



HCMUTE

FLUID MECHANICS

Hung-Son Dang Ph.D.





CHƯƠNG 1 MỞ ĐẦU

OUTLINES

- 1. Đối tượng nghiên cứu và nhiệm vụ của thủy lực học**
- 2. Phương pháp nghiên cứu thủy lực học**
- 3. Tính chất vật lí cơ bản của chất lưu**
- 4. Những khái niệm qui ước**

1. Đối tượng nghiên cứu và nhiệm vụ của thủy lực học

1.1 Đối tượng nghiên cứu

Sự ra đời của thủy lực học:

Con người tìm cách sử dụng nước vào mục đích của mình.

Con người cần phải biết kỹ các quy luật chi phối nước ở trạng thái tĩnh cũng như ở trạng thái chuyển động.

Sự ra đời của thủy lực học.

1. Đối tượng nghiên cứu và nhiệm vụ của thủy lực học

1.1 Đối tượng nghiên cứu

b) Lịch sử phát triển:

Aristoteles (384-322 TCN) đã nghiên cứu các hiện tượng thủy động.

Từ đó xác định được lực cản của nước và không khí đối với chuyển động của vật.

Do giới hạn của quan điểm triết học và trình độ phát triển khoa học thời bấy giờ dẫn đến kết luận sai lầm.

1. Đối tượng nghiên cứu và nhiệm vụ của thủy lực học

1.1 Đối tượng nghiên cứu

b) Lịch sử phát triển:

Archimedes (287-212 TCN) là nhà toán học và cơ học vĩ đại của cổ Hy Lạp với định luật nổi tiếng về vật nổi đã đặt cơ sở cho thủy tĩnh học.

1506 Leonardo da Vinci (1452-1519) đã đưa ra quy luật về lực cản của môi trường có chất lỏng tác dụng lên vật thể chuyển động trong đó.

1. Đối tượng nghiên cứu và nhiệm vụ của thủy lực học

1.1 Đối tượng nghiên cứu

b) Lịch sử phát triển:

Cuối thế kỷ 18 đến đầu thế kỷ 19 thủy khí động lực học phát triển mạnh mẽ nhất với những công trình quan trọng của Euler, Bernoulli...

1. Đối tượng nghiên cứu và nhiệm vụ của thủy lực học

1.1 Đối tượng nghiên cứu

c, Đối tượng nghiên cứu của thủy lực học:

Hoạt động sinh hoạt và sản xuất.

Đối tượng nghiên cứu của TLH là những chất có thể chảy được gọi chung là

*chất chảy (**chất lưu hay lưu chất**)* trong điều kiện nhiệt độ không đổi. Chất chảy gồm các chất lỏng như: nước, dầu, cồn, ... và các chất khí.

1. Đối tượng nghiên cứu và nhiệm vụ của thủy lực học

1.1 Đối tượng nghiên cứu

c, Đối tượng nghiên cứu của thủy lực học:

Ngoài ra đối tượng của thủy lực học còn có:

Kim loại nấu chảy.

Các hỗn hợp chất khí.

Các hỗn hợp chất lỏng trộn với chất cứng. Chất khí trộn với chất cứng. Chất lỏng trộn với chất khí.

1. Đối tượng nghiên cứu và nhiệm vụ của thủy lực học

1.2 Nhiệm vụ của thủy lực học

c, Đối tượng nghiên cứu của thủy lực học:

Thủy lực học là môn kỹ thuật cơ sở chuyên nghiên cứu:

Các quy luật cân bằng và chuyển động của chất lưu.

Các quy luật về lực tác dụng tương hỗ giữa môi trường với các vật thể chuyển động trong môi trường chất lưu.

Lực tác dụng của chất lỏng lên các thành rắn bao quanh nó.

Ứng dụng các quy luật đó vào các lĩnh vực của sản xuất và đời sống.

2. Phương pháp nghiên cứu thủy lực học

Bản chất của các hiện tượng thủy lực thường là vật lý hoặc cơ học. Công cụ để giải quyết các bài toán thủy lực là toán học.

Nắm vững một số kiến thức về toán, cơ, lý và một số khái niệm về sức bền vật liệu để giải quyết vấn đề thủy lực.

Trong nghiên cứu thủy lực phải kết hợp chặt chẽ lý thuyết và thực nghiệm.

- Quan sát hiện tượng
- Lập mô hình thí nghiệm
- Phân tích lý luận bằng toán học.

2. Phương pháp nghiên cứu thủy lực học

Khi giải một bài toán thủy lực phải áp dụng các nguyên lý cơ bản của cơ học và vật lý học gồm 3 nguyên lý bảo toàn:

- + Nguyên lý bảo toàn khối lượng (bảo toàn liên tục)
- + Nguyên lý bảo toàn động lượng (nguyên lý cơ bản của cơ học)
- + Nguyên lý bảo toàn năng lượng (nguyên lý cơ bản của vật lý)

2. Phương pháp nghiên cứu thủy lực học

Phương pháp tiến hành:

Tách ra một thể tích chất lưu đang xét gọi là phân tử lỏng, còn gọi là *thể tích kiểm tra* (mặt bao quanh thể tích kiểm tra gọi là *mặt kiểm tra*).

Nghiên cứu tác dụng của các lực lên phân tử đó.

Áp dụng các nguyên lý cơ bản của cơ học và vật lý học đối với phân tử lỏng và coi phân tử lỏng là một hệ thống vật chất thống nhất, độc lập được cấu tạo từ các phân tử chất lưu.

3. Tính chất vật lí cơ bản của chất lưu

3.1 Tính chất chung

Thủy lực học nghiên cứu các hình thái cân bằng và chuyển động cơ học vĩ mô của chất lưu, không nghiên cứu đến quy mô phân tử vì vậy chất lưu được coi như là :

Một môi trường liên tục

Đồng nhất

Đẳng hướng

3. Tính chất vật lí cơ bản của chất lưu

3.1 Tính chất chung

Các đại lượng cơ lý đặc trưng được biểu diễn bằng các hàm liên tục.

Lực liên kết giữa các phần tử chất lưu rất nhỏ, nên chất lưu có:

Tính di động cao (không có hình dạng cố định)

Tính chống lực kéo và lực cắt rất yếu (hầu như không chống được), còn gọi là tính chịu kéo và chịu cắt.

3. Tính chất vật lí cơ bản của chất lưu

3.1 Tính chất chung

Chất lỏng có tính chống nén rất lớn, có thể coi như không nén được. Chất khí khác chất lỏng cơ bản ở chỗ: có tính nén được, thể tích thay đổi khi áp suất thay đổi.

Các phân tử chất lỏng rất sát nhau, hút lẫn nhau tạo nên bề mặt tự do còn gọi là mặt thoáng.

3. Tính chất vật lí cơ bản của chất lưu

3.2 Khối lượng riêng, trọng lượng riêng, tỉ trọng

a) **Khối lượng riêng**, ký hiệu: ρ [kg/m³]

Là *khối lượng của một đơn vị thể tích* (còn gọi là khối lượng đơn vị).

$$\rho = \frac{m}{V}$$

3. Tính chất vật lí cơ bản của chất lưu

3.2 Khối lượng riêng, trọng lượng riêng, tỉ trọng

a) **Khối lượng riêng**, ký hiệu: ρ [kg/m³]

trong đó: m - khối lượng chất lưu [kg];

V - thể tích chất lưu [m³]

$$\rho_{nc}^{4^0C} = 10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{kk} = 1,29 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{Hg} = 13,6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$$

3. Tính chất vật lí cơ bản của chất lưu

3.2 Khối lượng riêng, trọng lượng riêng, tỉ trọng

b) Trọng lượng riêng, ký hiệu: γ [N/m³]

Là trọng lượng của một đơn vị thể tích (còn gọi là trọng lượng đơn vị).

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad ; \quad [\text{N/m}^3]$$

trong đó: G - trọng lượng khối chất lưu, [N];

V - thể tích khối chất lưu, [m³].

3. Tính chất vật lí cơ bản của chất lưu

3.2 Khối lượng riêng, trọng lượng riêng, tỉ trọng

b) Trọng lượng riêng, ký hiệu: γ [N/m³]

Quan hệ giữa ρ và γ :

$$\gamma = \rho \cdot g$$

trong đó: g - gia tốc trọng trường, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

$$\gamma_{nc}^{40C} = 9,81 \cdot 10^3 \text{ N/m}^3$$

$$\gamma_{kk} = 1,29 \cdot 9,81 \text{ N/m}^3$$

$$\gamma_{Hg} = 13,6 \cdot 9,81 \cdot 10^3 \text{ N/m}^3$$

3. Tính chất vật lí cơ bản của chất lưu

3.2 Khối lượng riêng, trọng lượng riêng, tỉ trọng

c) Tỉ trọng (còn được gọi là tỷ khối): ký hiệu δ là đại lượng không thứ nguyên.

Tỉ trọng của một chất lỏng là tỷ số của trọng lượng riêng của chất lỏng đó trên trọng lượng riêng của nước ở 4°C

$$\delta_{clg} = \frac{\gamma_{clg}}{\gamma_{nc}^{4^0C}} = \frac{\rho_{clg}g}{\rho_{nc}^{4^0C}g} = \frac{\rho_{clg}}{\rho_{nc}^{4^0C}}$$

3. Tính chất vật lí cơ bản của chất lưu

3.2 Khối lượng riêng, trọng lượng riêng, tỉ trọng

c) Tỉ trọng (còn được gọi là tỷ khối): ký hiệu δ là đại lượng không thứ nguyên.

Tỉ trọng của một chất khí là tỷ số của trọng lượng riêng của chất khí đó trên trọng lượng riêng của không khí ở điều kiện tiêu chuẩn $t = 0^\circ\text{C}$ và $p = 760 \text{ mmHg}$.

$$\delta_{ckh} = \frac{\gamma_{ckh}}{\gamma_{kk}^{TC}} = \frac{\rho_{ckh}}{\rho_{kk}^{TC}}$$



3. Tính chất vật lí cơ bản của chất lưu

3.3 Tính nén được, tính dẫn nở

a) Tính nén được: là khả năng thay đổi thể tích của một lưu chất khi áp suất tác dụng lên nó thay đổi, được đặc trưng bởi *hệ số nén được*, ký hiệu β_p .

β_p - là lượng biến đổi thể tích tương đối của lưu chất khi áp suất thay đổi một đơn vị.

$$\beta_p =$$

$$-\frac{1}{V} \left(\frac{dV}{dp} \right)_{T=const} \quad [m^2/N]$$

3. Tính chất vật lí cơ bản của chất lưu

3.3 Tính nén được, tính dẫn nở

a) Tính nén được:

V - thể tích ban đầu của chất lưu khi áp suất chưa thay đổi,
 m^3

dV - lượng thay đổi thể tích, m^3

dp - lượng thay đổi áp suất, N/m^2

Vì $\frac{dV}{dp} < 0$ (vì áp suất và thể tích nghịch biến) nên đặt dấu trừ

(-) để $\beta_p > 0$

3. Tính chất vật lí cơ bản của chất lưu

3.3 Tính nén được, tính dẫn nở

Số nghịch đảo của β_p là *môđun đàn hồi thể tích*, ký hiệu E:

$$E = \frac{1}{\beta_p} \quad [\text{N/m}^2]$$

Ví dụ: Nước ở $t = 20^\circ\text{C}$

$$E = 2.10^9 \text{ N/m}^2$$

$$\beta_p = 0,5.10^{-9} \text{ m}^2/\text{N}$$

3. Tính chất vật lí cơ bản của chất lưu

3.3 Tính nén được, tính dẫn nở

b) Tính dẫn nở: là khả năng thay đổi thể tích của chất lưu khi nhiệt độ thay đổi, được đặc trưng bằng *hệ số dẫn nở* β_T

β_T - lượng thay đổi thể tích tương đối của chất lưu khi nhiệt độ của chất lưu thay đổi đi 1°

$$\beta_T = \frac{1}{V} \left(\frac{dV}{dT} \right)_{p=const}; \quad \left(\frac{1}{C} \right)$$

Ví dụ: Nước ở $4 \div 10^0\text{C}$ $\beta_T = 0,00014 \frac{1}{C}$

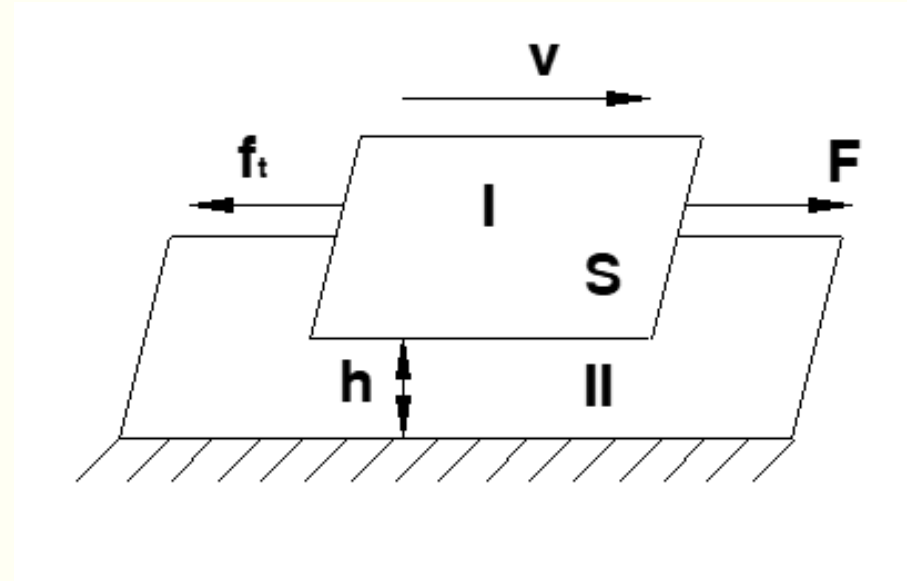
ở $10 \div 20^0\text{C}$ $\beta_T = 0,00015 \frac{1}{C}$

3. Tính chất vật lí cơ bản của chất lưu

3.4 Tính nhớt

a) Giả thuyết của Newton về lực nhớt:

Cho 2 tấm phẳng I và II trượt lên nhau, giữa 2 tấm là một lớp chất lỏng mỏng, tấm I có diện tích là S (A) cách tấm II một khoảng h (b). Dưới tác dụng của lực F , tấm I sẽ dần chuyển động đều theo tấm II.



Hình 1.1 Giả thuyết của Newton về lực nhớt

$$f_t = \mu \cdot S \cdot \frac{v}{h}$$

3. Tính chất vật lí cơ bản của chất lưu

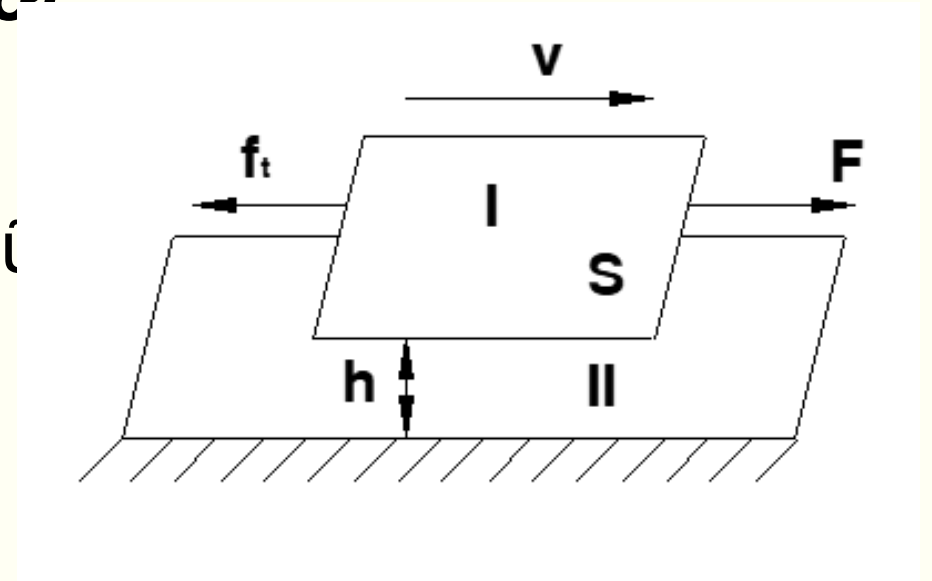
3.4 Tính nhớt

a) Giả thuyết của Newton về lực nhớt.

Trong đó f_t : là lực ma sát.

μ : hệ số phụ thuộc vào chất lỏng giữa 2 tấm.

$$f_t = \mu \cdot S \cdot \frac{V}{h}$$



Hình 1.1 Giả thuyết của Newton về lực nhớt

3. Tính chất vật lí cơ bản của chất lưu

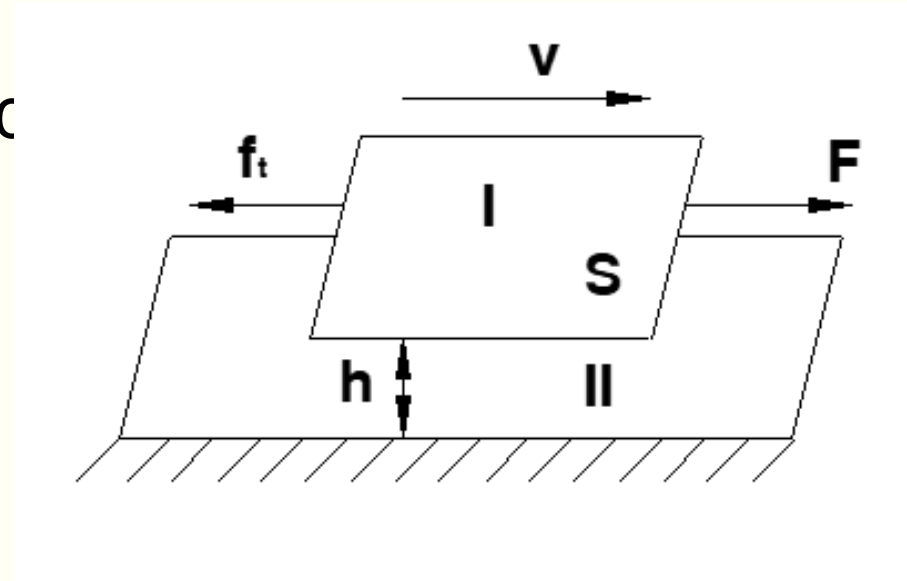
3.4 Tính nhớt

b) Điều kiện ban đầu:

Phần tử chất lỏng dính chặt vào tấm I và chuyển cùng nó.

Phần tử chất lỏng ở tấm II dính chặt và chuyển cùng nó.

Các phần tử chất lỏng tuân theo qui luật đường thẳng tỉ lệ với khoảng cách từ vật tới tấm phẳng. Chất lỏng chảy thành lớp vô cùng mỏng và trượt lên nhau.



Hình 9.1 Giả thuyết của Newton về lực nhớt

3. Tính chất vật lí cơ bản của chất lưu

3.4 Tính nhớt

b) Điều kiện ban đầu:

Chuyển động chất lỏng chảy thành từng lớp vô cùng mỏng với vận tốc khác nhau, do đó trượt lên nhau và cản trở lẫn nhau.

Khi chuyển động tương đối với nhau giữa chúng xuất hiện hiện tượng ma sát. Hiện tượng ma sát này xảy ra trong nội bộ chất lỏng nên gọi là hiện tượng ma sát trong. Lực ma sát giữa hai lớp chất lỏng gọi là lực ma sát trong.

3. Tính chất vật lý cơ bản của chất lưu

3.4 Tính nhớt

b) Điều kiện ban đầu:

Đặc tính của chất lỏng gây nên lực ma sát trong gọi là tính nhớt. Lực ma sát trong gọi là lực nhớt.

Tính nhớt là một trong những tính chất vật lý quan trọng nhất của chất lỏng. Nó cản trở chuyển động và làm tiêu hao một phần năng lượng tiềm tàng trong chất lỏng, bởi vì công do lực nhớt sinh ra biến thành nhiệt năng không thu hồi được.

3. Tính chất vật lí cơ bản của chất lưu

3.4 Tính nhớt

c) Định luật Newton về lực nhớt:

$$T = \mu \cdot S \cdot \frac{du}{dy}$$

Trong đó: T- lực nhớt trên diện tích S

S- diện tích tiếp xúc giữa 2 lớp chất lỏng trên đó xảy ra hiện tượng ma sát trong.

$\frac{du}{dy}$ - gradient vận tốc theo phương y thẳng góc với

hướng dòng chảy

3. Tính chất vật lí cơ bản của chất lưu

3.4 Tính nhớt

c) Định luật Newton về lực nhớt:

Công thức còn có thể viết ở dạng ứng suất:

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

τ - ứng suất tiếp do lực nhớt gây ra.

Từ đây dựa vào định luật Newton chia chất lỏng làm 2 loại.

3. Tính chất vật lí cơ bản của chất lưu

3.4 Tính nhớt

c) Định luật Newton về lực nhớt:

Từ đây dựa vào định luật Newton chia chất lỏng làm 2 loại:

Các chất lưu tuân theo định luật Newton gọi là “ chất lưu Newton” (ví dụ: các chất lỏng thông thường gặp trong thực tế như: nước, xăng, dầu, ... và các chất khí).

Các chất lưu không tuân theo định luật Newton gọi là “ chất lưu phi Newton” (ví dụ: hồ, sơn, keo, hắc ín, các loại chất dẻo, ...).

3. Tính chất vật lí cơ bản của chất lưu

3.4 Tính nhớt

d) Hệ số nhớt động lực μ và hệ số nhớt động học ν :

Hệ số nhớt động lực μ : (độ nhớt động lực)

$$\mu = \frac{T}{S \frac{du}{dy}} \quad (\text{N.s})/\text{m}^2$$

Nếu lấy $s = 1$ đvị và $du/dy = 1$ đvị $\Rightarrow \mu$ tương đương 1 lực.

Ngoài ra μ còn được đo bằng đơn vị thông dụng:

poise, ký hiệu p: $1\text{p} = \frac{1}{10} \text{Ns}/\text{m}^2$

centipoise, ký hiệu cp: $1\text{cp} = \frac{1}{100} \text{p} = \frac{1}{1000} \text{Ns}/\text{m}^2 = 10^{-3} \text{Ns}/\text{m}^2$ ³⁶

3. Tính chất vật lí cơ bản của chất lưu

3.4 Tính nhớt

d) Hệ số nhớt động lực μ và hệ số nhớt động học ν :

Hệ số nhớt động học ν : (độ nhớt động học)

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad ; \text{ m}^2/\text{s}$$

Ngoài ra ν còn được đo bằng đơn vị thông dụng:

Stokes (st) 1 st = 1 cm²/s = 10⁻⁴ m²/s

Centistokes (cst) 1cst = 1/100 st = 1mm²/s = 10⁻⁶ m²/s

3. Tính chất vật lí cơ bản của chất lưu

3.4 Tính nhớt

d) Hệ số nhớt động lực μ và hệ số nhớt động học ν :

Ngoài đơn vị stokes, độ nhớt động học còn được đo bằng các đơn vị khác như:

- Độ Engle, ký hiệu: $^{\circ}\text{E}$ (Liên xô)
- Độ Bacbê , ký hiệu: $^{\circ}\text{B}$ (Pháp)
- Giây Redut, ký hiệu: $^{\circ}\text{R}$ (Anh)
- Giây Sêbôn, ký hiệu: $^{\circ}\text{S}$ (Mỹ)

3. Tính chất vật lí cơ bản của chất lưu

3.4 Tính nhớt

d) Hệ số nhớt động lực μ và hệ số nhớt động học ν :

Chú ý: Kết quả so sánh độ nhớt của 2 chất chảy có thể trái ngược nhau tùy theo sự lựa chọn hệ số nhớt động lực hay hệ số nhớt động học để đo.

Ví dụ: $t = 20^\circ\text{C}$

$$\mu_{kk} = 18 \cdot 10^{-5} \text{ p}$$

$$\mu_{nc} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ p} \quad \Rightarrow \quad \mu_{nc} > \mu_{kk} \quad 57 \text{ lần}$$

ngược lại:

3. Tính chất vật lí cơ bản của chất lưu

3.4 Tính nhớt

d) Hệ số nhớt động lực μ và hệ số nhớt động học ν :

Giữa đơn vị stoks và các đơn vị này có công thức biến đổi (xem bảng):

Tên đơn vị	Ký hiệu	Trị số tính bằng stokes (cm ² /s)
Độ Engle	°E	$\nu = 0,0731^\circ\text{E} - \frac{0,0631}{^\circ\text{E}}$
Độ Bacbe	°B	$\nu = \frac{48,5}{^\circ\text{B}}$
Giây Redut	”R	$\nu = 0,0026''\text{R} - \frac{1,72}{''\text{R}}$
Giây Sêbon	”S	$\nu = 0,0022''\text{S} - \frac{1,8}{''\text{S}}$

3. Tính chất vật lí cơ bản của chất lưu

3.5 Ảnh hưởng của nhiệt độ và áp suất tới độ nhớt

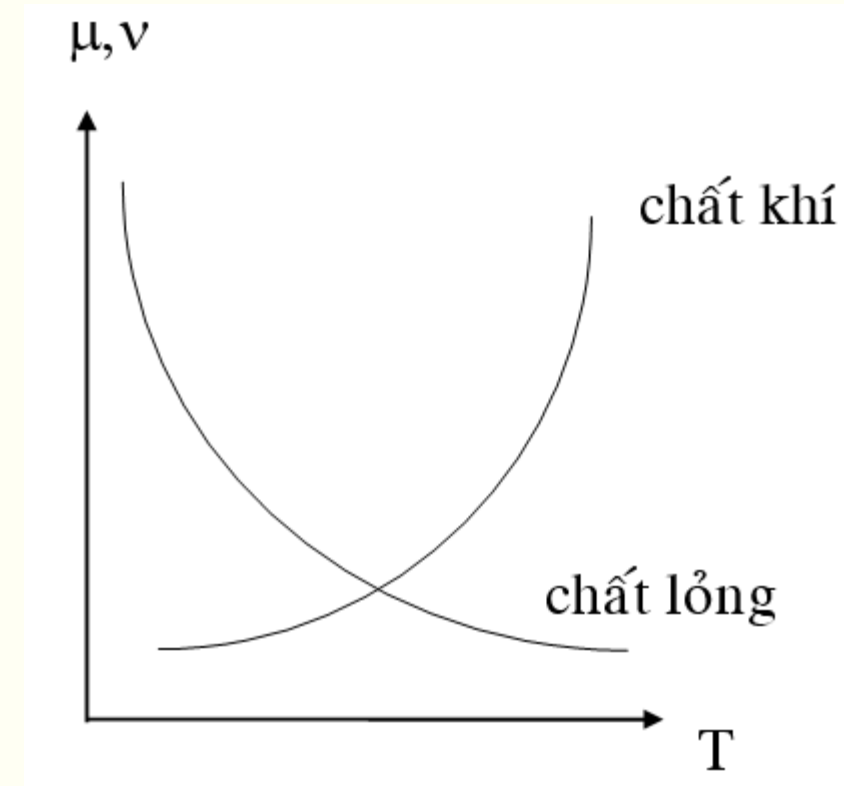
a, Ảnh hưởng của nhiệt độ:

Đồ thị được xây dựng khi $p = \text{const}$

Nhiệt độ T tăng ta thấy:

Đối với chất lỏng: lực liên kết giữa các phân tử chất lỏng yếu đi, dẫn đến độ nhớt giảm.

Đối với chất khí: sự chuyển động hỗn loạn của các phân tử chất khí tăng gây ra sự cản trở chuyển động tăng, dẫn đến độ nhớt tăng.



Hình 1.2 Ảnh hưởng của nhiệt độ đến độ nhớt

3. Tính chất vật lí cơ bản của chất lưu

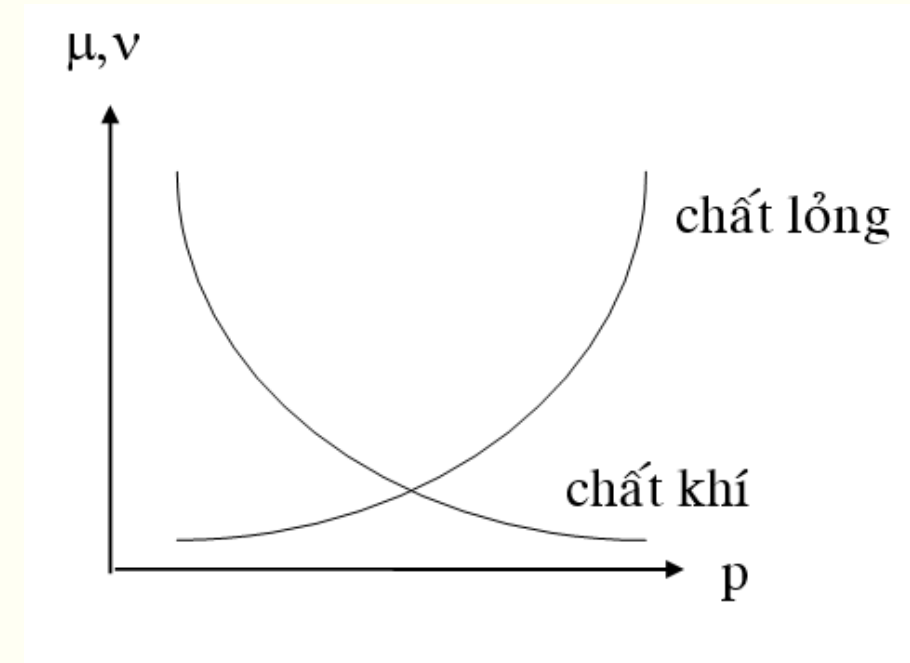
3.5 Ảnh hưởng của nhiệt độ và áp suất tới độ nhớt

b) Ảnh hưởng của áp suất:

Đồ thị được xây dựng khi $T = \text{const}$

Áp suất p tăng ta thấy:

+ Đối với chất lỏng: do có tính là không nén được nên khi tăng áp suất, lực liên kết giữa các phần tử chất lỏng tăng \Rightarrow độ nhớt tăng.



Hình 1.3 Ảnh hưởng của áp suất đến độ nhớt

4. Những khái niệm quy ước

4.1. Chất lỏng lý tưởng: (hay chất lỏng không nhớt) có những tính chất sau đây:

- + Không có tính nhớt ($\mu, \nu = 0$)
- + Di động tuyệt đối
- + Hoàn toàn không chống được lực kéo và lực cắt
- + Hoàn toàn không nén được.

4. Những khái niệm quy ước

4.2. Phân tổ lỏng:

* *Phân tổ lỏng M*: có khi gọi là hạt chất lỏng M - là một đám phân tử chất lưu có vận tốc xấp xỉ bằng nhau ở thời điểm t bao quanh điểm M.

* *Độ lớn của phân tổ lỏng*: là một khái niệm tương đối tùy thuộc vấn đề nghiên cứu và dụng cụ đo lường.

4. Những khái niệm quy ước

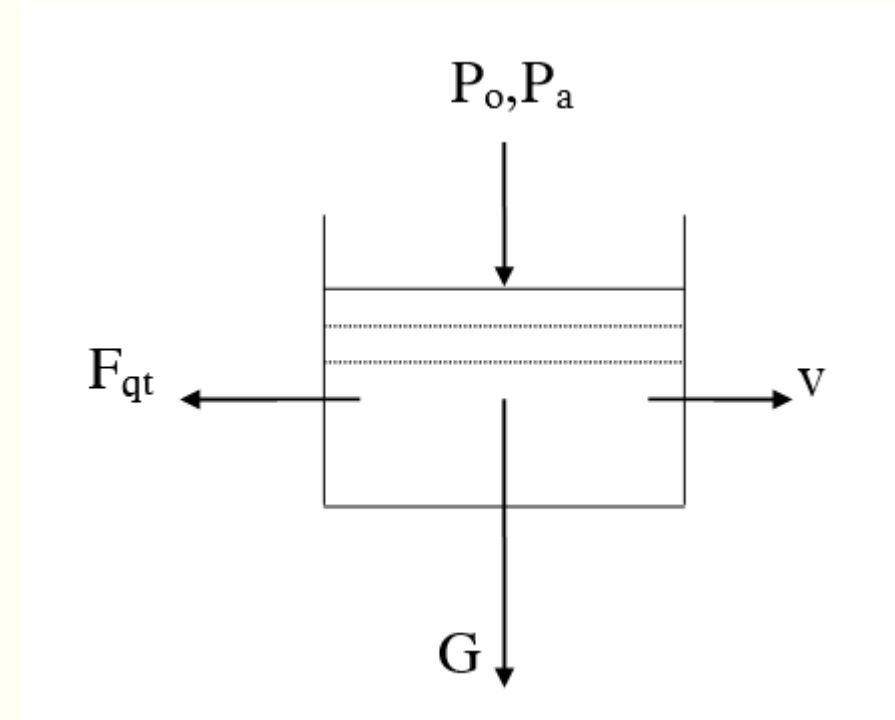
4.3. Ngoại lực:

a) Lực khối: là lực tác dụng lên mỗi phần tử chất lưu do đó tỷ lệ với khối lượng chất lưu (m).

Ví dụ: + Trọng lực: $G = mg$

+ Lực quán tính: $F = -ma$

+ Lực ly tâm: $F = ma_{lt}$



Hình 1.4 Ảnh hưởng ngoại lực

4. Những khái niệm qui ước

4.3. Ngoại lực:

b) Lực bề mặt: là lực tác dụng lên các phần tử chất lưu thông qua bề mặt tiếp xúc do đó tỷ lệ với diện tích tiếp xúc (S).

- Áp lực:

. Áp lực lên mặt thoáng p_a , $P_a = p_a S_{mthg}$

. Áp lực của piston lên khối chất lỏng trong xi lanh có áp suất p , $P = p.S$

- Lực ma sát: (lực ma sát nhớt, lực cản):



The End