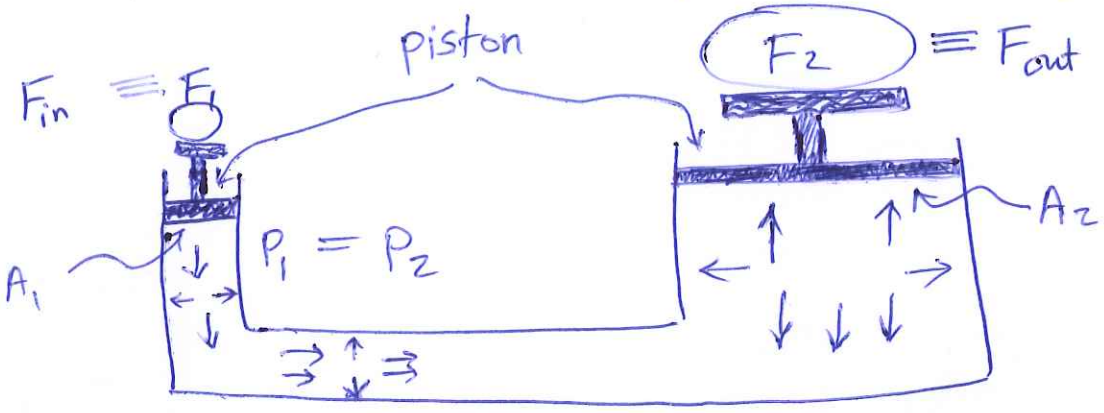
مبدأ باسكال: (pascal's principle)

ينص على أنه عند التأثير بقوة في مائع محصور تنتقل الزيادة في الضغط الى أجزاء المائع كلها بالتساوي.

A change in pressure applied to an enclosed fluid is transmitted undiminished to all portions of the fluid and to the walls of its container.

* أن من أهم تطبيقات مبدأ باسكال هو النظام الهيدروليكي hydraulic system لرفع الأحمال الثقيلة.



$$P = \frac{F}{A}$$

الضغط = القوة / المساحة

* الضغط الذي يسببه المكبس الصغير على السائل P_1 يساوي الضغط على المكبس الكبير P_2، أي أن قوة الضغط F_1 تكون صغيرة بالنظر لصغر مساحة المكبس بينما تكون القوة في المكبس الكبير F_2 مقدارها كبير لكبر مساحة هذا المكبس.

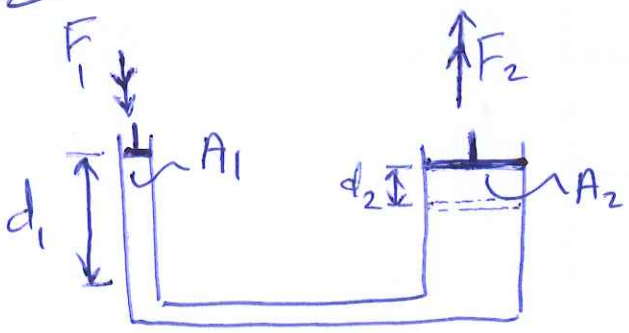
مثال: ما هو مقدار القوة المنتقلة الى مكبس كبير مساحته دائرية نصف قطرها 1 m من تأثير ضغط مكبس صغير مساحته دائرية أيضاً نصف قطر 10 cm ومقدار القوة 10N في نظام هيدروليكي.

الحل: حسب مبدأ باسكال $P_1 = P_2$ وأن

$$P_1 = \frac{F_1}{A_1} = \frac{10}{3.14 * (0.1)^2} = \frac{10}{0.0314} = 318.47 \text{ pa}$$

$$F_2 = P_2 * A_2 = 318.47 * 3.14 * (1)^2 = 1000 \text{ pa}$$

قوانين المكبس الهيدروليكي



$$P = \frac{F}{A} \quad , \quad F = mg \quad , \quad A = \pi r^2$$

A مساحة المكبس الباثر في مقدرة بوحدات m^2

d_1 ، d_2 المسافة التي يتحركها المكبسين على التوالي مقدرة بوحدات m

$$P_1 = P_2 \Rightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

الشغل المبذول على المكبسين متساوي

$$W_1 = W_2$$

$$W = F \cdot d \Rightarrow F_1 \cdot d_1 = F_2 d_2$$

W وحدة قياسها الشغل J

ولحساب الربح الآلي Michanical gain

$$\varepsilon_{gain} = \frac{F_2}{F_1} = \frac{A_2}{A_1} = \frac{d_1}{d_2}$$

أما حساب كفاءة المكبس

$$\frac{W_2}{W_1} = \frac{F_2 * d_2}{F_1 * d_1}$$

مثال:

مكبس هيدروليكي مساحة مكبسه $0.04\ m^2$ ، $4\ m^2$ أحسب

(1) مقدار القوة المؤثرة على المكبس الصغير عندما يوضع عليه كتلة مقدارها 200 kgm.

(2) المسافة التي يتحركها المكبس الكبير إذا تحرك المكبس الصغير مسافة 2m.

(3) الفائدة الآلية (الربح) للمكبس الهيدروليكي.

Dr. Abdullah

3

18-12-2018 P_3

① الحل: المجهول هو F_1:

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

$$F_1 = \frac{mg \cdot A_1}{A_2} = \frac{200 * 9.8 * 0.04}{4} = 19.6\ N$$

②

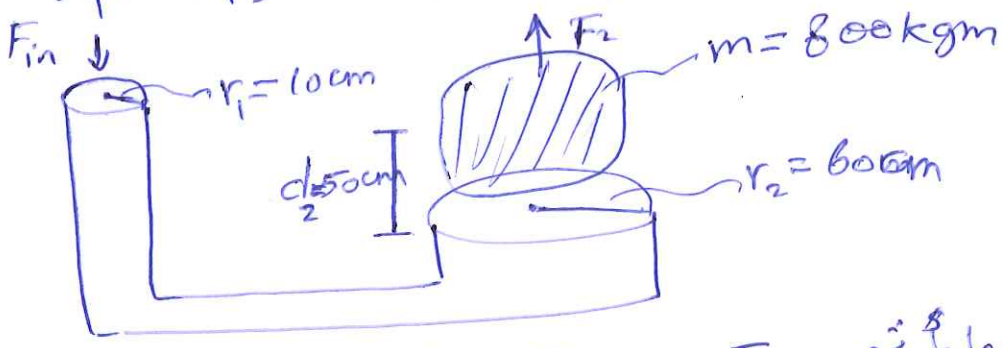
$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{A_2}{A_1} \Rightarrow d_2 = \frac{d_1 A_1}{A_2} = \frac{2 * 0.04}{4}$$

$$d_2 = 0.02\ m$$

③ أما الربح الآلي أو المكاسب الآلية:

$$\mathcal{E}_{gain} = \frac{F_2}{F_1} = \frac{1960}{19.6} = 100$$

سؤال: لديك مكبس هيدروليكي بالأبعاد الموضحة في الرسم.



أحسب كل ما يأتي F_{in} ، P ، $W.d_1$ ، $\mathcal{E}_{gain}$

أمثلة تطبيقية:

مثال: خزان للماء ذو مساحة قاعدية قدرها $50\ km^2$ وبعمق موالي $40m$. أحسب كتلة الماء المخزونة خلف هذا السد.

الحل:

$$\rho = m/V \Rightarrow m = \rho V$$

ومن أجل حساب الحجم V للخزان نقوم بـ:

$$V = Ah = (50\ km^2)(40\ m)$$

$$= \left[50\ km^2 \left(\frac{10^3 m}{1 km}\right)^2\right] * 40\ m$$

$$= 2 * 10^9\ m^3$$

The density of water ρ is $1 * 10^3\ kg/m^3$

$$m = 1 * 10^3 * 2 * 10^9$$

$$= 2 * 10^{12}\ kg$$

وإذا قمنا بحساب القوة التي تطرحها هذه الكتلة بالأسفل $W = mg$ فسنجد $W = 1.96 \times 10^{13}\ N$. وإذن من المنطقي أن تتساءل أن السد يتحمل قوة هائلة! أليس من المفروض أن يكون متينا مثل هكذا قوة؟ الجواب لا ... كيف؟

الضغط (pressure):

يعرف على أنه القوة F المسلطة عمودياً على وحدة المساحة A:

$$P = \frac{F}{A}$$

وأن وحدات قياس الضغط بنظام الوحدات الدولي SI هي

$$1\ pa = 1\ N/m^2$$

وهنالك وحدات للضغط يشيع استخدامها في الأرصاد الجوية (meteorology) وهي وحدة millibar (mb) حيث أن

$$100\ mb = 1*10^5\ pa \quad , \quad 1\ atm = 101325\ pa$$

atm: Atmospheic pressure

بينما تستخدم وحدات الضغط mm Hg في قياسات ضغط الدم blood pressure

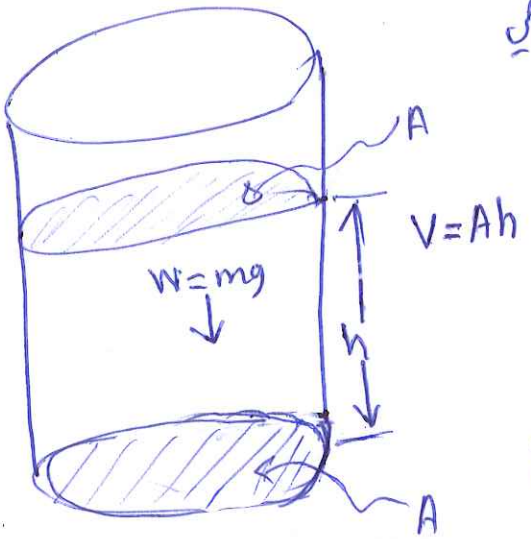
* الضغط يعرف في كل حالات المادة ولكن الشعامد معهم عندما نناقش الموائع.

* أذا تعرض شخص ما الى دفعه بأصبع شخص آخر فأن تأثير قوة دفع الأصبع تكون ذات تأثير قليل وبالمقابل أذا تم التأثير بنفس القوة على مساحة صغيرة حادة كما هو الحال في أبرة الدواء سيكون تأثير هذه القوة كافياً لتمزيق الجلد.

تغاير الضغط مع عمق السائل:

عند سطح الارض، ضغط الهواء المسلط على الأنسان هو نتيجة وزن الهواء فوق ذلك الشخص، والذي يؤدي الى تناقص هذا الضغط كلما ارتفع الأنسان الى أعلى (تسلق جبل) والذي يؤدي الى نقصان وزن الهواء فوق ذلك الأنسان.

خذ بنظر الأعتبار الحاوية المرسومة في الشكل التالي



أذا أردنا حساب الضغط المبذول من قبل الماء على قاعدة الحاوية فسيكون

$$P = \frac{mg}{A}$$

كما أنه يمكن أيجاد m من الكثافة والحجم للماء

$$m = \rho V$$

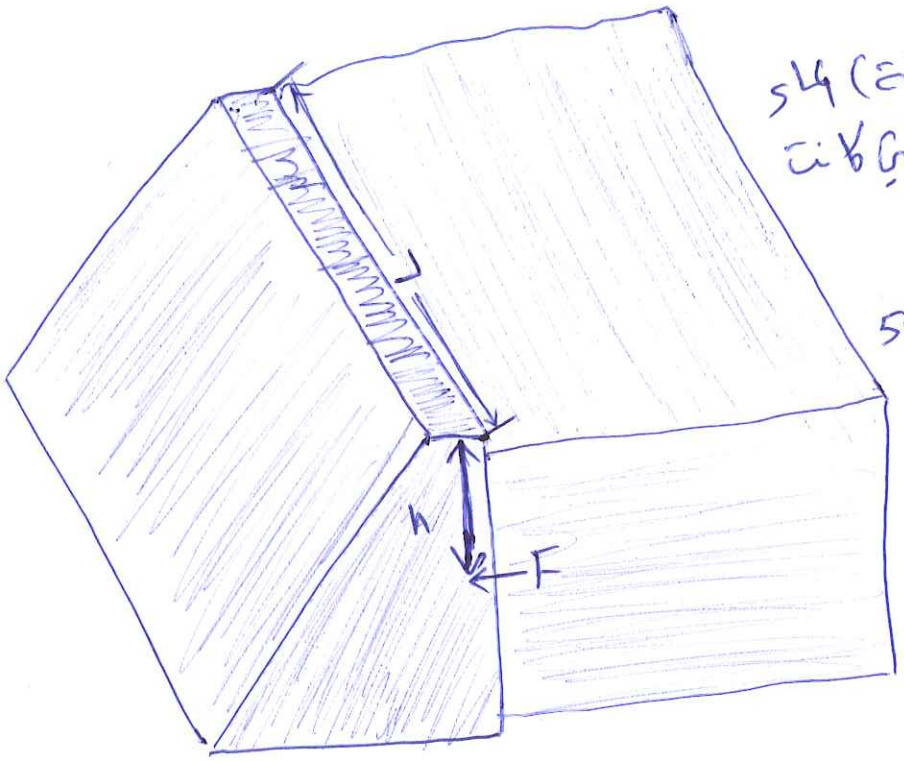
أما حجم السائل في الحاوية فهو

$$V = Ah$$

A هي مساحة المقطع cross-sectional Area ، h تمثل عمق السائل

$$p = \frac{(\rho Ah)g}{A} = h\rho g \Rightarrow \boxed{p = h\rho g}$$

وهذه المعادلة تمثل الضغط الناتج من وزن السائل ذو الكثافة ρ في عمق قدره h تحت سطح السائل.



مثال: السد Dam
إذا حسبنا كمية (كتلة) الماء المخزونة في الخزان، والتي كانت $2*10^{12}$ kg.

إذا كان عرض السد 500m وعمق الماء حوالي 80m. ما هو معدل الضغط المسلط على السد بسبب الماء؟

$$\bar{p} = \bar{h}\rho g = 40 * 10^3 * 9.8 = 3.92 * 10^5 \text{ pa}$$

$$= 392 \text{ kpa}$$

أما القوة المسلطة على السد بواسطة الماء

$$F = \bar{p}A = \bar{p}(80*500) = 4*10^4 * \bar{p}$$

$$= 3.92*10^5 * 4*10^4$$

$$= 1.57 * 10^{10} \text{ N}$$

7

الفصل الثاني: الموائع

تعريف المائع

المائع Fluid: هو المادة التي تترابط جزيئاتها بقوى ترابط ضعيفة وليس لها شكل معين بل تأخذ شكل الإناء الحاوي لها وتتميز بقدراتها على الانسياب والتدفق flow والانتشار diffusion ولهذا فإن التعبير يشمل السوائل والغازات وتنقسم إلى قسمين:

- موائع قابلة للانضغاط وهي الموائع التي تتغير كثافتها بتغير الضغط الواقع عليها مثل الغازات.
- موائع غير قابلة للانضغاط وهي الموائع التي لا تتغير كثافتها بتغير الضغط الواقع عليها مثل السوائل.

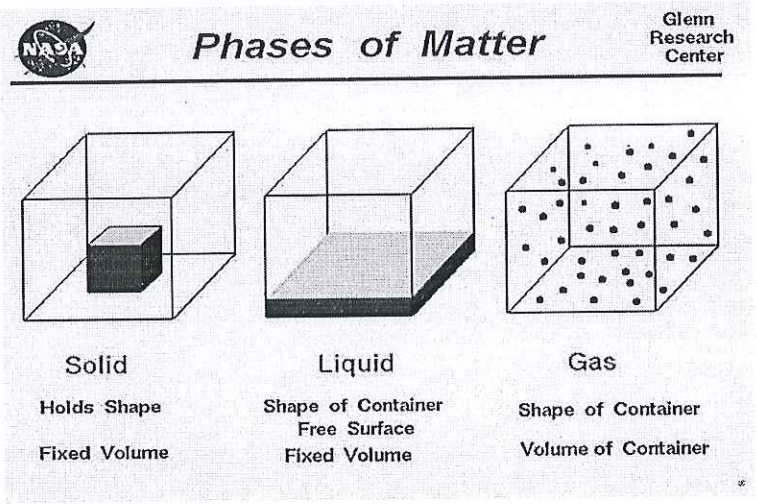
خواص المائع:

- المائع مادة تستطيع الانسياب لذلك ليس لها شكل محدد . السوائل والغازات كلاهما مائع للسوائل احجام محددة اما الغازات فلا حجم لها.
- مصطلح الموائع يطلق على السوائل والغازات، ويتميز السائل عن الجسم الصلب بأن السوائل دائماً تأخذ شكل الوعاء الذي توضع فيه، بينما الغازات تأخذ شكل وحجم الوعاء الذي توضع فيه.
- عند ظروف معينة قد يحتاج للتمييز الدقيق بين الأجسام الصلبة والسوائل والغازات إذ أن هناك سوائل لزجة جداً، مثل القير، لا تسيل بسهولة ويظن الشخص أنها أجسام صلبة. فالخاصية الأساسية التي يتميز بها السائل على الجسم الصلب **أن السائل مهما بلغت لزوجته يسيل ولو بمعدل صغير جداً**. حيثما أثرت قوى خارجية على جسم صلب فإن الاجهادات المماسية الناشئة في الجزيئات المتجاورة تسعى لإعادة الجسم الصلب إلى وضعه الابتدائي أما في السوائل فإن هذه الاجهادات تتناسب مع سرعة التغير في شكل السائل وتضعف هذه الاجهادات وتتلاشى عند اقتراب سرعة التغير من الصفر لهذا لا يعود السائل إلى وضعه الابتدائي.
- يمكن التمييز بين الغازات والسوائل: إذ أن الغازات لا يمكن أن توجد في حالة اتزان إلا إذا وضعت في إناء محكم الإغلاق، وتكون قابلة للضغط، وتتمدد تمدداً كبيراً عند إزالة هذا الضغط؛ أما السوائل فإن قابليتها للانضغاط ضعيفة جداً.

ما هو الفرق بين السائل والغاز؟

Dr. Abdullah
8

للسائل سطح حر Free surface وحجم محدد لا يتأثر الا بالضغوط العالية جدا اما الغاز فليس له سطح حر وحجمه يساوي حجم الإناء الذي يحتويه ويتأثر بالضغوط الضعيفة.

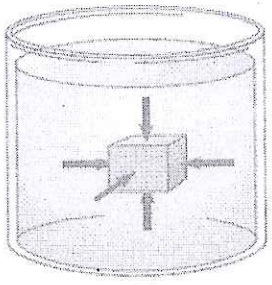


دراسة السوائل على نوعين:

1- السوائل الساكنة (**Fluids statics**) وهي التي في حالة سكون واستقرار 2- ديناميكا السوائل (**Fluids dynamics**) السوائل التي في حالة الحركة.

ماذا يقصد بالموائع الساكنة؟

- صافي القوي المؤثرة علي اي نقطة في السائل تساوي صفرا.
- في الموائع الساكنة تكون القوة المؤثرة بواسطة المائع على الاسطح الملامسة لها عمودية دائما على هذه الاسطح .
- الاجهاد الوحيد الذي يتأثر به جسم مغمور في مائع هو الاجهاد الذي يعمل على ضغطه. القوة المسلطة بواسطة مائع على جسم دائما عمودية على سطوح ذلك الجسم



* القوة التي تسلطها السوائل على جسم مغمور في أي نقطة القوة عمودية على سطوح الجسم وتزداد بزيادة العمق.

Dr. Abdullah

9

الكثافة (Density) ρ :

رمز الكثافة هو "rho". الكثافة ببساطة هي الكتلة لكل وحدة حجم. على سبيل المثال الماء لديه كثافة حوالي 1 غرام في الملليمتر المكعب الواحد. (يتغير قليلاً مع درجة الحرارة والضغط.) وحدة S.I. للكثافة هي 3 kg / m.

$$\text{density}\ \rho = \frac{\overbrace{m}^{\text{mass}}}{\underbrace{V}_{\text{volume}}}$$

الوحدات:

$$\rho = \frac{1\ \text{g}}{\text{mL}} \cdot \frac{1\ \text{mL}}{1\ \text{cm}^3} \cdot \frac{(100\ \text{cm})^3}{\text{m}^3} \cdot \frac{1\ \text{kg}}{1000\ \text{g}} = \frac{1000\ \text{kg}}{\text{m}^3}$$

الكثافة النسبية (Relative Density)

إن الكثافة النسبية مصطلح يستخدم لمقارنة كثافة المادة بالنسبة لكثافة مادة مرجعية أخرى؛ فمثلاً تقارن كثافة السوائل بالنسبة للماء عند (4°C) كمادة مرجعية. وبهذا فإن الكثافة النسبية للسوائل تعرَّف على أنها "النسبة بن كثافة السائل وكثافة الماء عند 4 °مئوية" ويرمز لها بالرمز S .

$$s = \frac{\rho}{\rho_{\text{w at } 4^\circ\text{C}}}$$

.اذا كانت كثافة المادة اكبر من كثافة الماء فان تلك المادة سوف تغطس (sink) في الماء واذا كانت اقل سوف تطفو(float).

تطبيقات الكثافة

يفيد قياس الكثافة في:

١- الاستدلال على مدى شحن البطارية:

Dr. Abdullah
10

فعندما تُفرغ الشحنة الكهربائية من البطارية تقل كثافة المحلول الإلكتروليتى (حامض الكبريتيك المخفف) نتيجة استهلاكه في التفاعل مع ألواح الرصاص لتكوين كبريتات الرصاص . وعند إعادة شحن البطارية تتحرر الكبريتات من ألواح الرصاص لتعود مرة أخرى إلى المحلول فتزداد الكثافة.

٢- الاستدلال على زيادة إفراز الأملاح و الإصابة ببعض الأمراض:

فحيث أن كثافة الدم وهو في الحالة الطبيعية ما بين 1040 إلى 1060 كجم/م3 فإذا نقصت كثافة الدم عن هذا المعدل دل ذلك على نقص تركيب خلايا الدم وبالتالي الإصابة بمرض فقر الدم (الأنيميا).

كما أن الكثافة المعتادة للبول هي 1020 كغم /م3 فإذا زادت عن هذه القيمة دل ذلك على زيادة إفراز الأملاح.

مثال:

ما هو وزن الهواء داخل بالون كروي ذو نصف قطر 2m ؟ علما ان كثافة الهواء 1.2 Kg/m^3

الحل:

$W=mg=\rho.V.g=1.2 \times 4/3 \times pi \times r^2 \times 9.8=1.2 \times 33.51 \times 9.8=$ 423.6 N ?
393.96 N

مسالة:

يتكون الهواء من 78% N نيتروجين و21% اوكسجين O_2 ... اذا كان لديك بالونين متساويين حجما، احداهما مليئ بالهليوم He والثاني مليء بغاز ثاني اوكسيد الكاربون CO_2 فايهما يطفو في الهواء وايهما يهبط و لماذا اثبت ذلك رياضياً وبالارقام.

مثال:

كتلة قنينة فارغة 25g واذا ملئتها بالماء ستكون كتلتهما معا 95g . وعند ملأ القنينة بمائع اخر ستكون كتلتيهما 75g . الان، ماهي كثافة المائع المجهول؟

الحل:

$\rho_{water} = 1 gm.cm^{-3}$, $M_{bottle+water}=95=25+M_{water}$ ➔ $M_{water} = 70$ gm ➔ $V_{water}=M/\rho=70cm^3$

الان.. $M_{fluid} =75-25= 50gm$ ➔ $\rho_{fluid}= M_{fluid}/V_{bottle} = 50/70 = 0.714\ g.cm^{-3}$

جدول عند كثافة مواد مختلفة

المادة	الكثافة $\rho (10^3 kgm/m^3)$
الألمنيوم Al	2.7
البراص	8.44
النحاس Cu	8.8
الحديد	7.8
الكونكريت	2.3–3.0
الفلين Cork	0.24
الخشب	0.3–0.9
العظم Bone	1.7–2.0
الماء في $(4^\circ C)$	1.000
الدم	1.05
ماء البحر	1.025
الزئبق	13.6
النفط	0.68
الكلسرين	1.26
زيت الزيتون	0.92
الهواء	$1.29 * 10^{-3}$
الهيليوم	$0.18 * 10^{-3}$
الأوكسجين	$1.43 * 10^{-3}$
بخار الماء عند $100^\circ C$	$0.6 * 10^{-3}$

ملاحظات:

* كثافات السوائل والمواد الصلبة تتغير قليلاً مع تغير الضغط ودرجة الحرارة بينما كثافات الغازات تتغير بشكل كبير مع هكذا تغيرات.
* في الشروط الطبيعية العادية كثافات السوائل والمواد الصلبة أكبر 1000 مرة من كثافات الغازات. وهذا الاختلاف يدل على أن المسافات بين الجزيئات في الغاز تحت الشروط العادية حوالي 10 مرات أكبر منها في السوائل والمواد الصلبة.

مثال: أمامك لديك حجم من الذهب بمقدار $1\ m^3$ و $2\ m^3$ من الفضة Silver و $6\ m^3$ من الألمنيوم AL. رتب هذه المواد بحسب الكتلة من الأصغر إلى الأكبر علماً أن: $\rho_{Gold} = 19.3*10^3\ kgm/m^3$, $\rho_{Ag} = 10.5*10^3\ kgm/m^3$, $\rho_{Al} = 2.7*10^3\ kgm/m^3$

الحل: لحساب كتلة الحجوم من المواد المختلفة سوف نلجأ لقانون الكثافة

$$\rho_{Gold} = \frac{M}{V} \Rightarrow M_{Gold} = \rho * V = 19.3*10^3 * 1$$

$$M_{Gold} = 19.3*10^3\ kgm$$

$$M_{Ag} = \rho_{Ag} * V = 10.5*10^3 * 2 = 21*10^3\ kgm$$

$$M_{Al} = \rho_{Al} * V = 2.7*10^3 * 6 = 16.2 * 10^3\ kgm$$

ترتيب من الأصغر كتلة إلى أكبر كتلة

$$M_{Ag} \leftarrow M_{Au} \leftarrow M_{Al}$$

الضغط (pressure):

هو النسبة بين القوة المسلطة على وحدة المساحة

$$P = \frac{F}{A} \quad N \cdot m^{-2}$$

وأن وحدة قياس الضغط الأكثر شيوعاً في البترول هي (pa)

$$1\ pa = 1\ N \cdot m^{-2}$$

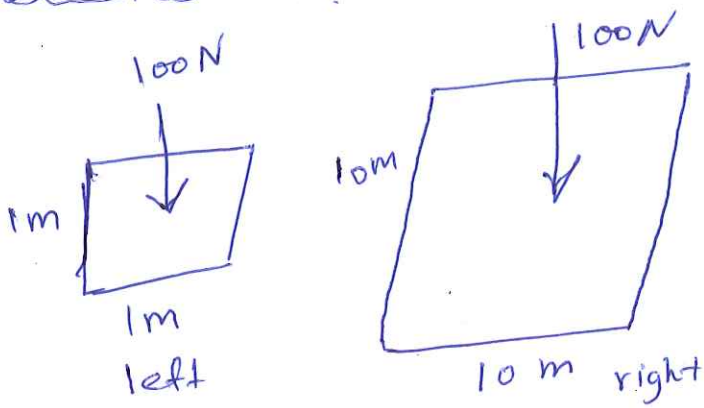
وكذلك

$$1\ atm = 101.3\ kPa$$

أو

$$1\ atm = 760\ mm\ Hg = 760\ torr$$

مثال: إذا كان لديك لوحين كما مبين في الشكل وقد سلطت على كل منهما قوة عمودية مقدارها 100 N، أحسب الضغط المسلط على كل منهما



$$P_{left} = \frac{F}{A} = \frac{100}{1*1} = 100\ N \cdot m^{-2} = 100\ pa$$

$$P_{right} = \frac{F}{A} = \frac{100}{10*10} = \frac{100}{100} = 1\ pa$$

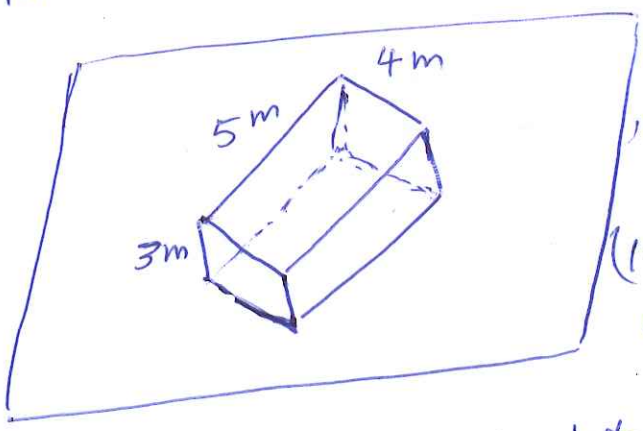
وهذا يعني أن الضغط يكون كبير عند المساحات الأصغر.

مثال: ما الذي يحدث إذا دفعت شخص ما براحة كفك أو بقلم من رأسه

الجواب:

يكون التأثير في رأس القلم أكبر أضعافاً مما هو عليه براحة اليد وذلك لصغر المساحة في حالة رأس القلم الأمر الذي أدى إلى زيادة كبيرة بالضغط المقارنة مع راحة اليد مع بقاء قوة التأثير F ثابتة (افتراضياً). أثبت ذلك إذا علمت أن مساحة رأس القلم $0.0001\ m^2$ بينما راحة اليد $0.008\ m^2$

مثال: صندوق موضوع عادا منضدة بالطريقة الموضحة في الشكل فإذا كان وزن هذا الصندوق (كتلته 100kgm) فما الضغط الذي يولده على المنضدة ؟

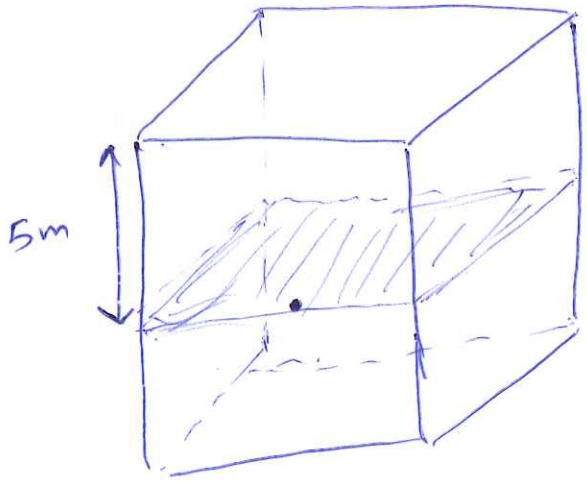


$$P = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A} = \frac{100 \cdot 9.8}{4 * 5} = \frac{980}{20}$$

$$= 49\ N \cdot m^{-2} = 49\ pa$$

مثال: أمزج لدينا حاوية مليئة بالماء وأخرى مخلفة من الأعلى مطلوب حساب الضغط عند نقطة تبعد 5m عن الفتحة العلوية للحاوية وكما في الشكل

$\rho = 1000\ Kgm \cdot m^{-3}$



$$P = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A} \; ; \; \rho = \frac{m}{V}$$

OR

$$m = \rho V = \rho A h$$

$$P = \frac{\rho A h g}{A} = \rho g h$$

$$= 1000 * 9.8 * 5$$

$$= 49000\ pa$$

الآن ماذا لو كانت الحاوية مفتوحة من الأعلى هل سيتغير الضغط ؟ وإذا كان الجواب نعم أحسب التغير وبين لماذا ؟

النتيجة تدل على أن مقدار القوة المؤثرة على السد بواسطة الماء صغيرة بالمقارنة مع كمية الماء المخزونة في خزانه.

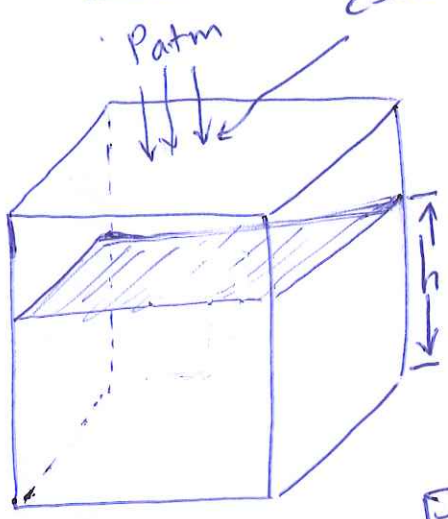
$W = 1.96 * 10^{13}\ N$ بينما كمية الماء المخزون $F = 1.57 * 10^{10}\ N$

وعند المقارنة (نسبة وتناسب) نجد أن قوة ضغط الماء على السد تمثل 0.08% من وزن الماء المخزون.

$$\frac{F}{W} = 0.811 * \frac{10^{10}}{10^{13}} \simeq 0.8 * 10^{-3} = 0.08\ \%$$

مثال: حاوية متوازية المستطيلات مفتوحة من الأعلى، مقدار الضغط المسلط على قاعدة الحاوية؟ هنا يجب أخذ بنظر الاعتبار الضغط المسلط من قبل الضغط الجوي P_{atm}

ولذا سيكون هنا عبارة عن

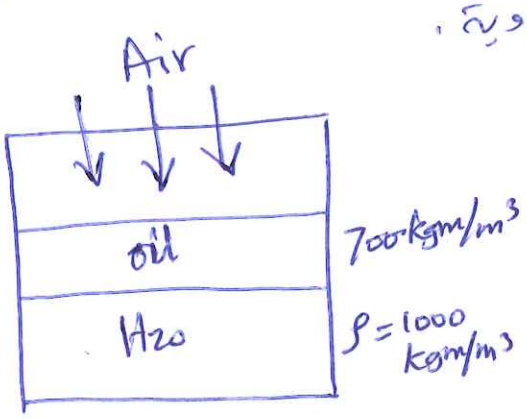


$$P_T = P_{atm} + P_{of\,water}$$

$$= P_{atm} + \rho g h$$

علماً أن الضغط الجوي $P_{atm} = 101{,}325\ pa$

مثال: إذا كان لدينا حاوية مفتوحة من الأعلى تحوي على ماء بعمق 5m وزيت بعمق 4m أحسب الضغط المسلط على قاعدة الحاوية.



$$P_T = P_{H_2O} + P_{oil} + P_{atm}$$

$$= \rho g h + \rho g h + P_{atm}$$

$$= 1000 * 9.8 * 5 + 700 * 9.8 * 4 + 101325$$

$$= 49000 + 27440 + 101325$$

$$= 177{,}765\ pa$$

مثال:

في السيرك الشهير للبشري. تحدث موازنة بين مجموعة اللاعبين في أعلى الهرم وفي أسفل الهرم الذي يقوم برفعهم أجمعين. وأن مجموع كتلة اللاعبين في الأعلى 280 kgm. وأن كتلة اللاعب الملقى على ظهره 60kgm. وإذا علمت أن لهذا اللاعب وأن قطر قطعة ساق 2 cm. أحسب مقدار الإنضغاط الذي يحصل للعظم من جراء الحمل.

مجموع الكتل للاعبين في الأعلى = 280

كتلة اللاعب في أسفل الهرم = 60

صافي القوى = 280 − 60 = 220 kgm

ومن أجل حساب القوى على اللاعب

$$F = m * g$$

$$F = 220 * 9.8 = 2156\ N$$

ومن الجداول نعرف معامل يونغ لعظمة الساق $9.4 * 10^9\ N.m^{-2}$

وكما نعلم من السؤال أن طول عظمة الساق 50cm = 0.5 m

بينما نصف قطر الساق $2 * 10^{-2}\ m$ = 2cm

وعليه سيكون مساحة المقطع العرضي لعظمة الساق

$$A = \pi r^2 = \pi * (2 * 10^{-2}) = 1.26 * 10^{-3}\ m^2$$

لدينا

$$Y = \frac{\text{stress}}{\text{strain}} = \frac{F/A}{\Delta L / L_0}$$

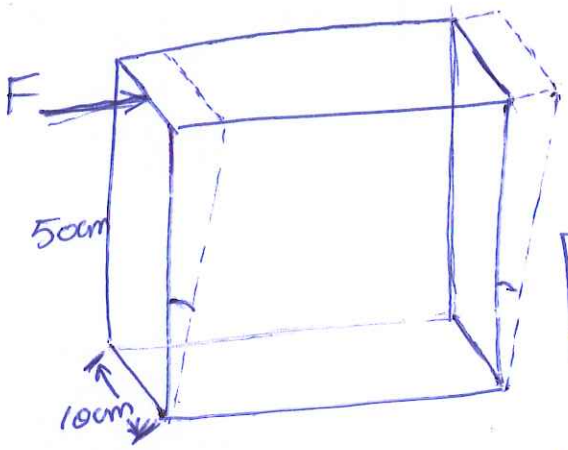
$$Y = \frac{F}{A} * \frac{L_0}{\Delta L} \Rightarrow \Delta L = \frac{F}{A} * \frac{L_0}{Y}$$

$$\Delta L = \frac{1078}{1.26 * 10^{-3}} * \frac{0.5}{9.4 * 10^9} = 4.55 * 10^{-5}\ m$$

$$\Delta L = 4.55 * 10^{-3}\ cm$$

مثال: لوح من الرصاص (Lead) على شكل متوازي مستطيلات يتعرض لقوة قص أحد وجوهه العلوية كما موضح بالشكل. مقدار القوة $9*10^4$ N وبسبب تأثير القوة حدث تشوه في شكله.

المطلوب حساب مقدار الزاوية التي حصلت على الحافة العلوية لهذا اللوح.



$G_{pb} = 5.6 * 10^9 \ N.m^{-2}$
معامل القص للرصاص

نحسب مقدار المساحة العمودية على اتجاه تأثير القوة

$A = 50 * 10 = 0.5 * 0.1 = 0.05 \ m^2$

$$Stress(S) = \frac{F}{A} = \frac{9 * 10^4}{0.05} = 1.8 * 10^6 \ N.m^{-2}$$

ومن أجل حساب انفعال القص (shearing strain)

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{L} = \frac{S}{G} \Rightarrow \Delta x = \frac{S * L}{G}$$

$$= \frac{1.8 * 10^6 * 0.50}{5.6} = 0.16 \ mm$$