

**BỘ GIAO THÔNG VẬN TẢI**  
**TRƯỜNG CAO ĐẲNG GIAO THÔNG VẬN TẢI TRUNG ƯƠNG I**

---

## **GIÁO TRÌNH**

**Môn học: Thủy lực - Thủy văn**  
**NGHỀ: XÂY DỰNG CẦU ĐƯỜNG**  
**TRÌNH ĐỘ: CAO ĐẲNG**

**Hà Nội – 2017**

## LỜI MỞ ĐẦU

Thủy lực – Thủy văn là môn học bắt buộc trong chương trình đào tạo dài hạn, nhằm trang bị cho người học nghề một số kiến thức, kỹ năng cơ bản về thủy lực thủy văn công trình.

Hiện nay các cơ sở dạy đào tạo đều đang sử dụng tài liệu giảng dạy theo nội dung tự biên soạn, chưa được có giáo trình giảng dạy chuẩn ban hành thống nhất, vì vậy các giáo viên và sinh viên đang thiếu tài liệu để giảng dạy và tham khảo.

Nhằm đáp ứng yêu cầu giảng dạy và học tập trong giai đoạn mới của nhà trường, tập thể giáo viên khoa Công trình đã biên soạn giáo trình môn học Thủy lực – Thủy văn hệ Cao đẳng, giáo trình này gồm những nội dung chính như sau:

Chương 1: Thủy tĩnh

Chương 2: Dòng chảy đều trong kênh hở

Chương 3: Chảy không đều-đập tràn

Chương 4: Đo đạc thủy văn sông ngòi

Chương 5: Xác định các đặc trưng thủy văn ứng với tần suất thiết kế công trình.

Trong quá trình biên soạn chúng tôi đã tham khảo các nguồn tài liệu sẵn có trong nước và với kinh nghiệm giảng dạy thực tế. Mặc dù đã có nhiều nỗ lực, tuy nhiên không tránh khỏi thiếu sót.

Chúng tôi rất trân trọng và cảm ơn những ý kiến đóng góp của đồng nghiệp và các nhà chuyên môn để giáo trình Thủy lực – Thủy văn đạt được sự hoàn thiện trong những lần biên soạn sau này.

## MỤC LỤC

<b>LỜI MỞ ĐẦU .....</b>	<b>1</b>
<b>MỤC LỤC .....</b>	<b>2</b>
<b>Mở đầu.....</b>	<b>3</b>
<b>Chương 1: Thủy tĩnh.....</b>	<b>6</b>
<b>Chương 2: Chảy đều trong kênh hở .....</b>	<b>11</b>
<b>Chương 3: Chảy không đều-đập tràn. ....</b>	<b>14</b>
<b>Chương 4: Đo đạc thủy văn sông ngòi .....</b>	<b>23</b>
<b>Chương 5: Xác định các đặc trưng thủy văn ứng với tần suất thiết kế công trình. ....</b>	<b>28</b>

# Mở đầu

## I. Giới thiệu môn học :

Thủy lực là một môn khoa học nghiên cứu những quy luật cân bằng và chuyển động của chất lỏng, các biện pháp áp dụng những quy luật đó vào thực tiễn. Môn học thủy lực cần thiết cho cán bộ kỹ thuật ngành giao thông, thủy lợi, cấp thoát nước... để giải quyết các công trình cầu, cống, đê, đập, thủy điện...

Thủy văn là khoa học nghiên cứu về nước, nghiên cứu nước trong tự nhiên, nguồn nước và dòng chảy. Điều tra, đo đạc thu thập và phân tích tài liệu nguồn nước - dòng chảy để phục vụ công tác thiết kế xây dựng và quản lý khai thác công trình Giao thông, Xây dựng và Thủy điện, Thủy lợi, các công trình gia cố bảo vệ bờ và các công trình cải tạo cảnh quan môi trường ...

Phương pháp nghiên cứu của môn học là kết hợp chặt chẽ giữa phân tích lý luận với phân tích tài liệu thí nghiệm thực đo, để đạt được kết quả cụ thể và giải quyết những vấn đề thực tế trong kỹ thuật.

## II. Khái niệm và các tính chất cơ bản của chất lỏng :

### 1. Khái niệm :

Vật chất tồn tại theo các dạng: thể rắn, thể lỏng, thể khí và thể hơi. Khi nghiên cứu chất lỏng là chỉ vật chất ở thể lỏng, thể khí và thể hơi. Chất lỏng có đặc điểm khác hẳn với thể rắn ở chỗ; chất lỏng biến dạng liên tục dưới tác dụng của ứng suất tiếp và tốc độ biến dạng góc.

Chất lỏng là loại vật liệu có tính dễ chảy, hình dạng của chất lỏng có thể bị thay đổi dưới tác dụng một lực vô cùng nhỏ, chất lỏng chảy dưới tác động của chính trọng lượng bản thân nó.

### 2. Các tính chất cơ bản của chất lỏng :

\* Khối lượng riêng :

$$\rho = \frac{M}{W} \quad (kg/m^3)$$

M : Tỷ số khối.

W : thể tích của khối.

Với nước cất ở nhiệt độ 4°C là  $\rho_{nc} = 1000 \text{ kg/m}^3$ .

\* Trọng lượng riêng :

$$\gamma = \rho \cdot g = \frac{M \cdot g}{W} \quad (N/m^3 \text{ hoặc } kg/m^3)$$

g : gia tốc trọng trường (rơi tự do),  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

Với nước cất ở nhiệt độ 4°C là  $\gamma_{nc} = 9810 \text{ (N/m}^3)$ ,

thủy ngân  $\gamma = 134.10^3 \text{ (N/m}^3)$

\* Tính nén và sự giãn nở do nhiệt độ của chất lỏng :

- Tính nén đ-ợc đặc tr- ng bằng hệ số nén thể tích  $\beta_w$ , đó là sự thay đổi t- ong đối giữa thể tích chất lỏng trong một đơn vị của sự biến đổi áp suất.

$$\beta_w = - \frac{1}{W} \cdot \frac{\Delta W}{\Delta P} \quad (1/Pa)$$

trong đó : W - thể tích ban đầu của chất lỏng.

$\Delta W$ - độ thay đổi thể tích khi áp suất tăng lên một l- ợng là  $\Delta P$ .

Đại l- ợng nghịch đảo của hệ số nén thể tích, gọi là mô đun đàn hồi của chất lỏng  $E_o$

$$E_o = 1/\beta_w \quad (Pa)$$

- Tính giãn nở của chất lỏng hạt đ-ợc đặc tr- ng bằng hệ số giãn nở do nhiệt độ  $\beta_t$ , đó là l- ợng tăng t- ong đối thể tích chất lỏng khi nhiệt độ tăng lên 1 độ.

$$\beta_t = \frac{1}{W} \cdot \frac{\Delta W}{\Delta t} \quad (1/độ)$$

$\Delta W$ - độ thay đổi thể tích khi nhiệt độ tăng lên một l- ợng là  $\Delta t$

\* *Tính nhớt* : là tính chất của chất lỏng chống lại sự dịch chuyển, tất cả các loại chất lỏng thực đều có tính nhớt nhất định, đ-ợc thể hiện d- ới dạng ma sát trong khi có sự di chuyển t- ong đối giữa các phần tử chất lỏng. Ngoài các chất lỏng dễ chảy (n- ớc) còn có những loại chất lỏng rất nhớt, có sự chống lại sự di chuyển rất lớn (mỡ nặng, glixerin). Do vậy, tính nhớt đặc tr- ng cho độ chảy của chất lỏng hoặc tính di chuyển của các phần tử.

Trong chuyển động này xuất hiện ứng suất tiếp, đ-ợc ký hiệu bằng chữ  $\tau$ .

$$\tau = \pm \mu \cdot \frac{du}{dn} \quad (N/m^2)$$

$\mu$  - hệ số nhớt động lực hay hệ số nhớt tuyệt đối (Pa.s hoặc N.s/m<sup>2</sup>)

$\frac{du}{dn}$  - Gradien vận tốc theo ph- ơng n

Lực nội ma sát trong chất lỏng là :

$$F = \tau \cdot S = \pm S \cdot \mu \cdot \frac{du}{dn}$$

S - diện tích tiếp xúc các lớp chất lỏng

\* *Sức căng mặt ngoài* : đ-ợc thể hiện khả năng chịu đ-ợc ứng suất kéo không lớn tác dụng trên mặt tự do phân chia chất lỏng với chất khí hoặc trên mặt tiếp xúc giữa chất lỏng với chất rắn.

$$E_{bm} = \sigma \cdot S$$

$E_{bm}$  - năng l- ợng bề mặt.

S - diện tích bề mặt phân cách.

$\sigma$  - hệ số sức căng mặt ngoài, phụ thuộc vào bản chất thiên nhiên của hai môi tr- ờng tiếp xúc.

$$\sigma = - \frac{R}{l}$$

R- sức căng mặt ngoài.

l - chiều dài của hai mặt tiếp xúc.

### **III. Khái niệm chất lỏng lý tưởng :**

Chất lỏng lý tưởng là chất lỏng giả định, có tính dịch chuyển tuyệt đối, tức là hoàn toàn không nhớt, cũng như không nén tuyệt đối, không giãn nở khi nhiệt độ thay đổi và tuyệt đối không có khả năng chống lại lực cắt. Do đó chất lỏng không nhớt là một mô hình của chất lỏng thực. Các kết luận, nhận được từ các tính chất của chất lỏng không nhớt, để dùng được trong thực tế cần có thêm các hệ số điều chỉnh.

# Chương 1: Thủy tĩnh

## BÀI 1

### KHÁI NIỆM VÀ TÍNH CHẤT CỦA ÁP SUẤT THỦY TĨNH

#### I. Khái niệm áp suất thủy tĩnh :

Trong chất lỏng tĩnh, ứng suất tiếp tại điểm bất kỳ bằng không và trạng thái ứng suất đ-ợc xác định chỉ bằng tác động tổng hợp của ứng suất pháp, bằng nhau theo các trục toạ độ ( $\sigma_x = \sigma_y = \sigma_z = \sigma$ ). Do đó, các ứng suất  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$ ,  $\sigma_z$  và  $\sigma$  là ứng suất nén, vì chất lỏng không chống lại đ-ợc lực kéo. Đại l-ợng bằng mô đun ứng suất  $\sigma$ , trong cơ học chất lỏng đ-ợc gọi là áp suất thủy tĩnh tại một điểm và đ-ợc ký hiệu là  $p$  (đơn vị N).

$$p = [\sigma]$$

#### II. Hai tính chất cơ bản của áp suất :

1. *Tính chất thứ nhất* : áp suất thủy tĩnh tác dụng thẳng góc với diện tích chịu lực và h-ớng vào diện tích ấy.

2. *Tính chất thứ hai* : trị số áp thủy tĩnh ở một điểm bất kỳ không phụ thuộc vào h-ớng đặt của diện tích chịu lực ở điểm ấy.

#### III. Công thức tính áp suất thủy tĩnh :

$$T_{nj} = \sigma_{ij} \cdot n_i = -p_o \cdot n_i$$

trong đó :  $T_{nj}$  - ứng suất nén tại điểm.

$\sigma_{ij}$  - ten xơ ứng suất.

$p_o$  - áp suất thủy tĩnh.

$n_i$  - h-ớng pháp tuyến tại một điểm.

Ten xơ ứng suất có dạng :  $\sigma_{ij} = -p_o$

tức là chỉ có thành phần pháp tuyến :

$$\sigma_{11} = \sigma_{22} = \sigma_{33} = \sigma_x = \sigma_y = \sigma_z = \sigma_n = -p_o$$

Đơn vị áp suất là  $N.m^{-2}$ , trong kỹ thuật áp suất th-ờng đo bằng átmốtphê(at).

$$1at = 9,81.10^4 N.m^{-2}$$

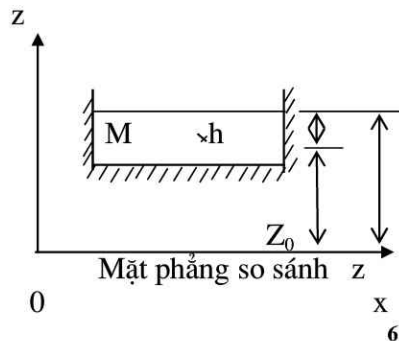
## Bài 2

### Ph-ơng trình cơ bản thủy tĩnh

#### I. Ph-ơng trình cơ bản thủy tĩnh học :

$$z + \frac{p}{\gamma} = z_o + \frac{p_o}{\gamma} = \text{const} \quad (1)$$

$$p = p_o + \gamma \cdot h \quad (2)$$



Đây là hai ph- ơng trình cơ bản của thủy tĩnh học, nó biểu thị quy luật phân bố áp suất thủy tĩnh trong chất lỏng đứng cân bằng.

trong đó :

$z, z_0$  - khoảng cách từ mặt chuẩn (ox) đến điểm M và đến mặt thoáng.

$p, p_0$  - áp suất thủy tĩnh tuyệt đối và áp suất trên mặt thoáng.

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

$g$  - gia tốc rơi tự do.

$\rho$  - khối l- ượng riêng chất lỏng.

$h = z_0 - z$  chiều sâu của điểm M.

## II. Ý nghĩa của ph- ơng trình cơ bản thủy tĩnh học :

\* Ý nghĩa hình học :

$$z + \frac{P}{\gamma} = \text{const}$$

Tổng số độ cao hình học  $z$  của điểm đang xét đối với mặt chuẩn nằm ngang với độ cao áp suất  $\frac{P}{\gamma}$  tại điểm đó là một hằng số đối với bất kỳ điểm nào của chất lỏng hay cột n- ớc thủy tĩnh đối với bất kỳ điểm nào cũng là hằng số.

Trong đó cột n- ớc thủy tĩnh là :  $H = z + \frac{P}{\gamma}$

\* Ý nghĩa năng l- ượng :

Tổng vị năng l- ượng đơn vị  $z$  và áp năng đơn vị  $\frac{P}{\gamma}$  đối với một điểm bất kỳ trong chất lỏng cân bằng là một hằng số.

Thật vậy xét khối chất lỏng bao quanh điểm A ở độ cao  $z$ , có trọng l- ượng  $G$ , sẽ có thể năng so với mặt chuẩn nằm ngang  $G.z$ . Khi ống đo gắn vào A, chất lỏng dâng lên độ cao  $h = \frac{P}{\gamma}$ , nên khối l- ượng chất lỏng chịu một áp năng  $G.h$ , rõ ràng khối

chất lỏng chịu thế năng bằng tổng vị năng và áp năng  $G.z + G.h$

Vậy thế năng đối một đơn vị trọng l- ượng là :

$$z + h \text{ hoặc } z + \frac{P}{\gamma}$$

## Bài 3

### Các loại áp suất, đo cao áp suất

#### I. Các loại áp suất :

1. Áp suất tuyệt đối :

$$P_{td} = P_0 + \gamma \cdot h$$

2. Áp suất t- ơng đối (áp suất d-): là áp suất tuyệt đối đã bớt đi áp suất khí quyển.



$$P_d = P_{td} - P_a$$

nếu  $p_o = p_a$  thì  $p_d = \gamma \cdot h$

$$p_d > 0 \text{ khi } p_{td} > p_a$$

$$p_d < 0 \text{ khi } p_{td} < p_a$$

3. **Áp suất chân không** : khi áp suất  $p_d$  là âm thì hiệu số của  $(p_a - p_{td})$ , là áp suất chân không.

$$P_{ch.kh} = - P_d$$

## II. Cách đo áp suất :

Áp suất tại một điểm đo bằng chiều cao cột chất lỏng ( $n$ -ớc, thủy ngân, r-ượu...) kể từ điểm đang xét đến mặt thoáng. Vậy có thể biểu thị các áp suất nh- sau :

$p_{td}$	bằng	$h_{td} = p_{td}/\gamma$
$p_d$	bằng	$h_d = p_d/\gamma$
$p_{ch.kh}$	bằng	$h_{ch.kh} = p_{ch.kh}/\gamma$

Vì  $p_{ch.kh.max} < p_a$  (t-ong đ-ong 10m  $H_2O$ ), cho nên  $h_{ch.kh} < 10m$ . Trong kỹ thuật quy-ớc lấy  $p_a = 9,81 \cdot 10^4 N \cdot m^{-2}$ , gọi tắt là átmốtphe kỹ thuật.

## Bài 4

### Định luật Patcan

#### I. Định luật :

Độ biến thiên của áp suất thủy tĩnh trên mặt giới hạn (mặt thoáng), một thể tích chất lỏng cho tr-ớc đ-ợc di truyền nguyên vẹn đến tất cả các điểm của thể tích chất lỏng đó.

$$p_A = (p_o + \Delta p) + h_o$$

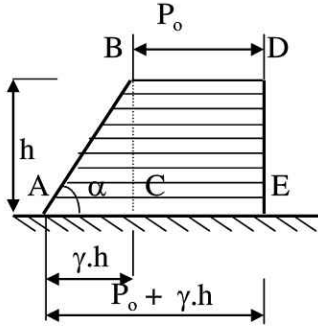
$p_A$  : áp suất tại điểm A.  
 $p_o$  : áp suất trên mặt thoáng.  
 $\Delta p$  : áp suất tăng thêm.  
 $h_o$  : chiều sâu của điểm A.

#### II. Ứng dụng :

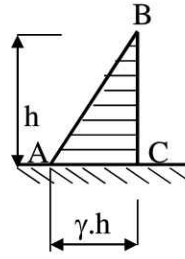
+ Khi mật độ chất lỏng không đổi, chỉ phụ thuộc vào chiều sâu  $h$  của điểm đang xét. Đại l-ợng đó trong thủy lực gọi là áp suất do cột chất lỏng có chiều cao là  $h$  và đáy là một đơn vị diện tích tạo nên. Khi chất lỏng có mặt thoáng tiếp xúc với khí trời, tức là  $P_o$  bằng áp suất khí trời  $P_a$  thì số hạng thứ 2 ( $\gamma \cdot h$ ) đ-ợc gọi là áp suất  $d-$ .

$$P = P_a + P_d$$

+ Sự phân bố áp suất thủy tĩnh theo chiều đứng phụ thuộc tuyến tính vào chiều sâu của điểm đang xét và có thể biểu diễn bằng đồ thị  $d-$ ới dạng hình thang đối với áp suất toàn phần và hình tam giác đối với áp suất  $d-$ . Cần l-u ý cotang của góc nghiêng đ-ờng biểu thị sự biến đổi áp suất (AB) tỷ lệ thuận với mật độ chất lỏng.



(áp suất toàn phần)



(áp suất d-)

## BÀI 5

# XÁC ĐỊNH ÁP LỰC THỦY TĨNH TÁC DỤNG VÀO THÀNH RẮN PHẪNG

### 1. Trị số áp lực :

Trị số áp lực thủy tĩnh lên thành phẳng bằng áp suất thủy tĩnh tại trọng tâm C của thành phẳng, nhân với diện tích của thành đó.

$$P = P_c \cdot \omega = (P_o + \gamma \cdot h_c) \cdot \omega$$

$P_c$  : áp suất thủy tĩnh tại trọng tâm C.

$\omega$  : diện tích thành phẳng.

$P_o$  : áp suất tại mặt tự do của chất lỏng.

$h_c$  : độ sâu của trọng tâm C tính từ mặt chất lỏng.

Nếu  $P_o = P_a$ , tức là mặt n-ớc thông với không khí thì :

$$P = \gamma \cdot h_c \cdot \omega$$

### 2. Điểm đặt của tâm áp lực :

\* *Phương pháp giải tích* :

$$Y_D = Y_C + \frac{I_C}{Y_C \cdot \omega}$$

$Y_D, Y_C$  : khoảng cách tính theo chiều nghiêng của thành từ điểm D, điểm C đến mặt chất lỏng.

$I_C$  : mô men quán tính của diện tích thành phẳng đối với trục nằm ngang đi qua trọng tâm C.

\* *Phương pháp đồ giải* : khi thành phẳng là hình chữ nhật hoặc hình vuông có cạnh nằm ngang thì :

$$Y_D = \frac{2}{3} \cdot \frac{H}{\sin \alpha} ; h_D = \frac{2}{3} \cdot H$$

H : khoảng cách từ đáy lên mặt n-ớc.

$\alpha$  : góc hợp bởi giữa ph-ong nằm ngang với mặt phẳng tính.