[٥] الباب الخامس :

الضغط فى الموائع Pressure in fluids

[٥ ـ ١] معنى الضغط :

إذا قمنا بتعليق وزن ما بواسطة خيط رفيع فإن وزن هذا الجسم سيتوزع على المساحة الصغيرة له مما ينشأ عنه قوة كبيرة بالنسبة لوحدة المساحة من مقطع الخيط وقد ينقطع الخيط بعد فترة تتوقف على وزن الجسم (قوة) وعلى مساحة مقطع الخيط .

فإذا ما زدنا من مساحة مقطع الخيط باستخدام خيط آخر سميك فإن عملية تعليق هذا الوزن تصبح أكثر أماناً . والسبب أن نفس الوزن يتوزع على مساحة المقطع الكبيرة نسبياً مما يقلل من القوة أو الوزن بالنسبة لوحدة المساحة .

نفس الشيء نجده فى الحيوانات الضخمة مثل الأفيال والجمال ، حيث نجد أن أوزانها الضخمة موزعة على أقدام ذات مساحة مقطع كبيرة مما يمكنها من السير فوق الأراضى الموحلة أو الرملية بدون أن تغوص أقدامها بالتربة .

ويعرف الضغط بأنه القوة المؤثرة على وحدة المساحة .

وبذلك فإن معدل الضغط ض على سطح مساحته (س) =

$$\text{ض} = \frac{\text{القوة الكلية المؤثرة على السطح (ق)}}{\text{مساحة السطح الكلية (س)}} = \frac{\text{ق}}{\text{س}}$$

ووحدات الضغط هى نيوتن/متر مربع وتعرف بالبسكال : Pascal(Pa)
ويجب ملاحظة أن الضغط ليس قوة ولكنه قوة مقسومة على مساحة .

وفى شكل (٥ ـ ١) نفترض أن الوزن أو القوة المؤثرة على الكعب الصغير (الرفيع) للفتاة هى « ٥٠٠ » نيوتن وأن مساحة الكعب المتلامسة مع الأرض = « ١٠٠ » مم٢ ومن ثم :

$$\text{متوسط الضغط} = \frac{\text{٥٠٠ نيوتن}}{\text{١٠٠ مم}^2} = \text{« ٥ » نيوتن/مم}^2 .$$

فإذا ما كان الحذاء مسطحاً كما بالشكل فإن مساحة القدم المتلامسة مع الأرض = « ٣٢٠٠ » مم٢ وحيث أن الوزن أو القوة المؤثرة على القدم واحدة فى الحالتين .

∴ متوسط الضغط فى الحالة الثانية

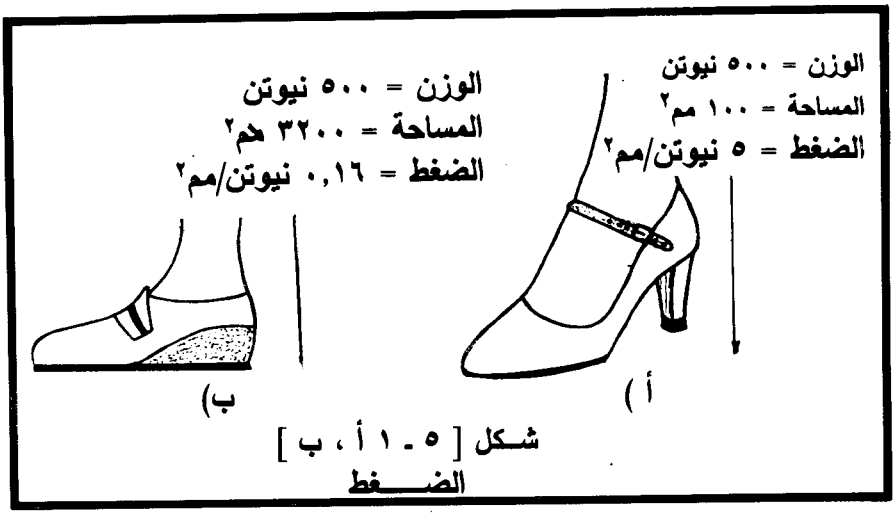
$$= \frac{\text{القوة}}{\text{المساحة}} = \frac{\text{« ٥٠٠ » نيوتن}}{\text{« ٣٢٠٠ » مم}^2} = \text{« ٠,١٦ »} \quad \text{نيوتن/مم}^2$$

ويلاحظ أن الضغط هنا أقل بكثير عنه فى الحالة الأولى .

وحيث أن الضغط ض $= \frac{\text{القوة ق}}{\text{المساحة س}}$

فإنه يمكن إيجاد القوة المؤثرة على مساحة ما س إذا علمنا مقدار الضغط ض

ق= ض × س



شـكل [٥ ـ ١ أ ، ب]
الضـــغط

فإذا فرضنا أن هنالك مجسماً من المعدن موضوعاً على سطح مساحته $\frac{1}{2}$ م^2 وأن الضغط على هذا السطح = ١٠٠٠ نيوتن/متر^2

∴ القوة المؤثرة على السطح ، ق = ض × س

$$= ١٠٠٠ \ \frac{\text{نيوتن}}{\text{متر}^2} \times \frac{١}{٢} = ٥٠٠ \text{ نيوتن}$$

فمثلاً لو لدينا جسماً يزن ١٠ كجم وله مساحة قاعدة ٥ سم^2 وموضوع فوق مائدة فإن الضغط الذى يولده على سطح المائدة $= \frac{١٠ \text{ كجم}}{٥ \text{ سم}^2} = ٢$ كجم/سم^2

فإذا كان لهذا الجسم سطح آخر (وجه آخر) له مساحة ولتكن ٢ سم^2 ووضعنا الجسم على هذا الوجه فإن الضغط الناشيء من نفس الجسم ، فى هذه الحالة

$$= \frac{١٠ \text{ كجم}}{٢ \text{ سم}^2} = ٥ \text{ كجم/سم}^2 .$$

وذلك لأن نفس القوة المؤثرة وُزع تأثيرها على مساحة أقل .

[٥ ـ ٢] بعض التطبيقات على الضغط :

إذا درسنا حالة صبى ما فى وضع الوقوف ، فإنه يؤثر بقوة على الأرض أسفل قدميه ، فإذا كان وزنه « ٥٠٠ » نيوتن ومساحة سطح حذائه = « ١٠٠ » سم^2 مثلاً أى بما يعادل « ٠,٠١ » متر^2

فإن متوسط الضغط علىء الأرض يمكن حسابه كالتالى :

$$\text{ض} = \frac{\text{القوة}}{\text{المساحة}} = \frac{\text{« ٥٠٠ » نيوتن}}{\text{« ٠,٠١ » متر}^2} = ٥٠٠٠٠$$

نيوتن/متر مربع

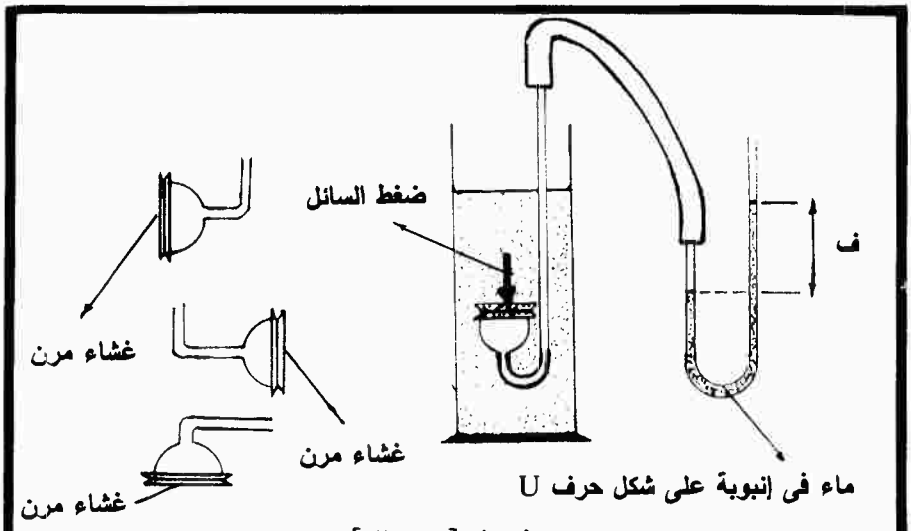
فإذا افترضنا أن الصبى قد وقع على الأرض أفقياً تماماً ، وحيث أن وزنه لن يتغير بالطبع فإن مساحة جسمه المتلامسة مع الأرض ستزيد بدرجة كبيرة ولتكن حوالى « ٠,٢ » متر مربع وهى حوالى ٢٠ ضعف مساحة قدميه ، وبذلك فإن متوسط الضغط فى هذه الحالة :

$$\text{ض} = \frac{\text{٥٠٠ نيوتن}}{\text{٠,٢ متر مربع}} = \text{٢٥٠٠ نيوتن/متر مربع}$$

وهذا الضغط أقل بحوالى عشرين مرة عن الضغط عندما يكون واقفاً على قدميه وفى حالة زحافات الجليد ice skates فإنه يتولد عنها ضغط عالى ، وذلك لأنها تُصنع بحيث تكون مساحة السطح الملامسة للجليد صغيرة على قدر الإمكان مما يولد ضغطاً عالياً لدرجة أن الثلج أسفلها ينصهر وبذلك فإنه يمكن اعتبار أن الزحافة تتحرك خلال مسار رفيع ذو طبقة رقيقة من المياه .

[٥ ـ ٣] الضغط فى السوائل Pressure in liquids :

يتعرض الغطاس إلى ضغط ينشأ من وزن الماء الذى فوقه ويعرف هذا الضغط بالضغط الهيدروستاتيكى Hydrostatic pressure ويمكننا معرفة كيفية تغير الضغط فى سائل ، بتغير العمق أو الكثافة باستخدام جهاز كالمبين فى شكل (٥ ـ ٢) .



شـكل [٥ ـ ٢]
الضغط عند مختلف الأعماق والإتجاهات فى سائل

□ تجربـــة :

نحضر مجموعة أنابيب ذات نهايات كما بالشكل ويثبت على نهاية كل أنبوبة ديفرام (غشاء مرن) .

ثم ، وبالتتابع نثبت كل واحدة منها مع أنبوبة اختبار على شكل حرف «U» مليئة بزيت خفيف فإذا ما ضغطنا على الغشاء المرن باليد (قبل وضعه فى السائل) فإن الهواء الذى بداخلها سينضغط ويرتفع مستوى الزيت بالطرف الآخر من الأنبوبة (الأيمن بالشكل) وكلما زاد الضغط على الغشاء المرن كلما زاد الفرق فى الارتفاع بين مستوى السائل فى فرعى الأنبوبة [المسافة « ف »] .

وعلى ذلك فإن الأنبوبة حرف «U» تعمل كجهاز لقياس الضغط « مانومتر » وذلك عند وضع الأنبوبة ذات الغشاء المرن فى إناء به سائل (ماء) .

وباستخدام هذا الجهاز فإننا نحصل على النتائج التالية :

١ ـ يزداد ضغط الماء كلما زاد العمق .

٢ ـ عند عمق معين نجد أن الضغط متساوى فى جميع الاتجاهات .

٣ ـ عند عمق معين فإن الضغط يزداد بزيادة كثافة السائل .

ويمكن ملاحظة البند « ٣ » باستخدام محلول كبريتات النحاس وباستخدام زيت البارفين . مثلاً .

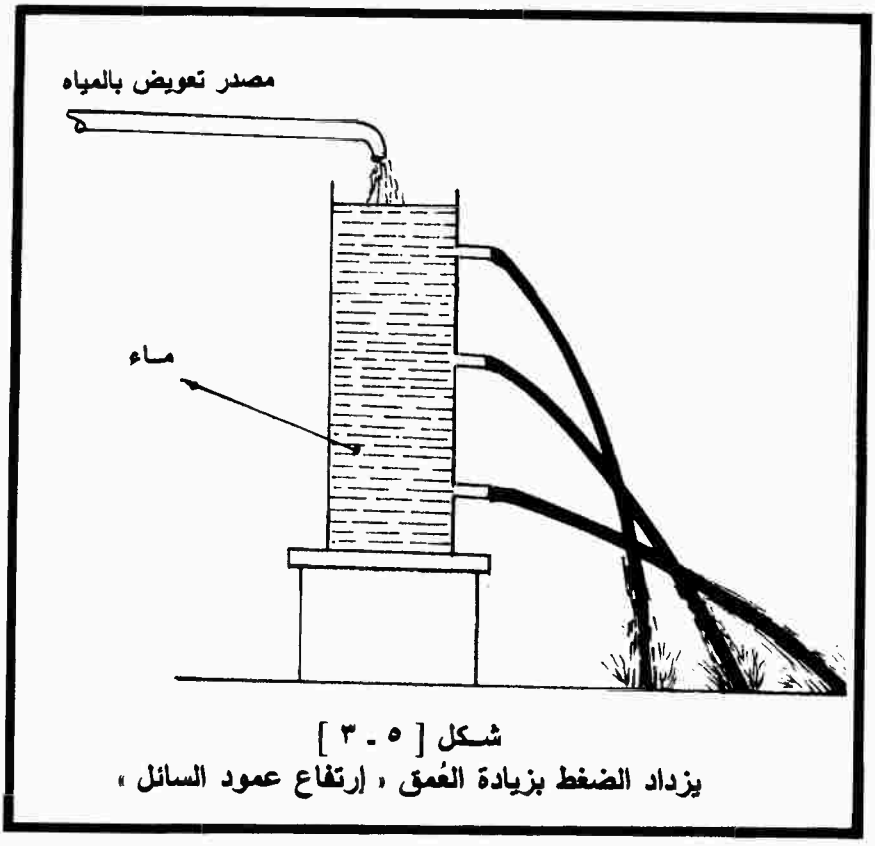
ويوضح شكل [٥ ـ ٣] ، كيفية زيادة الضغط بزيادة العمق (الإرتفاع) .

فإذا أحضرنا إنبوبة وجعلنا بها بضعة ثقوب تحت بعضها وقمنا بملئها بالماء مع المحافظة على مستوى سطح الماء ثابتاً فى الأنبوبة عن طريق تعويض ما يُفقد منها بمصدر ماء خارجى .

سنلاحظ خروج تيار من المياه من كل فتحة ، إلا أن تيار الماء الخارج من

الفتحة السفلية سنجده أقوى ويندفع للخارج لمسافة أكبر من ذلك الخارج من الفتحات الأعلى منها .

مما يؤكد زيادة الضغط كلما هبطنا إلى أسفل .



شـكل [٥ ـ ٣]
يزداد الضغط بزيادة العُمق ، إرتفاع عمود السائل ،

ولنفترض أننا أحضرنا إنبوبة مساحة مقطعها ١ سم^{٢} .

فإذا قمنا بصب كمية من المياه بها ولتكن ١ كجم فإن القوة المؤثرة على قاع الإنبوبة تكون فقط ١ كجم وحيث أن مساحة مقطع قاع الإنبوبة هو ١ سم^{٢} فإن مقدار الضغط على القاع

$$= \frac{\text{١ كجم}}{\text{١ سم}^{٢}} = \text{١ كجم/سم}^{٢} .$$

فإذا قمنا بصب ١ كيلو جرام مياه إضافى لما فى الإنبوبة فإن ارتفاع الماء فى الأنبوبة سيزداد إلى الضعف ، ويتعرض قاع الأنبوبة فى هذه الحالة إلى قوة مقدارها ٢ كجم من وزن السائل ويصبح الضغط على القاع مساوياً

$$= \frac{\text{٢ كجم}}{\text{١ سم}^{٢}} = \text{٢ كجم/سم}^{٢} .$$

ويلاحظ من هذا أن الضغط عند أى نقطة يتناسب طردياً مع العمق أسفل سطح السائل .

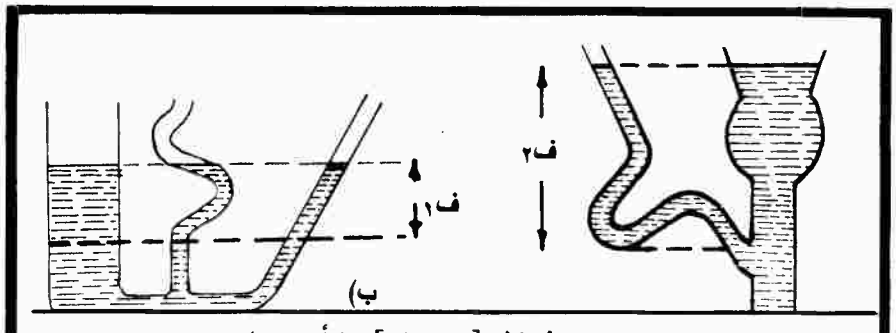
وهذا يعنى أنه إذا هبطنا إلى أسفل سطح الماء بمقدار ضعف العمق لازداد الضغط بمقدار الضعف تماماً .

وإذا ما هبطنا ثلاثة أضعاف العمق الأول فإن الضغط يصبح ثلاثة أضعاف الضغط الأول ... وهكذا ..

وعند إيجاد الضغط عند نقطة ما على عمق معين فإن المقصود بهذا العمق هو الإرتفاع الرأسى تماماً والعمودى على مستوى سطح السائل .

وفى حالة ما إذا كان الوعاء مائلاً أو به إنبوبة مائلة فإن العمق هنا هو الإرتفاع الرأسى فمثلاً فى الشكل الموضح [٥ ـ ٤] فإن مستوى سطح السائل فى الإنبوبتين يكون واحداً ، لأن الضغط يعتمد فقط على العمق الرأسى وليس على شكل أو حجم الوعاء .

وعند أى مستوى أفقى فإن الضغط يكون واحداً .



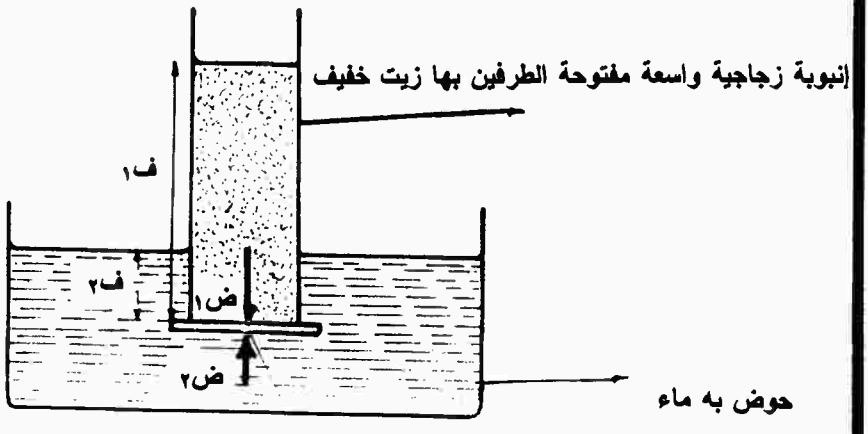
شكل [٥ ـ ٤] (أ ، ب)

تجربـــة : لإثبات العلاقة بين الضغط والعمق .

فيما يلى تجربة بسيطة توضح زيادة الضغط مع زيادة العمق (الإرتفاع) .

نملأ حوض بالمياه ، انظر الرسم شكل [٥ ـ ٥] ، ونحضر إنبوبة زجاجية واسعة مفتوحة الطرفين ، ثم نضع على القاعدة السفلية . غطاء بلاستيكى (يكون قابل للحركة) .

وتُوضع الأنبوبة الزجاجية بحيث تكون رأسية ويعمل ضغط الماء على الإبقاء على الغطاء البلاستيكى فى مكانه بدرجة تمنع دخول الماء الأنبوبة .



غطاء بلاستيكى ، حر ،
يبتعد الغطاء بعيدا عند تساوى ض١ ، ض٢

شـكل [٥ ـ ٥]

تجربة بسيطة لإثبات العلاقة بين الضغط والعمق

ويتم قياس عمق الغطاء عن مستوى سطح الماء فى الحوض ؛

ثم نبدأ فى صب زيت خفيف تدريجياً فى الأنبوبة من أعلى وعندما يصل وزن الزيت والمؤثر على الغطاء من داخل الأنبوبة إلى الدرجة التى يتعادل فيها مع ضغط الماء المؤثر على الغطاء من الخارج ، نجد أن الغطاء يبدأ فى أن يطفو بعيداً عن الأنبوبة .

ويتم حساب ارتفاع الزيت فى الأنبوبة قبل أن يتحرك الغطاء مباشرة .

ويتم تكرار التجربة عندما يأخذ الغطاء أعماقاً مختلفة تحت مستوى سطح الما بالحوض . وفى كل مرة نسجل ارتفاع الزيت فى الأنبوبة عند بدء تحرك الغطاء بعيداً عن الأنبوبة .

□ ومن نتائج التجربة :

عند عمل رسم بيانى فيما بين ارتفاع الزيت فى الأنبوبة الزجاجية ، وبين عمق مستوى الغطاء عن سطح الماء فى الحوض .

فإن الرسم يكون على شكل خط مستقيم ماراً بنقطة الأصل .

□ الاستنتاج :

يطفو الغطاء البلاستيك بعيداً عن الإنبوبة الزجاجية عندما تتساوى تماماً القوة الناشئة من وزن السائل (الزيت) فى الإنبوبة مع قوة الدفع العلوية على الغطاء والناشئة من ضغط الماء .

ويتناسب وزن الزيت طردياً مع ارتفاعه فى الأنبوبة وحيث أن مساحة مقطع الأنبوبة ثابتة ، فيكون الضغط الناشىء من الماء المؤثر على الغطاء ، متناسباً (وطردياً) مع ارتفاع الزيت فى الأنبوبة .

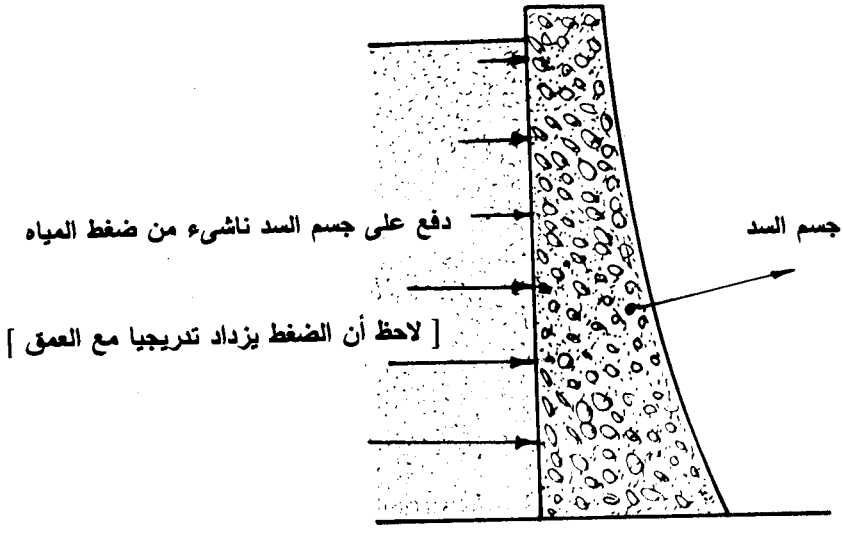
أى أن هذا الارتفاع هو مقياس لمقدار ضغط الماء .

وحيث أن الرسم البيانى بين ارتفاع الزيت فى الأنبوبة (ضغط الماء) وبين انخفاض مستوى الغطاء عن سطح الماء فى الحوض عبارة عن خط مستقيم

يمر بنقطة الأصل فإنه وطبقاً لهذا ؛ فإن الضغط عند عمق معين فى السائل يكون متناسباً مع هذا العمق .

□ تطبيق عملى لهذه الحقيقة :

عند بناء السدود على مجارى الأنهار يتم بناء السد بحيث تكون قاعدته أعرض كثيراً عن القمة وذلك لأن ضغط الماء المؤثر على جدار السد يزداد بزيادة العمق وبمعنى آخر فإن قاعدة السد تكون معرضة لضغوط أكبر بكثير عن الضغوط التى يتعرض لها جسم السد بالأعلى انظر الرسم شكل (٥ ـ ٦) وهو يوضح هذا ..



شـكل [٥ ـ ٦]
يتناسب عرض جسم السد مع ضغط المياه
(عريض عند القاعدة)

[٥ ـ ٤] الضغط الهيدروستاتيكى للسوائل :

يمكننا استنتاج صيغة فيزيائية لإيجاد متوسط الضغط (ض) عند عمق (ف) فى سائل كثافته (ث) ؛

وذلك باعتبار سطح مستوى أفقى ذو مساحة (س) = « ١ » متر^{٢} ويبعد عن مستوى سطح السائل مسافة (ف) .

∴ كتلة الماء فوق المستوى

= الحجم × الكثافة = المساحة × الارتفاع × الكثافة

= ١ × ف × ث = ف . ث

فإذا كانت (ف) بالأمتار ، المساحة (س) بالمتر المربع والكثافة (ث) بالكيلوجرام/متر^{٣} .

فإن الكتلة (ف . ث) تكون بالكيلوجرام .

وبذلك فإن الوزن أو القوة بالنيوتن = ف . ث جـ ، حيث جـ هى عجلة الجاذبية الأرضية وتساوى ٩,٨ متر/ث^{٢}

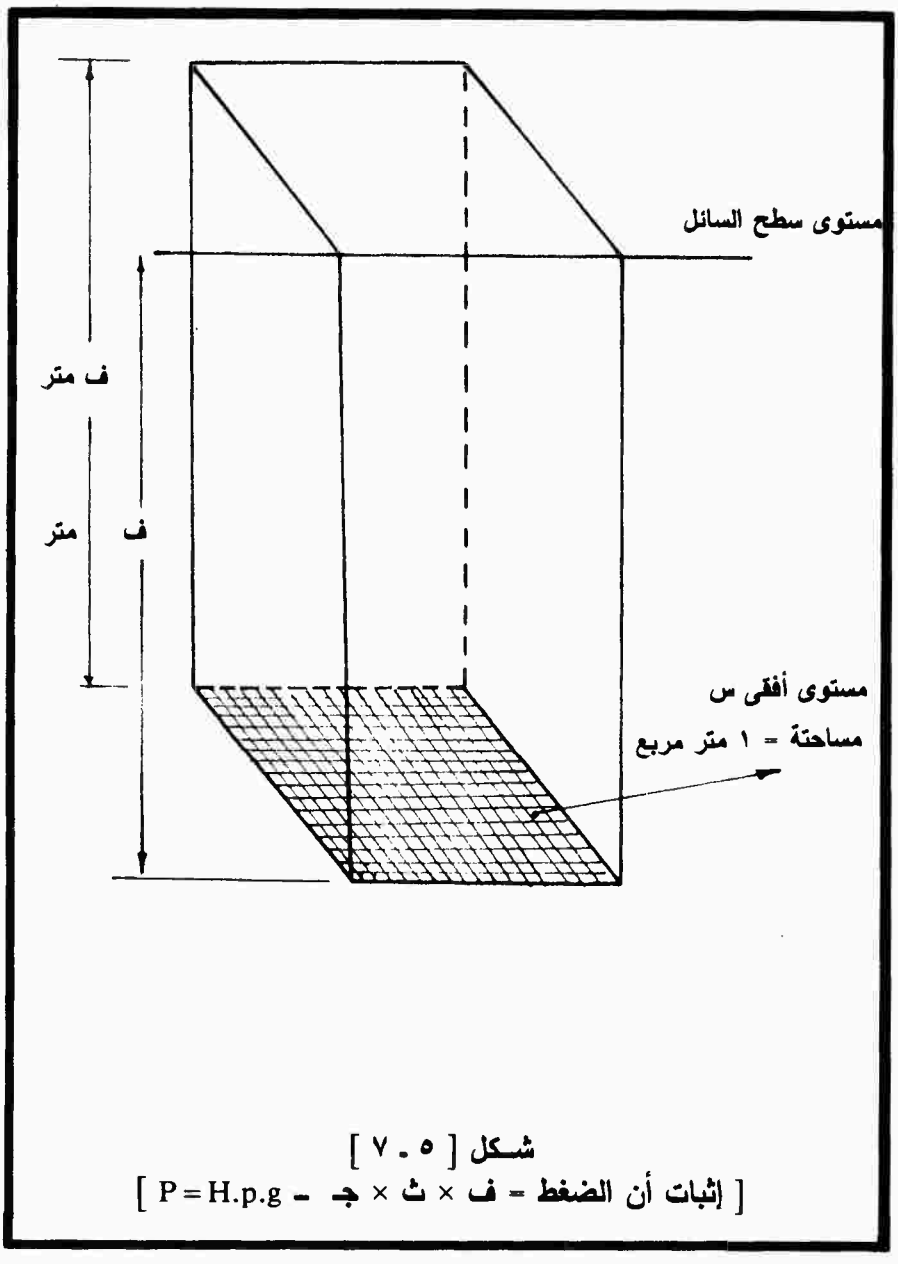
∴ متوسط الضغط ض على المستوى (س) = $\frac{\text{القوة}}{\text{المساحة}}$ = $\frac{\text{ف. ث. جـ}}{١}$

ومنها ينشأ أن ض = ف. ث. جـ **[P = H. p.g.]**

وفى هذه العلاقة تكون ض بالنيوتن/متر^{٢} أو باسكال (Pa) .

عندما تكون ف بالمتر ، ث بالكيلوجرام/م^{٣} ، جـ بالمتر/ث^{٢} .

ويوضح شكل [٥ ـ ٧] إثبات هذه العلاقة .



شـكل [٥ ـ ٧]

[إثبات أن الضغط = ف × ث × جـ ـ P = H.p.g]

فمثلاً ، يتعرض الإنسان للضغط الجوى المعتاد عند سطح الأرض وهو يعادل ١٠ نيوتن/سم^{٢} = ١٠٠ ٠٠٠ نيوتن/م^{٢} .

فإذا ما هبط إلى عمق ٥٠ متر تحت سطح الماء الذى كثافته ١٠٠٠ كجم/م^{٣} .

وباعتبار جـ = ١٠ م/ث^{٢} لتبسيط الحسابات ، وطبقاً للعلاقة السابقة فإن :

الضغط ض = ف × ث × جـ

= ٥٠ × ١٠٠٠ × ١٠ = ٥٠٠ ٠٠٠ نيوتن/م^{٢}

وهو حوالى خمسة أضعاف الضغط فوق سطح الأرض .

ونلاحظ أن العلاقة السابقة لحساب الضغط ، تُظهر لنا أن الضغط يتناسب مباشرة مع الارتفاع (ف) أسفل مستوى سطح السائل ومع الكثافة (ث) للسائل .

ويجب الأخذ بعين الاعتبار أن الضغط لا يعتمد على مساحة مقطع الوعاء الذى يحتوى على السائل ،

فإذا كان لدينا اسطوانة رفيعة مليئة بالماء إلى ارتفاع ٧٠ سم مثلاً ، فإن الضغط على قاعها يكون مساوياً تماماً للضغط الناشىء من الماء على قاع اسطوانة أخرى أوسع بكثير من الاسطوانة السابقة ، مليئة بالماء لارتفاع ٧٠ سم كذلك .

صحيح أنه يوجد وزن ماء أكبر بكثير فى الحالة الثانية إلا أنه موزع على مساحة قاع أكبر بكثير من مساحة قاع الأسطوانة الأولى .

إلا أن الوزن (القوة) على وحدة المساحة فى الحالتين يكون متساوى .

وبذلك فإن الضغط الهيدروستاتيكى عند نقطة فى سائل ما ، يعتمد فقط على عمق السائل (ارتفاعه) ولا يعتمد على شكل الوعاء أو على مساحة مقطعة .

[٥ ـ ٥] انتقـال الضغط :

إذا أحضرنا كرة مطاطية أو علبة معدنية أو بلاستيكية وقمنا بثقبها عدة ثقوب صغيرة ثم استطعنا ملئها بالماء فإن الماء سيندفع من كل الثقوب عند الضغط على (أو عصر) الكرة أو العلبة .

حيث ينتقل الضغط فى السوائل بالتساوى فى جميع الاتجاهات ويندفع الماء خارجاً من الثقوب فى اتجاه عمودى على مستوى الثقب وبذلك فإن ضغط السائل يؤثر فى اتجاه عمودى على السطح ولهذا السبب نجد أن الماء يندفع أفقياً من ماسورة مياه رأسية فى حين أنه يندفع رأسياً من ماسورة مياه أفقية .

[٥ ـ ٦] تطبيقات عملية على ضغط السوائل :

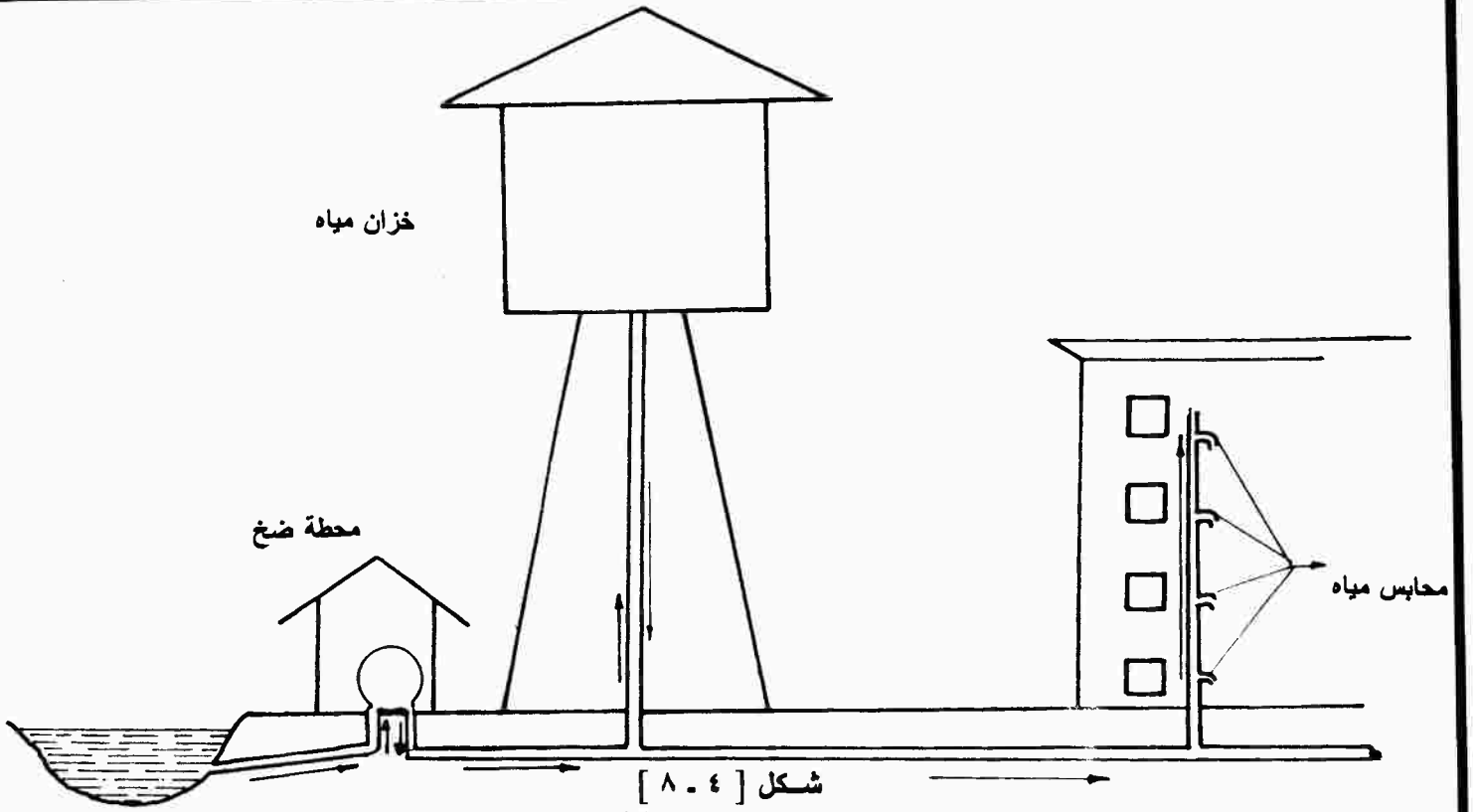
Applictions of fluid pressure :

(أ) يتم تزويد المبانى بالمدن والأحياء السكنية بمياه يتم ضخها من بحيرات أو خزانات أو أبراج مياه (بعد معالجتها كيميائياً) .

حيث تنساب المياه النقية منها إلى مواسير المياه وتوزع على المبانى المختلفة ويؤدى إرتفاع خزان المياه إلى توفير ضغط عالى يؤدى لتحرك المياه فى المواسير حيث يصل إلى أماكن استخدامه دون عناء .

فإذا فرضنا أن هنالك بناية ارتفاعها أعلى من ارتفاع خزان مياه المدينة فإن المياه لن تصل مطلقاً للطوابق العليا من هذه البناية ما لم يتم توفير وسيلة ضخ مساعدة (مضخة مياه) لإيصال المياه للطوابق العليا .

ولهذا فإن كل البنايات حالياً ولنفس السبب تزود بخزانات مياه توضع فى أعلى سطح البناية ؛ انظر الرسم شكل [٥ ـ ٨] .

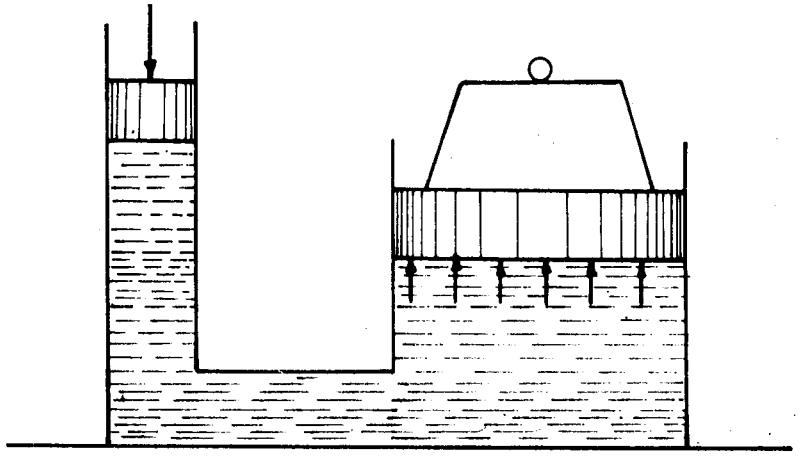


شـكل [٤ ـ ٨]

تزويد المبانى بمياه الشرب

باستخدام فكرة ضغط المياه الناشىء من وضعها بارتفاع عالى فى خزان

(ب) ومن التطبيقات المهمة للضغط فى السوائل هو المكبس الهيدروليكى Hydraulic Press ، انظر الرسم شكل [٥ ـ ٩] .



شكل [٥ ـ ٩]
المكبس الهيدروليكى

حيث يتم التأثير بقوة صغيرة (نسبياً) على مكبس صغير نسبياً حيث ينتقل لضغط الناشىء من هذه القوة فيما تحت المكبس الصغير ، بالتساوى إلى كل جزء من أجزاء الدورة كلها بما فيها المكبس الكبير .

فإذا فرضنا أن مساحة المكبس الكبير هى ١٠٠ ضعف مساحة المكبس الصغير فإن القوة على المكبس الكبير تصبح ١٠٠ ضعف القوة المؤثرة على المكبس الصغير .

[القوة = الضغط × المساحة ، وبزيادة المساحة تزيد القوة] .

وتستخدم هذه الفكرة فى كبس قوالب الطوب وتشكيل الأوانى الزجاجية وكبس الأجزاء، المعدنية المختلفة مثل أجزاء جسم السيارة وغيرها من الاستخدامات مثل فرامل السيارات الهوائية والهيدروليكية وروافع السيارات فى محطات الخدمة .

وتوجد مكابس ضخمة تعمل بنفس المبدأ ، يمكنها توليد قوى تصل إلى ١٠ ٠٠٠ طن أو يزيد .

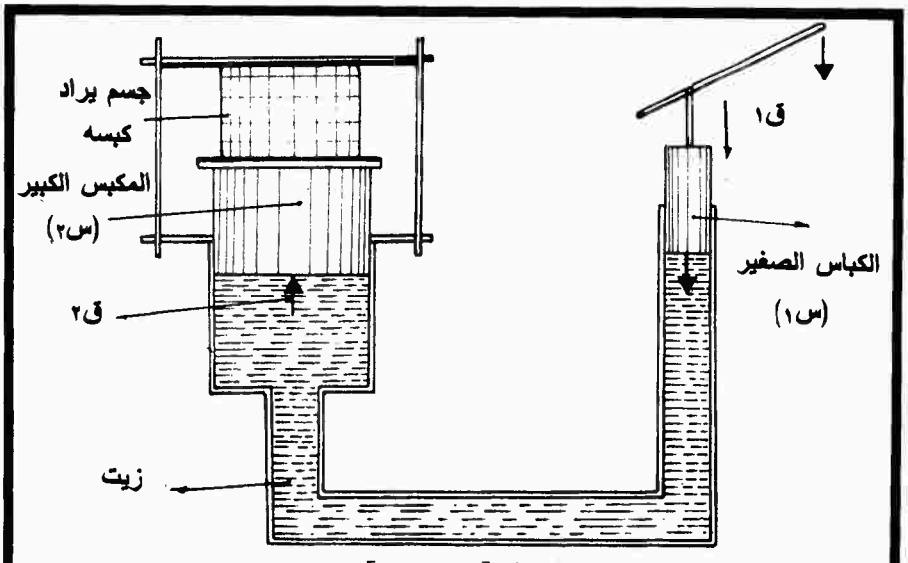
ويوضح شكل (٥ ـ ٢٠) رسماً تخطيطياً آخر لمكبس هيدروليكى يستخدم فى كبس جزء من معدن أو فى كبس بالة من خامة معينة حيث يوضع الجزء المراد كبسه فوق المكبس (س٢) ذو مساحة المقطع الكبيرة ، وتؤثر القوة (ق١) بواسطة ذراع على مكبس أو (كباس) (س١) ذو مساحة مقطع صغيرة .

ويثبت كل من المكبسان س١ ، س٢ بإحكام داخل وعاء بشكل معين ملىء بالسائل (الزيت عادة) .

ولنفترض أن القوة المؤثرة على الكباس (س١) والتى تنتقل بدورها للسائل هى ٣٠٠ نيوتن وأن مساحة هذا المكبس = ٣٠ سم٢ .

فإن الضغط الناشىء من هذه القوة على المكبس وبالتالى على السائل =

$$\text{ض} = \frac{\text{٣٠٠ نيوتن}}{\text{٣٠ سم}^2} = \text{١٠ نيوتن/سم}^2 .$$



شكل [٥ ـ ١٠]
مكبس هيدروليكى

وينتقل هذا الضغط فى جميع أجزاء السائل حيث يؤثر على المكبس ($س_٢$) من الأسفل .

فإذا كانت مساحة المكبس الكبير = ١٥٠٠سم^٢ مثلاً .

فإن هذا الضغط يدفع على المكبس بقوة = الضغط × المساحة

∴ القوة المؤثرة على المكبس $س_٢$ لأعلى =

$ق_٢ = ١٠ \times ١٥٠٠ = ١٥٠٠٠$ نيوتن .

وبذلك فإننا نكون قد حصلنا على قوة كبيرة لازمة للكبس باستخدام قوة صغيرة $ق_١$ قدرها ٣٠ نيوتن فقط .

ويمكنك ملاحظة أن نسبة $\frac{ق_٢}{ق_١} = \frac{١٥٠٠٠}{٣٠٠} = ٥٠$ ضعف .

وهى نفس نسبة المساحة $\frac{س_٢}{س_١} = \frac{١٥٠٠}{٣٠} = ٥٠$ ضعف كذلك .

فإذا ما تحرك المكبس $س_١$ مسافة مقدارها $ف_١$ لأسفل فإن المكبس $س_٢$ سيتحرك مسافة أخرى (أقل من $س_١$) قدرها $ف_٢$.

وحيث أن حجم السائل المتحرك من الاسطوانة اليمنى بالشكل إلى الاسطوانة اليسرى بالشكل هو نفسه (السوائل لا تقبل الانضغاط) .

∴ المسافة التى هبطها المكبس $س_١$ × مساحة مقطعه = المسافة التى صعدها المكبس $س_٢$ × مساحة مقطعه .

∴ $ف_١ \times س_١ = ف_٢ \times س_٢$

∴ $\frac{ف_١}{ف_٢} = \frac{س_٢}{س_١}$

ويطلق على النسبة $\frac{ف_١}{ف_٢}$ بنسبة السرعة للآلة

[انظر الكتاب الأول من نفس السلسلة]

∴ نسبة السرعة للمكبس الهيدروليكى = $\frac{س_٢}{س_١}$

وعملياً ونتيجة لوجود قوى احتكاك فإن الفائدة الميكانيكية هنا تقل عن $\frac{س_2}{س_1}$

وكلما زادت النسبة $\frac{س_2}{س_2}$ كلما زادت الفائدة الميكانيكية للمكبس الهيدروليكى .

[٥ ـ ٧] أمثلة على الضغط ، والمكبس الهيدروليكى :

[١] مجسم من الحديد ، على شكل متوازى مستطيلات ، أبعاده :

١ متر × ٠,٧٠ م × ٠,٥٠ م مستقر على مستوى أفقى ، فإذا كانت كثافة الحديد هى ٧٨٠٠ كجم/م^3

فاحسب أكبر وأصغر ضغط ناشىء من المجسم على المستوى الأفقى

[اعتبر وزن : ١ كجم كتلة = ١٠ نيوتن]

● الحـــل :

كتلة البلوك = الحجم × الكثافة = (١ × ٠,٧ × ٠,٥) × ٧٨٠٠

= ٢٧٣٠ كجم

∴ وزن البلوك = ٢٧٣٠ × ١٠ = ٢٧٣٠٠ نيوتن .

وأكبر ضغط ينشأ عند وضع المجسم مرتكزاً على أصغر مساحة وجه له فوق المستوى الأفقى ،

وأصغر مساحة وجه للمجسم = ٠,٧ × ٠,٥ = ٠,٣٥ م^2 .

∴ أكبر ضغط = القوة ÷ المساحة = $\frac{٢٧٣٠٠}{٠,٣٥}$ = ٧٨٠٠٠ نيوتن/م^2

وأصغر ضغط ينشأ عند وضع المجسم مرتكزاً على أكبر مساحة وجه له فوق المستوى الأفقى .

وحيث أن أكبر مساحة وجه للمجسم = ١ × ٠,٧ = ٠,٧٠ م^{٢} .

∴ أصغر ضغط = القوة ÷ المساحة = $\frac{٢٧٣٠٠}{٠,٧٠}$ = ٣٩٠٠٠ نيوتن/م^{٢}

[٢] مكبس هيدروليكى له مكبس كبير ذو قطر « ١ » متر وكباس صغير ذو قطر ٠,١٢٥ متر ، فإذا أثرنا بقوة مقدارها ٢٥٠ نيوتن على الكباس الصغير .

(أ) احسب القوة المؤثرة على المكبس الكبير .

(ب) وإذا تحرك الكباس الصغير مسافة ٦٤ سم ، فإلى أى مسافة يصعد (أو يتحرك) المكبس الكبير ؟

● ***الحـــل :***

مساحة مقطع الكباس الصغير = ط نق^{٢} = ط $\frac{ق^{٢}}{٤}$

∴ الضغط الناشىء من الكباس الصغير =

$$\left[\frac{٢٥٠ \text{ نيوتن}}{ط \times (٠,١٢٥)^{٢} \text{ م}^{٢}}\right] \text{ نيوتن/م}^{٢} .$$

وينتقل هذا الضغط إلى المكبس الكبير الذى مساحته = ط × $\frac{١^{٢}}{٤}$

∴ القوة المؤثرة على المكبس الكبير = الضغط × المساحة .

$$= \left[\frac{٢٥٠}{ط \times (٠,١٢٥)^{٢}}\right] \times ط \times \frac{١}{٤} = \frac{٦٤ \times ٢٥٠}{٤} = ١٦ \times ٢٥٠$$

= ٤٠٠٠ نيوتن .

وبالتالى فإن المكبس الكبير لا يمكنه رفع وزن أكبر من ٤٠٠٠ نيوتن ، ويجب الأخذ فى الاعتبار قوى الاحتكاك التى تقلل من مقدرة رفعه للأحمال .

(ب) عندما يتحرك الكباس مسافة ٦٤ سم لأسفل فإنه يزيح أمامه حجماً من السائل مقداره = مساحة الكباس × المسافة التى يتحركها .

$$= \frac{ط \times (٠,١٢٥)^{٢}}{٤} \times ٠,٦٤ م^{٣} .$$

∴ المسافة التى يتحركها المكبس الكبير

$$= \frac{\text{هذا الحجم}}{\text{مساحة المكبس}} = \frac{ط \times (٠,١٢٥)^{٢} \times ٠,٦٤}{\frac{١}{٤} \times ٤ \times ط} = \frac{١}{١٠٠} \text{ متر} = ١ \text{ سم} .$$

□ خلاصـــة :

١ ـ الضغط = القوة لوحدة المساحة .

ووحداته نيوتن/متر مربع أو (باسكال) – Pa –

٢ ـ الضغط فى سائل = الارتفاع × الكثافة × عجلة الجاذبية .

= ف × ث × جـ

٣ ـ يكون الضغط ثابتاً عند أى مستوى أفقى فى سائل .

٤ ـ الضغط عند نقطة ما فى سائل يؤثر فى جميع الاتجاهات .

٥ ـ نسبة السرعة فى المكبس الهيدروليكى

$$= \frac{\text{مساحة مقطع المكبس الكبير}}{\text{مساحة مقطع المكبس الصغير}}$$