الفصل الرابع

السوائل

تتميز الحالة السائلة للمادة عن الحالة الصلبة والغازية بامتلاكها حجم ثابت وشكل المتغير، اذ تأخذ شكل الوعاء الذي توضع فيه وتكون قوى الترابط بين ذرات وجزيئات السائل أقل كثيراً مما هي عليه في الحالة الصلبة، وبناء على ذلك فان السوائل لا تظهر مقاومة للاجهاد المسلط عليها.

الكثافة (ρ)

تعرف الكثافة الكتلية على انها كتلة وحدة الحجوم.

ان كثافة مادة ما كتلتها (m) وحجمها (V) تعرف بالمعادلة الآتية:

$$\rho = \frac{m}{V} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

ووحدة الكثافة الكتلية في النظام العالمي (SI) هي (Kg / m^3) او (g / cm^3). ان كثافة الماء الكتلية عند درجة حرارة $4\ ^oC$ هي $10^3\ Kg / m^3$ او $1\ g / cm^3$ وكثافة الزئبق عند درجة حرارة الغرفة تساوي $13.6x10^3\ Kg / m^3$ او $13.6\ g / cm^3$.

تتغير كثافة المادة بتغير درجة حرارتها. ويعود السبب في ذلك الى ان جزيئات المادة تهتز بمسافات اكبر عندما تزداد درجة حرارة المادة، لذا فان معدل المسافة بين الجزيئات سوف يزداد، أي ان كتلة المادة ستحتل حجماً اكبر مما يؤدي الى تغير الكثافة بتغير درجة الحرارة. وبصورة عامة تقل كثافة المواد بارتفاع درجة حرارتها (ما عدا بعض الاستثناءات التي تزداد فيها الكثافة بارتفاع درجة الحرارة ضمن مدى معين من درجات الحرارة، ومن الأمثلة المعروفة الماء الذي تزداد كثافته عندما ترتفع درجة الحرارة من 0^oC الى 4^oC) . والجدول (1) يبين كثافة بعض السوائل المعروفة، كذلك يبين الجدول (2) اعتماد كثافة الماء على درجة الحرارة.

الجدول (1) كثافة بعض السوائل المعروفة

المادة	الكثافة الكتلية g / cm^3
الماء	0.998
البنزين	0.879
الزئبق	13.6
ماء البحر	1.025

الجدول (2) كثافة الماء ودرجة الحرارة

المادة	الكثافة الكتلية g / cm^3
الماء عند 0^oC	0.9998
الماء عند 4^oC	1.000
الماء عند 20^oC	0.9982
الماء عند 100^oC	0.9584
ماء البحر عند 15^oC	1.025

تعتمد كثافة المادة على عاملين رئيسين وهما:

1- كتلة الذرات او الجزيئات.
2- المسافة البينية بين الذرات والجزيئات.

مثال ذلك الحديد والألمنيوم ، اذ نجد ان نسبة كثافة الحديد $7.9\ g / cm^3$ الى كثافة الألمنيوم $2.7\ g/cm^3$ هي (2.9) بينما نجد ان نسبة العدد الذري للحديد (56) الى العدد الذري للألمنيوم (27) هي أكثر من (2) بقليل . فإذا كانت المسافة بين الذرات هي نفسها للمادتين فستكون نسبة كثافة الحديد الى الألمنيوم هي الضعف وهذا يدل على ان ذرات الحديد تكون متقاربة أكثر مما تكون علية ذرات الألمنيوم.

الوزن النوعي Specific Gravity

الوزن النوعي (SG) خاصية مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بالكثافة، وتعرف بالنسبة بين كثافة المادة وكثافة الماء عند 4^oC .

$$SG = \frac{\rho}{\rho_{H_2O}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

حيث أن الوزن النوعي نسبة لا أبعاد لها، فان له نفس القيمة في كل نظم الوحدات.

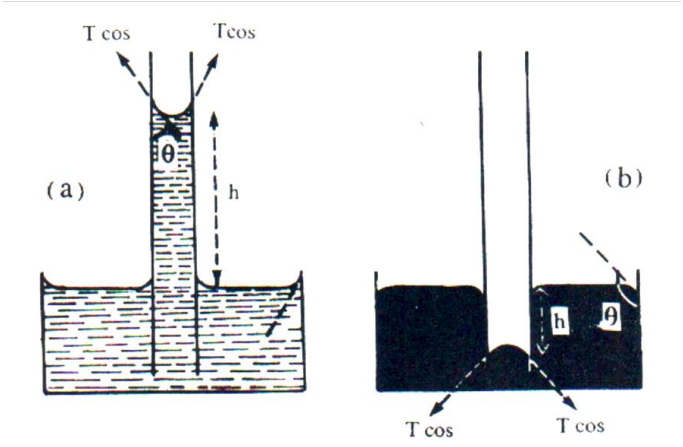
الخاصية الشعرية Capillarity

عند وضع انبوب شعري مفتوح الطرفين في سائل، فان تأثير الشد السطحي للسائل سيؤدي الى أحدى الحالتين الاتيتين:-

1- ارتفاع السائل في الانبوب الشعري، في حالة صنع السائل زاوية حادة (اقل من90^o) مع سطح الانبوب الشعري. مثال ذلك الماء الذي يرتفع داخل الانبوب الشعري الى ارتفاع معين فوق سطحه الخارجي. كما في الشكل (1a).
2- انخفاض السائل في الانبوب الشعري، في حالة صنع السائل زاوية منفرجة (اكثر من 90^o) مع السطح الداخلي للانبوب الشعري. مثال ذلك الزئبق الذي ينخفض داخل الانبوب الشعري الى مستوى معين تحت سطحه الخارجي . كما في الشكل(1b).

إن ارتفاع السائل او انخفاضه داخل الانابيب الشعرية يعتمد على محصلة القوة بين قوى التماسك وقوى التلاصق بين جزيئات السائل وجزيئات سطح الانبوب الشعري فيعزى ارتفاع الماء الى داخل الانابيب الشعرية الى تغلب قوى التلاصق على قوى التماسك ، أي ان محصلة القوى ستكون نحو الأعلى فتؤدي الى ارتفاع جزيئات السائل داخل الانبوب الشعري كما ويعزى انخفاض الزئبق داخل الانابيب الشعرية الى تغلب قوى التماسك على قوى التلاصق مما يسبب ان تكون محصلة القوى نحو الاسفل فتؤدي الى انخفاض سطح الزئبق داخل الانبوب الشعري عن مستواه خارج الانبوبة . تستمر عملية ارتفاع

جزيئات الماء داخل الانبوبة الشعرية الى ان يحصل التوازن بين مركبة محصلة القوى المتجهة نحو الأعلى (ولتكن F) مع وزن عمود السائل (وليكن W) (والذي ارتفاعه h)، والمتجه بصورة عمودية نحو الأسفل .



الشكل (1) الخاصية الشعرية للماء والزئبق

الشد السطحي Surface Tension

من خواص السوائل المهمة ميل سطحها للتقلص من أجل الحصول على أقل مساحة سطحية ممكنة، ونظراً لامتلاك الكرة أقل مساحة سطحية لاي حجم معين من المادة، لذلك تكون قطرات المطر الساقطة خلال الهواء كروية الشكل تقريباً. وللسبب نفسه تمتلك فقاعات الهواء في الماء وقطرات الزئبق الصغيرة شكلاً كروياً ايضاً. ان عدم امتلاك القطرات الكبيرة للماء والزئبق شكلاً كروياً تاماً (بل شكلاً مفلطحاً) يرجع الى تأثير وزن المادة فيها. وفضلاً عما تقدم فان هناك كثيراً من الظواهر المألوفة في السوائل منها تحدب سطح الماء في دورق صغير مملوء بالماء بأكثر من سعته قليلاً وعدم انسكابه وطفو بعض القطع المعدنية كالابرة وشفرة الحلاقة الجافتين على سطح الماء الساكن ووقوف او سير بعض الحشرات على سطح الماء من دون ان تغطس في الماء على الرغم من ان كثافة هذه الاجسام تفوق كثيراً كثافة الماء. وهناك ايضاً ظاهرة ارتفاع الماء في الانابيب الشعرية وانخفاض الزئبق فيها عن المستوى الخارجي لهما. كل هذه الظواهر وغيرها يعزى الى وجود ظاهرة

الشد السطحي في السوائل. ويعرف الشد السطحي على انه القوة المؤثرة لكل وحدة طول من سطح السائل. ووحدة الشد السطحي هي N/m او dyne/cm.

تتوقف قيمة الشد السطحي لسائل ما على نوع السائل ودرجة حرارته، اذ تقل قيمة الشد السطحي للسائل كلما ارتفعت درجة حرارته. وهذا يفسر لماذا يستخدم الماء الحار والصابون لازالة البقع الدهنية، اذ يقل الشد السطحي للبقع الدهنية بتأثير الحرارة وتتفت تلك البقع. ان وجود الشد السطحي يدل على ان الجزيئات القريبة من السطح تكون متباعدة عن بعضها البعض اكثر من الجزيئات الواقعة داخل السائل. الجدول (3) يبين قيم الشد السطحي لبعض السوائل.

الجدول (3) الشد السطحي لبعض السوائل.

المادة	الشد السطحي 10^{-3} (N/m)
الزئبق	465
الماء عند 4^oC	73
زيت الزيتون	32
البنزين	29

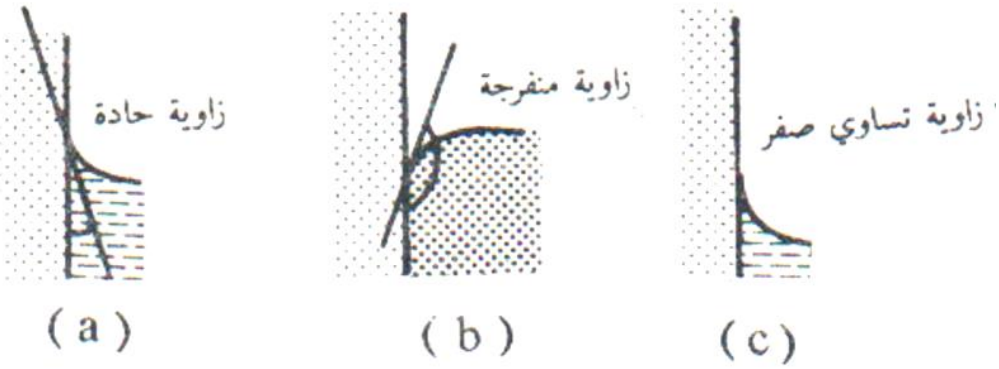
زاوية الاتصال (زاوية التماس) (θ) Angle of Contact

وتعرف على انها الزاوية المحصورة بين السطح الصلب والسطح المماس لسطح السائل، وتقاس داخل السائل. وتعتمد قيمة هذه الزاوية على نوع السائل ونوع السطح الصلب. وبصورة عامة يمكن تشخيص ثلاث حالات لهذه الزاوية وهي كما يأتي:

1- يصنع السائل زاوية حادة مع السطح الصلب، كما في الشكل (2a). وهي الحالة التي تنطبق على الماء وسطح الزجاج.

2- يصنع السائل زاوية منفرجة مع السطح الصلب. كما في الشكل(2b). وهي الحالة التي تنطبق على الزئبق وسطح الزجاج.
3- تصنع بعض السوائل زاوية مقدارها صفراً مع بعض السطوح الملساء والنظيفة جداً، كما في الشكل (2c). وهي حالة تنطبق على الماء وبعض السوائل العضوية عند تلامسها مع سطح زجاجي نظيف جداً.

في الحالة الأولى تكون قوة التلاصق اكبر من قوة التماسك مما يؤدي الى انتشار جزيئات السائل والتصاقها بالسطح الصلب.



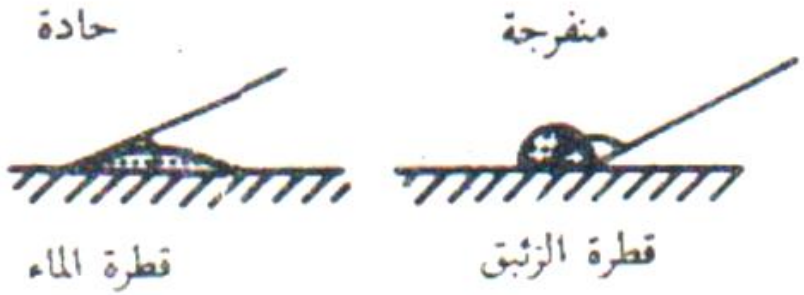
الشكل (2) يوضح زاوية التصاق السائل مع السطح المجاور

وفي الحالة الثانية يحدث العكس اذ تكون قوة التلاصق اصغر من قوة التماسك مما يؤدي الى تكوين السطح المحدب وتجمع الجزيئات وابتعادها عن السطح الصلب بدلاً من الانتشار والالتصاق به.

اما في الحالة الثالثة فتكون قوة التلاصق كبيرة جداً عند مقارنتها مع قوة التماسك مما يؤدي الى انتشار السائل وتكوين غشاء رقيق من الجزيئات مواز تقريباً الى السطح الصلب في نقطة التماس.

يوضح الشكل (3) قطرتين احدهما من الماء والأخرى من الزئبق على سطح أملس، اذ نجد ان قطرة الماء تتفلطح وتحاول الانتشار على السطح الصلب، بينما قطرة الزئبق تحاول

التجمع وعدم الانتشار على السطح الصلب. فالسوائل التي تصنع زاوية حادة مع السطح الصلب يقال بأنها تبلل السطح، بينما السوائل التي تصنع زاوية منفرجة يقال بأنها لا تبلل السطح المذكور.



الشكل (3) يوضح قطرة الماء والزئبق على السطح الاملس

أما قيم زاوية التماس، فيصنع الماء مع السطح الزجاجي زاوية مقدارها حوالي 10^o مما يسبب له الانتشار وتكوين غشاء رقيق من الماء. بينما تكون قيمة الزاوية التي يصنعها الزئبق مع سطح الزجاج مساوية الى 140^o مما يؤدي الى تكوين قطرات الزئبق بدلاً من الانتشار على السطح المذكور.

عند وضع الانبوب الشعري في السائل نجد ان انحناء السطح (الشكل 4) يجعل الضغط عند النقطة 4 أقل من الضغط الجوي عند النقطة 5 ، مما يدفع السائل الى الارتفاع في الانبوبة الشعري لأجل معادلة الضغط عند النقطتين. أفرض ان الضغط عند النقاط 1 و2 و3 و 4 و 5 يساوي P_1 و P_2 و P_3 و P_4 و P_5 على التوالي (الشكل 4) عند تحقيق تعادل الضغط يكون:

$$P_1 = P_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

لأن فرق الضغط عبر السطح الأفقي يساوي صفراً، كما ويكون:

$$P_1 = P_2 = P_3 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

أي ان :

$$P_1 = P_4 + \rho g h \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

حيث أن ρ تمثل كثافة السائل و h ارتفاعه خلال الانبوبة الشعرية. فضلاً عما تقدم

$$P_5 = P_4 + \frac{2\gamma}{r} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

حيث أن γ تمثل الشد السطحي و r تمثل نصف قطر الانبوبة الشعرية.

ولكن قيمة الضغط عن النقطتين 1 و 5 متساويتان لانهما يمثلان الضغط الجوي، أي ان

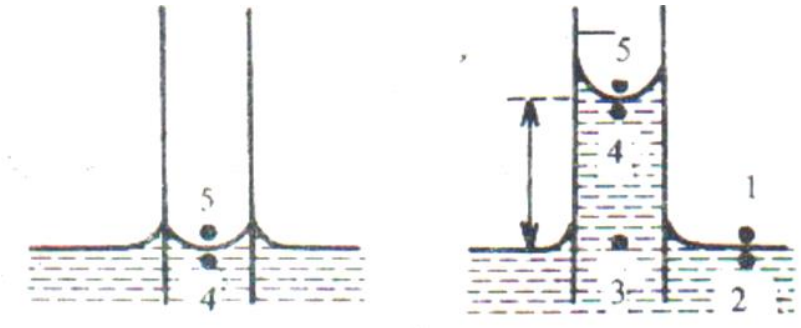
$$P_1 = P_5 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

$$P_4 + \rho g h = p_4 + \frac{2\gamma}{r}$$

$$\gamma = \frac{\rho g h r}{2} \quad \ldots\ldots (8)$$

أو

$$h = \frac{2\gamma}{\rho g r} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (9)$$



الشكل (4) الشد السطحي

الضغط في السوائل 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 ان

$$P = \frac{F}{A} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (10)$$

ووحدة الضغط في النظام العالمي للوحدات (SI) هي (N/m^2)، ويطلق على هذه الوحدة احياناً Pascal واختصاراً يرمز لها بـ (Pa). ويقاس الضغط ايضاً بدلالة الجو atmosphere ويرمز لها بـ (atm)، اذ ان

$$1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

كما يرمز للضغط بارتفاع عمود الزئبق الذي كثافته (13.6 g/cm^3)، ويكافيء الضغط الجوي عند سطح البحر 76 cm Hg . أما الضغط الواطيء فيقاس بوحدات مثل mm Hg والتي تسمى أحياناً بالـ (torr). حيث ان

$$1 \text{ mm Hg} = 1 \text{ torr}$$

$$\frac{1}{760} \text{ atm} = 1 \text{mm Hg}$$

وتستخدم أيضاً وحدة البار (bar) أو الملي بار mbar ، اذ ان

$$1 \text{ bar} = 10^6 \text{ dyne/cm}^2$$

$$1 \text{ mbar} = 10^2 \text{ N/m}^2 = 0.750 \text{ mm Hg}$$

يتناسب الضغط الذي يسلطه السائل نتيجة لوزنه عند اية نقطة داخل السائل مع كثافة السائل ومع عمق تلك النقطة عن سطح السائل.

فإذا أخذت نقطة على عمق h cm في سائل كثافته $\rho\ g/cm^3$. إن القوة التي يؤثر بها السائل على مساحة مقدارها A عند تلك النقطة تساوي

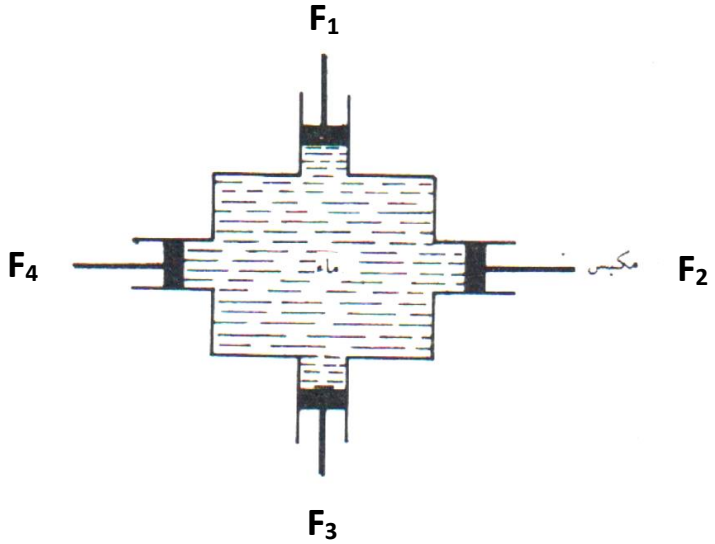
$$F = A\ \rho\ g\ h \qquad \text{dyne}$$

ويكون الضغط (أو القوة لوحدة المساحة) تساوي:

$$P = \frac{F}{A} = \rho\ g\ h \qquad dyne/cm^2$$

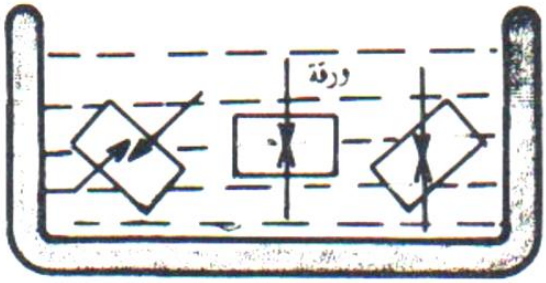
ينتقل الضغط المسلط على سائل محصور في وعاء مغلق الى جميع انحاء السائل بالتساوي. ويمكن إثبات هذه الحقيقة تجريباً، وذلك اذا أخذنا وعاء مغلقاً يحتوي على عدد من المكابس مملوء بالماء كما في الشكل رقم (4) فإذا كانت مساحة هذه المكابس متساوية وواقعة على نفس العمق. وسلطت قوة على احد هذه المكابس، فان قوى متساوية يجب ان تسلط على المكابس الأخرى من أجل المحافظة عليها في نفس اماكنها، أي ان

$$F_1 = F_2 = F_3 = F_4$$



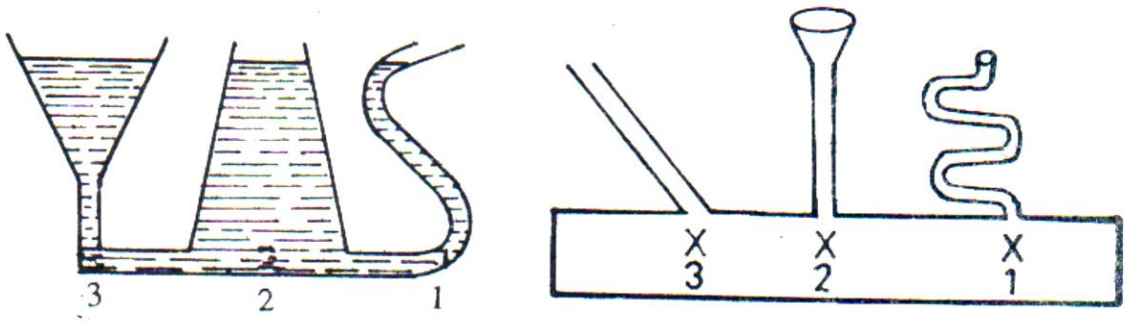
الشكل (5) انتقال الضغط في السوائل

وكمثال آخر على حقيقة الضغط يؤثر في جميع الاتجاهات داخل السائل، نأخذ قطعة من الورق ونضعها في حوض ماء، سنجد ان قطعة الورق لا تتحرك بدرجات محسوسة وغير اعتيادية ولا تنطوي أو تنكسر نتيجة الضغط الذي يسلطه السائل. وهذا يدل على ان الضغط الذي يسلطه الماء على احد وجهي الورقة يقابله ضغط مساو له في المقدار ومعاكس له في الاتجاه يؤثر على الوجه المقابل لكي يحدث التوازن. وينطبق الشيء نفسه مهما كان وضع او اتجاه الورقة داخل السائل انظر الشكل (6)، وعليه فان ضغط السائل في نقطة معينة يجب ان يكون متساوياً في جميع الاتجاهات.



الشكل (6) تأثر الضغط في جميع الاتجاهات داخل السائل

يكون الضغط واحداً عند جميع النقاط الواقعة على عمق معين للسطح، وهذا الضغط يؤثر على اية نقطة واي سطح على هذا العمق مهما كان اتجاهه. ومثال على ذلك تكون النقاط 1 و 2 و 3 تحت نفس الضغط شكل رقم (7). ان الاختلال في الضغط بين نقطة واخرى يؤدي الى انسياب السائل في اتجاه مناسب أو آخر الى ان يأخذ سطح السائل شكلاً افقياً.



الشكل (7) تساوى الضغط عند العمق الواحد

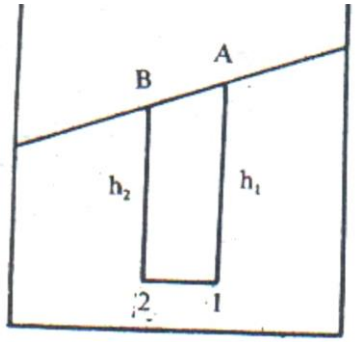
افرض ان سطح السائل ليس أفقياً كما في الشكل (8) ولتكن النقطتان 1 و 2 في داخل السائل عند المستوى الافقي نفسه فإذا كانت h_1 و h_2 تمثلان ارتفاع السائل فوق النقطتين (1) و(2) على التوالي، فان الضغط المسلط على النقطة (1) والنقطة (2) سيكون مساوياً الى $\rho g h_1$ و $\rho g h_2$ على التوالي. وهذان الضغطان يجب ان يكونا متساويين والا فان السائل سوف ينساب من النقطة (1) الى النقطة (2) وعليه فان:

$$\rho\, g h_1 = \rho g h_2$$

أو

$$h_1 = h_2$$

وعليه فان السطح (AB) من السائل يجب ان يكون افقياً.



الشكل (8) سطح السائل الأفقي

مسائل الفصل الرابع

س1: ما هو الحجم الذي تشغله كمية من الزئبق مقدارها 300 g ؟ كثافة الزئبق 13600 Kg/m^3 .

الحل

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$V = \frac{300 x 10^{-3} Kg}{13600 Kg/m^3}$$

$$V = 2.2 x 10^{-5} m^3$$

س2 : ما هي كتلة لتر واحد من زيت بذرة القطن. اذا كانت كثافته $926\ Kg/m^3$ ؟ وما مقدار وزنه.

الحل

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$m = \rho V$$

$$m = 962 Kg/m^3 x 1000 x 10^{-6} m^3$$

$$m = 0.962 Kg$$

$$weight = mg$$

$$weight = 0.926 Kg x 9.8 m/s^2 \Longrightarrow weight = 0.9074 N$$

س3 : الوزن النوعي للحديد هو 7.8 . احسب كثافته وكتلة $60\ cm^3$ منه.

الحل

$$SG = \frac{\rho}{\rho_{H_2O}}$$

$$\rho = SG \times \rho_{H_2O}$$

$$\rho = 7.8 \times 1000\ Kg/m^3$$

$$\rho = 7800\ Kg/m^3$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$m = \rho V$$

$$m = 7800\ Kg/m^3 \times 60 \times 10^{-6}\ m^3$$

$$m = 0.468\ Kg$$

س4 : قارورة مدرجة كتلتها 30 g وهي فارغة، و 81 g وهي مملوءة بالماء، و 68 g وهي مملوءة بالزيت. احسب كثافة الزيت.

الحل:- نوجد أولا حجم القارورة من العلاقة $\rho = \frac{m}{V}$ باستخدام بيانات الماء

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$V = \frac{(81-30)\,x10^{-3}\,Kg}{1000\,Kg/m^3}$$

$$V = 51x10^{-6}\,m^3$$

إذن بالنسبة للزيت يكون:

$$\rho_{oil} = \frac{m_{oil}}{V}$$

$$\rho_{oil} = \frac{(68-30)\,x10^{-3}\,Kg}{51x10^{-6}\,m^3}$$

$$\rho_{oil} = 745\ Kg/m^3$$

س5 : احسب قيمة الضغط عند عمق 76 cm في وجود مائع ساكن اذا كان هذا المائع

(أ) ماء ($\rho_w = 1000\ Kg/m^3$). (ب) زئبق ($\rho = 13600 Kg/m^3$).

الحل :(أ)

$$P = \rho_w g h$$

$$P = 1000 Kg/m^3 \, x 9.8 m/s^2 \, x 76 x 10^{-2} \, m$$

$$P = 7448 N/m^2 = 7.448 Kpa$$

(ب)

$$P = \rho g h$$

$$P = 13600 Kg/m^3 \, x 9.8 m/s^2 \, x 76 x 10^{-2} \, m$$

$$P = 101292.8 N/m^2$$

س6 : مكعب من اليورانيوم ($\rho_u = 18.68 Kg/m^3$) طول كل من اضلاعة 2 cm

(أ) أوجد كتلته.

(ب) ما طول ضلع مكعب من الثلج ($\rho_i = 920 Kg/m^3$) له نفس الكتله؟

س7 : احسب الكثافة والوزن النوعي للكازولين، اذا كان 51 g منه يشغل $75 cm^3$.

س8 : شريحة رقيقة من رقاقة ذهب مساحتها $3.12\ cm^2$ وكتلتها 6.5 mg . احسب سمك الشريحة. كثافة الذهب هي $\rho = 19300 Kg/m^3$.

س9: ما كثافة مادة نواة ذرة الهيدروجين؟ يمكن اعتبار النواة كأنها كرة نصف قطرها $1.2 x 10^{-15} m$، وكتلتها $1.67 x 10^{-27} Kg$.

ملحق الفصل الرابع / السوائل

تعاريف عامة واسئلة محلولة :

1- قاعدة او مبدأ أرخميدس Archimedes principle

هو مبدأ ينص على انه : اذا غُمر جسم كلياً او جزئياً في سائل فانه يفقد من وزنه بمقدار يساوي وزن السائل الذي ازاحه الجسم .

بمعنى اخر : يتعرض الجسم المغمور كليا أو جزئيا في مائع لقوة دفع تدفعه رأسيا إلى الأعلى

تساوي وزن السائل المزاح.

س/ ماهو سبب الفقدان في وزن الجسم عند غمره كلياً او جزئياً في سائل ؟

ج/ بسبب قوة دفع السائل للجسم الى الاعلى و هذه القوة تسمى قوة الطفو .

س/ ما هي النقاط المستنتجة من قاعدة ارخميدس ؟

1- عند غمر الجسم بالماء ينقص وزنه .
2- ينقص وزن الجسم بمقدار قوة دفع الماء له اي قوة الطفو.
3- حجم الماء المزاح = حجم الجزء المغمور من الجسم أو الجسم كله.
4- قوة الطفو اي قوة دفع السائل = وزن الماء المزاح.
5- يزداد مقدار قوة الدفع بازدياد كثافة السائل.

ملاحظة: -

ان قوة الدفع على الأجسام الصلبة المغمورة في السوائل تكون موجودة ايضا في الغازات.

س/ يقل وزن الجسم المغمور في الماء عن وزنه في الكحول؟

ج / لأن كثافة الماء أكبر من كثافة الكحول , وبالتالي قوة دفع الماء للجسم المغمور فيه أكبر من قوة دفع الكحول للجسم.

س/ ماهي اهم التطبيقات العملية على قاعدة ارخميدس؟

ج/ طفو السفينة و آلية عمل البالون و آلية عمل الغواصة و جهاز الهيدروميتر

2- قاعدة باسكال Pascal Principle

ينص مبدأ باسكال على انه : إذا وقع ضغط خارجي على سائل محصور فإن هذا الضغط ينتقل إلى جميع اجزاء السائل بالتساوي.

او

إذا أثر ضغط على سائل ساكن فى وعاء فإن هذا الضغط ينتقل دون نقصان بالتساوي إلى كل نقطة داخل السائل وإلى جدار الوعاء الذى يحتوى عليه.

ملاحظة: - لا يمكن تطبيق قاعدة باسكال على الغا زات.

س/ لماذا لا تصلح الغازات لتطبيق قاعدة باسكال؟

ج / وذلك لان الغازات قابلة للانضغاط وبالتالي لا تنقل الضغط.

س/ ماهي اهم التطبيقات العملية على قاعدة باسكال؟

ج/ المكبس الهيدروليكي و نظام الكوابح في السيارات.

س/ ماذا يحدث إذا استُخدم الهواء بدل الزيت في المكبس الهيدروليكي؟

ج/ لا ينتقل الضغط لان الغاز قابل للانضغاط.

3- اللزوجة Viscosity

هي مقاومة مائع ما للجريان, وهو ايضا مقدار مقاومته لضغط يجبره على التحرك والسيلان.

ملاحظة: -

كلما زادت لزوجة مائع ما , قلت قابليته للجريان .وبالنسبة للسوائل , فان اللزوجة تكافئ المصطلح الدارج بـــ))الثخانة((فالعسل ثخن عال اللزوجة , والماء سلس متدني اللزوجة.

4- معادلة برنولي Bernoulli's principle

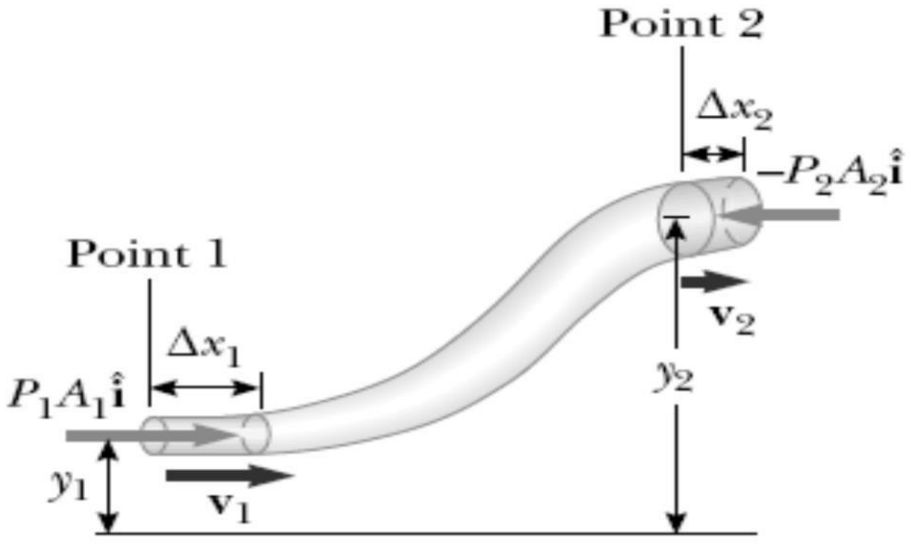
ان هذه المعادلة اوجدها العالم السويسري دانيال برنولي , وينص مبدأ برنولي على أنّ:

ضغط السائل يقل بازدياد سرعته في التدفق الأفقي لذلك السائل والعكس صحيح،

او تنص على ان : مجموع كثافة الطاقة الحركية وكثافة الطاقة الكامنة والضغط تكون ثابتة لعمليات جريان السائل .

ملاحظة: - ان سرعة السائل تكون اكبر مايمكن في نقاط الانابيب ذات القطر الاقل وهذا مايفسر

صنع خرطوم المياه بفوهة صغيرة.



فاذا افترضنا مائعا يدخل أحد طرفي الأنبوبة كما في الشكل اعلاه بسرعة v_1 وكان الضغط P_1 والارتفاع عن سطح الأرض y_1 ثم يرتفع الأنبوب في الجهة الاخرى الى y_2 حيث يتدفق المائع بسرعة v_2 عند ضغط P_2 . الان بتطبيق قانون حفظ الطاقة على المائع نحصل على :

$$P_1 + \tfrac{1}{2}\rho {v_1}^2 + \rho g y_1 = P_2 + \tfrac{1}{2}\rho {v_2}^2 + \rho g y_2$$

أو يمكن كتاب المعادلة على الصورة:

$$P + \tfrac{1}{2}\rho v^2 + \rho g y = \text{constant}$$

حيث تمثل ρ كثافة المائع ,المعادلة اعلاه تسمى معادلة برنولي .

* الحد الثاني من المعادلة اعلاه يسمى كثافة الطاقة الحركية للمائع أي معدل الطاقة الحركية لوحدة الحجم .

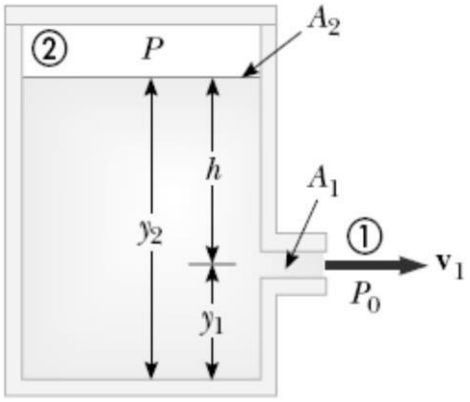
*اما الحد الثالث من المعادلة اعلاه يسمى كثافة الطاقة الكامنة للمائع والتي تتولد بسبب الجاذبية الارضية .

من هذه المعادلة يمكن ان نستنتج أن الضغط ينقص كلما ازدادت سرعة المائع وكلما ازداد الارتفاع عن سطح الأرض.

من التطبيقات على معادلة برنولي مقياس فنتوري و المرذاذ و قوة الرفع في الطائرة

5- معادلة تورشلي Torricellis equation

الشكل التالي يبين خزان يحتوى على سائل كثافته ρ مثقوب ثقبا ضيقا عند نقطة تبعد مسافة y_1 عن قاع الخزان. ثقب الخزان ي عُرض للضغط الجوي بينما سطح الخزان ضغطه P ويبعد مسافة h عن سطح الثقب بينما يبعد مسافة y_1 عن قاع الخزان .



وحيث أن A_2 أكبر بكثير من A_1 فان المائع عند المنطقة 2 يعتبر في حالة سكون بالنسبة للمائع

عند نقطة 1 أى أن v_2 تساوى صفر . وعند تطبيق معادلة برنولي يمكن الحصول على **استنتاج**

وهو ان سرعة تدفق السائل تساوي السرعة التي يكتسبها جسم ساقط بصورة حرة من السكون

ومن ارتفاع مقداره h وهذا الاستنتاج يسمى احيانا **بمعادلة تورشلي**.

6- مقاييس الجريان Flow Meters

1- مقياس فنتوري:-

وهو عبارة عن جهاز يوضع على امتداد انابيب الجريان لقياس كمية وسرعة انسياب السوائل , ويعتبر مقياس فنتوري من احدى التطبيقات على مبدأ برنولي , ويوجد له العديد من الاشكال ويمكن وصف ابسطها كالاتي:

- انبوب واسع من كلا الطرفين وضيق من الوسط
- انبوبين مدرجين ويكونا عموديين على اتجاه سريان المائع في الانبوب الرئيسي.

2- انبوبة بيتوت:-

وهي انبوبة تستعمل لقياس سرعة وكمية سريان المائع وتتكون هذه الانبوبة من انبوبتين احدهما موازية لاتجاه سريان المائع والاخرى عمودية عليه , فينساب المائع عند النقطة 1 بسرعة v_1 بينما عند النقطة 2 يتوقف وتصبح سرعته صفراً $v_2 = 0$ لان الفتحة العمودية تكون بمثابة عائق يعيق سريان المائع.

وعند تطبيق معادلة برنولي عند النقطتين 1 و 2 نحصل على كمية المائع المار بالثانية الواحدة.