

قياس الضغط

يتمّ قياس الهواء إمّا بالنسبة إلى الضغط الجوي، أو بالنسبة إلى الصفر المطلق.

الصفر المطلق: هو مقدار الضغط في حيز مغلق من الهواء.

الضغط الجوي (P_{atm}): هو ضغط الهواء في مكان معيّن. ويساوي عند سطح البحر:

$$P_{atm} = 1 \text{ atm} \approx 1,013 \text{ bar} = 760 \text{ mmHg}$$

وهو الضغط الجوي القياسي، وعادة تُستخدم هذه القيمة في الحسابات وذلك لأنّ قيمة الضغط الجوي المحلي متغيّرة باستمرار.

الضغط المطلق (P_{abs}): هو الضغط المقاس بالنسبة لقيمة مرجعية ضغطها الصفر المطلق.

يكون الضغط المطلق موجب دائماً، ومعدوم في حالة الفراغ (أي حالة عدم وجود مادة).

الضغط المقاس (P_G) (Pressure Gauge) أو الضغط النسبي:

وهو الضغط الذي يتمّ قياسه بالنسبة إلى الضغط الجوي. وهو عبارة عن الفرق بين الضغط المطلق والضغط الجوي (P_{atm})، حيث تقوم أجهزة القياس بقياس فرق الضغط بين ضغط المائع المتصلة به وضغط الهواء المحيط بها).

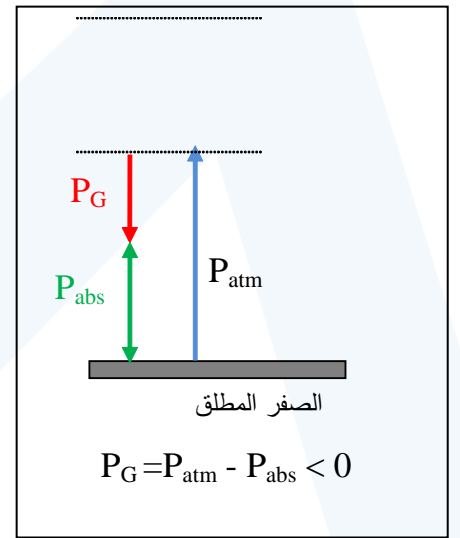
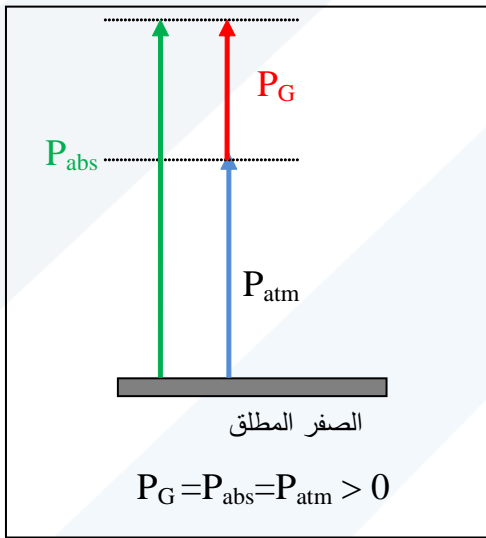
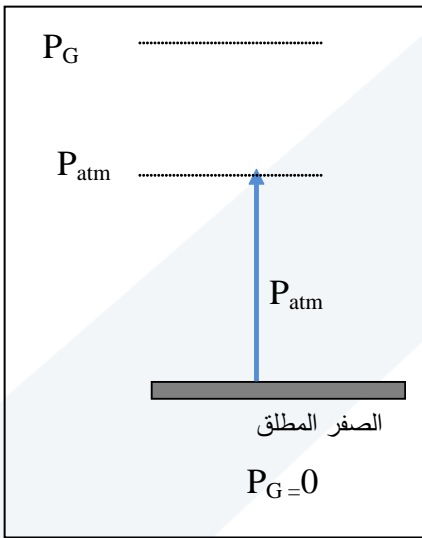
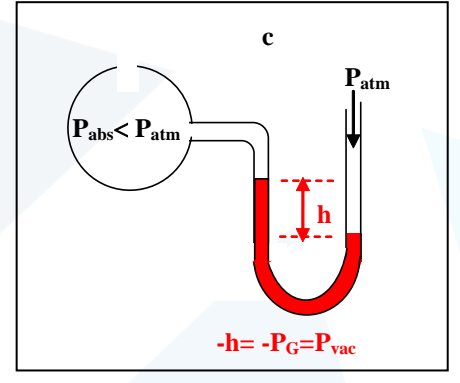
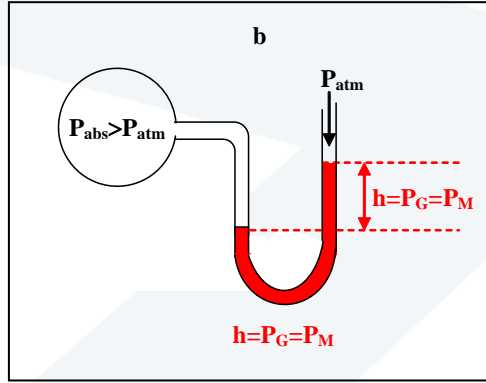
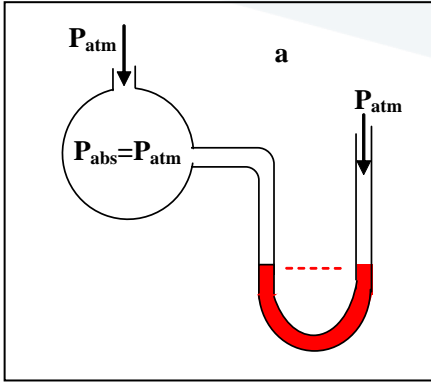
حيث:

- الضغط المانومتري P_M يكون موجِباً:

$$P_M = P_G = P_{abs} - P_{atm}$$

- ضغط التخللخل يكون سالِباً: وهو الضغط الذي يكون أقلّ من الضغط تحت الضغط الجوي، حيث:

$$P_{vac} = P_{atm} - P_{abs}$$



الضغط الهيدروستاتيكي: هو الضغط الناتج عن وزن عمود المائع الواقع بين نقطتين:

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

الضغط الديناميكي: هو الضغط الناتج عن حركة المائع.

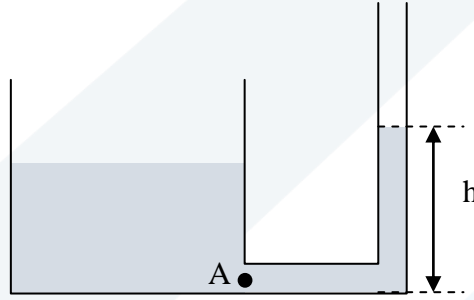
مجموع الطاقات الناتجة عن الضغط ضمن نفس الحجم من المائع يكون ثابتاً ونعبر عنه بمعادلة برنولي: طاقة الضغط + الطاقة الحركية + الطاقة الكامنة = قيمة ثابتة.

قياس الضغط Pressure Measurement

بعض الأجهزة المستخدمة لقياس الضغط تعتمد على فكرة الضغط الهيدروستاتيكي في عملية القياس.

البيزومتر:

عبارة عن أنبوب شاقولي يتم تثبيته على الأنبوب أو الوعاء الذي يحتوي مائع بضغط معين. حيث يعتمد ارتفاع عمود المائع فيه على مقدار الضغط كما هو مبين على الشكل.



يقرأ البيزومتر ضغطاً نسبياً لأنّ نهايته العليا مفتوحة إلى الضغط الجوي السائد. ويكون:

$$P_A = \rho \cdot g \cdot h$$

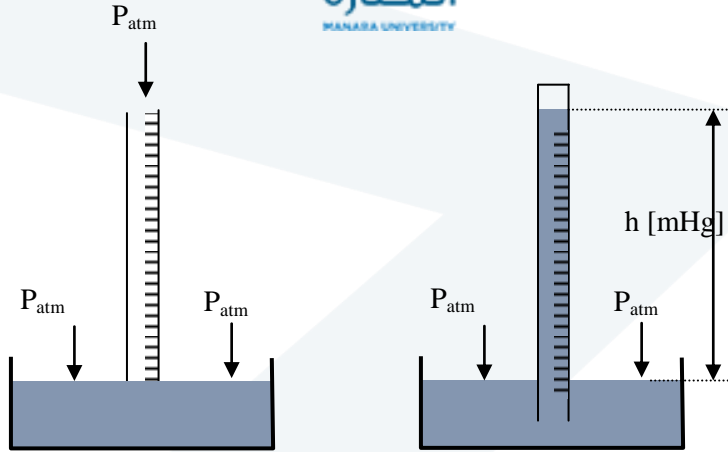
يستعمل البيزومتر لقياس ضغط السوائل فقط، ولا يمكن استخدامه لقياس ضغط عال.

البارومتر **The Barometer**: وهو عبارة عن جهاز يُستخدم لقياس الضغط الجوي.

مبدأ البارومتر

مثلاً ليكن لدينا وعاء يحوي سائلاً، نضع به أنبوب زجاجي مفتوح من الأعلى والأسفل، سيكون الضغط الجوي المطبق على سطح السائل داخل الأنبوب وخارجه هو الضغط الجوي.

إذا قمنا بسد النهاية العلوية للأنبوب الزجاجي وبإفراغه من الهواء تماماً بحيث لا يعد الضغط الجوي مطبقاً على سطح السائل داخل الأنبوب وإنما فقط على سطح السائل خارج الأنبوب، فإنّ السائل سيرتفع داخل الأنبوب نحو الأعلى حتى تصبح هناك كتلة من السائل فوق مستوى سطح الخزان كافية لخلق ضغط عند هذا المستوى مساوياً للضغط الجوي.



فإذا كانت h هي ارتفاع عمود السائل و ρ هي الكتلة الحجمية للسائل، فإنّ الضغط في هذه الحالة يساوي:

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

يُعرف قياس الضغط في هذه الحالة بالبارومتر.

بفرض أنّ هذا السائل هو الماء حيث الكتلة الحجمية $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ، والضغط الجوي يساوي 1,013bar، فإنّه يمكن حساب ارتفاع عمود الماء من العلاقة:

$$(1,013) \cdot (100000) = (1000) \cdot (9,81) \cdot h \Rightarrow h = 10,326 \text{ m}$$

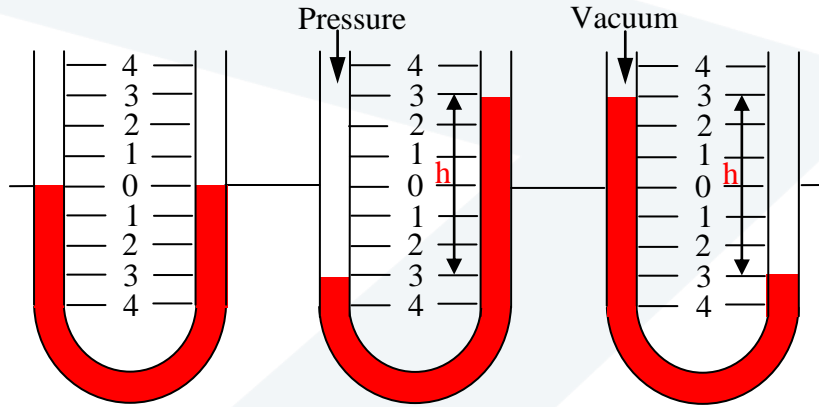
إنّ الارتفاع 10,326m يُعتبر كبيراً جداً للأغراض القياسية، لذلك يتمّ استخدام الزئبق في البارومترات بدلاً عن الماء، حيث $\rho = 13600 \text{ kg/m}^3$ ، وبالتالي يكون الارتفاع البارومتري للضغط الجوي هو:

$$(1,013) \cdot (100000) = (13600) \cdot (9,81) \cdot h \Rightarrow h = 0,76 \text{ m} = 760 \text{ mm}$$

أي أنّ الضغط الجوي يساوي 760mmHg.

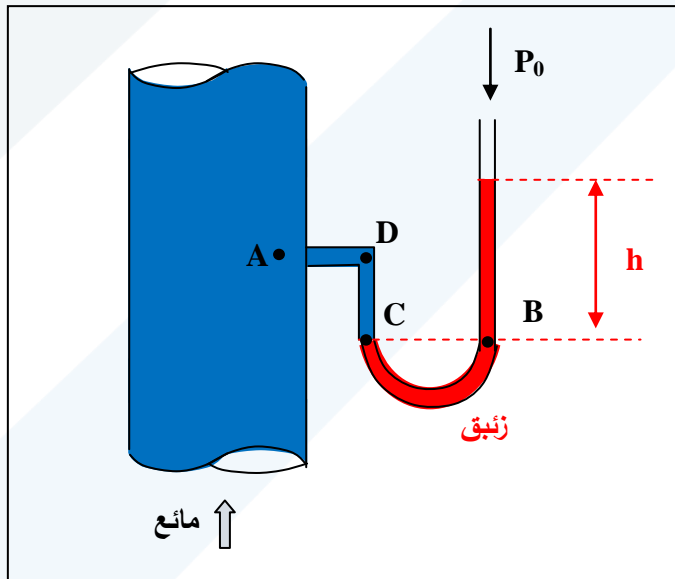
المانومتر The Manometers:

وهو طريقة سهلة لقياس الضغط، ويكون عبارة عن أنبوب زجاجي على شكل حرف U، يحتوي على سائل ندعوه بسائل المانومتر يكون أثقل من السائل المراد قياس ضغطه (يجب ألاّ يمتزج أو يتفاعل معه) مثلاً الزئبق. يمكن معرفة ارتفاع السائل من التدريجات الموجودة على الأنبوب.



مبدأ مقياس الضغط

يوجد أنواع للمانومتر، نبيّن على الشكل المانومتر البسيط:



المانومتر البسيط

يحتوي الأنبوب المانومتري على المائع المانومتري (عادة الزئبق)، فعندما يكون ضغط المائع أكبر من الضغط الجوي، يرتفع السائل داخل فرع الأنبوب المعرض للهواء، ويمكن قياس فرق الارتفاع لإيجاد ضغط المائع كما يلي:

إنّ $P_B = P_C$ ، حيث:

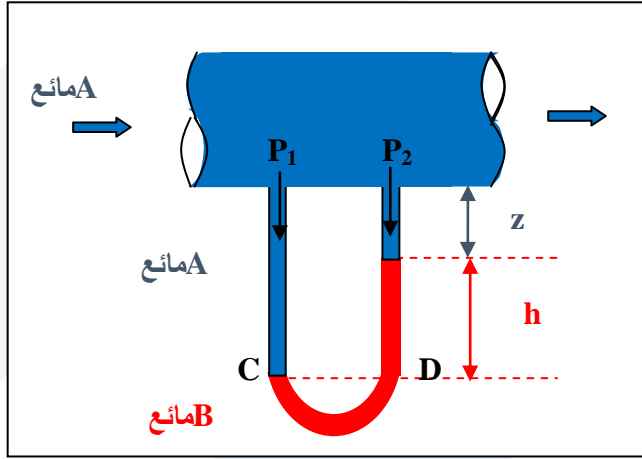
$$P_B = \text{الضغط الجوي} + \text{ضغط عمود الزئبق } h.$$

P_C هو ضغط السائل الذي يجري داخل الأنبوب.

$$P_B = P_C = P_0 + \rho_{Hg} \cdot g \cdot h$$

المانومتر التفاضلي Differential Manometers:

يُستخدم المانومتر التفاضلي من أجل قياس الفرق بين ضغطين لنقطتين في مائع يجري في الأنبوب كما هو موضح على الشكل التالي:



المانومتر التفاضلي

إن:

$$P_C = P_D$$

$$P_1 + \rho_A \cdot g \cdot (h+Z) = P_2 + \rho_B \cdot g \cdot h + \rho_A \cdot g \cdot Z$$

بالترتيب:

$$P_1 - P_2 = (\rho_B - \rho_A) \cdot g \cdot h$$

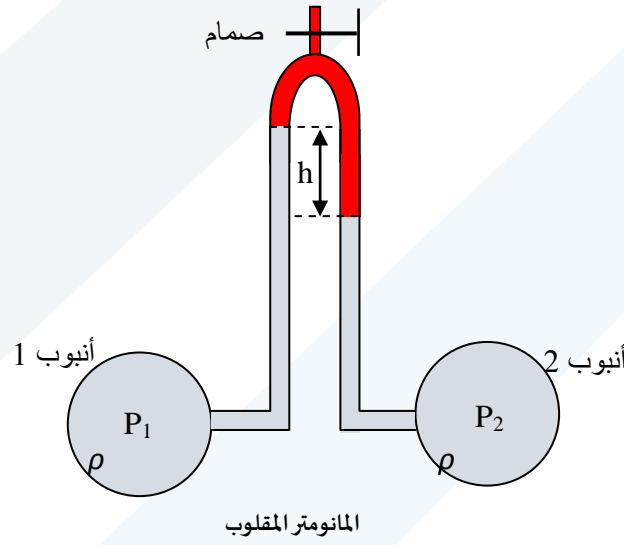
عندما يكون المائع الذي يجري في الأنبوب (الذي نريد قياس ضغطه) غازاً، فإننا نهمل ضغط عمود المائع A وذلك بسبب صغر الكتلة الحجمية الغاز ونحصل على:

$$P_1 - P_2 = \rho_B \cdot g \cdot h$$

المانومتر المقلوب:

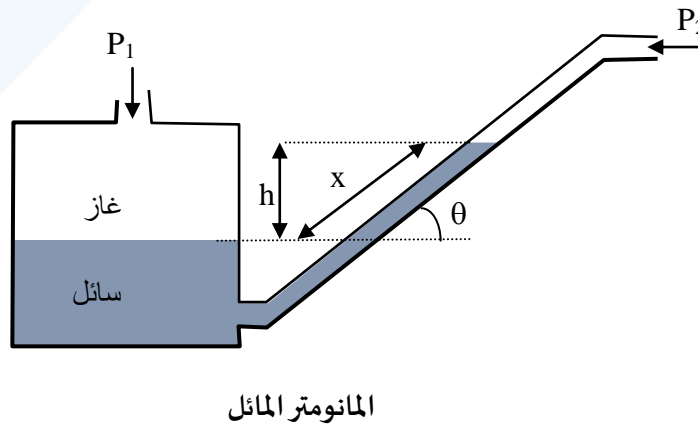
يُستعمل لقياس فرق الضغط بين أنبوبين ينقلان نفس المائع. يمكن التحكم بمستوى ارتفاع السائل في المانومتر بفتح الصمام للسماح بدخول أو طرد الهواء فوق السائل. وعندما يهمل تأثير وزن عمود الهواء يكون:

$$P_1 - P_2 = \rho \cdot g \cdot h$$



المانومتر المائل Inclined Manometers:

يُستخدم في الحالات التي يتم فيها قياس الضغط بدقة، حيث أنّ استخدام المانومتر العادي ينتج عنه خطأ كبير بسبب صغرة انحراف السائل في المانومتر.



في هذه الحالة نعوض عن ارتفاع السائل المانوميترى h بـ $x \sin \theta$ ، حيث θ هي زاوية ميل المانومتر:

$$P_1 - P_2 = \rho \cdot g \cdot x \cdot \sin \theta$$