

I – MỤC TIÊU

1. Đối với hiện tượng căng bề mặt của chất lỏng :
 - Mô tả được thí nghiệm về hiện tượng căng bề mặt.

– Nói rõ được phương, chiều và độ lớn của lực căng bề mặt. Nêu được ý nghĩa và đơn vị đo của hệ số căng bề mặt.

– Vận dụng được công thức tính lực căng bề mặt để giải các bài tập.

2. Đối với hiện tượng dính ướt và hiện tượng không dính ướt chất lỏng :

– Mô tả được thí nghiệm về hiện tượng dính ướt và hiện tượng không dính ướt.

– Mô tả được sự tạo thành mặt khum của bề mặt chất lỏng ở sát thành bình chứa nó trong hai trường hợp : dính ướt, không dính ướt.

3. Đối với hiện tượng mao dẫn :

– Mô tả được thí nghiệm về hiện tượng mao dẫn.

– Vận dụng được hiện tượng mao dẫn để giải thích một số hiện tượng vật lí trong tự nhiên.

II – CHUẨN BỊ

Giáo viên

Chuẩn bị bộ dụng cụ thí nghiệm chứng minh các hiện tượng bề mặt của chất lỏng, bao gồm : hiện tượng căng bề mặt, hiện tượng dính ướt và hiện tượng không dính ướt, hiện tượng mao dẫn.

Học sinh

– Ôn lại các nội dung về "Lực tương tác phân tử và các trạng thái cấu tạo chất" trong bài 28 SGK.

– Máy tính bỏ túi.

III – THÔNG TIN BỔ SUNG

Sự tồn tại bề mặt của khối chất lỏng là một điều hiển nhiên tới mức người ta thường không chú ý đến. Thực ra bề mặt của chất lỏng là một thuộc tính riêng của chất lỏng và biểu hiện của nó khá đa dạng : bề mặt của nước ở những chỗ không tiếp xúc với thành bình là mặt phẳng ngang ; bề mặt của nước ở những chỗ tiếp xúc với thành bình là mặt khum lõm ; bề mặt của một giọt dầu nhờn trong dung dịch rượu có cùng khối lượng riêng với nó là một mặt cầu ; bề mặt của nước trong các ống thủy tinh có đường kính trong nhỏ có dạng gập giống một nửa mặt cầu ;... Để hiểu những tính chất đặc biệt của bề mặt chất lỏng, ta cần khảo sát lần lượt các hiện tượng liên quan như hiện tượng căng bề mặt của chất lỏng, hiện tượng dính ướt và hiện tượng không dính ướt, hiện tượng mao dẫn.

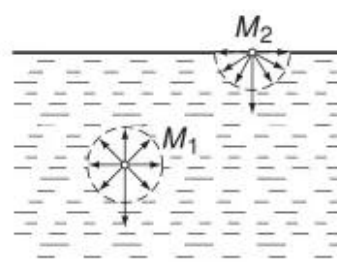
Giải thích bản chất vật lí của các hiện tượng bề mặt của chất lỏng là vấn đề phức tạp đã được trình bày theo nhiều cách khác nhau trong các SGK và các tạp chí khoa học trong và ngoài nước (xem bài lược dịch của Giáo sư Dương Trọng Bái đăng trên tạp chí "Vật lí ngày nay" số 56 phát hành tháng 6 năm 2003).

Dưới đây tác giả giới thiệu một cách giải thích phù hợp với trình độ THPT, trong đó vận dụng những kiến thức đã biết của HS về cấu tạo và tương tác phân tử của các chất rắn, lỏng, khí.

1. Hiện tượng căng bề mặt

Có thể giải thích hiện tượng căng bề mặt của chất lỏng theo hai phương pháp : phương pháp vi mô dựa trên quan điểm cấu trúc phân tử và phương pháp vĩ mô dựa trên quan điểm năng lượng.

a) *Phương pháp vi mô* : Ở bên trong khối chất lỏng, mỗi phân tử M_1 bị các phân tử khác bao quanh nằm trong mặt cầu có tâm tại M_1 và đường kính $2r_0 \approx 10^{-9}$ m (bằng kích thước phân tử) tác dụng lên nó những lực hút cân bằng nhau. Mặt cầu có tâm tại M_1 gọi là *mặt cầu tác dụng phân tử* (Hình 37.1).



Hình 37.1

Chất khí có mật độ phân tử rất nhỏ so với chất lỏng nên có thể bỏ qua lực tương tác giữa các phân tử chất khí với các phân tử chất lỏng. Do đó ở mặt thoáng của chất lỏng, mỗi phân tử M_2 chỉ bị các phân tử nằm trong nửa mặt cầu tác dụng phân tử phía dưới nó hút vào trong chất lỏng, *làm cho bề mặt của chất lỏng luôn có xu hướng co lại tới diện tích nhỏ nhất có thể*. Mặt khác khi phân tử M_2 bị hút vào trong chất lỏng thì khoảng cách giữa các phân tử chất lỏng trên bề mặt bao quanh M_2 tăng lên, nên lực hút giữa các phân tử này tăng theo và kéo chúng dãn lại gần nhau hơn để lấp kín vị trí bị M_2 bỏ trống. Khi đó khoảng cách giữa các phân tử khác nằm trên bề mặt chất lỏng tăng lên và lực hút giữa chúng tăng theo, *làm cho bề mặt chất lỏng bị căng đều theo mọi phương tiếp tuyến với bề mặt chất lỏng*.

Như vậy, nguyên nhân gây nên lực căng bề mặt là do những lực hút giữa các phân tử nằm trên bề mặt chất lỏng tăng lên khi có một số phân tử ở bề mặt bị hút vào trong chất lỏng, làm tăng khoảng cách giữa các phân tử trên bề mặt của nó. Cần chú ý rằng khi các phân tử chất lỏng nằm trên bề mặt bị hút vào trong khối chất lỏng thì các phân tử nằm trong khối chất lỏng bị dãn lại gần nhau hơn nên

lực đẩy giữa chúng tăng lên, làm cho một số phân tử trong chất lỏng bị đẩy lên bề mặt. Nếu sau mỗi đơn vị thời gian số phân tử ở bề mặt bị hút vào trong chất lỏng đúng bằng số phân tử ở trong chất lỏng bị đẩy lên bề mặt chất lỏng thì trạng thái cân bằng động được thiết lập và diện tích bề mặt chất lỏng được giữ không đổi.

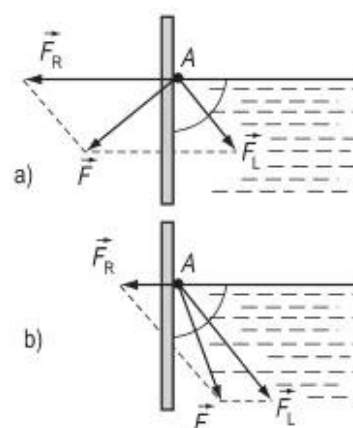
Trong trường hợp khối chất lỏng chịu tác dụng của các ngoại lực cân bằng nhau thì bề mặt của nó có dạng mặt cầu. Ví dụ : Một giọt dầu nhờn nằm trong dung dịch rượu có cùng khối lượng riêng với nó thì trọng lực tác dụng lên giọt dầu cân bằng với lực đẩy Ác-si-mét, nên bề mặt thoáng của giọt dầu có dạng mặt cầu.

b) *Phương pháp vĩ mô* : Các phân tử ở bề mặt của chất lỏng luôn có xu hướng bị kéo vào trong chất lỏng. Muốn duy trì diện tích bề mặt không đổi, cần phải thực hiện công để kéo các phân tử từ trong khối chất lỏng lên bề mặt của khối chất lỏng. Công này làm tăng thế năng của các phân tử. Tổng thế năng tăng thêm khi các phân tử tạo thành lớp bề mặt của chất lỏng gọi là *năng lượng bề mặt*. Muốn làm diện tích bề mặt của khối chất lỏng tăng càng nhiều thì năng lượng bề mặt phải càng lớn. Nói cách khác là năng lượng bề mặt tỉ lệ với độ tăng diện tích bề mặt của chất lỏng. Bề mặt của chất lỏng sẽ ở trạng thái cân bằng bền khi năng lượng bề mặt có giá trị cực tiểu. Do đó khối chất lỏng luôn có xu hướng co lại tới diện tích nhỏ nhất ứng với giá trị cực tiểu của năng lượng bề mặt.

2. Hiện tượng dính ướt và không dính ướt

Tại đường giới hạn bề mặt chất lỏng có sự tiếp xúc giữa chất lỏng với chất rắn của thành bình và chất khí ở phía trên mặt thoáng. Nhưng vì chất khí có mật độ phân tử rất nhỏ so với chất rắn và chất lỏng nên để đơn giản khi giải thích cơ chế của hiện tượng dính ướt và không dính ướt, người ta chỉ chú ý đến lực tương tác giữa các phân tử chất rắn của thành bình với các phân tử chất lỏng và lực tương tác giữa các phân tử chất khí với các phân tử chất lỏng.

Xét phân tử A nằm ở mặt chất lỏng tiếp xúc với thành bình. Nếu phân tử A bị các phân tử chất rắn tác dụng lực hút \vec{F}_R mạnh hơn lực hút \vec{F}_L của các phân tử chất lỏng thì phân tử A sẽ bị hợp lực \vec{F} (của \vec{F}_R và \vec{F}_L) hút nó dính vào thành bình, làm thành bình bị dính ướt (Hình 37.2a). Còn nếu phân tử A bị



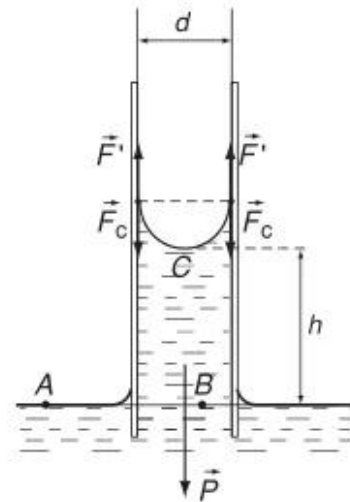
Hình 37.2

các phân tử chất lỏng tác dụng lực hút \vec{F}_L mạnh hơn lực hút \vec{F}_R của các phân tử chất rắn thì phân tử A sẽ bị hợp lực \vec{F} (của \vec{F}_R và \vec{F}_L) hút nó vào phía trong chất lỏng nên thành bình không bị dính ướt (Hình 37.2b).

3. Hiện tượng mao dẫn

Vì hiện tượng mao dẫn có liên quan đến độ chênh giữa mức chất lỏng trong ống mao dẫn với mặt của chất lỏng bên ngoài ống, nghĩa là liên quan đến độ chênh áp suất trong và ngoài ống, do đó cách giải thích hợp lí hơn cả là dựa vào khái niệm *áp suất gây ra bởi mặt khum*.

Xét cụ thể trường hợp ống mao dẫn bằng thủy tinh dựng thẳng đứng trong nước (Hình 37.3). Do thành ống thủy tinh bị nước dính ướt hoàn toàn ứng với góc bờ $\theta = 0^\circ$ nên thành ống thủy tinh đã tác dụng lên bề mặt của nước bên trong ống những lực dính ướt \vec{F}' hướng thẳng đứng lên trên, làm cho bề mặt của nước bên trong ống có dạng mặt khum lõm. Khi đó tổng lực căng bề mặt \vec{F}_c của nước bên trong ống hướng thẳng đứng xuống dưới và cân bằng với lực dính ướt \vec{F}' nghĩa là $\vec{F}_c = \vec{F}'$. Vì góc bờ $\theta = 0^\circ$ và lực căng bề mặt \vec{F}_c có tác dụng làm giảm diện tích bề mặt của nước tới mức nhỏ nhất có thể, nên ta suy ra mặt khum lõm của nước bên trong ống phải có dạng nửa mặt cầu lõm (ứng với diện tích nhỏ nhất của mặt khum lõm). Những lực kéo \vec{F}' gây ra một áp suất phụ $\Delta p'$ trên diện tích của tiết diện bên trong ống và hướng lên trên, làm cho áp suất tại bề mặt của nước bên trong ống bị giảm nhỏ hơn so với áp suất khí quyển p_0 trên bề mặt của nước bên ngoài ống. Do đó nước bị dòn từ ngoài vào trong ống và dâng lên tới độ cao h , sao cho trọng lượng $P = mg$ của cột nước nén lên diện tích S của tiết diện bên trong ống, gây ra áp suất Δp bù lại áp suất phụ $\Delta p'$, nghĩa là :



Hình 37.3

$$\Delta p = \Delta p' \quad (37.1)$$

Gọi d là bán kính trong của ống mao dẫn thì $S = \frac{\pi d^2}{4}$. Khi đó ta có :

$$\Delta p' = \frac{F'}{S} = \frac{F_c}{S} = \frac{4\sigma}{d} \quad (37.2)$$

$$\Delta p = \frac{P}{S} = \frac{Ph}{Sh} = \frac{mgh}{V} = \rho hg \quad (37.3)$$

Thay (37.2) và (37.3) vào (37.1), ta tìm được độ cao h của cột nước dâng lên trong ống mao dẫn bằng :

$$h = \frac{2\sigma}{\rho gr} = \frac{4\sigma}{\rho gd} \quad (37.4)$$

Chú ý : a) Từ hệ thức cơ bản của thủy tĩnh học : $p_B = p_A$, khi thay $p_A = p_0$ và $p_B = p_0 + \rho gh + \Delta p'$ với $\Delta p' = \frac{-4\sigma}{d} < 0$, ta cũng tìm được công thức (37.4).

b) Dùng khái niệm áp suất phụ $\Delta p'$ gây ra do mặt khum, ta có thể dễ dàng giải thích cả trường hợp ống mao dẫn hoàn toàn không bị dính ướt và mức chất lỏng bên trong ống bị hạ thấp xuống so với mặt của chất lỏng bên ngoài ống với chú ý $\Delta p'$ trong trường hợp này hướng xuống dưới và có giá trị dương $\Delta p' = \frac{4\sigma}{d} > 0$.

IV – GỢI Ý VỀ PHƯƠNG PHÁP VÀ TỔ CHỨC HOẠT ĐỘNG DẠY HỌC

Trong bài này ta khảo sát các hiện tượng bề mặt dựa trên việc quan sát và tiến hành các thí nghiệm kết hợp với việc trả lời các câu lệnh liên quan đã cho trong bài. Do đó, cần chuẩn bị tốt các bộ dụng cụ thí nghiệm liên quan để có thể thu được kết quả mong muốn.

1. Đối với thí nghiệm chứng minh hiện tượng căng bề mặt của màng xà phòng, nên dùng khung dây đồng hoặc dây thép và nước xà phòng vừa đủ đậm đặc, đồng thời dùng một chiếc que để chọc thủng màng xà phòng.

Cũng có thể làm thêm các thí nghiệm chứng minh sau đây :

– Nhỏ vài giọt dầu ăn vào dung dịch rượu được pha loãng dần bằng cách đổ thêm nước để có thể tạo ra những giọt dầu có dạng hình cầu nổi lơ lửng trong dung dịch rượu.

– Hoặc dùng một đồng xu, một mảnh nhôm phẳng, một chiếc kim khâu (có bôi dầu nhờn hoặc sáp nến) đặt nằm ngang lên mặt nước để những vật này có thể nổi trên mặt nước.

2. Đối với thí nghiệm chứng minh hiện tượng dính ướt và hiện tượng không dính ướt, nên dùng giấy mềm lau sạch mặt của bản nhôm có phủ lớp nilon mỏng và bản thủy tinh trước khi nhỏ nước lên mặt các bản này, hoặc cho HS quan sát

dạng mặt khum của chất lỏng tại các vị trí tiếp xúc của bề mặt chất lỏng với thành bình chứa.

3. Đối với thí nghiệm chứng minh hiện tượng mao dẫn, cần rửa sạch các ống mao dẫn bằng cách dùng quả bóp cao su hút nước nóng (có pha thêm ít dấm, hoặc chanh, hoặc xà phòng) cho chạy qua các ống mao dẫn vài lần, sau đó tráng nước nóng để làm sạch thành trong của ống. Đồng thời pha thêm phẩm màu tím hồng hoặc đỏ vào nước để dễ quan sát mức nước dâng lên trong các ống mao dẫn.

V – TRẢ LỜI CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

C1 Phần màng xà phòng trong vòng dây chỉ có dạng hình tròn (xem Hình 37.2 SGK), tức là hình có diện tích lớn nhất trong số những hình cùng chu vi với nó. Vì diện tích của khung dây đồng bằng diện tích bên trong vòng dây chỉ cộng với diện tích màng xà phòng còn đọng lại trên khung dây, nên suy ra phần màng xà phòng còn đọng lại trên khung dây đồng đã tự co lại đến diện tích nhỏ nhất có thể.

C2. Từ công thức $\sigma = \frac{F}{2\pi D}$ ta thấy hệ số căng bề mặt σ có độ lớn bằng lực căng bề mặt của chất lỏng tác dụng lên một đơn vị độ dài của đường chu vi bao quanh bề mặt của chất lỏng đó.

C3 Thực hiện thí nghiệm theo Hình 37.3. Tính lực căng bề mặt F_c của nước theo công thức :

$$F_c = F - P = \dots\dots (N)$$

Tính tổng chu vi ngoài và chu vi trong của vòng V : $l = \pi(D + d) = \dots\dots (m)$

Xác định hệ số căng bề mặt của nước theo công thức :

$$\delta = \frac{F_c}{\pi(D + d)} \dots\dots (N/m)$$

Đối với vòng nhôm mỏng thì có thể coi gần đúng $D + d \approx 2D$ và $\delta = \frac{F_c}{2\pi D}$.

(Xem bài 40 SGK).

C4 Bản nhôm phủ lớp nilon mỏng không bị nước dính ướt, còn bản thủy tinh bị nước dính ướt.

C5 Bề mặt của nước ở sát thành cốc thủy tinh có dạng mặt khum lõm như Hình 37.5a SGK.

C6 Thực hiện thí nghiệm theo Hình 37.7 SGK và quan sát mực nước trong các ống thủy tinh : ống có đường kính trong càng nhỏ thì mực nước trong ống càng dâng cao hơn so với bề mặt thoáng của nước ở bên ngoài ống.

1, 2, 3, 4, 5 : Xem bài học.

6. B ; 7. D ; 8. D ; 9. C ; 10. A.

11. Lực căng bề mặt của glixêrin tác dụng lên vòng xuyên bằng :

$$F_c = F - P = 64,3 \cdot 10^{-3} - 45 \cdot 10^{-3} = 19,3 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

Tổng chu vi ngoài và chu vi trong của vòng xuyên bằng

$$L = \pi(D + d) = 3,14(44 + 40) \cdot 10^{-3} \approx 264 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Hệ số căng bề mặt của glixêrin ở 20° có giá trị bằng :

$$\sigma = \frac{F_c}{L} = \frac{19,3 \cdot 10^{-3}}{264 \cdot 10^{-3}} = 73 \cdot 10^{-3} \text{ N/m.}$$

12. Đoạn dây ab nằm cân bằng khi trọng lượng P của đoạn dây này có độ lớn bằng lực căng bề mặt F_c của màng xà phòng tác dụng lên nó :

$$P = F_c = \sigma \cdot 2l = 0,040 \cdot 2 \cdot 50 \cdot 10^{-3}$$

Vậy $P = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ N}$.