كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الثالثة

المادة : ميكانيك الموائع

المحاضرة : الرابعة/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

2025

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

4

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

القوى المؤثرة في السطوح المستوية المغمورة :

بينا في الفقرات السابقة تأثيرات الضغط في المائع الساكن سنوضح كيف يؤثر ضغط المائع في سطح مستوي مغمور فيه فمثلاً تتعرض جدران الخزانات إلى ضغط السائل الذي تحتويه وكذلك يتعرض جانب سفينة تسير في البحر إلى ضغط الماء أيضاً تتعرض بعض السطوح لتأثيرات ضغط الغاز مثل طائرات والأبنية العالية .

إذا كان السطح المغمور أفقياً في مائع ساكن فيؤثر الضغط بالتساوي في جميع النقاط ويعود السبب لوقوع جميع نقاط السطح تحت تأثير عمق متساوي من الضغط وبما كانت القوة

$$F = \int p.dA = p.A$$

وعليه

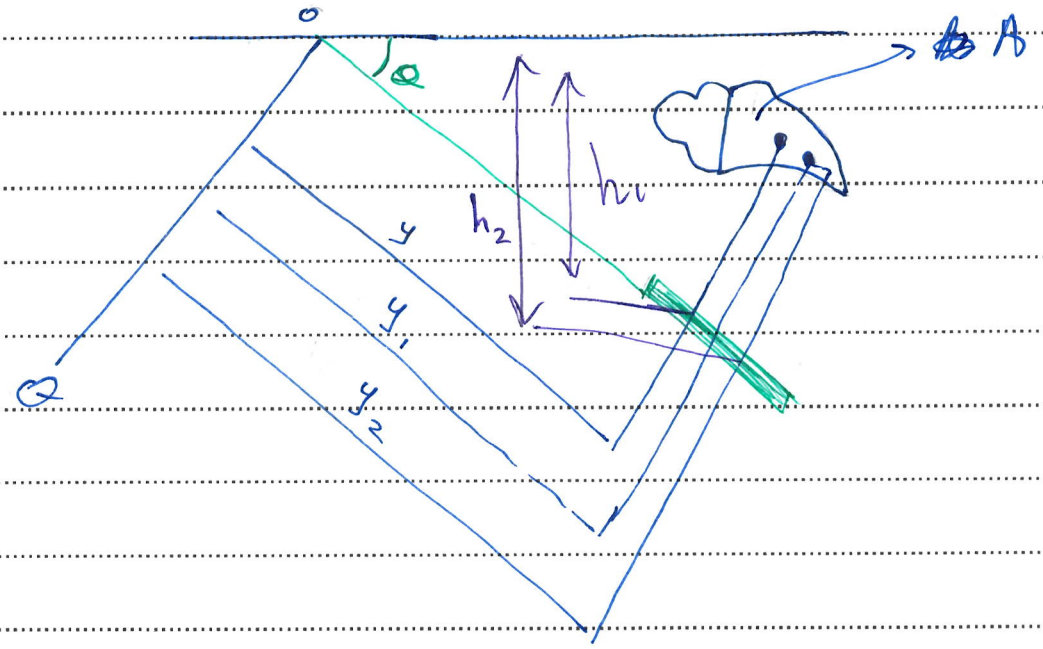
$$F = \underbrace{\rho.g.h}_{p}.A$$

يمكننا تطبيق هذه المعادلة سواء كان المائع سائلاً أو غاز أما إذا كان السطح المغمور مائلاً فلن يكون الضغط متساوي في جميع النقاط ولكن في حالة عمر السطح في غاز يكون افتراض ثبوت الضغط على السطح بأكمله وذلك لصغر التغير الحاصل فيه مع تغير عمق طبقة الغاز فوق السطح وتحسب بموجب المعادلة التالية

$$F = \int_A p.dA$$

مكتبة A to Z - كلية العلوم (جامعة طرطوس) - TEL:0931497960

سنشتق الآن معادلة لحساب قوة مؤثرة في سطح مائل مغمور في السائل



مساحة السطح A مغمور في سائل كثافته ρ مائل عن السطح بزاوية θ
يظهر الشكل مسقطاً رأسي للسطح تعطى القوة المؤثرة في المساحة متناهية الصغر dA والتي تبعد مسافة y عن السطح وتقع بعمق h

بالعلاقة التالية:

$$dF = p.dA$$

$$dF = \rho.g.h.dA$$

بمكاملة العلاقة السابقة تنتج القوة المحصلة والمؤثرة على السطح المائل

$$F = \int_A h.\rho.g.dA \quad (*)$$

من الشكل لدينا

$$\sin\theta = \frac{h}{y} \Rightarrow h = y.\sin\theta$$

نعوض بالعلاقة (*) بقيمة h تصبح العلاقة بالشكل التالي:

$$F = g.\rho.\sin\theta \int_A y.dA$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

يمثل المقدار $\int_A y.dA$ تكامل مكافئ لعزم المساحة الأول للسطح مفمور حول محور x ومبين باللحظ oQ وقيمته تساوي $(y_1.A)$ حيث

y_1: المسافة بين مركز المساحة المغمور والمحور x الذي يتقاطع مع السطح السائل في نقطة o وعليه تصبح القوة

$$F = \rho g . \sin\theta \, y_1 . A$$

أو بصيغة ثانية بدلالة h_1

$$F = \rho g h_1 A = p_c . A = X$$

p_c: ضغط بمركز المساحة

F: قوة بزاوية وطبقة بمركز المساحة.

ولما كان ضغط يزداد طرداً مع العمق فأن نقطة تأثير القوة ستنزاح إلى نقطة تقع أسفل مركز مساحة بمقدار نقطة مركز الضغط

ويكون (حساب) مسافة y_2 بين هذه النقطة والمحور oQ باتخاذ عزم القوة فأذا ~~أخذنا~~ وزنا

لعزم القوة dM حيث $dM = dF.y$

$$dF = pdA \Rightarrow dM = p.dA.y$$

بحكم بمكاملة هذه المعادلة نحصل على مجموع عزوم القوى ناجمة عن الضغوط حول محور oQ والتي بدورها تساوي عزم القوة حول نفس المحور حيث عزم القوة تساوي $F y_2$

$$F y_2 = \int_A y\,dA . p \quad ; p = \rho g h$$

نعوض بالمعادلة

$$F y_2 = \int_A y \rho g h \, dA$$

$$F y_2 = \rho g \int_A y h \, dA$$

$$h = y . \sin\theta .$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

$$F_{y_2} = \rho g \sin\theta \int_A y^2 \, dA$$

يمثل التكامل $\int_A y^2 \, dA$ عزم عطالة المساحة أو عزم القصور الذاتي حول محور OQ ويرمز له بالرمز

$$I_o = \int_A y^2 \, dA$$

تصبح علاقة نزلنيغ بالشكل التالي:

$$\rho g . h_1 A y_2 = \rho g \sin\theta \, I_o$$

بإصلاح العلاقة نجد أن:

$$y_2 = \frac{I_o \sin\theta}{h_1 A} \Rightarrow y_2 = \frac{I_o}{y_1 A}$$

$$\sin\theta = \frac{h_1}{y_1} \Rightarrow y_1 = \frac{h_1}{\sin\theta}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{y_1} = \frac{\sin\theta}{h_1}$$

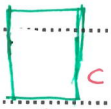
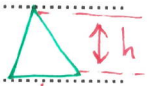
يمكن تحويل عزم العطالة حول محور إلى عزم العطالة حول المحور الذي يمر بمركز المساحة

$$I_o = \cancel{I_{oc}} + I_{oc} + A y_1^2$$

$$y_2 = \frac{I_{oc}}{y_1 A} + \frac{A y_1^2}{y_1 A}$$

$$= \frac{I_{oc}}{y_1 A} + y_1$$

يبين الجدول الآتي عزم العطالة الذاتي لبعض الأشكال الهندسية

الشكل	المساحة	I_{oc}
	$a.b$	$\frac{b.c^3}{12}$
	$\frac{b.h}{2}$	$\frac{b\,h^3}{36}$
	πr^2	$\pi \frac{r^4}{4}$
	$\frac{\pi r^2}{2}$	$0.0110\,2\,r^4$

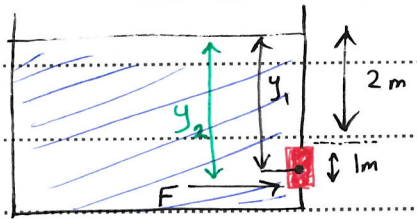
سنطبق الآن جاء مقدار القوة المحصلة الناجمة عن ضغط السائل باستخدام العلاقة X إذا تؤثر هذه القوة في مركز الضغط والتي يمكن تعيين موقعها وفقاً للعلاقة

$$y_2 = \frac{I_{oc}}{y_1 A} + y_1 \quad (\delta)$$

سؤال: انطلاقاً من العلاقة (X) والتي تمثل القوة المطبقة بمركز المساحة استنتج أن هذه القوة تؤثر باتجاه عمودي في نقطة مركز الضغط؟؟

مسألة: تقع فتحة جانبية لخزان ماء على عمق 2m من السطح الماء فإذا كانت الفتحة مغطاة بصفيحة دائرية قطرها 1m احسب القوة ونقطة تأثيرها بالغطاء علماً أن كثافة الماء $1000\,kg/m^3$ وتسارع جاذبية أرضية $9.81\,m/s^2$ مع العلم أن العزم في مركز المساحة $I_{oc} = \frac{\pi r^4}{4}$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة



أظلاقاً من العلاقة:

$$F = \rho g h_1 A$$

$$h_1 = y_1$$

$$y_1 = 2 + 0,5 = 2,5 \text{ m}.$$

$$A = \pi r^2 = 3.14(0,5)^2 = 0,7857 \text{ m}^2$$

$$F = 1000 \times 9,81 \times 2,5 \times 0,7857 = 19,26 \text{ kN}$$

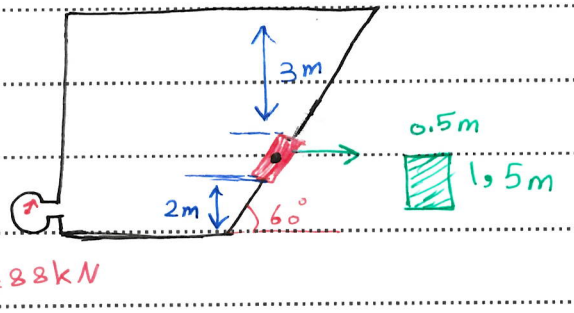
إذاً قيمة القوة النظرية

$$y_2 = \frac{I_{oc}}{y_1 A} + y_1$$

$$I_{oc} = \frac{\pi r^4}{4} = (3,14)\ \frac{(0,5)^4}{4} = 0,0491$$

$$y_2 = \frac{0,0491}{(2,5)(0,7857)} + 2,5 = 2,525 \text{ m}$$

مسألة: احسب مقدار القوة المسلطة على بوابة مائلة كما مبين بالشكل التالي علماً أن الخزان مملوء بالماء وهو مغلق تماماً وأن مقياساً للضغط مثبت بالزاوية السفلى يقرأ ضغطاً مقداره 88 kN وكثافة ماء هي 1000 kg/m³



TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

نطبق قانون العلاقة X

$$F = \rho g h_1 A$$

حيث h_1: ارتفاع عمود الماء فوق مركز المساحة ولما كان الضغط معلوم

إذا نستطيع حساب ارتفاع الخزان من العلاقة التالية

$$P = \rho . g . h$$

$$\Rightarrow h = \frac{P}{\rho . g} = \frac{88.10^3}{1000 \times 9,81}$$

$$= 8,97\ m$$

البعد الشاقولي بين مركز مساحة البوابة وقاعدة الخزان هي

$$\frac{2 + (1,5 \sin 60)}{2}$$

$$= 2,65$$

$$h_1 = 8,97 - 2,65 = 6,32m$$

$$\Rightarrow F = 1000 \times 9,81 \times 6,32 \times (1,5 \times 0,5)$$

$$F = 46,499\ kN$$

انتهت المحاضرة

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة