



CHƯƠNG 8: TRẠNG THÁI LỎNG. BIẾN ĐỔI PHA

§1. Cấu trúc chất lỏng

§2. Áp suất phân tử

§3. Thế năng mặt ngoài. Lực căng mặt ngoài

§4. Dạng mặt ngoài chất lỏng gần thành bình. Áp suất phụ do mặt cong chất lỏng

§5. Hiện tượng mao dẫn



§1. Cấu trúc chất lỏng

1. Tương tác phân tử - Lực phân tử

Lực phân tử

Lực phân tử là lực tương tác giữa các phân tử, lực gắn bó các phân tử để tạo thành các trạng thái vật chất

Đặc điểm

Lực phân tử phụ thuộc vào cấu trúc bên trong phân tử và vị trí tương đối giữa các phân tử.

Tính chất

- +Lực phân tử bao gồm lực hút và lực đẩy
- +Lực đẩy và lực hút nghịch biến theo r nhưng lực đẩy thay theo r nhanh hơn.

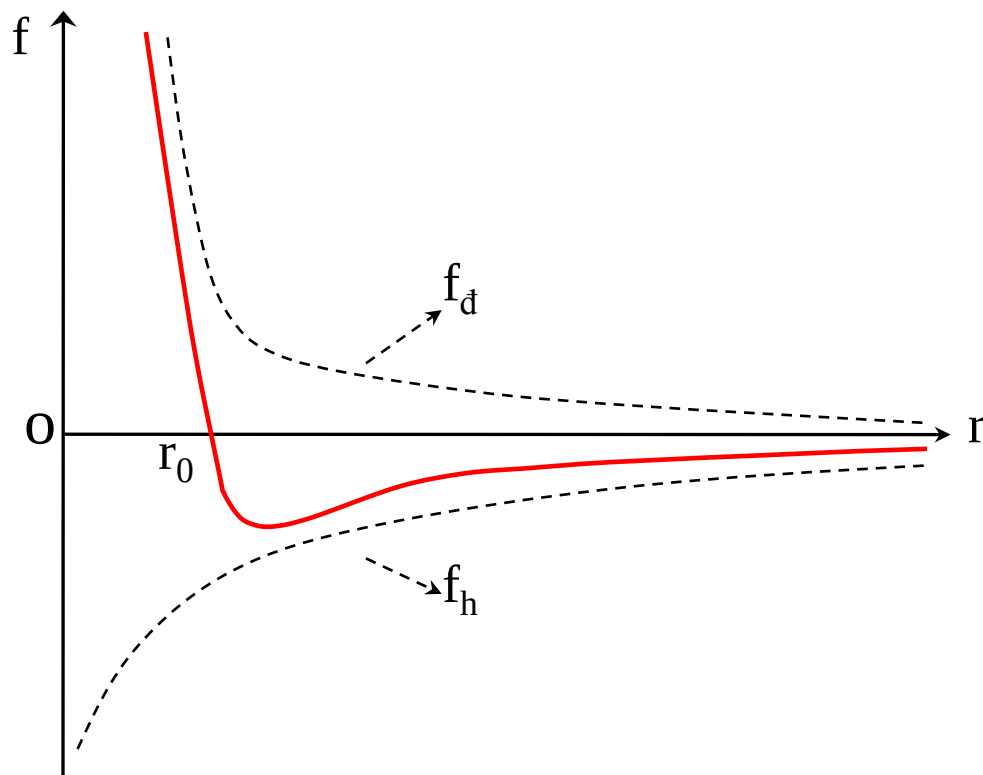


§1. Cấu trúc chất lỏng

Biểu diễn lực phân tử

$$f = f_d + f_h$$

Quy ước: $f_d > 0$; $f_h < 0$



VTCTB: Là vị trí mà lực hút bằng lực đẩy khi không có chuyển động nhiệt do vậy mà lực tổng hợp bằng 0 ứng với vị trí $r = r_0$

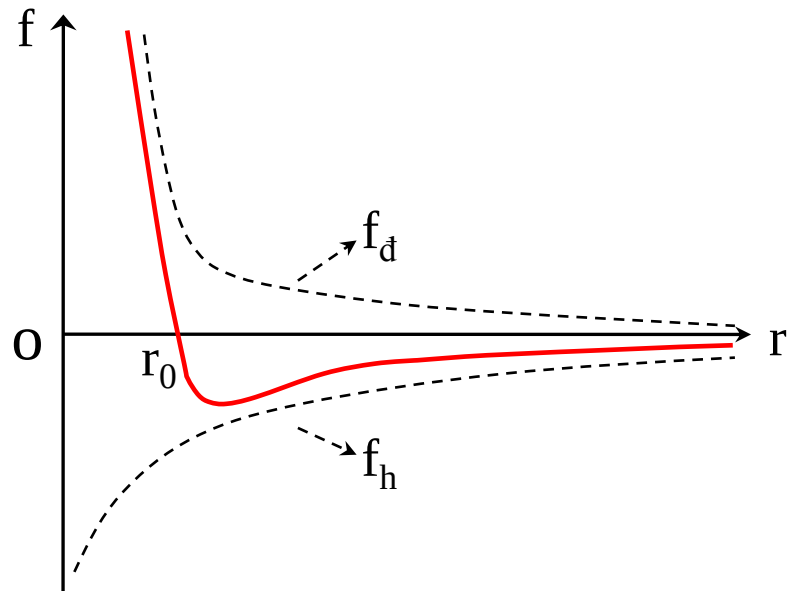


§1. Cấu trúc chất lỏng

Khi $r < r_0$: Lực đẩy và lực hút đều tăng so với VTCB nhưng do lực đẩy tăng nhanh hơn nên lực phân tử là lực đẩy.

Khi $r > r_0$: Lực đẩy và lực hút đều giảm so với VTCB nhưng do lực đẩy giảm nhanh hơn nên lực phân tử là lực hút.

Xung quanh $r = r_0$: Đồ thị có dạng đoạn thẳng nên độ lớn lực phân tử tỷ lệ với độ biến dạng ở mức độ phân tử.





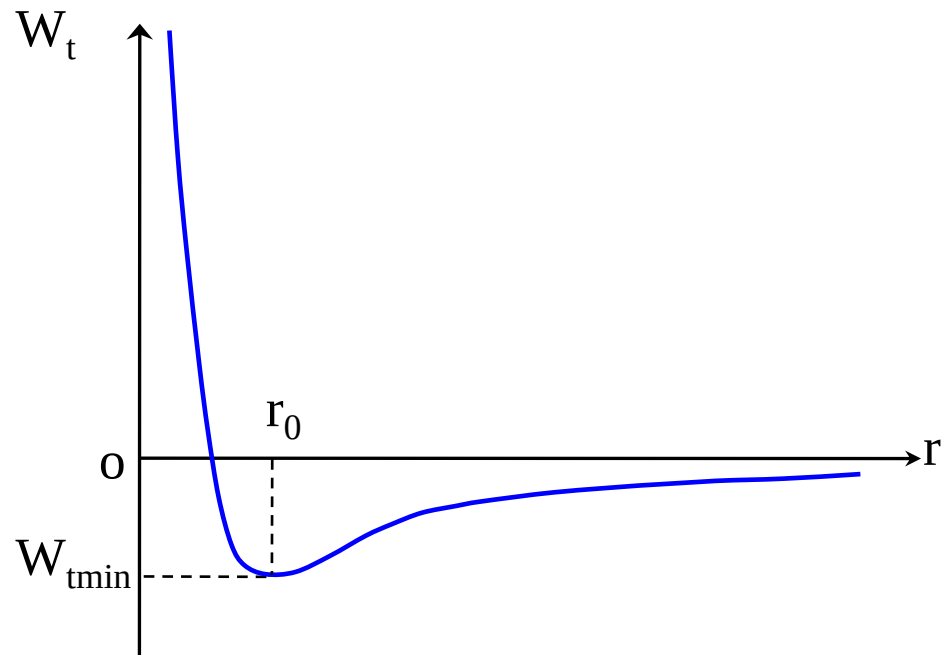
§1. Cấu trúc chất lỏng

2. Thế năng tương tác phân tử

Thế năng của phân tử chính là thế năng do tương tác giữa các phân tử.

Thế năng tương tác phân tử và lực phân tử liên hệ qua biểu thức:

$$f = -\frac{dW_t}{dr}$$



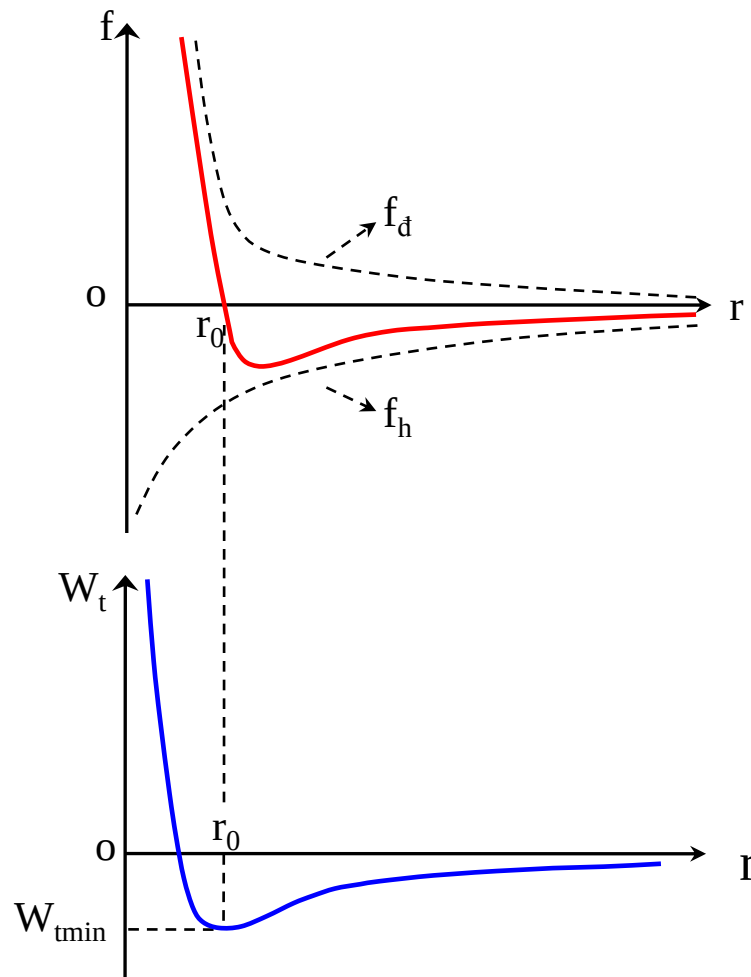


§1. Cấu trúc chất lỏng

Khi $r = r_0$: W_t đạt cực tiểu và đường cong thế năng có dạng hồ thế.

Khi $r_0 < r < \infty$: $f < 0$ thì thế năng càng giảm khi r giảm.

Khi $0 < r < r_0$: $f > 0$ thì thế năng càng tăng khi r giảm.





§1. Cấu trúc chất lỏng

Các trạng thái của vật chất

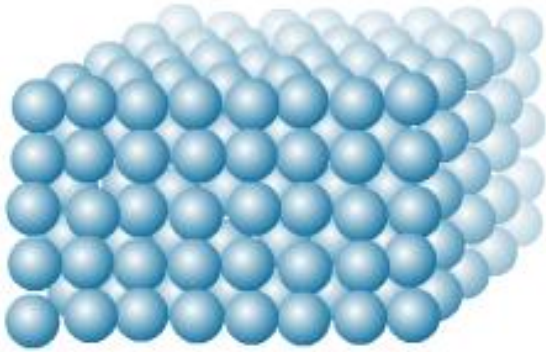
Trạng thái rắn: ($\overline{W_d} \ll W_{t\min}$) Phân tử không thể vượt khỏi hố thế nên chỉ dao động xung quanh VTCB và gọi là trạng thái rắn của vật chất.

Trạng thái khí: ($\overline{W_d} \gg W_{t\min}$) Phân tử dễ dàng vượt khỏi hố thế và có thể dời chỗ dễ dàng nên hình thành trạng thái khí.

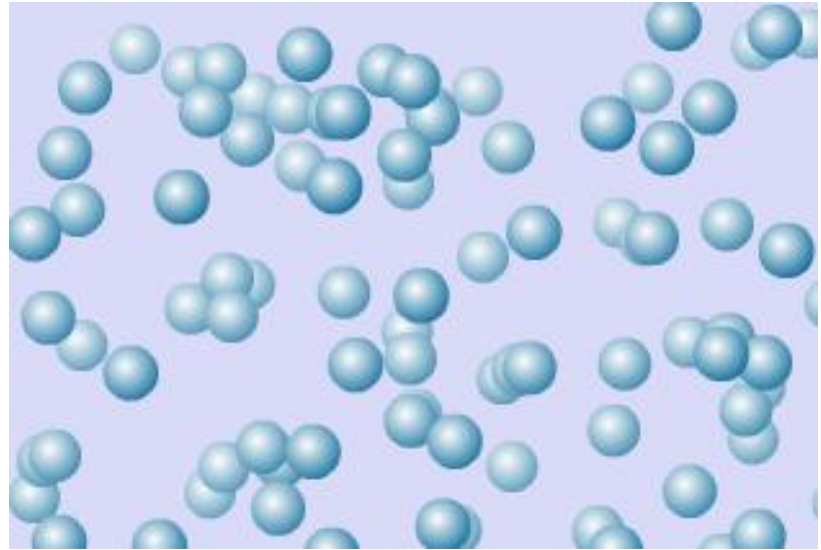
Trạng thái lỏng: ($\overline{W_d} \approx W_{t\min}$) Phân tử nào có động năng lớn hơn thế năng cực tiểu thì vượt qua hố thế còn nhỏ hơn thế năng cực tiểu thì dao động xq VTCB $\rightarrow$ Hình thành trạng thái lỏng.



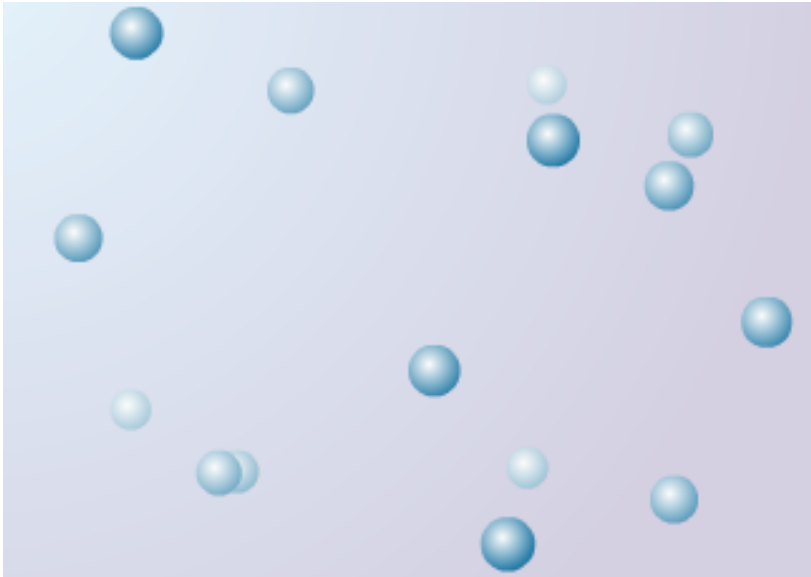
§1. Cấu trúc chất lỏng



Trạng thái rắn



Trạng thái lỏng



Trạng thái khí

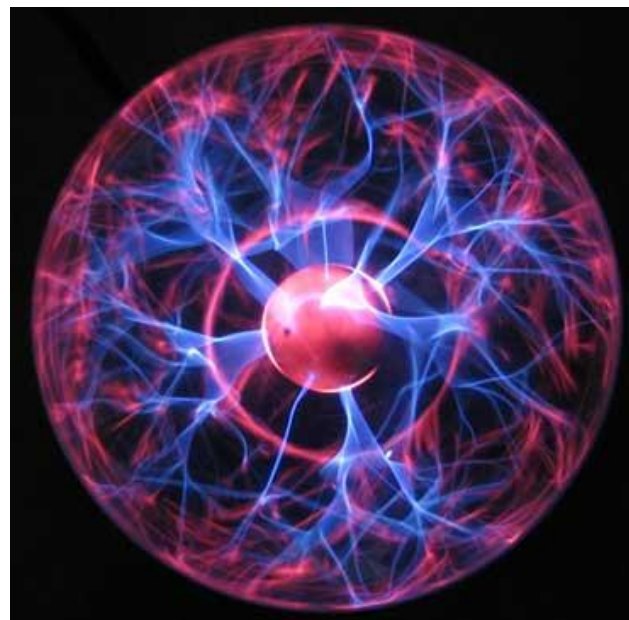


§1. Cấu trúc chất lỏng

Trạng thái Plasma

Plasma là trạng thái thứ tư của vật chất trong đó các chất bị ion hóa mạnh.

Plasma không phổ biến trên Trái Đất tuy nhiên trên 99% vật chất thấy được trong vũ trụ tồn tại dưới dạng plasma,





§1. Cấu trúc chất lỏng

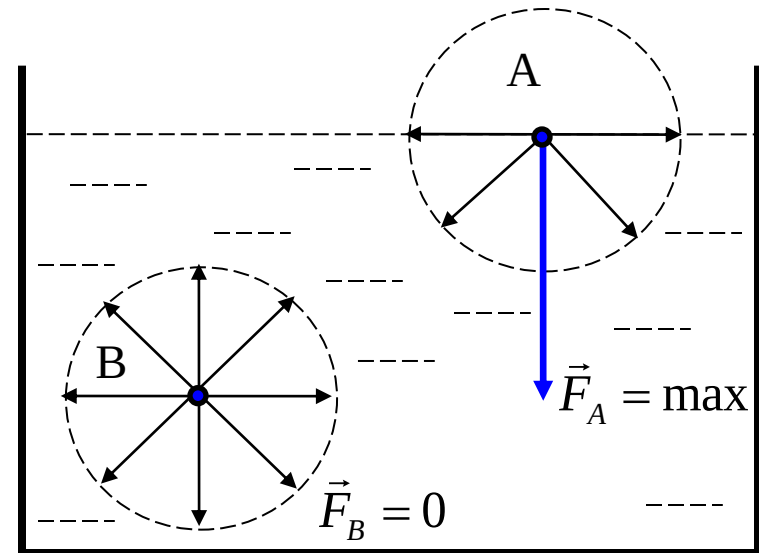
3. Tính chất của trạng thái lỏng

- Chất lỏng là trạng thái trung gian giữa chất rắn và chất khí; tùy theo nhiệt độ và áp suất mà chất lỏng có thể bay hơi thành khí hoặc đông đặc thành chất rắn
- Chất lỏng có nhiều tính chất giống chất rắn và chất khí
 - Giống chất khí: Có hình dạng của bình chứa.
 - Khác chất khí: Thể tích chất khí có thể chiếm vô hạn, thể tích chất lỏng hữu hạn. Khối lượng riêng lớn hơn nhiều lần chất khí.
 - Giống chất rắn: Thể tích khác nhau ít: (khoảng 10 %), cùng chịu nén tốt
 - Chất lỏng có thể chảy thành lớp còn chất rắn có hình dạng xác định.



§2. Áp suất phân tử

Với chất lỏng, lực hút phân tử chiếm ưu thế. Nhưng các phân tử chỉ tương tác trong phạm vi bán kính r ($r = 10^{-9}$ m gọi là bán kính tác dụng).



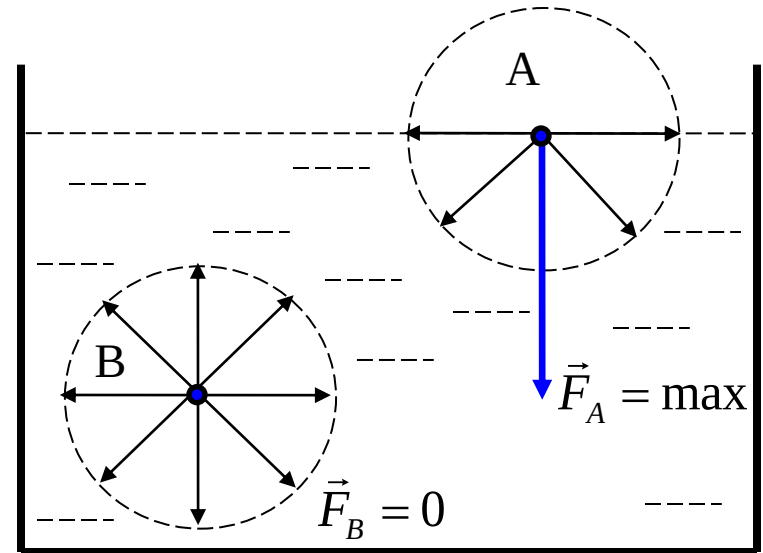
Xét phân tử A nằm gần lớp bề mặt: Lực tổng hợp tác dụng lên phân tử hướng vào trong lòng chất lỏng.

Xét phân tử B nằm sâu trong chất lỏng: Tổng hợp lực tác dụng lên B = 0



§2. Áp suất phân tử

→ Lực hút tổng hợp mà các phân tử phía trong tác dụng lên phân tử gần mặt thoáng chất lỏng tạo ra áp suất gọi là **áp suất phân tử ở chất lỏng**.



Tính áp suất phân tử một cách gần đúng đối với H_2O là:
 $p = 17000 \text{ atm}$.

Nhận xét: Áp suất phân tử có trị số rất lớn. Đây là áp suất tự nén của chất lỏng



§3. Hiện tượng căng bề mặt chất lỏng

1. Năng lượng bề mặt

Các phân tử ở gần bề mặt chất lỏng có thể năng tương tác lớn hơn thế năng tương tác của các phân tử trong lòng chất lỏng.

Khái niệm: Tổng độ chênh lệch thế năng tương tác của các phân tử bề mặt so với các phân tử trong lòng chất lỏng gọi là năng lượng bề mặt E .

Biểu thức:
$$E = \sum_{\substack{\text{Bề mặt} \\ \text{chất lỏng}}} (W_{tA} - W_{tB}) \quad (*)$$



§3. Hiện tượng căng bề mặt chất lỏng

Nhận xét

Từ (*) ta thấy: Năng lượng bề mặt phụ thuộc vào tổng độ chênh lệch thế năng tương tác.

Hay E phụ thuộc vào số phân tử chất lỏng gần bề mặt (Phụ thuộc vào diện tích bề mặt chất lỏng).

$$E = \sigma.S$$

Với S là diện tích bề mặt chất lỏng

σ là hệ số sức căng bề mặt. Đơn vị: J/m^2 hay N/m .



§3. Hiện tượng căng bề mặt chất lỏng

σ phụ thuộc vào nhiệt độ. Khi nhiệt độ tăng thì hệ số sức căng bề mặt giảm.

Bảng xác định hệ số sức căng bề mặt chất lỏng của một số chất ở 20°C.

Chất	Nước	Ete Etylic	Benzen	Thủy ngân	Rượu
σ (N/m)	0.073	0.017	0.029	0.480	0.022



§3. Hiện tượng căng bề mặt chất lỏng

2. Trạng thái căng bề mặt chất lỏng

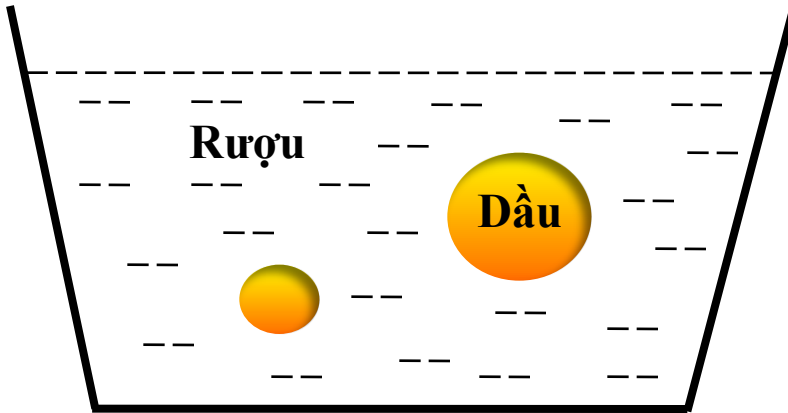
Năng lượng bề mặt có dạng thế năng mà thế năng có xu hướng giảm đến nhỏ nhất $\rightarrow$ xu thế giảm năng lượng bề mặt đến cực tiểu, do $E \sim S$ nên diện tích bề mặt có xu hướng giảm đến nhỏ nhất.

Đây gọi là hiện tượng co bề mặt chất lỏng.

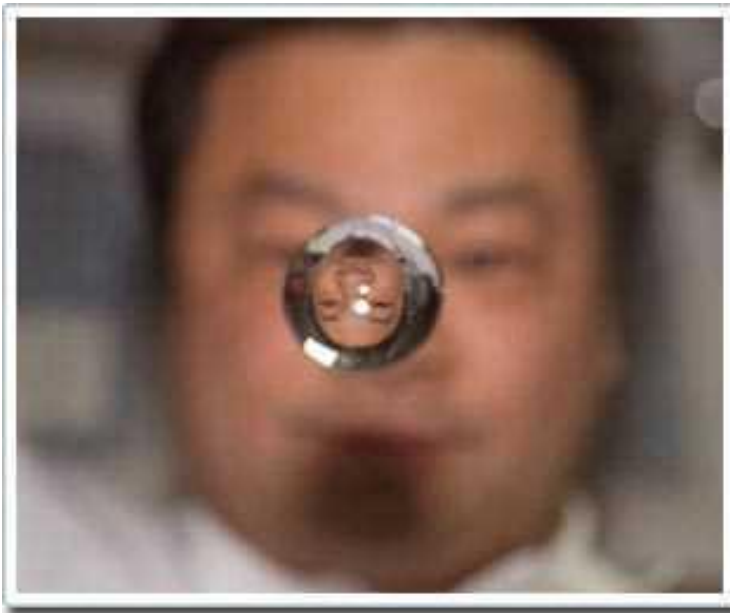
Như vậy, một khối chất lỏng tự nhiên luôn có xu hướng co lại sao cho diện tích bề mặt là nhỏ nhất (Dạng hình cầu vì trong tất cả các hình có cùng thể tích thì hình cầu là hình có diện tích bề mặt nhỏ nhất).



§3. Hiện tượng căng bề mặt chất lỏng



Giọt dầu hình cầu lơ lửng trong cồn



Nhà du hành Leroy Chiao, một sĩ quan trên trạm vũ trụ quốc tế (phi đoàn 10) đang quan sát một giọt nước hình cầu lơ lửng giữa anh và chiếc máy quay phim, ở trên trạm. Trong giọt nước hiện lên ảnh của Chiao. (Ảnh: NASA)



§3. Hiện tượng căng bề mặt chất lỏng

Trạng thái căng bề mặt chất lỏng

Xét lớp chất lỏng được giới hạn bởi 1 khung bằng kim loại. Do xu hướng của lớp chất lỏng là luôn co lại sao cho diện tích bề mặt là nhỏ nhất $\rightarrow$ sinh ra lực F_1 tác dụng vào khung kim loại.

Theo Định luật 3 Newton, các phân tử khung kim loại cũng sẽ tác dụng lực F_2 vào các phân tử chất lỏng. Lực F_2 này có tác dụng kéo căng bề mặt chất lỏng và làm cho bề mặt chất lỏng ở trạng thái căng.

F_2 gọi là lực căng bề mặt chất lỏng

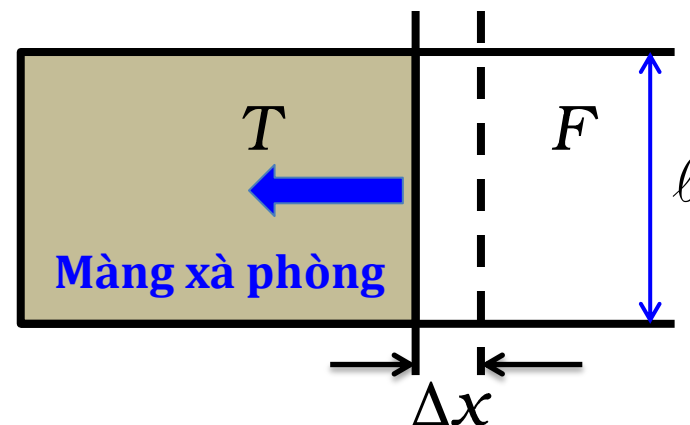


§3. Hiện tượng căng bề mặt chất lỏng

Lực căng bề mặt chất lỏng

Thí nghiệm với màng xà phòng: Tưởng tượng có một khung hình chữ nhật có thanh nằm ngang có thể di chuyển tự do trên khung.

Nhúng toàn bộ khung vào nước xà phòng đậm đặc. Sau đó nhấc khung ra khỏi nước xà phòng.



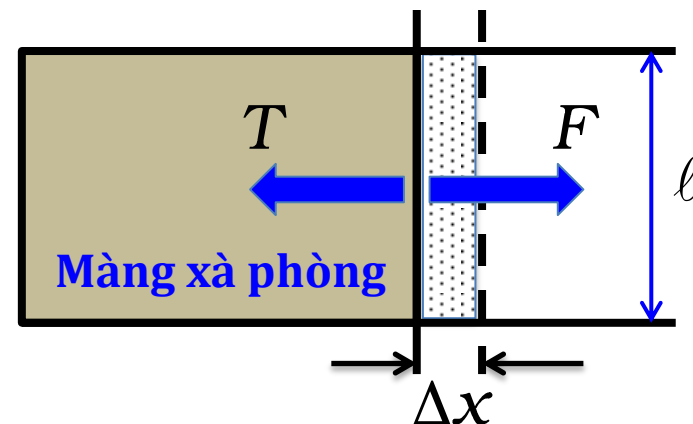
Khi đó, màng xà phòng trong khung có xu hướng co lại để giảm diện tích mặt ngoài nên sẽ kéo thanh nằm ngang di chuyển.



§3. Hiện tượng căng bề mặt chất lỏng

Để giữ nguyên dạng mặt ngoài ta phải tác dụng lên thanh nằm ngang một lực hướng từ trái sang phải giữ cho thanh ngang không di chuyển. Lực này phải cân bằng nhưng ngược hướng với sức căng mặt ngoài của chất lỏng.

Giả sử dưới tác dụng của lực F , thanh ngang dịch chuyển đoạn Δx , khi đó diện tích màng xà phòng tăng lượng: $\Delta S = \Delta x \cdot \ell$



→ Năng lượng mặt ngoài tăng lượng: $\Delta E = \sigma \cdot \Delta S = \sigma \cdot \Delta x \cdot \ell$



§3. Hiện tượng căng bề mặt chất lỏng

Khi đó, công do lực F thực hiện làm tăng năng lượng mặt ngoài của chất lỏng. Ta có:

$$A = F \cdot \Delta x = \Delta E = \sigma \cdot \Delta x \cdot \ell$$

$$\rightarrow F = \sigma \cdot \ell$$

Như vậy: *Lực căng bề mặt chất lỏng hướng theo tiếp tuyến với bề mặt chất lỏng, vuông góc với chu vi giới hạn bề mặt và làm căng bề mặt chất lỏng*

Với ℓ là chiều dài chu vi giới hạn bề mặt chất lỏng

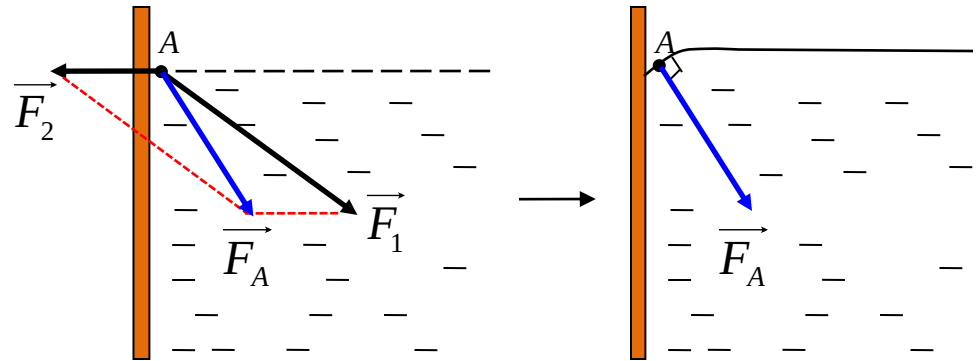


§4. Dạng mặt ngoài chất lỏng gần thành bình

1. Sự làm ướt – không làm ướt

Thí nghiệm

Xét phân tử chất lỏng A ở gần mặt thoáng và gần thành bình



$\vec{F}_1$ Lực hút của các phân tử chất lỏng khác tác dụng lên A và hướng vào trong lòng chất lỏng

$\vec{F}_2$ Lực hút của các phân tử thành bình tác dụng lên A và hướng vuông góc thành bình

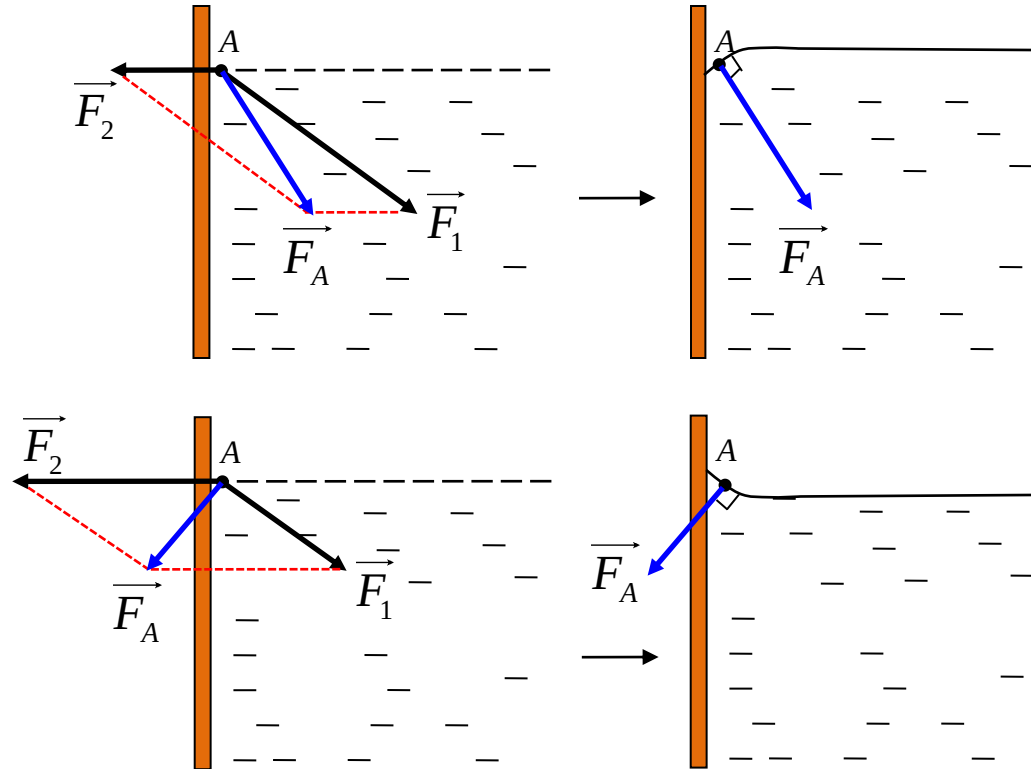


§4. Dạng mặt ngoài chất lỏng gần thành bình

Lực tổng hợp:

$$\vec{F}_A = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

Tùy thuộc vào mối quan hệ giữa F_1 và F_2 mà lực tổng hợp F_A hoặc là hướng vào chất lỏng hoặc là hướng vào thành bình.

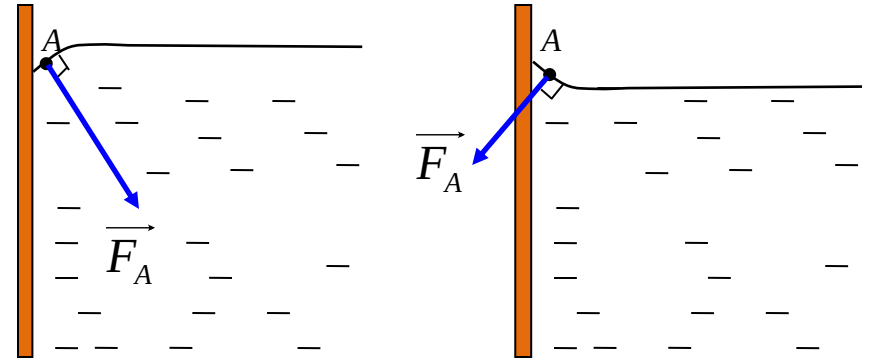


Để các phân tử chất lỏng trên bề mặt ở trạng thái cân bằng thì lực tổng hợp tác dụng lên bề mặt phải vuông góc với bề mặt.



§4. Dạng mặt ngoài chất lỏng gần thành bình

→ Bề mặt chất lỏng gần thành bình bị cong.



Cụ thể: Bề mặt chất lỏng gần thành bình bị cong lõm nếu F_A hướng vào trong lòng chất lỏng và cong lồi nếu F_A hướng vào thành bình.



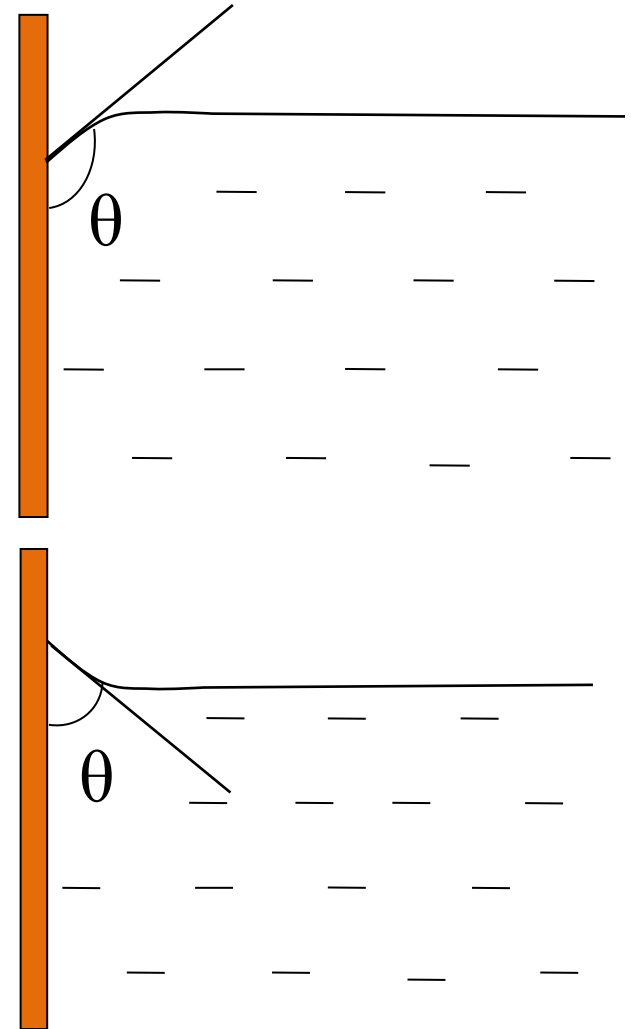
§4. Dạng mặt ngoài chất lỏng gần thành bình

2. Góc làm ướt θ

Là đại lượng đặc trưng cho mức độ cong của bề mặt chất lỏng gần thành bình

Định nghĩa

Góc làm ướt là góc hợp bởi phương tiếp tuyến với bề mặt chất lỏng gần thành bình và phần thành bình mà chất lỏng tiếp xúc

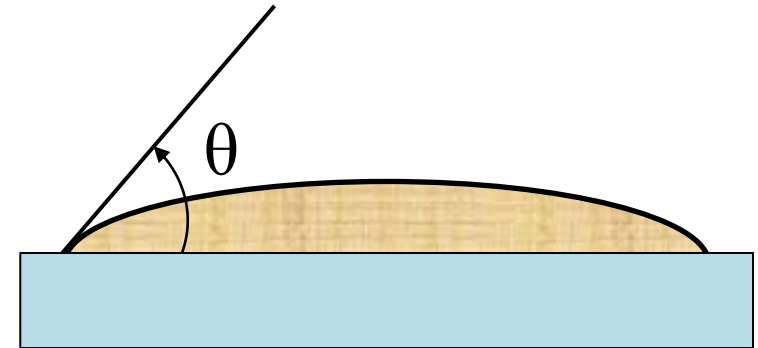




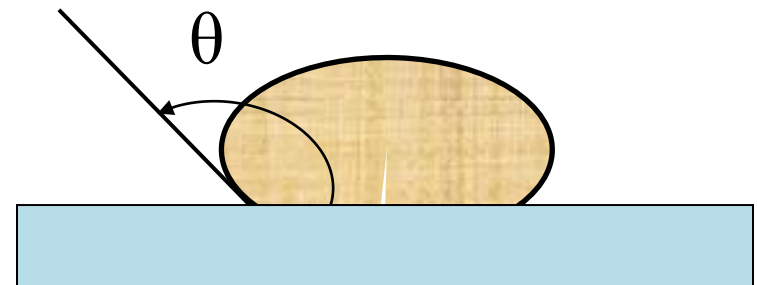
§4. Dạng mặt ngoài chất lỏng gần thành bình

Nhận xét

$\theta < 90^\circ$: Chất lỏng làm ướt vật tiếp xúc. Ví dụ: Nước trong bình thủy tinh, giọt dầu loang rộng trên mặt nước...



$\theta > 90^\circ$: Chất lỏng không làm ướt vật tiếp xúc. Ví dụ: Thủy ngân trong bình thủy tinh, nước trên lá khoai, nước trên nền...





§4. Dạng mặt ngoài chất lỏng gần thành bình

$\theta = 0^\circ$: Chất lỏng làm ướt hoàn toàn vật tiếp xúc. Khi đó có lớp chất lỏng dính khắp bề mặt vật do các phân tử vật tiếp xúc hút các phân tử chất lỏng

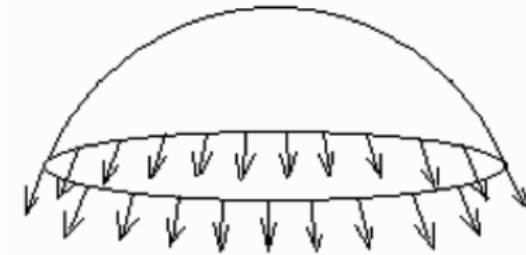
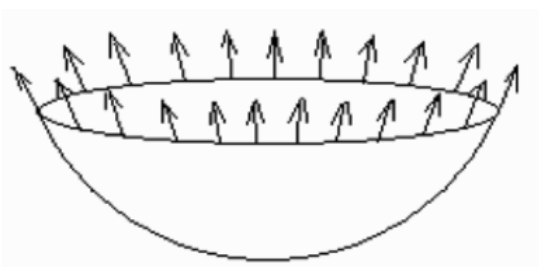
$\theta = 180^\circ$: Chất lỏng không làm ướt hoàn toàn vật tiếp xúc.

$\theta = 90^\circ$???



§4. Áp suất phụ

Do hiện tượng dính ướt hoặc không dính ướt mà bề mặt chất lỏng gần thành bình luôn bị cong do đó mặt ngoài chất lỏng đựng trong bình luôn có dạng mặt khum.



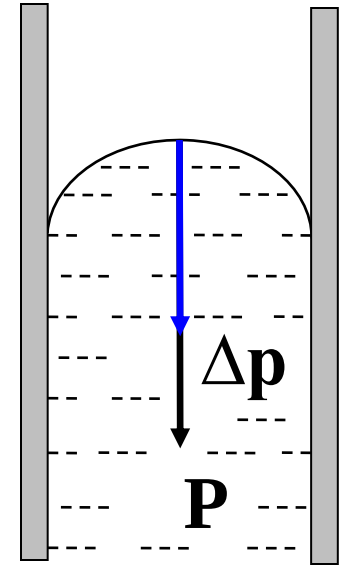
Bề mặt chất lỏng luôn có xu hướng co lại sao cho diện tích bề mặt là nhỏ nhất.

Xu hướng co diện tích tạo ra áp suất Δp phụ thêm vào áp suất phân tử.

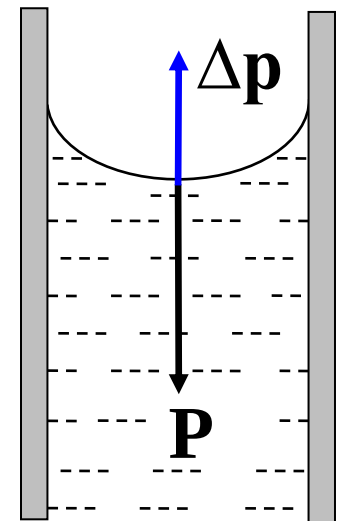


§4. Áp suất phụ

Khi bề mặt chất lỏng có dạng khum lồi, áp suất phụ cùng chiều với áp suất phân tử P ($\Delta p \uparrow \uparrow P$)



+ Khi bề mặt chất lỏng có dạng khum lõm, áp suất phụ ngược chiều với áp suất phân tử P ($\Delta p \uparrow \downarrow P$)



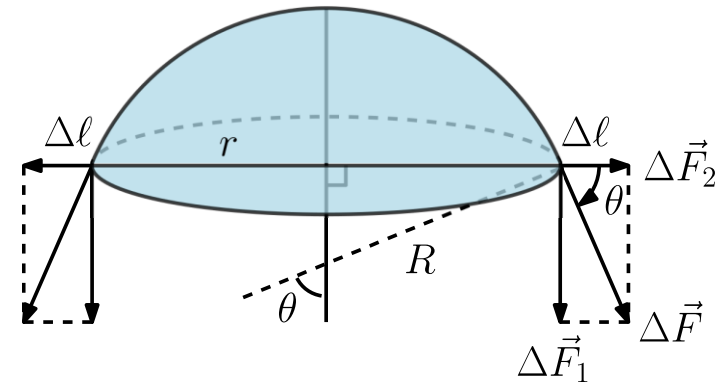


§4. Áp suất phụ

Tính áp suất Δp với bề mặt khum lồi

Xét một mặt khum lồi.

Xét một phần tử $\Delta \ell$ trên chu vi của nó, chịu tác dụng bởi lực căng $\Delta \vec{F}$



Phân tích $\Delta \vec{F}$ thành hai thành phần: $\Delta \vec{F}_1$, $\Delta \vec{F}_2$

$$\Delta F_1 = \Delta F \cdot \sin \theta \qquad \Delta F_2 = \Delta F \cdot \cos \theta$$

Do $\Delta \vec{F}_2$ hướng theo phương ngang nên không gây ra áp lực lên mặt chất lỏng

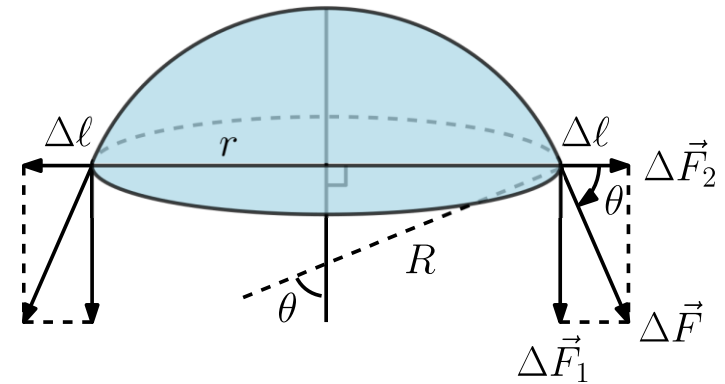


§4. Áp suất phụ

Chỉ có thành phần $\Delta \vec{F}$ gây ra áp suất phụ nén lên mặt chất lỏng .

Tổng hợp lực:

$$F = \sum \Delta F_1 = \sum \Delta F \cdot \sin \theta$$



Với: $\sin \theta = \frac{r}{R}$

$$\rightarrow F = \sum \sigma \Delta \ell \frac{r}{R} = \sigma \frac{r}{R} \sum \Delta \ell = \sigma \frac{r}{R} 2\pi r = \frac{2\sigma}{R} \pi r^2$$

$$\rightarrow p = \frac{F}{S} = \frac{2\sigma}{R} \cdot \frac{\pi r^2}{\pi r^2} = \frac{2\sigma}{R}$$



§5. Hiện tượng mao dẫn

III. Hiện tượng mao dẫn

Định nghĩa

Hiện tượng mao dẫn là hiện tượng cột chất lỏng dâng lên hay hạ xuống trong ống có đường kính nhỏ khi nhúng vào chất lỏng.

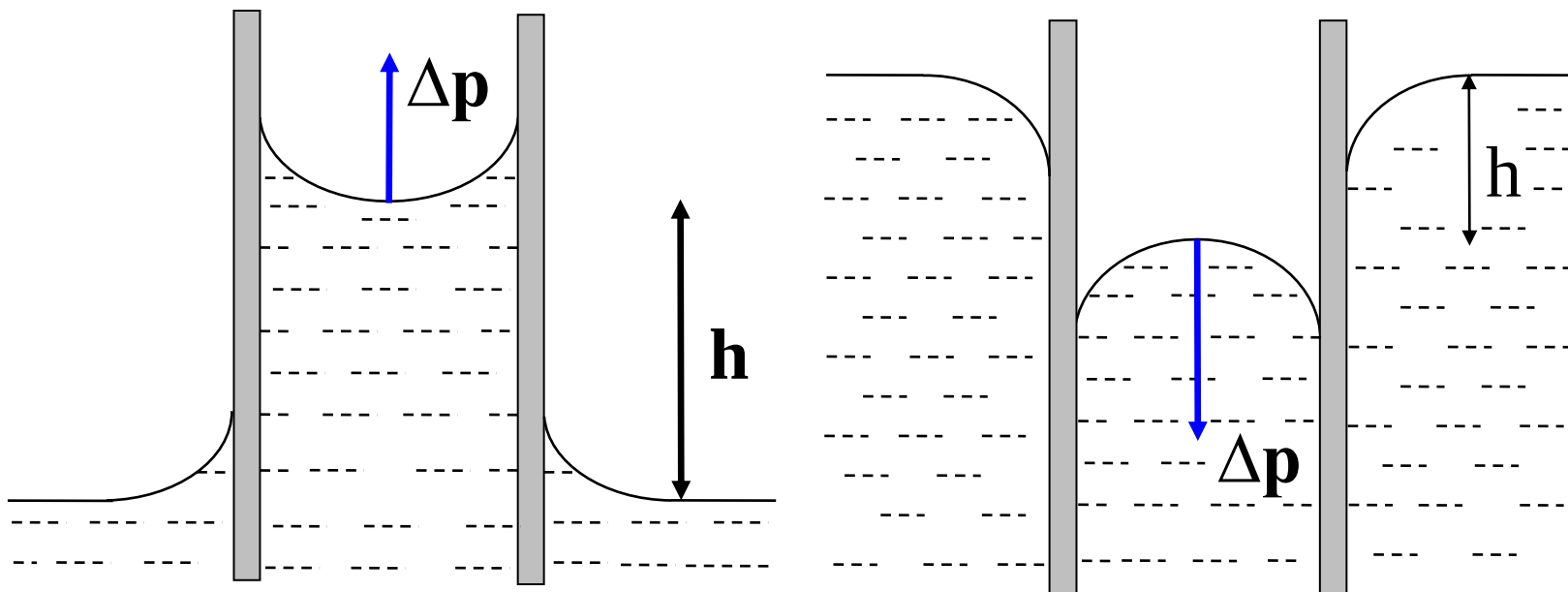
Nguyên nhân

Do chất lỏng làm ướt hoặc không làm ướt thành bình → bề mặt chất lỏng gần thành bình bị cong.

Với ống có đường kính rất nhỏ thì mặt cong chiếm toàn bộ bề mặt chất lỏng → sinh ra áp suất phụ rất lớn → kéo cột chất lỏng dâng lên hoặc hạ xuống.



§5. Hiện tượng mao dẫn





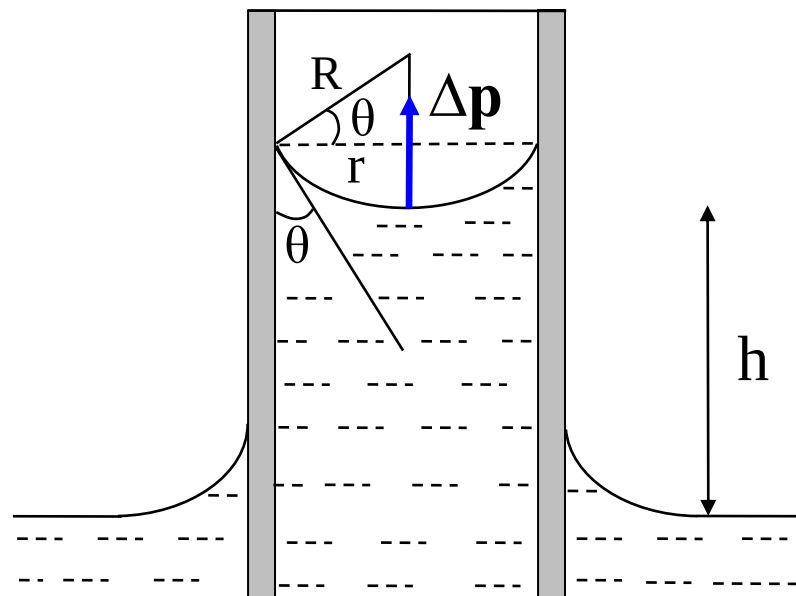
§5. Hiện tượng mao dẫn

Công thức tính độ cao h

Xét ống nhỏ có bán kính r nhúng trong chất lỏng.

Giả sử khối chất lỏng trong ống dâng lên đoạn h và bề mặt chất lỏng có dạng chòm cầu bán kính R .

Gọi θ là góc làm ướt.





§5. Hiện tượng mao dẫn

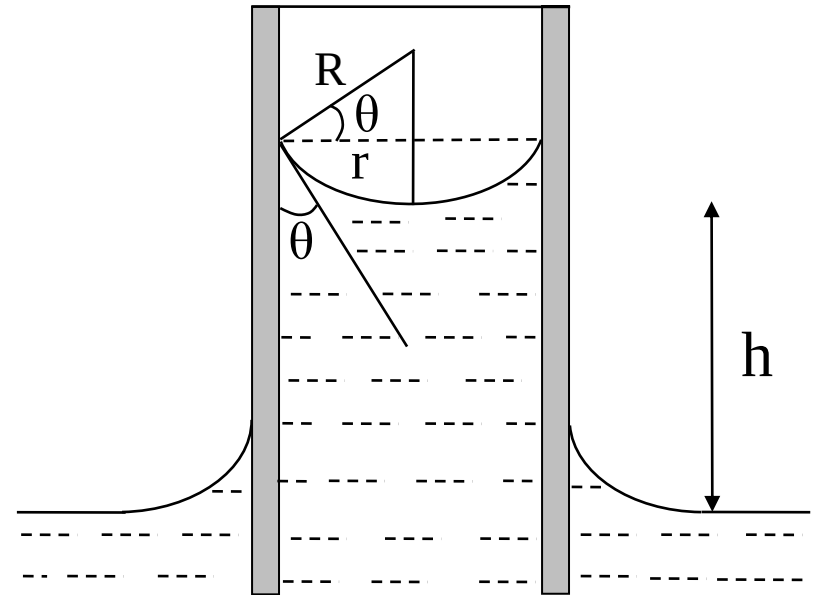
Cột chất lỏng trong ống dâng lên đến khi áp suất tác dụng bởi chiều cao cột chất lỏng cân bằng với áp suất phụ.

$$\rightarrow \Delta p = \rho g h \rightarrow h = \frac{\Delta p}{\rho g}$$

Mặt khác:

$$r = R \cdot \cos \theta; \Delta p = \frac{2\sigma}{R}$$

$$\rightarrow h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g r}$$



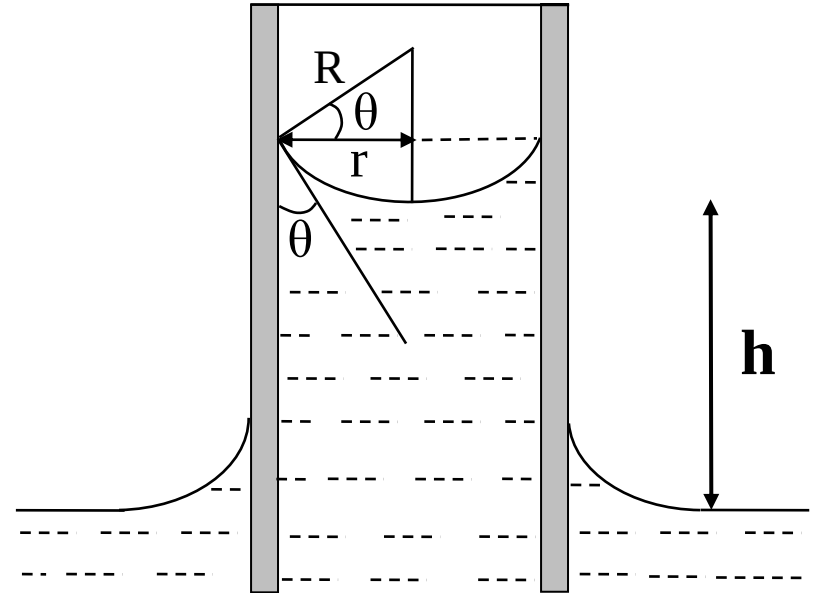


§5. Hiện tượng mao dẫn

Nhận xét

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g r}$$

h càng lớn khi bán kính r của ống càng nhỏ.



$\theta < 90^\circ$: Cột chất lỏng dâng lên trong ống

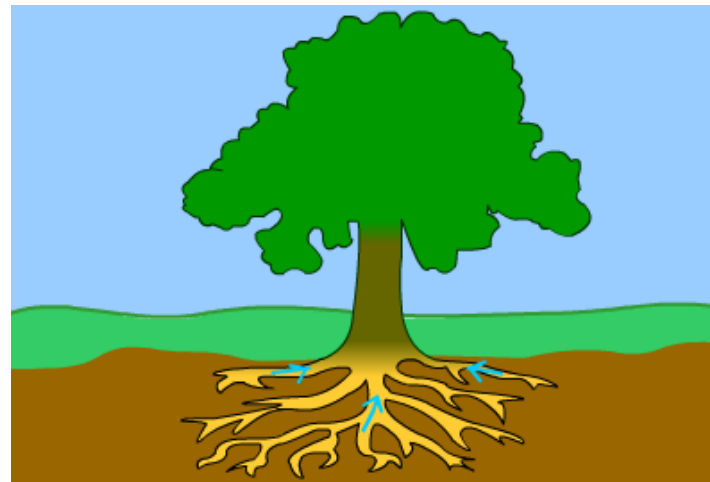
$\theta > 90^\circ$: Cột chất lỏng hạ xuống so với mặt chất lỏng bên ngoài ống



§5. Hiện tượng mao dẫn

Một số ứng dụng

Do hiện tượng mao dẫn, nước có thể vận chuyển từ đất qua hệ thống các ống mao dẫn trong bộ rễ và thân cây lên đến ngọn cây



Dầu hỏa có thể ngấm theo các sợi nhỏ trong bấc đèn lên đến ngọn bấc





§5. Hiện tượng mao dẫn



Lịch mực mao dẫn sử dụng các ống mao dẫn của mực lan rộng trên giấy để hiển thị ngày tháng.



HỌC VIỆN NÔNG NGHIỆP VIỆT NAM
VIETNAM NATIONAL UNIVERSITY OF AGRICULTURE

Hết chương 8