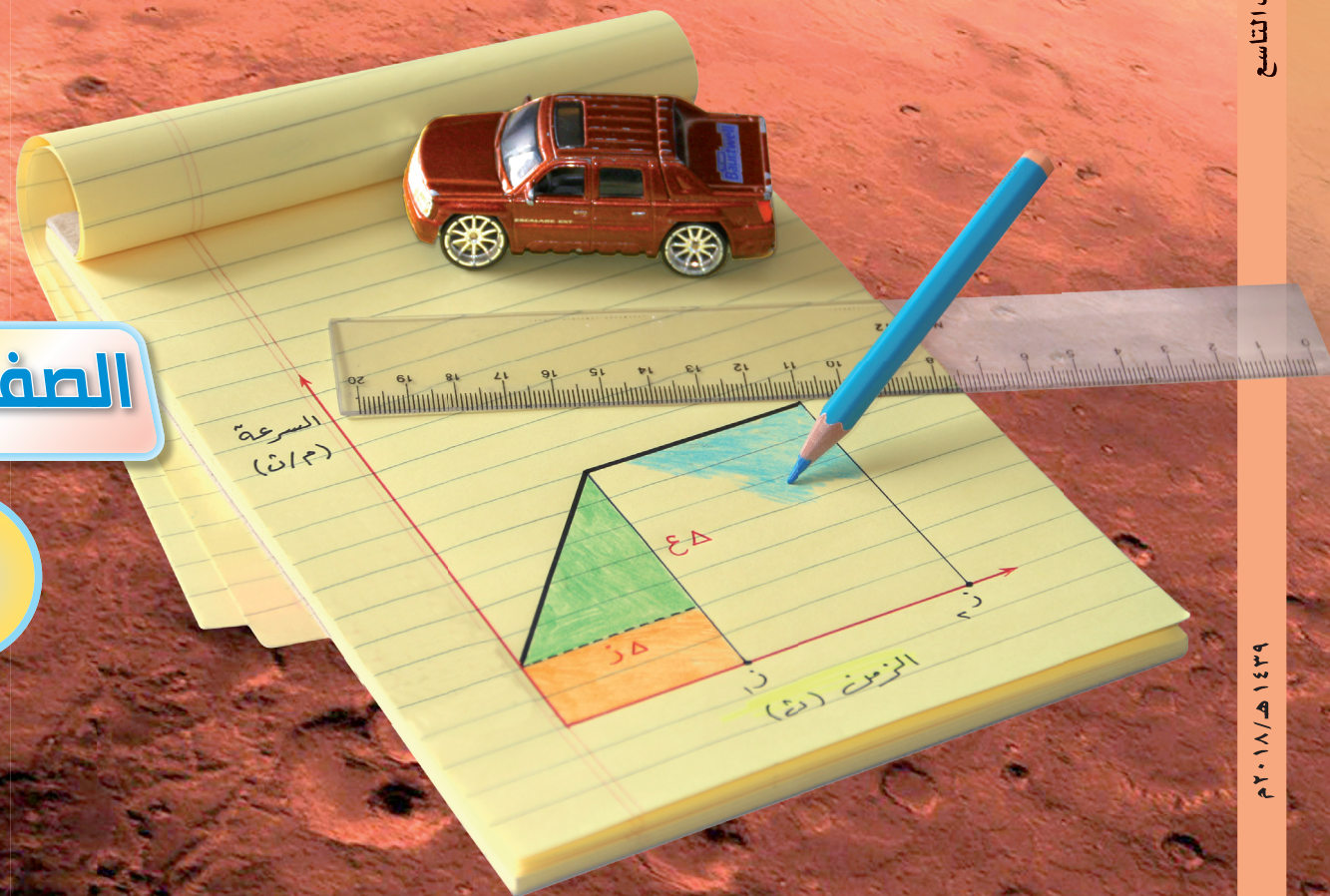


الفيزياء

الجزء الثاني

الصف التاسع

٩



الفيزياء

الجزء الثاني

الصف التاسع

١٤٣٩ هـ / ٢٠١٨ م

ISBN: 978-9957-84-629-9



9 789957 846299

الفهد



الفيزياء

الجزء الثاني

المصف التاسع ٩

الناشر
وزارة التربية والتعليم
إدارة المناهج والكتب المدرسية

يسر إدارة المناهج والكتب المدرسية استقبال آرائكم وملحوظاتكم على هذا الكتاب عن طريق العناوين الآتية:
هاتف : ٨ - ٥ / ٤١١٧٣٠ ، فاكس : ٤٦٣٧٥٦٩ ، ص.ب: ١٩٣٠ ، الرمز البريدي : ١١١١٨ ،
أو بوساطة البريد الإلكتروني: E-mail: Scientific.Division@moe.gov.jo

قرّرت وزارة التربية والتعليم تدرّيس هذا الكتاب في مدارس المملكة الأردنية الهاشمية جميعها، بناءً على قرار مجلس التربية والتعليم رقم (٢٠١٥/٣٧) تاريخ ٢٦ / ٣ / ٢٠١٥، بدءاً من العام الدراسي ٢٠١٥م / ٢٠١٦م.

الحقوق جميعها محفوظة لوزارة التربية والتعليم
ص . ب (١٩٣٠) عمّان - الأردن

رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية
(٢٠١٥/٥/٢٠٨٤)
ISBN: 978 - 9957 - 84 - 629 - 9

قام بتأليف هذا الكتاب كل من:
ميمي محمد التكروري، نجاح أحمد أبو شملة، حنان شوكت عبد اللطيف
وأشرف على تأليفه كل من:
أ.د. خلف عبد العزيز المساعيد (رئيساً)، د. جمال عبد الجليل شولي، بديع صالح الخطيب،
موسى محمود جرادات (مقرراً)

التحرير العلمي: موسى محمود جرادات	التحرير اللغوي: ميساء عمر الساريسي
التصميم: هاني سلطي مقطش	الرسم: موسى جرادات، هاني مقطش
التحرير الفني: نرمين داود العزة	الإنتاج: سليمان أحمد الخلايلة

دقق الطباعة وراجعها: شفاء طاهر عباس

١٤٣٦هـ / ٢٠١٥م

٢٠١٦ - ٢٠١٩م

الطبعة الأولى
أعيدت طباعته

قائمة المحتويات

الموضوع	الصفحة
المقدمة	
الوحدة الثانية: الميكانيكا	٥
الفصل الخامس: الآلات البسيطة	٦
١-٥ المستوى المائل	٨
٢-٥ الرافعة	١٤
٣-٥ البكرة	٢٠
٤-٥ كفاءة الآلة	٢٣
الوحدة الثالثة: الحرارة وآثارها في المواد	٣١
الفصل السادس: الحرارة والانتزان الحراري	٣٢
١-٦ درجة الحرارة وميزان الحرارة	٣٤
٢-٦ كمية الحرارة	٤٢
٣-٦ المخاليط الحرارية والانتزان الحراري	٥٣
الفصل السابع: آثار الحرارة في المواد	٦٨
١-٧ حالات المادة وتحولاتها	٧٠
٢-٧ التمدد الحراري	٨١
قواعد السلامة العامة في مختبر الفيزياء	١٠٢
الرموز الخاصة بالعمل المخبري	١٠٣
مسرد المصطلحات	١٠٤
المراجع	١٠٥



موضوعات إضافية

يتضمن هذا الكتاب موضوعات إضافية تُثري معرفة الطالب وتساعد على اتباع الأسلوب العلمي في التعلم وحل المشكلات، وتكوين صورة شاملة عن العلوم، وهي: (حقيقة علمية)، و(حل مشكلات)، و(التكامل بين الفيزياء وبعض العلوم الأخرى والمهن)، مثل: الكيمياء والفلك والطب والهندسة وغيرها، ويتضمن الكتاب موضوعات أخرى، هي: (الفيزياء والمجتمع)، و(الفيزياء والتكنولوجيا)؛ لمساعدة الطالب في ربط ما يتعلمه في حصّة الفيزياء داخل المدرسة بالحياة العملية اليومية، وأدرج في نهاية كلّ درس موضوع عنوانه التوسّع يحفّز الطالب إلى البحث والاطّلاع، وفي نهاية كلّ فصل مشروع عمليّ عنوانه: (مختبر الفيزياء)، بهدف تنمية المهارات العملية وتشجيع العمل التعاوني.

تنويه: نلفت انتباه زملائنا المعلمين وأبنائنا الطلبة إلى أنّ هذه الموضوعات جميعها لا تدخل في الاختبارات التقييمية للطالب.

الوَحدةُ الثَّانيةُ

الميكانيكا

MECHANICS

عند قيادة السيارة على
الطريق، هناك أمور كثيرة
لا بُدَّ من مراعاتها، ما دور
الفيزياء في ذلك؟



- ➔ هل يمكنُ سائقُ الشَّاحنةِ من إيقافِها في المكانِ المحدَّدِ، كما يفعلُ سائقُ السَّيَّارةِ الصَّغيرةِ؟
- ➔ عندما يلاحظُ السَّائقُ جسمًا على الطَّرِيقِ، وينوي إيقافَ الشَّاحنةِ، ما الأمورُ التي تعتمدُ عليها مسافةُ التَّوقُّفِ؟
- ➔ ما الموضوعاتُ الفيزيائيةُ التي تقترحُ أن تقومَ مراكزُ التَّدريبِ بتدريسها للسائقين؟

الآلات البسيطة Simple Machines

١-٥ المستوى المائل.

٢-٥ الرافعة.

٣-٥ البكرة.

٤-٥ كفاءة الآلة.

الأهمية

استخدم الرومان وغيرهم الآلات البسيطة منذ زمن بعيد، ولا يُعرف من اخترع أي من تلك الآلات. وما زالت الآلات البسيطة تستخدم حتى يومنا هذا لتسهيل حياة الإنسان.

بدأ الإبحار الشراعي منذ آلاف السنين حينما أمسك أحد البدائيين بقطعة جلدية في مواجهة الرياح، فوجد أنه يمكنه بذلك أن يوفر مجهود التجديف حينما تكون الرياح مواتية. ومع مرور القرون بُنيت السفن الكبيرة التي تسير بالشراع واستخدمت للصيد والتجارة والأغراض العسكرية. فاستبدلت أشعة منسوجة بقطع الجلد المستخدمة لمواجهة الهواء. وتطلب الأمر وجود الكثير من الأعمدة الخشبية والحبال لتحريك الأشعة حسب الزاوية المطلوبة، ثم أدخلت البكرات لتسهيل حركة الأشعة.

فكر: ما الآلات البسيطة الأخرى التي تتوقع أنها استخدمت قديماً في بناء السفن الشراعية؟

الآلات البسيطة من حولنا

نستخدم في حياتنا الكثير من الآلات التي تساعدنا على إنجاز أعمالنا، وربما يتبادر إلى الذهن أن الآلة جهاز ميكانيكي أو إلكتروني كالسيارة أو الحاسوب مثلاً، إلا أن الكثير من الأدوات البسيطة التي نستخدمها في حياتنا اليومية تعدُّ آلات، فالعتلة، والملقط، والمقص، كلها أمثلة على آلات بسيطة. أما السيارة والدراجة، وما يماثلهما، فهي آلات مركبة تحتوي في مكوناتها وأجزائها على العديد من الآلات البسيطة. إضافة إلى ما تعلمته سابقاً، ستتعرف في هذا الفصل أنواعاً محددة من الآلات البسيطة، ومبدأ عمل كل منها، والفائدة من استخدامها، وكيف تجعل إنجازنا الأعمال اليومية أكثر سهولة.

بعد دراستك هذا الفصل، يتوقع منك أن:

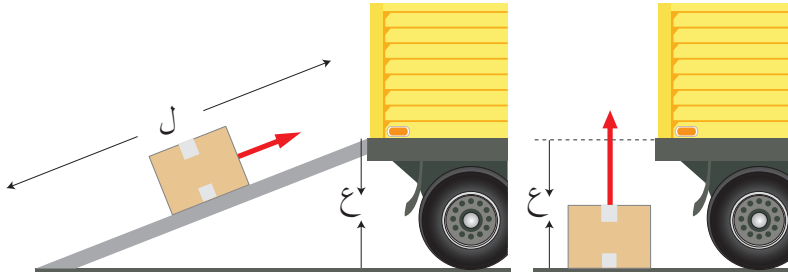
- ◀ توضّح المفاهيم المتعلقة بالآلات البسيطة (الرافعة مثلاً).
- ◀ توضّح المفاهيم المتعلقة بالآلات البسيطة (السطح المائل).
- ◀ توضّح المفاهيم المتعلقة بالآلات البسيطة (البكرة).
- ◀ توضّح الفائدة العملية من استخدام الآلة البسيطة في تقليل القوة.
- ◀ توضّح الفائدة العملية من استخدام الآلة البسيطة في تغيير اتجاه القوة.
- ◀ توضّح الفائدة العملية من استخدام الآلة البسيطة في تقليل المسافة المقطوعة.
- ◀ توضّح المقصود بكفاءة الآلة، وتبين أهمية وسائل التقليل من ضياع الطاقة في الآلة المركبة.

درست سابقاً عن الآلات البسيطة، واستخدمت الكثير منها في المدرسة وفي البيت. وإليك الآن تعريفها.

الآلة البسيطة: أداة تسهل علينا إنجاز الشغل، بتغيير مقدار القوة التي نؤثر فيها، أو اتجاه تلك القوة، أو كليهما معاً. ومن أبسط أشكال الآلة البسيطة المستوى المائل. يوضح الشكل (١-٥) طريقتين لوضع صندوق في شاحنة، في رأيك: أي الطريقتين أفضل؟

عند رفع الصندوق بسرعة ثابتة رأسياً إلى الأعلى لوضعه في الشاحنة، فإنه يلزم التأثير فيه بقوة تساوي وزنه، وعند سحبه على المستوى المائل حتى يوضع في الشاحنة، فإن القوة اللازمة لسحبه (ق) تكون أقل من وزنه. وفي هذه الحالة يُعدّ السطح المائل آلة بسيطة، إذ يمثّل وزن الصندوق **المقاومة**، وقوة سحب الشخص للصندوق على السطح المائل **تمثّل القوة**.

إنّ الفائدة من استخدام المستوى المائل تحققت في التأثير بقوة أقلّ من وزن الصندوق لرفعه إلى الشاحنة، في حين يلزم أن تكون القوة مساويةً لوزن الصندوق في حال عدم استخدام الآلة البسيطة.



الشكل (١-٥): المستوى المائل.

ولكن، ماذا عن الإزاحة التي تحرّكها الصندوق في كلتا الحالتين؟ وماذا عن الشغل الذي أنجزه الشخص على الصندوق في كلتا الحالتين أيضاً؟ للإجابة، نفذ النشاط (١-٥) الآتي:

نتائج الدرس

- توضح المفاهيم المتعلقة بالمستوى المائل.
- توضح فائدة استخدام المستوى المائل في تقليل القوة.
- تستقصي عملياً الفائدة الآلية للمستوى المائل.
- تعدّد بعض التطبيقات العملية على المستوى المائل.

نشاط تمهيدي

الشكل (١-٥) يوضح طريقتين لتحميل صندوق في شاحنة، أي الطريقتين أفضل؟

فكرة مضيئة

يمكن لشخص واحد باستخدام المستوى المائل أن يرفع جسمًا ثقيلًا لا يمكن لمجموعة أشخاص رفعه دون استخدام المستوى المائل.

المستوى المائل

هدفُ النشاط: استقصاء الفائدة الآلية والشغل المنجز للمستوى المائل.
الأدوات: ميزان نابضي، عربة ميكانيكية، شريط قياسٍ مترّي، مستوى مائلٌ أملس.
خطوات تنفيذ النشاط:

الرفع باستخدام المستوى المائل:

- ١- ركب أدوات التجربة كما في الشكل (٥-٢/أ)، وأنشئ جدولاً مماثلاً للجدول (٥-١)، لتدوّن فيه النتائج التي ستوصل إليها.
- ٢- ثبت الميزان النابضي بالعربة، ثم اسحبها بسرعة ثابتة نحو أعلى المستوى المائل من أسفله إلى أعلاه، كما في الشكل (٥-٢/أ).
- ٣- بينما تحاول تثبيت سرعة العربة وقوة السحب، اطلب من زميلك رصد قراءة الميزان، ثم دوّنها في الجدول (٥-١).
- ٤- قس المسافة التي تحركتها العربة (طول المستوى المائل)، ودوّن القياس في الجدول.

الرفع رأسياً إلى الأعلى:

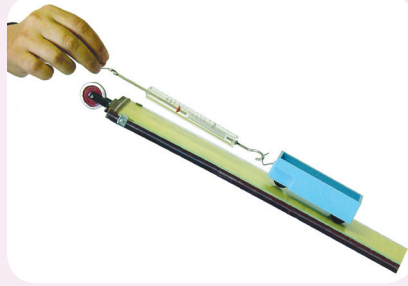
- ١- علق العربة بالميزان وارفعها قليلاً بسرعة ثابتة، ملاحظاً قراءة الميزان في أثناء ذلك، ثم أكمل رفع العربة رأسياً إلى أعلى حتى تصبح عند أعلى المستوى المائل، مع المحافظة على ثبات القراءة، انظر الشكل (٥-٢/ب).
- ٢- قس المسافة التي تحركتها العربة (ارتفاع المستوى المائل) ثم دوّن القياس في الجدول.
- ٣- جد كتلة العربة، ثم احسب وزنها (المقاومة)، ودوّن في الجدول.

الجدول (٥-١): الفائدة الآلية.					
الطريقة	القوة (نيوتن)	المقاومة (نيوتن)	المسافة (م)	الشغل (جول)	نسبة م/ق
المستوى المائل					
الرفع رأسياً					

- ٤- أكمل الجدول السابق، بحساب الشغل، ونسبة المقاومة إلى القوة لكل طريقة رفع. ثم أجب عن الأسئلة الآتية:
- أيّ الطريقتين يكون فيها مقدار القوة أقل؟



الشكل (٥-٢/ب).



الشكل (٥-٢/أ): نشاط (٥-١).

- أيّ الطريقتين يستمرُّ تأثيرُ القوَّةِ فيها مسافةً أكبرَ؟
- قارنْ بين الشَّغلِ المبذولِ في كلتا الطريقتين. ماذا تستنتجُ؟
- قارنْ بين نسبةِ المقاومةِ (وزنِ العربةِ) إلى القوَّةِ المؤثِّرةِ، في كلتا الطريقتين، ماذا تستنتجُ؟

عند إجابتك عن أسئلة النشاط تلاحظ أنَّ استخدام المستوى المائل الأملس لرفع الأجسام يسهل علينا إنجاز الشغل عن طريق التأثير بقوة أقل من وزن الجسم (المقاومة). أي إن نسبة المقاومة إلى القوة عند استخدام المستوى المائل تكون أكبر منها في حال رفع الأجسام رأسياً، وتعرف هذه النسبة بالفائدة الآلية (Mechanical Advantage)، وبعبارة أخرى فإن:

الفائدة الآلية = ناتج قسمة المقاومة على القوة

$$\text{الفائدة الآلية} = \frac{م}{ق}$$

عند استخدامنا مستوى مائلاً فائدته الآلية تساوي ٢، فهذا يعني أننا نرفع الجسم بالتأثير فيه بقوة تساوي نصف وزنه فقط؛ لأن طوله يساوي مثلي ارتفاعه؛ فالجسم الذي وزنه ٥٠ نيوتن، نحتاج إلى قوة مقدارها ٢٥ نيوتن لرفعه. وكلما زادت الفائدة الآلية، قل مقدار القوة اللازمة.

سؤال: هل توجد وحدة للفائدة الآلية؟ فسّر إجابتك.

عند مقارنة الشغل المبذول في حال رفع الجسم رأسياً، بالشغل المبذول باستخدام المستوى المائل الأملس، نجد أنَّ الشغل متساوٍ في الحالتين، وقد لاحظنا ذلك في النشاط (٥-١)، فاستخدام الآلة هنا، لا يجعل الشغل المطلوب أقل.

فالشغل الرأسي يساوي الشغل بوساطة المستوى المائل الأملس، مع العلم بأن المستوى المائل لا يؤلّد طاقة.

مستوى مائل أملس طوله؛ ٤م، استخدم لرفع عجلة كتلتها ٣٥ كغ، ولزم لذلك التأثير بقوة ٧٠ نيوتن، بإهمال الاحتكاك. احسب:

١- الفائدة الآلية للمستوى المائل.

٢- الشغل الذي بُذل على العجلة.

الحل

$$(١) \text{ المقاومة} = \text{الوزن} = \text{ك ج} = ٣٥ \times ١٠ = ٣٥٠ \text{ نيوتن.}$$

$$\frac{\text{المقاومة}}{\text{القوة}} = \text{الفائدة الآلية}$$

$$٥ = \frac{٣٥٠}{٧٠} = \text{الفائدة الآلية}$$

$$(٢) \text{ الشغل} = \text{القوة} \times \text{المسافة} = ٧٠ \times ٤ = ٢٨٠ \text{ جول.}$$

ما الذي يزيد من الفائدة الآلية للمستوى المائل؟ وبذا، فإن زيادة الفائدة الآلية للمستوى المائل، تتطلب زيادة الطول (ل)، وهي المسافة التي يتحركها الجسم.

$$م \times ق = ع \times ل$$

حيث: ق: القوة، م: المقاومة، ع: ارتفاع المستوى المائل، ل: طول المستوى المائل.

$$\text{أي إن: الفائدة الآلية} = \frac{م}{ق} = \frac{ل}{ع}$$

يسحبُ صبيُّ لعبةَ سيّارةٍ كتلتها ٠,٩ كغ، بواسطة خيطٍ مِنْ أسفلِ مستوى مائلٍ أملسٍ إلى أعلاه، كما في الشّكل (٥-٣). بقوةٍ شدِّ مقدارُها ٦ نيوتن، مسافةً ١,٢ م. احسبْ كلاً مِنْ:

١- الفائدةُ الآليّةُ للمستوى المائلِ.

٢- الارتفاعُ الرأسيُّ الَّذي وصلتْ إليه السيّارةُ.

الحلُّ

المقاومةُ = الوزنُ = ك ج = $٠,٩ \times ١٠ = ٩$ نيوتن

$$(١) \text{ الفائدةُ الآليّةُ} = \frac{\text{المقاومة}}{\text{القوة}}$$

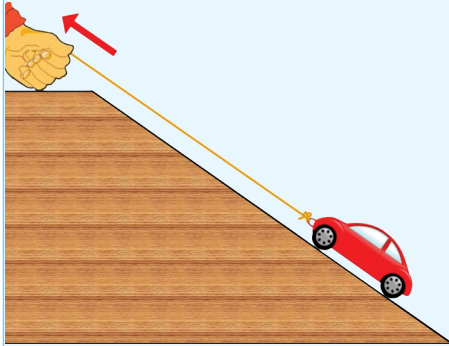
$$١,٥ = \frac{٩}{٦} =$$

(٢) الارتفاعُ الرأسيُّ للسيّارة:

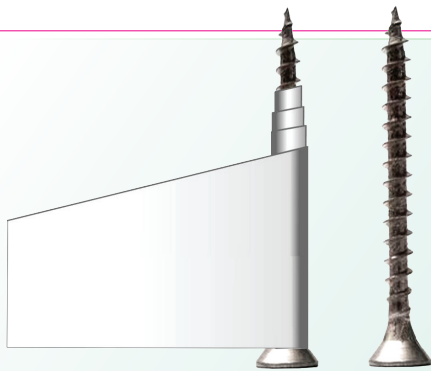
$$\frac{\text{ل}}{\text{ع}} = \text{الفائدةُ الآليّةُ}$$

$$\frac{١,٢}{\text{ع}} = ١,٥$$

$$\text{ع} = \frac{١,٢}{١,٥} = ٠,٨ \text{ م}$$



الشّكل (٥-٣): مثال (٥-٢).



الشّكل (٥-٤): تفكيرٌ ناقِدٌ.

تفكير ناقِد

عندَ طلبِكَ مِنْ أَحَدِ الزملاءِ ذِكرَ تطبيقاتٍ عمليّةٍ تتضمّنُ الاستخدامَ اليوميّ للمستوى المائلِ. أخبرَكَ بأنَّ البرغيّ تطبيقٌ عمليّ. لاحظِ الشّكلَ (٥-٤)، ثمّ حاولْ إثباتَ صحّةِ كلامِ زميلِكَ.



الشكل (٥-٥): الآثار الرومانية في مدينة جرش.

توجد العديد من النظريات التي تحاول تفسير الطريقة التي بنى بها قدماء المصريين الأهرامات. وأشهر الفرضيات التي تناولت هذا الموضوع، فرضية المستوى المائل، ابحث في مصادر المعرفة المختلفة لتوصل إلى تصوّر شامل حول فرضية المستوى المائل في بناء الأهرامات، ثم حاول استخدامها في فهم الطريقة التي بنى بها الرومان الأعمدة والآثار الرومانية الأخرى في مدينة جرش الأثرية.

مراجعة الدرس (١-٥)

- ١- عرّف المستوى المائل، واذكر أمثلة من الواقع على استخداماته.
- ٢- ماذا نقصد بقولنا إنّ الفائدة الآلية لمستوى مائل تساوي ٣؟ وهل يلزم استخدام وحدة قياس لمقدار الفائدة الآلية؟
- ٣- المستوى المائل لا يولّد طاقة. إذن، كيف يفيد في تقليل القوة المؤثرة للرفع مسافة معينة؟
- ٤- **تفكير ناقد:** فسّر، كيف يكون حدّ السكّين مستوى مائلاً مزدوجاً؟

كيفَ تمكّن الإنسان قديماً من رفع الأجسامِ الثقيلة؟ ما الأدوات التي استخدمها؟

تعدُّ **الرَّافعةُ** مِنْ أقدمِ الآلاتِ البسيطةِ، وتتألفُ مِنْ ساقٍ صُلْبَةٍ قابلةٍ للدَّورانِ حولَ نقطةٍ. يبيّنُ الشكلُ (٦-٥) الرَّافعةَ في أبسطِ أشكالِها، التي تُعرفُ بالعتلةِ، وتستعملُ لقلعِ الصَّخُورِ، وتحريكِ الأجسامِ الثقيلةِ بأقلِّ قوَّةٍ ممكنةٍ. ويقومُ مبدأُ عملِها على التأثيرِ بقوَّةٍ عندَ أحدِ طرفي السَّاقِ، فتدورُ السَّاقُ حولَ **نقطةِ الارتكازِ**، ويرتفعُ الثَّقُلُ عندَ الطَّرَفِ الآخرِ للسَّاقِ. تُسمَّى المسافةُ بينَ نقطةِ تأثيرِ القوَّةِ ونقطةِ الارتكازِ **ذراعَ القوَّةِ**، وتُسمَّى المسافةُ بينَ نقطةِ تأثيرِ المقاومةِ ونقطةِ الارتكازِ **ذراعَ المقاومةِ**. للتَّوصُّلِ إلى قانونِ الرَّافعةِ، وتعرِّفِ الفائدةِ الآليَّةِ لها نفذِ التَّشاطِ الآتي:

نتائجُ الدَّرسِ

- توضُّحُ المفاهيمِ المتعلقةِ بالرَّافعةِ.
- توضُّحُ الفائدةِ العمليَّةِ من استخدامِ الرَّافعةِ.
- استخدامُ قانونِ الرَّافعةِ في حلِّ مسائلٍ حسابيةٍ.

نشاطٌ تمهيديٌّ

يبيّنُ الشكلُ (٦-٥) الاستخدامَ القديمَ للعتلةِ. ما الاستخداماتُ الجديدةُ لهذه الآلةِ البسيطةِ؟



الشكل (٦-٥): العتلة.

نشاط (٢-٥)

الرَّافعةُ

هدفُ النشاط: استقصاءُ قانونِ الرَّافعةِ، والفائدةِ الآليَّةِ عمليّاً. الأدواتُ: مسطرةٌ مَترِيَّةٌ خشبيَّةٌ، ومجموعةُ أثقالٍ مختلفةٍ (نموذجُ رافعةٍ بسيطةٍ).

خطواتُ تنفيذِ النشاط:

١- أنشئ جدولاً مُمَثِّلاً للجدولِ (٢-٥)، لتدوّن فيه النتائج التي ستوصلُ إليها.

فكرةٌ مضيئةٌ

تُصنّفُ الرّوافعُ حسب الحاجةِ إلى استخداماتها؛ فمنها ما تستخدمُ لمضاعفةِ القوَّةِ، ومنها ما تستخدمُ للدقّةِ وتقليلِ المسافةِ، ومنها ما تستخدمُ لتغييرِ اتجاهِ القوَّةِ.

الجدول (٥-٢): قانون الرافعة

القوة (نيوتن)	ذراع القوة (م)	القوة × ذراعها	المقاومة (نيوتن)	ذراع المقاومة (م)	المقاومة × ذراعها

٢- علق المسطرة من منتصفها بحيث تكون متزنة أفقياً وقابلة للدوران حول نقطة التعليق.

٣- علق ثقلاً على أحد طرفي المسطرة وسمه القوة.

٤- استخدم ثقلاً آخر وسمه المقاومة، ثم ابحث عن نقطة أخرى على المسطرة، تعلقه بها لتعود المسطرة إلى حالة الاتزان مرة أخرى، انظر الشكل (٥-٧).

٥- قس طول ذراع القوة، ودونه في الجدول.

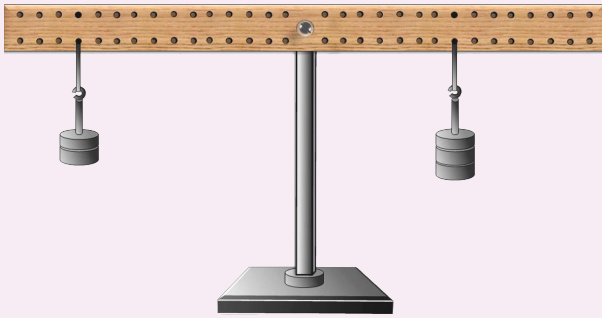
٦- قس طول ذراع المقاومة، ودونه في الجدول.

٧- غير مقدار القوة المعلقة مرات عدة،

وكرر الخطوات السابقة، مع تدوين النتائج كل مرة.

٨- جد حاصل ضرب القوة في ذراعها،

وحاصل ضرب المقاومة في ذراعها، ثم دونهما في الجدول.



الشكل (٥-٧): نشاط (٥-٢).

تأمل الجدول، وقارن النتائج التي توصلت

إليها. ما العلاقة الرياضية التي يمكنك استنتاجها؟ ما الفائدة الآتية للرافعة؟

لعلك لاحظت أن الرافعة تكون في وضع اتزان، بعد اختيار المكان المناسب لتعليق المقاومة في كل محاولة، وأن حاصل ضرب القوة في طول ذراعها، في كل محاولة كان مساوياً لحاصل ضرب المقاومة في طول ذراعها، أي إن:

$$\text{القوة} \times \text{ذراع القوة} = \text{المقاومة} \times \text{ذراع المقاومة}$$

$$Q \times L_Q = M \times L_M$$

تُسمى هذه العلاقة **قانون الرافعة**، وهي تنطبق على الروافع جميعها. وكما هو الحال بالنسبة إلى المستوى المائل وغيره من الآلات البسيطة، فإنَّ النسبة بين المقاومة والقوة تمثل الفائدة الآلية، التي تُعطى بالعلاقة الرياضية الآتية:

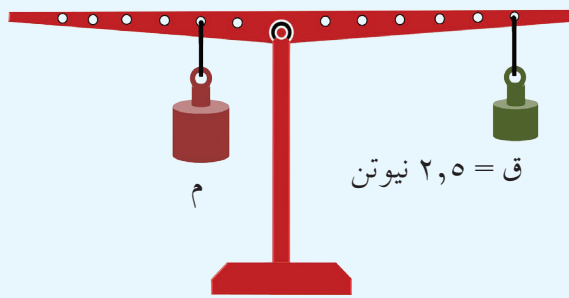
$$\frac{\text{المقاومة}}{\text{القوة}} = \text{الفائدة الآلية}$$

ومن العلاقة التي تُعرف بقانون الرافعة، نجد أنَّ:

$$\frac{L_q}{L_m} = \frac{Q}{P} = \text{الفائدة الآلية}$$

مثال (٣-٥)

يبيِّن الشكل (٨-٥) ساقًا فلزيَّةً مثقَّبةً على مسافاتٍ متساويةٍ (١٠ سم)، مُعلَّقٌ فيها جسمان (ق، م). اعتمادًا على البيانات المدوَّنة على الشكل، احسب ما يأتي علمًا بأنَّ السَّاقَ متزنَّة:



الشكل (٨-٥): مثال (٤-٥).

١- الفائدة الآلية للرافعة.

٢- وزن الجسم الثاني (م).

الحلُّ

$$(١) \text{ الفائدة الآلية} = \frac{L_q}{L_m} = \frac{0.6}{0.2} = 3$$

$$(٢) Q \times L_q = P \times L_m$$

$$0.6 \times 2.5 = 0.2 \times P$$

$$P = \frac{(0.6 \times 2.5)}{0.2} = 7.5 \text{ نيوتن.}$$

تتعدَّد أشكال الروافع التي نستخدمها في حياتنا اليومية، تبعًا لأغراض استخدامها، وتتشابه جميعها في وجود نقطة ارتكاز، وذراع للقوة وذراع للمقاومة، إلا أنَّها تختلف عن بعضها في موقع نقطة الارتكاز، تبعًا للغرض من استخدامها. تأمل الشكل (٩-٥)، الذي يبيِّن بعض الأدوات التي نستخدمها في حياتنا اليومية -وتعدُّ جميعها روافع- ثمَّ أجب عن الأسئلة التي تليه:

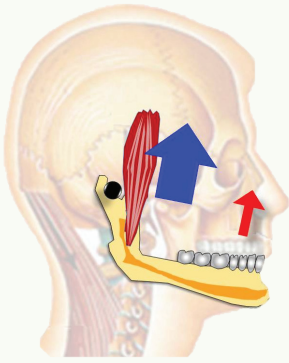


الشكل (٥-٩): أدوات نستخدمها في حياتنا اليومية.



التكامل مع العلوم الحياتية

يستند جسم الإنسان إلى الجهاز الهيكلي، الذي يتكون من العظام والعضلات، ويحتوي هذا الجهاز على الكثير من الروافع، وأقوى عضلة في الجسم هي عضلة الفك التي تشد الفك السفلي إلى أعلى بقوة كبيرة جداً، لكن مسافة انقباض العضلة محدودة، إذ تقع نقطة تأثيرها بين نقطة الارتكاز (مفصل الفك)، ونقطة تأثير المقاومة (الأسنان)، وعلى مسافة قريبة من نقطة الارتكاز، مما يعني أن الفائدة الآلية لهذه الرافعة أقل بكثير من الواحد. انظر الشكل (٥-١٠).



الشكل (٥-١٠): التكامل مع العلوم الحياتية.

- تعرّف القوة، محدداً نقطة تأثيرها في كل آلة.
 - تعرّف المقاومة، محدداً نقطة تأثيرها في كل آلة.
 - تعرّف نقطة الارتكاز، محدداً موقعها بالنسبة إلى نقطتي تأثير كل من القوة والمقاومة في كل آلة.
 - حدّد الطريقة التي تساعدنا كل آلة بها، لتسهيل إنجاز العمل.
 - صنّف الآلات المبينة في الشكل إلى مجموعات؛ حسب مواقع نقاط ارتكازها.
- لعلك لاحظت بعد تصنيفك الروافع المبينة في الشكل (٥-٩)، أنها تقع في مجموعات ثلاث:

١- المجموعة الأولى

روافع تستخدم لتغيير اتجاه القوة ومقدارها، مثل المقص والميزان. وفيها تقع نقطة الارتكاز بين القوة والمقاومة، وقد تكون في منتصف المسافة بينهما، أو أقرب إلى أي منهما.

٢- المجموعة الثانية

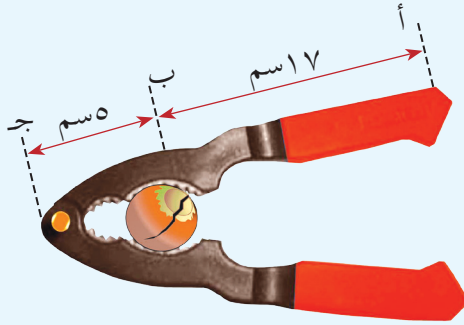
روافع تُستخدم لمضاعفة القوة، مع الحفاظ على الاتجاه، مثل عربة البناء وفتّاحة الزجاجات، وفيها تقع نقطة الارتكاز على طرف الرافعة، تليها المقاومة ثم القوة، فيكون ذراع القوة أكبر من ذراع المقاومة، والفائدة الآلية أكبر من الواحد.

٣- المجموعة الثالثة

روافع تستخدم للدقة والحماية، وهي تحتاج إلى التأثير بقوة أكبر من المقاومة، ولا تغيّر من اتجاه القوة، مثل: الملقط، تقع نقطة الارتكاز على طرف الرافعة، ثم تليها القوة ثم المقاومة، فيكون ذراع المقاومة أكبر من ذراع القوة، والفائدة الآلية أقل من الواحد. والتعميم الآتي ينطبق على الروافع عمومًا؛ كلما قلّ طول ذراع المقاومة، زادت الفائدة الآلية.

مثال (٥-٤)

يبين الشكل (٥-١١) كسّارة بندقي، وهي رافعة تستخدم لتكسير الثمار القاسية. معتمدًا على البيانات المدونة على الشكل، أجب عما يأتي:



١- حدّد موقع نقطة الارتكاز، وطول ذراع القوة، وطول ذراع المقاومة.

٢- احسب الفائدة الآلية لهذه الرافعة.

الحل

(١) النقطة (ج) تمثل نقطة الارتكاز، طول ذراع القوة يساوي ٢٢ سم، طول ذراع المقاومة يساوي ٥ سم.

$$(٢) \text{ الفائدة الآلية} = \frac{\text{ذراع القوة}}{\text{ذراع المقاومة}} = \frac{٢٢}{٥} = ٤,٤$$



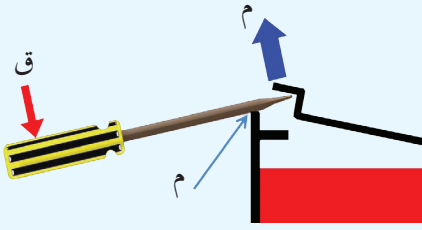
الشكل (٥-١٢ أ): مثال (٥-٥).

مثال (٥-٥)

حاول أحمد فتح علبة الدهان بيده، فلم يتمكن من ذلك، فاستخدم مفك البراغي كما في الشكل (٥-١٢ أ)، بين على الشكل نقطة تأثير القوة ونقطة الارتكاز، ثم حدّد

المقاومة، والفائدة الآلية (أكبر أو أقل من واحد).

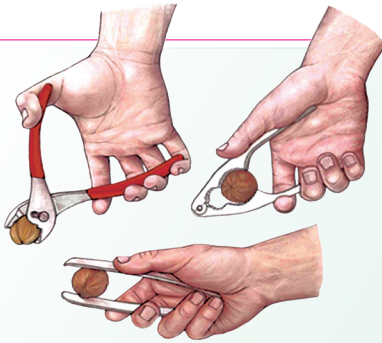
الحل



الشكل (٥-١٢/ب): مثال (٥-٥).

ارتكاز المفك على حافة العلبة، يُمثل نقطة الارتكاز، ودفع اليد إلى الأسفل. (السهم الأحمر) يُمثل القوة، وغطاء العلبة المندفع إلى الأعلى (السهم الأزرق) يُمثل المقاومة.

يتضح من الشكل أن طول ذراع القوة أكبر من طول ذراع المقاومة، أي أن الفائدة الآلية أكبر من واحد؛ فقوة الضغط على المفك إلى الأسفل أقل بكثير من القوة التي تلزمنا للتأثير فيها لو حاولنا سحب الغطاء إلى الأعلى بأطراف الأصابع.



الشكل (٥-١٣): تفكير ناقد.

تفكير ناقد

يبين الشكل (٥-١٣) محاولة لكسر حبة جوزٍ باستخدام ثلاث أدوات، تُعد جميعها آلات بسيطة. أي منها يلزم التأثير فيها بقوة أقل لكسر حبة الجوز؟ فسّر إجابتك.

التوسع

بعد اطلاعك على وظيفة عضلات الفك في تحريك عظم الفك على شكل رافعة، اطلع على تركيب جسم الإنسان في كتب العلوم الحياتية، وحاول حصر أمثلة أخرى على الروافع، موضحاً كيف تعمل كل منها، لتقدّر نعم الله علينا، ومنها: هذا الجسد المبني بدقة وإتقان، فسبحان الله!

مراجعة الدرس (٥-٢)

- ١- فيم تختلف أنواع الروافع عن بعضها؟
- ٢- ما أهمية نقطة الارتكاز في الرافعة، وما أثر موقعها على مقدار القوة اللازمة؟
- ٣- كيف يمكنك زيادة الفائدة الآلية للرافعة؟
- ٤- **تفكير ناقد:** فكر بطريقة يمكنك بها فك الإطار المطاطي عن الإطار الحديدي لعجلة دراجتك.

لعلك لاحظت عمالاً يقفون فوق سطحٍ بنايةٍ، ويستخدمون الحبال لرفع أجسامٍ ثقيلةٍ من سطح الأرض إلى أعلى، فما الأخطار التي يتعرض لها هؤلاء العمال؟ للوقاية من هذه الأخطار، فقد استخدمت البكرة منذ القدم لرفع الأجسام.

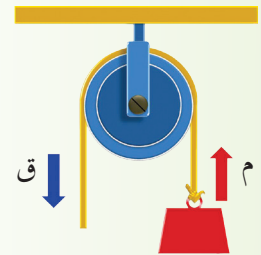
نُعَدُّ **البكرة** من أشهر الآلات البسيطة وأقدمها، وهي تتكون من قرص قابل للدوران حول محور، يلتف حولها حبلٌ خلال مجرى خاص. نعلّق بإحدى نهايتي الحبل المقاومة، وتؤثر قوة الشد في نهايته الأخرى. وقد استخدمت البكرة المفردة الثابتة (Fixed Pulley) أولاً من أجل السلامة، كما في الشكل (٥-١٤)، حيث يتساوى الشد في طرفي الحبل، أي إن وضع الاتزان يحدث في أثناء رفع الحمل عندما تتساوى القوة مع المقاومة، وتكون الفائدة الآلية مساويةً للواحد. إذن، ما الفائدة العملية من استخدام البكرة المفردة؟ لعلك حاولت رفع جسمٍ ثقيلٍ بسحبه إلى الأعلى باستخدام حبلٍ، وأنت تقف وتنظر إلى الأسفل، أليس الأمر صعباً وخطيراً؟ ماذا لو تمكنت من عكس اتجاه القوة، بحيث تشد الحبل إلى الأسفل، (يساعدك وزن جسمك على ذلك) ويرتفع الثقل إلى الأعلى. هذا ما تفعله البكرة الثابتة، إنها تعكس اتجاه القوة فقط، وتجعل إنجاز الشغل أكثر سهولةً وأماناً.

نتائج الدرس

- توضّح المفاهيم المتعلقة بالبكرة.
- توضّح الفائدة العملية من استخدام البكرة في تقليل القوة.
- توضّح أهمية استخدام البكرة في عكس اتجاه القوة.
- تستنتج العلاقة بين عدد الحبال والفائدة الآلية لنظام من البكرات.

نشاط تمهيدي

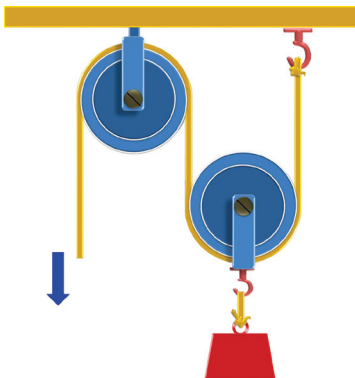
تأمّل الشكل (٥-١٤)، ثم بيّن الفائدة العملية من استخدام بكرة مفردة ثابتة.



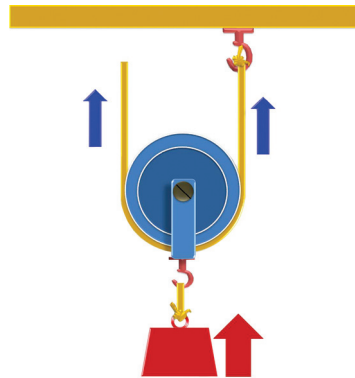
الشكل (٥-١٤): البكرة الثابتة.

فكرة مضيئة

يُستعمل نظام من بكرتين وحزام مطاطي لنقل الحركة الدورانية من محورٍ إلى آخر؛ كما في أجهزة التسجيل، والغسالة، ومروحة السيارة.



الشكل (٥-١٦): نظام بكرتين.



الشكل (٥-١٥): البكرة المتحركة.

عند الحاجة إلى رفع أجسام ثقيلة باستخدام قوة أقل من الوزن، تُستخدم **بكرة متحركة (Movable Pulley)**، كما في الشكل (٥-١٥)، فيصبح الثقل معلقاً بحبلين؛ طرف الحبل المثبت بالسقف يحمل نصف الثقل، والعامل الذي يسحب الطرف الحر يحمل النصف الآخر للثقل، أي إن البكرة المتحركة تضاعف القوة مرتين، فالقوة تساوي نصف الوزن، **والفائدة الآلية** لهذا النظام تساوي (٢)، ولكن، ألا تلاحظ أن سحب الحبل أصبح نحو الأعلى، وأن الأمر عادَ خطراً؟ لذلك تُضاف بكرة ثابتة من أجل السلامة، تُثبت بالسقف، ويمرُّ حولها الحبل، ليصبح الشدُّ نحو الأسفل، انظر الشكل (٥-١٦). قارن بين الفائدة الآلية للنظام المبين في الشكل (٥-١٦) والفائدة الآلية للنظام المبين في الشكل (٥-١٥)، ماذا تستنتج؟

الفيزياء والمجتمع



الشكل (٥-١٧): البكرات المستخدمة في السفن القديمة.

استخدمت البكرة منذ زمنٍ طويل، فكانت تُصنع من الخشب، لتشدَّ فوقها الحبال التي ترفع بها أشرعة السفن القديمة، ولولا البكرة ما تمكن البحارة من رفع الأشرعة وإنزالها بسهولة، ولتطلب الأمر أن يصعد أحدهم فوق ساري السفينة ليسحب الشراع إلى الأعلى، انظر الشكل (٥-١٧).



الشكل (٥-١٨): البكرات المستخدمة في الروافع الضخمة.

أما حديثاً، فقد استخدمت مجموعات من البكرات الثابتة والمتحركة ضمن نظام واحد في الروافع الضخمة، بحيث تُشدَّ فوقها حبال فولاذية قوية، فتضاعف القوة مراتٍ عدّة، بفعل الفائدة الآلية للبكرات المتحركة، حتى تتمكن الرافعة من رفع الحمولات الكبيرة بسهولة ويسر، كما في بناء الجسور وتفريغ البواخر، انظر الشكل (٥-١٨).

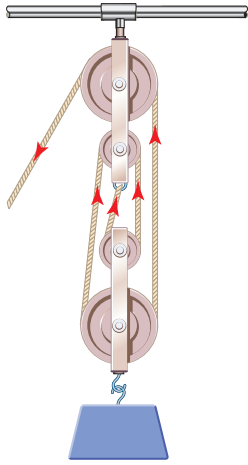
استقصاء



الشكل (١٩-٥): استقصاء.

استخرج أكبر عدد ممكن من الآلات البسيطة التي توجد في الدراجة الهوائية، انظر الشكل (١٩-٥). تذكر أن الدراجة تتكون من أجزاء، منها: المقود، والعجلة، والبدالات، وناقل الحركة، وتروس مسننة، وذراع الفرامل.

التوسع



الشكل (٢٠-٥): التوسع.

يبيّن الشكل (٢٠-٥) نظام بكرات، حدّد عدد البكرات فيه، وعدد الحبال التي تشد الثقل نحو الأعلى، ثم استنتج علاقة رياضية تربط الفائدة الآلية لهذا النظام بعدد الحبال التي تحمل الوزن.

مراجعة الدرس (٣-٥)

- ١- لماذا تكون الفائدة الآلية للبكرة المفردة تساوي (١)؟
- ٢- وضح كيف تعمل البكرة المتحركة على مضاعفة القوة.
- ٣- ما العلاقة بين عدد الحبال التي تحمل الثقل إلى الأعلى والفائدة الآلية للنظام؟
- ٤- **تفكير ناقد:** فسّر: لماذا تضاف بكرة ثابتة للبكرة المتحركة؟

نتائج الدرس

- توضّح المقصود بكفاءة الآلة.
- تفسّر عدم وصول كفاءة آلة إلى (١٠٠٪).
- تبين أهمية وسائل التقليل من ضياع الطاقة في الآلة المركبة.

نشاط تمهيدي

إحضار بيليا قديمة وأخرى جديدة، ثم تحريك كل منهما بتدويرها حول محورها ومقارنة زمن استمرار كل منهما بالدوران.

فكرة مضيئة

يتوجّه العالم حديثاً لاستخدام السيارات الهجينة التي تعمل بشكل جزئي على محرك كهربائي تصل كفاءته إلى (٨٠٪) مقارنة مع كفاءة محرك الوقود التي لا تزيد عن (٣٥٪).

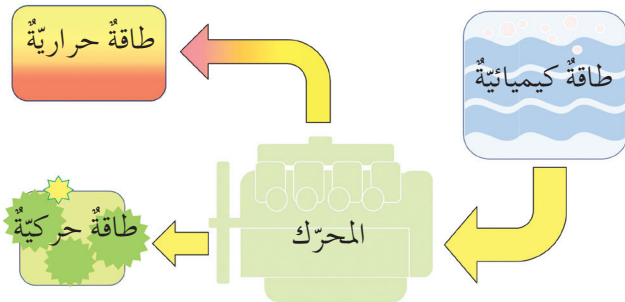
يتبين مما سبق أنّ الآلات تسهّل علينا إنجاز الأعمال، فما الذي يجعل الآلة تعمل؟ هل يتفق عمل الآلة مع مبدأ حفظ الطاقة؟ هل توجد آلة مثالية؟

إنّ الآلة البسيطة لا تنتج الطاقة من تلقاء نفسها، فهي تحوّل اتجاه القوة، أو مقدار القوة أو كليهما معاً، وهي في الواقع لا تنجز الشغل بمقدار مساوٍ للشغل المبذول عليها، بل إنّهُ يكون أقلّ، أيّ إنّها ليست مثالية، فهناك طاقة ضائعة، ونسبة الشغل المنجز إلى الشغل المبذول، تكون دائماً أقلّ من (١٠٠٪)، ويعود ذلك إلى ضياع الطاقة عند استخدام الآلة البسيطة بسبب قوة الاحتكاك، ممّا يجعلها غير مثالية، فالمستوى المائل والبكرة والرافعة وغيرها من الآلات البسيطة، ليست مثالية بسبب الاحتكاك.

يطلق على النسبة المئوية للطاقة المفيدة الخارجة من الآلة، إلى الطاقة الداخلة فيها اسم **كفاءة الآلة**. وبما أنّ الطاقة الداخلة تقاس بمقدار الشغل المبذول على الآلة، والطاقة الخارجة تقاس بمقدار الشغل الناتج المفيد، فإنّه يمكن التعبير عن الكفاءة رياضياً، كالآتي:

$$\text{الكفاءة} = \frac{\text{الشغل الناتج}}{\text{الشغل المبذول}} \times 100\%$$

كذلك الحال بالنسبة إلى الآلة المركبة؛ إذ يجب أن تزود بالطاقة حتى تُنجز الشغل، فهي غير منتجة للطاقة، بل تعمل على تحويل الطاقة الداخلة فيها إلى شكل آخر من أشكال الطاقة، يكون مفيداً في إنجاز الشغل، مثل تحريك



الشكل (٥-٢١): تحولات الطاقة في محرك السيارة.

الأجسام. فمحرك السيارة مثلاً، يُحوّل الطّاقة الكيميائيّة في الوقود إلى طاقة حركيّة مفيدة، إلى جانب تحويل جزء كبير من الوقود إلى طاقة حراريّة غير مفيدة، ممّا يجعل كفاءة المحرك غير كاملة. والرّسم التوضيحي (٥-٢١) يبيّن تحويلات الطاقة في محرك السيارة.

يُعزى ضياع (فقدان) الطّاقة إلى أسباب عدّة، أهمّها وجود الاحتكاك بين أجزاء الآلة، وهناك أشكال أخرى لضياع الطّاقة، تتعلّق بالآلة نفسها، وطريقة عملها، مثل الحرارة. تأسيساً على ذلك، لا توجد آلة مثاليّة، كفاءتها (١٠٠٪).

الفيزياء والتكنولوجيا

كفاءة بعض الآلات في تحويل أشكال الطّاقة المختلفة إلى طاقة حركيّة.



كفاءة المحرك الكهربائي
(٨٠٪).



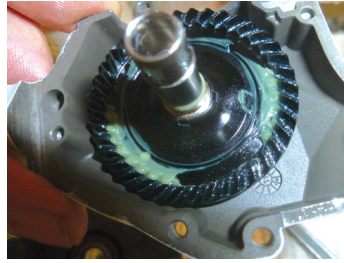
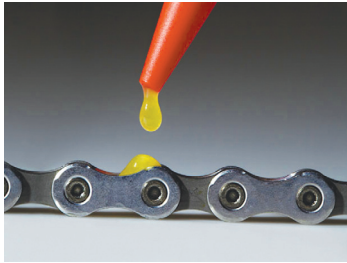
كفاءة الإنسان عند قيادة الدّراجة
الهوائية (٢٠٪).



كفاءة محرك وقود البنزين في السيارة
(٣٥٪).

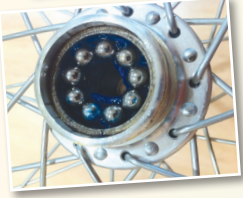
الشكل (٥-٢٢): كفاءة بعض الآلات.

ولزيادة كفاءة الآلة، فإنّه يجب التّقليل من قوّة الاحتكاك قدر الإمكان، وقد عمل المتخصّصون منذ سنوات على تطوير وسائل عدّة، لتقليل الاحتكاك في الآلات الميكانيكيّة، ويبيّن الشّكل (٥-٢٣) بعضاً من وسائل تقليل الاحتكاك، كاستخدام كرات البيليا، والتّزييت، والتّشحيم.



الشكل (٥-٢٣): بعض وسائل تقليل الاحتكاك.

حل مشكلات



سمع أحمد صوتاً غير مألوف يصدر عن عجلات دراجته، فتوقف في الحال. وعندما حاول تدوير العجلة الأمامية للدراجة، لاحظ صعوبة في دورانها. اعتماداً على الشكل (٥-٢٤) حاول مساعدة أحمد في تحديد المشكلة، ووضع طريقة لعلاجها.

الشكل (٥-٢٤): حل مشكلات.

التوسع السيارات الهجينة (Hybrid Cars)

توصل العلماء إلى إنتاج جيل جديد من السيارات يُعرف بالسيارات الهجينة (Hybrid Cars)؛ أي التي تعمل بالوقود والكهرباء معاً، تمتاز هذه السيارة بانخفاض استهلاك الوقود مقارنةً بالسيارات التقليدية؛ فهي ذات محركين؛ محرك بنزين (Gasoline engine) ومحرك كهربائي (electric motor)، وبطاريات خاصة لتخزين الطاقة الكهربائية.



الشكل (٥-٢٥): سيارة هجينة.

تستمد السيارة طاقتها الحركية من المحرك الكهربائي عند السير بسرعات متوسطة، أو نزول المنحدرات، فيتوقف استهلاك الوقود، ويتوقف معه إنتاج الغازات الملوثة للبيئة. أما عند السير بسرعات عالية، أو عند الحاجة إلى مزيد من الدفع لصعود طريق جبلي، أو عند نفاذ الطاقة من البطارية، فإن محرك البنزين يبدأ العمل، فيزوّد السيارة

بالطاقة الحركية، وما يزيد عن الحاجة يُحوّل إلى طاقة كهربائية تُخزن في البطارية، كما أن هناك تحولاً للطاقة الحركية التي تفقدها السيارة في حالات التباطؤ إلى طاقة كهربائية للتخزين.

مراجعة الدرس (٥-٤)

- ١- وضح المقصود بكفاءة الآلة، ثم فسّر لماذا تكون دائماً أقل من (١٠٠٪)؟
- ٢- اذكر بعض أشكال ضياع الطاقة في الآلات المركبة، ثم بين كيف يمكن التقليل من ذلك.
- ٣- **تفكير ناقد:** سمعت عن وجود جهاز يتكوّن من محرك كهربائي ومولد كهربائي، يستمد كل منهما طاقته من الآخر، ولا لزوم لمصدر خارجي من الطاقة إلا عند بداية التشغيل، ثم يواصل الجهاز الدوران من تلقاء نفسه، ما رأيك بصحة ذلك؟ مبرراً إجابتك.

المستوى المائل



الشكل (٥-٢٦): المستوى المائل.

فكرة المشروع

ستنفذ أنت وزملاؤك نشاطًا استقصائيًا تستخدم فيه واحدة من الآلات البسيطة، وهي المستوى المائل، انظر الشكل (٥-٢٦) لرفع جسم؛ وذلك لتعرف فاعلية هذه الآلة في أثناء التطبيقات العملية التي نحتاج إليها بشكل متكرر في حياتنا.

الفرضية

يتأثر مقدار القوة اللازمة لسحب جسم على مستوى مائل بسرعة ثابتة بعوامل عدة؛ لذا، عليك وضع فرضيات تتعلق بهذه العوامل، فربما تعتقد أن خشونة السطح أثرًا في مقدار تلك القوة، وربما تفكر في زاوية ميل المستوى، ونوعه، وكتلة الجسم أو شكله مثلاً.

– يوزع المعلم الطلبة في مجموعات، ثم يطلب إلى كل مجموعة دراسة أحد العوامل، مع تثبيت باقي العوامل التي لا تنوي المجموعة دراسة أثرها في قوة السحب.

الخطوة

- يتعين على أعضاء المجموعة الاتفاق على الفرضية المقترحة.
- ترسم المجموعة مخططًا للتصميم، توضح فيه طريقة تثبيت المستوى المائل، وآلية تغيير زاوية الميل، أو العامل الآخر المراد دراسة أثره.
- تحضر المجموعة قائمة بالمواد والأدوات اللازمة لصنع النموذج، مثل: لوح خشبي لا يقل طوله عن (٧٠) سم وخيوط وبكرة وملزمة للتثبيت، وميزان نابضي، وعربة ميكانيكية، أو مكعبات خشبية، أو أجسام صلبة متنوعة.

الإجراءات (المجموعة التي تدرس أثر الزاوية)

- ١- تثبت العربة بالميزان النابضي، ثم ضعها أسفل المستوى، واجعل زاوية ميل المستوى عن الأفق أكبر ما يمكن، (قريبة من القائمة)، ولتكن (٧٥°).
- ٢- اسحب العربة بواسطة الميزان بسرعة ثابتة، كما في الشكل ثم دوّن قراءة الميزان في الجدول.
- ٣- كرر الخطوة الثانية مرّات عدة باختيار زوايا مختلفة، ثم دوّن القراءات في الجدول.

٤- مثل بيانيًا العلاقة بين قوة السحب وزاوية ميل المستوى.

زاوية الميل (درجة)	٥٧٥	٥٦٠	٥٤٥	٥٣٠	٥١٥
قوة السحب (نيوتن)					

مناقشة النتائج

تناقش المجموعات إجابات الأسئلة الآتية:

- ما العلاقة بين زاوية ميل المستوى والقوة اللازمة لسحب العربة؟
- عند أي زاوية نحتاج إلى أكبر قوة لسحب العربة؟
- عند أي زاوية نحتاج إلى أقل قوة لسحب العربة؟
- ما علاقة أكبر قوة بوزن الجسم؟
- ما الاستنتاجات التي ستوصل إليها من قراءة الرسم البياني؟

التقويم الذاتي

الرقم	المعيار	نعم	لا
١	تمكنت من التعبير عن فكرة المشروع بدقة ووضوح.		
٢	صغت فرضية تتعلق بطريقة عمل النموذج.		
٣	وضعت خطة مناسبة لتنفيذ التصميم.		
٤	ركبت الجهاز وجربته عمليًا.		
٥	تواصلت مع معلمي في أثناء تنفيذ المشروع.		
٦	راعيت إجراءات السلامة العامة في أثناء العمل.		
٧	رصدت معوقات العمل وعملت على تحسينه.		
٨	تعاونت مع زملائي، واحترمت آراءهم في أثناء العمل.		
٩	استطعت الحكم على دقة النتائج التي توصلت إليها.		
١٠	أنجزت المشروع وفق الخطة الزمنية المحددة.		

أسئلة الفصل الخامس

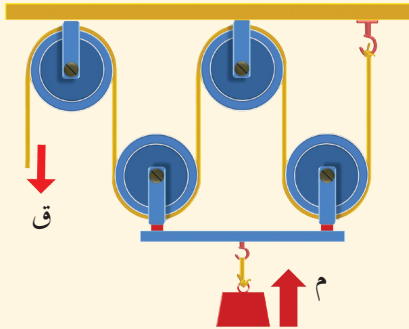
الجزء الأول: أسئلة قصيرة الإجابة

١- اختر رمز الإجابة الصحيحة لكل فقرة من الفقرات الآتية:

(١) نستخدم بعض الآلات البسيطة لإنجاز الشغل؛ لأنها تجعلنا:

أ - ننجز شغلاً أقل. ب - نوثر بقوة أقل.

ج - نصرف طاقة أقل. د - نصرف طاقة أكثر.



الشكل (٢٧-٥): السؤال الأول:
الفقرة الثانية.

(٢) يبين الشكل (٢٧-٥) نظاماً من البكرات، استعمل

لرفع ثقل، الفائدة الآتية لهذا النظام، هي:

أ - ٤ ب - ٢

ج - $\frac{1}{4}$ د - ٥

(٣) يبين الشكل (٢٨-٥) مخططاً لرافعة، نستنتج من هذا

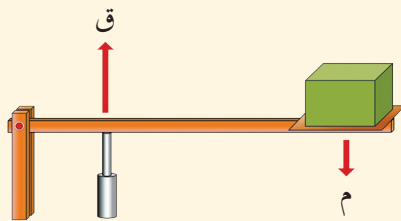
الشكل أن:

أ - القوة أكبر من المقاومة، والفائدة الآتية أكبر من ١.

ب - القوة أقل من المقاومة، والفائدة الآتية أقل من ١.

ج - القوة أكبر من المقاومة، والفائدة الآتية أقل من ١.

د - القوة أقل من المقاومة، والفائدة الآتية أكبر من ١.



الشكل (٢٨-٥): السؤال الأول:
الفقرة الثالثة.

(٤) يبين الشكل (٢٩-٥) مستويين مائلين أملسين لهما

الارتفاع نفسه. يفضل استخدام المستوى الأول بدلاً

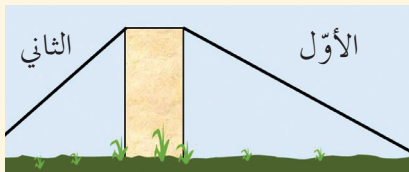
من الثاني لأنه يجعلنا:

أ - نوثر بقوة أقل، ونحصل على فائدة آتية أكبر.

ب - نوثر بقوة أكبر، ونحصل على فائدة آتية أكبر.

ج - نوثر بقوة أقل، ونحصل على فائدة آتية أقل.

د - نوثر بقوة أكبر، ونحصل على فائدة آتية أقل.



الشكل (٢٩-٥): السؤال الأول:
الفقرة الرابعة.



الشكل (٣٠-٥): السؤال الثاني.

٢- يبين الشكل (٣٠-٥) طريقاً للوصول من أسفل جبل إلى قمته:

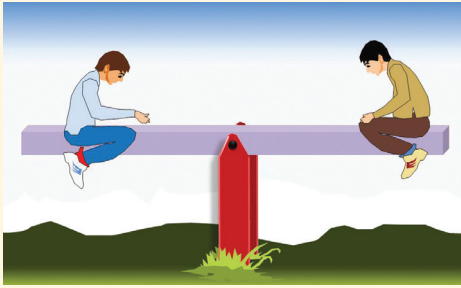
أ - صف شكل الطريق.

ب- لماذا تَصمَّمُ الطَّرَقُ الجبلية بهذا الشكل؟

ج- في رأيك، هل يجب أن تكون الطريق ملساء أم خشنة؟ ولماذا؟

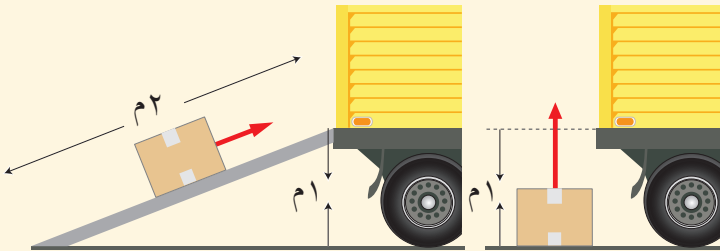
الجزء الثاني: أسئلة حسابية

٣- مكنتة كهربائية كفاءتها (٨٠٪)، ومقدار الطاقة الكهربائية الداخلة فيها (٤٠٠) جول. فما مقدار الطاقة المفيدة الخارجة منها؟



الشكل (٣١-٥): السؤال الرابع.

٤- يجلس ولدان على لوح خشبي مثبت من منتصفه، كما هو مبين في الشكل (٣١-٥)، إذا كان وزن الولد الأول (٥٠٠) نيوتن، ويجلس على بعد ٢,٤ م من نقطة الارتكاز، فأين يجب أن يجلس الولد الثاني، كي يتزن اللوح، علماً أن وزنه (٦٠٠) نيوتن؟



الشكل (٣٢-٥): السؤال الخامس.

٥- أراد شخص وضع صندوق كتلته ٢٠ كغ في شاحنة ففضل استخدام مستوى مائل بدلاً من رفعه رأسياً، فدفَعَ الصندوق بقوة (١٢٥) نيوتن، انظر الشكل (٣٢-٥). إذا علمت أن السطح خشن: أجب عن الآتي:

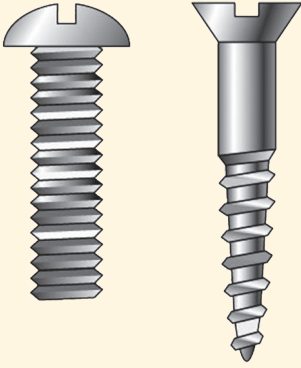
أ - بين أن الشغل المبذول باستخدام المستوى المائل أكبر من الشغل المبذول عند رفع الجسم؛ وذلك بحساب الشغل في كلتا الحالتين.

- ب- لماذا يتطلّب دفع الصندوق على المستوى المائل شغلاً أكبر؟
- ج- لماذا فضّل الشخص استخدام المستوى المائل مع أنّ ذلك يحتمّ عليه بذل شغل أكبر؟
- ٦- يبيّن الشكل (٥-٣٣) بعض الأدوات التي نستخدمها في حياتنا اليومية، وتعدّ آلات بسيطة. حدّد لكل آلة: القوة، المقاومة، ونقطة الارتكاز، وفائدتها الآلية إن كانت أقل من ١، أو أكثر.



الشكل (٥-٣٣): السؤال السادس.

- ٧- أيّ الآلات الآتية تعمل وفق مبدأ الرافعة؟ أيّ منها سطح مائل؟ أيّ منها بكرّة؟
- المكنسة اليدوية، وغطاء زجاجة الماء، والسلم، والسكين، وسارية العلم، ومقصّ الأظافر.



- ٨- **تفكير ناقّد:** يبيّن الشكل (٥-٣٤) نوعين من البراغي؛ يُستخدم أولهما في تثبيت الأجسام الخشبية، ويُستخدم الثاني في تثبيت القطع الحديدية، مثل أجزاء السيارة. معتمداً على مفهوم المستوى المائل، حدّد أيّ البرغيتين له فائدة آلية أكبر تجعله أكثر سهولة في التركيب؟

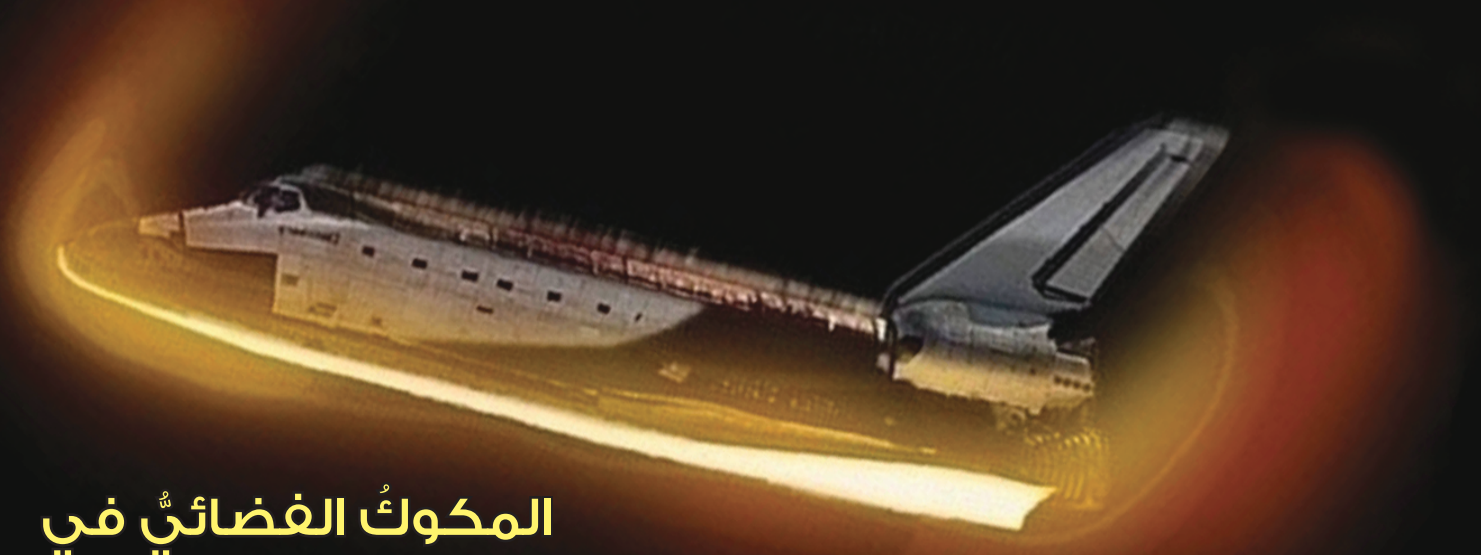
الشكل (٥-٣٤): السؤال الثامن.

الوحدة الثالثة

الحرارة وآثارها في المواد

HEAT

AND ITS EFFECTS ON MATTER



المكوك الفضائي في
أثناء رحلة العودة،
ودخوله الغلاف الجوي.

ما المشكلات التي يواجهها المكوك الفضائي، عند دخوله

الغلاف الجوي في أثناء رحلة العودة إلى الأرض؟

كيف يمكن التغلب على تلك المشكلات؟

الحرارة والالتزان الحراري

Heat and Equilibrium

١-٦ درجة الحرارة وميزان الحرارة.

٢-٦ كمية الحرارة.

٣-٦ المخاليط الحرارية والالتزان الحراري.

الأهمية

تعدّ الحرارة أساس الحياة على كوكب الأرض، فهي تملأ أرجاء المكان من حولنا، ونعتمد عليها في كلّ مجالات حياتنا تقريباً.

عرف الإنسان النار منذ قديم الزمان، وكانت أكثر أشكال الطاقة استخداماً. فقد بدأ بإشعال النار من الحطب لطهي طعامه وتدفئة مسكنه، ومع تقدّم العلم تطوّرت طرائق توليد الحرارة، وتعدّدت أوجه استغلال الطاقة الحرارية ومجالات استخدامها، فأصبح الإنسان يستخدم المواقّد الحديثة كالأفران الكهربائية وأفران (الميكرويف)، ورافق ذلك، استخدام طرائق التدفئة العصرية، بعد اكتشاف مصادر أخرى للطاقة وتطوّر وسائل الحصول عليها، ونقلها من مكان لآخر.

فكّر: لطهي الطعام يجب رفع درجة حرارته إلى مقدار معيّن، لمُدّة من الزمن. هل يمكن حساب كمية الحرارة التي يزوّد بها الطعام في أثناء طهيهِ؟ ما العوامل التي تعتمد عليها تلك الكميّة؟

الحرارة من حولنا

درس علماء الفيزياء الحرارة وآثارها في المواد، لما لها من تطبيقات واسعة، وأهميّة في حياتنا، وصاغوا لها القوانين، وحاولوا الإجابة عن تساؤلات عدّة مثل: ما الحرارة؟ كيف نحصل عليها؟ كيف تنتقل من جسم لآخر؟ وما الكمّيّات الفيزيائيّة المتعلّقة بالحرارة، وهل يمكن أن تخضع للقياس، كالكمّيّات الفيزيائيّة الأخرى، مثل: السرعة، والتّسارع، والقوّة، وغيرها؟ ستعرّف المفاهيم الحراريّة المختلفة، وتتمكّن من إجابة هذه التساؤلات، بعد دراستك هذا الفصل، وتنفيذك للنشاطات الواردة فيه.

بعد دراستك هذا الفصل، يتوقّع منك أن:

- ◀ توضّح المقصود بالمفاهيم المتعلّقة بالحرارة (الطاقة الحراريّة، وكمّيّة الحرارة، ودرجة الحرارة)، ووحدات قياسها.
- ◀ تذكر أنظمة قياس درجة الحرارة.
- ◀ تحوّل قياسات درجة الحرارة بين نظاميّ (سلسيوس ومطلق).
- ◀ تحوّل قياسات درجة الحرارة بين نظاميّ (سلسيوس وفهرنهايت).
- ◀ توضّح مفهوم السّعة الحراريّة، والحرارة النوعيّة، ووحدات قياسهما.
- ◀ توضّح المقصود بالمخلوط الحراريّ، والاتزان الحراريّ.
- ◀ تعرّف العلاقة بين وحدات قياس كمّيّة الحرارة ووحدات قياس الشغل.
- ◀ تستقصي العوامل التي تعتمد عليها كمّيّة الحرارة المفقودة، والمكتسبة.
- ◀ تفسّر خصائص ميزان الحرارة المتعلّقة بالاتزان الحراريّ مع الوسط.
- ◀ تحلّ مسائل حسابيّة تتناول كمّيّة الحرارة المفقودة والمكتسبة.
- ◀ تقارن عمليّاً بين الحرارة النوعيّة للماء، والحرارة النوعيّة لموادّ أخرى.
- ◀ تفسّر ظواهر ومواقف حياتيّة تتعلّق بالسّعة الحراريّة للموادّ.

نتائج الدرس

- توضّح المقصود بالطاقة الحرارية ودرجة الحرارة.
- تذكر أنظمة قياس درجة الحرارة.
- تحول قياسات درجة الحرارة بين أنظمة القياس المختلفة.

نشاط تمهيدي

إحضار عدة عبوات ماء متفاوتة في درجة حرارتها؛ بعضها بارد، وبعضها دافئ، ثم عرضها على الطلبة؛ ليتمكنوا من التعرف إلى كل منها عن طريق اللمس.



فكرة مضيئة

إن الذي يحدّد اتجاه انتقال الحرارة من جسم إلى آخر، هو اختلاف الجسمين في درجتَي حرارتهما فقط، وليس كتلتهما أو المخزون الحراري لأيٍّ منهما.

لا شك أنك تفضل شرب العصير بارداً، وتحتاج إلى ماء دافئ لغسل يديك، وقد تسمع بعضهم يقول: ذهبنا في رحلة إلى الينابيع الحارة؛ ما يعني أنّ كلمة (بارد ودافئ، وساخن، وحار) جميعها تُستعمل للتعبير عن **درجة الحرارة (Temperature)**، عند حديثنا عن درجة حرارة جسم ما، فإننا نقصد بذلك مقدار درجة سخونة هذا الجسم، أو برودته؛ فحين نلمس جسماً ساخناً، فإن الحرارة تنتقل من الجسم إلى اليد، فتشعر بسخونة الجسم. أمّا إذا لمسنا جسماً بارداً فإن الحرارة تنتقل من اليد إلى الجسم، فتشعر ببرودته؛ أي إن درجة الحرارة هي: خصيصة للجسم تحدّد اكتسابه للحرارة أو فقدانه لها عند اتصاله بأجسام أخرى. وبعبارة أخرى فإن اتجاه انتقال الحرارة من الجسم أو إليه، تحدّد درجة حرارة الجسم. وعندما يتلامس جسمان تنتقل الحرارة من الجسم الأكثر سخونة، (درجة حرارته أعلى) إلى الجسم الأقل سخونة أو الأكثر برودة (درجة حرارته أقل).

من مشاهداتنا الحياتية وخبرتنا اليومية يتضح لنا أنّ أي جسمين يتصلان معاً، فإنهما بعد مدّة زمنية كافية تصبح درجة حرارتهما متساوية، فكيف يحدث ذلك؟

تنتقل الحرارة من الجسم الساخن إلى الجسم البارد، وبذلك تنخفض درجة الحرارة في الأول، وترتفع في الثاني حتى تتساويا. عندئذ يقال إنّ الجسمين وصلا إلى حالة اتزان حراري.

أما **الطاقة الحرارية (Thermal Energy)** فهي أحد أشكال الطاقة التي نحصل عليها من التحوّلات المختلفة للطاقة؛ فاشتعال الحطب مثلاً يحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة حرارية، والمصباح الكهربائي يحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية، بينما عملية طهي الطعام تحوّل الطاقة الحرارية إلى طاقة كيميائية.

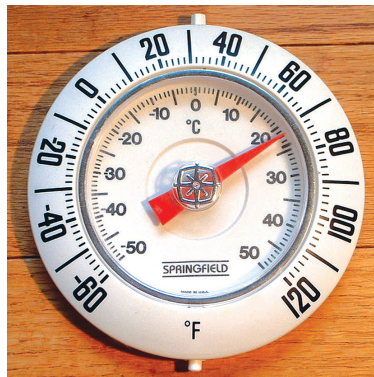
نَعْتَمِدُ أحياناً على حواسِنَا في تعرّف مدى سخونة الأجسام أو برودتها، لكن ذلك يفتقر إلى الدقة العلمية؛ فأنت تشعر أحياناً ببرودة جسم أكثر من آخر، مع أن الجسمين لهما درجة الحرارة نفسها، فسّر هذا الأمر؛ لذلك يلزم استخدام أداة دقيقة لقياس درجة الحرارة تُسمى **ميزان الحرارة (Thermometer)**. ومهما تعددت أشكال موازين الحرارة، فإن كلاً منها يعتمد في عمله على التغيّر في إحدى الخصائص الفيزيائية للمادة، عند تغيّر درجة حرارته؛ كأن يتمدد الزئبق بداخله فيزداد حجمه مع تغيّر درجة حرارته.

يعدّ ميزان الحرارة الأداة المباشرة لقياس درجة الحرارة، ومن أشهر أنواعه الميزان الزئبقي، المبين في الشكل (١-٦)، وفيه يُستخدم فلز الزئبق السائل، الذي يتمدد فيزداد حجمه بارتفاع درجة حرارته، وقد يُستخدم سائل آخر مثل الكحول بدلاً من الزئبق. يتكوّن هذا الميزان - كما تعلّمت سابقاً - من مستودع زجاجي رقيق الجدار، وساقٍ مجوّفة، عليها تدريج مناسب، وعند القياس يُغمّر مستودع الميزان في الوسط المراد قياس درجة حرارته، وننتظر قليلاً حتّى يحدث اتزان بين الوسط والزئبق، فتتساوى درجة حرارة الزئبق مع درجة حرارة الوسط، ونتيجة ذلك يتمدد الزئبق في مستودع الميزان، فيرتفع في الساق، فتؤخذ القراءة مباشرة من التدريج المدوّن على الساق. وهناك ميزان الحرارة الفلزي، الذي يتميز بتغيّر طول شريط فلزي صلب بارتفاع درجة حرارته، انظر الشكل (٢-٦).

ومن الخواص الأخرى التي تتغيّر بتغيّر درجة الحرارة، خاصيّة المقاومة الكهربائية لمرور التيار الكهربائي في الفلز، كما في الميزان الطبّي الرقمي، انظر الشكل (٣-٦).



الشكل (٣-٦): ميزان حرارة طبّي رقمي.



الشكل (٢-٦): ميزان حرارة فلزي.



الشكل (١-٦): ميزان حرارة زئبقي.

لعلك استمعت إلى إحدى النشرات الجوية، فلاحظت استخدام مصطلح الدرجة المئوية للتعبير عن درجة حرارة الجو نهاراً أو ليلاً، ولعلك قرأت في كتاب، أو عثرت على معلومة من شبكة (الإنترنت)، تفيد بأن درجة حرارة جسم الإنسان السليم هي (٩٨,٦) درجة فهرنهايت أو (٣٧) درجة سلسيوس.

فما سبب هذا الاختلاف في وحدات القياس؟ إن أنظمة القياس جميعها بما فيها أنظمة قياس درجة الحرارة، تتنوع وتختلف باختلاف منشأ كل نظام منها، أو باختلاف الجهة التي تستخدمها. ولقياس درجة الحرارة تُستخدم الآن الأنظمة الثلاثة الآتية:

١- نظام السلسيوس (Celsius)

وَضَعَ تدريج هذا النظام (أندريس سلسيوس)، وفيه تساوي درجة تجمد الماء (صفرًا °س)، ودرجة غليانه (١٠٠°س)؛ أي إن الفرق بين درجتَي تجمد الماء وغليانه (١٠٠) درجة، لذلك كان نظام السلسيوس يُسمى قديمًا النظام المئوي. إلا أنه أُطلق عليه حديثًا اسم نظام سلسيوس؛ تكريمًا للعالم الذي وضعه. فنقول إن درجة حرارة جسم الإنسان (٣٧) درجة سلسيوس أو (٩٨,٦°س).

٢- نظام فهرنهايت (Fahrenheit)

وَضَعَ تدريج هذا النظام (دانيال فهرنهايت)، وفيه تساوي درجة تجمد الماء (٣٢°ف)، ودرجة غليانه (٢١٢°ف)، والفرق بينهما (١٨٠) درجة، لاحظ أن كل (١٠) درجات سلسيوس يقابلها (١٨) درجة فهرنهايت، ويندرج هذا النظام ضمن النظام الانجليزي للوحدات.

٣- نظام الدرجة المطلقة (كلفن Kelvin)

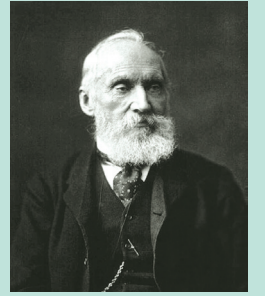
وَضَعَ تدريج هذا النظام (اللورد كلفن)، والدرجة فيه تساوي الدرجة في نظام سلسيوس، إلا أن صفر هذا النظام يعادل - ٢٧٣°س،



الفلكي السويدي
أندريس سلسيوس
Anders Celsius
(١٧٠١-١٧٤٤)



الفيزيائي الألماني
دانيال فهرنهايت
Danial Fahrenheit
١٦٨٦-١٧٣٦



العالم البريطاني
اللورد كلفن
Lord Kelvin
١٨٢٤-١٩٠٧

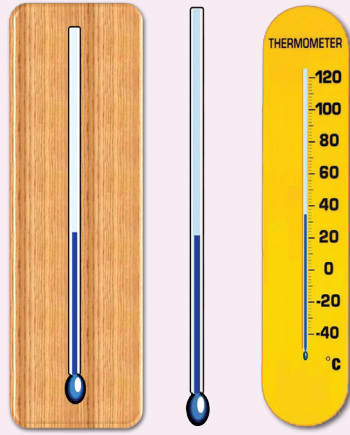
فيمكنُ التعبيرُ عن درجة تجمُّدِ الماءِ بأنها تساوي (٢٧٣ ك). ويندرُجُ هذا النِّظامُ ضمنَ النِّظامِ العالميِّ للوحداتِ.
وحتى تتضحَ لديكِ الطَّرِيقَةُ التي يُدرِّجُ بها ميزانُ الحرارةِ وفقَ أيِّ من الأنظمةِ الثلاثةِ، نفذِ النِّشاطَ الآتي:

نشاط (٦-١)

تدريجُ ميزانِ حرارةٍ



هدفُ النِّشاطِ: التعرفُ إلى طريقةِ تدريجِ ميزانِ الحرارةِ.
الأدوات: ميزانُ حرارةٍ زئبقيٌّ على قاعدةٍ خشبيةٍ، وعاءانِ زجاجيانِ، ومصدرُ حراريٍّ وشبكُ تسخين، وجليدٌ مجروشٌ، وماء.



الشَّكْلُ (٦-٤): النِّشاط (٦-١).

تحذيرٌ: لا تستخدمِ ميزانَ حرارةٍ كحوليًّا في تنفيذِ هذا النِّشاطِ.
يوزَّعُ المعلِّمُ الطلبةَ في مجموعاتٍ، وتزوَّدُ كلُّ مجموعةٍ بالأدواتِ وأوراقِ العملِ اللازمةِ.

خطوات تنفيذِ النِّشاطِ:

١- أزلِ القاعدةَ الخشبيَّةَ عن ميزانِ الحرارةِ، ثمَّ ثبِّتْهُ على قطعةٍ خشبيَّةٍ غيرِ مدرَّجةٍ، انظرِ الشَّكْلَ (٦-٤).

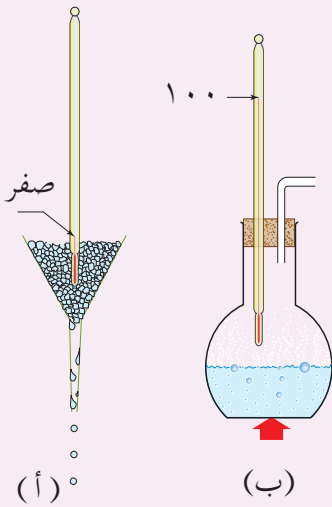
٢- ضعْ كميَّةً من الجليدِ المجروشِ في وعاءٍ فيه ماءٌ، ثمَّ ضعْ ميزانَ الحرارةِ فيه، انظرِ الشَّكْلَ (٦-٥/أ).

٣- راقبِ ارتفاعَ مستوى الزُّئبقِ في الميزانِ، وانتظرْ حتَّى يثبتَ عندَ أدنى مستوىٍّ، ثمَّ ضعْ علامةً محاذيةً له على القاعدةِ الخشبيَّةِ، واكتبْ (صفر، أو ٣٢، حسبَ تعليماتِ كلِّ مجموعةٍ).

٤- سخِّنْ كميَّةً من الماءِ في الوعاءِ الثاني حتَّى تغلي.

٥- ارفعِ الميزانَ من الماءِ الباردِ، ثمَّ ضعْهُ في بخارِ الماءِ الساخنِ أثناءَ غليانه، انظرِ الشَّكْلَ (٦-٥/ب).

٦- راقبِ ارتفاعَ مستوى الزُّئبقِ عندَ الغليانِ، وانتظرْ حتَّى يثبتَ



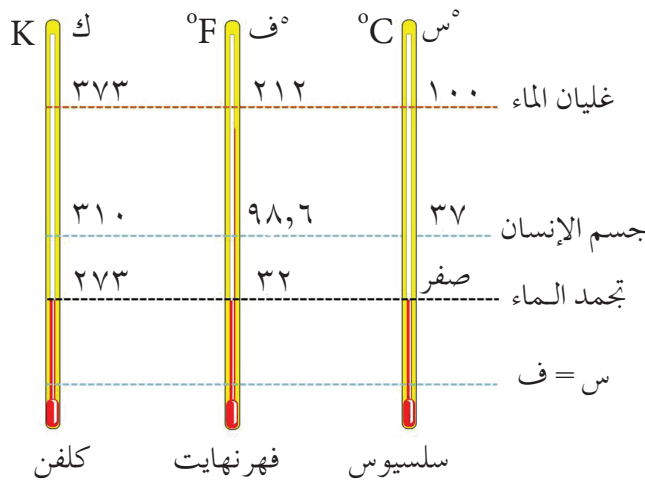
الشَّكْلُ (٦-٥): ماءٌ وجليدٌ، وماءٌ مغليٌّ.

عند أعلى مستوى، ثم ضع علامةً محاذيةً له على القاعدة الخشبية، واكتب (١٠٠ أو ٢١٢، حسب تعليمات كل مجموعة).

٧- استخدم مسطرةً عاديةً لتقسّم المسافة بين العلامتين (صفر، ١٠٠) إلى عشرة أجزاء، أو بين العلامتين (٣٢، ٢١٢) إلى ١٨ جزءًا.

بعد إكمال الخطوات، أجب عن الأسئلة الآتية:

- ماذا يمثل كل جزء من الأجزاء التي درّجتها؟
- ما النظام الذي اتبعته في تدرّج هذا الميزان؟ هل يمكن تدرّج الميزان وفق أنظمة أخرى بالطريقة نفسها؟
- ما المشكلة التي ستواجهها في حال استخدمت ميزانًا كحوليًا في هذا النشاط؟
- وضّح كيف يمكنك إضافة تدرّج سالب (أو أكثر من ١٠٠).



الشكل (٦-٦): أنظمة قياس درجة الحرارة.

بعد الاطلاع على الطريقة المتبعة في تدرّج الأنظمة المختلفة لقياس درجة الحرارة، يتعيّن عليك إجراء عملية تحويل القياسات بين تلك الأنظمة. انظر الشكل (٦-٦)، لاحظ أنّ الفرق بين درجتين متتاليتين في نظام "سلسيوس" يساوي الفرق بين درجتين متتاليتين في نظام كلفن، وأنّ الاختلاف بين النظامين يتمثّل في أنّ قراءة ميزان الحرارة بتدرّج كلفن تزيد دائماً على مثلتها في نظام سلسيوس بمقدار (٢٧٣). أمّا في حالة نظام الفهرنهايت فإنّه يرتبط مع نظام سلسيوس بالعلاقة الرياضية الآتية:

$$س = (ف - ٣٢) \times \frac{٥}{٩}$$

ملحوظة: قد نحتاج إلى التحويل من فهرنهايت إلى سلسيوس عند استخدامنا أجهزة لا تتبع النظام العالمي للوحدات، ولكن، نادراً ما نحتاج إلى عكس ذلك.

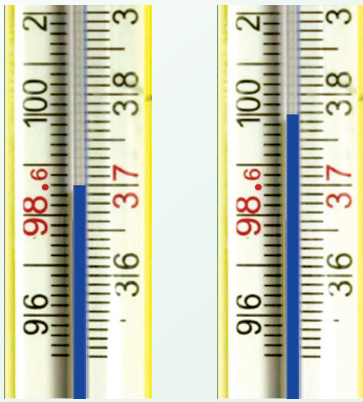
حوّل القراءة 35°C إلى نظام كلفن.

الحل

$$\begin{aligned} \text{القراءة في نظام كلفن} &= \text{القراءة في نظام سلسيوس} + 273 \\ &= 35 + 273 = 308 \text{ ك.} \end{aligned}$$

تفكير ناقّد

بيّن الشكل (٦-٧) ميزان حرارة طبيّاً، استُخدم مرّتين لقياس درجة حرارة شخصين (أ)، (ب). تأمل الشكل جيّداً، ثمّ أجب عن الأسئلة الآتية:



(ب)

(أ)

الشكل (٦-٧): تفكير ناقّد.

١- ما درجة حرارة كلّ من الشخصين بالتدرّيجين؛ السلسيوس والفهرنهايت؟

٢- أيّ الشخصين يعاني حالة مرضيّة؟

٣- لا يحتوي الميزان على تدرّيج أقلّ من (35°C) لماذا؟

٤- استخدم العلاقة الرياضيّة بين النظامين للتحقق من سلامة كلا التدرّيجين الظاهرين.



التكامل مع الرياضيات

معتمداً على ما درسته في كتاب الرياضيات عن حلّ المعادلات، استخدم العلاقة:

س = (ف - 32) × $\frac{5}{9}$ ، لإيجاد القيمة العددية التي تتساوى عندها قراءة التدرّيجين؛ سلسيوس، وفهرنهايت (أي عندما س = ف).

مثال (٦-٢)

علِّم طالب أنَّ درجة حرارة غازٍ محصورٍ في أسطوانةٍ كانت ٩٢ ك، فما مقدار هذه الدرجة في نظام سلسيوس؟

الحلُّ

$$\begin{aligned} \text{القراءة في نظام سلسيوس} &= \text{القراءة في نظام كلفن} - ٢٧٣ \\ ٩٢ - ٢٧٣ &= -١٨١^\circ \text{س.} \end{aligned}$$

مثال (٦-٣)

ركبت دانة مع أسرتها في سيارتهم الجديدة، ولفت انتباهها ظهورُ درجة الحرارة الخارجية على لوحة القيادة، كما في الشكل (٦-٨)، وهي ٤٢°ف ، ما مقدار درجة الحرارة بوحدة سلسيوس؟

الحلُّ



الشَّكل (٦-٨): مثال (٣-٦).

$$\begin{aligned} \text{س} &= (\text{ف} - ٣٢) \times \frac{٥}{٩} \\ &= (\text{٤٢} - ٣٢) \times \frac{٥}{٩} \\ &= ١٠ \times \frac{٥}{٩} = ٥,٦^\circ \text{س.} \end{aligned}$$

حقيقة علمية



الشَّكل (٦-٩): البرق.

يحدث البرق على شكل تفريغ كهربائي بفرق جهد يصل إلى ١٠٠ ميغا فولت، نتيجةً لذلك يسخن الهواء في منطقة التفريغ خلال فترة زمنية قصيرة جدًا فيصل إلى درجة حرارة (٣٣٠٠٠°س) ، أي أعلى من درجة حرارة سطح الشمس التي تُقدَّر بنحو (٦٠٠٠°س) .

يعتمد مبدأ عمل ميزان الحرارة على التّغير في خصيصة فيزيائية معيّنة بتغيّر درجة حرارة المادّة، مثل: تمدّد مادة سائلة كالزئبق أو الكحول، أو تغيّر المقاومة الكهربائية لفلزّ مثل البلاتين، أو التّغير في ضغط غاز محصور. ابحث عبر المصادر المتاحة للمعلومات لتعرّف المزيد عن هذه الخصائص وغيرها؛ وكيف تمّ تصميم أداة قياس درجة الحرارة بطريقة تناسب التّغير في كلّ من تلك الخصائص. ثم هل هناك خصائص فيزيائية أخرى تتغيّر مع تغيّر درجة الحرارة تقيّد في تصميم ميزان الحرارة؟

مراجعة الدّرس (٦-١)

- ١- ماذا نعني بقولنا إنّ جسمًا أكثر سخونةً من جسم آخر؟
- ٢- ما الخصيصة الفيزيائية للزئبق التي تتغيّر بتغيّر درجة الحرارة؟
- ٣- لا يمكن استخدام ميزان حرارة زئبقيّ لقياس درجة حرارة تقلّ عن $- ٤٠^\circ\text{C}$ ، فسّر ذلك؟
- ٤- ما الذي يجعل الحرارة تنتقل من جسم إلى آخر عند تلامسهما؟ وما اتّجاه انتقالها؟
- ٥- يمكن تقدير درجة الحرارة عن طريق اللمس، ما الذي يجعل هذه الطّريقة غير موثوقة؟
- ٦- **تفكير ناقّد:** عند تدريج ميزان الحرارة يجب مراعاة أن يكون الثّلج المستخدم لتحديد أدنى درجة نقيًا، فسّر أهميّة ذلك.

تعرفت في الدرس السابق أن سبب انتقال الطاقة الحرارية بين جسمين متلامسين، هو اختلاف درجتي حرارتهما، وتعرف الطاقة الحرارية المنقولة بين الجسمين **بكمية الحرارة**؛ أي إن **كمية الحرارة (Heat)** هي مقدار الطاقة الحرارية المنقولة من جسم إلى آخر. تُقاس كمية الحرارة التي يكتسبها الجسم، أو يفقدها باستخدام وحدة **«سعر» (Calorie)**، علماً بأن الطاقة بمختلف أشكالها -ومنها الطاقة الحرارية- تُقاس بوحدة **«جول» (Joule)**، فهل هناك علاقة بين السعر والجول؟

أجرى العالم (جيمس جول) العديد من التجارب في هذا المجال، وأثبت أنه حينما تبذل شغلاً ميكانيكياً على جسم، فإنه يتحول إلى حرارة يكتسبها الجسم، وتوصل إلى العلاقة الحسابية بين الجول والسعر والتي تُسمى **المكافئ الميكانيكي الحراري**، وقد اتفق على أن:

$$1 \text{ سعر} = 4,186 \text{ جول.}$$

لتحديد كمية الحرارة التي يكتسبها الجسم عند تبادل الطاقة الحرارية مع جسم آخر، يلزم تحديد كميات فيزيائية معينة، ستعرف إليها في ما يأتي:

١ - تغيير درجة الحرارة

عرفت أن درجة الحرارة خاصية للجسم، تحدّد اتجاه انتقال الحرارة منه، أو إليه عند اتصاله بجسم آخر، وعرفت أن كمية الحرارة هي مقدار الطاقة الحرارية التي يفقدها الجسم، أو يكتسبها عندما تتغير درجة حرارته، ويمكن تشبيه ذلك بضغط الماء وكميته في

نتائج الدرس

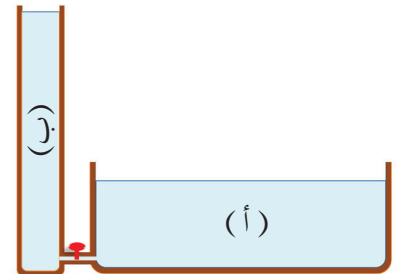
- توضّح كمية الحرارة والسعة الحرارية والحرارة النوعية.
- تحلّ مسائل حسابية على كمية الحرارة.
- تفسّر ظواهر ومواقف حياتية تتعلق بالسعة الحرارية.

نشاط تمهيدي

يبين الشكل (٦-١٠) اندفاع الماء من الضغط الأعلى إلى الضغط الأقل. بغض النظر عن كمية الماء في كل إناء. كيف تشبه ذلك بانتقال الحرارة.

فكرة مضيئة

تستهلك أجسامنا الطاقة في الظروف العادية بمعدل سعر حراري واحد (٤,٢ جول) في الساعة لكل (١) كغ من كتلة الجسم.



الشكل (٦-١٠): كمية الماء وارتفاعها.



جيمس بريسكوت جول
James Prescott Joule
(١٨٨٩-١٨١٨)

فيزيائي إنجليزي درس الحرارة، عمل تجارب عليها، وأثبت إمكانية تحويل الطاقة بين صورها الثلاث: الحرارية والكهربائية والميكانيكية. استنتج المكافئ الميكانيكي الحراري، وقد أطلق اسمه على وحدة الشغل.

إناءين متصلين عبر صنوبر، لاحظ الشكل (٦-١٠)، ولاحظ اختلاف كميتي الماء في الإناءين، واختلاف ارتفاع الماء الذي ينتج عنه اختلاف في الضغط، فعند فتح الصنوبر سيندفع الماء من الإناء (ب) إلى الإناء (أ)، لماذا؟

إن اندفاع الماء كان من الإناء الأعلى ضغطاً إلى الأدنى، ولا علاقة لكمية الماء في كل من الإناءين في اتجاه انتقال الماء بينهما. وبالمثل، فإنه عندما يتصل جسمان مختلفان في درجتي حرارتهما، فإن كمية الحرارة تنتقل من أعلاهما درجة حرارة، إلى الجسم الأدنى، ولا يكون سبب الانتقال هو اختلاف كمية الحرارة. وللتفريق بين كمية الحرارة ودرجة الحرارة بصورة عملية، نفذ النشاط الآتي:



درجة الحرارة وكمية الحرارة

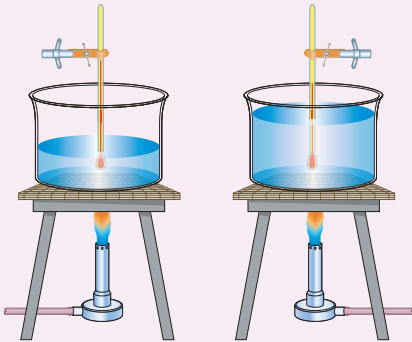
نشاط (٦-٢)

هدف النشاط: التفريق بين مفهومَي درجة الحرارة وكمية الحرارة.

الأدوات: قطعتان متماثلتان من الأدوات الآتية (إناء زجاجي، ومصدر حراري، ومنصب ثلاثي، وشبك تسخين، وميزان حرارة)، ومخبار مدرّج، وماء.

خطوات تنفيذ النشاط:

- ١- استخدم المخبر المدرّج، لوضع (١٠٠) مل ماء في الإناء الأول، و(٣٠٠) مل في الإناء الثاني.
- ٢- ضع الإناءين على الشبك الفلزي، فوق المنصب الثلاثي، انظر الشكل (٦-١١).
- ٣- قس درجة حرارة الماء في كلا الإناءين، ثم دوّنهما في دفتر.
- ٤- أشعل المصدرين الحراريين، وانتظر مدة كافية (لتكن (٥) دقائق)، ثم قس درجة الحرارة في كل من الإناءين، ودوّنهما في دفتر.



الشكل (٦-١١): نشاط (٦-٢).

لاحظ النتائج التي دوّنتها، ثم أجب عن الأسئلة الآتية:

- ما الذي يعنيه تساوي فترة التسخين لكل من الإناءين؟

- في أيّ الإناءين كانت درجة حرارة الماء أعلى؟
- ما العلاقة بين كمية الماء ودرجة الحرارة النهائية؟
- هل توجد إجراءات أخرى للحصول على درجة حرارة نهائية متساوية في الإناءين؟
- ماذا تستنتج فيما يتعلق بكمية الحرارة التي زوّد بها كل إناء، ودرجة الحرارة التي وصل إليها؟

لعلّك لاحظت في النشاط السابق أنّ درجة حرارة الماء في الإناء الأول كانت أعلى منها في الإناء الثاني، على الرغم من أنّ كلا منهما قد سُخِّنَ للفترة نفسها من الزمن؛ أيّ إنه زوّد بكمية الحرارة نفسها، مما يؤكّد أنّ درجة الحرارة الأعلى لا تعني كمية حرارة أكبر. مثلما أنّ ارتفاع ضغط الماء في الإناء لا يعني احتوائه على كمية أكبر من الماء. وحتى ترتفع درجة حرارة الماء في الإناء الثاني لتصبح مساوية لها في الإناء الأول، فإننا نحتاج إلى تسخين الإناء الثاني مدة أطول؛ أيّ نحتاج تزويده بكمية حرارة أكبر.

نستنتج ممّا سبق أنّ الحرارة كمية تختلف عن درجة الحرارة، مع أنّنا نحسب كمية الحرارة التي تُزوّد بها الأجسام أو تُؤخذ منها بدلالة التغيّر في درجات حرارتها، فكلّما كان التغيّر في درجة حرارة الجسم كبيراً، لزم لإحداثه كمية كبيرة من الحرارة.

٢ - الكتلة

إضافة إلى ضرورة معرفة التغيّر في درجة حرارة الجسم، من أجل حساب كمية الحرارة التي يكتسبها، توجد كمية أخرى لا بُدّ من قياسها؛ هي كتلة الجسم. فكلّما زادت كتلة الجسم، زادت كمية الحرارة اللازمة لتسخينه. ولعلّه من الواضح أنّ تسخين جسم كتلته (٨٠٠) غم، من درجة حرارة (٢٠°س) إلى درجة حرارة (٦٠°س)، يحتاج إلى ضعف كمية الحرارة التي تلزم جسمًا كتلته (٤٠٠) غم من المادة نفسها؛ حتى يسخن من درجة (٢٠°س) إلى (٦٠°س).

٣ - نوع المادة

إن معرفة نوع المادة أمرٌ ضروريّ لتحديد كمية الحرارة اللازمة لإحداث تغيير في درجة حرارتها. على سبيل المثال، فإنّ رفع درجة حرارة كتلة معينة من الماء بمقدار (٢٠°س)، يتطلب تزويدها بكمية حرارة تعادل عشرة أضعاف كمية الحرارة - تقريباً - التي تلزم كتلة مساوية من النحاس، لترتفع درجة حرارتها بمقدار (٢٠°س) أيضاً. لذلك يسخن النحاس بسرعة عند

تزويده بالحرارة، في حين يسخن الماء ببطء. وللتوصل إلى الخصيصة التي ينتج منها الاختلاف في كميتي الحرارة، نطرح القضية الآتية:

في تجربة لدراسة أثر **نوع المادة** في كمية الحرارة اللازمة لإحداث تغيير محدد في درجة حرارة الجسم، أحضرت ثلاث قطع متماثلة من: الحديد، والألمنيوم، والرصاص، كتلة كل منها (٢) كغ، ودرجة حرارتها (٢٣°س)، ثم وضعت فوق ثلاثة مصادر حرارية متماثلة تمامًا، تُزود بالحرارة بالمعدل نفسه، وذلك بهدف رفع درجة حرارة كل منها إلى (٣٥°س)، ($\Delta = 12^\circ\text{س}$). وقد استغرقت القطع الثلاث فترات زمنية مختلفة للوصول إلى تلك الدرجة. وعند حساب كمية الحرارة التي اكتسبتها كل قطعة، كانت كما في الجدول الآتي:

الجدول (٦-١): نتائج إحدى التجارب.

اسم المادة	كتلة المادة	(Δ)	كمية الحرارة المكتسبة
الرصاص	٢ كغ	١٢°س	٣١٢٠ جول
الحديد	٢ كغ	١٢°س	١٠٨٠٠ جول
الألمنيوم	٢ كغ	١٢°س	٢١٦٠٠ جول

بعد اطلاعك على الجدول (٦-١)، أجب عن السؤالين الآتيين:

- وضح كيف تم استبعاد تأثير كل من الكتلة، والتغير في درجة الحرارة في النتيجة.
- ما العامل الوحيد الذي تسبب في اختلاف كمية الحرارة التي اكتسبها كل فلز؟

نلاحظ اختلاف كمية الحرارة التي اكتسبتها كل قطعة من الفلزات الثلاثة باختلاف نوع مادتها، مما يعني أن لكل مادة خاصية فيزيائية تؤثر في كمية الحرارة اللازمة لتسخين كتلة معينة منها، لتبلغ درجة حرارة معينة، وقد سُميت هذه الخاصية بالحرارة النوعية للمادة.

● **الحرارة النوعية (Specific Heat):** تُعرف الحرارة النوعية بأنها: كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كيلو غرام واحد من المادة درجة سلسيوس واحدة. ويرمز إليها بالرمز (c)، وتقاس بوحدة (جول/كغ.°س).

تختلف الحرارة النوعية من مادة إلى أخرى، وتعد إحدى الخصائص الفيزيائية للمادة. فكلما كانت الحرارة النوعية للمادة أكبر، لزم توافر كمية أكبر من الحرارة لرفع درجة حرارتها درجة واحدة؛ فالماء مثلاً يحتفظ بمخزون كبير من الطاقة الحرارية عند تسخينه؛ لأن حرارته النوعية كبيرة.

لقد أصبح بإمكانك الآن حساب كمية الحرارة المكتسبة أو المفقودة بتحديد كل من: كتلة الجسم، والحرارة النوعية لمادته، والتغير في درجات الحرارة، باستخدام العلاقة الرياضية الآتية:

$$\text{كمية الحرارة} = \text{كتلة الجسم} \times \text{الحرارة النوعية لمادة الجسم} \times \text{التغير في درجة الحرارة.}$$

الجدول (٦-٢): الحرارة النوعية لبعض المواد.

اسم المادة	ح (جول/كغ. °س)	اسم المادة	ح (جول/كغ. °س)
الرصاص	١٣٠	الزجاج	٨٥٠
الذهب	١٣٠	الرمال	٨٥٠
الزئبق	١٤٠	الألمنيوم	٩٠٠
الفضة	٢٣٠	بخار الماء (١٠٠ °س)	٢١٠٠
التحاس	٤٠٠	الجليد (-٥ °س)	٢١٠٠
الحديد	٤٥٠	الماء النقي (١٥ °س)	٤٢٠٠



فكر

بالرجوع إلى الجدول (٦-١) احسب الحرارة النوعية للفلزات الثلاثة: الرصاص، الحديد، الألمنيوم، قارن نتائجك بما هو مبين في الجدول (٦-٢).

- **السعة الحرارية (Heat Capacity):** عند الحديث عن جسم بعينه مُحدد الكتلة، فإن كمية فيزيائية أخرى لها علاقة بكتلته، تُسمى السعة الحرارية للجسم، وهي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الجسم كله درجة سلسيوس واحدة، وترتبط السعة الحرارية مع الحرارة النوعية بالعلاقة الرياضية الآتية:

$$\text{السعة الحرارية للجسم} = \text{كتلة الجسم} \times \text{الحرارة النوعية لمادة الجسم}$$

$$C_s = m \times c$$

وبذلك يمكن حساب كمية الحرارة التي يكتسبها جسم، أو يفقدها، اعتماداً على سعته الحرارية، وذلك بالتعويض من العلاقة الرياضية للسعة الحرارية للجسم في العلاقة الرياضية لكمية الحرارة للحصول على العلاقة الرياضية الآتية:

$$\text{كمية الحرارة} = \text{السعة الحرارية للجسم} \times \text{التغير في درجة حرارة الجسم}$$

$$\text{كمية الحرارة} = C_s \times \Delta$$

نلاحظ من العلاقة أنَّ وحدة قياس السعة الحرارية هي :
(جول/°س).



تفكير ناقد

مستعينًا بالجدول (٦-٢) السابق، أجب عما يأتي:

١ - لماذا يعدُّ الماء مستودعًا جيدًا للطاقة؟ وهل لهذا علاقة باستخدامه في قربة الماء من أجل التدفئة، كما في الشكل (٦-١٢)؟



الشكل (٦-١٢): تفكير ناقد.

٢ - أيُّهما يسخنُ أسرع: قطعة فضيَّة أم ذهبيَّة متساويتان في الكتلة، عند تعريضهما للمصدر الحراري نفسه؟

٣ - أيُّهما يبردُ أسرع: صحن من الألمنيوم أم صحن من الزجاج، إذا كانا متساويين في الكتلة؟

مثال (٦-٤)

ما السعة الحرارية لقطعة حديد كتلتها ٥ كغ؟ (الحرارة النوعية للحديد ٤٥٠ جول/كغ.°س).

الحل

$$\text{السعة الحرارية} = ك \times ح = ٤٥٠ \times ٥ = ٢٢٥٠ \text{ جول/}^\circ\text{س.}$$

مثال (٦-٥)

قطعة ذهبيَّة كتلتها ٨٠ غ، ودرجة حرارتها ٢٥ °س، زوّدت بكميَّة حرارة مقدارها ٢٠٨ جول، إذا علمت أنَّ الحرارة النوعيَّة للذهب ١٣٠ جول/كغ.°س، احسب:

١- السعة الحرارية للقطعة.

٢- درجة الحرارة التي ستصل إليها قطعة الذهب.

الحلُّ

$$(١) \text{ كتلةُ قطعةِ الذهبِ (بوحدةِ كغ) } = \frac{١}{١٠٠٠} \times ٨٠ = ٠,٠٨ \text{ كغ.}$$

$$ح_s = ك \times ح_n$$

$$١٠,٤ \text{ جول/}^\circ\text{س.} = ١٣٠ \times ٠,٠٨ =$$

$$(٢) \text{ درجةُ الحرارةِ النهائيّةِ (د}_٢\text{):}$$

$$\text{كميّةُ الحرارةِ} = \text{السّعةُ الحراريّةُ للقطعةِ} \times \text{التّغيّرُ في درجاتِ الحرارةِ (} \Delta \text{د).}$$

$$٢٠٨ = \Delta \text{د} \times ١٠,٤ \text{، حيث: } \Delta \text{د} = (د_٢ - د_١)$$

$$\Delta \text{د} = \frac{٢٠٨}{١٠,٤} = ٢٠^\circ\text{س.}$$

$$\Delta \text{د} = د_٢ - د_١ \Leftarrow د_٢ = د_١ + \Delta \text{د} = ٢٥ + ٢٠ = ٤٥^\circ\text{س}$$

استقصاء



الشّكل (٦-١٣): السّخّانُ الكهربائيّ.

١- السّخّان الكهربائيّ: يستخدمُ في المطبخِ إبريقٌ فلزيّ لتسخينِ الماءِ، كما في الشّكلِ (٦-١٣)، إذا وضعتُ فيه كمّيّةُ ماءٍ كتلتها (٤,١) كغ، ودرجةُ حرارتها (٢٠°س)، فبدأتُ تغلي عند (١٠٠°س) بعد دقيقتين. احسبُ كمّيّةَ الطّاقةِ الكهربائيّةِ التي استهلكتُ لتسخينِ الماءِ خلالَ تلكَ الفترة.

٢- بركةٌ سباحةٍ تحتوي على كمّيّةٍ من الماءِ كتلتها (٣٦٠٠٠) كغ، ومتوسّطُ درجةِ حرارتها (١٧°س). تعرّضتُ البركةُ لأشعةِ الشّمسِ مدّةً ساعةٍ ونصفٍ، فأصبحَ متوسّطُ درجةِ حرارةِ الماءِ فيها (١٩°س). احسبُ كمّيّةَ الحرارةِ التي اكتسبها ماءُ البركةِ من أشعةِ الشّمسِ.

٣- ما المعدّلُ الزمانيّ لكمّيّةِ الحرارةِ المكتسبةِ في كلّ من الحالتين السّابقتين؟

الفيزياء والمجتمع



شكل (٦-١٤): الفيزياء والمجتمع.

حتى نقوم بأعمالنا اليومية لا بُدَّ من الحصول على الطاقة، فأجسامنا تستهلكها بصورة مستمرة، ويتغيَّر معدَّل هذا الاستهلاك وفقاً لما نقوم به من أعمال. ففي الأحوال العادية يحتاج الإنسان إلى الطاقة بمعدَّل سُعرٍ واحدٍ (٢,٤ جول) لكلِّ كيلو غرامٍ واحدٍ من جسمه، في الساعة.

أما مصدر تلك الطاقة، فنحصل عليه من الغذاء الذي نتناوله يومياً. وكذلك الحال بالنسبة إلى الآلة فهي تنجز لنا الشغل وتستهلك الطاقة. علماً بأنَّ الوحدة المستخدمة لقياس الطاقة هي الجول. وحتى تتخيَّل مقدار وحدة الجول من الناحية العملية، وكم هي صغيرة جداً؛ فإنَّ احتراق عود ثقابٍ واحدٍ احتراقاً كاملاً يُعطي كميةً من الحرارة مقدارها (٢٠٠٠) جول تقريباً. والجدول (٦-٣) الآتي يبيِّن بعض المواد الغذائية، ومواد الوقود، ومقدار الطاقة التي يُزوِّدنا بها غرام واحد من تلك المواد.

الجدول (٦-٣): الفيزياء والمجتمع.

وقود		مواد غذائية			
المادة (غ)	الطاقة (جول)	المادة (غ)	الطاقة (جول)	المادة (غ)	الطاقة (جول)
زبدة	٣٢٠٠٠	بيض	٧٠٠٠	غاز طبيعي	٥٣٠٠٠
سكر	١٦٠٠٠	بطاطا	٤٠٠٠	بترو	٤٧٠٠٠
لحوم	١٢٠٠٠	سمك	٣٠٠٠	فحم	٢٤٠٠٠
خبز	١٠٠٠٠	فاكهة	٢٠٠٠	خشب	١٥٠٠٠

الطاقة في الغذاء وحاجة الجسم إليها

هدف النشاط: استقصاء الطاقة التي نحصل عليها من تناول علبه بسكويت.
الأدوات: يُحضّر كلُّ طالبٍ علبه بسكويت، أو أيّ مادةٍ غذائيةٍ مشابهةٍ (عبوةٌ لكلِّ مجموعة).

خطوات تنفيذ النشاط:

- ١- تبحثُ المجموعة عن جدولٍ مدوّنٍ على العبوة الغذائية مشابهٍ للجدول (٦-٣).
- ٢- تنظّمُ المجموعة قائمةً بأسماءِ المكونات الأساسية للمادة الغذائية على ورقةٍ.
- ٣- تكتبُ المجموعة المحتوى الحراري لكلِّ مادةٍ وتقرّرن ذلك بحاجة الفرد إلى الطاقة.
- ٤- يحسبُ كلُّ طالبٍ مقدارَ الطاقة التي يحتاج إليها جسمه خلالَ مدّةٍ وجوده في المدرسة، بمعرفة كتلته، وعدد ساعات الدوام.

● تطبيقات حرارية؛ رمال الشاطئ

عندما تسيرُ حافي القدمين على رمال الشاطئ في يومٍ مُشمسٍ، فإنّك ستحسّ بسخونة الرمال، بينما لو اتّجهت للسّير داخل الماء ستجد أنّه أبردُ من الرمال، على الرغم من تعرّض الماء والرمال للعوامل الجوية نفسها؛ من: أشعة الشّمس، ودرجة حرارة الرياح وسرعتها، فما سببُ الإحساس بذلك الاختلاف؟ إنّ شعورك يعبرّ عن اختلافٍ حقيقيٍّ بين الدرجتين، فالماء له حرارةٌ نوعيّةٌ أكبرُ من الرّمْل، فيكتسبُ كمّيّةً كبيرةً من الحرارة لترتفع درجة حرارته قليلاً. أمّا الرّمْلُ فحرارته النوعيّة قليلةٌ. فترتفع درجة حرارة الرّمْل بصورة أكبر من الماء.

ومن العلاقة:

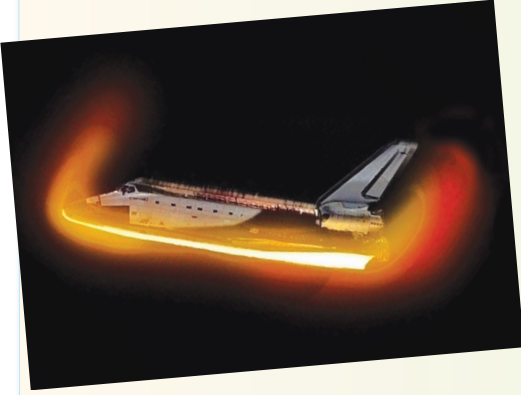
$$\text{كمّيّة الحرارة المكتسبة} = \text{كتلة الجسم} \times \text{الحرارة النوعيّة} \times \text{تغيّر درجة الحرارة}$$

نجد أنّ:

$$\text{تغيّر درجة الحرارة} = \frac{\text{كمّيّة الحرارة المكتسبة}}{\text{كتلة الجسم} \times \text{الحرارة النوعيّة}}$$

مما يعني أنّ تغيّر درجة الحرارة يتناسب عكسيّاً مع الحرارة النوعيّة للجسم، على فرض تساوي الكتل وكمّيّات الحرارة.

حل مشكلات



الشكل (٦-١٥): احتكاك جسم المكوك بالغلاف الجوي.



الشكل (٦-١٦): تغليف مقدمة المكوك بالقطع العازلة.



الشكل (٦-١٧): تفقد القطع العازلة بعد الرحلة.

عند عودة المكوك الفضائي إلى الأرض، فإنه يدخل الغلاف الجويّ بسرعة (٣٦٠٠٠ كم/س، مما يجعل الاحتكاك بالهواء يولّد طاقةً حراريّةً كبيرةً، انظر الشكل (٦-١٥)، فترتفع درجة حرارة السطح الخارجي لجسم المكوك إلى نحو (١٥٠٠°س)، ولا يمكن لجسم المكوك تحمّل هذه الدرجة.

هل يمكنك - عزيزي الطالب - التفكير في حل عملي لهذه المشكلة؟

لقد ابتكر علماء الفضاء والمهندسون طريقةً لحماية مقدمة المكوك، والسطوح التي تتعرّض لاحتكاك قويّ بالهواء، فقاموا بتصنيع قطع عازلة خفيفة الوزن من الخزف (السيراميك) تتحمّل درجات حرارة عاليةً جدًا، ولا تنصهر؛ إذ صنعت على نحو يشبه (البولسترين)، حتّى لا تزيد من وزن المكوك بصورة كبيرة، ويحتاج المكوك إلى نحو (٢٠٠٠٠) قطعة خزفيّة لتغليف الأجزاء المذكورة منه، انظر الشكل (٦-١٦)، علمًا بأن حجم القطعة الواحدة أصغر من البلاطة المستخدمة في تبليط الحائط في المطبخ، ويتمّ تفقد هذه القطع بعد كلّ رحلة فضائية، لاستبدال التالف منها، انظر الشكل (٦-١٧).



سأل أحد الحجاج عن تلك المراوح الضخمة،
التي تنشر رذاذ الماء في أجواء الحرمين وأروقتهما،
انظر الشكل (٦-١٨)، معتمداً على معرفتك
بخصائص الماء الحرارية، وضح كيف تتحقق
الفائدة من تلك المراوح.

الشكل (٦-١٨): مراوح ضخمة في الحرمين المكي والمدني.

التوسع

الحرارة النوعية من الخصائص الفيزيائية المميزة للمادة، وسبب اختلاف الحرارة النوعية من مادة إلى أخرى يعود إلى اختلاف قوى ترابط ذرات المادة أو دقائقها معاً، ومن ثم قدرتها على توصيل الحرارة إلى أجزاء المادة جميعها، ثم إلى تخزين الطاقة بكميات تتناسب مع الحرارة النوعية للمادة. ابحث عبر مصادر متنوعة للمعلومات عن كيفية تفاعل دقائق المادة مع الطاقة الحرارية التي تكتسبها، وعن النظريات التي تفسر سلوك الدقائق داخل المادة، واختلاف ذلك من مادة إلى أخرى.

مراجعة الدرس (٦-٢)

- ١- وضح المقصود بكل من: كمية الحرارة، الحرارة النوعية، السعة الحرارية.
- ٢- ماذا يطلق على العلاقة الحسابية: ١ سعر = ١٨٦,٤ جول. هل هي خاصة بمادة معينة؟
- ٣- اذكر العوامل الثلاثة اللازمة لحساب كمية الحرارة التي يكتسبها جسم عند تسخينه.
- ٤- ما معنى أن السعة الحرارية لجسم تساوي ٢٠٠٠ جول/كلفن؟
- ٥- اذكر العوامل التي تعتمد عليها السعة الحرارية لجسم ما.
- ٦- الحرارة النوعية تعد صفة مميزة للمادة، بينما السعة الحرارية ليست كذلك. وضح هذا القول.
- ٧- **تفكير ناقذ:** فسّر سبب استعمال الماء في تبريد المحركات، وفي المفاعلات النووية، وفي إطفاء الحرائق.

نتائج الدرس

- توضّح المقصود بالمخلوط الحراري، والاتزان الحراري.
- تفسّر خصائص ميزان الحرارة المتعلقة بالاتزان الحراري مع الوسط.
- تحلّ مسائل حسابية على الاتزان الحراري.

نشاط تمهيدي

وَضَعَ فَنجَانَا قَهْوَةً سَاخِنًا عَلَى الطَّائِلَةِ، أَحَدُهُمَا مَكْشُوفٌ وَالثَّانِي مُحَاطٌ بِالْقُطْنِ دَاخِلَ عِلْبَةٍ، ثُمَّ لَمَسَ كُلُّ فَنجَانٍ بَعْدَ رُبْعِ سَاعَةٍ.



فكرة مضيئة

لِقِيَاسِ دَرَجَةِ حَرَارَةِ مَاءٍ سَاخِنٍ، يُغْمَرُ مَسْتَوْدَعُ الْمِيزَانِ فِي الْمَاءِ، فَتَنْتَقِلُ الْحَرَارَةُ مِنَ الْمَاءِ إِلَى الزُّبُنِ، وَيَسْتَمِرُّ ذَلِكَ حَتَّى يَحْدُثَ اتِّزَانٌ حَرَارِيٌّ بَيْنَهُمَا، فَتَقْتَسَاوِي دَرَجَةُ حَرَارَةِ الزُّبُنِ مَعَ الْمَاءِ.

درست في الصفوف السابقة عن المخاليط، فعرفت أن خلط المواد يتم بإضافة مادتين أو أكثر إلى بعضها، لكن ما ستعرفه هنا هو المخلوط الحراري الذي ينتهي إلى حالة اتزان حراري.

Thermal Mixture

المخلوط الحراري

١-٣-٦

يُعدُّ مَزْجُ حَلِيبٍ سَاخِنٍ بِمَاءٍ بَارِدٍ مَخْلُوطًا حَرَارِيًّا، وَكَذَلِكَ مَزْجُ مَاءٍ بَارِدٍ بِمَاءٍ سَاخِنٍ، وَهَذَا كُلُّهُ قَدْ يَكُونُ مَأْلُوفًا لَكَ، إِلَّا أَنَّ غَيْرَ الْمَأْلُوفِ هُوَ أَنَّ يُقَالُ: إِنَّ وَضْعَ قِطْعَةٍ سَاخِنَةٍ مِنَ الْحَدِيدِ فِي إِنَاءٍ يَحْوِي مَاءً بَارِدًا يُعَدُّ مَخْلُوطًا حَرَارِيًّا؛ **فالمخلوط الحراري** هو اختلاط مادتين أو أكثر، أو تلامس جسمين مختلفين أو أكثر في درجة الحرارة، بحيث تفقد المادة (أو الجسم) ذات درجة الحرارة العالية كمية من الحرارة، في حين تكتسب المادة (أو الجسم) ذات الدرجة الأقل هذه الكمية من الحرارة، وقد يكون المخلوط الحراري معزولاً حرارياً عن الوسط المحيط به، مما يحول دون انتقال الحرارة إليه، ويؤدي ذلك إلى انتقال كمية الحرارة بين المواد المخلوطة فقط. ويستخدم لذلك إناء خاص معزول حرارياً لاحتواء المخاليط الحرارية، يُسمى (المسعر). والنظام الحراري المعزول عن الوسط المحيط، الذي لا يحدث فيه تبادل حراري بين النظام والوسط، يُسمى **نظاماً مغلقاً**.

وفي المقابل هناك **النظام المفتوح** الذي يسمح بتبادل الطاقة الحرارية بين مكونات المخلوط والوسط المحيط به، إذ تتم عملية انتقال الحرارة من الجسم إلى الوسط، أو العكس؛ أي يحدث تبادل حراري مع الوسط المحيط، ولكي نتعرف عملياً كيفية تحضير مخلوط حراري، وتحديد اتجاه انتقال الحرارة بين مكوناته، نفذ النشاط الآتي:



المخاليط الحرارية

هدف النشاط: تحضير مخلوط حراري.

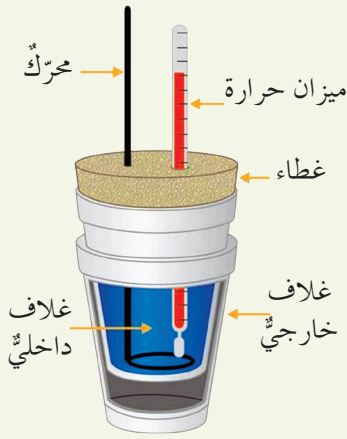
الأدوات: إناء زجاجي للتسخين، مصدر حراري، منصّب ثلاثي، شبك تسخين، ميزان حرارة، كأس بوليسترين، ماء، قطعة حديد معلومة الكتلة (٢٠٠ غ تقريباً)، ملقط.

خطوات تنفيذ النشاط:

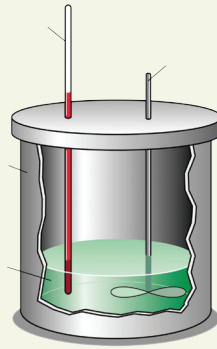
- ١- ضع قطعة الحديد مع كمية مناسبة من الماء في إناء التسخين، ثم سخنها حتى يغلي الماء.
 - ٢- ضع كمية من الماء البارد (٨٠ مل) في كأس البوليسترين، ثم قس درجة حرارتها.
 - ٣- استخدم ملقطاً مناسباً لرفع قطعة الحديد من وعاء التسخين، ثم أسقطها بلطف في كأس البوليسترين.
 - ٤- حرّك المخلوط الحراري في كأس البوليسترين قليلاً، ثم قس درجة حرارة المخلوط.
- بعد أن نفذت النشاط ودوّنت النتائج، أجب عن الأسئلة الآتية:
- ما مقدار درجة حرارة المخلوط (ماء وحديد)؟ وما علاقتها بدرجتي حرارة الماء والحديد قبل الخلط؟
 - بين اتجاه انتقال الحرارة بين الماء والحديد. أيّهما فقد الطاقة الحرارية؟ وأيّهما اكتسبها؟
 - هل يمكن تصنيف النظام المكوّن من الحديد والماء على أنه مغلق؟ ناقش ذلك.

الفيزياء والتكنولوجيا

يتكوّن المُسعّر من إناءين من فلز كالألومنيوم أو النحاس، أحدهما داخل الآخر، تفصل بينهما مادة عازلة للحرارة، وللمُسعّر غطاء فيه فتحتان، إحداهما لإدخال ميزان حرارة، والأخرى لإدخال أداة لتحريك الخليط، انظر الشكل (٦-١٩)، ويتم تبادل الطاقة الحرارية بين المواد المخلوطة داخل المُسعّر، ويحدث كذلك تبادل للطاقة مع الجدار الداخلي للمُسعّر، بينما يقوم العازل والجدار الخارجي للمُسعّر بمنع انتقال الحرارة من المخلوط الحراري إلى الوسط المحيط، أو بالاتجاه المعاكس.



الشكل (٦-١٩/ج):
مسعر بسيط.



الشكل (٦-١٩/ب):
تركيب المسعر.



الشكل (٦-١٩/أ):
المسعر.

تمرين: اصنع مسعراً بسيطاً من كأس بوليسترين، وسلك فلزيّ، وميزان حرارة، وغطاء دائريّ من الكرتون المقوّى، كما في الشكل (٦-١٩/ج).

Thermal Equilibrium

الاتزان الحراريّ

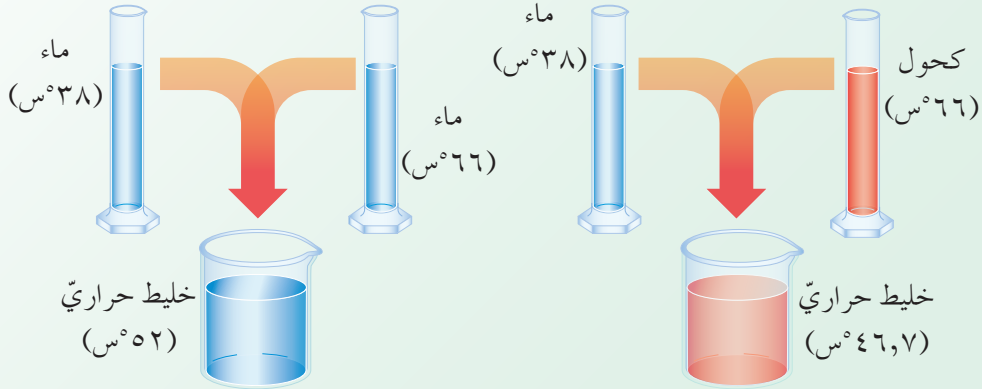
٢-٣-٦

يستمرّ انتقال الحرارة بين مكوّنات المخلوط الحراريّ، حتّى تتساوى درجة الحرارة لتلك المكوّنات بعد مدّة من الزمن، عندئذ يصل المخلوط إلى حالة **الاتزان الحراريّ**. ففي حالة النظام المغلق، فإنّ مكوّنات النظام؛ وهي المسعر وما بداخله من موادّ، ستبادل الطاقة الحرارية فيما بينها، فيستمرّ انتقال الحرارة من المادّة التي درجة حرارتها أعلى إلى المادّة التي درجة حرارتها أدنى، حتّى تصبح للمادّتين والجدار الداخليّ للمسعر درجة الحرارة نفسها. فيحصل الاتزان الحراريّ.

أمّا في النظام الحراريّ المفتوح، فيحصل الاتزان الحراريّ بين الجسم والوسط المحيط به؛ كأنّ يُوضّع طبق من الطّعام الساخن، درجة حرارته (٨٠°س)، فوق طاولة داخل غرفة درجة حرارتها (٢٧°س) فتستمرّ الحرارة بالانتقال من الطّبق إلى الوسط المحيط به (الهواء، وسطح الطاولة)، حتّى تصبح درجة حرارة الطّبق (٢٧°س)، وهنا نلاحظ حدوث الاتزان بين الجسم والوسط المحيط دون أن ترتفع درجة حرارة الوسط، فسّر ذلك.



تأمل الشكل (٦-٢٠)، ثم فسّر: سبب الاختلاف في درجة حرارة المزيج الناتج في الحالتين.



الشكل (٦-٢٠): فكر.

يمكن إجراء تجارب عملية دقيقة في حالة النظام المغلق، لحساب كميات فيزيائية، مثل: الحرارة النوعية للمواد، وتكون الطاقة الحرارية داخل النظام المغلق محفوظة، أي إن:

$$\text{كمية الحرارة المفقودة} = \text{كمية الحرارة المكتسبة}$$

للتحقق بصورة عملية من هذه العلاقة، ولتعرف طريقة حساب كمية الحرارة، نفذ النشاط الآتي:



الانزياح الحراري

نشاط (٦-٥)

هدف النشاط: حساب كمية الحرارة المفقودة وكمية الحرارة المكتسبة.

الأدوات: إناءان زجاجيان مناسبان، ومصدر حراري، ومنصب ثلاثي، وشبك تسخين، وميزان حرارة، وأداة للتحرّيك.

خطوات تنفيذ النشاط:

- ١- ضع في الإناء الأول كمية من الماء (٢٠٠ مل) كتلتها ٠,٢ كغ.
- ٢- قس درجة حرارة الماء في الإناء الأول، ثم دوّنوها في دفتر.
- ٣- ضع كمية (٢٠٠ مل) أخرى من الماء في الإناء الثاني، ثم سخنها باستخدام المصدر الحراري لمدة خمس دقائق، ثم قس درجة حرارة الماء، ودوّن القيمة في دفتر.
- ٤- أضف الماء البارد في الإناء الأول إلى الماء الساخن في الإناء الثاني، ثم قس درجة حرارة

الخليط، ودونها في دفترك.

راجع القياسات التي دوتتها في دفترك، والتي تتضمن: كتلة الماء البارد، وكتلة الماء الساخن، ودرجتَي حرارتيهما قبل المزج، ودرجة الحرارة النهائية للخليط. ثم أجب عن الأسئلة الآتية: (تذكر أن ح للماء = ٤٢٠٠ جول/كغ.°س، تقريباً).

- احسب كمية الحرارة التي فقدتها الماء الساخن.
- احسب كمية الحرارة التي اكتسبها الماء البارد.
- قارن بين الكميتين، ماذا تستنتج؟
- ما مصادر الخطأ في هذا النشاط؟ هل يُعدُّ هذا النظام مغلقاً؟ فسر إجابتك.

مثال (٦-٦)

نظام حراري مغلق مكون من مسعر نحاسي فيه (١٥٠) غ من الماء البارد، عند درجة حرارة (١٠°س)، أضيف إليه (١٠٠) غ من الماء الساخن، درجة حرارته (٨٠°س). مهملاً تأثير المسعر في الاتزان الحراري، احسب درجة الحرارة النهائية للمزيج.

الحل

كمية الحرارة المكتسبة: (للماء البارد) = $m_c \times C \times \Delta T$ ؛ حيث $\Delta T = (d - c)$

$$= 0,15 \times C \times (10 - d)$$

كمية الحرارة المفقودة: (للماء الساخن) = $m_h \times C \times \Delta T$

$$= 0,10 \times C \times (80 - d)$$

عند الاتزان الحراري: (كمية الحرارة المكتسبة) = - (كمية الحرارة المفقودة)

$$0,15 \times C \times (10 - d) = - 0,10 \times C \times (80 - d)$$

بالقسمة على (ح):

$$0,15 \times (10 - d) = - 0,10 \times (80 - d)$$

$$1,5 - 0,15d = - 8 + 0,10d$$

$$1,5 + 8 = 0,10d + 0,15d$$

$$9,5 = 0,25d$$

$$d = \frac{9,5}{0,25} = 38^\circ\text{س}$$

كمية من الماء كتلتها (٧٥ غ)، ودرجة حرارتها (٧٢°س)، وُضِعَتْ في مسعر من الألمنيوم معزول، درجة حرارته من الداخل (٢٩°س)، فاتَّزَن النِّظَامُ عندَ درجة حرارة (٦٤°س). احسب:

١- كمية الحرارة التي فقدها الماء.

٢- كتلة الإناء الداخلي للمسعر.

الحل

$$(١) \text{ كمية الحرارة التي فقدها الماء } = \text{ ك } \times \text{ ح } \times \Delta \text{ د}$$

$$= ٢٥٢٠ - (٧٢ - ٦٤) \times ٤٢٠٠ \times ٠,٠٧٥ = \text{جول}$$

(٢) كمية الحرارة التي اكتسبها الألمنيوم = - (كمية الحرارة التي فقدها الماء).

$$\text{ك} \times \text{ح} \times \Delta \text{ د} = ٢٥٢٠$$

$$\text{ك} \times ٩٠٠ \times (٢٩ - ٦٤) = ٢٥٢٠$$

$$\text{ك} = ٣١٥٠٠$$

$$\text{كتلة الوعاء الداخلي للمسعر : ك} = \frac{٢٥٢٠}{٣١٥٠٠} = ٠,٠٨ \text{ كغ (٨٠ غ)}$$



الشكل (٦-٢١): مثال
(٨-٦).

مسعر معزول فيه كمية من الماء كتلتها (١٠٠ غ)، ودرجة حرارتها (٢١°س)، وُضِعَتْ فيه قطعة ساخنة من النحاس كتلتها (٥٠ غ)، كما في الشكل (٦-٢١)، فاتَّزَن النِّظَامُ عندَ درجة حرارة (٣٦°س). مهملاً تأثير المسعر، احسب درجة حرارة قطعة النحاس قبل تبريدها.

الحل

الماء اكتسب حرارة، والنحاس فقد حرارة.

$$(١) \text{ كمية الحرارة التي اكتسبها الماء } = \text{ ك } \times \text{ ح } \times \Delta \text{ د}$$

$$= ٠,١٠ \times ٤٢٠٠ \times (٢١ - ٣٦) = ٦٣٠٠ \text{ جول}$$

$$(٢) \text{ كمية الحرارة التي فقدها النحاس } = \text{ ك } \times \text{ ح } \times \Delta \text{ د}$$

$$٢٠ - ٧٢٠ = (٣٦ - ٥) \times ٤٠٠ \times ٠,٠٥ =$$

عند الاتزان الحراري: كمية الحرارة المكتسبة (للماء) = - (كمية الحرارة المفقودة (للتحاس)).

$$٧٢٠ - ٢٠ = ٦٣٠٠$$

$$٣٥١^\circ\text{س} = \frac{٧٢٠ + ٦٣٠٠}{٢} =$$

Thermometer

تطبيقات الاتزان الحراري؛ ميزان الحرارة

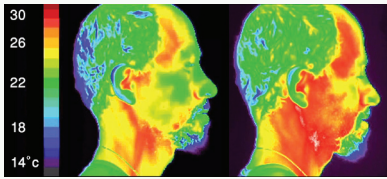
٣-٣-٦



التكامل مع الطب

(الفيزياء الطبية) علم الترمولوجي: (thermology)

اهتم الطب بظاهرة الانبعاث الحراري لجسم الإنسان منذ القدم، فكان الطبيب اليوناني (أبقراط) يغطي صدر المريض بطبقة من الطين، [والموضع الذي يجف فيه الطين أولاً، يُعد مؤشراً على مكان المرض]. تطورت تلك الطريقة حتى أصبحت فرعاً من فروع العلوم الطبية، في ما يعرف بعلم الترمولوجي الذي يعتمد على مؤشرات حرارية عند تشخيص الحالة المرضية، حيث تلتقط صوراً بالأشعة تحت الحمراء لجسم المريض باستخدام آلة تصوير خاصة، فتظهر في الصورة بقع ملونة تساعد على تحديد موضع التدفق غير العادي للدم، مما يساعد على تشخيص الحالة. والشكل (٦-٢٣) يبين صورة حرارية لجسم مريض تم التقاطها باستخدام آلة تصوير بالأشعة تحت الحمراء.



الشكل (٦-٢٣): صورة حرارية.

تأمل ميزان الحرارة الزئبقي أو الكحولي جيداً، ستلاحظ أن مستودع الميزان يتكون من زجاج جداره رقيق جداً، كما في الشكل (٦-٢٢)، وستلاحظ أيضاً أن كمية الزئبق أو الكحول داخل الميزان قليلة، ما علاقة ذلك بالاتزان الحراري؟

إذا أردنا قياس درجة حرارة كمية قليلة من مادة ما، على افتراض أن كمية الزئبق في الميزان كبيرة، فإن كمية الحرارة التي تلزم الزئبق ليصل إلى اتزان حراري مع المادة (كي يقيس درجة حرارتها) ستكون كبيرة، وهذه الكمية ستفقدُها المادة، فتخفض درجة حرارتها، ويتعذر علينا الحصول على قراءة صحيحة. أما بالنسبة إلى سُمك الجدار فلا بد أن يكون رقيقاً، حتى ينقل الحرارة من المادة إلى مستودع الميزان بسرعة، ونحصل على قراءة فورية.

سؤال: ما علاقة قطر الأنبوب الشعري بدقة التدرج؟ ناقش زملاءك في ذلك.



الشكل (٦-٢٢): مستودع ميزان الحرارة الزئبقي.

الفيزياء والمجتمع



الشكل (٦-٢٤): ضربة الشمس.

وهب الله تعالى الإنسان وغيره من المخلوقات أجساماً لها مقدرة على العيش في بيئات مختلفة، والتكيف معها؛ إذ إن للجسم قدرة على الاحتفاظ بدرجة حرارته ثابتة في الطقس الحار، أو البارد. إلا أن هذه القدرة تتأثر بالظروف الجوية ذات الحرارة الشديدة والرطوبة العالية، فيتعرض جسم الإنسان للإجهاد في مثل هذه الظروف، وترتفع درجة حرارته، بسبب فقدان الكثير من السوائل والأملاح.

قد تتراوح حالات الإصابة الناتجة من ارتفاع درجة الحرارة بين تشنجات، وضربة شمس، وسكتة دماغية خطيرة، قد تؤدي إلى الوفاة، ما يتطلب عناية طبية فورية، انظر الشكل (٦-٢٤).

من العوامل (أو الظروف) التي تجعل بعض الأشخاص أكثر عرضة للإصابة بذلك: السمنة الزائدة، والحمى، وأمراض القلب، وضعف الدورة الدموية. ويعد الأطفال الصغار، وكبار السن أكثر عرضة للإصابة، انظر الجدول (٦-٤) الذي يبين أعراض بعض حالات الإصابة، والإسعافات الأولية لها:

الجدول (٦-٤): أعراض ضربة الشمس وإسعافاتها

ضربة الشمس	التشنجات	
■ ضعف عام، وصعوبة في التنفس. ■ صداع وشعور بالغثيان والدوار. ■ ارتفاع في درجة حرارة الجسم. ■ ازدياد في سرعة نبضات القلب.	■ رطوبة في الجلد وتعرق شديد. ■ ضعف في النبض، وشعور بالغثيان. ■ تقلصات عضلية، وتشنجات. ■ الإغماء (أحياناً).	الأعراض
■ نقل المصاب إلى مكان بارد، وجيد التهوية، ويفضل أن يكون المكان مكيفاً. ■ إزالة الملابس الخارجية، وتهوية جسم المصاب. ■ تبريد جسم المصاب بالماء، واستخدام المروحة إذا لزم الأمر.		الإسعاف

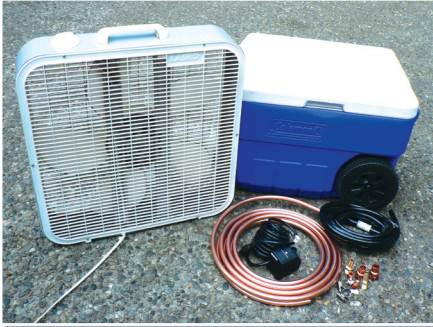
للغلاف الجويّ أهميّة بالغّة في استمرار الحياة على كوكب الأرض، وغازات الغلاف الجويّ بنسبها الطبيعيّة لها دورٌ في حدوث اتزانٍ حراريّ لجو الأرض، حيثُ تصلُ أشعّة الشمسِ إلى سطح الأرض فتسخّنه، ويبعثُ بدوره أشعّة حراريّة تبقى حبسَةً داخلَ الغلاف الجويّ، لتحافظُ على درجة حرارة الأرض في معدّلها الطبيعيّ. وإلاّ أصبحَ الوضعُ كما هوَ على القمر؛ تكونُ درجة الحرارة عليه دونَ الصفر ليلاً، وفوقَ درجة غليانِ الماء نهاراً.

من الآثار السلبية للتقدّم التكنولوجيّ ظاهرة **الاحتباس الحراريّ Global Warming** التي تعرّف بأنّها الزيادةُ التدريجيّة في درجة حرارة الغلاف الجويّ للأرض، بسببِ حدوثِ خللٍ في النسبِ الطبيعيّة لمكوّنات الغلاف الجويّ، ناتجٌ عن زيادة انبعاثِ غازاتٍ معيّنة، أهمّها؛ بخار الماء، وثاني أكسيد الكربون، والميثان، وأكاسيد النيتروجين، والأوزون. ابحث في مصادر المعرفة المختلفة عن حلولٍ علميّة وعملية للحدّ من هذه الظاهرة.

مراجعة الدّرس (٦-٣)

- ١- لماذا تُظهرُ النتائجُ التجريبيّة أن كميّة الحرارة المكتسبة أقلُّ من كميّة الحرارة المفقودة في تجارب المخاليط الحرارية؟
- ٢- فسّرْ عدمَ حدوثِ تغيّرٍ في درجة حرارة الوسط المحيط عندما تنتقلُ الحرارة إليه في النظام المفتوح.
- ٣- **تفكيرٌ ناقدٌ:** صنّف الأنظمة الحرارية الآتية إلى مفتوحة أو مغلقة: قطعة حديد ساخنة في الهواء، مجمّدة الثلاجة، (تيرموس) مملوءاً قهوة ساخنة، كأس ماءٍ مثلّجٍ على الطاولة، قدراً فوق النار.

تصميم مكيف هواء بسيط



الشكل (٦-٢٥): تصميم مكيف هواء.

فكرة المشروع

ستقوم وزملاءك بتصميم نموذج عملي لمكيف هواء بسيط، تستخدم فيه أدوات من البيئة، أو مواد سبق استخدامها، ثم تقوم المجموعة بتشغيل نظام التكييف المقترح، وملاحظة عمله، وحصر العيوب والمشاكل، والعمل على تعديل الممكن منها.

الفرضية

لخفض درجة حرارة الهواء داخل الغرفة، يُستخدم نظام تبريد يتم من خلاله سحب كمية من الحرارة التي يحتفظ بها الهواء، لذلك نلجأ إلى استخدام مادة لها سعة حرارية عالية، لإحداث تبادل حراري مع الهواء.

يضع الطلبة مجموعة من الفرضيات حول المادة المناسبة، ثم حول عملية تمرير المادة من أماكن خاصة كالأنابيب مثلاً، يسهل من خلالها سحب الحرارة من الهواء.

الخطّة

- لا بُد من اتفاق أعضاء المجموعة على الفرضيات المقترحة.
- تقوم المجموعة برسم مخطط للتصميم، توضّح فيه السائل المستخدم (وليكن الماء)، وكيفية تمريره في أنابيب مناسبة. وتثبت ذلك على مروحة تقوم بدفع الهواء المراد تبريده.
- تحضر المجموعة قائمة بالمواد والأدوات اللازمة لصنع النموذج: وذلك مثل: مروحة منزلية، أو أي مروحة صغيرة، أنابيب فلزية (نحاسية مثلاً) يسهل ثنيها، أسلاك تريب، مواد لاصقة، أحواض بلاستيكية غير مسربة للماء، ميزان حرارة، ماء وتلج. خرطوم بلاستيكي.

الإجراءات

- ١- اصنع ملفاً حلزونياً من أنبوب نحاسي رفيع. كما في الشكل.
- ٢- ثبّت الملف النحاسي على الجهة الخلفية للمروحة، مستخدماً أسلاك تريب مناسبة.
- ٣- اقطع الخرطوم البلاستيكي إلى نصفين، وثبّت كلاهما في أحد طرفي الملف النحاسي.
- ٤- ضع أحد الحوضين فوق مكان ثابت أعلى من المروحة، والآخر تحت مستوى المروحة.

مشروع ٦

- ٥- ثبت أحد الخرطومين في الحوض العلوي، بحيث يمكن سحب الماء البارد منه، والخرطوم السفلي يُفرغ الماء في الحوض الثاني.
- ٦- شغل المروحة، وقس درجة حرارة الهواء أمام المروحة وخلفها.

مناقشة النتائج

- تقوم المجموعات بمناقشة إجابات الأسئلة الآتية:
- ما مقدار درجة حرارة الهواء خلف المروحة؟
 - ما مقدار درجة حرارة الهواء أمام المروحة؟
 - هل يعد فرق درجات الحرارة الذي حصلت عليه كافيًا للتبريد من الناحية العملية؟
 - هل كان جريان الماء كافيًا لتبريد الهواء؟
 - اقترح إضافات على النموذج يمكن أن تؤدي إلى تحسين الأداء.
 - ما اقترحك بشأن المحافظة على الماء عند استخدامه بهذه الطريقة للتكييف؟

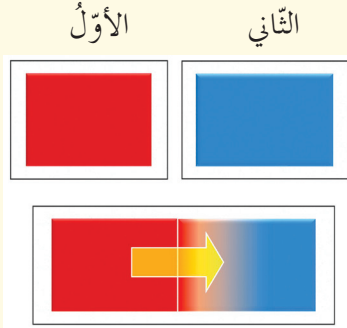
التقويم الذاتي

الرقم	المعيار	نعم	لا
١	تمكنت من التعبير عن فكرة المشروع بدقة ووضوح.		
٢	صغت فرضية تتعلق بطريقة عمل النموذج.		
٣	وضعت خطة مناسبة لتنفيذ التصميم.		
٤	ركبت الجهاز وجربته عمليًا.		
٥	تواصلت مع معلمي في أثناء تنفيذ المشروع.		
٦	راعت إجراءات السلامة العامة في أثناء العمل.		
٧	رصدت معوقات العمل وعملت على تحسينه.		
٨	تعاونت مع زملائي، واحترمت آراءهم في أثناء العمل.		
٩	استطعت الحكم على دقة النتائج التي توصلت إليها.		
١٠	أنجزت المشروع وفق الخطة الزمنية المحددة.		

أسئلة الفصل السادس

الجزء الأول: أسئلة قصيرة الإجابة

١- ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:



الشكل (٦-٢٦): السؤال الأول، الفقرة الثانية.

(١) درجة الحرارة الأعلى مما يأتي هي:

أ - (١٠٠°س). ب - (١٠٠°ف).

ج - (٣٥٠°ك). د - (٢٠٠°ك).

(٢) يُمثّل الشكل (٦-٢٦) المجاور جسمين معزولين حراريًا

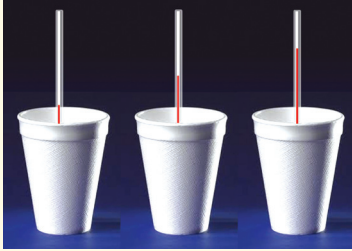
عن الوسط المحيط بهما، عند اتصال الجسمين معًا، فإنّ انتقال الحرارة بينهما يستمرّ إلى أن تصبح:

أ - درجة حرارة الجسم الأول أقلّ من درجة حرارة الجسم الثاني.

ب - درجة حرارة الجسم الأول أكبر من درجة حرارة الجسم الثاني.

ج - درجة حرارة الجسم الأول تساوي درجة حرارة الجسم الثاني.

د - لا يحدث أيّ تغيير في درجة حرارة كلّ منهما.



الشكل (٦-٢٧): السؤال الأول، الفقرة الثالثة.

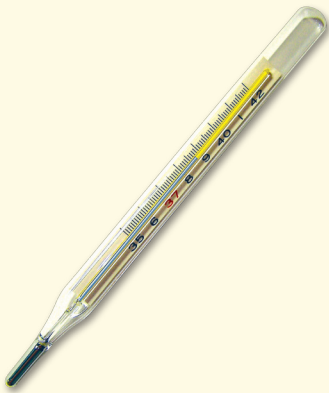
(٣) انظر الشكل (٦-٢٧)، الذي يحتوي على ثلاثة أكواب

في كلّ منها ١٠٠ مل من الماء ودرجة حرارتها (٨٠°س، ٥٠°س، ٢٠°س) على الترتيب.

عند خلط ماء الأكواب الثلاثة معًا فإنّ درجة حرارة الخليط الناتج تساوي:

أ - (١٥٠°س). ب - (٢٥°س).

ج - (٧٠°س). د - (٥٠°س).



الشكل (٦-٢٨): السؤال الثاني.

٢- تفحصت الطالبة سارة ميزان حرارة طبيّ زئبقيّ، انظر الشكل

(٦-٢٨)، ثمّ دوّنت في دفترها ما يأتي:

أ - كمّيّة الزئبق في المستودع قليلة.



ب- زجاج مستودع الزئبق في الميزان رقيق.

ج- الساق رفيعة جدًا.

د- الميزان مدرج بين (٣٥°س) و (٤٢°س) فقط.

هـ- وجود اختناق ضيق جدًا فوق المستودع. انظر الشكل (٦-٢٩).

فسر لماذا تراعى هذه الأمور عند تصميم ميزان الحرارة.

الشكل (٦-٢٩): السؤال الثاني.

٣- أكمل الفراغ في ما يأتي:

أ - درجة حرارة سطح الشمس ٦٠٠٠ ك، وهذا القياس يساوي°س.

ب- درجة انصهار الذهب (١٠٦٣°س)، وتساوي ك.

ج- درجة حرارة جسم طائر ٣١٥ ك، وتساوي°س.

د - درجة غليان الأكسجين السائل ٩٠ ك، وتساوي°ف.

٤- لديك ميزان حرارة زئبقي عليه تدريج يتكوّن من علامتين فقط، هما: (٠°س) و (١٠٠°س)،

وضّح كيف يمكنك استخدامه لقياس درجة حرارة مادّة مثلّجة (بوظة مثلاً) أقلّ من

(-١٠°س).

٥- صمّم الطالب أنس ميزان حرارة يعتمد على التغيّر في حجم غاز محصور عند تغيّر درجة

حرارته (بشبات الضّغط)، ثمّ استخدم ثلجاً، وبخار ماء لتدريج الميزان:

أ - ادرس الشكل (٦-٣٠)، وشرّح كيف يمكن لهذا الطالب

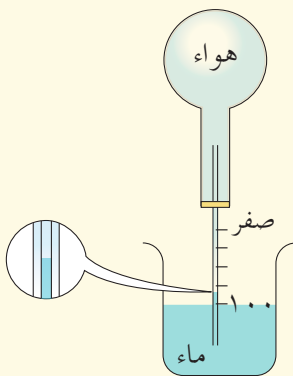
استخدام الجهاز ميزاناً للحرارة.

ب- اعتقد أحد أصدقاء أنس أن تدريج الميزان كما في الشكل غير

صحيح، وأنه يجب أن يكون معكوساً، أي (٠°س) في الأسفل

و (١٠٠°س) في الأعلى. في رأيك، هل تدريج ميزان الحرارة

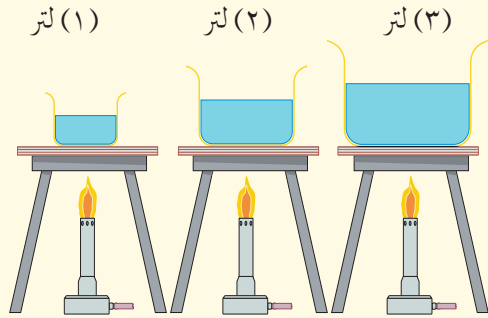
صحيح؟ فسر إجابتك.



الشكل (٦-٣٠): السؤال

الخامس.

الجزء الثاني: أسئلة حسابية



الشكل (٦-٣١): السؤال السادس.

٦- يبين الشكل (٦-٣١) ثلاثة أوعية تحتوي على ماء، وقد اكتسبت كميات حرارة متساوية، فكان التغير في درجة حرارة الوعاء الذي يحتوي على لتر واحد من الماء (10°C). احسب التغير في درجة حرارة كل من الوعائين: (٣ لتر، ٢ لتر).

٧- إذا وضعت لتر ماء درجة حرارته (40°C)، في وعاء، ثم قمت بغليه حتى درجة حرارة (100°C) لتحضير حساء، فما كمية الحرارة التي اكتسبها الماء؟ علماً بأن كثافة الماء تساوي 1 كغ/لتر .

٨- احسب كمية الحرارة التي تفقدتها كتلة 50 غ من الزئبق، حين تبرّد من (130°C) إلى (20°C)، علماً بأن الحرارة النوعية للزئبق: $140 \text{ جول/كغ.}^\circ\text{C}$.

٩- كتلتان متساويتان من الحديد والماء زودتا بكمية الحرارة نفسها، فارتفعت درجة حرارة الحديد من (25°C) إلى (118°C)، والماء من (25°C) إلى (35°C)، احسب نسبة الحرارة النوعية للماء إلى الحرارة النوعية للحديد.

١٠- إناء معزول سعته الحرارية (500) جول/ $^\circ\text{C}$ يحتوي على ($0,5$) كغ ماء، درجة حرارته (10°C). إذا أضيف إلى الماء الموجود في الإناء كمية من الماء الساخن كتلتها (1) كغ عند درجة حرارة (80°C)، فكم تصبح درجة حرارة المخلوط؟

١١- سُخِّنَت كتلتان متساويتان من سائلين مختلفين (أ، ب) باستخدام مصدرين حراريين متماثلين؛ لرفع درجة حرارتهما من (20°C) إلى (30°C)، فاستغرق السائل (أ) زمناً يبلغ مثلي زمن (ب). هل زود الاثنان بمقدار الحرارة نفسه؟ فسّر إجابتك. ثم بين أيهما ذو سعة حرارية أكبر.

١٢- **تفكير ناقذ:** مُسعران؛ في الأول (٥٠) غ ماءً عند درجة حرارة (١٧°س)، وفي الثاني (٦٠) غ ماءً عند درجة حرارة (٤٧,٥°س). إذا أضيف ماءً الثاني إلى ماء الأول تصبح درجة الحرارة النهائية (٢٣°س). أما إذا أضيف ماء الأول إلى ماء الثاني تصبح درجة الحرارة النهائية (٣٨,٨°س)، احسب السعة الحرارية لكل من المسعرين.



١٣- **تفكير ناقذ:** على الرغم من أن درجة حرارة الشرارة (٢٠٠٠°س) تقريباً، إلا أنها لا تحرق الجلد عند ملامستها له، انظر الشكل (٦-٣٢)، فسر ذلك.

الشكل (٦-٣٢): السؤال الثالث عشر.

آثار الحرارة في المواد Heat Effects on Matter

١-٧ حالات المادة وتحوّلاتها.

٢-٧ التمدد الحراري.

الأهمية

يتألف الكون من المادة والطاقة والتفاعل بينهما. من أشكال هذا التفاعل تحوّل المادة من حالة إلى أخرى، والتمدّد الحراري للمواد، والتي لها تطبيقات حياتية كثيرة مفيدة للبشرية.

توصّل عالم روسي عام (١٨٧٠م) إلى خواصّ عنصر مجهول يقع في مجموعة الألمنيوم في الجدول الدوريّ، سمّاه (إيكا - ألمنيوم)، ومعناه (أسفل الألمنيوم). بعد خمس سنوات اكتشف عالم فرنسيّ ذلك العنصر، وأطلق عليه اسم (غاليوم)، نسبة لاسم بلده فرنسا باللاتينية (غاليا). والغاليوم فلزّ رمزه (Ga)، عدده الذريّ (٣١) كثافته (٦ غم/سم^٣)، ودرجة انصهاره (٢٩,٨ °س)، لذلك ينصهر عند ملامسته جسم الإنسان، أمّا درجة غليانه فتصل إلى (٢٢٠٤ °س). لا يوجد الغاليوم منفرداً في الطبيعة، مع أنّ له استخدامات كثيرة، كالأجهزة الإلكترونية ومصابيح الليزر، والمفاعلات النووية.

فكّر: هل يمكن استخدام هذا الفلزّ بديلاً عن الزئبق في ميزان الحرارة؟ وما الحد الأدنى، والحد الأعلى لدرجات الحرارة التي يمكن قياسها باستخدام هذا الميزان؟

المواد من حولنا وتأثرها بالحرارة

يتألف الكون من المادة والطاقة والتفاعل المستمر بينهما؛ فالمادة والطاقة وجهان لشيء واحد. من أشكال هذا التفاعل تحول المادة من حالة فيزيائية إلى أخرى، والتمدد الحراري للمواد بحالاتها الثلاث. ولهذه التفاعلات تطبيقات حياتية كثيرة مفيدة للبشرية، سنتناول في هذا الفصل بعضاً منها، وندرس سلوك المادة في أثناء تحولها، والتغيرات الفيزيائية التي تطرأ على المادة نتيجة تفاعلها مع الحرارة. يلزم لدراسة تفاعل المادة مع الحرارة الإلمام بمهارات علمية مختلفة، والتعامل مع أدوات القياس، عند تنفيذ النشاطات العملية في هذا الفصل، ولا نغفل عن أخذ الحيطة والحذر واتباع تعليمات السلامة عند استخدام المصادر الحرارية المختلفة، والأدوات المخبرية.

بعد دراستك هذا الفصل، يتوقع منك أن:

- ◀ توضّح المقصود بالمفاهيم الآتية: (درجة الانصهار، ودرجة الغليان، والحرارة الكامنة للانصهار، والحرارة الكامنة للتصعيد).
- ◀ تحلّل العلاقات البيانية بين درجة الحرارة والزمن في أثناء تحولات المادة.
- ◀ تستدلّ تجريبياً على ثبات درجة الحرارة في أثناء الانصهار والغليان.
- ◀ تستدلّ تجريبياً على تمدد بعض المواد بالتسخين.
- ◀ توضّح المقصود بتمدد المواد الصلبة الطولي والسطحي والحجمي.
- ◀ تشرح عمل الترموستات، وأهميته في بعض الأجهزة.
- ◀ تصمّم تجربة توضّح طريقة عمل الترموستات.
- ◀ تصف ظاهرة شذوذ الماء.
- ◀ تستدلّ تجريبياً على التمدد الحجمي للغازات.
- ◀ تذكر نصّ قانون شارل وتعبّر عنه رياضياً.
- ◀ تطبّق قانون شارل في حلّ مسائل حسابية.
- ◀ تستقصي بعض التطبيقات الحياتية للتمدد مثل: خشونة الإنسان، وميزان الحرارة، وفواصل التمدد في الجسور والمباني، وغيرها.

تعلمت في ما سبق أن تسخين المادة يؤدي إلى رفع درجة حرارتها، فهل يحدث هذا دائماً. ماذا يحصل عند تسخين خليط من الماء والجليد؟ هل تستمر درجة حرارة الخليط بالارتفاع؟ وماذا يحصل عند استمرار تسخين الماء بعد بلوغه درجة الغليان؟ للإجابة عن هذه التساؤلات لتذكر معاً حالات المادة الثلاث وتحولاتها.

نتائج الدرس

- توضّح المقصود بدرجة الانصهار ودرجة الغليان والحرارة الكامنة.
- تحلّل العلاقات البيانية بين درجة الحرارة والزمن أثناء تحولات المادة.
- تستدل تجريبياً على ثبات درجة الحرارة أثناء تحولات المادة.

States of Matter

حالات المادة

٧-١-١

توجد المواد في الطبيعة في حالات ثلاث؛ هي: الحالة الصلبة، والحالة السائلة، والحالة الغازية. فهل تساءلت يوماً عن الفرق بين تلك الحالات الثلاث؟ ما الخصائص التي تميز كل حالة منها؟

١- الحالة الصلبة (Solid State)

تأخذ المادة في هذه الحالة شكلاً محدداً لا يتغير بسهولة، ويكون لها أبعاد ثابتة، ولا يتغير شكل الجسم الصلب إلا بتأثير قوى كافية تجبره على ذلك. ومن الأمثلة على ذلك: القلم، والمسطرة، وقطع الصخور، والفلزات المختلفة. ولكن ربّما يتبادر إلى ذهنك السؤال الآتي: ما الذي يعطي الجسم الصلب هذه الخصائص؟ لقد درست أن الأجسام تتكوّن من ذرات وجزيئات، وأن الجزيئات ترتبط فيما بينها بقوى. وفي الحالة الصلبة تكون هذه القوى بين جزيئات المادة كبيرة، وينتج عن ذلك حركة محدودة للجزيئات، تكون على صورة اهتزاز موضعي حول مواضع سكونها، ممّا يعطي الجسم الصلب تلك الخصائص.

٢- الحالة السائلة (Liquid State)

تتصف المادة السائلة بأنها غير من شكلها بسهولة؛ فهي عندما

نشاط تمهيدي

إحضار كمية من الماء في عبوة صغيرة، ومكعبات من الجليد، ومنديل مبلل بالماء. يراقب الطلبة ما يحدث لكل منها أثناء الدرس.



فكرة مضيئة

يتبخر الماء عند أي درجة حرارة، في حين يغلي عند درجة محددة تساوي ١٠٠°س تقريباً.

توضع في إناءٍ، تتجمع في أسفلهِ، وتأخذ شكلهُ، لكن حجمها يكون محدداً وثابتاً. والأمثلة كثيرة على المواد السائلة؛ كالماء في درجات الحرارة العادية، والزيت، والكحول، ومن الفلزات يكون الزئبق في حالة السيولة عند درجات الحرارة العادية. تُعزى صفات المادة السائلة إلى القوى بين جزيئاتها، التي تكون أضعف منها في الحالة الصلبة، مما يتسبب في سهولة حركة الجزيئات، وزيادة طاقتها الحركية، وتباعدها عن بعضها.

٣- الحالة الغازية (Gas State)

تتصف المادة في حالتها الغازية، بشكل غير محدد، وكثافة منخفضة جداً، وعدم ثبات الحجم كما في السوائل والمواد الصلبة. من الأمثلة على هذه الحالة: الهواء الجوي، والأبخرة جميعها. تنتج هذه الخصائص من قوى الربط بين جزيئات الغاز التي تكاد تنعدم. مما يؤدي إلى زيادة في طاقتها الحركية، فتتباعده عن بعضها، وتنتشر حرةً فتملأ الوعاء كاملاً، وامتلاك جزيئات الغاز للطاقة الحركية يجعلها تتصادم مع بعضها ومع جدران الوعاء، مُشكلة ما يعرف بضغط الغاز. تتشابه الحالة السائلة مع الحالة الغازية بعدم وجود شكل محدد لهما، لذلك نطلق على كلا الحالتين السائلة والغازية اسم المائع (Fluid).

Solid – Liquid Changing

تحويل المادة بين الحالتين الصلبة والسائلة

٧-١-٢

لكي تتحول المادة من حالة إلى أخرى، لا بُد من تزويدها بكمية كافية من الحرارة، أو سحب كمية مماثلة منها، وقد تعلمت في صفوف سابقة، أن درجة الحرارة التي تبدأ عندها المادة بالتحويل من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة تُسمى **درجة الانصهار**. وقد تسأل: هل تواصل درجة حرارة المادة ارتفاعها في أثناء عملية الانصهار، أم أنها تثبت عند درجة محددة؟ للإجابة عن هذا السؤال، نفذ النشاط الآتي:



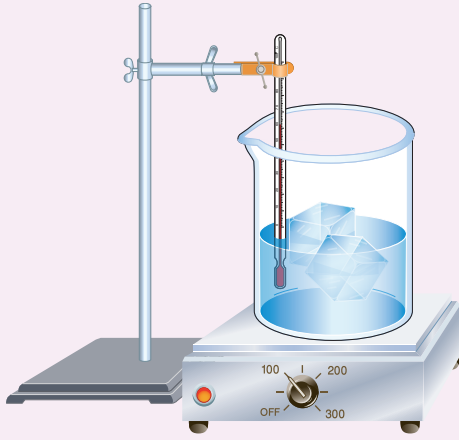
الحرارة الكامنة للانصهار

نشاط (٧-١)

هدف النشاط: استقصاء الحرارة الكامنة لانصهار مادة صلبة (الجليد، شمع البرافين).

الأدوات: جليد مجروش، وشمع برافين مبروش، وساعة توقيت، وميزان حرارة، ووعاء، ومصدر حراري، وشبك تسخين، ومنصب ثلاثي. انظر الشكل (٧-١).

خطوات تنفيذ النشاط:



الشكل (١-٧): نشاط (١-٧).

١- يُوزَع الطُّلْبَةُ في مجموعاتٍ، تُزوَّد بعضها بالجليد المجروش، وبعضها الآخر بشمع البرافين.

٢- ضع ٣٠٠ مل تقريباً من الجليد المجروش (أو شمع البرافين) في الوعاء، ثم قس درجة حرارته، ودونها في دفترك.

٣- ضع الوعاء فوق المصدر الحراري، وابدأ بالتسخين، ثم لاحظ قراءة ميزان الحرارة كلّ دقيقة، ودونها في دفترك، في جدولٍ مماثلٍ للجدول (١-٧) الآتي:

الجدول (١-٧): النشاط (١-٧)

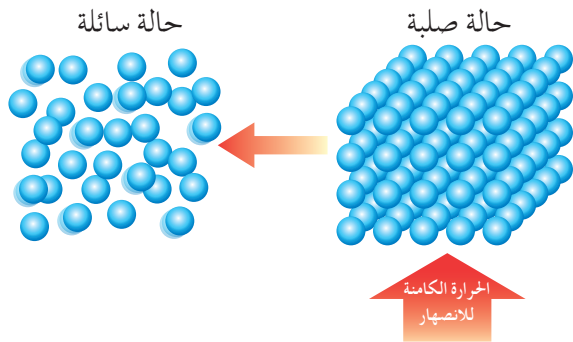
الزمن (دقيقة)	صفر	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠
درجة الحرارة (°س)											

٤- استمرّ في رصد القراءات حتّى يتحوّل الجليد كلّهُ إلى ماءٍ (أو ينصهر الشمع كلّهُ)، وترتفع درجة حرارته قليلاً بعد الانصهار.

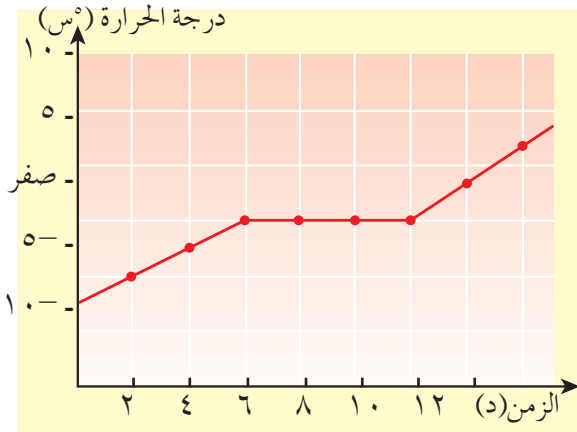
٥- ارسم العلاقة البيانيّة بين درجة الحرارة وزمن التسخين. (يمكنك الاستعانة ببرمجية إكسل)، ثمّ أجب عن الأسئلة الآتية:

- ما مقدار درجة الحرارة عند بداية التسخين؟
- حدّد على الرسم البيانيّ درجة الحرارة التي بدأت عندها المادّة بالانصهار.
- هل استمرّت درجة الحرارة بالارتفاع في أثناء الانصهار؟ فسّر ذلك.
- ماذا حصل لدرجة حرارة السائل بعد انصهار المادّة الصلبة كاملةً؟
- تعرض كلّ مجموعة نتائجها، وتقرّن بين درجتي انصهار الجليد، والشمع.

لعلّك لاحظت من النشاط السابق أن درجة حرارة الجليد بقيت ثابتة عند درجة محدّدة، حتّى تحوّل الجليد كلّهُ إلى ماءٍ، وكذلك الحال بالنسبة إلى الشمع، ثمّ بدأت درجة الحرارة بالارتفاع مرّةً أخرى. ويحقّ لك أن تسأل: أين ذهبَت كمّيّة الحرارة التي زوّد بها كلّ من الجليد والشمع؟ لقد استهلكت



الشكل (٢-٧): التحول من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة.



الشكل (٣-٧): الحرارة الكامنة للانصهار.

تلك الكميّة من الحرارة في كسر الروابط بين جزيئات المادة الصلبة، وزيادة طاقتها وابتعادها عن مواضعها، فأصبح كل جزيء يتحرّك عبر حدود السائل، فتحوّلت المادة الصلبة إلى سائلة، كما في الشكل (٢-٧). وبما أنّ تلك الطّاقة استغلّت لهذه الغاية، فهي **طاقة كامنة**؛ أيّ إنّها لم تظهر على شكل ارتفاع في درجة الحرارة وبقيت درجة الحرارة ثابتة إلى أن تحوّلت المادة الصلبة جميعها إلى سائلة. والرّسم البياني في الشكل (٣-٧) يوضّح ذلك (تحول الجليد إلى ماء).

ولعلّك حصلت على علاقة مماثلة توضح انصهار الشمع، وتوصّلت إلى أنّ كميّة الحرارة الكامنة للجليد تختلف عنها للشمع؛ أيّ إنّ لكلّ مادة صلبة درجة انصهار خاصّة بها، وأنّ الكتل المتساوية من الموادّ المختلفة يلزمها كميات متفاوتة من الحرارة كي تنصهر.

تُسمّى كميّة الحرارة اللازمة لتحويل ١ كغ من المادة، من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة، مع ثبات درجة حرارتها **بالحرارة الكامنة للانصهار Latent Heat of Fusion** وهي تقاس بوحدة جول/كغ. من الواضح أنّ:

$$\text{كميّة الحرارة اللازمة لصهر كميّة من المادة} = \text{الكتلة} \times \text{الحرارة الكامنة للانصهار}$$

وبيّن الجدول (٢-٧) درجة انصهار بعض الموادّ، والحرارة الكامنة لانصهارها:

الجدول (٢-٧): درجات الانصهار، والحرارة الكامنة للانصهار لبعض الموادّ.

اسم المادة	درجة الانصهار (°س)	الحرارة الكامنة للانصهار (جول/كغ)
كحول إيثيلي	١١٤ -	$1,04 \times 10^5$
ماء (جليد)	صفر	$3,33 \times 10^5$
زئبق	٣٩ -	$1,18 \times 10^4$
نحاس	١٠٨٣	$2,09 \times 10^5$
حديد	١٥٣٨	$2,47 \times 10^5$
تنغستن	٣٤١٠	$2,84 \times 10^5$



صفِ التغيّر في حركة الجزيئات وترتيبها عند تحوّل المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة. ثمّ ضع تعريفاً مناسباً لدرجة التجمّد، وصمّم نشاطاً لقياسها.

مثال (٧-١)

احسب كمّيّة الحرارة اللازمة لتحويل مكعب من الجليد كتلته (٢٠) غ، بدرجة حرارة (صفر°س)، إلى ماء عند درجة الحرارة نفسها.

الحلّ

كمّيّة الحرارة = الكتلة × الحرارة الكامنة للانصهار

$$= 0.020 \times 3.33 \times 10^3 = 66.6 \times 10^3 \text{ جول}$$

الفيزياء والمجتمع



الشكل (٧-٤): الفيزياء والمجتمع.

تتوفّر عبوات عازلة خاصّة للتدفئة، انظر الشكل (٧-٤)، تحوي موادّ كيميائيّة، حرارتها الكامنة للانصهار كبيرة (مثل شمع البرافين، وخبّلات الصوديوم، وملح جلوبر)، وهي تُعدّ مخزناً جيّداً للحرارة.

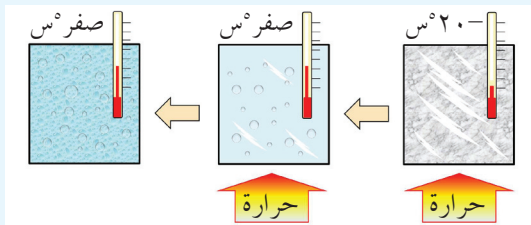
فعندما يقوم الشخص بتسخينها تتحوّل إلى الحالة السائلة، وعند وضعها في وسط بارد تتحوّل إلى الحالة الصلبة، فتحرّر منها كمّيّة كبيرة من الطّاقة الحراريّة تستخدم في التدفئة.

احسب كمية الحرارة اللازم تزويدها لكتلة قدرها (٥) كغ من الجليد في درجة حرارة (-20°C) ، لتتحول إلى ماء في درجة حرارة (0°C) ، علماً بأن الحرارة النوعية للجليد $(2100 \text{ جول/كغ.}^{\circ}\text{C})$.

الحل

المخطط المبين في الشكل (٧-٥) الآتي يوضح خطوات الحل.

لرفع درجة حرارة الجليد من (-20°C) إلى (0°C) ، يلزمنا تزويده بكمية من الحرارة مقدارها:



الشكل (٧-٥): مثال (٧-٣).

$$\begin{aligned} \text{كمية الحرارة} &= \text{ك} \times \text{ح} \times \Delta \\ &= ((-20) - 0) \times 2100 \times 5 \\ &= 210000 \text{ جول} \\ &= 2,1 \times 10^5 \text{ جول} \end{aligned}$$

لتحويل الجليد إلى ماء عند درجة الحرارة نفسها، يلزمنا تزويده بكمية من الحرارة مقدارها:

$$\begin{aligned} \text{كمية الحرارة} &= \text{الكتلة} \times \text{الحرارة الكامنة لانصهار الجليد} \\ &= 5 \times 3,33 \times 10^4 \\ &= 16,65 \times 10^4 \text{ جول} \end{aligned}$$

وبذلك يكون مجموع كميتي الحرارة التي زود بها الجليد حتى أصبح ماءً في درجة حرارة 0°C

$$\begin{aligned} &= 16,65 \times 10^4 + 2,1 \times 10^5 \\ &= 18,75 \times 10^4 = 1,875 \times 10^5 \text{ جول} \quad (1875 \text{ كيلو جول}). \end{aligned}$$

Liquid – Gas Changing

تحويل المادة بين الحالات السائلة والغازية

٧-١-٣

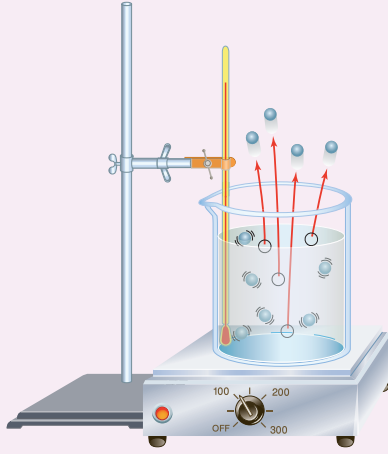
تجف المسطحات المائية بسبب تبخرها عند درجات الحرارة العادية، وكذلك السوائل الأخرى، فعند تسخين السائل يزداد معدل التبخر من سطحه ومع استمرار التسخين يغلي السائل عند درجة حرارة معينة، ويصبح التبخر من جميع أجزاء المادة السائلة، حتى تتحول المادة جميعها إلى الحالة الغازية.

تُعرفُ الحالةُ التي يحدثُ عندها التَّبَخُّرُ مِنْ أَجْزَاءِ السَّائِلِ جَمِيعِهَا بِاسْمِ الغَلِيَانِ. أَمَّا الدَّرَجَةُ الَّتِي يُمْكِنُ لِلْمَادَّةِ أَنْ تَوْجَدَ عِنْدَهَا فِي حَالَتِي السَّيُولَةِ وَالْغَازِيَةِ مَعًا فِي حَالَةِ اتِّزَانٍ، فَتُسَمَّى **دَرَجَةُ الغَلِيَانِ**، وَهِيَ مِنْ الْخَوَاصِّ الْفِيْزِيَاءِيَّةِ الْمُمَيِّزَةِ لِلْمَادَّةِ، إِذْ إِنَّ لِكُلِّ مَادَّةٍ نَقِيَّةٍ دَرَجَةَ غَلِيَانٍ خَاصَّةً بِهَا عِنْدَ ضَغْطٍ جَوِّيٍّ مُعَيَّنٍ، وَبِذَلِكَ يَخْتَلِفُ الغَلِيَانُ عَنِ التَّبَخُّرِ الَّذِي قَدْ يَحْدُثُ عِنْدَ أَيِّ دَرَجَةِ حَرَارَةٍ. وَلِتَعْرِفَ دَرَجَةَ الغَلِيَانِ، وَكَيْفِيَّةَ سُلُوكِ الْمَادَّةِ فِي أَثْنَاءِ تَحْوِيلِهَا مِنَ الْحَالَةِ السَّائِلَةِ إِلَى الْحَالَةِ الْغَازِيَّةِ، نَقَدُ النِّشَاطَ الْآتِي:

نشاط (٢-٧)



الحرارة الكامنة للتصعيد



الشكل (٦-٧): النشاط (٢-٧).

هدفُ النِّشَاطِ: قياسُ درجةِ غليانِ الماءِ النقيِّ.

الأدواتُ: ماءٌ، وساعةٌ توقيتٍ، وميزانُ حرارةٍ، ووعاءٌ، ومصدرٌ حراريٌّ، وشبكٌ تسخينٌ، ومنصبٌ ثلاثيٌّ.

خطواتُ تنفيذِ النِّشَاطِ:

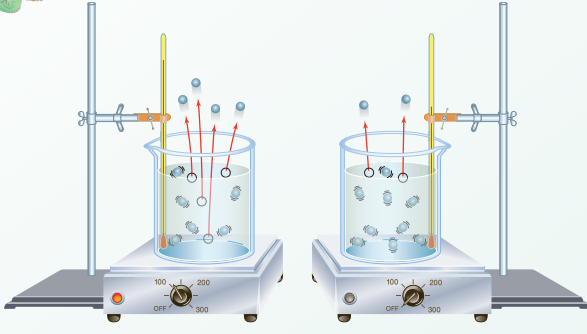
١- املاً الوعاءَ بنحوِ ٣٠٠ مل تقريباً من الماءِ، ثمَّ ضعه فوقَ المصدرِ الحراريِّ. كما في الشكلِ (٦-٧)؛ على أن تبدأَ القياسَ بعدَ درجةِ حرارةٍ (٨٠°س).

٢- قسْ درجةَ حرارةِ الماءِ كُلَّ دَقِيقَةٍ، ثمَّ دوِّنْ ذلكَ في دفترِكَ، في جدولٍ مماثلٍ للجدولِ (٣-٧) الآتي:

الجدول (٧-٣): نشاط (٧-٢)											
الزمنُ (دقيقة)	صفر	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠
درجة الحرارة (°س)											

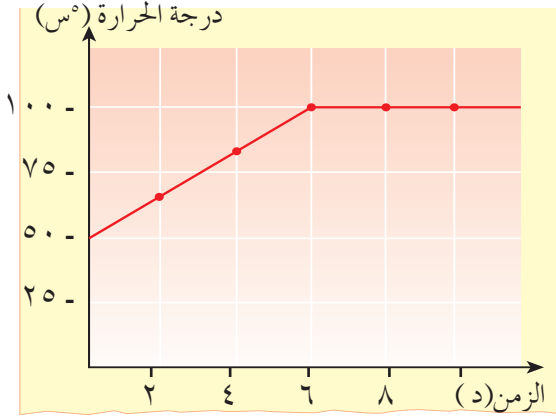
٣- ارسمِ العلاقةَ البيانيَّةَ بينَ درجةِ الحرارةِ وزمنِ التَّسخينِ (يمكنُكَ الاستعانةُ ببرمجيَّةِ إكسل)، ثمَّ أجبْ عنِ الأسئلةِ الآتية:

- هلْ تواصلُ درجةُ الحرارةِ ارتفاعَها في أَثْنَاءِ غَلِيَانِ الماءِ؟ فسِّرْ ذلكَ.
- حدِّدْ على الرِّسْمِ البيانيِّ درجةَ الحرارةِ الَّتِي بدأَ عندها الماءُ بالغَلِيَانِ.



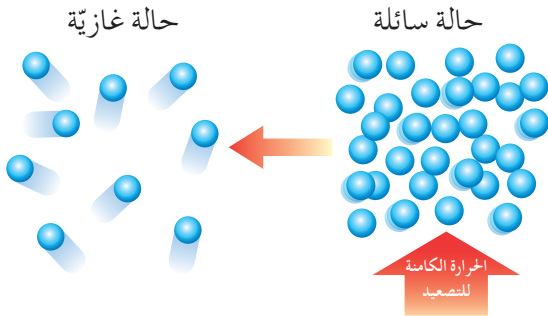
الشكل (٧-٧): التبخُّر والغليان.

معتمداً على الشكل (٧-٧)، قارن بين عمليتي غليان الماء وتبخُّره من حيث درجة الحرارة، ومواقع الجزيئات المتحررة.



الشكل (٧-٨): العلاقة بين الزمن ودرجة الحرارة.

يمكن تمثيل ما يحدث عند الغليان (التصعيد) برسم بياني كما في الشكل (٧-٨)؛ إذ تأخذ درجة الحرارة بالارتفاع مع تزويد الماء بالحرارة، حتى تصل إلى (١٠٠°س)، عندئذ يبدأ الماء بالغليان، فتتوقف درجة الحرارة عن الارتفاع، وتبقى ثابتة عند درجة (١٠٠°س)، بالرغم من استمرار التسخين، إلى أن يتحوّل الماء كلّهُ إلى بخار. وتفسير ذلك أن الحرارة التي اكتسبها الماء، استُهلكت في تزويد جزيئات الماء بالطاقة الحركية، التي تمكّنها من الإفلات من السائل، والتحرّك حرّةً على صورة بخار ماء (في حالة غازية)، انظر الشكل (٧-٩).



الشكل (٧-٩): تحوّل المادة من الحالة السائلة إلى الغازية.

ويطلق على كمية الحرارة اللازمة لتحويل (١) كغ من المادة من حالة السيولة إلى الحالة الغازية عند درجة الغليان

اسم **الحرارة الكامنة للتصعيد Latent Heat of vaporization**، وهي تقاس بوحدة جول/كغ. وكما في حالة الانصهار، فإن لكل مادة نقيّة حرارة كامنة للتصعيد خاصّة بها؛ إذ تحتاج المواد المختلفة إلى كمّيات متفاوتة من الحرارة لتصعيد الكتل المتساوية منها. فهي من الخصائص الفيزيائية المميزة للمادة، ويُعبّر عنها رياضياً كما يأتي:

$$\text{كمية الحرارة اللازمة لتحويل كمية من السائل إلى بخار} = \text{الكتلة} \times \text{الحرارة الكامنة للتصعيد}$$

والجدول (٧-٤) الآتي يبيّن درجات الانصهار ودرجات الغليان، والحرارة الكامنة للانصهار، والحرارة الكامنة للتصعيد، لبعض المواد.

الجدول (٧-٤): درجات الانصهار، ودرجات الغليان، والحرارة الكامنة لبعض المواد*

اسم المادة	درجة الانصهار (°س)	الحرارة الكامنة للانصهار (جول/كغ)	درجة الغليان (°س)	الحرارة الكامنة للتصعيد (جول/كغ)
كحول إيثيلي	- ١١٤	$10 \times 1,04$	٧٨	$10 \times 8,50$
ماء (جليد)	صفر	$10 \times 3,33$	١٠٠	$10 \times 2,26$
زئبق	- ٣٩	$10 \times 1,18$	٣٥٧	$10 \times 2,95$
نحاس	١٠٨٣	$10 \times 2,09$	٢٥٦٢	$10 \times 4,73$
حديد	١٥٣٨	$10 \times 2,47$	٢٨٦١	$10 \times 6,34$
تنغستن	٣٤١٠	$10 \times 2,84$	٥٥٠٠	$10 \times 4,80$

* ملحوظة: أضيفت محتويات الجدول (٧-٢) إلى الجدول (٧-٤) بغية تسهيل مقارنة بيانات المادة الواحدة.

مثال (٧-٣)

احسب كمية الحرارة اللازمة لتحويل كتلة (٢) كغ من الماء، درجة حرارتها (١٠°س)، بصورة كاملة إلى بخار ماء درجة حرارته (١٠٠°س).

الحل

لا بد من رفع درجة حرارة الماء إلى (١٠٠°س)، ثم تحويلها من ماء إلى بخار عند الدرجة نفسها، انظر الشكل (٧-١٠).

الشكل (٧-١٠): مثال (٧-٣).

كمية الحرارة = (كمية الحرارة اللازمة لتسخين الماء من ١٠°س إلى ١٠٠°س) + (كمية الحرارة اللازمة لتحويل الماء من سائل إلى بخار عند درجة حرارة ١٠٠°س).

$$\text{كمية الحرارة} = \text{ك} \times \text{ح} \times (\text{د} - \text{د}) + \text{ك} \times \text{الحرارة الكامنة للتصعيد}$$

$$= (10 \times 2,26 \times 2) + (10 - 100) \times (4200 \times 2) =$$

$$10 \times 4,52 + 10 \times 7,56 =$$

$$10 \times 4,52 + 10 \times 0,756 =$$

$$= 10 \times 5,276 \text{ جول} = (5276 \text{ كيلو جول}).$$

البقع الساخنة: (Hotspots)

درست في مبحث علوم الأرض نظرية تكتونية الصفائح التي تتشكل منها القارات على سطح الأرض، حيث تتجزأ القشرة الأرضية إلى صفائح عدة تتحرك بشكل مستمر وبطيء فوق مادة لزجة ساخنة جداً تدعى (الماغما)، وتعمل الحرارة العالية لجوف الأرض على جعل تلك الصفائح تتحرك طافية فوق الماغما.

يمكن تشبيه ذلك بحركة قطع من الخبز فوق حساء كثيف القوام في أثناء عملية الطهي، وقد استمرت هذه الحركة البطيئة للصفائح ملايين السنين حتى تشكلت القارات على سطح الأرض بهذه الصورة التي نراها الآن، وتنتج بين الحين والآخر من هذه الحركة ظواهر طبيعية كالزلازل والبراكين، انظر الشكل (٧-١٢).

لكن العلماء توصلوا إلى تعريف قوة تعدد المسؤولية عن حركة الصفائح القارية؛ إذ توجد فقايع ضخمة من الماغما (تسمى البقع الساخنة) في أعماق تصل إلى ٢٥٠٠ كم في باطن الأرض، تتحرك زاحفة إلى الأعلى حتى تصل أسفل القشرة الأرضية. وقد أظهرت الأبحاث أن تلك الفقايع التي تتكون من صخور مصهورة مرتفعة الحرارة، هي التي تدفع الصفائح القارية لتحركها في اتجاهات مختلفة.



صناعة الزجاج

يتكون الرمل من أكسيد السيليكون الذي يُعرف بالسيليكا، وهو المادة الأساسية التي يُصنع منها الزجاج، ولكن يلزم لذلك رفع درجة حرارته إلى (١٧٠٠°س) تقريباً حتى ينصهر، فإذا أضفنا إليه مادتي الجير وهيدروكسيد الصوديوم انخفضت درجة انصهاره إلى (٨٥٠°س)؛ مما يسهل عمليات التصنيع، انظر الشكل (٧-١١).



الشكل (٧-١١): صناعة الزجاج.



الشكل (٧-١٢): الماغما.

رُبَّمَا تدرسُ مستقبلاً فرعاً رئيساً من فروع الفيزياء، وهو (الديناميكا الحرارية) ذلك العلم التجريبي الذي يبحث في الخصائص الملموسة للمادة، ولا يتدخل في الجوانب المجهرية الدقيقة. يتضمن عدداً من القوانين، عُرفت بقوانين الديناميكا الحرارية، وهي تحكم الكثير من الظواهر والتطبيقات الحياتية.

يصف القانون الأول في الديناميكا الحرارية الطاقة بأنها يمكن أن تتحول من شكل إلى آخر، لكنها لا يمكن أن تبنى ولن تُخلق من العدم. بينما يبين القانون الثاني في الديناميكا الحرارية أنه لا يمكن الإفادة من الطاقة بنسبة كاملة، وأن الفوضى في أي نظام تميل للزيادة بمرور الوقت. أي أنه لا يمكن صنع آلة تحول الطاقة إلى شغل أو العكس بشكل تام.

هل يمكنك استخدام القانون الثاني في الديناميكا الحرارية لتبرير ما يحصل من فوضى في غرفتك الخاصة؟

مراجعة الدرس (٧-١)

- ١- وضح المقصود بكل من درجة الانصهار ودرجة الغليان.
- ٢- فسّر سبب ثبات درجة حرارة الشمع الصلب في أثناء انصهاره.
- ٣- ماذا نعني بقولنا أن الحرارة الكامنة للانصهار تختلف من مادة إلى أخرى؟
- ٤- **تفكير ناقد:** إضافة قطعة من الجليد عند درجة صفر سلسيوس إلى كأس عصير في درجة حرارة الغرفة أكثر فاعلية في تبريده من إضافة كتلة مساوية من الماء عند درجة صفر سلسيوس. فسّر ذلك.

نتائج الدرس

- توضّح المقصود بالتَّمَدُّد بكافة أشكاله.
- تبين أهمية شذوذ الماء بالنسبة إلى المخلوقات الحية.
- تذكر نص قانون شارل وتعبّر عنه رياضياً وتطبقه.
- تستقصي تطبيقات حياتية للتَّمَدُّد.

نشاط تمهيدي

صورة لسكة حديد، بعد تعرّض المنطقة لموجة حرّ شديدة.



الشكل (٧-١٣): سكة حديد.

فكرة مضيئة

عندما تختار درجة الحرارة (٢٢°س) في جهاز التدفئة، فإنّ التيرموستات يوقف التدفئة حينما تصل درجة حرارة الغرفة إلى الدرجة (٢٢°س)، ويعيد التشغيل إذا نقصت درجة حرارة الغرفة عن تلك الدرجة.

تعلمت أنّ لكل مادة خصائص فيزيائية تميّزها من غيرها، وأنّ استجابة المادة للحرارة تُعدّ إحدى الخصائص الحرارية للمادة. ومثال ذلك التَّمَدُّد الحراري، وهو ما يحدث للمواد من تغيّر في أبعادها عند تغيّر درجة حرارتها.

ولكنّ إذا كانت المواد كلّها تتمدّد، فهل يكون تمددها بالمقدار نفسه؟ أم يختلف التمدّد من مادة إلى أخرى؟ هل يختلف تمدّد المادة الواحدة باختلاف حالتها؟ وهل يختلف تمدّد الجسم باختلاف أبعاده؟ سنتوصل إلى إجابات عن هذه الأسئلة وغيرها بعد دراسة الموضوعات الآتية:

Expansion of Solids

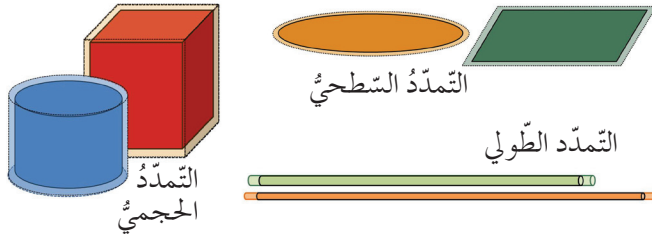
تَمَدُّد المواد الصلبة

١-٢-٧

تعلمت سابقاً أنّ المواد الصلبة تتمدّد وتتغيّر أبعادها لتشغل حجراً أكبر عند تسخينها، ثمّ تنقلص وتعود إلى حجمها السابق عندما تبرّد.

يعدّ التَّمَدُّد خاصيّة فيزيائية قابلة للقياس، فالتمدّد له مقدارٌ يختلف باختلاف درجة الحرارة، وهو يختلف من مادة إلى أخرى. ولتعرف بعض مظاهر تمدّد المواد الصلبة، انظر الشكل (٧-١٣). الذي يوضّح حادثه ناتجة عن التمدّد؛ ربّما رأيت صوراً عن تشوهات مماثلة في سكة الحديد، أو أنابيب نقل المياه أو النفط، وهناك أمثلة كثيرة - لا مجال لحصرها - على مشكلات ناتجة من التمدّد. وقد لوحظ أنّ تمدّد الأجسام الصلبة يكون في الاتجاهات جميعها. توجد ثلاثة أشكال لتمدّد الأجسام الصلبة؛ التمدّد الطولي للأسلاك والقضبان، والتمدّد السطحي للصفائح، والتمدّد الحجمي للأجسام. والشكل

(٧-١٤) يبيّن تلك الأشكال.

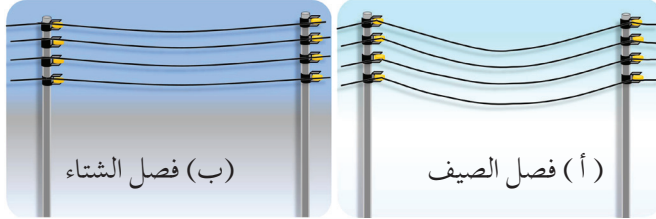


الشكل (٧-١٤): أشكال التمدد.

١- التمدد الطولي للمواد الصلبة

(Linear Expansion of Solids)

كثيراً ما يلفت انتباهنا مواقف حياتية، وظواهر ذات علاقة بالتمدد الطولي، انظر الشكل (٧-١٥) إذ يبيّن الوضع (أ) طريقة تركيب أسلاك الكهرباء في فصل الصيف، بينما يبيّن الوضع (ب) طريقة تركيبها في فصل الشتاء.



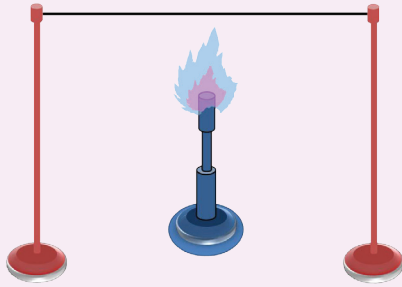
الشكل (٧-١٥): طريقتان لتركيب أسلاك الكهرباء.

سؤال: ما الذي تتوقع حدوثه لأسلاك الكهرباء لو قام المختصون بتركيبها وشدها جيداً في فصل الصيف، بالطريقة التي تظهر بها في الوضع (ب)؟
للتحقق عملياً ممّا يحدث لأسلاك الكهرباء، نفذ النشاط الآتي:



التمدد الطولي

نشاط (٧-٣)



الشكل (٧-١٦): التمدد الطولي.

هدف النشاط: التحقق عملياً من التمدد الطولي للفلزات.
الأدوات: سلك فلزي رفيع، حاملان، مصدر حراري.

خطوات تنفيذ النشاط:

١- ثبت سلكاً فلزياً من طرفيه، وهو مشدود، على حاملين كما في الشكل (٧-١٦).

٢- ضع المصدر الحراري أسفل السلك، ثم حرّكه يميناً ويساراً، ثم دوّن ملاحظاتك.

٣- أبعد المصدر الحراري، وانتظر قليلاً.

بناءً على الملاحظات التي رصدتها ودونتها، أجب عن الأسئلة الآتية:

- كيف تغير شكل السلك في أثناء تسخينه؟
- ما الذي حدث للسلك بعد إبعاد مصدر اللهب عنه؟

لعلك توصلت إلى أن التمدد الطولي هو زيادة الطول الأصلي للجسم نتيجة ارتفاع درجة حرارته. ومقدار هذه الزيادة لا يكون ثابتاً في الحالات جميعها، فهو يتأثر بعوامل عدة، ولمعرفتها، عليك أن تصمم نشاطاً عملياً لاستقصاء هذه العوامل، وفي ما يأتي مجموعة من الفرضيات التي تفيدك في ذلك:

- هل يؤثر مقدار الفرق في درجتي الحرارة أثناء التسخين وقبله في مقدار التمدد الطولي؟
- ما أثر الطول الأصلي للسلك في مقدار التمدد الطولي؟
- هل تتمدد الفلزات جميعها بالمقدار نفسه؟ أم يؤثر نوع الفلز في مقدار التمدد الطولي؟

لقد استغلت ظاهرة تمدد الفلزات بنسب مختلفة في صناعة شريط ثنائي الفلز، ولتعرف كيفية عمل هذا الشريط وأهميته استخداماته، نفذ النشاط الآتي:

نشاط (٧-٤)

الشريط الثنائي الفلز



هدف النشاط: اختبار كيفية عمل الشريط ثنائي الفلز.

الأدوات: مصدر حراري (موقد بنسن)، شريط ثنائي الفلز.

خطوات تنفيذ النشاط:

١- سخن الشريط الثنائي الفلز فوق لهب بنسن، كما في الشكل

الشكل (٧-١٧): نشاط (٧-٤).

(٧-١٧)، وراقب ما يحدث لشكله.

٢- ابعِد الشريط عن اللهب، واتركه يبرد، ثم راقب ما يحدث لشكله.

٣- أعد الخطوتين السابقتين، بعد قلب الشريط بحيث يصبح الفلز البعيد عن اللهب مواجهاً للهب، وراقب ما يحدث.

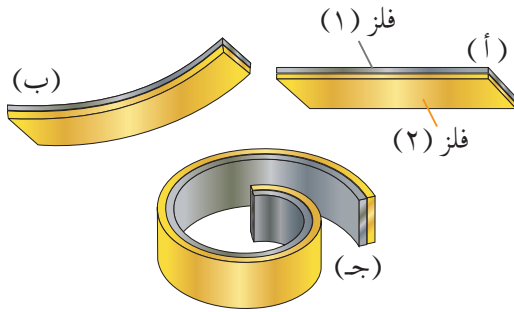
بعد تنفيذك الخطوات، أجب عن الأسئلة الآتية:

— ماذا حدث لشكل الشريط عند تسخينه؟

— ماذا حدث لشكل الشريط عندما ترك يبرد؟

— هل اختلف ما حدث للشريط عند وضعه فوق اللهب بشكل مقلوب؟

لعلك لاحظت أنه إذا كان الفلزان مثبتيين معاً كما في حالة الشريط الثنائي، فإن تمدد أحد الفلزيين بمقدار أكبر من تمدد الفلز الآخر، سيؤدي إلى انحناء الشريط، كما لاحظت.



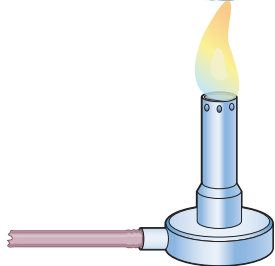
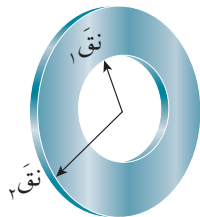
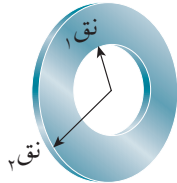
الشكل (٧-١٨): استقصاء.

يبيّن الوضع (أ) في الشكل (٧-١٨) شريطًا ثنائيًا يتكوّن من الفلزيّن (١) و (٢) في درجة حرارة الغرفة، وعند تسخين هذا الشريط انحنى كما في الوضع (ب). أجب عن الأسئلة الآتية:

- أيّ الفلزيّن تمدّد بمقدار أكبر عند التسخين، كما في الوضع (ب)؟
- وضّح بالرّسم كيف سيبدو الشريط إذا انخفضت درجة حرارته إلى ما دون درجة حرارة الغرفة.
- إذا كان الشريط ملتفًا بشكل حلزوني، كما في الوضع (ج)، وهو في درجة حرارة الغرفة، ثم سخّن. فماذا سيحدث له.

٢- التمدّد السطحيّ للمواد الصلبة (Surface Expansion of Solids)

كما يتمدد سلك من النحاس فيزداد طولُه، فإنّ صفيحة رقيقة مستطيلة الشكل من النحاس تتمدد، فيزداد طولُها ويزداد عرضُها، وينتج من تلك الزيادة أن تزداد مساحتُها، ومقدار الزيادة في مساحة أيّ صفيحة فلزيّة، يعتمد على مساحتها الأصليّة، وعلى فرق درجات الحرارة، وعلى نوع المادّة، إذن، فإنّ التمدّد السطحيّ هو زيادة المساحة الأصليّة للجسم نتيجة ارتفاع درجة حرارته.



الشكل (٧-١٩): تمدّد الحلقة والفجوة.

٣- التمدّد الحجميّ للمواد الصلبة (Volume Expansion of Solids)

تتمدد المواد الصلبة عند تسخينها فتزداد حجومُها؛ فالكرة الفلزيّة تتمدد عند تسخينها فيزداد نصف قطرها، وبذلك يزداد حجمُها، والمكعب يتمدد فتزداد أطوال أضلاعه جميعها، ويزداد حجمه. حين يتمدد الجسم الصلب، فإنّ أبعاده كلّها تزداد بالنسبة نفسها بما فيها الثقوب أو الفجوات التي قد يحتويها الجسم، إذن فإنّ التمدّد الحجميّ هو زيادة الحجم الأصليّ للجسم نتيجة ارتفاع درجة حرارته.

عند تسخين الحلقة المبيّنة في الشكل (٧-١٩)، فإنّها تتمدد إلى الخارج فتزداد مساحتُها، وكذلك يحصل في الفجوة؛ إذ يزداد نصف قطرها، فيزداد اتّساعُها، ويُنظر إليها بوصفها جزءًا من الحلقة تتمدد بالكيفية نفسها التي تتمدد بها المادّة. وقد وُجد أنّ التمدّد يحدث أيضًا

لأبعاد الجسم جميعها، كالطول والعرض والارتفاع، وتكون نسبة الزيادة حسب الأبعاد الهندسية للجسم، ومقدار الزيادة يتناسب طردياً مع الطول الأصلي لأبعاد الجسم.

تفكير إبداعي

كرتان متماثلتان مصنوعتان من الفلز نفسه، إحداهما مجوفة والأخرى مصمتة (غير مجوفة)، إذا سخنتا إلى درجة الحرارة نفسها، فأَيُّ الكرتين سيكون تمددها أكبر؟ فسر إجابتك.

الفيزياء والمجتمع

القضية الأولى

قامت شركة متخصصة بأعمال البناء بتطوير سبيكة فلزية استخدمتها في صناعة قضبان بديلة عن القضبان الفولاذية لتسليح الخرسانة وتقويتها، وكانت القضبان الجديدة أقل كلفة من الفولاذ، ومماثلة له في قوة تحملها، وقد استخدمت تلك القضبان في البناء من دون اختبار أثر الحرارة فيها، وبعد إنجاز عيّنات من البناء، وتعرض البناء لحرارة الصيف العالية، لاحظ المسؤولون ظهور تشققات في الخرسانة، أدت إلى انفصالها عن القضبان المقوية. تخيل أنك مهندس استشاري، وأن الشركة طلبت منك إجراء دراسة لتحديد سبب المشكلة، واقتراح حلول ممكنة لها، ما الإجراءات التي ستنفذها؟

القضية الثانية

عاد سامي من المدرسة، وأراد تناول وجبة الغداء، فوضع الصحن الزجاجي الذي يحتوي الأكل في الفرن لتسخينه، فما لبث الصحن أن انكسر، مع أنه كان يشاهد والدته تضع أطباق الزجاج الأخرى في الفرن من دون أن تنكسر، فسأل عن السبب. هل يمكن توضيح الأمر لسامي؟

تفكير ناقد

انظر إلى الشكل (٧-٢٠) الذي يبين فاصلاً في جسر لعبور السيارات، والشكل (٧-٢١) الذي يبين جزءاً من أنابيب نقل النفط، ثم فسر ما تشاهد.



الشكل (٧-٢١): أنابيب نقل النفط.



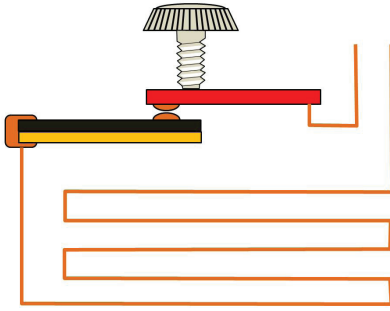
الشكل (٧-٢٠): فاصل تمدد.

● منظم الحرارة (الثيرموستات) (Thermostat)

يُستخدم منظم الحرارة (الثيرموستات) في أجهزة التكييف، وأجهزة التدفئة، لضبط درجة حرارة



الشكل (٧-٢٢/أ): المكواة.



الشكل (٧-٢٢/ب): الثيرموستات.



الشكل (٧-٢٣): ثيرموستات رقمي حديث.

المنزل عند مقدار محدد. فعند ضبط جهاز التحكم في نظام التدفئة في المنزل عند درجة حرارة مناسبة (٢٢°س) يعمل الثيرموستات على إيقاف تشغيل جهاز التدفئة حينما تصل درجة حرارة الغرفة إلى الدرجة المطلوبة، ثم يعيد تشغيله حينما تنخفض درجة حرارة الغرفة عن هذه الدرجة. والجزء المهم في عمل الثيرموستات هو شريط ثنائي فلزي، تعرّفته وتعرّفت كيفية عمله في النشاط (٧-٤) السابق. يستخدم (الثيرموستات) أيضاً في الأجهزة الحرارية الكهربائية، كالمكواة، انظر الشكل (٧-٢٢/أ).

تأمل الشكل (٧-٢٢/ب) الذي يوضح كيف يعمل الثيرموستات في المكواة الكهربائية، والذي يتركّب من فلزي الحديد والنحاس، ثم وضح طريقة عمل المكواة بتثبيت درجة الحرارة عند الوضع الذي تُضبط وفقه.

يبيّن الشكل (٧-٢٣) جهاز ثيرموستات رقمي حديث، يتم فيه تحديد درجتَي التشغيل والإيقاف بدقة، حتى يبدأ بقياس درجة الحرارة، ثم تشغيل جهاز كهربائي معين من أجل التدفئة، أو التبريد. لاحظ أن دقة القياس فيه تصل إلى عُشر درجة سلسيوس.

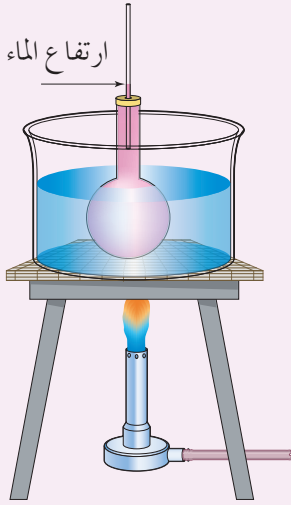
Expansion of Liquids

٧-٢-٢ تمدد المواد السائلة

تعلمت أن مبدأ عمل ميزان الحرارة يعتمد على التغير الملحوظ في إحدى الخصائص الفيزيائية للمادة، ففي ميزان الحرارة السائلي يتغير حجم السائل عند تغير درجة حرارته، أي إن السوائل تتمدد بالحرارة كما تتمدد المواد الصلبة. ولتعرف تمدد السوائل، نفذ النشاط الآتي:



تمدد السوائل بالحرارة



الشكل (٧-٢٤): النشاط
(٧-٥).

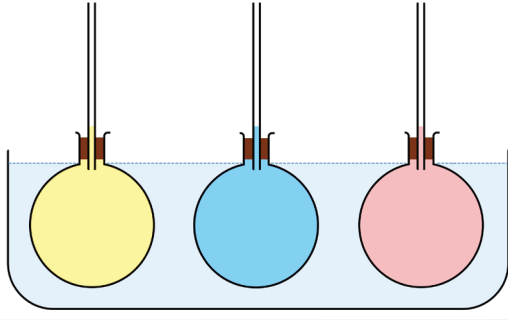
هدف النشاط: ملاحظة تمدد الماء بالحرارة.

الأدوات: مصدر حراري (موقد بنسن)، وشبك فلزي، ودورق زجاجي، وأنبوب زجاجي رفيع مفتوح الطرفين، وسدادة مطاطية ينفذ منها الأنبوب، وماء ملون، ووعاء كبير (حمام مائي).

خطوات تنفيذ النشاط:

- ١- حضر الحمام المائي؛ بملء الوعاء الكبير إلى ثلاثة أرباعه بالماء، ثم ضعه فوق المصدر الحراري.
 - ٢- املا الدورق الزجاجي بالماء الملون، ثم أغلقه بالسدادة المطاطية، كما في الشكل (٧-٢٤)، وضع علامة على الأنبوب عند مستوى الماء فيه.
 - ٣- ضع الدورق في الحمام المائي، وراقب ما يحدث لمستوى الماء في الأنبوب الرفيع.
 - ٤- استمر في مراقبة مستوى الماء في الأنبوب، مدة من الزمن.
- من ملاحظاتك لمستوى الماء في الأنبوب، أجب عن الأسئلة الآتية:
- هل تعتقد أن حجم الماء تقلص في بداية التسخين؟
 - أيهما تمدد أولاً جدار الدورق، أم الماء بداخله؟
 - هل يشير المستوى النهائي للماء إلى التمدد الحقيقي له؟

لعلك لاحظت أن سطح الماء ينخفض قليلاً في الأنبوب عند بداية التسخين، لماذا؟ ناقش مجموعتك في ذلك لتتوصل إلى تفسير مناسب. ونظراً إلى عدم وجود شكل محدد للسوائل، واتخاذها شكل الوعاء الذي توضع فيه؛ فإن تمددها يكون حجمياً فقط، ويكون التمدد الحجمي للسوائل أكبر منه للمواد الصلبة للتغير نفسه في درجات الحرارة. عند حساب مقدار الزيادة في حجم السائل، لا بُد من مراعاة التغير في حجم الإناء بسبب تمدده هو أيضاً.

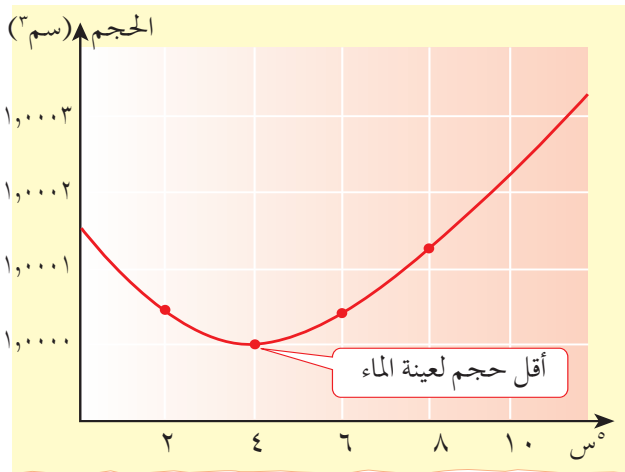


الشكل (٢٥-٧): تفكير ناقد.

إذا وضعت ثلاثة دوارق متماثلة تحوي كميات متساوية من الماء، والغليسيرين، والكحول في حمام مائي، كما في الشكل (٢٥-٧)، أي الأنابيب يرتفع فيه السائل بمقدار أكبر؟ صمم نشاطًا يساعد في التوصل إلى الإجابة عمليًا.

● **تمدد الماء:** عرفت أن المواد تتمدد عند تسخينها ويزداد حجمها، فتقل كثافتها، لماذا؟ وأن كثافة المادة في حالة السيولة تكون أقل منها في حالة الصلابة؛ فعند صهر قطعة من الزبدة، فإنها تتحول إلى سائل، وتبقى القطعة التي لم تنصهر بعد في قاع الإناء حتى يكتمل انصهارها، ولكن، إذا وضعنا مكعب جليد في كوب عصير، فإنه يطفو على السطح، هل فكرت يومًا بهذا الاختلاف؟ وهل لذلك علاقة بتفجر أنابيب المياه المكشوفة في فصل الشتاء؟ إن طفو قطعة الجليد فوق الماء يؤكد أن كثافة الجليد أقل من كثافة الماء؛ أي إن الماء يزداد حجمه وتقل كثافته عندما يتجمد، وهذا سلوك مغاير لباقي المواد التي يقل حجمها؛ أي تنقلص بالتبريد، فتزداد كثافتها، وتغطس إلى قعر الإناء، كما يحدث لقطعة الزبدة.

لتعرف المزيد عن الاختلاف بين سلوك الماء وسلوك السوائل الأخرى عند التسخين، فقد أجريت تجربة درس فيها التغير في حجم كمية معينة من الماء مع تغير درجة حرارتها من (صفر°س) إلى (١٠°س)، ودونت النتائج في جدول، ثم مثلت بيانيًا، كما في الشكل (٢٦-٧)، تأمل هذا الشكل جيدًا، ثم أجب عن الأسئلة الآتية:



الشكل (٢٦-٧): تمدد الماء.

■ حين ترتفع درجة حرارة الماء أعلى من (٤°س)، هل يزداد حجمه أم يقل؟ ماذا يحدث لكثافته؟

■ حين تنخفض درجة حرارة الماء إلى ما دون

(٤°س)، هل يزداد حجمه أم يقل؟ ماذا يحدث لكثافته؟

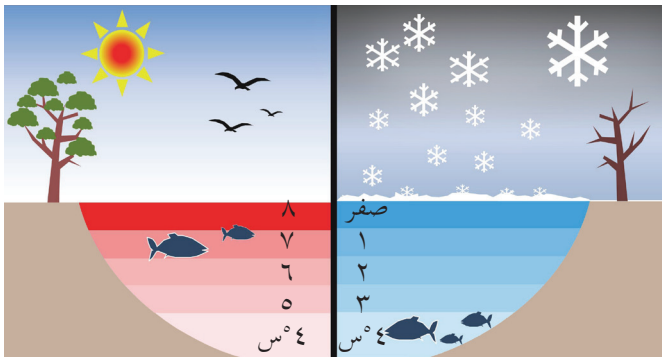
■ عند أي درجة حرارة يكون حجم عينة الماء أقل ما يمكن؟

■ متى يتفق الماء في سلوكه مع باقي السوائل، ومتى يخالفها؟

■ بناءً على إجابتك عن الأسئلة السابقة، صف التغير في حجم عينة الماء، عندما تتغير درجة حرارتها بحيث تتراوح بين (٠ - ١٠°س).

لقد لوحظ أن للماء بين الدرجتين (صفر) و (٤°س)، سلوكاً غير متوقع، فعند انخفاض درجة حرارته إلى أقل من (٤°س)، فإنه يتمدد فيزداد حجمه وتقل كثافته بدلاً من أن تقلص، مثل باقي السوائل، وتعرف هذه الخاصية بشذوذ الماء. فالماء يخالف سلوك السوائل الأخرى، وكذلك حينما يتجمد مُتحوّلاً إلى جليد، يحدث له تمدد ملحوظ، فعندما تتجمد عينة من الماء حجمها ١٠٠ سم^٣، فإنها تتحول إلى جليد ويصبح حجمها ١٠٩ سم^٣، أما عند رفع درجة حرارة الماء أعلى من الدرجة (٤°س) فإنه لا يختلف عن باقي السوائل.

قد تسأل: ما أهمية هذه الخاصية للماء؟ هل فكرت يوماً في ما يحدث لمياه البحيرات والأنهار في فصل الشتاء حينما تنخفض درجة الحرارة إلى الصفر، أو إلى ما دون الصفر؟ حين تنخفض درجة حرارة الماء عند سطح البحيرة إلى أقل من (٤°س)، بسبب ملاسته الهواء البارد، فإنه يتمدد وتقل كثافته فيبقى في الأعلى، وتستمر درجة حرارته بالانخفاض إلى أن يتجمد مشكلاً طبقة من الجليد تبقى طافية على السطح؛ لأن كثافة الجليد أقل من كثافة الماء، في حين يبقى الماء ذو الكثافة الأكبر، الذي درجة حرارته (٤°س)، في أسفل البحيرة، ويشكل الجليد طبقة عازلة تقلل من فقدان الحرارة، وبذلك تبقى درجة حرارة الماء في الأسفل مناسبة للأحياء المائية، لاحظ الشكل (٧-٢٧).

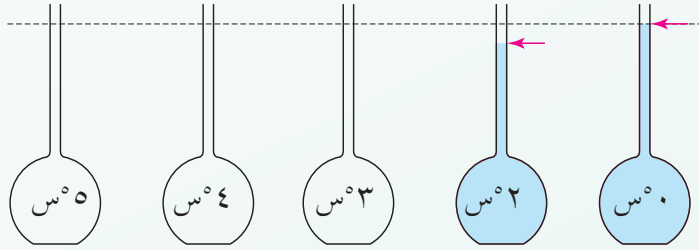


الشكل (٧-٢٧): بحيرة الماء صيفاً وشتاءً.

لولا هذه الخاصية المهمة التي جعلها الله سبحانه وتعالى للماء ما تمكنت الكائنات البحرية في المناطق القطبية من البقاء حية في فصل الشتاء. فسّر بلغتك الخاصة لزملائك هذا الأمر.



وُضِعَتْ كَمِيَّةٌ مِنَ الْمَاءِ وَالْجَلِيدِ الْمَجْرُوشِ بِدَرَجَةِ حَرَارَةِ صَفَرٍ، فِي دُورَقٍ، فَكَانَ ارْتِفَاعُ الْمَاءِ كَمَا هُوَ مَشَارٌّ إِلَيْهِ بِالسَّهْمِ فِي الشَّكْلِ (٧-٢٨)، وَحِينَما ارْتَفَعَتْ دَرَجَةُ حَرَارَةِ الْمَاءِ إِلَى ٢°سْ انْخَفَضَ مُسْتَوَاهُ كَمَا فِي الشَّكْلِ:



الشَّكْلِ (٧-٢٨): تَفْكِيرٌ نَاقِدٌ.

١- لِمَاذَا انْخَفَضَ مُسْتَوَى الْمَاءِ فِي الْأَنْبُوبِ حِينَما ارْتَفَعَتْ دَرَجَةُ حَرَارَتِهِ إِلَى (٢°سْ)؟

٢- ضَعْ عِلَامَاتٍ تَقْرِيْبِيَّةً لَارْتِفَاعِ الْمَاءِ فِي الْأَنْبُوبِ عِنْدَ دَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ الْمَبْيَّنَةِ فِي الشَّكْلِ.

Expansion of Gases

تمددُّ الغازات

٣-٢-٧

هَلْ تَتَمَدَّدُ الْغَازَاتُ بِالْحَرَارَةِ كَمَا تَتَمَدَّدُ الْمَوَادُّ الصَّلْبَةُ وَالسَّائِلَةُ؟ وَهَلْ سَأَلْتَ يَوْمًا لِمَاذَا تَنْفَجِرُ كُرَةٌ مَمْلُوءَةٌ بِالْهَوَاءِ عِنْدَ وَضْعِهَا تَحْتَ أَشْعَةِ الشَّمْسِ؟ لِمَاذَا يَزْدَادُ حَجْمُ الْبَلُونِ مَنْفُوخٍ عِنْدَ وَضْعِهِ فِي حَوْضِ مَاءٍ سَاخِنٍ؟
لِلْإِجَابَةِ عَنْ هَذِهِ الْأَسْئَلَةِ، نَقْدُ النَّشَاطِ الْآتِي:



تمددُّ الغازات

نشاط (٦-٧)

هَدَفُ النَّشَاطِ: اسْتِقْصَاءُ أَثَرِ تَغْيِيرِ دَرَجَةِ الْحَرَارَةِ فِي حَجْمِ غَازٍ مُحْصُورٍ.
الْأَدَوَاتُ: أَنْبُوبٌ شَعْرِيٌّ مَغْلُقٌ الطَّرْفِ، وَحَمْضُ كَبْرَيْتِيكِ مَرَكَّزٍ أَوْ زَبْبُقٍ، وَمُسْطَرَّةٌ مُدْرَجَّةٌ، وَمِيزَانٌ حَرَارَةٍ، وَكَأْسٌ زَجَاجِيَّةٌ، وَمَاءٌ، وَثَلْجٌ، وَمَصْدَرٌ حَرَارِيٌّ.

خُطُواتُ تَنْفِيْذِ النَّشَاطِ:

مِلْحُوظَةٌ: حَمْضُ الْكَبْرَيْتِيكِ وَالزَّبْبُقُ، هُمَا مِنَ الْمَوَادِّ الَّتِي يَجِبُ التَّعَامُلُ مَعَهَا بِحَذَرٍ.

١- بِمُسَاعَدَةِ مَعْلَمِكَ، أَدْخُلْ قَطْرَةً مِنْ حَمْضِ الْكَبْرَيْتِيكِ أَوْ الزَّبْبُقِ فِي الْأَنْبُوبِ الشَّعْرِيِّ، بَحَيْثُ تَحْتَجِزُ كَمِيَّةٌ مِنَ الْهَوَاءِ دَاخِلَ الْأَنْبُوبِ؛ وَذَلِكَ بِتَسْخِينِ الْأَنْبُوبِ، ثُمَّ غَمْرِ طَرَفِهِ الْمَفْتُوحِ فِي

حمض الكبريتيك ثم تركه يبرد.

٢- ثبت الأنبوب الزجاجي على المسطرة المدرجة، كما في الشكل (٧-٢٩)، ثم اغمره في الماء.

٣- ضع قطع الثلج في الماء لتبريده، ملاحظًا حركة قطرة حمض الكبريتيك.

٤- بعد تثبيت القطرة، قس طول عمود الهواء الذي يدل على حجم الهواء المحصور في الأنبوب.

٥- دوّن قراءة ميزان الحرارة في دفترك، في جدول مُماثل للجدول (٧-٥).

٦- سخّن الماء ببطء، وقيس طول عمود الهواء عند درجات حرارة مختلفة.

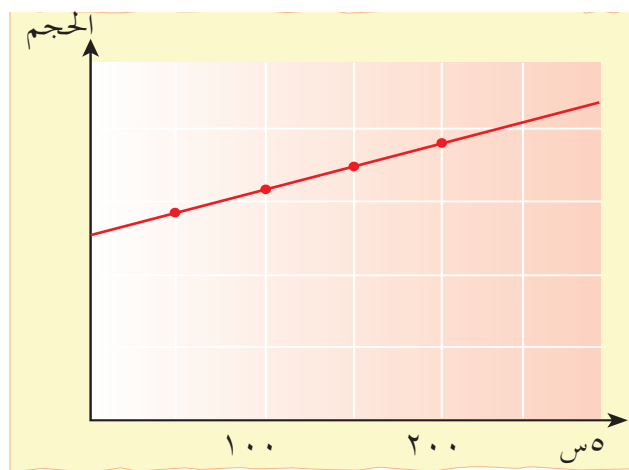
٧- دوّن نتائجك في الجدول.

٨- مستخدمًا برمجية إكسل، مثل بيانًا العلاقة بين حجم الهواء المحصور ودرجة الحرارة.

الجدول (٧-٥): نشاط (٧-٦)

درجة الحرارة (°س)	صفر	١	٢	٣	٤	٥
طول عمود الهواء (سم)						

ربما لاحظت أنه عند ارتفاع درجة حرارة الغاز، فإنه يتمدد (يزداد حجمه)، وعند انخفاض درجة حرارته يتقلص. وقد وجد عمليًا أن نسبة تمدد الغازات تكون أكبر بكثير من نسبة تمدد كل من المواد



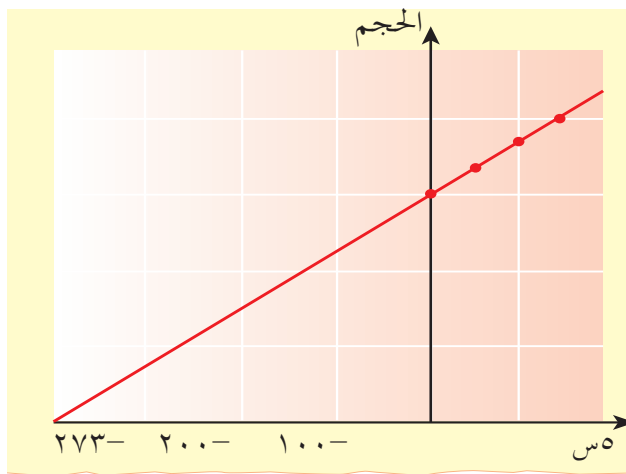
الصلبة والمواد السائلة، وأن ارتفاع درجة حرارة الغاز يؤثر في حجمه وضغطه معًا، لذا، عند دراسة أثر ارتفاع درجة حرارة الغاز المحصور في حجمه، لا بُدّ من تثبيت عامل الضغط، كي تكون العلاقة بين درجة الحرارة والحجم واضحة. وعند التمثيل البياني لهذه العلاقة تبين أنها على شكل خط مستقيم، كما في الشكل (٧-٣٠)، ممّا يعني أن حجم الغاز المحصور يزداد بصورة

الشكل (٧-٣٠): العلاقة بين الحجم ودرجة الحرارة.

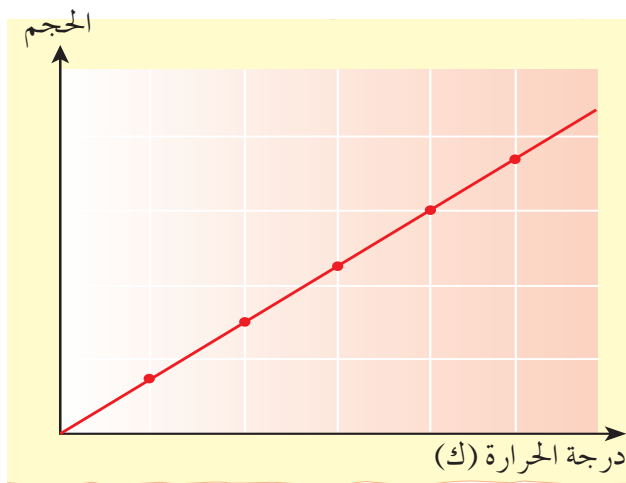
مُنْتَظِمَةً، عندَ ارتفاعِ درجةِ حرارتهِ، مقيسةً بالتدريجِ سلسيوس، عندَ ثباتِ الضَّغْطِ.
ومع أنَّ الحجمَ يزدادُ بزيادةِ درجةِ الحرارةِ إلَّا أنَّه لا يمكنُنا وصفَ هذهِ العلاقةِ بأنها علاقةٌ
طردِيَّةٌ. لأنَّ نسبةَ الزيادةِ في الحجمِ لا تساوي نسبةَ الزيادةِ في درجةِ الحرارةِ، والمنحنى لا يمرُّ
بالنقطةِ (٠،٠).

عندَ تكرارِ التَّشاطِطِ السَّابِقِ باستخدامِ غازاتٍ مختلفةٍ تبيَّنَ أنَّ هذا المنحنى ينطبقُ على الغازاتِ
جميعها، وأنَّ أيَّ غازٍ عندما يسخنُ يزدادُ حجمُهُ، وتكونُ هذهِ الزيادةُ بمقدارِ ٢٧٣/١ من حجمه
الأصليِّ، عندَ رفعِ درجةِ حرارتهِ مِنْ (صفر°س) إلى (١°س).

وعندَ رسمِ امتدادِ الخطِّ المستقيمِ في الشكلِ (٧-٣٠) باتجاهِ محورِ السيناتِ السَّالبِ، سنجدُ أنَّه
يتقاطعُ معَ المحورِ عندَ النقطةِ (-٢٧٣)، كما في الشكلِ (٧-٣١). بالاعتمادِ على هذا الشكلِ،



الشكل (٧-٣١): الصفرُ المطلقُ؟



الشكل (٧-٣٢): الصفرُ المطلقُ؟

يمكنُنا التنبؤُ بأنَّه لو أصبحتْ درجةُ حرارةِ
الغازِ (-٢٧٣°س) تقريبًا (صفرٌ مطلقٌ)، فإنَّ
حجمه سيصبحُ صفرًا. ولكن، ألا تبدو هذهِ
النتيجة غيرَ مقبولةٍ؟ فهل يمكنُ أن يصبحَ حجمُ
الغازِ صفرًا؟ أينَ تذهبُ جزيئاتُ الغازِ عندئذٍ؟
هل تؤيدُ التجاربُ العمليَّةُ هذا التنبؤَ؟

لقدُ أثبتتِ التجاربُ أنَّ التبريدَ المستمرَّ
للغازِ يجعله يواصلُ التقلُّصَ، ولكنَّهُ عندَ درجةِ
حرارةٍ معيَّنة، وقبلَ أن يصلَ إلى الصفرِ المطلقِ،
يتحوَّلُ إلى سائلٍ؛ أيَّ إنَّ الغازاتِ لن تصلَ إلى
حالةٍ يصبحُ فيها حجمُ الغازِ صفرًا.

فمثلاً، يتحوَّلُ غازُ الأكسجينِ إلى سائلٍ
عندَ درجةِ حرارةٍ (-١٨٣°س).

قانونُ شارل (Charles Law): يمكنُ تمثيلُ
العلاقةِ الطَّردِيَّةِ بينَ حجمِ الغازِ ودرجةِ حرارتهِ
المطلقةِ بيانياً، كما في الشكلِ (٧-٣٢).

(لاحظ أنَّ منحنى العلاقة الطردية يمرُّ بالنقطة (٠، ٠)، وبذلك نكونُ قد توصلنا عملياً إلى ما يُعرفُ بقانون شارل، الذي ينصُّ على أنَّ: حجم الغاز المحصور يتناسب طردياً مع درجة حرارته المطلقة عند ثبات ضغطه.

تمثِّل هذه العلاقة الطردية بالرموز، كما يأتي:

$$C \propto D$$

$$C = \text{ثابت} \times D$$

$$\text{أو } \frac{C}{D} = \text{ثابت}$$

فإذا كان حجم الغاز C_1 ، ودرجة حرارته D_1 ، ثمَّ سُخِّنَ الغازُ فأصبحتْ درجة حرارته D_2 ، وتغيَّرَ حجمه ليصبح C_2 ، فإنَّ العلاقة الرياضية لقانون شارل تُكتبُ كما يأتي:

$$\left(\text{حيث تقاس درجة الحرارة بوحدة كلفن} \right) \quad \frac{C_2}{D_2} = \frac{C_1}{D_1}$$

مثال (٧-٤)

غاز محصور حجمه ٢ لتر، عند درجة حرارة (٢٧°س)، سُخِّنَ حتى أصبحتْ درجة حرارته (٣٢٧°س)، كم يصبح حجمه (علماً بأنَّ ضغطه بقي ثابتاً)؟

الحلُّ

$$D_1 = 27 + 273 = 300 \text{ ك}،$$

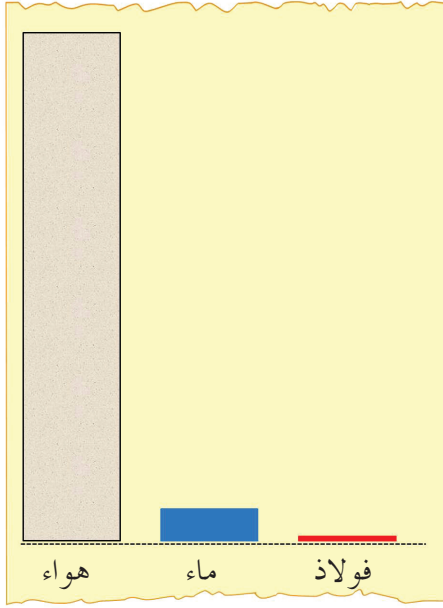
$$D_2 = 327 + 273 = 600 \text{ ك}$$

$$C_1 = 2 \text{ لتر}، \quad C_2 = ?$$

نطبِّق قانون شارل:

$$\frac{C_2}{600} = \frac{2}{300}$$

$$C_2 = \frac{2 \times 600}{300} = 4 \text{ لترات.}$$



الشكل (٧-٣٣): حقيقة علمية.

مقارنة بين تمدد المواد الصلبة والسوائل والغازات:
عند تسخين الكمية نفسها من المواد بدءاً من درجة حرارة الغرفة، تبين لنا الآتي:

- يتمدد الماء ٧ أضعاف ما يتمدده الفولاذ.
 - يتمدد الهواء (مع بقاء ضغطه ثابتاً) ١٦ ضعف ما يتمدده الماء.
- والرسم البياني الممثل في الشكل (٧-٣٣) يوضح ذلك.

التوسع

قانون (شارل) الذي يوضح العلاقة بين حجم الغاز المحصور ودرجة حرارته، واحداً من القوانين الثلاثة التي تدرس حالة الغاز المحصور، قانون (بويل) يدرس العلاقة بين ضغط الغاز وحجمه، وقانون غاييلوساك يدرس العلاقة بين ضغط الغاز ودرجة حرارته. دُمجت هذه القوانين الثلاثة في قانون واحد، سُمي القانون العام للغازات، ثم وُضعت مجموعة من الفرضيات تُعرف بنظرية الحركة الجزيئية، لتفسر سلوك الغازات. ابحث في مصادر المعرفة المتاحة لك، لتعرف المزيد حول القانون العام للغازات، ونظرية الحركة الجزيئية.

مراجعة الدرس (٧-٢)

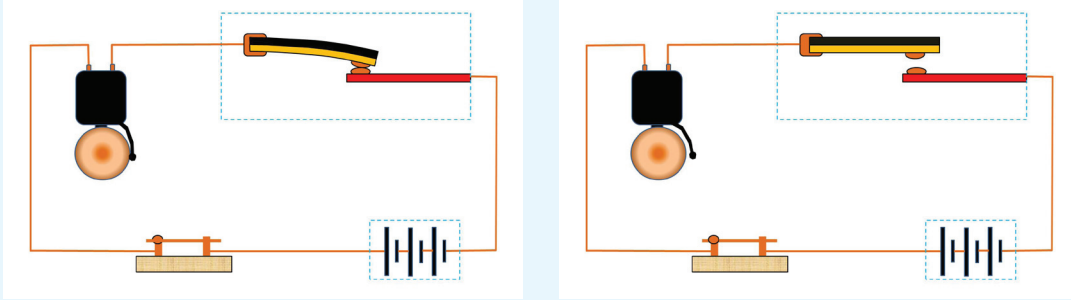
- ١- وضح المقصود بالتمدد الحراري، ثم بين متى نصف التمدد بأنه طولي، أو سطحي، أو حجمي.
- ٢- ما الأمر الذي على الفني المختص في طب الأسنان الاهتمام به، عند تجهيز حشوة السن؟
- ٣- يُنصح بعدم ملء الزجاجات بالماء بشكل تام، عند وضعها في مجمدة الثلاجة. فسّر ذلك.
- ٤- وضح اختلاف الماء عن السوائل الأخرى عند تسخينها من درجة الصفر سلسيوس إلى ١٠٠°س.
- ٥- **تفكير ناقد:** فسّر ما يحدث لجزيئات المادة عند تسخينها وتمددتها، ولماذا تتمدد الغازات بنسبة أكبر بكثير من المواد السائلة والصلبة.

مشروع ٧

تصميم دائرة إنذار حرارية

فكرة المشروع

تُستخدم في المنازل والمؤسسات أجهزة إنذار متنوعة، تعمل عند حدوث بعض التغيرات، والمطلوب منك في هذا المشروع أن تصمم نموذجًا بسيطًا لدائرة إنذار خاصة بارتفاع درجة الحرارة، عند وضعها بالقرب من مصدر حراري مثل المدفأة أو الفرن، فإنها تصدر إنذارًا، إذا تجاوزت درجة حرارة المدفأة مقدارًا محددًا، ثم تقوم بتنفيذ التصميم، وبناء الجهاز، وتجريبه.



الشكل (٧-٣٤): طريقة توصيل دائرة الإنذار.

الفرضية

يستخدم الشريط الثنائي الفلز في العديد من الدوائر الكهربائية للتحكم في فتح الدارة أو إغلاقها عند حدوث تغير في درجة الحرارة، ويقوم مبدأ عمل هذا الجهاز (الذي ستصممه) على إغلاق دائرة إنذار، تعمل عند ارتفاع درجة الحرارة فوق حد معين بالقرب من مدفأة أو فرن.

الخطوة

- ارسم مخططًا للتصميم الذي تنوي تنفيذه، واستعن بالشكل (٧-٣٤) لمعرفة الأدوات التي تحتاج إليها.
- حضر الأدوات الضرورية، ثم نفذ التصميم الذي وضعته.
- اختبر الجهاز الذي صنعته، ثم دوّن الملاحظات ومشاكل التشغيل إن وجدت.
- أدخل التعديلات اللازمة على النموذج، ثم جرّب تشغيله في ظروف عديدة، وعلى مسافات مختلفة من المدفأة.
- قد تحتاج إلى بعض الأدوات، منها: بطاريات، أسلاك توصيل، مفتاح كهربائي، جرس كهربائي، شريط ثنائي الفلز، شمعة.

الإجراءات

- ١- فُكِّرَ في إجراءات السلامة الواجب مراعاتها عند تنفيذ المشروع، واستخدم أدوات الحماية المناسبة.
- ٢- صل أسلاك التوصيل كما خطّطت لذلك.
- ٣- ركب البطارية، وأغلق الدارة، ثم استخدم الشمعة في تسخين الشريط، ولاحظ ما يحدث.
- ٤- أبعد الشمعة عن الشريط، ولاحظ ما يحدث.
- ٥- دوّن البيانات التي ستحصل عليها، مراعيًا ما تعلمته عن دقة القياس.
- ٦- اعمل التعديلات اللازمة لتحسين أداء الجهاز.
- ٧- جرّب تشغيل الجهاز قرب المدفأة أو الفرن.

مناقشة النتائج

- تناقش المجموعات إجابات الأسئلة الآتية:
- هل سمعت صوت الجرس عند تقريب الشمعة المشتعلة؟
 - هل استمر صوت الجرس بعد إبعاد الشمعة؟
 - ما مدى حساسية الجهاز لتغيرات درجة الحرارة؟ كيف يمكنك أن تحسّن منها؟

التقويم الذاتي

الرقم	المعيار	نعم	لا
١	تمكنت من التعبير عن فكرة المشروع بدقة ووضوح.		
٢	صغت فرضية تتعلق بطريقة عمل نموذج جهاز إنذار.		
٣	وضعت خطة مناسبة لتنفيذ التصميم.		
٤	ركبت الجهاز وجربته عمليًا.		
٥	تواصلت مع معلمي في أثناء تنفيذ المشروع.		
٦	راعيت إجراءات السلامة العامة في أثناء العمل.		
٧	رصدت معوقات العمل وعملت على تحسينه.		
٨	تعاونت مع زملائي، واحترمت آراءهم في أثناء العمل.		
٩	استطعت الحكم على دقة النتائج التي توصلت إليها.		
١٠	أنجزت المشروع وفق الخطة الزمنية المحددة.		

أسئلة الفصل السابع

الجزء الأول: أسئلة قصيرة الإجابة

١- اختر رمز الإجابة الصحيحة لكل فقره من الفقرات الآتية:

(١) عند تسخين قضيب فلزي، فإن الزيادة في طوله تعتمد على طوله وارتفاع درجة حرارته، إضافة إلى:

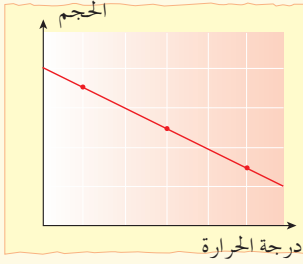
ب- مساحة مقطع القضيب

أ- قطر القضيب

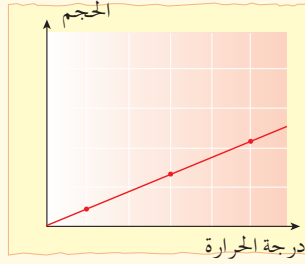
د- لون الفلز

ج- نوع الفلز

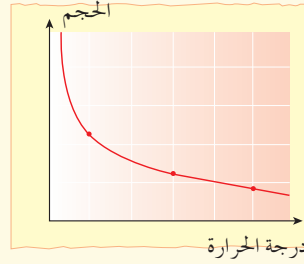
(٢) في الشكل (٧-٣٥) المنحنى الذي يمثل العلاقة بين حجم الغاز ودرجة حرارته عند ثبوت ضغطه، هو:



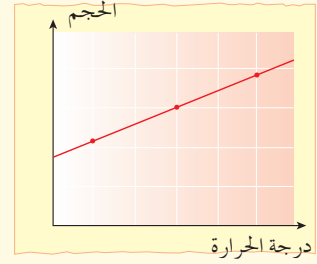
(د)



(ج)



(ب)



(أ)

الشكل (٧-٣٥): السؤال الأول، الفقرة الثانية.

(٣) حين يبدأ الماء بالتحوّل بين حالتي الصلابة والسيولة، فإن درجة حرارته:

أ - تتغيّر باستمرار؛ ارتفاعاً، أو انخفاضاً، حسب التحوّل.

ب- ترتفع باستمرار في أثناء عملية الانصهار.

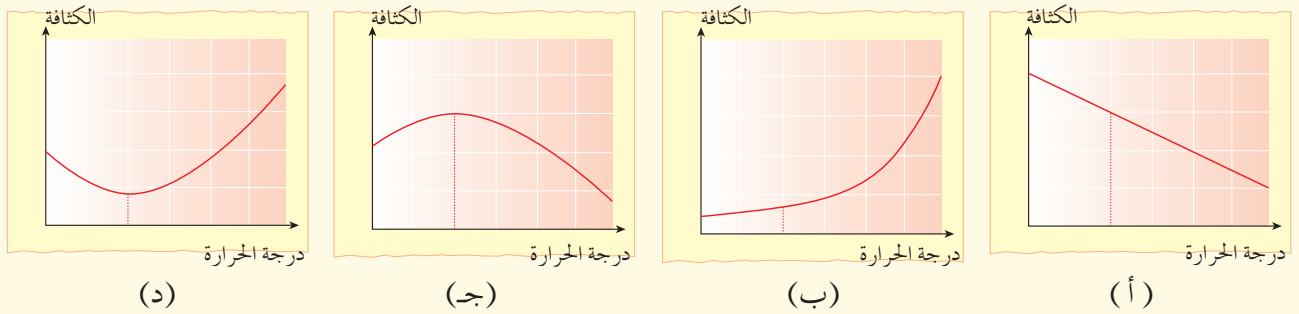
ج- تنخفض باستمرار في أثناء عملية التجمّد.

د - تبقى ثابتة في أثناء عملية التحوّل، حتّى يكتمل التحوّل.

(٤) في أثناء تحوّل كتلة محدّدة من المادّة من حالة السّيوّلة إلى الحالة الغازيّة، عند درجة الغليان، يلزم تزويدها بكمّيّة من الحرارة تساوي:

- أ - كمّيّة الحرارة الكامنة للتّصعيد.
- ب - حاصل ضرب الكتلة في فرق درجات الحرارة.
- ج - حاصل ضرب الكتلة في الحرارة الكامنة للتّصعيد.
- د - حاصل ضرب الكتلة في الحرارة الكامنة للتّصعيد في فرق درجات الحرارة.

(٥) في الشّكل (٧-٣٦)، المنحنى الذي يمثّل التّغيّر في كثافة الماء حينما تتغيّر درجة حرارته بين الدرجتين (صفر° س إلى ١٠° س)، هو:



الشّكل (٧-٣٦): السؤال الأول، الفقرة الخامسة.

٢- أيّهما أكبر وزناً ١٠٠ سم^٣ من الثلج، أم ١٠٠ سم^٣ من الماء؟ فسّر إجابتك.

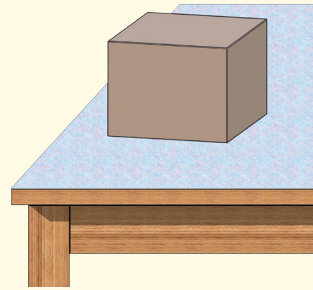
٣- فسّر المشاهدات الآتية:

- أ - الأواني الزجاجيّة الرّقيقة أكثر مقاومة لتغيّر درجات الحرارة من الأواني السميكة.
- ب - ينفجر البالون المنفوخ جيّداً إذا بقي مدّة تحت أشعة الشّمس.
- ج - تسقط حشوات الأسنان أحياناً عند تناول المشروبات الباردة.

٤ - قطعة فلزيّة ساخنة على شكل متوازي مُستطيلاتٍ، وُضعت على سطح طاولة أفقيّ وتُركت لتبرد، لاحظ الشّكل (٣٧-٧). ماذا يحدث للكمّيّات الواردة في الجدول (٦-٧) حينما تبرّد؟ اكتب مقابل كلّ كمّيّة في الجدول التغيّر الصحيح (تزداد، تقلّ، لا تتغيّر).

الجدول (٦-٧): السّؤال الرابع.

الكمّيّة	تزداد، تقلّ، لا تتغيّر
الارتفاع	
مساحة القاعدة	
حجم القطعة	
الكتلة	
الكثافة	
الوزن	
الضغط على الطاولة	



الشّكل (٣٧-٧): السّؤال الرابع.

- ٥ - علّل لماذا تكون الحرارة الكامنة للتصعيد دائماً أكبر من الحرارة الكامنة للانصهار للمادّة الواحدة؟
- ٦ - أيّهما أشدّ إحراقاً: الماء المغليّ أم بخاره؟ ولماذا؟
- ٧ - لا ترتفع درجة حرارة الماء في أثناء غليانه، على الرّغم من استمرارنا بتزويده بالحرارة؟ فسّر ذلك.

الجزء الثاني: أسئلة حسابية

٨ - أجرى مجموعة من طلبة الصف التاسع تجربة، تم فيها صهر مادة متبلورة، ثم تركت لتبرد وفي أثناء ذلك دُونت نتائج التجربة في الجدول (٧-٧) الآتي:

الزمن (دقيقة)	٠	٥	١٠	١٥	٢٠	٢٥	٣٠	٣٥
درجة الحرارة (°س)	٩٥	٨٠	٦٥	٦٥	٦٥	٥٠	٣٥	٢٠

مثل الجدول بيانياً، ثم أجب عن الأسئلة الآتية:

أ - ما التحوّل بين حالات المادة الذي تمثله العلاقة البيانية؟

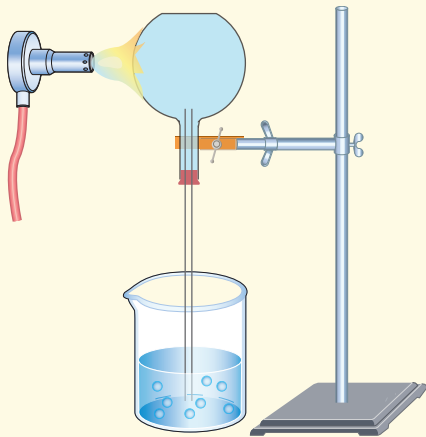
ب - ماذا حدث للمادة في الفترة الزمنية من (١٠) إلى (٢٠) دقيقة؟

ج - ما مقدار درجة الانصهار أو التجمّد لتلك المادة؟

٩ - احسب كمية الحرارة التي تفقدتها كتلة مقدارها (٦٠) غ من بخار الماء بدرجة (١٠٠°س) عندما تتحوّل إلى ماء في درجة (٢٠°س).

١٠ - قطعة من النحاس الصلب درجة حرارتها (١٠٨٣°س)، زوّدت بكمية حرارة (١٨ × ٤٠ × ١٠) جول. ما مقدار كتلة الجزء المنصهر من النحاس؟

١١ - خلطت كتلتان متساويتان في إناء معزول، إحداهما ماءً درجة حرارته (١٠٠°س)، والأخرى جليدً درجة حرارته (صفر°س)، فاتّزن الخليط عند درجة الحرارة (١٠°س). احسب الحرارة الكامنة لانصهار الجليد. علماً أنّ ح للماء تساوي ٤٢٠٠ جول/كغ.°س.



١٢ - احسب كمية الحرارة اللازمة لتحويل (١٠٠) غرام من الجليد بدرجة (-٣٠°س)، إلى ماء بدرجة (٨٠°س).

١٣ - فسّر سبب ظهور فقاعات هوائية في كأس الماء الظاهرة في الشكل (٧-٣٨).

الشكل (٧-٣٨): السؤال الثالث عشر.

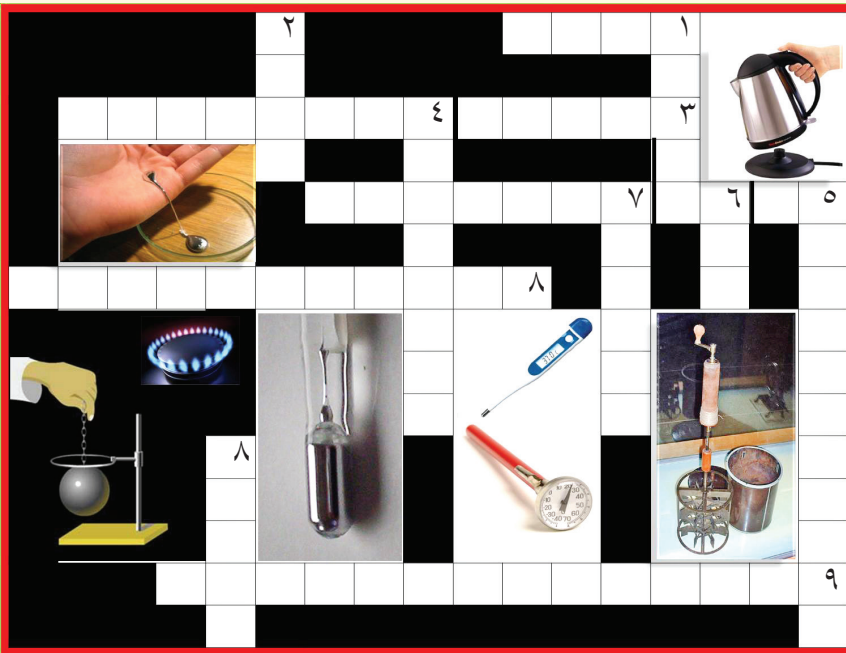
١٤- أكمل العبارات الآتية بكتابة المفهوم العلمي المناسب، بحيث تكتب الحرف الأول عند الرقم الذي يشير إلى الجملة في الشكل (٧-٣٩).

أفقي

- ١- من وحدات قياس درجة الحرارة.
- ٣- كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جسم درجة سلسيوس واحدة.
- ٥- خصيصة في الجسم تحدّد اتجاه انتقال الحرارة من الجسم وإليه.
- ٨- أقل درجة حرارة تمّ تعرفها.
- ٩- كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة ١ كغ من المادة درجة سلسيوس واحدة.

رأسي

- ١- إحدى خصائص المادة، تأخذ أكبر قيمة لها بالنسبة إلى الماء عند درجة حرارة (٤°س).
- ٢- اسم القانون الذي ينظّم العلاقة بين حجم الغاز ودرجة حرارته عند ثبوت ضغطه.
- ٤- عملية تحويل المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة مع ثبوت درجة حرارتها.
- ٥- درجة الحرارة التي توجد عندها المادة في حالتَي السيولة والغازية معاً في حالة اتزان.
- ٦- وحدة قياس كمية الحرارة.
- ٧- وعاء فلزيّ معزول يستخدم في المختبر للقياسات الحرارية.
- ٨- تحويل المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة مع ثبوت درجة حرارتها.

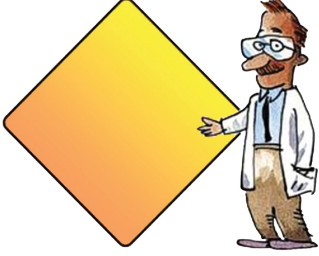


الشكل (٧-٣٩): السؤال الرابع عشر.

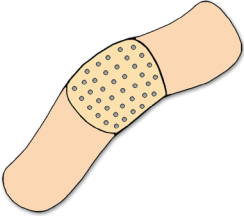
قواعد السلامة العامة في مختبر الفيزياء

يتعين على كل طالب قراءة القواعد المبينة أدناه بدقة، واتباعها، من أجل سلامته وسلامة الطلبة جميعهم:

- ١ - لا يُسمح لك بدخول المختبر دون مرافقة المعلم أو قيم المختبر، ولا تبقى وحدك بعد مغادرة الطلبة.
- ٢ - لا تبدأ العمل ولا تلمس أي أداة إلا بإذن المعلم، بعد الاطلاع على التعليمات.
- ٣ - لا تنفذ أي نشاط أو تجربة إلا بإذن المعلم.
- ٤ - لا يُسمح بالأكل والشرب داخل المختبر.
- ٥ - لا تدخل المختبر وأنت تضع عدسات لاصقة.
- ٦ - ارتد نظارة أو قفازين واقين في أثناء تنفيذ بعض التجارب، كلما لزم ذلك.



- ٧ - كن حذرًا، وأخبر المعلم عن أي حادث أو إصابة فور وقوعها.
- ٨ - اترك طاولة العمل نظيفة كما وجدتتها.
- ٩ - لا تضع حقيبتك وأغراضك الشخصية فوق طاولة العمل، أو في الممرات.
- ١٠ - أبعد الأجهزة والأدوات عن حواف الطاولة في أثناء العمل.
- ١١ - لا تلمس أي دائرة موصولة بالكهرباء وأسلاكها معرّة.
- ١٢ - لا تصل أي دائرة كهربائية أو جهاز بالمقبس، إلا بإشراف المعلم.
- ١٣ - تعرّف مكان وجود طفايات الحريق وأجهزة السلامة الأخرى في المختبر، وطريقة استعمالها.



- ١٤ - لا يُسمح للطلاب الذي لا يرتدي الملابس المناسبة والحذاء المناسب بدخول المختبر.

١٥ - لا تقترب من الأماكن الضيقة أو المغلقة.

١٦ - اطلع على التعليمات الخاصة بالمختبر المغلقة داخله، واتبع تعليمات المعلم المتعلقة بالتجربة.

١٧ - لا تتردد في طلب أية معلومات أو مساعدة من المعلم، أو قيم المختبر عند الحاجة.

١٨ - مخالفتك لأي من هذه التعليمات، قد تُعرضك وزملاءك للخطر.

الرموز الخاصة بالعمل المخبري

أبخرة: وجوب العمل في مكان جيد التهوية، وعدم استنشاق أية أبخرة ناتجة عن التجارب.		نظارات واقية: حماية العينين عند تنفيذ التجارب الكيميائية، والتعامل مع الزجاجيات واللهب.	
مواد سامة: الحذر من ملامسة أية مادة كيميائية سامة للجسم، أو استنشاق أبخرتها.		مريول المختبر: حماية الجسم وملابسك من الضرر عند التعامل مع المواد والأجهزة.	
أجسام حادة: الحذر عند استخدام المقص والسكين والدبوس وغيرها من الأجسام الحادة، وعدم توجيهها نحو الجسم.		قفازات حرارية: حماية اليدين عند حمل الأجسام الساخنة، واستخدام الأفران ومصادر الحرارة.	
الحيوان: عدم التعرض للأذى، وعدم إيذاء الحيوان عند التعامل معه في المختبر.		قفازات مطاطية: حماية اليدين عند التعامل مع المواد الكيميائية الخطرة.	
النبات: عدم حمل النباتات بطريقة غير صحيحة، وتجنب لمس النباتات السامة.		ملقط التسخين: التقاط الأجسام الساخنة، وتجنب لمسها باليد.	
نشاط بدني: الحذر والانتباه في أثناء الحركة ونقل الأشياء في المختبر.		مصادر اللهب: الحذر من اقتراب الجسم والملابس والشعر من مصادر اللهب عند استخدامها.	
النفائات: التخلص من بقايا المواد الكيميائية وغيرها من مواد التجربة بطريقة صحيحة.		مواد سريعة الاشتعال: الحذر الشديد من تقريب هذه المواد من مصادر الحرارة.	
غسل اليدين: غسل اليدين جيدًا بعد الانتهاء من العمل المخبري.		مواد كيميائية تسبب تآكل الجلد: تجنب ملامسة الحموض والمواد المهيجة الأخرى لليدين والجسم والملابس.	
صعقة كهربائية: عدم استخدام المعدات الكهربائية بوجود الماء أو الرطوبة، وضرورة فصل كل دائرة كهربائية لا يلزم استخدامها، وتجنب لمس الأسلاك والوصلات الكهربائية غير المعزولة.			

هذه الرموز خاصة بالعمل المخبري لمختبرات العلوم جميعها: الفيزياء والكيمياء والعلوم الحياتية وعلوم الأرض والبيئة.

مسرّد المصطلحات العلميّة (Glossary)

- الآلة البسيطة (Simple Machine): أداة تسهّل علينا إنجاز العمل؛ بتغيير مقدار القوة التي نؤثر بها، أو اتجاه تلك القوة، أو مقدارها واتجاهها معًا.
- الاتزان الحراريّ (Thermal Equilibrium): الحالة التي تتساوى فيها كمّيّة الحرارة المفقودة من الجسم مع كمّيّة الحرارة المكتسبة، ممّا يؤدي إلى ثبات درجة حرارة الجسم وتساويها مع الوسط المحيط به والأجسام الملامسة له.
- التمدّد الحراريّ (Thermal Expansion): تعيّر أبعاد الجسم، تبعًا لتغيّر درجة حرارته.
- الحرارة (Heat): المؤثر الذي يسبّب إحساسنا بالسخونة، وهي شكل من أشكال الطاقة.
- الحرارة الكامنة للانصهار (Latent Heat of Fusion): كمّيّة الحرارة اللازمة لتحويل ١ كغ من المادّة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة عند الدّرجة نفسها (درجة الانصهار).
- الحرارة الكامنة للتّصعيد (Latent Heat of vaporization): كمّيّة الحرارة اللازمة لتحويل ١ كغ من المادّة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازيّة عند الدّرجة نفسها (درجة الغليان).
- درجة الانصهار (Melting Point): الدّرجة التي توجد فيها المادّة في حالتي الصلابة والسيولة معًا في حالة الاتزان.
- درجة الحرارة (Temperature): إحدى خصائص الجسم تحدّد اكتسابه للحرارة أو فقدانه لها عند اتصاله بأجسام أخرى.
- درجة الغليان (boiling point): درجة الحرارة التي يمكن للمادّة أن توجد فيها في حالتي السيولة والغازيّة معًا في حالة الاتزان.
- السّعة الحراريّة (Heat Capacity): كمّيّة الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الجسم (درجة سلسيوس واحدة).
- الطّاقة الحراريّة (Thermal Energy): مقدار الطّاقة التي يكتسبها الجسم أو يفقدها عندما تتغيّر درجة حرارته.
- الغليان (boiling): الحالة التي يحدث عندها التبخر من أجزاء السّائل جميعها، وليس من السطح فقط.
- الفائدة الآليّة (Machine Advantage): النسبة بين القوة التي تؤثر بها الآلة البسيطة (المقاومة) والقوة التي نؤثر بها نحن في الآلة.
- قانون شارل (Charles Law): «يتناسب حجم الغاز المحصور تناسبًا طرديًا مع درجة حرارته المطلقة عند ثبات ضغطه»
- كفاءة الآلة (Efficiency of Machine): النّسبة المئويّة للطّاقة المفيدة الخارجة من الآلة إلى الطّاقة الداخلة فيها.

قائمة المراجع

المراجع العربية

- ١ - أحمد زكي حلمي، أجهزة القياس والمعايرة. بيروت، دار الفجر، ١٩٩٩.
- ٢ - علي عبد الله الدفاع، الموجز في التراث العلمي العربي الإسلامي، نيويورك، جون وايلي وأولاده، ١٩٧٩.
- ٣ - همام غصيب، وفؤاد تفال، مفهوم الحرارة في تراثنا العربي الإسلامي، عمان، رابطة الفيزيائيين الأردنية، ١٩٨٧.

المراجع الأجنبية

- 1 - Avison, J., **The World of Physics**, Thomas nelson and sons limited, 1989.
- 2 - Bridgy emann, k, **Measurement in Focus**, Franklin watts, 1991.
- 3 - David, V. Frank, **Physical Science**, Pearson Education, inc., Boston, 2007.
- 4 - Hewitt, P., et. al., **Conceptual Physical Science Exphorations**, Addison Wesley, 2003.
- 5 - Johnson, P., et. al., **Physical Science**, Addison – Wesley publishing company, 1988.
- 6 - Lafferty, **Burning and Melting**, Awatt, Gloucester book, 2008.
- 7 - Levesely, M., et. al., **Science 2 for GCSE**, Pearson Education limited, 2003.
- 8 - Morrison, E., et. al., **Science Plus Technology and Society Level Blue**, Holt, rinchart & Winston, 2002.
- 9 - People, P., **Physics for Higher Tier**, Stephen pople, London, 2001.
- 10- Serway, R, et. al., **Physics for Scientists and Engineers**, Thomson Brooks/, cole, 2011.
- 11- Todd, R., et. al., **Physical Science**, Holt, rinchart & Winston, 2001.

تَمَّ بِحَمْدِ اللَّهِ تَعَالَى