الهيدروستاتيك Hydrostatic

هو العلم الذي يدرس ميكانيك السوائل الساكنة أي دراسة القوى المؤثرة في الموائع ودراسة وتحليل الضغط وارتفاع وكثافة المائع حيث تختفي في هذه الحالة اجهادات القص أي تختفي اللزوجة .

الضغط Pressure : هي القوة العمودية المسلطة على وحدة المساحة

$P = F / A \qquad N / m^2 = \text{pascal (pas)}$

$p_{atm}\,(P_a \; or \; P_o)$: atmospheric pressure الضغط الجوي

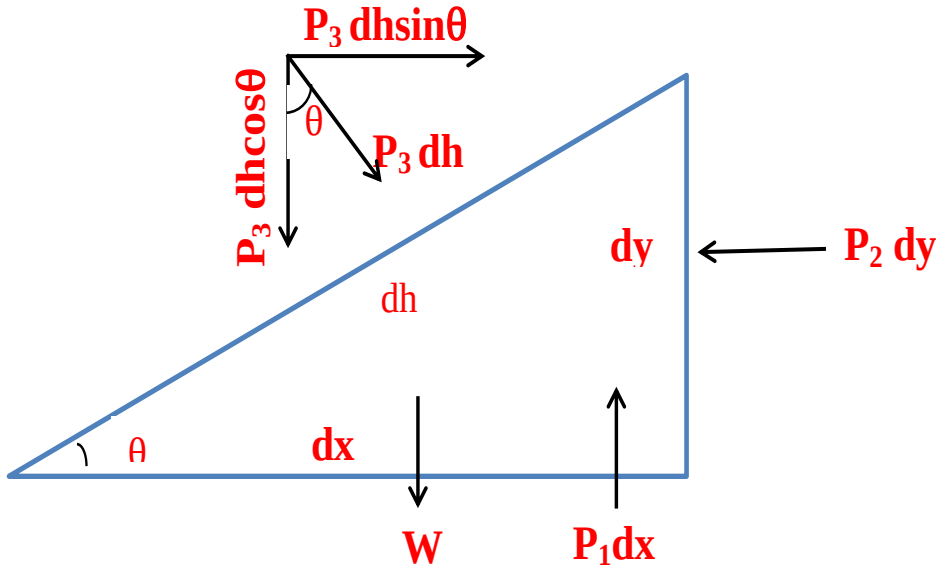
$$1\text{atm} = 1.013 \times 10^5 pas\left(\frac{N}{m^2}\right) = 101.3 \times 10^3 pas = 101.3\ kpas\left(\frac{KN}{m^2}\right)$$

$$1bar \approx 10^5 pas\left(\frac{N}{m^2}\right)$$

المعادلات الأساسية لتوازن السوائل (مبدأ التوازن الهيدروستاتيكي):

١ـ الضغط المسلط على أي نقطة داخل مائع ساكن ومن كل الاتجاهات يكون متساوي :

نأخذ شريحة من السائل الساكن متناهية في الصغر وزنها (W) على شكل موشور مثلث قاعدته (dx) وارتفاعه (dy) وسطحه المائل طوله (dh) كما في الشكل أدناه.



٢ ـ تغير الضغط في المستوى الأفقي:

نأخذ شريحة من سائل ساكن وعلى شكل اسطوانة أفقية كما في الشكل أدناه طولها (dL) ومساحة مقطعها (dA) الضغط المؤثر على الوجه الأول للشريحة (P_1) وعلى الوجه الآخر (P_2) وبما إن الشريحة ساكنة بالاتجاه الأفقي أي إن محصلة القوى الأفقية عليها تساوي صفر

٣ـ تغير الضغط مع العمق :

نأخذ شريحة اسطوانية من مائع ساكن وزنها (dw) محورها عمودي ارتفاعه (h) ومساحة مقطعها (dA) يؤثر على وجه الأسطوانة العلوي الضغط (P_1) وعلى الوجه السفلي الضغط (P_2).

$$\sum F_y = 0 \Longrightarrow \quad P_1 dA + dW = P_2 dA$$

$$W = \gamma V = \gamma A h \quad \Longrightarrow \quad dW = \gamma h dA$$

$$\Longrightarrow \quad P_1 dA + \gamma h dA = P_2 dA \quad \Longrightarrow P_2 = P_1 + \gamma h \quad \Longrightarrow P_2 = P_1 + \rho g h$$

الضغط المطلق والضغط المقاس absolute and gauge pressure :

يقاس ضغط المائع دائما بالنسبة إلى الضغط الجوي (p_o= 101.3 Kpa) ، أما العلاقة بين الضغط المطلق وضغط المقاس للمائع هي :

الضغط المطلق (absolute pressure)= ضغط المقاس أو الضغط المعياري (gauge pressure) + الضغط الجوي (atmospheric pressure)

$$P_{absolute} = P_{gauge} + P_{atm}$$

$$P_{abs} = P_g + P_{atm}$$

ويسمى الضغط المطلق بالضغط الفعلي الحقيقي

أجهزة قياس الضغط: Pressure Measurement

يمكن تقسيم أجهزة قياس الضغط إلى :

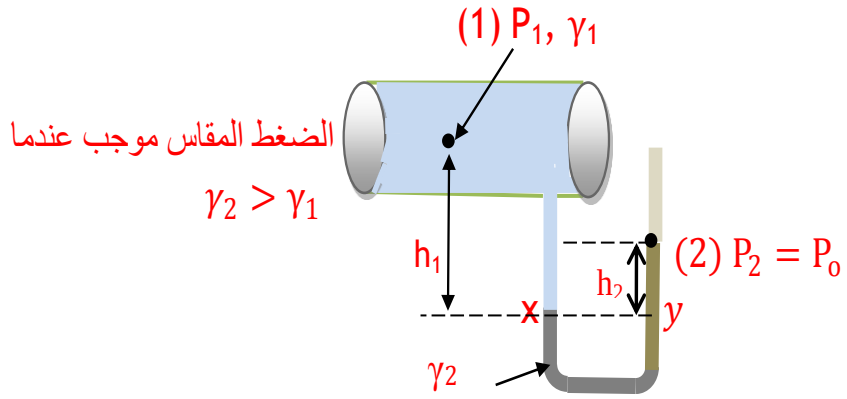
١- أنبوب مضغاط السوائل : وهو جهاز يستخدم لقياس الضغط في المصدر وذلك بالاعتماد على مبدأ عمق السائل حيث يمكن قياس الضغط في أنبوب ينقل سائل كثافته (ρ) وذلك بعمل فتحة في جدار الأنبوب يربط بها أنبوب مضغاط زجاجي رفيع ونتيجة لضغط السائل في أنبوب الجريان فان السائل سوف يرتفع في أنبوب المضغاط بمقدار يعادل شحنة الضغط أي إن :

$$P = P_0 + \rho gh$$

٢ـ المانوميترات Manometers :

وهي أجهزة تستخدم لقياس الضغوط العالية بواسطة أنبوب زجاجي على شكل حرف U يحوي سائل كثافته أعلى أو أقل نسبياَ من السائل المراد قياس ضغطه وأهم هذه الأجهزة :

أـ المانوميتر البسيط : يتكون من أنبوب مضغاط السوائل على شكل حرف U يحوي سائل كثافته الوزنية (γ_2)مثل الزئبق ويكون احد طرفيه مربوط بالمصدر المراد قياس ضغط سائلة مثل الماء (كثافته الوزنية γ_1) والطرف الثاني يكون مفتوح للضغط الجوي ،حيث كثافة الزئبق أكبر من كثافة الماء ب 13.6 مرة .ويمكن قياس ضغط المصدر في أي نقطة نسبة إلى الضغط الجوي وذلك باستخدام معادلة التوازن الهيدروستاتيكي للسوائل



$$P_x = P_1 + \gamma_1 h_1 \quad , \quad P_y = P_o + \gamma_2 h_2$$

وبما إن الضغط في النقطتين x, y متساوي لكونهما واقعتين في مستوى أفقي واحد أي إن $P_x = P_y$ نحصل على:

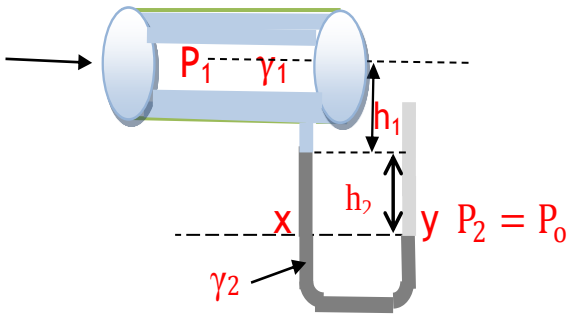
$$P_1 + \gamma_1 h_1 = P_o + \gamma_2 h_2$$

$$\Longrightarrow P_1 = P_o + \left(\gamma_2 h_2 - \gamma_1 h_1\right)$$

الضغط المطلق الضغط المقاس

أي إن الضغط المقاس في النقطة (1) نسبة إلى الضغط الجوي هو ضغط موجب ويساوي $\gamma_2 h_2 - \gamma_1 h_1$

$\gamma_2 < \gamma_1$



$$P_x = P_1 + \gamma_1 h_1 \quad + \gamma_2 h_2 \quad , P_y = P_o = P_x$$

$$\Longrightarrow \; P_o = P_1 + \gamma_1 h_1 \quad + \gamma_2 h_2$$

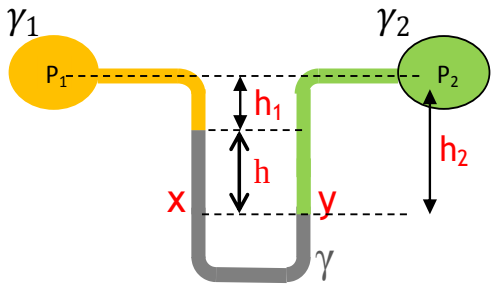
$$\Longrightarrow \; P_1 = P_o - (\gamma_1 h_1 \quad + \quad \gamma_2 h_2 \;)$$

أي ان الضغط المقاس في النقطة(1)نسبة الى الضغط الجوي هو ضغط سالب ويساوي

$$-(\gamma_1 h_1 \quad + \quad \gamma_2 h_2 \;)$$

ب- المانوميتر الفرقي أو التباييني Differential Manometer :

يستخدم لقياس فرق الضغط بين نقطتين في نفس المصدر المراد قياس ضغط سائلة أو في مصدرين مختلفين لسائلين مختلفين .



$$P_x = P_1 + \gamma_1 h_1 + \gamma h \ , \ P_y = P_2 + \gamma_2 h_2$$

$$P_x = P_y \Longrightarrow \ P_1 + \gamma_1 h_1 + \gamma h = P_2 + \gamma_2 h_2$$

$$\Longrightarrow \ P_2 - P_1 = \gamma_1 h_1 + \gamma h - \gamma_2 h_2$$

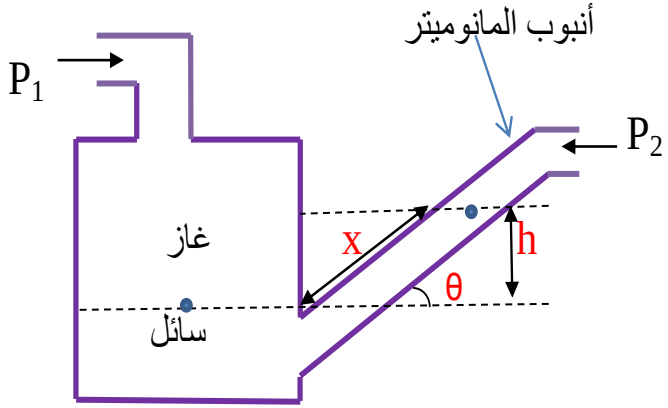
أما اذا كان السائلين في المصدرين من نفس النوع أو إذا كانت النقطتين في نفس المصدر $(\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma_o)$

$$\Longrightarrow \ P_2 - P_1 = \gamma_o (h_1 - h_2) + \gamma h$$

$$\Longrightarrow \ P_2 - P_1 = -\gamma_o h + \gamma h = h(\gamma - \gamma_o)$$

ج- المانوميتر المائل Inclined Manometer :

يستخدم المانوميتر المائل في الحالات التي يقاس فيها الضغط بصورة دقيقة كمجاري الهواء والغازات حيث يقرأ فروق ضغط صغيرة جداً



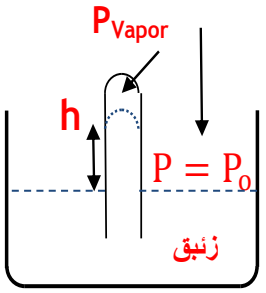
$$P_1 = P_2 + \gamma h \implies P_1 = P_2 + \gamma x sin\theta \implies P_1 - P_2 = \gamma x sin\theta$$

حيث x يمثل المستوى المائل لسائل المانوميتر ، θ : زاوية ميل المانوميتر

3: البارومیتر barometer : مقیاس الضغط الزئبقي

وهو جهاز يستخدم لقياس الضغط الجوي بقيمته الحقيقية المطلقة ، وهو أنبوب زجاجي مسدود من الأعلى ومفتوح من الاسفل مغمور في وعاء مملوء بالزئبق .

الضغط عند أي نقطة على سطح الزئبق في الوعاء يعادل الضغط الجوي ويساوي h cm ويمكن استخراج قيمته كما يلي :



P_{Vapor} ضغط بخار الزئبق وهو صغير جدا تقريبا يساوي صفر

$$P = P_{vapor} + \rho gh \Longrightarrow P_o = \rho gh \Longrightarrow h = \frac{P_o}{\rho g} = \frac{101.3 \times 10^3 pa}{13600 \times 9.8} = 0.76 \text{ m Hg}$$

$$\Longrightarrow h = 76 \text{ cm Hg}$$

$$\Longrightarrow 76 \text{ cm Hg} \equiv 101.3 \times 10^3 pa$$