بسم الله الرحمن الرحيم

Sam star for physics 2o11

في فيزياء الثانوية العامة .

المنهج الجديد

الوحدة الثانية:- (خواص الموائع)

الفصل الرابع :- (خواص الموائع الساكنة)

SAM STAR For Physics 2011

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

** الفصل الرابع:خواص(الموائع الساكنة) **

**** مقدمة:-**

تعرف (الموائع) بأنها المواد التي تتميز بقدرتها علي الانسياب ولاتتخذ شكلا محددا.
وبالتالي تشمل الموائع السوائل والغازات. فالسوائل ليس لها شكل محدد بل تأخذ شكل الإناء الحاوي لها أي يكون لها حجم معين وتقاوم أي ضغط يقع عليها. أما الغازات فليس لها شكل محدد أيضا كما أنها لا تأخذ شكل الإناء لها فحسب بل تشغله تماما وتتميز بأنها قابلة للانضغاط.

(الكثافة)

تعتبر كثافة المادة من الخواص الفيزيائية المميزة لتلك المادة.

- **تعريف كثافة المادة:-**

هي كتلة وحدة الحجوم من هذه المادة.
ويرمز لها بالرمز ρ.

- **العلاقة الرياضية المعبرة عن الكثافة:-**

أذا كانت m هي كتلة المادة و V حجمها فأن كثافتها تعطى من العلاقة الآتية:

$$\text{الكثافة} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}} \qquad \rho = \frac{m}{V} \qquad Kg/m^3$$

**** وحدة قياس الكثافة:-**

Kg / m^3

س:- ما معني أن كثافة الماء = 1000 كجم\ م^3
ج:- معني ذلك أن المتر المكعب من الماء يساوى 1000 كجم.

- التغير في الكثافة:- يرجع التغير في الكثافة من عنصر لأخر لما يلي:-

١- التغير في الوزن الذري.
٢- الاختلاف في المسافات البينية بين الذرات أوالجزيئات.

(الكثافة النسبية)

تُعرف "الكثافة النسبية لمادة"بأنها":-

النسبة بين كثافة المادة إلى كثافة الماء في نفس درجة الحرارة"أي :

$$\text{الكثافة النسبية لمادة} = \frac{\text{كثافة المادة في درجة حرارة معينة}}{\text{كثافة الماء في نفس درجة الحرارة}}$$

$$= \frac{\text{كثافة المادة}}{\text{كثافة الماء}}$$ عند نفس درجة الحرارة وبصفة عامة يكون :

SAM STAR FOr PHYSICS 2011

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

وبصفة عامة يكون:

الكثافة النسبية لمادة = كتلة حجم معين من المادة في درجة حرارة معينة / كتلة نفس الحجم من الماء في نفس درجة الحرارة

ومنها يكون :

كثافة المادة = الكثافة النسبية للمادة × كثافة الماء

*** وحدة قياس الكثافة النسبية:-**

والكثافة النسبية ليس لها وحدة لأنها نسبة بين كميتين متماثلتين.

س:- ما معنى أن الكثافة النسبية للألومونيوم = 2.7 ؟

معنى ذلك أن النسبة بين كثافة الألومونيوم إلى كثافة الماء في نفس درجة الحرارة = 2.7 .

** تطبيقات الكثافة **

يفيد قياس الكثافة في :

١- الاستدلال على مدى شحن البطارية :

فعندما تُفرغ الشحنة الكهربية من البطارية تقل كثافة المحلول الإلكتروليتى (حمض 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/م^{٣} 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 كجم /م^{٣} فإذا زادت عن هذه القيمة دل ذلك على زيادة إفراز الأملاح.

ملحوظة هامة جدا

- في مسائل الكثافة والخاصة (الخليط أو السبيكة):- نستخدم العلاقة الأتية:-

$m = m_1 + m_2$ (كتلة الخليط أو السبيكة)

وبالتلي فأن:-

$$\rho V = \rho_1 v_1 + \rho_2 v_2$$

SAM STAR FOR Physics 2011

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

** الضغط **

يُعرف "الضغط عند نقطة"بأنه ":-

القوة المتوسطة المؤثرة عموديا على وحدة المساحات المحيطة بتلك النقطة".

أي أنه إذا أثرت قوة F عمودياً على سطح مساحته A فإن الضغط P الواقع على هذا السطح يتعين من العلاقة :

$$P = \frac{F}{A} \qquad N / M^2$$

ونظرا لأن القوة F مقدرة بالنيوتن N والمساحة A مقدرة بالمتر المربع m^2 فإن الوحدة التي يقاس بها الضغط P هي نيوتن / م^2 (N / m^2).

س:- ما معنى أن الضغط عند نقطة من سطح = 5×10^5 نيوتن / م^2 ؟

ج:- معنى ذلك أن القوة المتوسطة المؤثرة عموديا على وحدة المساحات من السطح المحيطة بتلك النقطة = 5×10^5 نيوتن .

** الضغط عند نقطة في باطن سائل وقياسه **

إذا دفعت قطعة من الفلين تحت سطح الماء ثم تُركت فإنها ترتفع إلى سطح الماء مرة أخرى الأمر الذي يوضح أن الماء يدفع قطعة الفلين المغمورة بقوة إلى أعلى هذه القوة تنشأ عن فرق ضغط الماء على هذه القطعة .

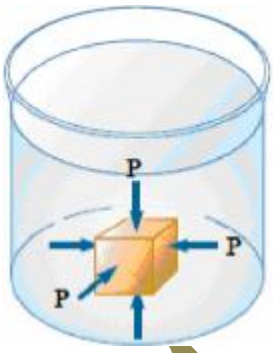
كما يجب ملاحظة الأتي :

١- عند نقطة في باطن سائل يؤثر الضغط في أي اتجاه .

٢- اتجاه القوة المؤثرة على سطح معين يكون عمودياً على هذا السطح.

٣- الضغط على جسم ما هو نفسه الضغط الذي يؤثر على حجم ما من السائل مساوياً لحجم الجسم .

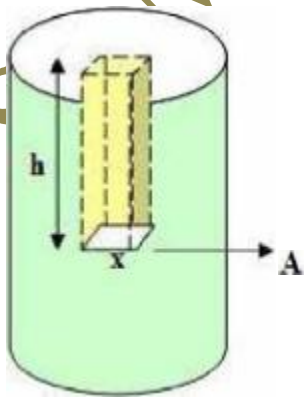
٤- توجد قوتان تؤثران على هذا الحجم من السائل هما قوة الوزن لأسفل وقوة ضغط السائل المحيط به عليه .



***** تقدير الضغط عند نقطة في باطن سائل :-**

١- بفرض أن لدينا لوح أفقي مساحته A m^2 ثابت على عمق h m .تحت سطح سائل كثافته ρ kg / m^3 . ومن الممكن اعتبار أن هذا اللوح يعمل كقاعدة لعمود من السائل ارتفاعه h m .

٢- فبالتالي يمكن اعتبار أن القوة التي يؤثر بها السائل على اللوح مساوية لوزن عمود السائل الذي ارتفاعه h m ومساحة قاعدته A m^2 .



٣- ولأن السائل غير قابل للانضغاط. فإن القوة الناتجة عن ضغط السائل لابد وأن تتزن مع وزن عمود السائل الذي ارتفاعه h m .

٤- وحيث أن : قوة الوزن = الكتلة × عجلة الجاذبية أو $F_g = m\ g$

الكتلة = الكثافة × الحجم أو $m = \rho V_{OL}$

الحجم = مساحة القاعدة × الارتفاع أو $V_{OL} = A\ h$

إذاً يكون :

STAR FOR PHYS 2011

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$F_g = m\,g = \rho\,V\,g = \rho\,A\,h\,g \quad \leftrightarrow \quad F_g = \rho\,A\,h\,g$$

وبالتالي يتعين ضغط السائل P على اللوح χ من العلاقة :

$$P = \frac{F_g}{A} = \frac{\rho\,A\,h\,g}{A} = h\,\rho\,g \quad \leftrightarrow \quad P = h\,\rho\,g \qquad N/m^2$$

أي أن الضغط عند نقطة في باطن سائل = عمق النقطة × كثافة السائل × عجلة الجاذبية .

تعريف "الضغط عند نقطة في باطن سائل " :-

يُقدر بوزن عمود السائل الذي قاعدته وحدة المساحات وارتفاعه البُعد الرأسي بين النقطة وسطح السائل".

س:- ما معنى أن الضغط عند نقطة في باطن سائل = 5×10^5 نيوتن \م^2 .

ج:- معنى ذلك أن عمود السائل الذي قاعدته وحدة المساحات المحيطة بتلك النقطة وارتفاعه البعد الرأسي بين النقطة وسطح السائل يكون وزنه = 5×10^5 نيوتن.

- العوامل التي يتوقف عليها الضغط عند نقطة في باطن سائل:-

يلاحظ من المعادلة السابقة أن عجلة الجاذبية g مقدار ثابت وبالتالي يتوقف الضغط علي عاملين هما:-

١- عمق النقطة h (علاقة طردية) ٢- كثافة السائل ρ (علاقة طردية)

** ملحوظة هامة :-

فحيث أن السائل الخالص يتعرض للضغط الجوي P_a أذا يكون الضغط الكلي عند نقطة في باطن سائل عبارة عن الضغط الجوي وضغط عمود السائل أي أن :

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

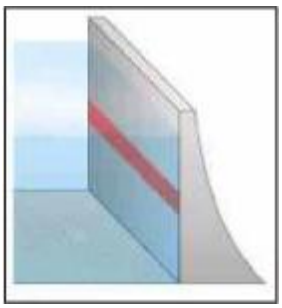
ومن العلاقة السابقة يمكن أن نستنتج ما يلي :

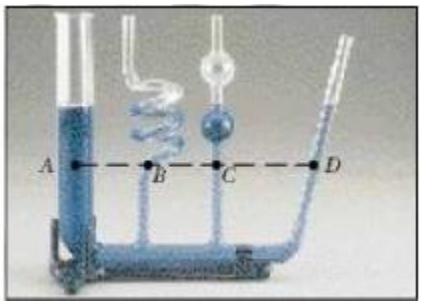
١- جميع النقط التي تقع في مستوي أفقي واحد أي لها نفس العمق في السائل يكون لها نفس الضغط.

٢- السائل الذي يملأ أناء متعدد الأجزاء (الأواني المستطرقة) يرتفع في هذه الأجزاء بنفس المقدار وفي آن واحد بغض النظر عن الأشكال الهندسية لها بشرط أن تكون القاعدة أفقية.

** ولهذا فأن مستوي سطح البحر واحد لكل البحار المتصلة ببعضها البعض **

٣- حيث أن الضغط يزداد بزيادة العمق لذا تبني السدود بحيث يزداد سمك السد عند قاعدته ليتحمل الضغط المتزايد بزيادة العمق.





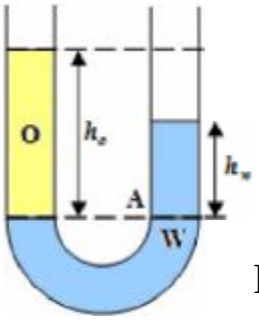
SAM STAR FOR Physics 2011

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

** أتزان السوائل في الأنبوبة ذات الشعبتين **

أذا كان لدينا أنبوبة ذات شعبتين علي شكل حرف U تحتوي علي كمية مناسبة من الماء كثافته ρ_w ثم صببنا فوق وليكن في الطرف الأيسر مقدار مناسب من الزيت كثافته ρ_o وننتظر حتى يستقر السائلين.

وحيث أن الماء والزيت لا يمتزجان فبالتالي نلاحظ وجود سطح فاصل بينهما ويكون سطحهما الخالصان علي ارتفاعين مختلفين عن السطح الفاصل (المستوى AD كما بالشكل) وليكن ارتفاع الماء هو h_w وارتفاع الزيت هو h_o .



وحيث أن النقطتين A , D في مستوى أفقي واحد:

إذا يكون : ضغط الماء عند A = ضغط الزيت عند D

أي أن : $P_a + h_o \rho_o g = P_a + h_w \rho_w g$

$$P_a + h_o \rho_o g = P_a + h_w \rho_w g \rightarrow h_o \rho_o = h_w \rho_w$$

$$\frac{\rho_o}{\rho_w} = \frac{h_w}{h_o}$$

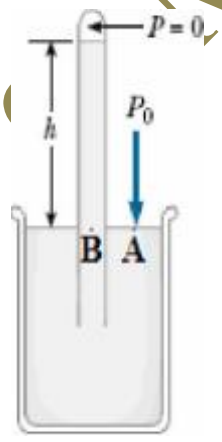
وبقياس كلا من h_o , h_w يمكن تعين الكثافة النسبية للزيت $\frac{\rho_o}{\rho_w}$.

ويلاحظ من المعادلة السابقة أن الكثافة تتناسب تناسبا عكسيا مع الارتفاع (العمق) عند ثبوت الضغط أي أن :

$$\rho \propto \frac{1}{h}$$

** الضغط الجوي **

* لقياس الضغط الجوي قام تورشيللي بأختراع البارومتر الزئبقي . حيث أخذ أنبوبة زجاجية طولها 1 م وملائها تماما بالزئبق ثم نكسها في حوض به زئبق فلاحظ أن سطح الزئبق في الأنبوبة قد أنخفض الي مستوي معين بحيث كان الارتفاع العمودي له 0.76 متر تقريبا .



وبديهي أن الحيز الموجود فوق سطح الزئبق في الأنبوبة يكون خاليا إلا من قليل من بخار الزئبق الذي يمكن إهمال ضغطه . ويسمي هذا الحيز باسم " فراغ تورشيللي "

(أي أن الضغط داخل فراغ تورشيللي = صفر) .

M STAR FOr Physics 2011

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

- **ملحوظة:-**

لا يظهر فراغ تورشيللي إلا إذا كان الطول الرأسي للأنبوبة البارومترية أكبر من 76 سم .

**** تقدير قيمة الضغط الجوي:-**

إذا أخذنا نقطة مثل B التي تقع في مستوي أفقي واحد مع السطح الخالص للزئبق في الحوض (الشكل المقابل) فأن:

الضغط عند النقطة A = الضغط الجوى P_a

الضغط عند النقطة B = ضغط عمود الزئبق + الضغط في فراغ تورشيللى.

= صفر + $h \rho g$

وحيث أن النقطتين A , B في مستوي أفقي واحد فبالتالي يكون:

الضغط عند النقطة A = الضغط عند النقطة B إذا:

الضغط الجوي P_a = $h \rho g$

$P_a = h \rho g$

أي أن الضغط الجوى = الضغط الناشئ عن وزن عمود الزئبق في البارومتر الذي قاعدته وحدة المساحات وارتفاعه h .

تعريف الضغط الجوي المعتاد :-

هو يكافئ الضغط الناشئ عن وزن عمود من الزئبق ارتفاعه 0.76 متر ومساحة مقطعه 1 م^{٢} في درجة حرارة صفر سليزيوس.

* والضغط الجوي المعتاد هو ضغط الهواء مقاسا عند سطح البحر ويساوي 0.76 متر زئبق.

**** تقدير قيمة الضغط الجوي عدديا :**

فحيث أن كثافة الزئبق عند صفر درجة سيلزيوس = 13595 كجم \م^{٣} .

وعجلة الجاذبية الأرضية = 9.81 م \ ث^{٢} .

$\rightarrow \quad P_a = h \rho g = 0.76 \times 13595 \times 9.81 = 1.013 \times 10^5 \quad N/m^2$

** الوحدات التي يقاس بها الضغط :

توجد عدة وحدات يقاس بها الضغط منها :

١- نيوتن / م^{٢} : وهي الوحدة التي المستخدمة في النظام الدولي لقياس الضغط.

$P_a = 1.013 \times 10^5 \quad N/m^2$

٢- البسكال : وهي تكافئ نيوتن / م^{٢} .

$P_a = 1.013 \times 10^5 \quad$ pascal

$1 \text{ pascal} = 1 \quad N/m^2$

٣- البار : وهي تكافئ 10^5 باسكال (نيوتن / م^{٢}).

$P_a = 1.013 \quad$ Bar

$1 \text{ Bar} = 10^5 \text{ pascal} = 10^5 \quad N/m^2$

٤- التور : وهو يكافئ 1 مليمتر زئبق. أي أن:

$P_a = 0.76 \text{ m Hg} = 760 \text{ mm Hg} = 760 \text{ Torr}$

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

SAM STAR FOR Physics 2011

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

** وبصفة عامة يكون:

$P_a = 1.013 \times 10^5$ N/m^2 $= 1.013 \times 10^5$ pascal $= 1.013$ Bar $= 0.76$ m Hg $= 760$ Torr

****

س١:- ما معني أن الضغط الجوي = 1.013×10^5 باسكال أو = 1.013 بار ؟

ج:- معني ذلك أن الضغط الجوي يعادل الضغط الناشئ عن عمود من الزئبق وزنه يساوي 1.013×10^5 نيوتن ومساحة قاعدته 1 متر مربع .

س٢:- ما معني أن ضغط غاز محبوس = 3 ضغط جوي؟

ج:- معني ذلك أن القوة التي يؤثر بها الغاز المحبوس علي وحدة المساحات من سطح ما تساوى $3 \times 1.013 \times 10^5$ نيوتن.

** ملاحظات هامة:-

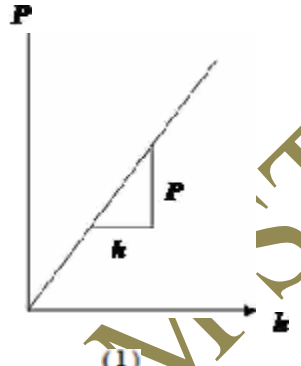
١- يقل الضغط الجوي كلما ارتفعنا عن سطح البحر. فالضغط عند قمة جبل مرتفع يكون أقل منه عند سطح البحر.

٢- لتحويل وحدات الضغط الجوي بسهولة تستخدم العلاقة الأتية:-

الضغط الجوي بالوحدة المطلوبة = القيمة المحولة x وحدة الضغط الجوي المطلوبة / وحدة الضغط الجوي المراد التحويل منها

** العلاقة البيانية بين الضغط عند نقطة في باطن سائل P وبعد النقطة عن السطح h .

١- إذا كان سطح السائل غير معرض للهواء الجوي:

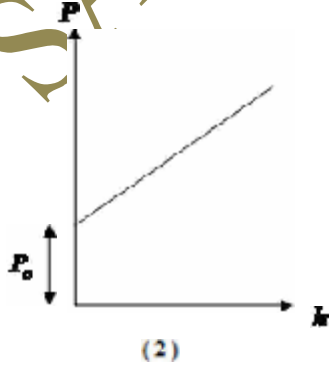


(1)

يكون $P = h \rho g$ وحيث أن المقدار ρg ثابت فأن $P \alpha h$.

والمعادلة السابقة تمثل علاقة خط مستقيم يمر بنقطة الأصل ميله = ρg أي أن:

ميل المستقيم = $\rho g = \frac{P}{h}$



(2)

ومنها تكون:

كثافة السائل ρ = ميل الخط المستقيم مقسوما علي g .

٢- أذا كان سطح السائل معرض للهواء الجوي:

يكون: $P = P_a + h \rho g$ وهذه المعادلة تمثل علاقة خط مستقيم أيضا ولكنه لا يمر بنقطة الأصل حيث يقطع جزءا من محور الصادات مقداره P_a ويكون ميل الخط

SAMSTAR FOr Physics 2011

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

المستقيم هو: ρg أي أن:

$$\rho g = \frac{P}{H}$$

ومنها يكون:

كثافة السائل ρ = ميل الخط المستقيم مقسوما علي g .

** المانومتر **

- المانومتر هو جهاز يستخدم لقياس ضغط غاز محبوس في أناء أو لقياس الفرق بين ضغط الغاز المحبوس والضغط الجوي.
- **تركيبه:-**

المانومتر عبارة عن أنبوبة ذات شعبتين (فرعين) أحدهما قصيرة والأخرى طويلة تحتوى علي كمية من سائل مناسب كثافته معروفة وتتصل الشعبة القصيرة بمستودع الغاز المطلوب قياس ضغطه.

- **استخدام المانومتر في قياس ضغط غاز محبوس:-**

عندما يوصل الفرع القصير بمستودع الغاز المحبوس فأنه:

١- إذا كان ضغط الغاز المحبوس أكبر من الضغط الجوي فأن السائل ينخفض في الفرع القصير ويرتفع في الفرع الأخر إلي ارتفاع h .

وبأخذ نقطتين في مستوي أفقي واحد في السائل وليكن النقطتين A , B فأن:

الضغط عند النقطة A (ضغط الغاز المحبوس P) = الضغط عند النقطة B (الضغط الجوى P_a + ضغط عمود السائل الذي ارتفاعه h). أي أن :

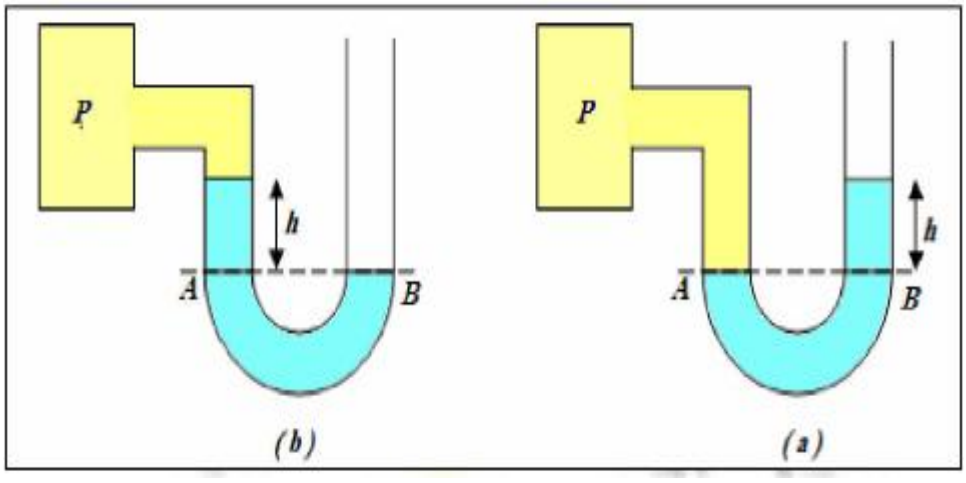
$$P = P_a + h \rho g \quad \text{at} \quad P > P_a$$

٢- إذا كان ضغط الغاز المحبوس أقل من الضغط الجوي فأن السائل ينخفض في الفرع الخالص ويرتفع في الفرع القصير إلي ارتفاع h .

وبأخذ نقطتين في مستوي أفقي واحد في السائل وليكن النقطتين A , B فأن :

الضغط عند النقطة A (ضغط الغاز المحبوس P + ضغط عمود السائل الي ارتفاعه h) = الضغط عند النقطة B (الضغط الجوي P_a) . أي أن:

$$P_a = P + h \rho g \quad \rightarrow \quad P = P_a - h \rho g \quad \text{at} \quad P < P_a$$



SAM STAR FOR Physics 2011

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

وفى كثير من التطبيقات العملية لا يكون قياس ضغط الغاز في المستودع وأنما يكون من المفيد قياس فرق الضغط فقط أي:

$$\Delta P = P - P_a = h \rho g \quad \text{at} \quad P > P_a$$
$$\Delta P = P_a - P = h \rho g \quad \text{at} \quad P < P_a$$

** تطبيقات على الضغط **

(١) قياس ضغط الدم:-

يعتبر انسياب الدم خلال الجسم في العادة انسيابا هادئا . أما إذا كان انسياب الدم مضطربا فأنه يكون مصحوبا بضجيج. ويعتبر هذا الشخص مريضا. ويمكن الإحساس بهذا الضجيج من خلال سماعة الطبيب عند وضعها علي الشريان وهذا يحدث عند قياس ضغط الدم. حيث توجد في العادة قيمتان للضغط هما:-

أ- **الضغط الانقباضي:-** وفيه يكون ضغط الشريان في أقصي قيمة له. ويحدث عندما تتقلص عضلة القلب فيندفع الدم من البطين الأيسر إلي الأورطي ومن هناك إلي الشرايين.

ب- **الضغط الانبساطي:-** وفيه يقل ضغط الدم بالشريان إلي أقل ما يمكن عند انبساط عضلة القلب. وفي الإنسان المتمتع بصحة جيدة يكون الضغط الانقباضي 120 تور والضغط الأنبساطى 80 تور.

(٢) الضغط داخل أطار سيارة:-

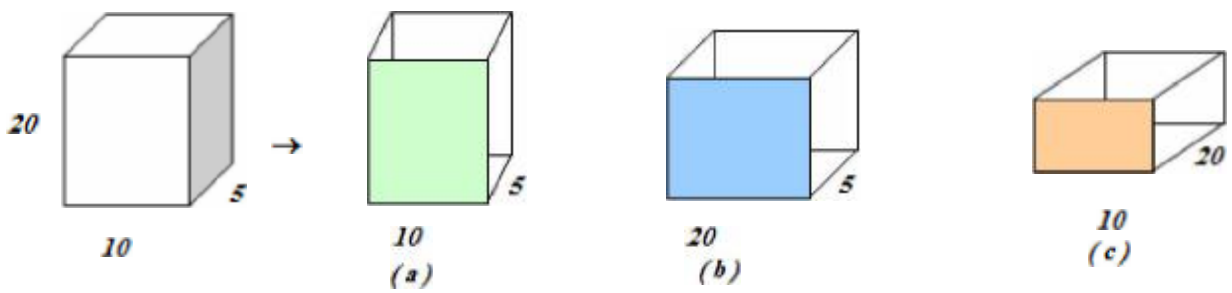
يملئ إطار السيارة بالهواء تحت ضغط عالي لتكون مساحة التماس مع الطريق أقل ما يمكن. أما إذا ملئ الإطار تحت ضغط منخفض فأن مساحة التماس بين الإطار والطريق تزداد الأمر الذي يؤدي إلي زيادة الاحتكاك وسخونة الإطار.

** أمثلة محلولة **

مثال١:- متوازي مستطيلات صلب أبعاده (5 cm , 10 cm , 20 cm) كثافة مادته $5000\ Kg/m^3$ وضع علي مستوي أفقي. احسب أقصي وأقل ضغط له . (عجلة الجاذبية الأرضية = " $10\ m/s^2$

(الحل)

فكرة المثال هي أن متوازي المستطيلات الذي أبعاده (5 cm , 10 cm , 20 cm) له ثلاثة وجوه مختلفة المساحة يمكن أن يوضع علي أي منها كما في الشكل التالي:



SAM STAR FOR Physics 2011

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

وحيث أن الضغط يتناسب عكسيا مع المساحة عند ثبوت القوة المؤثرة. لذا يكون:

* أقصي ضغط عندما يوضع الجسم علي الوجه ذو المساحة الأقل أي الوجه الذي تكون مساحته 50 cm^2 أذا:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A} = \frac{v\rho g}{A} = \frac{5 \times 10 \times 20 \times 10^{-6} \times 5000 \times 10}{5 \times 10 \times 10^{-4}} = 10^4 \ N/m^2$$

** أقل ضغط عندما يوضع الجسم علي الوجه ذو المساحة الأكبر أي الوجه الذي مساحته تساوى 200 cm^2 أذا:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A} = \frac{V\rho g}{A} = \frac{5 \times 10 \times 20 \times 10^{-6} \times 5000 \times 10}{10 \times 20 \times 10^{4}} = 2500 \ N/m^2$$

****

مثال٢:- استخدم مانومتر زئبقي لقياس ضغط غاز محبوس داخل مستودع . فكان سطح الزئبق في الفرع الخالص أعلي من سطحه في الفرع المتصل بالمستودع بمقدار 36 cm . فما قيمة ضغط الغاز بوحدات: cm Hg , Atm , N/m^2 .

" $1 \ P_a = 1 \ atm = 0.76 \ m \ Hg = 1.013 \times 10^5 \ N/m^2$ "

(الحل)

أولا: بوحدة cm Hg :-

(الفكرة : من تعريف الضغط الجوي يكون $1 \ P_a = 76 \ cm \ Hg$ حيث يكافئ الضغط الجوي الناشئ عن وزن عمود من الزئبق ارتفاعه 76 cm وبالتالي يكافئ الضغط عموما الضغط الناشئ عن وزن عمود من الزئبق ارتفاعه h سم سواء كان أكبر أو أقل من 76 سم.

وبالعودة إلي الشكل رقم 1 في المانومتر وبفرض أن السائل زئبق يلاحظ أن الضغط عند النقطة B عبارة عن الضغط الجوي (76 سم زئبق) بالإضافة إلي ضغط عمود الزئبق الذي ارتفاعه 36 سم . إذا يكون :

$$P = P_a + h = 76 + 36 = 112 \ cm \ Hg$$

ثانيا: بوحدة $1 \ P_a = 1 \ atm$ يكون :-

$$1 \ atm = 76 \ cm \ Hg \quad \rightarrow \quad \frac{1}{76} \ atm = cm \ Hg$$

$$P = 112 \ cm \ Hg \ \rightarrow \ P = 112 \ cm \ Hg = 112 \times \frac{1}{76} \ atm = \frac{112}{76} \ atm =$$

$$= 1.474 \ atm$$

ثالثا: بوحدة N/m^2 :-

$$1 \ P_a = 1 \ atm = 1.013 \times 10^5 \ N/m^2$$

$$\rightarrow \ P = 1.474 \ atm = 1.474 \times 1.013 \times 10^5 \ N/m^2 = 1.493 \ N/m^2$$

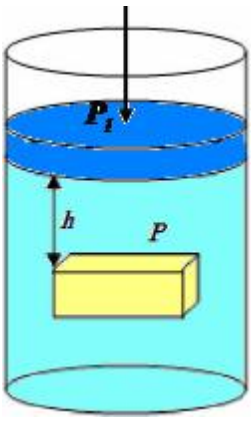
****

SAM STAR FOR Physics 2011

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

** قاعدة باسكال**

أذا أخذنا أحد السوائل في أناء زجاجي كالمبين في الشكل مزود بمكبس في أعلاه. F



فأن الضغط عند نقطة في باطنه علي عمق h هو:

$$P = P_1 + h\rho g$$

حيث P_1 هو الضغط عند سطح السائل (تحت المكبس مباشرة) وهو ناتج عن الضغط الجوي و الضغط الناشئ عن وزن المكبس.

وإذا زدنا الضغط بمقدار ΔP (وذلك بوضع ثقل أضافي علي المكبس) نلاحظ عدم تحرك المكبس إلي الداخل (وذلك لعدم قابلية السائل للانضغاط).

لكن الضغط عند سطح السائل (تحت المكبس مباشرة) سيزداد بدوره بمقدار ΔP وبالتالي يزداد الضغط عند النقطة بنفس المقدار (ΔP) لتصبح قيمته:

$$P = P_1 + h\rho g + \Delta P$$

فإذا زاد الضغط إلي حد معين يمكن أن ينكسر الإناء.

- ولقد قام العالم الفرنسي باسكال بصياغة هذه النتيجة فيما يعرف بمبدأ أو قاعدة باسكال:
- **<u>نص قاعدة باسكال:-</u>**

" عندما يؤثر ضغط علي سائل محبوس في أناء فأن الضغط ينتقل بتمامه إلي جميع أجزاء السائل كما ينتقل إلي جدران الإناء المحتوي علي السائل "

- تطبيقات قاعدة باسكال:-

١- الفرامل الهيدروليكية في السيارات.
٢- كراسي أطباء الأسنان.
٣- مكبس رفع السيارات (المكبس الهيدروليكي).

SAM STAR FOR Physics 2011

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

** المكبس الهيدروليكي **

الغرض منه :-

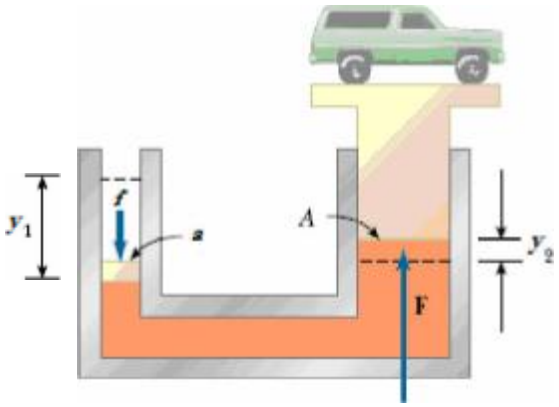
رفع أثقال كبيرة باستخدام قوى صغيرة ويبنى عمله على قاعدة باسكال.

تركيبه :-

يتركب في أبسط صوره من : أسطوانتين رأسيتين مساحة مقطع الأولى صغيرة ومساحة مقطع الثانية كبيرة ويسد كلاً منهما مكبس سداً محكماً .

تتصل الأسطوانتين من أسفل بأنبوبة أفقية وتُملأ الأسطوانتين والأنبوبة الأفقية بسائل مناسب .

شرح عمله :-



١- بفرض أن مساحة الأسطوانة الأولى هو a وأن مساحة
الثانية هو A . فإذا أثرنا على المكبس الصغيرة بقوة f فإن
الضغط على المكبس الصغير يكون :

$$P = \frac{f}{a}$$

٢- ينتقل هذا الضغط بتمامه إلى كل نقطة في السائل فيتأثر المكبس الكبير بقوة تعمل على رفعه إلى أعلى .
ولإعادة المكبس إلى موضعه الأصلي نؤثر عليه من أعلى بقوة F وعندئذ يكون الضغط على المكبس الكبير هو :

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

٣- وعند اتزان المكبسين في مستوى أفقي واحد يكون الضغط على المكبس الكبير مساوياً للضغط على المكبس الصغير ومساوياً P أي أن :

$$P = \frac{f}{a} = \frac{F}{A} \leftrightarrow \frac{f}{a} = \frac{F}{A} \leftrightarrow F = \frac{f}{a} A$$

ومنها يمكن معرفة مقدار القوة الكبيرة F التي يمكن رفعها بواسطة قوة صغيرة f.

الهيدروليكي والتي تُعرف بأنها :

* النسبة بين القوة الضاغطة الكلية على المكبس الكبير والقوة الضاغطة الكلية على المكبس الصغير .

* النسبة بين مساحة مقطع المكبس الكبير إلى مساحة مقطع المكبس الصغير .

أي أن الفائدة الآلية (الميكانيكية) للمكبس الهيدروليكي η تُعطى من العلاقة :

$$\eta = \frac{F}{f} = \frac{A}{a}$$

SAM STAR FOR Physics 2011

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$\frac{f}{a}$

س:- ما معنى أن الفائدة الآلية لمكبس هيدروليكي = 100 ؟

ج :- معنى ذلك أن النسبة :

* بين القوة الضاغطة الكلية على المكبس الكبير و القوة الضاغطة الكلية على المكبس الصغير = ١٠٠ .

* بين مساحة مقطع المكبس الكبير إلى مساحة المكبس الصغير = ١٠٠ .

**** الشغل المبذول بواسطة كلاً من المكبسين :-**

١- بفرض أننا أثرنا على المكبس الصغيرة بقوة قدرها f نيوتن . فإن المكبس الصغير يتحرك مسافة قدرها y_1 إلى أسفل .

٢- وحيث أن الضغط ينتقل بتمامه إلى جميع أجزاء السائل فإن المكبس الكبير سوف يتأثر بقوة قدرها F نيوتن وعندئذ يتحرك مسافة قدرها y_2 إلى أعلى .

٣- إذاً يكون الشغل المبذول بواسطة المكبس الصغير هو : $f \ y_1$ حيث (الشغل = القوة × المسافة) .

والشغل المبذول بواسطة المكبس الكبير هو : $F \ y_2$.

٤- وطبقاً لقانون بقاء الطاقة يكون :

الشغل المبذول بواسطة المكبس الصغير = الشغل المبذول بواسطة المكبس الكبير أي أن :

$$f \ y_1 = F \ y_2 \quad \rightarrow \quad \frac{F}{f} = \frac{y_1}{y_2} \quad \rightarrow \quad F = \frac{y_1}{y_2} f \quad \rightarrow \quad y_1 = \frac{F}{f} y_2$$

منها يمكن تعيين المسافة التي يتحركها أحد المكبسين بمعرفة المسافة التي تحركها المكبس الأخر .

*** وبصفة عامة تُعطى الفائدة الآلية من العلاقة :

$$\eta = \frac{F}{f} = \frac{A}{a} = \frac{y_1}{y_2}$$

SAM STAR FOr Physics 2011

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

** قاعدة أرشميدس وقانون الطفو **

*** لاحظ أرشميدس عدداً من الظواهر المألوفة في الحياة منها ما يلي :-**

١- إمكانية رفع جسم بسهولة عندما يكون مغموراً تحت سطح الماء بينما يكون من الصعب رفعه في الهواء .

٢- طفو قطعة من الفلين عند غمرها في الماء .

٣- يغوص مسمار من الحديد في الماء بينما تطفو سفينة كبيرة من الحديد عليه .

** وقد فسر أرشميدس ما حدث في الحالات السابقة بأن الجسم عندما يُغمر تحت سطح سائل ما فإن الجسم يؤثر على السائل بقوة إلى أسفل .

وبالتالي فإن السائل سيؤثر على الجسم بقوة إلى أعلى تسمى ب "قوة دفع السائل على الجسم".

ولقد وجد أرشميدس أن قوة دفع السائل على الجسم = وزن السائل المزاح.

**** تنص "قاعدة أرشميدس " على أن:-**

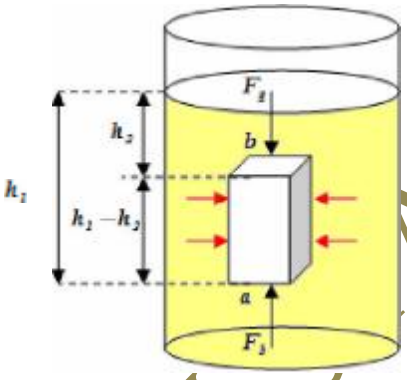
"الجسم المغمور كلياً أو جزئياً في المائع (سائل أو غاز) يكون مدفوعاً بقوة إلى أعلى هذه القوة تُعادل وزن حجم المائع الذي يزيحه الجسم كلياً أو جزئياً على الترتيب".

**** استنتاج قاعدة أرشميدس نظرياً :-**

١- نفرض أن لدينا سائل كثافته ρ ساكن في وعاء . ونتخيل أسطوانة منتظمة من هذا السائل حجمها V_{OL} ومساحة قاعدتها A وارتفاعها h كما بالشكل :-

٢- يتأثر هذا الجزء من السائل بقوى من جميع الاتجاهات (قوى جانبية وقوى من أسفل ومن أعلى .

٣- هذا الجزء من السائل كأي جزء آخر في حالة أتزان (أي ثابت في مكانه لا يحرك في أي اتجاه) فتكون القوى المؤثرة علية هي :



(أ) القوى الأفقية (الممثلة بالأسهم الحمراء) : وهذه تُلاشى بعضها البعض (لأن كلاً منها عبارة عن قوتان متقابلتان متساويتان في المقدار ومتضادتين في الاتجاه).

(ب) القوى الرأسية : وهى تتكون من قوتين :

الأولى :- تؤثر من أعلى إلى أسفل وهى عبارة عن وزن هذا الحجم من السائل أي :

قوة وزن هذا الجزء من السائل = حجمه × كثافته× عجلة الجاذبية.

أو :

$$(F_g)_L = V_{OL}\ \rho\ g$$

والثانية :- تؤثر من أسفل إلى أعلى وتنشأ عن فرق الضغط بين السطحين السفلى a والعلوي b لهذا الحجم من السائل وتُسمى ب "قوة الدفع على أسطوانة السائل"ويرمز لها بالرمز F_b أي أن :

$$F_b = \Delta P\ A$$

$$\Delta P = P_a - P_b = h_1 \rho g - h_2 \rho g = (h_1 - h_2)\rho g = h \rho g$$

SAM AR FOR Physics 2011

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

حيث أن : $h = h_1 - h_2$

$\rightarrow \quad F_b = h\,\rho g\, A = V_{OL}\,\rho g$

حيث أن: $V_{OL} = h\, A$

وحيث أن الأسطوانة متزنة (أي لا تتحرك إلى أعلى ولا إلى أسفل) فإن :

قوة دفع السائل = وزن أسطوانة السائل . أو:

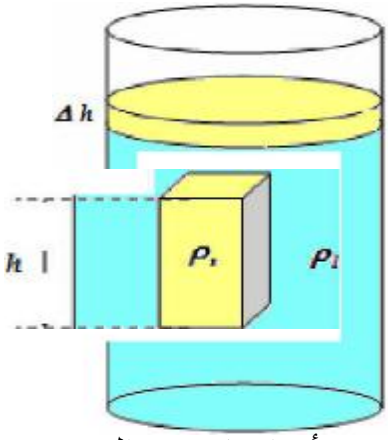
$$F_b = V_{OL}\,\rho g = (F_g)$$

س:- ما معنى أن قوة دفع سائل لجسم طاف = 20 نيوتن ؟

ج:- معنى ذلك أن وزن الجسم الطافي فوق سطح السائل = 20 نيوتن .

أو وزن السائل المزاح بواسطة الجسم = 20 نيوتن .

** العلاقة بين وزن الجسم في الهواء ووزنه وهو مغمور في سائل **



إذا استبدالنا أسطوانة السائل السابقة بأسطوانة من مادة صلبة لها نفس الشكل

والحجم كثافتها ρ_s فإننا نجد أن السائل يُزاح مسافة قدرها Δh .

ويكون وزن الأسطوانة الصلبة هو :

$$(F_g) = V_{OL}\,\rho_s\, g$$

وقوة دفع السائل هي :

$$(F_b) = V_{OL}\,\rho_L\, g$$

وبالتالي تكون القوة المحصلة المؤثرة على الأسطوانة الصلبة هي:

$$F = F_b + (-(F_g)_s)$$

حيث F هو مجموع (محصلة) القوى المؤثرة على الجسم . كما أُفترض أن اتجاه F_b إلى أعلى لذا يكون موجباً والاتجاه المخالف (اتجاه $(F_g)_s$) يكون بالسالب .

$$F = F_b - (F_g)_s = V_{OL}\,\rho_L\, g - V_{OL}\,\rho_s\, g$$

$$F = (\rho_L - \rho_s)\, V_{OL}\, g$$

وتبعاً للمعادلة السابقة يمكن أن يكون الجسم المغمور في إحدى الحالات الثلاث التالية:

١- يغوص الجسم إلى القاع : عندما يكون وزن الجسم أكبر من قوة الدفع أي $(F_g)_s > F_b$

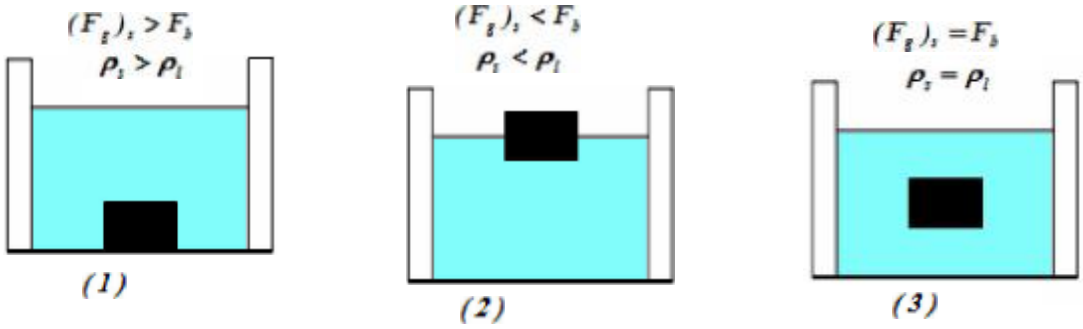
ويحدث عندما تكون كثافة الجسم أكبر من كثافة السائل $\rho_s > \rho_L$ (محصلة القوة إلى أسفل).

٢- يطفو الجسم على سطح السائل: عندما يكون وزن الجسم أقل من قوة الدفع أي $(F_g)_s < F_b$

ويحدث عندما تكون كثافة الجسم أصغر من كثافة السائل $\rho_s < \rho_1$ (محصلة القوة إلى أعلى).

٤- يبقى الجسم معلقاً في السائل : عندما يكون وزن الجسم مساوياً لقوة الدفع أي $(F_g)_s = F_b$

ويحدث عندما تكون كثافة الجسم مساوية لكثافة السائل $\rho_s = \rho_1$ (محصلة القوة = صفر).



SAMSTAR FOR Physics 2011

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

** الوزن الظاهري في السائل **

إذا عُلق جسم في ميزان زنبركي ثم غُمر بالكامل في سائل بحيث لا يُلامس قاع الإناء فإن وزنه وهو مغمور في السائل $(F_g)'_s$ بمقدار قوة دفع السائل F_b أي أن :

الوزن الظاهري للجسم المغمور = وزنه في الهواء – قوة دفع السائل عليه . أو :

$$(F_g)'_s = (F_g)_s - F_b$$

ومنها تكون قوة الدفع عبارة عن :

$$F_b = (F_g)_s - (F_g)'_s$$

** تطبيقات على الطفو **

١ـ تقنية المعالجة بالماء : فيُعانى بعض المرضى من مشكلة رفع أو تحريك أطرافهم بسبب ضرر أو مرض بالعضلات أو المفاصل الأمر الذي يحتاج إلى العلاج الطبيعي .لذا يغمر المريض جسمه في الماء فينعدم وزنه تقريباً وتقل بذلك القوة والمجهود اللازم لتحريك أطرافه وأداء تمرينات العلاج الطبيعي .

٢ـ تجارب انعدام الوزن : حيث تجرى بعض تجارب انعدام الوزن في حاويات مملوءة بسائل يُضبط تركيزه بحيث تتزن قوة الدفع مع الوزن .

٣ـ طفو الغواصات : حيث تحتوى الغواصة على فراغات كبيرة وعندما تمتلئ هذه الفراغات بالهواء تطفو الغواصة .وتغوص عندما تملئ الفراغات بالماء. ونفس الشئ تقريباً في الأسماك .

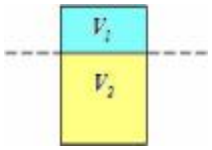
٤ـ سترة الغطس : فيُغير الغواص الضغط في السترة التي يرتديها عند الغطس إلى أعماق كبيرة ليتحكم في قوة الطفو .

SAM STAR FOR Physics 2011

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

** ملاحظات هامة جداً **

١- في حالة الجسم المغمور كلياً في سائل يكون :
* حجم السائل المزاح = حجم الجسم كله .
* وتكون قوة الدفع مساوية ل "حجم الجسم المغمور × كثافة السائل × عجلة الجاذبية .
٢- في حالة الجسم الطافي فوق سطح سائل يكون :
* حجم الجسم كله V = حجم الجزء الطافي V_1 + حجم الجزء المغمور V_2 .
أو: $V = V_1 + V_2$



* حجم السائل المُزاح = حجم الجزء المغمور فقط .
* وتكون قوة الدفع مساوية ل "حجم الجزء المغمور فقط × كثافة السائل × عجلة الجاذبية .
٣- إذا غُمرت أجسام متساوية في الحجم من معادن مختلفة الكثافة في سائل واحد فإن النقص في وزنها يكون متساوياً وذلك لأن النقص في الوزن عبارة عن:
(الوزن في الهواء – الوزن وهو مغمور) الذي هو عبارة عن قوة الدفع التي:
تساوى حجم الجسم المغمور × كثافة السائل × عجلة الجاذبية . أو :
$$F_b = (F_g)_s - (F_g)'_s = V_{OL}\ \rho_L\ g$$
٤- إذا طفا جسم فوق عدة سوائل مختلفة الكثافة (مثل الماء و الجليسرين) فإن قوة دفع الماء على الجسم تكون مساوية لقوة دفع الجليسرين على نفس الجسم وذلك لأن كلاً منهما تساوى وزن الجسم الطافي .
٥- إذا انتقلت سفينة من الماء المالح إلى الماء العذب فإن قوة دفع الماء على السفينة لا تتغير لأن قوة الدفع تساوى وزن السفينة .
****

** تعليلات هامة **

١- جميع النقط الواقعة في مستوى أفقي واحد في سائل متجانس تكون متساوية في الضغط ؟
ج:- لأن جميع هذه النقط على عمق واحد من سطح السائل كما أن كثافة السائل المتجانس متساوية في جميع النقط لذا يكون الضغط متساوياً فيها لأن :
$$P = h\ \rho\ g .$$
٢- تُبنى السدود بحيث يكون سمكها من أسفل أكبر من سمكها في الأعلى ؟
ج:- لأن الضغط يزداد بزيادة العمق وبالتالي تكون القوة الضاغطة على الجسم السد من أسفل أكبر منها من أعلى الأمر الذي يفرض أن يكون السد أكبر سمكاً في أسفل .
٣- عندما يؤثر ضغط على سائل محبوس في إناء فإن الضغط ينتقل بتمامه إلى جميع أجزاء السائل ؟
ج:- لأن السوائل غير قابلة للانضغاط لذا فأي زيادة في الضغط على سائل تجعل جزيئات السائل يدفع بعضها البعض بقوة فينتقل الضغط إلى جميع أجزاء السائل .

SAMSTAR FOR Physics 2011

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

٤- لا يتأثر ارتفاع الزئبق في البارومتر بمناسبة مقطع الأنبوبة ؟
ج:- لأن الضغط يُقدر بالقوة المؤثرة عمودياً على وحدة المساحات وهى تتوقف على ارتفاع الزئبق في البارومتر وكثافته فقط حيث $p = h \rho g$.
٥- يستخدم الزئبق كمادة بارومترية بدلاً من الماء ؟
ج:- فحيث أن ارتفاع السائل في البارومتر يتناسب عكسياً مع كثافته وحيث أن كثافة الزئبق 13.6 مرة قدر كثافة الماء لذا عند استخدام الماء في البارومتر يكون ارتفاع عمود الماء كبيراً حوالي 10.33 متراً بينما في حالة الزئبق يكون ارتفاع عمود الزئبق 0.76 متر فقط .
٦- يُحفظ الزئبق في أواني سميكة الجدران ؟
ج:- لأن كثافة الزئبق كبيرة جداً مقارنة مع باقي السوائل لذا تكون القوة الضاغطة الناشئة عنه كبيرة جداً .
٧- لا يمكن تطبيق قاعدة باسكال على السوائل ؟
ج:- يرجع ذلك لعدة أسباب هي :
* الغاز قابل للانضغاط فيتغير حجمه بتأثير الضغط الواقع عليه .
* عند إحداث ضغط على المكبس الصغير فإن جزءاً من الشغل المبذول على وحدة الحجوم منه يُستهلك في إنقاص حجم الغاز .
* نتيجة لذلك تنقص قيمة الشغل المبذول على وحدة الحجوم من المكبس الكبير فيكون الضغط الناتج عند المكبس الكبير أقل من الضغط المؤثر على المكبس الصغير .
٨- يستطيع المكبس الهيدروليكي رفع أثقال كبيرة بوضع أثقال صغيرة على المكبس الصغير ؟
ج:- فحيث أن الضغط ينتقل بتمامه إلى جميع أجزاء السائل . إذاً يكون الضغط على المكبس الكبير مساوياً للضغط على المكبس الصغير أي أن :

$$\frac{f}{a} = \frac{F}{A}$$

ولما كانت مساحة المكبس الكبير A أكبر بكثير من مساحة المكبس الصغير a فلابد أن تكون القوة الكلية المؤثرة على المكبس الكبير F أكبر من القوة الكلية المؤثرة على المكبس الصغير f .
٩- في المكبس الهيدروليكي تكون الفائدة الآلية دائماً أكبر من الواحد الصحيح ؟
ج:- لأن :

$$\eta = \frac{F}{f} = \frac{A}{a}$$

ولما كانت مساحة المكبس الكبير A أكبر بكثير من مساحة المكبس الصغير a وأيضاً القوة الكلية المؤثرة على المكبس الكبير F أكبر من القوة الكلية المؤثرة على المكبس الصغير f لذا تكون الفائدة الآلية للمكبس أكبر دائماً من الواحد الصحيح .
١٠- عند استخدام مانومتر لقياس فرق ضغط صغير بين غاز محبوس في إناء والضغط الجوى يُفضل وضع ماء بالمانومتر بدلاً من الزئبق ؟
ج:- ذلك للأسباب التالية :

SAM STAR FOR Physics 2011

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

* بما أن $p = h \rho g$ فإنه عندما يكون الضغط P ثابتاً يتناسب فرق ارتفاع عمودي الزئبق في الفرعين عكسياً مع الكثافة أي أن : $h \alpha \frac{1}{\rho}$.

* وحيث أن كثافة الزئبق أكبر من كثافة الماء بمقدار 13.6 مرة لذا يكون الفرق بين ارتفاع عمودي الزئبق في الفرعين صغيراً وبالتالي فإن أي خطأ في قراءة هذا الفرق يحدث خطأ كبيراً في الضغط .

* أما في حالة الماء يكون الفرق بين ارتفاع عمودي الماء في الفرعين كبيراً وبالتالي يكون الخطأ النسبي في القراءة صغيراً وبذلك يمكن قياس فرق الضغط بدقة .

١١- لا تصل كفاءة المكبس الهيدروليكي إلى 100 % ؟

ج:- يرجع ذلك للأسباب التالية :

* وجود قوى احتكاك بين المكابس وجدران الإناء .
* وجود فقاعات هوائية في السائل مما يسبب استهلاك شغل في انضغاط هذه الفقاعات .

١٢- يمكن للغواص أن يغوص إلى عمق أكبر في ماء النهر عن ماء البحر ؟

ج:- حيث أن الغواص يتحمل ضغط متساوي في الحالتين وحيث أن كثافة ماء البحر أكبر من كثافة ماء النهر لذا يغوص الغواص لعمق أكبر في النهر عنه في البحر لأن $h \alpha \frac{1}{\rho}$ عند ثبوت الضغط .

SAM STAR FOr Physics 2011

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com