

الوحدة السادسة

الضغط والأجهزة الهيدروليكية والهوائية

• الضغط :

يعرف الضغط بأنه القوة المؤثرة على وحدة المساحة

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

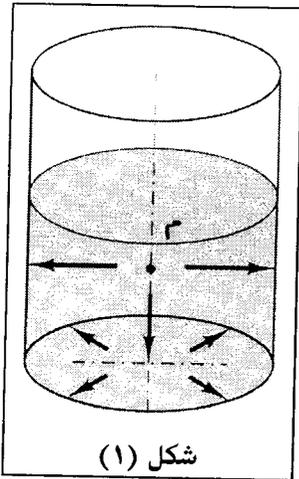
وبصفة عامة فإن الإطارات الهوائية تفضل على أى نوع آخر من العجلات حيث إن أى زيادة فى الوزن تجعل الإطار يتفطح أكثر وهكذا تزداد مساحة التلامس مع الأرض فيظل الضغط على الأرض تقريباً ثابتاً بغض النظر عن الحمل . ولذلك فهذا النوع من العجلات والإطارات يسبب أقل تلف للأرض التى يتدحرج عليها . ووحدة الضغط تسمى باسكال Pa وتساوى نيوتن/متر² وهى بالمناسبة ضئيلة جداً عملياً وبالتالي فنحن نستخدم الكيلو باسكال أو الميجا باسكال والأخيرة = نيوتن لكل ميلليمتر مربع .

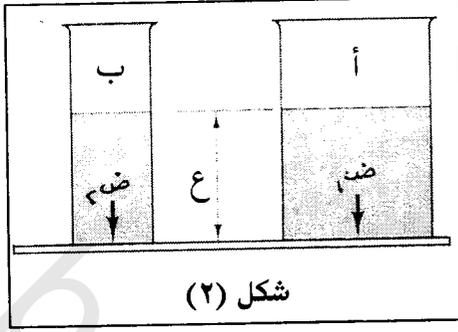
• الضغط الهيدروستاتيكي :

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

- كثافة السائل .

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





— عجلة الجاذبية : وإذا نظرت إلى

الشكل (٢) ستجد أن ارتفاع السائل في الإنائين أ ، ب هو ع وإذا كان السائل في أ ، ب من نفس الكثافة فإن الضغط $ض_1 = ض_2$ بغض النظر عن مقطع كل منهما حيث أن أ أكبر من ب . جدير بالذكر أن الضغط عند نقطة معينة متساوي

في جميع الجهات كما يتضح من الشكل (١) نقطة م . ويحسب الضغط عند عمق معين كالآتي :

$$ض = ع (متر) \times ث (كجم/م^3) \times ج (٩,٨١ م/ث^2)$$

ع : العمق من السطح
ث : كثافة السائل
ج : 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 هي ٩,٨١ م/ث^٢ .

$$ض = ع \times ث \times ج$$

$$= ٠,٥ \times ٨٠٠ \times ٩,٨١ = ٣,٩٢٤ \text{ كيلو باسكال}$$

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

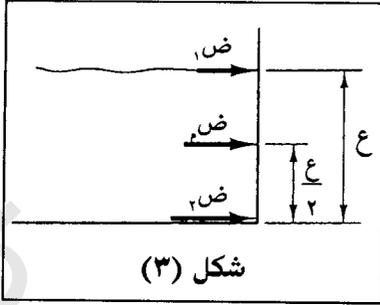
$$ض = ٩,٨١ \times ٨٠٠ \times ١ = ٧,٨٤٨ \text{ كيلو باسكال}$$

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

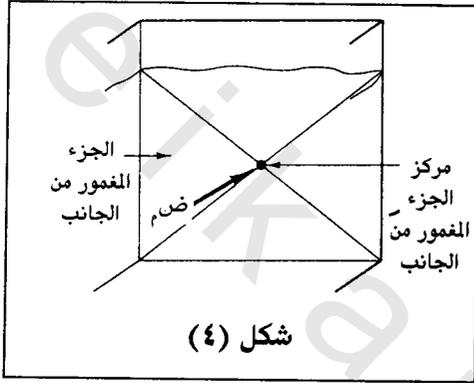
$$ق (القوة الإجمالية) = ض (الضغط عند القاع) \times مساحة القاعدة . فإذا$$

كانت مساحة القاعدة هي ٢م^٦ فإن القوة الإجمالية هي :

$$ق = 6 \times 7848 = 47088 \text{ نيوتن}$$



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 يساوي نصف الضغط على القاع ويعتبر هذا الضغط هو الضغط المتوسط المؤثر على جانب الإناء .

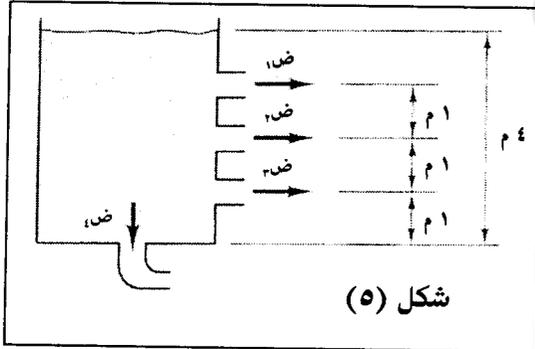


$$\frac{ض₁ + ض₂}{٢} = (ضₘ) \text{ الضغط المتوسط}$$

أما القوة الإجمالية على جانب الإناء فإنها تساوي = الضغط المتوسط (ضₘ) × مساحة الجزء المغمور من الجانب وهذا يظهر في الشكل (٤)

* مثال :

في الشكل (٥) إذا كان $ض₁ = ٤٠$ كيلو باسكال فأوجد :



- (أ) الضغط $ض₂$
- (ب) الضغط المتوسط $ضₘ$
- (ج) الضغط $ض₃$
- (د) الضغط $ض₄$

باستخدام النسبة والتناسب حيث

أن الضغط عند السطح = صفر ، وعند القاع = ٤٠ كيلو باسكال

$$\frac{ض₄}{عمق ض₄} = \frac{ض₃}{عمق ض₃} = \frac{ض₂}{عمق ض₂} = \frac{ض₁}{عمق ض₁}$$

$$ض₄ = \frac{١}{٣} ض₁$$

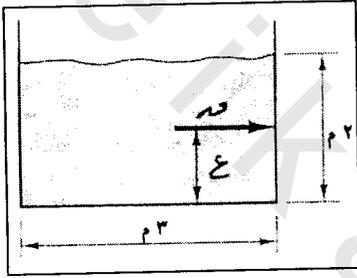
$$\therefore \frac{\text{ض}_1}{1} = \frac{\text{ض}_2}{2} = \frac{\text{ض}_3}{3} = \frac{40 \text{ كيلو باسكال}}{4}$$

$$\therefore \text{ض}_1 = 10 \text{ كيلو باسكال} ، \text{ض}_2 = 20 \text{ كيلو باسكال}$$

$$، \text{ض}_3 = 30 \text{ كيلو باسكال} ، \text{ض}_4 = 40 \text{ كيلو باسكال}$$

* 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^٣ وعجلة الجاذبية هى ١٠ م/ث^٢ فأحسب :



(أ) الضغط الواقع على قاعدة الخزان .

(ب) الضغط المتوسط على جانب الخزان .

(ج) القوة المؤثرة على قاع الخزان .

(د) القوة المؤثرة على جانب الخزان .

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

الحل

$$(أ) \text{ الضغط الواقع على قاعدة الخزان} = \text{ع} \times \text{ث} \times \text{ح} = 2 \times 1000 \times 10 = 20000 \text{ كيلو باسكال}$$

$$= 20 \text{ كيلو باسكال}$$

$$(ب) \text{ الضغط المتوسط} = \frac{1}{2} \text{ الضغط عند القاعدة} = \frac{1}{2} \times 20 = 10 \text{ كيلو باسكال}$$

$$(ج) \text{ القوة المؤثرة على قاع الخزان} = \text{الضغط} \times \text{مساحة القاعدة}$$

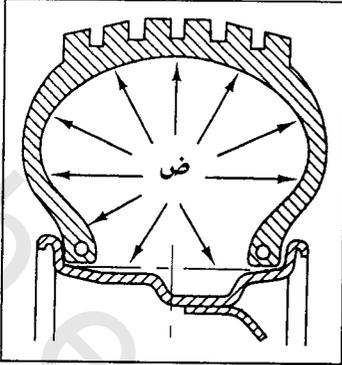
$$= 9 \times 20000 = 180000 \text{ كيلو نيوتن}$$

$$(د) \text{ القوة المؤثرة على جانب الخزان} = \text{المساحة المغمورة من الجانب} \times$$

$$\text{الضغط المتوسط} = 2 \times 3 \times 10 = 60 \text{ كيلو نيوتن}$$

$$(هـ) \text{ ارتفاع نقطة عمل القوة} = \text{هو نصف ارتفاع السائل} = \frac{1}{2} \times 2 = 1 \text{ م}$$

• الضغط المتولد في الغازات :



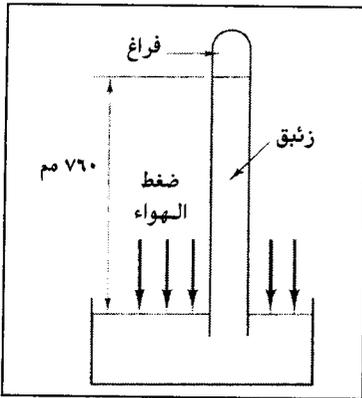
يوضح الشكل المقابل جزيئات الغاز في حيز محدود (إطار سيارة) والتي يتميز سلوكها بالآتي :

- جزيئات الغاز تتحرك باستمرار .
- يتحرك جزئ الغاز بسرعة كبيرة .
- تصطدم الجزيئات أثناء حركتها ببعضها البعض وبجوانب الحيز الذي يحتويها .

- في كل مرة تصطدم الجزيئات بجوانب الإناء تؤثر بقوة عليها .
- ضغط الغاز على جوانب الإناء يساوي إجمالى قوى التصادم على وحدة المساحات في وحدة الزمن .

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

• الضغط الجوى :



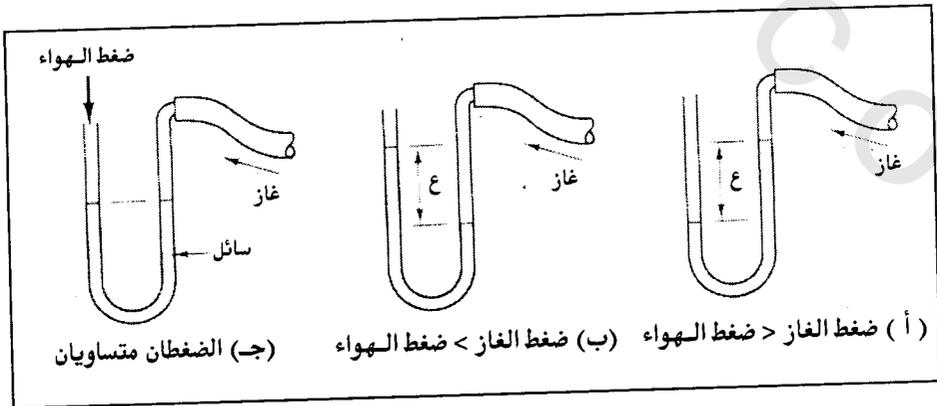
يحيط بالكرة الأرضية غلاف جوى يحتوى على خليط من الغازات لها كتلة تتأثر بقوة الجاذبية الأرضية ، وبالتالي فإن لها وزن . وهذا الوزن يؤثر على كل شىء على سطح الأرض وعلينا أيضاً ، ولهذا فإن هذه القوة تؤثر على أى مساحة بضغط ما وهكذا فإن الهواء له ضغط . وقياس الضغط الجوى يستخدم البارومتر ويمثله الجهاز المبين ، 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 الأعلى فى الفرع المفتوح ضد الضغط الجوى كما فى الشكل (ب) . وأخيراً إذا تساوى ضغط الغاز مع الضغط الجوى فإنه يتساوى مستوى السائل فى فرعى الأنبوبة كما فى الشكل (ج) . وتستخدم أجهزة أخرى لقياس ضغط الغازات مثل أنبوبة بوردون وتعتمد على أنبوبة مقوسة تنتهى بعدة مواقع 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

$$\begin{aligned} \text{ض} &= \text{ع} \times \text{ث} \times \text{ح} \\ &= ٠,٧٥٠ \times ١٣٦٠٠ \times ٩,٨١ \\ &= ١٠٠٠٦٢ \text{ باسكال} \end{aligned}$$

$$\text{ع} = ٠,٧٥٠ \text{ متر}$$

$$\text{ث} = ١٣٦٠٠ \text{ كجم/م}^٣$$

$$\text{ح} = ٩,٨١ \text{ م/ث}^٢$$

(ب) الميليبار

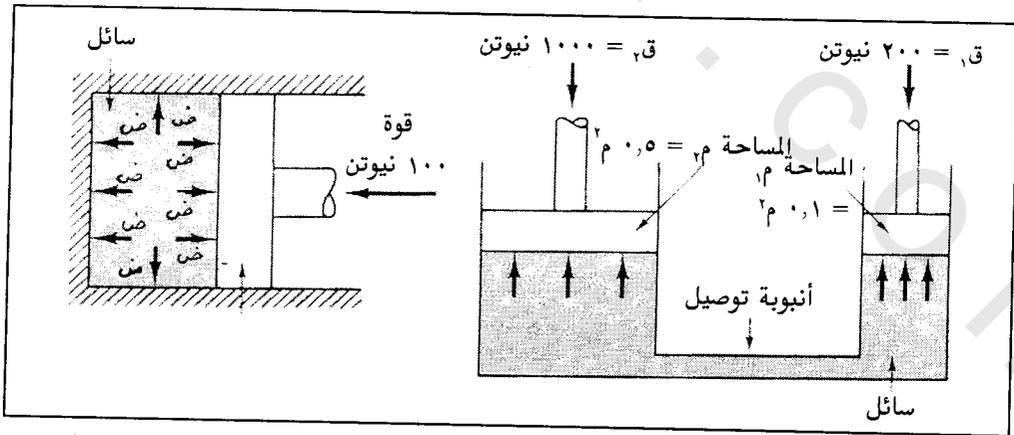
$$١ \text{ نيوتن/م}^٢ = ١ \text{ باسكال}$$

$$١ \text{ بار} = ١٠ \times ١٠^٥ \text{ باسكال}$$

$$١ \text{ ميليبار} = ١٠^{-٢} \times ١٠^٥ \text{ باسكال}$$

• 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 »



وفي الشكل الأيسر فإن الضغط ض = $\frac{\text{القوة}}{\text{مساحة المكبس}} = \frac{100 \text{ نيوتن}}{2 \times 0,5 \text{ م}} = 200 \text{ باسكال}$

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

أسطوانتان غير متساويتي المساحة متصلتان ومملوءتان بالماء أو السائل الهيدروليكي .

الضغط في النظام طبقاً للمعادلة المعروفة هو :

$$\text{ض} = \frac{\text{ق}}{\text{م}} \quad \text{وبالنسبة للأسطوانة الصغيرة فإن ض} = \frac{\text{ق}_1}{\text{م}_1}$$

$$= \frac{200 \text{ ن}}{2 \times 0,1 \text{ م}} = 2000 \text{ باسكال أو } 2 \text{ كيلو باسكال}$$

ولما كانت الأسطوانتان متصلتان بأنبوبة فإننا يمكننا اعتبارهما محتوى أو إناء واحد ، وطبقاً لقانون باسكال فإن الضغط المنتظم الذى يساوى 2 كيلو باسكال سوف يتوزع بانتظام داخل النظام كله ، وسوف يؤثر على الأسطوانات والمكابس وأنبوبة التوصيل . ولنحسب القوة المؤثرة على المكبس الكبير :

$$\text{ق}_2 = \text{ض} \times \text{م}_2 = 2 \text{ كيلو باسكال} \times 2 \times 0,5 \text{ م}$$

$$= 2000 \text{ ن/م} \times 2 \times 0,5 \text{ م} = 1000 \text{ نيوتن أو كيلو نيوتن}$$

وهكذا فإن ق₂ تعادل 5 أضعاف ق₁ لأن مساحة المكبس الثانى هى 5 أضعاف المكبس الأول ، فهل يعنى هذا أننا كسبنا شيئاً بلا مقابل ؟ للأسف فليس هناك شىء بالمجان فى الهندسة والواقع أننا فى مقابل ذلك فإن ق₂ تتحرك $\frac{1}{5}$ المسافة التى تتحركها ق₁ .

والقاعدة العامة هى :

$$\boxed{\text{ض} = \frac{\text{ق}_1}{\text{م}_1} = \frac{\text{ق}_2}{\text{م}_2}}$$

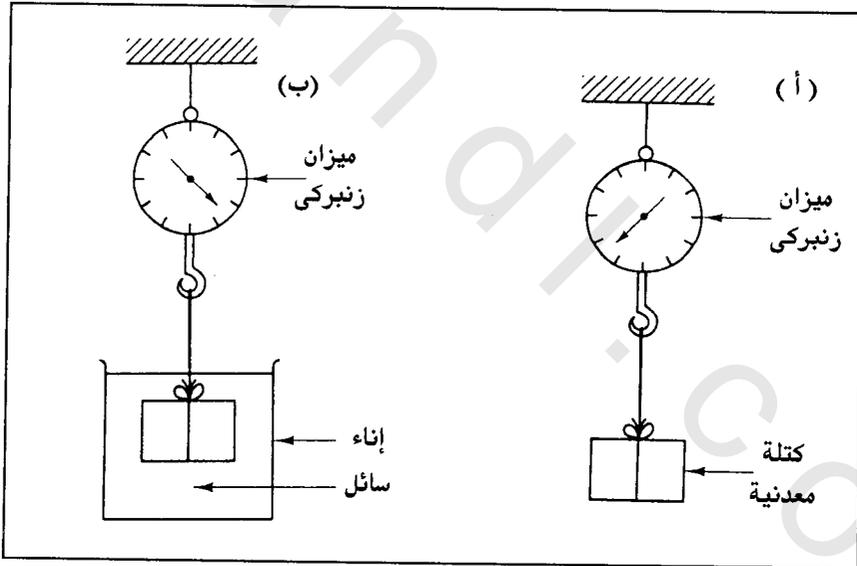
$$\therefore Q_2 = Q_1 \times \frac{r_1}{r_2} = \frac{r_1}{r_2} \times Q_1 = \frac{r_1}{r_2} \times \frac{P}{4} = \frac{P}{4} \times \frac{r_1}{r_2}$$

$$\therefore Q_2 = \frac{P}{4} \times \frac{r_1}{r_2}$$

حيث r_1 ، r_2 هما قطري الأسطوانتين للمكبس الصغير والمكبس الكبير على التوالي .

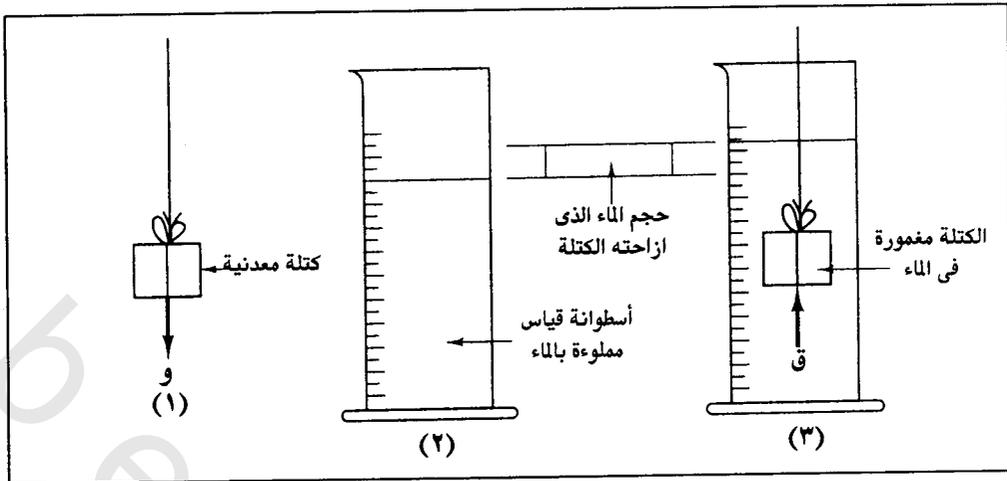
• الدفع :

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



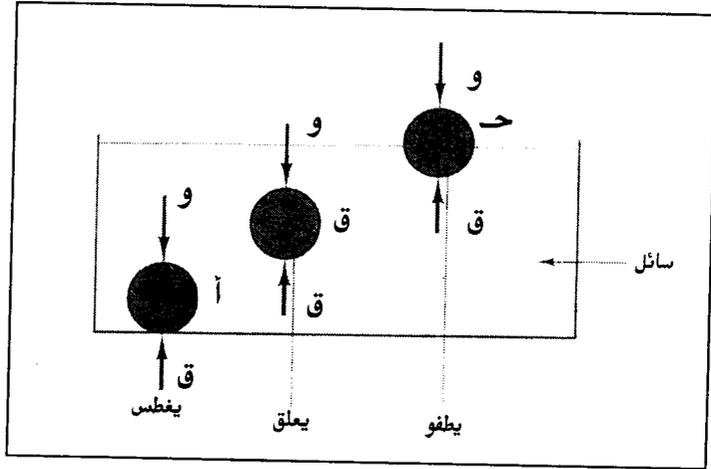
وتقول قاعدة أرشميدس :

« عند غمر جسم كلياً أو جزئياً في سائل فإن الدفع إلى أعلى . المؤثر على الجسم . يساوي 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 وبالتالي فإن هذا الحجم المزاح يساوى حجم
 الكتلة المغمورة وهو ٨ سم^٣ . والآن لنحسب وزن ٨ سم^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 :

- أن كتلة المعدن تزن ٠,٨٩ نيوتن فى الهواء .
- أن كتلة المعدن تزن ٠,٨٩ - 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) غاطس إلى قاع الحوض ولا يقف إلا عند وصوله إلى القاع .
 الجسم يتميز بطفو سالب حيث أن $و < ق$.
 الجسم (ب) يظل عالقاً فلا يطفو ولا يغطس إلى القاع (مثل الغواصة) .
 الجسم يتميز بطفو متعادل حيث أن $و = ق$.
 الجسم (ج) طافٍ عند سطح السائل (مثل السفينة) . الجسم يتميز بطفو موجب حيث أن $و > ق$.

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

$$\text{قوة الدفع (ق)} = \text{ح} \times \text{ث} \times \text{ح}$$

ث : كثافة السائل (كجم/م^٣)

ح : حجم السائل المزاح (م^٣)

ج : عجلة الجاذبية الأرضية (م/ث^٢)

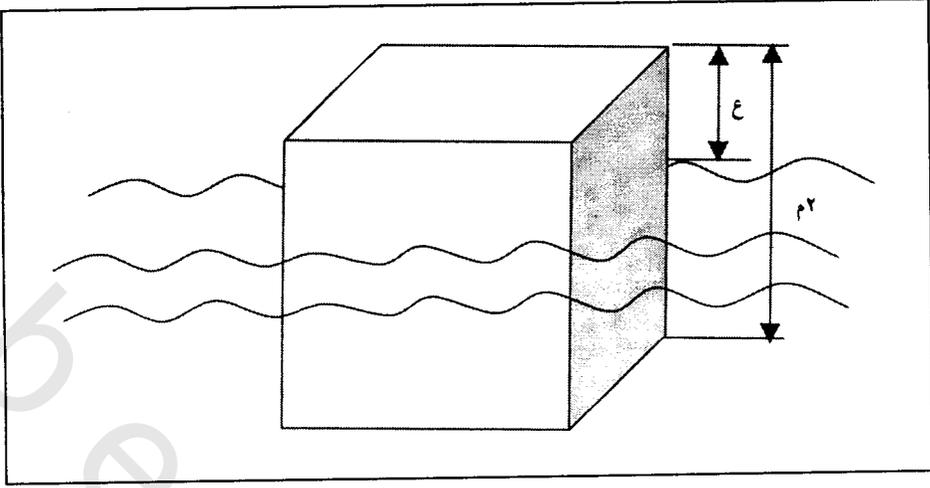
* مثال :

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

(أ) احسب ارتفاع الجزء الطافي من الصندوق .

(ب) إذا كان الصندوق مملوءاً بـ ٢٠٠٠ لتر من الزيت الذى كثافته ٨٠٠ كجم/م^٣

احسب الارتفاع الجديد للجزء الطافي



(أ) لابد للصندوق أن يزيح ما وزنه ٢ كيلو نيوتن من الماء ليظل طافياً
 $ق = ح \times ث \times ح = و$ (وزن الجسم)
 ∴ الحجم المزاح :

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

ولما كانت مساحة القاعدة = $٢ \times ٢ = ٤$ متر^٢

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

وبذلك يكون ارتفاع الجزء الطافي هو ١,٥ متر

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

$$= ٢٠٠٠٠ + ١٠ \times ٨٠٠ \times ٣ \text{ م}^٣ =$$

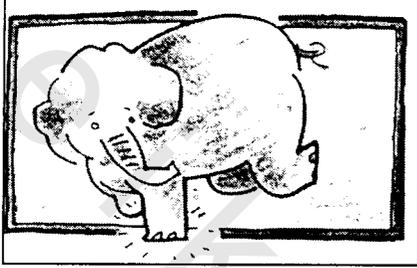
$$= ١٦٠٠٠ + ٢٠٠٠٠ = ٣٦٠٠٠ \text{ نيوتن}$$

$$\therefore \text{الحجم المزاح الجديد} = \frac{٣٦٠٠٠}{١٠ \times ١٠٠٠} = ٣,٦ \text{ م}^٣ \text{ بارتفاع} = \frac{٣,٦}{٤} = ٠,٩ \text{ م}$$

$$\therefore \text{ارتفاع الجزء الطافي الجديد} = ٠,٩ - ٢ = ١,١ \text{ م}$$

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

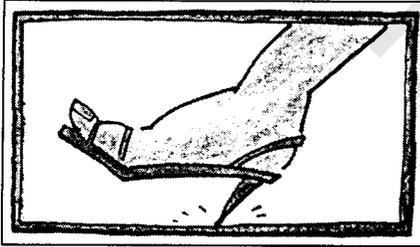
الهيدروليك والنيوماتيك (الأجهزة التي تعمل بضغط السوائل والأخرى التي تعمل بضغط الهواء) . تستطيع أن تضغط دبوساً فى قطعة من الخشب ولكنك بالتأكيد لا تستطيع أن تضغط أصبعك فى الخشب حتى لو بذلك قوة أكبر ، لماذا ؟ ما هو الفرق بين سكين حديد وآخر كليل ؟ إن الفرق فى كل حالة هو المساحة ، فنقطة تأثير الدبوس وحافة السكين الحاد تؤثران على مساحة صغيرة وبالتالي فإن القوة المؤثرة على مساحة صغيرة تعطى ضغطاً أكبر وحتى يمكننا الإحساس بأثر الضغط نسوق مثالين :



* المثال الأول :

إذا وقف فيل ٤٠٠٠٠ نيوتن على قدم واحدة مساحتها ١٠٠٠ سم^٢ (١ م^٢) فإن الضغط الواقع على هذه القدم

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



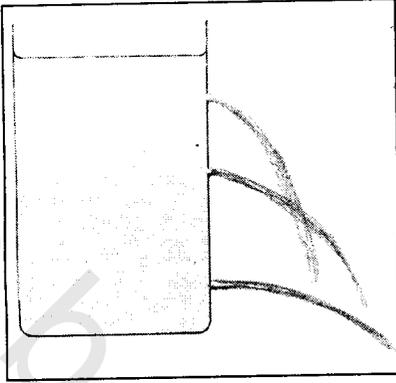
* المثال الثانى :

الضغط الذى تؤثر به فتاة تزن ٤٠٠ نيوتن على طرف كعب عال مساحته ١ سم^٢ (١ م^٢)

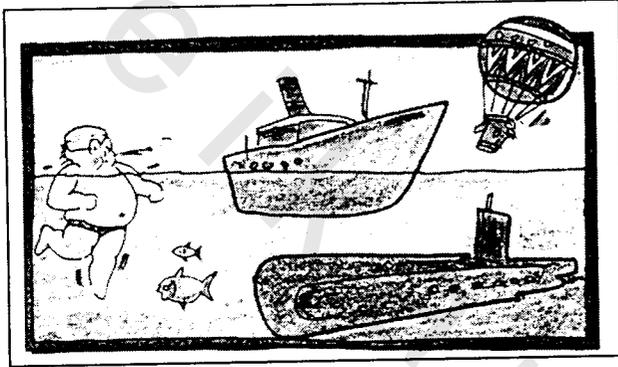
$$= \frac{\text{الوزن}}{\text{المساحة}} = \frac{٤٠٠}{١} = ٤٠٠٠٠٠ \text{ نيوتن/م}^٢$$

أكبر عشر مرات من مثال الفيل !! ...

صحيح أن قدم الفيل مؤثر أكبر لكن ذلك الكعب المدبب يؤثر بضغط أكبر (نظراً لصغر مساحته) وبالتالي فإنه ينغرس أكثر فى الأرض والآن لماذا تتميز الجمال بأرجل ذات خفّ ؟

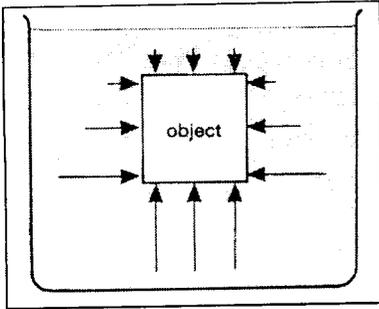


وتوضح التجربة المقابلة كيف يتأثر الضغط في السوائل بالعمق ، فالسائل يتدفق بصورة أسرع وأقوى عند القاع عنه عند القمة . بمعنى أن الضغط عند القاع أكبر منه عند القمة . ولهذا السبب فإنه يراعى عند بناء السدود أن تكون قاعدتها أكبر من قمته حتى تستطيع مقاومة الضغوط في الأعماق .



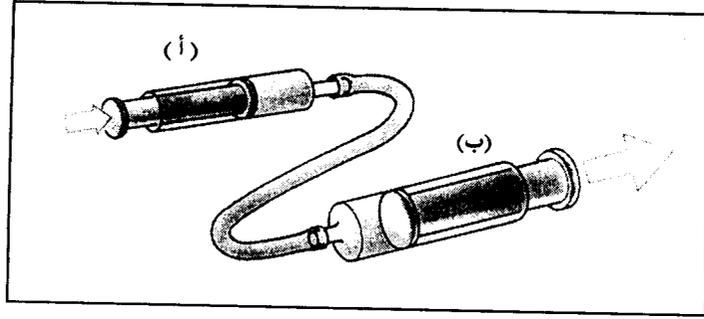
إن أبسط مثال لقوة الدفع هو حينما تسير في الماء (في البحر أو حمام السباحة) فإنك تشعر وكأنك أخف وزناً . ذلك لأن الماء يدفعك إلى أعلى بقوة الدفع . والواقع أن هذا

الدفع هو نتيجة اختلاف تأثير الضغط عند قمة الشيء عن قاعدته ، بمعنى أن الضغط المؤثر في العمق أكبر من الضغط المؤثر عند السطح وبالتالي فإن هذا الفرق محصلة قوة ترفع الجسم إلى أعلى مسببة هذا الدفع كما يظهر في الشكل المقابل .



وكما عرفنا أن للجسم المغمور أحوال ثلاثة فإن الأمر في 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 .

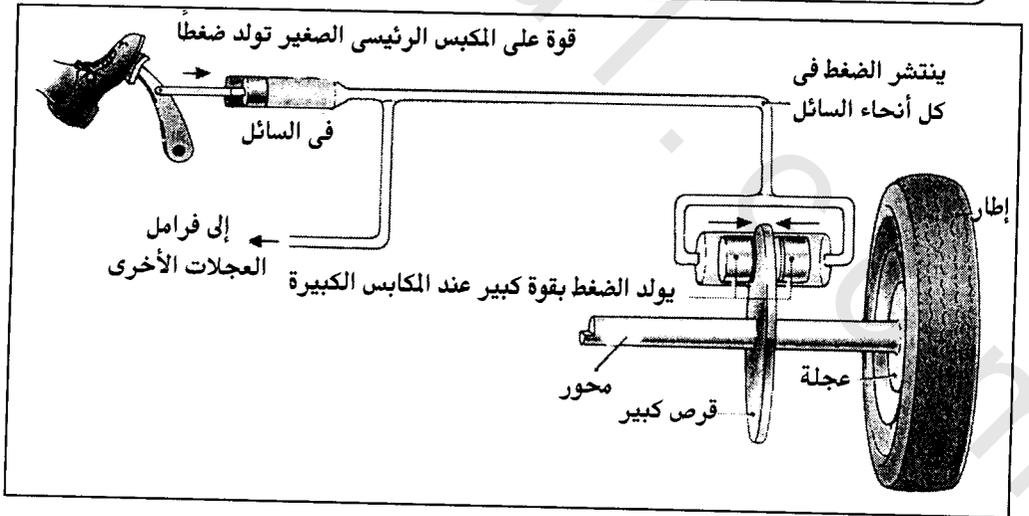
• الأجهزة الهيدروليكية :



التجربة الموضحة هي 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 . والذي سبب الضغط هو قوة صغيرة تؤثر على مساحة صغيرة عند المكبس أ ، لكن النتيجة هي قوة كبيرة ناتجة من مساحة كبيرة عند المكبس ب وهكذا فإن القوة قد تم تكبيرها باستخدام مساحات مختلفة لمقطع المحاقن . والقانون هو :

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

• الفرامل الهيدروليكية :



وتستخدم الفكرة السابقة فى الفرامل الهيدروليكية للسيارة ، فالضغط ينتقل خلال سائل الفرامل بحيث يتم تكبير القوة المؤثرة وتوزيعها على العجلات الأربعة ، فعندما يضغط السائق بقدمه على بدال الفرامل فإنه فى الواقع يدفع مكبساً فيتولد الضغط الذى ينتقل إلى مكبسين على جانبي 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 البدال فإن كل مكبس سيؤثر بضعف القوة المؤثرة عند المكبس الرئيسى . وتستخدم الآلات الهيدروليكية نفس المبدأ مثل كريك السيارة والذراعات المتحركة للحفار .

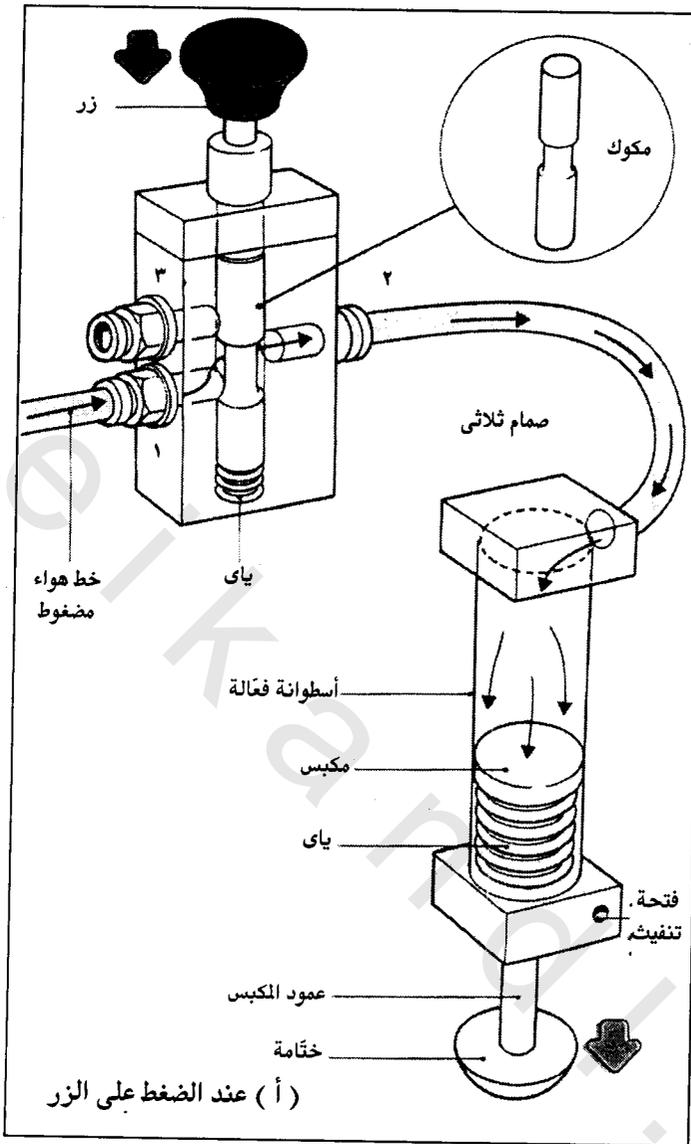
• الأجهزة الهوائية :

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

وأى نظام يعمل بالهواء يعتمد أساساً على ضاغط يضح الهواء المضغوط ويعمل بالكهرباء أو بمحرك ويتصل به خزان قوى ثم عن طريق وصلات وأنايبب ينطلق الهواء المضغوط الذى يراد توظيفه إلى الأجزاء المختلفة

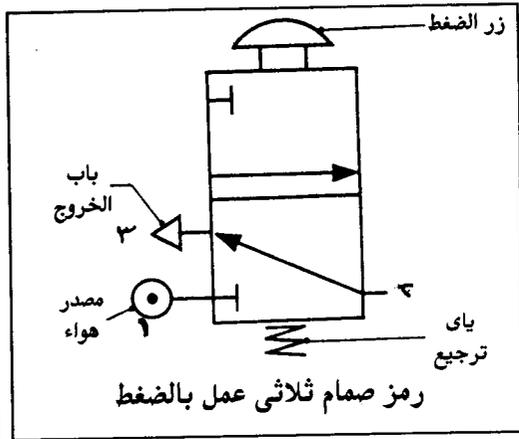
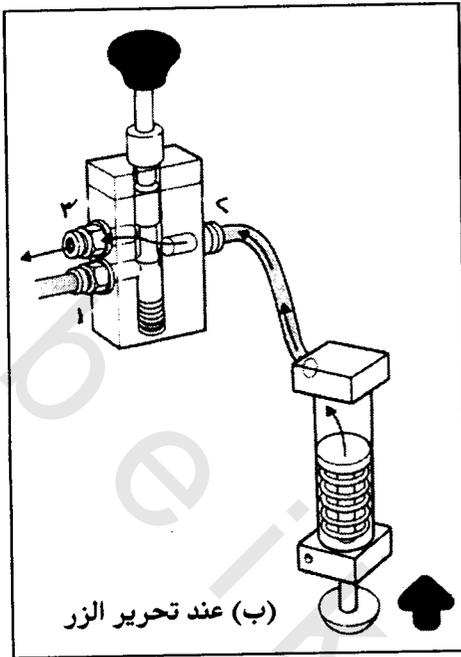
• المكونات الرئيسية لأجهزة الهواء :

من أهم المكونات فى نظام العمل بالهواء هو الصمام الثلاثى (ذو الأبواب الثلاثة) ، ووظيفته التحكم فى تدفق الهواء . 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 الهواء المضغوط يمر من المصدر

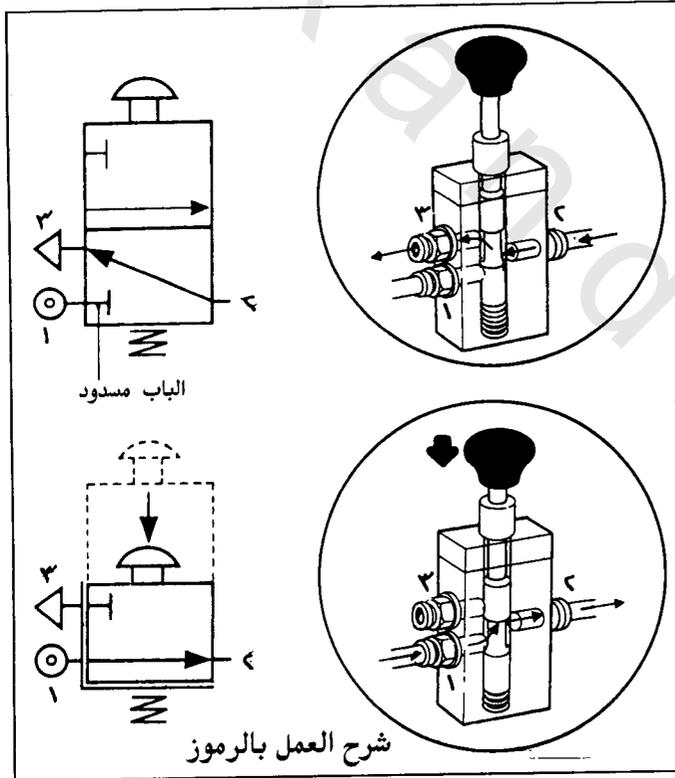


خلال الباب (١) إلى الباب (٢) المتصل بالأسطوانة الفعالة التي تستخدم هذا الهواء المضغوط في إنتاج قوة وحركة . وتحتوى هذه الأسطوانة على مكبس يتحرك لأعلى وأسفل وهو في الوضع العادى يكون مدفوعاً لأعلى بقوة الياى الموجود تحته ، وعند مرور الهواء المضغوط داخل الأسطوانة فإنه يضغط إلى أسفل ، كذلك فإن الهواء الموجود إلى جانب الياى من المكبس يخرج من فتحة التنفيث . وعند ترك الزر فإن يائاً 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) وفي نفس الوقت يضغط الياى داخل الأسطوانة على المكبس فيعيده إلى وضعه مرة أخرى .



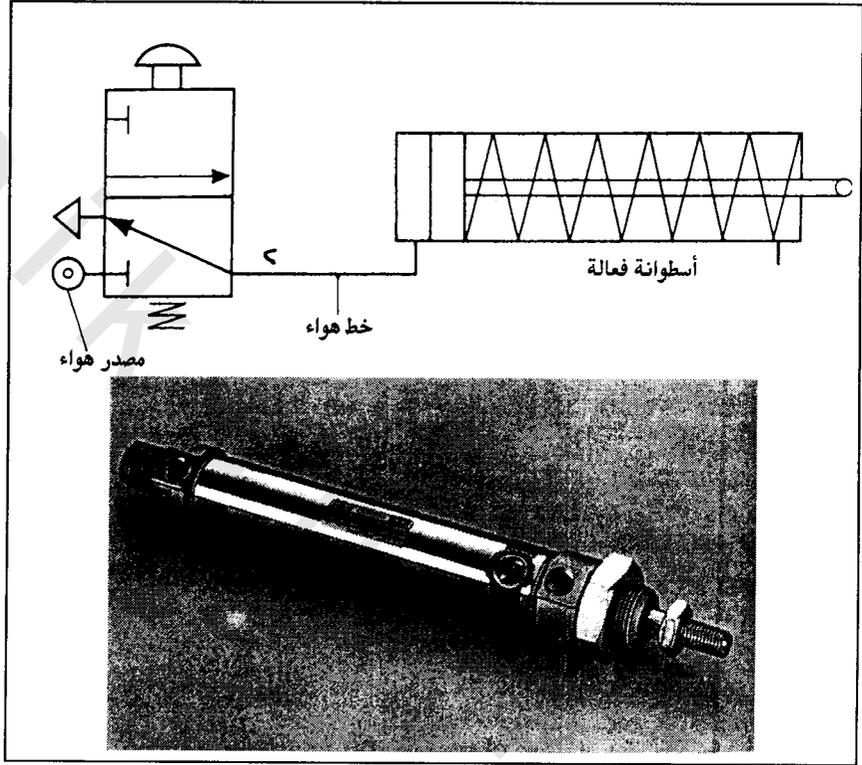
وعند رسم الصمامات الهوائية أثناء التصميم فإننا نرسم رموزاً كالشكل المبين الذي يوضح صماماً ثلاثياً .



وإذا نظرت إلى النصف السفلي في الشرح بالرموز (الشكل العلوي) فسوف تلاحظ أن الباب (١) مسدود ولكن البابين (٢) ، (٣) متصلان . والآن تجاهل النصف السفلي من الرمز (الشكل السفلي) وتخيل أنه عند ضغط الزر فإن النصف العلوي ينزلق على النصف السفلي وهذا يوضح كيف

يتصل البابين (١) و (٢) في الصمام الحقيقي .

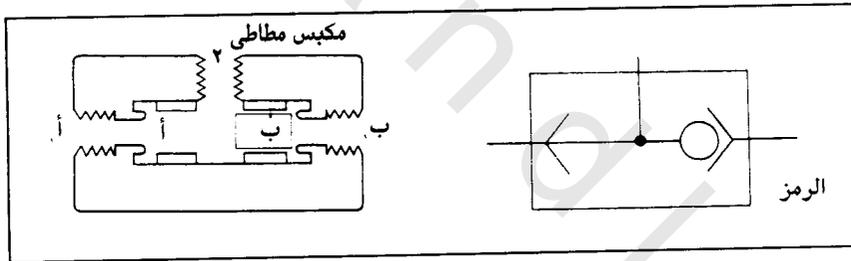
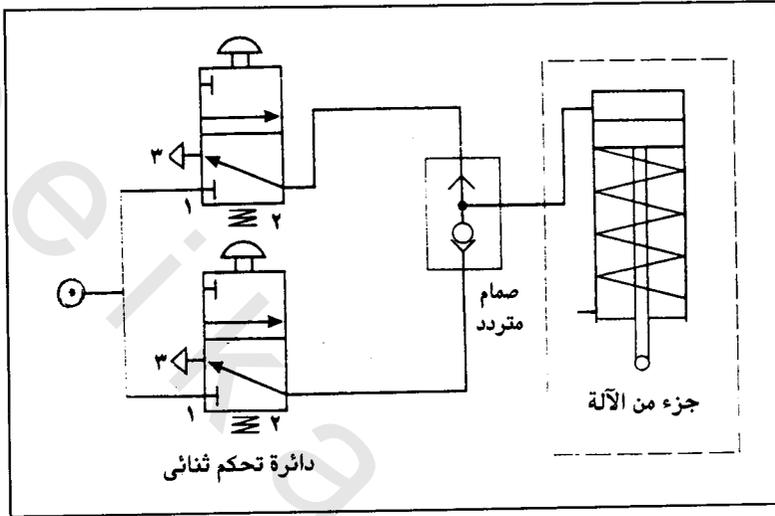
وهكذا يوضح الشكل السفلى التوصيل عند ضغط الزر بينما يوضح الشكل العلوى التوصيل فى الوضع العادى .
 أما الأسطوانة الفعالة فيوضحها الشكل السفلى ولا تحتاج إلى إيضاح وإنما معرفة أن المكبس حينما يكون خارج الأسطوانة يسمى موجباً وعندما يكون داخل الأسطوانة يسمى سالباً .



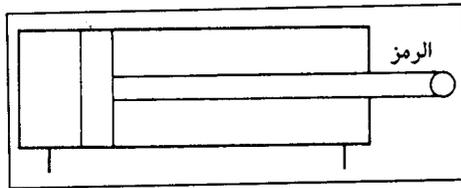
• التحكم الثنائى :

قد تحتاج أحياناً إلى تشغيل ماكينة من مكانين مختلفين ، والدائرة المرسومة تعمل بهذه الطريقة فالأسطوانة الفعالة يمكن تشغيلها بالضغط على الزر أ و ب ، لكن لا بد 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 .



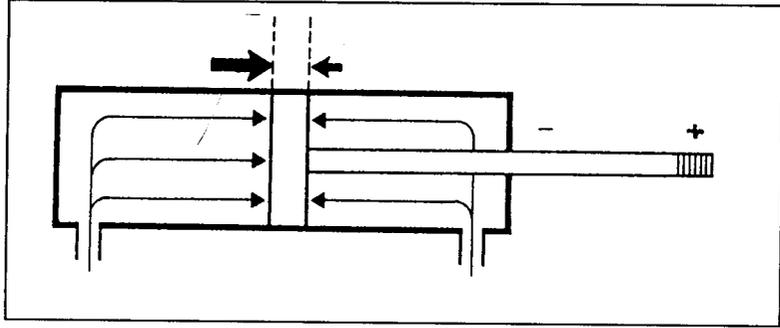
• الأسطوانة المزدوجة :



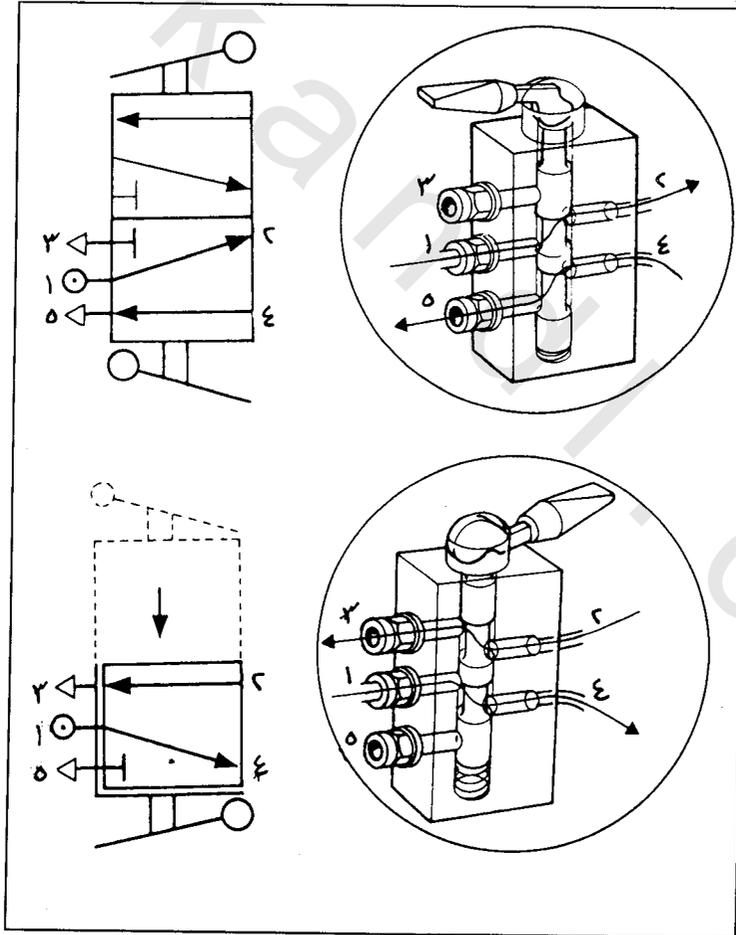
وهى غير الأسطوانة الفعالة فهى ليس لها ياي يعيد المكبس مرة أخرى إلى وضعه ولكن الهواء المضغوط يعمل على جهتى المكبس وبالتالي يمكن تحريكه فى

الاتجاهين الموجب والسالب . جدير بالذكر أن المساحتين على جانبي المكبس غير متساويتين وبالتالي فإن القوة المؤثرة فى الاتجاه السالب أقل منها فى الاتجاه الموجب .

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



• الصمام الخماسى :



هذا الصمام ذو خمسة أبواب كما يبين الرمز ، وإذا تجاهلت النصف العلوى مؤقتاً فسـنلاحظ أن النصف السفلى يوضح اتصال الباب ٢ بالمصدر والباب ٤ بالهواء الخارجى فى الوضع العادى (الشكل الأيمن) .
وإذا حركنا الذراع فى الوضع الثانى فإن النصف العلوى

اختبر معلوماتك

(١) اختر الإجابة الصحيحة مما يأتي :

(١) يحسب الضغط باستخدام المعادلة الآتية :

$$\text{أ - ض} = \frac{\text{ق}}{\text{م}}$$

$$\text{ب - ض} = \text{ق} \times \text{م}$$

$$\text{د - ض} = \text{ق} - \text{م}$$

$$\text{ج - ض} = \text{ق} + \text{م}$$

(٢) بالنسبة لضغط قدره ٢٠ ن/سم^٢ فإن القوة المؤثرة على مساحة ٢ سم^٢ هي :

$$\text{أ - ١٠ ن}$$

$$\text{ب - ٢٠ ن}$$

$$\text{د - ٨٠ ن}$$

$$\text{ج - ٤٠ ن}$$

(٣) قوة من ١٥٠ ن تؤثر على مكبس مساحته ٣ م^٢ فإن الضغط في هذه

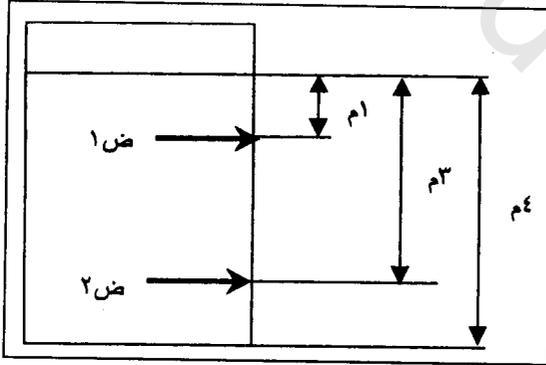
الأسطوانة هو :

$$\text{ب - ١٥٠ باسكال}$$

$$\text{أ - ٥٠ باسكال}$$

$$\text{د - ١٥٠ كيلو باسكال}$$

$$\text{ج - ٤٥٠ باسكال}$$



(٤) في الشكل المقابل فإن ض١

$$\text{أ - ضعف الضغط ض٢}$$

$$\text{ب - ثلاثة أضعاف ض٢}$$

$$\text{ج - نصف ض٢}$$

$$\text{د - ثلث ض٢}$$

(٥) إذا كانت كثافة الماء النقي

$$\text{هي } ١٠٠٠ \text{ كجم/م}^٣$$

و ج = ١٠ م/ث^٢ فإن الضغط ض٢ في الشكل السابق هو :

$$\text{ب - ١٠ كيلو باسكال}$$

$$\text{أ - ٥ كيلو باسكال}$$

$$\text{د - ٤٠ كيلو باسكال}$$

$$\text{ج - ٣٠ كيلو باسكال}$$

(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 - ١٦ كيلو نيوتن

ب - ٣٢ كيلو نيوتن

ج - ٩٦ كيلو نيوتن

د - 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 - ١٦ كيلو نيوتن

ب - ٣٢٠ كيلو نيوتن

ج - ١٢٨ كيلو نيوتن

د - ٢٥٦ كيلو نيوتن

(٨) ما الذى يمكن ضغطه فى الظروف الطبيعية

أ - الغازات

ب - السوائل

ج - المواد الصلبة

د - كل الموائع

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

أ - ١٠,٤ باسكال

ب - ١٠,٤ باسكال

ج - ١٠٤ كيلو باسكال

د - ١٠٤ ميغا باسكال

(١٠) إذا كان ١ بار = ١٠° باسكال فإن ١٠٠ باسكال يعادل

أ - ١٠٠ ملليبار

ب - ١ ملليبار

ج - ١ × ١٠° ميلليبار

د - ١ × ١٠° ميلليبار

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

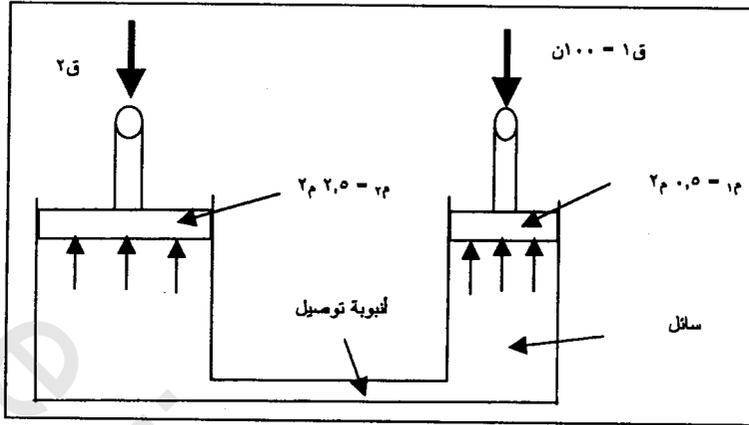
أ - مانومتر U

ب - بارومتر هوائى

ج - بارومتر زئبقى

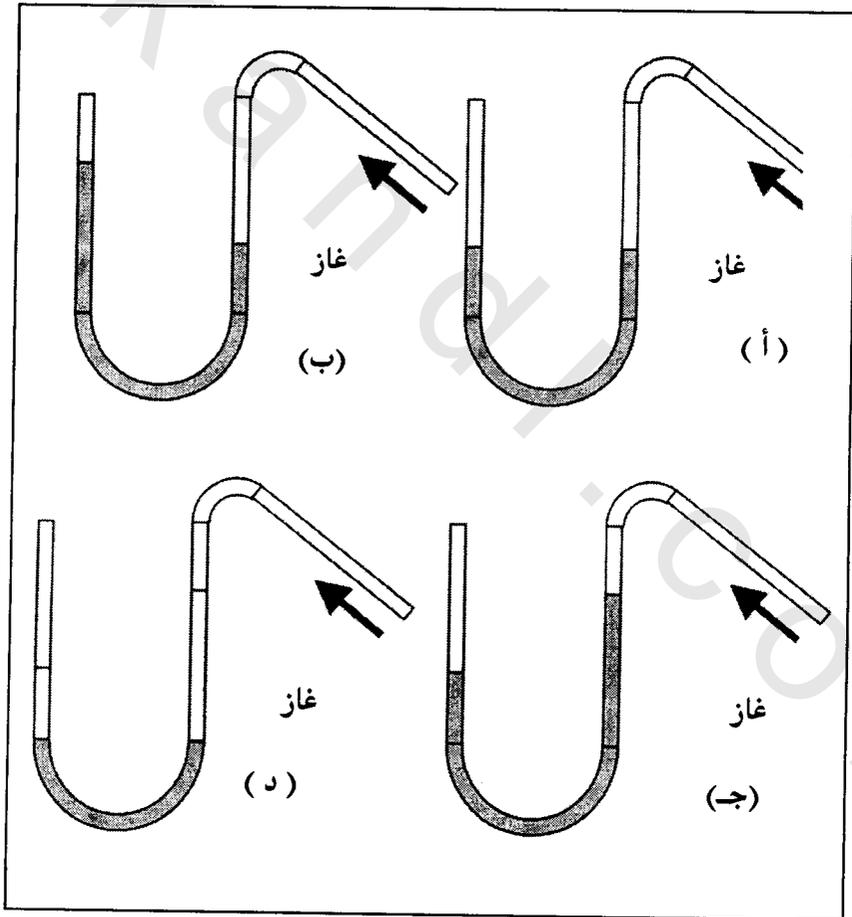
د - أنبوبة بوردون

(١٢) فى الشكل المقابل القوة Q_1 المطلوبة لموازنة Q_2 هى :



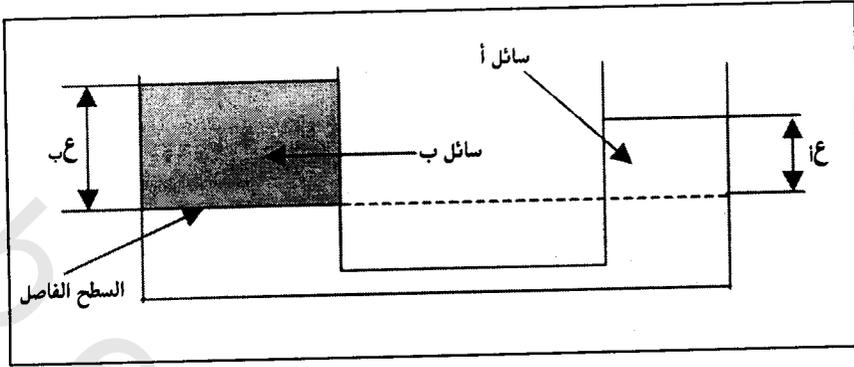
- أ - ٢٠ ن
- ب - ١٠٠ ن
- ج - ٢٥٠ ن
- د - ٥٠٠ ن

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



(١٣٩)

(١٤) فى الشكل التالى :



اذا كان ع ا = ٠,٢ م ، ث ا = ١٠٠٠ كجم / م^٣ ، ث ب = ٨٠٠ كجم / م^٣

، ج = ١٠ م / ث^٢ فإن الضغط عند السطح الفاصل هو :

- أ - ١٦٠٠ باسكال
ب - ١٦٠٠ ميلليبار
ج - ٢٠٠٠ باسكال
د - ٢٠٠٠ ميلليبار

(١٥) فى نفس الشكل السابق ع ب هو :

- أ - ٠,٢٥ م
ب - ٢,٥ م
ج - ٢٥ م
د - ٥٠ م

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

- أ - الضغط الجوى
ب - ضغط الهواء
ج - الضغط المطلق
د - الضغط البارومتري

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

- أ - يزيد
ب - يقل
ج - يظل كما هو
د - 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 / م^٣) والعجلة

ج = ١٠ م / ث^٢ فإن ارتفاع الجزء الطافى هو :

- أ - ١,٠ م
ب - ١,٥ م
ج - ٢,٠ م
د - ٢,٥ م

(١٤٠)

(١٩) فى فرملة هيدروليكية قوة مؤثرة على المكبس مقدارها ٥٠٠ نيوتن ومساحة مقطعه ٥ سم^٢

أ - ما مقدار الضغط المنقول خلال السائل ؟

ب - اذا كان المكبس الآخر مساحة مقطعه ٢٠ سم^٢ فاحسب مقدر القوة المتولدة عنه ؟

(٢٠) أدرك ممدوح أن تشغيل جهاز الختامة بدون القفص الواقى فى غاية الخطورة . ولهذا فقد أعاد تصميم المعدة مرة أخرى بحيث تحتوى على قفص واق كما هو مبين . وبإضافة صمام إضافى جعل من المستحيل للجهاز أن يعمل ما لم يكن الباب مغلقاً

أ - باستخدام الرموز الصحيحة ارسم دائرة تسمح فقط للجهاز بالعمل والقفص الواقى مغلق .

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

