كلية العلوم

القسم : علم الحياة

السنة : الاولى

المادة : فيزياء حيوية

المحاضرة : السادسة/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

2025

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

٥

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

الفصل السادس

ميكانيك السوائل

مقدمة:

توجد المادة في الطبيعة في إحدى الحالات التالية: الصلبة، السائلة، الغازية، البلازما، وذلك حسب الشروط الخارجية للضغط ودرجة الحرارة.

لنفترض أننا أخذنا قطعة صغيرة من مادة صلبة ووضعناها داخل وعاء مفرغ من الهواء، ولنفرض أن جدران الوعاء سميكة وتتحمل درجات حرارة عالية جدًا.

1. نسخن هذه الكتلة من المادة، فنجد أنها تنصهر بعد أن تصل درجة حرارتها إلى درجة حرارة معينة، وتتحول المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة، وهذا ما يُعرف بالانصهار.
2. نتابع التسخين، فتتحول المادة السائلة إلى غاز (بخار) يملأ حجم الوعاء بالكامل مهما كانت كتلته صغيرة، أي أن المادة تتحول من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية، وهذا ما يُعرف بالتبخر.
3. نتابع تسخين الغاز، فتقوم جزيئات الغاز بحركة عشوائية وتزداد الطاقة الحركية لجزيئات الغاز، وعندما تصبح درجة حرارة الغاز مساوية لبضع آلاف درجة مطلقة، تتفكك جزيئات الغاز إذا كانت ثنائية الذرة، كالهيدروجين مثلاً، وتتحول إلى ذرات منفردة.

تصطدم هذه الذرات مع بعضها البعض، ويؤدي اصطدامها إلى تشرد قسم منها، وهذا يعني أن الذرة تخسر إلكترونًا أو أكثر من إلكتروناتها وتصبح عبارة عن شاردة موجبة. كما تؤدي هذه الاصطدامات إلى تهيّج قسم من الذرات.

يؤدي هذا إلى أن يتشكل لدينا في الدرجات العالية من الحرارة مزيج غازي يحتوي على شوارد موجبة، وإلكترونات متهيّجة، وذرات معتدلة كهربائيًا.

يُدعى هذا المزيج الغازي **بالبلازما**، وهذه هي الحالة الرابعة للمادة.

صفات جزيئات المادة:

1. **في الحالة الصلبة:**
   1. تتوزع الذرات بشكل منتظم في الحالة المستقرة، وتكون قوى التجاذب بينها قوية.
   2. تكون جزيئات المادة قريبة من بعضها البعض ومتماسكة، فتعطي شكلاً معينًا للمادة الصلبة.
   3. الطاقة الحركية مهملة بالمقارنة مع قوى التجاذب.
2. **في الحالة السائلة:**
   1. قوى الترابط بين الجزيئات تضعف، مما يمكّنها من الحركة فتزداد الطاقة الحركية.
   2. تكون الجزيئات قريبة من بعضها البعض وتأخذ حجم الوعاء الذي توضع فيه حسب كميتها.
   3. لها سطح ولا تقبل الانضغاط إلا بشكل محدود.
3. **في الحالة الغازية:**
   1. قوى التجاذب بين جزيئات الغاز ضعيفة جدًا، فتكون المسافات بين الجزيئات كبيرة جدًا.
   2. الجزيئات تتحرك بسرعة وبشكل عشوائي في جميع الاتجاهات.
   3. تقبل الانضغاط إلى حد كبير، وتأخذ كامل حجم الوعاء الذي توضع فيه، سواء كانت كمية الغاز صغيرة أو كبيرة.
   4. الطاقة الداخلية هي عبارة عن الطاقة الحركية لجزيئات الغاز.

ميكانيك السوائل يُقسَّم إلى قسمين:

- ميكانيك السوائل الساكنة
- ميكانيك السوائل المتحركة

أولاً: ميكانيك السوائل الساكنة:

لنبدأ بتعريف **جسيم السائل**:

هو جزء من السائل أبعاده صغيرة جدًا بالنسبة لأبعاد السائل الكلية، وكبيرة جدًا بالنسبة لأبعاد جزيئات السائل.

مثال: جزيء الماء H_2O هو جسيم سائل أبعاده كبيرة بالنسبة للجزيئات الداخلية فيه، وصغيرة جدًا بالنسبة لأبعاد السائل.

1- الضغط P :

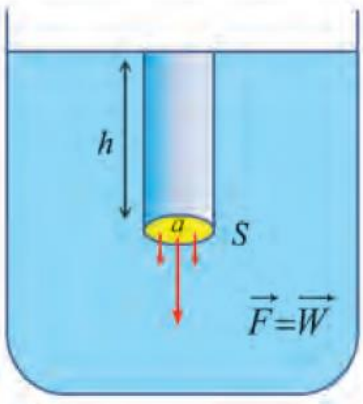
ضغط السائل المتوازن:

هو القوة العمودية على وحدة المساحات من السطح، وتساوي وزن عمود من السائل ارتفاعه يساوي ارتفاع السائل من هذه النقطة وحتى السطح الحر للسائل، ومساحة مقطعه تساوي وحدة مساحة من السطح.

يرمز للضغط بالرمز P ، و وحدة قياسه في الجملة الدولية هي الباسكال Pa ، ويُعطى بالعلاقة:

$$P = \frac{F}{S} \qquad (1)$$

ضغط سائل متوازن عند نقطة منه:



ليكن لدينا وعاء يحوي سائلًا، نأخذ نقطة a تقع داخل السائل على عمق h من سطح السائل، ثم نأخذ سطحًا أفقيًا s موازيًا لسطح السائل الساكن.

فإن ثقل عمود السائل الواقع فوق هذا السطح s يسبب ضغطًا عليه P ، ويُعطى بالعلاقة (1):

نعلم أن:

$$F = w = m \,.\, g$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\Longrightarrow m = \rho \,.\, V$$

$$V = S \,.\, h$$

$$\Longrightarrow F = \rho \,.\, S \,.\, h \,.\, g$$

نعوض في العلاقة (1):

$$\Longrightarrow P = \frac{\rho \,.\, S \,.\, h \,.\, g}{S}$$

$$P = \rho \,.\, h \,.\, g \qquad (2)$$

نلاحظ أن الضغط يتناسب طردًا مع عمق السائل، وهو ضغط السائل عند النقطة a الناجم عن عمود السائل.

وإذا أخذنا بعين الاعتبار أن سطح السائل المعرض للهواء يخضع لضغط جوي P_0، فإن الضغط الكلي عند النقطة a:

$$P_{Total} = P + P_0$$

$$P_{Total} = P + P_0 \qquad (3)$$

حيث أن:

P :ضغط السائل وحدته باسكال Pa أو $\frac{N}{m}$

ρ :كتلة حجمية وحدتها $Kg.m^{-3}$

h :ارتفاع السائل وحدته متر m

g : تسارع الجاذبية الأرضية وحدته $m.s^{-2}$

P_0: ضغط جوي نظامي وحدته atm أو $Pascal$

للتحويل من g إلى Kg نضرب بـ 10^{-3}

للتحويل من cm إلى m نضرب بـ 10^{-2}

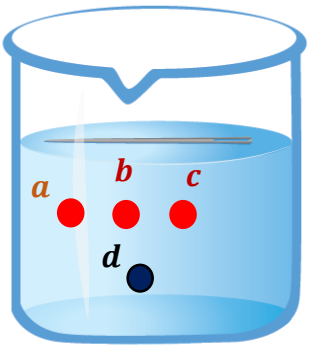
للتحويل من cm^2 إلى m^2 نضرب بـ 10^{-4}

للتحويل من cm^3 إلى m^3 نضرب بـ 10^{-6}

للتحويل من $g.cm^{-3}$ إلى $Kg.m^{-3}$ نضرب بـ 10^3

للتحويل من L إلى m^3 نضرب بـ 10^{-3}

ملاحظات:

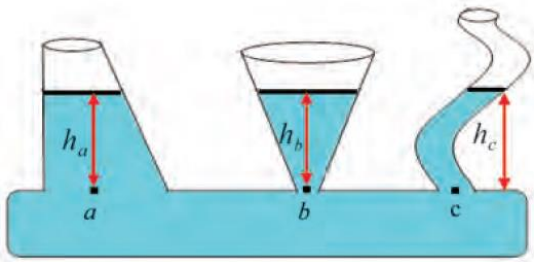


1. ضغط السائل متوازن عند النقاط a, b, c متساوٍ لأن جميع النقاط تقع في المستوى الأفقي نفسه .
2. الضغط عند النقطة d أكبر من الضغط عند النقطة b لأن الضغط يزداد بازدياد العمق.

2- الأواني المستطرقة:

التعريف :هي مجموعة أوانٍ مختلفة الأشكال، مفتوحة من الأعلى، ومتصلة من الأسفل.
وعند ملئها بسائل ما، يكون المستوى الأفقي للسائل متساويًا في جميع الأواني.

خاصية الأواني المستطرقة:
السطح الحر لسائل متوازن ومتجانس يقع في مستوى أفقي واحد، لأن نقاطه تخضع للضغط الجوي ذاته P_0.



فالنقاط a, b, c التي تقع داخل السائل وفي مستوى أفقي واحد يكون لها ضغوط متساوية.

$$P_a = P_b = P_c$$

$$\begin{cases} P_a = \rho \,.\, g \,.\, h_a + P_0 \\ P_b = \rho \,.\, g \,.\, h_b + P_0 \\ P_c = \rho \,.\, g \,.\, h_c + P_0 \end{cases}$$

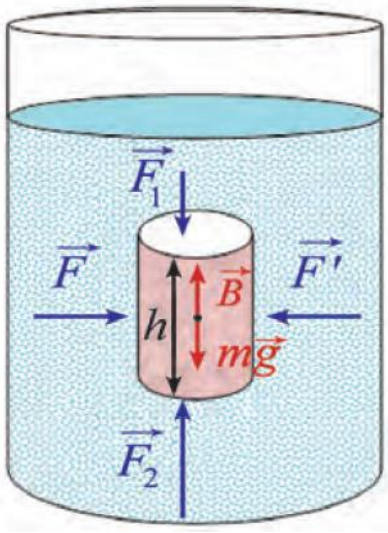
$$\Rightarrow \rho \,.\, g \,.\, h_a + P_0 = \rho \,.\, g \,.\, h_b + P_0 = \rho \,.\, g \,.\, h_c + P_0$$

$$h_a = h_b = h_c$$

نستنتج :أن ارتفاع السائل متساوٍ في جميع فروع الوعاء، بغض النظر عن شكل كل فرع .

3- دافعة أرخميدس:

نغمر جسمًا معدنيًا أسطوانيًا متجانسًا، مساحة مقطعه s وارتفاعه h، في سائل متوازن كتلته الحجمية ρ (علماً أن الجسم لا يتفاعل مع السائل ولا يذوب فيه):



1. الضغط الكلي على الوجه العلوي للجسم الواقع على عمق من سطح السائل :

$$P_1 = \rho \,.\, g \,.\, h_1 + P_0$$

فتكون القوة التي يؤثر بها السائل على الوجه العلوي F_1 :

$$P_1 = \frac{F_1}{S}$$

$$\Longrightarrow F_1 = P_1\, S = \rho \,.\, g \,.\, h_1 \,.\, S + P_0\, S$$

2. الضغط الكلي على الوجه السفلي للجسم الواقع على عمق عن سطح السائل:

$$P_2 = \rho \,.\, g \,.\, h_2 + P_0$$

فتكون القوة التي يؤثر بها السائل على الوجه السفلي F_2 :

$$P_2 = \frac{F_2}{S}$$

$$\Longrightarrow F_2 = P_2\, S = \rho \,.\, g \,.\, h_2 \,.\, S + P_0\, S$$

القوتان F_1 و F_2 على حامل واحد وبجهتين متعاكستين، فتكون شدة محصلة القوتين هي حاصل طرحهما.

$$B = F_2 - F_1$$

$$= \rho \,.\, g \,.\, h_2 S + P_0\, S - \rho \,.\, g \,.\, h_1 S - P_0\, S$$

$$= \rho \,.\, g \,.\, h_2 \,.\, S - \rho \,.\, g \,.\, h_1 \,.\, S$$

$$= \rho \,.\, g \,.\, S(h_2 - h_1)$$

$$= \rho \,.\, g \,.\, S \,.\, h$$

وبما أن:

$$V = S\, h \quad \& \quad \rho = \frac{m}{V} \Longrightarrow m = \rho\, V$$

$$\Longrightarrow B = \rho \,.\, g \,.\, S \,.\, h = \rho \,.\, g \,.\, V = m \,.\, g = w$$

B : شدة دافعة أرخميدس وحدتها نيوتن N.

نستنتج :أن شدة دافعة أرخميدس تساوي ثقل السائل المزاح.

ملاحظة:

القوى المؤثرة في السطح الجانبي للأسطوانة $\vec{F}'$ و $\vec{F}$ هما قوتان متساويتان شدة، وعلى حامل واحد، وبجهتين متعاكستين، فمحصلتهما معدومة.

$$F' - F = 0$$

نص قانون دافعة أرخميدس:

"إذا غُمر جسم بشكل جزئي أو كلي في سائل لا يذوب فيه ولا يتفاعل معه، فإن السائل يدفع الجسم بقوة شاقولية نحو الأعلى،

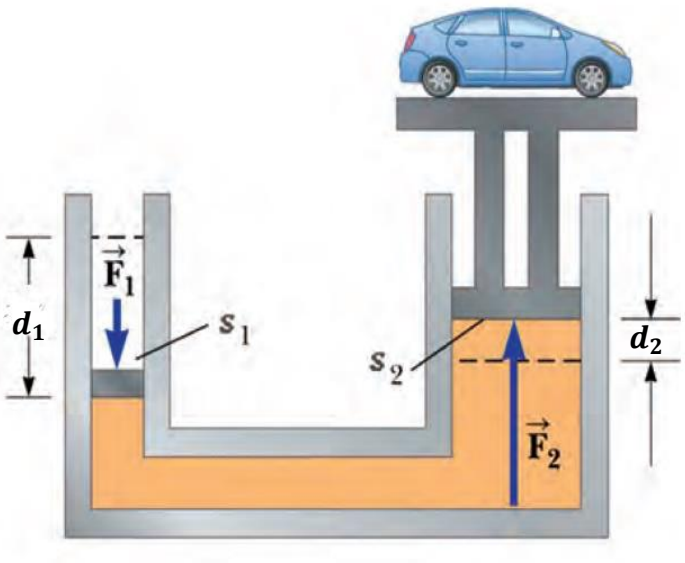
شدة هذه القوة تساوي ثقل السائل المزاح".

4- قانون باسكال:

ينص على أنه:

"إذا طُبّق ضغط على سائل متوازن ومتجانس في وعاء مغلق، فإن هذا الضغط ينتقل بكامله إلى كل نقطة من نقاط السائل،

وكذلك إلى جدران الوعاء الذي يحتويه".



إذا وُجدت ثقوب على سطح الوعاء، فإن السائل يخرج من جميع الثقوب **بنفس القوة وبنفس السرعة**، وتكون السرعة **عمودية** على السطح الخارجي للوعاء.

تطبيق عملي مع البرهان: نأخذ أسطوانتين مساحة مقطع كل منهما على الترتيب A و B ، متصلتين من الأسفل، ونضع فيهما كمية من الماء. نغلق كل أسطوانة بمكبس حر الحركة، ثم نؤثر بقوة F_1 على المكبس الأول بحيث يتحرك نحو **الأسفل** d_1 ، ونلاحظ أن السائل ينقل هذا التأثير فيدفع المكبس الثاني بقوة F_2 نحو **الأعلى** مسافة d_2.

يكون الضغط المؤثر في السائل بواسطة المكبس الأول:

$$P_1 = \frac{F_1}{S_1}$$

والعمل المقدم إلى المكبس يساوي جداء القوة بالانتقال

$$F_1 \cdot d_1 = \frac{F_1}{S_1} \cdot \; S_1 \cdot d_1 = \frac{F_1}{S_1} \cdot V \qquad (4)$$

حيث ان V هو الحجم الذي يشغله المكبس الأول خلال حركته وهو الحجم نفسه الذي يشغله المكبس الثاني خلال حركته

$$S_1 \cdot d_1 = S_2 \cdot d_2 = V$$

ومن قانون حفظ الطاقة العمل المبذول على المكبس الأول يساوي العمل الذي يبذله السائل على المكبس الثاني:

$$F_2 \cdot d_2 = \frac{F_2}{S_2} \cdot \; S_2 \cdot d_2 = \frac{F_2}{S_2} \cdot V \qquad (5)$$

من المعادلتين (4) و(5):

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

$$\Longrightarrow P_1 = P_2$$

P_1 : ضغط السائل تحت المكبس الأول.

P_2 : ضغط السائل تحت السائل الثاني.

5- ظاهرة التوتر السطحي:

هي التي تنشأ عن قوى التماسك والتجاذب بين جزيئات السائل عند السطح،

وبالتعريف: هي القوة المؤثرة على وحدة الطول من أي خط من خطوط سطح السائل.
يرمز له بالرمز σ، ووحدته $\frac{N}{m}$، **ويُعطى بالعلاقة:**

$$\sigma = \frac{m \,.\, g}{2\, L}$$

مثال:
تكوَّن غشاء من الصابون على إطار بشكل مربع طوله $7\ Cm$ ، حينما غُمر في محلول صابون ثم عُلّق الإطار في كفة ميزان، وكانت الكتلة التي يجب وضعها في الكفة الأخرى لتعادل الشد الناتج عن التوتر السطحي هي $0.38\ g$ ، والمطلوب: أوجد التوتر السطحي للمحلول.
الحل:
عند التوازن: قوة الثقل تساوي قوة التوتر السطحي.
بفرض أنّ σ هي قوة التوتر السطحي من أجل وحدة الطول،

فتكون القوة المؤثرة على الإطار هي $2\ \sigma\ L$، حيث إنّ L هو طول ضلع الإطار.
ومن الجدير بالذكر أننا ضربنا بـ 2 لأن الغشاء له سطحان.

$$2\ \sigma\ L = m \,.\, g$$

$$2\ \sigma \,.\, 7 \,.\, 10^{-2} = 0{,}38 \,.\, 10^{-3} . 10$$

$$\sigma = \frac{0{,}38 \,.\, 10^{-3} Kg . 10\ m . s^{-2}}{2 \,.\, 7 \,.\, 10^{-2}\ m} = 0{,}027\ \frac{N}{m}$$

تطبيقات على ميكانيك السوائل الساكنة

تطبيق 1:
كرة حجمها $60\ cm^{-3}$ تُغمر بالكامل في ماء كتلته الحجمية $10^3\ Kg . m^{-3}$ بحيث لا تذوب ولا تتفاعل معه.
المطلوب: احسب شدة دافعة أرخميدس، علمًا أن: $g = 10\ m . s^{-2}$

الحل:

المعطيات: $B = ?\, N ،\ g = 10\ m . s^{-2} ،\rho = 10^3\ Kg . m^{-3} ،V = 60\ cm^{-3} = 60 \,.\, 10^{-6} = 6 \,.\, 10^{-5} m^{-3}$

$$B = \rho \,.\, g \,.\, V$$

$$= 10^3 . 6 \,.\, 10^{-5} . 10 = 6 \,.\, 10^4 . 10^{-5} = 6 \,.\, 10^{-1} = 0{,}6\ N$$

تطبيق 2:

مركبة مائية عرضها $2\ m$ وطولها $2\ m$ وسماكتها $30\ Cm$، الكتلة الحجمية للماء $10^3\ Kg.m^{-3}$. **المطلوب:**

1- أوجد وزن الماء في المركبة.

2- احسب الضغط الذي يحدثه الماء على الأرض إذا كان السطح السفلي للمركبة ملامسًا كله للأرض.

الحل:

وزن الماء في المركبة:

$$w = m\,.\,g$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Longrightarrow m = \rho\,.V$$

$$V = S\,.h = 2.2.30.10^{-2} = 12.10^{-1}\ m^3$$

$$\rho = 10^3 Kg.m^{-3}$$

$$\Longrightarrow m = 12.10^{-1}.10^3 = 12.10^2 = 1200\ Kg$$

$$w = m\,.\,g = 1200\,.10 = 12000\ N$$

الضغط الذي يحدثه الماء على الأرض إذا كان السطح السفلي للمركبة ملامسًا كله للأرض:

$$P = \frac{F}{S} = \frac{w}{S}$$

$$S = 2.2 = 4\ m^2$$

$$\Longrightarrow P = \frac{12000\ N}{4\ m^2} = 3000\ Pascal$$

تطبيق 3:

في رافعة السيارات المستخدمة في محطات خدمة السيارات، يُستخدم الهواء المضغوط للضغط على مكبس صغير له مقطع دائري نصف قطره $r_1 = 5\ Cm$ هذا الضغط ينتقل خلال سائل إلى مكبس نصف قطره $r_2 = 15\ Cm$. **المطلوب:**

1- ما هي القوة التي يجب أن يضغط بها الهواء لرفع سيارة تزن $13300\ N$.

2- ما هو ضغط الهواء الذي ينتج هذه القوة؟

الحل:

المعطيات: $F_1 = ?\ N، F_2 = w = 13300\ N، r_2 = 15\ cm = 15\,.10^{-2} m، r_1 = 5\ cm = 5\,.10^{-2} m$

1- القوة التي يجب أن يضغط بها الهواء لرفع سيارة تزن $13300\ N$

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

$$\Longrightarrow F_1 = \frac{F_2\,.S_1}{S_2}$$

$$= F_2.\frac{(\pi\ {r_1}^2)}{(\pi\ {r_2}^2)}$$

$$F_1 = F_2 . \frac{(\pi\, {r_1}^2)}{(\pi\, {r_2}^2)}$$

$$= 13300 . \frac{(5 . 10^{-2})^2}{(15 . 10^{-2})^2} = 13300 . \frac{(1)^2}{(3)^2}$$

$$= 13300 . 0{,}11 = 1463\ N$$

2- ضغط الهواء الذي ينتج هذه القوة:

$$P_1 = \frac{F_1}{S_1}$$

$$= \frac{1463\ N}{\pi\ (r_1)^2} = \frac{1463\ N}{3{,}14 . 25 . 10^{-4}\ m^2}$$

$$= 186369\ Pa = 1{,}86369 . 10^5\ Pa$$

تطبيق 4:

إذا فرضنا أن الضغط الذي تطبقه السيارة على الإطارات الأربعة $P = 200\ KPa$ ،

وأن مساحة الجزء الملامس للأرض في كل إطار $s' = . 0{,}024$ ، **المطلوب:** احسب كتلة السيارة.

الحل:

المعطيات: $S = 4 . s' = . 0{,}024 = 0{,}096\ m^2$، $P = 200\ KPa = 200 . 10^3\ Pa = 2 . 10^5\ Pa$

$$P = \frac{F}{S}$$

$$\Longrightarrow F = P\, S = 2 . 10^5 . 0{,}096 = 19200\ N$$

$$F = w = m . g$$

$$\Longrightarrow m = \frac{w}{g} = \frac{19200}{10} = 1920\ Kg$$

تطبيق 5:

احسب الضغط الذي يتعرض له رجل يسبح في بحر على عمق $h = 10\ m$، علمًا أن الكثافة النسبية لماء البحر $d = 1.03$.

الحل:

$$d = \frac{\rho}{\rho_{H_2O}}$$

$$\Rightarrow \rho = d\ .\rho_{H_2O} = 1{,}03\ .1000 = 1030\ Kg.m^{-3}$$

$$P = P_0 + \rho\ .g\ .h$$

$$P = 101300\ Pa + 1030\ Kg.m^{-3}.10\ m.s^{-2}.10\ m$$

$$= 101300\ Pa + 103000\ Kg.m^{-1}.s^{-2}$$

$$= 204300\ Pa$$

تطبيق 6:

إلى أي ارتفاع يصل الماء في مواسير أحد المباني إذا كانت قيمة الضغط في هذه المواسير في الطابق الأرضي $P = 3\ .10^5\ Pa$،

علمًا أن: $\rho = 10^3\ Kg.m^{-3}$

الحل:

بما أن المواسير مغلقة، فهي تخضع للضغط الجوي المثالي، والضغط فيها P ناتج عن العمق فقط (الضغط الثقالي).

$$P = P_0 + \rho\ .g\ .h$$

$$; P_0 = 0$$

$$\Rightarrow P = \rho\ .g\ .h$$

$$\Rightarrow h = \frac{P}{\rho\ .g}$$

$$= \frac{3\ .10^5\ Pa}{10^3\ Kg.m^{-3}\ .10\ m.s^{-2}}$$

$$= 3\ .10^5\ .10^{-3}\ .10^{-1} = 3\ 10^1 = 30\ m$$

انتهى الفصل السادس