



توازن السوائل الساكنة

تمهيد:

تتواجد السوائل في إحدى حالتين (حالة حركة أو حالة سكون) وتختلف القوة التي تؤثر بها السوائل على السطوح الملامسة لها تبعاً لحالتها الحركية ففي حالة الحركة ستظهر قوى عمودية على السطح هي قوى الضغط بالإضافة لقوى مماسة على السطح وهي قوى القص أما في حالة السائل الساكن تنعدم قوى القص ويبقى لدينا فقط قوى الضغط.

تعريف الضغط:

يعرف الضغط بأنه القوة المؤثرة ناظماً على وحدة المساحة ويعطى بالعلاقة: $P = F/A$

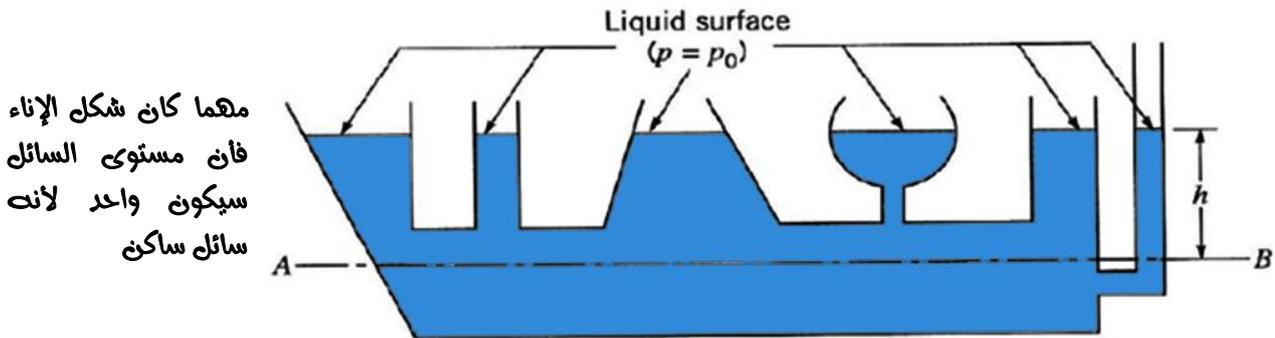
حيث:

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

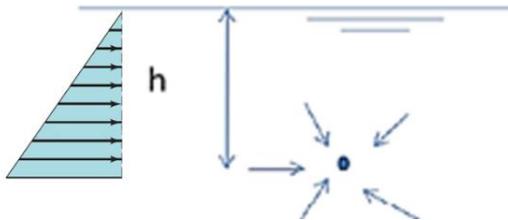
$$P: \text{الضغط ويقدر بـ } KPa, Pa, N/m^2$$

مفاهيم أساسية:

- الضغط في أي نقطة من نقاط سائل ساكن ، متساو في جميع الجهات (قانون باسكال) وبالتالي فإن النقاط الواقعة بنفس المستوي الأفقي من سائل ساكن ومستمر تكون متساوية الضغط.



مهما كان شكل الإناء
فإن مستوى السائل
سيكون واحد لأنه
سائل ساكن



- يحسب الضغط لأي نقطة من نقاط سائل ساكن بدلالة وزن السائل النوعي وعمقه (بعده عن سطح الماء) ويعطى بالعلاقة التالية:
 $P = \gamma h = \rho g h$

- ضغط أي نقطة يساوي ضغط النقطة التي فوقها مضاف إليه (+) وزن عمود الماء المحصور بينهما أي $P_A = P_B + \gamma h$ وفي حال وجود أكثر من سائل تصبح العلاقة: $P_A = P_B + \sum \rho_i h_i$

ويمكننا صياغة الاصطلاح التالي (عند الانتقال من نقطة إلى نقطة أخفض منها فإننا نجمع γh في حين أننا لو انتقلنا من نقطة معلومة إلى نقطة أعلى منها فإننا سنطرح γh).

- الضغط الجوي هو مبدأ الضغوط (صفر الضغوط) حيث تحسب الضغوط نسبت إليه (إما بالزيادة أو بالنقصان) فإذا كانت موجبة فهي أكبر من الضغط الجوي وإذا كانت سالبة فهي أصغر من الضغط الجوي والتي يطلق عليها أيضاً ضغوط التفريغ.

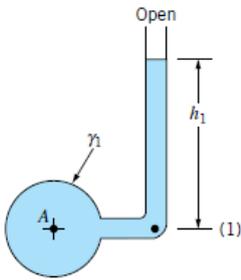
$$P_{atm} = 101.33 * 10^3 pa \approx 10^5 Pa$$

- عند تحديد الارتفاعات فأنا نهتم بالبعد الشاقولي بين النقطتين المراد حساب الضغط عند أحدهما بدلالة الأخرى.

الضغط: هو وزن عمود من السائل فوق النقط المراد حساب الضغط عندها في حين أن الضاغط: هو ارتفاع عمود من السائل h ويقاس بال m ويمكن الحصول على الضاغط انطلاقاً من الضغط $h = \frac{P}{\gamma}$ ويجب حفظ $(10 m = 1 Bar)$.

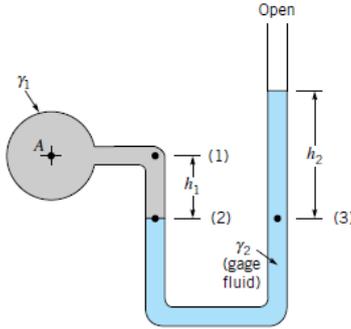
أجهزة قياس الضغط

الأنبوب البيرومتر:



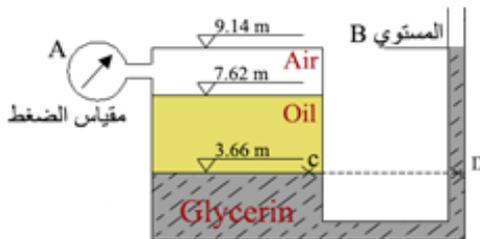
أداة بسيطة تستخدم لقياس الضغوط ذات القيم الصغيرة وهو عبارة عن أنبوب شاقولي مفتوح من الأعلى وموصول مع الأنبوب أو الوعاء الذي يحتوي السائل المضغوط وفي لحظة وصل البيرومتر بالأنبوب سوف يرتفع السائل فيه بمقدار h_1 متأثراً بضغط الأنبوب، وتكون قيمة الضغط فيه $P_A = \gamma_1 h_1$.

أنبوب المانومتر:



هو أنبوب معكوف على شكل حرف U يستخدم عادةً لقياس الضغوط الكبيرة ويكون السائل فيه ذو وزن نوعي كبير (زئبق). ويتم قياس الضغط بالاعتماد على معرفة مقدار الانزياح الذي يحصل في المانومتر. حيث يتم إيجاد نقطتين على منسوب واحد من مسائل مستمر وإيجاد قيمته إحداهما بدلالة الأخرى. (حيث يتم السير من طريقين).

مسألة:



خزان مكون من ثلاث طبقات من الموائع (هواء، زيت، غليسيرين) منسوب سطح الخزان 9.14، وبالرجوع إلى الشكل ماذا تكون قراءة مقياس الضغط التي تجعل الغليسيرين يرتفع ؟

$$\rho_{air} = 1.25 \text{ Kg/m}^3 \quad \gamma_{gl} = 12250 \text{ N/m}^3 \quad \gamma_{oil} = 8170 \text{ N/m}^3$$

الحل:

فكرة الحل (البحث عن نقطتين تقعان على منسوب واحد من نفس السائل الساكن).

سنأخذ النقطت (C, D). وعندها يمكننا أن نكتب :

$$P_C = P_D (*)$$

$$P_D = P_B + \gamma_{gl} * (9.14 - 3.66) : P_B = 0 \text{ (معرض ضغط جوي)} \quad \text{لكن لدينا :}$$

$$P_C = P_A + \gamma_{oil} * (7.62 - 3.66)$$

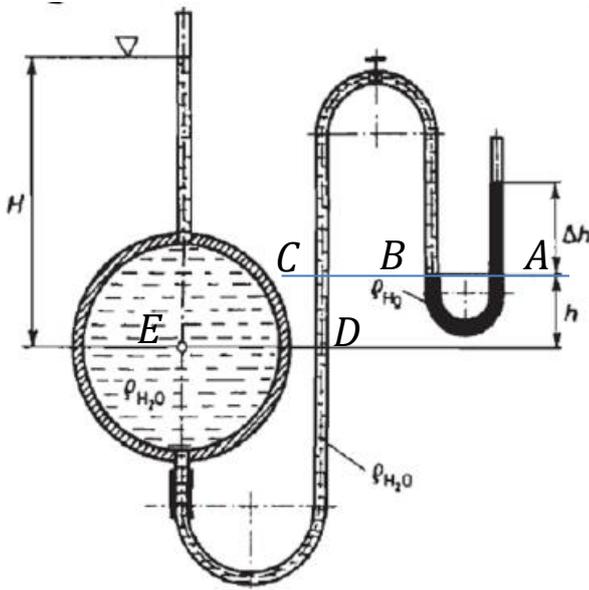
بالتعويض في (*) نجد:

$$\gamma_{gl} * (9.14 - 3.66) = P_A + \gamma_{oil} * (7.62 - 3.66) \Rightarrow P_A = 34.78 \text{ Kpa}$$

ملاحظة:

إن () مهملة = $\frac{w(\text{صغيرة})}{V(\text{كبيرة})} = \gamma_{air}$ أي ينتقل الضغط بنفس القيمة عند الهواء بغض النظر عن الارتفاع.

مسألة: (4 صفحات 122)



يتدفق الماء في أنبوب موصول من الأعلى ببيزومتر، ومن الأسفل بمانومتر فإذا علمت أن انحراف الزئبق في المانومتر يدل على $\Delta h = 300 \text{ mm}$ وأن $\rho_{Hg} = 13600 \text{ Kg/m}^3$ ، وكذلك $h = 200 \text{ mm}$ احسب الضغط داخل الأنبوب وارتفاع الماء H في البيزومتر.

سنعتمد فكرة الحل في المسألة السابقة (البحث عن نقطتين تقعان على منسوب واحد من نفس السائل الساكن).

$$P_A = P_B , \quad P_B = P_C$$

الحل:

$$\Rightarrow P_A = P_B = P_C$$

$$P_E = P_D : P_D = P_C + \rho_{H_2O} g h$$

$$P_C = P_A = P_{atm} + \rho_{Hg} g \Delta h$$

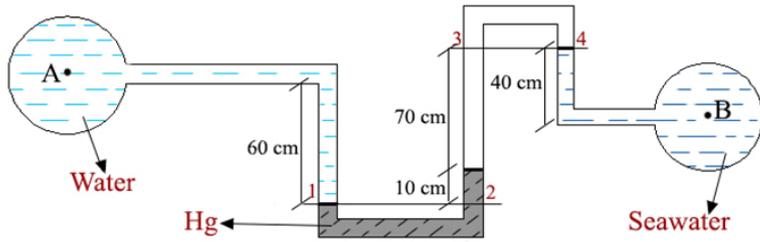
$$\Rightarrow P_E = P_{atm} + \rho_{Hg} g \Delta h + \rho_{H_2O} g h$$

$$\Rightarrow P_E = 0 + 10^3 * 9.81 * 0.2 + 13600 * 9.81 * 0.3 = 41.9 \text{ KPa}$$

ولإيجاد الضاغط يمكننا أن نكتب:

$$P_E = P_{atm} + \gamma_{H_2O} H \Rightarrow H = \frac{P_E}{\gamma_{H_2O}} = \frac{41986.8}{9810} = 4.28 \text{ m}$$

مسألة:



أنبوبين متوازنين يجري في أحدهما ماء عذب وفي الآخر ماء بحر حسب الشكل، احسب فرق الضغط بين الأنبوبين علماً أن $\rho_{sw} = 1035 \text{ Kg/m}^3$ وهل يمكن إهمال عمود الهواء من الحساب.

الحل:

يمكننا أن نكتب في المانومتر الأول ما يلي: $P_1 = P_2$ (نقطتان من نفس السائل وتقعان على نفس المنسوب).

$$\Rightarrow P_1 = P_A + \rho g * 0.6$$

يمكننا أن نكتب في المانومتر الثاني ما يلي: $P_3 = P_4$ (نقطتان من نفس السائل وتقعان على نفس المنسوب).

$$\Rightarrow P_4 = P_B - \rho_{sw} g * 0.4$$

كما يمكننا أن نكتب:

$$P_2 = P_3 + \rho_{air} g * 0.7 + \rho_{Hg} g * 0.1$$

وبالتعويض في المعادلت السابقت نجد:

$$P_A + \rho g * 0.6 = P_B - \rho_{sw} g * 0.4 + \rho_{Hg} g * 0.1 + \rho_{air} g * 0.7$$

$$\Rightarrow \Delta P = P_A - P_B = -\rho_{sw} g * 0.4 + \rho_{Hg} g * 0.1 + \rho_{air} g * 0.7 - \rho g * 0.6$$

$$\Rightarrow \Delta P = -1035 * 9.81 * 0.4 + 1.25 * 9.81 * 0.7 + 13.6 * 10^3 * 9.81 * 0.1 - 10^3 * 9.8 * 0.6$$

$$\Rightarrow \Delta P = 3402.84 \text{ Pa}$$

وإذا قمنا بإهمال تأثير عمود الهواء عندها سيصبح الجواب: $\Delta P = 3394.26 \text{ Pa}$

نهاية المحاضرة