

الوحدرة الخامسة من مادة فيزياء الصف العاشر

الموائع السكونية والمتحركة



غاز



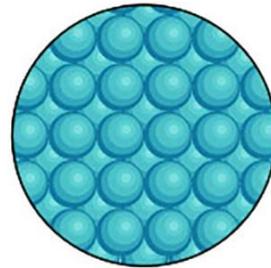
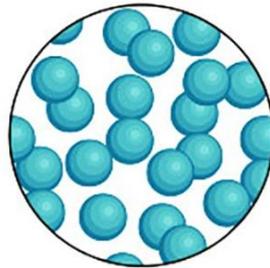
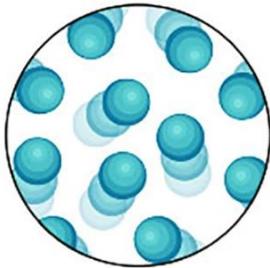
سائل



صلب

ساخن

بارد



■ ما تحتاجه قبل البداية:

- ☑ أساس رياضي جيد للعمليات الحسابية على الأعداد الصحيحة والعشرية.
- ☑ أساس رياضي جيد للعمليات الحسابية على الأسس والجذور.
- ☑ معرفة ممتازة في إجراء القسمة الطويلة للأعداد الصحيحة والعشرية.
- ☑ معرفة ممتازة في مهارات التعويض والترتيب وإيجاد الكمية المجهولة.
- ☑ واسطة ممتازة مع الأستاذ.



الأستاذ معاذ أمجد أبو يحيى



0795360003

بإمكانكم متابعة شرح التأسيس من خلال
قناة مدرسة الفيزياء على اليوتيوب

You
Tube

بإمكانكم متابعة كل جديد معنا من خلال
قناة الأستاذ معاذ أبو يحيى على التيلجرام



بإمكانكم متابعة منصة أساس التعليمية
ليصلكم كل جديد بمختلف المواد الدراسية

أساس
منصة أساس التعليمية

الوحدة الخامسة: الموائع

الدرس الأول: الموائع السكونية

سؤال ؟ ما هي حالات المادة الرئيسية؟

الحالة الصلبة والحالة السائلة والحالة الغازية و(البلازما).

سؤال ؟ ما الذي يميز الحالة السائلة والغازية عن الحالة الصلبة؟

في الحالة السائلة والغازية تتميز المادة بخاصية الجريان (الانسياب) وخاصية تغيير شكلها إذا أثرت عليها قوى خارجية **لأن قوى التماسك بين جزيئاتها ضعيفة.**

سؤال ؟ وضح ما هو المقصود بالموائع؟

المواد التي تتصف بخاصيتي القدرة على الجريان وتغيير الشكل. أي (السوائل والغازات).
أو كل مادة تتصف بخاصية الجريان أو الانتشار.

☆ **تقسم الموائع من حيث حالتها الحركية:**

- Ⓒ الموائع السكونية (السائل أو الغاز يكون في حالة استقرار وثبات لا يتحرك).
- Ⓒ الموائع المتحركة.

☆ **الكثافة:** كتلة المادة لكل وحدة حجم أو نسبة الكتلة إلى الحجم.

Ⓒ وحدة قياس الكثافة مشتقة من القانون وهي (kg/m^3) .

Ⓒ تعطى كثافة الجسم بالقانون الآتي:

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

Ⓒ تعطى كثافة المائع بالقانون الآتي:

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

Ⓒ تعطى كثافة المائع بالقانون الآتي:

Ⓒ كتلة المائع: m_f , حجم المائع: V_f , كثافة المائع: ρ_f

ملاحظات مهمة



■ هنالك حالة رابعة للمادة وهي البلازما وهي ليست موجودة في الحالة الطبيعية للمادة ولكنها تنتج بفعل الضغط والحرارة الشديدين كما في الشمس والنجوم.

- ☆ **الضغط:** القوة العمودية المؤثرة (F) لكل وحدة مساحة (A).
 ● يعطى ضغط القوة المؤثرة على مساحة معينة بالعلاقة:

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

مساحة السطح : A , مقدار القوة : F

- وحدة قياس الضغط المعتمدة في النظام الدولي هي (الباسكال) (Pa).
 ● الضغط يزداد بزيادة القوة المؤثرة في مساحة ما وينقص بنقصانها.
 ● زيادة المساحة المتأثرة بقوة معينة يؤدي ذلك إلى نقصان الضغط وعند نقصان المساحة يؤدي إلى زيادة الضغط الناتج عن تلك القوة.

سؤال ? شخص وزنه (750 N) ينتعل زوجين من الأحذية، مساحة سطح الحذاء الواحد (0.03 m²). أحسب الضغط المؤثر على الأرض في الحالتين الآتيتين:
 أ - عندما يقف الشخص على قدميه الأثنتين.

مساحة القدمين عند الوقوف عليهما $A = 0.03 \times 2 = 0.06 \text{ m}^2$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{750}{0.06} = 12500 \text{ Pa}$$

ب - عندما يقف على قدميه ويحمل صندوقاً وزنه (60 N).

القوة الكلية التي يؤثر بها على المساحة $F = 750 + 60 = 810 \text{ N}$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{810}{0.06} = 13500 \text{ Pa}$$

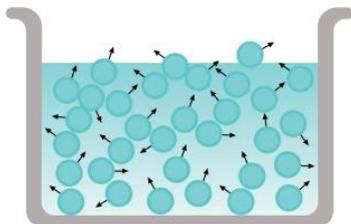
ج - عندما يقف الشخص على قدم واحدة.

$$P = \frac{F}{A} = \frac{750}{0.03} = 25000 \text{ Pa}$$

- يعطى ضغط المائع بالعلاقة:

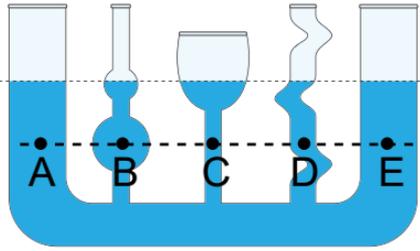
$$P = \rho_f g h$$

تسارع الجاذبية : g , كثافة المائع: ρ_f , ارتفاع عمود المائع فوق تلك النقطة : h



- المائع يؤثر بضغط في جميع الاتجاهات على النقاط أو الأجسام داخله ويؤثر في جدران الوعاء الذي يحتويه وقاعدته.
 ● تتحرك جسيمات المائع حركة مستمرة عشوائياً في الاتجاهات كلها فتصطدم بالسطوح الصلبة الملاصقة لها والتي تحتويها وتؤثر فيها بقوى عمودية عليها مما يولد ضغط يؤثر بالوعاء وفي أي جسم مغمور فيه.

ملاحظات مهمة



- المائع المتجانس تكون كثافته ثابتة عند أي نقطة داخله.
- ضغط المائع المتجانس يعتمد على كل من عمق النقطة داخل المائع وكثافة المائع وتسارع السقوط الحر.
- جميع النقاط التي تقع على العمق نفسه تحت سطح المائع يكون لها نفس قيمة الضغط وفي جميع الاتجاهات.
- ضغط المائع لا يعتمد على شكل الوعاء.
- وحدة الباسكال (Pa) يكافئها الوحدة (N/m²).
- يوضح الشكل العلاقة بين الضغط والعمق حيث يقل الضغط كلما زاد عمق الجسم المغمور داخل المائع.



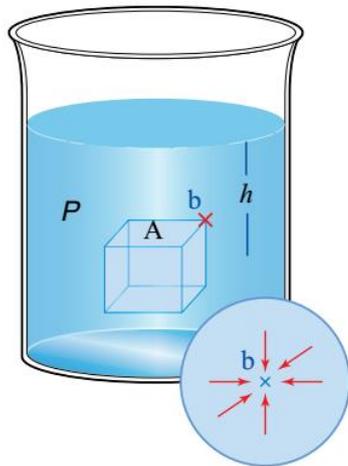
سؤال ؟

بعد الاطلاع على الصورة الآتية أجب عن الأسئلة التالية:



- أ - ما هي القوى العمودية المؤثرة في السفينة؟
وزن السفينة (نحو الأسفل) وقوة دفع الماء (نحو الأعلى) أي (قوة الطفو)
- ب - هل السفن والبواخر الطافية على سطح الماء في حالة اتزان؟
نعم تكون محصلة القوى المؤثرة فيها تساوي صفراً.

الضغط داخل المائع



- Ⓒ ضغط المائع المؤثر إلى الأسفل على أي نقطة تقع على السطح العلوي للمكعب (A) هو نفسه ضغط المائع المؤثر عند النقطة (b).
- Ⓒ المائع يؤثر بقوة عمودية على سطح الجسم من جميع الجهات..
- Ⓒ بغض النظر عن شكل الجسم المغمور في المائع الساكن سواء كان منتظماً أو غير منتظم فإن القوى التي يؤثر بها المائع تكون باتجاه عمودي على أوجه ذلك الجسم.
- Ⓒ تأكد أن هنالك فرقاً بين عمق السائل وعمق النقطة تحت سطح السائل.

تدريسه

جد ضغط الماء المؤثر في سمكة على عمق (20 m) تحت سطح البحر علماً بأن كثافة ماء البحر (1024 kgm^{-3}) وتسارع الجاذبية (10 m/s^2).

$$\text{Kg/m}^3 = \text{kgm}^{-3}$$

$$P = \rho_f g h = 1024 \times 10 \times 20 = 2.048 \times 10^5 \text{ Pa}$$

✓ **أنحَقُّ:** هل يتغير ضغط سائل معين عند نقطة ما فيه بتغير ارتفاع موقع السائل عن سطح الأرض؟ وضح إجابتك..

نعم يتغير والسبب هو تغير تسارع السقوط الحر المؤثر في السائل مع ارتفاعه عن سطح الأرض مما يؤثر على الضغط المؤثر عليه.

أفكر: ضغط المائع المؤثر في السطح الأفقي للمكعب لا يعتمد على مساحته. فسر ذلك.

لأن جميع النقاط على سطح المكعب الأفقي تقع على العمق نفسه من سطح الماء (h) وبالتالي فإن ضغط الماء عند تلك النقاط يكون متساوياً حسب العلاقة ($P = \rho_f g h$) ما لم تتأثر كثافة المائع أو ارتفاع النقطة أو تسارع الجاذبية.

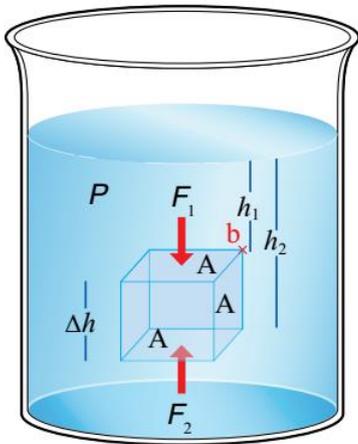
قوة الطفو

سؤال ؟ وضح ما هو المقصود بقوة الطفو؟

محصلة القوى التي يؤثر بها المائع في الجسم المغمور فيه كلياً أو جزئياً رأسياً إلى أعلى.

- ✪ وزن الأجسام المغمورة في المائع يبدو أقل من وزنها في الهواء.
- ✪ يؤثر في الجسم الموجود داخل الماء قوة جذب الأرض له (الوزن) نحو الأسفل وقوة دفع الماء للجسم نحو الأعلى (قوة الطفو).

✪ لاحظ معي في الشكل الآتي :



☑ السطح العلوي للمكعب يقع على عمق (h_1).

☑ السطح السفلي للمكعب يقع على عمق (h_2).

✪ ضغط المائع لا يؤثر فقط في السطح العلوي للمكعب وإنما يؤثر أيضاً في جميع جوانب المكعب بما فيها السطح السفلي للمكعب.

⊖ الضغط في السطح العلوي: $P_1 = \rho_f g h_1$

⊖ الضغط في السطح السفلي: $P_2 = \rho_f g h_2$

☞ فرق الضغط بين سطحي المكعب السفلي والعلوي:

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

☞ الضغط المؤثر في المائع :

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

☞ القوة المؤثرة عموديا في السطح العلوي للمكعب:

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

☞ القوة المؤثرة عموديا في السطح السفلي للمكعب:

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

☞ محصلة القوى التي يؤثر بها المائع (قوة دفع المائع) (F_B):

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

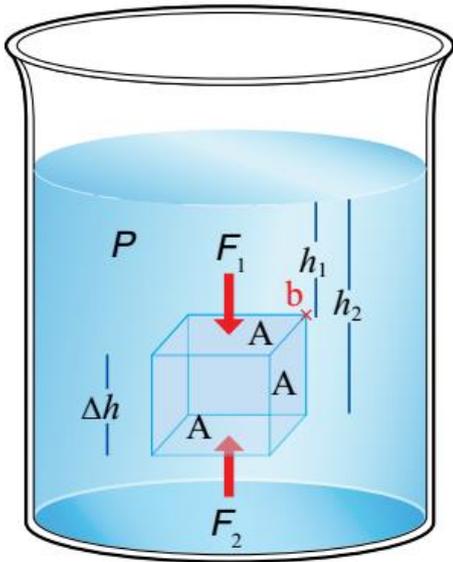
☞ حجم المكعب (V):

$$V = A \Delta h$$

حجم المكعب = الطول × العرض × الارتفاع

☞ قوة دفع المائع للجسم المغمور رأسيا نحو الأعلى (قوة الطفو) (F_B):

$$F_B = \rho_f g V$$



ملاحظات مهمة



- نلاحظ أن قوة الطفو تم اشتقاق قانونها نظريا باستخدام قوانين نيوتن.
- تنشأ قوة الضغط بسبب فرق الضغط بين أعلى الجسم المغمور في المائع وأسفله بغض النظر عن عمق المائع أو شكل الجسم.

✓ **أتحقق: ما هي العوامل التي تعتمد عليها قوة الطفو؟**

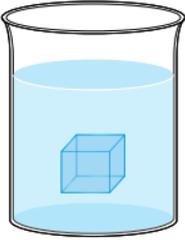
- 1 كثافة المائع المزاح (ρ_f) (طردي). 2 تسارع السقوط الحر (g) (طردي).
- 3 حجم الجسم المغمور (حجم المائع المزاح) (V_f) (طردي).

سؤال إضافي غواص تحت سطح البحر يؤثر في جسمه ضغط مقداره $(5 \times 10^5 \text{ Pa})$ ،
أحسب عمق الغواص عن سطح البحر إذا علمت بأن كثافة ماء البحر (1024 kg.m^{-3})
وتسارع السقوط الحر (10 m/s^2) .

$$P = \rho_f g h \rightarrow 5 \times 10^5 = 1024 \times 10 \times h \rightarrow h = 48.8 \text{ m}$$

أفكر!

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



لأن القوى التي يؤثر بها السائل في أحد جوانب المكعب العمودية يساوي في المقدار، ويعاكس في الاتجاه القوى التي يؤثر بها السائل في الجانب العمودي المقابل لذلك الجانب أي أن محصلتهما تساوي صفراً.

قاعدة أرخميدس

☆ قصة العالم أرخميدس :

في أحد الأيام أعطى الملك هيرون تاجاً مصنوعاً من الذهب للعالم أرخميدس، وطلب منه أن يفحصه دون أن يتلفه، حيث كان الملك يشك في أن التاج ممزوج بالفضة لاحظ أرخميدس أنه عند وضع جسم في حوض من الماء فأن الماء يرتفع وهذا يعني أن الجسم يحل محل جزء من الماء في الحوض فأدرك وقتها أن حجم الماء المزاح من الحوض لازم يكون مساوي لحجم الجزء المغمور من الجسم في الحوض.



كانت تلك مشكلة جديدة تواجه أرخميدس، لكنه اكتشف الحل بطريقة غريبة جداً؛ فعندما دخل حوض الاستحمام اكتشف أن مستوى الماء في الحوض ارتفع وأن جسمه أزاح كمية من الماء، فقفز من الحوض و خرج يركض في الشارع و يصرخ: «يوريكا يوريكا» أي وجدتها وجدتها. فقد ملأ وعاء بالماء وغمر التاج فيه، و قاس كتلة الماء الذي أزاحه التاج، ثم ملأ الوعاء بالماء مرة أخرى، وغمر فيه كتلة مساوية له من الذهب الخالص، وجمع الماء و قاس كتلته؛ فوجد أن كتلتي الماء الذي أزيح في كلتا الحالتين مختلفتان، واكتشف من تنفيذ هذه التجربة إلى أن التاج الذهبي غير نقي.

وعرفت فيما بعد النتيجة التي توصل إليها بقاعدة أرخميدس واستناداً لذلك توصل أرخميدس إلى طريقة لمعرفة الكثافة النسبية للمواد.

سؤال ؟ ما هو نص قاعدة أرخميدس؟

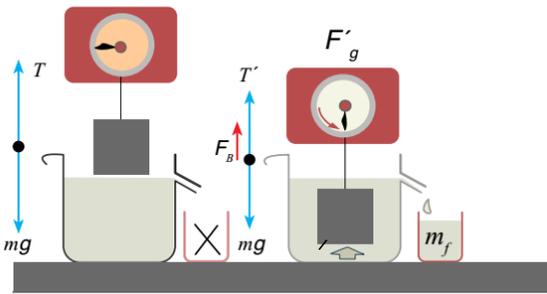
"قوة الطفو المؤثرة في الجسم المغمور كلياً أو جزئياً في مائع تساوي وزن المائع المزاح".
أو "الجسم المغمور كلياً أو جزئياً في مائع يخسر من وزنه بمقدار وزن المائع المزاح".

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

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

الوزن الظاهري للجسم: F'_g ، وزن الجسم الحقيقي: F_g ، وزن المائع المزاح: F_{gf}
تسارع الجاذبية: g ، كثافة المائع: ρ_o ، كتلة الجسم: m_o ، حجم الجسم: V_o
كثافة المائع: ρ_f ، كتلة الماء المزاح: m_f ، حجم الماء المزاح: V_f

توضيح بسيط لمفهوم (المائع المزاح وقاعدة أرخميدس)



☑ 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 ($F_g = F_T$).

☑ بعد غمر الجسم بالماء تُعطي 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}).

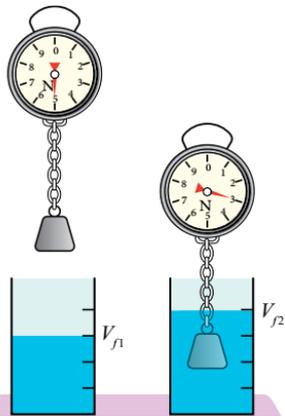
☑ يتعرض الجسم المغمور في الماء لقوة طفو نحو الأعلى (F_B) وتكون مساوية للفرق بين وزن الجسم الحقيقي والظاهري.

☑ يكون الوزن الظاهري للجسم مساوي لقوة الشد في الحبل بعد غمر الجسم في المائع ($F'_g = F_T$).

☑ تُطبق قاعدة أرخميدس على جميع الأجسام المغمورة بغض النظر عن شكل الجسم ونوع المائع.

☑ نلاحظ من الشكل الفرق بين قراءة الميزان عند يكون الجسم في الهواء والتي تعطي وزنه الحقيقي وقراءة الميزان عندما يكون الجسم مغموراً في الماء بشكل كلي والتي تعطي وزنه الظاهري.

☑ في حالة غمر الجسم بشكل كلي يكون حجم المائع المزاح مساوي لحجم الجسم المغمور أي ($V_o = V_f$).



علاقات هامة في الوحدة الخامسة (الموائع)

★ لتحويل المسافة أو الطول أو الارتفاع من (cm) إلى (m) أضرب بـ (10^{-2}) .

★ لتحويل المساحة من (cm^2) إلى (m^2) أضرب بـ $((10^{-2})^2)$ وباختصار بسيط أضرب بـ (10^{-4}) .

★ لتحويل الحجم من (cm^3) إلى (m^3) أضرب بـ $((10^{-2})^3)$ وباختصار بسيط أضرب بـ (10^{-6}) .

★ لتحويل الكتلة من (gram) إلى (kg) أضرب بـ (10^{-3}) .

★ لتحويل الكثافة من (g/cm^3) إلى (kg/m^3) أضرب بـ (10^3) .

$$\text{الاثبات} \Rightarrow 1 \text{ g/cm}^3 = 1 \times \frac{10^{-3} \text{ kg}}{10^{-6} \text{ m}^3} = 1 \times \frac{10^+3 \text{ kg}}{1 \text{ m}^3} = 1 \times 10^+3 \text{ kg/m}^3$$

سؤال ؟ غواصة أسطوانية الشكل حجمها (250 m^3) تقريبا. تحمل السياح إلى أعماق

تصل (30) متراً لمشاهدة الشعاب المرجانية في سواحل المكسيك. باعتبار كثافة مياه

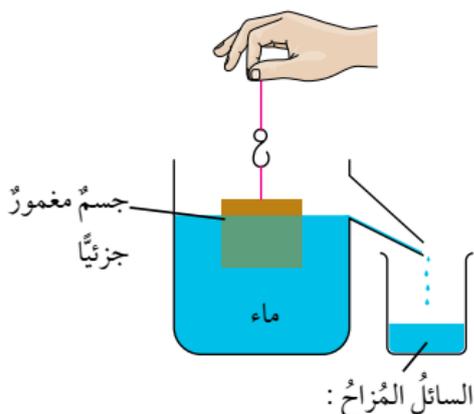
البحر (1024 kg.m^{-3}) احسب:

أ - ضغط الماء عند هذا العمق.

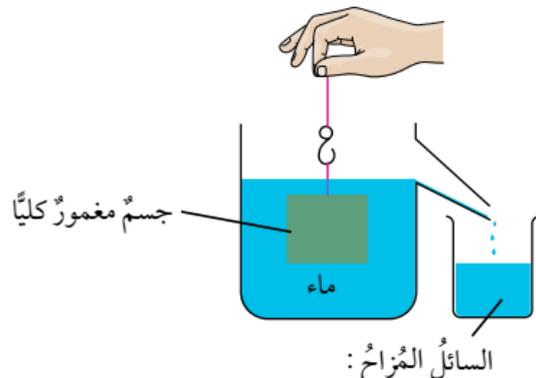
$$P = \rho_f g h = 1024 \times 10 \times 30 = 3.07 \times 10^5 \text{ Pa}$$

ب - قوة الطفو.

$$V_f = V_o \rightarrow F_B = \rho_f V_f g = 1024 \times 250 \times 10 = 2.56 \times 10^6 \text{ N}$$



- حجمه يساوي حجم الجزء المغمور من الجسم
- وزنه يساوي قوة الطفو



- حجمه يساوي حجم الجسم
- وزنه يساوي قوة الطفو

سؤال إضافي **NEED** مكعب حجمه $(25 \times 10^7 \text{ cm}^3)$ علق في ميزان نابضي فكانت قراءة

الميزان (20 N) وعندما غُمر في سائل كانت قراءة الميزان (12 N) جد ما يلي:

أ - قوة الطفو على المكعب.

$$F_B = F_g - F'_g \rightarrow F_B = 20 - 12 = 8 \text{ N}$$

ب - كثافة السائل.

$$F_B = \rho_f V_f g \rightarrow 8 = \rho_f \times 25 \times 10^7 \times 10^{-6} \times 10 \rightarrow \rho_f = 0.32 \times 10^{-2} \text{ kg/m}^3$$

تدريب ؟ غُمر جسم كروي كتلته (1.6 kg) ونصف قطره (3.5 cm) في الجلسرين ،

فإذا كانت كثافة الجلسرين (1260 kg/m^3) فأحسب :

أ - حجم الجسم الكروي. ب - قوة دفع الجلسرين للجسم (قوة الطفو).

تدريب ؟ غُمر جسم كتلته (10 kg) وكثافته (2.5 g/cm^3) في الجلسرين، فإذا كانت

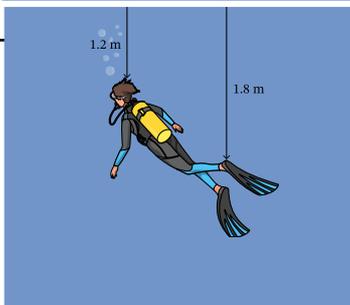
كثافة الجلسرين (1260 kg/m^3) فأحسب :

أ - حجم الجسم المغمور. ب - كتلة المائع المزاح.
ج - قوة الطفو المؤثرة في الجسم المغمور. د - الوزن الظاهري للجسم.

ملاحظات مهمة



✪ يجب معرفة أن هنالك حالتين عند استخدام قاعدة أرخميدس حالة يكون فيها الجسم مغموراً بشكل كلي في المائع وحالة يكون فيها الجسم مغموراً بشكل جزئي (طافي على سطح المائع) ويعتمد ذلك على كثافة الجسم المغمور.



تدريب ؟ يسبح غوّاص في ماء كثافته (1000 kg/m^3)

كما هو موضح في الشكل. فجد مقدار الفرق بين ضغط

الماء عند رأس الغوّاص وعند قدميه.

تدريب ؟ يتم قياس الضغط بجميع الوحدات الآتية ما عدا :

kg/m.s^2 (د)

N.m^{-2} (ج)

N.m^2 (ب)

Pascal (أ)

الأجسام المغمورة كلياً في المائع (الانغمار الكلي)



سؤال إضافي

لنفترض أن لدينا حوض ماء وثلاثة مكعبات (من رصاص وخشب وفلين) متماثلة في الحجم، وضعناها داخل الحوض كما في الشكل وتُركت حرة الحركة. فأجب عن الأسئلة الآتية:

أ - ما الذي يحدث لكل من تلك المكعبات لحظة إفلاتها؟
مكعب الرصاص يهبط إلى الأسفل ويستقر في أسفل الحوض في حين يرتفع مكعبا الخشب والفلين إلى الأعلى ويطفوان فوق سطح الماء.

ب - ما تفسير ما حدث للمكعبات؟

اختلاف كثافة تلك المكعبات فالمكعب الذي لديه كثافة أكبر من الماء يكون وزنه أكبر من قوة الطفو فيغرق بينما المكعب الذي لديه كثافة أقل من الماء يطفو.

ج - يدّعي فريق من الطلبة أن قوى الطفو في المكعبات الثلاثة - أثناء وجودها داخل الماء وقبل إفلاتها - متساوية بينما يدّعي فريق آخر أن قوة الطفو تختلف بحسب وزن المكعب، فمن هو الصحيح بينهم؟

ادعاء الفريق الأول هو الصحيح لأن حجم الماء المزاح يساوي حجم المكعب أثناء انغمار المكعبات كلياً تحت في الماء وبما أن قوة الطفو تساوي وزن الماء المزاح وأحجام المكعبات متساوية ($F_B = \rho_f V_f g$) فإن قوى الطفو تكون متساوية لأنها تعتمد فقط على تسارع الجاذبية وكثافة المائع وحجم المائع المزاح ولكن اختلاف أوزان المكعبات يؤدي إلى اختلاف محصلة القوى المؤثرة في كل منها فيطفو مكعب الفلين والخشب بينما يهبط مكعب الرصاص إلى الأسفل لأن وزنه أكبر من قوة الطفو.

ملاحظات مهمة



✪ إذا وضعنا جسم ما في المائع وكانت كثافته أكبر من كثافة المائع فأن الجسم يهبط ويستقر أسفل الماء (مثل الحجر) وإذا وضعنا جسم ما في المائع وكانت كثافته مساوية لكثافة المائع فأن الجسم يبقى معلقاً في الماء (مثل الكرة).

✪ عندما يُغمر جسم كلياً في المائع فأن:

● حجم الجسم = حجم المائع المزاح ($V_f = V_o$).

● قاعدة أرخميدس لجسم مستقر أسفل المائع: ($F_B = F_{gf} = F_g - F_g$).

● قاعدة أرخميدس لجسم معلق في المائع: يكون وزنه الظاهري يساوي صفراً (F_g)

($F_B = F_{gf} = F_g - F_g = F_g$).

سؤال إضافي سُحِبَ حجر يستقر أسفل بئر ماء بحبل رأسياً لأعلى، فإذا كانت قوة الشد في الحبل أثناء وجود الحجر في الماء (100 N) وعند خروج الحجر من الماء أصبحت قوة الشد (400 N)، وبافتراض أن كثافة الماء (1000 kg.m^{-3}) أحسب:

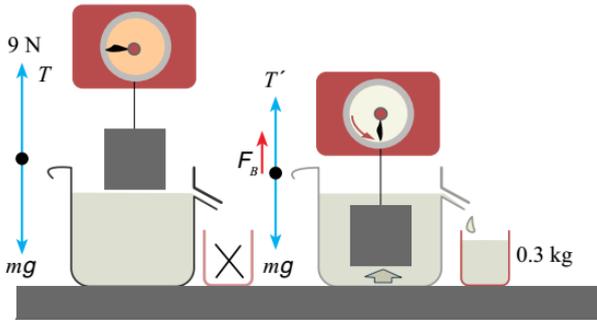
أ - قوة الطفو.

$$F_B = F_g - F'_g \rightarrow F_B = 400 - 100 = 300 \text{ N}$$

ب - حجم الحجر.

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

سؤال ؟ قامت مارية بإجراء تجربة للتحقيق من قاعدة أرخميدس، اعتماداً على البيانات المبينة في الشكل وباعتبار كثافة الماء (1000 kg.m^{-3}) أجد:



أ - قوة الطفو.

$$F_B = F_{gf} = m_f g = 0.3 \times 10 = 3 \text{ N}$$

ب - قراءة الميزان بعد غمر الجسم في الماء.

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

ج - حجم الجسم (V_o).

$$F_B = \rho_f V_f g \rightarrow 3 = 1024 \times V_f \times 10 \rightarrow V_f = 3 \times 10^{-4} \text{ m}^3 = V_o$$

تمرين كرة فلزية وزنها في الهواء (10 N) غُمرت في الماء فخسرت من وزنها

(3.5 N) باعتبار أن كثافة الماء (1000 kg.m^{-3}) جد:

أ - قوة الطفو.

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

ب - وزن الكرة في الماء.

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

ج - كثافة مادة الكرة.

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

$$V_f = V_o = 3.5 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ حجم الجسم المغمور كلياً في الماء = حجم المائع المزاح}$$

$$F_g = m g = \rho_o V_o g \rightarrow 10 = \rho_o \times 3.5 \times 10^{-4} \times 10 \rightarrow \rho_o = 2857 \text{ kg.m}^{-3}$$

سؤال إضافي

قطعة ذهبية كتلتها (193 g) مغمورة في سائل الكيروسين تتأثر بقوة طفو مقدارها (0.08 N)، على أساس أن كثافة الكيروسين (800 kg.m^{-3}) أحسب:
أ - كثافة الذهب.

$$F_B = \rho_f V_f g \rightarrow 0.08 = 800 \times V_f \times 10 \rightarrow V_f = 1 \times 10^{-5} \text{ m}^3 = V_o$$

$$\rho_o = \frac{m_o}{V_o} = \frac{0.193}{1 \times 10^{-5}} = 1930 \text{ kg.m}^{-3}$$

ب - وزن القطعة في السائل.

$$F_B = F_g - F'_g, F_g = m_o g \rightarrow F'_g = F_g - F_B = (0.193 \times 10) - 0.08 = 1.85 \text{ N}$$

? تحريب

قطعة من الحديد أسقطت في ورق إزاحة مملوء بالماء فكان وزن الماء المزاح (200 N)، لو اعتبرنا أن كثافة الحديد (780 kg.m^{-3})، فاحسب:

أ - حجم قطعة الحديد.

ب - وزنها في الهواء.

ج - قوة الطفو.

سؤال إضافي

علل كلاً مما يأتي:

أ - قوة الطفو المؤثرة من قبل المائع في الأجسام المتماثلة في الحجم والمغمورة كلياً في المائع تكون متساوية بغض النظر عن كتلتها.

قوى الطفو تكون متساوية لأنها تعتمد فقط على تسارع الجاذبية وكثافة المائع وحجم المائع المزاح وبالتالي إذا كانت الأجسام متماثلة في الحجم ومغمورة في نفس المائع يكون لها نفس قوة الطفو.

ب - قوة الطفو لا تتغير بتغير عمق الجسم في المائع، أما ضغط المائع فيزداد بزيادة عمق الجسم.

قوى الطفو تعتمد فقط على تسارع الجاذبية وكثافة المائع وحجم المائع المزاح على عكس الضغط الذي يتأثر ويعتمد على عمق النقطة ($P = \rho_f h g$).

الأجسام الطافية على سطح المائع (الانغمار الجزئي)

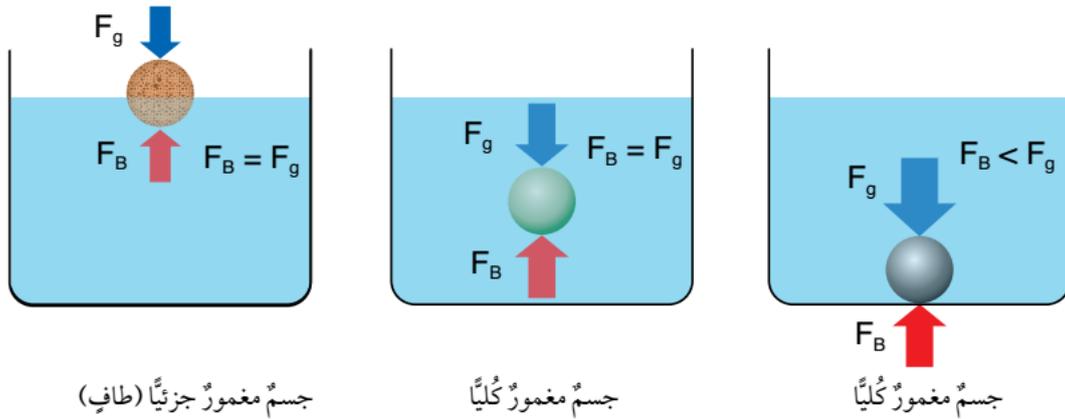


- ✪ إذا وضعنا جسم كثافته أقل من كثافة المائع فأن جزءاً منه يطفو على سطح المائع كما في الشكل.
- ✪ يكون حجم السائل المزاح (V_f) في هذه الحالة مساوي لحجم الجزء المغمور من الجسم وهو أقل من حجم الجسم.
- ✪ عندما يغمر جسم جزئياً في المائع فأن:
 - ⊖ وزن الجسم في المائع يساوي صفرًا.
 - وبالتالي تكون قوة الطفو مساوية لوزن الجسم.

$$F_B = F_{gf} = F_g - F'_g = F_g - 0 = F_g$$

⊖ الجدول الآتي يلخص الحالات الخاصة بقاعدة أرخميدس:

حالة الجسم	حجم السائل المزاح V_f	قوة الطفو F_B	اتجاه محصلة القوى	الحالة
ينغمر ويهبط في المائع	$V_f = V_o$	$F_B < F_g$	$-y$	$\rho_o > \rho_f$
يبقى معلقاً في المائع	$V_f = V_o$	$F_B = F_g$	$\Sigma F = 0$	$\rho_o = \rho_f$
يطفو جزء منه فوق سطح المائع	$V_f =$ حجم الجزء المغمور من الجسم	$F_B = F_g$	$\Sigma F = 0$	$\rho_o < \rho_f$



سؤال ؟ كرة مطاطية حجمها (0.004 m^3) وكثافتها (970 kg.m^{-3}) وضعت في سائل كثافته (1200 kg.m^{-3}) ، أحسب حجم الجزء المغمور من الكرة.

بما أن كثافة الكرة أقل من كثافة السائل فأن الكرة تنغمر جزئياً في السائل.

$$F_B = F_g$$

$$\rho_f V_f g = \rho_o V_o g \rightarrow \rho_f V_f = \rho_o V_o$$

$$1200 \times V_f = 970 \times 0.004 \rightarrow V_f = 0.0032 \text{ m}^3$$

حجم السائل المزاح = حجم الجزء المغمور من الكرة = (0.0032 m^3)

سؤال إضافي مكعب كتلته (0.5 kg) يطفو فوق سطح الماء، باعتبار كثافة الماء (1000 kg.m^{-3})، جد كلاً مما يلي:

أ - قوة الطفو.

$$F_B = F_g = m_o g = 0.5 \times 10 = 5 \text{ N}$$

ب - حجم الماء المزاح.

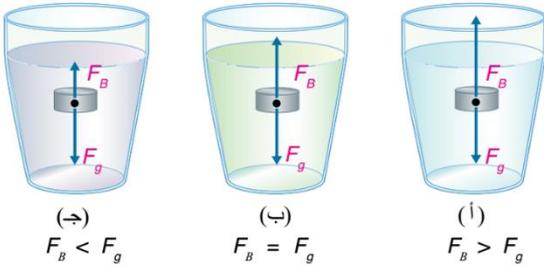
$$F_B = \rho_f V_f g = \rightarrow 5 = 1000 \times V_f \times 10 \rightarrow V_f = 5 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

سؤال إضافي وضعت ثلاثة أجسام متماثلة تماماً داخل ثلاثة كؤوس مملوءة بسوائل مختلفة، وتركت حرة الحركة، ومثلت قوتا الطفو ووزن الجسم بأسهم كما في الشكل،

أجيب عما يأتي:

أ - رتب السوائل في الكؤوس تنازلياً حسب كثافتها.
(أ)، (ب)، (ج)

ب - صف حركة الأجسام.



الجسم (أ) محصلة القوى إلى الأعلى لأن قوة الطفو أكبر من الوزن وبالتالي يتحرك الجسم إلى الأعلى بتسارع حتى يطفو جزء منه ليستقر على سطح الماء.
الجسم (ب) يبقى معلقاً في السائل لأن قوة الطفو تساوي قوة الوزن.
الجسم (ج) محصلة القوى إلى الأسفل لأن قوة الطفو أصغر من الوزن وبالتالي يتحرك الجسم إلى الأسفل بتسارع ليستقر في قاع الكاس.

ملاحظات مهمة



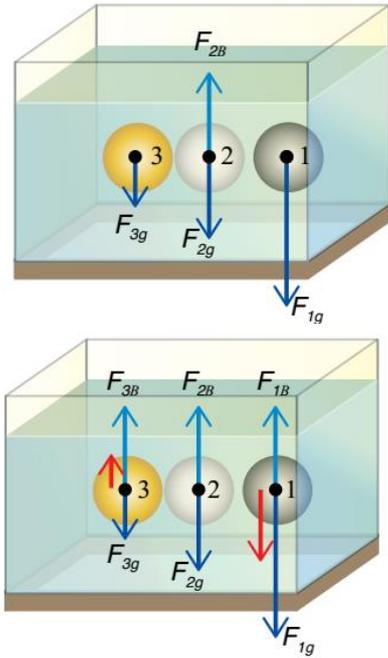
★ إذا وضعنا جسم كثافته أقل من كثافة المائع فإن قوة الطفو المؤثرة فيه تكون أكبر من الوزن وبالتالي يتحرك الجسم إلى الأعلى بتسارع حتى يطفو جزء منه ليستقر على سطح الماء وعندما يستقر على سطح الماء تصبح قوة الطفو مساوية لقوة الوزن بسبب انعدام الوزن الظاهري للجسم المغمور.



هام جدا جدا

للاضمام لمجموعات الواتس لمتابعة شروحات المادة وأوراق العمل والامتحانات وغيره الكثير ..

0795360003



سؤال ? وضعت ثلاث كرات متماثلة في الحجم داخل حوض

مملوء بالماء، كما في الشكل، فبناء على المعطيات الموجودة أجب عما يأتي:

أ - أرسم مخطط الجسم الحر للكرتين (1) و (3) لحظة إفلاتها. قوى الطفو في كل الكرات متساوية في المقدار والاتجاه لأن الكرات متماثلة في الحجم وموضوعة في نفس المائع ولها نفس تسارع الجاذبية..

ب - رتب القوى المحصلة المؤثرة في كل كرة تصاعدياً من حيث المقدار ، محددًا اتجاهها لحظة إفلاتها.

- Ⓐ القوة المحصلة المؤثرة في الكرة (2) وتساوي صفراً (متزنة).
- Ⓑ القوة المحصلة المؤثرة في الكرة (3) واتجاهها للأعلى.
- Ⓒ القوة المحصلة المؤثرة في الكرة (1) واتجاهها نحو الأسفل.

سؤال ? قارب مطاطي كتلته (200 kg) ومتوسط كثافته (100 kg.m^{-3}) ينقل

عددًا من المهاجرين، إذا علمت أن كثافة ماء البحر (1024 kg.m^{-3}) فجد كتلة أكبر حمولة يمكن وضعها فوق سطح القارب بحيث يبقى طافيًا (حافة القارب العلوية عند سطح الماء تمامًا).

بما أن حافة القارب العلوية عند سطح الماء تمامًا إذن هو مغمور في الماء وبالتالي حجم الجزء المغمور من القارب يساوي حجم القارب وهذا ويساوي أيضا حجم الماء المزاح.

كتلة ركاب القارب: m_p ، كتلة القارب: m_o ، كتلة الماء المزاح: m_f

$$V_f = V_o = \frac{m_o}{\rho_o} = \frac{200}{100} = 2 \text{ m}^3 \text{ حجم القارب بغض النظر عن كتلة الركاب}$$

$$F_B = F_g \rightarrow \rho_f V_f g = \rho_o V_o g \rightarrow \rho_f V_f g = (m_p + m_o) g$$

$$\rightarrow \rho_f V_f = (m_p + m_o) \rightarrow 1024 \times 2 = (m_p + 200) \rightarrow m_p = 1848 \text{ kg}$$

تدريب ? يكون دائما اتجاه قوة الطفو المؤثرة بالجسم المغمور في المائع:

- (أ) نحو الأعلى (ب) نحو الأسفل (ج) نحو مركز الجسم (د) في جميع الاتجاهات

ملاحظات مهمة



■ يمكننا استخدام علاقة إضافية لأرخميدس في حالة الأجسام المغمورة جزئياً للمساعدة في حل المسائل الرياضية.

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

سؤال ؟ مكعب طول ظلعه (5 cm) يطفو فوق سطح مائل ما، إذا علمت أن كثافة

مادة المكعب تكافئ ربع كثافة ذلك السائل، فأحسب:

أ - حجم السائل المزاح.

$$V_o = l^3 = (0.05)^3 = 1.25 \times 10^{-4} \text{ m}^3, \quad \rho_o = 0.25 \rho_f$$

$$\frac{V_f}{V_o} = \frac{\rho_o}{\rho_f} \rightarrow \frac{V_f}{1.25 \times 10^{-4}} = \frac{0.25 \rho_f}{\rho_f} \rightarrow V_f = 3.125 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

ب - حجم الجزء المغمور من المكعب في السائل.

$$\text{حجم الجزء المغمور من المكعب يساوي حجم السائل المزاح} = 3.125 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

سؤال ؟ ملئ بالون بغاز الهيليوم وثرّك في الهواء، فإذا علمت أن كثافة الهواء

(1.29 kg.m^{-3}) وقطر البالون (0.4 m) فجد مقدار قوة الطفو.

الجسم (البالون) مغمور كلياً داخل المائع (الغاز) لذلك يكون حجم المائع المزاح هو نفسه حجم الجسم المغمور في المائع.

$$V_o = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \times 3.14 \times (0.2)^3 = 0.033 \text{ m}^3$$

$$F_B = F_g = \rho_{air} V_o g = 1.29 \times 0.033 \times 10 = 0.43 \text{ N}$$

سؤال ؟ في السؤال السابق، إذا علمت أن كتلة بالون الهيليوم (4 kg) فأحسب

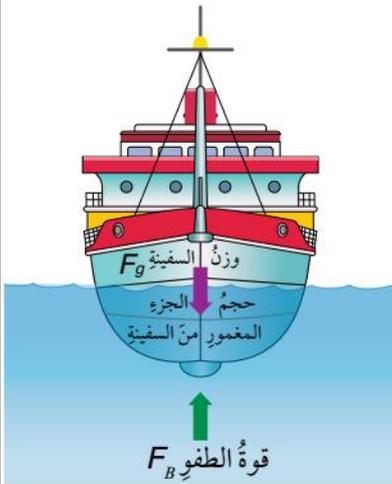
حجم البالون اللازم لاتزانه في الهواء.

$$F_B = F_g \rightarrow \rho_{air} V_o g = m_o g \rightarrow 1.29 \times V_o \times 10 = 4 \rightarrow V_o = 3.1 \text{ m}^3$$

تطبيقات قاعدة أرخميدس

☆ السفينة:

- عندما تطفو السفينة على البحر تكون قوة الطفو مساوية لوزنها.
- تصنع السفينة بحيث تحتوي تجويفا كبيرا يزيد من حجمها ويقلل من متوسط كثافتها ليصبح أقل من كثافة الماء.
- عند إنزال السفينة إلى الماء فإن حجم الماء المزاح المساوي لحجم الجزء المغمور من السفينة يزداد بالتدرج فتزداد قوة الطفو حسب قاعدة أرخميدس إلى أن تصبح قوة الطفو مساوية لوزن السفينة كما في الشكل.



☆ أفكر: 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 فإن الفينة سيطفو جزء أكبر من حجمها فوق سطح المياه المالحة.

☆ الغواصة:

- سفينة متخصصة يمكنها الغوص والتنقل تحت سطح الماء على أعماق مختلفة.
- تحتوي خزانات كبيرة تسمح بإدخال الماء أو إخراجها منها وبالتالي يمكن التحكم بمتوسط الكثافة بزيادته أو تقليله للتحكم بقوة الطفو فيما تصبح أكبر من وزن الغواصة فتطفو الغواصة أو أقل فتتهبط أو مساوية للوزن فتبقى الغواصة معلقة على عمق ثابت في الماء.
- تستخدم الغواصة للأغراض العسكرية والمدنية مثل الأبحاث العلمية والسياحة..

☆ مقياس كثافة السوائل:

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



☆ المنطاد:

- Ⓒ يتسارع المنطاد إلى الأعلى ويرتفع في الهواء عندما يكون وزنه أقل من قوة الطفو المؤثرة فيه من قبل الهواء المحيط به.
- Ⓒ في حال كانت قوة الطفو أقل من وزنه فإنه يتسارع إلى الأسفل ويهبط ويبقى معلقاً في الهواء في حال كانت قوة الطفو مساوية لوزنه.
- Ⓒ تصنف المناطيد حسب نوعية الغاز المحمل بها فمثلاً المنطاد الغازي يكون مملوء بغاز أخف من الهواء الجوي كغاز الهيليوم أو الهيدروجين.
- Ⓒ هناك نوع آخر من المناطيد يستخدم بكثرة حالياً وهو منطاد الهواء الساخن حيث يتم التحكم بصعوده وهبوطه من خلال تقليل درجة حرارة الهواء داخله أو زيادته.

أفكر: 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 تسارعاً أكبر إلى الأعلى.

✓ **أتحقّق:** كيف يمكن التحكم بصعود كل مما يأتي وهبوطه؟

أ - منطاد الهواء الساخن.

عن طريق زيادة درجة حرارة الهواء داخل المنطاد أو تقليلها، فعند زيادة درجة حرارة الهواء داخل المنطاد تقل كثافته فيقل وزن المنطاد (عند تسخين الهواء يتمدد فيخرج جزء منه من فتحة المنطاد) ليصبح أقل من قوة الطفو فيصعد إلى أعلى ويحدث العكس عند تقليل درجة حرارة الهواء داخل المنطاد.

ب - الغواصة.

بواسطة ملء الخزانات بالمياه أو تفريغها، فعند كلاء الخزانات بالمياه يزداد متوسط كثافة الغواصة ويزداد وزنها ليصبح أكبر من قوة الطفو فتتهبط الغواصة للأسفل والعكس يحدث أثناء عملية الصعود.

? تدريب لماذا قد تتعرض السفينة المحملة بحمولتها القصوى للغرق عند انتقالها

من ماء البحر إلى ماء النهر؟



- a.
- b.
- c.
- d.

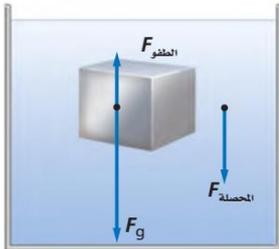
الكثافة (g/cm ³)	السائل
1.1	ماء مالح
1.4	عسل
0.79	كحول
0.93	زيت نباتي

? تدريب المخبر المدرج المبين في الشكل

يحتوي على أربعة سوائل. أكتب اسم السائل معتمداً على البيانات المُعطاة في الجدول.

درب نفسك

a



1 سؤال يبين الشكل القوى المؤثرة في كل من (قالب من

الفولاذ، عبوة ألمنيوم، مكعب جليد) لكل منها الحجم نفسه. أجب

عما يلي من الأسئلة الآتية:

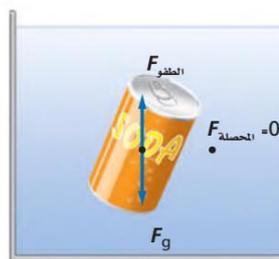
أ- حدد أي الأجسام يُزيح أكبر كمية من الماء.

ب- أي الأجسام تؤثر فيه أقل قوة طفو؟

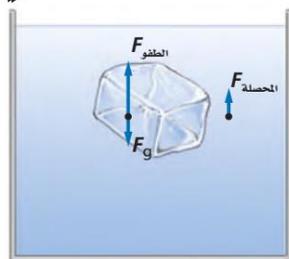
ج- لما اختلفت محصلة القوى المؤثرة في كل

جسم؟

b



c



2 سؤال إذا كانت كثافة القرميد أكبر من (1.8) مرة من كثافة الماء. ما الوزن

الظاهري لقالب من القرميد حجمه (0.20 m^3) مغمور تحت الماء؟

3 سؤال يطفو سباح في بركة ماء بحيث يعلو رأسه قليلاً فوق سطح الماء. فإذا

كان وزنه (610 N) فما حجم الجزء المغمور من جسمه؟

4 سؤال ما مقدار قوة الشد في حبل يحمل كاميرا وزنها (1250 N) مغمورة في

الماء، إذا علمت أن حجم الكاميرا ($16.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$)؟

سؤال 5 لوح من الفلين الصناعي كثافته تساوي عُشر كثافة الماء تقريباً. ما أكبر وزن من قوالب القرميد تستطيع وضعها على لوح الفلين الصناعي الذي أبعاده $(1\text{ m} \times 1\text{ m} \times 0.1\text{ m})$ بحيث يطفو اللوح على سطح الماء، وتبقى قوالب القرميد جافة؟

سؤال 6 يوجد عادة في الزوارق الصغيرة قوالب من الفلين الصناعي تحت المقاعد لتساعد على الطفو في حال امتلاء الزورق بالماء. ما أقل حجم تقريبي من قوالب الفلين اللازمة ليطفو قارب وزنه (480 N) ؟

سؤال 7 أي مما يلي يزيح ماء أكثر عندما يوضع في حوض مائي:
أ- قالب ألومنيوم كتلته (1 kg) أم قالب رصاص كتلته (1 kg) ؟

ب- قالب ألومنيوم حجمه (1 cm^3) أم قالب رصاص حجمه (1 cm^3) ؟

سؤال 8 جسم مُعلق بميزان نابضي، تُشير قراءة الميزان النابضي إلى (11.81 N) عندما يُعلق الجسم في الهواء، وتُشير إلى (11.19 N) عندما يُغمر الجسم كلياً في الماء.

أ- جد حجم الجسم.

ب- هل الجسم مصنوع من الذهب أم مصنوع من الألمنيوم المطلي بالذهب علماً بأن كثافة الذهب (19300 kg/m^3) وكثافة الألمنيوم المطلي بالذهب (2700 kg/m^3) ؟

حل أسئلة مراجعة الدرس الأول من الوحدة الخامسة

سؤال 1 لماذا تطفو بعض الأجسام فوق سطح الماء وبعضها يبقى معلقاً وبعض آخر ينغمر ليستقر في الأسفل.

إذا كانت كثافة الجسم أقل من كثافة الماء فإنه يطفو لأن قوة الطفو تكون أكبر من وزنه وإذا كانت كثافة الجسم مساوية لكثافة الماء فإنه يبقى معلقاً في الماء وإذا كانت كثافة الجسم أكبر من كثافة الماء فإن الجسم ينغمر في الماء ليستقر في الأسفل.

سؤال 2 ثلاثة مجسمات متماثلة في الحجم (A, B, C) كثافة كل منها على الترتيب $2.5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, $9.7 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$, $1.3 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ووضعت داخل حوض

جليسرين كثافته ($1.3 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$) بناءً على ما سبق أجب عما يأتي :

أ - قارن بين قوى الطفو المؤثرة في المجسمات الثلاثة لحظة إفلاتها.

قوة الطفو المؤثرة في المجسمات متساوية لأنها لا تعتمد على كثافة الجسم وإنما كثافة المائع وحجم السائل المزاح وتسارع الجاذبية.

ب - قارن بين القوى المحصلة المؤثرة في المجسمات الثلاثة لحظة إفلاتها.

القوة المحصلة المؤثرة في (A) باتجاه الأسفل أكبر من القوة المحصلة المؤثرة في (B) باتجاه الأسفل أكبر من القوة المحصلة المؤثرة في (C) والتي تساوي صفراً.

سؤال 3 ماذا يحدث في كل حالة مما يأتي:

أ - تفريغ خزانات المياه من الغواصة.

يقل وزنها لتصبح قوة الطفو أكبر من وزنها فتصعد إلى الأعلى.

ب - تقليل درجة حرارة الهواء داخل المنطاد.

يزداد متوسط كثافة الهواء ليدخل الهواء الجوي المحيط بالمنطاد من الفتحة السفلية بالمنطاد فيزداد وزن المنطاد مما يقلل من محصلة قوتي الطفو والوزن وبناءً على ذلك إما أن يتسارع نحو الأعلى أو نحو الأسفل أو يبقى معلقاً حسب مقدار القوة المحصلة واتجاهها.

ج - زيادة حجم التجويف في السفينة.

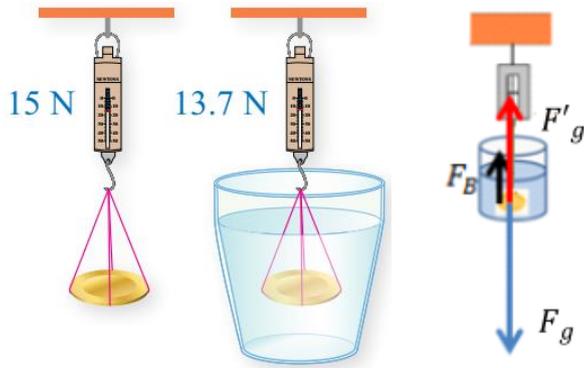
يزداد حجم السفينة ويقل متوسط كثافته مما يسهل طفوها حيث يزداد حجم الجزء الطافي منها.

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

$$F_B = F_g \rightarrow \rho_f V_f g = \rho_o V_o g \rightarrow \rho_f (0.5 V_o) g = \rho_o V_o g$$

$$1024 \times 0.5 V_o \times 10 = \rho_o \times V_o \times 10 \rightarrow \rho_o = 512 \text{ kg/m}^3$$

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



أ - أرسم مخطط الجسم الحر للقطعة بعد غمرها.

ب - أحسب قوة الطفو.

$$F_B = F_g - F'_g, F_B = 15 - 13.7 = 1.3 \text{ N}$$

ج - هل القطعة النقدية مصنوعة من الذهب علماً بأن كثافة الذهب ($19.3 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$) وكثافة الماء (10^3 kg/m^3).

$$F_B = \rho_f V_f g \rightarrow 1.3 = 1000 \times V_f \times 10 \rightarrow V_f = 1.3 \times 10^{-4} \text{ m}^3 = V_o$$

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

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

هام جدا جدا
للاضمام لمجموعات الواتس لمتابعة
شروعات المادة وأوراق العمل
والامتحانات وغيره الكثير ..
0795360003

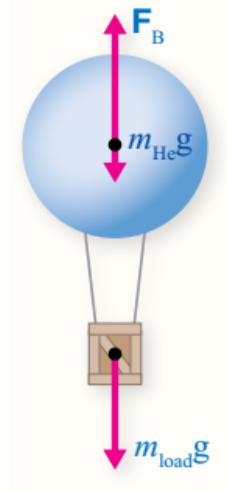
سؤال 6 بالون مملوء بغاز الهيليوم، ما أقل حجم للبالون ليتمكن من رفع ثلاثة أشخاص مجموع كتلتهم يساوي (180 kg)، علماً بأن كتلة السلة التي تحملهم مع كتلة مادة البالون تساوي (30 kg)، وكثافة الهواء (1.29 kg/m^3) وكثافة الهيليوم (0.179 kg/m^3)؟

$$180 + 30 = 210 \text{ kg} , V_f = V_o , \rho_o = \rho_{He}$$

$$F_B = F_g \rightarrow \rho_f V_f g = m_o g \rightarrow \rho_f V_f g = (m_{He} + 210)g$$

$$\rho_f V_f g = (\rho_{He} V_o + 210)g \rightarrow \rho_f V_f = (\rho_{He} V_o + 210)$$

$$1.29 \times V_o = 0.179 \times V_o + 210 \rightarrow V_o = 189 \text{ m}^3$$





هام جدا جدا

للاضمام لمجموعات الواتس لمتابعة
شروحات المادة وأوراق العمل
والامتحانات وغيره الكثير ..

0795360003

الوحدة الخامسة: الموائع

الدرس الثاني: الموائع المتحركة



سؤال ؟ ما خصائص الموائع المتحركة؟

الجريان ، القابلية للانضغاط ، اللزوجة

☆ تقسم الموائع من حيث خاصية الجريان إلى :

Ⓒ الجريان المنتظم أو (الانسحابي).

Ⓒ الجريان غير المنتظم.

سؤال ؟ وضح ما المقصود بالجريان المنتظم للمائع؟

المائع الذي تكون سرعة جزيئاته عند نقطة معينة فيه ثابتة لا تتغير مع الزمن ولكنها يمكن أن تتغير من نقطة إلى أخرى.

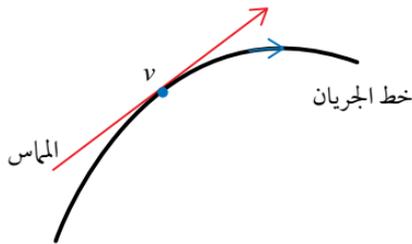
سؤال ؟ وضح ما المقصود بخط جريان المائع (خط الجريان)؟

خط وهمي يمثل مسار جزيئات المائع عند جريانها.

سؤال ؟ ما مميزات أو خصائص خطوط جريان المائع المنتظم؟

① لا تتقاطع. ② كثافتها تزداد بزيادة سرعة المائع.

③ المماس لأي نقطة على خط الجريان يحدد اتجاه سرعة جزيء المائع اللحظية (v) عند تلك اللحظة.



سؤال ؟ وضح ما المقصود بكثافة خطوط الجريان؟

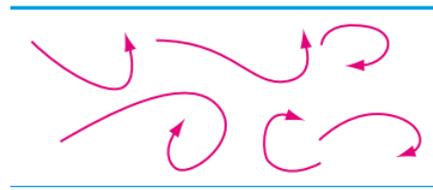
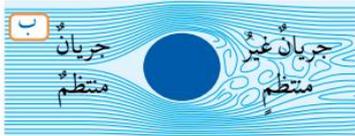
عدد خطوط الجريان التي تمر عمودياً بوحدة المساحة.

سؤال ؟ وضح ما المقصود بالجريان غير المنتظم؟

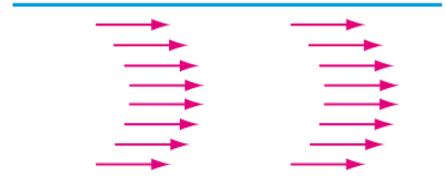
جريان تتغير سرعة المائع عند نقطة ما فيه مع الزمن.

سؤال ؟ وضح ما المقصود بالسرعة الحدية؟

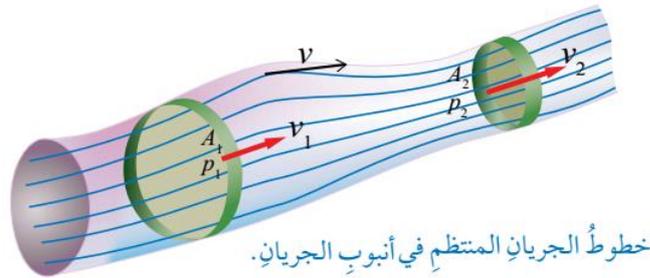
هي السرعة التي إذا تجاوزها المائع يتحول عندها جريان المائع من جريان منتظم إلى جريان غير منتظم.



الجران غير المنتظم.



الجران المنتظم.



سؤال ؟

وضح ما المقصود بكل مما يأتي؟

- الجران الدوامي :** الجران الذي تدور فيه جميع جزيئات المائع حول مركز أو محور دوران. مثال ذلك حركة جزيئات الهواء في الأعاصير أو حركة جزيئات الماء في الدوامات البحرية.
- الجران غير الدوامي :** الجران الذي لا تدور فيه جزيئات المائع حول مركز أو محور دوران.

تقسم الموائع من حيث القابلية للانضغاط :

مائع غير قابل للانضغاط.

مائع قابل للانضغاط.

سؤال ؟

وضح ما المقصود بكل مما يأتي ؟

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

لزوجة المائع :

مقياس لمقاومة طبقات المائع للحركة.

كلما زادت لزوجة المائع قلت قابليته للجريان وسرعته.

تأثير اللزوجة في جريان السائل يقابله تأثير قوة الاحتكاك في انزلاق جسم على سطح خشن.

سؤال ؟

وضح ما المقصود بكل مما يأتي؟

- المائع اللزج :** المائع الذي يوجد قوى احتكاك بين طبقاته أثناء جريانه.
- المائع غير اللزج :** المائع الذي لا يوجد قوى احتكاك بين طبقاته أثناء جريانه.

سؤال ؟ وضح ما المقصود بالمائع المثالي؟

المائع الذي يتصف بالخصائص الأربعة الآتية : جريانه منتظم ، غير قابل للانضغاط ، غير لزج ، غير دوامي.

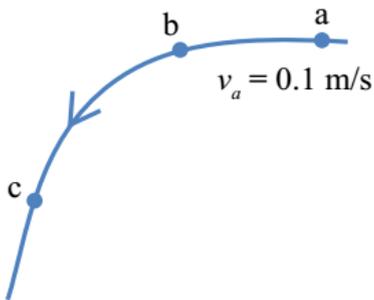
ملاحظات مهمة

- لا يوجد في الواقع مائع مثالي يملك هذه الخصائص الأربعة معاً وإنما هو نموذج افترضه العلماء يساعدنا ويُسهل علينا دراسة الموائع.
- زيادة لزوجة الدم في جسم الإنسان قد تؤدي لحدوث جلطات دموية حيث يصعب جريان الدم داخل الشرايين فيعطى المريض أدوية تقلل لزوجة الدم (أدوية مميعة).

✓ **أتحقّق:** ما الخاصية التي يمتلكها المائع المتحرك في الحالات الآتية :

- كثافته ثابتة لا تتغير أثناء جريانه. (غير قابل للانضغاط)
- توجد قوى احتكاك (قوى مقاومة) بين طبقاته أثناء جريانه. (لزج)
- لا تدور جزيئاته حول مركز دوران أثناء جريانه. (غير دوّامي)

أفكر: يمثل الشكل خط جريان منتظم لمائع ، فإذا كانت سرعة أحد جزيئات المائع لحظة مروره بالنقطة (a) تساوي (0.1 m/s) ، بناءً على ما تقدم أجب عما يأتي :



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

من خصائص الجريان المنتظم أن سرعة جزيئات المائع عند نقطة معينة ثابتة لا تتغير مع الزمن لذلك فأن سرعة جزيء آخر عند النقطة (a) بعد مرور 4 ثواني هي سرعة الجزيء الأول نفسها (0.1 m/s).

ب - هل سرعة جزء 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 ، لذلك فإن سرعة الجزيء عند النقاط (b) و (c) ليست بالضرورة أن تساوي سرعته عند النقطة (a) ، فمثلاً اتجاه السرعة عند النقطة (a) باتجاه المماس في الشكل يختلف عن اتجاه السرعة عند النقطة (c).

معادلة الاستمرارية



سؤال ؟ قام الطالب بملئ كأس بالماء دون ضغطه على فوهة الخرطوم وبالتزامن مع تشغيل ساعة الإيقاف لقياس زمن ملء الكأس بالماء. أجب عما يلي:

أ - هل تغيرت سرعة الماء عند ضغط الطالب على فوهة خرطوم المياه؟

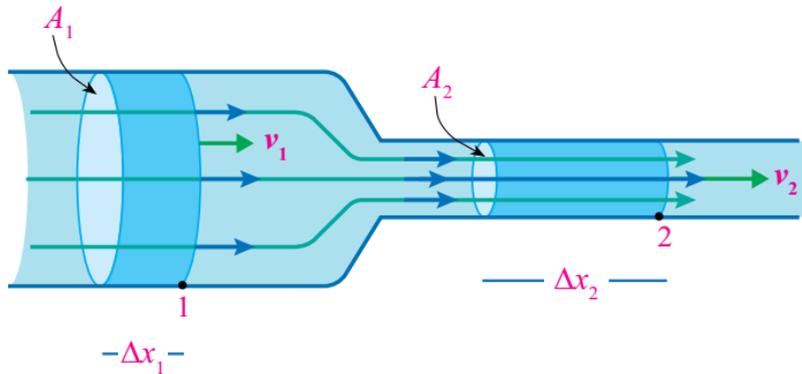
تزداد سرعة الماء عند الضغط على فوهة الخرطوم لأن مساحة مقطع الخرطوم قلت.

ب - لو قام الطالب بملء الكاس وهو ضاغط على فوهة الخرطوم بالتزامن مع تشغيل ساعة الإيقاف لقياس زمن ملء الكأس بالماء، هل يختلف زمن ملء كأس الماء في الحالتين؟

لن يختلف، يبقى الزمن نفسه في الحالتين سواءً ضغطنا على فوهة الخرطوم أم لم نضغط.

■ اشتقاق معادلة الاستمرارية.

● لنفترض أن مائع مثالي يجري في أنبوب مفتوح الطرفين ومساحة مقطعة العرضي متغيرة كما في الشكل.



● بما أن المائع مثالي إذن فهو غير قابل للانضغاط لذلك فإن كتلة المائع (m_1) التي تعبر مساحة مقطع معين (A_1) من الأنبوب بسرعة (v_1) تساوي كتلة المائع (m_2) التي تعبر مساحة مقطع آخر (A_2) من الأنبوب بسرعة (v_2) في الفترة الزمنية (Δt) نفسها.

$$m_1 = m_2$$

$$\rho_1 V_1 = \rho_2 V_2 \quad \boxed{m = \rho V} \quad \boxed{V = A \Delta X}$$

$$\rho_1 A_1 \Delta x_1 = \rho_2 A_2 \Delta x_2 \rightarrow \rho_1 A_1 v_1 \Delta t = \rho_2 A_2 v_2 \Delta t \quad \boxed{\Delta x = v \Delta t}$$

$$\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2 \rightarrow A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad \boxed{\rho_1 = \rho_2}$$

- كثافة المائع ثابتة لا تتغير لأنه غير قابل للانضغاط ($\rho_1 = \rho_2$).
- الصيغة الرياضية لمعادلة الاستمرارية:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

سؤال ؟ عبّر عن معادلة الاستمرارية بالكلمات؟

"حاصل ضرب مساحة المقطع العرضي لأنبوب جريان المائع في سرعة المائع عند ذلك المقطع يساوي مقداراً ثابتاً (Av)".

سؤال ؟ وضح ما هو المقصود بمعدل التدفق الحجمي؟

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

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

ملاحظات مهمة



- معادلة الاستمرارية تعبير رياضي عن مبدأ حفظ الكتلة وتنطبق على أي مقطع من أنبوب الجريان وليس شرطاً عند طرفيه.
- وحدة قياس معدل التدفق الحجمي ($\frac{V}{\Delta t}$) و (Av) هي (m^3/s).
- معادلة الاستمرارية تصف حركة مائع عند مروره في أنبوب جريان تتغير مساحة مقطعه.
- عند انتقال المائع من أنبوب واسع إلى أنبوب ضيق تزداد سرعته لضمان مرور الحجم نفسه من المائع في الزمن نفسه.

✓ **أتحقق:** ما هي العوامل التي يعتمد عليها معدل التدفق الحجمي في أنبوب الجريان؟

سرعة تدفق المائع (v) ومساحة المقطع العرضي للأنبوب (A).

سؤال ؟ وضح كيف تم إيجاد معدل التدفق الحجمي؟

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \rightarrow A_1 \frac{\Delta x_1}{\Delta t_1} = A_2 \frac{\Delta x_2}{\Delta t_2} \rightarrow \frac{V_1}{\Delta t_1} = \frac{V_2}{\Delta t_2} \rightarrow \frac{V}{\Delta t}$$

أفكر! فسر ما يأتي :

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.

ب - نقصان اتسارع مجرى الماء الخارج من حنفية الماء أثناء سقوطه نحو الأسفل.



أثناء نزول المياه من فتحة الصنبور إلى الأسفل تزداد طاقتها الحركية ومن ثم سرعتها بفعل الجاذبية الأرضية، وحسب معادلة الاستمرارية فإن مساحة مجرى الماء تقل.

سؤال إضافي 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.

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \rightarrow (A_1)(3) = \left(\frac{1}{4} A_1\right)(v_2) \rightarrow (3) = \left(\frac{1}{4}\right)(v_2) \rightarrow v_2 = 12 \text{ m/s}$$

سؤال ؟

يضخ قلب الإنسان الدم إلى الشرايين التي تتفرع إلى شعيرات، فإذا علمت أن الدم يتدفق بسرعة (5×10⁻² m/s) في شريان مساحة مقطعه (6 mm²)، يتفرع إلى شعيرات متماثلة مساحة مقطع كل شعيرة منها (0.3 mm²) وسرعة تدفق الدم في كل منها (2×10⁻³ m/s) جد:

أ - معدل التدفق الحجمي للدم في الشريان.

$$\frac{V}{\Delta t} = A_1 v_1 = (6 \times 10^{-6})(5 \times 10^{-2}) = 3 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s}$$

ب - عدد الشعيرات التي تفرعت من الشريان.

التدفق في الشريان = مجموع التدفق في الشعيرات

$$A_1 v_1 = N \times A_2 v_2 \rightarrow (6 \times 10^{-6})(5 \times 10^{-2}) = N \times (3 \times 10^{-7})(2 \times 10^{-3})$$

$$30 \times 10^{-8} = N \times (6 \times 10^{-10}) \rightarrow N = 500$$

سؤال إضافي أنبوب مساحة مقطعه (20 cm²) متصل بأنبوب آخر مساحة مقطعه (6 cm²) ويتصل الأنبوب الثاني بصنوبر ماء يندفع الماء منه بسرعة (40 cm/s) ، ومساحة مقطع الصنوبر تساوي مساحة مقطع الأنبوب الثاني. أحسب:

أ - سرعة جريان الماء في الأنبوب الأول.

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \rightarrow (20 \times 10^{-4})(v_1) = (6 \times 10^{-4})(40 \times 10^{-2}) \rightarrow v_1 = 0.12 \text{ m/s}$$

ب - معدل التدفق في كلا الأنبوبين.

معدل التدفق متساوي في كلا الأنبوبين حسب معادلة الاستمرارية.

$$\frac{V}{\Delta t} = A_1 v_1 = (20 \times 10^{-4})(0.12) = 2.4 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\frac{V}{\Delta t} = A_2 v_2 = (6 \times 10^{-4})(40 \times 10^{-2}) = 240 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} = 2.4 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

ج - حجم الماء المتدفق في دقيقة.

$$\frac{V}{\Delta t} = 2.4 \times 10^{-4} \rightarrow V = (2.4 \times 10^{-4})(\Delta t) = (2.4 \times 10^{-4})(60) = 1.44 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$



سؤال ؟ يتدفق الماء في شلالات نياجارا كما في الشكل

وعند لحظة معينة يتدفق بمعدل (5525 m³/s) من مجرى عرضه (670 m) وعمق الماء فيه تقريبا (2 m) ، فأحسب :

أ - سرعة الماء المتدفق عند تلك اللحظة.

$$l = 670 \text{ m} , h = 2 \text{ m} , \frac{V}{\Delta t} = 5525 \text{ m}^3/\text{s}$$

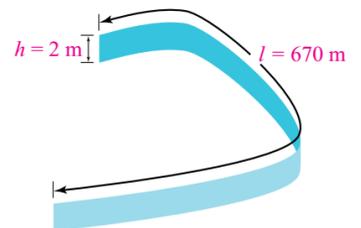
$$\frac{V}{\Delta t} = Av \rightarrow 5525 = Av = (l \times h)(v) = (670 \times 2)(v)$$

$$\rightarrow 5525 = (1340)(v) \rightarrow v = 4 \text{ m/s}$$

ب - حجم الماء المتدفق في (5) دقائق.

$$\frac{V}{\Delta t} = 5525 \rightarrow \frac{V}{5 \times 60} = 5525 \rightarrow V = 5525 \times (670 \times 2)$$

$$V = 1.657 \times 10^6 \text{ m}^3$$



سؤال إضافي

N
D
R

يتدفق الدم في جسم الإنسان عبر الشرايين والأوردة التي تتفرع بدورها إلى شعيرات دموية ذات مساحات مختلفة، فإذا علمت أن الدم يجري بسرعة (0.06 m/s) في شريان مساحة مقطعه (0.4 cm²) ، فأحسب :

أ - معدل تدفق الدم في الشريان.

$$\frac{V}{\Delta t} = A_1 v_1 = (0.4 \times 10^{-4})(0.06) = 0.024 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

ب - إذا تفرع هذا الشريان إلى (80) شعيرة دموية مساحة مقطع كل منها (0.03 cm²)، فكم تصبح سرعة الدم في الشعيرة؟ على اعتبار أن كثافة الدم ثابتة.

$$A_1 v_1 = N \times A_2 v_2 \rightarrow (0.4 \times 10^{-4})(0.06) = 80 \times (0.03 \times 10^{-4})(v_2) \rightarrow v_2 = 0.01 \text{ m/s}$$

ج - أحسب كتلة الدم المتدفقة من شعيرة واحدة في (10) ثواني، إذا كانت كثافة الدم الطبيعي (1060 kg/m³).

$$\frac{V}{\Delta t} = 0.024 \times 10^{-4} \text{ التدفق عبر الشعيرات} \rightarrow \frac{V}{10} = \frac{0.024 \times 10^{-4}}{80} \rightarrow V = 3 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$m = \rho V \rightarrow (1060)(3 \times 10^{-6})(10) = 31800 \times 10^{-6} \text{ kg} = 3.18 \times 10^{-2} \text{ kg}$$

تمرين

أنبوب ماء نصف قطره (0.02 m) يتدفق فيه الماء بمعدل (1.25 × 10⁻³ m³/s) يضيق ليصبح نصف قطره (0.01 m)، أحسب:

أ - سرعة تدفق الماء في الجزء الواسع من الأنبوب.

$$r_1 = 0.02 \text{ m} , r_2 = 0.01 \text{ m} , \frac{V}{\Delta t} = 1.25 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\frac{V}{\Delta t} = A_1 v_1 \rightarrow 1.25 \times 10^{-3} = (\pi \times r_1^2)(v) \rightarrow 1.25 \times 10^{-3} = (3.14 \times 0.02^2)(v)$$

$$v = 0.995 \text{ m/s}$$

ب - سرعة تدفق الماء في الجزء الضيق من الأنبوب.

$$\frac{V}{\Delta t} = A_2 v_2 \rightarrow 1.25 \times 10^{-3} = (\pi \times r_2^2)(v) \rightarrow 1.25 \times 10^{-3} = (3.14 \times 0.01^2)(v)$$

$$v = 3.980 \text{ m/s}$$

ج - حجم الماء المتدفق من الجزء الضيق في (20s).

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

سؤال إضافي

كم متراً مكعباً من الدم يضخها قلب شخص عمره (75) عاماً خلال حياته كلها، على أساس أن متوسط معدل التدفق الحجمي لدمه (5 L) في الدقيقة؟

$$\frac{V}{\Delta t} = 5 \frac{L}{min} = 5 \times \frac{10^{-3}}{60} = 8.3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

كمية الدم التي يضخها قلبه خلال (75) عاماً هي:

$$75 \text{ y} = 75 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60 = 2.46 \times 10^{+9} \text{ s}$$

$$V_{tot} = 8.3 \times 10^{-5} \times 2.46 \times 10^{+9} = 204180 \text{ m}^3$$

سؤال إضافي

يدخل الماء خرطوم حديقة مساحة مقطعه ($8 \times 10^{-4} \text{ m}^2$) بسرعة (3)

(m/s)، فإذا وصل نهاية الخرطوم الذي يخرج منه الماء بفوهة مساحة مقطعها ($2 \times 10^{-4} \text{ m}^2$)، فأحسب:

أ - معدل التدفق الحجمي للماء أثناء خروجه من الفوهة.

$$\frac{V}{\Delta t} = A_2 v_2 = A_1 v_1 = (8 \times 10^{-4})(3) = 2.4 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

ب - سرعة تدفق الماء أثناء خروجه من الفوهة.

$$A_2 v_2 = 2.4 \times 10^{-3} \rightarrow 2.4 \times 10^{-3} = (2 \times 10^{-4})(v_2) \rightarrow v_2 = 12 \text{ m/s}$$

? | تدريب

سائل ينساب بسرعة (v) خلال أنبوبة اسطوانية نصف قطرها (r)، إذا علمت أن السائل يمر من أنبوبة اسطوانية أخرى نصف قطرها ($\frac{r}{4}$) فأحسب مقدار النسبة بين سرعة تدفقه في الأسطوانة الأولى إلى سرعة تدفقه في الأسطوانة الثانية.

? | تدريب

يمر ماء خلال أنبوبة من المطاط طول قطرها (24 cm) بسرعة (6 m/s)، إذا علمت أن سرعة خروج الماء من الأنبوبة (34.56 m/s) فأحسب مقدار قطر فوهتها الضيقة.

? | تدريب

ينساب الماء خارجاً من أنبوبة بمعدل ($7 \text{ cm}^3/\text{s}$) إذا علمت أن طول قطر الأنبوبة (0.7 cm) فأحسب مقدار سرعة الماء المتدفق عند نقطة بالأنبوبة.

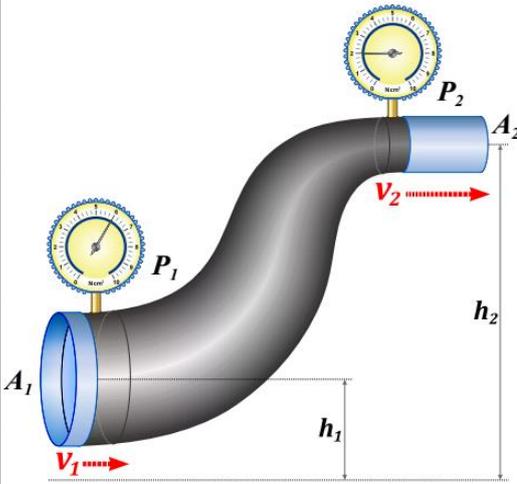
معادلة برنولي

■ معادلة برنولي:

● معادلة للعالم الفيزيائي دانيال برنولي تدرس العلاقة بين ضغط المائع وسرعته وارتفاعه.

● تعتبر معادلة برنولي تطبيق لمبدأ حفظ الطاقة على المائع المثالي.

● تُطبق معادلة برنولي عندما يكون هنالك مائع مثالي يتحرك عبر موقعين مع حدوث تغير في مساحة المقطع أو في الارتفاع (h_1) ، (h_2) أو الضغط (P_1) ، (P_2) أو السرعة (v_1) ، (v_2) .



؟ سؤال | ما نص معادلة برنولي؟

"أن مجموع الضغط والطاقة الميكانيكية (أي طاقة الوضع + طاقة الحركة) لوحدة الحجم يساوي مقداراً ثابتاً عند جميع النقاط على طول مجرى المائع المثالي".

● يمكن التعبير عن معادلة برنولي رياضياً على النحو الآتي :

$$P + \frac{1}{2} \rho_f v^2 + \rho_f gh = \text{Constant}$$

طاقة الحركة
لوحدة الحجم

طاقة الوضع
لوحدة الحجم

الضغط + الطاقة الميكانيكية = ثابت

الضغط + طاقة الوضع لوحدة الحجم + طاقة الحركة لوحدة الحجم = ثابت

● عند مقارنة موقعين على مجرى السائل نحصل على :

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho_f v_1^2 + \rho_f gh_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho_f v_2^2 + \rho_f gh_2$$

h_1 → ارتفاع مركز الأنبوب في الموقع الأول عن مستوى مرجعي (كسطح الأرض مثلاً)

h_2 → ارتفاع مركز الأنبوب في الموقع الأول عن المستوى المرجعي نفسه في الموقع الأول

ρ_f → كثافة المائع P_2 → ضغط المائع عند الموقع الثاني P_1 → ضغط المائع عند الموقع الأول

g → تسارع السقوط الحر v_2 → سرعة المائع في الموقع الثاني v_1 → سرعة المائع في الموقع الأول

● تنتقل الموائع من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض.

سؤال ؟ وضح كيف تم اشتقاق قانوني الطاقة الحركية وطاقة الوضع لوحدة الحجم؟

الطاقة الحركية لوحدة الحجم = الطاقة الحركية / الحجم

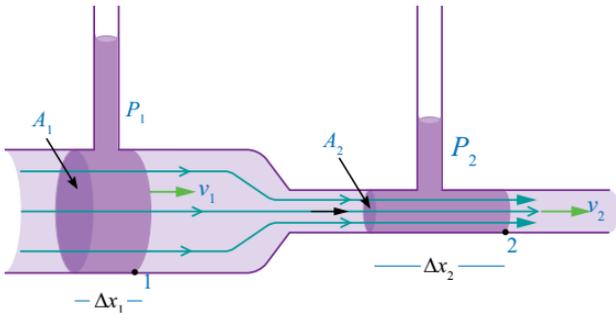
$$\frac{\frac{1}{2}mv^2}{V} = \frac{1}{2} \rho_f v_1^2, \rho_f = \frac{m}{V}$$

طاقة الوضع لوحدة الحجم = طاقة الوضع / الحجم

$$\frac{mgh}{V} = \rho_f gh, \rho_f = \frac{m}{V}$$

● حالة خاصة من معادلة برنولي عندما يكون أنبوب الجريان أفقي أي ($h_1 = h_2$) وبالتالي تكون المعادلة بالصيغة الآتية :

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



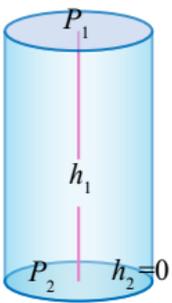
★ شكل توضيحي للحالة الخاصة لمعادلة برنولي عندما يكون أنبوب الجريان أفقي.

☑ يكون الارتفاع متساوي عند كل من الموقع الأول والموقع الثاني.

$$(h_1 = h_2)$$

● حالة خاصة من معادلة برنولي عندما يكون المائع ساكناً أي ($v_1 = v_2 = 0$) وبالتالي تكون المعادلة بالصيغة الآتية :

$$P_1 + \rho_f gh_1 = P_2 + \rho_f gh_2$$



★ شكل توضيحي للحالة الخاصة لمعادلة برنولي عندما يكون المائع ساكناً.

☑ تكون السرعة متساوية عند كل من الموقع الأول والموقع الثاني. ($v_1 = v_2$)

ملاحظات مهمة

- العلاقة بين الضغط وسرعة المائع علاقة عكسية فكلما زادت سرعة المائع قل الضغط.
- العلاقة بين نصف قطر الأنبوب وسرعة المائع علاقة عكسية فكلما زاد نصف قطر أنبوب الجريان (مساحته) زادت سرعة المائع.
- يجب عند تطبيق معادلة برنولي تحديد الموقعين في أنبوب الجريان وتحديد المعطيات ثم التعويض لدراسة الحالة الخاصة بالمائع.

سؤال إضافي **أكتب معادلة برنولي عندما يكون المائع ساكنًا؟**

DREN

$$v_1 = v_2 \rightarrow P_1 + \rho_f g h_1 = P_2 + \rho_f g h_2$$

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

تمثل هذه المعادلة ضغط الموائع الساكنية وتم ذكرها في بداية الدرس الأول وهي تعتبر حالة خاصة لمعادلة برنولي عندما يكون المائع ساكنًا.

سؤال إضافي **أكتب معادلة برنولي عندما تكون مساحة مقطع أنبوب الجريان منتظمة**

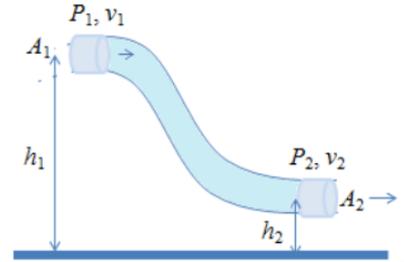
DREN

$(A_1 = A_2)$ ، كما في الشكل المجاور؟

سرعة جريان المائع تبقى ثابتة حسب معادلة الاستمرارية ($v_1 = v_2$)

$$v_1 = v_2 \rightarrow P_1 + \rho_f g h_1 = P_2 + \rho_f g h_2$$

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



سؤال **?** يجري الماء في خرطوم أفقي بسرعة ($v_1 = 3 \text{ m/s}$) فإذا كان ضغط الماء في

الخرطوم ($1.4 \times 10^5 \text{ Pa}$) وعند تقليل قطر الخرطوم هبط ضغط الماء ليصبح

($1.1 \times 10^5 \text{ Pa}$)، أحسب:

أ - سرعة الماء عبر الجزء الضيق من الخرطوم.

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

$$1.4 \times 10^5 + \frac{1}{2} (10^3) (3^2) = 1.1 \times 10^5 + \frac{1}{2} (10^3) (v_2)^2$$

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

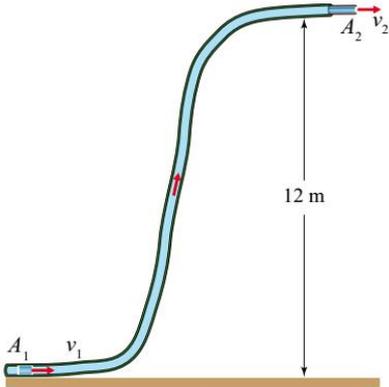
ب - نسبة مساحة مقطع الجزء الضيق إلى مساحة الجزء الواسع من الخرطوم.

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



أفكر: فسر ارتفاع كرة التنس في الهواء عند تسليط تيار هوائي فوقها كما في الشكل الآتي.

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



سؤال إضافي خرطوم ماء موضوع أفقيًا على سطح الأرض مساحة مقطعه (4 cm²)، ثبت في طرفه أنبوب رفيع مساحة مقطعه (2 cm²). إذا كانت سرعة تدفق الماء عبر المقطع الأول (5 m/s) وبفرض أن الماء مائع مثالي وكثافته (10³ kg/m³) فاحسب:

أ - سرعة الماء عند الطرف الحر للأنبوب.

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \rightarrow (4 \times 10^{-4})(5) = (2 \times 10^{-4})(v_2) \rightarrow v_2 = 10 \text{ m/s}$$

ب - الفرق في ضغط الماء بين الموقعين.

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

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

$$P_1 - P_2 = \Delta P = \frac{1}{2} \times 10^3 \times (10)^2 - \frac{1}{2} \times 10^3 \times (5)^2 + 10^3 \times 10 \times 0 - 10^3 \times 10 \times 12$$

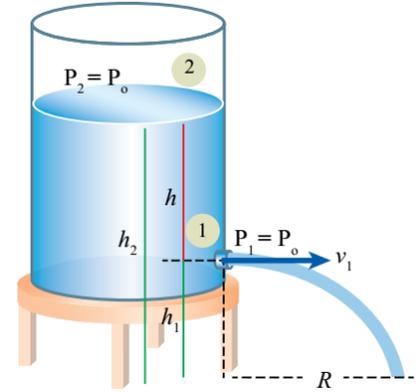
$$P_1 - P_2 = \Delta P = 3.75 \times 10^4 \text{ Pa}$$

هام جدا جدا
للاضمام لمجموعات الواتس لمتابعة شروحات المادة وأوراق العمل والامتحانات وغيره الكثير ..
0795360003

سؤال إضافي

ثقب صغير في خزان مياه كبير مفتوح من الأعلى مثبت على قاعدة كما في الشكل، فإذا كان ارتفاع الثقب عن سطح الأرض (3 m) وارتفاع مستوى سطح الماء عن الثقب (7 m)، فأحسب سرعة اندفاع الماء من الثقب ؟

بما أن الخزان واسع جداً ومفتوح للهواء الجوي هو والثقب فيمكن اعتبار الضغط الجوي لكل منهما مساوي للضغط الجوي ($P_1 = P_2 = P_0$) وبما أن قطر الثقب صغير جداً مقارنة مع قطر الخزان فإنه يمكننا اعتبار سرعة هبوط الماء في الخزان تساوي صفر ($v_2 = 0$).



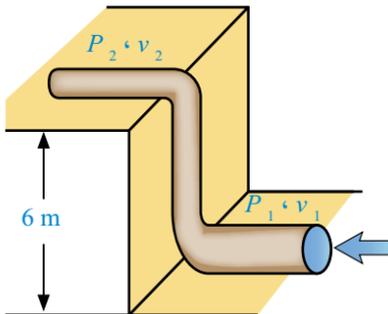
$$P_1 + \frac{1}{2} \rho_f v_1^2 + \rho_f g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho_f v_2^2 + \rho_f g h_2$$

$$P_0 + \frac{1}{2} \rho_f v_1^2 + \rho_f g h_1 = P_0 + \rho_f g h_2$$

$$\frac{1}{2} \rho_f v_1^2 + \rho_f g h_1 = \rho_f g h_2 \rightarrow v_1 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2(10)(10 - 3)} = 11.83 \text{ m/s}$$

سؤال ؟ 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 نصف قطره (2 cm) تحت ضغط ($3 \times 10^5 \text{ Pa}$) إلى الطابق الثاني الذي يرتفع مسافة (6 m) عن المضخة كما في الشكل ، ليتدفق الماء من أنبوب نصف قطره (1.2 cm) ، أحسب :
أ - سرعة تدفق الماء في الأنبوب في الطابق الثاني.



$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \rightarrow (\pi \times r_1^2) v_1 = (\pi \times r_2^2) v_2$$

$$(\pi \times 0.02^2)(0.5) = (\pi \times 0.012^2)(v_2) \rightarrow v_2 = 1.39 \text{ m/s}$$

ب - ضغط الماء في الأنبوب في الطابق الثاني.

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

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

$$P_2 = 2.39 \times 10^5 \text{ Pa}$$

تدرسه

أنبوب تزويد نصف قطره (4 cm) يرتفع عن سطح الأرض مسافة رأسية مقدارها (3 m) ومعدل تدفق السائل فيه ($2 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$) يتصل بأنبوب على سطح الأرض نصف قطره (1.5 cm) وضغط السائل فيه ($3 \times 10^5 \text{ Pa}$) ، فإذا علمت أن كثافة السائل (2000 kg/m^3) ، فأحسب :

أ - سرعة السائل المتدفق من الأنبوب السفلي.

$$\frac{V}{\Delta t} = A_1 v_1 = 2 \times 10^{-3}$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \rightarrow 2 \times 10^{-3} = (\pi \times r_2^2) v_2$$

$$2 \times 10^{-3} = (3.14 \times 0.015^2)(v_2) \rightarrow v_2 = 2.8 \text{ m/s}$$

ب - ضغط السائل في أنبوب التزويد العلوي.

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

$$P_1 + \frac{1}{2} \times 2000 \times 0.4^2 + 2000 \times 10 \times 3 = 3 \times 10^5 + \frac{1}{2} \times 2000 \times 2.8^2 + 2000 \times 10 \times 0$$

$$P_2 = 2.47 \times 10^5 \text{ Pa}$$

سؤال إضافي

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

نختار موقعين للتطبيق عليهم الأول تحت سطح المنزل داخل البيت والثاني فوق سطح المنزل خارج البيت وبالتالي يمكن اعتبار ($h_1 = h_2$) وسرعة الرياح داخل المنزل ($v_1 = 0$).

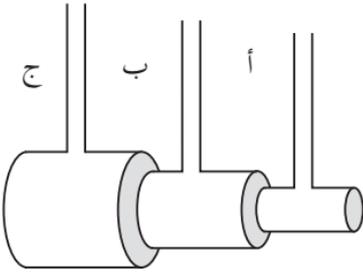
$$P_1 + \frac{1}{2} \rho_f v_1^2 + \rho_f g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho_f v_2^2 + \rho_f g h_2$$

$$P_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho_f v_2^2 \rightarrow P_1 - P_2 = \Delta P = \frac{1}{2} \rho_f v_2^2$$

$$\Delta P = \frac{1}{2} \times 1.029 \times (88)^2 = 3984 \text{ Pa}$$

$$F = (\Delta P)(A) = 3984 \times 450 = 1.79 \times 10^6 \text{ N}$$

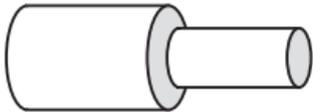
تدريب ? في الشكل الآتي يجري مائع مثالي في أنبوب غير منتظم المقطع.



أ - حدد أن يكون ارتفاع السائل أكبر؟ في الشعبة (أ) أم (ب) أم (ج) مفسراً السبب.

ب - ماذا لو سكن المائع في الأنبوب؟

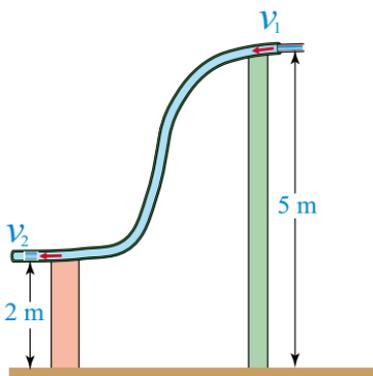
تدريب ? أنبوب أفقي يحتوي اختناقاً، إذا كانت مساحة الأنبوب (4) أمثال مساحة



الاختناق، وكانت سرعة المائع في الأنبوب (50 cm/s) وكثافة السائل (1 g/cm^3)، فاحسب:

أ - سرعة المائع في الاختناق. ($200 \text{ cm/s} = 2 \text{ m/s}$)

ب - الفرق في ضغط المائع بين الأنبوب والاختناق. (1875 Pa)



تدريب ? خرطوم مياه مساحة مقطعه غير منتظمة، كما في

الشكل، إذا كانت مساحة مقطع طرفه الأول (0.1 m^2) ويرتفع (5 m) عن سطح الأرض، ومساحة مقطع طرفه الثاني (0.2 m^2)

ويرتفع (2 m) عن سطح الأرض، وكانت سرعة المياه عند طرفه الأول (1 m/s) وغطه ($2.5 \times 10^5 \text{ Pa}$)، فأحسب سرعة الماء

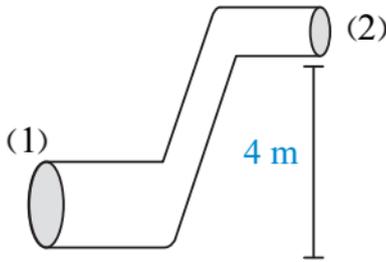
وغطه عند الطرف الثاني للخرطوم.

تدريب ? مضخة تدفع سائلاً من الطرف (1) بضغط مقداره (4×10^5 Pa) بسرعة

مقدارها (4 m/s) في أنبوب مساحة مقطعه (100 cm^2) كما في الشكل ، فيرتفع في الأنبوب حتى يصل اختناقاً على ارتفاع (4 m) مساحته (40 cm^2). إذا علمت أن كثافة السائل (4 g/cm^3) ، فأحسب :

أ - سرعة السائل في الاختناق. (10 m/s)

ب - ضغط السائل في الاختناق. (7.2×10^4 Pa)



تدريب ? طائرة ركاب صغيرة تطير بشكل أفقي وبسرعة ثابتة، إذا كانت سرعة الهواء

فوق جناح الطائرة (40 m/s) وسرعته تحت جناح الطائرة (10 m/s)، وكانت مساحة الجناح الواحد (40 m^2) وكثافة الهواء (1.3 kg/m^3) ، فأحسب قوة الرفع على الطائرة.

سؤال إضافي **NEED** فسر علمياً "يُخشى من سقوط الشخص الذي يقف بالقرب من خط سكة الحديد حينما يمر قطار بسرعة كبيرة أمامه.

مرور القطار بسرعة كبيرة يعمل على زيادة سرعة الهواء المحيط به ، وهذا يعمل على تقليل ضغطه (حسب معادلة برنولي) أي يكون ضغط الهواء أمام الشخص قليلاً جداً ويكون ضغط الهواء خلف الشخص أعلى من ضغط الهواء أمامه وبسبب فرق الضغط تنشأ قوة محصلة تعمل على دفع الشخص باتجاه القطار.

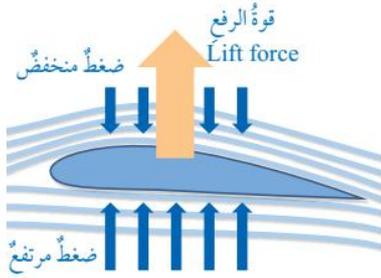
هم جدا جدا

للاضمام لمجموعات الواتس لمتابعة شروحات المادة وأوراق العمل والامتحانات وغيره الكثير ..

0795360003

تطبيقات على معادلة برنولي

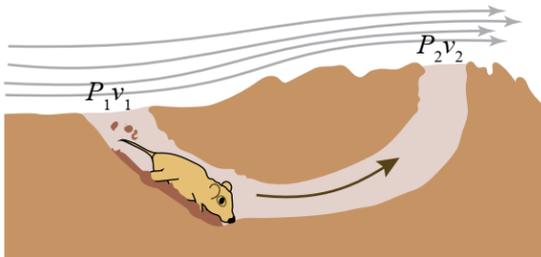
☆ أجنحة الطائرة:



- تم استخدام معادلة برنولي عند تصميم أجنحة الطائرات.
- يتم تصميم شكل الجناح الانسيابي ليكون السطح العلوي له منحنياً (محدباً) والسطح السفلي شبه مستوي.
- 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.
- حسب معادلة برنولي تتولد قوة رفع نتيجة فرق الضغط بين أسفل الجناح وأعلى وهي التي تدفع بأجنحة الطائرة نحو الأعلى.
- يدل تزامن خطوط الجريان فوق جناح الطائرة على أن سرعة جريان المائع كبيرة وهذه من خواص خطوط الجريان (الكثافة) تزداد بزيادة سرعة المائع.
- عملية التحكم في قدرة الطائرة على الطيران وبقائها في الجو تحدث عن طريق أربع قوى رئيسية كما في الشكل: قوة الدفع ، قوة الرفع ، قوة المقاومة ، الوزن.

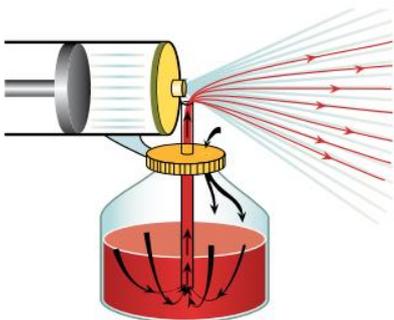
سؤال إضافي DRAM كيف يمكن للحيوانات العيش في

أنفاق تحت الأرض نسبة الأكسجين فيها قليلة جداً؟

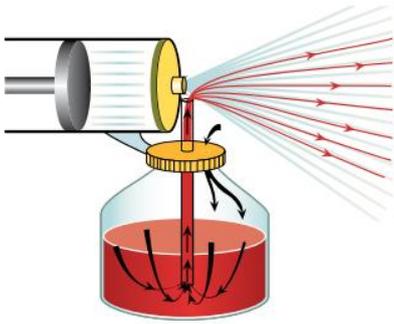


- تكون إحدى الفتحتين مرتفعة عن الأخرى وبالتالي تزداد سرعة الهواء فوق الفتحة المرتفعة بسبب شكلها المحدب فيقل ضغط الهواء ليصبح أقل منه فوق الفتحة الأولى وبسبب فرق الضغط هذا يجري تيار الهواء داخل النفق من منطقة الضغط المرتفع إلى منطقة الضغط المنخفض فسبحان الله العظيم مدبر كل شيء.

☆ المرذاذ:



- يتكون المرذاذ من أنبوب أفقي واسع ينتهي بأنبوب ضيق يمر فوق أنبوب آخر رأسي.
- يعتمد عمل المرذاذ على اندفاع الهواء من الأنبوب الواسع إلى الأنبوب الضيق فتزداد سرعته حسب معادلة الاستمرارية وينخفض ضغطه حسب معادلة برنولي.



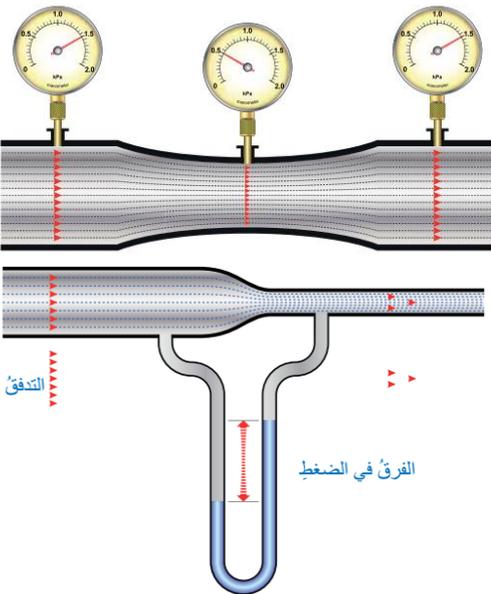
⊖ ضغط الهواء عند فوهة الأنبوب الرأسي أقل من ضغط الهواء داخل الوعاء الزجاجي مما يؤدي لاندفاع السائل إلى الأعلى ليختلط مع الهواء المندفَع من الأنبوب الأفقي ويشتت على شكل رذاذ ناعم من القطرات.

⊖ من الأمثلة على الأجهزة والأدوات التي تعمل بنفس طريقة المرذاذ: زجاجات العطور ومرشحات الطلاء ومرشحات المنظفات وفي مازج السيارة (الكاربوريتر).

سؤال إضافي **NERD** ما فائدة الفتحة في أعلى القارورة؟

دخول الهواء الجوي إلى القارورة بحيث يبقى الضغط فوق السائل في القارورة مساوياً 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 هو جهاز يستخدم لقياس سرعة ومعدل تدفق الموائع في الأنابيب بتطبيق معادلة برنولي.

⊖ عبارة عن أنبوب مفتوح الطرفين وضيّف في وسطه وعند مرور المائع في وسطه تزداد سرعته ويقل ضغطه.

⊖ يتم قياس سرعة ومعدل تدفق المائع عن طريق قياس الفرق بين ضغط المائع في الأنبوب وضغط المائع في وسط الأنبوب.

⊖ يبين الشكل في الجانب أشكال مختلفة لمقياس فنتوري.

سؤال إضافي **NERD** ما الفرق بين مقياسي فنتوري في الشكل؟

في الشكل العلوي لمقياس فنتوري يستخدم جهاز قياس الضغط مباشرة لذا يمكن معرفة فرق الضغط بطرح مقدار الضغط في الأنبوب الضيق من مقدار الضغط في الأنبوب الواسع.

في الشكل السفلي لمقياس فنتوري يستخدم فيه فرق ارتفاع المائع في الأنبوب الرفيع المنحني لمعرفة فرق الضغط بين أنبوبي فنتوري (مانوميتر).

حل أسئلة مراجعة الدرس الثاني من الوحدة الخامسة

سؤال 1 | وضح المقصود بكل مما يأتي:

المائع المثالي : المائع الذي يتصف بالخصائص الأربعة (جريانه منتظم ، غير قابل للانضغاط ، غير لزج ، غير دوامي).

قوة الرفع : القوة المتولدة نتيجة فرق الضغط بين أسفل الجناح وأعلى والتي تدفع بأجنحة الطائرة نحو الأعلى.

معادلة الاستمرارية : حاصل ضرب مساحة المقطع العرضي لأنبوب جريان المائع في سرعة المائع عند ذلك المقطع يساوي مقداراً ثابتاً.

خط الجريان : خط يمثل مسار جزيئات المائع عند جريانها.

سؤال 2 | تتطاير الأسقف المعدنية للمنازل الجاهزة عند هبوب رياح قوية ، كما هو مبين في الشكل.



أ - ما التفسير العلمي لما يحدث؟

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 بالأسقف نحو الأعلى.

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

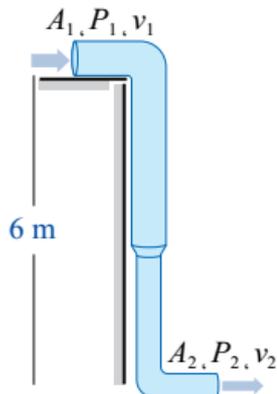
فتح نوافذ المنزل بحيث تندفع الرياح أسفل وأعلى سطح المنزل فيقل فرق الضغط بينهما لتتولد قوة رفع قليلة جداً مقارنة بقوة الرفع في حالة إغلاق النوافذ.

سؤال 3 | يتدفق الماء من ارتفاع (6 m) عن سطح الأرض - باستخدام مضخة - عبر

أنبوب متغير مساحة المقطع كما في الشكل، فإذا علمت أن مساحة مقطع الطرف العلوي للأنبوب (0.2 m²) و ضغط الماء (1.5×10⁵ Pa) ومساحة مقطع الطرف السفلي للأنبوب

(0.05 m²) وسرعة الماء فيه (4 m/s) فجد :

أ - سرعة الماء في الطرف العلوي للأنبوب.



$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \rightarrow (0.2)(v_1) = (0.05)(4) \rightarrow v_1 = 1 \text{ m/s}$$

ب - ضغط الماء في الطرف السفلي للأنبوب.

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

$$1.5 \times 10^5 + \frac{1}{2} \times 10^3 \times 1^2 + 10^3 \times 10 \times 6 = P_2 + \frac{1}{2} \times 10^3 \times 4^2 + 2000 \times 10 \times 0$$

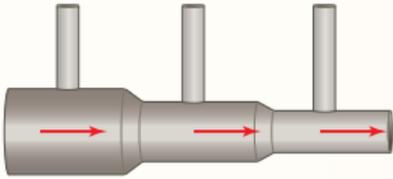
$$P_2 = 202500 \text{ Pa}$$

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

$$\frac{V}{\Delta t} = A_1 v_1 = 0.2 \times 1 = 0.2 \rightarrow \frac{V}{120} = 0.2 \rightarrow V = 24 \text{ m}^3$$

سؤال 4 يمثل الشكل أنبوب جريان مساحة مقطعه غير منتظمة. عند جريان المائع

في الأنبوب أجيب عما يأتي:



أ - وضخ كيف تتغير سرعة المائع في الأنبوب.

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 من حيث مساحة المقطع هي الأقل.

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

حسب معادلة برنولي: يقل ضغط المائع في الأنبوب الأفقي كلما زادت سرعة جريانه، لذلك يكون ضغط المائع في الأنبوب الأيسر هو الأكبر وبالتالي يكون ارتفاع المائع في الأنبوب العمودي المتصل به هو الأعلى ويقل الارتفاع في الأنبوب الأوسط ليصبح أقل ارتفاعاً في الأنبوب الأيمن.



سؤال 5 يتفرع الشريان الأبهر البطني إلى فرعين رئيسيين يسمى كل منهما الشريان الحرقفي كما في الشكل، إذا علمت أن قطر الشريان الأبهر (2 cm) وسرعة حريان الدم عبره (0.2 m/s) وقطر كل من الشريانيين الحرقفيين (1 cm) (باعتبارهما متماثلين)، فأحسب:
أ - معدل التدفق الحجمي للدم في كل من الشرايين الثلاثة.

$$A_1 = \pi \times r_1^2 = 3.14 \times (1 \times 10^{-2})^2 = 3.14 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_2 = \pi \times r_2^2 = 3.14 \times (0.5 \times 10^{-2})^2 = 7.85 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$A_2 = A_3 = 7.85 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$A_1 v_1 = 3.14 \times 10^{-4} \times 0.2 = 6.28 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A_1 v_1 = 2 \times (A_2 v_2) \rightarrow 6.28 \times 10^{-5} = 2 \times (A_2 v_2) \rightarrow A_2 v_2 = 3.14 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A_3 v_3 = (A_2 v_2) = 3.14 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\frac{V}{\Delta t} = A_1 v_1 = 6.28 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} \text{ معدل التدفق الحجمي في الشريان الأبهر}$$

$$\frac{V}{\Delta t} = A_2 v_2 = A_3 v_3 = 3.14 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} \text{ معدل التدفق الحجمي في الشريان الحرقفي الواحد}$$

ب - سرعة تدفق الدم في الشريان الحرقفي.

$$A_2 v_2 = 3.14 \times 10^{-5} \rightarrow (7.85 \times 10^{-5})(v_2) = 3.14 \times 10^{-5} \rightarrow v_2 = 0.4 \text{ m/s}$$