích S



Hình 5.7 từ phổ của nam châm chữ I



Hình 5.8

Hình 5.9

$$\phi_m = \int_{(S)} \vec{B} \cdot d\vec{s} \quad (4.12)$$

Trong hệ SI đơn vị của từ thông là Weber (Wb)

$$1Mx = 10^{-8}(\text{Wb}) = 1\text{Gauss}/\text{cm}^2 \quad (Mx:\text{Mắc Xoen})$$

3. Tính chất xoáy của từ trường:

Thực nghiệm cho thấy đường cảm ứng từ là đường cong kín, trường có đường sức khép kín gọi là trường xoáy.

Vậy: Từ trường là một trường xoáy.

4. Định lý O-G:

Vì đường sức từ trường khép kín, nên đối với một mặt kín (S), thì số đường cảm ứng đi vào luôn luôn bằng số đường sức đi ra khỏi mặt kín đó.

Từ thông ứng với đường cảm ứng từ đi vào mặt kín là âm (tại $M', \alpha' > \frac{\pi}{2}$):

$$d\phi_m = B \cdot ds \cos \alpha' < 0$$

Từ thông ứng với đường cảm ứng từ đi ra khỏi mặt kín là

dương (tại $M, \alpha < \frac{\pi}{2}$):

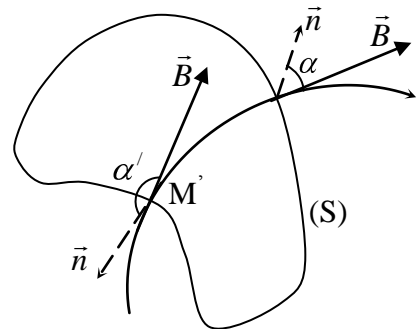
$$d\phi_m = B \cdot ds \cos \alpha > 0$$

Vì vậy: Từ thông toàn phần của cảm ứng từ \vec{B} gởi qua một mặt kín (S) bất kì bằng không.

Đây là nội dung của định lí O-G.

Công thức biểu diễn của định lí O-G:

$$\oint_{(S)} \vec{B} \cdot d\vec{s} = 0 \quad (5.13)$$



Hình 5.10

(Dấu \oint trên dấu tích phân nghĩa là phải thực hiện phép tính tích phân cho toàn bộ mặt kín.)

5. Định luật Ampere về dòng điện toàn phần

5. 1. Lưu số vectơ cảm ứng cường độ từ trường \vec{H}

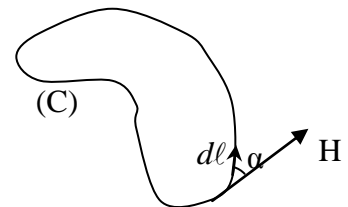
Xét một đường cong kín (C) trong từ trường.

Gọi $d\vec{\ell}$ là vectơ chuyển dời vi cấp

\vec{H} là vectơ cường độ từ trường tại $d\vec{\ell}$

Người ta định nghĩa:

$\oint_{(C)} \vec{H} \cdot d\vec{\ell}$ là lưu số vectơ cường độ từ trường dọc theo đường cong kín (C)



Hình 5.11

$$\Rightarrow \oint_{(C)} \vec{H} \cdot d\vec{l} = \oint_{(C)} H \cdot dl \cdot \cos(\vec{H}, d\vec{l}) \quad (5.14)$$

5.2. Định lý Ampere về dòng điện toàn phần

(1) Phát biểu định luật: (Định lý về dòng điện toàn phần)

“ Lưu số của vectơ cường độ từ trường dọc theo một đường cong kín (C) bất kì bằng tổng đại số cường độ của các dòng điện xuyên qua nó.”

$$\oint_{(C)} \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum_{i=1}^n I_i \quad (5.15)$$

(2) **Bài tập áp dụng:** Tính cường độ từ trường tại một điểm ở bên trong một cuộn dây hình xuyên (hình 5.12):

Bước 1: Qua M Vẽ đường cong kín (C), bán kính r

Bước 2: Xác định có bao nhiêu dòng điện chứa trong đường cong kín (C)

Gọi n là số vòng dây của cuộn dây

I là cường độ dòng điện chạy qua trong cuộn dây.

Bước 3: Tính lưu số vectơ cường độ từ trường \vec{H} dọc theo đường cong kín (C)

Vì tính chất đối xứng của toàn bộ cuộn dây đối với tâm O, nên tại mọi điểm trên (C) đều cách tâm O bán kính r ($a < r < b$) vectơ \vec{H} là như nhau, có phương tiếp tuyến với đường tròn và chiều như hình vẽ:

Bước 4: Áp dụng định lý về dòng điện toàn phần:

$$\oint_{(C)} \vec{H} \cdot d\vec{l} = \oint_{(C)} H \cdot dl \cdot \cos(\vec{H}, d\vec{l}) = nI$$

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

$$\Leftrightarrow H \cdot 2\pi r = nI$$

$$\Rightarrow H = \frac{nI}{2\pi r} =$$

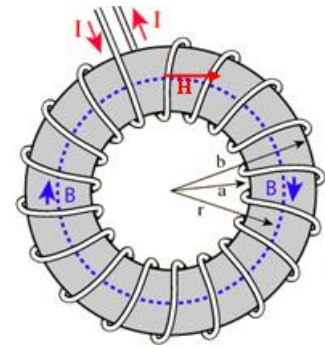
$$\Rightarrow B = \mu_0 \mu \cdot H = \mu_0 \mu \frac{nI}{2\pi r}$$

Mở rộng bài toán, ta có thể tính cường độ từ trường tại một điểm bên trong ống dây điện thẳng dài vô hạn (hình 5.13). Ống dây điện thẳng dài vô hạn có thể xem như một cuộn dây hình xuyên có bán kính vô cùng lớn: $a = b = \infty$

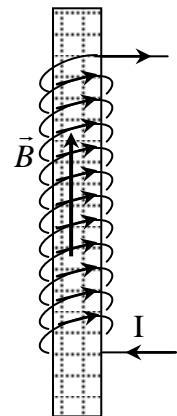
\Rightarrow Cường độ từ trường tại mọi điểm bên trong ống dây đều bằng nhau và bằng:

$$H = \frac{nI}{2\pi r}.$$

Ta có: $\frac{n}{2\pi r} = \frac{\text{Tổng số vòng dây}}{\text{Chiều dài ống dây}} = n_0$



Hình 5.12



Hình 5.13

$$\Rightarrow H = n_0 I$$

$$\Rightarrow B = \mu\mu_0 \frac{nI}{2\pi r} = \mu\mu_0 \frac{n}{l} I = \mu\mu_0 n_0 I \quad (5.16)$$

Câu hỏi & Bài tập

1. Biện luận về sự giống nhau và khác nhau giữa định luật Gauss (O-G) và định luật Amere.
2. Trình bày nội dung định lý Ampere về dòng điện toàn phần.
3. Giải thích sự khác nhau giữa cảm ứng từ \vec{B} và từ thông Φ_m . (Chúng là đại lượng vector hay đại lượng vô hướng; chúng đo bằng đơn vị nào? đơn vị của chúng liên hệ với nhau như thế nào?)
4. Một dây dẫn đường kính 1mm quấn thành một ống dây thẳng. Cường độ dòng điện chạy trong dây dẫn bằng 4A. Số lớp quấn trên ống dây là 03 lớp. Biết rằng các vòng dây quấn sát nhau.
Cho $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ (H/m). Tính: a/ Số vòng dây quấn trên 1m. b/ Cảm ứng từ ở bên trong ống.
5. Một ống dây thẳng dài $L = 1,23\text{m}$, gồm năm lớp dây, mỗi lớp có 850 vòng, cường độ dòng điện chạy trong ống dây là $I = 5,57\text{A}$. Tính cảm ứng từ tại tâm của ống dây.

BÀI HƯỚNG DẪN 4: LỰC TỪ TÁC DỤNG LÊN PHẦN TỬ DÒNG ĐIỆN

Mục tiêu

Kiến thức: Hiểu biết về tác dụng của từ trường lên dòng điện; phương pháp tính lực từ tác dụng lên dòng điện; ứng dụng trong kỹ thuật về tác dụng của từ trường lên dòng điện.

Kỹ năng: Phân tích, tổng hợp, liên hệ thực tế thông qua việc tính lực từ tác dụng lên dòng điện; vận dụng bài học vào trong kỹ thuật.

Thái độ: Trung thực, khách quan, toàn diện khi phân tích, tổng hợp một vấn đề.

1. Lực từ tác dụng lên phần tử dòng điện

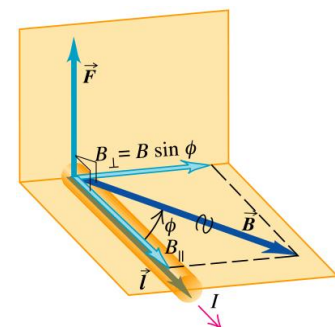
Xét phần tử dòng điện đặt trong từ trường có cảm ứng từ \vec{B} , lực từ tác dụng lên $I d\vec{l}$ được xác định bởi $d\vec{F}$ có:

- Phương vuông góc $(I d\vec{l}, \vec{B})$
- Chiều xác định theo qui tắc bàn tay trái.
- Độ lớn: $dF = Idl \sin \phi \quad (5.17)$,

với $\phi = (\vec{I} d\vec{l}, \vec{B})$

2. Tác dụng của từ trường lên hạt mang điện chuyển động (lực Lorentz)

Giả sử có một điện tích q chuyển động với vận tốc \vec{v}



Copy Hình 5.14

trong từ trường \vec{B} . Điện tích q chuyển động tương đương với phần tử dòng điện $I d\vec{\ell}$ ($I d\vec{\ell} = q \cdot \vec{v}$).

Mà lực từ tác dụng lên phần tử dòng điện $d\vec{F} = I d\vec{\ell} \wedge \vec{B}$.

Suy ra lực từ tác dụng lên hạt mang điện chuyển động:

$$\vec{F}_L = q \cdot \vec{v} \wedge \vec{B} \quad (5.18)$$

Lực từ tác dụng lên điện tích chuyển động gọi là lực Lorent. Lực Lorent có:

- Phương $\perp mp(\vec{v}, \vec{B})$
- Theo qui tắc bàn tay trái
- Có độ lớn: $F_L = |q| \cdot v \cdot B \sin \phi$, $\phi = (\vec{v}, \vec{B})$

Trường hợp điện tích q vừa chuyển động trong điện trường và vừa chuyển động trong từ trường, khi đó: $\vec{F}_L = q \cdot \vec{v} + q \vec{v} \wedge \vec{B}$

3. Tác dụng tương hỗ giữa hai dòng điện thẳng dài vô hạn đặt song song nhau

Ta có: $d\vec{F} = I d\vec{\ell} \wedge \vec{B}$

Trường hợp dây dẫn có chiều dài ℓ , lực từ tác dụng lên dây:

$$\vec{F} = \int d\vec{F} = \int I d\vec{\ell} \wedge \vec{B} = I \cdot \vec{\ell} \wedge \vec{B}$$

Gọi F_{12} : lực từ do I_1 tác dụng lên $\vec{\ell}$ của I_2

F_{21} : lực từ do I_2 tác dụng lên $\vec{\ell}$ của I_1

$$\Rightarrow F_{12} = I_2 \cdot \ell \cdot B_1 \sin(\vec{B}_1, \vec{\ell}) = I_2 \cdot \ell \cdot B_1 \quad (5.19)$$

Với $B_1 = \frac{\mu_0 \mu I_1}{2\pi \cdot d}$

$$\Rightarrow F_{12} = I_2 \cdot \ell \cdot \frac{\mu_0 \mu I_1}{2\pi \cdot d} \quad (5.20)$$

$$F_{12} = \frac{\mu_0 \mu I_1 I_2 \cdot \ell}{2\pi \cdot d}$$

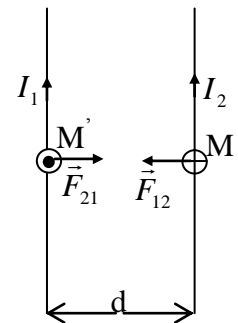
Tương tự: $F_{21} = \frac{\mu_0 \mu I_1 I_2 \cdot \ell}{2\pi \cdot d}$

Trường hợp: I_1, I_2 cùng chiều thì F_1, F_2 hướng vào, ta nói hai dòng điện hút nhau.

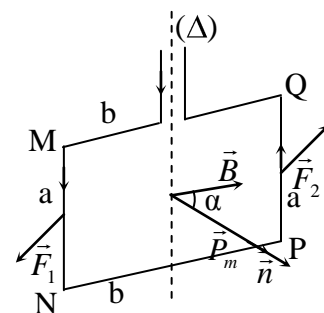
Trường hợp: I_1, I_2 ngược chiều thì F_1, F_2 hướng ra, ta nói hai dòng điện đẩy nhau.

4. Tác dụng của từ trường lên mạch kín

Xét khung dây hình chữ nhật MNQP có các cạnh a, b có dòng điện I chạy qua khung dây được đặt trong từ trường đều \vec{B} có phương vuông góc với MN và QP.



Hình 5.15



Hình 5.16a

Giả sử khung dây là cứng và chỉ có thể quay quanh một trục thẳng đứng là (Δ) .

Lúc đầu pháp tuyến \vec{n} của khung hợp với \vec{B} 1 góc α .

Các cạnh MQ và NP chịu tác dụng các lực trực đối nên không làm cho khung quay.

Các cạnh MN và QP chịu tác dụng các lực cùng độ lớn, cùng phương nhưng ngược chiều. Hai lực này tạo thành ngẫu lực làm cho khung quay.



Hình 5.16b

$$F = |F_1| = |-F_2| = I.a.B$$

Momen ngẫu lực tác dụng lên khung:

$$M = F.d$$

$$d = b.\sin\alpha$$

$$\Rightarrow M = I.b.B.a.\sin\alpha$$

$$M = I.b.a.B.\sin\alpha$$

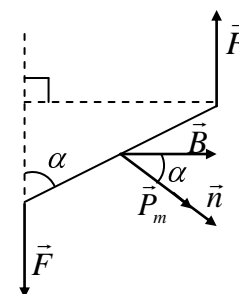
$$M = I.S.B.\sin\alpha \quad (5.21)$$

$$M = P_m.B.\sin\alpha$$

Với P_m momen từ của khung dây.

Ta có thể biểu diễn Momen ngẫu lực dưới dạng:

$$\vec{M} = \vec{P}_m \wedge \vec{B} \quad (5.22)$$



Hình 5.16

Dưới tác dụng của ngẫu lực \vec{M}, \vec{P}_m sẽ quay đến khi \vec{P}_m cùng phương với \vec{B} :

$$\alpha = 0 \Rightarrow \vec{M} = 0 : \text{khung đứng yên}$$

Kết quả này cũng được nghiệm đúng đối với khung có hình dạng bất kì.

Câu hỏi & Bài tập

1. Một hạt mang điện tích q chuyển động với vận tốc \vec{v} trong từ trường \vec{B} . Theo Lorent thì hạt mang điện chịu tác dụng một lực $\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$. Hỏi: trong ba vectơ ở biểu thức $\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$, cặp nào luôn luôn vuông góc nhau, cặp nào có thể lập với nhau một góc tùy ý.
2. Nếu có một electron không bị lệch đường đi khi nó qua một miền trong không gian, ta có dám bảo đảm là tại đó không có từ trường không?
3. Nếu có một electron bị lệch đường đi khi nó qua một miền trong không gian, ta có dám bảo đảm là tại đó không có từ trường không?
4. Hai dây dẫn dài vô hạn, đặt song song với nhau và cách nhau $2d$, có cùng một dòng điện nhưng trái chiều nhau. Hãy tìm biểu thức của cảm ứng từ B và cường độ từ trường tổng hợp ở một điểm nằm trên đường nối liền hai sợi dây, và cách điểm giữa một khoảng x . [Đs: $B = \mu\mu_0 Id/\pi(d^2 + x^2)$]

BÀI ĐỌC THÊM: SỰ TỪ HOÁ

1. Khái niệm

Thực nghiệm chứng tỏ nếu ta đặt một khối vật chất bất kì vào từ trường, thì từ trường đặt tại nơi khối vật chất đó đều bị biến đổi. Ta nói khối vật chất bị từ hoá gọi là từ môi hay vật liệu từ.

Tương tự như điện trường, khi đặt từ môi vào điện trường \vec{B}_0 thì bên trong khối từ môi tạo ra từ trường phụ \vec{B}' .

Từ trường tổng hợp bên trong khối từ môi:

$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}' \quad (5.23)$$

Căn cứ vào độ lớn và phương chiều của \vec{B} , người ta chia từ môi làm 3 loại:

- Chất thuận từ: $\vec{B}' \uparrow \vec{B}_0$ và $|\vec{B}'| < |\vec{B}_0|$

Ví dụ: Nhôm, vonfram, platin, ôxi, nitơ, không khí,...

- Chất nghịch từ: $\vec{B}' \downarrow \vec{B}_0$ và $|\vec{B}'| \ll |\vec{B}_0|$

Ví dụ: Đồng, berili, bo, vàng, bạc, thủy tinh, thạch anh, nước và các khí trơ như: Heli, argon,...

- Chất sắt từ: $\vec{B}' \uparrow \vec{B}_0$ và $|\vec{B}'| \gg |\vec{B}_0|$

Ví dụ: Sắt, coban, và một số hợp kim như thép, vonfram,...

2. Vector từ hóa

2.1. Dòng phân tử

Ta có thể xem các \vec{e} chuyển động xung quanh các hạt nhân của phân tử như là một dòng điện kín có vector momen từ \vec{P}_m được xác định:

$\vec{P}_m = \vec{I} \cdot \vec{S}$ còn gọi là momen từ phân tử.

Khi khối từ môi chưa bị từ hoá $\vec{B}_0 = 0$, do chuyển động nhiệt các momen từ phân bố hỗn loạn: $\sum_{i=0}^n P_{mi} = 0$

Khi đặt chất từ môi trong từ trường \vec{B}_0 ($\vec{B}_0 \neq 0$) dưới tác dụng của momen ngẫu lực các vector momen từ phân tử sắp xếp theo hướng của từ trường. Người ta nói khối điện môi đó bị từ hoá.

2.2. Vector từ hóa

Để đặt trưng cho khả năng từ hóa của chất từ môi người ta đưa ra khái niệm vector từ hoá \vec{m} được định nghĩa: **Vector từ hóa của chất từ môi bằng tổng vector momen từ phân tử trong một đơn vị thể tích**

$$\vec{m} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{mi}}{\Delta v} \quad (A/m) \quad (5.24)$$

3. Cường độ từ trường trong chất từ môi

Khi xét từ trường trong chất từ môi ngoài vectơ cảm ứng từ \vec{B} người ta đưa ra khái niệm vectơ cường độ từ trường, được định nghĩa:

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{m}, \vec{m} \text{ vectơ từ hóa}$$

Khi từ môi đặt trong từ trường người ta chứng minh được: Vectơ từ hóa tỉ lệ với cường độ từ trường:

$$\vec{m} = \chi_m \cdot \vec{H}$$

Với χ_m là hệ số tỉ lệ (gọi là hệ số từ hoá): Không có đơn vị

$$\Rightarrow \vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0(1 + \chi_m)}$$

$$\Rightarrow (1 + \chi_m) = \mu : \text{Độ từ thẩm của môi trường.}$$

- Đối với chất thuận từ: χ_m có giá trị dương và $0 < |\chi_m| < 1$
- Đối với chất nghịch từ: χ_m có giá trị âm và $0 < |\chi_m| < 1$
- Đối với chất sắt từ: χ_m có giá trị dương và $|\chi_m| \gg 1$

Câu hỏi trắc nghiệm chương 5

1. Chọn phát biểu SAI: Lực từ là lực tương tác giữa:

- A. Hai nam châm.
- B. Hai dòng điện
- C. Hai vật bị nhiễm điện
- D. Giữa nam châm và dòng điện

2. Từ trường không tương tác với:

- A. Các điện tích chuyển động.
- B. Các điện tích đứng yên.
- C. Nam châm đứng yên.
- D. Nam châm chuyển động.

3. Trên mặt bàn có hai viên bi tích điện. Giữa yên bi 1, búng viên bi 2 lần sát qua bi 1. Lực tương tác giữa chúng là:

- A. Lực từ
- B. Lực điện
- C. Cả lực điện và lực từ.
- D. Không khẳng định được.

4. Đặt một viên bi nhỏ tích điện và một thanh nam châm lên bàn. Trường hợp nào sau đây viên bi không bị từ trường tác dụng lực.

- A. Búng cho viên bi lăn ngang qua một đầu nam châm.
- B. Rê nam châm ngang qua viên bi.
- C. Đặt viên bi lên một đầu nam châm.
- D. Búng cho viên bi từ xa vào gần một đầu nam châm.

5. Các cặp định luật và định lý nào sau đây về hình thức có vai trò tương đương trong lĩnh vực Điện - Từ.

- A. Định luật Coulomb và định luật Bio-Savart-Laplace.

- B. Định luật Coulomb và định luật Ampere về tương tác của hai phần tử dòng điện.
 C. Định lý O-G trong điện trường và định lý O-G đối với từ trường.
 D. A, B, C đúng.
6. Một viên bi tích điện và một chiếc xe đồ chơi có gắn đồng hồ đo cường độ từ trường cực nhạy. Ban đầu, điều chỉnh đồng hồ chỉ số không. Trường hợp nào sau đây kim đồng hồ đo từ không bị lệch:
 A. Xe nằm yên, bi chuyển động. B. Bi nằm yên, xe chuyển động.
 C. Đặt bi lên xe, cho xe chuyển động. D. B và C đúng.
7. Hệ các đường cảm ứng từ quanh dòng điện thẳng, chiều dài L , có đặc điểm:
 A. Là những đường thẳng vuông góc với dòng điện.
 B. Là những đường tròn đồng trục, vuông góc với dòng điện.
 C. Ở gần dòng điện, mật độ đồng đều; ở xa mật độ thưa.
 D. A, B và C sai.
8. Nối hai đầu của vòng dây tròn bán kính r vào hiệu điện thế U thì cường độ từ trường tại tâm của nó là H . Nếu bán kính vòng dây tăng gấp đôi và giữ nguyên giá trị cường độ từ trường tại tâm thì phải chọn hiệu điện thế lúc sau là U' .
 A. $U = U'$ B. $2U = U'$ C. $U = 2U'$ D. $U' = 4U$
9. Hai dòng điện thẳng dài vô hạn, đặt song song, chạy cùng chiều. Từ trường triệt tiêu tại điểm x trên đường thẳng MN đi qua chúng, vuông góc với chúng, thứ tự $M - I_1 - I_2 - N$. Vậy x ở đoạn:
 A. $M-I_1$ B. $I_1- I_2$ C. $I_2- N$ D. Xa vô cùng.
10. Electron bay vào từ trường đều \vec{B} , vận tốc \vec{v} không đổi. Khi electron bay trong từ trường, trị số lực Lorentz không đổi nếu góc hợp bởi \vec{v} và \vec{B} là α có giá trị:
 A. 90° B. bất kỳ C. 0° hoặc 180° D. A, B, C đúng.
11. Chọn phát biểu sai: Vectơ lực Lorentz có đặc điểm:
 A. Vuông góc với đường sức từ trường.
 B. Vuông góc với vectơ vận tốc của hạt điện.
 C. Không phụ thuộc hướng của \vec{B}
 D. Phụ thuộc dấu của điện tích.
12. Khi electron bay vào từ trường đều với vận tốc \vec{v} song song với \vec{B} thì:
 A. \vec{v} đổi hướng. B. \vec{v} thay đổi độ lớn
 C. Động năng thay đổi. D. $\vec{v} = \text{const}$

Chương 6
HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ, HIỆN TƯỢNG TỰ CẢM

BÀI HƯỚNG DẪN 1
HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ
CÁC ĐỊNH LUẬT VỀ HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

Mục tiêu

Kiến thức: Hiểu biết về hiện tượng cảm ứng điện từ, các định cơ bản về cảm ứng điện từ .

Kỹ năng: Vận dụng hiện tượng, các định luật vào trong kỹ thuật.

Thái độ: Trung thực và linh hoạt thông qua việc vận dụng các định luật.

1. Thí nghiệm Faraday.

Thí nghiệm: Một ống dây được mắc nối tiếp với một điện kế G tạo thành mạch kín. Khi thay đổi vị trí tương đối giữa nam châm và ống dây thì kim điện kế bị lệch. Điều này chứng tỏ khi nam châm chuyển động tương đối đối với ống dây thì trong ống dây xuất hiện dòng điện.

Kết luận:

- Sự biến đổi của từ thông qua một mạch kín là nguyên nhân tạo ra dòng điện cảm ứng trong mạch đó.

- Dòng điện cảm ứng ấy chỉ tồn tại trong thời gian từ thông gởi qua mạch thay đổi.
- Cường độ của dòng điện cảm ứng tỉ lệ với tốc độ biến thiên của từ thông.
- Chiều của dòng điện cảm ứng phụ thuộc vào từ thông gởi qua mạch tăng hay giảm.

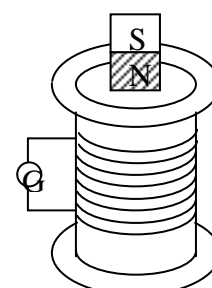
2. Định luật Lenz

“ Dòng điện cảm ứng phải có chiều sao cho từ trường do nó sinh ra có tác dụng chống lại nguyên nhân sinh ra nó”.

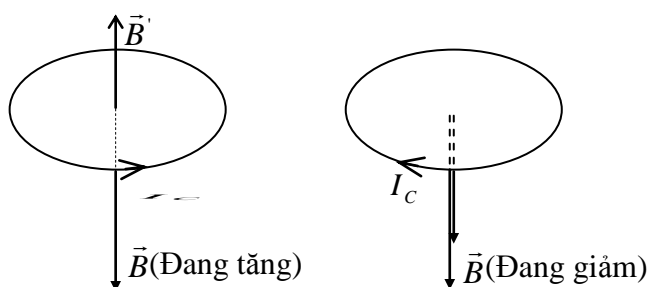
3. Định luật cơ bản của hiện tượng cảm ứng điện từ.



Hình 6.1a



Hình 6.1b



Hình 6.2

Sự xuất hiện dòng điện cảm ứng chứng tỏ trong mạch có một suất điện động cảm ứng. Thực nghiệm chứng tỏ suất điện động cảm ứng tỉ lệ với tốc độ biến thiên của từ thông gởi qua diện tích của mạch điện.

$$\xi = -k \frac{d\phi_m}{dt},$$

dấu (-) thể hiện định luật Lenz, k hệ số tỉ lệ phụ thuộc hệ đơn vị (Trong hệ đơn vị SI thì $k = 1$)

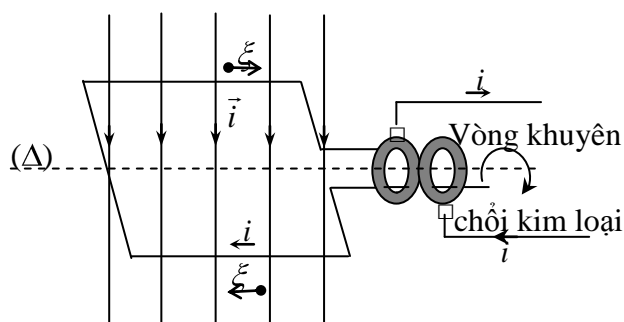
$$\Rightarrow \xi = -\frac{d\phi_m}{dt} \quad (6.1)$$

Biểu thức (6.1) là biểu thức của định luật cơ bản về hiện tượng cảm ứng điện từ

Đơn vị của từ thông (trong hệ SI) là Vêbe (Wb)

4. Cách tạo ra dòng điện xoay chiều

Hình vẽ bên trình bày nguyên lý cơ bản của máy phát điện xoay chiều: Là một khung dây dẫn quay trong từ trường. Trong thực tế để lấy được suất điện động cảm ứng trong khung dây có nhiều vòng ra mạch ngoài, người ta dùng hai vòng khuyên gắn với trục quay, mỗi vòng nối với một đầu của cuộn dây. Hai chổi kim loại tiếp xúc với hai vòng này, được nối với phần còn lại của mạch điện.



Hình 6.3

Xét máy phát điện xoay chiều gồm n vòng dây quấn trên một khung có diện tích S , khung quay quanh trục (Δ) vuông góc với từ trường đều \vec{B}

Giả sử tại thời điểm đang xét pháp tuyến \vec{n} hợp với \vec{B} một góc α . Từ thông gởi qua diện tích một vòng dây:

$$\phi = \vec{B}\vec{S} = B.S.\cos\alpha$$

Từ thông gởi qua khung dây n vòng:

$$\phi_m = N\phi = N.B.S.\cos\alpha$$

Nếu khung quay quanh trục (Δ) với vận tốc góc ω

$$\phi_m = N.B.S.\cos\omega.t$$

Suất điện động xuất hiện trong khung dây:

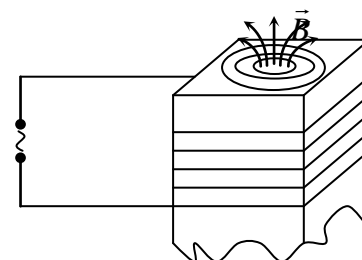
$$\xi_C = -\frac{d\phi_m}{dt} \quad (6.2)$$

$$\xi_C = E_m.\sin\omega.t \quad \text{với } E_m = N.B.S.\omega$$

Nối hai đầu ra của máy phát điện với mạch ngoài ta có dòng điện xoay chiều chạy trong dây dẫn:

$$I = I_m \sin(\omega.t + \varphi)$$

I_m và φ phụ thuộc vào tính chất của mạch ngoài.



Hình 6.4

5. Dòng điện Fucô

Khi ta đặt một khối vật dẫn trong từ trường biến thiên thì trong vật dẫn đó cũng xuất hiện những dòng điện cảm ứng khép kín gọi là dòng điện xoáy hay dòng điện Fucô.

Thường điện trở của vật dẫn nhỏ nên cường độ dòng điện Fucô khá lớn $\left(I_F = \frac{\xi_C}{R} \right)$.

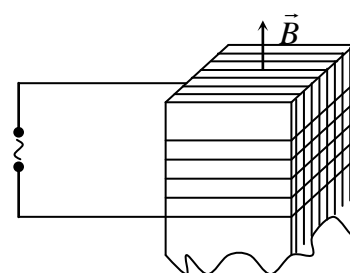
Ngoài ra $\xi_C = -\frac{d\phi_m}{dt}$, do đó nếu vật dẫn được đặt trong từ trường biến đổi càng nhanh (do dòng điện có tần số cao-dòng cao tần-sinh ra) thì cường độ của các dòng Fucô càng lớn.

Với các đặt điểm này, dòng điện Fucô có vai trò quan trọng trong kỹ thuật.

5.1. Tác hại của dòng Fucô:

Trong các máy biến thế điện, động cơ điện, máy phát điện, v.v... lõi sắt của chúng chịu tác dụng của từ trường biến đổi, vì vậy trong lõi có các dòng Fucô xuất hiện. Theo hiệu ứng Jun-lenxơ, năng lượng của các dòng Fucô ấy bị mất đi dưới dạng nhiệt. Đó là phần năng lượng bị hao phí một cách vô ích, và do đó làm giảm hiệu suất của máy.

Để làm giảm tác hại này người ta không dùng cả khối kim loại làm lõi, mà dùng nhiều lá kim loại mỏng sơn cách điện ghép lại với nhau. Như vậy, các dòng Fucô chỉ chạy được trong từng lá mỏng. Vì từng lá một có bề dày nhỏ và do đó có điện trở lớn, nên cường độ của các dòng Fucô chạy trong các lá đó bị giảm đi nhiều so với cường độ của các dòng Fucô chạy trong cả khối kim loại. Kết quả là phần điện năng bị hao phí giảm đi nhiều.



Hình 6.5

5.2. Lợi ích của dòng Fucô:

Trong các máy điện kể trên sự toả nhiệt của dòng Fucô là có hại. Ngược lại, trong các lò điện cảm ứng, người ta sử dụng sự toả nhiệt đó để nấu chảy kim loại, đặc biệt là nấu chảy kim loại trong chân không, để tránh tác dụng ôxi hóa của không khí xung quanh. Muốn vậy người ta cho kim loại vào một cái lò có chỗ để hút không khí bên trong ra. Xung quanh lò, người ta quấn dây điện và cho dòng điện cao tần chạy qua cuộn dây đó. Xuất hiện những dòng điện Fucô rất mạnh có thể nấu chảy được kim loại.

Dòng điện Fucô còn được dùng để hãm các dao động. Thực vậy, muốn hãm các dao động của kim trong các máy đo điện chẳng hạn. Người ta gắn vào các kim đó một đĩa kim loại (đồng hoặc nhôm) và đặt đĩa đó trong từ trường của nam châm vĩnh cửu. Khi kim dao động, đĩa kim loại cũng dao động theo. Từ thông qua đĩa kim loại cũng dao động theo. Từ thông qua đĩa thay đổi, làm xuất hiện những dòng Fucô. Các dòng này vừa xuất hiện thì chịu ngay tác dụng của từ trường do nam châm vĩnh cửu sinh ra. Theo định luật Lenz, tác dụng ấy chống lại nguyên nhân sinh ra dòng điện Fucô, tức là chống lại sự dao động của đĩa kim loại. Kết quả dao động của kim loại bị tắt đi nhanh chóng.

Câu hỏi & Bài tập

1. Suất điện động cảm và dòng điện cảm ứng có khác. Suất điện động cảm và dòng điện sinh ra bởi bộ pin nối với một vòng dây về mặt nào không?
2. Độ lớn của suất điện động cảm ứng trong một cuộn dây khi có một nam châm chuyển động qua nó có chịu ảnh hưởng của cường độ của nam châm không? Nếu có thì giải thích tại sao?

3. Trong các công việc sau đây đều phải chi phí năng lượng. Ở một số trường hợp năng lượng này có thể chuyển lại thành (biến đổi lại thành) điện năng để dùng cho các công việc hữu ích, và ở một số trường hợp năng lượng khác năng lượng này trở thành hao phí vô ích hoặc bị tiêu hao dưới những dạng khác. Trong các trường hợp nào sau đây, trường hợp nào chuyển thành điện năng nhỏ nhất:

- a/. Nạp điện cho một tụ điện.
- b/. Nạp điện cho một bình acquy.
- c/. Cho dòng điện chạy qua một điện trở.
- d/. Di chuyển một dây dẫn trong từ trường.
- e/. Thiết lập một từ trường.

4. Trong mạch kín, thời gian tồn tại dòng điện cảm ứng trong mạch phụ thuộc vào yếu tố nào.

BÀI HƯỚNG DẪN 2: HIỆN TƯỢNG TỰ CẢM VÀ HIỆN TƯỢNG HỒ CẢM

Mục tiêu

Kiến thức: Hiểu biết về hiện tượng tự cảm, hệ số tự cảm; cách tính hệ số tự cảm của ống dây.

Kỹ năng: Vận dụng hiện tượng tự cảm vào trong kỹ thuật.

Thái độ: Trung thực và linh hoạt thông qua việc vận dụng vào thực tiễn.

1. Hiện tượng tự cảm

1.1. Hiện tượng

Dòng điện cảm ứng vừa xét ở phần trên là do sự biến thiên của từ thông ở từ trường ngoài. Bây giờ ta xét mạch điện như hình vẽ: Từ thông do chính dòng điện trong mạch gửi qua diện tích ống dây thay đổi khi ta đóng và ngắt khoá K của mạch, trong mạch vẫn xuất hiện dòng điện cảm ứng gọi là dòng điện tự cảm.

1.2. Suất điện động tự cảm

Suất điện động gây nên dòng điện tự cảm là suất điện động tự cảm. Theo định luật cơ bản hiện tượng cảm ứng điện từ:

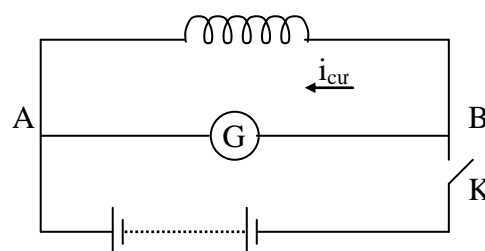
$$\xi_{tc} = -\frac{d\phi_m}{dt} \quad (6.3)$$

ϕ_m từ thông do chính dòng điện trong mạch tạo ra gửi qua mạch đó

$$\forall \left. \begin{array}{l} \phi_m \approx |\vec{B}| \\ \vec{B} \approx I \end{array} \right\} \Rightarrow \phi_m = L.I \quad (6.4)$$

L hệ số tỉ lệ phụ thuộc vào hình dạng, kích thước mạch điện và phụ thuộc vào tính chất của môi trường trong đó ta đặt mạch điện. L được gọi là hệ số tự cảm của ống dây.

Trong hệ SI, đơn vị của L là Henry (H)



Hình 6.6

Từ (6.3) và (6.4) suy ra : $\xi_{tc} = -\frac{d(L.I)}{dt}$

Nếu $L = const$: $\xi_{tc} = -L \frac{dI}{dt}$

1.3. Hệ số tự cảm ống dây thẳng rất dài:

Ta đã biết từ trường trong ống dây dài vô hạn:

$$B = \mu_0 \mu \frac{N}{2\pi.R} I = \mu_0 \mu \frac{N}{\ell} . I$$

$$B = \mu_0 \mu . n_0 I = \mu_0 \mu \frac{N}{\ell} . I$$

Với n_0 : số vòng dây chiếm trên một đơn vị chiều dài

Gọi S là diện tích của một vòng dây(ℓ chiều dài của ống dây) thì từ thông gởi qua ống dây gồm N vòng là: $\phi_m = N . \vec{B} . \vec{S} = \mu_0 \mu \frac{N^2}{\ell} S . I$ (6.5)

Mà $\phi_m = LI$

Từ (6.4) và (6.5) suy ra: $L = \mu_0 \mu \frac{N^2}{\ell} S$ (6.6)

1.4. Dòng điện tự cảm khi đóng, ngắt mạch

Khi đóng, ngắt cầu dao của một mạng điện có chứa máy phát điện hay động cơ, ta thường thấy: Hồ quang điện xuất hiện giữa hai cực của cầu dao. Để khử hồ quang khi đóng ngắt mạch người ta đặt cầu dao trong dầu hoặc dùng tụ để dập tắt hồ quang.

2. Hiện tượng hồ cảm.

2.1. Hiện tượng:

Giả sử có hai mạch điện kín (C_1) và (C_2) đặt cạnh nhau trong đó có các dòng điện cường độ I_1 và I_2 chạy qua. Nếu ta làm biến đổi cường độ dòng điện chạy trong các mạch đó thì từ thông do mỗi mạch sinh ra và gởi qua diện tích của mạch kia thay đổi theo. Kết quả, trong cả hai mạch đều xuất hiện dòng điện cảm ứng.

Hiện tượng đó gọi là hiện tượng hồ cảm và các dòng điện cảm ứng đó gọi là các dòng điện hồ cảm.

2.2. Suất điện động hồ cảm - Hệ số hồ cảm

$$\xi_{hc} = -\frac{d\phi_m}{dt}$$

$$\xi_{hc1} = -\frac{d\phi_{m21}}{dt} = -M . \frac{dI_1}{dt} \quad (M : \text{Hệ số hồ cảm})$$

$$\xi_{hc2} = -\frac{d\phi_{m12}}{dt} = -M . \frac{dI_2}{dt}$$

3. Biến thế điện

Hiện tượng hồ cảm được ứng dụng để tạo các má biến thế điện. Đó là những thiết bị dùng để tăng hay giảm các hiệu điện thế xoay chiều. Nó gồm một lõi sắt có dạng khung lớn,

gồm những lá kim loại mỏng. Tác dụng của lõi ấy là để tăng cường độ từ trường và tập trung các đường cảm ứng từ vào trong lõi.

Trên nhánh thứ nhất của lõi là một cuộn dây điện gồm n_1 vòng, cuộn này được nối với một hiệu điện thế xoay chiều U_1 và được gọi là cuộn dây sơ cấp. Trên nhánh thứ hai là một cuộn dây khác gồm n_2 vòng, gọi là cuộn thứ cấp; ở hai đầu của cuộn này, ta sẽ lấy ra hiệu điện thế xoay chiều U_2 đã được tăng hoặc hạ xuống so với U_1 . Người ta chứng minh được khi mạch thứ cấp để hở:

$$k = \frac{U_2}{U_1} = \frac{n_2}{n_1}$$

$k > 1$: $n_2 > n_1$ thì $|U_2| > |U_1|$: Máy tăng thế

$k < 1$: $n_2 < n_1$ thì $|U_2| < |U_1|$: Máy hạ thế

Câu hỏi & Bài tập

1. So sánh hiện tượng cảm ứng điện từ với hiện tượng tự cảm; hiện tượng cảm ứng điện từ với hiện tượng hồ cảm.

3. Cho một ống dây thẳng có 800 vòng. Khi có dòng điện biến thiên với tốc độ 50A/s chạy trong ống dây thì suất điện động tự cảm trong ống dây bằng 0,16V. Hỏi:

a/. Hệ số tự cảm của ống dây.

b/. Từ thông gửi qua ống dây khi trên cuộn dây có dòng điện $I = 2A$ chạy qua.

4. Một cuộn dây gồm 100 vòng dây quay đều trong từ trường với vận tốc 5 vòng/s trong từ trường đều có cảm ứng từ $B = 0,11T$. Tiết diện ngang của ống dây là $100cm^2$. Trục quay vuông góc với trục của cuộn dây và vuông góc với cảm ứng từ B . Tìm giá trị của suất điện động cảm ứng xuất hiện bên trong ống dây.

BÀI HƯỚNG DẪN 3: NĂNG LƯỢNG TỪ TRƯỜNG

Mục tiêu

Kiến thức: Hiểu biết về năng lượng từ trường

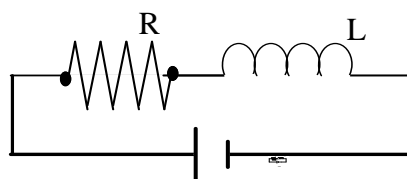
Kỹ năng: Phân tích, tư duy và tổng hợp thông qua việc tính năng lượng từ trường của ống dây.

Thái độ: Trung thực và khách quan thông qua việc thừa nhận sự tồn tại năng lượng từ trường.

1. Năng lượng từ trường của ống dây

Khi ta kéo hai điện tích trái dấu ra xa nhau ta bảo thế năng tổng cộng được tồn trữ trong điện trường của các điện tích ấy. Ta có thể lấy lại năng lượng ấy bằng cách để cho các điện tích chuyển động lại gần nhau.

Ta cũng có thể xét năng lượng tồn trữ trong từ trường một cách tương tự. Chẳng hạn hai sợi dây dài, cảm ứng song song với nhau, mang dòng điện,



Hình 5.3

cùng chiều thì hút nhau. Ta phải tốn công nếu muốn kéo chúng ra. Làm như vậy ta đã trữ năng lượng vào từ trường của các dòng điện. Ta có thể thu hồi lại năng lượng đã tồn trữ bằng cách để cho hai dây chuyển động trở về vị trí ban đầu.

Để tìm được biểu thức định lượng của năng lượng tồn trữ trong từ trường, ta xét mạch điện (hình vẽ) trên đó vẽ một nguồn suất điện động ξ nối với điện trở R và cuộn cảm L. Ta có:

$$\xi = iR + L \frac{di}{dt}$$

(Phương trình này được suy ra từ định lý về mạch điện kín. Định lý này là một cách phát biểu của định luật bảo toàn năng lượng cho một mạch kín).

Nhân hai vế của phương trình với i :

$$\begin{aligned} \xi \cdot i &= i^2 R + Li \frac{di}{dt} \\ \Rightarrow \xi \cdot i dt &= i^2 R \cdot dt + Li \cdot di \end{aligned}$$

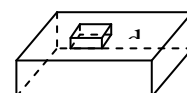
Nhìn phương trình này ta thấy ở vế trái $\xi \cdot i dt$ chính là năng lượng do nguồn điện sinh ra trong khoảng thời gian dt . Năng lượng này một phần toả thành nhiệt trong mạch, một phần được tích trữ dưới dạng năng lượng từ trường:

$$dW_m = Li \cdot di$$

Vậy, trong cả quá trình thành lập dòng điện, phần năng lượng của nguồn điện được tích trữ dưới dạng năng lượng từ trường là:

$$\begin{aligned} W_m &= \int_0^I dW_m = \int_0^I Li \cdot di \\ W_m &= \frac{1}{2} LI^2 \end{aligned}$$

Ta đã biết từ trường bên trong ống dây thẳng dài vô hạn là một từ trường đều và năng lượng $W_m = \frac{1}{2} LI^2$. Bây giờ ta quan tâm tới năng lượng tồn trữ trong một đơn vị thể tích của từ trường ấy.



Năng lượng tồn trữ trong một đơn vị thể tích gọi là **mật độ năng lượng**. Kí hiệu là ω_m .

Để tìm biểu thức của mật độ năng lượng, ta xét một khoảng ℓ dài gồm tâm của một ống dây điện dài tiết diện S, có N vòng dây và có dòng điện I chạy qua.

Theo định nghĩa, mật độ năng lượng từ trường: $\omega_m = \frac{W_m}{V}$,

$$\text{mà } W_m = \frac{1}{2} LI^2, \text{ suy ra } \omega_m = \frac{LI^2}{2V} = \frac{\mu_0 \mu \cdot N^2 S \cdot I^2}{2\ell \cdot S \cdot \ell} = \frac{\mu_0 \mu \cdot N^2 \cdot I^2}{2 \cdot \ell^2}$$

$$B = \mu_0 \mu_r n_0 I = \frac{\mu_0 \mu_r N \cdot I}{\ell}$$

Ta có:
$$H = n_0 I = \frac{N}{\ell} \cdot I$$

$$\omega_m = \frac{B \cdot H}{2}$$

Công thức này vẫn đúng đối với từ trường bất kì

2. Năng lượng từ trường bất kì

Để tính được năng lượng từ trường bất kỳ trong vùng không gian có thể tích V , ta thực hiện:

- Chia vùng không gian có thể tích V thành nhiều phần vô cùng nhỏ có thể tích dV . Trong thể tích vi cấp dv thì \vec{B} và \vec{H} tại dv xem như không đổi.

- Tính năng lượng từ trường trong thể tích dv là $dW_m = \omega_m \cdot dv$.

- Suy ra năng lượng từ trường trong thể tích V là:
$$W_m = \int_V dW_m = \int_V \frac{B \cdot H}{2} \cdot dv$$

Câu hỏi & Bài tập

1. Bạn có thể dùng một thanh nam châm để đưa ra lí luận cho rằng năng lượng có thể được tồn trữ trong từ trường được không?

2. Bạn hãy nêu ra tất cả các sự tương tự hình thức (theo ý bạn) giữa một tụ điện phẳng (cho điện trường) và một ống dây dài (cho từ trường).

3. Một ống dây dài 20cm, đường kính 3cm có quấn 400 vòng dây. Dòng điện chạy qua ống dây có cường độ dòng điện là 2A.

a/. Tính hệ số tự cảm của ống dây.

b/. Tính từ thông gởi qua tiết diện ngang của ống dây.

c/. Năng lượng của từ trường bên trong ống dây.

Câu hỏi trắc nghiệm chương 6

1. Máy bay có cánh dài $L = 24\text{m}$ bay theo phương ngang với vận tốc không đổi $v = 720\text{km/h}$ ở nơi có thành phần thẳng đứng của vectơ cảm ứng từ $B = 10^{-4}\text{T}$. Hiệu điện thế U ở hai đầu cánh máy bay có đặc điểm:

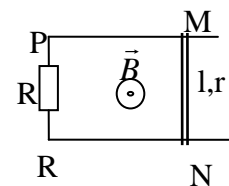
A. $U = 0,048\text{V}$

B. Nếu v tăng thì U tăng

C. Cánh trái dương, cánh phải âm

D. A và B đúng.

2. Đặt thanh kim loại $MN = l$, điện trở r trên hai thanh ray nối với điện trở R , trong từ trường đều. Mặt phẳng hệ thống vuông góc với vectơ \vec{B} của từ trường đều như hình vẽ. Bỏ qua điện trở của dây nối và của hai thanh ray. Kéo MN trượt với vận tốc \vec{v} không đổi từ trái sang phải. Khi đó:



A. Hiệu điện thế hai đầu R:
$$U_R = \frac{Blv}{R+r} R$$

B. Đầu N mang dấu dương, đầu M mang dấu âm.

C. Dòng điện qua R chạy theo chiều từ Q đến R.

D. A, B, C đúng

4. Nam châm cố định, mặt phẳng vòng dây vuông góc với nam châm. Hai điểm P, Q nằm trên vòng dây như hình vẽ. Xác định chiều dòng điện cảm ứng I_c trong vòng dây khi vòng dây chuyển động như sau:

A. Sang phải: I_c theo chiều P đến Q theo dây cung ngắn.

B. Sang trái: I_c theo chiều P đến Q theo dây cung ngắn.

C. Chuyển động lên: I_c theo chiều P đến Q theo dây cung ngắn.

D. A, B, C đúng.

5. Khung dây hình chữ nhật 10cm x 20cm, có 30 vòng dây, quay đều với vận tốc 50rad/s quanh trục vuông góc với đường sức của từ trường đều $B = 0,1T$. Độ lớn của suất điện động cảm ứng trong khung bằng:

A. 0,6V

B. 2,0V

C. 3,0V

D. 4,0V

6. Đặt lá đồng hình chữ nhật gần từ trường tĩnh giới hạn bởi vòng tròn như hình vẽ. Khi kéo hoặc đẩy lá đồng qua trái hoặc qua phải thì thấy nặng tay. Vì:

A. Hiện tượng bề mặt.

B. Lực do từ trường tác dụng lên dòng điện Fu-cô.

C. Hiệu ứng Hall.

D. Hiện tượng tự cảm.

7. Cuộn dây 100 vòng dây, diện tích mỗi vòng $S = 100\text{mm}^2$ đặt cố định trong từ trường $B = 200\sqrt{2} \sin 100\pi t$ (T); vectơ \vec{B} vuông góc với mặt phẳng cuộn dây. Gọi Φ_m là trị số từ thông gởi qua S; E_c là trị số suất điện động cảm ứng trong cuộn dây:

A. $\Phi_m = 2\sqrt{2} \sin 100\pi t$

B. $\Phi_m = 2\sqrt{2} \cos 100\pi t$

C. $\Phi_m = 200\pi\sqrt{2} \sin 100\pi t$

D. A và B đúng.

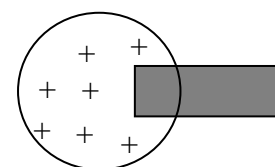
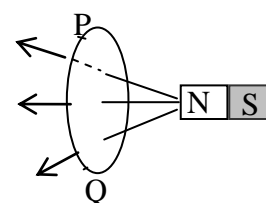
8. Khung dây chữ nhật 100 vòng dây, diện tích mỗi vòng $S = 200\text{Cm}^2$ quay đều trong từ trường với vận tốc $\omega = 100\text{rad/s}$ quanh trục đi qua trung điểm hai cạnh đối diện, vuông góc với đường sức từ trường đều $B = 0,1T$. Lúc $t = 0$: \vec{B} song song với \vec{S} .

A. trị cực đại của suất điện động cảm ứng: $E_{\max} = 0,2V$.

B. Từ thông qua khung tại thời điểm t: $\Phi_m = BNS\omega\sqrt{2} \sin 100\pi t$ (Wb)

C. A, B sai.

D. A, B đúng.



Chương 7

MỐI LIÊN HỆ GIỮA ĐIỆN & TỪ

Mục tiêu

Kiến thức: Hiểu biết về trường điện từ, mối liên hệ giữa điện trường và từ trường

Kỹ năng: Phân tích, tư duy và tổng hợp thông qua các luận điểm của Maxwell và hệ phương trình Maxwell.

Thái độ: Khách quan thông qua sự tồn tại trường điện từ.

BÀI HƯỚNG DẪN 1

CÁC LUẬN ĐIỂM CỦA MAXELL - HỆ PHƯƠNG TRÌNH MAXELL

1. Luận điểm thứ nhất: Điện trường xoáy - Phương trình Maxell - Faraday

1.1. Điện trường xoáy: Trong thí nghiệm của Faraday về hiện tượng cảm ứng điện từ, sự xuất hiện dòng điện cảm ứng trong mạch kín khi từ thông qua mạch biến đổi chứng tỏ các điện tích chịu tác dụng của một trường lực. Trường lực đó theo Maxell là lực điện trường.

Điện trường này không thể là điện trường tĩnh điện vì điện trường tĩnh không thể duy trì dòng điện trong mạch. Do đó điện trường làm dịch chuyển các điện tích dọc theo đường cong kín phải là điện trường có các đường sức khép kín để lưu thông các vectơ cường độ cường độ điện trường dọc theo đường cong kín đó khác không. Điện trường có các đường sức khép kín đó Maxell gọi là điện trường xoáy \vec{E}^*

Như vậy từ sự phân tích thí nghiệm của Faraday, Maxell đã đưa ra khái quát điện trường xoáy với đặc điểm cơ bản là:

$$\oint_L \vec{E} d\vec{l} \neq 0 \text{ và phụ thuộc vào dạng đường cong lấy tích phân.}$$

Kết luận: Một từ trường biến đổi theo thời gian sẽ sinh ra một điện trường xoáy ở không gian bao quanh.

1.2. Phương trình Maxell - Faraday

Theo định luật Faraday: suất điện động cảm ứng:

$$\xi_C = -\frac{d\phi_m}{dt}$$

Trong đó $\phi_m = \int_S \vec{B} d\vec{s}$ là từ thông qua diện tích S giới hạn bởi mạch kín.

Trong trường hợp mạch cố định trong từ trường biến thiên thì:

$$\frac{d\phi_m}{dt} = \frac{d}{dt} \int_S \vec{B} d\vec{s} = \int_S \frac{\delta \vec{B}}{\delta t} d\vec{s}$$

Theo Maxell: $\varepsilon_{cu} = \oint_L \vec{E}^* d\vec{l}$. Do đó:

$$\oint_L \vec{E}^* d\vec{l} = - \int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{s} \quad (7.1)$$

Biểu thức (7.1) là phương trình Maxell - Faraday dưới dạng tích phân- Phương trình biểu diễn quan hệ nhân quả giữa nguyên nhân là từ trường biến đổi theo thời gian và kết quả là xuất hiện điện trường xoáy. Nó cho phép ta tính được điện trường xoáy \vec{E}^* khi biết trước qui luật biến đổi của từ trường theo thời gian. Nó có giá trị như một tiên đề của thuyết Maxell.

Theo giải tích Vector: $\oint_L \vec{E}^* d\vec{l} = \int_S \text{rot} \vec{E} d\vec{S}$

$$\text{Nên: } \text{rot} \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (7.2)$$

Biểu thức (7.2) là phương trình Maxell - Faraday theo dạng vi phân.

2. Luận điểm thứ hai của Maxell - dòng điện dịch - phương trình Maxell - Ampere.

2.1. Dòng điện dịch

Trong các đoạn mạch có tụ điện dòng điện biến đổi vẫn khép kín. Rõ ràng giữa hai bản cực tụ điện không có dòng hạt mang điện, mà chỉ có một điện trường biến đổi theo thời gian, nên có thể nói rằng điện trường biến đổi theo thời gian đã đóng vai trò khép kín dòng điện trong mạch. Trong vật dẫn mật độ dòng điện là J, để đảm bảo tính liên tục của đường dòng thì trong không gian giữa hai bản cực của tụ điện phải có một mật độ dòng tương ứng. Maxell gọi là mật độ dòng giữa hai bản cực tụ điện là mật độ dòng điện dịch i_d có giá trị bằng tốc độ biến đổi của vector cảm ứng điện.

Thật vậy, ta hãy xét mật độ dòng điện dịch giữa hai bản cực một tụ phẳng rộng, điện trường bên trong tụ điện được coi là đều. Gọi là mật độ điện mặt tại thời điểm t thì:

$$D = \sigma, \quad Q = \sigma S = DS$$

$$J = \frac{dQ}{Sdt} = \frac{d\sigma}{dt} = \frac{dD}{dt}$$

Vì tính liên tục của dòng nên: $i_d = J = \frac{dD}{dt}$

Trong trường hợp tổng quát, vector cảm ứng điện có thể không đều mà thay đổi theo tọa độ, nhưng dòng điện dịch chỉ phụ thuộc vào sự thay đổi theo thời gian nên:

$$\vec{j}_d = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad (7.3)$$

Vậy, mật độ dòng điện dịch là đại lượng vector bằng đạo hàm của vector điện dịch theo thời gian.

Mặt khác từ trường là dấu hiệu cơ bản và tất yếu của mọi dòng điện nên dòng điện dịch cũng phải có một từ trường và như vậy không những chỉ có ở trong không gian của tụ điện mà bất cứ ở chỗ nào có điện trường biến đổi theo thời gian đều sinh ra một từ trường. từ đó Maxell nêu lên luận điểm thứ hai: **Một điện trường biến đổi theo thời gian sẽ sinh ra một từ trường ở không gian bao quanh.**

2.2. Phương trình Maxell - Ampe

Theo định lý Ampe: $\oint_L \vec{H} d\vec{l} = I$

Theo Maxell: $I = \oint_S (\vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) d\vec{S}$

Vậy: $\oint_L \vec{H} d\vec{l} = \oint_S (\vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) d\vec{S} \quad (7.4)$

Đó là phương trình Maxwell - Ampere dạng tích phân. Phương trình cũng có ý nghĩa tương tự như phương trình Maxwell - faraday.

Theo giải tích vector: $\oint \vec{H} d\vec{l} = \oint \text{rot} \vec{H} d\vec{S} = \oint (\vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) d\vec{S}$

Vậy $\text{rot} \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad (7.5)$

Đó là dạng vi phân của phương trình Maxwell - Ampere.

BÀI HƯỚNG DẪN 2: HỆ PHƯƠNG TRÌNH MAXWELL

Theo các luận điểm của Maxwell một từ trường biến đổi theo thời gian sẽ sinh ra một điện trường xoáy trong không gian. Do đó giữa các đại lượng đặc trưng cho điện trường và từ trường có quan hệ với các đại lượng gây ra từ trường cũng như tính chất điện từ của môi trường. các phương trình biểu diễn quan hệ đó lập thành một hệ phương trình gọi là hệ phương trình Maxwell thứ nhất. Mặt khác một điện trường biến đổi theo thời gian cũng gây ra một từ trường trong không gian, quan hệ đó được biểu diễn bằng hệ phương trình Maxwell thứ hai.

1. Hệ phương trình Maxwell thứ nhất

Phương trình Maxwell - Ampere:

$$\oint \vec{H} d\vec{l} = \oint \text{rot} \vec{H} d\vec{S} = \oint \left(\vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right) d\vec{S} \quad (7.6)$$

$$\text{Định Lý O-G: } \oint_S \vec{D} d\vec{S} = \sum_{i=1}^n q_i \quad (7.6)$$

Quan hệ giữa \vec{E} và \vec{D} đối với môi trường đồng chất và đẳng hướng

$$\vec{D} = \epsilon \epsilon_0 \vec{E} \quad (7.7)$$

$$\text{Định luật Ohm: } \vec{J} = \sigma \vec{E} \quad (7.8)$$

Hay:

$$\begin{aligned} \text{rot} \vec{H} &= \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \\ \vec{D} &= \epsilon \epsilon_0 \vec{E} \\ \text{div} \vec{D} &= \rho \\ \vec{J} &= \sigma \vec{E} \end{aligned} \quad (7.8)$$

2. Hệ phương trình Maxwell thứ hai

Phương trình Maxwell Faraday:

$$\oint_L \vec{E}^* d\vec{l} = - \oint_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S} \quad (7.9)$$

Định lý O-G đối với từ trường:

$$\oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0 \quad (7.10)$$

Qua hệ giữa \vec{B} và \vec{H} trong môi trường đồng chất và đẳng hướng.

$$\vec{B} = \mu \mu_0 \vec{H} \quad (7.11)$$

Hay dưới dạng vi phân:

$$\left. \begin{aligned} \text{rot} \vec{E} &= - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \\ \vec{B} &= \mu \mu_0 \vec{H} \\ \text{div} \vec{B} &= 0 \end{aligned} \right\} (7.12)$$

Ý nghĩa: Hai hệ phương trình Maxell bao gồm tất cả các định luật cơ bản về các hiện tượng điện từ.

Từ hệ phương trình này không những có thể giải thích được các hiện tượng điện và từ mà còn có thể tiên đoán trước những hiện tượng quan trọng như:

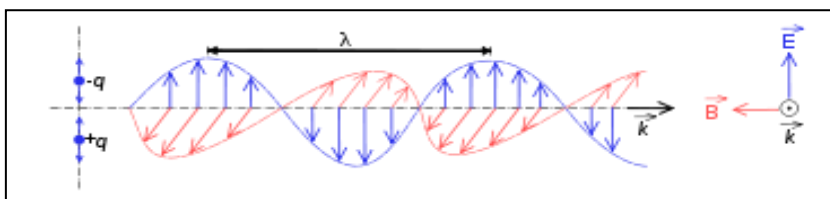
- Đó là sự tồn tại của sóng điện từ trước khi người ta tiên đoán được bằng thực nghiệm.
- Đã xây dựng nên lý thuyết điện từ về ánh sáng. Ánh sáng là một sóng điện từ.

BÀI HƯỚNG DẪN 3: SÓNG ĐIỆN TỪ

1. Sự hình thành sóng điện từ

1.1. Thí nghiệm Hertz:

Nối một nguồn xoay chiều cao tần vào hai đầu của ống dây tự cảm L và L', hai đầu còn lại của L và L' nối với hai thanh kim loại có hai quả cầu kim loại A, B khá gần nhau. Khi điều chỉnh hiệu điện thế và khoảng cách giữa A, B sao cho có hiện tượng phóng điện giữa A, B thì tại mọi điểm trong không gian lân cận A và B đều có một cặp vectơ cường độ điện trường \vec{E} và cường độ từ trường \vec{H} biến thiên theo thời gian.



1.2. Sự tạo thành sóng điện từ:

Kết quả của thí nghiệm Hertz được giải thích bằng hai luận điểm của Maxell. Khi có sự phóng điện, điện trường giữa A và B giảm, \vec{E} biến đổi theo thời gian, theo luận điểm thứ hai của Maxell, điện trường biến đổi ở O sẽ sinh ra một từ trường nghĩa là tại các điểm M, M₁, M₂... xuất hiện các vectơ cường độ điện trường H, H₁, H₂... cũng biến đổi theo thời gian. Theo luận điểm thứ nhất của Maxell, từ trường biến đổi theo thời gian lại sinh ra một điện trường xoáy, do đó tại các điểm M, M₁, M₂... lại xuất hiện các vectơ cường độ điện trường E, E₁, E₂,...

Như vậy: trong quá trình phóng điện giữa A và B cặp vectơ \vec{E}, \vec{H} luôn chuyển hoá cho nhau và được truyền từ điểm này sang điểm khác trong không gian, quá trình truyền đó tạo thành sóng điện từ. Sóng điện từ là trường điện từ biến đổi truyền đi trong không gian.

2. Phương trình của sóng điện từ

Sóng điện từ là sự lan truyền của trường điện từ nên phương trình truyền sóng điện từ có dạng

$$\begin{cases} \nabla^2 \vec{E} - \mu\mu_0 \varepsilon\varepsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0 \\ \nabla^2 \vec{H} - \mu\mu_0 \varepsilon\varepsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2} = 0 \end{cases} \quad (7.13)$$

Phương trình được viết trong môi trường không có dòng điện và điện tích tự do, nên sóng được gọi là sóng điện từ tự do.

Nghiệm của phương trình có dạng:

$$\left. \begin{aligned} \vec{E} &= f\left(t \pm \frac{\vec{r}}{v}\right) \\ \vec{H} &= f\left(t \pm \frac{\vec{r}}{v}\right) \end{aligned} \right\} \quad (7.14)$$

Trong trường hợp đơn giản nhất là sóng hình sin truyền theo chiều dương của trục Ox:

Cường độ điện trường:

$$E = E_0 \cos(t - x/v) \quad (7.15)$$

Thay (7.14) vào (7.13), dễ dàng thấy nó nghiệm đúng phương trình (7.13)

Cường độ từ trường H:

$$\frac{\partial E}{\partial t} = -E_0 \omega \sin \omega \left(t - \frac{x}{v} \right) \quad (7.16)$$

$$\text{Ta có: } \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} = -\frac{\partial \vec{D}}{\partial t} = -\varepsilon \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (7.17)$$

$$\Rightarrow H = \int \frac{\partial H}{\partial x} dx = \varepsilon \varepsilon_0 \omega E_0 \int \sin \omega \left(t - \frac{x}{v} \right) dx = \varepsilon \varepsilon_0 v E_0 \cos \omega \left(t - \frac{x}{v} \right) + C$$

Với C là hằng số tích phân ứng với một cường độ từ trường không đổi nào đó. nhưng ta chỉ xét các đại lượng dao động nên ta có thể chọn $C = 0$:

$$H = \sqrt{\frac{\varepsilon \varepsilon_0}{\mu \mu_0}} E_0 \cos \omega \left(t - \frac{x}{v} \right) \quad (7.18)$$

So sánh (6.16) và (6.17) ta thấy điện trường và từ trường biến đổi đồng pha với nhau.

Trong sóng điện từ, vectơ cường độ điện trường \vec{E} và từ trường \vec{H} có giá trị tỷ lệ với nhau.

$$\sqrt{\varepsilon \varepsilon_0} E = \sqrt{\mu \mu_0} H$$

3. Các tính chất cơ bản

Từ hệ phương trình Maxell và từ thực nghiệm người ta rút ra những kết luận sau đây về các tính chất của sóng điện từ:

a. Sóng điện từ tồn tại cả trong môi trường vật chất và chân không.

b. Sóng điện từ là một sóng ngang: tại mỗi điểm trong khoảng không gian có sóng điện từ \vec{E} , \vec{H} và \vec{V} vuông góc với nhau tạo thành một tam diện thuận.

c. Vận tốc truyền sóng điện từ trong môi trường đồng chất và đẳng hướng cho bởi:

$$v = \frac{C}{\sqrt{\epsilon\mu}} = \frac{C}{n}$$

4. Thang sóng điện từ

Mỗi sóng điện từ có một tần số xác định ta gọi là một sóng điện từ đơn sắc. Khi truyền trong môi trường đồng tính và đẳng hướng sóng điện từ đơn sắc có một bước sóng xác định.

Gọi λ là bước sóng, n là tần số, T là chu kỳ của sóng điện từ đơn sắc trong một môi trường nào đó: $V = \frac{\lambda}{T}$ và

$$\lambda = vT = \frac{v}{\nu} = \frac{\lambda_0}{n}$$

Trong đó $\lambda_0 = C.T$ là bước sóng điện từ đơn sắc trong chân không, nó có giá trị lớn nhất so với bước sóng trong môi trường chất.

Để phân loại sóng điện từ, người ta lập một bảng ghi tên các loại sóng điện từ theo thứ tự từ bước sóng lớn đến bước sóng nhỏ gọi là thang sóng điện từ. Ngày nay thang sóng điện từ được phủ kín không còn khoảng trống.

Câu hỏi & Bài tập

1. Hãy giải thích theo cách của bạn, một từ trường biến thiên sinh ra một điện trường.
2. Hãy kể một số tính chất khác nhau giữa sóng radio và sóng ánh sáng nhìn thấy được. Những tính chất nào của chúng giống nhau ?
3. Sóng điện từ có thể bị làm lệch hướng bởi một từ trường, một điện trường không?
4. Một tụ điện phẳng, các bản cực hình tròn bán kính R , được tích điện đều ($\sigma > 0$). Tìm:

a/. Biểu thức của từ trường cảm ứng ở các điểm bán kính r khác nhau ($r \ll R$, $r = R$ và $r \gg R$)

b/. Dòng điện dịch.

Câu hỏi trắc nghiệm chương 7

1. Trong sợi dây dẫn đang có dòng điện xoay chiều chạy qua thì:
 - A. Có cả dòng điện dịch và dòng điện dẫn.
 - B. Có dòng điện dịch, không có dòng điện dẫn.
 - C. Có dòng điện dẫn, không có dòng điện dịch.
 - D. A, C đúng.
2. Trong lòng tụ điện đang mắc với nguồn điện xoay chiều thì:
 - A. Có cả dòng điện dịch và dòng điện dẫn.

- B. Có dòng điện dịch, không có dòng điện dẫn.
 C. Có điện trường xoáy, không có điện trường tĩnh.
 D. A, C đúng.
3. Trong mạch dao động gồm điện trở thuần R, tụ điện C và cuộn cảm L có điện trở thuần. Không có nhiệt Joule-Lenz tỏa ra ở:
 A. Điện trở R. B. Cuộn cảm L. C. Tụ điện C. D. Dây dẫn
4. Chọn phát biểu sai:
 A. Nơi nào có điện trường biến thiên theo thời gian, ở đó có từ trường.
 B. Nơi nào có từ trường biến thiên theo thời gian, ở đó có điện trường.
 C. Dòng điện dịch không phải là dòng chuyển dịch của các điện tích.
 D. Điện trường xoáy là điện trường do các điện tích gây ra.
5. Phương trình Maxwell-Faraday dạng tích phân: $\oint_L \vec{E} d\vec{l} = - \int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S}$, trong đó:
 A. \vec{E} là vectơ cường độ điện trường lạ.
 B. Vế trái là lưu số vectơ cường độ điện trường dọc theo đường cong kín L.
 C. Vế phải là từ thông gởi qua mặt (S).
 D. A, B, C đúng.
6. Phương trình Maxwell-Ampere dạng tích phân: $\oint_L \vec{H} d\vec{l} = \int_S \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} d\vec{S}$, trong đó:
 A. \vec{J} là vectơ mật độ dòng điện dẫn, $\frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$ là vectơ mật độ dòng điện dịch.
 B. Vế trái là lưu số vectơ cường độ từ trường dọc theo đường cong kín L.
 C. Biểu thức định lý Ampere về dòng điện toàn phần là trường hợp riêng của phương trình trên.
 D. A, B, C đúng.
7. Một điện tích $q = 4,5 \cdot 10^{-9}$ C đặt giữa hai bản của một tụ điện phẳng có điện dung $C = 1,78 \cdot 10^{-11}$ F. Điện tích đó chịu tác dụng của một lực bằng $F = 9,0 \cdot 10^{-5}$ N. Điện trường E của tụ là:
 A. $E = 3 \cdot 10^5$ (V/m) B. $E = 3 \cdot 10^4$ (V/m).
 C. $E = 2 \cdot 10^4$ (V/m) D. $E = 2 \cdot 10^5$ (V/m)
8. Cặp vectơ nào sau đây có vai trò tương đương trong hai lĩnh vực Điện- Từ:
 A. Vectơ cường độ điện trường \vec{E} và vectơ cường độ từ trường \vec{H} .
 B. Vectơ cảm ứng điện \vec{D} và vectơ cảm ứng từ \vec{B} .
 C. Điện tích điểm dq và phần tử dòng điện $I d\vec{l}$
 D. Vectơ cường độ điện trường \vec{E} và vectơ cảm ứng từ \vec{B} .

Chương 8

BẢN CHẤT SÓNG, HẠT CỦA ÁNH SÁNG, HIỆN TƯỢNG GIAO THOA, NHIỄU XẠ.

BÀI HƯỚNG DẪN 1 : MỘT SỐ KHÁI NIỆM CƠ BẢN

Mục tiêu:

Kiến thức: Hiểu biết các khái niệm về sóng, ánh sáng, bức xạ; định lý cơ bản về sóng.

Kỹ năng: Tư duy thông qua các khái niệm, cơ sở thực nghiệm của thuyết điện từ về ánh sáng.

Thái độ: Khách quan thông qua việc thừa nhận sự tồn tại ánh sáng là điện từ.

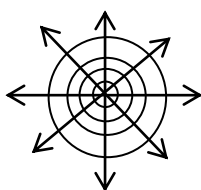
1. Sóng

Sóng là quá trình truyền pha của dao động. Dựa vào cách truyền sóng, người ta chia sóng thành hai loại : sóng ngang và sóng dọc.

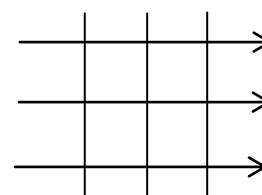
Sóng ngang là loại sóng mà phương dao động của các phần tử vuông góc với phương truyền sóng.

Sóng dọc là sóng mà phương dao động của các phần tử trùng với phương truyền sóng.

Không gian có sóng truyền qua được gọi là *trường sóng*. *Mặt sóng* là quỹ tích những điểm dao động cùng pha trong trường sóng. Giới hạn giữa phần môi trường mà sóng đã truyền qua và chưa truyền tới gọi là *mặt đầu sóng*. Nếu sóng có mặt đầu sóng là mặt cầu thì được gọi là *sóng cầu* và nếu mặt đầu sóng là mặt phẳng thì được gọi là *sóng phẳng*. Đối với môi trường đồng chất và đẳng hướng, nguồn sóng nằm ở tâm của mặt đầu sóng cầu, tia sóng (phương truyền sóng) vuông góc với mặt đầu sóng (Hình 7.1). Nếu nguồn sóng ở rất xa phần môi trường mà ta khảo sát thì mặt sóng là những mặt phẳng song song, các tia sóng là những đường thẳng song song với nhau và vuông góc với các mặt sóng (Hình 7.2)



Hình 8.1. Sóng cầu



Hình 8.2 Sóng phẳng

2. Bức xạ

Mọi vật đều có khả năng phát sóng điện từ (tia hồng ngoại, ánh sáng nhìn thấy hoặc tia tử ngoại) khi chịu một số tác dụng vật lý hoặc hóa học xác định. Khi vật phát sóng điện từ (do chuyển động có gia tốc của các điện tích), người ta nói vật đó *bức xạ* (phát xạ).

Bức xạ là dạng năng lượng, nên sự bức xạ của vật bao giờ cũng kèm theo sự mất năng lượng. Để duy trì sự bức xạ, vật phải tiêu hao nội năng hoặc nó nhận năng lượng từ bên ngoài, dưới dạng một dạng khác để bù lại phần năng lượng đã mất. Tùy theo dạng năng lượng tiêu thụ, ta chia thành các loại như sau :

2.1. Quá trình hóa phát quang : Quá trình bức xạ do các phản ứng hóa học xảy ra trong vật gây nên

Thí dụ: Sự phát sáng của phốt-pho là do quá trình oxi hóa chậm phốt-pho trong không khí. Trong quá trình này, 1 phần năng lượng được giải phóng biến thành năng lượng bức xạ. Sự phát sáng chấm dứt khi phản ứng hóa học kết thúc.

2.2. Quá trình quang phát quang : Quá trình trong đó vật hấp thụ một bức xạ và phát một bức xạ có bước sóng khác (thường có bước sóng lớn hơn bước sóng của bức xạ bị hấp thụ).

Thí dụ : Sự phát sáng của tinh thể sunfua kẽm (ZnS) khi nó được rọi sáng bằng một chùm tia tử ngoại.

2.3. Sự phát sáng trong các cột khí : Sự phát sáng trong các cột khí xảy ra khi có dòng điện chạy qua (trong đèn neon, hồ quang) được gọi là *điện phát quang*. Trong trường hợp này, năng lượng dùng để bức xạ được dòng điện cung cấp cho nguyên tử, phân tử thông qua các va chạm với các electron được gia tốc mạnh trong điện trường.

2.4. Quá trình bức xạ nhiệt : Là quá trình trong đó vật bức xạ đơn thuần do được nung nóng đến nhiệt độ cao. Trong quá trình này, vật nhận nhiệt lượng của môi trường xung quanh và lại bức xạ ra môi trường đó mà trạng thái của vật không đổi.

3. Ánh sáng.

3.1. Tư tưởng cơ bản của thuyết điện từ về ánh sáng

Tư tưởng cơ bản của thuyết điện từ về ánh sáng là quan niệm về sự thống nhất *giữa các hiện tượng điện từ và hiện tượng quang học*. Thuyết điện từ ánh sáng đã giải đáp được câu hỏi về bản chất ánh sáng. *Ánh sáng là một loại sóng điện từ* do đó là một thực thể vật lý.

3.2. Cơ sở thực nghiệm của thuyết điện từ ánh sáng

Những thí nghiệm giao thoa, nhiễu xạ ánh sáng khẳng định ánh sáng có tính chất sóng. Những thí nghiệm về sự phân cực ánh sáng cho thấy ánh sáng là một sóng ngang.

Thí nghiệm Faraday về sự quay mặt phẳng phân cực của ánh sáng trong từ trường cho thấy giữa các hiện tượng quang học và hiện tượng điện từ có quan hệ với nhau. Ánh sáng có thể gây ra các tác dụng điện từ trong các môi trường chất. Ngược lại điện trường và từ trường cũng có tác dụng lên những tính chất quang học của các môi trường.

Thí nghiệm đo vận tốc ánh sáng cho thấy vận tốc truyền ánh sáng bằng vận tốc truyền sóng điện từ trong cùng một môi trường. Sóng ánh sáng và sóng điện từ đều truyền được trong chân không với cùng một vận tốc 3.10^8 m/s.

Nhiều hiện tượng quang học như phản xạ, khúc xạ, tán xạ, tán sắc,... và các hiện tượng điện từ có thể giải thích được từ cùng một lí thuyết chung “lí thuyết electron của Lorentz”. Thuyết electron còn có thể tiên đoán được một số hiện tượng quang học khác mà sau đó thực nghiệm đã xác nhận là đúng.

Bản chất điện từ của ánh sáng còn được xác nhận bằng việc sóng ánh sáng đã phủ kín thang sóng điện từ.

3.3. Thuyết điện từ về ánh sáng của Maxwell

Ánh sáng là sóng điện từ, nghĩa là trường điện từ biến thiên theo thời gian truyền đi trong không gian. Sóng ánh sáng là sóng ngang, bởi vì trong sóng điện từ vector cường độ điện

trường \vec{E} và vectơ cảm ứng từ \vec{B} luôn dao động vuông góc với phương truyền sóng. Khi ánh sáng truyền đến mắt, vectơ cường độ điện trường tác dụng lên võng mạc gây nên cảm giác sáng. Do đó, vectơ cường độ điện trường trong ánh sáng gọi là vectơ sáng.

Người ta biểu diễn sóng ánh sáng bằng dao động của vectơ sáng \vec{E} vuông góc với phương truyền sóng.

Mỗi sóng có bước sóng λ_0 xác định gây nên cảm giác sáng về một màu sắc xác định và gọi là ánh sáng đơn sắc. Tập hợp các ánh sáng đơn sắc có bước sóng λ_0 nằm trong khoảng từ $0,4\mu\text{m}$ đến $0,76\mu\text{m}$ tạo thành ánh sáng trắng.

4. Định lý Malus về quang lộ

4.1. Quang lộ

Xét hai điểm A, B trong một môi trường đồng tính chiết suất n , cách nhau một đoạn bằng d . Thời gian ánh sáng đi từ A đến B là $t = \frac{d}{V}$, trong đó V là vận tốc ánh sáng trong môi trường.

Quang lộ giữa hai điểm A và B là đoạn đường ánh sáng truyền được trong chân không trong khoảng thời gian t cần thiết để sóng ánh sáng đi hết đoạn đường d trong môi trường chiết suất n :

$$L = ct = c \frac{d}{V} = nd \quad (8.1)$$

Chiết suất $n = \frac{c}{V}$ với c là vận tốc ánh sáng trong chân không.

Như vậy, khi ánh sáng truyền trong môi trường chất, với việc sử dụng khái niệm quang lộ chúng ta đã chuyển quãng đường ánh sáng đi được trong môi trường chiết suất n sang quãng đường tương ứng trong chân không là c thay cho vận tốc V truyền trong môi trường.

Nếu ánh sáng truyền qua nhiều môi trường chiết suất n_1, n_2, n_3, \dots với các quãng đường tương ứng d_1, d_2, d_3, \dots thì quang lộ sẽ là :

$$L = \sum_{i=1}^n n_i d_i \quad (8.2)$$

Nếu ánh sáng truyền trong môi trường mà chiết suất thay đổi liên tục thì ta chia đoạn đường AB thành các đoạn đường nhỏ dl để coi chiết suất không đổi trên mỗi đoạn nhỏ dl đó và quang lộ sẽ là :

$$L = \int_A^B n dl \quad (8.3)$$

Định lý Malus : Quang lộ của các tia sáng giữa hai mặt trực giao của một chùm sáng thì bằng nhau . (Mặt trực giao là mặt vuông góc với các tia của một chùm sáng)

5. Hàm sóng ánh sáng

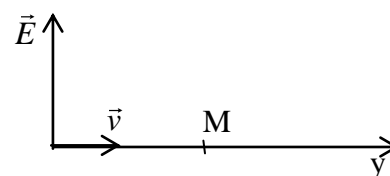
Xét sóng ánh sáng phẳng đơn sắc truyền theo phương y với vận tốc v trong môi trường chiết suất n. Giả sử tại O phương trình của dao động sáng là :

$$x(O) = A \cos \omega t$$

Thì tại điểm M cách O một đoạn d, phương trình dao động sáng là :

$$x(M) = A \cos \omega(t - \tau) = A \cos \omega(t - \frac{L}{c})$$

$$x(M) = A \cos(\omega t - \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{L}{c}) = A \cos(\omega t - \frac{2\pi L}{\lambda}) \quad (8.4)$$



Hình 8.3

Trong đó τ là thời gian ánh sáng truyền từ O đến M, L là quang lộ trên đoạn đường OM, λ là bước sóng ánh sáng trong chân không, A là biên độ dao động và $\varphi = \frac{2\pi L}{\lambda}$ là pha ban đầu. Phương trình (8.4) được gọi là hàm sóng ánh sáng

6. Cường độ sáng

Cường độ sáng đặc trưng cho độ sáng tại mỗi điểm trong không gian có ánh sáng truyền qua.

Cường độ sáng tại một điểm là đại lượng có trị số bằng năng lượng trung bình của sóng ánh sáng truyền qua một đơn vị diện tích đặt vuông góc với phương truyền sáng trong một đơn vị thời gian.

Mật độ năng lượng của sóng điện từ tỉ lệ thuận với bình phương biên độ của vector cường độ điện trường nên cường độ sáng tại một điểm tỉ lệ với bình phương biên độ dao động sáng tại điểm đó:

$$I = kA^2, \text{ trong đó } k \text{ là hệ số tỉ lệ.}$$

Khi nghiên cứu các hiện tượng giao thoa, nhiễu xạ đặc trưng cho tính chất sóng của ánh sáng, người ta chỉ cần so sánh cường độ sáng tại các điểm khác nhau mà không cần tính cụ thể giá trị của cường độ sáng, do đó quy ước lấy $k=1$.

Cường độ sáng của một nguồn (điểm) I theo phương x là tỉ số giữa quang thông $d\Phi$ mà nguồn phát ra trong góc khối $d\Omega$ bao quanh phương x, $I_x = d\Phi/d\Omega$.

Đơn vị cường độ ánh sáng là candela, kí hiệu cd, là đơn vị cơ bản của hệ SI.

Nguyên lý chồng chất các sóng

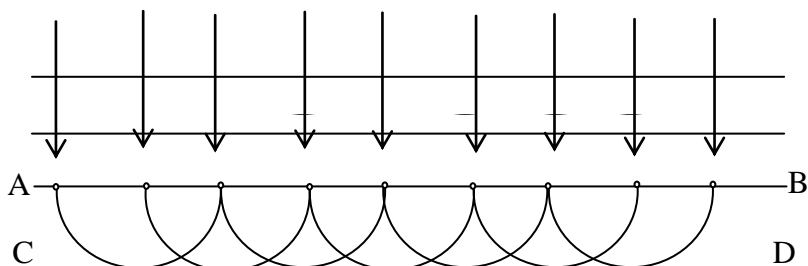
Khi có hai hay nhiều sóng ánh sáng truyền tới giao nhau tại một điểm nào đó trong không gian thì sự tổng hợp của các sóng tuân theo nguyên lý chồng chất các sóng. Nguyên lý này được phát biểu như sau :

« Khi hai hay nhiều sóng ánh sáng gặp nhau thì từng sóng riêng biệt không bị các sóng khác làm cho nhiễu loạn. Sau khi gặp nhau, các sóng ánh sáng vẫn truyền đi như cũ, còn lại những điểm gặp nhau dao động sáng bằng tổng các dao động sáng thành phần »

Nguyên lý Huyghens – Fresnell

Nguyên lý Huyghens được phát biểu như sau: « Mỗi điểm trong không gian nhận được sóng sáng từ nguồn sáng thực S truyền đến đều trở thành nguồn sáng thứ cấp phát sóng sáng về phía trước nó »

Nguyên lý này được mô tả đơn giản như hình 8.4 : Sóng phẳng được phát ra từ nguồn sáng ở vô cùng tới mặt AB, tất cả các điểm trên mặt sóng AB đều trở thành nguồn thứ cấp và lại phát sóng



Hình 8.4

cầu về phía trước, bao hình CD của tất cả các sóng cầu này lại trở thành mặt sóng.

BÀI HƯỚNG DẪN 2: HIỆN TƯỢNG GIAO THOA ÁNH SÁNG

Mục tiêu:

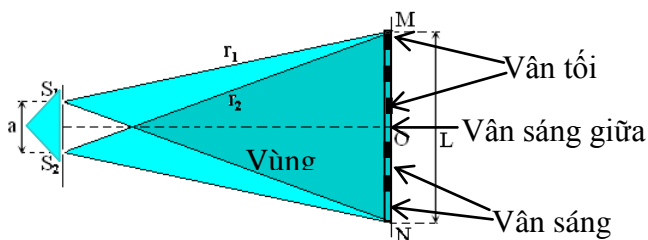
Kiến thức: Hiểu biết về hiện tượng giao thoa ánh sáng.

Kỹ năng: Tư duy phân tích và tổng hợp hiện tượng thông qua việc vận dụng nguyên lý Huyghens để giải thích hiện tượng giao thoa.

Thái độ: Trung thực, khách quan thông qua hiện tượng tự nhiên; vận dụng nguyên lý Huyghens để giải thích hiện tượng giao thoa.

1. Hiện tượng giao thoa ánh sáng

Hiện tượng giao thoa ánh sáng là hiện tượng gặp nhau của hai hay nhiều sóng ánh sáng kết hợp, kết quả là trong trường giao thoa sẽ xuất hiện những miền sáng và những miền tối gọi là những vân giao thoa.



Hình 8.5a

Điều kiện giao thoa: hiện tượng giao thoa chỉ xảy ra đối với sóng sáng kết hợp.

Sóng sáng kết hợp là những sóng có hiệu số pha không thay đổi theo thời gian

Nguyên tắc chung để tạo ra hai sóng kết hợp là từ một đoàn sóng duy nhất bằng cách tách nó thành hai sóng riêng biệt.

2. Khảo sát hiện tượng giao thoa:

2.1. Điều kiện cực đại, cực tiểu giao thoa

Xét hai nguồn sáng đơn sắc kết hợp S_1 và S_2 có phương trình dao động sáng:

$$x(S_1) = A_1 \cos \omega t$$

$$x(S_2) = A_2 \cos \omega t$$

Tại A ta nhận được hai dao động sáng:

$$x_1 = A \cos \left(\omega t - \frac{2\pi L_1}{\lambda} \right)$$

$$x_2 = A \cos \left(\omega t - \frac{2\pi L_2}{\lambda} \right)$$

L_1, L_2 là quang lộ trên đoạn đường d_1 và d_2 .

Vì khoảng cách $S_1 S_2$ nhỏ hơn rất nhiều so với khoảng cách từ mặt phẳng của hai khe đến màn quan sát nên ta coi đây là trường hợp tổng hợp của hai dao động cùng phương, cùng tần số. Ta biết rằng biên độ dao động sáng tổng hợp tại M phụ thuộc vào hiệu số pha của hai dao động :

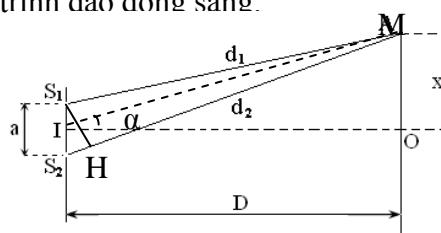
$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} (L_2 - L_1) \quad (8.5)$$

Nếu hai dao động cùng pha, hiệu số pha $\Delta\varphi = 2k\pi$, thì biên độ dao động sáng tổng hợp tại M sẽ có giá trị cực đại và cường độ sáng tại điểm M là cực đại. Như vậy điều kiện để có cực đại giao thoa là :

$$\begin{aligned} \Delta\varphi &= \frac{2\pi}{\lambda} (L_2 - L_1) = 2k\pi \\ \Rightarrow L_2 - L_1 &= k\lambda \quad \text{với } k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \end{aligned} \quad (8.6)$$

Nếu hai dao động ngược pha, hiệu số pha $\Delta\varphi = (2k\pi + 1)$, thì biên độ dao động sáng tổng hợp tại M sẽ có giá trị cực tiểu và cường độ sáng tại điểm M là cực tiểu. Như vậy điều kiện để có cực tiểu giao thoa là :

$$\begin{aligned} \Delta\varphi &= \frac{2\pi}{\lambda} (L_2 - L_1) = (2k\pi + 1) \\ \Rightarrow L_2 - L_1 &= (2k + 1) \frac{\lambda}{2} \quad \text{với } k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \end{aligned} \quad (8.7)$$



Hình 8.5b

2.2. Vị trí vân giao thoa

Hệ thống khe Young như hình 8.5, được đặt trong không khí. Xét điểm M trên màn, cách điểm O một khoảng x. Từ S₁ kẻ S₁H ⊥ S₂M. Vì S₁S₂ = a rất nhỏ so với khoảng cách D từ hai khe đến màn nên S₂H ≈ r₂ - r₁ ≈ asinα ≈ atgα và

$$r_2 - r_1 = \frac{ax}{D} \quad (7.8)$$

Hệ thống khe Young đặt trong không khí nên L₂ - L₁ = r₂ - r₁. Từ điều kiện cực đại, cực tiểu giao thoa ta dễ dàng tìm được vị trí vân sáng, vị trí vân tối.

Vị trí vân sáng (cực đại giao thoa):

$$\begin{aligned} r_2 - r_1 &= \frac{ax_s}{D} = k\lambda \\ \Rightarrow x_s &= k \frac{\lambda D}{a}, \quad \text{với } k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \end{aligned} \quad (8.8)$$

Vị trí vân tối (cực tiểu giao thoa):

$$\begin{aligned} r_2 - r_1 &= \frac{ax_t}{D} = (2k + 1) \frac{\lambda}{2} \\ \Rightarrow x_t &= (2k + 1) \frac{\lambda D}{2a}, \quad \text{với } k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \end{aligned} \quad (8.9)$$

Từ các công thức (8.8) và (8.9) ta thấy ảnh giao thoa trên màn có các đặc điểm :

- Với k = 0 thì x_s = 0, tức là gốc O trùng với vân cực đại giao thoa. Vân này được gọi là vân cực đại giữa.

- Với các vân cực đại giao thoa ứng với k = ± 1, ± 2, ... và các vân cực tiểu giao thoa nằm xen kẽ cách đều nhau cả hai phía đối với cực đại giữa.

Khoảng vân là khoảng cách giữa hai vân sáng hoặc hai vân tối liên tiếp nhau

$$i = x_{k+1} - x_k = \frac{\lambda D}{a} \quad (8.10)$$

3. Giao thoa với ánh sáng trắng

Nếu S₁, S₂ là nguồn phát ra ánh sáng trắng (được phát ra từ một nguồn sáng trắng nào đó) bao gồm nhiều thành phần đơn sắc có bước sóng nằm trong giới hạn 0,4μm < λ < 0,76μm, mỗi thành phần đơn sắc cho một hệ vân giao thoa riêng có vị trí phụ thuộc vào bước sóng.

Với vân sáng bậc 0 (k = 0), mọi thành phần đều cho một vân sáng, các vân này trùng khít lên nhau tại C, nên tại C ta thu được một vân sáng trắng gọi là vân sáng trung tâm.

Với vân sáng bậc 1 ($k = \pm 1$) các thành phần đơn sắc tách rời nhau tạo thành hai dãy màu cầu vồng ở hai bên vân sáng trung tâm, màu tím ở trong, màu đỏ ở ngoài.

Với những bậc giao thoa lớn hơn, có sự chồng chất của một số các vân sáng đơn sắc khác nhau thoả mãn điều kiện:

$$k_1 \lambda_1 = k_2 \lambda_2 \quad (8.11)$$

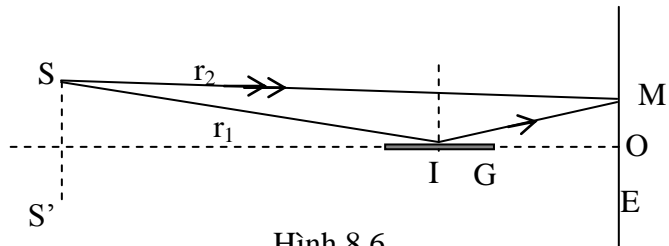
Với $|k|$ khá lớn, các vân đơn sắc chồng lên nhau nhiều đến nỗi ta không phân biệt được các vân nữa và chỉ thấy một màu trắng. Màu trắng này không đủ các thành phần đơn sắc như màu của vân sáng trung tâm nên gọi là màu trắng bậc cao.

4. Giao thoa gây bởi bản mỏng

Khi nhìn lên những bản mỏng, thí dụ bong bóng xà phòng, ván dầu trên mặt nước... ta thấy các màu sắc rất đẹp. Các màu sắc đó có được là do sự giao thoa của các tia phản xạ trên hai mặt bản mỏng gây nên. Trong phần này chúng ta sẽ nghiên cứu hiện tượng giao thoa gây bởi bản mỏng.

4.1. Giao thoa do phản xạ

Xét thí nghiệm Lloyd: gồm gương G được bôi đen phía sau, chiết suất của thủy tinh lớn hơn chiết suất của không khí $n_{tt} > n_{kk}$. Nguồn sáng S rộng và cách xa. Màn E được đặt vuông góc với E sẽ nhận được hai tia sáng từ S gửi đến. Tia sáng truyền trực tiếp SM và tia SIM phản xạ trên gương, sau đó đến M. Hai tia này tạo giao thoa với nhau.



Hình 8.6

Theo lý thuyết :

- Nếu $r_1 - r_2 = L_1 - L_2 = k\lambda$ thì điểm M sáng,
- Nếu $r_1 - r_2 = L_1 - L_2 = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$ thì điểm M là tối.

Tuy nhiên theo thực nghiệm, những điểm lý thuyết dự đoán là sáng thì kết quả lại là tối và ngược lại những điểm lý thuyết dự đoán là tối thì lại sáng. Vậy hiệu số pha dao động của hai tia sáng trong trường hợp này không phải là $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(L_2 - L_1)$ mà phải là

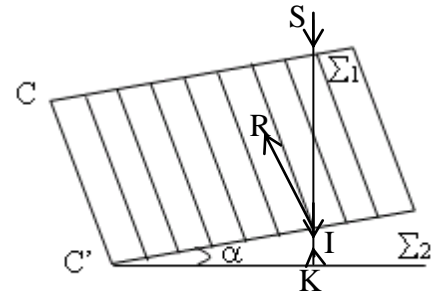
$$\Delta\varphi = \left[\frac{2\pi}{\lambda}(L_2 - L_1) + \pi \right]$$

Để $\Delta\varphi$ thêm một lượng π thì pha dao động của một trong hai tia phải thay đổi một lượng π . Vì tia SM truyền trực tiếp từ nguồn đến M, nên chỉ có tia phản xạ trên gương mới thay đổi, cụ thể là pha dao động của nó sau khi phản xạ sẽ thay đổi một lượng π . Tương đương với việc pha thay đổi một lượng là π thì quang lộ của nó thay đổi một lượng là :

$$\varphi_1 = \frac{2\pi}{\lambda} L_1 \quad \Rightarrow \quad \varphi'_1 = \frac{2\pi}{\lambda} L_1 + \pi = \frac{2\pi}{\lambda} L'_1$$

$$\Rightarrow L'_1 = L_1 + \frac{\lambda}{2} \quad (8.12)$$

Trong đó φ_1 , L_1 là pha và quang lộ của tia sáng khi chưa tính đến sự thay đổi pha do phản xạ, còn φ'_1 , L'_1 là pha và quang lộ của tia sáng khi tính đến sự thay đổi pha do phản xạ trên thủy tinh là môi trường chiết quang hơn môi trường ánh sáng tới. Trong trường hợp phản xạ trên môi trường có chiết suất nhỏ hơn chiết suất môi trường ánh sáng tới thì pha dao động và quang lộ của tia phản xạ không thay đổi. Thí dụ : Ánh sáng truyền trong môi trường thủy tinh đến không khí rồi phản xạ lại.



Hình 8.7

Tóm lại, Khi phản xạ trên môi trường chiết quang hơn môi trường ánh sáng tới, pha dao động của ánh sáng thay đổi một lượng π , điều đó cũng có nghĩa tia phản xạ có quang lộ tăng một lượng $\frac{\lambda}{2}$.

4.2. Vân của nêm không khí:

Nêm không khí là một lớp không khí mỏng giới hạn giữa hai bản thủy tinh đặt nghiêng với nhau một góc α nhỏ. Mặt Σ_1 , Σ_2 là các mặt của nêm, cạnh CC' là cạnh của nêm.

Chiếu một chùm tia $SK \perp$ với mặt Σ_2 , tia SK đến I chia làm hai : Một tia phản xạ đi ra ngoài (tia SIR), một tia đi tiếp vào nêm không khí, đến K gặp Σ_2 phản xạ tại đó rồi đi ra ngoài ($SKIR$). Tại I có sự gặp nhau của hai tia phản xạ và chúng giao thoa với nhau.

$$\text{Tia SKIR có quang trình } L_1 = (SIR) + 2d + \frac{\lambda}{2}$$

$$\text{Tia SIR có quang trình } L_2 = (SIR)$$

Hiệu quang lộ của hai tia này bằng :

$$L_1 - L_2 = 2d + \frac{\lambda}{2}, \quad (d = IK)$$

Vị trí vân sáng:

$$2d_s + \frac{\lambda}{2} = k\lambda$$

$$\Rightarrow d_s = (2k-1) \frac{\lambda}{4} \quad (8.13)$$

Vị trí vân tối:

$$2d_t + \frac{\lambda}{2} = (2k+1) \frac{\lambda}{2}$$

$$\Rightarrow d_t = k \frac{\lambda}{2} \quad (7.14)$$

Vân sáng và vân tối là những đoạn thẳng song song với cạnh nêm.

4.3. Vân tròn Newton

Đặt một thấu kính phẳng lồi trên một tấm kính phẳng. Lớp không khí giữa thấu kính và tấm kính là một bản mỏng có bề dày không đổi. Nhưng những điểm có cùng bề dày nằm trên một đường tròn có tâm nằm trên trục thấu kính do đó vân giao thoa có dạng những vòng tròn gọi là vân tròn Newton. Chiếu chùm tia đơn sắc vào song song vào mặt phẳng của thấu kính thì vân giao thoa xuất hiện trên mặt thấu kính.

Vân sáng ứng với bề dày:

$$d_s = (2k - 1) \frac{\lambda}{2} \quad (8.15)$$

Vân tối:

$$d_t = k \frac{\lambda}{2} \quad (8.16)$$

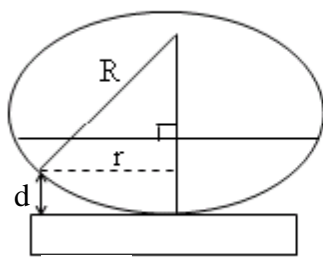
Bán kính của các vân sáng r_s và vân tối r_t :

$$r^2 = R^2 - (R^2 - d)^2 = 2Rd - d^2$$

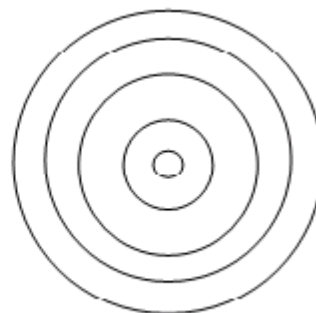
Vì $d \ll R$ nên có thể bỏ qua $d^2 \Rightarrow r \approx \sqrt{2Rd}$

Bán kính vân sáng: $r_s = \sqrt{R(2k - 1) \frac{\lambda}{2}}$ (8.17), trong đó R là bán kính của thấu kính

Bán kính vân tối: $r_t = \sqrt{R\lambda} \cdot \sqrt{k}$ (8.18)



Hình 8.8a



Hình 8.8b

Câu hỏi & Bài tập

1. Nêu ba cách tạo ra sóng kết hợp.
2. Điều kiện để quan sát giao thoa là:
 - a) Có sự gặp nhau của các dao động sáng cùng phương.
 - b) Có sự gặp nhau của các dao động sáng cùng bước sóng.

- c) Có sự gặp nhau của các dao động sáng mà hiệu số pha không đổi.
 d) Câu a và câu c là đúng.

3. Sóng ánh sáng tại S_1, S_2 có biểu thức $u = U_0 \cos \omega t$, điểm M nằm trên phương truyền sóng của hai nguồn S_1, S_2 . Cho L_1, L_2 lần lượt là quang trình của ánh sáng từ S_1, S_2 đến M. Điều kiện để biên độ dao động sáng tại M lớn nhất, nhỏ nhất là:

- A. $L_1 - L_2 = k \lambda$, $L_1 - L_2 = k \lambda / 2$
 B. $L_1 - L_2 = k \lambda$, $L_1 - L_2 = k \left(k + 1 \right) \frac{\lambda}{2}$
 C. $L_1 - L_2 = k \lambda$, $L_1 - L_2 = k \left(k + 1 \right) \frac{\lambda}{4}$
 D. $L_1 - L_2 = k \lambda$, $L_1 - L_2 = k \left(k + 1 \right) \lambda$

4. Chiếu một chùm tia sáng S có bước sóng $\lambda = 0,6(\mu\text{m})$ vào hai khe hở hẹp song song cách nhau 1(mm) và cách đều S. Trên màn ảnh đặt song song và cách mặt phẳng chứa hai khe 1(m), ta thu được hệ thống vân giao thoa. Tính khoảng cách giữa hai vân sáng liên tiếp. Đặt trước một trong hai khe một bản mỏng phẳng, trong suốt có hai mặt song song, bề dày $e = 12(\mu\text{m})$ và có chiết suất $n = 1,5$, tìm độ dịch chuyển của hệ thống vân giao thoa.

BÀI HƯỚNG DẪN 3: ỨNG DỤNG CỦA HIỆN TƯỢNG GIAO THOA

Mục tiêu

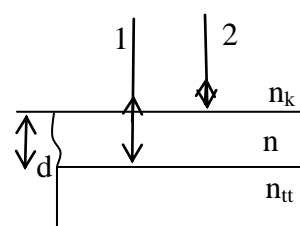
Kiến thức: Hiểu biết về ứng dụng của hiện tượng giao thoa ánh sáng vào trong kỹ thuật.

Kỹ năng: Vận dụng lý thuyết vào trong kỹ thuật.

Thái độ: Khách quan, trung thực thông qua việc vận dụng lý thuyết vào kỹ thuật.

1. Kiểm tra các mặt kính phẳng và lồi

Để kiểm tra độ phẳng của một tấm kính hoặc độ cong của một mặt cầu lồi người ta đặt chúng trên một tấm thủy tinh có độ phẳng chuẩn để tạo ra một bản mỏng hình nêm hoặc một hệ cho vân tròn Newton. Nếu tấm kính không thật phẳng hoặc mặt cầu không thật cong đều thì các vân giao thoa sẽ không thành những đường song song cách đều hoặc không phải là những vân tròn đồng tâm mà bị méo mó tại những chỗ bị lỗi.



Hình 8.9

2. Khử phản xạ các mặt kính

Chiếu một chùm sáng vào mặt một thấu kính hay lăng kính thì một phần ánh sáng sẽ bị phản xạ lại. Ánh sáng này sẽ làm ảnh bị mờ. Để khử ánh sáng phản xạ, người ta phủ lên thủy tinh một màng mỏng trong suốt, có bề dày d và chiết suất n . Khi chiếu chùm tia sáng song song theo phương vuông góc với màng mỏng thì có sự giao thoa của hai tia phản xạ, tia thứ nhất phản xạ trên mặt giới hạn màng mỏng – thủy tinh và tia thứ hai phản xạ trên mặt phân cách giữa không khí – màng mỏng. Chiết suất n và bề dày d của màng được chọn sao cho tia phản xạ ngược pha nhau. Gọi n_{kk} và n_{tt} là chiết suất của không khí và chiết suất của thủy tinh thì $n_{kk} < n < n_{tt}$. Hiệu quang lộ của hai chùm tia phản xạ thỏa mãn điều kiện cực tiểu giao thoa:

$$L_2 - L_1 = 2nd + \frac{\lambda}{2} - \frac{\lambda}{2} = 2nd = (2k+1) \frac{\lambda}{2}, \quad \lambda \text{ là bước sóng của ánh sáng chiếu tới}$$

$$\Rightarrow d = (2k+1) \frac{\lambda}{4n}$$

$$\text{Suy ra độ dày nhỏ nhất của màng mỏng là } d_{\min} = \frac{\lambda}{4n} \quad (8.19)$$

3. Đo chiết suất các chất (dùng giao thoa kế Rayleigh).

4. Đo chiều dài (dùng giao thoa kế Micheson)

Câu hỏi & Bài tập

- Hãy cho biết hiện tượng giao thoa ánh sáng là hiện tượng như thế nào? Điều kiện để có hiện tượng giao ánh sáng xảy ra là gì?
- Hãy cho biết điều kiện để có cực đại, cực tiểu giao thoa.
- Nêu một vài ứng dụng của hiện tượng giao thoa ánh sáng.
- Giải thích: Vì sau trên bông bóng xà phòng khi có tia nắng chiếu vào thì trên bông bóng xà phòng có dãy màu lấp lánh.
- Chiếu một chùm tia sáng S có bước sóng $\lambda = 0,6(\mu\text{m})$ vào hai khe hở hẹp song song cách nhau 1(mm) và cách đều S. Trên màn ảnh đặt song song và cách mặt phẳng chứa hai khe 1(m), ta thu được hệ thống vân giao thoa.
 - Tính khoảng cách giữa hai vân sáng liên tiếp.
 - Đặt trước một trong hai khe một bản mỏng phẳng, trong suốt có hai mặt song song, bề dày $e = 12(\mu\text{m})$ và có chiết suất n thì thấy hệ thống vân giao thoa dịch chuyển một đoạn $\Delta = 6(\text{mm})$. Tìm chiết suất của bản mỏng.
- Một thấu kính thủy tinh được tráng mỏng một mặt bằng một chất có chiết suất bằng 1,6 để làm giảm phản xạ từ mặt thấu kính. Cho biết ánh sáng tới vuông góc với mặt thấu kính, chiết suất của thủy tinh là 1,5. Tìm bề dày tối thiểu của lớp mỏng để khử ánh sáng phản xạ từ vùng phổ khả kiến ($\lambda = 550\text{nm}$).

BÀI HƯỚNG DẪN 4: NHIỀU XẠ ÁNH SÁNG.

Mục tiêu

Kiến thức: Hiểu biết về hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng và ứng dụng của hiện tượng vào trong kỹ thuật.

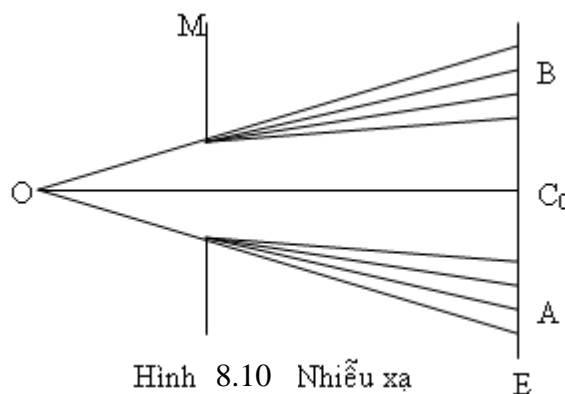
Kỹ năng: Vận dụng lý thuyết vào trong kỹ thuật.

Thái độ: Khách quan, trung thực thông qua hiện tượng nhiễu xạ; vận dụng lý thuyết vào kỹ

1. Hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng

Cho một ánh sáng từ nguồn điểm O truyền qua một lỗ tròn nhỏ trên màn chắn sáng M. Sau M đặt một màn ảnh E.

Theo định luật truyền thẳng thì trên màn ảnh E có một vệt sáng tròn đường kính AB và nếu thu nhỏ lỗ tròn thì vệt sáng cũng thu nhỏ lại. Tuy nhiên thực nghiệm cho thấy khi thu nhỏ lỗ tròn đến một mức độ nào đó thì trên màn ảnh E trong miền AB xuất hiện những vòng tròn tối và ngoài miền AB lại xuất hiện những vòng tròn sáng.

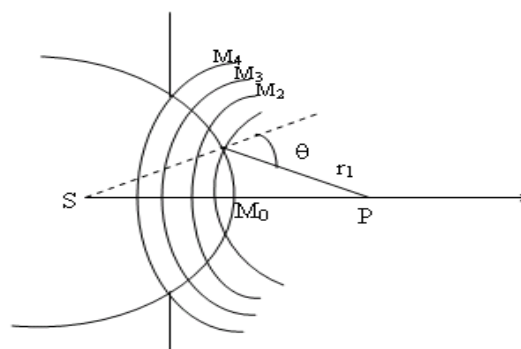


Hình 8.10 Nhiễu xạ

Đặc biệt, tại C_0 có thể sáng hoặc tối tùy theo kích thước của lỗ tròn và khoảng cách từ lỗ tới màn ảnh. Điều đó chứng tỏ khi ánh sáng qua lỗ tròn nhỏ các tia sáng bị lệch khỏi phương truyền thẳng. Hiện tượng tia sáng bị lệch khỏi phương truyền thẳng khi gần đến vật cản gọi là hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng. các vòng tròn sáng và tối gọi là vân nhiễu xạ.

2. Nhiễu xạ của một sóng cầu

Khảo sát sự nhiễu xạ của một sóng cầu đơn sắc phát ra từ nguồn điểm S, qua một lỗ tròn nhỏ. Lỗ tròn có tâm nằm trên Sx và thuộc mặt phẳng vuông góc với Sx . Gọi mặt sóng truyền qua lỗ là Σ_1 , mỗi điểm trên Σ_1 là nguồn sáng thứ cấp gây ra ở P một dao động sáng có biên độ E_i .



Hình 8.11-đới cầu Fresnel

Biên độ dao động sáng tổng hợp ở P phải thỏa mãn nguyên lý chồng chất sóng:

$$E = \sum_{i=1}^n E_i$$

Để tính E_i , Frssnell chia mặt sóng Σ_1 thành những nguồn nguyên tố bằng cách vẽ những đới cầu gọi là **đới cầu Fresnell**.

Lấy P làm tâm vẽ những mặt cầu có bán kính lần lượt là:

$$PM_0 = b; PM_1 = b + \frac{\lambda}{2}; PM_2 = b + 2\frac{\lambda}{2} \dots PM_n = b + n\frac{\lambda}{2}$$

Trong đó λ là bước sóng do S phát ra. Các mặt cầu vừa vẽ chia mặt sóng Σ_1 thành những đới fresnell. Với cách dựng như vậy, người ta chứng minh được rằng diện tích các đới cầu bằng nhau và bằng:

$$\Delta S = \frac{\pi Rb}{R+b} \quad (8.20),$$

Bán kính r_k của đới cầu thứ k bằng :

$$r_k = \sqrt{\frac{Rb\lambda}{R+b} k} \quad \text{với } k = 1, 2, \dots \quad (8.21)$$

Theo nguyên lý Huygens, mỗi đới cầu trở thành nguồn sáng thứ cấp phát sáng tới điểm P. Gọi a_k là biên độ dao động sáng do đới cầu thứ k gây ra tại P. Khi k tăng, các đới cầu càng xa điểm P và góc nghiêng θ tăng (hình 8.11), do đó a_k giảm: $a_1 > a_2 > a_3 > \dots$. Khi k khá lớn thì $a_k \approx 0$.

Vì khoảng cách từ đới cầu đến điểm P và góc nghiêng θ tăng rất chậm nên a_k giảm chậm, ta có thể xem a_k do đới cầu thứ k gây ra là trung bình cộng của a_{k-1} và a_{k+1} :

$$a_k = \frac{1}{2}(a_{k-1} + a_{k+1}) \quad (8.22)$$

Khoảng cách của hai đới cầu liền kề tới điểm P khác nhau $\frac{\lambda}{2}$. Các đới cầu đều nằm trên mặt sóng Σ , nghĩa là pha dao động sáng của tất cả các điểm trên đới cầu đều như nhau. Kết quả, hiệu số pha của hai dao động sáng do hai đới cầu liền kề gây ra tại P bằng:

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(L_2 - L_1) = \pi \quad (8.23)$$

Như vậy, hai dao động sáng đó ngược pha nhau nên chúng sẽ khử lẫn nhau. Vì P ở khá xa mặt Σ , ta có thể xem các dao động sáng do các đới cầu gây ra tại P cùng phương. Do đó, dao động sáng tổng hợp do các đới cầu gửi tới P bằng:

$$a = a_1 - a_2 + a_3 - a_4 + \dots \pm a_n \quad (8.24)$$

3 .Nhiều xạ qua lỗ tròn

Xét nguồn sáng điểm S, phát ánh sáng đơn sắc qua lỗ tròn AB trên màn chắn E đến điểm M, S và P nằm trên trục của lỗ tròn. Lấy S làm tâm dựng mặt cầu Σ tựa vào lỗ tròn AB. Lấy P làm tâm vẽ các đới cầu Fresnel trên mặt Σ . Giả sử lỗ tròn chứa n đới cầu, khi đó biên độ dao động sáng tổng hợp tại P là :

$$a = a_1 - a_2 + a_3 - a_4 + \dots \pm a_n$$

Ta có thể viết:

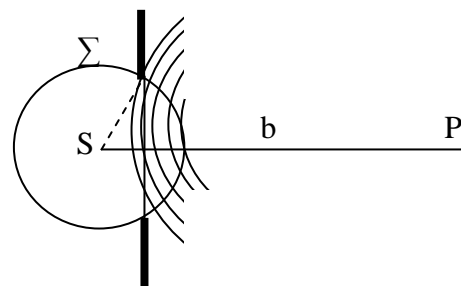
$$a = \frac{a_1}{2} + \left(\frac{a_1}{2} - a_2 + \frac{a_3}{2} \right) + \left(\frac{a_3}{2} - a_4 + \frac{a_5}{2} \right) + \dots + \begin{cases} \frac{a_n}{2} \\ \frac{a_{n-1}}{2} - a_n \approx \frac{a_n}{2} \end{cases}$$

Các biểu thức trong dấu ngoặc bằng không nên biên độ dao động sáng tổng hợp tại P bằng:

$$a = a = \frac{a_1 \pm a_n}{2} \quad (8.25)$$

Lấy dấu (+) với n lẻ và dấu (-) với n chẵn

Khi không có màn chắn, kích thước lỗ tròn rất lớn: $n \rightarrow \infty$, $a_n \approx 0$ nên cường độ sáng tại P bằng:



Hình 8.12

$$I = a^2 = \frac{a_1^2}{4} \quad (8.26)$$

Khi lỗ tròn chứa số lẻ đơi cầu:

$$a = \frac{a_1}{2} + \frac{a_n}{2} \quad (8.27)$$

$$I = \left(\frac{a_1}{2} + \frac{a_n}{2} \right)^2 \quad (8.28)$$

Nếu $I > I_0$, điểm M sáng hơn khi không có màn AB. Đặc biệt nếu lỗ tròn chứa một đơi cầu thì:

$$a = \frac{a_1}{2} + \frac{a_1}{2} = a_1 \quad \text{và} \quad I = a_1^2 = 4I_0 \quad (8.27)$$

Cường độ sáng tại điểm P gấp 4 lần so với khi không có màn.

Nếu lỗ tròn chứa số chẵn đơi cầu:

$$a = \frac{a_1}{2} - \frac{a_n}{2} \quad (8.28)$$

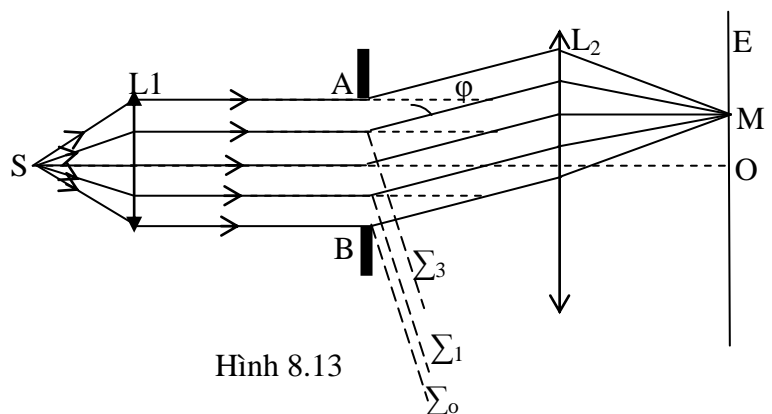
$$I = \left(\frac{a_1}{2} - \frac{a_n}{2} \right)^2 \quad (8.29)$$

Nếu $I < I_0$, điểm M tối hơn khi không có lỗ tròn. Nếu lỗ tròn chứa hai đơi cầu thì:

$$a =$$

$\frac{a_1}{2} - \frac{a_2}{2} \approx 0$, do đó $I = 0$, điểm P tối nhất.

Tóm lại, tại điểm P có thể sáng hơn hoặc tối hơn khi không có lỗ tròn tùy theo kích thước của lỗ và vị trí quan sát. (Lỗ tròn chứa số chẵn lần đơi cầu, thì P là tối hơn. Lỗ tròn chứa số lẻ lần đơi cầu, thì P là sáng hơn).



Hình 8.13

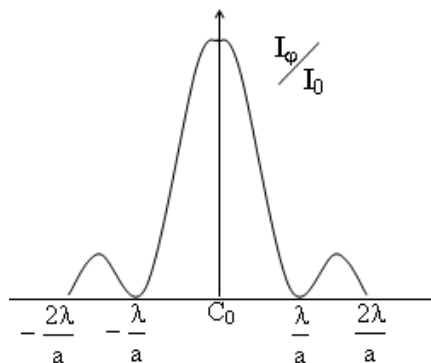
4. Nhiễu xạ qua một khe hẹp (nhiễu xạ Fraunhofer)

Chiếu chùm sáng đơn sắc song song bước sóng λ vào khe hẹp có bề rộng b (Hình 7.13). Sau khi qua khe hẹp, tia sáng sẽ bị nhiễu xạ một góc φ , các tia nhiễu xạ gặp nhau ở vô cùng. Để quan sát được ảnh nhiễu xạ, ta sử dụng thấu kính hội tụ L, chùm tia nhiễu xạ sẽ hội tụ tại điểm M trên mặt phẳng tiêu của thấu kính hội tụ L. Với các giá trị φ khác nhau chùm

nhiều xạ sẽ hội tụ tại các điểm khác nhau. Tùy theo giá trị của φ điểm M có thể sáng hoặc tối. Những điểm sáng, tối này nằm dọc trên đường thẳng vuông góc với chiều dài khe hẹp và được gọi là các cực đại, cực tiểu nhiễu xạ.

Ánh sáng gởi đến khe là sóng phẳng nên mặt phẳng khe là mặt sóng, các sóng thứ cấp trên mặt khe dao động cùng pha.

Trường hợp $\varphi = 0$, các tia nhiễu xạ hội tụ tại O. Mặt phẳng khe và mặt phẳng màn quan sát là hai mặt phẳng trực giao. Theo định lý Malus, các tia sáng gởi từ mặt phẳng khe tới điểm O có quang lộ bằng nhau và dao động cùng pha nên tại O rất sáng và được gọi là cực đại giữa.



Hình 8.14-cường độ nhiễu xạ

Trường hợp $\varphi \neq 0$. Áp dụng ý tưởng của phương pháp đới cầu Fresnel ta vẽ các mặt phẳng $\Sigma_0, \Sigma_1, \Sigma_3, \dots$ vuông góc với chùm tia nhiễu xạ và cách đều nhau một khoảng $\frac{\lambda}{2}$, chúng sẽ chia mặt

khe thành các dải sáng nằm song song với bề rộng của khe hẹp. Bề rộng của mỗi dải là :

$$l = \frac{\lambda}{2 \sin \varphi}$$

và số dải trên khe là: $N = \frac{b}{l} = \frac{2b \sin \varphi}{\lambda}$ (8.30)

Quang lộ của hai tia sáng từ hai dải liên tiếp gởi đến điểm M sai khác nhau $\frac{\lambda}{2}$ nên dao động sáng do hai dải kế tiếp gởi tới M ngược pha nhau và chúng sẽ khử nhau. Kết quả:

Nếu khe chứa số chẵn dải ($N = 2k$) thì dao động sáng do các cặp dải gởi tới điểm M sẽ khử lẫn nhau và điểm M là tối, gọi là cực tiểu nhiễu xạ. Điều kiện để có cực tiểu nhiễu xạ tại M là:

$$\sin \varphi = k \frac{\lambda}{b} \quad \text{với } k = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots \quad (8.31)$$

Nếu khe chứa số lẻ dải ($N = 2k + 1$) thì dao động sáng do các cặp dải gởi tới điểm M sẽ khử lẫn nhau, còn dải cuối cùng gởi tới điểm M sẽ không bị khử, tại điểm M là sáng, gọi là cực đại nhiễu xạ. Điều kiện để có cực đại nhiễu xạ tại M là:

$$\sin \varphi = k(2k + 1) \frac{\lambda}{2b} \quad \text{với } k = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots \quad (8.32)$$

Tóm lại, điều kiện để có cực đại, cực tiểu nhiễu xạ qua một khe hẹp là:

Cực đại giữa ($k = 0$): $\sin \varphi = 0$ (8.33)

Cực đại nhiễu xạ :
$$\text{Sin}\varphi = k \frac{\lambda}{b} \quad (8.34)$$

Cực tiểu nhiễu xạ :
$$\text{Sin}\varphi = k(2k + 1) \frac{\lambda}{2b} \quad (8.35)$$

* Hình ảnh nhiễu xạ:

- Tại C_0 có một vân sáng trung tâm rất sáng và rộng gấp đôi cực đại phụ.
 - Hai bên vân sáng trung tâm là những vân tối xen kẽ với những cực đại phụ có độ sáng rất nhỏ.
 - Các hệ thức (8.34) và (8.35) cho thấy vị trí các cực đại và cực tiểu giao thoa không phụ thuộc vào vị trí của khe hẹp, nên khi dịch chuyển khe hẹp trong mặt phẳng song song với chính nó và giữ nguyên vị trí của thấu kính và màn ảnh thì hình ảnh giao thoa không thay đổi.
- Khi $a \gg \lambda$ vân sáng trung tâm rất hẹp các cực đại phụ rất gần nhau, nên thực tế chỉ quan sát được ảnh của khe qua thấu kính. Hiện tượng nhiễu xạ ảnh hưởng không đáng kể đến sự truyền ánh sáng. Các định luật của quang hình học lại được nghiệm đúng.

5. Cách tử nhiễu xạ

5.1. Định nghĩa

Tập hợp những khe hẹp giống nhau, song song cách đều và nằm trong cùng một mặt phẳng được gọi là cách tử nhiễu xạ. Khoảng cách d giữa hai khe kế tiếp được gọi là chu kì của cách tử (hình 8.18)

Số khe trên một đơn vị chiều dài của cách tử là:
$$n = 1/d \quad (8.36)$$

5.2. Hiện tượng giao thoa qua cách tử:

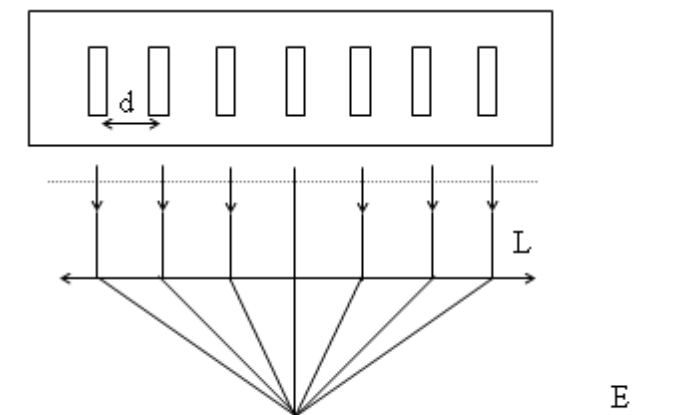
Từ kết quả ở trên ta nhận thấy mỗi khe hẹp cho một hệ vân nhiễu xạ đều có vân tròn tâm tại C_0 , do đó các hệ vân này chồng khít lên nhau. Ánh sáng nhiễu xạ là sự kết hợp nên một lần nữa chúng lại giao thoa với nhau.

Kết quả trên màn ảnh ở những vân sáng nhiễu xạ lại xuất hiện một hệ vân giao thoa:

Trên màn ảnh những điểm có cực tiểu nhiễu xạ qua một khe hẹp cũng là các cực tiểu của hệ vân giao thoa qua N khe gọi là các cực tiểu chính, có vị trí:

$$\text{Sin}\varphi = k \frac{\lambda}{b}$$

Sự phân bố cường độ sáng giữa hai cực tiểu chính, hai tia sáng phát ra từ hai khe liên tiếp đến M



Hình 8.18-giao thoa qua cách tử

có hiệu quang lộ là: $\Delta L = d \cdot \sin\phi$. Để có cực đại giao thoa: $\Delta L = m\lambda$

$$\text{Vậy: } \sin\phi = m \frac{\lambda}{d} \text{ với } m = \pm 1, \pm 2, \dots$$

Số nguyên m là bậc của cực đại chính. Cực đại chính giữa ($m = 0$) nằm tại tiêu điểm O của thấu kính (hình 8.13).

Vì $d > b$ nên giữa hai cực tiểu chính có thể có nhiều cực đại chính.

$$\text{Ví dụ: } k = 1 \text{ và } d/b = 3. \text{ Do } |m| \frac{\lambda}{d} < |k| \frac{\lambda}{b} \text{ nên } |m| < |k| \frac{\lambda}{b} = 3, \text{ nghĩa là } m = 0, \pm 1, \pm 2.$$

Như vậy giữa hai cực tiểu chính có 5 cực đại chính.

Thông thường ta chỉ quan sát được các cực đại giao thoa nằm trong vân sáng trung tâm gồm những vạch sáng song song cách đều với độ sáng giảm dần.

Sự phân bố cường độ sáng giữa hai cực đại chính, tại điểm chính giữa hai cực đại chính kế tiếp, góc nhiều xạ thỏa mãn điều kiện:

$$\sin\phi = (2m+1) \frac{\lambda}{2d} \text{ với } m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

Tại các điểm này, hiệu quang trình của hai tia gởi từ hai khe kế tiếp có giá trị:

$d \sin\phi = (2m+1) \frac{\lambda}{2}$. Đây là cực tiểu giao thoa, hai tia đó sẽ khử lẫn nhau. Tuy nhiên điểm chính giữa chưa chắc đã tối.

Để minh họa cụ thể trường hợp trên, ta xét ví dụ sau:

- Nếu số khe hẹp $N = 2$ (số chẵn) thì các dao động sáng do hai khe hẹp gởi tới sẽ khử nhau hoàn toàn và điểm chính giữa đó sẽ tối. Điểm tối này được gọi là cực tiểu phụ.

- Nếu số khe hẹp $N = 3$ (số lẻ) thì các dao động sáng do hai khe hẹp gởi tới sẽ khử nhau, còn dao động sáng của khe thứ ba gây ra không bị khử. Kết quả là giữa hai cực đại chính là một cực đại. Cực đại này có cường độ khá nhỏ nên gọi là cực đại phụ.

Bài đọc thêm

Phương pháp Nhiễu xạ tia X và Máy SIEMEN D5000

1. Hiện tượng nhiễu xạ tia X:

Bức xạ tia X có dải bước sóng từ $0.1 - 100 \text{ \AA}$, tương đương với dải năng lượng từ 0.1 keV đến 100 keV . Bức xạ tia X đã nhanh chóng tìm được những ứng dụng trong khoa học và kỹ thuật. Trong tinh thể học, tia X là một công cụ quan trọng, rất hữu hiệu, không thể thay thế. Năm 1913, W.L. Bragg đã đưa ra phương trình $n\lambda = 2d \sin\theta$ làm cơ sở khoa học cho phương pháp nhiễu xạ.

1. 1. Nguồn phát tia X:

Một chùm điện tử được tạo bởi sự bức xạ nhiệt điện tử từ bề mặt Katod, được gia tốc trong điện trường lớn, có năng lượng cao, đang chuyển động nhanh bị hãm dừng đột ngột bằng 1 vật cản gọi là anod (bia hãm), một phần năng lượng của chúng biến thành bức xạ sóng điện từ (tia X).

Toàn bộ anod, catod được đặt trong chân không áp suất $10^{-5} - 10^{-6}$ torr.

+ Katod: là một sợi dây làm bằng wolfram được đốt nóng trên 2000°K . Tùy theo trường hợp cụ thể, katod có hình xoắn hoặc kéo dài. Khi bị đốt nóng, các điện tử phát ra từ bề mặt sợi Wolfram theo mọi phương. Để tập trung chúng lại và hướng chúng về anod, người ta đặt sợi dây đốt trong một cốc kim loại có điện thế bằng điện thế katod.

+ Anod: là một khối đồng được làm sạch, trên đó gắn một miếng kim loại mài bóng. Miếng kim loại đó là phần làm việc của anod thường được gọi là gương anod. Chùm điện tử chiếu lên gương anod tạo thành vết tiêu điểm của ống phóng. Tia X phát ra từ tiêu điểm đó. Thông thường, người ta làm anod bằng đồng vì đồng là kim loại dẫn nhiệt tốt và có độ nóng chảy cao (1000°C). Trong phân tích cấu trúc và quang phổ do cần có nhiều loại bức xạ, người ta gắn nhiều kim loại khác nhau (các gương anod) lên khối đồng (của thân anod).

Đặc trưng cho khả năng làm việc của anod, là công suất cho phép trên một đơn vị diện tích bề mặt anod. Nếu được làm lạnh tốt, công suất cho phép đối với đồng là $80\text{W}/\text{mm}^2$, với wolfram là $150\text{W}/\text{mm}^2$. Tiêu điểm của anod (diện tích mà chùm điện tử đập lên) đối với máy dùng trong phân tích cấu trúc thường trên dưới 10mm^2 và vuông góc với chùm điện tử.

1. 2. Bức xạ tia X với phổ vạch:

Nguyên tử có cấu tạo gồm hạt nhân và các electron chuyển động trên các mức năng lượng bao quanh có kí hiệu: K, L, M ... Nguyên tử ở trạng thái bình thường thì các điện tử luôn có xu hướng tồn tại các mức năng lượng thấp nhất và tuân theo quy luật phân bố của các điện tử thuộc vỏ nguyên tử. Khi điện tử được cấp thêm năng lượng đủ lớn thì điện tử sẽ nhảy lên mức cao hơn (xa hạt nhân). Điện tử trạng thái này không bền và có xu hướng nhảy xuống mức năng lượng có giá trị thấp hơn và giải phóng một bức xạ điện từ có năng lượng $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$.

Năng lượng bức xạ này hoàn toàn xác định và đặc trưng cho nguyên tố hóa học. Để làm bắn 1 điện tử ở lớp K của một nguyên tử của các nguyên tố khác nhau cần những giá trị năng lượng khác nhau, đó là hiện tượng hấp thụ tia X của nguyên tử. Khi điện tử nhảy từ lớp M xuống K sẽ giải phóng một năng lượng có giá trị nằm trong vùng phổ tia X, là hiện tượng phát xạ tia X.

Khi các electron của các nguyên tử thay đổi trạng thái năng lượng, chúng bức xạ hoặc hấp thụ một năng lượng hoàn toàn xác định. Khi các electron thuộc lớp K, L hoặc M của nguyên tử thay đổi trạng thái năng lượng, chúng sẽ bức xạ hay hấp thụ bức xạ có bước sóng ở vùng tia X. Đó cũng là phổ vạch, đặc trưng cho một nguyên tố hóa học. Tuy nhiên, để làm thay đổi trạng thái năng lượng của các electron lớp K, L, M cần có bức xạ với năng lượng đủ lớn như: tia X, tia γ , tia âm cực ...

Bức xạ tia X phát ra từ bia hãm luôn luôn song song tồn tại 2 loại phổ: phổ vạch, đặc trưng cho vật liệu bia và phổ liên tục chỉ phụ thuộc vào điện thế gia tốc. Các vạch trong phổ tia X đặc trưng cho nguyên tố hóa học được phân thành dãy.

1. 3. Tương tác giữa tia X với vật chất.

Cho chùm tia X có bước sóng λ_0 và cường độ I_0 đi qua 1 lớp vật chất đồng nhất, đẳng hướng có bề dày l, cường độ chùm tia X bị suy giảm theo định luật Lambert.

Những hiệu ứng xảy ra khi chùm tia X đi qua vật liệu:

Hiệu ứng tán xạ:

- Tia tới thay đổi phương trình, nhưng không thay đổi năng lượng, gọi là tán xạ đàn hồi. Trường hợp vật liệu đang xét có cấu trúc tinh thể thì hiện tượng tán xạ đàn hồi của tia X sẽ đưa đến hiện tượng nhiễu xạ tia X.

- Tia tới thay đổi theo phương truyền và thay đổi năng lượng gọi là tán xạ không đàn hồi.

Hiệu ứng nhiệt: Tia X làm tăng biên độ dao động nhiệt của electron và của các liên kết trong vật liệu.

Hiệu ứng truyền thẳng: Một số vật liệu trong suốt đối với tia X. Hiệu ứng này được ứng dụng rộng rãi trong lĩnh vực điện quang, thăm dò khuyết tật, kiểm tra hàng hóa... mà không phá mẫu.

Hiệu ứng huỳnh quang tia X: Tia tới có năng lượng đủ lớn, có thể kích thích các electron từ lớp K, L, M trong các nguyên tử của vật liệu làm cho các điện tử này nhảy sang các mức năng lượng cao hơn, xa hạt nhân hơn. Khi các điện tử trở lại trạng thái ban đầu, các nguyên tử sẽ phát ra các vạch tia X đặc trưng cho các nguyên tố hóa học tạo nên vật liệu đó. Hiệu ứng này được phát triển thành phương pháp phân tích huỳnh quang tia X, phân tích định tính và định lượng các nguyên tố hóa học.

Hiệu ứng electron: Là trường hợp bức xạ tia X (k_α) được sản sinh ra từ một nguyên tử, đã bị electron lớp ngoài của chính nguyên tử đó hấp thụ và tự rời khỏi nguyên tử

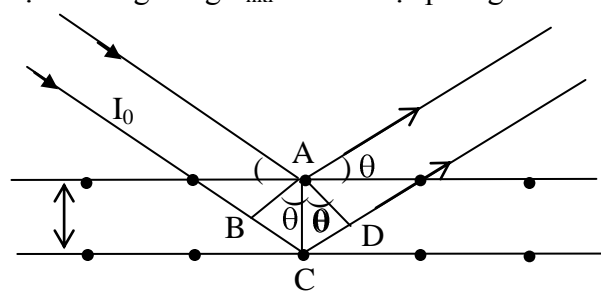
1. 4. Nhiễu xạ tia X: Hiện tượng nhiễu xạ X chỉ xảy ra với 3 điều kiện:

Vật liệu có cấu trúc tinh thể

Có tán xạ đàn hồi

- Bước sóng của tia X sơ cấp (tia tới) có giá trị cùng bậc với khoảng cách các nguyên tử trong mạng tinh thể.

Chùm tia X đơn sắc có bước sóng λ vào tinh thể tạo với mặt tinh thể một góc θ . Khoảng cách giữa hai mặt phản xạ kế tiếp tinh thể là d . Họ các mặt phẳng nguyên tử (hkl) trong mạng tinh thể song song cách đều nhau một khoảng bằng d_{hkl} và cắt mặt phẳng hình vẽ với giao tuyến là đường thẳng song song. Chùm tia X tương tác với các điện tử trong lớp vỏ nguyên tử sẽ tán xạ đàn hồi và truyền ra mọi hướng. Góc giữa phương tới và phương tán xạ là 2θ . Do tia X có năng lượng cao nên có khả năng xuyên sâu vào những lớp phía dưới bề mặt mẫu đo, gây ra phản xạ trên nhiều mặt mạng tinh thể (hkl).



Sơ đồ minh họa hiện tượng nhiễu xạ tia X

Tất cả các tia phản xạ tạo nên

chùm tia X song song có cùng bước sóng và làm với phương truyền một góc 2θ . Số lượng mặt phẳng thuộc họ (hkl) là mặt phẳng phản xạ phụ thuộc vào bước sóng tia X tới, vào các nguyên tố hóa học và cấu trúc tinh thể của vật liệu. Khi hiệu số pha của các tia X phản xạ là $2n\pi$, tại điểm hội tụ chùm tia sẽ có vân giao thoa với cường độ ánh sáng cực đại (cực đại nhiễu xạ).

Điều kiện để có nhiễu xạ, theo Bragg: $n\lambda = 2d \sin\theta$

Phương trình Bragg là hệ quả tất yếu của đặc trưng cơ bản của tinh thể: trật tự, tuần hoàn vô hạn mà không phụ thuộc thành phần hoá học, vào các nguyên tử trên mặt phản xạ.

Trong phương pháp đa tinh thể, từ thực nghiệm ghi giản đồ nhiễu xạ tia X với bước sóng λ (bước sóng của ống phát tia X được sử dụng), chúng ta xác định được góc nhiễu xạ, do đó tính ra khoảng cách mặt mạng d_{hkl} . Hằng số mạng a, b, c xác định từ d_{100} , d_{010} và d_{001} . Bảng tập hợp các d_{hkl} cùng với cường độ nhiễu xạ có trong các tệp dữ liệu về cấu trúc tinh thể (hiện nay trong phần mềm của thiết bị đã có sẵn các tệp tra cứu này), do đó chúng ta có thể so sánh đối chiếu các tập hợp d_{hkl} nhận được từ thực nghiệm phù hợp với cấu trúc đã biết.

2. Máy SIEMEN D5000.

2.1. Cấu tạo máy D5000:

Phương pháp dùng nhiễu xạ tia X là phương pháp ghi nhận số lượng tử của tia X nhiễu xạ bằng ống đếm. Mỗi thời điểm ống đếm chỉ ghi nhận được cường độ nhiễu xạ theo một phương và ống đếm chỉ có thể quay trong một mặt phẳng cố định. Do vậy phải ghi nhận được các họ mặt phản xạ của mạng không gian cần có sự kết hợp giữa nghiêng mẫu và quay mẫu theo chương trình xác định của máy tính. Máy SIEMEN D 5000 là thiết bị chính xác cao, điều khiển tự động. Cấu tạo máy gồm:



Hình Máy đo nhiễu xạ tia XSIEMENS D5000

- Ống phát tia X: là nguồn phát tia X sơ cấp, tên ống tia trùng với tên kim loại dùng làm anốt (Cu), bức xạ đặc trưng CuK_α , bước sóng $\lambda = 1,54056\text{\AA}$.

- Nguồn điện dùng cho ống tia X có điện áp 1 chiều (20kV-60kV, cường độ dòng điện (5mA-45mA).

- **Bàn đo góc:** là thiết bị cơ khí chính xác, có độ lặp lại cao và phải thỏa mãn điều kiện tụ tiêu cho tia nhiễu xạ ở mọi vị trí ống đếm. Do tia X luôn luôn có độ phân kì, nên điều kiện tụ tiêu chỉ được thỏa mãn khi bề mặt mẫu đo phải là 1 phần của mặt trụ có bán kính là r và phụ thuộc vào góc θ (góc giữa phương tia tới và bề mặt mẫu đo). Thực tế ta chỉ đo với bề mặt phẳng. Do đó để hạn chế sai số, ta giảm độ phân kỳ của chùm tia X. Để giảm thiểu tối đa độ phân kì, đối với máy D 5000 ta sẽ sử dụng hệ thống khe chắn có độ rộng 0.1; 0.2 ; 0.4 và những khe có độ rộng thay đổi theo góc θ nhằm tạo ra chùm tia tới hẹp về bề rộng và dùng hệ thống khe chắn sollar.

Các chế độ làm việc:

- + Mẫu đo và ống đếm cùng quay theo tỉ lệ vận tốc góc là 1/2 ($\theta/2\theta$).

- + Ống đếm quét, mẫu đo không quay, ống đếm quay.

- + Lắc mẫu đo: mẫu đo lắc quanh góc 0° , ống đếm đứng yên vị trí đã được chọn. Bàn đo góc và máy tự ghi đồng bộ quay liên tục.

- **Ống đếm:** Ghi nhận tia X. có 3 loại ống đếm được dùng phổ biến trong kỹ thuật tia X: ống đếm chứa khí, ống đếm nhấp nháy, ống đếm bán dẫn. Đối với máy SIEMEN D5000, thiết bị này sử dụng 2 loại ống đếm: nhấp nháy(sử dụng đo các loại vật liệu màng) và bán dẫn Si(Li).

- Các thiết bị điện tử, máy tính dùng để ghi nhận tín hiệu, xử lý và thông báo kết quả bằng chương trình Diffrac AT

- Độ nhạy của phương pháp: Độ nhạy phụ thuộc vào bản chất cấu trúc tinh thể như: hệ tinh thể, bậc đối xứng và các nguyên tố hóa học.

- Kết quả đo chính xác là giảm đồ thu được càng gần với đường phân bố thực. Vì vậy, khoảng cách giữa các điểm đo phải bé và thời gian đếm xung đủ lớn.

2.2. Phân tích cấu trúc tinh thể:

2.2.1. Phân tích định tính pha tinh thể: Là phát hiện sự có mặt của một pha tinh thể nào đó trong đối tượng khảo sát. Một pha tinh thể không được phát hiện có thể hiểu không hoặc có nhưng hàm lượng nằm dưới giới hạn phát hiện. Giới hạn phát hiện của phương pháp nhiễu xạ X phụ thuộc vào nguyên tố hóa học trong vật liệu, độ kết tinh,...

Mỗi vật liệu có những thông số về tinh thể học đặc trưng và được tập hợp thành thư viện thẻ tra cứu tinh thể. Phân tích định tính là so sánh các vạch tương ứng với d_{hkl} và cường độ tỉ đối có trong thẻ tra cứu. Khi có sự trùng lặp hoàn toàn cả về vị trí, cả về cường độ tỉ đối của ít nhất 3 vạch có cường độ mạnh nhất thì có được kết quả. Để có thông tin đầy đủ, phải xem thẻ PDF (Powder Data File): thành phần hóa học, tên gọi quốc tế, hệ tinh thể, nhóm đối xứng không gian, thông số mạng... Đối với mẫu nhiều pha tinh thể thì giảm đồ nhiễu xạ có các vạch nhiễu xạ đan xen lẫn nhau theo giá trị d_{hkl} giảm dần. Các pha tinh thể có hàm lượng thấp thì chỉ xuất các vạch nhiễu xạ có cường độ mạnh nhất. Nếu hàm lượng ít quá thì có thể sẽ không xuất hiện

2.2.2 Phân tích định lượng các pha tinh thể:

Cơ sở lý thuyết chung cho phân tích định lượng là cường độ vạch nhiễu xạ của mỗi pha phụ thuộc với hàm lượng và cấu trúc của tinh thể của nó. Cường độ của một cực đại nhiễu xạ được xác định theo biểu thức:

$$I_{hkl} = K^2 n^2 P V / F^2 D^2 (PL) (1/2\mu) \quad (1)$$

Trong đó: $K = \frac{e^2 \lambda^3 I_o}{m^2 c^4}$ là hằng số khi các phép đo được tiến hành trong cùng một điều kiện thực nghiệm, như trên cùng một nhiễu xạ kế.

n là số các ô mạng cơ sở trong một đơn vị thể tích của khối tinh thể;

P là thừa số lặp lại của họ mặt mạng tinh thể (hkl) với d_{hkl} tương ứng;

V là thể tích mẫu tham gia nhiễu xạ;

$/F^2$ là thừa số cấu trúc; μ là thừa số hấp thụ.

D^2 thừa số nhiệt = $\exp(-2M)$;

$M = \frac{8}{2} \pi^2 R^2 \left(\frac{\sin \theta}{\lambda} \right)^2$, R là độ lệch trung bình dao động nhiệt của nguyên tử là thừa số

Lorentz-Thomson, $R = \frac{1 + \cos^2 \theta}{2 \sin^2 \theta \cos \theta}$.

Trường hợp mẫu đa tinh thể, thừa số V trong biểu thức (1) trên được thay thế bởi V_i (phần thể tích của pha thứ i tham gia nhiễu xạ), khi đó biểu thức (1) được viết lại cho pha i :

$$I_{hkl}^i = \frac{Q_{hkl} \cdot V_i}{2\mu}$$

Với $Q_{hkl} = K^2 n^2 P_{hkl} / F^2 D^2 (PL)$

Vì vậy để có kết quả phân tích định lượng chính xác cần có mẫu chuẩn trong đó có pha tinh thể như mẫu phân tích.

2.2.3. Xác định kích thước hạt:

Bản chất vật lý của phương pháp nhiễu xạ tia X là mối liên hệ giữa kích thước hạt và độ rộng của vạch nhiễu xạ. Kích thước càng bé thì độ rộng của đường càng lớn.

Khi xem xét đường phân bố cường độ nhiễu xạ tia X bởi mạng tinh thể. Ta thấy có dạng đỉnh nhọn (hạt có kích thước lớn), vạch nhiễu xạ có độ mở rộng ra (hạt có kích thước nhỏ), vạch nhiễu xạ nhòa rộng gần với phông nền, khó xác định được đỉnh (vật liệu vô định hình).

Kích thước hạt (D) được tính theo công thức Scherre:

$$D = k\lambda/\beta\cos\theta$$

β là độ rộng vật lý; λ là bước sóng $k_{\alpha 1}$; θ là góc tính theo phương trình Bragg;

k là hằng số Scherre, phụ thuộc vào hình dạng của hạt và chỉ số Miller của vạch nhiễu xạ.

Câu hỏi & Bài tập

- Dùng nguyên lý Huyghens giải thích hiện tượng nhiễu xạ.
- Giải thích định tính trường hợp sau: Chiều chùm sóng ánh sáng đơn sắc qua hai khe hở hẹp giống nhau, nếu kích thước của hai khe giống nhau và thỏa điều kiện $\sin\varphi = \frac{k\lambda}{b}$ thì phía sau hai khe luôn luôn là tối.
- Chiếu một chùm tia sáng song song bước sóng λ thẳng góc với một khe chữ nhật hẹp có bề rộng 0,1(mm). Ngay sau khe có đặt một thấu kính hội tụ tiêu cự 1(m). Cách thấu kính 1(m) người ta đặt màn quan sát. Hãy xác định bước sóng λ , biết bề rộng của vân cực đại giữa là 1,2 (cm).
- Chiếu một chùm tia sáng song song bước sóng $\lambda = 0,45\mu\text{m}$ thẳng góc với một cách tử nhiễu xạ, phía sau sát cách tử đặt thấu kính hội tụ tiêu cự 1m. Cách thấu kính 1m, đặt màn quan sát. Trên màn ta đo được khoảng cách giữa hai cực đại bậc 1 là 202mm. Tìm: Chu kỳ cách tử, số khe của cách tử có trên 1m, số vạch cực đại cho bởi cách tử.

Câu hỏi trắc nghiệm chương 8

1. Sóng ánh sáng tại S_1, S_2 có biểu thức $u = U_0\cos\omega t$, điểm M nằm trên phương truyền sóng của hai nguồn S_1, S_2 . Cho L_1, L_2 lần lượt là quang trình của ánh sáng từ S_1, S_2 đến M. Điều kiện để biên độ dao động sáng tại M lớn nhất, nhỏ nhất là:

- A. $L_1 - L_2 = k\lambda, L_1 - L_2 = k\lambda/2$ B. $L_1 - L_2 = k\lambda, L_1 - L_2 = k(k+1)\frac{\lambda}{2}$
 C. $L_1 - L_2 = k\lambda, L_1 - L_2 = k(k+1)\frac{\lambda}{4}$ D. $L_1 - L_2 = k\lambda, L_1 - L_2 = k(k+1)\lambda$

2. Mệnh đề nào sau đây sai:

- A. Điều kiện để có cực tiểu nhiễu xạ qua một khe là $\sin\varphi = k\frac{\lambda}{b}$
 B. Điều kiện để có cực đại nhiễu xạ qua một khe là $\sin\varphi = (2k+1)\frac{\lambda}{2b}$
 C. Điều kiện để có cực đại chính cho bởi nhiễu xạ qua nhiều khe là $\sin\varphi = k\frac{\lambda}{d}$

D. Điều kiện để có cực tiểu chính cho bởi nhiễu xạ qua nhiều khe là $\sin\varphi = k \frac{\lambda}{d}$

3. Một thấu kính thủy tinh được tráng mỏng một mặt bằng một chất có chiết suất bằng 1,4 để làm giảm phản xạ từ mặt thấu kính. Tìm bề dày tối thiểu của lớp mỏng để khử ánh sáng phản xạ từ vùng phổ khả kiến $\lambda = 0,6\mu\text{m}$. Cho biết ánh sáng tới gần vuông góc với mặt thấu kính, chiết suất của thủy tinh là 1,5.

A. $e = 0,11\mu\text{m}$ B. $e = 171,87\text{mm}$ C. $e = 0,17187\mu\text{m}$ D. $e = 171,87\text{cm}$

4. Một thấu kính thủy tinh được tráng mỏng một mặt bằng một chất MgF_2 có chiết suất bằng 1,38 để làm giảm phản xạ từ mặt thấu kính. Tìm bề dày tối thiểu của lớp mỏng để khử ánh sáng phản xạ từ vùng phổ khả kiến $\lambda = 0,55\mu\text{m}$. Cho biết ánh sáng tới gần vuông góc với mặt thấu kính, chiết suất của thủy tinh là 1,5.

A. $e = 0,11\mu\text{m}$ B. $e = 171,87\text{mm}$ C. $e = 0,17187\mu\text{m}$ D. $e = 99,6\mu\text{m}$

5. Ánh nắng mặt trời có cường độ đồng đều với bước sóng nằm trong vùng khả kiến 430nm-690nm đến đập vuông góc với một bản mỏng nước có bề dày 320nm, chiết suất 1,33 lơ lửng trong không khí. Ứng với bước sóng nào sau đây thì ánh sáng phản từ bản mỏng là sáng nhất đối với người quan sát.

A. $\lambda = 0,6\mu\text{m}$ B. $\lambda = 567\text{nm}$ C. $\lambda = 1700\text{nm}$ D. $\lambda = 340\text{nm}$

6. Khi ánh sáng truyền từ chân không vào thủy tinh, đại lượng nào không đổi ?

A. Bước sóng . B. tần số C. vận tốc D. A và B.

7. Chiếu một chùm sáng đơn sắc có bước sóng 480nm thẳng góc với hai khe hẹp, sát hai khe có đặt một thấu kính hội tụ tiêu cự 52cm. Phía sau cách hai khe 52cm đặt màn quan sát. Nếu độ rộng của mỗi khe 0,025mm thì khoảng cách từ cực đại chính giữa đến cực tiểu nhiễu xạ thứ nhất bằng:

A. 9,98mm B. 6,89mm C. 16,89mm D. Đáp án khác

TÀI LIỆU THAM KHẢO

TÀI LIỆU THAM KHẢO ĐỀ BIÊN SOẠN NỘI DUNG MÔN HỌC:

1. Giáo trình Vật lý đại cương A₁, Đặng Diệp Minh Tân. Đại học Trà Vinh
2. Giáo trình Vật lý đại cương A₂, Nguyễn Văn Sáu. Đại học Trà Vinh
3. Cơ sở Vật lý: tập I, tập II, tập III, tập IV, tập V, tập VI - Cơ học - I – David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker. XNB Giáo dục – 1996.
4. Vật lý đại cương tập III- Ngô Phú An, Lương Duyên Bình, Vũ Đình Cự- NXB Giáo Dục- 1986.
5. Kỹ thuật điện đại cương- Hoàng Hữu Thiện, Đỗ Quang Đạt. NXB Đại học & THCN-1978
6. Vật lý đại cương – Phan Đình Giớ, Lê Minh Ngọc, NXB- Đại học Huế
7. Bài tập Vật lý đại cương - Phạm Viết Trinh, Nguyễn Văn Khánh, Lê Văn – 1982
8. Vật lý đại cương tập III, tập IV- Ngô Phú An, Lương Duyên Bình, Vũ Đình Cự- NXB Giáo Dục- 1996.
9. Vật lý đại cương-tậpIII-Nguyễn Hữu Hồ-Lê Văn Nghĩa-Nguyễn Tụng-NXBTHCN-1986.
10. Bài tập vật lý đại cương-tập hai- Lương Duyên Bình- Lê Văn Nghĩa- Nguyễn Quang Snh, Nguyễn Hữu Hồ-NXBGiáo dục-1997
11. www.ctu.edu.vn/courseweres/khoahoc/conhietdc,
12. www.agu.edu.vn/thuvien/giaotrinhdientu/DHDC-VL02.
13. www.physicsclassroom.com.mmedia/index.html.

TÀI LIỆU THAM KHẢO ĐỀ NGHỊ CHO HỌC VIÊN:

1. Giáo trình Vật lý đại cương A₁, Đặng Diệp Minh Tân. Đại học Trà Vinh
2. Giáo trình Vật lý đại cương A₂, Nguyễn Văn Sáu. Đại học Trà Vinh
3. Cơ sở Vật lý: tập IV, tập V, tập VI– David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker. XNB Giáo dục – 1996.
4. Vật lý đại cương tập III, tập IV- Ngô Phú An, Lương Duyên Bình, Vũ Đình Cự- NXB Giáo Dục- 1996.
5. Bài tập vật lý đại cương-tập hai- Lương Duyên Bình- Lê Văn Nghĩa- Nguyễn Quang Snh, Nguyễn Hữu Hồ-NXBGiáo dục-1997.

MỤC LỤC

Chương 1	2
TRƯỜNG TĨNH ĐIỆN	2
BÀI HƯỚNG DẪN 1: ĐIỆN TÍCH, VẬT DẪN VÀ ĐIỆN MÔI	2
1. Điện tích	2
2. Vật dẫn và chất điện môi	3
BÀI HƯỚNG DẪN 2	3
ĐỊNH LUẬT COULOMB & VÉCTƠ CƯỜNG ĐỘ ĐIỆN TRƯỜNG	3
1. Định luật Coulomb	4
2. Điện trường	5
BÀI HƯỚNG DẪN 3: TÌM VÉCTƠ CƯỜNG ĐỘ ĐIỆN TRƯỜNG	7
BÀI HƯỚNG DẪN 4	10
ĐIỆN THÔNG . ĐỊNH LÝ OSTROGRADKI-GAUSS (O-G)	10
1. Đường sức điện trường	10
2. Vectơ điện cảm	10
3. Thông lượng điện (ĐIỆN THÔNG)	11
4. Định lý O-G (OSTROGRASKI-GAUSS)	11
BÀI HƯỚNG DẪN 5: LŨNG CỰC ĐIỆN	14
1. Định nghĩa	14
2. Tính chất	14
3. Lũng cực điện đặt trong điện trường đều	15
4. Lũng cực điện đặt trong điện trường không đều	15
BÀI HƯỚNG DẪN 6: ĐIỆN THẾ	16
1. Công của lực tĩnh điện	16
2. Thế năng của điện tích điểm trong điện trường	17
3. Thế năng của hệ điện tích điểm	18
4. Điện thế và hiệu điện thế	18
5. Mặt đẳng thế	19
6. Liên hệ giữa vectơ cường độ điện trường \vec{E} và điện thế	19
Câu hỏi trắc nghiệm chương 1	21
Chương 2	23
VẬT DẪN	23
BÀI HƯỚNG DẪN1: VẬT DẪN TRONG ĐIỀU KIỆN CÂN BẰNG TĨNH ĐIỆN	23
1. Điều kiện cân bằng tĩnh điện	23
2. Tính chất vật dẫn mang điện	23
3. Hiện tượng điện hưởng	23
BÀI HƯỚNG DẪN 2: TỤ ĐIỆN. ĐIỆN DUNG	24
1. Điện dung của một vật dẫn cô lập	24
2. Điện dung của tụ điện	25
3. Các tụ điện thường dùng (phân theo hình dạng)	25
4. Ghép tụ điện	26
BÀI HƯỚNG DẪN 3: NĂNG LƯỢNG ĐIỆN TRƯỜNG	28
1. Năng lượng tụ điện	28
2. Năng lượng điện trường	29
Câu hỏi & bài tập chương 2	30
Chương 3	32
ĐIỆN MÔI	32
1. Hiện tượng phân cực chất điện môi	32
2. Điện trường tổng hợp trong chất điện môi	34
Bài đọc thêm: HIỆU ỨNG ÁP ĐIỆN	34

Ứng dụng	35
Chương 4.....	36
NHỮNG ĐỊNH LUẬT CƠ BẢN CỦA DÒNG ĐIỆN KHÔNG ĐỔI	36
BÀI HƯỚNG DẪN 1 : DÒNG ĐIỆN KHÔNG ĐỔI	36
1. Định nghĩa.....	36
2. Bản chất của các hạt chuyển dời có hướng.....	36
3. Các đại lượng đặc trưng của dòng điện.....	36
4. Định luật Ohm.....	37
5. Công và công suất của dòng điện.....	38
6. Suất điện động của nguồn điện.....	38
BÀI HƯỚNG DẪN 2: CÁC ĐỊNH LUẬT KIRCHOFF	39
1. Mạch phân nhánh.....	39
2. Định luật Kirchoff.....	40
Câu hỏi và bài tập chương 4.....	41
Chương 5.....	43
TỪ TRƯỜNG	43
BÀI HƯỚNG DẪN 1: TƯƠNG TÁC TỪ. ĐỊNH LUẬT AMPERE	43
1. Khái niệm tương tác từ.....	43
2. Định luật Ampe.....	43
BÀI HƯỚNG DẪN 2	44
VÉCTƠ CẢM ỨNG TỪ VÀ VÉCTƠ CƯỜNG ĐỘ TỪ TRƯỜNG	44
1. Vectơ cảm ứng từ.....	44
2. Nguyên lý chồng chất từ trường.....	44
3. Vectơ cường độ từ trường.....	45
BÀI HƯỚNG DẪN 3	48
TỪ THÔNG-ĐỊNH LÍ O-G ĐỐI VỚI TỪ TRƯỜNG	48
ĐỊNH LÍ AMPERE VỀ DÒNG ĐIỆN TOÀN PHẦN	48
1. Đường cảm ứng từ (Đường sức từ trường).....	48
2. Từ thông.....	48
3. Tính chất xoáy của từ trường.....	49
4. Định lý O-G.....	49
5. Định luật Ampere về dòng điện toàn phần.....	49
BÀI HƯỚNG DẪN 4: LỰC TỪ TÁC DỤNG LÊN PHẦN TỬ DÒNG ĐIỆN	51
1. Lực từ tác dụng lên phần tử dòng điện.....	51
2. Tác dụng của từ trường lên hạt mang điện chuyển động (lực Lorentz).....	51
3. Tác dụng tương hỗ giữa hai dòng điện thẳng dài vô hạn đặt song song nhau.....	52
4. Tác dụng của từ trường lên mạch kín.....	52
BÀI ĐỌC THÊM: SỰ TỪ HOÁ	54
1. Khái niệm.....	54
2. Vectơ từ hóa.....	54
3. Cường độ từ trường trong chất từ môi.....	55
Câu hỏi trắc nghiệm chương 5.....	55
Chương 6.....	57
HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ, HIỆN TƯỢNG TỰ CẢM	57
BÀI HƯỚNG DẪN 1	57
HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ	57
CÁC ĐỊNH LUẬT VỀ HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ	57
1. Thí nghiệm Faraday.....	57
2. Định luật Lenz.....	57
3. Định luật cơ bản của hiện tượng cảm ứng điện từ.....	57

4. Cách tạo ra dòng điện xoay chiều.....	58
5. Dòng điện Fucô	59
BÀI HƯỚNG DẪN 2: HIỆN TƯỢNG TỰ CẢM VÀ HIỆN TƯỢNG HỒ CẢM.....	60
1. Hiện tượng tự cảm	60
2. Hiện tượng hồ cảm.	61
3. Biến thế điện.....	61
BÀI HƯỚNG DẪN 3: NĂNG LƯỢNG TỪ TRƯỜNG	62
1. Năng lượng từ trường của ống dây.....	62
2. Năng lượng từ trường bất kì	64
Câu hỏi trắc nghiệm chương 6	64
Chương 7	66
MỐI LIÊN HỆ GIỮA ĐIỆN & TỪ	66
BÀI HƯỚNG DẪN 1	66
CÁC LUẬN ĐIỂM CỦA MAXELL - HỆ PHƯƠNG TRÌNH MAXELL	66
1. Luận điểm thứ nhất: Điện trường xoáy - Phương trình Maxell - Faraday	66
2. Luận điểm thứ hai của Maxell - dòng điện dịch - phương trình Maxell - Ampere.	67
BÀI HƯỚNG DẪN 2: HỆ PHƯƠNG TRÌNH MAXWELL.....	68
1. Hệ phương trình Maxwell thứ nhất	69
2. Hệ phương trình Maxwell thứ hai	69
BÀI HƯỚNG DẪN 3: SÓNG ĐIỆN TỪ.....	70
1. Sự hình thành sóng điện từ.....	70
2. Phương trình của sóng điện từ.....	70
3. Các tính chất cơ bản	71
4. Thang sóng điện từ	72
Câu hỏi trắc nghiệm chương 7	72
Chương 8.....	74
BẢN CHẤT SÓNG, HẠT CỦA ÁNH SÁNG,.....	74
HIỆN TƯỢNG GIAO THOA, NHIỄU XẠ.....	74
BÀI HƯỚNG DẪN 1 : MỘT SỐ KHÁI NIỆM CƠ BẢN.....	74
1. Sóng.....	74
2. Bức xạ.....	74
3. Ánh sáng.....	75
4. Định lý Malus về quang lộ	76
5. Hàm sóng ánh sáng.....	77
6. Cường độ sáng.....	77
BÀI HƯỚNG DẪN 2: HIỆN TƯỢNG GIAO THOA ÁNH SÁNG	78
1. Hiện tượng giao thoa ánh sáng	78
2. Khảo sát hiện tượng giao thoa	79
3. Giao thoa với ánh sáng trắng.....	80
4. Giao thoa gây bởi bản mỏng.....	81
BÀI HƯỚNG DẪN 3: ỨNG DỤNG CỦA HIỆN TƯỢNG GIAO THOA.....	84
1. Kiểm tra các mặt kính phẳng và lồi.....	84
2. Khử phản xạ các mặt kính	84
3. Đo chiết suất các chất (dùng giao thoa kế Rayleigh).	85
4. Đo chiều dài (dùng giao thoa kế Micheson).....	85
BÀI HƯỚNG DẪN 4: NHIỄU XẠ ÁNH SÁNG.....	85
1. Hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng	85
2. Nhiễu xạ của một sóng cầu.....	86
3. Nhiễu xạ qua lỗ tròn	87
4. Nhiễu xạ qua một khe hẹp (nhiễu xạ Fraunhofer).....	88

5. Cách tử nhiễu xạ	90
Bài đọc thêm	91
Phương pháp Nhiễu xạ tia X và Máy SIEMEN D5000	91
Câu hỏi trắc nghiệm chương 8	96
TÀI LIỆU THAM KHẢO	98