دولة ليبيا
وزارة التعليم
مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

الفيزياء

للسنة الأولى من مرحلة التعليم الثانوي

الدرس الحادي عشر

المدرسة الليبية بفرنسا ـ تور

العام الدراسي:

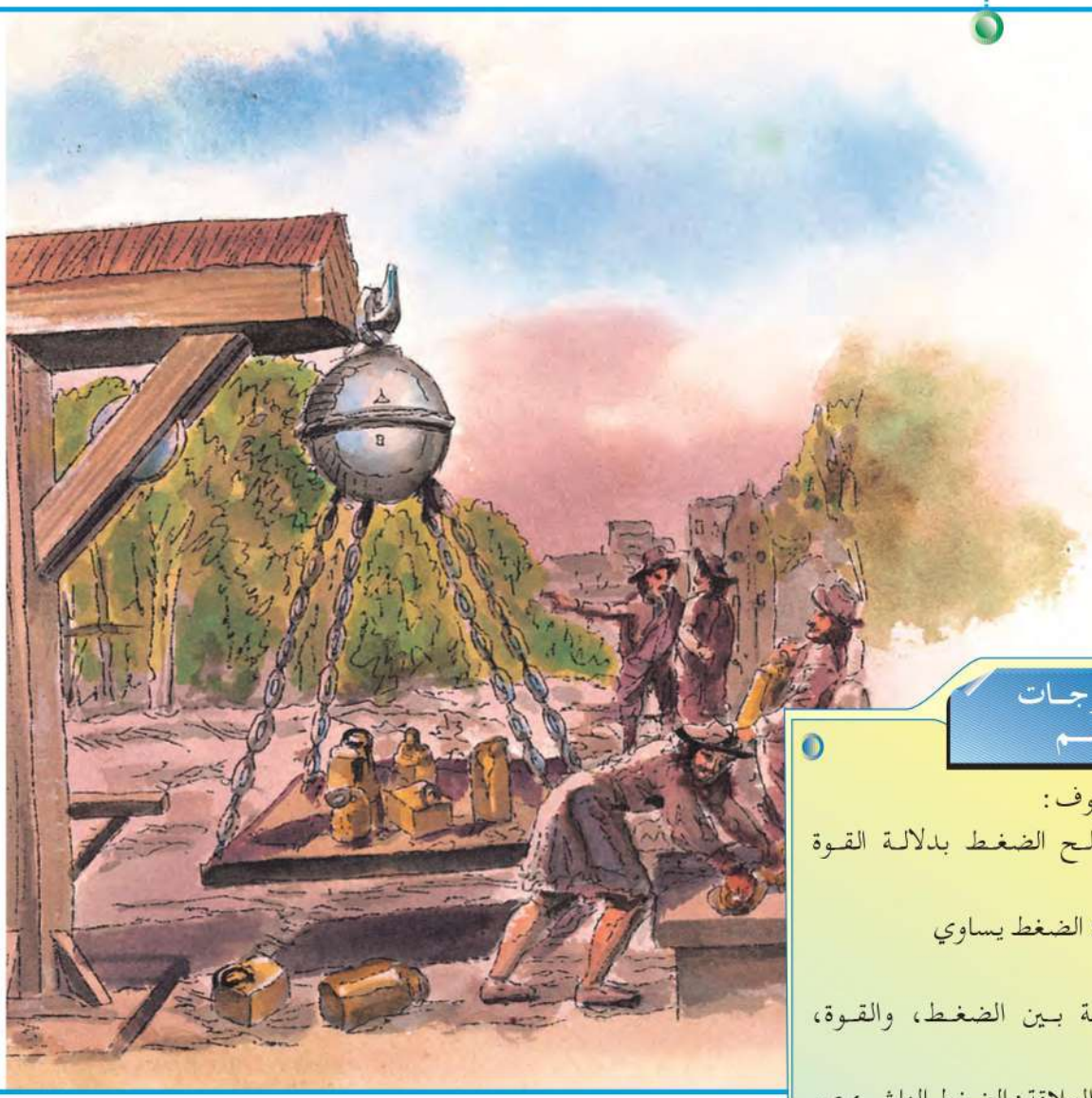
1441 - 1442 هـ . 2020 - 2021 م

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

الوحدة 7

الضغط

Pressure



مخرجات التعلم

في هذه الوحدة سوف:

- ☐ تُعرِّف مصطلح الضغط بدلالة القوة والمساحة.
- ☐ تتذكر العلاقة: الضغط يساوي القوة / المساحة.
- ☐ تطبق العلاقة بين الضغط، والقوة، والمساحة.
- ☐ تتذكر وتطبق العلاقة: الضغط الناشئ عن عمود سائل يساوي ارتفاع العمود × كثافة السائل × شدة مجال الجاذبية.
- ☐ تصف كيفية استخدام ارتفاع عمود سائل لقياس الضغط الجوي.
- ☐ تصف استخدام المانومتر لقياس فرق الضغط.
- ☐ تصف، وتشرح انتقال الضغط في الأجهزة الهيدروليكية مع الإشارة بصفة خاصة إلى المكبس الهيدروليكي، والمكابح (الفرامل) الهيدروليكية في المركبات.

أطبق في عام 1654 أوتوفون جيريك عمدة مدينة مادبرج الألمانية فنجانين هائلين نصف كرويين من النحاس معًا لتكوين كرة مجوفة، ثم ضخ الهواء الذي بداخلها إلى الخارج. وعندها انطبق نصفا الكرة معًا بشدة لدرجة أنه أصبح من المستحيل فصلهما حتى بتعليق أثقال في الفنجان السفلي. هل تعلم ما الذي جعل الفنجانين يلتصقا معًا؟

ستدرس في هذه الوحدة بعض ظواهر الضغط الشائعة، وستتعلم أيضًا أن السوائل والغازات تبذل ضغطًا، وسنفحص بوجه خاص كيفية قياس الضغط الجوي.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

7-1 الضغط
Pressure

إذا ارتـدت فتـاة حـذاءً ذا كعب عالٍ، سـتجده يغوص فـي الأرض الرخوة أكثـر ممـا لـو ارتدت حـذاءً ذا كعبٍ مسـتوٍ (رياضي) . إن وزن الشـخص يعمل لأسـفل بصرف النظر عن نوع الحذاءِ الذي يرتديه . ولكن ما سـبب غـوص الفتـاة أكثر عند ارتدائها الكعب العالـي ؟ للإجابة عن ذلك يجب تعريف مصطلح جديد يسمى الضغط .

يُعرَّف **الضغط** بأنه القوة الفاعلة على كل وحدة مساحة .

$$p = \frac{F}{A}$$

حيث p تساوي الضغط

F تساوي القوة (بالنيوتن)

A تساوي المساحة التي تؤثر عليها القوة وتقاس بالمتر المربع (m^2) .

إن وحدة قياس الضغط في النظام الدولي هي النيوتن في كل متر مربع ($N\ m^{-2}$) أو بسكال (Pa) .

ونقـول إن الضغـط الواقع علـى الكعب العالي أكبر مـن الضغط الواقع على الكعب المستوِ لأن مساحة المقطع العرضي للكعب العالي أصغر .

- الضغط هـو القوة الفاعلة على كل وحدة مساحة .
- $p = \frac{F}{A}$
- وحـدة قيـاس الضغـط فـي النظام الدولي هي النيوتن لكل متر مربع أو البسكال .

مثال محلول 7 - 1

احسـب الضغـط تحت قـدم فتـاة إذا كانـت كتلتها 50 kg، ومسـاحة الحذاء الذي يلامس الأرض كما يلي :

(1) $2\ cm^2$ (كعب عال) .

(2) $200\ cm^2$ (كعب مستو) .

[عجلة الجاذبية $g = 10\ m\ s^{-2}$]

الحل :

(1) المعطيات : الكتلة، $m = 50\ kg$

وزن الفتاة، $w = F = mg$

$$F = mg = 50 \times 10\ N$$
$$= 500\ N$$

المساحة، $A = 2\ cm^2 = 2 \times 10^{-4}\ m^2$

الضغط، $p = \frac{F}{A}$

$$= \frac{500}{2 \times 10^{-4}}$$
$$= 2.50 \times 10^6\ Pa$$

(2) المساحة، $A = 200\ cm^2 = 200 \times 10^{-4}\ m^2$

وزن الفتاة، $F = 500\ N$

الضغط، $p = \frac{F}{A}$

$$= \frac{500}{200 \times 10^{-4}}$$
$$= 2.50 \times 10^4\ Pa$$

الضغـط علـى الكعـب العالـي فـي (1) أكبـر بكثيـر مـن الضغط على الكعب المستوى في (2) .

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

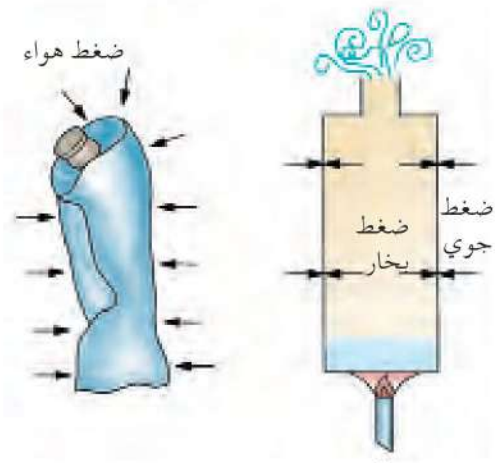
أسئلة التقويم الذاتي

لماذا يكون الحد القاطع للسكين رفيعًا جدًّا؟

7 – 2 الضغط الجوي
Atmospheric Pressure

يسخن بعض الماء لدرجة الغليان في علبة صفيح مفتوحة، وتقفل بتثبيت غطاء لولبي بإحكام على فوهتها (شكل 7 – 1(أ))، ثم تبرد بسرعة بصب الماء البارد عليها. تتهشم العلبة فجأة (شكل 7 – 1(ب)) . ما الذي أدى إلى تصدع العلبة الصفيح؟

تتكون تجربة شيقة أخرى من مضختين ماصتين ملتحمتين معًا. تُضغط المضختان للداخل لدفع الهواء إلى الخارج، مما يخلق فراغًا جزئيًّا داخلهما، ونجد صعوبة كبيرة في فصلهما (شكل 7 – 2). ما الذي يجعلهما متماسكتان معًا بإحكام؟

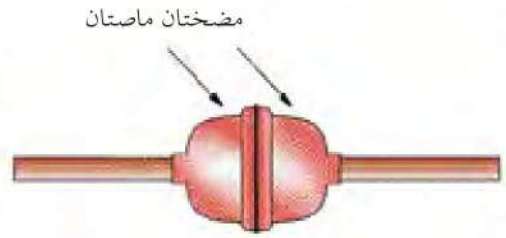


(أ) (ب)

شكل 7 – 1 تجربة سحق علبة صفيح

تبين هاتان التجربتان وجود الضغط الجوي. يوجد الضغط الجوي نتيجة القصف الجزيئي بواسطة الجزيئات النشطة. وسنتناول بالتفصيل القصف الجزيئي في الوحدة الثانية من كتاب الصف الثاني الثانوي.

ويوجد تحت الشروط العادية عدد كبير من الجزيئات تتحرك بسرعات اتجاهية كبيرة، وتصطدم مرارًا وتكرارًا بجدار الإناء، وترتد عنه. ويقال إن قوة الجدار تعمل على الجزيئات عند ارتدادها عنه. ومن ثم تعتبر القوة التي تبذلها الجزيئات على كل وحدة مساحة من الجدار هي الضغط على الجدار.



شكل 7 – 2 يصعب فصل مضختين ماصتين ملتحمتين معًا بضغط الهواء عن بعضهما البعض

إن الضغط الذي تبذله جزيئات الهواء عند مستوى سطح البحر هو 1.013×10^5 Pa، ويشار أحيانًا إلى تلك القيمة بأنها 1 **ضغط جوي**. هذا الضغط مكافئ تقريبًا لوضع كتلة 1 kg (ثقل 10 N) على مساحة $1\ m^2$.

إن الضغط داخل أجسامنا يساوي 1 ضغط جوي تقريبًا. ويعتبر ذلك هو السبب في عدم شعورنا بالضغط الجوي العالي المبذول علينا، ومع ذلك يعاني العمال الذين يدخلون المناجم بعمق عدة كيلومترات تحت مستوى البحر من صعوبة في التنفس. يكون الضغط الجوي داخل تلك المناجم عاليًا جدًّا بينما يظل الضغط داخل أجسام العمال حوالي 1 ضغط جوي، ويسبب ذلك صعوبة في تمدد الرئتين أثناء التنفس. ومن ناحية أخرى يعاني متسلقو الارتفاعات الشاهقة من انخفاض الضغط الجوي نظرًا لقلة الهواء الذي يسبب بدوره صعوبة في التنفس نتيجة انخفاض مستوى الأكسجين.

7 – 3 استخدام الضغط الجوي
Using Atmospheric Pressure

نستعرض في هذا الجزء ثلاثة تطبيقات بسيطة للضغط الجوي في حياتنا اليومية.

المص

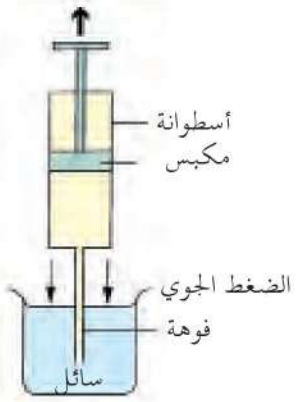
يزيد فعل المص من حجم الرئتين، مما يقلل الضغط الجوي فيهما وفي الفم (شكل 7 – 3)، ومن ثم يكون الضغط الجوي الذي يعمل على سطح السائل أكبر من الضغط في الفم، مما يُجبر السائل على الارتفاع خلال الماصة إلى الفم.

شكل 7 – 3

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

الحاقنة

لسحب سائل إلى داخل الحاقنة كما بشكل 7 – 4، يُسحب المكبس لأعلى، مما يقلل من الضغط داخل الأسطوانة. إن الضغط الجوي الذي يعمل على سطح السائل يدفعه إلى داخل الأسطوانة خلال الفوهة.



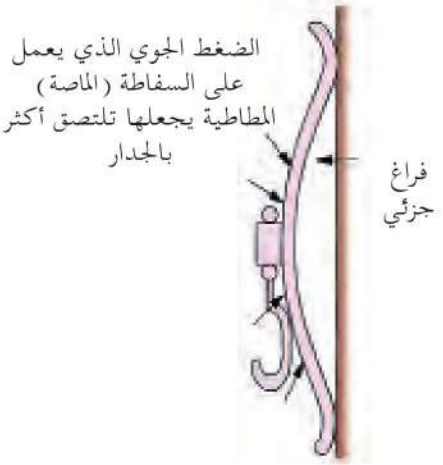
شكل 7 – 4 الحاقنة

السفاطة (الماصة) المطاطية

تستخدم السفاطة (الماصة) المطاطية في المنازل لتعليق الملابس كما بشكل 7 – 5. ولتثبيتها في موضع، يُضغط عليها لدفع الهواء الذي بداخلها إلى الخارج، مما يُحدث فراغًا جزئيًّا. يعمل الضغط الجوي الخارجي الأكبر عليها لتظل في مكانها.

أسئلة التقويم الذاتي

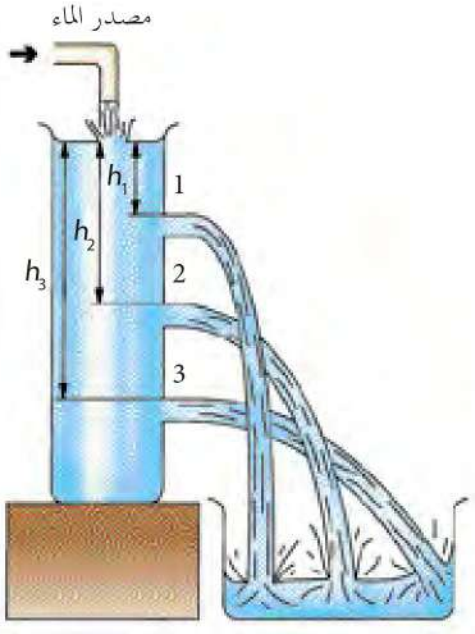
اذكر تطبيقين للضغط الجوي في المنزل.



شكل 7 – 5 سفاطة (ماصة) من المطاط

7 – 4 الضغط في السوائل
Pressure in Liquids

لا يرتبط الضغط بالأجسام الصلبة والغازات فقط، وإنما يوجد كذلك في السوائل، ويرجع الضغط في السوائل إلى وزنه. افترض وجود إناء طويل للماء ذي أنابيب جانبية مثبتة على ارتفاعات مختلفة (شكل 7 – 6). يتدفق الماء لمسافة أبعد من الأنبوب رقم 3، ثم من الأنبوب رقم 2، ثم من الأنبوب رقم 1. ويبين ذلك أن ضغط السائل يزيد بزيادة العمق.



شكل 7 – 6 يعتمد ضغط السائل على العمق

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

لمعرفة كيفية تحديد الضغط عند عمق معين في باطن سائل، افترض وجود عمود سائل ارتفاعه h ، ومساحة قاعدته A ، وكثافة السائل ρ كما بشكل 7 – 7 . يُعين حجم السائل بالعلاقة

$$V = Ah$$

وتُعين كتلة السائل بالعلاقة

$$m = \rho V$$

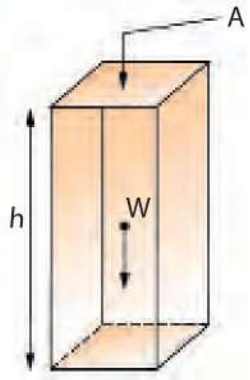
ويُعين وزن عمود السائل بالعلاقة

$$\begin{aligned} W &= mg \\ &= \rho(V)g \\ &= \rho(Ah)g \end{aligned}$$

ويعطى الضغط عند قاعدة عمود السائل بالعلاقة :

$$\begin{aligned} p &= \frac{W}{A} \\ &= \frac{\rho Ahg}{A} \end{aligned}$$

$$p = h\rho g$$



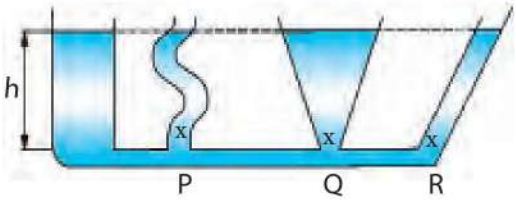
شكل 7 – 7 الضغط نتيجة سائل ارتفاعه h

الضغط نتيجة لعمود سائل يساوي طول العمود × كثافة السائل × شدة مجال الجاذبية

نستنتج من هذه المعادلة أن الضغط عند نقطة في باطن السائل يعتمد على عمق السائل وكثافته.

إحدى نتائج حقيقة اعتماد الضغط على ارتفاع السائل فقط هي أن السائل يحدد دائمًا مستوى الارتفاع الخاص به. ويبين شكل 7 – 8 ذلك.

يستقر دائمًا السائل عند مستوى مشترك. فإذا وجد مستوى أعلى من الآخر فإن فرق الضغط الزائد يجبره على الهبوط. وعند التوازن، يجب أن تكون قيمة الضغط متساوية عند أي نقطة بطول نفس العمق h مثل النقاط (P ، Q ، R). في الشكل (7–8)



شكل 7 – 8 يحدد السائل مستوى الارتفاع الخاص به

تذكر :

$$p = h\rho g$$

مثال محلول 7 – 2

أوجد الضغط الذي يعمل على غواص عند وجوده :

(1) عند السطح

(2) على عمق 10 m في الماء.

علمًا بأن كثافة الماء، $\rho = 1000\ kg\ m^{-3}$ ، عجلة السقوط الحر، $g = 10\ m\ s^{-2}$ ، الضغط الجوي، $p_0 = 1.01 \times 10^5\ Pa$

الحل :

(1) عند السطح يعمل فقط الضغط الجوي p_0 عليه، وعادة ما يكون، $p_0 = 1.01 \times 10^5\ Pa$

(2) عند عمق 10 m في الماء، أي $h = 10\ m$ ، فإن الضغط الذي يعمل على الغواص يكون :

$$\begin{aligned} p &= p_0 + h\rho g \\ &= p_0 + 10 \times 1000 \times 10 \\ &= 1.01 \times 10^5 + 1.00 \times 10^5 \\ &= 2.01 \times 10^5\ Pa \end{aligned}$$

يكون الضغط الذي يعمل على الغواص حوالي ضعف الضغط الجوي. لاحظ أن 10 m من الماء تعطي ضغطًا حوالي $1 \times 10^5\ Pa$ ، والذي يساوي حوالي 1 ضغط جوي.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

مثال محلول 7 – 3

غُمر قالب مساحة مقطعه العرضي A تساوي $25\ cm^2$ في ماء كثافته $1000\ kg\ m^{-3}$ كما هو مبين بشكل 7 – 9.

(أ) أوجد:

(1) الضغط p_1 نتيجة الماء فقط الذي يعمل على السطح العلوي.

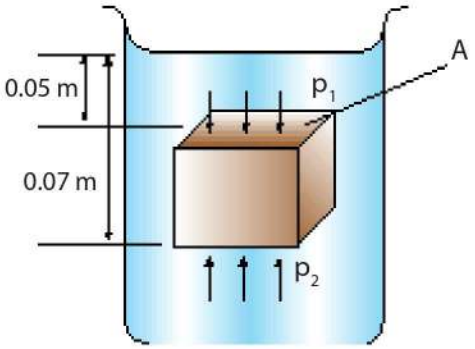
(2) الضغط p_2 نتيجة الماء فقط الذي يعمل على السطح السفلي.

(عجلة السقوط الحر، $g = 10\ m\ s^{-2}$)

(ب) احسب:

(1) القوة التي يبذلها الماء على السطح العلوي.

(2) القوة التي يبذلها الماء على السطح السفلي.



شكل 7 – 9

الحل:

(أ) المعطيات: كثافة الماء، $\rho = 1000\ kg\ m^{-3}$

(1) الضغط الناتج عن الماء فقط، $p_1 = h_1 \rho\, g$

$$= 0.05 \times 1000 \times 10$$
$$= 5.0 \times 10^2\ Pa$$

(2) الضغط الناتج عن الماء فقط، $p_2 = h_2 \rho g$

$$= 0.07 \times 1000 \times 10$$
$$= 7.0 \times 10^2\ Pa$$

(ب) المعطيات: المساحة، $A = 25\ cm^2 = 2.5 \times 10^{-3}\ m^2$

من معادلة، $p = \frac{F}{A}$

$\therefore F = pA$

(1) القوة على السطح العلوي الناتجة عن الماء فقط

$$F_1 = p_1 A$$
$$= 5.0 \times 10^2 \times 2.5 \times 10^{-3}$$
$$= 1.25\ N$$

(2) القوة على السطح السفلي الناتجة عن الماء فقط

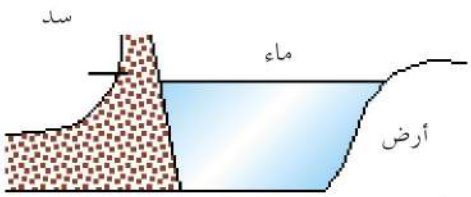
$$F_2 = p_2 A$$
$$= 7.0 \times 10^2 \times 2.5 \times 10^{-3}$$
$$= 1.75\ N$$

ملحوظة: وجد في المثال المحلول 7 – 3 أن مقدار القوة التي تعمل على السطح السفلي أكبر من تلك المؤثرة على السطح العلوي. ويعرف الفرق بين القوتين باسم **قوة الدفع العلوي**، أي صافي القوة التي تعمل لأعلى على الجسم. ولعلك تشعر بأنك أخف وزنًا عند السباحة في حمام السباحة. يرجع ذلك التأثير إلى قوة الدفع العلوي التي تعمل عليك.

أسئلة التقويم الذاتي

(أ) يبين شكل 7 – 10 تصميم سد. لماذا يزداد سمك السد كلما اتجهنا لأسفل؟

(ب) تشيع شكوى سكان الطوابق العليا في المباني المرتفعة من انخفاض ضغط الماء. لماذا؟



شكل 7 – 10 تصميم سد

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا