

55 SỰ CHUYỂN THỂ

SỰ NÓNG CHẢY VÀ ĐÔNG ĐẶC

I – Mục tiêu

– Có khái niệm chung về sự chuyển qua lại giữa ba thể rắn, lỏng và khí khi thay đổi nhiệt độ và áp suất ngoài.

– Hiểu được hai hiện tượng đặc trưng đi kèm theo sự chuyển thể : nhiệt chuyển thể và sự biến đổi thể tích riêng và vận dụng các hiểu biết này vào hiện tượng nóng chảy.

– Phân biệt được hiện tượng nóng chảy của chất rắn kết tinh và của chất rắn vô định hình.

– Hiểu được nhiệt độ nóng chảy và nhiệt nóng chảy riêng λ .

– Vận dụng các hiểu biết về hiện tượng nóng chảy để giải thích một số hiện tượng thực tế đơn giản trong đời sống và trong kĩ thuật.

– Nắm được công thức $Q = \lambda m$ và vận dụng nó để giải bài tập và để tính toán trong một số vấn đề thực tế.

II – Chuẩn bị

1. Giáo viên

Một số giáo cụ trực quan như : cốc thuỷ tinh có nắp, bình nước, nước đá.

Tranh vẽ phóng to Hình 55.1 SGK (hoặc bản trong có Hình 55.1 và dùng máy chiếu qua đầu).

2. Học sinh

Tìm hiểu xem người ta chế tạo các vật đúc (như cây nến, cái chuông con,...) như thế nào ?

III – Những điều cần lưu ý

1. Bài này gồm hai phần :

- Phần đầu là tổng quan về sự chuyển thể.
- Phần sau là khảo sát một trường hợp cụ thể : sự nóng chảy và đông đặc.

Sự chuyển thể là trường hợp riêng của *sự chuyển pha* được nghiên cứu trong nhiệt động lực học.

Pha là một phần chất đồng tính về mặt vật lí được cách biệt khỏi các phần khác của hệ bởi những mặt phân cách, sao cho có thể tách riêng phần đó ra khỏi hệ bằng những phương pháp cơ học.

Sau đây là một số ví dụ về pha.

Ví dụ, một bình kín đựng nước, bên trên nước có hơi nước và không khí. Đó là một hệ *hai pha* : một pha là nước còn pha kia là hỗn hợp hơi nước và không khí. Nếu trong bình không có không khí thì ta vẫn có một hệ *hai pha* : một pha là nước còn pha kia là hơi nước. Không bao giờ có hai pha khí (hay hơi), vì khí hay hơi đều trộn lẫn vào nhau (hoặc hoá hợp với nhau) tạo thành một hỗn hợp đồng tính.

Nếu bây giờ ta bỏ vào bình một cục nước đá thì ta có một hệ *ba pha*.

Nếu một chất có thể tồn tại ở những cấu hình tinh thể khác nhau khi ở thể rắn, ví dụ như sắt có thể tồn tại ở bốn cấu hình tinh thể khác nhau (được gọi là sắt α , sắt β , sắt γ và sắt δ), thì khi sắt ở thể rắn, nó có thể là một hệ nhiều pha, mỗi cấu hình tinh thể ứng với một pha.

Sự biến đổi của chất từ pha này sang pha khác khi điều kiện ngoài thay đổi gọi là *sự chuyển pha* (hay *sự biến đổi pha*). Khi chuyển pha thì nhiệt độ và áp suất trong các pha là như nhau, còn một số đại lượng nhiệt động lực

học khác thì biến đổi hoặc liên tục hoặc gián đoạn (nhảy bậc). Vì vậy, người ta phân biệt hai loại chuyển pha : *liên tục* và *gián đoạn*.

– Sự chuyển pha gián đoạn thường được gọi là *chuyển pha loại một*.

Nhiệt động lực học cho biết rằng trong các quá trình chuyển pha loại một thì có *sự thu hay tỏa nhiệt* và thể tích riêng (do đó khối lượng riêng) chịu *sự biến thiên gián đoạn (nhảy bậc)*.

Những quá trình sau đây là những ví dụ về chuyển pha loại một : nóng chảy và đông đặc ; hoá hơi (bao gồm bay hơi và sôi) và ngưng tụ ; thăng hoa và ngưng kết ; một vài sự biến đổi từ cấu hình tinh thể này sang cấu hình tinh thể khác ; sự chuyển từ *dẫn điện thường sang siêu dẫn trong từ trường* (xem giải thích ở cuối mục này).

Phương trình cơ bản đặc trưng cho sự chuyển pha loại một là phương trình Cla-pê-rôn – Clau-di-út :

$$\frac{dp}{dT} = \frac{r}{T(V_2 - V_1)} \quad (1)$$

trong đó, r là nhiệt chuyển pha riêng (nhiệt nóng chảy riêng λ hay nhiệt hoá hơi riêng L), V_1 và V_2 là thể tích riêng của pha trước và pha sau.

Nếu biết r và độ biến thiên thể tích riêng ($V_2 - V_1$) khi chuyển pha, thì ta suy ra được sự phụ thuộc của áp suất cân bằng $p(T)$ vào nhiệt độ chuyển pha hoặc sự phụ thuộc của nhiệt độ chuyển pha $T(p)$ vào áp suất.

Khi chuyển pha từ pha lỏng sang pha hơi $r > 0$, $V_2 > V_1$, thì $\frac{dp}{dT} > 0$, nghĩa là khi p tăng thì T tăng theo.

Khi chuyển từ pha rắn sang pha lỏng, thì $r > 0$ và đối với phần lớn các chất thì $V_2 > V_1$, lúc đó $\frac{dp}{dT} > 0$, nghĩa là nhiệt độ nóng chảy tăng khi áp suất ngoài tăng. Đối với một số ít chất như : nước, gang, bismut, silic,... thì $V_2 < V_1$ nên $\frac{dp}{dT} < 0$, nghĩa là T giảm khi p tăng.

Ví dụ, đối với nước ở 0°C thì $V_2 - V_1 = -0,091 \text{ lít/kg} = -9,1 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{kg}$, còn nhiệt nóng chảy riêng $\lambda = 3,35 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$. Thay các giá trị trên vào (1) và lấy $1 \text{ atm} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, ta có :

$$\frac{dp}{dT} = -\frac{3,35 \cdot 10^5}{273,9 \cdot 1,10^{-5} \cdot 1,013 \cdot 10^5} \approx -133 \text{ atm/K}$$

Ở đây, để dễ cảm nhận mức độ thay đổi nhiệt độ nóng chảy theo áp suất ngoài, $\frac{dp}{dT}$ tính theo đơn vị atm/K mà không phải là Pa/K, trong phép tính trên đã chia cho trị số của 1 atm tính theo đơn vị Pa.

Kết quả này cho biết, muốn giảm nhiệt độ nóng chảy của nước đá xuống 1 K thì phải tăng thêm 133 atm.

Như vậy, khi áp suất ngoài tăng thêm 1 atm thì nhiệt độ nóng chảy của nước đá sẽ giảm $\frac{1}{133} \approx 0,0075$ độ. So sánh giá trị này với giá trị đo được bằng thực nghiệm là 0,0072 độ, ta thấy rất phù hợp. Điều này giải thích tại sao khi trượt băng thì băng tan ra dưới giày trượt băng.

– Trong sự chuyển pha liên tục, còn được gọi là *sự chuyển pha loại hai*, thì không có sự thu hay tỏa nhiệt lượng và thể tích riêng biến đổi liên tục nhưng một số đại lượng như nhiệt dung riêng c_p , hệ số nở vì nhiệt α ,... lại biến đổi gián đoạn (nhảy bậc). Trong sự chuyển pha loại hai thì pha mới xuất hiện ngay tức thời trong toàn bộ thể tích của hệ, không cần phải cấp một nhiệt lượng r để tạo nên sự chuyển pha. Sau đây là một vài ví dụ về chuyển pha loại hai.

– Sự chuyển từ trạng thái *sắt từ* (sắt α) sang *thuận từ* (sắt β) ở điểm Curie (770°C).

– Sự chuyển chất dẫn điện từ trạng thái dẫn điện thường sang trạng thái siêu dẫn khi không có từ trường, sự chuyển này xảy ra ở nhiệt độ chuyển T_c xác định (ví dụ ở 1,14 K đối với nhôm). Nếu vật dẫn nằm trong từ trường thì khi nó chuyển sang trạng thái siêu dẫn có kèm theo hiệu ứng nhiệt, do đó sự chuyển này là chuyển pha loại một.

2. Chúng ta cần lưu ý là có sự liên quan giữa nhiệt chuyển pha r và sự biến thiên thể tích riêng trong chuyển pha loại một. Vì có sự biến thiên thể tích riêng, nên trong nhiệt chuyển pha bao gồm cả phần nhiệt lượng dùng để sinh công thắng áp suất ngoài khi thể tích của khối chất tăng lên. Tuy nhiên, phần nhiệt lượng này chỉ chiếm một tỉ lệ nhỏ trong nhiệt chuyển pha (xem bài toán ở phần mở đầu của Chương VI).

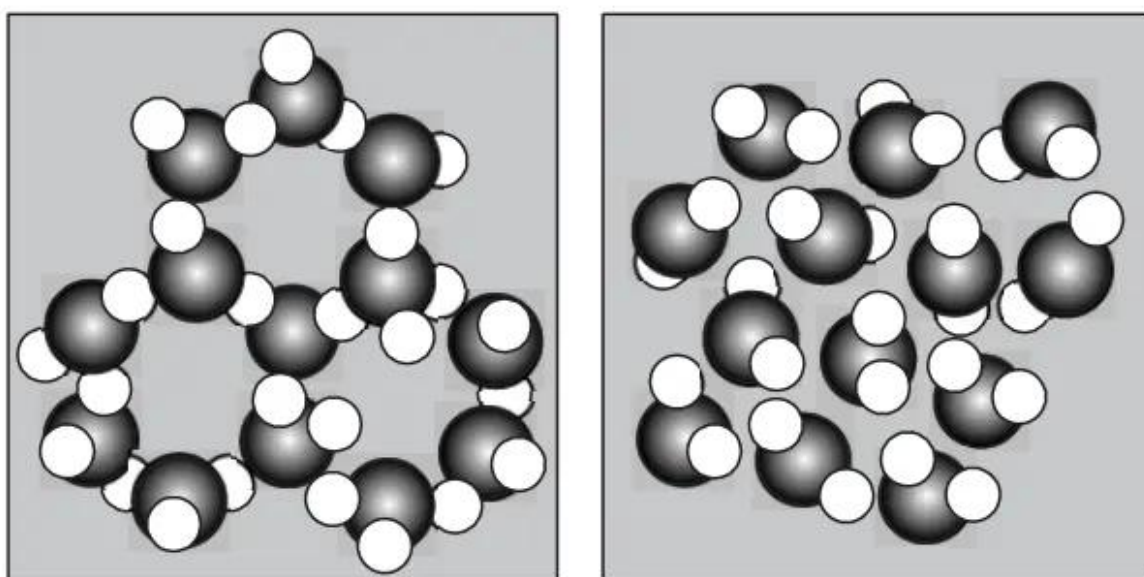
3. GV nên đặt các câu hỏi khai thác kinh nghiệm hàng ngày của HS về hai hiện tượng (nhiệt chuyển thể và biến thiên thể tích riêng) để vào bài. Ví dụ :

– Về nhiệt chuyển thể : khi vừa tắm xong không nên đứng trước gió ; sờ tay vào tắm phản hay sàn gỗ vừa khô sau khi lau ướt, ta thấy mát tay...

Có thể kể thêm cho HS biết rằng, người dân ở những vùng khô nóng (như sa mạc) thường lấy khăn ướt quấn quanh các bình nước uống, khi khăn khô thì họ có nước mát để uống.

– Về biến đổi thể tích riêng : khuôn đúc thường lớn hơn vật đúc một chút (trừ đúc gang) ; không để các bình đầy nước nút kín vào ngăn đá của tủ lạnh ; cục nước đá thả nổi trên cốc nước đầy, khi đá tan hết, nước không tràn ra ngoài cốc...

4. Đặc biệt, có một số ít chất có thể tích riêng giảm khi nóng chảy, đó là vì khi ở thể rắn cấu hình tinh thể của chúng tạo ra nhiều khoảng trống, nói một cách khác là sự sắp xếp phân tử của chất ấy ở thể rắn "rỗng" hơn khi ở thể lỏng. Hình 55.1 là mô hình sắp xếp các phân tử của nước ở thể rắn và ở thể lỏng. Nó cho ta thấy cấu trúc của nước ở thể rắn "rỗng" hơn so với ở thể lỏng.



a) b)
Hình 55.1. Mô hình sắp xếp phân tử nước ở thể rắn a) và thể lỏng b).

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

1. GV có thể bắt đầu bài giảng bằng cách đưa ra một cốc nước đầy nắp, bên trong có nước, nước đá và đặt câu hỏi bên trong cốc có gì ?

Bằng cách này ta làm cho HS thấy rằng nước có thể tồn tại ở ba thể rắn, lỏng và khí (hơi), và nói chung các chất khác đều như vậy. Tùy theo nhiệt độ và áp suất ngoài, chất có thể tồn tại ở thể này hay thể khác hoặc đồng thời ở nhiều thể.

Từ đây, GV trình bày phần tổng quan về sự chuyển thể.

2. Để chuyển sang kiến thức về nhiệt chuyển thể và sự biến đổi thể tích riêng khi chuyển thể, GV có thể bỏ một cục nước đá vào cốc rồi rót nước vào cho đầy cốc. Sau đó đặt câu hỏi cho HS : khi cục nước đá tan hết, nước có tràn ra ngoài cốc hay không ?

Trong phần này, GV nên khai thác các quan sát của HS hàng ngày :

- Tại sao vừa tắm xong không nên đứng trước gió.
- Tắm phản hay sàn gỗ vừa khô sau khi lau ướt, sờ tay thấy mát.
- Tại sao không được để các bình đầy nước nút kín vào ngăn đá của tủ lạnh ?

Trong phần này dùng các câu hỏi [C1] và [C2].

[C1] Khi côn bay hơi, nó lấy nhiệt từ các vật tiếp xúc nên ta cảm thấy lạnh ở chỗ xoa côn.

[C2] Khi mây ngưng tụ lại thành hạt mưa, nó toả nhiệt hoá hơi vào không khí.

Trong phần nói về hiện tượng nóng chảy và đông đặc thì cần nhấn mạnh sự khác nhau căn bản giữa chất rắn kết tinh và chất rắn vô định hình là *chất rắn kết tinh có nhiệt độ nóng chảy và nhiệt nóng chảy*, còn chất rắn vô định hình thì không.

Sang phần nói về ứng dụng của hiện tượng nóng chảy, GV khai thác các hiểu biết của HS về nghề đúc kim loại và kết hợp giáo dục HS lòng yêu nghề đúc đồng truyền thống.

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

Câu hỏi

1. Xem mục 1 bài 55 SGK.
2. Nói chung, khi chuyển thể đều xảy ra sự biến thiên thế năng tương tác giữa các phân tử cấu tạo chất. Sự biến thiên thế năng liên quan đến sự thay đổi cấu trúc khi chuyển thể. Ở thể khí, khoảng cách trung bình giữa các phân tử khá lớn, giữa chúng coi như không có lực tương tác nên thế năng bằng không. Ở thể lỏng, các phân tử khá gần nhau, giữa chúng có lực tương tác và thế năng trung bình ứng với mỗi phân tử là đáng kể, thế năng này có giá trị âm so với thế năng bằng không ở thể khí. Thể rắn có cấu trúc tinh thể, các hạt được phân bố có trật tự, độ lớn thế năng tương tác giữa chúng còn lớn hơn so với ở thể lỏng và cũng có giá trị âm. Như vậy khi chuyển thể từ rắn sang lỏng, từ lỏng sang khí, thế năng của các phân tử cấu tạo chất tăng lên.

Bài tập

1. Câu C.

Hướng dẫn : Lập phương trình cân bằng nhiệt lượng và giải phương trình.

Gọi m_1 là khối lượng cục nước đá và m_2 là khối lượng nước trong cốc lúc đầu, ta lập phương trình :

$$m_1\lambda + m_1ct = m_2c(20 - t);$$

trong đó $m_1 = 30$ g, còn $m_2 = 1 \text{ g/cm}^3 \cdot 200 \text{ cm}^3 = 200$ g, t là nhiệt độ cuối cần tìm.

Thay các trị số đã cho vào phương trình trên và giải phương trình, ta tìm được $t = 7,0^\circ\text{C}$.

2. $1,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

Gọi x là phần thể tích chìm của tảng băng và áp dụng định luật Ác-si-mét ta có phương trình :

$$\frac{250 \cdot 10^3 + x}{0,00111} = 1,05 \cdot 10^3 \cdot x$$

Giải phương trình này ta tìm được : $x = 1,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

3. Tính nhiệt lượng dùng để làm nóng 1 kg nước từ 10°C lên đến 100°C :

$$Q_1 = mc\Delta t = 1.418 \cdot 10^3 \cdot 90 = 376\,200 \text{ J.}$$

Bếp điện cung cấp Q_1 trong thời gian 18 phút. Công suất cung nhiệt của bếp điện là :

$$\frac{376\,200 \text{ J}}{18 \text{ min}}$$

Tính nhiệt lượng dùng để làm hoá hơi 0,2 kg nước ở nhiệt độ sôi :

$$Q_2 = \frac{23}{18} \cdot 376\,200 = 480\,700 \text{ J}$$

Tính nhiệt hoá hơi riêng của nước ở nhiệt độ sôi (100°C).

$$\text{Vì } Q_2 = mL \text{ nên có : } L = \frac{Q_2}{m} = \frac{480\,700}{0,2} = 2,4 \cdot 10^3 \text{ kJ/kg.}$$

Vậy trong 23 phút, bếp toả nhiệt lượng là Q_2 , Q_2 được dùng để làm hoá hơi 0,2 kg nước ở nhiệt độ sôi.

Ghi chú : Đối với bài này, tuy chưa học về sự hoá hơi và ngưng tụ, nhưng phân tích về nhiệt hoá hơi của bài tập này nằm trong khái niệm chung về nhiệt chuyển thể.