

**TCVN 1044:2011
ISO 4787:2010**

Xuất bản lần 3

**DỤNG CỤ THÍ NGHIỆM BẰNG THUỶ TINH –
DỤNG CỤ ĐO THỂ TÍCH – PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH
DUNG TÍCH VÀ SỬ DỤNG**

*Laboratory glassware – Volumetric instruments –
Methods for testing of capacity and for use*

HÀ NỘI – 2011

Lời nói đầu

TCVN 1044:2011 thay thế TCVN 1044:2007.

TCVN 1044:2011 hoàn toàn tương đương với ISO 4787:2010.

TCVN 1044:2011 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC 48 *Dụng cụ thí nghiệm bằng thủy tinh* biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Dụng cụ thí nghiệm bằng thủy tinh –

Dụng cụ đo thể tích –

Phương pháp xác định dung tích và sử dụng

Laboratory glassware –

Volumetric instruments – Methods for testing of capacity and for use

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định các phương pháp xác định dung tích và sử dụng dụng cụ đo thể tích bằng thủy tinh để đạt được độ chính xác tốt nhất khi sử dụng.

CHÚ THÍCH Phép thử là một quá trình mà qua đó xác định được sự phù hợp của dụng cụ đo thể tích cụ thể với tiêu chuẩn tương ứng, chủ yếu là xác định các sai số của dụng cụ đo tại một hoặc nhiều điểm.

Tiêu chuẩn này được áp dụng cho các dụng cụ đo thể tích riêng biệt bao gồm các điều về xác định dung tích; các điều này mô tả chi tiết phương pháp thao tác để xác định dung tích một cách chính xác. Tiêu chuẩn bao gồm cả thông tin bổ sung.

Tiêu chuẩn này áp dụng cho dụng cụ đo thể tích có dung tích danh định nằm trong khoảng từ 0,1 ml đến 10 000 ml. Gồm có: pipet một mức [xem TCVN 7151 (ISO 648)] không có vạch chia phụ; pipet chia độ và pipet dùng để pha loãng có vạch chia một phần hoặc toàn phần [xem TCVN 7150 (ISO 835)]; buret [xem TCVN 7149 (ISO 385)]; bình định mức [xem TCVN 7153 (ISO 1042)]; và ống đong chia độ [xem TCVN 8488 (ISO 4788)]. Tiêu chuẩn này không khuyến khích dùng để thử các dụng cụ đo thể tích có dung tích nhỏ hơn 0,1 ml ví dụ như dụng cụ thủy tinh siêu nhỏ.

Tiêu chuẩn này không quy định cho bình tỷ trọng như quy định trong ISO 3507. Tuy nhiên quy trình xác định dung tích của dụng cụ đo thể tích dưới đây, trong nhiều trường hợp, có thể được dùng để hiệu chuẩn bình tỷ trọng.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau rất cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 1044:2011

TCVN 4851 (ISO 3696), *Nước dùng để phân tích trong phòng thí nghiệm – Yêu cầu kỹ thuật và phương pháp thử.*

TCVN 6165 (ISO /IEC Guide 99), *Từ vựng quốc tế về đo lường học – khái niệm, thuật ngữ chung và cơ bản (VIM)*

TCVN 7149 (ISO 385) *Dụng cụ thí nghiệm bằng thủy tinh – Buret*

TCVN 7150 (ISO 835) *Dụng cụ thí nghiệm bằng thủy tinh – Pipet chia độ*

TCVN 7151 (ISO 648) *Dụng cụ thí nghiệm bằng thủy tinh – Pipet một mức*

TCVN 7153 (ISO 1042) *Dụng cụ thí nghiệm bằng thủy tinh – Bình định mức*

TCVN 8488 (ISO 4788) *Dụng cụ thí nghiệm bằng thủy tinh - Ống đong chia độ*

3 Thuật ngữ và định nghĩa

Trong tiêu chuẩn này áp dụng các thuật ngữ và định nghĩa được quy định trong TCVN 6165.

4 Tóm tắt phương pháp

Quy trình chung được dựa trên việc xác định thể tích nước chứa hoặc xả ra bởi dụng cụ đo thể tích. Thể tích nước này được xác định dựa trên cơ sở khối lượng đã tính đến sức đẩy của không khí và khối lượng riêng đã được lập thành bảng (phương pháp khối lượng).

5 Thể tích và nhiệt độ chuẩn

5.1 Đơn vị thể tích

Đơn vị thể tích phải là mililít (ml), tương đương với một centimét khối (cm³).

5.2 Nhiệt độ chuẩn

Nhiệt độ chuẩn, là nhiệt độ mà tại đó dụng cụ đo thể tích được dùng để chứa hoặc xả ra thể tích (dung tích) của nó, được quy định là 20 °C.

Khi dụng cụ đo thể tích được yêu cầu sử dụng ở một quốc gia chấp nhận nhiệt độ chuẩn là 27 °C (lựa chọn được khuyến nghị trong ISO 384 đối với việc sử dụng ở vùng nhiệt đới), thì nhiệt độ này sẽ thay thế cho nhiệt độ 20 °C.

6 Thiết bị, dụng cụ và chất lỏng hiệu chuẩn

6.1 Cân, có độ phân giải và độ lệch chuẩn phù hợp với thể tích được chọn của dụng cụ cần hiệu chuẩn (xem Bảng 1).

Độ phân giải của chỉ thị, độ lệch chuẩn và độ tuyến tính của cân là những yếu tố quan trọng trong độ chính xác của phép đo. Cân phải được hiệu chuẩn với độ chính xác phù hợp (xem 9.4).

Bảng 1 – Khuyến nghị đối với cân

Thể tích được lựa chọn để hiệu chuẩn ^a V	Độ phân giải mg	Độ lệch chuẩn (độ lặp lại) mg	Độ tuyến tính mg
$100 \mu\text{l} < V \leq 10 \text{ ml}$	0,1	0,2	0,2
$10 \text{ ml} < V < 1\,000 \text{ ml}$	1	1	2
$1\,000 \text{ ml} \leq V \leq 2\,000 \text{ ml}$	10	10	20
$V > 2\,000 \text{ ml}$	100	100	200

^a Trong thực tế, thể tích danh định có thể được dùng để chọn cân.

6.2 Nhiệt kế, dùng để đo nhiệt độ của chất lỏng hiệu chuẩn (nước) với sai số lớn nhất của phép đo là 0,2 °C đối với thể tích chất lỏng < 1 000 ml và với sai số lớn nhất của phép đo là 0,1 °C đối với thể tích chất lỏng ≥ 1 000 ml.

6.3 Ẩm kế, dùng để đo độ ẩm trong phòng thí nghiệm với sai số lớn nhất của phép đo là 5 % RH trong phạm vi độ ẩm từ 35 % RH đến 85 % RH.

6.4 Khí áp kế, dùng để đo áp suất khí quyển trong phòng thí nghiệm với sai số lớn nhất của phép đo là 1 kPa.

6.5 Chất lỏng hiệu chuẩn, nên sử dụng nước cất hoặc nước đã khử ion theo TCVN 4851 (ISO 3696), Loại 3 để hiệu chuẩn.

6.6 Bình hứng, là bình nón có khớp nối nhám, được làm bằng thủy tinh, ví dụ theo TCVN 8489 (ISO 4797). Thể tích danh định của bình nón phải tương ứng với thể tích chất lỏng được đo.

7 Các yếu tố ảnh hưởng đến độ chính xác của dụng cụ đo thể tích

7.1 Quy định chung

Các nguồn gây sai số, về bản chất, đều xảy ra trong khi hiệu chuẩn và sử dụng. Trước đây, mọi cố gắng đều nhằm để giảm thiểu các sai số, sau này người ta quan tâm đến độ chính xác cần thiết. Khi muốn đạt độ chính xác tốt nhất có thể, dụng cụ đo thể tích cần phải được sử dụng theo đúng trình tự và điều kiện như khi hiệu chuẩn.

7.2 Nhiệt độ

7.2.1 Nhiệt độ của dụng cụ đo thể tích

7.2.1.1 Dung tích của dụng cụ đo thể tích có sự khác nhau khi nhiệt độ thay đổi. Nhiệt độ mà tại đó dụng cụ đo thể tích sẽ chứa hoặc xả ra dung tích danh định của nó là “nhiệt độ chuẩn” của dụng cụ (xem 5.2).

7.2.1.2 Khi dụng cụ đo thể tích được điều chỉnh ở 20 °C, nhưng được sử dụng ở 27 °C, sẽ gây ra sai số bổ sung chỉ là 0,007 % nếu dụng cụ này được làm bằng thủy tinh borosilicat có hệ số giãn nở nhiệt khối là $9,9 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ và là 0,02 % nếu dụng cụ này được làm bằng thủy tinh natri-canxi có hệ số giãn nở nhiệt khối là $27 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$. Các sai số này đều nhỏ hơn các giới hạn sai số đối với hầu hết các dụng cụ đo thể tích. Điều đó cho thấy rằng, nhiệt độ chuẩn ít quan trọng trong sử dụng thực tế. Tuy nhiên, khi thực hiện hiệu chuẩn, nhất thiết phải chuyển đổi về nhiệt độ chuẩn.

7.2.2 Nhiệt độ của chất lỏng hiệu chuẩn

Nhiệt độ của nước dùng để hiệu chuẩn phải được đo đến $\pm 0,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Hiệu chỉnh sự chênh lệch về nhiệt độ so với nhiệt độ chuẩn phải thực hiện theo Phụ lục B.

7.3 Độ sạch của bề mặt thủy tinh

Thể tích chứa hoặc xả của dụng cụ đo thể tích bằng thủy tinh phụ thuộc vào độ sạch của bề mặt bên trong của dụng cụ. Dụng cụ không sạch dẫn đến sai số biểu hiện qua mặt cong chất lỏng có hình dạng không chuẩn bao gồm hai nhược điểm sau:

- Bề mặt thủy tinh không được tráng ướt hoàn toàn, nghĩa là bề mặt chất lỏng tiếp xúc với thủy tinh theo một góc bất kỳ thay vì tạo thành một mặt cong tiếp xúc với thủy tinh theo phương tiếp tuyến;
- Bán kính cong nói chung bị tăng lên, do bề mặt chất lỏng bị nhiễm bẩn làm giảm sức căng bề mặt.

Sự tăng hoặc giảm mặt cong chất lỏng không được làm thay đổi hình dạng (nghĩa là không được gây khúc tại các mép của nó). Để biết chắc chắn nào đó của dụng cụ thủy tinh có hoàn toàn sạch hay không, phải quan sát suốt quá trình nạp và xả chất lỏng. Ngoài ra, người thao tác có kinh nghiệm có thể nhận biết được hình dạng của mặt cong không bị nhiễm bẩn thông qua đường kính của nó.

Ở các dụng cụ được dùng để xả, nếu không sạch sẽ làm tăng sai số do màng chất lỏng trên thành dụng cụ phân bố không đều hoặc không phủ hết được toàn bộ, ví dụ hình thành các giọt chất lỏng trên bề mặt thủy tinh. Thêm vào đó, sự nhiễm bẩn dư lượng hóa chất có thể gây ra sai số trong kết quả phân tích. Bởi vậy, tại phần dụng cụ đo thể tích được đầy bằng nút nhám, phải đặc biệt chú ý làm sạch phần nhám.

CHÚ THÍCH Ví dụ một lượng dư nhỏ axit, cũng có thể làm giảm nồng độ của dung dịch kiểm chứa trong dụng cụ.

Phương pháp làm sạch được mô tả trong Phụ lục A.

7.4 Chất lượng của dụng cụ đo thể tích

Bề mặt thuỷ tinh không được có khuyết tật nhìn thấy, vạch chia độ và ký nhãn hiệu phải rõ ràng, dễ đọc và đặc biệt với các dụng cụ được điều chỉnh để xả, vòi xả không được có khuyết tật và dòng chất lỏng chảy ra không bị hạn chế.

7.5 Thời gian xả và thời gian chờ

Đối với dụng cụ đo thể tích được dùng để xả chất lỏng, thể tích xả ra luôn ít hơn thể tích chứa trong nó, do màng chất lỏng bị bám dính lên thành trong của dụng cụ. Thể tích của màng chất lỏng này phụ thuộc vào thời gian xả chất lỏng, và thể tích xả sẽ giảm khi thời gian xả giảm. Ví dụ, thể tích xả của pipet hoặc buret sẽ giảm nếu vòi xả gãy (thời gian xả ngắn hơn) hoặc sẽ tăng nếu vòi xả không sạch và dòng chất lỏng bị hạn chế.

Như trình bày ở trên, thời gian xả và thời gian chờ đã được quy định trong tiêu chuẩn về dụng cụ đo thể tích; phải quan sát các thời gian này.

8 Điều chỉnh mặt cong

8.1 Nguyên tắc chung

Phần lớn các dụng cụ đo thể tích đều sử dụng nguyên tắc điều chỉnh hoặc đọc mặt cong (vị trí tiếp xúc giữa không khí và chất lỏng) theo vạch chia độ hoặc vạch dấu tròn. Khi thực hiện, mặt cong sẽ được hạ xuống vị trí điều chỉnh.

Ống của dụng cụ đo thể tích phải ở vị trí thẳng đứng, mắt nhìn của người thử nghiệm phải nằm trên cùng mặt phẳng ngang với mặt cong của chất lỏng hoặc vạch chia độ (vạch dấu tròn).

8.2 Mặt cong của chất lỏng trong suốt

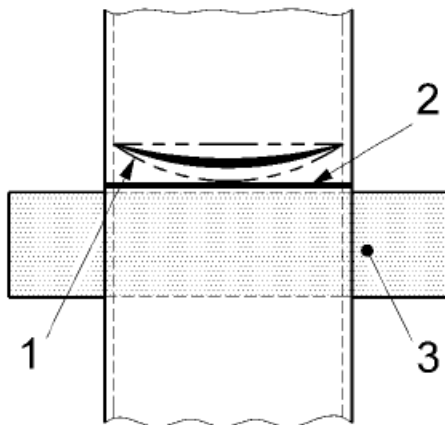
Mặt cong phải được điều chỉnh sao cho mặt phẳng của mép trên vạch chia độ tiếp tuyến theo phương nằm ngang với điểm thấp nhất của mặt cong, khi quan sát trên cùng một mặt phẳng (xem Hình 1).

Ánh sáng cần phải được bố trí sao cho mặt cong nhìn thấy là một vệt tối và rõ nét trên đường biên. Để đạt được điều đó, cần phải quan sát trên nền trắng và ngăn các nguồn sáng không mong muốn. Có thể đạt được điều này, ví dụ, bằng cách gắn trực tiếp một dải giấy màu đen hoặc màu xanh bên dưới mức của vạch chia độ hoặc vạch dấu tròn hoặc bằng cách sử dụng một đoạn ngắn ống cao su dày, màu đen, được cắt mở một đầu, có kích cỡ sao cho có thể ôm khít ống một cách chắc chắn. Tránh thị sai khi các vạch chia độ đủ dài để nhìn được đồng thời mặt trước và mặt sau của dụng cụ đo thể tích.

Trên dụng cụ đo thể tích chỉ có các vạch chia độ ở phía trước, có thể bỏ qua thị sai khi điều chỉnh mép trên của vạch chia độ bằng cách sử dụng một dải băng màu đen, thực hiện cẩn thận sao cho mép trên

của dải băng nằm trên một mặt phẳng ngang. Trong trường hợp này, mắt người quan sát phải ở vị trí sao cho các phần trước và sau của mép trên phải khớp với nhau.

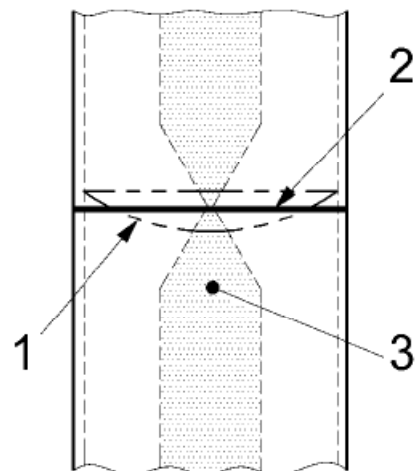
Trên dụng cụ đo thể tích đã có dải ruy băng Schellbach, điều chỉnh mặt cong bằng cách sử dụng nút thắt được tạo thành khi mặt cong và dải ruy băng Schellbach tiếp xúc với nhau. Thực hiện điều chỉnh khi đầu nút thắt gấp vạch chia độ (xem Hình 2).



CHÚ DẪN

- 1 mặt cong của chất lỏng
- 2 vạch chia độ hoặc vạch dấu tròn
- 3 dải giấy màu đen (màu xanh) hoặc ống cao su đen

Hình 1 – Điều chỉnh mặt cong của chất lỏng trong suốt



CHÚ DẪN

- 1 mặt cong
- 2 vạch chia độ
- 3 ruy băng Schellbach

Hình 2 - Mặt cong với ruy băng Schellbach

8.3 Mặt cong của chất lỏng đục

Khi sử dụng dụng cụ đo thể tích để đo các chất lỏng đục, đường nằm ngang khi quan sát phải theo mép trên của mặt cong, và, nếu cần thiết, phải áp dụng cách điều chỉnh thích hợp.

Tuy nhiên, trong trường hợp điều chỉnh mặt cong của thủy ngân, điểm cao nhất của mặt cong phải được điều chỉnh đến mép dưới của vạch chia độ.

9 Quy trình hiệu chuẩn

9.1 Quy định chung

Dụng cụ đo thể tích trừ các loại pipet dùng một lần phải được làm sạch ngay trước khi hiệu chuẩn (xem 7.3). Dụng cụ đo thể tích được điều chỉnh để chứa phải được làm khô sau khi đã được làm sạch.

Đối với các dụng cụ đo thể tích được điều chỉnh để xả, nhất thiết phải sử dụng các bình hứng được làm bằng thủy tinh. Tính mao dẫn ảnh hưởng đến thời gian xả và thể tích xả phụ thuộc đáng kể vào vật liệu làm bình hứng chất lỏng. Ngoài ra, độ tinh điện của thủy tinh là nhỏ nhất; điều này quan trọng đối với quy trình cân.

9.2 Phòng thí nghiệm

Việc hiệu chuẩn phải được tiến hành trong phòng không có gió lùa và có môi trường ổn định. Độ ẩm tương đối trong phòng thí nghiệm phải nằm trong khoảng từ 35 % RH đến 85 % RH và nhiệt độ trong phòng phải ổn định đến ± 1 °C và độ ổn định tức thời đến $\pm 0,5$ °C trong khoảng 15 °C đến 30 °C. Trong quá trình hiệu chuẩn, phải để ổn định dụng cụ đo thể tích cần hiệu chuẩn và để nước dùng hiệu chuẩn trong phòng trong một khoảng thời gian đủ (1 h đến 2 h) để đạt đến cân bằng với điều kiện phòng. Đậy kín nước để tránh bay hơi và hạ nhiệt. Ghi lại các nhiệt độ (phòng và chất lỏng hiệu chuẩn), áp suất khí quyển và độ ẩm.

9.3 Nạp và xả chất lỏng

9.3.1 Bình định mức và ống đong

Bình định mức tuân theo TCVN 7153 (ISO 1042) và ống đong tuân theo TCVN 8488 (ISO 4788) phải được làm khô sau khi đã được làm sạch. Nạp đầy bình và ống đong này qua một ống nhựa có đầu ở trên vạch dấu tròn hoặc vạch chia độ cần thử một khoảng vài milimét để phần thành bình bên trên vạch dấu tròn hoặc vạch chia độ của dụng cụ đo thể tích không bị ướt. Thực hiện điều chỉnh cuối cùng mặt cong đến vạch dấu tròn hoặc vạch chia độ bằng cách rút nước dư qua một ống nhựa dẫn đến vòi xả. Khi điều chỉnh, mặt cong phải di chuyển đi xuống. Nếu cần phải nạp thêm một ít chất lỏng hoặc việc đọc khi điều chỉnh mặt cong bị chậm trễ, cần phải lắc cẩn thận để tạo lại hình dạng mặt cong.

9.3.2 Pipet được điều chỉnh để xả

Pipet được điều chỉnh để xả tuân theo các quy định trong TCVN 7150 (ISO 835) và TCVN 7151 (ISO 648) phải được kẹp ở vị trí thẳng đứng và nạp nước qua vòi xả đến trên vạch chia độ cần thử vài milimét; loại bỏ toàn bộ chất lỏng còn bám lại bên ngoài vòi xả. Sau đó thực hiện điều chỉnh cuối cùng mặt cong chất lỏng bằng cách xả nước thừa qua vòi xả. Loại bỏ bất kỳ giọt chất lỏng nào còn bám dính ở vòi xả, ví dụ, để một miếng thủy tinh nhám tiếp xúc với đầu vòi xả một góc khoảng 30°. Kéo miếng thủy tinh nhám này xuống khoảng 10 mm để loại bỏ nước thừa. Sau đó xả vào bình hứng đã được cân bì trước với dòng chảy không bị hạn chế khi đầu vòi xả tiếp xúc với bề mặt nhám phía trong của bình hứng. Cuối cùng kéo bình hứng ra khoảng 10 mm, sao cho bình hứng được giữ nghiêng một góc khoảng 30°.

Một số lưu ý khác cần thiết để nhận được thể tích xả chính xác đối với các loại dụng cụ đo khác nhau và được mô tả trong điều xác định dung tích ở tiêu chuẩn tương ứng.

TCVN 1044:2011

Xác định thời gian xả khi đầu vòi xả tiếp xúc với mặt trong của bình hứng, ở trên mức của chất lỏng đã thu được, mà không có sự dịch chuyển tương đối với nhau trong suốt quá trình xả. Vì vậy, thời gian xả được xác định phải nằm trong giới hạn quy định cho pipet cụ thể. Chi tiết hơn, xem TCVN 7150 (ISO 835) và TCVN 7151 (ISO 648).

Thời gian chờ, nếu được quy định, phải được quan sát trước khi thực hiện điều chỉnh cuối cùng mặt cong khi xả ra một thể tích cho trước. Nếu việc điều chỉnh sau khi xả được thực hiện tại vạch chia độ dưới, phải cho dừng dòng chất lỏng ở trên vạch chia độ vài milimét. Sau khi quan sát thời gian chờ, phải nhanh chóng hoàn thành việc điều chỉnh cuối cùng.

9.3.3 Pipet được điều chỉnh để chứa

Xem 10.5.2.

9.3.4 Buret được điều chỉnh để xả

Buret được điều chỉnh để xả tuân theo các quy định trong TCVN 7149 (ISO 385) phải được kẹp ở vị trí thẳng đứng và nạp nước qua vòi xả đến trên vạch chia độ cần thử vài milimét. Khóa vòi và vòi xả không được có bọt khí. Loại bỏ toàn bộ chất lỏng còn bám lại bên ngoài vòi xả. Sau đó thực hiện điều chỉnh cuối cùng mặt cong bằng cách xả nước thừa qua vòi xả. Phải loại bỏ bất kì giọt chất lỏng nào còn bám dính ở vòi xả bằng cách để một miếng thủy tinh nhám tiếp xúc với đầu vòi xả một góc khoảng 30° , kéo miếng thủy tinh nhám này xuống khoảng 10 mm.

Sau đó xả vào bình hứng đã được cân bì trước với dòng chảy không bị hạn chế cho đến khi mặt cong hạ xuống đến trên vạch chia độ cần thử vài milimét, trong khi khóa vòi mở hoàn toàn và đầu vòi xả không tiếp xúc với bình hứng. Sau khi thực hiện điều chỉnh cuối cùng mặt cong, loại bỏ bất kì giọt chất lỏng nào còn bám dính ở vòi xả bằng cách để một miếng thủy tinh tiếp xúc với đầu vòi xả nghiêng một góc khoảng 30° , cuối cùng kéo xuống khoảng 10 mm.

Một số lưu ý khác cần thiết để nhận được thể tích xả chính xác đối với các loại dụng cụ đo khác nhau và được mô tả trong điều xác định dung tích ở tiêu chuẩn tương ứng.

Xác định thời gian xả bằng cách cho dòng chất lỏng chảy không bị hạn chế từ vạch dấu “không” đến vạch dấu chia độ thấp nhất khi khóa vòi mở hoàn toàn và vòi xả không tiếp xúc với bề mặt bình hứng. Vì vậy, thời gian xả được xác định phải nằm trong giới hạn được quy định cho buret cụ thể. Chi tiết hơn, xem TCVN 7149 (ISO 385).

Thời gian chờ, nếu được quy định, phải được quan sát trước khi thực hiện điều chỉnh cuối cùng mặt cong khi xả một thể tích cho trước. Nếu việc điều chỉnh sau khi xả được thực hiện tại vạch chia độ dưới, phải cho dừng dòng chất lỏng ở trên vạch chia độ vài milimét. Sau khi quan sát thời gian chờ, phải nhanh chóng hoàn thành việc điều chỉnh cuối cùng.

9.4 Cân

Dụng cụ đo thể tích hoặc bình hứng (xem 6.6) phải được cân bì trước và được cân bằng cân được quy định trong 6.1 và nhiệt độ của nước phải được đo đến $\pm 0,1$ °C.

Ngoài ra, có thể thực hiện cân hai lần, I_L , là kết quả cân bình đã chứa chất lỏng, và I_E , là kết quả cân bình rỗng. Thông thường I_L và I_E được quan sát trong cùng điều kiện, do đó không cần thiết phải điều chỉnh cân về số “0”. Cả hai lần cân theo quy định trên phải được tiến hành trong một khoảng thời gian ngắn thích hợp để đảm bảo chúng được thực hiện trong cùng nhiệt độ. Ghi lại nhiệt độ và áp suất khí quyển để sử dụng cho việc tính toán sau này.

Phải tuân thủ hướng dẫn của nhà sản xuất khi thực hiện các phép đo cần thiết. Việc cân phải được thực hiện cẩn thận và nhanh chóng để giảm thiểu lượng tổn thất do bay hơi là nguồn gây ra sai số.

9.5 Đánh giá

Giá trị cân đọc được sau khi trừ bì hoặc kết quả chênh lệch giữa hai lần cân là khối lượng biểu kiến của nước được chứa hoặc lượng nước được xả ra khỏi dụng cụ đo thể tích được hiệu chuẩn.

CHÚ THÍCH Khối lượng biểu kiến, xác định được, là khối lượng chưa được hiệu chỉnh sức đẩy của không khí.

Để xác định được thể tích chứa hoặc xả của dụng cụ đo thể tích được hiệu chuẩn tại nhiệt độ chuẩn từ khối lượng biểu kiến của nước, cần phải tính các hệ số sau:

- khối lượng riêng của nước tại nhiệt độ hiệu chuẩn;
- sự giãn nở nhiệt của thủy tinh trong khoảng nhiệt độ hiệu chuẩn và nhiệt độ chuẩn;
- ảnh hưởng của sức đẩy không khí lên nước và quả cân khi sử dụng.

Hướng dẫn tính toán thể tích của dụng cụ và bảng các hệ số này tại nhiệt độ chuẩn 20 °C, được cho trong Phụ lục B.

10 Sử dụng

10.1 Quy định chung

Khi muốn đạt được độ chính xác cao nhất, phải sử dụng dụng cụ đo thể tích theo đúng trình tự và điều kiện như khi hiệu chuẩn được mô tả trong Điều 9. Chi tiết hơn, xem điều liên quan “Xác định dung tích” hoặc “Cơ sở điều chỉnh” trong các tiêu chuẩn tương ứng.

Luôn luôn làm sạch dụng cụ đo thể tích trước khi sử dụng (xem 7.3) và kiểm tra vòi xả đối với những khuyết tật có thể và dòng chất lỏng không bị hạn chế ở các dụng cụ đo thể tích được điều chỉnh để xả.

Theo 7.5, thể tích chất lỏng được xả ra bằng dụng cụ được điều chỉnh để xả phụ thuộc vào thời gian xả (được quy định trong các tiêu chuẩn tương ứng) và các tính chất vật lý của chất lỏng. Tuy nhiên, đối với các dung dịch nước pha loãng thường được sử dụng trong phép phân tích thể tích, có thể sử dụng mà không gây sai số đáng kể; ví dụ các dung dịch 1 mol/l gây các sai số nhỏ hơn các dung sai Cấp A

TCVN 1044:2011

và Cấp AS và các dung dịch 0,1 mol/l gây các sai số nhỏ hơn tương ứng. Độ chính xác giảm đi khi sử dụng các chất lỏng có độ nhớt và/hoặc sức căng bề mặt rất khác so với nước, ví dụ các chất lỏng khan.

Đối với chất lỏng quá đặc, để nhìn được đáy mặt cong có thể đọc theo “mép trên” của mặt cong, khi đó độ chính xác và độ chụm có thể sẽ thấp hơn khi nhìn điểm thấp nhất của mặt cong.

Nhiệt độ khi thực hiện cũng quan trọng. Trong khi sự giãn nở của dụng cụ đo thể tích là không đáng kể (xem 7.2.1.2), phải tính đến sự giãn nở của chất lỏng. Cần phải bảo đảm tất cả các dung dịch được sử dụng liên quan đến nhau có cùng nhiệt độ (hàng ngày) khi đo thể tích của chúng. Đặc biệt khi chuẩn bị các dung dịch chuẩn, nhỏ giọt mẫu, và ví dụ khi chuẩn độ, nên làm nhiệt độ càng gần nhau càng tốt. Tránh có sự khác biệt lớn về nhiệt độ giữa dụng cụ và chất lỏng (xem 7.2.2).

10.2 Bình định mức [xem TCVN 7153 (ISO 1042)]

Quy trình điều chỉnh mặt cong tại vạch dấu tròn phải lặp lại các điều kiện hiệu chuẩn và được minh họa bằng ví dụ sau trong trường hợp của một dung dịch nước pha loãng.

- Cho vật liệu rắn và thêm một lượng nước vừa đủ để hòa tan bằng cách lắc bình cẩn thận mà không làm ướt bề mặt bên trên vạch định mức. (Nếu cần thiết, chỉ làm nóng nhẹ để hỗ trợ quá trình này).
- Sau đó, trong khi vẫn lắc bình để trộn vật liệu, thêm một lượng nước vừa đủ để làm dâng bề mặt chất lỏng cách bên dưới vạch định mức khoảng vài centimét.
- Đậy nắp lại và lắc ngược bình để trộn vật liệu, sau đó cẩn thận mở nắp và tráng rửa nắp, gom nước tráng vào bình để làm dâng bề mặt chất lỏng cách dưới vạch định mức khoảng 1 cm.
- Để yên bình không đậy nắp trong 2 min để cho chất lỏng từ cổ bình chảy xuống hết. Nếu cần thiết, đợi để dung dịch trở về nhiệt độ phòng. Trong thời gian chờ, có thể rửa và làm khô nắp.
- Sau đó điều chỉnh để phần đáy của mặt cong lên vạch định mức bằng cách cho một lượng nước cần thiết chảy xuống cổ bình từ một điểm cách vạch định mức dưới 1 cm.
- Cuối cùng, đậy nắp và lắc ngược bình nhiều lần để hỗn hợp tan hoàn toàn.

10.3 Ống đong [xem TCVN 8488 (ISO 4788)]

Để điều chỉnh chính xác mặt cong, nạp chất lỏng thích hợp vào ống đong đến trên vạch dung tích danh định vài milimét hoặc vạch chia độ được chọn. Đợi 2 min để chất lỏng trong ống đong ổn định. Sau đó loại bỏ chất lỏng thừa bằng một ống nối với vòi xả.

10.4 Buret [xem TCVN 7149 (ISO 385)]

Sau khi làm sạch bằng chất lỏng hoặc thuốc thử sẽ được sử dụng, kẹp buret ở vị trí thẳng đứng, chỉnh khóa vòi và nạp chất lỏng vào buret đến trên vạch chia độ “không” vài milimét. Đợi 2 min để chất lỏng

ổn định trước khi điều chỉnh mặt cong tại vạch “không”. Bây giờ, có thể thực hiện việc chuẩn độ cho đến khi xuất hiện điểm cuối. Đọc mặt cong tại vạch chia độ tương ứng với thể tích đã được xả.

Trong thực tế, nói chung buret không được dùng theo đúng như cách được hiệu chuẩn. Điển hình, trong sử dụng, việc tiếp cận đến điểm xả cuối cùng theo yêu cầu được làm nhỏ giọt, nhằm tránh việc xả quá mức, và thường lấy đi một khoảng thời gian tương tự, hoặc thậm chí lớn hơn, thời gian chờ bất kỳ được quy định đã quan sát trong suốt quá trình thử. Do đó, trong sử dụng, thời gian chờ, nếu được quy định, nói chung không cần thiết phải quan sát.

10.5 Pipet

CẢNH BÁO Sử dụng phương tiện trợ giúp pipet thích hợp để nạp chất lỏng nhằm tránh mọi nguy hiểm cho người thao tác. Luôn luôn giữ pipet ở vị trí trên cùng trong khi nối thêm một bộ phận hút do trong trường hợp đặc biệt pipet có thể bị vỡ và gây tổn thương. Nên sử dụng phương tiện trợ giúp pipet để duy trì dòng chất lỏng chảy ra không bị hạn chế.

10.5.1 Pipet được điều chỉnh để xả [xem TCVN 7150 (ISO 835) và TCVN 7151 (ISO 648)]

Sau khi làm sạch bằng chất lỏng hoặc thuốc thử sẽ được sử dụng, nạp vào pipet bằng cách hút đến trên vạch chia độ được chọn vài milimét. Loại bỏ toàn bộ chất lỏng còn bám lại bên ngoài vòi xả.

Sau đó thực hiện điều chỉnh cuối cùng mặt cong bằng cách xả chất lỏng thừa qua vòi xả. Loại bỏ toàn bộ các giọt chất lỏng còn bám dính ở vòi xả bằng cách để nghiêng một bình thủy tinh nhám tiếp xúc với đầu vòi xả. Sau đó thực hiện xả khi đầu vòi xả tiếp xúc với mặt trong của bình hứng đã được đặt nghiêng.

Nếu việc điều chỉnh sau khi xả được thực hiện tại vạch chia độ thấp hơn, phải cho dừng dòng chất lỏng ở trên vạch chia độ vài milimét. Sau khi quan sát thời gian chờ, nếu được quy định, nhanh chóng hoàn thành việc điều chỉnh cuối cùng.

Thời gian chờ, nếu được quy định, phải được quan sát trước khi thực hiện việc điều chỉnh cuối cùng để xả thể tích đã cho.

10.5.2 Pipet được điều chỉnh để chứa

Rửa sạch pipet bằng thuốc thử sẽ được sử dụng đến vài milimét dưới vạch chia độ yêu cầu. Bằng cách hút, nạp chất lỏng vào pipet đến gần sát trên vạch chia độ được chọn. Loại bỏ toàn bộ chất lỏng còn bám lại bên ngoài vòi xả. Thực hiện điều chỉnh cuối cùng mặt cong chất lỏng đến vạch chia độ bằng cách dùng giấy lọc để loại bỏ chất lỏng thừa. Khi tháo xả, rửa sạch pipet vài lần bằng môi trường pha loãng.

Phụ lục A

(tham khảo)

Làm sạch dụng cụ đo thể tích bằng thủy tinh

A.1 Thể tích được chứa hoặc được xả ra từ dụng cụ đo thể tích phụ thuộc vào độ sạch của toàn bộ bề mặt bên trong để bảo đảm dụng cụ ướt hoàn toàn và tạo mặt cong có hình dạng tốt.

A.2 Dụng cụ thủy tinh có thể được làm sạch bằng tay, trong bể ngâm hoặc trong máy rửa của phòng thí nghiệm. Để làm giảm sự thay đổi thể tích do sự ăn mòn thủy tinh và làm hỏng vạch chia độ, nên làm sạch nhẹ nhàng bằng chất tẩy rửa có độ kiềm thấp ở nhiệt độ dưới 70 °C trong thời gian tiếp xúc ngắn và thực hiện làm sạch ngay sau khi sử dụng. Độ sạch của toàn bộ bề mặt thủy tinh bên trong cần được tuân theo các quy định trong 7.3.

A.3 Nếu thành thủy tinh bên trong không đủ sạch sau khi đã được xử lý như trên, thì nạp vào dụng cụ đo thể tích một hỗn hợp các phần bằng nhau của dung dịch kali permanganat (KMnO_4) 30 g/l và dung dịch natri hydroxit (NaOH) 1 mol/l. Sau khoảng 2 h, có thể loại bỏ dư lượng MnO_2 bằng axit clohydric loãng hoặc axit oxalic.

Sau đó rửa dụng cụ đo thể tích bằng nước cất và kiểm tra lại xem các thành đã sạch hoàn toàn chưa. Nếu chưa đủ sạch thì phải tiến hành làm lại. Nếu việc xử lý không thành công, phải áp dụng các phương pháp làm sạch riêng được mô tả trong sách hướng dẫn phòng thí nghiệm. Phương pháp này không được làm thay đổi thể tích của dụng cụ.

Để an toàn, không nên làm nóng dụng cụ đo thể tích ở nhiệt độ trên 180 °C. Mặc dù điểm biến dạng của thủy tinh được sử dụng cho mục đích đo thể tích nằm trong khoảng 500 °C, nhưng sự thay đổi thể tích có thể xảy ra ở nhiệt độ thấp hơn điểm biến dạng.

Phụ lục B

(quy định)

Tính thể tích

B.1 Phương pháp tính chung

B.1.1 Công thức chung để tính thể tích ở nhiệt độ chuẩn 20 °C, V_{20} (tại nhiệt độ chuẩn 27 °C, V_{27}), từ khối lượng biểu kiến của nước, được chứa hoặc xả, như sau:

$$V_{20} = (I_L - I_E) \times (\rho_W - \rho_A)^{-1} \times \left(1 - \frac{\rho_A}{\rho_B}\right) \times [1 - \gamma(t - 20)] \quad (\text{B.1})$$

trong đó

- I_L là khối lượng của bình hứng có nước, tính bằng gam;
 - I_E là khối lượng của bình hứng rỗng, tính bằng gam ("0" trong trường hợp cân được trừ bì khối lượng của dụng cụ đo thể tích hoặc bình hứng);
 - ρ_A là khối lượng riêng của không khí; được lấy từ Bảng B.3 tại nhiệt độ và áp suất khí quyển hiệu chuẩn, tính bằng gam trên mililít;
 - ρ_B là khối lượng riêng thực tế của quả cân khi chúng được điều chỉnh đến khối lượng danh định của chúng, hoặc khối lượng riêng chuẩn cho quả cân đã được hiệu chỉnh (xem chú thích bên dưới), hoặc, khối lượng riêng (chuẩn) của quả cân đã được điều chỉnh khi sử dụng cân điện tử không có quả cân, tính bằng gam trên mililít;
- CHÚ THÍCH Quả cân theo Tài liệu Quốc tế OIML D 28 của tổ chức Đo lường Thế giới đã được điều chỉnh để cho kết quả chính xác khi cân trong không khí với khối lượng riêng là 8,0 g/ml. Thông thường cân điện tử được điều chỉnh bằng các quả cân này.
- ρ_W là khối lượng riêng của nước ở t °C, được tính bằng công thức "Tanaka" (xem Bảng B.4), tính bằng gam trên mililít;
 - γ là hệ số giãn nở nhiệt khối của vật liệu chế tạo dụng cụ đo thể tích được hiệu chuẩn, tính bằng số đảo của nhiệt độ Celsius (xem Bảng B.5);
 - t là nhiệt độ của nước được dùng để hiệu chuẩn, tính bằng nhiệt độ Celsius.

B.1.2 Để biểu thị phạm vi ảnh hưởng của các hệ số khác nhau đến kết quả, một số thông số dung sai, có sai số tương ứng đối với thể tích đã xác định, được cho trong Bảng B.1. Những số này đã chứng minh rằng phép đo nhiệt độ của nước là yếu tố gây ảnh hưởng chủ yếu.

Bảng 1 – Ví dụ về sai số thể tích

Thông số	Thông số dung sai	Sai số thể tích tương ứng với thể tích ^a
Nhiệt độ nước	± 0,5 °C	± 10 ⁻⁴
Áp suất không khí	± 8 mbar (0,8 kPa)	± 10 ⁻⁵
Nhiệt độ không khí	± 2,5 °C	± 10 ⁻⁵
Độ ẩm tương đối	± 10 % RH	± 10 ⁻⁶
Khối lượng riêng của quả cân	± 0,6 g/ml	± 10 ⁻⁵
^a Ví dụ: Sai số thể tích ± 10 ⁻⁴ tương ứng với thể tích đo được 100 ml sẽ là 0,01 ml.		

B.1.3 Nguồn sai số thực nghiệm lớn nhất xảy ra trong việc xác định thể tích là khi điều chỉnh mặt cong, điều này phụ thuộc vào sự cẩn thận của người thao tác, và liên quan đến mặt cắt ngang của ống mà tại đó mặt cong sẽ dừng lại. Một số giá trị đặc trưng được cho trong Bảng B.2.

Bảng B.2 – Sai số liên quan đến việc điều chỉnh mặt cong

Sai số tại vị trí mặt cong mm	Sai số thể tích tính bằng µl tại đường kính cổ			
	5 mm	10 mm	20 mm	30 mm
0,05	1	4	16	35
0,1	2	8	31	71
0,5	10	39	157	353
1	20	78	314	707
2	39	157	628	1 414

B.1.4 Khi dụng cụ đo thể tích được sử dụng tại nhiệt độ (t_2) khác với nhiệt độ chuẩn (t_1), thể tích của dụng cụ đo thể tích tại (t_2) được tính theo công thức sau:

$$V_{t_2} = V_{t_1} [1 + \gamma(t_2 - t_1)] \quad (\text{B.2})$$

trong đó γ là hệ số giãn nở nhiệt khối (xem Bảng B.5). Đối với thông tin về ảnh hưởng của sự chênh lệch về nhiệt độ, xem 7.2.1.2.

B.2 Các bảng tính toán

B.2.1 Để thuận tiện cho việc tính toán dễ dàng thể tích V_{20} của dụng cụ đo tại nhiệt độ chuẩn 20 °C từ khối lượng biểu kiến đã xác định được bằng cách cân, hệ số Z được đưa vào Công thức (B.1):

$$V_{20} = (I_L - I_E) \times Z \quad (\text{B.3})$$

Bảng B.6, B.7 và B.8 cho các giá trị quy đổi hệ số Z đối với các loại thủy tinh khác nhau tại áp suất không khí thông thường theo nhiệt độ. Trong các bảng này, đã tính đến sự kết hợp của các ảnh hưởng của khối lượng riêng của nước, sự giãn nở nhiệt của thủy tinh và lực đẩy của không khí. Khối lượng quả cân được sử dụng là $\rho_B = 8,0 \text{ g/ml}$.

Sự quy đổi các giá trị hệ số Z đã được suy ra từ Công thức (B.1) như sau:

$$Z = (\rho_W - \rho_A)^{-1} \times \left(1 - \frac{\rho_A}{\rho_B}\right) \times [1 - \gamma(t - 20)] \quad (\text{B.4})$$

B.2.2 Nếu Công thức chung (B.1) được sử dụng để tính thể tích, thì Bảng B.3, B.4 và B.5 liệt kê các giá trị cần thiết cho ρ_A , ρ_W và γ .

Khối lượng riêng của không khí trong Bảng B.3 được cho đối với độ ẩm tương đối là 50 % RH và hàm lượng 0,04 % cacbon dioxid theo thể tích. Trong thực tế, độ lệch thông thường từ các điều kiện này, ví dụ độ ẩm tương đối nằm trong khoảng từ 35 % RH đến 85 % RH, sẽ gây sai số rất nhỏ, không có ý nghĩa đối với các mục đích của tiêu chuẩn này.

Khối lượng riêng của nước trong Bảng B.4 dựa trên Tanaka và cộng sự, Xem Thư mục tài liệu tham khảo [5].

Bảng B.3 – Khối lượng riêng của không khíGiá trị khối lượng riêng tính bằng 10^3 gam trên mililít

Nhiệt độ °C	Áp suất không khí								
	hPa								
	930	940	950	960	970	980	990	1 000	1 010
10,0	1,142	1,154	1,166	1,179	1,191	1,203	1,216	1,228	1,240
11,0	1,138	1,150	1,162	1,174	1,187	1,199	1,211	1,223	1,236
12,0	1,133	1,146	1,158	1,170	1,182	1,194	1,207	1,219	1,231
13,0	1,129	1,141	1,154	1,166	1,178	1,190	1,202	1,214	1,227
14,0	1,125	1,137	1,149	1,161	1,174	1,186	1,198	1,210	1,222
15,0	1,121	1,133	1,145	1,157	1,169	1,181	1,193	1,206	1,218
16,0	1,117	1,129	1,141	1,153	1,165	1,177	1,189	1,201	1,213
17,0	1,108	1,120	1,132	1,144	1,156	1,168	1,180	1,192	1,204
18,0	1,108	1,120	1,132	1,144	1,156	1,168	1,180	1,192	1,204
19,0	1,104	1,116	1,128	1,140	1,152	1,164	1,176	1,188	1,200
20,0	1,100	1,112	1,124	1,136	1,148	1,160	1,172	1,183	1,195
21,0	1,096	1,108	1,120	1,132	1,144	1,155	1,167	1,179	1,191
22,0	1,092	1,104	1,116	1,128	1,139	1,151	1,163	1,175	1,187
23,0	1,088	1,100	1,112	1,123	1,135	1,147	1,159	1,170	1,182
24,0	1,084	1,096	1,107	1,119	1,131	1,143	1,154	1,166	1,178
25,0	1,080	1,092	1,103	1,115	1,127	1,138	1,150	1,162	1,173
26,0	1,076	1,088	1,099	1,111	1,122	1,134	1,146	1,157	1,169
27,0	1,072	1,083	1,095	1,107	1,118	1,130	1,141	1,153	1,165
28,0	1,068	1,079	1,091	1,103	1,114	1,126	1,137	1,149	1,160
29,0	1,064	1,075	1,087	1,098	1,110	1,121	1,133	1,144	1,156
30,0	1,060	1,071	1,083	1,094	1,106	1,117	1,129	1,140	1,152
^a Khối lượng riêng của không khí đối với độ ẩm tương đối là 50 % RH và 0,04 % CO ₂ (theo thể tích). Chi tiết xem B.2.2.									

Bảng B.4 – Khối lượng riêng của nước không chứa không khí^a

Nhiệt độ t °C	Khối lượng riêng ρ_W g/ml
15	0,99 909
16	0,99 894
17	0,99 877
18	0,99 859
19	0,99 840
20	0,99 820
21	0,99 799
22	0,99 776
23	0,99 753
24	0,99 729
25	0,99 704
26	0,99 678
27	0,99 651
28	0,99 623
29	0,99 594
30	0,99 564
31	0,99 533
32	0,99 502
33	0,99 470
34	0,99 436
35	0,99 403
^a Tham khảo xem B.2.2.	

Bảng B.5 – Hệ số giãn nở nhiệt khối, γ

Vật liệu	Hệ số giãn nở nhiệt khối, γ^a $^{\circ}\text{C}^{-1} \times 10^{-6}$
Thủy tinh borosilicat 3.3	9,9
Thủy tinh borosilicat 5.0	15
Thủy tinh natri-canxi	27
^a $\gamma = 3 \alpha$, trong đó α là hệ số giãn nở nhiệt tuyến tính.	

Bảng B.6 – Hệ số Z cho thủy tinh borosilicate 3.3

Giá trị Z tính bằng microlít trên miligam

Nhiệt độ °C	Áp suất không khí hPa							
	850	880	910	940	970	1 000	1 030	1060
15,0	1,00185	1,00188	1,00191	1,00195	1,00198	1,00201	1,00204	1,00207
15,2	1,00188	1,00191	1,00194	1,00197	1,00201	1,00204	1,00207	1,00210
15,4	1,00191	1,00194	1,00197	1,00200	1,00203	1,00207	1,00210	1,00213
15,6	1,00194	1,00197	1,00200	1,00203	1,00206	1,00209	1,00213	1,00216
15,8	1,00196	1,00200	1,00203	1,00206	1,00209	1,00212	1,00216	1,00219
16,0	1,00199	1,00203	1,00206	1,00209	1,00212	1,00215	1,00218	1,00222
16,2	1,00202	1,00206	1,00209	1,00212	1,00215	1,00218	1,00221	1,00225
16,4	1,00205	1,00209	1,00212	1,00215	1,00218	1,00221	1,00225	1,00228
16,6	1,00209	1,00212	1,00215	1,00218	1,00221	1,00224	1,00228	1,00231
16,8	1,00212	1,00215	1,00218	1,00221	1,00224	1,00228	1,00231	1,00234
17,0	1,00215	1,00218	1,00221	1,00224	1,00228	1,00231	1,00234	1,00237
17,2	1,00218	1,00221	1,00225	1,00228	1,00231	1,00234	1,00237	1,00240
17,4	1,00222	1,00225	1,00228	1,00231	1,00234	1,00237	1,00241	1,00244
17,6	1,00225	1,00228	1,00231	1,00234	1,00238	1,00241	1,00244	1,00247
17,8	1,00228	1,00231	1,00235	1,00238	1,00241	1,00244	1,00247	1,00250
18,0	1,00232	1,00235	1,00238	1,00241	1,00244	1,00247	1,00251	1,00254
18,2	1,00235	1,00238	1,00241	1,00245	1,00248	1,00251	1,00254	1,00257
18,4	1,00239	1,00242	1,00245	1,00248	1,00251	1,00254	1,00258	1,00261
18,6	1,00242	1,00245	1,00249	1,00252	1,00255	1,00258	1,00261	1,00264
18,8	1,00246	1,00249	1,00252	1,00255	1,00258	1,00262	1,00265	1,00268
19,0	1,00249	1,00253	1,00256	1,00259	1,00262	1,00265	1,00268	1,00272
19,2	1,00253	1,00256	1,00259	1,00263	1,00266	1,00269	1,00272	1,00275
19,4	1,00257	1,00260	1,00263	1,00266	1,00270	1,00273	1,00276	1,00279
19,6	1,00261	1,00264	1,00267	1,00270	1,00273	1,00276	1,00280	1,00283
19,8	1,00265	1,00268	1,00271	1,00274	1,00277	1,00280	1,00283	1,00287
20,0	1,00268	1,00272	1,00275	1,00278	1,00281	1,00284	1,00287	1,00290
20,2	1,00272	1,00275	1,00279	1,00282	1,00285	1,00288	1,00291	1,00294
20,4	1,00276	1,00279	1,00283	1,00286	1,00289	1,00292	1,00295	1,00298
20,6	1,00280	1,00283	1,00287	1,00290	1,00293	1,00296	1,00299	1,00302
20,8	1,00284	1,00287	1,00291	1,00294	1,00297	1,00300	1,00303	1,00306
21,0	1,00288	1,00292	1,00295	1,00298	1,00301	1,00304	1,00307	1,00310
21,2	1,00292	1,00296	1,00299	1,00302	1,00305	1,00308	1,00311	1,00314
21,4	1,00297	1,00300	1,00303	1,00306	1,00309	1,00312	1,00315	1,00319
21,6	1,00301	1,00304	1,00307	1,00310	1,00313	1,00316	1,00320	1,00323
21,8	1,00305	1,00308	1,00311	1,00314	1,00318	1,00321	1,00324	1,00327
22,0	1,00309	1,00313	1,00316	1,00319	1,00322	1,00325	1,00328	1,00331
22,2	1,00314	1,00317	1,00320	1,00323	1,00326	1,00329	1,00332	1,00336
22,4	1,00318	1,00321	1,00324	1,00327	1,00331	1,00334	1,00337	1,00340

Bảng B.6 – (tiếp)

Giá trị Z tính bằng microlit trên miligam

Nhiệt độ °C	Áp suất không khí hPa							
	850	880	910	940	970	1 000	1 030	1060
22,6	1,00322	1,00326	1,00329	1,00332	1,00335	1,00338	1,00341	1,00344
22,8	1,00227	1,00330	1,00333	1,00336	1,00339	1,00343	1,00346	1,00349
23,0	1,00331	1,00335	1,00338	1,00341	1,00344	1,00347	1,00350	1,00353
23,2	1,00336	1,00339	1,00342	1,00345	1,00348	1,00352	1,00355	1,00358
23,4	1,00341	1,00344	1,00347	1,00350	1,00353	1,00356	1,00359	1,00362
23,6	1,00345	1,00348	1,00351	1,00354	1,00358	1,00361	1,00364	1,00367
23,8	1,00350	1,00353	1,00356	1,00359	1,00362	1,00365	1,00368	1,00372
24,0	1,00354	1,00358	1,00361	1,00364	1,00367	1,00370	1,00373	1,00376
24,2	1,00359	1,00362	1,00365	1,00369	1,00372	1,00375	1,00378	1,00381
24,4	1,00364	1,00367	1,00370	1,00373	1,00376	1,00379	1,00383	1,00386
24,6	1,00369	1,00372	1,00375	1,00378	1,00381	1,00384	1,00387	1,00390
24,8	1,00374	1,00377	1,00380	1,00383	1,00386	1,00389	1,00392	1,00395
25,0	1,00379	1,00382	1,00385	1,00388	1,00391	1,00394	1,00397	1,00400
25,2	1,00383	1,00387	1,00390	1,00393	1,00396	1,00399	1,00402	1,00405
25,4	1,00288	1,00392	1,00395	1,00398	1,00401	1,00404	1,00407	1,00410
25,6	1,00393	1,00397	1,00400	1,00403	1,00406	1,00409	1,00412	1,00415
25,8	1,00398	1,00402	1,00405	1,00408	1,00411	1,00414	1,00417	1,00420
26,0	1,00404	1,00407	1,00410	1,00413	1,00416	1,00419	1,00422	1,00425
26,2	1,00409	1,00412	1,00415	1,00418	1,00421	1,00424	1,00427	1,00330
26,4	1,00414	1,00417	1,00420	1,00423	1,00426	1,00429	1,00432	1,00435
26,6	1,00419	1,00422	1,00425	1,00428	1,00431	1,00434	1,00438	1,00441
26,8	1,00424	1,00427	1,00430	1,00433	1,00437	1,00440	1,00443	1,00446
27,0	1,00430	1,00433	1,00436	1,00439	1,00442	1,00445	1,00448	1,00451
27,2	1,00435	1,00438	1,00441	1,00444	1,00447	1,00450	1,00453	1,00456
27,4	1,00440	1,00443	1,00446	1,00449	1,00452	1,00456	1,00459	1,0062
27,6	1,00446	1,00449	1,00452	1,00455	1,00458	1,00461	1,00464	1,00467
27,8	1,00451	1,00454	1,00457	1,00460	1,00463	1,00466	1,00469	1,00472
28,0	1,00456	1,00460	1,00463	1,00466	1,00469	1,00472	1,00475	1,00478
28,2	1,00462	1,00465	1,00468	1,00471	1,00474	1,00477	1,00480	1,00483
28,4	1,00467	1,00471	1,00474	1,00477	1,00480	1,00483	1,00486	1,00489
28,6	1,00473	1,00476	1,00479	1,00482	1,00485	1,00488	1,00491	1,00494
28,8	1,00479	1,00482	1,00485	1,00488	1,00491	1,00494	1,00497	1,00500
29,0	1,00484	1,00487	1,00490	1,00493	1,00497	1,00500	1,00503	1,00506
29,2	1,00490	1,00493	1,00496	1,00499	1,00502	1,00505	1,00508	1,00511
29,4	1,00496	1,00499	1,00502	1,00505	1,00508	1,00511	1,00514	1,00517
29,6	1,00501	1,00504	1,00508	1,00511	1,00514	1,00517	1,00520	1,00523
29,8	1,00507	1,00510	1,00513	1,00516	1,00519	1,00522	1,00526	1,00529
30,0	1,00513	1,00516	1,00519	1,00522	1,00525	1,00528	1,00531	1,00534

Bảng B.7 – Hệ số Z cho thủy tinh borosilicate 5.0

Giá trị Z tính bằng microlít trên miligam

Nhiệt độ °C	Áp suất không khí hPa							
	850	880	910	940	970	1 000	1 030	1060
15,0	1,00188	1,00191	1,00194	1,00197	1,00200	1,00203	1,00207	1,00210
15,2	1,00190	1,00193	1,00197	1,00200	1,00203	1,00206	1,00209	1,00213
15,4	1,00193	1,00196	1,00199	1,00203	1,00206	1,00209	1,00212	1,00215
15,6	1,00196	1,00199	1,00202	1,00205	1,00208	1,00212	1,00215	1,00218
15,8	1,00199	1,00202	1,00205	1,00208	1,00211	1,00214	1,00218	1,00221
16,0	1,00201	1,00205	1,00208	1,00211	1,00214	1,00217	1,00221	1,00224
16,2	1,00204	1,00208	1,00211	1,00214	1,00217	1,00220	1,00223	1,00227
16,4	1,00207	1,00211	1,00214	1,00217	1,00220	1,00223	1,00226	1,00230
16,6	1,00210	1,00214	1,00217	1,00220	1,00223	1,00226	1,00229	1,00233
16,8	1,00213	1,00217	1,00220	1,00223	1,00226	1,00229	1,00232	1,00236
17,0	1,00217	1,00220	1,00223	1,00226	1,00229	1,00232	1,00236	1,00239
17,2	1,00220	1,00223	1,00226	1,00229	1,00232	1,00235	1,00239	1,00242
17,4	1,00223	1,00226	1,00229	1,00232	1,00236	1,00239	1,00242	1,00245
17,6	1,00226	1,00229	1,00232	1,00236	1,00239	1,00242	1,00245	1,00248
17,8	1,00229	1,00233	1,00236	1,00239	1,00242	1,00245	1,00248	1,00251
18,0	1,00233	1,00236	1,00239	1,00242	1,00245	1,00248	1,00252	1,00255
18,2	1,00236	1,00239	1,00242	1,00246	1,00249	1,00252	1,00255	1,00258
18,4	1,00239	1,00243	1,00246	1,00249	1,00252	1,00255	1,00258	1,00262
18,6	1,00243	1,00246	1,00249	1,00252	1,00256	1,00259	1,00262	1,00265
18,8	1,00246	1,00250	1,00253	1,00256	1,00259	1,00262	1,00265	1,00269
19,0	1,00250	1,00253	1,00256	1,00259	1,00263	1,00266	1,00269	1,00272
19,2	1,00254	1,00257	1,00260	1,00263	1,00266	1,00269	1,00272	1,00276
19,4	1,00257	1,00260	1,00264	1,00267	1,00270	1,00273	1,00276	1,00279
19,6	1,00261	1,00264	1,00267	1,00270	1,00273	1,00277	1,00280	1,00283
19,8	1,00265	1,00268	1,00271	1,00274	1,00277	1,00280	1,00283	1,00287
20,0	1,00268	1,00272	1,00275	1,00278	1,00281	1,00284	1,00287	1,00290
20,2	1,00272	1,00275	1,00278	1,00282	1,00285	1,00288	1,00291	1,00294
20,4	1,00276	1,00279	1,00282	1,00285	1,00289	1,00292	1,00295	1,00298
20,6	1,00280	1,00283	1,00286	1,00289	1,00292	1,00296	1,00299	1,00302
20,8	1,00284	1,00287	1,00290	1,00293	1,00296	1,00300	1,00303	1,00306
21,0	1,00288	1,00291	1,00294	1,00297	1,00300	1,00304	1,00307	1,00310
21,2	1,00292	1,00295	1,00298	1,00301	1,00304	1,00308	1,00311	1,00314
21,4	1,00296	1,00299	1,00302	1,00305	1,00308	1,00312	1,00315	1,00318
21,6	1,00300	1,00303	1,00306	1,00309	1,00313	1,00316	1,00319	1,00322
21,8	1,00304	1,00307	1,00310	1,00314	1,00317	1,00320	1,00323	1,00326
22,0	1,00308	1,00311	1,00315	1,00318	1,00321	1,00324	1,00327	1,00330
22,2	1,00313	1,00316	1,00319	1,0032	1,00325	1,00328	1,00331	1,00334
22,4	1,00317	1,00320	1,00323	1,00326	1,00329	11,00332	1,00336	1,00339

Bảng B.7 – (tiếp)

Giá trị Z tính bằng microlít trên miligam

Nhiệt độ °C	Áp suất không khí hPa							
	850	880	910	940	970	1 000	1 030	1060
22,6	1,00321	1,00324	1,00327	1,00331	1,00334	1,00337	1,00340	1,00343
22,8	1,00326	1,00329	1,00332	1,00335	1,00338	1,00341	1,00344	1,00347
23,0	1,00330	1,00333	1,00336	1,00339	1,00342	1,00345	1,00349	1,00352
23,2	1,00334	1,00337	1,00341	1,00344	1,00347	1,00350	1,00353	1,00356
23,4	1,00339	1,00342	1,00345	1,00348	1,00351	1,00354	1,00357	1,00361
23,6	1,00343	1,00346	1,00350	1,00353	1,00356	1,00359	1,00362	1,00365
23,8	1,00348	1,00351	1,00354	1,00357	1,00360	1,00363	1,00366	1,00370
24,0	1,00352	1,00356	1,00359	1,00362	1,00365	1,00368	1,00371	1,00374
24,2	1,00357	1,00360	1,00363	1,00366	1,00369	1,00373	1,00376	1,00379
24,4	1,00362	1,00365	1,00368	1,00371	1,00374	1,00377	1,00380	1,00383
24,6	1,00366	1,00370	1,00373	1,00376	1,00379	1,00382	1,00385	1,00388
24,8	1,00371	1,00374	1,00377	1,00380	1,00384	1,00387	1,00390	1,00393
25,0	1,00376	1,00379	1,00382	1,00385	1,00388	1,00391	1,00395	1,00398
25,2	1,00381	1,00384	1,00387	1,00390	1,00393	1,00396	1,00399	1,00402
25,4	1,00386	1,00389	1,00392	1,00395	1,00398	1,00401	1,00404	1,00407
25,6	1,00391	1,00394	1,00397	1,00400	1,00403	1,00406	1,00409	1,00412
25,8	1,00396	1,00399	1,00402	1,00405	1,00408	1,00411	1,00414	1,00417
26,0	1,00400	1,00404	1,00407	1,00410	1,00413	1,00416	1,00419	1,00422
26,2	1,00405	1,00409	1,00412	1,00415	1,00418	1,00421	1,00424	1,00427
26,4	1,00411	1,00414	1,00417	1,00420	1,00423	1,00426	1,00429	1,00432
26,6	1,00416	1,00419	1,00422	1,00425	1,00425	1,00431	1,00434	1,00437
26,8	1,00421	1,00424	1,00427	1,00430	1,00433	1,00436	1,00439	1,00442
27,0	1,00426	1,00429	1,00432	1,00435	1,00438	1,00441	1,00444	1,00447
27,2	1,00431	1,00434	1,00437	1,00440	1,00443	1,00447	1,00450	1,00453
27,4	1,00436	1,00439	1,00443	1,00446	1,00449	1,00452	1,00455	1,00458
27,6	1,00442	1,00445	1,00448	1,00451	1,00454	1,00457	1,00460	1,00463
27,8	1,00447	1,00450	1,00453	1,00456	1,00459	1,00462	1,00465	1,00468
28,0	1,00452	1,00455	1,00458	1,00462	1,00465	1,00468	1,00471	1,00474
28,2	1,00458	1,00461	1,00464	1,00467	1,00470	1,00473	1,00476	1,00479
28,4	1,00463	1,00466	1,00469	1,00472	1,00475	1,00478	1,00482	1,00485
28,6	1,00469	1,00472	1,00475	1,00478	1,00481	1,00484	1,00487	1,00490
28,8	1,00474	1,00477	1,00480	1,00483	1,00486	1,00489	1,00492	1,00496
29,0	1,00480	1,00483	1,00486	1,00489	1,00492	1,00495	1,00498	1,00501
29,2	1,00485	1,00488	1,00491	1,00494	1,00497	1,00501	1,00504	1,00507
29,4	1,00491	1,00494	1,00497	1,00500	1,00503	1,00506	1,00509	1,00512
29,6	1,00496	1,00500	1,00503	1,00506	1,00509	1,00512	1,00515	1,00518
29,8	1,00502	1,00505	1,00508	1,00511	1,00514	1,00517	1,00520	1,00524
30,0	1,00508	1,00511	1,00514	1,00517	1,00520	1,00523	1,00526	1,00529

Bảng B.8 – Hệ số Z cho thủy tinh natri

Giá trị Z tính bằng microlít trên miligam

Nhiệt độ °C	Áp suất không khí hPa							
	850	880	910	940	970	1 000	1 030	1060
15,0	1,00194	1,00197	1,00200	1,00203	1,00206	1,00210	1,00213	1,00216
15,2	1,00196	1,00199	1,00202	1,00206	1,00209	1,00212	1,00215	1,00218
15,4	1,00199	1,00202	1,00205	1,00208	1,00211	1,00214	1,00218	1,00221
15,6	1,00201	1,00204	1,00207	1,00211	1,00214	1,00217	1,00220	1,00223
15,8	1,00204	1,00207	1,00210	1,00213	1,00216	1,00220	1,00223	1,00226
16,0	1,00206	1,00209	1,00213	1,00216	1,00219	1,00222	1,00225	1,00229
16,2	1,00209	1,00212	1,00215	1,00218	1,00222	1,00225	1,00228	1,00231
16,4	1,00212	1,00215	1,00218	1,00221	1,00224	1,00228	1,00231	1,00234
16,6	1,00214	1,00218	1,00221	1,00224	1,00227	1,00230	1,00233	1,00237
16,8	1,00217	1,00220	1,00224	1,00227	1,00230	1,00233	1,00236	1,00239
17,0	1,00220	1,00223	1,00226	1,00230	1,00233	1,00236	1,00239	1,00242
17,2	1,00223	1,00226	1,00229	1,00233	1,00236	1,00239	1,00242	1,00245
17,4	1,00226	1,00229	1,00232	1,00235	1,00239	1,00242	1,00245	1,00248
17,6	1,00229	1,00232	1,00235	1,00238	1,00242	1,00245	1,00248	1,00251
17,8	1,00232	1,00235	1,00238	1,00241	1,00245	1,00248	1,00251	1,00254
18,0	1,00235	1,00238	1,00241	1,00245	1,00248	1,00251	1,00254	1,00257
18,2	1,00238	1,00241	1,00244	1,00248	1,00251	1,00254	1,00257	1,00260
18,4	1,00241	1,00245	1,00248	1,00251	1,00254	1,00257	1,00260	1,00263
18,6	1,00245	1,00248	1,00251	1,00254	1,00257	1,00260	1,00264	1,00267
18,8	1,00248	1,00251	1,00254	1,00257	1,00261	1,00264	1,00267	1,00270
19,0	1,00251	1,00254	1,00258	1,00261	1,00264	1,00267	1,00270	1,00273
19,2	1,00255	1,00258	1,00261	1,00264	1,00267	1,00270	1,00273	1,00277
19,4	1,00258	1,00261	1,00264	1,00267	1,00271	1,00274	1,00277	1,00280
19,6	1,00261	1,00265	1,00268	1,00271	1,00274	1,00277	1,00280	1,00283
19,8	1,00265	1,00268	1,00271	1,00274	1,00277	1,00281	1,00284	1,00287
20,0	1,00268	1,00272	1,00275	1,00278	1,00281	1,00284	1,00287	1,00290
20,2	1,00272	1,00275	1,00278	1,00281	1,00285	1,00288	1,00291	1,00294
20,4	1,00276	1,00279	1,00282	1,00285	1,00288	1,00291	1,00294	1,00298
20,6	1,00279	1,00282	1,00285	1,00289	1,00292	1,00295	1,00298	1,00301
20,8	1,00283	1,00286	1,00289	1,00292	1,00295	1,00299	1,00302	1,00305
21,0	1,00287	1,00290	1,00293	1,00296	1,00299	1,00302	1,00305	1,00309
21,2	1,00290	1,00294	1,00297	1,00300	1,00303	1,00306	1,00309	1,00312
21,4	1,00294	1,00297	1,00301	1,00304	1,00307	1,00310	1,00313	1,00316
21,6	1,00298	1,00301	1,00304	1,00307	1,00311	1,00314	1,00317	1,00320
21,8	1,00302	1,00305	1,00308	1,00311	1,00315	1,00318	1,00321	1,00324
22,0	1,00306	1,00309	1,00312	1,0315	1,00318	1,00322	1,00325	1,00328
22,2	1,00310	1,00313	1,00316	1,00319	1,00322	1,00326	1,00329	1,00332
22,4	1,0314	1,00317	1,00320	1,00323	1,00326	1,00330	1,00333	1,00336

Bảng B.8 – (kết thúc)

Giá trị Z tính bằng microlít trên miligam

Nhiệt độ °C	Áp suất không khí hPa							
	850	880	910	940	970	1 000	1 030	1060
22,6	1,00318	1,00321	1,00324	1,00327	1,00330	1,00334	1,00337	1,00340
22,8	1,00322	1,00325	1,00328	1,00331	1,00335	1,00338	1,00341	1,00344
23,0	1,00326	1,00329	1,00333	1,00336	1,00339	1,00342	1,00345	1,00348
23,2	1,00330	1,0034	1,00337	1,00340	1,00343	1,00346	1,00349	1,00352
23,4	1,00335	1,0038	1,00341	1,00344	1,00347	1,00350	1,00353	1,00356
23,6	1,00339	1,00342	1,00345	1,00348	1,00351	1,00355	1,00358	1,00361
23,8	1,00343	1,00346	1,00349	1,00353	1,00356	1,00359	1,00362	1,00365
24,0	1,00348	1,00351	1,00354	1,00357	1,00360	1,00363	1,00366	1,00369
24,2	1,00352	1,00355	1,00358	1,00361	1,00364	1,00368	1,00371	1,00374
24,4	1,00356	1,00360	1,00363	1,00366	1,00369	1,00372	1,00375	1,00378
24,6	1,00361	1,00364	1,00367	1,00370	1,00373	1,00376	1,00379	1,00383
24,8	1,00365	1,00369	1,00372	1,00375	1,00378	1,00381	1,00384	1,00387
25,0	1,00370	1,00373	1,00376	1,00379	1,00382	1,00385	1,00389	1,00392
25,2	1,00375	1,00378	1,00381	1,00384	1,00387	1,00390	1,00393	1,00396
25,4	1,00379	1,00382	1,00385	1,00388	1,00392	1,00395	1,00398	1,00401
25,6	1,00384	1,00387	1,00390	1,00393	1,00396	1,00399	1,00402	1,00405
25,8	1,00389	1,00292	1,00395	1,00398	1,00401	1,00404	1,00407	1,00410
26,0	1,00393	1,00396	1,00399	1,00403	1,00406	1,00409	1,00412	1,00415
26,2	1,00398	1,00401	1,00404	1,00407	1,00410	1,00413	1,00417	1,00420
26,4	1,00403	1,00406	1,00409	1,00412	1,00415	1,00418	1,00421	1,00424
26,6	1,00408	1,00411	1,00414	1,00417	1,00420	1,00423	1,00426	1,00429
26,8	1,00413	1,00416	1,00419	1,00422	1,00425	1,00428	1,00431	1,00434
27,0	1,00418	1,00421	1,00424	1,00427	1,00430	1,00433	1,00436	1,00439
27,2	1,00422	1,00426	1,00429	1,00432	1,00435	1,00438	1,00441	1,00444
27,4	1,00427	1,00431	1,00434	1,00437	1,00440	1,00443	1,00446	1,00449
27,6	1,00433	1,00436	1,00439	1,00442	1,00445	1,00448	1,00451	1,00454
27,8	1,00438	1,00441	1,00444	1,00447	1,00450	1,00453	1,00456	1,00459
28,0	1,00443	1,00446	1,00449	1,00452	1,00455	1,00458	1,00461	1,00464
28,2	1,00448	1,00451	1,00454	1,00457	1,00460	1,00463	1,00466	1,00469
28,4	1,00453	1,00456	1,00459	1,00462	1,00465	1,00468	1,00471	1,00474
28,6	1,00458	1,00461	1,00464	1,00467	1,00471	1,00474	1,00477	1,00480
28,8	1,00464	1,00467	1,00470	1,00473	1,00476	1,00479	1,00482	1,00485
29,0	1,00469	1,00472	1,00475	1,00478	1,00481	1,00484	1,00487	1,00490
29,2	1,00474	1,00477	100480	1,00483	1,00486	1,00489	1,00492	1,00496
29,4	1,00480	1,00483	1,00486	1,00489	1,00492	1,00495	1,00498	1,00501
29,6	1,00485	1,00488	1,00491	1,00494	1,00497	1,00500	1,00503	1,00506
29,8	1,00490	1,00493	1,00496	1,00500	1,00503	1,00506	1,00509	1,00512
30,0	1,0-0496	1,00499	1,00502	1,00505	1,00508	1,00511	1,00514	1,00517

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] ISO 384, Laboratory glassware – Principles of design and construction of volumetric glassware.
 - [2] ISO 3507, Laboratory glassware – Pyknometers.
 - [3] TCVN 8489 (ISO 4797) Dụng cụ thí nghiệm bằng thủy tinh – Bình đun có khớp nối nhám hình côn
 - [4] OIML D 28, Conventional value of the result of weighing in air (Revision of R 33)
 - [5] TANAKA, M., GIRARD, G., DAVIS., PEUTO, A., and BIGNELL, N. Recommended table for the density of water between 0 °C and 40 °C based on recent experimental reports. Metrologia, 38, 2001.
-