ملخص ميكانيكا موائع

hhuson.weebly.com

••الحصن تحلى فينا••

إعداد : مجد العجلوني

Ch. 2

mass Density (ρ) = $\frac{\text{mass}}{\text{volume}}$

* specific weight (γ) = ρg

* specific grivety (SG) = $\frac{\rho_{fluid}}{\rho_{water}} = \frac{\gamma_{fluid}}{\gamma_{water}}$

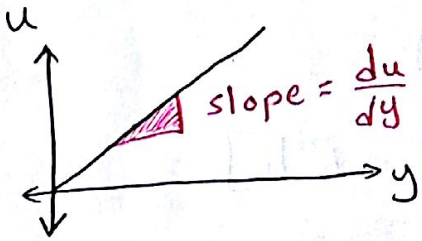
* $R = \frac{Ru}{Mw}$ → ثابت الغاز العالمي / الوزن الجزيئي

$Ru = 8314 \ J/mole.k$

* $\frac{PV}{T} = mR$

---

* $\tau = \mu \frac{du}{dy}$ (shear stress)



$\mu_{Liquid} \downarrow @ T \uparrow$

$\mu_{gas} \uparrow @ T \uparrow$

* Kinetic viscosity (ν) = $\frac{\mu}{\rho}$ → dynamic viscosity معامل اللزوجة

---

* $f_s = \sigma * L$

$= \sigma * (2\pi R)$

F_s: Surface tensione force قوة الشد الظاهرة للتوتر السطحي

σ: Surface tensione coffici

L: Surface length ($2\pi R$) محيط الدائرة

Capillary effect (الخاصية الشعرية)

for equilibrium :-

$$\Sigma F_y = 0$$

$$W = 2F\cos\theta$$

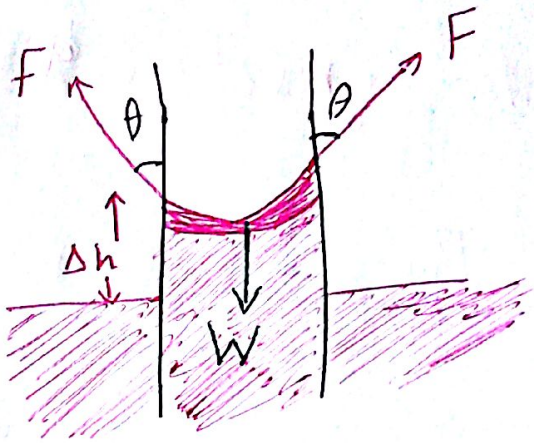
$$mg = (2\pi R)\sigma\cos\theta$$

$$\rho v g = \ //$$

$$\rho g[\pi R^2 h] = \ //$$

(حجم اسطوانة)

$$h = \frac{2\sigma\cos\theta}{\rho g R}$$



θ: الزاوية بين المماس للسائل والسطح الصلب

محمد موسى العجلوني

Ch. 3

* في Ch3 سندرس جزئين [1] اجهزة القياس

[2] البوابات

* * *

[1] اجهزة القياس :-

* عند الحل نراعي القواعد التالية :-

[1] فرق الضغط بين اي نقطتين على خط افقي يساوي صفر
"خطوط تساوي الضغط"

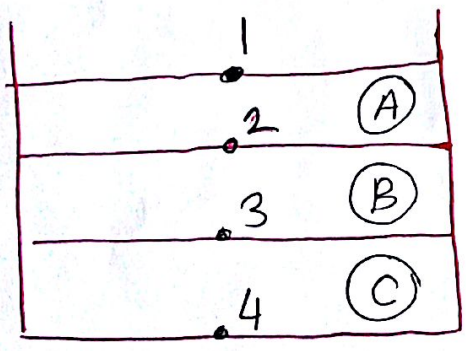
[2] الضغط المقاس يساوي صفر عند سطح المائع المفتوح على الضغط الجوي.

[3] عندما ننزل إلى الأسفل فإن الضغط يزيد (نضع إشارة موجبة)
وعندما نصعد للأعلى فإن الضغط يقل (إشارة سالبة)

مهم جدا "جدا" $\Delta P = \gamma h = \rho g h$

* * *

Ex :-



$P_1 = 0$ (gage)

$P_2 = P_1 + \gamma_A h_1 = \gamma_A h_1$

$P_3 = P_2 + \gamma_B h_2$

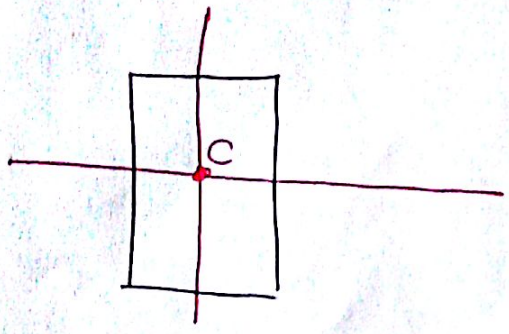
$P_4 = P_3 + \gamma_c h_3$

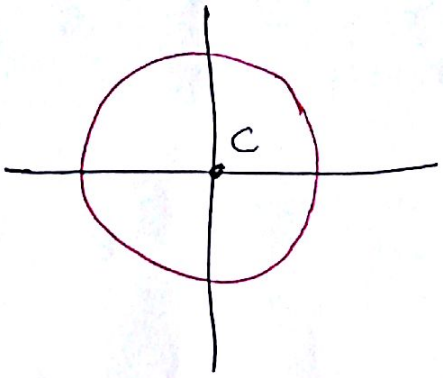
Ch.3 مراجعة الـ moment of Inersia

هنا لا نحتاج اشكال معقدة مثل الاستاتيك

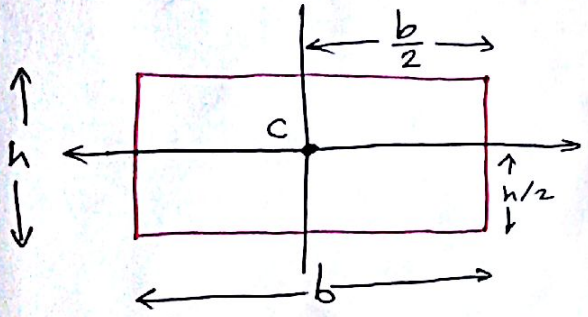
Centroid المركز

* قاعدة مهمة:- عادتاً يكون المركز "centroid" في محور التماثل إن وجد .





* المركز "centroid" للاشكال و I :-



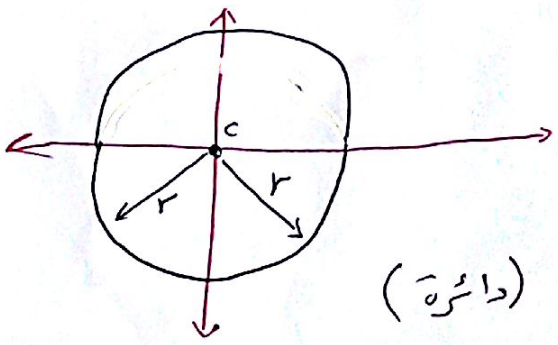
$I_x = \frac{1}{12} b h^3$ ✓

$I_y = \frac{1}{12} b^3 h$ ✗

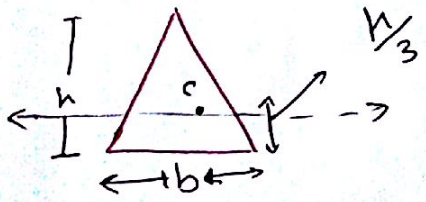
$A = h * b$

$I_x = I_y = \frac{1}{4} \pi r^4$

$A = \pi r^2$

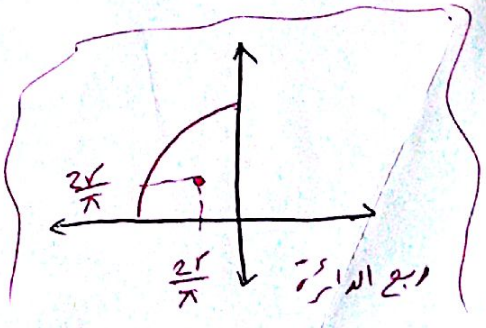


(دائرة)



$I_x = \frac{1}{36} b h^3$

$A = \frac{1}{2} b h$



Ch-3

Gates البوابات

* هنالك نوعين من البوابات "Gates" :- 1

Plane Plate البوابات المسطحة

Curved Plate 2 البوابات المنحنية

1 Plane Plate :-

γ : s.p weight from fluid

$\bar{h}$: البعد العامودي بين مركز البوابة والسطح

A : مساحة البوابة

$\bar{y}_{cp}$: مركز تأثير القوة

$\bar{y}$: البعد بين مركز البوابة والسطح "البعد الحقيقي وليس العامودي"

I : moment of Inersia

$$* F = \bar{P} A$$

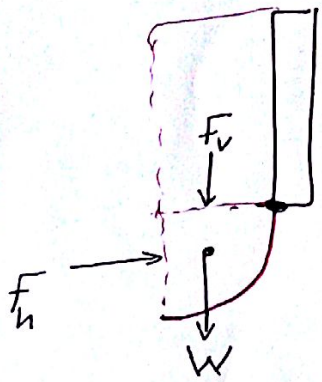
$$F = \gamma \bar{h} A$$

$$* \bar{y}_{cp} = \bar{y} + \frac{I}{\bar{y} A}$$

$$I = \frac{1}{12} b h^3$$

2] Curved Plant (البوابات المنحنية)

في البوابات المنحنية "Curved Plant" هناك ثلاث قوى تؤثر على البوابة



1] القوة الأفقية (F_h)

2] وزن الماء فوق البوابة "فوق الربع دائرة" (F_v)

3] وزن الماء في ربع الدائرة W

$$F_h = \gamma \bar{h} A$$

$\bar{h}$ ← البعد بين المركز العامودي للشكل وسطح السائل

A ← مساحة الشكل العامودي عليه القوة

A = (العمق × نق الدائرة)

$$\bar{y}_{CP} = \bar{y} + \frac{I}{\bar{y} A}$$

$$I = \frac{1}{12} b h^3$$

b ← العمق

h ← نق الدائرة

$$F_v = \gamma \bar{h} A$$

$\bar{h}$ ← البعد بين سطح المائع وبداية ربع الدائرة

$$\bar{y}_{CP} = \bar{y}_v + \frac{\bar{I}_v}{\bar{y}_v A_v}$$

A ← مساحة الشكل العامودية عليه القوة F_v على الأنبوب نفس A_{F_h}

$$W = mg = \rho_v g = \rho \left(\frac{\pi R^2}{4}\right) g$$

↓

حجم ربع الإسطوانة

$$F_x = F_h \qquad F_y = F_v + W$$

$$F_R = \sqrt{(F_x)^2 + (F_y)^2}$$

$$\theta_R = \tan^{-1}\left(\frac{F_y}{F_x}\right)$$

Bonyancy force

* $F_B = \gamma h A = \gamma V$

h ارتفاع الجسم المغمور

V حجم الجسم المغمور

* $W = F_B$

* $\gamma_{body} V_{totel} = \gamma_{fluid} V_{sub}$

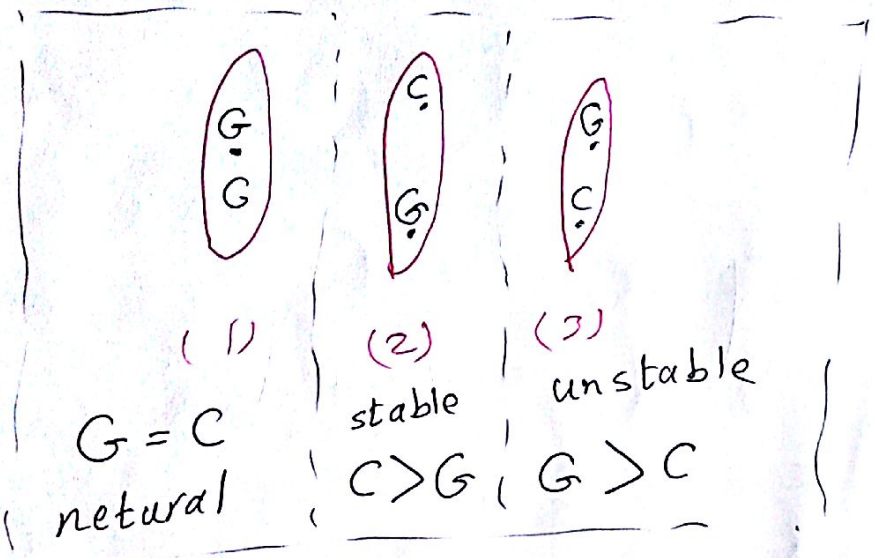
V_{totel} الحجم الكلي

V_{sub} حجم الجسم المغمور

Stability الاتزان

الأجسام
1. netural
2. stable
3. unstable

G → center of gravity
C → centroid



* لكي نفرق بين ال stable و unstable
نستخدم (MG) metar center

MG → +ve موجب → stable
MG → -ve سالب → unstable

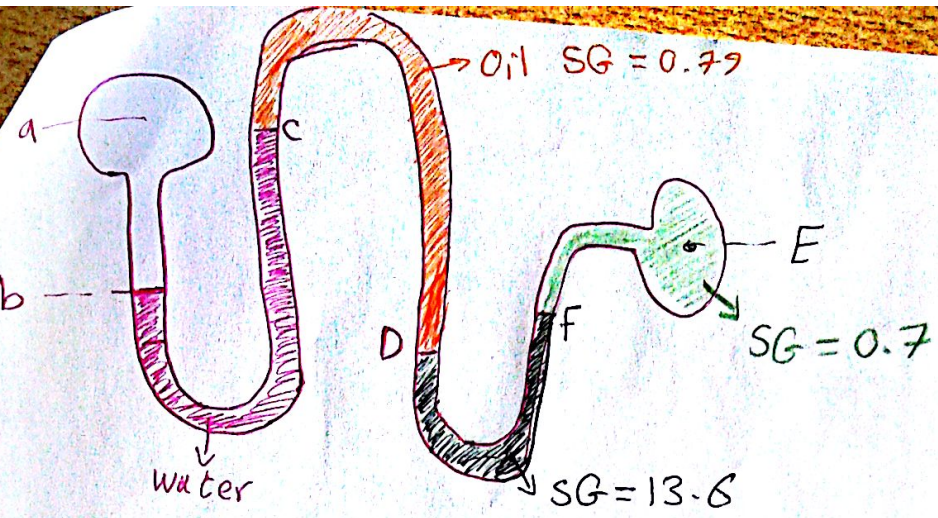
$$MG = \frac{I_{oo}}{\forall} - CG$$

I_{oo} → عزم حور محور ∞

$\forall$ → حجم الجزء المغمور

CG → المسافة بين M و C

Problem 1



Sol :-

1. $P_a = 370 \times 10^3$ Pa

2. $P_b = P_a = 370 \times 10^3$ Pa

3. $P_c = P_b - \rho g h = 370 \times 10^3 - 9810\,(0.45)$
$= 365585.5$ Pa

4. $P_D = P_c + SG\,\gamma_{H_2O} h = 365585.5 + 0.79\,(9810)\,(0.5)$
$= 369264.25$ Pa

5. $P_f = P_D - \gamma_{H_2O}\,(SG)\,h = 369264.25 - 9810\,(13.6)\,(0.10)$
$= 355922.65$ Pa

6. $P_E = P_f + \gamma_{H_2O}\,(SG)\,h = 355922.65 - 0.7\,(9810) * (0.22)$
$= 354411.91$ Pa

$P_{gage\ gasline\ line} = 354411.91$ Pa

Problem 2 :-

$$F = \bar{P} A$$

$$= \gamma \bar{h} A$$

$$= 9810 (2) (4 \times 5)$$

$$= 392400 \ N$$

$$\bar{y}_{cp} = \bar{y} + \frac{\bar{I}}{\bar{y} A}$$

$$= 2 + \frac{\frac{1}{12} 5 (4)^3}{2 (5 \times 4)}$$

$$= 2.67 \ m$$

tulers equation of motion

$$\frac{-\partial}{\partial L}(P+\gamma z) = \rho a_L$$

ρ: الكثافة

$P+\gamma z$: ضغط البيزومتر

a_L: التسارع باتجاه L

L: اتجاه المحور

$$\gamma z = \text{constant}$$

$$\frac{\partial}{\partial L}(\gamma z) = 0$$

$$\frac{dP}{dL} = -\rho a_L$$

$$\sin\alpha = \frac{\Delta z}{\Delta L}$$

if The acceleration is Zero

$$\frac{-\partial}{\partial L}(P+\gamma z) = 0$$

$$P+\gamma z = \text{constant} \quad \text{"hydrostiac eq"}$$

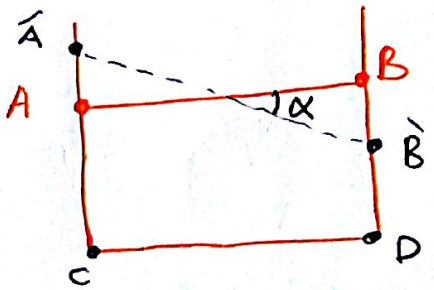
* استخدام المعادلة السابقة نادر.

$$\tan\alpha = \frac{a}{g}$$

(a) تسارع الخزان

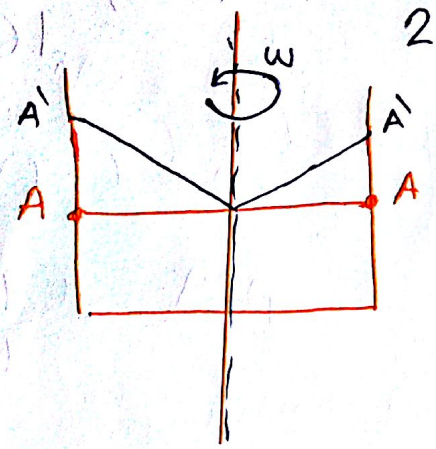
(g) تسارع الجاذبية

(α) الزاوية الناتجة عن الحركة



Rotation of a tank of fluid. دوران خزان حلي بالسائل

$$P + \gamma z - \frac{\rho r^2 \omega^2}{2} = \text{constant}$$



ω ← سرعة الدوران الزاوية.
r ← البعد عن مركز الدوران.
P ← الضغط.

$$P_1 + \gamma z_1 - \frac{\rho r_1^2 \omega^2}{2} = P_2 + \gamma z_2 - \frac{\rho r_2^2 \omega^2}{2}$$

* * * * *

ملاحظة :-

$$(z_1 + z_2)_{\text{before}} = (z_1 + z_2)_{\text{After rotation}}$$

Bernolis equation معادلة برنولي

$$\frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} + Z = \text{const}$$

$Z \leftarrow$ بالنسبة للمرجع

* إذا لم يكن هناك حركة دورانية او افقية سنستخدم معادلة برنولي.
(السائل فقط يتحرك الوعاء ثابت)

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2$$

* * *

* تطبيقات على معادلة برنولي (Bernolis equation)

1 Stagntion tube :-

$$V_1 = \sqrt{2gL} \qquad V_2 = 0 \qquad Z_1 = Z_2$$

2 Pitot tube :-

$$V_1 = 0 \qquad V_2 = \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} = \sqrt{2g(h_1 - h_2)}$$

Ch.5

* Voulme Flowe rate $[Q] = VA$ $[m^3/s]$

* mass Flowe rate $m^\circ = \rho Q = \rho VA$ $[kg/s]$

* The rate of flow $= \bar{V}_2 A_2 + \bar{V}_1 A_1$

  flow$_{out}$ - flow in $= V_2 A_2 - V_1 A_1$

  $= \sum_{cs} \bar{V}_1 . \bar{A}$

cs = control surface

CV = control voulm

عندما

$$\sum_{cs} \vec{V} A = 0$$

$$V_1 A_1 = V_2 A_2$$

* net rate $= Q_{out} - Q_{in}$

$= 0 \rightarrow h = con$

$= +ve \rightarrow h = \downarrow$ "متناقص"

$= -ve \rightarrow h = \uparrow$ "متزايد"

* * *

* * *

* ملاحظات مهمة في هذا القانون:-

1 إذا كان السائل steady ⇐ $\frac{d}{dt} = 0$

2 الصيغة التي سنحل عليها الأسئلة:

$$\frac{d}{dt}\int_{cv} \rho \, dv + \sum \dot{m}_{out} - \sum \dot{m}_{in} = 0$$

3 في حالة التدفق في المواسير (Pipe) يصبح القانون:

$$\sum \dot{m}_{out} - \sum \dot{m}_{in} = 0$$

$$\dot{m}_{out} = \dot{m}_{in}$$

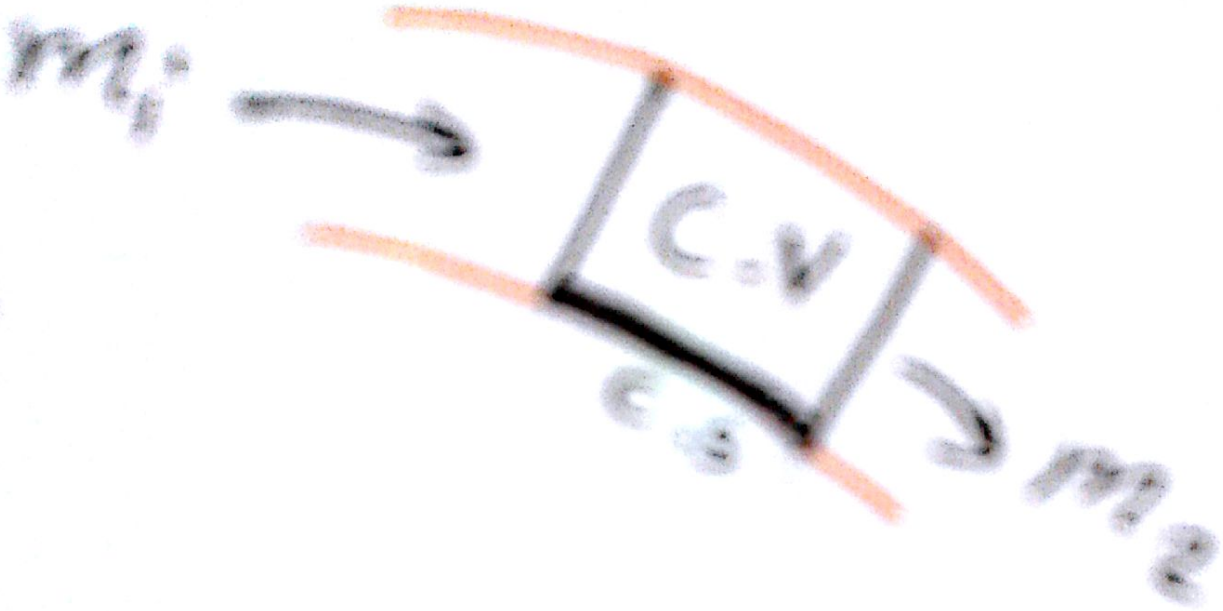
$$\rho V_2 A_2 = \rho V_1 A_1$$

$$V_2 A_2 = V_1 A_1$$

4 عندما يكون المطلوب $\frac{dh}{dt}$ "The rate of rise of Liqued"

$$\frac{d}{dt}\int_{c.v} \rho A \, dh = \rho A_{tank} \frac{dh}{dt}$$

ثابت



$m_1 = m_2$

$m = \text{constant}$

Ch.6 momentum principle حفظ الزخم

$$\sum \vec{F} = \sum_{out} \dot{m} V - \sum_{in} \dot{m} V$$

* $\sum F_x = \sum \dot{m}_{out} V_{outx} - \sum \dot{m}_{in} V_{inx}$

$\sum F_y = \sum \dot{m}_{out} V_{outy} - \sum \dot{m}_{in} V_{iny}$

هذه المعادلة الوحيدة بالفصل

* * * x *

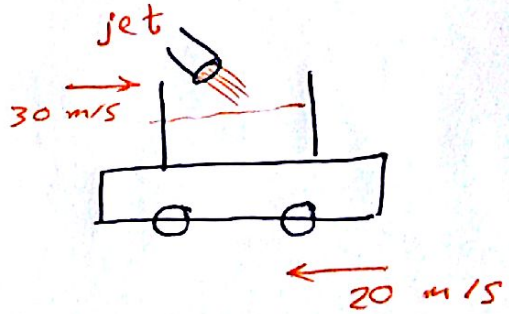
Moving Control volumes (عندما يتحرك الوعاء مع السائل)

مثلاً لو كانت هناك عربة عليها خزان تتحرك بسرعة (20 m/s) ويوجد (jet) قاذف مياه يصب بالخزان بسرعة (30 m/s)

السرعة التي نستخدمها بالحل هي :-

على حالتين

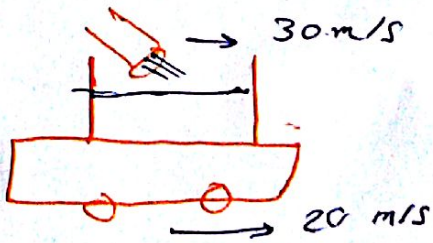
1 اتجاه حركة العربة مع السائل



$V_{real} = 30 + 20$
$= 50$ m/s

2 اتجاه حركة العربة عكس المائع

$V_{real} = 30 - 20 = 10$ m/s



Ch.7 Energy Principle

* Energy Equation:-

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 + h_p = \frac{P_2}{\gamma_2} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + h_L + h_t$$

h_p ← ارتفاع السائل فوق المضخة

h_t ← // // التوربين

h_L ← // // المفقود بسبب اللزوجة

* تعد معادلة برنولي حالة خاصة من المعادلة العامة حيث أن برنولي:-

1. لا يوجد مضخة
2. لا يوجد توربين
3. لا تأثير لقوى لزوجة.

* $P_{pump} = \gamma Q h_p = m \cdot g\, h_p$ "قدرة المضخة"

$E_{pump} = h_p\, mg$ "طاقة المضخة"

$\eta_P = \frac{E_P}{E_{P(a)}}$ → "طاقة المضخة الحقيقية"

* $P_{Tur} = \gamma Q h_t = m \cdot g\, h_t$ "قدرة التوربين"

$E_{Tur} = h_T\, mg$

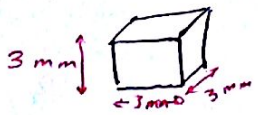
$\eta_T = \frac{E_{T(a)}}{E_T}$ "كفاءة التوربين"

$P_{output} = \eta P_{input}$

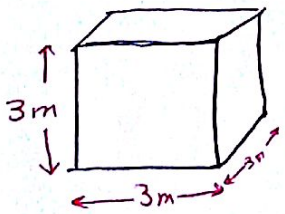
Ch. 8 Dimensional Analysis and Similitude

1 * Geometric Similitude :- تشابه الابعاد ضمن مقياس .

model (النموذج)



Prototype (الأصلي)



* نأخذ نفس النسبة بين الحقيقي (Prototype) والنموذج (model) لجميع الأبعاد ضمن مقياس (scale) .

* * *

2 Dynamic Similitude :-

$$R_e = \frac{\rho V D}{\mu}$$

* $R_{e(m)} = R_{e(P)}$

$$\frac{\rho_m V_m D_m}{\mu_m} = \frac{\rho_p V_p D_p}{\mu_p}$$

Dimensional Analysis

The Step by Step Method

π - Theorem

$V = \frac{L}{T}$ $\rho = \frac{M}{L^3}$ $\mu = \frac{M}{LT}$ $g = \frac{L}{T^2}$

$P = \frac{M}{LT^2}$ $D = L$ $L = L$

L → Length M → mass T → time

* لتوضيح الطريقة سنتوضحها بمثال :-

$$\Delta P = fn(\rho, V, L, D, \mu)$$

تكون معطى بالسؤال ☺
لا يجب ايجادها

1 Select 3 of repeated variables (R_p)

اختيار (3) ثلاث متغيرات متكررة

* شروط اختيار لا (repeated variables) :-

(ΔP) Dependand 1 لا نختار المتغير الذي يعتمد على باقي المتغيرات

2 نختار المتغيرات الأكثر شيوعاً (مثلاً لا نختار "μ")

3 لا نختار متغيران لهما نفس البعد

مثلاً D و L و h و thickne كلها لها بعد (L)
فنختار واحدة فقط.
نختار (D و V و ρ)

* * *

2 إيجاد π_1 و π_2 و π_3

$$\pi_i = (non-R)(R_{P_1})^{a_i}(R_{P_2})^{b_i}(R_{P_3})^{c_i}$$

$$\pi_1 = \Delta P\ (\rho)^{a_1}(V)^{b_1}(D)^{c_1}$$

$$\pi_2 = L\ (\rho)^{a_2}(V)^{b_2}(D)^{c_2}$$

$$\pi_3 = \mu\ (\rho)^{a_3}(V)^{b_3}(D)^{c_3}$$

* π_1

$$\pi_1 = \Delta P\ (\rho)^{a_1}(V)^{b_1}(D)^{c_1}$$

"نرجع كل متغير إلى ابعاده"

$$0 = \frac{m}{LT^2}\left(\frac{m}{L^3}\right)^{a_1}\left(\frac{L}{T}\right)^{b_1}(L)^{c_1}$$

"ننظر في الاسس في المعادلة على كلا الطرفين لإيجاد a_1 و b_1 و c_1"

m: $0 = 1 + a_1$ ⟹ $a_1 = -1$

T: $0 = -2 - b$ ⟹ $b_1 = -2$

L: $0 = -1 - 3a_1 + b_1 + c_1$ ⟹ $c_1 = 0$

$$\pi_1 = \Delta P\ (\rho)^{-1}\ (v)^{-2}\ (D)^0$$

$$\boxed{\pi_1 = \frac{\Delta P}{\rho v^2}}$$

* π_2

$$\pi_2 = L\ (\rho)^{a_2}\ (v)^{b_2}\ (D)^{c_2}$$

$$0 = L\ \left(\frac{M}{L^3}\right)^{a_2}\left(\frac{L}{T}\right)^{b_2}\ (L)^{c_2}$$

M: $0 = a_2$

T: $0 = -b_2$

L: $0 = 1 - 3a_2 + b_2 + c_2$ $\qquad c_2 = -1$

$$\pi_2 = L\ \left(\frac{M}{L^3}\right)^0\left(\frac{L}{T}\right)^0\ (D)^{-1}$$

$$\boxed{\pi_2 = \frac{L}{D}}$$

* π_3

$$\pi_3 = M\ (\rho)^{a_3}\ (v)^{b_3}\ (D)^{c_3}$$

$$0 = \frac{M}{LT}\left(\frac{M}{L^3}\right)^{a_3}\left(\frac{L}{T}\right)^{b_3}\ (L)^{c_3}$$

m: $0 = 1 + a_3$ $\qquad a_3 = -1$

T: $0 = -1 - b_3$ $\qquad b_3 = -1$

L: $0 = -1 - 3a_3 + b_3 + c_3$ $\qquad c_3 = -1$

$$\pi_3 = M(\rho)^{-1}(v)^{-1}(D)^{-1} = \frac{M}{\rho v D}$$

3

$$\pi_1 = f_n(\pi_2, \pi_3)$$

$$\frac{\Delta P}{\rho V^2} = f_n\left(\frac{L}{D}, \frac{\mu}{\rho V D}\right)$$

انتهى

Ch.10 Flow in pipes

ρ → الكثافة
v → السرعة
D → قطر الأنبوب
μ → dynamic viscosity معامل اللزوجة
ν → kinetic viscosity

$$* Re = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{v D}{\nu}$$

(Re: بدون وحدات)

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

* $Re \leq 2000$ → Laminar flow
  $Re \geq 3000$ → turbulent flow

* * *

head Losses (h_L)

* اهم شيء في الشابتر إيجاد (h_L) من إيجاد (f).

* head Losses = major Losses + minar losses
  (في الأنابيب) (في الوصلات)

* minar Losses → $h_f = \frac{K v^2}{2g}$

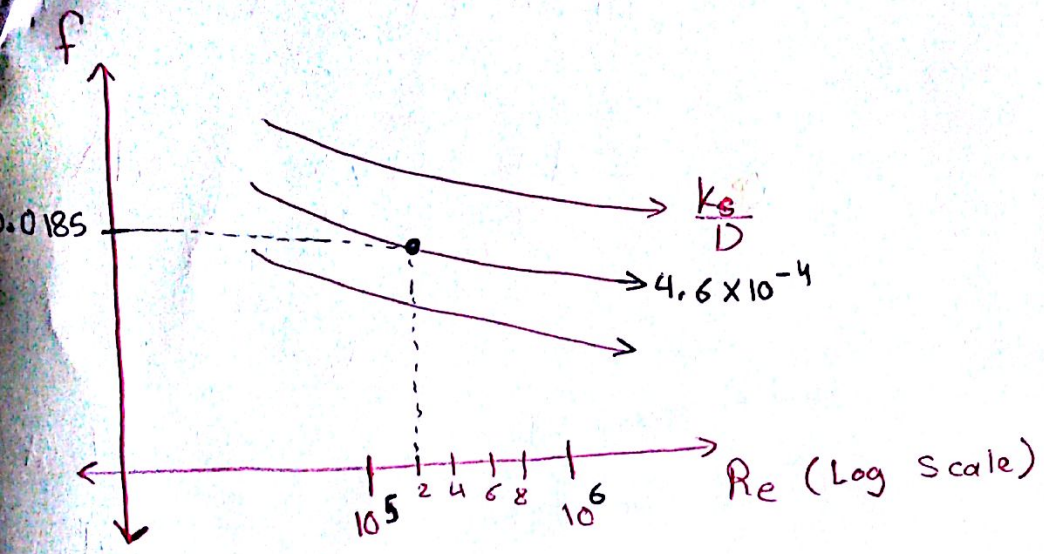
K: Loss coffient (معامل)

* major Losses → $h_f = \frac{f L v^2}{D 2g}$

→ $f = \frac{64}{Re}$ "Laminar flow"

→ f → mody chart "turbulent"

* نشرح mody Chart :-



$Re = 2 \times 10^5$

$Re > 3000$ "turb"

$\frac{k_s}{D} = 4.6 \times 10^{-4}$

f = ??

1 نجد (Re) رقم رينولد إذا كان اكبر من 3000 فإنه turbulent محتاج (mody chart).

2 نجد $\frac{k_s}{D}$

3 يكون Re هو المحور السيني لمخطط و $\frac{k_s}{D}$ هي الخطوط المائلة فيه

4 نجد قيمة Re التي نريد ونشبه إلى رقم 10 واسسها نجد الخط المائل ذا قيمة $\frac{k_s}{D}$ التي نريد

5 نأخذ خط عامودي من Re إلى ان يتقاطع مع خطوط $\frac{k_s}{D}$ ، ونأخذ خط افقي من نقطة التقاطع إلى المحور الصادي (f) ونجد قيمة (f).

* تلخيص شامل :-

Ch. 2

$$\rho = \frac{\text{mass (m)}}{\text{volume (v)}} \qquad \gamma = \rho g \qquad SG = \frac{\rho}{\rho_{water}} = \frac{\gamma}{\gamma_{water}}$$

Ch. 3

$$* \quad P = \gamma h = \rho g h = (SG\, \rho_{wate}) g h = (SG\, \gamma_{water}) g h$$

*Gates :-

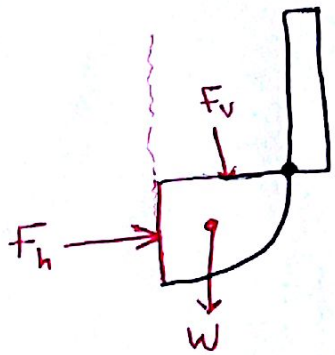
[1] Plane Plate :- $F = PA = \gamma^{\circ} h A$

مساحة البوابة

البعد العامودي بين مركز البوابة وسطح السائل

$$\bar{y}_{cp} = h + \frac{I}{\bar{h} A} \qquad I = \frac{1}{2} b h^3$$

[2] Curved Plate :-



$$W = mg = \rho v g = \rho \left(\frac{\pi r^2 w}{4} \right) g$$

نقة للبوابة — عرض البوابة

$$F_v = \gamma h A$$

البعد بين سطح المائع وبداية ربع الدائرة

$A = w * r$ (عرض البوابة، نقة البوابة)

$$F_H = \gamma \bar{h} A$$

البعد بين سطح المائع والمركز العامودي للبوابة

$$\bar{y}_{cp} = h + \frac{I}{A h} \qquad I = \frac{1}{12} w r^3$$

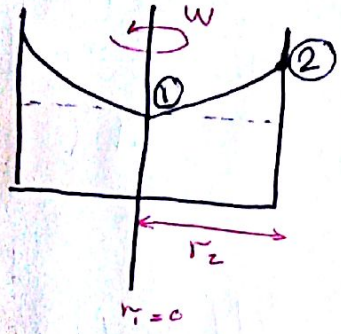
$$F_R = \sqrt{(F_x)^2 + (F_y)^2} = \sqrt{(F_h)^2 + (F_v + W)^2}$$

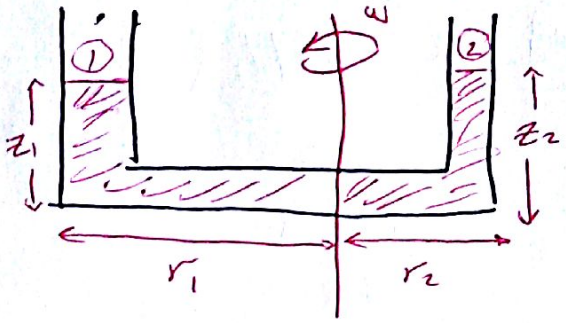
$$\theta_R = \tan^{-1}\left(\frac{F_y}{F_x}\right)$$

Ch. 4

* **Rotation :-** $$P + \gamma z - \frac{\rho \omega^2 r^2}{2} = \text{constant}$$

$$P_1 + \gamma z_1 - \frac{\rho r_1^2 \omega^2}{2} = P_2 + \gamma z_2 - \frac{\rho r_2^2 \omega^2}{2}$$





$z_1 + z_2 = \text{con}$ ← حجم ثابت *

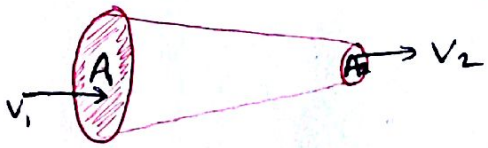
* * *

Ch. 5

* $Q = VA$

* $m^\circ = \rho Q = \rho(VA)$

* $V_1 A_1 = V_2 A_2$



* * *

Ch. 6

$$\sum \vec{F} = \sum_{out} m^\circ \vec{v} - \sum_{in} m^\circ \vec{v}$$

$$\sum F_x = \sum_{out} m^\circ V_x - \sum_{in} m^\circ V_x$$

$$\sum F_y = \sum_{out} m^\circ V_y - \sum_{in} m^\circ V_y$$