

## **46 ĐỊNH LUẬT SÁC-LƠ NHIỆT ĐỘ TUYỆT ĐỐI**

### **I – Mục tiêu**

– Quan sát và theo dõi thí nghiệm, rút ra nhận xét rằng trong phạm vi biến thiên nhiệt độ của thí nghiệm thì tỉ số  $\frac{\Delta p}{\Delta t}$  không đổi. Thừa nhận kết quả đó trong phạm vi biến đổi nhiệt độ lớn hơn, từ đó suy ra  $p = p_0(1 + \gamma t)$ .

- Biết khái niệm khí lí tưởng, nắm được khái niệm nhiệt độ tuyệt đối, hiểu được định nghĩa nhiệt độ.
- Biết vận dụng nhiệt độ tuyệt đối để phát biểu định luật Sác-lơ dưới dạng  $p = BT$ .

## II – Chuẩn bị

GV chuẩn bị thí nghiệm vẽ ở Hình 46.1. Nên làm thử trước.

## III – Những điều cần lưu ý

**1.** Bài học này cũng thuộc loại giống như bài trước. Nội dung của bài là tiến hành thí nghiệm, rồi từ kết quả của thí nghiệm thiết lập định luật. Song giữa hai bài có sự khác nhau quan trọng. Trong bài trước, định luật cần thiết lập đúng như kết quả quan sát trực tiếp, không cần phải lập luận nhiều. Trong bài này kết quả quan sát còn phải được xử lý thêm, đây là một dịp để GV hướng dẫn HS cách lập luận, cách biến đổi biểu thức toán học để có những công thức tiện dụng, kích thích hoạt động trí tuệ của HS trong lớp học và cả ở nhà.

Bước đầu tiên là quan sát thí nghiệm rồi rút ra nhận xét : tỉ số  $\frac{\Delta p}{\Delta t}$  không đổi trong cả ba lần đo (kí hiệu là  $B$ ), tiếp theo là thừa nhận kết quả đó trong phạm vi biến thiên nhiệt độ rộng hơn mà nhiều nhà vật lí học đã làm.

Bước thứ hai là lấy  $\Delta t = t - 0^\circ\text{C}$  và suy ra  $p = p_0 \left(1 + \frac{B}{p_0} t\right)$ , trong đó  $B$  chỉ phụ thuộc vào lượng chất khí mà ta xét (khí loại gì, gồm bao nhiêu mol) còn  $p_0$  là áp suất của lượng khí ở  $0^\circ\text{C}$ . Sác-lơ làm thí nghiệm với nhiều loại khí khác nhau, với số mol khí khác nhau và thấy rằng tỉ số  $\frac{B}{p_0}$  không phụ thuộc vào loại khí, cũng không phụ thuộc vào số mol khí. Kí hiệu tỉ số  $\frac{B}{p_0}$  bằng chữ  $\gamma$  ta suy ra công thức của định luật Sác-lơ

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

với  $\gamma = \frac{1}{273}$   $\text{độ}^{-1}$ ,  $\gamma$  được gọi là *hệ số tăng áp đẳng tích* chung cho mọi loại khí.

Nếu dùng nhiệt độ tuyệt đối  $T = t + 273$  thì định luật Sác-lơ có dạng đơn giản hơn :

$$p = \frac{p_0}{273} T = BT \quad (2)$$

Hai phương trình (1) và (2) thực ra có cùng một nội dung vật lí.

**2.** Cách tính hệ số tăng áp đẳng tích  $\gamma$  từ kết quả thí nghiệm trong SGK.

Trong SGK có Bảng 1 : Kết quả thí nghiệm. Từ bảng đó, có thể biết đại lượng  $B = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ , ví dụ (ở hàng đầu của Bảng 1) là 360 Pa/độ.

SGK đã ghi rõ ở nhiệt độ  $23^\circ\text{C}$ , áp suất là  $p_k = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ .

Có thể suy ra rằng, khi giảm nhiệt độ  $\Delta t = -23^\circ\text{C}$ , từ  $23^\circ\text{C}$  đến  $0^\circ\text{C}$ , thì áp suất giảm :

$$\Delta p = p_k - 8280 \text{ Pa} = 101000 - 8280 \approx 93000 \text{ Pa} \approx 93 \text{ kPa}$$

Như vậy, với giá trị  $B = 360 \text{ Pa/độ}$ , ta có :

$$\gamma = \frac{B}{p_0} = \frac{360}{93000} = \frac{1}{258} \text{ độ}^{-1}$$

Với giá trị  $B = 350 \text{ Pa/độ}$ , ta có :

$$\gamma = \frac{B}{p_0} = \frac{359}{101000 - 350 \cdot 23} = \frac{1}{266} \text{ độ}^{-1}$$

$$B = 347 \text{ Pa/độ} \text{ thì } \gamma = \frac{1}{268} \text{ độ}^{-1}$$

$$B = 345 \text{ Pa/độ} \text{ thì } \gamma = \frac{1}{270} \text{ độ}^{-1}$$

**3.** Đến đây ta thấy rằng mọi loại khí đều có hai tính chất chung, thể hiện ở hai định luật Bôi-lơ – Ma-ri-ốt và Sác-lơ, ngoài ra mỗi loại khí ở áp suất cao lại có sai lệch nhỏ so với các định luật ấy, mỗi khí sai lệch một khác. Người ta đưa ra khái niệm khí lí tưởng để có một mô hình chung cho tất cả các khí, mô hình này diễn tả tính chất chung của mọi chất khí, bỏ qua sự khác biệt riêng của từng khí đối với mô hình chung.

**4.** Để chứng tỏ rằng có một nhiệt độ thấp nhất là không độ tuyệt đối ta phải ngoại suy định luật Sác-lơ. Khi hạ nhiệt độ đến  $-270^\circ\text{C}$  thì mọi loại khí thực đều hoá lỏng. Ta phải thừa nhận rằng có chất khí tồn tại ở nhiệt

độ thấp, khí ấy vẫn tuân theo định luật Sác-lơ và dựa vào đó mà suy ra sự tồn tại của không độ tuyệt đối. Sự thừa nhận như vậy không chặt chẽ, chỉ mang tính chất minh họa cho dễ hiểu, chưa đủ chứng minh. Tuy nhiên, dựa vào một số lập luận khác của nhiệt động lực học, chặt chẽ và vững chắc hơn, người ta vẫn đưa ra được kết luận về sự tồn tại của nhiệt độ không độ tuyệt đối ứng với  $-273,15^{\circ}\text{C}$  và thực nghiệm đã kiểm chứng rằng kết luận ấy là đúng.

Cần chú ý rằng nhiệt độ  $-273,15^{\circ}\text{C}$  tức là *0 K là nhiệt độ thấp nhất không thể đạt tới được*, nhiệt độ 0 K này gọi là không độ tuyệt đối. Tuy nhiên vẫn có thể *tồn tại nhiệt độ tuyệt đối âm*.

Theo công thức phân bố hạt theo mức năng lượng  $E$  (Gíp-xơ) thì  $W(E) = \frac{n(E)}{N}$  là xác suất hay là tỉ phần hạt ở mức năng lượng  $E$  có biểu thức như sau :

$$W(E) = A e^{-\frac{E}{kT}} \quad (1)$$

Nếu nhiệt độ  $T$  dương thì mức năng lượng  $E$  thấp có số hạt lớn hơn mức năng lượng cao ( $E$  giảm thì  $W(E)$  tăng). Nếu  $T$  giảm đến giá trị 0 thì tất cả mọi hạt đều nằm ở mức năng lượng thấp nhất, như thế không còn chuyển động nhiệt nữa. Định luật Ne-xtơ đã chỉ ra rằng không thể đạt tới nhiệt độ 0 K được.

Tuy nhiên có thể tạo ra được những hệ (trong các nguồn phát laze) ở trạng thái mà trong đó mức năng lượng cao có nhiều hạt hơn mức năng lượng thấp. Theo công thức (1) thì trạng thái này ứng với nhiệt độ tuyệt đối âm  $T < 0$ . Với  $T$  âm thì khi  $E$  tăng (mức năng lượng cao)  $W(E)$  cũng tăng (số hạt tăng).

Nhiều lập luận vật lí đã nêu rõ nhiệt độ tuyệt đối âm là nóng hơn (cao hơn) nhiệt độ tuyệt đối dương và cao hơn không độ tuyệt đối. Vì thế sự tồn tại nhiệt độ tuyệt đối âm không mâu thuẫn với mệnh đề nói rằng 0 K là nhiệt độ thấp nhất không đạt tới được.

**5.** Khi thiết lập định luật Sác-lơ thì ta đo nhiệt độ bằng nhiệt kế thuỷ ngân chẳng hạn, như vậy ta hiểu *nhiệt độ là đại lượng định mốc bằng chiều dài của cột thuỷ ngân được lấy mẫu theo quy ước* (vạch  $0^{\circ}\text{C}$  ứng với

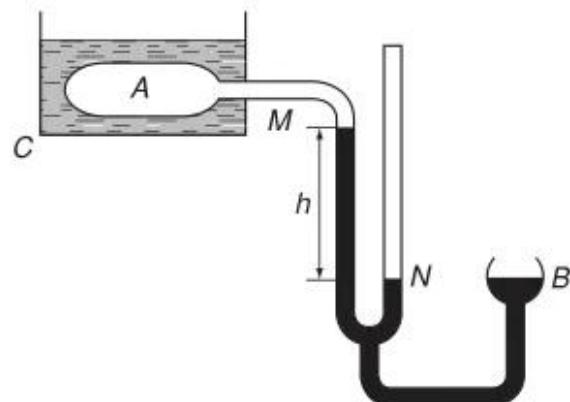
nước đá đang tan, vạch  $100^{\circ}\text{C}$  ứng với nước sôi dưới áp suất khí quyển chuẩn, chia đều khoảng cách giữa hai vạch thành 100 phần đều nhau ta được khoảng cách tương ứng với  $1^{\circ}\text{C}$ ). Định luật Sác-lơ thiết lập quan hệ tuyến tính giữa áp suất  $p$  của một lượng khí có thể tích không đổi và nhiệt độ  $t$  của lượng khí đó, nhiệt độ hiểu theo nghĩa nói trên. Thực ra thì *nhiệt độ* xác định như vậy vẫn là một đại lượng *phụ thuộc* (*rất ít*) vào vật làm nhiệt kế: nhiệt kế thuỷ ngân và nhiệt kế rượu chẳng hạn, cho hai số chỉ khác nhau đối với cùng một nhiệt độ.

Người ta đã chế tạo những nhiệt kế khí, có sơ đồ mô tả trong Hình 46.1, để định mốc nhiệt độ bằng áp suất của một lượng khí có thể tích không đổi, lượng khí này chứa trong bầu  $A$  của nhiệt kế khí. Nếu xét ở áp suất thấp thì mọi chất khí có hệ số tăng áp đẳng tích bằng nhau và bằng hệ số này của khí lí tưởng. Như vậy thì nhiệt độ đo bằng bất kì nhiệt kế khí nào cũng như nhau, *không phụ thuộc vào chất khí chứa trong bầu của nhiệt kế*.

Để có cách xác định nhiệt độ không phụ thuộc vào vật làm nhiệt kế, người ta định nghĩa *nhiệt độ  $T$  là đại lượng tỉ lệ thuận với áp suất  $p$  của một lượng khí xác định có thể tích không đổi*  $p = BT$  trong đó  $B$  là hệ số tỉ lệ, hệ số này phụ thuộc vào lượng khí mà ta xét. Đó là nhiệt độ trong nhiệt giai khí lí tưởng. Nếu trong nhiệt giai này ta lấy nhiệt độ điểm ba của nước là  $273,16\text{ K}$  thì ta có nhiệt giai Ken-vin. Nếu đã định nghĩa nhiệt độ như vậy thì không cần nói đến định luật Sác-lơ nữa, vì định luật này đã được chứa đựng trong định nghĩa nhiệt độ.

#### 6. Sơ đồ nhiệt kế khí (Hình 46.1).

Mặt thuỷ ngân trong nhánh trái của ống hình chữ  $U$  luôn luôn được giữ ở mức  $M$  khiến cho *thể tích của lượng khí trong bầu  $A$  không đổi*. Muốn thế chỉ cần điều chỉnh độ cao (nâng lên hoặc hạ xuống) của cốc  $B$ , cốc này thông đáy với ống hình chữ  $U$ . Muốn dùng thiết bị này làm nhiệt kế thì nhúng bầu  $A$  chứa khí vào môi trường  $C$  mà ta muốn đo nhiệt độ, sau khi cân bằng nhiệt được thiết lập, đo áp suất  $p$  của khí trong bầu.



Hình 46.1

Áp suất này bằng áp suất khí quyển  $p_k$  trừ đi áp suất tạo bởi cột thuỷ ngân có chiều cao  $h$ ,  $h$  là độ chênh mức thuỷ ngân trong hai nhánh của ống hình chữ  $U$ . Biết áp suất  $p$  thì suy ra được nhiệt độ  $T$  của khí trong bầu  $A$ ,  $T$  cũng là nhiệt độ của khí trong môi trường  $C$  cân bằng nhiệt với bầu  $A$ . Có thể lấy mẫu nhiệt kế bằng cách ghi nhiệt độ tương ứng với những mức thuỷ ngân khác nhau trong nhánh phải của ống hình chữ  $U$ .

#### IV – Gợi ý về phương pháp và tổ chức hoạt động dạy học

GV lưu ý đến mục III.1 đã nêu ở trên, hướng dẫn HS thấy rõ sự tương đương của hai công thức (1) và (2) nêu ở trên, tức là công thức (46.3) và (46.5) SGK dùng nhiệt độ tuyệt đối thì công thức của định luật Sác-lơ (46.5) đơn giản hơn là dùng nhiệt độ Xen-xi-út. Sau đó nêu C1. Câu trả lời đúng là khí lít tưởng tuân theo đúng định luật Sác-lơ thì tuân theo công thức (46.5), khí thực chỉ tuân theo gần đúng công thức này.

#### V – Hướng dẫn trả lời câu hỏi và giải bài tập

##### Câu hỏi

- Khi nhiệt độ tăng mà thể tích của khí không đổi thì mật độ phân tử  $n$  giữ nguyên, nhưng vận tốc trung bình của chuyển động nhiệt tăng khiến cho số va chạm  $z$  lên đơn vị diện tích thành bình trong đơn vị thời gian cũng tăng. Mật khác *động lượng*  $2mv$  truyền cho thành bình trong mỗi va chạm của phân tử cũng tăng. Hai yếu tố đó làm tăng áp suất  $p$  của chất khí lên thành bình.

##### Bài tập

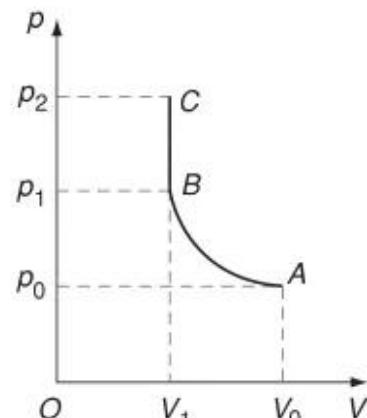
- B đúng.

Hướng dẫn : Vì  $n = \frac{N}{V}$ , trong đó  $N$  là tổng số phân tử chứa trong thể tích  $V$ . Trong quá trình làm nóng đẳng tích thì cả  $N$  lẫn  $V$  đều không đổi. Như vậy  $n$  không đổi.

$$2. \Delta p = \frac{37 - 33}{33 + 273} \cdot 300 = 3,92 \text{ kPa.}$$

$$3. \text{a)} p_2 = p_1 \frac{T_2}{T_1} = 2 \cdot \frac{102 + 273}{273} \\ = 2,75 \text{ atm.}$$

- b) Đồ thị vẽ ở Hình 46.2.



Hình 46.2

$$4. \ p_{150} = p_{100} \frac{150 + 273}{100 + 273} = 1,13 \text{ atm}$$

$$p_t = p_{100} \frac{t + 273}{100 + 273} = p_{100} \left(1 + \frac{t - 100}{373}\right)$$

từ công thức trên có thể thấy rằng nếu lấy áp suất  $p_{100}$  tương ứng với nhiệt độ  $100^{\circ}\text{C}$  làm mốc thì hệ số tăng áp đẳng tích của khí sẽ là  $\frac{1}{373}$ , khác với công thức (1).