المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم
إدارة المناهج والكتب المدرسية

التعلم المبني على المفاهيم والنتاجات الأساسية

الفيزياء

الصف العاشر

الناشر
وزارة التربية والتعليم
إدارة المناهج والكتب المدرسية

الحقوق جميعها محفوظة لوزارة التّربية والتّعليم
الأردن – عمان / ص. ب: (١٩٣٠)

أشرف على تأليف هذه المادّة التعليمية كلّ من:

د. نواف العقيل العجارمة/ الأمين العام للشؤون التعليمية
د. نجوى ضيف الله القبيلات/ الأمين العام للشؤون الإدارية والمالية
د. محمد سلمان كنانة/ مدير إدارة المناهج والكتب المدرسية
د. أسامة كامل جرادات/ مدير المناهج
د. زايد حسن عكور/ مدير الكتب المدرسية
شفاء طاهر عباس/ عضو مناهج الفيزياء

المتابعة والتنسيق:

د. زبيدة حسن أبو شويمة/ ر.ق المباحث المهنية

لجنة تأليف المادة التعليمية:

د. حسين محمود أحمد الخطيب
خلدون سليمان عايد المصاروه
د. شاهر فلاح الدريدي
لينا سامي القاضي
د. ناظم إسماعيل أبو شاويش
هيا غازي الزامل

التحرير العلمي:

شفاء طاهر عباس

التحرير اللغوي:

د.خليل إبراهيم القعيسي

التحرير الفني:

نرمين داود العزة

التصميم والرسم:

هاني سلطي مقطش

الإنتاج:

د. عبد الرحمن سليمان أبو صعيليك

دقق الطباعة: د. شاهر فلاح الدريدي، هيا غازي الزامل

راجعها: شفاء طاهر عباس

الطبعة الأولى (تجريبية)
١٤٤٢هـ / ٢٠٢١ م

قائمة المحتويات

الموضوعُ	الصفحةُ
المقدمة	
١ المحورُ: طبيعةُ العلْمِ	٦
هيّا نتعلمْ معَ ريمَ	٧
٢ المحورُ: طبيعةُ العلْمِ	١٢
منْ هنا إلى هناكَ، اختلفَتِ الوحداتُ	١٣
٣ المحورُ: الميكانيكا	١٨
المهرجُ	١٩
٤ المحورُ: الحرارةُ	٢٨
درجةُ حرارتِنا مؤشرٌ على صحتِنا	٢٩
نبعُ العطاءِ	٣٢
وفِّرْ وقتَكَ ونقودَكَ	٣٤
هلْ جلبَ أبي جهازًا جديدًا تالفًا؟	٣٧
٥ المحورُ: الحرارةُ	٤٠
الحياةُ أسهلُ معَ الفيزياءِ	٤١
لماذا انكسرَتْ زجاجةُ الماءِ؟	٤٤
لماذا تنفجرُ في الخارجِ؟	٤٧

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدِّمةُ

الحمد لله ربّ العالمين، والصّلاة والسّلام على سيد المرسلين سيدنا محمّد، صلى الله عليه وسلم، وعلى آله وصحبه أجمعين.

وبعد، فانطلاقًا من رؤية وزارة التّربية والتّعليم وسعيها في تحقيق التّعليم النّوعيّ المتميّز على نحوٍ يلائم حاجات الطلبة، وإعداد جيل من المتعلمين على قدر من الكفاية في المهارات الأساسيّة اللّازمة للتّكيّف مع متطلّبات الحياة وتحدّياتها، مزوَّدين بمعارف ومهارات وقيم تساعد على بناء شخصيّاتهم بصورة متوازنة؛ بُنِيَ هذا المحتوى التعليمي وفقًا للمفاهيم والنتاجات الأساسية لمبحث الفيزياء للصفّ العاشر الذي يشكّل أساس الكفاية العلميّة لدى الطلبة، ويركّز على المفاهيم التي لا بدّ منها لتمكين الطّلبة من الانتقال إلى المرحلة اللاحقة انتقالًا سلسًا من غير وجود فجوة في التّعلّم؛ لذا حرصنا على بناء المفهوم بصورة مختزلة ومكثّفة ورشيقة بعيدًا عن التوسّع الأفقيّ والسّرد وحشد المعارف؛ إذْ عُني بالتّركيز على المهارات، وإبراز دور الطّالب في عملية التّعلّم، بتفعيل الإستراتيجيات والطرائق التي تدعم التعلّم الذاتيّ، وإشراك الأهل في عملية تعلّم أبنائهم.

وقد اشتمل المحتوى التّعليميّ على موضوعات انتُقيت بعناية، يتضمّن كلٌّ منها المفاهيم الأساسيّة لتعلّم مهارات الفيزياء، بأسلوبٍ شائق ومركّز.

لذا؛ بُني هذا المحتوى التعليميّ على تحقيق النتاجات العامّة الآتية:

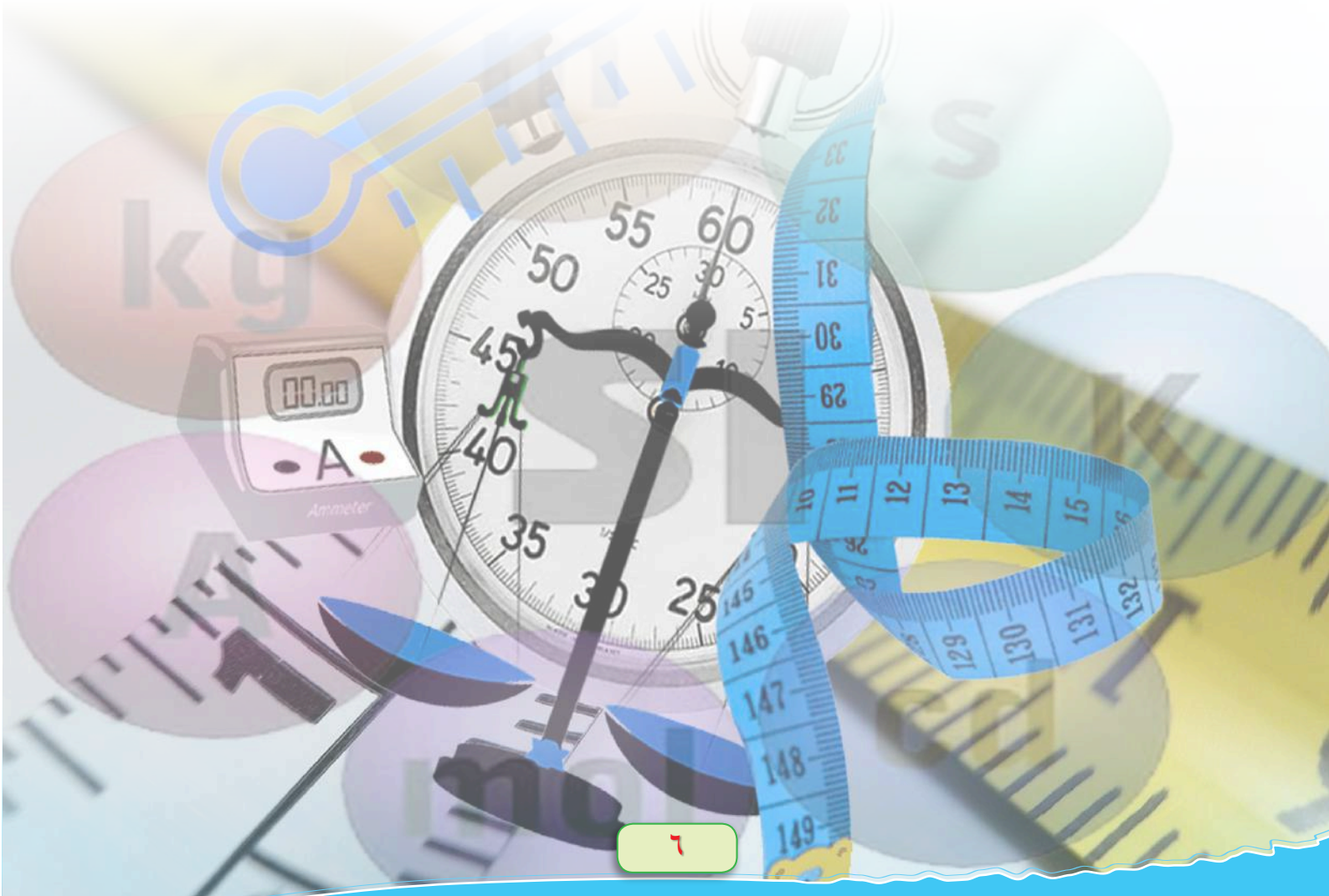
- يوظفُ أدواتِ القياسِ المناسبةِ في إجراءِ القياسِ.
- يوظفُ مبادئَ الميكانيكا وقوانينها ونظرياتها لتفسيرِ ظواهرَ ومواقفَ مختلفة.
- يوظفُ مبادئَ الحرارة وقوانينها ونظرياتها وأثرها في الأجسامِ لتفسيرِ ظواهرَ ومواقفَ مختلفة.

والله وليّ التوفيق

المحورُ

طبيعةُ العلمِ

المفهومُ	النتاجُ المرتبطُ بالمفهومِ	السؤالُ الرئيسُ
عمليةُ القياسِ	• أذكرُ عناصرَ عمليةِ القياسِ. • أوضحُ عناصرَ عمليةِ القياسِ بالأمثلةِ. • أوضحُ المقصودَ بدقةِ القياسِ.	- أذكرُ عناصرَ القياسِ مستشهدًا بأمثلةٍ عليهِ؟ - ما المقصودُ بدقةِ القياسِ؟



هيّا نتعلمْ معَ ريمَ

أرادَتْ ريمُ إعدادَ كيكةٍ لعيدِ ميلادِ أخيها، إذْ لمْ تنجحْ في إعدادِها منْ قبلُ، فسألَتْ والدتَها عنْ ذلكَ، فأخبرَتْها أنْ تتقيدَ بالمقاديرِ والمكوناتِ، فطلبَتْ إلى والدتِها أنْ تعلمَها قياسَ المكوناتِ الدقيقَ.

◄ ما القياسُ؟ وكيفَ يكونُ دقيقًا؟

أتهيَّأُ

تعلمْتُ أنَّ الكميةَ الفيزيائيةَ القياسيةَ تُحدَّدُ بمقدارٍ فقطْ، فالكتلةُ منَ الكمياتِ القياسيةِ، ولتحديدِ هذا المقدارِ، أقيسُ بأداةٍ مناسبةٍ.

◄ كيفَ أقيسُ الكمياتِ الفيزيائيةَ؟

◄ ما العناصرُ الأساسيةُ التي أراعيها في القياسِ؟

◄ ما الأخطاءُ التي تحدثُ في عمليةِ القياسِ؟

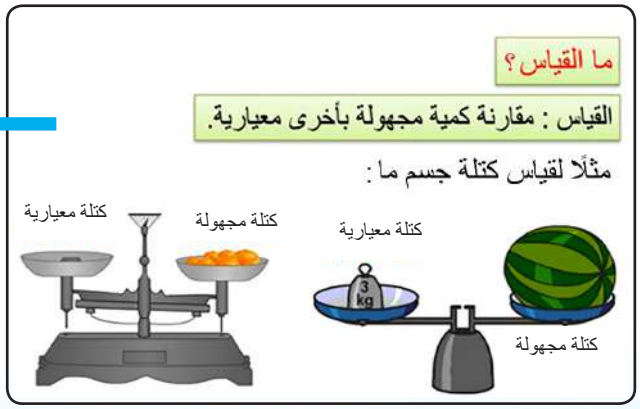
أكتشفُ

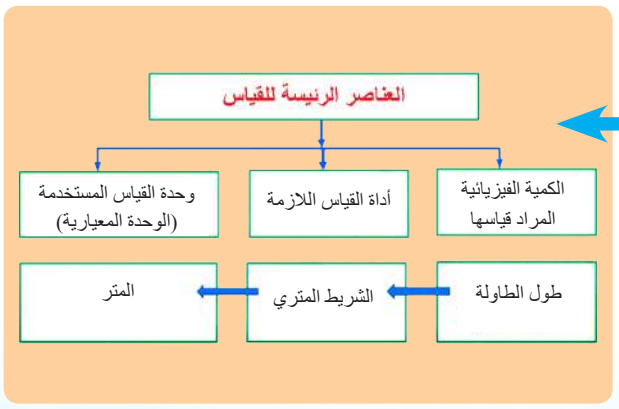
لديَّ عبوةٌ صغيرةٌ، ودلوٌ بلاستيكيةٌ كبيرةٌ، أحاولُ تعبئةَ الدلوِ بالماءِ بالعبوةِ الصغيرةِ:

دلو فارغةٌ	أداةُ القياسِ	مقدارُ القياسِ
		.....

- كمْ عبوةً صغيرةً مملوءةً بالماءِ تتسعُ لها الدلوُ الكبيرةُ؟ أدوِّنُ مقدارَ القياسِ في الجدولِ أعلاهُ.
- ما الكميةُ الفيزيائيةُ المرادُ قياسُها؟
- ما الكميةُ الفيزيائيةُ المعروفةُ التي استخدمْتُها في عمليةِ القياسِ أداةَ قياسٍ؟
- أطلبُ إلى أحدِ زملائي أنْ يستخدمَ أداةً أخرى في قياسِ كميةِ الماءِ في الدلوِ، وأقارنُها بنتيجتي السابقةِ.

أُفسِّرُ





الدقةُ

تشير الدقّةُ إلى مدى مطابقةِ نتائجِ القياسِ بالقيمةِ (الحقيقيةِ)، المقبولة حسبَ القياساتِ التي رصدها خبراءُ مؤهّلونَ.

مثالٌ: الطولُ الصحيحُ لكتابٍ ما ٢٠,٠ سم.

والقياساتُ التي رصدتها هي:

٢٠,٤سم، ١٩,٦سم، ٢٠,٣سم، ٢٠,٢ سم، ١٩,٨سم، ٢٠,١سم.

في هذه الحالةِ، فإنَّ القياساتِ، مقبولةٌ لقربِها منَ القيمةِ الصحيحةِ.

	الخطأ البشريّ	خطأ أداة القياسِ
	ينتج من خطأ في قراءة أداة القياس (اختلاف زاوية النظر في القياس)، أو خطأ في طريقة القياس ، أو خطأ في تسجيل النتائج	عطل في أداة القياس.
علاجه	تكرار القياسات ووضع قواعد لطريقة القياس	معايرة الأداة وتصليحها
تأثيره	في دقة القياسات	في دقة القياسات وضبطها

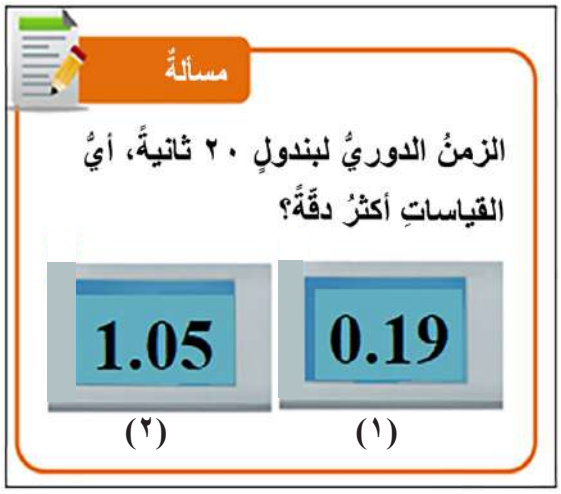
أمثلةٌ على معايرةِ الأجهزةِ:

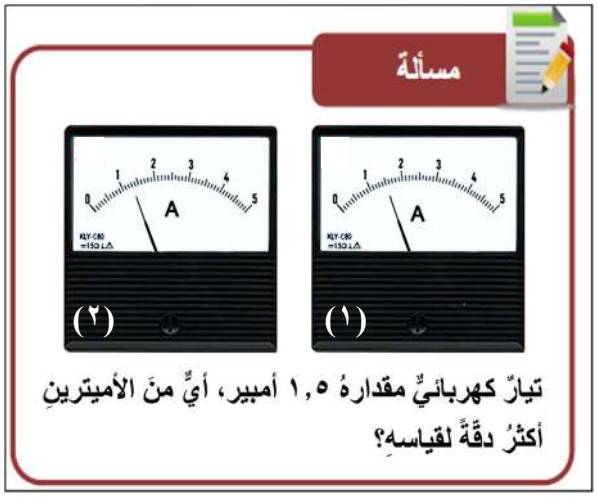
أُطبِّقُ

١ - في هذا النشاطِ، يمكنُني استخدامُ مشابكِ الورقِ في قياسِ الكمياتِ في الجدولِ الآتي:

أداةُ القياسِ	الكميةُ المرادُ قياسُها	عناصرُ القياسِ
.....		الكميةُ الفيزيائيةُ: الطولُ الوحدةُ:..... الوحدةُ في النظامِ العالميِّ ..... الأداةُ المستخدمةُ:.....
.....	 أيهما أختارُ لقياسِ الكتلةِ؟	الكميةُ الفيزيائيةُ: الكتلةُ الوحدةُ: ..... الوحدةُ في النظامِ العالميِّ ..... الأداةُ المستخدمةُ: .....

٢ - أيُّ الجهازينِ أكثرُ دقةً في الصورتينِ الآتيتينِ؟

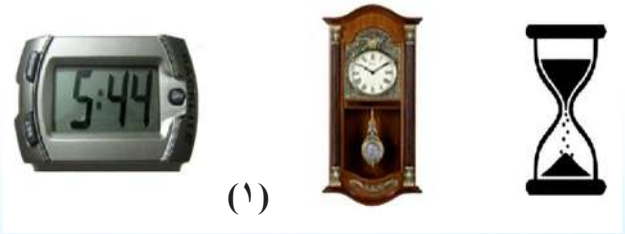




أُقيِّمُ تعلُّمي

١ - يبيّنُ الجدولُ أدناهُ بعضَ أدواتِ القياسِ واستخدامَ كلٍّ منها، أكتبُ في الفراغاتِ ما يناسبُها، مُحدِّدًا الكميةَ الفيزيائيةَ ووحدةَ القياسِ وأداةَ القياسِ:

الكميةُ الفيزيائيةُ المقيسةُ	وحدةُ القياسِ الأساسيةُ	يمكنكَ الاستعانة بالصورِ أسفل الجدولِ
الكتلةُ	.....	
الزمنُ	.....	.....
التيارُ الكهربائيُّ	.....	.....
.....	الفولتُ	الفولتميتر
.....	.....	



٢ - هلْ يمكنُ استعمالُ الميزانِ النابضيِّ الموضحِ في الشكلِ المجاورِ لقياسِ الوزنِ بدقةٍ؟ أفسرُ إجابتي.

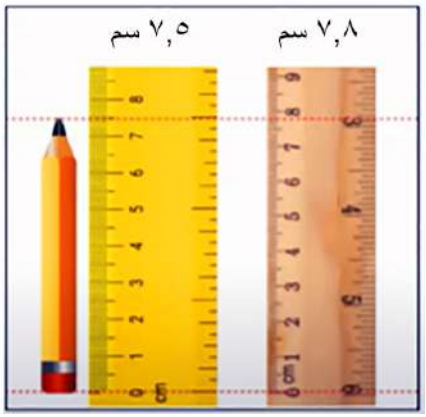
٣ - أقرأُ النصَّ الآتيَ، ثمَّ أجيبُ ما يليهِ:

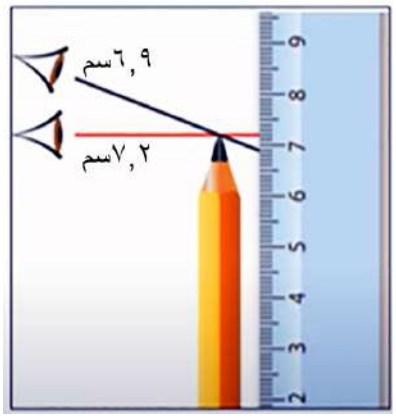
بينَما كانَ خالدٌ يقودُ سيارتَهُ، توقفَتْ فجأةً، فتبيَّنَ أنَّ البنزينَ قدْ نفدَ، فشرعَ يطلبُ المساعدةَ منَ السياراتِ التي تمرُّ بهِ حتّى ساعدَهُ أحدُهمْ، فأخذَ أربعَ عبواتٍ فارغةٍ منْ صندوقِ السيارةِ، سعةُ كلٍّ منها ٢٠٠٠مل، وذهبَ إلى محطةِ البنزينِ لتعبئتِها، ثمَّ عادَ إلى السيارةِ وزودَها بالبنزينِ.

أ - كمْ لترَ بنزينٍ عبأ خالدٌ؟ علمًا أنَّ ١٠٠٠ مل = لترًا.

ب- أستخرجُ عناصرَ القياسِ.

٤ - ما أسبابُ اختلافِ القياسِ في الشكلينِ الآتيينِ؟

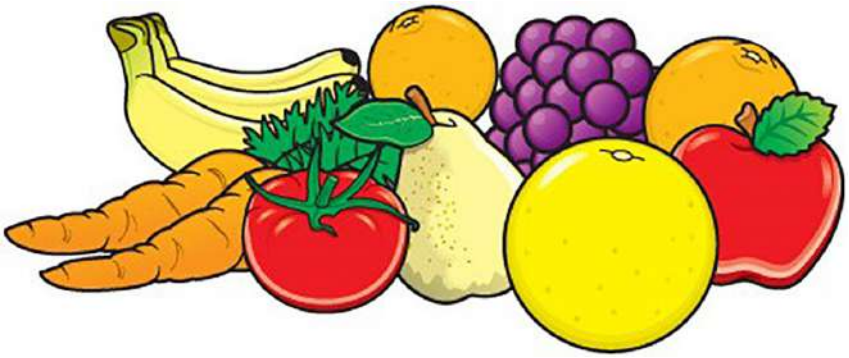




المفهومُ	النتاجُ المرتبطُ بالمفهومِ	السؤالُ الرئيسُ
النظامُ العالميُّ للوحداتِ	• أتعرّفُ النظامَ العالميَّ للوحدات. • أتعرّفُ وحداتِ النظامِ العالميِّ الأساسيةَ. • أقيسُ الكمياتِ الفيزيائيةَ باستخدامِ وحداتِ النظامِ العالميِّ الأساسيةِ.	- ما النظامُ العالميُّ للوحدات؟

منْ هنا إلى هناكَ، اختلفَتِ الوحداتُ

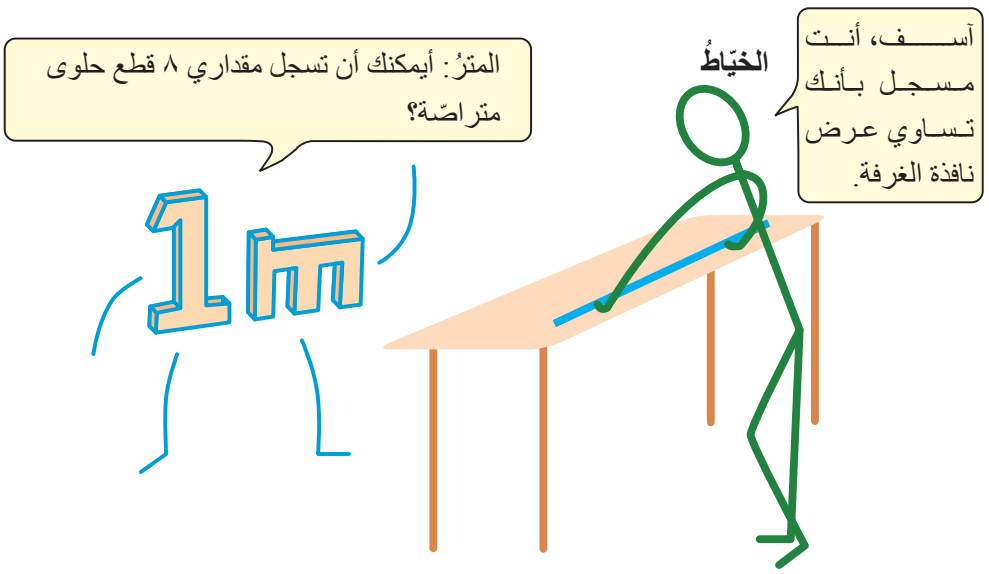
يذهبُ أحمدُ معَ والدتِهِ كلَّ سنةٍ إلى بريطانيا لزيارةِ أقاربِهِ، ومنْ ثَمَّ، يشتري الفاكهةَ بوحدةِ الباوندِ، وعندَ قدومِهِ إلى الأردنِّ، تبيَّنَ لَهُ أنَّ الفاكهةَ تقاسُ كتلتُها بوحدةِ الكيلوغرامِ، وأنَّ الملابسَ لها قياساتٌ مختلفةٌ في كلٍّ منَ البلدينِ.



وعليهِ، سألَ والدتَهُ السؤالينِ الآتيينِ: ما الفرقُ بينَ هذِهِ الوحداتِ؟ وهلْ يتطلبُ الأمرُ معرفةَ الوحداتِ المستخدمةِ في كلِّ بلدٍ نزورُهُ؟

أتهيَّأُ

أتأملُ الصورةَ الآتيةَ:



◄ ما علاقةُ هذا الحوارِ بعنوانِ الدرسِ؟

أكتشفُ

أنفِّذُ النشاطَ الآتيَ، وأدوِّنُ ملاحظاتي في الجدولِ أدناهُ:

الأدواتُ التي أحتاجُ إليها: مسطرةٌ، وورقةٌ، وقلمٌ.

- أستخدمُ مسطرةً في قياسِ عرضِ بابِ الغرفةِ، وأدوِّنُ القراءةَ.
- أستخدمُ "القدمَ" في قياسِ عرضِ بابِ الغرفةِ نفسِها، وأدوِّنُ ملاحظاتي.

المحاولةُ	الأداةُ المستخدمةُ	عرضُ بابِ الغرفةِ (نتيجةُ القياسِ)
١	المسطرةُ	.....
٢	القدمُ	.....

- أعرِّفُ - كتابةً - بكلماتي الخاصةِ النظامَ العالميَّ للوحداتِ.
- ما الوحداتُ الأساسيةُ المستخدمةُ في قياسِ الأطوالِ غيرِ الواردةِ في السؤالِ؟

أُفسِّرُ

تعلمْتُ سابقًا أنَّ عمليةَ القياسِ العلميِّ لأيِّ كميةٍ فيزيائيةٍ، تتطلبُ وحدةً تحددُ نوعَها وأداةً لقياسِها، ولاختلافِ الوحداتِ والأدواتِ المستخدمةِ وتنوعِها، فقدِ اتفقَ العلماءُ على تحديدِ كمياتٍ فيزيائيةٍ وفقًا لنظامٍ يسمى النظامَ العالميَّ للوحداتِ، منها الوحداتُ الأساسيةُ كما في الجدولِ الآتي:

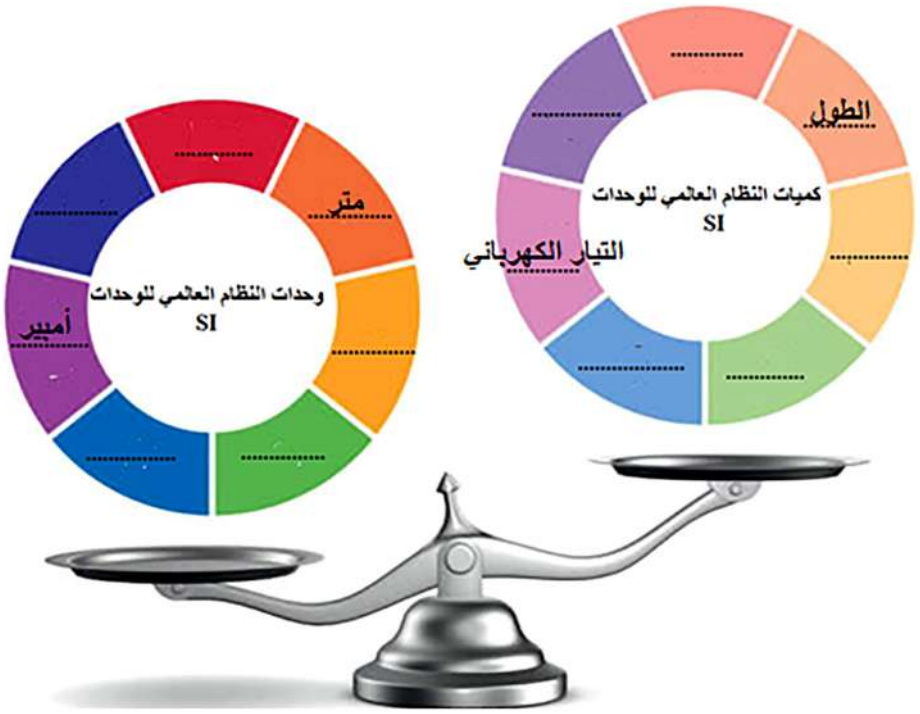
الكميةُ الفيزيائيةُ	الوحدةُ	رمزُ الوحدةِ		الكميةُ الفيزيائيةُ	الوحدةُ	رمزُ الوحدةِ	
الطولُ	متر	م	m	التيارُ الكهربائيُّ	أمبير	أ	A
الكتلةُ	كيلوغرام	كغ	kg	السُّطوعُ	قنديلة	قند	Cd
الزمنُ	ثانية	ث	s	مقدارُ المادّةِ	مول	مول	mol
درجةُ الحرارةِ	كلفن	ك	K				

أمثلةٌ على أدواتِ القياسِ:

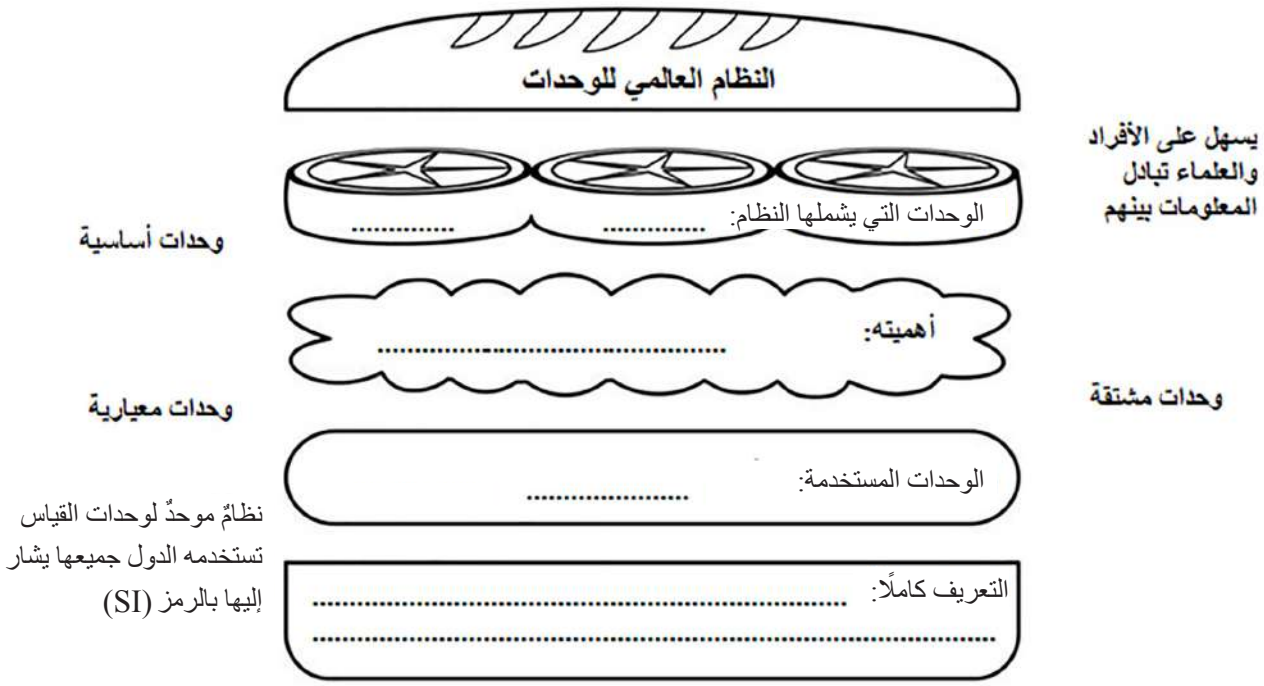
الأداةُ	المسطرةُ	الميزانُ الحسّاسُ	ساعةُ الإيقافِ
الكميّةُ	الطولُ	الكتلةُ	الزمنُ

أُطبِّقُ

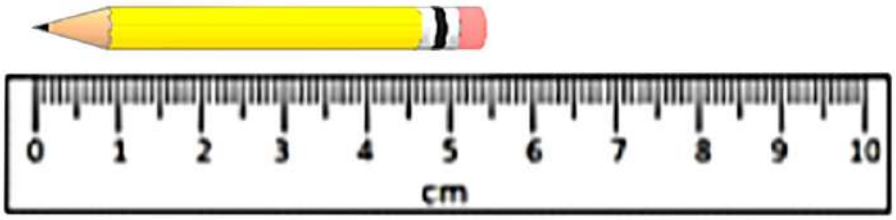
١ - أكتبُ الكميةَ الفيزيائيةَ الأساسيةَ والوحدةَ المناسبةَ لها، وفقًا للنظامِ العالميِّ للوحداتِ للونِ نفسِهِ في دولابَي الميزانِ الآتي:



٢ ـ أعرِّفُ – كتابةً – بكلماتي العلميةِ الخاصةِ النظامَ العالميَّ للوحداتِ، مستعينًا بنموذجِ "ساندويش".



٣ ـ أجيبُ الأسئلة الآتية:



ما طولُ القلمِ؟

.....

ما قراءةُ الميزانِ؟

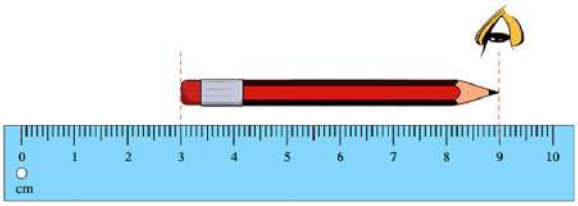
.....

ما قراءةُ الساعةِ؟

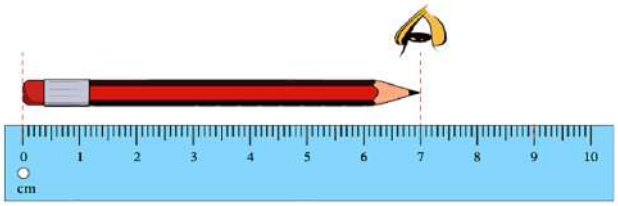
.....

أُقيِّمُ تعلُّمي

١ - طلبَتِ المعلمةُ إلى ريمَ وسعادَ قياسَ طولَي قلمينِ مختلفينِ بالمسطرةِ كما هوَ مبيَّنٌ في الصورتينِ الآتيتينِ، فأيُّ الطريقتينِ تفضلُها للحصولِ على القراءةِ الصحيحةِ في قياسِ الطولِ؟ أفسرُ السببَ.



(أ) قراءةُ ريمَ: (٦ سم)



(ب) قراءةُ سعادَ: (٧ سم)

٢ - أضعُ إشارةَ (✓) إزاءَ العبارةِ الصحيحةِ، وإشارةَ (X) إزاءَ العبارةِ غيرِ الصحيحةِ في ما يأتي:

أ- النظامُ العالميُّ للوحداتِ يحدِّدُ الكمياتِ الأساسيةَ ووحداتِها. ( ).

ب- الوحدةُ الأساسيةُ للتيارِ الكهربائيِّ هيَ المول. ( ).

جـ- منَ الكمياتِ الفيزيائيةِ الأساسيةِ في النظامِ العالميِّ للوحداتِ، الكتلةُ. ( ).

المفهومُ	النتاجُ المرتبطُ بالمفهومِ	السؤالُ الرئيسُ
الطاقةُ الميكانيكيةُ وحفظُها	• أوضحُ مفهومَ الطاقةِ الحركيةِ ووحدةَ قياسِها. • أميزُ طاقةَ الوضعِ المرونيةِ منْ طاقةِ الوضعِ الناشئةِ عنِ الجاذبيةِ. • أوضحُ مفهومَ الطاقةِ الميكانيكيةِ. • أطبقُ العلاقاتِ الخاصةَ بالطاقةِ الميكانيكيةِ في حلِّ مسائلَ حسابيةٍ. • أوضحُ المقصودَ بحفظِ الطاقةِ الميكانيكيةِ. • أستقصي علميًّا العواملَ المؤثرةَ في مقدارِ طاقتَي الوضعِ (الطاقةِ الكامنةِ)، والحركةِ. • أبحثُ عنْ تطبيقاتٍ عمليةٍ وتكنولوجيةٍ للطاقةِ الميكانيكيةِ.	- ما المقصودُ بالطاقةِ الميكانيكيةِ؟ وكيفَ يتمُّ حسابُها؟ - ما المقصودُ بحفظِ الطاقةِ الميكانيكيةِ؟ وكيفَ يمكنُ توضيحُ التغيرِ في طاقتَي الوضعِ والحركةِ في النظامِ نفسِهِ؟

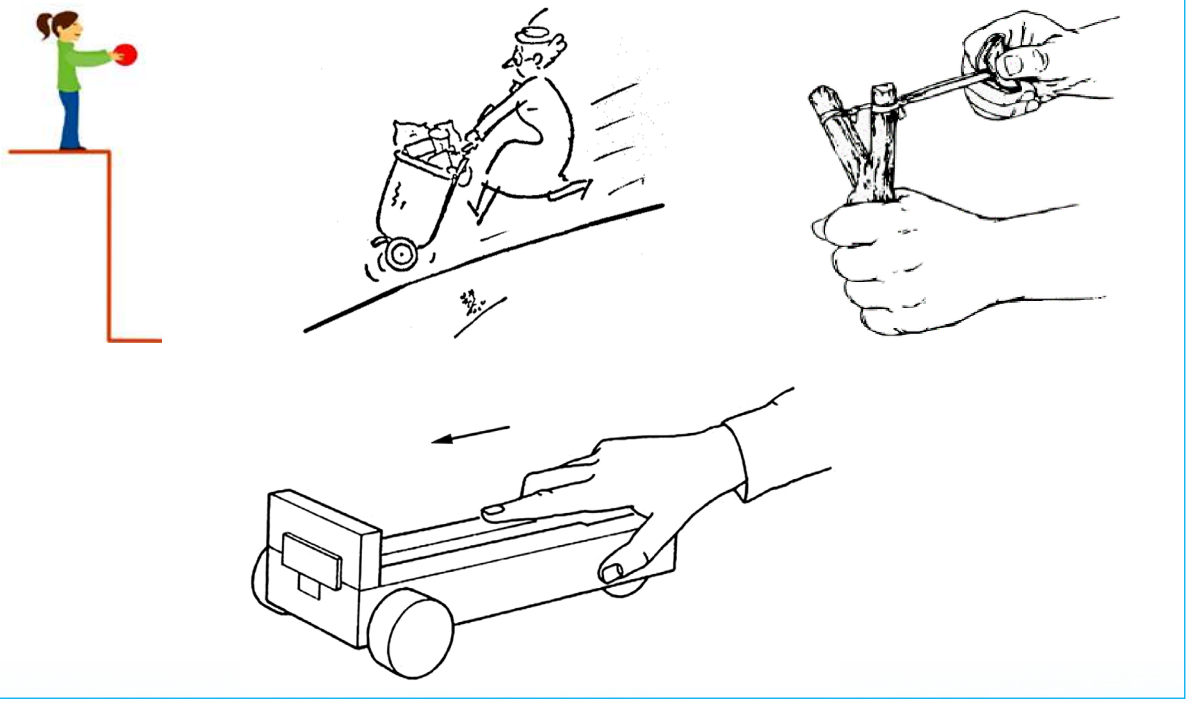
المهرّجُ

شاهدَ خالدٌ عرضًا ترفيهيًّا لمهرجٍ يلعبُ بالكراتِ، فدهشَ معجبًا بهِ، ثمَّ سألَ والدَهُ: كيفَ تمكَّنَ المهرجُ منْ تحريكِ الكراتِ بهذِهِ الطريقةِ؟

أتهيَّأُ

عندَما تؤثرُ قوةٌ في جسمٍ وتحركُهُ إزاحةً معينةً، فإنَّ شغلًا يُبذَلُ لهذا الجسمِ يكسبُهُ طاقةً، إما تحركُهُ فينتجُ (طاقةً حركيةً)، وإما تُختزَنُ داخلَهُ فتسمى (طاقةً كامنةً).

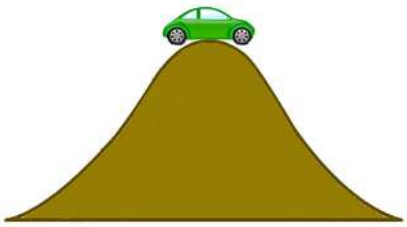
◄ بناءً على الصورِ الآتيةِ، أحددُ أيَّ الأجسامِ يتحركُ وأيَّها يختزنُ طاقةً داخلَهُ.



أكتشفُ

مفهوم الطاقة الحركية والعوامل التي تعتمد عليها:

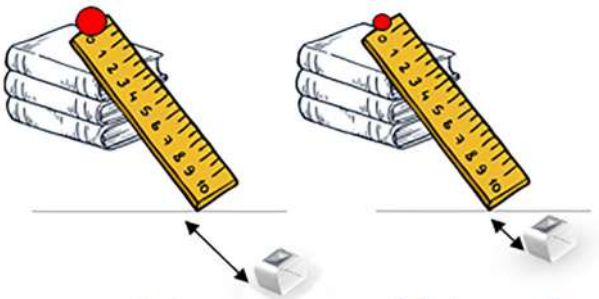
- لديّ بعض الصورِ التي توضح أجسامًا تكتسب طاقة، أصنفها واضعًا إشارة (✓) إزاء الطاقة الناتجة من الحركة.

م	الحالةُ	طاقةٌ ناتجةٌ من الحركةِ
١	سيارةٌ على قمةِ جبلٍ 	.....
٢	أولادٌ يلعبونَ	.....
٣	نابض مضغوط	.....
٤	باصٌ يسيرُ على طريقٍ أفقيٍّ مستقيمٍ	.....

- أعرفُ – كتابةً – بكلماتي الخاصة الطاقةَ الحركيةَ.

- وضعتْ سلمى كرتين، إحداهما خفيفةٌ والأخرى ثقيلةٌ عند أعلى مستويين مائلين متماثلين (مسطرتين مائلتين)، نهاية كلٍّ منهما صندوقٌ مفتوحُ الطرفِ كما هوَ مُوضَّحٌ في الشكل الآتي، وتركتْ كلًّا منهما تتحركُ منَ السكون، فانزلقتْ كلُّ واحدة ودخلت الصندوق وحركته، ثم قاست مسافة تحرُّك الصندوق كما هو موضح في الجدول الآتي:

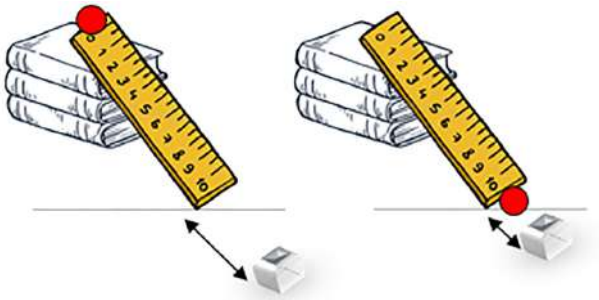
المحاولةُ	المسافةُ التي تحرّكَها الصّندوقُ	
	الكرةُ الخفيفةُ	الكرةُ الثقيلةُ
الأولى	٣ سم	٥ سم
الثانيةُ	٣,٥ سم	٦ سم



- أيُّ الكرتين حركتِ الصندوقَ مسافةً أطولَ؟
- علامَ تدلُّ حركةُ الصندوقِ عندَ انزلاقِ الكراتِ في كلِّ مستوًى؟
- أَصف سرعةَ الكرتينِ في كل مستوًى.

- أعادتْ سلمى المحاولةَ مرةً أخرى، لكنها استخدمتْ كرةً واحدةً فقطْ، بوضعِها على المستوى المائلِ في مكان منخفض، ومرةً أعلى المستوى المائلِ كما هو مُوضَّحٌ في الشكلِ الآتي، لتدخلَ في الصندوقِ وتحركَه، ثم قاستِ المسافةَ التي تحركَ فيها الصندوق كلَّ مرةٍ كما في الجدولِ الآتي:

المحاولةُ	المسافةُ التي تحرّكَها الصّندوقُ	
	مكانٌ منخفضٌ	مكانٌ مرتفعٌ
الأولى	١ سم	٥ سم
الثانيةُ	١,٤ سم	٦,١ سم



- أيُّ الكرتين حركتِ الصندوقَ مسافةً أطولَ؟
- كيفَ حصلنا على سرعاتٍ مختلفةٍ للكرةِ؟

أكتشفُ

مفهومُ طاقةِ الوضعِ والعواملُ التي تعتمدُ عليها:

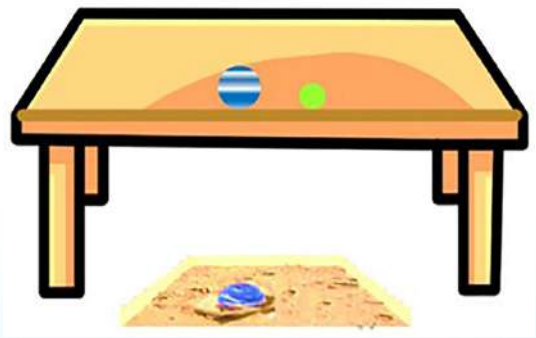
- ألاحظُ الصورتينِ المجاورتينِ وأجيبُ ما يليهما:

(أ)

(ب)

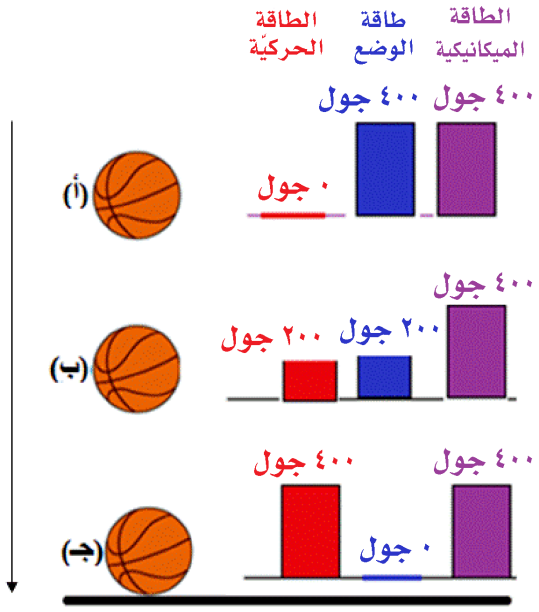
- عندَ قطعِ خيطِ الشدِّ في الشكلِ (أ) سقطَ الثقلُ، ما الذي جعلَ الثقلَ يسقطُ؟
- لوْ لمْ يكنِ الثقلُ على ارتفاعٍ منَ الأرضِ وقطعَ الحبل، هلْ سيتحركُ؟ أبررُ إجابتي.
- لماذا يشدُّ الولدُ الكرةَ بالمطاطِ إلى الخلفِ في الشكلِ (ب)؟
- لوْ لمْ يشدَّ الولدُ الخيطَ في الشكلِ (ب) إلى الخلفِ، هلْ ستقذفُ الكرةَ؟ أبررُ إجابتي.
- أعرِّفُ – كتابةً– بكلماتي الخاصةِ طاقةَ الوضعِ في مجال الجاذبية الأرضية، وطاقة الوضع المرونية.

- كرتان غير متساويتين في الكتلة، أُسقِطتا فوقَ وعاءٍ بلاستيكيٍّ مملوءٍ بالطينِ كما في الشكل الآتي.
- إذا أُسقِطتِ الكرتان منَ الارتفاعِ نفسِهِ، أيُّ الكرتينِ تغوصُ أعمقَ في الطينِ: الخفيفةِ أم الثقيلةِ؟
- إذا أُسقِطتْ كرةٌ واحدةٌ مرةً منِ ارتفاعٍ منخفضٍ ومرةً منْ أقصى ارتفاعٍ، منْ أي ارتفاعٍ يكونُ عمقُ الكرةِ في الطينِ أكبرَ: من ارتفاعٍ منخفضٍ أمْ من أقصى ارتفاعٍ؟



مفهومُ الطاقةِ الميكانيكيةِ وحفظُها.

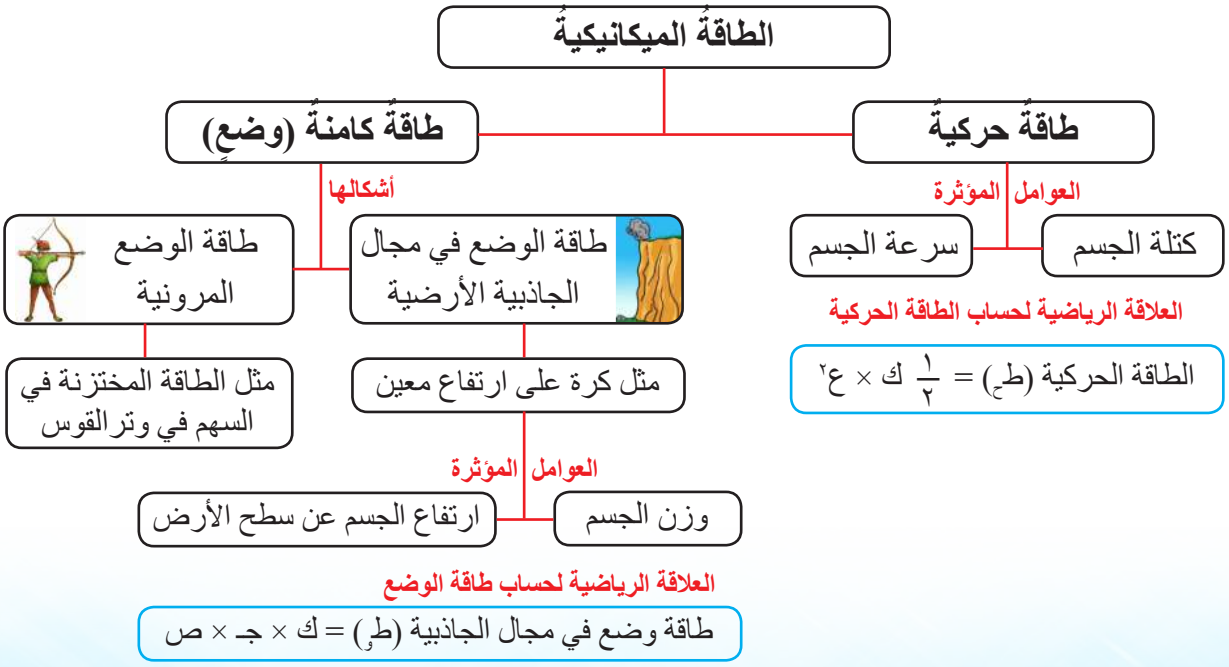
- يبينُ الشكلُ المجاورُ تغيراتِ الطاقةِ لكرةٍ في أثناءِ سقوطِها (معَ إهمالِ قوةِ الاحتكاكِ)، أستعينُ بهِ في إجابةِ ما يأتي:
  - ماذا تمثلُ الأعمدةُ الملونةُ؟
  - أَصف التغيرَ في طاقةِ الوضعِ في: (أ، ب ، جـ).
  - أَصف التغيرَ في الطاقةِ الحركيةِ في: (أ، ب، جـ).
  - ما العلاقةُ بينَ قيمةِ كلٍّ منْ طاقتي الوضعِ والحركةِ والطاقة الميكانيكية؟
  - علامَ يدلُّ ثبوتُ قيمةِ الطاقةِ الميكانيكيةِ في: (أ، ب، جـ)؟



أُفسِّرُ

يكتسبُ الجسمُ طاقةً حركيةً نتيجةَ حركتِهِ تسمى "طاقةً حركيةً"، وكذلكَ يكتسبُ طاقةً نتيجةَ وضعِهِ (حالتِهِ) التي يختزنُها داخله وتسمى "طاقةَ وضعٍ"، وهيَ نوعان: طاقةُ وضعٍ في مجالِ الجاذبيةِ الأرضيةِ نتيجةَ وضعِهِ في مكانٍ معينٍ، وطاقةُ وضعٍ مرونيةٍ تختزنُ في الأجسامِ المرنةِ نتيجةَ تغيرِ شكلِها، وتتحررُ إلى طاقةٍ حركيةٍ.

المخططُ الآتي يبينُ أنواعَ الطاقةِ التي يكتسبُها الجسمُ:



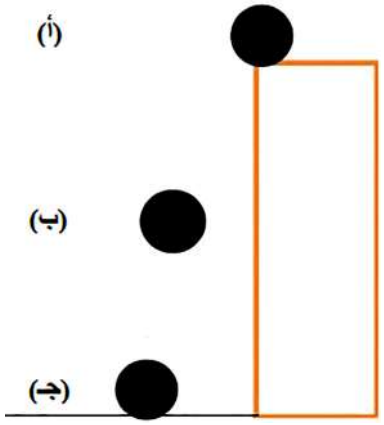
حيثُ (ط ح): الطاقةُ الحركيةُ بوحدة (الجول)، و(ك): الكتلةُ بوحدةِ (كغ)، و(ع): سرعةُ الجسمِ بوحدةِ (م/ث)، و(جـ) تسارعُ الجاذبيةِ الأرضيةِ (٩,٨) م/ث٢، ولتسهيلِ الحساباتِ نعوضُ قيمتَهُ (١٠) م/ ث٢، و(ص) ارتفاعُ الجسمِ بوحدةِ المترِ، و(ط و): طاقةُ الوضعِ في مجالِ الجاذبيةِ الأرضية بوحدةِ (الجولِ).

وأنَّ الطاقةَ الميكانيكيةَ تساوي مجموعَ طاقتَي الحركةِ والوضعِ للجسمِ حسَبَ العلاقةِ الرياضيةِ الآتيةِ:

$$ط_م = ط_ح + ط_و$$

وهيَ محفوظةٌ، وتساوي مقدارًا ثابتًا عندَ نقاطِ مسارِ الحركةِ جميعِها، أي، إذا أخذْنا أيَّ نقطتينِ على مسارِ حركةِ الجسمِ كما في الشكلِ المُوضَّحِ، للتعبيرِ عنْ حفظِ الطاقةِ الميكانيكيةِ رياضيًّا:

$$ط_م (أ) = ط_م (ب) = ط_م (جـ)$$



أمثلة توضيحية

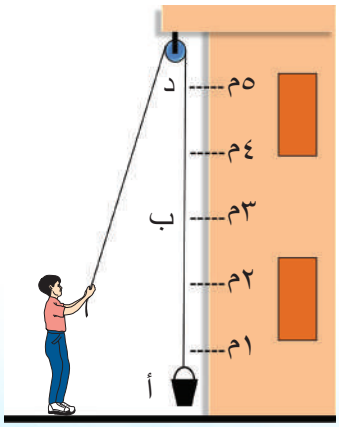
مثالُ (١)

سيارةٌ كتلتُها ١٨٠٠ كغ، تتحركُ بسرعةٍ ثابتةٍ مقدارُها ٣ م/ث ، أحسبُ الطاقةَ الحركيةَ للسيارةِ.

الحلُّ

$ط_ح = \frac{١}{٢} \times ك \times ع^٢ = \frac{١}{٢} \times ١٨٠٠ \times (٣)^٢ = ٩٠٠ \times ٩ = ٨١٠٠$ جول.

مثالُ (٢)



في الشكلِ المجاورِ، أحسبُ طاقةَ الوضعِ المختزنةَ في جسمٍ كتلتُهُ ٦٠ كغ عندَ النقطةِ (ب) (مفترضًا أنَّ جـ = ١٠ م/ ث٢).

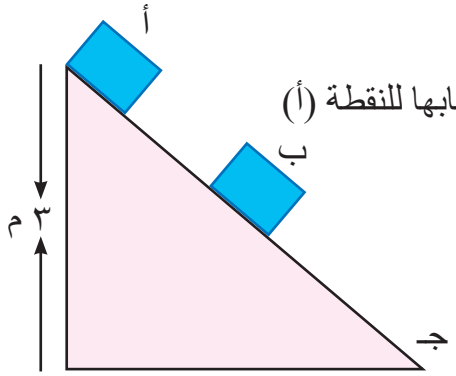
الحلُّ

$ط_و = ك \times جـ \times ص = ٦٠ \times ١٠ \times ٣ = ١٨٠٠$ جول.

مثالُ (٣)

صندوقٌ بدأَ الحركةَ بسرعةِ ٥ م/ ث من أعلى مستوًى أملسَ تحتَ تأثيرِ الجاذبيةِ الأرضيةِ، كتلتُهُ ٢٠ كغ، وارتفاعُ المستوى ٣ م كما في الشكلِ المجاورِ، أحسبُ الطاقة الميكانيكيةَ عندَ (ب).

(مفترضًا أنَّ جـ = ١٠ م/ ث^{٢}).



الحلُّ

الطاقة الميكانيكية عند (أ)= الطاقة الميكانيكية عند (ب) لذا سيتم حسابها للنقطة (أ)

$(ط_ح)_أ = \frac{١}{٢} \times ك \times ع^{٢} = \frac{١}{٢} \times ٢٠ \times (٥)^{٢} = ٢٥٠$ جول

$(ط_و)_أ = ك \times جـ \times ص = ٢٠ \times ١٠ \times ٣ = ٦٠٠$ جول

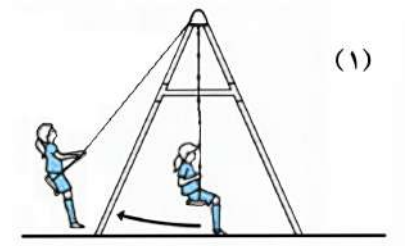
$(ط_م)_أ = ط_ح + ط_و$

$(ط_م)_أ = ٢٥٠ + ٦٠٠ = ٨٥٠$ جول.

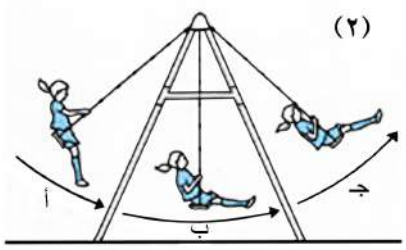
أُطبِّقُ

١ - مررَ خالدٌ كرةً كتلتُها ٠,٦ كغ بسرعة ٣ م/ ث إلى زميلِهِ، أحسبُ مقدارَ الطاقةِ الحركيةِ للكرةِ عندَما مررَها خالدٌ.

٢ - يتحركُ صندوقٌ طاقتُهُ الحركيةُ ٤٥٠ جول وطاقتُهُ الميكانيكيةُ تساوي ٧٠٠ جول (مُهمِلًا قوة الاحتكاكِ)، أحسبُ طاقةَ وضعِهِ.



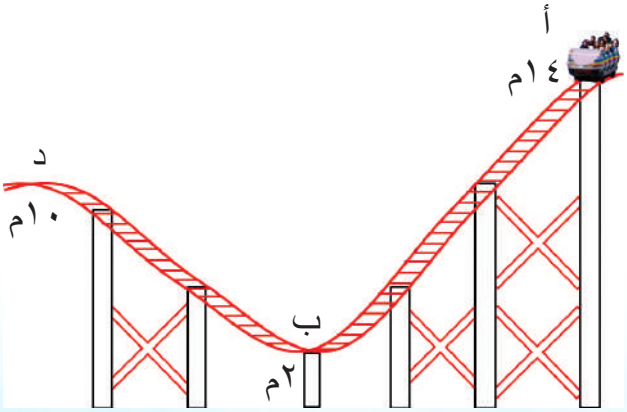
٣ - أ- ترجعُ سلمى إلى الخلف بدايةَ لعبها بالأرجوحة كما في الشكل (١). ما سبب ذلك؟



ب- بالنظر إلى مواضع مختلفةٍ لسلمى في أثناءِ لعبِها بالأرجوحة كما في الشكل(٢):

- متى تكون طاقة الوضع أكبر ما يمكن؟
- متى تكون طاقة الحركة أكبر ما يمكن؟

٤ - يوضحُ الشكلُ المجاورُ لعبةَ العربةِ، كتلتها ٢٠٠ كغ، بدأتِ الحركةَ منَ السكونِ تحتَ تأثيرِ الجاذبيةِ منَ النقطةِ (أ) فوقَ ممرٍّ أملسَ، أحسبُ الطاقةَ الميكانيكيةَ عندَ (د).



أُقيِّمُ تعلُّمي

١ - أضعُ دائرةً حولَ رمزِ الإجابةِ الصحيحةِ في ما يأتي:

أ - واحدةٌ منَ الصورِ الآتيةِ تمثلُ طاقةَ وضعٍ مرونيةً:

(أ) (ب) (جـ)

ب - وحدةُ قياسِ الطاقةِ الحركيةِ هيَ:

(أ) الجولُ (ب) الفولتُ (جـ) نيوتن

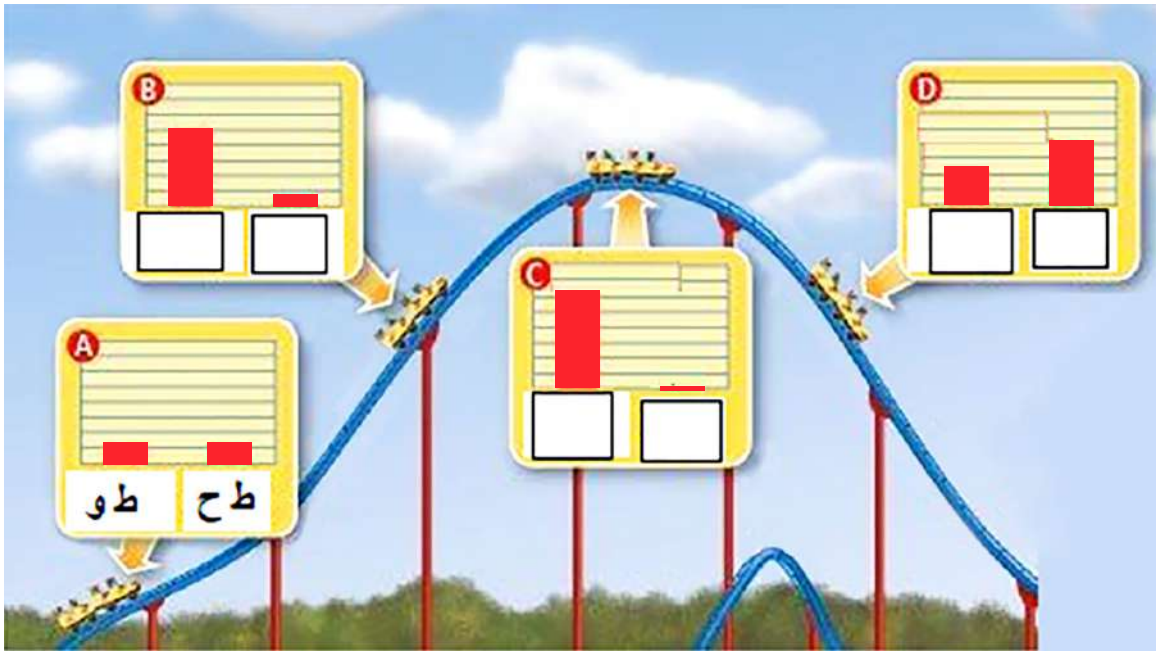
جـ - تتحررُ الطاقةُ المرونيةُ المختزنةُ في وترِ القوسِ المشدودِ عندَ إفلاتِهِ إلى طاقةٍ:

(أ) حركيةٍ (ب) كامنةٍ (جـ) كهربائيةٍ

٢ - أشيرُ إلى العبارةِ الصحيحةِ وغيرِ الصحيحةِ في الجدولِ الآتي، مُفسِّرًا غيرَ الصحيحةِ:

العبارةُ	صحيحةٌ	غيرُ صحيحةٍ	التفسير
إذا زادتْ سرعةُ الباصِ على طريقٍ أفقيٍّ، فستنقصُ طاقتها الحركيةُ.			
منَ التطبيقاتِ على حفظِ الطاقةِ الميكانيكيةِ لعبةُ الأرجوحةِ.			
الطاقةُ الميكانيكيةُ للجسمِ غيرُ محفوظةٍ إذا أُهمِلَ شغلُ قوةِ الاحتكاكِ.			
كلما قلَّ ارتفاعُ الجسمِ عنْ سطحِ الأرضِ، قلَّتْ طاقةُ وضعِهِ.			
يمتلكُ الغازُ المضغوطُ طاقةً كامنةً.			

٣ - تبينُ صورُ اللعبةِ الأفعوانيةِ في إحدى مدن الألعابِ، التغيرَ في طاقتَي الوضعِ والحركةِ، أستخدمُ رمزَ كلٍّ منهما في ملءِ المربعاتِ، محدِّدًا منها ما يمثلُ طاقةً حركيةً (ط ِ) أوْ طاقة وضعٍ (ط ِ) في ما يأتي:



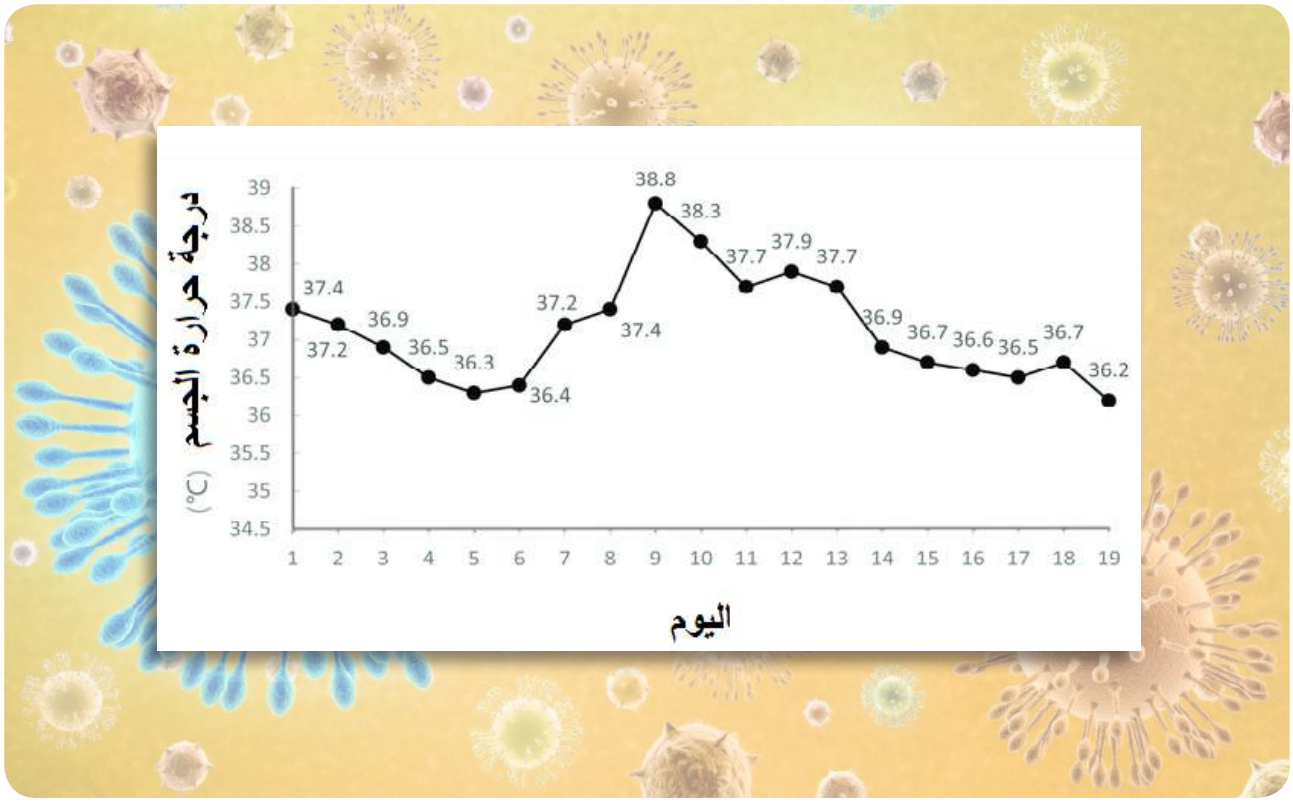
المحورُ

الحرارةُ

المفهومُ	النتاجُ المرتبطُ بالمفهومِ	السؤالُ الرئيسُ
درجةُ الحرارةِ	• أوضحُ المقصودَ بدرجةِ الحرارةِ. • أتعرفُ أنظمةَ قياسِ درجةِ الحرارةِ.	- ما المقصودُ بدرجةِ الحرارةِ؟
كميةُ الحرارةِ	• أوضحُ المقصودَ بكميةِ الحرارةِ.	- ما المقصودُ بكميةِ الحرارةِ؟
الاتزانُ الحراريُّ	• أذكرُ أمثلةً على الاتزانِ الحراريِّ.	- ما المقصودُ بالاتزانِ الحراريِّ؟
السعةُ الحراريةُ	• أوضحُ المقصودَ بالسعةِ الحراريةِ.	- ما المقصودُ بالسعةِ الحراريةِ؟
المخلوطُ الحراريّ	• أوضحُ المقصودَ بالمخلوطِ الحراريِّ. • أذكرُ أمثلةً على المخلوطِ الحراريِّ.	- ما المقصودُ بالمخلوطِ الحراريِّ؟
الحرارةُ الكامنةُ	• أستدلُّ بالتجربةِ على ثباتِ درجةِ الحرارةِ في أثناءِ تحولاتِ المادةِ.	- ما الفرقُ بينَ الحرارةِ الكامنةِ للانصهارِ والحرارةِ الكامنةِ للتبخرِ؟

درجةُ حرار تِنا مؤشرٌ على صحتِنا

يمثلُ الشكلُ الآتي درجةَ حرارةِ إنسانٍ مصابٍ بمرضِ الكورونا مدةَ تسعةَ عشرَ يومًا.



أتأملُ الشكلَ ثمَّ أجيبُ السؤالينِ الآتيينِ:

- في أيِّ يومٍ كانَتْ درجةُ حرارةِ المريضِ هيَ العليا؟ كمْ بلغَتْ؟
- ما المقصودُ بدرجةِ الحرارةِ؟

أتهيَّأُ

تعلمْتُ سابقًا أنَّ الحرارةَ شكلٌ منْ أشكالِ الطاقةِ، وقدْ أستخدمُ حاسةَ اللمسِ لأتعرفَ برودةَ الجسمِ أوْ سخونتَهُ، إلا أنَّ هذِهِ الطريقةَ قدْ تتأثرُ بظروفِ القياسِ، فعندَما ألمسُ جسمًا دافئًا بعدَ لمسي جسمًا باردًا سأشعرُ بدفئِهِ، أما إذا لمسْتُ جسمًا دافئًا بعدَ لمسي جسمًا ساخنًا، فسأشعرُ ببرودتِهِ، فضلًا عنْ تعرُّضي لأذى برودةِ الجسمِ أوْ سخونتِهِ المرتفعةِ.

- أعرّفُ – كتابةً – بكلماتي الخاصةِ درجةَ الحرارةِ بناءً على ما توصلْتُ إليهِ.

أكتشفُ

- أتأملُ الشكلينِ: (١، ٢) اللذينِ يمثلانِ جسمينِ (ساخنًا، وباردًا)، ثمَّ أجيبُ ما يأتي:

(١)

(٢)

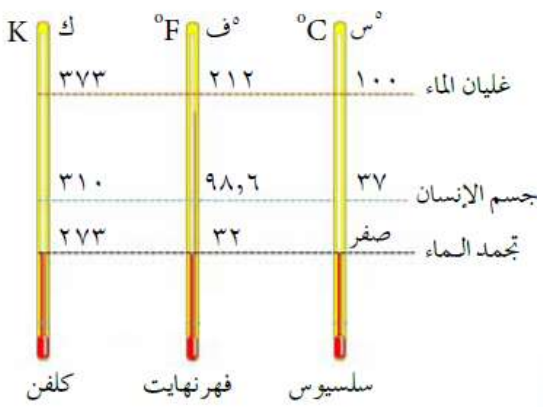
- أيُّ الجسمينِ يوصفُ بالسخونةِ؟ بماذا أصفُ الجسمَ الآخرَ؟
- أيُّ الجسمينِ أكثرُ سخونةً؟

- أتأملُ الشكلَ (٣) الذي يمثلُ درجةَ حرارةِ جسمِ إنسانٍ طبيعيٍّ. أحدّدُ درجةَ حرارةِ جسمِ الإنسانِ الطبيعيةَ حسبَ نظامِ: - سلسيوس. - فهرنهايت.

أُفسِّرُ

تُستعملُ الكلماتُ (باردٌ، ودافئٌ، وساخنٌ، وحارٌّ)، للتعبيرِ عنْ درجةِ الحرارةِ. فدرجةُ حرارةِ جسمٍ ما، تدلُّ على سخونتِهِ أوْ برودتِهِ؛ وإذا لمسْنا جسمًا ساخنًا، فإنَّ كميةً منَ الحرارةِ ستنتقلُ منَ الجسمِ الساخنِ إلى أيدينا فنشعرُ بسخونتِهِ. أما إذا لمسْنا جسمًا باردًا، فإنَّ الحرارةَ ستنتقل منْ أيدينا إلى الجسمِ، فنشعرُ ببرودتِهِ. فدرجةُ الحرارةِ خصيصةٌ للجسمِ؛ تحددُ مسارَ انتقالِ الحرارةِ منَ الجسمِ وإليهِ.

قدْ نتساءلُ عنِ اختلافِ درجةِ حرارةِ جسمِ الإنسانِ السليمِ في أنظمةِ قياسِ درجةِ الحرارةِ المختلفةِ؛ لذا ألاحظُ الشكلَ المجاورَ، فالأنظمةُ مختلفةٌ باختلافِ الجهةِ التي تستخدمُها، ومنَ الأنظمةِ المستخدمةِ ما يأتي:



أنظمةَ قياسِ درجةِ الحرارةِ.

١ نظامُ السلسيوس

يقسمُ الفرقُ بيْنَ درجتَي تجمدِ الماءِ وغليانِهِ إلى (١٠٠) درجةٍ.

٢ نظامُ الفهرنهايت

تكونُ درجةُ تجمدِ الماءِ فيهِ (٣٢° ف)، ودرجةُ غليانِهِ (٢١٢° ف)، والفرقُ بينَهما (١٨٠) درجةً، ويندرجُ هذا النظامُ ضمنَ النظامِ الإنجليزيِّ للوحداتِ.

٣ نظامُ الدرجةِ المطلقةِ (الكلفن)

الدرجةُ في هذا النظامِ تساوي الدرجةَ في نظامِ سلسيوس، إلا أنَّ صفرَ هذا النظامِ (-٢٧٣° س). ويمكنُني أنْ أحوِّلَ بيْنَ نظام الدرجة المطلقة ونظام السلسيوس بالعلاقة الآتيةِ:

ك = س + ٢٧٣

أُطبِّقُ

- يمثلُ الجدولُ الآتي التحويلَ منْ نظامِ قياسِ درجةِ حرارةٍ إلى آخرَ، أتأملُهُ ثمَّ أكملُ الفراغين فيه:

للتحويلِ منْ:	المعادلةُ المستخدمةُ	مثالٌ
سلسيوس إلى مطلقٍ	ك = س + ٢٧٣	.....
مطلقٌ إلى سلسيوس	.....	أحَوِّلُ ٤٠ ك إلى س س = ٤٠ - ٢٧٣ = - ٢٣٣° س

أُقيِّمُ تعلُّمي

١ - أكملُ الفراغَ بما يناسبُهُ في ما يأتي:

أ- عندَما نقولُ: إنَّ جسمًا ما أكثرُ سخونةً منْ جسمٍ آخرَ، فهذا يعني .....

ب- يمكنُ تقديرُ درجةِ الحرارةِ عنْ طريقِ اللمسِ، إلا أنَّ هذِهِ الطريقةَ تُعَدُّ .....

جـ- الأداةُ التي يمكنُ أنْ تقاسَ بها درجةُ الحرارةِ مباشرةً هيَ .....

٢ - "كانَ الجوُّ باردًا أمسِ، إذْ إنَّ درجةَ الحرارةِ بلغَتْ ٢٧٥ ك. ما نظامُ درجةِ الحرارةِ المستخدمُ؟ ما درجةُ الحرارةِ المقابلةُ على نظامِ السلسيوس؟

٣ - انتشرَ مرضُ الكورونا عامَ ٢٠٢٠، أبحثُ عن معلوماتٍ علميةٍ توصَّلَ إليها العلماءُ عنِ المرضِ، ثمَّ أكتبُ تقريرًا عنْ أعراضِهِ وطرائقِ انتشارِهِ والوقايةِ منهُ، ثمَّ أعرضُهُ على زملائي في الصفِّ.

نبعُ العطاءِ

كانَ يومُ أمسِ في المدرسةِ يومًا جميلًا، إذْ لعبْتُ معَ أصدقائي لعبتي المفضلةَ (كرةَ السلةِ)، ولأنّني لمْ ألعبْ منذُ مدةٍ طويلةٍ، وعندَ عودتي إلى البيتِ، عانيْتُ شدًّا عضليًّا في ساقي، لاحظَتْ ذلكَ أمي وسألَتْني عما حدثَ، فأحضرَتْ لي كِمادةً دافئةً ووضعَتْها على ساقي التي تؤلمني، وكانَتْ تستبدلُ الكمادةَ منْ وقتٍ إلى آخرَ، فقلْتُ لها: لماذا تستبدلينَها؟ ضحكَتْ قائلةً: يا بُنيَّ، حاولْ أنْ تفسرَ ذلكَ وحدَكَ، فهكذا تعلمْتُ منْ جدتِكَ.

◄ لماذا تستبدلُ أمي الكمادةَ؟

أتهيَّأُ

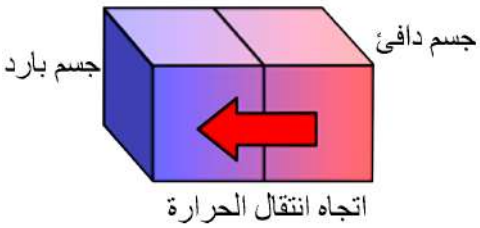
◄ ماذا سيحدثُ عندَما يتلامسُ جسمانِ يختلفانِ في درجةِ الحرارةِ؟

أكتشفُ

❁ أتأملُ الشكلَ المجاورَ الذي يمثلُ يدًا تمسك قطعةَ جليد، ثمَّ أجيبُ ما يأتي:

- أيُّ الجسمينِ درجةُ حرارتِهِ أعلى، هل هي قطعةُ الجليدِ أمِ اليدُ؟
- أيُّ الجسمينِ تنتقلُ الحرارةُ منهُ أولًا؟ وإلى أيِّ جسمٍ تتجهُ؟
- متى يتوقفُ انتقالُ الحرارةِ بينَ الجسمينِ؟ بِمَ نصفُ الجسمينِ حينئذٍ؟

أُفسِّرُ



إذا تلامسَ جسمانِ معزولانِ عنْ محيطِهما ومختلفانِ في درجةِ الحرارة، فإنَّ كميةً منَ الحرارةِ تنتقلُ منَ الجسمِ ذي درجةِ الحرارةِ الأعلى إلى الجسم ذي درجةِ الحرارةِ الأقلِّ. يستمرُّ انتقالُ الحرارة بينَ الجسمين حتى يصيرَ لهما درجةُ الحرارةِ ذاتُها، عندئذٍ يتوقفُ سريانُ الطاقةِ الحراريةِ بينَهما، وفي هذهِ الحالةِ نقول: إنَّ الجسمينِ وصلا إلى الاتزانِ الحراريِّ، أي أنَّ كمية الحرارةِ المكتسبةَ منْ أحدهِما تساوي كمية الحرارةِ المفقودةَ منَ الآخرِ، وتُسمّى الموادُّ المخلوطةُ المختلفةُ في درجةِ الحرارةِ المخلوطَ الحراريَّ. وكميةُ الحرارةِ هي مقدارُ الطاقةِ الحراريةِ التي يكتسبُها الجسمُ أوْ يفقدُها، وتقاسُ بوحدةِ الجولِ.

أُطبِّقُ

- أفسرُ استخدامَ قربةِ الماءِ الساخنِ لتدفئةِ أحدِ أجزاءِ جسمي، مستعينًا بالشكلِ المجاورِ.

أُقيِّمُ تعلُّمي

- **الجسمانِ:** (أ، ب) معزولانِ عنِ الوسطِ المحيطِ بهما حراريًّا، عندَ تلامُسِ الجسمينِ معًا، أصبحَتْ درجةُ حرارةِ الجسمِ (أ) (٢٠°س)، وفَقَدَ (٢٠٠ جول) حتى وصلَ الجسمانِ المتلامسانِ إلى الاتزانِ الحراريِّ، استنادًا إلى ذلكَ، أجيبُ الأسئلةَ الآتيةَ:

أ- أيُّ الجسمينِ كانَتْ درجةُ حرارتِهِ أعلى قبلَ التلامسِ؟ لماذا؟

ب- أيُّ الجسمينِ كسبَ طاقةً حراريةً؟ ما مقدارُها؟

جـ- ما درجةُ حرارةِ الجسمِ (ب) بعدَ التلامس؟

وفِّر وقتَكَ ونقودَكَ

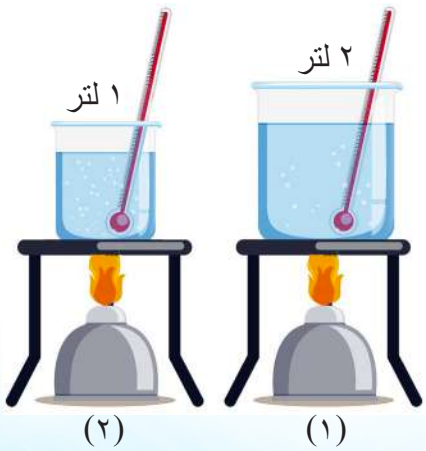
زارَ جدي صديقُهُ محمود، فطلبَ إليَّ أنْ أعِدَّ الشايَ لهما، ذهبْتُ إلى المطبخِ وأنا سعيدٌ بطلبِ جدي، لكنني وجدْتُ إبريقينِ للشايِ في المطبخِ مختلفين في السعة (١ لتر، ٢ لتر)، ملأْتُ الإبريقَ الكبيرَ بالماءِ، وجلسْتُ منتظرًا غليانَ الماءِ، لكنهُ استغرقَ وقتًا طويلًا، دخلَ جدي المطبخَ متسائلًا: لِمَ استغرقْتَ هذا الوقتَ في تحضيرِ كوبينِ منَ الشايِ؟ ثمَّ أحضرَ الإبريقَ الأقلَّ سَعةً، وسكبَ فيهِ قليلًا منَ ماءِ الإبريقِ الكبيرِ، وقالَ لي: يا أحمدُ، يجبُ أنْ تتعلمَ توفيرَ وقتِكَ ونقودِكَ.

أتهيَّأُ

منَ المعلومِ أنهُ عندَ تسخينِ جسمٍ ما، فإنَّ الطاقةَ الحراريةَ التي يكتسبُها تزدادُ بزيادةِ المدةِ الزمنيةِ للتسخينِ، وتبعًا لذلك ترتفعُ درجةُ حرارتِهِ تدريجيًّا ما دام محافظًا على حالتِهِ من حيث الصلابة أوِ السيولة، وبصورة عامة، فإنه كلما كانَ التغيرُ في درجةِ حرارة جسمٍ ما أكبرَ، كانتْ كميةُ الحرارةِ اللازمةُ لإحداثِ هذا التغيرِ أكبرَ. ولكنْ، كيفَ تؤثرُ كتلةُ الجسمِ في كميةِ الحرارةِ اللازمةِ لرفعِ درجةِ حرارتِهِ درجةَ سيلسيوس واحدةً؟

أكتشفُ

- أتأملُ الشكلَ المجاورَ الذي يمثلُ إناءينِ مختلفين في السعة (١ لتر، ٢لتر)، حيثُ وُضِعَ فيهما ماءٌ لَهُ درجةُ الحرارةِ نفسها، ووُضِعَ الإناءانِ معًا (في اللحظةِ نفسِها) على مصدرَي لهبٍ متماثلين.



- في أيِّ الإناءينِ ستكونُ درجةُ حرارةِ الماءِ أعلى بعدَ دقيقةٍ؟ لماذا؟
- أيُّ الإناءينِ سيغلي فيهِ الماءُ أولًا؟ لماذا؟
- أيُّ الإناءينِ تلزمُهُ كميةُ حرارةٍ أكبر؛ لرفعِ درجةِ حرارتِهِ درجةَ سلسيوس واحدةً؟

أُفسِّرُ

تعرفُ كميةُ الحرارةِ اللازمةُ لرفعِ درجةِ حرارةِ الجسمِ درجةَ سلسيوس واحدةً بالسعةِ الحراريةِ، ففي المثالِ السابقِ تكونُ السعةُ الحراريةُ للإناءِ الأولِ أكبرَ منها للإناءِ الثاني، فإذا أردْنا رفعَ درجةِ حرارةِ الماءِ درجةَ سلسيوس واحدةً في كلا الوعاءينِ، فإننا نزوِّدُ الإناءَ الأولَ بطاقةٍ حراريةٍ أكبرَ منْ تلكَ التي نزوِّدُها الإناء الثاني. وتعتمدُ السعةُ الحراريةُ على كتلةِ الجسمِ ونوعِ مادتِهِ (ماءٍ، أوْ حديدٍ، أوْ نحاسٍ، أوْ غيرِ ذلكَ).

أُطبِّقُ

- أفسرُ ما يأتي:

- عندَ ذهابي إلى أحدِ الشواطئِ، شاطئِ العقبةِ مثلًا أوِ البحرِ الميتِ في الصيفِ، أشعرُ ببرودةِ مياهِ البحرِ وارتفاعِ درجةِ حرارةِ رمالِ الشاطئِ، بالرغمِ منْ أنَّ درجةَ حرارةِ الهواءِ فوقَ الماءِ والشاطئِ هيَ نفسُها.

أُقيِّمُ تعلُّمي

١ - أكملُ الجدولَ الآتيَ بما يناسبُهُ:

المثالُ	ما الجسمُ الذي لَهُ سعةٌ حراريةٌ أكبر؟ أم أن لهما السعة الحرارية نفسها؟	التفسيرُ
كوبا الماء: (أ، ب) متماثلان، كتلةُ الماءِ فيهما متساويةٌ، ودرجةُ حرارةِ الماءِ في الكوبِ (أ) أكبرُ.		
كوبا الماءِ: (أ، ب) متماثلان، درجةُ حرارتِهما متساويةٌ، لكنَّ كتلةَ الماءِ في الكوبِ (أ) أكبرُ.		
الجسمانِ: (أ، ب)، لهما درجةُ الحرارةِ نفسُها، وُضِعا على سطحِ طاولةٍ في يومٍ مشمسٍ، فارتفعَتْ درجةُ حرارةِ الجسمِ (ب) ارتفاعًا كبيرًا.		

٢ - كيفَ تفسرُ وصولَ درجةِ حرارةِ الشرارةِ إلى (٢٠٠٠° س)، ولا يحترقُ الجلدُ عندَ لمسِها، كما في الشكلِ المجاورِ؟

هلْ جلَبَ أبي جهازًا جديدًا تالفًا؟

في الصباحِ الباكرِ عندَما كنْتُ أساعدُ أبي على تحضيرِ مشروبِ أوراقِ الزعترِ، استخدمَ أبي غلايةَ الماءِ الجديدةَ كما في الشكلِ (١)، وكانَ ما يميزُها منَ الغلايةِ القديمةِ وجود مقياسٍ لدرجةِ الحرارةِ بالسلسيوس، قلْتُ لأبي: أعتقدُ أنَّ هذا الجهازَ تالفٌ، ولا بدَّ منْ استبدالِهِ، فقالَ لي: لماذا يا سارةُ؟

الشكل (١)

فقلْتُ: لأنني لمْ ألاحظْ معَ غليانِ الماءِ تغيُّر موضع مؤشرِ مقياسِ الحرارةِ، هكذا استدلَلْتُ على تلفِ الجهازِ، فقالَ لي: درسْتِ تحوُّلَ المادةِ منْ شكلٍ إلى آخرَ، لكنكِ لمْ تدرسي ماذا يحدثُ لدرجةِ حرارةِ المادةِ عندَ تحوُّلِها منْ شكلٍ إلى آخرَ.

أتهيَّأُ

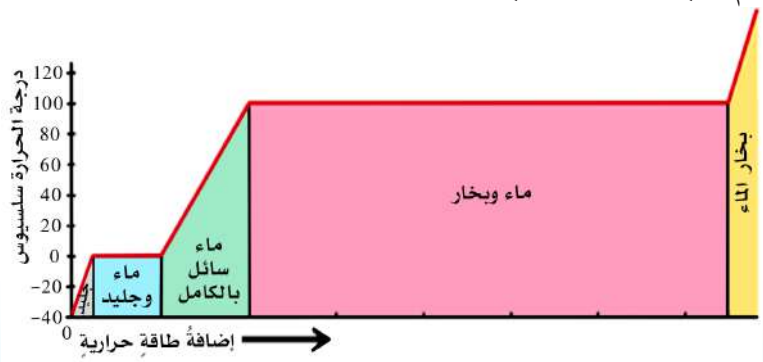
عرفْتُ سابقًا أنَّ للمادةِ ثلاثَ حالاتٍ (الصلبةَ، والسائلةَ، والغازيةَ)، ويمكنُ أنْ تتحوَّلَ المادةُ منْ شكلٍ إلى آخرَ بعدَ كسبِها أوْ فقدِها الحرارةَ، ولكلِّ مادةٍ درجةُ حرارةٍ معينةٌ، تتحوَّلُ عندَها منْ حالةٍ إلى أخرى؛ فمثلًا، درجةُ حرارةِ انصهارِ الجليدِ (صفرٌ° س)، ويغلي الماءُ النقيُّ عندَ درجةِ (١٠٠° س).

- أعرّفُ – كتابةً – بكلماتي درجةَ انصهارِ الجليدِ.
- كمْ حالةً فيزيائيةً للماءِ عندَ درجةِ حرارةِ (صفرٍ° س)؟

أكتشفُ

يبيِّنُ الشكلُ (٢) التمثيلَ البيانيَّ للطاقةِ الحراريةِ معَ درجاتِ الحرارةِ في أثناءِ تسخينِ كميةٍ منَ الجليدِ وتَحوُّلِها إلى بخارِ الماءِ. أتأملُ الشكلَ ثمَّ أجيبُ الأسئلةَ الآتيةَ:

- ما درجةُ انصهارِ الجليدِ؟
- ألاحظُ منَ الرسمِ البيانيِّ أنَّ درجةَ الحرارةِ بالسلسيوسِ عند الصفر تثبتُ بالرغمِ منَ التسخينِ المستمرِّ. أفسرُ سببَ ذلك.



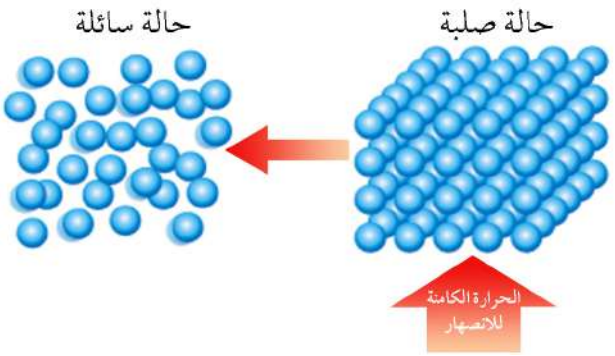
الشكل (٢)

- ما درجةُ غليانِ الماءِ؟

- ألاحظُ منَ الرسمِ البيانيِّ أنَّ درجةَ الحرارةِ بالسلسيوسِ عندَ المئةِ تثبتُ بالرغمِ منَ التسخينِ المستمرِّ . أفسرُ سببَ ذلك.

أُفسِّرُ:

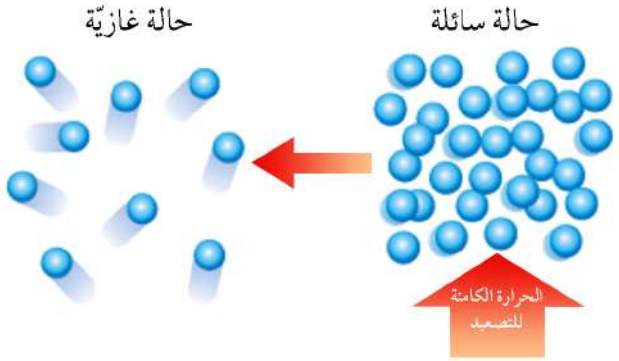
تعلمْتُ سابقًا أنَّ درجةَ انصهارِ الجليدِ هيَ الصفرُ، ويبيِّنُ الشكلُ (٢) أنَّ درجةَ حرارةِ الجليدِ بقيتْ ثابتةً عندَ درجةِ (٠س) بالسلسيوس، لكيْ يتحولَ الجليدُ كلُّهُ إلى سائلٍ، ثمَّ بدأَتْ درجةُ الحرارةِ بالارتفاعِ مرةً أخرى، إنَّ استمرارَ التسخينِ دونَ رفعِ درجةِ حرارةِ الجليدِ يدلُّ على أنَّ تلكَ الكميةَ منَ الحرارةِ استُخدمَتْ في كسْرِ الروابطِ بيْنَ جزيئاتِ المادةِ الصلبةِ، وزيادةِ طاقتِها الكامنةِ وزيادةِ المسافةِ بينَها، ألاحظُ الشكلَ (٣)، وأنَّ الكتلَ المتساويةَ منَ الموادِّ المختلفةِ تلزمُها كمياتٌ متفاوتةٌ منَ الحرارةِ لكيْ تنصهرَ.



الشكل (٣)

وتسمى كميةُ الحرارةِ اللازمةُ لتحويلِ (١) كغ منَ المادةِ، منَ الحالةِ الصلبةِ إلى حالةِ السيولةِ معَ ثباتِ درجةِ حرارتِها الحرارةَ الكامنةَ للانصهارِ.

تسمى الحالةُ التي يحدُثُ عندَها التبخرُ منْ أجزاءِ السائلِ جميعِها الغليانَ، وتكونُ درجةُ غليانِ الماءِ النقيِّ (١٠٠° س) ويلاحَظُ منَ الشكلِ (٢) أنَّ درجةَ الحرارةِ ثَبَتَتْ بالرغمِ منِ استمرارِ التسخينِ، إلى أنْ يتحولَ الماءُ كلُّهُ إلى بخارٍ، ويُفسَّرُ ذلكَ بأنَّ الحرارةَ التي اكتسبَها الماءُ، قدِ استُهلكَتْ في تزويدِ جزيئاتِ الماءِ بالطاقةِ الحركيةِ، التي تمكنُها منَ الإفلاتِ منَ السائلِ، والتحولِ إلى بخارِ الماءِ، ألاحظُ الشكلَ (٤).



الشكل (٤)

وتسمى كميةُ الحرارةِ اللازمةُ لتحويلِ (١) كغ منَ المادةِ، منْ حالةِ السيولةِ إلى الحالةِ الغازيةِ معَ ثباتِ درجةِ حرارتِها الحرارةَ الكامنةَ للتصعيدِ.

أُطبِّقُ

- أفسرُ ما يأتي:

- يلجأُ بعضُ الناسِ إلى الطرائقِ القديمةِ في تبريدِ الماءِ، كما في الشكلِ (٥)، أوْ تبريدِ بعضِ أنواعِ الفواكهِ، مثلِ البطيخِ عنْ طريقِ غسلِها ووضعِها في الهواءِ.

الشكل (٥)

أُقيِّمُ تعلُّمي

١- أفسرُ كلًّا مما يأتي:

أ- تثبُّتُ درجةُ حرارةِ الشمعِ الصلبِ في أثناءِ انصهارِهِ.

ب- بخارُ الماءِ عندَ غليانهِ أشدُّ إحراقًا منَ الماءِ المغليِّ.

٢- أرسمُ دائرةً حولَ رمزِ الإجابةِ الصحيحةِ في ما يأتي:

أ- عندَما يتحولُ الماءُ منْ حالةٍ إلى أخرى، فإنَّ درجةَ حرارتِهِ:

١. تتغيرُ باستمرار عمليةِ التحوّلِ.

٢. ترتفعُ بمقدارِ درجةِ سلسيوس واحدةٍ فقطْ.

٣. تنخفضُ بمقدارِ درجةِ سلسيوس واحدةٍ فقطْ.

٤. تبقى ثابتةً حتى تتحولَ كميةُ الماءِ جميعُها.

ب- تسمى كميةُ الحرارةِ اللازمةُ لتحويلِ (١) كغ منَ المادةِ، منْ حالةِ السيولةِ إلى الحالةِ الغازيةِ معَ ثباتِ درجةِ حرارتِها:

١. الحرارةَ الكامنةَ للانصهارِ ٢. الحرارةَ الكامنةَ للتصعيدِ

٣. الغليانَ ٤. التبخرَ

الحرارةُ

المفهومُ	النتاجُ المرتبطُ بالمفهومِ	السؤالُ الرئيسُ
التمددُ الحراريُّ	• أعرّفُ التمددَ الطوليَّ والسطحيَّ والحجميَّ. • أتوصلُ إلى العواملِ التي تغيرُ مقدارَ طولِ ساقٍ فلزيةٍ عندَ تسخينِها. • أستقصي بعضَ التطبيقاتِ الحياتيةِ للتمددِ، **مثلِ:** حشوةِ الأسنانِ، وميزانِ الحرارةِ، وفواصلِ التمددِ في الجسورِ والمباني.	- ما المقصودُ بالتمددِ الحراريِّ؟
شذوذُ الماءِ	• أبيِّنُ أهميةَ شذوذِ الماءِ.	- ما المقصودُ بشذوذِ الماءِ؟
تمددُ الغازاتِ	• أذكرُ نصَّ قانونِ شارل وأعبرُ عنه رياضيًّا وأطبقهُ.	- أذكرُ نصَّ قانونِ شارل.

الحياةُ أسهلُ معَ الفيزياءِ

تحفظُ أمي المربّى في وعاءٍ زجاجيٍّ ذي غطاءٍ فلزيٍّ، كما في الشكلِ (١)، وأردْتُ أنْ أضعَ القليلَ منهُ على قطعةِ الخبزِ، لكنني لمْ أستطعْ فتحَ الغطاءِ؛ لأنهُ محكمُ الإغلاقِ، انتبهَتْ لي أمي قائلةً: اسكبِ الماءَ الدافئَ على الغطاءِ الفلزيِّ. سألْتُها: لماذا؟ فأجابتني: **الحياةُ أسهلُ معَ الفيزياءِ.**

الشكل (١)

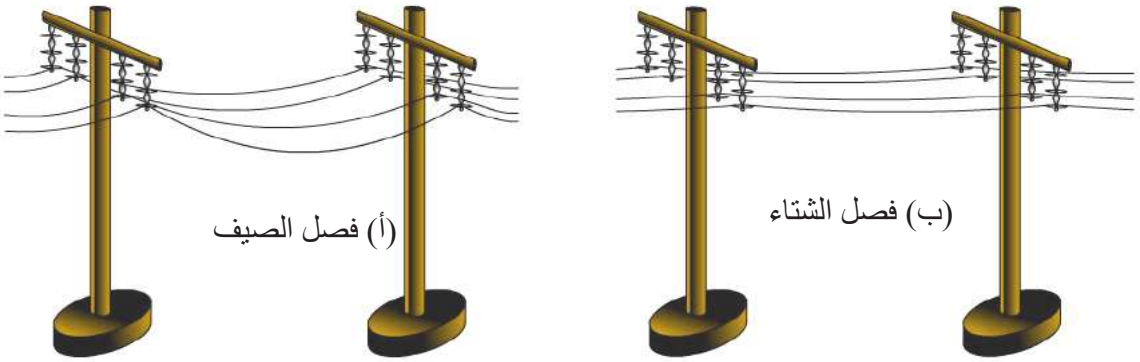
أتهيَّأُ

تعلمْتُ سابقًا أنَّ تسخينَ المادةِ الصلبةِ يرفعُ درجةَ حرارتِها، فما أثرُ ارتفاعِ درجةِ الحرارةِ في المادةِ؟ وما أثرُ انخفاضِ درجةِ الحرارةِ في تلكَ المادةِ؟

◄ أكتبُ بكلماتي توقعاتي المتعلقة بأثرِ ارتفاع درجة الحرارة أو انخفاضها في المادة؟

أكتشفُ

❁ أتأملُ الشكلَ (٢) الذي يمثلُ أسلاكَ الكهرباءِ في فصلَي الصيفِ والشتاءِ، ثمَّ أجيبُ ما يليه:

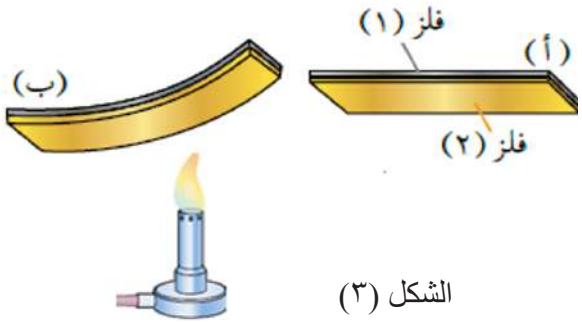


الشكل (٢)

- ما الفرقُ بينَ شكلَي أسلاكِ الكهرباءِ؟
- ماذا أتوقعُ أنْ يحدثَ لأسلاكِ الكهرباءِ لوْ شُدَّتْ في فصلِ الصيفِ؟

أتأملُ الشكلَ (٣) الذي يمثلُ صفيحتينِ لفلزينِ مثبتتينِ معًا (١ ، ٢) قبلَ التسخينِ وبعدَهُ، ثمَّ أجيبُ ما يأتي:

- ماذا يحدثُ للصفيحتينِ بعدَ تسخينِهما؟
- أيُّ الصفيحتينِ (الفلزينِ) أكثرُ تمددًا؟



الشكل (٣)

أتأملُ الشكلَ (٤) الذي يمثلُ كرةً وحلقةً فلزيتينِ قبلَ التسخينِ وبعدَهُ، ثمَّ أجيبُ ما يليه:

الشكل (٤)

- في أيِّ الحالتينِ كانَتْ درجةُ حرارةِ الكرةِ أعلى؟
- لماذا لمْ تدخلِ الكرةُ الحلقةَ بعدَ تسخينِها؟

أُفسِّرُ

إنَّ الموادَّ تتمددُ عندَما تَسْخُنُ، وتتقلصُ عندَما تبردُ، وما يحدثُ للموادِّ منْ تغيرٍ في أبعادِها عندَ تغيرِ درجةِ حرارتِها، يسمى التمددَ الحراريَّ، فتمددُ الأجسامِ يكونُ في الاتجاهاتِ جميعِها، وتوجدُ ثلاثةُ أشكالٍ منَ التمددِ، وهيَ: التمددُ الطوليُّ، والتمددُ السطحيُّ، والتمددُ الحجميُّ.

١ - التمددُ الطوليُّ (يكونُ أكثرَ وضوحًا في القضبانِ والأسلاكِ)، وهوَ زيادةُ الطولِ الأصليِّ للجسمِ؛ نتيجةَ ارتفاعِ درجةِ حرارتِهِ، ويعتمدُ مقدارُ التمددِ الطوليِّ على نوعِ المادةِ المصنوعِ منها الجسمُ، وطولِ الجسمِ الأصليِّ، ومقدارِ التغيرِ في درجةِ حرارةِ الجسمِ. ويمكنُني أنْ أفسرَ بناءً على هذهِ الحقيقةِ، ما يحدثُ لأسلاكِ الكهرباءِ في الشكلِ (٢)؛ حيثُ تظهرُ مرتخيةً في فصلِ الصيفِ ومشدودةً في فصلِ الشتاءِ.

٢ - التمددُ السطحيُّ (يكونُ أكثرَ وضوحًا في الصفائحِ)، وهوَ زيادةُ المساحةِ الأصليةِ للجسمِ نتيجةَ ارتفاعِ درجةِ حرارتِهِ.

٣ - التمددُ الحجميُّ، وهوَ زيادةُ الحجمِ الأصليِّ للجسمِ؛ نتيجةَ ارتفاعِ درجةِ حرارتِهِ.

أُطبِّقُ

الشكل (٥)

- عندَ تصميمِ الجسورِ التي تُبنى غالبًا منَ الأسمنت والفولاذِ، يراعى احتواؤُها فواصلَ أو فراغاتٍ مناسبةً كما في الشكلِ (٥).
  - ما أهميةُ وجودِ هذِهِ الفواصلِ؟
  - ما الكميةُ الفيزيائيةُ التي يجبُ أنْ يقدّرَها المهندسُ المصممُ للجسرِ؛ ليتمكنَ منْ تحديدِ مقدارِ الفراغِ؟

أُقيِّمُ تعلُّمي

١- أكملُ الفراغَ بما يناسبُهُ في ما يأتي:

أ- عندَ تسخينِ قضيبٍ فلزيٍّ، فإنَّ الزيادةَ في طولِهِ تعتمدُ على طولِهِ، وارتفاعِ درجةِ حرارتِهِ، و .....

ب- منْ أشكالِ التمددِ الحراريِّ، التمددُ الطوليُّ، و .....، و.....

جـ- يطلقُ على تغيرِ أبعادِ الأجسامِ عندَ تغيرِ درجةِ حرارتِها مفهومُ .....

٢- قطعةٌ فلزيةٌ ساخنةٌ على شكلِ متوازي مستطيلاتٍ، وُضِعَتْ على سطحِ طاولةٍ أفقيٍّ وتُرِكَتْ لتبردَ، كما في الشكلِ (٦)، ماذا يحدثُ للكمياتِ الواردةِ في الجدولِ عندَما تبردُ؟ (أضعُ في الجدولِ إشارةَ (×) في الخانةِ الصحيحةِ):

الشكل (٦)

الكميةُ	يقلُّ	يزدادُ	يبقى ثابتًا
الطولُ (أ ب)			
العرضُ (أ د)			
مساحةُ القطعةِ			
حجمُ القطعةِ			
الكتلةُ			
الوزنُ			
الكثافةُ			

لماذا انكسرَتْ زجاجةُ الماءِ؟

قررْنا أنْ نذهبَ في رحلةٍ إلى البحرِ الميتِ، وطلبَ إليَّ والدي الاستعدادَ للرحلةِ، ولما كانَ ماءُ الشربِ منْ ضروريات الحياةِ ومنطقةُ البحرِ الميتِ تمتازُ بارتفاع درجاتِ الحرارةِ، فقدْ ملأْتُ زجاجتي ماءً، ووضعْتُها في مُجَمِّدِ الثلاجةِ، وفي صباحِ يومِ الرحلةِ، تفاجأْتُ أنَّ زجاجةَ الماءِ قدِ انكسرَتْ، كما في الشكلِ (١).

الشكل (١)

فتساءلْتُ: لماذا انكسرَتْ زجاجةُ الماءِ؟

أتهيَّأُ

عرفْتُ أنَّ السوائلَ تتمددُ عندَ تسخينِها فيزدادُ حجمُها، وتتقلصُ عندَ تبريدِها فيقلُّ حجمُها، إلا أنَّ للماءِ سلوكًا شذَّ عنْ هذهِ القاعدةِ عندَ درجاتِ حرارةٍ معينةٍ. ماهذا السلوكُ؟ وما أهميتُهُ للكائناتِ البحريةِ؟

أكتشفُ:

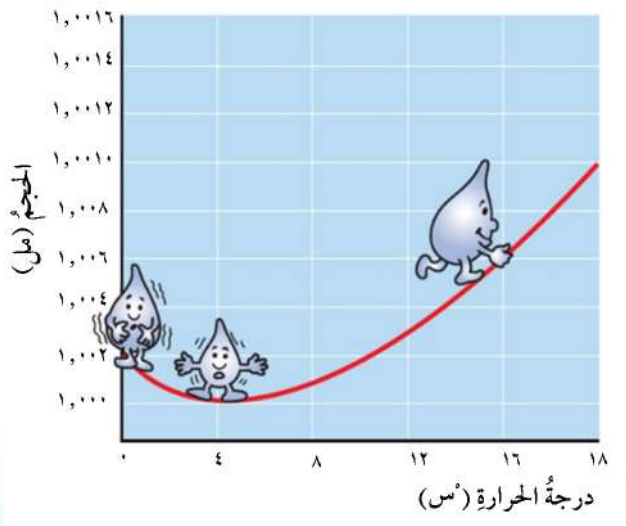
- أتأملُ الرسمَ البيانيَّ في الشكلِ (٢)، الذي يبيِّنُ نتيجةَ تجربةٍ دُرِسَ فيها التغيرُ في حجمِ كميةٍ معينةٍ منَ الماءِ معَ تغيرِ درجةِ حرارتها، ثمَّ أجيبُ ما يأتي:

- عندَما ترتفعُ درجةُ حرارةِ الماءِ أكثرَ منْ ٤° س:
  - هلْ يزدادُ حجمُ الماءِ أمْ يقلُّ؟
  - ماذا يحدثُ لكثافةِ الماءِ؟

تذكرْ أنَّ الكثافةَ = $\frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$

  - هلْ يتفقُ سلوكُ الماءِ وبقيةَ السوائلِ؟

- عندَما تنخفضُ درجةُ حرارةِ الماءِ دونَ ٤° س:
  - هلْ يزدادُ حجمُ الماءِ أمْ يقلُّ؟
  - ماذا يحدثُ لكثافةِ الماءِ؟



الشكل (٢)

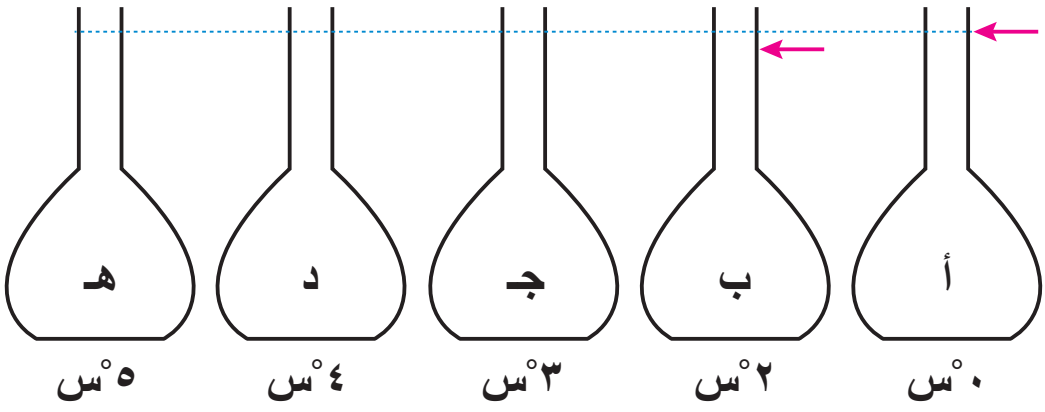
أُفسِّرُ

تبيَّنَ أنَّ للماءِ سلوكًا خاصًّا بينَ درجتَي الحرارةِ ٤°س و ٠°س، فعندَ انخفاضِ درجةِ حرارتِهِ دونَ ٤°س، يتمددُ وتقلُّ كثافتُهُ ولا يتقلصُ مثلَ بقيةِ السوائلِ، وعندَ تجمدِهِ وتحوُّلِهِ إلى جليدٍ، يتمددُ تمددًا ملحوظًا يصلُ إلى ٩٪ منْ حجمِهِ.

ولولا هذِهِ الخصيصةُ المهمةُ، لما تمكنَتِ الكائناتُ البحريةُ في البحيراتِ منَ العيشِ في فصلِ الشتاءِ، فعندَما تنخفضُ درجةُ حرارةِ الماءِ عندَ سطحِ البحيرةِ دونَ ٤°س لملامستِهِ الهواءَ الباردَ، تقلُّ كثافتُهُ، فيبقى في الأعلى، وتستمرُّ درجةُ حرارتُهُ في الانخفاضِ إلى أنْ يتجمدَ مُشكِّلًا طبقةً منَ الجليدِ طافيةً على السطحِ؛ لأنَّ كثافةَ الجليدِ أقلُّ منْ كثافةِ الماءِ، في حينِ يبقى الماءُ ذو الكثافةِ الكبرى، الذي درجةُ حرارتِهِ ٤°س في قاعِ البحيرةِ، ويشكلُ الجليدُ طبقةً عازلةً تقللُ منْ فقدانِ الحرارةِ، وعليهِ، تكونُ درجةُ حرارةِ الماءِ في الأسفلِ مناسبةً للكائناتِ الحيةِ.

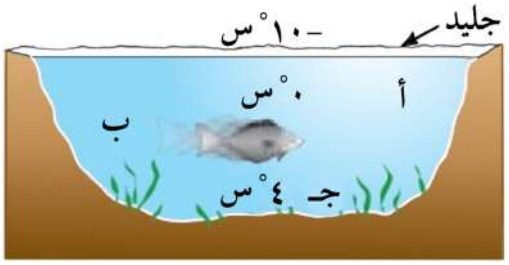
أُطبِّقُ

١- وُضِعَتْ كميةٌ منَ الماءِ وقِطَعٌ منَ الجليدِ في دورقٍ درجةُ حرارتِهِ ٠°س، ارتفاعُهُ كما في الشكلِ (٣/أ)، وعندَما ارتفعَتْ درجةُ حرارةِ الماءِ إلى ٢°س، انخفضَ مستواهُ كما يبيِّنُ الشكلُ (٣/ب)، وعليهِ، أضعُ علامةً تقريبيةً لارتفاعِ الماءِ في الدوارقِ: (جـ، د، هـ) عندَ درجاتِ الحرارةِ المبينةِ أسفلَ الشكلِ، مُبيِّنًا السببَ.



الشكل (٣)

٢- أتأملُ الشكلَ (٤) الذي يبيِّنُ ما يحدثُ لمياهِ البحيراتِ والأنهارِ في فصلِ الشتاءِ، ثمَّ أجيبُ ما يأتي:



الشكل (٤)

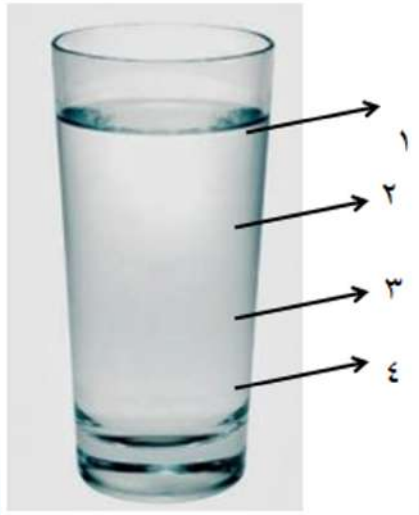
- ما درجةُ حرارةِ الهواءِ فوقَ البحيرةِ؟
- أيُّ مناطقِ البحيرةِ: (أ، ب، ج) درجةُ حرارتِها أعلى؟ لماذا؟
- ماذا سيحدثُ لكائناتِ البحيرةِ في فصلِ الشتاء إذا لم يتمدّد الماء عندما تبلغُ درجةُ حرارته ٤ °س؟

أُقيِّمُ تعلُّمي:

١ - أضعُ إشارةَ (×) في الخانةِ المناسبةِ في الجدولِ الآتي، مُصوِّبًا العبارةَ غيرَ الصحيحةِ:

العبارةُ	صحيحةٌ	غيرُ صحيحةٍ	الصوابُ
عندَ ارتفاعِ درجةِ حرارةِ الماءِ منْ ٠°س إلى ٤°س، فإنَّ كثافةَ الماءِ تقلُّ.			
أعلى كثافةٍ للماءِ تكونُ عندَ درجةِ حرارةِ ٤°س.			
كتلةُ لترٍ منَ الجليدِ أكبرُ منْ كتلةِ لترٍ منَ الماءِ.			
الجليدُ يطفو على سطحِ الماءِ؛ لأنَّ كثافتَهُ أكبرُ.			
شذوذُ الماءِ في التمددِ الحراريِّ يساعدُ الأسماكَ على البقاءِ حيةً.			

٢ - إذا وُضِعَ وعاءٌ مملوءٌ بالماءِ كما في الشكلِ (٥)، في مُجَمِّدِ الثلاجةِ، فأيُّ الطبقاتِ ستتجمدُ أولًا؟ ولماذا؟



الشكل (٥)

لماذا تنفجرُ في الخارجِ؟

قررَتْ إدارةُ مدرستِنا عملَ يومٍ علميٍّ نهايةَ العامِ الدراسيِّ، وتمَّ اختياري وبعضَ الطلبةِ لعملِ الزينةِ، فوضعْنا مجموعةً منَ البالوناتِ المنفوخةِ داخلَ المختبرِ وفي ساحةِ المدرسةِ، لكننا فوجئْنا أنَّ معظمَ البالوناتِ الموضوعةِ في ساحةِ المدرسةِ قدِ انفجرَتْ. فسألْتُ معلمي عنْ ذلكَ، فقالَ لي: هلِ البالوناتُ في الخارجِ موضوعةٌ تحتَ أشعةِ الشمسِ مباشرةً؟ قلْتُ: نعَمْ. فقالَ: لعلَّكَ عرفْتَ السببَ.

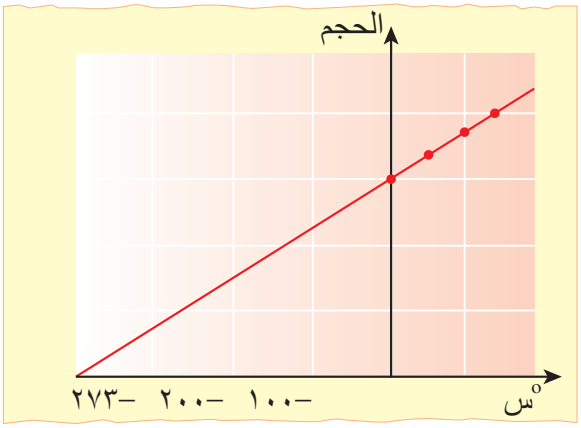
أتهيَّأُ

منْ حالاتِ المادةِ الصلابةُ والسيولةُ والغازيةُ، وتتمددُ الموادُّ الصلبةُ والسائلةُ بالحرارةِ وتتقلصُ بالبرودةِ.

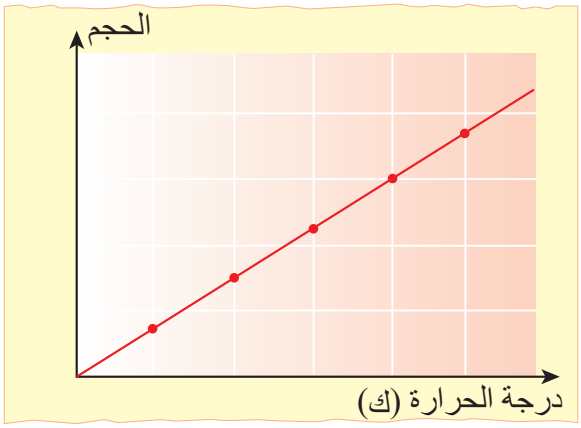
◄ هلْ تتمددُ الغازاتُ بالحرارةِ مثلما تتمددُ الموادُّ الصلبةُ والسائلةُ؟

أكتشفُ

أتأملُ الشكلينِ (١، ٢)، ثمَّ أجيبُ الأسئلةَ التي تليهما:



(١) العلاقةُ بينَ درجةِ الحرارةِ بالسلسيوس وحجمِ الغازِ عندَ ثبوتِ الضغطِ.



(٢) العلاقةُ بينَ درجةِ الحرارةِ بالكلفن (المطلقِ) وحجمِ الغازِ عندَ ثبوتِ الضغطِ.

- ما الفرقُ بينَ الشكلينِ (١، ٢)؟
- هلْ يتمددُ الغازُ(يزدادُ حجمُهُ) عندَ ارتفاعِ درجةِ حرارتِهِ؟

- ما حجمُ الغازِ عندَ الصفرِ المطلقِ (-٢٧٣° س، ك = صفرًا)؟ هلْ هذهِ النتيجةُ مقبولةٌ؟ لماذا؟
- أيُّ الشكلينِ يُظهر العلاقة الطردية بين المتغيرين؟ (**أتذكرُ:** تكونُ العلاقةُ طرديةً عندَما يمرُّ المنحنى بالنقطةِ (٠،٠)).

أُفسِّرُ

عندَ ارتفاعِ درجةِ حرارةِ الغازِ، فإنهُ يتمددُ (يزدادُ حجمُهُ)، وعندَ انخفاضِ درجةِ حرارتِهِ يتقلصُ، ونسبةُ تمددِ الغازاتِ أكبرُ منْ نسبةِ تمددِ الموادِّ الصلبةِ والموادِّ السائلةِ، ويؤثرُ ارتفاعُ درجةِ حرارةِ الغازِ في كلٍّ منْ حجمِهِ وضغطِهِ؛ لذا لا بدَّ منْ تثبيتِ عاملِ الضغطِ لدراسةِ العلاقةِ بينَ درجةِ حرارةِ الغازِ وحجمِهِ.

ولوْ أصبحَتْ درجةُ حرارةِ الغازِ (-٢٧٣°س) تقريبًا (الصفرَ المطلقَ)، فإنَّ حجمَهُ سيصبحُ صفرًا، إلا أنَّ التجاربَ العمليةَ أثبتَتْ أنَّ التبريدَ المستمرَّ للغازِ يقلِّصُهُ، لكنْ، عندَ درجةٍ معينةٍ قبلَ أنْ يصلَ إلى الصفرِ المطلقِ، يتحولُ إلى سائلٍ؛ أيْ أنَّ الغازاتِ لنْ تصلَ إلى الحالةِ التي يصبحُ فيها حجمُ الغازِ صفرًا.

لا تُعَدُّ زيادةُ الحجمِ بزيادةِ درجةِ الحرارةِ بالسلسيوس علاقةً طرديةً؛ لأنها لا تمرُّ بالنقطةِ (٠،٠)، أما العلاقةُ بينَ زيادةِ الحجمِ وزيادةِ درجةِ الحرارةِ بالكلفن، فهيَ علاقةٌ طرديةٌ، وهذا ما يعرَفُ بقانونِ شارل، الذي ينصُّ على أنَّ: حجمَ الغازِ المحصورِ يتناسبُ طرديًّا معَ درجةِ حرارتِهِ المطلقةِ عندَ ثباتِ ضغطِهِ.

فإذا كانَ حجمُ الغازِ $ح_١$، ودرجةُ حرارتِهِ $د_١$، ثمَّ سُخِّنَ الغازُ حتى غَدَتْ درجةُ حرارتِهِ $د_٢$، وتغيرَ حجمُهُ ليصبحَ $ح_٢$، فإنَّ العلاقةَ الرياضيةَ لقانونِ شارل تُكتَبُ كما يأتي:

$$\frac{ح_١}{د_١} = \frac{ح_٢}{د_٢}$$ (حيثُ تقاسُ درجةُ الحرارةِ بوحدةِ الكلفن).

مثالٌ: غازٌ محصورٌ حجمه لتر واحد (١)، عندَ درجةِ الحرارةِ (٢٧°س)، سُخِّن حتى أصبحَتْ درجةُ حرارتِهِ (١٢٧°س)، كمْ سيصبحُ حجمُهُ (علمًا أنَّ ضغطَهُ ظلَّ ثابتًا)؟

الحلُّ: $د_١ = ٢٧+٢٧٣ = ٣٠٠$ ك ، $د_٢ = ١٢٧+٢٧٣ = ٤٠٠$ ك

$ح_١ = ١$ لتر، $ح_٢ = ؟$

$$\frac{ح_١}{د_١} = \frac{ح_٢}{د_٢} \Leftarrow \frac{١}{٣٠٠} = \frac{ح_٢}{٤٠٠} \Leftarrow ح_٢ = \frac{٤٠٠}{٣٠٠} = ١,٣٣ \text{ لتر}$$

أُطبِّقُ

١- غازٌ محصورٌ حجمه لتر واحد، عندَ درجةِ الحرارةِ (٢٢٧°س)، برَدَ حتى أصبحَتْ درجةُ حرارتِهِ (١٢٣°س)، كمْ سيصبح حجمه (علمًا أنَّ ضغطَهُ ظلَّ ثابتًا)؟

٢- غازٌ محصور حجمه لتر واحد، عندَ درجةِ الحرارةِ (٢٧°س)، سُخِّنَ حتى أصبحَ حجمُهُ لترينِ، كم ستصبحُ درجةُ حرارتِهِ بالسلسيوس (علمًا أنَّ ضغطَهُ ظلَّ ثابتًا)؟

أُقيِّمُ تعلُّمي

١ - أضعُ إشارةَ (×) في الخانةِ المناسبةِ في الجدولِ الآتي، مُصوِّبًا العبارةَ غيرَ الصحيحةِ:

العبارةُ	صحيحةٌ	غيرُ صحيحةٍ	الصوابُ
عندَ وضعِ بالونٍ مطاطيٍّ منفوخٍ في وعاءٍ فيهِ جليدٌ مجروشٌ، فإنَّ حجمَهُ يزدادُ.			
عندَ وضعِ بالونينِ متماثلينِ منفوخينِ تحتَ أشعةِ الشمسِ، أحدُهما معبَّأٌ بالنيتروجينِ والآخرُ بالهيليوم، فإنَّ بالونَ الهيليوم سينفجرُ أولًا.			
التمددُ الحراريُّ للهواءِ أكبرُ من التمددِ الحراريِّ للحديدِ.			
يُطبَّقُ قانونُ شارل عندَ تغيرِ حجمِ الغازِ المحصورِ معَ تغيرِ ضغطِهِ وثبوتِ درجةِ حرارتِهِ.			
لا يوجدُ غازٌ درجةُ حرارتِهِ دونَ الصفرِ المطلقِ.			

٢ - أفسرُ ما يأتي:

أ- يرتفعُ ضغطُ الغازِ في إطاراتِ السيارةِ بعدَ قطعِها كيلومتراتٍ عدةً في يومٍ صيفيٍّ.

ب- يجبُ وضعُ أسطوانةِ الغازِ بعيدًا عنِ المصدرِ الحراريِّ.

تمّ بحمدِ اللّهِ