

4

CÔNG CỦA LỰC ĐIỆN

I – MỤC TIÊU

1. Trình bày được công thức tính công của lực điện trong sự di chuyển của một điện tích trong điện trường đều.
2. Nêu được đặc điểm của công của lực điện.
3. Nêu được mối liên hệ giữa công của lực điện và thế năng của điện tích trong điện trường.
4. Nêu được thế năng của điện tích thử q trong điện trường luôn luôn tỉ lệ thuận với q .

II – CHUẨN BỊ

Giáo viên

Nếu có thể, vẽ trên giấy khổ lớn Hình 4.2 SGK và hình vẽ bổ trợ trường hợp di chuyển điện tích theo một đường cong từ M đến N .

Học sinh

Ôn lại cách tính công của trọng lực và đặc điểm của công của trọng lực.

III – THÔNG TIN BỔ SUNG

1. Lực mà công của nó không phụ thuộc hình dạng của đường dịch chuyển mà chỉ phụ thuộc vào vị trí của điểm đầu và điểm cuối của đường dịch chuyển là *lực thế*. Nếu đường dịch chuyển là một vòng kín thì công của lực thế bằng không.

Trường của các lực này là *trường thế*. Chỉ trong các trường thế mới có thế năng. Điện trường tĩnh và trọng trường là các trường thế.

Điện trường xoáy, tức là điện trường mà đường sức của nó là những đường cong kín, không có điểm đầu điểm cuối, không phải là trường thế. Trong điện trường xoáy, thì lực điện không phải là lực thế. Công của lực điện khi điện tích di chuyển một vòng kín trong điện trường này sẽ khác không.

2. Ta đưa vấn đề thế năng của điện tích trong điện trường vào bài này một mặt để có thể sử dụng phương pháp định luật bảo toàn năng lượng trong điện học, mặt khác để bắc cầu logic giữa vấn đề về công của lực điện và vấn đề về điện thế và hiệu điện thế. Kiến thức về thế năng của điện tích trong điện trường coi như kiến thức bổ trợ.

3. Cần chú ý rằng công của lực điện có thể có giá trị dương hoặc âm. Công của lực điện trong điện trường đều được tính bằng công thức $A = qEd$, với quy ước về dấu như sau : nếu lấy chiều dương là chiều của các đường sức điện thì d (tính từ điểm đầu đến điểm cuối của đường đi) sẽ có giá trị dương nếu cùng chiều đường sức, âm nếu ngược chiều đường sức ; còn dấu của q thì lấy phù hợp với tính chất dương, âm của nó.

4. Ta hãy chứng minh trong trường hợp q âm thì công của lực điện trong điện trường đều khi q dịch chuyển vẫn được tính bằng công thức $A = qEd$.

$$\text{Công của lực điện là : } A = \vec{F} \cdot \vec{s} = F s \cos \alpha \quad (4.1)$$

F là độ lớn của lực, s là độ lớn của độ dịch chuyển (độ dời), α là góc giữa \vec{F} và \vec{s} .

$$F = |qE| = |q|E = -qE \quad (\text{vì } q < 0 \text{ và } E > 0) \quad (4.2)$$

Vì $q < 0$ nên \vec{F} ngược chiều với \vec{E} .

Gọi β là góc giữa \vec{E} và \vec{s} , ta có : $\beta = \pi - \alpha$ hay $\alpha = \pi - \beta$

$$\text{Vậy : } s \cos \alpha = s \cos(\pi - \beta) = -s \cos \beta \quad (4.3)$$

Thay (4.2) và (4.3) vào (4.1), ta có :

$$A = (-qE)(-s \cos \beta) = qEs \cos \beta$$

Đặt $s \cos \beta = d$, ta được : $A = qEd$

Nếu $\beta < 90^\circ$ thì $d > 0$ và $A < 0$.

Nếu $\beta > 90^\circ$ thì $d < 0$ và $A > 0$.

5. Đối với trọng trường thì dấu và độ lớn của thế năng phụ thuộc vào việc chọn mặt phẳng có thế năng bằng không (góc thế năng). Đối với điện trường tĩnh cũng vậy, dấu và độ lớn của thế năng tĩnh điện phụ thuộc vào việc chọn mặt có thế năng tĩnh điện bằng không. Chẳng hạn, nếu lấy mặt bản âm của tụ điện phẳng làm mặt phẳng có thế năng tĩnh điện bằng không thì thế năng tĩnh điện của một điện tích dương trong điện trường của tụ điện sẽ có giá trị dương, của điện tích âm sẽ có giá trị âm. Nếu lấy mặt phẳng có thế năng tĩnh điện bằng không là mặt bản dương thì thế năng tĩnh điện của một điện tích dương trong điện trường sẽ có giá trị âm, của điện tích âm sẽ có giá trị dương.

6. Tương tự như trường hợp trọng lực, ta có : công của lực thế bằng độ giảm của thế năng, tức là bằng thế năng ở điểm đầu trừ thế năng ở điểm cuối của đường đi. Ta có thể hiểu vấn đề này một cách đơn giản như sau : thế năng là đại lượng đặc trưng cho khả năng sinh công của lực thế. Do đó, khi mà lực đã sinh công thì khả năng sinh công của nó phải giảm đi. Tuy nhiên, nếu lực sinh công âm (công cản), tức là vật nhận công, thì thế năng của nó lại tăng lên, độ giảm của thế năng sẽ là một lượng âm.

7. Thế năng là năng lượng tương tác mà một hệ vật dự trữ được khi có một cấu hình nhất định. Do đó, khi ta nói thế năng của một điện tích trong điện trường thì cũng có nghĩa là thế năng tương tác của điện tích này với các điện tích khác đã sinh ra điện trường đó. Chú ý rằng khi một điện tích dịch chuyển thì có thể đồng thời lực điện và ngoại lực tác dụng lên vật sinh công. Trong trường hợp ngoại lực sinh công dương còn lực điện sinh công âm, ta thường nói là vật (hoặc hệ vật) nhận công.

Ngoài ra, giữa hai cách diễn đạt : "khả năng sinh công" và "dự trữ năng lượng", ta đã chọn cách diễn đạt thứ nhất. Đó là vì độ lớn của thế năng phụ thuộc vào mốc để tính thế năng, nên khó mà nói về độ lớn của thế năng khi mà mốc để tính thế năng lại có thể thay đổi.

8. Ta chứng minh sự tỉ lệ thuận giữa thế năng của một điện tích q trong điện trường và độ lớn của q như sau :

Công vi phân của lực điện : $dA_M = \vec{F}.d\vec{s} = q\vec{E}.d\vec{s}$ ($d\vec{s}$ là vectơ độ dời rất nhỏ).

Công của lực điện khi di chuyển q từ M ra vô cực :

$$A_{M\infty} = \int_M^{\infty} dA_M = \int_M^{\infty} \vec{F}.d\vec{s} = \int_M^{\infty} q\vec{E}.d\vec{s} = q \int_M^{\infty} \vec{E}.d\vec{s}$$

đặt $V_M = \int_M^{\infty} \vec{E}.d\vec{s}$, ta có $A_{M\infty} = qV_M$

Vì thế năng của q ở vô cực được lấy bằng không (gốc thế năng) nên giá trị của công $A_{M\infty}$ được lấy làm số đo thế năng của điện tích q tại điểm M trong điện trường :

$$W_M = A_{M\infty} = qV_M$$

V_M là một đại lượng không phụ thuộc q .

IV – GỢI Ý VỀ PHƯƠNG PHÁP VÀ TỔ CHỨC HOẠT ĐỘNG DẠY HỌC

1. Mục I (Công của lực điện) có cách tiếp cận tương tự như vấn đề công của trọng lực. Công của lực điện được tính cụ thể trong trường hợp điện trường đều. Những kết luận thu được sẽ được khái quát hoá cho các trường hợp khác mà không chứng minh chặt chẽ.

Để tính công của lực điện trong điện trường đều, trước hết phải chứng minh lực điện trong trường hợp này là một lực không đổi. Vì ở lớp 10, ta chỉ học cách tính công của lực không đổi.

Sau đó, ta chỉ thiết lập công thức tính công trong hai trường hợp đơn giản là tính công trên một đoạn đường thẳng và trên một đường gấp khúc. Nếu có điều kiện, GV nên cho HS khái quát hoá cách tính công cho các trường hợp điện tích di chuyển theo một đường gấp khúc và trên một đường cong.

2. Mục II (Thế năng của một điện tích trong điện trường) là phần áp dụng và mở rộng các kết quả của phần I. Nếu hiểu thế năng là số đo khả năng sinh công của một hệ thì có thể đo thế năng bằng công mà hệ sinh ra cho đến khi khả năng đó bị cạn kiệt. Như vậy, thế năng của một điện tích trong điện trường sẽ được đo bằng công mà lực điện sinh ra trong sự dịch chuyển của điện tích từ điểm mà ta xét cho đến điểm có thế năng bằng không mà ta gọi là mốc để tính thế năng. Đó chính là cách tiếp cận vấn đề thế năng tĩnh điện của bài này.

di chuyển dọc theo đường thẳng OM , từ M ra vô cực. Trong sự di chuyển này, lực điện luôn luôn cùng phương, ngược chiều với độ dịch chuyển. Do đó, lực điện luôn luôn sinh công âm : $A_{M\infty} < 0$. Do đó $W_M < 0$.

Mối quan hệ giữa công của lực điện và độ giảm của thế năng tĩnh điện là một mối quan hệ rất đơn giản, hợp logic, nên HS có thể tiếp thu được một cách rất dễ dàng. Do đó, GV có thể cho HS tự tìm hiểu rồi đặt câu hỏi kiểm tra sự lĩnh hội của các em.

V – TRẢ LỜI CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

C1. Công của trọng lực khi một vật có khối lượng m di chuyển từ điểm M đến điểm N có hiệu độ cao là h , theo một đường cong bất kì, có độ lớn là :

$$A = mgh$$

Công này chỉ phụ thuộc h mà không phụ thuộc hình dạng đường đi.

C2. Công của lực điện trong trường hợp này sẽ bằng không vì lực điện luôn luôn vuông góc với quỹ đạo dịch chuyển (Hình 4.1).

C3. Khi cho điện tích q dịch chuyển dọc theo cung MN như ở C2 thì thế năng của điện tích q trong điện trường sẽ không thay đổi vì lực điện không sinh công.

4. D.

5. D. $W_d = A = qEd = 1,6 \cdot 10^{-18} \text{ J}$. Với $q = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ và $d = -1 \text{ cm}$.

6. $A = 0$. Gọi M và N là hai điểm bất kì trong điện trường. Khi di chuyển điện tích q từ M đến N thì lực điện sinh công A_{MN} . Khi di chuyển điện tích q từ N trở lại M thì lực điện sinh công A_{NM} . Công tổng cộng mà lực điện sinh ra là :

$$A = A_{MN} + A_{NM}$$

Vì công của lực điện chỉ phụ thuộc vào vị trí của M và N nên $A_{NM} = -A_{MN}$. Do đó $A = 0$.

7. $W_d = 1,6 \cdot 10^{-18} \text{ J}$.

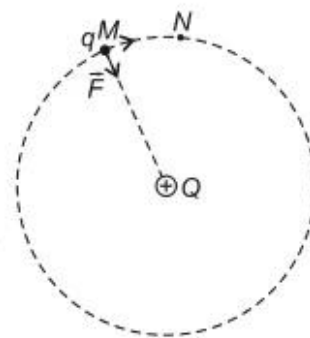
Êlectron bị bản âm đẩy và bản dương hút nên bay từ bản âm sang bản dương và lực điện sinh công dương. Điện trường giữa hai bản là điện trường đều : $E = 1000 \text{ V/m}$. Công của lực điện bằng độ tăng động năng của êlectron :

$$W_d - 0 = qEd = -1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1000 \cdot (-1 \cdot 10^{-2})$$

$$W_d = 1,6 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$

Động năng của êlectron khi nó đến đập vào bản dương là $1,6 \cdot 10^{-18} \text{ J}$.

8. Điện tích q bị điện tích Q hút. Thế năng của q tại M có giá trị bằng công của lực điện tác dụng lên q trong sự di chuyển của q từ M ra vô cực. Giả sử q



Hình 4.1