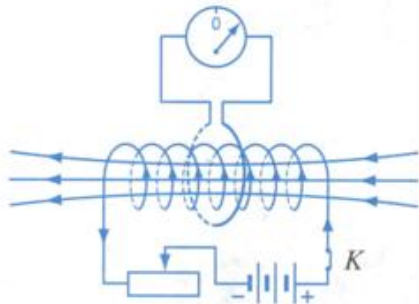


Hình 38.1 Thí nghiệm 1 về cảm ứng điện từ khi nam châm và ống dây chuyển động đối với nhau.

a) Khi nam châm ra xa ống dây, số đường sức qua ống dây giảm đi.

b) Khi nam châm lại gần ống dây, số đường sức qua ống dây tăng lên.

Khi số đường sức qua ống dây biến đổi, thì kim điện kế lệch khỏi vạch 0.



Hình 38.2 Thí nghiệm 2 về cảm ứng điện từ khi dòng điện trong ống dây biến đổi.

Khi con chạy di chuyển trên biến trở, kim điện kế lệch khỏi vạch số 0. Khi con chạy dừng lại, kim điện kế lại trở về vạch số 0.

❏ Khi đóng hay mở ngắt điện trong thí nghiệm ở Hình 38.2, thì kim điện kế có lệch khỏi vạch 0 không? Giải thích.

Thí nghiệm O-xtét cho biết dòng điện sinh ra từ trường. Ngược lại từ trường có thể sinh ra dòng điện được không?

1. Thí nghiệm

a) Thí nghiệm 1

Sơ đồ của thí nghiệm như trên Hình 38.1.

Thí nghiệm cho biết từ trường không sinh ra dòng điện. Nhưng khi số đường sức từ qua ống dây thay đổi, thì có dòng điện qua ống dây.

b) Thí nghiệm 2

Thí nghiệm bố trí theo sơ đồ ở Hình 38.2 cho biết, khi di chuyển con chạy thì có dòng điện trong vòng dây.

Khi con chạy di chuyển, thì từ trường trong ống dây biến đổi. Điều đó cũng có nghĩa là khi đó số đường sức từ xuyên qua vòng dây biến đổi. Vậy thí nghiệm này cũng cho biết, khi số đường sức từ xuyên qua vòng dây biến đổi thì trong vòng dây xuất hiện dòng điện.

2. Khái niệm từ thông

a) Định nghĩa từ thông

Giả sử có một mặt phẳng diện tích S được đặt trong từ trường đều \vec{B} . Vẽ vectơ pháp tuyến \vec{n} của S . Chiều của \vec{n} có thể chọn tùy ý. Góc hợp thành bởi \vec{B} và \vec{n} kí hiệu là α . Ta đặt:

$$\Phi = BS\cos\alpha \quad (38.1)$$

Đại lượng Φ xác định bằng công thức (38.1) được gọi là *cảm ứng từ thông* qua diện tích S , gọi tắt là *từ thông* qua diện tích S .

Theo định nghĩa, từ thông là đại lượng đại số, dấu của từ thông phụ thuộc vào việc chọn chiều của vectơ \vec{n} . Trên Hình 38.3a ta có $\Phi > 0$, còn trên Hình 38.3b thì $\Phi < 0$. Tuy nhiên, để đơn giản, sau này ta quy ước là nếu không có những điều kiện bắt buộc đối với chiều của \vec{n} thì ta chọn chiều của vectơ \vec{n} sao cho α là góc nhọn. Với quy ước đó, Φ là đại lượng dương.

b) Ý nghĩa của từ thông

Trong công thức (38.1) nếu $\alpha = 0$, thì $\Phi = BS$. Lấy $S = 1$ thì $\Phi = B$. Đẳng thức này gợi ý ta đưa ra quy định là vẽ các đường sức từ sao cho số đường sức xuyên qua một đơn vị diện tích đặt vuông góc với đường sức thì bằng trị số của cảm ứng từ B . Nếu vậy, từ thông bằng số đường sức từ xuyên qua diện tích S đặt vuông góc với đường sức.

Vì vậy người ta dùng khái niệm từ thông để diễn tả số đường sức từ xuyên qua một diện tích nào đó. Đó là ý nghĩa của từ thông.

c) Đơn vị từ thông

Trong hệ SI, đơn vị từ thông là vèbe, kí hiệu là Wb. Theo công thức (38.1) nếu $\cos\alpha = 1$, $S = 1 \text{ m}^2$, $B = 1 \text{ T}$ thì $\Phi = 1 \text{ Wb}$. Vậy $1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \cdot 1 \text{ m}^2$.

3. Hiện tượng cảm ứng điện từ

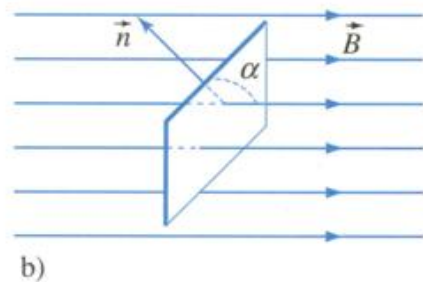
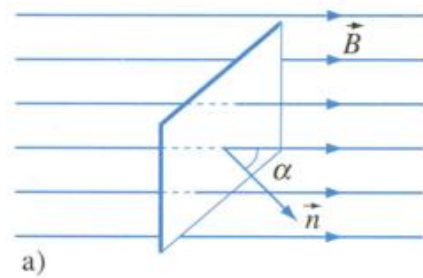
a) Dòng điện cảm ứng

Từ các thí nghiệm 1, 2 và dùng khái niệm từ thông, ta có thể nói khi từ thông qua mặt giới hạn bởi mạch điện kín biến đổi theo thời gian thì trong mạch xuất hiện dòng điện.

• Dòng điện xuất hiện khi có sự biến đổi từ thông qua mạch điện kín gọi là dòng điện cảm ứng.

b) Suất điện động cảm ứng

Trong mạch điện kín có dòng điện thì trong mạch phải tồn tại suất điện động. Ta gọi suất điện động sinh ra dòng điện cảm ứng trong mạch điện kín là suất điện động cảm ứng.

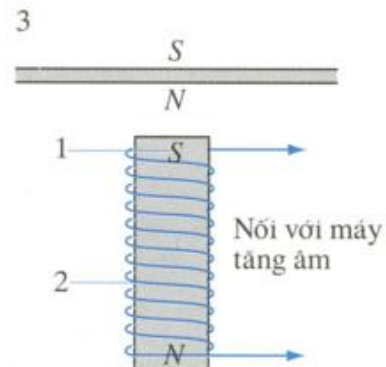


Hình 38.3 Các đường sức từ xuyên qua diện tích S .

a) \vec{n} hợp với \vec{B} góc $\alpha < \frac{\pi}{2}$;

b) \vec{n} hợp với \vec{B} góc $\alpha > \frac{\pi}{2}$.

2 Từ thông qua diện tích S tăng lên hai lần thì số đường sức từ qua diện tích đó thay đổi thế nào ?



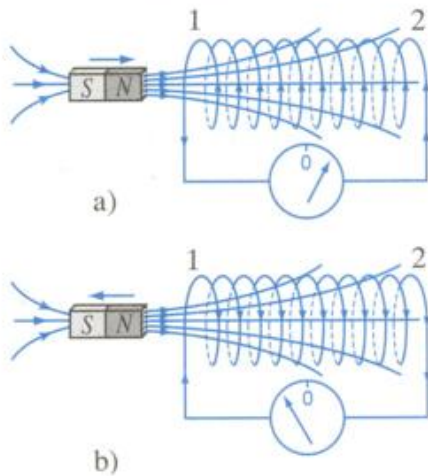
Hình 38.4 Dây đàn và cuộn dây cảm ứng trong đàn ghi ta điện.

1. Nam châm vĩnh cửu.

2. Cuộn dây ; 3. Dây đàn bằng thép.

Đàn ghi ta điện (ảnh đầu chương) có cấu tạo đặc, không có hộp cộng hưởng. Sở dĩ ta nghe được âm phát ra bởi dây đàn là nhờ ở sáu cuộn dây cảm ứng gắn vào đàn ở bên dưới sáu dây đàn. Mỗi cuộn dây cảm ứng gồm một nam châm vĩnh cửu nhỏ 1 đặt bên trong một cuộn dây 2 (Hình 38.4). Cuộn dây 2 được nối với máy tăng âm.

Vì dây đàn bằng thép nên đoạn dây nằm sát ngay bên trên nam châm của cuộn dây cảm ứng được từ hoá. Khi gảy đàn thì dây đàn dao động. Do đó từ thông qua cuộn dây 2 thay đổi, sinh ra dòng điện cảm ứng. Dòng điện cảm ứng biến đổi cả về chiều và cường độ phù hợp với dao động của dây đàn, nghĩa là phù hợp với dao động của âm. Dòng điện cảm ứng được đưa đến máy tăng âm và phát ra qua loa làm ta nghe được âm do dây đàn phát ra.



Hình 38.5 Thí nghiệm về định luật Len-xơ.

Trong thí nghiệm này ta dùng điện kế có vạch số 0 ở giữa để xác định chiều của dòng điện cảm ứng.

a) Đưa cực Bắc của nam châm lại gần đầu (1) của ống dây. Chiều của dòng điện cảm ứng được chỉ bằng các mũi tên ở ống dây. Đầu 1 là cực Bắc của ống dây.

b) Đưa cực Bắc của nam châm ra xa đầu (1) của ống dây. Đầu 1 là cực Nam của ống dây.

Từ hai thí nghiệm nói trên và nhiều thí nghiệm khác, ta có thể rút ra kết luận chung là :

Khi có sự biến đổi từ thông qua mặt giới hạn bởi một mạch kín thì trong mạch xuất hiện suất điện động cảm ứng.

Hiện tượng xuất hiện suất điện động cảm ứng được gọi là *hiện tượng cảm ứng điện từ*.

Hiện tượng cảm ứng điện từ được Fa-ra-đây phát minh và công bố vào năm 1831. Đó là một trong số những phát minh quan trọng nhất trong lĩnh vực điện từ.

4. Chiều của dòng điện cảm ứng. Định luật Len-xơ

a) Thí nghiệm

Ta xác định chiều dòng điện cảm ứng theo sơ đồ thí nghiệm như trên Hình 38.5.

b) Nhận xét

Từ thí nghiệm, ta có nhận xét là khi nam châm lại gần ống dây thì từ trường của dòng điện cảm ứng trong ống dây như muốn ngăn cản nam châm lại gần nó ; còn khi nam châm ra xa ống dây thì từ trường của dòng điện cảm ứng lại cũng như muốn ngăn cản nam châm ra xa nó.

c) Định luật Len-xơ

Nhận xét trên cũng là nội dung của định luật xác định chiều của dòng điện cảm ứng, gọi là *định luật Len-xơ* :

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

5. Định luật Fa-ra-đây về cảm ứng điện từ

Trên đây ta đã nói khi có sự biến thiên của từ thông qua mặt giới hạn bởi một mạch kín thì trong mạch xuất hiện suất điện động cảm ứng. Thực nghiệm chứng tỏ rằng, **độ lớn của suất điện động cảm ứng trong mạch kín tỉ lệ với tốc độ biến thiên của từ thông qua mạch**. Phát biểu trên được gọi là định luật Fa-ra-đây về cảm ứng điện từ.

Nếu trong khoảng thời gian Δt đủ nhỏ, từ thông qua mạch biến thiên một lượng $\Delta\Phi$ thì $\left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$ là tốc độ biến thiên của từ thông. Vì vậy, ta có thể viết :

$$|e_c| = k \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$$

Trong hệ SI, hệ số tỉ lệ $k = 1$. Nếu kể đến định luật Len-xơ thì trong hệ SI công thức xác định suất điện động cảm ứng được viết dưới dạng sau :

$$e_c = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (38.2)$$

Dấu trừ (-) biểu thị định luật Len-xơ.

Trong trường hợp mạch điện là một khung dây có N vòng dây thì

$$e_c = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

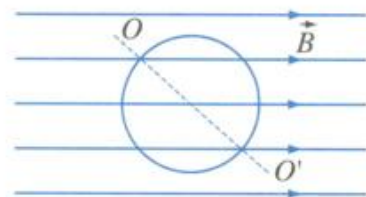
trong đó Φ là từ thông qua diện tích giới hạn bởi một vòng dây.

C3 Ở thí nghiệm Hình 38.5a, nếu giữ thanh nam châm đứng yên và cho ống dây lại gần thanh nam châm thì chiều dòng điện cảm ứng trong ống dây có thay đổi không ? Giải thích.

C4 Vẫn là thí nghiệm ở Hình 38.5a, nhưng bây giờ quay thanh nam châm để cho cực Nam của nam châm ở bên phải. Đưa nam châm lại gần ống dây thì chiều dòng điện cảm ứng trong ống dây có thay đổi không ? Giải thích.

? CÂU HỎI

- Hãy phát biểu định nghĩa từ thông và nêu ý nghĩa của khái niệm từ thông.
- Khung dây dẫn quay trong từ trường đều xung quanh trục OO' đi qua tâm khung dây (Hình 38.6). Hỏi có dòng điện cảm ứng trong khung không ? Giải thích.



Hình 38.6

- Hãy phát biểu định luật Len-xơ.
- Trong thí nghiệm ở Hình 38.2, đầu bên trái ống dây là đầu Bắc, di chuyển con chạy về bên trái. Dùng định luật Len-xơ hãy chỉ ra chiều của dòng điện cảm ứng trong vòng dây.
- Giả sử cho thanh nam châm và ống dây trong thí nghiệm ở Hình 38.5 cùng chuyển động sang bên trái với vận tốc như nhau thì kim của điện kế có bị lệch khỏi vạch 0 không ? Giải thích.
- Hãy viết công thức xác định suất điện động cảm ứng trong một mạch điện kín.

BÀI TẬP

1. Chọn câu đúng.

Khung dây dẫn $ABCD$ được đặt trong từ trường đều như Hình 38.7. Coi rằng bên ngoài vùng $MNPQ$ không có từ trường. Khung chuyển động thẳng đều dọc theo hai đường song song $x'x'$, $y'y'$. Trong khung sẽ xuất hiện dòng điện cảm ứng khi

- khung đang chuyển động ở ngoài vùng $MNPQ$.
- khung đang chuyển động ở trong vùng $MNPQ$.
- khung đang chuyển động từ ngoài vào trong vùng $MNPQ$.
- khung đang chuyển động đến gần vùng $MNPQ$.

2. Chọn phương án đúng.

Từ thông Φ qua một khung dây biến đổi theo thời gian được cho trên Hình 38.8. Suất điện động cảm ứng e_c trong khung A. trong khoảng thời gian $0 \rightarrow 0,1$ s là $e_{c_1} = 3$ V.

- trong khoảng thời gian $0,1 \rightarrow 0,2$ s là $e_{c_2} = 6$ V.
- trong khoảng thời gian $0,2 \rightarrow 0,3$ s là $e_{c_3} = 9$ V.
- trong khoảng thời gian $0 \rightarrow 0,3$ s là $e_{c_4} = 4$ V.

3. Chọn phương án đúng.

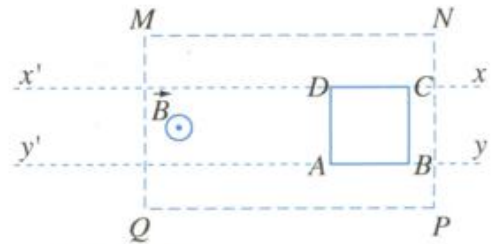
Giả sử khung dây mà qua đó từ thông biến thiên như trên Hình 38.8 có dạng hình chữ nhật $MNPQ$ (Hình 38.9). Theo định luật Len-xơ thì dòng điện cảm ứng trong khung dây có chiều

- $MNPQM$.
- $MQPNM$.
- $0 \rightarrow 0,2$ s : $MNPQM$; $0,2 \rightarrow 0,3$ s : $MQPNM$.
- Chưa kết luận được vì chưa biết phương, chiều của \vec{B} .

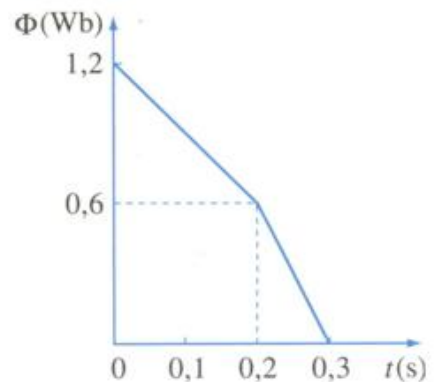
4. Một khung dây dẫn hình chữ nhật kích thước 3 cm x 4 cm đặt trong từ trường đều có cảm ứng từ $B = 5 \cdot 10^{-4}$ T. Vectơ cảm ứng từ hợp với mặt phẳng khung một góc 30° . Tính từ thông qua khung dây dẫn đó.

5. Một hình vuông cạnh 5 cm, đặt trong từ trường đều có cảm ứng từ $B = 4 \cdot 10^{-4}$ T. Từ thông qua hình vuông đó bằng 10^{-6} Wb. Tính góc hợp bởi vectơ cảm ứng từ và vectơ pháp tuyến với hình vuông đó.

6. Một khung dây phẳng, diện tích 20 cm², gồm 10 vòng được đặt trong từ trường đều. Vectơ cảm ứng từ hợp thành với mặt phẳng khung dây một góc $\frac{\pi}{6}$ và có độ lớn bằng $2 \cdot 10^{-4}$ T. Người ta làm



Hình 38.7



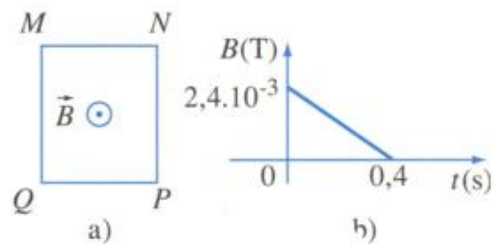
Hình 38.8



Hình 38.9

cho từ trường giảm đều đến không trong khoảng thời gian 0,01 s. Tính suất điện động cảm ứng xuất hiện trong khung dây trong thời gian từ trường biến đổi.

7. Khung dây $MNPQ$ cứng, phẳng, diện tích 25 cm^2 , gồm 10 vòng dây. Khung dây được đặt trong từ trường đều. Vectơ cảm ứng từ vuông góc với mặt phẳng khung dây và có chiều như trên Hình 38.10a. Cảm ứng từ biến thiên theo thời gian như đường biểu diễn trên Hình 38.10b.

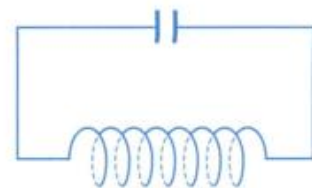


Hình 38.10

- Tính độ biến thiên của từ thông qua khung dây kể từ lúc $t = 0$ đến $t = 0,4$ s.
- Xác định suất điện động cảm ứng trong khung.
- Tim chiều của dòng điện cảm ứng trong khung.

Em có biết ?

Người ta vẫn nói rằng Fa-ra-đây là người phát minh ra hiện tượng cảm ứng điện từ. Nhưng cũng nên nói thêm rằng độc lập và hầu như đồng thời với Fa-ra-đây, còn có Hen-ri (Joseph Henry, 1797 – 1878, nhà vật lí người Mĩ) là người cũng nghiên cứu hiện tượng này. Lúc ấy Hen-ri đang là một giáo viên. Ông đã dành suốt kì nghỉ hè của mình để nghiên cứu hiện tượng này. Nhưng mãi một năm sau Hen-ri mới công bố những kết quả nghiên cứu của mình. Vì Fa-ra-đây là người công bố trước nên ông được ưu tiên hưởng bản quyền phát minh.



Hình 38.11 Khung dao động.

Tuy Hen-ri không được công nhận là người phát minh ra hiện tượng cảm ứng điện từ, nhưng người ta vẫn lấy tên ông đặt tên cho đơn vị độ tự cảm của ống dây (sẽ nói đến ở bài 41) là *henri*. Còn đơn vị điện dung của tụ điện thì được gọi là *fara*. Đây là điều rất có ý nghĩa. Bởi vì, trong một mạch để tạo ra dao động điện từ (sẽ học ở lớp 12) bao giờ cũng có tụ điện và ống dây như trên Hình 38.11.

Ngoài ra, về mặt con người thì giữa hai nhà khoa học này lại có một sự giống nhau thú vị. Fa-ra-đây là người trưởng thành bằng tự học. Năm 13 tuổi ông đã phải đi học việc trong một hiệu đóng sách ở Luân Đôn. Ông đã học được rất nhiều qua những quyển sách ở đó. Còn Hen-ri thì từ năm 14 tuổi cũng đã phải đi học việc trong một hiệu đồng hồ ở Niu-Oóc.