

Chương 2: TĨNH HỌC CHẤT LỎNG

Các quy luật cân bằng của chất lỏng ở trạng thái tĩnh, Hai trạng thái tĩnh:

+ Tĩnh tuyệt đối (không cơ so với hệ tọa độ cố định)

+ Tĩnh tương đối (không có chuyển động tương đối giữa chất lỏng)

I. Áp suất thủy tĩnh

II. Phương trình vi phân của chất lỏng cân bằng

III. Phương trình cơ bản của thủy tĩnh học

IV. Tĩnh tương đối

V. Tính áp lực thủy tĩnh

VI. Một số ứng dụng của thủy tĩnh học

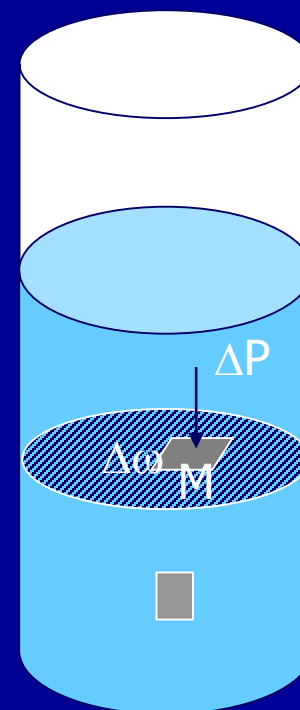
I. Áp suất thủy tĩnh

I.1 Định nghĩa: Áp suất thủy tĩnh là ứng suất gây ra bởi các lực khối và lực mặt tác dụng lên chất lỏng ở trạng thái tĩnh

Áp suất trung bình trong ω
$$p = \frac{\Delta P}{\Delta \omega}$$

Áp suất tại điểm M
$$p = \lim_{\omega \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta \omega}$$

- Đơn vị: $1\text{N/m}^2 = 1\text{Pa}$; $1\text{at} = 9.81 \cdot 10^4 \text{Pa} = 10 \text{mH}_2\text{O}$;



I. Áp suất thủy tĩnh

I.2 Hai tính chất của áp suất thủy tĩnh

- 1 - Áp suất thủy tĩnh tại một điểm luôn vuông góc và hướng vào mặt tác dụng
- 2 - Áp suất thủy tĩnh tại một điểm theo mọi phương đều bằng nhau

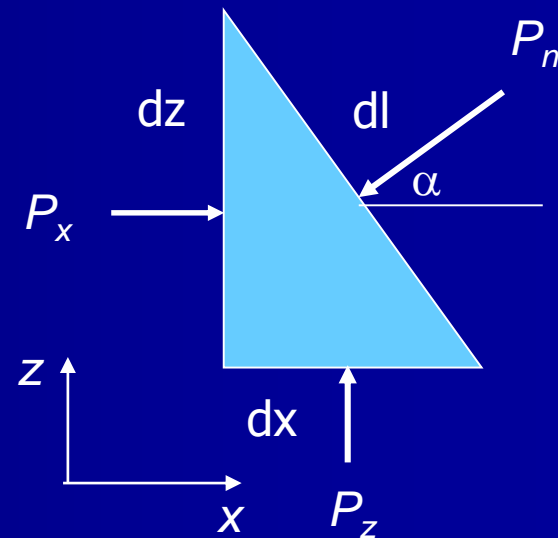
∇. Chứng minh

- 1 - Do tính chất chất lỏng và định nghĩa
- 2 - Xét phân tử cân bằng $dx dy dz$ ($dy=1$)

$$p_x dz dy - p_n dldy * \cos(\alpha) = 0$$

$$p_z dx dy - p_n dldy * \sin(\alpha) - \frac{\gamma dx dy dz}{2} = 0$$

- Bài tập: Chứng minh $P_y = P_n$



II. Phương trình vi phân cân bằng – PT Euler tĩnh

Thu nhận PT

- Lực khối của một đơn vị khối lượng: $F(X, Y, Z)$

+ Xét thể tích đại diện $V = dx dy dz$

+ Lực khối $F : \rho X, \rho Y, \rho Z$

+ Viết biểu thức cân bằng lực

- Dạng tọa độ Decart

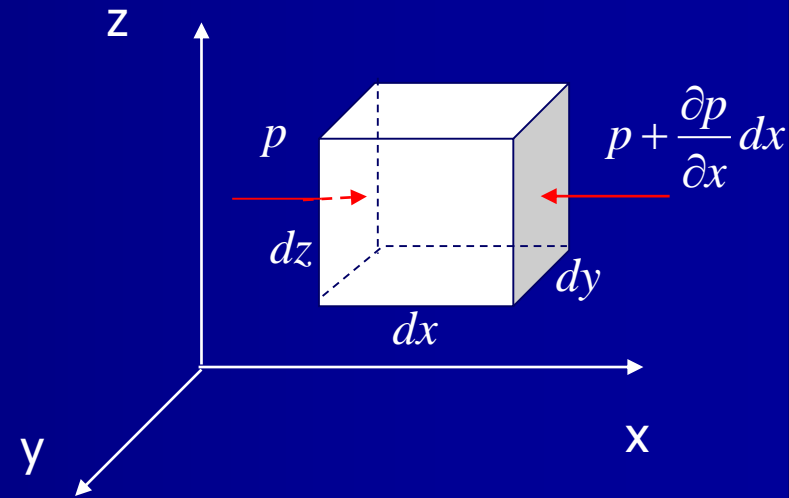
$$X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = 0$$

$$Y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} = 0$$

$$Z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} = 0$$

- Dạng Vectơ

$$\vec{F} - \frac{1}{\rho} \text{grad} p = 0$$



III. Phương trình cơ bản thủy tĩnh

$$Xdx + Ydy + Zdz = \frac{1}{\rho} dp$$

1. Mặt đẳng áp: Là mặt trên đó tại mọi điểm áp suất bằng hằng số

$$Xdx + Ydy + Zdz = 0$$

2. Lực khối chỉ là trọng lực: $X = 0, Y = 0, Z = -g$

$$-gdz = \frac{1}{\rho} dp \Rightarrow \frac{p}{\gamma} + z = C = \text{const}$$

3. Công thức tính áp suất điểm

$$p_A = p_B + \gamma(z_B - z_A)$$

4. Ba loại áp suất: * Xác định áp suất cần xác định giá trị gốc, 0 hoặc P_a - áp suất KK

* Lấy gốc 0 $\Rightarrow P_a = 1$, áp suất tính được là áp suất tuyệt đối

* Lấy gốc $P_a \Rightarrow$ Giá trị là áp suất dư

5. Ý nghĩa của PT TT: * Thủy lực: Độ cao hình học, đo áp, cột áp tuyệt đối, dư

* Năng lượng: Thế năng là hằng số

6. Ứng dụng: - Chế tạo dụng cụ đo áp, tính áp lực lên công trình, thành bình...

IV. Tĩnh tương đối

- Chất lỏng chuyển động ổn định liên một khối
- Chỉ chịu tác dụng của trọng lực và lực quán tính của cơ theo

1. Bình chứa CĐ thay đổi đều: *Xác định phân bố áp suất và mặt đẳng áp*

- Chọn hệ tọa độ : $Oxyz$ như hình vẽ
- Viết phương trình cân bằng:

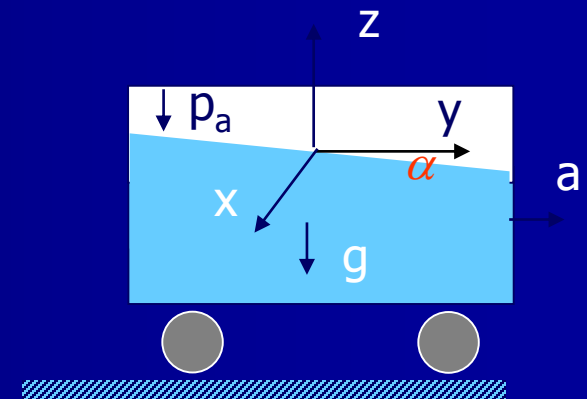
$$dp = \rho(Xdx + Ydy + Zdz)$$

- Xác định các lực và hình chiếu: $X=0; Y=-a; Z=-g$
- Tích phân : $dp = \rho(-ady - g dz) \Rightarrow p = \rho(-ay - gz) + C$
- Xác định hằng số C : $y=0; z=0 \Rightarrow p=C=p_a$

$$P = P_a - \rho(ay + gz)$$

- Phương trình mặt đẳng áp: $dp = 0 \Rightarrow ay + gz = C$ hay chất lỏng bị dồn nghiêng góc α với

$$|\tan \alpha| = a/g$$



IV. Tĩnh tương đối

2. Bình chứa quay đều ($\omega = \text{const}$)

- Chọn hệ tọa độ : $Oxyz$ như hình vẽ
- Viết phương trình cân bằng:

$$dp = \rho(Xdx + Ydy + Zdz)$$

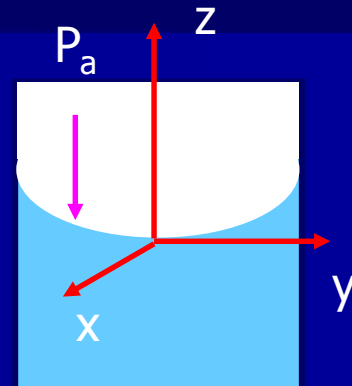
- Xác định các lực và hình chiếu: $X = \omega^2 x$; $Y = \omega^2 y$; $Z = -g$
- Tích phân : $dp = \rho(\omega^2 x dx + \omega^2 y dy - g dz) \Rightarrow p = \rho \omega^2 / 2 (x^2 + y^2) - \rho g z + C$
- Xác định hằng số C : tại $x=y=z=0 \Rightarrow p=C=p_a$

$$P = P_a + \rho \omega^2 r^2 / 2 - \rho g z$$

- Phương trình mặt đẳng áp: $dp = 0 \Rightarrow \rho \omega^2 r^2 / 2 - \rho g z = C$ hay chất lỏng bị dồn tạo paraboloid

$$\Delta h = \omega^2 r^2 / 2g$$

+ Ứng dụng: Tạo các máy đo tốc độ quay, bôi trơn ổ, lắng ly tâm...



V. Tĩnh áp lực thủy tĩnh

1. Nguyên tắc chung

- Phương chiều: áp suất hướng vào và vuông góc với mặt tác dụng
- Trị số: Xác định lực phân tử (dp trên dS) và tích phân trên S
- Điểm đặt: Sử dụng Varinhông – Mômen của hợp lực bằng tổng mômen của lực thành phần

2. Áp lực lên thành phẳng $DxDy$ nghiêng góc α

Bài tập

2. Áp lực lên thành cong

Bài tập

3. Phương pháp đồ giải

Bài tập

VI. Một số nguyên lý thủy tĩnh

1. Nguyên lý hoá rắn

Một khối chất lỏng cân bằng nếu trở nên rắn lại thì tính chất cân bằng không bị mất đi

2. Nguyên lý Acsimet

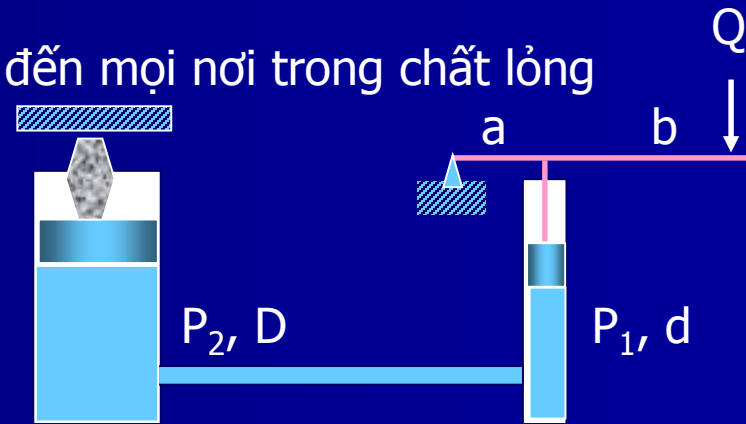
- + Vật ngập trong chất lỏng sẽ chịu một lực đẩy theo phương thẳng đứng từ dưới lên và có trị số bằng trọng lượng khối chất lỏng bị chiếm chỗ
- + C là điểm đặt của trọng tâm, D điểm đặt của lực đẩy
- + Để có trạng thái cân bằng của vật: Lực đẩy bằng trọng lượng và D phải thấp hơn C

3. Nguyên lý Pascal – máy nén thủy lực

- + Áp suất tác dụng trên mặt thoáng truyền đến mọi nơi trong chất lỏng những đại lượng như nhau
- + Tính toán máy ép thủy lực:

$$P_1 = Q(a+b)/a$$

$$P_2 = Q\omega_2(a+b)/(\omega_1 a) = Q(a+b)(D/d)^2/a$$



Bài Tập

2.1 – 2.9