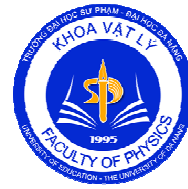




ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM
KHOA VẬT LÝ



TÀI LIỆU HƯỚNG DẪN

THÍ NGHIỆM VẬT LÝ ĐẠI CƯƠNG

CƠ VÀ NHIỆT

(Phòng thí nghiệm B)

Giáo viên hướng dẫn:
Sinh viên thực hiện :
Lớp sinh hoạt :
Nhóm học phần :
Nhóm thí nghiệm :

LƯU HÀNH NỘI BỘ

Đà Nẵng, 2017-2018

NỘI QUY

Trước khi vào phòng thí nghiệm , sinh viên phải tuân thủ những quy định sau đây:

- 1) Phải chuẩn bị bài đầy đủ (đọc kỹ các bài phải làm, hiểu rõ nội dung, chú ý các bước tiến hành thí nghiệm). Sinh viên sẽ không được làm thí nghiệm nếu không chuẩn bị bài.
- 2) Trong khi làm thí nghiệm phải nghiêm túc, không hút thuốc, không nói chuyện hoặc đi lại lộn xộn làm ảnh hưởng đến những người xung quanh.
- 3) Không được tự ý thay đổi các dụng cụ đo, sửa đổi mạch điện.... nếu không được phép của giáo viên hướng dẫn. Sau khi làm xong thí nghiệm phải bàn giao đầy đủ các dụng cụ đã mượn và phải chịu trách nhiệm bồi thường các dụng cụ bị hư hỏng vì lý do chủ quan.
- 4) Đi làm thí nghiệm đúng giờ, những sinh viên vắng không có lý do chính đáng sẽ không được làm thí nghiệm bù cũng như những sinh viên đã làm thí nghiệm đầy đủ nhưng không nộp báo cáo thì sẽ không được dự thi kết thúc học phần thí nghiệm.
- 5) Nộp báo cáo thí nghiệm đúng hạn. Mỗi sinh viên phải tự làm báo cáo của mình, báo cáo phải được viết bằng tay trên giấy A₄ rồi đóng thành tập và nộp cho giáo viên hướng dẫn. Báo cáo thí nghiệm của mỗi bài gồm có 2 phần:
 - Phần 1: Tóm tắt nội dung bài thí nghiệm và phương pháp đo.
 - Phần 2: Điền số liệu đã đo được vào bảng số liệu và dựa vào phần hướng dẫn ở giáo trình để tính ra đến kết quả cuối cùng. Các đồ thị (nếu có) phải được vẽ chính xác, tuyệt đối không cầu thả. Chú ý khi viết kết quả của các đại lượng đo được (trực tiếp hoặc gián tiếp) đều phải có đơn vị kèm theo (dùng hệ đơn vị SI).

Điểm thi kết thúc học phần thí nghiệm sẽ dựa trên đánh giá tổng hợp của các phần: chuẩn bị bài, thái độ học tập, bài báo cáo thí nghiệm và bài kiểm tra.

PHÒNG THÍ NGHIỆM VẬT LÝ

LÝ THUYẾT SAI SỐ

I. VAI TRÒ CỦA THÍ NGHIỆM VẬT LÝ

Vật lý là một môn khoa học thực nghiệm, việc đo lường các đại lượng Vật lý cho phép:

- Thiết lập mối quan hệ giữa chúng để xây dựng các định luật Vật lý.
- Kiểm tra lại sự đúng đắn của các định luật Vật lý.

II. NGUYÊN NHÂN SAI SỐ KHI ĐO CÁC ĐẠI LƯỢNG VẬT LÝ

- Dụng cụ đo chỉ có một độ chính xác nhất định
- Khả năng quan sát của người đo là có giới hạn và phụ thuộc vào từng người.

III. PHÂN LOẠI SAI SỐ

1. Phân loại theo nguyên nhân sai số

a. Sai số có hệ thống

- Sai số có hệ thống là sai số làm cho kết quả đo luôn thay đổi theo một chiều (hoặc tăng, hoặc giảm) so với giá trị thực của nó.
- Nguyên nhân: Dụng cụ đo làm sai so với dụng cụ mẫu mà người đo không hiệu chỉnh lại dụng cụ; phương pháp đo tiến hành sai.
- Cách khử: Dựa vào số đo được để hiệu chỉnh thích hợp, hiệu chỉnh dụng cụ đo, cẩn thận khi làm thí nghiệm.

b. Sai số do nhầm lẫn

- Sai số do nhầm lẫn là sai số làm cho kết quả đo lệch hẳn so với giá trị thực của đại lượng cần đo.
- Nguyên nhân: Đọc nhầm, ghi sai, tính sai.
- Cách khử: Tiến hành đo nhiều lần.

c. Sai số ngẫu nhiên

- Sai số ngẫu nhiên là sai số làm cho kết quả đo thay đổi hỗn loạn so với giá trị thực.
- Nguyên nhân: Dụng cụ có độ chính xác nhất định, giác quan không hoàn chỉnh, nguồn nuôi thay đổi.
- Không khử được sai số này, chỉ có thể xác định giới hạn trên của nó.

2. Phân loại theo ý nghĩa sai số

a. Sai số tuyệt đối ΔX

Sai số tuyệt đối là trị tuyệt đối của hiệu giá trị thực x và giá trị đo được X của nó:

$$\Delta X = |x - X| \quad (1)$$

Nó cho biết giới hạn của đại lượng phải đo (bao hàm giá trị thực của nó):

$$X - \Delta X \leq x \leq X + \Delta X \quad (2)$$

Viết gọn là: $x = X \pm \Delta X$

$$(3)$$

Ví dụ 1: Khi đo đường kính của dây đồng ta được kết quả là: $d = (0,50 \pm 0,01)$ mm, tức $0,49 \text{ mm} \leq d \leq 0,51 \text{ mm}$, với sai số tuyệt đối là $\Delta d = 0,01 \text{ mm}$.

Sai số tuyệt đối chưa nói lên được mức độ chính xác của kết quả đo. Ví dụ nếu ta so sánh kết quả đo đường kính dây đồng là $d = (0,50 \pm 0,01)$ mm với kết quả đo chiều dài của nó là $l = (500 \pm 1)$ mm,

ta thấy $\Delta l = 100 \Delta d$, nhưng $\frac{\Delta l}{l} = \frac{1}{500} = 0,2\%$, còn $\frac{\Delta d}{d} = \frac{0,01}{0,5} = 2\%$ tức là độ dài được đo chính

xác gấp 10 lần so với đường kính. Do đó cần phải đưa ra một loại sai số nữa để đánh giá độ chính xác của kết quả đo: sai số tương đối.

b. Sai số tương đối ε

- Sai số tương đối là tỉ số phần trăm của sai số tuyệt đối ΔX và giá trị đo được X của đại lượng phải đo:

$$\varepsilon = \frac{\Delta X}{X} \times 100\% \quad (4)$$

- Sai số tương đối cho biết độ chính xác của kết quả đo.

IV. CÁCH TÍNH SAI SỐ CỦA PHÉP ĐO TRỰC TIẾP

Đo trực tiếp là cách đo mà kết quả đo được đọc trực tiếp trên dụng cụ đo.

Giả sử kết quả n lần đo đại lượng Vật lý có giá trị thực x là X_1, X_2, \dots, X_n thì sai số thực của mỗi lần đo là: $\delta x_1 = x - X_1$; $\delta x_2 = x - X_2$; ...; $\delta x_n = x - X_n$ (5)

$$\text{Từ đó ta có: } \delta x_1 + \delta x_2 + \dots + \delta x_n = nx - (X_1 + X_2 + \dots + X_n) \quad (6)$$

$$\text{Hay: } x = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta x_i \quad (7)$$

Vì chưa biết được x nên ta chưa biết được δx_i , cần tìm một giá trị gần giá trị thực x nhất để thay nó tính kết quả sai số. Để làm điều này cần các giả thiết của lý thuyết xác suất:

1. Các sai số ngẫu nhiên có cùng trị số và trái dấu thì có cùng khả năng xuất hiện (cùng xác suất).
2. Sai số ngẫu nhiên có giá trị càng lớn thì có xác suất xuất hiện càng nhỏ.

Do đó nếu có số lần đo n khá lớn thì $\sum \delta x_i = 0$ (8)

$$x \approx \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} = \bar{X} \quad (9)$$

Vậy trị trung bình \bar{X} của n lần đo cùng một đại lượng là trị gần đúng nhất so với giá trị thực của đại lượng đó. Khi đó từ (1) ta có:

$$\Delta X = |x - \bar{X}| \quad (10)$$

- Vì chưa biết x nên ta chưa biết được ΔX , nhưng ta có thể tính được giới hạn trên của ΔX . Độ lệch giữa trị trung bình \bar{X} và giá trị của mỗi lần đo là:

$$\Delta X_1 = |\bar{X} - X_1|; \Delta X_2 = |\bar{X} - X_2|; \dots; \Delta X_n = |\bar{X} - X_n| \quad (11)$$

- Giá trị trung bình của độ lệch này là:

$$\overline{\Delta X} = \frac{\Delta X_1 + \Delta X_2 + \dots + \Delta X_n}{n} = \frac{1}{n} \sum \Delta X_i \quad (12)$$

$$\text{Vì } \bar{X} \text{ là giá trị gần trị thực } x \text{ nhất, nên: } \Delta X = |x - \bar{X}| \leq \overline{\Delta X} \quad (13)$$

Như vậy $\overline{\Delta X}$ chính là giới hạn trên của ΔX , ta chọn $\overline{\Delta X}$ làm sai số tuyệt đối của kết quả đo trực tiếp và \bar{X} được gọi là sai số tuyệt đối trung bình. Kết quả đo trực tiếp là:

$$x = \bar{X} \pm \overline{\Delta X} \quad (14)$$

3. Sai số tương đối trung bình là: $\varepsilon = \frac{\overline{\Delta X}}{\bar{X}} \times 100\%$ (15)

Ví dụ 2: Dùng thước kẹp có độ chính xác 0,1 mm đo đường kính, chiều cao của một ống trụ kim loại ta được kết quả của 5 lần đo là:

$$1. D_1 = 21,5(\text{mm}) \quad \Delta D_1 = 0,0(\text{mm}) \quad h_1 = 62,3(\text{mm}) \quad \Delta h_1 = 0,1(\text{mm})$$

2. $D_2 = 21,4(\text{mm})$	$\Delta D_2 = 0,1 (\text{mm})$	$h_2 = 62,1(\text{mm})$	$\Delta h_2 = 0,1(\text{mm})$
3. $D_3 = 21,7(\text{mm})$	$\Delta D_3 = 0,2 (\text{mm})$	$h_3 = 62,2(\text{mm})$	$\Delta h_3 = 0,0(\text{mm})$
4. $D_4 = 21,6(\text{mm})$	$\Delta D_4 = 0,1(\text{mm})$	$h_4 = 62,4(\text{mm})$	$\Delta h_4 = 0,2(\text{mm})$
5. $D_5 = 21,3(\text{mm})$	$\Delta D_5 = 0,2 (\text{mm})$	$h_5 = 62,1(\text{mm})$	$\Delta h_5 = 0,1(\text{mm})$
$\bar{D} = 21,5(\text{mm})$	$\overline{\Delta D} = 0,1(\text{mm})$	$\bar{h} = 62,2(\text{mm})$	$\overline{\Delta h} = 0,1(\text{mm})$

Vậy kết quả cuối cùng là:

$$D = (21,5 \pm 0,1)\text{mm} \qquad h = (62,2 \pm 0,1)\text{mm}$$

$$\varepsilon = \frac{\overline{\Delta D}}{D} = 0,5\% \qquad \varepsilon = \frac{\overline{\Delta h}}{h} = 0,17\%$$

CHÚ Ý:

1. Độ chính xác của dụng cụ đo bằng một nửa độ chia nhỏ nhất trên thang đo của dụng cụ và sai số tuyệt đối giới hạn bằng độ chính xác của dụng cụ. Nhưng với những dụng cụ có độ chia quá nhỏ (như nhiệt kế chia đến $0,01^\circ\text{C}$ thì sai số tuyệt đối giới hạn được lấy bằng một độ chia nhỏ nhất).

Với dụng cụ đo điện như Ampe kế, Vôn kế thì sai số tuyệt đối giới hạn là:

$$\Delta X_{gh} = K \cdot X_m \qquad (16)$$

trong đó K là cấp chính xác của dụng cụ (tức là những con số 0,2 ; 0,6 ; 1,5 ghi trên mặt dụng cụ đo); còn X_m là giá trị cực đại cho phép trên mỗi thang đo của dụng cụ.

Ví dụ 3: Với Vôn kế có K = 1,5% (ghi trên dụng cụ là 1,5), nếu sử dụng thang đo là $X_m = 100\text{mV}$ thì

$$\Delta X_{gh} = \frac{1,5}{100} \cdot 100 = 1,5\text{mV} .$$

2. Cần tiến hành phép đo trực tiếp nhiều lần sao cho sai số tuyệt đối của phép đo giảm nhỏ tới bằng hoặc gần bằng độ chính xác của dụng cụ.

Đối với những phép đo một lần (ví dụ đo cho những vật chế tạo chính xác cao) ta sẽ gặp phải sai số tuyệt đối bằng không và nhỏ hơn độ chính xác của dụng cụ và đối với phép đo điện bằng các đồng hồ điện ta sử dụng sai số tuyệt đối giới hạn làm sai số của kết quả đo, tức là:

$$x = \bar{X} \pm \Delta X_{gh} \qquad (17)$$

Để dàng thấy rằng với mỗi dụng cụ đo điện đã cho thì **sai số tương đối càng lớn nếu bản thân đại lượng phải đo càng nhỏ so với giá trị cực đại X_m** cho phép trên thang đo. Vì thế cần chọn thang đo sao cho đại lượng cần đo bằng khoảng 70 – 80% của X_m .

V. CÁCH TÍNH SAI SỐ CỦA PHÉP ĐO GIÁN TIẾP

- Đo gián tiếp là phép đo mà kết quả được tính qua các công thức Vật lý liên hệ các đại lượng đo trực tiếp.

- Giả sử ta đo đại lượng F liên hệ với các đại lượng x, y, z được đo trực tiếp bởi các hàm số:

$$F = f(x,y,z) \qquad (18)$$

Trong đó các đại lượng x, y, z được đo trực tiếp và có kết quả đo là:

$$x = \bar{X} \pm \overline{\Delta X} \quad ; \quad y = \bar{Y} \pm \overline{\Delta Y} \quad ; \quad z = \bar{Z} \pm \overline{\Delta Z} \qquad (19)$$

Làm thế nào để tính sai số tuyệt đối trung bình $\overline{\Delta F}$ và sai số tương đối trung bình $\frac{\overline{\Delta F}}{F}$?

Do $\overline{\Delta X} \ll \bar{X}$; $\overline{\Delta Y} \ll \bar{Y}$; $\overline{\Delta Z} \ll \bar{Z}$ cho nên ta có thể xem các sai số này như những vi phân dx, dy, dz của các đại lượng x, y, z. Vì vậy có thể áp dụng phép tính vi phân đối

với hàm số $F = f(x,y,z)$, để tính các sai số $\overline{\Delta F}$ và $\frac{\overline{\Delta F}}{\overline{F}}$ một cách thuận tiện và nhanh chóng. Thật

$$\text{vậy, vì: } d(\ln F) = \frac{dF}{F} \quad (20)$$

$$\text{nên: } \varepsilon = \frac{\overline{\Delta F}}{\overline{F}} = \Delta(\ln \overline{F}) \quad (21)$$

Dựa vào công thức (21) ta có thể tính ε của đại lượng F như sau:

1. Lấy $\ln F$ rồi tính $d(\ln F)$ theo công thức (20), rồi gộp các vi phân riêng phần cùng chứa dx, dy, dz lại thành từng nhóm riêng.

2. Thay dx, dy, dz bằng $\overline{\Delta X}, \overline{\Delta Y}, \overline{\Delta Z}$ và thay x, y, z bởi các giá trị $\overline{X}, \overline{Y}, \overline{Z}$; sau đó lấy tổng các giá trị tuyệt đối của tất cả vi phân riêng phần để đảm bảo cho ε có giá trị giới hạn trên.

$$\text{Như vậy thì: } \varepsilon = \frac{\overline{\Delta F}}{\overline{F}} = \left| \frac{1}{\overline{F}} \cdot \frac{\partial F}{\partial x} \right| \overline{\Delta X} + \left| \frac{1}{\overline{F}} \cdot \frac{\partial F}{\partial y} \right| \overline{\Delta Y} + \left| \frac{1}{\overline{F}} \cdot \frac{\partial F}{\partial z} \right| \overline{\Delta Z} \quad (22)$$

trong đó: $\frac{\partial F}{\partial x}; \frac{\partial F}{\partial y}; \frac{\partial F}{\partial z}$ là giá trị trung bình của các đạo hàm riêng phần của hàm số F đối với các biến x, y, z .

3. Sau khi tính ε , ta thay $\overline{X}, \overline{Y}, \overline{Z}$ vào hàm \overline{F} để tính trị trung bình của nó theo:

$$\overline{F} = f(\overline{X}, \overline{Y}, \overline{Z}) \quad (23)$$

Biết ε và \overline{F} ta tính được sai số tuyệt đối trung bình:

$$\overline{\Delta F} = \varepsilon \cdot \overline{F} \quad (24)$$

Kết quả cuối cùng của phép đo gián tiếp là:

$$F = \overline{F} \pm \overline{\Delta F} \quad (25)$$

Phép tính vi phân cho phép tính sai số tuyệt đối ΔF và sai số tương đối $\frac{\Delta F}{F}$ của các hàm F khác nhau (xem bảng sau)

HÀM SỐ	CÔNG THỨC TÍNH SAI SỐ	
	Tuyệt đối (ΔF)	Tương đối ($\varepsilon = \frac{\Delta F}{F}$)
$F = x + y + z$	$\Delta X + \Delta Y + \Delta Z$	$\frac{\Delta X + \Delta Y + \Delta Z}{X + Y + Z}$
$F = x - y$	$\Delta X + \Delta Y$	$\frac{\Delta X + \Delta Y}{X - Y}$
$F = x.y$	$Y\Delta X + X\Delta Y$	$\frac{\Delta X}{X} + \frac{\Delta Y}{Y}$
$F = x.y.z$	$YZ\Delta X + XZ\Delta Y + XY\Delta Z$	$\frac{\Delta X}{X} + \frac{\Delta Y}{Y} + \frac{\Delta Z}{Z}$
$F = x^n$	$nX^{n-1}.\Delta X$	$n \frac{\Delta X}{X}$

$F = \sqrt[n]{x}$	$\frac{1}{n} X^{\frac{1}{n}-1} \cdot \Delta X$	$\frac{1}{n} \cdot \frac{\Delta X}{X}$
$F = \frac{x}{y}$	$\frac{Y\Delta X + X\Delta Y}{Y^2}$	$\frac{\Delta X}{X} + \frac{\Delta Y}{Y}$
$F = \text{Sin}x$	$ \cos X \Delta X$	$ \cot gX \Delta X$
$F = \text{Cos}x$	$ \sin X \Delta X$	$ \text{tg}X \Delta X$
$F = \text{tg}x$	$\frac{\Delta X}{\cos^2 X}$	$\frac{2\Delta X}{ \sin 2X }$
$F = \text{cotg}x$	$\frac{\Delta X}{\sin^2 X}$	$\frac{2\Delta X}{ \sin 2X }$

Ví dụ: Tính kết quả và sai số của phép đo thể tích của một ống trụ kim loại: $V = \frac{\pi D^2}{4} \cdot h$

Cho biết kết quả đo trực tiếp đường kính và độ cao h ở ví dụ 2 là $D = (21,5 \pm 0,1)$ mm và $h = (62,2 \pm 0,1)$ mm.

Các tính toán được thực hiện theo thứ tự sau đây:

1. Tính sai số tương đối trung bình

$$\ln V = \ln \pi + 2 \ln D + \ln h - \ln 4$$

$$d(\ln V) = \frac{dV}{V} = \frac{d\pi}{\pi} + 2 \frac{dD}{D} + \frac{dh}{h}$$

$$\varepsilon = \frac{\overline{\Delta V}}{V} = \frac{\Delta \pi}{\pi} + 2 \frac{\overline{\Delta D}}{D} + \frac{\overline{\Delta h}}{h}$$

Biết $\pi = 3,1416\dots$ nhưng vì trong trường hợp này ta có:

$$\frac{\overline{\Delta D}}{D} = \frac{0,1}{21,5} \approx 0,005 \text{ và } \frac{\overline{\Delta h}}{h} = \frac{0,1}{62,2} \approx 0,0017$$

Nên ta chỉ lấy $\pi = 3,14$ nghĩa là chọn: $\frac{\Delta \pi}{\pi} = \frac{0,0016}{3,1416} \approx 0,0006$

Khi đó: $\varepsilon = \frac{\overline{\Delta V}}{V} = 0,0006 + 2 \cdot 0,005 + 0,0017 = 0,0123 \approx 1,2\%$

2. Tính giá trị trung bình của phép đo:

$$\bar{V} = \frac{\pi \bar{D}^2}{4} \cdot \bar{h} = 3,14 \cdot \frac{21,5^2}{4} \cdot 62,2 = 225,70 \cdot 10^2 \text{ mm}^3$$

3. Tính sai số tuyệt đối trung bình:

$$\overline{\Delta V} = \varepsilon \cdot \bar{V} = 0,0123 \cdot 225,70 \cdot 10^2 = 2,77 \cdot 10^2 \text{ mm}^3$$

4. Kết quả cuối cùng (đã qui tròn)

$$V = (225,7 \pm 2,8) \cdot 10^2 \text{ mm}^3 \text{ với } \bar{\varepsilon} = 1,2\%$$

VI. MỘT SỐ QUI TẮC CẦN LƯU Ý KHI TÍNH TOÁN SAI SỐ

Để nhanh chóng và đỡ phức tạp khi tính toán ta dùng các qui tắc sau:

1. Đối với phép đo trực tiếp thì giá trị trung bình và sai số tuyệt đối trung bình chỉ cần tính tới những con số tương ứng với độ chính xác của dụng cụ đo. Ví dụ khi xác định đường kính D và độ cao h của

hình trụ kim loại bằng thước kẹp có độ chính xác 0,1 mm theo các số liệu đã nêu trong thí dụ phần III, ta chỉ cần tính đến những giá trị chính xác tới 0,1 mm, nghĩa là: $D = (21,5 \pm 0,1)$ mm và $h = (62,2 \pm 0,1)$ mm

2. Đối với phép đo gián tiếp, giá trị trung bình và sai số tuyệt đối trung bình chỉ cần tính đến những con số nào phù hợp với giá trị của sai số tương đối trung bình. Còn chính bản thân sai số tương đối trung bình chỉ cần tính hai con số có nghĩa. Mọi con số đều có nghĩa, trừ những con số không nằm ở đầu bên trái của số thập phân. Ví dụ khi xác định thể tích của ống trụ kim loại ta được kết quả $\varepsilon = \frac{\overline{\Delta V}}{\overline{V}} = 0,0123$, thì chỉ có 3 con số 1, 2, 3 là có nghĩa. Theo qui định trên ta qui tròn $\varepsilon = 0,0123 = 0,012 = 1,2\%$. Trong trường hợp này \overline{V} và $\overline{\Delta V}$ chỉ cần tính đến những giá trị như đã viết trong kết quả cuối cùng của phép đo là:

$$V = \overline{V} \pm \overline{\Delta V} = (225,7 \pm 2,8).10^2 \text{ mm}^3$$

3. Để thực hiện qui tắc 1 và 2 ta phải qui tròn những giá trị gần đúng theo qui tắc sau: con số có nghĩa cuối cùng giữ lại sẽ không đổi nếu con số sau nó vừa được bỏ đi nhỏ hơn 5 và phải tăng thêm một đơn vị nếu con số sau nó vừa bỏ đi lớn hơn hoặc bằng 5 (trừ trường hợp con số 5 này lại xuất hiện do sự qui tròn trước đó). Ví dụ khi qui tròn tới phần nghìn thì $0,2345 \approx 0,235$, còn khi qui tròn tới phần trăm thì $0,2345 \approx 0,235 \approx 0,23$. Phải qui tròn sao cho ε không tăng hoặc giảm quá 10% trị thực của nó. Ví dụ $\varepsilon = 1,2\%$ không thể qui tròn $\varepsilon = 1\%$ vì như vậy $\overline{\varepsilon}$ đã giảm $0,2\% > 10\% \varepsilon = 0,12\%$.

Hơn nữa để tính nhanh chóng giá trị của các đại lượng gần đúng, người ta thực hiện việc qui tròn các con số ngay trong cả các phép tính trung gian của các đại lượng này, trong ví dụ phần V ta đã coi gần đúng:

$$\frac{\overline{\Delta D}}{\overline{D}} = \frac{0,1}{21,5} = \frac{0,1}{20,0} = 0,005 \quad ; \quad \frac{\overline{\Delta h}}{\overline{h}} = \frac{0,1}{62,2} = \frac{0,1}{60} = 0,0017$$

4. Trong các công thức xác định các đại lượng gián tiếp ta gặp các đại lượng cho sẵn hoặc hằng số, nếu không có sai số ghi kèm theo thì ta lấy $\Delta X_{gh} = \frac{1}{2}$ đơn vị đo có bậc nhỏ nhất ứng với số cuối của số đo các đại lượng đó. Ví dụ cho sẵn $l = 18,27m$ thì $\Delta l_{gh} = 0,005mm$ và do đó $l = (18,27 \pm 0,005)m$, cho sẵn $D = 1,2 \text{ mm}$ thì $\Delta D_{gh} = 0,05mm$ và $D = (1,2 \pm 0,05) \text{ mm}$.

Với các hằng số π , g ta lấy trị của chúng sao cho sai số tương đối của các hằng số đó $\leq \frac{1}{10}$ tổng sai số tương đối của các đại lượng khác có mặt trong công thức liên hệ với hằng số đó. Ví dụ khi xác định thể tích của ống trụ kim loại ở mục V, ta có:

$$\frac{\overline{\Delta V}}{\overline{V}} = \frac{\Delta \pi}{\pi} + \frac{2 \cdot \overline{\Delta D}}{\overline{D}} + \frac{\overline{\Delta h}}{\overline{h}} = \frac{\Delta \pi}{\pi} + 2 \cdot 0,005 + 0,0017$$

Do $2 \cdot 0,005 + 0,0017 = 0,0117$, ta chỉ cần lấy $\pi = 3,14$ là đủ.

$$\text{Vì khi đó } \frac{\Delta \pi}{\pi} = \frac{0,0016}{3,1416} = 0,0006 \cdot \frac{1}{10} \cdot 0,0117 = 0,00117$$

Như vậy sau khi đã chọn giá trị thích hợp của hằng số, ta có thể bỏ qua sai số của nó khi tính sai số kết quả của phép đo.

VII. BIỂU DIỄN SAI SỐ VÀ KẾT QUẢ PHÉP ĐO BẰNG ĐỒ THỊ

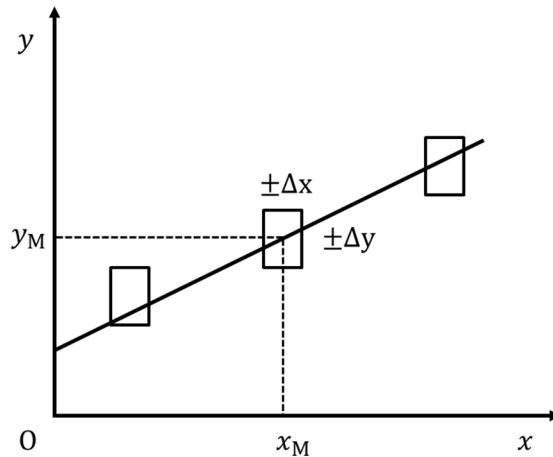
1. Phương pháp đồ thị cho phép tìm qui luật của sự phụ thuộc của đại lượng Vật lý y vào đại lượng Vật lý x , ví dụ $I = f(U)$; $R = f(t^0)$

a) Đầu tiên ta quan sát và ghi các giá trị của y ứng với các giá trị của x vào bảng số liệu sau:

$X \pm \Delta X$	$Y \pm \Delta Y$

Chú ý

- Lấy ΔX và ΔY bằng các sai số tuyệt đối có giá trị bằng độ chính xác của dụng cụ đo chúng.
- Biểu diễn X và Y lên hệ trục tọa độ vuông góc Oxy .
- Mỗi cặp giá trị X, Y được biểu diễn bởi một điểm trên đồ thị, vẽ các hình chữ nhật sai số có tâm là điểm (x, y) vừa xác định, có cạnh là $2\Delta x$, $2\Delta y$ và cuối cùng vẽ một đường cong điều hòa đi qua các hình chữ nhật trên sao cho tâm của các hình chữ nhật phân bố đều hai bên đường cong đó.
- Không nối tâm các hình chữ nhật thành một đường gấp khúc,
- Nếu có một hình chữ nhật sai số lệch khỏi đường cong, ta phải làm lại phép đo tương ứng hoặc loại bỏ hẳn đi nếu biết chắc sai số là do nhầm lẫn.
- Nếu đo được nhiều điểm và phép đo có độ chính xác cao thì không cần vẽ các hình chữ nhật sai số.
- Đường cong vẽ càng thanh nét thì càng chính xác.



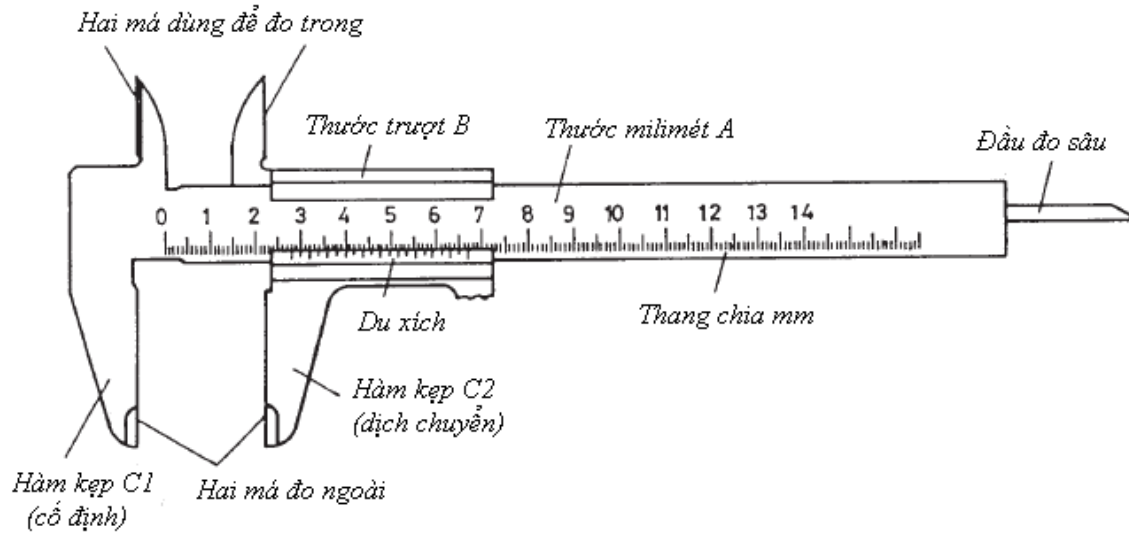
2. Phương pháp đồ thị còn cho phép ta nội suy ra các giá trị của đại lượng y tương ứng với các giá trị của x ngay cả trong trường hợp khi các trị của y không thể xác định trực tiếp được. Muốn vậy từ một điểm trên trục hoành ứng với giá trị x cho trước ta vẽ một đường thẳng song song với trục tung và cắt đường cong $y = f(x)$ tại điểm M , tung độ của điểm M xác định giá trị của đại lượng y tương ứng.

3. Ngoài ra phương pháp đồ thị còn được ứng dụng trong Vật lý để lấy mẫu và chia thang đo của các dụng cụ đo, ví dụ lấy mẫu cặp nhiệt điện, chia độ thang đo của giao thoa kế chất lỏng.

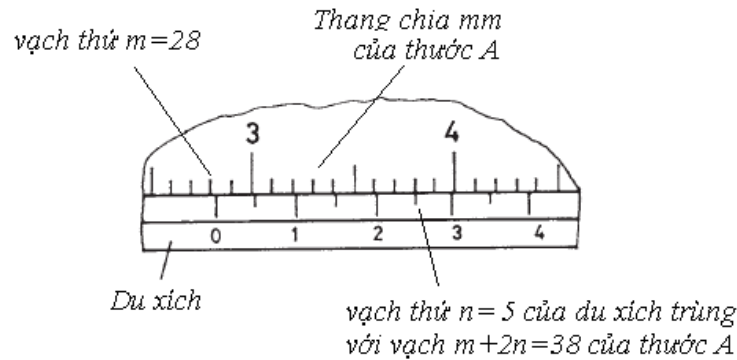
BÀI 1. LÀM QUEN CÁC DỤNG CỤ ĐO CƠ BẢN

I. GIỚI THIỆU

1. Thước kẹp



(a)



Thước kẹp đang chỉ giá trị 28,25mm

(b)

Hình 1.1: Thước kẹp và cách đọc giá trị của thước kẹp

Thước kẹp là một loại dụng cụ dùng để đo chính xác kích thước của vật. Cấu tạo của thước kẹp như trên hình 1.1a. Phần chính của nó gồm một thước milimet A gắn với hàm kẹp C₁ và một thước phụ B gọi là du xích gắn với hàm kẹp C₂ có thể dịch chuyển dọc theo thân thước A. Thước kẹp được sử dụng ở phòng thí nghiệm này có du xích B được chia thành N = 20 độ chia nhỏ đều nhau, 20 độ chia này đúng bằng 39 độ chia của thước milimet A. Nếu gọi a = 1mm là giá trị của mỗi độ chia của thước A, b là giá trị mỗi độ chia của du xích B. Theo thiết kế:

$$Nb = (2N - 1)a \text{ hay: } 2a - b = \frac{a}{N} \quad (1.1)$$

Đại lượng $a/N = 1/20 = 0,05 \text{ mm}$ là độ chính xác của thước kẹp. Muốn đo độ dài của vật ta kẹp chặt vật ấy giữa hai hàm kẹp C₁ và C₂. Khoảng cách giữa hai vạch số 0 của hai thước A và B chính bằng chiều dài của vật. Giả sử lúc đó ta thấy vạch số 0 của du xích B nằm giữa vạch thứ m và (m + 1) của thước A thì chiều dài của vật sẽ là:

$$L = ma + n(2a - b) \quad (1.2)$$

$$L = ma + n \frac{a}{N} \quad (1.3)$$

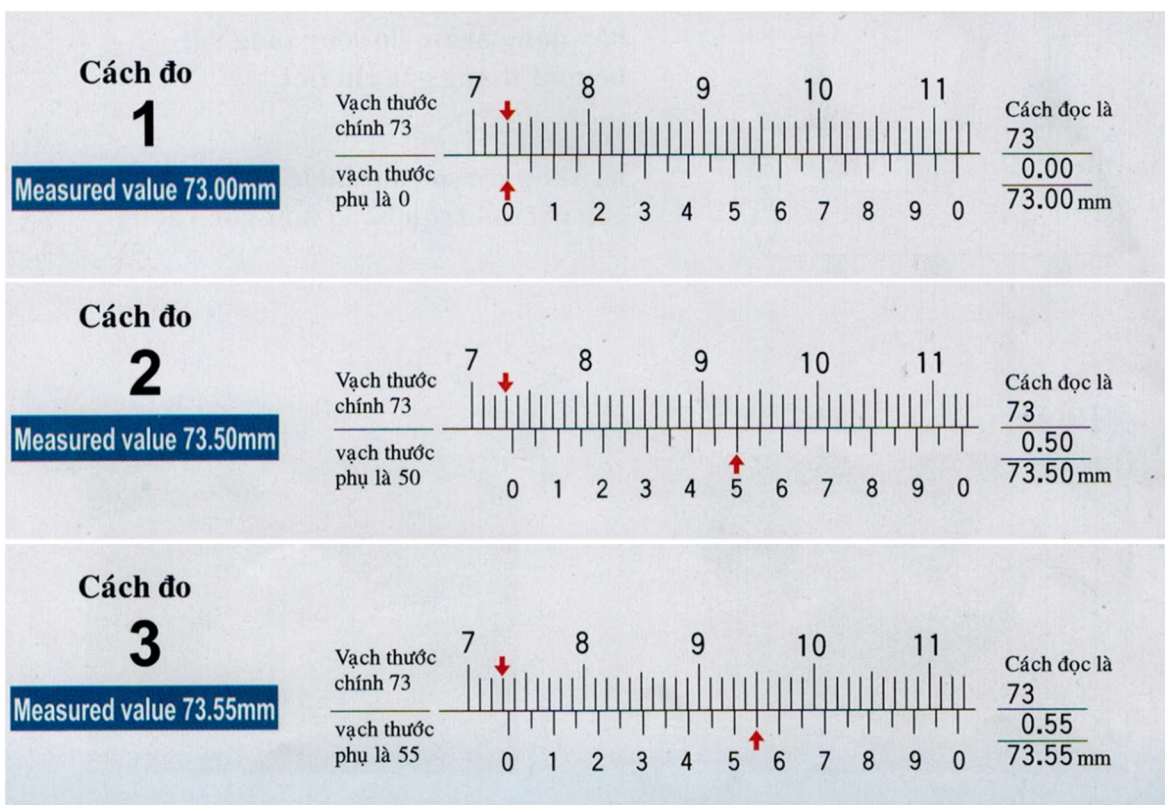
Với n là số vạch trên thước du xích B trùng với vạch thứ $(m + 2n)$ của thước A.

Ở hai đầu trên của hai hàm kẹp C_1, C_2 có 2 mỏ dùng để đo đường kính trong hình trụ rỗng. Muốn vậy, ta đặt 2 mỏ vào trong hình trụ và kéo chúng ra cho tới khi tiếp xúc với thành trong của ống theo đường kính. Đọc khoảng cách giữa 2 vạch số 0 ta sẽ được đường kính trong của ống.

Ví dụ trong hình 1.1b, khoảng cách giữa 2 vạch số 0 là 28, và vạch số 5 trên du xích trùng với vạch 38 của thước A. Nên giá trị của thước kẹp lúc này sẽ là :

$$L = 28.1 + 5.1/20 = 28,25 \text{ mm}$$

Để dễ hiểu, sinh viên có thể tham khảo các ví dụ ở hình 1.2 [3]. Ví dụ 1 là cách đọc với giá trị đo là 73.00mm, ví dụ 2 là cách đọc với giá trị đo 73.50mm, ví dụ 3 là cách đọc với giá trị đo là 73.55mm.



Hình 1.2: Cách đọc thước kẹp [1]

2. Thước Panme

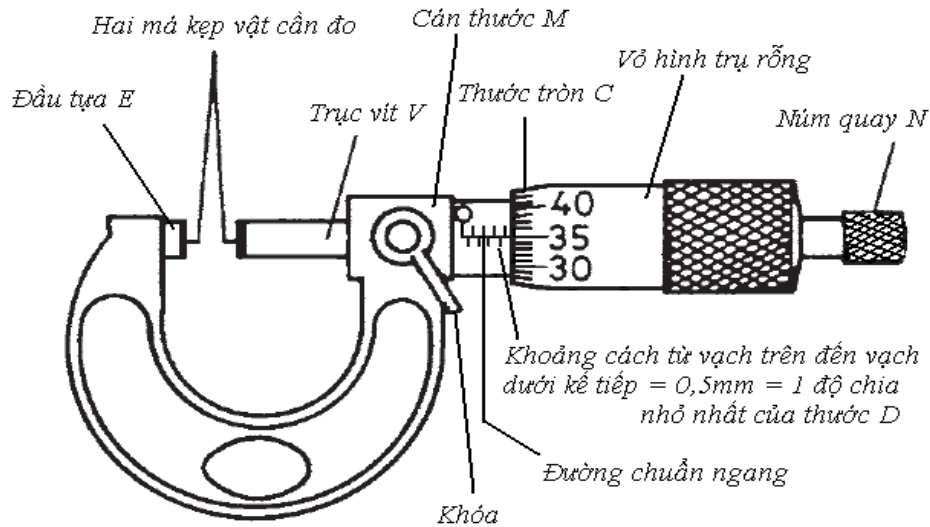
Cấu tạo của panme vẽ trên hình 1.3. Phần chính của nó gồm 1 trục vít V được lồng qua lỗ ren của cán thước M. Trên trục vít V có gắn một vỏ hình trụ rỗng, ở đầu vỏ hình trụ này có khắc một thước tròn C chia thành $n = 50$ độ chia đều nhau. Khi quay vít V một vòng, thước tròn C sẽ dịch chuyển một đoạn $a = 0,5\text{mm}$ dọc theo một thước thẳng D chia thành từng nửa mm. Như vậy, mỗi độ chia của thước tròn C có giá trị bằng:

$$\frac{a}{n} = \frac{0,5\text{mm}}{50} = 0,01\text{mm} \quad (1.4)$$

Đại lượng a/n gọi là độ chính xác của panme.

Khi đầu trục vít V chạm sát đầu tựa E của cán thước M, số 0 của thước tròn C phải trùng đúng với đường chuẩn ngang trên thước thẳng D tại vị trí số 0 của thước D. Muốn dùng panme để đo đường

kính của viên bi, ta đặt viên bi vào giữa đầu tựa E và đầu trực vít V. Quay nút N để dịch chuyển trục vít V cho tới khi viên bi kẹp vừa đủ chặt.



Hình 1.3. Thước Panme đang chỉ giá trị 4.35 mm

Đường kính của viên bi khi đó được tính theo công thức:

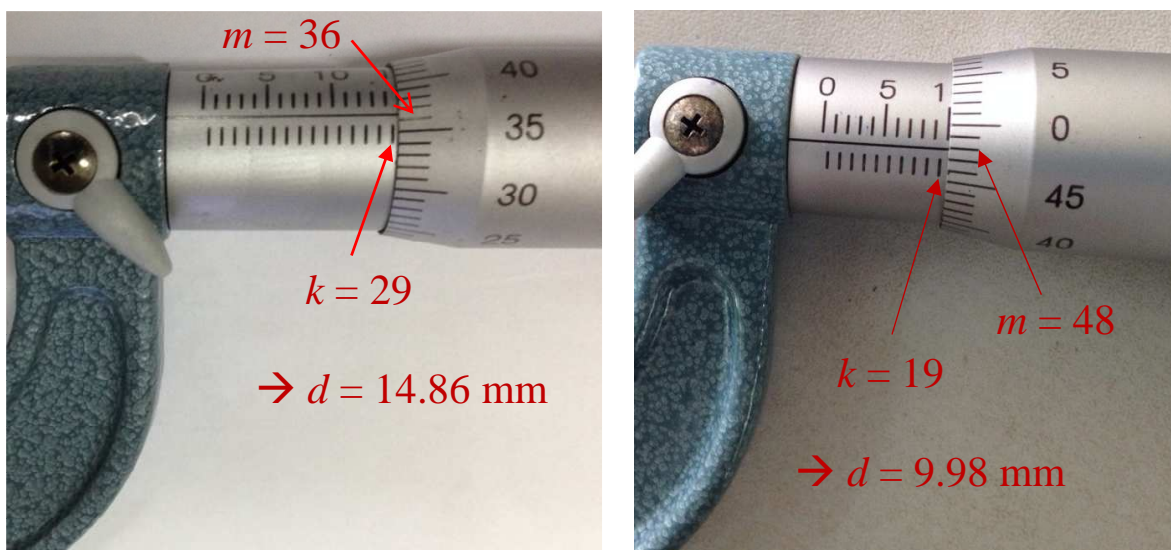
$$d = k.a + m \frac{a}{n} \quad (1.5)$$

trong đó a là giá trị của một độ chia nhỏ nhất (bằng 0,5mm) khắc trên thước thẳng D, k là số độ chia nhỏ nhất đọc được trên thước D, n là tổng số độ chia trên thước tròn C ($n = 50$), còn m là số thứ tự của vạch chia nào đó trên thước tròn C trùng với đường chuẩn ngang của thước thẳng D.

Trong bài thí nghiệm này nếu ta dùng loại panme có $a = 0,5$ mm, $n = 50$ thì công thức (1.5) có dạng:

$$d = \left(0,5.k + \frac{m}{100} \right) \text{ tính ra mm} \quad (1.6)$$

Để dễ hiểu, sinh viên có thể tham khảo các ví dụ ở trên hình 1.4. Ví dụ 1 là cách đọc với giá trị đo là 14.86 mm, ví dụ 2 là cách đọc với giá trị đo 9.98 mm.



Hình 1.4: Cách đọc thước Panme

II. THỰC NGHIỆM

1. Đo kích thước của ống kim loại hình trụ bằng thước kẹp

Sử dụng thước kẹp đo đường kính ngoài D , đường kính trong d và chiều cao h của ống kim loại hình trụ và ghi kết quả vào bảng 1.1.

2. Đo bề dày của tấm thủy tinh bằng thước Panme

Sử dụng thước Panme đo bề dày T của tấm thủy tinh và ghi kết quả vào bảng 1.1.

Bảng 1.1

Độ chính xác của thước kẹp =mm								
Độ chính xác của Panme =mm								
Lần đo	Ống kim loại hình trụ						Tấm thủy tinh	
	D	ΔD	d	Δd	h	Δh	T	ΔT
1								
2								
3								
4								
5								
T.Bình	\bar{D}	$\overline{\Delta D} =$	$\bar{d} =$	$\overline{\Delta d} =$	$\bar{h} =$	$\overline{\Delta h} =$	$\bar{T} =$	$\overline{\Delta T} =$

Kết quả:

- Đường kính ngoài của ống kim loại: $D = \bar{D} \pm \overline{\Delta D} =$

- Đường kính trong của ống kim loại: $d = \bar{d} \pm \overline{\Delta d} =$

- Chiều cao của ống kim loại: $h = \bar{h} \pm \overline{\Delta h} =$

- Bề dày của tấm thủy tinh: $T = \bar{T} \pm \overline{\Delta T} =$

BÀI 2. XÁC ĐỊNH HỆ SỐ MA SÁT TRƯỢT SỬ DỤNG MẶT PHẶNG NGHIÊNG

Dụng cụ

Ván gỗ phẳng	
Khối gỗ	
Đồng hồ bấm giây	
Thước milimet	

I. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Cho một vật có khối lượng m trượt không vận tốc đầu từ đỉnh của một mặt phẳng nghiêng một góc θ so với mặt phẳng nằm ngang như hình 2.1. Gọi μ là hệ số ma sát trượt giữa vật và mặt phẳng nghiêng. Các lực tác dụng lên vật:

- Trọng lực $\vec{P} = m\vec{g}$
- Phản lực \vec{N}
- Lực ma sát trượt \vec{f}_{ms}

Phương trình chuyển động của vật (Định luật II Newton):

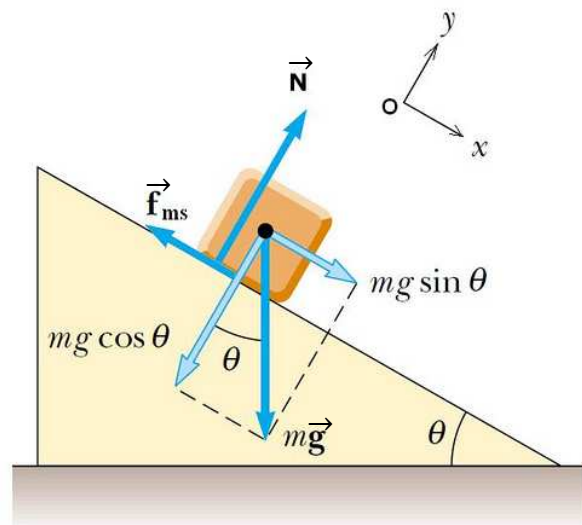
$$\vec{P} + \vec{N} + \vec{f}_{ms} = m\vec{a} \quad (2.1)$$

Chiếu phương trình (2.1) lên phương Oy , ta có:

$$mg \cos \theta = N \quad (2.2)$$

Chiếu phương trình (2.1) lên phương Ox , ta có:

$$mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = ma \quad (2.3)$$



Hình 2.1: Chuyển động của vật trên mặt phẳng nghiêng

Mặt khác, chuyển động của vật là chuyển động nhanh dần đều không vận tốc đầu nên gia tốc liên quan với :quãng đường đi được s và thời gian t theo công thức:

$$a = \frac{2s}{t^2} \quad (2.4)$$

Từ (2.3) và (2.4), hệ số ma sát trượt giữa vật m và mặt phẳng nghiêng được xác định theo công thức:

$$\mu = \tan\theta - \frac{2s}{gt^2 \cos\theta} \quad (2.5)$$

Trong thí nghiệm này, để xác định hệ số ma sát trượt giữa vật và mặt phẳng nghiêng μ , ta đo góc nghiêng θ của mặt phẳng nghiêng bằng một bảng chia độ gắn ở đỉnh của mặt phẳng nghiêng, quãng đường đi được s của vật bằng thước milimet, thời gian t vật đi được quãng đường s kể từ lúc thả bằng đồng hồ bấm giây.

II. TRÌNH TỰ THÍ NGHIỆM

2.1. Xác định góc tới hạn của mặt phẳng nghiêng



Hình 2.2: Tạo mặt phẳng nghiêng

a. Tạo mặt phẳng nghiêng như hình 2.2.

b. Đặt đĩa tròn bằng gỗ trên ván gỗ rồi tăng dần góc nghiêng của ván gỗ cho đến khi đĩa tròn gỗ bắt đầu trượt thì dừng lại. Đọc và ghi giá trị góc nghiêng θ_c trên thước đo độ tại thời điểm đĩa tròn bắt đầu trượt vào bảng 2.1.

Lặp lại bước **b** thêm bốn lần.

2.2. Xác định hệ số ma sát trượt

a. Đưa đầu mặt phẳng nghiêng lên cao thêm một chút để cho góc nghiêng của mặt phẳng nghiêng $\theta_l > \theta_c$. Đọc và ghi lại giá trị của θ_l vào bảng 2.2.

b. Đặt đĩa tròn trên đỉnh mặt phẳng nghiêng sao cho mép trên của đĩa và mặt phẳng nghiêng trùng khớp nhau.

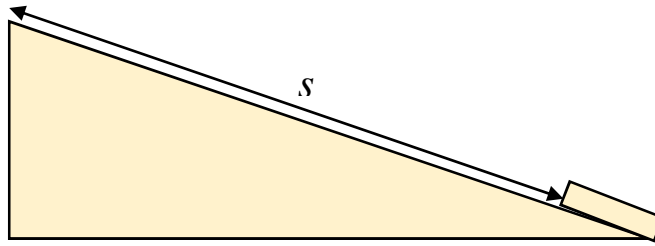
c. Buông nhẹ tay để cho đĩa trượt không vận tốc đầu, dùng đồng hồ bấm giây để đo thời gian t đĩa tròn bắt đầu trượt cho đến khi mép dưới của đĩa và mặt phẳng nghiêng trùng khớp nhau. Ghi giá trị của t vào bảng 2.2.

Lặp lại **b** và **c** thêm 4 lần và ghi các giá trị của t vào bảng 2.2.

d. Dùng thước milimet đo khoảng đường s đĩa tròn đi được. Đó là khoảng cách từ mép trên của mặt phẳng nghiêng đến một vị trí nào đó trên mặt phẳng nghiêng trùng với mép trên của đĩa tròn (Hình 2.3).

Lặp lại **d** thêm 4 lần và ghi các giá trị của s vào bảng 2.2.

Lặp lại các bước thí nghiệm trên với góc nghiêng của mặt phẳng nghiêng $\theta_2 = \theta_l + 5^\circ$ và $\theta_3 = \theta_l + 10^\circ$.



Hình 2.3: Đo quãng đường vật đi được

III. TÍNH TOÁN SAI SỐ VÀ KẾT QUẢ CỦA PHÉP ĐO

3.1. Xác định góc tới hạn của mặt phẳng nghiêng

Bảng 2.1.

Lần	1	2	3	4	5	Trung bình
θ_c						
$\Delta\theta_c = \theta_c - \bar{\theta}_c $						

Kết quả

$$\theta_c = \bar{\theta}_c \pm \Delta\bar{\theta}_c$$

3.2. Xác định hệ số ma sát trượt

Bảng 2.2

Độ chính xác của thước mm:												
Độ chính xác của thước đo độ $\Delta\theta$:												
Độ chính xác của đồng hồ bấm giây:												
θ	t (s)					\bar{t} (s)	s (m)					\bar{s} (m)
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
$\theta_1 =$												
$\theta_2 =$												
$\theta_3 =$												

Kết quả

- Giá trị trung bình của hệ số ma sát trượt:

$$\bar{\mu} = \tan\theta - \frac{2\bar{s}}{g\bar{t}^2 \cos\theta}$$

- Sai số tuyệt đối trung bình của hệ số ma sát trượt:

$$\Delta\bar{\mu} = \Delta(\tan\theta) + \Delta\left(\frac{2\bar{s}}{g\bar{t}^2 \cos\theta}\right) = \frac{\Delta\theta}{\cos^2\theta} + \left(\frac{\Delta\bar{s}}{\bar{s}} + \frac{\Delta g}{g} + 2\frac{\Delta\bar{t}}{\bar{t}} + \Delta\theta \tan\theta\right) \frac{2\bar{s}}{g\bar{t}^2 \cos\theta}$$

θ	$\mu = \bar{\mu} \pm \Delta\bar{\mu}$
$\theta_1 =$	
$\theta_2 =$	
$\theta_3 =$	

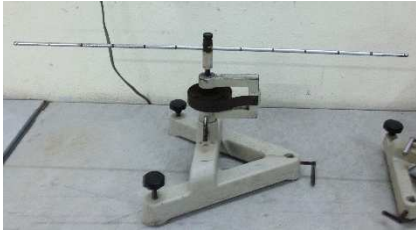





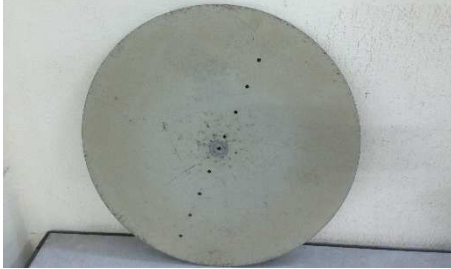
IV. CÂU HỎI CHUẨN BỊ BÀI, BÁO CÁO THÍ NGHIỆM, VÀ KIỂM TRA

1. Mục đích của bài thí nghiệm này là gì? Để đạt được mục đích đó, bài thí nghiệm này sử dụng phương pháp đo nào?
2. Nêu ngắn gọn cơ sở lý thuyết của phương pháp đo hệ số ma sát bằng mặt phẳng nghiêng.
3. Nêu rõ vai trò, chức năng của từng dụng cụ thí nghiệm được sử dụng trong thí nghiệm.
4. Để thu được các đại lượng cần đo, ta cần tiến hành thí nghiệm theo trình tự nào?
5. Thực hiện các bước tính toán kết quả thí nghiệm, vẽ đồ thị, và tính sai số như gợi ý trong mục IV.
6. Trong bài thí nghiệm này, sai số của phép đo nào ảnh hưởng lớn nhất đến sai số cuối cùng.
7. Ma sát có ảnh hưởng như thế nào trong kỹ thuật và đời sống. Làm thế nào để tăng, hoặc giảm hệ số ma sát.
8. Đề xuất một vài phương pháp khác để đo hệ số ma sát.

BÁO CÁO THÍ NGHIỆM BÀI 2

BÀI 3. ĐO MÔMEN QUÁN TÍNH CỦA VẬT RẮN BẰNG PHƯƠNG PHÁP DAO ĐỘNG

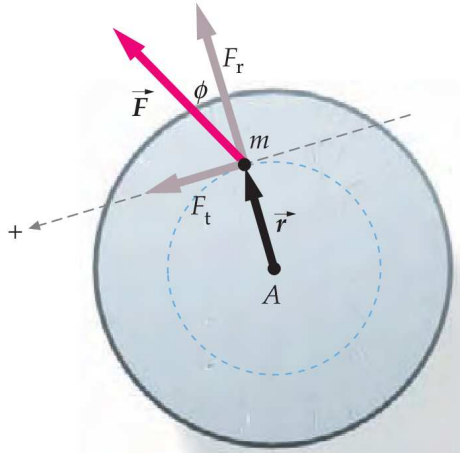
Dụng cụ

STT	Tên dụng cụ	Hình ảnh
1	Con lắc xoắn và giá đỡ	
2	Máy đo thời gian	
3	Lực kế chính xác	
4	Công quang, giá đỡ, và dây nối	
5	Cân	
6	Quả nặng	
7	Đĩa tròn	

I. LÝ THUYẾT THÍ NGHIỆM VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐO

1.1. Momen quán tính

Vật rắn là một hệ chất điểm cách nhau những khoảng không đổi. Khi vật rắn quay quanh một trục cố định Δ thì mọi chất điểm không nằm trên trục quay của nó đều có cùng vận tốc góc ω và gia tốc góc β đối với trục quay đó.



Hình 3.1: Lực tác dụng lên vật rắn quay [2]

Giả sử một lực \vec{F} tác dụng lên vật rắn tại một điểm cách trục quay một khoảng r và hợp với bán kính vector \vec{r} một góc ϕ như trong hình 3.1. Vector mômen lực của \vec{F} đối với trục quay có dạng:

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$$

và có độ lớn

$$\tau = rF \sin(\vec{r}, \vec{F}) = rF \sin \phi \quad (3.1)$$

Momen lực này sẽ làm cho vật rắn quay với gia tốc góc β được xác định bởi:

$$\tau = I\beta \quad (3.2)$$

trong đó: I là mômen quán tính của vật rắn đối với trục quay, đặc trưng cho quán tính của vật trong chuyển động quay xung quanh trục đó. Phương trình (3.2) là phương trình cơ bản của vật rắn quay quanh một trục. Nó có dạng giống như phương trình $F = ma$ trong chuyển động tịnh tiến. Như vậy đối với chuyển động quay, mômen quán tính I có vai trò tương tự như khối lượng m trong chuyển động tịnh tiến.

Mômen quán tính của vật rắn đối với trục quay phụ thuộc vào khối lượng và khoảng cách từ vật đến trục quay và được tính theo công thức:

$$I = \sum_{i=1}^n \Delta m_i \cdot r_i^2 \quad (3.3)$$

trong đó: Δm_i là khối lượng của phần tử thứ i nằm cách trục Δ một khoảng r_i . Trong hệ đơn vị SI, mômen quán tính có đơn vị $\text{kg} \cdot \text{m}^2$.

1.2. Phương trình dao động

Dao động của con lắc lò xo xoắn (gọi tắt là con lắc xoắn) và con lắc lò xo thẳng có sự tương đương nhau. Đối với con lắc lò xo thẳng, phương trình dao động có dạng:

$$m \frac{d^2 x}{d^2 t} + kx = 0 \quad (3.4)$$

với x là li độ dao động, hay độ dời từ vị trí cân bằng, k là hệ số đàn hồi của lò xo:

$$k = -\frac{F}{x} \quad (3.5)$$

Nghiệm của phương trình vi phân (3.4) là một hàm dao động điều hòa có chu kỳ dao động T chỉ phụ thuộc vào khối lượng m của quả nặng và hệ số đàn hồi của lò xo:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (3.6)$$

Tương tự, khi thay $m \rightarrow I$, $x \rightarrow \theta$, $k \rightarrow D$ trong (3.4), ta được phương trình dao động của con lắc xoắn:

$$I \frac{d^2 \theta}{d^2 t} + D\theta = 0 \quad (3.7)$$

trong đó: θ li độ dao động góc, hay độ dời từ vị trí cân bằng, và D là hằng số xoắn của con lắc xoắn, được xác định theo biểu thức:

$$D = -\frac{\tau}{\theta} \quad (3.8)$$

Tương tự như độ cứng của lò xo thẳng, hằng số xoắn D của con lắc xoắn chỉ phụ thuộc vào vật liệu và cấu tạo của con lắc xoắn mà không phụ thuộc vào các yếu tố bên ngoài.

Nghiệm của phương trình (3.7) là một hàm dao động quay điều hòa với chu kỳ:

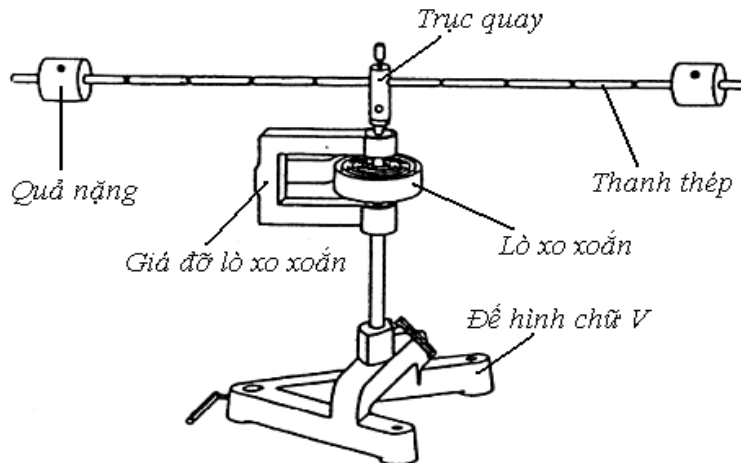
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{D}} \quad (3.9)$$

Trong thí nghiệm này, ta đo hằng số xoắn D của con lắc xoắn và chu kỳ dao động T của nó với các vị trí khác nhau của quả nặng trên thanh thép. Từ đó, ta xác định mômen quán tính I của hai quả nặng theo công thức:

$$I = \frac{DT^2}{4\pi^2} \quad (3.10)$$

II. MÔ TẢ DỤNG CỤ

2.1. Lắp đặt dụng cụ

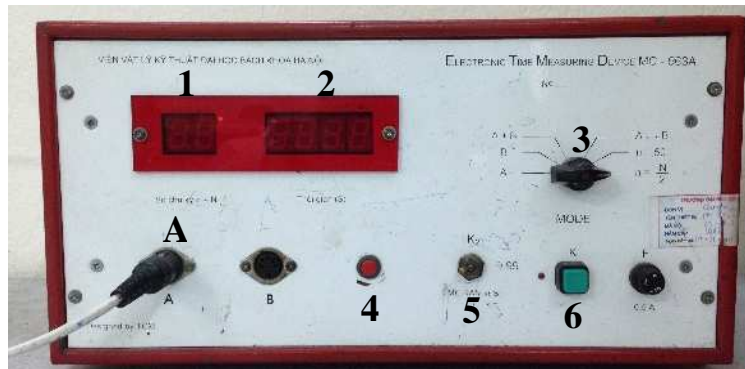


Hình 3.2: Giản đồ con lắc lò xo xoắn có gắn hai quả nặng

Lắp con lắc xoắn lên giá đỡ như trong hình 3.2:

- luồn thanh thép qua lỗ của trục con lắc cho tới khi trục trùng với điểm chính giữa của thanh, dùng vít vặn chặt lại.
- lắp hai quả nặng vào hai đầu thanh thép đúng vị trí sao cho chúng đối xứng qua trục quay và khối tâm của chúng nằm tại các rãnh trên thanh.

2.2. Máy đo thời gian



Hình 3.3: Máy đo thời gian hiển thị số

Máy đo thời gian vạn năng được thiết kế để đo chu kỳ dao động của con lắc hoặc khoảng thời gian giữa hai biến cố. Độ chính xác của máy đo là 0,01s (99.99) hoặc 0,001s (9.999) (hình 3.3). Trong bài thí nghiệm này, chu kỳ dao động của con lắc nhỏ nên ta chọn độ chính xác 0,001s.

Để đo chu kỳ của con lắc xoắn ta nối cổng quang với lỗ cắm A bằng đầu cắm chuyên dùng. Cổng quang bao gồm một nguồn phát tia hồng ngoại và một photodiode (điốt quang) đặt đối diện sao cho ánh sáng từ nguồn chiếu thẳng vào điốt.

Máy đo thời gian được thiết kế để khi thanh thép cắt ngang đường đi của tia sáng nói trên thì máy bắt đầu đếm cho tới khi thanh thép cắt ngang tia sáng lần thứ hai thì dừng đếm.

III. TRÌNH TỰ THÍ NGHIỆM

3.1. Xác định hằng số xoắn D của con lắc xoắn

- Dùng một vật cố định bất kỳ để đánh dấu vị trí cân bằng của con lắc xoắn.
- Quay thanh thép (không gắn 2 quả nặng) lệch khỏi vị trí cân bằng một góc 180° .
- Lấy chuẩn lực kế: mép viền ngoài vỏ lực kế phải trùng với vạch 0 N trên lực kế.
- Ghi độ chính xác giá trị của lực kế vào mục kết quả thí nghiệm.
- Móc lực kế vào thanh thép ở vị trí rãnh thứ hai từ trong ra, cách trục quay một khoảng $r = 100$ mm.
- Kéo lực kế để giữ thanh thép nằm yên ở góc lệch trên. Chú ý đặt lực kế nằm ngang, vuông góc với thanh, và vuông góc với trục quay ($\phi = 90^\circ$).
- Đọc lực giá trị của lực F trên lực kế và ghi vào bảng 3.1.
- Lặp lại các bước từ $e \rightarrow g$ với các khoảng cách lần lượt $r = 150$ mm, 200 mm, và 250 mm. Từ các kết quả trên, ta tính toán hằng số xoắn D dựa vào công thức (3.1) và (3.8).

3.2. Xác định chu kỳ dao động của con lắc xoắn

- Nhấn nút (6) để khởi động máy đo thời gian.
- Bật nút (5) sang trái để có độ chính xác 0,001 s.
- Ghi độ chính xác của máy đo thời gian vào mục kết quả thí nghiệm.
- Vặn nút (3) đến vị trí $n = N/2$.

e. Gắn hai quả nặng vào thanh thép sao cho khối tâm của chúng cách đều trục quay một khoảng $r = 100 \text{ mm}$.

f. Để con lắc nằm yên ở vị trí cân bằng và đưa giá đỡ cổng quang vào sát một đầu mút của thanh thép sao cho đầu mút này nằm trong khe giữa photodiot và nguồn hồng ngoại.

g. Quay thanh thép lệch khỏi vị trí cân bằng một góc khoảng 30° .

h. Ấn nút (4) để đưa bảng chỉ thị thời gian (2) về điểm 0. Thả tay để thanh thép dao động tự do, thanh thép sẽ chắn ngang tia sáng lần thứ nhất, đi đến vị trí biên rồi quay trở lại chắn tia sáng lần thứ hai. Khi đó dùng tay giữ thanh thép lại. Sau lần chắn sáng thứ nhất, máy bắt đầu đếm, và sau lần chắn sáng thứ hai, máy sẽ dừng đếm. Máy đã đếm khoảng thời gian Δt giữa hai lần thanh thép cắt ngang đường đi của tia hồng ngoại, đó là thời gian $\frac{1}{2}$ chu kỳ dao động T .

i. Ghi giá trị của chu kỳ dao động $T = 2\Delta t$ trên đồng hồ hiển thị thời gian đếm (2) vào bảng 3.1.

j. Lặp lại các bước $g \rightarrow i$ 3 lần.

Tăng khoảng cách r giữa hai quả nặng đối với trục quay lên các giá trị $r = 150$, $r = 200$ và $r = 250 \text{ mm}$. Với mỗi vị trí của hai quả nặng cách đều trục quay, lặp lại các bước $f \rightarrow j$.

Cuối cùng tháo hai quả nặng ra và lặp lại các bước $f \rightarrow j$. Lần này, momen quán tính ứng với khoảng cách $r = 0$ của quả nặng (momen quán tính I_0 của thanh).

3.3. Đo momen quán tính của đĩa tròn

a. Giữ nguyên thanh thép, gắn đĩa tròn vào sao cho tâm đĩa trùng với trục quay.

b. Lặp lại các bước $f \rightarrow j$ ở mục 3.2 để đo chu kỳ dao động của con lắc xoắn.

c. Ghi kết quả thu được vào bảng 3.2.

3.4. Cân khối lượng của hai quả nặng và đĩa tròn

a. Điều chỉnh cân về vị trí cân bằng: hai vạch trắng trên giá đỡ và trên đầu cân nằm ngang nhau.

b. Ghi độ chính xác của cân vào mục kết quả thí nghiệm.

c. Lần lượt cân khối lượng của hai quả nặng và đĩa tròn, và ghi vào kết quả thí nghiệm. Vì đĩa tròn có khối lượng lớn hơn giới hạn tối đa của cân nên ta cần mắc thêm vào cân một gia trọng. Gia trọng này tạo ra một momen lực cân bằng với momen lực tạo ra bởi một phần đĩa có khối lượng 500 g. Vì vậy, khối lượng của đĩa sẽ là tổng của giá trị chỉ trên đòn cân và 500 g.

IV. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ TÍNH TOÁN

- Độ chính xác của máy đo thời gian:.....(s)

- Độ chính xác của lực kế:.....(N)

- Độ chính xác của cân:.....(g)

- Khối lượng của hai quả nặng: $2m = \dots\dots\dots$ (g)

- Khối lượng của đĩa tròn: $M = \dots\dots\dots$ (g)

4.1. Bảng 3.1

r (mm)	F (N)	D (N.m/rad)	$T = 2\Delta t$ (s)			\bar{T} (s)	\bar{I} (kgm ²)
			Lần 1	Lần 2	Lần 3		
0							
100							
150							
200							
250							
T.Bình	$\bar{D} = \dots\dots\dots$		$\bar{\Delta T} = \dots\dots\dots$ (s)				

- Mômen quán tính \bar{I} (của thanh và 2 vật nặng) ứng với mỗi r ở bảng 3.1 được xác định bởi công thức:

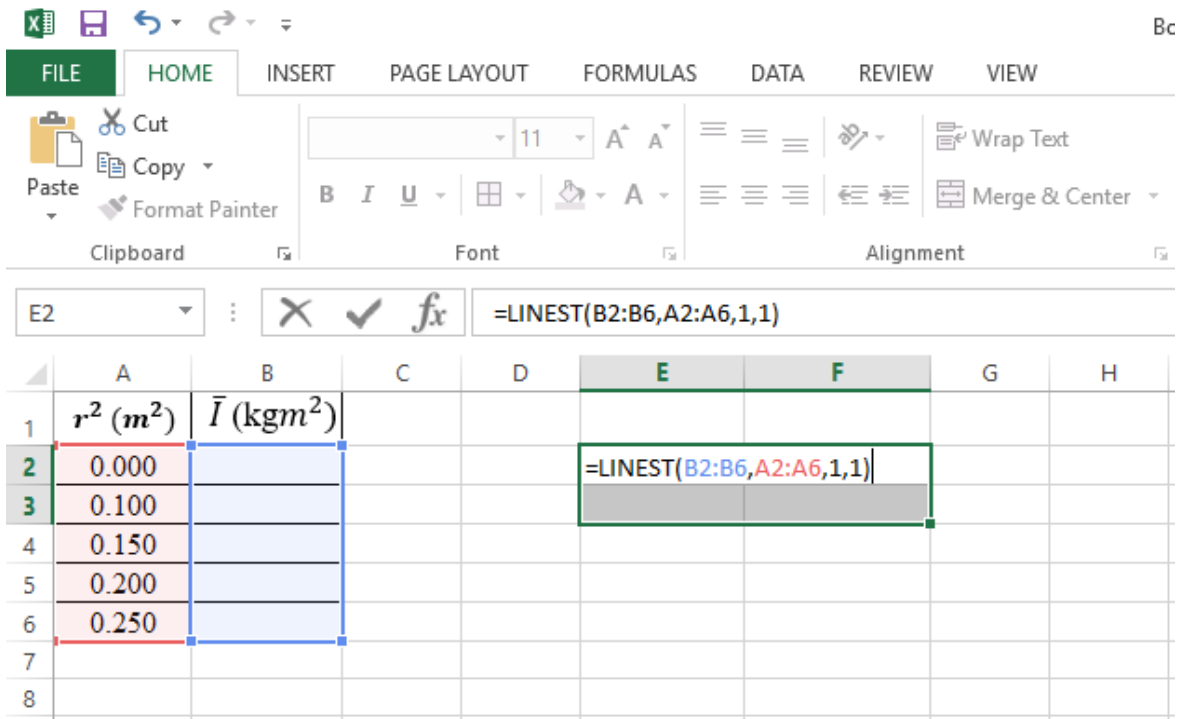
$$\bar{I} = \frac{D\bar{T}^2}{4\pi^2} \quad (3.11)$$

- Vẽ đồ thị phụ thuộc $\bar{I} = \bar{I}(r^2)$ sẽ được một đường thẳng. Đường thẳng này không cắt góc tọa độ mà cắt trục tung ở vị trí $\bar{I} = \bar{I}_0$ ứng với giá trị khi $r = 0$. (I_0 là mômen quán tính của thanh thép đối với trục quay đi qua tâm của thanh). Sử dụng Excel để thu được giá trị của \bar{I}_0 và sai số của nó từ đồ thị $\bar{I} = \bar{I}(r^2)$ như sau:

+ Tạo một bảng như hình 3.4.

+ Chọn 4 ô (4 cell) → gõ hàm “=linest(chọn cột \bar{I} , chọn cột r^2 , 1, 1)” → gõ tổ hợp phím “ctrl + shift + enter”.

+ Khi đó, giá trị thu được của ô trên cùng bên trái (E2 trong hình 3.4) là hệ số góc $2m$ của đường $\bar{I} = \bar{I}(r^2)$, giá trị ở ô dưới cùng bên trái (E3 trong hình 3.4) là sai số $\Delta(2m)$ của nó; giá trị thu được của ô trên cùng bên phải (F2 trong hình 3.4) là \bar{I}_0 , giá trị ở ô dưới cùng bên phải (F3 trong hình 3.4) là sai số $\Delta\bar{I}_0$ của nó.



Hình 3.4: Cách xác định \bar{I}_0 và sai số của nó từ đồ thị $\bar{I} = \bar{I}(r^2)$

Chú ý: nếu muốn đồ thị đi qua gốc tọa độ, gõ hàm “=linest(chọn cột I, chọn cột r^2 , 0, 1)”.

- So sánh m xác định từ đồ thị $\bar{I} = \bar{I}(r^2)$ với khối lượng cân được và nhận xét kết quả.

4.2. Bảng 3.2

	Lần đo			\bar{T} (s)
	1	2	3	
$T = 2\Delta t$ (s)				

- Dựa vào kết quả đo hằng số xoắn \bar{D} ở bảng 3.1 và chu kỳ \bar{T} ở bảng 3.2 để tính mômen quán tính \bar{I}_h của hệ gồm đĩa tròn và thanh thép theo công thức (3.11).

- Sai số tương đối trung bình của I_h :

$$\varepsilon = \frac{\bar{I}_h}{\Delta \bar{I}_h} = \frac{\bar{D}}{\Delta \bar{D}} + 2 \frac{\bar{T}}{\Delta \bar{T}} + 2 \frac{\pi}{\Delta \pi}$$

- Sai số tuyệt đối trung bình của I_d :

$$\overline{\Delta I_h} = \varepsilon \bar{I}_h$$

- Giá trị trung bình của mômen quán tính I_d của đĩa tròn:

$$\bar{I}_d = \bar{I}_h - \bar{I}_o$$

- Sai số tuyệt đối của I_d :

$$\overline{\Delta I_d} = \overline{\Delta I_h} + \overline{\Delta I_o}$$

- Kết quả:

$$I_d = \bar{I}_d \pm \overline{\Delta I_d} = \dots \dots \dots$$

- Dùng công thức tính mômen quán tính của đĩa tròn $I_d = \frac{MR^2}{2}$ và khối lượng đĩa đã cân được để tính

bán kính R của đĩa tròn.

V. CÂU HỎI CHUẨN BỊ BÀI, BÁO CÁO THÍ NGHIỆM, VÀ KIỂM TRA

1. Mục đích của bài thí nghiệm này là gì? Để đạt được mục đích đó, bài thí nghiệm này sử dụng phương pháp đo nào?

2. Nêu ngắn gọn cơ sở lý thuyết của phương pháp đo momen quán tính bằng phương pháp dao động.

3. Nêu rõ vai trò, chức năng của từng dụng cụ thí nghiệm được sử dụng trong thí nghiệm.

4. Để thu được các đại lượng cần đo, ta cần tiến hành thí nghiệm theo trình tự nào?

5. Thực hiện các bước tính toán kết quả thí nghiệm, vẽ đồ thị, và tính sai số như gợi ý trong mục IV.

6. Trong bài thí nghiệm này, sai số của phép đo nào ảnh hưởng lớn nhất đến sai số cuối cùng.








7. Chu kỳ dao động của con lắc xoắn có phụ thuộc vào góc lệch ban đầu không? Vì sao trong thí nghiệm, góc lệch ban đầu được chọn là 30° ?

Gợi ý: đo chu kỳ dao động của con lắc xoắn ứng với $r = 0$ tại các góc $15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ và rút ra kết luận.

BÁO CÁO THÍ NGHIỆM BÀI 3

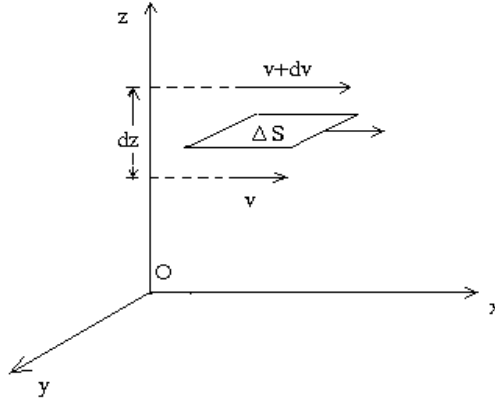
BÀI 4. ĐO HỆ SỐ NHỚT CỦA CHẤT LỎNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP STÖCK

Dụng cụ

STT	Dụng cụ	Hình ảnh
1	Bình thủy tinh hình trụ đựng chất lỏng có hệ số nhớt cần đo	
2	Viên bi thép	
3	Đồng hồ bấm giây (độ chính xác 0,01 s)	
4	Cân kỹ thuật (độ nhạy 4mg/khoảng chia)	
5	Vật nặng B	
6	Thước thẳng milimet (độ chia nhỏ nhất 1mm)	
7	Thước Panme (độ chính xác 0,01mm)	
8	Hộp các quả cân (từ 1g-200g và 02 con mã 200mg và 02 con mã 500mg)	

I. LÝ THUYẾT THÍ NGHIỆM

Khi những lớp khác nhau của chất lỏng chuyển động với những vận tốc khác nhau thì giữa những lớp này xuất hiện những lực cản đối với nhau gọi là lực nội ma sát. Bản chất của lực nội ma sát là do các phân tử chất lỏng luôn tham gia chuyển động nhiệt hỗn loạn nên có những phân tử của lớp chuyển động chậm nhảy sang lớp chuyển động nhanh, làm cho lớp nhanh chuyển động chậm lại.



Hình 4.1. Chất lỏng chuyển động dọc theo phương Ox

Giả sử trong một chất lỏng chuyển động theo phương x (hình 4.1) ta xét hai lớp chất lỏng nằm cách nhau một khoảng dz và có vận tốc khác nhau một lượng dv . Tỷ số dv/dz đặc trưng cho độ biến thiên vận tốc của các lớp chất lỏng trên một đơn vị dài tính dọc theo phương z vuông góc với phương vận tốc và được gọi là gradient vận tốc theo phương z . Thực nghiệm chứng tỏ lực nội ma sát F_{ms} tỷ lệ với độ lớn của diện tích tiếp xúc Δs giữa hai lớp chất lỏng chuyển động đối với nhau và tỉ lệ với dv/dz của chúng:

$$F_{ms} = \eta \cdot \Delta s \cdot \frac{dv}{dz} \quad (4.1)$$

trong đó: Δs là diện tích tiếp xúc giữa hai lớp chất lỏng, hệ số tỉ lệ η là hệ số của nội lực ma sát hay hệ số nhớt của chất lỏng, η phụ thuộc bản chất của chất lỏng, giảm khi nhiệt độ chất lỏng tăng, có đơn vị là kg/ms. Hệ số nhớt η có thể được xác định bằng nhiều phương pháp. Trong bài thí nghiệm này ta dùng phương pháp cho viên bi rơi trong chất lỏng do Stôc tìm ra được gọi là phương pháp Stôc để xác định hệ số nhớt của một số chất lỏng như dầu glyxêrin, dầu parafin hoặc dầu nhòn.

II. MÔ TẢ DỤNG CỤ VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐO

2.1. Hệ số nhớt của chất lỏng

Dụng cụ thí nghiệm gồm một bình thủy tinh hình trụ A đựng chất lỏng có hệ số nhớt cần xác định. Ta thả một viên bi vào trong chất lỏng và để nó rơi thẳng đứng (hình 4.2). Khi đó viên bi sẽ chịu tác dụng của các lực sau đây:

- Trọng lực \vec{P} hướng thẳng đứng xuống dưới và có độ lớn bằng:

$$P = mg = V \rho_1 g \quad (4.2)$$

với: m, V, ρ_1 lần lượt là khối lượng, thể tích và khối lượng riêng của viên bi, g là gia tốc trọng trường ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$).

- Lực đẩy Asimet \vec{P}_A hướng thẳng đứng lên phía trên và có trị số bằng trọng lượng của khối chất lỏng bị viên bi chiếm chỗ:

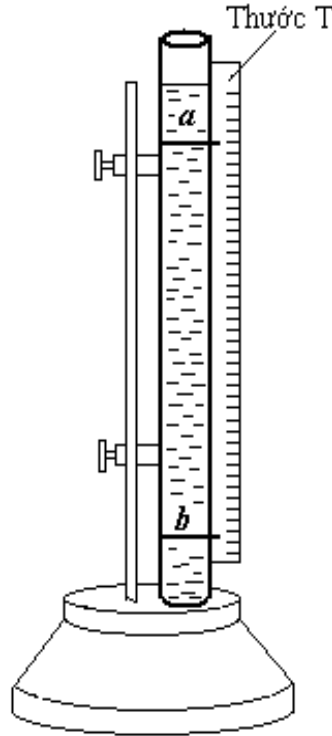
$$P_A = V \cdot \rho \cdot g \quad (4.3)$$

với ρ là khối lượng riêng của chất lỏng, V là thể tích viên bi.

- Lực cản \vec{F}_c hướng thẳng đứng lên phía trên, thực chất là lực nội ma sát giữa lớp chất lỏng dính với mặt ngoài viên bi và các lớp chất lỏng khác. Trong điều kiện thành bình nằm khá xa viên bi thì lực này được tính theo công thức Stôc:

$$F_c = 3\pi\eta.d.v \quad (4.4)$$

với v là vận tốc viên bi, d là đường kính của nó, còn η là hệ số nhớt của chất lỏng trong đó viên bi chuyển động.



Hình 4.2. Lược đồ thí nghiệm bằng phương pháp Stôc

Ở đây cần phải nhấn mạnh rằng lực cản F_c không phải do ma sát giữa viên bi và chất lỏng mà do nội lực ma sát giữa các lớp chất lỏng chuyển động đối với nhau.

Dưới tác dụng của lực tổng hợp ($P - P_A - P_c$) viên bi có khối lượng m sẽ chuyển động với gia tốc $a = dv/dt$ có thể viết dưới dạng:

$$ma = P - P_A - P_c \text{ hay } m \frac{dv}{dt} = V\rho_1 g - V\rho g - 3\pi\eta.d.v \quad (4.5)$$

Giải phương trình (4.5) ta tìm được vận tốc rơi của viên bi:

$$v = \frac{Vg(\rho_1 - \rho)}{3\pi\eta.d} \left(1 - e^{\frac{-3\pi\eta.d.t}{m}} \right) \quad (4.6)$$

Trong đó e là cơ số của lôga Nêpe. Ở đây ta có thể chứng minh bằng cách thay thế trực tiếp nghiệm (4.6) và đạo hàm của nó vào phương trình (4.5). Vì đại lượng $e^{\frac{-3\pi\eta.d.t}{m}}$ giảm rất nhanh theo thời gian t nên vận tốc v của viên bi lúc đầu tăng lên, nhưng sau một khoảng thời gian ngắn nó sẽ đạt tới một giá trị không đổi v_0 :

$$v_0 = \frac{V.g.(\rho_1 - \rho)}{3\pi\eta.d} \quad (4.7)$$

Với vận tốc v_0 ứng với chuyển động rơi thẳng đều của viên bi có thể xác định được, nếu biết khoảng cách l giữa hai vạch dấu a và b trên thành bình và khoảng thời gian t mà viên bi rơi từ a đến b:

$$v_0 = l/t \quad (4.8)$$

So sánh (4.7) với (4.8) và thay giá trị thể tích viên bi $V = \frac{1}{6}\pi d^3$ vào kết quả, ta tìm được công thức tính hệ số nhớt:

$$\eta = \frac{1}{18} \cdot \frac{(\rho_1 - \rho)d^2 \cdot g \cdot t}{l} \quad (4.9)$$

Trong thí nghiệm này ρ_1 và l là những đại lượng cho trước ghi trong bảng hướng dẫn ở phòng thí nghiệm. Muốn xác định η ta phải đo ρ bằng cân kỹ thuật, đo d bằng thước Panme và đo t bằng đồng hồ bấm giây.

2.2. Xác định khối lượng bằng cân chính xác

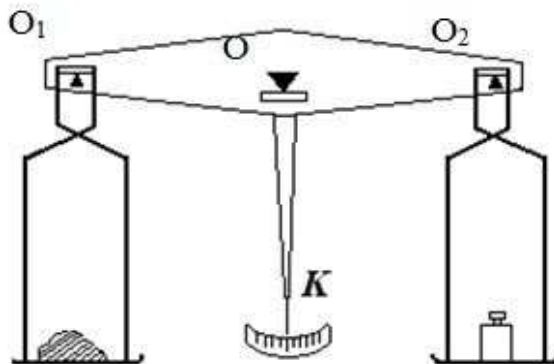


Hình 4.3. Cân chính xác

2.2.1. Nguyên tắc cân khối lượng của một vật

Cân khối lượng của một vật là dùng cân để so sánh khối lượng của vật đó với khối lượng của các quả cân đã được chọn làm mẫu.

Cân trong phòng thí nghiệm gồm bộ phận chính là một đòn cân nằm ngang có thể tự do quay quanh một trục cũng nằm ngang O đi qua chính giữa đòn cân và hai đĩa cân treo ở hai trục O_1, O_2 ở hai đầu đòn cân (hình 4.4). Một kim dài K gắn giữa đòn cân chuyển động trước một mặt chia độ giúp ta xác định vị trí của đòn cân. Khi hai đĩa cân không mang gia trọng nào thì đòn cân sẽ nằm ở vị trí cân bằng nào đó sao cho trọng tâm G của cân nằm trên đường thẳng đứng đi qua trục O , khi đó kim K dừng lại ở một vạch nào đó trên mặt chia độ, đó là vị trí cân bằng của cân.



Hình 4.4. Cân khối lượng của vật

Đặt lên đĩa cân trái vật có khối lượng m và đặt lên đĩa cân phải các quả cân có khối lượng tổng cộng là M để cân trở lại vị trí cân bằng cũ, khi đó mômen trọng lực của vật và của các quả cân đối với điểm O phải bằng nhau:

$$mgl_1 = Mgl_2 \quad (4.10)$$

Với $l_1 = O_1O$ là cánh tay đòn trái, $l_2 = O_2O$ là cánh tay đòn phải.

Từ đó, ta có:

$$m = \frac{Ml_2}{l_1}$$

Nếu hai cánh tay đòn bằng nhau thì: $m = M$ (4.11)

Phương trình (4.11) cho biết khối lượng của vật bằng tổng khối lượng của các quả cân đặt cân bằng với vật. Phép cân một lần như vậy được gọi là phép cân đơn.

2.2.2. Cách cân khối lượng của vật trên cân chính xác

a. Xác định vị trí cân bằng của cân khi hai đĩa cân không mang gì

Để phép cân được nhanh chóng, ta không cần điều chỉnh để khi cân thăng bằng kim K trùng với vạch số 0 của bảng chia độ, mà chỉ cần xác định xem khi đó vạch n_0 nào trên bảng chia độ trùng với kim K mà thôi. Muốn vậy, ta chỉ cần vặn núm V (hình 4.3) để hạ đòn cân xuống và đọc số vạch trên bảng chia độ trùng với kim K tính từ vạch số 0.

b. Xác định độ nhạy của cân

Độ nhạy của cân là đại lượng đo bằng gia trọng mà ta đặt vào một đĩa cân để kim chỉ của cân lệch đi một khoảng chia (một vạch) trên mặt chia độ. Theo thiết kế, độ nhạy của cân chính xác ta dùng là 4 mg/khoảng chia. Tuy nhiên, độ nhạy của cân còn phụ thuộc vào khoảng cách d từ trọng tâm G của toàn bộ đòn cân, các đĩa cân và các vật đặt trên đĩa với trục quay O, nên ta cần xác định lại độ nhạy trong điều kiện cụ thể của thí nghiệm. Muốn vậy, ta đặt lên đĩa cân bên trái một quả cân có khối lượng m (mg) (nên dùng quả cân nhỏ nhất để kim K còn nằm trong bảng chia độ) và đọc giá trị của vạch n trên bảng chia độ trùng với kim K. Khi đó, gia trọng m đã làm kim dịch chuyển $|n - n_0|$ khoảng chia. Vậy độ nhạy của cân là:

$$\gamma = \frac{m}{|n - n_0|} \text{ (mg/khoảng chia).} \quad (4.12)$$

c. Xác định khối lượng vật

Đặt lên đĩa trái vật có khối lượng m_v , đặt các quả cân có khối lượng tương đương M lên đĩa cân bên phải để khi thử cân bằng của cân, kim K không lệch hẳn khỏi thước chia độ (hình 4.4). Nếu n_1 là vạch trên bảng chia độ trùng với kim K, muốn đưa cân về vị trí cân bằng ban đầu n_0 ta phải thêm vào đĩa phải một gia trọng có khối lượng $(n_1 - n_0)\gamma$. Từ đó, ta có:

$$m_v gl_1 = [M + \gamma(n_0 - n_1)]gl_2 \quad (4.13)$$

Khi không cần độ chính xác quá cao, ta xem $l_1 = l_2$. Khi đó:

$$m_v = M + \gamma(n_0 - n_1) \quad (4.14)$$

2.3. Xác định khối lượng riêng của chất lỏng bằng cân kỹ thuật

Khi không có các gia trọng thì đòn cân nằm thăng bằng, khi treo vật nặng B vào đĩa cân bên trái thì đòn cân sẽ lệch khỏi vị trí cân bằng. Ta thêm các quả cân vào đĩa bên phải để cân trở lại thăng bằng. Sau đó, ta nhúng vật B chìm hoàn toàn vào trong cốc đựng chất lỏng mà ta cần xác định khối lượng riêng của nó, cân sẽ lệch khỏi vị trí cân bằng vì vật chịu thêm lực đẩy Acsimet F_A của chất lỏng:

$$F_A = \rho Vg \quad (4.15)$$

trong đó V là thể tích vật, ρ là khối lượng riêng của chất lỏng, g là gia tốc trọng trường.

Lấy vật ra và lau khô. Sau đó, nhúng nó chìm hoàn toàn trong cốc chứa nước nguyên chất để xác định lực đẩy Acsimet F_{A0} của nước nguyên chất tác dụng lên vật. Trị số của F_{A0} được xác định:

$$F_{A0} = \rho_0 V g \quad (4.16)$$

trong đó ρ_0 là khối lượng riêng của nước nguyên chất ở nhiệt độ làm thí nghiệm (cho trước trong bảng hướng dẫn), g là gia tốc trọng trường.

So sánh các công thức (4.15) và (4.16) ta rút ra:

$$\rho = \rho_0 \frac{F_A}{F_{A0}} \quad (4.17)$$

Như vậy, để xác định được khối lượng riêng ρ của chất lỏng theo công thức (4.17) ta cần xác định F_{A0} , F_A và ρ_0 . Trong hệ SI, đơn vị của ρ và ρ_0 là kg/m^3 .

III. TRÌNH TỰ THÍ NGHIỆM

3.1. Xác định khối lượng riêng của Glyxerin

a. Giả sử khi các đĩa cân chưa có gì và đòn cân nằm cân bằng thì kim chỉ ở vạch n_0 của thước chia độ.

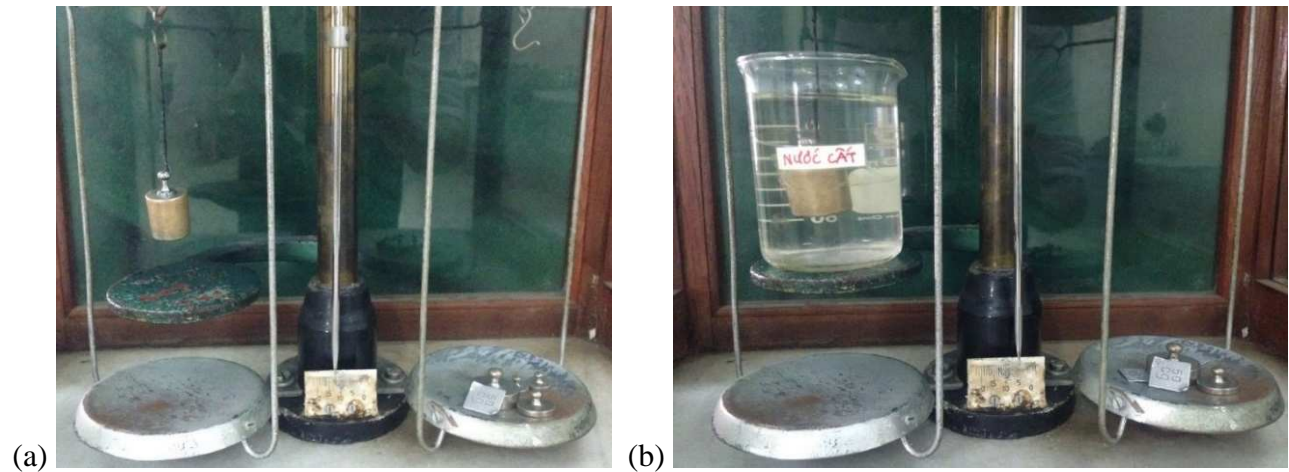
b. Treo vật có trọng lượng P_v vào đĩa cân bên trái, ở đĩa cân bên phải ta bỏ vào các quả cân có tổng khối lượng M (trọng lượng P) sao cho cân cân bằng. Xác định vạch chỉ n của kim khi đòn cân nằm cân bằng (Hình 4.5(a)). Áp dụng cân bằng momen lực (công thức (4.13)), ta có:

$$P_v l_1 = P l_2 + \gamma(n_0 - n) g l_2$$

Khi không cần độ chính xác quá cao, ta xem $l_1 = l_2$. Khi đó:

$$P_v = [M + \gamma(n_0 - n)] g \quad (4.18)$$

Ghi các giá trị M và n vào bảng 4.1. Đóng mở cân thêm 2 lần và ghi các giá trị n vào bảng 4.1.



Hình 4.5. (a) Xác định M và n khi treo vật trong không khí. (b) Xác định M_1 và n_1 khi treo vật trong nước

c. Nhúng vật chìm hoàn toàn vào trong cốc đựng nước cất, đòn cân sẽ lệch khỏi vị trí cân bằng vì vật chịu thêm lực đẩy Acsimet F_{A0} của nước. Lấy bớt các quả cân ở đĩa cân bên phải để đòn cân trở lại vị trí cân bằng (hình 4.5(b)). Xác định tổng khối lượng M_1 của các quả cân còn lại và vạch chỉ n_1 của kim khi đòn cân nằm cân bằng trở lại và ghi vào bảng 4.1. Đóng mở cân thêm 2 lần và ghi các giá trị n_1 vào bảng 4.1. Áp dụng cân bằng momen lực với $l_1 = l_2$, ta có:

$$P_v - F_{A0} = [M_1 + \gamma(n_0 - n_1)] g \quad (4.19)$$

Khi đó, lực đẩy Acsimet F_{A0} của nước tác dụng lên vật:

$$F_{A0} = [M - M_1 + \gamma(n_1 - n)] g \quad (4.20)$$

d. Lấy vật ra và lau khô. Sau đó, nhúng nó chìm hoàn toàn trong cốc chứa glyxerin để xác định lực đẩy Acsimet F_A của glyxerin tác dụng lên vật. Vì $F_A > F_{A0}$, khi thay cốc đựng nước cất bằng cốc đựng glyxerin ta phải lấy quả cân ra thêm để cân trở lại cân bằng (hình 4.6). Xác định tổng khối lượng M_2 của các quả cân còn lại và vạch chỉ n_2 của kim khi đòn cân trở lại cân bằng và ghi vào bảng 4.1. Đóng mở cân thêm 2 lần và ghi các giá trị n_2 vào bảng 4.1. Tương tự, lực đẩy Acsimet F_A của glyxerin tác dụng lên vật:

$$F_A = [M - M_2 + \gamma(n_2 - n)]g \quad (4.21)$$



Hình 4.6. Xác định M_2 và n_2 khi treo vật trong glyxerin

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

- Điều chỉnh số 0 của thước panme: dùng một cái chìa khóa đặc biệt đặt trong hộp của thước panme để quay thước tròn sao cho số 0 của nó trùng với đường chuẩn ngang của thước thẳng T.
- Dùng thước panme để đo đường kính của 5 viên bi khác nhau rồi ghi kết quả vào bảng 4.1.

3.3. Đo thời gian rơi t của viên bi bằng đồng hồ bấm giây

- Đặt hai vạch dấu a và b trên thành bình A cách nhau một khoảng l (vạch a ở phía trên phải nằm cách mặt chất lỏng 5-10 cm).
- Thả viên bi rơi nhẹ nhàng theo trục thẳng đứng của bình A, quan sát chuyển động của viên bi và đo khoảng thời gian t mà viên bi rơi từ vạch a đến vạch b bằng đồng hồ bấm giây chính xác tới 0,01 giây. Cách sử dụng đồng hồ bấm giây do giáo viên hướng dẫn.

Chú ý: Đặt mắt ngang các vạch a và b để bấm đồng hồ lúc viên bi chuyển động qua các vạch đó.

Dùng một thanh nam châm để lấy viên bi ra khỏi bình A (cẩn thận đừng để nam châm va vào thành bình làm vỡ bình). Lặp lại bước b 5 lần. Ghi các giá trị của nó vào bảng 4.1.

IV. TÍNH TOÁN SAI SỐ VÀ KẾT QUẢ CỦA PHÉP ĐO

4.1. Bảng 4.1

$\rho_1 = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots (kg/m^3)$		$l = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots (m)$											
$\rho_0 = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots (kg/m^3)$		$g = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots (m/s^2)$											
Độ nhạy của cân: $\gamma = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots$													
Lần	M	n	Δn	M_1	n_1	Δn_1	M_2	n_2	Δn_2	d	Δd	t	Δt
1													
2													
3													

4													
5													
TB	$\overline{\Delta M}$ = 0			$\overline{\Delta M_1}$ = 0			$\overline{\Delta M_2}$ = 0						

4.2. Lực đẩy Acsimet của nước tác dụng lên vật

- Giá trị trung bình:

$$\overline{F}_{Ao} = [M - M_1 + \gamma(\overline{n}_1 - \overline{n})]g \text{ (mN)} \quad (4.22)$$

- Sai số tuyệt đối trung bình:

$$\overline{\Delta F}_{Ao} = \gamma g(\overline{\Delta n}_1 + \overline{\Delta n}) + \gamma(\overline{n}_1 - \overline{n})\overline{\Delta g} + (\overline{n}_1 - \overline{n})g\overline{\Delta \gamma} \text{ (mN)} \quad (4.23)$$

4.3. Lực đẩy Acsimet của glycerin tác dụng lên vật

- Giá trị trung bình

$$\overline{F}_A = [M - M_2 + \gamma(\overline{n}_2 - \overline{n})]g \text{ (mN)} \quad (4.24)$$

- Sai số tuyệt đối trung bình:

$$\overline{\Delta F}_{Ao} = \gamma g(\overline{\Delta n}_2 + \overline{\Delta n}) + \gamma(\overline{n}_2 - \overline{n})\overline{\Delta g} + (\overline{n}_2 - \overline{n})g\overline{\Delta \gamma} \text{ (mN)} \quad (4.25)$$

4.4. Khối lượng riêng của glycerin

- Giá trị trung bình

$$\overline{\rho} = \rho_o \frac{\overline{F}_A}{\overline{F}_{Ao}} \quad (4.26)$$

- Sai số tương đối trung bình:

$$\varepsilon_\rho = \frac{\overline{\Delta \rho}}{\overline{\rho}} = \frac{\overline{\Delta \rho_o}}{\overline{\rho_o}} + \frac{\overline{\Delta F}_{Ao}}{\overline{F}_{Ao}} + \frac{\overline{\Delta F}_A}{\overline{F}_A} \quad (4.27)$$

- Sai số tuyệt đối trung bình:

$$\overline{\Delta \rho} = \varepsilon_\rho \cdot \overline{\rho}$$

4.5. Hệ số nhớt của glycerin

- Giá trị trung bình:

$$\overline{\eta} = \frac{1}{18} \frac{(\rho_1 - \overline{\rho})d^2 g \overline{t}}{\overline{l}}$$

- Sai số tương đối trung bình:

$$\varepsilon_\eta = \frac{\overline{\Delta \eta}}{\overline{\eta}} = \frac{\overline{\Delta g}}{g} + \frac{\overline{\Delta \rho_1} + \overline{\Delta \rho}}{\rho_1 + \rho} + \frac{\overline{\Delta l}}{l} + \frac{2\overline{\Delta d}}{d} + \frac{\overline{\Delta t}}{t} \quad (4.28)$$

- Sai số tuyệt đối trung bình:

$$\overline{\Delta \eta} = \varepsilon_\eta \cdot \overline{\eta} \quad (4.29)$$

4.6. Kết quả

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

CÂU HỎI KIỂM TRA

1. Định nghĩa lực nội ma sát của chất lỏng. Giải thích bản chất của lực nội ma sát. Viết biểu thức toán của nó và nêu ý nghĩa vật lý của hệ số nhớt của chất lỏng.





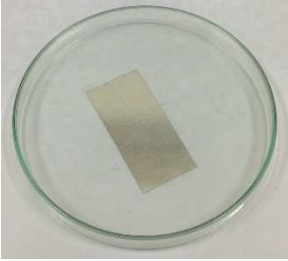

2. Nêu rõ nội dung cách xác định hệ số nhớt của chất lỏng bằng phương pháp Stôc. Viết biểu thức tính hệ số nhớt η của chất lỏng theo phương pháp trên. Đơn vị η trong hệ SI là gì? Giải thích nguyên nhân gây ra lực cản F_c đối với chuyển động của viên bi trong chất lỏng và biểu thức toán của nó và nêu ý nghĩa vật lý của hệ số nhớt của chất lỏng.

3. Vận tốc rơi của viên bi chuyển động trong chất lỏng thay đổi theo thời gian như thế nào? Tại sao phải đặt vạch dấu a ở phía trên thành bình A cách mặt chất lỏng một khoảng bằng 5- 10cm? Muốn kết quả đo theo phương pháp này được chính xác ta phải thực hiện điều kiện về kích thước viên bi với kích thước của bình đựng chất lỏng như thế nào?
4. Nêu rõ nội dung phương pháp đo khối lượng riêng của chất lỏng bằng cân kỹ thuật. Trong khi đo nếu nhúng vật B không nhúng chìm hoàn toàn trong chất lỏng thì kết quả đo có chính xác không? Giải thích?
5. Giải thích trình tự tính toán sai số và kết quả của phép đo như đã trình bày trong phần IV. Chứng minh công thức (4.23), (4.25), (4.27) và (4.28).

BÁO CÁO THÍ NGHIỆM BÀI 4

BÀI 5. XÁC ĐỊNH HỆ SỐ NỞ DÀI CỦA VẬT RẮN

DỤNG CỤ

Thiết bị nở dài TD-8558A với áp kế và nhiệt điện trở	
Bình đun	
Đồng hồ đa năng	
Ống đồng và thép	
Đĩa petri	
Thước dây	

I. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Hầu hết vật liệu sẽ thay đổi kích thước một ít mà không biến đổi pha khi nhiệt độ thay đổi trong một khoảng nào đó. Trong các trường hợp này, nhiệt mà vật liệu nhận vào dùng để tăng biên độ dao động trung bình giữa các nguyên tử, và do đó làm tăng khoảng cách trung bình giữa các nguyên tử.

Giả sử một vật có chiều dài l trải qua sự thay đổi nhiệt độ Δt . Nếu Δt không quá lớn, độ nở dài của vật Δl tỉ lệ với l và Δt :

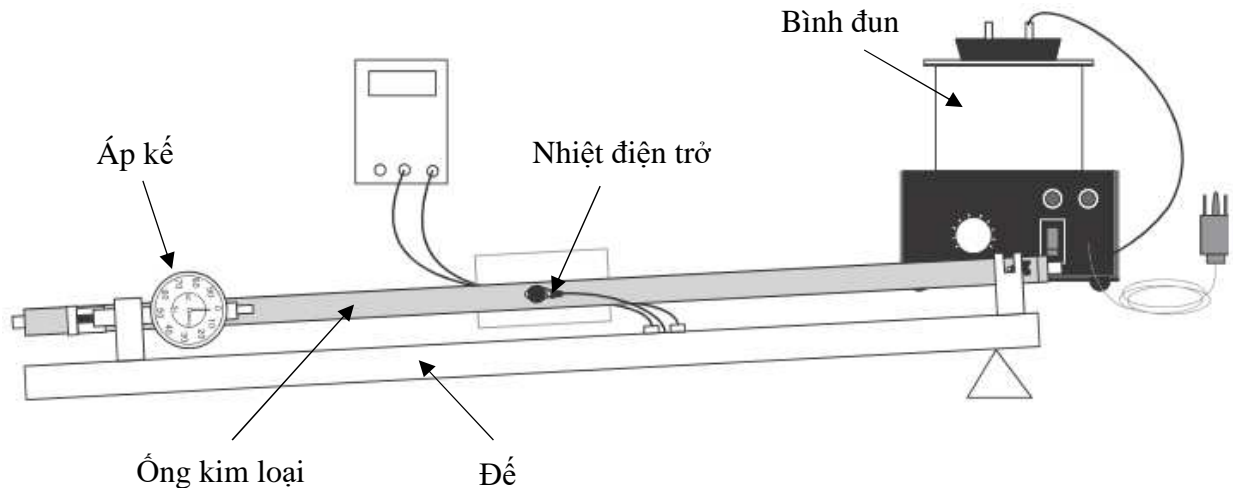
$$\Delta l = \alpha l \Delta t \quad (5.1)$$

Với α là hệ số nở dài của vật. Với những vật không đẳng hướng như các tinh thể không đối xứng, hệ số nở dài theo các hướng khác nhau thì khác nhau. Hơn nữa, hệ số nở dài cũng có thể thay đổi theo

hiệu ứng của vật. Khi đó, độ nở dài không chỉ phụ thuộc vào sự thay đổi nhiệt độ của vật, mà còn phụ thuộc vào nhiệt độ tuyệt đối của vật.

Trong thí nghiệm này, chúng ta sẽ đo hệ số nở dài của đồng và nhôm. Hai vật này có tính đẳng hướng nên chúng ta chỉ cần xác định hệ số nở dài của chúng theo một hướng bất kỳ. Hơn nữa, trong giới hạn của phép đo, hệ số nở dài của chúng không thay đổi theo nhiệt độ.

II. MÔ TẢ DỤNG CỤ VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐO



Hình 5.1. Sơ đồ cấu tạo của thiết bị đo nở dài

Bảng 5.1. Bảng chuyển đổi giữa điện trở của nhiệt điện trở và nhiệt độ của nó

Res. (Ω)	Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	Res. (Ω)	Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	Res. (Ω)	Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	Res. (Ω)	Temp. ($^{\circ}\text{C}$)
351,020	0	95,447	26	30,976	52	11,625	78
332,640	1	91,126	27	29,756	53	11,223	79
315,320	2	87,022	28	28,590	54	10,837	80
298,990	3	83,124	29	27,475	55	10,467	81
283,600	4	79,422	30	26,409	56	10,110	82
269,080	5	75,903	31	25,390	57	9,767.2	83
255,380	6	72,560	32	24,415	58	9,437.7	84
242,460	7	69,380	33	23,483	59	9,120.8	85
230,260	8	66,356	34	22,590	60	8,816.0	86
218,730	9	63,480	35	21,736	61	8,522.7	87
207,850	10	60,743	36	20,919	62	8,240.6	88
197,560	11	58,138	37	20,136	63	7,969.1	89
187,840	12	55,658	38	19,386	64	7,707.7	90
178,650	13	53,297	39	18,668	65	7,456.2	91
169,950	14	51,048	40	17,980	66	7,214.0	92
161,730	15	48,905	41	17,321	67	6,980.6	93
153,950	16	46,863	42	16,689	68	6,755.9	94
146,580	17	44,917	43	16,083	69	6,539.4	95
139,610	18	43,062	44	15,502	70	6,330.8	96
133,000	19	41,292	45	14,945	71	6,129.8	97
126,740	20	39,605	46	14,410	72	5,936.1	98
120,810	21	37,995	47	13,897	73	5,749.3	99
115,190	22	36,458	48	13,405	74	5,569.3	100
109,850	23	34,991	49	12,932	75		
104,800	24	33,591	50	12,479	76		
100,000	25	32,253	51	12,043	77		

Thiết bị đo hệ số nở dài sử dụng trong bài thí nghiệm này được mô tả sơ lược ở hình 5.1. Thiết bị đo hệ số nở dài gồm:

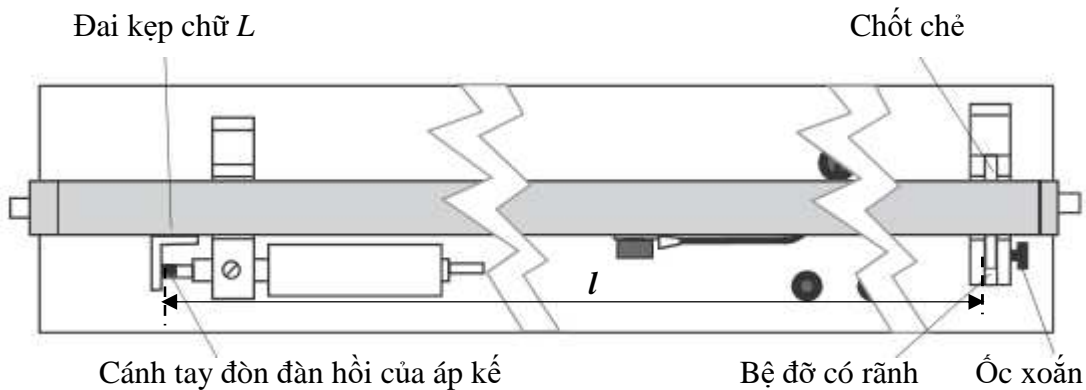
- Đế dài 70 cm có gắn áp kế và nhiệt điện trở.
- Các ống kim loại. Trên mỗi ống có vít để nối với đầu đo của nhiệt điện trở.
- Bình đun tạo hơi nước.
- Đồng hồ đa năng để đo nhiệt độ của nhiệt điện trở
- Một vật nhỏ để nâng một đầu của đế lên cao khoảng 3 cm.
- Một Đĩa petri (150 x 35)mm để hứng nước sau khi chảy ra khỏi ống kim loại.

Đầu tiên, chiều dài các ống được đo ở nhiệt độ phòng. Hơi nước từ bình đun được cho chảy qua các ống nhờ ống dẫn cao su. Độ nở dài của các ống được đo bởi áp kế với độ chính xác 0.01 mm. Nhiệt độ của ống được đo bởi điện trở nhiệt với độ chính xác 0.5°C.

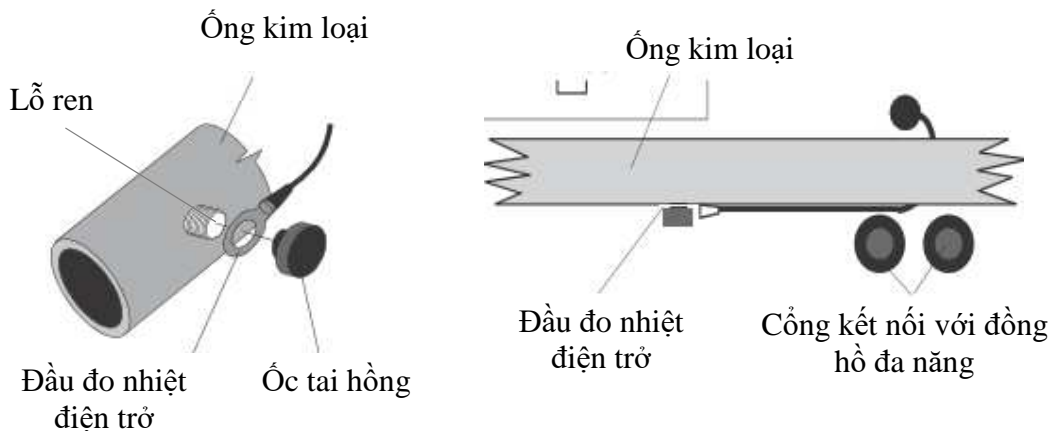
Điện trở của nhiệt điện trở thay đổi theo nhiệt độ và có thể đo bằng một đồng hồ đa năng. Từ kết quả đo được của điện trở, nhiệt độ của nhiệt điện trở được xác định từ bảng chuyển đổi trên đế của thiết bị đo và bảng 5.1. Mặc dù mối liên hệ giữa nhiệt độ và điện trở là không tuyến tính, chúng ta có thể sử dụng gần đúng tuyến tính để nội suy nhiệt độ giữa 2 điểm dữ liệu trong bảng với độ chính xác xấp xỉ 0.2°C.

III. TIẾN TRÌNH THÍ NGHIỆM

a. Dùng thước dây đo chiều dài l của ống đồng ở nhiệt độ phòng. Đo từ mép trong của chốt chặn bằng thép không gỉ đến mép trong của đai kẹp chữ L gắn ở 2 đầu của ống đồng. Đo l 3 lần và ghi các kết quả vào bảng 5.2.



Hình 5.2. Lắp đặt thiết bị (Nhìn từ trên)



Hình 5.3. Kết nối đầu đo nhiệt điện trở với ống kim loại

- b.** Gắn ống đồng vào đế như hình 5.2. Chốt chặn bằng thép không gỉ trên ống đồng nằm khớp với rãnh của bộ đỡ trong khi đai kẹp chữ L trên ống ghì chặt cánh tay đòn đòn của áp kế.
- c.** Sử dụng ốc tai hồng để nối đầu đo nhiệt điện trở với lỗ ren ở giữa ống đồng. Đầu đo nhiệt điện trở phải nằm song song với trục của ống đồng như hình 5.3 để nó tiếp xúc nhiệt tốt nhất với ống đồng.
- d.** Cắm 2 dây nối của đồng hồ đa năng vào 2 cổng kết nối của nhiệt điện trở ở giữa đế.
- e.** Đọc giá trị điện trở R_{rm} của nhiệt điện trở trên đồng hồ đa năng ở nhiệt độ phòng. Lặp lại thêm 2 lần và ghi các số liệu vào bảng 5.2.
- f.** Sử dụng ống cao su để nối bình đun với một đầu của ống đồng.
- g.** Sử dụng một quyển vở hay một vật nhỏ nào đó để nâng một đầu của đế nơi nối với bình đun lên cao vài cm để nước ngưng tụ trong ống đồng có thể thoát ra ngoài. Đặt đĩa petri dưới đầu còn lại của ống để hứng nước chảy ra từ ống.
- h.** Điều chỉnh áp kế để kim đo trùng với vạch số 0 trên thang đo. Khi ống đồng nở ra, kim đo của áp kế sẽ quay ngược chiều kim đồng hồ.
- i.** Cấp điện cho bình đun nước. Khi hơi nước bắt đầu chảy trong ống đồng, quan sát áp kế và đồng hồ đa năng. Khi điện trở của nhiệt điện trở ổn định (kim áp kế ngừng quay), ghi giá trị R_{hot} vào bảng 5.2. Cũng ghi lại độ nở dài Δl của ống đồng bằng cách xác định số vạch quay của kim áp kế. Mỗi vạch trên áp kế tương ứng với 0.01 mm nở dài. Lặp lại thêm 2 lần để có 3 giá trị của R_{hot} và Δl . Ghi các kết quả vào bảng 5.2.

Lặp lại thí nghiệm đối với ống thép.

Chú ý: Trước khi thay ống kim loại phải mở ốc tai hồng để lấy đầu đo nhiệt điện trở ra khỏi ống.

IV. KẾT QUẢ VÀ TÍNH TOÁN

Bảng 5.2

		Tại nhiệt độ phòng t_{rm}			Tại nhiệt độ cân bằng nhiệt t_{hot}		
		l (mm)	$\Delta(l) = l - \bar{l} $ (mm)	R_{rm} (Ω)	Δl (mm)	$\Delta(\Delta l) = \Delta l - \overline{\Delta l} $ (mm)	R_{hot} (Ω)
Đồng	Lần 1						
	Lần 2						
	Lần 3						
Trung bình		$\bar{l} =$	$\overline{\Delta(l)} =$		$\overline{\Delta l} =$	$\overline{\Delta(\Delta l)} =$	
Thép	Lần 1						
	Lần 2						
	Lần 3						
Trung bình		$\bar{l} =$	$\overline{\Delta(l)} =$		$\overline{\Delta l} =$	$\overline{\Delta(\Delta l)} =$	

1. Sử dụng bảng chuyển đổi 5.1 để xác định các nhiệt độ t_{rm} và t_{hot} của 2 ống kim loại ứng với các giá trị điện trở R_{rm} và R_{hot} của nhiệt điện trở. Ghi kết quả vào bảng dưới.

		t_{rm} ($^{\circ}C$)	$\Delta(t_{rm}) = t_{rm} - \bar{t}_{rm} $ ($^{\circ}C$)	t_{hot} ($^{\circ}C$)	$\Delta(t_{hot}) = t_{hot} - \bar{t}_{hot} $ ($^{\circ}C$)
Đồng	Lần 1				
	Lần 2				
	Lần 3				
Trung bình		$\bar{t}_{rm} =$	$\overline{\Delta(t_{rm})} =$	$\bar{t}_{hot} =$	$\overline{\Delta(t_{hot})} =$
Nhôm	Lần 1				
	Lần 2				

	Lần 3			
Trung bình	$\bar{t}_{rm} =$	$\overline{\Delta(t_{rm})} =$	$\bar{t}_{hot} =$	$\overline{\Delta(t_{hot})} =$

2. Độ tăng nhiệt độ trung bình của 2 ống kim loại

$$\overline{\Delta t} = \bar{t}_{hot} - \bar{t}_{rm}$$

3. Sai số tuyệt đối của độ tăng nhiệt độ của 2 ống kim loại

$$\overline{\Delta(\Delta t)} = \overline{\Delta(t_{hot})} + \overline{\Delta(t_{rm})}$$

4. Hệ số nở dài trung bình của 2 ống kim loại

$$\bar{\alpha} = \frac{\overline{\Delta l}}{\bar{l} \overline{\Delta t}}$$

4. Sai số tương đối của α của 2 ống kim loại

$$\varepsilon = \frac{\overline{\Delta(\Delta l)}}{\overline{\Delta l}} + \frac{\overline{\Delta(l)}}{\bar{l}} + \frac{\overline{\Delta(\Delta t)}}{\overline{\Delta t}}$$

5. Tính sai số tuyệt đối của α của 2 ống kim loại

$$\overline{\Delta \alpha} = \varepsilon \bar{\alpha}$$

6. Kết quả

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

V. CÂU HỎI KIỂM TRA

1. Hệ số nở dài của đồng và nhôm là $17.6 \times 10^{-6} \text{ (K}^{-1}\text{)}$ và $23.4 \times 10^{-6} \text{ (K}^{-1}\text{)}$. So sánh kết quả thu được với các giá trị trên. Nguyên nhân của sự khác nhau là gì? Làm thế nào để tăng độ chính xác của phép đo?

2. Từ kết quả thu được, chúng ta có thể xác định hệ số nở khối của đồng và nhôm? Nêu cách xác định.

BÁO CÁO THÍ NGHIỆM BÀI 5

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] <http://hiseda.com/tin-tuc/huong-dan-su-dung-thuoc-cap-du-xich-48.html>

[2] Raymond A. Serway and Jr. J. W. Jewett, *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics 9th Ed.*, Cengage Learning, USA, 2014.