

Chuyên đề: Điện trở suất và Công thức tính điện trở

Điện trở là một đại lượng vật lý đặc trưng cho khả năng cản trở dòng điện của một vật dẫn. Trong chương trình Vật Lý lớp 9, việc hiểu rõ điện trở phụ thuộc vào những yếu tố nào và cách tính toán nó là vô cùng quan trọng. Tài liệu này sẽ tổng hợp đầy đủ kiến thức lý thuyết và các dạng bài tập liên quan.

I. Sự phụ thuộc của điện trở vào các yếu tố của dây dẫn

Thực nghiệm đã chứng minh rằng điện trở của một dây dẫn hình trụ phụ thuộc vào ba yếu tố chính: chiều dài của dây, tiết diện của dây và vật liệu làm dây.

1. Sự phụ thuộc của điện trở vào chiều dài (l) của dây dẫn

Kết luận: Điện trở của các dây dẫn có cùng tiết diện và được làm từ cùng một loại vật liệu thì tỉ lệ thuận với chiều dài của mỗi dây.

Công thức: $R_1 / R_2 = l_1 / l_2$

Giải thích: Nếu chiều dài dây dẫn tăng lên bao nhiêu lần thì điện trở của nó cũng tăng lên bấy nhiêu lần và ngược lại.

- **Ví dụ 1:** Một dây dẫn dài 2m có điện trở là 4Ω . Nếu một dây dẫn khác cùng loại, cùng tiết diện có chiều dài 6m thì điện trở của nó là bao nhiêu?

- **Giải:** Ta có $l_1 = 2\text{m}$, $R_1 = 4\Omega$, $l_2 = 6\text{m}$.

Áp dụng công thức: $R_1 / R_2 = l_1 / l_2 \Rightarrow 4 / R_2 = 2 / 6 \Rightarrow R_2 = (4 * 6) / 2 = 12\Omega$.

- **Ví dụ 2:** Một cuộn dây điện dài 100m có điện trở 5Ω. Người ta cắt đi một đoạn dài 20m. Hỏi phần còn lại của cuộn dây có điện trở là bao nhiêu?

- **Giải:** Chiều dài ban đầu $l_1 = 100\text{m}$, $R_1 = 5\Omega$.

Chiều dài phần còn lại $l_2 = 100\text{m} - 20\text{m} = 80\text{m}$.

Áp dụng công thức: $R_1 / R_2 = l_1 / l_2 \Rightarrow 5 / R_2 = 100 / 80 \Rightarrow R_2 = (5 * 80) / 100 = 4\Omega$.

2. Sự phụ thuộc của điện trở vào tiết diện (S) của dây dẫn

Kết luận: Điện trở của các dây dẫn có cùng chiều dài và được làm từ cùng một loại vật liệu thì tỉ lệ nghịch với tiết diện của dây.

Công thức: $R_1 / R_2 = S_2 / S_1$

Giải thích: Nếu tiết diện của dây dẫn tăng lên bao nhiêu lần thì điện trở của nó giảm đi bấy nhiêu lần và ngược lại. Tiết diện càng lớn, dây càng "rộng rãi" cho các electron di chuyển, do đó cản trở dòng điện càng ít.

- **Ví dụ 1:** Một dây dẫn có tiết diện 0.5 mm^2 và điện trở là 10Ω . Một dây dẫn khác cùng loại, cùng chiều dài nhưng có tiết diện 1.5 mm^2 . Tính điện trở của dây dẫn thứ hai.

- **Giải:** Ta có $S_1 = 0.5 \text{ mm}^2$, $R_1 = 10\Omega$, $S_2 = 1.5 \text{ mm}^2$.

Áp dụng công thức: $R_1 / R_2 = S_2 / S_1 \Rightarrow 10 / R_2 = 1.5 / 0.5 \Rightarrow R_2 = (10 * 0.5) / 1.5 \approx 3.33\Omega$.

- **Ví dụ 2:** Hai dây đồng có cùng chiều dài. Dây thứ nhất có đường kính tiết diện là $d_1 = 1\text{mm}$. Dây thứ hai có đường kính $d_2 = 2\text{mm}$. So sánh điện trở của hai dây.

- **Giải:** Tiết diện dây dẫn hình trụ là hình tròn, có công thức $S = \pi * (d/2)^2 = (\pi * d^2) / 4$.

Vì điện trở tỉ lệ nghịch với tiết diện, nên $R_1 / R_2 = S_2 / S_1 = [(\pi * d_2^2) / 4] / [(\pi * d_1^2) / 4] = d_2^2 / d_1^2$.

Thay số: $R_1 / R_2 = 2^2 / 1^2 = 4$.

Vậy $R_1 = 4R_2$, tức là dây có đường kính nhỏ hơn thì có điện trở lớn hơn 4 lần.

3. Sự phụ thuộc của điện trở vào vật liệu làm dây dẫn

Kết luận: Điện trở của dây dẫn phụ thuộc vào bản chất vật liệu làm dây dẫn đó.

Giải thích: Với các dây dẫn có cùng chiều dài, cùng tiết diện, nhưng làm từ các vật liệu khác nhau (ví dụ: đồng, nhôm, sắt...) thì điện trở của chúng sẽ khác nhau. Để đặc trưng cho sự phụ thuộc này, người ta đưa ra một đại lượng gọi là điện trở suất.

II. Điện trở suất - Công thức tính điện trở

1. Điện trở suất (ρ)

Định nghĩa: Điện trở suất của một vật liệu có trị số bằng điện trở của một đoạn dây dẫn hình trụ được làm bằng vật liệu đó có chiều dài 1m và có tiết diện là $1m^2$.

Ký hiệu: ρ (đọc là "rô")

Đơn vị: Ohm-mét ($\Omega.m$)

Ý nghĩa: Điện trở suất đặc trưng cho mức độ cản trở dòng điện của mỗi chất. Vật liệu có điện trở suất càng nhỏ thì dẫn điện càng tốt. Vật liệu có điện trở suất càng lớn thì dẫn điện càng kém (cách điện tốt).

- Ví dụ: Nói điện trở suất của đồng là $1.7 \times 10^{-8} \Omega.m$ có nghĩa là một đoạn dây đồng dài 1m, có tiết diện $1m^2$ thì có điện trở là $1.7 \times 10^{-8} \Omega$.

2. Bảng điện trở suất của một số chất (ở 20°C)

Vật liệu	Điện trở suất (ρ) ($\Omega.m$)	Ghi chú
Bạc	1.6×10^{-8}	Dẫn điện tốt nhất
Đồng	1.7×10^{-8}	Rất tốt, được dùng phổ biến
Nhôm	2.8×10^{-8}	Tốt, nhẹ, dùng làm dây cao thế
Vonfram	5.5×10^{-8}	Dùng làm dây tóc bóng đèn
Sắt	12.0×10^{-8}	Dẫn điện kém hơn đồng, nhôm
Nicrom (hợp kim Niken-Crom)	110×10^{-8}	Điện trở suất lớn, dùng làm dây nung

3. Công thức tính điện trở của dây dẫn

Từ ba sự phụ thuộc trên, ta có công thức tổng quát để tính điện trở của một dây dẫn hình trụ:

Công thức: $R = \rho * (l / S)$

Trong đó:

- **R:** là điện trở của dây dẫn (đơn vị: Ohm - Ω)
- **ρ :** là điện trở suất của vật liệu làm dây (đơn vị: Ohm-mét - $\Omega.m$)
- **l:** là chiều dài của dây dẫn (đơn vị: mét - m)
- **S:** là tiết diện của dây dẫn (đơn vị: mét vuông - m^2)

Lưu ý quan trọng về đơn vị: Trong các bài toán, tiết diện S thường được cho bằng milimét vuông (mm^2). Ta phải đổi về mét vuông (m^2) trước khi tính toán: **$1 mm^2 = 10^{-6} m^2$** . Nếu tiết diện được cho qua đường kính d (mm), ta tính $S = \pi d^2 / 4$ rồi đổi đơn vị.

Ví dụ minh họa:

- **Ví dụ 1:** Tính điện trở của một sợi dây nhôm dài 200m, có tiết diện $0.2 mm^2$. Biết điện trở suất của nhôm là $2.8 \times 10^{-8} \Omega.m$.

- **Giải:**

Tóm tắt: $l = 200m$, $S = 0.2 mm^2 = 0.2 \times 10^{-6} m^2$, $\rho = 2.8 \times 10^{-8} \Omega.m$.

Áp dụng công thức: $R = \rho * (l / S) = (2.8 \times 10^{-8}) * (200 / (0.2 \times 10^{-6})) = 28 \Omega$.

- **Ví dụ 2:** Một dây nung của bếp điện làm bằng Nicrom có chiều dài 5m, điện trở 20Ω . Tính tiết diện của dây nung này. Biết điện trở suất của Nicrom là $110 \times 10^{-8} \Omega.m$.

- **Giải:**

Tóm tắt: $l = 5m$, $R = 20\Omega$, $\rho = 110 \times 10^{-8} \Omega.m$.

Từ công thức $R = \rho * (l / S)$, suy ra $S = \rho * (l / R)$.

Thay số: $S = (110 \times 10^{-8}) * (5 / 20) = 2.75 \times 10^{-7} \text{ m}^2 = 0.275 \text{ mm}^2$.

III. Vận dụng - Các dạng bài tập thường gặp

Dạng 1: Tính toán trực tiếp từ công thức

Đây là dạng bài cơ bản nhất, yêu cầu tính một trong các đại lượng R , ρ , l , S khi biết các đại lượng còn lại. Cần chú ý đổi đơn vị cho chính xác.

- **Bài tập:** Một dây đồng dài 50m, có điện trở 0.85Ω. Tính đường kính tiết diện của dây đồng. Biết $\rho_{\text{đồng}} = 1.7 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$.

- **Hướng dẫn giải:**

1. Từ công thức $R = \rho(l/S)$, tính tiết diện $S = \rho(l/R)$.

$$S = (1.7 \times 10^{-8} * 50) / 0.85 = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^2 = 1 \text{ mm}^2.$$

2. Từ công thức tiết diện hình tròn $S = \pi d^2/4$, tính đường kính d .

$$d = \sqrt{(4S/\pi)} = \sqrt{(4 * 1 / 3.14)} \approx 1.13 \text{ mm}.$$

Dạng 2: So sánh điện trở của hai dây dẫn

Phương pháp là lập tỉ số giữa hai điện trở. Viết công thức tính R_1 và R_2 rồi chia vế theo vế.

Công thức tổng quát: $R_1 / R_2 = (\rho_1 / \rho_2) * (l_1 / l_2) * (S_2 / S_1)$

Nếu hai dây cùng vật liệu ($\rho_1 = \rho_2$), cùng chiều dài ($l_1 = l_2$) hoặc cùng tiết diện ($S_1 = S_2$) thì các tỉ số tương ứng bằng 1.

- **Bài tập:** Một dây sắt dài 100m, tiết diện 0.5 mm² có điện trở R_1 . Một dây nhôm dài 50m, tiết diện 1 mm² có điện trở R_2 . So sánh R_1 và R_2 . Biết $\rho_{\text{sắt}} = 12.0 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$, $\rho_{\text{nhôm}} = 2.8 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$.

- **Hướng dẫn giải:**

$$R_1 = \rho_{\text{sắt}} * (l_1 / S_1) = 12.0 \times 10^{-8} * (100 / 0.5 \times 10^{-6}) = 24 \, \Omega.$$

$$R_2 = \rho_{\text{nhôm}} * (l_2 / S_2) = 2.8 \times 10^{-8} * (50 / 1 \times 10^{-6}) = 1.4 \, \Omega.$$

$$\text{Lập tỉ số: } R_1 / R_2 = 24 / 1.4 \approx 17.14. \text{ Vậy } R_1 \approx 17.14 R_2.$$

Dạng 3: Bài toán liên quan đến khối lượng và khối lượng riêng

Dạng bài này kết hợp công thức tính điện trở với công thức tính khối lượng: $m = D * V$, trong đó V là thể tích, D là khối lượng riêng. Với dây dẫn hình trụ, thể tích $V = S * l$.

Từ đó ta có: $m = D * S * l$. Ta có thể rút l hoặc S từ công thức này để thế vào công thức tính điện trở.

- Rút $l = m / (D * S) \Rightarrow R = \rho * [m / (D * S)] / S = (\rho * m) / (D * S^2)$

- Rút $S = m / (D * l) \Rightarrow R = \rho * l / [m / (D * l)] = (\rho * D * l^2) / m$

- **Bài tập:** Hai dây dẫn bằng đồng có cùng khối lượng. Dây thứ nhất dài gấp đôi dây thứ hai ($l_1 = 2l_2$). So sánh điện trở của hai dây.

- **Hướng dẫn giải:**

Sử dụng công thức $R = (\rho * D * l^2) / m$.

Vì hai dây cùng làm bằng đồng (cùng ρ , D) và cùng khối lượng (cùng m), nên điện trở R chỉ phụ thuộc vào l^2 ($R \sim l^2$).

Ta có tỉ lệ: $R_1 / R_2 = (l_1 / l_2)^2$.

Vì $l_1 = 2l_2$, nên $R_1 / R_2 = (2l_2 / l_2)^2 = 2^2 = 4$.

Vậy $R_1 = 4R_2$.