

القوى الناشئة من الموائع

Forces due to Fluids**Uphrust [١ - ٤] الدفع لأعلى**

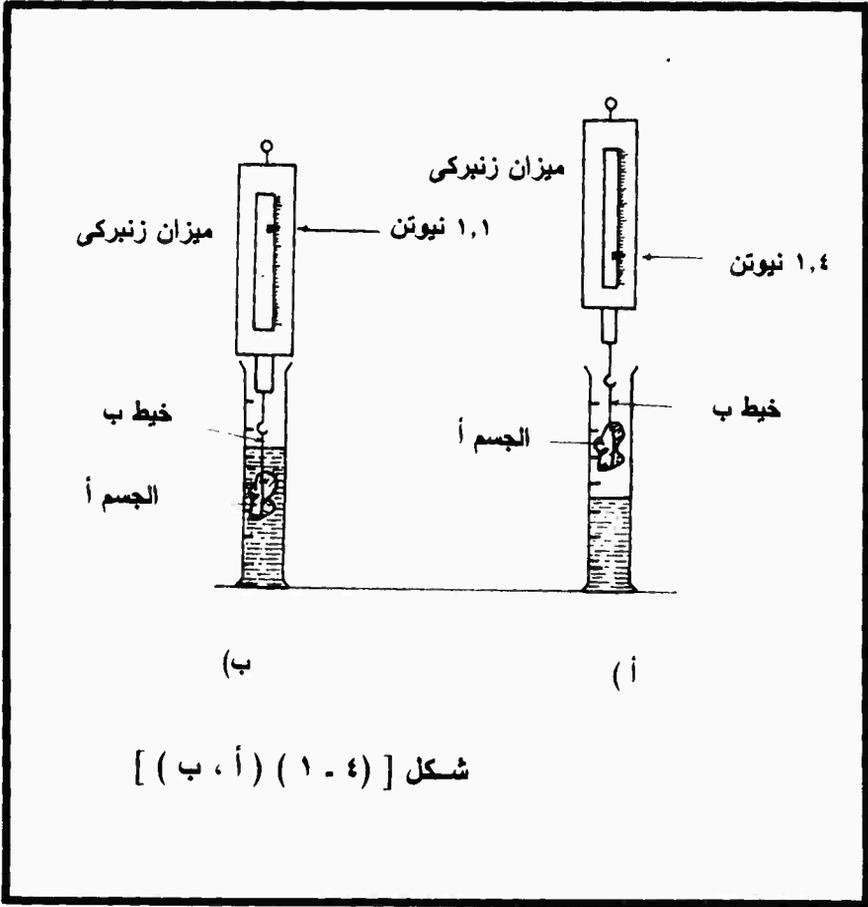
إذا قمنا بغمر قطعة من الفلين في سائل ما ثم تركناها ، فإنها سرعان ماتطفو على السطح وهذا يدل على وجود قوة بالسائل أو دفع يعمل على دفع قطعة الفلين وهذه القوة أكبر من وزن الجسم ذاته (قطعة الفلين) . وعلى ذلك فإن أى جسم يتم غمره كلياً أو جزئياً في سائل ، يؤثر عليه قوة دفع لأعلى ،

ولولا قوة الدفع هذه لغرقت السفن والغواصات في مياه البحار ويمكننا أن نطفو فوق سطح الماء بأجسامنا أثناء السباحة بمساعدة قوة الدفع هذه . وتؤثر الموائع « الماء والسوائل والغازات » بقوى دفع علوى على أى جسم بداخلها .

فالبالون الطائر يؤثر عليه دفع علوى نتيجة لضغط الهواء عليه والذي يعادل وزن البالون « في حالة طيرانه على إرتفاع ثابت » . إلا أن السوائل تُبدى قوى دفع أكبر من تلك الناشئة من الغازات وذلك لكثافتها المرتفعة مقارنة بالغازات .

Uphrust measurment in liquids [٢ - ٤] قياس دفع السوائل

يمكن قياس دفع السوائل على الأجسام الصغيرة ، في المعامل باستخدام ميزان زنيركى spring-balance ، كما يتضح في شكل [(١ - ٤) أ ، ب]



شكل [(٤ - ١) (أ ، ب)]

ويوضح شكل [٤ - ١ - أ] ، جسم (أ) عبارة عن معدن مربوط في الميزان الزنبركي بواسطة خيط (ب) ولنفترض أن قراءة الميزان كانت ١,٤ نيوتن وهي عبارة عن وزن الجسم (أ) .

في حين يوضح شكل [٤ - ١ - ب] الجسم (أ) مغمورا كلياً في سائل فنلاحظ إنخفاض قراءة الميزان الزنبركي إلى ١,١ نيوتن وهي عبارة عن مقدار الشد (القوة) في الخيط (ب) المربوط به الجسم (أ) ، ويلاحظ أنها تقل عن القراءة الأولى [١,٤ نيوتن] ، وذلك لأن السائل يدفع لأعلى أو يُبدى قوة دفع على الجسم (أ) ، ومن القرائتين :

$$\text{الدفع} = ١,٤ - ١,١ = ٠,٣ \text{ نيوتن}$$

ويطلق على الوزن « ١,١ » نيوتن في شكل [٤ - ١ - ب] ، بالوزن الظاهري للجسم (أ) في السائل ، وهي فعلا تساوى الشد (ش) في الخيط (ب) المعلق به الجسم (أ) ، في حين أن القراءة « ١,٤ » نيوتن في شكل [٤ - ١ - أ] تعتبر الوزن الحقيقي للجسم (أ) .
وبذلك فإن النقص الظاهري في الوزن = الدفع .

مثال : علق جسم صلب من معدن أو أى شيء آخر (أ) بواسطة خيط في ميزان زنبركى (م) ثم سجل قراءة الميزان .
ثم إملأ إسطوانة قياس مناسبة « مخبر مدرج مناسب » «خ» بالماء إلى إرتفاع مناسب وليكن ٥٠ سم^٣ ، مثلا . بعد ذلك إغمر تماما الجسم (أ) في الماء بحيث يكون معلق تماما رأسيا أسفل الميزان وبدون أن يلامس جدار المخبر (خ) ، كما في شكل [٤ - ١ - ب] .
ثم سجل القراءة الجديدة للميزان (م) ، ومستوى سطح الماء في المخبر « يرتفع » .

والآن نفترض أن القراءات كانت كالتالى :

وزن الجسم (أ) في الهواء [شكل ٤-١-أ] = ١,٢ نيوتن

وزن الجسم (أ) في الماء [شل ٤-١-ب] = ٠,٩ نيوتن

حجم الماء قبل غمر الجسم = ٥٠ سم^٣

حجم الماء بعد غمر الجسم = ٨٠ سم^٣

∴ الدفع على الجسم أ = وزنه في الهواء - وزنه في الماء

الدفع على الجسم أ = ١,٢ - ٠,٩ = ٠,٣ نيوتن

حجم الماء المزاح نتيجة غمر الجسم (أ) = ٨٠ - ٥٠ = ٣٠ سم^٣

وكتلة الماء المزاح = ٣٠ جرام

∴ وزن الماء المزاح = ٠,١ × ٣٠ = ٠,٣ نيوتن

وذلك لأن وزن كتلة مقدارها ١ جم يعادل ٠,١ نيوتن « تقريبا » .

□ الإستنتاج :

« مقدار الدفع على جسم مغمور في الماء يعادل وزن الماء المزاح حاول تكرار التجربة مع أجسام أخرى في الماء أو مع سوائل أخرى ونفس الجسم وستلاحظ أن هذه القاعدة صحيحة دائما » .

[٤ - ٣] قاعدة « مبدأ » أرشميدس *Archimedes Principle*

يعتبر أرشميدس من أعظم العلماء فيما قبل الميلاد وإمتدت حياته من عام ٢٨٧ ق . م وحتى عام ٢١٢ ق . م [خمسة وسبعون عاما] . وقد قام بعده إكتشافات وإختراعات كثيرة تعتبر في وقتها انجازاً ضخماً في تاريخ العلم ، إلا أن أشهرها قاطبة هو قانون أرشميدس للطفو والذي يستخدم حتى اليوم .

وتتحدث هذه القاعدة عن مقدار الدفع الذي يتعرض له جسم مغمور كلياً أو جزئياً في سائل ،

وينص مبدأ أرشميدس على الآتى :

عند غمر جسم كلياً أو جزئياً في مائع « سائل أو غاز » فإن مقدار الدفع عليه يعادل وزن السائل المزاح .

وسوف يمكنك أن تلاحظ بسهولة عند غمر جسم في سائل جزئياً أو كلياً أنه كلما زادت كمية السائل المزاحة كلما زادت قيمة الدفع لأعلى .

ولكى نتعرف على ما يعنيه هذا ، عملياً ، إحضر كرة ذات حجم مناسب وحاول غمرها تحت سطح الماء في وعاء مناسب ، ستلاحظ أنه كلما حاولت غمر الكرة لعمق أكبر ، كلما تعرضت لقوة دفع أكبر ، والعكس صحيح كذلك .

وإذا حاولت غمر الكرة كلية وتركتها فإنها سوف تصعد للسطح بقوة أكبر مما لو غمرتها جزئياً وتركتها .

ويعتمد مبدأ أرشميدس على الكثافة ، فكلما زادت كثافة السائل كلما زادت قوة الدفع العلوى .

ولما كانت مياه البحار تحتوى على نسبة أملاح أكبر من مياه الأنهار مما يؤدي لزيادة كثافة مياه البحار عن مياه الأنهار والمياه العذبة ، أنظر جدول [٣ - ١] ، لهذا نجد أن الانسان يسبح « يطفو » بسهولة أكبر فى مياه البحار عن المياه العذبة .

وفى مياه البحر الميت بالأردن نجد أنه يحتوى من الأملاح على ما يعادل ست أضعاف مياه البحار الأخرى مما يؤدي إلى إرتفاع كثافة مياهه بكثير عن أى مياه بحار أخرى وتُصبح عملية السباحة والطفو به فى غاية اليُسْر .

[٤ - ٤] أمثلة على مبدأ أرشميدس :

(١) مكعب من الحديد حجمة ٨٠٠ سم^٣ ، غُمر تماما فى :
أ - الماء

ب - زيت ذو كثافة ٠,٨ جم/سم^٣

ج - غاز الأوكسجين الذى كثافته ٠,٠٠١٥ جم/سم^٣ ،

فإحسب الدفع فى كل حالة من الحالات الثلاث السابقة بإعتبار أن وزن كتلة مقدارها ١ جرام يعادل (٠,٠١) نيوتن

الحل :

الدفع = وزن السائل المزاح

أ) الدفع = وزن ٨٠٠ سم^٣ من الماء

$$= ٨٠٠ \times ٠,٠١ = ٨ \text{ نيوتن .}$$

ب) الدفع = وزن ٨٠٠ سم^٣ من الزيت

$$= ٨٠٠ \times ٠,٨ \times ٠,٠١ = ٦,٤ \text{ نيوتن}$$

ج) الدفع = وزن ٨٠٠ سم^٣ من الأوكسجين

$$= ٨٠٠ \times ٠,٠٠١٥ \times ٠,٠١ = ٠,٠١٢ \text{ نيوتن}$$

(٢) إذا كان وزن مكعب من معدن ما يزن ١ نيوتن ، فى الهواء ، فى حين أنه يزن ٠,٨ نيوتن عند غمره تماما فى الماء .

فإحسب حجم مكعب المعدن وكثافته ؟

الحل :

الدفع = الوزن في الهواء - الوزن في الماء = ١ - ٨ = ٧ ، ٢ نيوتن

$$\text{كتلة المكعب} = \frac{١ \text{ نيوتن}}{٠,٠١} = ١٠٠ \text{ جم}$$

∴ ٧ نيوتن = وزن الماء المزاح .

$$\text{كتلة الماء المزاح} = \frac{٧}{٠,٠١} = \frac{٧٠}{١} = ٧٠ \text{ جرام}$$

∴ حجم الماء المزاح = ٧٠ سم^٣ = حجم المكعب .

$$\text{∴ الكثافة} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}} = \frac{١٠٠}{٧٠} = ١,٤٣ \text{ جم/سم}^٣$$

(٣) مكعب من الحديد كتلته : ٦٤٠ جم وكثافته = ٨ جم/سم^٣ ، علق بخيط بحيث يكون مغمور جزئيا (نصف مغمور) في زيت كثافته ٩ ، ١ جم/سم^٣ ، احسب قوة الشد في الخيط ؟

الحل :

وزن المكعب (في الهواء) = ٦٤٠ × ٠,٠١ = ٦٤ نيوتن .

$$\text{حجم المكعب} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الكثافة}} = \frac{٦٤٠}{٨} = ٨٠ \text{ سم}^٣$$

الحجم المغمور من المكعب = نصفه = ٤٠ × ١ = ٤٠ سم^٣ .

∴ حجم الزيت المزاح = ٤٠ سم^٣ كذلك

الدفع = وزن ٤٠ سم^٣ من الزيت المزاح

الدفع = ٤٠ × ٩ × ٠,٠١ = ٣٦ نيوتن

∴ الشد في الخيط = الوزن الظاهري = الوزن في الهواء - الدفع

$$= ٦٤ - ٣٦ = ٢٨ \text{ نيوتن}$$

[٤ - ٥] قياس الكثافة باستخدام قاعدة أرشميدس :

يمكن استخدام قاعدة أرشميدس في قياس كثافة الأجسام والسوائل وفيما يلي تجارب لبيان طريقة قياسها .

أولاً : قياس كثافة الأجسام الصلبة باستخدام قاعدة أرشميدس

قم بوزن قطعة من معدن وليكن عمود من النحاس وذلك بربطها في خيط في ميزان زبركي وليكن الوزن = K_1
ثم قم بوزن نفس القطعة بغمرها تماماً في وعاء (كأس) به ماء وتأكد من عدم ملامسة النحاس لجوانب الكأس ، وليكن الوزن هنا = K_2
∴ الدفع في الماء = $K_1 - K_2$
وباعتبار أن وزن جسم كتلته ١ جم = ٠,٠١ نيوتن

$$\therefore \text{كتلة الماء المزاح} = \frac{K_1 - K_2}{0,01}$$

وهي تساوي عددياً الحجم المزاح بالسنتيمتر المكعب لأن كل ١ جم من الماء ، حجمه = ١ سم^٣ .

$$\text{، كتلة النحاس بالجرامات} = \frac{K_1}{0,01}$$

$$\therefore \text{كثافة النحاس} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}} = \frac{\frac{K_1}{0,01}}{\frac{K_1 - K_2}{0,01}} = \frac{K_1}{K_1 - K_2} \text{ جم/سم}^3$$

ولتأكيد هذا بالأرقام فإنه في تجربة لقياس كثافة معدن (س) ، يبلغ وزن العينه ٣,٦ نيوتن في الهواء ، ٣,٢ نيوتن في الماء عند غمرة كلية ∴ الدفع = ٣,٦ - ٣,٢ = ٠,٤ نيوتن = وزن الماء المزاح بالمعدن (س)

$$\therefore \text{كتلة الماء المزاح} = \frac{0,4}{0,01} = 40 \text{ جرام} .$$

$$\text{وكتافة الماء} = 1 \text{ جم/سم}^3 .$$

$$4 \text{ . . . حجم الماء المزاح} = 40 \text{ سم}^3 = \text{حجم المعدن (س)} .$$

$$\text{، كتلة المعدن (س)} = \frac{3,6}{0,01} = 360 \text{ جرام} .$$

$$\therefore \text{كتافة المعدن (س)} = \frac{360}{40} = \frac{360}{320-360} = \frac{1 \text{ ك}}{1 \text{ ك} - 3 \text{ ك}} = 9 \text{ جرام/سم}^3$$

ثانيا : قياس كثافة السوائل باستخدام قاعدة أرشميدس :

١ — إوزن قطعة كبيرة مناسبة من معدن أو جسم صلب في الهواء وليكن الوزن = 1 ك

٢ — إغمرها تماما في كأس به السائل المراد قياس كثافته وليكن الوزن = 2 ك

٣ — إغمرها تماما في كأس به ماء وليكن الوزن = 3 ك

مع التأكد من تخفيف الجسم الصلب أو المعدن عند نقله من كأس السائل إلى كأس الماء ، وعدم ملاسة الجسم لجدران الأسطوانة .

الدفء على الجسم في السائل = $1 \text{ ك} - 2 \text{ ك}$ = وزن السائل المزاح

وباعتبار أن ما كتلته ١ جم يزن ٠,٠١ نيوتن

$$\therefore \text{كتلة السائل المزاح بالجرامات} = (1 \text{ ك} - 2 \text{ ك}) \div 0,01$$

وكذلك :

الدفء على الجسم في الماء = $1 \text{ ك} - 3 \text{ ك}$ = وزن الماء المزاح

وكما رأينا فإن حجم الماء المزاح بالجسم بالسنتيمتر المكعب

$$= (1 \text{ ك} - 3 \text{ ك}) \div 0,01 \text{ وهي نفسها حجم السائل المزاح بنفس}$$

الجسم

$$\therefore \text{كثافة السائل} = \frac{\text{كتلة السائل المزاح}}{\text{حجم السائل المزاح}} = \frac{1 \text{ ك} - 2 \text{ ك}}{1 \text{ ك} - 3 \text{ ك}}$$

وتأكيد لهذا فإنه في أحد التجارب ، كان وزن الجسم = ١٦ نيوتن في الهواء ،
 ١٢,٨ نيوتن في الزيت المراد معرفة كثافته ، ١٢ نيوتن في الماء
 ∴ الدفع في الزيت = ١٦ - ١٢,٨ = ٣,٢ نيوتن = وزن الزيت المزاح ،
 ، الدفع في الماء = ١٦ - ١٢ = ٤ نيوتن = وزن الماء المزاح
 ويساوى في نفس الوقت حجم الماء المزاح .

$$\text{، كتلة الماء المزاح} = \frac{٤}{٠,٠١} = ٤٠٠ \text{ جرام}$$

∴ حجم الماء المزاح = حجم الزيت المزاح = ٤٠٠ سم^٣ .

$$\text{، كتلة الزيت المزاح} = \frac{٣,٢}{٠,٠١} = ٣٢٠ \text{ جرام}$$

$$\text{∴ كثافة السائل (الزيت)} = \frac{٣٢٠}{٤٠٠} = ٠,٨ \text{ جم/سم}^٣$$

Principle of Flotation

[٤ - ٦] مبدأ الطفو

تعرض القوارب والسفن وغيرها من الأشياء ، التي تطفو في المياه
 إلى قوى دفع ، وذلك بالرغم من أنها مغمورة جزئياً في المياه .
 ويعادل الدفع المؤثر على هذه الأجسام ، وزن الماء المزاح بها طبقاً لمبدأ
 أرشميدس .

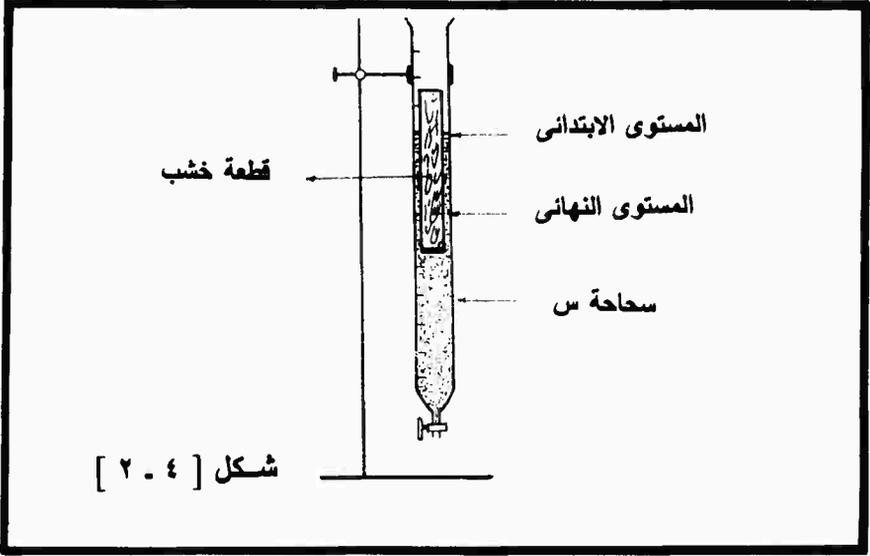
تجربة :

ليبان مقدار الدفع على الأجسام الطافية ، نحضر قضيب رفيع من
 الخشب ويتم موازنته من إحدى النهايتين ..

ثم نحضر سحاحة burette (س)

ونملأها جزئياً بالماء ويتم مراقبة وتسجيل مستوى سطح الماء « على التدرج »
 ثم نضع عمود الخشب في السحاحة بحيث يطفو بعيداً عن الأجناب ولا
 يلامسها ثم نسجل قراءة سطح الماء في السحاحة مرة ثانية ، انظر شكل

[٤ - ٢] ،



وفيما يلي قراءات إحدى التجارب

وزن قطعة الخشب = ٠,٦ نيوتن

قراءة السحاحة أولاً = ٢٥ سم^٣

قراءة السحاحة ثانياً = ٨٥ سم^٣

∴ حجم الماء المزاح بالخشب = ٨٥ - ٢٥ = ٦٠ سم^٣

، كمية الماء المزاح بالخشب = ٦٠ جرام

وزن الماء المزاح بالخشب = ٠,١ × ٦٠ = ٠,٦ نيوتن .

□ الاستنتاج :

وزن الخشب الطافي = وزن الماء المزاح بالخشب

وإذا تأملنا الجسم الطافي أياً كان نجد أنه في حالة توازن تحت تأثير قوتين

متضادتين : (أ) وزنه ، (ب) دفع السائل

ومن ثم : فإن وزن السائل المزاح وهو نفسه الدفع ويكون متساوياً مع وزن

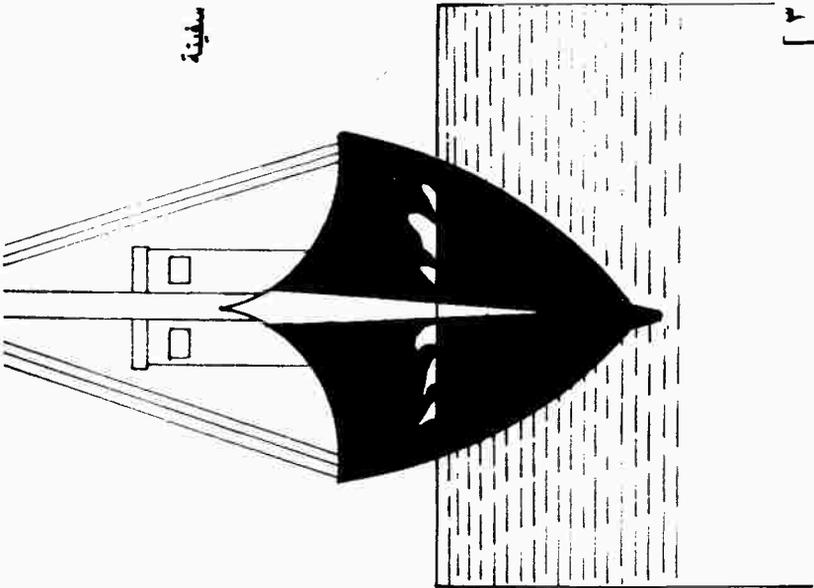
الجسم ويُعرف هذا بمبدأ الطفو .

ويوضح شكل [٣ - ٤] بعض الأجسام التي تطفو فوق سطح الماء

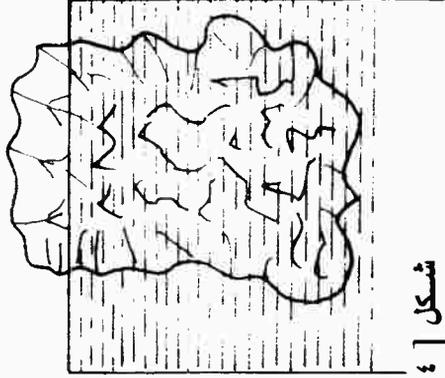
« سفينة ، ثلج ، فلين » وفي كل حالة فإن وزن الجسم يكون مساوياً لوزن

الماء المزاح .

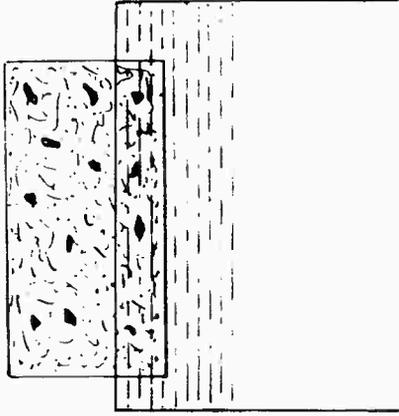
شكل [٣ - ٤]



سفينة



تيج



قبون

[٤ - ٧] أمثلة على مبدأ أرشميدس ، والأجسام الطافية :

- (١) قطعة من الفلين ، حجمها ١٠٠ سم^٣ تطفو على سطح الماء فإذا كانت كثافة الفلين هي ٢٥ , جم/سم^٣ :
- أ) إحسب حجم جزء الفلين المغمور في الماء
- ب) ما هي القوة المطلوبة لغمر قطعة الفلين بالكامل
- ج) إذا علمت أن كثافة الثلج هي ٩ , جم/سم^٣ فما مقدار الحجم المغمور في الماء من قطعة ثلج .
- وزن كتلة مقدارها ١ جرام = ٠,١ نيوتن

الحل :

$$\text{أ) كتلة قطعة الفلين} = \text{الكثافة} \times \text{الحجم}$$

$$= ٢٥ \times ١٠٠ = ٢٥٠ \text{ جرام}$$

ومن مبدأ الطفو :

$$\text{وزن الماء المزاح (الدفع)} = \text{وزن ٢٥ جرام}$$

$$\text{وحيث أن حجم ١ جرام ماء} = ١ \text{ سم}^٣$$

$$\therefore \text{كتلة الماء المزاح} = ٢٥ \text{ جرام}$$

$$\therefore \text{حجم الماء المزاح} = ٢٥ \text{ سم}^٣ = \text{حجم جزء الفلين المغمور}$$

ب) .. عند دفع قطعة الفلين بقوة لأسفل لغمرها تماما فإن :

$$\text{الدفع} = \text{وزن السائل المزاح} = \text{وزن ١٠٠ سم}^٣ \text{ ماء}$$

$$= \text{وزن كتلة مقدارها ١٠٠ جرام} = ١٠٠ \times ٠,١ = ١ \text{ نيوتن}$$

ومن (أ) فإن :

$$\text{وزن الفلين} = \text{وزن كتلة مقدارها ٢٥ جرام} = ٢٥ \times ٠,١ = ٢,٥ \text{ نيوتن}$$

$$\text{والقوة المطلوبة لغمر الجسم تماما} = \text{الدفع} - \text{الوزن}$$

$$= ٢,٥ - ١ = ١,٥ \text{ نيوتن}$$

ج) حيث أن كثافة الفلين ٢٥ , جم/سم^٣ وحيث أنه وكما يتضح من (أ)

فإن ٢٥ , من حجم قطعة الفلين يكون مغمورا عندما تطفو بحرية

وبالمثل فإنه بما أن كثافة الثلج = ٩ , جرام/سم^٣ لذلك فإن ٩ , من حجم قطعة الثلج يكون مغمورا عندما تطفو قطعة الثلج

(٢) كرة معدنية مفرغة كتلتها ٥ كجم ربطت بجبل إلى قاع البحر فإذا كانت قوة الشد في الحبل = ٦٠ نيوتن
فاحسب حجم الكرة .

[إعتبر كثافة ماء البحر ١,١ جم/سم^٣ وأن وزن ١ كجم = ١٠ نيوتن]
وزن الكرة = كتلته × عجلة الجاذبية الأرضية = ١٠ × ٥ = ٥٠ نيوتن
القوة الكلية المؤثرة لأسفل على الكرة = الشد + الوزن
= ٦٠ + ٥٠ = ١١٠ نيوتن

وحيث أن الكرة في حالة توازن
∴ الدفع على الكرة = ١١٠ نيوتن كذلك
ومن مبدأ أرشميدس فإن :

وزن السائل المزاح = الدفع = ١١٠ نيوتن .

∴ كتلة السائل المزاح = $\frac{١١٠}{١٠} = ١١$ كجم

كثافة ماء البحر = ١,١ جم/سم^٣ = ١١٠٠ كجم/م^٣ .
∴ حجم السائل المزاح = $\frac{\text{الكتلة}}{\text{الكثافة}} = \frac{١١}{١١٠٠} = ٠,٠١$ م^٣ = حجم الكرة .

[٤ - ٨] نوبان الثلج في الماء :

إعتبر بعض من الثلج يطفو فوق سطح الماء بداخل وعاء وليكن مخبار مدرج فإذا كانت كتلة الثلج = ٩ جرام فإن حجم الماء المزاح بقطعة الثلج = ٩ سم^٣ طبقا لمبدأ الطفو
فإذا كانت كثافة الثلج = ٩ , جم/سم^٣ فإن حجم قطعة الثلج التي كتلتها ٩ جرام هو ١٠ سم^٣ [٩ سم^٣ منها تحت سطح الماء ، ١ سم^٣ فوق سطح الماء]

وعند تمام ذوبان الثلج كله فإنه يتكون لدينا كتلة من الماء مقدارها ٩ جرام وحجمها = ٩ سم^٣ وعلى ذلك فإن الماء المتكون كله ، يحل محل الثلج المنصهر كله وبالتالي فإن مستوى سطح السائل (الماء) يبقى كما هو بدون تغيير .

ولهذا السبب فإنه إذا كان لدينا كوب من الماء يطفو على سطحه بعض من قطع الثلج وبحيث يكون سطح الماء في الكوب للنهاية وفي مستوى حافة الكوب ، فإن الماء لن ينسكب إذا ما انصهر الثلج تماما ولكن يبقى الماء في مستوى الحافة .

[٤ - ٩] الدفع على بالونات الغاز :

تستخدم البالونات في أعمال الرصد لحالة الجو والطقس في طبقات الجو العليا ولدراسة الأشعة الكونية (Cosmicray) ويتم ملئها على سطح الأرض بكمية صغيرة من غاز خفيف مثل الهيليوم أو الهيدروجين .

وبذلك فإن البالون يبدأ في الارتفاع عاليا في الهواء عند فك رباطه بالأرض ويبدأ الغاز بداخله في التمدد (لانخفاض الضغط مع زيادة الارتفاع) وعند ارتفاع محدد حيث تكون كثافة الهواء أقل منها على مستوى سطح الأرض [تقل كثافة الهواء بزيادة الارتفاع] ، على ارتفاعات عالية وليكن فيما بين ٣٠ — ٤٠ كيلو متر علوا عن سطح الأرض .

فإن الدفع يكون مساويا لوزن البالون حينئذ ، وحينئذ يتوقف البالون عن الصعود للهواء عاليا ويبدأ في الطيران في مستوى أفقى تقريبا بتأثير الريح .

مثال على الدفع على بالونات الغاز

يبلغ حجم بالون يعمل في مجال الأرصاد الجوية ، ٣١٠ م^٣ على سطح الأرض ويزن جسم مادة البالون = ٨٠ نيوتن ، ملء بغاز الهيدروجين الذى كثافته ٠,٩ كجم/م^٣ وتبلغ كثافة الهواء ١,٢ كجم/م^٣ فأحسب أقصى حمل إضافي يمكن للبالون أن يحمله بالإضافة إلى مادة البالون والهيدروجين .

الحل :

الدفع = وزن الهواء المزاح = الكتلة × عجلة الجاذبية الأرضية

= (الحجم × الكثافة) × عجلة الجاذبية الأرضية

= (١٠ × ١,٢) × ١٠ نيوتن = ١٢٠ نيوتن

وزن الهيدروجين = (الحجم × الكثافة) × عجلة الجاذبية = ١٠ × ٠,٩ × ١٠

= ٩ نيوتن

∴ الوزن الكلى لمادة البالون والهيدروجين المملوء به = ٨٠ + ٩ = ٨٩ نيوتن

∴ أقصى وزن إضافى يمكن رفعه = ١٢٠ - ٨٩ = ٣١ نيوتن

[١٠ - ٤] الطفو والسفن :

هل خطر على ذهنك لماذا تطفو السفن بالرغم من أن مسمار من الحديد لا يطفو على سطح الماء ، والسفينة حاليا مصنوعة كلها من الحديد الذى هو أثقل من الماء بحوالى ثمانى مرات .

إلا ، لأن جسم السفينة يُصنع بحيث يكون مجوفا مما يؤدى إلى إزاحة حجم كبير من المياه مما يعمل على طفو السفينة .

وكلما زادت كمية المياه التى يتم إزاحتها نتيجة لشكل جسم السفينة المفرغ كلما زادت كمية الدفع وبالتالي زاد وزن السفينة وحمولتها ومقدار طفوها .

وينغمر جزء من جسم السفينة عند الحد الذى يتعادل فيه مقدار الدفع مع وزن السفينة .

وحيث أن الكثافة عامل مهم من عوامل الطفو لذلك فإنه يجب الأخذ فى الاعتبار عند تصميم السفن أن الماء المالح تكون كثافته أكبر من الماء العذب ولذلك فإن السفينة عند إبحارها فى مياه البحار يكون الجزء المغمور منها أقل مما لو أبحرت فى المياه العذبة .

وطبقا لهذا فإنه إذا كان هنالك سفينة محملة بأقصى حمولة لها وتبحر فى المياه المالحة ، ثم دخلت إلى منطقة مياه عذبة كنهى مثلا ، فإن الجزء المغمور منها سيزداد وبالتالي يقل الجزء الطافى مما يعرض السفينة للغرق .

ويلاحظ أن السفينة لا تفرق وكذلك القارب ، عموماً لأنها مصنوعة من جسم مجوف أساساً وليس مصمتاً « كالمسمار » ويكون حجم فراغ السفينة الداخلي كبيراً وبذلك يزداد حجم الماء المزاح ومن ثم وزنه وبالتالي الدفع على السفينة .
 وتقدر حمولة السفن دائماً كالتالي « ١٠٠٠٠٠٠ طن إزاحة » ، مثلاً أى أن هذه السفينة يمكنها أن تزيح من الماء ما وزنه ١٠٠٠٠٠٠ طن وبالتالي فإن الدفع عليها يكون معادلاً لما مقداره ١٠٠٠٠٠٠ طن ومعلوم طبقاً لمبدأ الطفو أن وزن السفينة يساوى الدفع عليها .

مثال : على الطفو بالنسبة لسفينة :

« صندل مائى » مركب مائى كبير ، طوله « ٤٠ » متر وعرضه « ٨ » متر أجنابه رأسية تماماً ، يطفو على سطح الماء وهو مُحَمَّل جزئياً فإذا أضفنا إلى حمولته ١٢٥٠٠٠ نيوتن فالى أى عمق زائد يغطس هذا الصندل « إعتبر وزن ١ كجم ، كتلة = ١٠ نيوتن ، كثافة الماء = ١٠٠٠ كجم/م^٣ »

الحل : الدفع الزائد = ١٢٥٠٠٠ نيوتن .

$$\therefore \text{كتلة الماء الزائد المزاح} = \frac{١٢٥٠٠٠}{١٠} = ١٢٥٠٠ \text{ كجم}$$

$$\therefore \text{الزيادة في حجم الماء المزاح} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الكثافة}} = \frac{١٢٥٠٠ \text{ كجم}}{١٠٠٠ \text{ كجم/م}^٣} = ١٢,٥ \text{ م}^٣$$

∴ المسافة الزائدة التى يغطسها الصندل

$$= \frac{\text{حجم الماء}}{\text{مساحة الماء}} = \frac{١٢,٥ \text{ م}^٣}{٨ \times ٤٠ \text{ م}^٢} = ٠,٠٤ \text{ م} = ٤ \text{ سنتيمتر}$$

[٤ - ١١] خط بليمسول

Plimsoll line

عند تحميل أى قارب أو صندل أو سفينة فإنها تغطس أكثر فى الماء حيث يزداد حجم ووزن الماء المزاح وخشية من غرق السفن نتيجة الحمولات الزائدة ونتيجة لاختلاف كثافة مياه البحار من منطقة لأخرى و لاختلاف كثافة مياه البحار ، كذلك عن المياه العذبة بالأنهار والبحيرات العذبة ،

فإنه يتم وضع خط بالدهان على جوانب السفينة ، ويجب أن يكون هذا الخط أعلى من مستوى سطح الماء « أى ظاهرا » .

ويعرف هذا الخط بخط بليمسول نسبة إلى الشخص الذى اقترحه . ونتيجة لاختلاف كثافة مياه البحار من مكان لآخر فى العالم كله فإنه وطبقا لما هو موضح بشكل [٤ - ٤] وطبقا لإتحاد اللويدز للسفن Lloyd's Register of shipping (LR) فإن خطوط بليمسول المتعارف عليها هى :

المياه الاستوائية العذبة TF, Tropical Fresh water

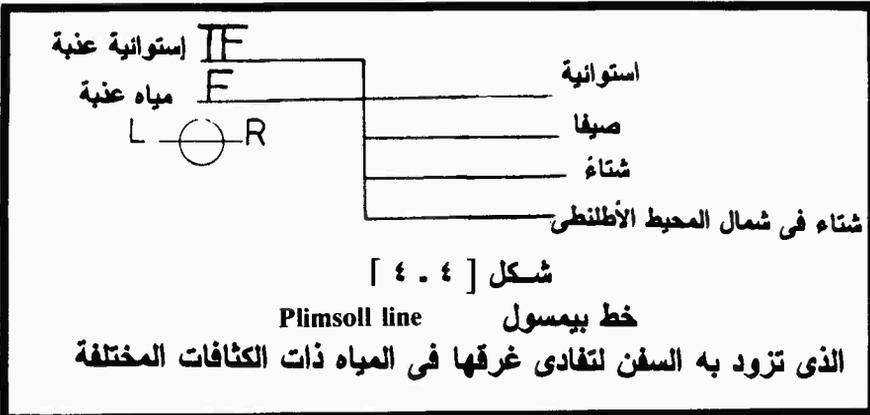
F , Fresh المياه العذبة

T , Tropical إستوائى

S , Summer صيف

W , Winter شتاء

WNA, Winter in North Atlantic Ocean شتاءً فى شمال المحيط الأطلنطى

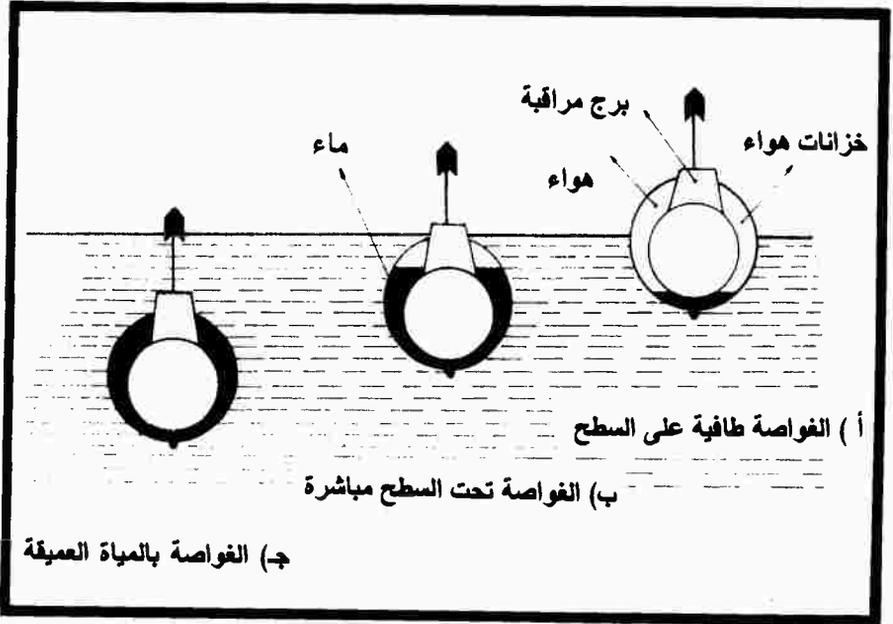


[٤ - ١٢] الغواصات

Submarine

تعتبر الغواصات ، أحد التطبيقات العملية لمبدأ أرشميدس وعندما تكون الغواصة طافية فوق سطح الماء فإن برج المراقبة Conning tower وجزء من سطحها يكون ظاهراً فوق سطح الماء وتزود الغواصات من على الأجناب بخزانات ضخمة تُمَلأ بالماء مما يساعدها على الغوص في المياه . ويتم إمالة الدفات الأفقية لجعلها تغوص عندما تكون الخزانات مليئة جزئياً بالماء .

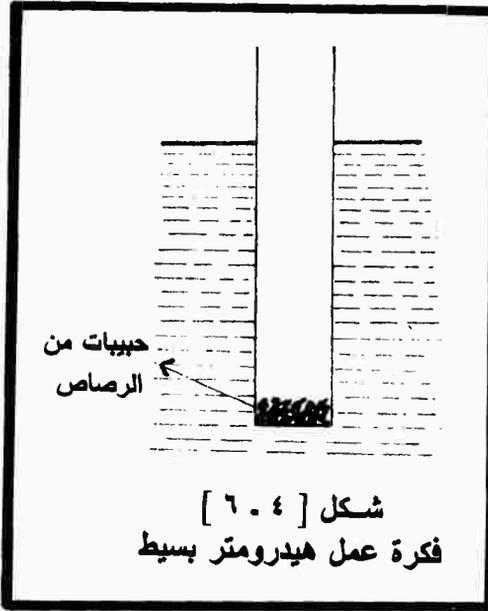
وعند الرغبة في الصعود لسطح الماء (الطفو) فإنه يتم طرد الماء من الخزانات وملئها بهواء مضغوط مما يساعد على عملية الطفو ، أنظر شكل [٤ - ٥] ، وهو يوضح رسماً تخطيطياً لغواصة في ثلاثة أوضاع .



شكل [٤ - ٥]
خطوات غوص غواصة للأعماق

[٤ - ١٣] الهيدرومتر « مقياس كثافة السوائل » :

الهيدرومتر هو جهاز بسيط لقياس الكثافة أو الكثافة النسبية للسوائل فهو يستخدم مثلا لقياس كثافة محلول الإلكتروليت (حامض الكبريتيك المخفف) فى بطارية السيارة ، وتعتبر كثافته مقياساً لحالة بطارية السيارة . و لقياس كثافة الكحول ، ومقدار أو درجة أو كثافة اللبن وكذلك لقياس كثافة مياه البحار التى تبحر فيها السفن والغواصات . ويمكننا عمل هيدرومتر بسيط فى المعمل وذلك باحضار إنبوبة إختبار ذات قاع مستو ، ثم نضع فيها بعض حبيبات من الرصاص لجعلها تطفو رأسيه تماما فى السوائل ، أنظر الرسم شكل (٤ - ٦)



ولنفترض أن كتلة الإنبوبة ومحتوياتها = ٢٠ جرام
 ∴ وزن الأنبوبة ومحتوياتها = ٢٠ × ٠,١ = ٢ نيوتن
 فإذا ما وضعناها فى الماء الذى كثافته = ١ جرام/سم^٣
 فإنه ، وطبقا لمبدأ الطفو ، فإن دفع الماء يكون مساويا للوزن = ٢ نيوتن
 وبذلك فإن حجم الماء المزاح = حجم ٢٠ جرام ماء مزاح = ٢٠ سم^٣

فإذا فرضنا أن مساحة مقطع الأنبوبة = ١ سم^٢ ، فإن الجزء المغمور في الماء لابد وأن يساوى

$$٢٠ \text{ سم} = \frac{٢٠ \text{ سم}^٣}{١ \text{ سم}^٢}$$

فإذا قمنا بنقل الانبوبة إلى سائل ذو كثافة أكبر من كثافة الماء وليكن سائل ذو كثافة = ٢ جرام/سم^٣ فإن الدفع في هذه الحالة = وزن الأنبوبة = ٢ نيوتن .
∴ كتلة السائل المزاح = ٢٠ جرام .

$$\text{وحجم السائل المزاح} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الكثافة}} = \frac{٢٠}{٢} = ١٠ \text{ سم}^٣$$

وعلى هذا فإن الأنبوبة في هذا السائل سوف ترتفع بحيث يبقى منها جزء مغمور إرتفاعه

$$= \frac{١٠ \text{ سم}^٣}{١ \text{ سم}^٣} = ١٠ \text{ سم فقط بدلاً من } ٢٠ \text{ سم في حالة الماء .}$$

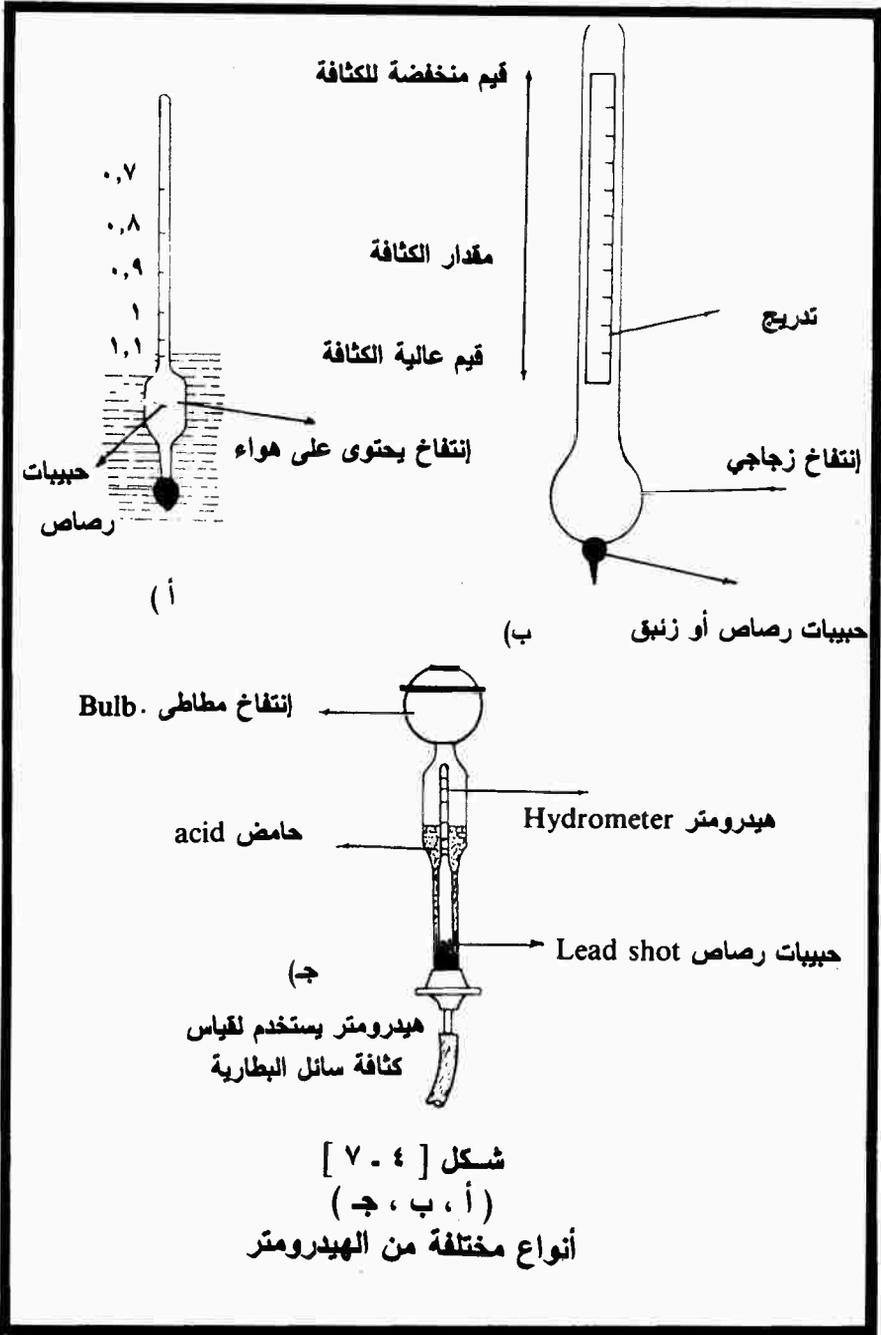
وعموماً فإن الأنبوبة تغطس أكثر كلما قلت كثافة السائل عن الماء وترتفع فوق سطح الماء أكثر كلما زادت كثافة السائل عن الماء .

ويمكن معايرة هذا الهيدرومتر البسيط عن طريق وضعه في عدة سوائل معروف كثافتها وتسجيل هذه الأرقام كتدريج بداخل الأنبوبة عن طريق وضع علامات من الداخل أمام سطح السائل في كل مرة .

ويوضح شكل [٤ - ٧] رسماً تخطيطياً لهيدرومتر فعلى وهو يحتوى على إنبوبة مجوفة رفيعة ، وورقة داخلية مدرجة طبقاً لكثافات السوائل المختلفة وإنتفاخ كبير ونهاية منتفخة تحتوى على حبيبات من الرصاص وتعتبر كثقل توازن للمحافظة على الجهاز رأسياً في السائل .

وتعتمد الكثافة التي يمكن قياسها بهذا الجهاز ، وإلى درجة كبيرة على كبر حجم الانتفاخ ، فالهيدرومتر الممين بالشكل موضوع في سائل ما بحيث

يكون سطح السائل أمام قراءة الكثافة المناظرة له بمعنى أن الانتفاخ يكون بطريقة بحيث يجعل سطح السائل في مقابل التدرج على الأنبوبة المجوفة الرفيعة (ساق الجهاز)



وكلما صغرت مساحة مقطع الانبوية العلوية المجوفة ، كلما زادت حساسية الجهاز ودقته ويلاحظ أن تدرج الكثافة يزداد فى الاتجاه لأسفل الساق .

وتتغير كثافة السائل بتغير درجة الحرارة إلا أن تدرج الهيدرومتر يكون عادة عند درجة ١٥° م .

[٤ - ١٤] أمثلة متنوعة :

(١) يبلغ حجم بالون غازى ٢٠٠٠ م^٣ ، ملىء بغاز الهيدروجين الذى كثافته ٠,٩ كجم/م^٣ ، فإذا كانت كتلة مادة البالون ١٠٠ كجم وتبلغ كتلة قائد البالون ٧٥ كجم .

أ) فما هى أكبر كتلة من الأجهزة يمكن حملها فى هذا البالون إذا كان يطير فى هواء كثافته ١,٢٥ كجم/م^٣

ب) ما أكبر كتلة من الأجهزة يمكن حملها تحت نفس الظروف إذا كان البالون مليئا بغاز الهيليوم الذى كثافته ضعف كثافة الهيدروجين ، بدلا من الهيدروجين .

الحل :

الدفء فى الهواء = وزن الهواء المزاح طبقا لمبدأ أرشميدس

$$= \text{الحجم} \times \text{الكثافة} \times \text{عجلة الجاذبية الأرضية}$$

$$= ٢٠٠٠ \times ١,٢٥ \times ١٠ = ٢٥٠٠٠ \text{ نيوتن}$$

كتلة الهيدروجين الذى يملأ البالون = ٢٠٠٠ × ٠,٩ = ١٨٠ كجم

الوزن الكلى = وزن مادة البالون + وزن القائد + وزن الغاز

$$= (١٠٠ + ٧٥ + ١٨٠) \times ١٠ = ٣٥٥٠ \text{ نيوتن}$$

أقصى حمولة (وزن) = الدفء - الوزن الكلى

$$= ٢٥٠٠٠ - ٣٥٥٠ = ٢١٤٥٠ \text{ نيوتن}$$

∴ أقصى كتلة من الأجهزة يمكن حملها = $\frac{٢١٤٥٠}{١٠} = ٢١٤٥$ كجم

فإذا ماتم إستخدام غاز الهيليوم بدلا من الهيدروجين
 \therefore كتلة الهيليوم = $2 \times$ كتلة الهيدروجين = $2 \times 180 = 360$ كجم
 \therefore الوزن الكلى = $10 \times (360 + 70 + 100) = 5300$
 \therefore أقصى حمولة (وزن) = $5300 - 25000 = 19700$ نيوتن

$$\therefore \text{أقصى كتلة من الأجهزة} = \frac{19700}{10} = 1970 \text{ كجم}$$

(2) جسم يزن 62 ، نيوتن في الهواء فإذا ما غُمر تماما في الماء فإن وزنه (الظاهرى) يصبح 42 ، نيوتن فقط في حين أنه يزن 46 ، نيوتن عند غمره تماما في سائل آخر .
 فإذا كانت كثافة الماء = 1000 كجم/م^3 ، فاحسب كثافة السائل الآخر ؟

الحل :

الدفع في السائل = الوزن في الهواء - الوزن الظاهرى في السائل

$$= 62 - 46 = 16 \text{ نيوتن}$$

= وزن السائل المزاح (نظرية أرشميدس)

الدفع في الماء = $62 - 42 = 20$ ، نيوتن

= وزن الماء المزاح

، حجم الماء المزاح = حجم السائل المزاح

$$\therefore \text{كثافة السائل} = \frac{16}{0,8} = \frac{\text{كثافة الماء}}{20,0}$$

\therefore كثافة السائل = 8 ، \times كثافة الماء = $8 \times 1000 = 8000 \text{ كجم/م}^3$

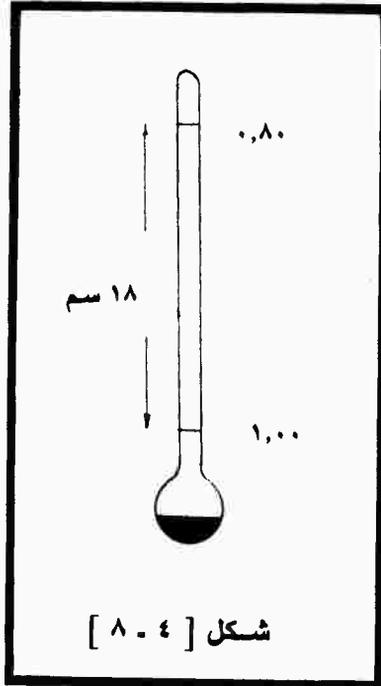
(3) ويوضح شكل (4 - 8) ، أحد الأشكال الشائعة لهيدرومتر يُستخدم

في قياس كثافة السوائل فيما بين 8 ، ، 1 جرام/سم^3

فإذا كانت مساحة مقطع ساق الهيدرومتر = 5 سم^2 والمسافة فيما بين

العلامتين « 8 ، ، 1 » هي 18 سم ، فاحسب :

- أ) حجم الهيدرومتر أسفل العلامة « ١ »
 ب) موضع العلامة « ٠,٩ »
 [اعتبر كثافة الماء ١ جم/سم^٣]



الحل :

أ) نفترض أن حجم الهيدرومتر «الانتفاخ» أسفل العلامة «١» هو «ح» سم^٣
 وحجم الساق فيما بين العلامتين «٨, ١» = ١٨ سم × ٥ سم^٣ = ٩ سم^٣
 ∴ الحجم الكلي للهيدرومتر أسفل العلامة «٠,٨» = [ح + ٩] سم^٣
 ∴ الدفع في السائل عندما يكون سطحه مقابل للعلامة «٠,٨» =

$$[ح + ٩] \times ٠,٨ \times ٠,٠١ \text{ نيوتن}$$

، الدفع في الماء عندما يكون سطحه مقابل للعلامة «١» = ح × ١ × ٠,٠١ نيوتن ومن مبدأ الطفو فإن كل من الدفعين « في السائل وفي الماء » يكون مساويا لوزن الهيدرومتر

$$\therefore 0,01 \times 1 \times ح = 0,01 \times 0,8 \times (ح + 9)$$

$$\therefore 0,010 = ح \cdot 0,008 + 0,072$$

$$\therefore 0,072 = 0,10 - ح \cdot 0,008 \quad ح \cdot 0,002$$

$$\therefore ح = \frac{0,072}{0,002} = 36 \text{ سم}^3$$

(ب) حجم الماء المزاح = وزن الهيدرومتر = $0,1 \times 1 \times 36 = 3,6$ نيوتن
وبذلك فإن وضع الهيدرومتر في سائل آخر ذو كثافة $0,9$ جرام/سم³
ينشأ عنه حجم جديد مزاح يمكن حسابه كالآتي :

$$\text{الحجم الجديد المزاح (ح)} = 0,1 \times 0,9 \times 36 = 3,24$$

$$\therefore ح = \frac{3,24}{0,009} = \frac{360}{9} = 40 \text{ سم}^3$$

$$\therefore \text{حجم السائل فوق علامة « 1 »} = 36 - 40 = 4 \text{ سم}^3$$

$$\therefore \text{إرتفاع علامة « 0,9 » فوق علامة « 1 »} = \frac{4 \text{ سم}^3}{0,5 \text{ سم}^2} = 8 \text{ سم}$$

[٤ - ١٥] خلاصة :

$$(١) \text{ الكثافة} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}} \text{ ووحداتها كجم/م}^3 \text{ أ، جرام/سم}^3$$

$$\text{، كثافة الماء} = 1000 \text{ كجم/م}^3 \text{ أ، 1 جرام/سم}^3$$

(٢) تنص قاعدة أرشميدس على :

دفع السائل على جسم مغمور فيه ، يكون مساوياً لوزن السائل المزاح .

$$(٣) \text{ الكثافة النسبية لجسم صلب} = \frac{\text{وزن الجسم الصلب}}{\text{النقص الظاهري للوزن في الماء}}$$

الكثافة النسبية لسائل = $\frac{\text{النقص الظاهري لوزن الجسم الصلب في سائل}}{\text{النقص الظاهري لوزن الجسم الصلب في الماء}}$

(٤) مبدأ الطفو : عندما يطفو جسم في سائل فإن وزنه يكون مساوياً لوزن السائل المزاح .

(٥) يكون للهيدرومتر العملي ، ساق ضيقة مدرج عليها قيم الكثافة وهي تزداد في الإتجاه لأسفل ، ويكون له إنتفاخ واسع نسبياً وملئ بحبيبات من الرصاص لغرض التوازن في السوائل .

[٤ . ١٦] تدريبات متنوعة : Exercises

[إعتبر أن وزن ١ كجم = ١٠ نيوتن ، ووزن ١ جرام = ٠,١ نيوتن]

مسائل على الكثافة :

الإجابة في نهاية كل سؤال

(١) مكعب من الصلب ، طول ضلعه = ١٠ سم ، أوجد كتلته ، إذا علمت أن كثافة الصلب = ٦,٥ جرام/سم^٣ ،
وكم يبلغ حجم كتلة من الصلب مقدارها ١٣٠ جرام ؟
[الجواب : ٦٥٠٠ جرام ، ٢٠ سم^٣]

(٢) إذا كانت الكثافة النسبية للنحاس = ٨,٥ ، فماذا يعني هذا ؟ ثم أوجد كتلة النحاس الذي حجمه = ٥٠٠ سم^٣ ؟
[الجواب : ٤٢٥٠ جرام]

(٣) تبلغ كتلة زئبق في إنبوبة رفيعة ما مقداره ١٠,٢ جرام ، فإذا كانت الإنبوبة منتظمة المقطع ، ومساحة مقطعها = ٠,١ سم^٢ . فأحسب إرتفاع الزئبق في الإنبوبة إذا كانت كثافة الزئبق = ١٣,٦ جرام/سم^٣ ؟
[الجواب : ٧,٥ سم]

(٤) إذا خلطنا ١٠٠ جرام من الماء مع ٦٠ جرام من سائل ما كثافته النسبية = ١,٢٠ . وباعتبار أن الحجم لم يتغير ، فأحسب الكثافة النسبية للخليط ؟
[الجواب : ١,٠٧]

(٥) لدينا عينه من سبيكة من الرصاص والقصدير حجمها ١ سم^٣ وكتلتها ٨,٥ جرام فإذا كانت كثافة القصدير ، ٧,٣ جرام / سم^٣ وكثافة الرصاص ١١,٣ جم/سم^٣ فاحسب مقدار النسبة المئوية لوزن القصدير في السبيكة ؟
 إعتبر أنه لا يوجد تغير في الحجم عند ما تكون السبيكة من معدنيها .

[الجواب : ٦٠٪]

(٦) مكعب من الزجاج طول ضلعه ٥ سم وكتلته ٣٠,٦ جرام فإذا كان جسم المكعب يحتوي بداخله على فقاعة هوائية « متعمدة » وكانت كثافة الزجاج = ٢,٥٥ جرام/سم^٣ ، فاحسب حجم هذه الفقاعة ؟

[الجواب : ٥ سم^٣]

(٧) كأس إسطوانى كتلته ٥٠ جرام ومساحة مقطعه = ٢٥ سم^٢ وإرتفاعه = ١٠ سم ، ملئ بزيت كثافته النسبية = ٠,٨ ، فما مقدار الكتل الكلية للكأس وهو مملوء ؟

وإذا ما وضعنا قطعة من الألومنيوم كتلتها ٦٦ جرام وكثافتها النسبية ٢,٢ ، يبطء في الكأس ، فما مقدار حجم الزيت الذى ينسكب من الكأس ؟ وما مقدار الكتلة الكلية للكأس ومحتوياته بعد انسكاب جزء من الزيت وتجفيفه من الخارج تماما ؟

[الجواب : ٢٥٠ جرام ، ٣٠ سم^٣ ، ٢٩٢ جرام]

مسائل على القوى الناشئة من الموائع :

[١] (أ) عند تعليق جسم صلب فى ميزان زنبركى فإن قراءته تكون ١٢ نيوتن فى حين أنه يسجل قراءة مقدارها ١٠ نيوتن عندما يكون الجسم المعلق مغمورا كلياً فى الماء .

فاحسب الدفع على الجسم الصلب وكتلة الماء المزاح وحجم الجسم الصلب ؟

(ب) كتلة من الخشب مقدارها ١٠٠ جرام تطفو فوق الماء ، فما مقدار حجم الجزء المغمور منها تحت سطح الماء .
 وإذا إعتبرنا أن حجم الجزء المغمور يعادل نصف حجم قطعة الخشب كلها فما هي كثافة الخشب ؟

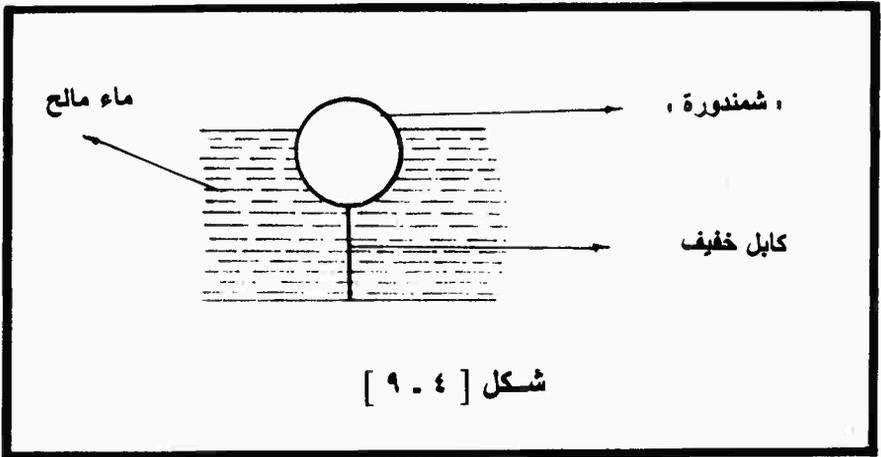
(ج) بالون غازى حجمة ١٠٠ م^٣ وكتلة المادة المصنوع منها = ٢ كجم وتم ملئه بغاز الهيليوم الذى كثافته = ١٨ ، كجم/م^٣ عند سطح الأرض وكانت كثافة الهواء حول البالون = ١,٢٨ كجم/م^٣
 فاحسب أقصى كتله يمكن للبالون أن يحملها من فوق سطح الأرض ؟
 [الأجوبة :

أ) ٢ نيوتن ، ٢٠٠ جرام ، ٢٠٠ سم^٣

ب) ١٠٠ سم^٣ ، ٥ ، جرام/سم^٣

ج) ١٠٨ كجم

(٢) يوضح شكل [٤ - ٩] ، عوامة « شمندورة » وهى جسم اسطوانى أو دائرى يستخدم لوضع العلامات الملاحية « حجمها ٤٠ لتر وكتلتها ١٠ كجم ربطت إلى قاع بحر مالح كثافة مياهه = [١,٠٤ جم/سم^٣ أ ، ١,٠٤ كجم/لتر] بواسطة كابل خفيف ، بحيث يظهر من جسمها $\frac{1}{4}$ حجمها فقط فوق سطح الماء



(أ) اذكر أسماء القوى الثلاث التي تحافظ على العوامة في وضع التوازن
وحدد الإتجاه الذى تؤثر فيه كل قوة منها
(ب) احسب قوة الشد فى الكابل

[الجواب : (ب) ٢١٢ نيوتن]

(٣) كتلة من الخشب الذى كثافته ٦ جم/سم^٣ تزن فى الهواء ٣,٠٦ نيوتن فاحسب :

(أ) حجم كتلة الخشب .

(ب) حجم الجزء المغمور من الخشب إذا كان يطفو بحرية فى سائل كثافته ٠,٩ جم/سم^٣ .

(ج) أقل قوة إضافية رأسية تلزم لجعل كتلة الخشب تنغمر تماما فى السائل .
[الأجوبة :

(أ) ٥١٠ سم^٣

(ب) ٣٤٠ سم^٣

(ج) ١,٥٣ نيوتن]

(٤) قطعة من الخشب على شكل مكعب طول ضلعه = ١٠ سم تطفو أفقيا فى الماء بحيث يظهر منها فوق سط الماء ٥,٥ سم فما هى كثافة الخشب ؟
[الجواب : ٠,٤٥ جرام/سم^٣]

(٥) علق جسم صلب يزن « ٦ » نيوتن بواسطة خيط فى الماء فإذا كان الشد فى الخيط = « ٤,٥ » نيوتن ، فأوجب :

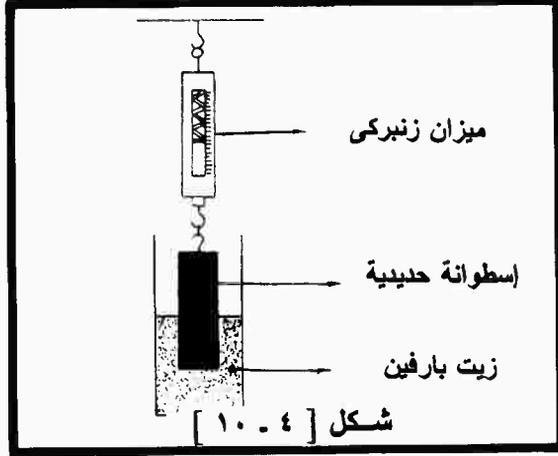
(أ) حجم الجسم الصلب (ب) كثافته . (ج) كثافته النسبية

[الأجوبة : (أ) « ١٥٠ » سم^٣ ، (ب) « ٤ » جرام/سم^٣ ،
(ج) « ٤ »]

(٦) يوضح شكل [٤ - ١٠] ، اسطوانة من الحديد طولها « ١٠ » سم وذات مقطع منتظم مساحته « ٢ » سم^٢ ، مُعلقة فى ميزان زنبركى ومغمورة حتى نصف طولها فى زيت البارفين الذى كثافته = « ٠,٨ » جم/سم^٣ .

فإذا كانت كثافة الحديد « ٧,٥ » جم/سم^٣ فاحسب :
 (أ) كتلة الأسطوانة الحديدية ، (ب) قراءة الميزان الزنبركي ؟

[الجواب : (أ) « ١٥٠ » جرام ، (ب) « ١,٤٢ » نيوتن]



(٧) [أ] ارسم تخطيطياً هيدرومتر يصلح لقياس كثافة السوائل التي تتراوح كثافتها فيما بين « ١ » ، « ١,٢ » جم/سم^٣ .

ووضح على التدرج أماكن العلامات « ١ » ، « ١,١ » ، « ١,٢ » جرام/سم^٣ واذكر النظرية التي يعتمد عليها الهيدرومتر في عمله .

[ب] اسطوانة معدنية كتلتها « ٥٠ » جرام . معلقة في النهاية السفلية لياى رأسى حلزوني الشكل مثبت من نهايته العلوية فإذا كان طول الياى الحر بدون تعليق = « ١٠ » سم .

وفيما يلي جدول يوضح طول النابض عند تعليق الجسم به في كل من الهواء والماء والزيت :

الحالة	طول الياى
الأسطوانة معلقة في الهواء	: « ١٢,٥ » سم
الأسطوانة مغمورة كلية في الماء	: « ١٢,٢ » سم
الأسطوانة مغمورة كلية في الزيت	: « ١٢,٣ » سم

احسب باستخدام البيانات الموضحة ، كثافة معدن الاسطوانة وكثافة الزيت .

[الجواب : (ب) المعدن « ٨,٣ » جم/سم^٣ ، الزيت « ٠,٦٧ »
[جرام/سم^٣

(٨) اذكر مبدأ أرشميدس و اشرح ما يلي بالنسبة للغواصة :

(أ) كيف يمكنها الغوص إلى نقطة محددة تحت سطح الماء .

(ب) كيف يمكنها الإرتفاع للسطح مرة ثانية .

(ج) ما العلاقة بين الوزن والدفع عليها في كل حالة .

(٩) ونش بحرى عائم ، كتلته « ٢٠٦٠٠ » كيلوجرام يطفو في مياه البحر التي كثافتها = « ١,٠٣ » جرام/سم^٣ (« ١٠٣٠ » كجم/م^٣) ، فإذا كانت قاعدة الونش عبارة عن شكل متوازي مستطيلات ذو قاعدة طولها « ٤ » متر وارتفاعها « ٢,٥ » م فما هي أقصى كتلة يمكن رفعها بالونش إذا كانت قمة القاعدة تكاد تلامس مستوى سطح الماء ؟

(١٠) بالون بلاستيك يبلغ أقصى حجم له « ٢٠٠ » م^٣ عند سطح الأرض وفي الظروف القياسية من الضغط ودرجة الحرارة فإنه لا يمتلئ إلا بنصف هذا الحجم فقط بالهيدروجين .

(أ) ما هي أقصى كتلة يمكن للبالون رفعها بهذا الحجم من الهيدروجين .

(ب) ما هي كثافة الهواء المحيط بالبالون عندما يكون مستقراً في الهواء [توقف عن الارتفاع] ويحمل كتلة مقدارها « ٥ » كجم .

(ج) اقترح طريقة مناسبة تمكن من تغيير ارتفاع البالون .

[اعتبر كثافة الهواء عند الظروف القياسية = « ١,٢٩ » كجم/م^٣

، اعتبر كثافة الهيدروجين عند الظروف القياسية = « ٠,٠٩ » كجم/م^٣]

[الجواب : (أ) « ١٢٠ » كجم ، (ب) « ٠,٠٧ » كجم/م^٣]

(١١) أنبوبة زجاجية منتظمة المقطع ، مغلقة من نهايتها ، كتلتها « ٥٠ » جم وعندما تطفو رأسياً في الماء فإن طول الجزء فوق سطح الماء = « ١٠ » سم فإذا ما طفت في سائل كثافته النسبية « ١,٢٥ » ، فإن طول الجزء الذي فوق سطح الماء يصبح ٢٠ سم .

فاحسب مساحة مقطع الأنبوبة ؟

[الجواب : ١ سم^٢]

(١٢) قطعة خشب على شكل متوازي مستطيلات قائم ومنتظم أبعادها :

« ٢٠ » سم × « ١٠ » سم × « ٧,٥ » سم وكتلتها = « ١٠٠٠ »

جرام .

تستقر على أحد أوجهها بحيث يكون ارتفاعها « ٢٠ » سم فأوجد : كثافة

الخشب .

، وإذا طفت في الماء بحيث يكون الضلع « ٢٠ » سم رأسياً لأعلى فاحسب

وزن الماء المزاح وأوجد مقدار الجزء الغاطس منها .

ثم وضعت قطعة الخشب في ماء مالح كثافته النسبية ١,٢ كما وضعت كتلة

من معدن كثافته النسبية ١١,٢ إلى كتلة الخشب بحيث أن قمة كتلة الخشب

تكون في مستوى سطح الماء .

فاحسب كتلة هذا المعدن المضاف في حالة ما إذا :

(أ) وضعت أعلى قطعة الخشب .

(ب) وضعت أسفل قطعة الخشب .

[الأجوبة : « ٠,٦٧ » جم/سم^٣ ، « ١٠٠٠٠ » نيوتن ، $\frac{١٣}{٣}$]

[سم

، ٨٠٠ جم ، ٨٩٦ جم

(١٣) احسب حجم اسطوانة من المعدن كتلتها « ١٠٥ » جرام ويبلغ وزنها

الظاهري « ٠,٩٢٥ » نيوتن عند غمرها تماماً في ماء كثافته « ١ »

جرام/سم^٣ .

وإذا أضفنا قطعة من الشمع ، كتلتها « ٢٠ » جرام إلى الأسطوانة وتم غمرهم تماماً في الماء ، فإن الوزن الظاهري الكلي يكون « ٠,٨٧٥ » نيوتن ، فكم تبلغ كثافة الشمع .

[الأجوبة : « ١٢,٥ » سم^٣ ، « ٠,٨ » جم/سم^٣]

(١٤) جسم يزن « ٠,٥٢ » نيوتن في الهواء وعند غمره تماماً في الماء فإنه يزن « ٠,٣٢ » نيوتن فقط ، وعند غمره في سائل آخر وغمره تماماً فإنه يزن « ٠,٣٦ » نيوتن .

فإذا كانت كثافة الماء = « ١٠٠٠ » كجم/م^٣ .
فأوجد كثافة السائل الآخر .

[الإجابة : « ٨٠٠ » كجم/م^٣]

(١٥) يبلغ حجم جسم من البلاستيك المصمت « ٢٠٠ » سم^٣ ويُتوقع أن يكون بداخله فقاعات هوائية لذا فإنه تم اختباره بتعويمه في الماء الذي كثافته « ١٠٠٠ » كجم/م^٣ فوجد أن « ٩٠٪ » من حجمه يكون مغموراً فإذا كانت كثافة البلاستيك « ١٢٠٠ » كجم/م^٣ .
فاحسب الحجم الكلي لفقاعات الهواء بداخله .

[الإجابة : ٥٠ سم^٣]

