



TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP TP HỒ CHÍ MINH
VIỆN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ & QUẢN LÝ MÔI TRƯỜNG

TaiLieu.vn

BÀI GIẢNG

THUYẾT LỰC MÔI TRƯỜNG

GIẢNG VIÊN: TS. HUỖNH PHÚ

TP. HỒ CHÍ MINH 2008



LỜI NÓI ĐẦU

Bài giảng **Thủy lực Môi trường** được biên soạn để phục vụ cho việc học tập môn Thủy lực Môi trường của sinh viên Viện Khoa học Công nghệ và Quản lý Môi trường – Trường Đại học Công nghiệp TP Hồ Chí Minh, góp phần nâng cao chất lượng đào tạo kỹ sư các ngành trong Viện.

Tập bài giảng được chia làm 7 chương (*Chương 1. Mở đầu; Chương 2. Tĩnh học của chất lỏng; Chương 3. Cơ sở động lực học chất lỏng; Chương 4. Tổn thất thủy lực; Chương 5. Dòng chảy qua lỗ và vòi- dòng tia; Chương 6. Dòng chảy ổn định trong ống có áp; Chương 7. Dòng chảy đều trong kênh hở*), bao gồm những kiến thức cơ bản về cơ học lưu chất ứng dụng trong ngành cấp thoát nước và môi trường... Mà mọi kỹ sư cần phải nắm được, đây là môn cơ sở để nắm vững các môn chuyên sâu khác.

Tập bài giảng đưa ra khái quát các vấn đề, sử dụng những kiến thức toán học chọn lọc và một số cách giải quyết cơ bản để sinh viên có điều kiện tiếp cận nhanh nhất với môn học. Khi cần đi sâu, đề nghị các bạn tham khảo thêm các tài liệu về Cơ học chất lỏng và Thủy lực học ...

Được sự phân công của Viện Khoa học Công nghệ và Quản lý Môi trường; Bộ môn Công nghệ Môi trường, đây là những cố gắng bước đầu, còn có những hạn chế, chắc chắn không thể tránh khỏi những thiếu sót, rất mong sự đóng góp của các đồng nghiệp và đông đảo bạn đọc.

MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
<i>Lời nói đầu</i>	<i>1</i>
Chương 1. Mở đầu	1
1.1. Nội dung môn học	1
1.2. Sơ lược lịch sử phát triển môn thủy lực	2
1.3. Khái niệm về chất lỏng trong thủy lực	3
1.4. Những đặc tính vật lý chủ yếu của chất lỏng	4
1.5. Lực tác dụng	6
Chương 2. Tĩnh học của chất lỏng	8
2.1. Áp suất thủy tĩnh- Áp lực	8
2.2. Hai tính chất cơ bản của áp suất thủy tĩnh	9
2.3. Mặt đẳng áp	10
2.4. Phương trình cơ bản của thủy tĩnh học	10
2.5. Định luật bình thông nhau	12
2.6. Định luật Pascal	12
2.7. Các loại áp suất	13
2.8. Ý nghĩa hình học và năng lượng của phương trình cơ bản trong thủy tĩnh học	16
2.9. Biểu đồ phân bố áp suất thủy tĩnh	17
2.10. Áp lực chất lỏng lên thành phẳng có hình dạng bất kỳ	19
2.11. Áp lực chất lỏng lên thành phẳng hình chữ nhật có đáy nằm ngang	21
2.12. Áp lực của chất lỏng lên thành cong	24
2.13. Định luật Acsimet	28
2.14. Sự cân bằng của vật rắn ngập hoàn toàn trong chất lỏng	30
2.15. Sự cân bằng của vật rắn nổi trên mặt tự do của chất lỏng	30
Chương 3. Cơ sở động lực học chất lỏng	34
3.1. Những khái niệm chung	34
3.2. Chuyển động không ổn định và chuyển động ổn định	34
3.3. Quỹ đạo – đường dòng	35
3.4. Dòng nguyên tố - dòng chảy	36
3.5. Những yếu tố thủy lực của dòng chảy	36
3.6. Phương trình thủy lực của dòng chảy ổn định	38
3.7. Phương trình Bécnu-li của dòng nguyên tố chất lỏng lý tưởng chảy ổn định	40
3.8. Phương trình Bécnu-li của dòng nguyên tố chất lỏng thực chảy ổn định	42
3.9. Ý nghĩa năng lượng và thủy lực của phương trình Becnuli viết cho dòng nguyên tố chảy ổn định	42
3.10. Độ dốc thủy lực và độ dốc đo áp của dòng nguyên tố	45
3.11. Phương trình Becnuli của toàn dòng (có kích thước hữu hạn) chất lỏng thực chảy ổn định	46
3.12. Ứng dụng của phương trình Becnuli trong việc đo lưu tốc và lưu lượng	51
3.13. Phân loại dòng chảy	53

Chương 4. Tổn thất thủy lực	55
4.1. Các dạng tổn thất cột nước	55
4.2. Phương trình cơ bản của dòng chất lỏng chảy đều	55
4.3. Hai trạng thái chuyển động của chất lỏng	57
4.4. Công thức tổng quát Dácxi tính tổn thất cột nước h_d trong dòng chảy đều- Công thức Sêdi	61
4.5. Trạng thái chảy tầng trong ống	63
4.6. Trạng thái chảy rối trong ống	66
4.7. Công thức xác định những hệ số λ và C để tính tổn thất cột nước dọc đường của dòng chảy đều trong các ống và kênh hở	69
4.8. Tổn thất cột nước cục bộ- những đặc điểm chung	73
4.9. Tổn thất cục bộ khi dòng dẫn đột ngột mở rộng. Công thức Boocda	76
4.10. Một số dạng tổn thất cục bộ trong ống	77
Chương 5. Dòng chảy qua lỗ và vòi- Dòng tia	80
5.1. Dòng chảy qua lỗ	80
5.2. Dòng chảy qua vòi	93
5.3. Dòng tia	98
Chương 6. Dòng chảy ổn định trong ống có áp	103
6.1. Các khái niệm cơ bản về đường ống, những công thức tính toán cơ bản	103
6.2. Tính toán thủy lực về ống dài	105
6.3. Tính toán thủy lực về ống ngắn- Tính toán thủy lực đường ống của máy bơm ly tâm	115
6.4. Hiện tượng nước va	122
Chương 7. Dòng chảy đều trong kênh hở	131
7.1. Những khái niệm cơ bản	131
7.2. Các yếu tố thủy lực của mặt cắt ướt của dòng chảy trong kênh	133
7.3. Mặt cắt có lợi nhất về thủy lực	134
7.4. Lưu tốc cho phép không xói và không lắng của kênh hở	136
7.5. Những bài toán cơ bản về dòng chảy đều trong kênh hở hình thang	137
7.6. Tính toán kênh có điều kiện thủy lực phức tạp	142
7.7. Tính toán thủy lực cho dòng chảy đều không áp trong ống	146

CHƯƠNG 1. MỞ ĐẦU

1.1. NỘI DUNG MÔN HỌC.

Thủy lực là một môn học khoa học nghiên cứu các quy luật cân bằng và chuyển động của của chất lỏng đặc biệt là nước và những phương pháp ứng dụng các quy luật đó vào thực tiễn.

Môn Thủy lực còn được gọi là Cơ học chất lỏng ứng dụng, là môn khoa học ứng dụng.

Kiến thức về thủy lực rất cần cho các cán bộ làm công tác khoa học kỹ thuật của các ngành có liên quan đến chất lỏng.

Nội dung môn học có hai phần chính: thủy tĩnh và thủy động.

Phần thủy tĩnh nghiên cứu các quy luật của chất lỏng ở trạng thái tĩnh (trạng thái cân bằng) như áp suất và áp lực của chất lỏng tác dụng vào mặt tiếp xúc, sự ổn định của vật rắn trong chất lỏng...

Phần thủy động nghiên cứu các quy luật của chất lỏng ở trạng thái chuyển động và vận dụng các quy luật đó để nghiên cứu về dòng chất lỏng chảy trong ống, kênh, sông, dòng chảy qua các công trình, dòng thấm...

Vì vậy, thủy lực còn là một môn học cơ sở cho các môn kỹ thuật chuyên ngành như cấp thoát nước, giao thông, thủy lợi cầu cảng, xây dựng...

Hệ đo lường dùng trong thủy lực là: hệ kỹ thuật MkGS (m, kG, s) và hệ đo lường quốc tế SI (m, kg, s).

Quan hệ giữa các đơn vị:

+ Lực: đo bằng Niuton (được kí hiệu là N) và cũng được đo bằng kilôgam lực (kí hiệu kG).

$$1\text{N} = 1\text{kg} \cdot 1 \text{ m/s}^2 = 1\text{mkgs}^{-2};$$

$$1\text{kG} = 9,81\text{N};$$

$$1\text{N} = 0,102\text{kG}.$$

+ Áp suất: đo bằng Pascal (Pa): kG/cm²; N/m²; atmophe (atm); chiều cao cột chất lỏng chắn hạn: mmHg; m cột nước...

$$1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2;$$

$$1\text{atm} = 1 \text{ kG/cm}^2 = 98.100 \text{ N/m}^2 \dots$$

1.2. SƠ LƯỢC LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN MÔN THỦY LỰC.

Loài người sống và sản xuất, có liên quan mật thiết tới nước. Từ lâu con người đã biết khơi giếng, đào mương, đắp đê, xây đập để giải quyết những nhu cầu về nước phục vụ đời sống và nông nghiệp ... Trong quá trình đấu tranh với thiên nhiên về chống thủy tai, phát triển thủy lợi, con người có những nhận thức ngày càng sâu sắc về quy luật vận động của nước.

Công trình khoa học thủy lực đầu tiên của Áccimét (năm 250 trước công nguyên) có thể coi là luận văn “về vật nổi”. Đến thế kỉ thứ XV công trình của nhà bác học người Ý là Leôna đơ Vanhxi (1564-1642) luận về “sự vận động của nước và sự đo lường nước” phát biểu về sức cản thủy lực. Kế tiếp đó khoa học kĩ thuật ngày càng phát triển, môn thủy lực trở thành một môn khoa học độc lập, với nhiều công trình nghiên cứu như của Galilê (1564-1642), Torixeli (1608-1647), Patascan (1623-1662), v.v... Sang thế kỉ thứ XVIII, XIX thủy lực đã trở thành một môn khoa học hiện đại, nhờ những định luật cơ bản của vật lí, đặc biệt của cơ học lý thuyết làm nền tảng; nhất là từ khi xuất hiện “phương trình Becnuly” (1700- 1782) suy ra trên cơ sở vận dụng định luật vật lí về biến đổi động năng và “phương trình vi phân chuyển động của chất lỏng lý tưởng” Ôtê tìm ra trên giả thiết cơ bản là coi chất lỏng như một môi trường liên tục và vận dụng những hàm số liên tục. Những cống hiến lớn trong thời kỳ này về phương diện lý luận cho môn thủy lực còn có những công trình của Navie, Lagorănggiơ, Sanhvorăng, Stóc, Hemhôn, Gorômêca... Song nhiều vấn đề thủy lực của thế kỉ XVIII, XIX vẫn chưa thể giải quyết được, nếu chỉ dựa vào việc nghiên cứu của thế kỉ XVIII, XIX vẫn chưa thể giải quyết, nếu chỉ dựa vào những nghiên cứu thực nghiệm; trong đó những công trình lớn là của Sêdi, Bócđã, Văngturi, Bôđôn, Bêlăngiê, Haghen, Đácxi, Vetsbát, v.v...

Cuối thế kỉ XIX, đầu thế kỉ XX, thời đại tiến bộ vượt bậc của khoa học kĩ thuật, để giải quyết nhiều vấn đề phức tạp trong sản xuất, ở mọi lĩnh vực khoa học kĩ thuật đều có sự kết hợp chặt chẽ giữa phương pháp nghiên cứu lí luận và thực tiễn. Trong khoa học thủy lực cũng thể hiện rõ ràng xu hướng đó; như công trình nghiên cứu về chuyển động tầng và chuyển động rối của Râyôn, lí thuyết cánh của Giucôpski, lí thuyết rối của Porantơ, Cácman; Conmôgôrôp, Pavolôpski, v.v...

Ở Việt Nam, nhân dân ta từ lâu đã biết xây dựng nhiều công trình thủy lợi chống lũ lụt, để tưới tiêu, giao thông đường thủy và cũng biết dùng sức để đưa nước lên cao tưới ruộng, giã gạo, v.v...

Từ ngày đất nước ta hoàn toàn giải phóng, công tác thủy lợi cũng được phát triển mạnh mẽ. Đến nay đã xây dựng được một mạng lưới thủy nông gồm hàng ngàn công trình loại vừa và lớn, hàng vạn công trình loại nhỏ thu hẹp diện tích úng lụt, tưới tiêu cho các diện tích giao trồng. Một số công trình hồ chứa nước lớn đã được thiết kế, thi công và đưa vào sử dụng phục vụ cho việc chống lũ, phát điện, giao thông đường thủy, tưới tiêu... Nhiều công trình thủy điện lớn như Thác Bà, Sông Đà ... và hàng loạt các

công trình vừa và nhỏ đã được đưa vào khai thác. Về mặt khoa học thủy lực, môn thủy lực đã được giảng dạy thành môn cơ sở kỹ thuật trong các trường kỹ thuật ở nước ta. Một số phòng thử nghiệm thủy lực nghiên cứu giải quyết các vấn đề thủy lực trong khảo sát, thiết kế, thi công đã được thành lập; chúng ta đã và đang nhanh chóng tiếp thu những thành tựu khoa học kỹ thuật hiện đại của thế giới, vận dụng sáng tạo và điều kiện cụ thể của Việt Nam.

1.3. KHÁI NIỆM VỀ CHẤT LỎNG TRONG THỦY LỰC.

Chất lỏng và chất khí khác chất rắn ở chỗ môi liên hệ cơ học giữa các phân tử trong chất lỏng, và chất khí rất yếu, nên chất lỏng và chất khí có tính di động dễ chảy hoặc nói một cách khác là nó có tính chảy. Tính chảy thể hiện ở chỗ các phân tử trong chất lỏng và chất khí có chuyển động tương đối đối với nhau khi các chất lỏng và chất khí chuyển động; tính chảy còn thể hiện ở chỗ chúng không có hình dạng riêng, mà lấy hình dạng của bình chứa chất lỏng, chất khí đứng tĩnh; vì thế chất lỏng và chất khí còn gọi là chất chảy.

Chất lỏng khác chất khí ở chỗ khoảng cách giữa các phân tử trong chất lỏng so với chất khí rất nhỏ nên sinh ra sức dính phân tử rất lớn; tác dụng của sức dính phân tử này làm cho chất lỏng giữ được thể tích hầu như không thay đổi dấu có bị thay đổi về áp lực, nhiệt độ. Nói cách khác chất lỏng chống lại được sức nén, không co lại trong khi chất khí dễ dàng co lại khi bị nén. Vì thế, người ta cũng thường gọi chất lỏng là chất chảy không nén được và chất khí là chất chảy nén được.

Tính chất không nén được của chất lỏng đồng thời cũng là tính không dẫn ra của nó; nếu chất lỏng bị kéo thì khối liên tục của chất lỏng bị phá hoại, trái lại chất khí có thể dẫn ra chiếm hết được thể tích của bình chứa nó.

Tại mặt tiếp xúc giữa chất lỏng và chất khí, hoặc với chất rắn, hay một chất lỏng khác do lực hút, đẩy giữa các phân tử sinh ra sức căng mặt ngoài; nhờ có sức căng mặt ngoài nên một thể tích nhỏ của chất lỏng đặt ở môi trường trọng lực sẽ có dạng từ hạt. Vì vậy, chất lỏng còn được gọi là chất chảy dạng hạt; tính chất này không có ở chất khí.

Trong thủy lực, chất lỏng được coi như môi trường liên tục. Với giả thiết này trong môn thủy lực không nghiên cứu những vận động phân tử trong nội bộ chất lỏng mà chỉ nghiên cứu những vận động cơ học của chất lỏng dưới tác dụng của ngoại lực. Ngoài ra, nhờ giả thiết này, có thể coi sự phân bố vật chất và những đặc trưng vật lý của chất lỏng là liên tục, do đó dùng được những hàm số liên tục trong toán học để nghiên cứu.

Vì vậy trong môn thủy lực các nghiên cứu và tính toán được dựa trên giả thiết cơ bản là có tính liên tục, tính chảy, tính không nén được.

1.4. NHỮNG ĐẶC TÍNH VẬT LÝ CHỦ YẾU LÀ CHẤT LỎNG.

1. Chất lỏng cũng như mọi vật thể là có khối lượng.

Đặc tính đó được biểu thị bằng khối lượng đơn vị ρ (còn gọi là khối lượng riêng, hoặc “mật độ”). Đối với chất lỏng đồng nhất, khối lượng đơn vị ρ bằng tỉ số khối lượng M đối với thể tích W .

$$\rho = \frac{M}{W} \text{ (kg/m}^3\text{)} \quad (1-1)$$

Đối với nước, khối lượng đơn vị lấy bằng khối lượng của đơn vị thể tích nước cất nhiệt độ $+4^\circ\text{C}$, $\rho = 1000\text{kg/m}^3$.

2. Hệ quả của đặc tính thứ nhất là đặc tính thứ hai.

Đặc tính thứ hai – chất lỏng có trọng lượng – được biểu thị bằng trọng lượng đơn vị (còn gọi là trọng lượng riêng hoặc trọng lượng thể tích). Đối với chất lỏng đồng chất trọng lượng đơn vị bằng tích số của khối lượng đơn vị với gia tốc rơi tự do g ($g = 9,81\text{m/m}^2$).

$$\gamma = \rho \cdot g = \frac{M \cdot g}{W} \text{ (N/m}^3\text{)} \quad (1-2)$$

Mà: $M \cdot g = G$ (trong đó G – trọng lượng)

$$\text{Vậy: } \gamma = \frac{G}{W} \quad (1-2)$$

Đối với nước ở nhiệt độ $+4^\circ\text{C}$ thì $\gamma = 9.810\text{N/m}^3$

Đối với thủy ngân: $\gamma = 134.000\text{N/m}^3 = 13.600 \text{ kg/m}^3$.

3. Tính thay đổi thể tích khi thay đổi áp suất và nhiệt độ.

Bằng thực nghiệm ta thấy chất lỏng hầu như không thay đổi thể tích khi có sự thay đổi áp suất và nhiệt độ.

- Trong trường hợp thay đổi áp suất, ta dùng hệ số co thể tích β_w để biểu thị độ giảm tương đối của thể tích chất lỏng dW ứng với độ tăng áp suất dp lên một đơn vị áp suất; hệ số β_w biểu thị bằng công thức.

$$\beta_w = -\frac{1}{W} \cdot \frac{dW}{dp} \text{ (m}^2/\text{N)} \quad (1-3)$$

Thí nghiệm cho thấy trong phạm vi áp suất từ 1 đến 500 atmôphe và nhiệt độ 0 đến 20°C thì hệ số co thể tích của nước $\beta_w = 0,00005 \text{ cm}^2/\text{kG} \approx 0$.

Số đảo của hệ số co thể tích gọi là môđun đàn hồi K .

$$K = \frac{1}{\beta_w} = -W \frac{dp}{dW} (N / m^2) \quad (1-4)$$

- Trong trường hợp thay đổi nhiệt độ; ta dùng hệ số dẫn nở vì nhiệt độ β_t để biểu thị sự biến đổi tương đối của thể tích chất lỏng W ứng với sự tăng nhiệt độ lên 1°C , hệ số β_t biểu thị bằng công thức:

$$\beta_t = \frac{1}{W} \cdot \frac{dW}{dt} \quad (1-5)$$

Thí nghiệm chứng tỏ trong điều kiện áp suất không khí thì ứng với $t = 4 \div 10^\circ\text{C}$ ta có $\beta_t = 0,000015$. Như vậy chất lỏng có thể coi như không co giãn thể tích dưới tác dụng của nhiệt độ.

4. Chất lỏng có sức căng mặt ngoài.

Chất lỏng có khả năng chịu được ứng suất kéo không lớn lắm tác dụng lên mặt tự do, phân chia chất lỏng với chất khí hoặc mặt tiếp xúc chất lỏng với chất rắn.

Sự xuất hiện sức căng mặt ngoài được giải thích là để cân bằng với sức hút phân tử của chất lỏng tại vùng lân cận mặt tự do, vì ở vùng này sức hút giữa các phân tử chất lỏng không cân bằng nhau như ở vùng xa mặt tự do. Do đó có khuynh hướng giảm nhỏ diện tích mặt tự do và làm cho mặt tự do có một độ cong nhất định. Do sức căng mặt ngoài mà giọt nước có dạng hình cầu. Chúng ta dùng một ống có đường kính khá nhỏ cắm vào chậu nước, có hiện tượng mực nước trong ống dâng cao mặt nước tự do ngoài chậu nước; nếu chất lỏng này là thủy ngân thì lại có hiện tượng mặt tự do trong ống hạ thấp hơn mặt thủy ngân ngoài chậu. Đó là hiện tượng mao dẫn, do tác dụng của sức căng mặt ngoài gây nên; mặt tự do của chất lỏng trong trường hợp đầu là mặt lõm, trong trường hợp sau là mặt lồi.

Sức căng mặt ngoài đặc trưng bởi hệ số σ , biểu thị sức kéo dính trên một đơn vị dài của “đường tiếp xúc”. Hệ số σ phụ thuộc loại chất lỏng và nhiệt độ. Trong trường hợp nước tiếp xúc với không khí ở 20°C ta thấy $\sigma = 0,076\text{N/m}$, khi nhiệt độ tăng lên, σ giảm đi. Đối với thủy ngân cũng trong điều kiện trên, thì $\sigma = 0,540\text{N/m}$, tức là lớn hơn gần 7,5 lần so với nước.

Trong đa số hiện tượng thủy lực ta không cần xét đến ảnh hưởng của sức căng mặt ngoài, vì trị số rất nhỏ so với những lực khác. Thường phải tính sức căng mặt ngoài trong trường hợp có hiện tượng mao dẫn, ví dụ trong trường hợp dòng thấm dưới đất.

5. Chất lỏng có tính nhớt.

Tính nhớt trong thủy lực rất quan trọng, vì nó là nguyên nhân sinh ra tổn thất năng lượng khi chất lỏng chuyển động.

Khi các lớp chất lỏng chuyển động, giữa chúng có sự chuyển động tương đối và nảy sinh ra tác dụng lôi đi, kéo lại, hoặc nói cách khác, giữa chúng nảy sinh ra chất ma

sát tạo nên sự chuyển biến một bộ phận cơ năng của chất lỏng thành nhiệt năng và mất đi. Sức ma sát này gọi là ma sát trong (nội ma sát). Tính này sinh ra ma sát trong hoặc nói một cách khác tính chất này sinh ra ứng suất tiếp giữa các lớp chất lỏng chuyển động gọi là tính nhớt của chất lỏng. Tính nhớt là biểu sức dính phân tử của chất lỏng; khi nhiệt độ tăng cao, mỗi phân tử dao động mạnh hơn xung quanh vị trí trung bình của phân tử; do đó sức dính phân tử kéo đi và độ nhớt của chất lỏng giảm xuống. Mỗi chất lỏng đều có tính nhớt. Tính nhớt của chất lỏng được đặt trưng bởi hệ số ν .

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (1-6)$$

Trong đó: μ - hằng số tỉ lệ phụ thuộc loại chất lỏng gọi là hệ số nhớt động lực.

ρ - khối lượng đơn vị.

ν - hệ số nhớt động.

Đơn vị đo hệ số nhớt động ν trong hệ số đo lường hợp pháp là m^2/s ; đơn vị cm^2/s được gọi là Stốc.

Năm 1886, I. Niuton đã nêu giả thiết và quy luật ma sát trong của chất lỏng và sau đó được rất nhiều thí nghiệm xác nhận là đúng.

Sức ma sát giữa các lớp chất lỏng chuyển động thì tỉ lệ với diện tích tiếp xúc của các lớp ấy, không phụ thuộc áp lực mà phụ thuộc vào vận tốc và loại chất lỏng. Những chất lỏng tuân theo định luật ma sát trong của Niuton gọi là chất lỏng thực hoặc chất lỏng Niuton. Môn thủy lực nghiên cứu chất lỏng Niuton. Những chất lỏng như bê tông chảy, vữa xây dựng, vữa sét được sử dụng khi khoan giếng, vữa koloit v.v... cũng chảy nhưng không tuân theo định luật Niuton gọi là chất lỏng không Niuton (phi Niuton).

6. Chất lỏng lý tưởng (còn gọi là chất lỏng không nhớt).

Trong khi nghiên cứu đối với một số vấn đề có thể dùng khái niệm chất lỏng lý tưởng thay thế khái niệm chất lỏng thực. Chất lỏng lý tưởng là chất lỏng tưởng tượng, nó không có tính nhớt, tức là hoàn toàn không có ma sát trong khi chuyển động. Khi nghiên cứu chất lỏng ở trạng thái tĩnh thì không cần phải phân biệt chất lỏng thực với chất lỏng lý tưởng. Trái lại, khi nghiên cứu chất lỏng chuyển động thì từ chất lỏng lý tưởng sang chất lỏng thực phải tính thêm vào ảnh hưởng của sức ma sát trong, tức là ảnh hưởng của tính nhớt.

1.5. LỰC TÁC DỤNG.

Tất cả những lực tác dụng vào chất lỏng có thể chia làm hai loại: lực thể tích và lực mặt.

- Lực thể tích (còn gọi là lực khối lượng) là lực tác dụng lên tất cả các phần tử trong khối chất lỏng đang xét. Trong điều kiện phân bố đều của lực thể tích, thì lực này tỉ lệ với thể tích của vật thể lỏng; trọng lượng, lực quán tính... là những lực thể tích.

Lực thể tích tại những điểm khác nhau trong không gian đầy chất lỏng nói chung có thể khác nhau.

- Lực mặt là lực tác dụng lên mặt giới hạn khối chất lỏng đang xét hoặc lên mặt đất trong khối chất lỏng. Trong điều kiện phân phối đều các lực mặt thì lực này tỉ lệ với diện tích; áp lực không khí lên mặt tự do của chất lỏng là một lực mặt, lực sa mát cũng là một lực mặt ở những điểm khác nhau có thể khác nhau.

- Mặt khác, tất cả những lực tác dụng vào chất lỏng còn có thể chia thành lực trong và lực ngoài.

- Lực trong (nội lực), là những lực tác dụng lẫn nhau giữa các phân tử của một thể tích chất lỏng nhất định. Ví dụ: lực ma sát trong, áp lực trong nội bộ thể tích chất lỏng đều là những lực trong.

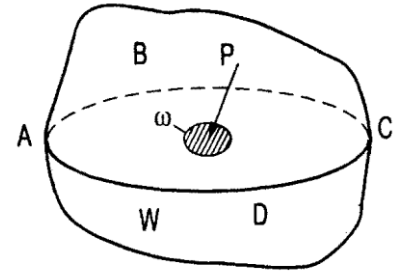
- Lực ngoài (ngoại lực): là những lực tác dụng lẫn nhau giữa khối chất lỏng cho trước và những vật thể tiếp xúc hoặc không tiếp xúc với khối chất lỏng đó. Ví dụ, áp lực tác dụng lên mặt ngoài của khối chất lỏng cho trước, trọng lượng, lực quán tính, v.v... là những lực ngoài.

CHƯƠNG 2. TÍNH HỌC CỦA CHẤT LỎNG

Thủy tĩnh học nghiên cứu những vấn đề về chất lỏng ở trạng thái cân bằng tức là trạng thái không có chuyển động tương đối giữa các phần tử chất lỏng. Vì không có chuyển động tương đối nên không có tác dụng của tính nhớt, do đó những kết luận về thủy tĩnh đều đúng cho chất lỏng lí tưởng cũng như cho chất lỏng thực. Yếu tố thủy lực cơ bản của trạng thái cân bằng của chất lỏng là áp suất thủy tĩnh.

2.1. ÁP SUẤT THỦY TĨNH – ÁP LỰC.

Ta lấy một khối chất lỏng W ở trạng thái cân bằng (hình 2.1). Nếu ta cắt khối đó bằng một mặt phẳng tùy ý $ABCD$ và vứt bỏ phần trên, muốn phần dưới khối đó ở trạng thái cân bằng như cũ, ta phải thay thế tác dụng của phần trên lên phần dưới bằng một hệ lực tương đương.



Hình 2.1

Trên mặt phẳng $ABCD$; ta lấy một diện tích ω bất kỳ có chứa điểm O ; gọi \vec{P} là lực của phần trên tác dụng lên ω , tỉ số $\frac{\vec{P}}{\omega} = \vec{P}_{tb}$ gọi là áp suất thủy tĩnh trung bình.

Nếu diện tích ω tiến tới số 0, thì tỉ số $\frac{\vec{P}}{\omega}$ tiến tới phần giới hạn \vec{P} ; gọi là áp suất thủy tĩnh tại một điểm, hoặc nói gọn là áp suất thủy tĩnh.

$$\lim_{\omega \rightarrow 0} \left(\frac{\vec{P}}{\omega} \right) = \vec{P} \quad (2-1)$$

Áp suất thủy tĩnh \vec{P} nói trên là ứng suất tác dụng lên một phần tử diện tích lấy trong nội bộ môi trường chất lỏng ta đang xét vì vậy nó là một lực trong; là ứng suất nén.

Trong thủy lực, lực \vec{P} tác dụng lên diện tích ω gọi là áp lực thủy tĩnh lên diện tích ấy.

Chú ý rằng trong thực tế người ta cũng thường gọi trị số P của \vec{P} là áp suất thủy tĩnh và trị số P của \vec{P} là áp lực thủy tĩnh; và cũng thường quen gọi cả hai đại lượng này đều là áp lực thủy tĩnh.

Áp lực có đơn vị là: N/m^2 ; Pa; kG/cm^2 ; átmôtphe (atm).

$$1 \text{ at} = 98.100N/m^2 = 9,81.104 N/m^2 = 1kG/cm^2.$$

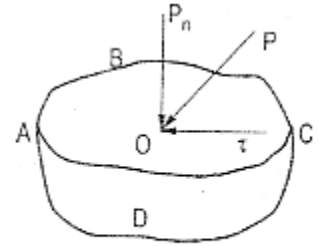
Áp lực có đơn vị là (N), (kG).

Trong thủy lực áp suất còn thường được đo bằng chiều cao cột nước (ta sẽ nghiên cứu ở các phần dưới của chương).

2.2. HAI TÍNH CHẤT CƠ BẢN CỦA ÁP SUẤT THỦY TĨNH.

Tính chất 1: Áp suất thủy tĩnh tác dụng thẳng góc với diện tích chịu lực và hướng vào diện tích ấy.

Áp suất thủy tĩnh tại điểm O lấy trên mặt phân chia ABCD có thể chia làm hai thành phần; P_n hướng theo pháp tuyến tại điểm O của mặt ABCD và τ hướng theo tiếp tuyến (hình 2.2), thành phần τ có tác dụng làm mặt ABCD di chuyển, tức là làm chất lỏng đang xét lại ở trạng thái tĩnh, vậy phải có $\tau = 0$.



Hình 2.2

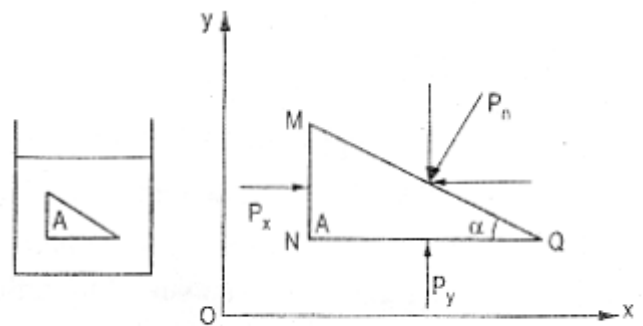
Thành phần P_n không thể hướng ra ngoài được vì chất lỏng không chống lại được sức kéo mà chỉ chịu được sức nén. Vậy áp suất P tại điểm O chỉ có thành phần pháp tuyến hướng vào trong.

Tính chất 2: Trị số áp suất thủy tĩnh tại một điểm bất kì không phụ thuộc hướng đặt của diện tích chịu lực tại điểm ấy.

Muốn chứng minh tính chất đó, ta lấy một khối chất lỏng hình lăng trụ tam giác vô cùng nhỏ chứa điểm A (hình 2.3).

Quy chiếu về hệ trục tọa độ xOy, ta đặt khối lăng trụ này sao cho có một mặt phẳng đứng song song với Oy, một mặt nghiêng, hợp với trục Ox một góc α . Để chứng minh áp suất tại điểm A không phụ thuộc vào hướng của diện tích chịu lực, ta sẽ chứng minh rằng trên mặt MN, NQ, QM vô cùng gần điểm A đều bằng nhau.

Khối chất lỏng hình trụ đang cân bằng trong bình chứa (hình 2.3) ta tưởng tượng bỏ tất cả chất lỏng xung quanh khối chất lỏng A và thay tác dụng của chất lỏng xung quanh khối chất lỏng A bằng những áp lực tương ứng để khối chất lỏng A vẫn cân bằng.



Hình 2.3

Vậy khối chất lỏng A cân bằng dưới tác dụng của những lực sau:

- Trọng lượng bản thân theo phương Oy;
- Áp lực P_x vào mặt bên trái theo phương Ox;
- Áp lực P_y vào mặt bên dưới theo phương Oy;
- Áp lực P_n vào mặt nghiêng, theo phương thẳng góc với mặt nghiêng MQ.

Vì khối chất lỏng này vô cùng nhỏ nên có thể bỏ qua trọng lượng bản thân của nó, ta viết phương trình cân bằng:

$$\sum X = P_x - P_n \cos(90^\circ - \alpha) = 0 \quad (2-2)$$

$$\sum Y = P_y - P_n \cos \alpha = 0 \quad (2-3)$$

Từ phương trình (2-2) và (2-3) ta có:

$$P_x = P_n \cos(90^\circ - \alpha) \quad (2-4)$$

$$P_y = P_n \cos \alpha \quad (2-5)$$

Chia hai vế của (2-4) cho ω_x .

$$\frac{P_x}{\omega_x} = \frac{P_n \cos(90^\circ - \alpha)}{\omega_x} = \frac{P_n}{\frac{\omega_x}{\cos(90^\circ - \alpha)}}$$

Theo toán học thì: $\frac{\omega_x}{\cos(90^\circ - \alpha)} = \omega_n$

$$\text{Vậy: } \frac{P_x}{\omega_x \rightarrow 0} = \frac{P_n}{\omega_n \rightarrow 0}$$

ω_x và ω_n đều là những diện tích chịu lực vô cùng nhỏ, tới giới hạn ta có: $P_x = P_n$.

Cũng có chứng minh tương tự cho (2-5) ta có $P_y = P_n$.

$$\text{Vậy: } P_x = P_y = P_n \quad (2-6)$$

Theo phân chứng minh trên ta có kết luận: áp suất của một điểm bất kì trong chất lỏng cân bằng theo một phương đều bằng nhau. Do đó, khi nói áp suất thủy tĩnh ở một điểm ta không cần xác định theo phương nào.

2.3. MẶT ĐẲNG ÁP.

Mặt đẳng áp là mặt có áp suất thủy tĩnh tại mọi điểm đều bằng nhau, $p =$ hằng số.

Mặt đẳng áp có hai chính chất:

Tính chất 1: Hai mặt đẳng áp khác nhau không thể cắt nhau. Vì nếu chúng cắt nhau thì tại cùng một giao điểm, áp suất thủy tĩnh lại có những trị số khác nhau, điều đó trái với tính chất 2 của áp suất thủy tĩnh (xem mục 2.2).

Tính chất 2: Lực thể tích tác dụng lên mặt đẳng áp thẳng góc với mặt đẳng áp. Do đó, công của lực thể tích làm ra khi di động trên mặt đẳng áp thì bằng không.

2.4. PHƯƠNG TRÌNH CƠ BẢN CỦA THỦY TĨNH HỌC.

Trong khối chất lỏng tĩnh cân bằng, ta xét một khối hình trụ thẳng đứng, đáy có tiết diện ω (hình 2.4), mặt dưới cách mặt thoáng h_1 chịu áp suất p_1 ; trên mặt cách mặt thoáng h_2 chịu áp suất p_2 .

Tách riêng khối chất lỏng ra để xét thì cân bằng dưới tác dụng của những lực sau:

- Áp lực từ mặt trên $p_2\omega$ thẳng đứng từ trên xuống dưới.
- Áp lực từ mặt dưới $p_1\omega$ thẳng đứng lên.
- Áp lực ở mặt xung quanh nằm ngang và triệt tiêu.
- Trọng lượng khối chất lỏng hình trụ:

$$G = \gamma \cdot \omega (h_1 - h_2)$$

Chiếu hệ lực lên phương thẳng đứng ta viết điều kiện cân bằng:

$$p_1\omega - p_2\omega - \gamma\omega(h_1 - h_2) = 0 \quad (2-7)$$

$$\text{Hoặc } p_1 - p_2 = \gamma(h_1 - h_2) \quad (2-8)$$

Hiệu số áp suất giữa hai điểm trong khối chất lỏng tĩnh thì bằng trọng lượng cột chất lỏng hình trụ, có đáy bằng đơn vị diện tích, chiều cao bằng hệ số độ sâu giữa hai điểm ấy.

Nếu mặt trên của hình trụ trùng với mặt thoáng, $h_2 = 0$, ta có $p_2 = p_0$ (áp suất tại mặt thoáng), phương trình (2-8) được viết lại là:

$$p_1 = p_0 + \gamma h_1 \quad (2-9)$$

$$\text{hoặc tổng quát: } p = p_0 + \gamma h \quad (2-10)$$

Phương trình (2-10) gọi là phương trình cơ bản của thủy tĩnh học, còn gọi là nguyên lý cơ bản thủy tĩnh học; được phát biểu “áp suất tuyệt đối tại một điểm bất kì trong chất lỏng tĩnh bằng áp suất trên mặt chất lỏng, cộng với trọng lượng cột chất lỏng hình trụ, đáy bằng đơn vị diện tích, chiều cao bằng độ sâu từ mặt chất lỏng đến điểm ấy”.

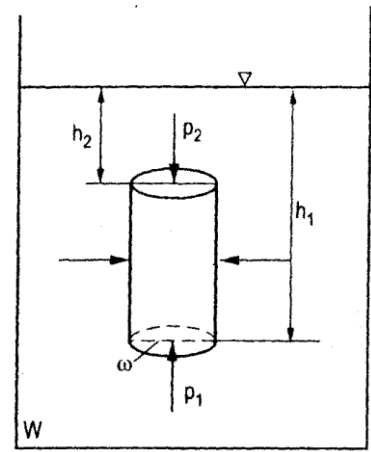
(từ 2-10) ta thấy khi $h = \text{const}$ thì $p = \text{const}$, nghĩa là những điểm có cùng độ sâu thì có áp suất bằng nhau. Với chất lỏng chỉ chịu tác dụng của trọng lực thì các mặt đẳng áp là những mặt phẳng nằm ngang.

Ví dụ: Tìm áp suất tại một điểm ở đáy bể đựng nước sâu 4m, trọng lượng riêng của nước $\gamma = 9.810 \text{ N.m}^{-3}$ ($\gamma = 1000 \text{ kG/m}^3$); áp suất tại mặt thoáng của bể bằng áp suất khí quyển $p_0 = p_a = 98.100 \text{ N/m}^2$ ($p_0 = 10.000 \text{ kG/m}^2$).

Giải:

Áp dụng công thức (2-10) ta có: $p = p_0 + \gamma h = 98.100 + 9.810 \times 4$

$$p = 137.340 \text{ N/m}^2 \quad (p = 14.000 \text{ kG/m}^2)$$



Hình 2.4

2.5. ĐỊNH LUẬT BÌNH THÔNG NHAU.

“Nếu hai bình thông nhau chứa đựng chất lỏng khác nhau và có áp suất trên mặt thoáng bằng nhau, thì độ cao của chất lỏng ở mỗi bình tính từ mặt phân chia hai chất lỏng đến mặt thoáng sẽ tỉ lệ nghịch với trọng lượng đơn vị của chất lỏng”. Tức là:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\gamma_2}{\gamma_1} \quad (2-11)$$

Trong đó, h_1, h_2 là những độ cao nói trên ứng với những chất lỏng có trọng lượng đơn vị γ_1, γ_2 .

Thật vậy, áp suất p_1, p_2 trên cùng mặt phẳng chia A-B ở bình 1, bình 2 (hình 2.5) như trên đã nói thì bằng nhau: $p_1 = p_2$.

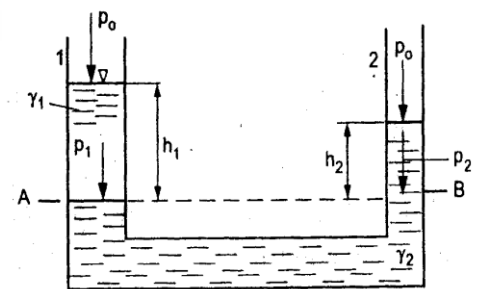
Theo (2-10):

$$p_1 = p_0 + \gamma_1 h_1$$

$$p_2 = p_0 + \gamma_2 h_2$$

Vậy: $\gamma_1 h_1 = \gamma_2 h_2$

Do đó: $\frac{h_1}{h_2} = \frac{\gamma_2}{\gamma_1}$



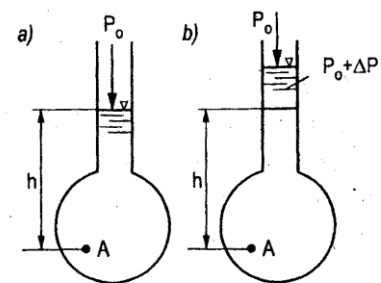
Hình 2.5

Nếu chất lỏng chứa ở bình thông nhau là cùng một loại, tức là $\gamma_1 = \gamma_2$, thì mặt tự do của chất lỏng ở hai bình cùng ở trên một độ cao, có $h_1 = h_2$.

2.6. ĐỊNH LUẬT PASCAN.

Gọi p_0 là áp suất tại mặt ngoài của một thể tích chất lỏng cho trước đứng cân bằng (hình 2.6a); áp suất tại điểm A ở độ sâu h trong chất lỏng đó tính theo (2-10).

$$p = p_0 + \gamma h$$



Hình 2.6

Nếu ta tăng áp suất ở mặt ngoài lên một trị số Δp , thí dụ bằng cách đổ thêm một lượng chất lỏng (2-6b) và vẫn giữ cả khối chất lỏng đứng cân bằng, thì áp suất mới tại điểm A theo (2-10) bằng:

$$p_1 = (p_0 + \Delta p) + \gamma h$$

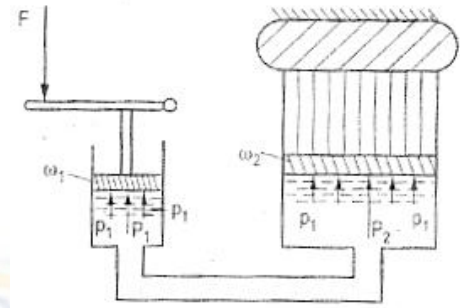
Vậy áp suất tại A sẽ tăng lên một lượng bằng:

$$p_1 - p = \Delta p$$

Do đó, ta có thể nói: “Độ biến thiên của áp suất thủy tĩnh trên mặt giới hạn một thể tích chất lỏng cho trước; được truyền đi nguyên vẹn đến tất cả các điểm của thể tích

chất lỏng đó”. Kết luận này là định luật Pascal và cần chú ý là trong định luật này điều kiện chất lỏng đứng cân bằng phải được bảo đảm, không bị phá hoại trong khi có sự biến thiên Δp . Độ biến thiên Δp có thể dương hoặc âm. Nhiều máy móc đã được chế tạo theo định luật Pascal; như máy nén thủy lực, máy kích, máy tích năng, các bộ phận truyền động v.v...

Sau đây là một ví dụ về nguyên tắc làm việc của máy ép thủy lực. Máy gồm hai xy lanh có diện tích khác nhau, thông với nhau, chứa cùng một chất lỏng và có pittông di chuyển (hình 2.7). Pittông nhỏ gắn với một đòn bẩy, thì lực tác dụng lên pittông nhỏ sẽ được tăng lên thành P_1 ; áp suất tại xy lanh nhỏ bằng $p_1 = \frac{P_1}{\omega_1}$; ω_1 là diện tích tiết diện của xy lanh nhỏ.



Hình 2.7

Theo định luật Pascal thì độ tăng áp suất sẽ truyền nguyên vẹn trong môi trường chất lỏng đứng cân bằng, vì vậy áp suất tại xy lanh lớn cũng tăng lên p_1 (ở đây bỏ qua không xét đến sự chênh lệch về vị trí giữa hai xy lanh) vậy tổng áp lực P_2 tác dụng lên mặt pittông lớn là:

$$P_2 = p_1 \omega_2 = \omega_2 \cdot \frac{P_1}{\omega_1}$$

ω_2 – diện tích mặt pittông lớn. Nếu coi P_1 , ω_2 không đổi thì muốn tăng P_2 phải tăng ω_2 .

Thí dụ: $P_1 = 98,1N$ (hoặc 10kG), $d_1 = 2cm$. $d_2 = 20cm$.

Ta tính được $P_2 = 98,1 \left(\frac{20}{2} \right)^2 = 9.810N$ (hoặc 1000kG)

Thực tế giữa xy lanh và pittông có ma sát nên:

$$P_2 = \eta P_1 \frac{\omega_2}{\omega_1}$$

η - hiệu suất của máy ép thủy lực.

2.7. CÁC LOẠI ÁP SUẤT.

Gồm áp suất tuyệt đối, áp suất dư, áp suất chân không.

1. Áp suất tuyệt đối p_{td} (hoặc áp suất toàn phần) xác định bởi công thức (2-10):

$$p = p_0 + \gamma h = p_{td} \quad (2-12)$$

2. Áp suất dư (hoặc áp suất tương đối)

Nếu từ áp suất tuyệt đối p_{td} ta bớt đi áp suất khí quyển p_a thì hiệu suất đó gọi là áp suất dư hoặc áp suất tương đối, tức là:

$$p_{đư} = p_{td} - p_a \quad (2-13)$$

Nếu áp suất tại mặt thoáng là áp suất khí quyển p_a thì:

$$p_{đư} = \gamma h \quad (2-14)$$

Như vậy áp suất tuyệt đối biểu thị cho áp suất nén thực tế tại điểm đang xét, còn áp suất dư là phần áp suất còn dư nếu trong trị số của áp suất tuyệt đối ta bớt đi trị số áp suất không khí. Áp suất tuyệt đối bao giờ cũng là một trị số dương, còn áp suất dư có thể là dương hay âm.

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

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

3. Áp suất chân không

Trong trường hợp áp suất dư là âm thì hiệu số của áp suất không khí và áp suất tuyệt đối gọi là áp suất chân không p_{ck} hoặc nói tắt là chân không.

$$p_{ck} = p_a - p_{đư} \quad (2-15)$$

Áp suất chân không là trị số áp suất còn thiếu để làm cho áp suất tuyệt đối bằng áp suất khí quyển. So sánh (2-15) với (2-13) thì thấy áp suất chân không là trị số âm của áp suất dư, tức là:

$$p_{ck} = - p_{đư}$$

Áp suất tại một điểm có thể đo bằng chiều cao cột chất lỏng (nước, thủy ngân, rượu...) kể từ điểm đang xét đến mặt thoáng của cột chất lỏng đó. Vậy có thể biểu thị các áp suất như sau:

$$\left. \begin{aligned} p_{td} &= \gamma h_{td} \\ p_{đư} &= \gamma h_{đư} \\ p_{ck} &= \gamma h_{ck} \end{aligned} \right\} \quad (2-17)$$

Ta gọi độ cao h_{td} , $h_{đư}$, h_{ck} là những độ cao dẫn suất của áp suất p_{td} , $p_{đư}$, p_{ck} . Trong điều kiện bình thường, áp suất khí quyển tại mặt thoáng lấy bằng áp suất của cột thủy ngân cao 760mm. Trong kỹ thuật người ta quy ước $p_a = 98.100N/m^2$ (hoặc $p_a=1kG/cm^2$) và gọi là átmốtphê kỹ thuật. Một átmốtphê kỹ thuật tương đương với cột nước cao:

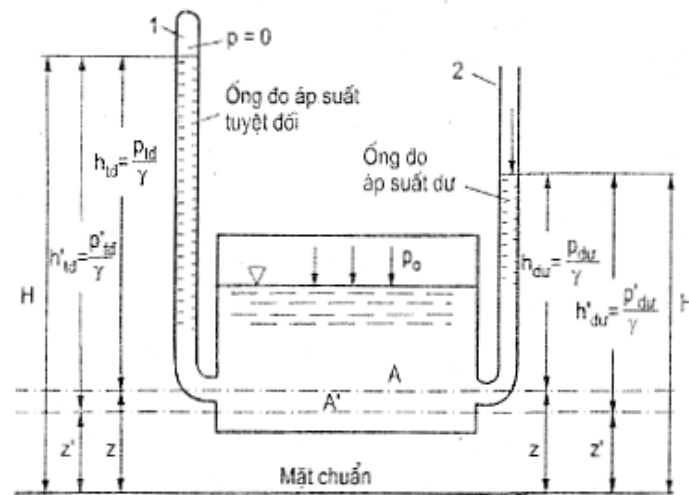
$$h = \frac{p_a}{\gamma} = \frac{98100}{9810} = 10m$$

Trị số chân không cực đại (khi $p_{td} = 0$) lấy bằng một átmốtphê kỹ thuật hoặc cột nước cao 10m.

4. Cách đo các loại áp suất.

Hình 2.8 là một thí dụ về cách đo áp suất tại một điểm bằng chiều cao cột chất lỏng. Muốn đo áp suất tuyệt đối tại điểm A, thì nối bình chứa thông với ống kín 1; chỗ nối đặt ở dưới mặt thoáng của chất lỏng trong bình, có thể đặt ngang, đặt trên hoặc đặt dưới điểm A (theo hình 2.8 thì chỗ nối đặt ngang A). Trong ống kín phải rút hết không khí để áp suất tại mặt tự do của chất lỏng trong ống bằng không. Khi đó, khoảng cách thẳng đứng h_{td} từ mặt nước tự do trong ống đến đường nằm ngang đi qua A biểu thị áp suất tuyệt đối tại điểm A. Trị số áp suất đó là:

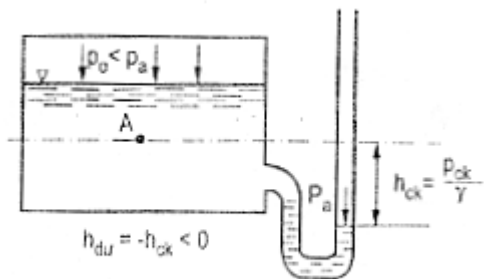
$$p_{td} = \gamma h_{td}$$



Hình 2.8

Nếu mực nước tự do trong ống đo hở này lại thấp hơn A, thì khoảng cách h_{dur} nói trên là một trị số âm và theo (2-16) khoảng cách đó là độ cao chân không tại điểm A : h_{ck} (hình 2.9).

Ống đo áp suất làm như trên gọi là ống đo áp. Chú ý rằng trong trường hợp chân không ống đo áp phải uốn hình chữ U như ở hình 2.9 thì mới đo được dễ dàng.



Hình 2.9

Thí dụ 2: Tìm áp suất tuyệt đối p_{td} và áp suất dư p_{dur} tại đáy nồi hơi, sâu 1,2m, áp suất tại mặt thoáng là $p_0 = 196.200\text{N/m}^2$ ($p_0 = 21.200\text{kG/m}^2$), trước đó $\gamma = 9.810\text{N/m}^3$ ($\gamma = 1.000\text{kG/m}^3$).

Giải:

Áp suất tuyệt đối tính theo (2-10):

$$p_{td} = p_0 + \gamma h$$

$$p_{td} = 196.200 + 9.810 \times 1,2 = 207.972 \text{N/m}^2 \quad (p_{td} = 22.400 \text{kG/m}^2)$$

Hoặc tính theo chiều cao cột nước:

$$h_{td} = \frac{p_{td}}{\gamma} = \frac{207.972}{9.810} = 21,2 \text{m cột nước.}$$

Áp suất dư tại đáy:

$$p_{dur} = p_{td} - p_a$$

$$p_{dur} = 207.972 - 98.100 = 109.872 \text{N/m}^2$$

$$h_{du} = \frac{p_{du}}{\gamma} = \frac{109.872}{9.810} = 11,2 \text{m cột nước}$$

Thí dụ 3: Tại mặt cắt trước khi vào máy bơm, áp suất chân không là $p_{ck}=68.670 \text{N/m}^2$ ($p_{ck} = 7.000 \text{kG/m}^2$). Xác định áp suất tuyệt đối tại mặt cắt đó:

Giải:

Theo (2-15): $p_{td} = p_a - p_{ck}$

Lấy $p_a = 98.100 \text{N/m}^2$ ($p_a = 10.000 \text{kG/m}^2$), ta có:

$$P_{td} = 98.100 - 68.670 = 29.430 \text{N/m}^2 \quad (p_{td} = 3.000 \text{kG/m}^2)$$

2.8. Ý NGHĨA HÌNH HỌC VÀ NĂNG LƯỢNG CỦA PHƯƠNG TRÌNH CƠ BẢN TRONG THỦY TĨNH HỌC.

Phương trình cơ bản của thủy tĩnh học còn viết dưới dạng:

$$z + \frac{p}{\gamma} = const$$

1. Ý nghĩa hình học.

Trong hình 2.8, ta thấy tổng độ cao hình học z của điểm đang xét đối với mặt phẳng chuẩn nằm ngang và độ cao dẫn suất (hay độ cao đo áp $\frac{p}{\gamma}$) tại điểm đó là một hằng số đối với bất cứ một điểm nào đó trong chất lỏng.

Nếu p là áp suất tuyệt đối thì $\frac{p_{td}}{\gamma} = h_{td}$ và $z + h_{td} = H$.

Nếu p là áp suất dư thì $\frac{p_{du}}{\gamma} = h_{dur}$ và $z + h_{dur} = H'$.

Theo hình 2.8, H là khoảng cách từ mặt chuẩn đến mặt nước tự do trong ống đo áp suất tuyệt đối và H' là khoảng cách từ mặt chuẩn đến mặt nước tự do trong ống đo áp suất dư. H gọi là cột nước thủy tĩnh tuyệt đối, H' gọi là cột nước thủy tĩnh dư.