7 SAI SỐ CỦA PHÉP ĐO CÁC ĐẠI LƯỢNG VẬT LÍ

I – MỤC TIÊU

1. Phát biểu được định nghĩa về phép đo các đại lượng vật lí. Phân biệt phép đo trực tiếp và phép đo gián tiếp.

2. Nắm được những khái niệm cơ bản về sai số của phép đo các đại lượng vật lí và cách xác định sai số của phép đo :

a) Phát biểu được thế nào là sai số của phép đo các đại lượng vật lí.

b) Nắm được hai loại sai số : sai số ngẫu nhiên, sai số hệ thống (chỉ xét sai số dụng cụ).

c) Cách xác định sai số dụng cụ, sai số ngẫu nhiên.

d) Tính sai số của phép đo trực tiếp.

e) Tính sai số phép đo gián tiếp.

f) Biết cách viết đúng kết quả phép đo, với số các chữ số có nghĩa cần thiết.

II – THÔNG TIN BỔ SUNG

1. Ở THCS, HS đã được thực hành phép đo các đại lượng vật lí quan trọng và cơ bản như phép đo chiều dài, khối lượng, thể tích, khối lượng riêng, lực, nhiệt độ, cường độ dòng điện, hiệu điện thế,... sử dụng các dụng cụ đo thông thường như : thước milimét, cân Rô-béc-van, bình đong, nhiệt kế, đồng hồ bấm giây, lực kế, ampe kế, vôn kế... Một số kĩ năng đo đạc cũng đã được rèn luyện : biết cách chọn dụng cụ đo và giới hạn đo thích hợp trên cơ sở hiểu được các khái niệm độ chia nhỏ nhất và giới hạn đo của dụng cụ đo. Tuy chưa có hiểu biết một cách hệ thống về sai số của phép đo, nhưng cũng đã được thể nghiệm trong thực hành : đo nhiều lần cùng một đại lượng cho những kết quả không giống nhau. HS cũng đã biết lấy trung bình của nhiều lần đo để có được kết quả chính xác hơn. Vì vậy, ở THPT cần giúp cho HS nhận thức một cách hệ thống hơn về *sai số của phép đo* và *tính được sai số của phép đo trong những trường hợp đơn giản*. Đó cũng là yêu cầu đổi mới nhằm nâng cao kĩ năng thực hành khi học môn Vật lí.

2. Công thức (7.5) trong SGK về kết quả đo và sai số phép đo được chứng minh chặt chẽ như sau :

Giả sử đại lượng vật lí cần đo *A* có giá trị thực bằng *a*. Khi đo *n* lần, ta nhận được dãy các giá trị khác nhau : $a_1, a_2, ..., a_n$. Kí hiệu $\alpha_1, \alpha_2, ..., \alpha_n$ là độ sai lệch so với giá trị thực *a* của mỗi lần đo, tức là :

$$a = a_1 + \alpha_1 = a_2 + \alpha_2 = ... = a_n + \alpha_n$$

$$na = (a_1 + a_2 + ... + a_n) + (\alpha_1 + \alpha_2 + ... + \alpha_n)$$

$$a = \frac{a_1 + a_2 + ... + a_n}{n} + \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + ... + \alpha_n}{n}$$

$$a = \overline{a} + \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\alpha_i$$

Đại lượng $\overline{a}$ là giá trị trung bình cộng của *n* lần đo, còn $\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\alpha_i$ là "sai số tuyệt đối lí tưởng" (sai số ngẫu nhiên) của phép đo đại lượng *A*, chưa xác định được vì *a* chưa biết.

Để xác định sai số ngẫu nhiên, người ta phải dựa vào hai tiên đề của lí thuyết Gau-xơ, được phát biểu như sau :

a) Các sai số có trị tuyệt đối bằng nhau và ngược dấu, thì xuất hiện đồng xác suất.

b) Các sai số có trị tuyệt đối càng lớn thì xác suất xuất hiện càng thấp.

Từ tiên đề 1 ta suy ra : trong chuỗi lần đo đại lượng *A*, nếu có sai số $\alpha_i = +\Delta b$ xuất hiện, thì cũng có sai số $\alpha_j = -\Delta b$ xuất hiện với cùng xác suất, cho $\alpha_i + \alpha_j = 0$, nghĩa là nếu số lần đo $n \to \infty$ thì :

$$\lim_{n\to\infty}\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\alpha_i\right) = 0 \text{ và } a = \overline{a}$$

Thực tế không thể thực hiện phép đo với số lần đo $n = \infty$, nhưng theo tiên đề 2, có thể suy ra rằng, với số lần đo n đủ lớn, có thể coi $a \approx \overline{a}$ và sai số ngẫu nhiên được xác định theo $\overline{a}$.

Sai số tuyệt đối ứng với mỗi lần đo được xác định bằng trị tuyệt đối của hiệu số

$$|\Delta a_1| = |\overline{a} - a_1| \; ; \; |\Delta a_2| = |\overline{a} - a_2|, \; ... \; ; \; |\Delta a_n| = |\overline{a} - a_n|$$

Sai số tuyệt đối trung bình Δa :

$$\Delta a = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|\Delta a_i|$$

So sánh sai số tuyệt đối trung bình $\Delta a = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|\Delta a_i|$ với *sai số tuyệt đối lí tưởng* $\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\alpha_i$, ta nhận thấy do các giá trị α_i có thể khác dấu nên :

$$\frac{1}{n}\left|\sum_{i=1}^{n}\alpha_i\right| \le \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|\Delta a_i|$$

nghĩa là :

$$|a - \overline{a}| \le \Delta a \text{ hay } \overline{a} - \Delta a \le a \le \overline{a} + \Delta a$$

Kết quả phép đo được viết dưới dạng : $a = \overline{a} \pm \Delta a$

Sai số $\Delta\overline{a}$ xác định như ở trên là sai số tuyệt đối ngẫu nhiên. Phép đo còn mắc phải sai số hệ thống gây bởi dụng cụ. Sai số hệ thống cần phải được đánh giá căn cứ theo đặc điểm tính năng, độ chính xác của dụng cụ đo và phương pháp đo, giả sử nó bằng $\Delta a'$. Kết quả đo được viết :

$$a = \overline{a} \pm (\Delta a + \Delta a')$$

III – GỢI Ý VỀ PHƯƠNG PHÁP VÀ TỔ CHỨC HOẠT ĐỘNG DẠY HỌC

1. Để đi đến khái niệm sai số phép đo, trước hết cần định nghĩa thế nào là phép đo các đại lượng vật lí. Về thực chất, định nghĩa này là sự khái quát hoá các hành động và mục đích của việc đo các đại lượng vật lí khác nhau : đánh giá độ lớn của một đại lượng vật lí bằng cách so sánh nó với đại lượng cùng loại quy ước làm đơn vị. Dụng cụ đo được định nghĩa là phương tiện để thực hiện việc so sánh đó. GV đưa ra một ví dụ đơn giản để phân tích, minh hoạ và rút ra kết luận.

Ví dụ : Đo độ dài của một chiếc bàn bằng thước xentimét.

2. Việc định nghĩa và phân loại phép đo trực tiếp và phép đo gián tiếp chỉ có tính tương đối. Trong thực tế nó thường chỉ liên quan đến dụng cụ đo : có hay không có dụng cụ để đo và chỉ thị trực tiếp đại lượng vật lí cần đo. Vì vậy, việc phân biệt các phép đo trực tiếp và gián tiếp chỉ nhằm tìm ra phương pháp đo và cách xác định sai số của các phép đo này.

3. Khái niệm về sai số của phép đo

Có thể lấy một ví dụ cho HS thấy rằng : Vì những lí do khác nhau, khi đo nhiều lần cùng một đại lượng vật lí thường cho những kết quả khác nhau và không thể biết chính xác kết quả nào là đúng. Điều HS phải thừa nhận là : lấy trung bình các giá trị của nhiều lần đo cùng một đại lượng cho ta kết quả gần giá trị thực hơn cả.

a) Để xác định sai số của phép đo trực tiếp, về nguyên tắc, cần xác định được sai số ngẫu nhiên và sai số hệ thống. Tuy nhiên, trong một số trường hợp khi một trong hai sai số này nhỏ hơn nhiều độ lớn của sai số kia thì ta có thể chọn một trong hai sai số đó làm sai số phép đo.

b) Khi viết kết quả đo, sai số tuyệt đối thu được từ phép tính sai số thường chỉ viết từ 1 đến tối đa là 2 chữ số có nghĩa. Còn giá trị trung bình được viết tới bậc thập phân tương ứng. Cần nhắc lại cho HS : Các chữ số có nghĩa ở đây là tất cả các chữ số có trong con số tính từ trái sang phải kể từ chữ số khác không đầu tiên.

Cần lấy một ví dụ để làm sáng tỏ ý nghĩa của sai số tỉ đối : Sai số tỉ đối của phép đo càng nhỏ thì phép đo càng chính xác.

c) Về cách xác định sai số của phép đo gián tiếp : Cần giới thiệu hai quy tắc tính sai số của đại lượng đo gián tiếp và ứng dụng để giải bài tập đã cho trong bài 7 SGK.

IV – TRẢ LỜI CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

Bài tập

1.

n	t	Δt	$\Delta t'$
1	0,398	0,006	
2	0,399	0,005	
3	0,408	0,004	

n	t	Δt	$\Delta t'$
4	0,410	0,006	
5	0,406	0,002	
6	0,405	0,001	
7	0,402	0,002	
TB	0,404	0,004	0,001

Thời gian rơi trung bình : $\overline{t} = 0{,}404$ s.

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

Sai số dụng cụ : $\Delta t' = 0{,}001$ s.

Sai số phép đo thời gian : $\Delta t = 0{,}004 + 0{,}001 = 0{,}005$ s.

Viết kết quả : $t = \overline{t} \pm \Delta t = 0{,}404 \pm 0{,}005$ s.

Đây là phép đo trực tiếp.

Nếu chỉ đo ba lần ($n = 1, 2, 3$) thì kết quả đo phải lấy sai số cực đại :

$$t = 0{,}402 \pm 0{,}006 \text{ s.}$$

2. Sai số của phép đo khoảng cách giữa hai điểm A, B được đánh giá bởi sai số của dụng cụ, lấy bằng : $\Delta s = 1$ mm, kết quả đo được viết $s = 798 \pm 1$ mm.

3. Áp dụng công thức tính sai số tỉ đối :

$$\frac{\Delta v}{\overline{v}} = \frac{\Delta s}{\overline{s}} + \frac{\Delta t}{\overline{t}} = \frac{1}{798} + \frac{0{,}005}{0{,}404} = 0{,}014.$$

$$\frac{\Delta g}{\overline{g}} = \frac{\Delta s}{\overline{s}} + \frac{2\Delta t}{\overline{t}} = \frac{1}{798} + 2\cdot\frac{0{,}005}{0{,}404} = 0{,}026.$$

$$\overline{v} = \frac{2\overline{s}}{\overline{t}} = \frac{2.0{,}798}{0{,}404} = 3{,}95 \text{ m/s.}$$

$$\overline{\Delta v} = \overline{v}.\delta v = 3{,}95.0{,}014 = 0{,}06 \text{ m/s.}$$

$$v = \overline{v} \pm \overline{\Delta v} = 3{,}95 \pm 0{,}06 \text{ m/s.}$$

$$\overline{g} = \frac{2\overline{s}}{\overline{t}^2} = \frac{2.0{,}798}{(0{,}404)^2} = 9{,}78 \text{ m/s}^2.$$

$$\Delta g = \overline{g}.\delta g = 9{,}78.0{,}026 = 0{,}26 \text{ m/s}^2.$$

$$g = \overline{g} + \Delta g = 9{,}78 \pm 0{,}26 \text{ m/s}^2.$$