

Tổng hợp kiến thức: Công của lực điện và Hiệu điện thế

Chủ đề này là một phần quan trọng trong chương trình Vật lý lớp 11, đặt nền tảng cho việc tìm hiểu về năng lượng trong điện trường. Dưới đây là tổng hợp đầy đủ các kiến thức cần nắm vững.

I. Công của lực điện trường

1. Đặc điểm của lực điện trường

Khi một điện tích điểm q được đặt trong một điện trường đều có véc-tơ cường độ điện trường là $\vec{E}$, nó sẽ chịu tác dụng của một lực điện $\vec{F}$ không đổi.

- **Công thức:** $\vec{F} = q * \vec{E}$
- **Giải thích:**
 - Nếu $q > 0$: Lực điện $\vec{F}$ cùng phương, cùng chiều với $\vec{E}$.
 - Nếu $q < 0$: Lực điện $\vec{F}$ cùng phương, ngược chiều với $\vec{E}$.

2. Công của lực điện trong điện trường đều

Khi điện tích q di chuyển từ điểm M đến điểm N trong một điện trường đều, công của lực điện được tính theo công thức không phụ thuộc vào hình dạng quỹ đạo mà chỉ phụ thuộc vào vị trí điểm đầu và điểm cuối.

- **Công thức:** $A_{MN} = q * E * d$

• Trong đó:

- A_{MN} : Công của lực điện khi di chuyển điện tích từ M đến N (đơn vị: Jun, J).
- q : Độ lớn điện tích (đơn vị: Culông, C).
- E : Cường độ điện trường đều (đơn vị: V/m).
- d : Hình chiếu của quãng đường di chuyển MN lên một đường sức điện. $d = s * \cos(\alpha)$, với α là góc hợp bởi hướng di chuyển và hướng của đường sức.

• Giải thích:

- Nếu điện tích di chuyển theo chiều đường sức điện ($q > 0$) hoặc ngược chiều đường sức điện ($q < 0$), thì $d > 0$, do đó $A > 0$ (lực điện sinh công dương).
- Nếu điện tích di chuyển ngược chiều đường sức điện ($q > 0$) hoặc theo chiều đường sức điện ($q < 0$), thì $d < 0$, do đó $A < 0$ (lực điện sinh công âm, hay cản trở chuyển động).
- Nếu điện tích di chuyển theo phương vuông góc với đường sức điện, thì $d = 0$, do đó $A = 0$ (lực điện không sinh công).

Ví dụ minh họa:

- Ví dụ 1:** Một electron ($q = -1.6 * 10^{-19}$ C) di chuyển một đoạn 2 cm dọc theo một đường sức điện trong một điện trường đều có cường độ 1000 V/m. Tính công của lực điện.

Giải: Electron di chuyển dọc theo đường sức, tức là cùng chiều với $\vec{E}$. Vì $q < 0$ nên lực điện $\vec{F}$ ngược chiều $\vec{E}$, do đó ngược chiều chuyển

động. Góc $\alpha = 0^\circ$, $s = 0.02 \text{ m}$.

$$d = s * \cos(0^\circ) = 0.02 \text{ m}.$$

$$A = q * E * d = (-1.6 * 10^{-19}) * 1000 * 0.02 = -3.2 * 10^{-18} \text{ J.}$$

Lực điện sinh công âm.

2. **Ví dụ 2:** Một proton ($q = 1.6 * 10^{-19} \text{ C}$) bay trong điện trường đều $E = 2000 \text{ V/m}$. Proton di chuyển được quãng đường 5 cm theo phương hợp với đường sức điện một góc 60° . Tính công của lực điện.

Giải: $s = 0.05 \text{ m}$, $\alpha = 60^\circ$.

$$d = s * \cos(\alpha) = 0.05 * \cos(60^\circ) = 0.05 * 0.5 = 0.025 \text{ m}.$$

$$A = q * E * d = (1.6 * 10^{-19}) * 2000 * 0.025 = 8 * 10^{-18} \text{ J.}$$

Lực điện sinh công dương.

II. Điện thế

1. Khái niệm

Điện thế tại một điểm M trong điện trường là đại lượng đặc trưng cho điện trường về phương diện tạo ra thế năng khi đặt tại đó một điện tích q . Nó được xác định bằng thương số của công của lực điện tác dụng lên điện tích q khi q di chuyển từ M ra vô cực và độ lớn của q .

- **Công thức định nghĩa:** $V_M = A_{M\infty} / q$

- **Giải thích:**

- V_M : Điện thế tại điểm M (đơn vị: Vôn, V).

- $A_{M\infty}$: Công của lực điện khi dịch chuyển điện tích q từ điểm M ra xa vô cùng.
- Quy ước: mốc điện thế thường được chọn ở vô cực ($V_{\infty} = 0$).
- Điện thế là một đại lượng vô hướng.

2. Điện thế gây bởi một điện tích điểm

Điện thế tại điểm M cách điện tích điểm Q một khoảng r trong chân không được tính bằng công thức:

• Công thức: $V_M = k * Q / r$

• Trong đó:

- $k = 9 * 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$ là hằng số Coulomb.
- Q : Điện tích gây ra điện trường (C).
- r : Khoảng cách từ Q đến điểm M (m).

• Giải thích:

- Nếu $Q > 0$ thì $V_M > 0$.
- Nếu $Q < 0$ thì $V_M < 0$.

Ví dụ minh họa:

1. **Ví dụ 1:** Tính điện thế tại một điểm A cách điện tích điểm $Q = 5 * 10^{-8} \text{ C}$ một khoảng 10 cm trong không khí.

Giải: $r = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}$.

$$V_A = k * Q / r = (9 * 10^9 * 5 * 10^{-8}) / 0.1 = 4500 \text{ V}.$$

2. **Ví dụ 2:** Tính điện thế tại điểm B cách một electron một khoảng $5.3 \cdot 10^{-11}$ m (bán kính nguyên tử Hydro). Biết điện tích electron là $q = -1.6 \cdot 10^{-19}$ C.
- Giải:* $V_B = k \cdot q / r = (9 \cdot 10^9 \cdot (-1.6 \cdot 10^{-19})) / (5.3 \cdot 10^{-11}) \approx -27.2$ V.

III. Hiệu điện thế

1. Khái niệm

Hiệu điện thế giữa hai điểm M và N trong điện trường là đại lượng đặc trưng cho khả năng sinh công của điện trường khi một điện tích di chuyển giữa hai điểm đó. Nó được định nghĩa là hiệu điện thế giữa điểm M và điểm N.

- **Công thức:** $U_{MN} = V_M - V_N$
- **Giải thích:**
 - U_{MN} : Hiệu điện thế giữa M và N (đơn vị: Vôn, V).
 - Nếu $V_M > V_N$ thì $U_{MN} > 0$, ta nói M có điện thế cao hơn N.
 - Nếu $V_M < V_N$ thì $U_{MN} < 0$, ta nói M có điện thế thấp hơn N.

2. Mối liên hệ giữa công của lực điện và hiệu điện thế

Công của lực điện khi dịch chuyển điện tích q từ M đến N bằng tích của điện tích đó với hiệu điện thế giữa hai điểm M và N.

- **Công thức:** $A_{MN} = q \cdot U_{MN} = q \cdot (V_M - V_N)$
- **Giải thích:**
 - Công thức này là hệ quả trực tiếp từ định nghĩa điện thế và là công thức cốt lõi của chương.

- Từ đây ta có đơn vị của hiệu điện thế (Vôn): $1V = 1J / 1C$.
- Nếu $q > 0$ và $U_{MN} > 0$ (di chuyển từ nơi có điện thế cao đến nơi có điện thế thấp) thì $A_{MN} > 0$.
- Nếu $q > 0$ và $U_{MN} < 0$ (di chuyển từ nơi có điện thế thấp đến nơi có điện thế cao) thì $A_{MN} < 0$.

Ví dụ minh họa:

1. **Ví dụ 1:** Hiệu điện thế giữa hai điểm A và B là $U_{AB} = 20V$. Tính công của lực điện khi một electron di chuyển từ A đến B.

Giải: $q = -1.6 \cdot 10^{-19} C$.

$$A_{AB} = q \cdot U_{AB} = (-1.6 \cdot 10^{-19}) \cdot 20 = -3.2 \cdot 10^{-18} J.$$

2. **Ví dụ 2:** Để di chuyển một điện tích $q = 10^{-6} C$ từ điểm M đến điểm N, lực điện sinh một công $A_{MN} = 5 \cdot 10^{-4} J$. Tính hiệu điện thế U_{MN} .

Giải: Từ công thức $A_{MN} = q \cdot U_{MN}$, ta có:

$$U_{MN} = A_{MN} / q = (5 \cdot 10^{-4}) / 10^{-6} = 500 V.$$

IV. Mối liên hệ giữa cường độ điện trường và hiệu điện thế

Trong một điện trường đều, cường độ điện trường, hiệu điện thế và khoảng cách giữa hai điểm có mối liên hệ chặt chẽ.

• **Công thức:** $E = U_{MN} / d$ hay $U = E \cdot d$

• **Trong đó:**

- **E:** Cường độ điện trường đều (V/m).

- U_{MN} : Hiệu điện thế giữa hai điểm M và N.
- d : là khoảng cách giữa hai điểm M và N tính dọc theo phương của đường sức điện.

• Giải thích:

- Công thức này cho thấy cường độ điện trường E có độ lớn bằng thương số giữa hiệu điện thế giữa hai điểm trên một đường sức và khoảng cách giữa hai điểm đó.
- Từ đây ta có thêm một đơn vị của E là V/m , tương đương với N/C .
- Véc tơ cường độ điện trường $\vec{E}$ luôn hướng từ nơi có điện thế cao đến nơi có điện thế thấp.

Ví dụ minh họa:

- Ví dụ 1:** Giữa hai bản kim loại phẳng song song cách nhau 2 cm có hiệu điện thế 120V. Tính cường độ điện trường đều giữa hai bản.

Giải: $d = 2 \text{ cm} = 0.02 \text{ m}$, $U = 120 \text{ V}$.

$$E = U / d = 120 / 0.02 = 6000 \text{ V/m}.$$

- Ví dụ 2:** Một điện trường đều có cường độ $E = 3000 \text{ V/m}$. Hai điểm A và B nằm trên cùng một đường sức, cách nhau 5 cm. Tính hiệu điện thế giữa A và B, biết chiều đường sức là từ A đến B.

Giải: Vì chiều đường sức từ A đến B nên $V_A > V_B$. $d = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}$.

$$U_{AB} = V_A - V_B = E * d = 3000 * 0.05 = 150 \text{ V}.$$