

## **4 CÔNG CỦA LỰC ĐIỆN. HIỆU ĐIỆN THẾ**

### **I - Mục tiêu**

– Nêu được đặc tính của công của lực điện. Biết cách vận dụng biểu thức công của lực điện.

– Trình bày được khái niệm hiệu điện thế.

– Trình bày được mối liên hệ giữa công của lực điện và hiệu điện thế. Biết cách vận dụng công thức liên hệ giữa công của lực điện và hiệu điện thế (công thức 4.2).

– Nêu được mối liên hệ giữa cường độ điện trường và hiệu điện thế và biết cách vận dụng công thức liên hệ giữa cường độ điện trường và hiệu điện thế.

### **II - Chuẩn bị**

#### **Giáo viên**

Tĩnh điện kế và những dụng cụ có liên quan.

## Học sinh

Cần ôn lại những vấn đề sau : tính chất thế của trường hấp dẫn, biểu thức thế năng của một vật trong trường hấp dẫn.

### III - Những điều cần lưu ý

1. Công của một lực đã được định nghĩa trong cơ học. Ở đây, điều cần nói đến, cần được làm nổi bật là đặc tính của công của lực điện. Đặc tính đó là : công của lực điện không phụ thuộc dạng đường đi của điện tích. Nói chung một lực bất kì thì không có tính chất này. Trong cơ học ta đã biết công của lực ma sát, của lực mà công nhân đẩy chiếc xe goòng,... phụ thuộc vào độ dài của đường đi. Rất nhiều trường hợp công của lực phụ thuộc dạng đường đi.

Cho đến bài này, HS được biết hai loại lực có đặc tính là công của chúng không phụ thuộc dạng đường đi, đó là lực hấp dẫn HS đã được học ở lớp 10 và lực điện được học ở bài này.

2. Cách đưa ra khái niệm hiệu điện thế và điện thế trong SGK có nhiều điểm khác với cách trình bày cũ.

Trong cách trình bày ở SGK cũ cũng như trong SGK, việc đưa ra khái niệm điện thế và hiệu điện thế đều xuất phát từ đặc tính của công của lực điện.

Tuy nhiên, trong cách trình bày ở SGK cũ thì sử dụng biểu thức xác định công của lực điện để định nghĩa điện thế. Sau khi đã đưa ra định nghĩa điện thế thì việc định nghĩa hiệu điện thế là việc làm đơn giản.

Còn ở SGK thì hiệu điện thế được định nghĩa trước. Sau khi đã có định nghĩa hiệu điện thế ta mới đưa ra khái niệm điện thế. Thoạt tiên, ta có cảm giác như đó là cách làm ngược. Tuy nhiên, nếu chú ý đến sự tương tự giữa trường hấp dẫn và điện trường thì sẽ thấy rằng, cách làm đó cũng có thể chấp nhận.

Muốn sử dụng được những điều đã biết về trường hấp dẫn để áp dụng cho điện trường thì điều mấu chốt là phải nêu lên một đặc tính giống nhau giữa công của lực điện và công của lực hấp dẫn : công của lực điện và công của lực hấp dẫn đều không phụ thuộc dạng đường đi của vật.

Từ điều mấu chốt đó, GV rút ra kết luận điện trường là trường thế.

Một vật khối lượng  $m$  đặt trong trường hấp dẫn thì có thế năng. Thế năng của một vật phụ thuộc vào vị trí của vật trong trường hấp dẫn. Khi vật từ điểm này di chuyển đến điểm kia thì thế năng của vật thay đổi. Ta cũng nói một cách tương tự đối với điện tích.

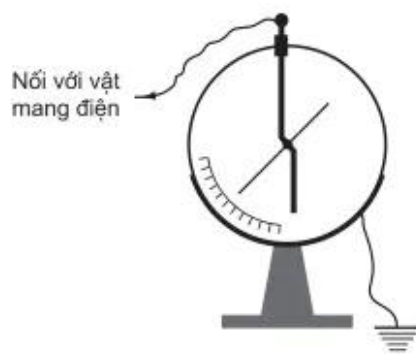
Công của lực hấp dẫn tác dụng lên vật khi vật di chuyển từ điểm này đến điểm kia bằng hiệu thế năng của vật tại hai điểm đó. Do đó, ta cũng nói công của lực điện tác dụng lên điện tích khi điện tích di chuyển từ điểm này đến điểm kia bằng hiệu thế năng của điện tích tại hai điểm đó.

Thế năng của một vật trong trường hấp dẫn tỉ lệ với khối lượng của vật. Từ đó ta suy ra giả thiết là thế năng của điện tích trong điện trường tỉ lệ với điện tích.

Nhân tiện đây, cũng nên nói thêm rằng tính chất thế của điện trường cũng có thể coi là một trong những tính chất cơ bản của điện trường, ngoài tính chất cơ bản là điện trường gây ra lực điện như đã nói ở bài 3 SGK.

**3.** Trong bài 1 SGK có nói đến điện nghiệm, đó là dụng cụ dùng để phát hiện ra điện tích ở một vật nào đó. Trong bài này ta gặp một dụng cụ khác gọi là tĩnh điện kế. Cấu tạo của tĩnh điện kế được trình bày trên Hình 4.2 SGK. Nó gồm một chiếc cân bằng kim loại, một chiếc kim cũng bằng kim loại. Kim có thể quay xung quanh một trục nằm ngang gắn chắc vào chiếc cân. Chiếc cân và kim được đặt bên trong một chiếc hộp bằng kim loại được gọi là vỏ của tĩnh điện kế. Cân và vỏ tĩnh điện kế đặt cách điện đối với nhau.

Muốn đo hiệu điện thế giữa hai vật dẫn, ta nối vật này với cân còn vật kia với vỏ của tĩnh điện kế. Để đo hiệu điện thế của một vật dẫn nhiễm điện đối với đất người ta nối vật đó với cân tĩnh điện kế còn vỏ tĩnh điện kế nối với đất (Hình 4.1). Độ lệch của kim điện kế phụ thuộc hiệu điện thế giữa cân và vỏ tĩnh điện kế. Hiệu điện thế càng lớn, thì góc lệch của kim cũng càng lớn. Tĩnh điện kế dùng để đo hiệu điện thế, vì thế nó cũng được gọi là vôn kế tĩnh điện.



Hình 4.1

Về hình thức, tĩnh điện kế vừa mô tả ở đây có cấu tạo gần giống với điện nghiệm nói ở bài 1 SGK. Tuy nhiên, cần chú ý rằng vỏ của tĩnh điện kế làm bằng kim loại và có dạng nhất định. Khi ta đặt một hiệu điện thế

giữa cần và vỏ tĩnh điện kế thì bên trong điện kế tồn tại một điện trường. Dưới tác dụng của lực do điện trường đó gây ra, kim tĩnh điện kế quay đi một góc nào đó. Còn vỏ của điện nghiệm thì làm bằng chất cách điện như thủy tinh hay nhựa, góc lệch giữa hai lá của điện nghiệm phụ thuộc vào lực tương tác giữa các điện tích trên hai lá điện nghiệm.

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

##### 1. Công của lực điện

Trước hết GV phải hướng dẫn HS thành lập công thức tính công (4.1) :  $A_{MN} = qE \cdot \overline{M'N'}$ . Việc thành lập công thức này không có gì khó khăn, ở SGK lớp 10 ta đã thành lập công thức tính công của lực hấp dẫn, vì vậy ở đây chỉ là sự lặp lại các tính toán mà HS đã biết ở SGK lớp 10.

Tuy nhiên cũng cần nêu một chú ý sau : Với trường hợp cụ thể như trong Hình 4.1 SGK (điện tích  $q$  đi trên đường cong theo hướng từ  $M$  đến  $N$ , góc  $\alpha$  hợp bởi chiều của lực tác dụng lên điện tích và chiều dịch chuyển của  $q$  là góc nhọn) thì công thức tính công  $A_{MN}$  có thể viết dưới dạng đơn giản hơn công thức (4.1) ; cụ thể là có thể viết như sau :  $A_{MN} = qE \cdot \overline{M'N'}$  (nghĩa là không cần viết dưới dạng độ dài đại số  $\overline{M'N'}$ ). Mặc dù vậy, ta vẫn viết biểu thức của  $A_{MN}$  dưới dạng như SGK. Bởi vì đó là dạng tổng quát, nó đúng cho trường hợp  $q > 0$  cũng như  $q < 0$ ,  $\overline{M'N'} > 0$  cũng như  $\overline{M'N'} < 0$ . Vì vậy GV cần chỉ cho HS thấy rằng, trong công thức này chỉ trừ  $E$  là đại lượng dương, còn tất cả các đại lượng khác đều là các đại lượng đại số. Và dĩ nhiên  $A_{MN}$  cũng là đại lượng đại số.

Sau khi thành lập công thức (4.1), GV hướng dẫn để HS rút ra nhận xét là công không phụ thuộc dạng đường đi, mà chỉ phụ thuộc vào vị trí hai điểm đầu và cuối của đường đi.

GV có thể sử dụng gợi ý **C1** để khắc sâu thêm kết luận nói trên.

Trả lời **C1** : Công của lực điện trường và công của lực hấp dẫn đều có đặc tính chung là không phụ thuộc dạng đường đi mà chỉ phụ thuộc vị trí điểm đầu và điểm cuối của đường đi. Những trường lực có tính chất đó là trường thế.

Để nhấn mạnh rằng công thức (4.1) đúng cả trong trường hợp  $q > 0$  và  $q < 0$ , GV dùng gợi ý [C2].

Trả lời [C2] : Lập lại các lập luận như trong trường hợp  $q > 0$ .

## 2. Khái niệm hiệu điện thế

a) Trước hết GV nhắc lại công của lực hấp dẫn ở SGK lớp 10. Khi nhắc lại điều này, cần làm cho HS chú ý đến đặc tính là công của lực hấp dẫn không phụ thuộc dạng đường đi, mà chỉ phụ thuộc vào vị trí điểm đầu và điểm cuối của đường đi. Từ đó, dẫn dắt HS nhớ lại công thức tính công của lực hấp dẫn biểu diễn qua hiệu thế năng của vật.

Lực hấp dẫn và lực điện đều là các lực thế, nên đối với lực điện có thể biểu diễn công của lực điện bằng hiệu thế năng của điện tích giữa hai điểm đang xét.

b) Đến đây, GV nêu lên sự khác nhau giữa cách biểu diễn công trong hai trường lực. Đối với trường hấp dẫn, thường biểu diễn công của lực hấp dẫn qua hiệu thế năng của vật. Nhưng đối với điện trường, thì lại không biểu diễn công của lực điện trực tiếp qua hiệu thế năng mà biểu diễn qua hiệu điện thế.

Cụ thể là biểu thức hiệu thế năng của điện tích  $q$  trong điện trường được viết dưới dạng tích của hai thừa số, thừa số thứ nhất là điện tích  $q$ , thừa số thứ hai không phụ thuộc vào  $q$  mà phụ thuộc vào điện trường, nó được gọi là hiệu điện thế của điện trường. Đó là công thức (4.2).

Sau đó GV rút ra công thức (4.3) để định nghĩa hiệu điện thế. Chú ý rằng, đó là công thức định nghĩa hiệu điện thế chứ không phải là công thức định nghĩa điện thế. GV có thể dựa vào điều này để gợi ý cho HS thấy rằng, giá trị của điện thế phụ thuộc vào việc chọn mốc tính điện thế.

GV dùng gợi ý [C3] để nhấn mạnh về điểm khác nhau giữa điện thế và hiệu điện thế. Điện thế thì phụ thuộc vào việc chọn mốc tính điện thế. Hiệu điện thế thì không phụ thuộc vào việc chọn mốc tính điện thế.

Đến đây GV cũng nên giới thiệu sơ qua về tĩnh điện kế (Hình 4.2 SGK), và nói về cách đo hiệu điện thế giữa hai vật (trong bài 6 SGK ta cần dùng tĩnh điện kế để khảo sát điện thế của vật dẫn).

[C4] nói về cách đo hiệu điện thế, nhưng nó cũng là câu gợi ý để HS hiểu rõ hơn về khái niệm điện thế và hiệu điện thế.

Trả lời **C4** : Chỉ có dụng cụ đo hiệu điện thế, không có dụng cụ đo điện thế. Nối vật  $A$  với núm kim loại của tĩnh điện kế, còn vỏ tĩnh điện kế nối với đất là phép đo hiệu điện thế giữa vật  $A$  và mặt đất. Nhưng vì, người ta quy ước điện thế của mặt đất là mốc tính điện thế, nên thực chất đó là phép đo hiệu điện thế của vật  $A$  đối với đất.

Một vài thắc mắc mà HS có thể đặt ra :

Nên hiểu thế năng của điện tích trong điện trường như thế nào ? (trong SGK không có biểu thức thế năng của điện tích).

Gợi ý giải đáp : Hiệu thế năng là đại lượng có giá trị xác định. Vì vậy khi nói thế năng của điện tích tại điểm  $A$  trong điện trường ta hiểu ngầm đó là thế năng của điện tích tại điểm  $A$  đối với một điểm nào đó đã được chọn làm mốc tính thế năng, thường người ta chọn điểm xa vô cùng hay trên mặt đất làm mốc.

– Dùng dụng cụ gì để đo điện thế của một vật tích điện ?

Gợi ý giải đáp : GV có thể dùng gợi ý **C4** để giải đáp thắc mắc đó. Khi giải đáp, GV nên lưu ý HS rằng đo điện thế của một vật thực chất là đo hiệu điện thế giữa vật đó và một vật khác đã được chọn làm mốc tính điện thế.

– Nên hiểu cách viết điện thế tại điểm  $A$  chẳng hạn bằng  $3V, 4V, \dots$  như thế nào ? (trong SGK không có công thức tính điện thế).

Gợi ý giải đáp : khi đó phải hiểu ngầm thực chất đó là hiệu điện thế giữa điểm  $A$  và một điểm nào đó (có thể là vô cực) đã được chọn làm mốc tính điện thế.

### **3. Liên hệ giữa cường độ điện trường và hiệu điện thế**

Đây là một đoạn dạy đơn giản, GV có thể hướng dẫn để HS tự thành lập các công thức (4.4) và (4.5).

Có điều GV cần chỉ ra cho HS lưu ý là trong công thức (4.4) thì  $U_{MN}$  và  $\overline{M'N'}$  là hai đại lượng đại số, còn  $E$  là đại lượng dương. Trong khi đó thì các đại lượng trong công thức (4.5) đều là các đại lượng số học.

Để nhấn mạnh vai trò của các đại lượng đại số trong công thức (4.4), GV có thể dùng gợi ý **C5**. Trên Hình 4.3 SGK ta hiểu chiều của đường sức cũng là chiều của trục  $Ox$ . Vì  $M$  và  $N$  là hai điểm nằm ngay trên đường sức nên  $\overline{M'N'} \equiv \overline{MN} < 0$ . Suy ra  $U_{MN} < 0$ , vậy điện thế giảm theo chiều của đường sức.

Về vấn đề này HS có thể nêu thắc mắc sau :

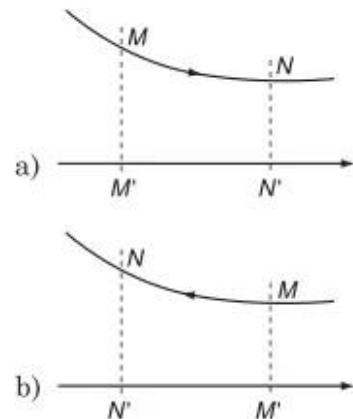
- Công thức (4.5) có thể áp dụng cho trường hợp điện trường không đều được không ?

- Gợi ý giải đáp : Nếu điện trường không đều thì phải xét một phạm vi hẹp, trong đó hai điểm  $M, N$  là rất gần nhau, nếu trong phạm vi đó điện trường có thể coi là đều thì có thể áp dụng (4.4) và (4.5).

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

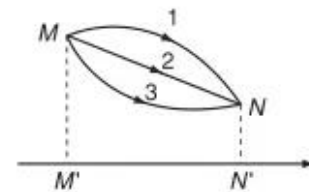
### Câu hỏi

- Giả sử điện tích chuyển động theo chiều mũi tên trên đường  $MN$ , chiều đường sức hướng từ trái sang phải như trên Hình 4.2. Trong trường hợp a) thì  $\overline{M'N'} > 0$ , trường hợp b) thì  $\overline{M'N'} < 0$ .



Hình 4.2

- Điện tích  $q$  chuyển động từ  $M$  đến  $N$  dù theo đường 1, 2, 3 (Hình 4.3) thì công thức xác định thế năng vẫn được tính theo công thức  $A_{MN} = q\overline{EM'N'}$



Hình 4.3

- $U_{MN} = -U_{NM}$ .

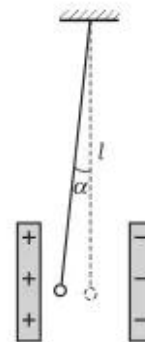
- $V_M - V_N = U_{MN} = \frac{A_{MN}}{q}$

- $E = \frac{U_{MN}}{\overline{M'N'}}$  hay  $E = \frac{U}{d}$

### Bài tập

- D. Vì công của lực điện không phụ thuộc dạng đường đi.
- D.

3. Để tính công, ta áp dụng công thức (4.1). Trong trường hợp đang xét thì  $\overline{M'N'} = 0, \overline{N'P'} = 0$ . Vì vậy công của lực điện trong mỗi trường hợp đều bằng không.
4. Vẫn áp dụng công thức (4.1). Khoảng cách giữa hai tấm kim loại chính là đại lượng  $\overline{M'N'}$  trong công thức này. Ngoài ra ta còn biết  $A, q$  do đó ta tính được  $E$ .
5. Khi electron bắt đầu vào trong điện trường thì lực điện tác dụng lên electron đóng vai trò lực cản. Lúc đầu electron có năng lượng  $\frac{mv^2}{2}$ . Khi electron đi được đoạn đường  $s$  thì công của lực cản bằng  $eEs$ . Do đó có thể viết:  $eEs = \frac{mv^2}{2}$ . Từ đó suy ra  $s$ .
6.  $A_{MN} = -1 \text{ J}$ . Dấu  $-$  ở đây có nghĩa là ta cần cung cấp năng lượng (1 J) cho điện tích để nó có thể đi từ  $M$  đến  $N$ .
7. Khi quả cầu nằm lơ lửng giữa hai tấm kim loại thì lực điện và lực hấp dẫn là hai lực cân bằng. Vì vậy có thể viết:  $q \frac{U}{d} = mg$ . Từ đó rút ra  $U$ .
8. Từ Hình 4.4 ta có  $F = P \tan \alpha$ . Vì  $\alpha$  nhỏ nên có thể viết  $\tan \alpha \approx \sin \alpha = \frac{1}{100}$ . Mặt khác ta có  $F = q \frac{U}{d}$  ( $d$  là khoảng cách giữa hai tấm kim loại). Từ đó ta rút ra biểu thức xác định  $q, q = \frac{mgd}{100U} = 24 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ .  
 Ứng với Hình 4.5 SGK ta phải hiểu là quả cầu mang điện tích âm, do đó  $q = -24 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ .



Hình 4.4