

Bài 1A: Sử dụng thước kẹp và vi kế

Mục đích: Tìm hiểu nguyên lý hoạt động, phương pháp sử dụng thước kẹp và vi kế. Tiến hành thí nghiệm xác định kích thước và thể tích của vật thể.

I. THƯỚC KẸP

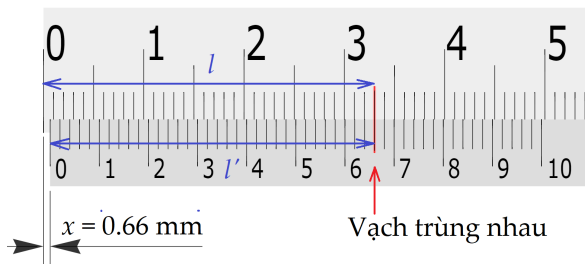
THƯỚC KẸP là dụng cụ dùng để đo khoảng cách giữa hai điểm, đo kích thước bên ngoài, kích thước bên trong hay độ sâu của các vật. Nhờ cấu tạo đặc biệt, thước kẹp có thể đạt độ chính xác đến $1/100\text{mm}$.

Thước kẹp chứa các bộ phận cơ bản miêu tả trên hình 1.2, bao gồm: mỏ đo ngoài, mỏ đo trong, du xích, thanh đo độ sâu và vít giữ. Bộ phận làm nên đặc trưng cho thước kẹp chính là *du xích*, một thước phụ có thể trượt dọc theo thước chính.

Nguyên lý đo lường

Thước kẹp được chế tạo theo nguyên lý như sau: *mỗi vạch trên du xích ngắn hơn mỗi vạch trên thước chính đúng bằng độ chính xác của thước kẹp*, ghi cụ thể trên mặt thước.

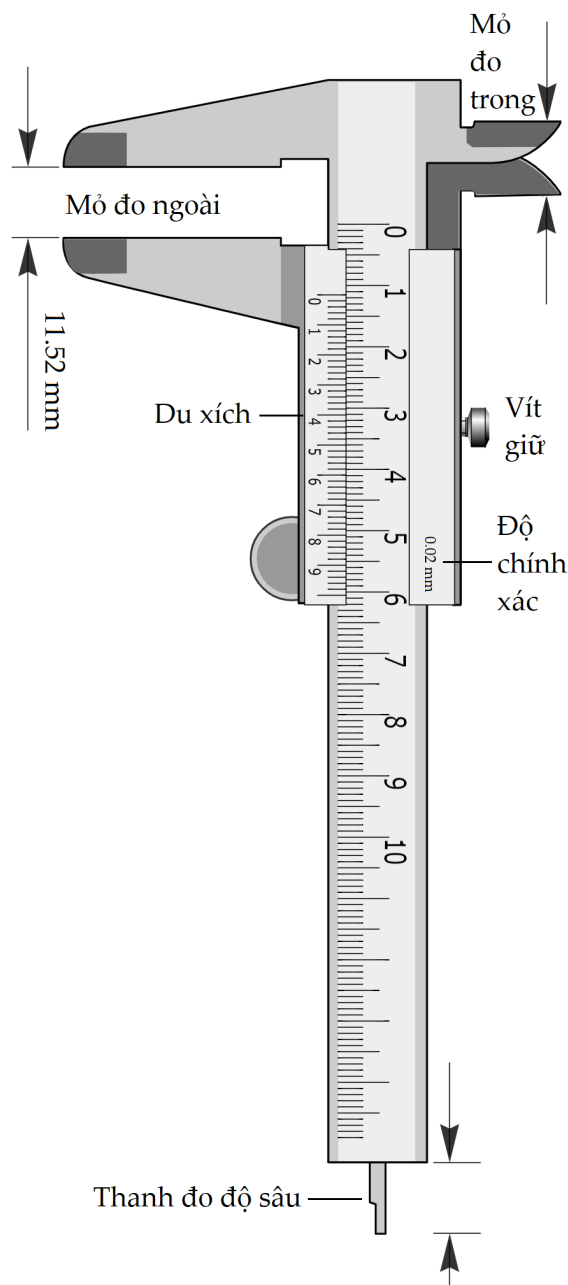
Xét một thước kẹp có độ chính xác bằng 0.02mm . Hãy xác định chỉ số của thước kẹp này khi hai vạch 0 lệch nhau một đoạn $x < 1\text{mm}$ như hình 1.1.



Hình 1.1: Nguyên lý đo của thước kẹp

Ta phát hiện thấy, vạch thứ 33 trên thước chính và trên du xích nằm trùng nhau, tạo ra hai đoạn l và l' có độ dài chênh lệch nhau đúng bằng x cần tìm. Theo cấu tạo của thước, mỗi vạch trên du xích ngắn hơn mỗi vạch trên thước chính 0.02mm . Như vậy đoạn l' ngắn hơn l một đoạn $x = 0.02 \times 33 = 0.66\text{mm}$.

Như vậy, việc quan sát khoảng cách $x = 0.66\text{mm}$ rất nhỏ được quy về việc quan sát hai độ dài l và l' đủ lớn để mắt người nhận diện. Nói cách khác,



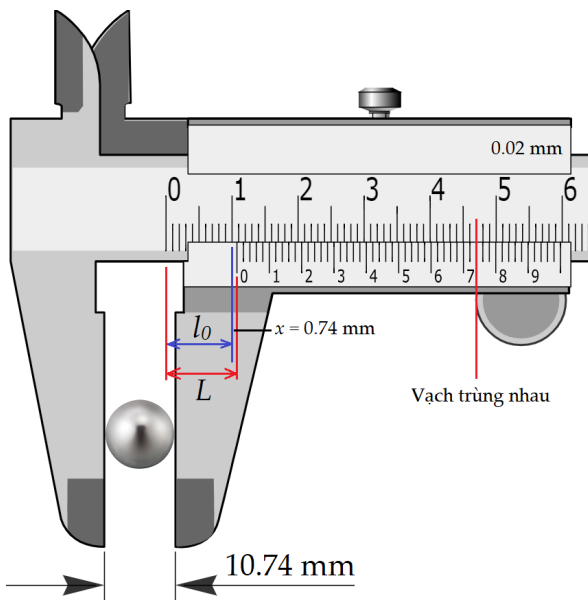
Hình 1.2: Cấu tạo thước kẹp

khoảng x bé nhỏ cần đo đã được phóng đại lên 50 lần mà mắt người có thể quan sát.

Cách đọc thực hành

Chỉ số L cần đọc chính là khoảng cách giữa hai vạch 0 trên thước chính và du xích (hình 1.3). Từ nguyên lý đã phân tích ở trên, chúng ta dẫn ra phương pháp đọc thực hành như sau:

- **Bước 1:** Đọc phần nguyên l_0 theo đơn vị mm.
- **Bước 2:** Đọc phần lẻ $x < 1$ mm theo chỉ số của vạch trùng nhau trên du xích.
- **Bước 3:** Thực hiện phép cộng phần nguyên và phần lẻ $L = l_0 + x$ để thu được kết quả.

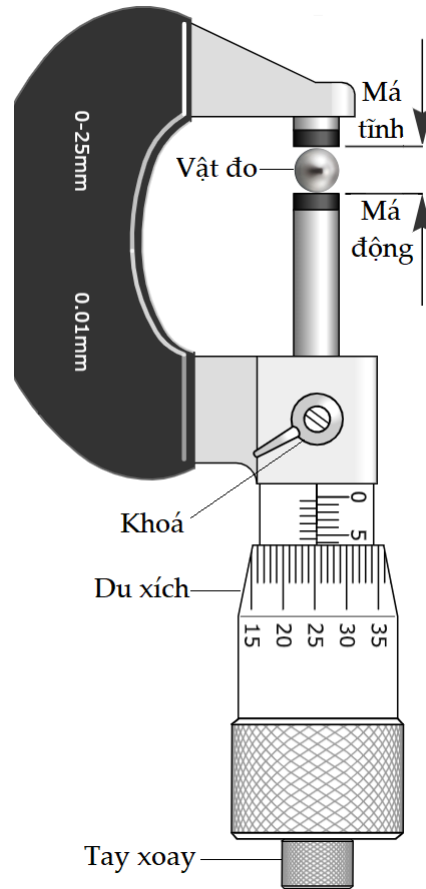


Hình 1.3: Cách đọc thước kẹp

Theo ví dụ hình 1.3, phần nguyên $l_0 = 10$ mm, phần lẻ $x = 0.74$ mm, suy ra giá trị cần đọc $L = 10 + 0.74 = 10.74$ mm.

II. VI KẾ

Vi kế – hay thước panme – là dụng cụ đo kích thước bên ngoài, kích thước bên trong hay đo độ sâu tùy thiết kế. Vi kế có thể đạt đến độ chính xác rất cao, tầm $1/1000$ mm, nhờ cấu tạo đặc biệt của du xích. Khác với thước kẹp với du xích di chuyển trực tiếp bằng lực kéo đẩy, du xích của vi kế lại di chuyển thông qua chuyển động quay theo trục ren như một con ốc vít.



Hình 1.4: Cấu tạo vi kế

Vi kế có cấu tạo khá đơn giản như miêu tả hình 1.4, với hai má đo gồm má tĩnh gắn liền với thước chính, còn má động gắn liền với du xích. Lấy ví dụ về vi kế như hình 1.4 kể trên, ta có thể nhận thấy một vài tham số đáng chú ý như:

- Độ chính xác của vi kế bằng 0.01 mm.
- Giới hạn đo của thước chỉ đến 25 mm.
- Du xích có bước ren bằng 0.5 mm, có nghĩa rằng quay một vòng du xích thì má động mới tịnh tiến thêm được 0.5 mm.

Nguyên lý đo lường

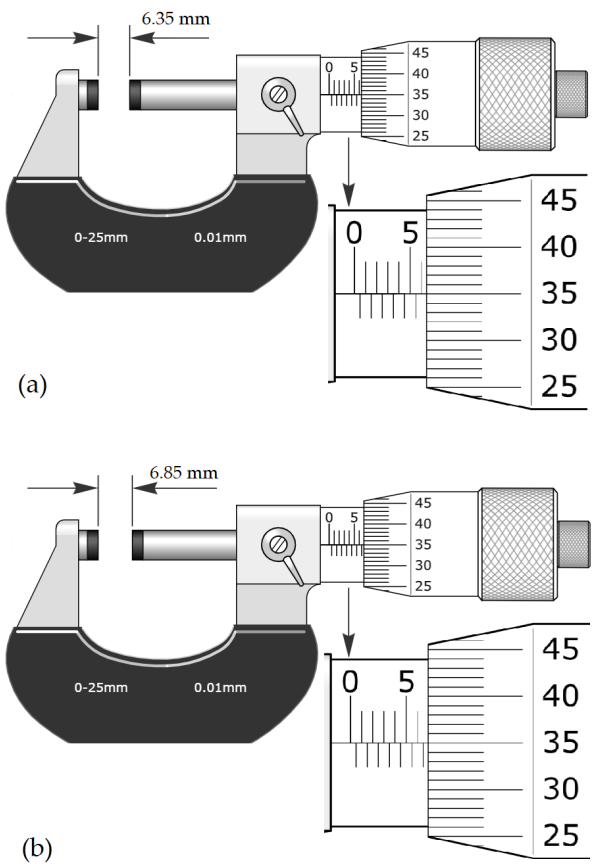
Khi di chuyển du xích để hai má đo áp sát vào vật, chuyển động tịnh tiến của má động thực hiện thông qua chuyển động quay của du xích quanh trục ren. Với một vi kế có độ chính xác bằng 0.01 mm, khi quay du xích 1 vạch, má động chỉ di chuyển một đoạn rất bé bằng 0.01 mm.

Có thể nói rằng, sự di chuyển rất bé của má động được phóng đại lên khoảng 100 lần thông qua sự di chuyển rõ rệt của du xích quanh trục ren, giúp cho mắt người dễ dàng quan sát.

Cách đọc thực hành

Vi kế sử dụng trong phòng thí nghiệm có độ chính xác bằng 0.01mm và bước ren bằng 0.5mm. Như vậy cần xoay du xích 2 vòng thì má động mới di chuyển được 1mm. Mỗi vòng quay của du xích được chia thành 50 vạch, mỗi vạch quay tương ứng với 0.01mm tịnh tiến.

Với cùng một chỉ số trên du xích, ví dụ vạch 35 chạm ngang trục thước chính, có hai trường hợp xảy ra mô tả trên hình 1.5. Hình 1.5a tương ứng với giá trị 6.35mm. Hình 1.5b cho thấy, số đo đã vượt quá 6,5, nên mặc dù du xích chỉ vạch 35 nhưng cần đọc kết quả thành 6.85mm.



Hình 1.5: Cách đọc vi kế

III. THỰC HÀNH ĐO LƯỜNG

Sinh viên nhận các mẫu vật cần đo từ giáo viên. Mẫu vật đo bằng thước kẹp có thể là khối trụ đặc, khối trụ rỗng, khối hình hộp chữ nhật hay hình dạng đặc biệt khác. Mẫu vật đo bằng vi kế có thể là tấm phẳng mỏng, lõi dây điện hình trụ, khối cầu...

Cấu trúc hình học của mẫu vật chỉ là mô hình đơn giản hoá. Một khối trụ, một khối cầu chưa chắc đã hoàn hảo mà có thể hơi biến dạng một chút. Một tấm phẳng chưa chắc đã có độ dày tuyệt đối bằng nhau. Do vậy phép đo cần thực hiện nhiều lần tại những vị trí khác nhau nhằm lấy giá trị trung bình.

Sử dụng thước kẹp

Thiết lập bảng dữ liệu như mẫu bảng 1.1 bên dưới, với số cột tùy thuộc vào số chiều kích thước cần đo. Ví dụ khối trụ rỗng cần đo đường kính ngoài, đường kính trong và chiều cao. Sử dụng thước kẹp đo mỗi chiều kích thước 5 lần, ghi giá trị vào bảng 1.1.

Bảng 1.1: Đo kích thước bằng thước kẹp

Độ chính xác của thước kẹp: ...				
Khối lượng của vật: $m = \dots$				
Lần đo	Kích thước 1	Kích thước 2	Kích thước 3	...
1				
2				
3				
4				
5				

Bảng 1.2: Đo kích thước bằng vi kế

Độ chính xác của vi kế: ...	
Khối lượng của vật: $m = \dots$	
Lần đo	Độ dày/đường kính
1	
2	
3	
4	
5	

Sử dụng vi kế

Thiết lập bảng dữ liệu như mẫu bảng 1.2. Sử dụng vi kế đo độ dày hoặc đường kính, tùy theo mẫu vật được cung cấp. Phép đo thực hiện 5 lần, ghi giá trị vào bảng 1.2.

Cân khối lượng

Nhằm kết hợp xác định khối lượng riêng, ta cân khối lượng của vật, và chỉ cân một lần duy nhất.

Đặt cân điện tử thăng bằng, đảm bảo kín gió. Thiết lập thang đo ở đơn vị gram với độ chia chính xác nhất có thể. Nhấn nút $\rightarrow 0 \leftarrow$ để thiết lập mức 0 trước khi cân các vật.

IV. XỬ LÝ DỮ LIỆU

Tính giá trị trung bình của các chiều kích thước đo được, sai số kèm theo và viết kết quả phép đo vào bảng dữ liệu.

Thiết lập công thức tính thể tích trung bình \bar{V} và công thức tính sai số cho thể tích (xem bài *Cơ sở đo lường và sai số*, trang 10, phần V. – *Tính sai số phép đo gián tiếp*). Dựa vào công thức đã thiết lập, tính thể tích của vật kèm theo sai số.

Tính khối lượng riêng ρ (kèm sai số) của chất cấu tạo nên mẫu vật:

$$\rho = \frac{m}{V}.$$

Với khối lượng m chỉ xét đến sai số hệ thống, không có sai số ngẫu nhiên.

V. CÂU HỎI KIỂM TRA

1. Nêu cấu tạo và nguyên lý hoạt động của thước kẹp.
2. Tại sao du xích của một thước kẹp với độ chính xác 0.02mm lại có độ dài đúng bằng 49mm?
3. Nêu cấu tạo và nguyên lý hoạt động của vi kế.
4. Miêu tả quy trình sử dụng cân điện tử.

Bài 1B: Xác định khối lượng riêng chất rắn

Mục đích: Sử dụng cân điện tử đo khối lượng và xác định khối lượng riêng vật rắn đồng chất.

I. NGUYÊN LÝ

KHỐI LƯỢNG RIÊNG của một chất rắn đồng chất có thể xác định bằng thực nghiệm khi biết khối lượng m của vật làm bằng chất rắn đó và thể tích V của vật:

$$\rho = \frac{m}{V}. \quad (1.1)$$

Khối lượng m dễ dàng đo được bằng cân, còn thể tích V xác định thông qua lượng chất lỏng bị chiếm chỗ khi thả vật vào bình như hình 1.7 hoặc hình 1.9. Tuy nhiên thay vì đọc trực tiếp lượng chất lỏng dâng lên trong bình, chúng ta sẽ cân khối lượng m_0 của chất lỏng bị chiếm chỗ và suy ra thể tích:

$$V = \frac{m_0}{\rho_0}.$$

trong đó ρ_0 – khối lượng riêng của chất lỏng. Thế vào (1.1), thu được biểu thức xác định khối lượng riêng chất rắn:

$$\rho = \frac{m}{m_0} \cdot \rho_0. \quad (1.2)$$

Cách xác định thể tích này giúp phép đo chính xác hơn so với quan sát sự dâng lên của mực chất lỏng, đặc biệt đối với những bình có tiết diện lớn. Có nhiều phương pháp xác định lượng chất lỏng bị chiếm chỗ. Bài thí nghiệm này trình bày hai cách trong số đó.

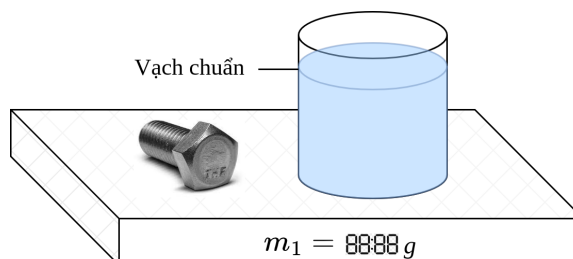
Cách 1: Giữ nguyên mực chất lỏng

Vật rắn khảo sát và bình đựng chất lỏng cùng đặt lên bàn cân. Rót chất lỏng vào bình đến vạch chuẩn cho trước như hình 1.6. Mặt cân hiển thị khối lượng m_1 . Sau đó đổ bớt chất lỏng đi, đặt vật rắn vào bên trong bình và lại rót chất lỏng dâng đến vạch chuẩn như trước (hình 1.7). Mặt cân lúc này hiển thị khối lượng m_2 . Để hiểu rằng mức chênh lệch khối lượng bằng khối lượng của chất lỏng bị chiếm chỗ:

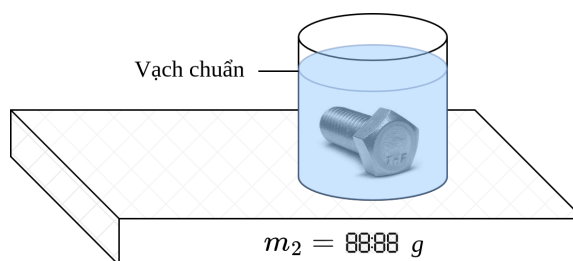
$$m_0 = m_1 - m_2.$$

Thế vào (1.2), ta có công thức thực hành cho phương pháp 1:

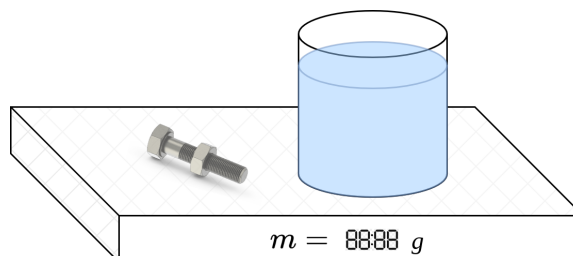
$$\rho = \frac{m}{m_1 - m_2} \cdot \rho_0. \quad (1.3)$$



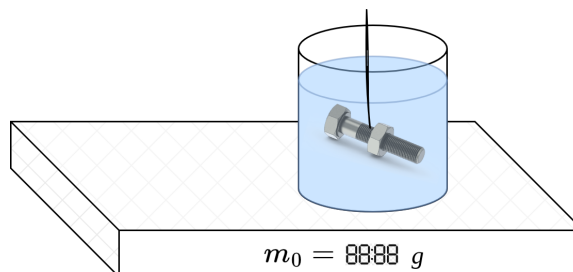
Hình 1.6: Vật nằm ngoài bình chất lỏng



Hình 1.7: Vật thả trong bình chất lỏng



Hình 1.8: Cân khối lượng vật rắn



Hình 1.9: Cân lực đẩy Archimedes



Cách 2: Cân lực đẩy Archimedes

Ban đầu chỉ đặt bình chứa chất lỏng lên bàn cân, chưa có vật rắn, cân sẽ hiển thị một chỉ số khối lượng ban đầu.

Đặt thêm vật rắn lên bàn cân (hình 1.8), chỉ số khối lượng tăng thêm tất nhiên bằng khối lượng m của vật.

Tiếp theo treo vật lên sợi dây và ngâm lơ lửng trong bình như hình 1.9. Lúc này chất lỏng bị dâng lên làm tăng áp lực lên bàn cân. Áp lực này có độ lớn bằng lực đẩy Archimedes. Đo chỉ số cân tăng thêm đúng bằng khối lượng m_0 của phần chất lỏng bị chiếm chỗ.

Thế các khối lượng m và m_0 vừa đo được vào công thức (1.2) để tính khối lượng riêng chất rắn.

II. QUY TRÌNH THÍ NGHIỆM

Nhận mẫu vật rắn cần đo từ giáo viên. Chất lỏng sử dụng trong thí nghiệm là nước. Trong điều kiện cho phép của phòng thí nghiệm, có thể sử dụng nước thường ở nhiệt độ phòng với khối lượng riêng trong sai số chấp nhận được $\rho_0 = 1.00 \pm 0.01 \text{ g/cm}^3$.

Cần đảm bảo rằng khi thả vật trong nước phải thật chậm rãi nhẹ nhàng để không xuất hiện bọt khí bám lên vật.

Thực hành theo cách 1

Đặt cân điện tử thăng bằng, đảm bảo kín gió. Thiết lập thang đo ở đơn vị gram với độ chia chính xác nhất có thể. Nhấn nút $\rightarrow 0 \leftarrow$ trước khi cân các vật. Thực hiện phép đo theo các bước sau.

- **Bước 1:** Đặt vật rắn lên bàn cân và ghi lại khối lượng m của vật.

- **Bước 2:** Đặt thêm bình đựng chất lỏng lên bàn cân. Rót nước đến vạch chuẩn. Ghi lại chỉ số khối lượng m_1 của hệ. Lưu ý rằng lúc này vật rắn nằm ngoài bình và vẫn trên bàn cân (hình 1.6).

- **Bước 3:** Đổ bớt nước ra khỏi bình, cho vật rắn vào bình (hình 1.7). Tiếp tục rót nước thêm đến khi khôi phục lại mực nước cũ. Ghi lại chỉ số khối lượng m_2 của hệ.

Tính khối lượng riêng chất rắn theo công thức (1.3):

$$\bar{\rho} = \frac{m}{m_1 - m_2} \cdot \bar{\rho}_0.$$

Thực hành theo cách 2

Đặt cân điện tử thăng bằng, đảm bảo kín gió. Thiết lập thang đo ở đơn vị gram với độ chia chính xác nhất có thể. Thực hiện phép đo theo các bước sau.

- **Bước 1:** Đặt bình đựng chất lỏng lên bàn cân. Rót một lượng nước vừa đủ. Nhấn nút $\rightarrow 0 \leftarrow$ trên cân để thiết lập mức 0.

- **Bước 2:** Đặt vật rắn khảo sát lên bàn cân, nằm ngoài bình nước (hình 1.8). Ghi lại khối lượng m của vật theo màn hình hiển thị.

- **Bước 3:** Buộc sợi chỉ nhẹ vào vật rắn. Treo vật rắn lơ lửng trong nước, đảm bảo vật rắn không chạm vào thành bình cũng như không bị nhô lên khỏi mặt nước (hình 1.9). Ghi lại khối lượng m_0 trên mặt cân. Đó chính là khối lượng của phần nước bị chiếm chỗ.

Tính khối lượng riêng chất rắn theo công thức (1.2):

$$\bar{\rho} = \frac{m}{m_0} \cdot \bar{\rho}_0.$$

III. ĐÁNH GIÁ SAI SỐ

Các khối lượng chỉ cần đo một lần, nên không xuất hiện sai số ngẫu nhiên. Ta chỉ đánh giá sai số hệ thống, bao gồm sai số dụng cụ và sai số làm tròn.

Sai số trong cách đo 1 tính theo công thức:

$$\frac{\Delta \rho}{\bar{\rho}} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta m_1 + \Delta m_2}{m_1 - m_2} + \frac{\Delta \rho_0}{\bar{\rho}_0}. \quad (1.4)$$

Theo đó các nguyên nhân tạo sai số có thể kể đến:

- Sai số Δm tính theo độ chính xác của cân.
- Sai số $\Delta m_1 = \Delta m_2$ vượt ra ngoài độ chính xác của cân, và phát sinh do việc canh mực nước không thể chuẩn xác. Cho rằng sai số canh mực nước không thể vượt quá 0.1 cm, có thể lấy $\Delta m_1 = \Delta m_2 = \rho_0 \cdot A \cdot 0.1 \text{ (g)} = 0.1A \text{ (g)}$, trong đó $A \text{ (cm}^2\text{)}$ là tiết diện ngang của bình chất lỏng.
- Sai số $\Delta \rho_0 = 0.01 \text{ g/cm}^3$ của khối lượng riêng chất lỏng.

Sai số trong cách đo 2 tính theo công thức:

$$\frac{\Delta \rho}{\bar{\rho}} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta m_0}{m_0} + \frac{\Delta \rho_0}{\bar{\rho}_0}. \quad (1.5)$$



Theo đó các nguyên nhân tạo sai số có thể kể đến:

- Sai số $\Delta m = \Delta m_0$ tính theo độ chính xác của cân.
- Sai số $\Delta \rho_0 = 0.01 \text{ g/cm}^3$ của khối lượng riêng chất lỏng.

Sau khi đánh giá và tính đầy đủ các sai số, hãy viết lại kết quả đo khối lượng riêng một cách đầy đủ.

Thử so sánh kết quả thực nghiệm với khối lượng riêng theo bảng 1.3.

IV. CÂU HỎI KIỂM TRA

1. Giải thích nguyên lý đo khối lượng riêng theo phương pháp giữ nguyên mực chất lỏng.
2. Giải thích nguyên lý đo khối lượng riêng theo phương pháp cân lực đẩy Archimedes.
3. Chứng minh các công thức tính sai số (1.4) và (1.5).
4. Theo bạn phương pháp đo nào cho kết quả chính xác hơn, tại sao?



Bảng 1.3: Khối lượng riêng của một số chất ở nhiệt độ 0°C và áp suất 100kPa

Chất	Khối lượng riêng (kg/m³)
Iridi	22420
Platin	21450
Vàng	19320
Volfram	19300
Urani	18800
Thủy ngân	13546
Chì	11340
Bạc	10500
Đồng	8940
Ni-ken	8900
Cô-ban	8900
Sắt	7870
Thiếc	7310
Crom	7200
Kẽm	7000
Titan	4540
Kim cương	3500
Nhôm	2700
Granit	2700
Thạch anh	2600
Silic	2330
Glycerin	1261
Nước (ở 4°C)	1000
Natri	970
Gỗ	700
Không khí	1.2
Heli	0.179
Hydro	0.0898

