

53 CHẤT LỎNG

HIỆN TƯỢNG CĂNG BỀ MẶT CỦA CHẤT LỎNG

I – Mục tiêu

- Hiểu được cấu trúc của chất lỏng và chuyển động nhiệt trong chất lỏng.
- Hiểu được hiện tượng căng bề mặt và lực căng bề mặt theo quan điểm năng lượng.
- Giải thích được một số hiện tượng thuộc hiện tượng căng bề mặt và biết tính lực căng bề mặt trong những trường hợp không phức tạp.

II – Chuẩn bị

1. Giáo viên

Các dụng cụ để biểu diễn các thí nghiệm đã vẽ ở các Hình 53.1, 53.2 và 53.4 SGK. Ngoài ra, GV có thể chuẩn bị thêm các thí nghiệm vẽ ở Hình 53.1 và 53.2 trong bài này.

2. Học sinh

Ở nhà, HS thử tìm cách thả nổi một cái kim dính mỡ trên mặt cốc nước (Hình 53.1 SGK). GV có thể hướng dẫn HS cách làm như sau : thả nổi một mẩu giấy thuốc lá lên mặt nước và đặt cái kim lên tờ giấy. Sau đó, giấy ngấm nước chìm xuống, còn kim thì nổi trên mặt nước.

III – Những điều cần lưu ý

1. Trước hết, ta hãy phân biệt ba thuật ngữ : trạng thái lỏng (hay thể lỏng), chất lỏng và khối lỏng được dùng ở bài này và các bài tiếp theo.

– *Trạng thái lỏng* (hay *thể lỏng*) : chỉ một trong ba trạng thái cơ bản của chất là lỏng, rắn và khí.

– *Chất lỏng* : là một chất nào đó ở thể lỏng, không hàm ý một *lượng* nào cả.

– *Khối lỏng* (hay *khối chất lỏng*) : chỉ một "vật lỏng", đó là một lượng chất xác định ở thể lỏng. Vì thuật ngữ "vật lỏng" không quen dùng nên ta dùng thuật ngữ *khối lỏng*.

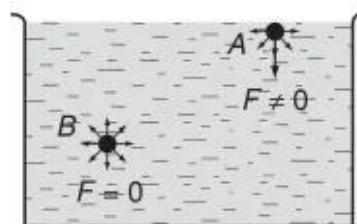
2. Khối lỏng có thể tích xác định, có hình dạng của bình chứa do chất lỏng có *tính chảy* (hay *tính linh động*). Khối lỏng có thể chảy được là nhờ đặc điểm của cấu trúc và chuyển động nhiệt ở chất lỏng. Chất lỏng có cấu trúc trật tự gần. Các phân tử chất lỏng khá gần kề nhau, song chưa đến mức để lực tương tác giữa chúng có thể giữ chặt chúng ở những vị trí xác định mà chúng có thể trượt đối với nhau.

Chuyển động nhiệt ở chất lỏng là dao động của phân tử quanh vị trí cân bằng tạm thời và do tương tác với những phân tử kề bên, nó có thể nhảy sang vị trí cân bằng mới rồi dao động quanh vị trí mới này. Sau đó, nó lại nhảy sang vị trí mới khác và cứ tiếp tục như thế.

Những đặc điểm về cấu trúc và chuyển động nhiệt ở chất lỏng nói trên đã làm cho chất lỏng chảy được (có tính linh động).

3. Lực căng bề mặt của khối lỏng.

Hiện tượng căng bề mặt trở nên khó hiểu đối với HS vì khi trình bày vấn đề này phải vận dụng cả hai cách tiếp cận : tiếp cận *vi mô* và tiếp cận *vĩ mô*. Tiếp cận *vi mô* chỉ giúp ta giải thích định tính một số vấn đề, còn muốn khảo sát định lượng thì phải vận dụng tiếp cận *vĩ mô*.



Hình 53.1

a) Tiếp cận *vi mô*

Trong SGK có viết : Xu hướng thu nhỏ diện tích bề mặt của khối lỏng nảy sinh từ lực tương tác giữa các phân tử ở lớp bề mặt với các phân tử ở trong lòng khối lỏng. Hình 53.1 cho thấy phân tử A ở lớp bề mặt chịu một hợp lực $F \neq 0$ hướng vào trong lòng khối lỏng, trong khi phân tử B ở trong lòng khối lỏng chịu một hợp lực $F = 0$. Do vậy, các phân tử ở lớp bề mặt luôn luôn bị kéo vào trong lòng khối lỏng, làm giảm số phân tử ở lớp bề mặt, do đó diện tích bề mặt khối lỏng thu nhỏ cho đến khi không thu nhỏ được hơn nữa, đó là diện tích bề mặt nhỏ nhất ở những điều kiện đã cho.

Ta cần nhớ rằng, các phân tử của chất lỏng luôn chuyển động nhiệt nên không phải các phân tử đã ở lớp bề mặt thì luôn ở lớp bề mặt mà chúng có thể dịch chuyển vào trong lòng khối lỏng và phân tử ở trong lòng khối lỏng có thể đi ra lớp bề mặt để thay thế.

Khi diện tích bề mặt tăng lên thì có thêm các phân tử ở trong lòng khối lỏng đi ra lớp bề mặt. Ngược lại, khi diện tích bề mặt giảm đi thì có những phân tử ở lớp bề mặt đi vào trong lòng khối lỏng.

b) *Tiếp cận vĩ mô*

Có hai cách tiếp cận vĩ mô : tiếp cận bằng năng lượng và tiếp cận bằng sự tương tự.

– *Tiếp cận bằng năng lượng*

Khi một phân tử đi từ trong lòng khối lỏng ra lớp mặt ngoài, nó cần tốn công để thắng hợp lực kéo nó trở vào trong. Công này được sinh ra từ sự tiêu tốn một dạng năng lượng nào đó bên trong khối lỏng (động năng của phân tử chẳng hạn) và nếu khối lỏng không cô lập thì phần năng lượng bị tiêu tốn này sẽ được bù đắp bằng sự truyền năng lượng từ ngoài cho khối lỏng.

Công nói trên làm tăng thế năng của phân tử ở lớp bề mặt. Tổng các thế năng tăng thêm của các phân tử ở lớp bề mặt tạo thành cái gọi là *năng lượng bề mặt* (kí hiệu bằng W chẳng hạn) của khối lỏng. Trong những điều kiện đã cho, thì khối lỏng luôn có xu hướng thu về dạng có diện tích bề mặt nhỏ nhất, đó là sự thể hiện nguyên lí thế năng cực tiểu đối với hệ ở trạng thái cân bằng bền.

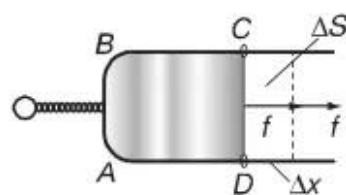
Vì phần diện tích bề mặt tăng thêm ΔS tỉ lệ với số phân tử tăng thêm ở lớp bề mặt và với công đã tiêu tốn cho việc đó, nên độ biến thiên năng lượng bề mặt ΔW cũng tỉ lệ với độ biến thiên diện tích ΔS .

Ta viết : $\Delta W = \sigma \Delta S$, suy ra $\sigma = \frac{\Delta W}{\Delta S}$. Trong đó, σ chính là hệ số căng bề mặt.

Nếu $\Delta S = 1$ đơn vị, thì $\sigma = \Delta W$.

Vậy : *Hệ số căng bề mặt của một chất lỏng là đại lượng có độ lớn bằng công phải tiêu tốn để làm diện tích bề mặt khối lỏng ấy tăng thêm 1 đơn vị diện tích.*

Trong trường hợp bề mặt khối lỏng có một đoạn đường biên di chuyển được , ví dụ màng xà phòng ở khung chữ nhật $ABCD$ có cạnh CD di chuyển được (xem Hình 53.2). Nếu bây giờ ngoại lực f nằm trên cùng mặt phẳng của màng xà phòng và tác dụng vuông góc lên cạnh CD , làm nó dịch chuyển một đoạn Δx theo hướng làm tăng



Hình 53.2

diện tích bề mặt, thì công do ngoại lực thực hiện là : $A = f\Delta x$. Công này làm tăng năng lượng bề mặt, vậy : $\Delta W = f\Delta x$.

Vì màng xà phòng có hai mặt (mặt trên và mặt dưới) nên diện tích bề mặt tăng thêm là : $\Delta S = 2l\Delta x$, trong đó l là độ dài cạnh CD .

Theo $\Delta W = \sigma\Delta S$, ta có : $f\Delta x = \sigma.2l\Delta x$. Rút ra : $f = 2\sigma l$.

Như vậy, trong trường hợp thanh CD chuyển động đều thì ngoại lực f bằng về độ lớn với lực căng bề mặt của màng xà phòng tác dụng lên thanh CD , đó là $2\sigma l$.

Như đã nói ở trên, màng xà phòng có hai mặt nên mỗi mặt kéo thanh CD với một lực là σl . Ta có thể coi l là độ dài đoạn đường biên CD , vậy lực căng bề mặt f' được tính theo công thức : $f' = \sigma l$.

- Tiếp cận bằng phương pháp tương tự

Vì bề mặt khối lỏng có xu hướng thu về diện tích nhỏ nhất và xu hướng này giống như tính chất của màng căng nên có thể coi khối lỏng được bọc bởi một màng căng. Với mô hình này, ta đưa ra các đại lượng đặc trưng cho màng căng, trong đó có lực căng bề mặt và hệ số căng bề mặt của chất lỏng.

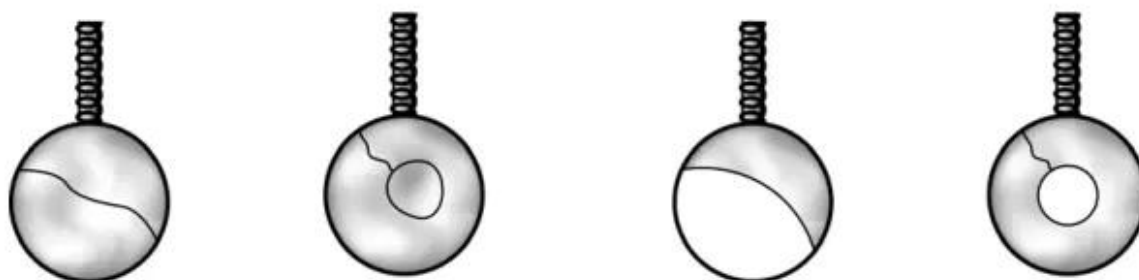
Có một sự khác nhau căn bản giữa màng căng bề mặt khối lỏng với một màng căng thông thường như màng cao su chẳng hạn. Sự tăng hay giảm diện tích màng căng bề mặt là do có sự thêm vào hay bớt đi các phân tử tham gia vào lớp bề mặt của khối lỏng, còn sự tăng hay giảm diện tích màng cao su chỉ là sự kéo dãn thêm hay để màng cao su co lại mà thôi.

Đừng để HS ngộ nhận rằng lực căng bề mặt chỉ thể hiện ở đường biên của bề mặt, ở trên bề mặt bên trong đường biên vẫn có lực căng bề mặt. Khi HS làm bài tập 1 sẽ hiểu rõ điều này. Chính vì những điều trên, trong SGK (bài 53) khi nói về hướng của lực căng bề mặt, đã viết : "hướng về phía màng bề mặt khối lỏng gây ra lực căng đó", mà không viết là "có hướng sao cho lực có tác dụng thu nhỏ diện tích mặt ngoài".

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

1. Hiện tượng căng bề mặt và lực căng bề mặt là tương đối khó hiểu đối với HS, do vậy cần dẫn dắt hoạt động nhận thức của HS theo hai bước sau đây :

Bước 1 : Làm cho HS nhận biết được xu hướng thu về diện tích bề mặt nhỏ nhất của khối chất lỏng bằng cách để HS quan sát thí nghiệm màng xà phòng đã nêu trong SGK và bổ sung thêm hai thí nghiệm như ở Hình 53.3 dưới đây.



Màng xà phòng
chưa bị thủng.

Màng xà phòng
chưa bị thủng.

Màng xà phòng
bị thủng một bên.

Màng xà phòng
bị thủng ở giữa vòng chỉ.

Hình 53.3

Bước 2 : Làm cho HS thấy được xu hướng trên gây ra *lực căng bề mặt* có hướng và độ lớn được xác định như đã viết trong SGK.

GV có thể hướng dẫn HS sử dụng công thức : $F = 2\sigma l$ để tính lực căng bề mặt của màng xà phòng tác dụng lên thanh CD trong thí nghiệm màng xà phòng ở khung chữ nhật đã mô tả ở SGK.

Giả sử khung để thẳng đứng, cạnh CD ở dưới có độ dài 5 cm ($l = 5$ cm) và di chuyển được theo phương thẳng đứng dọc theo hai cạnh AD và BC . Cho biết hệ số căng bề mặt của nước xà phòng là 40.10^{-3} N/m thì lực căng bề mặt của màng xà phòng kéo thanh CD lên trên là :

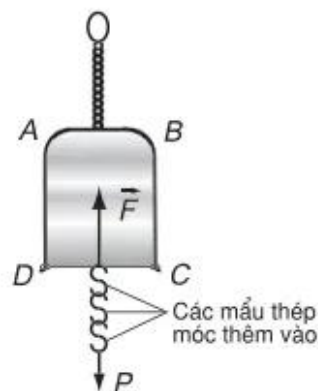
$$F = 2\sigma l = 2.40.10^{-3}.0,05 = 4.10^{-3} \text{ N}$$

Thanh CD có bị kéo lên hay không còn tùy thuộc vào trọng lượng của nó. Theo tính toán, nếu thanh CD làm bằng sợi thép có khối lượng riêng là 7800 kg/m^3 thì khi đường kính của sợi thép bằng khoảng 1,15 mm, lực căng bề mặt cân bằng với trọng lượng của thanh. Như vậy, nếu thanh CD được làm bằng sợi thép có đường kính $d < 1,15$ mm thì sẽ bị kéo lên (ở đây chưa tính đến lực ma sát). Lúc đó, ta cần móc thêm vào thanh CD các móc thép nhỏ (coi như các gia trọng) để cân bằng với lực căng bề mặt. Dùng cân và tính toán ta tìm được trọng lượng của các móc thép và thanh CD , từ đó suy ra lực căng bề mặt của màng xà phòng tác dụng lên thanh CD (Hình 53.4).

2. Trong SGK có nêu thí nghiệm các giọt anilin lơ lửng trong nước muối. Nếu không có anilin thì có thể thay bằng dầu ăn và cồn pha nước. Nhỏ vài giọt dầu ăn vào cồn (hay rượu mạnh) rồi pha thêm nước vào cho đến khi các giọt dầu lơ lửng.

C1 Vỏ bong bóng xà phòng có hai bề mặt ngoài, đó là hai hình cầu trong và ngoài.

C2 Đó là hình cầu chứa khí ở trong lòng chất lỏng.



Hình 53.4. Thí nghiệm xác định lực căng bề mặt của màng xà phòng.

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

Câu hỏi

1. Xem mục 1. a, b bài 53 SGK.

– Mật độ phân tử ở chất lỏng lớn gấp nhiều lần mật độ phân tử ở chất khí.

– Cấu trúc trật tự gần.

2. Xem mục 2 bài 53 SGK.

3. Xem mục 3.b bài 53 SGK.

Bài tập

1.

– Kéo về phía nước vì hệ số căng bề mặt của nước lớn hơn.

– Cọng rơm chịu hai lực kéo cùng phương, ngược chiều, còn độ lớn của hợp lực tác dụng vào cọng rơm thì bằng hiệu của hai lực đó. Kết quả là : $2,64.10^{-3}$ N.

2. Xem Hình 53.5. Trọng lượng của mỗi giọt nước là :

$$P = mg = \frac{0,0019}{40} \cdot 9,8 = 4,6.10^{-4} \text{ N}$$

Theo công thức tính lực căng bề mặt $F = \sigma l$, trong đó

$$l = \pi d = 0,002\pi$$

Vì $F = P$ nên σ của nước là :

$$\sigma = \frac{P}{l} = \frac{4,6.10^{-4}}{0,002.\pi} = 0,074 \text{ N/m.}$$



Hình 53.5.
Giọt nước trước khi rơi.