

TRƯỜNG ĐẠI HỌC
DÂN LẬP HÀI PHÒNG

THƯ VIỆN

532.3

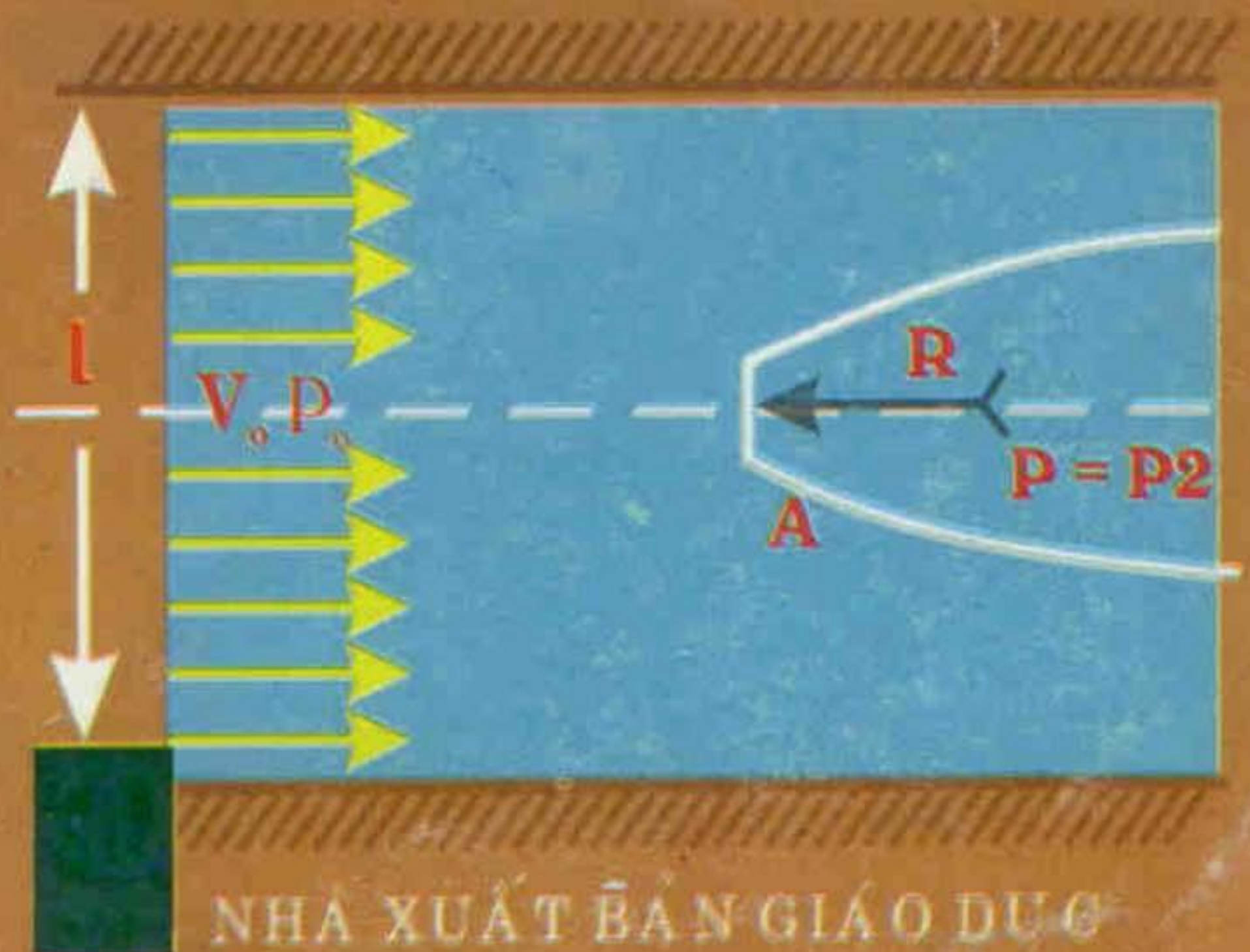
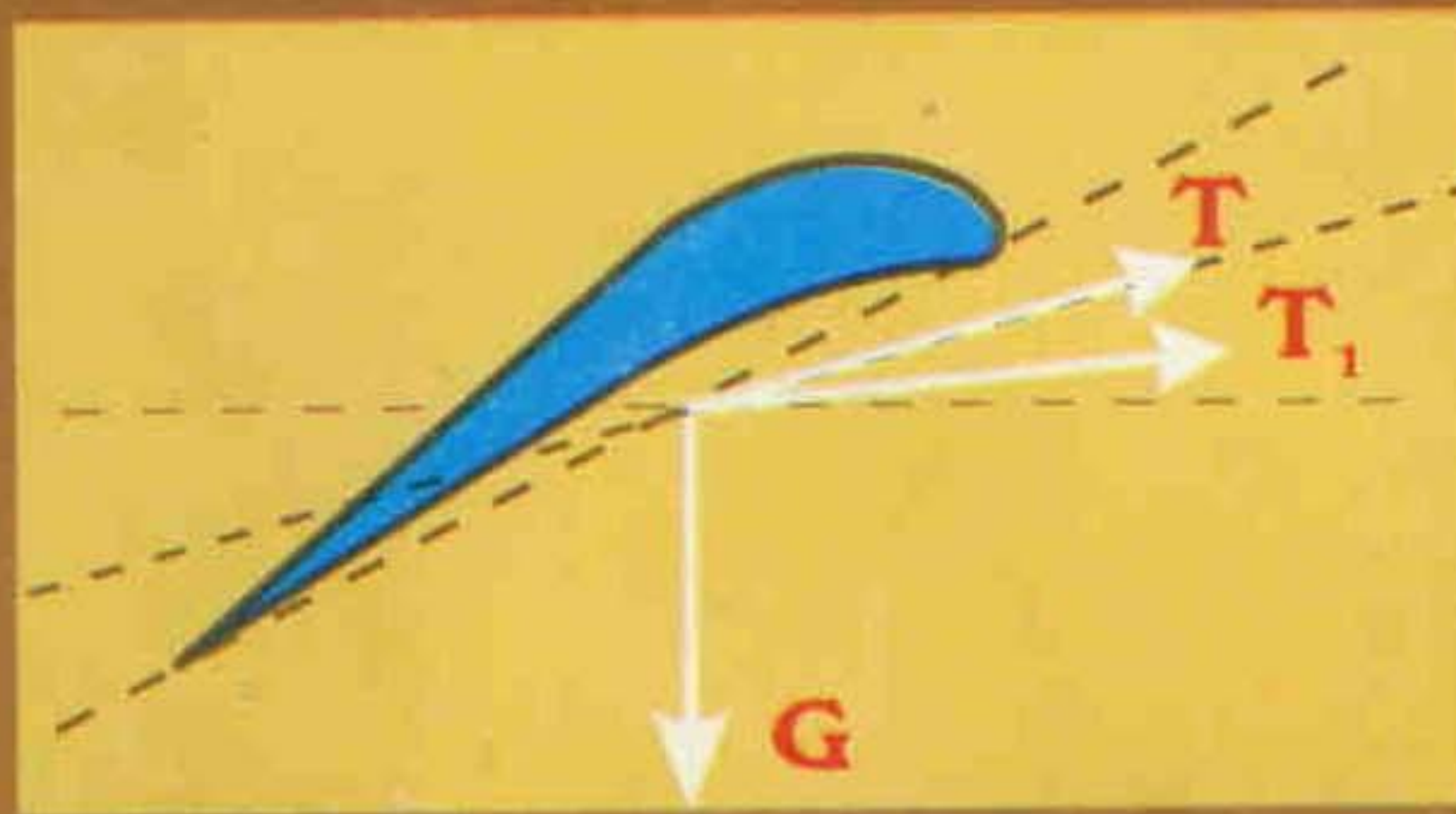
NG 527 H

ĐU CHÍ- NGUYỄN HỮU D Y- PHÙNG VĂN KHƯƠNG

BÀI TẬP

CƠ HỌC CHẤT LỎNG ỨNG DỤNG

TẬP MỘT



NHA XUAT BAN GIAO DUC

TRƯỜNG ĐẠI HỌC
DÂN LẬP HÀI PHÒNG
NGUYỄN HỮU D Y
PHÙNG VĂN KHƯƠNG

TẬP MỘT

CƠ HỌC CHẤT LỎNG ỨNG DỤNG

DVL651



THU VIỆN
ĐH. DÂN LẬP HP
SỐ: 532.3
NG 527H

NGUYỄN HỮU CHÍ-NGUYỄN HỮU DY-PHÙNG VĂN KHƯƠNG

BÀI TẬP CƠ HỌC CHẤT LỎNG ỨNG DỤNG

TẬP I
PHẦN THỦY ĐỘNG
(Tái bản lần thứ nhất)

THU VIỆN ĐH. DÂN LẬP HP.
PHÒNG ĐỌC
MĐVL 651

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC - 1998

532.3
GD - 98 233/457 - 98

Mã số : 7B438T8

LỜI NÓI ĐẦU

Một trong những phương pháp nâng cao khả năng ứng dụng thực tế của học sinh là tăng cường chất lượng các giờ bài tập và thí nghiệm. Do đó cuốn bài tập Cơ học chất lỏng ứng dụng này nhằm phục vụ cho giáo trình "Cơ học chất lỏng ứng dụng" (tập I và II) của đ/c Nguyễn Hữu Chí đã xuất bản.

Bài tập Cơ học chất lỏng ứng dụng được chia làm hai tập :

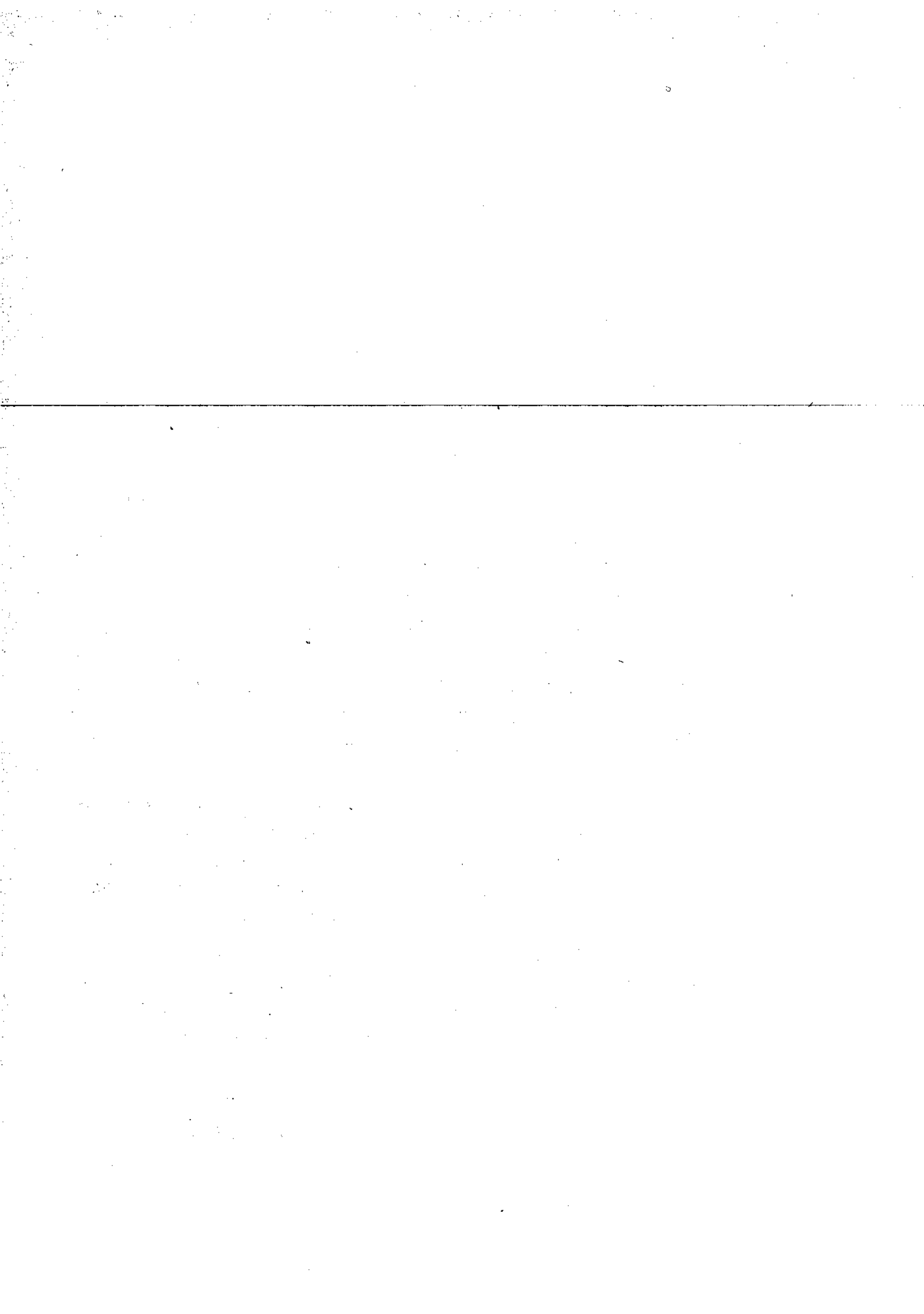
Tập I bao gồm các bài tập phần thủy động đại cương dựa theo nội dung từ chương 1 đến chương 9 của tập I giáo trình "Cơ học chất lỏng ứng dụng".

Tập II giới thiệu các bài tập khí động lực và cơ sở các chuyên đề như lý thuyết thứ nguyên, tương tự mô hình hóa, lý thuyết lực cản lớp biên, lý thuyết luồng, lý thuyết sóng, lý thuyết cách dây và lý thuyết từ thủy khí động nhằm phục vụ cho các chương 10, 11 của tập I và các chương 12 đến 17 của tập II giáo trình "Cơ học chất lỏng ứng dụng".

Sách này ra mắt bạn đọc lần đầu tiên vào năm 1976. Từ đó đến nay nội dung môn học đã có ít nhiều thay đổi. Trong lúc chúng tôi chưa có điều kiện chỉnh lý một cách cơ bản. Nhà xuất bản Giáo dục cho tái bản có bổ sung và sửa chữa một số bài tập ở các chương 2, 3, 4 để đáp ứng nhu cầu học tập của sinh viên.

Nhân đây chúng tôi xin chân thành cảm ơn các đồng chí trong Ban Thư ký môn học, các đồng chí cán bộ giảng dạy và nghiên cứu trong ngành ; Nhà xuất bản Giáo dục đã hết sức cố vũ và đóng góp nhiều ý kiến quý báu trong quá trình hoàn thành bản thảo.

Hà Nội 1997
CÁC TÁC GIẢ



CHƯƠNG 1

NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VÀ TÍNH CHẤT VẬT LÝ CỦA CHẤT LỎNG

Cơ học chất lỏng là môn học nghiên cứu các quy luật chuyển động và cân bằng của chất lỏng cũng như lực tương tác giữa chất lỏng và vật rắn.

Do khối lượng riêng, vận tốc có ảnh hưởng rất lớn đến tính nén nên chất lỏng có thể chia thành chất lỏng nén được (các chất khí, không khí có vận tốc lớp, áp lực cao...) và chất lỏng không nén được (nước, dầu...).

Nói chung chất lỏng có tính liên tục, dễ di động, gần như không chịu được lực kéo và lực cắt. Riêng chất nước có tính chống nén rất lớn, lấy hình dạng của bình chứa, còn chất khí có thể tích phụ thuộc vào áp suất, nhiệt độ và chiếm hết không gian của bình chứa nó.

Tất cả các lực tác động lên chất lỏng có thể chia ra thành lực khối và lực mặt. Lực khối tác động lên các phân tử chất lỏng, vì vậy tỷ lệ với thể tích chất lỏng nên gọi là lực thể tích. Ví dụ : trọng lực, lực quán tính, lực điện từ... Lực mặt phân bố liên tục trên bề mặt chất lỏng, do đó tỷ lệ với diện tích. Ví dụ : áp lực, sức căng mặt ngoài...

Gọi X, Y, Z là các thành phần hình chiếu của lực khối tác động lên một đơn vị khối lượng chất lỏng, gọi tắt là lực khối đơn vị ; ta sẽ có lực khối tác động lên thể tích chất lỏng V là :

$$F_x = \iiint_{(v)} \rho X dV ; \quad F_y = \iiint_{(v)} \rho Y dV ; \quad F_z = \iiint_{(v)} \rho Z dV \quad (1-1)$$

Rõ ràng theo công thức trên lực khối đơn vị biểu diễn gia tốc của lực khối. Đặc trưng cơ bản của áp lực chất lỏng là áp suất. Áp suất là áp lực tác động lên một đơn vị diện tích chất lỏng. Do đó áp suất có thể xác định theo công thức :

$$p = \lim \frac{\Delta P}{\Delta S} = \frac{dP}{dS} \quad (1-2)$$

Trong hệ đơn vị đo lường quốc tế SI và của nước ta có các đơn vị đo áp suất :

$$N/m^2, \text{ at, tor (mm Hg), mH}_2\text{O}$$

Các đơn vị trên có quan hệ tương đương :

$$1 \text{ at} = 9,81 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ tor} = 133,322 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ at} = 10 \text{ m H}_2\text{O}$$

Ngoài ra các nước châu Âu thường dùng các đơn vị đo áp suất :

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ Patxkan (Pa)} \approx 1 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ piezơ} = 10^3 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ bari} = 10^{-1} \text{ N/m}^2$$

(tương đương với dyn/cm²)

Sự tương đương giữa các đơn vị đo áp suất được biểu diễn trong phụ lục (1-1).

Chất lỏng được đặc trưng bằng khối lượng riêng ρ là khối lượng của một đơn vị thể tích chất lỏng.

$$\rho = \frac{M}{V} \left[\frac{\text{Ns}^2}{\text{m}^4} \right] \quad (1-3)$$

Do đó có thể suy ra trọng lượng riêng của chất lỏng

$$\gamma = \rho g \text{ [N/m}^3\text{]} \quad (1-4)$$

Ngoài ra còn dùng khái niệm tỷ trọng là tỷ số giữa trọng lượng riêng của chất lỏng và trọng lượng riêng của nước thường ở nhiệt độ 4°C và ký hiệu là

$$\delta = \frac{\gamma}{\gamma_{\text{H}_2\text{O}}} \quad (1-5)$$

Trị số của ρ , γ của nước thường, nước biển và một số chất lỏng khác phụ thuộc áp suất, nhiệt độ và nồng độ muối được biểu diễn trên các phụ lục 1-2 ; 1-3 ; 1-4.

Dưới đây khảo sát một số tính chất của chất lỏng :

1. Tính nén và tính giãn nở

Theo định nghĩa *hệ số nén* là sự thay đổi thể tích tương đối khi áp suất thay đổi một đơn vị.

$$\beta_p = - \frac{\Delta V}{V_0} \cdot \frac{1}{\Delta p}, \text{ [m}^2\text{/N]} \quad (1-6)$$

trong đó $\Delta V = V - V_0$,

$$\Delta p = p - p_0.$$

Từ đó suy ra

$$V = V_0(1 - \beta_p \Delta p),$$

hay là :

$$\rho = \frac{\rho_0}{1 - \beta_p \Delta p} \quad (1-7)$$

Đại lượng $E = \frac{1}{\beta_p}$ gọi là môđun đàn hồi. Ví dụ, đối với nước ở áp suất $p = 1 \text{ at}$,
 $E = 196.200 \text{ N/cm}^2$.

Tương tự như trên ta có định nghĩa : hệ số giãn nở thể tích β_t là sự thay đổi thể tích tương đối khi nhiệt độ thay đổi 1°C

$$\beta_t = \frac{\Delta V}{V_0} \cdot \frac{1}{\Delta t} \quad (1-8)$$

Từ đó suy ra :

$$V = V_0(1 + \beta_t \Delta t),$$

hay là

$$\rho = \frac{\rho_0}{1 + \beta_t \Delta t} \quad (1-9)$$

Trong các phụ lục 1-5, 1-6 cho ta môđun đàn hồi và hệ số giãn nở phụ thuộc vào áp suất, nhiệt độ.

2. Sự trao đổi nhiệt lượng và khối lượng

Nhiệt lượng truyền qua một đơn vị diện tích trong một đơn vị thời gian tỷ lệ với gradien nhiệt độ, còn khối lượng chất lỏng khuếch tán truyền qua một đơn vị diện tích trong một đơn vị thời gian tỷ lệ với gradien nồng độ của chất đó trong dòng chất lỏng.

Tính chất trên được biểu diễn bởi các định luật sau đây :

Định luật Furiê :

$$q = \lambda \frac{dT}{dn}, \quad (1-10)$$

Định luật Fich :

$$m = D \frac{dC}{dn}, \quad (1-11)$$

trong đó q và m - nhiệt lượng và khối lượng truyền qua một đơn vị diện tích trong một đơn vị thời gian ;

T và C - nhiệt độ và nồng độ vật chất

λ và D - hệ số dẫn nhiệt và hệ số khuếch tán.

Các đại lượng trên có thứ nguyên :

$$[q] = \frac{J}{m^2s} = \frac{W}{m^2} ; [m] = \frac{kg}{m^2s}$$

$$[\lambda] = \frac{W}{m \cdot \text{độ}} ; [D] = \frac{m^2}{s}$$

3. Tính bốc hơi và độ hòa tan

Đối với chất lỏng thành hạt nếu nhiệt độ sôi càng lớn thì độ bốc hơi giảm. Đối với hệ thống thủy lực độ bốc hơi được đặc trưng bởi áp suất bão hòa p_n . Trong điều kiện nhiệt độ không đổi, nếu áp suất bão hòa p_n càng lớn thì độ bốc hơi càng lớn.

Độ hòa tan được biểu diễn bởi công thức

$$\frac{V_k}{V_n} = k \frac{P_2}{P_1} \quad (1-12)$$

trong đó : V_k - thể tích của khí hòa tan trong điều kiện thường ;

V_n - thể tích chất lỏng ;

k - độ hòa tan ;

p_1 và p_2 - áp suất khí trước và sau khi hòa tan.

Dưới đây cho độ hòa tan k ở nhiệt độ 20°C

Nước	Dầu xăng	Dầu biến thế
0,016	0,127	0,083.

4. Sức căng mặt ngoài và hiện tượng mao dẫn

Đối với các hạt lỏng hình cầu ứng suất mặt ngoài được xác định bởi công thức :

$$p = \frac{2\sigma}{r} \quad (1-13)$$

trong đó : σ - hệ số ứng suất mặt ngoài ;

r - bán kính hạt lỏng.

Dưới đây cho trị số σ của một số chất lỏng ở 20°C và tính bằng dyn/cm

Nước	Cồn	Dầu xăng	Hg
73	22,5	27	460

Đối với mặt cong bé của chất lỏng ta có :

$$\Delta p = \sigma \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right), \quad (1-14)$$

trong đó Δp - độ chênh áp suất giữa hai phía lõm và lồi ;

r_1, r_2 - các bán kính cong ở các biên của mặt cong.

Hiện tượng mao dẫn được thể hiện bởi chiều cao mực chất lỏng dâng lên hay hạ xuống trong ống thủy tinh có đường kính bé.

$$h = \frac{k}{d} \quad (1-15)$$

Hệ số k được tính bằng mm^2 và phụ thuộc vào chất lỏng.

Ví dụ :

Nước	Hg	Côn
k = +30	-10,1	+11,5

Dấu "-" chứng tỏ mực chất lỏng trong ống thấp hơn ở trong bình.

5. Tính nhớt

Theo giả thuyết Niuton ta có ứng suất tiếp được xác định

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \quad (1-16)$$

trong đó μ - độ nhớt động lực, được tính bằng Ns/m^2 .

Trong hệ CGS hệ đơn vị được chọn là *poazo* và *centipoazo*

$$\begin{aligned} 1 \text{ poazo} &= 1 \text{ dyn.s/cm}^2 = \\ &= 0,1 \text{ N.s/m}^2 = \\ &= 0,0102 \text{ kG.s/m}^2. \end{aligned}$$

Ngoài ra còn dùng độ nhớt động học $\nu = \frac{\mu}{\rho}$ với hệ đơn vị m^2/s hay *xtóc (St)*

$$1 \text{ St} = 1 \text{ cm}^2/\text{s}$$

Trong phụ lục 1-9 cho ta độ nhớt động học của các sản phẩm dầu mỏ phụ thuộc vào nhiệt độ, còn các phụ lục 1-10, 1-12, 1-13 biểu diễn liên hệ giữa đơn vị đo độ nhớt động học và các hệ đơn vị khác.

Độ nhớt của chất lỏng phụ thuộc nhiệt độ và áp suất. Mối liên hệ đó được biểu diễn qua các công thức sau :

$$\mu = \mu_0 e^{-\lambda(t-t_0)} \quad (1-17)$$

trong đó μ và μ_0 - các trị số của độ nhớt động lực tương ứng với các nhiệt độ t và t_0 ;

λ - hệ số tỷ lệ, đối với dầu $\lambda = (0,02 \div 0,03)$.

Đối với nước độ nhớt động học có thể tính theo công thức Poazơ :

$$\nu = \frac{0,01775}{1 + 0,0337t + 0,000221t^2} \text{ cm}^2/\text{s} \quad (1-18)$$

Đối với các chất khí hoặc hơi người ta thường dùng công thức Xutholan

$$\mu = \mu_0 \frac{1 + \alpha C}{1 + \frac{C}{T}} \sqrt{1 + \beta t} \quad (1-19)$$

trong đó μ và μ_0 - độ nhớt động lực ở các nhiệt độ t và 0°C ;
 T - nhiệt độ tuyệt đối ;
 β_t - hệ số giãn nở nhiệt độ.

Đối với không khí $\alpha = 0,00367$, $C = 112$

$$\mu_0 = 1809 \cdot 10^{-7} \text{ dyn.s/cm}^2$$

Độ nhớt động lực phụ thuộc áp suất theo công thức :

$$\mu = \mu_0 e^{\alpha(p-p_0)}, \quad (1-20)$$

trong đó μ và μ_0 - các trị số của độ nhớt động lực tương ứng với các áp suất p và p_0 ;

$$\alpha = (0,002 \div 0,003) ;$$

p và p_0 - tính bằng at.

Đối với độ nhớt động học có thể dùng công thức :

$$\nu = \nu_a (1 + \alpha_p), \quad (1-21)$$

trong đó ν và ν_a - các trị số độ nhớt động học tương ứng với các áp suất p và p_a .

Trị số μ phụ thuộc áp suất của một số loại dầu biểu diễn trên phụ lục 1-11.

BÀI TẬP

1-1. Trọng lượng riêng của xăng theo hệ đơn vị kỹ thuật $\gamma = 720 \text{ kG/m}^3 = 7.063,2 \text{ N/m}^3$.

Xác định khối lượng riêng của nó theo hệ đơn vị quốc tế (SI), hệ đơn vị kỹ thuật (MKGSS) và hệ đơn vị vật lý (CGS).

Giải :

Xác định khối lượng riêng theo công thức :

$$\text{- hệ MKGSS : } \rho_k = \frac{\gamma}{g} = \frac{720}{9,81} = 73,4 \text{ kG.s}^2/\text{m}^4 = 722,3 \text{ N.s}^2/\text{m}^4$$

$$\text{- hệ CGS : } \rho_c = \frac{1}{102} \rho_k = 0,72 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{- hệ SI : } \rho_s = \frac{1}{0,102} \rho_k = 720 \text{ kg/m}^3$$

1-2. Ống dẫn nước có đường kính trong $d = 500 \text{ mm}$ và dài $l = 1.000 \text{ m}$ chứa đầy nước ở trạng thái tĩnh dưới áp suất $p_0 = 4 \text{ at}$ và nhiệt độ $t_0 = 5^\circ\text{C}$. Bỏ qua sự biến dạng và nén, giãn nở của thành ống, xác định áp suất trong ống khi nhiệt độ nước trong ống tăng lên $t_1 = 15^\circ\text{C}$. Biết hệ số giãn nở do nhiệt độ của nước $\beta_t = 0,000014$

và hệ số nén $\beta_p = \frac{1}{21.000} \text{ cm}^2/\text{kG}$

Giải :

Ở nhiệt độ $t_0 = 5^\circ\text{C}$ thể tích nước trong ống :

$$V_0 = \frac{\pi d^2}{4} l = 196,25\text{m}^3$$

Sau khi nhiệt độ tăng lên một lượng $\Delta t = t_1 - t_0 = 10^\circ\text{C}$ thể tích của nước cũng sẽ tăng lên :

$$\Delta V = V_0 \Delta t \beta_t = 196,25 \cdot 10 \cdot 0,000014 = 0,028\text{m}^3$$

Số gia áp suất trong ống Δp khi thể tích nước tăng lên được xác định theo công thức :

$$\begin{aligned} \Delta p &= \frac{\Delta V}{V_0 \beta_p} = \frac{0,028}{196,25} \cdot 21000 = 3,001\text{kG/cm}^2 \\ &= 3 \text{ at} = 294.300 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

Như vậy áp suất của nước trong ống là :

$$p_1 = p_0 + \Delta p = 4\text{at} + 3\text{at} = 7\text{at}$$

1-3. Tìm độ nhớt của dầu mazút nếu biết khối lượng riêng của nó $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$ và độ nhớt Engole $E^\circ = 8^\circ$

Giải :

Độ nhớt động tính theo công thức :

$$\nu = \left(0,0731 E^\circ - \frac{0,0631}{E^\circ} \right) \text{cm}^2/\text{s}$$

với $E^\circ = 8^\circ$ ta có :

$$\nu = 0,577 \cdot 10^{-4} \text{m}^2/\text{s} = 0,577 \text{ St}$$

Độ nhớt động lực

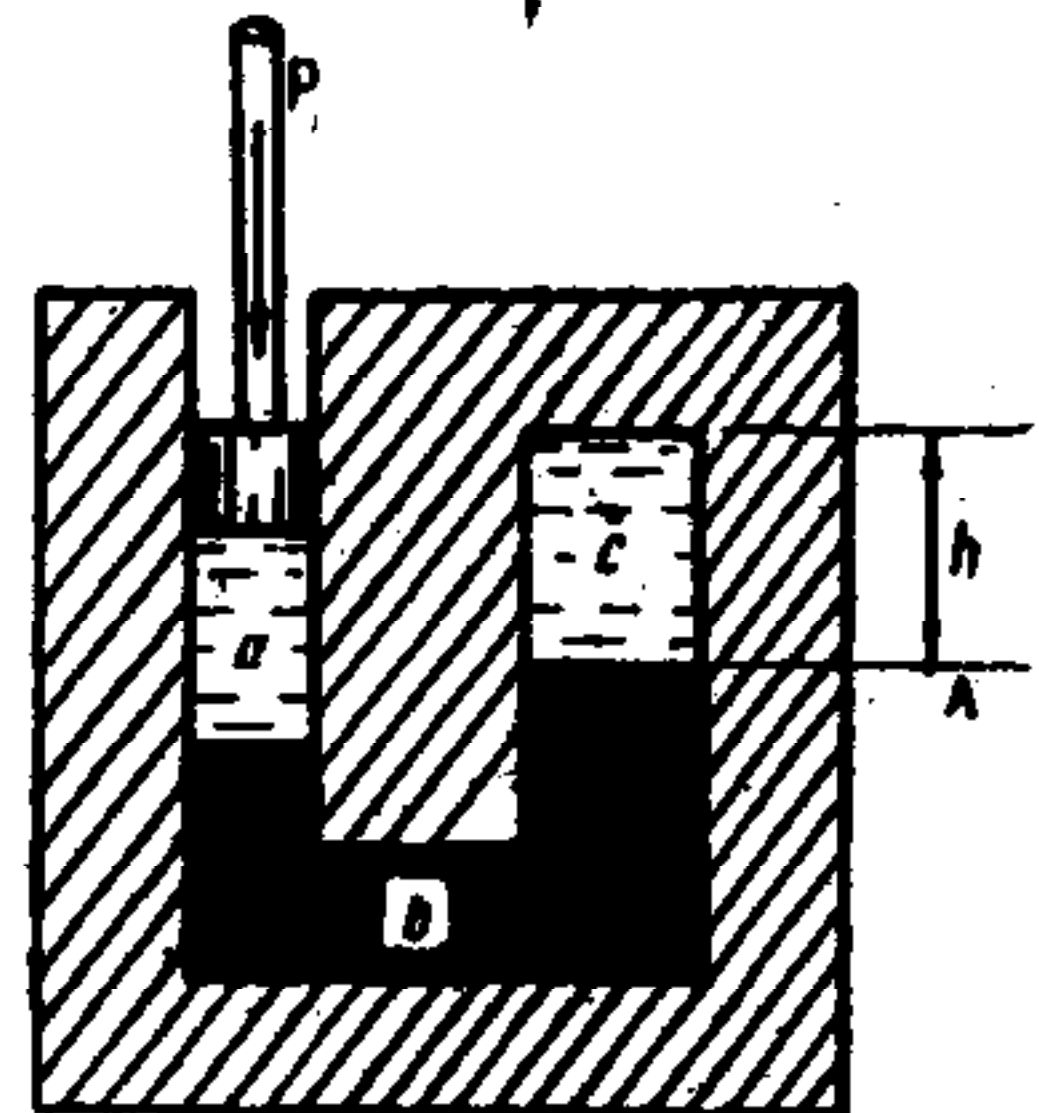
$$\mu = \nu \rho = 900 \cdot 0,577 \cdot 10^{-4} = 0,00529 \text{ kGs/m}^2$$

1-4. Dầu mỏ được nén trong xylanh bằng thép thành dày có tiết diện S. Bỏ qua tính đàn hồi, xác định hệ số nén của dầu β_p và môđun đàn hồi E của nó, nếu khi áp suất dư tăng từ 0 đến 50 at thì mức A - A của thủy ngân tăng lên một khoảng $\Delta h = 3,7 \text{ mm}$. Chiều cao cột dầu lúc đầu $h = 1000 \text{ mm}$.

Giải :

Hệ số nén của dầu tính theo công thức :

$$\beta_p = - \frac{1}{V_0} \cdot \frac{\Delta V}{\Delta p}$$



H. bài 1-4

Theo điều kiện bài toán $V_0 = 100 \text{ S (cm}^2)$, $\Delta V = 0,37 \text{ S (cm}^2)$ và $\Delta p = 50 \text{ at} = 50 \text{ kG/cm}^2$. Đưa số liệu vào công thức trên ta có :

$$\beta_p = \frac{1}{100 \text{ S}} \cdot \frac{0,37 \text{ S}}{50} = 7,4 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{kG} = 7,55 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{N}$$

Môduyn đàn hồi của dầu bằng :

$$E = \frac{1}{\beta_p} = \frac{1}{7,1 \cdot 10^{-5}} = 13.500 \text{ kG/cm}^2 = 1.324 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$

1-5. Nồi áp lực gồm : phần trụ tròn có đường kính $d = 1000 \text{ mm}$, dài $l = 2 \text{ m}$, đáy và nắp có dạng hình bán cầu.

Xác định thể tích nước ΔV cần nén thêm vào nồi để tăng áp suất từ $p_0 = 0$ đến $p_1 = 1000 \text{ at}$, nếu hệ số nén của nước :

$$\beta_p = 4,112 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{kG} = 4,19 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{N}$$

Bỏ qua sự nén, giãn nở của nồi.

$$\text{Đáp số : } \Delta V = 86,1 \text{ l}$$

1-6. Biết hằng số khí của không khí $R = 29,27 \text{ m}^0/\text{C}$ ($287,1 \text{ J/kg}^0\text{C}$), xác định trọng lượng riêng γ và thể tích riêng v ($v = \frac{V}{G}$) của không khí ở nhiệt độ $t = 15^0\text{C}$ và áp suất $p_d = 760 \text{ mmHg}$.

$$\text{Đáp số : } \gamma = 1,225 \text{ kG/m}^3 = 12,02 \text{ N/m}^3$$

$$v = 0,816 \text{ m}^3/\text{kG} = 0,0832 \text{ m}^3/\text{N}$$

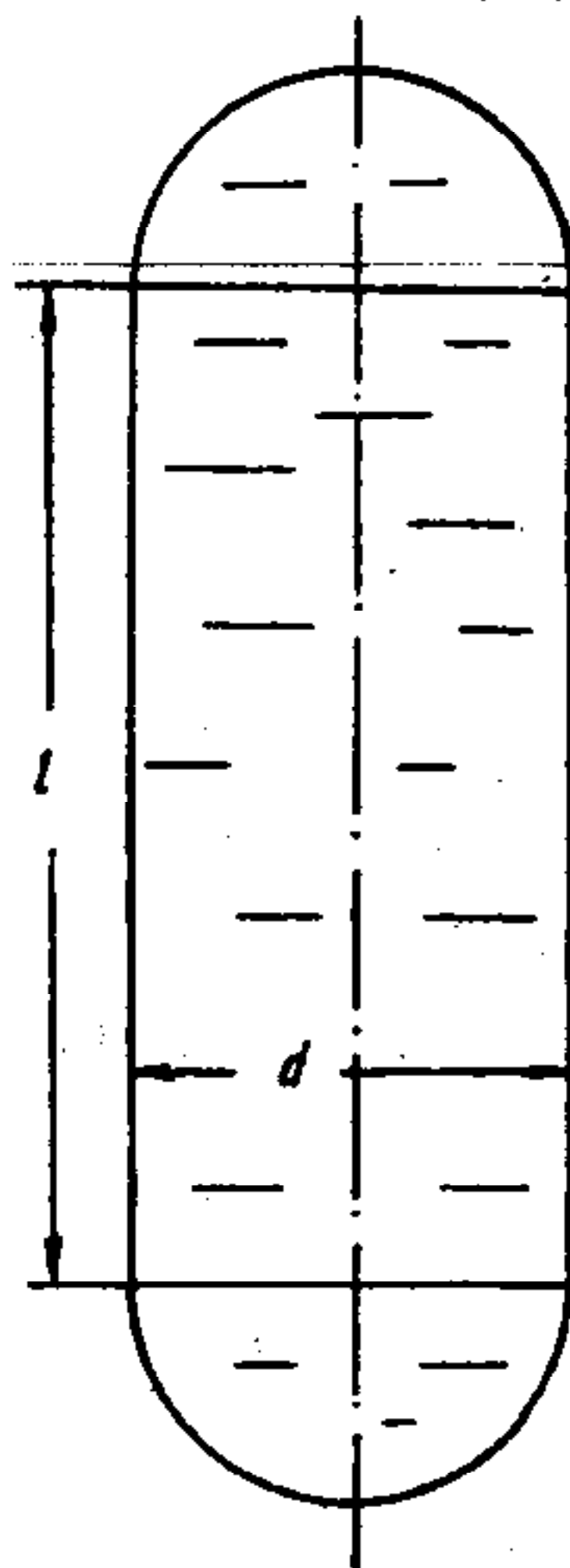
1-7. Xác định trọng lượng G của không khí chứa trong bình dung tích $V = 20 \text{ m}^3$ dưới áp suất $p = 5 \text{ at}$ và nhiệt độ $t = 20^0\text{C}$

$$\text{Đáp số : } G = 116,6 \text{ kG} = 1143,8 \text{ N}$$

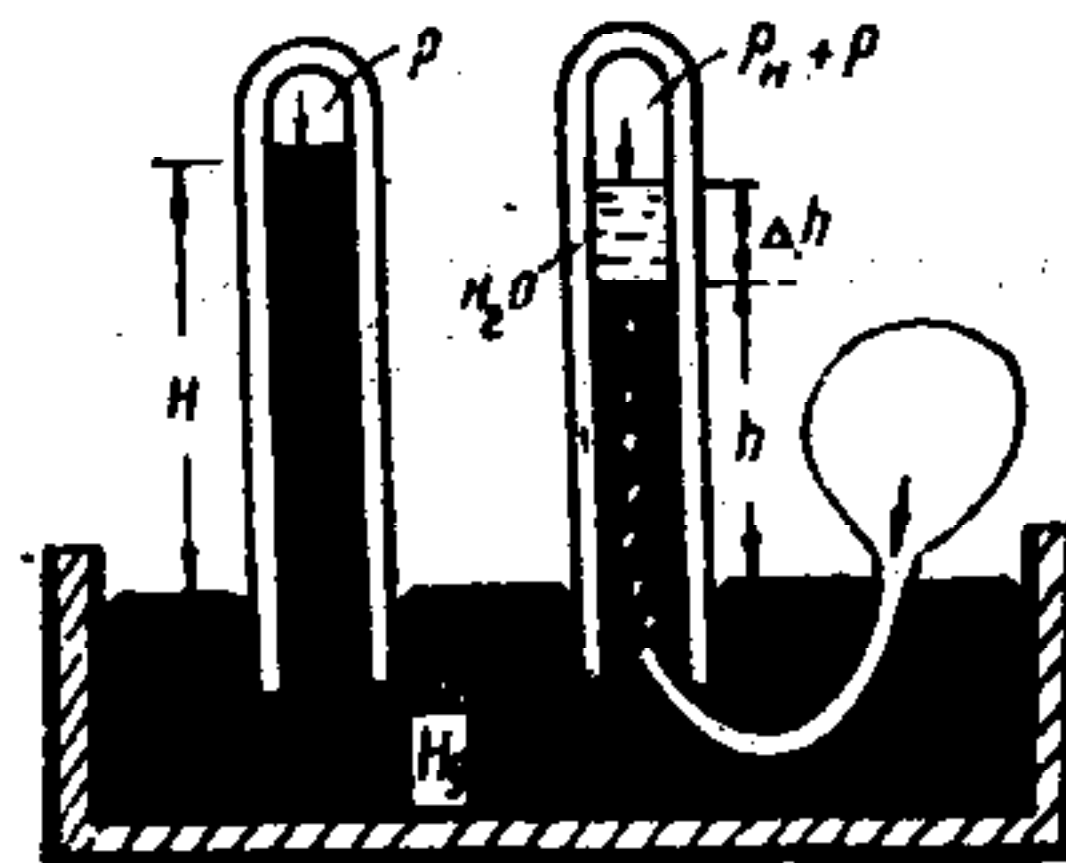
1-8. Để xác định áp suất hơi bão hòa nhờ thiết bị như hình vẽ, ta bơm nước vào ống đo khối lượng riêng bên phải đã được chứa đầy thủy ngân. Sau khi nước chiếm chỗ mà trước đây đã có hơi thủy ngân, chiều cao cột thủy ngân đạt $h = 713 \text{ mm}$, chiều cao cột nước trên mặt thủy ngân đạt $\Delta h = 200 \text{ mm}$, còn mức thủy ngân ở ống bên trái $H = 745,2 \text{ mm Hg}$. Ở nhiệt độ $t = 20^0\text{C}$ trọng lượng riêng của nước $\gamma_n = 998,2 \text{ kG/m}^3$ còn của thủy ngân $\gamma_{\text{Hg}} = 13.550 \text{ kG/m}^3$.

Xác định áp suất hơi nước bão hòa p_n khi kể đến áp suất hơi thủy ngân.

$$\text{Đáp số : } p_n = 0,02367 \text{ kG/cm}^2 \\ \text{hay } h_n = 17,47 \text{ mmHg}$$



H. bài 1-5



H. bài 1-8

1-9. Xác định trọng lượng riêng của nước, dầu lửa và axit sunfuric ở nhiệt độ $t = 50^{\circ}\text{C}$, nếu hệ số giãn nở của nước $\beta_n = 0,0002 \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$, của dầu lửa $\beta_d = 0,001 \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$ của axit sunfuric $\beta_a = 0,00055 \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$. Biết trọng lượng riêng của dầu lửa ở $t = 15^{\circ}\text{C}$ là $\gamma_d = 760 \text{ kG/m}^3$, của axit sunfuric ở $t = 0^{\circ}\text{C}$, $\gamma_a = 1853 \text{ kG/m}^3$.

Đáp số : * $\gamma_n = 0,991 \text{ G/cm}^3 = 991 \text{ kG/m}^3 = 9720 \text{ N/m}^3 = 972 \text{ dyn/cm}^3$
 * $\gamma_d = 0,734 \text{ G/cm}^3 = 734 \text{ kG/m}^3 = 7200 \text{ N/m}^3 = 720 \text{ dyn/cm}^3$
 * $\gamma_a = 1,803 \text{ G/cm}^3 = 1803 \text{ kG/m}^3 = 17.700 \text{ N/m}^3 = 1770 \text{ dyn/cm}^3$

1-10. Nồi áp lực có thể tích $V_0 = 10\text{l}$ chứa đầy nước và được đóng kín. Bỏ qua sự thay đổi thể tích của vỏ nồi, xác định độ tăng áp suất Δp khi tăng nhiệt độ nước lên một giá trị $\Delta t = 40^{\circ}\text{C}$. Hệ số giãn nở của nước $\beta_t = 0,00018 \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$ và hệ số nén $\beta_p = 0,00004112 \text{ cm}^2/\text{kG} = 4,19 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{N}$.

Đáp số : $\Delta p = 175 \text{ at} = 1718 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$

1-11. Người ta nén không khí vào bình thể tích $V = 0,300 \text{ m}^3$ dưới áp suất $p_1 = 100 \text{ at}$. Sau một thời gian bị rò, áp suất không khí trong bình hạ xuống $p_2 = 90 \text{ at}$.

Bỏ qua sự biến dạng của bình, xác định thể tích không khí bị rò trong thời gian đó, nếu coi nhiệt độ không đổi và áp suất khí trời $p_a = 1 \text{ kG/cm}^2$.

Đáp số : $\Delta V = 3 \text{ m}^3$

1-12. Khi làm thí nghiệm đo độ nhớt của dầu mỏ bằng thiết bị đo độ nhớt Engole người ta thấy : thời gian chảy hết 200 cm^3 nước $\tau_1 = 51,2 \text{ s}$, thời gian chảy hết 200 cm^3 dầu mỏ $\tau_2 = 163,4 \text{ s}$.

Xác định độ nhớt động ν của dầu mỏ.

Đáp số : $\nu = 0,224 \text{ S}$

1-13. Xác định ứng suất tiếp tuyến tại thành tàu thủy đang chuyển động, nếu sự biến thiên của vận tốc nước theo phương pháp tuyến với thành tàu được biểu thị bằng phương trình

$$v = 516y - 13400y^2$$

trong khoảng trị số $y < 1,93 \cdot 10^{-2} \text{ m}$; nhiệt độ của nước $t = 15^{\circ}\text{C}$

Đáp số : $\tau_0 = 0,0579 \text{ kG/m}^2 = 0,568 \text{ N/m}^2$

1-14. Xác định lực ma sát tại thành trong của ống dẫn dầu có đường kính $d = 80 \text{ mm}$, dài $l = 10 \text{ m}$. Vận tốc dầu biến thiên theo quy luật.

$$v = 25y - 312y^2$$

trong đó y - khoảng cách từ thành ống $(0 \leq y \leq \frac{d}{2})$. Độ nhớt của dầu bằng 9°E ,

trọng lượng riêng $\gamma_d = 920 \text{ kG/m}^3$ ($9025,2 \text{ N/m}^3$).

Tìm vận tốc cực đại v_{max} của dòng.

Đáp số : $F = 0,382 \text{ kG} = 3,747 \text{ N}$

$v_{\text{max}} = 0,5 \text{ m/s}$ (tại $y = 0,04$)

1-15. Xác định lực ma sát của dòng nước chảy bao quanh bản mỏng có kích thước $l = 3 \text{ m}$ và $h = 1 \text{ m}$, nếu vận tốc dòng ở gần bản mỏng phân bố theo quy luật

$$v = 200y - 2500y^2$$

theo phương vuông góc với tấm bản $(0 \leq y \leq 0,04)$

Đáp số : $F = 0,1345 \text{ kG} = 1,3194 \text{ N}$

CHƯƠNG 2

TÍNH HỌC CHẤT LỎNG

§2.1. PHƯƠNG TRÌNH VI PHÂN CÂN BẰNG VÀ PHƯƠNG TRÌNH CƠ BẢN THỦY TĨNH

1. Phương trình vi phân cân bằng

Lực tác động lên chất lỏng được chia thành lực khối và lực mặt. Áp lực thủy tĩnh là lực mặt tác động vuông góc, hướng vào mặt tác động và có trị số

$$P = \int_s p dS \quad (2-1)$$

Lực khối và lực mặt liên hệ với nhau bởi phương trình vi phân cân bằng (gọi là phương trình Ole cho chất lỏng ở trạng thái tĩnh) :

$$\vec{F} - \frac{1}{\rho} \text{grad}p = 0, \quad (2-2)$$

hay biểu diễn dưới dạng hình chiếu lên các trục tọa độ, x, y, z :

$$\left. \begin{aligned} X - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial x} &= 0 ; \\ Y - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial y} &= 0 ; \\ Z - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial z} &= 0 . \end{aligned} \right\} \quad (2-3)$$

2. Phương trình cơ bản thủy tĩnh

Trong trường hợp lực khối tác động lên chất lỏng chỉ là trọng lực và hệ tọa độ chọn sao cho x, y ở trong mặt phẳng nằm ngang, còn trục z hướng lên, ta sẽ dẫn đến phương trình cơ bản thủy tĩnh.

$$z + \frac{p}{\gamma} = \text{const}, \quad (2-4)$$

hay là :

$$p = p_0 + \gamma h, \quad (2-5)$$

trong đó h - độ sâu của điểm, p_0 - áp suất trên mặt thoáng.

Đối với mặt thoáng tự do $p_0 = p_a$, biểu thức (2-5) có thể viết :

$$p = p_a + \gamma h. \quad (2-5)'$$

3. Các thành phần áp suất

Tại điểm trong chất lỏng có áp suất lớn hơn áp suất khí trời, ta có thể xác định bởi áp suất dư :

$$p_d = p - p_a = \gamma h \quad (2-6)$$

hoặc nếu nhỏ hơn áp suất khí trời ta có áp suất chân không p_{ck} :

$$p_{ck} = p_a - p \quad (2-7)$$

§2-2. TÍNH ÁP LỰC LÊN THÀNH PHẪNG

1. Trị số

Dựa vào các công thức tính áp suất điểm (2-5), (2-5)' và (2-6) ta có thể suy ra biểu thức tính áp lực lên thành.

Đối với thành phẳng ta có trị số áp lực :

$$P = p_c S \quad (2-8)$$

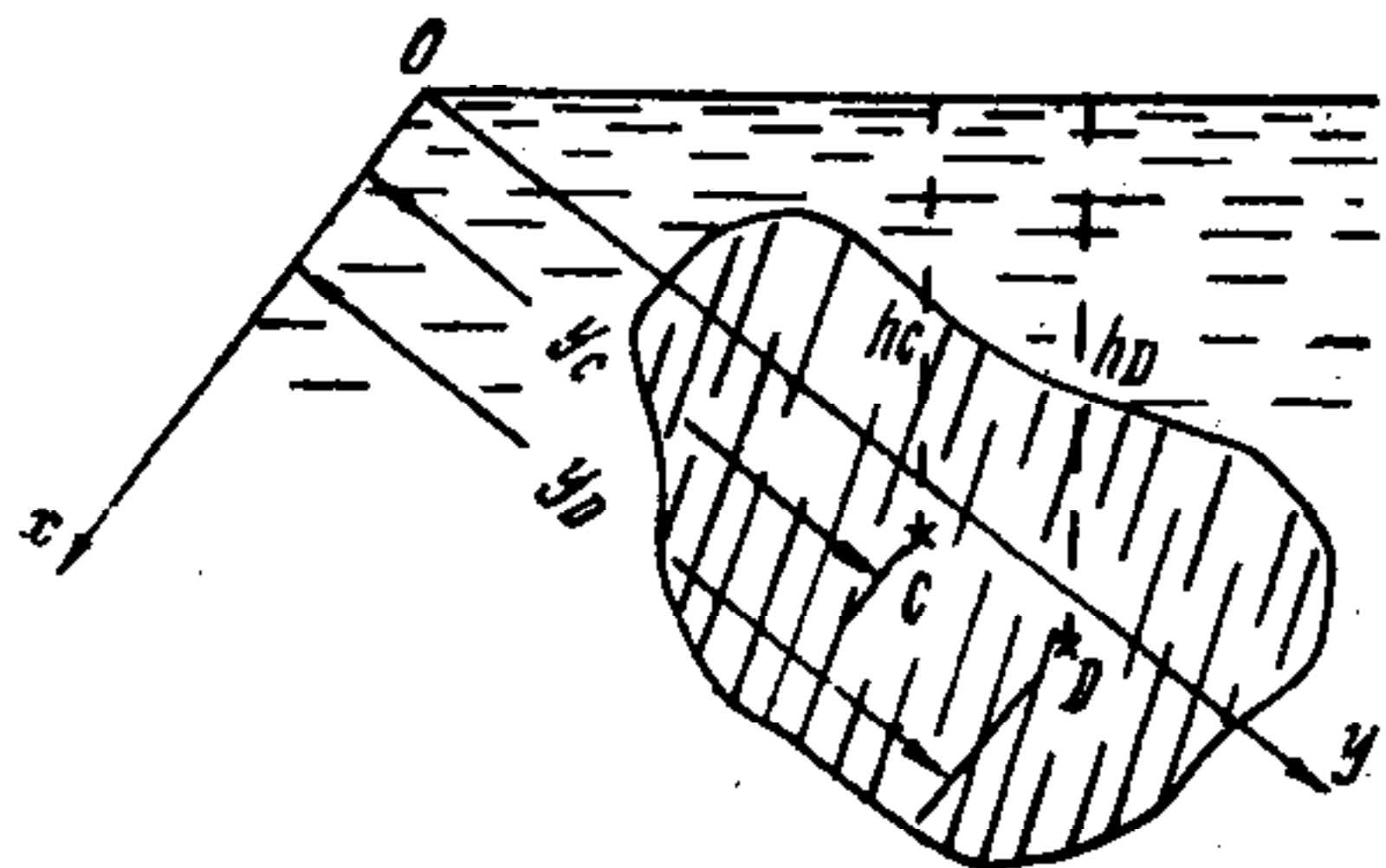
trong đó p_c - áp suất tại khối tâm của mặt chịu lực,
 S - diện tích của mặt chịu lực.

Trong trường hợp tính theo áp suất dư $p_c = \gamma h_c$; h_c - độ sâu khối tâm của mặt.

2. Điểm đặt

Nếu chọn hệ trục x, y chứa mặt tác động sao cho x là giao tuyến giữa mặt thoáng và mặt tác động, y - trục vuông góc với x và trùng với đường dốc chính (H. 2-1) ta có công thức xác định vị trí điểm đặt của áp lực :

$$\left. \begin{aligned} y_D &= y_c + \frac{J_c}{y_c S} \\ x_D &= \frac{J_{xy}}{y_c S} \end{aligned} \right\} \quad (2-9)$$



Hình 2-1

trong đó J_c - mômen quán tính của hình phẳng đối với trục đi qua khối tâm C và song song với x ;
 J_{xy} - mômen quán tính y tâm của hình phẳng.

Trường hợp hình phẳng đối xứng qua trục Cy ta có $x_D = 0$, (xem kết quả phụ lục 2-2).

§2-3. ÁP LỰC LÊN THÀNH CONG - KHÁI NIỆM VỀ VẬT NỔI

1. Áp lực

Đối với mặt cong trị số áp lực có thể xác định bởi ba thành phần hình chiếu P_x , P_y , P_z , do đó

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2}.$$

Chọn trục trùng với mặt phẳng nằm ngang, các thành phần hình chiếu sẽ có trị số (tính theo áp suất dư) :

$$\left. \begin{aligned} P_x &= p_{Cx} S_x = \gamma h_{Cx} S_x, \\ P_y &= p_{Cy} S_y = \gamma h_{Cy} S_y, \\ P_z &= \gamma V; \end{aligned} \right\} \quad (2-10)$$

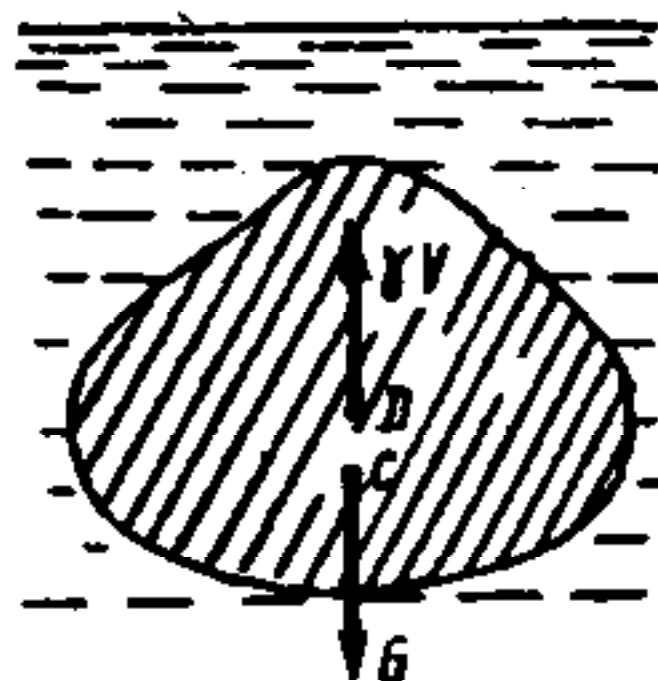
- trong đó: S_x, S_y - các hình chiếu của mặt cong lên các mặt phẳng tọa độ vuông góc với các trục x, y tương ứng.
 C_x, C_y - khối tâm của các hình chiếu S_x, S_y ;
 h_{Cx}, h_{Cy} - độ sâu của các khối tâm C_x, C_y ;
 V - thể tích khối trụ chất lỏng có đường sinh thẳng đứng và giới hạn bởi mặt cong và mặt thoáng, còn gọi là vật thể áp lực.

2. Vật nổi

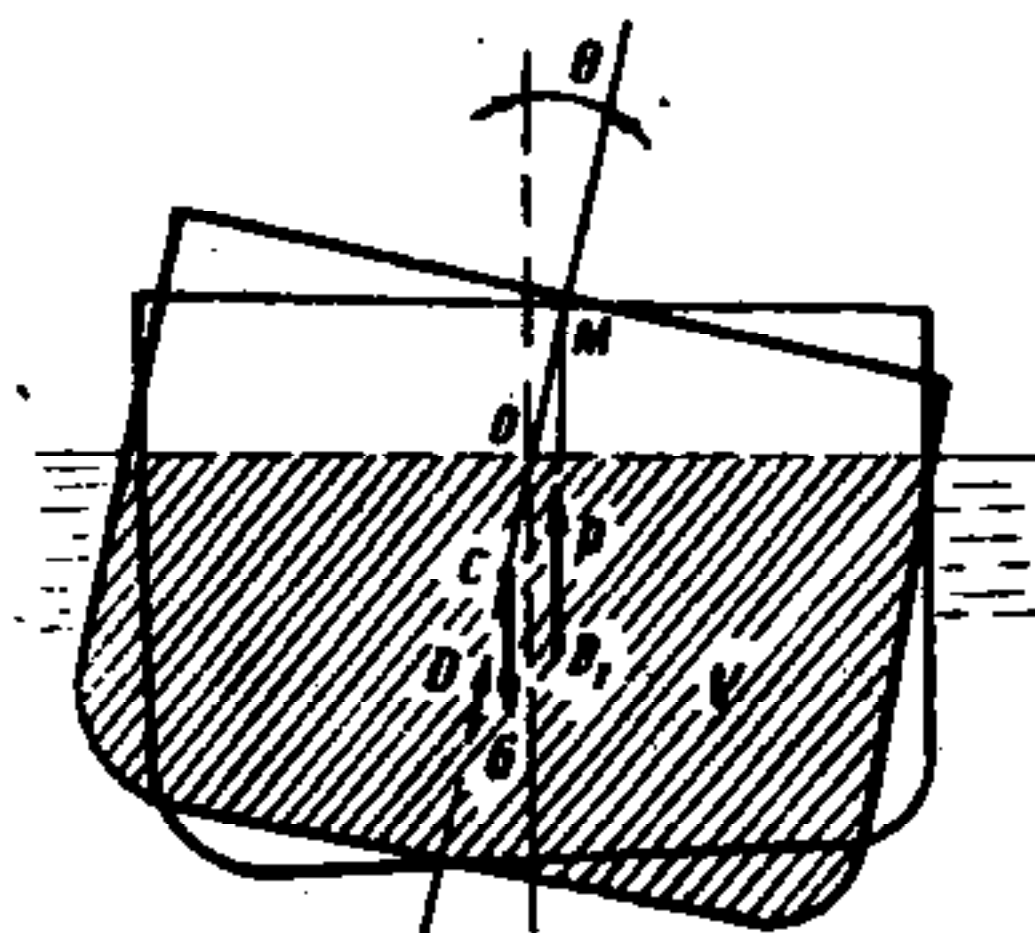
Một vật ngập từng phần hoặc toàn phần trong chất lỏng sẽ chịu một lực đẩy theo phương thẳng đứng từ dưới lên trên với trị số bằng trọng lượng của khối chất lỏng bị vật choán chỗ (gọi là lực đẩy Acsimet), tức là

$$\gamma P = V.$$

Lực đẩy này sẽ đặt tại trọng tâm D của khối chất lỏng bị vật choán chỗ (D còn gọi là tâm đẩy).



Hình 2-2



Hình 2-3

Điều kiện cân để một vật ngập toàn phần hoặc từng phần trong chất lỏng có được trạng thái cân bằng là trọng lượng G của vật phải bằng lực đẩy P và trọng tâm C của vật và tâm đẩy D phải nằm trên một đường thẳng đứng.

Điều kiện cân để một vật ngập hoàn toàn trong chất lỏng giữ được trạng thái cân bằng ổn định là trọng tâm C của vật nằm dưới tâm đẩy D (hình 2-2). Khi một vật ngập không hoàn toàn trong chất lỏng điều kiện trên không phải là duy nhất, vì trong một số trường hợp trọng tâm C nằm trên tâm đẩy D mà vật vẫn giữ được trạng thái cân bằng ổn định.

Ta chỉ cần xét điều kiện cân bằng ổn định cho trường hợp trọng tâm C nằm trên tâm đẩy D .

Khi vật nổi nghiêng đi một góc nhỏ θ thì tâm đẩy D chuyển đến D_1 (hình 2-3). Giao điểm của trục nối với phương của lực đẩy mới gọi là tâm định khuynh M .

Khoảng cách MD từ tâm định khuynh M đến tâm đẩy D gọi là bán kính định khuynh ρ ($\rho = MD$).

Điều kiện cân bằng ổn định trong trường hợp này như sau :

- Nếu như bán kính định khuynh ρ lớn hơn khoảng cách CD thì vật cân bằng ổn định ($MD > CD$).

- Nếu như $MD < CD$ vật cân bằng không ổn định

Công thức tính bán kính định khuynh :

$$\rho = MD = \frac{J}{V},$$

trong đó J - mômen quán tính của mặt nổi đối với trục $00'$ ($00'$ là giao tuyến của mặt nổi với mặt nước lúc nghiêng).

V - thể tích chất lỏng bị vật chiếm chỗ.

§2-4. TÍNH TƯƠNG ĐỐI

Các công thức trên khảo sát cho trường hợp tính tuyệt đối. Trong trường hợp tính tương đối với các bài toán và chọn hệ trục như hình vẽ, áp suất sẽ được xác định bằng những biểu thức sau đây :

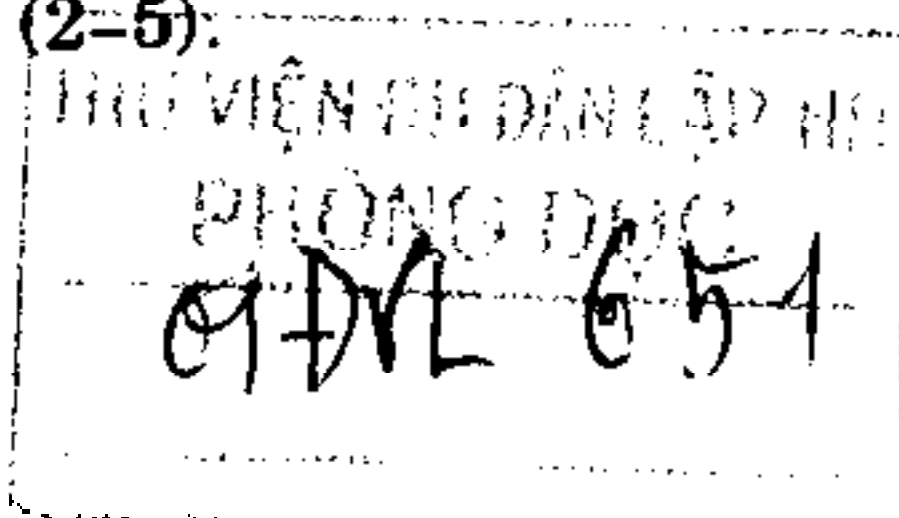
$$p = p_0 - \gamma z + \rho a x \quad (2-11)$$

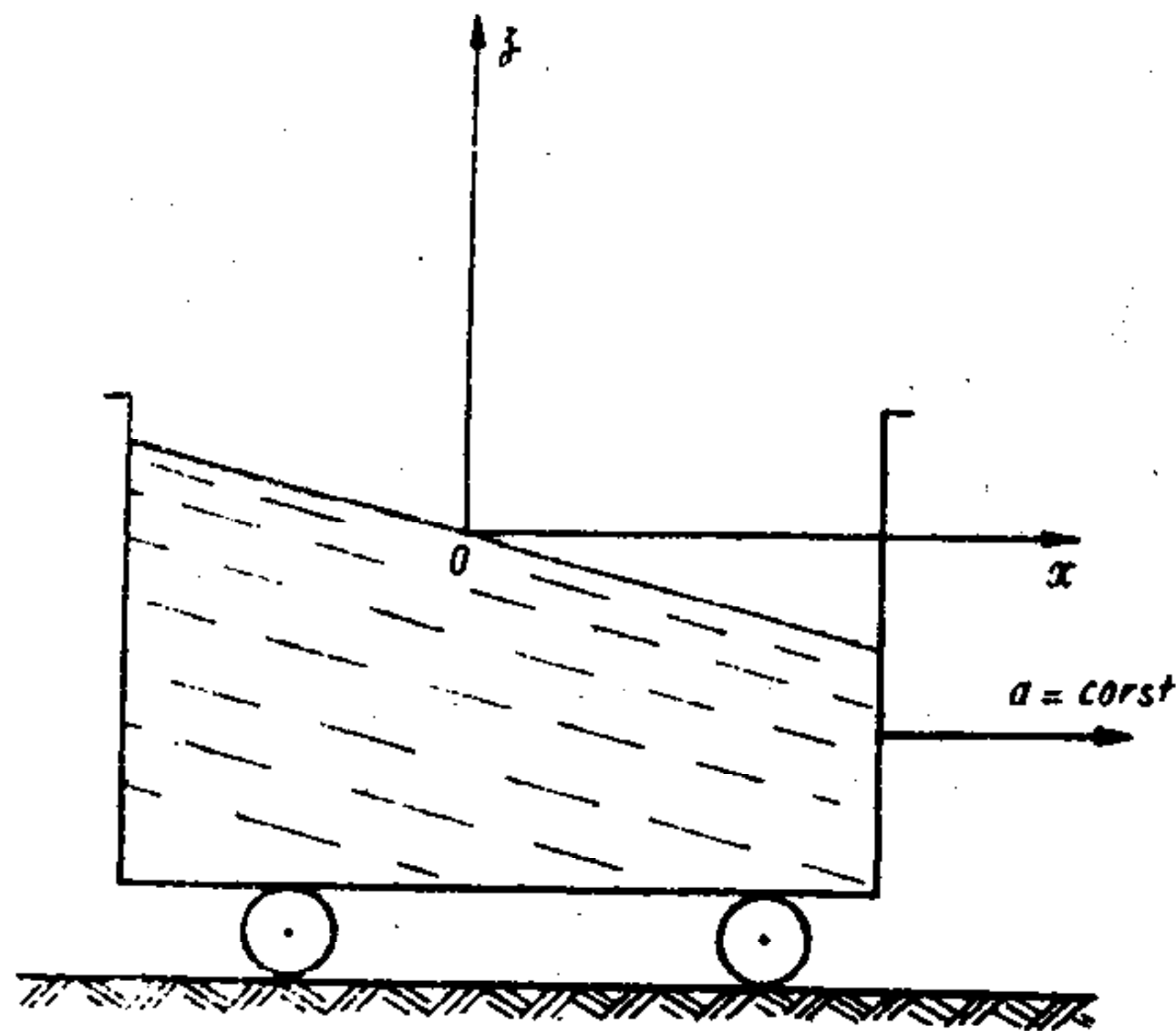
trong đó $a = \text{const}$ - gia tốc của xe chở chất lỏng (hình 2-4) ;

$$p = p_0 + \frac{\rho \omega^2}{2} (x^2 + y^2) - \gamma z, \quad (2-12)$$

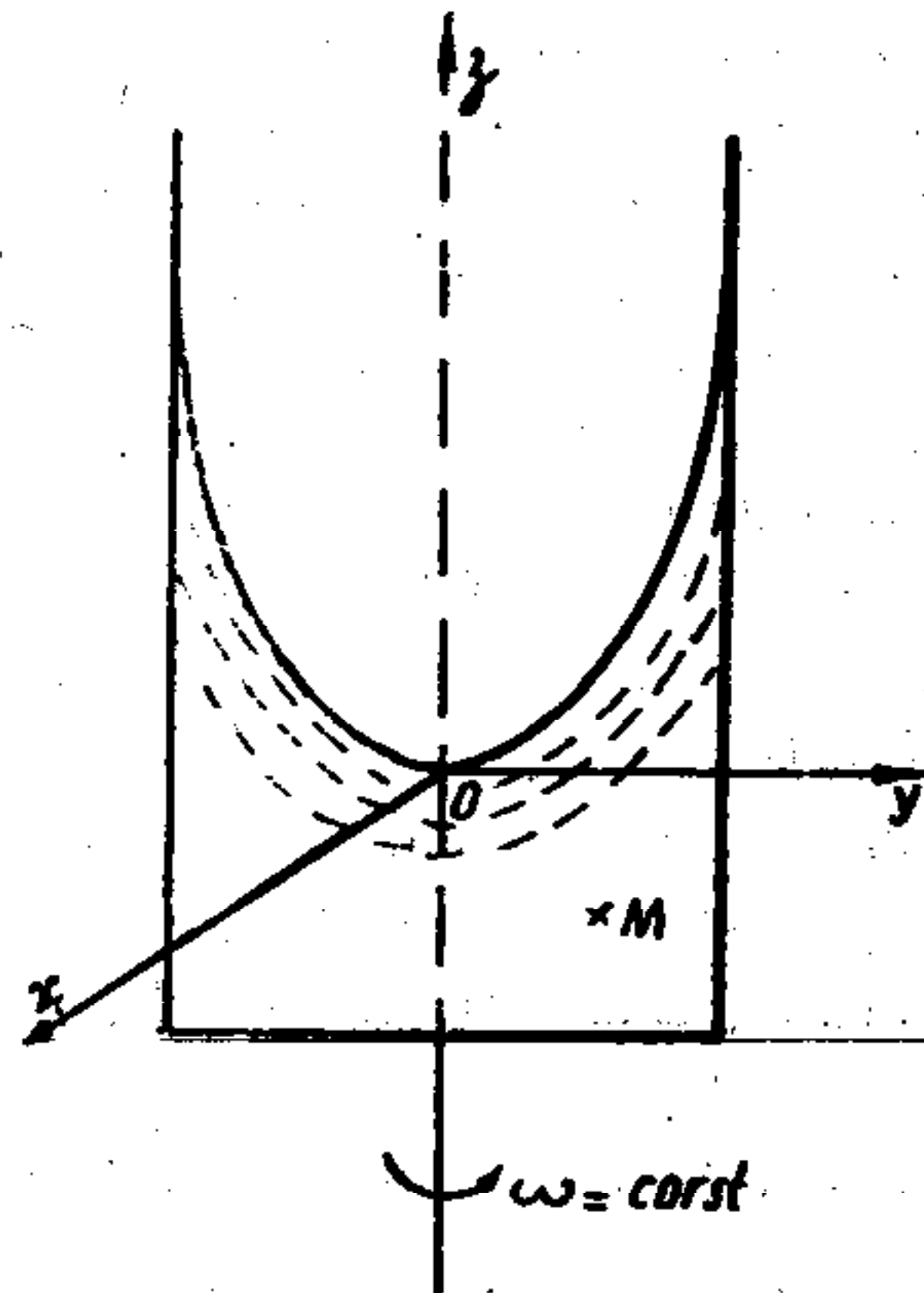
trong đó : $\omega = \text{const}$ - vận tốc góc của bình chứa chất lỏng quay xung quanh trục đối xứng (hình 2-5).

Nếu gọi h là độ sâu của điểm theo phương thẳng đứng (kể từ mặt thoáng thì các công thức (2-11), (2-12) có thể đưa về dạng (2-5):





Hình 2-4



Hình 2-5

§2-5. TÍNH HỌC CHẤT KHÍ

Ở trên chúng ta khảo sát chất lỏng không chịu nén. Đối với chất lỏng chịu nén chúng ta khảo sát một số trường hợp sau đây :

1. Chất lỏng ít chịu nén

Khảo sát quá trình đẳng nhiệt ta có phương trình xác định thể tích khối khí là :

$$V = V_0 [1 - \chi_\theta (p - p_0)]$$

hay là :

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{\rho_0} [1 - \chi_\theta (p - p_0)], \quad (2-13)$$

trong đó chỉ số 0 - chỉ trạng thái đã xác định ;

χ_θ - hệ số giãn nở đẳng nhiệt.

Chọn trục z' theo phương thẳng đứng hướng xuống ta có phương trình vi phân :

$$\frac{dp}{\rho} = g dz'$$

Thay (2-13) vào phương trình trên, sau khi tích phân ta có :

$$p - p_0 = \frac{1}{2} \chi_\theta (p - p_0)^2 = \rho_0 g z'$$

hay là

$$(p - p_0) \left[1 - \frac{\chi_\theta}{2} (p - p_0) \right] = \rho_0 g z'$$

Vì $\frac{\chi_\theta}{2} (p - p_0)$ quá nhỏ so với 1 cho nên ta có thể viết :

$$p = p_0 + \rho_0 g z' \left(1 + \frac{\chi_\theta}{2} \rho_0 g z' \right) \quad (2-14)$$

2. Khí quyển

Khảo sát phương trình trạng thái của không khí

$$\frac{p}{\gamma} = h_T = 29,3T = RT. \quad (2-15)$$

Ở nhiệt độ 0°C ta có chiều cao tương ứng :

$$h_0 = 7989\text{m} \approx 8000\text{m}.$$

Ở nhiệt độ $T^\circ\text{K}$:

$$h_T = h_0 \frac{T}{273}. \quad (2-16)$$

Chọn trục z hướng lên từ mặt đất ta có phương trình vi phân :

$$dp = -\rho g dz$$

Kết hợp với các biểu thức (2-15) - (2-16) ta suy ra :

$$\frac{dp}{p} = -\frac{273}{T} \cdot \frac{dz}{h_0} = -\frac{dz}{h_T} = -\frac{dz}{8.000} \quad (dz - \text{tính bằng m}). \quad (2-17)$$

Dưới đây khảo sát các biểu thức xác định áp suất và khối lượng riêng theo chiều cao trong một số trường hợp.

- Trường hợp đẳng nhiệt :

Tích phân phương trình (2-17) với chú ý

$$T = T_m = \text{const}$$

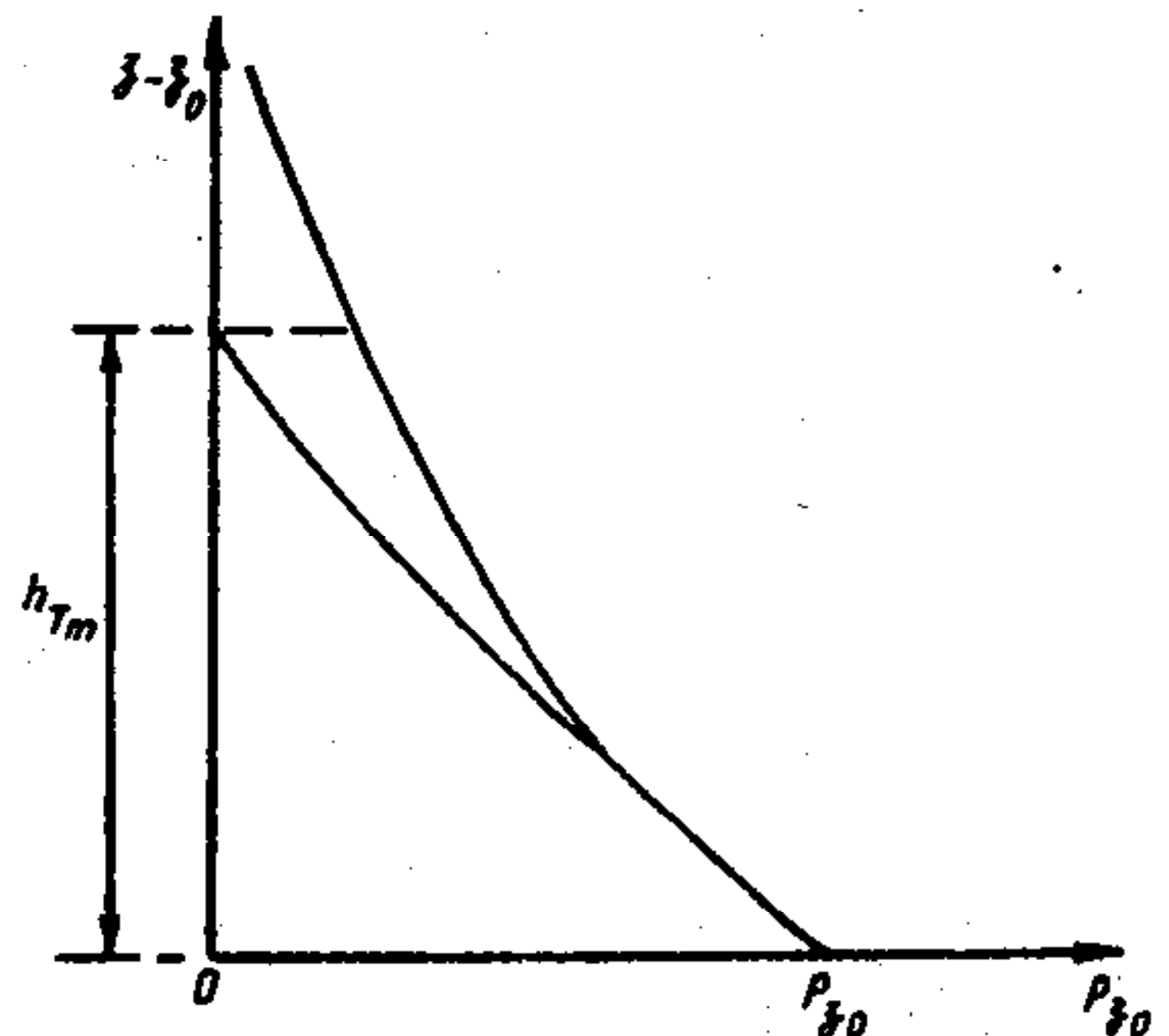
ta được :

$$\ln \frac{p}{p_{z_0}} = -\frac{273}{T_m} \cdot \frac{z - z_0}{h_0} = -\frac{z - z_0}{h_{Tm}}$$

$$p_z = p_{z_0} \exp \left(-\frac{273}{T_m} \cdot \frac{z - z_0}{h_0} = -\frac{z - z_0}{h_{Tm}} \right)$$

$$\text{hay } p_z = p_{z_0} \exp \left(-\frac{273}{T_m} \cdot \frac{z - z_0}{h_0} \right) =$$

$$= p_{z_0} \exp \left(-\frac{z - z_0}{h_{Tm}} \right). \quad (2-18)$$



Hình 2-6