[٤] الباب الرابع

القوى الناشئة من الموائع

Forces due to Fluids

[٤ - ١] الدفع لأعلى Upthrust

إذا قمنا بغمر قطعة من الفلين فى 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 غمرة كليا أو جزئيا فى سائل ، يؤثر عليه قوة دفع لأعلى ،

ولولا قوة الدفع هذه لغرقت السفن والغواصات فى مياه البحار ويمكننا أن نطفو فوق سطح الماء بأجسامنا أثناء السباحة بمساعدة قوة الدفع هذه .

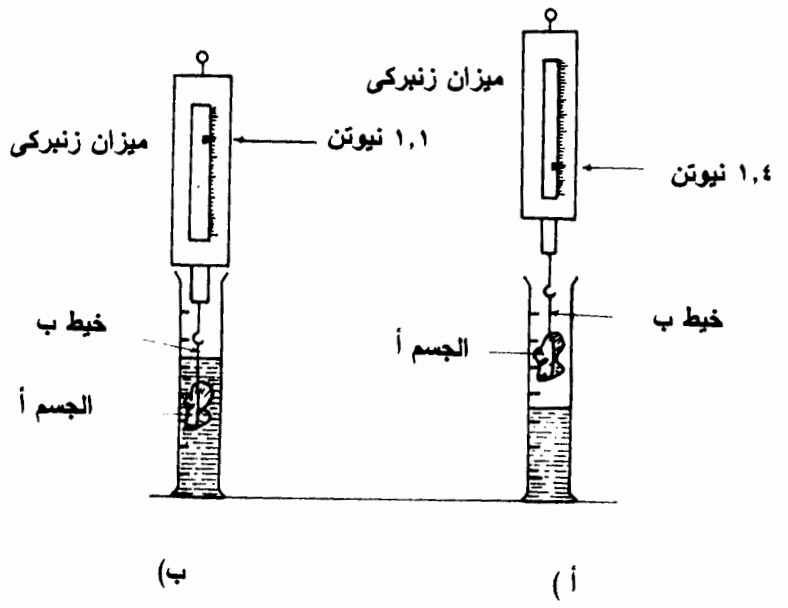
وتؤثر الموائع « الماء والسوائل والغازات » بقوى دفع علوى على أى جسم بداخلها .

فالبالون الطائر يؤثر عليه دفع علوى نتيجة لضغط الهواء عليه والذى يعادل وزن البالون « فى حالة طيرانه على إرتفاع ثابت » .

إلا أن السوائل تُبدى قوى دفع أكبر من تلك الناشئة من الغازات وذلك لكثافتها المرتفعه مقارنة بالغازات .

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

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



شـكل [(٤ - ١) (أ ، ب)]

ويوضح شكل [٤ ــ ١ ــ أ] ، جسم (أ) عبارة عن معدن مربوط فى الميزان الزنبركى بواسطة خيط (ب) ولنفترض أن قراءة الميزان كانت ١,٤ نيوتن وهى عبارة عن وزن الجسم (أ) .

فى حين يوضح شكل [٤ ــ ١ــب] الجسم (أ) مغمورا كليا فى سائل فنلاحظ إنخفاض قراءة الميزان الزنبركى إلى ١,١ نيوتن وهى عبارة عن مقدار الشد (القوة) فى 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 :

الدفع = ١,٤ - ١,١ = ٠,٣ نيوتن

ويطلق على الوزن « ١,١ » نيوتن فى شكل [٤ - ١ - ب] ، بالوزن الظاهرى للجسم (أ) فى السائل ، وهى فعلا تساوى الشد (ش) فى الخيط (ب) المعلق به الجسم (أ) ، فى حين أن القراءة « ١,٤ » نيوتن فى شكل [٤ ــ ١ ــ أ] تعتبر الوزن الحقيقى للجسم (أ) .

وبذلك فإن النقص الظاهرى فى الوزن = الدفع .

مثال : علق جسم صلب من معدن أو أى شىء آخر (أ) بواسطة خيط فى ميزان زنبركى (م) ثم سجل قراءة الميزان .

ثم إملأ إسطوانة قياس مناسبه « مخبار مدرج مناسب » «خ» بالماء إلى إرتفاع مناسب وليكن ٥٠ سم^{٣} ، مثلا . بعد ذلك إغمر تماما الجسم (أ) فى الماء بحيث يكون معلق تماما رأسيا أسفل الميزان وبدون أن يلامس جدار المخبار (خ) ، كما فى شكل [٤ - ١ - ب] .

ثم سجل القراءة الجديدة للميزان (م) ، ومستوى سطح الماء فى المخبار « يرتفع » .

والآن نفترض أن القراءات كانت كالتالى :

وزن الجسم (أ) فى الهواء [شكل ٤ــ١ــ أ] = ١,٢ نيوتن

وزن الجسم (أ) فى الماء [شل ٤ــ١ــ 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 فى الهواء - وزنه فى 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 = ٣٠ × ٠١, = ٠,٣ نيوتن

وذلك لأن وزن كتلة مقدارها ١ جم يعادل ٠١, نيوتن « تقريبا » .

□ **الإستنتاج :**

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

[٤ ـ 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 فى وقتها انجازاً ضخما فى تاريخ العلم ، إلا أن أشهرها قاطبة هو قانون أرشميدس للطفو والذى يستخدم حتى اليوم .
وتتحدث هذه القاعدة عن مقدار الدفع الذى يتعرض له جسم مغمور كليا أو جزئيا فى سائل ،
وينص مبدأ أرشميدس على الآتى :
عند غمر جسم كليا أو جزئيا فى مائع « سائل أو غاز » فإن مقدار الدفع عليه يعادل وزن السائل المزاح .
وسوف يمكنك أن تلاحظ بسهولة عند غمر جسم فى سائل جزئيا أو كليا أنه كلما زادت كمية السائل المزاحة كلما زادت قيمة الدفع لأعلى .
ولكى نتعرف على ما يعنيه هذا ، عمليا ، إحضر كرة ذات حجم مناسب وحاول غمرها تحت سطح الماء فى 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 جزئيا 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 يؤدى لزيادة كثافة مياه البحار عن مياه الأنهار والمياه العذبة ، أنظر جدول [٣ ــ 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 يؤدى إلى إرتفاع كثافة مياهه بكثير** عن أى مياه بحار أخرى وتُصبح عملية السباحة والطفو به فى غاية اليُسر .

[٤ ـ ٤] أمثلة على مبدأ أرشميدس :

(١) مكعب من الحديد حجمة ٨٠٠سم٣ ، غُمر تماما فى :

أ ــ الماء

ب ــ زيت ذو كثافة ٠,٨ جم/سم٣

جـ ــ غاز الأوكسجين الذى كثافته ٠,٠٠١٥ جم/سم٣ ، فإحسب الدفع فى كل حالة من الحالات الثلاث السابقة بإعتبار أن وزن كتلة مقدارها ١ جرام يعادل (٠,٠١) نيوتن

الحـــل :

الدفع = وزن السائل المزاح

أ) الدفع = وزن ٨٠٠ سم٣ من الماء

= ٨٠٠ × ٠,٠١ = ٨ نيوتن .

ب) الدفع = وزن ٨٠٠ سم٣ من الزيت

= ٨٠٠ × ٠,٨ × ٠,٠١ = ٦,٤ نيوتن

جـ) الدفع = وزن ٨٠٠ سم٣ من الأوكسجين

= ٨٠٠ × ٠,٠٠١٥ × ٠,٠١ = ٠,٠١٢ 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 ؟

الحـــل :

الدفع = الوزن فى الهواء − الوزن فى الماء = ١ − ٠,٨ = ٠,٢ نيوتن

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

∴ ٠,٢ نيوتن = وزن الماء الزاح .

، كتلة الماء المزاح = $\frac{\text{٠,٢}}{\text{٠,٠١}} = \frac{\text{٢٠}}{\text{١}}$ = ٢٠ جرام

∴ حجم الماء المزاح = ٢٠ سم^{٣} = حجم المكعب .

∴ الكثافة = $\frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}} = \frac{\text{١٠٠}}{\text{٢٠}}$ = ٥ جم/سم^{٣}

(٣) مكعب من الحديد كتلته : ٦٤٠ جم وكثافته = ٨ جم/سم^{٣} ، علق بخيط بحيث يكون مغمور جزئيا (نصف مغمور) فى زيت كثافته ٠,٩ جم/سم^{٣} ، إحسب قوة الشد فى الخيط ؟

الحـــل :

وزن المكعب (فى الهواء) = ٦٤٠ × ٠,٠١ = ٦,٤ نيوتن .

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

الحجم المغمور من المكعب = نصفه = $\frac{١}{٢}$ × ٨٠ = ٤٠ سم^{٣} .

∴ حجم الزيت المزاح = ٤٠ سم^{٣} كذلك

الدفع = وزن ٤٠ سم^{٣} من الزيت المزاح .

الدفع = ٤٠ × ٠,٩ × ٠,٠١ = ٠,٣٦ نيوتن

∴ الشد فى الخيط = الوزن الظاهرى = الوزن فى الهواء − الدفع

= ٦,٤ − ٠,٣٦ = ٦,٠٤ نيوتن

[٤ ـ ٥] قياس الكثافة باستخدام قاعدة أرشميدس :

يمكن إستخدام قاعدة أرشميدس فى قياس كثافة الأجسام والسوائل وفيما يلى تجارب لبيان طريقة قياسها .

أولا : قياس كثافة الأجسام الصلبة باستخدام قاعدة أرشيدس

قُم بوزن قطعة من معدن وليكن عمود من النحاس وذلك بربطها فى خيط فىُ ميزان زنبركى وليكن الوزن = ك$_{١}$

ثم قم بوزن نفس القطعة بغمرها تماما فى وعاء (كأس) به ماء وتأكد من عدم ملامسة النحاس لجوانب الكأس ، وليكن الوزن هنا = ك$_{٢}$

∴ الدفع فى الماء = ك$_{١}$ − ك$_{٢}$

وباعتبار أن وزن جسم كتلته ١ جم = ٠١, نيوتن

$$\therefore \text{ كتلة الماء المزاح} = \frac{ك_{١} - ك_{٢}}{٠,٠١}$$

وهى تساوى عددياً الحجم المزاح بالسنتيمتر المكعب لأن كل ١ جم من الماء ، حجمه = ١ سم^{٣} .

$$\text{، كتلة النحاس بالجرامات} = \frac{ك_{١}}{٠,٠١}$$

$$\therefore \text{ كثافة النحاس} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}} = \frac{\frac{ك_{١}}{٠,٠١}}{\frac{ك_{١} - ك_{٢}}{٠,٠١}} = \frac{ك_{١}}{ك_{١} - ك_{٢}} \text{ جم/سم}^{٣}$$

ولتأكيد هذا وبالأرقام فإنه فى تجربة لقياس كثافة معدن (س) ، يبلغ وزن العينه ٣,٦ نيوتن فى الهواء ، ٣,٢ نيوتن فى الماء عند غمرة كلية

∴ الدفع = ٣,٦ − ٣,٢ = ٠,٤ نيوتن = وزن الماء المزاح بالمعدن (س)

∴ كتلة الماء المزاح = $\frac{٠,٤}{٠,٠١}$ = ٤٠ جرام .

وكثافة الماء = ١ جم/سم^{٣} .

∴ حجم الماء المزاح = ٤٠ سم^{٣} = حجم المعدن (س) .

∴ كتلة المعدن (س) = $\frac{٣,٦}{٠,٠١}$ = ٣٦٠ جرام .

∴ كثافة المعدن (س) = $\frac{ك_{١}}{ك_{١} - ك_{٢}}$ = $\frac{٣٦٠}{٣٦٠-٣٢٠}$ = $\frac{٣٦٠}{٤٠}$ = ٩ جرام/سم^{٣}

ثانيا : قياس كثافة السوائل باستخدام قاعدة أرشيمدس :

١ ــ إوزن قطعة كبيرة مناسبة من معدن أو جسم صلب فى الهواء وليكن الوزن = ك$_{١}$

٢ ــ إغمرها تماما فى كأس به السائل المراد قياس كثافته وليكن الوزن = ك$_{٢}$

٣ ــ إغمرها تماما فى كأس به ماء وليكن الوزن = ك$_{٣}$

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

الدفع على الجسم فى السائل = ك$_{١}$ − ك$_{٢}$ = وزن السائل المزاح

وباعتبار أن ما كتلته ١ جم يزن ٠,٠١ نيوتن

∴ كتلة السائل المزاح بالجرامات = (ك$_{١}$ − ك$_{٢}$) ÷ ٠,٠١

وكذلك :

الدفع على الجسم فى الماء = ك$_{١}$ − ك$_{٣}$ = وزن الماء المزاح

وكما رأينا فإن حجم الماء المزاح بالجسم بالسنتيمتر المكعب

= (ك$_{١}$ − ك$_{٣}$)÷ ٠,٠١ وهى نفسها حجم السائل المزاح بنفس الجسم

∴ كثافة السائل = $\frac{\text{كتلة السائل المزاح}}{\text{حجم السائل المزاح}}$ = $\frac{ك_{١} - ك_{٢}}{ك_{١} - ك_{٣}}$

وتأكيد لهذا فإنه فى أحد التجارب ، كان وزن الجسم = ١٦ نيوتن فى الهواء ، ١٢,٨ نيوتن فى الزيت المراد معرفة كثافته ، ١٢ نيوتن فى الماء

∴ الدفع فى الزيت = ١٦ − ١٢,٨ = ٣,٢ نيوتن = وزن الزيت المزاح

، الدفع فى الماء = ١٦ − ١٢ = ٤ نيوتن = وزن الماء المزاح

ويساوى فى نفس الوقت حجم الماء المزاح .

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

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

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

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

[٤ ـ ٦] مبدأ الطفو *Principle of Flotation*

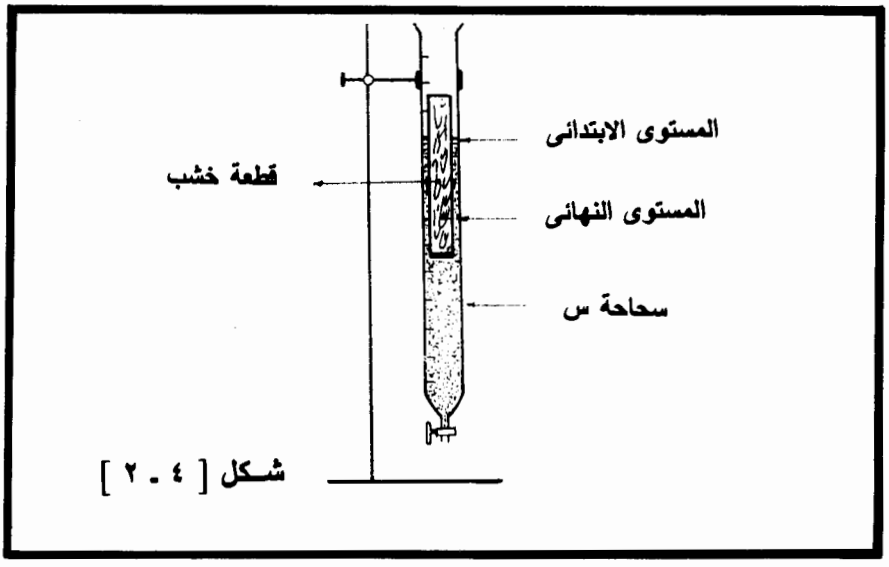
تتعرض القوارب والسفن وغيرها من الأشياء ، التى تطفو في المياه إلى قوى دفع ، وذلك بالرغم من أنها مغمورة جزئيا فى المياه .
ويعادل الدفع المؤثر على هذه الأجسام ، وزن الماء المزاح بها طبقا لمبدأ أرشميدس .

تجربة :

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

ثم نحضر سحاحة burette (س)

ونملأها جزئيا بالماء ويتم مراقبة وتسجيل مستوى سطح الماء « على التدريج » ثم نضع عمود الخشب فى السحاحة بحيث يطفو بعيدا عن الأجناب ولا يلامسها ثم نسجل قراءة سطح الماء فى السحاحة مرة ثانية ، انظر شكل [٤ ــ ٢] ،



شـكل [٤ ـ ٢]

وفيما يلى قراءات إحدى التجارب

وزن قطعة الخشب = ٠,٦ نيوتن

قراءة السحاحة أولا = ٢٥ سم^{٣}

قراءة السحاحة ثانيا = ٨٥ سم^{٣}

∴ حجم الماء المزاح بالخشب = ٨٥ − ٢٥ = ٦٠ سم^{٣}

، كمية الماء المزاح بالخشب = ٦٠ جرام

وزن الماء المزاح بالخشب = ٦٠ × ٠١, = ٦, نيوتن .

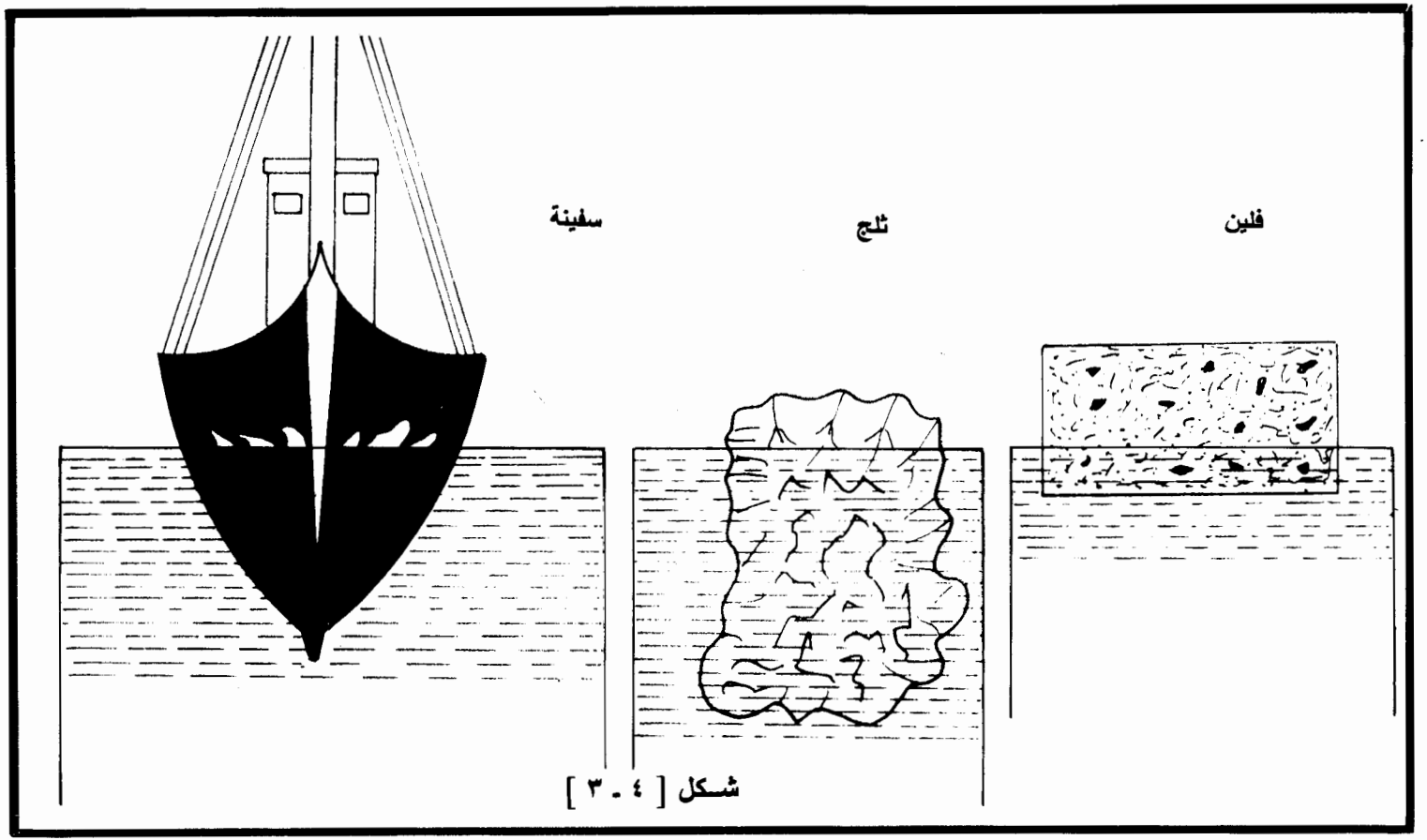
□ الاستنتاج :

وزن الخشب الطافى = وزن الماء المزاح بالخشب

وإذا تأملنا الجسم الطافى أيا كان نجد أنه فى 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 [٤ ــ ٣] بعض الأجسام التى تطفو فوق سطح الماء « سفينة ، ثلج ، فلين » وفى كل حالة فإن وزن الجسم يكون مساويا لوزن الماء المزاح .



شكل [٤ - ٣]

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

(١) قطعة من الفلين ، حجمها ١٠٠ سم^{٣} تطفو على سطح الماء فإذا كانت كثافة الفلين هى ٢٥, جم/سم^{٣} :

أ) إحسب حجم جزء الفلين المغمور فى الماء

ب) ما هى القوة المطلوبة لغمر قطعة الفلين بالكامل

جـ) إذا علمت أن كثافة الثلج هى ٩, جم/سم^{٣} فما مقدار الحجم المغمور فى الماء من قطعة ثلج .

وزن كتلة مقدارها ١ جرام = ٠١, نيوتن

الحـــل :

أ) كتلة قطعة الفلين = الكثافة × الحجم

= ٢٥, × ١٠٠ = ٢٥ جرام

ومن مبدأ الطفو :

وزن الماء المزاح (الدفع) = وزن ٢٥ جرام

وحيث أن حجم ١ جرام ماء = ١ سم^{٣}

∴ كتلة الماء المزاح = ٢٥ جرام

∴ حجم الماء المزاح = ٢٥ سم^{٣} = حجم جزء الفلين المغمور

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

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

= وزن كتلة مقدارها ١٠٠ جرام = ١٠٠ × ٠١, = ١ نيوتن

ومن (أ)فإن :

وزن الفلين = وزن كتلة مقدارها ٢٥ جرام = ٢٥ × ٠١, = ٢٥, نيوتن

والقوة المطلوبة لغمر الجسم تماما = الدفع – الوزن

= ١ – ٢٥, = ٧٥, نيوتن

جـ) حيث أن كثافة الفلين ٢٥, جرام/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/سم٣ لذلك فإن ٩, من حجم قطعة الثلج يكون مغمورا عندما تطفو قطعة الثلج

(٢) كرة معدنية مفرغة كتلتها ٥ كجم ربطت بحبل إلى قاع البحر فإذا كانت قوة الشد فى الحبل = ٦٠ نيوتن

فإحسب حجم الكرة .

[إعتبر كثافة ماء البحر ١,١ جم/سم٣ وأن وزن ١ كجم = ١٠ نيوتن]

وزن الكرة = كتلته × عجلة الجاذبية الأرضية = ٥ × ١٠ = ٥٠ نيوتن

القوة الكلية المؤثرة لأسفل على الكرة = الشد + الوزن

= ٦٠ + ٥٠ = ١١٠ نيوتن

وحيث أن الكرة فى 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/سم٣ = ١١٠٠ كجم/م٣ .

، حجم السائل المزاح = $\frac{\text{الكتلة}}{\text{الكثافة}}$ = $\frac{١١}{١١٠٠}$

= ٠,٠١ م٣ = حجم الكرة .

[٤ ـ ٨] ذوبان الثلج فى 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 = ٩سم٣ طبقا لمبدأ الطفو

فإذا كانت كثافة الثلج = ٩, جم/سم٣ فإن حجم قطعة الثلج التى كتلتها ٩ جرام هو ١٠سم٣ [٩سم٣ منها تحت سطح الماء ، ١سم٣ فوق سطح الماء]

وعند تمام ذوبان الثلج كله فإنه يتكون لدينا كتلة من الماء مقدارها ٩ جرام وحجمها = ٩سم٣ وعلى ذلك فإن الماء المتكون كله ، يحل محل الثلج المنصهر كله وبالتالى 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 فى الكوب للنهاية وفى مستوى حافة الكوب ، فإن الماء لن ينسكب إذا ما انصهر الثلج تماما ولكن يبقى الماء فى مستوى الحافة .

[٤ ـ ٩] الدفع على بالونات الغاز :

تستخدم البالونات فى أعمال الرصد لحالة الجو والطقس فى 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 فى الارتفاع عاليا فى الهواء عند فك رباطه بالأرض ويبدأ الغاز بداخله فى التمدد (لانخفاض الضغط مع زيادة الارتفاع)

وعند إرتفاع محدد حيث تكون كثافة الهواء أقل منها على مستوى سطح الأرض [تقل كثافة الهواء بزيادة الارتفاع] ، على ارتفاعات عالية وليكن فيما بين ٣٠ ــ ٤٠ كيلو متر علوا عن سطح الأرض .

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

مثال على الدفع على بالونات الغاز

يبلغ حجم بالون يعمل فى مجال الأرصاد الجوية ، ١٠م٣ على سطح الأرض ويزن جسم مادة البالون = ٨٠ نيوتن ، ملىء بغاز الهيدروجين الذى كثافته ٠,٠٩ كجم/م٣ وتبلغ كثافة الهواء ١,٢ كجم/م٣

فإحسب أقصى حمل إضافي يمكن للبالون أن يحمله بالإضافة إلى مادة البالون والهيدروجين .

الحـــل :

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×,٠٩×١٠

= ٩ نيوتن

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

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

[٤ ـ ١٠] 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 وبالتالى 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 كنهر مثلا ، فإن الجزء المغمور منها سيزداد وبالتالى يقل الجزء الطافى مما يعرض السفينة للغرق .

ويلاحظ أن السفينة لا تغرق وكذلك القارب ، عموما لأنها مصنوعة من جسم مجوف أساساً وليس مصمتا « كالمسمار »
ويكون حجم فراغ السفينة الداخلى كبيرا وبذلك يزداد حجم الماء المزاح ومن ثم وزنه وبالتالى الدفع على السفينة .

وتُقدر حمولة السفن دائما كالتالى « ١٠٠٠٠٠ طن إزاحة » ، مثلا أى أن هذه السفينة يمكنها أن تزيح من الماء ما وزنه ١٠٠٠٠٠ طن وبالتالى فإن الدفع عليها يكون معادلا لما مقداره ١٠٠٠٠٠ طن ومعلوم طبقا 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 تماما ، يطفو على سطح الماء وهو مُحمّل جزئيا فإذا أضفنا إلى حمولته ١٢٥٠٠٠ نيوتن فإلى أى عمق زائد يغطس هذا الصندل « إعتبر وزن ١كجم ، كتلة = ١٠ نيوتن ، كثافة الماء = ١٠٠٠ كجم/م^{٣} »

الحـــل : الدفع الزائد = ١٢٥٠٠٠ نيوتن .

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

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

∴ المسافة الزائدة التى يغطسها الصندل

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

[٤ ـ ١١] خط بليمسول *Plimsoll line*

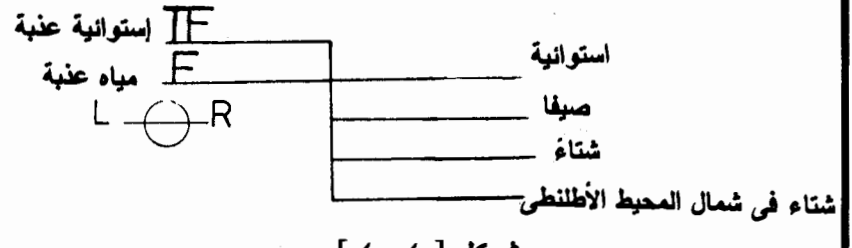
عند تحميل أى قارب أو صندل أو سفينة فإنها تغطس أكثر فى الماء حيث يزداد حجم ووزن الماء المزاح وخشية من غرق السفن نتيجة الحمولات الزائدة ونتيجة لاختلاف كثافة مياه البحار من منطقة لأخرى ولاختلاف كثافة مياه البحار ، كذلك عن المياه العذبة بالأنهار والبحيرات العذبة ،

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 ــ ٤] وطبقا لإتحاد اللويدز للسفن Lioyd's Register of shipping (LR) فإن خطوط بليمسول المتعارف عليها هى :

TF, Tropical Fresh water	المياه الاستوائية العذبة
F , Fresh	المياه العذبة
T , Tropical	إستوائى
S , Summer	صيف
W , Winter	شتاء
WNA, Winter in North Atlantic Ocean	شتاءً فى شمال المحيط الاطلنطى



شكل [٤ ـ ٤]

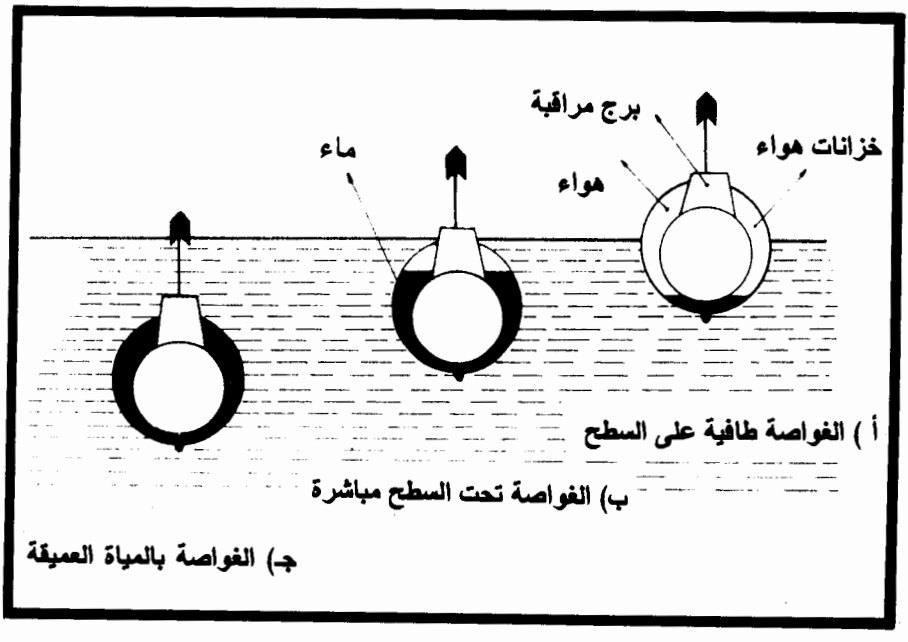
خط بيمسول Plimsoll line

الذى تزود به السفن لتفادى غرقها فى المياه ذات الكثافات المختلفة

تعتبر الغواصات ، أحد التطبيقات العملية لمبدأ أرشميدس وعندما تكون الغواصة طافية فوق سطح الماء فإن برج المراقبة Conning tower وجزء من سطحها يكون ظاهرا فوق سطح الماء وتزود الغواصات من على الأجناب بخزانات ضخمة تُملأ بالماء مما يساعدها على الغوص فى المياه .

ويتم إمالة الدفات الأفقيه لجعلها تغوص عندما تكون الخزانات مليئة جزئيا بالماء .

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

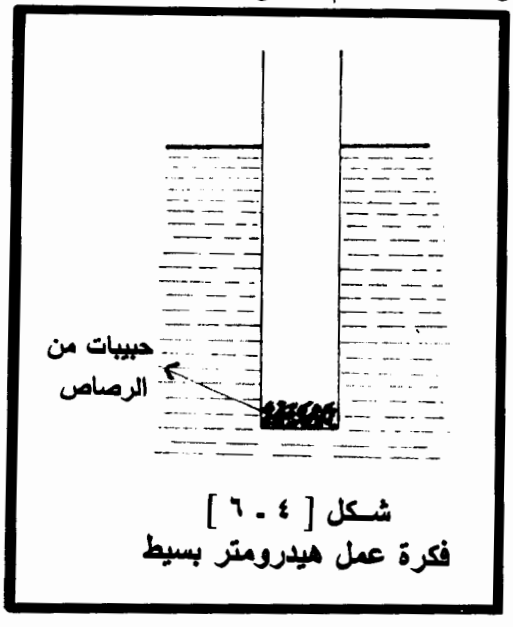


شكل [٤ ـ ٥]
خطوات غوص غواصة للأعماق

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

الهيدرومتر هو جهاز بسيط لقياس الكثافة أو الكثافة النسبية للسوائل فهو يستخدم مثلا لقياس كثافة محلول الإلكتروليت (حامض الكبرتيك المخفف) فى بطارية السيارة ، وتعتبر كثافته مقياساً لحالة بطارية السيارة . ولقياس 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 إنبوبه إختبار ذات قاع مستو ، ثم نضع فيها بعض حبيبات من الرصاص لجعلها تطفو رأسيه تماما فى السوائل ، أنظر الرسم شكل (٤ ــ ٦)



شـكل [٤ ـ ٦]
فكرة عمل هيدرومتر بسيط

ولنفترض أن كتلة الإنبوبة ومحتوياتها = ٢٠ جرام

∴ وزن الأنبوبة ومحتوياتها = ٢٠ × ٠,٠١ = ٠,٢ نيوتن

فإذا ما وضعناها فى الماء الذى كثافته = ١ جرام/سم^{٣}

فإنه ، وطبقا لمبدأ الطفو ، فإن دفع الماء يكون مساويا للوزن = ٠,٢ 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 فى الماء لابد وأن يساوى

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

فإذا قمنا بنقل الانبوبه إلى سائل ذو كثافة أكبر من كثافة الماء
وليكن سائل ذو كثافة = ٢ جرام/سم^{٣}
فإن الدفع فى هذه الحالة = وزن الانبوبة = ٢, نيوتن

∴ كتلة السائل المزاح = ٢٠ جرام .

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

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

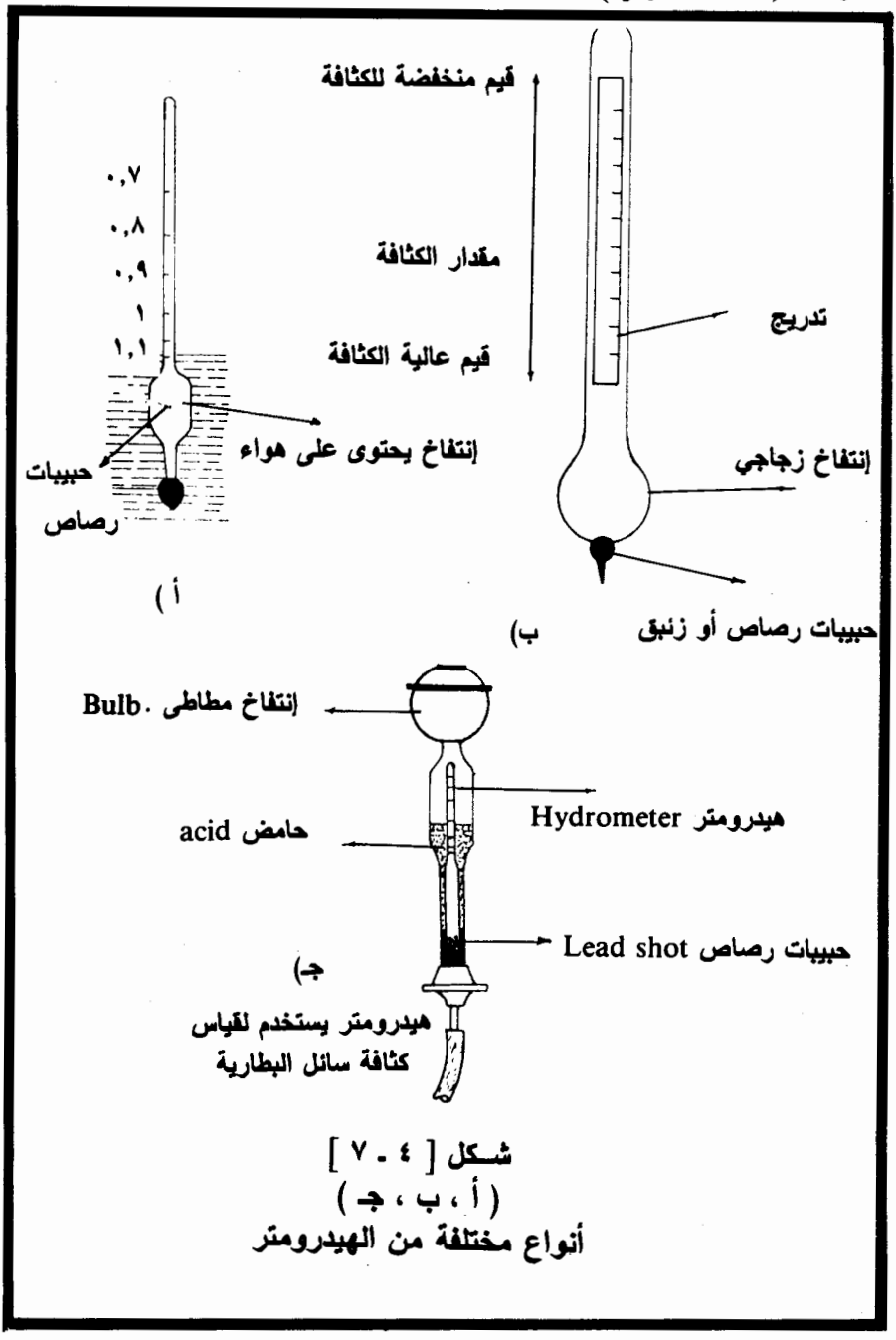
$= \frac{١٠ \text{ سم}^{٣}}{١ \text{ سم}^{٢}} = ١٠$ سم فقط بدلاً من ٢٠ سم فى حالة الماء .

وعموما 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 فى عدة سوائل معروف كثافتها وتسجيل هذه الأرقام كتدريج بداخل الإنبوبة عن طريق وضع علامات من الداخل أمام سطح السائل فى كل مرة .

ويوضح شكل [٤ ــ ٧] رسما تخطيطيا 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 رأسيا فى السائل .
وتعتمد الكثافة التى يمكن قياسها بهذا الجهاز ، وإلى درجة كبيرة على كبر حجم الانتفاخ ، فالهيدرومتر المبين بالشكل موضوع فى سائل ما بحيث

يكون سطح السائل أمام قراءة الكثافة المناظرة له بمعنى أن الانتفاخ يكون بطريقة بحيث يجعل سطح السائل فى مقابل التدريج على الإنبوبة المجوفة الرفيعة (ساق الجهاز)



شـكل [٤ ـ ٧]
(أ ، ب ، جـ)
أنواع مختلفة من الهيدرومتر

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

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

[٤ ـ ١٤] أمثلة متنوعة :

(١) يبلغ حجم بالون غازى ٢٠٠٠ م^{٣} ، ملىء بغاز الهيدروجين الذى كثافته ٠,٠٩ 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 .

الحـــل :

الدفع فى الهواء = وزن الهواء المزاح طبقا لمبدأ أرشميدس

= الحجم × الكثافة × عجلة الجاذبية الأرضية

= ٢٠٠٠ × ١,٢٥ × ١٠ = ٢٥٠٠٠ نيوتن

كتلة الهيدروجين الذى يملأ البالون = ٢٠٠٠ × ٠,٠٩ = ١٨٠ كجم

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

= (١٠٠ + ٧٥ + ١٨٠) × ١٠ = ٣٥٥٠ نيوتن

أقصى حمولة (وزن) = الدفع − الوزن الكلى

= ٢٥٠٠٠ − ٣٥٥٠ = ٢١٤٥٠ نيوتن

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

فإذا ماتم إستخدام غاز الهيليوم بدلا من الهيدروجين

∴ كتلة الهيليوم = ٢ × كتلة الهيدروجين = ٢ × ١٨٠ = ٣٦٠ كجم

∴ الوزن الكلى = (١٠٠ + ٧٥ + ٣٦٠) × ١٠ = ٥٣٥٠

∴ أقصى حمولة (وزن) = ٢٥٠٠٠ − ٥٣٥٠ = ١٩٦٥٠ نيوتن

∴ أقصى كتلة من الأجهزة = $\frac{١٩٦٥٠}{١٠}$ = ١٩٦٥ كجم

(٢) جسم يزن ٦٢, نيوتن فى الهواء فإذا ما غُمر تماما فى الماء فإن وزنه (الظاهرى) يصبح ٤٢, نيوتن فقط فى حين أنه يزن ٤٦, نيوتن عند غمره تماما فى سائل آخر .

فإذا كانت كثافة الماء = ١٠٠٠كجم/م٣ ، فاحسب كثافة السائل الآخر ؟

الحـــل :

الدفع فى السائل = الوزن فى الهواء − الوزن الظاهرى فى السائل

= ٦٢, − ٤٦, = ١٦, نيوتن

= وزن السائل المزاح (نظرية أرشميدس)

الدفع فى الماء = ٦٢, − ٤٢, = ٢, نيوتن

= وزن الماء المزاح

، حجم الماء المزاح = حجم السائل المزاح

∴ $\frac{\text{كثافة السائل}}{\text{كثافة الماء}} = \frac{٠,١٦}{٠,٢٠}$ = ٠,٨

∴ كثافة السائل = ٨, × كثافة الماء = ٨, × ١٠٠٠ = ٨٠٠ كجم/م٣

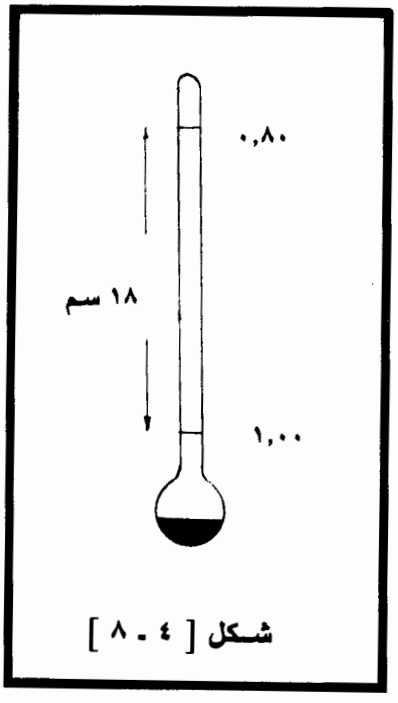
(٣) ويُوضح شكل (٤ ــ ٨) ، أحد الأشكال الشائعة لهيدرومتر يُستخدم فى قياس كثافة السوائل فيما بين ٨, ، ١ جرام/سم٣

فإذا كانت مساحة مقطع ساق الهيدرومتر = ٥, سم٢ والمسافة فيما بين العلامتين « ٨, ، ١ » هى ١٨ سم ، فاحسب :

أ) حجم الهيدرومتر أسفل العلامة « ١ »

ب) موضع العلامة « ٠,٩ »

[اعتبر كثافة الماء ١ جم/سم٣]



شـكل [٤ ـ ٨]

الحـــل :

أ) نفترض أن حجم الهيدرومتر «الانتفاخ» أسفل العلامه «١» هو «ح»سم٣

وحجم الساق فيما بين العلامتين «٨, ،١» = ١٨سم × ٥, سم٢ = ٩ سم٣

∴ الحجم الكلى للهيدرومتر أسفل العلامة « ٠,٨ » = [٩ + ح] سم٣

∴ الدفع فى السائل عندما يكون سطحه مقابل للعلامة «٠,٨» =

[٩ + ح] × ٠,٨ × ٠,٠١ نيوتن

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

∴ (٩ + ح) × ٠,٨ × ٠,٠١ = ح × ١ × ٠,٠١

∴ ٠,٠٧٢ + ٠,٠٠٨ ح = ٠,٠١٠ ح

∴ ٠,٠٧٢ = ٠,٠١٠ ح − ٠,٠٠٨ ح = ٠,٠٠٢ ح

∴ ح = $\frac{٠,٠٧٢}{٠,٠٠٢}$ = ٣٦ سم^{٣}

ب) حجم الماء المزاح = وزن الهيدرومتر = ٣٦ × ١ × ٠١ , = ٠,٣٦ نيوتن
وبذلك فإن وضع الهيدرومتر فى سائل آخر ذو كثافة ٠,٩ جرام/سم^{٣} ينشأ عنه حجم جديد مزاح يمكن حسابه كالآتى :

الحجم الجديد المزاح (ح$_{١}$) × ٠,٩ × ٠,٠١ = ٠,٠٣٦

∴ ح$_{١}$ = $\frac{٠,٣٦}{٠,٠٠٩}$ = $\frac{٣٦٠}{٩}$ = ٤٠ سم^{٣} .

∴ حجم السائل فوق علامة « ١ » = ٤٠ ـ ٣٦ = ٤ سم^{٣} .

∴ إرتفاع علامة « ٠,٩ » فوق علامة « ١ » = $\frac{\text{٤ سم}^{٣}}{\text{٠,٥ سم}^{٢}}$ = ٨ سم

[٤ ـ ١٥] خلاصـــة :

(١) الكثافة = $\frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$ ووحداتها كجم/م^{٣} أ، جرام/سم^{٣}

، كثافة الماء = ١٠٠٠ كجم/م^{٣} أ ، ١ جرام/سم^{٣} .

(٢) تنص قاعدة أرشميدس على :

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

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

، الكثافة النسبية لسائل = النقص الظاهرى لوزن الجسم الصلب فى سائل / النقص الظاهرى لوزن الجسم الصلب فى الماء

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

(٥) يكون للهيدرومتر العملى ، ساق ضيقة مدرج عليها قيم الكثافة وهى تزداد فى الإتجاه لأسفل ، ويكون له إنتفاخ واسع نسبياً ومليء بحبيبات من الرصاص لغرض التوازن فى السوائل .

[٤ ـ ١٦] تدريبات متنوعة : *Exercises*

[إعتبر أن وزن ١ كجم = ١٠ نيوتن ، ووزن ١ جرام = ٠١, نيوتن]

مسائل على الكثافة :

الإجابة فى 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 يعنى هذا ؟ ثم أوجد كتلة النحاس الذى حجمة = ٥٠٠ سم^{٣} ؟
[الجواب : ٤٢٥٠ جرام]

(٣) تبلغ كتلة زئبق فى إنبوبة رفيعة ما مقداره ١٠,٢ جرام ، فإذا كانت الإنبوبة منتظمة المقطع ، ومساحة مقطعها = ٠,١ سم^{٢} . فإحسب إرتفاع الزئبق فى 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 النسبيه = ١,٢٠ وباعتبار أن الحجم لم يتغير ، فإحسب 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 ، ٧,٣جرام / سم^{٣}وكثافة الرصاص ١١,٣ جم/سم^{٣} فإحسب مقدار النسبة المئوية لوزن القصدير فى السبيكة ؟ إعتبر أنه لا يوجد تغير فى الحجم عند ما تكون السبيكة من معدنيها .

[الجواب : ٦٠٪]

(٦) مكعب من الزجاج طول ضلعه ٥ سم وكتلته ٣٠٦ جرام فإذا كان جسم المكعب يحتوى بداخله على فقاعة هوائية « متعمدة » وكانت كثافة الزجاج = ٢,٥٥ جرام/سم^{٣} ، فإحسب حجم هذه الفقاعة ؟

[الجواب : ٥ سم^{٣}]

(٧) كأس إسطوانى كتلته ٥٠ جرام ومساحة مقطعه = ٢٥ سم^{٢} وإرتفاعه = ١٠ سم ، ملىء بزيت كثافته النسبيه = ٠,٨
فما مقدار الكتله الكلية للكأس وهو مملوء ؟
وإذا ما وضعنا قطعة من الألومنيوم كتلتها ٦٦ جرام وكثافتها النسبيه ٢,٢ ، ببطء فى 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 :

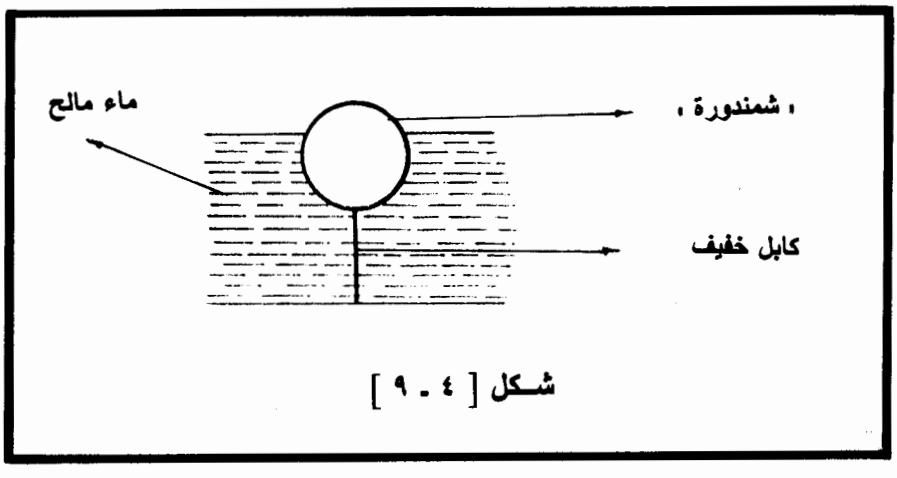
[١] (أ) عند تعليق جسم صلب فى ميزان زنبركى فإن قراءته تكون ١٢ نيوتن فى حين أنه يسجل قراءة مقدارها ١٠ نيوتن عندما يكون الجسم المعلق مغمورا كليا فى الماء .
فإحسب الدفع على الجسم الصلب وكتلة الماء المزاح وحجم الجسم الصلب ؟

(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 هى كثافة الخشب ؟

(جـ) 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}
جـ) ١٠٨ كجم

(٢) يوضح شكل [٤ ــ 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 $\frac{١}{٤}$ حجمها فقط فوق سطح الماء



شـكل [٤ ـ ٩]

(أ) اذكر أسماء القوى الثلاث التى تحافظ على العوامة فى 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/سم٣ 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/سم٣ .

(جـ) أقل قوة إضافية رأسية تلزم لجعل كتلة الخشب تنغمر تماما فى السائل .

[الأجوبة :

(أ) ٥١٠ سم٣

(ب) ٣٤٠ سم٣

(جـ) 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/سم٣]

(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 . (جـ) كثافته النسبية

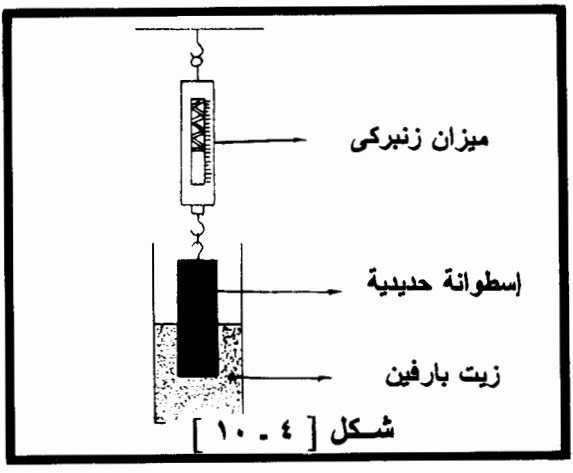
[الأجوبة : (أ) « ١٥٠ » سم٣ ، (ب) « ٤ » جرام/سم٣ ، (جـ) « ٤ »]

(٦) يوضح شكل [٤ ـ ١٠] ، اسطوانة من الحديد طولها « ١٠ » سم وذات مقطع منتظم مساحته « ٢ » سم٣ ، مُعلقة فى ميزان زنبركى ومغمورة حتى نصف طولها فى زيت البارفين الذى كثافته = « ٠,٨ » جم/سم٣ .

فإذا كانت كثافة الحديد « ٧,٥ » جم/سم٣ فاحسب :

(أ) كتلة الأسطوانة الحديدية ، (ب) قراءة الميزان الزنبركى ؟

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



شـكل [٤ ـ ١٠]

(٧) [أ] ارسم تخطيطياً هيدرومتر يصلح لقياس كثافة السوائل التى تتراوح كثافتها فيما بين « ١ » ، « ١,٢ » جم/سم٣ .

ووضح على التدريج أماكن العلامات « ١ » « ١,١ » ، « ١,٢ » جرام/سم٣ واذكر النظرية التى يعتمد عليها الهيدرومتر فى عمله .

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

وفيما يلى جدول يوضح طول النابض عند تعليق الجسم به فى كل من الهواء والماء والزيت :

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

احسب باستخدام البيانات الموضحة ، كثافة معدن الاسطوانة وكثافة الزيت .

[الجواب : (ب) المعدن « ٨,٣ » جم/سم٣ ، الزيت « ٠,٦٧ » جرام/سم٣]

(٨) اذكر مبدأ أرشميدس واشرح ما يلى بالنسبة للغواصة :

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

(ب) كيف يمكنها الإرتفاع للسطح مرة ثانية .

(جـ) ما العلاقة بين الوزن والدفع عليها فى كل حالة .

(٩) ونش بحرى عائم ، كتلته « ٢٠٦٠٠ » كيلوجرام يطفو فى مياه البحر التى كثافتها = « ١,٠٣ » جرام/سم٣ (« ١٠٣٠ » كجم/م٣) ، فإذا كانت قاعدة الونش عبارة عن شكل متوازى مستطيلات ذو قاعدة طولها «٤ » متر وارتفاعها « ٢,٥ » م فما هى أقصى كتلة يمكن رفعها بالونش إذا كانت قمة القاعدة تكاد تلامس مستوى سطح الماء ؟

(١٠) بالون بلاستيك يبلغ أقصى حجم له « ٢٠٠ » م٣ عند سطح الأرض وفى الظروف القياسية من الضغط ودرجة الحرارة فإنه لا يمتلىء إلا بنصف هذا الحجم فقط بالهيدروجين .

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

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

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

[اعتبر كثافة الهواء عند الظروف القياسية = « ١,٢٩ » كجم/م٣ ، اعتبر كثافة الهيدروجين عند الظروف القياسية = « ٠,٠٩ » كجم/م٣]

[الجواب : (أ) « ١٢٠ » كجم ، (ب) ٠,٠٧ كجم/م٣]

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

فاحسب مساحة مقطع الأنبوبة ؟

[الجواب : ١ سم^{٢}]

(١٢) قطعة خشب على شكل متوازى 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 فى الماء بحيث يكون الضلع « ٢٠ » سم رأسياً لأعلى فاحسب وزن الماء المزاح وأوجد مقدار الجزء الغاطس منها .

ثم وضعت قطعة الخشب فى ماء مالح كثافته النسبية ١,٢ كما وضعت كتلة من معدن كثافته النسبية ١١,٢ إلى كتلة الخشب بحيث أن قمة كتلة الخشب تكون فى مستوى سطح الماء .

فاحسب كتلة هذا المعدن المضاف فى حالة ما إذا :

(أ) وضعت أعلى قطعة الخشب .

(ب) وضعت أسفل قطعة الخشب .

[الأجوبة : « ٠,٦٧ » جم/سم^{٣} ، « ١٠٠٠٠ » نيوتن ، « ١٣$\frac{١}{٣}$ » سم]

، ٨٠٠ جم ، ٨٩٦ جم

(١٣) احسب حجم اسطوانة من المعدن كتلتها « ١٠٥ » جرام ويبلغ وزنها الظاهرى « ٠,٩٢٥ » نيوتن عند غمرها تماماً فى ماء كثافته « ١ » جرام/سم^{٣} .

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

[الأجوبة : « ١٢,٥ » سم٣ ، « ٠,٨ » جم/سم٣]

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

فإذا كانت كثافة الماء = « ١٠٠٠ » كجم/م٣ .
فأوجد كثافة السائل الآخر .

[الإجابة : « ٨٠٠ » كجم/م٣]

(١٥) يبلغ حجم جسم من البلاستيك المصمت « ٢٠٠ » سم٣ ويُتوقع أن يكون بداخله فقاعات هوائية لذا فإنه تم اختباره بتعويمه فى الماء الذى كثافته « ١٠٠٠ » كجم/م٣ فوجد أن « ٩٠٪ » من حجمه يكون مغموراً فإذا كانت كثافة البلاستيك « ١٢٠٠ » كجم/م٣ .

فاحسب الحجم الكلى لفقاعات الهواء بداخله .

[الإجابة : ٥٠ سم٣]