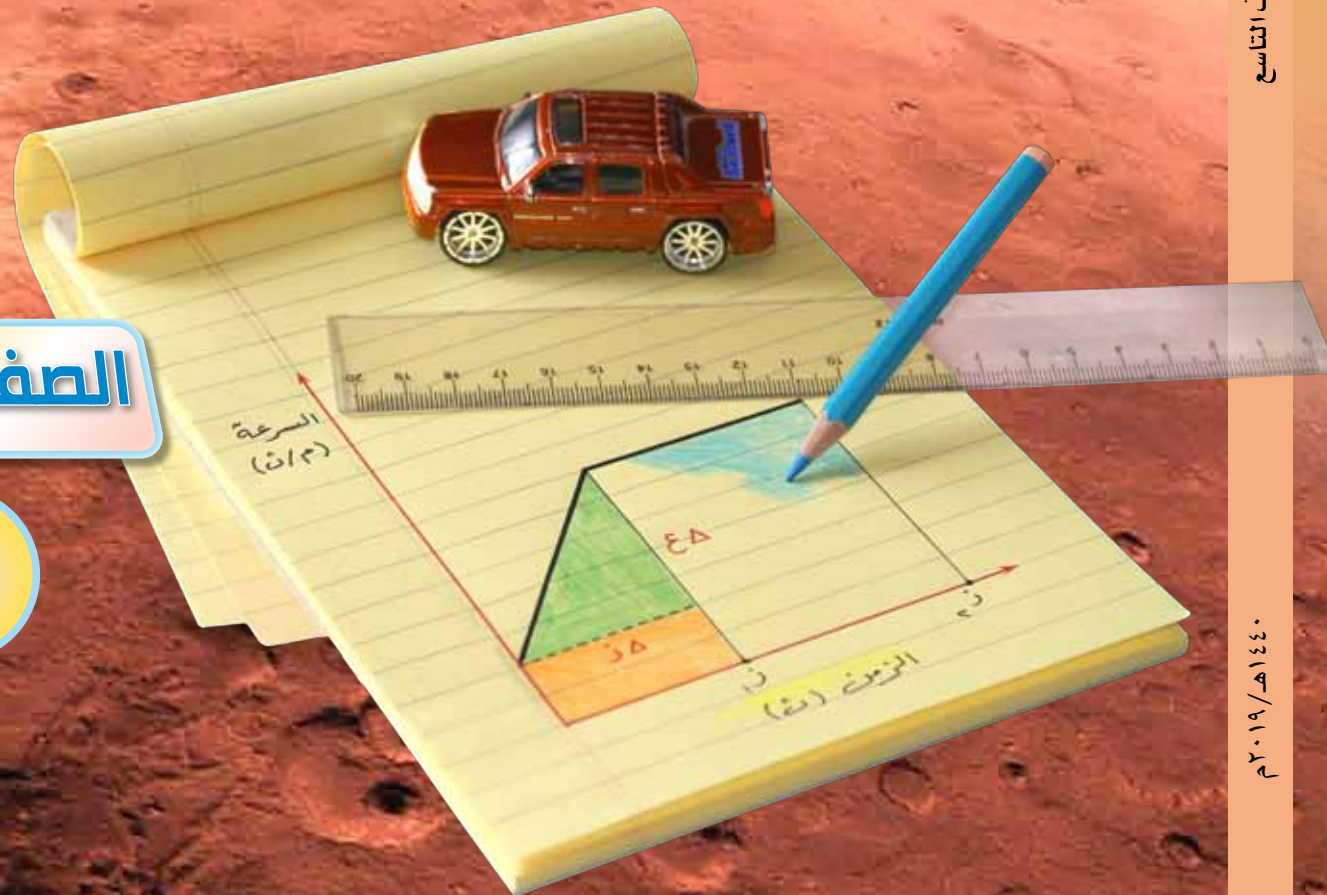


الفيزياء

الجزء الأول

الصف التاسع

٩



الفيزياء

الجزء الأول

الصف التاسع

٢٠١٩م / ١٤٤٠هـ

ISBN: 978-9957-84-628-2



المطبعة الوطنية



الفيزياء

الجزء الأول

الصف التاسع ٩

الناشر
وزارة التربية والتعليم
إدارة المناهج والكتب المدرسية

يسرُّ إدارة المناهج والكتب المدرسية استقبال آرائكم وملاحظاتكم على هذا الكتاب عن طريق العناوين الآتية:
هاتف : ٨ - ٤ / ٥ - ٤٦١٧٣٠ ، فاكس : ٤٦٣٧٥٦٩ ، ص.ب : ١٩٣٠ ، الرمز البريدي : ١١١١٨ ،
أو بوساطة البريد الإلكتروني: E-mail: Scientific.Division@moe.gov.jo

قَرَّرتْ وزارةُ التَّربيةِ والتَّعليمِ تَدْرِيسَ هَذا الكِتابِ في مَدارسِ المَمْلَكَةِ الأُردُنِيَّةِ الهاشميَّةِ جَمِيعِها،
بِناءٍ على قَرارِ مَجلسِ التَّربيةِ والتَّعليمِ رَقْمِ (٢٠١٥/٣٧) تارِيخِ ٢٦/٣/٢٠١٥، بَدءًا من العَامِ الدَّراسِيِّ
٢٠١٥م/٢٠١٦م.

الحقوقُ جَمِيعُها مَحفوظةٌ لوزارةِ التَّربيةِ والتَّعليمِ
ص . ب (١٩٣٠) عَمَّانُ - الأُردُنُ

رَقْمُ الإيْداعِ لَدَى دائِرةِ المَكْتَبَةِ الوِطْنيَّةِ
(٢٠١٥/٥/٢٠٨٣)
ISBN: 978 - 9957 - 84 - 628 - 2

أشرف على تأليف هذا الكتاب كل من:
أ.د. خلف عبد العزيز المساعيد (رئيسًا) د. جمال عبد الجليل شولي
بديع صالح الخطيب موسى محمود جرادات (مقرراً)
وقام بتأليفه كل من:
ميمي محمد التكروري نجاح أحمد أبو شملة
حنان شوكت عبد اللطيف

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

دقق الطباعة وراجعها: شفاء طاهر عباس

٢٠١٥م/١٤٣٦هـ
٢٠١٦ - ٢٠١٩م

الطبعة الأولى
أُعيدت طباعته

قائمة المحتويات

الصفحة	الموضوع
٥	المقدمة
٧	الوحدة الأولى: طبيعة العلم
٨	الفصل الأول: علم الفيزياء
١٠	١-١ العلم معرفة وطريقة
١٤	٢-١ علم الفيزياء
١٧	٣-١ القياس العلمي
٢١	٤-١ النظام العالمي للوحدات
٣٠	٥-١ تطبيقات على استخدام أدوات القياس
٤١	الوحدة الثانية: الميكانيكا
٤٢	الفصل الثاني: الحركة
٤٤	١-٢ الحركة في خط مستقيم بسرعة ثابتة
٥٠	٢-٢ الحركة في خط مستقيم بتسارع ثابت
٥٦	٣-٢ معادلات الحركة بتسارع ثابت
٦٠	٤-٢ السقوط الحر للأجسام
٧٢	الفصل الثالث: القوة وقوانين الحركة
٧٤	١-٣ القوة وأنواعها
٨٠	٢-٣ قوانين الحركة لنيوتن
٩٤	٣-٣ تطبيقات على قوانين الحركة
١٠٤	الفصل الرابع: الشغل والطاقة
١٠٦	١-٤ الشغل والقدرة
١١٣	٢-٤ الطاقة الميكانيكية
١٢١	٣-٤ حفظ الطاقة الميكانيكية
١٣١	قواعد السلامة العامة في مختبر الفيزياء
١٣٢	الرموز الخاصة بالعمل المخبري
١٣٣	مسرد المصطلحات العلمية
١٣٥	قائمة المراجع



موضوعات إضافية

يتضمّن هذا الكتاب موضوعات تُثري معرفة الطالب وتساعدُه على اتّباع الأسلوب العلميّ في التّعلّم وحلّ المُشكلات، وتكوين صورةٍ شاملةٍ عن العلوم، وهي: **حقيقة علميّة، وحلّ مشكلات، والتّكامل** بين الفيزياء وبعض العلوم الأخرى والمهن، مثل **الكيمياء والفلك والطب والهندسة** وغيرها، ويتضمّن الكتاب موضوعاتٍ أخرى، هي: **الفيزياء والمجتمع، والفيزياء والتكنولوجيا**؛ لمساعدة الطالب في ربط ما يتعلّمه في حصّة الفيزياء داخل المدرسة بالحياة العمليّة اليوميّة، وأدرج في نهاية كلّ درسٍ موضوعٍ عنوانه التّوسّع يحفز الطالب إلى البحث والاطّلاع، وفي نهاية كلّ فصلٍ مشروعٌ عمليّ عنوانه: **مختبر الفيزياء**، يهدف إلى تنمية المهارات العمليّة وتشجيع العمل التّعاونيّ.

تنويه: نلفتُ انتباهَ زملائنا المعلّمين وأبنائنا الطّلبة إلى أنّ هذه الموضوعات جميعها لا تدخل في الاختبارات التّقويميّة للطّالب.

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على خاتم المرسلين؛ سيدنا محمد - صلى الله عليه وسلم - وبعد، فيسرنّا وضع كتاب الفيزياء للصفّ التاسع الأساسي بين يدي أبنائنا الطلبة الأعزّاء، وزملائنا المعلمين الكرام؛ وذلك تكملة لسلسلة كتب العلوم التي درست سابقاً، وانسجاماً مع خطة التطوير التربوي، وتحقيقاً لنتائج التعلم العامّة والخاصّة المبنية على اقتصاد المعرفة؛ بغية إعداد جيل متعلّم قادر على مواكبة التطوّرات العلميّة والتكنولوجيا، والتعامل معها على نحو صحيح يسهم في تلبية حاجاته، والنهوض بالوطن.

يهدف هذا الكتاب إلى بناء المفاهيم الفيزيائية الصحيحة لدى الطالب، ويعتمد العديد من الأساليب التي تستند إلى استراتيجيات التدريس المرتكزة على النشاطات الاستقصائية المثيرة للتفكير، باستخدام لغة تحفز الطالب؛ ليتفاعل مع المادة العلمية. ويحتوي الكتاب عدداً من الرسوم والأشكال التوضيحية، وإضافات تتعلق بالمعرفة والتفكير، وإضافات تتعلق بالتكامل، تربط علم الفيزياء بالعلوم والمهن المختلفة، ويحتوي أمثلة متنوعة تثرى موضوعات الدرس، وتربطه بواقع الحياة والبيئة والتطوّر التكنولوجي الحديث. يشتمل الكتاب على ثلاث وحدات رئيسية، تتضمن سبعة فصول في كلّ فصل منها عدد من الدروس، ومجموعة من أسئلة التقييم، وأسئلة تعزيز الفهم والاستيعاب، والتفكير الناقد والتفكير الإبداعي. تتناول الوحدة الأولى محور طبيعة العلم، وتعريف علم الفيزياء ومجالاته، ومهارة القياس. وتتناول الوحدة الثانية محور الميكانيكا. أما الوحدة الثالثة فتتناول مجال الحرارة وآثارها في المواد.

وفي نهاية كلّ فصل مشروع مقترح يهدف إلى تنمية مهارات الطلبة العملية، وقدراتهم على توظيف الخبرات العلمية لديهم في جوانب عملية تطبيقية، يُنفذونها ضمن مجموعات بمنهجية التعلم والتعليم التعاوني معتمدين الأسلوب العلمي في البحث والتجريب.

ونحن إذ نقدّم هذا الجهد المتواضع، فإننا نأمل أن يحقق أهدافه، ولا يقتصر الطالب عليه في بناء معارفه، فيطلّع على أحدث مصادر البيانات والمعلومات، في وسائل المعرفة المتاحة المتعلقة بمحتوى الكتاب. علماً بأنّ هذه الطبعة تجريبية خاضعة للمراجعة والتنقيح؛ لذا، نرجو زملائنا المعلمين وأولياء الأمور تزويدنا بأيّة ملاحظات تغني الكتاب وتسهم في تحسينه.



الوحدة الأولى

طبيعة العلم

NATURE OF SCIENCE

غرفة القيادة في طائرة
حربية حديثة

← يعتمد قائد الطائرة على قياسات معينة في أثناء عمليتي الإقلاع والهبوط، وفي أثناء الرحلة.
← فهل يمكنك ذكر بعض تلك القياسات؟ وفيه يستخدمها قائد الطائرة؟

علم الفيزياء

Physics



١-١ العلم معرفة وطريقة .

٢-١ علم الفيزياء .

٣-١ القياس العلمي

٤-١ النظام العالمي للوحدات .

٥-١ تطبيقات على استخدام أدوات القياس

الأهمية

اشتقت كلمة (فيزياء) Physics من الأصل اليوناني (Physis) الذي يعني «الطبيعة»، وتكمن أهمية علم الفيزياء في حياتنا في أنه يزودنا بفهم لسلوك الكون الذي نعيش فيه.

يُعرف هذا الجهاز بالمحطة المتكاملة (Total Station)، ويستخدمه المهندسون والمساحون في قياس المسافات ومساحات الأراضي، وزوايا ميلها على أرض الواقع، بدلاً من استخدام الشريط المتر، الذي كان ينتج عنه أخطاء كبيرة في القياس. جاء هذا الجهاز نتيجة لتطورات متلاحقة في مجالات علم الفيزياء المختلفة.

فكر: ما المقادير الفيزيائية التي يجب معرفتها للتوصل إلى مقدار المسافة بين نقطتين باستخدام جهاز المحطة المتكاملة؟

الفيزياء من حولنا

تُحيطُ مبادئُ علمِ الفيزياءِ وقوانينُهُ بحياتنا اليوميّة، ونتعاملُ معها باستمرارٍ. ويَعتقدُ غالبيّةُ النّاسِ أنّ معرفتهم بعلمِ الفيزياءِ قليلةٌ، في حين أنّهم يَعرفونَ الكثيرَ، فعلى سبيلِ المثالِ، عندما تدخلُ الدّكانَ وتشتري علبَةً بوظةً، حالَ وصولِكَ إلى البيتِ سرعانَ ما تضعُها في مُجمّدةِ الثّلاجةِ، وما هذا السُّلوكُ إلّا لمعرفتكِ المُسبقةِ الكافيةِ بقوانينِ الفيزياءِ التي جعلتكِ تتنبّأ بأنّ البوظةَ في العلبَةِ سوفَ تنصهرُ إذا بقيتِ على الطّاولةِ في درجةِ حرارةِ الغرفةِ. كلُّ موقفٍ نعاملُ معه مستخدمينَ مفرداتٍ مثل: درجةِ حرارةٍ، حركةٍ، موقعٍ، لونٍ، ضوءٍ، كهرباءٍ، وغيرها الكثيرِ، فإنّنا نعاملُ معَ علمِ الفيزياءِ.

بعدَ دراستِكَ هذا الفصلِ، يُتوقَّعُ منكُ أن:

- ▶ تُميّزَ بينَ أشكالِ المعرفةِ العلميّةِ: (حقيقةٌ، مفهومٌ، مبدأٌ، قاعدةٌ، قانونٌ، نظريّةٌ).
- ▶ تُعدّدَ عمليّاتِ العلمِ وتوضّحَها بأمثلةٍ من مجالاتٍ فيزيائيّةٍ.
- ▶ تُميّزَ عمليّاتِ العلمِ، وتستخدمَها في حالاتٍ مناسبةٍ.
- ▶ تذكرَ المجالاتِ التي يبحثُ فيها علمُ الفيزياءِ.
- ▶ تذكرَ أمثلةً على كمّيّاتٍ فيزيائيّةٍ ووحداتٍ قياسِها.
- ▶ تُصنّفَ الكمّيّاتِ الفيزيائيّةَ إلى كمّيّاتٍ أساسيّةٍ وكمّيّاتٍ مشتقةٍ.
- ▶ تذكرَ عناصرَ عمليّةِ القياسِ معَ الأمثلةِ.
- ▶ تتعرّفَ النّظامَ العالميّ للوحداتِ، وبعضَ أنظمةِ وحداتِ القياسِ الأخرى.
- ▶ توضّحَ وحداتِ النّظامِ العالميّ الخاصّةِ بقياسِ (الطُّولِ، والزّمنِ، والكتلةِ) ووحداتٍ أخرى.
- ▶ تستخدمَ بدقّةٍ كلاً من (المسطرةِ، وساعةِ الإيقافِ، والميزانِ الحساسِ) في قياسِ الكمّيّاتِ الأساسيّةِ المناسبةِ.

إذا نظرنا إلى كل ما تعلّمناه من علوم، وحاولنا ربطه بما يحدث في حياتنا اليومية من مواقف نواجهها خارج المدرسة، أو نظرنا إلى العلوم بفروعها المختلفة نظرة شاملة، أو نظرة أكثر تفصيلاً لكل فرع من فروع العلم؛ سنجد أن ما درسناه من علوم يتكوّن من جانبين، هما: محتوى معرفي، وطرائق تعلم؛ لذا، عرّف العلماء العلم بأنه معرفة وطريقة. وللمعرفة العلمية أنماطٌ عدّة، أمّا الطريقة فتمثّلها مهارات العلم.

Scientific Knowledge

أنماط المعرفة العلمية

١-١-١

درست في الصفّ الثامن كتاب العلوم بما فيه من موضوعات الفيزياء، والكيمياء، والعلوم الحياتية، وعلوم الأرض والبيئة. وكل ما تعلّمته جزء من المعرفة العلمية. فما المعرفة العلمية؟ وما أنماطها؟ اقرأ النصّ المجاور (نشاط تمهيدّي) مُحاولاً تعرّف ما يتضمّنه من أنماط للمعرفة العلمية.

ستجد أنه بصرف النظر عن الطريقة التي اتّبعتها أحمد في التفكير، أو المهارات التي قام بها، فقد توصّل إلى الآتي:

- ينفذ الضوء من الأوساط الشفافة كالمنشور.
- ينحرف الضوء عن مساره عند نفاذه من المنشور.
- يتحلّل الضوء الأبيض إلى ألوان الطيف السبعة.

لقد توصّل أحمد إلى ثلاث **حقائق علمية**، وتعدّ الحقيقة نمطاً من أنماط المعرفة؛ إذ تتعدّد أنماط المعرفة العلمية ومستوياتها، فبالإضافة إلى الحقيقة العلمية، هناك أنماط أخرى للمعرفة العلمية، ستعرّفها.

نتائج الدرس

- تميّز بين أمثلة متنوعة على أنماط المعرفة العلمية.
- تميّز عمليات العلم، وتستخدمها في الحصول على المعرفة.

نشاط تمهيدّي

فكر أحمد في إسقاط شعاع ضوئي أبيض على منشور، وتوقع أن ينعكس الشعاع، لكنه لاحظ حين أجرى التجربة أن الشعاع قد نفذ من المنشور، وانحرف عن مساره، ثم لاحظ تحلّل الضوء الأبيض إلى ألوان الطيف المرئي السبعة.

فكرة مضيئة

إنّ حواسّ البشر ليست بالدقة التي يعتقدونها، ويمكن خداعها أحياناً، وهنا لا تكون الملاحظة موثوقة للحصول على المعرفة العلمية.

بالعودة إلى النشاط التمهيدى السابق (فكر أحمد في إسقاط شعاع ضوئي)، يتضح لنا أن أحمد فكر كالعلماء؛ فهو توقع، ثم لاحظ واستنتج. إن ما قام به أحمد يمثل الطريقة العلمية التي يتبعها العلماء في البحث والاستقصاء للتوصل إلى المعرفة العلمية، وفيما يأتي مخطط يبين أهم أنماط المعرفة العلمية ومهارات العلم ومثالاً على كل منها:



سؤال: اذكر أمثلة أخرى على كل نمط معرفة وكل مهارة من مهارات العلم.

إن هذه المهارات وغيرها، مثل: تنظيم البيانات وتحليلها، واستخدام الأرقام والرسمات البيانية، وكتابة الفرضيات، وإجراء التجارب تُستخدم في التعلّم للحصول على المعرفة لاستقصاء العالم من حولنا، وحلّ مشكلات الحياة اليومية التي نواجهها؛ سعيًا لفهم ظواهر الكون وموجوداته وتسخيرها في خدمة الإنسان ورفاهيته. إن مهارات العلم تُطبّق أيضاً في حصّة العلوم، وفي المختبر للتعلّم داخل المدرسة، فالطالب في مختبر مدرسته، كالعالم في مختبره، وهما أكثر الناس استخداماً لمهارات العلم.



تفكير ناقد



الشكل (١-١): لا تقل أهمية اتخاذ القرار المنطقي في أثناء التعلّم عنها في نشاطات الحياة اليومية. أيّ العبوتين أفضل؟

دخلت متجرًا لشراء بعض الحاجات، فرأيت عبوتين من الحلوى، كما في الشكل (١-١)، هل ستشتري عبوة كبيرة واحدة أم اثنتين صغيرتين؟ نحن جميعًا نعتقد أنّ العبوات الكبيرة تكون أكثر توفيرًا عند شرائها، ومع ذلك، عليك أن تفكر في الموضوع جيدًا وترصد ملاحظات، ثم تقارن البيانات للتحقق من صحة هذا الاعتقاد.

كم غرامًا تحتوي العبوة الكبيرة؟ وكم يكلفك شراؤها؟ كم غرامًا تحتوي عبوتان صغيرتان؟ وكم يكلفك شراؤهما معًا؟ عند تحديدك المشكلة بطرح أسئلة، ورصد ملاحظات، واستخدام المنطق، فقد قمت بعملية تفكير ناقد.

ليس هناك إجراء يتبعه العلماء بمفرده للحصول على المعرفة، وليست الإجراءات نفسها تُتبع في كل مرة، لكن هناك خطوات شائعة يتبعها الباحثون في الاستقصاء العلمي تُعرف **بالطريقة العلمية (scientific method)**، وأهم هذه الخطوات: رصد الملاحظات وجمع البيانات ووضع الفرضيات وإجراء التجارب لاختبارها، وتفسير نتائج التجربة، وصياغة النتائج وتعميمها على الآخرين. يمكنك البحث لمعرفة المزيد حول **الطريقة العلمية**، وكيفية تطبيقها.

مراجعة الدرس (1-1)

- ١- المفهوم أحد أنماط المعرفة العلمية، وضح أهمية المفهوم بالنسبة لأنماط المعرفة الأخرى.
- ٢- تُستخدم مهارة الملاحظة العلمية لجمع البيانات حول ظاهرة ما، وضح الفائدة من إعادة الملاحظة مرّات عدّة.
- ٣- أي من أنماط المعرفة تمثله العبارة الآتية: «يقلّ ضغط المائع عندما تزداد سرعته»؟
- ٤- فرّق بين التنبؤ العلمي والتّخمين مستخدماً أمثلة من الحياة اليومية.
- ٥- **تفكير ناقّد:** كيف تفيّد مهارة التواصل في توفير الوقت والجهد لدى طلبة العلم والباحثين؟

درست في صفوفٍ سابقةٍ مبحث العلوم، وكان كتاب العلوم يضمُّ وحداتٍ وفصولاً متعدّدة تُمثّل في مجملها فروع العلوم الرئيسة؛ الفيزياء والكيمياء والعلوم الحياتية، وعلوم الأرض والبيئة. لتتعرّف الاختلاف بين هذه العلوم، والموضوعات التي يدرسها كل علم، نفذ النشاط التمهيدي.



هل زرت يوماً مدينة الملاهي أو شاهدتها في التلفاز؟ ربّما تعجبت من ذلك الدوّلاب الضخم الذي يدور برفقٍ وهدوءٍ، ولعلّك سألت عن الحركة العنيفة لما يُعرف بالأفعوانية، وعن تأرجح السفينة بشكلٍ مُخيفٍ، وعن كيفية عمل السيّارات الكهربائية وتأثيرها في بعضها عند تصادمها معاً. يساعد علم الفيزياء على الإجابة عن هذه الأسئلة وغيرها ممّا يجول في خواطرنا من أسئلة كثيرة نواجهها في الحياة اليومية. فبينما تقوم أنت باللعب والترفيه عن نفسك باستخدام أيّ من تلك الألعاب، تأكّد أنّ هناك فريقاً ضخماً من المهندسين والفنيين المهرة الذين درسوا الفيزياء،

نتائج الدرس

- تبين أهمية علم الفيزياء في الحياة اليومية.
- تذكر المجالات التي يبحث فيها علم الفيزياء.

نشاط تمهيدي

لديك الموضوعات الآتية: الحركة، والخلية، والقوة، والبراكين، والفيروسات، والكهرباء، والحموض والقواعد، والفطريات، وطبقات الأرض، ونشأة الجبال. استخدم خريطة مفاهيمية لتصنيفها إلى: فيزياء وكيمياء، وعلوم حياتية، وعلوم الأرض.

فكرة مضيئة

يدرس بعض الفيزيائيين النظرية، بينما يقوم بعضهم الآخر بتطبيقها لتطوير معدات طبية أو أجهزة إلكترونية نستخدمها في حياتنا.

وَعَرَفُوا الْكَثِيرَ عَنْهَا، حَتَّى تَمَكَّنُوا مِنْ تَصْمِيمِ تِلْكَ الْأَلْعَابِ وَصَنَعِهَا عَلَى نَحْوِ يُشْعِرُ النَّاسَ بِالْأَمَانِ
وَالْمَتْعَةِ فِي آنٍ مَعًا.

يُعرَّفُ **علم الفيزياء (Physics)**: بأنه العلم الذي يهتم بدراسة المادة والطاقة، وكيفية حدوث التفاعل
بينهما. وعند دراستك الفيزياء، تتعرف الحركة والقوة وكيف ترتبطان معًا، وأشكال الطاقة،
والقوانين التي تحكم تلك الأشكال. إن علم الفيزياء يستخدم مفاهيم أساسية ومبادئ محدّدة
لوصف العالم الطبيعي الذي نعيش فيه، ثم التنبؤ بالظواهر الطبيعية من أجل التحكم فيها،
وتسخيرها لحياة الإنسان.

مجالات علم الفيزياء: تعرّفت سابقًا العديد من موضوعات علم الفيزياء، وسوف تتعرف
خلال هذه السنة والسنوات القادمة -بإذن الله- موضوعات أخرى تدرج ضمن محاور رئيسة
لعلم الفيزياء، مثل: **الميكانيكا، والضوء، والحرارة، والكهرباء والمغناطيسية، والتذبذبات
والموجات، والفيزياء الحديثة.**

يُعدُّ علم الفيزياء أساسًا شاملاً للعلوم الأخرى وتطبيقاتها، كالهندسة بفروعها المتعدّدة
والطب، ويسهم بفاعلية في تطوّر تلك العلوم، وفي التّقدّم التكنولوجي. وقد نعبر أحيانًا عن
الفيزياء بعلم الطبيعة.

الرياضيات لغة الفيزياء: مثلما يستخدم علماء الفيزياء مهارات العلم طرائق لجمع المعرفة
العلمية، فإنهم يعتمدون كثيرًا على مهارات الرياضيات في تحليل البيانات وتلخيص الملاحظات
العلمية، ثم يستخدمون العلاقات الرياضية لوصف الكميات المختلفة والعلاقات بينها؛ لتفسير
ما يتوصلون إليه من نتائج. كما أنّ استخدام الجداول والرسوم البيانية والمعادلات الرياضية يقدّم
البيانات بشكل منظمٍ سهّل فهمنا لها.

عُرفت الفيزياء الطبيّة قديماً منذ اكتشاف الأشعة السينيّة وابتكار العديد من الأجهزة الفيزيائية التي تُستخدم في مجال الطبّ في المستشفيات. حتى أصبح هذا المجال تخصصاً يُدرّس في الجامعات، ومنها الجامعات الأردنيّة، وتمّ تقسيمه إلى تخصصات عدّة حسب المجال الطبيّ، ومن أقسام الفيزياء الطبيّة: فيزياء العلاج الإشعاعيّ، وفيزياء الطبّ النووي، وفيزياء الأشعة التّشخيصيّة، وفيزياء الوقاية من الأشعاع. ابحث في المراجع المختلفة لتعرّف المزيد حول هذا الموضوع.

مراجعة الدرس (٢-١)

- ١- وضح المقصود بعلم الفيزياء.
- ٢- سمّ المحاور الرئيسة لعلم الفيزياء التي درست موضوعات منها في كتب العلوم للسنوات السابقة.
- ٣- ابحث في أهميّة دراسة الفيزياء بالنسبة لمهنة الطبّ.
- ٤- كيف تساعد الرياضيات في تسهيل فهمنا لقضايا فيزيائية كثيرة؟
- ٥- **تفكير ناقد:** حدّد في أيّ من مجالات علم الفيزياء تُجرى كلّ من الاختبارات الآتية لسبيكة فلزيّة سوف تُستخدم في صناعة هيكل طائرة تدريب صغيرة:
 - أ - اختبار أثر اصطدام جسم صلب بالسبيكة.
 - ب - اختبار تحمّل السبيكة لدرجات الحرارة العالية.
 - ج - اختبار أثر السبيكة على بوصلة موجودة بالقرب منها.

نتائج الدرس

- تذكر أمثلة على كميات فيزيائية ووحدات قياسها.
- تذكر عناصر عملية القياس مع أمثلة عليها.
- توضّح المقصود بدقة القياس.

نشاط تمهيدي

أحضّر كوباً ودلوّاً فارغين وكمية كافية من الماء، ثمّ املاً الكوب بالماء وأفرغهُ في الدلو، وأعدّ الخطوة مرات عدّة حتى يمتلئ الدلو، كم كوباً من الماء لزم لذلك؟

فكرة مضيئة

للحدّ من خطأ القياس، يُجري الباحث عملية القياس مرّات عدّة؛ ثمّ يستخرج المتوسط الحسابي للقيم المقيسة.

تعرّفت - في ما مضى - بعض مهارات العلم، ومن بينها مهارة القياس، ولا بدّ أنّك مارست عملياً هذه المهارة بقياسك كمّيات مختلفة، فما القياس؟ وما عناصره؟ وما أهمّيته؟

قد تساعدك النتائج التجريبية الآتية على الإجابة عن هذه الأسئلة. عند إجراء أية عملية قياس لكمية فيزيائية ما. مثل: طول الغرفة، أو حجم الماء في وعاء، فإننا نقارن كمية فيزيائية غير معروفة المقدار بكمية فيزيائية من النوع ذاته، لكنّها محدّدة المقدار، ففي النشاط التمهيدي المجاور، يمكن قياس كمية الماء التي يتسع لها دلو، باستخدام الكوب، وحساب عدد المرات التي نملأ بها الكوب بالماء ونفرغه في الدلو حتى يمتلئ، فتكون الكمية المقيسة، هي الماء في الدلو، والكمية المشابهة المحدّدة مسبقاً هي كمية الماء التي تملأ الكوب، ويمثّل الكوب الفارغ أداة القياس. تأسيساً على ما سبق يمكن تعريف **عملية القياس** بأنّها عملية تحديد عدد مرّات احتواء كمية فيزيائية غير معروفة المقدار على كمية أخرى محدّدة من النوع ذاته باستخدام أداة مناسبة.

تضمّن نتيجة القياس رقماً ووحدة؛ يعبر الرّقم عن مقدار الكمية، والوحدة عن نوعها. والجدول (١-١) يذكر بعض الكمّيات الفيزيائية، ووحداتها، والأدوات المستخدمة في قياسها.

الجدول (١-١): بعض الكمّيات الفيزيائية، ووحداتها، وأدوات قياسها.

الكمية الفيزيائية	الوحدة	الأداة
الكتلة	كيلو غرام	ميزان ذو كفتين
القوة	نيوتن	ميزان نابضي
الضغط	باسكال	بارومتر

• أخطاء القياس (Measurement Errors):

تتطلب كل عملية قياسٍ قدرًا مناسبًا من الدقة. ومع ذلك فهي لا تخلو من الخطأ، سواءً كانت في الحياة اليومية، أو العمل المخبري، أو حتى في الأبحاث العلمية، وبوجه عام فإن أخطاء القياس تنتج عن مصدرين، هما:

١- خطأ شخصي يتسبب به الفرد عند استخدامه أداة القياس؛ نتيجة إهماله بعض قواعد استخدامها، أو قراءة التدرج بطريقة غير صحيحة، أو تدوين النتيجة بشكل خاطئ.

٢- خطأ يرتبط بأداة القياس وينتج عن خلل فيها أو عدم معاييرها.

وللحصول على نتيجة دقيقة ومقبولة للقياس في أثناء التجربة، يجب مراعاة مصدرَي الخطأ المذكورين أعلاه، فالخطأ الشخصي يمكن التقليل منه بإعادة المحاولة مرات عدة، ثم حساب المتوسط الحسابي للقيم المقاسة، ويُعرف هذا المتوسط باسم **القيمة المقبولة للقياس**، وكلما اقتربت القيمة المقاسة من القيمة المقبولة، ازدادت **دقة القياس** وقلّ الخطأ. أما خطأ الأداة فيتم التقليل منه بمعايرة الأداة، وذلك بضبط المؤشر على صفر التدرج قبل القياس، أو بإزالة سبب الخطأ إن كان ناتجًا عن خلل فيها.

تجدر الإشارة إلى أنّ دقة القياس تعتمد على تدرج الأداة، فاستخدام الشريط المتر المدرج بوحدة سنتيمتر واحد لقياس طول كتاب، لا يزودنا بنتيجة كما في حال استخدام مسطرة مدرّجة بوحدة ملّيمتر واحد. أيّ الأدوات أكثر دقة؟ ولتعرف أخطاء القياس وكيفية الحد منها، نفذ النشاط الآتي:



التكامل مع الفلك

يلغ متوسط كثافة الكرة الأرضية نحو ٥٥٢٠ كغ/م^٣ تقريبًا، في حين يُقدّر متوسط كثافة كوكب المشتري بنحو ١٣٣٠ كغ/م^٣. وهذه الكثافة المنخفضة للمشتري جعلت العلماء يعتقدون أنّ معظم الكوكب يتكوّن من غازي الهيدروجين والهيليوم، إضافة إلى احتوائه على قلب صخري صغير.



الشكل (١-٢): التكامل مع الفلك.

قياس التيار الكهربائي



الشكل (٣-١): نشاط (١-١).

هدف النشاط: التحقق عملياً من أخطاء القياس.

الأدوات: أميتر، ومصدر قدرة، ومقاومة، وأسلاك توصيل، ومفتاح.

خطوات تنفيذ النشاط:

١- ركب الدارة الكهربائية كما في الشكل (١-٣).

٢- أغلق الدارة الكهربائية، ثم انظر إلى مؤشر الأميتر، ودون النتيجة.

٣- افتح الدارة الكهربائية، ثم أجر عملية معايرة (Calibration) لجهاز الأميتر؛ بالنظر عمودياً إلى مؤشر الأميتر، ملاحظاً انطباقه على صفر التدرج. وفي حال لم ينطبق ضبط برغي المعايرة الموجود أسفل المؤشر، حتى ينطبق المؤشر على الصفر.

٤- أغلق الدارة الكهربائية، ثم انظر إلى مؤشر الأميتر، ودون النتيجة.

٥- أزح رأسك قليلاً جهة اليمين، وأعد قراءة المؤشر، ثم أزحه إلى اليسار، وأعد القراءة مرةً ثالثة.

قارن بين القيم المقاسة التي توصلت إليها، ثم أجب عن السؤالين الآتيين:

- هل كانت النتائج التي توصلت إليها متساوية؟ إذا كانت الإجابة بالنفي، فما سبب الاختلاف؟

- ما أنواع أخطاء القياس في هذا النشاط (في كل من الخطوتين: ٢، ٥)؟

تُستخدم الأرقام في الحياة بصورتين؛ الأولى: عند العدّ أو الترقيم، وهذه أرقام دقيقة مؤكّدة لا مجال للشكّ فيها، كأن نقول: عدد الكتب في حقيبتَي (٦)، وهنا لا مجال للشكّ بأنّها أكثر أو أقل، أو عندما تقول رقمي في سجلّ الحضور في الصفّ هو (١٨)، فهذا رقم محدّد لا يقبل الشكّ. والصّورة الثانية لاستخدام الأرقام هي استخدامها لرصد نتائج القياسات، إذ تُعدّ النتائج التي نتوصّل إليها من جميع القياسات غير مؤكّدة، ونمثّلها بأرقام معنوية (Significant Figures)، بحيث يُعبّر عدد الأرقام المعنوية عن الدقّة في القياس، فكلّما زاد عدد الأرقام المعنوية في النتيجة، زادت الدقّة في القياس. ويعتمد عدد الأرقام المعنوية في القياس على الوحدة الصّغرى في أداة القياس المُستخدمة. ويكون الرقم الأبعد إلى اليمين في نتيجة القياس مشكوكاً فيه، ولا يمكن تأكيده إلا باستخدام أداة قياس أخرى أكثر دقّة. يمكنك البحث في كتب الفيزياء المختلفة، أو في الإنترنت لتعرّف المزيد حول موضوع الأرقام المعنوية.

مراجعة الدّرس (٣-١)

- ١- وضح المقصود بالقياس العلمي واذكر عناصره.
- ٢- ميّز بين وحدات القياس وأدواته.
- ٣- **تفكير ناقّد:** أسقطت كرة من سطح المدرسة ثلاث مرّات، وقاس كلّ من أحمد وسامي زمن السقوط، ثمّ دوّنت النتائج في الجدول الآتي:

المحاولة	نتيجة أحمد	نتيجة سامي
١	١,١ ث	١,٦ ث
٢	٠,٩ ث	١,٢ ث
٣	١,٠ ث	٠,٨ ث

إذا علمت أنّ القيمة المقبولة للقياس ١,٢ ث، جدّ متوسط قياسات كلّ منهما، وقارنه بالقيمة المقبولة، ثمّ استنتج مصدر الخطأ عند كلّ منهما.

نتائج الدرس

- تتعرف إلى النظام العالمي للوحدات، وبعض أنظمة وحدات القياس الأخرى.
- توضّح وحدات النظام العالمي الخاصة بقياس كل من الطول، الزمن، الكتلة، ووحدات أخرى.

نشاط تمهيدي

يجمع الطلبة عدداً من المساطر التي بحوزتهم، يتعرفون إلى تدرج أنظمة القياس عليها، ثم يحاولون استنتاج علاقة بين نظامين مختلفين.

فكرة مضيئة

من أبرز إيجابيات النظام العالمي (SI) استخدامه للتعبير عن الكميات الكبيرة جداً والكميات الصغيرة جداً، عن طريق بادئات (Prefixes) تمثل مضاعفات الرقم ١٠، أو أجزاء منه.

استخدمت دول كثيرة منذ مئات السنين أنظمة مختلفة للقياس، أبرزها النظام الهندسي البريطاني (باوند، قدم، ثانية)، والنظام المتري (كيلو غرام، متر، ثانية) الذي عُرف بنظام (mks)، ثم ظهرت مجموعة من الوحدات تعتمد على النظام المتري، وهي: (غرام، سنتيمتر، ثانية)، وقد سُميت هذه المجموعة بنظام (cgs). للمقارنة بين أنظمة القياس المختلفة، نفذ النشاط الآتي:

نشاط (١-٢)

أنظمة القياس والوحدات

هدف النشاط: استقصاء الصعوبات الناجمة عن استخدام أنظمة قياس عدة.

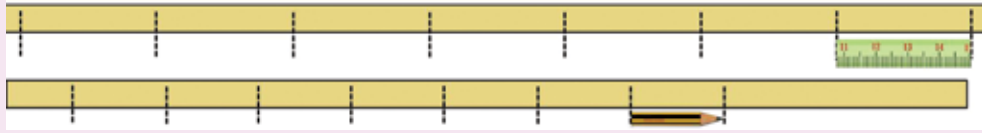
الأدوات: أجسام مختلفة الأطوال (قلم رصاص، مسطرة، ...)، أشرطة ورقية وأقلام تخطيط.

خطوات تنفيذ النشاط:

١- يوزع المعلم الطلبة في مجموعات، ثم تُعطى كل مجموعة قلمًا أو مسطرة خشبية، وشريطًا.

٢- تستخدم المجموعة قلمًا أو مسطرة، وحدة للقياس، وتسميها (س)، أو (ص).

٣- تدرج كل مجموعة الشريط الورقي بوضع علامات ملونة على مسافات متساوية، طول كل منها يساوي وحدة القياس (طول القلم، أو طول المسطرة). انظر الشكل (٤-١).



الشكل (٤-١): نشاط (١-٢)، تدريب الشريط الورقي.

- ٤- تضع كل مجموعة أرقامًا عند العلامات على الشريط الورقي (١، ٢، ٣، ...).
- ٥- تقيس كل مجموعة ارتفاع الطاولة، وارتفاع باب الصف، وأبعادًا أخرى، مستخدمة الشريط الخاص بها، ثم تقرأ النتيجة من التدريب.
- ٦- تكتب المجموعات نتائجها على اللوح، بصورة رقم يتبعه اسم الوحدة (مثل: ٤س، و٦ص)، ثم يُدار نقاش للمقارنة بين الكميات المقاسة، يُجاب خلاله عن الأسئلة الآتية:
 - هل توصلت المجموعات كلها إلى النتيجة ذاتها عند قياس ارتفاع الباب مثلاً؟
 - كيف يمكن التحويل من نظام مجموعة إلى نظام مجموعة أخرى؟
 - ما الصعوبات التي ظهرت في أثناء عمليات التحويل؟

لعلك لاحظت اختلاف نتائج المجموعات، وأدركت الصعوبات التي واجهتك في أثناء مقارنة نتائج القياس، بسبب اختلاف الوحدات. لذا يُفضل استخدام وحدة متفقًا عليها تُسمى الوحدة المعيارية، بحيث لو استخدمها شخصان لقياس الكمية المحددة ذاتها، لتوصلا إلى نتيجة واحدة، بصرف النظر عن مكان وجودهما، وزمن إجراء عملية القياس. وبناءً على ذلك، ظهرت فكرة إيجاد نظام موحد للوحدات، تتفق عليه الجهات جميعها؛ ليسهل على الأفراد والعلماء تبادل المعلومات فيما بينهم.

عقد في باريس عام ١٩٦٠م مؤتمر عالمي للأوزان والمقاييس، اتفق فيه العلماء على اعتماد نظام موحد لوحدات القياس سُمي **النظام العالمي للوحدات** ويشار إليه بالرمز (SI) وتستخدمه الدول جميعها. ولما كانت الكميات الفيزيائية تقسم إلى كميات أساسية، مثل: الطول (Length)، والكتلة (Mass)، والزمن (Time)، ودرجة الحرارة (Temperature)، وكميات مشتقة، مثل: السرعة والقوة والضغط، وغيرها؛ فقد اشتمل النظام العالمي للوحدات على مجموعتين من الوحدات: أساسية، ومشتقة.

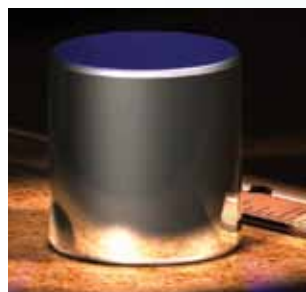
اشتمل النظام العالمي على تعريف دقيق لوحدات القياس الخاصة بسبع كميات فيزيائية أساسية هي: الطول، والكتلة، والزمن، ودرجة الحرارة، والتيار الكهربائي، وكمية المادة، والسطوع. والجدول (٢-١) يوضح الكميات المذكورة ووحدات قياسها، ورمز كل وحدة في النظام العالمي.

الجدول: (٢-١): الكميات الفيزيائية الأساسية، ووحدة قياس كل كمية في النظام العالمي للوحدات، ورمزها.

الكمية الفيزيائية	الوحدة	رمز الوحدة	الكمية الفيزيائية	الوحدة	رمز الوحدة
الطول	متر	م	التيار الكهربائي	أمبير	أ
الكتلة	كيلو غرام	كغ	السطوع	قنديلة	قند
الزمن	ثانية	ث	مقدار المادة	مول	مول
درجة الحرارة	كلفن	ك			

حقيقة علمية

حدّد لكل وحدة قياس معيار خاصّ محفوظ في المكتب العالمي للأوزان في فرنسا.

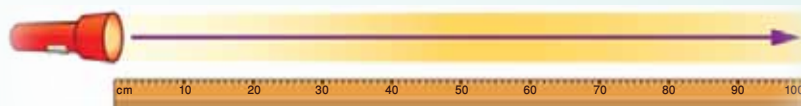


الشكل (١-٥/أ): الكيلو غرام



الشكل (١-٥/ب): المتر.

- يُبين الشكل (١-٥/أ) الكيلو غرام المعياري، وهو اسطوانة تتكوّن من سبيكة (بلاتين - إيريديوم) محفوظة في وعاء زجاجي مغلق.
- المتر المعياري: هو المسافة بين علامتين محفورتين على قضيب (بلاتين - إيريديوم)، محفوظ في درجة الصفر سلسيوس في المكتب ذاته، انظر الشكل (١-٥/ب).
- الثانية المعيارية، هي جزء من ٨٦٤٠٠ جزء من اليوم الشمسي.
- التعريف الحديث للثانية المعيارية هو: الزمن الذي يعادل ٩١٩٢٦٣١٧٧٠ ضعفًا من زمن انبعاث الإشعاع من ذرّة السيزيوم.
- التعريف الحديث للمتر المعياري: هو المسافة في الفراغ التي يقطعها الضوء في جزء من ٢٩٩٧٩٢٤٥٨ جزءاً من الثانية.



الشكل (١-٥/ج): التعريف الحديث للمتر المعياري.

يشتمل النظام العالمي إضافةً إلى الوحدات الأساسية على وحدات مشتقة من الوحدات الأساسية، وهي خاصة بقياس الكميات الفيزيائية المشتقة؛ ولا شك في أنك استخدمت وحدات قياس مثل (م / ث) لقياس السرعة، (م^٣) للحجم، (نيوتن) للقوة، (جول) للطاقة، (فولت) للجهد الكهربائي، وغيرها. وهذه كلها وحدات مشتقة، ويمكن التعبير عنها دائماً بدلالة الوحدات الأساسية، كالتعبير عن وحدة السرعة بدلالة وحدتي الطول والزمن (م / ث). والجدول (١-٣) يوضح بعض الكميات الفيزيائية المشتقة، ووحدات قياسها في النظام العالمي.

الجدول (١-٣): بعض الكميات الفيزيائية المشتقة، ووحدات قياسها الاصطلاحية ورمز كل وحدة في النظام العالمي*

الكمية الفيزيائية	الوحدة الاصطلاحية / الاختصار	دلالة الوحدة في النظام العالمي (SI)
التسارع	م/ث ^٢	م/ث ^٢
الشحنة	كولوم	أمبير . ثانية
التردد	هيرتز	ث ^{-١}
القوة	نيوتن	كغ.م/ث ^٢
الطاقة	جول	كغ.م ^٢ /ث ^٢
القدرة	واط	كغ.م ^٢ /ث ^٣
الضغط	باسكال	كغ/م.ث ^٢

* الجدول ليس للحفظ.

توجد أيضاً وحدات أخرى شائعة الاستعمال في الحياة اليومية، لكنها ليست جزءاً من النظام العالمي للوحدات، مثل: الساعة والدقيقة لقياس الزمن، والتر لقياس الحجم.

يُرمز للنظام العالمي للوحدات بالرمز (SI) مع أن التسمية الإنجليزية للنظام هي (International System of Units)، وذلك لأن الاختصار جاء من التسمية الفرنسية (Système International d'Unités).

اشتقَّ وَحَدَاتِ الكَمِّيَّاتِ الآتِيَةِ بدلالةِ وحداتِ أساسِيَّةٍ من النِّظامِ العَالَمِيِّ للوحداتِ، معتمدًا على العلاقاتِ الرِّياضِيَّةِ لتلك الكَمِّيَّاتِ.

$$\text{الحجم} = \text{الطول} \times \text{العرض} \times \text{الارتفاع}$$

$$\frac{\text{التَّغْيِيرُ فِي السَّرْعَةِ}}{\text{التَّغْيِيرُ فِي الزَّمَنِ}} = \text{التَّسَارُعُ}$$

$$\frac{1}{2} (\text{الكتلة} \times \text{السَّرعَةُ}^2) = \text{الطَّاقَةُ الحَرَكِيَّةُ}$$

الحلُّ

$$\text{وحدة الحجم} = \text{وحدة الطُّول} \times \text{وحدة العرض} \times \text{وحدة الارتفاع}$$

$$= \text{م} \cdot \text{م} \cdot \text{م} = \text{م}^3$$

$$\frac{\text{وحدة الإزاحة}}{\text{وحدة الزَّمن}} = \frac{\text{وحدة السَّرعَةِ}}{\text{وحدة الزَّمن}} = \text{وحدة التسارع}$$

$$= \frac{\frac{\text{م}}{\text{ث}}}{\text{ث}} = \frac{\text{م}}{\text{ث}^2}$$

$$\text{وحدة الطَّاقَةِ الحَرَكِيَّةِ} = \text{وحدة الكُتْلَةِ} \times (\text{وحدة السَّرعَةِ})^2$$

$$= \text{كغ} \cdot (\text{م/ث})^2 = \text{كغ} \cdot \text{م}^2 / \text{ث}^2 = \text{جول}$$



الشكل (١-٦): فِكر.

فِكر

ابحث في كتبِ الفِيزِيَاءِ عن علاقاتٍ رياضيةٍ تساعدُك على اشتقاقِ وحداتِ الكَمِّيَّاتِ الآتِيَةِ، بدلالةِ وحداتِ أساسِيَّةٍ في النِّظامِ العَالَمِيِّ: الوزنُ، وطاقةُ الوضعِ، والحرارةُ التَّوَعِيَّةُ، والدَّفْعُ، والكثافةُ.

تتطلب الكمّيات الفيزيائية مدى واسعاً من القياسات يتراوح بين مقادير صغيرة جداً مثل: سُمك غشاء الخلية الذي يساوي ٠,٠٠٠٠٠٠٠٠٧ متر، ومقادير كبيرة جداً مثل: قطر الأرض الذي يساوي ١٣٠٠٠٠٠٠٠ متر تقريباً، وهو ما يمثل صعوبة في التعامل مع الأرقام والقياسات. لذا، فإن أبرز إيجابيات النّظام العالميّ (SI)، إمكانية استخدامه للتعبير عن الكمّيات الكبيرة جداً، والصغيرة جداً وذلك باستخدام **بادئات (Prefixes)** على صورة مصطلحات أخذت من حروف لاتينية، تمثل مضاعفات الرقم (١٠) أو أجزاء منه. والجدول (٤-١) يوضح تلك البادئات، وعلاقة كل منها بالوحدة الأصلية.

الجدول (٤-١): أهم بادئات النّظام العالميّ للوحدات.

البادئة	الرمز	العامل الأسّي	القيمة
غيغا (giga)	G	٩١٠	ألف مليون ضعف للوحدة الأصلية
ميغا (mega)	M	٦١٠	مليون ضعف للوحدة الأصلية
كيلو (kilo)	k	٣١٠	ألف ضعف للوحدة الأصلية
ديسي (deci)	d	١٠ ^{-١}	جزء من عشرة من الوحدة الأصلية
سنتي (centi)	c	١٠ ^{-٢}	جزء من مئة من الوحدة الأصلية
ملي (milli)	m	١٠ ^{-٣}	جزء من ألف من الوحدة الأصلية
ميكرو (micro)	μ	١٠ ^{-٦}	جزء من مليون من الوحدة الأصلية
نانو (nano)	n	١٠ ^{-٩}	جزء من ألف مليون من الوحدة الأصلية

يمكن الإفادة من البادئات المبيّنة في الجدول في التعبير عن سُمك غشاء الخلية بطريقة سهلة، بالقيمة (٧ نانومتر)، وكذلك عن قطر الأرض بالقيمة (١٣ ميغا متر).

سؤال: عبّر عن سُمك غشاء الخلية بوحدة **ميكرو متر**.

يمكن التعبير عن القياس الواحد بأكثر من طريقة، تُستخدم في كل منها بادئة معينة. والشكل



(٧-١) يبيّن عملية قياس كتلة كمّيّة من السكّر، وتظهر نتيجة القياس على الشاشة الرقمية للميزان بأنها (١٦,٤٣) غراماً، ويمكن استخدام البادئات في التعبير عن هذه القيمة بأشكال عدّة، فهي تساوي (١٦٤٣٠) ملي غرام، وتساوي (٠,٠١٦٤٣) كغ.

عند التعامل مع البادئات يجب مراعاة أمرين، هما: الشكل (٧-١): قياس كتلة عيّنة من السكّر.

١- استخدام **الصورة العلمية (Scientific Notation)** للتعبير عن القياسات، تجنباً لاستخدام عدد كبير من المنازل العشرية، والصورة العلمية هي: كتابة الرقم على الصورة (أ × ١٠^ن)، حيث $1 \leq |A| < 10$ ، ن عدد صحيح (موجب أو سالب).

مثال: كتلة عيّنة السكّر تساوي ١,٦٤٣ × ١٠^٤ ملي غرام، وتساوي ١,٦٤٣ × ١٠^{-٢} كغ.
٢- عند التحويل من أيّة بادئة إلى الوحدة الأصلية، تُضرب القيمة في العامل الأسّي للبادئة، وعند التحويل من الوحدة الأصلية إلى البادئة يُقسم عدد الوحدات الأصلية (القيمة) على العامل الأسّي للبادئة. والأمثلة الآتية توضّح ذلك:

مثال (٢-١)



الشكل (٨-١): مثال (٢-١).

يمكن الاستماع إلى إذاعة عمان FM، بضبط مؤشر المذياع على تردد (99MHz)، انظر الشكل (٨-١). عبّر عن قيمة هذا التردد بوحدّة هيرتز (Hz)، مستخدماً الصورة العلمية.

الحلّ

القيمة المطلوب تحويلها (٩٩ ميغا هيرتز)؛ أي تحويل البادئة (ميغا) إلى الوحدة الأصلية. لذا، نضرب القيمة (٩٩) بالعامل الأسّي للميغا، وهو: (٦١٠).
٩٩ ميغا هيرتز = ٩٩ × ٦١٠ = ٩,٩ × ١٠^٧ هيرتز.

مثال (٣-١)



الشكل (٩-١): جهاز الأميتر.

في تجربة علمية، قاس سامي التيار الكهربائي مستخدماً الأميتر، فحصل على القيمة ٤٢ ملي أمبير، انظر الشكل (٩-١). عبّر عن هذه القيمة بوحدة أمبير، ثم باستخدام البادئة: ميكرو أمبير.

الحل

- (١) للتحويل من بادئة (ملي) إلى وحدة أصلية، نضرب القيمة (٤٢) في العامل الأساسي لبادئة الملي، وهو: (١٠^{-٣}) القيمة بوحدة أمبير = ٤٢ × ١٠^{-٣} = ٤,٢ × ١٠^{-٢} أمبير.
- (٢) للتحويل من الوحدة الأصلية (أمبير) إلى ميكرو، نقسم على العامل الأساسي للميكرو (١٠^{-٦}).

$$\frac{٤,٢ \times ١٠^{-٢}}{١٠^{-٦}} = \text{القيمة بوحدة ميكرو أمبير}$$

$$= ٤,٢ \times ١٠^{-٢} \times ١٠^٦ = ٤١٠ \times \text{ميكرو أمبير.}$$

مثال (٤-١)



الشكل (١٠-١): مثال (٤-١).

لاحظ عمر أن والده يقود المركبة بسرعة عالية، قدرها ١١٧، بناءً على وحدة القياس المبينة في الشكل (١٠-١) احسب مقدار السرعة بوحدات النظام العالمي.

الحل

لاحظ من الشكل أن وحدة القياس هي (km/h)، لذا، تكون قراءة العداد (١١٧ كم/ساعة). وبالرجوع إلى الجدول (٤-١)، فإن البادئة (كيلومتر) = ١٠٠٠ متر.

$$\text{السرعة} = \frac{١١٧ \text{ كم}}{\text{ساعة}} \times \frac{١٠٠٠ \text{ متر}}{١ \text{ كم}} \times \frac{١ \text{ ساعة}}{٣٦٠٠ \text{ ث}} = ٣٢,٥ \text{ م / ث.}$$



الشكل (١١-١): فكر.

اشترى مُزارعٌ مبيدًا ليرشهُ على محصوله،
وقرأ العبارة الآتية المدونة على عبوة المبيد: يضافُ
(١٥) غرامًا لكل (٢٠) لتر ماءٍ. إذا كانت سعةُ الخزانِ
المستخدمِ للرشِّ ٣م١,٢، فاحسبِ الكميّةَ اللازمةَ
بوحدتي الغرام، والكيلو غرام، علمًا بأنَّ ٣م١
= ١٠٠٠ لتر، انظرِ الشَّكل (١١-١).



التكامل مع العلوم الحيّاتيّة

درست في العلوم الحيّاتيّة عن الفيروسات والخليّة
الحية ومكوناتها، ويتعيّنُ عليك أن تتعرّف أطوالَ
هذه المكونات، لتتمكنَ من مقارنتها بكمياتٍ
مألوفةٍ لديك.

الجسم	الطول
سمكُ غشاءِ الخلية	٧ نانومتر
الرايبوسوم	٢٠ نانومتر
فيروسُ الإيدز	١٠٠ نانومتر
الخليةُ العصبيّةُ للإنسان	١ ميكرومتر
البويضةُ عندَ الإنسان	١٠٠ ميكرومتر
بيضةُ النّعامِ	١٢٠ ملي متر

التوسّع

تُستخدم في علومِ الطّيرانِ والملاحةِ
الجويّةِ بعضُ وحداتِ النّظامِ الانجليزيّ
في القياسِ، كتحديدِ ارتفاعِ الطّائرةِ بوحدةِ
القَدَم، وسرعتها بوحدةِ ميل/ساعة. تعرّف
وحداتٍ أخرى في النّظامِ الإنجليزيّ مثل:
وحداتِ قياسِ الكتلة، والوزن، ودرجةِ
الحرارة، ثم ابحثْ في أيِّ مصدرٍ للمعلوماتِ
عن العلاقاتِ الرّياضيّةِ اللازمةِ للتّحويلِ بينِ
النّظامِ الإنجليزيّ والنّظامِ العالميّ للوحداتِ.

مراجعةُ الدّرسِ (٤-١)

- ١- عرّفِ الوحداتِ الأساسيّةِ والوحداتِ المشتقة، واذكرْ أربعةَ أمثلةٍ على كلّ منها.
- ٢- ما الفائدةُ من استخدامِ البادئاتِ في النّظامِ العالميّ؟
- ٣- اكتبِ الأرقامَ الآتيةَ بالصّورةِ العلميّةِ: (٢١٢٠٠٠)، (٠,٠٠٠٤٧)، (٦١١٠٠٠٠).
- ٤- **تفكيرٌ ناقِدٌ:** يستخدمُ مفهومُ السّنةِ الضّوئيّةِ وحدةَ لقياسِ الأبعادِ الفلكيّةِ، وهي تساوي المسافةُ الّتي يقطعُها الضّوءُ في سنةٍ. احسبْ مقدارَ السّنةِ الضّوئيّةِ بالأمتار.

قد تقوم بعملیات قیاس كثيرة في اليوم الواحد، وتستخدم لإجراء كل عملية، الأداة المناسبة؛ كأن تنظر في الصباح الباكر إلى ميزان الحرارة في منزلك، الذي يقيس درجة حرارة الجو، كي تختار اللباس المناسب، أو تنظر إلى ساعتك مرّات عدّة خلال النهار لتسجل قياساً للزمن، أو تنظر إلى الميزان الذي يقيس الكتلة عند شرائك الخضراوات. للمزيد من المعرفة نفذ النشاط التمهيدي المجاور، وسوف تتعرف كيفية استخدام أدوات بسيطة لقياس الطول والزمن والكتلة بدقة ومهارة، وكيف يمكن التقليل من أخطاء القياس.

نتائج الدرس

- تستخدم المسطرة في قياس الأبعاد الصغيرة بدقة.
- تستخدم ساعة الإيقاف في قياس الزمن بدقة.
- تستخدم الميزان الحساس في قياس الكتل الصغيرة بدقة.

نشاط تمهيدي

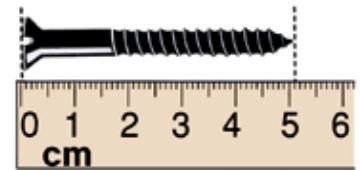
إحضار ميزان وشريط متر في غرفة الأدوات الرياضية، ثم يقوم الطلبة بقياس أطوالهم وكتلتهم، وتقرن النتائج مع الجداول المعيارية لنسبة الطول مع الكتلة.

١-٥-١ المسطرة لقياس الطول

تستعمل المسطرة العادية لقياس الأطوال الصغيرة، فهي مدرجة بالملمترات، والقياس بها يكون إلى أقرب ملي متر، انظر الشكل (١-١٢) الذي يبين كيفية استخدام المسطرة في قياس طول برغي، ملاحظاً ضرورة تطابق أحد طرفيه مع صفر المسطرة. ما طول البرغي؟ هل يمكن القول إن طوله ١٢,٥ سم، أو ١٢,٠ سم؟

فكرة مضبّطة

عند أخذ قراءة أداة القياس يجب النظر عمودياً إلى التدريج، إذ إن النظر غير العمودي يتسبب في الحصول على نتيجة قياس غير صحيحة (خطأ في القياس).



الشكل (١-١٢): استخدام المسطرة في القياس.

٢-٥-١ ساعة الإيقاف لقياس الزمن

توجد أشكال كثيرة لساعة الإيقاف؛ منها: الساعة الميكانيكية ذات العقرب، والساعة الإلكترونية الرقمية، التي تتميز بإمكانية تشغيلها، وإيقافها بدقة، ثم إعادتها إلى وضع الصفر؛ بالضغط



على أزرارٍ خاصة، وتستخدم لقياسِ الفتراتِ الزمنية القصيرة. ويبيّن الشكل (١-١٣) ساعة إيقاف رقمية، تظهر في شاشتها أرقامًا تمثل قياسَ الزمنِ بدقةٍ تساوي جزءًا من مئة من الثانية (٠,٠١ ث). هل يمكنك قراءة الزمن الذي تقيسه هذه الساعة؟

الشكل (١-١٣): ساعة إيقاف رقمية.

٣-٥-١ الميزان الحساس لقياس الكتلة

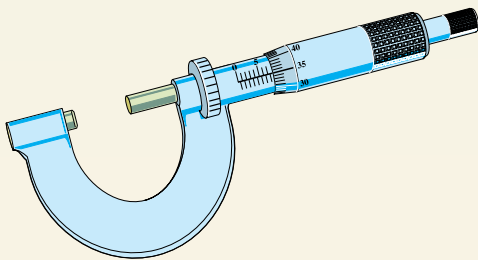


تستعمل لقياس الكتلة موازين خاصة بأشكال مختلفة، إذ يختلف بعضها عن بعض في الدقة وفي مقدار الكتلة التي يقيسها؛ إذ توجد موازين كبيرة، تقيس عشرات آلاف الكيلو غرامات، كالتي تضعها وزارة الأشغال في الأردن على الطرق، لضبط حمولات الشاحنات، حفاظًا على سلامة الطرق. وهناك الموازين العادية التي تستعمل في المحال التجارية، فضلًا عن الميزان الحساس الذي يقيس كتلًا صغيرة

الشكل (١-١٤): ميزان رقمي حساس.

لا تزيد على بضعة كيلو غرامات، الذي يتميز بدقته الكبيرة، وهناك أيضاً الميزان الميكانيكي ذو المؤشر، والميزان الإلكتروني الرقمي، انظر الشكل (١-١٤)، الذي تبلغ دقته في القياس سنتي غرام؛ أي جزءًا من مئة من الغرام.

الفيزياء والتكنولوجيا

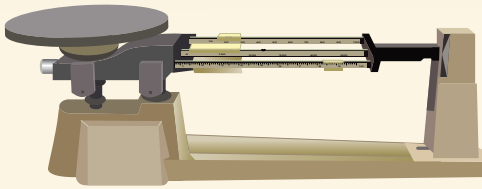


الشكل (١-١٥): أداة الميكرومتر.

توجد أدوات أخرى لقياس الأطوال الصغيرة، وهي أكثر دقة من المسطرة، مثل: القدم ذات الورنيّة التي تستخدم للقياس بدقة جزء من عشرة من المليمتر، وأداة الميكرومتر التي تقيس بدقة ٠,٠١ مليمتر، انظر الشكل (١-١٥).



الشكل (١٦-١): عداد إلكتروني.



الشكل (١٧-١): ميزان ثلاثي الأذرع.

تُوجد أيضًا أدوات أخرى لقياس الزمن، منها: جرس التوقيت (Ticker Timer) الذي يُستعمل لقياس زمن الحركة بدقة (٠,٠٢ ث) ويعمل على رسم نقاط على شريط ورقي خاص. والعداد الإلكتروني (Digitimer) الذي يُوصل ببوابات ضوئية تعمل مجسات لمرور الأجسام خلالها، وترسل إشارة التشغيل والإيقاف للعداد عن طريق أسلاك التوصيل. يمتاز هذا الجهاز بدقة قياسه التي تصل إلى (٠,٠٠١ ث)، انظر الشكل (١٦-١). والميزان الثلاثي الأذرع، الذي تقاس به الكتل الصغيرة، له ثلاثة أذرع، تتحرك على كل ذراع كتلة قياس محددة. وتؤخذ قراءة الميزان بجمع القراءات الثلاث على الأذرع، التي يحددها موقع كتلة القياس المتحركة. انظر الشكل (١٧-١)، يستخدم هذا الميزان عادةً في المختبر.

وحتى تتمكن من استخدام الأدوات بصورة صحيحة، وإتقان مهارة القياس، والتقليل من نسبة الخطأ، نفذ النشاط الآتي:

نشاط (١-٣)

إيجاد كثافة الحديد

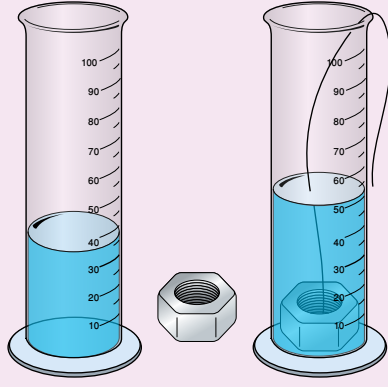
هدف النشاط: استخدام أدوات القياس بمهارة، ورصد مصادر الخطأ في أثناء قياس كتلة قطعة من الحديد غير منتظمة الشكل، وقياس حجمها.

ملحوظة: تحسب كثافة الحديد من العلاقة: الكثافة = $\frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$

الأدوات: ميزان ثلاثي الأذرع، أو ميزان رقمي، مخبر مدرّج، وقطعة من الحديد.

خطوات تنفيذ النشاط:

أولاً: قياس كتلة قطعة الحديد



الشكل (١٨-١): نشاط (٣-١).

- ١- تأكد من وضع الميزان على سطح أفقي.
- ٢- ضع قطعة الحديد على كفة الميزان، ثم دوّن القراءة.

٣- دوّن النتائج في جدولٍ مُماثلٍ للجدول (١-٥).

ثانياً: قياس حجم قطعة الحديد

- ١- ضع كميّة من الماء في المخبر المدرّج، ثم اجعل نظرك في مستوى سطح الماء، ولاحظ تدريج المخبر الأقرب لمركز تقعر سطح الماء، ودوّن النتيجة في الجدول.

- ٢- أدخل قطعة الحديد بلطف في المخبر المدرّج، ولاحظ تدريج المخبر، ثم دوّن النتيجة في الجدول.

٣- احسب حجم القطعة (الفرق بين قراءتي المخبر)

ثالثاً: احسب كثافة قطعة الحديد، ثم قارن نتيجتك بكثافة

الحديد المعروفة: 7.86×10^3 كغم / م^٣

- هل كانت النتيجة التي توصلت إليها مساوية لهذه القيمة؟ بماذا تفسّر الاختلاف إن وجد؟



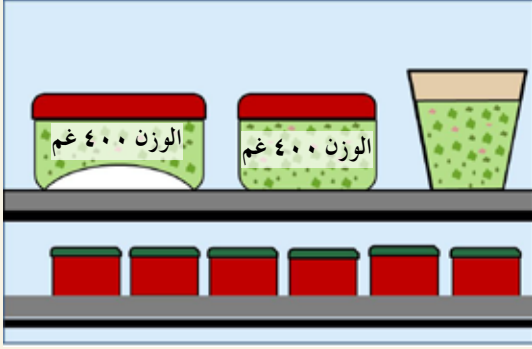
تفكير إبداعي



الشكل (١٩-١): تفكير إبداعي.

صمّم نشاطاً تحسب فيه كثافة زيت الزيتون، انظر الشكل (١٩-١)، مبيّن الأدوات التي قد تلزمك، والخطوات التي ستبناها، وتوقع مصادر الخطأ المحتملة في أثناء عمليّات القياس.

الفيزياء والمجتمع



الشكل (٢٠-١): الفيزياء والمجتمع.

تنويه: يُكتب على العبوات الاستهلاكية (الوزن... غ)، علمًا بأن (غ) وحدة لقياس الكتلة، وليست للوزن. ما العلاقة بين الكتلة والوزن؟



الشكل (٢١-١): الفيزياء والمجتمع.

١- اختار أحمد إحدى العبوات الغذائية، من المتجر لكبر حجمها، وحين وصل إلى البيت، فوجئ بأن كتلتها لا تختلف عن كتل العبوات الأخرى الأصغر منها حجمًا، فقد تبين له أنّ قاعدة العبوة مقعرة نحو الداخل، انظر الشكل (٢٠-١)، بحيث يخيل للمستهلك أنّ المادة الغذائية فيها أكثر ممّا في العبوات الأخرى، ما رأيك في طريقة التسويق هذه؟

٢- اشترى أحمد ٢٠٠ غم قهوة، وراقب البائع في أثناء توزينها، انظر الشكل (٢١-١)، ولما عاد إلى البيت، أخبر والده بما شاهده، فطرح عليه والده الأسئلة الآتية:

- أ - كم كانت قراءة الميزان في أثناء عملية التوزين؟
- ب - كم كانت قراءة الميزان بعد عملية التوزين؟
- ج - ما كتلة القهوة التي وُزنت؟

ساعد زميلك أحمد في إجابات هذه الأسئلة. ثم عبّر عن رأيك في تصرف البائع. إذ أنّ بعض البائعين يتلاعبون بأدوات القياس في أثناء عمليات البيع والشراء، وذلك لعدم معائرتهم هذه الأدوات

- اذكر الآية القرآنية الكريمة التي تحرّم التلاعب بالموازين.



جهاز المحطة المتكاملة



الشكل (١-٢٢): التكامل مع الهندسة.

يحرص المهندسون والمساحون على القيام بقياسات دقيقة عند فتح الطرق وإنشاء البنيات وقياس مساحات الأراضي، ويثبتون تلك القياسات على أرض الواقع، وقد استخدم لذلك قديمًا الشريط المترى، واستخدمت أدوات بسيطة أخرى لتحديد الاستقامة. أما في العصر الحديث فتستخدم أجهزة حديثة متطورة، منها جهاز المحطة المتكاملة (Total Station)، انظر الشكل (١-٢٢). إذ جاء هذا الجهاز نتيجة لتطورات متلاحقة في مجالات علم الفيزياء، الذي يمكن المساح من قياس المسافة بين نقطتين إلى اقرب سنتيمتر.

يعمل هذا الجهاز على إرسال موجة كهرومغناطيسية من المحطة (النقطة الأولى)، تصل إلى العاكس (النقطة الثانية)، ثم ترتد إلى المحطة. وبمعرفة سرعة الضوء، وزمن ارتداد الموجة تُعرف المسافة بين النقطتين بدقة، ويمكن كذلك قياس الزوايا بدقة كبيرة باستخدام هذا الجهاز.

التوسع

قد يتعرض الإنسان للإشعاعات النووية في مواقف حياتية كثيرة، فقائد الطائرة يتعرض لجرات كبيرة من الإشعاع في أثناء عمله لفترات زمنية طويلة في الجو على ارتفاعات عالية، والمريض والطبيب يتعرضان لمثل ذلك في المستشفيات، وكذلك العاملون في مجال تشغيل المفاعلات النووية وصيانتها يتعرضون لأنواع خطيرة من الإشعاعات. ابحث في المراجع المختلفة للتعرف إلى الأجهزة المستخدمة في قياس كمية الإشعاع، وإلى أسماء وحدات قياس الإشعاع.

مراجعة الدرس (١-٥)

- ١- ما أصغر تدريج يظهر على المسطرة العادية التي تستخدمها؟
- ٢- ما وظيفة البوابتين الضوئيتين في العداد الإلكتروني؟ وما أهميته ذلك في قياس الزمن؟
- ٣- قاس معلم التربية الرياضية كتل عدد من الطلبة، لكن كثيرين منهم أخبروه بأن كتلهم تقل عن ذلك القياس بمقدار ٣ كغ. ما المشكلة المتوقعة في عملية القياس تلك؟ كيف يمكن حلها؟
- ٤- **تفكير ناقد:** استخدم علي ساعة إيقاف رقمية وقاس بها الزمن الفاصل بين سماعه صوت الرعد ورويته للبرق، وأعاد المحاولة ثلاث مرات، فلاحظ أن الزمن يقل في كل مرة بقدر ملحوظ. ما التفسيرات المختلفة المحتملة لما حدث؟

مشروع ١

تصميم (هيدروميتر) لقياس الكثافة

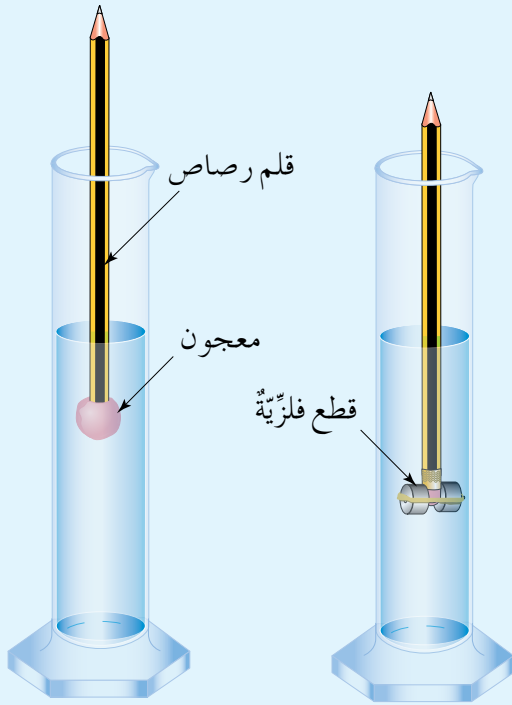
فكرة المشروع

تعلمت سابقاً كيفية حساب كثافة سائل ما، عن طريق قياس الحجم والكتلة لعينة من السائل، لكن هناك طريقة مباشرة لقياس كثافة السوائل، يُستخدم فيها جهاز خاص يُسمى الهيدروميتر؛ ويتكوّن من انتفاخ زجاجي مدرّج من الأعلى إلى الأسفل، وفي أسفل الانتفاخ ثقل فلزيّ يجعله في وضع قائم عند وضعه في السائل، فيقرأ التدرّج الملامس لسطح السائل. والمطلوب منك عزيزي الطّالب تصميم نموذج هيدروميتر بسيط، يستخدم عملياً في قياس كثافة سائل.

الخطة

ضع فرضية تتعلّق بتصميم نموذج هيدروميتر، قد يتكوّن من قضيب خشبيّ أو بلاستيكيّ، يثبت في أسفله ثقل مناسب، ويرسم عليه تدرّج. وتقتضي الفرضية توضيح آلية عمل النموذج في قياس الكثافة.

يجب اتّفاق أعضاء المجموعة على الفرضية، ثمّ يرسم أعضاء المجموعة مخططاً للتصميم، يوضّحون فيه طريقة صنع الهيدروميتر، وإجراءات الاختبار وتقييم العمل. يُحضّر أعضاء المجموعة قائمة بالموادّ والأدوات اللازمة لصنع النموذج، مع مراعاة طفو النموذج في الماء بصورة رأسيّة؛ كما في الشكل (١-٢٣). ومن الأدوات المقترحة:



الشكل (١-٢٣): الهيدروميتر.

قلم رصاص، أو أنبوب بلاستيكيّ لقلم حبر مستعمل، وقطعة معجون أطفال، وقطع براغ صغيرة، وقطارة مطاطيّة.

مشروع ١

الإجراءات

- ١ - ثبت ثقلاً مناسباً في الطرف السفلي لقلم الرصاص.
- ٢ - ضع الجهاز في الماء بحيث يتزن بصورة رأسيّة ويكون طرفه العلويّ ظاهراً فوق الماء.
- ٣ - ضع علامةً على قلم الرصاص عند مستوى سطح الماء.
- ٤ - ضع الجهاز في سائلٍ آخر معلوم الكثافة، وضع علامةً على القلم عند مستوى السائل.
- ٥ - قُم بتدريج الجهاز معتمداً على العلامتين السابقتين.

مناقشة النتائج

- ما مبدأ عمل الجهاز؟
- ما استخدامات الجهاز العمليّة؟
- كيف يمكن صنع نموذج مطوّر من هذا الجهاز؟
- ما المعوقات التي واجهت المجموعة عند التنفيذ؟

التقويم الذاتي

الرقم	المعيار	نعم	لا
١	تمكنت من التعبير عن فكرة المشروع بدقّة ووضوح.		
٢	صغتُ فرضيّة تتعلّق بطريقة عمل النموذج.		
٣	وضعتُ خطة مناسبة لتنفيذ التصميم.		
٤	ركّبتُ الجهاز وجربته عمليّاً.		
٥	تواصلتُ مع معلّمي في أثناء تنفيذ المشروع.		
٦	راعيتُ إجراءات السلامة العامّة في أثناء العمل.		
٧	رصدتُ معوقات العمل وعملتُ على تحسينه.		
٨	تعاونتُ مع زملائي، واحترمتُ آراءهم في أثناء العمل.		
٩	استطعتُ الحكم على دقّة النتائج التي توصلتُ إليها.		
١٠	أنجزتُ المشروع وفق الخطّة الزمنيّة المحدّدة.		

أسئلة الفصل الأول

الجزء الأول: أسئلة قصيرة الإجابة

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

(١) من أنماط المعرفة العلمية:

أ - الملاحظة. ب - التفسير. ج - المبدأ. د - التواصل.

(٢) إن العبارة «كثافة المادة هي كتلة وحدة الحجوم من المادة» تمثل أحد الأنماط المعرفية الآتية:

أ - قانون. ب - مفهوم. ج - حقيقة. د - مبدأ.

(٣) من الموضوعات التي يركّز عليها علم الفيزياء:

أ - الضوء. ب - الخلية الحية. ج - الأحافير. د - التأكسد.

(٤) عملية المقارنة بين كتلة شخص وكتلة (١) كيلو غرام، تدعى:

أ - الدقة. ب - التقدير. ج - القياس. د - المعايرة.

(٥) تُستعمل البادئات للتعبير عن:

أ - أجزاء الوحدة. ب - مضاعفات الوحدة.

ج - الوحدات المشتقة فقط. د - أجزاء الوحدة ومضاعفاتها.

(٦) يكون القياس علميًا، إذا تضمّنت النتيجة:

أ - رقمًا فقط. ب - وحدة فقط. ج - رقمًا ووحدة. د - رقمًا وأداة.

(٧) من وحدات القياس في النظام العالمي للوحدات (SI)

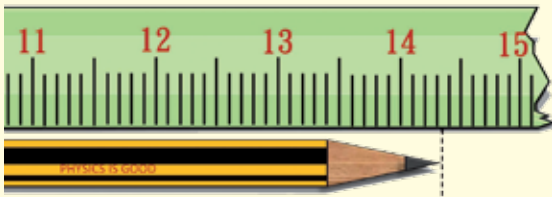
أ - المتر. ب - اللتر. ج - الساعة. د - الرطل.

(٨) باستخدام المسطرة الظاهرة في الشكل (١-٢٤)، يكون قياس طول القلم بوحدة

السنتيمتر، هو:

أ - ١٤,٤ ب - ١٤,٣

ج - ١٤,٣٢ د - ١٤,٣٠



الشكل (١-٢٤): السؤال الأول، الفقرة الثامنة.

- ٢- أعطِ مثالين على كلٍّ من أنماط المعرفة الآتية: حقيقة علمية، مفهوم علمي، مبدأ علمي، قانون.
- ٣- ما الطريقة (المهارة) العلمية التي يمكنُ بها التوصلُ إلى كلٍّ من أنماط المعرفة الآتية:
- أ - ينعكس الضوء عن الشطوح المصقولة. ب - يدورُ حول كوكب المريخ قمران.
- ج - درجة حرارة سطح الشمس 6000°C د - الضغط الجوي في مدينة ما، يساوي ٧٥ سم زئبق.



الشكل (١-٢٥): السؤال الرابع.

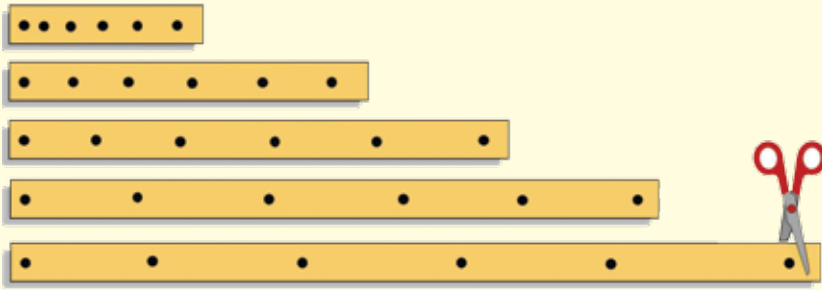
- ٤- اقرأ النص الآتي، ثم استخلص منه ثلاثاً من مهارات العلم: اشترى أحمد بطاريتين؛ إحداهما كبيرة من حجم (D)، والأخرى صغيرة من حجم (AA)، انظر الشكل (١-٢٥). وقد توقع أن تكون الإضاءة الناتجة عن البطارية (D) أقوى، إلا أنه حين استخدمهما في إضاءة مصباحين متماثلين، وجد أن إضاءة المصباحين متماثلة. وللتأكد من ذلك، قاس جهد كلٍّ من البطاريتين فوجده ١,٥ فولت.

الجزء الثاني: أسئلة حسابية

- ٥- حوّل الكميات الآتية من الوحدة المقيسة بها إلى الوحدة المقابلة لكلٍّ منها:
- أ - ١٢ ميكرو أمبير إلى أمبير
- ب - ٧٢ كم / ساعة إلى م/ث
- ج - ١٦,٥ لترًا إلى متر مكعب.
- د - ٧٠ نانومتر إلى متر
- ٦- عبّر عن الأرقام الآتية بالصورة العلمية:
- أ - سرعة الضوء تقريباً ٢٩٩٧٩٠٠٠٠ م/ث
- ب - قطر ذرة الهيدروجين يُقدّر بنحو ١,٠٠٠٠٠٠٠٠٠ متر.
- ج - السنة تساوي ٣١٥٣٦٠٠٠ ثانية.
- ٧- شاحنة حمولتها القصوى ٧,٥ طن كم كيس سكر يمكنُ تحميلها بأمان، علماً بأن كتلة الكيس الواحد ٢,٥ × ٣١٠ غ؟

٨ - أكمل الجدول الآتي بكتابة اسم أداة القياس المناسبة ووحدة القياس.

الكمية المقاسة	أداة القياس المناسبة	وحدة القياس المناسبة
زمن سقوط جسم من حافة الطاولة إلى الأرض.	عداد إلكتروني	
قطر سلك نحاسي رفيع.		
أعماق البحار والمحيطات.		متر
سرعة سيارة رصدتها دورية مرور.		
كتلة شاحنة محملة.		



الشكل (١-٢٦): السؤال التاسع.

٩ - أجرى أحمد تجربة لقياس

زمن الحركة باستخدام

جرس التوقيت، وقام

بتقسيم الشريط الورقي

وقطعه إلى خمسة

أجزاء، كما في الشكل

(١-٢٦)، فإذا كان الزمن لكل مسافة بينية (بين نقطتين) ٠,٠٢ ثانية. أجب عما يأتي:

أ - ما مقدار الفترة الزمنية لكل قطعة من الشريط (٥ مسافات بينية)؟

ب - ما مقدار الإزاحة التي قطعها الجسم لكل قطعة من الشريط؟

ج - نظم جدولاً يتضمن قيم المتغيرين؛ الزمن والإزاحة، ثم مثله بيانياً.

١٠ - **تفكير ناقذ:** يُستعمل جرس التوقيت في قياس الزمن برسم نقاط على شريط ورقي، ويكون

الفاصل الزمني بين كل نقطتين مساوياً للزمن الدوري للجرس (٠,٠٢ ث). ما علاقة ذلك

بتردد الكهرباء المعمول به في الأردن، وهو (٥٠ هرتز)؟

الْوَحْدَةُ الثَّانِيَّةُ

الميكانيكا

MECHANICS

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

هل يمكن سائق الشاحنة من إيقافها في المكان المحدد، كما
يفعل سائق السيارة الصغيرة؟

عندما يلاحظ السائق جسمًا على الطريق، وينوي إيقاف الشاحنة، ما
الأمور التي تعتمد عليها مسافة التوقف؟

ما الموضوعات الفيزيائية التي تقترح أن تقوِّم مراكز التدريب بتدريسها
للسائقين؟

الحركة

Motion



١-٢ الحركة في خطٍ مستقيمٍ بسرعة ثابتة

٢-٢ الحركة في خطٍ مستقيمٍ بتسارع ثابت

٣-٢ معادلات الحركة بتسارع ثابت

٤-٢ السقوط الحر للأجسام

الأهمية

عندما تذهب لاستقبال صديق أو قريب في المطار، تكون على علم بموعد وصول طائرته. إن معرفتنا بالمفاهيم المرتبطة بالحركة؛ كالمسافة والسرعة والزمن، تساعدنا في تحديد ذلك الموعد بدقة.

يستخدم جهاز يُسمى ستروبوسكوب (Stroboscope) للمساعدة على التقاط صور متتالية لجسم واحد أثناء حركته، وتظهر في الأعلى مجموعة صور متتالية لكرة أسقطت من رافعة، وما يميز هذه الصور أن الفترات الزمنية التي تفصل بين كل صورة وأخرى متساوية.

لاحظ أن حركة الكرة للأسفل تحت تأثير الجاذبية الأرضية، جعلتها تقطع مسافات غير متساوية في أزمان متساوية.

فكر: ما الذي تتوقعه حول سرعة الكرة؟ هل هي ثابتة المقدار أم الاتجاه؟ أم أنها تتغير في أي منهما؟

كيف تتحرك الأشياء؟

إذا نظرت حولك فإنك تشاهد أشياء كثيرة تتحرك كالسيارة التي تسير على الطريق والكرة التي تنطلق في الملعب عند ركلها، والشَّهَب التي تتحرك في السماء . ولا بد أن تتذكر جيداً مفهوم الحركة، التي تُعرَّف بأنها تغير في موقع الجسم خلال فترة من الزمن، فالأجسام جميعها تغير مواقعها مع الزمن حين تتحرك، وللحركة أشكال عدة؛ فقد تكون في خطٍ مستقيم، أو حركة دائرية، أو على صورة اهتزاز.

بعد دراستك هذا الفصل، يُتوقع منك أن:

- ◀ توضيح المقصود بكل من: الموقع، والإزاحة، والسرعة، والتسارع.
- ◀ تصف حركة جسم في خطٍ مستقيم بتسارع ثابت وتعبّر عنها رياضياً.
- ◀ تطبق العلاقات الرياضية للحركة في بُعد واحد على أجسام تتحرك أفقياً، وأجسام تتحرك رأسياً حركة حرة في مجال الجاذبية الأرضية.
- ◀ تمثل بيانياً علاقات كل من الموقع، والسرعة مع الزمن.
- ◀ تدرس العلاقات البيانية لكل من الإزاحة، والسرعة مع الزمن وتحللها.
- ◀ تجري تجارب عملية لحساب كميات مختلفة تتعلق بالحركة.
- ◀ تظهر وعياً بأهمية الالتزام بقواعد المرور للمحافظة على السلامة العامة.

من بين أشكال الحركة المختلفة التي وردت في مقدمة الفصل، سنقتصرُ دراستنا على موضوع الحركة في خطٍ مستقيمٍ بسرعةٍ ثابتةٍ، موضّحين ذلك بأمثلةٍ لأجسام تتحرك أفقيًا. تعرّف الحركة بأنها تغيُّر في موقع الجسم مع الزمن. يمكن التعبير عن حركة الجسم بالتقاطٍ سلسلةٍ من الصُّور المتتالية التي تُظهر مواقع هذا الجسم في فتراتٍ زمنيةٍ متساويةٍ، ثم تمثيلها بما يعرف بمخطط الحركة.

يبيّن مخطط الحركة في الشكل (١-٢) درّاجة نارية تتحرّك جهة اليمين، في مسارٍ أفقيٍّ مستقيم، لذلك توصف حركتها بأنها حركة خطيّة أفقيّة. يُستفاد من مخطط الحركة في تعرّف **موقع الجسم (Position)** عند كل لحظة زمنيةٍ من لحظات حركته. وكما تعلم؛ فإنّ تحديد موقع الجسم يتطلب تحديد **نقطة إسناد مرجعية (Reference point)**، نستند إليها في تحديد الموقع، وفي حال اعتبرنا العلامة الحمراء نقطة الإسناد في الشكل؛ وحددنا الاتجاه نحو اليمين أن يكون هو **الاتجاه الموجب**؛ فإنه يمكننا تحديد موقع الدّراجة عند أيّة لحظةٍ، معتمدين على نقطة الإسناد وعلى اتجاه الحركة. فنلاحظ من الشكل أن موقع الدّراجة عند اللحظة (ز = ١ ث) يكون على بُعد (٥ م) من نقطة الإسناد، وإلى جهة

نتائج الدّرس

- توضّح المقصود بالموقع، والإزاحة، والسرعة.
- تصف حركة جسم في خطٍ مستقيمٍ بسرعةٍ ثابتةٍ، وتعبّر عنها رياضيًا.
- تمثل بيانيًا العلاقات بين المفاهيم المختلفة للسرعة الثابتة.
- تحل مسائل حسابية باستخدام قانون السرعة.

نشاط تمهيديّ

قف عند مدخل غرفة الصف، وسرّ مسافة ١٢ بلاطة نحو الداخل، ثم عدّ إلى الخلف نحو الباب مسافة ٥ بلاطات وقف. ثم قارن بين المسافة والإزاحة.

فكرة مضيئة

عندما تحدّد موقع بيتك لصديقك يتمّ ذلك بذكر المرجع، ثم البعد، ثم الاتجاه؛ فتقول منزلي يبعد عن المدرسة مسافة ٣٠٠ م باتجاه الشمال.

اليمين منها؛ أي إنّ الموقع هو (س_١ = ٥ م). يمكن أيضًا استخدام مخطط الحركة لحساب **الإزاحة (Displacement)** التي يقطعها الجسم خلال فترة زمنيةٍ محدّدةٍ، وتعرّف الإزاحة بأنها التغيُّر الذي يحدث في موقع الجسم، وسنرمز لها بالرمز (Δs).

وتحسب الإزاحة باستخدام العلاقة الرياضية الآتية:

$$\Delta s = s_2 - s_1$$



الشكل (٢-١): المخطط الحر لحركة دراجة.

حيث ترمز (س_٢) إلى الموقع الثاني، وترمز (س_١) إلى الموقع الأول للجسم، ويكون للإزاحة اتجاه يعتمد على هذين الموقعين؛ وعليه فإن إزاحة الدراجة عند انتقالها من الموقع المحاذي للإشارة الضوئية إلى الموقع المحاذي للعلامة الزرقاء، هي:

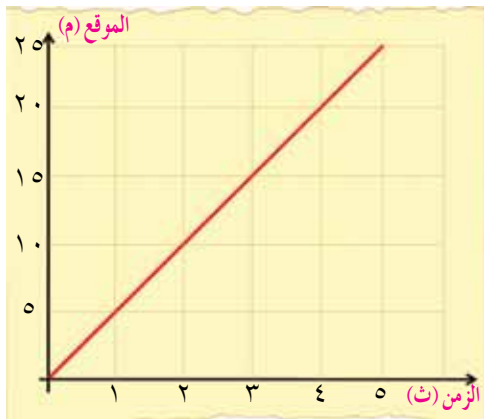
$$\Delta s = s_2 - s_1$$

$$\Delta s = 5 - 25 = 20 \text{ م نحو اليمين.}$$

وناتج قسمة الإزاحة على الزمن يمثل **السرعة المتجهة المتوسطة (Velocity)**، وهي الإزاحة التي يقطعها الجسم في وحدة الزمن. بينما يمثل ناتج قسمة المسافة على الزمن **السرعة القياسية المتوسطة (Speed)**، وهي المسافة التي يقطعها الجسم في وحدة الزمن، والسرعة المتجهة لها مقدار واتجاه مثل الإزاحة، بينما لا يكون للسرعة القياسية اتجاه.

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$$

في حين أن السرعة القياسية: $v = \frac{f}{z}$



الشكل (٢-٢): حركة الدراجة في خط مستقيم.

يمكن تمثيل السرعة المتجهة بيانياً، برسم العلاقة بين كميتين فيزيائيتين، هما: الموقع، وزمن الحركة، كما يبين الشكل (٢-٢)، وتعرف هذه العلاقة بمنحنى (الموقع - الزمن). تأمل الشكل، ستجد أن منحنى العلاقة ما هو إلا خط مستقيم، وقد تعلمت أن للخط المستقيم

ميلًا ثابتًا يحسب من العلاقة الرياضية الآتية:

$$\frac{\Delta \text{ص}}{\Delta \text{س}} = \text{الميل}$$

وبما أن الموقع (س) ممثّل على محورِ الصاداتِ، والزمن (ز) ممثّل على محورِ السّيناتِ، فإنّ العلاقة تمثّل بالمعادلة الآتية:

$$\text{الميل} = \frac{\Delta \text{س}}{\Delta \text{ز}} = \frac{\text{س}_1 - \text{س}_2}{\text{ز}_1 - \text{ز}_2} = \frac{10 - 20}{2 - 4} = 5$$

لاحظ أن وحدة الميل هي (م/ث)، وهذه الوحدة - كما تعلم - وحدة قياس السرعة، فالميل هنا يمثّل السرعة خلال فترة محددة من الزمن؛ أي **السرعة المتوسطة (Average Velocity)** للدراجة، ويُرمزُ إليها بالرمز (ع) وتُعطى بالعلاقة الآتية:

$$\text{السرعة المتوسطة : } (\bar{ع}) = \text{الميل}$$

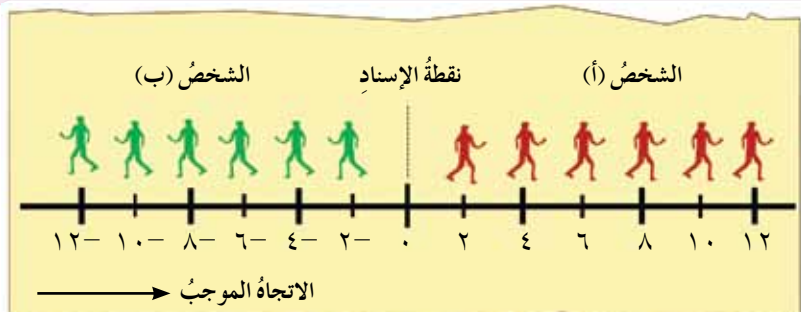
وبما أن منحنى (الموقع - الزمن) لهذه الدراجة خطّ مستقيم، فإن ميله ثابت، وسرعة الدراجة ثابتة؛ أي **إنّ الجسم يقطع إزاحات متساوية في فترات زمنية متساوية**. ولعلّك لاحظت عند حسابك الميل أن إشارته موجبة، فما الذي يعنيه ذلك؟ وهل يمكن أن تكون إشارة الميل سالبة؟ للإجابة نفد النشاط الآتي:

نشاط (٢-١)

الإشارة الموجبة والإشارة السالبة للسرعة

هدف النشاط: تمثيل حركة شخصين يتحرّكان باتجاهين متعاكسين بيانيًا.

انطلق شخصان (أ، ب) من حالة السكون ومن نقطة الإسناد ومن نقطة الإسناد نفسها، ورُصدت حركة كلا الشخصين مدّة (٦) ث، فلو حظ أن الشخص (أ) تحرّك نحو اليمين، والشخص (ب) تحرّك نحو اليسار. ويبيّن الشكل (٢-٣) المواقع التي يظهر فيها الشخصان عند كلّ ثانية.



الشكل (٢-٣): مخطط الحركة لشخصين يتحرّكان باتجاهين متعاكسين.

خطوات تنفيذ النشاط:

- ١- مثل بيانيًا منحني (الموقع - الزمن) للشخص (أ)، وميزه بكتابة الرمز (أ).
- ٢- مثل منحني (الموقع - الزمن) للشخص (ب) على الشكل البياني نفسه.
معتمدًا على الرسم البياني، أجب عما يأتي:
- جد ميل كل منحني، ثم احسب منه سرعة كلا الشخصين.
- هل يمكن أن تكون السرعة سالبة؟ علام يدل ذلك؟

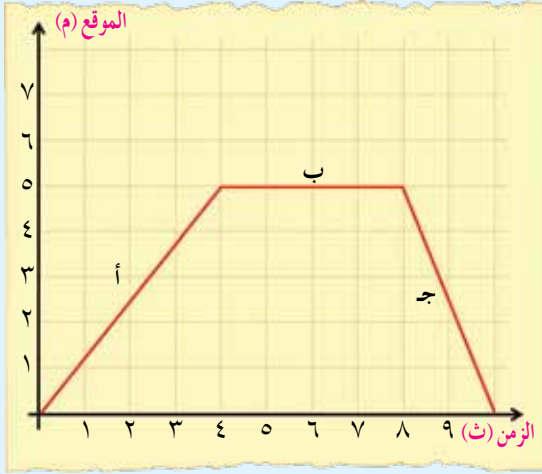
إن ميل الخط المستقيم لمنحني (الموقع - الزمن) قد يكون موجبًا أو سالبًا، وتدُلُّ إشارة الميل على اتجاه السرعة. فإذا تحدّثنا عن أجسام تتحرّك أفقيًا، واعتبرنا أنّ الاتجاه نحو اليمين هو الموجب، فإنّ الإشارة الموجبة للميل أو السرعة تدلُّ على أنّ الحركة كانت إلى جهة اليمين، أمّا الإشارة السالبة للميل أو السرعة، فتدلُّ على أنّ الحركة كانت جهة اليسار.

مثال (٢-١)

- تحرّك جسم نقطي على خطّ الأعداد منطلقًا من الصفر باتجاه اليمين فوصل الموقع ٣ م، ثم عاد إلى اليسار فوصل الموقع -٥ م. إذا كان زمن الحركة الكلي ١٠ ث، احسب:
- ١- المسافة التي قطعها الجسم، والسرعة القياسية المتوسطة (غير المتجهة).
 - ٢- الإزاحة التي قطعها الجسم، والسرعة المتجهة المتوسطة.

الحل

- (١) المسافة الكلية: $ف = ف_١ + ف_٢ = ٣ + ٨ = ١١ م$.
- السرعة القياسية المتوسطة: $ع = \frac{ف}{ز} = \frac{١١}{١٠} = ١,١ م/ث$.
- (٢) الإزاحة: $\Delta س = س_٢ - س_١ = (-٥) - (٣) = -٨ م$
- السرعة المتجهة المتوسطة: $ع = \frac{\Delta س}{\Delta ز} = \frac{-٨}{١٠} = -٠,٨ م/ث$



الشكل (٢-٤): المثال (٢-٢): منحني (الموقع - الزمن) للطالب خالد.

يبين الشكل (٢-٤) منحنى (الموقع - الزمن) للطالب خالد، الذي انطلق من منزله بخط مستقيم نحو المدرسة، وتذكر في أثناء سيره أنه نسي كتابه، فتوقف فترة من الزمن ليبحث عنه في حقيبته، فلم يجده فعاد مسرعاً إلى المنزل. مستعيناً بالرسم البياني الظاهر في الشكل (٢-٤)، احسب السرعة المتوسطة لخالد خلال المراحل الزمنية المشار إليها بالرموز: أ، ب، ج.

الحل

سرعة خالد المتوسطة خلال المرحلة (أ) تساوي ميل المنحنى في المرحلة (أ):

$$ع أ = \frac{\Delta \text{س}}{\Delta \text{ز}} = \frac{5 - 0}{4 - 0} = \frac{5}{4} = 1,25 \text{ م/ث}$$

سرعة خالد المتوسطة خلال المرحلة (ب) تساوي ميل المنحنى في المرحلة (ب):

$$ع ب = \frac{\Delta \text{س}}{\Delta \text{ز}} = \frac{5 - 5}{8 - 4} = \frac{0}{4} = 0 \text{ م/ث}$$

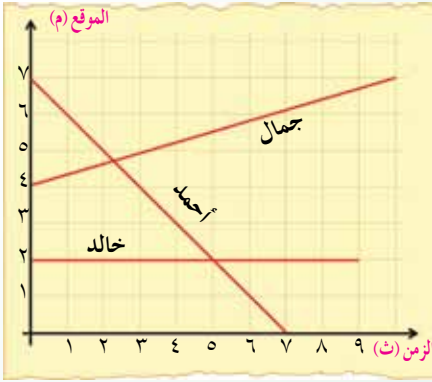
وهذا يعني أن خالدًا كان ساكنًا خلال هذه الفترة.

سرعة خالد المتوسطة خلال المرحلة (ج) تساوي ميل المنحنى في المرحلة (ج):

$$ع ج = \frac{\Delta \text{س}}{\Delta \text{ز}} = \frac{0 - 5}{9 - 8} = \frac{-5}{1} = -5 \text{ م/ث}$$

كيف تفسر ظهور الإشارة السالبة للسرعة خلال المرحلة (ج)؟

إن السرعة في المرحلة (أ) موجبة، بينما السرعة في المرحلة (ج) سالبة. فسّر ذلك بالرجوع إلى وصف مسير خالد في المثال.



الشكل (٥-٢): فكر.

يمثل الشكل (٥-٢) منحنى (الموقع - الزمن) لثلاثة أشخاص. رتب هؤلاء الأشخاص تصاعدياً حسب السرعة المتوسطة لكل منهم. محدداً اتجاه حركته.

التوسع

توصف حركة الأجسام بأنها في بعد واحد عندما تتحرك في خط مستقيم باتجاه واحد أو اتجاهين متعاكسين. أما إذا تحرك جسم في خط متعرج أو مسار منحن، فكيف توصف حركته؟ حين يسير طالب في ساحة المدرسة متجهاً نحو الشرق، وينعطف يميناً ويساراً في أثناء سيره؛ فيتجه تارة إلى الجنوب الشرقي، وتارة أخرى إلى الشمال الشرقي، فإن حركته تلك توصف بالحركة في مستوى (بعدين)، وينتج عن هذه الحركة تغيير في موقع الطالب على كل من محوري السينات والصادات في اللحظة نفسها.

مراجعة الدرس (١-٢)

- ١- ما المقصود بمخطط الموقع للجسم المتحرك؟
- ٢- مَيِّز بين موقع الجسم المتحرك وإزاحته. وما علاقة كل منهما مع الزمن؟
- ٣- وضح كيف يُستدل على اتجاه السرعة من ميل منحنى (الموقع - الزمن).
- ٤- **تفكير ناقد:** عندما يتحرك جسم بسرعة معينة، وتُمثل حركته بيانياً بمنحنى (الموقع - الزمن). فسر: لا يمكن أن يكون أي جزء من المنحنى موازياً لمحور الصادات (الموقع).

السؤال الرابع يُشبه أسئلة الاختبارات الدولية.

Motion in Straight Line in Constant Acceleration

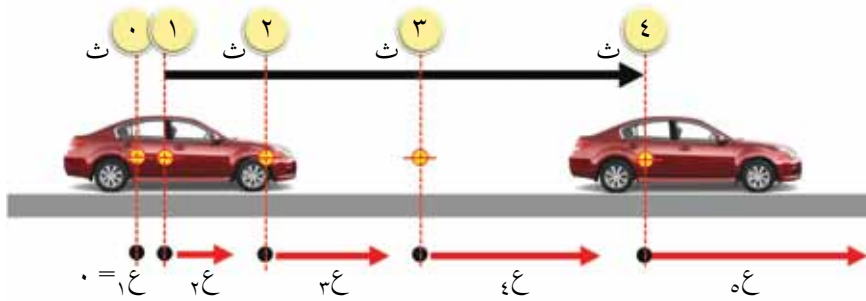
الحركة في خطٍّ مستقيمٍ بتسارعٍ ثابتٍ

٢-٢

تعدّ الحركة في خطٍّ مستقيم وبسرعة ثابتة أحد أبسط أشكال الحركة، وقد درست في الصف الثامن حالات أخرى تتحرّك فيها الأجسام بسرعة متزايدة أو متناقصة مع بقاء مسارها مستقيماً، مثل: حركة سيارة على شارع مستقيم، يمكن لسائقها أن يزيد من سرعتها، أو يستخدم الكوابح، لتقليل سرعتها. توصف الأجسام التي تتغيّر سرعتها بمرور الزمن بأنها تتحرّك بتسارع (Acceleration) ويُعرّف التسارع بأنه التغيّر في السرعة خلال وحدة الزمن، ويُعطى بالعلاقة الرياضية الآتية:

$$t = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

فعندما تبدأ سيارة حركتها من السكون على طريق أفقية مستقيمة، ثم تزايد سرعتها بانتظام، كما في الشكل (٢-٦)، نقول إنها تتسارع.



الشكل (٢-٦): سيارة تسير بسرعة متغيرة بانتظام.

تأمل الجدول (٢-١) الذي يحوي معلومات عن سرعة هذه السيارة، وزمن حركتها. ولتعرف تسارع السيارة؛ لا بد من وصف التغيّر المنتظم في سرعتها، ومن المفيد في هذه الحالة أن نمثّل العلاقة بين السرعة والزمن تمثيلاً بيانياً، في ما يُعرف بمنحنى (السرعة - الزمن)، كما هو مبين في الشكل (٢-٧).

نتائج الدرس

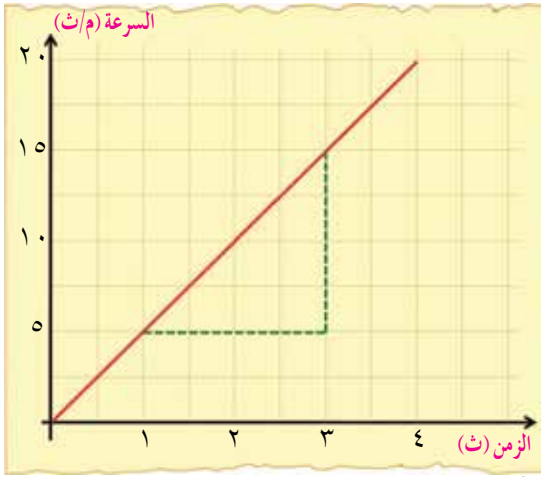
- توضّح المقصود بالتسارع.
- تصف حركة جسم في خط مستقيم بسرعة متغيرة بانتظام، وتعبّر عنها رياضياً.
- تمثّل بيانياً العلاقات بين المفاهيم المختلفة للسرعة المتغيرة بانتظام.
- تحلّ مسائل حسابية باستخدام قانون التسارع.

نشاط تمهيدي

ضع لوحاً خشبياً على الطاولة، وارفعه من أحد طرفيه بوضع كتاب، ثم ضع عند أعلاه لعبة سيارة وراقب حركتها، أعد المحاولة بوضع المزيد من الكتب، وراقب الحركة والتغيّر في السرعة.

فكرة مضيئة

في حالة الحركة المنتظمة بتسارع ثابت، فإن السرعة اللحظية تتغيّر بين لحظة وأخرى.



الجدول (٢-١): الحركة بسرعة متغيرة بانتظام.

الزمن (ث)	السرعة (م/ث)
٠	٠
١	٥
٢	١٠
٣	١٥
٤	٢٠

الشكل (٢-٧): منحني (السرعة - الزمن) للسيارة.

يشير المنحني إلى معلومات عن سرعة السيارة عند كل لحظة من لحظات حركتها، وتعرف السرعة عند لحظة محددة **بالسرعة اللحظية (Instantaneous Velocity)**. فعند اللحظة (ز = ٢ ث) مثلاً كانت السرعة اللحظية للسيارة (١٠ م/ث).

لعلك تلاحظ أن الرسم البياني خط مستقيم، وهذا يعني أن سرعة السيارة تزايد بانتظام؛ أي تزايد بمقادير متساوية في فترات زمنية متساوية، ويكون ميل الخط المستقيم ثابتاً:

$$\text{الميل} = \frac{\Delta z}{\Delta t} = \frac{٢٤ - ١٤}{٢ - ١} = \frac{١٠}{١} = ١٠ \text{ م/ث}$$

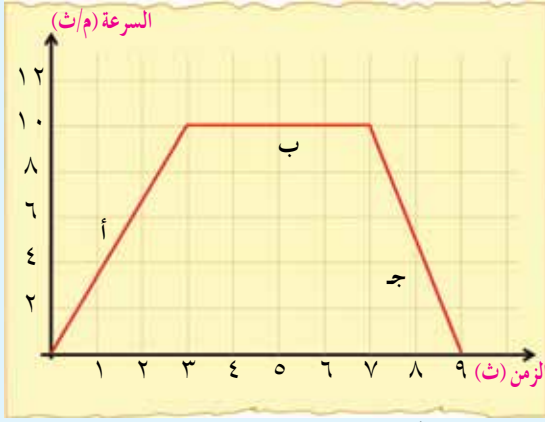
وبشكل عام فإن ميل المنحني (السرعة - الزمن) يمثل التسارع، **والميل الثابت يعني أن مقدار التسارع ثابت**، كما تدل إشارة الميل على اتجاه التسارع. فعند النظر إلى المنحني في الشكل (٢-٧)، نجد أن إشارة السرعة وإشارة التسارع كانتا موجبتين طوال وقت الحركة؛ مما يعني أن للسرعة والتسارع الإشارة نفسها؛ أي إن السرعة في ازدياد.

مثال (٢-٣)

حُرِّك صندوق على أرضية أفقية، فتغيرت سرعته من ٤ م/ث إلى ١٢ م/ث خلال زمن مقداره ١٦ ث. جد تسارع الصندوق.

الحل

$$ت = \frac{\Delta z}{\Delta t} = \frac{١٢ - ٤}{١٦} = \frac{٨}{١٦} = ٠,٥ \text{ م/ث}^٢$$



الشكل (٨-٢): مثال (٢-٤).

انطلقت سياراً من السكون وتزايدت سرعتها بانتظام، ثم تحركت بسرعة ثابتة فترة من الزمن. بعد ذلك، داس السائق على الكوابح فتناقصت سرعتها مع المحافظة على اتجاه حركتها ثابتاً (نحو اليمين) إلى أن توقفت، انظر الشكل (٨-٢) الذي يبين منحنى (السرعة - الزمن) لتلك السيارة.

احسب تسارع السيارة خلال الفترات (أ، ب، ج)

الحل

اتجاه اليمين هو الموجب

التسارع يساوي ميل منحنى (السرعة - الزمن) لكل فترة من فترات الحركة.

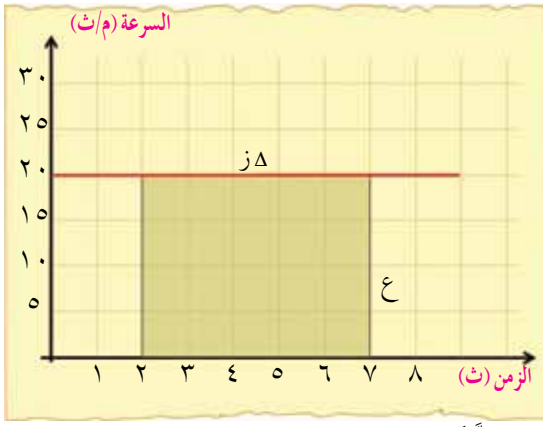
$$ت أ = \frac{\Delta ع}{\Delta ز} = \frac{١٠ - ٠}{٣ - ٠} = \frac{١٠}{٣} = ٣,٣ \text{ م/ث}^٢$$

$$ت ب = \frac{\Delta ع}{\Delta ز} = \frac{١٠ - ١٠}{٣ - ٧} = \frac{٠}{-٤} = \text{صفرًا}$$

$$ت ج = \frac{\Delta ع}{\Delta ز} = \frac{٠ - ١٠}{٩ - ٧} = \frac{-١٠}{٢} = -٥ \text{ م/ث}^٢$$

ما تفسير الإشارة السالبة للتسارع في الفترة ج؟ الإشارة السالبة تعني أن تسارع السيارة كان معاكساً لاتجاه السرعة، لأن السرعة تناقصت. وبصورة عامة: عند تزايد السرعة يكون التسارع باتجاهها، وعند تناقص السرعة يكون التسارع بعكس اتجاهها.

تعرفنا سابقاً أنه يمكن باستخدام منحنى (السرعة - الزمن) حساب تسارع الجسم، فهل



الشكل (٩-٢): المساحة تحت المنحنى.

يقدم لنا هذا المنحنى معلومات إضافية عن حركة الجسم؟ انظر إلى الشكل (٩-٢) الذي يبين منحنى (السرعة - الزمن) لجسم يتحرك بسرعة ثابتة.

بدراسة الشكل نجد أن طول المستطيل المظلل تحت الخط البياني يمثل الفترة الزمنية لحركة الجسم (Δ ز)، وأن عرض المستطيل يمثل سرعة الجسم (ع) خلال تلك الفترة.

وبذا، فإن مساحة المستطيل تساوي (ع Δ ز).

ومن تعريف السرعة المتوسطة، نجد أن: $\Delta س = ع \Delta ز$ ؛ أي مساحة المستطيل؛ وبذلك

نقول أن الإزاحة تساوي عددياً المساحة تحت منحنى (السرعة - الزمن).

مثال (٥-٢)



الشكل (١٠-٢): مثال (٥-٢): حساب الإزاحة.

يبين الشكل (١٠-٢) المجاور منحنى (السرعة - الزمن) لجسم متحرك. معتمداً على الشكل، أجب عما يأتي:

- ١- صف حركة الجسم.
- ٢- جد الإزاحة الكلية التي قطعها الجسم.

الحل

(١) تحرك الجسم بسرعة ثابتة تساوي ١٠ م/ث

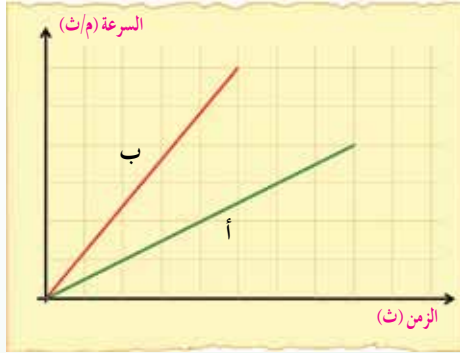
مدة ٣٠ ث من بداية رصد حركته، ثم تناقصت سرعته بانتظام إلى الصفر، خلال ١٥ ث.

(٢) الإزاحة تساوي عددياً المساحة الكلية تحت المنحنى

الإزاحة = مساحة المستطيل + مساحة المثلث.

$$\text{الإزاحة} = (١٠ \times ٣٠) + \left(١٠ \times ١٥ \times \frac{١}{٢}\right) = ٣٠٠ + ٧٥ = ٣٧٥ \text{ م.}$$

سؤال: هل يمكن حساب المساحة تحت المنحنى بطرق أخرى؟



الشكل (١١-٢): فكر.

يبيّن الشكل (١١-٢) منحني (السرعة - الزمن) للجسمين (أ)، و (ب).

- أي الجسمين يتحرّك بتسارع أكبر؟
- هل يمكنك مقارنة الإزاحة التي قطعها كلٌّ من الجسمين في فترة زمنية واحدة؟

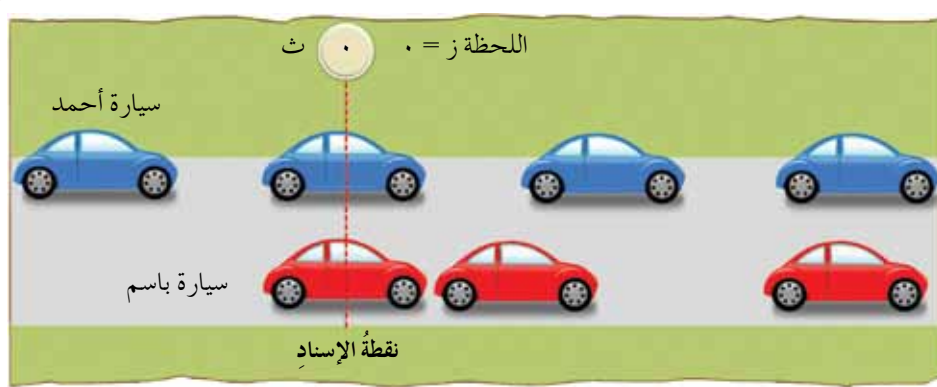
نشاط (٢-٢)

الحركة في خطّ مستقيم

هدف النشاط: مقارنة منحني (السرعة - الزمن) لجسمين، وتحليل الشكل.

اقرأ النصّ الآتي، ثمّ أجب عن الأسئلة التي تليه:

يقود أحمد سيارته بسرعة ثابتة على طريق أفقي، لاحظ الشكل (١٢-٢). وفي اللحظة التي مرّ فيها بصديقه باسم الواقف على جانب الطريق، انطلق باسم بسيارته. وقد رُصدت بيانات الحركة، ودُوّنت في الجدول (٢-٢).



الشكل (١٢-٢): نشاط (٢-٢).

خطوات تنفيذ النشاط:

- ١- استخدم البيانات الواردة في الجدول لرسم منحني (السرعة - الزمن) لكلٍّ من السيارتين على الورقة البيانية نفسها. (استخدم برمجية إكسل).

الجدول (٢-٢) : نشاط (٢-٢)		
سرعة سيارة باسم م/ث	سرعة سيارة أحمد م/ث	الزمن (ث)
٠	٣٦	٠
٨	٣٦	١٠
١٦	٣٦	٢٠
٢٤	٣٦	٣٠
٣٢	٣٦	٤٠
٤٠	٣٦	٥٠

٢- حدّد على الرسم البياني اللحظة التي تكون فيها سرعة السيارتين متماثلةً.

٣- جدّ الإزاحة التي قطعتها كلتا السيارتين خلال ٤٠ ثانية من بداية الحركة، وذلك بحساب المساحة تحت المنحنى لكل سيارة.

- أي من السيارتين كانت متقدّمة عند اللحظة (ز = ٤٠ ث)؟

التوسّع

ينشأ التسارع المنتظم أو الثابت عندما تتغيّر السرعة بمعدل منتظم بالنسبة إلى الزمن؛ أي تزداد السرعة بمقادير متساوية في فترات زمنية متساوية. وعند تمثيل العلاقة بين التسارع والزمن بيانياً، فإنها تكون على شكل خطّ مستقيم مواز لمحور السينات. أمّا عندما يتغيّر التسارع بالنسبة إلى الزمن، فإن تلك العلاقة لا تُمثل بخطّ مستقيم مواز لمحور الزمن، وتقتصر فائدتها على معرفة مقدار التسارع عند لحظة زمنية محدّدة. أمّا الكمية الناتجة عن تغيّر التسارع بالنسبة إلى الزمن، فليس لها اسم ولا مدلول فيزيائي.

مراجعة الدرس (٢-٢)

- ١- وضح المقصود بالسرعة المتغيرة بانتظام.
- ٢- كيف يكون التغيّر في سرعة جسم ما، عندما تكون سرعته سالبةً وتسارعه موجباً؟
- ٣- عندما تطلّع على منحنى (السرعة - الزمن) الذي يصف حركة جسم ما. وضح كيف يُستدلّ على الإزاحة التي قطعها هذا الجسم باستخدام المنحنى؟
- ٤- **تفكير ناقد:** وضح كيف يؤثر اختيار نقطة الإسناد في تحديد موقع الجسم المتحرّك. وهل لذلك أثر في تحديد مقدار الإزاحة أو اتجاهها؟

تعلمت في الدرس السابق كيف تصف حركة جسم يتحرك بتسارع ثابت من خلال منحني (السرعة - الزمن). ويمكن وصف هذه الحركة باستخدام مجموعة من المعادلات الرياضية التي تُعرف باسم معادلات الحركة، ويمكن اشتقاق هذه المعادلات اعتمادًا على التعريفات التي استُخدمت سابقًا للإزاحة، والسرعة المتوسطة، والتسارع، **شرط أن يكون التسارع ثابتًا.**

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = a$$

حيث إن: $\Delta v = (v_2 - v_1)$ ، $\Delta t = (t_2 - t_1)$
وبتعويض كل من (Δv) و (Δt) نجد أن:

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

نفترض أن: $t_1 = 0$ ، $v_1 = 0$ ، $t_2 = t$ (زمن الحركة).

$$a = \frac{v_2 - 0}{t - 0} = \frac{v_2}{t}$$

وبالضرب التبادلي: $v_2 = at$
وبإعادة ترتيب حدود المعادلة، نحصل على ما يأتي:

$$v_2 = at \quad (1-2)$$

هذا وتستخدم المعادلات الأخرى المبينة أدناه في حل المسائل على أن تتعرف اشتقاقها رياضيًا في السنوات القادمة.

$$v_2 = at \quad (2-2)$$

$$v_2 = at \quad (3-2)$$

نتائج الدرس

- تصف حركة جسم باستخدام معادلات الحركة بتسارع ثابت.
- تطبق معادلات الحركة في بُعد واحد على أجسام تتحرك أفقيًا.

نشاط تمهيدي

يُرسَم جدول على السبورة تُصنّف فيه الكميات المستخدمة في وصف حركة الجسم، وهي: (الزمن، الموقع، السرعة الابتدائية، التسارع، السرعة النهائية، الموقع الابتدائي) إلى كميات تتغير مع مرور الزمن وأخرى تأخذ مقدارًا ثابتًا.

فكرة مضيئة

تستخدم معادلات الحركة لوصف حالة الأجسام المتحركة بتسارع ثابت؛ أي بسرعة تتغير بصورة منتظمة فقط.

مثال (٢-٦)

انطلق متزلج من السكون في خطٍّ مستقيمٍ أفقيٍّ، فوصلت سرعته إلى ٨ م/ث، خلال ٤ ث، ثم أكمل حركته بهذه السرعة مدة ٦ ث أخرى. ما الإزاحة الكلية التي قطعها المتزلج على مسار التزلج المستقيم؟

الحلُّ

الإزاحة خلال الفترة الزمنية الأولى (٤) ث، حيث الحركة بسرعة متغيرة:

$$\text{نحسب } t = \frac{\Delta x}{\Delta z} = \frac{8}{4} = 2 \text{ م/ث}$$

$$s = \frac{1}{2} at^2 + v_0 t$$

$$= 0 + \frac{1}{2} \times 2 \times (4)^2 = 16 \text{ م}$$

الإزاحة خلال الفترة الزمنية الثانية (٦) ث، حيث الحركة بسرعة ثابتة $t = \text{صفر}$.

فيكون حسب المعادلة الثانية

$$s_2 = v \times t = 8 \times 6 = 48 \text{ م}$$

$$\text{الإزاحة الكلية: } s = s_1 + s_2 = 16 + 48 = 64 \text{ م}$$

سؤال: ما السرعة المتوسطة للمتزلج على مدى الحركة كلها؟

مثال (٢-٧)

حافلة تسير بسرعة ٢٤ م/ث على شارع أفقيٍّ مستقيم، اضطر سائقها إلى التوقف التام، فاستخدم الكوابح مدة ٨ ث، حتى توقفت الحافلة، لاحظ الشكل (٢-١٣). احسب:

الشكل (٢-١٣): مثال (٢-٧).

١- التسارع الثابت الذي تحرّكت به الحافلة.

٢- مقدار الإزاحة التي قطعتها الحافلة من بداية استخدام الكوابح حتى التوقف.

الحل

$$(1) \quad ٢٤ = ١٤ + ت ز$$

$$٨ \times ت + ٢٤ = ٠$$

$$٢٤ - = ت ٨$$

$$ت = ٣ - م/ث ٢$$

$$(2) \quad س = ١٤ ز + \frac{١}{٢} ت ز$$

$$(٨ \times ٨ \times (٣ -) \times \frac{١}{٢}) + ٨ \times ٢٤ =$$

$$١٩٢ - ٩٦ = ٩٦ م.$$

مثال (٢-٨)



تتسارع طائرة صغيرة على مدرج بمعدل ٤ م/ث^٢، انظر الشكل (٢-١٤)، احسب الإزاحة التي تقطعها الطائرة من اللحظة التي كانت فيها سرعتها ٣٦ كم/س، حتى تبلغ سرعة الإقلاع ٢٥٢ كم/س.

الحل

نحول وحدات السرعة إلى النظام العالمي، (م/ث):

$$١٤ = \frac{٣٦ \text{ كم}}{\text{ساعة}} \times \frac{١٠٠٠ \text{ م}}{\text{كم}} \times \frac{١ \text{ ساعة}}{٣٦٠٠ \text{ ث}} = \frac{١٠٠٠ \times ٣٦}{٣٦٠٠} \text{ م/ث}$$

$$٢٤ = \frac{٢٥٢ \text{ كم}}{\text{ساعة}} \times \frac{١٠٠٠ \text{ م}}{\text{كم}} \times \frac{١ \text{ ساعة}}{٣٦٠٠ \text{ ث}} = \frac{١٠٠٠ \times ٢٥٢}{٣٦٠٠} \text{ م/ث}$$

$$٢٤ = ٢١٤ + ت س$$

$$٤٩٠٠ = (٢ \times ٤ \times س) + ١٠٠$$

$$س = \frac{١٠٠ - ٤٩٠٠}{٨} = ٦٠٠ م.$$

الشكل (٢-١٤): مثال (٢-٨).

العداء ١٥٠ ث
السَّيَّارَةُ ٣٠ ث
الطَّائِرَةُ النَّفَّاثَةُ ٤ ث
مَكُّوكُ الفضاء ١,٠ ث

ما الزمن الذي يستغرقه كلٌّ من: العداء، والسَّيَّارَةُ والطَّائِرَةُ النَّفَّاثَةُ، ومَكُّوكُ الفضاء لقطع مسافة كيلو متر واحد (١٠٠٠ متر)؟

التوسُّع

توصف حركة الأجسام بطريقتين؛ الأولى رياضية تستخدم فيها معادلات الحركة، وتمتاز بدقَّتها، لذا فهي تُستخدم في حلِّ المسائل. والثانية هندسية تستخدم فيها الرسوم البيانية، وهي تعطي تصوُّراً أكثر شمولاً لحالة الجسم الحركية. وتتفق الطريقتان في وصف موقع الجسم المتحرك بأنه اقتران في الزمن، يُعبَّر عنه بالصورة: س: ق (ز)، ويكون هذا الاقتران ثابتاً، أو خطياً، أو تربيعياً، بناءً على طبيعة حركة الجسم، حيث: س: موقع الجسم، ز: الزمن.

فعندما يكون الجسم ساكناً تكون س = ث، وعندما يتحرك الجسم بسرعة ثابتة في خطٍّ مستقيم تكون س = أز + ث

وعندما يتحرك الجسم بتسارع في خطٍّ مستقيم تكون س = أز^٢ + ب س + ث حيث: أ، ب، ث: ثوابت تعتمد على طبيعة الحركة.

مراجعة الدرس (٣-٢)

- ١- اكتب معادلات الحركة الثلاث.
- ٢- ما الشرط الواجب توافره حتى يمكن تطبيق معادلات الحركة؟
- ٣- أعد كتابة معادلات الحركة في حال كانت السرعة الابتدائية للجسم تساوي صفراً.
- ٤- **تفكير ناقد:** عندما يبدأ الجسم حركته بتسارع ثابت من نقطة الإسناد، يُحدَّد موقعه بالمعادلة:

$$س = ع_١ ز + \frac{١}{٢} ا_١ ت ز^٢$$
 كيف تصبح صورة المعادلة في حال بدأ الجسم حركته من موقع يبعد مسافة س_١ عن نقطة الإسناد؟ اكتب المعادلة بصورتها الصحيحة.

لعلك جرّبت في صفوفٍ سابقة أن تسقط كرةً مطاطيةً وورقةً مسطّحةً معًا من الارتفاع نفسه، وراقبت حركتهما فوجدت أن الكرة وصلت الأرض أولاً، أعد التجربة بعد ضغط الورقة لتأخذ شكلاً شبه كروي.

يكون أثر الهواء في حركة الجسم كبيراً عندما تكون كتلة الجسم صغيرةً، ومساحة سطحه كبيرةً، كما في الورقة المسطّحة والريشة، لذلك يلزم كلاً منهما زمن أطول من الزمن الذي يلزم الكرة كي تصل إلى الأرض. وفي المقابل يكون أثر الهواء في حركة الجسم قليلاً عندما تكون كتلته كبيرةً ومساحة سطحه قليلةً، كما في الحجر، وقطعة النقد، وكرة البلياردو، لدرجة أنه يمكن إهمال أثر مقاومة الهواء في مثل هذه الحالة. والشكل (٢-١٥) يبيّن تجربة استخدم فيها أنبوب زجاجي أسقط خلاله قطعة فلزيّة وريشة من السكون، فوصلت القطعة الفلزية إلى الطرف السفلي للأنبوب أولاً، عندما كان الهواء يملأ الأنبوب. ولكن، بعد تفريغ الأنبوب من الهواء وإعادة التجربة، لوحظ أن الريشة والقطعة الفلزية وصلتا قاعدة الأنبوب معاً.

كان عالم الفلك الإيطالي (غاليليو غاليلي) أوّل من عمِل تجاربٍ مماثلة من أجل فهم حركة الأجسام الساقطة في مجال الجاذبية الأرضية، وتوصّل إلى التعميم الآتي:

إذا تركت الأجسام للتحرك حركة حرةً بتأثير الجاذبية الأرضية، فإنها جميعاً تكتسب تسارعاً ثابتاً يُسمّى تسارع السقوط الحر.

نتائج الدرس

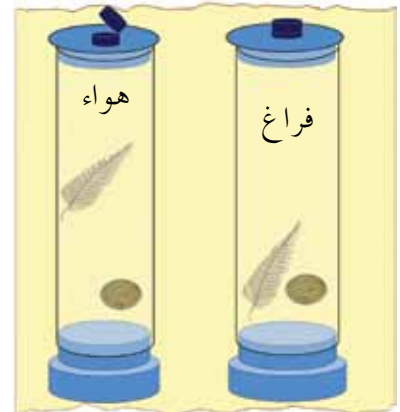
- توضّح المقصود بالسقوط الحرّ وتَسارع السقوط الحرّ.
- تصف حركة الأجسام في حالة السقوط الحرّ.
- تُطبّق العلاقات الرياضيّة للحركة في بُعد واحد على أجسام تسقط سقوطاً حراً.

نشاط تمهيدي

يقف أحد الطلبة فوق المقعد ويسقط كرةً مطاطيةً ثقيلةً وورقةً مسطّحةً، ويراقب وصولهما لسطح الأرض، تعاد التجربة بعد تكوير الورقة وضغطها.

فكرة مضيئة

السقوط الحرّ حالة يُستبعد فيها أثر كل من كتلة الجسم وحجمه وشكله عند حركته بتأثير الجاذبية.



الشكل (٢-١٥): السقوط الحر.



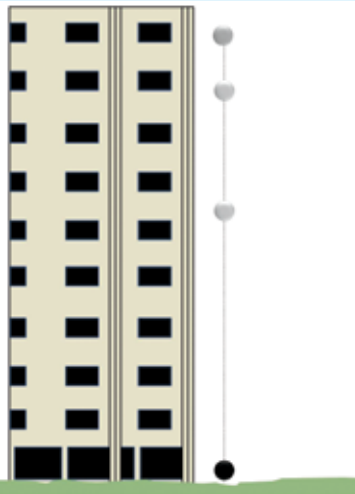
غاليليو غاليلي

Galileo Galilei 1564 – 1642

عالم فلك إيطالي برع في الرياضيات والهندسة والطب. ودرس سقوط الأجسام، وأجرى تجارب عدّة في المقذوفات والبندول. صنع أجهزة منها: تلسكوب، وميزان حرارة.

وبما أن هذا التسارع ناتج عن قوة جذب الأرض للجسم، فإن اتجاهه يكون دائماً إلى الأسفل نحو مركز الأرض، ويرمز إليه بالرمز (ج). وبإهمال مقاومة الهواء، فإنه يساوي $(9,8 \text{ م/ث}^2)$ ، $(ج = 10 \text{ م/ث}^2)$ تقريباً، ويطلق على هذه الحركة اسم **السقوط الحر**. فالسقوط الحر مفهوم يستعمل لوصف حركة الأجسام المقذوفة رأسياً سواء أ تكون الحركة إلى الأعلى أو إلى الأسفل، والتي تتحرك حركةً مستقيمةً (على المحور الرأسي) بتسارع السقوط الحر؛ لذا يمكن عند دراسة السقوط الحر، أن نستخدم معادلات الحركة الواردة في الدرس السابق، مع استعمال تسارع السقوط الحر $(-ج)$ ، بدلاً من التسارع $(ت)$. وتدل الإشارة السالبة على أن تسارع السقوط الحر يكون دائماً إلى الأسفل (باتجاه محور الصادات السالب)، وكذلك استعمال الرمز $(ص)$ ليدل على الإزاحة الرأسية.

مثال (٢-٩)



الشكل (٢-١٦): مثال (٢-٩).

بينما كان حمزة يطل من نافذة منزله الذي يقع في الطابق العاشر من إحدى البنايات، انظر الشكل (٢-١٦)، سقطت كرة من يده. إذا علمت أنها بدأت الحركة من ارتفاع ٤٥ م عن سطح الأرض، بإهمال مقاومة الهواء لحركة الكرة، ولتكن $ج = 10 \text{ م/ث}^2$. احسب:

- ١- سرعة الكرة لحظة وصولها الأرض.
- ٢- الزمن الذي استغرقته الكرة حتى وصلت الأرض.

الحل

لنفرض أن نقطة إطلاق الكرة هي نقطة إسناد مرجعية، والاتجاه الموجب هو نحو الأعلى. لاحظ أن الكرة سقطت من السكون، أي إن: $ع = ١ = صفر$.

(١) سرعة الوصول إلى الأرض:

$$٢٤ = ٢١ع + ٢ ت ص ، حيثُ : ت = -ج ، ص = -٤٥ م$$

$$٢٤ = ٢١ع + ٢(-١٠) + ٠ = ٩٠٠ (إذن : ٢٤ = ٣٠ م/ث)$$

$$٢٤ = -٣٠ م/ث ، لأنَّ حركة الكرة كانت إلى الأسفل.$$

(٢) الزمن من لحظة السقوط إلى أن تصل الكرة إلى الأرض:

$$٢٤ = ١ع + ت ز$$

$$٣٠ - ٠ = ١٠ ز ، ومنها : ز = ٣ ث.$$

مثال (١٠-٢)

قُذِفَتْ كرة من سطح الأرض رأسياً إلى الأعلى بسرعة ١٢ م/ث. بإهمال مقاومة الهواء (ج = ١٠ م/ث^٢). احسب كلاً من:

١- أقصى ارتفاع تصل إليه الكرة.

٢- الزمن المستغرق من لحظة قذف الكرة إلى أن تصل إلى أقصى ارتفاع لها.

الحل

نُحدِّد كلاً من نقطة الإسناد، والاتجاه الموجب كما هو

مبيّن في الشكل (١٧-٢) وبذا، فإنّ: $١ع = ١٢ م/ث$.

وبما أن الكرة تسكن لحظياً عند أقصى ارتفاع، فإنّ: $٢ع = صفر$.

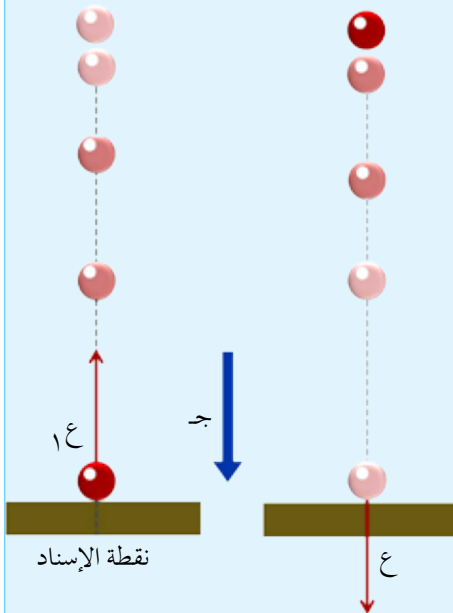
(١) أقصى ارتفاع للكرة:

$$٢٤ = ٢١ع + ٢ ت ص$$

$$صفر = ١٤٤ + ٢(-١٠) + ٢ ص$$

$$١٤٤ = ٢٠ ص$$

$$ص = \frac{١٤٤}{٢٠} = ٧,٢ م.$$



الشكل (١٧-٢): مثال (١٠-٢).

(٢) زمن الوصول إلى أقصى ارتفاع:

$$٢ع = ١ع + ت ز$$

$$٠ = ١٢ - ١٠ ز، أي أن: ز = ١,٢ ث$$

لوصف التغيرات في سرعة كرة قذفت من سطح الأرض رأسيًا إلى الأعلى، كما في المثال السابق، من لحظة قذفها إلى أن تعود إلى الأرض ثانية، انظر الشكل (٢-١٧).

لقد بدأت الكرة الحركة من نقطة الإسناد (سطح الأرض) بسرعة (١٢ م/ث)، واكتسبت تسارعًا ثابتًا هو (-ج). ولأن التسارع والسرعة باتجاهين متعاكسين (السرعة إلى الأعلى، والتسارع إلى الأسفل)، فإن سرعة الكرة تتناقص إلى أن تصبح صفرًا عند أقصى ارتفاع، ثم يتحول اتجاه حركة الكرة إلى الأسفل، مع بقاء مقدار التسارع واتجاهه ثابتين. وبما أن السرعة والتسارع أصبحا في الاتجاه نفسه، فإن سرعة الكرة تزايدت إلى أن تصبح ١٢ م/ث عند سطح الأرض.



تفكير ناقد

في المثال السابق أهملت مقاومة الهواء عند حساب أقصى ارتفاع وصلت إليه الكرة. ولكن في حال عدم إهمال مقاومة الهواء لحركة الكرة. كيف يؤثر ذلك في هذا الارتفاع؟

الفيزياء والمجتمع

سوف تتمكن بعد سنوات قليلة من قيادة السيارة، ولعل أحد أهم الأمور التي ستتعلمها هي كيفية إيقاف السيارة في اللحظة المناسبة، في حال شاهدت أمرًا طارئًا يستدعي ذلك؛ لتجنب نفسك والآخرين الأضرار الناتجة عن حوادث السير. فما الذي يجب أن تعرفه عن عملية الإيقاف هذه؟ تخيل أنك تقود السيارة الظاهرة في الشكل (٢-٨/أ)، ولاحظ ما يأتي:

الشكل (٢-٨/أ): الفيزياء والمجتمع.

١- عندما تشاهدُ أمرًا يتطلبُ إيقافَ السيارة، ترسلُ عينُكَ المشهدَ إلى دماغِكَ، ليفكّرَ بالإجراءِ اللازمِ، ثم يرسلُ الدماغُ إشارةً إلى قدمِكَ، لتقومَ بالضغطِ على دواسةِ الكوابحِ، وتستغرقُ هذه العمليةُ وقتًا يُسمّى زمنَ ردِّ الفعلِ.

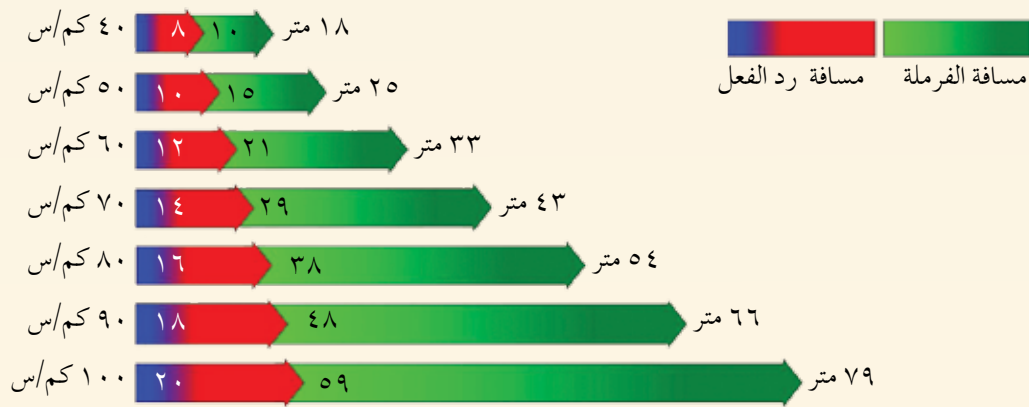
٢- يتراوحُ زمنُ ردِّ الفعلِ للسائقِ في الظروفِ العاديةِ من (٥,٥ ث) إلى (٥,١ ث)، ويبلغُ (٧,٥ ث) تقريبًا لدى السائقِ الحذرِ، ويزيدُ على ذلك إذا كان السائقُ متعبًا.

٣- خلالُ زمنِ ردِّ الفعلِ تكونُ السيارةُ قد قطعَتْ مسافةً تُسمّى **مسافة ردِّ الفعل** فمثلاً عندَ قيادةِ السيارةِ بسرعةٍ ثابتةٍ ٧٢ كم/ ساعة؛ أي ٢٠ م/ث، فإنَّ مسافةَ ردِّ الفعلِ تساوي ١٤ م، هل يمكنكُ حسابُ ذلك؟ أي إنَّ السيارةَ ستقطعُ مسافةً ١٤ م قبل أن يدوسَ السائقُ بقدمه على الكوابحِ.

٤- عندما يستخدمُ السائقُ الكوابحِ، تتأثّرُ السيارةُ بتسارعٍ سالبٍ (معاكسٍ للحركة) حتّى تتوقّفَ عن الحركة، وخلال ذلك تكونُ السيارةُ قد قطعَتْ مسافةً تُسمّى **مسافة الفرملة**.

٥- يُطلقُ على المسافةِ الكليةِ التي تقطعُها السيارةُ قبل أن تتوقّفَ «**مسافة التوقف**»، وهي تساوي مجموعَ مسافتَي ردِّ الفعلِ والفرملةِ.

يبينُ الشّكلُ (٢-٨/ب) مسافتَي ردِّ الفعلِ والفرملةِ لسيارةٍ عندَ سرعاتٍ مختلفةٍ، وذلك ضمنَ شروطٍ معياريةٍ (الطريقُ جافة، كوابحُ السيارةِ وإطاراتُها بحالةٍ جيّدة).



الشّكل (٢-٨/ب): مسافة التوقف.

أيّ الحالات الآتية تؤدي إلى زيادة مسافة ردِّ الفعل؟ أيّها تؤدي إلى زيادة مسافة الفرملة؟

- سائق لم ينم جيدًا.
- سائق يتحدّث بالهاتف الخليوي.
- سائق يتناول المأكولات في أثناء القيادة.
- سائق لم يحمل حمولة أكبر من الحد المسموح به.
- طريق مبلّلة بالماء.
- سائق يتحدّث بالهاتف الخليوي.
- القيادة ليلاً في طريق غير مضاءة.
- سائق لم يقم بصيانة نظام الكوابح في سيارته.

إنَّ الأجسامَ التي تسقطُ سقوطًا حرًّا قُربَ سطحِ الأرضِ يساوي تسارعُها ٩,٨ م/ث^٢ تقريبًا، وذلك بإهمالِ تأثيرِ الهواءِ في حركةِ الجسمِ. إلَّا أنَّه في حالِ عدمِ إهمالِ مقاومةِ الهواءِ، فإنَّ كلَّ جسمٍ سيتحرَّكُ بتسارعٍ مختلفٍ يعتمدُ على شكلِ الجسمِ وأبعاده. وسوفَ تدرسُ في سنواتٍ قادمةٍ تأثيرَ الهواءِ في حركةِ الأجسامِ، وتتعرفُ أن تسارعَ السُّقوطِ الحرِّ يقلُّ عن القيمةِ ٩,٨ م/ث^٢ كلما ازدادَ الارتفاعُ عن سطحِ الأرضِ.

مراجعة الدرس (٤-٢)

- ١- وضح المقصودَ بتسارعِ السقوطِ الحرِّ، وما شروطُ حركةِ الأجسامِ بهذا التسارعِ؟
 - ٢- عندما تسقطُ كرةٌ من السكونِ من ارتفاعٍ معينٍ سقوطًا حرًّا، ثم تُعاد التجربةُ وتقذفُ للأسفلِ قذفًا من الارتفاعِ نفسه، كيفَ ستؤثِّرُ سرعةُ القذفِ على كلِّ من زمنِ الهبوطِ، والسرعةِ النهائيةِ للكرةِ؟
 - ٣- سقطَ جسمٌ من السكونِ من سطحِ الأرضِ إلى قاعِ بئرٍ، فهل تعدُّ حركتهُ هذه سقوطًا حرًّا كما لو سقطَ من أعلى بنايةٍ إلى سطحِ الأرضِ؟ فسِّرْ إجابتك.
 - ٥- **تفكيرٌ ناقدٌ:** عند إطلاقِ رصاصةٍ بشكلٍ رأسيٍّ إلى الأعلى، فإنها تصلُ إلى أقصى ارتفاعٍ، ثم تعودُ نحوَ الأرضِ على شكلٍ سقوطٍ حرٍّ. وهي لا تقلُّ خطورةً (تقريبًا) عن حالِ إطلاقِها بشكلٍ مباشرٍ نحوَ شخصٍ ما، مع أنَّ سرعتَها الابتدائيةَ كانت صفرًا في حالةِ السقوطِ.
- وضَّح كيفَ يحدثُ ذلك. وعبِّرْ عن رأيك في إطلاقِ العياراتِ النَّاريةِ في المناسباتِ.

مشروع ٢

قياس تسارع السقوط الحر

فكرة المشروع

تسقط الأجسام سقوطاً حرّاً في مجال الجاذبية الأرضية وذلك بإهمال تأثير مقاومة الهواء في حركة الجسم. يمكن الاستفادة من هذه الظاهرة في قياس تسارع السقوط الحر، باستخدام بعض أدوات القياس البسيطة، ثم مقارنة النتيجة بالقيمة الصحيحة المعروفة.

الخطّة

تنطبق معادلات الحركة على السقوط الحر للأجسام، وبقياس بعض المتغيرات المعلومة يمكن تحديد قيمة تسارع الجاذبية الأرضية. ضع فرضية تتضمن واحدة من معادلات الحركة في خط مستقيم، ثم طبق المعادلة على القيم التي توصلت إليها من عملية القياس.

يجب اتفاق أعضاء المجموعة على الفرضية. ثم يقوم أعضاء المجموعة بكتابة معادلة الحركة المطلوبة، وإعداد جدول يتضمن الكميات المقاسة: الزمن والمسافة والسرعة الابتدائية. ويحضر أعضاء المجموعة قائمة بالمواد والأدوات اللازمة لتنفيذ التجربة: ساعة إيقاف، مسطرة متريّة، طاولة.

الإجراءات

- ١- يقف أحد أفراد المجموعة فوق الطاولة، ثم يرفع يده إلى الأعلى ويسقط كرة من يده.
- ٢- يراقب طالب آخر الحدث، فيشغل الساعة لحظة إفلات الكرة، ويوقفها عند ملامسة الكرة للأرض.



الشكل (٢-١٩): قياس تسارع السقوط الحر.



مشروع ٢

- ٣- تُقاس المسافة من أقصى ارتفاع سقطت منه الكرة إلى سطح الأرض.
٤- تُجرى الحسابات اللازمة لمعرفة مقدار تسارع السقوط الحر.

مناقشة النتائج

- ما مدى الدقة في حساب النتيجة؟ هل تقترب من القيمة الفعلية؟
- ما مصادر الخطأ في التجربة؟
- كيف يمكن تحسين إجراءات التجربة للوصول إلى قيمة أفضل (بما في ذلك استخدام أدوات قياس أخرى)؟
- هل تؤدي الزيادة في ارتفاع نقطة السقوط إلى التقليل من الخطأ؟

التقويم الذاتي

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

أسئلة الفصل الثاني

الجزء الأول: أسئلة قصيرة الإجابة

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

(١) إذا سقط جسم سقوطاً حرّاً في الهواء، فإنّ تسارعه:

أ - يزداد ب - يقلّ

ج - يبقى ثابتاً د - يعتمد على كتلة الجسم.

(٢) يبيّن الشكل (٢-٢٠) منحنى (السرعة - الزمن)

لجسم. الإزاحة التي يقطعها الجسم خلال الفترة الزمنية

من (١) إلى (٢) تساوي عددياً مجموع مساحات

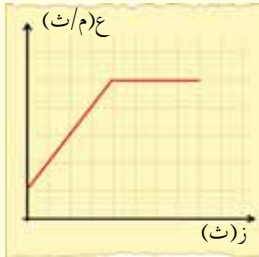
الأشكال:

أ - (س + ص + هـ) . ب - (هـ + ص)

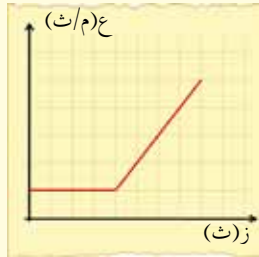
ج - (س + ص) د - (ص فقط).

(٣) يتحرّك جسم بتسارع ثابت، ثمّ يتحرّك بعد ذلك بسرعة ثابتة. الشكل الذي يمثّل منحنى

(السرعة - الزمن) لهذا الجسم هو:



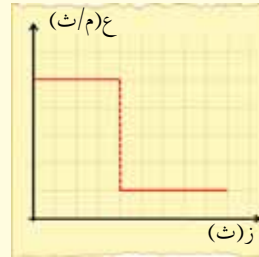
(د)



(ج)



(ب)



(أ)

(٤) يبيّن الشكل (٢-٢١) منحنى (الموقع - الزمن) لعدّائين (س، ص) انطلقا من النقطة

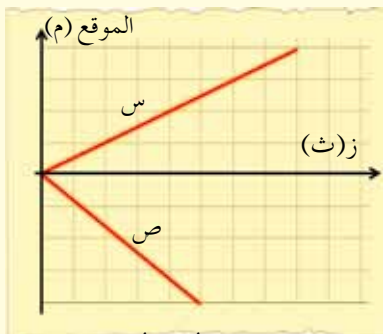
نفسها. نستنتج من المنحنى أنّ العدّائين ركضا في:

أ - الاتجاه نفسه، وسرعة (س) أقلّ من سرعة (ص).

ب - الاتجاه نفسه، وسرعة (س) أكبر من سرعة (ص).

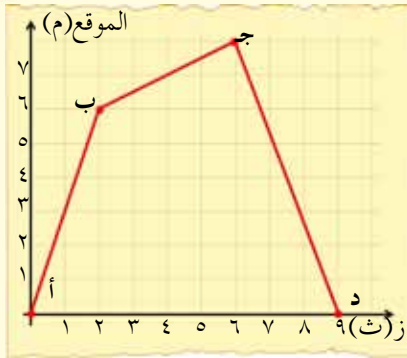
ج - اتجاهين متعاكسين، وسرعة (س) أقلّ من سرعة (ص).

د - اتجاهين متعاكسين، وسرعة (س) أكبر من سرعة (ص).



الشكل (٢-٢١): السؤال الأول، الفرع الرابع.

أسئلة الفصل الثاني



الشكل (٢-٢٢): السؤال الأول،
الفرع الخامس.

(٥) يبيّن الشكل (٢-٢٢) منحنى (الموقع - الزمن) لشخص يقود دراجة هوائية. يكون للدراجة أكبر قيمة لسرعتها المتوسطة:

أ - في الفترة (أ ب) ب - عند النقطة (ج)

ج - في الفترة (ج د) د - عند النقطة (ب)

٢- تُزوّدنا منحنيات الحركة بمعلومات مهمة عن حركة

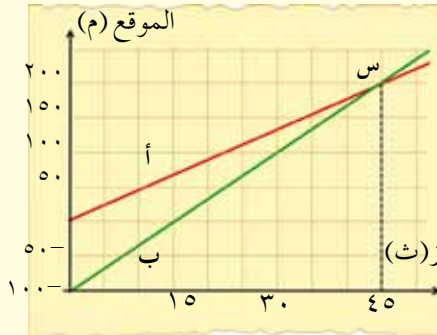
الأجسام، ما المعلومات التي يمكن أن نستخلصها من منحنى:

أ - (الموقع - الزمن). ب - (السرعة - الزمن).

الجزء الثاني: أسئلة حسابية

(افرض أن تسارع السقوط الحر 10 م/ث^2 ، حيث يلزم ذلك).

٣- سيارة تزداد سرعتها من 50 كم/ساعة إلى 60 كم/ساعة ، ودراجة هوائية تتزايد سرعتها من 10 كم/ساعة إلى 10 كم/ساعة ، خلال الفترة الزمنية ذاتها، هل يختلف تسارعهما؟ فسّر إجابتك.



الشكل (٢-٢٣): السؤال الرابع.

٤- يمثل الشكل (٢-٢٣) رسمًا بيانيًا لمنحنى (الموقع - الزمن) لحركة عدّاءين (أ، ب):

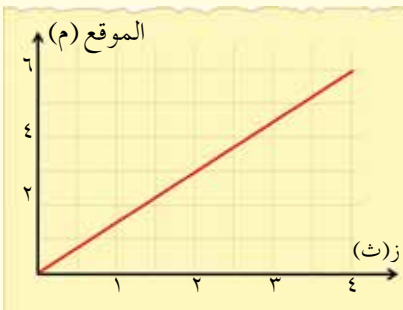
أ - حدّد موقع العدّاء (ب) بالنسبة إلى العدّاء (أ)، عند لحظة بداية الحركة.

ب - أيّ العدّاءين كانت سرعته أكبر؟

ج - ماذا تمثل النقطة (س)؟

د - احسب المسافة الفاصلة بين العدّاءين عند اللحظة $(z = 20 \text{ ث})$ ، ثم حددها على الرسم.

٥- يمثل الشكل (٢-٢٤) منحنى (الموقع - الزمن) لمتسابق يجري في خطّ مستقيم، أعدّ رسم المنحنى البياني في الحالتين الآتيتين:



الشكل (٢-٢٤): السؤال الخامس.

- أ - إذا تحرك المتسابق بضعفي سرعته الحالية.
- ب - إذا تحرك المتسابق بالسرعة نفسها، بالاتجاه المعاكس.
- ٦ - مثل بيانياً منحنى (السرعة - الزمن) لكرة تتحرك باتجاه اليمين بسرعة ثابتة مقدارها ٢٠ م/ث لمدة ٤ ثوانٍ، ثم تتحرك نحو اليسار بسرعة ثابتة مقدارها ١٥ م/ث لمدة ٦ ث.
- ٧ - بينما كانت شاحنة تسير بسرعة ٢٠ م/ث تفاجأ سائقها بجسم في وسط الشارع، وعلى بعد ٤١ م، انظر الشكل (٢-٢٥). فداس على الكوابح مدة ٤ ث، فتوقفت الشاحنة. اعتماداً على ذلك وعلى فرض أن التسارع منتظم أجب عما يأتي:
- أ - مثل بيانياً منحنى (السرعة - الزمن) لحركة الشاحنة في أثناء الضغط على الكوابح.
- ب - معتمداً على المنحنى البياني، جد مقدار الإزاحة التي قطعتها الشاحنة في أثناء التوقف.
- ٨ - يتدرب أحمد على ركوب الدراجة الهوائية، حيث يدفعه والدّه من السكون، فيكتسب تسارعاً ثابتاً مقداره ٠,٥ م/ث^٢ مدة ٦ ث، ثم يقود بعد ذلك الدراجة وحده بسرعة ثابتة مدة ٢٠ ث. احسب:
- أ - سرعة أحمد في نهاية الثانية السادسة.
- ب - الإزاحة الكلية التي قطعها.
- ج - السرعة المتوسطة خلال الحركة كلها.
- ٩ - قذفت كرة رأسياً إلى الأعلى من سطح الأرض، فكان أقصى ارتفاع وصلت إليه ١١,٢٥ م. احسب:
- أ - السرعة الابتدائية للكرة.
- ب - الزمن الكلي من لحظة قذف الكرة إلى أن تعود إلى الأرض ثانية.
- ١٠ - خرجت سارة من منزلها صباحاً، ثم تذكرت أنها لم تغلق الباب، فعادت إلى المنزل، وأغلقت الباب وأعدت سيرها، ثم ذهبت إلى منزل صديقتها سوسن، واضطرت لانتظارها أمام منزلها. بعد ذلك توجهتا معاً إلى المكتبة، علماً أن المكتبة والمنزلين تقع جميعها على خط مستقيم؛ والشكل (٢-٢٦) يبين منحنى (الموقع - الزمن) لحركة سارة.



الشكل (٢-٢٥): السؤال السابع.

أسئلة الفصل الثاني



الشكل (٢-٢٦): السؤال العاشر.

اعتمادًا على الشكل، أجب عما يأتي:

أ - ما الموقف الذي تمثله النقطة (ب)؟

ب - هل كانت حركة سارة من منزل صديقتها إلى

المكتبة باتجاه اليمين أم اليسار؟

ج - ما الزمن المستغرق في أثناء انتظار سارة لصديقتها؟

د - احسب سرعة سارة خلال الفترات الزمنية: (أب، ب ج، ج د، هـ و).

هـ - حدّد موقع سارة عند اللحظة (ز = ٢٠ دقيقة)، بالنسبة إلى نقطة إسناد تختارها.

١١ - في تجربة لدراسة العلاقة بين السرعة والزمن لجسم متحرك، دُوّنَت النتائج في الجدول الآتي:

الزمن (ث)	٠	٥	١٠	١٥	٢٠	٢٥	٣٠	٣٥
السرعة (م/ث)	٠	٢	٤	٦	٨	٨	٨	٨

معتمدًا على الجدول، ارسم منحنى (السرعة - الزمن)، ثم جد مقدار الإزاحة التي قطعها

الجسم بين اللحظتين ١٠ ث، و ٢٥ ث.

١٢ - **تفكير ناقد:** وُضعت صورة في مقدمة هذا الفصل لرافعة

تقوم بإسقاط كرة ثقيلة من ارتفاع كبير، ثم التقطت

صورًا متتالية لسقوط الكرة، تفصل كل صورة عن التي

تليها فترات زمنية متساوية. معتمدًا على المسافات

المبيّنة على الشكل (٢-٢٧). احسب ما يأتي:

أ - مقدار الفاصل الزمني بين كل صورة والتي تليها.

ب - السرعة اللحظية للكرة في الصورة الأخيرة، علمًا

أن الصورة الأولى تمثل حالة سكون للكرة.

ج - متوسط سرعة الكرة بين الصورتين الأولى

والأخيرة.



الشكل (٢-٢٧): السؤال الثاني عشر.

السؤال الثاني عشر: يشبه أسئلة الاختبارات الدولية.

القوة وقوانين الحركة

Forces and the Laws of Motion



١-٣ القوة وأنواعها.

٢-٣ قوانين الحركة لنيوتن.

٣-٣ تطبيقات على قوانين الحركة لنيوتن.

الأهمية

وضّح (نيوتن) العلاقة بين الحركة ومسبباتها بوضعه قوانين الحركة الثلاثة التي أصبحت من أساسيات الحياة؛ فصانعو السيارات، والرياضيون، والسائقون وغيرهم يفهمون هذه القوانين ويدركون أهميتها في التطبيقات اليومية.

يُشترط ألا يزيد ارتفاع السيارة عن ٩٥ سم، وعرضها عن ١٨٠ سم، ولا تزيد كتلتها عن ٦٠٠ كغ حتى يمكنها المشاركة في سباقات الفئة الأولى (Formula One). تتعدى سرعة السيارات في هذا السباق ٣٠٠ كم/س؛ لذا يلزمها محركٌ بسعة ٣ لتر، ويمكنه الدوران بمعدل ١٨٠٠٠ دورة في الدقيقة (18000 rpm)، أي ثلاثة أضعاف دوران المحرك العادي، لكن العمر الافتراضي له ينتهي بعد ساعتين من السباق، في حين أنّ المحرك العادي يُعمر ٢٠ سنة. يوفر المحرك للسيارة تسارعاً يصل بها إلى سرعة ٢٠٠ كم/س خلال ٣,٨ ث فقط.

فكر: إنّ تسارع هذه السيارة السالب عند استعمال الكوابح يصل إلى (٥ ج)، هل يمكنك حساب تسارعها في حالة الانطلاق ومقارنته مع تسارع السقوط الحر (ج)؟

ماذا نقصدُ بقولنا (ديناميكا)؟

وُصِفَت الحركةُ في الفصلِ السَّابِقِ باستخدامِ مفاهيمِ الموقعِ والإزاحةِ والسُّرعةِ والتَّسارعِ، والعلاقاتِ في ما بينها، ومعادلاتِ الحركةِ، من دونِ البحثِ في مسبباتِ الحركةِ، وهذا ما يُعرَفُ بعلمِ الحركةِ المجرّدةِ (الكينماتيكا Kinematics). أمّا في هذا الفصلِ فتتعرَّفُ إلى (الديناميكا Dynamics) وهو دراسةُ الحركةِ وربطُها مع مسبباتِها؛ أي ربطُ الحركةِ مع القُوَّةِ. الكينماتيكا والديناميكا هما فرعا أحدِ أهمِّ علومِ الفيزياءِ وأقدمِها، وهو علمُ الميكانيكا التَّقليديَّةِ Classical mechanics.

بعدَ دراستِكَ هذا الفصلِ، يُتَوَقَّعُ منكُ أَنْ:

- ◀ توضّحَ المقصودَ بمفهومِ القُوَّةِ، وتذكرَ وحداتِ قياسِها.
- ◀ توضّحَ المقصودَ بمفهومِ القُوَّةِ المحصَّلةِ، وتمثِّلها بالرَّسمِ.
- ◀ تحسبَ محصَّلةَ قوى عدَّةٍ تؤثرُ في جسمٍ في بُعْدٍ واحدٍ.
- ◀ توضّحَ القانونَ الأوَّلَ في الحركةِ لنيوتن، والمقصودَ بمفهومِ القصورِ الذاتيِّ.
- ◀ توضّحَ القانونَ الثَّاني في الحركةِ لنيوتن.
- ◀ تحلِّلَ العلاقةَ البيانيَّةَ بين محصَّلةِ القوى المؤثِّرة في جسمٍ وتسارعهِ.
- ◀ تطبِّقَ القانونَ الثَّاني في الحركةِ لنيوتن في حلِّ مسائلٍ حسابيَّةٍ.
- ◀ توضّحَ القانونَ الثَّالثَ في الحركةِ لنيوتن.
- ◀ تفسِّرَ مشاهداتٍ ومواقفَ حياتيَّةٍ باستخدامِ قوانينِ الحركةِ الثلاثةِ.
- ◀ توضّحَ شروطَ اتزانِ نقطةٍ ماديَّةٍ تحتَ تأثيرِ مجموعةٍ قوى.
- ◀ تجدَ عمليًّا محصَّلةَ قوى عدَّةٍ تؤثرُ في جسمٍ في بُعْدٍ واحدٍ.
- ◀ تستقصيَ عمليًّا العلاقةَ بين القُوَّةِ المحصَّلةِ، والتسارعِ، وتمثِّلَ النتائجَ بيانيًّا.
- ◀ تبحثَ في تطبيقاتٍ تكنولوجيةٍ لقوانينِ الحركةِ (القذيفةِ والمدفعِ وغيرها).

قد تدور في ذهنك أسئلة كثيرة مثل: ما الذي يجعل الجسم الساكن يتحرك؟ ما الذي يجعل سرعة الجسم المتحرك تزيد أو تنقص أو تغيّر من اتجاهها؟ ما الذي يجعل السيارة تدور في طريق دائري؟ وما الذي يجعل البندول يتحرك جيئةً وذهاباً في مسارٍ محددٍ؟

Force

القوة

١-١-٣

إنّ الذي يتسبّب في الحركة في تلك الحالات جميعها، هو **القوة (Force)**، فنحن كي نحرك جسمًا ساكنًا، أو نغيّر من سرعة جسم متحرك، نحتاج إلى التأثير فيه بقوة. **فالقوة** إذن: مؤثر خارجي يغيّر من حالة الجسم من حيث الحركة أو السكون، أو يحاول تغييرها، أو يغيّر من شكل الجسم، والقوة هي التي تجعل الجسم الساكن يتحرك، وهي التي تغيّر من مقدار سرعة الجسم المتحرك، أو اتجاهها، أو كليهما معًا، أو توقفه عن الحركة. فعندما تدفع كتابًا على سطح طاولة أفقي، فإنك تؤثر فيه بقوة فيتحرك، وحين يضغط سائق السيارة على دواسة الكوابح فإنه يؤثر في السيارة بقوة تعمل على إبطاء سرعتها وإيقافها. لذلك يُنظر إلى القوة على أنّها المسبّب في تغيير الحالة الحركية للأجسام؛ ويُقصد **بالحالة الحركية**: حالة الجسم من حيث سكونه أو حركته.

والقوة كمية فيزيائية متجهة يتم وصفها بتحديد مقدارها واتجاهها ونقطة تأثيرها، وعند تمثيل القوة بالرسم نُعبّر عنها بقطعة مستقيمة يتناسب طولها مع مقدار القوة، ويُحدّد اتجاهها بوضوح سهم على إحدى نهايتي القطعة المستقيمة؛ ليدل على

نتائج الدرس

- توضّح مفهوم القوة والقوة المحصلة وتذكر وحدات قياسهما وتمثلهما بالرسم.
- تجدّد محصلة قوى عدّة تؤثر في جسم في بعد واحد، وتتحقق من ذلك عمليًا.
- توضّح شروط اتزان نقطة ماديّة تحت تأثير مجموعة قوى.

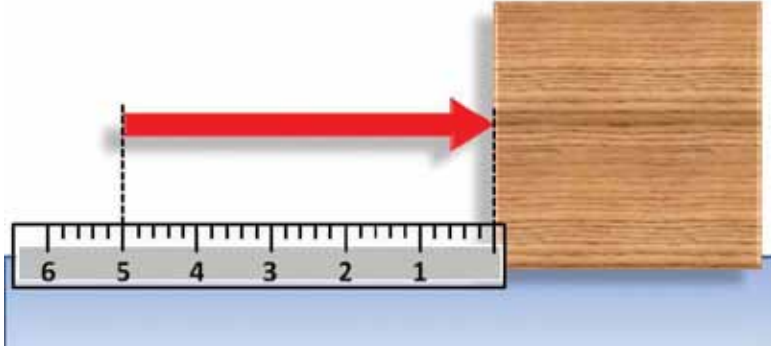
نشاط تمهيدي

ضع صندوقًا خشبيًا على سطح الطاولة وادفعه بيدك، ثم اسحبه بواسطة ميزان نابضي، ناقش مع زملائك القوى المؤثرة في الصندوق، ثم صنّفها إلى أنواع مختلفة.

فكرة مضبّطة

عندما يقع الجسم تحت تأثير مجموعة قوى محصلتها تساوي صفرًا، يُقال إنّ القوى متزنة، والجسم في حالة اتزان.

اتجاه القوة. وفي النظام العالمي للوحدات، تُقاس القوة بوحدة **نيوتن**، انظر الشكل (٣-١)، الذي يوضح تأثير قوة في صندوق، مقدارها ٥ نيوتن، واتجاهها نحو اليمين. لاحظ أن كل ١ سم على المسطرة يمثل ١ نيوتن من مقدار القوة؛ أي إن طول السهم يعبر عن مقدار القوة.



الشكل (٣-١): تمثيل القوة بالرسم.

Types of Forces

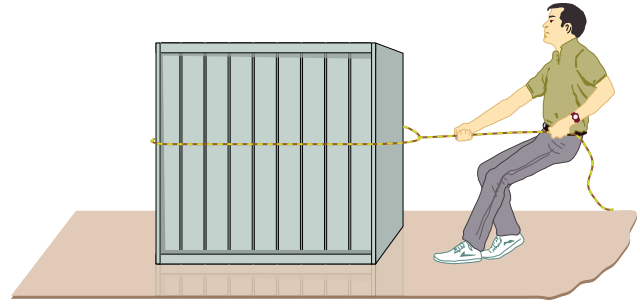
أنواع القوى

٢-١-٣

- نستخدم في حياتنا اليومية أنواعاً عدة من القوى، درست بعضها منها في صفوف سابقة، مثل:
 - **الوزن (قوة الجاذبية):** قوة تنشأ بين الكتل، إذ تؤثر كل كتلة في الأخرى بقوة دون أن تتلامس الكتل معاً، ويكون هذا التأثير عن بعد، مثل قوة جذب الأرض لأجسامنا، أو قوة جذب الشمس للأرض. وتسمى قوة جذب الأرض للجسم **وزن الجسم**، ولكل جسم وزن؛ وبما أن الوزن قوة، فإن له اتجاهًا يكون دائماً إلى الأسفل (نحو مركز الأرض).
 - **قوة الاحتكاك:** تنشأ هذه القوة بين السطوح التي ينزلق بعضها فوق بعض، وتكون معاكسة لاتجاه الحركة.
 - **قوة الشد:** وهي القوة التي تؤثر في الأجسام من خلال سحبها بواسطة حبل أو غيره.
 - **القوة العمودية:** وهي القوة التي يؤثر السطح بها على جسم يلامسه، وتكون دائماً عمودية على السطح، مثل القوة التي تحمل بها الطاولة كتاباً موضوعاً فوق سطحها.
- تُصنّف هذه القوى وغيرها بأنها قوى **دفع (Push)**، أو قوى **سحب (Pull)**؛ فقوة الجاذبية، وقوة الشد في الحبل مثلاً، تعدّ قوى سحب، اذكر أمثلة على قوى الدفع. توجد أنواع أخرى من القوى ستدرسها في السنوات القادمة، إن شاء الله تعالى، كالقوة الكهروستاتيكية والقوة المغناطيسية، وغيرهما. انظر الشكل (٣-٢).



الشكل (٣-٢/ب): قوة جذب المغناطيس للمشبك عن بعد.



الشكل (٣-٢/أ): قوة الشد في الحبل.



فكر



الشكل (٣-٣): فكر.

- هل يستجيب الجسم دائمًا للقوة المؤثرة فيه، ويغيّر من حالته الحركية؟ أعط أمثلة توضّح إجابتك.
- هل تعدّ قوة الاحتكاك قوة سحب أم قوة دفع؟ لماذا؟
- يمثل الشكل (٣-٣) صندوقًا خشبيًا معلقًا في السقف بواسطة حبل. حدّد القوى المؤثرة في الصندوق، ومثلها بالرسم.

Net Force

القوة المحصلة

٣-١-٣

قد تؤثر في الجسم قوة واحدة أو أكثر؛ فعندما تتعاون أنت وزميلك على رفع مقعدٍ إلى أعلى، فإنّ كلّ واحدٍ منكما يؤثر في المقعد بقوةٍ إلى الأعلى للتغلب على قوة ثالثة هي قوة الجاذبية التي تؤثر في المقعد نحو الأسفل دائمًا. فكيف نتعامل مع مجموعة قوى تؤثر في جسم واحد؟ وكيف يستجيب الجسم لتأثير مجموعة من القوى تؤثر فيه معًا؟ هل يمكن جمع تلك القوى معًا؟ للتأكد من ذلك، نفذ النشاط الآتي:

نشاط (٣-١)

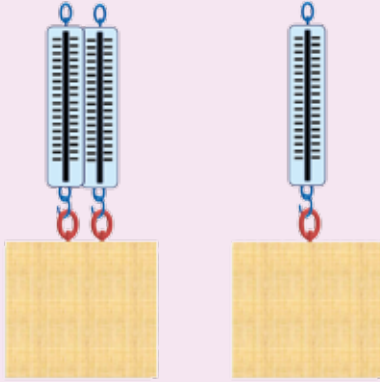
القوة المحصلة

هدف النشاط: التوصل عمليًا إلى ناتج جمع قوتين أو أكثر.
الأدوات: مكعب خشبي، ميزان نابضيان، مجموعة خيوط.

خطوات تنفيذ النشاط:

١- علّق المكعب الخشبي بميزان نابضيّ، واتركه يسكن كما في الشكل (٣-٤)، ثم ارصد قراءة الميزان ودونها في دفترك تحت اسم (ق).

٢- علّق المكعب الخشبي بميزانين نابضيين كما في الشكل (٣-٤)، ثم ارصد قراءة كلّ منهما، ودونها في دفترك، باسم (ق ١)، (ق ٢).



الشكل (٣-٤): نشاط (١-٣).

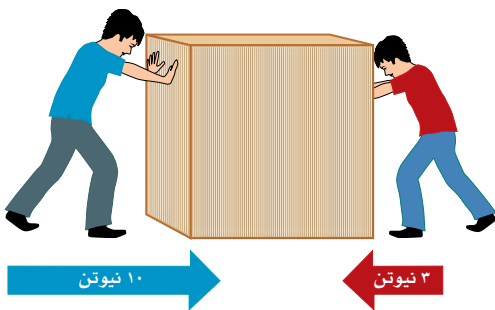
ارجع إلى النتائج التي دونتها، وأجب عن الأسئلة الآتية:

- ما مقدار القوة (ق) في الحالة الأولى؟

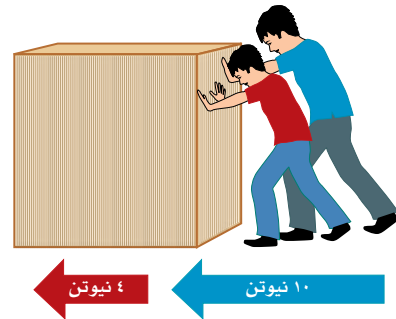
- ما مقدار كلّ من (ق ١)، (ق ٢) في الحالة الثانية؟

- في حال استخدامك أكثر من ميزانين نابضيين لحمل المكعب، ماذا تستنتج؟

لنأخذ مثلاً يقوم فيه شخصان بدفع صندوق معاً على سطح أفقي، بحيث يؤثر الشخص الأول في الصندوق بقوة مقدارها ٤ نيوتن نحو اليسار، ويؤثر الشخص الثاني في الصندوق بقوة مقدارها ١٠ نيوتن نحو اليسار أيضاً، انظر الشكل (٣-٥/أ). ماذا لو أردنا إبدال هاتين القوتين بقوة واحدة لها التأثير نفسه في الصندوق؟ بالرجوع إلى نتائج النشاط (١-٣) السابق، سيكون مقدار هذه القوة ١٤ نيوتن، ويكون اتجاهها نحو اليسار. لو تأملت الشكل (٣-٥/ب)، الذي يوضح قيام شخصين بدفع الصندوق باتجاهين متعاكسين وبقتوتين مختلفتين مقداراً؛ ١٠ نيوتن إلى اليمين، و٣ نيوتن إلى اليسار، فتحرّك الصندوق نحو اليمين؛ أي باتجاه القوة الكبرى، وإذا أردنا استخدام قوة واحدة بدلاً من قوتين، فإن مقدارها سيبلغ ٧ نيوتن، ويكون اتجاهها نحو اليمين.



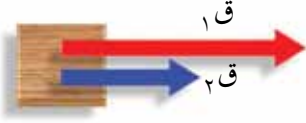
الشكل (٣-٥/ب): الدفع باتجاهين متعاكسين.



الشكل (٣-٥/أ): الدفع باتجاهين متماثلين.

يتبين مما سبق أنه إذا أثرت في جسم قوتان أو أكثر، فإنه يمكن إبدال تلك القوى بقوة واحدة تُسمى **القوة المحصلة**، وهي: قوة مفردة تعادل في تأثيرها مجموعة القوى المؤثرة في الجسم.

يوضح الشكل (٣-٦) حالتين لإيجاد محصلة قوتين:



• إذا كانت القوتان في الاتجاه نفسه، فإن:

$$Q_{\text{المحصلة}} = Q_1 + Q_2$$

• إذا كانت القوتان في اتجاهين متعاكسين، فإن:



$$Q_{\text{المحصلة}} = Q_1 - Q_2$$

الشكل (٣-٦): القوة المحصلة.

ويكون اتجاه المحصلة في اتجاه القوة الكبرى

أما إذا كانت القوتان متساويتين مقدار كل منهما (ق)، ومتعاكستين في الاتجاه، فإن محصلتهما تكون صفرًا:

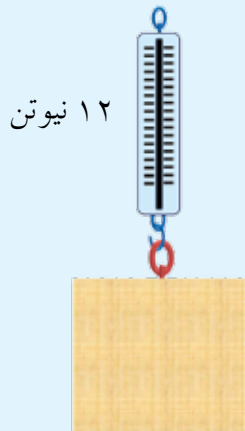
$$Q_{\text{المحصلة}} = Q - Q = \text{صفر}$$

وهنا ينعدم تأثير القوتين في الجسم، إذ تلغي كل منهما تأثير الأخرى، والجسم الواقع تحت تأثير قوتين أو أكثر، محصلتها تساوي صفرًا، يكون في **حالة اتزان**، وتوصف القوى في هذه الحالة بأنها **قوى متزنة**.

مثال (٣-١)

علّق جسم بميزان نابضي، فاتزن عندما كانت قراءة الميزان ١٢ نيوتن. احسب وزن الجسم، وما اتجاهه؟

الحل



يقع الجسم تحت تأثير قوتين: وزنه وقوة الشد إلى الأعلى. وحيث أن الجسم متزن، لذلك فإن محصلتهما تساوي صفرًا. أي إن:

$$Q_{\text{محصوله}} = Q + \text{صفر نيوتن}.$$

و = صفر - ق = ١٢ نيوتن، والإشارة السالبة تعني أن الوزن إلى الأسفل.

الشكل (٣-٧): مثال (٣-١).

عند إيجاد القوة المحصلة المؤثرة في جسم، أو تطبيق قوانين الحركة لنيوتن لدراسة الحالة الحركية لجسم ما، نتعامل مع الجسم على أنه نُقْطِي لا أبعاد له، وحتى يتزن الجسم النقطي يُشترط لذلك أن تكون القوة المحصلة المؤثرة فيه مساوية للصفر؛ سواء كان الاتزان سكونيًا (الجسم ساكن)، أو حركيًا (الجسم متحرك). أما لدراسة اتزان الأجسام غير النقطية التي لها أبعاد، فهناك شروط إضافية أخرى، يمكنك تعرّفها بالرجوع إلى كتب الفيزياء والمصادر الأخرى للمعرفة.

مراجعة الدرس (١-٣)

- ١- وضح المقصود بالقوة، والقوة المحصلة. ما وحدة قياسهما؟
- ٢- عدد ثلاثة أنواع للقوى. اذكر مثالاً على كل منها.
- ٣- ما مقدار واتجاه القوة المحصلة لكل من أزواج القوى الآتية: (٢ نيوتن لليمين، ٥ نيوتن لليسار)، (١٢ نيوتن إلى الأسفل، ٨ نيوتن إلى الأعلى)، (٢٠ نيوتن إلى الغرب، ١٥ نيوتن إلى الغرب).
- ٤- **تفكير ناقد:** إذا وضعنا صحنًا على الطاولة، وفوقه فنجان قهوة، فإن الصحن والفنجان كليهما يتأثر بقوة محصلة تساوي الصفر، فما القوى المؤثرة في الصحن؟ وما اتجاه كل منهما؟ وضح ذلك بالرسم.

عندما تحاول تحريك صندوق خشبي أفقياً على أرضية الغرفة، فإنك تحتاج للتأثير فيه بقوة دفع أفقية بصورة مستمرة، وحين تتوقف عن دفعه يسكن الصندوق عن الحركة، وفي المقابل، إذا قام لاعب الهوكي بدفع القرص مستخدماً المضرب الخاص، فإن القرص يتحرك أفقياً على أرضية الملعب الجليدية، ويستمر في حركته مسافة طويلة من دون توقف، ولا يصاحب تلك الحركة استمرار تأثير قوة الدفع. فما الفرق بين الحالتين؟ فكر العالم الإيطالي (غاليليو غاليلي) في هذا الأمر، واستنتج التعميم العلمي الآتي: لا يلزم استمرار تأثير قوة في الأجسام حتى تستمر في حركتها بسرعة ثابتة في خط مستقيم إذا أهمل الاحتكاك. بناءً على هذا الاستنتاج يمكننا أن نتخيل أن الصندوق الخشبي سيتحرك مثل قرص الهوكي، ولن يتوقف عن الحركة لو استبعدت قوة احتكاك الصندوق بالأرضية.

عندما يتأثر جسم بقوة واحدة، أو مجموعة من القوى تمثلها قوة محصلة، فما التغيير الذي سيطرأ على الحالة الحركية للجسم؟ وكيف توصف حركته؟ للإجابة عن هذين السؤالين، علينا الاطلاع على ما قام به عالم الفيزياء إسحق نيوتن حين قدم نظريته في الحركة من خلال ثلاثة قوانين ارتبطت باسمه، والتي تُعطي وصفاً لحركة الأجسام موضحة علاقة الحركة بالقوى المسببة لها.

نتائج الدرس

- توضّح القوانين الثلاثة في الحركة لنيوتن، وتفسّر تطبيقاتها الحياتية.
- تحلّل العلاقة البيانية بين القوة المؤثرة في جسم وتسارعه.
- تطبّق القانون الثاني لنيوتن في حلّ مسائل حسابية.

نشاط تمهيدى

ضع حقيبة كتبك على الطاولة، اربطها بخيط رفيع واسحب الحقيبة بلطف ستجدها تتحرك، أعدّها إلى مكانها ثم اسحبها بشدة. ماذا تلاحظ؟ فسّر ذلك؟

فكرة مضيئة

حتى ينشأ زوجان من القوى؛ فعل ورد فعل لا بد من وجود جسمين يؤثر كل منهما في الآخر.



اسحق نيوتن: Isaac Newton (١٦٤٣ - ١٧٢٧م)

عالم رياضيات وفيزياء إنجليزي، صاغ قوانين الحركة الثلاثة، وقانون الجذب العام. وصنع أول مقراب عاكس، ووضع نظرية عن الألوان، ودرس سرعة الصوت. يعد مؤسس حساب التفاضل.

ينص القانون الأول في الحركة على أن: الجسم الساكن يبقى ساكنًا، والجسم المتحرك في خطٍّ مستقيم بسرعة ثابتة يبقى كذلك، ما لم تؤثر فيه قوة محصلة.



ابن سينا

(٩٨٠ - ١٠٣٦ م)

هو أبو عليّ الحسين بن عبد الله بن الحسن بن سينا، عالم وطبيب مسلم من بخارى (في أوزبكستان حاليًا)، ألف ما يزيد على ٢٥٠ كتابًا في موضوعات مختلفة.

يُعدّ ابن سينا من أوائل من كتَب عن الطب في العالم.

يصف هذا القانون حالتين تكون فيهما القوة المحصلة صفرًا، ويكون الجسم فيهما متزنًا؛ فالجسم الساكن يكون متزنًا، والجسم المتحرك في خطٍّ مستقيم بسرعة ثابتة يكون متزنًا أيضًا.

ومع أن القانون الأول ينسب إلى العالم إسحق نيوتن، إلا أن العالم المسلم ابن سينا كان قد سبقه في وصف الحالة الحركية للأجسام؛ إذا أورد في كتابه (الإشارات والتنبهات) وصفًا للقانون الأول قال فيه: "إنك لتعلم أن الجسم إذا خُلّي وطباعه، ولم يعرض له من الخارج تأثير غريب، لم يكن له بدٌّ من موضع معين وشكل معين".

يشير القانون الأول في الحركة إلى أن الجسم قاصر عن تغيير حالته الحركية من تلقاء نفسه، وهذه الخصيصة المهمة للأجسام تُعرف **بالقصور الذاتي (Inertia)**، إذ تصف ميل الأجسام للمحافظة على حالتها الحركية؛

فالجسم الساكن يميل إلى أن يبقى على حالته الحركية (وهي السكون)، والجسم المتحرك في خطٍّ مستقيم بسرعة ثابتة يميل إلى أن يبقى على حالته الحركية تلك؛ لذا، يُعرف القانون الأول في الحركة **بقانون القصور (Law of Inertia)**. ولكي يتضح لديك مفهوم القصور، نفذ النشاط الآتي:

نشاط (٢-٣)

القصور الذاتي

هدف النشاط: التحقق عمليًا من خصيصة القصور الذاتي للأجسام.

الأدوات: عربة ميكانيكية أو لعبة سيارة، كوب بلاستيكي، ماء، طاولة أفقية ملساء.

خطوات تنفيذ النشاط:

ثبّت الكوب البلاستيكي فوق السيارة جيّدًا، كما في الشكل (٣-٨)، ثم املأه بالماء، وراقب ما يحدث للعربة والماء في كل خطوة مما يأتي:

- ١- ادفع العربة على سطح الطاولة بيدك لتبتعد عنك حتى تتوقف عن الحركة من تلقاء نفسها.
 - ٢- أعد الخطوة الأولى، ثم اطلب إلى زميلك إيقاف العربة على نحو مفاجئ.
 - ٣- أعد الخطوة الأولى، ثم دُع زميلك في الجهة المقابلة يدفع العربة نحوك، عندما تصل إليه.
 - ٤- أعد الخطوة الأولى، ثم اطلب إلى زميلك أن يغيّر من اتجاه حركة العربة، عندما تصل إليه.
- حاول الإجابة عن الأسئلة الآتية:



الشكل (٣-٨): نشاط (٣-٢).

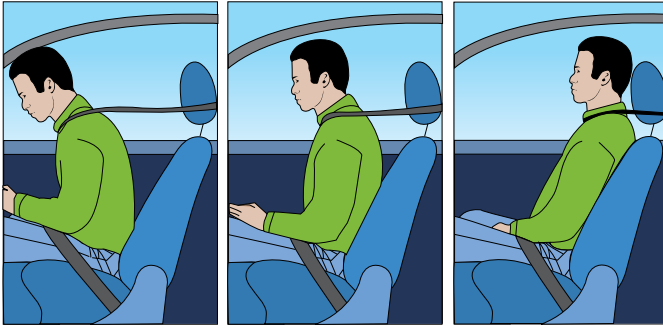
- ما الحالات التي انسكب فيها الماء؟
- في أي اتجاه كان انسكاب الماء في كل حالة؟
- لماذا انسكب الماء؟
- اكتب باختصار الاستنتاجات التي توصلت إليها.

لعلك لاحظت أن تحريك العربة يتطلب التأثير فيها بقوة، وأن تغيير مقدار سرعتها أو اتجاهها يتطلب التأثير فيها بقوة أيضاً. والأجسام عموماً تميل إلى المحافظة على حالتها الحركية؛ من سكون أو حركة، وتمانع أي تغيير لتلك الحالة؛ فعند دفع العربة - في النشاط السابق - فإن الماء في الكوب يمانع التغيير في حالته الحركية (وهي السكون)، ويحاول البقاء ساكناً، في حين تحرك الكوب إلى الأمام، فانسكب الماء منه نحو الخلف. وكذلك الحال عند تغيير مقدار السرعة أو اتجاهها.

والمشاهدات التي يمكن تفسيرها اعتماداً على خصيصية القصور الذاتي كثيرة. فمثلاً، عندما تكون راكباً في سيارة، والسيارة تسير على طريق مستقيمة بسرعة ثابتة، ثم تتوقف السيارة بصورة مفاجئة، فإن جسمك يندفع بشدة نحو الأمام، فما تفسير ذلك؟

بتطبيق القانون الأول في الحركة لنيوتن على هذه الحالة، يمكن القول إن جسم الراكب يتحرك بسرعة ثابتة المقدار نحو الأمام؛ أي بسرعة السيارة، وعند توقف السيارة بتأثير قوة الاحتكاك (الكوابح)، فإن جسم الراكب يبقى متحركاً بالسرعة نفسها نحو الأمام؛ أي إنه يحافظ على حالته الحركية (وهي الحركة) لعدم وجود قوة تؤثر فيه.

يتبين مما سبق أهمية تثبيت الحمولات على المركبات، وضرورة استخدام حزام الأمان؛ إذ تحرص دائرة السير في الأردن على ضرورة استخدام السائق والشخص الذي يركب بجانبه حزام الأمان. فهل تلتزم بذلك؟ تأمل الشكل (٣-٩)، ثم أجب عن الأسئلة الآتية:



(ج)

(ب)

(أ)

الشكل (٣-٩): حزام الأمان.

- إذا كانت السيارة تسيّر بسرعة ٨٠ كم/ساعة. فما سرعة السائق؟
- لماذا يندفع السائق إلى الأمام عند توقّف السيارة فجأة؟
- ما أهمية استخدام حزام الأمان؟

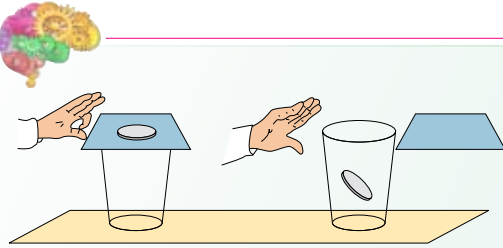
مثال (٣-٢)

عَلّق كوبان من البلاستيك بخيط لكل منهما، ثم ملئ أحدهما بالماء، وبقي الآخر فارغاً، ثم سلط عليهما تياراً من الهواء المضغوط من أجل تحريكهما. بيّن كيف يستجيب كل منهما لتأثير القوة، مفسّراً إجابتك.

الحل

يتحرك الكوب الفارغ مسافة أفقية أكبر؛ لأنّ له كتلة أقل، وله قصوراً أقل، لذلك تكون ممانعته أقل فيستجيب لتأثير القوة بصورة أكبر من الكوب المليء، الذي يُمانع تأثير القوة بصورة أكبر، لأنّ كتلته أكبر وله قصور أكبر.

تفكير ناقد



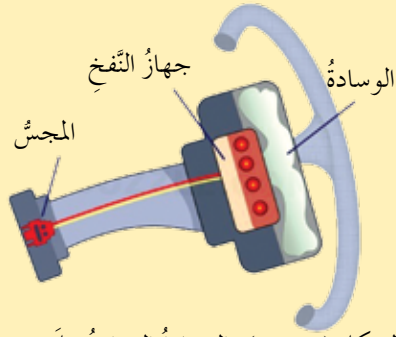
الشكل (٣-١٠): تفكير ناقد، قطعة نقود.



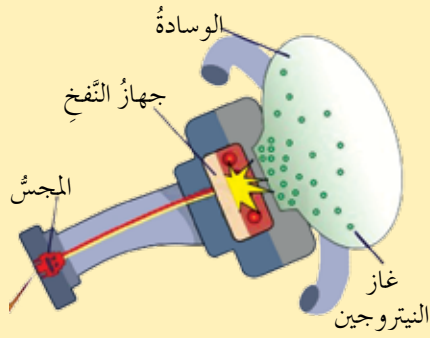
الشكل (٣-١١): تفكير ناقد، المطرقة.

اعتماداً على القانون الأول في الحركة فسّر المشاهدات الآتية:

- ١- عند وضع قطعة نقود على قطعة من الورق المقوى فوق كوب زجاجي، ثم دفع الورقة أو سحبها بسرعة، فإن قطعة النقود تسقط في الكوب. انظر الشكل (٣-١٠).
- ٢- لتثبيت رأس مطرقة، يُضرب بمقبضها نحو الأسفل على أرضية ثابتة، كما في الشكل (٣-١١).



الشكل (١٢-٣): الوسادة الهوائية قبل وقوع الحادث.



الشكل (١٣-٣): الوسادة الهوائية عند وقوع الحادث.

من وسائل الأمان في السيارة الوسادة الهوائية

عند وقوع الحادث تتوقف السيارة عن الحركة، في حين يستمر الراكب في الحركة نحو الأمام بفعل القصور الذاتي، لذلك أضيفت الوسادة الهوائية للسيارات الحديثة، بحيث تنتفخ عند وقوع حادث، فتقلل من سرعة الراكب خلال جزء من الثانية حتى يتوقف عن الحركة تمامًا، موفرة له الحماية اللازمة.

مكونات الوسادة الهوائية:

١- جسم الوسادة (bag): هو كيس لا يسرب الهواء، مصنوع من ألياف النايلون، مخبأ داخل مقود السيارة، وقد تكون نسخة أخرى منه مخبأة في لوحة القيادة. انظر الشكل (١٢-٣).

٢- المجس (sensor): هو أداة صغيرة حساسة للصدمة، وظيفتها إعطاء الأمر كي تنتفخ الوسادة في الوقت المناسب؛ إذ تتحرك قطعة فلزية بفعل الصدمة، فتغلق دائرة كهربائية تعمل على تشغيل المجس الذي يُصدر الأمر.

٣- جهاز نفخ الوسادة (inflation system): يحتوي هذا الجهاز على وقود صلب من مادتي أزيد الصوديوم (NaN_3) ونترات البوتاسيوم (KNO_3)، وجهاز التفجير الذي يولد الشرارة، فيبدأ التفاعل، ويحدث انفجار ينطلق خلاله غاز النيتروجين بقوة لينفخ الوسادة. انظر الشكل (١٣-٣).

متى تنتفخ الوسادة

يعمل المجس، ثم ينفجر الوقود، فتنتفخ الوسادة إذا كانت قوة الصدمة مماثلة لاصطدام سيارة (سرعتها ١٦ كم/ساعة) بحائط من الطوب (اللين).

توصّلنا من خلال القانون الأول لنيوتن إلى أنّه عندما تكونُ القوةُ المحصّلةُ المؤثرةُ في جسمٍ مساويةً للصفر، فإنّ الجسمَ يحافظُ على حالتهِ الحركيّةِ (حالةِ الشُّكُونِ، أو حالةِ الحركةِ بسرعةٍ ثابتةٍ في خطٍّ مستقيم) وفي كلتا الحالتين يكونُ تسارعُ الجسمِ صفرًا؛ لأنّ سرعتهُ لا تتغيّرُ. وقد يتبادرُ إلى الذهنِ السؤالانِ الآتيانِ: كيفَ يكونُ سلوكُ الجسمِ عندما تكونُ القوةُ المحصّلةُ المؤثرةُ فيه لا تساوي الصفر؟ وكيفَ ستتغيّرُ سرعتهُ عندئذٍ؟ هذا ما يجيبُ عنه القانونُ الثاني، فهو يربطُ تسارعَ الجسمِ بالقوةِ المحصّلةِ المؤثرةِ فيه. وللتوصّلِ إلى العلاقةِ التي تربطُ التسارعَ بالقوةِ، نفدِ النشاطَ الآتي:

نشاط (٣-٣)

القانون الثاني في الحركة

هدفُ النشاط: استقصاءُ العلاقةِ بينَ القوةِ والتسارعِ عمليًّا.

الأدوات: لعبةُ سيارةٍ، مستوىٌّ مائلٌ (لوخٌ خشبيٌّ)، ساعةٌ إيقافٍ، شريطٌ مترٌ بعددِ المجموعاتِ. خطواتُ تنفيذِ النشاط:



الشكل (٣-١٤): نشاط (٣-٣).

١- ضع المستوى المائل على الطاولة وارفع أحدَ طرفيه بوضوح كتابٍ تحته، انظر الشكل (٣-١٤).

٢- قس طولَ المستوى المائل (س)، وارتفاعَ طرفه

العلويّ عن سطحِ الطاولة (ل)، ثم دوّن النتيجة في دفترِكَ، كما في الجدول (٣-١).

الجدول (٣-١): نشاط (٣-٣)

ك (كغ)	س (م)	ل (م)	ز (ث)	ز ^٢ (ث ^٢)	ق (نيوتن)	ت (م/ث ^٢)

٣- ضع لعبةَ السيّارة عند أعلى المستوى واطرُكها تتحرّك تحت تأثيرِ وزنها حتّى نهايتها.

- ٤- يقيسُ أحدُ أفرادِ المجموعةِ زمنَ حركةِ السيارةِ مِنْ أعلىِ المستوى حتّى نهايتهِ.
٥- تُكرّرُ الخطواتُ (١-٤) أربعَ مراتٍ، وفي كلِّ مرةٍ يُضافُ كتابٌ لزيادةِ ميلِ المستوى.

٦- أكملِ الجدولَ بحسابِ تسارعِ السيارةِ من العلاقة: $t = \frac{z^2}{s}$

ثمَّ حسابِ القوّةِ المؤثّرةِ من العلاقة: $q = \frac{k \cdot z}{s}$ ، حيثُ k : كتلةُ السيارةِ $ج = ١٠ \text{ م/ث}^2$

٧- مثّلِ العلاقةَ بينَ القوّةِ والتسارعِ، ثمَّ احسبْ ميلاً هذهِ العلاقةِ.

سؤال: جدّ مقلوبَ ميلِ العلاقةِ في النشاطِ (٣-٣) ما الذي تمثلهُ النتيجةُ؟

لعلّكَ توصّلتَ من النشاطِ السابقِ إلى أنّ التسارعَ الذي يكتسبهُ جسمٌ يتناسبُ طردياً مع مقدارِ القوّةِ المحصّلةِ المؤثّرةِ فيه، ويكونُ اتجاهُ التسارعِ باتجاهِ القوّةِ المحصّلةِ.

أي إنّ: $\frac{q_1}{t_1} = \frac{q_2}{t_2} = \text{ثابتاً.}$

وهذا يعني أنّ: $q = \text{ثابت} \times t$

يمثّلُ هذا المقدارُ الثابتُ ممانعةَ الجسمِ للقوّةِ المحصّلةِ المؤثّرةِ فيه؛ فالأجسامُ التي لها ثابتٌ كبيرٌ هي التي يكونُ تسارعُها أقلَّ عندَ تأثيرِ القوّةِ نفسها؛ أي ممانعتها أكبرُ، وهذا يعني أنّ هذا الثابتَ ليسَ إلاّ القصورَ الذاتيَّ للجسمِ. وتُعَدُّ كتلةُ أيِّ جسمٍ مقياساً لقصورِهِ، فتحرّيكُ سيارةٍ كبيرةٍ أصعبُ بكثيرٍ منَ تحرّيكِ درّاجةٍ هوائيةٍ، وهذا يعني أنّ قصورَ السّيّارةِ أكبرُ منَ قصورِ الدراجةِ. كما أنّ تغييرَ اتجاهِ حركةِ كرةِ الريشةِ في لعبةِ الريشةِ الطائرةِ سهلٌ جدّاً؛ لأنّ كتلتها صغيرةٌ، وفي المقابلِ، تخيّلْ مقدارَ القوّةِ اللاّزمةِ لتغييرِ اتجاهِ حركةِ كرةِ السلةِ.

معتمداً على إجراءِ تجاربٍ مماثلةٍ، صاغَ نيوتن القانونَ الثاني في الحركةِ على النحو الآتي:

إذا أثّرتْ قوّةٌ في جسمٍ أكسبتهُ تسارعاً باتجاهها يتناسبُ طردياً معها. ونُعبرُ عن القانونِ الثاني رياضياً

$q_{\text{المحصّلة}} = k \times t$

بالصيغةِ الآتية:

استقصاء

من العلاقة الرياضية للقانون الثاني:

- ضع تعريفاً مناسباً لوحدة القوة (نيوتن).

- متى يكون الجسم متزنًا؟

مثال (٣-٣)

يؤثر أحمد بقوة أفقية مقدارها ٦٠ نيوتن في صندوق خشبي كتلته ٥٠ كغ، وهو ساكن فوق سطح أفقي أملس فيحركه، كما في الشكل (٣-١٥). احسب:

١- تسارع الصندوق.

٢- سرعة الصندوق بعد ثلاث ثوانٍ من استمرار تأثير القوة فيه.

الحل

الاتجاه نحو اليمين موجب.

السرعة الابتدائية $ع_١ = ٠$ صفرًا

تؤثر في الصندوق قوة واحدة نحو اليمين، ولا توجد قوة احتكاك؛ لأن السطح أملس. لذلك تكون القوة المحصلة مساوية لقوة أحمد (ق المحصلة = ٦٠ نيوتن).

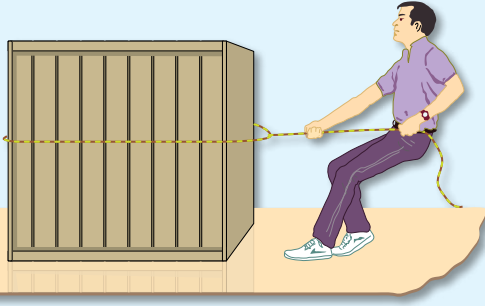
$$(١) \text{ ق المحصلة} = ك \times ت$$

$$٦٠ = ٥٠ \times ت$$

$$ت = \frac{٦٠}{٥٠} = ١,٢ \text{ م/ث}^٢$$

$$(٢) ع_٢ = ع_١ + ت \times ز$$

$$ع_٢ = ٠ + ١,٢ \times ٣ = ٣,٦ \text{ م/ث}$$



الشكل (٣-١٥): مثال (٣-٣).



عندما تكون راکباً في مصعدٍ، وتبدأ حركته نحو الأعلى، ستشعر أن وزنك يزداد فيصبح أكبر مما في الواقع. مثل هذا الوضع بالرسم، ويُنَّ عليه القوى المؤثرة في جسمك، مطبقاً القانون الثاني لنيوتن في هذه الحالة.

مثال (٣-٤)

يدفع ممرضٌ سريرًا كتلته والمريض فوقه ١٤٠ كغ، بسرعة ثابتة مقدارها ١ م/ث، على أرض أفقية، كما في الشكل (٣-١٦). إذا علمت أن قوة احتكاك السرير مع الأرض ١٢٠ نيوتن، فاحسب:

- ١- قوة دفع الممرض للسرير.
- ٢- قوة الدفع اللازمة لزيادة السرعة من ١ م/ث، إلى ١,٥ م/ث، خلال خمس ثوانٍ.



الشكل (٣-١٦): مثال (٣-٤).

الحل

الاتجاه نحو اليمين موجب؛ لذا، فإن:
ق شد موجبة، ق ح سالبة، والسرعة موجبة.
بما أن السرعة ثابتة، فإن: ت = صفراً.

(١) نطبق القانون الثاني لنيوتن:

$$\text{ق محصلة} = \text{ك} \times \text{ت} = ١٤٠ \times ٠ = ٠ \text{ نيوتن}$$

$$\text{ق محصلة} = \text{ق دفع} - \text{ق ح} = ٠$$

$$\text{ق دفع} = \text{ق ح} = ١٢٠ \text{ نيوتن}$$

(٢) لحساب القوة، لا بد من معرفة التسارع أولاً، لذلك نطبق إحدى معادلات الحركة:

$$\text{ع} = \text{ع} + \text{ت} \times \text{ز}$$

$$١,٥ = ٠ + \text{ت} \times ٥ \Leftrightarrow \text{ت} = \frac{(١,٥ - ٠)}{٥} = ٠,٣ \text{ م/ث}^٢$$

نطبق القانون الثاني:

$$\text{ق محصلة} = \text{ك} \times \text{ت} = 0,1 \times 140 = 14 \text{ نيوتن}$$

$$\text{ق محصلة} = \text{ق دفع} - \text{ق ح}$$

$$\text{ق دفع} = \text{ق محصلة} + \text{ق ح} = 14 + 120 = 134 \text{ نيوتن}$$

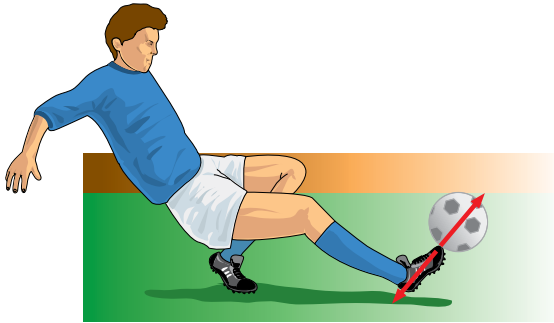
Newton's Third Law of Motion

القانون الثالث في الحركة لنيوتن ٣-٢-٣



الشكل (١٧-٣): حركة السباح.

لعلك مارست رياضة السباحة، أو شاهدت شخصاً يمارسها. لاحظ السباح في الشكل (١٧-٣)؛ إنه يدفع الماء إلى الخلف بيديه وقدميه بقوة، والماء يدفع جسمه إلى الأمام، وحينما يصل إلى حافة المسبح فإنه يدفع الحائط بقدميه، فيؤثر الحائط فيه بقوة معاكسة.



الشكل (١٨-٣): اللاعب والكرة.

وكذلك الحال عندما تترك الكرة بقدمك؛ فإن قدمك تؤثر فيها بقوة، وفي الوقت نفسه تتأثر قدمك بقوة معاكسة من الكرة، انظر الشكل (١٨-٣).

للتوصل عملياً إلى علاقة تربط بين القوى المتبادلة بين جسمين، نفذ النشاط الآتي:

نشاط (٤-٣)

القانون الثالث في الحركة لنيوتن

هدف النشاط: التوصل عملياً إلى العلاقة بين زوجين من القوى.
الأدوات: ميزانان نابضيان لكل مجموعة.

خطوات تنفيذ النشاط:

- ١- يوزّع المعلمُ الطلبةَ إلى مجموعاتٍ ويُزوّدُ كلَّ مجموعةٍ بميزانين نابضيين.
 - ٢- يصلُ خطّافيّ الميزانين بعضهما ببعض.
 - ٣- يثبتُ أحدُ أفرادِ المجموعةِ الميزانَ الأوّلَ، في حينِ يقومُ آخرُ بشدِّ الميزانِ الثاني حتّى تصبحَ قراءتُهُ ٤ نيوتن (مثلاً).
 - ٤- يقرأُ أفرادُ المجموعةِ القراءةَ على تدريجِ الميزانِ الثاني، ثمّ تدوّنُ القراءةَ في الدفترِ.
 - ٥- تُعادُ الخطواتُ، مع تغييرِ مقدارِ الشدِّ في الميزانِ الأوّل؛ لأخذِ قراءاتٍ عدّةٍ (٦، ٨، ١٠ نيوتن).
- تكتبُ كلُّ مجموعةٍ استنتاجها بشأنِ العلاقةِ بينِ القوّتينِ المتبادلتين، ثمّ يجري نقاشٌ بينَ المجموعاتِ، توضحُ فيه الصعوباتُ في التجربةِ ومصادرُ الخطأ، والاستنتاجُ.

ابن ملكا البغدادي
(١٠٨٧ - ١١٦٥ م)

أبو البركات هبة الله بن علي ابن ملكا البغدادي، عالمٌ مسلمٌ اشتهر بالحكمة والطب. يرجع إليه الفضل في اكتشاف قوانين الحركة. ولد في البصرة وفيها نشأ، ثمّ سافر إلى بغداد، وعمل في قصورها، حتّى لُقّب بفيلسوف العراقيين في عصره.

تدفعُك هذه الظواهرُ وغيرها إلى التفكيرِ في طبيعةِ القوى، وهل توجدُ القوى منفردةً، أم على شكلِ أزواجٍ؟ لقد توصّلَ علماءُ العربِ والمسلمينَ إلى أنّ القوى في الطبيعةِ موجودةٌ على شكلِ أزواجٍ؛ فقد أوردَ العالمُ المسلمُ ابن ملكا البغدادي في كتابه (المعتبرُ في الحكمة) النصَّ الآتي: **"إن الحلقةَ المتجاذبةَ بينِ المصارعين، لكلٍّ واحدٍ من المتجاذبين في جذبها قوّةٌ مقاومةٌ لقوّةِ الآخر، وليس إذا غلبَ أحدهما فجذبها نحوهُ تكونُ قد خلت من قوّةِ جذبِ الآخر، بل تلكَ القوّةُ موجودةٌ مقهورةٌ، ولولاها لما احتاجَ الآخرُ إلى كلِّ ذلكِ الجذبِ".** أمّا العالمُ اسحق نيوتن فقد صاغَ القانونَ الثالثَ في الحركةِ على النحوِ الآتي:

إذا تفاعلَ جسمانِ (أ، ب) فإنَّ القوّةَ الّتي يؤثرُ بها الجسمُ (ب) في الجسمِ (أ) تساوي في المقدارِ وتعاكسُ في الاتجاهِ القوّةَ الّتي يؤثرُ بها الجسمُ (أ) في الجسمِ (ب).

وبصورةٍ رياضيةٍ، فإنّ: $ق_أ = -ق_ب$

تسمّى إحدى هاتين القوتين فعلاً، وتسمّى الثانية ردّ فعلٍ.

نستخلص من القانون الثالث في الحركة لنيوتن الملاحظات المهمة الآتية:

١- الفعل وردّ الفعل قوتان تنشآن معاً وتختفیان معاً؛ لذلك توجد القوى جميعها في الكون على صورة أزواج ناتجة من التفاعل بين الأجسام، ولا توجد قوة مفردة.

٢- لقوتَي الفعل وردّ الفعل طبيعة واحدة، فإذا كان الفعل قوة جاذبية، يكون ردّ الفعل قوة جاذبية أيضاً.

٣- الفعل وردّ الفعل قوتان لا تؤثران في الجسم نفسه، إنّما في جسمين مختلفين. وبالتالي لا يمكن القول أنّ محصلة الفعل وردّ الفعل تساوي صفراً.

حلّ مشكلات



الشكل (٣-١٩): حل مشكلات.

صاحب أحمد أسرته في رحلة إلى قصور الصحراء في البادية الأردنية. وبعد توقف عابر على جانب الطريق، فوجئ الجميع بعدم قدرة السيارة على الحركة، فنزل أحمد ليستوضح الأمر، فوجد عجلات السيارة قد غاصت في الرمل. انظر الشكل (٣-١٩). عندئذ، أخذ الجميع يفكرون في حلّ للمشكلة. ولمساعدتهم، عليك عزيزي الطالب الإجابة عن الأسئلة الآتية:

- ما سبب توقف السيارة عن الحركة؟

- ما علاقة ذلك بطبيعة السطوح؟

- ضع خطة نظرية لحل المشكلة.

- كيف يمكن تطبيق الخطة عملياً؟

سؤال: ما توقّعاتك حيال نجاح الخطة؟ وما العيوب المتوقّعة ظهورها عند التطبيق؟

منذ بدء الحياة على الأرض والناس يشاهدون الأجسام تسقط باتجاه الأسفل، فالحجر المقذوف لأعلى يعود إلى الأرض، لأن الأرض برأيهم هي المكان الطبيعي للأجسام الصلبة، وكانوا يشاهدون حركة الكواكب في الفضاء، لكن قليلاً منهم من شغله ذلك، وحاول إيجاد تفسير لما يحدث، ومن أولئك: العالم أبو الريحان البيروني الذي أجرى تجارب كثيرة على الجاذبية، إلى أن توصل إلى التعميم الذي مفاده أن: "الناس على الأرض منتصبو القامات على استقامة أقطار الكرة، وعليها نزول الأثقال إلى الأسفل" ثم أضاف أبو الفتح عبد الرحمن الخازني (١١١٥ - ١١٥٥م) التعميم: "إن الأجسام الساقطة تنجذب نحو مركز الأرض، وإن اختلاف قوة الجذب يرجع إلى المسافة بين الجسم الساقط وهذا المركز". ثم جاء بعدهم العالم الألماني كبلر (١٥٧١ - ١٦٣٠م)، فوضع قوانينه التي تصف حركة الكواكب حول الشمس، ثم اعتمد العالم اسحق نيوتن على من سبقه، فوصف قوة التجاذب بين الأجسام، وعمّم وصفه بقانون عرف بقانون الجذب العام، بين فيه العلاقة بين القوى التي تجذب بها الأجسام بعضها، وبين كتل تلك الأجسام والمسافات بينها، ووصف القانون بالعام؛ لأنه ينطبق على الأجسام جميعها في الكون.

تنشأ قوة التجاذب الكتلي بين الأجسام الكبيرة والصغيرة جميعها، إلا أنه لا يمكن ملاحظتها في حال الكتل الصغيرة، وما قوة الوزن التي تؤثر بها الأرض في أجسامنا إلا قوة جذب كتلي بين أجسامنا والأرض. ونص قانون الجذب العام هو:

توجد قوة تجاذب بين أي جسمين في الكون، تتناسب طردياً مع كتليهما، وعكسياً مع مربع المسافة بينهما.



أبو الريحان محمد بن أحمد البيروني (٩٧٣ - ١٠٤٨م) عالم رياضيات وفيزياء مسلم، ولد في خوارزم التابعة حالياً لأوزبكستان، درس الرياضيات، والصيدلة والفلك. أفاد بأن الأجسام تسقط على الأرض بسبب قوى الجذب المتمركزة فيها. وأسهم في عمل دراسات وتجارب تتعلق بحساب المثلثات والدائرة وخطوط الطول والعرض، ودوران الأرض، والفرق بين سرعة الضوء وسرعة الصوت.



- ١- فسّر كيف لا نشعر بقوة جذب الشمس لأجسامنا ونحن نقف على الأرض، في حين أنّ جاذبية الشمس تؤثر في الأرض؟
- ٢- تخيل أنّك تقف على سطح كوكب أكبر حجمًا من الأرض، لكنّه مساوٍ للأرض في كتلتها. وضح كيف سيكون وزنك على سطح ذلك الكوكب، مفسّرًا إجابتك.

التوسع

ينطبق قانون الجذب العام على الأجسام الصغيرة والكبيرة، لكن لا يمكن ملاحظة أثر القوة المتبادلة بين الجسمين المتجاذبين إلا في حال الكتل الكبيرة. توصل نيوتن إلى العلاقة الرياضية التي تربط بين قوة التجاذب الكتلي والعوامل التي تعتمد عليها، وهي: $ق = \frac{أ (ك_١ \times ك_٢)}{ف^٢}$

إذا علمت أنّ قيمة ثابت الجذب (أ) تساوي $٦,٦٧ \times ١٠^{-١١}$ نيوتن م^٢/كغ^٢. فما الكمّيات الأخرى التي يجب معرفتها لحساب قوة التجاذب الكتلي بين كوكب ما، وجسم موجود على سطح ذلك الكوكب؟

مراجعة الدرس (٣-٢)

- ١- اذكر نص القانون الأول في الحركة مبينًا أهميته في دراسة أتران الأجسام.
- ٢- وضح المقصود بقصور الأجسام. وما أثر كتلة الجسم على هذه الخصيصة الفيزيائية؟
- ٣- اذكر نص القانون الثاني في الحركة، واكتب العلاقة الرياضية له.
- ٤- اذكر نص القانون الثالث في الحركة، ووضحه بأمثلة ومواقف يمكن تنفيذها في الغرفة الصفية.
- ٥- لا يمكن القول أنّ القوة المحصلة لقوتَي الفعل وردّ الفعل تساوي صفرًا، لذلك يتزن الجسم. فسّر سبب ذلك.
- ٦- **تفكير ناقد:** في حالة السقوط الحرّ للأجسام يتأثر الجسم بوزنه، وينطبق عليه القانون الثاني في الحركة، لكن في حال السقوط بسرعة عالية تزداد مقاومة الهواء للجسم حتى تصبح مساوية لوزنه. صف الحالة الحركية للجسم عندئذ.

السؤال السادس يُشبه أسئلة الاختبارات الدولية.

ربما يتبادر إلى الأذهان أن التطبيقات العملية المتعلقة بقوانين نيوتن بوجه خاص، وبعلم الميكانيكا عامة؛ تنحصر في المختبرات المدرسية أو في مراكز الأبحاث فقط، لكن الواقع غير ذلك؛ فلا تكاد تخلو حياتنا من تلك التطبيقات، فكم منها يمكنك رصدّها ومشاهدتها في أثناء قدومك إلى المدرسة في الحافلة، أو سيراً على القدمين. بمجرد انطلاق الحافلة تشعر برجوع جسمك إلى الخلف، وما ذلك إلا تطبيق للقانون الأول؛ فجسمك له كتلة قصور تجعله يمانع الحركة. اذكر تطبيقات أخرى يمكنك ملاحظتها. وفي ما يأتي بعض التطبيقات الشائعة.

نتائج الدرس

- تفسّر مشاهدات ومواقف حياتية باستخدام القوانين الثلاثة في الحركة.
- تبحث في تطبيقات تكنولوجية للقوانين الثلاثة في الحركة (القذيفة والمدفع وغيرهما).

نشاط تمهيدي

انفخ بالوناً بالهواء ثم اتركه وفوهته مفتوحة، لاحظ حركة البالون، ثم فسّر ما حدث مستعيناً بما تعلمته عن قوانين الحركة لنيوتن.

حمالة الأمتعة فوق المركبات Roof Luggage Basket ١-٣-٣

يلجأ بعض المسافرين إلى وضع حمالة أمتعة فوق سياراتهم، كما في الشكل (٣-٢٠)، وعند حدوث أمر طارئ يتطلب الوقوف المفاجئ، قد تنزلق الحمالة والأمتعة معاً فتسقطان أمام السيارة عند توقّفها، ويمكن تفسير ما يحدث اعتماداً على القانون الأول؛ إذ إن السيارة تستجيب لقوة الاحتكاك (الكوابح) وتتوقّف، في حين تستمر الحمالة في التحرك إلى الأمام بسبب ممانعتها الكبيرة لتغيير حالتها الحركية من الحركة إلى السكون، فتستمر بالحركة نحو الأمام حتى تسقط أمام السيارة. لذلك ينبغي للمسافرين تثبيت تلك

فكرة مضيئة

الهبوط بالمظلة يُعدّ مثالا على حركة السقوط الحر عند بداية القفز من الطائرة لكن عند السرعة الكبيرة لا يمكن إهمال مقاومة الهواء.



الشكل (٣-٢٠): تثبيت الحمولة.

الحمّالات جيداً فوق مركباتهم، وعدم زيادة كتلة الأمتعة المحمولة، وتجنّب استعمال الكوابح بشدّة وبصورة مفاجئة.



تفكير ناقد



الشكل (٣-٢١): تفكير ناقد.

يبيّن الشكل (٣-٢١) مسند الرأس الذي يُثبت فوق مقاعد السيارة. اعتماداً على القانون الأول لنيوتن، يبيّن أهميّة هذا المسند للسائق أو الراكب في حالة تعرّض السيارة لصدمة من الخلف.

Plane Take off

٣-٣-٢ إقلاع الطائرة

قبل لحظة تحرك الطائرة فوق مدرج الإقلاع، يعمل الربّان على زيادة سرعة دوران محركاتها إلى أن تتوافر القوة الكافية لإكساب الطائرة تسارعاً يضمن إقلاعها خلال مسافة محدّدة تساوي طول المدرج؛ إذ إنّ مقدار القوة اللازمة يتمّ حسابه بدقة من القانون الثاني، فهو يعتمد على كتلة الطائرة، والسرعة النهائية المطلوبة للإقلاع، انظر الشكل (٣-٢٢).



الشكل (٣-٢٢): زيادة قوة محركات الطائرة في وضع الثبات.



الشكل (٣-٣): إطلاق صاروخ.

تشاهد أحياناً في التلفاز لحظة إطلاق صاروخ يحمل قمراً صناعياً، أو لحظة إطلاق صواريخ لأغراض علمية أخرى، أو ضمن تدريبات عسكرية، فتلاحظ في أثناء عملية الإطلاق انبعاث كمّية كبيرة من الغازات نحو الأسفل. انظر الشكل (٣-٢٣)، فما الذي يدفع الصاروخ إلى الأعلى؟ يعمل محرك الصاروخ على نفث الغازات الناتجة عن احتراق الوقود المستخدم بقوة نحو الأسفل، مما يولّد قوة معاكسة تؤثر في الصاروخ نحو الأعلى، تكون مساوية للقوة المؤثرة في الغاز مقداراً، ومعاكسة لها اتجاهًا حسب القانون الثالث لنيوتن مما يجعل الصاروخ يندفع إلى الأعلى بقوة محصلة تكسبه تسارعاً باتجاه الأعلى، حسب القانون الثاني لنيوتن. وهناك أمثلة أخرى تعدّ تطبيقات على القانون الثالث؛ كالقذيفة والمدفع، وغيرهما.



تفكير إبداعي

في حال تطبيق القانون الثاني لنيوتن على حركة الصاروخ، وجد أنه لا يتحرّك بتسارع ثابت، على الرغم من أن مقدار القوة ثابت، ما سبب ذلك؟ وهل يتزايد التسارع أم يتناقص؟ فسّر إجابتك.

سبق أن عرّفنا السقوط الحرّ بأنه حركة الأجسام بتأثير الجاذبية الأرضية وحدها، وإهمال القوى المعيقة للحركة؛ أي إنّ هذه الأجسام تتحرك بتسارع ثابت المقدار ($g = 9.8 \text{ م/ث}^2$)، واتجاهه إلى الأسفل.



ولكن في الواقع، لا توجد حالة يمكن فيها إهمال القوى المعيقة للحركة؛ إذ إنّ الأجسام تسقط نحو الأسفل متأثرةً بقوتين؛ الوزن واتجاهه إلى الأسفل، ومقاومة الهواء، واتجاهها إلى الأعلى، ومحصلة هاتين القوتين هي الفرق بينهما. علماً بأن مقاومة الهواء لحركة الأجسام ليست ثابتة، فهي تزداد بزيادة سرعة الجسم، واتجاه المحصلة يكون باتجاه القوة الكبرى.



الشكل (٣-٢٤): الهبوط بالمظلة.

عند قفز المظلي من الطائرة، كما في الشكل (٣-٢٤)، تكون مقاومة الهواء لحركته قليلة، فيهبط بتسارع كبير، وتزداد سرعته باستمرار، وعند فتح المظلة، تزداد مقاومة الهواء بصورة كبيرة لتصبح أكبر من الوزن، فيصبح اتجاه المحصلة إلى الأعلى، ويتباطأ المظلي، فتتناقص سرعته. ونتيجة لنقصان السرعة؛ تقل مقاومة الهواء لحركته حتى تصبح مساوية للوزن عند سرعة معينة، وهنا تبدأ مرحلة مختلفة من الحركة تصبح فيها القوة المحصلة صفراً، فيهبط المظلي

بسرعة ثابتة بطيئة، حتى لا يرتطم بالأرض بقوة فيتأذى.

من التطبيقات العملية اليومية على قانون الحركة الأول، الحركة الرأسية للمصعد، فهناك ثلاث حالات تشعر في كل منها بشعور مختلف ناتج عن استجابة جسمك للقوة المؤثرة فيه.

الحالة الأولى: تشعر أن وزنك أكبر مما تعودت عليه؛ مرة عندما يبدأ بالحركة إلى الأعلى، ومرة عند توقف المصعد الهابط. كيف تفسر شعورك هذا؟

الحالة الثانية: تشعر أن وزنك طبيعي لم يتغير في أثناء الصعود والهبوط بسرعة ثابتة، بعيداً عن نقاط التوقف.

الحالة الثالثة: تشعر أن وزنك أقل مما تعودت عليه، عند بداية الحركة لأسفل، وعند توقف المصعد الصاعد. كي تتمكن من تفسير شعورك هذا، ابحث في مصادر المعرفة المختلفة.

مراجعة الدرس (٣-٣)

- ١- مستخدماً مفهوم القصور، فسّر اندفاع جسمك إلى الأمام عندما تكون راكباً في سيارة وتوقف.
- ٢- انطلقت دراجة نارية بشكل مفاجئ، فسقط صندوق كان مثبتاً فوقها على الأرض. فسّر سبب سقوط الصندوق عند الانطلاق.
- ٣- يضع سائق حافلة كوباً مملوئاً بالشاي في مكان خاص بجانبه، فإن كنت أنت في الحافلة، فصف مع التفسير ما يحدث للشاي عند انطلاق الحافلة، وعند حركتها بسرعة ثابتة، وعند توقفها.
- ٤- **تفكير ناقد:** يعتقد بعض المشاهدين أن المظلي يتحرك نحو الأعلى بعد فتح المظلة. بين أن ذلك غير ممكن من الناحية العلمية، ووضح ما يحدث بالفعل.

اختبار وسائل الأمان في السيارة

فكرة المشروع

تخيل أنك مهندس ميكانيك تعمل في أحد مصانع السيارات، وقع عليك الاختيار في تصميم سيارة يمكنها السير بسرعات كبيرة، إلا أنها تمتلك وسائل أمان عالية. فعند تعرض السيارة لحادث تصادم فإن مقدمتها تتحطم، وتتوقف عن الحركة، في حين يندفع الركاب بقصورهم الذاتي مما يجعلهم يستمرون بحركتهم إلى الأمام. كيف تعمل على منع هذا الاندفاع وحماية الركاب من التصادم؟

الخطوة

عليك وضع فرضية تتعلق بتصميم سيارة (مركبة)، والفرضية تقتضي تصميم نموذج لمركبة بلاستيكية صغيرة، يمكنها توصيل لعبة بلاستيكية صغيرة (راكب) بأقصى سرعة ممكنة إلى مكان محدد بأمان، على الرغم من تحطم المركبة عند نهاية الطريق. يجب اتفاق أعضاء المجموعة على الفرضية. يرسم أعضاء المجموعة مخططاً للتصميم، يوضحون فيه طريقة صنع المركبة. تحضر المجموعة قائمة بالمواد والأدوات اللازمة لصنع النموذج، انظر الشكل (٣-٢٥).



الشكل (٣-٢٦): حزام الأمان في السيارة.



الشكل (٣-٢٥): اختبار وسائل الأمان في السيارة.

الأدوات اللازمة:

قطعة خشب أو بوليسترين مستطيلة الشكل، وأقراص مدججة (C.D)، ومصاصات عصير (رفيعة، وعريضة)، ودبابيس وأسلاك، وورق لاصق، ولعبة بلاستيكية بسيطة (راكب).

الإجراءات:

- ١- ضع المركبة عند أعلى السطح المائل، واركها تتحرك حتى أسفله.
- ٢- ضع جسمًا ثقيلًا ثابتًا عند نهاية الممر، لكي تصدم به المركبة وتتخطم.
- ٣- لاحظ ما يحصل للراكب عند تحطم المركبة.
- ٤- عدّل طريقة تثبيت الراكب عند كل محاولة، ولاحظ أثر ذلك في سلامته.
- ٥- يدوّن أحد أفراد المجموعة الملاحظات في أثناء التنفيذ.

مناقشة النتائج

- هل كانت سرعة المركبة كافية؟
- هل تمكّن التصميم من توفير الحماية الكافية للراكب؟
- ما الإجراء الذي أضيف إلى التصميم لتوفير الحماية المطلوبة؟
- لو كنت مصمّم سيارات حقيقية، ما وسائل الأمان الإضافية التي تودّ إضافتها إلى السيارة؟

التقويم الذاتي

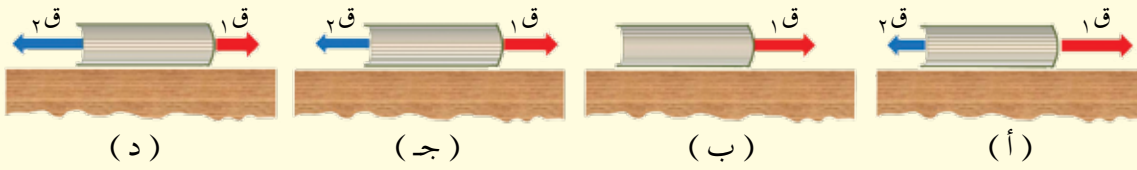
الرقم	المعيار	نعم	لا
١	تمكّنت من التعبير عن فكرة المشروع بدقّة ووضوح.		
٢	صغتُ فرضيّة تتعلق بطريقة عمل حزام الأمان في السيارة.		
٣	وضعتُ خطة مناسبة لتنفيذ التصميم.		
٤	ركّبتُ الجهازَ وجربته عمليًا.		
٥	تواصلتُ مع معلّمي في أثناء تنفيذ المشروع.		
٦	راعيتُ إجراءات السلامة العامّة في أثناء العمل.		
٧	رصدتُ معيقات العمل وعملتُ على تحسينه.		
٨	تعاونتُ مع زملائي، واحترمتُ آراءهم في أثناء العمل.		
٩	استطعتُ الحكم على دقّة النتائج التي توصلتُ إليها.		
١٠	أنجزتُ المشروع وفق الخطة الزمنية المحددة.		

أَسْئَلَةُ الْفَصْلِ الثَّالِثِ

الجزء الأول: أسئلة قصيرة الإجابة

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

(١) في الشكل (٣-٢٧)، الشكل الذي يمثل كتابًا يتحرك على سطح أفقي إلى اليمين بسرعة ثابتة، هو:



الشكل (٢-٢٧): السؤال الأول، الفرع الأول.

(٢) تسارع الجسم حسب القانون الثاني في الحركة لنيوتن:

- أ - يزداد بزيادة كتلته. ب - لا يتغير بتغير كتلته.
ج - يزداد بزيادة القوة المؤثرة فيه. د - يقل بزيادة القوة المؤثرة فيه.

(٣) إذا وقفت على كوكب كتلته ضعفا كتلة الأرض، ونصف قطره مساو لنصف قطرها، فإن وزنك:

- أ - يصبح ضعفي وزنك على الأرض ب - يقل إلى النصف.
ج - يبقى كما هو على الأرض. د - لا يمكن التنبؤ به.

(٤) حينما تركل الكرة بقدمك، فإن قوتَي الفعل ورد الفعل لا يلغيان بعضهما، لأن:

- أ - قوة القدم في الكرة أكبر من قوة الكرة في القدم.
ب - قوة القدم في الكرة أقل من قوة الكرة في القدم.
ج - القوتين تؤثران في جسمين مختلفين.
د - إحدى القوتين تسبق الأخرى في زمن تأثيرها.

(٥) عندما تزداد مقاومة الهواء المؤثرة في المظلي لتصبح مساوية لوزنه فإنه:

- أ - يتوقف عن الحركة. ب - يستمر في الهبوط بتسارع ثابت.
ج - يتحرك قليلاً نحو الأعلى. د - يهبط إلى الأسفل بسرعة ثابتة.

- ٢- عندما تسحب أفقيًا كوبًا مملوءًا بالماء نحو اليمين بشدّة، ينسكب منه الماء إلى جهة اليسار. فسّر سبب انسكاب الماء.
- ٣- أجب عن كل من الموقفين الآتيين:
- أ - حدّد قوتي الفعل وردّ الفعل حينما تمشي على الأرض.
- ب - هل يعتمد عمل الصّاروخ على وجود غازات في الوسط المحيط به؟ فسّر إجابتك.
- ٤- شاحنة وسيارة صغيرة تسيران بالسرعة نفسها، فإذا أثّرت فيهما قوتا احتكاك متساويتان، فأيهما تتوقّف عن الحركة أولًا؟ ولماذا؟

الجزء الثاني: أسئلة حسابية

- ٥- تسلّق جندي كتلته ٦٠ كغ برجًا بسرعة ثابتة ٥,٥ م/ث، باستخدام حبل. فإذا وصل قمة البرج في زمن قدره ٢٠ ث، احسب:
- أ - قوّة الشدّ التي يؤثر بها الجندي في الحبل.
- ب - ارتفاع البرج.
- ٦- سيارة كتلتها ٥٠٠ كغ، تسير بسرعة ٦٠ كم/ساعة، استخدم سائقها الكوابح فتوقفت بعد أن قطعت إزاحة مقدارها ٢٠ م، احسب:
- أ - تسارع السيارة أثناء استخدام الكوابح على فرض أنّه ثابت.
- ب - مقدار قوّة الاحتكاك التي أوقفت السيارة.
- ٧- في تجربة لدراسة العلاقة بين القوّة والتسارع لجسم، دُوّنت قيم القوّة والتسارع في الجدول (٢-٣). الآتي:

الجدول (٢-٣): السؤال السابع

٢,٤	٢,٠	١,٦	١,٢	٠,٨	٠,٤	القوّة (نيوتن)
٤,٩	٤,٠	٣,٢	٢,٤	١,٥	٠,٨	التسارع (م/ث ^٢)

معتمداً على الجدول، أجب عما يأتي:

أ - مثل بياناً العلاقة بين القوة والتسارع.

ب - جد كتلة الجسم من خلال منحنى العلاقة.

٨ - سقطت كرة كتلتها ٠,٢ كغ سقوطاً حراً نحو الأرض فكان تسارعها مساوياً لتسارع

السقوط الحر. أجب عما يأتي:

أ - ما مقدار القوة التي تؤثر بها الأرض في الكرة وما اتجاهها؟

ب - ما مقدار القوة التي تؤثر بها الكرة في الأرض؟ وما اتجاهها؟

ج - احسب التسارع الذي تكتسبه الأرض (كتلة الأرض = 6×10^{24} كغ)، ثم علق على النتيجة.



الشكل (٢-٢٨): السؤال الثاني.

٩ - يتأثر جسم كتلته ٨٠ كغ بثلاث قوى، كما في

الشكل (٣-٢٨)، احسب التسارع الذي

يتحرك به الجسم.

١٠ - **تفكير ناقد:** يمثل الشكل (٣-٢٩)

العلاقة البيانية بين القوة والتسارع

للجسمين (أ)، (ب). معتمداً على

الشكل، أجب عما يأتي:

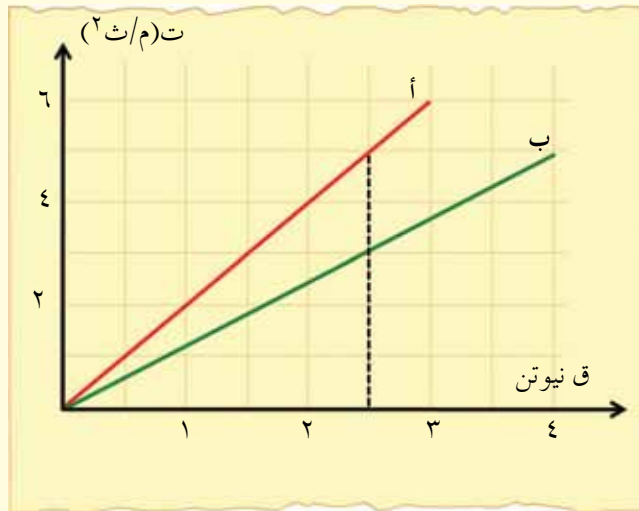
أ - أي الجسمين كتلته أكبر؟ وضح

كيف توصلت إلى الإجابة.

ب - ما معدل التغير في سرعة الجسم

(أ) حينما تكون القوة المؤثرة فيه

(٢,٥) نيوتن؟



الشكل (٣-٢٩): السؤال العاشر.

الشغل والطاقة

Work and Energy



١-٤ الشغل والقدرة.

٢-٤ الطاقة الميكانيكية.

٣-٤ حفظ الطاقة الميكانيكية.

الأهمية

الطاقة والمادة تشكّلان الكون الذي نعيش فيه. فالطاقة تضيء مدناً، وتحرك لنا وسائل النقل، وتشرّد الدّفء في منازلنا، وبامتلاكنا للطاقة يمكننا إنجاز الشغل.

يتألف هذا القطار من قاطرة تبلغ كتلتها (٦٤) طناً ويزيد طولها عن (١٤) م، مزودة بمحرك ديزل قوي، يتكوّن من (١٦) أسطوانة مجموع سعاتها ٢٥٠ لتراً (250000cc)، تجرّ نحو مئة عربة بقوة شدّ تزيد عن (٨٥٠) كيلو نيوتن عند بداية الحركة، وتنخفض مع زيادة السرعة. مع هذا الحمل الكبير فإن سرعة هذا القطار تصل إلى (١٢٠) كم/س. أمّا قدرته فهي (٤٦٦٠) كيلو واط (٦٢٥٠ حصاناً ميكانيكياً)

فكر: قارن محرك هذا القطار مع محرك السيارة العادية. كم سيارة تلزمنا لإنجاز الشغل الذي ينجزه هذا القطار؟ وهل يتناسب هذا العدد مع عدد عربات القطار؟

الطاقة من حولنا

ترتبط أحداث الكون مع الطاقة بشكلها؛ الكامنة والحركية، وكل ما نقوم به في حياتنا مرتبط بمفهوم الطاقة التي تعني المقدرة على إنجاز الشغل؛ فعندما نأكل تحول أجسامنا الطاقة المخزونة في الغذاء إلى شغل، وعندما نمشي نستهلك طاقة الغذاء المخزونة في أجسامنا، وكذلك الآلة تحول الطاقة إلى شغل منجز. والشغل يعني تحريك جسم أو رفعه لأعلى، أو تسخين جسم، أو تغيير شكله، وأنواع الشغل أكثر من ذلك بكثير، لكن ما يعيننا في هذا الفصل هو الشغل الميكانيكي.

بعد دراستك هذا الفصل، يُتوقع منك أن:

- ◀ توضّح مفهوم الشغل، وتذكر وحدة قياسه.
- ◀ تكتب العلاقة الرياضية للشغل وتطبقها في حلّ مسائل حسابية.
- ◀ توضّح مفهوم القدرة، وتذكر وحدة قياسها.
- ◀ تحسب قدرتك عملياً عند صعودك درجاً.
- ◀ توضّح مفهوم الطاقة الحركية، وتذكر وحدة قياسها.
- ◀ تميز طاقة الوضع المرونية، وطاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية.
- ◀ توضّح مفهوم الطاقة الميكانيكية.
- ◀ تطبق العلاقات الخاصة بالطاقة الميكانيكية في حلّ مسائل حسابية.
- ◀ توضّح المقصود بحفظ الطاقة الميكانيكية.
- ◀ تستقصي عملياً العوامل المؤثرة في مقدار طاقة الوضع (الكامنة)، وطاقة الحركة.
- ◀ تبحث في تطبيقات عملية وتكنولوجية للشغل والطاقة (البندول، الملاهي).

إذا طلبَ إليك معلّمك أن تقرأَ فصلاً كاملاً من هذا الكتاب، وتصنّف ما فيه من أشكال المعرفة العلميّة ومهارات العلم، وتقدّمه مكتوباً في اليوم التالي، فأمضيت الليل وأنت تقرأ وتفكر وتكتب ستقول إنك أنجزت الكثير من الشغل. فنحن نستخدم في حياتنا اليومية المعنى اللغوي لكلمة الشغل لندلّ به على الأعمال والأنشطة المختلفة، وقد يختلف القصد من شخص إلى آخر.

نتائج الدرس

- توضّح مفهومَي الشغل والقدرة، وتذكر وحدة قياس كل منهما.
- تكتب العلاقة الرياضيّة للشغل وتطبّقها في حلّ مسائل حسابيّة.
- تبحث في تطبيقات تكنولوجيا وعملية للشغل والقدرة.

Work

الشغل

١-١-٤

يستعمل العلماء كلمة شغل، ويقصدون بها معنى محدّداً، فما المعنى الفيزيائي لكلمة الشغل؟ تأمل الشكل (١-٤) الذي يبيّن أمثلة على أجسام تتأثر بقوة؛ فعندما نساعد شخصاً يجلس على كرسي متحرك، كما في الشكل (١-٤/أ)، فإننا ندفع الكرسي بقوة أفقيّة، فيتحرّك الكرسي باتجاه قوّة الدفع، عندها نقول إن قوّة الدفع أنجزت شغلاً على الكرسي. أمّا الشكل (١-٤/ب) فيبيّن شخصاً يدفع سيارة ولا يتمكن من تحريكها. وفي هذه الحالة نقول إن قوّة الدفع لم تنجز شغلاً على السيارة، لأنها لم تتحرّك. أخيراً لاحظ الشكل (١-٤/ج) الذي يبيّن شخصاً يقود دراجة غير عاديّة تعرف باسم (segway) وتتحرّك أفقيّاً. هل تبدّل قوّة الجاذبيّة (الوزن) شغلاً على الراكب؟ إن القوّة المؤثرة في الجسم باتجاه يتعامد مع اتجاه حركته لا تنجز شغلاً؛ أي إن قوّة الوزن لا تنجز شغلاً على جسم الراكب في هذه الحالة.

لعلك لاحظت أننا في بعض الحالات نقول إن شغلاً قد أنجز، وفي حالات أخرى لا يُنجز شغل. فدفع جسم على سطح أفقي، أو رفعه رأسياً إلى الأعلى يتطلّب التأثير في الجسم بقوة ينتج عنها حركة

نشاط تمهيدي

يقوم طالب بسحب مقعد على أرض الغرفة، بينما يقوم آخر بدفع الجدار. يوصّف الطالب الأول بأنه بذل شغلاً على الكرسي، بينما الآخر لم يبذل شغلاً.

فكرة مضيئة

القدرة تساوي الطاقة المستهلكة في وحدة الزمن، أي إن الآلة الأكبر قدرة تنجز شغلاً أكثر، وتستهلك طاقة أكثر. فالجهاز الكهربائي الأكبر قدرة يستهلك الكهرباء بشكل أكثر.



الشكل (٤-١/ج): حركة أفقية.



الشكل (٤-١/ب): السيارة لا تتحرك.



الشكل (٤-١/أ): الكرسي يتحرك.

الجسم باتجاه القوة. وفي الحالتين نقول إن شغلاً قد أنجز، أما إذا أثرت قوة في جسم ولم تحركه، أو إذا تحرك الجسم باتجاه يتعامد مع اتجاه القوة، فإننا نقول إن القوة لم تنجز شغلاً. وعندما تكون القوة ثابتة في مقدارها واتجاهها، وتكون حركة الجسم باتجاه تلك القوة فإن الشغل المنجز يعطى بالعلاقة

الآتية: الشغل = القوة × الإزاحة المقطوعة باتجاه القوة

وبالرموز: ش = ق × Δ س

يلاحظ من العلاقة الرياضية السابقة أن الشغل يتناسب طردياً مع كل من القوة والإزاحة. أما وحدة قياس الشغل فهي جول، ومن العلاقة السابقة فإن: جول = نيوتن . م



الشكل (٤-٢): مثال (٤-١).

مثال (٤-١)

يؤثر عامل في ثلاجة بقوة دفع أفقية ثابتة مقدارها ١٢٠ نيوتن، فيحركها على سطح أفقي إزاحة مقدارها ٣ م باتجاه القوة، كما في الشكل (٤-٢). احسب الشغل الذي أنجزته كل من: قوة الدفع وقوة الجاذبية (الوزن).

الحل

(١). بما أن اتجاه قوة الدفع نحو اليمين، واتجاه الحركة نحو اليمين، إذن، شغل قوة الدفع:

$$\text{ش} = \text{ق} \times \Delta \text{ س}$$

$$\text{ش} = ١٢٠ \times ٣ = ٣٦٠ \text{ جول.}$$

(٢). بما أن قوة الجاذبية (الوزن) رأسية باتجاه الأسفل، فهي عمودية على اتجاه الحركة، ولا

تنجز شغلاً (ش = صفر).

يرفع خالد صندوقاً خشبياً وزنه ٨٠ نيوتن نحو الأعلى إلى ارتفاع ٠,٥ م بسرعة ثابتة. احسب الشغل الذي أنجزته قوة الرفع.

الحل



الشكل (٣-٤): مثال (٢-٤).

كَي يرفع خالد الصندوقَ إلى أعلى بسرعة ثابتة، فإنه يؤثرُ فيه بقوة تساوي وزنه، ويكون اتجاه قوة الرفع نحو الأعلى؛ أي باتجاه الحركة، لاحظ الشكل (٣-٤).

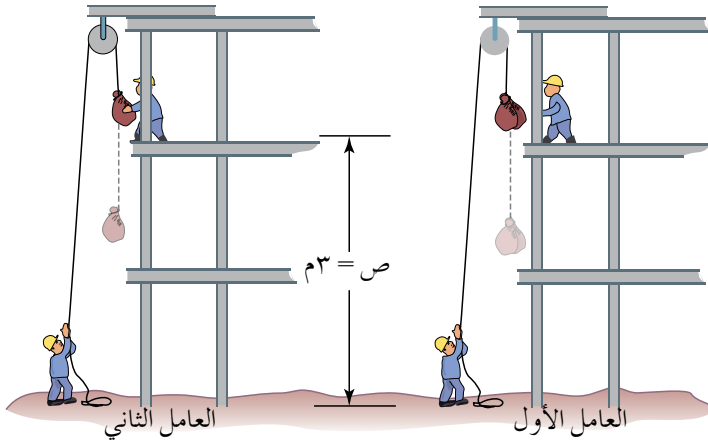
أي إن: $ق = و = ٨٠$ نيوتن.

شغل خالد: $ش = ق \times \Delta ص$

$ش = ٨٠ \times ٠,٥ = ٤٠$ جول.

Power

القدرة ٢-١-٤



الشكل (٤-٤): عمال البناء.

يوضح الشكل (٤-٤) اثنين من العمال يتنافسان في رفع مواد البناء؛ إذ يقوم العامل الأول برفع كيس وزنه ٤٠٠ نيوتن إلى ارتفاع ٣ م، ويقوم العامل الثاني برفع كيس مماثل إلى الارتفاع نفسه. في هذه الحالة نقول إن العاملين أنجزا الشغل نفسه. ولكن، ماذا عن زمن إنجاز ذلك الشغل؟ لو قلنا لك إن العامل

الأول استغرق ٥ ث لكي ينجز الشغل، في حين احتاج العامل الثاني إلى ١٠ ث لإنجاز الشغل نفسه، فما الذي يعنيه هذا الاختلاف في الزمن؟ إنه يعني أن قدرة العامل الأول على إنجاز الشغل أكبر من قدرة العامل الثاني، حيث تعرف **القدرة** بأنها الشغل المنجز خلال وحدة الزمن. أي إن:



جيمس واط

James Watt

(١٧٣٦ - ١٨١٩)

مهندس ميكانيكي ومخترع اسكتلندي، لم يتردد على المدرسة بصورة منتظمة، وتعلم على يد أمه، ثم ذهب إلى لندن لتعلم صناعة الآلات.

$$\frac{\text{الشغل المنجز}}{\text{الزمن المستغرق}} = \text{القدرة}$$

$$\text{وبالرموز: القدرة} = \frac{\text{ش}}{\text{ز}}$$

نلاحظ من العلاقة الرياضية أن القدرة تزداد بزيادة الشغل المنجز خلال زمن معين، أو عند إنجاز الشغل نفسه في زمن أقل. أما وحدة قياس القدرة فهي جول/ث، وتعرف بالواط. ومن الوحدات الشائعة لقياس القدرة في المجالات العملية، الحصان الذي يساوي ٧٤٦ واط، وتستعمل هذه الوحدة لقياس قدرة الآلات، مثل قدرة مضخة ماء، أو قدرة محرك سيارة أو قاطرة.

الفيزياء والمجتمع



الشكل (٤-٥): الآلة البخارية.

العالم الاسكتلندي جيمس واط هو مخترع الآلة البخارية، التي استخدمت في بداية الأمر لضخ المياه، وبعد سنوات من التعديلات، حاول جيمس واط إقناع أصحاب المناجم باستخدامها في استخراج الفحم بدلاً من الخيول؛ حسب قدرة الحصان الواحد، ثم قارن قدرة الآلة البخارية بقدرة عدد من الأحصنة، ليبيّن عدد الأحصنة التي يمكن أن

يستغنوا عنها في عملهم، في حال استخدامهم آله البخارية. انظر الشكل (٤-٥).

تأمل الشكل (٤-٦)، الذي يبين جزءاً من صفحة أخذت من مجلة متخصصة بعالم السيارات، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه.

▶ تستطيع الانطلاق لمئة كم / س في حوالي ٣,٦ ثانية فقط (قدرة المحرك ٥١٥ حصاناً) فهي بجدارة من السيارات (السوبر رياضية) كما يقولون ... ويذكر أن جسم السيارة من الألياف الزجاجية الكربونية، ويقوم المستهلك بتركيبه بنفسه، فهي للهواة المحترفين فقط.



▶ وقد جهزت بمحرك من ثماني أسطوانات بقوة ٤٠٠ حصان، وتؤكد مصادر الشركة أنها تفوق المتوقع من السيارات الرياضية، حيث من المؤكد أن تكون الانطلاقة من صفر إلى ١٠٠ في خمس ثوانٍ، وأن تتجاوز السرعة القصوى ٢٦٠ كم في الساعة.



▶ القدرة على التسارع من الصفر إلى ٦٠ ميلاً في الساعة في ظرف ٨,٢ ثانية فقط. ويؤكد طاقة تبلغ ٧٥٠ حصاناً على ٦٣٠٠ دورة في الدقيقة، وتؤكد الشركة أنها سيارة رياضية ذات أداء خارق.



الشكل (٤-٦): تفكير ناقد.

- ١- كاتب النص لم يعبر - أحياناً - بلغة علمية سليمة. اقرأ النص جيداً، ثم استخرج الأخطاء الواردة فيه، ثم أعد كتابته بلغة علمية صحيحة.
- ٢- هل يمكنك معرفة أي السيارات الثلاث أكبر تسارعاً عند الانطلاق؟ وضّح إجابتك.

بعد أن تعرّفت القدرة وكيفية حسابها، هل تفكر أن تحسب قدرتك بطريقةٍ عمليّةٍ حين تنجزُ شغلًا؟ فعندما تصعدُ درجًا فإن عضلاتك تبدلُ شغلًا يكفي لرفع جسمك إلى الأعلى، هل يمكنك توقُّع قدرتك حينئذٍ للإجابةِ نفذِ النشاط الآتي:

نشاط (٤-١)

القدرة

هدف النشاط: حساب القدرة الجسميّة عند صعود الدرج.

الأدوات: ميزان، وشريط مرن، وساعة إيقاف.

خطوات تنفيذ النشاط:

يوزع المعلم الطلبة في مجموعات، ثم يطلب إليهم تنفيذ الخطوات الآتية:

١- قف على الميزان، وليقرأ زميلك الكتلة ويدونها.

٢- احسب وزنك (الوزن = الكتلة × تسارع السقوط الحر).

٣- قس ارتفاع الدرج الكلي الذي سوف تصعد عليه.

٤- اصعد الدرج، واطلب من زميلك أن يقيس الزمن الذي تستغرقه (بالثانية).

٥- احسب الشغل الذي بذلته.

٦- احسب قدرتك بوحدة (واط)، ثم بوحدة (حصان).

٧- إجراء نقاش بين المجموعات، لاستعراض النتائج، ومقارنة قدرات الطلاب.

التوسع

إذا أثرت قوّة في جسم ولم تحركه، أو كانت حركة الجسم باتجاهٍ يتعامد مع اتجاه القوّة، فليس هناك شغل تبذله القوّة. أمّا عندما تؤثر قوّة في الجسم فتحركه باتجاهها، فإنّها تنجزُ شغلًا. ماذا عن حركة الجسم باتجاهٍ معاكسٍ لاتّجاه تأثير القوّة؟ وما الشغل الذي تبذله على الجسم قوّة معيقة لحركته؟ هناك ما يعرف بالشغل السالب. ابحث في كتب الفيزياء عن علاقة رياضيّة تمكّنك من حساب شغل القوّة المعيقة، ثم ابحث عن كيفية حساب شغل القوّة عندما لا يتعامد اتجاهها مع اتجاه الحركة.

مراجعة الدرس (١-٤)

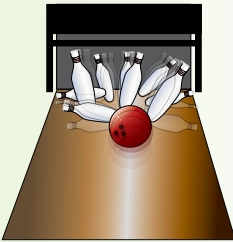
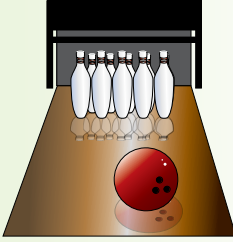
- ١- ماذا يُقصدُ بالمفهوم الفيزيائي للشغل؟ وما معنى الشغل باللغة؟
- ٢- ما وحدة قياس الشغل؟ وما ارتباطها بوحدة القوة والمسافة؟
- ٣- ما الحالات التي تؤثر فيها قوة في جسم ولا تنجز شغلاً؟
- ٤- ماذا يقصدُ بالقدرة؟ وما وحدة قياسها؟
- ٥- ما العوامل التي تعتمد عليها قدرة إنسان، أو قدرة آلة؟
- ٦- **تفكير ناقداً:** تُقاس قدرة محرك السيارة عند وضع معين، يتم فيه تحديد عدد دورات المحرك في الدقيقة، كأن يقال قدرة المحرك ٥٠٠ حصان (500 hp)، عند ٦٠٠٠ دورة في الدقيقة (6000 rpm). هل يعني ذلك أن قدرة المحرك تتغير عندما يتغير دورانه؟ وضح ذلك.

نتائج الدرس

- توضيح مفهوم الطاقة الميكانيكية بنوعيتها: الكامنة والحركة.
- تمييز أنواع الطاقة الكامنة.
- تستقصي العوامل التي تعتمد عليها طاقتا الوضع والحركة.
- تطبق علاقات الطاقة في حل مسائل حسابية.

نشاط تمهيدى

انظر الشكل (٧-٤)، ثم صف كيف تنتقل الطاقة من اللاعب إلى الكرة ثم إلى الهدف.



الشكل (٧-٤): كرة البولينغ.

فكرة مضيئة

طاقة الوضع التي يمتلكها جسم يقع في مجال الجاذبية الأرضية، تُعد من أشكال الطاقة الكامنة. أي أن هناك أشكالاً أخرى للطاقة الكامنة.

درست في صفوف سابقة أن للطاقة أشكالاً عدة (اذكر بعضاً منها)، وما ستدرسه الآن هو واحد من تلك الأشكال، يعرف **بالطاقة الميكانيكية** التي يمكن أن تظهر على صورة **طاقة حركية**، أو أن تختزن على صورة **طاقة كامنة** (طاقة وضع) في الجسم. هل تنجز كرة البولينغ الظاهرة في الشكل (٧-٤) شغلاً على الهدف حين تصطدم به؟ إذا كانت الإجابة نعم، فما الذي تمتلكه الكرة لتمكن من إنجاز هذا الشغل؟

يقوم لاعب البولينغ بدفع الكرة ورميها في مجرى خاص، وهو بذلك يبذل شغلاً على الكرة، فإذا اصطدمت هذه الكرة في نهاية المسار الأفقي بالهدف، فإنها تؤثر فيه بقوة فتحرّكه مسافة معينة باتجاه تلك القوة. لقد أنجزت الكرة هذا الشغل؛ لأنها امتلكت الطاقة اللازمة لذلك؛ فالكرة اختزن مقداراً من الطاقة عندما بذل عليها اللاعب شغلاً حين قذفها. ومن أمثلة كثيرة مشابهة، يمكننا التعميم بأن: **الأجسام التي لديها قابلية لإنجاز الشغل، تمتلك طاقة. فالطاقة هي القابلية أو المقدرة على إنجاز الشغل. وتقاس الطاقة بوحدة قياس الشغل؛ وهي الجول.**

Kinetic Energy

الطاقة الحركية

١-٢-٤

تسمى الطاقة التي يمتلكها جسم متحرك **الطاقة الحركية**، مثل كرة البولينغ في الشكل السابق (٧-٤). والأمثلة كثيرة على الأجسام التي تمتلك طاقة حركية، منها: السيارة المتحركة، والأجسام الساقطة نحو الأرض، والشخص الذي يسير. إلا أن الأجسام تتفاوت في مقدار

طاقته الحركية، وهناك عوامل يتوقف عليها مقدار الطاقة الحركية للجسم. لمعرفتها نفذ النشاط الآتي:

نشاط (٢-٤)

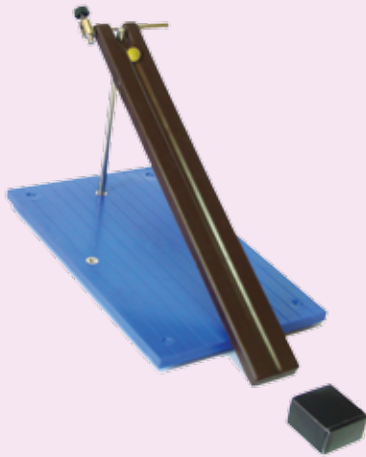
العوامل التي تعتمد عليها الطاقة الحركية

هدف النشاط: استقصاء العوامل التي تعتمد عليها الطاقة الحركية عملياً.
الأدوات: مستوى مائل أملس، كما في الشكل (٤-٨)، كرتان فلزيتان مختلفتان في الكتلة ولهما الحجم نفسه تقريباً، صندوق كرتون صغير مفتوح من أحد جوانبه.

خطوات تنفيذ النشاط:

يوزع المعلم الطلاب في مجموعات، ثم يعطي كلاً منها أرقاماً متسلسلة.
الجزء الأول: تنفذ المجموعات الزوجية هذا الجزء:

- ١- ضع صندوق الكرتون عند نهاية المستوى المائل، لتتمكن الكرة المنزلة من الدخول في الصندوق، لاحظ الشكل (٤-٨).
- ٢- ضع الكرة الخفيفة عند أعلى المستوى المائل، واركها تتحرك من السكون، حتى تدخل الصندوق وتحركه.
- ٣- أعد الخطوة الثانية مرتين، ثم قس المسافة التي تحركها الصندوق، ثم دون في الجدول (٤-١) متوسط القياسين.
- ٤- أعد الخطوات الثلاث السابقة لكن باستخدام الكرة ذات الكتلة الكبيرة، ودون في الجدول (٤-١) متوسط القياسين.



الشكل (٤-٨): نشاط (٢-٤).

الجدول (٤-١) : نشاط (٢-٤)		
المسافة التي تحركها الصندوق		
الكرة الثقيلة	الكرة الخفيفة	المحاولة
		الأولى
		الثانية
		متوسط ف

الجزء الثاني: تنفذ المجموعات الفردية هذا الجزء

الجدول (٢-٤) : نشاط (٢-٤)		
المسافة التي تحرّكها الصندوق		
المحاولة	الكرة البطيئة	الكرة السريعة
الأولى		
الثانية		
متوسط ف		

١- استخدم كرة واحدة فقط؛ بوضعها على المستوى المائل في مكان منخفض، ثم اتركها تتحرك وتدخل الصندوق، فتحرّكه.

٢- أعد المحاولة مرتين، وقس المسافة في كل مرة، ثم دوّن في الجدول (٢-٤) متوسط القياسين.

٣- ضع الكرة نفسها عند أعلى المستوى المائل، ثم اتركها تتحرك، وتدخل الصندوق، فتحرّكه.

٤- أعد المحاولة مرتين وقس المسافة في كل مرة، ودوّن في الجدول (٢-٤) متوسط القياسين.

بعد ملاحظتك النتائج في الجدولين، أجب عن الأسئلة الآتية:

- أي الكرتين حرّكت الصندوق مسافة أكبر: الخفيفة أم الثقيلة؟

- أي الكرتين حرّكت الصندوق مسافة أكبر: البطيئة أم السريعة؟

- ما الهدف من إعادة المحاولة مرتين؟

- كيف حصلنا على سرعات مختلفة للكرة، في الجزء الثاني من النشاط؟

إن حركة الصندوق تدلّ على أنّ الكرة تبدل شغلاً عليه، وهذا منطقي؛ لأنّ الكرة تمتلك طاقة حركية ولعلّك لاحظت في الجزء الأول من النشاط أنّ الكرتين: الخفيفة والثقيلة كانتا متساويتين في سرعتيهما، ومع ذلك فإنّ مسافة حركة الصندوق لم تكن متساوية؛ إذ كانت المسافة أكبر عندما اصطدمت به الكرة الثقيلة، ممّا يعني أنّ الكرة ذات الكتلة الكبيرة امتلكت طاقة حركية أكبر. أي إنّ الطاقة الحركية تعتمد على كتلة الجسم. أمّا الجزء الثاني من النشاط فيبيّن لنا أنّ الطاقة الحركية تعتمد على سرعة الجسم. وبإجراء تجارب مماثلة لهذا النشاط، توصل العلماء إلى أنّ الطاقة الحركية للجسم تتناسب طردياً مع كلّ من كتلته، ومربع سرعته، ويُمثّل هذا التناسب رياضياً بالعلاقة الآتية:

$$\text{الطاقة الحركية} = \frac{1}{2} \times \text{الكتلة} \times \text{مربع السرعة}$$

$$\text{وبالرموز: ط ح} = \frac{1}{2} \text{ ك ع}^2$$

مثال (٣-٤)

كرة كتلتها ٠,٤ كغ، تتحرك بسرعة أفقية ثابتة مقدارها ٥ م/ث. احسب ما يأتي:

١- الطاقة الحركية للكرة.

٢- الطاقة الحركية للكرة عندما تتحرك بسرعة تبلغ ضعف سرعتها الأولى.

الحل

$$(١) \text{ ط ح} = \frac{1}{2} \text{ ك ع}^2$$

$$\text{ط ح} = \frac{1}{2} \times ٠,٤ \times ٥^2 = ٥ \text{ جول}$$

(٢) عند مضاعفة السرعة مرتين، فإن سرعة الكرة تصبح ١٠ م/ث

$$\text{ط ح} = \frac{1}{2} \times ٠,٤ \times ١٠^2 = ٢٠ \text{ جول}$$

ما العلاقة بين إجابتي الحالتين؟ كيف يكون التغير في الطاقة الحركية؟



تفكير إبداعي

جسم كتلته ٢ كغ، وتتغير سرعته كما في الجدول (٣-٤). أكمل الجدول ثم مثل بيانياً العلاقة بين السرعة والطاقة الحركية، ثم العلاقة بين مربع السرعة والطاقة الحركية.

الجدول (٣-٤): العلاقة بين السرعة والطاقة الحركية

٤	٣	٢	١	٠	السرعة (م/ث)
					مربع السرعة (م ^٢ /ث ^٢)
					الطاقة الحركية (جول)

حدّد أيّ العلاقتين تمثل التناسب الطردي.

درست في صفوف سابقة أن الجسم يخزن طاقة نتيجة وضعه في مكان معين بالنسبة إلى سطح الأرض، تُسمى طاقة الوضع في مجال الجاذبية الأرضية، وهي إحدى أشكال الطاقة الكامنة. فما العوامل التي تعتمد عليها طاقة وضع الجاذبية؟ للإجابة عن هذا السؤال، نفذ النشاط الآتي:

نشاط (٣-٤)

طاقة الوضع في مجال الجاذبية الأرضية

هدف النشاط: استقصاء العوامل التي تعتمد عليها طاقة الوضع عملياً.

الأدوات: كرتان غير متساويتين في الكتلة، وحوض أو وعاء بلاستيكي، وطين.

خطوات تنفيذ النشاط: يوزع المعلم الطلبة في مجموعات، ثم يعطي كلاً منها أرقاماً متسلسلة:

الجزء الأول: تنفذ المجموعات الزوجية هذا الجزء:

١- املاً الوعاء البلاستيكي بكمية مناسبة من الطين.

٢- أسقط الكرة الخفيفة من ارتفاع مناسب، كما في الشكل

(٩-٤)، ملاحظاً العمق الذي تغوصه الكرة في الطين.

٣- أسقط الكرة الثقيلة من الارتفاع ذاته، ملاحظاً العمق الذي

تغوصه الكرة في الطين.

الجزء الثاني: تنفذ المجموعات الفردية هذا الجزء:

١- خذ كرة واحدة فقط، وأسقطها من ارتفاع منخفض، ملاحظاً

العمق الذي تغوصه في الطين.

٢- ارفع الكرة إلى ارتفاع أكبر، ثم أسقطها ملاحظاً العمق الذي تغوصه في الطين.

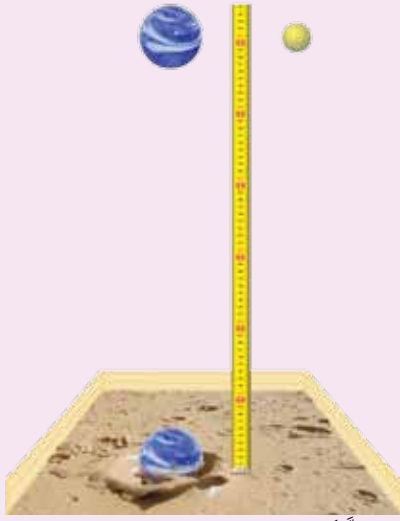
٣- ارفع الكرة إلى أقصى ارتفاع يمكن الوصول إليه، ثم أسقطها ملاحظاً العمق الذي تغوصه في الطين.

بعد أن تدون ملاحظاتك في خطوات جزأي النشاط، أجب عن الأسئلة الآتية:

- ما الذي مكن الكرة من بذل شغل على الطين والغوص فيه عند كل سقوط؟

- كيف يتغير الشغل الذي تبذله الكرة على الطين عند زيادة الارتفاع الذي سقطت منه؟

- كيف يتغير الشغل الذي تبذله الكرة على الطين عند زيادة كتلتها؟



الشكل (٩-٤): نشاط (٣-٤).

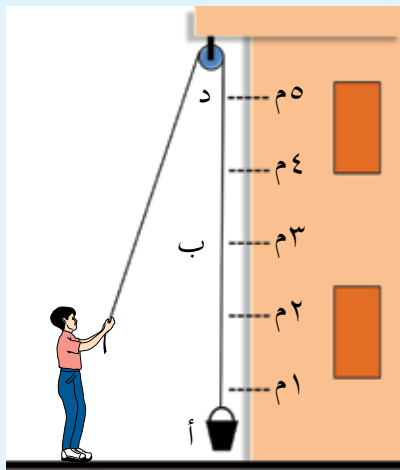
عندما نرفع جسمًا إلى الأعلى فإننا نؤثّر فيه بقوة، وهذا يعني أن قوة الرفع تنجز شغلًا على الجسم، فيكتسب الجسم في موضعه الجديد مقدارًا من الطاقة يساوي الشغل المبذول عليه؛ أي أن الشغل يخزن في الجسم على صورة طاقة كامنة. ولأن الجسم اكتسب هذه الطاقة نتيجة اتّخاذه وضعًا معينًا؛ فإن تلك الطاقة التي يخزنها تسمى **طاقة الوضع في مجال الجاذبية الأرضية**. ولعلّك لاحظت من النشاط (٤-٣) أن الكرة الثقيلة تغوص في الرمل مسافة أكبر من الكرة الخفيفة، ممّا يعني أنها كانت تخزن قدرًا أكبر من طاقة الوضع، أي أن طاقة الوضع تزداد بزيادة وزن الجسم أو كتلته. كما يبيّن النشاط أن طاقة الوضع تزداد بزيادة ارتفاع الجسم. وقد بيّنت التجارب المماثلة أن طاقة الوضع تتناسب طرديًا مع كل من كتلة الجسم، وارتفاع موضعه، وتسارع السقوط الحر. وتُعطى طاقة الوضع بالعلاقة الآتية:

$$\text{طاقة الوضع} = \text{الكتلة} \times \text{تسارع السقوط الحر} \times \text{الارتفاع}$$

وبالرموز: $ط = ك \times ج \times ص$

حيث (ك): كتلة الجسم، (ج): تسارع السقوط الحر، (ص): الارتفاع الرأسي للجسم عن سطح الأرض. لاحظ أنه عند حساب طاقة الوضع في مجال الجاذبية الأرضية فإنها تنسب إلى مستوى مرجعيّ مثل سطح الأرض، وتُعدّ طاقة الوضع للجسم عند المستوى المرجعيّ صفرًا؛ لأن ارتفاعه صفر. علمًا أن تحديد المستوى المرجعيّ اختياريّ، فإذا كنت في غرفة الصفّ -مثلاً- فإن أرضية الغرفة قد تُعدّ مستوى مرجعيًا مناسبًا لقياس طاقة الوضع، وتنسب طاقة الوضع إليها على الرغم من أن الصفّ قد يكون في الطابق الثاني من المدرسة.

مثال (٤-٤)



الشكل (٤-١٠): مثال (٤-٤).

يبيّن الشكل (٤-١٠) جسمًا كتلته ٢٠ كغ، وهو مربوط بحبل يمرّ حول بكرّة، معتمدًا على البيانات المثبتة على الشكل، احسب:

١- طاقة الوضع المخزنة في الجسم عند كل من النقطتين (أ، ب، د).

٢- التغيّر في طاقة وضع الجسم عندما ينتقل من النقطة (ب) إلى النقطة (د).

الحل

نفرض أن سطح الأرض هو المستوى المرجعي
(١) طو = ك ج ص وحيث أن: ص(أ) = صفرًا، لأن سطح الأرض مستوى مرجعي

$$\text{طو(أ)} = 0 \times 10 \times 20 = 0$$

$$\text{طو(ب)} = 3 \times 10 \times 20 = 600 \text{ جول}$$

$$\text{طو(د)} = 5 \times 10 \times 20 = 1000 \text{ جول}$$

$$(2) \Delta \text{طو} = \text{طو}_2 - \text{طو}_1$$

$$= \text{طو(د)} - \text{طو(ب)} = 1000 - 600 = 400 \text{ جول.}$$

هناك أشكال أخرى للطاقة الكامنة، أهمها **الطاقة الكامنة المرونية** المخزنة في أجسام مرنة نتيجة تغير في شكلها، وأمثلة ذلك كثيرة، منها: الطاقة المرونية المخزنة في وتر القوس المشدود التي تتحول إلى طاقة حركية يمتلكها السهم عندما تتحرر هذه الطاقة. وكذلك الغاز المضغوط يمتلك طاقة كامنة، والنابض المشدود أو المضغوط.

فكر



الشكل (١١-٤): سد الملك طلال.

يتسع سد الملك طلال إلى ما يقارب ٨٤ مليون متر مكعب ماءً، انظر الشكل (١١-٤).

- ما نوع الطاقة المخزنة فيه؟
- ما العوامل التي يعتمد عليها مقدار الطاقة؟
- كيف يمكن الاستفادة من هذه الطاقة؟

تقسم الطاقة في الكون إلى نوعين رئيسيين هما: طاقة حركية تمتلكها الأجسام المتحركة جميعها؛ كالإلكترونات داخل الذرة، أو الكواكب في مساراتها. وطاقة مخزنة كامنة في الأجسام ولها أشكال عدة منها: الجاذبية، والمرونية، والحرارية، والكيميائية. تعرّفت في هذا الدرس كيفية تحوّل طاقة وضع الجاذبية إلى طاقة حركية. كيف تتحرّر الأشكال الأخرى للطاقة الكامنة وتخرج من الأجسام، ابحث في مكتبة المدرسة، أو عبر الإنترنت لمعرفة المزيد حول هذا الموضوع.

مراجعة الدرس (٢-٤)

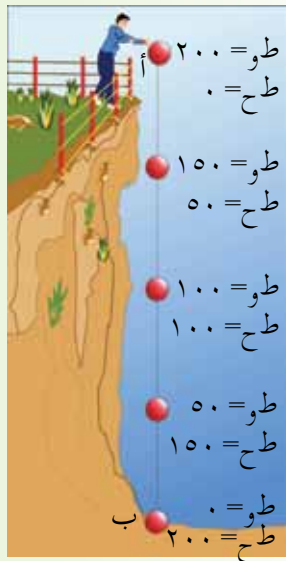
- ١- ماذا يُقصدُ بكلٍّ من: طاقة الحركة، وطاقة الوضع، والطاقة الميكانيكية؟
- ٢- اذكر العوامل التي تعتمد عليها الطاقة الحركية.
- ٣- اذكر العوامل التي تعتمد عليها طاقة الوضع الناتجة عن الجاذبية الأرضية.
- ٤- ما نوع الطاقة المخزنة في بالون مملوء بالماء؟ وما الذي يمكن أن ينتج عن تحرّرها؟
- ٥- **تفكير ناقد:** الترامبولين (Trampolin) منصّة قفز دائرية، تشدّها أفقيًا نحو الخارج مجموعة نوابض، يقفز اللاعب فوقها إلى الأعلى ثم يهبط إليها ليقفز مرة ثانية لارتفاع أكبر. اذكر أنواع الطاقة التي يمتلكها جسم اللاعب عند أعلى موضع، وعند أخفض موضع، وفي منتصف المسافة.

نتائج الدرس

- توضيح المقصود بحفظ الطاقة الميكانيكية.
- تصف تحويلات الطاقة لأجسام متحركة.
- تطبق علاقات حفظ الطاقة في حل مسائل حسابية.

نشاط تمهيدي

انظر الشكل (٤-١٢)، ثم استنتج حفظ الطاقة الميكانيكية للكرة.



الشكل (٤-١٢): حفظ الطاقة الميكانيكية

فكرة مضيئة

في أثناء حركة البندول يحدث تحول مستمر بين طاقتي الوضع والحركة، لكنه ما يلبث أن يتوقف عن الحركة بسبب قوى الاحتكاك، فالطاقة الميكانيكية للبندول غير محفوظة.

مما سبق تبين لك أن الأجسام قد تمتلك طاقة وضع أو طاقة حركة، لك أن تتساءل هنا، هل يمكن للجسم أن يمتلك طاقة وضع وطاقة حركية في الوقت ذاته؟ وهل يمكن أن تتحول طاقة الوضع إلى طاقة حركة، أو العكس؟ كي تتوصل إلى الإجابة، تأمل الشكل (٤-١٢) الذي يبين الطاقة التي تمتلكها كرة أثناء سقوطها سقوطاً حراً في مجال الجاذبية الأرضية.

عند أقصى ارتفاع نلاحظ أنه كان لطاقة وضع الكرة قيمة عظيمة، أما الطاقة الحركية فتساوي صفراً. لماذا؟ عندما بدأت الكرة الحركة إلى الأسفل فإن طاقة وضعها أخذت بالتناقص، وطاقتها الحركية أخذت بالتزايد، أي أن الطاقة الميكانيكية تتحول من طاقة وضع إلى طاقة حركة أثناء الهبوط.

ومجموع طاقتي الوضع والحركة للجسم في أي موقع أثناء حركته يسمى **الطاقة الميكانيكية** ويزمر لها بالرمز (طم)، حيث:

$$\text{طم} = \text{طو} + \text{طح}$$

يوضح الشكل ثبات الطاقة الميكانيكية عند جميع النقاط، إذ نلاحظ أن مقدار الزيادة في الطاقة الحركية يساوي مقدار النقص في طاقة الوضع، بحيث يبقى مقدار الطاقة الميكانيكية ثابتاً. ونعبر عن ذلك بقولنا إن: **الطاقة الميكانيكية للجسم محفوظة**، وتساوي مقداراً ثابتاً عند نقاط مسار الحركة جميعها، بمعنى أننا إذا أخذنا أي نقطتين على الشكل، مثل (أ، ب) فإنه يمكننا التعبير عن حفظ الطاقة الميكانيكية رياضياً بالعلاقة الآتية:

$$\text{طم عند (أ)} = \text{طم عند (ب)}$$

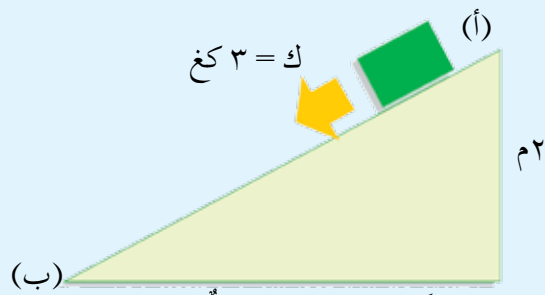
$$\text{طو(أ)} + \text{طح(أ)} = \text{طو(ب)} + \text{طح(ب)}$$

وفي حال حركة الجسم نحو الأعلى، تأخذ طاقته الحركية بالتناقص، وطاقته وضعه بالتزايد، وعندما تكون الطاقة الميكانيكية محفوظة، يكون النقص في طاقة الحركة مساوياً للزيادة في طاقة الوضع.

مثال (٤-٥)

يوضح الشكل (٤-١٣) صندوقاً بدأ بالحركة من السكون من أعلى مستوى أملس إلى أسفله، تحت تأثير الجاذبية. إذا كانت كتلة الصندوق ٣ كغ، وارتفاع المستوى ٢ م احسب:

١- الطاقة الميكانيكية للصندوق عند النقطة (أ).
٢- الطاقة الحركية للصندوق عند النقطة (ب).



الحل

$$(١) \text{ طم} = \text{طو} + \text{طح}$$

الشكل (٤-١٣): مثال (٤-٥).

$$\text{طو} (أ) = \text{ك ج ص} (أ) = ٣ \times ١٠ \times ٢ = ٦٠ \text{ جول}$$

$$\text{طح} (أ) = \frac{1}{2} \text{ ك ع} (أ) = \text{صفر} \quad \text{ع} (أ) = \text{صفرًا، لأن الجسم ساكن عند (أ)}$$

$$\text{إذن: طم} (أ) = ٦٠ \text{ جول.}$$

(٢) بما أن الجسم تحرّك على سطح أملس فإن الطاقة الميكانيكية محفوظة؛ أي أن:

$$\text{طم} (ب) = \text{طم} (أ)$$

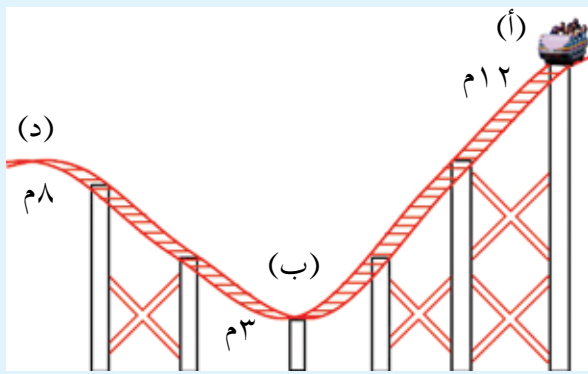
$$\text{طو} (ب) + \text{طح} (ب) = ٦٠ \quad \text{لكن طو} (ب) = \text{صفر}$$

$$\text{طح} (ب) + \text{صفر} = ٦٠$$

$$\text{أي إن: طح} (ب) = ٦٠ \text{ جول}$$

مثال (٤-٦)

يوضح الشكل (٤-١٤) عربة ملاء كتلتها ٢٠٠ كغ، بدأت حركتها من السكون تحت تأثير الجاذبية من النقطة (أ)، فوق ممر أملس. معتمداً على البيانات المدونة على الشكل، جد ما يأتي:



الشكل (٤-١٤): مثال (٤-٦).

١- الطاقة الميكانيكية للعربة عند النقطة (أ).

٢- الطاقة الحركية للعربة عند النقطة (ب).

٣- سرعة العربة عند النقطة (د).

الحل

$$(1) \text{ طم (أ) } = \text{ طو (أ) } + \text{ طح (أ) }$$

$$= \text{ ك ج ص (أ) } + \frac{1}{2} \text{ ك ع (أ) } =$$

$$= 200 \times 10 \times 12 + \text{ صفر} = 24000 \text{ جول}$$

(2) طم (ب) = طم (أ) = 24000 جول. لأن المسار أملس والطاقة الميكانيكية محفوظة.

$$\text{ طو (ب) } + \text{ طح (ب) } = 24000$$

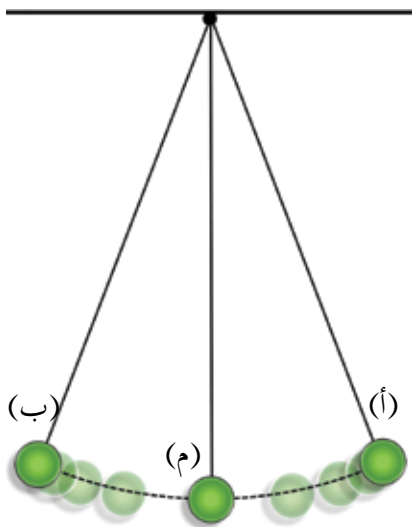
$$\text{ ك ج ص (ب) } + \text{ طح (ب) } = 24000$$

$$\text{ طح (ب) } = 24000 - (3 \times 10 \times 200) = 6000 = 18000 \text{ جول}$$

$$(3) \text{ طح (د) } = 24000 - (8 \times 10 \times 200) = 16000 = 8000 \text{ جول}$$

$$\frac{1}{2} \text{ ك ع (د) } = 8000$$

$$\text{ ع } \approx 9 \text{ م/ث} \leftarrow 80 = \frac{2 \times 8000}{200} = \text{ ع }^2$$



الشكل (٤-١٥): حركة البندول.

ومن الأمثلة على تحولات الطاقة الميكانيكية حركة البندول البسيط، كما في الشكل (٤-١٥)، فعند سحب الكرة جانباً إلى النقطة (أ)، فإنها تختزن أكبر طاقة وضع، وفي أثناء حركتها من النقطة (أ) إلى النقطة (م)، فإن طاقة الوضع تقل، والطاقة الحركية تزداد، بحيث يبقى مجموعهما ثابتاً، وعند النقطة (م) يكون للطاقة الحركية قيمة عظمى. وفي أثناء الحركة من (م) إلى (ب) يحدث العكس؛ إذ تتناقص الطاقة الحركية، وتزداد طاقة الوضع، ليصبح لها قيمة عظمى عند النقطة (ب). وبافتراض أن مقاومة الهواء مهملة، وبغياب قوى الاحتكاك، تستمر الكرة في الحركة

ذهابًا وإيابًا بين النقطتين (أ) و (ب)، مرورًا بالنقطة (م)، ولا تتوقف عن الحركة. قد تتساءل بعد دراستك الأمثلة السابقة: هل الطاقة الميكانيكية محفوظة دائمًا؟ وهل تتحول دائمًا من طاقة وضع إلى طاقة حركية أو العكس فقط؟

لماذا يتناقص ارتفاع البندول تدريجيًا، حتى يتوقف عن الحركة؟ أين ذهبت طاقته الميكانيكية؟ ربما لاحظت عند حديثنا عن تحولات الطاقة إهمال قوى الاحتكاك ومقاومة الهواء، كما أنك درست سابقًا أثر هذه القوى في الأجسام، وقد لوحظ من خلال تجارب ومشاهدات عملية عدّة، أنه أينما وجدت قوة احتكاك، فإنها تبدل شغلًا، وتستهلك جزءًا من طاقة الحركة لتحوّله إلى طاقة حرارية تظهر على شكل سخونة في الشطوح، وبذا، فإن الطاقة الميكانيكية لا تكون محفوظة، بمعنى أنّ جزءًا منها يُفقد ليظهر على صورة حرارة.

التوسّع

عندما يتحرّك جسم على مسارٍ متعرج يتغيّر ارتفاعه من نقطة إلى أخرى، فإن الطاقة الحركية للجسم تزداد وطاقة الوضع تقل عندما يهبط، ويحدث العكس في أثناء صعوده، وفي حال كان المسار خشبًا، فإن الطاقة الميكانيكية للجسم لا تكون محفوظة، ولا تتساوى قيمها عند النقاط المختلفة في المسار، لكن، هل يتساوى التغيّر في طاقة الوضع مع التغيّر في الطاقة الحركية؟ ما أثر خشونة المسار في الطاقة الميكانيكية؟ ابحث لتعرف المزيد حول هذه الحالة.

مراجعة الدرس (٣-٤)

- ١- ماذا نعني بقولنا إن الطاقة الميكانيكية لجسم محفوظة؟
- ٢- كيف يُستدل على أنّ الطاقة الميكانيكية للبندول غير محفوظة؟
- ٣- ما أنواع الطاقة التي يمتلكها القمر في أثناء دورانه حول الأرض؟ وهل تعدّ طاقته محفوظة؟
- ٤- **تفكير ناقد:** بينما كان سائق سيارة يقودها بسرعة، استعمل الكوابح بشدّة، فظهرت رائحة المطاط المحترق، وتصاعد الدخان من العجلات. صف تحولات الطاقة التي حدثت، مبينًا مصدر الحرارة المتولدة.

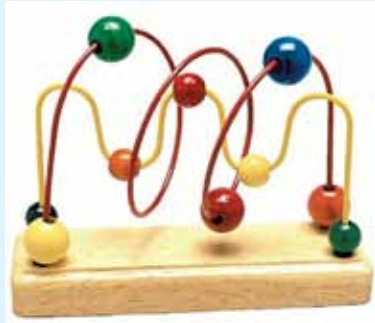
السؤال الرابع يُشبه أسئلة الاختبارات الدولية.

تصميم أفعوانية (قارطة سريعة)

Roller coaster

فكرة المشروع

هل زرت يوماً مدينة الملاهي، وركبت قارطة سريعة؟ هل فكرت في كيفية تصميم مثل هذه اللعبة، الذي يمنح المتعة لراكبيها ويضمن لهم السلامة؟ ما الذي يجعل القارطة تتحرك من بداية المسار إلى نهايته؟ وهل تحتوي هذه القارطة على محرك؟ إن تصميم القارطة السريعة يقوم على مفاهيم فيزيائية، ومهمتك في هذا المشروع أن تبحث في كيفية عمل هذه اللعبة، وتستخدم معرفتك بالشغل والطاقة الميكانيكية في بناء نموذج بسيط للقارطة السريعة كما في الشكل (٤-١٦).



الشكل (٤-١٦): تصميم قارطة سريعة.

الخطّة

- لكي تتعرف كيفية تصميم المسار؛ ابحث عن إجابة الأسئلة الآتية:
- كيف يتحكم ارتفاع القمة الأولى وشكلها في حركة العربة من بداية المسار إلى نهايته؟
- هل يمكن أن يكون ارتفاع القمم التالية أعلى من القمة الأولى؟
- ما تحولات الطاقة التي تحدث للعربة في أثناء حركتها؟
- هل الطاقة الميكانيكية للعربة المتحركة فوق المسار محفوظة؟
- إن كانت ليست كذلك، فما أسباب ضياعها، وكيف يمكن التقليل من ضياعها؟
- كيف تؤثر عوامل مثل الارتفاع، والسرعة، وطول المسار، وزاوية الميل في حركة العربة؟
- بناءً على المعلومات التي جمعتها، ومعادلات الطاقة الميكانيكية التي درستها، صمم مساراً مناسباً، مراعيًا ما يأتي:

مشروع ٤

- احتواء التصميم على ثلاث قمم فأكثر.
- إكمال الجسم (العربة) حركته من بداية المسار إلى نهايته اعتماداً على تحولات الطاقة الميكانيكية، دون الحاجة لوجود محرك.

الإجراءات:

- ١- اختر مواد مناسبة وبسيطة لصناعة المسار، مثل: الكرتون، أو الأنابيب البلاستيكية، أو أسلاك فلزية. أما الجسم فيمكن أن يكون لعبة سيارة، أو كرة صغيرة، أو خرزة، أو أي مواد أخرى تراها مناسبة.
- ٢- نفذ التصميم الذي وضعته، ثم اختبره.
- ٣- يدون أحد أفراد المجموعة الملاحظات في أثناء التنفيذ، لإجراء التعديلات اللازمة.

مناقشة النتائج

- قد لا يعمل النموذج - أحياناً - كما هو متوقع. في هذه الحالة، ابحث عن السبب، وأدخل التعديلات اللازمة.

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 تصميم القاطرة السريعة.		
٤	ركبت الجهاز وجربته عملياً.		
٥	تواصلت مع معلمي في أثناء تنفيذ المشروع.		
٦	راعى 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 الرابع

الجزء الأول: أسئلة قصيرة الإجابة

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

(١) سار فتى عبر المسار المبيّن في الشكل (٤-١٧)، وقد بذلت عضلات جسمه أكبر شغل خلال الجزء:

أ - (أ، ب) ب - (ب، ج) ج - (ج، د) د - الشغل متساوٍ في الحالات الثلاث.

(٢) صعد أحمد الدرج إلى الطابق الثاني، وصعد جدّه إلى الطابق الأول، خلال المدة الزمنية نفسها. إذا كان وزن الجدّ مثلي وزن حفيده، فإن قدرة أحمد هي:

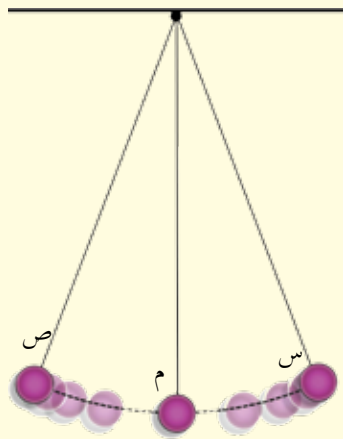
أ - مثلاً قدرة جدّه. ب - نصف قدرة جدّه. ج - تساوي قدرة جدّه. د - ربع قدرة جدّه.

(٣) عند سقوط جسم من أعلى إلى أسفل فإن:

أ - طاقة وضعه وطاقة حركته تقلان. ب - طاقة وضعه تزيد، وطاقة حركته تقل. ج - طاقة وضعه وطاقة حركته تزيدان. د - طاقة حركته تزيد، وطاقة وضعه تقل.

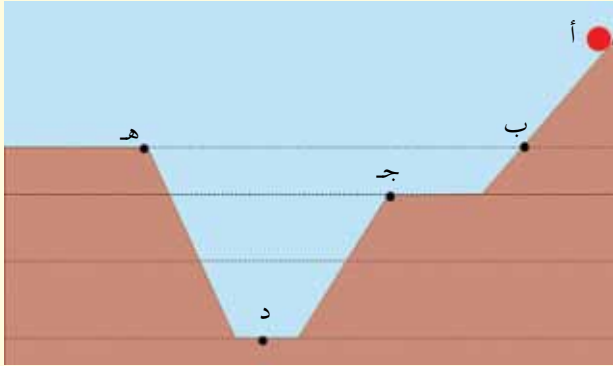
(٤) يبيّن الشكل (٤-١٨) بندولاً بسيطاً يتحرك ذهاباً وإياباً بين النقطتين (س، ص) مروراً بالنقطة (م). أكبر سرعة للكرة هي عند النقطة:

أ - (س) ب - (ص) ج - (م) د - السرعة متساوية عند النقاط جميعها.



الشكل (٤-١٨): السؤال الأول، الفقرة الرابعة.

(٥) بدأت كرة الحركة من الشُّكون، من النُّقطة (أ) على مسارٍ أملس، كما في الشُّكل (٤ - ١٩)، تكون الطَّاقة الحركيَّة للكرة عند النُّقطة (ب) أقلَّ من طاقَّتها الحركيَّة عند كلٍّ من:



أ - (أ ، د ، هـ)

ب - (ج ، د ، هـ)

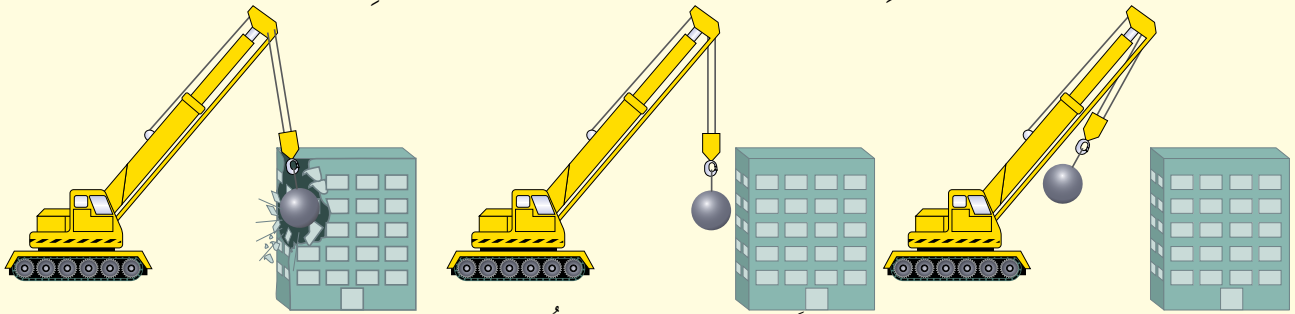
ج - (د ، هـ فقط)

د - (ج ، د فقط)

٢- اذكرِ الشُّروط الواجب توافرها، كي تبذلَّ قوَّة شغلًا على جسمٍ.

٣- هل تتغيَّر طاقة وضع جسمٍ ما، إذا تغيَّر موضعه؟ فسِّر إجابتك.

٤- يبيِّن الشُّكل (٤ - ٢٠) إحدى الطَّرائق المتَّبعة لهدم المباني القديمة، معتمدًا على الشُّكل، ومستخدمًا مفاهيم الشُّغل والطَّاقة، اشرح كيف تتم عمليَّة الهدم.

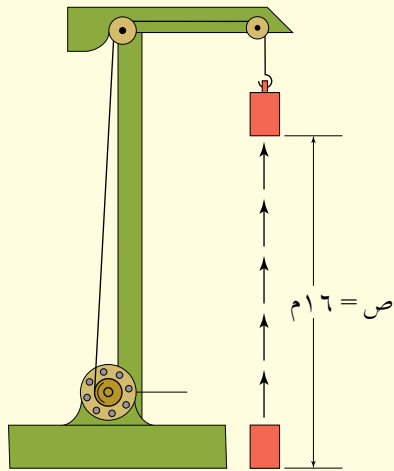


الشُّكل (٤ - ٢٠): السؤال الرابع.

٥- بين كيف يمكن لحصانٍ وأرنب أن يمتلكا المقدار نفسه من الطَّاقة الحركيَّة في حال تحرَّكهما.

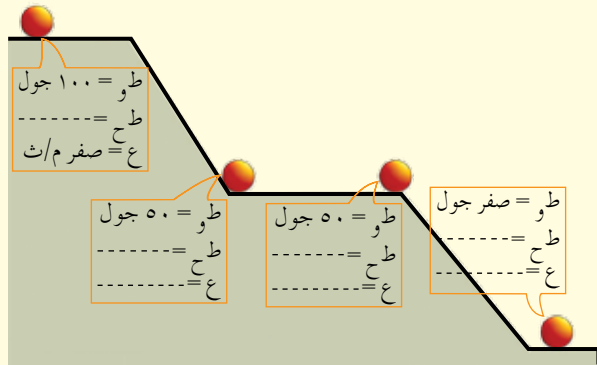
الجزء الثاني: أسئلة حسابيَّة

٦- احسب الشُّغل الذي تبدلُه قوَّة دفع أفقيَّة مقدارها ٢٠ نيوتن، لتحريك جسمٍ على سطحٍ أفقيٍّ إزاحة مقدارها ٣,٥ م باتجاه تأثير القوَّة.



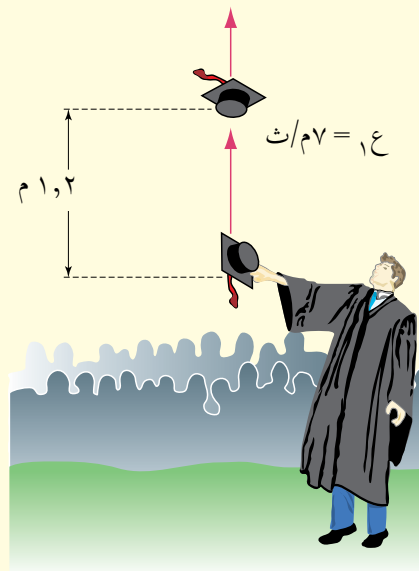
الشكل (٤-٢١): السؤال السابع

- ٧- تُستخدم رافعة لرفع مكعب من الإسمنت كتلته (١٠٠) كغ إلى ارتفاع (١٦) م، خلال فترة زمنية مقدارها (٢٠) ث، لاحظ الشكل (٤-٢١). بإهمال أثر الاحتكاك، احسب:
- أ - الشغل الذي تبذله قوة الرفع.
- ب - التغير في طاقة وضع المكعب نتيجة رفعه.
- ج - قدرة الرافعة.



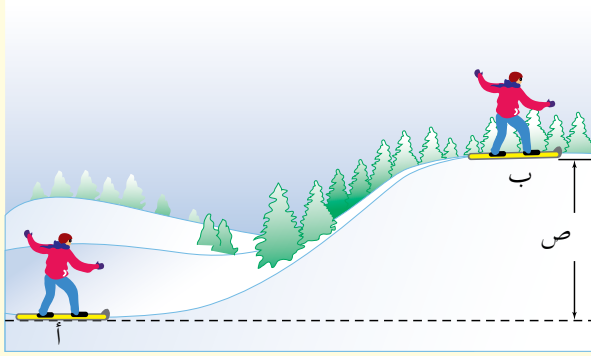
الشكل (٤-٢٢): السؤال الثامن

- ٨- معتمداً على البيانات المدونة على الشكل (٤-٢٢)، وبإهمال الاحتكاك ومقاومة الهواء، ارسم الشكل في دفترك، ثم املأ الفراغات، علماً بأن كتلة الكرة ١ كغ.



الشكل (٤-٢٣): السؤال التاسع

- ٩- عند نهاية حفل التخرج من الجامعة، رمى طالب قبعته إلى الأعلى بسرعة ابتدائية (٧) م/ث، كما في الشكل (٤-٢٣)، إذا علمت أن كتلة القبعة ٠,٢ كغ ومقاومة الهواء مهملة:
- أ - استخدم معادلات الحركة لحساب سرعة القبعة عندما تكون على ارتفاع (١,٢) م من نقطة الرمي.
- ب - بين أن الطاقة الميكانيكية عند نقطة القذف تساوي الطاقة الميكانيكية على ارتفاع (١,٢) م.



الشكل (٤-٢٤): السؤال العاشر.

١٠- يبين الشكل (٤-٢٤) شخصًا يتزلج على الجليد، حيث لا يوجد احتكاك. فإذا كانت سرعته عند النقطة (أ) تساوي (٤) م/ث، فإنه يصل إلى النقطة (ب) بسرعة تساوي صفرًا. إذا كانت سرعته عند النقطة (أ) (٥) م/ث، كم تصبح سرعته عند النقطة (ب)؟

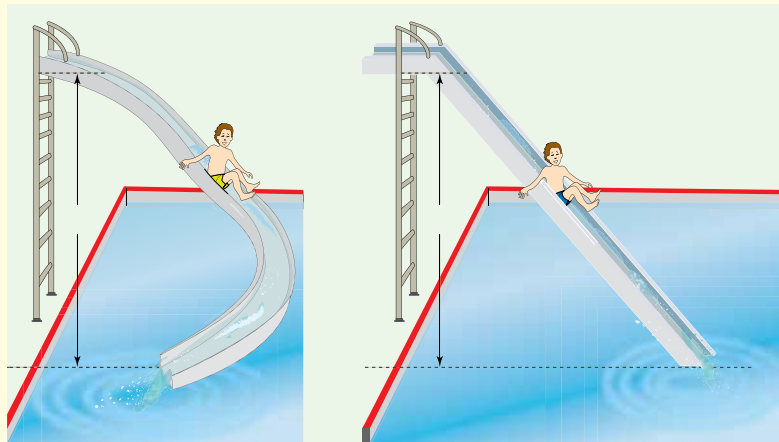
١١- **تفكير ناقد:** يظهر الشكل (٤-٢٥) طفلين ينزلان على مستويين مائلين في مدينة ألعاب مائية، فإذا علمت أن كتلة الطفل الأول أقل من الثاني (بإهمال أثر الاحتكاك)، أجب عن الأسئلة الآتية:

أ - قارن بين طاقة الوضع (عند أعلى المجرى) التي يمتلكها كل من الطفلين، مبررًا إجابتك.

ب - قارن بين طاقة الحركة (عند أسفل المجرى) التي يمتلكها كل من الطفلين، مبررًا إجابتك.

ج - قارن بين السرعة النهائية (عند أسفل المجرى) لكل من الطفلين، مبررًا إجابتك.

د - ما الأمر الذي ساعد على جعل قوة الاحتكاك مهملة؟

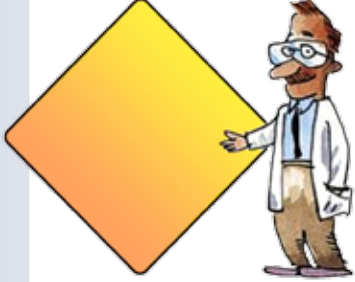


الشكل (٤-٢٥): السؤال الحادي عشر.

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 تبق 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 وجدتها.

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 دارة موصولة بالكهرباء، وأسلاكها معزاة.

١٢ - لا تصل أي دارة كهربائية أو جهاز بالمقبس، إلا بإشراف المعلم.

١٣ - تعرّف مكان وجود طفايات الحريق وأجهزة السلامة الأخرى في المختبر، وطريقة استعمالها.

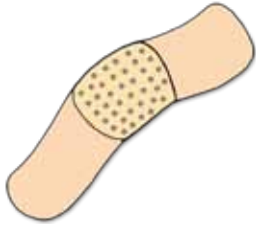
١٤ - لا يُسمح للطلاب الذي لا يرتدي الملابس المناسبة والحذاء المناسب بدخول المختبر.

١٥ - لا تقترب من الأماكن الضيقة أو المغلقة.

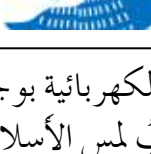
١٦ - اطلع على التعليمات الخاصة بالمختبر المعلقة داخله، واتبع تعليمات المعلم المتعلقة بالتجربة.

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

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



الرموز الخاصة بالعمل المخبري

أبخرة: وجوب العمل في مكان جيد التهوية، وعدم استنشاق 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 بلاستيكية: 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 جيداً 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)

اختلاف زاوية النّظر (Parallax): تغيّر قراءة مؤشر أداة القياس بتغيّر موقع الشّخص النّاظر.

الإزاحة (Displacement): التغيّر في موقع الجسم.

التّصنيف (Classify): الفصل بين مجموعة من الأشياء أو المتغيّرات إلى مجموعات فرعيّة، اعتمادًا على خصائص مشتركة فيما بينها (إحدى مهارات العلم).

حفظ الطّاقة الميكانيكيّة (Conservation of Mechanical Energy): مجموع طاقة الوضع وطاقة الحركة للجسم يساوي مقدارًا ثابتًا في مواقع حركته جميعها.

الحقيقة العلميّة (Scientific Fact): نتائج علميّة مجزّأ لا يتضمّن التّعميم، يمكن التّحقّق منه بالملاحظة المباشرة أو غير المباشرة (أحد أنماط المعرفة العلميّة).

خطأ القياس (Measurement Error): الاختلاف بين القيمة المقيسة والقيمة المقبولة في عملية القياس.

دقّة القياس (Accuracy of Measurement): مدى اقتراب القيم المقيسة من القيمة المقبولة للقياس أو تطابقها معها.

السقوط الحرّ (Free Fall): حركة الأجسام على نحو حرّ بتأثير مجال الجاذبيّة الأرضيّة بإهمال قوى الاحتكاك.

الطاقة الحرّكيّة (Kinetic Energy): طاقة يمتلكها الجسم بسبب حركته.

الطاقة الميكانيكيّة (Mechanical Energy): مجموع طاقتي الوضع والحركة للجسم المتحرّك ضمن نظام معيّن.

طاقة الوضع في مجال الجاذبيّة (Gravitational Potential Energy): طاقة يمتلكها الجسم بسبب وضعه، وتساوي الشغل الذي يُبذل على الجسم ضدّ الجاذبيّة.

القاعدة العلميّة (Scientific Rule): العلاقة بين مفهومين أو أكثر، وهي تصف الظاهرة العلميّة وصفًا نوعيًا وكميًا (أحد أنماط المعرفة العلميّة).

القانون العلميّ (Scientific Law): صياغة لفظيّة تقدّم وصفًا موجزًا للعلاقة بين مفهومين أو أكثر، ويُعبّر عنها بصورة رياضيّة (أحد أنماط المعرفة العلميّة).

القدرة (Power): المعدّل الزمني لإنجاز الشغل، أو الطاقة المنقولة في وحدة الزمن.

القصور الذاتي (Inertia): خاصية ممانعة الأجسام لتغيير حالتها الحركية.

القوة (Force): مؤثر خارجي يغيّر حالة الجسم من حيث الحركة أو السكون، (أو يحاول تغييرها)، أو يغيّر من شكل الجسم.

القوة المحصلة (Net Force): قوة مفردة لها التأثير نفسه لمجموعة من القوى تؤثر في جسم.

القياس (Measurement): تحديد عدد مرات احتواء كمية فيزيائية غير معروفة على كمية أخرى محدّدة من النوع نفسه، باستخدام أداة قياس معينة (إحدى مهارات العلم).

المبدأ العلمي (Scientific Principle): علاقة بين مفهومين أو أكثر، تصف الظاهرة وصفاً نوعياً فقط (أحد أنماط المعرفة العلمية).

المفهوم العلمي (Scientific Concept): تصوّر ذهني لألفاظ أو كلمات أو مصطلحات تشترك جميعها في صفات محدّدة (أحد أنماط المعرفة العلمية) ..

الملاحظة العلمية (Observation): طريقة للحصول على المعرفة العلمية باستخدام الحواس بصورة مباشرة أو غير مباشرة (إحدى مهارات العلم).

نقطة الإسناد المرجعية (Reference Point): النقطة أو الموقع الذي ينسب إليه التغيّر في موقع جسم.

الوحدات الأساسية (Base Units): وحدات لسبع كميات فيزيائية أساسية تضمّن النظام العالمي للوحدات.

الوحدات المشتقة (Derived Units): وحدات لكميات فيزيائية غير أساسية، اشتقت من وحدات الكميات الأساسية.

الوحدة المعيارية (Standard Unit): وحدة قياس متفق عليها، إن استخدمت من قبل شخصين لقياس الكمية المحددة نفسها، حصلوا على المقدار نفسه.

قائمة المراجع

أولاً: 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.

ثانياً: المراجع الأجنبية

- 1 - Avsion, J. , **The World of Physics**, Thomas nelson and sons limited, 1989.
- 2 - Bridgy eman, K., **Measurement in Focus**, Franklin watts, 1991.
- 3 - David, V., Frank, **Physical Science**, Boston: Pearson Education, inc. 2007.
- 4 - Douglas, C., Giacoli, **Physics for Scientists and Engineers**, New Jersey: Pearson Education, inc., 2009.
- 5 - Hewitt, P., et. al., **Conceptual Physical Science Explorations**, Addison Wasley, 2003.
- 6 - Johnson, G., et. al., **Physical Scince**, Addison-wesley publishing company, 1988.
- 7 - Lafferty, P., **Burning and Melting**, Awatt/Gloucester book, 2008.
- 8 - Levesely, M., et al., **Highe Scince 2 for GCSE**, Person Education Limited, 2003.
- 9 - Morrison, E., et al., **Science Plus Technology and Society Level Blue**, Holt, Rindehart & Winston, 2002.
- 10- Pople, P., **Physics for Higher Tier**, London: Stephen pople, 2001.
- 11- Serway, R., et. al., **Physics for Scientists and Engineers**, Thomson Brooks/cole, 2011.
- 12- Todd, R., et. al., **Physical Scince**, Holt, Rindehart & Winston, 2001.

تَمَّ بِحَمْدِ اللَّهِ تَعَالَى