

1. GIỚI THIỆU MÔN HỌC CƠ LƯU CHẤT

- Đối tượng nghiên cứu : Lưu chất : chất lỏng và chất khí
- Phạm vi nghiên cứu : - nghiên cứu các qui luật của chất lỏng và chất khí khi nó đứng yên và chuyển động .

Tại sao phải nghiên cứu cơ lưu chất ?

Kiến thức cơ bản của môn CLC ứng dụng trong nhiều lĩnh vực :

+ Nghiên cứu thiết kế các phương tiện vận chuyển : xe hơi, tàu thủy, máy bay, hỏa tiễn..



Nghiên cứu dòng khí qua xe đang chuyển động



Lực cản lên tàu thủy



Lực nâng của máy bay

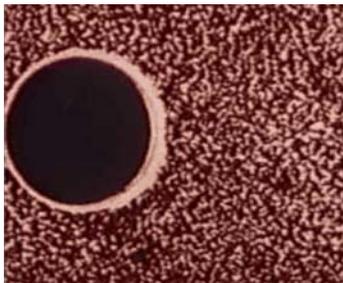
+ Ứng dụng trong lĩnh vực xây dựng như cấp, thoát nước, công trình thủy lợi (cống, đê, hồ chứa, nhà máy thủy điện ..), tính toán thiết kế cầu, nhà cao tầng



Nghiên cứu gió tác dụng lên nhà cao tầng



Nghiên cứu xói lở trong sông



Nghiên cứu dòng chảy qua dây cáp cầu treo

+ Tính toán thiết kế các thiết bị thủy lực : máy bơm, tua bin, quạt gió, máy nén..

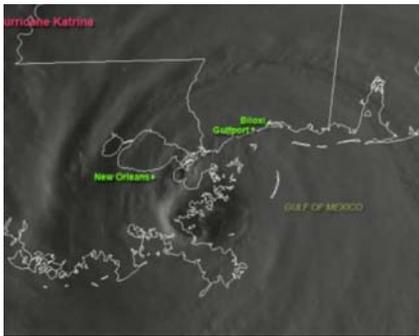


Máy bơm

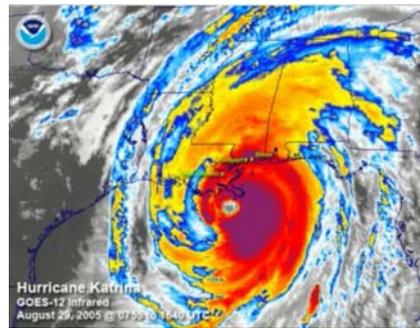


Con đội

+ Ứng dụng trong khí tượng thủy văn : dự báo bão, lũ lụt , ..



Dự báo bão



Dự báo bão Katrina

+ Ứng dụng trong y khoa: mô phỏng tuần hoàn máu trong cơ thể, tính toán thiết kế các máy trợ tim nhân tạo, dụng cụ đo huyết áp..



Đo huyết áp

II. CÁC TÍNH CHẤT VẬT LÝ CƠ BẢN CỦA LƯU CHẤT:

2.1 KHỐI LƯỢNG – TRỌNG LƯỢNG

Khối lượng (KL) là một đại lượng không thay đổi theo không gian

Trọng lượng (TL) = KL x g (gia tốc trọng trường) => thay đổi theo g

Mặt trăng: $g = 1,6 \text{ m/s}^2$, Trái đất: $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, Mộc tinh (Jupiter) $g = 26,9 \text{ m/s}^2$

Đơn vị :

Khối lượng

Kg

Trọng lượng

N (kgm/s^2)

Kgf (9,81 N) (kilogram lực)

Tf (1000 Kgf) (Tấn lực)

- Khối lượng riêng (ρ)

Đơn vị : kg/m^3

Ví dụ : $\rho_{\text{nước}} : 1000 \text{ kg/m}^3$

$\rho_{\text{không khí}} : 1,228 \text{ kg/m}^3$

Trọng lượng riêng (γ)

N/m^3

$\gamma_{\text{nước}} : 9810 \text{ N/m}^3$

$\gamma_{\text{không khí}} : 12,07 \text{ N/m}^3$

- Tỷ trọng : $\delta = \rho / \rho_{\text{nước}} = \gamma / \gamma_{\text{nước}}$

Ví dụ : $\delta_{\text{nước}} = 1,$

$\delta_{\text{thủy ngân}} = 13,6$

2.2 TÍNH NHỚT CỦA LƯU CHẤT (Viscosity)

Quan sát một dòng chảy : **Newton**

$$\tau = \mu \frac{du}{dy}$$

Trong đó :

τ : ứng suất ma sát (N/m^2)

μ : hệ số nhớt động lực

u : vận tốc, phụ thuộc vào y

Đơn vị của μ :

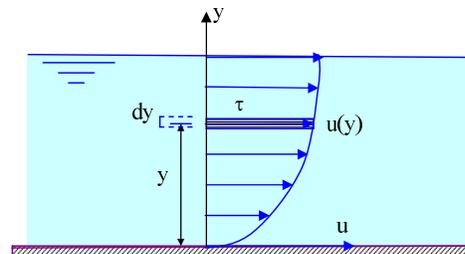
Đơn vị chuẩn : $\frac{\text{Ns}}{\text{m}^2} \quad \frac{\text{kg}}{\text{ms}} \quad \text{Pa.S}$

Ngoài ra : poise , $1 \text{ poise} = 0,1 \frac{\text{kg}}{\text{ms}}$

Ngoài hệ số động lực, người ta còn sử dụng hệ số nhớt động học , được định nghĩa

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

Đơn vị : m^2/s hay stoke , $1 \text{ stoke} = 1 \text{ cm}^2 / \text{s} = 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$



Tính chất của hệ số nhớt:



Chất lỏng Newton và phi Newton

Hầu hết các loại lưu chất thông thường như nước, xăng, dầu ... đều thỏa mãn công thức Newton (1), tuy nhiên có một số chất lỏng (hắc ín, nhựa nóng chảy, dầu thô ..) không tuân theo công thức Newton được gọi là chất lỏng phi Newton, hoặc đối với chất lỏng thông thường khi chảy ở trạng thái chảy rối cũng không tuân theo công thức Newton.

Lưu chất lý tưởng và lưu chất thực

Lưu chất lý tưởng: không có ma sát

Lưu chất lý thực: có ma sát

2.3 TÍNH NÉN CỦA LƯU CHẤT :

Moduyn đàn hồi: $K = -V \frac{dp}{dV}$ hay $K = \rho \frac{dp}{d\rho}$

(vì $M = \rho V \Rightarrow dM = \rho dV + V d\rho = 0$)

K : moduyn đàn hồi dp : sự thay đổi áp suất
V : thể tích ban đầu dV : sự thay đổi thể tích

$$K_{\text{nước}} = 2,2 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$$

Đối với chất khí lý tưởng : $p = \rho RT$

Với : p : áp suất tuyệt đối (N/m²)

ρ : khối lượng riêng

R : hằng số khí, phụ thuộc vào loại khí

T : nhiệt độ tuyệt đối (nhiệt độ Kelvin , 0° C = 273 độ Kelvin)

- Hầu hết các loại chất lỏng rất khó nén nên được xem như là lưu chất không nén
- Một dòng khí chuyển động với vận tốc nhỏ thì sự thay đổi khối lượng riêng không đáng kể nên vẫn được xem là lưu chất không nén.

- Khi dòng khí chuyển động với vận tốc lớn hơn 0,3 lần vận tốc âm thanh (khoảng 100 m/s) thì mới xem là lưu chất nén được

Từ phương trình trên \longrightarrow $pV = \text{const}$ p : áp suất tuyệt đối và V : thể tích

Bài tập: 1)1.6, 2)1.7, 3)1.8, 4)1.9, 5)1.10, 6)1.11, 7)1.12, 8)1.13, 9)1.14 †

2.4 ÁP SUẤT HƠI BẢO HÒA:

Trong một không gian kín, khi các phần tử chất lỏng bốc hơi đạt đến trạng thái bão hoà tạo ra một áp suất trong không gian kín đó được gọi là *áp suất hơi bão hoà*.

➤ *Áp suất hơi bão hoà tăng theo nhiệt độ*

Ví dụ ở $32,2^{\circ}\text{C}$, $p_{\text{bão hoà}}$ của nước là $0,048\text{at}$

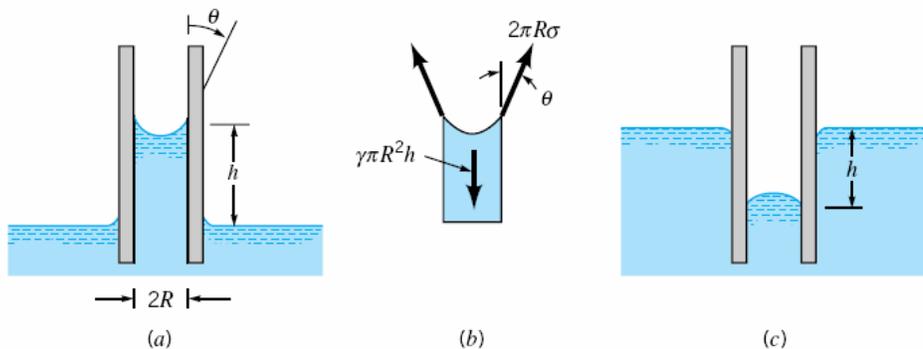
ở 100°C , $p_{\text{bão hoà}}$ của nước là 1at

➤ *Khi áp suất chất lỏng \leq Áp suất hơi bão hoà \Rightarrow chất lỏng bắt đầu sôi (hoá khí).*

Ví dụ có thể cho nước sôi ở $32,2^{\circ}\text{C}$ nếu hạ áp suất xuống còn $0,048\text{at}$.

➤ *Trong một số điều kiện cụ thể, hiện tượng **khí thực** (cavitation) xảy ra khi áp suất chất lỏng nhỏ hơn $P_{\text{bão hoà}}$*

2.5 SỨC CĂNG MẶT NGOÀI VÀ HIỆN TƯỢNG MAO DẪN



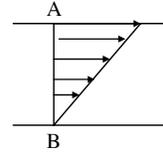
Hãy cho biết chất lỏng nào trong trường hợp c), mực chất lỏng hạ thay vì#
dâng, giải thích tại sao?#

(Xem tài liệu tham khảo)

CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM

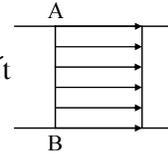
Câu 1. Một dòng chảy có biểu đồ phân bố vận tốc tuyến tính như hình vẽ thì ứng suất ma sát giữa các phần tử trên AB sẽ là:

- a) Lớn nhất ở A b) Lớn nhất ở B
- c) **Đều bằng nhau tất cả mọi điểm trên AB**
- d) Đều bằng không tất cả mọi điểm trên AB



Câu 2 Một dòng chảy nếu có biểu đồ phân bố vận tốc đều như hình vẽ thì ứng suất ma sát giữa các phần tử trên AB sẽ là:

- a) Nhỏ nhất ở A b) Lớn nhất ở A
- c) Nhỏ nhất ở B d) **Cả 3 điều sai**



Câu 3 . Một lưu chất có môđun đàn hồi nhỏ thì:

- a) Khó nén b) **Dễ nén** c) Khả năng đàn hồi kém *d) Cả b) và c) đều đúng

Câu 4 Một khối khí lý tưởng có khối lượng M_0 ở áp suất p_0 . Nếu áp suất tăng đến $p_1 > p_0$ trong điều kiện nhiệt độ không đổi thì khối lượng của khối khí (M_1) trong điều kiện áp suất p_1 sẽ là :

- a) **$M_1 = M_0$** b) $M_1 > M_0$ c) $M_1 < M_0$
- d) Chưa thể biết vì còn phụ thuộc vào moduyn đàn hồi lớn hay nhỏ

Câu 5:. Sự ma sát giữa các phần tử chất lỏng khi chuyển động phụ thuộc vào:

- a) Sự phân bố vận tốc trong dòng chảy b) Tính chất của chất lỏng
- c) Áp suất của dòng chảy d) **Cả a) và b)**

Câu 6 : Một khối chất lỏng có thể tích không đổi, khi đặt ở trên mặt đất và trên mặt trăng thì :

- a) Trọng lượng không đổi
- b) Trọng lượng riêng không đổi
- c) Tỷ trọng không đổi
- d) Cả a) và b) đều đúng

Câu 7 Khi giảm nhiệt độ thì sự ma sát giữa các phần tử lưu chất đang chuyển động:

- a) Luôn luôn giảm nếu là chất lỏng
- *b) Luôn luôn giảm nếu là chất khí
- c) Luôn luôn giảm cho tất cả các loại lưu chất
- d) Cả 3 đều sai

Câu 8 Hệ số nhớt động lực học của một lưu chất thì :

- a) Một số có thứ nguyên
- b) Phụ thuộc vào trạng thái chảy
- c) Phụ thuộc vào nhiệt độ
- d) Cả a) và c) đều đúng

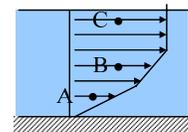
Câu 9 Khối lượng riêng của một chất khí thì :

- a) Thay đổi khi gia tốc trọng trường thay đổi
- b) Sẽ tăng khi áp suất tăng
- c) Sẽ giảm khi áp suất tăng nếu là chất khí lý tưởng
- d) Cả a) và b) đều đúng

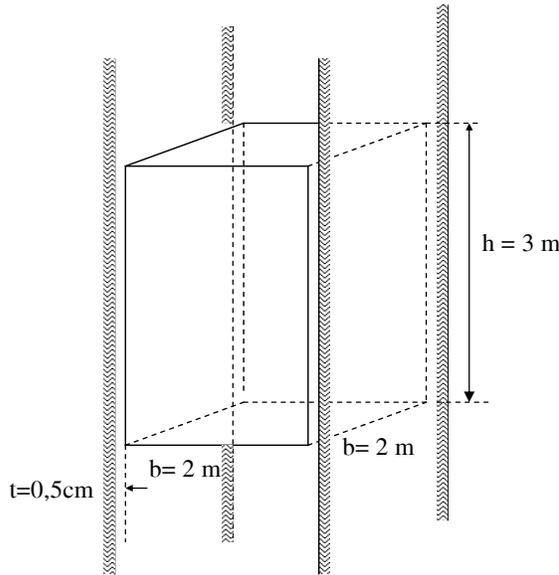
Câu 10 Một dòng chảy có biểu đồ phân bố vận tốc như hình bên.

Ứng suất ma sát (τ) tại các điểm A,B,C sẽ là:

- a) $\tau_A < \tau_B < \tau_C$
- b) $\tau_C < \tau_A < \tau_B$
- c) $\tau_B = \tau_C < \tau_A$
- d) $\tau_C < \tau_B < \tau_A$



Ví dụ 1: Một thang máy trượt trên 2 tấm phẳng có kích thước như hình vẽ. Xác định lực ma sát khi thang máy chuyển động với vận tốc $V_0 = 0,5 \text{ m/s}$. Biết dầu bôi trơn có độ nhớt động lực $\mu = 9 \cdot 10^{-2} \text{ Ns/m}^2$



$$u = \frac{V_0}{t} y$$

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} = \mu \frac{V_0}{t}$$

$$F = \mu \frac{V_0}{t} \cdot 2 \cdot b \cdot h$$

$$F = \mu \frac{V_0}{t} \cdot 2 \cdot b \cdot h$$

$$= 9 \cdot 10^{-2} \cdot 0,5 / 0,005 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 3$$

$$= 108 \text{ N}$$

Ví dụ 2: Đường ống có đường kính d , dài l , dẫn dầu với hệ số nhớt μ , khối lượng riêng ρ . Dầu chuyển động theo quy luật sau: $u = ay - ay^2$ ($a > 0$; $0 \leq y \leq d/2$). Tìm lực ma sát của dầu lên thành ống

Giải

Chọn trục tọa độ như hình vẽ, xét lớp chất lỏng bất kỳ có tọa độ y (lớp chất lỏng này có diện tích là diện tích mặt trụ có đường kính $(d - 2y)$). Ta có:

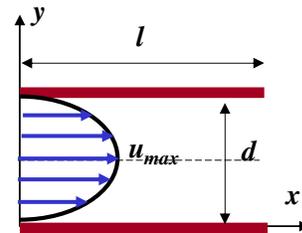
$$\tau = \mu \frac{du}{dy} = \mu(-2ay + ad)$$

Tại thành ống: $y = 0$; suy ra:

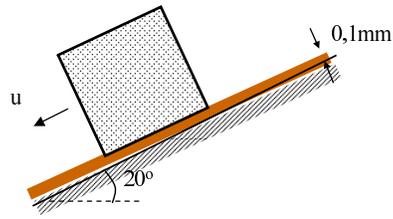
$$\tau = \mu(ad)$$

Như vậy lực ma sát của dầu lên thành ống là:

$$F_{ms} = \tau A = (\mu ad) \cdot (l \pi d) = \pi \mu a l d^2$$



Ví dụ 3 : Một khối có khối lượng 10 kg trượt trên mặt nghiêng có góc 20° so với mặt phẳng nằm ngang. Xác định vận tốc của khối nếu giữa khối và mặt nghiêng có bôi một lớp dầu có độ nhớt động lực $\mu = 0,38$ Pa.s, dày 0,1 mm. Cho diện tích tiếp xúc giữa khối và tấm nghiêng là $0,2 \text{ m}^2$



Giải :

W là trọng lượng của khối

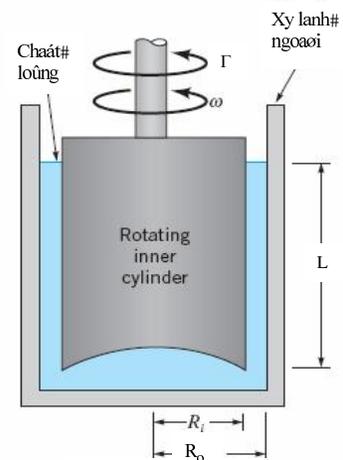
$$W \sin 20^\circ = \tau_o A$$

$$\tau_o = \mu \left(\frac{du}{dy} \right)_{y=0} = \mu \left(\frac{u}{t} \right)$$

$$W \sin 20^\circ = \mu \left(\frac{u}{t} \right) A$$

$$u = \frac{W \sin 20^\circ}{\mu A} = \frac{(0,0001)(10)(9,81)(\sin 20^\circ)}{(0,38)(0,2)} = 0,0442 \text{ m/s}$$

Ví dụ 4: Độ nhớt của lưu chất có thể đo bằng cách dùng một xy lanh đo độ nhớt như hình vẽ. Dụng cụ này bao gồm một xy lanh bên ngoài cố định và xy lanh bên trong quay với vận tốc quay ω . Nếu biết ngẫu lực Γ cần thiết để quay với vận tốc ω thì độ nhớt của chất lỏng được nằm giữa hai xy lanh được xác định. Hãy thiết lập một phương trình liên hệ giữa μ , ω , Γ , L và R_o và R_i . Bỏ qua ảnh hưởng ở đáy và cho sự phân bố chất lỏng vận tốc giữa hai xy lanh là tuyến tính.



Giải : $U = R_i \omega$

$$\tau = \mu \frac{U}{(R_o - R_i)} = \mu \frac{R_i \omega}{(R_o - R_i)}$$

$$dF = \tau dA = \mu \frac{R_i \omega}{(R_o - R_i)} R_i d\theta L = \mu \frac{R_i^2 \omega L}{(R_o - R_i)} d\theta$$

Ngẫu lực $d\Gamma$ tạo ra

$$d\Gamma = dFR_i = \mu \frac{R_i^2 \omega L}{(R_o - R_i)} d\theta R_i = \mu \frac{R_i^3 \omega L}{(R_o - R_i)} d\theta$$

$$\Gamma = \int_0^{2\pi} d\Gamma = \int_0^{2\pi} \mu \frac{R_i^3 \omega L}{(R_o - R_i)} d\theta = \mu \frac{R_i^3 \omega L}{(R_o - R_i)} \int_0^{2\pi} d\theta$$

$$\Gamma = \mu \frac{2\pi R_i^3 \omega L}{(R_o - R_i)}$$

