

SAI SỐ CỦA PHÉP ĐO CÁC ĐẠI LƯỢNG VẬT LÝ

I. Phép đo các đại lượng Vật Lý. Hệ đơn vị SI:

1. Phép đo các đại lượng Vật Lý:

a, Định nghĩa:

- Phép đo một đại lượng vật lý là phép so sánh nó với đại lượng cùng loại được quy ước làm đơn vị.

b, Phân loại:

- Phép so sánh trực tiếp nhờ dụng cụ đo gọi là phép đo trực tiếp.

- Phép xác định một đại lượng vật lý thông qua một CT liên hệ với các đại lượng đo trực tiếp gọi là phép đo gián tiếp.

2. Hệ đơn vị SI:

- Hệ đơn vị là tập hợp các đơn vị có liên quan dùng trong đo lường.

- Hệ đơn vị đo lường hợp pháp của nước Việt Nam là Hệ đơn vị quốc tế SI (Système International) có 7 đơn vị cơ bản và nhiều đơn vị dẫn xuất (VD: đơn vị lực (N) là đơn vị dẫn xuất, trong đó $N = \text{kg.m/s}^2$).

- 7 đơn vị cơ bản trong hệ SI:

- | | |
|----------------------------|--------------------------------|
| ▪ Độ dài: mét (m) | ▪ Cường độ dòng điện: ampe (A) |
| ▪ Thời gian: giây (s) | ▪ Cường độ sáng: candela (cd) |
| ▪ Khối lượng: kilôgam (kg) | ▪ Lượng chất: mol (mol) |
| ▪ Nhiệt độ: kenvin (K) | |

II. Sai số phép đo:

1. Sai số hệ thống và sai số ngẫu nhiên:

- Sai số hệ thống là loại sai số có tính quy luật ổn định. VD: dùng thước có độ chia nhỏ nhất là 1 mm thì sẽ có sai số dụng cụ là 0,5 mm (vì nếu đo một vật có độ dài thực là 12,7 mm chẳng hạn thì sẽ không thể đọc được phần lẻ trên thước đo).

- Sai số ngẫu nhiên là loại sai số do các tác động ngẫu nhiên gây nên. VD: người bấm đồng hồ để đo thời gian sớm hay muộn một tí sẽ gây nên sai số.

2. Giá trị TB:

- Giá trị TB khi đo nhiều lần một đại lượng A cho bởi CT:
$$\bar{A} = \frac{A_1 + A_2 + \dots + A_n}{n}$$

và được coi là giá trị gần nhất với giá trị thực của đại lượng A.

3. Cách xác định sai số của phép đo:

a, Sai số tuyệt đối ứng với mỗi lần đo: $\Delta A_1 = |\bar{A} - A_1|$; $\Delta A_2 = |\bar{A} - A_2|$...; $\Delta A_n = |\bar{A} - A_n|$

b, Sai số ngẫu nhiên (cũng là sai số tuyệt đối TB của n lần đo):
$$\Delta A = \frac{\Delta A_1 + \Delta A_2 + \dots + \Delta A_n}{n}$$

c, Sai số dụng cụ $\Delta A'$:

- Có thể lấy bằng một nửa độ chia nhỏ nhất trên dụng cụ.

- Trường hợp CT xác định đại lượng đo gián tiếp tương đối phức tạp và dụng cụ đo có độ chính xác cao (đồng hồ thời gian, ampe kế hiện số...) thì có thể bỏ qua sai số dụng cụ.

4. Cách viết kết quả đo:

- Kết quả đo đại lượng A được viết dưới dạng: $A = \bar{A} \pm \Delta A$

Trong đó: ▪ $\Delta A = \Delta A + \Delta A'$ gọi là sai số của phép đo A và được lấy tối đa đến hai chữ số có nghĩa.

▪ $\bar{A}$ được viết đến bậc thập phân tương ứng với ΔA .

VD: một phép đo độ dài quãng đường s cho giá trị trung bình $\bar{s} = 1,36832$ m với sai số phép đo tính được là $\Delta s = 0,0031$ m thì kết quả đo được viết (với Δs lấy đến một chữ số có nghĩa) là: $s = 1,368 \pm 0,003$ (m)

5. Sai số tỉ đối:

- Là tỉ số giữa sai số tuyệt đối và giá trị TB. Sai số tỉ đối càng nhỏ thì phép đo càng chính xác.

- CT:
$$\delta A = \frac{\Delta A}{\bar{A}} \cdot 100\%$$

6. Cách xác định sai số của phép đo gián tiếp:

- Giả sử A là đại lượng đo gián tiếp thông qua các đại lượng X, Y, Z được đo trực tiếp thì:

$$\begin{aligned} \text{▪ } A &= X + Y - Z \rightarrow \Delta A = \Delta X + \Delta Y + \Delta Z \\ \text{▪ } A &= \frac{X \cdot Y}{Z} \rightarrow \delta A = \delta X + \delta Y + \delta Z \\ \text{▪ } A &= X^n \rightarrow \delta A = n \cdot \delta X \end{aligned}$$

$$\square A = \sqrt[n]{X} \rightarrow \delta A = \frac{1}{n} \cdot \delta X$$

7. Bài toán ví dụ:

1. Dùng một đồng hồ đo thời gian có độ chia nhỏ nhất là 0,001 s để đo n lần thời gian rơi tự do của một vật bắt đầu rơi từ A đến B, ta được bảng kết quả bên:

Hãy tính thời gian rơi TB, sai số ngẫu nhiên, sai số dụng cụ và sai số phép đo thời gian? Viết KQ đo thời gian?

Phép đo này là trực tiếp hay gián tiếp?

2. Dùng một thước đo có độ chia nhỏ nhất là 1 mm để đo 5 lần khoảng cách giữa hai điểm A và B nói trên thì đều cho một kết quả như nhau là $s = 789 \text{ mm}$.

Tính sai số phép đo này và viết kết quả đo?

3. Biết CT tính vận tốc tại B và CT tính gia tốc rơi tự do là: $v = \frac{2s}{t}$ và $g = \frac{2s}{t^2}$. Dựa vào các kết quả đo ở trên và các quy tắc tính sai số đại lượng đo gián tiếp, hãy tính và viết kết quả cuối cùng của v, g?

n	t (s)	Δt_i	$\Delta t'$
1	0,398		
2	0,399		
3	0,408		
4	0,410		
5	0,406		
TB			

Giải:

1. Ý nghĩa các kí hiệu:

▪ n: lần đo

▪ Δt_i : sai số tuyệt đối ứng với mỗi lần đo

▪ t: thời gian đo được

▪ $\Delta t'$: sai số dụng cụ

Ta có: ▪ Thời gian rơi TB: $\bar{t} = 0,404 \text{ s}$

▪ Sai số ngẫu nhiên: $\overline{\Delta t} = 0,004 \text{ s}$

▪ Sai số dụng cụ: $\Delta t' = 0,0005 \text{ s}$

▪ Sai số phép đo thời gian:

$$\Delta t = \overline{\Delta t} + \Delta t' = 0,0045 \text{ s}$$

▪ KQ đo thời gian:

$$t = \bar{t} \pm \Delta t = 0,404 \pm 0,0045 \text{ s}$$

▪ Đây là phép đo trực tiếp từ dụng cụ (đồng hồ).

2. Cả 5 (lớn hơn 3 nên có thể coi là tương đối chính xác) lần đo đều có cùng một kết quả thì sai số của phép đo được đánh giá bằng sai số của dụng cụ ($\Delta s = 0,5 \text{ mm}$). Do đó, kết quả đo là: $s = 789 \pm 0,5 \text{ mm}$.

n	t (s)	Δt_i	$\Delta t'$
1	0,398	0,006	
2	0,399	0,005	
3	0,408	0,004	
4	0,410	0,006	
5	0,406	0,002	
TB			

3. Từ CT: $v = \frac{2s}{t}$ suy ra: ▪ $\delta v = \delta s + \delta t \Leftrightarrow \frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta s}{s} + \frac{\Delta t}{t} = \frac{0,5}{789} + \frac{0,0045}{0,404} = 0,012$

▪ $\bar{v} = \frac{2s}{t} = \frac{2 \cdot 0,789}{0,404} = 3,95 \text{ m/s}$

Mặt khác, từ CT: $\delta v = \frac{\Delta v}{v}$ suy ra: $\Delta v = \bar{v} \cdot \delta v = 3,95 \cdot 0,012 = 0,05 \text{ m/s}$

Vậy: $v = \bar{v} \pm \Delta v = 3,95 \pm 0,05 \text{ m/s}$

Tương tự, từ CT: $g = \frac{2s}{t^2}$ suy ra: ▪ $\delta g = \delta s + 2\delta t \Leftrightarrow \frac{\Delta g}{g} = \frac{\Delta s}{s} + 2 \frac{\Delta t}{t} = \frac{0,5}{789} + 2 \frac{0,0045}{0,404} = 0,023$

▪ $\bar{g} = \frac{2s}{(\bar{t})^2} = \frac{2 \cdot 0,789}{0,404^2} = 9,67 \text{ m/s}^2$

Mặt khác, từ CT: $\delta g = \frac{\Delta g}{g}$ suy ra: $\Delta g = \bar{g} \cdot \delta g = 9,67 \cdot 0,023 = 0,22$

Vậy: $g = \bar{g} \pm \Delta g = 9,67 \pm 0,22 \text{ m/s}^2$