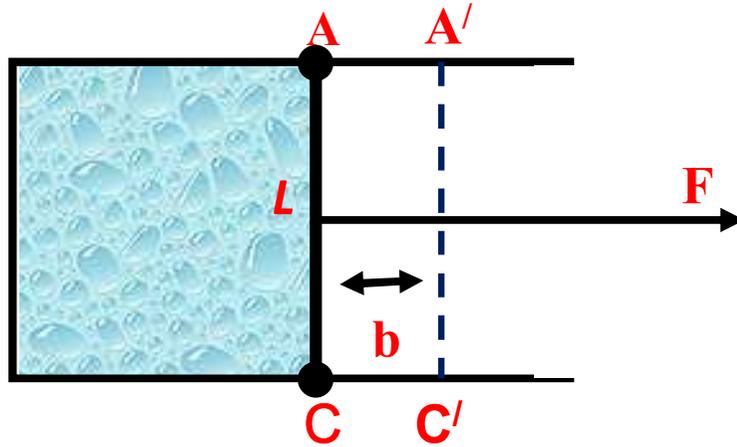


الطاقة السطحية: Surface Energy

لكي نقوم بزيادة مساحة سطح السائل فإنه من الضروري أن نحضر بعض جزيئات من داخل السائل إلى سطح السائل وهذا يتطلب التغلب على قوى التماسك بين جزيئات السائل وهذا يعني بذل شغل للتغلب على هذه القوة. وعلى هذا الأساس فإنه يتضح أن طاقة الجزيئات على سطح السائل أكبر من طاقة الجزيئات داخل السائل ويطلق على هذه الزيادة اسم طاقة السطح.

ولحساب قيمة الشغل المسبب لزيادة طاقة السطح وقيمة القوة المسببة له نبحث الحالة التي يزداد فيها سطح السائل.



لنأخذ غشاء من سائل على إطار من السلك ذو ثلاثة أضلاع ويتحرك سلك طوله L بحرية على الضلعين الآخرين. فإذا أثرنا على هذا السلك بقوة F في مستوى الإطار وعمودياً على السلك، فيكون الشغل المبذول بهذه القوة أثناء حدوث إزاحة قدرها b يعطى بالعلاقة:

$$W = F \cdot b$$

والقوة المؤثرة على السطح AC تعطى بالعلاقة

$$F = \gamma \cdot L$$

ولكن ما دام السطح متزن ووفق قانون نيوتن لكل فعل رد فعل مساوي له في المقدار ومضاد له في الاتجاه بمعنى أن السطح في هذه الحالة يتعرض لضعف القوة F .

$$F = 2 \gamma L$$

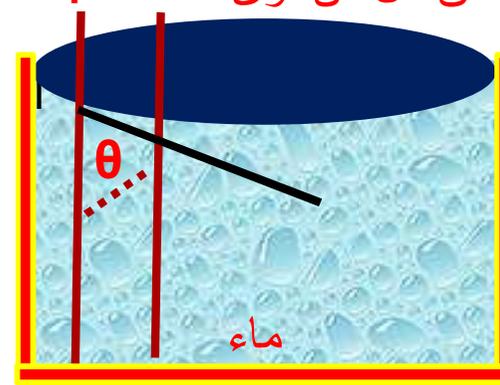
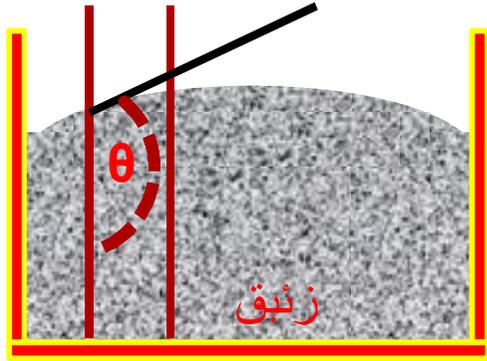
$$\therefore W = 2 \gamma L b = \gamma (2L b)$$

وحيث أن المقدار $2Lb$ يمثل الزيادة الإجمالية في مساحة سطح السائل أو الغشاء. وهنا نستطيع أن نؤكد تعريف معامل التوتر السطحي γ : بأنه الشغل المبذول لزيادة مساحة سطح السائل بمقدار وحدة المساحات في حالة ثبوت درجة الحرارة.

زاوية التلامس (الاتصال): Contact Angle

عند وضع أنبوبة شعرية في إناء به ماء فإننا نلاحظ ارتفاع الماء في الأنبوبة الشعرية ويكون شكل سطح الماء مقعر كما هو موضح في الشكل التالي وهذا يرجع إلى نتيجة إن قوة التلاصق بين الماء والأنبوبة أكبر من قوة التماسك. وتعرف الزاوية المحصورة بين المماس لسطح السائل وجدار الأنبوبة باسم زاوية التلامس وتكون حادة في حالة الماء. أما في حالة الزئبق فيكون شكل سطح الزئبق محدب وتكون زاوية التلامس منفرجة كما هو موضح بالشكل.

ملحوظة: زاوية التلامس تكون حادة إذا كانت قوى التلاصق أكبر من قوى التماسك. بينما تكون منفرجة إذا كانت قوى التلاصق أقل من قوى التماسك.



تعتمد زاوية التلامس على : 1- طبيعة السائل

2- طبيعة السطح الصلب الذي يلامس السائل

3- طبيعة الوسط الموجود فوق سطح السائل

فمثلا زاوية التلامس بين الزئبق والزجاج في حالة وجود الهواء فوق الزئبق تختلف عن زاوية التلامس بين الزئبق والزجاج إذا كان الوسط المحيط بالزئبق هو ماء.

$$\theta = \cos^{-1} [-\gamma_s / \gamma_L]$$

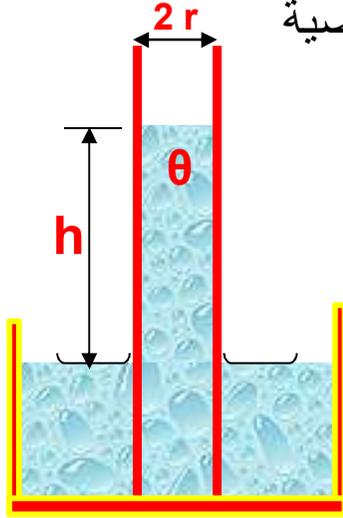
وتعطى زاوية التلامس بالعلاقة الآتية:

حيث γ_L هي التوتر السطحي بين سطح السائل والوسط المحيط بالسائل بينما γ_s هي التوتر السطحي بين سطح السائل وسطح المادة الصلبة.

الخاصية الشعرية: Capillarity

تعرف ظاهرة ارتفاع السوائل التي تبلل السطح في الأنابيب الشعرية باسم الخاصية الشعرية. ويعتمد الارتفاع h داخل الأنبوبة الشعرية على:

1. طبيعة السائل.
2. قطر الأنبوبة الشعرية (كلما قل القطر زاد الارتفاع h).



ولإيجاد العلاقة بين نصف قطر الأنبوبة r والارتفاع h نفرض أن سائل يرتفع في أنبوبة شعرية كما بالشكل

حجم السائل المرتفع في الأنبوبة الشعرية $= \pi r^2 h$

وزن عمود السائل المرتفع في الأنبوبة = الكتلة \times التسارع = الحجم \times الكثافة \times التسارع

$$\pi r^2 h \rho g =$$

وكتبات السائل في الأنبوبة يعنى أن وزنه أصبح مساويا للقوة المسببة لانتشاره وهى قوة التوتر السطحي

$$\gamma = F/L$$

$$F = \gamma L$$

وحيث L تمثل المحيط أي تساوى $2\pi r =$

إذن قوة التوتر السطحي $= 2\pi r \gamma$ وهى تساوى وزن عمود السائل

$$2\pi r \gamma = \pi r^2 h \rho g$$

إذن :

$$h = 2\gamma / r \rho g$$

ومنها : الارتفاع h يساوى

الضغط في السوائل (P): The Pressure in Liquids (P)

يؤثر السائل بقوة على الجدران الجانبية وقاعدة الوعاء الذي يحتويه، وتكون القوة عمودية على جميع نقاط السطح الذي تؤثر عليه. ويعرف الضغط على انه القوة المؤثرة لوحدة المساحة، أي أن:

$$P=F/A$$

ووحدة الضغط في النظام العالمي للوحدات (SI) هي (N/m^2) ، ويطلق على هذه الوحدة أحيانا Pascal. يتناسب الضغط الذي يسلطه السائل نتيجة لوزنه عند أية نقطة داخل السائل مع كثافة السائل ومع عمق تلك النقطة عن سطح السائل. فإذا أخذت نقطة على عمق h (cm) في سائل كثافته ρ (gm/cm^3) كما في الشكل.

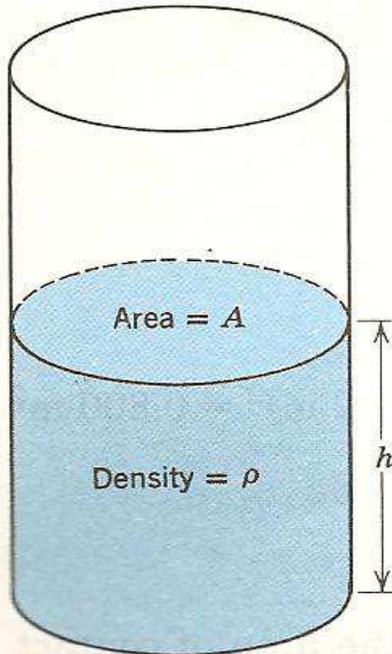
إن القوة التي يؤثر بها السائل على مساحة مقدارها A عند تلك النقطة تساوي:

$$F=w=mg$$

$$m=\rho V=\rho Ah$$

$$F=\rho gAh$$

$$P=\frac{F}{A}=\frac{\rho gAh}{A}=\rho gh$$



وإذا أردنا حساب الضغط الكلي المؤثر على المساحة السفلية A فإننا نضيف الضغط الجوي (لأن الإناء مفتوح) إلى ضغط عمود السائل، أي أن:

$$P_T = P_a + P_o$$

$$P_T = P_a + \rho gh$$

ومن المعروف أن الضغط الجوي في الظروف القياسية يساوي:
 $P_a = 1.01325 \times 10^5 \text{ Pa}$ وهذه تمثل ضغط عمود من الزئبق ارتفاعه 76 cm .

مثال: أوجد ضغط عمود من الزئبق ارتفاعه 76 cm علماً أن كثافة الزئبق 13600 kg/m^3 .

$$P = \rho gh$$

$$= 13600 \text{ Kg} / \text{m}^3 \times 9.8 \text{ m} / \text{s}^2 \times 0.76 \text{ m}$$

$$\cong 1.01325 \times 10^5 \text{ Pa} = 1 \text{ atm}$$

ينتقل الضغط المسلط على سائل محصور في وعاء مغلق إلى جميع أنحاء السائل بالتساوي. ويمكن إثبات هذه الحقيقة تجريبياً، وذلك إذا أخذنا وعاء مغلقاً يحتوي على عدد من المكابس مملوء بالماء كما في الشكل فإذا كانت مساحة هذه المكابس متساوية وواقعة على نفس العمق. وسلطت قوة على احد هذه المكابس، فان قوى متساوية يجب أن تسلط على المكابس الأخرى من أجل المحافظة عليها في نفس أماكنها، أي أن:

$$F_1 = F_2 = F_3 = F_4$$

