الموائع

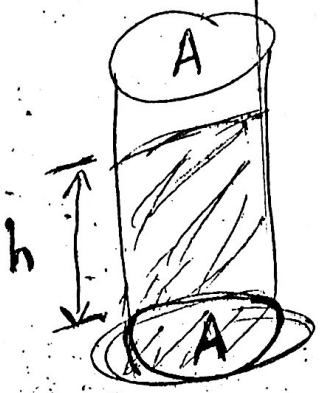
يوجد الموائع في حالة أي عنصر يتسع بانتشار حتى تأخذ قوى جاذبية الجزيئات وضعاً توازن. وتصنف المواد إلى موائع وأجسام صلبة في حالة حركة. مثال للموائع السوائل والغازات

الضغط في الموائع

يعرف الضغط بأنه مقدار القوة المؤثرة عمودياً على وحدة المساحات $P = F/A$ ووحدته N/m^2 (Pascal) واقعياً تستخدم وحدة البار (bar) $(1\ bar = 10^5\ Pascal)$.

- في الموائع الساكنة يجب أن يكون جميع النقاط على أي عنصر مجسم متساوية وهذا ينتج من أن القوة المؤثرة على أي جزء من الموائع لا يساوي صفراً على الحدود فإذا كانت الموائع في حالة سكون فإن جميع القوى المؤثرة على أي جسم مغمور في الموائع تكون متعامدة مع السطح وهذا يتعارض مع الفرض بأن الموائع ساكنة.

- الضغط الناتج عن وزن السائل عند أي نقطة على عمق قدره h تحت سطح مائع كثافته (ρ) يساوي ρgh.



- لإثبات أن $P = \rho gh$ نعلم أن السائل الذي يمثل مائعاً كثافته (ρ) في وعاء أسطواني وزن مائع عند قاع أي على عمق قدره h تحت السطح.

$$\text{الوزن } Mg = \rho Vg$$

وهذا الوزن موزع بانتظام على مساحة قاع المجود A وعليه فإن الضغط عند القاع يساوي

$$P = F/A = \frac{\rho Vg}{A}$$

وكلما حجم المائع يساوي حجم اسطوانة متساوية قاعدة مساحتها A وارتفاعها h.

$$V = Ah$$

إذاً

$$P = \frac{\rho Ahg}{A} = \rho gh$$

- إذا كانت قوة جاذبية ما تزداد فإن الضغط عند أي نقطة خارج جسم يتأثر بهذه القوة يزداد عند كل نقطة داخل السائل المقدار نفسه وتعرف هذه الحقيقة بإسم مبدأ باسكال.

- إذا وضع جسم ما في وعاء مفتوح فإنه تتوقف نقطة تأثير الضغط الجوي P_a إلى أن يتعادل وذلك عندما يقل تأثير الضغط الكلي على عمق h ليساوي

$$P = P_a + \rho g h$$

عندما تستخدم مقياس الضغط لقياس ضغط وعاء ما فإننا نقيس الفرق بين الضغط في الوعاء والضغط الجوي P_a ويعرف بمقياس الضغط P_G

$$P_G = P - P_a = \rho g h$$

مقياس الضغط (المعدني)

- ويعرف الضغط الجوي بأنه وزن عمود من الهواء مساحة مقطعه وحدة المساحات وارتفاعه يعادل تماماً الضغط الجوي.

- إذا علمت أن كثافة الزئبق تساوي $13.6\ g/cm^3$ فإن الضغط الجوي عند $76cm$ من سطح البحر هو

$$P = \rho g h = 13.6 \times 10^3 \times 9.8 \times 0.76$$
$$= 1.013 \times 10^5\ Pa$$
$$= 1.013\ bar$$

مثال: أحسب الضغط الواقع على قاع إناء عمقه 25 cm مملوء بالماء ثم بالزئبق. علماً بأن كثافة الماء $1000\ kg/m^3$ وكثافة الزئبق $13600\ kg/m^3$

الحل

الضغط الواقع على قاع الإناء بالماء

$$P = P_0 + \rho g h$$

$$P = P_0 + 1000 \times 9.8 \times 0.25 = (P_0 + 2450)\ N/m^2$$

الضغط الواقع على قاع الإناء بالزئبق

$$P = P_0 + 13600 \times 9.8 \times 0.25$$

$$= (P_0 + 33320)\ N/m^2$$

مثال: غواصة تستطيع أن تغوص إلى عمق أقصاه 1000m تحت سطح البحر. أحسب أعظم ضغط يتحمله غلافها الخارجي إذا علمت أن الضغط الجوي يعادل 76 cm زئبق وكثافة ماء البحر $1.03\ g/cm^3$ وكثافة الزئبق $13.6\ g/cm^3$

الحل

الضغط الجوي $P_a = \rho g h = 1.013 \times 10^5\ N/m^2$

ضغط كوب الهواء

$$P_1 = \rho_w g h = 1.3 \times 10^3 \times 1000 \times 9.8$$
$$= 1.274 \times 10^7 \ N/m^2$$

الضغط الكلي يساوي $P_1 + P_a$

$$P = P_1 + P_a = 1.284 \times 10^7 \ N/m^2$$

مثال: كرة نصف قطرها 14 cm (0.14m) تحتوي على هواء. احسب القوة اللازمة لفتحها إذا كان الضغط الجوي يساوي 1.013×10^5 Pa

الحل

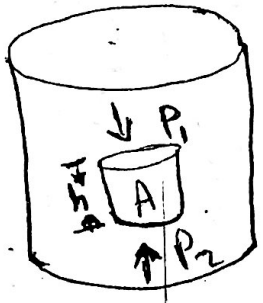
القوة اللازمة لفتح الكرة لابد أن تكون أكبر من أو تساوي القوة التي يؤثر بها الضغط الجوي على مساحة سطح الكرة.

$$P = F/A \quad , \quad F = P \cdot A$$

$$F = 4\pi r^2 \cdot P = 4\pi (0.14)^2 \times 1.013 \times 10^5$$
$$\geq 2.5 \times 10^4 \ N$$

قاعدة أرخميدس

إذا غمر جسم جزئياً أو كلياً في ماء فإن الماء يدفع الجسم لأعلى بقوة تساوي وزن الماء المزاح. ولإثبات ذلك



نفرض أن المتوازي القاعدة العلوية P_1 وتساوي مقدار الوحدة A فإن القوة المؤثرة على الوجه العلوي $P_1 A$ وكذلك المؤثرة على الوجه القاعدة تساوي $P_2 A$

- وهذه القوة تكون قوة الطفو المؤثرة على الجسم وتساوي

$$F_1 - F_2 = (P_1 - P_2) A$$

وحيث الضغط على الوجهين هو الضغط الجزئي

$$(P_1 - P_2) = \rho g h$$

إذا قوة الطفو تساوي

$$A \rho g h = (Ah) \rho g$$

(Ah) حجم السائل المزاح

$$= V \rho g = M g = W$$

حيث W وزن السائل المزاح

+

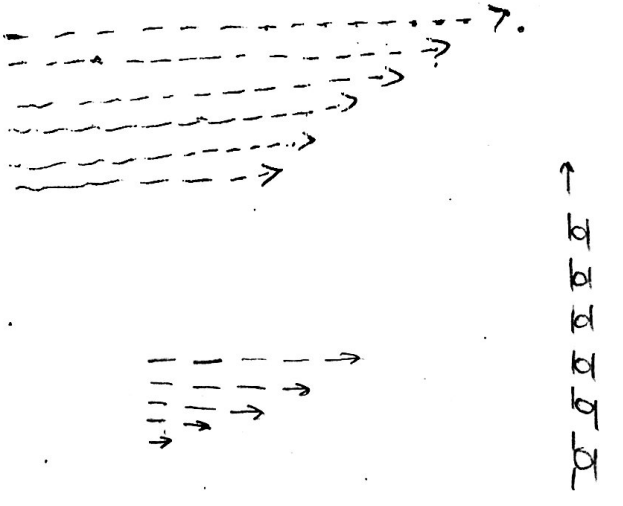
: اللزوجة : هي خاصية للسوائل تجعلها تختلف في إنسيابيتها للقوى التي تعمل على حركتها أو مقاومتها للإحتكام المتولدة داخلها

- كما تعمل على حركة الجسم (الجسيمات) تختلف عن حركة الجزيئات وعن بعضها .

- تنشأ خاصية اللزوجة نتيجة إحتكاك جزيئات السائل بعضها مع بعض أو نتيجة إحتكاك جزيئات السائل مع جدار الإناء المتواجد فيه . وهذا الإحتكاك يمثل قوة لزوجة

وتوجد قوة (قوى) أخرى تعرقل إنسياب جزيئاته غير قوى لزوجة الطبقة العليا كقوة تسبيب وتتناقص السرعة في الطبقات التالية حتى تصل إلى الطبقة الملامسة للسطح تتلاشى سرعتها تماما (ساكنة)

ويوضح الشكل أدناه هذه الصورة



وعليه تعريف انحدار (تدرج) السرعة بأنه مقدار التغير في السرعة ΔV خلال وحدة طول Δh

أي أن انحدار السرعة $= \frac{\Delta V}{\Delta h}$

أما إذا كانت سرعة الطبقة العليا (V)، فيمكن الحصول على σ_b الجهد حد h فإذا الجهادة السابقة تصبح

انحدار السرعة $= V/h$

ولكن قياساً لما لا يمكن وجود عليه كما سبق (الجهاد المماس) F/A حيث A هي مساحة سطح الطبقة التي تؤثر عليها القوة المماسية.

- وعليه فإن اللزوجة هايتي لإيجاد لها بين وانحدار السرعة تعادل مقداراً ثابتاً تتوقف قيمته على نوع السائل ودرجة حرارته ليسمى هذا المقدار الثابت بمعامل اللزوجة η

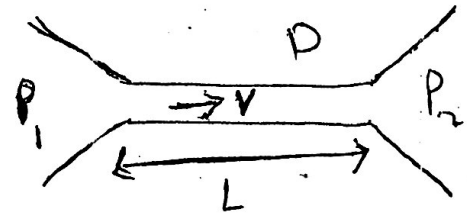
$$\eta = \frac{F/A}{V/h} \qquad N.sec/m^2$$

$(Pa \cdot sec)$

بويز (Pl)

معدل انسياب (Q): يعرف بأنه حجم السائل
المنساب خلال أنبوبة في وحدة زمنية.

في الشكل:



إذا كان P_1 و P_2 يمثلان ضغط السائل عند طرفي الأنبوبة
حيث $P_1 - P_2$ يعكس الضغط المتعاكس فإن معدل
الانسياب خلال الأنبوبة يتناسب مع الضغط المتعاكس
ومتوسط أيضا يزداد مع زيادة نصف قطر الأنبوبة (R)
ومقلوب طولها (L). وذلك اشتقاق معادلة انسياب
معادلة لانسياب السوائل

$$Q = \left(\frac{\pi R^4}{8 \eta L}\right)(P_1 - P_2)$$

وتعرف هذه المعادلة بمعادلة **بوازيل**

مثال: احسب معدل انسياب الماء خلال أنبوبة شعرية طولها
20 cm ونصف قطرها 0.15 cm إذا كان الضغط المتعاكس
4.0×10^3 Pa فإذا كانت لزوجة الماء 0.80 mPl

الحل:

$$Q = 3.1 \text{ cm}^3/\text{sec}$$

مثال :- لوحة مساحتها $2\,cm^2$ مغمورة في سائل لزوجته η بطبقة رقيقة سمكها $1\,mm$ فإذا أثرت عليها قوة مقدارها $9.8\,N$ فتحركت بسرعة $24.5\,cm/sec$ أوجد معامل لزوجة السائل

الحل

$$\eta = \frac{F/A}{v/h} = \frac{F.h}{vA}$$

$$= \frac{9.8 \times 10^{-3}}{24.5 \times 10^{-2} \times 2 \times 10^{-4}} = 200\ N.sec/m^2$$

ملحوظة: معامل اللزوجة لسائل يعرف بأنه (مقاومة) السائل

إذا سقطت كرة صغيرة في سائل فإنها تتحرك بسرعة منتظمة تحت تأثير ثلاث قوى هي:

١) وزن الكرة ويكتب على الشكل

$$F_1 = mg = V_s \rho_s g = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_s g$$

2/ قوة دفع السائل المكافئة لوزن (السائل المزاح)

$$F_2 = V_s \rho_L g = \frac{4}{3}\pi r^3 \cdot \rho_L \cdot g \uparrow$$

3/ قوة لزوجة السائل (قوة سحب) وتكون لأعلى

$$F_3 = 6\pi \eta r v \uparrow$$ (قوة لزوجة السائل)

حيث أن m كتلة الكرة و r نصف قطر الكرة و v_s سرعة هبوط الكرة و ρ_s كثافة الكرة و ρ_L كثافة السائل

فإن

$$F_1 = F_2 + F_3$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{2}{9}\frac{(\rho_s - \rho_L) g \cdot r^2}{v}$$

مثال - أحسب لزوجة السائل الذي تكون فقاعة هواء قطرها 2 mm تهبط خلاله بسرعة 0.1 cm/sec علماً أن كثافة الهواء تساوي 1.3 g/cm³ وكثافة السائل 8 g/cm³ ومعامل انزلاق السائل 7.3

الحل

$$\eta = \frac{2}{9}\frac{(\rho_s - \rho_L) \cdot g \cdot r^2}{v}$$

$$= \frac{2}{9}\frac{(8 - 1.3)\ 980 \cdot (0.1)^2}{7.3}$$

$$= 2. \text{ Cm/sec}$$

مثال :- احسب كرة فولاذية قطرها 2 mm وكثافتها $7.89\ g/cm^3$ تهوي بسرعة ثابتة خلال طويل حار بالزيت كثافته $0.94\ g/cm^3$ وقد وجد أن الكرة تقطع مسافة 20 cm في 4 ثوانٍ احسب معامل اللزوجة للزيت.

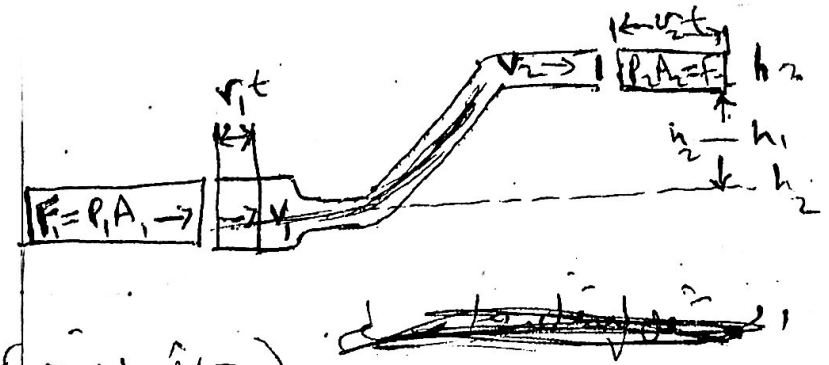
$$\eta = \frac{2}{9}(\rho_s - \rho_l)\frac{g}{v}r^2$$

$$= \frac{2}{9}(7.8 - 0.94)\frac{980}{20/4}\cdot(0.1)^2$$

$$= 2.99 \text{ poise}$$

معادلة برنولي :-

تعتبر إحدى العلاقات الهامة في الميكانيكا الموائع وتسمى معادلة برنولي نسبة لعالم الرياضيات السويسري دانيل برنولي الذي عاش في القرن الثامن عشر وبالتحديد عام 1738 م.



(حالة انسياب مائع مثالي)

هذه الطريقة تعتمد على تطبيق مبدأ باسكال على الآلات الهيدروليكية. تتكون الآلة من مكبسين 1 و 2 متصلين ببعضهما بأنبوب مملوء بسائل غير قابل للانضغاط. عندما يؤثر المكبس 1 بقوة F_1 على مساحة مقطعه A_1، فإنه يولد ضغطاً $P_1 = \frac{F_1}{A_1}$ ينتقل عبر السائل إلى المكبس 2. هذا الضغط يؤثر على المكبس 2 بقوة $F_2 = P_2 A_2$ حيث A_2 هي مساحة مقطع المكبس 2. وبما أن الضغط ينتقل بالتساوي في جميع اتجاهات السائل، فإن $P_1 = P_2$، أي أن $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$.

وبما أن المسافة التي يقطعها المكبس 1 تساوي $v_1 t$ والمسافة التي يقطعها المكبس 2 تساوي $v_2 t$، فإن حجم السائل المزاح من المكبس 1 يساوي $A_1 (v_1 t)$ وحجم السائل المزاح من المكبس 2 يساوي $A_2 (v_2 t)$. وبما أن السائل غير قابل للانضغاط، فإن الحجمين متساويان، أي أن:

$$A_1 (v_1 t) = A_2 (v_2 t)$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad \text{---} (1)$$

إذا أثرت القوة F_1 على المكبس 1 لمسافة $v_1 t$، فإن الشغل المبذول هو $F_1 = P_1 A_1$ وبالتالي فإن الشغل المبذول يساوي:

$$P_1 A_1 v_1 t$$

وأما المكبس 2 فيبذل شغلاً مقداره $F_2 (v_2 t)$، ولذلك تكتسب السائل ذو الكتلة M والحجم V كمية من طاقة الوضع وأيضاً تكتسب طاقة حركية، وهذان الأمران يحتاجان إلى طاقة وأيضاً تتبدد الطاقة على شكل حرارة نتيجة للاحتكاك بين السائل والأنبوب.

الشغل المبذول = التغير في طاقة الحركة + التغير في طاقة الوضع

$$P_1 A_1 v_1 t = P_2 A_2 v_2 t + Mg(h_2 - h_1) + \frac{1}{2}Mv_2^2 - \frac{1}{2}Mv_1^2$$

وحيث أن

$$M = \rho A_1 v_1 t = \rho A_2 v_2 t$$

وبالقسمة على

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

وهي معادلة برنولي.

اسم مثال له جولة في الهواء