

Bài 18: KHẢO SÁT CẶP NHIỆT ĐIỆN

XÁC ĐỊNH HẲNG SỐ CẶP NHIỆT

1. Mục đích yêu cầu

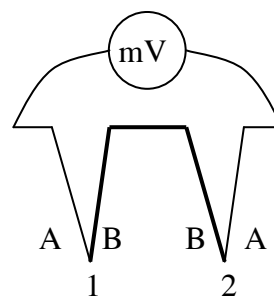
1.1. Mục đích: Mục đích của bài thí nghiệm này là tạo điều kiện cho sinh viên được làm quen với cặp nhiệt điện và trang bị cho sinh viên kỹ năng thực nghiệm để khảo sát cặp nhiệt điện.

1.2. Yêu cầu

1. Nắm được cơ sở lý thuyết của phép đo.
2. Nắm nguyên lý hoạt động của thiết bị thí nghiệm. Biết cách sử dụng đồng hồ điện vạn năng hiện số.
3. Biết cách tiến hành thí nghiệm để khảo sát sự phụ thuộc của suất nhiệt điện động vào nhiệt độ.
4. Viết được báo cáo thí nghiệm, tính được sai số theo yêu cầu.

2. Cơ sở lý thuyết

Cặp nhiệt điện là một mạch kín gồm hai dây kim loại khác nhau A và B hàn tiếp xúc với nhau (hình 1). Nếu hai mối hàn 1 và 2 được giữ ở những nhiệt độ T_1 và T_2 khác nhau (với $T_1 > T_2$), thì trong cặp nhiệt sẽ xuất hiện một dòng điện - gọi là dòng nhiệt điện. Suất điện động sinh ra dòng nhiệt điện gọi là suất nhiệt điện động E.



Hình 1

Nguyên nhân gây nên suất nhiệt điện động là do ở chỗ tiếp xúc giữa hai kim loại tại hai mối hàn 1 và 2 đã xảy ra quá trình khuếch tán các electron từ kim loại có mật độ electron tự do lớn hơn sang kim loại có mật độ electron tự do nhỏ hơn. Lý thuyết và thực nghiệm chứng tỏ độ lớn của suất điện động phụ thuộc bản chất của hai kim loại và hiệu nhiệt độ giữa hai mối hàn của cặp nhiệt. Trong khoảng nhiệt độ nhất định nào đó (tùy thuộc loại cặp nhiệt), suất nhiệt điện động E tăng tỷ lệ thuận với hiệu nhiệt độ ($T_1 - T_2$) giữa hai mối hàn của nó:

$$E = C(T_1 - T_2) \quad (1)$$

với C là hằng số cặp nhiệt. Đối với cặp nhiệt kim loại, giá trị của E nhỏ nên C thường đo bằng microvôn trên độ Kelvin ($\mu\text{V/K}$) hoặc độ Celcius ($\mu\text{V}/^\circ\text{C}$). Cặp nhiệt điện có thể dùng làm nhiệt kế để đo nhiệt độ hoặc dùng làm nguồn điện (biến đổi nhiệt thành năng lượng điện) có công suất nhỏ.

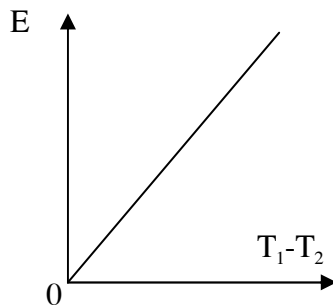
Muốn dùng cặp nhiệt đo nhiệt độ, ta phải *lấy mẫu* cặp nhiệt tức là phải khảo sát khoảng nhiệt độ (tùy thuộc loại cặp nhiệt) trong đó suất điện động E phụ thuộc tuyến tính vào hiệu số nhiệt độ ($T_1 - T_2$) giữa hai mối hàn của nó. Khi đó, đồ thị biểu diễn hàm số $E = C(T_1 - T_2)$ sẽ là một đoạn thẳng (hình 2) và hằng số cặp nhiệt C được tính theo hệ thức:

$$C = \frac{E}{T_1 - T_2} = \tan \alpha \quad (2)$$

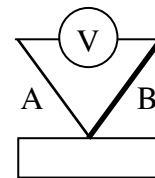
Vì điện trở R_V của milivôn kế mV rất lớn so với điện trở trong r của cặp nhiệt, nên theo định luật Ôm đối với mạch kín, ta có :

$$E = I(R_V + r) \approx IR_V = U_V \quad (3)$$

với I là cường độ dòng nhiệt điện, U_V là số chỉ trên milivôn kế mV. Như vậy với mỗi giá trị của hiệu nhiệt độ ($T_1 - T_2$) giữa hai đầu nóng T_1 và đầu lạnh T_2 của cặp nhiệt, ta đo được một giá trị tương ứng của suất nhiệt điện động E trên milivôn kế mV. Do đó ta có thể vẽ đồ thị mẫu cặp nhiệt và xác định giá trị của hằng số cặp nhiệt C.



Hình 2

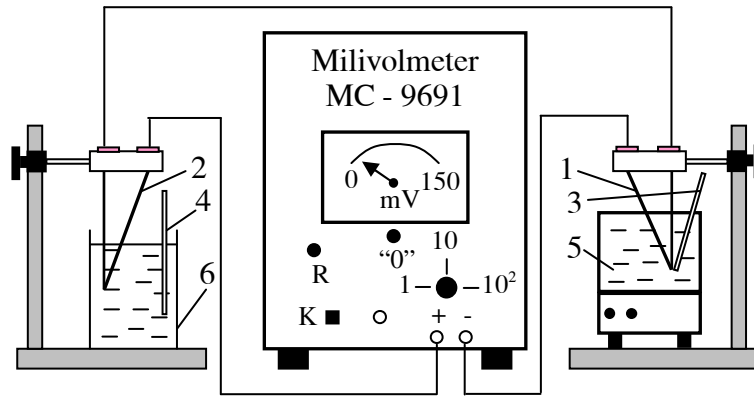


Hình 3

Trong thực tế người ta có thể sử dụng cặp nhiệt kỹ thuật có một đầu là hai thanh kim loại A, B hàn tiếp xúc với nhau còn đầu kia nối với nhau qua milivôn kế đo suất nhiệt điện động (hình 3).

Có thể thực hiện lấy mẫu cặp nhiệt theo sơ đồ thí nghiệm trên hình 4.

Hai nhánh cặp nhiệt 1 và 2 được giữ trên hai giá đỡ. Đầu dưới của nhánh 1 nhúng trong bình đun nước 5. Đầu dưới của nhánh 2 nhúng trong cốc thủy tinh 6 đựng nước ở nhiệt độ phòng. Đối với cặp nhiệt kỹ thuật, nhánh 2 của nó coi như nằm trong không khí có nhiệt độ bằng nhiệt độ phòng. Nhiệt độ T_1 của nước đun nóng trong bình đun nước 5 và nhiệt độ T_2 của nước trong cốc thủy tinh 6 đo bằng các nhiệt kế 3 và 4. Hai nhánh 1 và 2 của cặp nhiệt được nối với đồng hồ đa năng hiện số hoặc milivôn kế điện tử. Bình đun nước 5 được nối với nguồn điện ~ 220V bố trí ngay trên mặt bàn thí nghiệm. Ngoài phương pháp này, người ta có thể sử dụng một số chất ở các trạng thái đã biết chính xác nhiệt độ của nó như nước sôi ở 100°C , nước đá đang tan ở 0°C , thiếc nóng chảy... để xây dựng đồ thị mẫu cặp nhiệt.



Hình 4: Sơ đồ thiết bị khảo sát cặp nhiệt điện

3. Dụng cụ

Bộ thí nghiệm khảo sát cặp nhiệt điện, xác định hằng số cặp nhiệt (hình 5) gồm:

1. Cặp nhiệt (cromen - alumen);
2. Giá đỡ cặp nhiệt;
3. Đồng hồ đa năng hiện số DT 9202 hoặc milivôn kế điện tử;
4. Cốc thủy tinh 250ml;
5. Hai nhiệt kế;
6. Bình đun nước 220V- 300W;
7. Bộ dây nối mạch.



Hình 5: Bộ thí nghiệm khảo sát cặp nhiệt điện, xác định hằng số cặp nhiệt

4. Trình tự thí nghiệm

1. Mắc mạch điện như sơ đồ hình 4.
2. Đặt bầu của các nhiệt kế 3 và 4 nằm ngang tầm với đầu dưới của các nhánh cặp nhiệt 1 và 2 trong khoảng giữa của bình đun nước 5 và cốc thủy tinh 6. Chờ 4÷5 phút, đọc và ghi giá trị của nhiệt độ T_1 trên nhiệt kế 3 và của nhiệt độ T_2 trên nhiệt kế 4 vào bảng 1. Nếu $T_1 = T_2$, đồng hồ chỉ số 0.
3. Cắm phích lấy điện của bình đun nước 5 vào ổ điện ~220V. Chờ tới khi nước bắt đầu sôi, rút phích lấy điện của bình đun nước 5 ra khỏi ổ điện ~220V để nước sôi trong

bình đun nước 5 nguội dần (tránh làm nước nguội nhanh), mức nước trong bình đun phải đạt ít nhất 4cm.

Cứ mỗi lần giá trị của suất nhiệt điện động E chỉ trên milivôn kế giảm đúng 0,5 mV, ta lại đọc và ghi giá trị tương ứng của nhiệt độ T_1 ở đầu nóng của cặp nhiệt vào bảng 1 cho tới khi T_1 giảm tới gần nhiệt độ trong phòng.

4. Đọc và ghi các số liệu sau đây vào bảng số liệu:

- Độ chính xác của đồng hồ DT 9202.
- Độ chính xác ΔT của các nhiệt kế 3 và 4.

5. Báo cáo thí nghiệm

KHẢO SÁT CẶP NHIỆT ĐIỆN XÁC ĐỊNH HẸNG SỐ CẶP NHIỆT

Lớp

Xác nhận của giáo viên

KípNhóm.....

Họ tên.....

Mục đích thí nghiệm

.....
.....

Kết quả thí nghiệm

Bảng số liệu

<p>- Sai số của đồng hồ đa năng hiện số $\Delta E = \dots$ (mV)</p> <p>- Sai số của các nhiệt kế: $\Delta T_1 = \dots$ ($^{\circ}\text{C}$) $\Delta T_2 = \dots$ ($^{\circ}\text{C}$)</p> <p>- Phép đo ứng với: $T_2 = \dots$ ($^{\circ}\text{C}$)</p>			
Lần đo	T_{1i} ($^{\circ}\text{C}$)	$T_i = T_{1i} - T_2$ ($^{\circ}\text{C}$)	E_i (mV)
$i = 1$			
...			

5.1. Tính các sai số tuyệt đối

$$\Delta E = \dots \text{ (mV)}$$

$$\Delta(T_1 - T_2) = \Delta T_1 + \Delta T_2 = \dots = \dots \text{ (}^{\circ}\text{C)}$$

5.2. Vẽ đồ thị $E = C(T_1 - T_2)$

Chọn tỷ lệ: trục hoành: $K_x = 5^{\circ}\text{C/cm}$; trục tung: $K_y = 0,5\text{mV/cm}$

Chú ý :

- Mỗi điểm trên đồ thị ứng với một cặp giá trị tương ứng của E và $T = T_1 - T_2$ trong bảng số liệu và được biểu diễn bằng một hình chữ nhật sai số (hoặc chữ thập), có các cạnh là $2\Delta T$ và $2\Delta E$.

- Đồ thị phải là đường liên tục, sắc nét sao cho tâm của các hình chữ nhật sai số (hoặc chữ thập) nằm trên đồ thị hoặc phân bố đều cả hai phía của nó.

5.3. Xác định hằng số cặp nhiệt

Trong khoảng nhiệt độ ta xét, giả sử đồ thị biểu diễn hàm số $E = CT$ là đoạn thẳng OA. Khi đó, giá trị trung bình và sai số tuyệt đối của hằng số cặp nhiệt C được tính như sau:

a) Tính giá trị trung bình \bar{C}

Gọi α là góc nghiêng của đoạn thẳng OA so với trục hoành, ta có:

$$\bar{C} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{AH}{OH} = \frac{E_A}{(T_1 - T_2)_A} = \dots = \dots (\text{mV} / ^\circ \text{C})$$

b. Tính sai số ΔC :

Áp dụng phép tính vi phân:

$$dC = d(\operatorname{tg} \alpha) = \frac{d\alpha}{\cos^2 \alpha} \quad (4)$$

hay

$$\Delta C = \frac{\Delta \alpha}{\cos^2 \alpha}$$

Ở đây ta có thể coi $\Delta \alpha$ là góc giới hạn giữa hai đường thẳng xuất phát từ gốc tọa độ O kéo dài đi qua hai đầu mút của đoạn thẳng sai số $2\Delta E$ và được tính gần đúng bằng:

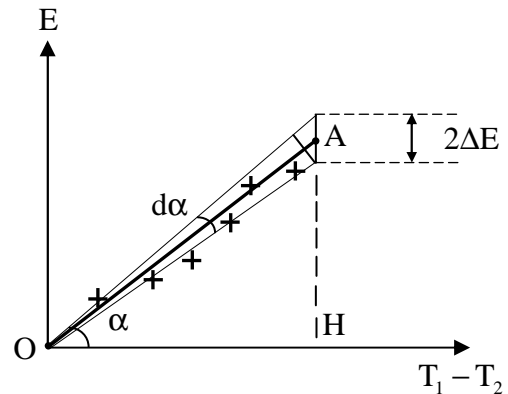
$$\Delta \alpha \approx \frac{2\Delta E \cos \alpha}{OA}$$

vậy

$$\Delta C = \frac{2\Delta E}{OA \cdot \cos \alpha} = \frac{2\Delta E}{OH} = \frac{2\Delta E}{(T_1 - T_2)_A}$$

c. Viết kết quả của phép đo hằng số cặp nhiệt điện.

$$C = \bar{C} \pm \Delta C = \dots \pm \dots (\text{mV} / ^\circ \text{C})$$



Hình 6

6. Câu hỏi kiểm tra

1. Trình bày cấu tạo của cặp nhiệt và nguyên nhân gây nên suất nhiệt động trên nó.
2. Độ lớn của suất nhiệt điện động phụ thuộc những yếu tố nào? Nêu rõ hệ thức giữa suất nhiệt điện động E và hiệu nhiệt độ $(T_1 - T_2)$ giữa hai mối hàn của cặp nhiệt.
3. Tại sao phải lấy mẫu cặp nhiệt trước khi dùng nó để đo nhiệt độ?
4. Tại sao không chọn quá trình nóng dần của mối hàn nóng, mà lại chọn quá trình nguội dần của mối hàn nóng để lấy mẫu cặp nhiệt?
5. Trình bày cách xác định hằng số cặp nhiệt C bằng phương pháp vẽ đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của suất nhiệt điện động vào hiệu nhiệt độ giữa hai mối hàn của cặp nhiệt $E = C(T_1 - T_2)$.
6. Nói rõ những ưu điểm của việc dùng cặp nhiệt để đo nhiệt độ so với nhiệt kế chất lỏng (rượu hoặc thủy ngân).