

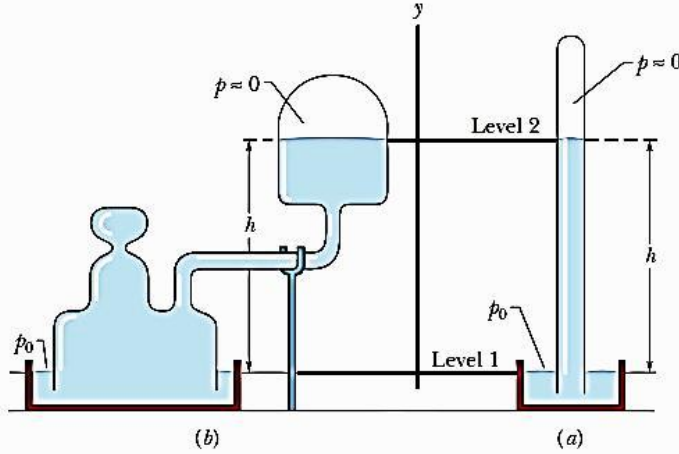
قياس الضغط (Pressure Measurement)

2- المانومتر Manometer

1- البارومتر Barometer

1- البارومتر Barometer

الشكل المجاور يوضح البارومتر الزئبقي، وهو جهاز عادةً ما يستخدم لقياس الضغط الجوي. أنبوب طويل من الزجاج مفتوح من إحدى النهايتين وطول الأنبوب 1m والمملوء بالزئبق ثم يقلب بإناء يحتوي على زئبق هو الآخر وكما مبين بالشكل. يلاحظ ان الزئبق سوف ينزل الى حد معين ثم يستقر، الضغط في الفراغ في النهاية العلوية للانبوب الزجاجي المقلوبة صغير الى الحد الذي يهمل ونعتبره صفراً. وعليه ستكون معادلة حساب الضغط الجوي كما يأتي:



(a) البارومتر الزئبقي (b) نوع اخر لاحظ ان المسافة h نفسها لكلا النوعين.

ارتفاع الزئبق في الانبوب الزجاجي h ، تمثل كثافة الزئبق ρ ، $p_0 = \rho gh$

ملاحظات هامة:

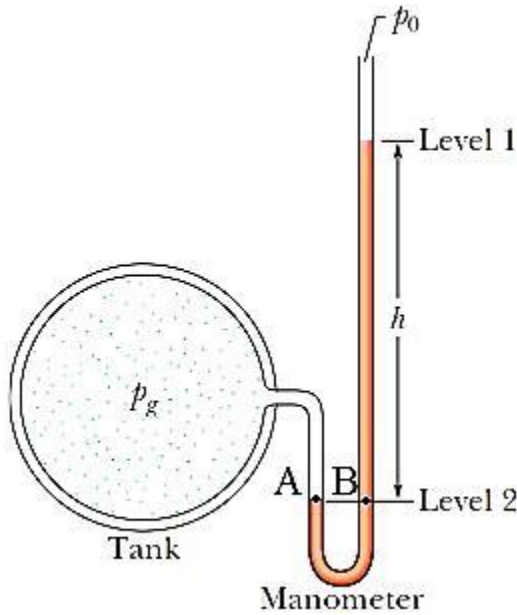
- * الضغط الجوي لايعتمد على مساحة المقطع العرض للانبوب ولا على شكل الانبوب وكما يبدو من الشكل (b) للبارومتر.
- * اما ارتفاع سائل الزئبق h فيعطي قياساً للضغط الجوي P_0 . و التعجيل الارضي g فهو الاخر يؤثر على قيمة الضغط الجوي فالضغط الجوي على قمة جبل ليس كما هو عند سطح البحر او على عمق معين تحت سطح البحر والسبب يعود الى التغير في قيمة التعجيل الارضي.

احسب الضغط المكافئ لعمود الزئبق بارتفاع 0.76 m في درجة حرارة 0°C وقيمة التعجيل الارضي 9.8 m/s² وكثافة الزئبق 13595 kg/m³

$$p_0 = \rho gh = \frac{13595 \text{ kg}}{\text{m}^3} \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \times 0.76 = 1.013 \times 10^5 \text{ pa}$$

غالبًا ما يتم استخدام مقياس ضغط بارومتر خاص يسمى مقياس ضغط الدم (sphygmomanometer) لقياس ضغط الدم البشري.

2- المانومتر (Open-tube manometer) او (U-shaped manometer)



المانومتر المستخدم لقياس الضغط عبارة عن انبوب على شكل حرف U، احدى نهايتيه تُربط الى الجزء المراد قياس الضغط فيه (يعني مجهول الضغط) و النهاية الاخرى مفتوحة للضغط الجوي وتحتوي الانبوبة على سائل غالباً ما يستخدم الزئبق.

الضغط عند النقطة A يساوي الضغط عند النقطة B والسبب هو ان الضغط متساوي عند المستوي نفسه.

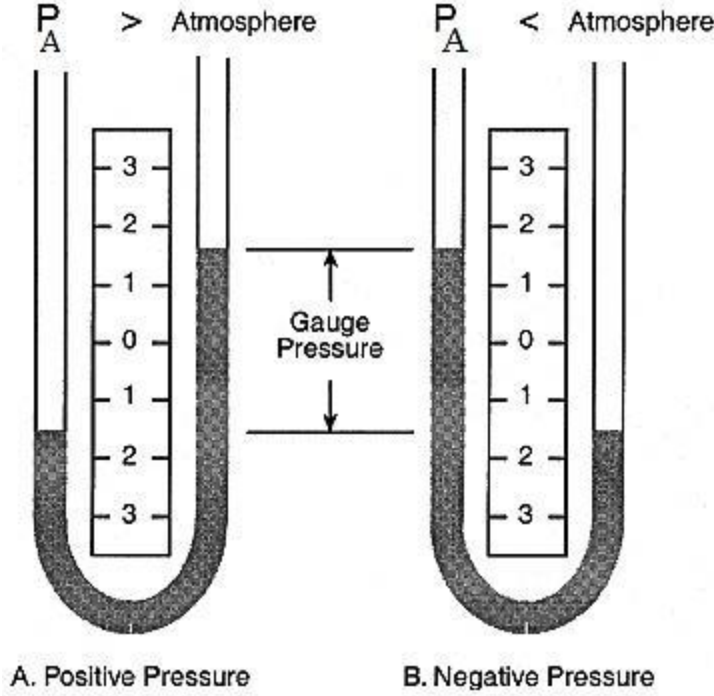
الضغط عند A هو ضغط مجهول القيمة.

ويتم حسابه باستخدام المعادلة:

$$P_A = P_0 + \rho gh$$

يسمى الضغط P_A الضغط المطلق (Absolute Pressure)

والضغط $P_A - P_0$ يسمى الضغط القياسي (Gage Pressure)



في الشكل المجاور سيكون لدينا حالتين جديرة بالاهتمام وفقا للمعادلة اعلاه وبعد اعاده ترتيبها للحصول على الضغط القياسي

$$:P_A - P_0$$

* عندما يكون P_A اكبر من الضغط الجوي فسيكون الضغط القياسي **موجب** القيمة بالنسبة للضغط الجوي.

* عندما يكون P_A اصغر من الضغط الجوي فسيكون الضغط القياسي **سالبا** القيمة بالنسبة للضغط الجوي.

$$P_A = P_0 \pm \rho gh$$

يمكن توحيد الحالتين بمعادلة واحدة

مثال:

احسب ارتفاع الزئبق في البارومتر الزئبقي اذا علمت 13595 kg/m^3 . علما قيمة الضغط الجوي هي $1.013 \times 10^5 \text{ Pa} = 101,325 \text{ Pa}$.

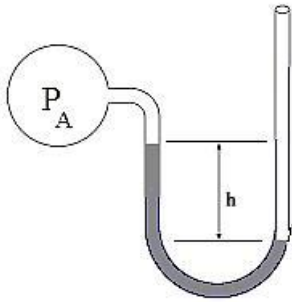
الحل:

$$P_0 = \rho gh \rightarrow h = P_0 / \rho g = 101,325 / 13595 * 9.8 = 0.76 \text{ m} = 76 \text{ cm} = 760 \text{ mm}$$

الان لو استبدلت الزئبق بالماء فكم سيكون مقدار طول الانبوبة المستخدمة في هذا الجهاز.

مثال:

الشكل المجاور يمثل جهاز المانوميتر الذي يحتوي على سائل بكثافة 3000 kg/m^3 وكان الارتفاع h مقداره 40 cm . احسب ضغط الغاز المحصور في الخزان واحسب الضغط القياسي.



$$P_A = P_0 - \rho gh = 101,325 - 3000 \times 9.8 \times 0.4 \rightarrow$$

$$P_A = 89,565 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{gauge}} = P_A - P_0 = 89,565 - 101,325 = -11,760 \text{ Pa}$$

مثال:

احسب الضغط عند النقطة A الناتجة الزيت في الانبوب، حيث ربط مانومتر زئبقي وكما موضح في بالشكل المجاور.

الحل:

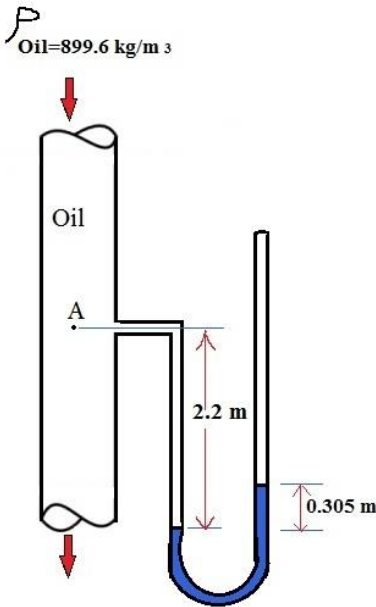
المانومتر مفتوح من ناحية انبوب النفط فقط. ولحساب الضغط عند نقطة A فانه مجموع الضغوط من تلك النقطة مروراً بالحد الفاصل بين النفط والزئبق الى الزئبق في ذراع الاخر للمانومتر يجب ان يساوي صفراً. بمعنى:

$$P_A + P_{\text{Oil}} - P_{\text{Hg}} = 0, \text{ or, } P_A = P_{\text{Hg}} - P_{\text{Oil}}$$

$$P_A = \rho_{\text{Hg}} \times g \times h - \rho_{\text{Oil}} \times g \times h$$

$$P_A = (13600 \times 9.8 \times 0.305) - (899.6 \times 9.8 \times 2.2)$$

$$P_A = 21,255.024 \text{ Pa} \approx 21.255 \text{ kPa}$$



مبدأ باسكال (Pascal's Principle)

عندما يتم تسليط قوة على مائع محصور غير قابل للانضغاط في وعاء مغلق ينتشر الضغط ويزداد بالتساوي وفي جميع الاتجاهات في جميع اجزاء السائل. توفر هذه الخاصية الأساسية للسوائل الأساس المبدئي للأنظمة الهيدروليكية الموجودة في المكابح في السيارات وكراسي الحلاقة ومعدات البناء ورافعات الاحمال الثقيلة.

افترض أن لديك حاوية مغلقة مليئة بسائل غير قابل للانضغاط مع مكبسين من مساحة المقطع العرضي (Section-Cross) لهما مختلفة، A_1 و A_2 . إذا قمت بتسليط قوة F_1 ، على مكبس المنطقة (Piston) A_1 ، فسيحدث ضغط على السائل والذي يدعى P_1 .

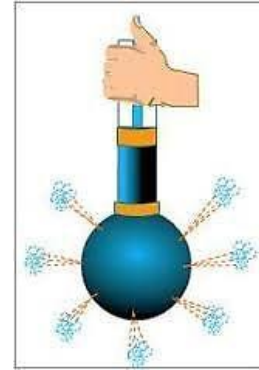
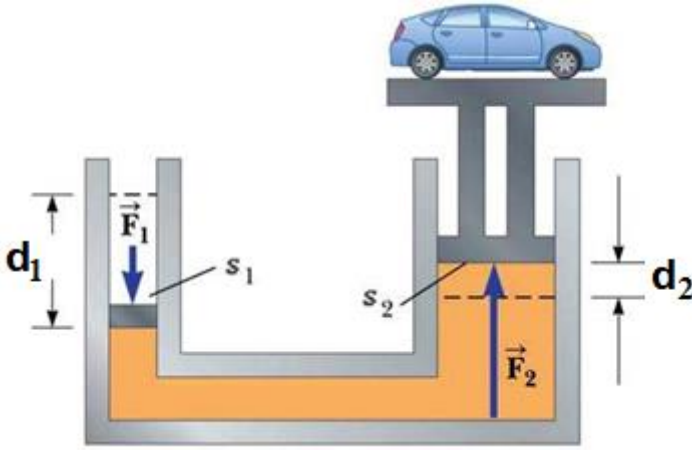
$$P_1 = F_1/A_1$$

وبالمثل ، يجب أن يكون الضغط عند المكبس الثاني ، P_2 ، مساوياً لـ F_2 مقسوماً على مساحة المكبس الثاني ، A_2 .

$$P_2 = F_2/A_2$$

بما ان الضغط ينتقل بالتساوي في جميع أنحاء السائل في جميع الاتجاهات وفقاً لمبدأ باسكال ، يجب أن يكون P_1 يساوي P_2 و عليه سيكون

$$P_1 = P_2 \rightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$



الشكل يوضح الرافعة الهيدروليكية في الورش لرفع المعدات الثقيلة.

الشكل يثبت انتشار السائل المحصور عندما يسلط عليه الضغط الى جميع الاتجاهات

إذا اعيد ترتيب المعادلة السابقة ستكون

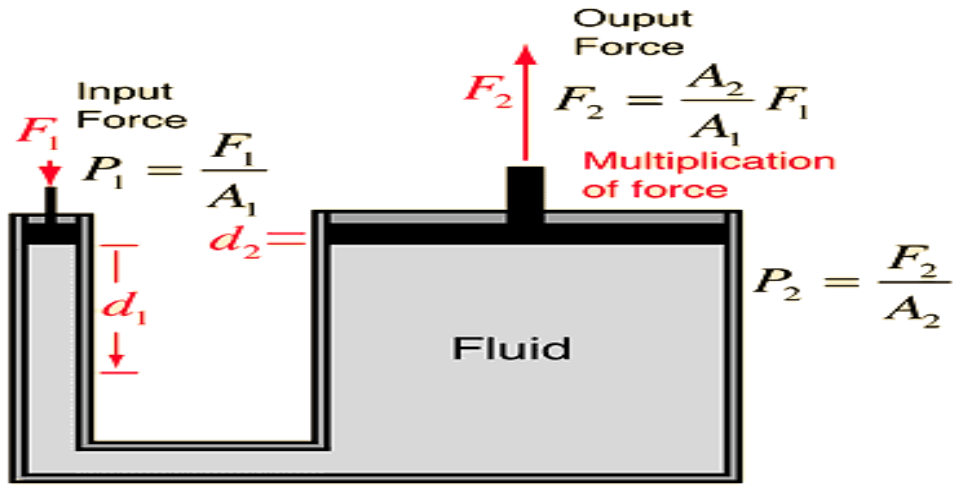
$$F_2 = \left(\frac{A_2}{A_1} \right) F_1$$

لذلك ، تمت زيادة القوة المطبقة F_1 بشكل فعال. بالطبع ، لا يمكن انتهاك قانون حفظ الطاقة ($W_1=W_2$)، لذلك يجب أن يوازن الشغل المنجز على النظام مع الذي يقوم به النظام. في مخطط

الرفع الهيدروليكي الموضح في ادناه ، ستكون المسافة d_1 التي يتم فيها حركة البستن الاول أكبر من المسافة التي يتحركها البستن الثاني ، بنفس النسبة بالضبط مثل مضاعف القوة ???

رجح المكبس الآلي تحسب ($\eta_{\text{gain}} = F_2/F_1$)

مثال 1:



$$F_1 d_1 = F_2 d_2$$

$$d_1 = \frac{F_2}{F_1} d_2 = \frac{A_2}{A_1} d_2$$

You have to pay for the multiplied output force by exerting the smaller input force through a larger distance.



يقوم الحلاق برفع كرسي زبونه بتسليط قوة مقدارها 150N على مكبس هيدروليكي بمساحة $0.01m^2$ متر مربع. إذا كان الكرسي متصلاً بمكبس مساحته $0.1m^2$ ، فما كتلة الزبون الذي تم رفعه بواسطة الكرسي ؟ افترض أن الكرسي كتلة 5 كجم.

الحل:

$$F_2 = \left(\frac{A_2}{A_1} \right) F_1 \Rightarrow F_2 = \left(\frac{0.10m^2}{0.01m^2} \right) (150N) = 1500N$$

إذا كانت اعظم قوة على الكرسي 1500 N ، يمكنك الآن تحديد اقصى كتلة يمكن رفعها من خلال الاعتبار بأن القوة التي يجب التغلب عليها لرفع العميل هي قوة الجاذبية، وبالتالي يجب أن تكون القوة المسلطة لرفع الزبون مساوية لقوة الجاذبية عليه.

$$F = mg$$

$$m = \frac{F}{g} = \frac{1500N}{9.8 \frac{m}{s^2}} = 153kg$$

إذا طرحت كتلة الكرسي فيجب ان يكون اكبر كتلة للزبون 148 kg .

مثال 2:

يتم استخدام النظام الهيدروليكي لرفع مركبة 2000 kg في مرآب للسيارات. إذا استقرت المركبة على مكبس بمساحة 0.5 m² ، واستخدمت قوة على مكبس بمساحة 0.03m² ، فما هي ادنى القوة التي يجب تطبيقها لرفع السيارة؟ **ثم استخراج الربح الآلي للمكبس.**

الحل:

$$P_1 = P_2 \rightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

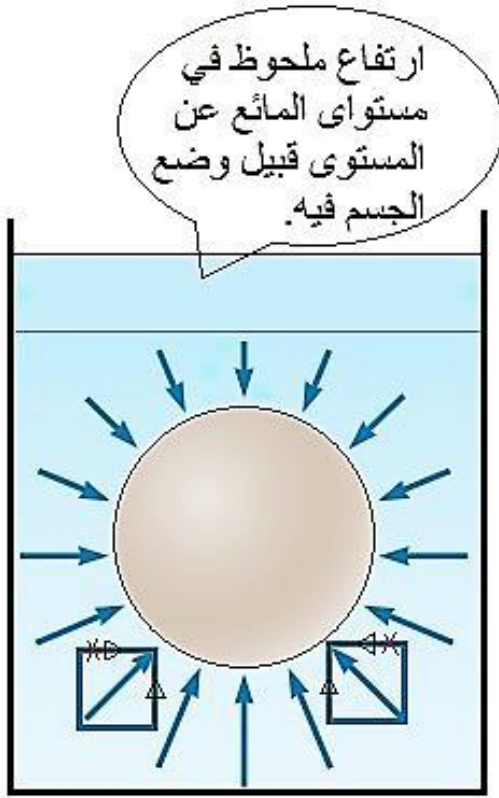
$$F_1 = \left(\frac{A_1}{A_2} \right) F_2 = \left(\frac{0.03m^2}{0.5m^2} \right) (2000kg \times 9.8 \frac{m}{s^2})$$

$$F_1 = 1180N$$

قوى الطفو ومبدأ أرخميدس

(BUOYANT FORCES & ARCHIMEDES' PRINCIPLE)

أي جسم مغمور كلياً أو جزئياً في مائع يرفع الى الأعلى بقوة (Buoyant Force) مقدارها مساوياً لوزن المائع المزاح بواسطة ذلك الجسم.



• اذا وضع جسم في مائع (الماء مثلاً) وكما في الشكل المجاور فان الجسم سيقوم بازاحة كمية من المائع مساوية تماماً لحجمه (شكل الجسم غير معتبر) ولذا سيلاحظ ارتفاع سطح المائع الى أعلى من المستوى قبيل وضع الجسم فيه.

• سوف يتعرض الجسم المغمور في المائع الى قوى من جميع الجوانب والاتجاهات نتيجة ضغط المائع عليه والتي ستؤدي الى:

○ القوى الافقية المؤثرة على الجسم تلغي بعضها البعض.

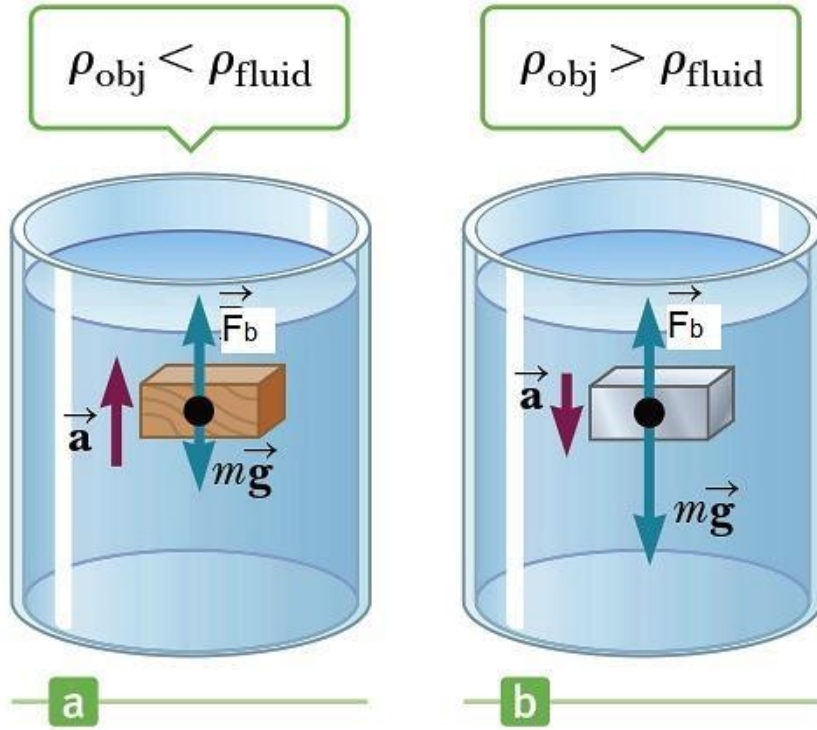
○ بما ان الضغط دالة للعمق ستكون القوى العمودية في اسفل الجسم اكبر منها في اعلى الجسم.

○ صافي القوى العمودية نحو الاعلى والمسماة

بقوى الطفو (F_b) سيكون مقدارها:

$$F_b = m_f g = \rho_{fluid} * V_{fluid} * g$$

m_f كتلة المائع المزاح، ρ_{fluid} كثافة المائع، V_{fluid} حجم المائع المزاح.



الآن، من المفيد المقارنة بين المغمورة (تماماً) والاجسام الطافية (مغمورة جزئياً).

الحالة الاولى:

عندما ينغمر الجسم تماماً في المائع والذي كثافته (ρ_{fluid})، قوة الطفو ومقدارها ($\rho_{fluid} V_{obj} g$) حيث ان حجم الجسم المغمور، قوة الطفو التي ستعمل على رفع الجسم للأعلى. صافي القوى المؤثرة على الجسم.

$$\vec{F}_{net} = \vec{F}_b - w = (\rho_{fluid} - \rho_{obj}) V_{obj} g \quad **$$

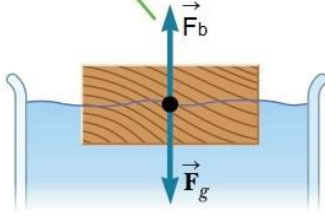
المعادلة ** تبين ان قيمة محصلة القوى تكون موجبة اذا كانت كثافة المائع اكبر من كثافة الجسم الامر الذي يؤدي الى تسارع الجسم نحو الاعلى النتيجة سيطفو الجسم، كما مبين في الجزء (a) من الشكل السابق.

اما اذا كانت محصلة القوى قيمة سالبة فيعني ان كثافة الجسم اكبر من كثافة المائع يؤدي ذلك الى تسارع الجسم نحو الاسفل (غرقه)، كما مبين في الجزء (b) من الشكل السابق.

الحالة الثانية:

يكون فيها انغمار جزئي للجسم وفيها يكون هنالك توازن (تساوي) بين قوة الطفو ووزن الجسم الامر الذي يؤدي الى طفو الجسم على المائع او انغمار جزئي.

كلا القوتين متساويتين بالمقدار
ولكنهما باتجاهين متعاكسين



$$\vec{F}_g = \vec{F}_b$$

$$\rho_{\text{fluid}} V_{\text{fluid}} g = \rho_{\text{obj}} V_{\text{obj}} g$$

or,

$$\frac{\rho_{\text{obj}}}{\rho_{\text{fluid}}} = \frac{V_{\text{fluid}}}{V_{\text{obj}}}$$

الوزن الظاهري في المائع (Apparent Weight in a Fluid)

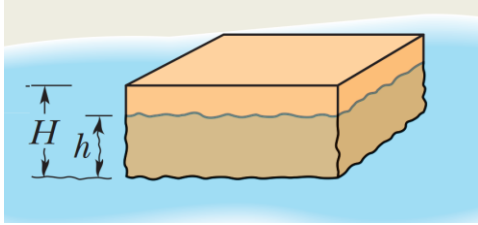
- إذا عُلقَ حجراً في قبان حلزوني لقياس الوزن ، فإن قراءة القبان تمثل وزن الحجر.
- وإذا قمنا بوزن الحجر وهو تحت الماء، فإن قوة الطفو للماء تؤثر على الحجر فتقلل من قراءة القبان.
- وبالتالي فإن هذه القراءة تمثل الوزن الظاهري (Apparent Weight).
- بشكل عام ، يرتبط الوزن الظاهري بالوزن الفعلي للجسم وقوة الطفو على الجسم.

الوزن الظاهري = الوزن الحقيقي- قوة الطفو

$$\text{weight}_{\text{app}} = \text{weight} - F_b$$

مثال:

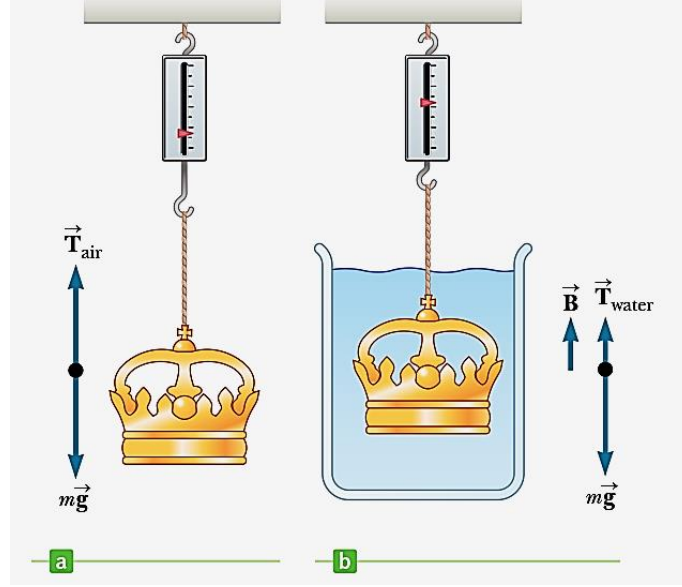
مكعب كثافته ($\rho_{obj}=800 \text{ kg/m}^3$) يطفو بشكل جزئي على سائل كثافته ($\rho_{fluid}=1200 \text{ kg/m}^3$). فاذا كان ارتفاع المكعب ($H=6 \text{ cm}$). أحسب ارتفاع الجزء المغمور منه (h).



$$\frac{\rho_{obj}}{\rho_{fluid}} = \frac{V_{fluid}}{V_{obj}}$$

$$\frac{\rho_{obj}}{\rho_{fluid}} = \frac{A \times h}{A \times H}$$

$$h = \frac{\rho_{obj}}{\rho_{fluid}} \times H = \frac{800}{1200} \times 6 = 4 \text{ cm}$$



مثال 2 - أشتري صائد الصفقات تاجًا "ذهبيًا" من سوق للسلع الرخيصة والمستعملة. بعد أن وصلت إلى المنزل ، قام بوزنه وزنه فوجد وزنه يساوي 7.84 نيوتن (الشكل a). ثم وزن التاج وهو مغمور في الماء ، كما في (الشكل b) ، وجده 6.86 نيوتن. هل التاج مصنوع من الذهب الخالص؟

الحل:

$$\sum f = B + T_2 - F_g$$

$$B = F_g - T_2$$

$$B = \rho V_F g$$

$$B = \rho_w V_{obj} g$$

$$\rho = \frac{m_{obj} g}{v_{obj} g} = \frac{m g}{B / \rho_w} = \frac{m_{obj} g \rho_w}{B}$$

$$\rho = \frac{m_{obj}g\rho_w}{F_g - T_2} = \frac{7.84kg \times 1000kg/m^3}{7.84 - 6.86}$$
$$= 7.84 \times \frac{10^3kg}{m^3} \cong 8000kg/m^3$$

بما ان كثافة الذهب . $19300kg/m^3$ اذا التاج غير مصنوع من الذهب الخالص