الموائعُ Fluids

أتأمَّلُ الصورةَ

قالَ اللّهُ تعالى: ﴿ وَمِنْ آيَاتِهِ الْجَوَارِ الْمُنْشَآتُ فِي الْبَحْرِ كَالْأَعْلَامِ ﴾. (سورةُ الرحمنِ، الآيةُ 24)

تُعدُّ السفنُ والبواخرُ منْ آياتِ اللهِ تعالى الدالةِ على قدرتهِ وسلطانهِ، وهيَ منْ وسائلِ النقلِ البحريةِ الرئيسةِ والمهمةِ؛ حيثُ تُستخدَمُ في عملياتِ نقلِ الركابِ والسياحِ وشحنِ البضائعِ والنفطِ بينَ الدولِ عبرَ البحارِ والمحيطاتِ، وتصلُ حمولتُها إلى مئاتِ آلافِ الأطنانِ، ومعَ ذلكَ تطفو فوقَ سطحِ الماءِ ولا تغرقُ، فما الذي يجعلُ تلكَ السفنَ والبواخرَ تطفو على سطحِ الماءِ رغمَ أنَّها مصنوعةٌ منْ فلزِّ الحديدِ الذي لا يطفو على سطحِ الماءِ؟

55

- بيِّن للطلبة أن السفينة وسيلة نقل عامة على سطح الماء للركاب والبضائع، استخدمها الإنسان منذ القدم للتنقل على المسطحات المائية، وهي إحدى أعمدة التجارة والنقل الحديث.
- الفت انتباه الطلبة أنه على الرغم من أن السفن والبواخر تصنع من الحديد أو الفولاذ الأكثر كثافة من الماء ووزنها وما بها من حمولة يصل إلى مئات الملايين من النيوتن، إلا أنها تطفو فوق سطح الماء.
- وضِّح للطلبة أن السفن تطفو بسبب قوة دفع الماء لها (قوة الطفو)، حيث تحتوي السفينة على تجويفات هوائية تجعل متوسط كثافة السفينة أقل من كثافة الماء.
- بيِّن للطلبة أن السفن حاليًّا أكثر أمانًا من ذي قبل؛ فهي مجهزة بأنظمة الرادار والملاحة، فضلا عن وجود نظام تحديد المواقع العالمي GPS لتعقب مكان السفن وتوافر شبكة الإنترنت. إضافة إلى الخطوط والتدريجات التي توضع على مقدمة السفينة وجوانبها Draft Mark التي تحدد العمق الآمن وحدود التحميل القصوى والتي ساهمت في الحد من حوادث الغرق الناتجة عن الحمولة الزائدة.

الوحدةُ 5

الموائع Fluids

أتأمَّل الصورة

- وجِّه انتباه الطلبة إلى تأمل صورة السفينة التي تحمل على متنها السياح غالبًا، ثم اطرح عليهم الأسئلة الآتية:

– هل سبق لك أن شاهدت أو ركبت سفينة ما؟ هل شعرت بالخوف من غرق تلك السفينة وأنت على متنها ؟

– ما المادة التي تصنع منها السفن؟ هل كثافة تلك المادة أكبر من كثافة مياه البحر أم أقل منها؟

هيكل السفينة يصنع غالبًا من الفولاذ و مواد أخرى مختلفة الكثافة. وكثافة الفولاذ أكبر بكثير من كثافة مياه البحر.

– ما القوة التي تؤثر في السفينة وتجعلها تطفو فوق سطح البحر رغم وزنها الكبير جدًّا؟

قوة دفع الماء لها (قوة الطفو) المساوية لوزن السفينة .

– هل هناك حدود آمنة لحمولة السفينة ووزنها؟

نعم؛ هناك تدريجات وخطوط مرسومة على جسم السفينة تسمى خطوط التحميل الآمنة؛ تشير إلى الحد الأقصى لحمولة السفينة بما فيها وزن السفينة، ويجب عدم تجاوزها.

صقر الجنوب منتديات

الفكرة العامة:

- اكتب الفكرة العامة على اللوح، ثم وجِّه الطلبة إلى استخراج المفاهيم التي تتناولها، ثم اطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

– هل كثافة الغاز أو الهواء داخل المنطاد المحلق في سماء وادي رم جنوب الأردن في الصورة أكبر أم أقل من كثافة الهواء الجوي المحيط بالمنطاد؟

تستخدم في المنطاد إما غازات كثافتها أقل من كثافة الهواء المحيط به مثل غاز الهيليوم أو الهيدروجين، وإما أنه يجري تسخين الهواء داخل المنطاد فتقل كثافته؛ لتصبح أقل من كثافة الهواء المحيط به.

– هل يزداد ضغط الهواء عندما تزداد سرعته ؟ أم يقل؟ وما علاقة ذلك بطيران الطائرة؟

يقل ضغط الهواء كلما ازدادت سرعته، وسرعة الهواء فوق جناح الطائرة تكون أكبر منها أسفل الجناح؛ مما يولد فرقًا في الضغط، ومن ثَم تنشأ قوة رفع تدفع بالأجنحة والطائرة إلى أعلى.

مشروع الوحدة:

تصميم طائرة عمودية

تحقيقًا لمنحى STEAM ولتدريب الطلبة على تطبيق خطوات بناء المشروع العلمي بدءًا من التخطيط والتصميم وبناء النماذج العلمية المناسبة واختبار تلك النماذج؛ جاء هذا المشروع –تصميم طائرة عمودية (مروحية)– تطبيقًا لما تعلمه الطلبة عن معادلة برنولي وتطبيقاتها. وجِّه الطلبة إلى إمكانية الاستفادة من المواقع الإلكترونية الموثوقة والآمنة في البحث عن مقاطع فيديو تعليمية وتصاميم مشابهة في هذا المجال؛ مثل التصميم المبين في الشكل، ثم أجرِ الخطوات الآتية:

- اتفق مع الطلبة على معايير تقويم المشروع.

الفكرةُ العامةُ:

تختلفُ الموائعُ (السوائلُ والغازاتُ) الساكنةُ عنِ الموائعِ المتحركةِ في خصائصِها وسلوكِها والمعادلاتِ التي تصفُ حركتَها، وكلاهُما يلعبُ دورًا مهمًّا وحيويًّا في حياتِنا، إضافةً إلى تطبيقاتِها العمليةِ في مختلفِ المجالاتِ والتخصصاتِ.

الدرسُ الأولُ: الموائعُ الساكنةُ Static Fluids

الفكرةُ الرئيسةُ: يؤثرُ المائعُ الساكنُ في الأجسامِ المغمورةِ فيهِ كليًّا أوْ جزئيًّا بقوةِ دفعٍ تُسمّى قوةَ الطفْوِ.

الدرسُ الثاني: الموائعُ المتحركةُ Fluids in Motion

الفكرةُ الرئيسةُ: للموائعِ المتحركةِ خصائصُ وسلوكاتٌ وتطبيقاتٌ خاصةٌ بِها، يمكنُ تفسيرُها عنْ طريقِ معادلةِ الاستمراريةِ ومعادلةِ برنولي.

- قسِّم الطلبة إلى مجموعات، وكلف كل مجموعة بتصميم نموذج للطائرة العمودية.
- ناقش مع طلبة الصف التصاميم المقدمة من المجموعات؛ لاختيارالتصميم المناسب بالاعتماد على المعايير التي اتُّفِق عليها.
- كلف المجموعات بتنفيذ التصميم المتفق عليه واختباره عمليًّا أمام الطلبة (قدرة الطائرة المصممة على الطيران، والقدرة على التحكم بها باستخدام جهاز التحكم (الريموت)، علمًا بانه يمكن شراء جهاز التحكم والشريحة الخاصة به من محلات الإلكترونيات.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

❋ **القضايا ذات العلاقة بالعمل: إدارة المشاريع.**

وجِّه الطلبة إلى أهمية التخطيط للمشروع بشكل دقيق وعلمي، ودراسته، وجمع معلومات كافية عنه قبل البدء بتنفيذه، وعمل المخططات والتصاميم المناسبة ، واختبارها.

صقر الجنوب منتديات

تجربةٌ استهلاليةٌ

خصائصُ الموائعِ

الموادُّ والأدواتُ: كأسانِ شفافتانِ، ماصةٌ، مشرطٌ، ورقتا رقائقِ ألمنيومٍ متماثلتانِ، ماءٌ.

إرشاداتُ السلامةِ: الحذرُ في التعاملِ معَ الأدواتِ الزجاجيةِ والحادةِ.

خطواتُ العملِ: بالتعاونِ معَ أفرادِ مجموعتي، أنفذُ الخطواتِ الآتيةَ:

الجزءُ الأولُ:

1. **ألاحظُ:** أملأُ الكأسَ الزجاجيةَ بالماءِ، ثم أطوي إحدى رقائقِ الألمنيومِ عدةَ طياتٍ؛ حتى تصبحَ على شكلِ مكعبٍ أوْ كرةٍ مصمتةٍ وأضعُها على سطحِ الماءِ وألاحظُ ما يحدثُ لَها.
2. **أصممُ** منْ رقاقةِ الألمنيومِ الثانيةِ شكلًا مجوفًا على شكلِ قاربٍ بسيطٍ مثلًا كما في الشكلِ، وأضعهُ على سطحِ الماءِ. أدونُ ملاحظاتي حولَ ما يحدثُ للقاربِ.

الجزءُ الثاني:

1. أضيفُ كميةً منَ الماءِ في الكأسِ، وأستخدمُ المشرطَ في قطعِ الماصّةِ إلى نصفيْنِ؛ بحيثُ يبقى نصفاها معلقيْنِ معًا، وأثنيها لتكونَ الزاويةُ بينَ نصفيْها قائمةً تقريبًا. أضعُ النصفَ الأولَ من الماصةِ في الكأسِ بشكلٍ رأسيٍّ، بحيثُ ينغمرُ جزءٌ منهُ في الماءِ، والنصفُ الثاني بشكلٍ أفقيٍّ، كما في الشكلِ.
2. **ألاحظُ:** أنفخُ في الطرفِ الأيسرِ للماصةِ الأفقيةِ، وأدونُ ملاحظاتي حولَ حركةِ الماءِ داخلَ الماصةِ الرأسيةِ، وعندَ فوهتِها.
3. **أقارنُ:** أكررُ الخطوةَ (2) ولكنْ بالنفخِ بقوةٍ أكبرَ لزيادةِ سرعةِ الهواءِ في الماصةِ الأفقيّةِ، وأدونُ ملاحظاتي حولَ الفرقِ بينَ نتائجِ الخطوتيْنِ.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. **أحللُ:** هلِ اختلفَ متوسطُ كثافةِ القاربِ عنْ كثافةِ رقاقةِ الألمنيومِ التي صُنِعَ منْها القاربُ؟ أوضّحُ ذلكَ.
2. **أفسرُ:** (تغرقُ رقاقةُ الألمنيومِ الأولى في الماءِ وتستقرُّ في قعرِ الكأسِ، بينَما تطفو الأخرى فوقَهُ رغمَ أنَّ وزنَ كلٍّ منَ الرقاقتيْنِ نفسُهُ)، ما السببُ؟
3. **أتنبأُ:** ماذا سيحدثُ للقاربِ إذا وضعْنا بعضَ الأثقالِ الخفيفةِ فوقَهُ؟
4. أحددُ اتجاهَ حركةِ الماءِ في الماصةِ الرأسيةِ عندَ النفخِ في الماصةِ الأفقيةِ.
5. هلْ حدثَ فرقٌ بينَ ضغطِ الهواءِ فوقَ سطحِ الماءِ في الكأسِ، وضغطِهِ في الماصةِ الرأسيةِ بعدَ نفخِ الهواءِ؟ أُوَضّحُ ذلكَ.
6. أصفُ ما يحدثُ للماءِ في كلٍّ منَ الكأسِ والماصةِ الرأسيةِ وعندَ فوهتِها في الخطوتيْنِ (2) و(3). وما علاقةُ ذلكَ بفرقِ ضغطِ الهواءِ؟

الماصة الرأسية نتيجة فرق ضغط الهواء؛ حيث ينتقل السائل من منطقة الضغط المرتفع إلى منطقة الضغط المنخفض.

الخطوة (3): يهبط مستوى الماء بشكل أكبر في الكأس ويرتفع بشكل أكبر كذلك في الماصة الرأسية؛ نتيجة زيادة الفرق في ضغط الهواء.

استراتيجية التقويم: التقويم المعتمد على الأداء. **أداة التقويم:** سلم التقدير العددي.

الرقم	معيار الأداء	1	2	3	4
1	يلتزم بتعليمات الأمان والسلامة العامة أثناء تنفيذ خطوات التجربة.				
2	ينفذ خطوات التجربة بدقة.				
3	يصمم قاربًا يطفو فوق سطح الماء.				
4	يصف نتائج التجربة التي توصل إليها.				
5	يقارن النتائج التي توصل إليها بنتائج زملائه.				
6	يحترم الرأي والرأي الآخر.				

تجربة استهلالية

الهدف:

- استقصاء العلاقة بين كلٍّ من: متوسط كثافة الجسم وكثافة المائع وطفو الجسم في المائع عمليًّا.
- استقصاء العلاقة بين سرعة المائع وضغطه عمليًّا (معادلة برنولي).

زمن النشاط: 20 دقيقة.

إرشادات السلامة: الحذر في التعامل مع الأدوات الزجاجية والحادة .

المهارات العلمية: المقارنة، الملاحظة، التوقع، الاستنتاج، التفسير، الوصف، التنبؤ.

الإجراءات والتوجيهات:

- وجِّه الطلبة إلى الاستعانة بدليل الأنشطة والتجارب العملية عند إجراء التجربة، ونبِّه الطلبة إلى:

– التأكد من عدم تسرب المياه إلى داخل القارب أثناء تصميمهم الشكل المجوف.

– وضع ثقل داخل القارب؛ ليساعد على اتزان القارب وعدم انقلابه.

– عدم ملامسة الماصة الرأسية أسفل كأس الماء.

النتائج المتوقعة:

من المتوقع أن يتوصل معظم الطلبة إلى نتائج دقيقة وصحيحة، لكن ربما لا يطفو القارب المصمم فوق الماء عند بعضهم؛ بسبب تسرب المياه إليه أوعدم انتظام شكله.

التحليل والاستنتاج:

1. نعم؛ متوسط كثافة القارب هي متوسط كثافة كل من مادة الألمنيوم والهواء داخل تجويف القارب، وهي أقل من كثافة الألمنيوم التي صنع منها القارب أو كثافة مكعب الألمنيوم، (كثافة الألمنيوم أكبر من كثافة الهواء).
2. لأن متوسط كثافة القارب (كثافة الهواء وكثافة الألمنيوم) الذي صنع من رقاقة الألمنيوم الثانية أقل من كثافة المكعب (الألمنيوم) الذي صنع من الرقاقة الأولى؛ وبالتالي فإنه يطفو وتكون قوة دفع السائل للقارب مساوية لوزنه، بينما قوة دفع السائل للمكعب أقل من وزنه؛ فيغرق.
3. يزداد حجم الجزء المغمور من القارب في السائل.
4. يندفع الماء رأسيًّا إلى أعلى في الماصة الرأسية.
5. نعم؛ يقل ضغط الهواء عند فوهة الماصة الرأسية ليصبح ضغط الهواء فوق سطح الماء في الكأس (الضغط الجوي) أكبر منه فوق سطح الماء في الماصة الرأسية، فيتولد فرق في الضغط.
6. الخطوة (2): يهبط مستوى الماء في الكأس بينما يرتفع في

الدرس 1

الموائع السكونية
Static Fluids

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

قوة الطفو

● وضِّح للطلبة أن الموائع السكونية فرع من فروع ميكانيكا الموائع (السوائل والغازات) التي تعنى بدراسة الموائع في حالة السكون؛ من حيث الضغط الذي يؤثر به المائع في الأجسام المغمورة فيه، وكذلك قوة دفع المائع في تلك الأجسام، التي تسمى قوة الطفو Buoyant Force.

● وجه الأسئلة الآتية للطلبة:

– ما القوى العمودية المؤثرة في تلك السفن؟

وزن السفينة (إلى أسفل)، وقوة دفع الماء (إلى أعلى) أي: (قوة الطفو).

– هل السفن والبواخر الطافية على سطح الماء في حالة اتزان؟

نعم؛ حيث إن محصلة القوى العمودية المؤثرة فيها تساوي صفرًا.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

قوة الطفو والضغط والكثافة

● ذكِّر الطلبة بما تعلموه سابقًا عن: الكثافة وعلاقتها بالحجم، قوة الطفو وعلاقتها بالكثافة، الضغط وعلاقته بالقوة، العوامل المؤثرة في ضغط السائل، الضغط الذي يؤثر به المائع في نقطة داخله، عن طريق المناقشة، وطرح أمثلة من الحياة اليومية.

✓ أتحقَّق:

الموائع: هي المواد التي تتصف بخاصيتي القدرة على الجريان وتغيير شكلها، وتشمل السوائل والغازات.

◄ الفكرةُ الرئيسةُ:

يؤثرُ المائعُ الساكنُ في الأجسامِ المغمورةِ فيهِ كليًّا أوْ جزئيًّا، بقوةِ دفعٍ رأسيًّا إلى أعلى تُسمّى قوةَ الطفوِ.

◄ نتاجاتُ التعلُّمِ:

- أوضِّحُ المفاهيمَ المتعلقةَ بالموائعِ الساكنةِ.
- أوظِّفُ التجاربَ العمليةَ في التحققِ منْ قاعدةِ أرخميدس.

◄ المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

الموائعُ Fluids

ضغطُ المائعِ Fluid Pressure

قوةُ الطفوِ Buoyant Force

قاعدةُ أرخميدس Archimedes' Principle

مقياسُ كثافةِ السوائلِ Hydrometer

الموائعُ Fluids

المادةُ في حالتِها الطبيعيةِ تكونُ على إحدى ثلاثِ حالاتٍ: (الصلبةِ أوِ السائلةِ، أوِالغازيةِ)، وتتميزُ المادةُ في الحالتيْنِ السائلةِ والغازيةِ عنْها في الحالةِ الصلبةِ بخاصيتَيْ الجريانِ (الانسيابِ)، وتغييرِ شكلِها إذا أثرتْ فيها قوًى خارجيةٌ؛ لأنَّ قوى التماسكِ بينَ جزيئاتِها ضعيفةٌ مقارنةً بالحالةِ الصلبةِ. ويُطلَقُ على الموادِّ التي تتصفُ بخاصيتَيْ القدرةِ على الجريانِ وتغييرِالشكلِ **الموائعُ Fluids**.

إنَّ دراسةَ الموائعِ (السوائلِ والغازاتِ) لَها أهميةٌ كبيرةٌ في حياتِنا اليوميةِ يمكنُ ملاحظتُها بسهولةٍ؛ فالهواءُ تحلقُ فيهِ الطائراتُ والمناطيدُ، والماءُ تطفو على سطحهِ السفنُ والبواخرُ، والدمُ يجري في أوردتِنا وشرايينِنا، إضافةً إلى تطبيقاتِ الموائعِ في مجموعةٍ واسعةٍ منَ التخصصاتِ الهندسيةِ والطبيةِ والأرصادِ الجويةِ، وتخصصَيْ الفيزياءِ وعلمِ الأحياءِ. وتقسمُ الموائعُ منْ حيثُ حالتُها الحركيةُ إلى قسمَيْنِ هُما: **الموائعُ السكونيةُ Static fluids والموائعُ المتحركةُ Fluids in motion**

عندَما تشاهدُ باخرةً تطفو على سطحِ الماءِ، كما في الشكلِ (1)، قدْ تتساءلُ: ما القوةُ التي يؤثرُ بِها الماءُ في السفينةِ لتطفوَ على سطحِ البحرِ؟

✓ أتحقَّقُ: ما المقصودُ بالموائعِ؟

الشكلُ (1): باخرةٌ تطفو على سطحِ الماءِ.

2 التدريس

نشاط سريع **الطفو والانغمار**

أحضر بالونًا وانفخه واربطه بشكل جيد من فوهته، ووجِّه السؤال الآتي إلى الطلبة: ماذا سيحدث للبالون إذا تركته حرًا في هواء الغرفة؟ أفلت البالون ودع الطلبة يشاهدون ما يحدث له. أدر نقاشًا حول ذلك؛ لمحاولة تفسير هبوط البالون إلى أسفل بينما نرى بالونات تطير في الهواء إلى أعلى ولا تهبط إلى أسفل.

أخطاء شائعة

يعتقد بعض الطلبة أن للمادة ثلاث حالات (صلبة، سائلة، غازية) فقط، وضِّح للطلبة أن هناك حالة رابعة للمادة وهي البلازما كما في الشمس والنجوم وهي ليست موجودة في الحالة الطبيعية للمادة، ولكنها تنتج بفعل الضغط والحرارة الشديدين اللذين تتعرض لهما.

ضغطُ المائعِ Fluid Pressure

تعلمتُ في صفوفٍ سابقةٍ أنَّ **الضغطَ (Pressure)** P قوةٌ عموديةٌ F تؤثرُ في وحدةِ المساحةِ A ووحدةُ قياسِهِ في النظامِ الدوليِّ SI هيَ باسكال (Pa = N/m²)Pa، وتعلمتُ أيضًا أنَّ المائعَ يؤثرُ بضغطٍ في جميعِ الاتجاهاتِ على النقاطِ أوِ الأجسامِ داخلَهُ ويُعطى بالعلاقةِ:

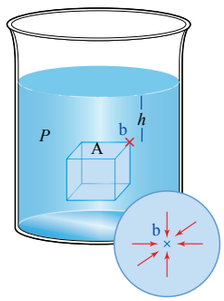
$$P = \rho_f gh$$

حيثُ: h : ارتفاعُ عمودِ المائعِ فوقَ تلكَ النقطةِ.

ρ_f : كثافةُ المائعِ.

g : تسارعُ السقوطِ الحرِّ.

أيْ أنَّ ضغطَ المائعِ المتجانسِ (كثافتهُ ثابتةٌ) عندَ أيةِ نقطةٍ داخلَهُ يتناسبُ طرديًّا مع كلٍّ منْ عمقِ النقطةِ داخلَ المائعِ، وكثافةِ المائعِ وتسارعِ السقوطِ الحرِّ. وحسبَ العلاقةِ أعلاهُ فإنَّ جميعَ النقاطِ التي تقعُ على العمقِ نفسِهِ تحتَ سطحِ المائعِ يكونُ الضغطُ عندَها لهُ القيمةُ نفسُها وفي جميعِ الاتجاهاتِ. فلو تخيلْنا مكعبًا وهميًّا مغمورًا في مائعٍ متجانسٍ كالماءِ مثلًا كما في الشكلِ (2)، فإنَّ ضغطَ المائعِ P المؤثرَ إلى أسفلَ عندَ أيةِ نقطةٍ على سطحِ المكعبِ العلويِّ هوَ نفسهُ ضغطُ المائعِ عندَ النقطةِ b ($P = \rho_f gh$).



الشكلُ (2): الضغطُ داخلَ المائعِ.

أفكِّرُ: ضغطُ الماءِ المؤثرُ في السطحِ الأفقيِّ للمكعبِ لا يعتمدُ على مساحتهِ A. أفسرُ ذلكَ.

تمرينٌ

أجدُ ضغطَ الماءِ المؤثرَ في سمكةٍ على عمقِ 20 m تحتَ سطحِ البحرِ (كثافةُ ماءِ البحرِ $1024\ kg\ m^{-3}$ ، $g = 10\ m\ s^{-2}$).

أتحقَّقُ: هلْ يتغيرُ ضغطُ سائلٍ معينٍ عندَ نقطةٍ ما فيهِ بتغيرِ ارتفاعِ موقعِ السائلِ عنْ سطحِ الأرضِ؟ أوضِّحُ إجابتي.

مثالٌ إضافيٌ

غواصٌ تحتَ سطحِ البحرِ يؤثرُ في جسمهِ ضغطٌ مقدارهُ $5 \times 10^5\ Pa$، أحسبُ عمقَ الغواصِ عنْ سطحِ البحرِ علمًا بأنَّ كثافةَ ماءِ البحرِ $1024\ kg\ m^{-3}$ وتسارعَ السقوطِ الحرِّ $10\ m\ s^{-2}$.

الحلُّ:

$$P = \rho_f gh$$

$$5 \times 10^5 = 1024 \times 10 \times h \rightarrow h = 48.8\ m$$

تمرينٌ

الحلُّ:

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

بناءُ المفهومِ:

(ضغطُ المائعِ)

- استخدمْ **استراتيجيةَ الطاولةِ المستديرةِ**؛ عنْ طريقِ تقسيمِ الطلبةِ إلى مجموعاتٍ، ووجِّهْ إلى الطلبةِ السؤالَ الآتي:

– ماذا يعني لكَ مفهومُ الضغطِ؟ وما العواملُ التي يعتمدُ عليها الضغطُ؟

- يقدمُ كلُّ طالبٍ في المجموعةِ فقرةً تساهمُ في الإجابةِ عنِ السؤالِ، وبعدَ ذلكَ تنظمُ كلُّ مجموعةٍ إجاباتِها، وتعرضُها على المجموعاتِ الأخرى؛ للتوصلِ في النهايةِ إلى مفهومِ الضغطِ والعواملِ التي يعتمدُ عليها.

أفكِّرُ: لأنَّ جميعَ النقاطِ على سطحِ المكعبِ الأفقيِّ تقعُ على العمقِ نفسهِ منْ سطحِ الماءِ (h)، وبناءً عليهِ؛ فإنَّ ضغطَ الماءِ عندَ تلكَ النقاطِ يكونُ متساويًا حسبَ العلاقةِ:

$$P = \rho_f gh$$

ولا يعتمدُ على المساحةِ.

أخطاءٌ شائعةٌ

- عدمُ التمييزِ بينَ عمقِ السائلِ وعمقِ النقطةِ تحتَ سطحِ السائلِ، بيِّنْ للطلبةِ الفرقَ بينهما.

إضاءةٌ للمُعلِّمِ

بغضِّ النظرِ عنْ شكلِ المجسمِ المغمورِ في المائعِ الساكنِ سواءٌ كانَ منتظمًا أوْ غيرَ منتظمٍ، فإنَّ القوى التي يؤثرُ بها المائعُ تكونُ باتجاهٍ عموديٍّ على أوجهِ ذلكَ المجسمِ.

أتحقَّقُ:

نعمْ؛ فكلما ارتفعنا عنْ سطحِ الأرضِ يقلُّ تسارعُ السقوطِ الحرِّ (g) ومنْ ثَمَّ يقلُّ ضغطُ السائلِ حسبَ العلاقةِ: $P = \rho_f gh$

صقر الجنوب منتديات

◄ بناء المفهوم:

قوة الطفو

● لترسيخ مفهوم قوة الطفو؛ اطلب إلى الطلبة طرح أمثلة من الحياة اليومية على أجسام تطفو فوق سطح السائل. ثم كلف أحد الطلبة برسم مخطط الجسم الحر لجسم ما من تلك الأجسام التي طرحت، وتوجيه أسئلة تتعلق بمحصلة القوى المؤثرة في ذلك الجسم، ثم التطرق إلى الأجسام المغمورة في الغازات كالهواء مثلًا، وملاحظة كيف تختلف القوة اللازمة لسحب جسم مغمور في السائل عنها في الهواء والتوصل في النهاية إلى مفهوم قوة الطفو.

◄ استخدام الصور والأشكال:

● أشرك الطلبة في تنفيذ نشاط سريع بربط ثقل كتلته 1kg تقريبًا بخيط كما في الشكل 3 / أ ومحاولة سحبه إلى أعلى من أسفل الحوض إلى سطح الماء، ومن ثم إلى الهواء خارج الماء. وجِّه الأسئلة الآتية إلى الطلبة:

– هل تغير مقدار قوة الشد في الخيط أثناء سحب الجسم خلال الماء؟ لا.

– أيهما أكبر قوة الشد في الخيط أثناء سحب الجسم: خلال الماء أم خلال الهواء؟

قوة الشد خلال وجود الجسم في الهواء أكبر.

– هل يتأثر الثقل بقوة دفع إلى أعلى من قبل الماء أم من قبل الهواء أم من كليهما؟

يتأثر بقوة دفع من كليهما؛ ولكن قوة الدفع من قبل الماء أكبر بكثير من قوة دفع الهواء، والتي يمكن إهمالها مقارنة مع وزن الجسم.

معلومة إضافية

كثافة الماء المالح والماء العذب

ماء البحر هو الماء الموجود في بحار العالم ومحيطاته، وتبلغ نسبة ملوحته تقريبًا 3.5% أي 35 g/L والأملاح الذائبة فيه في الغالب أيونات الصوديوم والكلوريد. تبلغ كثافة ماء البحر $1024\ kg.m^{-3}$ في المتوسط، وهي أعلى من كثافة الماء العذب (النقي) $1000\ kg.m^{-3}$؛ لأن الأملاح الذائبة تزيد من كتلة الماء دون أن تُحدث تغييرًا واضحًا في حجمه؛ لذا فإن قوة الطفو في الماء المالح أكبر منها في المياه العذبة حسب العلاقة: $F_B = \rho_f Vg$، وبالتالي فإن السباحة في مياه البحر أسهل منها في مياه الأنهار والبرك والبحيرات. أما البحر الميت الذي يمثل أخفض نقطة على سطح الكرة الأرضية؛ حيث ينخفض 437 m تحت مستوى سطح البحر، فتبلغ نسبة الملوحة فيه 340 g/L وهي نسبة كبيرة جدًّا تعادل عشرة أضعاف نسبة ملوحة البحار الأخرى، وكثافة مياهه تبلغ $1240\ kg.m^{-3}$ مقارنة بكثافة مياه البحار الأخرى $1024\ kg.m^{-3}$، وبسبب ذلك تطفو الأجسام على سطحه بسهولة.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

❋ **التفكير: الأدلة والبراهين.**

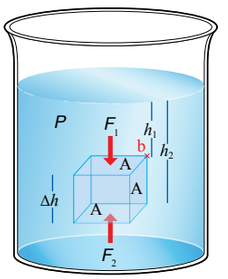
أخبر الطلبة أنَّ استعمال الأدلة والبراهين من أشكال التفكير؛ فإقامة الدليل لها أهمية في تأكيد المعرفة، وكثير من العلاقات الفيزيائية تقوم على البرهان الرياضي كما في حالة قوة الطفو.

◄ استخدام الصور والأشكال:

● كلف الطلبة بعمل دوران بزاوية معينة للمكعب في الشكل (4)، ورسم القوى التي يؤثر بها السائل في جوانب المكعب. ووضّح للطلبة كيف أن محصلة القوى التي تؤثر في جوانب المكعب لا تتغير؛ عن طريق تحليل تلك القوى.

الشكلُ (3 / أ): سحبُ حجرٍ مغمورٍ في الماء.

الشكلُ (3 / ب): السباحةُ في البحرِ الميتِ.



الشكلُ (4): القوى المؤثرةُ في مكعبٍ داخلَ السائل.

قوةُ الطفوِ Buoyant Force (F_B)

وزنُ الأجسامِ المغمورةِ في المائعِ يبدو أقلَّ منْ وزنِها في الهواءِ؛ فمنَ السهلِ مثلًا رفعُ حجرٍ منْ داخلِ الماءِ إلى سطحِ الماءِ كما في الشكلِ (3/أ)، وفجأةً يبدو الجسمُ أثقلَ عندَ رفعِهِ خارجَ سطحِ الماءِ، وتجدُ صعوبةً في رفعِهِ. كذلكَ فإنَّ السباحةَ في مياهِ البحرِ الميتِ المالحةِ جدًّا كما في الشكلِ (3/ب)، تكونُ أكثرَ سهولةً منَ السباحةِ في مياهِ البركِ أوْ حتّى مياهِ البحارِ الأخرى الأقلِّ ملوحةً. وفي كلتا الحالتيْنِ تؤثرُ قوةُ جذبِ الأرضِ إلى أسفلَ في كلٍّ منَ الحجرِ وجسمِكَ، بينَما يؤثرُ الماءُ بقوةِ دفعٍ إلى أعلى في تلكَ الأجسامِ. ما طبيعةُ هذهِ القوةِ؟ ومنْ أينَ تنشأُ؟ وما العواملُ التي تعتمدُ عليْها؟

ضغطُ المائعِ لا يؤثرُ فقطْ في السطحِ العلويِّ للمكعبِ (على عمقِ h_1) وإنَّما يؤثرُ في جميعِ جوانبِ المكعبِ بما فيها السطحُ السفليُّ للمكعبِ (على عمقِ h_2) كما في الشكلِ (4)؛ على النحوِ الآتي:

الضغطُ في السطحِ العلويِّ: $P_1 = \rho_f g h_1$

الضغطُ في السطحِ السفليِّ: $P_2 = \rho_f g h_2$

وفرقُ الضغطِ بينَ سطحَيِ المكعبِ السفليِّ والعلويِّ ΔP:

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

وبما أنَّ الضغطَ هوَ القوةُ التي يؤثرُ بِها المائعُ في وحدةِ المساحةِ $(P = \frac{F}{A})$، فإنَّ:

القوةَ المؤثرةَ عموديًّا في السطحِ العلويِّ للمكعبِ F_1:

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

القوةَ المؤثرةَ عموديًّا في السطحِ السفليِّ للمكعبِ F_2:

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

وبالتالي؛ فإنَّ محصلةَ القوى F التي يؤثرُ بِها المائعُ (قوةَ دفعِ المائعِ) في المكعبِ تساوي:

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

لكنَّ حجمَ المكعبِ V يُعطى بالعلاقةِ: $V = A\ (\Delta h)$

أيْ أنَّ قوةَ دفعِ المائعِ المؤثرةَ رأسيًّا إلى أعلى في المكعبِ تساوي:

$$F = \rho_f V g$$

حيثُ:

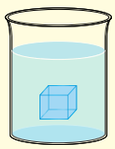
ρ_f : كثافةُ المائعِ.

V : حجمُ المكعبِ.

وتُسمّى محصلةُ القوى التي يؤثرُ بها المائعُ في الجسمِ المغمورِ فيهِ كليًّا أوْ جزئيًّا رأسيًّا إلى أعلى **قوةَ الطفوِ** (F_B) **Buoyant force**

نلاحظُ أنَّ قوةَ الطفوِ تمَّ اشتقاقُها نظريًّا باستخدامِ قوانينِ نيوتن لحالةٍ خاصةٍ، وهيَ مكعبٌ مغمورٌ في الماءِ ولكنَّها تطبَّقُ على الأجسامِ بأشكالِها المختلفةِ (منتظمةً أوْ غيرَ منتظمةٍ) المغمورةِ في أيِّ مائعٍ، وتنشأُ قوةُ الطفوِ بسببِ فرقٍ في الضغطِ بينَ أعلى الجسمِ المغمورِ في المائعِ وأسفلهِ بغضِّ النظرِ عنْ عمقِ المائعِ أوْ شكلِ الجسمِ.

أفكّرُ: أعللُ: محصلةُ القوى التي يؤثرُ بِها المائعُ في الجوانبِ العموديةِ للمكعبِ المغمورِ في المائعِ- كما في الشكلِ - تساوي صفرًا؟

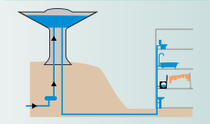


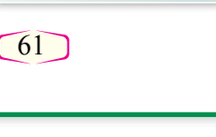
الفيزياءُ والحياةُ

برجُ المياهِ هوَ خزّانٌ مائيٌّ يُبنى على ارتفاعٍ عالٍ منْ أجلِ الاحتفاظِ بمواردَ مائيةٍ، وتوليدِ الضغطِ على نظامِ توزيعِ المياهِ. يتغيرُ الضغطُ كلَّما ارتفعَ خزّانُ المياهِ؛ فلكلِّ 10.2 cm منَ الارتفاعِ يتغيرُ الضغطُ بمقدارِ 1 kPa تقريبًا حسبَ العلاقةِ:

$$\Delta P = \rho g \Delta h$$

وهوَ ما يكفي لتوفيرِ الضغطِ اللازمِ لمتطلباتِ نظامِ لتوزيعِ المياهِ على طوابقِ المبنى. ويُستخدَمُ البرجُ في عددٍ منَ المدارسِ والجامعاتِ والمستشفياتِ وغيرِها؛ ويمثِّلُ الشكلُ أدناهُ صورةً لبرجِ المياهِ في مدينةِ الحسينِ الطبيةِ في العاصمةِ عمّانَ.





أتحقَّقُ: ما العواملُ التي تعتمدُ عليْها قوةُ الطفوِ؟

قاعدةُ أرخميدس Archimedes' Principle

العالمُ اليونانيُّ أرخميدس توصلَ إلى معادلةِ قوةِ الطفوِ السابقةِ نفسِها ولكنْ عنْ طريقِ التجربةِ قبلَ ذلكَ بفترةٍ طويلةٍ، وعُرِفَتْ في ما بعدُ بقاعدةِ أرخميدس. ولدراسةِ العواملِ التي تعتمدُ عليها قوةُ الطفوِ (قوةُ دفعِ المائعِ) عمليًّا، وللتحققِ كذلكَ منْ قاعدةِ أرخميدس عمليًّا؛ أُجري التجربةَ الآتيةَ:

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

*** القضايا الإنسانية والسياسية والوطنية : المواطنة**

وجِّه الطلبة إلى أهمية المواطنة الصالحة القائمة على الانتماء للوطن، وكيف استثمر العالم أرخميدس علمه وفكره في تطوير أدوات وآلات حربية للدفاع عن وطنه ضد الغزو الرومداني لبلاده.

أفكّرُ: 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 صفرًا، وعليه؛ فإن محصلة القوى التي يؤثر بها المائع في جميع الجوانب العمودية للمكعب المغمور في المائع تساوي صفرًا.

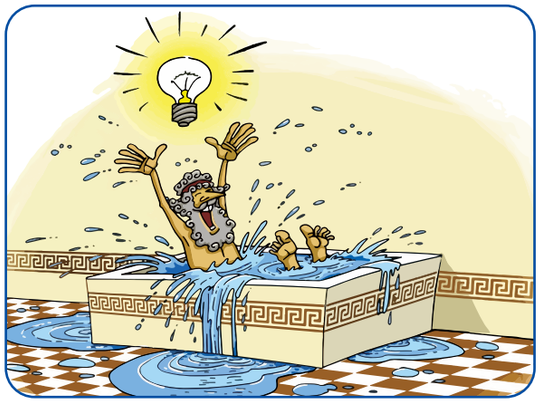
أتحقَّق:

العوامل التي تعتمد عليها قوة الطفو وهي:

1. كثافة المائع المزاح ρ_f
2. حجم المائع المزاح V_f
3. تسارع السقوط الحر g

معلومة إضافية

قصة العالم أرخميدس وتاج الملك



أرخميدس (212–287 قبل الميلاد) عالم رياضيات يوناني وفيزيائي ومهندس ومخترع وعالم فلك، ويعد أحد كبار العلماء في العصور القديمة، وهناك قول مشهور عن أرخميدس يقول فيه :«أعطني رافعة ومكانًا لأقف فيه وسأحرك العالم» مشيرًا إلى قوة الرافعة.

- إن قصة اكتشاف قاعدة أرخميدس الشهيرة مثيرة جدا؛ ففي أحد الأيام أعطى الملك هيرون- ملك سيراكوز- تاجًا مصنوعًا من الذهب للعالم أرخميدس، وطلب منه أن يفحصه دون أن يتلفه، حيث كان الملك يشك في أن التاج ممزوج بالفضة.
- كانت تلك مشكلة جديدة تواجه أرخميدس، لكنه اكتشف الحل بطريقة غريبة جدًّا؛ 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، وقاس كتلة الماء الذي أزاحه التاج، ثم ملأ الوعاء بالماء مرة أخرى، وغمر فيه كتلة مساوية له من الذهب الخالص، وجمع الماء وقاس كتلته؛ فوجد أن كتلتي الماء الذي أزيح في كلتا الحالتين مختلفتان، واكتشف من تنفيذ هذه التجربة إلى أن التاج الذهبي غير نقي. وعُرفت في ما بعد النتيجة التي توصل إليها بقاعدة أرخميدس واستنادًا لذلك توصل أرخميدس إلى طريقة لمعرفة الكثافة النسبية للمواد.
- اخترع أرخميدس كثيرًا من الأجهزة التي استخدمت باعتبارها آلات حربية فعالة بشكل خاص في الدفاع عن بلده سيراكوز؛ عندما هاجمها الرومان.

التجربة 1

قوة الطفو وقاعدة أرخميدس

الهدف:

- التحقق من قاعدة أرخميدس عمليًّا.
- إيجاد قوة الطفو عمليًّا.

زمن النشاط: 35 دقيقة.

إرشادات السلامة:

الحذر من سكب السوائل على الأرضية حتى لا تصبح زلقة، والحذر في التعامل مع الأدوات الزجاجية.

المهارات العلمية:

القياس، استعمال المتغيرات، التجريب، التوقع، الملاحظة، الحسابات.

الإجراءات والتوجيهات:

- وجِّه الطلبة إلى الاستعانة بكتاب الأنشطة والتجارب العملية عند إجراء التجربة، ثم وضِّح لهم ما يأتي:

– ضرورة معايرة كل من الميزان النابضي والميزان الإلكتروني قبل استخدامهما.

– الدقة في قياس الكتلة والوزن، والنظر بشكل عمودي إلى تدريج الميزان النابضي عند أخذ القياسات.

النتائج المتوقعة:

يتوقع من الطلبة الحصول على نتائج دقيقة، والتوصل إلى قاعدة أرخميدس. ربما تختلف النتائج من مجموعة إلى أخرى بالرغم من استخدامهم للأدوات نفسها. وسبب ذلك يعود ربما إلى عدم معايرة الموازين بشكل صحيح أو عدم الدقة في أخذ القياسات؛ لذا ينبه المعلم الطلبة إلى تلك الأخطاء لتلافيها.

التحليل والاستنتاج:

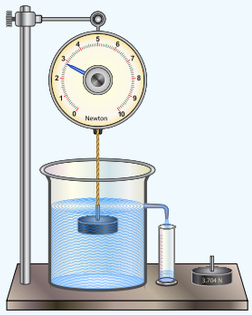
1. النقصان في وزن القطعة يساوي وزن السائل المزاح في جميع الحالات.
2. عند زيادة كثافة السائل (استخدام سائل الجليسرين – الذي كثافته أقل من كثافة الألمنيوم وأكبر من كثافة الماء) يقل وزن قطعة الألمنيوم في السائل (الوزن الظاهري) وعليه؛ يزداد النقصان في وزن القطعة، أما السائل المزاح فإن وزنه يزداد لأن كثافته ازدادت وحجمه بقي ثابتًا.
3. قوة الطفو = النقصان في وزن القطعة = وزن السائل المزاح في جميع الحالات.
4. عند استبدال قطعة الخشب بقطعة الألمنيوم فإنها تطفو فوق السائل؛ لأن كثافتها أقل من كثافة السائل وينغمر جزء منها، فيقل وزن السائل المزاح، بحيث يكون وزن السائل المزاح مساويًا لوزن القطعة في الهواء؛ على أساس أن وزن القطعة في السائل يساوي صفرًا.
5. بزيادة حجم قطعة الألمنيوم يزداد كل من: حجم السائل المزاح، ووزنه، و قوة الطفو.

استراتيجية التقويم: التقويم المعتمد على الأداء. **أداة التقويم:** سلم التقدير العددي.

الرقم	معيار الأداء	1	2	3	4
1	يراعي تعليمات الأمان والسلامة العامة أثناء تنفيذ خطوات التجربة.				
2	ينفذ خطوات التجربة بدقة.				
3	يعاير كلًّا من الميزان الإلكتروني والميزان النابضي قبل استخدامها.				
4	يقيس الكتل باستخدام الميزان الإلكتروني بشكل صحيح.				
5	يقيس الوزن باستخدام الميزان النابضي بشكل صحيح.				
6	يحسب قوة الطفو بدقة عالية.				
٧	يتعاون مع زملائه في المجموعة، وفي المجموعات الأخرى.				

التجربة 1

قوة الطفو وقاعدة أرخميدس



المواد والأدوات: قطعتان متماثلتان في الحجم إحداهما فلزية كالألمنيوم مثلًا، وأخرى خشبية، مخبار مدرج، ميزان إلكتروني، ميزان نابضي، دورق إزاحة، سائلان مختلفان في الكثافة (ماء، جليسرين).

إرشادات السلامة: الحذر من سكب السوائل على الأرضية؛ حتى لا تصبح زلقة، وفي التعامل مع الأدوات الزجاجية.

خطوات العمل: بالتعاون مع أفراد مجموعتي، أنفذ الخطوات الآتية:

1. **أقيس** كلًّا من كتلة المخبار المدرج فارغًا (m_1)، باستخدام الميزان الإلكتروني ووزن قطعة الألمنيوم في الهواء باستخدام الميزان النابضي F_g، ثم أدوّن النتائج في الجدول.
2. أبدأ بملء دورق الإزاحة بالماء وأتوقف مباشرة قبل أن يبدأ الماء بالانسكاب من فتحة الدورق.
3. **الاحظ:** أضع المخبار المدرج تحت فتحة الدورق، ثم أُنزل قطعة الألمنيوم المعلّقة بالميزان ببطء في الماء حتى تنغمر كليًّا، وألاحظ انسكاب الماء في المخبار أثناء ذلك، كما في الشكل، وأقيس وزن القطعة في الماء (F'_g) وأدوّن النتيجة في الجدول.
4. **أقيس** كتلة المخبار والماء المنسكب فيه (الماء المُزاح) معًا (m_2) باستخدام الميزان الإلكتروني، وأدوّن النتيجة في الجدول.
5. **أحسب** النقصان في وزن القطعة ($F_g - F'_g$) ووزن الماء المزاح $F_{g/} = (m_2 - m_1)\, g$
6. أكرر الخطوات السابقة مستخدمًا سائلًا آخر غير الماء مثل الجليسرين، وأدون النتائج في الجدول.
7. أكرر الخطوات (1-6) مستخدمًا القطعة الخشبية بدلًا من الألمنيوم، مع الانتباه إلى أن الخشب لا ينغمر كليًّا، وأدون النتائج في الجدول.

التحليل والاستنتاج:

1. **أقارن** بين النقصان في وزن القطعة وبين وزن السائل المزاح.
2. **أحلل:** عند تغيير كثافة السائل، ما التغير الذي حدث لكلٍّ من: النقصان في وزن القطعة، ووزن السائل المزاح؟
3. أصف العلاقة بين قوة الطفو وكلٍّ من: النقصان في وزن القطعة، ووزن السائل المزاح.
4. أصف التغير في وزن السائل المزاح عند استخدامي قطعة الخشب، ما العلاقة بين وزن السائل المزاح ووزن القطعة في الهواء؟
5. **أتوقع** ما يحدث لكلٍّ من حجم السائل المزاح ووزنه عند استخدامي قطعة ألمنيوم ذات حجم أكبر.

ربَّما توصلتَ مما سبقَ إلى العواملِ التي تعتمدُ عليْها قوةُ الطفوِ وهيَ:

- كثافةُ المائعِ المزاحِ ρ_f : العلاقةُ طرديةٌ.
- حجمُ المائعِ المزاحِ V_f : العلاقةُ طرديةٌ.
- تسارعُ السقوطِ الحرِّ g : العلاقةُ طرديةٌ.

صاغَ العالمُ أرخميدس النتائجَ التجريبيةَ التي توصَّلَ إليْها على شكلِ قاعدةٍ علميةٍ سُمّيتْ **قاعدةَ أرخميدس Archimedes' principle** وتنصُّ على ما يأتي:

«قوةُ الطفوِ المؤثرةُ في الجسمِ المغمورِ كليًّا أوْ جزئيًّا في مائعٍ تساوي وزنَ المائعِ المزاحِ».

وبصورةٍ أخرى: «الجسمُ المغمورُ كليًّا أوْ جزئيًّا في مائعٍ يخسرُ منْ وزنِهِ بمقدارِ وزنِ المائعِ المزاحِ»، أنظرُ الشكلَ (5).

ويُعبَّرُ عنْها بالرموزِ على الصورةِ الآتيةِ:

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

$$= F_g - F'_g$$

حيثُ

F_{gf} : وزنُ المائعِ المزاحِ.

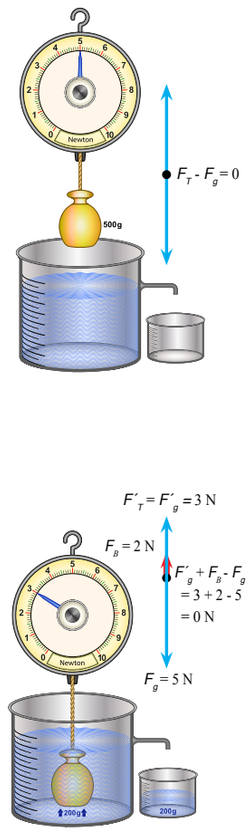
F_g : وزنُ الجسمِ الحقيقيِّ (الناشئُ عنْ جذبِ الأرضِ للجسمِ)، ويساوي: $F_g = m_o g = \rho_o V_o g$

m_o : كتلةُ الجسمِ، ρ_o : كثافةُ الجسمِ، V_o : حجمُ الجسمِ.

m_f : كتلةُ الماءِ المزاحِ.

F'_g : وزنُ الجسمِ في المائعِ = محصلةَ قوتَيْ الطفوِ والوزنِ الحقيقيِّ للجسمِ $(F'_g = F_g - F_B)$، ويُسمّى الوزنَ الظاهريَّ ويساوي قوةَ الشدِّ في الحبلِ F'_T $(F'_T = F'_g)$ كما في الشكلِ (5).

تُطبَّقُ قاعدةُ أرخميدس على جميعِ الأجسامِ المغمورةِ بغضِّ النظرِعنْ شكلِ الجسمِ ونوعِ المائعِ.



الشكلُ (5): قاعدةُ أرخميدس.

✓ **أتحقَّقُ:** أذكرُ نصَّ قاعدةِ أرخميدس بالكلماتِ، وأعبرُ عنْها بالرموزِ.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

❋ **التفكير: التخطيط.**

وضِّح للطلبة أنَّ التخطيط المبني على أسس علمية وواقعية يُعد من طرائق المعرفة العلمية، وتتمثل أهميته في تنظيم الوقت وزيادة الكفاءة وتقليل الجهد والتكاليف؛ للحصول على منتج بمواصفات عالية، وبيِّن لهم أن العمل المخبري من الأمور التي تحتاج إلى التخطيط الجيد، والإعداد، وتحضير الأدوات، وتنفيذ الخطوات المعدة بدقة؛ للوصول إلى نتائج صحيحة يمكن تعميمها بطرائق التواصل المختلفة بغية تحقيق الفائدة منها.

✓ **أتحقَّق:**

نص قاعدة أرخميدس: «قوة الطفو المؤثرة في الجسم المغمور كليًّا أو جزئيًّا في مائع تساوي وزن المائع المزاح»، ويُعبَّر عنها بالرموز على النحو الآتي:

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

توظيف التكنولوجيا

ابحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية جاهزة عن موضوع قاعدة أرخميدس، ويفضل الفيديوهات التفاعلية.

شارِك الطلبة هذه المواد التعليمية باستخدام الروابط الإلكترونية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو تطبيق التواصل الاجتماعي (WhatsApp)، أو إنشاء مجموعة على تطبيق Microsoft teams، أو استعمل أية وسيلة تكنولوجية مناسبة لمشاركة الطلبة وذويهم.

طريقة أُخرى للتدريس — قاعدة أرخميدس

- في حال عدم توفر دورق إزاحة في مختبر المدرسة من أجل التحقق من قاعدة أرخميدس عمليًّا وإجراء تجارب مماثلة؛ يمكن استخدام مخبار مدرج وميزان نابضي؛ كما في الشكل على النحو الآتي:

– أضع كمية معينة من الماء في المخبار، وأقيس حجم الماء فيه V_{f1}.

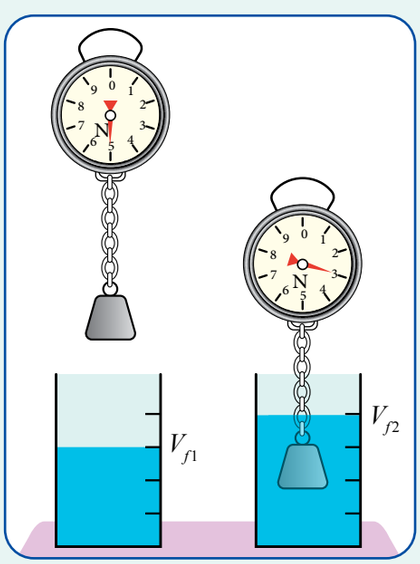
– أعلق ثقلًا ما بميزان نابضي، وأقيس وزنه في الهواء F_g، ثم أغمر الثقل في الماء، وأقيس وزنه F'_g.

– أقيس حجم الماء في المخبار V_{f2}.

– أطبق قاعدة أرخميدس:

$$F_B = F_g - F'_g = \rho_f (V_{f2} - V_{f1}) g$$

للتأكد من صحة تلك القاعدة.



نشاط سريع الطفو والانغمار

- نفترض أن لدينا حوض ماء وثلاث مكعبات (من رصاص، وخشب، وفلين) متماثلة في الحجم، وضعناها داخل الحوض كما في الشكل وتركت حرة الحركة. وجِّه إلى الطلبة الأسئلة الآتية:

– ما الذي يحدث لكل من تلك المكعبات لحظة إفلاتها؟

مكعب الرصاص يهبط إلى أسفل ويستقر أسفل الحوض، في حين يرتفع مكعبا الخشب والفلين إلى أعلى ويطفوان فوق سطح الماء.

– ما تفسير ما حدث للمكعبات؟

اختلاف كثافة تلك المكعبات؛ فالمكعب الأكبر كثافة من الماء يكون وزنه أكبر من قوة الطفو فيغرق، بينما المكعب الأقل كثافة من الماء يطفو.

– يدعي فريق من الطلبة أن قوى الطفو في المكعبات الثلاثة –أثناء وجودها داخل الماء وقبل إفلاتها– متساوية، بينما يدعي فريق آخر أن قوة الطفو تختلف بحسب وزن المكعب، ما رأيك في ذلك؟

ادعاء الفريق الأول صحيح؛ لأن حجم الماء المزاح يساوي حجم المكعب أثناء انغمار المكعبات كليًّا في الماء، وبما أن قوة الطفو تساوي وزن الماء المزاح (حسب قاعدة أرخميدس) وأحجام المكعبات متساوية، فإن قوى الطفو تكون متساوية، ولكن اختلاف أوزان المكعبات يؤدي إلى اختلاف محصلة القوى المؤثرة في كل منها فيطفو مكعبا الفلين والخشب؛ بينما يهبط مكعب الرصاص إلى أسفل؛ لأن وزنه أكبر من قوة الطفو.

المناقشة

قوة الطفو

- استخدم **استراتيجية التعلم التعاوني** بتقسيم الطلبة إلى مجموعات، ثم اطرح عليهم السؤال الآتي:

– علل كلًّا مما يأتي:

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

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

- ثم اطلب إلى كل مجموعة الإجابة على ذلك السؤال؛ على أن يشارك كل طلبة المجموعة في النقاش.

المثال 1

غواصةُ Atlantis XII أسطوانيةُ الشكلِ حجمُها $250\ m^3$ تقريبًا. تحملُ السياحَ إلى أعماقٍ تصلُ إلى $30\ m$؛ لمشاهدةِ الشعابِ المرجانيةِ في سواحلِ المكسيكِ. باعتبارِ كثافةِ مياهِ البحرِ $1024\ kg\ m^{-3}$، أحسبُ:

أ. ضغطَ الماءِ عندَ هذا العمقِ.

ب. قوةَ الطفوِ.

المعطياتُ: $\rho_f = 1024\ kg\ m^{-3}$ ، $h = 30\ m$ ، $V_o = 250\ m^3$

المطلوبُ: $F_B = ?$ ، $P = ?$

الحلُّ:

أ. $P = \rho_f gh = 1024 \times 10 \times 30 = 3.07 \times 10^5\ Pa$

ب. $F_B = \rho_f V_f g$ ، $V_f = V_o$

$= 1024 \times 250 \times 10 = 2.56 \times 10^6\ N$

الشكلُ (6): حجرٌ مغمورٌ كليًّا في الماءِ، بينَما تبقى الكرةُ معلقةً داخلَ الماءِ.

منَ المفيدِ مقارنةُ القوى المؤثرةِ في الأجسامِ المغمورةِ كليًّا في المائعِ معَ تلكَ المؤثرةِ في الأجسامِ المغمورةِ جزئيًّا (الطافيةِ على سطحِ المائعِ)، على النحوِ الآتي:

الأجسامُ المغمورةُ كليًّا Fully Submerged Objects

عندَ وضعِ جسمٍ ما في مائعٍ؛ كثافتُهُ أكبرُ منْ كثافةِ المائعِ (مثلِ الحجرِ في الماءِ) فإنَّهُ يهبطُ ويستقرُّ أسفلَ الماءِ، بينَما يبقى جسمٌ آخرُ كثافتُهُ مُساويةٌ كثافةَ المائعِ (مثلِ الكرةِ) معلَّقًا فيهِ كما في الشكلِ (6). وفي هاتينِ الحالتيْنِ فإنَّ:

- حجمَ الجسمِ يساوي حجمَ المائعِ المزاحِ $V_o = V_f$
- قاعدةَ أرخميدس:

جسمٌ مستقرٌّ أسفلَ المائعِ: $F_B = F_{gf} = F_g - F'_g$

جسمٌ معلَّقٌ في المائعِ: وزنُ الجسمِ في المائعِ (الوزنُ الظاهريُّ) يساوي صفرًا $(F'_g = 0)$

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

- وجِّه المجموعات إلى عرض آرائهم على الطلبة، والسماح للطلبة في المجموعات الأخرى بالمشاركة في إبداء الرأي والمناقشة، مع مراعاة آداب الحوار والمناقشة مثل: احترام الرأي والرأي الآخر، والإصغاء الجيد.

مثال إضافي

سُحب حجر يستقر أسفل بئر ماء بحبل رأسيًّا لأعلى ، فإذا كانت قوة الشد في الحبل أثناء وجود الحجر في الماء 100 N وعند خروج الحجر من الماء أصبحت قوة الشد 400 N، بافتراض أن كثافة الماء $1000\ kg\ m^{-3}$، أحسب:

أ. قوة الطفو. ب. حجم الحجر.

الحل:

أ. $F_B = F_g - F'_g$

$F_B = 400 - 100 = 300\ N$

ب. $F_B = \rho_f V_f g$

$300 = 1000 \times V_f \times 10 \Rightarrow V_f = 0.03\ m^3 = V_o$

صقر الجنوب منتديات

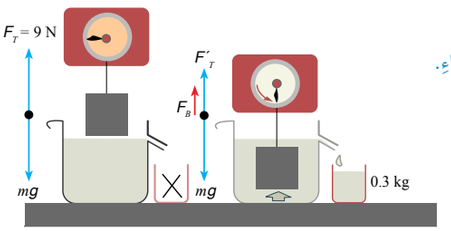
المثالُ 2

قامتْ ماريةُ بإجراءِ تجربةٍ للتحققِ منْ قاعدةِ أرخميدس، اعتمادًا على البياناتِ المبينةِ في الشكلِ (7) وباعتبارِ كثافةِ الماءِ $1000\ kg\ m^{-3}$؛ أجدُ:

أ. قوةَ الطفوِ.

ب. قراءةَ الميزانِ بعدَ غمرِ الجسمِ في الماءِ.

حـ. حجمَ الجسمِ.



الشكل (7): تجربة قاعدة أرخميدس.

المعطياتُ:

$F_g = 9$ N ، $m_f = 0.3$ kg

المطلوبُ:

$F_B = ?$ ، $F'_g = ?$ ، $V_o = ?$

الحلُّ:

أ. قوةُ الطفوِ:

$F_B = m_f g = 0.3 \times 10 = 3$ N

ب. قراءةُ الميزانِ بعدَ غمرِ الجسمِ في الماءِ:

$F_B = F_g - F'_g$

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

جـ. حجمُ الجسمِ V_o:

$F_B = \rho_f V_f g$

$3 = 1000 \times V_f \times 10$

$V_f = 3 \times 10^{-4}\ m^3 = V_o$

تمرينٌ

كرةٌ فلزيةٌ وزنُها في الهواءِ 10 N غُمرتْ في الماءِ فخسرتْ من وزنِها 3.5 N، باعتبارِ كثافةِ الماءِ $1000\ kg\ m^{-3}$ أجدُ:

أ. قوةَ الطفوِ.

ب. وزنَ الكرةِ في الماءِ.

جـ. كثافةَ مادةِ الكرةِ.

أصممُ باستخدامِ برنامجِ السكراتش (Scratch) عرضًا يوضحُ حركةَ الأجسامِ المغمورةِ كليًّا في المائعِ، ثمَّ أشاركهُ معلمي وزملائي في الصفِّ.

مثالٌ إضافيٌ

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. ب. وزن القطعة في السائل.

الحل:

أ.

$F_B = \rho_f V_f g$

$0.08 = 800 \times V_f \times 10 \Rightarrow V_f = 1 \times 10^{-5}\ m^3 = V_o$

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

ب.

$F_B = F_g - F'_g$ ، $F_g = m_o g$

$0.08 = (0.193 \times 10) - F'_g \Rightarrow F'_g = 1.85$ N

معلومة إضافية

خشب يغرق، ولا يطفو فوق سطح الماء

من المعروف أن الخشب يطفو فوق سطح الماء؛ لأن كثافته أقل من كثافة الماء، ولكن يوجد أنواع من الأخشاب كثافتها أكبر من كثافة الماء وتمتاز بصلابتها مثل أخشاب بولوكي الأسترالية Australian buloke التي يُطلق عليها الأخشاب الحديدية، ويعد هذا النوع من الأخشاب الأكثر صلابة في العالم، يؤخذ من شجر يعيش في أستراليا، وأخشاب من شجر يعيش في دول عدة مثل: أمريكا الجنوبية، والبرازيل، ونيجيريا.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **التفكير: التحليل.**

وضِّح للطلبة أنَّ التحليل أحد المفاهيم العابرة، وأنَّه من خطوات التفكير، وأنَّ أهميته تتمثَّل في استخراج المعلومة من نص، أو رسم بياني، أو شكل بعد تحليله كما في المثال 2.

تمرين

الحل:

أ. قوة الطفو:

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

ب. وزن الكرة في الماء:

$10 - F'_g = 3.5 \Rightarrow F'_g = 6.5$ N

جـ. كثافة مادة الكرة:

$F_B = \rho_f V_f g$

$3.5 = 1000 \times V_f \times 10$

$V_f = 3.5 \times 10^{-4}\ m^3$

بما أن الكرة مغمورة في الماء فإن:

$V_f = V_o = 3.5 \times 10^{-4}$

$F_g = \rho_o V_0 g$

$10 = \rho_o \times 3.5 \times 10^{-4} \times 10$

$\rho_o = 2857\ kg\ m^{-3}$

نشاط سريع

- أحضر كرة قدم (غير منفوخة) ومنفاخًا وكلف أحد الطلبة بنفخ الكرة بحيث يتوقف عن النفخ عندما تصبح كروية الشكل، ضع الكرة في حوض من الماء ولاحظ حجم الجزء المغمور منها في الماء. أخرج الكرة من الماء وزد مقدارالنفخ فيها إلى أقصى درجة آمنة، ثم ضعها في حوض الماء. وجِّه الأسئلة الآتية إلى الطلبة (على افتراض أن حجم الكرة بقي ثابتًا):

– هل تغير حجم الجزء المغمور من الكرة في الماء؟

نعم؛ لأن وزن الكرة ازداد عند زيادة نفخها.

– هل تغير مقدار قوة الطفو؟

نعم.

– ما تفسيرك لما حدث؟

عند زيادة نفخ الكرة ازداد وزنها؛ فازداد الجزء المغمور منها وبناء عليه ازدادت قوة الطفو لتصبح مساوية لوزن الكرة.

أخطاء شائعة

- الوزن الظاهري والكتلة: يعتقد بعض الطلبة أن كتلة الأجسام أو وزنها يقل عند غمرها في الماء أوالمائع بشكل عام؛ لأن باستطاعتهم رفعها بسهولة داخل الماء. وضِّح للطلبة أن كتلة الجسم المغمور (m)تبقى ثابتة ووزنها (F_g) لا يتغير؛ وإنما قوة الطفو تدفع الجسم إلى أعلى؛ فيبدو أن وزن الجسم (الوزن الظاهري) قد قلَّ.

- يعتقد بعض الطلبة أن قوة الطفو في البالون الموضوع في الهواء أو السائل تعتمد على كثافة الغاز الموجود داخل البالون، فوضِّح لهم أن كثافة الغاز داخل البالون تؤثر في وزن البالون ومن ثَم القوة المحصلة فيه، ولا يؤثر في قوة الطفو التي تعتمد على كثافة الغاز أو السائل الموضوع فيه البالون وعلى حجم البالون.

◄ **التعزيز:** قاعدة أرخميدس للأجسام المغمورة جزئيًّا

وضِّح للطلبة أنه يمكن معرفة نسبة حجم الجزء المغمور من الجسم في المائع (يساوي حجم المائع المزاح V_f) إلى حجم الجسم الكلي V_o اعتمادًا على معرفة كثافة كل من الجسم ρ_o والمائع ρ_f الموضوع فيه؛ حسب العلاقة الآتية: $\frac{V_f}{V_o} = \frac{\rho_o}{\rho_f}$

الشكلُ (8): قوةُ الطفوِ المؤثرةُ في كرةِ قدمٍ تطفو على سطحِ الماءِ.

الأجسامُ الطافيةُ Floating Objects

عندَ وضعِ جسمٍ ما في مائعٍ كثافتهُ أقلُّ منْ كثافةِ المائعِ (مثلَ كرةِ القدمِ في الماءِ) كما في الشكلِ (8)، فإن جُزءًا منْها يطفو على سطحِ المائعِ، أيْ أنَّ حجمَ السائلِ المزاحِ V_f يساوي حجمَ الجزءِ المغمورِ منَ الجسمِ وهوَ أقلُّ منْ حجمِ الجسمِ.

وفي هذهِ الحالةِ فإنَّ:

وزنَ الجسمِ في المائعِ (الوزنُ الظاهريُّ) يساوي صفرًا ($F'_g = 0$).

قوةُ الطفوِ = وزنَ السائلِ المزاحِ = وزنَ الجسمِ الحقيقيَّ

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

والجدولُ (1) يلخصُ حالاتٍ خاصةً لقاعدةِ أرخميدس.

الجدول (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 منَ الجسمِ	يطفو جزءٌ منهُ فوقَ سطحِ المائعِ

المثالُ 3

كرةٌ مطاطيةٌ حجمُها $0.004\ m^3$ وكثافةُ مادتِها $970\ kg\ m^{-3}$، وُضِعتْ في سائلٍ كثافتهُ $1200\ kg\ m^{-3}$، أحسبُ حجمَ الجزءِ المغمورِ منَ الكرةِ.

المعطياتُ: $V_o = 0.004\ m^3$ ، $\rho_o = 970\ kg\ m^{-3}$ ، $\rho_f = 1200\ kg\ m^{-3}$

المطلوبُ: حجمُ الجزءِ المغمورِ منَ الكرةِ.

الحلُّ:

بما أنَّ كثافةَ الكرةِ أقلُّ منْ كثافةِ السائلِ؛ فإنَّ الكرةَ تنغمرُ جزئيًّا في السائلِ.

نطبِّقُ العلاقةَ: $F_B = F_g$

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

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

حجمُ السائلِ المزاحِ = حجمَ الجزءِ المغمورِ منَ الكرةِ = $0.0032\ m^3$

مثال إضافي

مكعب كتلته $0.5\ kg$ يطفو فوق سطح الماء، باعتبار كثافة الماء $1000\ kg\ m^{-3}$ أحسب:

أ. قوة الطفو.

ب. حجم الماء المزاح.

الحل:

أ.

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

ب.

$$F_B = \rho_f V_f g$$

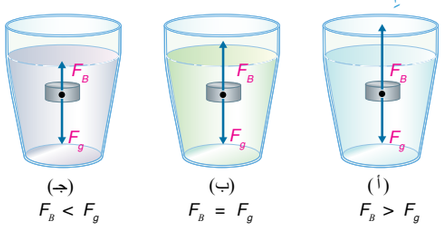
$$5 = 1000 \times V_f \times 10 \Rightarrow V_f = 5 \times 10^{-4}\ m^3$$

المثالُ 4

وُضِعَتْ ثلاثةُ أجسامٍ متماثلةٍ تمامًا داخلَ ثلاثِ كؤوسٍ مملوءةٍ بسوائلَ مختلفةٍ، وتُركتْ حرةَ الحركةِ، ومُثِّلتْ قوتا الطفوِ ووزنِ الجسمِ بأسهُمٍ، كما في الشكلِ (9). أجيبُ عمّا يأتي:

أ . أرتبُ السوائلَ في الكؤوسِ تنازليًّا حسبَ كثافتِها.

ب. أصفُ حركةَ الأجسامِ.



الشكلُ (9): القوى المؤثرةُ في أجسامٍ مغمورةٍ في الماءِ

المعطياتُ:

مخطَّطُ الجسمِ الحرِّ لكلِّ جسمٍ.

المطلوبُ:

ترتيبُ السوائلِ تنازليًّا حسبَ الكثافةِ، ووصفُ حركةِ كلِّ جسمٍ في السائلِ.

الحلُّ:

أ . الترتيبُ التنازليُّ: كثافةُ السائلِ في الكأسِ (أ)، كثافةُ السائلِ في الكأسِ (ب)، كثافةُ السائلِ في الكأسِ (جـ)، وذلكَ منْ خلالِ المقارنةِ بينَ قوى الطفوِ في الحالاتِ الثلاثِ.

ب . محصلةُ القوى المؤثرةِ في الجسمِ (أ) إلى أعلى؛ لأنَّ قوةَ الطفوِ أكبرُ منْ وزنِ الجسمِ ($F_B > F_g$) وبالتالي؛ سيتحركُ الجسمُ إلى أعلى بتسارعٍ حتى يطفوَ جزءٌ منهُ ليستقرَّ على سطحِ الماءِ، أما الجسمُ (ب) فيبقى معلقًا في الماءِ؛ لأنَّ ($F_B = F_g$)، بينَما الجسمُ (جـ) سيتحركُ إلى أسفلَ بتسارعٍ؛ لأنَّ ($F_B < F_g$)، ليستقرَّ في قاعِ الكأسِ.

صقر الجنوب منتديات

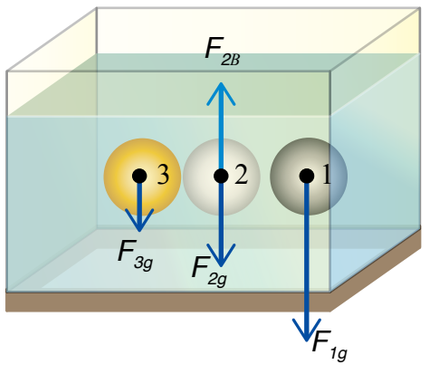
◄ التعزيز: قوة الطفو

تعتمد كثافة جسم الإنسان على عوامل عدة، منها: كتلة الدهون، وكتلة العضلات والعظام، لهذا وبعكس ما يظن بعض الأشخاص الذين يعانون من السمنة- فإنهم يَطفون أسهل من غيرهم؛ لأن الدهون أخف وأقل كثافة من الماء، فازدياد كتلة الدهون نسبةً إلى باقي كتلة الجسم من عضلات وعظام تقلل من كثافة جسم الإنسان؛ فتزداد قوة الطفو وتسهل عليهم السباحة.

صقر الجنوب منتديات

مثال إضافي

وضعت ثلاث كرات متماثلة في الحجم داخل حوض مملوء بالماء؛ كما في الشكل، فبناء على المعطيات الموجودة أجيب عما يأتي:

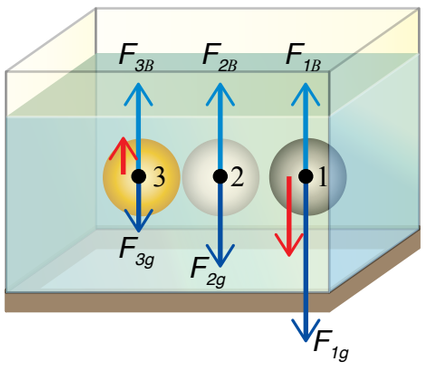


1. أرسم مخطط الجسم الحر للكرتين (1)، و (3) لحظة إفلاتها.

2. أرتب القوى المحصلة المؤثرة في كل كرة تصاعديًّا من حيث المقدار، محددًا اتجاهها لحظة إفلاتها.

الحل:

1. قوى الطفو المؤثرة في كل الكرات متساوية في المقدار والاتجاه، لأن حجم الكرات متساوٍ، وعليه فإن وزن السائل المزاح متساوٍ. والشكل الآتي يمثل مخطط الجسم الحر للكرات الثلاث:



2. الترتيب التصاعدي: القوة المحصلة المؤثرة في الكرة 2 وتساوي صفرًا(متزنة)، القوة المحصلة المؤثرة في الكرة الكرة 3 واتجاهها لأعلى، القوة المحصلة المؤثرة في الكرة 1 واتجاهها لأسفل. وقد مُثِّلَت القوى المحصلة بأسهم حمراء، كما في الشكل.

مثال إضافي

مكعب طول ضلعه 5 cm يطفو فوق سطح سائل ما، فإذا علمت أن كثافة مادة المكعب تكافيء ربع كثافة ذلك السائل؛ فأحسب:

1. حجم السائل المزاح.
2. حجم الجزء المغمور من المكعب في السائل.

الحل:

$l = 0.05$ m ، $\rho_o = 0.25\ \rho_f$

1. حجم السائل المزاح:

$$V_o = l^3 = (0.05)^3 = 1.25 \times 10^{-4}\ \text{m}^3$$

$$\frac{V_f}{V_o} = \frac{\rho_o}{\rho_f}$$

$$\frac{V_f}{1.25 \times 10^{-4}} = \frac{0.25\ \rho_f}{\rho_f}$$

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

2. حجم الجزء المغمور من المكعب يساوي حجم السائل المزاح:

$= 3.125 \times 10^{-5}\ \text{m}^3$

المناقشة:

قوة الطفو

- وجِّه السؤال الآتي إلى الطلبة:

– لماذا تطفو جثة الغريق فوق سطح الماء؟

- ثم أدر نقاشًا مع الطلبة حول ما يحدث في الرئتين عند الغرق حيث تمتلئ بالماء، وبعد الموت تبدأ البكتيريا في الأمعاء والرئتين في تحلل الجسم الميت مصدرةً من ذلك غازات منها الميثان وكبريتيد الهيدروجين، وعندما تزداد نسبة هذه الغازات إلى درجة معينة تبدأ الجثة في الطفو؛ لأن كثافتها تصبح أقل من كثافة ماء البحر.

مثال إضافي

في المثال 6، إذا علمت أن كتلة بالون الهيليوم 4 kg، فأحسب حجم البالون اللازم لاتزانه في الهواء.

الحل:

عند اتزان البالون فإن:

$$F_B = F_g$$

$$\rho_{air}\ V_o\ g = m_o\ g$$

$$1.29 \times V_o = 4 \Rightarrow V_o = \frac{4}{1.29} = 3.1\ \text{m}^3$$

المثال 5

قاربٌ مطاطيٌّ كتلتهُ 200 kg ومتوسطُ كثافتهِ $100\ \text{kg m}^{-3}$ ينقلُ عددًا منَ المهاجرينَ، كما في الشكلِ (10)، إذا علمتُ أنَّ كثافةَ ماءِ البحرِ $1024\ \text{kg m}^{-3}$ فأجدُ كتلةَ أكبرِ حمولةٍ يمكنُ وضعُها فوقَ سطحِ القاربِ؛ بحيثُ يبقى طافيًا (أفترضُ أنَّ حافةَ القاربِ العلويةَ عندَ سطحِ الماءِ تمامًا).

الشكلُ (10): قاربٌ ينقلُ عددًا منَ المهاجرينَ.

المعطياتُ: $m' = 200$ kg ، $\rho_o = 100\ \text{kg m}^{-3}$ ، $\rho_f = 1024\ \text{kg m}^{-3}$

المطلوبُ: كتلةُ الحمولةِ $m = ?$

الحلُّ:

حجمُ الجزءِ المغمورِ منَ القاربِ في هذهِ الحالةِ يساوي حجمَ القاربِ (V_o)، وبالتالي؛ فإنَّ حجمَ السائلِ المزاحِ يساوي حجمَ القاربِ:

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

نطبِّقُ العلاقةَ: $F_B = F_g$

$$\rho_f\ V_f\ g = (m + m')\ g$$

$$1024 \times 2 = (m + 200) \rightarrow m = 1848\ \text{kg}$$

برأيكَ هلْ هذهِ الحمولةُ آمنةٌ؟

المثال 6

مُلئَ بالونٌ بغازِ الهيليومِ، وتُرِكَ في الهواءِ، فإذا علمتُ أنَّ كثافةَ الهواءِ $1.29\ \text{kg m}^{-3}$، وقطرَ البالونِ 0.4 m فأجدُ قوةَ الطفوِ.

المعطياتُ: $r = 0.2$ m ، $\rho_{air} = 1.29\ \text{kg m}^{-3}$ ، $g = 10\ m/s^2$

المطلوبُ: $F_B = ?$

الحلُّ:

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

قوةُ الطفوِ: $F_B = \rho_{air} V_o\ g = 1.29 \times 0.033 \times 10 = 0.43$ N

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

*** القضايا ذات العلاقة بالعمل: الأمن والسلامة.**

الفت انتباه الطلبة إلى أهمية المحافظة على اتباع قواعد الأمن والسلامة العامة في العمل؛ فهؤلاء المهاجرون يعرضون حياتهم للخطر، ولا يتبعون قواعد الأمن والسلامة؛ حيث حُمِّل القارب وزنًا زائدًا عن الحد الأقصى لحمولته؛ الأمر الذي سيؤدي إلى غرقه.

صقر الجنوب منتديات

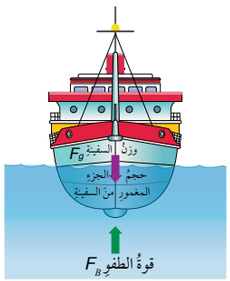
تطبيقاتُ قاعدةِ أرخميدس Applications of Archimedes' Principle

قاعدةُ أرخميدس لَها تطبيقاتٌ كثيرةٌ ومتنوعةٌ، وفي ما يأتي بعضُ تلكَ التطبيقاتِ في حياتِنا اليوميةِ:

السفينةُ Ship

كيفَ تطفو السفينةُ على سطحِ الماءِ وهيَ مصنوعةٌ منَ الحديدِ في حينِ يغرقُ مسمارُ الحديدِ في الماءِ؟

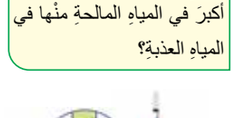
عندَما تطفو السفينةُ على سطحِ البحرِ تكونُ قوةُ الطفوِ مساويةً لوزنِها؛ لذا تُصنَعُ السفينةُ بحيثُ تحوي تجويفاً كبيرًا يزيدُ منْ حجمِها ويقلِّلُ منْ متوسطِ كثافتِها؛ ليصبحَ أقلَّ منْ كثافةِ الماءِ، وعندَ إنزالِ السفينةِ إلى الماءِ فإنَّ حجمَ الماءِ المزاحِ ـ المساوي لحجمِ الجزءِ المغمورِ منَ السفينةِ ـ يزدادُ بالتدريجِ فتزدادُ تبعًا لذلكَ قوةُ الطفوِ حسبَ قاعدةِ أرخميدس(قوةُ الطفوِ تساوي وزنَ الماءِ المزاحِ) إلى أنْ تصبحَ قوةُ الطفوِ مساويةً لوزنِ السفينةِ كما في الشكلِ(11)، ويتوقفُ ازديادُ حجمِ الجزءِ المغمورِ منَ السفينةِ لتطفوَ على سطحِ الماءِ؛ حيثُ محصلةُ القوى المؤثرةِ عليْها تساوي صفرًا.



الشكلُ (11): سفينةٌ تطفو على سطحِ البحرِ، والقوى المؤثرةُ فيها.

الغواصةُ Submarine

هيَ سفينةٌ متخصصةٌ يمكنُها الغوصُ والتنقلُ تحتَ سطحِ الماءِ على أعماقٍ مختلفةٍ، وبإمكانِها أنْ تطفوَ، أنظرُ الشكلَ (12). وتحوي الغواصةُ خزاناتٍ كبيرةً يجري إدخالُ الماءِ إليْها أوْ إخراجهُ منْها، فيزدادُ متوسطُ كثافتِها أوْ يقلُّ لتصبحَ قوةُ الطفوِ إما أكبرَ منْ وزنِ الغواصةِ فتطفو وإما أقلَّ فتهبطُ أوْ تظلُّ مساويةً لقوةِ الطفوِ فتبقى معلقةً على عمقٍ ثابتٍ في الماءِ. وتُستخدَمُ الغواصةُ للأغراضِ العسكريةِ وللأغراضِ المدنيةِ كذلكَ، مثلَ: الأبحاثِ العلميةِ والسياحةِ.



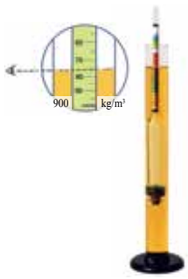
الشكلُ (12):غواصةٌ في أعماقِ المياهِ.

أفكّرُ: لماذا تطفو السفينةُ بشكلٍ أكبرَ في المياهِ المالحةِ منْها في المياهِ العذبةِ؟

مقياسُ كثافةِ السوائلِ Hydrometer

أداةٌ تُستخدَمُ لقياسِ كثافةِ السائلِ؛ مثلِ: قياسِ كثافةِ الحليبِ، وكثافةِ محلولِ بطاريةِ السيارةِ، وغيرِها.

يوضعُ الأنبوبُ في السائلِ المرادِ قياسُ كثافتِهِ فيطفو ليستقرَّ عندَ تدريجٍ محددٍ يمثلُ كثافةَ السائلِ، أنظرُ الشكلَ (13)، وكلَّما زادتْ كثافةُ



الشكلُ (13): قياسُ كثافةِ البنزينِ باستخدامِ مقياسِ كثافةِ السوائلِ.

إجابة سؤال النص:

قراءة مقياس الكثافة $875\ kg/m^3$، وتمثل تلك القراءة كثافة البنزين في المخبار.

توظيف التكنولوجيا

ابحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية جاهزة عن تطبيقات لقاعدة أرخميدس ويفضل الفيديوهات التفاعلية، أو عروض تقديمية.

شارك الطلبة هذه المواد التعليمية باستخدام الروابط الإلكترونية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أوتطبيق التواصل الاجتماعي WhatsApp، أو إنشاء مجموعة على تطبيق Microsoft teams، أو استعمل أية وسيلة تكنولوجية مناسبة، بمشاركة الطلبة وذويهم.

التعزيز: قوة الطفو

لتعزيز مفهوم قوة الطفو عند الطلبة؛ اطلب من كل طالب اختيار زميل له بحيث يكتب كل طالب لزميله مثالًا أو تطبيقًا على قاعدة أرخميدس في السوائل أو الغازات، ويطلب إليه كتابة تفسير علمي لذلك التطبيق، ثم يجري تبادل الأدوار بينهما. كلف بعض الطلبة بعرض مدوناتهم للمناقشة أمام الطلبة.

استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى تأمل الشكل (13) ، ثم اطرح عليهم الأسئلة الآتية:

– علل: يكون تدريج المقياس عكسيًّا؛ بمعنى التدريج الأقل من الأعلى، ويزداد كلما هبطنا إلى أسفل المقياس؟

لأنه كلما ازدادت كثافة السائل في المخبار تزداد قوة الطفو؛ لتدفع بالمقياس إلى أعلى، فيقل حجم الجزء المغمور منه في السائل.

– ما وظيفة قطع الرصاص في قعر مقياس الكثافة؟

تساعد قطع الرصاص في عملية اتزان المقياس بشكل رأسي في المائع.

أفكّرُ: كثافة المياه المالحة أكبر من كثافة المياه العذبة، وبما أن قوة الطفو تزداد بزيادة كثافة المائع حسب قاعدة أرخميدس $F_B = \rho_f V_f g$ ؛ فإن السفينة سيطفو جزء أكبر من حجمها فوق سطح المياه المالحة.

صقر الجنوب منتديات

السائلِ ازدادتْ قوةُ الطفوِ ليرتفعَ المقياسُ في السائلِ إلى أعلى بشكلٍ أكبرَ. كمْ تبلغُ كثافةُ البنزينِ في الشكلِ (13)؟

ويُفضَّلُ استخدامُ المقياسِ الإلكترونيِّ، كما في الشكلِ (14)؛ لأنَّهُ أكثرُ دقةً وسهولةً في الاستخدامِ.

الشكلُ (14): مقياسُ كثافةِ سوائلَ إلكترونيٌّ.

المنطادُ Balloon

تُستخدَمُ المناطيدُ في أغراضٍ مختلفةٍ مثلِ: السياحةِ والرياضةِ والرصدِ الجويِّ؛ حيثُ يتسارعُ المنطادُ إلى أعلى، ويرتفعُ في الهواءِ عندَما يكونُ وزنهُ أقلَّ منْ قوةِ الطفوِ المؤثرةِ فيهِ منْ قبلِ الهواءِ المحيطِ بهِ. وفي حالِ كانتْ قوةُ الطفوِ أقلَّ منْ وزنهِ يتسارعُ إلى أسفلَ ويهبطُ. متى يبقى معلقًا في الهواءِ؟

الشكلُ (15): منطادٌ مملوءٌ بالغازِ.

تُصنَّفُ المناطيدُ حسبَ نوعيةِ الغازِ المُحمَّلِ بِها؛ فمثلًا: المنطادُ الغازيُّ الذي يكونُ مملوءًا بغازٍ أخفَّ منَ الهواءِ الجويِّ، كغازِ الهيليومِ أوِ الهيدروجينِ؛ مثلَما في الشكلِ (15). وهناكَ نوعٌ آخرُ يُستخدَمُ حاليًّا بشكلٍ كبيرٍ، وهوَ منطادُ الهواءِ السّاخنِ، أنظرُ الشكلَ (16)، حيثُ يجري التحكمُ بصعودهِ أوْ هبوطهِ منْ خلالِ تقليلِ درجةِ حرارةِ الهواءِ داخلَهُ، أوْ زيادتِها.

الشكلُ (16): منطادُ الهواءِ السّاخنِ.

وتوجدُ تطبيقاتٌ أخرى كثيرةٌ تعتمدُ على قاعدةِ أرخميدس مثلَ: العوامةِ الميكانيكيةِ المستخدمةِ في خزاناتِ المياهِ، وحركةِ الأسماكِ صعودًا وهبوطًا في الماءِ منْ خلالِ الحويصلاتِ الهوائيةِ، والسباحةِ وغيرِها.

✓ **أتحقَّقُ:** كيفَ يمكنُ التحكمُ بصعودِ كلٍّ مما يأتي وهبوطهِ:

1. منطادُ الهواءِ الساخنِ.
2. الغواصةُ.

أفكِّرُ: لماذا يرتفعُ البالونُ في الهواءِ بتسارعٍ أكبرَ في الأجواءِ الباردةِ مقارنةً بتسارعهِ في الأجواءِ الحارةِ؟

أفكِّرُ: تزداد كثافة الهواء المحيط بالبالون في الأجواء الباردة، فتزداد قوة الطفو؛ حيث إنها تعتمد على كثافة المائع (الهواء) حسب العلاقة:

$$F_B = \rho_f V_f g$$

لتزداد تبعًا لذلك محصلة قوة الطفو ووزن البالون فيكتسب البالون تسارعًا أكبر إلى أعلى.

✓ **أتحقَّق:**

1. **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.
2. **الغواصة:** بواسطة ملء الخزانات بالمياه أو تفريغها؛ فعند ملء الخزانات بالمياه يزداد متوسط كثافة الغواصة، ويزداد وزنها؛ ليصبح أكبر من قوة الطفو فتهبط الغواصة للأسفل، والعكس يحدث أثناء عملية الصعود.

إضاءة للمُعلِّم

مناطيد الهواء الساخن غير فعالة لحمل أوزان كبيرة وهي مخصصة فقط لنزهات قصيرة، وأوزان أخف بالمقارنة مع حجمها الهائل؛ لأن حجم $1\ m^3$ من الهواء الساخن لا يمكنه أن يحمل إلا ما بين 400 g و 500 g. ثم جاءت الفكرة باستعمال غازات اقل كثافة بكثير من الهواء مثل الهيدروجين الذي بمقدور حجم $1\ m^3$ منه حمل كتلة تزيد عن 1kg. ولذلك صُممت مناطيد تُملأ بغاز الهيدروجين، ولكن الهيدروجين سريع الاشتعال؛ فبعد حادثة احتراق منطاد هيندينبيرغ الشهيرة عام 1937 في نيوجرسي، تم الاستغناء عن الهيدروجين في المناطيد لأنه سريع الاشتعال واستُخدم بدلاً منه الهيليوم الآمن، بالرغم من أن الهيليوم أثقل بمرتين من الهيدروجين، لكن هذا لا يؤثر بشكل فعلي؛ لأن وزن الهواء أعلى منه بـ 70 مرة تقريبًا. وبقيت مشكلة أن الهيليوم ليس متوفرًا مثل الهيدروجين. ولكن السؤال كيف يجري التحكم بهبوط منطاد الهيليوم وصعوده؟

تستخدم أكياس رملية في عملية الصعود؛ حيث يُنزَّل عدد من تلك الأكياس؛ فيقل وزن المنطاد ويرتفع إلى أعلى، وأثناء عملية الهبوط تُفرَّغ كمية من غاز الهيليوم من صمام في أعلى المنطاد بواسطة حبل يتصل بالصمام.

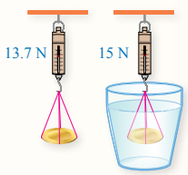
والشكل المجاور يظهر صورة رجل ألماني استطاع الطيران على ارتفاع 7620 m باستخدام 52 بالونًا مليئة بغاز الهيليوم مدة تزيد على نصف ساعة، وقد هبط باستخدام مظلة. حديثًا تطورت المناطيد حيث أُدخلت وأُضيفت إليها محركات كهربائية للتحكم في حركة تلك المناطيد واتجاهها.

إجابة سؤال النص:

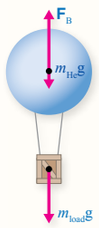
يبقى البالون معلقًا في الهواء عندما تصبح قوة الطفو مساوية لوزن المنطاد؛ أي محصلتهما تساوي صفرًا.

مراجعةُ الدرسِ

1. **الفكرةُ الرئيسةُ:** لماذا تطفو بعضُ الأجسامِ فوقَ سطحِ الماءِ، وبعضُها يبقى معلقًا، وبعضٌ آخرُ ينغمرُ ليستقرَّ في الأسفلِ؟
2. ثلاثةُ مجسماتٍ متماثلةٍ في الحجمِ (زجاجٌ، مطاطٌ، سيليكونٌ) كثافةُ كلٍّ منْها على الترتيبِ $2.5 \times 10^3\ kg/m^3$ ، $9.7 \times 10^2\ kg/m^3$ ، $1.3 \times 10^3\ kg/m^3$ وُضِعتْ داخلَ حوضِ جليسرينٍ كثافتُهُ $1.3 \times 10^3\ kg/m^3$. بناءً على ما سبقَ أجيبُ عما يأتي:
   أ . **أقارنُ** بينَ قوى الطفوِ المؤثرةِ في المجسّماتِ الثلاثةِ لحظةَ إفلاتِها.
   ب. **أقارنُ** بينَ القوى المحصلةِ المؤثرةِ في المجسماتِ الثلاثةِ لحظةَ إفلاتِها.
3. **السببُ والنتيجةُ:** ماذا يحدثُ في كلِّ حالةٍ مما يأتي:
   أ . تفريغُ خزاناتِ المياهِ منَ الغواصةِ.
   ب. تقليلُ درجةِ حرارةِ الهواءِ داخلَ المنطادِ.
   جـ.زيادةُ حجمِ التجويفِ في السفينةِ.
4. **أحسبُ:** قاربٌ مطاطيٌّ يطفو نصفُ حجمِهِ فوقَ سطحِ البحرِ، فإذا علمتُ أنَّ كثافةَ مياهِ البحرِ $1024\ kg\ m^{-3}$ فأجدُ متوسطَ كثافةِ القاربِ.
5. وجدتْ نورُ قطعةً نقديةً قديمةً لونُها أصفرُ تشبهُ الذهبَ، أرادتِ التأكدَ منْ أنَّ القطعةَ مصنوعةٌ منَ الذهبِ؛ فعلقتِ القطعةَ بميزانٍ نابضيٍّ حساسٍ فكانتْ قراءةُ الميزانِ 15.0 N (في الهواءِ) كما في الشكلِ، وعندَ غمرِها في الماءِ أصبحتْ قراءةُ الميزانِ 13.7 N، أجيبُ عمّا يأتي:



   أ . أرسمُ مخططَ الجسمِ الحرِّ للقطعةِ بعدَ غمرِها في الماءِ.
   ب. **أحسبُ** قوةَ الطفوِ.
   جـ.**أصدرُ حكمًا:** هلِ القطعةُ النقديةُ مصنوعةٌ منَ الذهبِ؟ علمًا بأنَّ كثافةَ الذهبِ $(19.3 \times 10^3\ kg\ m^{-3})$، وكثافةَ الماءِ $(10^3\ kg\ m^{-3})$.



6. **أحسبُ:** بالونٌ مملوءٌ بغازِ الهيليومِ، ما أقلُّ حجمٍ للبالونِ ليتمكنَ منْ رفعِ ثلاثةِ أشخاصٍ مجموعُ كتلهِمْ يساوي 180 kg، علمًا بأنَّ كتلةَ السلةِ التي تحملهُمْ معَ كتلةِ مادةِ البالونِ تساوي 30 kg، وكثافةَ الهواءِ $1.29\ kg\ m^{-3}$ وكثافةَ الهيليومِ $0.179\ kg\ m^{-3}$؟

3 التقويم

مراجعة الدرس

1. يطفو الجسم عندما تكون كثافته أقل من كثافة الماء حيث قوة الطفو أكبر من وزن الجسم، بينما يبقى الجسم معلقًا في الماء عندما تتساوى كثافة الجسم مع كثافة الماء، أما إذا كانت كثافة الجسم أكبر من كثافة الماء فإن الجسم ينغمر في الماء ليستقر في الأسفل.
2. أ . 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. أ. تفريغ خزانات المياه في الغواصة: يقل وزنها لتصبح قوة الطفو أكبر من وزنها؛ فتصعد إلى الأعلى.
   ب. 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 .
   جـ. عند زيادة حجم تجويف السفينة يزداد حجم السفينة، ويقل متوسط كثافتها؛ مما يسهل طفوها؛ حيث يزداد حجم الجزء الطافي منها.

4. $F_B = F_g$

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

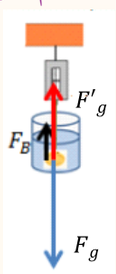
لكن

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

$$1024 \times \frac{V_o}{2} g = \rho_o \times V_o \times g$$

$$\rho_o = 512\ kg/m^3$$

5. أ. مخطط الجسم الحر:



ب.

$$F_B = F_g - F'_g$$

$$F_B = 15 - 13.7 = 1.3\ N$$

جـ.

$$F_B = \rho_f V_f g$$

$$1.3 = 1000 \times V_f \times 10$$

$$V_f = 1.3 \times 10^{-4}\ m^3 = V_o$$

$$F_g = \rho_o V_o g$$

$$15 = \rho_o \times 1.3 \times 10^{-4} \times 10$$

$$\rho_o = 11.54 \times 10^3\ kg/m^3$$

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

6. $180 + 30 = 210\ kg$

$$F_B = F_g$$

$$\rho_f V_f g = (m_{He} + 210)g$$

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

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

$$V_o = \frac{210}{\rho_f - \rho_o}$$

$$V_o = \frac{210}{1.29 - 0.179}$$

$$V_o = 189\ m^3$$

الدرس 2

الموائع المتحركة
Fluids in Motion

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

الموائع المتحركة

- وضِّح للطلبة أن الموائع في حالة الحركة تختلف في سلوكها وخصائصها والمعادلات التي تحكمها وتطبيقاتها العملية عن الموائع في حالة السكون.
- كذلك بيِّن للطلبة أن الموائع المتحركة تختلف أيضًا في خصائصها وسلوكها من مائع إلى آخر، مثل طبيعة الجريان، واللزوجة، والعلاقة بينهما، وقابليتها للانضغاط.
- وجِّه السؤال الآتي إلى الطلبة:

– أثناء مشاهدتك جريان المياه في القنوات والممرات المائية والجداول، هل هو انسيابي أم مضطرب؟ أم يتغير حسب المجرى؟

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

الكثافة

- ذكِّر الطلبة بمفهوم الكثافة وعلاقتها بكل من الحجم والكتلة، والعلاقة بين طفو الأجسام في السوائل وكثافة كل منهما بطرح أمثلة حياتية، وطفو البالون في الهواء. ذكِّر الطلبة كذلك بمفهوم اللزوجة، والتمييز بين الحركة المنتظمة وغير المنتظمة، وذلك بتوجيه الأسئلة، وإعطاء أمثلة تطبيقية من الحياة اليومية وأمثلة رياضية على تلك المفاهيم والعلاقات.

2 التدريس

نشاط سريع الجريان

- أشعل عود كبريت ثم أطفئه أمام الطلبة، اطلب إليهم ملاحظة جريان الدخان وهو يتصاعد إلى أعلى، ووجِّه السؤال الآتي إلى الطلبة: صف حركة الدخان المتصاعد من عود الكبريت. وبيِّن للطلبة منطقة الجريان الانسيابي (المنتظم)، ومنطقة الجريان غير المنتظم.

◄ الفكرةُ الرئيسةُ:

للموائعِ المتحركةِ خصائصُ وسلوكاتٌ وتطبيقاتٌ خاصةٌ بها، يمكنُ تفسيرُها عنْ طريقِ معادلةِ الاستمراريةِ وقاعدةِ برنولي.

◄ نتاجاتُ التعلُّمِ:

- أوضحُ المفاهيمَ المتعلقةَ بالموائعِ المتحركةِ.
- أستقصي خصائصَ المائعِ المثاليِّ والعواملَ المؤثرةَ في حركتِهِ.
- أوظفُ التجاربَ العمليةَ في التحققِ منْ مبدأِ برنولي.
- أوظفُ معرفتي بالمفاهيمِ والعلاقاتِ الخاصةِ بحركةِ الموائعِ في حلِّ مسائلَ حسابيةٍ، وتفسيرِ مواقفَ حياتيةٍ متعلقةٍ بها.
- أوظفُ التجاربَ العمليةَ في تعرفِ خصائصِ الموائعِ المتحركةِ وتطبيقاتِها.

◄ المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

المائعُ المثاليُّ Ideal Fluid
الجريانُ المنتظمُ Regular(Steady) Flow
غيرُ لزجٍ Nonviscous
غيرُ قابلٍ للانضغاطِ Incompressible
غيرُ دوّاميٍّ Irrotational
معدلُ التدفقِ الحجميِّ Volume Flow Rate
معادلةُ الاستمراريةِ Continuity Equation
معادلةُ برنولي Bernoulli's Equation
مقياسُ فنتوري Venturi Meter
خطُّ الجريانِ Flow Line

خصائصُ الموائعِ المتحركةِ Properties of Fluids in Motion

تتساءلُ ربَّما عنْ كثيرٍ منَ المشاهداتِ والمواقفِ الحياتيةِ والتطبيقاتِ المتعلقةِ بحركةِ الموائعِ وسلوكِها؛ فمثلًا إذا كانَ طولُ خرطومِ المياهِ- أثناءَ ريِّ نباتاتِ حديقتكَ المنزليةِ- غيرَ كافٍ لوصولِ المياهِ إلى مسافةٍ أبعدَ لشمولِ مساحةٍ أكبرَ؛ فإنكَ بسهولةٍ تضغطُ بإصبعكَ لإغلاقِ جزءٍ منْ فوهةِ الخرطومِ، مثلَما في الشكلِ (17).

سنتناولُ في هذا الدرسِ حركةَ الموائعِ وخصائصَها ومعادلاتِها، والتطبيقاتِ المتعلقةَ بها إضافةً إلى تفسيرِ المشاهداتِ والمواقفِ الحياتيةِ المختلفةِ. ومنْ أبرزِ خصائصِ الموائعِ المتحركةِ:

الجريانُ Flow

يمكنُ التمييزُ بينَ نوعيْنِ رئيسيْنِ منْ جريانِ الموائعِ؛ هما: الجريانُ المنتظمُ، والجريانُ غيرُ المنتظمِ.

الشكلُ (17): سلوكُ الماءِ المتدفقِ قبلَ الضغطِ على فوهةِ الخرطومِ، وبعدَهُ.

◄ التعزيز: الجريان المنتظم وغير المنتظم

لتعزيزِ مفاهيمِ الجريانِ المنتظمِ والجريانِ غيرِ المنتظمِ؛ بيِّن للطلبةِ أن لهذين المفهومين أسماء أخرى باللغة العربية واللغة الإنجليزية: منتظم (Regular)، انسيابي (Steady)، طبقي (Laminar)، غير منتظم (Irregular)، مضطرب (Turbulant)، غير انسيابي (Nonsteady).

صقر الجنوب منتديات

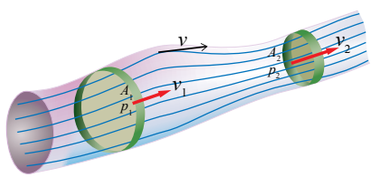
المائعُ الذي تكونُ سرعةُ جزيئاتهِ عندَ نقطةٍ معينةٍ فيهِ ثابتةً لا تتغيرُ معَ الزمنِ، ولكنَّها يمكنُ أنْ تتغيرَ منْ نقطةٍ إلى أخرى، يسمّى **جريانًا منتظمًا Regular(Steady) flow** أوِ انسيابيًّا. مثلَما هوَ مبينٌ في الجزءِ السفليِّ منَ الشكلِ (18) حيثُ تنسابُ جزيئاتُ الدخانِ أوِ المائعِ في مساراتٍ منتظمةٍ تُمَثَّلُ بخطوطٍ، كلُّ خطٍّ منْها يسمّى **خطَّ الجريانِ Flow line** وهوَ خطٌّ يمثلُ مسارَ جزيئاتِ المائعِ عندَ جريانِها. ويمكنُنا تصورُ جريانِ المائعِ في أنبوبٍ يسمّى أنبوبَ الجريانِ سواءٌ كانَ حقيقيًّا مثلَ خرطومِ الماءِ أوِ افتراضيًّا مثلَ التيارِ الهوائيِّ أوِ المائيِّ. وتُمثَّلُ خطوطُ جريانِ المائعِ المنتظمِ كما في الشكلِ (19)، حيثُ تمتازُ تلكَ الخطوطُ بخصائصَ عدةٍ، منْها:

- أنَّها لا تتقاطعُ.
- كثافتُها (عددُ خطوطِ الجريانِ التي تمرُّ عموديًّا بوحدةِ المساحةِ (A)) تزدادُ بزيادةِ سرعةِ المائعِ $(v_2 > v_1)$.
- المماسُّ لأيّةِ نقطةٍ على خطِّ الجريانِ يحددُ اتجاهَ سرعةِ جزيْءِ المائعِ اللحظيةِ (v) عندَ تلكَ النقطةِ.

يبقى جريانُ المائعِ منتظمًا ما لمْ تتجاوزْ سرعتُهُ قيمةً معينةً تسمّى السرعةَ الحديةَ؛ فإنْ تجاوزَها يتحولُ جريانُ المائعِ منْ جريانٍ منتظمٍ إلى **جريانٍ غيرِ منتظمٍ Irregular flow**. وهوَ جريانٌ تتغيرُ سرعةُ المائعِ عندَ نقطةٍ ما فيهِ معَ الزمنِ، كما هوَ مبينٌ في كلٍّ منَ الجزءِ العلويِّ منَ الشكلِ (18) وفي الشكلِ (20/ أ)، أما خطوطُ الجريانِ المنتظمِ وغيرِ المنتظمِ فتظهرُ في الشكلِ (20/ ب)؛ حيثُ تغيَّرَ جريانُ المائعِ عندَ وضعِ الكرةِ أمامَ مجراهُ ليتحولَ جريانهُ منْ جريانٍ منتظمٍ (أمامَ الكرةِ وعلى جانبيْها) إلى جريانٍ غيرِ منتظمٍ (خلفَ الكرةِ).

الشكلُ (18): الجريانُ المنتظمُ والجريانُ غيرُ المنتظمِ لجزيئاتِ الدخانِ المنبعثةِ عندَ إطفاءِ الشمعةِ.

الشكلُ (20):
أ. جريانُ الماءِ المنتظمُ وغيرُ المنتظمِ.
ب. خطوطُ جريانِ الماءِ المنتظمِ وغيرِ المنتظمِ.



الشكلُ (19): خطوطُ الجريانِ المنتظمِ في أنبوبِ الجريانِ.

◄ استخدام الصور والأشكال:

● وجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (18) ثم اطرح عليهم الأسئلة الآتية:

– لماذا 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).

– 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.

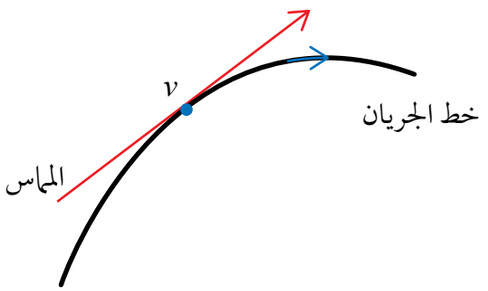
– في أي مناطق الجريان تبقى سرعة جزيئات الدخان عند مرورها بنقطة ما ثابتة مع الزمن في المقدار والاتجاه؟

سرعة أي جزيء تكون ثابتة عند مروره بالنقطة نفسها في منطقة الجريان المنتظم.

◄ بناء المفهوم:

الجريان المنتظم

● وضِّح للطلبة أن انتقال كمية من المائع ضمن مجرى معين (أنبوب الجريان) يسمى جريانًا، وبين لهم جريان المائع يمكن أن يكون منتظمًا (انسيابيًّا) أو غير منتظم (مضطرب)، وأن سرعة جزيئات المائع تكون ثابتة مع الزمن عند نقطة معينة في الجريان المنتظم كما هو مبين في الشكل، واتجاه السرعة باتجاه المماس عند تلك النقطة.



◄ المناقشة:

الجريان المنتظم وغير المنتظم

● ناقش الطلبة في أوجه الاختلاف بين الجريان المنتظم والجريان غير المنتظم، من حيث: سرعة جزيئات المائع واتجاهها، وكذلك خطوط الجريان. وضِّح لهم تلك الاختلافات باستخدام أمثلة حياتية ورسومات لخطوط الجريان على السبورة والاستعانة بالأشكال (18)، و(19)، و (20/ ب) وكيف تغيرت حركة الماء في مجرى النهر عندما ضاق مجراه، وأثر حركة الدخان المتصاعد، وخطوط الجريان على انسيابيته.

صقر الجنوب منتديات

إضاءة للمُعلِّم

- **الإعصار Tornado**: عاصفة هوائية عنيفة تتميز بغيمة مخروطية دوارة. تتشكّل الأعاصير فوق مناطق المياه المدارية أو شبه الاستوائية، ثم تتجه إلى اليابسة. تصنف الأعاصير حسب قوتها إلى خمس درجات؛ تبدأ من أعاصير الدرجة الأولى وهي الأعاصير الخفيفة التي تصل سرعة الرياح فيها إلى 132 km/h وتنتهي بالأعاصير المدمرة تصل سرعة الرياح فيها إلى 420 km/h، وتشكل المياه الدافئة- التي تصل درجة حرارتها إلى 27 درجة مئوية على عمق 50 مترًا تحت سطح البحر - العامل الأول لحدوث الأعاصير، أما العامل الثاني فهي الرياح؛ فعند مرورها فوق مياه المحيط تحول الماء إلى بخار يرتفع عن سطح الماء، ثم يبرد ويتكاثف ويرجع إلى الحالة السائلة على هيئة قطرات بكميات كبيرة؛ فتتكون الغيوم وهي بداية الإعصار.

  تتسبّب حركة العواصف المُرافقة للأعاصير باتجاه السواحل في ارتفاع مستويات مياه المحيط وتندفع تلك المياه إلى اليابسة بفعل الرياح القويّة وقد تتسبّب في غمر المناطق المُنخفضة التي تقع على طول الساحل، وهدم المنازل، وتدمير المنشآت، وتعطيل أنشطة الحياة.

- **الدوّامة Vortex**: هي ماء يدور حول نفسه بسرعة وقوة هائلتين، وقد يتحول في بعض الأحيان إلى تدفق لولبي ، ويمكن أن تحدث الدوّامة في الماء لعدة أسباب منها: التقاء المد السريع بالجزر؛ حيث تبدأ تيارات البحر بالتحرك بشكل دوار، ومنها أيضًا حركة الرياح. وتشكل الدوامات المائية خطورة على المصطافين في بعض الشواطىء وقد أودت بحياة كثير جدًّا منهم؛ لذا يجب توخي الحذر وعدم الاقتراب منها لأنها ستجرفك إلى أعماق المياه ولن تستطيع مقاومتها.

(ب)

(أ)

الشكلُ (21): التياراتُ الدوّاميةُ في جزيئاتِ: أ. الهواءِ. ب. الماءِ.

عندَما تدورُ جميعُ جزيئاتِ المائعِ حولَ مركزٍ أوْ محورِ دورانٍ إضافةً إلى حركتِها الانتقاليةِ فإنَّ جريانَ المائعِ يكونُ دوّاميًّا، مثالُ ذلكَ حركةُ جزيئاتِ الهواءِ التي ينتجُ عنْها أعاصيرُ مدمرةٌ وحركةُ جزيئاتِ الماءِ التي ينتجُ عنْها دوّاماتٌ بحريةٌ خطرةٌ، كما في الشكلِ (21)، أما الجريانُ الذي لا تدورُ جزيئاتهُ حولَ مركزِ دورانٍ فيسمّى **الجريانَ غيرَ الدوامي Irrotational flow**.

القابليةُ للانضغاطِ Compressibility

المائعُ الذي تبقى كثافتهُ ثابتةً ولا تتغيرُ تحتَ تأثيرِ قوةٍ يعدُّ **مائعًا غيرَ قابلٍ للانضغاطِ Incompressible fluid**،أما المائعُ الذي تتغيرُ كثافتهُ، يعدُّ **مائعًا قابلًا للانضغاطِ Compressible fluid**.

اللزوجةُ Viscosity

خلالَ جريانِ السائلِ تنسابُ طبقاتُهُ بالنسبةِ إلى بعضِها كما في الشكلِ (22)، وتعدُّ لزوجةُ السائلِ مقياسًا لمقاومةِ طبقاتِ المائعِ لهذهِ الحركةِ، فكلَّما زادتْ لزوجةُ المائعِ قلَّتْ قابليتهُ للجريانِ؛ وبذلكَ

أعدُّ فلمًا قصيرًا باستخدامِ برنامجِ صانعِ الأفلامِ (movie maker) يبيّنُ خصائصَ المائعِ المثاليِّ، وأحرصُ على أنْ يشتملَ الفلمُ على مفهومِ كلٍّ منَ: الجريانِ المنتظمِ، والجريانِ غيرِ الدوّاميِّ، وانعدامِ اللزوجةِ، وعدمِ القابليةِ للانضغاطِ، وعلى صورٍ متحركةٍ لأمثلةٍ توضيحيةٍ، ثمَّ أشاركهُ معلمي وزملائي في الصفِّ.

الشكلُ (22): طبقاتُ المائعِ وخطوطُ جريانهِ.

◄ استخدام الصور والأشكال:

وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (22)، ثم وضّح لهم أن سرعة تدفق طبقة المائع الملامس للجدار الداخلي لأنبوب الجريان هي الأقل (تساوي صفرًا تقريبًا)، وكلما اقتربنا من مركز الأنبوب تزداد سرعة تدفق طبقات المائع، وهذا يعني أن سرعة المائع ليست ثابتة عبر المقطع العرضي للأنبوب؛ فهي أكبر ما يمكن عند مركز الأنبوب، وأقل ما يمكن عند الجدران الداخلية له، كما هو واضح في الجزء الأيسر من الشكل، وكذلك خطوط الجريان في الجزء الأيمن.

صقر الجنوب منتديات

تنخفضُ سرعتهُ؛ فمثلًا لتحريكِ كميةٍ منَ العسلِ بسرعةٍ ما في أنبوبِ الجريانِ نحتاجُ إلى قوةٍ أكبرَ منَ التي نحتاجُها لتحريكِ الكميةِ نفسِها منَ الماءِ، وبالسرعةِ نفسِها. يجدرُ الذكرُ بأنَّ تأثيرَ اللزوجةِ في جريانِ السائلِ يقابلهُ تأثيرُ قوةِ الاحتكاكِ في انزلاقِ جسمٍ على سطحٍ خشنٍ. فزيادةُ لزوجةِ الدمِ مثلًا قدْ تؤدي إلى زيادةِ مخاطرِ الإصابةِ بالجلطاتِ الدمويةِ عندَ الإنسانِ؛ حيثُ يصعبُ جريانُ الدمِ داخلَ الشرايينِ فيُعطى المريضُ أدويةً تقللُ لزوجةَ الدمِ (وهيَ أدويةٌ مميعةٌ).

لذا؛ يمكنُ تعريفُ **المائعِ غيرِ اللزجِ Nonviscous fluid** بأنَّهُ المائعُ الذي لا يوجدُ قوى احتكاكٍ بينَ طبقاتهِ أثناءَ جريانهِ.

المائعُ المثاليُّ Ideal Fluid

ولتسهيلِ دراسةِ حركةِ الموائعِ افترضَ العلماءُ **مائعًا مثاليًّا Ideal Fluid** يتصفُ بالخصائصِ الآتيةِ:

- جريانُهُ منتظمٌ.
- غيرُ قابلٍ للانضغاطِ.
- غيرُ لزجٍ.
- غيرُ دوّاميٍّ.

ولا يوجدُ في الواقعِ مائعٌ مثاليٌّ يتصفُ بهذهِ الخصائصِ الأربعِ؛ وإنَّما هوَ نموذجٌ افترضهُ العلماءُ يساعدُ ويُسهّلُ دراسةَ مائعٍ لا يتصفُ بخاصيةٍ أوْ أكثرَ منْ خصائصِ المائعِ المثاليِّ.

✓ **أتحقَّقُ:** ما الخاصيةُ التي يمتلكُها المائعُ المتحركُ في الحالاتِ الآتيةِ:

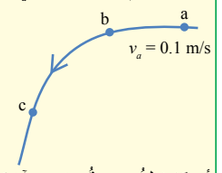
أ. كثافتهُ ثابتةٌ لا تتغيرُ أثناءَ جريانهِ.

ب. توجدُ قوى احتكاكٍ (قوى مقاومةٍ) بينَ طبقاتهِ أثناءَ جريانهِ.

جـ. لا تدورُ جزيئاتهُ حولَ مركزِ دورانٍ أثناءَ جريانهِ.

ولاستقصاءِ بعضٍ منْ خصائصِ الموائعِ؛ أُجري التجربةَ الآتيةَ:

أفكّرُ: يمثلُ الشكلُ خطَّ جريانٍ منتظمٍ لمائعٍ، فإذا كانتْ سرعةُ أحدِ جزيئاتِ المائعِ لحظةَ مرورهِ بالنقطةِ (a) تساوي 0.1 m/s، بناءً على ما تقدمَ؛ أجيبُ عمّا يأتي:



أ. كمْ تبلغُ سرعةُ جزيءٍ آخرَ منَ المائعِ لحظةَ مرورهِ بالنقطةِ (a) بعد 4 ثوانٍ منْ مرورِ الجزيءِ الأولِ؟

ب. هلْ سرعةُ جزيءِ المائعِ عندَ مرورهِ بالنقاطِ b و c هيَ نفسُها عندَ مرورهِ بالنقطةِ (a)؟

أفكّرُ:

أ – من خصائصِ الجريانِ المنتظمِ أنَّ سرعةَ جزيئاتِ المائعِ عندَ نقطةٍ معينةٍ ثابتةٌ لا تتغيرُ معَ الزمنِ، وبناءً عليهِ؛ فإنَّ سرعةَ جزيءٍ آخرَ عندَ النقطةِ a بعدَ 4 ثوانٍ هيَ سرعةُ الجزيءِ الأولِ نفسُها $v_a = 0.1$ m/s.

ب– سرعةُ جزيءِ المائعِ في الجريانِ المنتظمِ يمكنُ أنْ تتغيرَ منْ نقطةٍ إلى أخرى ولكنَّها عندَ النقطةِ نفسِها لا تتغيرُ؛ ومنْ ثَمَّ فإنَّ سرعةَ الجزيءِ عندَ النقاطِ b و c ليستْ بالضرورةِ تساوي سرعتهُ عندَ النقطةِ a؛ فمثلًا اتجاهُ السرعةِ عندَ النقطةِ a (اتجاهُ المماسِ) في الشكلِ يختلفُ عنْ اتجاهِ السرعةِ عندَ النقطةِ c.

معلومة إضافية

- **لزوجةُ المائعِ:** تعتمدُ لزوجةُ المائعِ على عدةِ عواملَ، هيَ:

– درجةُ الحرارةِ.

– نوعُ المائعِ

– الحالةُ الفيزيائيةُ للمائعِ.

التعزيز: اللزوجة

- لتعزيزِ مفهومِ اللزوجةِ عندَ الطلبةِ؛ وضحْ لهمْ أنَّ لزوجةَ الدمِ هيَ المقياسُ المستخدمُ لحسابِ مدى مقاومةِ الدمِ المتدفقِ في الشرايينِ أوِ الشعيراتِ، أوِ الأوردةِ الدمويةِ أثناءَ تأديةِ وظيفتهِ الأساسيةِ، وتعتمدُ اللزوجةُ على عاملينِ أساسيينِ: كميةِ البروتيناتِ المتوفّرةِ في بلازما الدمِ، وعددِ كرياتِ الدمِ الحمراءِ، فإذا زادتْ نسبتهما في الدمِ فسوفَ يصابُ الإنسانُ بمتلازمةِ لزوجةِ الدمِ.
- يختلفُ مقدارُ اللزوجةِ الطبيعيِّ في الجسمِ حسبَ الجنسِ؛ فنسبتها عندَ الذكورِ تصلُ إلى 4.7 أمّا عندَ الإناثِ فهيَ تصلُ إلى 4.3. ويعدُّ النمطُ الصحيُّ الذي يتبعهُ الشخصُ منْ أهمِ العواملِ التي تزيدُ منْ لزوجةِ الدمِ وتؤدي إلى حدوثِ الجلطاتِ مثلُ: تناولِ الوجباتِ السريعةِ المشبعةِ بالدهونِ السيئةِ، والتدخينِ، وقلةِ شربِ السوائلِ.

✓ **أتحقَّق:**

أ . غير قابل للانضغاط.

ب. لزج.

جـ. غير دوَّامي

التجربة 2

خصائص الموائع

الهدف: استقصاء خصائص الموائع المتحركة عمليًّا.

زمن النشاط: 35 دقيقة.

إرشادات السلامة: الحذر من سكب السوائل على الأرضية؛ حتى لا تصبح زلقة، والحذر في التعامل مع الأدوات الزجاجية.

المهارات العلمية:

الملاحظة، التوقع، التجريب، الاستنتاج، القياس، المقارنة.

الإجراءات والتوجيهات:

- وجِّه الطلبة إلى الاستعانة بدليل الأنشطة والتجارب العملية عند إجراء التجربة، ونبِّه الطلبة إلى التعامل بحذر مع السوائل وخاصة الجليسرين؛ تجنبًا لانسكابه على الأرض.
- نبِّه الطلبة عند سكب الماء في المحقن في الخطوة (5) إلى مراعاة عدم دخول فقاعات هواء إلى الخرطوم.
- إذا تعذر إجراء التجربة أو أجزاء منها من قبل كل مجموعة فيمكن إجراء عرض توضيحي أمام الطلبة بمشاركة عدد من الطلبة.

النتائج المتوقعة:

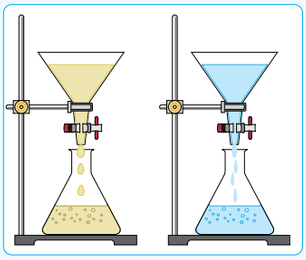
في الخطوات من 1 إلى 3 يُتوقع التوصل إلى نتائج جيدة ومتشابهة من المجموعات كافة، أما بالنسبة للخطوتين الرابعة والخامسة فيمكن عدم ملاحظة الحركة الدورانية للماء والبذور خلف الحجر، ولكن يلاحظ حركة غير منتظمة أو(مضطربة).

التحليل والاستنتاج:

1. خاصية اللزوجة؛ ولزوجة الجليسرين أكبر من لزوجة الماء؛ بدليل أن الزمن اللازم لإفراغ سائل الجليسرين أكبر من الزمن اللازم لإفراغ الحجم نفسه من الماء.
2. خاصية الانضغاط؛ ولوحظ أن الماء غير قابل للانضغاط، بينما الهواء قابل للانضغاط.
3. حركة البذور تكون انسيابية والجريان منتظمًا في الأنبوب وأمام الحجر، أما خلف الحجر فتكون حركة البذور مضطربة ودورانية (دواميَّة)، ويكون الجريان غير منتظم.
4. تدور العجلة نتيجة التيارات الدوامية خلف الحجر.

التجربة 2

خصائص الموائع المتحركة



الموادُّ والأدوات: قمعانِ شفافانِ معَ صنبورٍ، محقنانِ طبيانِ، خرطومٌ شفافٌ طولهُ مترٌ واحدٌ تقريبًا، ساعتا إيقافٍ، ماءٌ، جليسرينٌ، كأسان فارغتانِ، بذورٌ جافةٌ صغيرةُ الحجمِ، حجرٌ.

إرشاداتُ السلامةِ: الحذرُ منْ سكبِ السوائلِ على الأرضيةِ؛ حتى لا تصبحَ زلقةً، والحذرُ في التعاملِ معَ الأدواتِ الزجاجيةِ.

خطواتُ العملِ: بالتعاونِ معَ أفرادِ مجموعتي، أنفذُ الخطواتِ الآتيةَ:

1. أحضرُ قمعينِ متماثلينِ، وأضعُ كلًّا منهُما على حاملٍ كما في الشكلِ، وأغلقُ كلًّا منهُما باستخدامِ الصنبورِ أوِ السدادةِ، وأضعُ أسفلَ كلٍّ منَ القمعينِ كأسًا فارغةً، ثمَّ أسكبُ كميةً منَ الماءِ في القمعِ الأولِ، وأسكبُ كميةً أخرى منَ الجليسرينِ مماثلةً لكميةِ الماءِ في الحجمِ في القمعِ الثاني (يمكنُ استخدامُ مخبارٍ مدرجٍ).
2. **أقيسُ:** أفتحُ صنبورَ كلٍّ منَ القمعينِ في اللحظةِ نفسِها بالتزامنِ معَ تشغيلِ ساعتيْ الإيقافِ، وأدونُ الفترةَ الزمنيةَ لإفراغِ محتوى كلِّ قمعٍ.
3. **ألاحظُ:** أحضرُ محقنينِ، وأملأُ نصفَ المحقنِ الأولِ بالماءِ باستخدامِ الضاغطِ، ونصفَ المحقنِ الثاني بالهواءِ، وأغلقُ كلًّا منهُما بسدادةٍ أو بإصبعي، وأضغطُ الماءَ والهواءَ في كلٍّ منَ المحقنينِ، وأدوِّنُ ملاحظاتي حولَ تغيرِ حجمِ كلٍّ منَ الهواءِ والماءِ.
4. أصلُ طرفَ الخرطومِ بالقمعِ، وأرفعُ القمعَ إلى أعلى مسافةٍ رأسيةٍ مقدارُها (30 cm) تقريبًا، وأترك باقيَ الخرطومِ مستقيمًا ما أمكنَ على طاولةِ المختبرِ؛ بحيثُ يصبُّ طرفُهُ الآخرُ في كأسٍ فارغةٍ.
5. **ألاحظُ:** أبدأُ بسكبِ الماءِ في القمعِ ونثرِ بذورٍ صغيرةِ الحجمِ فيهِ لتجريَ في الخرطومِ، وأدوِّنُ ملاحظاتي حولَ حركةِ الماءِ منْ خلالِ حركةِ البذورِ عبرَ الخرطومِ، أضعُ حجرًا أوْ كرةً أمامَ مجرى الماءِ عندَ خروجِهِ منَ الأنبوبِ، وألاحظُ حركةَ البذورِ أمامَ الحجرِ وخلفَهُ. هلْ تلاحظُ دورانَ البذورِ حولَ مركزِ دورانٍ أوْ محورِ دورانٍ؟

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. **أستنتجُ** الخاصيةَ التي توصلتُ إليْها في الخطوةِ (2) وأقارنُها بينَ حالتيْها في كلٍّ من المائعين.
2. **أستنتجُ** الخاصيةَ التي توصلتُ إليْها في الخطوةِ (3) وأقارنُ بينَ حالتيْها في كلٍّ من المائعين.
3. **أقارنُ** بينَ حركةِ البذورِ أثناءَ مرورِها في الخرطومِ وأمامَ الحجرِ وخلفَهُ. متى يكونُ الجريانُ غيرَ منتظمٍ؟ ومتى يكونُ منتظمًا؟ ما الخصائصُ التي استنتجتُها لجريانِ الماءِ في الخطوةِ (5)؟
4. **أتوقعُ** ما يحدثُ لعجلةٍ قابلةٍ للدورانِ إذا وُضعتْ في مجرى الماءِ خلفَ الحجرِ.

استراتيجية التقويم: التقويم المعتمد على الأداء. **أداة التقويم:** قائمة الرصد.

الرقم	معيار الأداء	نعم	لا
1	يراعي تعليمات الأمان والسلامة العامة أثناء تنفيذ خطوات التجربة.		
2	يقيس زمن افراغ محتوى كل قمع بدقة؛ مستخدمًا ساعة الإيقاف.		
3	يستنتج خواص المائع عن طريق التجربة.		
4	يدون ملاحظاته بأمانة ودقة كما هي.		
5	يتعاون مع معلمه وزملائه ويحترمهم.		
6	يحافظ على نظافة المختبر.		

معادلةُ الاستمراريةِ Continuity Equation

نلاحظُ الكثيرَ منَ المشاهداتِ في حياتِنا اليوميةِ؛ مثلَ حركةِ المياهِ المتدفقةِ منْ فوهةِ الخرطومِ بعدَ الضغطِ عليْهِ في الشكلِ (17) بدايةَ الدرسِ، وتدفقِ الماءِ منْ مضخةِ رشِّ المزروعاتِ، ونقصانِ قطرِ أنبوبِ جريانِ الماءِ المتدفقِ منَ الصنبورِ أثناءَ سقوطِهِ في الشكلِ (23)؛ حيثُ تزدادُ سرعةُ الماءِ أثناءَ سقوطِهِ فتقلُّ مساحةُ مقطعِ الأنبوبِ. فما العلاقةُ التي تربطُ بينَ مساحةِ مقطعِ أنبوبِ الجريانِ وسرعةِ مرورِ المياهِ فيهِ؟

لنفترضْ أنَّ مائعًا مثاليًّا يجري في أنبوبٍ مفتوحِ الطرفينِ ومساحةُ مقطعِهِ العرضيِّ متغيرةٌ كما في الشكلِ (24). وبما أنَّ المائعَ المثاليَّ غيرُ قابلٍ للانضغاطِ فإنَّ كتلةَ المائعِ m_1 التي تعبرُ مساحةَ مقطعٍ معينٍ A_1 منَ الأنبوبِ بسرعةِ v_1 تساوي كتلةَ المائعِ m_2 التي تعبرُ مساحةَ مقطعٍ آخرَ A_2 منَ الأنبوبِ بسرعةِ v_2 في الفترةِ الزمنيةِ Δt نفسِها، أيْ أنَّ:

$$m_1 = m_2$$

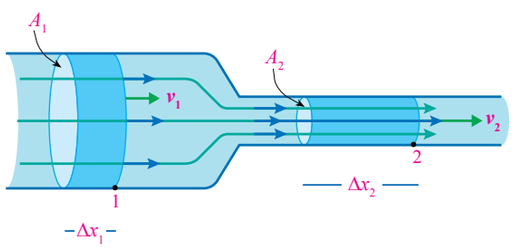
وبما أنَّ $m = \rho_f V$ ، $V = A\Delta x$ (Δx: المسافةُ التي يقطعُها المائعُ في الفترةِ الزمنيةِ Δt) فإنَّ:

$$\rho_1 A_1 \Delta x_1 = \rho_2 A_2 \Delta x_2$$

وبقسمةِ طرفيْ المعادلةِ على Δt، وحيثُ إنَّ $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ فإنَّ:

$$\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2$$

الشكلُ (23): نقصانُ مساحةِ مقطعِ أنبوبِ جريانِ الماءِ أثناءَ سقوطِهِ.



الشكلُ (24): جريانُ مائعٍ مثاليٍّ في أنبوبِ جريانٍ أفقيٍّ، مساحةُ مقطعِهِ متغيرةٌ.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **بناء الشخصية: المشاركة.**

أخبر الطلبة أنَّ المشاركة إحدى مجالات بناء الشخصية، وضِّح لهم أهمية المشاركة في الأنشطة العملية والتجارب المخبرية، والتعاون مع الزملاء.

طريقة أُخرى للتدريس — معادلة الاستمرارية

- يمكن التمهيد لمعادلة الاستمرارية بإجراء نشاط بسيط داخل مختبر العلوم؛ باستخدام صنبور حوض المياه الموجود، وخرطوم طوله نصف متر تقريبًا (ويمكن استخدام الصنبور نفسه بدل الخرطوم) وساعة إيقاف، وكأس فارغ.
- وضِّح للطلبة فكرة النشاط وخطواته التي تتمثل في ما يأتي:

– وصل الخرطوم بفوهة الصنبور، ثم فتح الصنبور ببطء بحيث يكون تدفق المياه منه إنسيابيًا ما أمكن، مع ملاحظة سرعة تدفق الماء.

– املأ الكأس بالماء بالتزامن مع تشغيل ساعة الإيقاف؛ لقياس زمن ملء الكأس بالماء.

– الضغط على فوهة الخرطوم، وملاحظة سرعة تدفق الماء.

– وجِّه السؤال الآتي إلى الطلبة:

– كيف تغيرت سرعة تدفق الماء؟ وما الذي جعلها تتغير؟

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

– املأ الكأس بالماء وأنت ضاغط على فوهة الخرطوم، بالتزامن مع تشغيل ساعة الإيقاف لقياس زمن ملء الكأس بالماء.

– وجِّه السؤال الآتي إلى الطلبة:

– قارن بين زمن تدفق الماء في الحالتين؟ ماذا تستنتج من ذلك؟

زمن تدفق الماء لملء الكأس في الحالتين نفسه. نستنتج من ذلك أنه كلما قلت مساحة المقطع A زادت سرعة الماء v بحيث يبقى معدل التدفق الحجمي (Av) ثابت.

صقر الجنوب منتديات

مثال 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.

الحل:

لنفرض أن مساحة مقطع الخرطوم A_1 وسرعة انسياب الماء فيه $v_1 = 3\ \text{m/s}$ ومساحة مقطع فوهة الخرطوم A_2.

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

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

$$A_1 \times 3 = \frac{1}{4} A_1 v_2$$

$$v_2 = 3 \times 4 = 12\ \text{m/s}$$

أي أن سرعة الماء ازدادت أربعة أضعاف عندما قلت مساحة مقطع الخرطوم إلى الربع (علاقة عكسية).

أُفكّر:

أ. عند الضغط على فوهة الخرطوم تقل مساحة مقطع فوهته، فتزداد سرعة تدفق الماء؛ حسب معادلة الاستمرارية:

$(A_1 v_1 = A_2 v_2)$.

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

أتحقَّق:

يعتمد معدل التدفق الحجمي للمائع من أنبوب الجريان على:

1. سرعة تدفق المائع (v).
2. مساحة المقطع العرضي للأنبوب (A).

الفيزياء والطبُّ

عندَ حدوثِ انسدادٍ جزئيٍّ أوْ كليٍّ لبعضِ الشرايينِ التي تغذّي عضلةَ القلبِ؛ نتيجةَ تراكمِ الموادِّ الدهنيةِ على جدرانِ الشرايينِ الداخليةِ مسببةً تضيُّقًا في الشرايين، كما يبدو في الشكلِ: تزدادُ سرعةُ تدفقِ الدمِ في تلكَ الشرايينِ حسبَ معادلةِ الاستمرارية، فيلجأُ الأطباءُ إلى إجراءِ عمليةِ القسطرةِ لتوسعةِ تلكَ الشرايينِ باستخدامِ البالونِ وتركيبِ شبكاتٍ أحيانًا، لذا؛ يُنصحُ بتناولِ غذاءٍ صحيٍّ واجراءِ فحوصاتٍ مخبريةٍ دوريةٍ للكوليسترولِ والدهونِ في الدمِ.

أُفكّر: أفسّرُ ما يأتي:

أ. زيادةُ سرعةِ الماءِ المتدفقِ من خرطومِ المياهِ عندَ الضغطِ على فوهتِهِ.

ب. نقصانُ اتساعِ مجرى الماءِ في الشكلِ (23) أثناءَ سقوطِهِ نحوَ الأسفلِ.

وحيث إنَّ كثافةَ المائعِ ثابتةٌ $(\rho_1 = \rho_2)$؛ لأنَّهُ غيرُ قابلٍ للانضغاطِ، فإنَّ:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

هذهِ المعادلةُ تُسمّى **معادلةَ الاستمراريةِ Continuity equation** ويُعبَّرُ عنْها بالكلماتِ كما يأتي: «حاصلُ ضربِ مساحةِ المقطعِ العرضيِّ لأنبوبِ جريانِ المائعِ في سرعةِ المائعِ عندَ ذلكَ المقطعِ يساوي مقدارًا ثابتًا $(Av = constant)$». ويمثلُ المقدارُ Av **معدلَ التدفقِ الحجميِّ Volume flow rate** $\frac{V}{\Delta t}$ وهوَ حجمُ المائعِ الذي يَعبُرُ مساحةَ مقطعٍ معينٍ منَ الأنبوبِ في وحدةِ الزمنِ:

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

ووحدةُ قياسِهِ m^3/s في النظامِ الدوليِّ للوحداتِ.

معادلةُ الاستمراريةِ تعبيرٌ رياضيٌّ عنْ مبدأِ حفظِ الكتلةِ، وتنطبقُ على أيِّ مقطعٍ منَ أنبوبِ الجريانِ، وليسَ شرطًا عندَ طرفيْهِ. وتكمنُ أهميةُ معادلةِ الاستمراريةِ في أنَّها تصفُ حركةَ المائعِ عندَ مرورِهِ في أنبوبِ جريانٍ تتغيرُ مساحةُ مقطعِهِ؛ فعندَما ينتقلُ المائعُ منْ أنبوبٍ واسعٍ (مساحةُ مقطعِهِ كبيرةٌ) إلى أنبوبٍ أضيقَ (مساحةُ مقطعِهِ صغيرةٌ) تزدادُ سرعةُ المائعِ لضمانِ مرورِ الحجمِ نفسِهِ منَ المائعِ في الزمنِ نفسِهِ. وتفسرُ معادلةُ الاستمراريةِ كثيرًا منَ المشاهداتِ مثلَ تدفقِ مياهِ النهرِ بسرعةٍ أكبرَ في الأماكنِ التي يضيقُ فيها مجرى النهرِ عنْ تلكَ التي يتسعُ فيها المجرى. والآنَ هلْ يمكنُ الإجابةُ على التساؤلِ الذي وردَ بدايةَ الدرسِ المتعلقِ بالضغطِ على فوهةِ خرطومِ مياهِ الريِّ؛ لوصولِ المياهِ إلى مسافةٍ أكبرَ؟

أتحقَّقُ: ما العواملُ التي يعتمدُ عليْها معدلُ التدفقِ الحجميِّ في أنبوبِ الجريانِ؟

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **التفكير: الأدلة والبراهين.**

أخبر الطلبة أنَّ استعمال الأدلة والبراهين من أشكال التفكير؛ فإقامة الدليل لها أهمية في التوصل إلى المعرفة، وكثير من العلاقات الفيزيائية تقوم على البرهان الرياضي؛ كما في حالة التوصل لمعادلة الاستمرارية.

الفيزياء والطب

اطلب إلى الطلبة الاستعانة بمصادر المعرفة الموثوقة والمتاحة، ومنها الإنترنت، للحصول على معلومات عن مرض تضيق الشرايين من حيث: أسبابه وعلاجه وطرق الوقاية منه، وعلاقته بالفيزياء من حيث سرعة تدفق الدم في الشرايين وضغط الدم، وإعداد تقرير بذلك. يمكنك كذلك تقديم طلب لاستضافة طبيب اختصاص في المدرسة لإعطاء محاضرة عن النوبات القلبية وتضيق الشرايين وإدارة حوار ومناقشة مع الطلبة.

المثال 6

يضخُّ قلبُ الإنسانِ الدمَ إلى الشرايينِ التي تتفرعُ إلى شعيراتٍ، فإذا علمتُ أنَّ الدمَ يتدفقُ بسرعةِ 5×10^{-2} m/s في شريانٍ مساحةُ مقطعهِ 6 mm^2، يتفرعُ إلى شعيراتٍ متماثلةٍ مساحةُ مقطعِ كلِّ شُعيرةٍ منْها 0.3 mm^2 وسرعةُ تدفقِ الدمِ في كلٍّ منْها 2×10^{-3} m/s أجدُ:

أ . معدلَ التدفقِ الحجميِّ للدمِ في الشريانِ.

ب. عددَ الشعيراتِ التي تفرعتْ منَ الشريانِ.

المعطياتُ: $A_1 = 6 \text{ mm}^2 = 6 \times 10^{-6} \text{ m}^2$ ، $v_1 = 5 \times 10^{-2}$ m/s

$A_2 = 0.3 \text{ mm}^2 = 3 \times 10^{-7} \text{ m}^2$ ، $v_2 = 2 \times 10^{-3}$ m/s

المطلوبُ: $\frac{V}{\Delta t} = ?$ ، عددُ الشعيراتِ $N = ?$

الحلُّ:

أ . معدلُ التدفقِ الحجميِّ:

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

ب . عددُ الشعيراتِ N:

سرعةُ تدفقِ الدمِ في كلِّ شعيرةٍ (v_2) متساويةٌ؛ لأنَّ مساحةَ مقطعِ الشعيراتِ متساويةٌ.

معدلُ التدفقِ في الشريانِ = مجموعَ معدلِ التدفقِ في الشعيراتِ.

$$A_1 v_1 = N(A_2 v_2)$$

$$3 \times 10^{-7} = N \times (3 \times 10^{-7})(2 \times 10^{-3})$$

$$3 \times 10^{-7} = N \times 6 \times 10^{-10}$$

$$N = 500$$

نلاحظُ أنَّ سرعةَ اندفاعِ الدمِ في الشعيراتِ الدمويةِ صغيرةٌ (قليلةٌ) جدًّا مقارنةً معَ سرعتهِ في الشريانِ، الأمرُ الذي يتيحُ حدوثَ عملياتِ تبادلِ الغازاتِ (الأكسجينِ وثاني أكسيدِ الكربونِ) معَ الخلايا والأنسجةِ، إضافةً إلى تزويدِها بالموادِّ الغذائيةِ، وهذهِ منْ حِكَمِ اللهِ عزَّوجلَّ.

مثال إحيائي

كم مترًا مكعبًا من الدم يضخها قلب شخص عمره 75 عامًا خلال حياته كلها؛ على أساس أن متوسط معدل التدفق الحجمي لدمه 5 L في الدقيقة؟

الحل:

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

كمية الدم التي يضخها قلبه خلال 75 عامًا هي:

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

$$V_{tot} = 8.3 \times 10^{-5} \times 2.46 \times 10^9$$

$$V_{tot} = 204180 \text{ m}^3$$

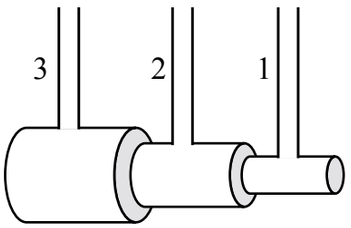
على اعتبار أن متوسط كثافة الدم 1000 kg/m^3 فإن قلب الإنسان يضخ ما يقارب 200000 ton من الدم خلال 75 عامًا.

المناقشة:

- استخدم استراتيجية التفكير الناقد في الحكم على صحة الرأي الآتي:

«ارتفاع المائع في الأنابيب الثلاثة (3، 2، 1) يكون متساويًا أثناء جريان المائع في الأنبوب الأفقي متغير المقطع، وبعد سكونه».

- قسِّم الطلبة إلى مجموعتين؛ مؤيدة ومعارضة، وحدِّد زمن محدد للتشاور في ما بينهم، لتقدم كل مجموعة الأدلة والبراهين على صحة رأيها، وفي النهاية يتوصل الجميع إلى توضيح ما يحدث للمائع أثناء جريان المائع وبعد توقفه.



أثناء جريان المائع في المقاطع الثلاثة تتغير سرعته حسب مساحة المقطع؛ فسرعته في المقطع 1 تكون الأعلى وضغطه الأقل، وبناء عليه يكون ارتفاع المائع فيه الأقل، يليه المقطع 2 ثم المقطع 3 بالترتيب، أما أثناء سكون المائع فإن ارتفاع المائع في المقاطع الثلاثة متساوٍ تقريبًا؛ حيث الضغط متساوٍ تقريبًا.

صقر الجنوب
منتديات

مثال إضافي

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

أ. معدل التدفق الحجمي للماء أثناء خروجه من الفوهة.

ب. سرعة تدفق الماء أثناء خروجه من الفوهة.

الحل:

أ.

$$A_2 v_2 = A_1 v_1$$

$$A_2 v_2 = (8\times10^{-4})(3) = 2.4 \times 10^{-3}\ m^3/s$$

ب.

$$A_2 v_2 = 2.4 \times 10^{-3}$$

$$2 \times 10^{-4} \times v_2 = 2.4 \times 10^{-3}$$

$$v_2 = \frac{2.4 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-4}} = 12\ m/s$$

تمرين

$$r_2 = 0.01\ m$$

$$\frac{V}{\Delta t} = 1.25 \times 10^{-3}\ m^3/s$$

$$r_1 = 0.02\ m$$

$$A_1 v_1 = \frac{V}{\Delta t}$$

الحل:

أ.

$$\pi r_1^2 v_1 = \frac{V}{\Delta t}$$

$$3.14 \times 0.02^2 \times v_1 = 1.25 \times 10^{-3}$$

$$v_1 = \frac{1.25 \times 10^{-3}}{1.256 \times 10^{-3}} = 0.995\ m/s$$

ب.

$$A_2 v_2 = \frac{V}{\Delta t} \Rightarrow \pi r_2^2 v_2 = \frac{V}{\Delta t}$$

$$3.14 \times 0.01^2 \times v_2 = 1.25 \times 10^{-3}$$

$$v_2 = \frac{1.25 \times 10^{-3}}{3.14 \times 10^{-4}} = 3.980\ m/s$$

جـ.

$$\frac{V}{\Delta t} = 1.25 \times 10^{-3}$$

$$\frac{V}{20} = 1.25 \times 10^{-3}$$

$$V = 2.5 \times 10^{-2}\ m^3$$

المثال 7

يتدفقُ الماءُ في شلالاتِ نياجارا كما في الشكلِ (25)، وعندَ لحظةٍ معينةٍ يتدفقُ بمعدلِ 5525 m^3/s منْ مجرًى عرضهُ 670 m وعمقُ الماءِ فيهِ تقريبًا 2 m، أحسبُ:

أ . سرعةَ الماءِ المتدفقِ عندَ تلكِ اللحظةِ.

ب. حجمَ الماءِ المتدفقِ في 5 دقائقَ.

الشكلُ (25): تدفقُ شلالاتِ نياجارا.

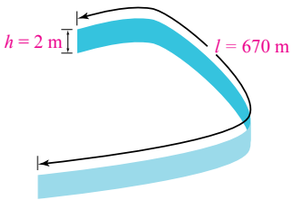
المعطياتُ: $\frac{V}{\Delta t} = 5525\ m^3/s$ ، $l = 670\ m$ ، $h = 2\ m$

المطلوبُ: $v = ?$ ، $V = ?$

الحلُّ:

أ . مساحةُ المقطعِ العرضيِّ لمجرى الماءِ كما في الشكلِ

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



لإيجادِ سرعةِ تدفقِ الماءِ نستخدمُ المعادلةَ الآتيةَ:

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

$$1340 \times v = 5525 \rightarrow v = \frac{5525}{1340} \cong 4\ m/s$$

ب . حجمُ الماءِ المتدفقِ في 5 دقائقَ:

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

تمرينة

أنبوبُ ماءٍ نصفُ قطرهِ 0.02 m يتدفقُ فيهِ الماءُ بمعدلِ $1.25 \times 10^{-3}\ m^3/s$ يضيقُ ليصبحَ نصفُ قطرهِ 0.01 m، أحسبُ:

أ . سرعةَ تدفقِ الماءِ في الجزءِ الواسعِ منَ الأنبوبِ.

ب . سرعةَ تدفقِ الماءِ في الجزءِ الضيقِ منَ الأنبوبِ.

جـ . حجمَ الماءِ المتدفقِ منَ الجزءِ الضيقِ في 20 s.

توظيف التكنولوجيا

ابحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن معادلة الاستمرارية وتطبيقاتها Applications of continuity equation، علمًا بأنه يمكنك إعداد عروض تقديمية تتعلق بموضوع الدرس.

شارك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو تطبيق التواصل الاجتماعي WhatsApp، أو إنشاء مجموعة على تطبيق Microsoft teams، أو استعمل أية وسيلة تكنولوجية مناسبة، بمشاركة الطلبة وذويهم.

صقر الجنوب منتديات

معادلةُ برنولي Bernoulli's Equation

ربَّما تستغربُ وتتساءلُ: كيفَ لطائرةٍ مثلَ الإيربصِ كتلتُها تزيدُ عنْ 300 tons أنْ تطيرَ في الهواءِ؟ وما الذي يجعلُ كرةَ التنسِ ترتفعُ إلى أعلى في الهواءِ داخلَ الكأسِ عندَ تسليطِ تيارٍ هوائيٍّ أفقيٍّ (يؤدي إلى زيادةِ سرعةِ الهواءِ) فوقَ سطحِ الكأسِ، كما في الشكلِ (26)؟

العالمُ الفيزيائيُّ السويسريُّ دانيال برنولي (1700 - 1782) درسَ العلاقةَ بينَ ضغطِ المائعِ وسرعتِهِ وارتفاعِهِ.

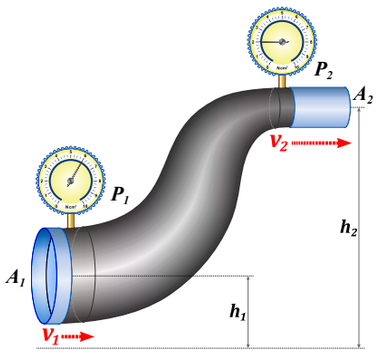
نفترضُ أنَّ مائعًا مثاليًّا يجري عبرَ أنبوبٍ يتغيرُ كلٌّ منْ مساحةِ مقطعِهِ العرضيِّ وارتفاعِهِ عنْ سطحِ الأرضِ، كما في الشكلِ (27)، فإنَّ المعادلةَ التي تربطُ بينَ ضغطِ المائعِ وسرعتِهِ وارتفاعِهِ اشتقَّها العالمُ برنولي، وهيَ تطبيقٌ لمبدأِ حفظِ الطاقةِ على المائعِ المثاليِّ، وسُمِّيتْ تلكَ المعادلةُ **بمعادلةِ برنولي Bernoulli's equation** وتنصُّ على:

«أنَّ مجموعَ الضغطِ والطاقةِ الميكانيكيةِ (أيْ طاقةِ الوضعِ + طاقةُ الحركةِ) لوحدةِ الحجومِ يساوي مقدارًا ثابتًا» عندَ جميعِ النقاطِ على طولِ مجرى المائعِ المثاليِّ.

ويُعبَّرُ عنها رياضيًّا على النحوِ الآتي:

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

الشكلُ (26): ارتفاعُ كرةِ التنسِ في الهواءِ عندَ تسليطِ تيارٍ هوائيٍّ فوقَ الكأسِ أفقيًّا.



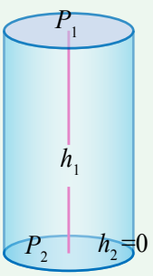
الشكلُ (27): جريانُ المائعِ في أنبوبٍ تتغيرُ مساحةُ مقطعِهِ وارتفاعُهُ.

◄ التعزيز: معادلة برنولي

وضِّح للطلبة أن هناك حالة خاصة من معادلة برنولي؛ عندما يكون المائع ساكنًا ($v_1 = v_2 = 0$)، حيث تؤول معادلة برنولي إلى:

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

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



ولتبسيط المعادلة يمكننا اختيار $h_2 = 0$ مرجعًا وعلى أساس أن ضغط السائل $P_2 = 0$؛ تؤول معادلة برنولي إلى:

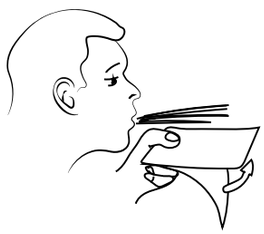
$$P_1 = \rho_f gh_2$$

وتمثل هذه المعادلة ضغط الموائع السكونية عند نقطة على عمق h_2 تحت سطح المائع الذي درسته في الدرس الأول (الموائع السكونية).

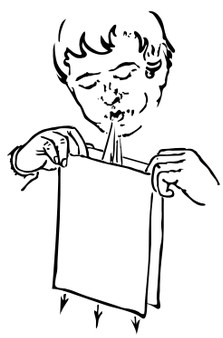
* يُلاحظ أن المعادلة أعلاه حالة خاصة من معادلة برنولي للمائع الساكن.

نشاط سريع

- قص قطعتين من الورق أبعاد كل منهما (15 cm × 4 cm)، ثم كلف أحد الطلبة بأداء ما يأتي:
- إمساك قطعة واحدة من قطعتي الورق من طرفها ورفعها بالقرب من فمه والنفخ (إما مباشرة، أو باستخدام ماصة) بشكل أفقي فوق القطعة كما في الشكل، اطلب إلى بقية الطلبة ملاحظة ما يحدث لها.



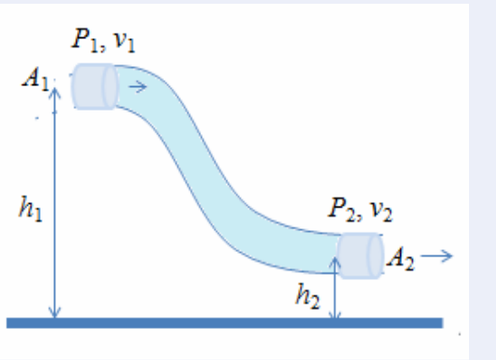
- إمساك قطعتي الورق بشكل رأسي وتقريبهما من بعضهما مسافة (5 cm) تقريبًا، والنفخ بشكل رأسي بينهما، واطلب إلى بقية الطلبة ملاحظة ما يحدث لهما.



- استخدم هذا النشاط بصفته مقدمة لشرح معادلة برنولي، مع أمثلة من الحياة اليومية.

إضاءة للمُعلِّم

وضِّح للطلبة أن هناك حالة خاصة أخرى من معادلة برنولي؛ عندما تكون مساحة مقطع أنبوب الجريان منتظمة ($A_1 = A_2$)، كما في الشكل، فإن:



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

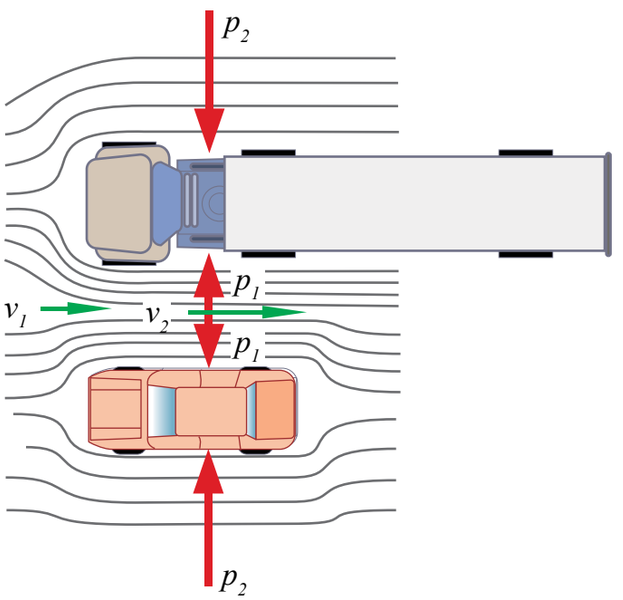
معادلة برنولي تؤول إلى:

$$P_1 + \rho_f g = P_2 + \rho_f g h_2$$

معلومة إضافية

خط المركبات السريعة

يبين الشكل مسقطًا رأسيًّا لسيارة تتجاوز شاحنة على الطريق السريع، حيث يتدفق الهواء الذي يمر بين المركبات في قناة أضيق فتزداد سرعته من v_1 إلى v_2 ؛ مما يتسبب في انخفاض ضغط الهواء بينهم P_1 ليصبح أقل من ضغط الهواء خارجهما P_2 . وبسبب فرق الضغط هذا، تنشأ قوة تدفع كل من السيارة والشاحنة نحو بعضهما من منطقة الضغط الأكبر(الأعلى) إلى منطقة الضغط الأقل. لذا ينصح الأشخاص بعدم الوقوف بجانب خط سكة حديد أو قريبًا من خط المركبات السريعة.



عندَ مقارنةِ موقعينِ: (1 و 2) على مجرى السائلِ نحصلُ على:

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

حيثُ:

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.

$(\frac{1}{2}\rho_f v^2)$: طاقةُ الحركةِ لوحدةِ الحجومِ

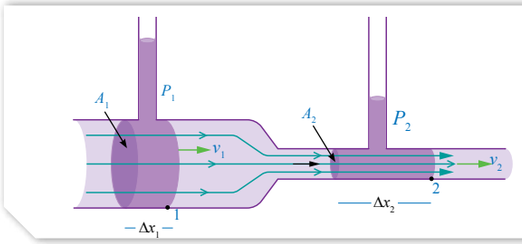
$$\frac{\frac{1}{2}mv^2}{V} = \frac{1}{2}\rho_f v^2 \ , \ \frac{m}{V} = \rho_f$$

$(\rho_f gh)$: طاقةُ الوضعِ لوحدةِ الحجومِ

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

و على اعتبارِ المثالِ الآتي حالةً خاصةً؛ عندَما يكونُ أنبوبُ الجريانِ أفقيًّا ($h_1 = h_2$)، كما في الشكلِ (28) فإنَّ معادلةَ برنولي تؤولُ إلى:

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



الشكلُ (28): نقصانُ الضغطِ بزيادةِ سرعةِ المائعِ.

أعدُّ فلمًا قصيرًا باستخدامِ برنامجِ صانعِ الأفلامِ (movie maker) يوضحُ معادلةَ برنولي، وأحرصُ على أنْ يشتملَ الفلمُ على حالاتٍ مختلفةٍ لتطبيقِ معادلةِ برنولي في الحياةِ اليوميةِ، وعلى صورٍ متحركةٍ لأمثلةٍ توضيحيةٍ، ثمَّ أشاركهُ معلمي وزملائي في الصفِّ.

وبحسبِ معادلةِ الاستمراريةِ فإنَّ سرعةَ المائعِ v_2 في الأنبوبِ ذي القطرِ الأصغرِ تكونُ أكبرَ منْ سرعةِ المائعِ v_1 في الأنبوبِ ذي القطرِ الأكبرِ، وبناءً على المعادلةِ السابقةِ يكونُ الضغطُ P_2 أقلَّ منَ الضغطِ P_1 بمعنى: «**يقلُّ ضغطُ المائعِ كلَّما ازدادتْ سرعتُهُ**» كما في الشكلِ (28)، وهذهِ حالةٌ خاصةٌ منْ معادلةِ برنولي، وحقيقةٌ مهمةٌ يمكنُ منْ خلالِها تفسيرُ كثيرٍ منَ المشاهداتِ والظواهرِ الحياتيةِ. ما الدليلُ على أنَّ $(P_2 < P_1)$ في الشكلِ (28)؟

أفكّرُ: أفسّرُ ارتفاعَ كرةِ التنسِ في الهواءِ عندَ تسليطِ تيارٍ هوائيٍّ فوقَها في الشكلِ (26).

✓ **أتحقَّقُ:** أذكرُ نصَّ معادلةِ برنولي عنِ المائعِ المثاليِّ، وأُعبِّرُ عنْها بصورةٍ رياضيةٍ.

المثالُ 8

يجري الماءُ في خرطومٍ أفقيٍّ بسرعةِ $v_1 = 3\ m/s$، فإذا كانَ ضغطُ الماءِ في الخرطومِ $1.4 \times 10^5\ Pa$ وعندَ تقليلِ قطرِ الخرطومِ هبطَ ضغطُ الماءِ ليصبحَ $1.1 \times 10^5\ Pa$، أحسبُ:

أ . سرعةَ الماءِ عبرَ الجزءِ الضيقِ منَ الخرطومِ.

ب. نسبةَ مساحةِ مقطعِ الجزءِ الضيقِ إلى مساحةِ الجزءِ الواسعِ منَ الخرطومِ.

المعطياتُ: $\rho_f = 10^3\ kg/m^3$ ، $P_2 = 1.1 \times 10^5\ Pa$ ، $P_1 = 1.4 \times 10^5\ Pa$ ، $v_1 = 3\ m/s$

المطلوبُ: $v_2 = ?$ ، $\frac{A_2}{A_1} = ?$

الحلُّ:

أ . بما أنَّ أنبوبَ الجريانِ أفقيٌّ فإنَّ:

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

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

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

ب. نطبقُ معادلةَ الاستمراريةِ:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{3}{8.3} = 0.36$$

أفكّرُ:

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.

✓ **أتحقَّقُ:**

نص معادلة برنولي:

مجموع الضغط والطاقة الميكانيكية (طاقة الوضع+ طاقة الحركة) لوحدة الحجوم يساوي مقدارًا ثابتًا عند جميع النقاط على طول مجرى المائع المثالي.

ويُعبَّرعنها رياضيًّا على النحو الآتي: $P + \frac{1}{2}\rho_f v^2 + \rho_f gh = \text{Constant}$

مثال 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؟

الحل:

أ. باعتبار أن الخزان واسع جدًّا، وكونه والثقب مفتوحين للهواء الجوي فيمكن اعتبار الضغط عند كل منهما يساوي الضغط الجوي $(P_1 = P_2 = P_o)$، كذلك بما أن قطر الثقب صغيرًا جدًّا مقارنة مع قطر الخزان فإنه يمكننا اعتبار سرعة هبوط الماء في الخزان تساوي صفرًا $(v_2 = 0)$، وبالتالي:

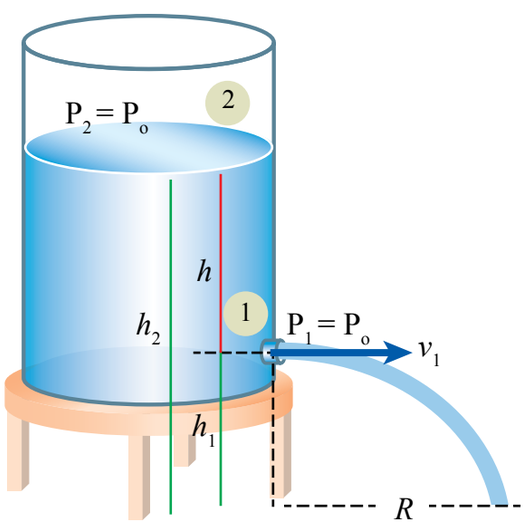
$$P_1 + \frac{1}{2}\rho_f v_1^2 + \rho_f gh_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho_f v_2^2 + \rho_f gh_2$$

$$P_o + \frac{1}{2}\rho_f v_1^2 + \rho_f gh_1 = P_o + \rho_f gh_2$$

$$\frac{1}{2}v_1^2 = g(h_2 - h_1)\ ,\ (h_2 - h_1) = h$$

$$v_1 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2g(10 - 3)} = 11.83\ m/s$$

* تُسمّى هذه المعادلة نظرية تورشيللي Torricelli's theorem، وهذه حالة خاصة أخرى من معادلة برنولي، وهي نفسها إحدى معادلات الحركة الخاصة بالسقوط الحر.



مثال إضافي

يُراد تصميم منزل بحيث يتحمل رياح الأعاصير، فإذا علمت أن سرعة الرياح القصوى في تلك المنطقة $88\ m\ s^{-1}$ ومساحة سطح المنزل $450\ m^2$ 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؟

الحل:

نطبق معادلة برنولي:

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

لكن على أساس أن سرعة الرياح داخل المنزل تساوي صفرًا $(v_1 = 0)$، 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:

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

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho_f v_2^2 = \frac{1}{2} \times 1.029 \times 88^2 = 3984\ Pa$$

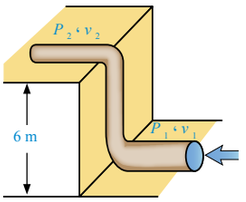
$$F = (P_1 - P_2)A = 3984 \times 450 = 1.79 \times 10^6\ N$$

المثال 9

يتمُّ تشغيلُ نظامِ تدفئةٍ مركزيةٍ لتسخينِ المياهِ في منزلٍ مكونٍ منْ طابقيْنِ باستخدامِ مضخةٍ في الطابقِ الأرضيِّ تضخُّ الماءَ بسرعةٍ $0.5\ m/s$ خلالَ أنبوبٍ نصفُ قطرهِ $2\ cm$ تحتَ ضغطِ $3 \times 10^5\ Pa$ إلى الطابقِ الثاني الذي يرتفعُ مسافةَ $6\ m$ عنِ المضخةِ، كما في الشكلِ (29)؛ ليتدفقَ الماءُ منْ أنبوبٍ نصفُ قطرهِ $1.2\ cm$. أحسبُ:

أ . سرعةَ تدفقِ الماءِ في الأنبوبِ في الطابقِ الثاني.

ب. ضغطَ الماءِ في الأنبوبِ في الطابقِ الثاني.



الشكلُ (29): ضخُّ المياهِ إلى الطابقِ الثاني.

المعطياتُ: $v_1 = 0.5\ m/s$ ، $P_1 = 3 \times 10^5\ Pa$ ، $r_1 = 2\ cm$, $r_2 = 1.2\ cm$ ، $\rho_f = 10^3\ kg/m^3$ ، $h_1 = 0\ m$ ، $h_2 = 6\ m$

المطلوبُ: $P_2 = ?$ ، $v_2 = ?$

الحلُّ:

أ . نستخدمُ معادلةَ الاستمراريةِ:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

$$v_2 = \frac{A_1 v_1}{A_2} = \frac{\pi r_1^2}{\pi r_2^2} v_1 = \frac{(0.02)^2}{(0.012)^2} \times 0.5 = 1.39\ m/s$$

ب. نستخدمُ معادلةَ برنولي:

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

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

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

$$= 2.39 \times 10^5\ Pa$$

تمرينٌ

أنبوبُ تزويدٍ نصفُ قطرهِ $4\ cm$ يرتفعُ عنْ سطحِ الأرضِ مسافةً رأسيةً مقدارُها $3\ m$ ومعدلُ تدفقِ السائلِ فيهِ $2 \times 10^{-3}\ m^3/s$ يتصلُ بأنبوبٍ على سطحِ الأرضِ نصفُ قطرهِ $1.5\ cm$ وضغطُ السائلِ فيهِ $3 \times 10^5\ Pa$ ، فإذا علمتُ أنَّ كثافةَ السائلِ $2000\ kg/m^3$ ، فأحسبُ:

أ . سرعةَ السائلِ المتدفقِ منَ الأنبوبِ السفليِّ.

ب . ضغطَ السائلِ في أنبوبِ التزويدِ العلويِّ.

تمرين

$\rho_f = 2000\ kg/m^3$, $P_2 = 3 \times 10^5\ Pa$,

$r_2 = 1.5\ cm$, $r_1 = 4\ cm$,

$A_1 v_1 = 2 \times 10^{-3}\ m^3/s$, $h_1 = 3\ m$, $h_2 = 0$

الحل:

أ.

$$A_2 = \pi r_2^2 = 3.14 \times (1.5 \times 10^{-2})^2 = 7.1 \times 10^{-4}\ m^2$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

$$2 \times 10^{-3} = 7.1 \times 10^{-4} \times v_2$$

$$v_2 = 2.8\ m/s$$

ب.

$$A_1 = \pi r_1^2 = 3.14 \times (4 \times 10^{-2})^2 = 5 \times 10^{-3}\ m^2$$

$$A_1 v_1 = 2 \times 10^{-3}$$

$$5 \times 10^{-3} \times v_1 = 2 \times 10^{-3} \Rightarrow v_1 = 0.4\ m/s$$

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

$$(P_1 - 3 \times 10^5) = \frac{1}{2} \times 2000 \times (2.8^2 - 0.4^2) - 2000 \times 10 \times 3$$

$$P_1 = 2.47 \times 10^5\ Pa$$

صقر الجنوب منتديات

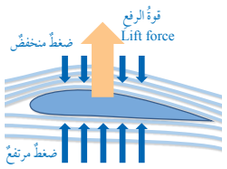
تطبيقاتٌ على معادلةِ برنولي

Applications of Bernoulli's Equation

معادلةُ برنولي تُطبَّقُ في مواقفَ وأوضاعٍ عديدةٍ، وتفسرُ كثيرًا منَ الظواهرِ والمشاهداتِ الحياتيةِ المختلفةِ؛ نتناولُ منْها ما يأتي:

أجنحةُ الطائرةِ Airplane Wings

قوةُ الرفعِ Lift force: تُستخدَمُ معادلةُ برنولي عندَ تصميمِ أجنحةِ الطائراتِ، عنْ طريقِ تصميمِ شكلِ الجناحِ الانسيابيِّ ليكونَ سطحُ الجناحِ العلويُّ منحنيًا (محدبًا)، وسطحهُ السفليُّ شبهَ مستوٍ؛ كما في الشكلِ (30) الذي يمثلُ مقطعًا عرضيًّا للجناحِ، وعندَما يتحركُ الجناحُ عبرَ الهواءِ ينسابُ الهواءُ فوقَ الجناحِ بسرعةٍ أكبرَ منَ انسيابِهِ تحتَ الجناحِ، وبالتالي، فإنَّ ضغطَ الهواءِ فوقَ الجناحِ أقلُّ منْ ضغطِهِ أسفلَ الجناحِ حسبَ معادلةِ برنولي، وبذلكَ تتولدُ **قوةُ الرفعِ Lift force** (F_L)، وهيَ القوةُ المتولدةُ نتيجةَ فرقِ الضغطِ بينَ أسفلِ الجناحِ وأعلاهُ، وهيَ التي تدفعُ بأجنحةِ الطائرةِ نحوَ الأعلى.

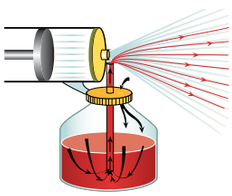


الشكلُ (30): صورةُ جناحِ الطائرةِ وخطوطِ الجريانِ حولَ مقطعٍ عرضيٍّ لهُ.

سؤالٌ: علامَ يدلُّ تزاحمُ خطوطِ جريانِ الهواءِ فوقَ الجناحِ؟

المِرْذاذُ Atomizer

يتكونُ المرذاذُ منْ أنبوبٍ أفقيٍّ واسعٍ ينتهي بأنبوبٍ ضيقٍ يمرُّ فوقَ أنبوبٍ آخرَ رأسيٍّ؛ الجزءُ السفليُّ منهُ مغمورٌ في السائلِ والجزءُ العلويُّ يتصلُ معَ الأنبوبِ الأفقيِّ الضيقِ، كما في الشكلِ (31). يعتمدُ عملُ المرذاذِ على اندفاعِ الهواءِ منَ الأنبوبِ الواسعِ إلى الأنبوبِ الضيقِ فتزدادُ سرعتهُ حسبَ معادلةِ الاستمراريةِ، وينخفضُ ضغطهُ حسبَ معادلةِ برنولي أيْ أنَّ ضغطَ الهواءِ عندَ فوهةِ الأنبوبِ الرأسيِّ أقلُّ منْ ضغطِ الهواءِ داخلَ الوعاءِ الزجاجيِّ؛ ممّا يؤدي إلى اندفاعِ السائلِ إلى أعلى، ليختلطَ معَ الهواءِ المندفعِ منَ الأنبوبِ الأفقيِّ، ويتشتتَ على شكلِ رذاذٍ ناعمٍ منَ القطراتِ. تعملُ كثيرٌ منَ الأجهزةِ والأدواتِ بالطريقةِ الموضحةِ في الشكلِ ووفقَ استخداماتِها؛ مثلَ: زجاجاتِ العطورِ، ومرشاتِ الطلاءِ، ومرشاتِ المنظفاتِ، وفي مازجِ السيارةِ (الكاربوريتر).



الشكلُ (31): المرذاذُ.

سؤالٌ: ما فائدةُ الفتحةِ في أعلى القارورةِ؟

إجابة سؤال الشكل (30):

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

إجابة سؤال الشكل (31):

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.

معلومة إضافية

طيران الطائرة

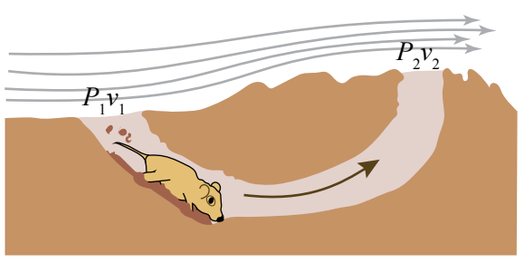
يجري التحكم في قدرة الطائرة على الطيران وبقائها في الجو عن طريق أربع قوى رئيسة؛ كما في الشكل، وهي:

- قوة المقاومة: قوة مقاومة الهواء لحركة الطائرة.
- وزن الطائرة: قوة الجاذبية الأرضية باتجاه مركز الأرض.
- قوة الرفع: القوة التي يؤثر بها الهواء في جسم الطائرة إلى أعلى؛ نتيجة فرق الضغط بين أعلى الجناح وأسفله.
- قوة الدفع: القوة التي تدفع بالطائرة إلى الأمام باستخدام المحركات النفاثة.

المناقشة

معادلة برنولي

- ربما تساءلت يومًا كيف يمكن للحيوانات العيش في أنفاق تحت الأرض نسبة الأكسجين فيها قليلة جدًّا؟
- تعمل تلك الحيوانات كالخُلد مثلًا أنفاقًا كما في الشكل.
- أدر نقاشًا مع الطلبة حول كل من سرعة الهواء وضغطه فوق الفتحتين، وسبب ارتفاع إحدى الفتحتين عن الأخرى.
- وضِّح لهم أن الهواء تزداد سرعته فوق الفتحة 2 بسبب شكلها المحدب، فيقل ضغط الهواء؛ ليصبح أقل منه فوق الفتحة 1، وبسبب فرق الضغط هذا يجري تيار من الهواء داخل النفق (من منطقة الضغط المرتفع 1 إلى منطقة الضغط المنخفض 2) فسبحان الله العظيم مدبر كل شيء!



◄ استخدام الصور والأشكال:

● وجِّه الطلبة إلى الاطلاع على الشكل (33)، وبيِّن لهم أن جهاز مقياس فنتوري -الذي تم اختراعه من قبل شركة GB Venturi الإيطالية (1746)- موضوع على امتداد أحد أنابيب شبكة نقل المياه؛ من أجل قياس سرعة جريان الماء في الأنبوب (v_1) عن طريق قياس فرق ضغط الماء (ΔP) بين المقطع الواسع (مساحة مقطعه A_1) لمقياس فنتوري والمقطع الضيق (مساحة مقطعه A_2)، ومن ثم اطلب إليهم تطبيق المعادلة الآتية:

$$v_1 = A_2 \sqrt{\frac{2\,\Delta P}{\rho_f (A_1^{\,2} - A_2^{\,2})}}$$

ولإيجاد معدل التدفق الحجمي؛ نطبق المعادلة:

$$\frac{V}{\Delta t} = A_1\, v_1$$

إجابة سؤال الشكل (32):

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

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

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

توظيف التكنولوجيا

ابحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن معادلة برنولي Bernoulli's equation، علمًا بأنه يمكنك إعداد عروض تقديمية تتعلَّق بموضوع الدرس.

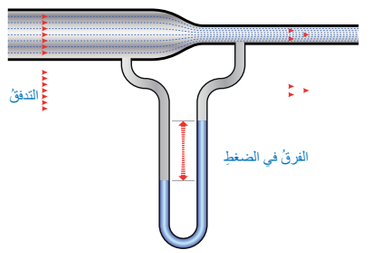
شارك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو تطبيق التواصل الاجتماعي WhatsApp، أو إنشاء مجموعة على تطبيق Microsoft teams، أو استعمل أية وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

مقياسُ فنتوري Venturi Meter

مقياسُ فنتوري Venturi meter جهازٌ يُستخدَمُ لقياسِ سرعةِ ومعدّلِ تدفقِ الموائعِ في الأنابيبِ بتطبيقِ معادلةِ برنولي؛ وهو أنبوبٌ مفتوحُ الطرفينِ، مختنِقٌ (ضيِّقٌ) في وسطِهِ، وعندَ مرورِ المائعِ في الاختناقِ تزدادُ سرعتهُ فيقلُّ ضغطهُ، علل ذلكَ.

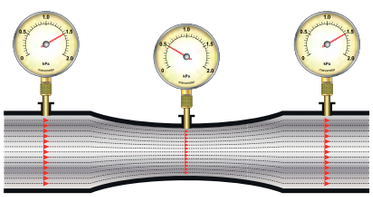
يتمُّ قياسُ سرعةِ ومعدّلِ تدفقِ المائعِ عنْ طريقِ قياسِ الفرقِ بينَ ضغطِ المائعِ في الأنبوبِ وضغطهِ في اختناقِ الأنبوبِ، كما هوَ مبينٌ في الشكلِ (32). والصورةُ المبينةُ في الشكلِ (33) تُظهِرُ الاستخدامَ العمليَّ لمقياسِ فنتوري.

الشكلُ (33): مقياسُ فنتوري في إحدى محطاتِ المياهِ.



الشكلُ (32): أشكالٌ مختلفةٌ لمقياسِ فنتوري.

سؤالٌ: ما الفرقُ بينَ مقياسَيْ فنتوري في الشكلِ؟



مراجعةُ الدرسِ

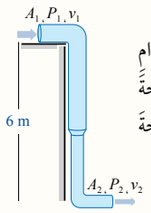
1. **الفكرةُ الرئيسةُ:** أوضحُ المقصودَ بكلٍّ ممّا يأتي:
المائعُ المثاليُّ، قوةُ الرفعِ، معادلةُ الاستمراريةِ، خطُّ الجريانِ.

2. **أحلُّ مشكلاتٍ:** تتطايرُ الأسقفُ المعدنيةُ للمنازلِ الجاهزةِ عندَ هبوبِ رياحٍ قويةٍ، كما هوَ مبينٌ في الشكلِ.

أ . ما التفسيرُ العلميُّ لِما يحدثُ؟

ب. ما النصيحةُ التي تقدمُها لأصحابِ تلكَ المنازلِ لحلِّ تلكَ المشكلةِ؟

3. **أستخدمُ المتغيراتِ:** يتدفقُ الماءُ منَ ارتفاعِ 6 m عنْ سطحِ الأرضِ -باستخدامِ مضخةٍ- عبرَ أنبوبٍ متغيرِ مساحةِ المقطعِ كما في الشكلِ، فإذا علمتُ أنَّ مساحةَ مقطعِ الطرفِ العلويِّ للأنبوبِ $0.2\ m^2$، وضغطَ الماءِ $1.5 \times 10^5\ Pa$ ومساحةَ مقطعِ الطرفِ السفليِّ للأنبوبِ $0.05\ m^2$، وسرعةَ الماءِ فيه 4 m/s فأجدُ:

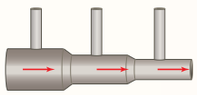


أ . سرعةَ الماءِ في الطرفِ العلويِّ للأنبوبِ.

ب. ضغطَ الماءِ في الطرفِ السفليِّ للأنبوبِ.

جـ. حجمَ الماءِ المتدفقِ منَ الطرفِ السفليِّ للأنبوبِ خلالَ دقيقتيْنِ.

4. **أقارنُ:** يمثلُ الشكلُ أنبوبَ جريانٍ مساحةُ مقطعِهِ غيرُ منتظمةٍ. عندَ جريانِ المائعِ في الأنبوبِ أجيبُ عمّا يأتي:



أ . أوضحُ كيفَ تتغيرُ سرعةُ المائعِ في الأنبوبِ.

ب. أقارنُ بينَ ارتفاعِ المائعِ في كلٍّ أنبوبٍ منَ الأنابيبِ العموديةِ الثلاثةِ.

5. **أحسبُ:** يتفرعُ الشريانُ الأبهرُ البطنيُّ إلى فرعيْنِ رئيسيْنِ يُسمّى كلٌّ منهُما الشريانَ الحرقفيَّ كما في الشكلِ، إذا علمتُ أنَّ قطرَ الشريانِ الأبهرِ 2 cm وسرعةَ جريانِ الدمِ عبرهُ 0.2 m/s وقطرَ كلٍّ منَ الشريانيْنِ الحرقفييْنِ 1 cm (باعتبارِهما متماثليْنِ). فأحسبُ:

أ . معدلَ التدفقِ الحجميِّ للدمِ في كلٍّ منَ الشرايينِ الثلاثةِ.

ب. سرعةَ تدفقِ الدمِ في الشريانِ الحرقفيِّ.

3 التقويم

مراجعة الدرس

1 **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 المقطع العرضي لأنبوب جريان المائع في سرعة المائع عند ذلك المقطع يساوي مقدارًا ثابتًا.

خط الجريان: خطّ يمثل مسار جزيئات المائع عند جريانها.

2 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 جدًّا مقارنة بتلك في حالة إغلاق النوافذ.

3 أ.

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$
$$0.2 \times v_1 = 0.05 \times 4 \Rightarrow v_1 = 1\ m/s$$

ب.

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho_f v_1^2 + \rho_f g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho_f v_2^2 + \rho_f g h_2$$
$$P_2 = P_1 + \frac{1}{2}\rho_f (v_1^2 - v_2^2) + \rho_f g (h_1 - h_2)$$
$$P_2 = 1.5 \times 10^5 + \frac{1}{2} \times 10^3 \times (1^2 - 4^2) + 10^3 \times 10 \times (0 - 6)$$
$$P_2 = 8.3 \times 10^4\ Pa$$

جـ.

$$\frac{V}{\Delta t} = A_2 v_2$$
$$\frac{V}{120} = 0.05 \times 4 \Rightarrow v = 24\ m^3$$

4 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 ثَم ارتفاع المائع في الأنبوب العمودي المتصل به يكون الأعلى، ويقل الارتفاع في الأنبوب الأوسط ليصبح أقل ارتفاعًا في الأنبوب الأيمن.

5 أ.

$$A_1 = \pi r_1^2 = 3.14 \times (2 \times 10^{-2})^2 = 1.26 \times 10^{-3}\ m^2$$
$$A_2 = \pi r_2^2 = 3.14 \times (1 \times 10^{-2})^2 = 3.14 \times 10^{-4}\ m^2$$
$$A_1 v_1 = 1.26 \times 10^{-3} \times 0.2 = 2.52 \times 10^{-4}\ m^3/s$$
$$A_1 v_1 = 2(A_2 v_2)$$
$$2.52 \times 10^{-4} = 2 \times (A_2 v_2) \Rightarrow A_2 v_2 = 1.26 \times 10^{-4}\ m^3/s$$
$$A_3 v_3 = A_2 v_2 = 1.26 \times 10^{-4}\ m^3/s$$

ب.

$$A_2 v_2 = 1.26 \times 10^{-4}$$
$$3.14 \times 10^{-4} \times v_2 = 1.26 \times 10^{-4} \Rightarrow v_2 = 0.4\ m/s$$

صقر الجنوب منتديات

الغاطس

الهدف:

- بيان المقصود بالغاطس، خط التحميل.
- تعرف أهمية الغاطس واستخداماته.

الإجراءات والتوجيهات:

- وجِّه الطلبة -ضمن مجموعات- إلى قراءة فقرة (الإثراء والتوسع)، ثم مناقشتها في ما بينهم.
- اطرح على أفراد المجموعات الأسئلة الآتية:

- ما الفرق بين كل من الغاطس، وخط التحميل؟

الغاطس: تدريج يمثل المسافة الرأسية بين سطح الماء وأسفل هيكل السفينة .

خط التحميل: علامة خاصة تمثل العمق الآمن وتشير إلى الحمولة الآمنة للسفينة بما فيها وزن هيكل السفينة والبضائع المحمَّلة والأشخاص الموجودين على متنها. ويختلف خط التحميل في فصل الشتاء عنه في فصل الصيف، وفي المياه المالحة عنه في المياه العذبة.

- ما أهمية الغاطس في السفينة؟

1. تحديد عمق المياه التي يمكن للسفينة أن تبحر فيها بأمان.
2. تحديد وزن الشحنة الموجودة على السفينة.

- ناقش العبارة الآتية: العمق الآمن في المياه المالحة أقل منه في المياه العذبة؛ كما هو مبين في الشكل (35)؟

تعتمد قوة طفو السفينة- حسب قاعدة أرخميدس - على كثافة المياه الذي تطفو فوقه السفينة؛ فكلما ازدادت كثافة المياه تزداد قوة الطفو، وبناءً عليه يقل عمق الجزء المغمور من السفينة في المياه المالحة عنها في المياه العذبة.

- ماذا تعرف عن خط بليمسول Plimsoll line؟

هو علامة مرجعية موجودة على هيكل السفينة تشير إلى أقصى عمق يمكن أن تغمر فيه السفينة بأمان عند تحميلها بالبضائع. يختلف هذا العمق حسب أبعاد السفينة ، ونوع الحمولة ، والوقت من العام ، وكثافة المياه التي يتم مواجهتها في الموانئ والبحر. أي أن مجموعة خطوط التحميل المبينة في الشكل داخل الدائرة تسمى خط بليمسول.

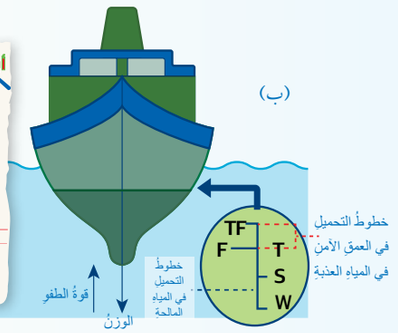
الغاطسُ Draft Mark

الغاطسُ Draft mark هوَ تدريجٌ رقميٌّ يشيرُ إلى المسافةِ الرأسيةِ بينَ سطحِ الماءِ وأسفلِ هيكلِ السفينةِ كما في الشكلِ (أ)، ويحددُ الغاطسُ عمقَ المياهِ التي يمكنُ للسفينةِ أوِ الزورقِ أن يبحرَ فيها بأمانٍ. وقدْ يُستخدَمُ الغاطسُ أيضًا لتحديدِ وزنِ الشحنةِ الموجودةِ على السفينةِ بحسابِ إجماليِّ الماءِ المزاحِ واستخدامِ قاعدةِ أرخميدس. أمّا خطُّ التحميلِ **Load line** فهوَ علامةٌ خاصةٌ توضَعُ على وسطِ السفينةِ تشيرُ إلى الحمولةِ الآمنةِ للسفينةِ بما فيها وزنُ هيكلِ السفينةِ والبضائعِ المُحمَّلةِ والأشخاصِ الموجودينَ على متنِها كما في الشكلِ (ب). ويجبُ على جميعِ السفنِ التي يبلغُ طولُها 24 m أوْ أكثرَ أنْ يكونَ لديْها علامةُ خطِّ تحميلٍ، حيثُ تمَّ التوصلُ إلى اتفاقيةٍ دوليةٍ للتطبيقِ العالميِّ لخطوطِ التحميلِ؛ منْ أجلِ الحدِّ منْ مخاطرِ إبحارِ السفنِ؛ ذلك أنَّ العديدَ منَ الحوادثِ البحريةِ حدثتْ بسببِ الحمولةِ الزائدةِ للسفنِ.

(أ)

نظرًا لأنَّ طَفْوَ السفينةِ وغَمرَها يعتمدانِ إلى حدٍّ كبيرٍ على نوعِ الماءِ وكثافتِهِ - حيثُ تتغيرُ قوةُ الطفوِ تبعًا لذلكَ - فليسَ مقبولًا منَ الناحيةِ العمليةِ تحديدُ حدٍّ عامٍّ قياسيٍّ للسفينةِ في جميعِ الأوقاتِ والأماكنِ. لهذا السببِ؛ فإنَّ خطَّ التحميلِ مثلًا لسفينةٍ تبحرُ في الشتاءِ في شمالِ المحيطِ الأطلسيِّ يختلفُ عنهُ عندَما تبحرُ السفينةُ في المناطقِ الاستوائيةِ صيفًا، وكذلكَ الأمرُ بالنسبةِ إلى المياهِ المالحةِ والمياهِ العذبةِ.

ابحث مستعينًا بمصادرِ المعرفةِ الموثوقةِ والمتاحةِ ومنْها شبكةُ الإنترنتِ، أبحثُ عنْ أسبابِ غرقِ بعضِ السفنِ، مثلِ: التايتانكِ، وعلاقةِ ذلكَ بقوةِ الطفوِ والحمولةِ، ثمَّ أكتبُ تقريرًا عنْ ذلكَ، وأقرؤُهُ أمامَ الطلبةِ في غرفةِ الصفِّ يتبعهُ مناقشةٌ معَ معلمي وزملائي الطلبةِ.



- كلف الطلبة على شكل مجموعات بعمل قارب من ورق الألمنيوم السميك نوعًا ما، وتحديد تدريجات الغاطس عيه وخطوط التحميل المختلفة على ذلك القارب؛ بناءً على تجارب عملية يُجرونها.

صقر الجنوب
منتديات

مراجعةُ الوحدةِ

1. أضعُ دائرةً حولَ رمزِ الإجابةِ الصحيحةِ لكلِّ جملةٍ ممّا يأتي:

1. وحدةُ قياسِ معدلِ التدفقِ الحجميِّ للمائعِ هيَ:
أ . m^3 ب. $m^3 s$ جـ. m^3/s د. m^2/s

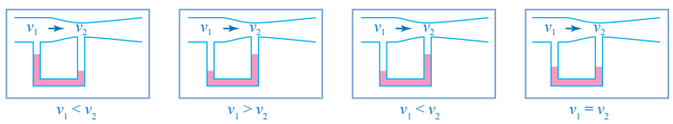
2. أيٌّ ممّا يأتي يُعدُّ تطبيقًا أوْ مثالًا على قاعدةِ أرخميدسَ:
أ . مقياسُ فنتوري. ب. مقياسُ كثافةِ السوائلِ. جـ . المرذاذُ. د. أجنحةُ الطائرةِ.

3. منْ خصائصِ المائعِ المثاليِّ التي تميزهُ عنِ المائعِ الحقيقيِّ أنَّهُ:
أ . لزجٌ. ب. انضغاطيٌّ. جـ. غيرُ دوّاميٌّ. د. جريانهُ غيرُ منتظمٍ.

4. قوةُ الطفوِ لسبيكةٍ وزنُها في الهواءِ 600 N ووزنُها في الماءِ 200 N تساوي:
أ . 800 N ب. 600 N جـ. 400 N د. 200 N

5. عندَ هبوبِ الرياحِ بشكلٍ أفقيٍّ فوقَ فتحةِ مدخنةٍ، كيفَ يتأثرُ الدخانُ الصاعدُ في المدخنةِ:
أ . يرتفعُ الدخانُ بسرعةٍ أكبرَ في المدخنةِ. ب. يرتفعُ الدخانُ بسرعةٍ أقلَّ في المدخنةِ.
جـ.يندفعُ الدخانُ إلى الأسفلِ في المدخنةِ. د. لا يتأثرُ الدخانُ الصاعدُ في المدخنةِ.

6. أيُّ الأشكالِ الآتيةِ يمثلُ ما يحدثُ للمائعِ عندَ جريانهِ في مقياسِ فنتوري:



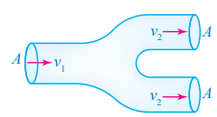
(4) (3) (2) (1)

أ . الشكلُ (1). ب. الشكلُ (2). جـ. الشكلُ (3). د. الشكلُ (4).

7. عندَ انتقالِ السفينةِ منَ الماءِ العذبِ إلى ماءِ البحرِ، فإنَّ كلًّا منْ قوةِ الطفوِ وحجمِ الجزءِ المغمورِ منَ السفينةِ بعدَ اتزانِها في مياهِ البحرِ مقارنةً بالمياهِ العذبةِ، على الترتيبِ:
أ . تبقى القوةُ ثابتةً، يقلُّ الحجمُ. ب. تبقى القوةُ ثابتةً، يزدادُ الحجمُ.
جـ. تزدادُ القوةُ، يبقى الحجمُ ثابتًا. د. تزدادُ القوةُ، يقلُّ الحجمُ.

8. أيُّ العباراتِ الآتيةِ صحيحةٌ بالنسبةِ إلى جسمٍ يطفو على سطحِ السائلِ:
أ . حجمُ السائلِ المزاحِ يساوي حجمَ الجسمِ. ب. وزنُ السائلِ المزاحِ يساوي وزنَ الجسمِ في السائلِ.
جـ. قوةُ الطفوِ أكبرُ منْ وزنِ السائلِ المزاحِ. د. حجمُ السائلِ المزاحِ يساوي حجمَ الجزءِ المغمورِ منَ الجسمِ.

9. أنبوبُ جريانٍ مساحةُ مقطعهِ A وسرعةُ جريانِ المائعِ فيهِ v_1، تفرَّعَ إلى أنبوبيْنِ مساحةُ مقطعِ كلٍّ منهُما A كما في الشكلِ، في أيٍّ منَ الأنبوبيْنِ سرعةُ المائعِ v_2 تساوي:



أ . $4v_1$ ب. $2v_1$ جـ. v_1 د. $\frac{1}{2}v_1$

1 – جـ . m^3/s

2 – ب. مقياس كثافة السوائل.

3 – جـ. غير دوامي.

4 – جـ. 400 N

5 – أ. يرتفع الدخان بسرعة أكبر في المدخنة.

6 – ب. الشكل (2).

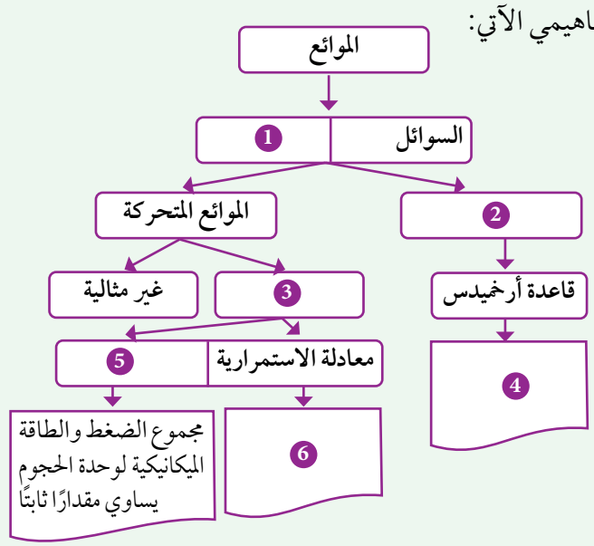
7 – أ. تبقى القوة ثابتة، يقل الحجم.

8 – د. حجم السائل المزاح يساوي حجم الجزء المغمور من الجسم.

9 – د. $\frac{1}{2}v_1$

◄ التعزيز: المائع

أكمل المخطط المفاهيمي الآتي:



إجابات التعزيز:

1) الغازات
2) الموائع الساكنة
3) مثالية
4) قوة الطفو المؤثرة في الجسم المغمور كليًّا أو جزئيًّا في مائع تساوي وزن المائع المزاح
5) معادلة برنولي
6) حاصل ضرب مساحة المقطع العرضي لأنبوب جريان المائع في سرعة المائع عند ذلك المقطع يساوي مقدارًا ثابتًا

2 أ. القارب وهو طافٍ على سطح البحر: قوة الطفو تساوي الوزن الحقيقي.

ب. الغواصة أثناء نزولها في الماء: قوة الطفو أقل من الوزن الحقيقي.

جـ. المنطاد أثناء صعوده إلى الأعلى في الهواء: قوة الطفو أكبر من الوزن الحقيقي

3 حسب معادلة الاستمرارية؛ فإن معدل التدفق الحجمي للماء من الخرطوم يساوي مقدارًا ثابتًا أي:

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

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

4 الحل:

$$F_B = F_g$$

$$\rho_f V_f g = \rho_o V_o g \ , \ V_f = \frac{V_o}{4}$$

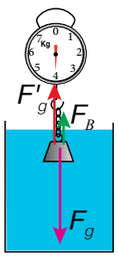
$$\rho_f \frac{V_o}{4} g = \rho_o V_o g$$

$$\rho_f = 4\,\rho_o = 4 \times 15 = 60 \text{ kg/m}^3$$

5 الحل:

أ. وزن السائل المزاح (F_{gf}):

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



ب. قوة الطفو= وزن السائل المزاح

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

جـ. وزن الجسم الحقيقي (F_g):

$$F_B = F_g - F'_g$$

$$F_g = F_B + m' g = 20 + (4 \times 10) = 60 \text{ N}$$

هـ. مخطط الجسم الحر:

6 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 h.

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 متساوٍ فإن حجم الهواء المزاح يكون متساوٍ أيضًا وبالتالي فإن قوة الطفو تكون متساوية حسب قاعدة أرخميدس $F_B = \rho_f V_f g$.

7 أ. تتقارب خطوط الجريان فوق المنطقة المحدبة من الجناح.

ب. كلما ازدادت سرعة الهواء تتقارب خطوط الجريان ويقل ضغطه.

جـ. معادلة برنولي.

د. بسبب فرق الضغط بين أعلى الجناح وأسفله.

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

8 الحل:

$$m = (50 + \rho_o V_o)$$

$$F_B = F_g$$

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

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

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

$$V_o = Ah$$

$$0.12 = A \times 0.1 \Rightarrow A = 1.2 \text{ m}^2$$

9 أ.

$$A_2 = \pi r_2^2 = \pi (0.5\, r_1)^2$$

$$= 0.25\, \pi r_1^2 = 0.25 A_1$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

$$A_1 \times 20 = 0.25 A_1 \times v_2$$

$$v_2 = \frac{20}{0.25} = 80 \text{ m/s}$$

ب.

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

$$P_1 + \frac{1}{2} \times 800 \times 20^2 = 2 \times 10^5 + \frac{1}{2} \times 800 \times 80^2$$

$$P_1 = 2.6 \times 10^6 \text{ Pa}$$

2. أقارنُ بينَ قوةِ الطفوِ والوزنِ الحقيقيِّ في كلٍّ منَ التطبيقاتِ والحالاتِ الآتيةِ:

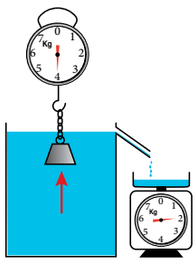
أ. القاربُ وهوَ طافٍ على سطحِ البحرِ.

ب. الغواصةُ أثناءَ هبوطِها تحتَ الماءِ.

جـ. المنطادُ أثناءَ صعودِهِ للأعلى في الهواءِ.

3. أحلّلُ: الزمنُ اللازمُ لملءِ كأسِ ماءٍ منْ خرطومِ مياهٍ 30 s، وعندَ الضغطِ على فوهةِ الخرطومِ تضاعفتْ سرعةُ تدفقِ الماءِ منَ الخرطومِ. كمْ منَ الوقتِ يلزمُ لملءِ الكأسِ نفسِها؟

4. أحسبُ: وُضِعتْ كرةُ قدمٍ متوسطُ كثافتِها 15 kg m^{-3} على سطحِ سائلٍ فاتزنَ عندَ انغمارِ ربعِ حجمِها في السائلِ، أحسبُ كثافةَ السائلِ.



5. أحلّلُ: اعتمادًا على البياناتِ المبينةِ في الشكلِ وباعتبارِ كثافةِ الماءِ 10^3 kg m^{-3} أجيبُ عمّا يأتي:

أ. أجدُ وزنَ السائلِ المزاحِ. ب. أحسبُ قوةَ الطفوِ.

جـ. أحسبُ وزنَ الجسمِ الحقيقيَّ. د. أرسمُ مخططَ الجسمِ الحرِّ للجسمِ المعلَّقِ.

6. أفسرُ ما يأتي:

أ. قوةُ الطفوِ لجسمٍ مغمورٍ كليًّا في سائلٍ لا تتغيرُ بتغيرِ عمقِ الجسمِ تحتَ سطحِ السائلِ.

ب. عندَ وضعِ بالونيْنِ متماثليْنِ حجمًا في الهواءِ؛ أحدُهُما مملوءٌ بغازِ الهيليومِ والآخرُ بغازِ الهيدروجينِ؛ فإنَّ قوةَ الطفوِ في كلٍّ منهُما متساويةٌ.

7. يمثلُ الشكلُ المجاورُ خطوطَ جريانِ الهواءِ حولَ جناحِ الطائرةِ، اعتمادًا عليْهِ أجيبُ عمّا يأتي:

أ. في أيةِ منطقةٍ حولَ الجناحِ تتقاربُ خطوطُ الجريانِ؟

ب. ما العلاقةُ بينَ تقاربِ خطوطِ الجريانِ، وكلٍّ منْ سرعةِ الهواءِ وضغطِهِ؟

جـ. ما اسمُ المعادلةِ التي تفسرُ قوةَ الرفعِ في أجنحةِ الطائرةِ؟

د. ما سببُ تولدِ قوةِ الرفعِ في جناحِ الطائرةِ؟

هـ. كيفَ يمكنُ زيادةُ قوةِ الرفعِ؟

8. أحلُّ مشكلاتٍ: متزلجٌ كتلتهُ 50 kg يريدُ أنْ يستخدمَ لوحًا خشبيًّا كثافتهُ 600 kg m^{-3} وسماكتهُ 10 cm كما في الشكلِ، إذا علمتُ أنَّ كثافةَ ماءَ البحرِ 1024 kg m^{-3} فأجدُ أقلَّ مساحةٍ للوحِ الخشبِ تُمكّنُ المتزلجَ منَ استخدامِهِ دونَ أنْ يغرقَ.

9. أحسبُ: أنبوبُ نفطٍ أفقيٌّ سرعةُ جريانِ السائلِ فيهِ 20 m/s يضيقُ ليصبحَ قطرهُ نصفَ قطرِ الأنبوبِ الرئيسِ، ويقلُّ ضغطُ السائلِ فيهِ ليصبحَ $2 \times 10^5 \text{ Pa}$، باعتبارِ كثافةِ السائلِ 800 kg m^{-3} أجدُ:

أ. سرعةَ جريانِ النفطِ في الأنبوبِ الواسعِ.

ب. ضغطَ النفطِ في الأنبوبِ الرئيسِ.

ملحق إجابات

كتاب الأنشطة والتجارب العملية

قياس كل من سرعة تدفق المائع عمليًّا ومعدل تدفقه

الهدف:

استخدام مقياس فنتوري لقياس سرعة المائع ومعدل تدفقه عمليًّا.

زمن التنفيذ: 35 دقيقة

إرشادات السلامةِ:

الحذر من سكب السوائل على الأرضية؛ حتى لا تصبح زلقة.

المهارات العلمية:

القياس، المقارنة، التجريب، التحليل، الاستنتاج.

الإجراءات والتوجيهات:

- وجِّه الطلبة إلى الاستعانة بدليل التجارب والأنشطة، وضِّح للطلبة طريقة معايرة الورنية قبل استخدامها الورنية وطريقة استخدامها بطريقة صحيحة أثناء قياس قطر الأنابيب، ونبِّه الطلبة إلى توخي الدقة في قياس فرق ارتفاع الماء في الماصتين، والتأكد من جريان الماء في الأنبوب بشكل انسيابي.

النتائج المتوقعة:

يمكن الحصول على نتائج متقاربة، ولكنها قد تختلف من مجموعة لأخرى؛ لأسباب عدة:

- تسرب الهواء إلى أنبوب الجريان؛ لذا يجب التأكد عدم وجود ثقوب في الأنبوب.
- عدم الدقة في أخذ القياسات.
- عدم معايرة الورنية.
- أخطاء في إجراء الحسابات.
- تدفق الماء بشكل غير منتظم من الصنبور.

صقر الجنوب منتديات

التحليل والاستنتاج:

1. نقيس قطر كل من الأنبوبين d ونحسب نصف قطر كل منهما $r = \frac{d}{2}$، ولحساب مساحة مقطع كل من الأنبوبين $(A_1، A_2)$؛ نطبق العلاقة $A = \pi r^2$
2. بما أن مساحة مقطع الأنبوب الضيق (2) أقل منها في الأنبوب الواسع (1)، فإن سرعة الماء في الأنبوب (2) تكون أكبر حسب معادلة الاستمرارية، وعليه؛ فإن ضغط الماء فيه يكون أقل حسب معادلة برنولي وارتفاع الماء في الماصة المتصلة به يكون أقل منه في الماصة المتصلة بالأنبوب (1).
3. أجد فرق الضغط ΔP باستخدام العلاقة: $\Delta P = \rho_f g h$.

   أجد سرعة تدفق الماء v_1 باستخدام العلاقة: $v_1 = A_2 \sqrt{\frac{2\,\Delta P}{\rho_f (A_1^2 - A_2^2)}}$.
4. أستخدم العلاقة: $\frac{V}{\Delta t} = A_1 v_1$؛ لإيجاد معدل تدفق الماء.
5. حسب مبدأ حفظ الكتلة فإن معدل تدفق الماء في الأنبوبين يكون متساويًا.

السؤال الأول:

أ. بما أن قوة الطفو أكبر من وزن البالون، فإن البالون يرتفع إلى أعلى بتسارع حتى يصبح مجموع مقاومة الهواء ووزن البالون مساويًا لقوة الطفو(محصلة القوى تساي صفرًا)؛ عندئذٍ يصل البالون إلى سرعته الحدّية.

ب. باستمرار ارتفاع البالون؛ فإن كثافة الهواء المحيطة به تقل، ومن ثَم تقل قوة الطفو؛ حتى تصبح السرعة الحدية للبالون صفرًا
ووزن البالون مساويًا لقوة الطفو،عندئذٍ يتوقف البالون عن الارتفاع.

السؤال الثاني:

1) ب- يقتربان من بعضهما.

2) عند النفخ بين البالونين تزداد سيرعة الهواء بينهما؛ فيقل ضغطه حسب معادلة برنولي، مما يجعل الضغط حول البالونين أكبر منه بينهما، ونتيجة لفرق الضغط هذا يندفع البالونين نحو بعضهما.

3) لأنه عند مرور القطار يندفع الهواء بجانب القطار بسرعة ، فيقل ضغطه حسب معادلة برنولي ليصبح ضغط الهواء بين الطفل والقطار أقل من ضغطه حول الطفل، وفرق الضغط هذا يؤثر بقوة في الطفل تدفعه نحو القطار.

السؤال الثالث:

اعتقاد خديجة خاطىء؛ لأنه عند الضغط على فوهة الخرطوم تقل مساحة مقطعه فتزداد سرعة تدفق المائع منه حسب معادلة الاستمراية، لكن معدل تدفق الماء لا يتغير ويبقى ثابتًا، وبما أن حجم الماء ثابت في الحالتين؛ فإن الزمن يكون متساويًا.

صقر الجنوب
منتديات