

BÀI MỞ ĐẦU: LÝ THUYẾT PHÉP ĐO VÀ SAI SỐ

I. CÁC ĐỊNH NGHĨA

1. Phép đo trực tiếp và đo gián tiếp

a) **Phép đo trực tiếp:** là phép đo mà đại lượng cần đo được so sánh với một đại lượng khác cùng loại, cho trước được chọn làm đơn vị.

Đối tượng trong phép đo trực tiếp gọi là đại lượng đo trực tiếp.

b) **Phép đo gián tiếp:** là phép đo gián tiếp mà đại lượng cần đo được suy ra từ các đại lượng đo trực tiếp thông qua một biểu thức toán học.

Đối tượng trong phép đo gián tiếp gọi là đại lượng đo gián tiếp.

Ví dụ 1:

Dùng Vôn kế và Ampe kế ta đo trực tiếp được U, I .

Khi đó để đo điện trở sử dụng định luật Ohm: $R=U/I$.

Phép đo R là phép đo gián tiếp, R là đối tượng đo gián tiếp.

2. Sai số

a) Sai số hệ thống

Biểu hiện: làm giá trị đo luôn luôn bị lệch về một phía so với giá trị thực (tức là giá trị đo luôn lớn hơn hoặc nhỏ hơn giá trị thực của đại lượng đo).

Nguyên nhân: Do dụng cụ đo (sai, sử dụng chưa phù hợp).

Lý thuyết đo chưa hoàn chỉnh.

Khắc phục: Sử dụng đúng dụng cụ đo chuẩn.

Hoàn thiện lý thuyết đo.

Loại trừ hoàn toàn được sai số hệ thống.

b) Sai số ngẫu nhiên

Biểu hiện: làm giá trị đo luôn bị lệch về cả 2 phía so với giá trị thực (tức là giá trị đo có thể lớn hoặc nhỏ hơn giá trị thực của đại lượng đo).

Nguyên nhân: Do hạn chế các giác quan của người làm thí nghiệm và các yếu tố ảnh hưởng từ bên ngoài đến kết quả đo.

Khắc phục: Tiến hành đo nhiều lần.

Loại trừ các yếu tố ảnh hưởng của môi trường.

Không thể loại trừ hoàn toàn sai số ngẫu nhiên.

II. CÁCH TÍNH SAI SỐ CỦA PHÉP ĐO TRỰC TIẾP

Giả sử đo trực tiếp đại lượng X , đo n lần được các giá trị: X_1, X_2, \dots, X_n

1. Tìm giá trị trung bình của X (sau n lần đo): $\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$

2. Tính các sai số tuyệt đối cho từng lần đo riêng lẻ:

$$\Delta X_1 = |\bar{X} - X_1|; \Delta X_2 = |\bar{X} - X_2|; \dots; \Delta X_n = |\bar{X} - X_n|$$

3. Tính sai số tuyệt đối trung bình (sai số tuyệt đối):

$$\overline{\Delta X} = \frac{\Delta X_1 + \Delta X_2 + \dots + \Delta X_n}{n}$$

4. Tính sai số tương đối (sai số tỷ đối): $\delta = \frac{\overline{\Delta X}}{\bar{X}} \cdot 100\%$

5. Viết kết quả đo dưới 2 dạng:

$$X = \bar{X} \pm \overline{\Delta X} \quad (\text{đơn vị đo của } X)$$

$$X = \bar{X} \pm \delta \quad (\%)$$

Chú ý: Nếu dụng cụ đo ghi cấp chính xác k , thì sai số tuyệt đối: $\overline{\Delta X} = k \cdot X_{\max}$; trong đó X_{\max} là giá trị lớn nhất của thang đo.

Ví dụ 2: Đo hiệu điện thế của nguồn điện được các kết quả như sau:

Lần 1: $U_1 = 1,5$ (V) Lần 2: $U_2 = 1,5$ (V)

Lần 3: $U_3 = 1,4$ (V) Lần 4: $U_4 = 1,6$ (V)

Lần 5: $U_5 = 1,3$ (V)

Viết kết quả đo của hiệu điện thế?

Cách tính:

Bước 1: Tính giá trị trung bình:

$$\bar{U} = \frac{U_1 + U_2 + U_3 + U_4 + U_5}{5} = \frac{1,5 + 1,5 + 1,4 + 1,6 + 1,3}{5} = 1,46 \text{ (V)}$$

Bước 2: Tính sai số tuyệt đối trong từng lần đo:

$$\Delta U_1 = \bar{U} - U_1 = 0,04 \text{ (V)}$$

$$\Delta U_2 = \bar{U} - U_2 = 0,04 \text{ (V)}$$

$$\Delta U_3 = \bar{U} - U_3 = 0,06 \text{ (V)}$$

$$\Delta U_4 = \bar{U} - U_4 = 0,14 \text{ (V)}$$

$$\Delta U_5 = \bar{U} - U_5 = 0,16 \text{ (V)}$$

Bước 3: Tính sai số tuyệt đối trung bình:

$$\overline{\Delta U} = \frac{\Delta U_1 + \Delta U_2 + \Delta U_3 + \Delta U_4 + \Delta U_5}{5} = 0,088 \text{ (V)}$$

Bước 4: Tính sai số tương đối tỉ đối:

$$\delta = \frac{\overline{\Delta U}}{\overline{U}} \cdot 100\% = \frac{0,088}{1,46} = 6,027397 \%$$

Bước 5: Viết kết quả: $U = 1,46 \pm 0,09 \text{ (V)}$

$$U = 1 \pm 6\% \text{ (V)}$$

III. CÁCH TÍNH SAI SỐ CỦA PHÉP ĐO GIÁN TIẾP

Đo đại lượng F : xác định bởi $F=F(x,y,z)$

Đo trực tiếp x, y, z ta được $x = \bar{x} \pm \Delta \bar{x}$; $y = \bar{y} \pm \Delta \bar{y}$; $z = \bar{z} \pm \Delta \bar{z}$;

Trình tự tiến hành: (áp dụng cho hàm F có dạng tích, thương, lũy thừa, mũ.. của x, y, z)

1. Tính giá trị trung bình bằng cách thay: $\bar{F} = F(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$
2. Lấy lôga tự nhiên (ln) cả 2 vế của $F=F(x,y,z)$.

$$\ln F = \ln F(x,y,z)$$

Lấy vi phân 2 vế:

$$d(\ln F) = d(\ln(F(x, y, z)))$$

$$\Leftrightarrow \frac{dF}{F} = \frac{\left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)dx + \left(\frac{\partial F}{\partial y}\right)dy + \left(\frac{\partial F}{\partial z}\right)dz}{F(x, y, z)}$$

3. Tính sai số tỷ đối bằng cách thay dấu vi phân d bằng Δ như sau (lấy dấu giá trị tuyệt đối của biểu thức trước dấu Δ):

$$\delta = \frac{\overline{\Delta F}}{\bar{F}} \cdot 100\% = \left(\left| \frac{\partial F}{\partial x} \right| \Delta \bar{x} + \left| \frac{\partial F}{\partial y} \right| \Delta \bar{y} + \left| \frac{\partial F}{\partial z} \right| \Delta \bar{z} \right) \cdot 100\%$$

4. Tính sai số tuyệt đối trung bình: $\overline{\Delta F} = \bar{F} \cdot \delta$
5. Viết kết quả dưới dạng: Sai số tuyệt đối $F = \bar{F} \pm \overline{\Delta F}$
hoặc Sai số tỷ đối $F = \bar{F} \pm \delta$

Ví dụ 3: Đo R theo định luật Ohm: $R = \frac{U}{I}$

Ta đo được trực tiếp U và I :

$$U = \bar{U} \pm \overline{\Delta U} = 9,70 \pm 0,05 \text{ (V)} \text{ và } I = \bar{I} \pm \overline{\Delta I} = 1,50 \pm 0,09 \text{ (A)}$$

$$* \text{Tính được: } \bar{R} = \frac{\bar{U}}{\bar{I}} = \frac{9,70}{1,50} = 6,46667(\Omega)$$

$$* \text{Tính } \overline{\Delta R} = ? \text{ (hoặc } \delta = ? \text{)}$$

$$\text{Ta có: } \ln R = \ln \frac{U}{I} \Leftrightarrow \ln R = \ln U - \ln I \Rightarrow \frac{dR}{R} = \frac{dU}{U} - \frac{dI}{I}$$

$$\Rightarrow \delta = \frac{\overline{\Delta R}}{\bar{R}} \cdot 100\% = \left(\frac{\overline{\Delta U}}{\bar{U}} + \left| \frac{\overline{\Delta I}}{-\bar{I}} \right| \right) \cdot 100\% = 6,51546\%$$

$$\Rightarrow \overline{\Delta R} = \delta \cdot \bar{R} = 6,51546\% \cdot 6,46667 = 0,42133(\Omega)$$

$$\text{Viết kết quả: } R = \bar{R} \pm \overline{\Delta R} = 6,5 \pm 0,4(\Omega)$$

$$\text{hoặc } R = \bar{R} \pm \delta = 6 \pm 7\%$$

- **Mở rộng:** Đối với hàm $F=F(x,y,z)$ có dạng **tổng, hiệu** của các biến x, y, z ví dụ $F=3x+4y-6z$. Để tính sai số ta bỏ qua bước 2 ở trên. Mà ta làm từ bước 3 (Lấy vi phân toàn phần 2 vế của hàm $F=F(x,y,z)$).

IV. QUY ƯỚC VỀ CÁCH VIẾT KẾT QUẢ

- **Định nghĩa chữ số có nghĩa:** Trong một dãy số, tất cả các chữ số tính từ trái sang phải, kể từ chữ số khác không đầu tiên đều là các chữ số có nghĩa. Chữ số khác 0 đầu tiên gọi là chữ số có nghĩa thứ 1, các chữ số tiếp theo là các chữ số có nghĩa thứ 2, 3, 4,

Ví dụ 4: Dãy số: 0,00204370 thì các chữ số có nghĩa là 2,0,4,3,7,0 tương ứng là chữ số có nghĩa thứ 1, thứ 2, thứ 3, thứ 4, thứ 5, thứ 6.

- **Quy tắc làm tròn số:**

- Nếu chữ số ở hàng bỏ đi < 5 thì chữ số đứng trước nó giữ nguyên.
- Nếu chữ số ở hàng bỏ đi ≥ 5 thì chữ số đứng trước nó tăng thêm 1 đơn vị.

- **Các bước viết kết quả :**

1. Đối với sai số tuyệt đối $\overline{\Delta X}$ (hoặc tỷ đối δ): (gọi chữ số có nghĩa thứ 1 là **a**, chữ số có nghĩa thứ 2 là **b**).
 - Được làm tròn đến chữ số có nghĩa thứ 1 (**a**) (nếu $a > 2$).
 - Được làm tròn đến chữ số có nghĩa thứ 2 (**b**) (nếu $a \leq 2$).
2. Đối với giá trị trung bình \bar{X} được làm tròn sao cho có cùng cấp chính xác với sai số (lấy số các chữ số sau dấu phẩy **bằng** số các chữ số sau dấu phẩy của sai số).

Ví dụ 5: Giả sử tính được: $\bar{X} = 4,53684$; $\overline{\Delta X} = 0,02574$; $\delta = 3,6264\%$.

Viết kết quả của phép đo trên?

Cách viết:

$$\text{Do } a \leq 2 \text{ nên } \overline{\Delta X} = 0,026 \Rightarrow \bar{X} = 4,537.$$

$$\text{Do } a > 2 \text{ nên } \delta = 4\% \Rightarrow \bar{X} = 5$$

$$\text{Khi đó kết quả viết là: } X = \bar{X} \pm \overline{\Delta X} = 4,537 \pm 0,026$$

$$X = \bar{X} \pm \delta = 5 \pm 4\%$$

Ví dụ 6: Nếu $\bar{X} = 5,58951234$, $\overline{\Delta X} = 0,0297307$ thì khi đó ta viết kết quả như sau: $X = 5,590 \pm 0,030$

V. BIỂU DIỄN KẾT QUẢ BẢNG ĐỒ THỊ

Giả sử ta có sự phụ thuộc $y = f(x)$, cách vẽ đồ thị như sau:

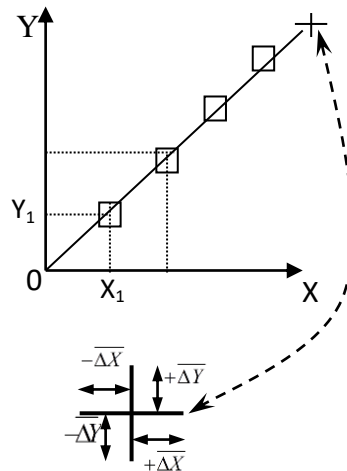
Chọn hệ tọa độ Descartes OXY với tỷ lệ xích thích hợp.

Biểu diễn các điểm có tọa độ (X_i, Y_i) bằng các điểm

tương ứng trên mặt phẳng OXY. Vẽ các chữ thập (hoặc hình chữ nhật) có tâm là các giá trị trung bình và sai số là các cạnh song song với trục OX là $2\overline{\Delta X}$, song song với trục OY là $2\overline{\Delta Y}$.

Vẽ đường cong đi qua các hình chữ nhật, sao cho đường cong là đường trơn đều không bị gãy khúc. Đường cong này là đường thực nghiệm phù hợp nhất với lý thuyết nhất nếu tổng khoảng cách từ các điểm thực nghiệm đến đường cong đó là nhỏ nhất.

(Thực tế khi vẽ thì đường cong đó không nhất thiết phải đi qua các điểm thực nghiệm mà chỉ cần đảm bảo được đường cong là trơn đều, gần nhất các điểm thực nghiệm).



VI. CHUẨN BỊ TRƯỚC KHI ĐI LÀM THÍ NGHIỆM

- Mỗi sinh viên phải đọc tài liệu thí nghiệm (*ít nhất 2 lần*).
- Đọc xong, tóm tắt các bài thí nghiệm vào giấy A4 (*có ghim lại*) theo nội dung tương ứng trả lời 3 câu hỏi cho từng bài thí nghiệm:
 - Câu 1: Mục đích của bài thí nghiệm?
 - Câu 2: Cơ sở lý thuyết để thực hiện mục đích trên?
 - Câu 3: Đối tượng đo trực tiếp là đại lượng nào? (*Để đạt được mục đích của bài thí nghiệm*).
- Sinh viên phải đọc lý thuyết sai số và hiểu rõ đại lượng đo trực tiếp là gì? Cách tính sai số như thế nào, viết kết quả ra sao, vẽ đồ thị như thế nào là đúng và ***nắm được các bước tiến hành đo lấy số liệu khi đến phòng thí nghiệm***.

Chú ý:

- Đối với sinh viên hệ 2 TC thì chuẩn bị 4 bài thí nghiệm Cơ học.
- Đối với sinh viên hệ 3 TC thì chuẩn bị 4 bài thí nghiệm Điện-Quang.
- Đối với sinh viên hệ 4TC thì chuẩn bị 8 bài thí nghiệm Cơ, Điện-Quang.
- Khi đi thí nghiệm sinh viên cần mang theo: bản chuẩn bị (*có đầy đủ các bài thí nghiệm*), thẻ sinh viên và tài liệu thí nghiệm Vật lý Đại cương.

PHẦN I: CƠ HỌC

BÀI 1: KHẢO SÁT HIỆN TƯỢNG SÓNG DỪNG TRÊN DÂY

I. MỤC ĐÍCH

1. Khảo sát mối quan hệ giữa tần số f của nguồn phát và bước sóng λ khi cộng hưởng, tính vận tốc truyền sóng v tương ứng, từ đó rút ra kết luận: ***vận tốc truyền sóng v trên sợi dây có phụ thuộc tần số dao động f không?***

2. Cố định khoảng cách L giữa hai điểm O, B, thay đổi giá trị lực căng F , khảo sát mối quan hệ giữa lực căng F và vận tốc truyền sóng v tương ứng, vẽ đồ thị $F \sim v^2$, từ đó rút ra kết luận về: ***mối quan hệ giữa vận tốc truyền sóng v và lực căng F của dây.***

II. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Sóng dừng là hiện tượng giao thoa của hai sóng kết hợp (có cùng tần số và hiệu pha không đổi) truyền ngược chiều nhau, tạo nên các **bụng sóng** (điểm dao động với biên độ lớn nhất) nằm xen giữa các **nút sóng** (điểm không dao động).

Xét một sợi dây mảnh và mềm có chiều dài $L = OB$. Đầu B được giữ cố định và đầu O được kích thích dao động với tần số f theo qui luật:

$$x_O = a \cdot \sin 2\pi f t \quad (1)$$

Dao động của đầu O sẽ truyền đi trên sợi dây dưới dạng sóng ngang với vận tốc v phụ thuộc lực căng F của sợi dây và khối lượng riêng μ (tức khối lượng của mỗi mét dài) của sợi dây:

$$v = \sqrt{F / \mu} \quad (2)$$

Sóng tới từ đầu O sẽ gây ra tại điểm M nằm trên sợi dây và cách B một đoạn $y = \overline{MB}$ một dao động chậm pha $\Delta t_1 = \frac{L-y}{v}$ so với O :

$$x_{1M} = a \cdot \sin 2\pi \left(f \cdot t - \frac{L-y}{\lambda} \right) \quad (3)$$

trong đó λ là bước sóng xác định bởi hệ thức:

$$\lambda = v/f \quad (4)$$

Tương tự, sóng tới từ đầu O sẽ gây ra tại đầu B một dao động chậm pha $\Delta t_2 = L/v$ so với O:

$$x_{1B} = a \cdot \sin 2\pi \left(f \cdot t - \frac{L}{\lambda} \right) \quad (5)$$

Khi tới đầu B, sóng sẽ bị phản xạ ngược lại. Vì đầu B cố định, nên ta phải thừa nhận rằng sóng phản xạ từ B ngược pha với sóng tới B sao cho độ dời của B luôn bằng không, nghĩa là:

$$x_B = x_{1B} + x_{2B} = 0$$

$$\text{hay} \quad x_{2B} = -x_{1B} = -a \cdot \sin 2\pi(f \cdot t - \frac{L}{\lambda}) \quad (6)$$

Như vậy sóng phản xạ từ B sẽ gây ra tại điểm M một dao động chậm pha $\Delta t_3 = y/v$ so với B

$$x_{2M} = -a \cdot \sin 2\pi \left[f(t - \frac{y}{v}) - \frac{L}{\lambda} \right] \quad (7)$$

Do kết quả giao thoa của sóng tới từ O và sóng phản xạ từ B truyền tới điểm M nên độ dời của dao động tổng hợp tại M có giá trị bằng:

$$x_M = x_{1M} + x_{2M} \quad (8)$$

Thay (3) và (6) vào (7), ta tìm được phương trình dao động tổng hợp tại điểm M có dạng:

$$x_M = A \cdot \cos 2\pi(f \cdot t - \frac{L}{\lambda}) \quad (9)$$

$$\text{với biên độ} \quad A = 2a \cdot \sin \frac{2\pi \cdot y}{\lambda} \quad (10)$$

Công thức (10) chứng tỏ biên độ dao động tổng hợp tại điểm M chỉ phụ thuộc tọa độ $y = \overline{MB}$

Nếu $2\pi y/\lambda = k \cdot \pi$ với $k = 0, 1, 2, \dots$ hay $y = k \cdot \lambda/2$ (11) thì biên độ A sẽ có giá trị nhỏ nhất $A_{min} = 0$. Khi đó điểm M đứng yên và được gọi là *nút sóng*. Trong trường hợp này, sóng tới và sóng phản xạ gây ra tại điểm M dao động ngược pha nên chúng triệt tiêu nhau.

Nếu $2\pi y/\lambda = (2k+1)\pi/2$ với $k = 0, 1, 2, \dots$ hay $y = (2k+1) \cdot \lambda/4$ (12) thì biên độ A sẽ có giá trị lớn nhất $A_{max} = 2a$. Khi đó điểm M dao động mạnh nhất và được gọi là *bụng sóng*. Trong trường hợp này, sóng tới và sóng phản xạ gây ra tại điểm M các dao động cùng pha nên chúng tăng cường lẫn nhau.

Từ các công thức (11) (12) ta rút ra các kết luận sau đây:

a. Đầu B của sợi dây là một điểm cố định nên nó luôn luôn là một *nút sóng*. Tại B, sóng tới và sóng phản xạ ngược pha nhau, biên độ dao động bị triệt tiêu.

b. Tại các điểm cách B một khoảng: $y = (2k+1) \cdot \lambda/4$ thì sóng tới và sóng phản xạ đồng pha, biên độ dao động cực đại, tạo ra các *bụng sóng*.

c. Tại các điểm cách B một khoảng: $y = k \cdot \frac{\lambda}{2}$ thì sóng tới và sóng phản xạ ngược pha, biên độ dao động triệt tiêu nhau tạo ra các *nút sóng*.

Các nút và các bụng sóng phân bố xen kẽ cách đều nhau. Khoảng cách d giữa hai nút hoặc hai bụng sóng kế tiếp đều bằng nửa bước sóng:

$$d = y_{k+1} - y_k = \lambda/2 \quad (13)$$

Khi sóng phản xạ truyền tới O nó lại bị phản xạ tại O, tạo ra các nút và bụng tại các vị trí cách O một khoảng $k \cdot \frac{\lambda}{2}$ hoặc $(2k+1) \cdot \frac{\lambda}{4}$. Sự phản xạ qua lại nhiều lần giữa hai điểm O và B tạo ra các nút và bụng ở những vị trí khác nhau,

lệch pha nhau. Kết quả là biên độ dao động tổng hợp rất nhỏ, không quan sát được các bụng và nút sóng. Tuy nhiên, khi sợi dây có độ dài L bằng:

$$L = OB = k \cdot \frac{\lambda}{2} \quad (14)$$

với $k = 2, 3, 4, \dots$ (số nguyên), thì vị trí các bụng sóng và các nút sóng của mọi sóng là cố định, biên độ sóng tổng hợp rất lớn so với biên độ dao động của nguồn, khi đó xảy ra hiện tượng cộng hưởng.

Công thức (14) là *điều kiện cộng hưởng* của sóng dừng trên dây.

Thay (2),(4) vào (14), ta tìm được hệ thức:

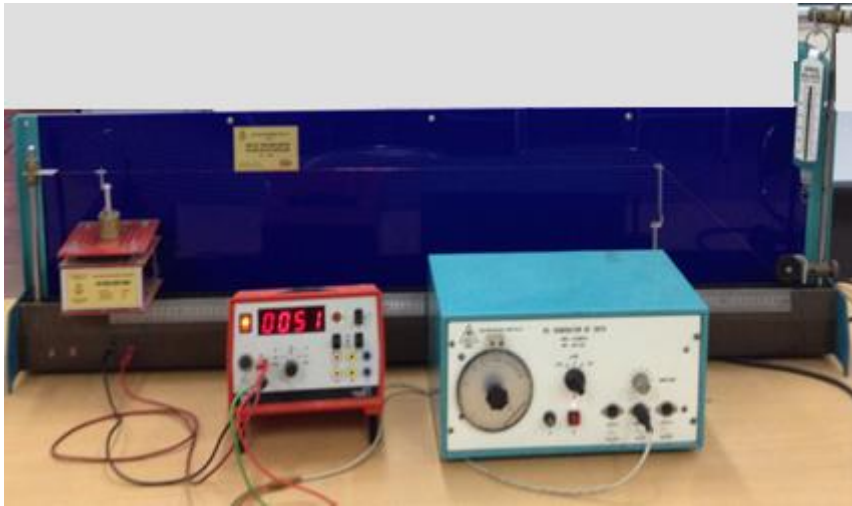
$$\lambda = \frac{2L}{k} = \frac{1}{f} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (15)$$

Trong bài thí nghiệm này, với sợi dây có khối lượng riêng μ cho trước, ta khảo sát mối quan hệ giữa lực căng F , tần số dao động cộng hưởng f và bước sóng λ hay vận tốc truyền sóng v , ở trong *điều kiện cộng hưởng sóng dừng*.

III. DỤNG CỤ THÍ NGHIỆM

TT	Tên dụng cụ	Số lượng
1	Máy phát âm tần GF-597A	1
2	Đồng hồ đo tần số	1
3	Loa điện động (nguồn kích thích dao động)	1
4	Giá đỡ có máng trượt	1
5	Con trượt	1
6	Sợi dây truyền sóng có khối lượng μ	1
7	Lực kế 0÷ 5 N	1
8	Dây dẫn	3

Bảng 1: Dụng cụ thí nghiệm



Hình 1: Hệ đo

IV. TRÌNH TỰ THÍ NGHIỆM

4.1. Chuẩn bị hệ đo.

- Bước 1. Điều chỉnh các khớp nối V_1, V_2 để kéo căng sợi dây OB theo phương ngang sao cho lực kế N chỉ giá trị lực căng $F = 1,0 \text{ N}$.
- Bước 2. Xác định khoảng cách từ tâm phát sóng O đến điểm phản xạ B trên thanh kim loại bằng cách dịch chuyển con trượt D sao cho mũi tên của nó chỉ đúng vạch 80 cm trên thước. Ta có $L = OB$ là khoảng cách giữa tâm phát sóng O và điểm phản xạ B trên thanh kim loại gắn trên con trượt D. Ghi số đo L vào bảng 1.
- Bước 3. Nối các chốt điện giữa các lỗ cắm Đ1, Đ2 của loa điện động Đ với ổ cắm “1Vpp/50Ω” trên mặt máy phát âm tần GF– 597A nhờ một dây dẫn phích cắm 5 chân. Chuyển thang S đặt ở vị trí **x10**.
- Bước 4. Nối các lỗ cắm F1, F2 của mạch điện với hai cực “COM” và “VΩHz” của đồng hồ đo tần số.
- Bước 5. Cắm phích điện của máy phát âm tần vào nguồn điện $\sim 220 \text{ V}$. Bấm khoá K trên mặt máy. Điều chỉnh tăng dần biên độ máy phát sao cho loa bắt đầu rung, sau đó xoay nhẹ đĩa tần số về tận cùng bên trái theo chiều ngược chiều kim đồng hồ.

4.2. Khảo sát quan hệ bước sóng - tần số cộng hưởng khi lực căng không đổi.

Bước 1: Chuẩn bị hệ đo như phần 4.1.

Bước 2: Điều chỉnh đĩa tần số theo chiều kim đồng hồ (*tiền chỉnh*) để xảy ra hiện tượng cộng hưởng sao cho xuất hiện được 2 bụng sóng trên dây. Đọc và ghi giá trị tần số cộng hưởng vào bảng 2.

Bước 3: Tăng tần số máy phát (*Xoay theo chiều kim đồng hồ*) đến khi xảy ra cộng hưởng với 3; 4; 5; 6 bụng sóng, đọc và ghi kết quả tần số tương ứng vào bảng 2.

4.3. Khảo sát quan hệ giữa lực căng dây (F) với tần cộng hưởng (f) hay vận tốc truyền sóng (v).

Bước 1: Chuẩn bị hệ đo như 4.1.

Bước 2: Giữ nguyên khoảng cách L , chọn giá trị của lực căng $F_1 = 1(N)$. Xoay nhẹ đĩa số của máy phát âm tần để tìm thấy tần số cộng hưởng f_2 với 2 bụng sóng. Đọc và ghi tần số cộng hưởng f_2 vào bảng 3.

Bước 3: Lặp lại các bước trên với các lực căng $F = 2, 3, 4, 5 (N)$ đến khi xảy ra cộng hưởng với 2 bụng sóng. Ghi kết quả tần số tương ứng với lực căng dây vào bảng 3.

V. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

A. Khảo sát quan hệ bước sóng-tần số cộng hưởng khi lực căng không đổi.

Bảng 2: Khi lực căng $F = 1N$; $L = OB = 0,8 (m)$.

Số bụng sóng	Tần số f_n (Hz)	Bước sóng λ_n (m)	Vận tốc truyền sóng $v_n = \lambda_n \cdot f_n$ (m/s)
2
3
4
5
6

B. Khảo sát quan hệ giữa lực căng dây với tần số cộng hưởng, vận tốc truyền sóng (khi bước sóng không đổi).

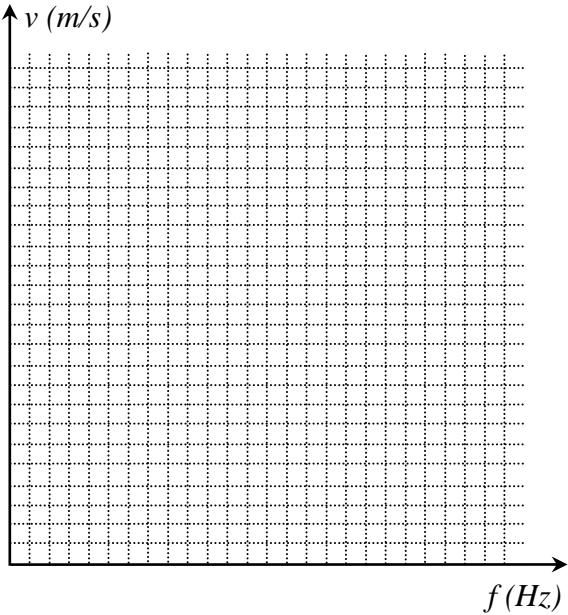
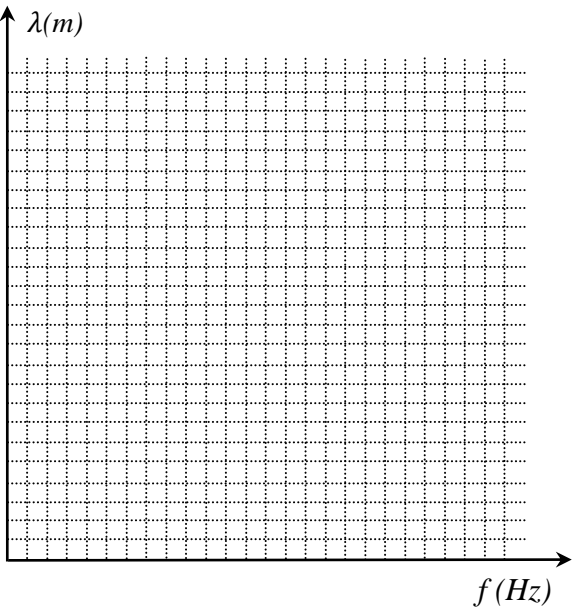
Bảng 3: Khi lực căng F thay đổi, $L = 0,8 \text{ (m)}$; $\lambda = L = 0,8 \text{ (m)}$.

Số bụng sóng	Lực căng F (N)	Tần số f_n (Hz)	Vận tốc truyền sóng $v_n = \lambda_n f_n$ (m/s)
2	1	.....	.....
2	2	.....	.....
2	3	.....	.....
2	4	.....	.....
2	5	.....	.....

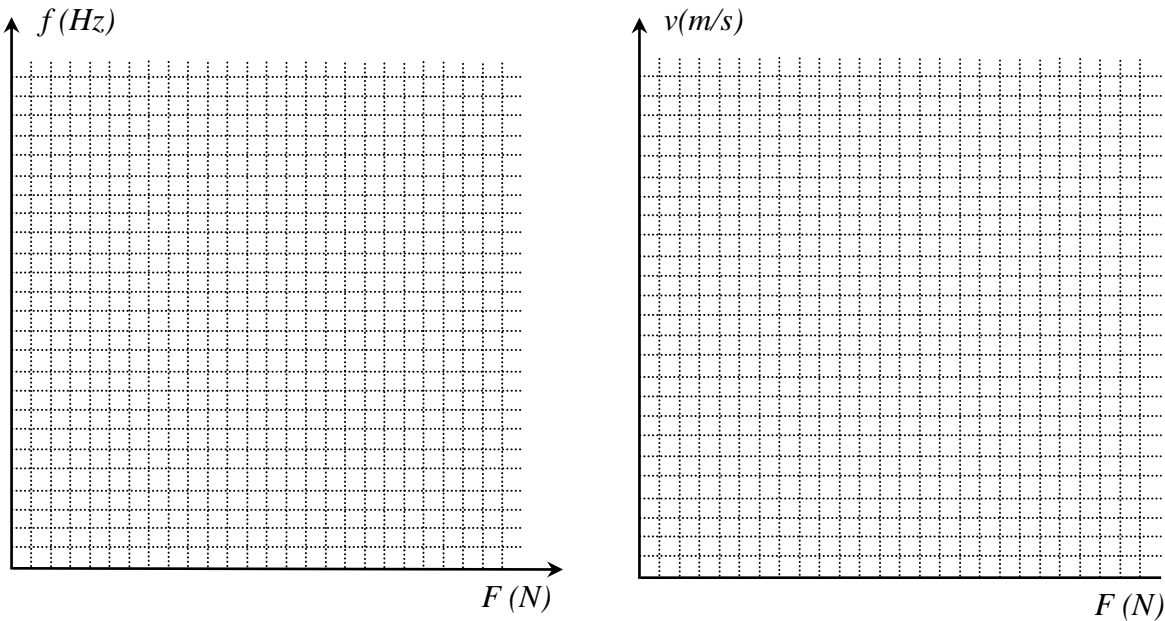
VI. XỬ LÝ SỐ LIỆU

VẼ ĐỒ THỊ

A – Theo kết quả bảng 2.



B - Theo kết quả bảng 3.



Nhận xét:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

BÀI 2 : KHẢO SÁT CHUYỂN ĐỘNG QUAY CỦA VẬT RẮN

I. MỤC ĐÍCH

- Tìm hiểu phương pháp đo vận tốc góc ω và gia tốc góc β .
- Nghiệm lại phương trình cơ bản chuyển động quay của vật rắn $\vec{\beta} = \frac{\vec{\mu}}{I}$

II. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Vật rắn trong bài này là một đĩa nhựa và hai đĩa kim loại, mỗi đĩa được chế tạo sao cho có cùng moment quán tính I_0 . Khi chồng các đĩa lên nhau, ta lần lượt có vận tốc góc ω liên hệ với moment quán tính $I_1 = I_0$; $I_2 = 2I_0$; $I_3 = 3I_0$.

Tác dụng vào các hệ vật rắn đó cùng một moment lực $\mu = mg.R$ ta lần lượt đo được các gia tốc góc β_1 ; β_2 ; β_3 ; của chuyển động ứng với các hệ vật rắn đó.

Từ phương trình cơ bản trong chuyển động quay của vật rắn (1), với $\mu = mg.R = \text{const}$, và $I_1 = I_0$; $I_2 = 2I_0$; $I_3 = 3I_0$ ta có $\beta_1 = 2.\beta_2$ và $\beta_1 = 3.\beta_3$. Với phép đo chính xác thì đồ thị β phụ thuộc tỷ số I_0/I sẽ là một đường thẳng đi qua gốc tọa độ O. Trên thực tế, do có sự sai số nên ba điểm đo A, B, C gần nằm trên đường thẳng.

Thí nghiệm giúp nghiệm lại phương trình: $\beta = \frac{\mu}{I}$ (1)

(1): là PT cơ bản chuyển động quay của vật rắn.

Ở bài này, ta tác dụng lên vật rắn moment lực $\mu = mg.R = \text{const}$, khi ta lần lượt thay đổi moment quán tính I , với $I_1 = I_0$; $I_2 = 2I_0$; $I_3 = 3I_0$ ta sẽ thấy sự thay đổi của gia tốc góc tương ứng là β_1 ; β_2 ; β_3 , dẫn đến sự thay đổi của vận tốc góc ω . Do đó, ta đo sự thay đổi của vận tốc góc ω thì sẽ thấy được sự thay đổi của gia tốc góc β phụ thuộc vào môment quán tính I . Để đo β ta gắn vào mép đĩa nhựa 1 miếng nhựa đen chắn sáng hình quạt ứng với góc quay $\Delta\varphi = 10^0$ (Hình 1). Dụng cụ này cho phép ta đo được thời gian Δt để vật rắn quay một góc $\Delta\varphi = 10^0$.

Ta có vận tốc góc tức thời ở thời điểm thứ nhất:

$$\omega_1 = \frac{\partial\varphi}{\partial t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \approx \frac{\Delta\varphi}{\Delta t_1} = \frac{10^0}{\Delta t_1} \quad (\text{độ/s}) \quad (2)$$

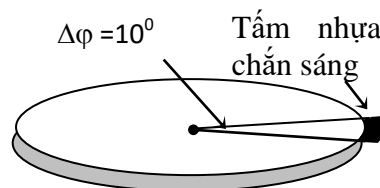
Cho đĩa quay 1 vòng (ứng với $\varphi = 360^0$), ta có vận tốc góc ở thời điểm thứ hai:

$$\omega_2 = \frac{\partial\varphi}{\partial t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \approx \frac{\Delta\varphi}{\Delta t_2} = \frac{10^0}{\Delta t_2} \quad (\text{độ/s}) \quad (3)$$

Trong chuyển động tròn ta có:

$$\omega_2 = \omega_1 + \beta.t \quad (4)$$

$$\varphi = \omega_1.t + \frac{1}{2}\beta.t^2 \quad (5)$$



Hình 1: Cấu tạo vật rắn

Với t là thời gian để quay 1 vòng, từ (4), (5) ta có:

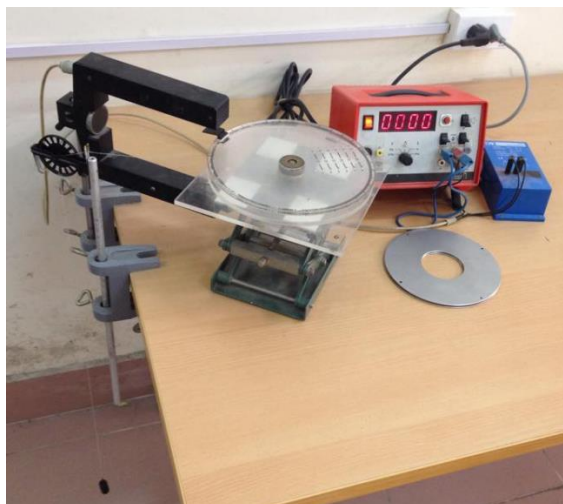
$$\beta = \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{2\varphi} = \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{720^\circ} \left(\frac{\text{độ}}{s^2} \right) \quad (6)$$

Vậy khi vật rắn thay đổi moment quán tính, chỉ cần xác định Δt_1 ; Δt_2 sau đó thay vào (2), (3) tính được ω_1 ; ω_2 , thay ω_1 ; ω_2 vào (6) có gia tốc β ứng với từng vật rắn có môment quán tính I .

III. DỤNG CỤ THÍ NGHIỆM

TT	Tên dụng cụ	Số lượng
1	Máy đo thời gian	1
2	Nguồn một chiều	1
3	Cổng quang học	1
4	Đĩa nhựa	2
5	Tấm chắn sáng	1
6	Ròng rọc	1
7	Vật nặng m	1
8	Đĩa sắt	2
9	Bộ giá đỡ	2

Bảng 1: Dụng cụ thí nghiệm



Hình 1: Hệ đo

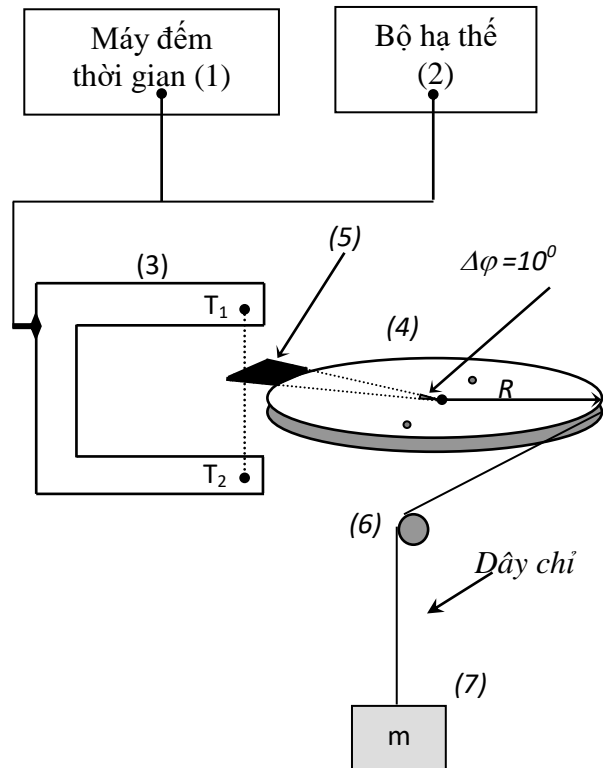
3.1 Hệ đo.

Sơ đồ thí nghiệm như hình 2. Vật rắn ban đầu là đĩa nhựa (4) có moment quán tính I_0 , trên đó có gắn tấm chắn sáng (5), vật rắn quay quanh một trục cố định nhờ gia trọng vật m (7). Khi đĩa nhựa quay, tấm chắn sáng quay qua cổng quang học (3) [trên đó có hai lỗ phát và thu tín hiệu hồng ngoại T_1, T_2], tấm nhựa đen sẽ chắn tia sáng hồng ngoại phát ra từ hai lỗ nhỏ T_1 và T_2 , thời gian chắn sáng đó được hiển thị trên máy đo thời gian (1).

3.2 Máy đếm thời gian.

Bộ đếm thời gian chính xác tới 0,01s. Bộ đếm thời gian dùng để đo thời gian của tấm chắn sáng đi qua cổng quang học. Khi đo máy đếm thời gian để thang đo ở thang đo ms nên giá trị đo được là ms.

Ví dụ: khi đo Δt_1 máy hiện thị số là 0092 thì giá trị của $\Delta t_1 = 92 \text{ ms}$.



Hình 2: Sơ đồ hệ đo

IV. TRÌNH TỰ THÍ NGHIỆM

4.1 Khảo sát chuyển động quay với đĩa nhựa có moment quán tính I_0 .

Bước 1: Lắp đặt sơ đồ như hình 2. Sao cho đĩa nhựa được đặt cân bằng. Sợi chỉ đi qua ròng rọc và tuyến tiếp với tấm đĩa nhựa và nằm trong rãnh của đĩa nhựa.

Bước 2: Xoay tấm đĩa nhựa theo chiều ngược chiều kim đồng hồ sao cho sợi chỉ nằm trong rãnh nhựa của đĩa và vật nặng m nằm **gần sát** với khung nhôm của ròng rọc.

Bước 3: Giữ thẳng bằng của đĩa nhựa sao cho mặt phẳng của đĩa nhựa không bị lệch so với phương thẳng đứng và giữ thẳng bằng trong quá trình đo.

Bước 4: Bấm nút **RESET** trên đồng hồ đo sao cho đồng hồ hiển thị “0000” và thả tay để cho đĩa nhựa bắt đầu chuyển động.

Bước 5: Khi tấm chắn sáng đi qua cổng quang học thì đồng hồ sẽ đo được khoảng thời gian Δt_1 đọc và ghi lại giá trị Δt_1 vào bảng 1, sau đó ấn nhanh nút **RESET** để đo khoảng thời gian Δt_2 khi tấm chắn sáng đi qua cổng quang học lần thứ 2 và ghi số liệu vào bảng 2.

Bước 6: Thực hiện lại 5 lần với phép đo trên.

Chú ý :

- Trong bước 5 ấn nút reset lần thứ 2 trước khi tấm chắn sáng đi qua cổng quang học lần thứ 2, nếu tấm chắn sáng đi qua cổng quang học thì phải thực hiện lại thí nghiệm trên.
- Nếu quá trình quán thấy sợi chỉ bị tuột ra khi rãnh nhựa thì phải gỡ chỉ không để rồi và làm lại thí nghiệm.

4.2 Khảo sát chuyển động quay với đĩa nhựa và một đĩa sắt có moment quán tính $I_2 = 2I_0$.

Bước 1: Đặt thêm 1 cái đĩa sắt chồng lên đĩa nhựa sao cho đĩa nhựa và đĩa sắt đồng trục nhau (*2 đỉnh trên đĩa sắt trùng vào hai lỗ trên đĩa nhựa*).

Bước 2: Thực hiện lại các bước 1-6 trong thí nghiệm 4.1 và ghi số liệu vào bảng 2.

4.3 Khảo sát chuyển động quay với đĩa nhựa và hai đĩa sắt có moment quán tính $I_2 = 3I_0$.

Bước 1: Đặt thêm 1 cái đĩa sắt sao cho (*2 đỉnh trên đĩa sắt thứ 2 trùng vào hai lỗ trên đĩa sắt thứ 1*).

Bước 2: Thực hiện lại các bước 1- 6 trong thí nghiệm 4.1 và ghi số liệu vào bảng 2.

Bước 3: Tắt máy, xếp gọn gàng dụng cụ và thả cho vật nặng rơi tự do.

V. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

Bảng 2: Thời gian đo tấm chắn sáng đi qua cổng quang học.

Mômen quán tính	Lần đo	$\Delta t_1(s)$	$\Delta t_2(s)$	$\omega_1(rad/s)$	$\omega_2(rad/s)$	$\beta(rad/s^2)$
$I_1 = I_0$ (Đĩa nhựa)	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
$I_2 = 2I_0$ (Đĩa nhựa +1 đĩa sắt)	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
$I_3 = 3I_0$ (Đĩa nhựa +2 đĩa sắt)	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

VI. XỬ LÝ SỐ LIỆU

6.1 Tính các giá trị gia tốc góc trung bình:

$$\overline{\beta_1} = \frac{\beta_{11} + \beta_{12} + \beta_{13} + \beta_{14} + \beta_{15}}{5} = \dots\dots\dots \left(\frac{rad}{s^2}\right)$$

$$\overline{\beta_2} = \frac{\beta_{21} + \beta_{22} + \beta_{23} + \beta_{24} + \beta_{25}}{5} = \dots\dots\dots \left(\frac{rad}{s^2}\right)$$

$$\overline{\beta_3} = \frac{\beta_{31} + \beta_{32} + \beta_{33} + \beta_{34} + \beta_{35}}{5} = \dots\dots\dots \left(\frac{rad}{s^2}\right)$$

6.2 Sai số tuyệt đối của gia tốc góc:

$$\overline{\Delta\beta_1} = \frac{|\overline{\beta_1} - \beta_{11}| + |\overline{\beta_1} - \beta_{12}| + |\overline{\beta_1} - \beta_{13}| + |\overline{\beta_1} - \beta_{14}| + |\overline{\beta_1} - \beta_{15}|}{5} = \dots\dots\dots \left(\frac{rad}{s^2}\right)$$

$$\overline{\Delta\beta_2} = \frac{|\overline{\beta_2} - \beta_{21}| + |\overline{\beta_2} - \beta_{22}| + |\overline{\beta_2} - \beta_{23}| + |\overline{\beta_2} - \beta_{24}| + |\overline{\beta_2} - \beta_{25}|}{5} = \dots\dots\dots \left(\frac{rad}{s^2}\right)$$

$$\overline{\Delta\beta_3} = \frac{|\overline{\beta_3} - \beta_{31}| + |\overline{\beta_3} - \beta_{32}| + |\overline{\beta_3} - \beta_{33}| + |\overline{\beta_3} - \beta_{34}| + |\overline{\beta_3} - \beta_{35}|}{5} = \dots\dots\dots \left(\frac{rad}{s^2}\right)$$

$$\beta_1 = \overline{\beta_1} \pm \overline{\Delta\beta_1} = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots \left(\frac{rad}{s^2}\right)$$

$$\beta_2 = \overline{\beta_2} \pm \overline{\Delta\beta_2} = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots \left(\frac{rad}{s^2}\right)$$

$$\beta_3 = \overline{\beta_3} \pm \overline{\Delta\beta_3} = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots \left(\frac{rad}{s^2}\right)$$

6.3 Vẽ đồ thị biểu diễn β phụ thuộc $\frac{I_0}{I}$:

β
 $\left(\frac{rad}{s^2}\right)$

0

$\frac{I_0}{I}$

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

I. MỤC ĐÍCH

Xác định giá trị của gia tốc rơi tự do (g) tại vị trí đo.

II. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Con lắc vật lý là một vật rắn, 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 (Hình 1). Điểm O_1 gọi là điểm treo của con lắc.

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 lớn con lắc một momen lực μ_1 có trị số bằng $\mu_1 = -P_t.L_1 = -mg.L_1.\sin\alpha$, trong đó g là gia tốc trọng trường, $L_1 = O_1G$ là khoảng cách từ điểm O_1 đến khối tâm G , dấu (-) cho biết momen lực μ_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:

$$\mu_1 = -mg.L_1. \quad (1)$$

Phương trình cơ bản đối với chuyển động quay của con lắc quanh trục đi qua O_1 có dạng: $\beta_1 = \frac{\mu_1}{I_1}$ (2)

Ở đây: $\beta_1 = \frac{d^2\alpha}{dt^2}$ là gia tốc góc, I_1 là momen quán tính của con lắc đối với trục quay đi qua O_1 . Kết hợp (1) với (2) và thay $\omega_1^2 = m.g.L_1 / I_1$ ta nhận được phương trình dao động điều hoà của con lắc:

$$\frac{d^2\alpha}{dt^2} + \omega_1^2\alpha = 0 \quad (3)$$

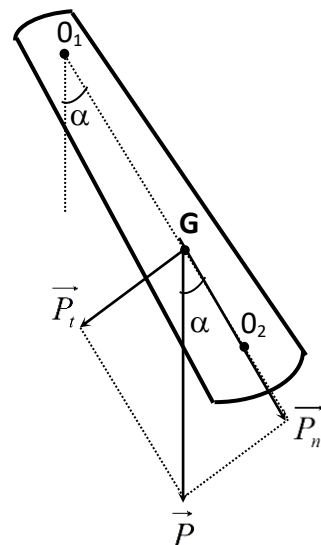
Nghiệm của phương trình (3) có dạng: $\alpha = \alpha_0.\cos(\omega_1 t + \varphi)$ (4)

với α_0 là biên độ, là ω_1 tần số góc, φ là pha ban đầu tại thời điểm $t = 0$.

Từ (4) ta suy ra chu kỳ T_1 của con lắc:

$$T_1 = \frac{2.\pi}{\omega_1} = 2.\pi \sqrt{\frac{I_1}{m.g.L_1}} \quad (5)$$

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 con lắc 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 . Thật vậy, khi dao động quanh trục đi qua O_2 , chu kỳ dao động T_2 của con lắc được tính toán tương tự trên, và ta tìm được:



Hình 1: Cấu tạo con lắc vật lý

$$T_2 = \frac{2\pi}{\omega_2} = 2\pi \sqrt{\frac{I_2}{m \cdot g \cdot L_2}} \quad (6)$$

với $L_2 = O_2G$ là khoảng cách từ trục quay đi qua điểm O_2 đến khối tâm G và I_2 là moment quán tính của con lắc đối với trục quay đi qua O_2 . Gọi I_G là moment quán tính của con lắc đối với trục quay đi qua khối tâm G và song song với hai trục đi qua hai điểm O_1 và O_2 .

Theo định lý Huyghens - Steiner: $I_1 = I_G + m \cdot L_1^2$ (7)

$$I_2 = I_G + m \cdot L_2^2 \quad (8)$$

Từ các công thức (5), (6), (7), (8) ta được biểu thức xác định gia tốc trọng trường:

$$g = \frac{4\pi^2 \cdot (L_1 + L_2) \cdot (L_1 - L_2)}{T_1^2 \cdot L_1 - T_2^2 \cdot L_2} \quad (9)$$

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

$$g = \frac{4\pi^2 L}{T^2} \quad (10)$$

Con lắc vật lý khi đó trở thành *con lắc thuận nghịch*, 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 THÍ NGHIỆM

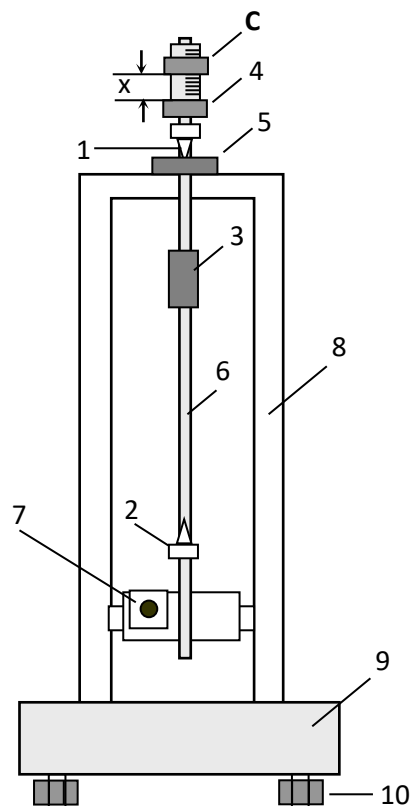
TT	Tên dụng cụ	Số lượng
1	Con lắc vật lý	1
2	Máy đo thời gian hiện số MC-963A	1
3	Cổng quang điện hồng ngoại	1
4	Giá đỡ con lắc và hộp chân đế	1
5	Thước kẹp 0-200 (mm)	1

Bảng 1: Dụng cụ thí nghiệm

- **Con lắc vật lý.**

Con lắc vật lý sử dụng trong thí nghiệm này gồm một thanh kim loại (6), trên đó có gắn hai con dao cố định (1) và (2) nằm cách nhau một khoảng cách $L = O_1O_2$ không đổi (Hình 2). Cạnh của dao (1) hoặc (2) lần lượt được đặt tựa trên mặt kính phẳng nằm ngang của gối đỡ (5). Hai quả nặng (3) và (4) gắn cố định trên thanh kim loại (6). Gia trọng C có dạng một đai ốc lắp trên thân ren của quả nặng (4). Có thể dịch chuyển gia trọng C bằng cách vặn nó xoay quanh trục ren (4) để thay đổi vị trí khối tâm G . Toàn bộ con lắc được đặt trên giá đỡ (8) và hộp chân đế (9) có các vít điều chỉnh thẳng bằng (10).

Số dao động và thời gian tương ứng được đo trên máy đo thời gian hiện số MC-963A. 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 được điều khiển bằng các công quang điện (7).



Hình 2: Sơ đồ hệ đo

IV. TRÌNH TỰ THÍ NGHIỆM

4.1 Chuẩn bị hệ đo.

- Bước 1: Con lắc để ở vị trí cân bằng sao cho lưỡi dao (1) hoặc (2) của con lắc vật lý vuông góc với mặt phẳng mà lưỡi dao tiếp xúc.
- Bước 2: Để thang đo MODE của máy đo thời gian ở vị trí $n=50$, khóa K_2 TIME vị trí 99,99s.
- Bước 3: Kết nối cổng quang học với máy đo thời gian tại cổng A trên máy đo.

4.2 Tiến hành thí nghiệm.

a) Khảo sát thời gian của 50 chu kỳ dao động với con lắc thuận.

- Bước 1: Vặn gia trọng C về sát quả nặng 4, khoảng cách giữa gia trọng C và quả nặng 4 là x_0 (thường $x_0 = 0$). Đặt con lắc lên giá đỡ theo chiều thuận (chữ “THUẬN” đặt trên giá 5).
- Bước 2: Kéo con lắc lệch về phía cổng quang học 7, (sao cho thanh kim loại 6 che hai lỗ trên 7) sau đó ấn nút RESET và thả con lắc dao động tự do.
- Bước 3: Quan sát trên bộ đếm tự động, xác định thời gian của 50 chu kỳ thuận và thực hiện phép đo 2 lần, ghi vào bảng 1 (dưới cột 50.T₁). Khi dao động hết 50 chu kỳ, bộ đếm thời gian tự động sẽ dừng lại.
- Bước 4: Dùng thước kẹp vặn gia trọng C về vị trí cách quả nặng 4 một khoảng $x' = x_0 + 40$ (mm).
- Bước 5: Tiến hành tương tự như bước 2,3 và ghi kết quả vào bảng 2 tương ứng.

b) Khảo sát thời gian của 50 chu kỳ dao động với con lắc nghịch.

Bước 1: Đảo ngược con lắc (chữ “NGHỊCH” đặt trên giá 5).

Bước 2: Tiến hành tương tự như các bước 3, 4, 5 trong phần a và ghi kết quả tương ứng với con lắc vật lý nghịch vào bảng 2 (dưới cột $50.T_2$).

c) Xác định vị trí x_1 và nghiệm lại giá trị chu kỳ T .

Trong bài thí nghiệm này hai điểm O_1 và O_2 được cho trước (2 lưỡi dao gắn cố định). Ta cần tìm vị trí của gia trọng C (nghĩa là thay đổi khối tâm của con lắc) sao cho khi đổi chiều con lắc, chu kỳ dao động của nó không đổi. Ta xác định như sau:

Bước 1: Vẽ đồ thị vị trí x phụ thuộc vào 50 chu kỳ dao động T : $x = f(50T)$ trên đồ thị cho con lắc vật lý thuận ứng với $x=0$ và $x=40$ mm trên cùng đồ thị như hình 3.

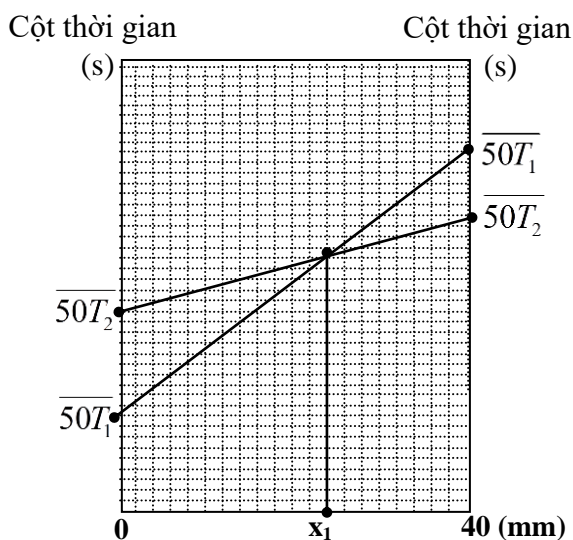
Bước 2: Vẽ đồ thị tương tự cho con lắc vật lý nghịch.

Bước 3: Xác định giao điểm của 2 đồ thị, giao điểm của chúng khi chiếu xuống trục hoành là điểm gần đúng của vị trí x_1 của gia trọng C, mà tại vị trí đo chu kỳ con lắc thuận và chu kỳ con lắc nghịch là như nhau $T_1 = T_2 = T$.

Bước 4: Dùng thước kẹp đặt gia trọng C về đúng vị trí x_1 vừa tìm được, treo con lắc vật lý lên giá 5, thực hiện đo 3 lần với mỗi $50T_1$ và $50T_2$. Ghi kết quả vào bảng 3.

Bước 5: Dùng thước dài 1000 mm đo khoảng cách L giữa hai lưỡi dao O_1O_2 . Ghi kết quả vào bảng 1 (chỉ đo cẩn thận một lần, lấy sai số dụng cụ $\Delta L = \pm 0,5$ mm).

Bước 6: Thực hiện xong thí nghiệm tắt máy MC-963A, xếp gọn các thước đo.



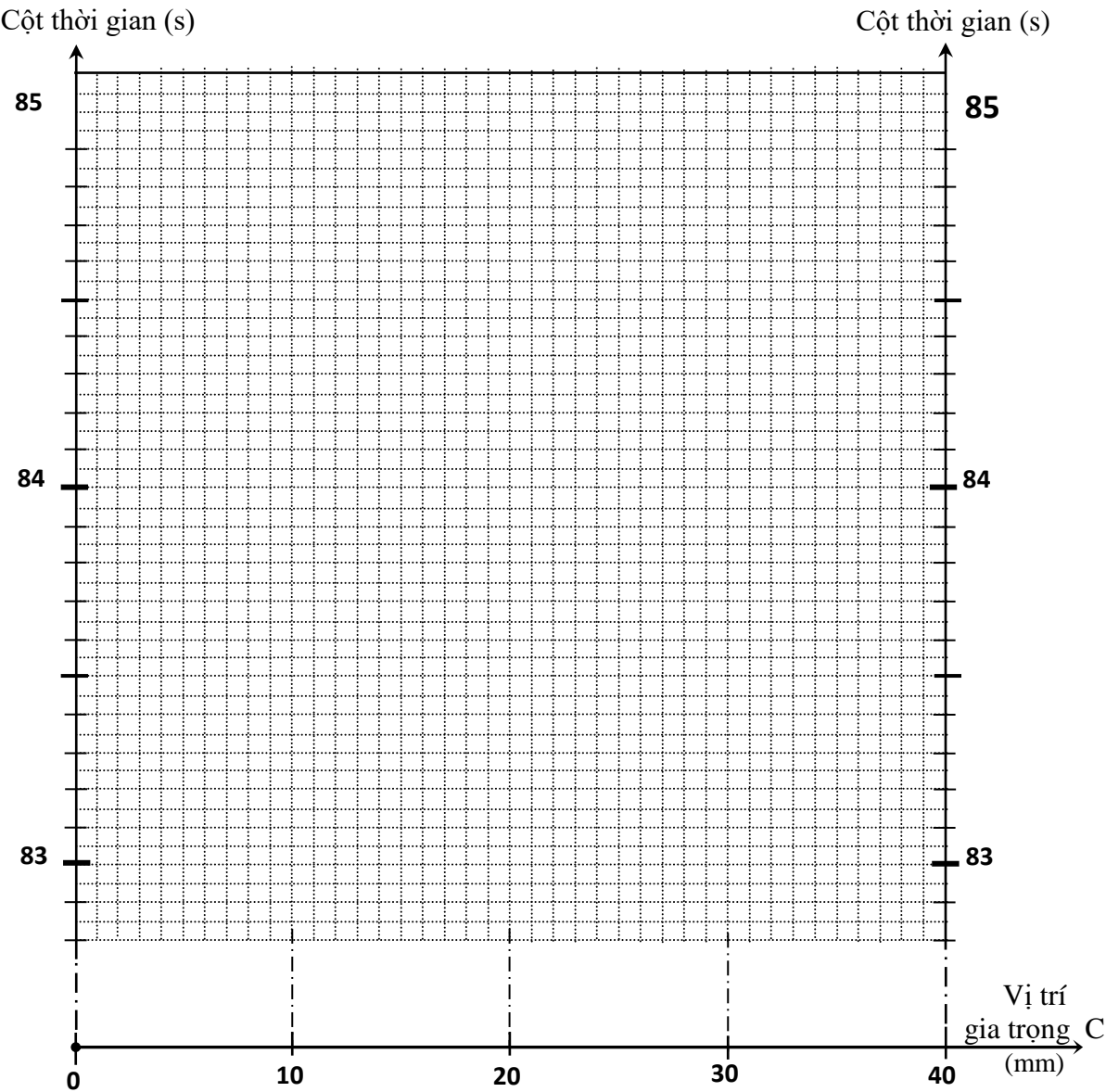
Hình 3: Xác định giá trị x_1

V. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

Bảng 2: Thời gian của 50 chu kỳ dao động.

Vị trí gia trọng C	50T ₁ (s)			50T ₂ (s)		
	Lần 1	Lần 2	$\overline{50T_1}$	Lần 1	Lần 2	$\overline{50T_2}$
x ₀ = 0 (mm)
x ₀ +40 = 40 (mm)

Vẽ đồ thị xác định vị trí x₁.



Bảng 3: 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) để có $T_1 = T_2 = T$				
Lần đo	$50T_1$ (s)	$\Delta(50T_1)$ (s)	$50T_2$ (s)	$\Delta(50T_2)$ (s)
1				
2				
3				
GTTB	$\dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$

VI. XỬ LÝ SỐ LIỆU

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

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

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

- Tính gia tốc trọng trường

$$\bar{g} = \dots\dots\dots \left(\frac{m}{s^2}\right)$$

$$\overline{\Delta g} = \dots\dots\dots \left(\frac{m}{s^2}\right)$$

$$g = \bar{g} \pm \overline{\Delta g} = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots \left(\frac{m}{s^2}\right)$$

Nhận xét:

.....

BÀI 4: NGHIỆM LẠI ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN ĐỘNG LƯỢNG TRÊN ĐỆM KHÔNG KHÍ

I. MỤC ĐÍCH

Khảo sát hiện tượng va chạm đàn hồi và va chạm mềm của hệ hai vật trên đệm không khí.

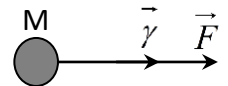
Nghiệm lại định luật bảo toàn động lượng trong trường hợp hai vật chuyển động với hệ số ma sát nhỏ.

II. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1 Định luật bảo toàn động lượng .

Một chất điểm, chịu tác dụng của lực, sẽ chuyển động có gia tốc (Hình 1). Theo định luật Newton thứ hai: *gia tốc $\vec{\gamma}$ của chất điểm cùng hướng và tỷ lệ thuận với lực tổng hợp \vec{F} tác dụng lên chất điểm và tỷ lệ nghịch với khối lượng m của nó.*

$$\vec{\gamma} = \frac{\vec{F}}{m} \quad (1)$$



Hình 1

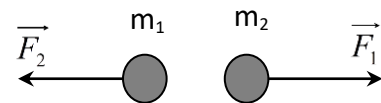
Công thức (1) có thể viết dưới dạng: $m \cdot \vec{\gamma} = \vec{F}$ (2)

phương trình (2) gọi là phương trình cơ bản của động lực học chất điểm, nó cũng đúng đối với vật rắn chuyển động tịnh tiến. Từ phương trình này ta suy ra hệ quả sau: *nếu lực tổng hợp tác dụng lên vật triệt tiêu*

$\vec{F} = 0$ thì $\vec{\gamma} = \frac{d\vec{v}}{dt} = 0$, $\vec{v} = \text{const}$ khi đó vật chuyển động thẳng đều. Vận tốc của vật chuyển động thẳng đều có trị số bằng: $v = s/t = \text{const}$ (3), với S là đoạn đường vật đó đi được trong khoảng thời gian t.

Thay $\vec{\gamma} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ vào phương trình (2) và chú ý rằng

$m = \text{const}$ ta được: $\frac{d(m \cdot \vec{v})}{dt} = \frac{d\vec{K}}{dt} = \vec{F}$ (4)



Hình 2

Véc tơ $\vec{K} = m \cdot \vec{v}$ gọi là động lượng của vật và đặc trưng cho trạng thái động lực học của vật. Áp dụng phương trình (4) đối với hệ cô lập gồm hai vật có khối lượng m_1 và m_2 tương tác với nhau bằng các lực \vec{F}_1 và \vec{F}_2 (Hình 2).

Ta có: $\frac{d\vec{K}_2}{dt} = \frac{d(m_2 \cdot \vec{v}_2)}{dt} = \vec{F}_1$ và $\frac{d\vec{K}_1}{dt} = \frac{d(m_1 \cdot \vec{v}_1)}{dt} = \vec{F}_2$

Cộng vế với vế của hai phương trình trên ta được:

$$\frac{d\vec{K}_1}{dt} + \frac{d\vec{K}_2}{dt} = \frac{d(m_1 \cdot \vec{v}_1)}{dt} + \frac{d(m_2 \cdot \vec{v}_2)}{dt} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

hay

$$\frac{d(\vec{K}_1 + \vec{K}_2)}{dt} = \frac{d(m_1 \cdot \vec{v}_1 + m_2 \cdot \vec{v}_2)}{dt} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

Theo định luật Newton thứ ba: $-\vec{F}_1 = \vec{F}_2$, nên $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0$, suy ra :

$$\vec{K}_1 + \vec{K}_2 = m_1 \cdot \vec{v}_1 + m_2 \cdot \vec{v}_2 = \overline{const} \quad (5)$$

Công thức (5) gọi là định luật bảo toàn động lượng và phát biểu như sau: “**tổng động lượng của hệ vật cô lập bảo toàn**”. Nếu hệ cô lập gồm n vật, phương trình (5) sẽ viết thành:

$$\vec{K} = \sum_{i=1}^n m_i \cdot \vec{v}_i = \overline{const} \quad (6)$$

Chú ý: Đối với hệ vật không cô lập, nhưng tổng hợp các ngoại lực tác dụng lên hệ vật triệt tiêu thì tổng động lượng của hệ vật được bảo toàn.

2.2 Khảo sát quá trình va chạm giữa hai vật.

Giả sử một hệ gồm hai vật có khối lượng m_1 và m_2 chuyển động không ma sát theo phương ngang với vận tốc khác nhau tới va chạm xuyên tâm vào nhau. Khi đó tổng hợp các ngoại lực (gồm trọng lực và phản lực của mặt giá đỡ) tác dụng lên hệ vật triệt tiêu nhau, nên theo (5), tổng động lượng của hệ vật được bảo toàn.

Gọi $\vec{v}_1; \vec{v}_2; \vec{v}_1'; \vec{v}_2'$ là vận tốc của hai vật m_1 và m_2 trước và sau va chạm.

Xét hai trường hợp:

a) Va chạm đàn hồi: Sau va chạm, hai vật m_1 và m_2 chuyển động với vận tốc \vec{v}_1' và \vec{v}_2' có trị số khác nhau $v_1' \neq v_2'$. Biểu thức (5) áp dụng cho hai vật trên được viết dưới dạng đại số:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2' \quad (7)$$

Nếu trước va chạm vật m_2 đứng yên ($v_2 = 0$) thì (7) có dạng:

$$m_1 v_1 = m_1 v_1' + m_2 v_2' \quad (8)$$

b) Va chạm mềm: Sau va chạm, hai vật m_1 và m_2 chuyển động với vận tốc \vec{v}' . Biểu thức (5) áp dụng cho hai vật trong trường hợp này được viết dưới dạng đại số:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v' \quad (9)$$

Nếu trước va chạm vật m_2 đứng yên ($v_2 = 0$) thì (9) có dạng:

$$m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v' \quad (10)$$

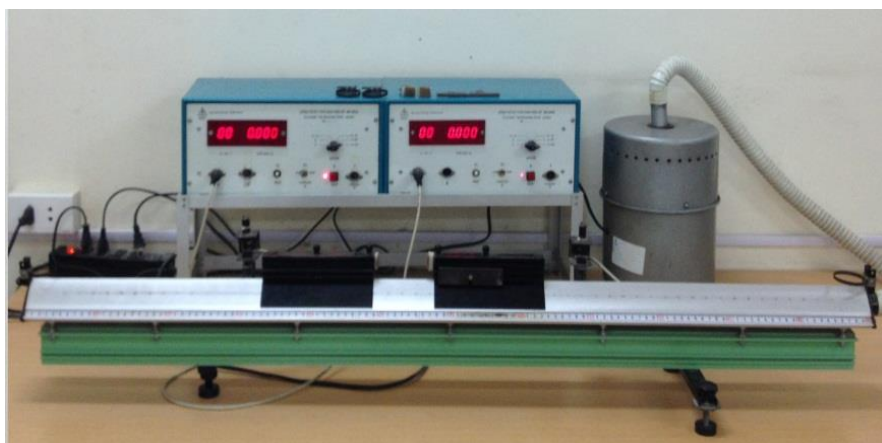
Trong bài này, ta nghiệm lại định luật bảo toàn động lượng trên đệm không khí (Hình 4). Thiết bị đệm không khí gồm một hộp H bằng kim loại (dài khoảng 120 cm), một đầu bịt kín và đầu còn lại nối thông với bơm nén không

khí P. Hộp H có dạng hình mái nhà và trên mặt của nó có hai dây lỗ nhỏ phân bố đều nhau để khí nén phụt ra ngoài. Hai xe trượt X_1 và X_2 có thể chuyển động với hệ số ma sát nhỏ trên mặt hộp H.

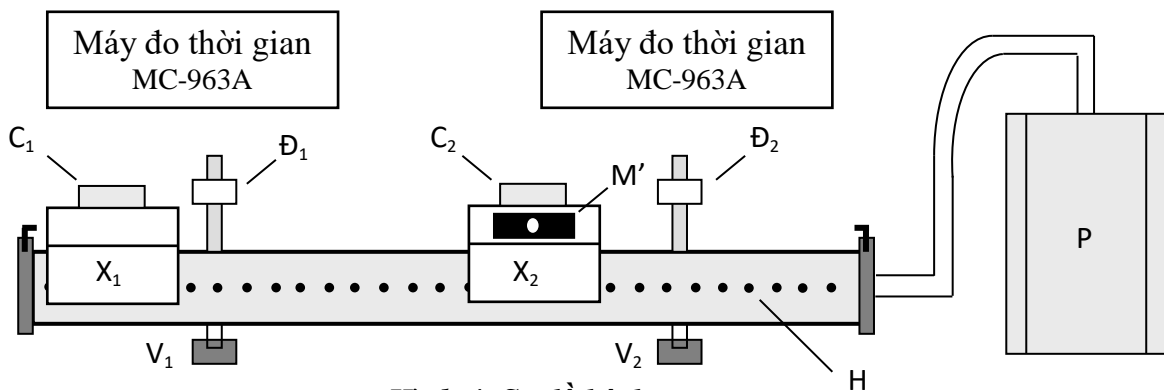
III. DỤNG CỤ THÍ NGHIỆM

TT	Tên dụng cụ	Số lượng
1	Hộp H	1
2	Bơm dẫn khí và ống dẫn khí	1
3	Xe trượt	2
4	Gia trọng	2
5	Tấm chắn sáng	2
6	Lò xo lá	2
7	Tấm dính	2
8	Cổng quang điện	2
9	Máy đo thời gian MC963A	2

Bảng 1: Dụng cụ thí nghiệm



Hình 3: Hệ đo



Hình 4: Sơ đồ hệ đo

Với m_1 : khối lượng xe trượt X_1 .
 m_{01} : khối lượng bản chắn sáng C_1 .
 m_{11} : khối lượng đầu va chạm đàn hồi (vòng lò xo lá) gắn vào xe X_1 .
 m_2 : khối lượng xe trượt X_2 .
 m_{02} : khối lượng bản chắn sáng C_2 .
 m_{21} : khối lượng đầu va chạm đàn hồi (vòng lò xo lá) gắn vào xe X_2 .
 m' : khối lượng mỗi gia trọng gắn vào xe trượt X_2 .

Giá trị các đại lượng như sau:

$m_1 = m_2 = 215,0$ (gam)
 $m'_{12} = m'_{22} = 3,4$ (gam)
 $m_{01} = m_{02} = 10,5$ (gam)
 $m_{11} = m_{21} = 5,0$ (gam)
 $m' = 50,0$ (gam)
 $S = 50,0$ (mm);

IV. TRÌNH TỰ THÍ NGHIỆM

4.1 Chuẩn bị hệ đo.

a. Điều chỉnh đệm không khí nằm cân bằng thẳng ngang.

Sinh viên không điều chỉnh các ốc $V_1, V_2, Đ_1, Đ_2$ trên giá trượt H.

b. Điều chỉnh máy đo thời gian MC-963A.

Sinh viên chỉ đọc số liệu hiện trên 2 đồng hồ MC-963A, và ấn nút “RESET”; không thay đổi vị trí các nút do giáo viên đã đặt trước trên máy MC-963A.

4.2 Tiến hành thí nghiệm khảo sát hiện tượng va chạm đàn hồi.

Bước 1: Chuẩn bị hệ đo như phần 4.1

Bước 2: Lắp lò xo lá vào mỗi đầu đối diện của 2 xe sao cho khi va chạm 2 lá lò xo sẽ va chạm với nhau để tạo ra va chạm đàn hồi.

- Bước 3: Lắp tấm chắn sáng C_1 và C_2 lần lượt lên mặt trên vào 2 xe sao cho tấm chắn sáng khi chuyển động sẽ cắt được cảm biến D_1 hoặc D_2 .
- Bước 4: Đặt xe trượt X_1 (không mang gia trọng) nằm ở gần đầu của hộp H phía ngoài hai cảm biến D_1, D_2 .
- Bước 5: Đặt thêm xe trượt X_2 (hai bên mang thêm hai gia trọng m') nằm trên mặt hộp H phía trong hai cảm biến D_1, D_2 (nhưng gần D_2 hơn).
- Bước 6: Bấm nút “RESET ” của hai máy đo thời gian MC-963A để các số chỉ thị trên cửa sổ “Time ” chuyển về trạng thái 0.
- Bước 7: Bật công tắc để bơm khí hoạt động và đẩy xe trượt X_1 về phía bên trái với lực đủ lớn để xe X_1 chuyển động đi qua cảm biến D_1 tới va chạm vào xe trượt X_2 đang đứng yên. Khi xe trượt X_1 bắt đầu đi qua cảm biến D_1 đồng thời tấm chắn sáng sẽ cắt cảm biến D_1 và đồng hồ bắt đầu đo thời gian quãng đường bằng chính khoảng cách của tấm chắn sáng cắt qua. Đọc và ghi thật nhanh thời gian t_1 của xe trượt X_1 đi qua cảm biến D_1 vào bảng 2.
- Bước 8: Sau va chạm, xe trượt X_1 đổi chiều chuyển động đi qua cảm biến quang D_1 lần thứ hai đọc và ghi thời gian t vào bảng 2 và xe trượt X_2 chuyển động (cùng chiều với xe X_1 trước khi va chạm) đi qua cảm biến D_2 , đọc và ghi thời gian t'_2 vào bảng 2.
- Bước 9: Thực hiện lại 5 lần tương tự và ghi kết quả vào bảng 2.
- Bước 10: Kết thúc thí nghiệm tắt máy, tháo tấm chắn sáng, lò xo lá để gọn gàng.

Chú ý:

- t_1 : là các khoảng thời gian chắn sáng tương ứng khi bản C_1 đi qua cảm biến D_1 trước va chạm.
- t'_1 : là các khoảng thời gian chắn sáng tương ứng khi bản C_1 đi qua cảm biến D_1 sau va chạm (*Xe trượt X_1 đi qua cảm biến D_1 lần thứ 2*).
- t : là khoảng thời gian chắn sáng tổng cộng khi tấm chắn C_1 đi qua cảm biến D_1 trong cả hai lần (*trước và sau va chạm*) thì $t'_1 = t - t_1$.
- Sau khi xe trượt X_1 đi qua cảm biến D_1 lần thứ 2 và xe trượt X_2 đi qua cảm biến D_2 thì nhẹ nhàng giữ xe đứng yên lại và chạm vào lá lò xo ở 2 đầu máng trượt làm xe chuyển động ngược chiều lại.

Định luật bảo toàn động lượng sẽ được nghiệm đúng trong trường hợp va chạm đàn hồi nếu tổng đại số các động lượng trước và sau va chạm của hai xe trượt X_1 và X_2 bằng nhau:
$$\mathbf{M_1 v_1} = \mathbf{M_1 v'_1} - \mathbf{M_2 v'_2} \quad (12)$$

Ở đây, $M_1 = m_1 + m_{01} + m_{11}$: Là **khối lượng tổng cộng** của xe X_1

$M_2 = m_2 + m_{02} + m_{21} + 2m'$: Là **khối lượng tổng cộng** của xe X_2

4.3. Tiến hành thí nghiệm khảo sát hiện tượng va chạm mềm.

Bước 1: Chuẩn bị hệ đo như phần 4.1.

Bước 2: Lắp 2 tấm dính và dán vào mỗi bên phần đối diện của mỗi xe (thay lò xo lá như phần va chạm đàn hồi).

Bước 3: Chỉ lắp tấm chắn sáng C_1 lên xe trượt X_1 , tháo tấm chắn sáng C_2 ở xe 2

Bước 4: Đặt xe trượt X_1 (không mang gia trọng) nằm ở gần đầu của hộp H phía ngoài hai cảm biến D_1, D_2 .

Bước 5: Đặt thêm xe trượt X_2 (hai bên mang thêm hai gia trọng m') nằm trên mặt hộp H phía trong hai cảm biến D_1, D_2 (nhưng gần D_2 hơn).

Bước 6: Bấm nút “RESET ” của hai máy đo thời gian MC-963A để các số chỉ thị trên cửa sổ “Time ” chuyển về trạng thái 0.

Bước 7: Bật công tắc để bơm khí hoạt động và đẩy xe trượt X_1 về phía bên trái với lực đủ lớn để xe X_1 chuyển động đi qua cảm biến D_1 tới va chạm vào xe trượt X_2 đang đứng yên. Khi xe trượt X_1 bắt đầu đi qua cảm biến D_1 đồng thời tấm chắn sáng sẽ cắt cảm biến D_1 và đồng hồ bắt đầu đo thời gian quãng đường bằng chính khoảng cách của tấm chắn sáng cắt qua. Đọc và ghi thật nhanh thời gian t của xe trượt X_1 đi qua cảm biến D_1 vào bảng 3.

Bước 8: Sau khi va chạm thì xe trượt X_1 và xe trượt X_2 dính vào nhau và chuyển động theo chiều của xe trượt X_1 . Sau khi tấm chắn sáng C_1 đi qua cảm biến D_2 ta giữ xe X_2 lại, đọc và ghi kết quả t' vào bảng 3.

Bước 9: Thực hiện thí nghiệm trên 5 lần và ghi kết quả tương ứng vào bảng 3.

Bước 10: Kết thúc thí nghiệm tắt máy, tháo tấm chắn sáng, lò xo lá.

Chú ý:

- t : là các khoảng thời gian chắn sáng tương ứng khi bản C_1 đi qua cảm biến D_1 trước va chạm.
- t' : là các khoảng thời gian chắn sáng tương ứng khi bản C_1 đi qua cảm biến D_2 sau va chạm .

Định luật bảo toàn động lượng sẽ được nghiệm đúng trong trường hợp va chạm mềm, khi tổng đại số các động lượng trước và sau va chạm hai xe trượt X_1 và X_2 bằng nhau:

$$\mathbf{M}'_1 \mathbf{v}_1 = (\mathbf{M}'_1 + \mathbf{M}'_2) \mathbf{v}' \quad (13)$$

Ở đây, $M'_1 = m_1 + m_{01} + m'_{12}$: Là **khối lượng tổng cộng** của xe X_1

$M'_2 = m_2 + m'_{22} + 2m'$: Là **khối lượng tổng cộng** của xe X_2

V. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

Bảng 2: Bảng số liệu va chạm đàn hồi.

Lần đo	Trước va chạm			Sau va chạm				
	$v_2 = 0$ (m/s)	t_1 (s)	v_1 (m/s)	t (s)	$t'_1 = t - t_1$ (s)	v'_1 (m/s)	t'_2 (s)	v'_2 (m/s)
1								
2								
3								
4								
5								

Bảng 3: Bảng số liệu va chạm mềm.

Lần đo	Trước va chạm			Sau va chạm	
	$v_2 = 0$ (m/s)	t (s)	v_1 (m/s)	t' (s)	$v'_1 = v'_2 = v'$ (m/s)
1					
2					
3					
4					
5					

VI. XỬ LÝ SỐ LIỆU

6.1 Va chạm đàn hồi.

Lần đo	Trước va chạm	Sau va chạm	Sai số tỷ đối
	$K_t (kg.m/s)$	$K_s (kg.m/s)$	$\delta = \frac{\overline{\Delta K}}{\overline{K_t}} = \frac{|\overline{K_s} - \overline{K_t}|}{\overline{K_t}}$
1			
2			
3			
4			
5			
GTTB			$\overline{\delta} = \dots\dots\dots\%$

Kết luận: Trong va chạm đàn hồi, định luật bảo toàn động lượng được nghiệm với độ sai lệch tỷ đối $\overline{\delta} = \dots\dots\dots\%$.

6.2 Va chạm mềm.

Lần đo	Trước va chạm	Sau va chạm	Sai số tỷ đối
	$K_t (kg.m/s)$	$K_s (kg.m/s)$	$\delta = \frac{\overline{\Delta K}}{\overline{K_t}} = \frac{|\overline{K_s} - \overline{K_t}|}{\overline{K_t}}$
1			
2			
3			
4			
5			
GTTB			$\overline{\delta} = \dots\dots\dots\%$

Kết luận: Trong va chạm đàn hồi, định luật bảo toàn động lượng được nghiệm với độ sai lệch tỷ đối $\overline{\delta} = \dots\dots\dots\%$.

Bài 1: XÁC ĐỊNH KÍCH THƯỚC BẰNG PANME, THUỐC KẸP, CẦU KẾ

1. Mục đích yêu cầu

1.1. Mục đích: Mục đích của bài thí nghiệm này là trang bị cho sinh viên những kiến thức về giải pháp thực tiễn để nâng cao độ chính xác của dụng cụ đo độ dài và kỹ năng thực hành sử dụng các dụng cụ đo độ dài có độ chính xác tương đối cao được sử dụng rộng rãi trong kỹ thuật (thước kẹp, pan-me, cầu kế) để đo kích thước một số vật mẫu.

1.2. Yêu cầu

1. Nắm được nguyên lý của giải pháp sử dụng du xích để nâng cao độ chính xác của dụng cụ đo độ dài.
2. Nắm được cấu tạo của thước kẹp, pan-me, cầu kế.
3. Biết cách sử dụng thước kẹp, pan-me, cầu kế để xác định kích thước các vật mẫu.
4. Viết được báo cáo thí nghiệm, tính được các sai số theo yêu cầu.

2. Cơ sở lý thuyết

Đo độ dài là một trong những phép đo vật lý cơ bản nhất. Để đo độ dài, người ta thường sử dụng thước. Đơn vị của độ dài trong hệ SI là mét.

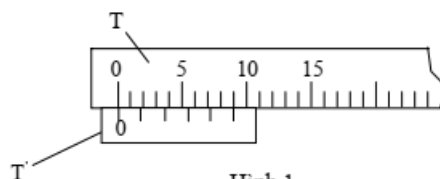
Để tăng độ chính xác của phép đo độ dài với một thước đo đã chọn, người ta thường sử dụng du xích hoặc định ốc vi cấp.

2.1. Du xích

Du xích là phần phụ thêm cho một thước thông thường, cho phép tăng độ chính xác của phép đo lên 10 - 20 lần.

Có hai loại du xích: du xích dài và du xích tròn. Ở đây ta chỉ nghiên cứu du xích dài, loại du xích tròn có cấu tạo và cách sử dụng tương tự.

2.1.1. Nguyên tắc cấu tạo



Hình 1

Du xích dài là một thước nhỏ (còn gọi là thước phụ T') có thể trượt theo chiều dài của một thước thường (còn gọi là thước chính T). Nguyên tắc chia các khoảng trên du xích được trình bày trên hình 1.

Giả sử trên du xích có m khoảng chia, độ dài của mỗi khoảng chia đó bằng x. Độ dài của mỗi khoảng chia trên thước chính là y (thường bằng 1mm).

Du xích được chế tạo sao cho độ dài của m khoảng chia trên thước phụ bằng độ dài của (am - 1) khoảng chia trên thước chính, (trong hình vẽ mô tả ở trên thì m = 5, a = 2).

$$mx = (am - 1)y$$

ở đây a là các số nguyên.

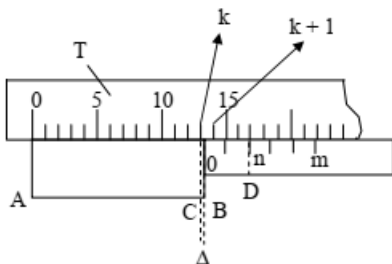
Từ biểu thức trên ta có:

$$x = ay - \frac{y}{m} \quad (1)$$

Nếu khoảng chia nhỏ nhất trên thước chính là 1mm, du xích có $m = 50$ khoảng chia thì độ chính xác của nó bằng 1/50mm. Người ta thường gọi đó là du xích 1/50. Tương tự, có loại du xích 1/10, 1/20...

2.1.2. Cách đọc kết quả đo độ dài trên một thước có du xích

Khi đo độ dài của vật bằng thước có du xích nếu ta đặt vật sao cho một đầu của vật trùng với vạch chỉ số không của thước chính, thì nói chung đầu kia (đầu B) của vật sẽ nằm giữa vạch thứ k và $k + 1$ của thước chính (hình 2).



Hình 2

Sau đó ta di chuyển du xích sao cho mép của du xích trùng với đầu B của vật. Khi đó quan sát ta sẽ thấy có một vạch nào đó trên du xích (giả thiết là vạch thứ n của du xích) trùng với một vạch đối diện nào đó của thước chính tại D. Chiều dài của vật cần đo bằng:

$$AB = 1 = ky + \Delta \quad (2)$$

trong đó $\Delta = CB < \gamma$ (C là điểm trùng với vạch thứ k của thước chính)

Mặt khác, nhìn trên hình vẽ, ta thấy:

$$CD = nx + \Delta = \text{số nguyên lần } \gamma. \quad (3)$$

Thay giá trị x từ biểu thức (1) vào (3) ta được:

$$CD = nay + (\Delta - n \frac{y}{m}) = \text{số nguyên lần } y \quad (4)$$

Từ (4) suy ra rằng $(\Delta - n \frac{y}{m})$ hoặc bằng số nguyên lần của y hoặc bằng không. Do $\Delta = CB$

$< y$ và $n < m$ suy ra $(\Delta - n \frac{y}{m})$ chỉ có thể bằng 0, hay:

$$\Delta = n \frac{y}{m} \quad (4^*)$$

Đây là chiều dài nhỏ nhất mà ta có thể đo được bằng thước có du xích (khi đó $k = 0$, $n = 1$), vì vậy y/m được gọi là độ chính xác (độ nhảy) của du xích.

Thay (4') vào (2), ta được biểu thức tính độ dài của vật cần đo :

$$1 = ky + n \frac{y}{m} \quad (5)$$

Tóm lại, cách đọc kết quả đo độ dài của vật như sau:

- Theo công thức (5) hệ số k đọc được trên thước chính là số nguyên lần khoảng chia trên thước chính nằm bên trái vạch 0 của du xích.

- n là số chỉ vạch trên du xích trùng với vạch đối diện trên thước chính (số khoảng chia từ vạch 0 đến vạch n).

- y/m là độ chính xác của thước (y là giá trị một độ chia của thước chính, m là số độ chia trên du xích), độ chính xác của các thước du xích thẳng dùng trong thước kẹp, tung xích... có thể khác nhau, ví dụ là: $1/10$, $1/20$, $1/50$...mm.

2.2. Đinh ốc vi cấp

Để đo những độ dài với độ chính xác nhỏ hơn $0,01\text{mm}$, người ta thường dùng dụng cụ có đinh ốc vi cấp. Cấu tạo của thước có đinh ốc vi cấp dựa trên nguyên lý sau: Khi xoay đinh ốc trong ê cu của nó được một vòng, đinh ốc tiến hay lùi một khoảng bằng bước h của nó. Nếu xoay ốc đi 1 góc α thì nó dịch được một khoảng bằng $(\alpha/360)h$. Với bước ốc $h = 1\text{mm}$ khi xoay 1 góc $\alpha = 1^\circ$, ốc dịch một khoảng bằng $1/360\text{mm}$. Ta có thể đo dễ dàng góc quay với độ chính xác 1° nếu gắn ốc với một đĩa tròn đồng tâm có đường kính vài cm.

Đinh ốc vi cấp được dùng trong nhiều dụng cụ như panme, cầu kế, máy so...

Để thực hiện những phép đo độ dài có độ chính xác hơn nữa (đến $0,001\text{mm}$) người ta dùng kính hiển vi có thị kính trắc vi.

3. Dụng cụ



Hình 3: Thước kẹp



Hình 4: Panme



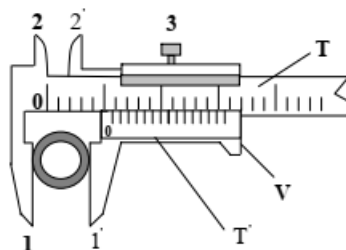
Hình 5: Cầu kế gắn panme

Bộ thí nghiệm (hình 3, 4, 5) gồm:

1. Pan me, 2. Thước kẹp, 3. Cầu kế, 4. Khối hộp chữ nhật, 5. Các bản mỏng, 6. Sợi dây đồng, 7. Khối trụ tròn.

4. Trình tự thí nghiệm

4.1. Thước kẹp



Hình 6

4.1.1. Cấu tạo

Một thước kẹp thông thường có cấu tạo như mô tả trên hình 6, gồm có 2 phần:

- Phần chính là thanh kim loại giống hình chữ T, thân của nó là một thước chia độ đến mm.

- Phần phụ có thể trượt song song trên thước chính, tạo với thước chính một hàm kẹp có các mặt đối diện phẳng song song với nhau.

Trên phần phụ có lắp du xích T' . Khi 2 hàm kẹp chập nhau thì vạch số 0 của du xích trùng với vạch số 0 của thước chính. Muốn xê dịch phần phụ ta làm như sau: Tay trái giữ cố định hàm thước chính, tay phải giữ phần phụ, dùng ngón tay cái ấn vào vị trí V rồi kéo ra hoặc đẩy phần phụ dọc theo thân thước.

Sau khi kẹp vật cần xác định kích thước vào giữa hai hàm kẹp ta vặn vít 3 để cố định du xích.

Cách đo độ dài bằng thước kẹp hoàn toàn giống cách đo bằng thước có du xích đã mô tả ở phần 2.1.2.

Chú ý: Khi chế tạo thước kẹp, người ta khắc thước chính và du xích sao cho khi hai hàm kẹp chập nhau thì vạch số 0 của du xích trùng với vạch số 0 của thước chính. Do đó khi đo chiều dài của vật, đọc số đo trên thước chính ứng với vạch số 0 của du xích, ta biết được chiều dài của vật.

4.1.2. Thực hành

Thước kẹp dùng trong bài này gồm hai loại: Loại $0 \div 150$ mm và loại $0 \div 300$ mm

a) Xác định thể tích của khối hộp chữ nhật.

Các bước tiến hành:

- Dùng thước kẹp đo chiều dài a, chiều rộng b và chiều cao c của khối chữ nhật. Mỗi phép đo tiến hành 5 lần. Kết quả ghi vào bảng 1.

- Xử lý số liệu:

- + Tính \bar{a} , \bar{b} , \bar{c} .

- + Tính Δa , Δb , Δc

- + Tính sai số tương đối ϵ của đại lượng đo gián tiếp.

- + Tính V theo biểu thức $V = abc$.

- + Tính sai số tuyệt đối ΔV .

+ Viết kết quả dưới dạng: $V = \bar{V} \pm \Delta V$

b) Xác định thể tích của khối trụ.

- Đo đường kính đáy d , chiều cao h . Mỗi phép đo tiến hành 5 lần. Kết quả ghi vào bảng 2.

- Xử lý số liệu:

+ Tính \bar{d} , \bar{h} .

+ Tính Δd , Δh .

+ Tính sai số tương đối ε của đại lượng đo gián tiếp.

+ Tính thể tích khối trụ $V = \pi \frac{d^2}{4} h$.

+ Tính sai số tuyệt đối ΔV .

+ Viết kết quả dưới dạng: $V = \bar{V} \pm \Delta V$

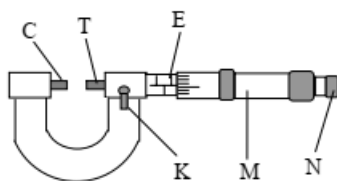
4.2. Panme

4.2.1. Cấu tạo

Cấu tạo của panme được mô tả trên hình 7.

Trong panme có một đỉnh ốc vít cấp T có bước ren bằng 0,5mm được xoay dễ dàng trong một êcu cố định E. Vành ngoài êcu có một đường thẳng ngang nằm dọc theo thân êcu gọi là vạch chuẩn, một thước thẳng song song với trục của êcu nằm phía trên vạch chuẩn có độ chia là 1mm (gọi là thước chính). Mỗi một vạch chia của thước chính được khắc kèm một vạch gọi là vạch 0,5 nằm tương ứng ở phía dưới đường vạch chuẩn. Để xoay đỉnh ốc vít cấp người ta gắn liền nó với mũ M chụp ra ngoài êcu. Vành mũ M được chia thành 50 phần bằng nhau. Khi ta xoay đỉnh ốc vít cấp 2 vòng thì nó dịch chuyển một đoạn 1mm trên thước chính. Như vậy mỗi độ chia trên vành mũ ứng với độ dịch chuyển $1\text{mm}/100 = 0,01\text{mm}$ gọi là độ chính xác của panme và nếu từ vị trí mà mép của mũ M trùng với vạch thứ k nào đó của thước chính ta xoay đi một vòng thì mép của mũ M sẽ trùng với vạch 0,5 tương ứng của vạch k , nếu ta xoay đi hai vòng thì mép của mũ M trùng với vạch $k + 1$.

Hai mặt đối diện C và T song song với nhau dùng để kẹp vật cần xác định kích thước. Khi ta vặn mũ M cho hai mặt C và T áp sát nhau thì vạch số 0 trên vành mũ phải trùng với đường chuẩn ngang và vạch số 0 của thước thước chính trùng với mép của mũ M.



Hình 7

Muốn đo độ dài của vật bằng panme ta đặt vật vào giữa C và T rồi xoay mũ M cho đến khi vật bị kẹp chặt. Sau đó ta xác định giá trị k là số vạch trên thước chính nằm ngay dưới mép của mũ M (số nguyên lần khoảng chia trên thước chính nằm bên trái mép mũ M), n là vạch trên du xích trùng với đường chuẩn ngang, y/m là độ chính xác của thước: ($y/m = 1/100 = 0,01\text{mm}$). Kết quả đo được xác định như sau:

Nếu mép của mũ M chưa vượt quá vạch 0,5 tương ứng của vạch k (đỉnh ốc đang ở vòng quay thứ nhất) thì:

$$l = ky + n.0,01 \text{ (mm)}$$

Nếu mép của mũ M đã vượt quá vạch 0,5 tương ứng của vạch k (đỉnh ốc đang ở vòng quay thứ hai) thì:

$$l = ky + 0,5 + n.0,01 \text{ (mm)}$$

Lưu ý đặc biệt: không được vặn mũ M quá chặt để tránh biến dạng vật, dẫn đến kết quả sai và làm hỏng panme. Để tránh tình trạng này ở cuối mũ M có núm N, khi xoay núm này có tiếng “tách tách” thì dừng lại, không được xoay tiếp nữa và chốt khoá K lại.

4.2.2. Thực hành

Panme dùng trong bài này gồm hai loại: $0 \div 25 \text{ mm}$, và loại $50 \div 75 \text{ mm}$.

Yêu cầu của bài này là sử dụng panme để đo:

- Độ dày của hai bản mỏng khác nhau.
- Đường kính của sợi dây kim loại.

Mỗi phép đo lặp lại 5 lần để tính sai số và kết quả đo viết dưới dạng quy ước. Kết quả đo cũng phải ghi dưới dạng các bảng số liệu (bảng 3).

5. Báo cáo thí nghiệm

ĐO KÍCH THƯỚC BẰNG PANME, THUỐC KẸP, CẦU KẾ

Lớp

Xác nhận của giáo viên

KípNhóm.....

Họ tên.....

Mục đích thí nghiệm

.....

.....

.....

.....

.....

Kết quả thí nghiệm

5.1.Thước kẹp

Bảng 1

Kết quả đo khối chữ nhật

Lần đo	Dài		Rộng		Cao	
	a_i	Δa_i	b_i	Δb_i	c_i	Δc_i
$i = 1$						
...						
5						
TB	$\overline{a} = \dots$	$\overline{\Delta a} = \dots$	$\overline{b} = \dots$	$\overline{\Delta b} = \dots$	$\overline{c} = \dots$	$\overline{\Delta c} = \dots$

$$\varepsilon = \frac{\Delta a}{\overline{a}} + \frac{\Delta b}{\overline{b}} + \frac{\Delta c}{\overline{c}} = \dots$$

$$\overline{V} = \overline{a} \overline{b} \overline{c} = \dots = \dots (\text{m}^3)$$

$$\Delta V = \varepsilon \overline{V} = \dots = \dots (\text{m}^3)$$

$$\rightarrow V = \overline{V} \pm \Delta V = \dots \pm \dots (\text{m}^3)$$

Bảng 2

Kết quả đo khối trụ

Lần đo	Đường kính mặt đáy		Chiều cao	
	d_i	Δd_i	h_i	Δh_i
$i = 1$				
...				
5				
TB	$\bar{d} = \dots$	$\overline{\Delta d} = \dots$	$\bar{h} = \dots$	$\overline{\Delta h} = \dots$

$$\varepsilon = \frac{\Delta \pi}{\pi} + 2 \frac{\Delta d}{\bar{d}} + \frac{\Delta h}{\bar{h}} = \dots$$

$$\bar{V} = \pi \frac{\bar{d}^2}{4} \bar{h} = \dots \text{ (m}^3\text{)}$$

$$\Delta V = \varepsilon \bar{V} = \dots \text{ (m}^3\text{)}$$

$$\rightarrow V = \bar{V} \pm \Delta V = \dots \pm \dots \text{ (m}^3\text{)}$$

5.2. Panme

Độ chính xác của panme: $\Delta h_{dc} = \dots$ (mm)

Bảng 3

Đo độ dày bản mỏng và đường kính sợi dây đồng.

Lần đo	Bản 1		Bản 2		Sợi dây	
	h_i	Δh_i	h_i	Δh_i	d_i	Δd_i
$i = 1$						
...						
5						
TB	$\bar{h} = \dots$	$\overline{\Delta h} = \dots$	$\bar{h} = \dots$	$\overline{\Delta h} = \dots$	$\bar{d} = \dots$	$\overline{\Delta d} = \dots$

Kết quả:

$$h = \bar{h} \pm \Delta h = \dots \pm \dots \text{ (mm)}$$

$$d = \bar{d} \pm \Delta d = \dots \pm \dots \text{ (mm)}$$

Coi h là đường kính của viên bi. Xác định thể tích của mỗi viên bi ?