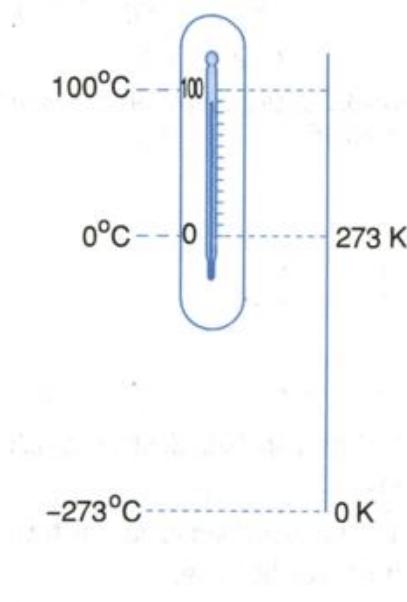


46

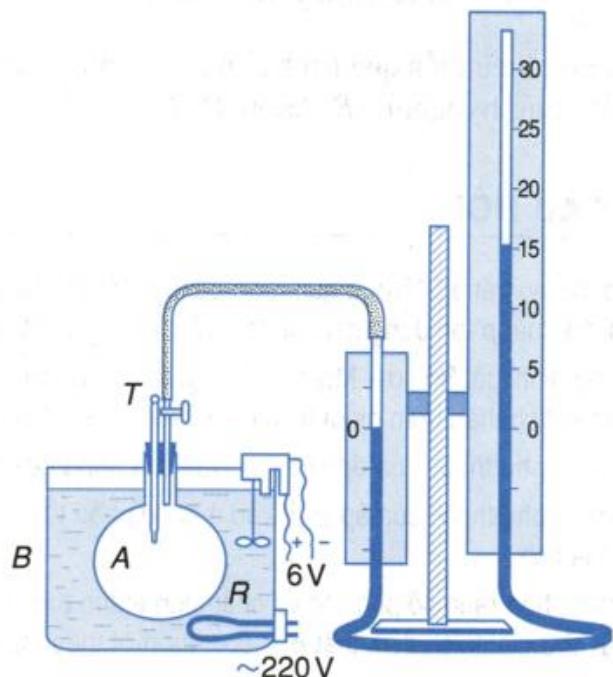
ĐỊNH LUẬT SÁC-LƠ NHIỆT ĐỘ TUYỆT ĐỐI

Sác-lơ (Jacques Charles, 1746 - 1823, nhà vật lí người Pháp) đã làm thí nghiệm để xem xét vấn đề sau đây : Nếu giữ nguyên thể tích và thay đổi nhiệt độ của một lượng khí thì áp suất của khí thay đổi thế nào ?



1. Bố trí thí nghiệm

Ta có thể dùng thiết bị như trên Hình 46.1 để làm thí nghiệm tương tự như thí nghiệm của Sác-lơ.



Hình 46.1 Thí nghiệm đưa đến định luật Sác-lơ

Bình A nhúng vào chậu nước B , trong chậu có một điện trở R có dòng điện chạy qua để làm nóng nước, một cánh quạt để khuấy cho nước nóng đều.

Áp suất p của khí trong bình A bằng áp suất khí quyển p_k cộng với áp suất tạo bởi cột nước có chiều cao h . h là độ chênh mực nước trong hai nhánh của ống hình chữ U.

Quá trình biến đổi của lượng khí có thể tích không đổi gọi là *quá trình đẳng tích*.

Xét lượng khí chứa trong bình A có thể tích không đổi (vì mực nước trong nhánh trái của ống hình chữ U luôn giữ ở số 0). Nhiệt kế T đo nhiệt độ của khí trong bình A.

2. Thao tác thí nghiệm

Ghi lại nhiệt độ và áp suất ban đầu của khí trong bình A. Cho dòng điện qua R và quạt khuấy nước để tăng nhiệt độ khí Δt . Ngắt điện, chờ ổn định nhiệt độ. Đo độ chênh mực nước h tương ứng. Từ h tính ra độ tăng áp suất Δp .

Làm với nhiều giá trị Δt khác nhau, ghi lại kết quả.

Chú ý : $h = 1 \text{ mm}$ ứng với

$$\Delta p = \rho gh = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 0,001 \text{ m} = 10 \text{ Pa.}$$

3. Kết quả thí nghiệm

Nhiệt độ ban đầu 23°C , áp suất ban đầu

$$p_k = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa.}$$

Kết quả cho thấy rằng có thể coi một cách gần đúng :

$$\frac{\Delta p}{\Delta t} = B \quad (46.1)$$

trong đó B là một hằng số đối với một lượng khí nhất định.

Dựa vào nhiều thí nghiệm chính xác hơn, phạm vi đo rộng hơn, có thể thừa nhận rằng hệ thức (46.1) đúng với mọi độ biến thiên nhiệt độ Δt khác nhau.

Nếu cho nhiệt độ biến đổi từ 0°C đến $t^\circ\text{C}$ thì

$$\Delta t = t - 0 = t$$

Độ biến thiên áp suất tương ứng là :

$$\Delta p = p - p_0$$

trong đó p và p_0 là áp suất của khí lần lượt ở nhiệt độ $t^\circ\text{C}$ và 0°C .

Thay biểu thức nói trên của Δp và Δt vào (46.1), ta có

$$p - p_0 = Bt$$

hay là
$$p = p_0 + Bt = p_0 \left(1 + \frac{B}{p_0} t\right)$$

4. Định luật Sác-lo

Sác-lo đã làm thí nghiệm với nhiều chất khí khác nhau và phát hiện ra rằng tỉ số $\frac{B}{p_0}$ mà ông kí hiệu là γ (đọc là gama) trong những thí nghiệm khác nhau đều có chung một giá trị đối với mọi chất khí và ở mọi khoảng nhiệt độ :

$$\gamma = \frac{B}{p_0} = \frac{1}{273} \quad (46.2)$$

Bảng I

Kết quả thí nghiệm

Δt ($^\circ\text{C}$)	h (mm)	Δp (Pa)	$\frac{\Delta p}{\Delta t}$
1 $^\circ\text{C}$	36	360	360
2 $^\circ\text{C}$	70	700	350
3 $^\circ\text{C}$	104	1040	347
4 $^\circ\text{C}$	138	1380	345

Các giá trị của $\frac{\Delta p}{\Delta t}$ trong cột thứ tư có thể coi là bằng nhau với sai số tỉ đối nhỏ hơn $\frac{360 - 345}{2.360} = 2,5\%$.

Từ bảng trên có thể suy ra các giá trị của γ là : $\frac{1}{259}, \frac{1}{266}, \frac{1}{268}, \frac{1}{270}$.

Đơn vị của hệ số γ

Hệ số γ trong công thức (46.2) phải có đơn vị thế nào đó để γt là một số không có đơn vị. Muốn thế đơn vị của γ phải là nghịch đảo của đơn vị t , tức là độ $^{-1}$.

Thực hiện các phép đo chính xác người ta thấy rằng :

- Đối với một chất khí đã cho, tỉ số $\frac{\Delta p}{\Delta t}$ ứng với các khoảng nhiệt độ Δt khác nhau thì hơi khác nhau chút ít.

– Hệ số tăng áp đẳng tích γ của các chất khí có sai lệch chút ít và sai lệch khác nhau so với giá trị $\frac{1}{273}$ độ^{-1} .

– Ở áp suất rất thấp thì những sự sai lệch nói trên là rất nhỏ, có thể bỏ qua.

Các phát hiện trên (công thức (46.1) và (46.2)) có thể phát biểu gộp lại thành *định luật Sác-lơ*:

Với một lượng khí có thể tích không đổi thì áp suất p phụ thuộc vào nhiệt độ t của khí như sau :

$$p = p_0(1 + \gamma t) \quad (46.3)$$

γ có giá trị như nhau đối với mọi chất khí, mọi nhiệt độ và bằng $\frac{1}{273}$ độ^{-1} .

γ được gọi là *hệ số tăng áp đẳng tích*.

Đối với các khí thực thì định luật Sác-lơ chỉ là gần đúng.

5. Khí lí tưởng

Để mô tả tính chất chung của tất cả các chất khí người ta đưa ra mô hình khí lí tưởng.

Khí lí tưởng (theo quan điểm vĩ mô) là **khí tuân theo đúng hai định luật Bôilơ – Ma-ri-ốt và Sác-lơ**.

Các khí thực có tính chất gần đúng như khí lí tưởng. Ở áp suất thấp thì có thể coi mọi khí thực như là khí lí tưởng.

6. Nhiệt độ tuyệt đối

Áp dụng định luật Sác-lơ (46.3) cho khí lí tưởng, ta thấy rằng ở nhiệt độ

$$t = -\frac{1}{\gamma} = -273^{\circ}\text{C}$$

thì áp suất chất khí bằng 0 :

$$p = p_0 \left(1 + \gamma \left(-\frac{1}{\gamma} \right) \right) = 0$$

Điều đó không thể đạt được.

Người ta coi nhiệt độ -273°C là nhiệt độ thấp nhất không thể đạt được và gọi là *không độ tuyệt đối*.

Lập luận dẫn đến khái niệm không độ tuyệt đối ghi ở cột bên chỉ có tính chất gọi mở. Những lí giải chật chẽ nằm ngoài chương trình của sách này.

Ken-vin đề xuất một nhiệt giao mang tên ông. Trong nhiệt giao này thì *khoảng cách nhiệt độ* I ken-vin (kí hiệu $I K$) bằng *khoảng cách* $1^\circ C$. *Không độ tuyệt đối* ($0 K$) ứng với nhiệt độ $-273^\circ C$ (chính xác hơn là $-273,15^\circ C$).

Nếu gọi T là số đo nhiệt độ trong nhiệt giao Ken-vin, còn t là số đo cùng nhiệt độ đó trong nhiệt giao Xen-xi-út thì :

$$T = t + 273 \quad (46.4)$$

Nhiệt độ đo trong nhiệt giao Ken-vin còn được gọi là *nhiệt độ tuyệt đối*.

Trong nhiệt giao Ken-vin, công thức của định luật Sác-lơ trở nên đơn giản hơn. Thay t trong (46.3) bằng biểu thức rút từ (46.4) : $t = T - 273$, ta sẽ có

$$p = p_0 \left(1 + \frac{T - 273}{273} \right) = \frac{p_0}{273} T$$

$\frac{p_0}{273}$ là một hằng số đối với một lượng khí xác định, tức là :

$$\frac{p}{T} = \text{hằng số} \quad (46.5)$$

Bảng 2

Một vài số đo nhiệt độ

Nước sôi	100°C (373 K)
Nước đá đang tan chảy	0°C (273 K)
Thuỷ ngân đông đặc	-39°C (234 K)
Ôxi hoá lỏng (dưới áp suất $1,013 \cdot 10^5$ Pa)	-183°C (90 K)

Định nghĩa nhiệt độ

Dựa vào hệ thức (46.5), ngày nay người ta định nghĩa nhiệt độ T trong nhiệt giao Ken-vin như sau : Nhiệt độ T là đại lượng tỉ lệ thuận với áp suất p của một lượng khí có thể tích không đổi ở áp suất thấp.

Nhờ có định luật Sác-lơ mới có thể đưa ra định nghĩa này. Một khác định nghĩa này bao hàm cả định luật Sác-lơ.

Trong nhiệt giao Ken-vin, người ta lấy nhiệt độ *điểm ba* của nước làm nhiệt độ 273,16 K. Từ chuẩn đó có thể chia độ nhiệt kế khí

$$T = \frac{p}{p_0} \cdot 273,16 \text{ K}$$

p_0 là áp suất ở nhiệt độ điểm ba,
 p là áp suất ở nhiệt độ T .

C1 Công thức (46.5) áp dụng cho khí thực hay khí lí tưởng ?

?

CÂU HỎI

1. Một lượng khí có thể tích không đổi được làm nóng lên, áp suất của khí tăng gấp đôi. Hỏi nhiệt độ tuyệt đối T và nhiệt độ Xen-xi-út t của khí biến đổi như thế nào ?
2. Bóng điện dây tóc chứa khí trơ. Khi ta bật sáng bóng điện, áp suất khí trơ trong bóng điện thay đổi thế nào ?
3. Biết rằng khi nhiệt độ tăng thì vận tốc chuyển động nhiệt của phân tử nói chung cũng tăng, hãy giải thích định luật Sác-lơ bằng thuyết động học phân tử.



BÀI TẬP

1. Hãy chọn câu đúng.

Khi làm nóng một lượng khí có thể tích không đổi thì

- A. áp suất khí không đổi.
- B. số phân tử trong đơn vị thể tích không đổi.
- C. số phân tử trong đơn vị thể tích tăng tỉ lệ thuận với nhiệt độ.
- D. số phân tử trong đơn vị thể tích giảm tỉ lệ nghịch với nhiệt độ.

2. Một bình được nạp khí ở nhiệt độ 33°C dưới áp suất 300 kPa. Sau đó bình được chuyển đến một nơi có nhiệt độ 37°C . Tính độ tăng áp suất của khí trong bình.

3. (Nối tiếp bài tập vận dụng ở bài 45)

0,1 mol khí ở áp suất $p_1 = 2 \text{ atm}$, nhiệt độ $t_1 = 0^{\circ}\text{C}$ có thể tích $V_1 = 1,12 \text{ l}$ (biểu diễn bởi điểm B trên Hình 45.2). Làm cho khí nóng lên đến nhiệt độ $t_2 = 102^{\circ}\text{C}$ và giữ nguyên thể tích khối khí.

a) Tính áp suất p_2 của khí.

b) Vẽ tiếp trên đồ thị $p - V$ (Hình 45.2) đường biểu diễn quá trình làm nóng đẳng tích (thể tích không đổi) nói trên.

4. Một lượng hơi nước có nhiệt độ 100°C và áp suất $p_{100} = 1 \text{ atm}$ ở trong một bình kín. Làm nóng bình và khí đến nhiệt độ 150°C thì áp suất khí trong bình bằng bao nhiêu? Thành lập công thức cho áp suất của khí ở nhiệt độ t (Xen-xi-út) bất kì theo p_{100} .

Em có biết ?

- Nguyên lí III Nhiệt động lực học thừa nhận rằng không thể đạt được không độ tuyệt đối (0 K). Thực hiện nhiệt độ càng thấp, tức là càng gần không độ tuyệt đối, thì càng khó khăn. Ngày nay, nhiệt độ thấp nhất thực hiện được trong phòng thí nghiệm vào cỡ 10^{-9} K .

- Điểm ba của nước là trạng thái duy nhất (ứng với nhiệt độ $0,01^{\circ}\text{C}$ và áp suất 609 Pa) ở đó có thể tồn tại cả ba thể rắn, lỏng, hơi của nước. Dùng điểm ba làm mốc nhiệt độ ($273,16 \text{ K}$) thì thuận tiện, vì trạng thái này chỉ có một nhiệt độ xác định. Nhiệt độ nóng chảy của nước đá phụ thuộc vào áp suất; nhiệt độ này chỉ bằng 0°C (hoặc $273,15 \text{ K}$) khi áp suất bằng 1 atm.