

Bài mở đầu : SAI SỐ CỦA PHÉP ĐO CÁC ĐẠI LƯỢNG VẬT LÝ

I. MỤC ĐÍCH :

1. Phát biểu được định nghĩa về phép đo các đại lượng vật lý. 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 lý 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 lý.

b) Phân biệt được hai loại sai số : sai số ngẫu nhiên, sai số hệ thống.

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

d) Tính được sai số của phép đo trực tiếp.

e) Tính được 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 – PHÉP ĐO CÁC ĐẠI LƯỢNG VẬT LÝ . HỆ ĐƠN VỊ SI .

Khi nghiên cứu các hiện tượng tự nhiên, trong Vật lý học người ta thường dùng phương pháp thực nghiệm: tiến hành các phép đo các đại lượng vật lý đặc trưng cho hiện tượng, xác định mối liên hệ giữa chúng, từ đó rút ra quy luật vật lý.

Để thực hiện các phép đo, ta phải có các dụng cụ đo. Tuy nhiên trong thực tế, hầu như không một dụng cụ đo nào, không một phép đo nào có thể cho ta giá trị thực của đại lượng cần đo. Các kết quả thu được chỉ là gần đúng. Vì sao vậy? Điều này có mâu thuẫn hay không với quan niệm cho rằng Vật lý là một môn khoa học chính xác? Để trả lời câu hỏi này, trước hết ta cần làm

rõ khái niệm: phép đo các đại lượng vật lý là gì? vì sao có sự sai lệch giữa giá trị thực của đại lượng cần đo và kết quả đo? Từ đó xác định kết quả và đánh giá được độ chính xác của phép đo.

1. Phép đo các đại lượng vật lý

Ta dùng một cái cân để đo khối lượng một vật. Cái cân là một dụng cụ đo, và phép đo khối lượng của vật thực chất là phép so sánh khối lượng của nó với khối lượng của các quả cân, là những mẫu vật được quy ước có khối lượng bằng một đơn vị (1 gam, 1 kilôgam...) hoặc bằng bội số nguyên lần đơn vị khối lượng. Vậy:

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

Công cụ để thực hiện việc so sánh nói trên gọi là ***dụng cụ đo***, phép so sánh trực tiếp thông qua dụng cụ đo gọi là ***phép đo trực tiếp***.

Nhiều đại lượng vật lý có thể đo trực tiếp như chiều dài, khối lượng, thời gian,... trong khi những đại lượng vật lý khác như gia tốc, khối lượng riêng, thể tích,... không có sẵn dụng cụ đo để đo trực tiếp, nhưng có thể ***xác định thông qua một công thức liên hệ với các đại lượng đo trực tiếp***. Ví dụ, gia tốc rơi tự do g có thể xác định theo

công thức $g = \frac{2s}{t^2}$, thông qua hai phép đo trực tiếp

là phép đo độ dài quãng đường s và thời gian rơi t . Phép đo như thế gọi là ***phép đo gián tiếp***.

2. Hệ đơn vị đo

Một hệ thống các đơn vị đo các đại lượng vật lý đã được quy định thống nhất áp dụng tại nhiều nước trên thế giới, trong đó có Việt Nam, gọi là hệ SI.

Hệ SI quy định 7 đơn vị cơ bản, đó là:

- Đơn vị độ dài: mét (m)
- Đơn vị thời gian: giây (s)
- Đơn vị khối lượng: kilôgam (kg)
- Đơn vị nhiệt độ: kenvin (K)
- Đơn vị cường độ dòng điện: ampe (A)
- Đơn vị cường độ sáng: candela (Cd)
- Đơn vị lượng chất: mol (mol).

Ngoài 7 đơn vị cơ bản, các đơn vị khác là những đơn vị dẫn xuất, được suy ra từ các đơn vị cơ bản theo một công thức, ví dụ: đơn vị lực F là niuton (N), được định nghĩa: $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$.

III – SAI SỐ PHÉP ĐO

1. Sai số hệ thống

Giả sử một vật có độ dài thực là $l = 32,7 \text{ mm}$. Dùng một thước có độ chia nhỏ nhất 1 mm để đo l , ta chỉ có thể xác định được l có giá trị nằm trong khoảng giữa 32 và 33 mm , còn phần lẻ không thể đọc trên thước đo. Sự sai lệch này, do chính đặc điểm cấu tạo của dụng cụ đo gây ra, gọi là **sai số dụng cụ**.

Sai số dụng cụ là không thể tránh khỏi, thậm chí nó còn tăng lên khi điểm 0 ban đầu bị lệch đi, mà ta sơ suất trước khi đo không hiệu chỉnh lại. Kết quả là giá trị đại lượng đo thu được luôn lớn hơn, hoặc nhỏ hơn giá trị thực. Sai lệch do những nguyên nhân trên gây ra gọi là **sai số hệ thống**.

2. Sai số ngẫu nhiên.

Lặp lại phép đo thời gian rơi tự do của cùng một vật giữa hai điểm A, B, ta nhận được các giá trị khác nhau. Sự sai lệch này không có nguyên nhân rõ ràng, có thể do hạn chế về khả năng giác quan của con người dẫn đến thao tác đo không chuẩn, hoặc do điều kiện làm thí nghiệm không ổn định, chịu tác động của các yếu tố ngẫu nhiên bên ngoài ... Sai số gây ra trong trường hợp này gọi là **sai số ngẫu nhiên**.

3. Giá trị trung bình

Sai số ngẫu nhiên làm cho kết quả phép đo trở nên kém tin cậy. Để khắc phục người ta lặp lại phép đo nhiều lần. Khi đo n lần cùng một đại

lượng A, ta nhận được các giá trị khác nhau : A_1, A_2, \dots, A_n .

Giá trị trung bình của chúng:

$$\bar{A} = \frac{A_1 + A_2 + \dots + A_n}{n} \quad (1)$$

sẽ là giá trị *gần đúng nhất* với giá trị thực của đại lượng A.

4. Cách xác định sai số của phép đo

a) Trị tuyệt đối của hiệu số giữa *trị trung bình* và *giá trị của mỗi lần đo* gọi là **sai số tuyệt đối** ứng với lần đo đó:

$$\Delta A_1 = |\bar{A} - A_1| \quad ; \quad \Delta A_2 = |\bar{A} - A_2| \quad ;$$

$$\Delta A_3 = |\bar{A} - A_3| \quad ; \quad \dots \quad (2)$$

Sai số tuyệt đối trung bình của n lần đo được tính theo công thức:

$$\overline{\Delta A} = \frac{\Delta A_1 + \Delta A_2 + \dots + \Delta A_n}{n} \quad (3)$$

Giá trị $\overline{\Delta A}$ xác định theo (3) là **sai số ngẫu nhiên**. Như vậy, để xác định sai số ngẫu nhiên ta phải đo nhiều lần. Trong trường hợp không cho phép thực hiện phép đo nhiều lần ($n < 5$), người ta không tính sai số ngẫu nhiên bằng cách lấy trung bình theo công thức (3), mà chọn giá trị cực đại ΔA_{\max} , trong số các giá trị sai số tuyệt đối thu được từ (2).

b) **Sai số tuyệt đối của phép đo** là tổng sai số ngẫu nhiên và sai số dụng cụ:

$$\Delta A = \overline{\Delta A} + \Delta A' \quad (4)$$

Trong đó $\Delta A'$ là sai số hệ thống gây bởi dụng cụ, thông thường có thể lấy bằng *nửa hoặc một độ chia nhỏ nhất* trên dụng cụ. Trong một số dụng cụ đo có cấu tạo phức tạp, ví dụ đồng hồ đo điện đa năng hiện số, sai số dụng cụ được tính theo một công thức do nhà sản xuất quy định.

Chú ý:

– Sai số hệ thống do lệch điểm 0 ban đầu là loại sai số cần phải loại trừ, bằng cách chú ý hiệu chỉnh chính xác điểm 0 ban đầu của dụng cụ đo trước khi tiến hành đo.

– Sai sót: Trong khi đo, còn có thể mắc phải sai sót. Do lỗi sai sót, kết quả nhận được khác xa giá trị thực. Trong trường hợp nghi ngờ có sai sót, cần phải đo lại và loại bỏ giá trị sai sót.

5. Cách viết kết quả đo

Kết quả đo đại lượng A không cho dưới dạng một con số, mà cho dưới dạng một *khoảng giá trị* trong đó chắc chắn có chứa giá ($\bar{A} - \Delta A$) $< A < (\bar{A} + \Delta A)$, hay là:

$$A = \bar{A} \pm \Delta A \quad (5)$$

Chú ý: Sai số tuyệt đối của phép đo ΔA thu được từ phép tính sai số thường chỉ được viết đến **một hoặc tối đa là hai chữ số có nghĩa**, còn giá trị trung bình \bar{A} được viết đến bậc thập phân tương ứng. Các chữ số có nghĩa là tất cả các chữ số có trong con số, tính từ trái sang phải, kể từ chữ số khác 0 đầu tiên.

Ví dụ: Phép đo độ dài s cho giá trị trung bình $\bar{s} = 1,368\ 32$ m, với sai số phép đo tính được là $\Delta s = 0,003\ 1$ m, thì kết quả đo được viết, với Δs lấy một chữ số có nghĩa, như sau:

$$s = (1,368 \pm 0,003) \text{ m}$$

6. Sai số tỉ đối

Sai số tỉ đối δA của phép đo là tỉ số giữa sai số tuyệt đối và giá trị trung bình của đại lượng đo, tính bằng phần trăm:

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

Sai số tỉ đối càng nhỏ thì phép đo càng chính xác.

7. Cách xác định sai số phép đo gián tiếp

Để xác định sai số của phép đo gián tiếp, ta có thể vận dụng quy tắc sau đây:

a) Sai số tuyệt đối của một tổng hay hiệu thì bằng tổng các sai số tuyệt đối của các số hạng.

b) Sai số tỉ đối của một tích hay thương thì bằng tổng các sai số tỉ đối của các thừa số.

Ví dụ: Giả sử F là đại lượng đo gián tiếp, còn X, Y, Z là những đại lượng đo trực tiếp.

– Nếu: $F = X + Y - Z$, thì:

$$\Delta F = \Delta X + \Delta Y + \Delta Z$$

– Nếu: $F = \frac{XY}{Z}$, thì:

$$\delta F = \delta X + \delta Y + \delta Z$$

c) Nếu trong công thức vật lý xác định đại lượng đo gián tiếp có chứa các hằng số (ví dụ: π , e, ...) thì hằng số phải được lấy gần đúng đến số lẻ thập phân sao cho sai số tỉ đối do phép lấy gần đúng gây ra có thể bỏ qua, nghĩa là nó phải nhỏ hơn 1/10 tổng các sai số tỉ đối có mặt trong cùng công thức tính.

Ví dụ: Xác định diện tích vòng tròn thông qua phép đo trực tiếp đường kính d của nó. Biết $d = 50,6 \pm 0,1$ mm.

Ta có $S = \frac{\pi d^2}{4}$, do đó sai số tỉ đối của phép đo S:

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta \pi}{\pi} = 0,4\% + \frac{\Delta \pi}{\pi}$$

Trong trường hợp này, phải lấy $\pi = 3,142$ để cho $\frac{\Delta \pi}{\pi} < 0,04\%$.

Nếu công thức xác định đại lượng đo gián tiếp tương đối phức tạp, các dụng cụ đo trực tiếp

có độ chính xác tương đối cao, sai số phép đo chủ yếu gây bởi các yếu tố ngẫu nhiên, thì người ta thường bỏ qua sai số dụng cụ. Đại lượng đo gián tiếp được tính cho mỗi lần đo, sau đó lấy trung bình và tính sai số ngẫu nhiên trung bình như trong các công thức (1), (2), (3).

TÓM TẮT

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

Phép so sánh trực tiếp thông qua dụng cụ đo gọi là phép đo trực tiếp.

Phép xác định một đại lượng vật lí qua một công thức liên hệ với các đại lượng đo trực tiếp, gọi là phép đo gián tiếp.

▪ *Giá trị trung bình khi đo nhiều lần một đại lượng A:*

$$\bar{A} = \frac{A_1 + A_2 + \dots + A_n}{n}, \text{ là giá trị gần nhất với}$$

giá trị thực của đại lượng A.

▪ *Sai số tuyệt đối ứng với mỗi lần đo:*

$$\Delta A_1 = |\bar{A} - A_1| \quad ; \quad \Delta A_2 = |\bar{A} - A_2| \quad ;$$

$$\Delta A_3 = |\bar{A} - A_3| \quad \dots$$

Sai số ngẫu nhiên là sai số tuyệt đối trung bình của n lần đo:

$$\overline{\Delta A} = \frac{\Delta A_1 + \Delta A_2 + \dots + \Delta A_n}{n}$$

Sai số dụng cụ $\Delta A'$ có thể lấy bằng nửa hoặc một độ chia nhỏ nhất trên dụng cụ.

▪ *Kết quả đo đại lượng A được cho dưới dạng: $A = \bar{A} \pm \Delta A$, trong đó ΔA là tổng sai số ngẫu nhiên và sai số dụng cụ: $\Delta A = \overline{\Delta A} + \Delta A'$, được lấy tối đa đến hai chữ số có nghĩa, còn \bar{A} được viết đến bậc thập phân tương ứng.*

▪ *Sai số tỉ đối δA của phép đo là tỉ số giữa sai số tuyệt đối và giá trị trung bình của đại lượng đo, tính bằng phần trăm: $\delta A = \frac{\Delta A}{\bar{A}} \cdot 100\%$.*

▪ *Sai số của phép đo gián tiếp, được xác định theo các quy tắc:*

Sai số tuyệt đối của một tổng hay hiệu, thì bằng tổng các sai số tuyệt đối của các số hạng.

Sai số tỉ đối của một tích hay thương, thì bằng tổng các sai số tỉ đối của các thừa số.

BÀI TẬP

1. Bài tập mẫu

Dùng thước kẹp có ĐCNN 0,1 mm để đo 5 lần đường kính d và chiều cao h của một trụ thép, cho kết quả như trong bảng sau:

Lần đo	D (mm)	H (mm)
1	30	19,9
2	30,1	19,8
3	30	20,0
4	30,1	19,7
5	30,1	19,9

Hãy cho biết kết quả phép đo d, h và tính thể tích của trụ thép.

Giải

Phép đo d, h là *phép đo trực tiếp*, giá trị trung bình và sai số ngẫu nhiên tính trong bảng sau:

Lần đo	d (mm)	$ \Delta d $	h (mm)	$ \Delta h $

1	30,0	0,06	19,9	0,04
2	30,1	0,04	19,8	0,06
3	30,0	0,06	20,0	0,14
4	30,1	0,04	19,7	0,16
5	30,1	0,06	19,9	0,04
TB	30,06	0,05	19,86	0,09

Sai số dụng cụ bằng 0,1 mm. Vậy:

Sai số phép đo đường kính trụ là:

$$\Delta d = 0,05 + 0,1 = 0,15 \text{ mm}$$

Sai số phép đo chiều cao trụ là:

$$\Delta h = 0,09 + 0,1 = 0,19 \text{ mm.}$$

Kết quả: $d = 30,06 \pm 0,15 \text{ (mm)}$.

$$h = 19,86 \pm 0,19 \text{ (mm)}$$

Thể tích trung bình của trụ:

$$\bar{V} = \frac{\pi d^2 h}{4} = \frac{3,142 \cdot 30,06^2 \cdot 19,86}{4} = 14\,100 \text{ (mm}^3\text{)}$$

Sai số tỉ đối:

$$\frac{\Delta V}{V} = 2 \cdot \frac{\Delta d}{d} + \frac{\Delta h}{h} + \frac{\Delta \pi}{\pi} = 2 \cdot \frac{0,15}{30,06} + \frac{0,19}{19,86} = 0,02 = 2\%$$

Sai số tuyệt đối:

$$\Delta V = \bar{V} \delta V = 14\,100 \cdot 0,02 = 282 \text{ (mm}^3\text{)}$$

$$V = (14\,100 \pm 282) \cdot 10 \text{ (mm}^3\text{)}$$

2. Bài tập vận dụng

Dùng một đồng hồ đo thời gian có ĐCNN 0,001 s để đo n lần thời gian rơi tự do không vận tốc đầu của một vật, bắt đầu từ điểm A ($v_A = 0$) đến điểm B, kết quả cho trong bảng dưới đây:

n	T	Δt_i	$\Delta t'$
1	0,399		
2	0,408		
3	0,406		
4	0,405		
5	0,402		
TB			

a) Hãy tính thời gian rơi trung bình, sai số ngẫu nhiên, sai số dụng cụ, và sai số phép đo thời gian. Phép đo này là trực tiếp hay gián tiếp? Nếu chỉ đo 3 lần ($n=1, 2, 3$) thì kết quả đo bằng bao nhiêu?

b) Dùng một thước mm đo 5 lần khoảng cách s giữa hai điểm A, B đều cho một giá trị như nhau bằng 798 mm. Tính sai số phép đo này và viết kết quả đo.

c) Cho công thức tính vận tốc tại B: $v = \frac{2s}{t}$

và gia tốc rơi tự do $g = \frac{2s}{t^2}$. Dựa vào các kết quả

đo ở trên và các quy tắc tính sai số đại lượng đo gián tiếp đã học, hãy tính v, g, Δv , Δg và viết các kết quả cuối cùng?

PHỤ LỤC

Công thức (5) về kết quả đo và sai số phép đo được chứng minh chặt chẽ như sau :

Giả sử đại lượng vật lý 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, \dots, a_n . Kí hiệu $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ là độ sai lệch so với giá trị thực a của mỗi lần đo, tức là :

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

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

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

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

Đại lượng \bar{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 Gauss, được phát biểu như sau:

1. Các sai số có trị tuyệt đối bằng nhau và ngược dấu, thì xuất hiện với cùng xác suất.
2. 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 $n \rightarrow \infty$ thì:

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

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 $a \approx \bar{a}$ và sai số ngẫu nhiên được xác định theo \bar{a} .

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

$$\Delta a_1 = |\bar{a} - a_1|, \Delta a_2 = |\bar{a} - a_2|, \dots, \Delta a_n = |\bar{a} - a_n|$$

Sai số tuyệt đối trung bình Δa :

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

so sánh sai số tuyệt đối trung bình

$$\overline{\Delta a} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta a_i \text{ với sai số tuyệt đối lí tưởng}$$

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \alpha_i, \text{ ta nhận thấy do các giá trị } \alpha_i \text{ có thể}$$

khác dấu nên:

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

nghĩa là:

$$|a - \bar{a}| \leq \overline{\Delta a} \quad \text{hay} \quad \bar{a} - \overline{\Delta a} \leq a \leq \bar{a} + \overline{\Delta a}$$

Kết quả phép đo được cho dưới dạng:

$$a = \bar{a} \pm \overline{\Delta a}$$

Sai số $\overline{\Delta a}$ 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:

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

Bài 1: ĐO ĐỘ DÀI BẰNG THUỐC KẸP - PANME

ĐO KÍCH THUỐC VÀ XÁC ĐỊNH THỂ TÍCH CỦA CÁC VẬT RẮN

CÓ HÌNH DẠNG ĐỐI XỨNG BẰNG THUỐC KẸP VÀ PANME

I. MỤC ĐÍCH THÍ NGHIỆM

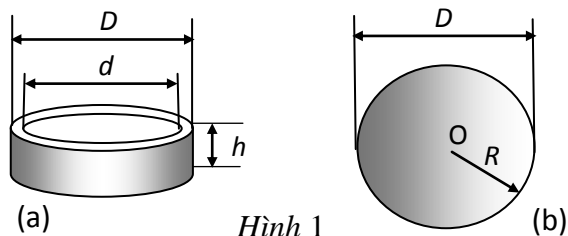
1. Làm quen và sử dụng một số dụng cụ đo độ dài như thước kẹp, thước pame để đo kích thước của các vật rắn.
2. Xác định thể tích của một số vật rắn có hình dạng đối xứng.

II. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

1. **Thể tích của khối trụ rỗng** (Hình 1a) có đường kính ngoài D , đường kính trong d và độ cao h được tính theo công thức :

$$V = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)h \quad (1)$$

2. **Thể tích của khối cầu** (Hình 1b) có đường kính D được tính theo công thức:



$$V = \frac{1}{6}\pi D^3 \quad (2)$$

III. DỤNG CỤ THÍ NGHIỆM

A. Thành phần thiết bị

1. Thước kẹp 0 ÷ 150 mm, chính xác 0,02 mm
2. Panme 0 ÷ 25 mm, chính xác 0,01 mm
3. Vòng đồng (khối trụ rỗng)
4. Viên bi thép (khối cầu)

B. Cấu tạo và hoạt động

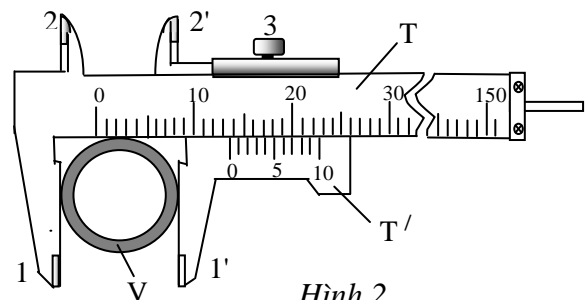
1. **Thước kẹp** là dụng cụ đo độ dài chính xác hơn thước milimet. Độ chia nhỏ nhất của nó có thể đạt tới 0,1; 0,05; 0,02 mm.

a) **Cấu tạo của thước kẹp** (Hình 2) gồm các phần chính dưới đây :

- một thước chính dạng chữ T, thân thước được khắc các độ chia từ 0 đến 150, mỗi độ chia có giá trị $a = 1$ mm;
- một thước T' nhỏ hơn, ôm lấy thân thước chính T và có thể trượt dọc theo thân thước chính, gọi là du xích. Du xích T' được khắc thành N độ chia, sao cho độ dài của N độ chia này có giá trị đúng bằng độ dài của $(kN - 1)$ độ chia trên thước chính T, tức là :

$$N.b = (kN - 1). a \quad (3)$$

với $k = 1$ hoặc 2 tùy thuộc loại thước kẹp, còn b là giá trị mỗi độ chia của du xích T'.



Từ (3) ta suy ra :

$$k a - b = \frac{a}{N} = \Delta \quad (4)$$

Đại lượng Δ chính là độ chia nhỏ nhất (hay độ phân giải) của thước kẹp. Vì $a = 1$ mm, nên :

- khi $N = 10$ thì $\Delta = 0,1$ mm;
- khi $N = 20$ thì $\Delta = 0,05$ mm;
- khi $N = 50$ thì $\Delta = 0,02$ mm.

Đầu đo của thước chính T gắn với hàm kẹp cố định có hai đầu đo 1 - 2. Đầu đo của du xích T' gắn với hàm kẹp di động có hai đầu đo 1' - 2'. Hai đầu đo 1 - 1' dùng đo kích thước ngoài của vật, còn hai đầu đo 2 - 2' dùng đo kích thước trong của các vật. Khi hàm kẹp di động 1' - 2' áp sát hàm kẹp cố định 1 - 2 thì vạch số 0 của du xích T' trùng với vạch số 0 của thước chính T : đó là vị trí số 0 của thước kẹp.

Cách đo độ dài bằng thước kẹp : Muốn đo đường kính ngoài D của chiếc vòng V, ta kéo du xích T' trượt trên thân thước chính T và kẹp chiếc vòng V giữa hai đầu đo 1-1' của hai hàm kẹp, rồi vặn nhẹ vít 3 để giữ cố định vị trí của du xích T'. Khi đó vạch số 0 của du xích T' trượt sang phải, vượt qua vạch thứ n trên thước chính T. Như vậy ta xác định được phần nguyên của đường kính D bằng m milimét; còn phần lẻ của D được xác định bằng cách quan sát hai dãy vạch đối diện trên du xích T' và thước chính T, tìm xem có cặp vạch nào trùng nhau hoặc nằm sát nhau nhất, chẳng hạn vạch thứ n trên du xích T' trùng với một vạch nào đó trên thước chính T thì phần lẻ của D có giá trị bằng $n\Delta$ milimét, với Δ là giá trị độ chia nhỏ nhất của thước kẹp được ghi ngay trên du xích T'. Kết quả là số đo đường kính D của chiếc vòng V tính theo milimét (mm) bằng :

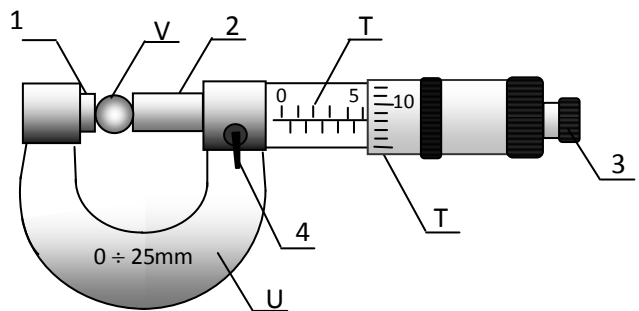
$$D = m + n\Delta \quad (\text{mm}) \quad (5)$$

Ví dụ, theo Hình 3 ta có $\Delta = 0,1$ mm và đọc được $m = 13$, $n = 7$, nên $D = 13,7$ mm.

Công thức (5) cũng áp dụng để xác định độ dài của một vật đo bằng thước kẹp, với sai số dụng cụ lấy bằng giá trị độ chia nhỏ nhất Δ .

2. Thước panme là dụng cụ đo độ dài có giới hạn đo $0 \div 25$ mm và độ chia nhỏ nhất $0,01$ mm.

a) Cấu tạo của panme (Hình 3) gồm các phần chính dưới đây :



Hình 3

- một cán thước hình chữ U, một đầu gắn chặt với đầu tựa cố định 1, đầu còn lại được lắp một thân thước chính T, có dạng một ống trụ tròn. Dọc theo đường sinh bên ngoài thân thước chính T, người ta vạch một đường chuẩn ngang, ở hai bên đường chuẩn này có khắc hai dãy vạch chia độ nằm so le nhau 0,50 mm. Dãy vạch phía trên đường chuẩn ứng với các độ dài 0, 1, 2,..., 25 mm. Dãy vạch phía dưới đường chuẩn ứng với các độ dài 0.5; 1.5; 2.5,...; 24,5 mm. Phần bên trong ống trụ tròn của thân thước chính T được ren chính xác với bước ren 0,50 mm.

- một đầu đo di động 2 là một trục ren có cùng bước ren 0.05 mm, ở đầu bên phải của nó gắn một ống thước tròn T' có núm quay 3. Dọc theo chu vi mép bên trái của ống thước tròn T', người ta khắc 50 độ chia, mỗi độ chia ứng với số đo 0.01 mm .

Với cấu tạo như trên, khi thước tròn T' quay được 1 vòng (ứng với 50 độ chia trên thước tròn) thì đầu đo 2 gắn chặt với nó tiến hoặc lùi một bước ren bằng 0.50 mm. Như vậy khi thước tròn T' quay được 1 độ chia so với đường chuẩn ngang thì đầu đo 2 dịch chuyển một đoạn bằng :

$$\Delta = \frac{0,50\text{mm}}{50} = 0,01 \text{ mm} \quad (6)$$

Đại lượng Δ chính là *độ chia nhỏ nhất* (hay *độ phân giải*) của thước pan me.

Độ chính xác của bước ren quyết định độ chính xác của pan me. Để bảo vệ cấu trúc ren, tránh bị lực vặn mạnh làm hỏng, người ta không gắn cứng núm quay 3 vào trục ren, mà thông qua một cơ cấu li hợp kiểu ma sát trượt. Khi vặn núm quay 3 để dịch chuyển đầu đo 2 đến tiếp xúc với đầu tựa 1, nếu nghe thấy tiếng “lách tách” thì ngừng lại. Tại vị trí này, số 0 của thước tròn T' nằm trùng với đường chuẩn ngang trên thân thước chính T và mép của ống thước tròn T' trùng với vạch số 0 của thước chính T : đó là *vị trí số 0* của thước panme.

Chú ý : Trước khi đo kích thước của một vật bằng panme, cần kiểm tra vị trí số 0 của panme bằng cách sau : dùng khăn mềm lau sạch hai mặt chuẩn của đầu tựa 1 và đầu đo 2. Vặn núm quay 3 để mặt chuẩn của đầu đo 2 tiến sát mặt chuẩn của đầu tựa 1 cho đến khi nghe thấy tiếng “lách tách” thì ngừng lại. Quan sát độ lệch ban đầu so với vị trí số 0 của thước tròn T' để hiệu chỉnh (cộng thêm hoặc trừ bớt) trong số đo độ dài của vật. Chỉ khi cần thiết mới yêu cầu giáo viên hướng dẫn chỉnh lại số 0, để tránh làm hỏng panme.

b) Cách đo độ dài bằng pan me : Muốn đo đường kính D của viên bi , ta đặt viên bi áp sát đầu tựa cố định 1, rồi vặn nhẹ núm quay 3 để đầu đo di động 2 tiến đến tiếp xúc với

viên bi , cho đến khi nghe thấy tiếng “lách tách” thì ngừng lại. Xoay nhẹ cần gạt 4 để hãm cố định đầu đo di động 2.

Số đo đường kính D của viên bi trên thước panme tính theo milimét (mm) được xác định theo vị trí của mép thước tròn T' như sau :

- Nếu mép thước tròn T' nằm sát bên phải vạch chia thứ m (so với vạch 0) của thước chính T phía trên đường chuẩn ngang và đường chuẩn này nằm sát vạch thứ n của thước tròn T' , thì :

$$D = m + 0,01.n \quad (7)$$

- Nếu mép thước tròn T' nằm sát bên phải vạch chia thứ m (so với vạch 0) của thước chính T phía dưới đường chuẩn ngang và đường chuẩn này nằm sát vạch thứ n của thước tròn T' , thì :

$$D = m + 0,5 + 0,01.n \quad (8)$$

Ví dụ, theo Hình 4, ta có $\Delta = 0,01$ mm và đọc được $m = 5$ (phía trên đường chuẩn ngang) và $n = 8$, nên theo (7) ta có : $D = 5,08$ mm.

IV. TRÌNH TỰ THÍ NGHIỆM

1. Đo kích thước và xác định thể tích của chiếc vòng đồng (khối trụ rỗng)

a) Dùng thước kẹp đo lần lượt đường kính ngoài D , đường kính trong d và độ cao h của chiếc vòng bằng đồng. Thực hiện 5 lần đối với mỗi phép đo D , d , h tại các vị trí khác nhau của chiếc vòng đồng. Ghi giá trị của D , d , h trong mỗi lần đo vào Bảng 1.

b) Dựa vào kết quả của các phép đo D , d , h , xác định thể tích V của vòng đồng theo (1).

2. Đo kích thước và xác định thể tích của viên bi thép (khối cầu)

a) Dùng thước panme đo đường kính D của viên bi thép nhỏ. Thực hiện 5 lần phép đo này tại các vị trí khác nhau của viên bi.

Ghi giá trị của D trong mỗi lần đo vào Bảng 2 .

b) Dựa vào kết quả phép đo đường kính D nêu trên, xác định thể tích V của viên bi thép theo công thức (2).

V. CÂU HỎI KIỂM TRA

1. Mô tả cấu tạo và cách sử dụng của thước kẹp để đo đường kính ngoài và đường kính trong của một chiếc vòng bằng đồng.

2. Viết công thức xác định thể tích của khối trụ rỗng, từ đó suy ra công thức tính sai số tỉ đối của phép đo thể tích này.

3. Mô tả cấu tạo và cách sử dụng thước panme để đo đường kính của viên bi thép

4. Viết công thức xác định thể tích của khối cầu, từ đó suy ra công thức tính sai số tỉ đối của phép đo thể tích này.

HƯỚNG DẪN BÁO CÁO THÍ NGHIỆM
ĐO KÍCH THƯỚC VÀ XÁC ĐỊNH THỂ TÍCH CỦA CÁC VẬT RẮN
CÓ HÌNH DẠNG ĐỐI XỨNG BẰNG THƯỚC KẸP VÀ THƯỚC PANME

Trường

Xác nhận của thầy giáo

LớpTổ

Họ tên

I. MỤC ĐÍCH THÍ NGHIỆM

.....

II. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

1. Đo kích thước và xác định thể tích của chiếc vòng đồng

a) Bảng 1

Độ chia nhỏ nhất của thước kẹp : (mm)						
Lần đo	D (mm)	ΔD (mm)	d (mm)	Δd (mm)	h (mm)	Δh (mm)
1						
2						
3						
4						
5						
Trung bình						

b) Tính giá trị trung bình và sai số tuyệt đối của các phép đo D , d , h .

$$\text{Chú ý: } \Delta D = (\Delta D)_{dc} + \overline{\Delta D} ; \Delta d = (\Delta d)_{dc} + \overline{\Delta d} ; \Delta h = (\Delta h)_{dc} + \overline{\Delta h}$$

c) Xác định thể tích V của chiếc vòng đồng :

▪ Tính giá trị trung bình : $\bar{V} = \frac{\pi}{4} (\bar{D}^2 - \bar{d}^2) \bar{h}$

▪ Tính sai số tỉ đối : $\delta = \frac{\Delta V}{\bar{V}} = \frac{\Delta \pi}{\pi} + 2 \frac{\bar{D} \cdot \Delta D + \bar{d} \cdot \Delta d}{\bar{D}^2 - \bar{d}^2} + \frac{\Delta h}{\bar{h}}$

▪ Tính sai số tuyệt đối : $\Delta V = \delta \cdot \bar{V}$

▪ Viết kết quả phép đo : $V = \bar{V} \pm \Delta V$

2. Đo kích thước và xác định thể tích của viên bi thép**a) Bảng 2 : Đo kích thước của viên bi thép**

Độ chia nhỏ nhất của thước panme : (mm)						
Lần đo	1	2	3	4	5	Trung bình
D (mm)						
ΔD (mm)						

b) Tính giá trị trung bình và sai số tuyệt đối của các phép đo đường kính D :

$$D = \bar{D} \pm \Delta D, \quad \text{trong đó } \Delta D = (\Delta D)_{dc} + \overline{\Delta D}$$

c) Xác định thể tích V của viên bi thép :

- Tính giá trị trung bình : $\bar{V} = \frac{1}{6} \pi \bar{D}^3$
- Tính sai số tỉ đối : $\delta = \frac{\Delta V}{\bar{V}} = \frac{\Delta \pi}{\pi} + 3 \cdot \frac{\Delta D}{\bar{D}}$
- Tính sai số tuyệt đối : $\Delta V = \delta \cdot \bar{V}$
- Viết kết quả phép đo thể tích V của viên bi thép : $V = \bar{V} \pm \Delta V$

Bài 2: KHẢO SÁT HIỆN TƯỢNG NỘI MA SÁT

XÁC ĐỊNH HỆ SỐ NHỚT CỦA CHẤT LỎNG

THEO PHƯƠNG PHÁP STOKES (STOKES)

I- MỤC ĐÍCH

Khảo sát hiện tượng nội ma sát trong chuyển động chất lưu và xác định hệ số nhớt của chất lỏng theo phương pháp Stokes bằng cách đo vận tốc chuyển động đều của viên bi, khối lượng riêng của viên bi và chất lỏng ở nhiệt độ phòng thí nghiệm

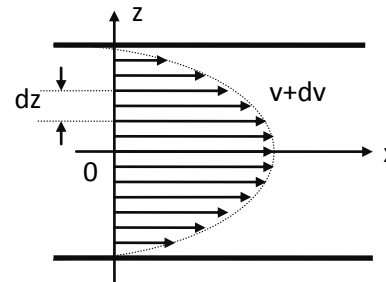
II- DỤNG CỤ :

Bộ thiết bị thí nghiệm vật lý MN-971A gồm :

- ống thủy tinh cao 95cm, khắc độ 2mm/vạch
- Dầu nhờn có hệ số nhớt cần đo
- Các viên bi thép
- Nam châm nhỏ dùng lấy các viên bi ra khỏi chất lỏng
- Hai đầu cảm biến và thiết bị hiện số đo thời gian rơi của viên bi
- Thước panme 0-25mm, chính xác 0,01mm
- Cân kỹ thuật 0-200g
- Bình đo tỷ trọng 50ml

1.1 I. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Khi chất lỏng *chuyển động thành lớp* trong một ống hình trụ theo hướng song song với trục Ox của ống, người ta nhận thấy vận tốc định hướng v của các phân tử trong các lớp chất lỏng có trị số giảm dần tới 0 theo hướng Oz (vuông góc với Ox) tính từ tâm O đến thành ống (Hình 1).



Hình 1

Sự khác nhau về trị số vận tốc định hướng của các lớp chất lỏng là do ở mặt tiếp xúc giữa các lớp này đã xuất hiện các *lực nội ma sát* có tác dụng cản trở chuyển động tương đối của chúng .

Bản chất của lực nội ma sát có thể giải thích theo thuyết động học phân tử, bởi sự *trao đổi động lượng* của các phân tử giữa các lớp chất lỏng có vận tốc định hướng khác nhau. Các phân tử của lớp chuyển động nhanh A, *khuếch tán* sang lớp chuyển động chậm B, truyền bớt động lượng cho các phân tử của lớp B, làm tăng vận tốc định hướng cho lớp B. Ngược lại, các phân tử của *lớp chuyển động chậm B*, khuếch tán sang *lớp chuyển động nhanh A*, thu bớt động lượng của các phân tử của lớp A, làm vận tốc định hướng của lớp A giảm.

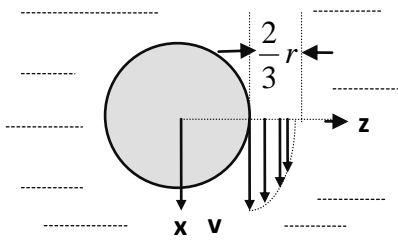
Thực nghiệm chứng tỏ trị số của lực nội ma sát F_{ms} giữa hai lớp chất lỏng có vận tốc định hướng là v và $v+dv$, nằm cách nhau một khoảng dz dọc theo phương Oz, tỷ lệ với gradien vận tốc theo phương Oz dv/dz và tỷ lệ với diện tích mặt tiếp xúc ΔS giữa hai lớp chất lỏng chuyển động tương đối với nhau :

$$F_{ms} = \eta \cdot \frac{dv}{dz} \cdot \Delta S \quad (1)$$

Hệ số tỷ lệ η gọi là *hệ số nhớt động lực học* của chất lỏng. Trị số của η phụ thuộc bản chất của chất lỏng và giảm khi nhiệt độ tăng. Đơn vị đo của η là kg/m.s.

1.2 II. PHƯƠNG PHÁP THỰC NGHIỆM

Giả sử có một viên bi nhỏ bán kính r đang rơi thẳng đứng với vận tốc v trong khối chất lỏng, thì lớp chất lỏng bám dính vào mặt ngoài viên bi cũng chuyển động theo với cùng vận tốc v . Do tác dụng của lực nội ma sát, lớp chất lỏng này sẽ kéo các lớp khác nằm gần nó chuyển động theo.



Hình 2

1.3 Thực nghiệm chứng tỏ trên khoảng cách $2r/3$ tính từ mặt ngoài viên bi ra xa nó, vận tốc của các lớp chất lỏng giảm dần từ v đến 0 (Hình 2). Khi đó gradien vận tốc theo phương Oz bằng :

$$\frac{dv}{dz} = \frac{v-0}{2r/3} = \frac{3v}{2r}$$

Theo công thức (1), lực nội ma sát giữa lớp chất lỏng bám dính vào mặt ngoài của viên bi (có diện tích $\Delta S = 4\pi \cdot r^2$, r : bán

kính viên bi) và lớp chất lỏng tiếp xúc với nó có trị số bằng :

$$F_{ms} = \eta \frac{dv}{dz} \Delta S = \eta \frac{3v}{2r} 4\pi r^2$$

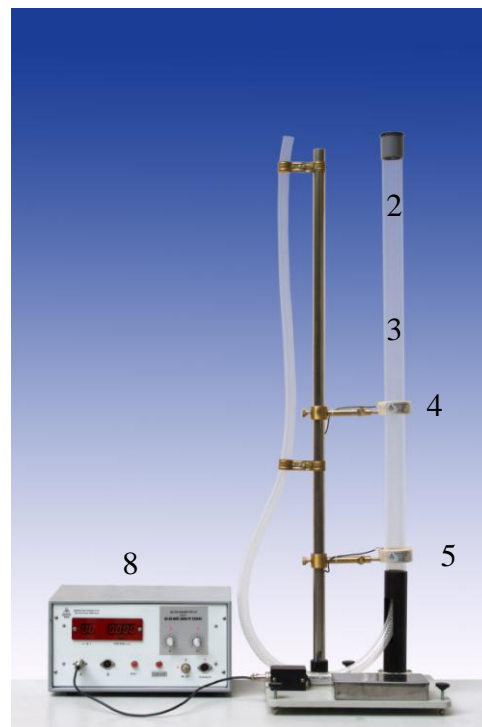
hay

$$F_{ms} = 6\pi \cdot \eta \cdot r \cdot v \quad (3)$$

Công thức này gọi là *công thức Stokes*, nó cho biết lực nội ma sát F_{ms} tăng tỷ lệ với vận tốc v và chỉ đúng đối với những vận tốc v không lớn (cỡ vài m/s) của viên bi chuyển động trong chất lỏng rộng vô hạn.

Có thể xác định hệ số nhớt η của chất lỏng theo phương pháp Stokes nhờ bộ thiết bị vật lý MN-971A (Hình 3) gồm : ống thủy tinh 2 đựng chất lỏng 3 được giữ thẳng đứng trên giá đỡ, hai đầu cảm biến từ 4 và 5 được nối với một bộ đo thời gian hiện số 8.

Khi thả viên bi có khối lượng m qua thấu định tâm rơi vào trong chất lỏng, viên bi sẽ chịu ba lực tác dụng :



Hình 3 : Bộ thiết bị đo độ nhớt bằng PP Stokes

- Trọng lực P hướng thẳng đứng từ trên xuống và có trị số bằng :

$$P = m.g = \frac{4}{3} \pi . r^3 \rho_1 . g \quad (4)$$

với r là bán kính và ρ_1 là khối lượng riêng của viên bi, g là gia tốc trọng trường .

- Lực đẩy Acsimét F_A hướng thẳng đứng từ dưới lên và có trị số bằng trọng lượng của khối chất lỏng bị viên bi chiếm chỗ :

$$F_A = \frac{4}{3} \pi r^3 . \rho . g \quad (5)$$

với ρ là khối lượng riêng của chất lỏng .

- Lực nội ma sát F_C hướng thẳng đứng từ dưới lên và có trị số bằng :

$$F_C = 6 \pi . \eta . r . v \quad (6)$$

với v là vận tốc của viên bi và η là hệ số nhớt của chất lỏng .

Dưới tác dụng của các lực nêu trên, viên bi sẽ chuyển động với gia tốc $a = dv/dt$ tuân theo định luật Newton 2 :

$$m . \frac{dv}{dt} = P + F_A + F_C \quad (7)$$

Gia tốc a làm cho vận tốc rơi v của viên bi tăng dần, mặt khác khi v tăng thì lực nội ma sát tăng theo . Khi v đạt đến giá trị v_0 thì lực đẩy Acsimét và lực nội ma sát sẽ triệt tiêu hoàn toàn trọng lực P, viên bi sẽ chuyển động đều.

Cho phương trình (7) bằng 0 và chiếu xuống hướng chuyển động của viên bi , ta được :

$$\frac{4}{3} \pi . r^3 \rho_1 . g - \frac{4}{3} \pi r^3 . \rho . g - 6 \pi . \eta . r . v_0 = 0$$

$$\text{Rút ra : } \eta = \frac{2 (\rho_1 - \rho_0) . r^2 . g}{9 v_0} \quad (8)$$

Có thể xác định trị số của v_0 bằng cách đo khoảng thời gian chuyển động τ của viên bi rơi thẳng đều giữa hai vạch chuẩn 4 và 5 cách nhau một khoảng L : $v_0 = \frac{L}{\tau}$.

Thay v_0 vào (8) với d là đường kính của viên bi, ta tìm được :

$$\eta = \frac{1}{18} . \frac{(\rho_1 - \rho) . d^2 . g . \tau}{L} \quad (9)$$

Thực tế, chất lỏng không rộng vô hạn mà chứa trong một ống trụ có đường kính D hữu hạn. Trong trường hợp này, hệ số nhớt η của chất lỏng được tính theo công thức :

$$\eta = \frac{1}{18} . \frac{(\rho_1 - \rho) . d^2 . g . \tau}{L . (1 + 2,4 \frac{d}{D})} \quad (10)$$

Nếu biết các đại lượng ρ_1 , ρ , g, L và D, ta có thể xác định hệ số nhớt η của chất lỏng một cách đơn giản bằng cách đo đường kính d của viên bi và khoảng thời gian rơi thẳng đều τ giữa hai vạch chuẩn chọn trước.

1.4 III. TRÌNH TỰ THÍ NGHIỆM

1. Đo đường kính d của viên bi bằng thước panme

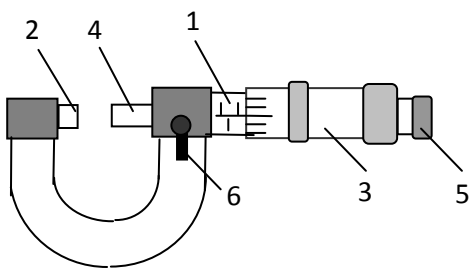
1.1 .Giới thiệu cách sử dụng thước panme

Panme là dụng cụ đo độ dài chính xác tới 0,01 mm. Cấu tạo của nó gồm : một cán thước hình chữ U mang thân vít 1 và đầu tựa cố định 2; Dọc theo thân vít 1 người ta khắc một thước kép có độ chia cách nhau 0,50 mm nằm so le nhau ở hai bên đường chuẩn ngang : nửa trên của thước kép là các vạch nguyên của mm (N = 0, 1, 2, 3, ... 25 mm), nửa dưới của thước kép là các vạch bán nguyên của mm (N' = 0,5, 1,5, 2,5, 3,5... mm). Một thước tròn 3 dạng ống trụ, bên trong gắn trục vít 4 có ren chính xác,

bước ren 0.5mm, được vặn vào thân vít 1 nhờ hệ thống ren chính xác này. Khi thước tròn 3 quay một vòng, trục vít 4 sẽ tịnh tiến 0.5 mm. Theo chu vi thước tròn, người ta chia 50 độ chia bằng nhau, như vậy khi xoay thước tròn dịch chuyển 1 độ chia so với đường vạch chuẩn ngang, trục vít 4 tịnh tiến một khoảng bằng :

$$\Delta = 0.5(mm) \cdot \frac{1}{50} = 0.01mm$$

Δ gọi là độ chính xác của panme.



Hình 4

Độ chính xác của bước ren, độ phẳng và nhẵn của các mặt đầu trục vít 4 và đầu tựa cố định 2, là những yếu tố quyết định độ chính xác của panme. Để tránh làm hỏng hệ thống ren, người ta thiết kế thêm một trục quay trượt 5 kiểu li hợp gắn vào đuôi thước tròn 3 : Khi vặn ra ta quay cán thước tròn 3, khi vặn vào ta quay trục trượt 5, đến khi trục vít 4 chạm vật đo sẽ phát ra tiếng kêu tách tách.

Một cần gạt nhỏ 6 dùng để hãm trục vít 4; Khi đo ta nhớ gạt cần hãm này sang phía phải thì mới xoay được thước tròn 3.

Trước khi đo cần kiểm tra điểm “0” của panme. Dùng khăn sạch lau nhẹ hai mặt đầu của đầu tựa cố định 2 và trục vít 4 (Hai mặt này được đánh bóng như gương), vặn từ từ trục quay trượt 5 cho đến khi nghe tiếng tách tách. Quan sát vạch “0” trên thước tròn 3. Nếu panme đã được điều chỉnh đúng thì vạch “0” trên thước tròn 3 trùng với đường vạch chuẩn trên thân vít 1. Trường hợp

không trùng, hãy nhờ cán bộ hướng dẫn chỉnh lại , hoặc ghi lại độ lệch “0” để sau thêm bớt. Nếu vạch “0” nằm dưới đường chuẩn n vạch thì kết quả đo phải trừ đi $0,01n$ (mm) và ngược lại.

Để đo đường kính d của viên bi, ta đặt viên bi tựa vào đầu cố định 2, rồi vặn từ từ đầu 5 để trục vít 4 tiến vào tiếp xúc với viên bi cho tới khi nghe thấy tiếng "tách tách" thì ngừng lại, gạt nhẹ cần 6 sang phía trái để hãm trục vít 4.

▪ Nếu mép thước tròn nằm sát bên phải vạch N của *dãy vạch nguyên* (nằm phía trên đường chuẩn) của thước kép, còn đường chuẩn trùng với vạch thứ n của thước tròn, thì đường kính viên bi là :

$$d = N + 0,01 \cdot n \quad (\text{mm})$$

▪ Nếu mép thước tròn nằm sát bên phải vạch N' của *dãy vạch bán nguyên* (nằm phía dưới đường chuẩn), còn đường chuẩn trùng với vạch thứ n của thước tròn, thì đường kính viên bi là :

$$d = N' + 0,5 + 0,01 \cdot n \quad (\text{mm})$$

với quy ước vạch đầu tiên của mỗi dãy ứng với N hoặc $N' = 0$.

1.2. Dùng panme, thực hiện 10 lần phép đo đường kính d của viên và ghi vào bảng 1.

2 . Đo khoảng thời gian chuyển động τ của viên bi rơi trong chất lỏng

2.1. Lắp đặt và điều chỉnh thẳng bằng.

Vặn các chân vít ở mặt đáy của chân đế 8 (Hình 3) để điều chỉnh sao cho ống thủy tinh 2 dựng chất lỏng hướng thẳng đứng. Giữ nguyên vị trí của các đầu cảm biến 4 và 5 nằm phía cuối ống cách nhau khoảng 30 cm.

Cắm phích lấy điện của bộ thiết bị vật lý MN-971A vào ổ điện ~ 220V. Bấm khoá K trên mặt máy : đèn LED phát sáng và các

chữ số hiện thị trong các cửa sổ "TIME" trên mặt máy.

2.2 Điều chỉnh độ nhạy của cảm biến 4 và 5 của bộ đo thời gian hiện số như sau :

- Vận cả hai núm xoay 6 và 7 ngược chiều kim đồng hồ về vị trí tận cùng bên trái.
- Điều chỉnh độ nhạy của cảm biến 5 (nằm ở dưới) bằng cách xoay thật từ từ núm xoay 7, theo chiều kim đồng hồ về bên phải cho tới điểm M nào đó thì các chữ số hiện thị trên cửa sổ "TIME" bắt đầu đổi trạng thái (từ đứng yên chuyển sang nhảy số hoặc ngược lại) thì dừng, rồi *vận trả lại về bên trái một chút* khoảng 1/3- 1/2 độ chia của nó). Có thể kiểm tra lại vị trí này bằng cách chạm nhẹ viên bi vào mặt của cảm biến 5 sát thành ống : nếu các chữ số hiện thị trên cửa sổ "TIME" thay đổi trạng thái thì cảm biến 5 đã được điều chỉnh đủ nhạy để hoạt động .

Thực hiện động tác tương tự đối với núm xoay 6 để điều chỉnh độ nhạy của cảm biến 4(phía trên).

Cuối cùng bấm nút "RESET" để đưa các chữ số hiện thị trên các cửa sổ đều trở về 0, hệ thống sẵn sàng đo. Lưu ý rằng , ta chỉ có thể điều chỉnh ngưỡng lật trạng thái cho một cảm biến khi cảm biến kia nằm ở trước ngưỡng lật (bên trái điểm M).

Trong trường hợp không muốn dùng cảm biến, bộ đo thời gian MN-971A có thể dùng như một đồng hồ bấm dây điện tử với độ chính xác 10^{-3} s, nút bấm bố trí ngay trên nắp hộp máy. Khi đó các núm điều chỉnh (6), (7) phải vận về tận cùng trái.

2.3. Đo thời gian rơi của viên bi

Thả nhẹ viên bi qua thấu định tâm để nó rơi thẳng đứng dọc theo trục của ống thủy tinh đựng chất lỏng . Khi viên bi đi qua tiết diện ngang của cảm biến 4 hoặc 5 ,nó sẽ

làm xuất hiện một xung điện có tác dụng khởi động hoặc dừng bộ đếm thời gian hiện số. Khoảng thời gian rơi τ của viên bi trên khoảng cách L giữa hai cảm biến 4 và 5 hiện thị trên cửa sổ TIME .

Thực hiện 10 lần động tác này với cùng một viên bi đã chọn . Đọc và ghi giá trị của τ hiện thị trong cửa sổ "TIME" ứng với mỗi lần đo vào bảng 1 .

Chú ý : Nếu khi viên bi đi qua hai cảm biến 4 hoặc 5, mà một hoặc cả hai cảm biến này không hoạt động, thì ta phải thực hiện lại từ đầu động tác 2-2 một cách cẩn thận hơn.

d. Sau mỗi lần đo, lấy viên bi ra khỏi ống nối 11 bằng cách dùng một nam châm nhỏ (đặt trong hộp 10), áp sát nam châm vào ống nối 11 tại vị trí có viên bi và dịch chuyển nam châm nhẹ nhàng để viên bi bám theo, trượt dọc theo thân ống nối 11 lên tới miệng ống này. Chờ cho dầu nhờn bám dính trên viên bi nhỏ giọt hết , ta lấy nó ra và lau bằng một tờ giấy thấm.

3 . Xác định khối lượng riêng của viên bi và chất lỏng (Dầu nhớt).

(Xem bài xác định khối lượng riêng của vật rắn, lỏng)

4. Đọc và ghi các số liệu sau đây vào các bảng 1 :

- Độ chính xác của thước panme
- Khối lượng riêng ρ của chất lỏng .
- Khối lượng riêng ρ_1 của viên bi .
- Khoảng cách L giữa hai đầu cảm biến 4 và 5 .
- Đường kính D của ống trụ thủy tinh .
- Độ chính xác của bộ đo thời gian hiện số .

IV. CÂU HỎI KIỂM TRA

1. Giải thích sự xuất hiện của lực nội ma sát, nêu rõ bản chất và viết biểu thức của lực này. Đơn vị đo hệ số nhớt của chất lỏng.

2. Trình bày phương pháp Stokes xác định hệ số nhớt của chất lỏng. Giải thích nguyên nhân và nêu tính chất của lực cản đối với chuyển động của viên bi rơi trong chất lỏng.

3. Vận tốc của viên bi rơi trong chất lỏng thay đổi như thế nào? Tại sao việc đo thời gian rơi của viên bi lại được thực hiện ở đoạn cuối của ống thủy tinh?

4. Trong điều kiện nào, ta có thể tính hệ số nhớt η của chất lỏng theo công thức (9) hoặc công thức (10)?

5. áp dụng phép tính vi phân đối với công thức (11), chứng minh sai số tương đối của hệ số nhớt η có dạng:

$$\frac{\Delta\eta}{\eta} = \frac{\Delta\rho_1 + \Delta\rho}{\rho_1 - \rho} + \frac{\Delta g}{g} + \frac{\Delta\tau}{\tau} + \frac{\Delta L}{L} + \frac{1}{D + 2,4d} \left[(2D + 2,4d) \frac{\Delta d}{d} + 2,4d \frac{\Delta D}{D} \right] \quad (11)$$

HƯỚNG DẪN BÁO CÁO THÍ NGHIỆM
XÁC ĐỊNH HỆ SỐ NHỚT CỦA CHẤT LỎNG
THEO PHƯƠNG PHÁP STÓC

Xác nhận của thầy giáo

Trường

LớpTổ

Họ tên

I. MỤC ĐÍCH THÍ NGHIỆM

.....

II. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

<p>Bảng 1</p> <p>- Độ chính xác</p> <p>- của panme : (mm)</p> <p>- của bộ đo thời gian :(s)</p> <p>- Đường kính ống trụ : $D = \dots\dots\dots$(mm)</p> <p>- Nhiệt độ phòng : $t^{\circ}C = \dots\dots\dots$</p>		<p>- Khối lượng riêng :</p> <p>- của viên bi $\rho_1 = \dots\dots\dots$ (kg/m³)</p> <p>- của dầu $\rho = \dots\dots\dots$ (kg/m³)</p> <p>- Khoảng cách giữa hai cảm biến :</p> <p>$L = \dots\dots\dots$(m)</p>		
Lần đo	d (mm)	Δd (mm)	τ (s)	$\Delta \tau$ (s)
1				
2				
3				
4				
5				

6				
7				
8				
9				
10				
Trung bình	$\bar{d} = \dots\dots\dots$ (mm)	$\overline{\Delta d} = \dots\dots\dots$ (mm)	$\tau = \dots\dots\dots$ (s)	$\Delta\tau = \dots\dots\dots$ (s)

Chú ý : Sai số tuyệt đối của các đại lượng đo trực tiếp d, τ được xác định bằng tổng sai số do dụng cụ và sai số trung bình của các lần đo :

$$\Delta d = (\Delta d)_{dc} + \overline{\Delta d} = \dots\dots\dots(mm)$$

$$\Delta \tau = (\Delta \tau)_{dc} + \overline{\Delta \tau} = \dots\dots\dots(s)$$

1. Xác định hệ số nhớt của chất lỏng (dầu nhòn)

Giá trị trung bình của hệ số nhớt η :

$$\bar{\eta} = \frac{1}{18} \cdot \frac{(\rho_1 - \rho) \cdot \bar{d}^2 \cdot g \cdot \bar{\tau}}{L \cdot \left(1 + 2,4 \cdot \frac{\bar{d}}{D}\right)} = \dots\dots\dots(kg/ms)$$

Sai số tỷ đối của hệ số nhớt η :

$$\delta = \frac{\Delta \eta}{\eta} = \frac{\Delta \rho_1 + \Delta \rho}{\rho_1 - \rho} + \frac{\Delta g}{g} + \frac{\Delta \tau}{\tau} + \frac{\Delta L}{L} + \frac{1}{D + 2,4\bar{d}} \left[(2\bar{D} + 2,4\bar{d}) \frac{\Delta d}{d} + 2,4\bar{d} \frac{\Delta D}{D} \right] = \dots\dots\dots$$

Sai số tuyệt đối của hệ số nhớt η :

$$\Delta \eta = \delta \cdot \bar{\eta} = \dots\dots\dots (kg/ms)$$

2. Viết kết quả của phép đo

$$\eta = \bar{\eta} \pm \Delta \eta = \dots\dots\dots(kg/ms)$$

Bài 3: XÁC ĐỊNH GIA TỐC TRỌNG TRƯỜNG BẰNG CON LẮC THUẬN NGHỊCH

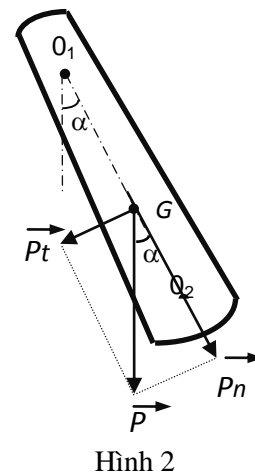
I- MỤC ĐÍCH THÍ NGHIỆM:

Vận dụng lý thuyết về chuyển động quay của vật rắn quanh một trục cố định và khái niệm mô men quán tính để khảo sát dao động quanh vị trí cân bằng của con lắc vật lý tại hai điểm treo O_1 và O_2 của nó. Khảo sát thực nghiệm ảnh hưởng của sự phân bố khối lượng gia trọng đến chu kỳ dao động của con lắc vật lý nhằm thiết lập trạng thái thuận nghịch để từ đó xác định chính xác gia tốc trọng trường tại nơi làm thí nghiệm.



Hình 1: Bộ thí nghiệm khảo sát dao động của con lắc vật lý- Xác định gia tốc trọng trường.

Con lắc vật lý là một vật rắn bất kỳ, khối lượng m , có thể dao động quanh một trục cố định nằm ngang đi qua điểm O_1 nằm cao hơn khối tâm G của nó ($H.2$). O_1 gọi là điểm treo của con lắc.



Hình 2

Vị trí cân bằng của con lắc trùng với phương thẳng đứng của đường thẳng O_1G .

Khi kéo con lắc lệch khỏi vị trí cân bằng một góc α nhỏ, rồi buông nó ra thì thành phần P_t của trọng lực $P=mg$ tác dụng lên con lắc một mômen lực M_1 có trị số bằng:

$$M_1 = -P_t \cdot L_1 = -mg \cdot L_1 \cdot \sin\alpha \quad (1)$$

Trong đó g là tốc trọng trường, $L_1 = O_1G$ là khoảng cách từ điểm O_1 đến khối tâm G , dấu (-) cho biết mômen lực M_1 luôn kéo con lắc về vị trí cân bằng, tức quay ngược chiều với góc lệch α . Khi α nhỏ, ta có thể coi gần đúng:

$$M_1 \approx -mg \cdot L_1 \cdot \alpha \quad (2)$$

II. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Phương trình cơ bản đối với chuyển động quay của con lắc quanh trục đi qua O_1 có dạng:

$$\beta_1 = \frac{M_1}{I_1} \quad (3)$$

ở đây $\beta_1 = d^2\alpha/dt^2$ là gia tốc góc, I_1 là mômen quán tính của con lắc đối với trục quay đi qua O_1 . Kết hợp (3) với (2) và thay $\omega_1^2 = mg.L_1/I_1$, ta nhận được phương trình dao động của con lắc:

$$\frac{d^2\alpha}{dt^2} + \omega_1^2.\alpha = 0 \quad (4)$$

Nghiệm của phương trình (4) có dạng:

$$\alpha = \alpha_0.\cos(\omega_1.t + \varphi) \quad (5)$$

là một hàm điều hòa theo thời gian, với α_0 là biên độ dao động, ω_1 là tần số góc, φ là pha ban đầu tại thời điểm $t = 0$.

Từ (5) ta suy ra chu kỳ T_1 của con lắc:

$$T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1} = 2\pi.\sqrt{\frac{I_1}{mg.L_1}} \quad (6)$$

Như vậy chu kỳ dao động T_1 của con lắc vật lý phụ thuộc mô men quán tính của nó đối với trục quay O_1 , khoảng cách từ khối tâm G đến trục quay và khối lượng m của nó.

Trong con lắc vật lý, ta có thể tìm thấy một điểm O_2 , nằm trên đường thẳng đi qua O_1 và G, sao cho khi dao động quanh trục nằm ngang đi qua O_2 thì chu kỳ dao động của con lắc đúng bằng chu kỳ dao động của nó khi dao động quanh trục đi qua O_1 . Con lắc vật lý khi đó được gọi là *con lắc thuận nghịch*.

Thật vậy, ta có thể dễ dàng chứng minh rằng, có tồn tại điểm treo O_2 này, như sau : Khi dao động quanh trục đi qua điểm O_2

(H1), chu kỳ dao động T_2 của con lắc được tính toán tương tự trên, và ta tìm được:

$$T_2 = \frac{2\pi}{\omega_2} = 2\pi.\sqrt{\frac{I_2}{mg.L_2}} \quad (7)$$

với $L_2=O_2G$ là khoảng cách từ trục quay đi qua điểm O_2 đến khối tâm G và I_2 là mômen quán tính của con lắc đối với trục quay đi qua O_2 .

Gọi I_G là mômen quán tính của con lắc đối với trục quay đi qua khối tâm G và song song với hai trục đi qua O_1 và O_2 . Theo định lý Huyghens-Steiner:

$$I_1 = I_G + mL_1^2 \quad (8)$$

$$I_2 = I_G + mL_2^2 \quad (9)$$

Nếu điểm treo O_2 thỏa mãn điều kiện $T_1=T_2$, thay (9), (8) vào (7), (6) ta tìm được biểu thức xác định vị trí của O_2 :

$$L_1.L_2 = \frac{I_G}{m} \quad (10)$$

Mặt khác, từ (6), (7) ta có thể rút ra biểu thức xác định gia tốc trọng trường :

$$g = \frac{4\pi^2.(L_1+L_2).(L_1-L_2)}{T_1^2.L_1 - T_2^2.L_2} \quad (11)$$

Nếu hai điểm treo O_1, O_2 thỏa mãn công thức (10), thì $T_1= T_2= T$, và biểu thức xác định gia tốc trọng trường được đơn giản thành :

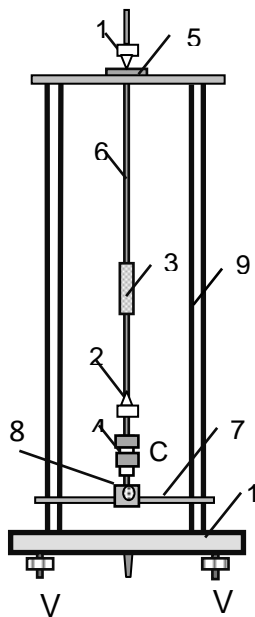
$$g = \frac{4\pi^2.L}{T^2} \quad (12)$$

với $L=L_1+L_2= O_1O_2$ là khoảng cách giữa hai trục nằm ngang đi qua O_1 và O_2 .

III- DỤNG CỤ:

1. Con lắc Vật lý.
2. Máy đo thời gian hiện số .

3. Cổng quang điện hồng ngoại.
4. Giá treo con lắc.
5. Thước 1000mm.
6. Thước cặp 0-150mm, chính xác 0.02 hoặc 0.05mm
7. Giấy vẽ đồ thị kẻ li 120x80mm.

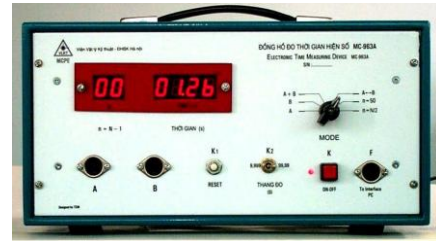


Hình 3

Con lắc vật lý sử dụng trong bài này gồm một thanh kim loại 6, trên đó có gắn hai con dao cố định 1 và 2 nằm cách nhau một khoảng $L=O_1O_2$ không đổi (H3). Cạnh của dao 1 hoặc 2 lần lượt được đặt tựa trên mặt kính phẳng nằm ngang của gối đỡ 5. Quả nặng 3 gắn cố định trên thanh kim loại 6. Gia trọng C có dạng một đai ốc lắp trên thân ren 4, có thể dịch chuyển bằng cách vặn xoay quanh trục ren 4, được dùng để thay đổi phân bố khối lượng do đó thay đổi vị trí khối tâm G của con lắc. Bằng cách này ta có thể điều chỉnh cho con lắc vật lý trở thành con lắc thuận nghịch. Toàn bộ được đặt trên giá đỡ 9 và tám chân đế 10 có các vít điều chỉnh thẳng bằng V1, V2.

Số dao động và thời gian tương ứng được đo trên máy đo thời gian hiện số (H4) .

Máy đo thời gian hiện số là loại dụng cụ đo thời gian chính xác cao (độ chia nhỏ nhất 0,001-0,01s). Nó có thể hoạt động như một đồng hồ bấm giây, được điều khiển bằng các cổng quang điện.



Hình 4: Dụng cụ đo thời gian hiện số MC-963A.

Cổng quang điện 8 gồm một điốt D_1 phát ra tia hồng ngoại, và một điốt D_2 nhận tia hồng ngoại từ D_1 chiếu sang. Dòng điện cung cấp cho D_1 được lấy từ máy đo thời gian. Khi con lắc dao động, thanh kim loại 6 đi vào khe của cổng quang điện 8 sẽ chắn chùm tia hồng ngoại chiếu từ D_1 sang D_2 , D_2 sẽ phát ra tín hiệu truyền theo dây dẫn đi tới máy đo thời gian, điều khiển máy hoạt động. Cơ chế như vậy cho phép đóng ngắt bộ đếm của máy đo thời gian hầu như không có quán tính. Cổng quang điện được đặt ở vị trí cân bằng thẳng đứng của con lắc.

Trên mặt máy đo thời gian có hai ổ cắm 5 chân A,B, một nút ấn RESET, một chuyển mạch chọn thang đo thời gian TIME (9,999s hoặc 99,99s), và một cái chuyển mạch chọn kiểu hoạt động MODE và một công tắc gạt dùng chọn kiểu đóng ngắt, có hai vị trí I và II. Trong bài thí nghiệm này , công tắc gạt chọn kiểu đóng ngắt đặt ở vị trí II :

* Chuyển mạch MODE đặt ở vị trí $n=50$ để đo thời gian của 50 chu kỳ dao động của

con lắc, đặt ở vị trí N/2 để đo thời gian một chu kỳ.

* Nút ấn RESET để đưa chỉ thị số về trạng thái 0000.

* Thang thời gian TIME, chọn 99,99s.

* Phích cắm 5 chân của công quang điện 8 được nối với ổ A trên mặt máy đo thời gian.

* Cắm phích điện máy đo thời gian vào lưới điện 220V, nhấn khoá K trên mặt máy, các LED chỉ thị số sáng lên, máy đếm sẵn sàng đo.

IV. TRÌNH TỰ THÍ NGHIỆM

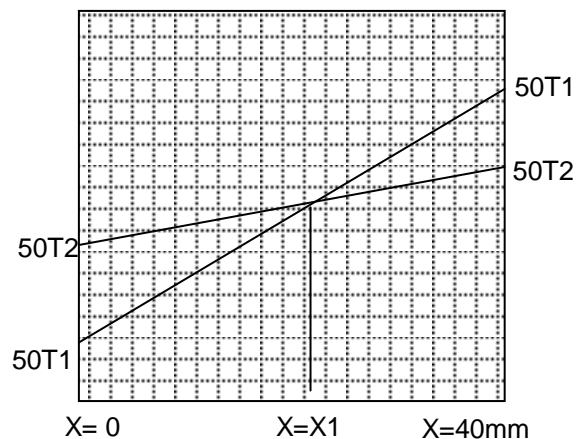
Như trên đã nói, trong bất kỳ con lắc vật lý cho trước nào cũng có thể tìm thấy hai điểm O_1, O_2 sao cho khi đổi chiều con lắc, chu kỳ dao động không đổi.

Trong bài thí nghiệm này, hai điểm treo (hai lưỡi dao O_1, O_2) cố định, ta phải tìm vị trí gia trọng C (tức thay đổi vị trí khối tâm G, sao cho (10) được thoả mãn), để con lắc trở thành thuận nghịch. Cách làm như sau:

1. Vặn gia trọng C về sát quả nặng 4. Dùng thước cặp đo khoảng cách x_0 giữa chúng. Trong nhiều trường hợp con lắc được chế tạo sao cho gia trọng C có thể vặn về thật sát quả nặng 4 tức là $x_0=0$. Ghi giá trị x_0 vào bảng 1. Đặt con lắc lên giá đỡ theo chiều thuận (chữ "Thuận" xuôi chiều và hướng về phía người làm thí nghiệm), đo thời gian 50 chu kỳ dao động và ghi vào bảng 1, dưới cột $50T_1$.

2. Đảo ngược con lắc (Chữ "Nghịch" xuôi chiều và hướng về phía người làm thí nghiệm), và đo thời gian 50 chu kỳ nghịch, ghi kết quả vào bảng 1 dưới cột $50T_2$.

3. Vặn gia trọng C về vị trí cách quả nặng 4 một khoảng $x' = x_0 + 40\text{mm}$, (dùng thước cặp kiểm tra). Đo thời gian 50 chu kỳ thuận và 50 chu kỳ nghịch ứng với vị trí này, ghi kết quả vào bảng 1.



Hình 5 - Đồ thị tìm vị trí gia trọng X_1

4. Biểu diễn kết quả đo trên đồ thị: trục tung dài 120mm, biểu diễn thời gian $50T_1$ và $50T_2$, trục hoành dài 80mm, biểu diễn vị trí x của gia trọng C. Nối các điểm $50T_1$ với nhau và các điểm $50T_2$ với nhau bằng các đoạn thẳng, giao của chúng là điểm gần đúng vị trí x_1 của gia trọng C để có $T_1 = T_2 = T$. (H3).

5. Dùng thước cặp đặt gia trọng C về đúng vị trí x_1 . Đo $50T_1$ và $50T_2$. Ghi kết quả vào bảng 1.

6. Điều chỉnh chính xác vị trí gia trọng C: Đồ thị hình 4 cho thấy đường thẳng $50T_1$ dốc hơn đường thẳng $50T_2$, có nghĩa là ở bên trái điểm cắt nhau thì $50T_2 > 50T_1$ còn bên phải điểm cắt thì $50T_1 > 50T_2$. Từ kết quả phép đo 5 tại vị trí x_1 cho ta rút ra nhận xét cần dịch chuyển nhỏ gia trọng C theo hướng nào để thu được kết quả tốt nhất sao cho $50T_1 = 50T_2$.

7. Cuối cùng, khi đã xác định được vị trí tốt nhất của gia trọng C, ta đo mỗi chiều 3-5 lần để lấy sai số ngẫu nhiên, Ghi kết quả vào bảng 2.

8. Dùng thước 1000mm đo khoảng cách L giữa hai lưỡi dao O_1 , O_2 . Ghi vào bảng 1. (Chỉ đo cẩn thận một lần, lấy sai số dụng cụ $\Delta L = \pm 1\text{mm}$).

9. Thực hiện xong thí nghiệm, tắt máy đo MC-963 và rút phích cắm điện của nó ra khỏi nguồn $\sim 220\text{V}$.

V. CÂU HỎI KIỂM TRA

1. Con lắc vật lý so với con lắc toán khác nhau và giống nhau ở những điểm nào? (Con lắc toán gồm một sợi dây không dẫn, khối lượng không đáng kể, một đầu buộc vào một điểm O cố định, đầu kia treo tự do một quả cầu hoặc một chất điểm khối lượng m).

2. Hãy chứng minh rằng một con lắc vật lý bất kỳ với điểm treo O_1 cho trước đều có thể tìm thấy điểm O_2 để con lắc trở thành thuận nghịch.

3. Trình bày cách điều chỉnh gia trọng C để con lắc trở thành thuận nghịch với hai điểm treo O_1 , O_2 cho trước.

4. Viết biểu thức xác định chu kỳ dao động của con lắc thuận nghịch với biên độ nhỏ .

5. Để xác định chu kỳ dao động của con lắc thuận nghịch, tại sao không đo từng chu kỳ mà phải đo nhiều chu kỳ (50 chu kỳ chẳng hạn)? Khi đo như vậy, khắc phục được những sai số nào? Sai số của phép đo được tính như thế nào?

6. Viết công thức tính sai số phép đo g bằng con lắc thuận nghịch? Trong công thức đó sai số của π được xác định như thế nào ?

HƯỚNG DẪN BÁO CÁO THÍ NGHIỆM

XÁC ĐỊNH GIA TỐC TRỌNG TRƯỜNG BẰNG CON LẮC THUẬN NGHỊCH

Trường:.....

Xác nhận của thầy giáo

Lớp:..... Tổ:.....

Họ tên:.....

I. MỤC ĐÍCH THÍ NGHIỆM

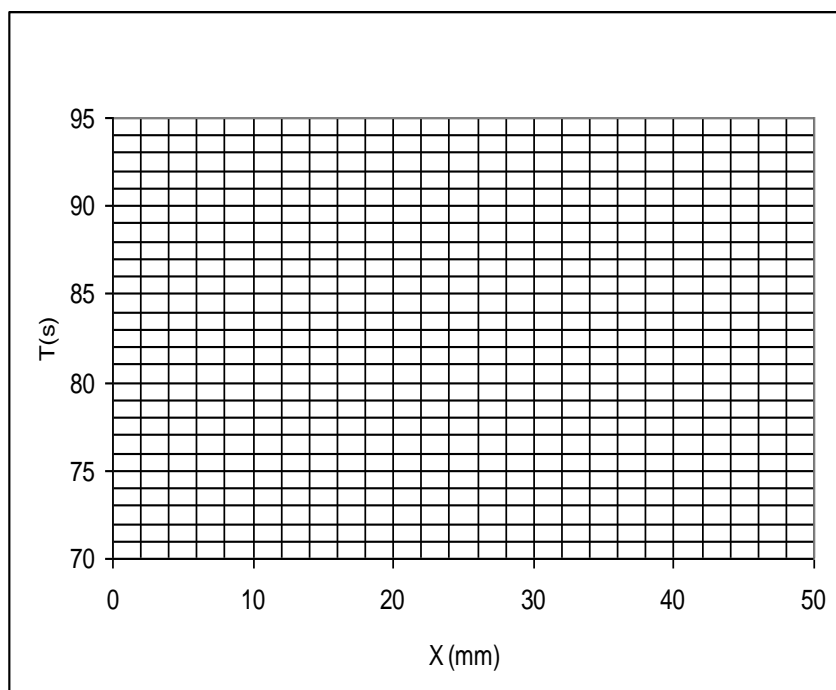
.....

II. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

1. Bảng 1: $L = \dots \pm \dots$ (mm)

Vị trí gia trọng C (mm)	$50T_1$ (s)	$50T_2$ (s)
$x_0 = \dots$ mm
$x_0+40 = \dots$ mm
$x_1 = \dots$ mm

2. Vẽ đồ thị (H5)



Bảng 2: Tại vị trí tốt nhất x_1' con lắc vật lý trở thành thuận nghịch $T_1 = T_2 = T$:

Vị trí tốt nhất $x_1' = \dots\dots\dots$ (mm)				
Lần đo	$50T_1$ (s)	$\Delta (50t_1)$	$50T_2$ (s)	$\Delta (50t_2)$
1				
2				
3				
Trung bình	$\dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$

3. Xác định chu kỳ dao động của con lắc thuận nghịch:

* Căn cứ vào bảng 2, tính chu kỳ dao động T của con lắc thuận nghịch là trung bình của các giá trị đo được của $50T_1$ và $50T_2$:

$$\bar{T} = \frac{1}{50} \cdot \frac{(\overline{50T_1} + \overline{50T_2})}{2} = \dots\dots\dots(s)$$

* Sai số phép đo T : $\Delta T = (\Delta T)_{dc} + \overline{\Delta T} =$

4. Tính gia tốc trọng trường

- Tính gia tốc trọng trường:

$$\bar{g} = \frac{4\pi^2 \cdot L}{T^2} = \dots\dots\dots$$

- Tính sai số tương đối của gia tốc trọng trường:

$$\delta = \frac{\Delta g}{g} = \frac{\Delta L}{L} + \frac{2\Delta T}{T} + 2\frac{\Delta \pi}{\pi} = \dots\dots\dots$$

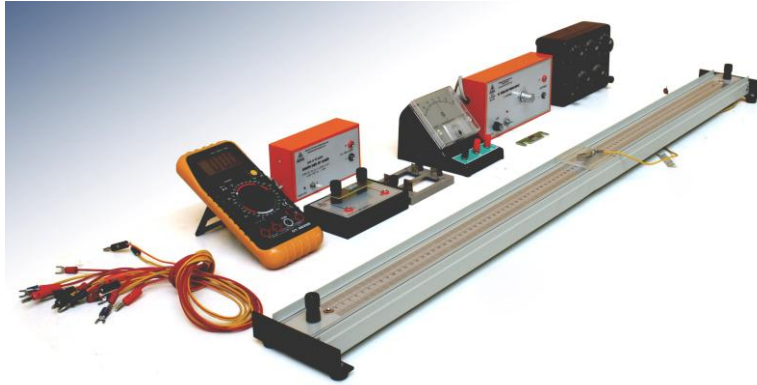
- Tính sai số tuyệt đối của gia tốc trọng trường:

$$\Delta g = \delta \cdot g = \dots\dots\dots$$

5. Viết kết quả phép đo gia tốc trọng trường:

$$g = \bar{g} \pm \Delta g = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots \text{ (m/s}^2\text{)}$$

Bài 5: ĐO SUẤT ĐIỆN ĐỘNG BẰNG MẠCH XUNG ĐỐI



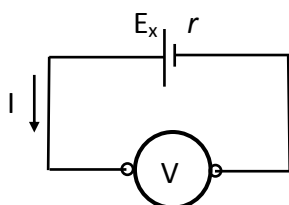
Hình 1. Bộ thí nghiệm BKE-020 : Đo suất điện động bằng mạch xung đối.

I. MỤC ĐÍCH THÍ NGHIỆM

Dùng mạch xung đối với điện kế nhạy và nguồn điện áp chuẩn một chiều để đo chính xác suất điện động của nguồn điện cần đo (pin điện hoá, pin nhiệt điện,...).

I. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Suất điện động E_x của nguồn điện thường được đo trực tiếp bằng một vôn kế V nối với hai cực của nguồn điện tạo thành một mạch kín có dòng điện I chạy qua (Hình 3) .



Hình 3

Nếu điện trở trong của nguồn điện là r , thì số chỉ của vôn kế V cho biết hiệu điện thế U giữa hai cực của nguồn điện :

$$U = E_x - I.r \quad (9)$$

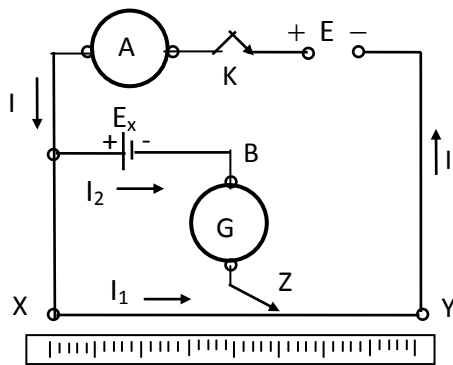
Vì $I \neq 0$ và $r \neq 0$, nên $U < E_x$. Như vậy, phép đo trực tiếp suất điện động E_x của nguồn điện bằng vôn kế V sẽ mắc sai số càng lớn, nếu vôn kế V có điện trở vào R_V nhỏ, hoặc nguồn điện E_x có điện trở trong r càng lớn.

Để đo chính xác suất điện động của nguồn điện, ta dùng phương pháp so sánh suất điện động E_x của nguồn điện cần đo với suất điện động E_0 của nguồn điện chuẩn trong mạch xung đối (Hình 4) gồm :

- Nguồn điện E (có điện áp lớn hơn E_x và E_0) dùng cung cấp dòng điện I cho mạch điện hoạt động,

- Một cầu dây điện trở dài 1000mm có con trượt Z .

- Một điện kế nhạy G có số 0 ở giữa thang đo dùng phát hiện cường độ dòng điện nhỏ (cỡ 5.10^{-6} A) chạy qua nó.



Hình 4

Nguồn điện E_0 hoặc E_x được mắc xung đối với nguồn điện E , tức là cực dương (+) của nguồn điện E_0 hoặc E_x được nối với cực dương (+) của nguồn điện E tại điểm X . Dòng điện I_2 do nguồn điện E_0 hoặc E_x phát ra chạy tới điểm X có chiều ngược với dòng điện I do nguồn điện E cung cấp nên chúng có thể bù trừ nhau (xung đối).

Nếu đóng khóa K thì sẽ có dòng điện chạy qua nguồn điện E_x và kim của điện kế G bị lệch khỏi số 0. Dịch chuyển con trượt Z dọc theo dây điện trở XZY , ta sẽ tìm được vị trí thích hợp của Z sao cho kim của điện kế G trở về đúng số 0. Khi đó cường độ dòng điện chạy qua nguồn điện E_x và điện kế G có giá trị bằng không: $I_2 = I_G = 0$, còn dòng điện chạy qua dây điện trở XZY có cùng cường độ với dòng điện do nguồn E cung cấp cho mạch chính: $I_2 = I$.

Áp dụng định luật Kirchoff thứ hai cho mạch vòng kín $XBGZ$, ta có:

$$I_2(r_x + R_G) - I_1 R_{XZ} = -E_x \quad (10)$$

với r_x là điện trở trong của nguồn E_x , còn R_G là điện trở của điện kế G và R_{XZ} là điện trở của đoạn dây điện trở XZ .

Khi $I_2 = I_G = 0$, thì $I_1 = I$ và phương trình (10) có dạng:

$$U_{XZ} = I \cdot R_{XZ} = E_x \quad (11)$$

với U_{XZ} là độ giảm thế (sụt áp) trên đoạn dây điện trở XZ .

Thay nguồn điện cần đo E_x bằng nguồn điện áp chuẩn có suất điện động E_0 đã biết. Khi đó ta phải dịch chuyển con trượt đến vị trí Z' thích hợp sao cho cường độ dòng điện chạy qua nguồn điện áp chuẩn E_0 và điện kế G bằng không ($I_G = 0$). Trong trường hợp này, dòng điện chạy qua đoạn dây điện trở $XZ'Y$ vẫn có cường độ không đổi bằng I và phương trình (10) bây giờ có dạng:

$$U_{XZ'} = I \cdot R_{XZ'} = E_0 \quad (12)$$

Chia (11) cho (12), ta tìm được:

$$E_x = E_0 \frac{R_{XZ}}{R_{XZ'}} \quad (13)$$

Vì đoạn dây điện trở XY đồng chất tiết diện đều, nên ta có thể viết:

$$E_x = E_0 \frac{l_1}{l_1'} \quad (14)$$

trong đó l_1 và l_1' là độ dài tương ứng của các đoạn dây điện trở XZ và XZ' .

Khi biết suất điện động E_0 của nguồn điện áp chuẩn và sau khi đo các độ dài l_1 và l_1' của các đoạn dây điện trở XZ và XZ' , ta có thể xác định được suất điện động E_x của nguồn điện cần đo theo công thức (14).

II. DỤNG CỤ THÍ NGHIỆM

Ngoài các dụng cụ dùng chung với Phần 1 (Hình 1), gồm:

1. Cầu dây dài 1000 mm, có con trượt.
2. Điện kế số 0 ($5 \cdot 10^{-6}$ A).
3. Đồng hồ đo điện hiện số DT 9205A
4. Nguồn điện một chiều ổn áp $0 \div 6V/50 \div 200mA$
5. Dây nối mạch điện có đầu cốt hoặc phích

Còn cần thêm các dụng cụ sau đây :

9. Nguồn điện áp chuẩn $1,000 \pm 0,001$ V
10. Pin điện cần đo E_x
11. Giá đỡ pin điện cần đo .

III. TRÌNH TỰ THÍ NGHIỆM

1. Mắc mạch điện xung đối

a) Vận nùm xoay của nguồn điện E về vị trí 0. Dùng các dây dẫn nối nguồn điện E với miliampe kế A, pin điện cần đo E_x , điện kế G và cầu dây điện trở XZY theo sơ đồ mạch điện trên Hình 4, trong đó :

- Điện kế số 0 đặt ở vị trí thang đo G.

- Con trượt Z đặt ở giữa dây điện trở XZY tại vị trí 500mm trên thước milimét.

Chú ý : Mắc đúng các cực + và - của nguồn điện U, miliampe kế A và pin điện E_x . Sau khi mắc xong mạch điện, phải mời thầy giáo tới kiểm tra và hướng dẫn cách tiến hành phép đo để tránh làm hỏng các dụng cụ thí nghiệm !

2. Đo suất điện động E_x của pin điện

a) Vận từ từ nùm xoay của nguồn điện U để dòng điện chạy qua miliampe kế A có cường độ không đổi $I = 100 \div 120$ mA. Giữ nguyên giá trị này trong suốt quá trình đo tiếp sau.

b) Bấm con trượt Z tiếp xúc với dây điện trở XZY. Nếu kim của điện kế G lệch khỏi số 0, ta phải di chuyển từ từ con trượt Z dọc theo đoạn dây điện trở XZY đến vị trí thích

hợp sao cho kim điện kế G quay trở về đúng số 0 ($I_G = 0$) . Thực hiện 5 lần phép đo này. Ghi các giá trị tương ứng của độ dài $l_1 = XZ$ trong mỗi lần đo vào Bảng 2 .

c) Vận nùm xoay của nguồn điện U về vị trí 0. Thay pin điện E_x bằng nguồn điện áp chuẩn E_0 (cực + nối với điểm X).

Làm lại động tác (b) nêu trên để tìm vị trí thích hợp Z' của con trượt sao cho kim của điện kế G lại quay về đúng số 0 . Thực hiện 5 lần phép đo này. Ghi các giá trị tương ứng của độ dài $l_1' = XZ'$ trong mỗi lần đo vào Bảng 2 .

c) Ghi các số liệu sau đây vào Bảng 2 :

- Độ chính xác Δl của thước thẳng milimét.
- Suất điện động E_0 của nguồn điện áp chuẩn.

V. CÂU HỎI KIỂM TRA

1. Trình bày phương pháp đo suất điện động của một pin điện bằng mạch xung đối. Vẽ sơ đồ mạch điện.

2. Thiết lập công thức xác định suất điện của một pin điện bằng mạch xung đối.

3. Nêu ưu điểm của phương pháp đo suất điện động của nguồn điện bằng mạch xung đối so với phương pháp dùng vôn kế đo trực tiếp suất điện động của nguồn điện .

4. Tại sao phải luôn giữ dòng điện chạy qua miliampe kế A có cường độ nhỏ và không đổi trong suốt quá trình đo suất điện động.

BÁO CÁO THÍ NGHIỆM
ĐO SUẤT ĐIỆN ĐỘNG BẰNG MẠCH XUNG ĐỐI

Xác nhận của thầy giáo

Trường

LớpTổ

Họ tên

I. Mục đích thí nghiệm

.....
.....
.....

II. Kết quả thí nghiệm

1. Bảng 2

- Suất điện động của nguồn chuẩn : $E_0 = \dots\dots\dots(V)$ - Độ chính xác của thước thẳng : $\Delta l = \dots\dots\dots (mm)$				
Lần đo	$l_1 (mm)$	$\Delta l_1 (mm)$	$l'_1 (mm)$	$\Delta l'_1 (mm)$
1				
2				
3				
4				
5				
Trung bình	$\bar{l}_1 = \dots\dots\dots$	$\overline{\Delta l}_1 = \dots\dots\dots$	$\bar{l}'_1 = \dots\dots\dots$	$\overline{\Delta l}'_1 = \dots\dots\dots$

2. Tính giá trị trung bình và sai số của phép đo suất điện động E_x

a) Sai số dụng cụ : $(\Delta l_1)_{dc} = (\Delta l'_1)_{dc} = 1 \text{ mm};$

$$\Delta l_1 = \overline{\Delta l}_1 + (\Delta l_1)_{dc} = \dots\dots\dots ; \Delta l'_1 = \overline{\Delta l}'_1 + (\Delta l'_1)_{dc} = \dots\dots\dots$$

b) Giá trị trung bình : $\overline{E_x} = E_0 \cdot \frac{\bar{l}_1}{\bar{l}'_1} = \dots\dots\dots (V)$

c) Sai số tỉ đối :
$$\delta = \frac{\Delta E_x}{E_x} = \frac{\Delta E_\rho}{E_\rho} + \frac{\Delta l_1}{l_1} + \frac{\Delta l'_1}{l'_1} = \dots\dots\dots$$

d) Sai số tuyệt đối :
$$\Delta E_x = \delta \cdot \bar{E}_x = \dots\dots\dots \text{ (V)}$$

3. Viết kết quả của phép đo suất điện động E_x

$$E_x = \bar{E}_x \pm \Delta E_x = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots \text{ (V)}$$

Bài 6: KHẢO SÁT GIAO THOA CHO HỆ VÂN TRÒN NEWTON

XÁC ĐỊNH BƯỚC SÓNG ÁNH SÁNG

I. MỤC ĐÍCH THÍ NGHIỆM

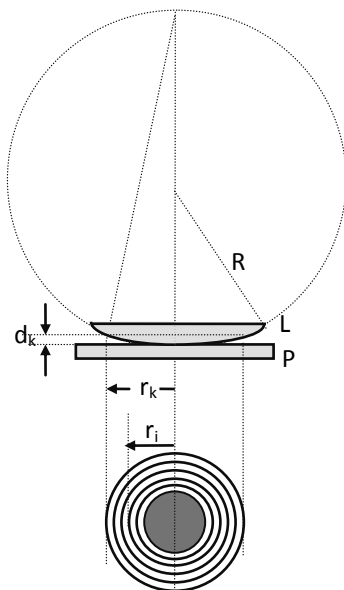
1. Biết sử dụng các thiết bị dụng cụ : kính hiển vi đo lường, bộ thấu kính phẳng-lồi tạo bản nê-m không khí, bộ gương bán mạ phản xạ-truyền qua, bộ nguồn sáng đơn sắc... để quan sát hiện tượng giao thoa cho vân tròn Niuton ứng với các ánh sáng đơn sắc khác nhau.

2. Vận dụng kết quả đo, xác định bước sóng ánh sáng đơn sắc và sai số phép đo.

II. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

1. Giao thoa cho hệ vân tròn Newton

Giao thoa cho hệ vân tròn Newton là hiện tượng giao thoa của các sóng sáng truyền qua bản nê-m không khí nằm giới hạn giữa mặt lồi của một thấu kính phẳng-lồi L đặt tiếp xúc với một bản thủy tinh phẳng P (Hình 1).



Hình 1

Nếu chiếu chùm sáng song song đơn sắc có bước sóng λ vuông góc với mặt phẳng của bản phẳng thủy tinh P thì các tia sáng phản xạ từ mặt trên và mặt dưới của bản nê-m không khí sẽ giao thoa với nhau, tạo thành một hệ các vân sáng và vân tối hình tròn đồng tâm nằm xen kẽ nhau - gọi là hệ vân tròn Newton.

Trong trường hợp này, hiệu đường đi của các tia sáng phản xạ trên hai mặt của bản nê-m không khí tại vị trí ứng với độ dày d_k của bản bằng :

$$\Delta = 2.d_k + \frac{\lambda}{2} \quad (1)$$

Đại lượng $\lambda / 2$ xuất hiện là do ánh sáng truyền qua bản nê-m không khí tới mặt dưới của bản, rồi bị phản xạ tại mặt phẳng của bản thủy tinh P, *chiết quang hơn không khí*.

$$\text{Khi } \Delta = (2k+1) \cdot \frac{\lambda}{2}, \text{ với } k = 0,1,2,3\dots$$

ta có cực tiểu giao thoa, ứng với độ dày :

$$d_k = k \cdot \frac{\lambda}{2} \quad (2)$$

Gọi R là bán kính mặt lồi của thấu kính L. Vì $d_k \ll R$, nên áp dụng hệ thức lượng trong tam giác vuông trên hình 1, ta tính được bán kính r_k của vân tối thứ k :

$$r_k^2 = (2R - d_k) \cdot d_k \approx 2R \cdot d_k \quad (3)$$

Thay (2) vào (3), ta suy ra :

$$\lambda = \frac{r_k^2}{k \cdot R} \quad (4)$$

Thực tế không thể đạt được sự tiếp xúc điểm giữa mặt thấu kính phẳng-lồi L và mặt bản phẳng thuỷ tinh P, nên vân tối chính giữa của hệ vân tròn Newton không phải là một điểm mà là một hình tròn. Vì thế, để xác định chính xác bước sóng λ của ánh sáng đơn sắc, người ta áp dụng công thức (4) đối với hai vân tối thứ k và thứ i :

$$r_k^2 = k \cdot \lambda \cdot R \quad , \quad r_i^2 = i \cdot \lambda \cdot R$$

Từ đó suy ra :

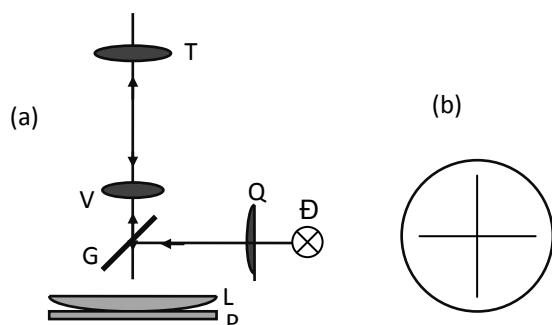
$$r_k^2 - r_i^2 = (k - i) \cdot \lambda \cdot R$$

$$\text{hay} \quad \lambda = \frac{B \cdot b}{(k - i) \cdot R} \quad (5)$$

trong đó $B = r_k + r_i$ và $b = r_k - r_i$ có thể đo được bằng thước trắc vi của kính hiển vi .

2. Quan sát vân Newton qua kính hiển vi

Thấu kính phẳng-lồi L được đặt trên bản phẳng thuỷ tinh P và giữ cố định trong trong hộp nhỏ H có ba vít điều chỉnh. Để có ánh sáng chiếu thẳng góc lên hệ thấu kính phẳng- lồi tạo vân tròn Newton đồng thời quan sát và đo được bán kính của các vân, ta dùng một gương bán mạ phản xạ- truyền qua đặt trước vật kính của kính hiển vi (Hình 2.a). Thước trắc vi gồm một vạch dấu chữ thập đặt trước thị kính (Hình 2b) và cơ cấu dịch chuyển ngang ống kính, trong khoảng 0 - 50mm, chính xác 0.01mm trên trống quay của kính hiển vi.



Hình 2 : Sơ đồ bố trí hệ kính hiển vi

Sơ đồ quang học quan sát hệ vân tròn Newton bố trí như trên hình 2.b : một hệ thống chiếu sáng phản xạ-truyền qua gồm một nguồn sáng Đ phát ra ánh sáng đơn sắc truyền qua một thấu kính tụ quang Q, rồi chiếu vào mặt gương bán mạ G đặt nghiêng một góc 45^0 .

Sau khi vừa phản xạ vừa truyền qua kính bán mạ G, các tia sáng dọi theo phương thẳng đứng vào một nệm không khí giới hạn bởi thấu kính phẳng-lồi L và mặt phẳng của bản thuỷ tinh P. Các tia sáng phản xạ trên hai mặt của bản nệm không khí giao thoa với nhau tạo thành một hệ vân giao thoa gồm các vòng tròn đồng tâm sáng và tối nằm xen kẽ nhau ở mặt trên của nệm không khí. Hệ vân giao thoa này gọi là hệ vân tròn Newton.

Có thể nhìn thấy rõ hệ vân tròn Newton khi đặt mắt quan sát chúng qua ống ngắm của kính hiển vi.

III. THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM

1. Kính hiển vi đo lường, có cơ cấu dịch chuyển ngang đo bằng thước trắc vi $0 \div 50$ mm, chính xác 0.01mm ;
2. Vật kính x3;
3. Trắc vi thị kính x10 ;
4. Giá cặp vật và bàn đặt mẫu .
5. Gương bán mạ phản xạ-truyền qua, có thể điều chỉnh nghiêng 45^0 ;
7. Hệ thấu kính phẳng-lồi cho vân tròn Newton, mặt lồi có bán kính cong $R = 855$ mm.
8. Đèn chiếu ánh sáng đơn sắc: đỏ, lục, lam, có thể điều chỉnh cường độ sáng.
9. Trụ thép inóc D10/150 mm
10. Khớp đa năng

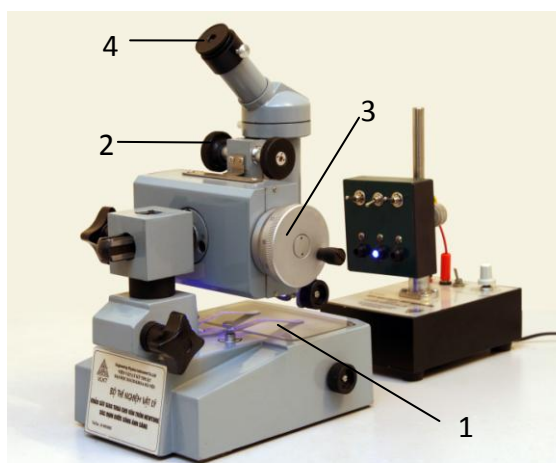
11. Nguồn điện AC220/DC3-4.5V.

12. Hộp kính đựng kính hiển vi.

IV. TRÌNH TỰ THÍ NGHIỆM

1. Quan sát ảnh của hệ vân tròn Newton qua kính hiển vi.

a) Lắp ráp hệ thống : Đặt kính hiển vi đo lường (Hình 3) ngay ngắn trước mặt, nguồn phát ánh sáng đơn sắc đặt đối diện kính hiển vi, sao cho tia sáng đơn sắc chiếu thẳng vào tâm gương bán mạ G. Đặt hộp H chứa hệ thấu kính phẳng-lồi L và bản phẳng thủy tinh P lên mâm cặp vật 1, sao cho đồng trục với ống vật kính của kính hiển vi.

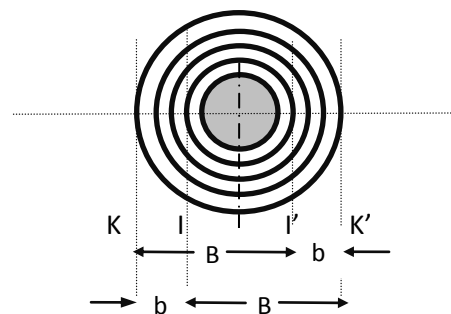


Hình 3

Cắm phích lấy điện của nguồn sáng vào ổ điện ~ 220V và bật công-tắc: đèn Đ phát sáng màu đỏ. Nhìn vào thị kính, điều chỉnh vị trí đặt nguồn sáng và góc nghiêng của gương G để quan sát thấy quang phổ màu đỏ.

b) Điều chỉnh để quan sát thấy hệ vân : Nhìn từ phía ngoài kính hiển vi và vặn núm điều chỉnh 2 để hạ thấp dần ống kính sao cho gương G hạ xuống gần sát mặt hộp H. Chú ý : không để gương G chạm mặt hộp H.

Đặt mắt trên thị kính T quan sát thị trường trong ống ngắm của kính hiển vi. Vặn từ từ núm 2 để nâng dần ống ngắm N lên cho tới khi nhìn thấy hệ vân tròn Newton. Dịch chuyển vị trí đặt hộp H sao cho hệ vân tròn Newton nằm ở tâm thị trường của ống ngắm. Điều chỉnh tinh độ cao ống ngắm bằng núm 2 cho tới khi thấy hệ vân tròn Newton, rõ và sắc nét. Phối hợp điều chỉnh núm xoay 3 dịch chuyển ngang ống kính sao cho giao điểm X của vạch chữ thập trong trác vi thị kính trùng với tâm của hệ vân tròn Newton. Nếu hệ thống đã được điều chỉnh đúng thì khi xoay núm 3, giao điểm X chạy ngang theo đường kính của hệ vân. Nếu giao điểm X chạy chệch ra ngoài đường kính của hệ vân, ta có thể điều chỉnh bằng cách nối vít 4 và xoay nhẹ ống kính của trác vi thị kính T đồng thời phối hợp điều chỉnh vị trí hộp H trên bàn đặt mẫu.



Hình 4

2. Đo các đại lượng B và b

a) Xoay núm 3 sao cho giao điểm X nằm trùng với vị trí K tại vân tối thứ k (Hình 4 : $k = 4$ với quy ước hình tròn tối ở giữa là vân tối số 0). Đọc và ghi tọa độ x_k của vân tối thứ k trên thước thẳng (mm) và phần lẻ trên trống 3 (0.01mm/ vạch) vào Bảng 1.

b) Xoay núm 3 sao cho giao điểm Z chạy đến vị trí I tại vân tối thứ i (Hình 4 : $i = 1$). Đọc và ghi tọa độ x_i của điểm I vào Bảng 1.

c) Tiếp tục xoay núm 3 cho giao điểm X chạy đến các vị trí I' và K' (Hình 4). Đọc và ghi tọa độ của các điểm này vào Bảng 1.

d) Thực hiện lại các động tác trên 5 lần để tìm giá trị trung bình của B và b (Bảng 1).

V. CÂU HỎI KIỂM TRA

1. Định nghĩa và nêu rõ điều kiện để có giao thoa ánh sáng .

2. Giải thích hiện tượng giao thoa cho bởi bản nê-m không khí, tạo thành hệ vân tròn Newton. Tại sao trong thí nghiệm này, ảnh giao thoa lại là một hệ vân tròn đồng tâm ?

3. Tại sao phải xác định bước sóng λ của ánh sáng theo công thức (5), mà không xác định trực tiếp theo công thức (4) ?

4. Hãy chứng tỏ công thức tính sai số tương đối của phép đo bước sóng ánh sáng λ bằng phương pháp giao thoa cho vân tròn Newton có dạng :

$$\delta = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\Delta B}{B} + \frac{\Delta b}{b} + \frac{\Delta R}{R}$$

Từ đó suy ra cách chọn các vân thứ k và thứ i nên như thế nào để phép đo bước sóng λ theo phương pháp này đạt độ chính xác cao ?

BÁO CÁO THÍ NGHIỆM
XÁC ĐỊNH BƯỚC SÓNG ÁNH SÁNG BẰNG
GIAO THOA CHO VÂN TRÒN NEWTON

Trường

Xác nhận của thầy giáo

LớpTổ

Họ tên

I. MỤC ĐÍCH THÍ NGHIỆM

.....

II. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

1. Bảng 1

Bán kính mặt lồi của thấu kính $R = \dots\dots\dots$ (mm)								
Lần đo	x_K	x_I	x_i'	x_k'	$B =$ $x_K - x_I,$ $x_{K'} - x_{I'}$	ΔB	$b =$ $x_K - x_I,$ $x_{K'} - x_{I'}$	Δb
1								
2								
3								
T. bình								

2. Tính giá trị trung bình và sai số tuyệt đối của B và b :

- Giá trị trung bình của B : $\bar{B} = \dots\dots\dots$ (mm)

- Sai số tuyệt đối của B : $\Delta B = \dots\dots\dots$ (mm)

- Giá trị trung bình của b : $\bar{b} = \dots\dots\dots$.. (mm)

- Sai số tuyệt đối của b : $\Delta b = \dots\dots\dots$ (mm)

3. Tính sai số và giá trị trung bình của bước sóng λ :

- Sai số tỉ đối trung bình của λ : $\delta = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\Delta B}{B} + \frac{\Delta b}{b} + \frac{\Delta R}{R} = \dots\dots\dots$

- Giá trị trung bình của λ : $\bar{\lambda} = \frac{\overline{B \cdot b}}{(k-i) \cdot R} = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$ (mm)

- Sai số tuyệt đối của λ : $\Delta\lambda = \bar{\lambda} \cdot \delta = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$ (mm)

4 . Viết kết quả của phép đo :

$$\lambda = \bar{\lambda} \pm \Delta\lambda = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots (m).$$

5. Nhận xét .