

CHƯƠNG 5. CHẤT LỎNG

1. Năng lượng mặt ngoài của chất lỏng: $\Delta E = \sigma \Delta S$,

trong đó ΔS là diện tích bề mặt, σ là suất căng mặt ngoài

2. Lực căng mặt ngoài: $F = \sigma \Delta l$, trong đó Δl là chu vi của màng chất lỏng

3. Áp suất phụ Δp trên mặt khum được xác định bởi công thức: $\Delta p = \sigma \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$,

Trong đó R_1 và R_2 là bán kính cong của 2 tiếp tuyến vuông góc với nhau tại điểm đang xét. (Tiếp tuyến của 1 mặt cong tại 1 điểm là giao tuyến của mặt cong với mặt phẳng chứa pháp tuyến tại điểm đó).

- Nếu mặt khum là mặt cầu bán kính R thì: $\Delta p = \frac{2\sigma}{R}$

Ở đây quy ước mặt **khum lõm có bán kính âm nên áp suất phụ có giá trị âm, mặt khum lồi có bán kính dương nên áp suất phụ có giá trị dương.**

4. Chiều cao của cột chất lỏng dâng lên trong ống mao dẫn (công thức Jurin)

$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g}$, trong đó θ là góc giữa thành ống và tiếp tuyến của mặt chất lỏng về phía có chất

lỏng (góc mép), r là bán kính của ống mao dẫn, ρ là khối lượng riêng của chất lỏng.

- Trường hợp đặc biệt $\theta = 0$ trong trường hợp dính ướt hoàn toàn, khi đó: $h = \frac{2\sigma}{\rho g}$, mức nước tăng lên cao nhất.

- Trường hợp đặc biệt $\theta = 180^\circ$ trong trường hợp không dính ướt, khi đó: $h = \frac{-2\sigma}{\rho g}$, mức nước tụt xuống sâu nhất.

- Các trường hợp khác $0^\circ < \theta < 180^\circ$ thì mức nước có thể dâng lên hay tụt xuống tùy thuộc vào góc mép lớn hơn hay nhỏ hơn 90° .

Bài 11.2. Hai giọt thủy ngân với bán kính mỗi giọt là 1 mm nhập lại thành một giọt lớn. Hỏi nhiệt độ của thủy ngân tăng lên bao nhiêu? Cho biết thủy ngân có suất căng mặt ngoài $\sigma = 0,5 \text{ N/m}$, khối lượng riêng $\rho = 13,6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, nhiệt dung riêng $c = 138 \text{ J/(kg.độ)}$

Tóm tắt:

$r = 1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$, $\sigma = 0,5 \text{ N/m}$, $\rho = 13,6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, $c = 138 \text{ J/(kg.độ)}$

$\Delta T = ?$

Ta có tổng năng lượng mặt ngoài ban đầu của 2 giọt thủy ngân là: $E = 2\sigma S = 8\sigma\pi r^2$

Năng lượng lúc sau của giọt thủy ngân lớn là: $E' = \sigma S' = 4\sigma\pi r'^2$

Khối lượng của 2 giọt thủy ngân: $m = 2\rho V = 2\rho \frac{4}{3}\pi r^3$,

khối lượng của giọt thủy ngân lớn: $m = \rho V' = 2\rho \frac{4}{3}\pi r'^3$

so sánh 2 giá trị này ta có: $2r^3 = r'^3 \rightarrow r' = \sqrt[3]{2}r$

Độ biến thiên năng lượng của hệ: $\Delta E = E - E' = 8\sigma\pi r^2 - 4\sigma\pi r'^2 = 4\sigma\pi r^2 (2 - \sqrt[3]{4})$

Độ biến thiên năng lượng này làm nóng khối thủy ngân: $\Delta E = 4\sigma\pi r^2 (2 - \sqrt[3]{4}) = Q = mc\Delta T$

Nên:

$$\Delta T = \frac{4\sigma\pi r^2(2-\sqrt[3]{4})}{mc} = \frac{4\sigma\pi r^2(2-\sqrt[3]{4})}{2\rho\frac{4}{3}\pi r^3c} = \frac{3\sigma(2-\sqrt[3]{4})}{2\rho rc} = \frac{3.0,5(2-\sqrt[3]{4})}{2.13,6.10^3.10^{-3}.138} = 1,65.10^{-4} \text{ (độ)}$$

Bài 11.3. Tính công cần thực hiện để thổi một bong bóng xà phòng đạt đến bán kính $r = 7 \text{ cm}$. Suất căng mặt ngoài của nước xà phòng là $\sigma = 4.10^{-2} \text{ N/m}$. Áp suất khí quyển $p_0 = 1,01.10^5 \text{ (N/m}^2\text{)}$.

Tóm tắt:

$$r = 7 \text{ cm}, \sigma = 4.10^{-2} \text{ N/m}, p_0 = 1,01.10^5 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

$A = ?$

- Quá trình thổi bong bóng xà phòng được coi gần đúng là một quá trình nén khí đẳng nhiệt. Không khí ở ngoài có áp suất khí quyển p_0 bị dồn vào trong bong bóng xà phòng và có áp suất là p .

- Công để thổi bong bóng bao gồm: công để nén khí vào trong “quả bóng” (A_1) và công để tăng diện tích mặt ngoài (tức là tăng năng lượng mặt ngoài) (A_2),

- Tính công để nén khí vào trong “quả bóng”. Coi đây là 1 quá trình đẳng nhiệt:

$A_1 = pV \ln \frac{p}{p_0}$, trong đó V là thể tích của cái bong bóng xà phòng, p_0 là áp suất khí quyển.

Ta đi tính áp suất p trong bong bóng. Áp suất này bao gồm: áp suất khí quyển và áp suất của 2 mặt khum (tại vì màng xà phòng có 2 mặt tiếp xúc với không khí)

$$p = p_0 + 2 \cdot \frac{2\sigma}{r} = p_0 + \frac{4\sigma}{r}$$

$$\text{Như vậy công } A_1 = pV \ln \frac{p}{p_0} = \left(p_0 + \frac{4\sigma}{r}\right) \frac{4}{3}\pi r^3 \ln \left(\frac{p_0 + \frac{4\sigma}{r}}{p_0}\right) = p_0 \left(1 + \frac{4\sigma}{p_0 r}\right) \frac{4}{3}\pi r^3 \ln \left(1 + \frac{4\sigma}{p_0 r}\right)$$

$$\text{Vì } \frac{4\sigma}{p_0 r} \ll 1 \text{ nên } \ln \left(1 + \frac{4\sigma}{p_0 r}\right) \approx \frac{4\sigma}{p_0 r} \text{ và } 1 + \frac{4\sigma}{p_0 r} \approx 1 \rightarrow A_1 \approx p_0 \frac{4}{3}\pi r^3 \frac{4\sigma}{p_0 r} = \frac{16\sigma\pi r^2}{3}$$

Bài 11.6. Để xác định lực căng mặt ngoài của rượu, người ta làm như sau: cho rượu trong một cái bình chảy nhỏ giọt ra ngoài theo một ống nhỏ thẳng đứng có đường kính 2mm. Thời gian giọt này rơi sau giọt kia là 2 giây. Người ta thấy rằng sau thời gian 780 giây thì có 10 gam rượu chảy ra. Tính suất căng mặt ngoài của rượu. Coi chỗ thắt của giọt rượu khi nó bằng đầu rơi có đường kính bằng đường kính của ống nhỏ giọt.

Tóm tắt

$$d = 2 \text{ mm} = 2.10^{-3} \text{ m}; \tau = 2 \text{ s}; \Delta t = 780 \text{ s}; \Delta m = 10 \text{ g} = 10^{-2} \text{ kg}$$

$\sigma = ?$

$$\text{Số giọt rượu rơi trong 780 giây là: } n = \frac{\Delta t}{\tau} \rightarrow \text{khối lượng 1 giọt rượu là: } m_0 = \frac{\Delta m}{n} = \frac{\Delta m \cdot \tau}{\Delta t}$$

Giọt rượu bắt đầu rơi xuống khi trọng lực của nó thắng được sức căng mặt ngoài, khi bắt đầu rơi:

$$F = P \rightarrow \sigma \Delta l = m_0 g \rightarrow \sigma \pi d = \frac{\Delta m \cdot \tau \cdot g}{\Delta t} \rightarrow \sigma = \frac{\Delta m \cdot \tau \cdot g}{\Delta t \cdot \pi \cdot d} = \frac{10^{-2} \cdot 2 \cdot 9,8}{780 \cdot 3,14 \cdot 2.10^{-3}} = 0,04 \text{ (N/m)}$$