

GIÁO TRÌNH THỰC TẬP HÓA PHÂN TÍCH 2

TaiLieu.vn

2017

Bài 1

DỤNG CỤ ĐO LƯỜNG-SỬ DỤNG VÀ HIỆU CHUẨN

GIỚI THIỆU

Mục đích bài thực tập:

- Biểu diễn đúng số đo trong thực hành hóa học.
- Sử dụng các dụng cụ đo lường đúng chức năng, phù hợp với yêu cầu.
- Hiểu rõ các khái niệm về độ đúng và độ chính xác và vận dụng trong thực hành để phép đo có độ đúng và độ chính xác cần thiết.
- Hiệu chỉnh các dụng cụ đo thể tích chính xác.

1. Số đo và chữ số có nghĩa

- **Số đo**: kết quả của một phép đo thường được biểu diễn bằng “số đo”. Các số đo có được từ các phép đo hóa lý hiện nay **không thể chắc chắn chính xác 100 %** và phải được hiểu là **luôn hàm chứa** một độ không tin cậy nhất định do các **sai lệch và bất ổn** của phương pháp đo lường gây ra. Điều dễ nhận ra là nếu lặp lại phép đo nhiều lần, kết quả không bao giờ giống nhau hoàn toàn. Khác với trường hợp số đo là số tự nhiên có được do các phép đếm thí dụ đếm số học sinh trong 1 lớp, các số đo này luôn luôn giống nhau.

Ví dụ: số đo khối lượng một vật được ghi là 2,87 g, phải được hiểu là vật này nặng **khoảng** 2,87 g. Nếu không có thông tin gì khác thì nên hiểu khối lượng thực sự của vật này nằm trong khoảng $2,87 \pm 0,01$ g. Giá trị $\pm 0,01$ g biểu diễn độ không tin cậy của giá trị đo 2,87 g. Phép đo lường cần có độ không tin cậy càng thấp càng tốt.

- **Độ không tin cậy** của một số đo thường được biểu diễn dưới 2 hình thức

Độ không tin cậy tuyệt đối, $\varepsilon_{\min}$, đánh giá độ chính xác của dụng cụ đo lường. Theo ví dụ trên thì: $\varepsilon_{\min} = 0,01$ g.

Độ không tin cậy tương đối, $\varepsilon_{\min,R}$, đánh giá độ chính xác tương đối của phép đo lường dùng trên dụng cụ đo lường ấy. Theo ví dụ trên thì:

$$\varepsilon_{\min,R} = \frac{\varepsilon_{\min}}{X} \times 100 = \frac{0,01}{2,87} \times 100 = 0,35\%$$

- **Cách viết một số đo**:

Số đo phải được viết với số *chữ số có nghĩa* (CSCN) xác định phải có *đơn vị* đi kèm. Ví dụ: nồng độ NaOH gồm 4 CSCN, khi viết thay vì ghi $C_{\text{NaOH}} = 0,108643792...N$ thì chỉ nên ghi $C_{\text{NaOH}} = 0,1086 N$ mà thôi. Quy tắc về CSCN của số đo được trình bày trong giáo trình “*Phân tích định lượng*” của PGS.TS. Cù Thành Long và GVC. Vũ Đức Vinh

Nên biểu diễn số đo với ít chữ số vô nghĩa nhất. Ví dụ: cân một vật trên cân phân tích cho giá trị khối lượng là $m = 0,00238$ g gồm 3 CSCN, vậy nên ghi 2,38 mg thay vì 0,00238 g cho dù cả 2 cách đều được chấp nhận.

- **Các loại số đo**

- **Số đo trực tiếp**: được ghi nhận trực tiếp từ thang đo của một dụng cụ đo lường. Ví dụ:

Thể tích dung dịch NaOH 15,50 mL đọc trên buret.

Thể tích 10,00 mL HCl lấy từ pipet bầu 10 mL

Khối lượng 1,4893 g K₂Cr₂O₇ trên cân phân tích

- **Số đo gián tiếp:** có được do tính toán từ các số đo trực tiếp. Ví dụ:

Nồng độ dung dịch HCl tính được từ phép chuẩn độ với dung dịch NaOH

$$C_{HCl} = \frac{V_{NaOH} \times C_{NaOH}}{V_{HCl}} = \frac{15,50 \text{ mL} \times 0,1036 \text{ N}}{10,00 \text{ mL}} = 0,1606 \text{ N}$$

2. Các đại lượng dùng để biểu thị một giá trị đo trong hóa phân tích.

Giá trị đo thu được bằng một phương pháp phân tích luôn được biểu diễn bằng giá trị trung bình và độ lệch chuẩn

- **Giá trị trung bình ($\bar{X}$):** cho thấy mức độ hội tụ của các số đo thu được từ phép đo về gần giá trị thực. Số đo trung bình ($\bar{X}$) luôn luôn có độ tin cậy cao hơn số đo đơn lẻ (X_i) thu được từ n thí nghiệm lặp.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Ví dụ: Cân 7 đồng tiền xu khác nhau (mỗi đồng cân 1 lần) thu được các số đo như sau: 3,080; 3,094; 3,107; 3,056; 3,112; 3,174; 3,198. Giá trị trung bình được tính là

$$\bar{m} = \frac{3,080 + 3,094 + 3,107 + 3,056 + 3,112 + 3,174 + 3,198}{7} = 3,117286 = 3,117 \text{ g}$$

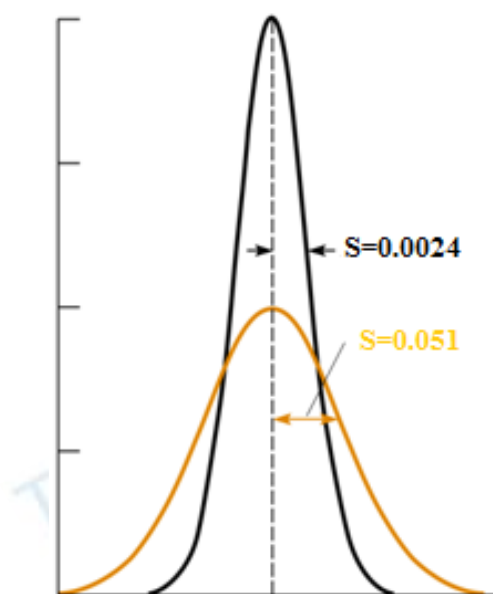
- **Độ lệch chuẩn (S_n):** cho phép đánh giá mức độ phân tán của các số đo tức là đánh giá sự bất ổn của bản thân phép đo hoặc của đối tượng đo. Độ lệch chuẩn của một chuỗi các giá trị đơn lẻ X_i được tính như sau:

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

trong đó, n là số giá trị đơn lẻ và X_i và $\bar{X}$ lần lượt là giá trị số đo đơn lẻ và giá trị trung bình của các thí nghiệm đó. Ví dụ: tính toán giá trị độ lệch chuẩn từ 2 chuỗi số liệu ở mục trên.

$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^2$
$(3.025 - 3.0248)^2 = 0.00000004$	$(3.080 - 3.117286)^2 = 0.00137$
$(3.024 - 3.0248)^2 = 0.00000064$	$(3.094 - 3.117286)^2 = 0.00053$
$(3.028 - 3.0248)^2 = 0.00001024$	$(3.107 - 3.117286)^2 = 0.00010$
$(3.027 - 3.0248)^2 = 0.00000484$	$(3.056 - 3.117286)^2 = 0.00372$
$(3.028 - 3.0248)^2 = 0.00001024$	$(3.112 - 3.117286)^2 = 0.00003$
$(3.023 - 3.0248)^2 = 0.00000324$	$(3.174 - 3.117286)^2 = 0.00325$
$(3.022 - 3.0248)^2 = 0.00000784$	$(3.198 - 3.117286)^2 = 0.00656$
$(3.021 - 3.0248)^2 = 0.00001444$	
$(3.026 - 3.0248)^2 = 0.00000144$	
$(3.024 - 3.0248)^2 = 0.00000064$	

$\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 = 0.00000596$	$\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 = 0.01556$
$S_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0.00000596}{10-1}} = 0.00244$	$S_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0.01556}{7-1}} = 0.051$



- **Độ đúng (trueness) (E)**: cho phép đánh giá sự sai biệt giữa giá trị trung bình ($\bar{X}$) và giá trị quy định (μ) của đối tượng đo. Hiển nhiên sự sai biệt này càng nhỏ càng tốt. Độ đúng thường được biểu diễn dưới hai hình thức, độ đúng tuyệt đối E và độ đúng tương đối E_R , theo phương trình dưới đây

$$E = \bar{X} - \mu, E_R = \frac{\bar{X} - \mu}{\mu} \times 100$$

Trong thực nghiệm, sự sai biệt này gọi là sai số hệ thống. Các nguyên nhân gây sai số hệ thống thường có thể biết rõ và khắc phục được. Trong phòng thí nghiệm, một trong những sai số hệ thống hay gặp nhất là độ chệch (bias) của dụng cụ đo so với giá trị công bố trên dụng cụ. Ví dụ bình định mức ghi 100 mL nhưng thực tế chỉ là 99,3 mL. Việc sử dụng bình định mức này pha chế một dung dịch có nồng độ chính xác nào đó sẽ cho nồng độ thực tế cao hơn. Tương tự, các dụng cụ đo chính xác khác như cân phân tích, pipet hay buret cần phải được lưu ý về độ chệch này. Thông thường các dụng cụ này nên được hiệu chỉnh độ chệch và được kiểm tra định kỳ, nhất là cân phân tích. Cân phân tích là một trong những dụng cụ đo có độ chính xác cao nhất trong phòng thí nghiệm.

Hiệu chỉnh cân được thực hiện nhờ một loạt các quả cân “chuẩn” có khối lượng đã biết chính xác. Một số cân phân tích có độ chính xác cao ($\pm 0,1$ mg hoặc hơn) thì có trang bị quả cân chuẩn bên trong cân. Cân có thể tự động thực hiện hiệu chuẩn hoặc người sử dụng chủ động hiệu chuẩn theo hướng dẫn. Một số cân không trang bị quả cân chuẩn thì phải dùng các quả cân chuẩn bên ngoài.

Hiệu chuẩn các dụng cụ đo thể tích chính xác được thực hiện qua cân phân tích.

- **Độ chụm (precision):** là đại lượng đo lường sự phân tán của các số liệu đo lặp so với giá trị trung bình. Độ chụm thường được đặc trưng bằng giá trị độ lệch chuẩn S_n . Độ phân tán thường do những yếu tố ngẫu nhiên gây ra. Các số đo lặp thường phân tán quanh giá trị trung bình. Giá trị của độ chụm càng nhỏ thì số đo có độ chính xác càng cao. Ví dụ: so sánh độ chụm của hai dãy số liệu trong ví dụ mục 2.2. Cân lặp một đồng tiền 10 lần (1) thu được giá trị độ lệch chuẩn là $S_n = 0.0024$ và cân 7 đồng tiền khác nhau (2) cùng loại thu được giá trị độ lệch chuẩn là $S_n = 0.051$. Như vậy phép phân tích (1) có độ chính xác cao hơn phép phân tích (2). Sự bất ổn của cân gây ra không đáng kể so với sự sai khác giữa các đồng tiền với nhau.

2.1. Sai số và độ không đảm bảo đo:

- **Sai số (error, E):** là độ chênh giữa giá trị trung bình đo và giá trị thực (μ , còn gọi là độ đúng tuyệt đối) của đối tượng đo. Sai số có thể là sai số thiếu hay sai số thừa. Độ chênh này chỉ được xác định nếu biết rõ giá trị thực và giá trị danh định. Thực tế không thể biết giá trị thực của đối tượng đo, thay vào đó người ta chấp nhận lấy giá trị quy ước làm giá trị thực.

Ví dụ: một pipet bầu thể tích 10 mL thì xem như thể tích danh định là 10,00 mL. Thể tích thực (quy ước) được xác định qua phép hiệu chỉnh pipet và thu được 9,93 mL. Như vậy với sai số $E = 9,93 \text{ mL} - 10,00 \text{ mL} = -0,07 \text{ mL}$, pipet mắc sai số thiếu. Khi sử dụng pipet này nên lấy thể tích đã hiệu chuẩn - 9,93 mL để tính toán nồng độ.

- **Độ không đảm bảo đo (uncertainty, U):** là khoảng giá trị xung quanh giá trị trung bình có thể tồn tại giá trị thực. Độ không đảm bảo đo luôn kèm theo thông tin về xác suất.

Ví dụ: cân lặp nhiều lần 1 đồng tiền thu được khối lượng là $3,0248 \pm 0,0017 \text{ g}$ với xác suất 95%. Như vậy 95% khả năng khối lượng thực của đồng tiền có thể nằm đâu đó trong khoảng $3,0248 \text{ g} - 0,0017 \text{ g}$ đến $3,0248 \text{ g} + 0,0017 \text{ g}$ tức là trong khoảng $3,0231 \text{ g} \div 3,0265 \text{ g}$.

Ước lượng độ không đảm bảo đo: độ không đảm bảo đo biểu diễn mức độ không tin cậy của số đo nên không có bất kỳ CSCN tin cậy nào cả mà chỉ lấy hai chữ số khác 0 đầu tiên là CSCN không tin cậy. Các chữ số còn lại đều VÔ NGHĨA. Do đo lường mức độ không tin cậy nên không cần “tính toán chính xác” mà chỉ nên “ước lượng”. Độ không đảm bảo đo liên quan đến lan truyền sai số còn khoảng tin cậy thì ko.

2.2. Sai số trong phân tích- nguồn gốc và các đặc tính

- **Sai số ngẫu nhiên (random error):** liên quan trực tiếp đến độ chụm (precision) và độ không đảm bảo đo (uncertainty). Sai số ngẫu nhiên thường nhỏ, không có quy luật, không xác định được nguyên nhân, và là nguyên nhân gây ra sai lệch giữa các thí nghiệm lặp. *Cần tăng số thí nghiệm lặp để giảm thiểu sai số này.*

- **Sai số hệ thống (bias):** liên quan trực tiếp đến độ đúng tuyệt đối. Sai số này thường do dụng cụ, thiết bị đo và nồng độ hóa chất không chính xác, phương pháp phân tích chưa hiệu chuẩn hay thiên lệch của phân tích viên. Để giảm thiểu cần hiệu chuẩn lại thiết bị đo và hóa chất, thẩm định lại phương pháp, đào tạo tăng cường kỹ năng thực hành của người phân tích.

- **Sai số thô (gross error):** là các giá trị lệch thô bạo trong chuỗi các giá trị đo lặp của một phép đo. Sai số thô thường khá lớn, không có quy luật; có thể do phương pháp phân tích không ổn định,

phân tích viên có kỹ năng kém trong thực hành hoặc trong tính toán. Loại sai số này rất dễ nhận diện và nên loại bỏ khi tính toán sau khi khẳng định bằng chuẩn thống kê.

3. Các dụng cụ đo lường trong phòng thí nghiệm

3.1. Dụng cụ đo khối lượng

3.1.1. Các loại cân trong phòng thí nghiệm

- **Cân cơ khí:** dựa trên cân bằng lực qua đòn bẩy, trọng lượng vật cân được đọc trên thang chia độ. Người đọc phải ước lượng trọng lượng vật đo trên vạch chia tối thiểu của cân. Các loại cân cơ khí phổ biến hiện nay dùng để cân các vật có yêu cầu độ chính xác không cao.

- **Cân điện tử:** đĩa cân được đặt trên một nam châm và tạo một lực từ giúp cân bằng hệ. Khi cân, trọng lực gây ra do vật cân làm thay đổi cân bằng lực của hệ. Một lực đối kháng giúp hệ phục hồi về vị trí cân bằng. Lực đối kháng này tỷ lệ với khối lượng vật cân, được ghi nhận và quy đổi chính xác về khối lượng vật cân. Trọng lượng vật cân được hiển thị dạng số trên bảng điện tử giúp người đọc ghi nhận dễ dàng. Có nhiều loại cân điện tử có độ chính xác từ thấp đến cao, thí dụ cân kỹ thuật là cân có độ chính xác thấp ($\pm 0,1 \text{ g} \div \pm 0,001 \text{ g}$), cân phân tích có độ chính xác cao hơn ($\pm 0,1 \text{ mg} \div \pm 0,001 \text{ mg}$). Thông thường cân có độ chính xác càng cao thì có lượng cân tối đa cho phép càng nhỏ.

3.1.2. Một số lưu ý trong việc sử dụng cân

- Không được thả mẫu vật lên mặt bàn cân.
- Không cân mẫu nặng quá giới hạn của cân. Cần thực hiện cân thô để ước lượng khối lượng trước khi cân chính xác.
- Không thực hiện cân trong môi trường quá khô ($< 25\%$) hoặc quá ẩm ($> 70\%$) hoặc khi mẫu đang ở nhiệt độ cao ($> 65^\circ\text{C}$). Nên cân khi độ ẩm không khí từ 45-55%, nhiệt độ từ 25-35 $^\circ\text{C}$.
- Đối với cân có chế độ “Standby”, có thể để chế độ nguồn là ON và cài cân ở chế độ “Standby” khi không sử dụng. Chế độ “Standby” giúp cân không bị tình trạng chập mạch do ẩm nhiệt trong bản mạch điện tử và giúp hệ thống cơ -điện trong cân luôn sẵn sàng vận hành, nghĩa là không phải chờ cân tự hiệu chuẩn và ổn định trước khi cân.
- Không đặt mẫu lỏng, bột trực tiếp tiếp xúc lên mặt bàn cân. Tuyệt đối không dùng giấy lọc, giấy viết thông thường để chứa mẫu cân. Phải dùng chén, lọ, giấy cân hoặc thuyền cân chuyên dụng để đựng mẫu khi cân.
- Khi vệ sinh mặt bàn cân, cần phải tắt cân và lấy mặt bàn cân ra khỏi đế đỡ rồi mới thực hiện việc lau chùi.
- Khi không dùng cân, tuyệt đối không để bất kỳ trọng lượng nào lên mặt bàn cân làm cân phải chịu tải liên tục. Cân cần được che bụi bằng hộp mica/kính nhưng không được phủ lên mặt bàn cân vải hay tấm nylon. Cân không được phơi trực tiếp dưới ánh nắng hoặc chịu tác động liên tục bởi gió quạt.
- Khi cân, không khuấy hay gõ lên chén cốc đựng mẫu làm tác động trực tiếp lên bàn cân.
- Một số cân có cho phép trừ bì, tính đòn. Cần đọc kỹ hướng dẫn trình tự thao tác để thực hiện chính xác với từng loại cân cụ thể.

- Khi vệ sinh khu vực để đỡ mặt bàn cân, tuyệt đối không dùng vật cứng nhọn để nạy, vết bõ bụi bám ở khe đế. Chỉ được phép sử dụng cọ gắn với ống hút chân không để thao tác.
- Không được để cân trên cùng một chỗ và gần với lò vi ba (trực diện), máy khuấy từ (bên cạnh), lò sấy (trực diện), máy hút chân không hoặc máy khuấy hơi (bên cạnh), cần tắt quạt, máy lạnh, đóng cửa sổ.
- Một số cân cho phép hiệu chuẩn theo các khối lượng chuẩn. Việc hiệu chuẩn cần được thực hiện trong điều kiện môi trường chuẩn. Hiệu chuẩn phải được thực hiện định kỳ và đầy đủ cho tất cả các mức khối lượng chuẩn, thí dụ 1 lần/tháng hoặc sau 1000 lần đo hoặc khi xét thấy có thao tác sai như cân quá khối lượng cho phép, cân bị lệch trọng tâm. Cần đọc rõ hướng dẫn hiệu chuẩn cho từng loại cân cụ thể trước khi làm.
- Trước khi cân và nhất là sau khi dời cân, cần kiểm tra và hiệu chỉnh độ thăng bằng của mặt bàn cân bằng cách *chỉnh giọt nước* về vị trí trung tâm.

3.1.3. Các cách cân:

- **Cân trực tiếp:** đọc trực tiếp khối lượng vật trên cân.

- **Cân gián tiếp:** cân khối lượng bì và cân tổng khối lượng vật cần cân và bì. Khối lượng vật cần cân là hiệu số khối lượng. Cách cân này giúp triệt tiêu độ lệch khối lượng trên cân. Cách cân này phù hợp với thí nghiệm hóa học do vật cân thường là hóa chất nên luôn đặt trong vật chứa (bì). Đối với cân cơ khí, nhiều khi khó có thể điều chỉnh độ lệch này trên cân nên cách cân này khá hiệu quả. Đối với cân điện tử, bằng việc nhấn nút “TARE”, cân sẽ tự động chỉnh khối lượng bì về 0, do đó sau khi cho vật cân vào bì, khối lượng vật cân sẽ hiển thị ngay trên màn hình của cân. Tùy theo mục đích sử dụng cần chọn lựa loại cân và cách cân cho phù hợp, cụ thể:

Yêu cầu cân thường được viết như sau: “Cân **chính xác khoảng** 2,0000 g hoặc cân **khoảng** 2 g **chính xác đến 0,1 mg** acid A... hoặc cân **khoảng** 2,0 g baz B” có nghĩa là độ chính xác của khối lượng cân là 0,0001 g đối với acid A và 0,1 g đối với baz B. Như vậy phải dùng cân phân tích (± 0.0001 g) để cân acid A và dùng cân kỹ thuật ($\pm 0,1$ mg) để cân baz B. Lượng chất A có thể không cần ĐÚNG 2,0000 g mà có thể là 2,0064 g hay 1,9948 g, vv... Như vậy không nên điều chỉnh lượng cân cho đúng 2,0000 g vừa mất thời gian vừa có nguy cơ sai số do mẫu A có thể bay hơi hoặc hút ẩm hoặc do nhiễm bẩn từ môi trường.

Tương tự “Cân **đúng** 1,3772 g muối C...” tức là yêu cầu độ chính xác của khối lượng C cần cân phải là ± 0.0001 g (cân phân tích) và phải cân đúng 1,3772 g. Yêu cầu này ít gặp và chỉ phù hợp khi cần pha **đúng** một nồng độ hóa chất nào đó làm chất chuẩn gốc và chất này không hút ẩm, bay hơi hay phản ứng với các thành phần của không khí trong quá trình cân.

3.1.4. Hiệu chỉnh khối lượng vật cân

Hiệu chỉnh lực đẩy Archimedes (buoyancy): thông thường khi cân một vật, khối lượng “biểu kiến” thường khác hơn so với khối lượng thực sự của vật cân một giá trị bằng với khối lượng không khí vật cân chiếm chỗ. Sai lệch này xuất hiện khi tỷ trọng vật cân ($d_{\text{vật cân}}$) khác với tỷ trọng của quả cân chuẩn ($d_{\text{quả cân chuẩn}}$) dùng để hiệu chỉnh cân. Sai lệch này càng lớn khi sai biệt tỷ trọng giữa vật cân và tỷ trọng quả cân càng lớn. Khối lượng thực, m , được tính theo công thức:

$$m = \frac{m' \left(1 - \frac{d_{\text{không-khí}}}{d_{\text{quả-cân-chuẩn}}} \right)}{\left(1 - \frac{d_{\text{không-khí}}}{d_{\text{vật-cân}}} \right)} \quad (1)$$

Trong đó: $d_{\text{không khí}} = 0,0012 \text{ g/mL}$; $d_{\text{quả cân chuẩn}} = 8,0 \text{ g/mL}$, m' : khối lượng đọc trên cân.

Ví dụ: khối lượng nước đọc trên cân $m' = 2,0000 \text{ g}$, tỷ trọng nước là $0,9956502 \text{ g/mL}$ (30°C) thì khối lượng thực là:

$$m = \frac{2,0000 \left(1 - \frac{0,0012}{8,0} \right)}{\left(1 - \frac{0,0012}{0,9956502} \right)} = 2,0021 \text{ g}$$

Trọng lượng riêng của nước (g/cm^3) tại các nhiệt độ từ $10\text{--}30^\circ\text{C}$.

Nhiệt độ ($^\circ\text{C}$)	Trọng lượng riêng (g/mL)	Thể tích của 1 g nước (mL)	
		Ở nhiệt độ cột 1 ^a	Hiệu chỉnh về 20°C ^b
10	0,9997026	1,0014	1,0015
11	0,9996084	1,0015	1,0016
12	0,9995004	1,0016	1,0017
13	0,9993801	1,0017	1,0018
14	0,9992474	1,0018	1,0019
15	0,9991026	1,0020	1,0020
16	0,998946	1,0021	1,0021
17	0,9987779	1,0023	1,0023
18	0,9985986	1,0025	1,0025
19	0,9984082	1,0027	1,0027
20	0,9982071	1,0029	1,0029
21	0,9979955	1,0031	1,0031
22	0,9977735	1,0033	1,0033
23	0,9975415	1,0035	1,0035
24	0,9972995	1,0038	1,0038
25	0,9970479	1,0040	1,0040
26	0,9967867	1,0043	1,0042

27	0,9965162	1,0046	1,0045
28	0,9962365	1,0048	1,0047
29	0,9959478	1,0051	1,0050
30	0,9956502	1,0054	1,0053

(a) : Hiệu chỉnh lực đẩy Archimedes theo phương trình (1)

(b) : Hiệu chỉnh lực đẩy Archimedes và hệ số giãn nở của thủy tinh borosilicate 0.00010%/K

3.2. Dụng cụ đo thể tích:

Dụng cụ đo thể tích có thể làm từ nhiều loại vật liệu khác nhau như nhựa PE hay thủy tinh. Dụng cụ bằng nhựa phù hợp cho các hóa chất ăn mòn thủy tinh thường có độ chính xác không cao, dụng cụ bằng thủy tinh có độ chính xác cao hơn (thủy tinh loại A chính xác hơn loại B).

Trên dụng cụ bao giờ cũng có ghi thể tích và thường đi kèm với sai số về thể tích (dung sai). Dung sai tùy thuộc vào tính chất vật liệu làm bình chứa, độ chính xác của thang chia độ trên dụng cụ và quy ước sử dụng. Dung tích càng lớn thì độ chính xác càng cao.

Dụng cụ đo thể tích được chia thành 2 loại dựa vào công dụng của chúng

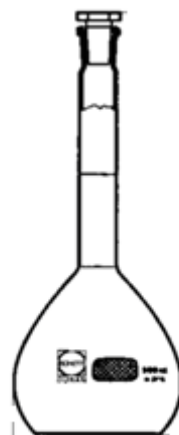
- **Dụng cụ dùng để chứa** dung dịch (dấu hiệu nhận biết được ghi trên dụng cụ là **TC**: to contain hay **IN**), thí dụ bình định mức dùng để pha chế một thể tích dung dịch có độ chính xác cao. Thể tích dung dịch chiếm chỗ (tính tới vạch mức) trong bình chứa bằng với thể tích ghi trên bình. Thể tích dung dịch đổ ra ngoài luôn nhỏ hơn thể tích ghi trên bình do một lượng chất lỏng còn dính trên thành bình chứa.

- **Dụng cụ dùng để lấy** dung dịch (dấu hiệu nhận biết là **TD**: to deliver hay **EX**), thí dụ như pipet, buret, ống đong là các dụng cụ dùng để lấy một thể tích chính xác theo yêu cầu. Cấp độ chính xác: Pipet bầu > pipet vạch $\approx$ buret $\gg$ ống đong. Độ chính xác của một dụng cụ đo chia độ tỷ lệ với khoảng cách giữa hai vạch chia nhỏ nhất và tiết diện của dụng cụ tại vạch chia.

Lưu ý: Không dùng các dụng cụ chia độ như beaker, erlen khi cần độ chính xác < 5%.

Bình định mức:

Dung tích (mL)	Dung sai ($\pm$ mL)
5	0.025
10	0.025
20	0.04
25	0.04
50	0.06
100	0.10
100	0.10
200	0.15
250	0.15
500	0.25
1000	0.40
2000	0.60
5000	1.20



Thể tích và dung sai của bình định mức thủy tinh borosilicate loại A (Duran)



Thông tin về thể tích và độ chính xác tại 20 °C ghi trên bình định mức

3.2.1. Pipet: có hai loại pipet chia độ và pipet bầu. Độ chính xác của pipet bầu cao hơn pipet chia độ.

Dung tích (mL)	Loại B	Loại A
	Dung sai ($\pm$ mL)	Dung sai ($\pm$ mL)
1	0.01	0.007
2	0.015	0.01
5	0.02	0.015
10	0.03	0.02
20	0.05	0.03
25	0.05	0.03
50	0.08	0.05
100	0.12	0.08



Thể tích và dung sai của pipet bầu thủy tinh loại A và B