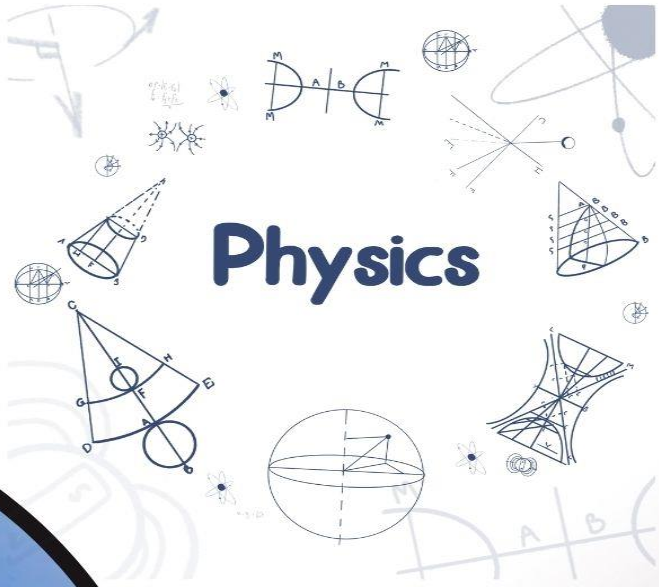
(10)

النضال في الفيزياء

الصف العاشر

الفصل الثاني



إعداد

أ. محمد الدرابيع

الدرس الأول : الموائع السكونية

أولا : الموائع

الموائع	
1	هي المواد التي تتصف بخاصيتي القدرة على الجريان وتغيير الشكل (السوائل و الغازات).
2	المادة في حالتها الطبيعية تكون على إحدى ثلاث حالات : 1- الحالة الصلبة. 2- الحالة السائلة. 3- الحالة الغازية.
3	تتميز المادة في الحالتين السائلة والغازية عنها في الحالةِ الصلبة بخاصيتي : 1- الجريان (الانسياب). 2- تغيير شكلها إذا أثرتْ فيها قوى خارجية.
4	تقسم الموائع من حيث حالتها الحركية الى قسمين هما : 1- الموائع السكونية. 2- الموائع الحركية.

أهمية دراسة الموائع في حياتنا اليومية التي يمكن ملاحظتها بسهولة			
1	الهواء الذي تحلق فيه الطائرات والمناطيد.	2	الماء تطفو على سطحه السفن والبواخر.
2	الدم يجري في أوردتنا وشرايين.	4	تطبيقات الموائع في مجموعة واسعة من التخصصات الهندسية والطبية والأرصاد الجوية، وتخصصي الفيزياء وعلم الأحياء.

علل : تتميز المادة في الحالتين السائلة والغازية عنها في الحالةِ الصلبة بعدة خواص ؟

- لأن قوى التماسك بين جزيئاتها ضعيفة مقارنة بالحالة الصلبة.

الكثافة	
1	كتلة المادة لكل وحدة حجم أو نسبة الكتلة إلى الحجم.
2	وحدة قياس الكثافة مشتقة من القانون وهي (kg/m^3).

كثافة المائع والجسم

تعطى كثافة المائع بالعلاقة الأتية :

$$\rho_f = \frac{m_f}{V_f}$$

ρ_f : كثافة المائع. ، m_f : كتلة المائع. ، V_f : حجم المائع.

تعطى كثافة الجسم بالعلاقة الأتية :

$$\rho_o = \frac{m_o}{V_o}$$

ρ_f :كثافة الجسم. ، m_f : كتلة الجسم. ، V_f : حجم الجسم.

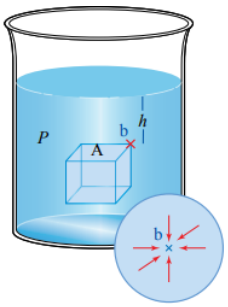
ثانيا — ضغط المائع

الضغط	
1	هو القوة العمودية (F) التي تؤثر في وحدة المساحة (A).
2	وحدة قياس الضغط حسب النظام الدولي للوحدات (Pa) وهي تكافئ الوحدة (N/m^2).
3	نستطيع حساب الضغط من خلال العلاقة الرياضية الأتية : $P = \frac{F}{A}$
4	- يعطى ضغط المائع بالعلاقة الأتية : $P = \rho_f g h$
	h : ارتفاع عمود المائع فوق تلك النقطة وحدة قياسها (m). ρ_f : كثافة المائع وحدة قياسها (kg/m^3). g : تسارع السقوط الحر وحدة قياسها (m/s^2).
5	يعتمد ضغط المائع المتجانس عند أية نقطة داخله : 1- عمق النقطة داخل المائع – علاقة طردية - . 2- كثافة المائع - علاقة طرية - . 3- تسارع السقوط الحر - علاقة طرية - .
6	المائع يؤثر بضغط في جميع الاتجاهات على النقاط أو الأجسام داخله.

أثبت أن وحدة الباسكال (Pa) تكافئ وحدة القياس (N/m^2) :

$$P = \frac{F}{A} = \frac{[N]}{[m^2]} = \frac{N}{m^2} = N/m^2 = Pa$$

الضغط داخل المائع	
1	جميع النقاط التي تقع على العمق نفسه تحت سطح المائع يكون الضغط عندها له القيمة نفسها وفي جميع الاتجاهات.
2	جميع النقاط التي تقع على العمق نفسه تحت سطح المائع يكون الضغط عندها له القيمة نفسها وفي جميع الاتجاهات.



ضغط الماء المؤثر في السطح الأفقي للمكعب لا يعتمد على مساحته (A). أفسر ذلك :

- من خلال العلاقة ($P = \rho_f gh$) ، نستنتج أن جميع النقاط على السطح العلوي لها نفس العمق من سطح الماء (h) وبالتالي فإن ضغط المائع لا يعتمد على مساحة السطح أو الحجم .

هل يتغير ضغط سائل معين عند نقطة ما فيه بتغير ارتفاع موقع السائل عن سطح الأرض؟ أوضِّحُ إجابتي.

- نعم ، لأن من خلال العلاقة ($P = \rho_f gh$) ، فإن ضغط المائع يعتمد على السقوط الحر ومع زيادة الارتفاع يتغير السقوط الحر المؤثر في السائل وبالتالي يتغير الضغط المؤثر عليه.

مثال (1)

- جد ضغط الماء المؤثر في سمكة على عمق ($20m$) تحت سطح البحر علما بأن كثافة ماء البحر ($1024kg/m^3$) :

$$P = \rho_f gh = 1024 \times 20 \times 10 = 1.024 \times 10^3 \times 2 \times 10 \times 10 = 2.048 \times 10^5 Pa$$

ثالثا قوة الطفو

قوة الطفو	
1	محصلة القوى التي يؤثر بها المائع في الجسم المغمور فيه كليا أو جزئيا رأسيا إلى أعلى .
2	رمزها (F_B) وتقاس بوحدة (N).
3	تنشأ قوة الطفو بسبب فرق في الضغط بين أعلى الجسم المغمور في المائع وأسفله بغض النظر عن عمق المائع أو شكل الجسم.
4	تطبق قوة الطفو على الأجسام بأشكالها المختلفة (منتظمة وغير منتظمة) المغمورة في المائع.

1	وزن الأجسام المغمورة في المائع يبدو أقل من وزنها في الهواء .	
2	من السهل مثلا رفع حجرٍ من داخل الماء إلى سطح الماء كما في الشكل ، وفجأةً يبدو الجسم أثقل عند رفعه خارج سطح الماء، وتجد صعوبة في رفعه. - علل - * يعود سبب ذلك الى تأثير قوة جذب الأرض إلى أسفل في كل من الحجر وجسمك، بينما يؤثر الماء بقوة دفع إلى أعلى في تلك الأجسام.	

- ضغط المائع لا يؤثر فقط في السطح العلوي للمكعب (على عمق h_1) وإنّما يؤثر في جميع جوانب المكعب بما فيها السطح السفلي للمكعب (h_2) إذن نستنتج أن :

* الضغط على السطح العلوي : $P_1 = \rho_f g h_1$

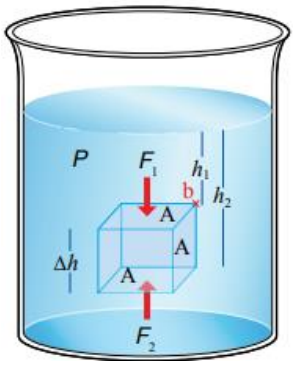
* الضغط على السطح السفلي : $P_2 = \rho_f g h_2$

اذن فرق الضغط بين سطحي المكعب العلوي والسفلي :

$$\Delta P = P_2 - P_1 = \rho_f g (h_2 - h_1)$$

يكون الضغط المؤثر في المائع :

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



القوة المؤثرة عموديا في السطح العلوي للمكعب (F_1) :

$$F_1 = P_1 \times A = \rho_f g h_1 \times A \, , -y$$

القوة المؤثرة عموديا في السطح السفلي للمكعب (F_2) :

$$F_2 = P_2 \times A = \rho_f g h_2 \times A \, , +y$$

اذن محصلة القوى التي يؤثر بها المائع :

$$F_B = F_2 - F_1 = \rho_f g A \times (h_2 - h_1) = \rho_f g A \Delta h$$

حجم المكعب (V) : - نعوضها في قانون محصلة القوى التي يؤثر بها المائع -

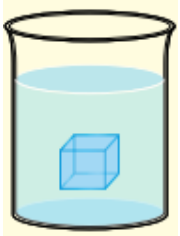
$$V = A \Delta h$$

نتوصل الى أن قوة دفع المائع رأسيا نحو الأعلى قوة الطفو (F_B) :

$$F_B = \rho_f g V$$

العوامل التي تعتمد عليها قوة الطفو	
1	كثافة المائع المزاح - علاقة طردية -
2	حجم المائع المزاح - علاقة طردية -
3	تسارع السقوط الحر – علاقة طرية -

علل : محصلة القوى التي يؤثر بها المائع في الجوانب العمودية للمكعب المغمور في المائع كما في الشكل تساوي صفرا ؟



- لأن القوى التي يؤثر بها السائل في أحد جوانب المكعب العمودية يساوي في المقدار، ويعاكس في الاتجاه القوى التي يؤثر بها السائل في الجانب العموديالمقابل لذلك الجانب أي أن محصلتهما تساوي صفرا.

رابعا — قاعدة ارخميدس

نص قاعدة ارخميدس

- " قوة الطفو المؤثرة في الجسمِ المغمور كليا أو جزئيا في مائع تساوي وزن المائع المزاح ".
- " الجسم المغمورُ كليا أو جزئيا في مائع يخسر من وزنه بمقدار وزن المائع المزاح ".

$$F_B = F_{gf} = m_f g = \rho_f V_f g$$

$$F_B = F_{gf} = F_g - F'_g$$

F_{gf} : وزن المائع المزاح . , F_g : وزن الجسم الحقيقي و يساوي: $F_g = m_o g = \rho_o V_o g$

m_o : كتلة الجسم ، ρ_o : كثافة الجسم , V_o : حجم الجسم ,

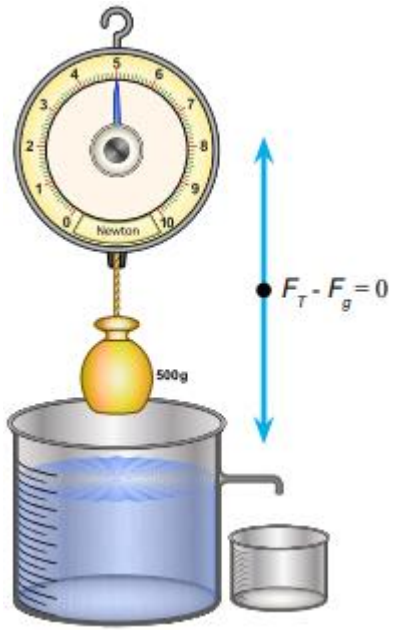
F'_g : وزن الجسم في المائع = محصلة قوتي الطفو والوزن الحقيقي للجسم

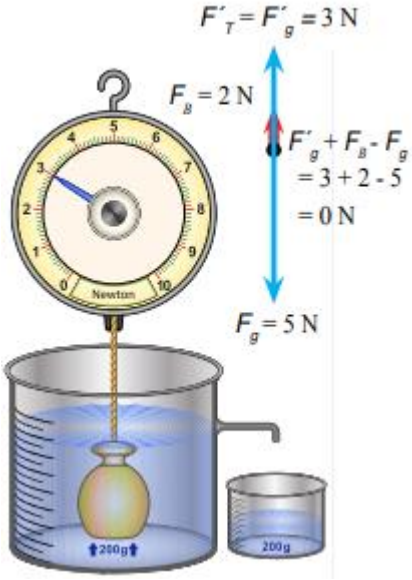
$F'_g = F_g - F_B$ ويسمى الوزن الظاهري ويساوي قوة الشد في الحبل ($F'_g = F'_T$).

قصة ارخميدس

اشتهر العالم أرخميدس بعدة اختراعات، واكتشافات في عالم الرياضيات، ومع ذلك، تبقى قصة اكتشاف دافعة أرخميدس، أو مبدأ أرخميدس هي الأشهر، والتي بدأت عندما أمر ملك سيراكيوز، هيرون الثاني، صناعة تاج تكريماً للآلهة، وكان قد أعطى مواصفات التاج المطلوب إلى الحرفيّ، كما أنه أعطاه الذهب ليصنع به التاج، وبالفعل صنع الحرفيّ التاج في الوقت المحدد. اشتبه الملك في الحرفيّ، وظن أنه لم يستخدم كامل كمية الذهب التي أرسلها لصناعة التاج، وفي ذلك الوقت كان بعض الحرفيين يستبدلون الذهب بالفضة لكونها أرخص، وكان الملك يريد معرفة الحقيقة وراء صناعة التاج، لذلك طلب من أرخميدس إثبات هذه الحقيقة. أعطى الملك وقتاً لأرخميدس كي يفكر في حل لإثبات شكوك الملك، ومعرفة الحقيقة، وفي أحد الأيام كان أرخميدس يستحم في حوض مليء بالماء، وعندما دخل في الحوض لاحظ أن الماء انسكب على الأرض، وهنا جاءته فكرة أن هناك علاقة بين حجم جسمه، وحجم الماء الذي انسكب، كما فكر إذا كان حجمه أصغر، هل سينسكب ماء أقل على الأرض؟ قفز أرخميدس من الحوض بسرعة، وركض متجهاً إلى الملك، وهو يصرخ بـ"يوريكا!، يوريكا!" والتي تعني لقد وجدته! لقد وجدته! اعتقد أرخميدس أنه إذا كان التاج قد صُنع من الذهب الخالص، فيجب أن يكون الحجم الماء المزاح هو نفسه حجم سبيكة الذهب الخالص، حيث إن كلاهما له نفس الكتلة، لذلك غمر أرخميدس التاج في الماء، وقاس حجم الماء المزاح، ثم أخذ سبيكة الذهب التي لها نفس الكتلة، وقارن حجم الماء، وهنا ظهرت الحقيقة أن حجم الماء المزاح كان مختلفاً، وكانت كثافة التاج أقل من كثافة الذهب الخالص، وأثبتت شكوك الملك، حيث كان الحرفيّ محتالاً فعلاً.

نستنتج من الشكل الأتي	
1	عندما يكون الجسم غير مغمور في الماء تكون قراءة الميزان هي نفسها وزن الجسم الحقيقي (F_g) وحسب مخطط الجسم تكون قوة الشد مساوية لوزن الجسم ($F_T = F_g$).
2	بعد غمر الجسم بالماء تعطي قراءة الميزان الوزن الظاهري للجسم (F'_g) ويرتفع منسوب الماء في الدورق ليتم تفريغ الماء الزائد الذي تم إزاحته (المائع المزاح من الدورق الكبير إلى الدورق الصغير وتكون كتلة الماء المزاح هي (m_f) ووزنه (F_{gf}).
3	يتعرض الجسم المغمور في الماء لقوة طفو نحو الأعلى (F_B) وتكون مساوية للفرق بين وزن الجسم الحقيقي والظاهري.
4	يكون الوزن الظاهري للجسم مساوي لقوة الشد في الحبل بعد غمر الجسم في المائع ($F'_g = F'_T$) .
5	تُطبق قاعدة أرخميدس على جميع الأجسام المغمورة بغض النظر عن شكل الجسم ونوع المائع.
6	نلاحظ من الشكل الفرق بين قراءة الميزان عند يكون الجسم في الهواء والتي تعطي وزنه الحقيقي وقراءة الميزان عندما يكون الجسم مغمورا في الماء بشكل كلي والتي تعطي وزنه الظاهري.
7	في حالة غمر الجسم يكون حجم المائع المزاح مساوي لحجم الجسم المغمور ($V_f = V_o$).





مثال (1)

- غواصة أسطوانية الشكل حجمها ($250m^3$) تقريبا. تحمل السياح إلى أعماق تصل ($30m$) لمشاهدة الشعاب المرجانية في سواحل المكسيك . باعتبار كثافة مياه البحر ($1024kg/m^3$) :

أ- ضغط الماء عند هذا العمق :

$$P = \rho_f gh = 1024 \times 10 \times 30 = 1.024 \times 10^3 \times 10 \times 3 \times 10 = 3.07 \times 10^5 Pa$$

ب- قوة الطفو :

$$V_o = V_f \rightarrow\rightarrow F_B = \rho_f V_f g = 1024 \times 250 \times 10 = 1.024 \times 10^3 \times 25 \times 10 \times 10$$

مثال (2)

- غمر جسم في سائل كتلته ($50g$) وحجمه ($80cm^3$) على عمق ($2m$) ، فجد ما يأتي :

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

$1cm^3 \rightarrow 1\times10^{-6}m^3$ ■ $80cm^3 \rightarrow 80\times10^{-6}m^3$

$1g \rightarrow 1\times10^{-3}kg$ ■ $50g \rightarrow 50\times10^{-3}kg$

أ- كثافة السائل :

$$\rho_f = \frac{m_f}{V_f} = \frac{50\times10^{-3}}{80\times10^{-6}} = \frac{5\times10^{-2}}{8\times10^{-5}} = 0.625\times10^3\ kg/m^3$$

ب- ضغط السائل :

$$P_{fluid} = \rho_f hg = 0.625\times10^3\times2\times10 = 1.25\times10^4 Pa$$

ج- قوة الطفو المؤثرة على الجسم :

$$F_B = \rho_f V_f g = 0.625\times10^3\times80\times10^{-6}\times10 = 0.5N$$

مثال (3)

- علق جسم كروي نصف قطره ($10cm$) بميزان نابضي فكانت قراءة الميزان ($50N$) وعندما غمر في سائل كانت قراءة الميزان ($30N$) ، جد ما يلي :

أ- قوة الطفو على المكعب :

$$F_B = F_g - F'_g = 50 - 30 = 20N$$

ب- كثافة السائل :

* نجد حجم الجسم الكروي أولا :

$$V_o = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}(3.14)(0.1)^3 = 4.1\times10^{-3}m^3$$

$$V_o = V_f \rightarrow\rightarrow F_B = \rho_f V_f g \rightarrow\rightarrow \rho_f = \frac{F_B}{V_f g} = \frac{20}{4.1\times10^{-3}\times10}$$

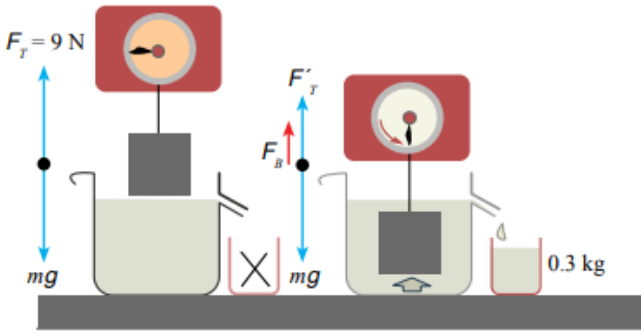
$$\rho_f = 4.8\times10^2 kg/m^3$$

ج- كتلة الجسم :

$$F_g = mg \rightarrow m = \frac{F_g}{g} = \frac{50}{10} = 5kg$$

مثال (4)

- قامت ماريا بإجراء تجربة للتحقق قاعدة أرخميدس ، اعتمادا على البيانات المبينة في الشكل وباعتبار كثافة الماء ($1000\,kg/m^3$) ، جد :



أ- قوة الطفو :

$$F_g = F_T = 9N \ , \quad m_f = 0.3kg$$
$$F_B = m_f g = 0.3 \times 10 = 3N$$

ب- قراءة الميزان بعد غمر الجسم في الماء :

$$F_B = F_g - F'_g \rightarrow F'_g = F_g - F_B = 9 - 3 = 6N$$

ج- حجم الجسم :

$$F_B = \rho_f V_f g \rightarrow\rightarrow V_f = \frac{F_B}{\rho_f g} = \frac{3}{1 \times 10^3 \times 10} = 3 \times 10^{-4} m^3$$

مثال (5)

- سحب حجر يستقر أسفل بئر ماء بحبل رأسيًا لأعلى ، فإذا كانت قوة الشد في الحبل أثناء وجود الحجر في الماء ($100N$) وعند خروج الحجر من الماء أصبحت قوة الشد ($400N$) ، بافتراض أن كثافة الماء ($1000\,kg/m^3$) ، احسب :

أ- قوة الطفو :

$$F_B = F_g - F'_g = 400 - 100 = 300N$$

ب- حجم الحجر :

$$F_B = \rho_f V_f g \rightarrow\rightarrow V_f = \frac{F_B}{\rho_f g} = \frac{300}{1000 \times 10} = 0.03m^3 = V_o$$

الأجسام المغمورة كليا

- عند وضع جسم ما في مائع؛ كثافته أكبر من كثافة المائع (مثل الحجرِ الماء) فإنّه يهبط ويستقر أسفل الماء، بينما يبقى جسم آخر كثافته مساوية كثافة المائع (مثل الكرة) معلقا فيه ، وفي هاتين الحالتين فإن :

* حجم الجسم يساوي حجم المائع المزاح ($V_o = V_f$).

حسب قاعدة أرخميدس فإن	
1	جسم مستقر أسفل المائع	$F_B = F_{gf} = F_g - F'_g$
2	جسم معلق في مائع : وزن الجسم في المائع (الوزن الظاهري) يساوي صفرا ($F'_g = 0$).	$F_B = F_{gf} = F_g - F'_g = F_g$

مثال (1)

- كرة فلزية وزنها في الهواء ($10N$) غمرت في الماء فخسرت من وزنها ($3.5N$) ، باعتبار كثافة الماء ($1000\,kg/m^3$) ، جد :

أ - قوة الطفو :

$$F_B = F_g - F'_g = 3.5N$$

ب- وزن الكرة في الماء :

$$F'_g = F_g - F_B = 10 - 3.5 = 6.5\text{N}$$

ج- كثافة المادة :

$$F_B = \rho_f V_f g \rightarrow\rightarrow V_f = \frac{F_B}{\rho_f g} = \frac{3.5}{1000 \times 10} = 3.5 \times 10^{-4} m^3 \rightarrow\rightarrow V_o = V_f$$

$$F_g = m_o g = \rho_o V_o g \rightarrow \rho_o = \frac{F_g}{V_o g} = \frac{10}{3 \times 10^{-4} \times 10} = 2857\,kg/m^3$$

الأجسام المغمورة كليا

- عند وضع جسم ما في مائع كثافته أقل من كثافة المائع (مثل كرة القدم في الماء) ،فإن جزءا منها يطفو على سطح المائع، أي أن حجم السائل المزاح (V_f) يساوي حجم الجزء المغمور من الجسم وهو أقل من حجم الجسم , في هذه الحالة فإن:	
1	وزن الجسمِ في المائع (الوزن الظاهري) يساوي صفرا ($F'_g = 0$).
2	قوة الطفو = وزن السائل المزاح = وزن الجسمِ الحقيقي. $F_B = F_{gf} = F_g - F'_g = F_g \rightarrow\rightarrow F_B = F_{gf} = F_g$
3	نستخدم العلاقة الأتية لحساب الأجسام المغمورة جزئيا : $F_B = F_g \rightarrow \rho_f V_f g = \rho_o V_o g \rightarrow \rho_f V_f = \rho_o V_o$

والجدولُ (1) يلخصُ حالاتٍ خاصةً لقاعدةِ أرخميدس.

الجدولُ (1): حالاتُ قاعدةِ أرخميدس

الحالةُ	اتجاهُ محصلةِ القوى	قوةُ الطفوِ F_B	حجمُ السائلِ المزاحِ V_f	حالةُ الجسمِ
$\rho_o > \rho_f$	$-y$	$F_B < F_g$	$V_f = V_o$	ينغمرُ ويهبطُ في المائعِ
$\rho_o = \rho_f$	$\Sigma F = 0$	$F_B = F_g$	$V_f = V_o$	يبقى معلقًا في المائعِ
$\rho_o < \rho_f$	$\Sigma F = 0$	$F_B = F_g$	$V_f =$ حجمُ الجزءِ المغمورِ من الجسمِ	يطفو جزءٌ منهُ فوقَ سطحِ المائعِ

مثال (2)

- كرة مطاطية حجمها (0.004m^3) وكثافة مادتها ($970\,kg/m^3$) ، وضعت في سائل كثافته ($1200kg/m^3$)، إحسب الجزء المغمور من الكرة :

$$F_B = F_g \rightarrow \rho_f V_f g = \rho_o V_o g \rightarrow \rho_f V_f = \rho_o V_o \rightarrow V_f = \frac{\rho_o V_o}{\rho_f} = \frac{0.004 \times 970}{1200}$$

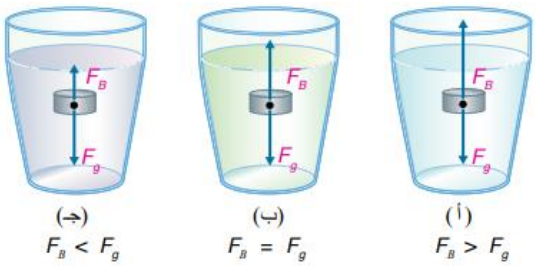
$$V_f = 0.0032m^3$$

مثال (3)

- وضعت ثلاثة أجسام متماثلة تماما داخل ثلاث كؤوس مملوءة بسوائل مختلفة، وتُركت حرة الحركة، ومثلت قوتا الطفو ووزن الجسم بأسهم، كما في الشكل . أجيب عما يأتي:

أ - أرتب السوائل في الكؤوس تنازلياً حسب كثافتها.

ب- أصف حركة الأجسام.



أ- (أ > ب > ج)

ب-

* الجسم (أ) :
- محصلة القوى المؤثرة في الجسم (أ) إلى أعلى؛ لأنَّ قوةَ الطفو أكبر من وزن الجسم ($F_B > F_g$) وبالتالي؛ سيتحرك الجسم إلى أعلى بتسارع حتى يطفو جزء منه ليستقر على سطح الماء.

* الجسم (ب) :
- الجسم (ب) فيبقى معلقا في الماء؛ لأن ($F_B = F_g$).

* الجسم (ج) :
- سيتحرك إلى أسفل بتسارع؛ لأنَّ ($F_g > F_B$) ليستقر في قاع الكأس.

مثال (4)

- قارب مطاطي كتلته ($200kg$) ومتوسط كثافته ($100\,kg/m^3$) ينقل عددا من المهاجرين ، إذا علمت أن كثافة ماء البحر ($1024\,kg/m^3$) فأجد كتلة أكبر حمولة يمكن وضعها فوق سطح القارب؛ بحيث يبقى طافيًا أفترض أن حافة القارب العلوية عند سطح الماء تماما.

- نجد أولا حجم الجزء المغمور من القارب :

$$V_f = V_o \rightarrow V_o = \frac{m}{\rho_o} = \frac{200}{100} = 2m^3$$

- الأن أجد كتلة المهاجرين :

$$F_B = F_g \rightarrow \rho_f V_f g = (m + m')\, g \rightarrow \rho_f V_f = m + m' \rightarrow m' = \rho_f V_f - m$$
$$m' = 1024 \times 2 - 200 = 1848kg$$

مثال (5)

- مكعب يطفو فوق سطح سائل طول ضلعه ($5cm$) ، فإذا علمت أن كثافة مادة المكعب تكافئ ربع كثافة ذلك السائل فجد ما يلي :

أ- حجم السائل المزاح :

$$V_o = (l)^3 = (5 \times 10^{-2})^3 = 125 \times 10^{-6}\,, \rho_o = 0.25\rho_f$$
$$F_B = F_g \rightarrow \rho_f V_f g = \rho_o V_o g \rightarrow \frac{V_f}{V_o} = \frac{\rho_o}{\rho_f} \rightarrow \frac{V_f}{125 \times 10^{-6}} = \frac{0.25\rho_f}{\rho_f}$$
$$V_f = 3.125 \times 10^{-5}\, m^3$$

ب- حجم الجزء المغمور من الكرة في الماء :

$$V_f = V_o = 3.125 \times 10^{-5}\, m^3$$

مثال (6)

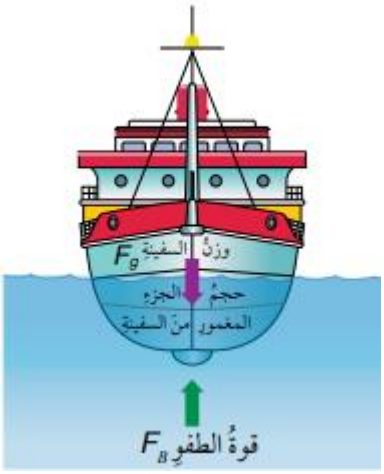
- ملئ بالون بغاز الهيليوم، وترك في الهواء، فإذا علمت أن كثافة الهواء($1.29\,kg/m^3$) ، وقطر البالون ($0.4m$) فأجد قوة الطفو :

$$V_o = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3} \times 3.14 \times (0.2)^3 = 0.0334\, m^3$$
$$F_B = \rho_{air} V_o g = 1.29 \times 0.0334 \times 10 = 0.43N$$

خامسا تطبيقات على قاعدة أرخميدس

السفينة

السفينة	
1	عندما تطفو السفينة على سطح البحر تكون قوة الطفو مساوية لوزنها.
2	تصنع السفينة بحيث تحوي تجويفا كبيرا يزيد من حجمها ويقلل من متوسط كثافتها ليصبح أقل من كثافة الماء.
3	عند إنزال السفينة إلى الماء فإن حجم الماء المزاح - المساوي لحجم الجزء المغمور من السفينة - يزدادُ بالتدريج فتزداد تبعا لذلك قوة الطفوِ حسب قاعدة أرخميدس (قوة الطفوِ تساوي وزن الماء المزاح) إلى أن تصبح قوة الطفو مساوية لوزن السفينة.
4	يتوقف ازدياد حجم الجزء المغمور من السفينة لتطفو على سطح الماء؛ حيثُ محصلة القوى المؤثرة عليها تساوي صفرًا.



لماذا تطفو السفينة بشكل أكبر في المياه المالحة منها في المياه العذبة ؟

- كثافة المياه المالحة أكبر من كثافة المياه العذبة وبما أن قوة الطفو تزداد بزيادة كثافة المائع حسب قاعدة أرخميدس فأن السفينة سيطفو جزء أكبر من حجمها فوق سطح المياه المالحة.

الغواصة

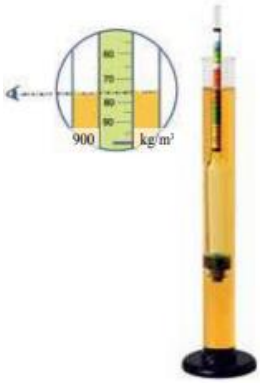
الغواصة	
1	هي سفينة متخصصة يمكنها الغوص والتنقل تحت سطح الماء على أعماق مختلفة، وبإمكانها أن تطفو.
2	تحوي الغواصة خزانات كبيرة يجري إدخال الماء إليها أو إخراجه منها، فيزداد متوسط كثافتها أو يقل لتصبح قوة الطفو إما أكبر من وزنِ الغواصة فتطفو وإما أقل فتهبط أو تظل مساويةً لقوة الطفو فتبقى معلقةً على عمق ثابت الماء.
3	تستخدم الغواصة للأغراض العسكرية وللأغراض المدنية في كذلك، مثل: الأبحاث العلمية والسياحة.

كيف يمكن التحكم بصعودِ الغواصة وهبوطها :

تحوي الغواصة خزانات كبيرة يجري إدخال الماء إليها أو إخراجه منها، فيزداد متوسط كثافتها أو يقل لتصبح قوة الطفو إما أكبر من وزنِ الغواصة فتطفو وإما أقل فتهبط أو تظل مساويةً لقوة الطفو فتبقى معلقةً على عمق ثابت الماء.

مقياس كثافة السوائل

مقياس كثافة السوائل	
1	أداة تستخدم لقياس كثافة السائل ، مثل قياس كثافة الحليب وكثافة محلول بطارية السيارة وغيرها.
2	يوضع الأنبوب في السائل المراد قياس كثافته فيطفو ليستقر عند تدريج محدد يمثل كثافة السائل.
3	كلما زادت كثافة السائل ازدادت قوة الطفو ليرتفع المقياس في السائل إلى أعلى بشكل أكبر.
4	يفضل استخدام المقياس الإلكتروني كما في الشكل لأنه أكثر دقة وسهولة في الاستخدام.



المنطاد

المنطاد	
1	تستخدم المناطيد في أغراض مختلفة مثل: السياحة والرياضة والرصد الجوي.
2	يتسارع المنطاد إلى أعلى، ويرتفع في الهواء عندما يكون وزنه أقل من قوة الطفو المؤثرة فيه من قبل الهواء المحيط به. وفي حال كانت قوة الطفو أقل من وزنه يتسارع إلى أسفل ويهبط.
3	تصنف المناطيد حسب نوعية الغاز المحمل بها الى : أ - المنطاد الغازي الذي يكون مملوء بغاز أخف من الهواء الجوي، كغاز الهيليوم أو الهيدروجين ، ب - منطاد الهواء الساخن ، حيث يجري التحكم بصعوده أو هبوطه من خلال تقليل درجة حرارة الهواء داخله، أو زيادتها.

لماذا يرتفع البالون في الهواء بتسارع أكبر في الأجواء الباردة مقارنة بتسارعه في الأجواء الحارة :
- في الأجواء الباردة تكون كثافة الهواء المحيط بالبالون أكبر وبالتالي تكون قوة الطفو أكبر فيكتسب البالون تسارعا أكبر إلى الأعلى.

كيف يمكن التحكم بصعودِ منطاد الهواء الساخن وهبوطه :
- حيث يجري التحكم بصعوده أو هبوطه من خلال تقليل درجة حرارة الهواء داخله، أو زيادتها.

*** توجد تطبيقات أخرى كثيرة تعتمد على قاعدة أرخميدس مثل :**
1- العوامة الميكانيكية المستخدمة في خزانات المياه. 2- السباحة
3- حركة الأسماكِ صعودا وهبوطا في الماء من خلال الحويصلات الهوائية.

مراجعة الدرس

1- لماذا تطفو بعض الأجسام فوق سطح الماء وبعضها يبقى معلقًا وبعض آخر ينغمر ليستقر في الأسفل :
أ- إذا كانت كثافة الجسم أقل من كثافة الماء فأنه يطفو لأن قوة الطفو تكون أكبر من وزنه.
ب- إذا كانت كثافة الجسم مساوية لكثافة الماء فأنه يبقى معلقا في الماء.
ج- إذا كانت كثافة الجسم أكبر من كثافة الماء فأن الجسم ينغمر في الماء ليستقر في الأسفل.

2- ثلاثة مجسمات متماثلة في الحجم (زجاج ، مطاط ، سيليكون) كثافة كل منها على الترتيب ($2.5 \times 10^3\ kg/m^3$ ، $9.7 \times 10^2\ kg/m^3$ ، $1.3 \times 10^3\ kg/m^3$) وضعت داخل حوض جليسرين كثافته ($1.3 \times 10^3\ kg/m^3$) بناءا على ما سبق أجيب عما يأتي :
أ- أقارن بين قوى الطفو المؤثرة في المجسمات الثلاثة لحظة إفلاتها :
قوة الطفو المؤثرة في مجسم الزجاج = قوة الطفو المؤثرة في السيليكون = قوة الطفو المؤثرة في المطاط.

ب- القوة المحصلة المؤثرة في مجسم الزجاج باتجاه الأسفل > القوة المحصلة المؤثرة في مجسم المطاط باتجاه الأعلى > القوة المحصلة المؤثرة في مجسم السيليكون التي تساوي صفرًا.

3- السبب والنتيجة ماذا يحدث في كل حالة مما يأتي :
أ- تفريغ خزانات المياه من الغواصة :
* تفريغ خزانات المياه في الغواصة: يقل وزنها لتصبح قوة الطفو أكبر من وزنها؛ فتصعد إلى الأعلى.
ب- تقليل درجة الحرارة الهواء داخل المنطاد :
* عند تقليل درجة حرارة الهواء داخل المنطاد يزداد متوسط كثافته ليدخل الهواء الجوي المحيط به من الفتحة السفلية للمنطاد فيزداد وزن المنطاد؛ مما يقلل من محصلة قوتي الطفو والوزن، وبناء عليه؛ فإما أن يقل تسارع المنطاد لأعلى وإما أن يصبح معلقًا أو يهبط إلى أسفل؛ حسب مقدار المحصلة واتجاهها،وحالته الحركية السابقة.
ج- زيادة حجم التجويف في السفينة :
* عند زيادة حجم تجويف السفينة يزداد حجم السفينة، ويقل متوسط كثافتها؛ مما يسهل طفوها؛ حيث يزداد حجم الجزء الطافي منها.

4- قارب مطاطي يطفو نصف حجمه فوق سطح البحر ، فإذا علمت أن كثافة مياه البحر ($1024\ kg/m^3$) فجد ، متوسط كثافة القارب :

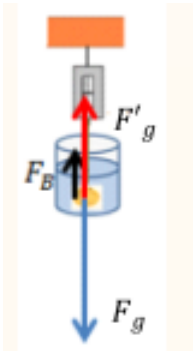
$$V_f = V_o \rightarrow V_f = \frac{V_o}{2}$$

$$F_B = F_g \rightarrow \rho_f V_f g = \rho_o V_o g \rightarrow \rho_f V_f = \rho_o V_o \rightarrow \rho_f \frac{V_o}{2} = \rho_o V_o \rightarrow \rho_f = 2\rho_o$$

$$\rho_o = \frac{\rho_f}{2} = \frac{1024}{2} = 512\ kg/m^3$$

5- وجدت نور قطعة نقدية قديمة لونها أصفر تشبه الذهب ، أرادت التأكد من أن القطعة مصنوعة من الذهب ، فعلقت القطعة بميزان نابضي حساس فكانت قراءة الميزان ($15N$) (في الهواء) وعند غمرها في الماء أصبحت قراءة الميزان ($13.7N$) ، أجيب عما يأتي :

أ- أرسم مخطط الجسم الحر للقطعة بعد غمرها بالماء :



ب- أحسب قوة الطفو :

$$F_B = F_g - F'_g = 15 - 13.7 = 1.3N$$

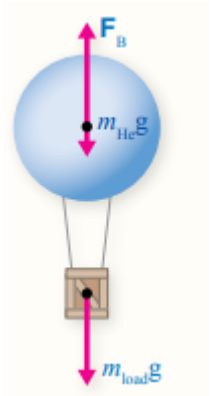
ج- هل القطعة النقدية مصنوعة من الذهب :

$$F_B = \rho_f V_f g \rightarrow V_f = \frac{F_B}{\rho_f g} = \frac{1.3}{1000 \times 10} = 1.3 \times 10^{-4} m^3 = V^o$$

$$F_g = m_o g = \rho_o V_o g \rightarrow \rho_o = \frac{F_g}{V_o g} = \frac{15}{1.3 \times 10^{-4} \times 10} = 11.54 \times 10^3 \, kg/m^3$$

- بما أن كثافة القطعة اختلفت عن كثافة الذهب؛ فهذا يدل على أن القطعة ليست مصنوعة من الذهب.

6- أحسبُ: بالون مملوء بغاز الهيليوم، ما أقل حجم للبالون ليتمكن منْ رفع ثلاثة أشخاص مجموع كتلهم يساوي ($180kg$)، علما بأنَّ كتلة السلة التي تحملهُمْ معَ كتلة مادة البالون تساوي ($30kg$) ، وكثافة الهواء ($1.29 \, kg/m^3$) وكثافة الهيليوم ($0.179 \, kg/m^3$)؟



$$180 + 30 = 210kg$$

$$F_B = F_g \rightarrow \rho_f V_f g = (m_{He} + m)g$$

$$V_f = V_o \, , m_{He} = \rho_{He} V_o$$

$$\rho_f V_o = \rho_{He} V_o + 210 \rightarrow \rho_f V_o - \rho_{He} V_o = 210$$

$$V_o(\rho_f - \rho_{He}) = 210 \rightarrow V_o = \frac{210}{\rho_f - \rho_{He}} = \frac{210}{1.29 - 0.179} = 189m^3$$

الدرس الثاني: الموائع السكونية

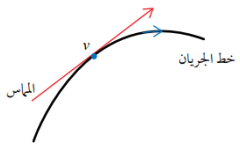
أولا: خصائص الموائع المتحركة

خصائص الموائع المتحركة		
1- الجريان.	2- القابلية للانضغاط.	3- اللزوجة.

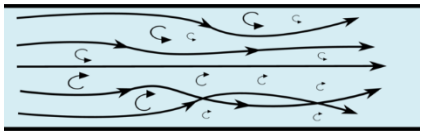
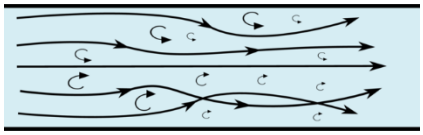
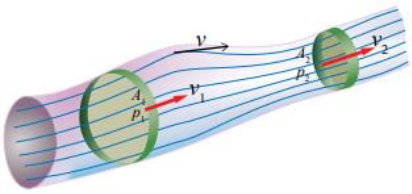
الجريان

تقسم الموائع من حيث خاصية الجريان الى	
1	الجريان المنتظم أو الإنسيابي.
2	الجريان غير المنتظم.

الجريان المنتظم أو الإنسيابي	
1	المائع الذي تكون سرعة جزيئاته عند نقطة معينة فيه ثابتة لا تتغير مع الزمن، ولكنها يمكن أن تتغير من نقطة إلى أخرى.
2	خط الجريان : وهو خط يمثل مسار جزيئات المائع عند جريانها. - المماس لأية نقطة على خط الجريان يحدد اتجاه سرعة جزيء المائع اللحظية (v) عند تلك النقطة.
3	خصائص خطوط جريان المائع المنتظم ؟ 1- لا تتقاطع. 2- كثافتها تزداد بزيادة سرعة المائع. 3- المماس لأية نقطة على خط الجريان يحدد اتجاه سرعة جزيء المائع اللحظية (v) عند تلك النقطة.
4	كثافة خطوط الجريان : عدد خطوط الجريان التي تمر عموديا بوحدة المساحة.



الجريان غير المنتظم	
1	جريان تتغير سرعة المائع عند نقطة ما فيه مع الزمن.
2	السرعة الحدية : هي السرعة التي إذا تجاوزها المائع يتحول عندها جريان المائع من جريان منتظم إلى جريان غير منتظم.
3	تغير جريان المائع عند وضع الكرة أمام مجراه ليتحول جريانه من جريان منتظم (أمام الكرة وعلى جانبيها) إلى جريان غير منتظم (خلف الكرة).

الجريان الدوامي	
الجريان الذي تدور فيه جميع جزيئات المائع حول مركز أو محور الدوران. مثال : حركة جزيئات الهواء التي ينتج عنها أعاصير مدمرة ، حركة جزيئات الماءالتي ينتج عنها داوامات بحرية	
الجريان غير الدوامي	
الجريان الذي لا تدور فيه جميع جزيئات المائع حول مركز أو محور الدوران.	
 	

القابلية للانضغاط

1	مائع غير قابل للانضغاط : المائع الذي تبقى كثافته ثابتة ولا تتغير تحت تأثير أي قوة.
2	مائع قابل للانضغاط : المائع الذي تتغير كثافته تحت تأثير أي قوة.

اللزوجة

لزوجة السائل	
1	مقياسا لمقاومة طبقات المائع لهذه الحركة.
2	كلما زادت لزوجة المائع قلت قابليته للجريان وبذلك تنخفض سرعته .
3	تأثير اللزوجة في جريان السائل يقابله تأثير قوة الاحتكاك في انزلاق جسم على سطح خشن.
	علل : زيادة لزوجة الدم قد تؤدي إلى زيادة مخاطر الإصابة بالجلطات الدموية عند الإنسان : - يصعب جريان الدم داخل الشرايين فيعطى المريض أدوية تقلل لزوجة الدم (وهي أدوية مميعة).
4	- المائع اللزج : المائع الذي يوجد قوى احتكاك بين طبقاته أثناء جريانه. - المائع غير اللزج : المائع الذي لا يوجد قوى احتكاك بين طبقاته أثناء جريانه.

المائع المثالي

المائع المثالي	
1	هو المائع الذي يتصف بالخصائص:جريانه منتظم ، غير لزج ، غير قابل للانضغاط ، غير دوامي.
2	لا يوجد في الواقع مائع مثالي يتصف بهذه الخصائص الأربع؛ وإنما هو نموذج افترضه العلماء يساعد ويسهل دراسة مائع لا يتصف بخاصية أو أكثر من خصائص المائع المثالي.

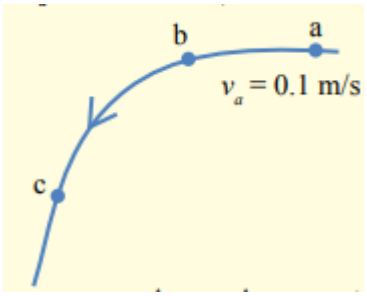
ما الخاصية التي يمتلكها المائعُ المتحرك في الحالات الآتية:

أ . كثافته ثابته لا تتغير أثناء جريانه. (غير قابل للانضغط)

ب. توجد قوى احتكاك (قوى مقاومة) بين طبقاته أثناء جريانه. (لزج)

ج. لا تدور جزيئاته حول مركز دورانٍ أثناء جريانه. (غير دوامي)

يمثل الشكل خط جريان منتظم لمائع، فإذا كانت سرعة أحدِ جزيئات المائع لحظة مروره بالنقطة (a) تساوي $0.1\,m/s$، بناء على ما تقدم؛ أجيب عما يأتي:



أ- كم تبلغ سرعة جزيء آخر من المائع لحظة مروره بالنقطة (a) بعد 4 ثوانٍ من مرور الجزيء الأول؟

- من خصائص الجريان المنتظم أن سرعة جزيئات المائع عند نقطة معينة ثابتة لا تتغير مع الزمن، وبناءً عليه ؛ فإن سرعة جزيء آخر عند النقطة a بعد 4 ثوانٍ هي سرعة الجزيء الأول نفسها $v = 0.1\,m/s$.

ب- هل سرعة جزيء المائع عند مروره بالنقاط b و c هي نفسها عند مروره بالنقطة (a) ؟

- سرعة جزيء المائع في الجريان المنتظم يمكن أن تتغير من نقطة إلى أخرى ولكنها عند النقطة نفسها لا تتغير؛ ومن ثم فإن سرعة الجزيء عند النقاط b و c ليست بالضرورة تساوي سرعته عند النقطة a ؛ فمثلا اتجاه السرعة عند النقطة a (اتجاه المماس) في الشكل يختلف عن اتجاه السرعة عند النقطة c .

من خلال دراستك لشكل أجب عما يأتي :

1- لماذ يتصاعد الدخان إلى أعلى؟

- لأن درجة حرارة الدخان أكبر من درجة حرارة الهواء المحيط به وبالتالي كثافته أقل، لذا يتأثر بقوة طفو لأعلى من قبل الهواء المحيط به فيرتفع لأعلى (كما في المنطاد).

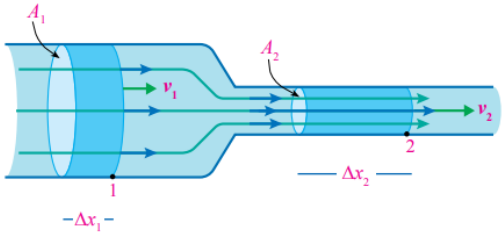
2- هل تتغير سرعة جزيئات الدخان من نقطة إلى أخرى خلال كل من الجريان المنتظم وغير المنتظم؟

- نعم يمكن أن تتغير سرعة جزيئات الدخان في كل من الجريان المنتظم وغير المنتظم.

3- في أي مناطق الجريان تبقى سرعة جزيئات الدخان عند مرورها بنقطة ما ثابتة مع الزمن في المقدار والاتجاه؟ - سرعة أي جزيء تكون ثابتة عند مروره بالنقطة نفسها في منطقة الجريان المنتظم.

ثانيا
معادلة الاستمرارية

- لنفترض أن مائعا مثاليا يجري في أنبوب مفتوح الطرفين ومساحة مقطعه العرضي متغيرة كما في الشكل :



- بما أن المائع المثالي غير قابل للانضغاط فإنَّ كتلة المائعِ (m_1) التي تعبر مساحة مقطع معين (A_1) من الأنبوب بسرعة (v_1) تساوي كتلة المائع (m_2) التي تعبر مساحة مقطع أخر (A_2) من الأنبوب بسرعة (v_2) في الفترة الزمنية (Δt) نفسها أي أن :

اشتقاق معادلة الاستمرارية

$$m_1 = m_2 \ , \quad m = \rho V \ , \ V = A\Delta x$$
$$\rho_1 V_1 = \rho_2 V_2 \rightarrow\rightarrow \rho_1 A_1 \Delta x_1 = \rho_2 A_2 \Delta x_1$$
$$\Delta x = v\Delta t$$
$$\rho_1 A_1 v_1 \Delta t = \rho_2 A_2 v_2 \Delta t \rightarrow\rightarrow \rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2$$

كثافة المائع ثابتة لا تتغير لأنه غير قابل للانضغاط ($\rho_1 = \rho_2$)

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

معادلة الاستمرارية

- معادلة الاستمرارية بالكلمات :
"حاصل ضرب مساحة المقطع العرضي لأنبوب جريان المائع في سرعة المائع عند ذلك المقطع يساوي مقدارًا ثابتا (Av)".

التدفق الحجمي

- معدل التدفق الحجمي ($\frac{V}{\Delta t}$) : وهو حجم المائع الذي يعبر مساحة مقطع معين من الأنبوب في وحدة الزمن.
- يعبر عن التدفق الحجمي رياضيا :

$$Av = \frac{V}{\Delta t}$$

- وحدة قياسه (m^3/s) حسب النظام الدولي للوحدات .

- العوامل التي يعتمد عليها معدل التدفق الحجمي :
1- سرعة تدفق المائع (v). 2- مساحة المقطع العرضي للأنبوب (A).

مهم	
1	معادلة الاستمرارية تعبير رياضي عن مبدأ حفظ الكتلة، وتنطبق على أي مقطع من أنبوب الجريان، وليس شرطًا عند طرفيه.
2	تكمن أهمية معادلة الاستمرارية في أنها تصف حركة المائع عند مروره في أنبوب جريان تتغير مساحة مقطعه.
3	عندما ينتقل المائع من أنبوب واسع (مساحة مقطعه كبيرة) إلى أنبوب أضيق (مساحة مقطعه صغيرة) تزداد سرعةُ المائع لضمان مرورِ الحجمِ نفسه من المائع في الزمن نفسه.
4	تفسر معادلة الاستمرارية كثيرًا من المشاهدات مثل تدفق مياه النهر بسرعة أكبر في الأماكن التي يضيقُ فيها مجرى النهر عن تلك التي يتسع فيها المجرى.

أ . زيادة سرعة الماء المتدفق من خرطوم المياه عند الضغط على فوهته.

- عند الضغط على فوهة الخرطوم تقل مساحة مقطع فوهته، فتزداد سرعة تدفق الماء؛ حسب معادلة الاستمرارية: ($A_1v_1 = A_2v_2$).

ب نقصان اتساع مجرى الماء في الشكل أثناء سقوطه نحو الأسفل.

- أثناء نزول المياه من فتحة الصنبور إلى أسفل تزداد طاقة حركتها، ومن ثم سرعتها بفعل الجاذبية الأرضية، وحسب معادلة الاستمرارية فإن مساحة مقطع مجرى الماء تقل.

مثال (1)

- يضخ قلب الإنسان الدم إلى الشرايين التي تتفرع إلى شعيرات، فإذا علمت أن الدم يتدفق بسرعة $5 \times 10^{-2}\ m/s$ في شريان مساحة مقطعه ($6mm^2$)، يتفرع إلى شعيرات متماثلة مساحة مقطع كل شعيرة منها ($0.3mm^2$) وسرعة تدفق الدم في كل منها ($2 \times 10^{-3}\ m/s$) أجد :

أ- معدل التدفق الحجمي للدم في الشريان :

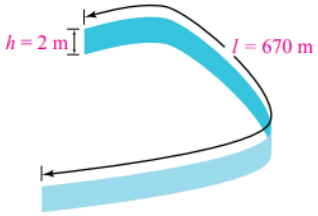
$$\frac{V}{\Delta t} = A_1v_1 = (6 \times 10^{-6})(5 \times 10^{-2}) = 30 \times 10^{-8}\ m^3/s$$

ب- عدد الشعيرات التي تفرعت من الشريان :

$$A_1v_1 = N(A_2v_2) \rightarrow N = \frac{A_1v_1}{A_2v_2} = \frac{(6 \times 10^{-6})(5 \times 10^{-2})}{(0.3 \times 10^{-6})(2 \times 10^{-3})} = \frac{30 \times 10^{-8}}{0.6 \times 10^{-9}} = 500$$

مثال (2)

- يتدفق الماء في شلالات نياجارا كما في الشكل ، وعندَ لحظةٍ معينةٍ يتدفقُ بمعدل($5525\,m^3/s$) من مجرى عرضه $670m$ وعمق الماء فيه تقريبا $2m$ أحسب :



أ . سرعة الماء المتدفق عند تلك اللحظة.

ب. حجم الماء المتدفق في 5 دقائق.

أ- أولا نجد مساحة المقطع العرضي لمجرى الماء :

$$A = l \times h = 670 \times 2 = 1340m^2$$

$$Av = \frac{V}{\Delta t} \rightarrow 1340v = 5525 \rightarrow v = \frac{5525}{1340} = 4\,m/s$$

ب-

$$Av = \frac{V}{\Delta t} \rightarrow 5525 = \frac{V}{5 \times 60} \rightarrow V = 5525 \times 300 = 1.657 \times 10^6 m^3$$

مثال (3)

- أنبوب ماء نصف قطره ($0.02\,m$) يتدفق فيه الماء بمعدل ($1.25 \times 10^{-3}\,m^3/s$) يضيق ليصبح نصف قطره ($0.01m$) ، أحسب :

أ- سرعة تدفق الماء في الجزء الواسع من الأنبوب :

* أولا نجد مساحة الأنبوب وهي مساحة الدائرة :

$$A_1 = \pi {r_1}^2 = 3.14 \times (0.02)^2 = 1.25 \times 10^{-3} m^2$$

$$A_1 v_1 = \frac{V}{\Delta t} \rightarrow 1.25 \times 10^{-3} v_1 = 1.25 \times 10^{-3} \rightarrow v_1 = \frac{1.25 \times 10^{-3}}{1.25 \times 10^{-3}} = 1\,m/s$$

ب- سرعة تدفق الماء في الجزء الضيق من الأنبوب :

$$A_2 = \pi {r_2}^2 = 3.14 \times (0.01)^2 = 3.14 \times 10^{-4} m^2$$

$$A_2 v_2 = \frac{V}{\Delta t} \rightarrow 3.14 \times 10^{-4} v_2 = 1.25 \times 10^{-3} \rightarrow v_2 = \frac{1.25 \times 10^{-3}}{3.14 \times 10^{-4}} = 4\,m/s$$

ج- حجم الماء المتدفق من الجزء الضيق خلال 20s :

$$Av = \frac{V}{\Delta t} \rightarrow 1.25 \times 10^{-3} = \frac{V}{20} \rightarrow V = 1.25 \times 10^{-3} \times 20 = 2.5 \times 10^{-2} m^3$$

مثال (4)

- ينساب الماء في خرطوم لحديقة المنزل بسرعة ($3\ m/s$)، فإذا وصل طرفه بفوهة مساحة مقطعها العرضي ربع مساحة المقطع العرضي للخرطوم، فأحسب سرعة خروج الماء من فوهة الخرطوم.

$$A_2 = \frac{1}{4}A_1$$

$$A_1v_1 = A_2v_2 \rightarrow A_1 \times 3 = \frac{1}{4}A_1v_2 \rightarrow 3 = \frac{1}{4}v_2 \rightarrow v_2 = 3 \times 4 = 12\ m/s$$

* سرعة الماء ازدادت أربع أضعاف عندما قلت مساحة مقطع الخرطوم الى الربع (علاقة عكسية).

مثال (5)

- يدخل الماء خرطوم حديقة مساحة مقطعه $8 \times 10^{-4} m^2$ بسرعة $3\ m/s$ ، فإذا وصل نهاية الخرطوم الذي يخرج منه الماء بفوهة مساحة مقطعها $2 \times 10^{-4} m^2$ ، فأحسب:

أ. معدل التدفق الحجمي للماء أثناء خروجه من الفوهة.

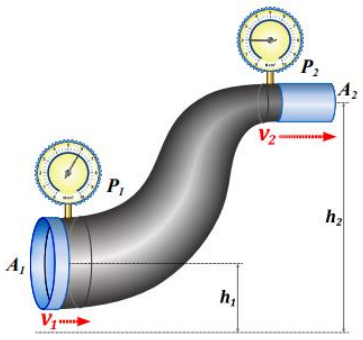
$$A_1v_1 = A_2v_2 \rightarrow A_2v_2 = 8 \times 10^{-4} \times 3 = 24 \times 10^{-4}\ m^3/s$$

ب. سرعة تدفق الماء أثناء خروجه من الفوهة.

$$A_1v_1 = A_2v_2 \rightarrow 24 \times 10^{-4} = 2 \times 10^{-4} \times v_2 \rightarrow v_2 = \frac{24 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-4}} = 12\ m/s$$

ثالثا | معادلة برنولي

معادلة برنولي	
1	العالم الفيزيائي السويسري دانيال برنولي (1700 - 1782) درس العلاقة بين ضغط المائع وسرعته وارتفاعه.
2	نفترض أن مائعا مثاليا يجري عبر أنبوب يتغير كل من مساحة مقطعه العرضي وارتفاعه عن سطح الأرض، فإن المعادلة التي تربط بين ضغط المائع وسرعته وارتفاعه اشتقها العالم برنولي، وهي تطبيق لمبدأ حفظ الطاقة على المائع المثالي .
3	تنص معادلة برنولي على : أنَّ مجموع الضغط والطاقة الميكانيكية (أي طاقة الوضع + طاقة الحركة) لوحدة الحجوم يساوي مقدارًا ثابتا.



معادلة برنولي رياضيا

يعبر رياضيا عن معادلة برنولي كالأتي :

$$P + \frac{1}{2}\rho_f v^2 + \rho_f g h = Constant$$

- الضغط + الطاقة الميكانيكية = ثابت.
- الضغط + الطاقة الحركية لوحدة الحجوم + طاقة الوضع لوحدة الحجوم = ثابت.

- عند مقارنة موقعين (1,2) على مجرى السائل نحصل على :

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho_f v_1^2 + \rho_f g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho_f v_2^2 + \rho_f g h_2$$

P_1 : ضغطُ المائعِ عندَ الموقعِ الأولِ.
P_2 : ضغطُ المائعِ عندَ الموقعِ الثاني.
ρ_f : كثافةُ المائعِ.
v_1 : سرعةُ المائعِ في الموقعِ الأولِ.
v_2 : سرعةُ المائعِ في الموقعِ الثاني.
h_1 : ارتفاعُ مركزِ الأنبوبِ في الموقعِ الأولِ عنْ مستوًى مرجعيٍّ (سطحُ الأرضِ مثلًا).
h_2 : ارتفاعُ مركزِ الأنبوبِ في الموقعِ الثاني عنِ المستوى المرجعيِّ نفسهِ في الموقعِ الأولِ.
g : تسارعُ السقوطِ الحرِّ.

اشتقاق قانون طاقة الوضع لوحدة الحجوم

* طاقة الوضع لوحدة الحجوم= طاقة الوضع / الحجم .

$$\frac{mgh}{V} = \rho_f g h \rightarrow \rho_f = \frac{m}{V}$$

اشتقاق قانون الطاقة الحركية لوحدة الحجوم

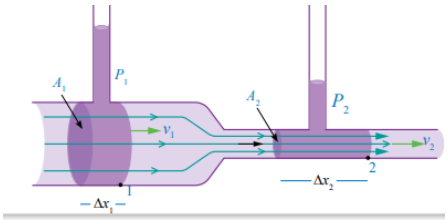
* الطاقة الحركية لوحدة الحجوم = طاقة الحركة / الحجم .

$$\frac{\frac{1}{2}\rho_f v^2}{V} = \frac{1}{2}\rho_f v^2 \rightarrow \rho_f = \frac{m}{V}$$

حالة خاصة

- هناك حالة خاصة لمعادلة برنولي ، عندما يكون أنبوب الجريان أفقيا ($h_1 = h_2$) ، فإن معادلة برنولي :

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho_f v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho_f v_2^2$$



- العلاقة بين نصف قطر الأنبوب وسرعة المائع علاقة عكسية فكلما زاد نصف قطر الأنبوب قلت سرعة المائع.
- العلاقة بين الضغط وسرعة المائع علاقة عكسية فكلما زادت سرعة المائع قل الضغط.

أفسر ارتفاع كرة التنس في الهواء عند تسليط تيار هوائي فوقها :

* عند تسليط تيار هوائي باتجاه أفقي فوق الكأس تزداد سرعة الهواء فيقل ضغطه معادلة برنولي، وبسبب فرق الضغط تندفع الكرة من منطقة الضغط العالي حسب إلى منطقة الضغط المنخفض فترتفع إلى أعلى.

* مهم : تنتقل الموائع من مناطق الضغط المرتفع الى مناطق الضغط المنخفض.

مثال (1)

- يجري الماء في خرطوم أفقي بسرعة ($3\ m/s$) فإذا كان ضغط الماء في الخرطوم ($1.4\times10^5 Pa$) وعند تقليل قطرِ الخرطوم هبط ضغط الماء ليصبح ($1.1\times10^5 Pa$) اذا علمت أن كثافة الماء (10^3)أحسب

أ - سرعة الماء عبر الجزء الضيق من الخرطوم :

$$P_1+\frac{1}{2}\rho_f v_1^2=P_2+\frac{1}{2}\rho_f v_2^2 \rightarrow 1.4\times10^5+\frac{1}{2}\times10^3\times(3)^2=1.1\times10^5+\frac{1}{2}\times10^3\times v_2^2$$

$$1.4\times10^5+4.5\times10^3=1.1\times10^5+0.5\times10^3\times v_2^2$$

$$1.4\times10^5+0.045\times10^5-1.1\times10^5=0.5\times10^3\times v_2^2$$

$$0.345\times10^5=0.5\times10^3\times v_2^2 \rightarrow\rightarrow v_2^2=\frac{0.345\times10^5}{0.5\times10^3}=0.69\times10^2=69$$

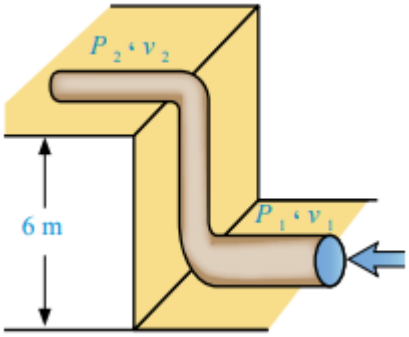
$$v_2=\sqrt{69}=8.3\ m/s$$

ب- نسبة مساحة مقطع الجزء الضيق إلى مساحة الجزء الواسع من الخرطوم.

$$A_1v_1=A_2v_2 \rightarrow \frac{A_2}{A_1}=\frac{v_1}{v_2}=\frac{3}{8.3}=0.36$$

مثال (2)

- يتم تشغيل نظام تدفئة مركزية لتسخين المياه في منزل مكون من طابقين باستخدام مضخة في الطابق الأرضي تضخ الماء بسرعة ($0.5\ m/s$) خلال أنبوب نصفُ قطره ($2cm$) تحت ضغط ($3\times10^5 Pa$) إلى الطابق الثاني الذي يرتفعُ مسافةَ ($6m$) عن المضخة، كما في الشكل ،ليتدفق الماء من أنبوب نصف قطره ($1.2cm$)أحسب :



أ- سرعة تدفق الماء في الأنبوب في الطابق الثاني :

$$A_1v_1 = A_2v_2 \rightarrow v_2 = \frac{A_1v_1}{A_2} = \frac{\pi r^2 v_1}{\pi r^2} = \frac{r^2v_1}{r^2}$$

$$v_2 = \frac{r^2v_1}{r^2} = \frac{(0.02)^2 \times 0.5}{(0.12)^2} = 1.39\ m/s$$

ب- ضغط الماء في الأنبوب في الطابق الثاني :

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho_f v_1^2 + \rho_f g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho_f v_2^2 + \rho_f g h_2$$

$$P_2 = P_1 + \frac{1}{2}\rho_f v_1^2 + \rho_f g h_1 - \frac{1}{2}\rho_f v_2^2 - \rho_f g h_2$$

$$P_2 = P_1 + \frac{1}{2}\rho_f (v_1^2 - v_2^2) + \rho_f g (h_1 - h_2)$$

$$P_2 = 3\times10^5 + \frac{1}{2}\times10^3 \times (0.5^2 - 1.39^2) + 10^3 \times 10 \times (0-6)$$

$$P_2 = 2.39\times10^5 Pa$$

مثال (3)

- أنبوب تزويد نصف قطره($4cm$) يرتفع عن سطح الأرض مسافةً رأسية مقدارها$3m$ ( ) ومعدل تدفق السائل فيه($2\times10^{-3}\ m^3/s$) يتصل بأنبوب على سطح الأرض نصف قطره ($1.5cm$) وضغط السائل فيه ($3\times10^5 Pa$) ، فإذا علمتُ أنَّ كثافة السائل ($2000\ kg/m^3$)، فأحسب :

أ- سرعة السائل المتدفق من الأنبوب السفلي.

$$A_2 = \pi r^2 = 3.14\ (1.5\times10^{-2})^2 = 7.1\times10^{-4} m^2$$

$$A_1v_1 = A_2v_2 \rightarrow 2\times10^{-3} = A_2v_2 \rightarrow v_2 = \frac{2\times10^{-3}}{A_2} = \frac{2\times10^{-3}}{7.1\times10^{-4}} = 2.8\ m/s$$

ب- ضغط السائل في أنبوب التزويد العلوي :

* اولا يجب ايجاد سرعة السائل في الأنبوب العلوي (v_1) .

$$A_2 = \pi r^2 = 3.14\,(4\times10^{-2})^2 = 2\times10^{-3}m^2$$

$$A_1v_1 = A_2v_2 \rightarrow A_1v_1 = 2\times10^{-3} \rightarrow v_1 = \frac{2\times10^{-3}}{A_1} = \frac{2\times10^{-3}}{2\times10^{-3}} = 1\,m/s$$

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho_f v_1^2 + \rho_f g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho_f v_2^2 + \rho_f g h_2$$

$$P_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho_f v_2^2 + \rho_f g h_2 - \frac{1}{2}\rho_f v_1^2 - \rho_f g h_1$$

$$P_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho_f (v_2^2 - v_1^2) + \rho_f g (h_2 - h_1)$$

$$P_1 = 3\times10^5 + \frac{1}{2}\times 2\times10^3(2.8^2 - 1^2) + 2\times10^3\times10\times(3-0)$$

$$P_1 = 2.47\times10^5 Pa$$

مثال (4)

- يراد تصميم منزل بحيث يتحمل رياح الأعاصير، فإذا علمت أن سرعة الرياح القصوى في تلك المنطقة $88\,m/s$ ومساحة سطح المنزل ($450m^2$) وكثافة الهواء ($1.029\,kg/m^3$) ، فما مقدار أقل قوة يجب أن يتحملها دعامات السقف؛ بحيث لا يتطاير السقف في الهواء عند هبوب الرياح ؟

* سرعة الرياح داخل المنزل تساوي صفر ($v_1 = 0$)، فإن ($\frac{1}{2}\rho_f v_1^2 = 0$) وعلى أساس أن ارتفاع أعلى السقف وأسفله تقريبًا متساويان ($h_1 = h_2$) فإن ($\rho_f g h_1 = \rho_f g h_2$) ، وعليه؛ تؤول معادلة برنولي إلى:

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho_f v_1^2 + \rho_f g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho_f v_2^2 + \rho_f g h_2$$

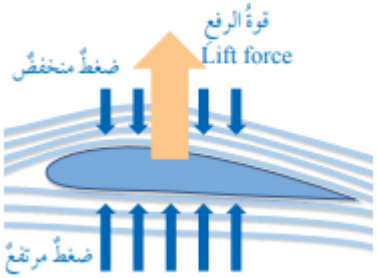
$$P_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho_f v_2^2 \rightarrow P_1 - P_2 = \Delta P = \frac{1}{2}\rho_f v_2^2 = \frac{1}{2}\times1.029\times0.88^2 = 3984Pa$$

$$P = \frac{F}{A} \rightarrow F = \Delta P \times A = 3984\times450 = 1.79\times10^6 N$$

رابعا تطبيقات على معادلة برنولي

أجنحة الطائرة

أجنحة الطائرة	
1	تم استخدام معادلة برنولي عند تصميم أجنحة الطائرات.
2	يتم تصميم شكل الجناح الانسيابي ليكون السطح العلوي له منحنيا (محدبًا) والسطح السفلي شبه مستوي.
3	عند تحرك الجناح عبر الهواء ينساب الهواء فوق الجناح بسرعة أكبر من انسيابه تحت الجناح وبالتالي يكون ضغط الهواء فوق الجناح أقل من ضغطه أسفل الجناح.
4	حسب معادلة برنولي تتولد قوة رفع نتيجة فرق الضغط بين أسفل الجناح وأعلاه وهي التي تدفع بأجنحة الطائرة نحو الأعلى.

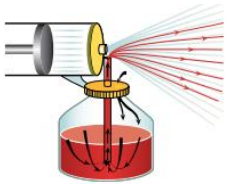


علام يدل تزاخم خطوط جريان الهواء فوق الجناح ؟

- يدل تزاحم خطوط الجريان على أن سرعة الهواء كبيرة، وهذه من خواص خطوط الجريان : كثافتها (عدد خطوط الجريان التي تمر عموديا بوحدة المساحة) تزداد بزيادة سرعة الهواء.

المرذاذ

1	يتكون المرذاذ من أنبوب أفقي واسع ينتهي بأنبوب ضيق يمر فوق أنبوب آخر رأسي الجزء السفلي منه مغمور في السائل والجزء العلوي يتصل معَ الأنبوب الأفقي الضيق.
2	يعتمد عمل المرذاذ على اندفاع الهواء من الأنبوب الواسع إلى الأنبوب الضيق فتزداد سرعته حسب معادلة الاستمرارية وينخفض ضغطه حسب معادلة برنولي.
3	ضغط الهواء عند فوهة الأنبوب الرأسي أقل من ضغط الهواء داخل الوعاء الزجاجي مما يؤدي لاندفاع السائل إلى الأعلى ليختلط مع الهواء المندفع من الأنبوب الأفقي ويشتت على شكل رذاذ ناعم من القطرات.
4	من الأمثلة على الأجهزة والأدوات التي تعمل بنفس طريقة المرذاذ : زجاجات العطور ومرشات الطلاء ومرشات المنظفات وفي مازج السيارة (الكاربوريتر).

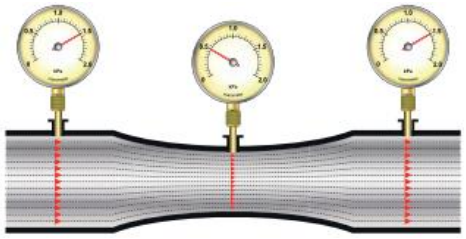


مافائدة الفتحة أعلى القارورة :

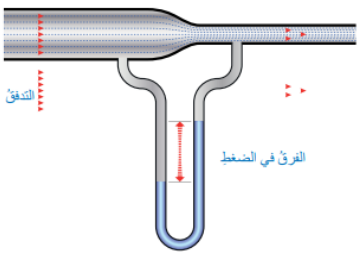
- الفائدة من الفتحة في أعلى القارورة دخول الهواء الجوي إلى داخل القارورة؛ بحيث يبقى الضغط فوق السائل في القارورة مساويًا للضغط الجوي، فيتولد فرق في ضغط الهواء بين أعلى الماصة الرأسية وأعلى السائل داخل القارورة يؤدي إلى اندفاع السائل إلى أعلى عبر الماصة.

مقياس فنتوري

مقياس فنتوري	
1	هو جهاز يستخدم لقياس سرعة ومعدل تدفق الموائع في الأنابيب بتطبيق معادلة برنولي.
2	عبارة عن أنبوب مفتوح الطرفين وضيف في وسطه وعند مرور المائع في وسطه تزداد سرعته ويقل ضغطه.
3	يتم قياس سرعة ومعدل تدفق المائع عن طريق قياس الفرق بين ضغط المائع في الأنبوب وضغط المائع في وسط الأنبوب.



الشكل لمقياس فنتوري يستخدم فيه جهاز قياس الضغط مباشرة؛ وبالتالي يمكن معرفة فرق الضغط من خلال طرح مقدار الضغط في الأنبوب الضيق (الأوسط) من مقدار الضغط في الأنبوب الواسع.



الشكل لمقياس فنتوري يُستخدم فيه فرق ارتفاع المائع في الأنبوب الرفيع المنحني؛ لمعرفة فرق الضغط بين أنبوبي فنتوري باستخدام المعادلة :

$$\Delta P = \rho_f g \Delta h$$

مراجعة الدرس

1- أوضح المقصود بكل مما يأتي:

- المائع المثالي : المائع الذي يتصف بالخصائص الأربع (جريانه منتظم، غير قابل للانضغاط، غير لزج، غير دوامي).
- قوة الرفع : القوة المتولدة نتيجة فرق الضغط بين أسفل الجناح وأعلاه، والتي تدفع بأجنحة الطائرة نحو الأعلى.
- معادلة الاستمرارية : حاصل ضرب مساحة المقطعالعرضي لأنبوب جريان المائع في سرعة المائع عند ذلك لمقطع يساوي مقدارا ثابتا.
- خط الجريان : خط يمثل مسار جزيئات المائع عند جريانها.

2- تتطايرُ الأسقف المعدنية للمنازل الجاهزة عند هبوب رياح قوية، كما هو مبين في الشكل.

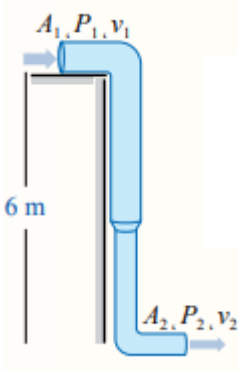
أ - ما التفسير العلمي لما يحدث ؟

ب- ما النصيحة التي تقدمها لأصحاب تلك المنازل لحل تلك المشكلة ؟

أ- عند هبوب رياح بسرعة كبيرة فوق سطح المنزل يقل ضغطها ليصبح أقل من الضغط أسفل السطح (داخل المنزل) وبسبب فرق الضغط تتولد قوة رفع تدفع بالسقف لأعلى.

ب- فتح نوافذ المنزل بحيث تندفع الرياح أسفل وأعلى سطح المنزل، فيقل فرق الضغط بينهما لتتولد قوة رفع قليلة جدا مقارنة بتلك في حالة إغلاق النوافذ.

3- يتدفق الماء منَ ارتفاع $6m$ عن سطح الأرض – باستخدامِ مضخة - عبر أنبوب متغير مساحة المقطع كما في الشكل، فإذا علمتُ أنَّ مساحةً مقطع الطرف العلوي للأنبوب $0.2m^2$ ، وضغط الماء 1.5×10^5Pa ومساحة مقطع الطرف السفلي للأنبوب $0.05m^2$ ، وسرعة الماء فيه $4\,m/s$ فأجدُ:



أ - سرعة الماء في الطرف العلوي للأنبوب.

ب- ضغط الماء في الطرف السفلي للأنبوب.

ج- حجم الماء المتدفق من الطرف السفلي للأنبوب خلال دقيقتين.

أ-

$$A_1v_1 = A_2v_2 \rightarrow 0.2v_1 = 0.05\times4 \rightarrow v_1 = \frac{0.05\times4}{0.2} = 1\,m/s$$

ب-

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho_f v_1^2 + \rho_f g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho_f v_2^2 + \rho_f g h_2$$

$$P_2 = P_1 + \frac{1}{2}\rho_f v_1^2 + \rho_f g h_1 - \frac{1}{2}\rho_f v_2^2 - \rho_f g h_2$$

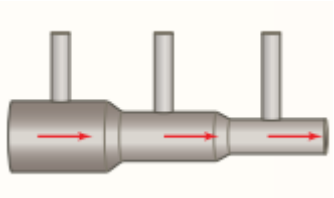
$$P_2 = P_1 + \frac{1}{2}\rho_f (v_1^2 - v_2^2) + \rho_f g (h_1 - h_2)$$

$$P_2 = 1.5 \times 10^5 + \frac{1}{2} \times 10^3 \times (1^2 - 4^2) + 10^3 \times 10 \times (0 - 6) = 8.3 \times 10^4 Pa$$

ج-

$$\frac{V}{\Delta t} = A_2 v_2 \rightarrow V = A_2 v_2 \Delta t = 0.05 \times 4 \times 2 \times 60 = 24 m^3$$

4- يمثل الشكل أنبوب جريان مساحة مقطعه غيرُ منتظمة. عند جريان المائع في الأنبوب أجيب عما يأتي:



أ . أوضح كيف تتغير سرعة المائع في الأنبوب.

ب. أقارن بين ارتفاع المائع في كل أنبوب من الأنابيب العمودية الثلاثة.

أ- حسب معادلة الاستمرارية : تزداد سرعة المائع في الأنبوب كلما قلت مساحة مقطعه؛ لذا تكون سرعة المائع أقل في المقطع الأيسر من الأنبوب لأن مساحة مقطعه هي الأكبر،
ثم تزداد في المقطع الذي يليه لتصبح سرعته الأكبر في المقطع الأيمن حيث مساحة المقطع هي الأقل.

ب- حسب معادلة برنولي : يقل ضغط المائع في الأنبوب الأفقي كلما زادت سرعة جريانه؛ فإن ضغط المائع في الأنبوب الأيسر يكون الأكبر، ومن ثم ارتفاع المائع في الأنبوب العمودي المتصل به يكون الأعلى، ويقل الارتفاع في الأنبوب الأوسط ليصبح أقل ارتفاعا في الأنبوب الأيمن.

5- يتفرع الشريان الأبهر البطني إلى فرعَيْنِ رئيسيْنِ يُسمّى كل منهما الشريان الحرقفي كما في الشكل، إذا علمتُ أنَّ قطر الشريان الأبهر $2cm$ وسرعة جريان الدم عبره $0.2\ m/s$ وقطر كل من الشريانين الحرقفيين $1cm$ باعتبارهما متماثلين. فأحسبُ:

أ . معدل التدفق الحجمي للدم في كلٍّ منَ الشرايين الثلاثةِ.

ب. سرعة تدفق الدم في الشريان الحرقفي.

$$A_1 = \pi r_1^2 = 3.14 \times (2 \times 10^{-2})^2 = 12.6 \times 10^{-4} m^2$$
$$A_2 = \pi r_2^2 = 3.14 \times (1 \times 10^{-2})^2 = 3.14 \times 10^{-4} m^2$$
$$A_1 v_1 = 12.6 \times 10^{-4} \times 0.2 = 25.2 \times 10^{-5}\ m^3/s$$

$$A_1v_1 = 2(A_2v_2) \rightarrow A_2v_2 = \frac{A_1v_1}{2} \rightarrow A_2v_2 = \frac{25.2 \times 10^{-5}}{2} = 12.6 \times 10^{-5}\, m^3/s$$
$$A_2v_2 = A_3v_3 = 12.6 \times 10^{-5}\, m^3/s$$

ب-

$$A_1v_1 = A_2v_2 \rightarrow v_2 = \frac{A_1v_1}{A_2} = \frac{12.6 \times 10^{-4}}{3.14 \times 10^{-4}} = 0.4\, m/s$$

مراجعة الوحدة

1- ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي :

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ج	ب	ج	ج	أ	ب	أ	د	د

2- أقارن بين قوة الطفو والوزن الحقيقي في كلَّ منَ التطبيقات والحالات الآتية:
أ. القارب وهو طاف على سطح البحر.
ب الغواصة أثناء هبوطها تحت الماء.
جـ. المنطاد أثناء صعوده للأعلى في الهواء.

أ- القارب وهو طافٍ على سطح البحر: قوة الطفو تساوي الوزن الحقيقي.
ب- الغواصة أثناء نزولها في الماء: قوة الطفو أقل من الوزن الحقيقي.
ج- المنطاد أثناء صعوده إلى الأعلى في الهواء قوة الطفو أكبر من الوزن الحقيقي.

3- أحلل : الزمن اللازم لملء كأس ماءٍ من خرطوم مياه $30s$ ، وعند الضغط على فوهة الخرطوم تضاعفت سرعة تدفق الماءِ من الخرطوم. كَمْ من الوقت يلزم لملء الكأس نفسها؟

- حسب معادلة الاستمرارية ؛ فإن معدل التدفق الحجمي للماء من الخرطوم يساوي مقدارًا ثابتا أي:

$$\frac{V}{\Delta t} = Av = \text{ثابت}$$

فعند الضغط على فوهة الخرطوم قلت مساحة مقطعه A إلى النصف فتتضاعفت سرعة تدفق الماء v ليبقى حاصل ضربهما ثابتًا، وبما أن حجم الماء المتدفق بقي ثابتا؛ فإن الزمن اللازم لملء الكأس يبقى ثابتاً ($30s$).

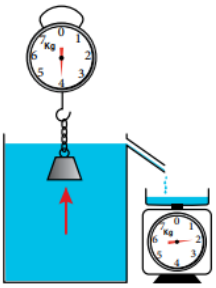
4- وُضعت كرة قدم متوسط كثافتها $15\ kg/m^3$ على سطح سائل فاتزن عند انغمار ربع حجمها في السائل، أحسب كثافة السائل :

$$V_f = \frac{1}{4}V_o$$

$$F_B = F_g \rightarrow \rho_f V_f g = \rho_o V_o g \rightarrow \rho_f \frac{1}{4}V_o g = \rho_o V_o g \rightarrow \rho_f \frac{1}{4} = \rho_o \rightarrow \rho_f = 4\rho_o$$

$$\rho_f = 4 \times 15 = 60\ kg/m^3$$

5- اعتمادًا على البيانات المبينة في الشكل وباعتبار كثافة الماء ($10^3\ kg/m^3$) أجيب عما يأتي:



أ- جد وزن السائل المزاح :

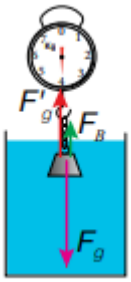
$$F_{gf} = m_f g = 2 \times 10 = 20N$$

ب- احسب قوة الطفو :

$$F_B = F_{gf} = 20N$$

ج- احسب وزن الجسم الحقيقي :

$$F_B = F_g - F'_g \rightarrow F_g = F_B + m'g = 20 + (4 \times 10) = 60N$$



د- ارسم مخطط الجسم الحر للجسم المعلق :

6- أفسر ما يأتي:

أ . قوة الطفو لجسم مغمور كليًّا في سائل لا تتغير بتغير عمقِ الجسم تحتَ سطح السائل.

ب. عند وضع بالونين متماثلين حجمًا في الهواء؛ أحدهما مملوء بغاز الهيليوم والآخرُ بغاز الهيدروجين؛ فإنَّ قوة الطفو في كل منهما متساوية.

أ- لأن قوة الطفو تعتمد على فرق الضغط ($\Delta P = \rho_f g \Delta h$) الذي يعتمد على الفرق في ارتفاع السائل Δh وليس على الارتفاع نفسه.

ب- قوة الطفو تعتمد على حجم الهواء المزاح (حجم البالون) وتسارع السقوط الحر وكثافة الهواء المزاح المحيط بالبالون، وليس على كثافة الغاز داخل البالون، وبما أن حجم كل من البالونين متساو فإن حجم الهواء المزاح يكون متساو أيضًا وبالتالي فإن قوة الطفو تكون متساوية حسب قاعدة أرخميدس $F_B = \rho_f V_f g$

7- يمثل الشكل المجاور خطوط جريان الهواء حول جناح الطائرة، اعتمادا عليه أجيب عما يأتي:

أ- في أية منطقة حول الجناح تتقارب خطوط الجريان؟

- تتقارب خطوط الجريان فوق المنطقة المحدبة من الجناح.

ب- ما العلاقة بين تقارب خطوطِ الجريانِ، وكلٌّ من سرعة الهواء وضغطه؟

- كلما ازدادت سرعة الهواء تتقارب خطوط الجريان ويقل ضغطه.

ج- ما اسم المعادلة التي تفسر قوة الرفع في أجنحة الطائرة؟

- معادلة برنولي.

د- ما سبب تولد قوة الرفع في جناح الطائرة؟

- بسبب فرق الضغط بين أعلى الجناح وأسفله.

ه- كيف يمكن زيادة قوة الرفع؟

- عن طريق زيادة سرعة الطائرة ، ثم زيادة سرعةجريان الهواء فوق الأجنحة، وكذلك بتصميم شكل جناح الطائرة (انحنائه) ومساحته.

8- متزلج كتلته $50kg$ يريدُ أن يستخدم لوحًا خشبيًّا كثافته $600\,kg/m^3$ وسماكته $10cm$ كما في الشكل، إذا علمت أن كثافة ماء البحر $1024\,kg/m^3$ فأجدُ أقل مساحة للوح الخشب تُمكِّن المتزلج من استخدامه دونَ أنْ يغرق :

$$m = m_{\text{متزلج}} + m_{\text{اللوح}} = 50 + \rho_o V_o$$

$$F_B = F_g \rightarrow \rho_f V_f g = (50 + \rho_o V_o)g \ , V_f = V_o$$

$$\rho_f V_o = 50 + \rho_o V_o \rightarrow \rho_f V_o - \rho_o V_o = 50$$

$$V_o = \frac{50}{\rho_f - \rho_o} = \frac{50}{1024 - 600} = 0.12m^3$$

$$V_o = Ah \rightarrow A = \frac{V_o}{h} = \frac{0.12}{0.1} = 1.2m^2$$

9- نبوب نفط أفقي سرعة جريان السائل فيه $20\,m/s$ يضيقُ ليصبح قطرة نصف قطر الأنبوب الرئيس، ويقل ضغط السائل فيه ليصبح $2 \times 10^5 Pa$ باعتبار كثافة السائل $800\,kg/m^3$ أجد:

أ- سرعة جريان النفط في الأنبوب الواسع :

$$A_2 = \pi r_2^2 = \pi(0.5r_1)^2 = 0.25\pi r_1^2 = 0.25A_1 \rightarrow A_2 = 0.25A_1$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \rightarrow A_1 \times 20 = 0.25A_1 \times v_2 \rightarrow v_2 = \frac{20}{0.25} = 80\,m/s$$

ب- ضغط النفط في الأنبوب الرئيس :

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho_f v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho_f v_2^2$$

$$P_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho_f v_2^2 - \frac{1}{2}\rho_f v_1^2 = 2 \times 10^5 + \frac{1}{2} \times 800 \times 80^2 - \frac{1}{2} \times 800 \times 20^2$$

$$P_1 = 2.6 \times 10^6 Pa$$