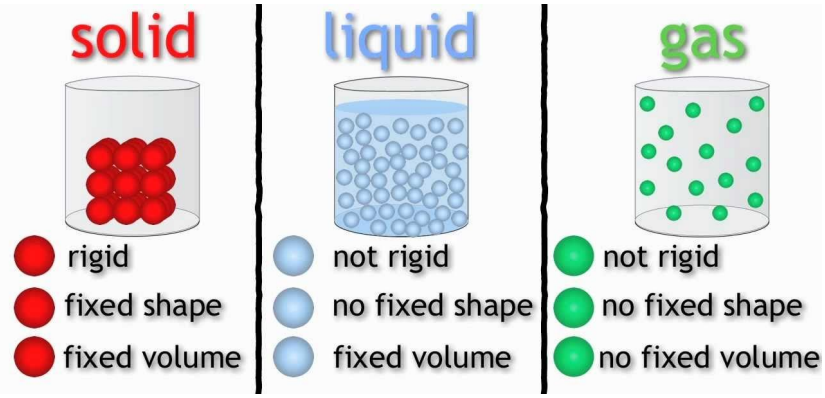
الفصل الأول : مفاهيم أساسية

ميكانيك الموائع : هو العلم الذي يهتم بدارسة حركة وتوازن الموائع.

المقصود بالموائع: السوائل، الغازات

والمائع: هو كل مادة يمكن لها أن تتدفق



الخواص الفيزيائية للسوائل:

الكتلة النوعية (الكثافة): Density

التعريف: كتلة واحدة الحجم من السائل ويرمز لها بـــ ρ وتعطى بالعلاقة:

$$\rho = \frac{M}{\forall} \quad (Kg/m^3)$$

حيث:

M : كتلة السائل (Kg)

$\forall$: حجم السائل (m^3)

الكتلة النوعية للماء أكبر بكثير من الكتلة النوعية للهواء:

الكتلة النوعية للماء $\boldsymbol{\rho_{H_2O} = 1000\, Kg/m^3}$ عند درجة الحرارة $C = 4^\circ$

الكتلة النوعية للهواء $\boldsymbol{\rho_{air} = 1.25\, Kg/m^3}$

تتأثر الكتلة النوعية بتغير درجة الحرارة والضغط المطبق في الغازات بشكل كبير أما في السوائل فإن تأثيرهما يكون ضئيل

الكثافة النسبية SG :

تساوي النسبة بين الكتلة النوعية للسائل والكتلة النوعية للماء عند درجة الحرارة $C = 4^\circ$

$$SG = \frac{\rho}{\rho_{H_2O}} \text{ (ليس لها واحدة)}$$

الوزن النوعي: Specific Weight:

التعريف: وزن واحدة الحجم من السائل ويرمز لها بـــ γ وتعطى بالعلاقة:

$$\gamma = \frac{W}{\forall} \quad (N/m^3)$$

حيث:

W : وزن السائل (N)

$\forall$: حجم السائل (m^3)

ويرتبط الوزن النوعي مع الكتلة النوعية بالعلاقة:

$$\gamma = \frac{W}{\forall} = \frac{m*g}{\forall} = \rho.g$$

حيث:

g : تسارع الجاذبية الأرضية

$$\gamma_{H_2O} = 1000.9.81 = 9810\ N/m^3$$

تتغير قيمة الوزن النوعي من موقع لآخر على سطح الأرض تبعاً لخط العرض والإرتفاع عن سطح البحر لأن الوزن النوعي يتعلق بالجاذبية الأرضية أما الكتلة النوعية لا تتغير قيمتها تبعاً للموقع

اللزوجة: Viscosity:

هي الخاصية التي يقاوم فيها السائل قوى القص التي يتعرض لها.

وتتأثر هذه الخاصية بشكل كبير بدرجة الحرارة، بالنسبة للسوائل: مع زيادة درجة الحرارة تنخفض لزوجتها لأن قوى التماسك تتناقص مع ارتفاع الحرارة، أما بالنسبة للغازات: لزوجتها تزداد مع زيادة الحرارة بسبب الزيادة في النشاط الجزيئي عند زيادة درجة الحرارة.

قانون نيوتن:

$$\tau = \mu.\frac{du}{dy}$$

الإجهاد المماسي τ يتناسب بشكل خطي مع تدرج السرعة $\frac{du}{dy}$

اللزوجة التحريكية: Dynamic Viscosity:

يرمز لها بـ μ، واحدة اللزوجة التحريكية نحصل عليها من قانون نيوتن:

$$\mu = \tau.\frac{dy}{du} = \frac{N}{m^2}.\frac{m}{\frac{m}{s}} = \frac{N.s}{m^2} = \frac{Kg}{m.s}$$

اللزوجة الحركية: Kinematic Viscosity:

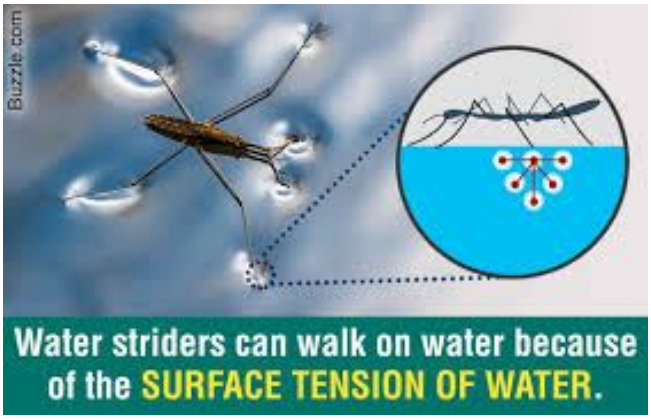
نسبة اللزوجة التحريكية للسائل إلى كتلته النوعية ويرمز بـ $\boldsymbol{\upsilon}$

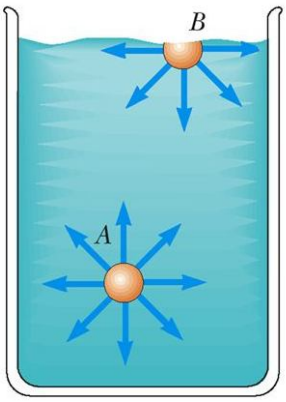
وتعطى بالعلاقة:

$$\upsilon = \frac{\mu}{\rho} \quad : \quad \frac{\frac{Kg}{m.s}}{\frac{Kg}{m^3}} \quad : \quad m^2/s$$

التوتر السطحي: Surface Tension:

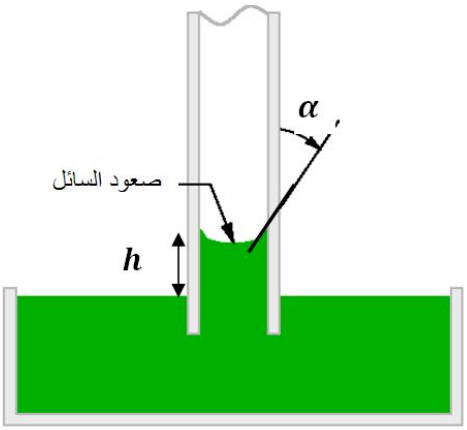
بالنسبة للجزيء A الموجود في عمق السائل تكون قوى التجاذب متساوية ومتعاكسة بالاتجاه أما بالنسبة للجزيء B الموجود على سطح السائل يخضع لقوى مماسية تمس السطح تكون محصلتها معدومة ولقوى ناظمية متجهة نحو الأسفل فقط ينتج عن ذلك توتر في السطح يسمى التوتر السطحي σ واحدته N/m





الخاصية الشعرية: Capillary:

إذا وضعنا أنبوب رفيع قطره d في حوض سائل ما نلاحظ أن السائل يرتفع في الأنبوب فوق سطح السائل بمقدار h وذلك بتأثير التوتر السطحي



ارتفاع السائل في الأنبوب h:

$$h = \frac{4.\sigma.cos\alpha}{\gamma.d}$$

σ : التوتر السطحي

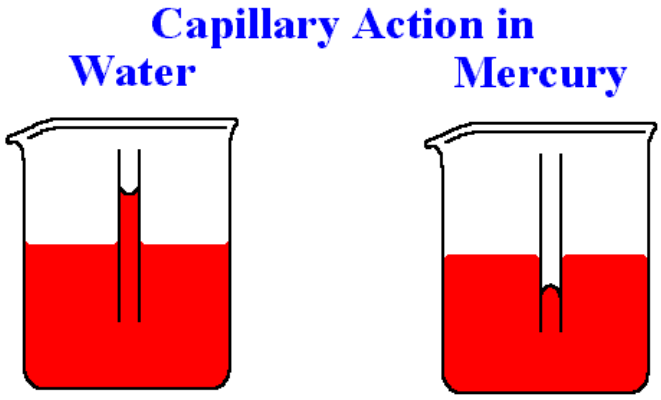
α : الزاوية التي يصنعها المماس لسطح السائل مع جدار الأنبوب

γ : الوزن النوعي للسائل

d قطر الأنبوب

ملاحظة: من أجل الماء يكون $\alpha \approx 0$

$$\Rightarrow \quad h_{H_2O} = \frac{4.\sigma}{\gamma.d}$$



انضغاطية السائل: Compressibility of liquid.

تغير حجم السائل نتيجة تغير الضغط المؤثر فيه، إن ازدياد الضغط dP يتناسب مع التغير النسبي $\frac{d\forall}{\forall}$ لحجم السائل

$$dP = -K\frac{d\forall}{\forall}$$

K: معامل انضغاطية السائل

الإشارة السالبة تشير إلى أن الحجم يتناقص بازدياد الضغط

الانضغاطية خاصية تتميز بها الغازات بشكل واضح أما السوائل قابليتها للإنضغاط ضعيفة جداً

مسائل غير محلولة صفحة 49

المسألة الأولى

ما هو حجم الماء الذي يمكن أن يضخ إلى خزان ضغط حجمه $\forall = \mathbf{0.5 m^3}$، علماً أن الزيادة في الضغط يجب أن ألا تتجاوز $\mathbf{1.0\ Mpa}$. وأن معامل انضغطية الماء $\mathbf{K = 2.2 \times 10^9\ N/m^2}$

الحل:

الحجم الناتج عن زيادة الضغط + حجم الخزان =حجم الماء المضخوخ

$$\forall' = \forall + d\forall$$

نحسب الحجم الناتج عن زيادة الضغط:

$$dP = -K\frac{d\forall}{\forall} \Leftrightarrow 1 \times 10^6 = -2.2 \times 10^9 * \frac{d\forall}{0.5}$$

$$d\forall = 0.000227\ m^3$$

نلاحظ أن تغير حجم الماء نتيجة زيادة الضغط صغير جداً أي أن قابلية السوائل للانضغاطية ضئيلة جداً

$$\Rightarrow \forall' = 0.5 + 0.000227 = 0.500227\ m^3$$

المسألة الثانية

إذا علمت أن اللزوجة الحركية للنفط $\boldsymbol{\upsilon = 7.6 \times 10^{-6}\ m^2/s}$ ،وأن الكتلة النوعية له $\boldsymbol{\rho = 786\ Kg/m^3}$. **احسب اللزوجة التحريكية.**

طلب إضافي: احسب الوزن النوعي – احسب الكثافة النسبية

الحل:

اللزوجة التحريكية:

$$\upsilon = \frac{\mu}{\rho} \Rightarrow \mu = \upsilon * \rho$$

$$\mu = \upsilon * \rho = 7.6 \times 10^{-6} * 786 = 5.974 \times 10^{-3}\ Kg/m.s$$

أو:

$$\mu = 5.974 \times 10^{-3}\ pas.s$$

الوزن النوعي:

$$\gamma = \rho.g = 786 * 9.81 = 7710.66\ \ N/m^3$$

الكثافة النسبية:

$$SG = \frac{\rho}{\rho_{H_2O}} = \frac{786}{1000} = 0.786$$

المسألة الثالثة

وضع أنبوب زجاجي قطره $\mathbf{d = 1.5mm}$ شاقولياً في سائل كتلته النوعية $\boldsymbol{\rho = 900\,Kg/m^3}$ ، فارتفع السائل في الأنبوب مقدار $\mathbf{15mm}$.احسب قيمة التوتر السطحي بين السائل وبين الهواء

الحل:

$$h = \frac{4.\sigma.cos\alpha}{\gamma.d} \quad \alpha \approx 0$$

$$\sigma = \frac{\gamma.d.h}{4} = \frac{\rho*g*d*h}{4} = \frac{900*9.81*0.0015*0.015}{4} \approx 0.05\,N/m$$

المسألة الرابعة

وضع أنبوب زجاجي قطره $\mathbf{d = 2mm}$ في الزئبق ، ،إذا علمت أن قيمة التوتر السطحي بين الزئبق وبين الهواء هو $\boldsymbol{\sigma = 0.47\ N/m}$ وأن $\boldsymbol{\alpha = \frac{2}{3}\pi}$ و $\boldsymbol{\rho = 13600\,Kg/m^3}$. احسب قيمة $\mathbf{h}$

الحل:

$$h = \frac{4.\sigma.cos\alpha}{\gamma.d} = \frac{4*0.47*cos\left(\frac{2}{3}\pi\right)}{13600*9.81*0.002} = -3.52 \times 10^{-3} m$$