

الموائع في حالة السكون Fluid static's

مقدمة:

دراسة الموائع وهي ساكنة يعني دراسة القوى المؤثرة عليها، وطبعاً في هذه الحالة تختفي إجهادات القص وبالتالي يختفي تأثير اللزوجة، ويقتصر التحليل والدراسة على ضغط وارتفاع والكتلة الحجمية المائع.

الضغط Pressure

الضغط هو القوة F المؤثرة عمودياً على واحدة السطح أي:

$$P = \frac{F}{A} \left(\frac{N}{m^2} \right) = Pa$$

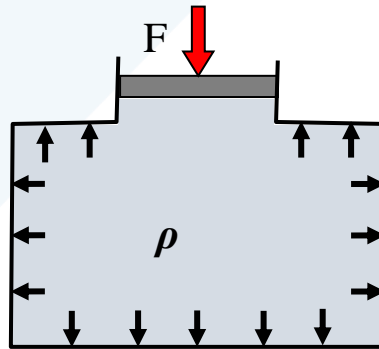
حيث:

$$1Pa = N/m^2$$

$$1bar = 10^5 N/m^2 = 10^5 Pa = 100kPa$$

الضغط الناجم عن قوى خارجية

عندما تؤثر قوة F على سائل في إناء من خلال سطح مساحته A ، فإن ينشأ ضغط P في السائل $P = \frac{F}{A}$.

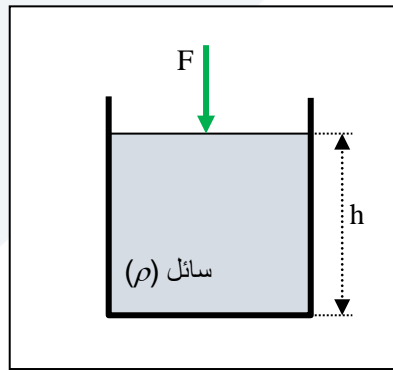


يؤثر هذا الضغط أنبياً وبنفس المقدار على كافة الجوانب أي أنّ الضغط المؤثر على كلّ الأسطح يكون متساوياً (بشرط إهمال قوة الجاذبية الأرضية).

الضغط الهيدروستاتيكي:

ينشأ الضغط عند سطح معين داخل السائل نتيجة وزن السائل الموجود أعلى هذا السطح، وتتوقف قيمة الضغط الهيدروستاتيكي على ارتفاع عمود السائل أعلى السطح h وعلى الكتلة الحجمية السائل ρ وعلى تسارع الجاذبية الأرضية g .

تعتمد الكتلة الحجمية للموائع القابلة للانضغاط (مثل الغازات) على درجة الحرارة والضغط. بينما في الموائع غير القابلة للانضغاط (مثل السوائل) تكون كتلتها الحجمية ثابتة.



الضغط الهيدروستاتيكي.

يعتمد الضغط على ارتفاع السائل وليس على المساحة الكلية التي تحتوي السائل، يمكن أن نحسب الضغط الهيدروستاتيكي من العلاقة:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{m \cdot g}{A}$$

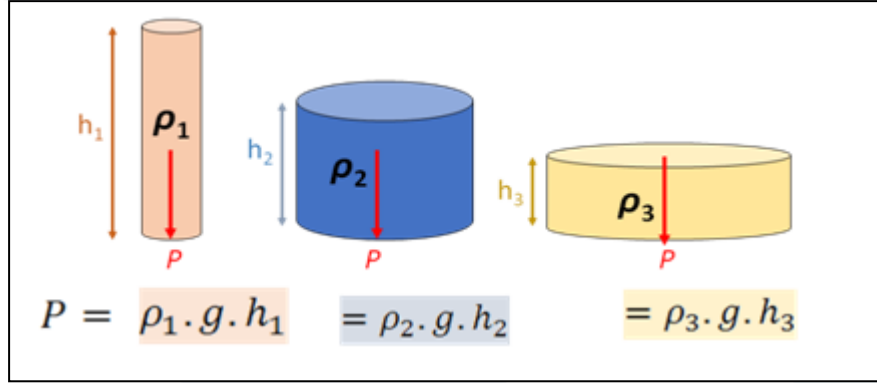
$$\Rightarrow P = \rho \cdot g \cdot h = \gamma \cdot h$$

حيث h هو ارتفاع (عمق) السائل وندعوه أيضاً بـ الضاغط (أو عمود الضغط).

أي أنّ الضغط يكافئ عموداً من المائع معرّف من خلال وزنه النوعي وندعوه الضاغط (أو عمود الضغط).

ومن أجل سوائل مختلفة يمكن التحويل من عمود ضغط إلى آخر كما يلي:

$$P = \gamma_1 \cdot h_1 = \gamma_2 \cdot h_2 = \dots = \gamma_n \cdot h_n$$



ومن أجل نقطتين تقعان في مستويين مختلفين (فرق الارتفاع بينهما هو Δh) من سائل متجانس، يكون:

$$P = \rho \cdot g \cdot h \Rightarrow \Delta P = \rho \cdot g \cdot \Delta h$$

المعادلة الأساسية في الهيدروستاتيك:

سندرس توازن جزء من مائع شكله أسطواني سطحه ΔA وارتفاعه h :

يخضع السائل لوزنه ولقوى الضغط الخارجي،

حيث،

- الوزن: $W = m \cdot g$

- قوة الضغط المؤثرة على السطح العلوي: $F_a = P_a \cdot \Delta A$

- قوة الضغط المؤثرة على السطح السفلي: $F_b = P_b \cdot \Delta A$

بإسقاط هذه القوى على المحور OZ ، نحصل على:

$$-W - F_a + F_b = 0$$

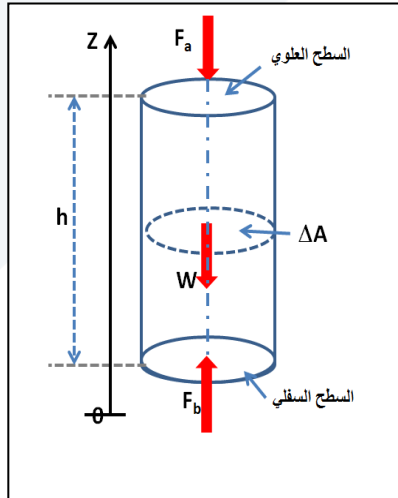
بالتعويض:

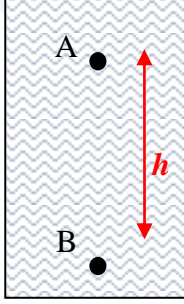
$$\Rightarrow -\rho \cdot V \cdot g - P_a \cdot \Delta S + P_b \cdot \Delta S = 0$$

بالترتيب نحصل على:

$$P_a + \rho \cdot g \cdot Z_a = P_b + \rho \cdot g \cdot Z_b$$

وهي المعادلة الأساسية في الهيدروستاتيك.



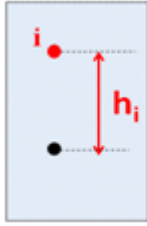


ويمكن أن نستنتج من أجل نقطتين A و B من المائع أنّ:

$$P_A + \rho \cdot g \cdot h_A = P_B + \rho \cdot g \cdot h_B \Rightarrow P_B = P_A + \rho \cdot g \cdot h$$

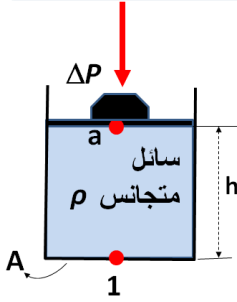
وهذا يعني أنّ:

ضغط أي نقطة = ضغط نقطة فوقها + وزن عمود السائل المحصور بينهما.



من أجل أي نقطة من المائع الساكن الواقعة على عمق قدره h_i من نقطة i معروف ضغطها يكون:

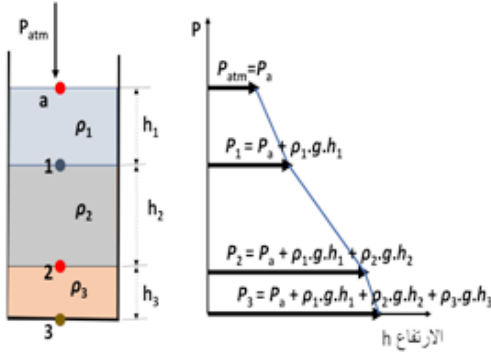
$$P = P_A + \rho \cdot g \cdot P_i$$



وعندما يزداد الضغط بمقدار ΔP ، فإنّ الضغط عند النقطة 1 يزداد بمقدار ΔP أي:

$$P_1 = P_a + \rho \cdot g \cdot h + \Delta P$$

حالة السوائل غير المتجانسة:

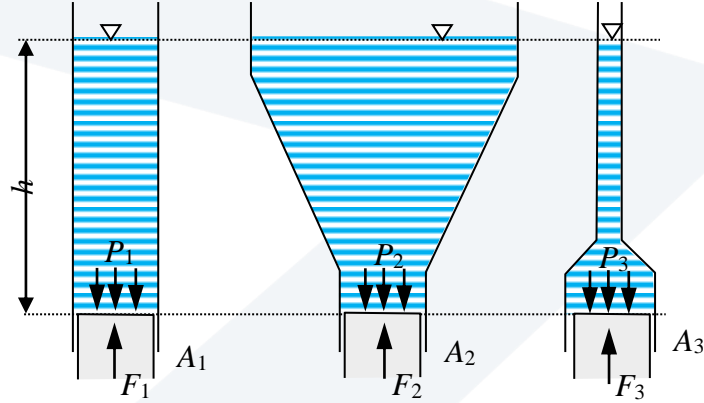


توزع الضغط في السوائل غير المتجانسة

يوضح الشكل التالي توزيع الضغط عند وجود عدة طبقات سوائل ذات كتل حجمية مختلفة. حيث يزداد الضغط كازداد الارتفاع وكلما ازدادت الكتلة الحجمية

ملاحظة:

بفرض لدينا مجموعة من الأوعية مختلفة الأشكال ومملوءة بسائل من نوع واحد. يكون الضغط عند النقاط المختلفة في الأوعية متساوياً بتساوي ارتفاع السائل فوق هذه النقاط.



$$P_1 = P_2 = P_3$$

حيث يخلق الضغط الهيدروستاتيكي قوة على قاعدة الوعاء. فعند تساوي مساحة قواعد هذه الأوعية (أي: $A_1 = A_2 = A_3$) فإن القوى المؤثرة على قواعد الأوعية الثلاثة متساوية أيضاً ($F_1 = F_2 = F_3$).

تغيرات الضغط في المائع الساكن:

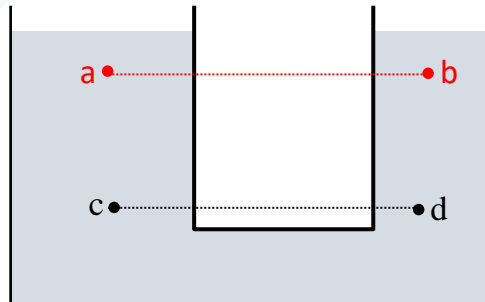
توزيع الضغط الهيدروستاتيكي على السطوح الرأسية والأفقية:

يكون للضغط نفس القيمة عند أي نقطتين تقعان في نفس المستوي الأفقي من المائع الساكن والمستمر. مثلاً في الشكل التالي يكون:

$$P_c = P_d$$

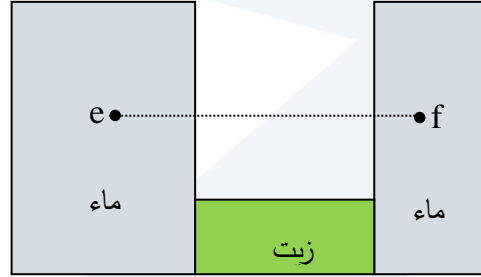
و:

$$P_a = P_b$$



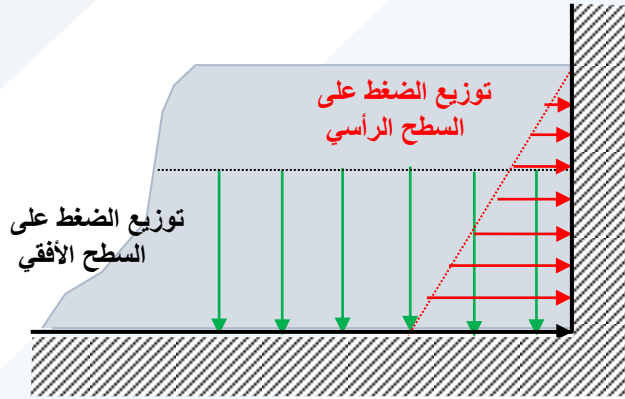
توزيع الضغط الهيدروستاتيكي على السطوح الأفقية.

بينما $P_e \neq P_f$ لأنّ الماء غير مستمر بسبب وجود الزيت



$P_e \neq P_f$ لأنّ الماء غير مستمر.

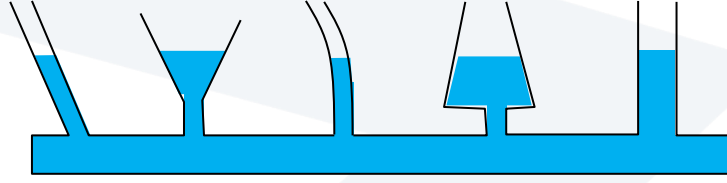
يتساوى ضغط السائل عند أي نقطتين تقعان على نفس المستوي الأفقي من المائع الساكن والمستمر، ويزداد الضغط مع ازدياد عمق السائل.



توزيع الضغط الهيدروستاتيكي على السطح الأفقي وعلى السطح الهيدروستاتيكي

خلاصة:

- ضغط السائل عند أي نقطة في داخله يعتمد على عمق هذه النقطة تحت سطح السائل كما مبين في المعادلة $P = \gamma \cdot h$ (الكتلة الحجمية في ارتفاع عمود السائل فوق النقطة أو السطح المعتبر).
- يعتمد ضغط السائل على كتلته الحجمية، فالسائل ذو الكتلة الحجمية الأكبر يكون ضغطه أكبر من ضغط السائل ذو الكتلة الحجمية الأقل وذلك من أجل في نفس العمق.
- لا يعتمد ضغط السائل على شكله أو حجمه وإنما يعتمد فقط على ارتفاعه الشاقولي وعلى كتلته الحجمية.



– إذا أثر ضغط على سطح مائع (سائل أو غاز) محصور انتقل هذا الضغط دون نقصان في جميع الاتجاهات إلى جميع أجزاء السائل بالتساوي (قاعدة باسكال).

تفيد تطبيقات الضغط في توزيع المياه داخل المدن، ونوافير الماء، والمضخات والمكابس المائية.