1-13) الكثافة والكثافة النسبيّة (النوعيّة):

تعرف الكثافة بأنّها: الكتلة M لوحدة الحجم

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

الكثافة النسبيّة (النوعيّة) للمادة، وتُعرّف بانها النسبة بين كتلة حجم ما من المادة الى كتلة نفس الحجم من الماء

$$\text{الكثافة النسبية للمادة} = \frac{\text{كتلة حجم ما من المادة}}{\text{كتلة حجم ما من الماء}}$$

2-13) ضغط السائل:

الضغط هو: القوة المؤثّرة على وحدة المساحة ومنه نستطيع حساب ضغط السائل

ضغط السائل = $\rho g h$

حيث h ارتفاع السائل في الاناء

(g) تسارع الجاذبية

(ρ) كثافة السائل

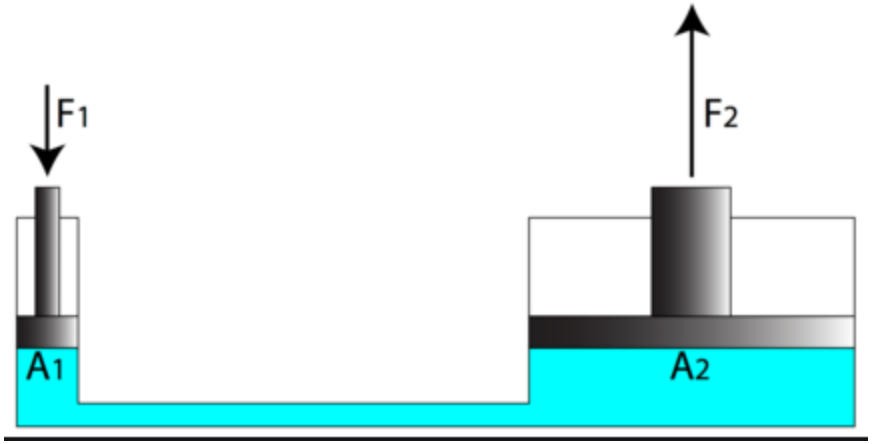
ويقاس الضغط بوحدة (N/m^2) او باسكال

بعض خصائص الضغط:

- هناك ضغط عند كلّ نقطة داخل السائل وفي جميع الاتّجاهات.
- يزداد "الضغط" مع ازدياد البُعْد الرأسي عن سطح السائل (العُمْق).
- الضغط متساوٍ عند كلّ النقاط الموجودة على مستوى أفقي واحد.
- يعتمد "الضغط" على كثافة السائل، فكلّما كَبُرت "الكثافة" ازداد "الضغط".

3-13) قـاعدة باسكال:

تنصّ "قاعدة باسكال" على أنّه: "إذا تمّ تطبيق ضغط على سائل ساكن في وعاء، فإنّ هذا الضغط ينتقل دون نقصان إلى كلّ نقطة داخل السائل وإلى جدران الوعاء".



ومنها يمكن حساب النسبة بين القوتين طبقا للقانون التالي

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

مـــثال (13–3):

احسب مقدار الضغط الواقع على إناء عُمقه 25cm عندما يكـــون ممتلئاً:

أ) بالماء (كثافة الماء $10^3\ kg/m^3$).

ب) بالزئبق (كثافة الزئبق $13600\ kg/m^3$).

علماً بأنّ الضغط الجوي هو 75 cm.Hg .

الحـــل:

يُعْطى الضغط الواقع على الإناء بالعلاقة:

$$P = P_o + P_L$$

حيث P_o الضغط الجوي ، P_L ضغط السائل الموجود في الإناء.

ولحساب P_o نكتب:

$$P_o = \rho_{Hg}\, gh$$

$$P_o = 13600 \times 9.8 \times 0.75$$

$$= 10^5\ N/m^2$$

أ) في حالة امتلاء الإناء بالماء فإنّ:

$$\therefore \quad P_L = \rho_w gh$$

$$P_L = 10^3 \times 9.8 \times 0.25$$

$$= 0.245 \times 10^4 \ N/m^2$$

ويكون الضغط الكلّي الواقع على الإناء هو:

$$P = 10^5 + 0.245 \times 10^4$$

$$= 1.0245 \times 10^5 \ N/m^2$$

ب) في حالة امتلاء الإناء بالزئبق فإنّ:

$$P_L = 13600 \times 9.8 \times 0.25$$

$$= 0.333 \times 10^5 \ N/m^2$$

$$\therefore \quad P = 10^5 + 0.333 \times 10^5$$

$$= 1.333 \times 10^5 \ N/m^2$$

مـــثال: (13–4):

يُستخدم الهواء المضغوط في محطّة خدمات للسيارات بحيث يؤثّر الهواء بقوة معيّنة على مكبس نصف قطره 8cm، ويُنقل هذا الضغط بواسطة سائل إلى مكبس آخر نصف قطره 24cm. احسب ما يلي:

أ) القوة التي ينبغي للهواء المضغوط أن يؤثّر بها على المكبس ليرفع سيّارة وزنها 16000N.

ب) ضغط الهواء الذي تنتج عنه هذه القوة.

الحـــل:

لنفرض أنّ نصف قطر المكبس الأوّل هو 8cm، وبالتالي تكـــون مساحته هي:

$$A_1 = \pi r_1^2$$
$$= \pi \ (0.08 \times 0.08)$$
$$= 0.02 \ m^2$$

وتكون مساحة المكبس الثاني هي:

$$A_2 = \pi(0.24 \times 0.24)$$
$$= 0.18 \ m^2$$

أمّا القوة المؤثّرة على المكبس الثاني فهي وزن السيارة. أيّ أنّ:

$$F_2 = 16000N$$

أ) نستخدم "قاعدة باسكال"، وهي:

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

حيث F_1 هي القوة المؤثّرة على المكبس الأوّل.

$$\therefore \quad F_1 = \frac{A_1}{A_2} F_2$$

$$= \frac{0.02}{0.18} \text{ x } 16000$$

$$= 1778 \text{ N}$$

ب) يُعطى ضغط الهواء المؤثّر على المكبس الأوّل بالعلاقة:

$$\Delta P = \frac{F_1}{A_1}$$

$$= \frac{1778}{0.02}$$

$$= 8.89 \text{ x } 10^4 \text{ N/m}^2$$

الفصل الرابع عشر - سـريـان المـوائـع

14-1) مقدمـة:

تعتمد طبيعة سريان السائل على سرعته، فعندما تكون السرعة منخفضة فإنّ السائل ينساب على هيئة مُنتظمة في شكل طبقات ينزلق بعضها فوق ونُطْلق على هذا النوع من السريان اسم "الانسياب الطّبقي"

وعندما تكون السرعة عالية يكون الانسياب مضطرب

سنقصر القوانين على السوائل التي تخضع للشروط التالية:

1) يكون السائل في حالة "انسياب طبقي".

2) تكون لزوجة السائل منخفضة بحيث يُمْكن إهمال "اللزوجة" واعتبار أنّ الاحتكاك بين طبقات السائل معدوم، فيُمْكن وَصْف السائل في هذه الحالة، بأنّه سائل غير لزج.

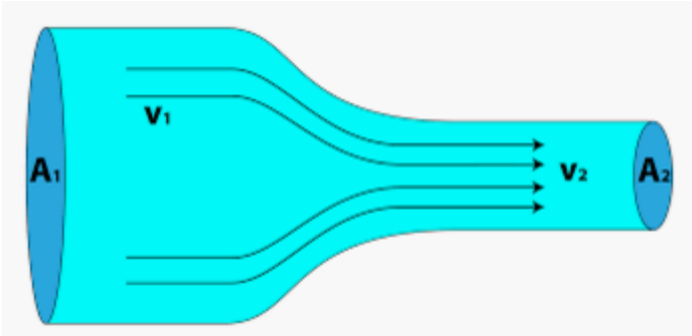
3) يكون السائل غير قابل للانضغاط ، فتكون كثافته ذات مقدار ثابت فلا تعتمد على الضغط.

2-14) معادلة الاستمرار:

حيث Q كميّة ثابتة، وهي: معدّل التدفّق الحجمي للسائل عبر الأنبوبة، معادلة الاستمرار.

$$A\nu = Q$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$



3-14) معادلة برنولي:

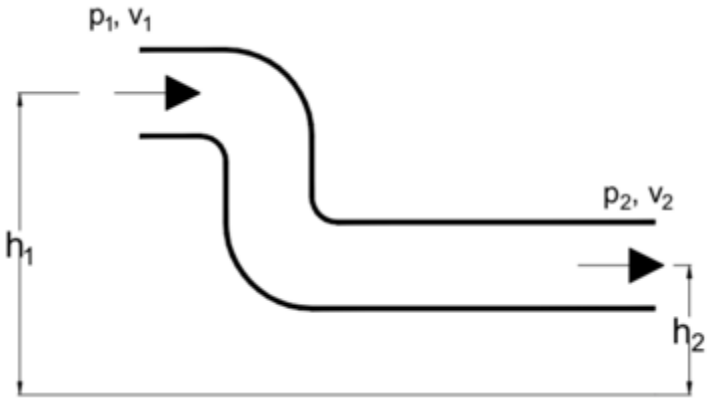
معادلة "حفظ الطّاقة" لهذه المنظومة، وهي على النحو التالي:

الشّغل المبذول على وحدة الحجم من السائل المنساب عبر الأنبوبة **=**

الزيادة في الطّاقة الحركيّة للسائل لوحدة الحجم **+** الزيادة في طاقة الوضع لوحدة الحجم.

ويُمْكن كتابة هذه المعادلة على النحو التالي :

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2$$



وفيما يلي نورد حالتين خاصّتين لـ"معادلة برنولي":

أ) عندما تكون الأنبوبة أفقيّة ($h_1 = h_2$)، فإنّه لا يوجد تغيّر في طاقة الوضع أثناء انسياب السائل، وبالتالي تُصبح معادلة على النحو التالي:

$$P + \quad \nu^2 = C$$

ويُلاحظ من هذه المعادلة أنّه عند ازدياد "السرعة" يقلّ "الضغط".

ب) عندما يكون السائل في حالة سكون، فإنّ "الطّاقة الحركيّة" تساوي صفراً، وتُكتب معادلة على النحو التالي:

$$P + g\, h = C$$

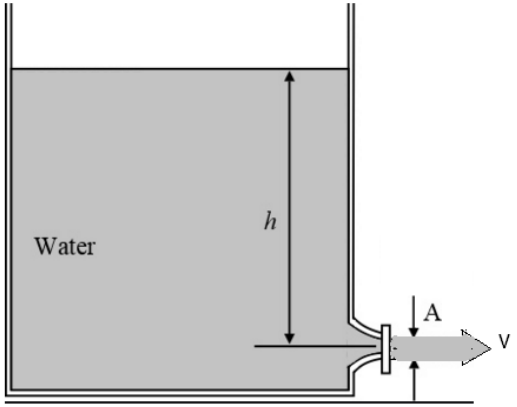
1-4-14) انسياب سائل من خزّان:

يُمْكن حساب سرعة تدفّق سائل من ثُقْب في أسفل خزّان

وذلك على النحو التالي:

$$v = \sqrt{2gh}$$

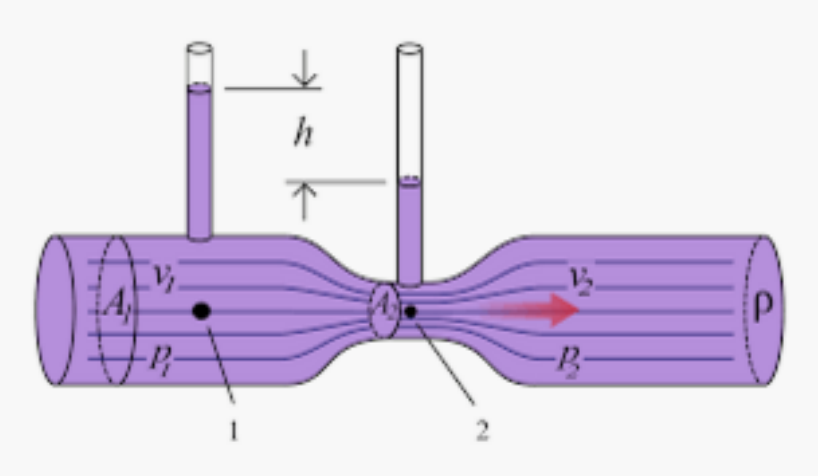
وهذا يعني أنّ سرعة السائل هي السرعة التي كنا سنحصل عليها لو أنّ السائل سقط من ارتفاع قدْره h بحيث تتحوّل "طاقة الوضع المفقودة" إلى "طاقة حركيّة" للسائل المتدفّق؛ ويُطْلق على هذه النتيجة اسم "نظرية توريشيللي



2-4-14) "أنبوبة فنشوري" لقياس سرعة الموائع:

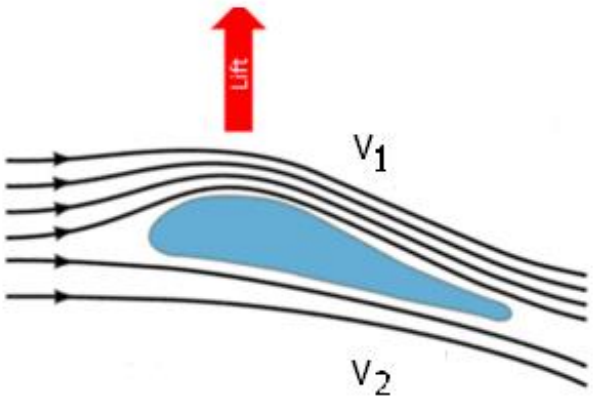
يُمْكن قياس سرعة الموائع باستخدام "أنبوبة فنشوري"، ويتكوّن هذا الجهاز كما هو موضّح في الشكل

$$v_1 = A_2 \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho(A_1^2 - A_2^2)}}$$



6-4-14) إرتفاع جناح الطّائرة:

عند تسارع الطّائرة على مَدْرَج المطار في طريقها إلى الإقلاع، ونتيجة للشكل المقوّس للجناح ، فإنّ سرعة الهواء تكون أكبر عند الجانب العلوي للجناح من سرعته تحت الجناح ممّا يؤدّي،وفْق الحالة الخاصّة لـ"معادلة برنولي" ، إلى وجود ضغط أكبر تحت الجناح، وبالتالي ترتفع الطّائرة. طبقا للمعادلة التالية



$$F = (1/2)\, A\, \rho(v_1^2 - v_2^2)$$

مـــثال (14-1):

أنبوبة ماء قطرها 2cm تُستخدم لملء جردل حجمه 20litres، فإذا استغرق ملء الجردل دقيقة واحدة، فاحسب سرعة الماء عند خروجه مـــن الأنبوبة.

الحـــل:

حيث أنّ حجم الجردل هو:

$$V = 20\ L$$
$$= 20 \times 10^{-3}\ m^3$$

وبالتالي فإنّ "معدّل التدفّق الحجمي" هو:

$$\frac{V}{t} = Q$$
$$= \frac{20 \times 10^{-3}}{60}$$
$$= 3.3 \times 10^{-4}\ \ m^3/s$$

وباستخدام "معادلة الاستمرار":

$$Av = Q$$
$$\therefore v = \frac{3.3 \times 10^{-4}}{\pi r^2}$$
$$= \frac{3.3 \times 10^{-4}}{\pi (0.01 \times 0.01)} = 1.06\ \ m/s$$

مـــثال (14–2):

حدث ثُقب في خزّان ماء كبير على مسافة 16m من سطح الماء، فإذا كان معدّل تدفّق الماء من الثقب هو $2.5 \times 10^{-3}\ m^3/min$.، فاحسب:

أ) سرعة اندفاع الماء من الثقب.

ب) قطر الثقب.

الحـــل:

أ) تُعطى سرعة اندفاع الماء من الثقب بالعلاقة:

$$v = \sqrt{2gh}$$

$$= \sqrt{2 \times 9.8 \times 16}$$

$$= 17.7 \quad m/s$$

ب) إنّ معدّل التدفّق الحجمي من الثقب هو:

$$Q = \frac{2.5 \times 10^{-3}}{60}$$

$$= 4.17 \times 10^{-5} \quad m^3/s$$

وباستخدام "معادلة الاستمرار" نحصل على:

$$A = \frac{Q}{v}$$

$$\therefore \quad \pi r^2 = \frac{Q}{v}$$

$$\therefore \quad r^2 = \frac{Q}{\pi v}$$

$$= \frac{4.17 \times 10^{-5}}{\pi \times 17.7}$$

$$= 0.075 \times 10^{-5}$$

$$\therefore \quad r = 0.087 \times 10^{-2} \quad m$$

مـــثال : (14–3):

ينساب الماء من أنبوب أفقي قطره 6.35cm بمعدّل $0.012 m^3/s$، وينتهي الأنبوب بفتحة قطرها الداخلي 2.2cm. احسب سرعة اندفاع الماء من الفتحة.

الحـــل:

حيث أنّ نصف قطر الفتحة هو:

$$r = 1.1 \text{ cm}$$
$$= 1.1 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\therefore \quad A = \pi r^2$$
$$= 3.8 \times 10^{-4} \quad m^2$$

ولحساب سرعة اندفاع الماء من الفتحة نستخدم "معادلة الاستمرار":

$$Av = Q$$

ولكن:

$$Q = 0.012 \ m^3/s$$

$$\therefore \quad v = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{0.012}{3.8} \times 10^4$$

$$= 31.6 \quad m/s$$