خصائص الموائع

الفكرة الرئيسة تتدفّق الموائع ولها قوى تؤثّر بها في الأجسام.

الربط مع الحياة اليومية هل رأيت من قبل حاملة طائرات؟ بالرغم من أنّ هذه السفن تتكوّن من فلز، وتصل كتلتها أحيانًا إلى أكثر من 100,000 طن، إلا أنّها لا تزال تطفو. كيف يمكن ذلك؟

الأسئلة الرئيسة

- ما مبدأ أرخميدس؟
- ما مبدأ باسكال؟
- ما مبدأ برنولي؟
- ما بعض تطبيقات مبادئ أرخميدس وباسكال وبرنولي؟

مفردات للمراجعة

الكثافة Density: كتلة وحدة الحجوم من المادة

مفردات جديدة

الطفو	Buoyancy
الضغط	Pressure
اللزوجة	Viscosity

مبدأ أرخميدس والطفو

تشبه بعض السفن المدن الطافية. فعلى سبيل المثال، تكون حاملات الطائرات كبيرة بشكل كافٍ يسمح للطائرات بالإقلاع والهبوط على أسطحها. تطفو هذه السفن رغم أوزانها، وذلك لوجود قوة تدفع السفينة إلى الأعلى، تتعار[ض] [وزن] الطف[و] قوة الطفو أقل من وزن الجسم، سيغوص الجسم. إنّ **الطفو** هو قدرة المائع، (سائل أو غاز)، على التأثير بقوة دفع إلى الأعلى في الجسم المغمور فيه.

مبدأ أرخميدس في القرن الثالث قبل الميلاد، وضع عالم الرياضيات اليوناني أرخميدس اكتشافه حول الطفو. وجد أرخميدس أنّ قوة الطفو المؤثّرة في الجسم تساوي وزن المائع الذي أزاحه الجسم. فعلى سبيل المثال، إذا وضعت قطعة خشبية في الماء، فإنها ستدفع الماء بعيدًا عن طريقها عندما تبدأ في الغوص — ولكن ذلك سيحدث فقط حتى يتساوى وزن الماء المُزاح مع وزن القطعة.

عندما يتساوى وزن الماء المُزاح، أي قوة الطفو، مع وزن القطعة، ستطفو القطعة. أما إذا كان وزن الماء المُزاح أقل من وزن القطعة، ستغوص القطعة. يُبيّن **الشكل 13** القوى التي تؤثر في الأجسام في الموائع.

المظلة أكبر بكثير من مساحة سطح الشيء الذي يهبط. تمتلئ مظلات الهبوط بالهواء. تكون مساحة سطح

تغوص الصخور لأن وزنها أكبر من قوة الطفو. وتطفو الكرات المطاطية لأن قوة طفو الماء أكبر من وزن الكرة.

الشكل 13 يغوص القالب الفولاذي لأن قوة الطفو التي يؤثّر بها المائع في الجسم أقل من قوة الجاذبية. عندما تساوي قوة الطفو قوة الجاذبية أو تزيد عنها، يطفو الجسم مثلما حدث مع القطعة الخشبية.

قارن بين حجم القطعة الخشبية وحجم القالب الفو[لاذي] بين كتلة ال[قطعة] الفولاذي؟

تكون أحجام القطع متماثلة، ولكن كتلة القطعة الخشبية أقل من كتلة القالب الفولاذي.

برنامج محمد بن راشد للتعليم الذكي Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

■ **الشكل 14** تكون الكثافة الكلية لسفينة عملاقة أقل من كثافة الماء، وذلك لأنّ جسم السفينة الفارغ يحتوي في الأغلب على الهواء.
استدلّ على سبب عدم صنع مركب من الفولاذ الصلب.

إن كثافة الفولاذ الصلب أكبر من كثافة الماء، لذا لن تطفو سفينة مصنوعة من الفولاذ الصلب.

إجراء مقارنة بين الطفو والوزن انظر مرة أخرى إلى قطعتَي الخشب والفولاذ في **الشكل 13**. أزاحت كلتاهما الكتلة والوزن أنفسهما من الماء عندما غُمرتا. لذا تتساوى قوى الطفو المؤثّرة في القطعتين. ومع ذلك، يغوص القالب الفولاذي وتطفو القطعة الخشبية. ما أوجه الاختلاف؟

وزن القالب الفولاذي أثقل بكثير من وزن القطعة الخشبية. لذا تكون قوة الجاذبية المؤثّرة في القالب الفولاذي كافية للتسبُّب في غوصه. بينما تكون قوة الجاذبية المؤثّرة في القطعة الخشبية غير كافية للتسبُّب في غوصها.

الكثافة والطفو تُعدّ المقارنة بين كثافة الجسم وكثافة المائع الذي وُضِع فيه إحدى الطرق لمعرفة ما إذا كان الجسم سيطفو أم سيغوص. يطفو الجسم إذا كانت كثافته أقل من كثافة المائع. تذكَّر أنّ الكثافة هي كتلة وحدة الحجوم من المادة. إنّ كثافة القالب الفولاذي أ
القطعة الخشبية أقل من كثافة الماء.

افترض أنّك حوّلت شكل القالب ال
الممتلئ بالهواء، كما في **الشكل 14**. تش
وبالتالي، ستكون الكثافة الكلية للقارب
لذا، سيطفو القارب الآن.

تكون كثافة السفينة الفولاذية أقل بكثير من القالب الفولاذي لأنها ممتلئة بالهواء. إذا كانت الكثافة الكلية أقل من كثافة الماء فسيطفو الجسم.

التأكد من فهم النص **اشرح** سبب غوص القالب الفولاذي وطفو السفينة الفولاذية.

مبدأ باسكال والضغط

اكتشف
في المائع
طرفَي أن
الضغط
باسكال.

إن المواد مرتبة في طبقات وفقاً لكثافاتها. فستجد شراب الذرة (أعلى كثافة) في القاع والماء (متوسط الكثافة) في الوسط والزيت (أقل كثافة) في الأعلى.

كان وزن الرقائق أقل من قوة طفو الزيت المُزاح لذا طفت إلى سطح الزيت. وكان وزن القطعة الفولاذية أكبر من قوة طفو كل السوائل، لذا غاصت إلى القاع.

تجربة مصغرة

الربط بين الكثافة والطفو

الإجراء

1. اقرأ الإجراءات وحدّد المخاطر المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. اسكب 10 mL من شراب الذرة في كأس تبلغ سعته 100 mL. أضف في كأس آخر من 3 إلى 4 قطرات من الملوّن الغذائي فوق 10 mL من الماء. اسكب الماء المصبوغ في الكأس الذي يحتوي على شراب الذرة.
ثم أضف 10 mL من الزيت النباتي في الكأس.
3. ألقِ قطعة من رقيقة الألمنيوم تبلغ مساحتها 0.5 cm^2 وقطعة فولاذية وكيسًا كاملًا من حبوب الفلفل في الكأس.

التحليل

1. **اشرح**، باستخدام مفهوم الكثافة، سبب انقسام محتويات الكأس إلى طبقات.
2. **اشرح**، باستخدام مفهوم الطفو، سبب استقرار كل من رقيقة الألمنيوم والقطعة الفولاذية وحبيبات الفلفل في الأماكن الخاصة بها.

McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة © حقوق الطبع والتأليف

الضغط يؤثّر فيك الآن ضغط الهواء من كافة الجوانب مثل الضغط الذي تشعر به تحت الماء في حمام السباحة. و**الضغط** هو القوة المؤثّرة في وحدة المساحة.

معادلة الضغط

$$\text{الضغط (Pa)} = \frac{\text{القوة (N)}}{\text{المساحة } (m^2)}$$

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

يُقاس الضغط وفق النظام الدولي للوحدات بالباسكال (Pa). واحد باسكال يساوي نيوتن واحدًا لكل متر مربع (N/m^2). وذلك لأن الضغط يساوي مقدار القوة المؤثّرة مقسومًا على المساحة. تُعطى معظم الضغوط بالكيلو باسكال (kPa). وذلك لأنّ 1 Pa يمثّل مقدارًا صغيرًا جدًا من الضغط.

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

الضغط Pressure

الاستخدام العلمي *Science Usage*

القوة في كل وحدة مساحة

زيادة الضغط على الغاز تقلل من حجمه.

الاستخدام العام *Common Usage*

العبء الناتج عن الاضطراب الجسدي أو العقلي

يشعر المدرّسون غالبًا بالكثير من الضغوطات حتى يتمكّنوا من مساعدة طلابهم على القيام بعمل جيد في المدرسة.

مثال 1

احسب القوة يبلغ ضغط الغلاف الجوي عند مستوى سطح البحر حوالي 101 kPa. كم مقدار القوة الكلية التي يضغط بها الغلاف الجوي للأرض على الإنسان العادي عند مستوى سطح البحر؟ افترض أنّ مساحة السطح للإنسان العادي تساوي $1.80\ m^2$.

المجهول: القوة: F

المعلوم: الضغط: $P = 101\ kPa = 101{,}000\ Pa$

المساحة: $A = 1.80\ m^2$

القانون المستخدم: $P = \frac{F}{A}$

حلُّ المسألة:

$$101{,}000\ Pa = P = \frac{F}{180\ m^2}$$

$$F = 101{,}000\ Pa \times 1.80\ m^2$$

$$= 182{,}000\ Pa \cdot m^2 = 182{,}000 \frac{N}{m^2} m^2 = 182{,}000\ N$$

تقييم الإجابة: لقد أعددت المسألة بطريقة صحيحة إذا كانت الوحدات متماثلة على كلا الجانبين:

وحدات الضغط = $Pa = N/m^2$.

تتطابق الوحدات الموجودة على طرفَي المعادلة.

ليس عليك سوى أن تتحقّق مجددًا من العملية الحسابية.

تطبيقات

1. يشعر غواص وصل إلى عمق يبلغ 10.0 m تحت الماء بضغط يبلغ مقداره 202 kPa. إذا بلغت مساحة سطح الغواص $1.50\ m^2$. فما مقدار القوة الكلية التي يضغط بها الماء على الغواص؟

303.000N

2. يبلغ وزن سيارة 15,000 N. ونُفخت إطاراتها لضغط يبلغ مقداره 190 kPa. فكم ستبلغ مساحة إطارات السيارة التي تلامس الطريق؟

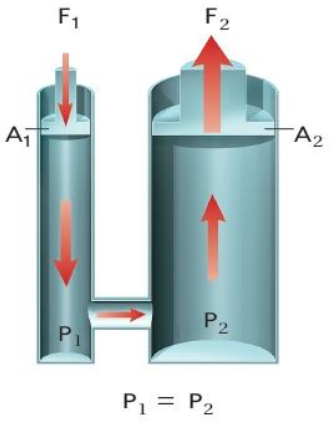
$0.079m^2$

3. **تحدي** يساوي ضغط الغلاف الجوي على سطح كوكب الزهرة 91 مثل الضغط عند مستوى سطح البحر على كوكب الأرض. كم يبلغ تقريبًا مقدار القوة الكلية التي يضغط بها الغلاف الجوي لكوكب الزهرة على الإنسان العادي عند مستوى سطح البحر؟ افترض أنّ مساحة السطح للإنسان العادي تساوي $1.8\ m^2$.

17.000.000N

(16.543.800N)

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



الشكل 15 ضغط المائع المؤثّر في أحد جوانب المصعد الهيدروليكي يساوي الضغط المؤثّر في الجانب الآخر.

مبدأ باسكال يمكن كتابة فكرة انتقال الضغط عبر المائع في معادلة: الضغط المبذول = الضغط الخارج. وبما أنّ الضغط يساوي القوة مقسومة على المساحة، فيمكن كتابة مبدأ باسكال بطريقة أخرى.

مبدأ باسكال

$$\frac{\text{القوة المبذولة (N)}}{\text{مساحة السطح الأول } (m^2)} = \frac{\text{القوة الخارجة (N)}}{\text{مساحة السطح الثاني } (m^2)}$$

$$\frac{F_2}{A_2} = \frac{F_1}{A_1}$$

المصاعد الهيدروليكية غالبًا ما تستغل ورش التصليح الآلي المصاعد الهيدروليكية التي تنقل الحمولات الثقيلة وفقًا لمبدأ باسكال. يربط أنبوب ممتلئ بمائع بين أسطوانات صغيرة وكبيرة، كما هو مبيَّن في **الشكل 15**. ينتقل الضغط المؤثّر في الأسطوانة الصغيرة عبر المائع إلى الأسطوانة الكبيرة. يمكنك أن تستخدم وزنك لرفع شيء ما أثقل منك بكثير باستخدام المصعد الهيدروليكي.

مثال 2

احسب القوى استُخدم المصعد الهيدروليكي لرفع آلة ثقيلة تدفع منصة تبلغ مساحتها $2.8\ m^2$ إلى الأسفل بقوة تبلغ 3,700 N. ما القوة التي يجب أن تؤثّر في مكبس تبلغ مساحته $0.072\ m^2$ لرفع الآلة الثقيلة؟

المجهول: القوة المؤثّرة في المكبس: F_1

المعلوم:
القوة المؤثّرة في المنصة: $F_2 = 3{,}700\ N$
مساحة المنصة: $A_2 = 2.8\ m^2$
مساحة المكبس: $A_1 = 0.072\ m^2$

القانون المستخدم وتعديله:

$$\frac{F_2}{A_2} = \frac{F_1}{A_1}$$

حلُّ المسألة:

$$F_1 = \left(\frac{F_2}{A_2}\right) A_1 = \left(\frac{3{,}700\ N}{2.8\ m^2}\right) 0.072\ m^2 = 95\ N$$

تقييم الإجابة: يجب أن تساوي النسبة بين القوى النسبة بين المساحات. تساوي مساحة المنصة حوالي 40 مثل مساحة المكبس. لذا، تساوي القوة المؤثّرة في المنصة حوالي 40 مثل القوة المؤثّرة في المكبس. يكون المقدار 3,700 N تقريبًا أكبر بـ 40 مثل من المقدار 95 N. لذا تُعدّ الإجابة معقولة.

تطبيقات

1. تقف سيارة تزن 15,000 N على منصة مصعد هيدروليكي تبلغ مساحتها $10\ m^2$. ما مساحة المكبس الصغير إذا استُخدمت قوة يبلغ مقدارها 1,100 N لرفع السيارة؟ **$1.14m^2$**
2. **تحدي** يؤثّر صندوق شحن ثقيل بقوة يبلغ مقدارها 1,500 N في مكبس تبلغ مساحته $25\ m^2$. يبلغ حجم المكبس الصغير 1/30 من حجم المكبس الكبير. ما القوة الضرورية لرفع صندوق الشحن؟ **2.50N**

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مبدأ برنولي

دانيال برنولي (1700–1782) هو عالم سويسري درس خصائص الموائع المتحرّكة مثل الماء والهواء. وجد برنولي أنّ السرعة المتجهة للمائع تزيد عندما يكون تدفق المائع محدودًا. يوضّح وضعك لإبهامك عند فتحة خرطوم حديقة مفتوح هذا التأثير، كما هو مبيَّن في **الشكل 16**. عندما يقل حجم فتحة الخرطوم، يتدفق الماء بسرعة أكبر.

تفحَّص برنولي العلاقة بين تدفق المائع والضغط. قد تظن أنّ زيادة السرعة المتجهة لتدفق المائع سيزيد من ضغطه، لكن برنولي وجد أنّ العكس صحيح. فوفقًا لمبدأ برنولي، كلما زادت السرعة المتجهة للمائع، قلّ الضغط الذي يؤثّر فيه هذا المائع، وقد نشر هذا الاكتشاف في العام 1738.

يُعدّ الخرطوم المنتهي برشاش أحد تطبيقات مبدأ برنولي. يُستخدَم هذا الرشاش لرش الأسمدة والمبيدات الحشرية في الأماكن المزروعة والحدائق. لكي تستخدم هذا الرشاش، يجب أن تضع محلولًا مركّزًا من المادة الكيميائية التي تريد رشّها في الرشاش. ثم توصل الرشاش بخرطوم الحديقة، كما هو مبيَّن في **الشكل 17**. يوجد أنبوب يشبه الشفاطة متصل بغطاء الوحدة. فتكون نهاية الأنبوب مغمورة في المادة الكيميائية المركّزة. يجب أن تجعل معدّل الماء المتدفق إلى خرطوم الحديقة عاليًا.

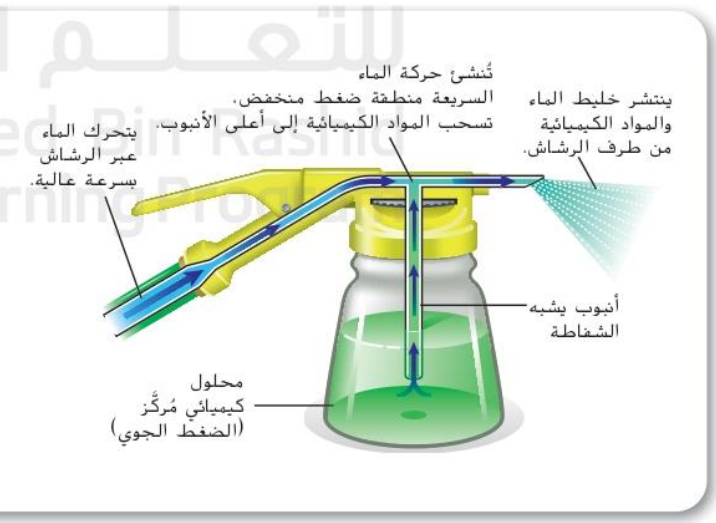
عندما تكون مستعدًا لرش المواد الكيميائية على العشب أو منطقة النباتات، يجب أن تضغط على مفتاح موجود على اليد الملحقة بالرشاش. يسمح هذا الأمر للماء بالتدفق في الخرطوم بمعدل سرعة عالٍ، ويكوّن ذلك منطقة ذات ضغط منخفض فوق الأنبوب الذي يشبه الشفاطة. يُمتصّ المحلول الكيميائي المركّز عبر الشفاطة، ثم يخرج مع تيار الماء. يختلط المحلول المركّز مع الماء، مما يقلّل التركيز إلى مستوى مناسب، كما يكوّن رذاذًا يسهل رشّه.

التأكد من فهم النص **صِف** كيف يتغيّر الضغط مع زيادة السرعة المتجهة للمائع.

ينخفض الضغط مع ازدياد السرعة المتجهة للمائع

الشكل 16 يفسّر مبدأ برنولي لماذا تؤدي تغطية نهاية الخرطوم إلى تدفق أسرع للماء. عندما يصبح تدفق المائع محدودًا، تزيد سرعته.

الشكل 17 يوظف الخرطوم المنتهي برشاش مبدأ برنولي.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

اللزوجة

تُعدّ قابلية المائع على التدفّق خاصية أخرى يتّصف بها المائع. على الرغم من أنّ كل الموائع تتدفّق، إلا أنّها تختلف في معدلات تدفقها. إنّ **اللزوجة** هي مقاومة المائع للتدفق. على سبيل المثال، عندما تأخذ شرابًا من الثلاجة وتسكبه، كما هو مبيّن في **الشكل 18** ستجد أنّ معدل تدفق الشراب بطيء. لكن إذا سخّنت هذا الشراب، فستزيد سرعة تدفقه كثيرًا. يتدفق الماء بسهولة لأنّ لديه لزوجة قليلة. بينما يتدفق الشراب البارد ببطء لأن لديه لزوجة عالية.

ما الذي يتسبّب في حدوث اللزوجة؟ عند إمالة وعاء السائل لتسمح له ببدء التدفق، ينقل الجزء المتدفق من السائل الطاقة إلى الجزء الساكن من السائل. نتيجة لذلك، يشدّ الجزء المتدفق من السائل الجزء الساكن، مما يتسبب في تدفقه أيضًا.

إذا لم يشد الجزء المتدفق الأجزاء الأخرى من السائل لتتحرّك بفاعلية، هي المقاومة العالية للتدفق. إذا لتحرّك بسهولة. فيعني ذلك

الشكل 18 يتدفق شراب نبات القيقب ببطء لأنّ لديه لزوجة عالية.

حدّد أمثلة أخرى للسوائل التي لديها لز

1-تبذل الموائع ضغطاً، وتنقل القوة بتساوٍ في كل مكان، ثم تتدفق.

2- إن الكثافة الكلية لسفينة ممتلئة بالهواء أقل من كثافة الماء. وكذلك كثافة القالب الفولاذي أكبر من كثافة الماء.

3- عندما تضغط على أحد أطراف حاوية الخردل، سينتقل الضغط عبر الخردل ليدفعه إلى أعلى الحاوية ليخرج.

4- تكون رياح الأعاصير السريعة الحركة منطقة ذات ضغط منخفض فوق السطح. فيصبح الضغط تحت السطح أكبر من الضغط فوق السطح، مما يدفع السطح إلى الأعلى.

5- إن الهواء الموجود في البالون مضغوط، لذلك سيزيد وزنه عن قوة الطفو الخاصة بالهواء المحيط، بينما كثافة الهيليوم أقل من الهواء لذا سيطفو البالون.

ملخص القسم

- إذا كانت قوة الطفو المؤثّرة في جسم ما مساوية أو أكبر من قوة الجاذبية المؤثّرة في هذا الجسم، سيطفو الجسم. إذا كانت قوة الطفو المؤثّرة في جسم ما أقل من قوة الجاذبية المؤثّرة في هذا الجسم، سيغوص الجسم.
- ينص مبدأ باسكال على أنّ الضغط المؤثّر في المائع ينتقل خلال المائع.
- ينص مبدأ برنولي على أنّه كلما زادت السرعة المتجهة [illegible] هذا المائ
- تُسمى مف

1. **الفكرة الرئيسة** **صِف** كيفية بذل الموائع للقوة على الأجسام.
2. **فسِّر** سبب طفو مركب من الفولاذ على الماء وغوص قالب من الفولاذ.
3. **فسِّر** لماذا يؤدي الضغط على زجاجة الكاتشب البلاستيكية إلى دفع الكاتشب إلى الخارج من الأعلى.
4. **صِف**، باستخدام مبدأ برنولي، طريقة رفع أسطح المباني في الأعاصير القمعية.
5. **التفكير الناقد** إذا نفخت بالونًا وربطته ثم أطلقته، فسيقع على الأرض. لماذا يقع بدلًا من أن يطفو؟ اشرح ما كان سيحدث لو احتوى البالون على الهيليوم بدلًا من الهواء.

6- تبلغ كتلة الماء المزاح $120cm^3 * 1.0\ g/m^3$ أو 120 g . وذلك يساوي 0.12 kg. تبلغ قوة الطفو $0.2\ kg * 9.8\ N/kg$ أو 1.2 N.

6. **احسب القوة** تبلغ كثافة الماء 1.0 g/cm³. ما حجم الماء بالكيلوجرام الذي يزيحه قالب مغمور يبلغ حجمه 120 cm³؟ تذكر أنّ 1.0 kg يزن 9.8 N على الأرض. ما قوة الطفو المؤثّرة في القالب؟
7. **حل المسألة** ما مقدار القوة الضرورية لرفع جسم يبلغ وزنه 21,000 N فوق مكبس تبلغ مساحته 0.060 m² إذا كانت مساحة المنصة التي تُرفع تبلغ 3.0 m²؟

$F_{\text{داخلة}} = F_{\text{خارجة}}\ A_{\text{داخلة}}/A_{\text{خارجة}} = (21.000N)(0.060m^2)/3.0m^2 = 420\ N$ (-7

McGraw-Hill Education محفوظة لصالح مؤسسة © الطبع والتأليف