

Phần 1: Lực tương tác tĩnh điện - Định luật Cu-lông (Coulomb)

1. Điện tích và tương tác điện

Trong tự nhiên, có hai loại điện tích là điện tích dương (+) và điện tích âm (-).

Các điện tích tương tác với nhau theo quy tắc:

- Các điện tích cùng dấu thì đẩy nhau.
- Các điện tích trái dấu thì hút nhau.

Đơn vị của điện tích trong hệ SI là Culông (C).

Điện tích điểm: Là một vật mang điện có kích thước rất nhỏ so với khoảng cách tới điểm mà ta xét.

2. Định luật Cu-lông

Định luật này mô tả độ lớn của lực tương tác (hút hoặc đẩy) giữa hai điện tích điểm đứng yên.

$$F = k * (|q_1 q_2|) / (\epsilon r^2)$$

Trong đó:

- **F**: Độ lớn lực tương tác giữa hai điện tích (N).
- **k**: Hằng số Culông, trong chân không $k \approx 9.10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$.
- **q₁, q₂**: Độ lớn của hai điện tích điểm (C).

- **r**: Khoảng cách giữa hai điện tích điểm (m).
- **ϵ (epsilon)**: Hằng số điện môi của môi trường. Đây là một đại lượng đặc trưng cho tính chất cách điện của môi trường. Với chân không, $\epsilon = 1$. Với không khí, $\epsilon \approx 1$. Các môi trường khác có $\epsilon > 1$.

Đặc điểm của lực Culông:

- Là một lực vector.
- Phương: Nằm trên đường thẳng nối hai điện tích.
- Chiều: Hướng ra xa nếu hai điện tích cùng dấu (lực đẩy), hướng vào nhau nếu hai điện tích trái dấu (lực hút).
- Điểm đặt: Đặt lên hai điện tích.

Ví dụ minh họa

Ví dụ 1: Hai điện tích điểm $q_1 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ và $q_2 = -4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ đặt cách nhau 10 cm trong không khí. Tính độ lớn lực tương tác giữa chúng.

Giải:

Đổi đơn vị: $r = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}$. Môi trường không khí có $\epsilon \approx 1$.

Áp dụng công thức định luật Cu-lông:

$$F = (9 \cdot 10^9 * |2 \cdot 10^{-6} * (-4 \cdot 10^{-6})|) / (1 * 0.1^2) = (9 \cdot 10^9 * 8 \cdot 10^{-12}) / 0.01 = 72 \cdot 10^{-3} / 0.01 = 7.2 \text{ N}.$$

Vì q_1 và q_2 trái dấu nên đây là lực hút.

Ví dụ 2: Hai quả cầu nhỏ giống hệt nhau, mang điện tích $q_1 = 4 \mu\text{C}$ và $q_2 = -8 \mu\text{C}$, đặt cách nhau 20 cm trong dầu hỏa có hằng số điện môi $\epsilon = 2$. Tính lực tương tác giữa chúng.

Giải:

Đổi đơn vị: $q_1 = 4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$, $q_2 = -8 \cdot 10^{-6} \text{ C}$, $r = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m}$.

Áp dụng công thức:

$$F = (9 \cdot 10^9 * |4 \cdot 10^{-6} * (-8 \cdot 10^{-6})|) / (2 * 0.2^2) = (9 \cdot 10^9 * 32 \cdot 10^{-12}) / (2 * 0.04) = 0.288 / 0.08 = 3.6 \text{ N}.$$

Đây là lực hút do hai điện tích trái dấu.

Phần 2: Điện trường và Cường độ điện trường

1. Khái niệm Điện trường

Điện trường là một dạng vật chất tồn tại xung quanh các điện tích và truyền tương tác điện. Một điện tích Q tạo ra một điện trường xung quanh nó. Khi đặt một điện tích q khác vào trong điện trường này, nó sẽ chịu tác dụng của một lực điện F .

2. Cường độ điện trường

Cường độ điện trường tại một điểm là đại lượng vector đặc trưng cho điện trường về phương diện tác dụng lực. Nó được xác định bằng thương số của lực điện F tác dụng lên một điện tích thử q (dương) đặt tại điểm đó và độ lớn của q .

$$\mathbf{E} = \mathbf{F} / q$$

Đơn vị của cường độ điện trường là Newton trên Culông (N/C) hoặc Vôn trên mét (V/m).

Cường độ điện trường do một điện tích điểm Q gây ra

Cường độ điện trường do một điện tích điểm Q gây ra tại một điểm M cách nó một khoảng r trong môi trường có hằng số điện môi ϵ được tính bằng công thức:

$$E = k * |Q| / (\epsilon r^2)$$

Đặc điểm của vector cường độ điện trường E tại điểm M:

- **Điểm đặt:** Tại điểm M đang xét.
- **Phương:** Nằm trên đường thẳng nối điện tích Q và điểm M.
- **Chiều:**
 - Nếu $Q > 0$ (điện tích dương), vector E hướng ra xa Q.
 - Nếu $Q < 0$ (điện tích âm), vector E hướng về phía Q.
- **Độ lớn:** Được tính bằng công thức trên.

Ví dụ minh họa

Ví dụ 1: Tính cường độ điện trường tại điểm M cách điện tích điểm $Q = 5 \cdot 10^{-9}$ C một khoảng 5 cm trong chân không.

Giải:

Đổi đơn vị: $r = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}$. Môi trường chân không có $\epsilon = 1$.

Áp dụng công thức:

$$E = (9 \cdot 10^9 * |5 \cdot 10^{-9}|) / (1 * 0.05^2) = 45 / 0.0025 = 18000 \text{ N/C (hoặc V/m)}.$$

Vì $Q > 0$, vector cường độ điện trường tại M có phương là đường thẳng nối Q và M, chiều hướng ra xa Q.

Ví dụ 2: Một điện tích điểm $q = -3 \text{ nC}$ được đặt trong một môi trường có hằng số điện môi $\epsilon = 2$. Cường độ điện trường tại điểm A cách q một khoảng r là 3000 N/C . Tìm khoảng cách r.

Giải:

Đổi đơn vị: $q = -3 \text{ nC} = -3 \cdot 10^{-9} \text{ C}$.

Từ công thức $E = k \cdot |Q| / (\epsilon r^2)$, ta suy ra:

$$r^2 = k \cdot |Q| / (\epsilon E) = (9 \cdot 10^9 \cdot |-3 \cdot 10^{-9}|) / (2 \cdot 3000) = 27 / 6000 = 0.0045$$

$$r = \sqrt{0.0045} \approx 0.067 \text{ m} = 6.7 \text{ cm}.$$

3. Nguyên lý chồng chất điện trường

Nếu có nhiều điện tích điểm $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ cùng gây ra điện trường tại một điểm M, thì cường độ điện trường tổng hợp tại M bằng tổng vector của các cường độ điện trường do từng điện tích riêng lẻ gây ra tại M.

$$\mathbf{E}_m = \mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2 + \dots + \mathbf{E}_n \text{ (phép cộng vector)}$$

Việc tính toán vector tổng hợp tuân theo quy tắc hình bình hành hoặc các quy tắc cộng vector đã học.

Ví dụ minh họa

Ví dụ 1: Cho hai điện tích điểm $q_1 = 8 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ và $q_2 = -2 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ đặt tại hai điểm A và B trong không khí, cách nhau 10 cm . Xác định cường độ điện trường tại điểm M là trung điểm của AB.

Giải:

M là trung điểm AB nên $MA = MB = AB/2 = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}$.

Cường độ điện trường do q_1 gây ra tại M:

$E_1 = (9 \cdot 10^9 * |8 \cdot 10^{-8}|) / (0.05^2) = 288000 \text{ N/C}$. Vì $q_1 > 0$, vector E_1 hướng từ A ra xa (hướng từ A đến B).

Cường độ điện trường do q_2 gây ra tại M:

$E_2 = (9 \cdot 10^9 * |-2 \cdot 10^{-8}|) / (0.05^2) = 72000 \text{ N/C}$. Vì $q_2 < 0$, vector E_2 hướng về B (cũng là hướng từ A đến B).

Vì E_1 và E_2 cùng phương, cùng chiều, nên cường độ điện trường tổng hợp tại M là:

$$E_m = E_1 + E_2 = 288000 + 72000 = 360000 \text{ N/C}.$$

Vector E_m có phương trùng với đường thẳng AB và có chiều từ A đến B.