# الوحدة السادسة

# الضغط والأجهزة الهيدروليكية والهوائية

## • الضغط :

يعرف الضغط بأنه القوة المؤثرة على وحدة المساحة

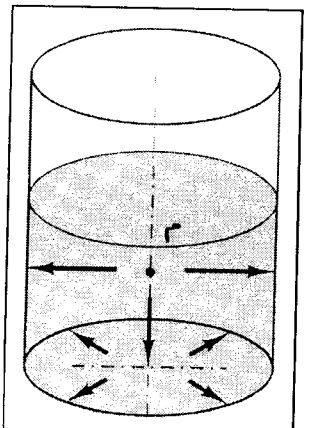
$$\text{الضغط ض} = \frac{\text{القوة}}{\text{المساحة}}$$

وبصفة عامة فإن الإطارات الهوائية تفضل على أى نوع آخر من العجلات حيث إن أى زيادة فى الوزن تجعل الإطار يتفلطح أكثر وهكذا تزداد مساحة التلامس مع الأرض فيظل الضغط على الأرض تقريبًا ثابتًا بغض النظر عن الحمل . ولذلك فهذا النوع من العجلات والإطارات يسبب أقل تلف للأرض التى يتدحرج عليها . ووحدة الضغط تسمى باسكال Pa وتساوى نيوتن/متر$^{٢}$ وهى بالمناسبة ضئيلة جدًا عملياً وبالتالى فنحن نستخدم الكيلو باسكال أو الميجا باسكال والأخيرة = نيوتن لكل ميلليمتر مربع .

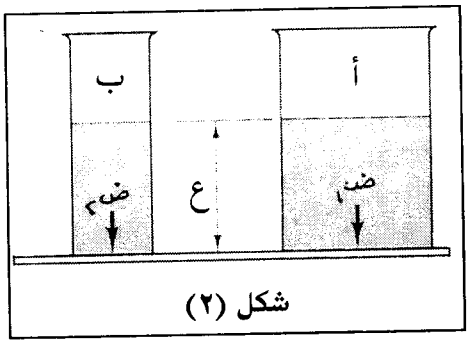
## • الضغط الهيدروستاتيكى :

يسبب السائل فى الشكل المبين ضغطاً على قاع وجوانب الإناء وهذا ما نسميه بالضغط الاستاتيكى ، وهذا الضغط يعتمد على الآتى :

- **كثافة السائل .**
- **عمق السائل** : الذى عنده يؤثر على الجسم ( ع ) .



شكل (١)



شكل (٢)

ـــ **عجلة الجاذبية** : وإذا نظرت إلى الشكل (٢) ستجد أن ارتفاع السائل فى الإنائين أ ، ب هو ع وإذا كان السائل فى أ ، ب من نفس الكثافة فإن الضغط ض١ = ض٢ بغض النظر عن مقطع كل منها حيث أن أ أكبر من ب . جدير بالذكر أن الضغط عند نقطة معينة متساوى فى جميع الجهات كما يتضح من الشكل (١) نقطة م . ويحسب الضغط عند عمق معين كالآتى :

ض = ع ( متر ) × ث ( كجم/م$^{٣}$ ) × جـ ٩,٨١ م/ث$^{٢}$ )

ع : العمق من السطح ث : كثافة السائل

جـ : عجلة الجاذبية الأرضية

* **مثال :**

احسب الضغط على جدار إناء يحتوى على سائل البرافين الذى كثافته ٨٠٠ كجم/م$^{٣}$ عند نقطة تبعد عن السطح ( على عمق ) يساوى ٠,٥ متر . عجلة الجاذبية هى ٩,٨١ م/ث$^{٢}$ .

ض = ع × ث × جـ

= ٠,٥ × ٨٠٠ × ٩,٨١ = ٣,٩٢٤ كيلو باسكال

إذا كان القاع يبعد عن السطح بمقدار ١ متر فاحسب الضغط على القاع

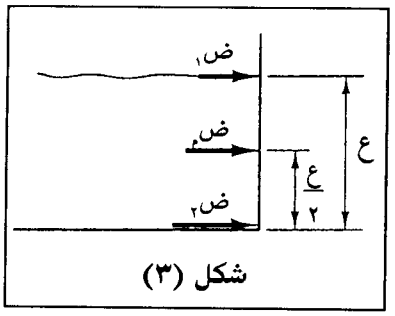
ض = ١ × ٨٠٠ × ٩,٨١ = ٧,٨٤٨ كيلو باسكال

ويتضح من معادلة الضغط أنه عند السطح يكون ع = صفر وبالتالى يكون الضغط صفرًا أيضًا . ولحساب القوة الإجمالية التى تؤثر على قاع الإناء ( وهذا مهم جداً لتصميم قاعدة تتحمل الضغط ) فإن :

ق ( القوة الإجمالية ) = ض ( الضغط عند القاع ) × مساحة القاعدة . فإذا كانت مساحة القاعدة هى ٦م$^{٢}$ فإن القوة الإجمالية هى :

ق = ٧٨٤٨ × ٦ = ٤٧٠٨٨ نيوتن

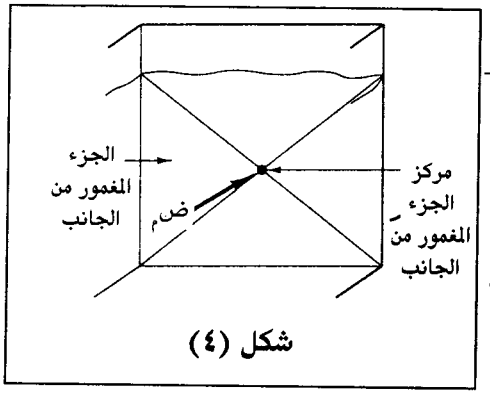
أما لحساب الضغط على جوانب الإناء فإن الموضوع يختلف حيث أن الضغط يتدرج من الصفر عند السطح ويصل إلى أقصى ضغط عند القاع ، كذلك عند نصف الارتفاع فإن الضغط يساوى نصف الضغط على القاع ويعتبر هذا الضغط هو الضغط المتوسط المؤثر على جانب الإناء .



شكل (٣)

الضغط المتوسط ( ض$_م$ ) = $\frac{\text{ض}_1 + \text{ض}_2}{2}$

أما القوة الإجمالية على جانب الإناء فإنها تساوى = الضغط المتوسط ( ض$_م$ ) × مساحة الجزء المغمور من الجانب وهذا يظهر فى الشكل (٤)



شكل (٤)

* **مثال :**

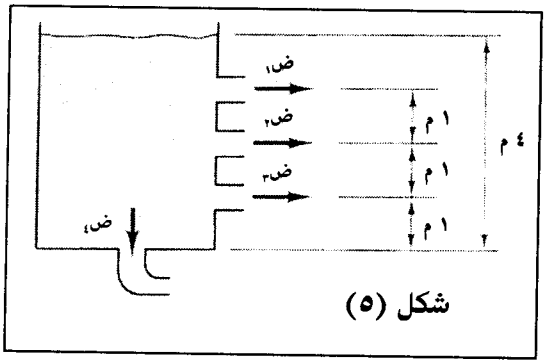
فى الشكل (٥) إذا كان ض$_1$ = ٤٠ كيلو باسكال فأوجد :

( أ ) الضغط ض$_2$

(ب) الضغط المتوسط ض$_م$

(جـ) الضغط ض$_3$

( د ) الضغط ض$_4$ .



شكل (٥)

باستخدام النسبة والتناسب حيث أن الضغط عند السطح = صفر ، وعند القاع = ٤٠ كيلو باسكال

$$\frac{\text{ض}_1}{\text{عمق ض}_1} = \frac{\text{ض}_2}{\text{عمق ض}_2} = \frac{\text{ض}_3}{\text{عمق ض}_3} = \frac{\text{ض}_4}{\text{عمق ض}_4}$$

، ض$_م$ = $\frac{1}{2}$ ض$_4$

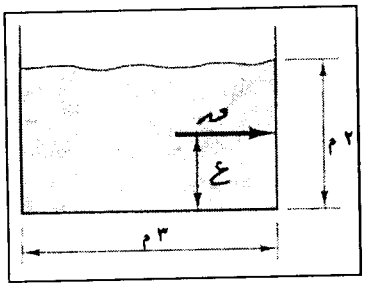
$$\therefore \frac{ض_1}{1} = \frac{ض_2}{2} = \frac{ض_3}{3} = \frac{٤٠ \text{ كيلو باسكال}}{٤}$$

∴ ض$_1$ = ١٠ كيلو باسكال ، ض$_2$ = ٢٠ كيلو باسكال

، ض$_3$ = ٣٠ كيلو باسكال ، ض$_4$ = ٢٠ كيلو باسكال

* **مثال :**

فى الشكل المبين ، خزان قاعدته على شكل مربع طول ضلعه ٣ م مملوء بالماء حتى ارتفاع ٢ م ، فإذا كانت كثافة الماء هى ١٠٠٠ كجم/م$^3$ وعجلة الجاذبية هى ١٠ م/ث$^2$ فأحسب :




( أ ) الضغط الواقع على قاعدة الخزان .

(ب) الضغط المتوسط على جانب الخزان .

(جـ) القوة المؤثرة على قاع الخزان .

( د ) القوة المؤثرة على جانب الخزان .

(هـ) ارتفاع نقطة عمل القوة ( المحصلة ) على جانب الخزان من القاع .

## الحـــل

( أ ) الضغط الواقع على قاعدة الخزان = ع × ث × حـ = ٢ × ١٠٠٠ × ١٠

= ٢٠ كيلو باسكال .

(ب) الضغط المتوسط = $\frac{1}{2}$ الضغط عند القاعدة = $\frac{٢٠}{٢}$ = ١٠ كيلو باسكال

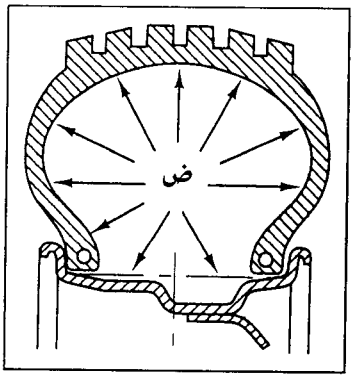
(جـ) القوة المؤثرة على قاع الخزان = الضغط × مساحة القاعدة

= ٢٠٠٠٠ × ٩ = ١٨٠ كيلو نيوتن

( د ) القوة المؤثرة على جانب الخزان = المساحة المغمورة من الجانب × الضغط المتوسط = ٢ × ٣ × ١٠ = ٦٠ كيلو نيوتن .

(هـ) ارتفاع نقطة عمل القوة ق هو نصف ارتفاع السائل = $\frac{1}{2}$ × ٢ = ١ م

## • الضغط المتولد فى الغازات :




يوضح الشكل المقابل جزيئات الغاز فى حيز محدود ( إطار سيارة ) والتى يتميز سلوكها بالآتى :

ـ جزيئات الغاز تتحرك باستمرار .

ـ يتحرك جزئ الغاز بسرعة كبيرة .

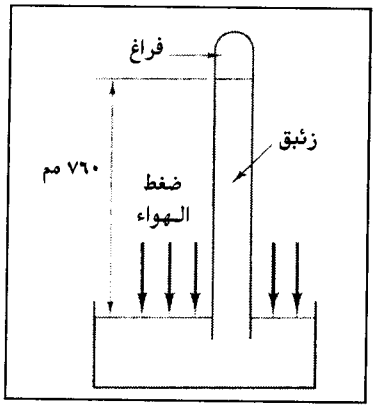
ـ تصطدم الجزيئات أثناء حركتها ببعضها البعض وبجوانب الحيز الذى يحتويها .

ـ فى كل مرة تصطدم الجزيئات بجوانب الإناء تؤثر بقوة عليها .

ـ ضغط الغاز على جوانب الإناء يساوى إجمالى قوى التصادم على وحدة المساحات فى وحدة الزمن .

وهكذا كلما ضخخنا هواءًا أكثر فإن حجم الإطار لا يكبر وإنما يزيد عدد الجزيئات الموجودة داخل الإطار وبالتالى يزداد عدد التصادمات على وحدة المساحات ، وهكذا يزداد الضغط كلما ازداد الهواء انضغاطاً داخل الإطار ولهذا تتميز الغازات بقابلية الانضغاط .

## • الضغط الجوى :

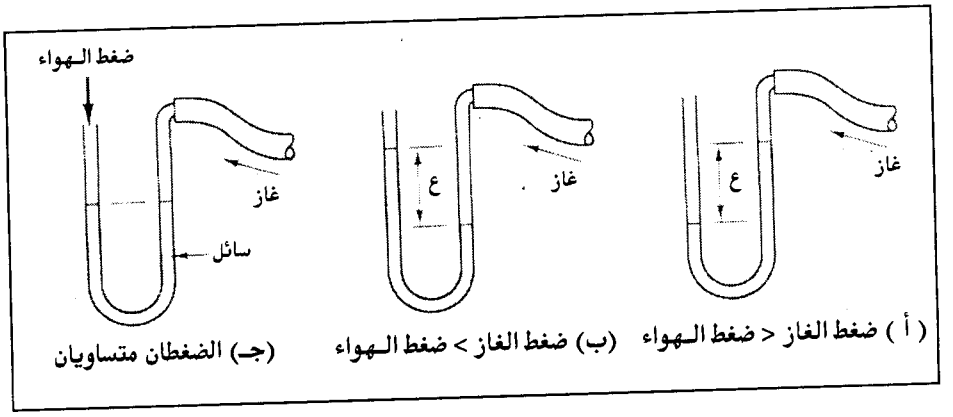



يحيط بالكرة الأرضية غلاف جوى يحتوى على خليط من الغازات لها كتلة تتأثر بقوة الجاذبية الأرضية ، وبالتالى فإن لها وزن . وهذا الوزن يؤثر على كل شىء على سطح الأرض وعلينا أيضاً ، ولهذا فإن هذه القوة تؤثر على أى مساحة بضغط ما وهكذا فإن الهواء له ضغط . ولقياس الضغط الجوى يستخدم البارومتر ويمثله الجهاز المبين ، وفيه يضغط الهواء الجوى على سطح الزئبق فيندفع فى الأنبوبة المقفولة من أعلى إلى ارتفاع معين يقاوم ضغط الهواء ( ٧٦٠ مم ) . وفوق هذا العمود من الزئبق يوجد فراغ علوى

وبالتالى ليس هناك ضغط جوى يضغط إلى أسفل فى الأنبوبة المغلقة . وإذا زاد الضغط الجوى فإن العمود يرتفع أكثر داخل الأنبوبة والعكس صحيح فإنه إذا قل الضغط الجوى فإن العمود يأخذ فى الانخفاض حتى يصل إلى نقطة يستطيع فيها الضغط أن يقاوم عمود الزئبق بارتفاعه الجديد . وبوضع مقياس داخل الأنبوبة فإننا نستطيع قياس الضغط الجوى بدقة . ويزداد الضغط الجوى كلما قربنا إلى سطح الأرض ويقل كلما ارتفعنا عنه ، وهذا يفسر صعوبة التنفس عند قمم الجبال العالية أما فى الطائرات فإنها تتميز من الداخل بضغط ثابت يتم التحكم فيه لراحة الركاب بغض النظر عن ارتفاع الطائرة عن سطح الأرض .

## • المانومتر :

يستخدم المانومتر لقياس ضغط الغاز وهو على شكل U ومفتوح من ناحية إلى الضغط الجوى أما الناحية الأخرى فيتم توصيلها بالغاز المراد قياس ضغطه . ويستخدم الزئبق أو سائل ملون فى المانومتر وذلك يعتمد على مقدار الضغط المتوقع للغاز المراد قياسه . وفى الشكل ( أ ) فإن ضغط الغاز أقل من الضغط الجوى فيندفع السائل فى الفرع المتصل بالغاز ، أما إذا زاد ضغط الغاز عن الضغط الجوى فإن السائل يندفع إلى لأعلى فى الفرع المفتوح ضد الضغط الجوى كما فى الشكل (ب) . وأخيرًا إذا تساوى ضغط الغاز مع الضغط الجوى فإنه يتساوى مستوى السائل فى فرعى الأنبوبة كما فى الشكل (جـ) . وتستخدم أجهزة أخرى لقياس ضغط الغازات مثل أنبوبة بوردون وتعتمد على أنبوبة مقوسة تنتهى بعدة روافع لتكبير الحركة ثم مؤشر ومقياس .



## • الضغط المطلق :

الضغط المطلق ببساطة يساوى مجموعة الضغط بالمقياس المستخدم ( مانومتر أو أنبوبة بوردون ) + الضغط الجوى . ولقياس الضغط تستخدم وحدة هى المليمتر زئبق أو الميليبار ، ولتحويلها إلى باسكال نستخدم العلاقات التالية :

**( أ ) لتحويل الضغط الجوى إلى باسكال**

ض = ع × ث × حـ

= ٠,٧٥ × ١٣٦٠٠ × ٩,٨١

= ١٠٠٠٦٢ باسكال

ع = ٠,٧٥٠ متر

ث = ١٣٦٠٠ كجم/م$^{٣}$

جـ = ٩,٨١ م/ث$^{٢}$

**(ب) الميلليبار**

١ نيوتن/م$^{٢}$ = ١ باسكال

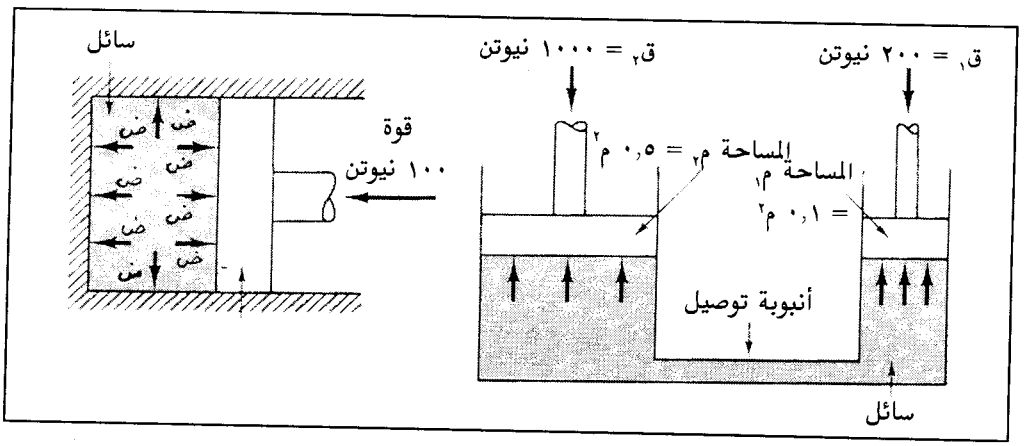
١ بار = ١ × ١٠$^{٥}$ باسكال

١ ميلليبار = ١ × ١٠$^{٢}$ باسكال

## • قانون باسكال :

قانون باسكال ينص على الآتى :

**« اذا أثر ضغط على سطح سائل فى إناء مغلق فإن هذا الضغط يتوزع بنفس المقدار فى كل أنحاء السائل »**



وفى الشكل الأيسر فإن الضغط ض = القوة / مساحة المكبس = ١٠٠ نيوتن / ٠,٥ م$^{٢}$ = ٢٠٠ باسكال

وهذا الضغط يؤثر على سطح المكبس من الداخل وعلى جوانب الأسطوانة . ولأن كتلة السائل صغيرة فإننا تجاهلنا الضغط الهيدروستاتيكى مقارنة بالضغط الناتج عن القوة المؤثرة . ولنفهم الآن كيفية تطبيق قانون باسكال على معدة هيدروليكية بسيطة موضحة بالشكل الأيمن على الصفحة السابقة .

أسطوانتان غير متساويتى المساحة متصلتان ومملوءتان بالماء أو السائل الهيدروليكى .

الضغط فى النظام طبقاً للمعادلة المعروفة هو :

ض = $\frac{ق}{م}$ وبالنسبة للأسطوانة الصغيرة فإن ض = $\frac{ق_{١}}{م_{١}}$

= $\frac{٢٠٠ ن}{٠,١ م^{٢}}$ = ٢٠٠٠ باسكال أو ٢ كيلو باسكال

ولما كانت الأسطوانتان متصلتان بأنبوبة فإننا يمكننا اعتبارهما محتوى أو إناء واحد . وطبقاً لقانون باسكال فإن الضغط المنتظم الذى يساوى ٢ كيلو باسكال سوف يتوزع بانتظام داخل النظام كله ، وسوف يؤثر على الأسطوانات والمكابس وأنبوبة التوصيل . ولنحسب القوة المؤثرة على المكبس الكبير :

ق$_{٢}$ = ض × م$_{٢}$ = ٢ كيلو باسكال × ٠,٥ م$^{٢}$

= ٢٠٠٠ ن/م$^{٢}$ × ٠,٥ م$^{٢}$ = ١٠٠٠ نيوتن أو كيلو نيوتن

وهكذا فإن ق$_{٢}$ تعادل ٥ أضعاف ق$_{١}$ لأن مساحة المكبس الثانى هى ٥ أضعاف المكبس الأول ، فهل يعنى هذا أننا كسبنا شيئاً بلا مقابل ؟ للأسف فليس هناك شىء بالمجان فى الهندسة والواقع أننا فى مقابل ذلك فإن ق$_{٢}$ تتحرك $\frac{١}{٥}$ المسافة التى تتحركها ق$_{١}$ .

والقاعدة العامة هى :

$$ض = \frac{ق_{١}}{م_{١}} = \frac{ق_{٢}}{م_{٢}}$$

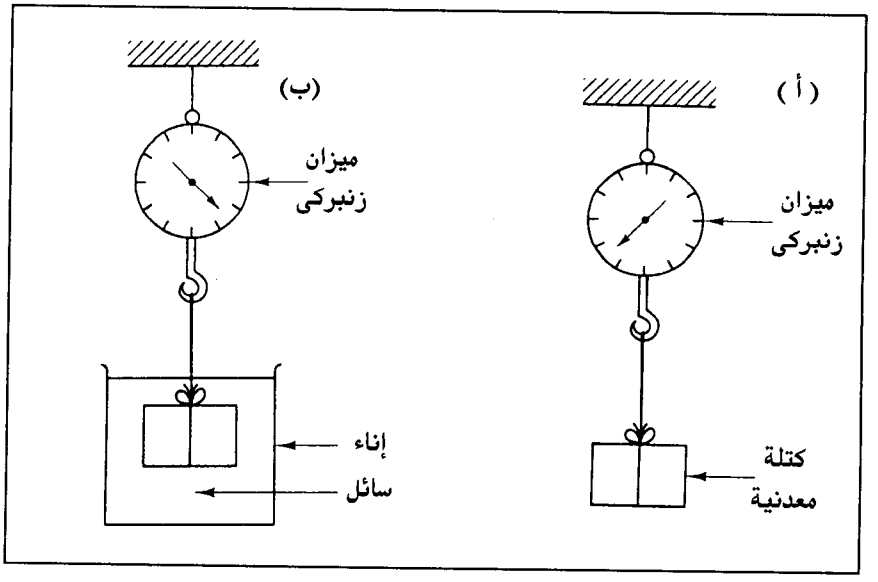
$$\therefore ق_{٢} = ق_{١} \times \frac{م_{٢}}{م_{١}} = \frac{ق_{١} \times \frac{ط}{٤} (ر_{٢})^{٢}}{\frac{ط}{٤} (ر_{١})^{٢}}$$

$$\therefore ق_{٢} = \frac{ق_{١} \times ر_{٢}^{٢}}{(ر_{١}^{٢})}$$

حيث $ر_{١}$ ، $ر_{٢}$ هما قطرى الأسطوانات للمكبس الصغير والمكبس الكبير على التوالى .

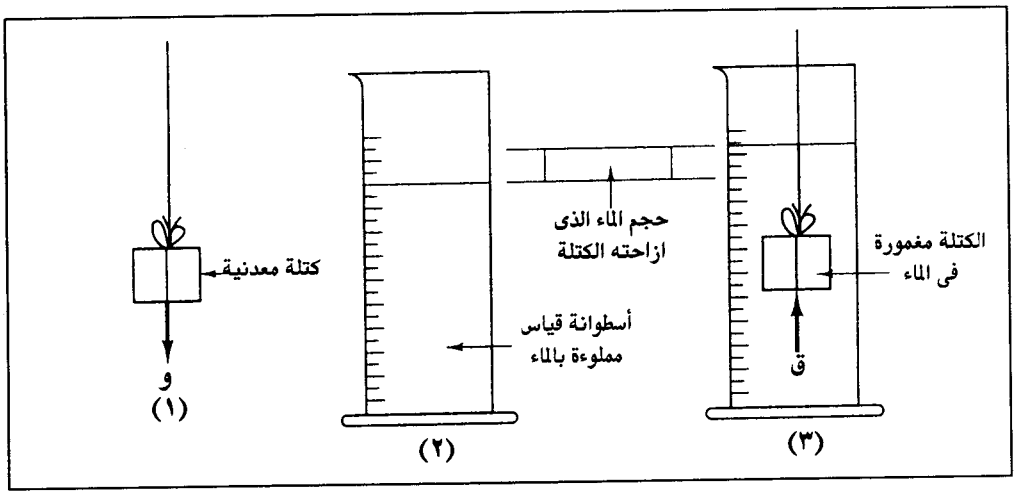
## • الدفع :

الشغل أ يبين كتلة معدنية توزن بميزان زنبركى فى الهواء ، أما فى الشكل ب فإن نفس الكتلة توزن وهى مغمورة فى الماء ويوضح المؤشر أن القراءة تكون أقل حينما تكون الكتلة مغمورة . وحينما يغمر جسم جزئياً أو كلياً فى مائع ( سائل أو غاز ) فإن هناك قوة تدفق لأعلى ، هذه القوة هى ما نسميه بالدفع وهذا ما يفسر قراءة المؤشر الأقل فى حالة الغمر . وقد اكتشف العالم الإغريقى أرشميدس العلاقة بين الدفع إلى أعلى ووزن السائل المزاح عند غمر الجسم فيه :




**وتقول قاعدة أرشميدس :**

**« عند غمر جسم كليًا أو جزئيًا فى سائل فإن الدفع إلى أعلى . المؤثر على الجسم . يساوى وزن السائل المزاح بواسطة هذا الجسم المغمور »**

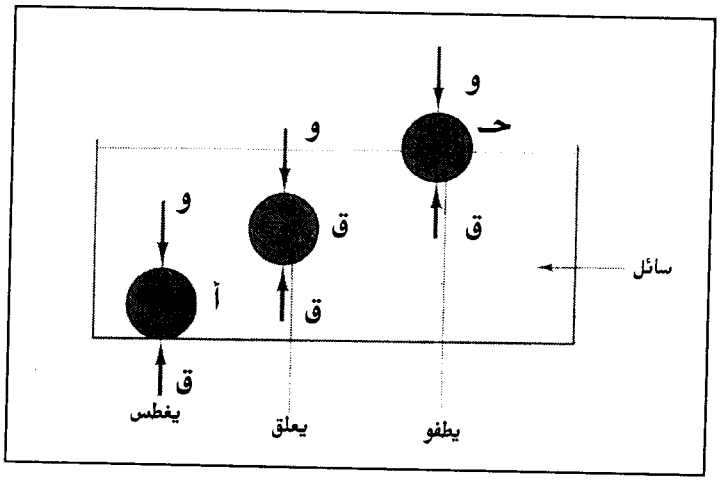



والآن سوف نحاول دراسة وتقييم الوزن المفقود عند غمر الجسم فى الماء ، وكما يوضح الشكل (١) فلدينا كتلة معدنية معلقة فى ميزان زنبركى بخيط رفيع . حجم الكتلة هو ٨ سم$^{٣}$ ووزنها ٠,٨٩ ن . والشكل (٢) يبين أسطوانة قياس حجوم تحتوى على حجم معلوم من الماء ، والشكل (٣) يبين الكتلة أو الجسم وهو مغمور فى الماء ( لاحظ ارتفاع مستوى الماء فى الأسطوانة ) هذا هو الماء المزاح بكتلة المعدن ، والكتلة كلها مغمورة وبالتالى فإن هذا الحجم المزاح يساوى حجم الكتلة المغمورة وهو ٨ سم$^{٣}$ . والآن لنحسب وزن ٨سم$^{٣}$ من الماء النقى . نحن تعلمنا سابقاً أن ١ سم$^{٣}$ من الماء وزنه ١ جرام ، إذا ٨ سم$^{٣}$ وزنها ٨ جم ، كذلك ١ كجم وزنها ٩,٨١ نيوتن وبالتناسب فإن ٨ جم وزنها ٠,٠٧٨٥ نيوتن .

وطبقاً لقاعدة أرشميدس لما كان الدفع لأعلى يساوى وزن الماء المزاح فإن هذا الدفع = ٠,٠٧٨٥ ن وهذا هو الوزن الظاهرى المفقود عند غمر كتلة المعدن فى الماء . وملخص هذا :

ـ أن كتلة المعدن تزن ٠,٨٩ نيوتن فى الهواء .

ـ أن كتلة المعدن تزن ٠,٨٩ ـ ٠,٠٧٨٥ = ٠,٨١١٥ نيوتن وهى مغمورة فى الماء وهناك ثلاثة أحوال للطفو تؤثر على الجسم إذا غمر فى السائل كما هو موضح بالشكل التالى :




الجسم ( أ ) غـاطس إلى قـاع الحـوض ولا يقـف إلا عنـد وصولـه إلى القـاع .
الجسم يتميز بطفو سالب حيث أن و > ق .

الجسم (ب) يظل عالقًـا فـلا يطفـو ولا يغطـس إلى القـاع ( مثـل الغواصـة ) .
الجسم يتميز بطفو متعادل حيث أن و = ق .

الجسم (جـ) طافٍ عند سطح السائل ( مثل السـفينة ) . الجسـم يتمـيز بطفـو موجب حيث أن و < ق .

وفى كل الحالات السابقة ( و ) هو وزن الجسم ، (ق) هو قوة الدفع إلى أعلى وهذه تلخصها المعادلة الرياضية الآتية :

قوة الدفع ( ق ) = ح × ث × حـ

ح : حجم السائل المزاح ( م$^{٣}$ )  ث : كثافة السائل ( كجم/م$^{٣}$ )

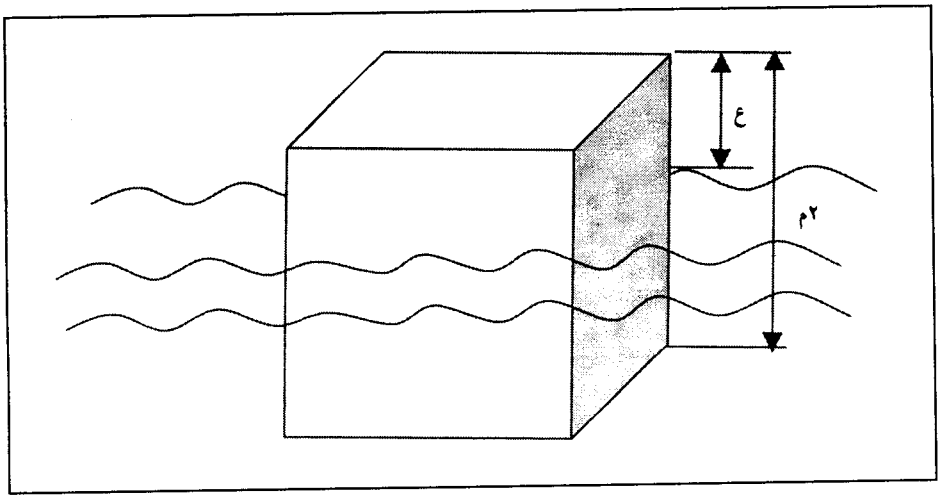
جـ : عجلة الجاذبية الأرضية ( م/ث$^{٢}$ )

* **مثال :**

صندوق من المعدن على هيئة طول ضلعه ٢ م ، المكعب يزن ٢٠ كيلو نيوتن ويطفو على سطح ماء نقى كثافته ١٠٠٠ كجم/م$^{٣}$ . عجلة الجاذبية جـ = ١٠ م/ث$^{٢}$ .

( أ ) احسب ارتفاع الجزء الطافى من الصندوق .

(ب) إذا كان الصندوق مملوءاً بـ ٢٠٠٠ لتر من الزيت الذى كثافته ٨٠٠ كجم/م$^{٣}$ احسب الارتفاع الجديد للجزء الطافى




( أ ) لابد للصندوق أن يزيح ما وزنه ٢ كيلو نيوتن من الماء ليظل طافياً

ق = ح × ث × حـ = و ( وزن الجسم )

∴ الحجم المزاح :

$$ح = \frac{و}{ث \times حـ} = \frac{٢٠٠٠٠}{١٠ \times ١٠٠٠} = ٢ \text{ م}^٣$$

ولما كانت مساحة القاعدة = ٢ × ٢ = ٤ متر$^٢$

∴ ارتفاع الجزء المغمور = $\frac{٢ \text{ م}^٣}{٤ \text{ م}^٢}$ = ٠,٥ متر

وبذلك يكون ارتفاع الجزء الطافى هو ١,٥ متر

(ب) الوزن الكلى الجديد = وزن الجسم + وزن الزيت داخل الصندوق

= ٢٠٠٠٠ + ٢ م$^٣$ × ٨٠٠ × ١٠

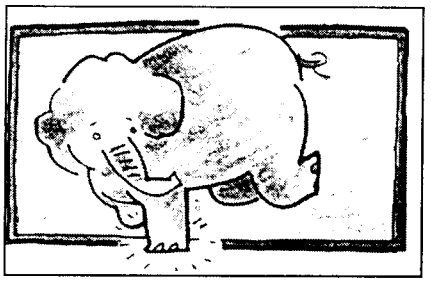
= ٢٠٠٠٠ + ١٦٠٠٠ = ٣٦٠٠٠ نيوتن

∴ الحجم المزاح الجديد = $\frac{٣٦٠٠٠}{١٠ \times ١٠٠٠}$ = ٣,٦ م$^٣$ بارتفاع = $\frac{٣,٦}{٤}$ = ٠.٩ م

∴ ارتفاع الجزء الطافى الجديد = ٢ − ٠,٩ = ١,١ م

هكذا عرفنا الضغط فى السوائل والغازات وكذلك الدفع فى السوائل وطفو الأجسام . فلنقترب الآن من الحياة العملية لنستشعر الضغط بصفة عامة وعالم

الـهيدروليك والنيوماتيك ( الأجهزة التـى تعمـل بضغـط السـوائل والأخـرى التـى تعمل بضغط الـهواء ) . تستطيع أن تضغط دبوساً فى قطعة مـن الخشـب ولكنـك بالتأكيد لا تستطيع أن تضغط أصبعك فى الخشب حتى لو بذلك قوة أكـبر ، لـماذا ؟ ما هو الفرق بين سكين حديد وآخر كليل ؟ إن الفرق فى كل حالة هو المساحة ، فنقطة تأثير الدبوس وحافة السكين الحاد تؤثران على مساحة صغيرة وبالتالى فإن القوة المؤثرة على مساحة صغيرة تعطى ضغطاً أكبر وحتى يمكننـا الإحسـاس بـأثر الضغط نسوق مثالين :

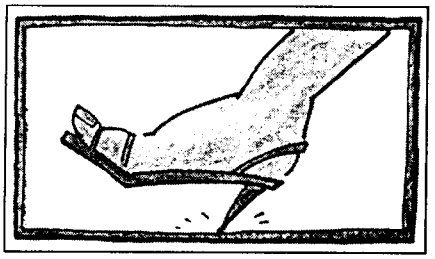


* **المثال الأول :**

إذا وقف فيل ٤٠٠٠٠ نيوتن على قدم واحدة مساحتها ١٠٠٠ سم$^{٢}$ ($\frac{١}{١٠}$ م$^{٢}$)

فإن الضغط الواقع على هذه القدم

$$= \frac{\text{القوة}}{\text{المساحة}} = \frac{٤٠٠٠٠}{\frac{١}{١٠}} = ٤٠٠٠٠٠ \text{ نيوتن/م}^{٢}$$



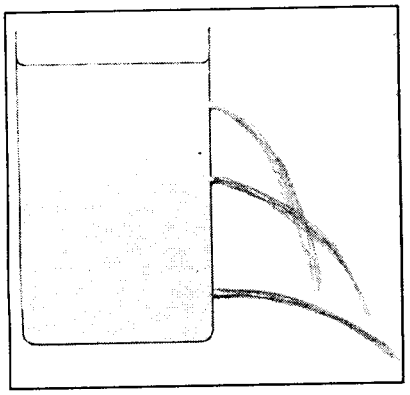
* **المثال الثانى :**

الضغط الذى تؤثر به فتاة تزن ٤٠٠ نيوتن علـى طـرف كـعب عال مساحته ١ سم$^{٢}$ ($\frac{١}{١٠٠٠٠}$ م$^{٢}$)

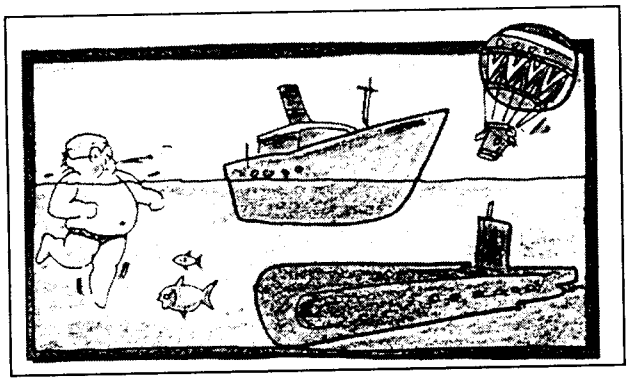
$$= \frac{\text{الوزن}}{\text{المساحة}} = \frac{٤٠٠}{\frac{١}{١٠٠٠٠}} = ٤٠٠٠٠٠٠ \text{ نيوتن/م}^{٢}$$

**أكبر عشر مرات من مثال الفيل ! ! ...**

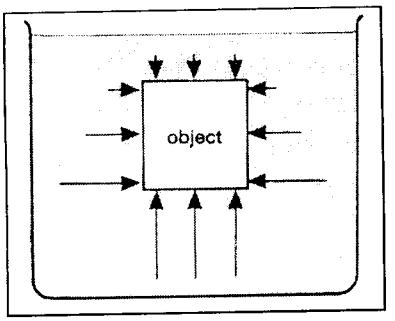
صحيح أن قدم الفيل مؤثر أكبر لكـن ذلـك الكعـب المدبـب يؤثـر بضغـط أكـبر ( نظراً لصغر مساحته ) وبالتالى فإنه ينغـرس أكـثر فـى الأرض والآن لـماذا تتميز الجمال بأرجل ذات خفّ ؟



وتوضح التجربة المقابلة كيف يتأثر الضغط فى السوائل بالعمق ، فالسائل يتدفق بصورة أسرع وأقوى عند القاع عنه عند القمة . بمعنى أن الضغط عند القاع أكبر منه عند القمة . ولهذا السبب فإنه يراعى عند بناء السدود أن تكون قاعدتها أكبر من قمتها حتى تستطيع مقاومة الضغوط فى الأعماق .

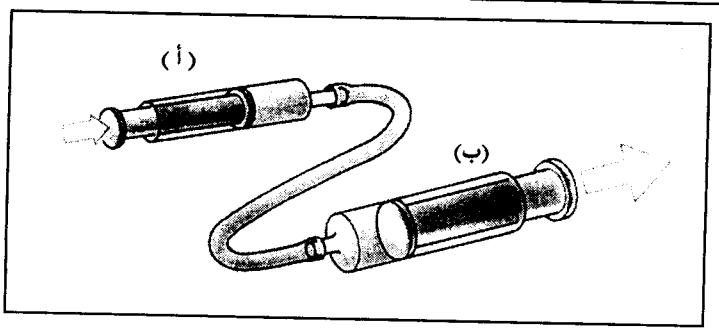


إن أبسط مثال لقوة الدفع هو حينما تسير فى الماء ( فى البحر أو حمام السباحة ) فإنك تشعر وكأنك أخف وزناً . ذلك لأن الماء يدفعك إلى أعلى بقوة الدفع . والواقع أن هذا الدفع هو نتيجة اختلاف تأثير الضغط عند قمة الشىء عن قاعدته ، بمعنى أن الضغط المؤثر فى العمق أكبر من الضغط المؤثر عند السطح وبالتالى فإن هذا الفارق محصلة قوة ترفع الجسم إلى أعلى مسببة هذا الدفع كما يظهر فى الشكل المقابل .




وكما عرفنا أن للجسم المغمور أحوال ثلاثة فإن الأمر فى النهائية يعتمد على كثافة الجسم وكثافة السائل ، فعندما تكون كثافة الجسم مساوية لكثافة السائل فإنه يعلق بالسائل فلا يطفو ولا يغطس ، كذلك إذا كانت كثافته أكبر من كثافة السائل فإنه يغطس إلى القاع . وأخيراً إذا كانت كثافته أقل من كثافة السائل فإنه يطفو ، هذا بغض النظر عن حجم الجسم أو وزنه .

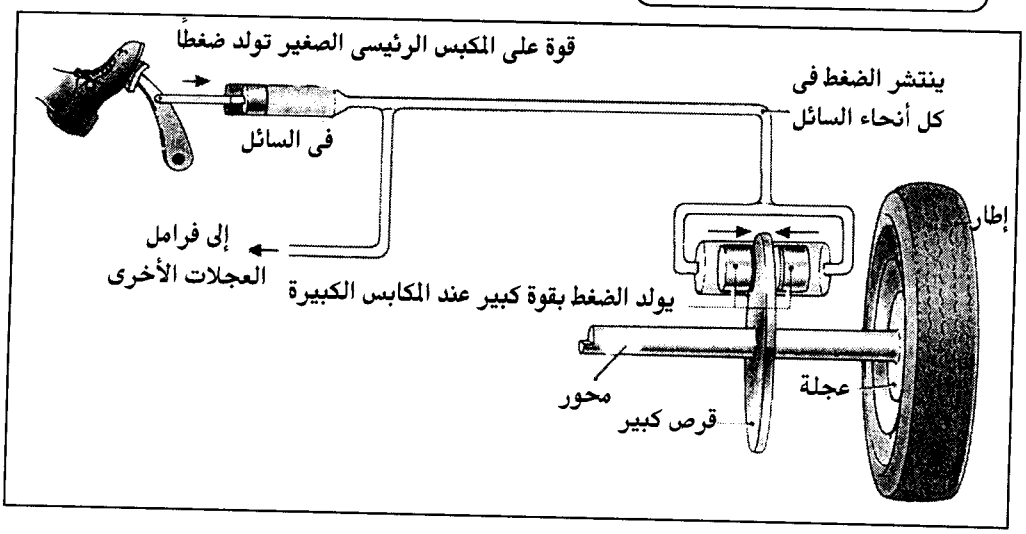
## • الأجهزة الـهيدروليكية :




التجربة الموضحة هى لمحقن رفيع متصل بآخر عريض مملوء بسائل ، فإذا ضغطنا على المكبس أ فإن الضغط ينتقل داخل السائل إلى المحقن الكبير بنفس المقدار ويؤثر على المكبس ب . والذى سبب الضغط هو قوة صغيرة تؤثر على مساحة صغيرة عند المكبس أ ، لكن النتيجة هى قوة كبيرة ناتجة من مساحة كبيرة عند المكبس ب وهكذا فإن القوة قد تم تكبيرها باستخدام مساحات مختلفة لمقطع المحاقن . والقانون هو :

$$\frac{\text{القوة عند أ}}{\text{مساحة المقطع عند أ}} = \frac{\text{القوة عند ب}}{\text{مساحة المقطع عند ب}}$$

## • الفرامل الـهيدروليكية :



وتستخدم الفكرة السابقة فى الفرامل الـهيدروليكية للسيارة ، فـالضغط ينتقل خلال سائل الفرامل بحيث يتم تكبير القوة المؤثرة وتوزيعها على العجلات الأربعة ، فعندما يضغط السائق بقدمه على بدّال الفرامل فإنه فى الواقع يدفع مكبسًا فيتولد الضغط الذى ينتقل إلى مكبسين على جانبى قرص كبير على محور العجلة . وهذا الضغط يجعل المكبسين يعصران هذا القرص ( تماماً مثل فرامل الدراجة ) فتقل سرعة السيارة ، فإذا كانت مساحة المكبس عند القرص هى ضعف مساحة المكبس الرئيسى عند البدّال فإن كل مكبس سيؤثر بضعف القوة المؤثرة عند المكبس الرئيسى . وتستخدم الآلات الـهيدروليكية نفس المبدأ مثل كريك السيارة والذراعات المتحركة للحفار .

## • الأجهزة الـهوائية :

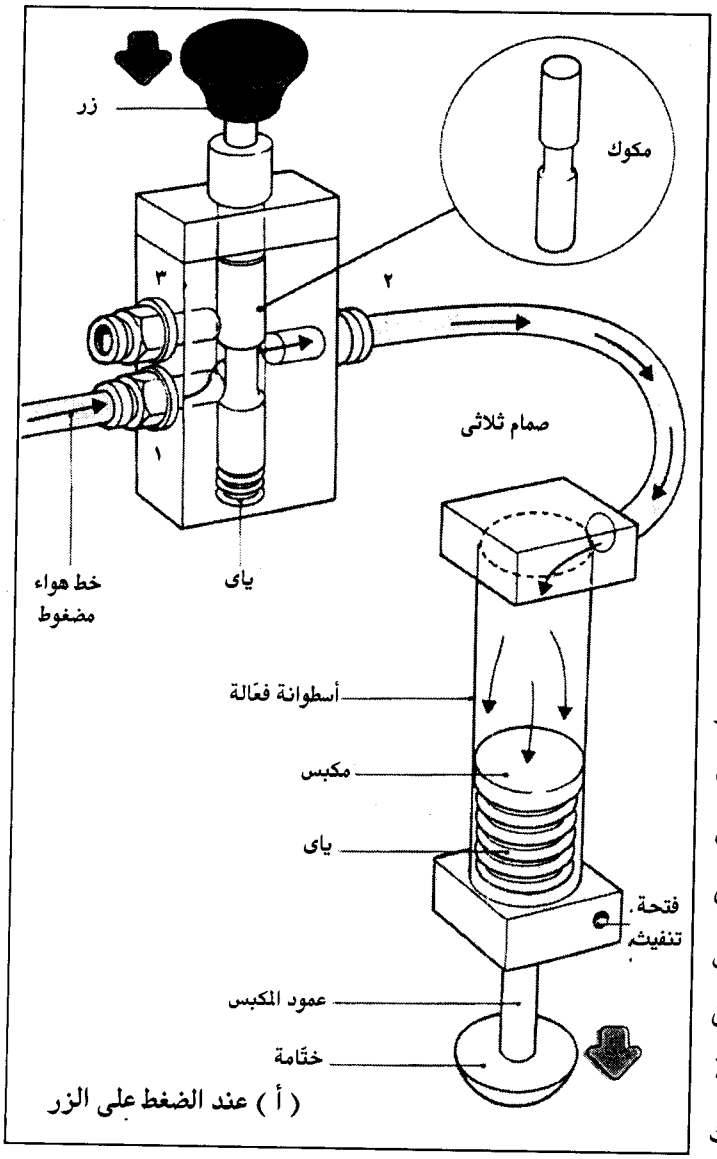
الأجهزة الـهوائية حتى كل ما يتعلق باستخدام الـهواء المضغوط لعمل شىء ما . والـهواء المضغوط يدفع إلى حيز ضيق ويتميز بطاقة يمكن اطلاقها لعمل وظيفة مفيدة . مثلاً أبواب الباصات والقطارات تعمل بالـهواء المضغوط ، والشاحنات الكبيرة تعمل بفرامل الـهواء ، ليس هذا فقط ولكن مطارق الـهواء التى تكسر الأسفلت والأسمنت وحتى مثقاب طبيب الأسنان يعمل بالـهواء المضغوط .

وأى نظام يعمل بالـهواء يعتمد أساساً على ضاغط يضخ الـهواء المضغوط ويعمل بالكهرباء أو بمحرك ويتصل به خزان قوى ثم عن طريق وصلات وأنابيب ينطلق الـهواء المضغوط الذى يراد توظيفه إلى الأجزاء المختلفة

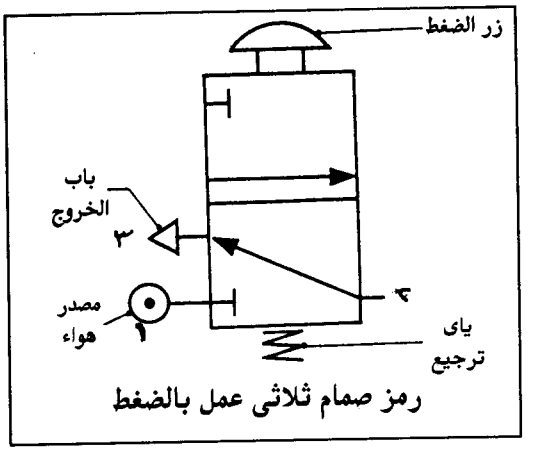
## • المكونات الرئيسية لأجهزة الـهواء :

من أهم المكونات فى نظام العمل بالـهواء هو الصمام الثلاثى ( ذو الأبواب الثلاثة ) ، ووظيفته التحكم فى تدفق الـهواء . والنوع المبين بالشكل له جزء يسمى « المكوك » spool يتحرك داخل الصمام عند الضغط على الزر أو إطلاقه .

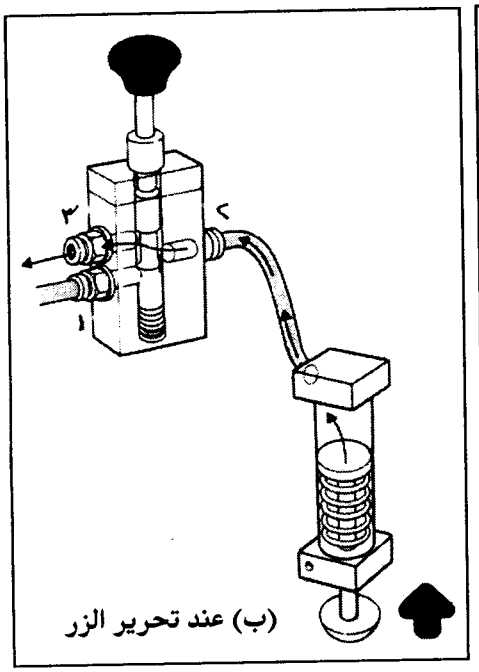
ودور هذا المكوك هو التحكم فى اتجاه التدفق داخل الصمام ، وإذا نظرت للشكل فإنك تلاحظ أنه بالضغط على الزر فإن الـهواء المضغوط يمر من المصدر




خلال الباب (١) إلى الباب (٢) المتصل بالأسطوانة الفعالة التى تستخدم هذا الهواء المضغوط فى إنتاج قوة وحركة . وتحتوى هذه الأسطوانة على مكبس يتحرك لأعلى وأسفل وهو فى الوضع العادى يكون مدفوعاً لأعلى بقوة اليای الموجود تحته ، وعند مرور الهواء المضغوط داخل الأسطوانة فإنه يضغط إلى أسفل ، كذلك فإن الهواء الموجود إلى جانب اليای من المكبس يخرج من فتحة التنفيث . وعند ترك الزر فإن يايًا صغيرة داخل الصمام يدفع بالمكوك إلى أعلى فلا يمر هواء مضغوط مرة أخرى من المصدر إلى الأسطوانة ، وإنما يرتد الهواء المضغوط من داخلها إلى الأنبوبة فالباب (٢) ويهرب إلى الهواء الجوى من الباب (٣) وفى نفس الوقت يضغط اليای داخل الأسطوانة على المكبس فيعيده إلى وضعه مرة أخرى .

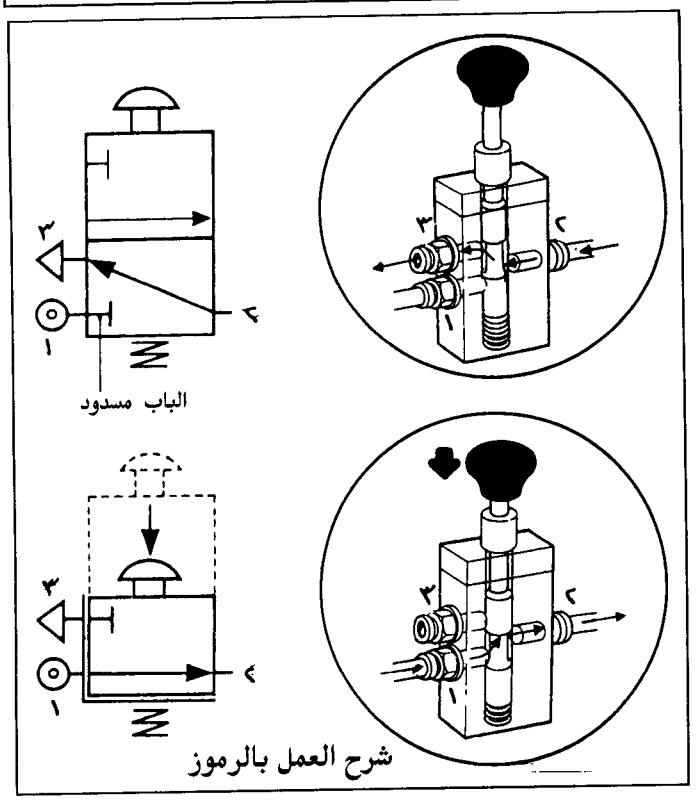


رمز صمام ثلاثى عمل بالضغط



(ب) عند تحرير الزر

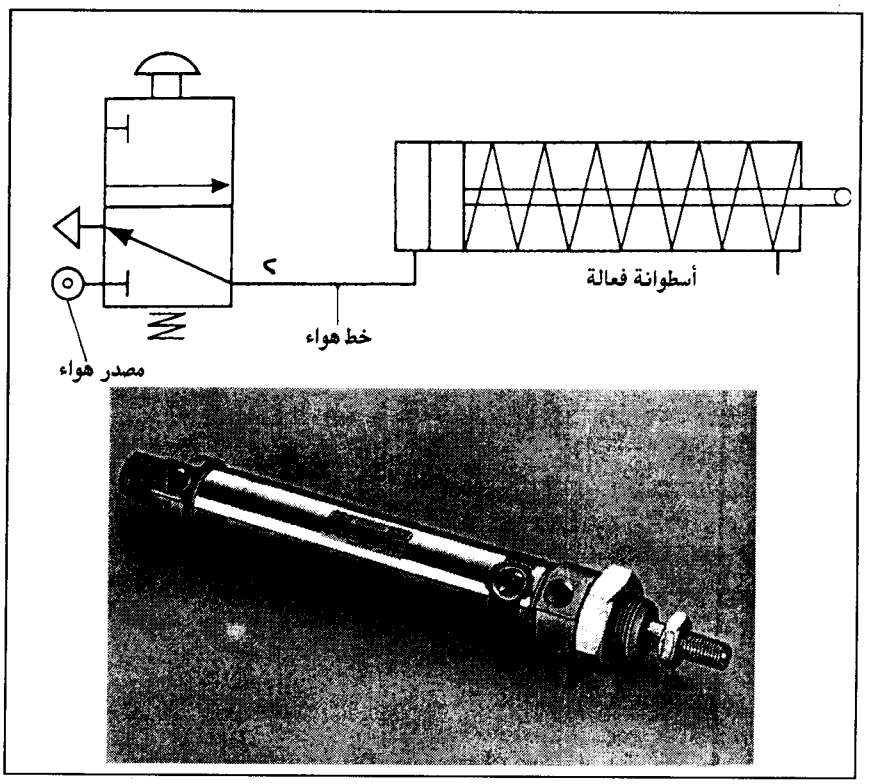
وعند رسم الصمامات الـهوائية أثنـاء التصميم فإننا نرسم رموزاً كالشكل المبـين الذى يوضح صماماً ثلاثياً .




وإذا نظـــرت إلى النصـف السـفلى فـى الشرح بالرموز ( الشكل العلوى ) فسوف تلاحظ أن البـاب (١) مسـدود ولكـن البـابين (٢) ، (٣) متصـلان . والآن تجاهل النصف السفلى مـن الرمـز ( الشكـل السـفلى ) وتخيـل أنـه عنـد ضغـط الـزر فـإن النصـف العلـوى يـنزلق علـى النصـف السـفلى وهـذا يـوضح كـيف يتصل البابان (١) و (٢) فى الصمام الحقيقى .

وهكذا يوضح الشكل السفلى التوصيل عند ضغط الزر بينما يوضح الشكل العلوى التوصيل فى الوضع العادى .

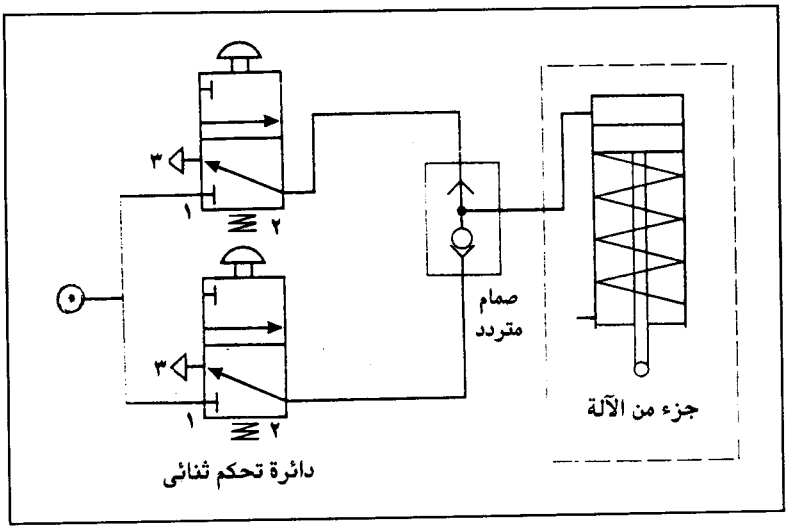
أما الأسطوانة الفعالة فيوضحها الشكل السفلى ولا تحتاج إلى إيضاح وإنما معرفة أن المكبس حينما يكون خارج الأسطوانة يسمى موجباً وعندما يكون داخل الأسطوانة يسمى سالباً .

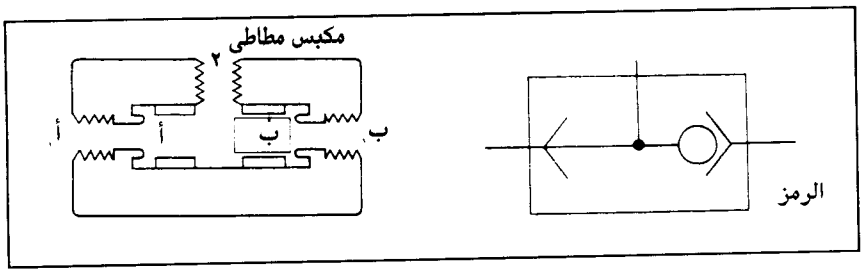



## • التحكم الثنائى :

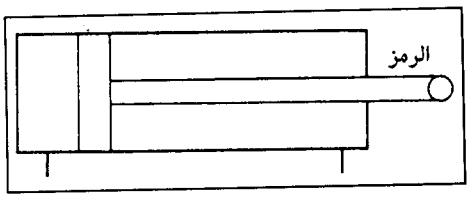
قد تحتاج أحياناً إلى تشغيل ماكينة من مكانين مختلفين ، والدائرة المرسومة تعمل بهذه الطريقة فالأسطوانة الفعّالة يمكن تشغيلها بالضغط على الزر أ و ب ، لكن لابد أن تشتمل الدائرة على صمام متردد shuttle valve وهذا الصمام بسيط للغاية ويحتوى على ثلاثة أبواب ومكبس مطاطى يتحرك بين الوضعين أ ، ب فإذا دخل الهواء من الباب أ فإن المكبس يتحرك إلى

الوضع ب فيتجه الهواء إلى الباب ٢ خارج الصمام ، وبالمثل إذا دخل الهواء من الباب ب١ فإن المكبس يتحرك إلى الوضع أ فيتجه الهواء أيضاً إلى الباب ٢ وإذا دخل الهواء من أ١ ، ب١ فى نفس الوقت فإن المكبس يتردد بين أ ، ب ومرة أخرى يخرج الهواء من الباب ٢ .



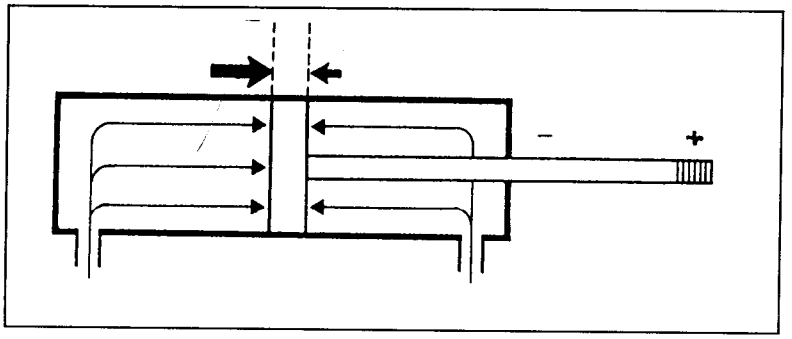




## • الأسطوانة المزدوجة :

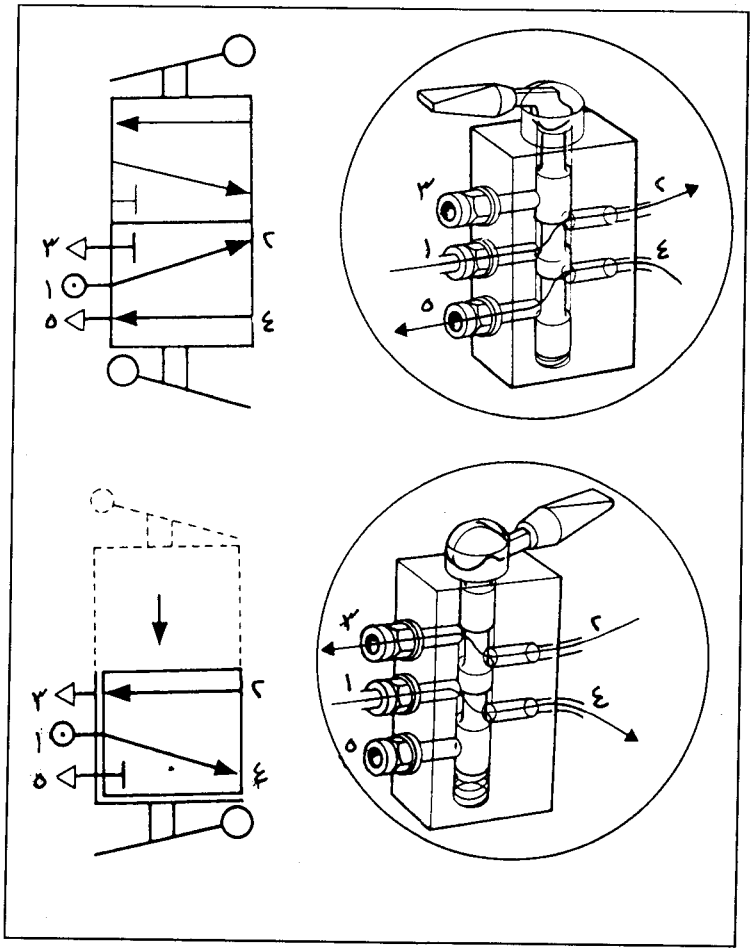



وهى غير الأسطوانة الفعالة فهى ليس لها يأى يعيد المكبس مرة أخرى إلى وضعه ولكن الهواء المضغوط يعمل على جهتى المكبس وبالتالى يمكن تحريكه فى الاتجاهين الموجب والسالب . جدير بالذكر أن المساحتين على جانبى المكبس غير متساويتين وبالتالى فإن القوة المؤثرة فى الاتجاه السالب أقل منها فى الاتجاه الموجب .

وتعمل الأسطوانة المزدوجة عادة مع صمام خماسى يعكس حركة الـهواء المضغوط مـرة على وجه المكبس والأخرى على ظهر المكبس محدثاً حركة فى اتجاهين .




## • الصمام الخماسى :

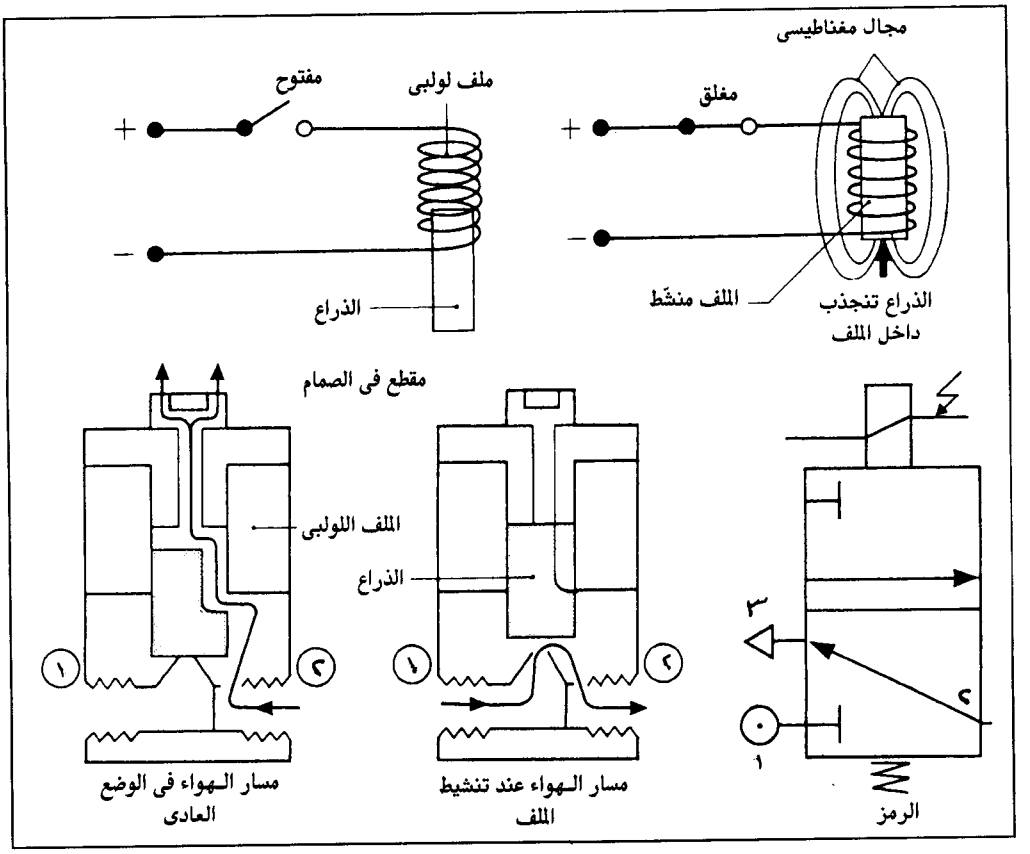



هذا الصمـام ذو خمسة أبواب كمـا يبين الرمـز ، وإذا تجـاهلت النصـف العلـوى مؤقتـاً فسـنلاحظ أن النصـف السـفلى يوضـح اتصـال البـاب ٢ بـالمصدر والباب ٤ بالـهواء الخـارجى فـى الوضـع العـادى ( الشكل الأيمن ) . وإذا حركنا الـذراع فى الوضع الثانى فإن النصف العلوى

سينزلق إلى النصف السفلى وبالتالى يتصل الباب ٤ بالمصدر والباب ٢ بالهواء الخارجى بمعنى أن المكبس فى الأسطوانة المزدوجة يتحرك فى عكس الاتجاه . ويتم التحكم فى حركة المكبس وسرعتها باستخدام منظم هواء لهذا الغرض يتحكم فى سرعة تدفقه بالدائرة .

## • اللاقط الكهربى :

أحياناً يتطلب الأمر التحكم فى دائرة الهواء بواسطة إشارة كهربية ولهذا السبب يستخدم صمام يعمل باللاقط الكهربى وهو عبارة عن ملف لولبى من السلك عندما يمر فيه تيار كهربى ينتج مجالاً مغناطيسياً حول هذا الملف . وهناك قطعة صغيرة من الحديد على هيئة ذراع رفيع مثبت عند مدخل الملف تنجذب بالكامل داخله عند تنشيط الملف ، وتنسحب خارجه بفعل يای صغير عند قطع التيار الكهربى كما يوضح الشكل التالى :



# اختبر معلوماتك

## (١) اختر الإجابة الصحيحة مما يأتى :

**(١) يحسب الضغط باستخدام المعادلة الآتية :**

أ ـ ض = $\frac{ق}{م}$ ب ـ ض = ق × م

جـ ـ ض = ق + م د ـ ض = ق − م

**(٢) بالنسبة لضغط قدره ٢٠ ن/سم$^{٢}$ فإن القوة المؤثرة على مساحة ٢ سم$^{٢}$ هى :**

أ ـ ١٠ ن ب ـ ٢٠ ن

جـ ـ ٤٠ ن د ـ ٨٠ ن

**(٣) قوة من ١٥٠ ن تؤثر على مكبس مساحته ٣ م$^{٢}$ فإن الضغط فى هذه الأسطوانة هو :**

أ ـ ٥٠ باسكال ب ـ ١٥٠ باسكال

جـ ـ ٤٥٠ باسكال د ـ ١٥٠ كيلو باسكال

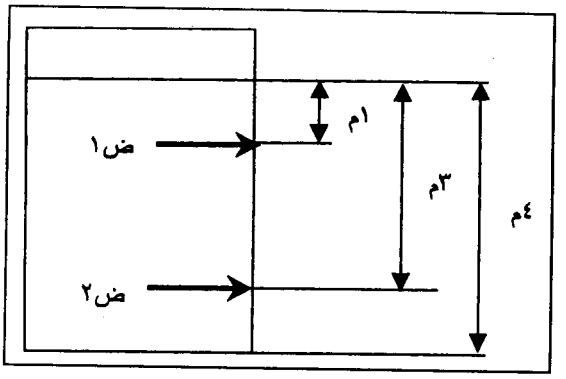
**(٤) فى الشكل المقابل فإن ض١**

١ ـ ضعف الضغط ض٢

ب ـ ثلاثة أضعاف ض٢

جـ ـ نصف ض٢

د ـ ثلث ض٢




**(٥) إذا كانت كثافة الماء النقى هى ١٠٠٠ كجم/م$^{٣}$**

**و جـ = ١٠ م/ث$^{٢}$ فإن الضغط ض$_{٢}$ فى الشكل السابق هو :**

أ ـ ٥ كيلو باسكال ب ـ ١٠ كيلو باسكال

جـ ـ ٣٠ كيلو باسكال د ـ ٤٠ كيلو باسكال

(٦) إذا تم إحلال الماء فى الحوض فى الشكل السابق ببرافين كثافته ٨٠٠ كجم/م$^{٣}$ وكانت مساحة القاعدة ٤م$^{٢}$ فإن القوة المؤثرة على القاعدة هى :

أ ـ ١٦ كيلو نيوتن　　ب ـ ٣٢ كيلو نيوتن

جـ ـ ٩٦ كيلو نيوتن　　د ـ ١٢٨ كيلو نيوتن

(٧) إذا كانت القاعدة المربعة فى الحوض بالشكل السابق مقاساتها ( ٤ م × ٤ م ) والأجناب مستوية فاحسب القوة المؤثرة على كل جانب :

أ ـ ١٦ كيلو نيوتن　　ب ـ ٣٢٠ كيلو نيوتن

جـ ـ ١٢٨ كيلو نيوتن　　د ـ ٢٥٦ كيلو نيوتن

(٨) ما الذى يمكن ضغطه فى الظروف الطبيعية

أ ـ الغازات　　ب ـ السوائل

جـ ـ المواد الصلبة　　د ـ كل الموائع

(٩) إذا كان ارتفاع عمود الزئبق فى البارومتر هو ٧٨٠ مم وكثافة الزئبق ١٣٦٠٠ كجم/م$^{٣}$ والعجلة هى جـ = ٩,٨١ م/ث$^{٢}$ فإن الضغط الجوى هو :

أ ـ ١٠,٤ باسكال　　ب ـ ١٠٤ باسكال

جـ ـ ١٠٤ كيلو باسكال　　د ـ ١٠٤ ميجا باسكال

(١٠) إذا كان ١ بار = ١٠$^{٥}$ باسكال فإن ١٠٠ باسكال يعادل

أ ـ ١٠٠ ملليبار　　ب ـ ١ ملليبار

جـ ـ ١ × ١٠$^{٥}$ ميلليبار　　د ـ ١ × ١٠$^{٦}$ ميليبار

(١١) عند قياس الضغوط الصغيرة للغاز فإنه يمكن استخدام الجهاز التالى بدقة :

أ ـ مانومتر U　　ب ـ بارومتر هوائى

جـ ـ بارومتر زئبقى　　د ـ أنبوبة بوردون

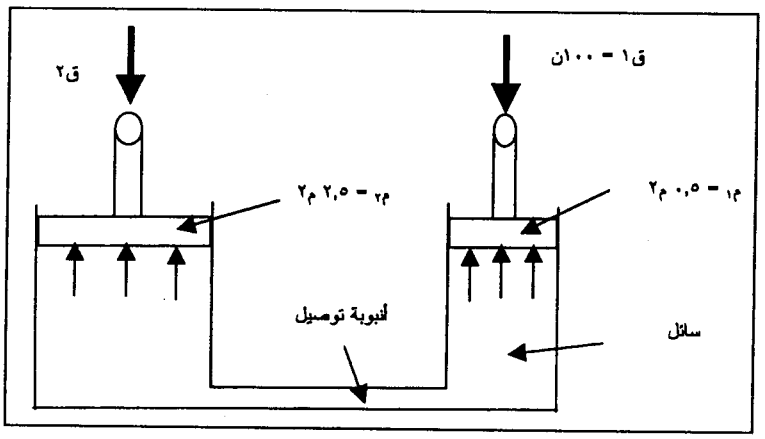
(١٢) فى الشكل المقابل القوة ق٢ المطلوبة لموازنة ق١ هى :

أ ـ ٢٠ ن

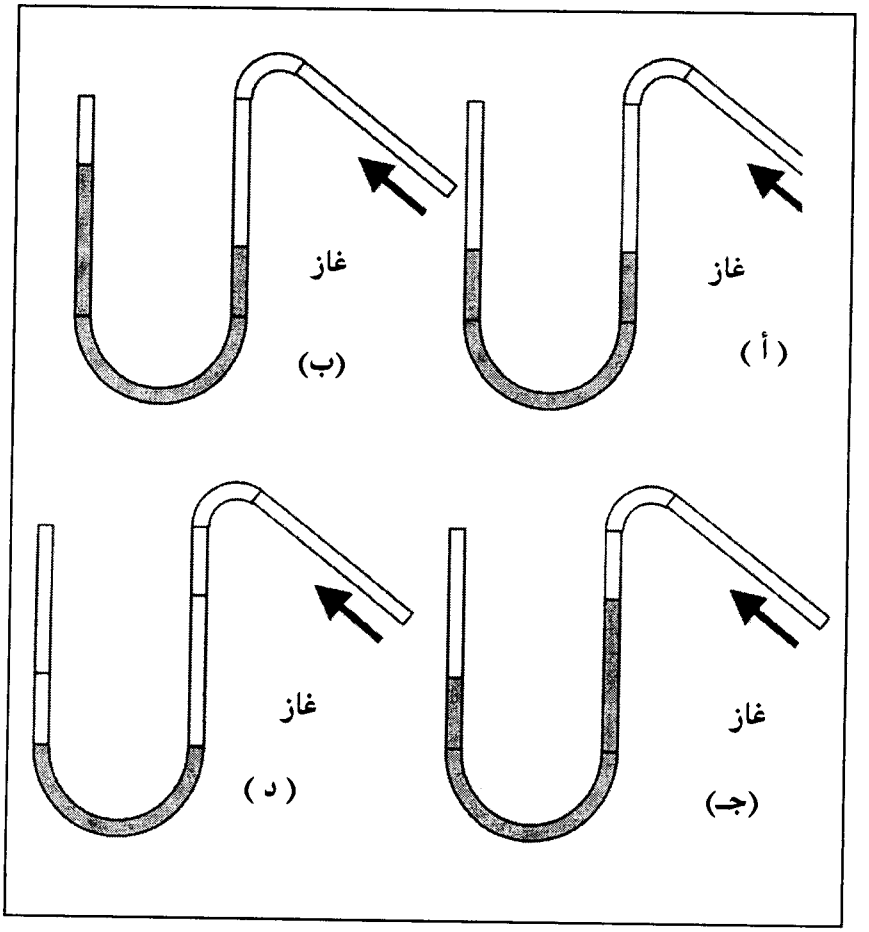
ب ـ ١٠٠ ن

جـ ـ ٢٥٠ ن

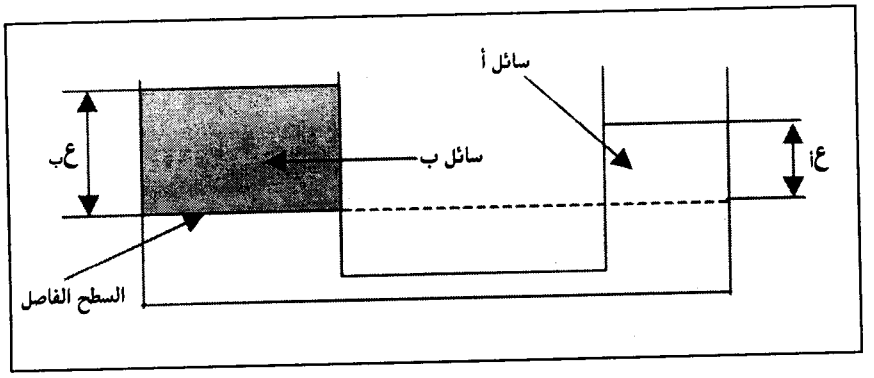
د ـ ٥٠٠ ن




(١٣) أى الأشكال التالية يمثل غازًا ضغطه أعلى من الضغط الجوى ؟



(١٤) فى الشكل التالى :




اذا كان ع أ = ٠,٢ ، ث أ = ١٠٠٠ كجم /م٣ ، ث ب = ٨٠٠ كجم/م٣ ، جـ = ١٠م/ث٢ فإن الضغط عند السطح الفاصل هو :

أ ـ ١٦٠٠ باسكال
ب ـ ١٦٠٠ ميلليبار
جـ ـ ٢٠٠٠ باسكال
د ـ ٢٠٠٠ ميلليبار

(١٥) فى نفس الشكل السابق ع ب هو :

أ ـ ٠,٢٥ م
ب ـ ٢,٥ م
جـ ـ ٢٥ م
د ـ ٥٠ م

(١٦) عامل ينفخ إطاراً حتى بلغ الضغط ١٨٠ كيلو باسكال ، هذا الضغط هو :

أ ـ الضغط الجوى
ب ـ ضغط الهواء
جـ الضغط المطلق
د ـ الضغط البارومترى

(١٧) كتلة من المعدن غمرت كلها فى سائل فإن وزنها الظاهرى :

أ ــ يزيد
ب ـ يقل
جـ ـ يظل كما هو
د ـ يصبح مهملاً

(١٨) صندوق معدنى على شكل مكعب طول ضلعه ٣ م ويزن ٩٠ كيلو نيوتن ، عندما يطفو على سطح ماء نقى ( كثافته ١٠٠٠ كجم / م٣ ) والعجلة جـ = ١٠ م/ث٢ فإن ارتفاع الجزء الطافى هو :

أ ـ ١,٠ م
ب ـ ١,٥ م
جـ ـ ٢,٠ م
د ـ ٢,٥ م

(١٩) فى فرملة هيدروليكية قوة مؤثرة علـى المكبـس مقدارهـا ٥٠٠ نيوتـن ومساحة مقطعه ٥ سم$^{٢}$

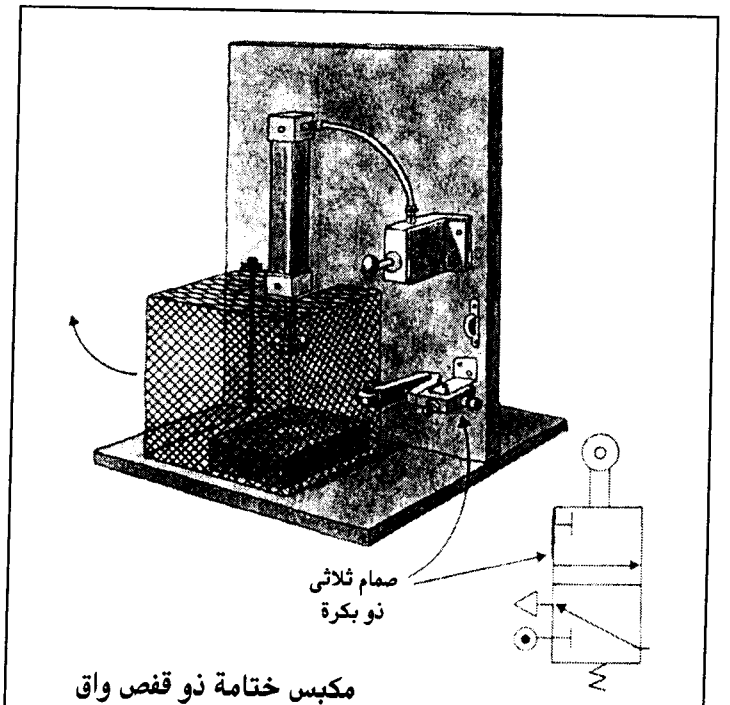
أ ـ ما مقدار الضغط المنقول خلال السائل ؟

ب ـ اذا كان المكبس الآخر مساحة مقطعه ٢٠ سم$^{٢}$ فاحسب مقـدر القـوة المتولدة عنه ؟

(٢٠) أدرك ممدوح أن تشغيل جهاز الختامة بدون القفص الواقـى فـى غايـة الخطورة . ولـهذا فقد أعاد تصميم المعدّة مرة أخرى بحيث تحتوى على قفص واق كما هو مبـين . وبإضافـة صمـام إضـافى جعـل مـن المسـتحيل للجهاز أن يعمل ما لم يكن الباب مغلقاً

أ ـ باستخدام الرموز الصحيحة ارسم دائرة تسمح فقط للجـهاز بـالعمل والقفص الواقى مغلق .

ب ـ أى نوع من الدوائر المنطقية تكوّن مجموعة الصمامات فى أ ؟




مكبس ختامة ذو قفص واق