

8 NĂNG LƯỢNG ĐIỆN TRƯỜNG

I - Mục tiêu

- Vận dụng được công thức xác định năng lượng của tụ điện.
- Thành lập được công thức xác định năng lượng điện trường trong tụ điện, và phát biểu được công thức xác định mật độ năng lượng điện trường.

II - Chuẩn bị

Giáo viên

Không cần chuẩn bị dụng cụ thí nghiệm.

Học sinh

Đọc lại mục 1 bài 4 SGK.

III - Những điều cần lưu ý

1. Trong SGK có nói đến năng lượng của tụ điện. Ta hiểu rằng đó là năng lượng của điện trường được tích lũy trong tụ điện. SGK có đưa ra bộ đèn chụp ảnh để làm ví dụ nói về năng lượng điện trường trong tụ điện. Khi đèn loé sáng là lúc năng lượng điện trường trong tụ điện của bộ đèn được chuyển hoá thành quang năng.

Ở đây GV cũng có thể trở về mục 1 bài 4 SGK. Vấn đề đặt ra trong mục đó là tính công của lực điện. Việc tính công của lực điện thực chất là đã nói gián tiếp rằng điện trường có năng lượng.

Ở bài 3 ta đã nêu một tính chất cơ bản của điện trường, đó là điện trường gây ra lực điện. Ở bài 4 ta lại gặp một tính chất cơ bản của điện trường, đó là điện trường là trường thế. Đến đây có thể coi ta lại đề cập đến một tính chất cơ bản nữa của điện trường đó là điện trường có năng lượng.

2. Trong công nghệ điện tử, vi điện tử, các tụ điện còn có nhiều ứng dụng quan trọng khác. Ở các mạch dao động trong các máy thu, máy phát vô tuyến điện hay vô tuyến truyền hình thì tụ điện là một linh kiện không thể thiếu. Đặc biệt, ở các tụ điện kích thước rất nhỏ trong các bộ nhớ của các máy điện tử, trong các mạch logic kĩ thuật số thì việc tích lũy năng lượng không có ý nghĩa đáng kể, nhưng chúng lại có vai trò quyết định trong kĩ thuật số (tạo ra trạng thái thông tin 0 hoặc 1 (không hoặc có) ứng với hai trạng thái tích điện, không tích điện của tụ điện).

3. Trong SGK, khi thành lập công thức tính năng lượng của tụ điện, ta đã thay việc xét quá trình tích điện khá phức tạp của tụ điện bằng quá trình đơn giản tương đương. Quá trình tương đương đó có thể coi như có điện tích Q chuyển động từ bản này đến bản kia có hiệu điện thế bằng $\frac{U}{2}$. Để tránh những lập luận rườm rà, trong SGK chỉ nói vắn tắt như vừa nhắc tới. Thực ra lập luận đầy đủ thì phức tạp hơn nhiều. Ở đây ta sẽ trình bày cách lập luận đầy đủ đó.

Ta nhớ lại bài toán thiết lập phương trình chuyển động thẳng biến đổi đều trong cơ học. Nếu một chất điểm chuyển động đều với vận tốc v không đổi thì trong khoảng thời gian từ 0 đến t chất điểm chuyển động được quãng đường :

$$s = vt \quad (*)$$

Nếu v không đổi (chẳng hạn v_0) thì về mặt giá trị bằng số, s bằng diện tích hình chữ nhật có gạch chéo ở Hình 8.1a.

Nhưng nếu chất điểm chuyển động với vận tốc

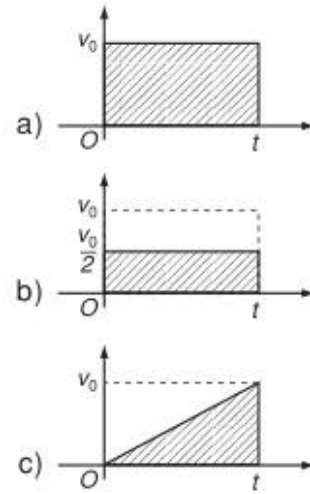
$$v = at \quad (a \text{ không đổi}) \quad (**)$$

và giả sử đến thời điểm t vận tốc của vật là v_0 , thì trong khoảng thời gian từ 0 đến t ta có thể coi chuyển động của chất điểm là chuyển động đều với vận tốc trung bình $v_{tb} = \frac{v_0}{2} = \frac{at}{2}$. Do đó, quãng đường mà chất điểm chuyển động được là

$$s = v_{tb}t = \frac{v_0}{2}t. \quad (***)$$

Nếu thay $v_{tb} = \frac{at}{2}$ thì ta cũng có thể viết

$$s = v_{tb}t = \frac{at^2}{2} \quad (***)$$



Hình 8.1

Về số thì s có thể biểu diễn bằng hình chữ nhật có gạch chéo ở Hình 8.1b (ứng với biểu thức (***)) hay bằng diện tích hình tam giác có gạch chéo ở Hình 8.1c (ứng với biểu thức (***)).

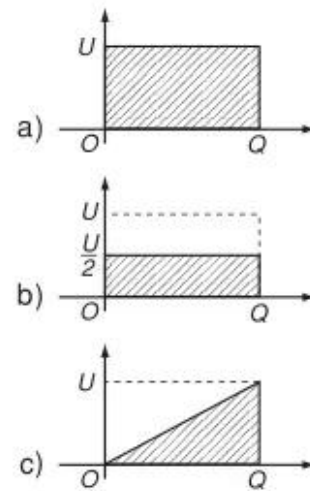
Bài toán của ta ở đây cũng có thể phát biểu dưới dạng tương tự (về hình thức). Nếu có điện tích Q chuyển động từ M đến N mà giữa hai điểm M, N có hiệu điện thế U không đổi thì điện tích thực hiện công

$$A = UQ$$

Hệ thức này có dạng tương tự hệ thức (*), A, U, Q đóng vai trò của s, v, t tương ứng. Nếu U không đổi thì về giá trị bằng số A bằng diện tích hình chữ nhật có gạch chéo ở Hình 8.2a.

Bây giờ ta xét trường hợp hiệu điện thế U giữa hai bản tụ điện phụ thuộc điện tích Q của tụ điện theo hệ thức

$$U = \frac{1}{C}Q \quad \left(\frac{1}{C} \text{ không đổi} \right)$$



Hình 8.2

Hệ thức này có dạng tương tự (**), $\frac{1}{C}$ đóng vai trò của a trong (**). Do đó khi điện tích của tụ điện tăng từ 0 đến Q ta cũng có thể coi như hiệu điện thế của tụ điện có giá trị trung bình $U_{tb} = \frac{U}{2} = \frac{Q}{2C}$. Do đó, công của điện tích

$$A = U_{tb}Q = \frac{U}{2} Q$$

Biểu thức này tương tự (***)

Nếu thay $U_{tb} = \frac{Q}{2C}$ thì ta có thể viết

$$A = U_{tb}Q = \frac{Q^2}{2C}$$

Biểu thức này tương tự (****).

Về số thì A có thể biểu diễn bằng hình chữ nhật có gạch chéo ở Hình 8.2b (ứng với biểu thức $A = \frac{U}{2}Q$) hay bằng diện tích hình tam giác có gạch chéo

trên Hình 8.2c ứng với biểu thức $A = \frac{Q^2}{2C}$.

IV - Gợi ý về phương pháp và tổ chức hoạt động dạy học

1. Năng lượng của tụ điện

Mục này được mở đầu bằng một nhận xét về sự loé sáng của đèn chụp ảnh để đi đến kết luận rằng tụ điện có năng lượng.

Tiếp sau đó là việc thành lập công thức tính năng lượng của tụ điện.

Lúc đầu, điện tích Q của tụ điện bằng không, hiệu điện thế U của tụ điện cũng bằng không do đó năng lượng của tụ điện bằng không.

Khi tụ điện được tích điện, điện tích của tụ điện tăng dần từ 0 đến giá trị Q . Chú ý rằng mặc dù quá trình này xảy ra rất nhanh, nhưng cũng không thể coi là điện tích tăng nhảy cóc từ 0 đến Q . Điện tích tăng, hiệu điện thế cũng tăng, điều quan trọng GV phải nhấn mạnh ở đây là trong quá trình tích điện, điện tích và hiệu điện thế của tụ điện luôn luôn tỉ lệ với nhau. Chính điều này cho ta có thể rút ra kết luận rằng coi như trong quá trình tích điện, tụ điện có điện tích Q và có hiệu điện thế trung bình $\frac{U}{2}$. Từ đó GV dẫn HS đi đến các công thức (8.1), (8.2).

2. Năng lượng điện trường.

Khi dạy mục này GV có thể trở lại bộ đèn chụp ảnh để làm một ví dụ nói rằng năng lượng của tụ điện chính là năng lượng điện trường trong tụ điện. GV cũng có thể trở về mục 1 bài 4 SGK như đã nói trên.

Cũng nên nhấn mạnh rằng có thể coi việc điện trường có năng lượng là một tính chất cơ bản nữa của điện trường, ngoài tính chất cơ bản đã nêu là điện trường gây ra lực điện ở bài 3 và điện trường tĩnh là trường thế ở bài 4.

Khi các công thức tính năng lượng của tụ điện đã được thành lập thì việc rút ra công thức tính mật độ năng lượng điện trường không có gì khó khăn.

V - Hướng dẫn trả lời câu hỏi và giải bài tập

Câu hỏi

1. $W = \frac{1}{2}QU = \frac{1}{2}CU^2 = \frac{Q^2}{2C}$.
2. $W = \frac{\epsilon E^2}{9 \cdot 10^9 \cdot 8\pi} V$. Chia biểu thức ở vế phải cho V ta được công thức xác định mật độ năng lượng điện trường :

$$w = \frac{\epsilon E^2}{9 \cdot 10^9 \cdot 8\pi}$$

Bài tập

1. C.
2. Áp dụng công thức $W = \frac{1}{2}CU^2$.
3. Gọi điện tích của tụ điện trước khi nối với bộ acquy là Q_1 , sau khi nối với acquy là $Q_2 = CU$. Năng lượng của tụ điện giảm đi là $\Delta W = \frac{1}{2C}(Q_1^2 - Q_2^2)$. Năng lượng acquy tăng lên cũng bằng ΔW . Thay số : $Q_1 = 10^{-3} \text{ C}$; $Q_2 = CU = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 80 = 0,4 \cdot 10^{-3} \text{ C}$; $C = 5 \cdot 10^{-6} \text{ F}$ ta được $\Delta W = 0,084 \text{ J}$.
4. Áp dụng công thức (8.4), $w = \frac{\epsilon E^2}{9 \cdot 10^9 \cdot 8\pi}$, trong đó đã biết $E = \frac{U}{d} = \frac{200}{0,004} \text{ V/m}$. Từ đó tính được w .