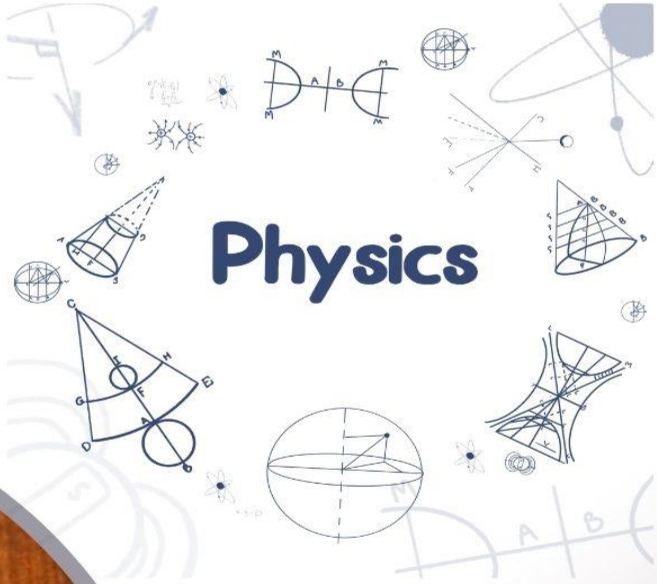
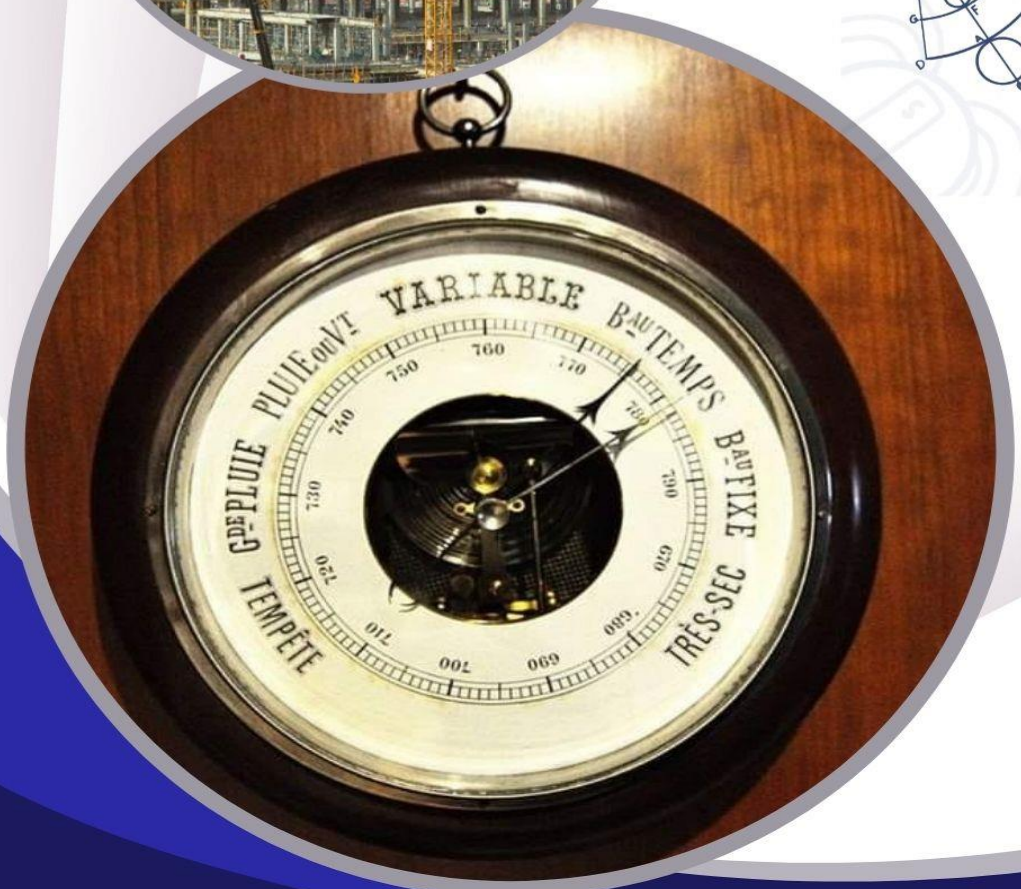
(9)

النضال في الفيزياء

الصف التاسع

الفصل الثاني





إعداد

أ. محمد الدرابيع

الدرس الأول: المائع الساكن

أولا: الموائع

الموائع	
1	هي المواد التي لها القدرة على الجريان، وتغيير شكلها.
2	حالات المادة هي : أ- الحالة الصلبة. ب- الحالة السائلة. ج- الحالة الغازية.
3	يعتمد سلوك المائع وخصائصه على حالته الحركية.
4	تُقسم الموائع من حيث حالتها الحركية إلى قسمين هما: 1- الموائعُ الساكنة. 2- الموائع المتحركة.

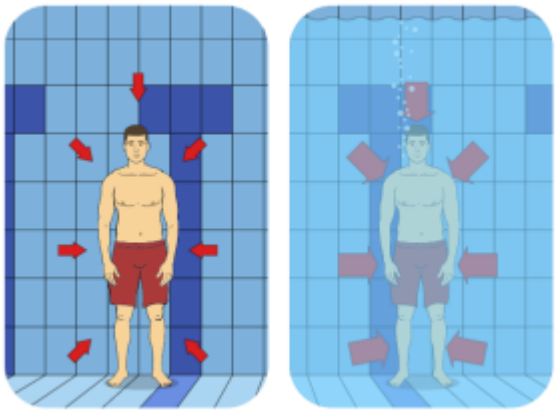
وضح كيف تتخذ السوائل والغازات شكل الوعاء الذي يحتويها :
- تترتب الجزيئات داخل السوائل والغازات، وطبيعة الروابط التي تنشأ بين جزيئاتها، تكسبها القدرة على الانسياب (الجريان)، وبذلك يتغير شكلها؛ فالسوائل والغازات ليس لها شكل محدد.

لماذا تصنف الغازات والسوائل بأنها موائع ؟
- لأن لها القدرة على الجريان، وتغيير شكلها.

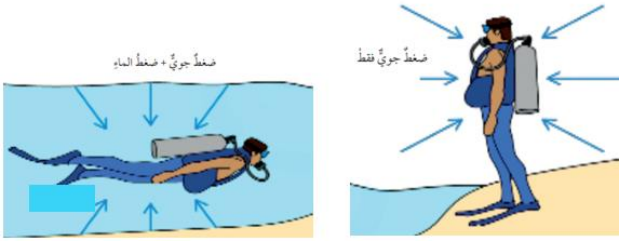
ثانيا: ضغط المائع الساكن

الضغط		
1	هي قوة عمودية تؤثر في وحدة المساحة.	
2	يرمز له ب (P) ، ويقاس بوحدة (N/m^2) التي تعرف بالباسكال (Pa) حسب النظام الدولي للوحدات.	
3	- من الأمثلة على الضغط الذي تتعرض له أجسامنا : 1- ضغط من الهواء المحيط بنا، يعرف بالضغط الجوي. 2- ضغط الماء على أجسامنا عندما نسبح تحت سطح الماء، ويزداد هذا الضغط بزيادة العمق.	
4	نعبر عن الضغط بالعلاقة الرياضية الأتية : $P = \frac{F}{A}$	P : الضغط ويقاس بوحدة (N/m^2). F: القوة العمودية وتقاس بوحدة (N). A : المساحة وتقاس بوحدة (m^2).

مهم	
1	- يتأثر الجسم داخل المائع بضغط؛ سببه وزن المائع فوق الجسم.
2	بزيادة ارتفاع عمود المائع فوق الجسم يزداد وزن ذلك المائع، ما يؤدي إلى زيادة الضغط المؤثر في الجسم.
3	جزيئات المائع تتحرك بحرية؛ فإن المائع يؤثر بضغط في الاتجاهات جميعها في الأجسام التي بداخله.



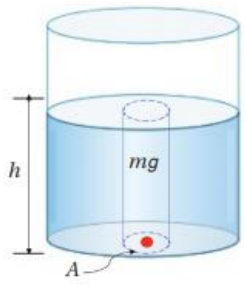
لماذا يشعر الغواص بزيادة ضغط الماء على جسمه بزيادة العمق الذي يسبح عنده تحت سطح الماء ؟
- بزيادة ارتفاع عمود المائع فوق جسم الغواص يزداد وزن ذلك المائع، ما يؤدي إلى زيادة الضغط المؤثر في الجسم.



لماذا لا نشعر بالضغط الجوي المؤثر في أجسامنا نحو الداخل ؟
- لأن الضغط داخل أجسامنا يعادل الضغط الجوي. فمثلا، ضغط الهواء داخل الرئتين يولد قوى تؤثر نحو الخارج تعادل قوى ضغطِ الهواء الخارجي، وتُلغي تأثيرها.

ضغط المائع عند نقطة داخله

نستنتج من الشكل الأتي ما يلي	
1	نقطة تقع داخل مائع ساكن (ماء مثلا) على عمق (h) من سطحه.
2	- القوة العمودية المسببة للضغط عند هذه النقطة، هي وزن عمود الماء ($F_g = mg$) الممتد من سطح الماء إلى وحدة المساحةِ (A) المحيطة بالنقطة.
3	إذا كان المائع سائلا متجانسا ؛ فإن كثافته (ρ) تكون ثابتة.



وضح كيف نتوصل إلى علاقة لحساب ضغط السائل عند نقطة داخله		
1	كتلة عمود السائل تساوي ناتج ضرب الكثافة في الحجم	$m = \rho V$
2	حجم عمود السائل	$V = Ah$
3	بتعويض الحجم في معادلة الكتلة	$m = \rho Ah$
4	بتعويض الكتلة ، في قانون وزن عمود السائل(F_g)	$F_g = mg = \rho Ahg$
5	من معادلة تعريف الضغط	$P = \frac{F}{A} = \frac{\rho Ahg}{A} = \rho hg$

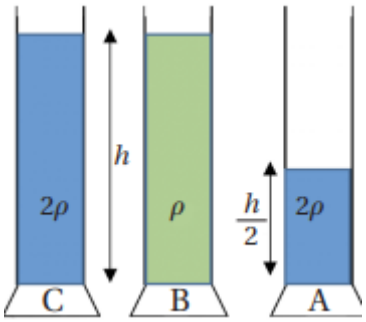
- إذن نتوصل إلى أن ضغط المائع الساكن (P_{fluid}) عند نقطة وعلى عمق (h) تحت السطح يحسب من العلاقة الأتية :

$$P_{fluid} = \rho hg$$

m : كتلة عمود السائل (kg).
h : العمق (m).
A : مساحة عمود السائل (m^2).
ρ : كثافة السائل (kg/m^3).
V : حجم عمود السائل (m^3).
g : تسارع السقوط الحر (m/s^2).

مثال (1)

- يبين الشكل ثلاثة أوعية متماثلة ، معتمدا على البيانات المثبتة على الشكل ، أرتب ضغط السائل عند النقاط (A, B, C) من الأكبر ضغطا إلى الأقل :



* الضغط في الأنبوب (A) :

$$P_A = \rho hg = 2\rho \times \frac{h}{2} \times g = \rho hg$$

* الضغط في الأنبوب (B) :

$$P_B = \rho hg = \rho \times h \times g = \rho hg$$

* الضغط في الأنبوب (C) :

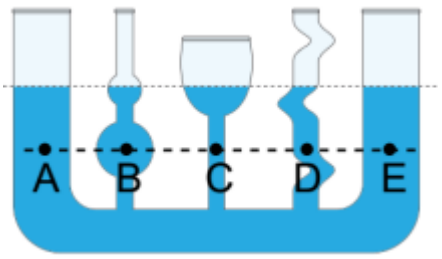
$$P_c = \rho hg = 2\rho \times h \times g = 2\rho hg$$

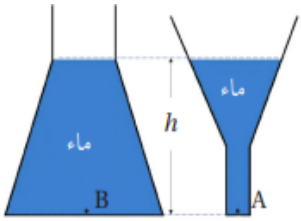
* $C > A = B$

العوامل التي يعتمد عليها ضغط مائع

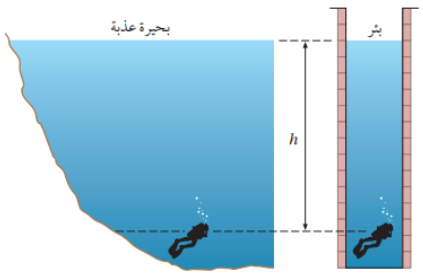
من خلال العلاقة ($P_{fluid} = \rho hg$) العوامل التي يعتمد عليها ضغط المائع عند نقطة داخله	
1	- عمق النقطة داخل السائل - علاقة طردية -
2	كثافة المائع - علاقة طردية -
3	تسارع السقوط الحر - علاقة طردية -

مهم	
1	يكون ضغط المائع متساويا عند النقاط جميعها التي تقع على العمق نفسه من سطح المائع.
2	لا يعتمد ضغط المائع على شكل الوعاء الذي يحتويه ، أو مساحة سطح المائع.
	- يكون ضغط المائع عند النقطتين (A) و (B) متساويا ؛ لأن ارتفاع الماء في الوعائين متساو. - لا يعتمد ضغط المائع على شكل الوعاء الذي يحتويه ، أو مساحة سطح المائع.





نستنتج من الشكل	
1	الغواص يتأثر بضغط الماء نفسه في البحيرة أو في البئر، لأن كثافة الماء متساوية وأيضا يسبح على العمق نفسه.
2	الغواص يتأثر أيضا بالضغط الجوي (P_o).
	- نعبر عن الضغط الكلي عند نقطة داخل مائع متجانس بالعلاقة الأتية : $$P = P_o + \rho hg$$ - P_o : الضغط الجوي المؤثر على النقطة .



مثال (2)

- احسب الضغط الكلي المؤثر في غواص يسبح في بحيرة على عمق :

أ- ($20\ m$). ب- ($40\ m$).

علما أن : كثافة الماء ($1 \times 10^3\ kg/m^3$) ، الضغط الجوي ($1 \times 10^5 Pa$) ، تسارع السقوط الحر ($10\ m/s^2$) :

أ-

$$P = P_o + \rho hg = (1 \times 10^5) + (1 \times 10^3 \times 20 \times 10)$$
$$P = (1 \times 10^5) + (1 \times 2 \times 10^5)$$
$$P = 1 \times 10^5 + 2 \times 10^5 = 3 \times 10^5 Pa$$

ب-

$$P = P_o + \rho hg = (1 \times 10^5) + (1 \times 10^3 \times 40 \times 10)$$
$$P = (1 \times 10^5) + (1 \times 4 \times 10^5)$$
$$P = 1 \times 10^5 + 4 \times 10^5 = 5 \times 10^5 Pa$$

* نلاحظ أنه كلما ازداد العمق إزداد الضغط المؤثر على الغواص .

مثال (3)

- أنبوب مملوء بالزئبق ، إذا كان مقدار ضغط الزئبق عند أسفل الأنبوب ($1.36 \times 10^5 Pa$) إحسب ارتفاعه ، علما أن كثافة الزئبق ($13.6 \times 10^3\ kg/m^3$) :

$$P_{fluid} = \rho hg \rightarrow h = \frac{\rho g}{P_{fluid}} = \frac{13.6 \times 10^3 \times 10}{1.36 \times 10^5} = \frac{1.36 \times 10^5}{1.36 \times 10^5} = 1m$$

مثال (4)

- غمر جسم في سائل كتلته ($50g$) وحجمه ($80cm^3$) على عمق ($2m$) ، إذا علمت أن الضغط الجوي ($1 \times 10^5 Pa$) ، تسارع السقوط الحر ($10\ m/s^2$) ، جد ما يلي :

* قبل البدء بالحل يجب تحويل وحدات القياس حسب النظام الدولي للوحدات :

$80cm^3 \rightarrow 80 \times 10^{-6} m^3$ ■ $1cm^3 \rightarrow 1 \times 10^{-6} m^3$

$50g \rightarrow 50 \times 10^{-3} kg$ ■ $1g \rightarrow 1 \times 10^{-3} kg$

أ- كثافة السائل :

$$m = \rho V \rightarrow \rho = \frac{m}{V} = \frac{50 \times 10^{-3}}{80 \times 10^{-6}} = \frac{5 \times 10^{-2}}{8 \times 10^{-5}} = 0.625 \times 10^{3}\ kg/m^3$$

ب- ضغط السائل :

$$P_{fluid} = \rho hg = 0.625 \times 10^{3} \times 2 \times 10 = 1.25 \times 10^{4} Pa$$

ج- الضغط الكلي المؤثر على الجسم :

$$P = P_o + \rho hg = 1 \times 10^{5} + 1.25 \times 10^{4} = 1 \times 10^{5} + 0.125 \times 10^{5}$$
$$P = 1.125 \times 10^{5} Pa$$

مثال (5)

- الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر ($100kPa$) ، وكثافة ماء البحر ($1020\ kg/m^3$) على أي عمق تحت سطح الماء يكون الضغط الكلي ($151kPa$) :

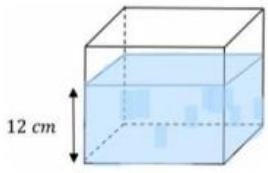
$$P = P_o + \rho hg \rightarrow 151 \times 10^{3} = 100 \times 10^{3} + 1020 \times 10 \times h$$

$$151 \times 10^{3} - 100 \times 10^{3} = 102000h \rightarrow 51 \times 10^{3} = 10200h$$

$$h = \frac{51 \times 10^{3}}{10200} = 5m$$

مثال (6)

- حوض زجاجي على شكل مكعب طول ضلعه من الداخل ($20cm$) وضع فيه ماء إلى ارتفاع ($12cm$) إذا كانت كثافة الماء ($1 \times 10^{3}\ kg/m^3$) والضغط الجوي($1 \times 10^{5} Pa$) وتسارع الجاذبية ($10\ m/s$) فاحسب كلاً مما يلي:



أ- ضغط الماء عند قاعدة الحوض :

$$P_{fluid} = \rho hg = 1 \times 10^{3} \times 12 \times 10^{-2} \times 10 = 12 \times 10^{2} Pa$$

ب- الضغط الكلي المؤثر في قاعدة الحوض :

$$P = P_o + \rho hg = 1 \times 10^{5} + 12 \times 10^{2} = 1 \times 10^{5} + 0.012 \times 10^{5} = 1.012 \times 10^{5} Pa$$

ج- القوة المؤثرة على القاعدة :

$$P = \frac{F}{A} \rightarrow F = PA = 1 \times 10^{5} \times (12 \times 10^{-2})^3 = 1782 \times 10^{-1} = 178.2N$$

د- إذا صببنا زيت كثافته ($800\ kg/m^3$) فوق الماء إلى أن وصل إلى حافة الحوض، فاحسب الضغط الكلي المؤثر على القاعدة في هذه الحالة.

$$P_{oil} = \rho hg = 800 \times 8 \times 10^{-2} \times 10 = 640Pa$$
$$P_{fluid} = 12 \times 10^2 Pa$$
$$P = P_\circ + P_{oil} + P_{fluid}$$
$$P = 1 \times 10^5 + 12 \times 10^2 + 640 = 1 \times 10^5 + 0.012 \times 10^5 + 0.00640 \times 10^5$$
$$P = 1.0184 \times 10^5 Pa$$

ثانيا — ضغط المائع الساكن

وضح آلية عمل الأنظمة الهيدرولوكية

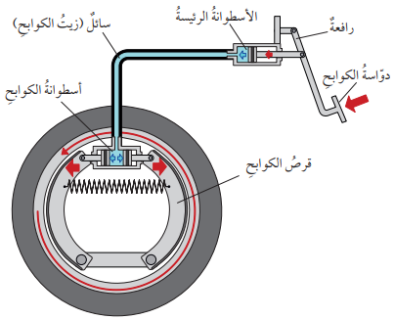
- تعتمد في عملها على استخدام السوائل المحصورة لنقل الحركة. حيث إذا تعرض السائل المحصور لضغط خارجي، فإن هذا الضغط ينتقل إلى أجزاء السائل جميعها بالمقدار نفسه.

أذكر أمثلة على الأنظمة الهيدرولوكية

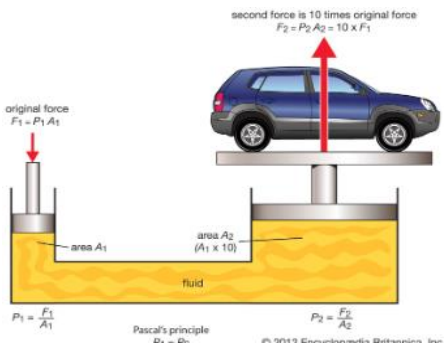
1- الروافع الهيدرولوكية. ب- نظام الكوابح الموجود بالسيارة.

- تعتبر الروافع الهيدروليكية تطبيقا عمليا على الضغط الناتج عن القوى الخارجية.

وضح آلية عمل نظام كوابح السيارة



- عندما يضغط السائق بقدمه على دواسة الكوابح، تدفع الرافعة المتصلة بالدوّاسة مكبس الأسطوانة الرئيسة، فينتقل الضغط إلى أجزاء سائل الكوابح جميعها الذي يملأُ الأسطوانة والأنابيب المتصلة بها، ليصل إلى أسطوانة الكوابح ، فيضغط مكبسا الأسطوانة على قرص الكوابح نحو الخارج باتجاهين متعاكسين ،فينشأ بين الكوابحِ والإطار قوة احتكاك تؤدّي إلى إيقاف السيارة.



- وفقا لمبدأ باسكال الضغط المؤثر في جهة ينتقل الى الجهة الأخرى :

$$P_1 = P_2 \rightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

مراجعة الدرس

1- ما العوامل التي يعتمد عليها ضغط المائع عند نقطة داخله ؟

1- عمق النقطة داخل السائل - علاقة طردية - 2- كثافة المائع - علاقة طردية -
3- تسارع السقوط الحر - علاقة طردية -

2- إحسب الضغط الكلي المؤثر على غواص يسبح على عمق ($8m$) تحت سطح ماء :
أ- بحيرة ، حيث كثافة الماء ($1\times10^{3}kg/m^{3}$) .
ب- البحر ، حيث كثافة الماء ($1.03g/cm^{3}$) .
علما أن ($P_o=1\times10^{5}Pa$) ، ($g=10\,m/s^{2}$)

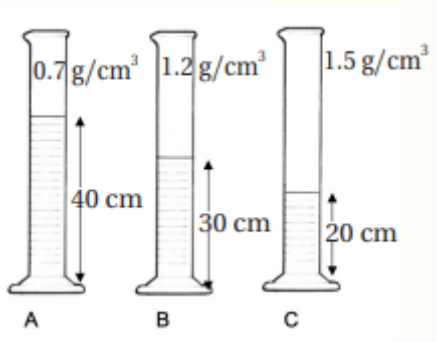
أ-

$$P=P_o+\rho hg=1\times10^{5}+1\times10^{3}\times8\times10$$
$$1P=1\times10^{5}+8\times10^{4}=\times10^{5}+0.8\times10^{5}=1.8\times10^{5}Pa$$

ب-

$$1.03\,g/cm^{3}\rightarrow\rightarrow 1.03\times10^{3}kg/m^{3}$$
$$P=P_o+\rho hg=1\times10^{5}+1.03\times10^{3}\times8\times10$$
$$P=1\times10^{5}+8.24\times10^{4}=\times10^{5}+0.824\times10^{5}=1.824\times10^{5}Pa$$

3- يبيّنُ الشكل المجاور ثلاثة أوعية (A,B,C) تحتوي على سوائل مختلفة. معتمدًا على البيانات المُثبتة على الشكل، في أي الأوعية الثلاثةِ يكون ضغط السائل عند قاعدة الإناء الأكبر مقدارًا؟



* ضغط السائل في الوعاء A :

$$0.7\,g/cm^{3}\rightarrow\rightarrow=0.7\times10^{3}\,kg/m^{3}$$
$$40cm\rightarrow\rightarrow 40\times10^{-2}m$$
$$P_{fluid}=\rho hg=0.7\times10^{3}\times40\times10^{-2}\times10$$
$$P_{fluid}=0.7\times40\times10^{4}\times10^{-2}=28\times10^{2}Pa$$

* ضغط السائل في الوعاء B :

$1.2\ g/cm^3 \rightarrow\rightarrow 1.2\times10^3\ kg/m^3$
$30cm \rightarrow\rightarrow 30\times10^{-2}m$

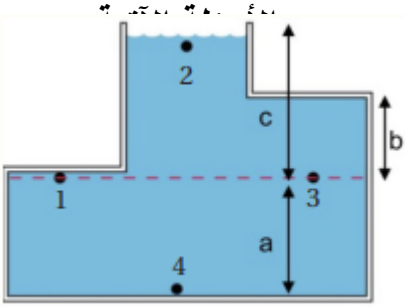
$P_{fluid} = \rho hg = 1.2\times10^3\times30\times10^{-2}\times10$
$P_{fluid} = 1.2\times30\times10^4\times10^{-2} = 36\times10^2 Pa$

*الضغط سائل في الوعاء C :

$1.5\ g/cm^3 \rightarrow\rightarrow 1.5\times10^3\ kg/m^3$
$20cm \rightarrow\rightarrow 20\times10^{-2}m$
$P_{fluid} = \rho hg = 1.5\times10^3\times20\times10^{-2}\times10$
$P_{fluid} = 1.5\times2\times10^4\times10^{-2} = 30\times10^2 Pa$

* نلاحظ من خلال الحساب أن ضغط السائل عند قاعدة الإناء B أكبر من A,C ثم يليه C ثم A.

$$A < C < B$$



أ- أيُّ الارتفاعات الرأسية المشار إليها بالرموز(a,b,c) يلزمني لحسابِ ضغط الماء عند النقطة (3)؟ أفسر إجابتي.

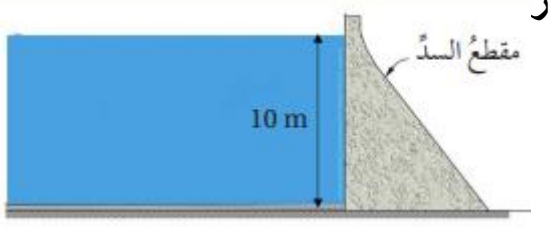
- الارتفاع c ، لأنها تقع على عمق من سطح المائع.

ب- أرتب النقاط (1,2,3,4) وفقًا لقيم الضغط عندها منَ الأكبر مقدارًا إلى الأقل.

- يكون الضغط الأكبر عند النقطة 4 ، ثم نلاحظ أن الضغط عند النقطة 1,3 متساوي ، ويكون الضغط الأقل عند النقطة 2 .

$$2 < 1 = 3 < 4$$

5- السد هو جدار رأسي يحجز الماءَ خلفه، ويبين الشكل المجاور سدا ار
البيانات المثبتة على الشكل أجيب عما يلي :



- ضغط الماء عل عمق ($5m$) تحت سطح الماء ،
(كثافة الماء = $1 \times 10^3\ kg/m^3$) :

$$P_{fluid} = \rho hg = 1 \times 10^3 \times 10 \times 5 = 5 \times 10^4 Pa$$

ب- ضغط الماء عل عمق ($10m$) تحت سطح الماء :

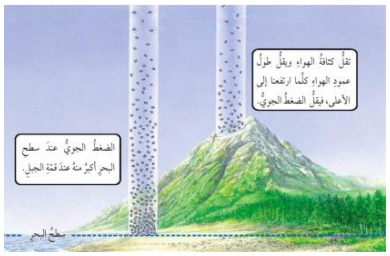
$$P_{fluid} = \rho hg = 1 \times 10^3 \times 10 \times 10 = 1 \times 10^5 Pa$$

ج- معتمدًا على إجابتي على الفرعين السابقين، لماذا يكونُ سُمك قاعدة السد أكبر من سُمك جزئه العلوي؟

* لأنه كلما ازداد العمق إزداد الضغط المؤثر على السد ، ولكي يتحمل الضغط تكون قاعدة السد أسمك .

الدرس الثاني قياس الضغط

أولا الضغط الجوي

الضغط الجوي	
1	هو وزن عمود الهواء المؤثر في وحدة المساحة عند منطقة ما على سطح الأرض.
2	الأرض محاطة بغلاف من الغازات يسمى الغلاف الجوي، ويشكل هذا الغلاف ضغطا على الأجسام الموجودة على سطح الأرض.
العوامل المؤثرة في الضغط الجوي	
1	درجة الحرارة : - يكون الضغط الجوي منخفض عندما ترتفع درجة الحرارة إذ يؤدي هذا إلى تسارع جزيئات الهواء وابتعادها عن بعضها. -يكون الضغط الجوي مرتفع عندما تنخفض درجة الحرارة، إذ يؤدي ذلك إلى بطء جزيئات الهواء واقترابها من بعضها.
2	الارتفاع عن مستوى سطح البحر : - فكلما قل طول عمودِ الهواء فوق سطح البحر فإن وزن عمود الهواء المؤثر في وحدة المساحة يقل، فيكون الضغط الجوي منخفضا. - يكون الضغط الجوي مرتفعا في الأماكن المنخفضة نتيجة ازدياد وزن عمود الهواء المؤثر في وحدة المساحة. 
3	تسارع الجاذبية الأرضية – علاقة طردية – لكن يكون تأثيرها غير ملحوظ الا مع الارتفاعات الكبيرة.

ثانيا قياس الضغط الجوي

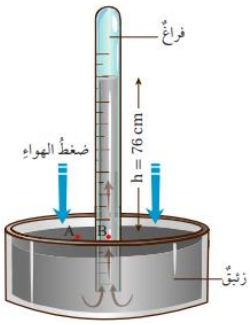
- يقاس الضغط الجوي بأجهزة متنوعة، منها : 1- البارومتر الزئبقي. 2- البارومتر الفلزي.

البارومیتر الزئبقي

البارومیتر الزئبقي	
1	هو جهاز يتكون من أنبوب يحتوي على زئبق يوضع مقلوبا في وعاء مملوء بالزئبق، على ألا يسمح بتسرب الهواء إلى الأنبوب.
2	جهازا بسيطًا اخترعه العالم تورشيللي عام 1643.
3	ألية عمل البارومیتر الزئبقي يقوم يضغط الهواء على سطح الزئبق في الوعاء، فيرتفع الزئبق داخل الأنبوب.
4	- عند مستوى سطح البحر، وعند درجة حرارة (15 ℃) فإن طول عمود الزئبق في الأنبوب يستقر عند ($76cm$) بالنسبة إلى سطح الزئبق في الوعاء، وهنا يكون ضغط عمود الزئبق في الأنبوب مساويا للضغط الجوي ويكون في حالة اتزان سكوني.

مثال (1)

- أحسب الضغط الجوي عند سطح البحر مستعينا بالشكل الأتي الذي يمثل بارومیتر زئبقي موضوع عند سطح البحر ، علما أن كثافة الزئبق ($13.6 \times 10^3\ kg/m^3$) :



- بما أن الزئبق في حالة اتزان سكوني ، والنقطتين (A,B) تقعان على نفس المستوى الأفقي نفسه فإن :

$$P_A = P_B \rightarrow\rightarrow P_o = P_{fluid} = \rho hg$$
$$h = 76cm \rightarrow 76 \times 10^{-2} m$$
$$P_o = \rho hg = 13.6 \times 10^3 \times 76 \times 10^{-2} \times 10 = 1.013 \times 10^5 Pa$$

مهم	
1	يتخذ الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر مرجعا ; ومقداره ($1.013 \times 10^5 Pa$).
2	($1.013 \times 10^5 Pa$) يمثل ضغطا جويا واحدا (1atm). $1atm = 1.013 \times 10^5 Pa \approx 1 \times 10^5 Pa$
3	يمكن أيضا التعبير عن الضغط بوحدة السنتيمتر زئبق ($cmHg$) .
4	الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر يساوي ($76cmHg$).
5	يمكن التعبير عن الضغط الجوي بعدة وحدات قياس مثل : (Pa) ($cmHg$) (atm) ($torr$) (bar)

مثال (2)

- إذا علمت أن الضغط الجوي على قمة ايفرست تساوي ($33kPa$) ، فجد مقدار الضغط الجوي بوحدة (atm) :

$$33 \times 10^3 Pa \rightarrow 0.33 \times 10^5 Pa$$

$$0.33 \times 10^5 Pa = 0.33 \times 10^5 Pa \times \frac{1atm}{1 \times 10^5 Pa} = 0.3atm$$

عندما نذهب إلى منطقة البحر الميت نشعر بعدم ارتياح في الأذنين

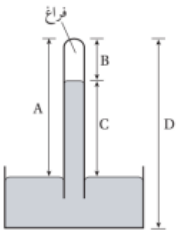
- نظرا إلى أن البحر الميت منطقة منخفضة تحت مستوى سطح البحر، فإن الضغط خارج الأذن يزداد عن الضغط داخلها، ما يسبب الشعور بعدم الارتياح كاستجابة من الجسم لفرق الضغط.

كيف يختفي شعور عدم الارتياح في الأذنين :

- يختفي هذا الشعور عندما تفتح قناة استاكيوس، فتعمل على معادلة الضغط من جديد.
- يمكن تسريع هذه العملية بـ : 1- بالتثاوب. 2- ابتلاع الريق. 3- مضغ العلكة.

يزود متسلقو الجبال بأسطوانات تحتوي على أكسجين مضغوط.

- تنخفض نسبة الأكسجين في الجبال والمرتفعات بسبب انخفاض الضغط الجوي هناك.



أي من الارتفاعات المثبتة على الشكل تستخدم لحساب الضغط الجوي؟

- (C).

مثال (3) - جد ناتج التحويلات الأتية :

$0.4 \times 10^3 Pa \rightarrow atm$	$0.4 \times 10^3 Pa \times \frac{1atm}{1 \times 10^5 Pa} = \frac{0.4 \times 10^3 atm}{1 \times 10^5} = 0.4 \times 10^{-2} atm$
$0.5atm \rightarrow cmHg$	$0.5atm \times \frac{76cmHg}{1atm} = \frac{0.5 \times 76cmHg}{1} = 38cmHg$
$730 \times 10^3 Pa \rightarrow cmHg$	$730Pa \times \frac{76cmHg}{1 \times 10^5 Pa} = \frac{730 \times 76cmHg}{1 \times 10^5} = \frac{55480cmHg}{1 \times 10^5}$ $= 55480 \times 10^{-5} cmHg$

مثال (4)

- استخدم بارومیتر زئبقي لقياس الضغط الجوي في منطقة ما، فكان ارتفاع عمودِ الزئبق $(730mm)$ ، أحسب الضغط الجوي في تلك المنطقة بوحدتي (Pa) و ($cmHg$) مفترِضًا تسارع السقوط الحر ($10\,m/s^2$) :

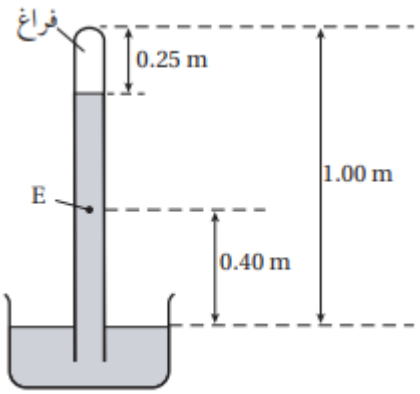
أ- بوحدة الباسكال :

$$730mm \rightarrow 730 \times 10^{-3}m$$
$$P_o = \rho hg = 13.6 \times 10^3 \times 730 \times 10^{-3} \times 10 = 99280 \approx 9.92 \times 10^4 Pa$$

ب- بوحدة (cmHg) :

$$h = 730mm \times \frac{1cm}{10mm} = 73cm \rightarrow P_o = 73cmHg$$

مثال (5)



- استخدم البارومیتر الزئبقي المبين في الشكل المجاور لقياس الضغط الجوي في منطقة ما على سطح الأرض، معتمدا على البيانات المثبتة على الشكل، أجيب عما يأتي:

أ . أحسب الضغط الجوي في تلك المنطقة.

ب. أحسب الضغط عند النقطة (E).

جـ. ماذا يحدث لارتفاع عمود الزئبق في الأنبوب عند استخدام البارومیتر لقياس الضغط الجوي عند قمة جبل مرتفعة؟

أ- لحساب الضغط الجوي ، إحسب أولا ارتفاع الزئبق في الأنبوب :

$$h = 1 - 0.25 = 0.75m$$
$$P_o = \rho hg = 13.6 \times 10^3 \times 0.75 \times 10 = 1.02 \times 10^5 Pa$$

ب- لحساب الضغط عند النقطة (E) ، يجب حساب ارتفاع الزئبق فوق النقطة أولا :

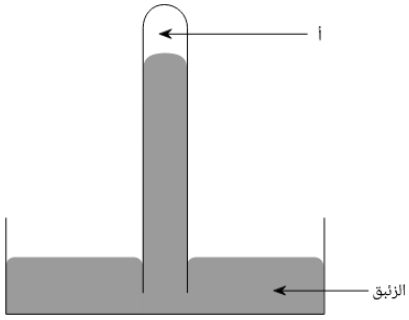
$$h = 1 - (0.4 + 0.25) = 0.35m$$
$$P_o = \rho hg = 13.6 \times 10^3 \times 0.35 \times 10 = 4.76 \times 10^4 Pa$$

ج- عند قمة الجبل يقل مقدار الضغط الجوي ، لذا يكون طول عمود الزئبق أقل .

مثال (6)

- أحسب طول عمودِ الزئبق في أنبوب بارومیتر، استخدم في منطقة البحر الميت لقياس الضغط الجوي، إذا كانَ الضغط الجوي في تلك المنطقة ($108.8kPa$) :

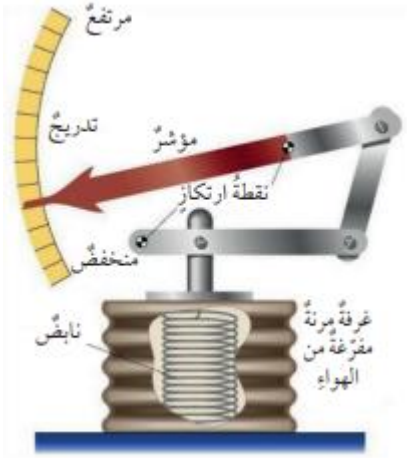
$$P_o = \rho hg \rightarrow h = \frac{P_o}{\rho g} = \frac{108.8 \times 10^3}{13.6 \times 10^3 \times 10} = \frac{108.8}{136} = 0.8m$$



علل : يكون مقدمة البارومیتر الزئبقي (أ) مملوءة بالفراغ :
- عند وضع أنبوب الزئبق في حوض الزئبق يكون ممتلئًا تمامًا بالزئبق.
ويظل مملوءًا بالزئبق عند فتح قاعدته، وإتاحة خروج الزئبق للحوض، وهو ما يعني أنه لا يوجد شيء يحل محل الفراغ الناتج في المنطقة (أ).

البارومیتر الفلزي

البارومیتر الفلزي	
1	جهاز يستخدم في قياس الضغط الجوي ، لا يستخدم فيه الزئبق أو اي سائل أخر ويسمى بارومیتر لا سائلي .
2	يستخدم هذا النوع من الأجهزة على نطاق واسع بدلا مـن البارومیتر الزئبقي؛ لصغر حجمه، وسهولة نقله وحمله.

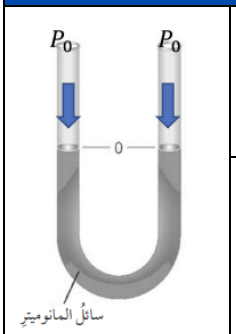
ألية عمل البارومیتر الفلزي		
1	يحتوي البارومیتر على غرفةٍ فلزية مفرغة من الهواء تقريبا و مثبت بداخلها نابض، يسمح النابض للغرفة بالتمدد والتقلص بما يتناسب مع ضغط الهواء المحيط بها.	
2	فإذا زاد ضغط الهواء انخفض السطح العلوي للغرفة إلى الأسفل، وإذا قل ضغط الهواء ارتفع سطح الغرفة إلى الأعلى.	
3	تنتقل حركة الغرفة إلى مؤشر البارومیتر عن طريق رافعة ميكانيكية، فيدور المؤشر بما يتناسب مع ضغط الهواء المراد قياسه. ويقرأ البارومیتر مقدار هذا الضغط من خلال الرقم الظاهر على التدريج الدائري المقابل للمؤشر.	

ثالثا | قياس ضغط المائع

- يقاس ضغط المائع (غـاز أو سائل) باستخدام أجهـزة متنوعة،منها المانوميتر.

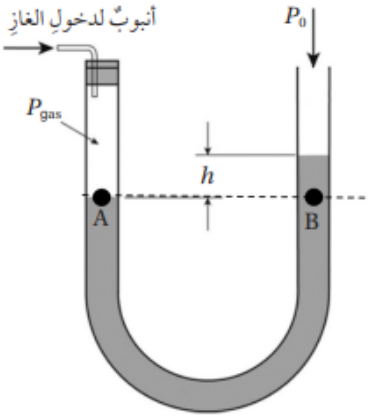
المانوميتر

1	أنبوب مفتوح من الطرفين على شكل حرف (U) يحتوي على سائل مثل الزئبق أو الماء ، ويستخدم لقياس ضغط الغازات والسوائل المحصورة.
2	إن طرفي الأنبوب معرضان للضغط الجوي نفسـه، لذا يكون ارتفاع السـائل متساويًا في ذراعي الأنبوب.



ألية عمل جهاز المانوميتر

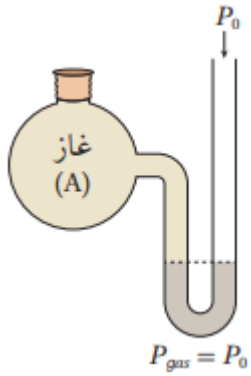
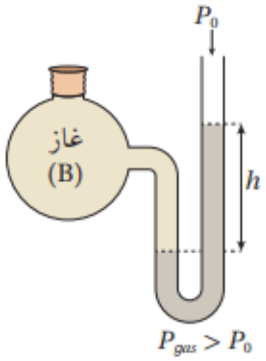
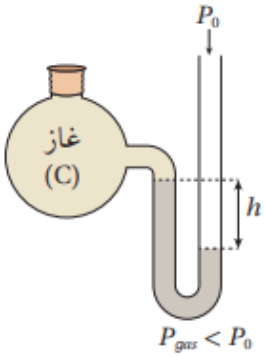
1	- توصل أسطوانة الغاز بإحدى ذراعي المانوميتر، في حين تظل الذراع الأخرى مفتوحة، وبذلك يتم تعريـض سـائل المانوميتـر لـضـغـط الغاز عند إحدى الذراعين، وللضغط الجوي عند الذراع الأخرى.
2	إذا كان ضغط الغاز أكبر من الضغط الجوي، انخفض السائل في الذراع المتصلة بالغاز وارتفع في الذراع الأخرى.
3	بالاعتماد على مبدأ تساوي الضغـط (في السائل نفسه) عند النقاط جميعها الواقعة على المستوى الأفقي نفسه، يمكن حساب ضغط الغاز.
4	ففي الشكل يكون ضغط الغاز المؤثر في النقطة (A)مساويًا لمجموع الضغط الجوي وضـغـط عمود السائل (h) المؤثرين في النقطة (B) ، أي أنَّ: $$P_A = P_B$$ $$P_{gass} = P_o + \rho hg$$



- في الشكل إذا كان ضغط عمود السائل (h) فوق النقطة (B) يساوي ($5cmHg$) والضغط الجوي ($75cmHg$)، فما ضغط الغاز بوحدة ($cmHg$) ؟

$$P_{gass} = P_o + \rho hg = 5 + 75 = 80cmHg$$

الحالات الثلاثة التي يستخدم فيها المانوميتر لقياس ضغط الغازات المحصورة

		
ضغط الغاز (A) يساوي الضغط الجوي : $P_{gass} = P_o$	ضغط الغاز (B) أكبر الضغط الجوي : $P_{gass} > P_o$ $P_{gass} = P_o + \rho gh$	ضغط الغاز (C) أقل الضغط الجوي : $P_{gass} < P_o$ $P_{gass} = P_o - \rho gh$

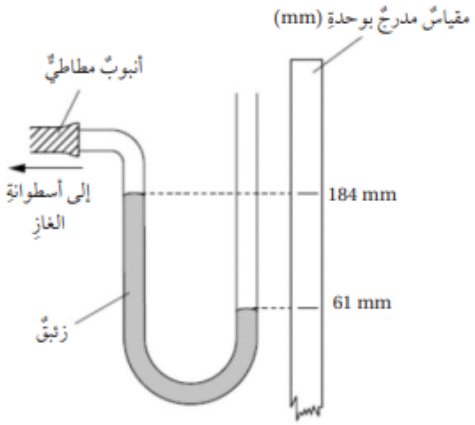
تصنع المانوميترات بأشكال مختلفة، ولها تطبيقات عملية كثيرة، منها

1- قياس ضغط الغاز في أنظمة التدفئة وضبط ضغطه.
2- قياس ضغط الغاز في أنابيب نقل الغاز.
3- قياس ضغط البخار في محطات توليد الطاقة الكهربائية.

مثال (1)

- يبيّنُ الشكل المجاور مانوميتر استخدم لقياس ضغطِ غازمحصور في أسطوانة. معتمدًا على البياناتِ المُثبتة على الشكل، أحسب ضغط الغاز.

علما بأن: كثافة الزئبق($13.6 \times 10^3\ kg/m^3$) ، والضغط الجوي($1 \times 10^5 Pa$) ، وتسارع السقوط الحر ($10\ m/s^2$):



$$h = 184 - 61 = 123mm = 123 \times 10^{-3}m$$

$$P_{gass} = P_o - \rho gh$$

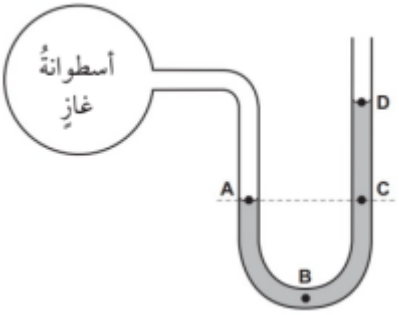
$$= 1 \times 10^5 - (13.6 \times 10^3 \times 123 \times 10^{-3} \times 10)$$

$$= 1 \times 10^5 - 1.67 \times 10^4 = 1 \times 10^5 - 0.167 \times 10^5$$

$$= 0.833 \times 10^5 Pa$$

مثال (2)

- يبين الشكل المجاور مانوميتر، طرفه الأول يتصل بأسطوانة غاز، وطرفه الثاني المفتوح. أجب عن الأسئلة الآتية:



أ- ما النقطة التي يكون عندها مقدار الضغط أقل ما يمكن؟ D

ب. ما النقطة التي يكون عندها مقدار الضغط أكبر ما يمكن؟ B

ج- حدد نقطتين لهما نفس الضغط ؟ A,C

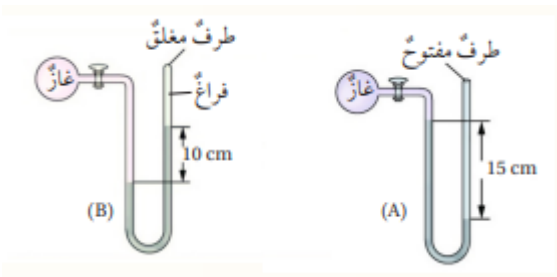
مراجعة الدرس

1- أذكر استخداما لكل من : البارومتر والمانوميتر.

البارومتر : يستخدم لقياس الضغط الجوي .

المانوميتر : يستخدم لقياس ضغط المائع (سائل أو غاز).

2- مانوميتر زئبقي استُخدم لقياس ضغط غازين مختلفين، مستعينًا بالبياناتِ المُثبتة على الشكل، أحسب ضغط الغاز الذي يقيسه المانوميتر في الحالتين (B) ، (A) .



المانوميتر (A) :

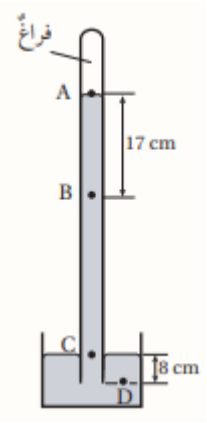
$$P_{gass} = P_o - \rho gh = 1 \times 10^5 - (13.6 \times 10^3 \times 15 \times 10^{-2} \times 10)$$

$$P_{gass} = 1 \times 10^5 - 204 \times 10^2 = 1 \times 10^5 - 0.204 \times 10^5 = 0.796 \times 10^5 Pa$$

المانوميتر (B) :

$$P_{gass} = P_o + \rho gh = 0 + (13.6 \times 10^3 \times 10 \times 10^{-2} \times 10) = 13.6 \times 10^3 Pa$$

3- يبين الشكل المجاور بارومتر زئبقيا ، معتمدا على المعلوماتِ المثبتة على الشكل، أحسب الضغط عند النقاط (A,B,C,D) بوحدة الباسكال. علما بأن الضغط الجوي في المنطقة التي استخدم فيها البارومتر ($1 \times 10^5 Pa$).



- طول عمود الزئبق ($76cm$) لأن الضغط الجوي بالمنطقة يساوي ($1 \times 10^5 Pa$).

*** الضغط عند النقطة (A) : ($P = 0$)**

*** الضغط عند النقطة (B) :**

$$P = \rho gh = 13.6 \times 10^3 \times 17 \times 10^{-2} \times 10 = 231.2 \times 10^2$$
$$P = 2.312 \times 10^4 Pa$$

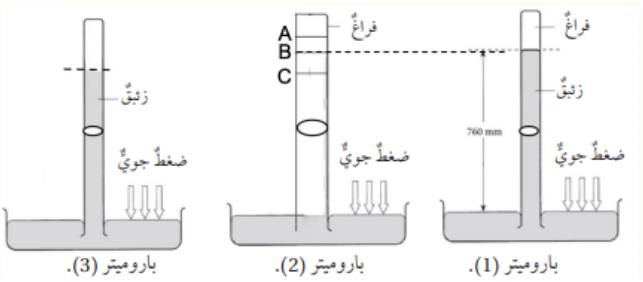
*** الضغط عند النقطة (C) :**

$$P = \rho gh = 1 \times 10^5 Pa$$

*** الضغط عند النقطة (D) :**

$$P = \rho gh = 13.6 \times 10^3 \times 0.78 \times 10 = 10.6 \times 10^4 Pa$$

4- استخدم البارومتر (1) لقياس الضغط الجوي في منطقة ما، فكان ارتفاع الزئبق في الأنبوب على نحو ما هو مبينُ في الشكل، ثم استخدم بارومتران آخران لقياس الضغط الجوي في المنطقة نفسها، حيث مساحة مقطع أنبوب البارومترين (1) و (3) متساوية، ومساحة مقطع البارومتر (2) أكبر منهما. معتمدًا على البيانات المثبتة على الشكل أُجيب عن الأسئلة الآتية:



أ- أختار من الرموز (A,B,C) الرمز الذي أتوقع أنه يمثل ارتفاع الزئبق في أنبوب البارومتر (2) وأُعطي دليلًا يدعم اجابتي :

- الرمز (B) لأن مساحة المقطع لا تؤثر في قيمة الضغط الجوي وارتفاع عمود الزئبق.

ب- أقترح سببا أدى إلى أن يكون ارتفاع الزئبق في البارومتر (3) أقل من البارومتر (1).

- وجود هواء فوق الزئبق في الأنبوب (3) ، او قد انخفض مقدار الضغط الجوي في المنطقة نفسها بعد فترة من الزمن.

مراجعة الوحدة

1- أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي :

1	2	3	4	5	6	7
ب	أ	أ	ب	ب	ب	د

2- أصفُ كيف يتغير كل من : الضغط الجوي بزيادة الارتفاع عن سطح البحر، وضغط الماء بزيادة العمق تحت سطح الماء.

- يقل الضغط الجوي كلما ارتفع عن سطح البحر .
- يزداد ضغط الماء كلما زاد العمق تحت سطح الماء.

3- يبين الشكل مقطعًا من نظام الكوابح في السيارة. مستعينًا بالشكل أجيب عن الأسئلة الآتية :

أ- أحسبُ مقدار الضغط على الزيت المحصور في الأسطوانة، الناتج عن قوة مقدارها ($F_1 = 90N$) تؤثر في مكبس الأسطوانة(x) علمًا بأن مساحة سطحه ($48cm^2$) :

$$P = \frac{F}{A} = \frac{90}{48} = 1.875N/m^2$$

ب- ينتقل الضغط عبر الزيت إلى المكبس (Y) فيتأثر بقوة (F_2) ، لماذا يكون مقدار القوة (F_2) المؤثرة في المكبس (Y) أكبر من مقدار القوة (F_1) ؟

- من خلال العلاقة : ($F = PA$) نستنتج أن العلاقة بين القوة ومساحة المقطع علاقة طردية .

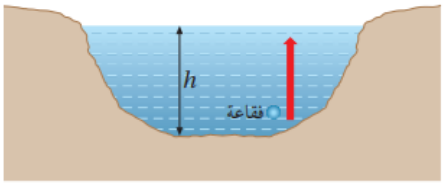
ج. أفسر : لا يعمل نظام الكوابح على النحو المطلوب، إذا تسرّبت فقاعات هواء إلى الأسطوانة.

- لأن الهواء يقلل من القوة المبذولة مما يجعل العملية غير فعالة نسبياً ، ويكون السائل أكثر كثافة من الهواء لذلك يمكن ضغط الهواء الموجود في خط الفرامل بسهولة ، مما يؤدي الى عدم توازن الضغط في الفرامل.

4- يبين الشكل بحيرةً عمق الماء فيها ($12m$) ، وكثافة الماء ($1 \times 10^3 Pa$) :

أ . أحسب الضغط الكلي عند أسفل البحيرة، إذا كان الضغط الجوي.($P_o = 1 \times 10^5 Pa$)

ب . التفكير الناقد: هل يتغير حجم فقاعة غاز تنطلق من أسفل البحيرة إلى سطحها ؟ أفسر إجابتي.



أ-

$$P = P_o + \rho gh = 1 \times 10^5 + 1 \times 10^3 \times 10 \times 12 = 2.2 \times 10^5 Pa$$

ب- يزداد حجم فقاعة الهواء عند الانتقال من أسفل البحيرة نحو الأعلى ، لأن الضغط الواقع عليها يقل، بسبب نقصان العمق تحت سطح الماء

5- تُبحِرُ غوّاصةٌ على عمق $(20m)$ تحت سطح ماء البحر، ضغط ماء البحر على هذا العمق(P) ، وكثافة ماء البحر (ρ_s). ثمَّ تُبحِرُ الغوّاصةُ نفسها في ماء عذب على عمق $(20.6m)$ تحت سطح الماء، كثافة الماء العذب (ρ_f) ، حيثُ $(\rho_s = 1.03\rho_f)$. فهل تتأثر الغواصة في الماء العذب بضغط مساوٍ أم أكبر أم أقل من الضغط (P) المؤثر بها في ماء البحر؟ أُعطي دليلا يدعم صحة إجابتي.

$$P_f = \rho_f hg = \rho_f \times 20.6 \times 10 = 206\rho_f Pa$$
$$P_s = \rho_s hg = 1.03\rho_f \times 20 \times 10 = 206\rho_f Pa$$

- الضغط متساوي عند كل من القاعين.

6- صمّمت مجموعة من الطالبات نموذجا لرافعة هيدروليكية، على نحو ما هو مبين في الشكل المجاور.

أ - أصفُ كيف يعملُ النموذج ؟

ب - أقترح: كيف يمكن تطوير النموذج ؟

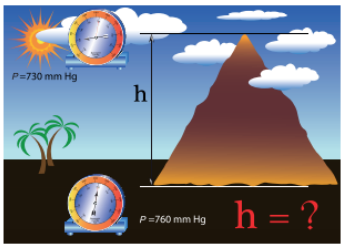
أ. يعمل هذا النموذج على مبدأ انتقال الضغط بالتساوي على جميع الأجزاء.

ب. 1- استخدام اكثر حقنة طبية لتحريك الرافعة في عدة اتجاهات

2- يمكن تطوير هذا النموذج باستخدام سائل لا ينضغط

3- استخدام محركات كهربائية صغيرة لتحريك المكبس

7- أحلّل : يُبيّنُ الشكل المجاور قراءتي بارومتر عندَ أسفل جبل وأعلاه، معتمدًا على البياناتِ المُثبتة على الشكل أُجيب عن الأسئلة الآتية:



أ . أحسبُ الفرق في الضغط بين أسفل الجبلوأعلاه بوحدة الباسكال، علما بأن كثافةً الزئبق تساوي ($13.6 \times 10^3\ kg/m^3$)

ب . أحسب ارتفاع الجبل، علما بأن متوسط كثافة الهواء يساوي $(1.2kg/m^3)$.

أ-

$$\Delta P = P_{down} - P_{up} = \rho \Delta hg = 13.6 \times 10^3 (0.76 - 0.73) \times 10$$
$$\Delta P = 13.6 \times 10^3 \times 0.03 \times 10 = 4.08 \times 10^3 Pa$$

ب-

$$\Delta P = \rho_{air} hg \rightarrow h = \frac{\Delta P}{\rho_{air} g} = \frac{4.08 \times 10^3}{1.2 \times 10} = 340m$$

8- التفكير الناقد: عند استخدام بارومیتر زئبقي لقياس الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر، فإن طول عمود الزئبق في الأنبوب يستقرُّ عندَ ($76cm$) بالنسبة إلى سطح الزئبق في الوعاء.

أ . ماذا لو استخدم الماء بدلًا من الزئبق، فكم سيكون ارتفاع عمودِ الماء في البارومیتر عند مستوى سطح البحر ؟

$$h = \frac{P}{\rho_{water} g} = \frac{1 \times 10^5}{1 \times 10^3 \times 10} = 10m$$

ب . لماذا لا يُستخدم الماء في البارومیتر ويُستخدمُ الزئبق ؟ أعطي دليلًا علميا يدعم إجابتي معتمدًا على النتيجة التي توصلتُ إليها في الفرع (أ).

- الزئبق كسائل شائع للاستخدام في البارومترات لأن له كثافته عالية على عكس الماء الذي لا يستخدم كسائل للبارومترات نظرًا لكثافته المنخفضة، حتّى في حال تمّ استخدامه كسائل بارومتري فنحن بحاجة لأنبوب أطول بـ ($10m$).