المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم

المركز الوطني لتطوير المناهج
National Center for Curriculum Development

الفيزياء

الصف العاشر 10

الفصل الدراسي الأول

دليل المعلم

دليل المُعلِّم

الفيزياء

الصف العاشر

10 الفصل الدراسي الأول

موسى عطا الله الطراونة (رئيسًا)

أ.د. محمود إسماعيل الجاغوب　　خلدون سليمان المصاروه

موسى محمود جرادات　　يحيى أحمد طواها

منهاجي
متعة التعليم الهادف

الناشر: المركز الوطني لتطوير المناهج

يسر المركز الوطني لتطوير المناهج، استقبال آرائكم وملحوظاتكم على هذا الدليل عن طريق العناوين الآتية:

06-5376262 / 237　06-5376266　P.O.Box: 2088 Amman 11941

@nccdjor　feedback@nccd.gov.jo　www.nccd.gov.jo

قـرَّرت وزارة التربيـة والتعليـم اسـتخدام هـذا الدليـل في مـدارس المملكـة الأردنية الهاشـمية جميعها، بنـاءً على قـرار المجلس الأعـلى للمركز الوطنـي لتطوير المناهـج في جلسـته رقـم (2022/6)، تاريـخ 2022/9/24 م، وقـرار مجلس التربية والتعليـم رقم (2020/126)، تاريـخ 2020/11/4 م، بدءًا مـن العام الدراسي 2020 / 2021 م.

- Prepared Originally in English for the National Center for Curriculum Development. Amman - Jordan
- Translated to Arabic, adapted, customised and published by the National Center for Curriculum Development. Amman - Jordan

ISBN: 978 - 9923 - 41 - 118 - 6

المملكة الأردنية الهاشمية
رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية:
(2020/10/4576)

373,19

الأردن. المركز الوطني لتطوير المناهج

دليل المعلم: الفيزياء: الصف العاشر/ المركز الوطني لتطوير المناهج.- عمان: المركز، 2020

ج1(152) ص.

ر.إ.: 2020/10/4576

الواصفات: / تعليم الفيزياء/ / المقررات الدراسية/ / التعليم الاعدادي/

يتحمَّل المُؤلِّف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مُصنَّفه، ولا يُعبِّر هذا المُصنَّف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

الطبعة الأولى (التجريبية)

1441 هـ – 2020 م

قائمةُ المحتوياتِ

الموضوعُ	الصفحةُ

منهاجي
متعة التعليم الهادف

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

جاء هذا الدليل ليكون مُرشِدًا للمُعلِّم في تخطيط دروس الفيزياء وتنفيذها، بوصفه أحد المصادر التي أُعِدَّت وَفق معايير الأداء الرئيسة، ومعايير البحث والاستقصاء العلمي، التي تساعد على تحقيق أهداف تدريس الفيزياء المنشودة، مُؤكِّدًا سعي المملكة الأردنية الهاشمية المستمر لأداء رسالتها المُتمثِّلة في مواكبة التطوُّرات العالمية للمناهج على نحوٍ يُلائِم حاجات الطلبة، وبما يُحقِّق معايير تدريس العلوم في المملكة التي تهدف إلى إحداث تطوُّر نوعي في تعليم العلوم وتعلُّمها.

يشتمل هذا الدليل على عرض مُفصَّل لكيفية تخطيط الدروس وتنفيذها بما يناسب قدرات الطلبة، والبيئة المادية الصفية، والأهداف المنشودة، عن طريق مجموعة من العناصر المترابطة التي تُمثِّل مختلف جوانب الموقف التعليمي.

يُقدِّم الدليل دعمًا مُكثَّفًا للطلبة وَفق إطار المنهاج، ويعطي إشارات مرجعية مرتبطة بكتاب الطالب وكتاب الأنشطة والتجارب العملية؛ تساعد المُعلِّم/ المعلِّمة على الاستفادة القصوى منها جميعًا، فضلًا عن مجموعة متنوعة من أفكار التدريس يُمكِن الاختيار منها.

يُعرَض الدرس في كلٍّ من وحدات الدليل وَفق نموذج تدريسي مُكوَّن من ثلاث مراحل، هي: تقديم الدرس، والتدريس، والتقويم. ويُنفَّذ كلٌّ منها تبعًا لعناصر مُحدَّدة.

يشتمل الدليل على محتوى كتاب الطالب، وإجابات الأسئلة الواردة فيه، إضافةً إلى إجابات الأسئلة الواردة في كتاب الأنشطة والتجارب العملية، وإجابات أسئلة التجارب الإضافية.

ونحن إذ نُقدِّم هذا الدليل؛ فإنّا نأمل أن يُسهِم في تحقيق أهداف التعلُّم المنشودة، وإبراز قدرات المُعلِّم/ المعلِّمة الإبداعية على وضع البدائل، وإضافة الجديد، وبناء أدوات تقويم ذات معايير جديدة.

والله ولي التوفيق

المركز الوطني لتطوير المناهج

بِنية كتاب الطالب: دورة التعلُّم الخماسية

صُمِّمت وحدات كتاب الطالب وفق دورة التعلُّم الخماسية التي تمنح الطلبة الدور الأكبر في العملية التعلُّمية التعليمية، وتُوفِّر لهم فرصًا عديدة للاستقصاء، وحل المشكلات، والبحث، واستخدام التكنولوجيا. تتضمَّن هذه الدورة ما يأتي:

1 التهيئة Engagement:

إثارة فضول الطلبة الطبيعي ودافعيتهم إلى البحث والاستكشاف، وتنشيط المعرفة السابقة بالموضوع.

أتأمَّلُ الصورة

يكونُ اتجاهُ حركةِ الطائراتِ في أثناءِ هبوطِها في الأحوالِ الاعتياديةِ موازيًا لِمَدْرجِ المطارِ، وأحيانًا يواجهُ الطيارُ صعوباتٍ في أثناءِ عمليةِ الهبوطِ في الأجواءِ العاصفةِ عندما يكونُ اتجاهُ الرياحِ عموديًّا على اتجاهِ المَدْرجِ، فيلجأُ حينئذٍ إلى توجيهِ مُقدِّمةِ الطائرةِ على نحوٍ منحرفٍ عنِ اتجاهِ المَدْرجِ بعكسِ اتجاهِ هذهِ الرياحِ، كما هوَ مُبيَّنٌ في الصورةِ. وهذا ما حدثَ معَ طيارٍ أردنيٍّ؛ إذْ تمكَّنَ منَ الهبوطِ بأمانٍ على الرغمِ منَ العاصفةِ القويةِ التي ضربَتْ مطارَ هيثرو في لندنَ عامَ 2020 م، علمًا أنَّهُ تعذَّرَ على عشرينَ طائرةً الهبوطُ وقتئذٍ.

فما الهدفُ منْ توجيهِ الطيارِ مُقدِّمةَ الطائرةِ نحوَ الاتجاهِ المُبيَّنِ في الشكلِ؟ وما أثرُ ذلكَ في السلامةِ العامةِ؟

2 الاستكشاف Exploration:

مشاركة الطلبة في الموضوع؛ ما يمنحهم فرصةً لبناء فهمهم الخاص. ويجمع الطلبة في هذه المرحلة بيانات مباشرة تتعلق بالمفهوم الذي يدرسونه عن طريق إجراء أنشطة عملية متنوعة وجاذبة، يعتمد بعضها المنحى التكاملي STEAM الذي يساعد الطلبة على اكتساب مهارات العلم.

تجربةٌ استهلاليةٌ

ناتجُ جمعِ قُوَّتيْنِ عمليًّا

ادَّعَتْ هيا أنَّ مجموعَ قُوَّتيْنِ مقدارُ كلٍّ منْهُما 5 N تُؤثِّرانِ في جسمٍ، هوَ 5 N + 5 N = 5 N، في حينِ ادَّعى يَمانٌ أنَّ مجموعَ القُوَّتيْنِ 5 N + 5 N = 10 N. أيَّهُما تُؤيِّدُ؟

الموادُّ والأدواتُ: ثِقْلٌ كتلتُهُ 500g، ميزانانِ نابضيّانِ، ثلاثةُ خيوطٍ متساويةٍ في الطولِ، حلقةٌ مُهمَلةُ الوزنِ تقريبًا.

إرشاداتُ السلامةِ: الحذرُ منْ سقوطِ الأجسامِ والأدواتِ على القدمينِ.

خطواتُ العملِ:

بالتعاونِ معَ أفرادِ مجموعتي، أُنفِّذُ الخطواتِ الآتيةَ:

1 أقيسُ: أُعلِّقُ الثِّقْلَ بالميزانِ الأولِ، كما في الشكلِ (أ)، ثمَّ أُدوِّنُ القراءةَ.

2 أقيسُ: أُعلِّقُ الميزانَ الثانيَ بالحلقةِ، إضافةً إلى الميزانِ الأولِ، كما في الشكلِ (ب)، ثمَّ أُدوِّنُ قراءةَ كلٍّ منَ الميزانيْنِ.

3 أقيسُ: أُزيحُ كلًّا منَ الميزانيْنِ في الشكلِ (ب): أحدَهما إلى اليمينِ، والآخرَ إلى اليسارِ، كما في الشكلِ (جـ)، حتّى تصبحَ قراءةُ كلِّ ميزانٍ مساويةً لقراءةِ الميزانِ في الشكلِ (أ)، ثمَّ أُدوِّنُ قراءتَيْهِما في الجدولِ.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. ماذا تُمثِّلُ قراءةُ الميزانِ الأولِ في الحالةِ (أ)؟
2. كيفَ تغيَّرَتْ قراءةُ كلٍّ منَ الميزانيْنِ في الحالتيْنِ (ب) و (جـ)؟
3. أُقارِنُ مجموعَ قراءةِ الموازينِ في الحالةِ (ب) والحالةِ (جـ) بوزنِ الثِّقْلِ.
4. أُقوِّمُ: أُحدِّدُ أيَّهُما أُؤيِّدُ: ادِّعاءَ هيا أمِ ادِّعاءَ يَمانٍ، ماذا أستنتجُ؟

9

5 التقويم Evaluation:

التحقق من تعلُّم الطلبة وفهمهم للموضوع، ومنحي فرصة لتعرُّف نقاط القوة والضعف لدى طلبتي.

مراجعةُ الوحدةِ

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

1. الكميةُ المُتَّجِهةُ منَ الكمياتِ الفيزيائيةِ الآتيةِ، هيَ:
   - أ . عددُ المسافرينَ في الطائرةِ.
   - ب . المدَّةُ الزمنيةُ لإقلاعِ الطائرةِ.
   - جـ . تسارعُ الطائرةِ في أثناءِ إقلاعِها.
   - د . حجمُ وقودِ الطائرةِ.
2. عندَ جمعِ القوتينِ المتعامدتينِ: 30 N وَ 20 N جمعًا مُتَّجِهًا، فإنَّ قيمةَ القوةِ المحصلةِ، هيَ:
   - أ . 10 N
   - ب . 20 N
   - جـ . 50 N
   - د . 36 N
3. ناتجُ الضربِ المُتَّجِهيِّ $|A \times B|$ في الشكلِ المجاورِ، هوَ:
   - أ . $AB \sin 90°$
   - ب . $AB \sin 30°$
   - جـ . $AB \cos 30°$
   - د . $AB \cos 90°$
4. العلاقةُ بينَ مُتَّجِهَي التسارُعِ a_2، a_1 بناءً على العلاقةِ $(a_1 - a_2 = 0)$، هيَ:
   - أ . المُتَّجِهانِ a_2 ، a_1 متساويانِ في المقدارِ، ومتعاكسانِ في الاتجاهِ.
   - ب . المُتَّجِهانِ a_2 ، a_1 متساويانِ في المقدارِ، وفي الاتجاهِ نفسِهِ.
   - جـ . المُتَّجِهانِ a_2 ، a_1 مختلفانِ في المقدارِ، وفي الاتجاهِ نفسِهِ.
   - د . المُتَّجِهانِ a_2 ، a_1 مختلفانِ في المقدارِ، ومتعاكسانِ في الاتجاهِ.
5. مقدارُ القوةِ المحصلةِ واتجاهُها في الشكلِ المجاورِ، هما:
   - أ . 30 N باتجاهِ محورِ $+y$
   - ب . 30 N باتجاهِ محورِ $-y$
   - جـ . 10 N باتجاهِ محورِ $+y$
   - د . 0 N

36

6. صوَّبَتْ سعادُ كرةَ السَّلَّةِ بسرعةٍ مقدارُها 20 m/s في الاتجاهِ المُبيَّنِ في الشكلِ المجاورِ. أيُّ الآتيةِ تُمثِّلُ المُركَّبةَ الأفقيةَ للسرعةِ:
   - أ . $-20 \cos 60°$
   - ب . $20 \cos 60°$
   - جـ . $20 \sin 30°$
   - د . $20 \cos 30°$

2. أُحلِّلُ: ركلَ لاعبٌ كرةَ قدمٍ كتلتُها 0.4 kg لتنطلقَ بسرعةِ 30 m/s في اتجاهٍ يَصنعُ زاويةً مقدارُها 37° معَ سطحِ الأرضِ الأفقيِّ، وتؤثِّرُ فيها قوةُ الجاذبيةِ الأرضيةِ بتسارعٍ في اتجاهِ محورِ (-y) مقدارُهُ $10 m/s^2$. استغرقَتِ الكرةُ مدَّةً زمنيةً مقدارُها 6 s لتعودَ إلى مستوى سطحِ الأرضِ:
   - أ . أُحدِّدُ الكمياتِ المُتَّجِهةَ والكمياتِ القياسيةَ.
   - ب . أُمثِّلُ الكمياتِ المُتَّجِهةَ بيانيًّا.
   - جـ . هلْ يُمكِنُ إيجادُ محصلةِ تلكَ الكمياتِ المُتَّجِهةِ؟ أُفسِّرُ إجابتي.

3. أُحلِّلُ: تُؤثِّرُ قوًى عِدَّةٌ في جسمٍ، كما في الشكلِ المجاورِ. أَجِدُ مقدارَ محصلةِ القوى المُؤثِّرةِ في الجسمِ بالطريقةِ التحليليةِ، وأحدِّدُ اتجاهَها بالنسبةِ لمحورِ $+x$.

4. أحسُبُ: مُتَّجِهانِ: الأولُ $F = 8 N$ في اتجاهِ محورِ $(-y)$، والثاني $r = 5 m$ في اتجاهِ محورِ $(+x)$. أَجِدُ:
   - أ . $3F$
   - ب . $-0.5r$
   - جـ . $|r \times F|$
   - د . $|r \times r|$
   - هـ . $F . r$

5. حلُّ المشكلاتِ: انطلقَتْ نورُ منْ منزلِها سيرًا على الأقدامِ، وقطعَتْ مسافةَ 400 m باتجاهِ الغربِ، ثمَّ اتجهَتْ شمالًا، وقطعَتْ مسافةَ 200 m لتصلَ منزلَ صديقتِها. إذا أرادَتْ نورُ العودةَ مباشرةً إلى منزلِها بخطٍّ مستقيمٍ، فكمْ مترًا يجبُ أنْ تسيرَ؟ في أيِّ اتجاهٍ يتعيَّنُ عليْها السيرُ حتّى تصلَ منزلَها؟

37

3 الشرح والتفسير Explanation:

تقديم محتوى يتسم بالتنوع في أساليب العرض، ويضم عددًا من الصور والأشكال التوضيحية والرسوم البيانية المرتبطة بالموضوع؛ ما يمنح الطلبة فرصةً لبناء المفهوم.

4 الإثراء والتوسُّع Elaboration:

تزويد الطلبة بخبرات إضافية لإثارة مهارات الاستقصاء لديهم؛ عن طريق إشراكهم في تجارب وأنشطة جديدة تكون أشبه بتحدٍّ يُفضي إلى التوسُّع في الموضوع، أو تعميق فهمه.

عناصر محتوى الدرس:

يشمل الدرس عناصر متنوعة، عرضت بتسلسل بنائي واضح؛ ما يُسهِّل تعلُّم الطلبة المفاهيم والمعارف والأفكار الواردة في الدرس.

الفكرة الرئيسة:

تتضمَّن تلخيص المفاهيم والأفكار والمعارف التي سيتعلَّمها الطلبة في أثناء الحصة.

الفكرةُ الرئيسةُ:
للكمياتِ المُتَّجِهةِ خصائصُ تمتازُ بها عنِ الكمياتِ القياسيةِ.

شرح محتوى الدرس:

شرح محتوى الدرس بعبارات بسيطة تراعي الفئة العمرية وخصائص الطلبة النمائية، وتنظيم عملية الشرح بحيث تشتمل على عناوين رئيسة، يتفرَّع منها عناوين ثانوية، وتندرج أحيانًا عناوين فرعية من العناوين الثانوية، وتظهر بألوان مختلفة.

الكمياتُ القياسيةُ والكمياتُ المُتَّجِهةُ
Scalar and Vector Quantities

الكمياتُ الفيزيائيةُ Physical Quantities

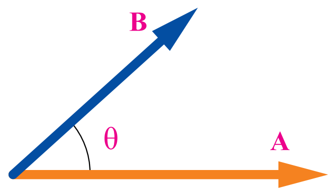
نتعامَلُ في حياتِنا معَ كمياتٍ فيزيائيةٍ عديدةٍ؛ سواءٌ أكانَتْ كمياتٍ أساسيةً (مثلُ: الزمنِ، ودرجةِ الحرارةِ، والكتلةِ، والطولِ)، أوْ كمياتٍ مشتقةً (مثلُ: القُوَّةِ، والسرعةِ، والتسارُعِ)، ويُعبَّرُ عنْ بعضِ تلكَ الكمياتِ بعددٍ ووحدةٍ مناسبيْنِ، فنقولُ مثلًا إنَّ كتلةَ الحقيبةِ 6 kg، وسرعةَ الطائرةِ 200 m/s. ولكنْ، هلْ كانَ وصْفُ كلٍّ منَ الكميتيْنِ كافيًا؟

يُوضِّحُ الشكلُ (1) حالةَ الطقسِ المتوقعةَ في العاصمةِ عمّانَ بحسبِ تنبؤاتِ دائرةِ الأرصادِ الجويةِ الأردنيةِ. ما الكمياتُ الفيزيائيةُ التي ظهرَتْ في النشرةِ الجويةِ؟ هلِ اختلفَ وصفُ كلٍّ منْها عنْ غيرِهِ؟

يُلاحَظُ وجودُ كمياتٍ فيزيائيةٍ يكفي تحديدُ مقدارِها فقطْ لوصفِها وصفًا كاملًا، وأُخرى يَلزمُ تحديدُ مقدارِها واتجاهِها معًا.

الصور والأشكال:

صور واضحة ومتنوعة تُحقِّق الغرض العلمي.



الشكلُ (10): مُتَّجِهانِ بينَهُما زاويةٌ θ.

أُقارِنُ بينَ ناتجِ كلٍّ منْ: $\boldsymbol{B} \cdot \boldsymbol{A}$، وَ $\boldsymbol{A} \cdot \boldsymbol{B}$.

أسئلة الأشكال:

أسئلة إجاباتها من الصورة؛ لتدريب الطلبة على التحليل.

أُفكِّر:

تنمية مهارات التفكير.

أُفكِّر: لماذا يكونُ اتجاهُ التسارُعِ a دائمًا في نفسِ اتجاهِ القُوَّةِ المحصلةِ $\sum \boldsymbol{F}$؟

ب. الكمياتُ المُتَّجِهةُ Vector Quantities

هيَ الكمياتُ التي تُحدَّدُ بالمقدارِ والاتجاهِ معًا. ففي ما يخصُّ سرعةَ الرياحِ مثلًا في الشكلِ (1)، لا يُكتفى بالقولِ إنَّ مقدارَها 24 km/h نهارًا، وإنَّما يجبُ تحديدُ اتجاهِها نحوَ الشرقِ لكيْ يصبحَ وصفُها كاملًا. وكذلكَ لاعبُ كرةِ القدمِ؛ فهوَ يَركُلُ الكرةَ بقدمِهِ لتنطلقَ بسرعةٍ كبيرةٍ وفي اتجاهٍ مُحدَّدٍ لكيْ يُسجِّلَ هدفًا في المرمى. ومنَ الأمثلةِ الأُخرى على **الكمياتِ المُتَّجِهةِ Vector quantities**: الإزاحةُ، والتسارُعُ، والقُوَّةُ.

المفاهيم والمصطلحات:

تظهر مُظلَّلة، وبخط غامق؛ للتركيز عليها، وجذب انتباه الطلبة إليها.

نظرة عامة إلى كتاب الطالب

التجربة:

خبرات عملية تُكسِب الطلبة مهارات ومعارف متنوعة، بعضها وفق المنحى التكاملي STEAM.

التجربةُ 1

إيجادُ محصلةِ قُوَّتيْنِ بصورةٍ عمليةٍ

الموادُّ والأدواتُ: طاولةُ القوى، مجموعتانِ منَ الأثقالِ تتكوَّنُ كلٌّ منْهُما منْ ثلاثةِ أثقالٍ متساويةٍ في الكُتلةِ، ميزانٌ إلكترونيٌّ (حسّاسٌ)، ثلاثةُ حواملِ أثقالٍ متماثلةٍ.

إرشاداتُ السلامةِ: الحذرُ منْ سقوطِ الأجسامِ والأدواتِ على القدميْنِ.

خطواتُ العملِ:

بالتعاونِ معَ أفرادِ مجموعتي، أُنفِّذُ الخطواتِ الآتيةَ:

1. أضعُ طاولةَ القوى على سطحٍ مستوٍ، وأستعملُ الميزانَ لقياسِ كتلةِ حاملِ الأثقالِ، ثم أُدوِّنُ النتيجةَ.
2. أضعُ ثقلًا على كلِّ حاملٍ، ثمَّ أضبطُ خيطَ أحدِ الحواملِ على تدريجِ الصفرِ $0°$، وخيطًا لحاملٍ آخرَ على تدريجِ $120°$، وأُحرِّكُ خيطَ الحاملِ المُتبقِّيَ حتّى ينطبقَ مركزُ الحلقةِ على مركزِ طاولةِ القوى، ثمَّ أُدوِّنُ التدريجَ الذي انطبقَ عليْهِ الخيطُ.
3. أُكرِّرُ الخطوةَ الثانيةَ باستخدامِ ثلاثةِ أثقالٍ أُخرى متساويةٍ. هلْ تغيَّرَتِ النتائجُ؟

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. أحسُبُ القوى الثلاثَ المُؤثِّرةَ في الحلقةِ باستخدامِ العلاقةِ: $F = mg$، حيثُ m: (كتلةُ حاملِ الثِّقْلِ + كتلةِ الثِّقْلِ). ما مقدارُ محصلةِ تلكَ القوى؟
2. أحسُبُ بيانيًا محصلةَ القُوَّتيْنِ: الأولى، والثانيةِ.
3. أُقارِنُ محصلةَ هاتيْنِ القُوَّتيْنِ بالقُوَّةِ الثالثةِ منْ حيثُ: المقدارُ، والاتجاهُ.
4. أستنتجُ استنادًا إلى تجربتي، علاقةَ محصلةِ أيِّ قُوَّتيْنِ بالقُوَّةِ الثالثةِ عندَ الاتزانِ (انطباقُ مركزِ الحلقةِ على مركزِ الطاولةِ).
5. أحسُبُ بيانيًا محصلةَ القوى الثلاثِ، ثمَّ أُفسِّرُ النتيجةَ.
6. أُقارِنُ نتائجَ مجموعتي بنتائجِ المجموعاتِ الأُخرى.

المهارات:

تحدّي قدرات الطلبة في مجال التفسير، والتحليل، ومعالجة المعلومات؛ لذا فهي تُنمّي قدراتهم على التأمُّل، والتفكير، والاستقصاء؛ لتحقيق مفهوم التعلُّم مدى الحياة.

الربط بـ

تقديم معلومات بغرض التكامل مع المباحث الأُخرى، أو ربط تعلُّم الطلبة بمجالات الحياة؛ ليصبح تعلُّمهم ذا معنى.

الفيزياءُ والفلكُ

توجدُ حالاتٌ تتغيَّرُ فيها كتلةُ الجسمِ في أثناءِ مدَّةِ تأثيرِ القُوَّةِ فيهِ، منها تغيُّرُ كتلةِ الصواريخِ المستخدمةِ في إطلاقِ الأقمارِ الصناعيةِ نتيجةَ استهلاكِ الوقودِ. ويَلزمُ لتلكَ الحالاتِ استخدامُ علاقةٍ (صيغةٍ) أُخرى للقانونِ الثاني لنيوتن، تتضمَّنُ تغييرَ الكتلةِ.

المثال:

أسئلة متنوعة وحلولها لتعزيز فهم الطلبة .

المثالُ 2

أُجيبُ بـ (نعمْ) أوْ (لا)، مُعزِّزًا إجابتي بمثالٍ على كلٍّ ممّا يأتي:

- تشيرُ الإشارةُ السالبةُ أوِ الإشارةُ الموجبةُ إلى اتجاهِ الكميةِ المُتَّجِهةِ . هلْ يُمكِنُ أنْ تكونَ الكميةُ القياسيةُ سالبةً؟
- قدْ يكونُ للكميةِ المُتَّجِهةِ والكميةِ القياسيةِ الوحدةُ نفسُها.
- قدْ تتساوى كميتانِ مُتَّجِهتانِ في المقدارِ، وتختلفانِ في الاتجاهِ.

الحلُّ:

- نعمْ، فدرجةُ الحرارةِ قدْ تكونُ سالبةً، وهيَ كميةٌ قياسيةٌ. والإشارةُ السالبةُ هنا لا تعني اتجاهًا.
- نعمْ، فطولُ المسارِ الفعليِّ بينَ نقطتَيِ البدايةِ والنهايةِ كميَّةٌ قياسيةٌ، لكنَّ الإزاحةَ (الخطُّ المستقيمُ منْ نقطةِ البدايةِ إلى نقطةِ النهايةِ) كميةٌ مُتَّجِهةٌ، ووحدةُ قياسِ كلٍّ منْ هاتيْنِ الكميتيْنِ هيَ نفسُها (المترُ في النظامِ الدوليِّ).
- نعمْ، فالكمياتُ المُتَّجِهةُ قدْ تتساوى في المقدارِ وتختلفُ في الاتجاهِ. فمثلًا، تُؤثِّرُ في الجسمِ قُوَّتانِ متساويتانِ في المقدارِ؛ إحداهُما باتجاهِ الشرقِ، والأُخرى باتجاهِ الشمالِ. وقدْ تكونُ هذهِ الكمياتُ مختلفةً في المقدارِ ومُتماثِلةً في الاتجاهِ.

أسئلة مراجعة الدرس:

أسئلة متنوعة مرتبطة بالفكرة الرئيسة، والمفاهيم، والمصطلحات، والمهارات.

مراجعةُ الدرسِ

1. الفكرةُ الرئيسةُ: أذكرُ اختلافًا واحدًا وتشابهًا واحدًا بينَ:
   أ . الكميةِ المُتَّجِهةِ والكميةِ القياسيةِ. ب . المُتَّجِهِ وسالبِ المُتَّجِهِ.
   جـ. الضربِ القياسيِّ والضربِ المُتَّجِهيِّ.
2. أُصنِّفُ الكمياتِ الآتيةَ إلى مُتَّجِهةٍ، وقياسيةٍ:
   - زمنُ الحصةِ الصفيةِ.
   - قُوَّةُ الجاذبيةِ الأرضيةِ.
   - درجةُ حرارةِ المريضِ.
   - المقاومةُ الكهربائيةُ.
   - كتلةُ الحقيبةِ المدرسيةِ.

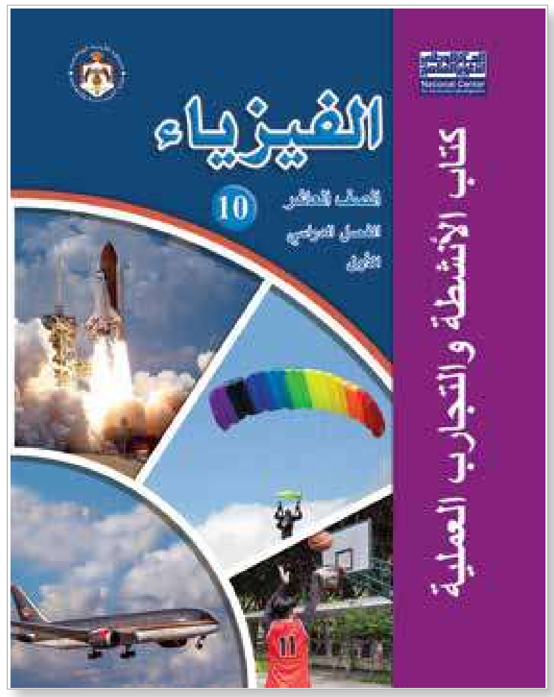
التقويم التكويني:

أسئلة تهدف إلى التحقُّق من مدى فهم الطلبة في أثناء عملية التعلُّم.

✓ أتحقَّقُ: كيفَ يُمكِنُ تحديدُ كلٍّ منْ طولِ السهمِ واتجاهِهِ عندَ تمثيلِ المُتَّجِهِ بيانيًا؟

بِنية كتاب الأنشطة والتجارب العملية:

أُفرِد كتاب الأنشطة والتجارب العملية لتدوين الملاحظات ونتائج الأنشطة والتمارين التي يُنفِّذها الطلبة، وما يتعلَّمونه بصورة رئيسة في الدروس. وهو يتضمَّن توجيهات للطلبة بخصوص ما يجب القيام به، ويُسهِم في تقديم تغذية راجعة مكتوبة عن تعلُّمهم وأدائهم.



أوراق عمل خاصة بالأنشطة الموجودة في كتاب الطالب

تتضمَّن أوراق العمل المواد والأدوات اللازمة لإجراء النشاط، وإرشادات السلامة الواجب اتباعها في أثناء تنفيذ النشاط. وهي تشمل خطوات العمل، والأماكن المخصصة لتدوين الملاحظات والنتائج التي توصَّل إليها الطلبة. وتتضمن بعض أوراق العمل صورًا توضيحية لبعض الإجراءات التي توجِب ذلك.

التجربةُ 1 قياسُ تسارُعِ السقوطِ الحُرِّ عمليًّا

الخلفيةُ العلميةُ:

تتضمَّنُ هذهِ التجربةُ قياسَ مسافةِ حركةِ الكرةِ بينَ نقطتيْنِ باستخدامِ المسطرةِ، أوِ الشريطِ المتريِّ، وقياسَ زمنِ انتقالِ الكرةِ بينَ هاتيْنِ النقطتيْنِ، ثمَّ تطبيقَ معادلةِ الحركةِ الآتيةِ:

$$\Delta y = v_1 \Delta t + \tfrac{1}{2} a(\Delta t)^2$$

حيثُ:

(v_1): السرعةُ الابتدائيةُ، وتساوي (0).

(Δt): الزمنُ الكليُّ.

وعندَ نقلِ المُتغيِّراتِ بينَ طرفَيِ المعادلةِ، فإنَّها تصبحُ على النحوِ الآتي:

$$2\Delta y = a(\Delta t)^2$$

لحسابِ تسارُعِ السقوطِ الحُرِّ بصورةٍ دقيقةٍ جدًّا، يجبُ تكرارُ المحاولةِ مرّاتٍ عِدَّةً، ورسمُ العلاقةِ البيانيةِ بينَ المُتغيِّريْنِ: $(\Delta t)^2$ على المحورِ الأفقيِّ، و($2\Delta y$) على المحورِ الرأسيِّ، ثمَّ إيجادُ ميلِ منحنى هذهِ العلاقةِ.

الهدفُ:

حسابُ تسارُعِ السقوطِ الحُرِّ.

الموادُّ والأدواتُ:

كرةٌ مطاطيةٌ صغيرةٌ، بوّابتانِ ضوئيتانِ، عدّادٌ زمنيٌّ رقميٌّ، شريطُ قياسٍ متريٌّ، ...

إرشاداتُ السلامةِ:

الحذرُ منْ سقوطِ الأجسامِ والأدواتِ على القدميْنِ.

ملحوظةٌ: تأثيرُ الهواءِ في الكرةِ المطاطيةِ قليلٌ جدًّا، ومنَ المُمكنِ إهمالُهُ مقارنةً ...

الوحدةُ 2 الحر...

تجربةٌ استهلاليةٌ ناتجُ جمعِ قوَّتيْنِ عمليًا

الخلفيةُ العلميةُ: تُعرَّفُ القُوَّةُ بأنَّها كمِّيةٌ فيزيائيةٌ مُتَّجِهةٌ ذاتُ مقدارٍ واتجاهٍ، وهيَ تُقاسُ بوحدةِ نيوتن N، ويُمكِنُ تحديدُ مقدارِها باستعمالِ الميزانِ النابضِ.

عندَ جمعِ قُوَّتيْنِ أوْ أكثرَ، فإنَّ ناتجَ عمليةِ الجمعِ يعتمدُ على اتجاهاتِ تلكَ القوى، وعلى مقاديرِها، وهذا يختلفُ عنِ الجمعِ الجبريِّ للأعدادِ، وجمعِ الكمياتِ الفيزيائيةِ التي لها مقدارٌ فقطْ. تُوضِّحُ هذهِ التجربةُ كيفيةَ جمعِ المُتَّجِهاتِ بصورةٍ عمليةٍ.

ادَّعَتْ هيا أنَّ مجموعَ قُوَّتيْنِ مقدارُ كلٍّ منْهُما 5 N تُؤثِّرانِ في جسمٍ، هوَ 5 N + 5 N = 5 N، في حينِ ادَّعى يَمانٌ أنَّ مجموعَ القُوَّتيْنِ 5 N + 5 N = 10 N . أيَّهُما تُؤيِّدُ؟

الهدفُ:

التمييزُ بينَ جمعِ القوى وجمعِ الأعدادِ.

الموادُّ والأدواتُ:

ثِقْلٌ كتلتُهُ 50 g، ميزانانِ نابضيّانِ، ثلاثةُ خيوطٍ متساويةٍ في الطولِ، حلقةٌ مُهمَلةُ الوزنِ تقريبًا.

إرشاداتُ السلامةِ:

الحذرُ منْ سقوطِ الأجسامِ والأدواتِ على القدميْنِ.

خطواتُ العملِ:

بالتعاونِ معَ أفرادِ مجموعتي، أُنفِّذُ الخطواتِ الآتيةَ:

1. أقيسُ: أُعلِّقُ الثِّقلَ بالميزانِ الأولِ، كما في الشكلِ (ا)، ثمَّ أُدوِّنُ القراءةَ في الجدولِ.

4 الوحدةُ 1 المُتَّجِهاتُ Vectors


تجربة إثرائية 1 تأثيرُ مقاومةِ الهواءِ في سقوطِ الأجسامِ قربَ سطحِ الأرضِ

تجربة إثرائية مُركَّبتا القوَّةِ وعلاقتُهما بحركةِ الأجسامِ

الخلفيةُ العلميةُ:

قدْ تشاهدُ على إحدى الطرقاتِ شخصًا يحاولُ جاهدًا -منْ دونِ جدوى- فكَّ البرغيِّ المشدودِ على عجلِ سيارتِهِ باستعمالِ المفتاحِ الخاصِّ بذلكَ، كما في الشكلِ، بالرغمِ منْ تأثيرِهِ بأقصى قوَّةٍ لديْهِ في طرفِ ذراعِ المفتاحِ، فماذا يفعلُ لحلِّ هذهِ المشكلةِ؟ يُمكِنُ للشخصِ إطالةُ ذراعِ المفتاحِ (r) باستعمالِ ماسورةٍ مثلًا؛ ما يُسهِّلُ عليْهِ فكَّ البرغيِّ بالرغمِ منْ أنَّهُ يبذلُ القوَّةَ نفسَها؛ أيْ يزيدُ عزمَ القوَّةِ (سوفَ أدرسُ هذا الموضوعَ في صفوفٍ لاحقةٍ)؛ إذْ يتناسبُ مقدارُ عزمِ القوَّةِ طرديًّا معَ طولِ ذراعِها r (مقدارُ مُتَّجِهِ الموقعِ). ولكنْ، هلْ يُؤثِّرُ اتجاهُ القوَّةِ في زيادةِ عزمِ القوَّةِ فيصبحُ فكُّ البرغيِّ أكثرَ سهولةً؟

الوحدةُ 1 المُتَّجِهاتُ Vectors 9

تجارب إثرائية

يشـتمل كتـاب الأنشـطة والتجـارب العملية علـى تجـارب إثرائـية، منهـا مـا يُعمِّـق فهـم الطلبـة لموضـوع الـدرس، ومنهـا مـا يمنحهـم فرصـة التوسُّـع فـي المعرفـة المُتعلِّقـة بموضـوع مـا.

أسئلة اختبارات دولية أو على نمطها

يتضمَّـن كتـاب الأنشـطة والتجـارب العملية عـددًا مـن أسـئلة الاختبـارات الدوليـة أو عـلى نمطهـا؛ لأنَّهـا تُركِّـز عـلى إتقـان العمليـات واسـتيعاب المفاهيـم، والقـدرة عـلى توظيفهـا في مواقـف حياتيـة واقعيـة، ولتشـجيعي عـلى بنـاء نـماذج اختبـارات تحاكـي هـذه الأسـئلة؛ لمـا لهـا مـن أثـر في إثـارة تفكـير الطلبـة، مـا قـد يُسـهِم في جعـل التفكـير العلمـي المنطقـي نمـط تفكـير للطلبـة في حياتهـم اليوميـة.


أسئلةُ اختباراتٍ دوليةٍ، أوْ أسئلةٌ على نمطِها

السؤالُ الأولُ:

تُقلِعُ طائرةٌ بسرعةِ (200 km/h) باتجاهٍ يَصنعُ زاويةَ (25°) معَ سطحِ المَدْرجِ الأفقيِّ للمطارِ. وفريقُ الصيانةِ في المطارِ يُتابِعُ حركةَ عجلاتِ الطائرةِ في أثناءِ عمليةِ الإقلاعِ باستخدامِ عربةٍ، بحيثُ يكونُ موقعُ العربةِ أسفلَ العجلاتِ مباشرةً باستمرارٍ في أثناءِ زمنِ الإقلاعِ، كما في الشكلِ الآتي. مقدارُ سرعةِ العربةِ الأفقيةِ على المَدْرجِ هوَ:

أ - (200 km/h).
ب - (181 km/h).
ج - (222 km/h).
د - (84 km/h).

السؤالُ الثاني:

أيُّ المجموعاتِ الآتيةِ كمياتٌ مُتَّجِهةٌ:

أ - السرعةُ، الإزاحةُ، القوَّةُ.
ب - الوزنُ، الكتلةُ، التسارُعُ.
ج - الشغلُ، الضغطُ، القوَّةُ.
د - الكتلةُ، الزمنُ، درجةُ الحرارةِ.

الوحدةُ 1 المُتَّجِهاتُ Vectors 11

أسئلةُ اختباراتٍ دوليةٍ

السؤالُ الأولُ:

الوحدةُ 2 الحركةُ Motion 26

دليل المُعلِّم:

يُقـدِّم الدليـل نظـرة عامـة عـن كل وحـدة في كتـاب الطالـب والـدروس التـي فيهـا. ويُعَـرض الـدرس وفـق نمـوذج تدريـس مـن ثـلاث مراحـل؛ يُنفِّـذ كلٌّ منهـا باسـتعمال عناصـر مُحـدَّدة. تبـدأ كل وحـدة بمصفوفـة نتاجـات تتضمَّـن نتاجـات الوحـدة، والنتاجـات السـابقة، واللاحقـة المرتبطـة بهـا؛ لتعيننـي علـى الترابـط الـرأسي للمفاهيـم والأفـكار، وتسـاعدني علـى تصميـم أنشـطة التعلُّـم والتعليـم في الوحـدة وتنفيذهـا.

مراحل نموذج التدريس:

1 تقديم الدرس

يشمل تقديم الدرس ما يأتي:

- **الفكرة الرئيسة:**

توضِّح لي كيفية عرض فكرة الدرس الرئيسة.

- **الربط بالمعرفة السابقة:**

يُقصَـدُ بـه تنشـيط التعلُّـم السـابق للطلبـة، حيـث يُعَـدُّ أساسًـا لتعـرُّف تنظيـم المعلومـات، وطرائـق ترابطهـا. ويُقـدِّم الدليـل مقترحـات عـدَّةٍ لهذا الربـط، وينتهـج أسـاليب متنوعـة تختلـف باختـلاف موضـوع الـدرس.

2 التدريس

يشمل التدريس ما يأتي:

- **المناقشة:**

يُقـدِّم الدليـل لي مقترحـات لمناقشـة الطلبـة في موضـوع الـدرس، مثـل الأسـئلة التـي تُمهِّـد للحـوار بينـي وبـين طلبتـي، والإجابـات المقترحـة لهـا. تمنـح المناقشـة الطلبـة فرصـةً للتعبـير عـن آرائهـم، وتُعلِّمهـم تنظيـم أفكارهـم، وحسـن الإصغـاء، واحـترام الـرأي الآخـر، وتزيـد مـن ثقتهـم بأنفسـهم.

- **بناء المفهوم:**

تنوعـت طرائـق بنـاء المفهـوم بالدليـل، وذلـك بحسـب طبيعـة المفهـوم. يُقـدِّم الدليـل أفكارًا مقترحـة لبنـاء المفاهيـم الـواردة في كتـاب الطالـب.

- **استخدام الصور والأشكال:**

تُنمّـي الصـور والأشـكال الثقافـة البصريـة، وتُوضِّـح المفاهيـم الـواردة في الـدرس.

يُبيِّـن الدليـل لي كيفيـة توظيـف الصـور والأشـكال في عمليـة التدريـس، ويُرشِـدني إلى كيفيـة الإفـادة منهـا في تحفيزهـم علـى التفكـير.

- **إضاءة للمعلِّم/ للمعلِّمة:**

معلومـة لي تُسـهم في إعطائـي تفصيـلات مُحـدَّدة عـن موضـوع مـا. وقـد تُسـهِم في تقديـم إجابـات لأسـئلة الطلبـة التـي تكـون غالبًـا خـارج نطـاق المعلومـة الـواردة في الكتـاب.

---

1 تقديم الدرس

الفكرة الرئيسة:

- أوضِّح للطلبة أنَّ جمع الكميات المتجهة يختلف عن جمع الكميات القياسية؛ إذ إنَّ معرفة الاتجاه تُسهِم إسهامًا كبيرًا في إيجاد ناتج الجمع. أوضِّح لهم أيضًا أنَّ عمليات جمع الكميات المتجهة وطرحها تتمُّ بطرائق مختلفة؛ بيانيًّا، ورياضيًّا، وذلك بتحليل المتجهات إلى مُركَّباتها.

الربط بالمعرفة السابقة:

- أراجع الطلبة بما تعلموه عن إيجاد محصلة قوى متوازية بالاتجاه نفسه، ومتوازية باتجاهين متعاكسين.
- وأذكّرهم بالنتيجة التي توصلوا إليها في التجربة الاستهلالية؛ عن إيجاد ناتج جمع قوتين متساويتين في المقدار وباتجاهين مختلفين.

المناقشة:

- أكتب على اللوح معادلة الضرب النقطي: $\mathbf{A} \cdot \mathbf{B} = AB\cos\theta$، ثم أناقش الطلبة في هذه المعادلة، وأطرح عليهم الأسئلة الآتية:
  - ما أكبر قيمة جبرية لناتج الضرب النقطي؟ AB.
  - عند أيِّ زاوية θ؟ صفر.
  - ما أقل قيمة جبرية لناتج الضرب النقطي؟ صفر.
  - عند أيِّ زاوية θ؟ 90°.
  - متى تكون القيمة الجبرية لحاصل الضرب النقطي سالبةً؟ أفسِّر إجابتي.
  عندما تكون الزاوية بين المتجهين أكبر من 90°، وأقل من 180°، أو تساوي 180°.

بناء المفهوم:

الجمع الجبري والجمع المتجهي

- أوضح للطلبة أن مفهوم الجمع لا يقتصر على الجمع الجبري المعروف للأرقام والكميات القياسية؛ بل يشمل مفهوم الجمع المتجهي للكميات المتجهة الذي يتطلَّب معرفة كلٍّ من المقدار والاتجاه، خلافًا لجمع الكميات القياسية الذي يتطلَّب معرفة المقدار فقط.
- أوضِّح للطلبة مفهوم متجه المحصلة، وأن هذا المفهوم يعبِّر عن ناتج الجمع لمتجهين أو أكثر، وأن متجه المحصلة يختلف مقداره واتجاهه باختلاف المقدار والاتجاه للمتجهات المراد جمعها.

استخدام الصور والأشكال:

- أوجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (15)، ثم الإجابة عن الأسئلة الآتية:
  - في أيِّ الشكلين (أ) و (ب) يمكن جمع القوى جمعًا جبريًا؟
  في الشكل (ب)؛ لأن القوتين تكونان بالاتجاه نفسه.
  - لماذا لا يمكن جمع القوى في الشكل (أ) جمعًا جبريًا؟
  لأنهما باتجاهين مختلفين.

إضاءة للمعلِّم / للمعلِّمة

يُستعمَل مقياس الرسم في الخرائط الجغرافية والمخططات الهندسية وغيرها لتمثيل الكميات الكبيرة جدًّا، أو الصغيرة جدًّا، التي لا يُمكِن تمثيلها بمقاديرها الحقيقية.

- **أخطاء شائعة:**

قـد يكـون البناء المعـرفي لـدى بعـض الطلبـة غـير صحيـح؛ فيُنبِّـه الدليـل إلى ذلـك، مُبيِّنًـا الخطـأ والصـواب.

أخطاء شائعة

يخلط بعض الطلبة بين طرح المتجه وسالب المتجه؛ لذا أوضِّح لهم أنَّ طرح المتجه هو جمعٌ لسالب المتجه؛ أيْ إنَّ سالب المتجه جزئيةٌ من طرح المتجه.

- **طريقة أُخرى للتدريس:**

يُقـدِّم الدليـل مقترحـات لتدريـس المفهـوم بأكثـر مـن طريقـة. ويمكـن لي الاسـتفادة مـن تنـوُّع الطرائـق المُقدَّمـة لتدريس مفهـوم مـا في خططـي العلاجيـة؛ لمعالجـة ضعـف بعـض الطلبـة، إضافـةً إلى إمكانيـة الإفـادة منهـا في تقديـم المفهـوم بطرائـق تنسـجم مـع خصائـص الطلبـة وذكاءاتهـم المختلفـة.

طريقة أُخرى للتدريس | **مُخطَّط الجسم الحر.**

- أستخدم **استراتيجية التعلّم التعاوني** لمساعدة الطلبة ذوي المستويات المختلفة على رسم مُخطَّط الجسم الحر لأيِّ نظام.
- أوزِّع الطلبة إلى مجموعات غير متجانسة، ثم أرسم على اللوح ما يأتي: طاولة عليها كتاب، كرة تسقط سقوطًا حرًّا، كرة مُعلَّقة بخيط، قوة دفع تُؤثِّر أفقيًّا في كتاب موضوع على سطح طاولة ملساء.
- أطلب إلى أفراد كل مجموعة اختيار أحد الأشكال المرسومة على اللوح، ثم رسم مُخطَّط الجسم الحر له معًا.
- أتجوّل بين أفراد المجموعات مُوجِّهًا ومُساعِدًا ومُرشِدًا، وأُصحِّح المفاهيم غير الصحيحة لديهم.

- **نشاط سريع:**

يُسـهِم هـذا النشـاط في التنسـيق بـين الموقـف التعليمـي وأحـد المواقـف في الحيـاة العمليـة، واسـتثارة قـدرات الطلبـة، وتشـويقهم.

نشاط سريع

- أذكِّر الطلبة بالفرق بين المسافة والإزاحة، ثم أحدِّد على اللوح نقطة البداية.
- أطلب إلى عدد من الطلبة رسم خط مستقيم، طوله 20 cm، من نقطة البداية نفسها؛ كلٌّ على حِدَة، ثم رسم سهم في نهاية الخط ليدل على اتجاه الحركة.

سيُلاحِظ الطلبة أنَّهم لم يصلوا إلى نقطة النهاية نفسها بالرغم من أنَّ نقطة البداية هي نفسها، أيْ إنَّ مقدار الإزاحة المقطوعة متساوٍ عند جميع الطلبة (20 cm)، ولكنَّ اختلاف اتجاه الحركة أدى إلى إختلاف الإزاحات؛ ما يعني أنَّ الإزاحـة كميـة متجهـة تتطلَّب تحديـد المقدار والاتجاه.

- **معلومة إضافية:**

تُسهِم المعلومة الإضافية في توسيع مدارك الطلبة.

معلومة إضافية

من الأمثلة الفيزيائية على ضرب المتجه في كمية قياسية (سيدرسـه الطلبـة في صفوف لاحقة): الزخـم الخطي Linear Momentum ($\mathbf{p}$)، الذي يساوي ناتج ضرب الكتلة m في السرعة $\mathbf{v}$ ($\mathbf{p} = m\,\mathbf{v}$)، وهو كمية متجهة، واتجاهه في اتجاه السرعة $\mathbf{v}$.

- **تعزيز:**

معلومـات تُعـزِّز فهـم موضـوع الـدرس، فضـلًا عـن اقـتراح طرائـق متنوعـة لتعزيـز المفهـوم.

التعزيز:

أسأل الطلبة عن سبب تسمية القياسي (النقطي) بهذا الاسم.

سُمِّي الضرب القياسي بهذا الاسم لأنَّ ناتج الضرب كمية قياسية، وسُمِّي أيضًا بالضرب النقطي لأنَّ إشارة الضرب بين المتجهين هي نقطة (·).

- **القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية:**

يُبـيِّن الدليـل لي القضايـا المشـتركة ومفاهيمهـا العابـرة للمناهـج والمـواد الدراسـية والموضـوع المرتبـط بهـا، وأهميـة كل مفهـوم في حيـاة الطلبـة، وفي بنـاء شـخصية متكاملـة متوازنـة لـكلٍّ منهـم.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

- **القضايا ذات العلاقة بالعمل: العمل التطوعي.**

في المثال المتعلق بالزمن وقضاء ساعة في العمل التطوعي، ألفت انتباه الطلبة إلى مفهوم العمل التطوعي، وأهميته، وآثاره الإيجابية في الفرد والمجتمع، وكذلك أهمية إدارة الوقت على نحوٍ فاعل مُنظَّم.

3 التقويم

يشمل التقويم ما يأتي:

- إجابات أسئلة مراجعة الدرس.
- إجابات أسئلة مراجعة الوحدة.

التقويم في كتاب الطالب

روعـي التقويـم في كتـاب الطالـب، وكتـاب الأنشـطة والتجـارب العمليـة، ودليـل المُعلّـم؛ للتحقُّـق مـن فهـم الطلبـة، وتعزيـز إنجازاتهـم الفرديـة، ومنحهـم فرصـة التأمُّـل في تعلُّمهـم، ووضـع أهـداف لأنفسـهم، وتقديـم التغذيـة الراجعـة والتحفيـز والتشـجيع لهـم، فضـلًا عـن تضمينـه اسـتراتيجيات تلبـي حاجـات الطلبـة المتنوعـة، وفـق مـا يـأتي:

أتحقَّق:

أسـئلة لتقريـر مـدى فهـم الطلبـة في أثنـاء عمليـة التعلُّـم.

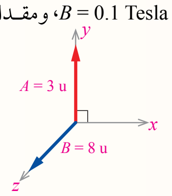
أتحقَّق: كيفَ يُمكِنُ تحديدُ كلٍّ منْ طولِ السهمِ واتجاهِهِ عندَ تمثيلِ المُتَّجِهِ بيانيًّا؟

مراجعة الدرس

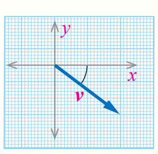
أسـئلة متنوعـة مرتبطـة بالفكرة الرئيسـة للـدرس، والمفاهيـم، والمصطلحـات، والمهـارات المتنوعـة.

مراجعةُ الدرسِ

1. الفكرةُ الرئيسةُ: أذكرُ اختلافًا واحدًا وتشابهًا واحدًا بينَ:
   أ . الكميةِ المُتَّجِهةِ والكميةِ القياسيةِ. ب . المُتَّجِهِ وسالبِ المُتَّجِهِ.
   جـ. الضربِ القياسيِّ والضربِ المُتَّجِهيِّ.
2. أُصنِّفُ الكمياتِ الآتيةَ إلى مُتَّجِهةٍ، وقياسيةٍ:
   - زمنُ الحصةِ الصفيةِ.
   - قُوَّةُ الجاذبيةِ الأرضيةِ.
   - درجةُ حرارةِ المريضِ.
   - المقاومةُ الكهربائيةُ.
   - كتلةُ الحقيبةِ المدرسيةِ.
3. أُمَثِّلُ بيانيًّا الكميتيْنِ المُتَّجِهتيْنِ الآتيتيْنِ:
   أ . قُوَّةٌ مغناطيسيةٌ مقدارُها $0.25\ N$ في اتجاهٍ يَصنعُ زاويةً مقدارُها 37^o معَ محورِ x-.
   ب. تسارعٌ ثابتٌ مقدارُهُ $4\ m/s^2$ في اتجاهٍ يَصنعُ زاويةً مقدارُها 30^o شمالَ الغربِ.
4. ما مقدارُ الزاويةِ بينَ الكميتيْنِ المُتَّجِهتيْنِ $\boldsymbol{F}$ وَ $\boldsymbol{L}$ في الحالتيْنِ الآتيتيْنِ:
   أ . $\boldsymbol{F} \times \boldsymbol{L} = 0$؟ ب . $\boldsymbol{F} . \boldsymbol{L} = 0$؟ بافتراضِ أنَّ ($L \neq 0$ وَ $F \neq 0$).
5. أحسُبُ: اعتمادًا على العلاقةِ الآتيةِ للتدفُّقِ المغناطيسيِّ Φ: $\Phi = \boldsymbol{B} . \boldsymbol{A}$،
   أحسُبُ مقـدارَ التدفُّقِ المغناطيسيِّ Φ عندما تكـونُ $A = 2 \times 10^{-6}\ m^2$ ، $B = 0.1$ Tesla، ومقـدارُ الزاويةِ بينَ المُتَّجِهيْنِ $\boldsymbol{A}$ وَ $\boldsymbol{B}$ تساوي 45^o.
6. أحسُبُ: اعتمادًا على البياناتِ في الشكلِ المجاورِ، أحسُبُ مقدارَ ناتـجِ الضربِ المُتَّجِهيِّ ($\boldsymbol{B} \times \boldsymbol{A}$)، مُحدِّدًا الاتجـاهَ (الرمزُ u يعني وحدةً unit).

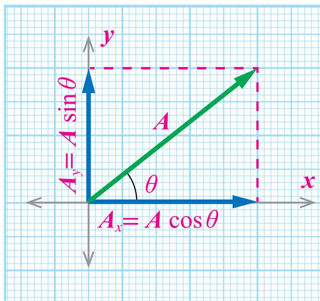


7. أحسُبُ: سيـارةٌ تسيرُ بسرعـةٍ ثابتـةٍ $\boldsymbol{v}$، وفي اتجاهٍ مُحدَّدٍ. مُثِّلَتْ سرعةُ السيارةِ بيانيًّا برسمِ سهمٍ طولُهُ $5\ cm$ باستخدامِ مقياسِ الرسمِ $(1\ cm: 10\ m/s)$ على النحوِ المُبيَّنِ في الشكلِ المجاورِ. أحسُبُ مقدارَ سرعةِ السيارةِ، مُحدِّدًا اتجاهَها بالنسبةِ لمحورِ السيناتِ الموجبِ.



8. أحسُبُ مقدارَ الزاويةِ بينَ المُتَّجِهيْنِ: $\boldsymbol{F}$ وَ $\boldsymbol{r}$، التي يتساوى عندَها مقدارُ الضربِ القياسيِّ ومقدارُ الضربِ المُتَّجِهيِّ للمُتَّجِهيْنِ؛ أيْ إنَّ: $|\boldsymbol{r} \times \boldsymbol{F}| = \boldsymbol{r} . \boldsymbol{F}$.

21



الشكلُ (23): تحليلُ المُتَّجِهِ A إلى مُركَّبتيهِ.

أُثبِتُ أنَّ: $A_x^2 + A_y^2 = A^2$.

أسئلة الأشكال:

أسئلة إجاباتها من الصورة الواردة في الشكل التوضيحي؛ لتدريب الطلبة على التحليل.

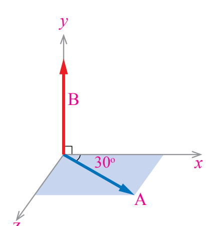
مراجعةُ الوحدةِ

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

1. الكميةُ المُتَّجِهةُ منَ الكمياتِ الفيزيائيةِ الآتيةِ، هيَ:
   - أ . عددُ المسافرينَ في الطائرةِ.
   - ب . المدَّةُ الزمنيةُ لإقلاعِ الطائرةِ.
   - جـ . تسارعُ الطائرةِ في أثناءِ إقلاعِها.
   - د . حجمُ وقودِ الطائرةِ.

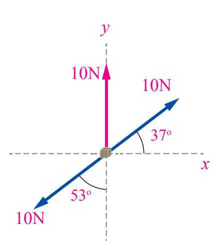
2. عندَ جمعِ القوتينِ المتعامدتينِ: 30 N وَ 20 N جمعًا مُتَّجِهًا، فإنَّ قيمةَ القوةِ المحصلةِ، هيَ:
   - أ . 10 N
   - ب . 20 N
   - جـ . 50 N
   - د . 36 N

3. ناتجُ الضربِ المُتَّجِهيِّ $|\boldsymbol{A} \times \boldsymbol{B}|$ في الشكلِ المجاورِ، هوَ:
   - أ . $AB \sin 90^\circ$
   - ب . $AB \sin 30^\circ$
   - جـ . $AB \cos 30^\circ$
   - د . $AB \cos 90^\circ$



4. العلاقةُ بينَ مُتَّجِهَيِ التسارُعِ $\boldsymbol{a}_2$، $\boldsymbol{a}_1$ بناءً على العلاقةِ $(\boldsymbol{a}_1 - \boldsymbol{a}_2 = 0)$، هيَ:
   - أ . المُتَّجِهانِ $\boldsymbol{a}_2$ ، $\boldsymbol{a}_1$ متساويانِ في المقدارِ، ومتعاكسانِ في الاتجاهِ.
   - ب . المُتَّجِهانِ $\boldsymbol{a}_2$ ، $\boldsymbol{a}_1$ متساويانِ في المقدارِ، وفي الاتجاهِ نفسِهِ.
   - جـ . المُتَّجِهانِ $\boldsymbol{a}_2$ ، $\boldsymbol{a}_1$ مختلفانِ في المقدارِ، وفي الاتجاهِ نفسِهِ.
   - د . المُتَّجِهانِ $\boldsymbol{a}_2$ ، $\boldsymbol{a}_1$ مختلفانِ في المقدارِ، ومتعاكسانِ في الاتجاهِ.

5. مقدارُ القوةِ المحصلةِ واتجاهُها في الشكلِ المجاورِ، هما:
   - أ . 30 N باتجاهِ محورِ $+y$
   - ب . 30 N باتجاهِ محورِ $-y$
   - جـ . 10 N باتجاهِ محورِ $+y$
   - د . 0 N



36

مراجعة الوحدة:

أسئلة متنوعة مرتبطة بالمفاهيم، والمصطلحات، والمهارات، والأفكار العلمية الواردة في الوحدة.

التقويم في كتاب الأنشطة والتجارب العملية

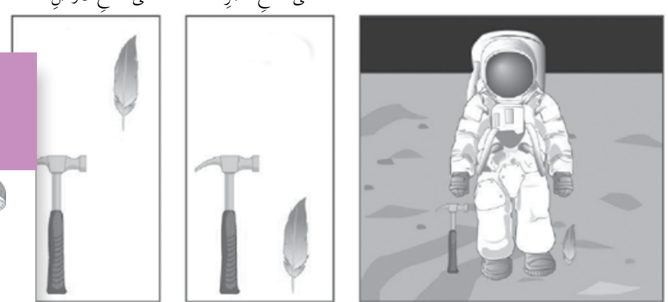
يشمل التقويم في كتاب الأنشطة والتجارب العملية ما يأتي:

أسئلة الاختبارات الدولية

أسئلةُ اختباراتٍ دوليةٍ، أوْ أسئلةٌ على نمطِها

السؤالُ الأولُ:

على سطحِ القمرِ. على سطحِ الأرضِ.



وقفَ رائدُ فضاءٍ على سطحِ القمرِ، ثمَّ أسقطَ ريشةً ومِطرقةً منْ يديْهِ في اللحظةِ نفسِها، فوصلتا سطحَ ا
معًا. ولكنْ، عندَ تنفيذِكَ هذهِ التجربةَ على سطحِ الأرضِ ستُلاحِظُ أنَّ المِطرقةَ تصلُ أولًا سطحَ الأ
فما التفسيرُ الصحيحُ لهاتيْنِ المشاهدتيْنِ؟

أ - تسقطُ المِطرقةُ على سطحِ الأرضِ قبلَ الريشةِ؛ لأنَّ قوَّةَ جذبِ الأرضِ لها كبيرةٌ. أمّا على س
القمرِ فإنَّ وزنَ الريشةِ ووزنَ المِطرقةِ متساويانِ.

ب - تسقطُ المِطرقةُ على سطحِ الأرضِ قبلَ الريشةِ؛ لأنَّ تأثيرَ مقاومةِ الهواءِ فيها (نسبةً إلى وزنها)
منْهُ في الريشةِ. أمّا على سطحِ القمرِ فلا يوجدُ هواءٌ.

ج - تسقطُ المِطرقةُ على سطحِ الأرضِ قبلَ الريشةِ؛ لأنَّ قوَّةَ جذبِ الأرضِ للأجسامِ تساوي
أمثالِ قوَّةِ جذبِ القمرِ.

د - تسقطُ المِطرقةُ والريشةُ معًا على سطحِ القمرِ؛ نظرًا إلى عدمِ وجودِ جاذبيةٍ للقمرِ.

26 الوحدةُ 2 الحركةُ Motion

أسئلة التحليل والاستنتاج

خطواتُ العملِ:

بالتعاونِ معَ أفرادِ مجموعتي، أُنفِّذُ الخطواتِ الآتيةَ:

1. أضعُ طاولةَ القوى على سطحٍ مستوٍ، وأستعملُ الميزانَ لقياسِ كتلةِ حاملِ الأثقالِ، ثمَّ أُدوِّنُ النتيجةَ.
2. أضعُ ثقلًا على كلِ حاملٍ، ثمَّ أضبطُ خيطَ أحدِ الحواملِ على تدريجِ الصفرِ 0^{o}، وخيطًا لحاملٍ آخرَ على تدريجِ 120^{o}، وأُحرِّكُ خيطَ الحاملِ المُتبقِّيَ حتّى ينطبقَ مركزُ الحلقةِ على مركزِ طاولةِ القوى، ثمَّ أُدوِّنُ التدريجَ الذي انطبقَ عليْهِ الخيطُ.
3. أُكرِّرُ الخطوةَ الثانيةَ باستخدامِ ثلاثةِ أثقالٍ أُخرى متساويةٍ. هلْ تغيَّرَتِ النتائجُ؟

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. أحسُبُ القوى الثلاثَ المُؤثِّرةَ في الحلقةِ باستخدامِ العلاقةِ: $F = mg$، حيثُ m: (كتلةُ حاملِ الثِّقْلِ + كتلةِ الثِّقْلِ). ما مقدارُ محصلةِ تلكَ القوى؟

....

....

2. أحسُبُ بيانيًّا محصلةَ القوَّتيْنِ: الأولى، والثانيةِ.

$F_{1,2}$ = ... N , Θ = ... ^{0}

3. أُقارِنُ محصلةَ هاتيْنِ القوَّتيْنِ بالقوَّةِ الثالثةِ، منْ حيثُ: المقدارُ، والاتجاهُ.

....

....

الوحدةُ 1 المُتَّجِهاتُ Vectors 7

التقويم في دليل المُعلِّم

الربط بالمعرفة السابقة.

استراتيجيات التقويم:

التقويم المعتمد على الأداء.

المواقف التقويمية التابعة للاستراتيجية:

- التقديم: عرض مُنظَّم مُخطَّط يقوم به الطالب/ الطالبة.
- العرض التوضيحي: عرض شفوي أو عملي يقوم به الطالب/ الطالبة.
- الأداء العملي: أداء الطالب/ الطالبة مهام مُحدَّدة بصورة عملية.
- الحديث: تحدُّث الطالب/ الطالبة عن موضوع معين في مدَّة مُحدَّدة.
- المعرض: عرض الطالب/ الطالبة إنتاجه الفكري والعملي.
- المحاكاة/ لعب الأدوار: تنفيذ الطالب/ الطالبة حوارًا بكل ما يرافقه من حركات.
- المناقشة/ المناظرة: لقاء بين فريقين من الطلبة يناقشون فيه قضية ما، بحيث يتبنّى كل فريق وجهة نظر مختلفة.

الورقة والقلم.

المواقف التقويمية التابعة للاستراتيجية:

- الاختبار: طريقة مُنظَّمة لتحديد مستوى تحصيل الطالب/ الطالبة معلومات ومهارات في مادة دراسية تمّ تعلّمها قبلًا.

التواصل.

المواقف التقويمية التابعة للاستراتيجية:

- المؤتمر: لقاء مُخطَّط يُعقَد بين المُعلِّم والطالب/ المعلِّمة والطالبة.
- المقابلة: لقاء بين المُعلِّم والطالب/ المعلِّمة والطالبة.
- الأسئلة والأجوبة: أسئلة مباشرة من المُعلِّم إلى الطالب/ من المعلِّمة إلى الطالبة.

1 تقديم الدرس

الربط بالمعرفة السابقة:

- أراجع الطلبة بما تعلموه عن إيجاد محصلة قوى متوازية بالاتجاه نفسه، ومتوازية باتجاهين متعاكسين.
- وأذكّرهم بالنتيجة التي توصلوا إليها في التجربة الاستهلالية؛ عن إيجاد ناتج جمع قوتين متساويتين في المقدار وباتجاهين مختلفين.

الملاحظة.

المواقف التقويمية التابعة للاستراتيجية:

- الملاحظة المُنظَّمة: ملاحظة مُخطَّط لها من قبل، ويُحدّد فيها ظروف مضبوطة، مثل: الزمان، والمكان، والمعايير الخاصة بكلٍّ منها.

مراجعة الذات.

المواقف التقويمية التابعة للاستراتيجية:

- يوميات الطلبة: كتابة الطلبة ما قرأوه، أو شاهدوه، أو سمعوه.
- ملف الطالب/ الطالبة: ملف يضم أفضل أعمال الطالب/ الطالبة.
- تقويم الذات: قدرة الطالب/ الطالبة على تقييم أدائه/ أدائها، والحكم عليه.

أدوات التقويم:

- قائمة الرصد.
- سُلَّم التقدير العددي.
- سُلَّم التقدير اللفظي.
- سجل وصف سير التعلُّم.
- السجل القصصي.

المهارات

يشتمل كتاب الطالب على مهارات متنوعة:

مهارات القرن الحادي والعشرين:

يشهد العالم تطوُّرات وتغيُّرات هائلة؛ ما يتطلَّب مستويات مُتقدِّمة من الأداء والمهارة، والتحوُّل من ثقافة المستوى الأدنى إلى ثقافة الجودة والإتقان، ومن ثقافة الاستهلاك إلى ثقافة الإنتاج. يُعدُّ إكساب الطلبة مهارات القرن الحادي والعشرين ركيزة أساسية لتحقيق مفهوم التعلُّم مدى الحياة.

- التعلُّم الذاتي.
- التفكير الابتكاري.
- التفكير والعمل التعاوني.
- التفكير الناقد.
- التواصل.
- المعرفة المعلوماتية والتكنولوجية.
- المرونة.
- القيادة.
- المبادرة.
- الإنتاجية.

مهارات العلم:

العمليات التي يقوم بها الطلبة في أثناء التوصُّل إلى النتائج والحكم والتحقُّق من صدقها. وتُسهِم ممارسة هذه المهارات في إثارة الاهتمامات العلمية للطلبة؛ ما يدفعهم إلى مزيد من البحث والاكتشاف. وتتضمن مهارات العلم المهارات الآتية:

- الأرقام والحسابات.
- استعمال المتغيرات.
- الاستنتاج.
- التجريب.
- تفسير البيانات.
- التواصل.
- التوقُّع.
- توجيه الأسئلة.
- القياس.
- الملاحظة.

مهارات القراءة:

تُعَدُّ القراءة عملية عقلية يمارس فيها الفرد عِدَّة مهارات. وبوجه عام تهدف مهارات القراءة إلى تنمية البنى المعرفية وحصيلة المفردات العلمية والذكاءات المتعددة، وتعزيز الجوانب الوجدانية والثقة بالنفس والقدرة على التواصل الفاعل، وتنمية التفكير العلمي والإبداعي، وتتضمن مهارات القراءة المهارات الآتية:

- الاستنتاج.
- التسلسل والتتابع.
- التصنيف.
- التلخيص.
- التوقُّع.
- الحقيقة والرأي.
- السبب والنتيجة.
- الفكرة الرئيسة والتفاصيل.
- المشكلة والحل.
- المقارنة.

المهارات العلمية والهندسية:

تُنمّي هذه المهارات قدرات الطلبة على عرض أعمالهم وأفكارهم بدقة وموضوعية، وتبريرها والبرهنة على صدقها، وعرضها بطرائق وأشكال مختلفة، وتبادلها مع الآخرين، واحترام الرأي الآخر. وهي تُؤكِّد أهمية إحداث الترابط المرغوب فيه بين المواد الدراسية المختلفة، ومتطلَّبات التفكير الناقد، والتفكير الإبداعي، وتتضمن المهارات العلمية والهندسية المهارات الآتية:

- استخدام الرياضيات.
- الاعتماد على الحجة والدليل العلمي.
- بناء التفسيرات العلمية، وتصميم الحلول الهندسية.
- تحليل البيانات وتفسيرها.
- التخطيط، وإجراء الاستقصاءات.
- تطوير النماذج واستخدامها.
- الحصول على المعلومات، وتقييمها، وإيصالها.
- توجيه الأسئلة، وتحديد المشكلات.

استراتيجيات التدريس والأساليب الداعمة لعملية التعلُّم:

يعتمد اختيار استراتيجية التدريس أو الأسلوب الداعم على عوامل عِدَّة، منها: النتاجات، وخصائص الطلبة النمائية والمعرفية، والإمكانات المتاحة، والزمن المتاح.

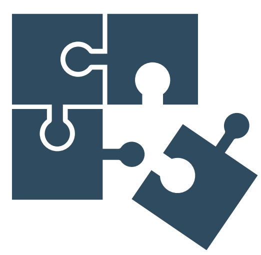
التعلُّم التعاوني Collaborative Learning:

عمل الطلبة ضمن مجموعات لمساعدة بعضهم بعضًا في التعلُّم؛ تحقيقًا لهدف مشترك أو واجب ما؛ على أنْ يبدي كل طالب/ طالبة مسؤولية في التعلُّم، ويتولّون مجموعة من الأدوار داخل المجموعة.

التفكير الناقد Critical Thinking:

نشاط ذهني عملي للحكم على صحة رأي أو اعتقاد عن طريق تحليل المعلومات، وفرزها، واختبارها بهدف التمييز بين الأفكار الإيجابية والأفكار السلبية.

حل المشكلات Problem Solving:

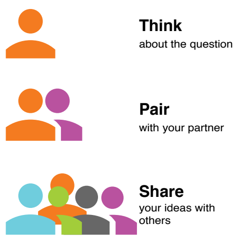


استراتيجية تقوم على تقديم قضايا ومسائل حقيقية وواقعية للطلبة، ثم الطلب إليهم تمحيصها ومعالجتها بأسلوب مُنظَّم.

أكواب إشارة المرور Traffic Light Cups:

يُستخدَم هذا الأسلوب للتدريس والمتابعة باستعمال أكواب مُتعدِّدة الألوان (أحمر، أصفر، أخضر)، بوصف ذلك إشارة لي في حال احتاج الطلبة إلى المساعدة. يشير اللون الأخضر إلى عدم حاجة الطلبة إلى المساعدة، ويشير اللون الأصفر إلى حاجتهم إليها، أو إلى وجود سؤال يريدون توجيهه لي من دون أنْ يمنعهم ذلك من الاستمرار في أداء المهام المنوطة بهم. أمّا اللون الأحمر فيشير إلى حاجة الطلبة الشديدة إلى المساعدة، وعدم قدرتهم على إتمام مهامهم.

فكِّر، انتقِ زميلًا، شارِك Think- Pair- Share:



أسلوب يُستخدَم لعرض أفكار الطلبة، وفيه أوجّه للطلبة سؤالًا، على الطلبة، وأمنحهم الوقت الكافي للتفكير في الإجابة وكتابة أفكارهم في ورقة، ثم أطلب إلى كل طالبين/ طالبتين مشاركة بعضهما بعضًا في الأفكار، ثم عرضها على أفراد المجموعات.

الطاولة المستديرة Round Table:

يمتاز هذا الأسلوب بسرعة تجميع أفكار الطلبة؛ إذ أكتب أنا أو أحد/ إحدى أفراد المجموعة سؤالًا في أعلى ورقة فارغة، ثم يُمرِّر أفراد المجموعة الورقة على الطاولة، بحيث يضيف كل/ طالبة فقرة جديدة تُمثِّل إسهامًا في إجابة السؤال، ويستمر ذلك حتى أطلب إنهاء ذلك. بعدئذٍ، يُنظِّم أفراد المجموعة مناقشة للإجابات، ثم تعرض كل مجموعة نتائجها على بقية المجموعات.

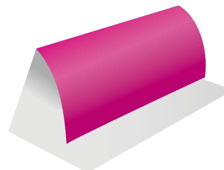
دراسة الحالة Case Study:

تعتمد هذه الاستراتيجية على إثارة موضوع أو مفهوم ما للنقاش، ثم يعمل الطلبة في مجموعات على جمع البيانات وتنظيمها، وتحليلها للوصول إلى إيضاح كافٍ للموضوع، أو تحديد أبعاد المشكلة، واقتراح حلول مناسبة لها.

بطاقة الخروج Exit Ticket:

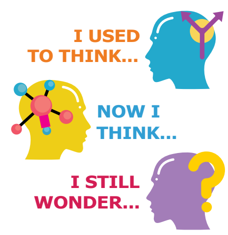
يُمثِّل هذا الأسلوب مهمة قصيرة يُنفِّذها الطلبة قبل خروجي من الصف. وفيها يجيبون عن أسئلة قصيرة مُحدَّدة مكتوبة في بطاقة صغيرة، ثم أجمع البطاقات لأقرأ الإجابات، ثم أُعلِّق في الحصة اللاحقة على إجابات الطلبة التي تُمثِّل تغذية راجعة يستند إليها في الحصة اللاحقة.

اثنِ ومرِّر Fold and Pass:



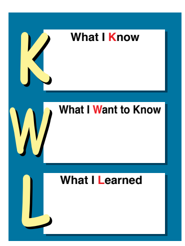
أسلوب يجيب فيه الطلبة أو أفراد المجموعات عن سؤال في ورقة؛ إذ تُمرَّر الورقة على طلبة الصف بعد ثنيها، وتستمر العملية حتى أصدر لهم إشارة بالتوقُّف، ثم يقرأ أحد أفراد المجموعة ما كُتِب في الورقة بصوت عالٍ. وبهذا يُمكِن لي جمع معلومات عن إجابات الطلبة، ويُمكِن للطلبة المشاركة بحرية أكبر، وتقديم التغذية الراجعة، وتقويم الآخرين عندما يقرؤون إجابات غيرهم.

كنت أعتقد، والآن أعرف I Used to Think, But Now I know:



أسلوب يقارن فيه الطلبة (لفظًا، أو كتابةً) أفكارهم في بداية الدرس بما توصَّلوا إليه عند نهايته، ومن الممكن استخدامه تقويمًا ذاتيًّا يتيح لي الاطِّلاع على مدى تحسُّن التعلُّم لدى الطلبة، وتصحيح المفاهيم البديلة لديهم، وتخطيط الدرس التالي، وتصميم خبرات جديدة تناسب تعلُّمهم بصورة أفضل.

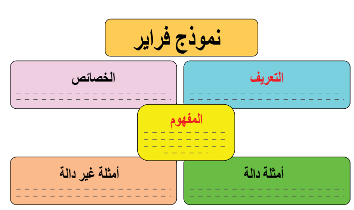
جدول التعلُّم (What I Know/What I Want to Know/What I Learned):



يعتمد هذا الجدول على ثلاثة محاور أساسية، هي:

- ماذا أعرف؟ هي: خطوة مهمة لفهم الموضوع الجديد وإنجاز المهام؛ فالطلبة يحدّدون إمكاناتهم للاستفادة منها على أحسن وجه.
- ماذا أريد أنْ أعرف؟ هي: مرحلة تحديد المهمة المُتوقَّع إنجازها، أو المشكلة التي ينبغي حلها.
- ماذا تعلَّمت؟ هي: مرحلة تقويم لما تعلَّمه الطلبة من معارف ومهام وأنشطة.

نموذج فراير Frayer Model:



يتطلَّب هذا النموذج إكمال الطلبة (فرادى، أو ضمن مجموعات) المنظم التصويري المجاور.

الطلاقة اللفظية Word Fluency:

يُستخدَم هذا الأسلوب لتعزيز عمليتي المناقشة والتأمُّل. وفيه يتبادل أفراد المجموعة الأدوار بالتحدُّث عن الموضوع المطروح، والاستماع لبعضهم بعضًا مدَّة مُحدَّدة من الوقت.

التعلُّم بالتعاقد Contract Learning:

تعتمد هذه الاستراتيجية على إشراك الطلبة إشراكًا فعليًّا في تحمُّل مسؤولية تعلُّمهم، بدءًا بتحديد ما سيتعلَّمونه في مدَّة زمنية مُحدَّدة. تتضمَّن هذه الاستراتيجية عقد اتفاق مُحدَّد بيني وبين طلبتي يشمل المصادر التعليمية التي سيستعين بها الطلبة في أثناء عملية بحثهم، وطبيعة الأنشطة التي سيجرونها، وأسلوب التقويم وتوقيته.

السقالات التعليمية Instructional Scaffolding:

يُقصَد بها تجزئة موضوع الدرس إلى أجزاء صغيرة؛ ما يساعد الطلبة على استيعابه، أو استخدام الوسائط السمعية والبصرية، أو الخرائط الذهنية، أو الخطوط العريضة، أو إيماءات الجسد، أو الروابط الإلكترونية، وغير ذلك من الوسائل التي تُعَدُّ بمنزلة السقالات التعليمية التي تهدف إلى مساعدة الطلبة على تحقيق التعلُّم المنشود.

التعلُّم المقلوب Flipped Learning:

استعمال التقنيات الحديثة وشبكة الإنترنت على نحوٍ يسمح لي بإعداد الدرس عن طريق مقاطع الفيديو، أو الملفات الصوتية، أو غير ذلك من الوسائط؛ ليطَّلِع عليها الطلبة في منازلهم (تظلُّ متاحة لهم على مدار الوقت)، باستعمال حواسيبهم، أو هواتفهم الذكية، أو أجهزتهم اللوحية قبل الحضور إلى غرفة الصف. في حين يُخصَّص وقت اللقاء الصفي في اليوم التالي لتطبيق المفاهيم والمحتوى العام الذي شاهدوه، وذلك في صورة سلسلة من أنشطة التعلُّم النشط، والأنشطة الاستقصائية، والتجريبية، والعمل بروح الفريق، وتقييم التقدُّم في سير العمل.

تمايُز التدريس والتعلُّم
:Differentiation of Teaching and Learning

يهدف التمايُز إلى الوفاء بحاجات الطلبة الفردية، ويكون في المحتوى، أو في بيئة التعلُّم، أو في العملية التعلُّمية التعليمية، ويُسهِم التقييم المستمر والتجميع المرن في نجاح هذا النهج من التعليم.
يكون التمايُز في أبسط مستوياته عندما ألجأ إلى تغيير طريقة التدريس؛ بُغْيَةَ إيجاد فرص تعلُّم لطالب/ طالبة، أو مجموعة صغيرة من الطلبة.

يُمكِن لي تحقيق التمايُز عن طريق أربعة عناصر رئيسة، هي:

1. **المحتوى Content:** ما يحتاج الطلبة إلى تعلُّمه، وكيفية حصولهم على المعلومة.
2. **الأنشطة Activities:** الفعاليات التي يشارك فيها الطلبة؛ لفهم المحتوى، أو إتقان المهارة.
3. **المُنتَجات Products:** المشاريع التي يتعيَّن على الطلبة تنفيذها؛ للتدرُّب على ما تعلّموه في الوحدة، وتوظيفه في حياتهم، والتوسُّع فيه.
4. **بيئة التعلُّم Learning Environment:** عناصر البيئة الصفية جميعها.

أمثلة على التمايُز في المحتوى:

- تقديم الأفكار باستعمال الوسائل السمعية والبصرية.
- الاجتماع مع مجموعات صغيرة من الطلبة الذين يعانون صعوبات؛ لإعادة تدريسهم فكرةً، أو تدريبهم على مهارة؛ أو توسيع دائرة التفكير ومستوياته لدى أقرانهم المُتقدِّمين Advanced Students.

أمثلة على التمايُز في الأنشطة:

- الإفادة من الأنشطة المُتدرِّجة التي يمارسها الطلبة كافةً، ولكنَّهم يُظهِرون فيها تقدُّمًا حتى مستويات معينة. وهذا النوع من الأنشطة يُسهِم في تحسُّن أداء الطلبة، ويتيح لهم الاستمرار في التقدُّم، مراعيًا الفروق الفردية بينهم؛ إذ تتباين درجة التعقيد في المستويات التي يصلها الطلبة في هذه الأنشطة.
- تطوير جداول الأعمال الشخصية (قوائم مهام أكتبها، وتتضمَّن المهام المشتركة التي يتعيَّن على الطلبة جميعهم إنجازها، وتلك التي تفي بحاجات الطلبة الفردية).
- تقديم أشكال من الدعم العملي للطلبة الذين يحتاجون إلى المساعدة.
- منح الطلبة وقتًا إضافيًا لإنجاز المهام؛ بُغْيَةَ دعم الطلبة الذين يحتاجون إلى المساعدة، وإفساح المجال أمام الطلبة المُتقدِّمين Advanced Students للخوض في الموضوع على نحوٍ أعمق.

أمثلة على التمايُز في الأعمال التي يؤديها الطلبة:

- السماح للطلبة بالعمل فرادى أو ضمن مجموعات صغيرة؛ لتنفيذ المهام المنوطة بهم، وتحفيزهم على ذلك.

أمثلة على التمايُز في بيئة التعلُّم:

- تطوير إجراءات تسمح للطلبة بالحصول على المساعدة عند انشغالي بطلبة آخرين، وعدم تمكُّني من تقديم المساعدة المباشرة لهم.
- التحقُّق من وجود أماكن في غرفة الصف، يُمكِن للطلبة العمل فيها بهدوء، وكذلك أماكن أُخرى تُسهِّل العمل التعاوني بينهم.

ملحوظة: يعتمد التمايُز في التعليم على مدى استعداد الطلبة، ومناحي اهتماماتهم، وسجلّات تعلُّمهم.

- نشاط سريع.

نشاط سريع

- أذكّر الطلبة بالفرق بين المسافة والإزاحة، ثم أحدّد على اللوح نقطة البداية.
- أطلب إلى عدد من الطلبة رسم خط مستقيم، طوله 20 cm، من نقطة البداية نفسها؛ كلٌّ على حِدَة، ثم رسم سهم في نهاية الخط ليدل على اتجاه الحركة. سيُلاحِظ الطلبة أنَّهم لم يصلوا إلى نقطة النهاية نفسها بالرغم من أنَّ نقطة البداية هي نفسها، أيْ إنَّ مقدار الإزاحة المقطوعة متساوٍ عند جميع الطلبة (20 cm)، ولكنَّ اختلاف اتجاه الحركة أدى إلى إختلاف الإزاحات؛ ما يعني أنَّ الإزاحة كمية متجهة تتطلَّب تحديد المقدار والاتجاه.

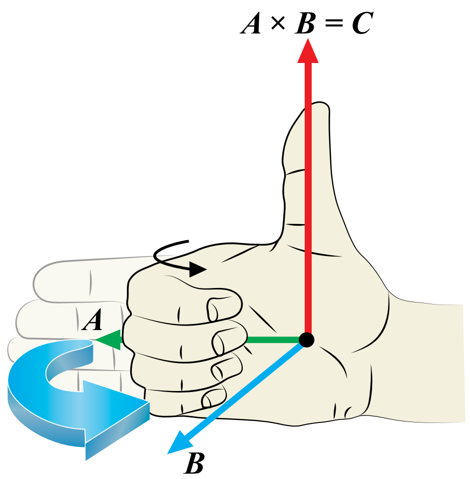
- طريقة أُخرى للتدريس.

طريقة أُخرى للتدريس | قبضة اليد اليمنى

ربَّما يجد بعض الطلبة صعوبة في تحديد اتجاه ناتج الضرب المتجهي؛ لذا يُمكِن استعمال طريقة أُخرى (إضافة إلى قاعدة كف اليد اليمنى)، هي قاعدة قبضة اليد اليمنى على النحو الآتي:

لنفترض أنَّ $\boldsymbol{A} \times \boldsymbol{B} = \boldsymbol{C}$، حيث يُمثِّل المتجه $\boldsymbol{C}$ ناتج الضرب المتجهي لـ: $\boldsymbol{A} \times \boldsymbol{B}$.

فإذا أردنا -مثلًا- تحديد اتجاه $\boldsymbol{C}$، فإنَّنا نُحرِّك الأصابع الأربعة لكف اليد اليمنى من اتجاه $\boldsymbol{A}$ إلى اتجاه $\boldsymbol{B}$ عبر الزاوية الصغرى، فيشير اتجاه الإبهام إلى اتجاه $\boldsymbol{C}$؛ أيْ إلى اتجاه محور y^+ كما في الشكل؛ إذ يكون المتجه $\boldsymbol{C}$ متعامدًا دائمًا مع كلٍّ من المتجهين: $\boldsymbol{A}$ و $\boldsymbol{B}$. وبالطريقة نفسها، يُمكِن أيضًا استعمال قاعدة البرغي بدلًا من قبضة اليد اليمنى.



- مشروع الوحدة.

مشروع الوحدة:

مشروع هذه الوحدة هو تصميم ملعب أو حديقة عامة في منطقتي على النحو الآتي:

- تنظيم جلسة عصف ذهني للطلبة، تتناول مواصفات الحديقة أو الملعب المراد تصميمه من حيث: الشكل، والموقع، ومطابقته لشروط الصحة والسلامة العامة.
- تشكيل لجان من الطلبة، تتولّى كلٌّ منها جانبًا من المشروع.
- التجوُّل بين اللجان مُوجِّهًا، ومُساعِدًا، ومُرشِدًا، مثل توجيه اللجنة المسؤولة عن الموقع إلى دخول الموقع الإلكتروني لدائرة الأراضي والمساحة؛ لاستخراج مُخطَّط موقع، واختيار قطعة الأرض المناسبة من حيث المساحة (بناءً على مقياس الرسم الموجود على المُخطَّط)، ومن حيث سهولة الوصول إليها، وتوافر الخدمات، ثم تحديد موقع القطعة استنادًا إلى موقع مرجعي معروف في المنطقة باستعمال الأسهم والاتجاهات الجغرافية، وهكذا.
- الطلب إلى أفراد كل لجنة - بعد إنهاء المهمة المنوطة بهم- كتابة تقرير كامل عن المشروع، مستعينين بشبكة الإنترنت وبرمجيات الحاسوب.

توظيف التكنولوجيا:

في ظل التسارع الملحوظ الذي يشهده العالم في مجال التكنولوجيا، والتوجُّهات العالمية لمواكبة مختلف القطاعات والمجالات، بما في ذلك قطاع التعليم، فقد تضمَّن كتاب الطالب وكتاب الأنشطة والتجارب العملية دروسًا تعتمد على التعلُّم المتمازج (Blended Learning) الذي يربط بين التكنولوجيا وطرائق التعلُّم المختلفة، وأنشطةً وفق المنحى التكاملي STEAM، حيث تُعَدُّ التكنولوجيا المحور الرئيس فيها.

عند توظيفي للتكنولوجيا، يتعيَّن عليّ مراعاة ما يأتي:

- التحقُّق من موثوقية المواقع الإلكترونية التي أقترحها على الطلبة؛ إذ توجد الكثير من المواقع التي تحوي معلومات علمية غير دقيقة.
- زيارة الموقع الإلكتروني قبل وضعه ضمن قائمة المواقع الإلكترونية المقترحة؛ إذ تتعرَّض بعض المواقع الإلكترونية أحيانًا إلى القرصنة الإلكترونية واستبدال الموضوعات المعروضة.
- إرشاد الطلبة إلى المواقع الإلكترونية الموثوقة التي تنتهي عادة بأحد الاختصارات الآتية: (.org .edu .gov).

توظيف التكنولوجيا

أبحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن موضوع محصّلة عدّة متجهات بيانيًّا، علمًا أنّه يُمكنني إعداد عروض تقديمية تتعلّق بموضوع الدرس.

أشارك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق صفحة المدرسة الإلكترونية، أو إنشاء مجموعة على تطبيق (Microsoft teams)، أو استعمال أيَّ وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

الوحدة الأولى: المتجهات Vectors .

تجربة استهلالية: ناتج جمع قوتين عمليًّا.			
الدرس	**النتاجات**	**التجارب والأنشطة**	**عدد الحصص**
الأول: **الكميات القياسية والكميات المتجهة.**	• توضيح المقصود بالكميات الفيزيائية؛ المتجهة، والقياسية. • استنتاج خصائص المتجهات بطرائق مختلفة. • حساب الزاوية المحصورة بين متجهين باستعمال تعريف الضرب القياسي لمتجهين. • تطبيق خصائص المتجهات على كميات فيزيائية متجهة.	• ناتج جمع قوتين عمليًّا.	4
الثاني: **جمع المتجهات وطرحها.**	• تطبيق خصائص المتجهات على كميات فيزيائية متجهة. • استنتاج خصائص المتجهات بطرائق مختلفة.	• إيجاد محصلة قوتين بصورة عملية.	5

النتاجات السابقة	الصف	النتاجات اللاحقة	الصف
• تقديم أدلة على أنَّ التغير في سرعة الجسم يرتبط بالقوة المحصلة المُؤثِّرة في الجسم، وكتلة الجسم.	السابع	• حساب محصلة القوى المُؤثِّرة في شحنة نقطية بتأثير عِدَّة شحنات نقطية. • حساب محصلة المجال الكهربائي عند نقطة بتأثير عِدَّة شحنات نقطية.	الحادي عشر
• استنتاج أنَّ الشغل الذي تبذله قوة يساوي ناتج ضرب مقدار القوة في مقدار المسافة التي يتحركها الجسم في اتجاه يوازي القوة.	التاسع	• وصف التدفق المغناطيسي عبر سطح، والتعبير عنه بمعادلة. • وصف القوة المغناطيسية التي يُؤثِّر بها المجال في الشحنة المتحركة فيه. • وصف القوة المغناطيسية التي يُؤثِّر بها المجال في الموصل الذي يحمل تيارًا كهربائيًّا.	الثاني عشر

الوحدة 1

المتجهات Vectors


الوحدةُ 1

الْمُتَّجِهات
Vectors

أتأمَّلُ الصورةَ

يكونُ اتجاهُ حركةِ الطائراتِ في أثناءِ هبوطِها في الأحوالِ الاعتياديةِ موازيًّا لمَدْرجِ المطار، وأحيانًا يواجهُ الطيارُ صعوباتٍ في أثناءِ عمليةِ الهبوط في الأجواءِ العاصفةِ عندما يكونُ اتجاهُ الرياحِ عموديًّا على اتجاهِ المَدْرجِ، فيلجأ حينئذٍ إلى توجيهِ مُقدِّمةِ الطائرةِ على نحوٍ منحرفٍ عنِ اتجاهِ المَدْرجِ بعكسِ اتجاهِ هذهِ الرياحِ، كما هوَ مُبيَّنٌ في الصورةِ. وهذا ما حدثَ معَ طيارٍ أردنيٍّ؛ إذْ تمكَّنَ منَ الهبوطِ بأمانٍ على الرغمِ منَ العاصفةِ القويةِ التي ضربَتْ مطارَ هيثرو في لندنَ عامَ 2020 م، علمًا أنَّهُ تعذَّرَ على عشرينَ طائرةً الهبوطُ وقتئذٍ.

فما الهدفُ منْ توجيهِ الطيارِ مُقدِّمةَ الطائرةِ نحوَ الاتجاهِ المُبيَّنِ في الشكلِ؟ وما أثرُ ذلكَ في السلامةِ العامةِ؟

7

أتأمَّل الصورة

أوجّه انتباه الطلبة إلى أنَّ الطائرة التي في الصورة هي في مرحلة الهبوط على مدرج المطار، ثم أطرح عليهم الأسئلة الآتية:

- ماذا تلاحظون على اتجاه المدرج واتجاه الطائرة في أثناء هبوطها؟
- هل تهبط الطائرات دائمًا على هذا النحو أم يقتصر ذلك على ظروف وأحوال معينة؟
- هل يمكنكم تحديد اتجاه الرياح على مدرج المطار؟

يراعى عند إنشاء مدرج المطار أنْ يكون على نحو معاكس لاتجاه الرياح ما أمكن؛ ما يساعد على عملية إقلاع الطائرات بأقل سرعة (سرعة الطائرة بالنسبة إلى الهواء= سرعة الطائرة بالنسبة إلى الأرض + سرعة الرياح بالنسبة إلى الأرض؛ والجمع هنا هو جمع متجهي)؛ إذ تزداد سرعة الطائرة بالنسبة إلى الهواء عندما تكون سرعة الرياح عكس اتجاه سرعة الطائرة.

يوجد في كل مطار برج مراقبة لإرشاد الطيارين في أثناء عمليات الإقلاع والهبوط، ويعتمد عمل مَنْ فيه بصورة رئيسة على استعمال المتجهات لتحديد سرعة الطائرة، واتجاهها، وارتفاعها، إلى جانب مراعاة سرعة الرياح في المطار، والمسار الذي يجب أنْ تسلكه الطائرة؛ تجنُّبًا لأيِّ حوادث جوية أو أرضية. وفي حال أهمل الطيار سرعة الرياح واتجاهها، وبخاصة إذا كانت سرعة الرياح عمودية على اتجاه المدرج (عرضية) – كما هو الحال في الصورة- ووجَّه الطائرة باتجاه المدرج في أثناء الهبوط – مثلًا – فإنَّ الطائرة ربَّما تنحرف عن المدرج، وتتجه إلى مسار آخر بعيدًا عنه؛ ما قد يتسبَّب في وقوع حوادث تُؤثِّر سلبًا في سلامة المسافرين وطاقم الطائرة، فضلًا عن الأضرار المادية؛ لذا يجب توجيه الطائرة بشكل منحرف في اتجاه معاكس لاتجاه الرياح – كما في الصورة- بحيث تكون السرعة المحصلة للطائرة في اتجاه المدرج.

الفكـرة العامـة:

أطرح على الطلبة السؤال الآتي:

- ما الكميات الفيزيائية التي يُزوِّد ركاب الطائرة بمعلومات عنها؟

الكميات الفيزيائية التي يُزوِّد ركاب الطائرة بمعلومات عنها، هي: سرعة الطائرة، وارتفاعها، ودرجة حرارة الجو.

- أقارن بين تلك الكميات من حيث المقدار والاتجاه، مُبيِّنًا للطلبة أنَّ لبعضها مقدارًا فقط، وليس لها اتجاه، مثل درجة حرارة الجو (30 °C)، وأنَّ لبعضها الآخر مقدارًا واتجاهًا مثل سرعة الطائرة (900 km/h) في اتجاه الغرب مثلًا). أبيّن للطلبة -أيضًا- أنَّ إجراء العمليات الحسابية على الكميات التي لها مقدار واتجاه (جمع، طرح، ضرب...) تختلف عن تلك التي لها مقدار فقط.

مشروع الوحـدة: تصميم ملعب أو حديقة عامة.

- أنظِّم جلسة عصف ذهني للطلبة، تتناول مواصفات الحديقة أو الملعب المراد تصميمه من حيث: الشكل، والموقع، ومطابقته لشروط الصحة والسلامة العامة.
- أكوّن لجانًا من الطلبة، تتولّى كلٌّ منها جانبًا من المشروع.
- أتجوّل بين اللجان مُوجِّهًا، ومُساعِدًا، ومُرشِدًا، مثل توجيه اللجنة المسؤولة عن الموقع إلى دخول الموقع الإلكتروني لدائرة الأراضي والمساحة؛ لاستخراج مُخطَّط موقع، واختيار قطعة الأرض المناسبة من حيث المساحة (بناءً على مقياس الرسم الموجود على المُخطَّط)، ومن حيث سهولة الوصول إليها، وتوافر الخدمات... ثم تحديد موقع القطعة استنادًا إلى موقع مرجعي معروف في المنطقة باستعمال الأسهم والاتجاهات الجغرافية... وهكذا.
- أطلبُ إلى أفراد كل لجنة - بعد إنهاء المهمة المنوطة بهم - كتابة تقرير كامل عن المشروع، مستعينين بشبكة الإنترنت وبرمجيات الحاسوب.

الفكرةُ العامةُ:

الكمياتُ الفيزيائيةُ عديدةٌ ومتنوعةٌ؛ فبعضُها كمياتٌ مُتَّجِهةٌ تتطلّبُ تحديدَ المقدارِ والاتجاهِ للتعبيرِ عنْها على نحوٍ كاملٍ صحيحٍ، وبعضُها الآخرُ كمياتٌ قياسيةٌ تُحدَّدُ بالمقدارِ فقطْ وليسَ لها اتجاهٌ، ويختلفُ التعاملُ معَ الكمياتِ المُتَّجِهةِ، وإجراءُ العملياتِ الحسابيةِ عليْها اختلافًا كبيرًا عنِ الكمياتِ القياسيةِ.

الدرسُ الأولُ: الكمياتُ القياسيةُ والكمياتُ المُتَّجِهةُ

الفكرةُ الرئيسةُ: للكمياتِ المُتَّجِهةِ خصائصُ تمتازُ بها عنِ الكمياتِ القياسيةِ.

الدرسُ الثاني: جمعُ المُتَّجِهاتِ وطرحُها

الفكرةُ الرئيسةُ: جمعُ الكمياتِ المُتَّجِهةِ أوْ طرحُها يكونُ إمّا بيانيًّا، وإمّا رياضيًّا عنْ طريقِ تحليلِ الكمياتِ المُتَّجِهةِ إلى مُركَّباتِها.

8

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* القضايا ذات العلاقة بالعمل: إدارة المشاريع.

أوجّه الطلبة إلى أهمية التخطيط للمشروع بشكل دقيق وعلمي، ودراسته، وجمع معلومات كافية عنه قبل البدء بتنفيذه.

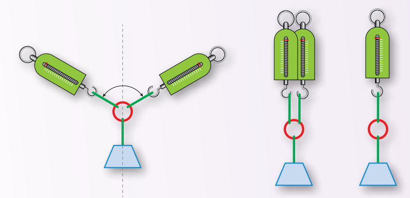
تجربة استهلالية

ناتجُ جمعِ قوّتيْنِ عمليًّا

ادَّعَت هيا أنَّ مجموعَ قوّتيْنِ مقدارُ كلٍّ منهُما 5 N تؤثّرانِ في جسمٍ، هوَ 5 N + 5 N = 5 N، في حين ادّعى يمانٌ أنَّ مجموعَ القوّتيْنِ 5 N + 5 N = 10 N. أيّهُما تؤيّدُ؟

الموادُّ والأدواتُ: ثِقْلٌ كتلتُهُ 500g، ميزانانِ نابضيّانِ، ثلاثةُ خيوطٍ متساويةٍ في الطول، حلقةٌ مُهمَلةُ الوزنِ تقريبًا.

إرشاداتُ السلامةِ: الحذرُ منْ سقوطِ الأجسامِ والأدواتِ على القدميْنِ.



جـ ب أ

خطواتُ العملِ:

بالتعاونِ معَ أفرادِ مجموعتي، أُنفّذُ الخطواتِ الآتيةَ:

1 **أقيسُ:** أُعلّقُ الثِّقلَ بالميزانِ الأولِ، كما في الشكلِ (أ)، ثمَّ أُدوِّنُ القراءةَ.

2 **أقيسُ:** أُعلّقُ الميزانَ الثانيَ بالحلقةِ، إضافةً إلى الميزانِ الأولِ، كما في الشكلِ (ب)، ثمَّ أُدوِّنُ قراءةَ كلٍّ منَ الميزانيْنِ.

3 **أقيسُ:** أُزيحُ كلًّا منَ الميزانيْنِ في الشكلِ (ب): أحدَهما إلى اليمينِ، والآخرَ إلى اليسارِ، كما في الشكلِ (جـ)، حتّى تصبحَ قراءةُ كلِّ ميزانٍ مساويةً لقراءةِ الميزانِ في الشكلِ (أ)، ثمَّ أُدوِّنُ قراءتَيْهِما في الجدولِ.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. ماذا تُمثّلُ قراءةُ الميزانِ الأولِ في الحالةِ (أ)؟
2. كيفَ تغيّرَتْ قراءةُ كلٍّ منَ الميزانيْنِ في الحالتيْنِ (ب) و (جـ)؟
3. **أُقارنُ** مجموعَ قراءةِ الموازينِ في الحالةِ (ب) والحالةِ (جـ) بوزنِ الثِّقلِ.
4. **أُقوِّمُ:** أُحدّدُ أيّهُما أؤيّدُ: ادّعاءَ هيا أمِ ادّعاءَ يمانٍ، ماذا أستنتجُ؟

9

التحليل والاستنتاج:

1 تُمثّل قراءة الميزان الأول في الحالة (أ) وزن الثقل: ($F_g = mg = 0.5 \times 10 = 5$ N).

2 الميزان الأول: قراءة هذا الميزان قلّت إلى النصف في الحالة (ب) (2.5 N)، ثم ازدادت لتعود إلى قيمتها الأولى في الحالة (جـ) (5 N).

الميزان الثاني: تشابهت قراءة هذا الميزان تشابهًا تامًّا مع قراءة الميزان الأول في الحالتين: (ب) (2.5 N)، و (جـ) (5N).

3 الحالة (ب): مجموع قراءة الميزان الأول وقراءة الميزان الثاني (2.5 + 2.5 = 5 N) يساوي وزن الثقل 5 N.

الحالة (جـ): قوة الشد في كل ميزان (5 N)؛ إلا أنها باتجاهين مختلفين؛ فلا يجوز جمعها كأعداد. وبما أنها اتّزنتا مع وزن الجسم (5 N)؛ فإن ناتج جمعها كمتجهين يساوي(5 N).

4 صحة ادعاء كلٍّ من هيا ويمان تعتمد على مقدار كلٍّ من القوتين واتجاهها؛ ففي الحالة(جـ)، حيث الزاوية بين المتجهين 120^o، فإن ناتج جمع قوتين متساويتين مقدار كل منهما (5 N)؛ يساوي (5 N)، ويكون ادّعاء يمان صحيحًا. وفي الحالة (ب)، حيث القوتان بالاتجاه نفسه (الزاوية بينهما 0^o)، يكون ادعاء هيا صحيحًا. نستنتج من ذلك أنَّ ناتج جمع القوى يعتمد على مقادير واتجاهات تلك القوى.

تجربة استهلالية

الهدف: التمييز بين جمع القوى وجمع الأعداد.

زمن التنفيذ: 35 دقيقة.

إرشادات السلامة:

أنبّه الطلبة إلى توخّي الحذر من سقوط الأجسام والأدوات على أقدامهم.

المهارات العلمية:

القياس، المقارنة، تقديم الدليل.

الإجراءات والتوجيهات:

أوجّه الطلبة إلى الاستعانة بكتاب الأنشطة والتجارب العملية عند إجراء التجربة، وأطلب إليهم ضبط (معايرة) الموازين قبل استعمالها، وأتحقّق من صلاحية الموازين ودقتها قبل دخول المختبر.

النتائج المتوقعة:

الحالة (الشكل)	أ	ب	جـ
قراءة الميزان الأول	5 N	2.5 N	5 N
قراءة الميزان الثاني	-	2.5 N	5 N، والزاوية بين قوتي الشد في الميزانين 120^o

- قد يتوصّل الطلبة إلى قراءاتٍ للميزانين قريبةٍ من هذه النتائج، لكنّها ليست مطابقة لها تمامًا.
- أوضّح للطلبة أن الجسم المُعلّق بالميزان في الأشكال الثلاثة في حالة اتزان، وأن ناتج جمع متجهي قوتي الشد يساوي وزن الجسم.

استراتيجية التقويم: التقويم المعتمد على الأداء.

أداة التقويم: قائمة رصد.

الرقم	معيار الأداء	نعم	لا
1	تمييز جمع القوى من جمع الكميات القياسية.		
2	استخدام الميزان النابضي بدقة.		
3	اعتماد أدلة علمية لتأييد الادعاء أو دحضه.		

الدرس 1

الكميات القياسية والكميات المتجهة
Scalar and Vector Quantities

1 تقديم الدرس

◀ الفكرة الرئيسة:

- أوضح للطلبة أن التعامل مع الكميات المتجهة يختلف عن التعامل مع الكميات القياسية، وإنهم سيتعلمون في هذه الوحدة خصاص المتجهات وكيفية إجراء العمليات الحسابية عليها (جمع، وطرح، وضرب).

◀ الربط بالمعرفة السابقة:

- أذكّر الطلبة بما تعلموه مسبقًا عن الكميات المتجهة والكميات القياسية، وأطلب إليهم ذكر أمثلة على كميات متجهة وأخرى قياسية مرت معهم في صفوف سابقة، مثل المسافة، الإزاحة، القوة، والسرعة.

2 التدريس

◀ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى تأمل الشكل (1) وأسأل:

– ما الكميات الفيزيائية التي ظهرت في النشرة الجوية؟

درجة الحرارة وسرعة الرياح.

– كيف اختلف وصف كل منها عن الآخر؟

درجة الحرارة وصفت بالمقدار فقط، في حين وصفت سرعة الرياح بالمقدار والاتجاه معًا؛ حيث يمثّل اتجاه السهم اتجاه السرعة.

- أكتب تعريف الكمية المتجهة وتعريف الكمية القياسية، مع ذكر أمثلة على كل منها.

الدرس 1

الكمياتُ القياسيةُ والكمياتُ المُتَّجِهةُ
Scalar and Vector Quantities

◀ الفكرةُ الرئيسةُ:

للكمياتِ المُتَّجِهةِ خصائصُ تمتازُ بها عنِ الكمياتِ القياسيةِ.

◀ نتاجاتُ التعلّمِ:

- أُوضِّحُ المقصودَ بالكمياتِ الفيزيائيةِ المُتَّجِهةِ، والقياسيةِ.
- أستنتجُ خصائصَ المُتَّجِهاتِ بطرائقَ مختلفةٍ.
- أحسُبُ الزاويةَ المحصورةَ بينَ مُتَّجِهيْنِ باستخدامِ تعريفِ الضربِ القياسيِّ لمُتَّجِهيْنِ.
- أُطبِّقُ خصائصَ المُتَّجِهاتِ على كمياتٍ فيزيائيةٍ مُتَّجِهةٍ.

◀ المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

الكمياتُ المُتَّجِهةُ Vector Quantities.
الكمياتُ القياسيةُ Scalar Quantities.
تمثيلُ المُتَّجِهاتِ Representation of Vectors.
تساوي مُتَّجِهيْنِ Equality of two Vectors.
سالبُ المُتَّجِهِ Negative of a Vector.
الضربُ القياسيُّ Scalar Product.
الضربُ المُتَّجِهيُّ Vector Product.

الكمياتُ الفيزيائيةُ Physical Quantities

نتعاملُ في حياتِنا معَ كمياتٍ فيزيائيةٍ عديدةٍ؛ سواءٌ أكانَتْ كمياتٍ أساسيةً (مثلُ: الزمنِ، ودرجةِ الحرارةِ، والكتلةِ، والطولِ)، أوْ كمياتٍ مشتقةً (مثلُ: القُوَّةِ، والسرعةِ، والتسارُعِ)، ويُعبَّرُ عنْ بعضِ تلكَ الكمياتِ بعددٍ ووحدةٍ مناسبيْنِ، فنقولُ مثلًا إنَّ كتلةَ الحقيبةِ 6 kg، وسرعةَ الطائرةِ 200 m/s. ولكنْ، هلْ كانَ وصْفُ كلٍّ منَ الكميتيْنِ كافيًا؟

يُوضِّحُ الشكلُ (1) حالةَ الطقسِ المتوقعةَ في العاصمةِ عمّانَ بحسبِ تنبؤاتِ دائرةِ الأرصادِ الجويةِ الأردنيةِ. ما الكمياتُ الفيزيائيةُ التي ظهرَتْ في النشرةِ الجويةِ؟ هلِ اختلفَ وصفُ كلٍّ منْها عنْ غيرِهِ؟

يُلاحَظُ وجودُ كمياتٍ فيزيائيةٍ يكفي تحديدُ مقدارِها فقطْ لوصفِها وصفًا كاملًا، وأُخرى يَلزَمُ تحديدُ مقدارِها واتجاهِها معًا.

الشكلُ (1): حالةُ الطقسِ في العاصمةِ عمّانَ.

بوجهٍ عامٍّ، تُقسَّمُ الكمياتُ الفيزيائيةُ إلى قسميْنِ رئيسيْنِ، هما:

أ . الكمياتُ القياسيةُ Scalar Quantities

هيَ الكمياتُ التي تُحدَّدُ فقطْ بالمقدارِ، ولا يوجدُ لها اتجاهٌ. ففي الشكلِ (1)، يُكتفى بالقولِ إنَّ درجةَ حرارةِ الجوِّ 9 °C نهارًا. وحينَ يسألُني أحدُ زملائي في الصفِّ عنْ مقدارِ كتلتي، فإنَّني أُجيبُهُ مثلًا: 50 kg. ومنَ الأمثلةِ الأُخرى على **الكمياتِ القياسيةِ Scalar quantities**: الحجمُ، والطاقةُ، والضغطُ.

ب. الكمياتُ المُتَّجِهةُ Vector Quantities

هيَ الكمياتُ التي تُحدَّدُ بالمقدارِ والاتجاهِ معًا. ففي ما يخصُّ سرعةَ الرياحِ مثلًا في الشكلِ (1)، لا يُكتفى بالقولِ إنَّ مقدارَها 24 km/h نهارًا، وإنَّما يجبُ تحديدُ اتجاهِها نحوَ الشرقِ لكيْ يصبحَ وصفُها كاملًا. وكذلكَ لاعبُ كرةِ القدمِ؛ فهوَ يركُلُ الكرةَ بقدمِهِ لتنطلقَ بسرعةٍ كبيرةٍ وفي اتجاهٍ مُحدَّدٍ لكيْ يُسجِّلَ هدفًا في المرمى. ومنَ الأمثلةِ الأُخرى على **الكمياتِ المُتَّجِهةِ Vector quantities**: الإزاحةُ، والتسارُعُ، والقُوَّةُ.

المثالُ 1

أُصنِّفُ الكمياتِ الفيزيائيةَ في الجدولِ (1) الآتي إلى كمياتٍ مُتَّجِهةٍ، وأُخرى قياسيةٍ:

الجدولُ (1) الكميةُ الفيزيائيةُ	تصنيفُ الكمياتِ الفيزيائيةِ كميةٌ مُتَّجِهةٌ/ كميةٌ قياسيةٌ
الكتلةُ (4 kg)	
التسارُعُ ($20 m/s^2$، غربًا)	
الشغلُ (200 J)	
القُوَّةُ (120 N، شمالًا)	

الحلُّ:

- الكتلةُ: كميةٌ قياسيةٌ؛ لأنَّها حُدِّدَتْ فقطْ بمقدارٍ.
- التسارُعُ: كميةٌ مُتَّجِهةٌ؛ لأنَّها حُدِّدَتْ بمقدارٍ واتجاهٍ.
- الشغلُ: كميةٌ قياسيةٌ؛ لأنَّها حُدِّدَتْ فقطْ بمقدارٍ.
- القُوَّةُ: كميةٌ مُتَّجِهةٌ؛ لأنَّها حُدِّدَتْ بمقدارٍ واتجاهٍ.

نشاط سريع

- أذكّر الطلبة بالفرق بين المسافة والإزاحة، ثم أحدّد على اللوح نقطة البداية.
- أطلب إلى عدد من الطلبة رسم خط مستقيم، طوله 20 cm، من نقطة البداية نفسها؛ كل على حده وباتجاهات مختلفة، ثم رسم سهم في نهاية الخط ليدل على اتجاه الحركة. سيُلاحِظ الطلبة أنّهم لم يصلوا إلى نقطة النهاية نفسها بالرغم من أنّ نقطة البداية هي نفسها، أيْ إنَّ مقدار الإزاحة المقطوعة متساوٍ عند جميع الطلبة (20 cm)، ولكنَّ اختلاف اتجاه الحركة أدى إلى إختلاف الإزاحات؛ ما يعني أنَّ الإزاحة كمية متجهة تتطلّب تحديد المقدار والاتجاه.

مثال إضافي

أستخدم **استراتيجية التعلم التعاوني**.

- أوزّع الطلبة ضمن مجموعات، وأطلب إليهم حلّ السؤال الآتي:
  - أُقيمت مباراة لكرة القدم على ملعب مدينة الحسين الرياضية.

  أحدّد كميتين متجهتين، وكميتين قياسيتين لهما صلة بالملعب أو بالمباراة، ثم أرتّبها في جدول، مُبيِّنًا اسم الكمية، ورمزها، ووحدة قياسها (في النظام الدولي SI).
- أطلب إلى أفراد بعض المجموعات عرض نتائجهم، وأناقشهم في ما توصلوا إليه.

الحل:

اسم الكمية	رمز الكمية	وحدة القياس	كمية متجهة، كمية قياسية
طول الملعب، عرض الملعب.	L	m	قياسية
كتلة كرة القدم.	m	kg	قياسية
القوة المُؤثّرة في الكرة لحظة ركلها.	F	N	متجهة
سرعة انطلاق الكرة لحظة ركلها.	v	m/s	متجهة

معلومة إضافية

- في الكميات المتّجهة؛ تدلّ الإشارة السالبة على عكس الاتجاه، فمثلا؛ إذا كان متجه القوة (***F***) يعبر عن قوة مقدارها (5 N) باتجاه الشرق؛ فإن المتجه (***-F***) يعبر عن قوة مقدارها (5 N) باتجاه الغرب. أما في الكميات القياسية؛ فإن الإشارة السالبة لها معنى يرتبط بالكمية، فمثلا؛ درجة الحرارة ($-3\ ^{o}C$) تعني أن درجة الحرارة أقل من درجة الصفر بثلاث درجات.

أتحقَّق:

الكميات المتجهة:

كميات لها مقدار واتجاه، وهي تُحدَّد بالمقدار والاتجاه معًا.

الكميات القياسية:

كميات لها مقدار، وليس لها اتجاه، وهي تُحدَّد بالمقدار فقط.

مثال إضافي

- يقود سائق سيارته بسرعة (90 km/h) باتجاه الشمال، ثم يضغط على المكابح مسبّبًا تباطؤها حتى توقفت بعد مرور (5 min) من لحظة الضغط على المكابح.
  - أحدّد كميتين فيزيائيتين متجهتين وكميتين قياسيتين في الفقرة السابقة.

الحل:

الكميات المتجهة: السرعة، التسارع (التباطؤ).

الكميات القياسية: كتلة السائق، كتلة السيارة، الزمن.

تمرين

الكميات القياسية:

كتلة القلم، طول القلم، زمن سقوط القلم.

الكميات المتجهة:

وزن القلم (قوة جذب الأرض للقلم)، تسارع القلم.

أخطاء شائعة

قد يخطئ بعض الطلبة باعتقادهم أن الوزن كمية قياسية، أوضّح لهم أن الوزن كمية متجهة؛ لأنه يعبّر عن قوة جذب الأرض للجسم، والقوة كمية متجهة، وأن اتجاه الوزن يكون دائمًا رأسيًّا إلى الأسفل نحو مركز الأرض.

توجدُ طرائقُ عِدَّةٌ لتمييزِ الكميةِ المُتَّجِهةِ منَ الكميةِ القياسيةِ، منْها:

- وَضْعُ سَهْمٍ فوقَ رمزِ الكميةِ المُتَّجِهةِ، مثلِ: $\vec{F}$ لتمييزِ مُتَّجِهِ القُوَّةِ. ويُعبَّرُ عنْ مقدارِ المُتَّجِهِ على النحوِ الآتي: $|\vec{F}|$ أوْ F ، وسيستخدمُ الطلبةُ هذهِ الطريقةَ في دفاترِهِمْ، وكذلكَ على اللوحِ.
- كتابةُ رمزِ الكميةِ المُتَّجِهةِ بالخطِّ الغامقِ (Bold)، مثلِ ***F*** لتمييزِ مُتَّجِهِ القُوَّةِ، وبالخطِّ العاديِّ للدلالةِ على مقدارِ المُتَّجِهِ، مثلِ F، وسنستخدمُ هذهِ الطريقةَ في كتابِنا هذا.

أتحقَّقُ: أُقارِنُ بينَ الكمياتِ المُتَّجِهةِ والكمياتِ القياسيةِ.

المثالُ 2

أُجيبُ بـ (نعمْ) أوْ (لا)، مُعزِّزًا إجابتي بمثالٍ على كلٍّ ممّا يأتي:

- تشيرُ الإشارةُ السالبةُ أوِ الإشارةُ الموجبةُ إلى اتجاهِ الكميةِ المُتَّجِهةِ . هلْ يُمكِنُ أنْ تكونَ الكميةُ القياسيةُ سالبةً؟
- قدْ يكونُ للكميةِ المُتَّجِهةِ والكميةِ القياسيةِ الوحدةُ نفسُها.
- قدْ تتساوى كميتانِ مُتَّجِهتانِ في المقدارِ، وتختلفانِ في الاتجاهِ.

الحلُّ:

- نعمْ، فدرجةُ الحرارةِ قدْ تكونُ سالبةً، وهيَ كميةٌ قياسيةٌ. والإشارةُ السالبةُ هنا لا تعني اتجاهًا.
- نعمْ، فطولُ المسارِ الفعليِّ بينَ نقطتَيِ البدايةِ والنهايةِ كميَّةٌ قياسيةٌ، لكنَّ الإزاحةَ (الخطُّ المستقيمُ منْ نقطةِ البدايةِ إلى نقطةِ النهايةِ) كميةٌ مُتَّجِهةٌ، ووحدةُ قياسِ كلٍّ منْ هاتيْنِ الكميتيْنِ هيَ نفسُها (المترُ في النظامِ الدوليِّ).
- نعمْ، فالكمياتُ المُتَّجِهةُ قدْ تتساوى في المقدارِ وتختلفُ في الاتجاهِ. فمثلًا، تُؤثِّرُ في الجسمِ قُوَّتانِ متساويتانِ في المقدارِ؛ إحداهُما باتجاهِ الشرقِ، والأُخرى باتجاهِ الشمالِ. وقدْ تكونُ هذهِ الكمياتُ مختلفةً في المقدارِ ومُتماثِلةً في الاتجاهِ.

تمرينٌ

في أثناءِ جلوسي في غرفةِ الصفِّ سقطَ قلمٌ باتجاهِ سطحِ الأرضِ. أُحدِّدُ كميتيْنِ قياسيتيْنِ وكميتيْنِ مُتَّجِهتيْنِ لهما صلةٌ بذلكَ.

12

التعزيز:

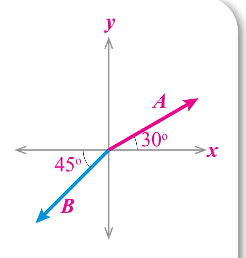
- أوزّع الطلبة إلى فريقين، ثم أُنظِّم مسابقة بينهما بعد عقد جلسة عصف ذهني لكلا الفريقين.
- أوجّه أحد الفريقين إلى البحث عن كميات متجهة، ثم كتابتها على يمين اللوح.
- أوجّه الفريق الآخر إلى البحث عن كميات قياسية، ثم كتابتها على يسار اللوح.
- أُنشئ لجنة تحكيم من الطلبة؛ لمراقبة مدى التزام الفريقين بما يأتي:
  - الوقت المُحدَّد للنشاط (10 دقائق مثلًا).
  - كتابة الطالب/الطالبة كمية واحدة فقط على اللوح، وعدم تكرار ذلك إلّا بعد انتهاء جميع أعضاء الفريق من المشاركة في عملية الكتابة.
- بعد انتهاء الوقت المُحدَّد، أناقش كل فريق في إجابته، ثم أشطب الكميات المُكرَّرة وغير الصحيحة، ثم أَعُدّ الإجابات الصحيحة، لتُعلِن لجنة التحكيم الفريق الفائز.

تمثيلُ المُتَّجِهاتِ بيانيًّا Representation of Vectors: Graphical Method

إنَّ التعاملَ معَ الكمياتِ القياسيةِ وإجراءَ العملياتِ الحسابيةِ عليْها أسهلُ منَ التعاملِ معَ الكمياتِ المُتَّجِهةِ. فمثلًا، منَ السهلِ المقارنةُ بينَ كميتيْنِ قياسيتيْنِ، خلافًا للمقارنةِ بينَ كميتيْنِ مُتَّجِهتيْنِ؛ لأنَّ لكلٍّ منْهُما مقدارًا واتجاهًا. لذا نلجأُ أحيانًا إلى **تمثيلِ الكمياتِ المُتَّجِهةِ (Representation of vector quantities)** تمثيلًا بيانيًّا؛ ما يُسهِّلُ التعاملَ معها. يُمكِنُ أيضًا استخدامُ التمثيلِ البيانيِّ في إيجادِ محصلةِ كمياتٍ مُتَّجِهةٍ عِدَّةٍ، وإجراءِ عملياتِ الجمعِ والطرحِ عليْها.

للكميةِ المُتَّجِهةِ مقدارٌ يُحدَّدُ بعددٍ ووحدةِ قياسٍ، ولها اتجاهٌ أيضًا. ولتمثيلِها بيانيًّا، نختارُ مستوًى إحداثيًّا مثلَ (x-y)، ونقطةَ إسنادٍ مثلَ نقطةِ الأصلِ (0,0)، ثمَّ نرسمُ سهمًا بحيثُ يقعُ ذيلُهُ (نقطةُ بدايتِهِ) عندَ نقطةِ الأصلِ، وذلكَ على النحوِ الآتي:

- طولُ السهمِ يُمثِّلُ مقدارَ المُتَّجِهِ، ويُحدَّدُ باستخدامِ مقياسِ رسمٍ مناسبٍ.
- اتجاهُ السهمِ يُحدَّدُ نسبةً إلى اتجاهٍ مرجعيٍّ؛ إمّا جغرافيًّا باستخدامِ الجهاتِ الأربعِ (شمالٌ، جنوبٌ، شرقٌ، غربٌ)، وإمّا باستخدامِ الزاويةِ θ التي يَصنعُها المُتَّجِهُ معَ محورٍ مرجعيٍّ، مثلِ المحورُ الأفقيُّ. وبذلكَ يمكّنُني التعبيرُ عنِ المتجهِ (***A***) الموضحِ في الشكلِ (2) بأنّهُ يصنعُ زاويةً مقدارُها (30^o) معَ محورِ السيناتِ الموجبِ ($+x$)، في حينِ أنّ المتجهَ (***B***) يصنعُ زاويةً مقدارُها (45^o) معَ محورِ السيناتِ السالبِ ($-x$).



الشكلُ (2): رسمٌ لمتجهَيْ ***A*** و ***B*** على المستوى ***x-y***.

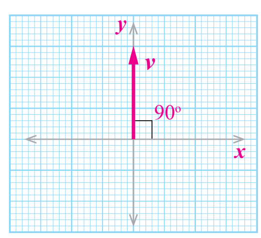
المثالُ 3

يتحركُ جسمٌ بسرعةٍ مقدارُها $v = 3$ m/s باتجاهِ محورِ الصاداتِ الموجبِ (نحوَ الشمالِ). أمثِّلُ متجهَ السرعةِ بيانيًّا.

الحلُّ:

- أختارُ مقياسَ رسمٍ مناسبًا، مثلَ (1cm : 1 m/s)؛ أيْ أنَّ كلَّ 1 cm على الورقةِ (خمسةُ مربعاتٍ صغيرةٍ) يمثِّلُ 1 m/s، فيكونُ طولُ السهمِ: $3 \text{ m/s} \times (1\text{cm}/(1 \text{ m/s})) = 3 \text{ cm}$، وهذا يعادلُ 15 مربعًا صغيرًا على الرسمِ.
- أرسمُ سهمًا طولُه 3 cm، ولهُ نقطةُ بدايةٍ (تُسمّى ذيلَ المتجهِ) عندَ نقطةِ الأصلِ (0,0)، ونقطةُ نهايةٍ (تُسمّى رأسَ المتجهِ) بحيثُ يكونُ على امتدادِ محورِ الصاداتِ الموجبِ ($+y$)، أيْ أنّهُ يصنعُ زاويةَ 90^o معَ محورِ السيناتِ الموجبِ.

الشكلُ (3): رسمٌ لمُتَّجِهِ السرعةِ v.



13

مثال إضافي

مُثِّلت قوة $\boldsymbol{F_1}$ مقدارها 300 N بيانيًّا بسهم طوله 6 cm في اتجاه الشمال. إذا استُعمِل مقياس الرسم نفسه في تمثيل قوة أخرى $\boldsymbol{F_2}$، برسم سهم طوله 10 cm، في اتجاه يصنع زاوية 37^o جنوب الشرق، فأجِدْ:

أ . مقياس الرسم المُستعمَل.

ب . مقدار القوة الثانية $\boldsymbol{F_2}$.

الحل:

أ.

$$6 \text{ cm} = 300 \text{ N} \times \text{scale}$$

$$\text{Scale} = \frac{6 \text{ cm}}{300 \text{ N}} = \left(\frac{1\text{cm}}{50 \text{ N}}\right)$$

ب.

$$10 \text{ cm} = F_2 \times \left(\frac{1\text{cm}}{50 \text{ N}}\right)$$

$$F_2 = 10 \times \left(\frac{50}{1}\right) = 500 \text{ N}$$

إضاءة للمُعلِّم / للمعلِّمة

يُستعمَل مقياس الرسم في الخرائط الجغرافية والمخططات الهندسية وغيرها لتمثيل الكميات الكبيرة جدًّا، أو الصغيرة جدًّا، التي لا يُمكِن تمثيلها بمقاديرها الحقيقية.

المناقشة:

- أناقش الطلبة في الفرق في طريقة التعامل مع الكميات المتجهة والكميات القياسية، فمثلًا؛ من السهل جمع كتلتين مقداريهما (2 kg) و (3 kg)، لكن لا يمكن جمع قوتين الأولى (2 N) نحو الشرق، مع قوة (3 N) نحو الشمال جمعًا عاديًّا بالأرقام؛ لأنها باتجاهين مختلفين. لذلك نلجأ إلى تمثيل الكميات المتجهة بيانيًّا، ونستخدم الرسم البياني لإجراء العمليات الحسابية.

بناء المفهوم

تمثيل الكميات المتجهة

- أرسم على اللوح مستوًى إحداثيًّا (x-y)، وأحدد نقطة الأصل، ثم أرسم سهمًا ينطبق على محور (x)، بحيث يقع ذيله عند نقطة الأصل، وأكتب رمز ($\boldsymbol{F}$) فوق السهم وأسأل:

– على ماذا يدل السهم المرسوم؟

على متجه قوة، بحيث يمثّل طول السهم مقدار القوّة، واتجاه السهم يعبّر عن اتجاه القوة.

– كيف أصف اتجاه القوة؟

باتجاه الشرق أو باتجاه محور السينات الموجب.

– كيف أمثّل قوة مقدارها ($\boldsymbol{F_2}$) وباتجاه الغرب؟

أرسم سهمًا طوله ضعف السهم المرسوم وينطبق على محور ($-x$).

- أوضّح للطلبة مفهوم التمثيل البياني؛ التعبير عن المتجه بسهم طوله يمثّل مقدار المتجه، واتجاهه يحدّد نسبة إلى اتجاه مرجعي.

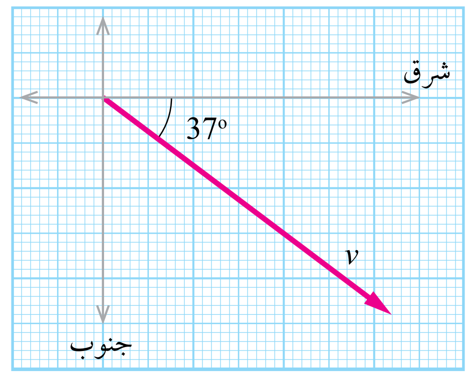
استخدام الأشكال والصور:

- أوجّه الطلبة إلى تأمل الشكل (2)، وأطلب إليهم التعبير عن اتجاهي المتجهين بالنسبة إلى محور (x).

تمرين

مقياس الرسم (1 cm: 10 km/h).

طول السهم 8 cm في الاتجاه المُبيَّن في الشكل الآتي:



أفكِّر: طول السهم بحسب نظرية فيثاغورس:

$$\sqrt{(-4)^2 + 2^2} = \sqrt{20} = 4.47 \text{ cm}$$

إذن، بُعد المسجد:

$$\frac{4.47 \text{ cm}}{\frac{1\text{cm}}{20 \text{ m}}} = 89.4 \text{ m}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left|\frac{2}{-4}\right| = 27^{o}$$

أيْ في اتجاه يصنع زاوية 27^{o} مع محور $x-$ كما في الشكل (5).

توظيف التكنولوجيا

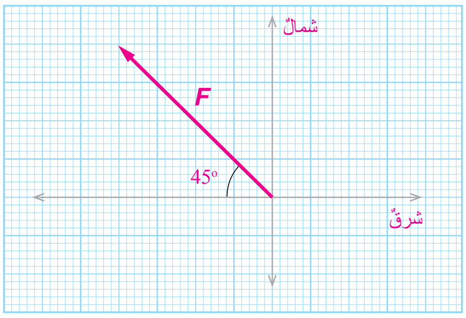
أبحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن موضوع تمثيل المتجهات بيانيًّا، علمًا أنّه يُمكنني إعداد عروض تقديمية تتعلَّق بموضوع الدرس.

أشارك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق صفحة المدرسة الإلكترونية، أو إنشاء مجموعة على تطبيق (Microsoft teams)، أو أستعمل أيَّ وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

المثال 4

تُؤثِّرُ قُوَّةٌ F مقدارُها 60 N في جسمٍ باتجاهٍ يَصنعُ زاويةً مقدارُها 45° شمالَ الغربِ. أُمثِّلُ مُتَّجِهَ القُوَّةِ F بيانيًّا.

* **ملحوظة:** إذا كانَ المُتَّجِهُ يَصنعُ زاويةَ θ (45° مثلًا) شمالَ الغربِ، فهذا يعني وجوبَ البدءِ منَ الغربِ، وقطعَ زاويةِ 45° باتجاهِ الشمالِ، أمّا إذا كانَتِ الزاويةُ غربَ الشمالِ فيجبُ البدءُ منَ الشمالِ باتجاهِ الغربِ، وهكذا.



الشكلُ (4): رسمٌ لمُتَّجِهِ القُوَّةِ F.

الحلُّ:

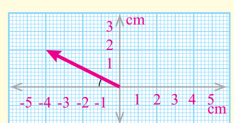
- أختارُ مقياسَ رسمٍ مناسبًا، مثلَ (1cm :10 N)، فيكونُ طولُ السهمِ:

$$60 \text{ N} \times (1\text{cm} / 10 \text{ N}) = 6 \text{ cm}$$

علمًا أن كل خمسة مربعات صغيرة على الرسم تعادل 1 سم، (وهكذا في بقية الأمثلة)

- أرسمُ سهمًا طولُهُ 6 cm، بحيثُ يَصنعُ زاويةً 45° شمالَ الغربِ، كما في الشكلِ (4).

أفكِّرُ: استخدمَ أحمدُ مقياسَ الرسمِ (1 cm: 20 m) لرسمِ مُتَّجِهٍ يُمثِّلُ بُعْدَ المسجدِ عنْ منزلِهِ، كما في الشكلِ (5). أحدِّدُ بُعْدَ المسجدِ عنْ منزلِ أحمدَ، مُبيِّنًا الاتجاهَ.



الشكلُ (5): مُتَّجِهٌ يُمثِّلُ بُعْدَ المسجدِ عنْ منزلِ أحمدَ.

تمرين

تسيرُ سيارةٌ بسرعةٍ v مقدارُها 80 km/h، في اتجاهٍ يَصنعُ زاويةً مقدارُها 37° جنوبَ الشرقِ. أُمثِّلُ مُتَّجِهَ السرعةِ بيانيًّا.

أتحقَّقُ: كيفَ يُمكِنُ تحديدُ كلٍّ منْ طولِ السهمِ واتجاهِهِ عندَ تمثيلِ المُتَّجِهِ بيانيًّا؟

14

أتحقَّق: لتحديد طول السهم، يُختار مقياس رسم مناسب، ثم يُحسب طول السهم باستعمال العلاقة الآتية:

طول السهم= مقدار الكمية الفيزيائية × مقياس الرسم

أمّا اتجاه السهم فهو اتجاه المتجه نفسه.

مثال إضافي

- أستخدم **استراتيجية «إثن ومرّر»**؛ وأوزّع الطلبة إلى مجموعات غير متجانسة.
- أرسم متجه القوة المبين في الشكل (4) على اللوح، وأضيف سهمًا مساويًا له في الطول، ويقع في الربع الثالث، بحيث يصنع زاوية (45°) مع كلٍّ من المحورين.
- أُمرّر ورقة فارغة على كلّ مجموعة؛ من أجل التعبير بالكلمات عن المتجه مقدارًا واتجاهًا، بحيث تُضيف كل مجموعة فقرة جديدة تمثّل إسهامًا في الإجابة.

المتجه يمثّل قوة مقدارها (6 N)، باتّجاه يصنع زاوية (45°) جنوب الغرب، أو غرب الجنوب.

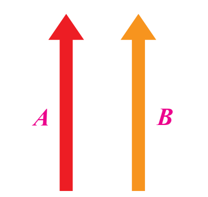
- أُدير نقاشًا بين أفراد المجموعات، وأطلب إليهم مشاركة بعضهم في ما توصّلوا إليه من أفكار.

خصائصُ المُتَّجِهاتِ Properties of Vectors

تمتازُ المُتَّجِهاتُ بخصائصَ عِدَّةٍ تُميِّزُها مِنَ الكمياتِ القياسيةِ، وهذهِ بعضُها:

• **تساوي مُتَّجِهَيْنِ Equality of Two Vectors**

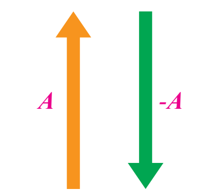
يتساوى مُتَّجِهانِ عندما يكونُ لهُما المقدارُ والاتجاهُ نفساهُما، كما في الشكلِ (6)، إضافةً إلى أنَّهُما مِنَ النوعِ نفسِهِ. اعتمادًا على هذهِ الخصيصةِ، فإنَّهُ يُمكِنُ نقلُ المُتَّجِهِ مِنْ مكانٍ إلى آخَرَ شرطَ المحافظةِ على ثباتِ كلٍّ مِنْ مقدارِهِ واتجاهِهِ.



الشكلُ (6): تساوي المُتَّجِهَيْنِ: A وَ B.

• **سالبُ (معكوسُ) المُتَّجِهِ Negative of a Vector**

هوَ مُتَّجِهٌ لهُ مقدارُ المُتَّجِهِ الأصليِّ نفسِهِ، ولكنَّهُ يعاكسُهُ في الاتجاهِ، ويُبيِّنُ الشكلُ (7) أنَّ المُتَّجِهَ A، والمُتَّجِهَ $-A$ يتساويانِ في المقدارِ ويتعاكسانِ في الاتجاهِ.



الشكلُ (7): المُتَّجِهُ A، وسالبُ هذا المُتَّجِهِ $(-A)$.

• **ضربُ المُتَّجِهِ في كميةٍ قياسيةٍ Multiplication of a Vector by a Scalar**

يُمكِنُ ضربُ مُتَّجِهٍ ما (مثلُ C) في كميةٍ قياسيةٍ (مثلُ n) للحصولِ على مُتَّجِهٍ جديدٍ (nC) مقدارُهُ nC، حيثُ n عددٌ حقيقيٌّ. أمّا اتجاهُهُ فيعتمدُ على إشارةِ n؛ فإذا كانَتْ هذهِ الإشارةُ موجبةً فإنَّ المُتَّجِهَ nC يكونُ في الاتجاهِ نفسِهِ للمُتَّجِهِ C، وفي حالِ كانَتْ إشارةُ n سالبةً فإنَّ المُتَّجِهَ nC يكونُ عكسَ اتجاهِ المُتَّجِهِ C.

مِنَ الأمثلةِ الفيزيائيةِ على ضربِ المُتَّجِهِ في كميةٍ قياسيةٍ القانونُ الثاني لنيوتن الذي سندرسُهُ لاحقًا؛ إذْ إنَّ مُتَّجِهَ القُوَّةِ المحصلةِ $\sum F$ هوَ حاصلُ ضربِ الكتلةِ m في مُتَّجِهِ التسارُعِ a بحسبِ العلاقةِ الآتيةِ:

$$\sum F = ma$$

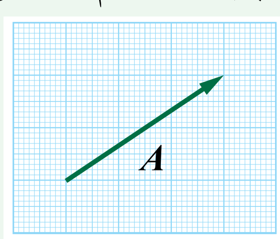
أفكِّرُ: لماذا يكونُ اتجاهُ التسارُعِ a دائمًا في نفسِ اتجاهِ القُوَّةِ المحصلةِ $\sum F$؟

أتحقَّقُ: ما المقصودُ بكلٍّ ممّا يأتي:
• تساوي مُتَّجِهَيْنِ؟
• ضربُ مُتَّجِهٍ في عددٍ سالبٍ؟

15

التعزيز:

- أرسم على اللوح متجهًا (مثل A) كما في الشكل، ثم أطلب إلى الطلبة رسم متجه آخر:
  - مساوٍ له في المقدار، وباتجاه مختلف.
  - مماثل له في الاتجاه، ومقداره نصف المتجه المرسوم.
  - مساوٍ له في المقدار، ومماثل له في الاتجاه.
  - مساوٍ له في المقدار، ومعاكس له في الاتجاه.



- ثم أسأل الطلبة:
  - أيُّ المتجهات التي رُسِمت تساوي المتجه (A)؟
  - أيُّ المتجهات التي رُسِمت تساوي $(-A)$؟
- أصحّح المفهوم الخطأ في ما يأتي:

«إنَّ تساوي مقداري متجهين يعني تساوي المتجهين».

المفهوم الصحيح هو: «تساوي مقداري متجهين لا يعني بالضرورة تساوي المتجهين، أمّا العكس فصحيح تمامًا».

استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى تأمل الشكلين (6) و(7) وأسأل:
  - هل المتجهان متساويان في المقدار؟ نعم.
  - هل لهما الاتجاه نفسه؟ نعم.
  - ما الخصيصة التي أستنتجها عن هذين المتجهين؟ متجهان متساويان.
  - في الشكل (7) هل المتجهان متساويان في المقدار؟ نعم.
  - ما العلاقة بين اتجاهي المتجهين؟ باتجاهين متعاكسين.
  - ماذا تعني الإشارة السالبة للمتجه؟ سالب المتجه هو متجه مساوٍ للمتجه الأصلي في المقدار ومعاكس له في الاتجاه.

بناء المفهوم

ضرب المتجه في كمية قياسية

- أرسم سهمًا وسمه (C)، ثم أطلب إلى الطلبة رسم المتجهات الآتية:

أ . $(2C)$.

المتجه المرسوم يكون باتجاه المتجه (C)، وطوله ضعف طول (C).

ب. $(-3C)$.

المتجه المرسوم يكون عكس اتجاه المتجه (C)، وطوله 3 أضعاف (C).

أخطاء شائعة

يعتقد بعض الطلبة أنَّ نقل المتجه من مكان إلى آخر يُغيِّر من مقداره؛ لذا أوضّح لهم عدم صحة هذا الاعتقاد.

معلومة إضافية

ناتج جمع متجه ما (مثل A) مع سالب ذلك المتجه $(-A)$ هو متجه مقداره يساوي صفرًا:

$$A + (-A) = 0$$

ويُسمّى المتجه الصفري.

أفكِّر: لأنَّ الكتلة m كمية قياسية موجبة دائمًا، وناتج ضرب كمية متجهة (a) في كمية قياسية موجبة (m) يكون كمية متجهة $(F = m\,a)$ في اتجاه المتجه نفسه.

أتحقَّق:

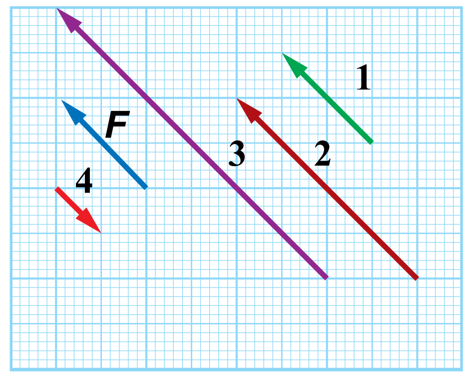
- تساوي متجهين: متجهان لهما المقدار نفسه، والاتجاه نفسه.
- ضرب المتجه في عدد سالب:
متجه جديد مقداره يساوي مقدار المتجه الأصلي مضروبًا في القيمة المطلقة للعدد السالب، واتجاهه عكس اتجاه المتجه الأصلي.

معلومة إضافية

من الأمثلة الفيزيائية على ضرب المتجه في كمية قياسية (سيدرسه الطلبة في صفوف لاحقة): الزخم الخطي Linear Momentum ($\boldsymbol{p}$)، الذي يساوي ناتج ضرب الكتلة m في السرعة $\boldsymbol{v}$ ($\boldsymbol{p} = m\,\boldsymbol{v}$)، وهو كمية متجهة، واتجاهه في اتجاه السرعة $\boldsymbol{v}$.

مثال إضافي

في الشكل الآتي؛ أعبّر عن المتجهات المشار إليها بالأرقام (1,2,3,4) بدلالة المتجه ($\boldsymbol{F}$).



الحل:

(1) : $\boldsymbol{F}$

(2) : $2\boldsymbol{F}$

(3) : $3\boldsymbol{F}$

(4) : $-0.5\boldsymbol{F}$

المثالُ 5

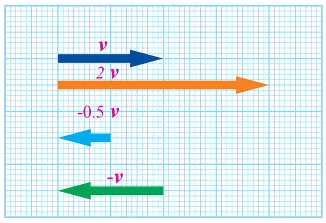
تتحرَّكُ عربةٌ بسرعةٍ مُتَّجِهةٍ $\boldsymbol{v}$ مقدارُها 40 m/s في اتجاهِ الشرقِ. أُمثِّلُ بيانيًّا:

أ . مُتَّجِهَ السرعةِ $\boldsymbol{v}$

ب. المُتَّجِهَ $2\boldsymbol{v}$

جـ. المُتَّجِهَ $-0.5\boldsymbol{v}$

د . سالبَ المُتَّجِهِ $\boldsymbol{v}$



الشكلُ (8): خصائصُ المُتَّجِهاتِ.

الحلُّ:

أ . أختارُ مقياسَ الرسمِ (1cm:10 m/s)، ثمَّ أرسمُ سهمًا طولُهُ 4 cm ليُمثِّلَ المُتَّجِهَ ($\boldsymbol{v}$) باتجاهِ الشرقِ، كما في الشكلِ (8).

ب . أرسمُ سهمًا طولُهُ 8 cm ليُمثِّلَ المُتَّجِهَ ($2\boldsymbol{v}$)، ومقدارُهُ 80 m/s باتجاهِ الشرقِ.

جـ . أرسمُ سهمًا طولُهُ 2 cm ليُمثِّلَ المُتَّجِهَ ($-0.5\boldsymbol{v}$)، ومقدارُهُ 20 m/s باتجاهِ الغربِ.

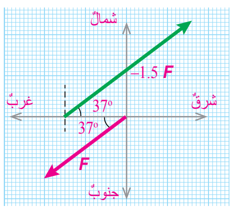
د . أرسمُ سهمًا طولُهُ 4 cm ليُمثِّلَ المُتَّجِهَ ($-\boldsymbol{v}$)، ومقدارُهُ 40 m/s باتجاهِ الغربِ.

المثالُ 6

تُؤثِّرُ قُوَّةٌ $\boldsymbol{F}$ مقدارُها 250 N في جسمٍ باتجاهٍ يَصنعُ زاويةً مقدارُها 37^{o} جنوبَ الغربِ. أُمثِّلُ بيانيًّا:

أ . مُتَّجِهَ القُوَّةِ $\boldsymbol{F}$.

ب. المُتَّجِهَ ($-1.5\,\boldsymbol{F}$).



الشكلُ (9): تمثيل ناتج ضرب كمية متجهة بكمية قياسية.

الحلُّ:

أ . أختارُ مقياسَ الرسمِ (1cm : 50 N)، ثمَّ أرسمُ سهمًا طولُهُ 5 cm ليُمثِّلَ المُتَّجِهَ $\boldsymbol{F}$، كما في الشكلِ (9).

ب. أرسمُ سهمًا طولُهُ 7.5 cm ليُمثِّلَ المُتَّجِهَ ($-1.5\,\boldsymbol{F}$)، ومقدارُهُ 375 N، واتجاهُهُ معاكسٌ لاتجاهِ $\boldsymbol{F}$؛ أيْ بزاويةٍ مقدارُها 37^{o} شمالَ الشرقِ (أوْ بزاويةٍ مقدارُها 53^{o} شرقَ الشمالِ)، كما في الشكلِ.

تمرينٌ

تسيرُ سيارةٌ بتسارعٍ ثابتٍ مقداره $3\ m/s^2$ في اتجاهٍ يَصنعُ زاويةً مقدارُها 30^{o} شرقَ الشمالِ. أُمثِّلُ بيانيًّا:

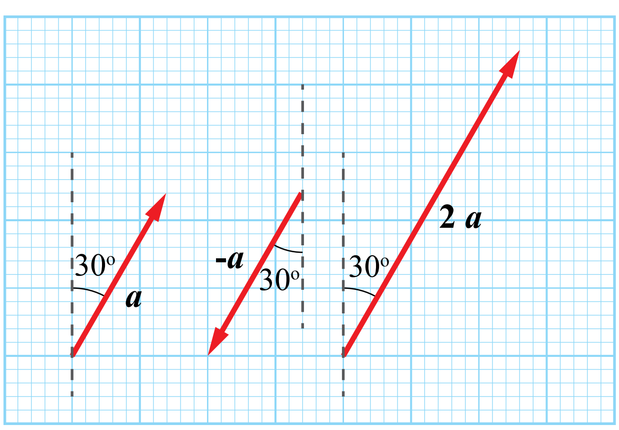
أ. سالبَ مُتَّجِهِ التَسارعِ. ب. ضربَ مُتَّجِهِ التَسارعِ في العددِ (2).

تمرين

مقياس الرسم ($1cm : 1\ m/s^2$)، إذًا، طول السهم الذي يُمثِّل المتجه $\boldsymbol{a}$ هو 3 cm كما في الشكل.

أ . سالب المتجه ($-\boldsymbol{a}$): هو متجه طوله 3 cm، بعكس اتجاه $\boldsymbol{a}$ كما في الشكل.

ب. ضرب المتجه $\boldsymbol{a}$ في الرقم 2 يساوي ($2\,\boldsymbol{a}$): هو متجه طوله 6 cm، باتجاه المتجه $\boldsymbol{a}$.



ضربُ المُتَّجِهاتِ Vectors Product

تعرَّفْنا سابقًا أنَّ كميةً مُتَّجِهةً تنتجُ منْ حاصلِ ضربِ كميةٍ قياسيةٍ في كميةٍ مُتَّجِهةٍ، ولكنَّنا نحتاجُ أحيانًا في علمِ الفيزياءِ إلى ضربِ كميةٍ مُتَّجِهةٍ في كميةٍ أُخرى مُتَّجِهةٍ، فهلْ سيكونُ الناتجُ كميةً مُتَّجِهةً أمْ كميةً قياسيةً؟

يوجدُ نوعانِ منْ ضربِ مُتَّجِهيْنِ بعضِهما في بعضٍ، هما: الضربُ القياسيُّ، والضربُ المُتَّجِهيُّ.

أصمِّمُ باستخدامِ برنامجِ السكراتش (Scratch) عرضًا يوضحُ ضربَ المتجهاتِ، ثمَّ أشاركُهُ زملائي/ زميلاتي في الصفِّ.

أ . الضربُ القياسيُّ (النقطيُّ) Scalar (Dot) Product

يُعرَّفُ الضربُ القياسيُّ Scalar product لمُتَّجِهيْنِ (مثلُ: $\boldsymbol{A}$ وَ $\boldsymbol{B}$) بينَهُما زاويةٌ θ، كما في الشكلِ (10)، على النحوِ الآتي:

$$\boldsymbol{A} \cdot \boldsymbol{B} = AB \cos\theta$$

حيثُ:

A: مقدارُ المُتَّجِهِ $\boldsymbol{A}$.

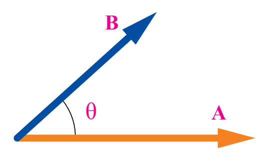
B: مقدارُ المُتَّجِهِ $\boldsymbol{B}$.

θ: الزاويةُ الصغرى بينَ المُتَّجِهيْنِ: $\boldsymbol{A}$ وَ $\boldsymbol{B}$؛ أيْ ($0^{\circ} \leq \theta \leq 180^{\circ}$) حينَ ينطلقُ المُتَّجِهانِ منَ النقطةِ نفسِها، كما في الشكلِ(10).

أمّا الناتجُ منْ عمليةِ الضربِ القياسيِّ فيكونُ كميةً قياسيةً لها مقدارٌ فقطْ، وهوَ مقدارٌ يتغيَّرُ بتغيُّرِ مقدارِ الزاويةِ θ بينَ المُتَّجِهيْنِ.

منَ التطبيقاتِ الفيزيائيةِ على الضربِ القياسيِّ الشغلُ W، وهوَ حاصلُ الضربِ القياسيِّ لمُتَّجِهِ القوَّةِ $\boldsymbol{F}$ في مُتَّجِهِ الإزاحةِ $\boldsymbol{d}$:

$$W = \boldsymbol{F} \cdot \boldsymbol{d} = Fd \cos\theta$$



الشكلُ (10): مُتَّجِهانِ بينَهُما زاويةٌ θ.

أُقارِنُ بينَ ناتجِ كلٍّ منْ: $\boldsymbol{A} \cdot \boldsymbol{B}$، وَ $\boldsymbol{B} \cdot \boldsymbol{A}$.

17

إجابة سؤال الشكل (10):

$$\boldsymbol{A} \cdot \boldsymbol{B} = A\,B \cos\theta$$

$$\boldsymbol{B} \cdot \boldsymbol{A} = B\,A \cos\theta$$

بما أنَّ: $A\,B \cos\theta = B\,A \cos\theta$، فإنَّ: $\boldsymbol{A} \cdot \boldsymbol{B} = \boldsymbol{B} \cdot \boldsymbol{A}$

- أوجه الطلبة إلى استخدام برنامج السكراتش لإعداد عرض يوضح ضرب المتجهات، يتضمن العناصر الآتية:
  - تعريف نوعي الضرب.
  - المعادلة المستخدمة لحساب ناتج الضرب في كل حالة.
  - رسومات توضح كيفية تحديد اتجاه ناتج الضرب التقاطعي.
- ثم أوجِّههم إلى مشاركته أو عرضه أمام زملائهم/ زميلاتهم في الصف.

التعزيز:

أسأل الطلبة عن سبب تسمية الضرب القياسي (النقطي) بهذا الاسم.

سُمِّي الضرب القياسي بهذا الاسم لأنَّ ناتج الضرب كمية قياسية، وسُمِّي أيضًا بالضرب النقطي لأنَّ إشارة الضرب بين المتجهين هي نقطة (·).

المناقشة:

- أكتب على اللوح معادلة الضرب النقطي: $\boldsymbol{A} \cdot \boldsymbol{B} = AB \cos\theta$، ثم أناقش الطلبة في هذه المعادلة، وأطرح عليهم الأسئلة الآتية:
  - ما أكبر قيمة جبرية لناتج الضرب النقطي؟
    AB.
  - عند أيِّ زاوية θ؟
    صفر.
  - ما أقل قيمة جبرية لناتج الضرب النقطي؟
    صفر.
  - عند أيِّ زاوية θ؟
    90°.
  - متى تكون القيمة الجبرية لحاصل الضرب النقطي سالبةً؟ أفسِّر إجابتي.
    عندما تكون الزاوية بين المتجهين أكبر من 90°، وأقل من 180°، أو تساوي 180°.

معلومة إضافية

- أوضِّح للطلبة مفهوم الخاصية التبديلية Commutativity في الرياضيات، وهي خاصية رياضية ترتبط بالعمليات الثنائية عامةً؛ إذ لا تعتمد فيها النتيجة على ترتيب العناصر. تُطبَّق هذه الخاصية على عمليات جمع الأعداد: $(a + b = b + a)$، أو ضربها: $(a \times b = b \times a)$، ولا تُطبَّق على عمليات القسمة والطرح.

مثال إضافي

كميتان متجهتان ($\boldsymbol{A}$ و $\boldsymbol{B}$) متساويتان في المقدار ولهما الاتجاه نفسه، وناتج ضربهما النقطي 64 N.m. أجدُ مقدار كل متجه، ووحدة قياسه.

الحل:

$\boldsymbol{A} = \boldsymbol{B}\ ,\ \theta = 0^{o}$

$\boldsymbol{A}\,.\,\boldsymbol{B} = AB \cos\theta$

$64 = A \times A \times \cos 0^{o}$

$64 = A^2 \times 1$

إمّا $A = 8\ \text{N}\ ,\ B = 8\ \text{m}$

وإمّا $A = 8\ \text{m}\ ,\ B = 8\text{N}$

المناقشة

- أكتب على اللوح معادلة الضرب التقاطعي: $|\boldsymbol{A} \times \boldsymbol{B}| = AB \sin\theta$، وأطرح الأسئلة الآتية:
  - ما أكبر قيمة جبرية لناتج الضرب التقاطعي؟ AB
  - عند أي زاوية نحصل على أكبر قيمة للضرب التقاطعي؟ (90°).
  - ما أقل قيمة جبرية لناتج الضرب التقاطعي؟ صفر.
  - عند أي زاوية نحصل على أقلّ قيمة لناتج الضرب التقاطعي؟ صفر.
  - هل يمكن أن يكون ناتج الضرب سالبًا؟ لا

استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى تأمل الشكل (12)، وأسأل:
  - ماذا تمثّل الأسهم المبينة في الشكل؟

    الأسهم باللونين الأزرق والأخضر يعبّران عن اتجاهي المتجهين (A) و (B)، والسهم الأحمر يعبّر عن ناتج ضرب المتجهين.
- أوضّح للطلبة أن ناتج الضرب التقاطعي كمية متجهة، ولتحديد اتجاه ناتج الضرب تستخدم قاعدة اليد اليمنى.

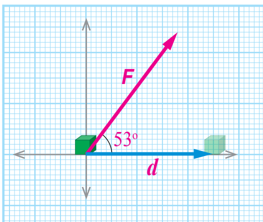
المثالُ 7

أثَّرَتْ قُوَّةٌ $\boldsymbol{F}$ مقدارُها 120 N في جسمٍ، فحرَّكَتْهُ إزاحةً $\boldsymbol{d}$ مقدارُها 5 m في اتجاهِ الشرقِ. إذا علمْتُ أنَّ الشغلَ W الذي تُنجِزُهُ القُوَّةُ $\boldsymbol{F}$ يُعطى بالعلاقةِ: $W = \boldsymbol{F}\,.\,\boldsymbol{d}$، وأنَّ الزاويةَ بينَ اتجاهِ $\boldsymbol{F}$ واتجاهِ $\boldsymbol{d}$ (53^{o})، فأُجيبُ عمّا يأتي:

أ . أُمثِّلُ المُتَّجِهيْنِ $\boldsymbol{F}$ وَ $\boldsymbol{d}$ بيانيًّا.

ب . هلْ يُعَدُّ الشغلُ W كميةً مُتَّجِهةً؟ أُوضِّحُ ذلكَ.

جـ . أَجِدُ مقدارَ الشغلِ الذي أنجزَتْهُ القُوَّةُ.



الشكلُ (11): تمثيلُ المُتَّجِهيْنِ $\boldsymbol{F}$ وَ $\boldsymbol{d}$ بيانيًّا.

المعطياتُ: $\theta = 53^{o}$، $d = 5\ \text{m}$، $F = 120\ \text{N}$.

المطلوبُ: $W = ?$.

الحلُّ:

أ . مقياسُ الرسمِ (1 cm: 20 N) للقُوَّةِ، وَ (1 cm: 1 m) للإزاحةِ، وتمثيلُ المُتَّجِهيْنِ مُبيَّنٌ في الشكلِ (11).

ب . لا، لا يُعَدُّ الشغلُ W كميةً مُتَّجِهةً، فهوَ كميةٌ قياسيةٌ؛ لأنَّهُ ناتجٌ منَ الضربِ القياسيِّ لمُتَّجِهي القُوَّةِ والإزاحةِ.

جـ . يُمكِنُ إيجادُ مقدارِ الشغلِ الذي أنجزَتْهُ القُوَّةُ باستخدامِ العلاقةِ الآتيةِ:

$$W = \boldsymbol{F}.\boldsymbol{d} = F\,d \cos\theta$$
$$= 120 \times 5 \times \cos 53^{o}\quad ,\quad \cos 53^{o} = 0.6$$
$$= 360\ \text{J}$$

ب. الضربُ المُتَّجِهيُّ (التقاطعيُّ) Vector (Cross) Product

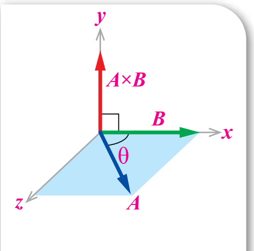
ناتجُ **الضربِ المُتَّجِهيِّ Vector product** لمُتَّجِهيْنِ (مثلُ: $\boldsymbol{A}$ وَ $\boldsymbol{B}$) بينَهُما زاويةٌ θ يُكتَبُ في صورةِ ($\boldsymbol{A} \times \boldsymbol{B}$)، ويكونُ كميةً مُتَّجِهةً لها مقدارٌ واتجاهٌ، ويكونُ الاتجاهُ دائمًا متعامدًا معَ كلٍّ منَ اتجاهِ المُتَّجِهيْنِ: $\boldsymbol{A}$ وَ $\boldsymbol{B}$، كما في الشكلِ (12)، ويُعطى مقدارُهُ على النحوِ الآتي:

$$|\boldsymbol{A} \times \boldsymbol{B}| = A\,B \sin\theta$$

حيثُ:

$|\boldsymbol{A} \times \boldsymbol{B}|$: مقدارُ ناتجِ الضربِ المُتَّجِهيِّ للمُتَّجِهيْنِ: $\boldsymbol{A}$ وَ $\boldsymbol{B}$.

A: مقدارُ المُتَّجِهِ $\boldsymbol{A}$.

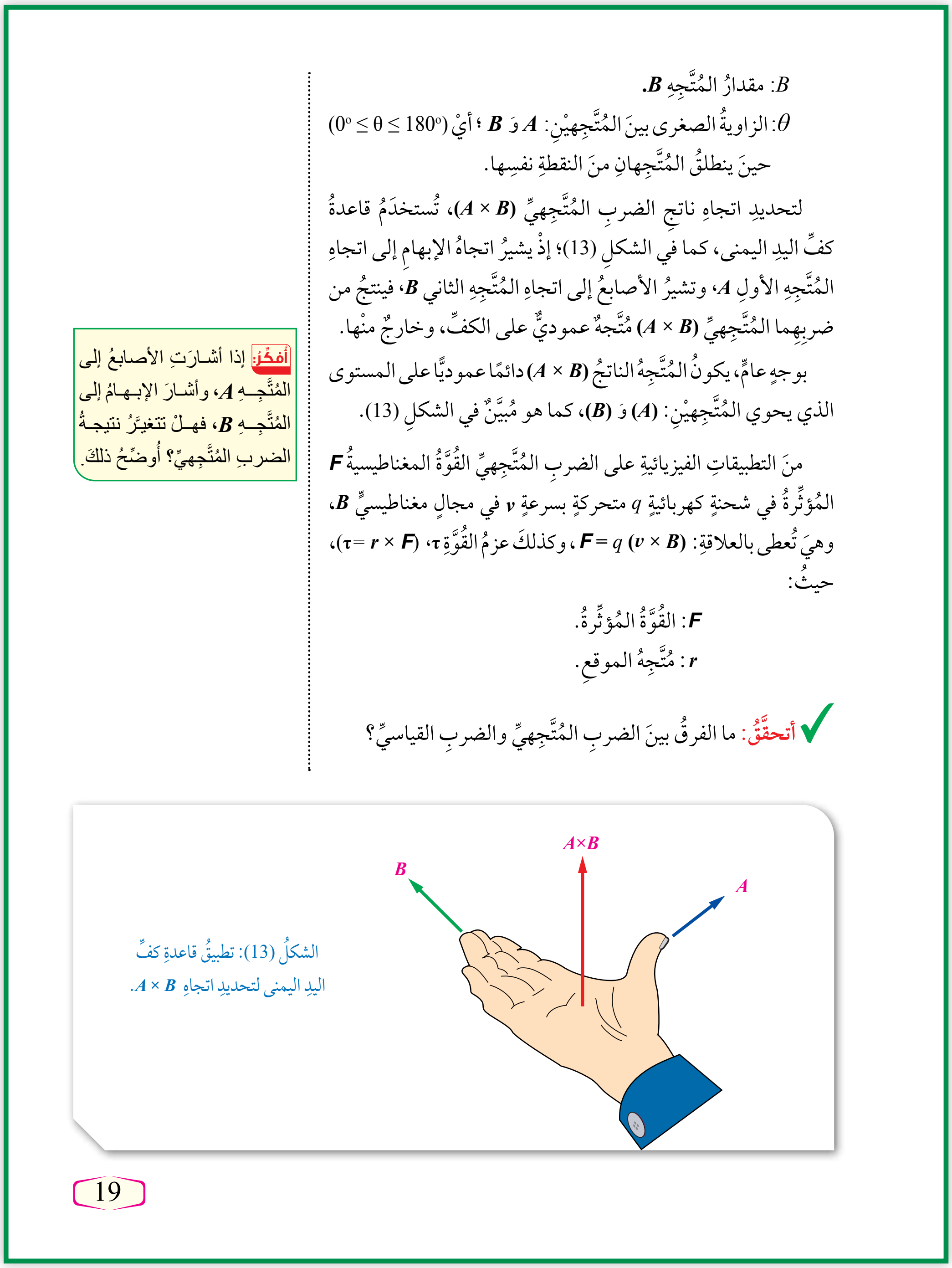


الشكلُ (12): الضربُ المُتَّجِهيُّ للمُتَّجِهيْنِ: $\boldsymbol{A}$، وَ $\boldsymbol{B}$.

18

ورقة العمل (1)

أُقسّم الطلبة مجموعاتٍ ثنائية، ثم أوزّع عليهم ورقة العمل (1) الموجودة في الملحق، وأوجّههم إلى الحل فرادى وأمنحهم وقتًا كافيًا، ثم نناقش الحل معًا. أوجّه كل مجموعة لعرض إجاباتها ومناقشتها مع المجموعات الأخرى.


B: مقدارُ المُتَّجِهِ B.

θ: الزاويةُ الصغرى بينَ المُتَّجِهَيْنِ: A وَ B؛ أيْ ($0° \le \theta \le 180°$) حينَ ينطلقُ المُتَّجِهانِ منَ النقطةِ نفسِها.

لتحديدِ اتجاهِ ناتجِ الضربِ المُتَّجِهيِّ ($A \times B$)، تُستخدَمُ قاعدةُ كفِّ اليدِ اليمنى، كما في الشكلِ (13)؛ إذْ يشيرُ اتجاهُ الإبهامِ إلى اتجاهِ المُتَّجِهِ الأولِ A، وتشيرُ الأصابعُ إلى اتجاهِ المُتَّجِهِ الثاني B، فينتجُ من ضربِهِما المُتَّجِهيِّ ($A \times B$) مُتَّجهٌ عموديٌّ على الكفِّ، وخارجٌ منْها.

بوجهٍ عامٍّ، يكونُ المُتَّجِهُ الناتجُ ($A \times B$) دائمًا عموديًّا على المستوى الذي يحوي المُتَّجِهيْنِ: (A) وَ (B)، كما هو مُبيَّنٌ في الشكلِ (13).

منَ التطبيقاتِ الفيزيائيةِ على الضربِ المُتَّجِهيِّ القُوَّةُ المغناطيسيةُ F المُؤثِّرةُ في شحنةٍ كهربائيةٍ q متحركةٍ بسرعةٍ v في مجالٍ مغناطيسيٍّ B، وهيَ تُعطى بالعلاقةِ: $F = q\,(v \times B)$، وكذلكَ عزمُ القُوَّةِ τ، ($\tau = r \times F$)، حيثُ:

F: القُوَّةُ المُؤثِّرةُ.

r: مُتَّجِهُ الموقعِ.

أتحقَّقُ: ما الفرقُ بينَ الضربِ المُتَّجِهيِّ والضربِ القياسيِّ؟

أفكِّرُ: إذا أشارَتِ الأصابعُ إلى المُتَّجِهِ A، وأشارَ الإبهامُ إلى المُتَّجِهِ B، فهلْ تتغيَّرُ نتيجةُ الضربِ المُتَّجِهيِّ؟ أوضِّحْ ذلكَ.

الشكلُ (13): تطبيقُ قاعدةِ كفِّ اليدِ اليمنى لتحديدِ اتجاهِ $A \times B$.

19

أتحقَّق:

- **الضرب القياسي:** عملية ضرب كمية متجهة في كمية متجهة أُخرى، يكون ناتجها كمية قياسية، لها مقدار فقط على النحو الآتي:
  $A \cdot B = A\,B \cos\theta$
- **الضرب المتجهي:** عملية ضرب كمية متجهة في كمية متجهة أُخرى، يكون ناتجها كمية متجهة، لها مقدار واتجاه على النحو الآتي:
  $|A \times B| = A\,B \sin\theta$

  أمّا الاتجاه فيُحدَّد باستعمال قاعدة كف اليد اليمنى.

أفكِّرُ:

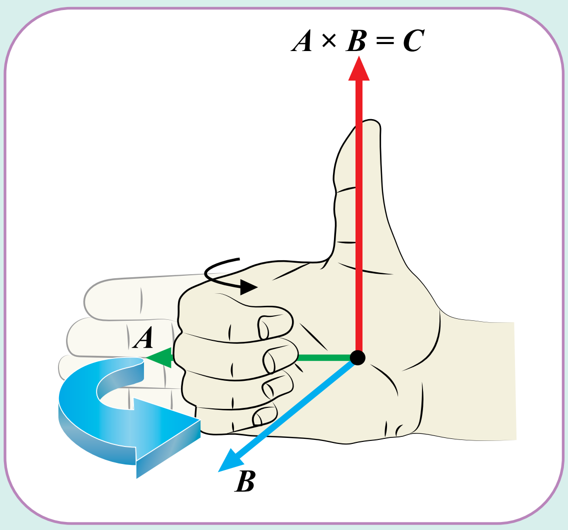
نعم؛ إذ ينعكس اتجاه ناتج الضرب المتجهي، أمّا المقدار فلا يتغير. وهذه الحالة تُمثِّل $B \times A$.

طريقة أخرى للتدريس: قبضة اليد اليمنى

ربَّما يجد بعض الطلبة صعوبة في تحديد اتجاه ناتج الضرب المتجهي؛ لذا يُمكِن استعمال طريقة أُخرى (إضافة إلى قاعدة كف اليد اليمنى)، هي قاعدة قبضة اليد اليمنى على النحو الآتي:

لنفترض أنَّ $A \times B = C$، حيث يُمثِّل المتجه C ناتج الضرب المتجهي لـ: $A \times B$.

فإذا أردنا -مثلًا- تحديد اتجاه C، فإنَّنا نُحرِّك الأصابع الأربعة لكف اليد اليمنى من اتجاه A إلى اتجاه B عبر الزاوية الصغرى، فيشير اتجاه الإبهام إلى اتجاه C؛ أيْ إلى اتجاه محور $+y$ كما في الشكل؛ إذ يكون المتجه C متعامدًا دائمًا مع كلٍّ من المتجهين: A و B. وبالطريقة نفسها، يُمكِن أيضًا استعمال قاعدة البرغي بدلًا من قبضة اليد اليمنى.

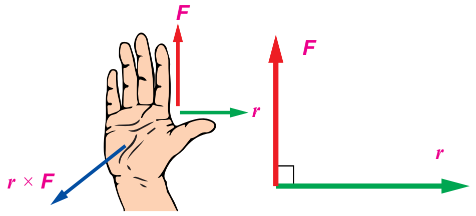


المثالُ 8

في الشكلِ (14)، إذا كانَ $\boldsymbol{F} = 250\ N$، وَ $\boldsymbol{r} = 0.4\ m$، فأُجيبُ عمّا يأتي:

أ . أَجِدُ مقدارَ عزمِ القُوَّةِ $(\boldsymbol{r} \times \boldsymbol{F})$، واتجاهَهُ.

ب. إذا تغيَّرَتِ الزاويةُ بينَ $\boldsymbol{r}$ وَ $\boldsymbol{F}$ لتصبحَ 45^o، فما مقدارُ $\boldsymbol{r} \times \boldsymbol{F}$، واتجاهُهُ؟



الشكلُ (14): تطبيقُ قاعدةِ كفِّ اليدِ اليمنى.

الحلُّ:

أ . مقدارُ عزمِ القُوَّةِ $(\boldsymbol{r} \times \boldsymbol{F})$:

$$|\boldsymbol{r} \times \boldsymbol{F}| = r \times F \times \sin\theta$$
$$= 0.4 \times 250 \times \sin 90^o \text{ , } \sin 90^o = 1$$
$$= 100\ N.m$$

بحسبِ قاعدةِ كفِّ اليدِ اليمنى، يشيرُ الإبهامُ إلى اتجاهِ $\boldsymbol{r}$، وتشيرُ الأصابعُ إلى اتجاهِ $\boldsymbol{F}$ ؛ لذا يكونُ اتجاهُ عزمِ القُوَّةِ خارجًا منَ الورقةِ (باتجاهِ محورِ $+z$).

ب. مقدارُ $\boldsymbol{F} \times \boldsymbol{r}$:

$$|\boldsymbol{r} \times \boldsymbol{F}| = r \times F \times \sin\theta$$
$$= 0.4 \times 250 \times \sin 45^o \text{ , } \sin 45^o = 0.7$$
$$= 70\ N.m$$

اتجاهُ $\boldsymbol{F} \times \boldsymbol{r}$ يكونُ خارجًا منَ الورقةِ (باتجاهِ محورِ $+z$)، كما في الفرعِ (أ).

تمرينٌ

مُتَّجِهانِ: $\boldsymbol{A}$ وَ $\boldsymbol{B}$، مقدارُ كلٍّ منْهُما $20\ u$ (الرمزُ u يعني وحدةً unit).

أَجِدُ مقدارَ الزاويةِ بينَ المُتَّجِهيْنِ في الحالتيْنِ الآتيتيْنِ:

أ . $\boldsymbol{A} \cdot \boldsymbol{B} = 320\ u$

ب. $|\boldsymbol{A} \times \boldsymbol{B}| = 200\ u$

معلومة إضافية

- أوضّح للطلبة ما يأتي:

أ . الضرب النقطي عملية تبديلية لأن ناتج الضرب كمية قياسية ليس لها اتجاه ، أي أن:

$$\boldsymbol{A} \cdot \boldsymbol{B} = \boldsymbol{B} \cdot \boldsymbol{A}$$

ب. الضرب المتجهي عملية غير تبديلية، لأن ناتج الضرب كمية متجهة، أي أن:

$$\boldsymbol{A} \times \boldsymbol{B} = -(\boldsymbol{B} \times \boldsymbol{A})$$

- فإذا كان ناتج ضرب المتجهين $(\boldsymbol{A} \times \boldsymbol{B})$، هو متجه $(\boldsymbol{C})$؛ فإن ناتج ضرب $(\boldsymbol{B} \times \boldsymbol{A})$، هو متجه مساوٍ للمتجه $(\boldsymbol{C})$ في المقدار ويعاكسه في الإتجاه.

تمرين

أ .

$$\boldsymbol{A} \cdot \boldsymbol{B} = A\,B\cos\theta$$
$$320 = 20 \times 20 \times \cos\theta$$
$$\cos\theta = 0.8$$
$$\theta = \cos^{-1}\ 0.8 = 37^o$$

ب.

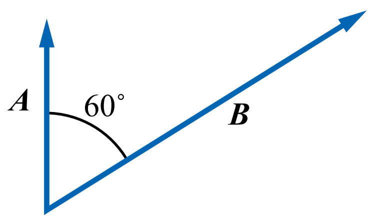
$$|\boldsymbol{A} \times \boldsymbol{B}| = A\,B\sin\theta$$
$$200 = 20 \times 20 \times \sin\theta$$
$$\sin\theta = 0.5$$
$$\theta = \sin^{-1}\ 0.5 = 30^o\ ,150^o$$

مثال إضافي

في الشكل المجاور؛ إذا كان المتجه $(\boldsymbol{A} = 5\ u)$، والمتجه $(\boldsymbol{B} = 10\ u)$ والمتجهان يقعان في المستوى $(x - y)$، والزاوية بينهما (60°)؛ أجد ناتج ما يأتي مقدارًا واتجاهًا:

أ . $\boldsymbol{A} \times \boldsymbol{B}$

ب. $\boldsymbol{B} \times \boldsymbol{A}$



الحلّ:

أ . $|A \times B| = AB\sin\theta = 5 \times 10 \times \sin 60 = 43.\ 3u$

باتجاه محور $(-Z)$.

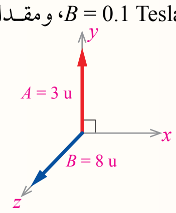
ب. $|\boldsymbol{B} \times \boldsymbol{A}| = 43.3\ u$

باتجاه محور $(+Z)$.

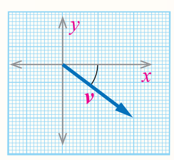
إجابات أسئلة مراجعة الدرس

مراجعةُ الدرسِ

1. **الفكرةُ الرئيسةُ**: أذكرُ اختلافًا واحدًا وتشابهًا واحدًا بينَ:
   أ . الكميةِ المُتَّجِهةِ والكميةِ القياسيةِ. ب . المُتَّجِهِ وسالبِ المُتَّجِهِ.
   جـ. الضربِ القياسيِّ والضربِ المُتَّجِهيِّ.
2. **أُصنِّفُ** الكمياتِ الآتيةَ إلى مُتَّجِهةٍ، وقياسيةٍ:
   - زمنُ الحصةِ الصفيةِ.
   - قُوَّةُ الجاذبيةِ الأرضيةِ.
   - درجةُ حرارةِ المريضِ.
   - المقاومةُ الكهربائيةُ.
   - كتلةُ الحقيبةِ المدرسيةِ.
3. **أُمَثِّلُ بيانيًّا** الكميتيْنِ المُتَّجِهتيْنِ الآتيتيْنِ:
   أ . قُوَّةٌ مغناطيسيةٌ مقدارُها 0.25 N في اتجاهٍ يَصنعُ زاويةً مقدارُها 37^o معَ محورِ x-.
   ب. تسارعٌ ثابتٌ مقدارُهُ $4\ m/s^2$ في اتجاهٍ يَصنعُ زاويةً مقدارُها 30^o شمالَ الغربِ.
4. ما مقدارُ الزاويةِ بينَ الكميتيْنِ المُتَّجِهتيْنِ $\boldsymbol{F}$ وَ $\boldsymbol{L}$ في الحالتيْنِ الآتيتيْنِ:
   أ . $\boldsymbol{F} \times \boldsymbol{L} = 0$؟ ب . $\boldsymbol{F} . \boldsymbol{L} = 0$؟ بافتراضِ أنَّ ($F \neq 0$ وَ $L \neq 0$).
5. **أحسُبُ**: اعتمادًا على العلاقةِ الآتيةِ للتدفُّقِ المغناطيسيِّ Φ: $\Phi = \boldsymbol{B} . \boldsymbol{A}$،
   أحسُبُ مقدارَ التدفُّقِ المغناطيسيِّ Φ عندما تكونُ $A = 2 \times 10^{-6}\ m^2$ ، $B = 0.1$ Tesla، ومقدارُ الزاويةِ بينَ المُتَّجِهيْنِ $\boldsymbol{A}$ وَ $\boldsymbol{B}$ تساوي 45^o.



6. **أحسُبُ**: اعتمادًا على البياناتِ في الشكلِ المجاورِ، أحسُبُ مقدارَ ناتجِ الضربِ المُتَّجِهيِّ $(\boldsymbol{B} \times \boldsymbol{A})$، مُحدِّدًا الاتجاهَ (الرمزُ u يعني وحدةً unit).



7. **أحسُبُ**: سيارةٌ تسيرُ بسرعةٍ ثابتةٍ $\boldsymbol{v}$، وفي اتجاهٍ مُحدَّدٍ. مُثِّلَتْ سرعةُ السيارةِ بيانيًّا برسمِ سهمٍ طولُهُ 5 cm باستخدامِ مقياسِ الرسمِ (1 cm: 10 m/s) على النحوِ المُبيَّنِ في الشكلِ المجاورِ. أحسُبُ مقدارَ سرعةِ السيارةِ، مُحدِّدًا اتجاهَها بالنسبةِ لمحورِ السيناتِ الموجبِ.
8. **أحسُبُ** مقدارَ الزاويةِ بينَ المُتَّجِهيْنِ: $\boldsymbol{F}$ وَ $\boldsymbol{r}$، التي يتساوى عندَها مقدارُ الضربِ القياسيِّ ومقدارُ الضربِ المُتَّجِهيِّ للمُتَّجِهيْنِ؛ أيْ إنَّ: $|\boldsymbol{r} \times \boldsymbol{F}| = \boldsymbol{r} . \boldsymbol{F}$.

21

---

1 أ . الكمية المتجهة لها مقدار واتجاه، أمّا الكمية القياسية فلها مقدار فقط، ولكلٍّ منهما مقدار ووحدة.

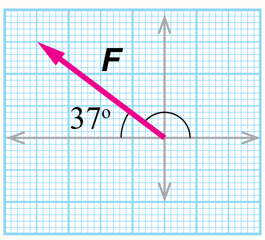
ب. اتجاه كلٍّ منهما عكس اتجاه الآخر، ولكلٍّ منهما المقدار نفسه.

جـ. ناتج الضرب المتجهي كمية متجهة، وناتج الضرب القياسي كمية قياسية، ولكنَّ ناتج كلٍّ منهما يتغير بتغير الزاوية بين المتجهين.

2
- زمن الحصة الصفية: قياسية.
- قوة الجاذبية الأرضية: متجهة.
- درجة حرارة المريض: قياسية.
- المقاومة الكهربائية: قياسية.
- كتلة الحقيبة المدرسية: قياسية.

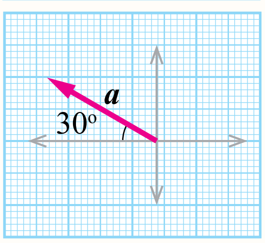
3 أ . (1cm: 0.05 N)

طول السهم: 5 cm



ب. ($1cm:1\ m/s^2$)

طول السهم: 4 cm



4 أ . $\boldsymbol{F} \times \boldsymbol{L} = F L \sin\theta$

$0 = F L \sin\theta$

وبما أنَّ $F \neq 0$, $L \neq 0$، فإنَّ:

$\sin\theta = 0$

$\theta = \sin^{-1} 0 = 0^o , 180^o$

ب. $\boldsymbol{F} . \boldsymbol{L} = F L \cos\theta$

$0 = F L \cos\theta$

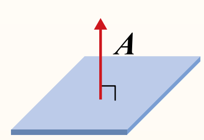
$\cos\theta = 0$

$\theta = \cos^{-1} 0 = 90^o , 270^o$

5 $\Phi = \boldsymbol{B} . \boldsymbol{A}$

$= 0.1 \times 2 \times 10^{-6} \times \cos 45^o = 1.4 \times 10^{-7}\ T.m^2$

يُذكَر أنَّ المتجه $\boldsymbol{A}$ هنا هو المتجه العمودي على المساحة كما في الشكل.



6 $|\boldsymbol{B} \times \boldsymbol{A}| = B\, A \sin\theta$

$|\boldsymbol{B} \times \boldsymbol{A}| = 8 \times 3 \sin 90^o = 24\ u$

بحسب قاعدة كف اليد اليمنى، فإنَّ الإبهام يشير إلى اتجاه $\boldsymbol{B}$، والأصابع تشير إلى اتجاه $\boldsymbol{A}$؛ لذا، فإنَّ اتجاه $\boldsymbol{B} \times \boldsymbol{A}$ يكون في اتجاه ($-x$).

7 طول السهم 5 cm. وبحسب مقياس الرسم (1 cm: 10 m/s)، فإنَّ مقدار سرعة السيارة v هو:

$v = 5 \times 10 = 50\ m/s$

الاتجاه: أستعمل المنقلة لقياس الزاوية بين محور $+x$ والمتجه.

8 $|\boldsymbol{r} \times \boldsymbol{F}| = \boldsymbol{r} . \boldsymbol{F}$

$r\, F \sin\theta = r\, F \cos\theta$

$\sin\theta = \cos\theta$

$$\frac{\sin\theta}{\cos\theta} = \frac{\cos\theta}{\cos\theta}$$

$\tan\theta = 1$

$\theta = \tan^{-1} 1 = 45^o$

الدرس 2

جمع المتجهات وطرحها

Addition and Subtraction of Vectors

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

- أوضّح للطلبة أنَّ جمع الكميات المتجهة يختلف عن جمع الكميات القياسية؛ إذ إنَّ معرفة الاتجاه تُسهِم في إيجاد ناتج الجمع. أوضّح لهم أيضًا أنَّ عمليات جمع الكميات المتجهة وطرحها تتمُّ بطرائق مختلفة؛ بيانيًّا، ورياضيًّا، وذلك بتحليل المتجهات إلى مُركَّباتها.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

- أراجع الطلبة بما تعلموه عن إيجاد محصلة قوى بالاتجاه نفسه، وباتجاهين متعاكسين.
- أذكّرهم بالنتيجة التي توصلوا إليها في التجربة الاستهلالية؛ عن إيجاد ناتج جمع قوتين متساويتين في المقدار وباتجاهين مختلفين.

2 التدريس

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (15)، ثم الإجابة عن الأسئلة الآتية:

– في أيّ الشكلين (أ) و (ب) يمكن جمع القوى جمعًا جبريًا؟

في الشكل (ب)؛ لأن القوتين تكونان بالاتجاه نفسه.

– لماذا لا يمكن جمع القوى في الشكل (أ) جمعًا جبريًا؟

لأنهما باتجاهين مختلفين.

– ما الناتج المتوقع من جمع القوتين في الحالة (أ)؟

أقبل إجابات الطلبة جميعها، ثم أبيّن لهم أنَّ الناتج أكبر من 200 N، وأقل من 400 N بحسب الزاوية بين القوتين.

– هل يختلف تسارع العربة في الحالتين؟

نعم؛ لأنَّ ناتج جمع القوتين في الحالة (أ) أقل منه في الحالة (ب).

– إذا تغيَّر اتجاه القوتين أو إحداهما، فهل سيتغيَّر ناتج الجمع؟

الدرسُ 2

جمعُ المُتَّجِهاتِ وطرحُها

Addition and Subtraction of Vectors

◄ الفكرةُ الرئيسةُ:

جمعُ الكمياتِ المُتَّجِهةِ أوْ طرحُها يكونُ إمّا بيانيًّا، وإمّا رياضيًّا عنْ طريقِ تحليلِ الكمياتِ المُتَّجِهةِ إلى مُركَّباتِها.

◄ نتاجاتُ التعلُّمِ:

- أُطبِّقُ خصائصَ المُتَّجِهاتِ على كمياتٍ فيزيائيةٍ مُتَّجِهةٍ.
- أستنتجُ خصائصَ المُتَّجِهاتِ بطرائقَ مختلفةٍ.

◄ المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

جمعُ الكمياتِ المتَّجِهةِ Addition of vector quantities

مُتَّجِهُ المحصلةِ Resultant Vector.

الطريقةُ البيانيةُ Graphical Method.

تحليلُ المُتَّجِهاتِ إلى مُركّباتِها Resolving Vectors into Components.

الطريقةُ التحليليةُ Analytical Method.

جمعُ المُتَّجِهاتِ Addition of Vectors

تعرَّفْتُ في الدرسِ السابقِ أنَّ الكمياتِ الفيزيائيةَ تكونُ كمياتٍ مُتَّجِهةً تُحدَّدُ بالمقدارِ والاتجاهِ معًا، أوْ كمياتٍ قياسيةً تُحدَّدُ فقطْ بالمقدارِ، وأنَّ عمليةَ ضربِ الكمياتِ المُتَّجِهةِ تختلفُ عنْ عمليةِ ضربِ الكمياتِ القياسيةِ. ولكنْ هلْ تختلفُ عملياتُ جمعِ الكمياتِ المُتَّجِهةِ وطرحِها عنها في الكمياتِ القياسيةِ؟

إذا أمضيْتُ أمسِ أربعَ ساعاتٍ في الدراسةِ، وساعتينِ في ممارسةِ الرياضةِ، وساعةً في العملِ التطوعيِّ، فإنَّ مجموعَ ما استغرقْتُهُ في الدراسةِ والرياضةِ والعملِ التطوعيِّ 7 ساعاتٍ. وإذا كانَتْ درجةُ حرارةِ الجوِّ اليومَ 20 °C، ودرجةُ حرارةِ الجوِّ المُتوقَّعةُ غدًا 24 °C، فإنَّ درجةَ الحرارةِ غدًا سترتفعُ 4 °C، بحسبِ قولِ الراصدِ الجويِّ.

هذهِ بعضُ الأمثلةِ على جمعِ الكمياتِ القياسيةِ وطرحِها (الزمنُ، درجةُ الحرارةِ)، وقدْ جُمِعَتْ وطُرِحَتْ بطريقةٍ جبريةٍ شرطَ أنْ تكونَ منَ النوعِ نفسِهِ، وأنْ يكونَ لها الوحداتُ نفسُها، ويكونَ ناتجُ الجمعِ كميةً قياسيةً أيضًا. أمّا عندَ **جمعِ الكمياتِ المُتَّجِهةِ (Addition of vector quantities)** فيجبُ مراعاةُ الاتجاهِ والمقدارِ. فمثلًا، إذا جُمِعَتِ القُوَّتانِ اللتانِ يُؤثِّرُ بهِما الرجلانِ لسحبِ العربةِ في الشكلِ (15/أ) جبريًّا (200 + 200 = 400 N) فإنَّ الإجابةَ تكونُ غيرَ صحيحةٍ، أمّا إذا أثَّرَ الرجلانِ في الاتجاهِ نفسِهِ، وبالقُوَّةِ نفسِها، كما في الشكلِ (15/ ب) فإنَّ مجموعَ القُوَّتيْنِ 400 N في اتجاهِ إحدى القُوَّتيْنِ يكونُ صحيحًا.

الشكلُ (15): أ. قُوَّتانِ في اتجاهيْن مختلفيْن. ب. قُوَّتانِ في الاتجاهِ نفسِه.

22

نعم، قد يكون الناتج صفرًا، أو 400 N، أو ما بينهما.

- أوضّح للطلبة الاستنتاج الذي يُمكِن التوصُّل إليه، وهو: ناتج جمع الكميات المتجهة يختلف باختلاف المقدار والاتجاه لهذه الكميات.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

❋ **القضايا ذات العلاقة بالعمل: العمل التطوعي.**

في المثال المتعلق بالزمن وقضاء ساعة في العمل التطوعي، ألفت انتباه الطلبة إلى مفهوم العمل التطوعي، وأهميته، وآثاره الإيجابية في الفرد والمجتمع، وكذلك أهمية إدارة الوقت على نحوٍ فاعل مُنظَّم.

ماذا يُتوقَّعُ أنْ يكونَ ناتجُ جمعِ القُوَّتيْنِ إذا أثَّرَ كلُّ رجلٍ بالقُوَّةِ نفسِها، ولكنْ في اتجاهيْنِ متعاكسيْنِ؟

نستنتجُ ممّا سبقَ أنَّ ناتجَ جمعِ مُتَّجِهيْنِ (مثلُ: $\boldsymbol{A}$ وَ $\boldsymbol{B}$) هوَ مُتَّجِهٌ جديدٌ $(\boldsymbol{A}+\boldsymbol{B})$ يختلفُ مقدارُهُ واتجاهُهُ باختلافِ المقدارِ والاتجاهِ لكلٍّ منَ المُتَّجِهيْنِ، وأنَّ ما ينطبقُ على جمعِ مُتَّجِهيْنِ ينطبقُ على جمعِ مُتَّجِهاتٍ عِدَّةٍ.

بوجهٍ عامٍّ، يُسمّى المُتَّجِهُ الناتجُ منَ الجمعِ المُتَّجِهيِّ لمُتَّجِهيْنِ أو أكثرَ (مثلُ: $\boldsymbol{A}$ وَ $\boldsymbol{B}$ وَ $\boldsymbol{C}$) **مُتَّجِهَ المحصلةِ Resultant vector**، ويُرمَزُ إليهِ بالرمزِ $\boldsymbol{R}$، $(\boldsymbol{R}=\boldsymbol{A}+\boldsymbol{B}+\boldsymbol{C})$؛ على أنْ تكونَ المُتَّجِهاتُ منَ النوعِ نفسِهِ. فمثلًا، إذا جمعْنا مُتَّجِهاتٍ للسرعةِ فإنَّ مُتَّجِهَ المحصلةِ يكونُ مُتَّجِهَ سرعةٍ، وكذلكَ مُتَّجِهاتُ التسارعِ والقُوَّةِ وغيرُها.

✓ **أتحقَّقُ:** ما المقصودُ بمُتَّجِهِ المحصلةِ؟

المثالُ 9

مِزْلاجٌ كتلتُهُ m_1=70 kg، وُضِعَ فوقَهُ صندوقٌ حجمُهُ $1\ m^3$، وكتلتُهُ m_2=80 kg. سُحِبَ المِزْلاجُ بقُوَّةٍ مقدارُها F_1=400 N باتجاهِ الشرقِ، وأثَّرَتْ فيهِ قُوَّةٌ أُخرى F_2=100 N باتجاهِ الغربِ، فتحرَّكَ بتسارُعٍ مقدارُهُ a =2 m/s² باتجاهِ الشرقِ:

أ . أُحدِّدُ الكمياتِ القياسيةَ التي يُمكِنُ جمعُها معًا، ثمَّ أَجِدُ ناتجَ الجمعِ.

ب . أُحدِّدُ الكمياتِ المُتَّجِهةَ التي يُمكِنُ جمعُها معًا، ثمَّ أُعبِّرُ عنْ ناتجِ الجمعِ (المحصلةُ) بالرموزِ.

الحلُّ:

أ . الكمياتُ القياسيةُ، هيَ: كتلةُ المِزْلاجِ، وحجمُ الصندوقِ، وكتلةُ الصندوقِ. أمّا الكمياتُ التي يُمكِنُ جمعُها معًا فيجبُ أنْ تكونَ منَ النوعِ نفسِهِ، وهيَ: m_1 = 70 kg، وَ m_2 = 80 kg، وناتجُ جمعِهِما: 80 + 70 = 150 kg، وهوَ كميةٌ قياسيةٌ.

ب . الكمياتُ المُتَّجِهةُ، هيَ: القُوَّةُ الأولى $\boldsymbol{F_1}$، والقُوَّةُ الثانيةُ $\boldsymbol{F_2}$، والتسارُعُ $\boldsymbol{a}$. أمّا الكمياتُ التي يُمكِنُ جمعُها معًا فيجبُ أنْ تكونَ منَ النوعِ نفسِهِ، وهيَ: F_1=400 N، وَ F_2=100 N، ومحصلتُهما: $\boldsymbol{R}=\boldsymbol{F_1}+\boldsymbol{F_2}$، وهيَ كميةٌ مُتَّجِهةٌ.

23

✓ **أتحقَّق:**

متجه المحصلة: هو متجه ناتج من الجمع المتجهي لمتجهين أو أكثر.

مثال إضافي

في المثال (9)؛ أحسب ناتج الجمع (المحصلة) للقوتين.

الحل:

بما أن القوتين باتجاهين متعاكسين؛ فإن محصلتهما: R = 400 - 100 = 300 N
واتجاه المحصلة باتجاه الشرق.

أوضح للطلبة أن إشارة (F_1) موجبة؛ لأنها باتجاه الشرق (محور $+x$)، وإشارة (F_2) سالبة؛ لأنها باتجاه الغرب (محور $-x$).

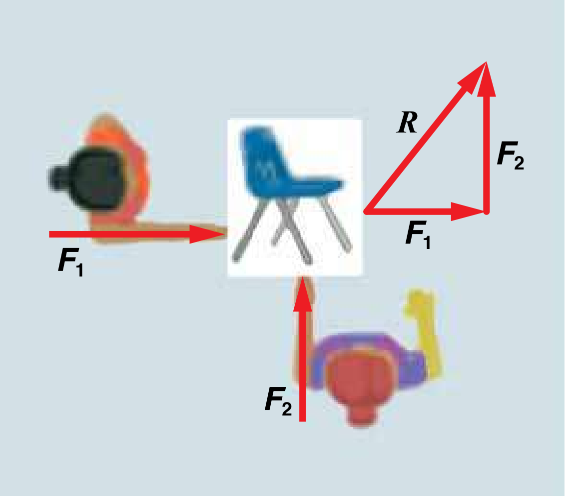
◀ بناء المفهوم:

الجمع الجبري والجمع المتجهي

- أوضح للطلبة أن مفهوم الجمع لا يقتصر على الجمع الجبري المعروف للأرقام والكميات القياسية؛ بل يشمل مفهوم الجمع المتجهي للكميات المتجهة الذي يتطلَّب معرفة كلٍّ من المقدار والاتجاه، خلافًا لجمع الكميات القياسية الذي يتطلَّب معرفة المقدار فقط.
- أوضّح للطلبة مفهوم متجه المحصلة، وأن هذا المفهوم يعبّر عن ناتج الجمع لمتجهين أو أكثر، وأن متجه المحصلة يختلف مقداره واتجاهه باختلاف المقدار والاتجاه للمتجهات المراد جمعها.

نشاط سريع

- أطلب إلى أحد الطلبة أنْ يدفع بقوة كرسيًّا في اتجاه مُحدَّد، ثم أطلب إلى زملائه/ زميلاته توقُّع اتجاه حركة الكرسي.
- أعيدُ الكرسي إلى مكانه، ثم أطلب إلى آخر - إضافةً إلى الطالب الأول/ الطالبة الأولى - دفع الكرسي نفسه بقوة في اتجاه عمودي على اتجاه قوة زميله/ زمليته، بحيث يدفعان الكرسي في اللحظة نفسها معًا كما في الشكل.
- أطلب إلى الطلبة توقُّع اتجاه حركة الكرسي، ومقارنة توقُّعاتهم باتجاه الحركة الفعلي الذي شاهدوه أمامهم.
- أنظِّم نقاشًا عن تأثير القوتين معًا، وعلاقة ذلك بناتج جمع القوتين (يُمكِنك تمثيل القوى بيانيًّا على اللوح).



◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى تأمل الشكل (17) وأسأل:
  - ماذا تشاهد في الشكل أ؟

  ثلاث متجهات باتجاهات مختلفة.
  - في الشكل (ب)؛ مثّلت المتجهات الثلاث معًا بطريقة (الذيل على الرأس)، أصف هذه الطريقة.

  أرسم المتجه الأول، ثم أرسم المتجه الثاني، بحيث يقع ذيله على رأس المتجه الأول، وهكذا.
  - في الشكل (جـ)؛ ماذا يمثّل السهم البرتقالي؟

  يمثّل المحصلة.

◄ المناقشة:

- أناقش الطلبة في الخطوات المتبعة في الشكل (جـ) لإيجاد محصلة متجهات عدة بيانيًّا، وأوضح لهم أن هذه الطريقة تسمى طريقة المضلع، وألخص الخطوات المتبعة في هذه الطريقة.

أخطاء شائعة

يخلط بعض الطلبة بين طرح المتجه وسالب المتجه؛ لذا أوضّح لهم أنَّ طرح المتجه هو جمعٌ لسالب المتجه؛ أيْ إنَّ سالب المتجه جزئيةٌ من طرح المتجه.

✓ أتحقَّق:

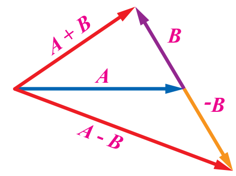
طرح المتجه: هو جمع سالب المتجه.

طرحُ المُتَّجِهاتِ Subtraction of Vectors

إنَّ عمليةَ طرحِ المُتَّجِهاتِ تُشبِهُ عمليةَ جمعِها. والإشارةُ السالبةُ تعني معكوسَ المُتَّجِهِ المرادِ طرحُهُ. فمثلًا، عندَ طرحِ المُتَّجِهِ $\boldsymbol{B}$ منَ المُتَّجِهِ $\boldsymbol{A}$ (أيْ: $\boldsymbol{A} - \boldsymbol{B}$) فإنَّ المُتَّجِهَ $\boldsymbol{A}$ يُجمَعُ معَ معكوسِ المُتَّجِهِ الثاني ($\boldsymbol{-B}$)، كما في الشكلِ (16)، ويُكتَبُ بالصورةِ الآتيةِ:

$$\boldsymbol{A} - \boldsymbol{B} = \boldsymbol{A} + (\boldsymbol{-B})$$

أيْ أنَّ طرحَ المُتَّجِهِ يُكافِئُ جمعَ سالبِ ذلكَ المُتَّجِهِ.



الشكلُ (16): جمعُ المُتَّجِهاتِ وطرحُها.

✓ **أتحقَّقُ**: ما المقصودُ بطرحِ المُتَّجِهِ؟

محصلةُ مُتَّجِهاتٍ عِدَّةٍ Resultant of Many Vectors

لإيجادِ محصلةِ مُتَّجِهيْنِ أوْ أكثرَ، سواءٌ أكانَتْ في بُعْدٍ واحدٍ مثلِ محورِ x أوْ محورِ y، أمْ في بُعْديْنِ مثلِ مستوى (x-y)، فإنَّنا نستخدمُ إحدى الطريقتيْنِ الآتيتيْنِ:

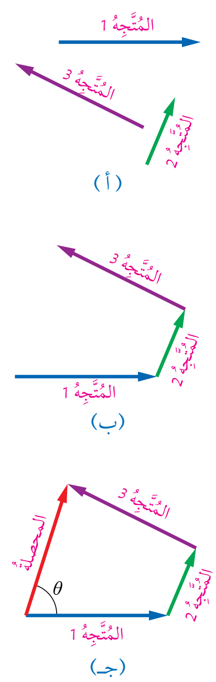
أ . الطريقةُ البيانيةُ (الرسمُ) Graphical Method

هيَ طريقةٌ تتلخَّصُ في تمثيلِ المُتَّجِهاتِ المرادِ جمعُها بأسهمٍ، ثمَّ تركيبِ تلكَ الأسهمِ بطريقةِ متوازي الأضلاعِ، أوْ بطريقةِ المُضلَّعِ (الذيلُ على الرأسِ)، وسنتناولُ في هذا الدرسِ طريقةَ المُضلَّعِ.

طريقةُ المُضلَّعِ (الذيلُ على الرأسِ) Polygon (head-to-tail) Method:

تُستخدَمُ هذهِ الطريقةُ لإيجادِ محصلةِ العديدِ منَ المُتَّجِهاتِ بيانيًّا. فمثلًا، لإيجادِ محصلةِ المُتَّجِهاتِ الموضحةِ في الشكلِ (17/ أ) نتبّعِ الخطواتِ الآتيةِ:

1. اختيارُ مقياسِ رسمٍ مناسبٍ، ورسمُ أسهمٍ تُمثِّلُ المُتَّجِهاتِ التي يرادُ إيجادُ محصلتِها (جمعُها).
2. رسمُ المُتَّجِهِ الأولِ، ثمَّ رسمُ المُتَّجِهِ الثاني، بحيثُ يقعُ ذيلُهُ عندَ رأسِ المُتَّجِهِ الأولِ، وهكذا الحالُ لبقيةِ المُتَّجِهاتِ حتّى آخرِ مُتَّجِهٍ، كما في الشكلِ (17/ ب)، معَ المحافظةِ على طولِ السهمِ واتجاهِهِ عندَ نقلِهِ.



الشكلُ (17): محصلةُ مُتَّجِهاتٍ عِدَّةٍ بطريقةِ المُضلَّعِ.

24

توظيف التكنولوجيا

أبحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن موضوع محصلة عِدَّة متجهات بيانيًّا، علمًا أنّه يُمكنني إعداد عروض تقديمية تتعلَّق بموضوع الدرس.

أشارك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق صفحة المدرسة الإلكترونية، أو إنشاء مجموعة على تطبيق (Microsoft teams)، أو استعمال أيِّ وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

3. رسمُ سهمٍ منْ ذيلِ المُتَّجِهِ الأولِ إلى رأسِ المُتَّجِهِ الأخيرِ؛ ليُمثِّلَ طولُهُ مقدارَ المحصلةِ، معَ مراعاةِ مقياسِ الرسمِ، ويُمثِّلَ اتجاهُهُ (منَ الذيلِ إلى الرأسِ) اتجاهَ المحصلةِ (قياسُ الزاويةِ θ بينَ اتجاهِ المحصلةِ ومحورِ $+x$) كما في الشكل (17/ جـ).

أتحقَّقُ: أُوضِّحُ المقصودَ بطريقةِ المُضلَّعِ لإيجادِ محصلةِ مُتَّجِهاتٍ عِدَّةٍ بيانيًّا.

أُفكِّرُ: هلْ يُمكِنُ إيجادُ الزاويةِ θ بطريقةٍ رياضيةٍ منْ دونِ استخدامِ المنقلةِ في المثالِ 10؟ أُوضِّحُ ذلكَ.

المثالُ 10

تُؤثِّرُ ثلاثُ قوى في جسمٍ: القُوَّةُ الأولى F_1 مقدارُها 30 N، والقُوَّةُ الثانيةُ F_2 مقدارُها 50 N، والقُوَّةُ الثالثةُ F_3 مقدارُها 70 N واتجاهُ كلٌّ منها مبيَّنٌ في الشكلِ (18/أ) . أَجِدُ مقدارَ محصلةِ القوى المؤثِّرةِ في الجسمِ واتجاهَها بيانيًّا.

المعطياتُ: $F_1 = 30$ N، $F_2 = 50$ N، $F_3 = 70$ N ، الشكلُ (18/ أ)

المطلوبُ: $R = ?$.

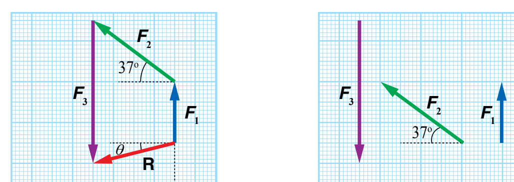
الحلُّ:

أ . في الشكلِ (18/أ)، مقياسُ الرسمِ هوَ (1 cm: 10 N)، وبذلكَ يكونُ طولُ المتَّجِهِ F_1: 3 cm، وطولُ المتَّجِهِ F_2: 5 cm، وطولُ المتَّجِهِ F_3: 7 cm.

ب. أرسمُ السهمَ الذي يُمثِّلُ مُتَّجِهَ القُوَّةِ F_1، كما في الشكلِ (18/ب)، ثمَّ أرسمُ السهمَ الذي يُمثِّلُ مُتَّجِهَ القُوَّةِ F_2، بحيثُ يقعُ ذيلُهُ على رأسِ سهمِ F_1، ثمَّ أرسمُ السهمَ الذي يُمثِّلُ مُتَّجِهَ القُوَّةِ F_3، بحيثُ يقعُ ذيلُهُ على رأسِ سهمِ F_2. بعدَ ذلكَ أرسمُ سهمًا منْ ذيلِ المُتَّجِهِ الأولِ F_1 إلى رأسِ المُتَّجِهِ الثالثِ (الأخيرِ)؛ ليُمثِّلَ طولُهُ مقدارَ المحصلةِ، ويُمثِّلَ اتجاهُهُ اتجاهَ المحصلةِ.

جـ. أقيسُ -بالمسطرةِ- طولَ مُتَّجِهِ المحصلةِ R منَ الشكلِ (4.1 cm). وبحسبِ مقياسِ الرسمِ (1cm: 10 N)، فإنَّ مقدارَ المحصلةِ: $R = 4.1 \times 10 = 41$ N.

د . أقيسُ -بالمنقلةِ- الزاويةَ θ بينَ مُتَّجِهِ المحصلةِ ومحورِ x- ($\theta = 14^o$)؛ لتُمثِّلَ اتجاهَ المحصلةِ.



الشكلُ (18): أ . تمثيلُ مُتَّجِهاتِ القوى بأسهمٍ. ب . محصلةُ مُتَّجِهاتِ القوى بالرسمِ.

25

مثال إضافي

- أستخدم **استراتيجية التعلم التعاوني**، أوزع الطلبة إلى مجموعات وأزوّدهم بورق رسم بياني.

- أطلب إلى المجموعات إيجاد ناتج جمع ما يأتي بيانيًّا، مستعينين بمعطيات المثال (10):
  - $F_1 + F_2$
  - $F_2 + F_1$
  - $F_1 + F_3 + F_2$

- أعرض النتائج التي توصلت إليها المجموعات، وأوضح من خلال الرسومات أن:
  - $F_1 + F_2 = F_2 + F_1$
  - $F_1 + F_2 + F_3 = F_1 + F_3 + F_2$

- أوجّه الطلبة إلى ربط ما توصَّلوا إليه بالخاصية التبديلية لجمع المتجهات.

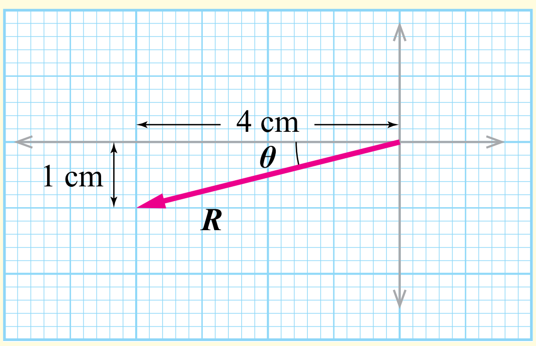
أتحقَّق:

طريقة المضلع: هي طريقة بيانية لإيجاد محصلة متجهين أو أكثر عن طريق تمثيل المتجهات بأسهم، ثم تركيبها بوضع ذيل المتجه الثاني على رأس المتجه الأول، وهكذا بالترتيب حتى آخر متجه، فيُمثِّل طولُ السهم الواصل من ذيل المتجه الأول إلى رأس المتجه الأخير مقدارَ المحصلة، ويُمثِّل اتجاهُ السهم اتجاهَ المحصلة.

أفكِّر:

يُمكِن إيجاد الزاوية θ بين متجه المحصلة R ومحور x- باستعمال النسب المثلثية؛ سواء كان sin، أو cos، أو tan. ففي المثال 10، يمكن حساب الزاوية θ المُبيَّنة في الشكل التالي على النحو الآتي:

$$\theta = \tan^{-1} |(\frac{-1}{-4})| = \tan^{-1} 0.25 = 14^o$$

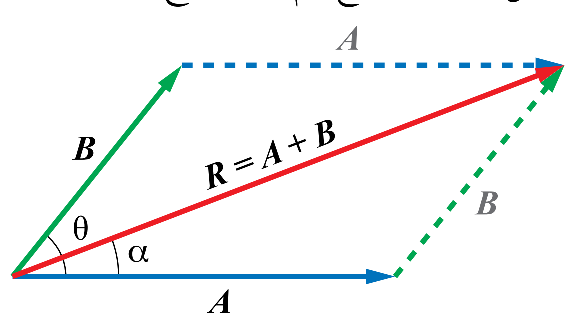


معلومة إضافية

طريقة متوازي الأضلاع (Parallelogram Method):

لإيجاد محصلة متجهين (مثل: A، وB) بيانيًّا بطريقة متوازي الأضلاع، أرسم المتجه الأول A، ثم أرسم المتجه الثاني B، بحيث تنطبق بدايته (ذيله) على بداية المتجه A، ثم أكمل رسم متوازي الأضلاع، ثم أرسم قُطْر متوازي الأضلاع الذي يتحد مع هذين المتجهين في نقطة البداية، ليُمثِّل محصلة المتجهين $(R = A + B)$ كما في الشكل.

أطلب إلى الطلبة إيجاد محصلة المتجهين A، و B في الشكل، بطريقة المضلع، ثم مقارنة ناتج الطريقتين.



التجربة 1

إيجاد محصلة قوتين بصورة عملية.

الهدف: إيجاد محصلة قوتين بينهما زاوية بصورة عملية.

زمن التنفيذ: 35 دقيقة

إرشادات السلامة. أنبّه الطلبة إلى توخّي الحذر من سقوط الأجسام والأدوات على أقدامهم.

المهارات العلمية: الاستنتاج، المقارنة، القياس.

الإجراءات والتوجيهات:

- أوجّه الطلبة إلى النظر في اتجاه عمودي على مركز الطاولة عند انطباق الحلقة على مركز الطاولة.
- يُمكِن استعمال طاولة القوى في إيجاد محصلة قوتين أو أكثر؛ سواء كانت تلك القوى متساوية في المقدار، أو غير متساوية.

النتائج المتوقعة:

من المتوقع أنْ ينطبق الخيط في الخطوة الثانية على التدريج: $240^o \pm 2^o$ وبالرغم من الدقة المتناهية لنتائج هذه التجربة، فإنَّه يوجد خطأ بسيط في قياس تدريج الخيط الثالث؛ نتيجة عدم ضبط الخيط الأول على تدريج 0^o، وعدم ضبط الخيط الثاني على تدريج 120^o تمامًا، أو عدم انطباق مركز الحلقة تمامًا على مركز الطاولة.

التحليل والاستنتاج:

1. $F_1 = F_2 = F_3 = (m_{\text{حامل الثقل}} + m_{\text{الثقل}})g$، محصلة القوى تساوي صفرًا.
2. باستعمال مقياس رسم مناسب، وتطبيق طريقة مضلع القوى، يُمكِن إيجاد محصلة القوتين بيانيًّا.
3. بما أنَّ الحلقة في حالة اتزان، فإنَّ محصلة القوتين تساوي في المقدار القوة الثالثة، وتعاكسها في الاتجاه. ولكن، عمليًّا، قد لا تتساوى تلك الكميات بصورة كاملة؛ نظرًا إلى وجود أخطاء في القياس، ودقة الرسم.
4. محصلة أيِّ قوتين من القوى الثلاث تساوي في المقدار القوة الثالثة، وتعاكسها في الاتجاه.
5. صفر؛ فعند تمثيل القوى الثلاث بيانيًّا، تُشكِّل الأسهم المُمثِّلة لتلك القوى مثلثًا مغلقًا، بحيث تنطبق نقطة ذيل القوة الأولى على رأس القوة الثالثة، فتكون المحصلة صفرًا.
6. عند مقارنة النتائج، أُدير نقاشًا عن أسباب اختلاف النتائج، وكيفية معالجة ذلك الاختلاف، أو التقليل منه.

استراتيجية التقويم: الملاحظة. **أداة التقويم:** سُلَّم تقدير.

الرقم	اسم الطالب/ الطالبة	المعيار 1: إيجاد القوة المحصلة بيانيًّا بدقة كبيرة.				المعيار 2: التعاون مع أفراد المجموعة، والمُعلِّم/ المعلمة، وقيِّم المختبر.				المعيار 3: التوصل إلى أن ثلاثة قوى محصلتها صفر، تمثّل بيانيًّا بمثلث مغلق.			
		4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1
1													
2													

* 4: ممتاز. 3: جيد جدًّا. 2: متوسط. 1: مقبول.

التجربةُ 1

إيجادُ محصلةِ قُوَّتيْنِ بصورةٍ عمليةٍ

الموادُّ والأدواتُ: طاولةُ القوى، مجموعتانِ منَ الأثقالِ تتكوَّنُ كلٌّ منْهُما منْ ثلاثةِ أثقالٍ متساويةٍ في الكُتلةِ، ميزانٌ إلكترونيٌّ (حسّاسٌ)، ثلاثةُ حواملِ أثقالٍ متماثلةٍ.

إرشاداتُ السلامةِ: الحذرُ منْ سقوطِ الأجسامِ والأدواتِ على القدميْنِ.

خطواتُ العملِ:

بالتعاونِ معَ أفرادِ مجموعتي، أُنفِّذُ الخطواتِ الآتيةَ:

1. أضع طاولةَ القوى على سطحٍ مستوٍ، وأستعملُ الميزانَ لقياسِ كتلةِ حاملِ الأثقالِ، ثم أُدوِّنُ النتيجةَ.
2. أضعُ ثقلًا على كلِّ حاملٍ، ثمَّ أضبطُ خيطَ أحدِ الحواملِ على تدريجِ الصفرِ $0°$، وخيطًا لحاملٍ آخرَ على تدريجِ $120°$، وأُحرِّكُ خيطَ الحاملِ المُتبقِّيَ حتّى ينطبقَ مركزُ الحلقةِ على مركزِ طاولةِ القوى، ثمَّ أُدوِّنُ التدريجَ الذي انطبقَ عليْهِ الخيطُ.
3. أُكرِّرُ الخطوةَ الثانيةَ باستخدامِ ثلاثةِ أثقالٍ أُخرى متساويةٍ. هلْ تغيَّرَتِ النتائجُ؟

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. **أحسُبُ** القوى الثلاثَ المُؤثِّرةَ في الحلقةِ باستخدامِ العلاقةِ: $F = mg$، حيثُ m: (كتلةُ حاملِ الثِّقْلِ + كتلةِ الثِّقْلِ). ما مقدارُ محصلةِ تلكَ القوى؟
2. **أحسُبُ** بيانيًّا محصلةَ القُوَّتيْنِ: الأولى، والثانيةِ.
3. **أُقارِنُ** محصلةَ هاتيْنِ القُوَّتيْنِ بالقُوَّةِ الثالثةِ منْ حيثُ: المقدارُ، والاتجاهُ.
4. **أستنتجُ** استنادًا إلى تجربتي، علاقةَ محصلةِ أيِّ قُوَّتيْنِ بالقُوَّةِ الثالثةِ عندَ الاتزانِ (انطباقُ مركزِ الحلقةِ على مركزِ الطاولةِ).
5. **أحسُبُ** بيانيًّا محصلةَ القوى الثلاثِ، ثمَّ أُفسِّرُ النتيجةَ.
6. **أُقارِنُ** نتائجَ مجموعتي بنتائجِ المجموعاتِ الأُخرى.

تمرينٌ

شحنةٌ كهربائيةٌ تُؤثِّرُ فيها ثلاثُ قوى كهربائيةٍ على النحوِ الآتي:

200 N في اتجاهِ الجنوبِ، 300 N في اتجاهٍ يَصنعُ زاويةً مقدارُها 53^o شمالَ الغربِ، 500 N في اتجاهِ الغربِ.

أَجِدُ مقدارَ محصلةِ القوى الكهربائيةِ المُؤثِّرةِ في الشحنةِ واتجاهَها بيانيًّا.

26

تمرين

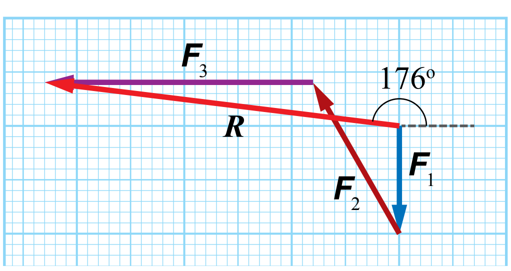
مقياس الرسم: (1 cm: 100 N)، إذن:

$F_1 = 2$ cm، $F_2 = 3$ cm، $F_3 = 5$ cm

طول سهم المحصلة R هو 6.8 cm، إذن: مقدار المحصلة R هو:

$$R = 6.8\text{ cm} \times \frac{100\text{ N}}{1\text{ cm}} = 680\text{ N}$$

باستعمال المنقلة، يتبيَّن أنَّ الزاوية بين متجه المحصلة ومحور $+x$ هي: (176^o).



القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **القضايا الأخلاقية: الاحترام.**

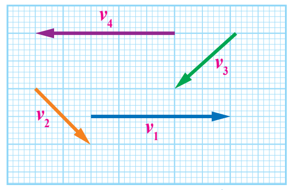
في التجربة 1، أوجّه الطلبة إلى أهمية تنمية قيمة الاحترام والتعاون المتبادل بين أفراد المجموعة الواحدة في أثناء تنفيذ التجربة، وكذلك بين أفراد المجموعات في أثناء مقارنة النتائج، فضلًا عن احترام الرأي والرأي الآخر في أثناء الحوار، والابتعاد عن التعصُّب لرأي معين.

المثالُ 11

مُثِّلَتْ أربعةُ مُتَّجِهاتٍ للسرعةِ (v_1, v_2, v_3, v_4) بالرسمِ، كما في الشكلِ (19)، وذلكَ باستخدامِ مقياسِ الرسمِ (1 cm:5 m/s). أَجِدْ:

أ . مقدارَ مُتَّجِهِ محصلةِ السرعةِ، واتجاهَهُ.

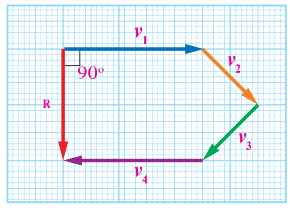
ب. $v_1 + v_2 + 2v_3 - v_4$



الشكلُ (19): مُتَّجِهاتُ السرعةِ.

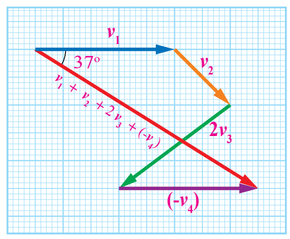
الحلُّ:

أ . بتطبيقِ طريقةِ المُضلَّعِ، كما في الشكلِ (20)، فإنَّ طولَ سهمِ المحصلةِ R هوَ 4 cm. ووفقًا لمقياسِ الرسمِ (1cm: 5 m/s)، فإنَّ مقدارَ المحصلةِ: $R = 4 \times 5 = 20$ m/s، واتجاهَها نحوَ الجنوبِ.



الشكلُ (20): محصلةُ السرعةِ.

ب. بتطبيقِ طريقةِ المُضلَّعِ، كما في الشكلِ (21)، فإنَّ طولَ السهمِ الناتجِ منْ جمعِ $v_1 + v_2 + 2v_3 + (-v_4)$ هوَ 10 cm. ووفقًا لمقياسِ الرسمِ (1cm: 5 m/s)، فإنَّ مقدارَ مُتَّجِهِ المحصلةِ: $R = 10 \times 5 = 50$ m/s، وباستخدامِ المنقلةِ نجدُ أنَّ اتجاهَها يميلُ بزاويةِ θ مقدارُها 37° أسفلَ محورِ $+x$.



الشكلُ (21): مجموعُ المُتَّجِهاتِ.

ب. الطريقةُ التحليليةُ Analytical Method

إنَّ استخدامَ الطريقةِ البيانيةِ في إيجادِ محصلةِ مُتَّجِهاتٍ عِدَّةٍ عمليةٌ سهلةٌ، لكنَّها قدْ تفتقرُ إلى الدقةِ. لقدْ لاحظْتُ وجودَ اختلافاتٍ بسيطةٍ بينَ نتائجي ونتائجِ زملائي/ زميلاتي عندَ استخدامي إيّاها، ويُعْزى ذلكَ إلى أخطاءٍ في عملياتِ القياسِ (قياسُ الأطوالِ والزوايا)؛ لذا سأتعرَّفُ طريقةً رياضيةً أكثرَ دقةً، هيَ تحليلُ المُتَّجِهاتِ إلى مُركَّباتِها.

✔ **أتحقَّقُ:** لماذا يُعدُّ إيجادُ محصلةِ متجهاتٍ عدةٍ بالطريقةِ التحليليةِ أكثرَ دقةً منْ إيجادِها بالطريقةِ البيانيةِ؟

27

◄ **التعزيز:**

- أستخدم استراتيجية «فكر، انتق زميلًا، شارك».
- أوجّه الطلبة إلى الرجوع إلى المثال (11/أ) وأسأل: ما محصلة المتجهين $(v_3 + v_2)$؟
- أمنح الطلبة وقتًا كافيًا للتفكير وكتابة الإجابة، ثم أطلب إلى كل طالبين مشاركة بعضهما.
- أناقش أفراد المجموعات، وأتوصل معهم إلى أن محصلة هذين المتجهين تساوي محصلة متجه السرعة للمتجهات الأربعة:

$$R = v_1 + v_2 + v_3 + v_4 = v_2 + v_3$$

- أوضح للطلبة أن المتجه v_4 يساوي سالب المتجه v_1؛ لذا، فإنَّ مجموعها $(v_1 + v_4)$ يساوي صفرًا؛ أي أنهما يلغيان بعضهم بعضًا. لذلك؛ فإن محصلة المتجهات الأربعة هي نفسها محصلة المتجهين $(v_2 + v_3)$.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

❋ التفكير: التأمُّل والتساؤل.

أُخبِر الطلبة أنَّ التأمُّل يثير التفكير، وأنَّ طرح الأسئلة يفضي إلى تساؤلات عِدَّة، توصِل غالبًا إلى حلول جيدة، وطرح أفكار بنّاءة.

✔ **أتحقَّق:** لأن طريقة إيجاد المحصلة بيانيًا تفتقر إلى الدقة، بسبب أخطاء في عمليات القياس؛ وذلك عند قياس الأطوال والزوايا.

مثال إضافي

استعملت الموظفة تقوى المصعد للنزول من الطابق الخامس إلى الطابق الأرضي، ثم اتجهت نحو الغرب، وقطعت مسافة 30 m لتصل إلى إدارة الشركة. إذا كان ارتفاع الطابق الخامس 15 m؛ فأَجِدُ بيانيًّا محصلة الإزاحة التي تحرَّكتها الموظفة من الطابق الخامس إلى إدارة الشركة.

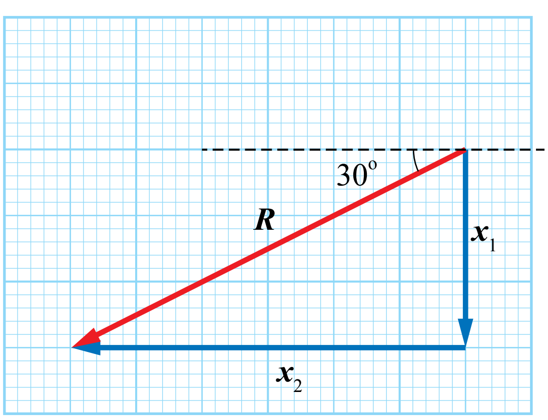
الحل:

تمثيل الإزاحتين x_1 و x_2 بيانيًّا باستعمال مقياس الرسم (1 cm: 5 m) كما في الشكل، ثم رسم سهم من ذيل x_1 إلى رأس x_2 ليُمثِّل المحصلة R.

طول سهم المحصلة R هو 6.6 cm

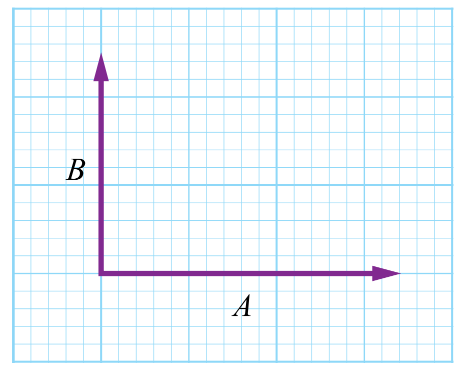
مقدار المحصلة: $R = 6.6 \times 5 = 33$ m

اتجاه المحصلة يصنع زاوية اتجاه المحصلة يصنع زاوية (30°) أسفل محور (-x).



نشاط سريع

- أستخدم **استراتيجية العمل التعاوني**، أوزّع الطلبة إلى مجموعات، ثم أطلب إلى الطلبة إيجاد محصلة المتجهين: A و B في الشكل؛ بيانيًّا ورياضيًّا، ثم مقارنة النتائج.
- أوضح للطلبة أن اختلاف النتائج -إن وجد- سببه احتمال الوقوع في الخطأ عند استخدام أداة القياس (المسطرة) لإيجاد المحصلة بالطريقة البيانية، وأن النتائج تكون أكثر دقة عند حسابها رياضيًّا.



◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى تأمّل الشكل رقم (22)، وأسأل:

– ماذا يمثّل السهم الأحمر؟

يمثّل قوة سحب تؤثر في الحقيبة.

– ما العلاقة بين السهمين المرسومين باللون الأزرق واللون الأحمر؟

يمكن الاستعاضة عن القوة (اللون الأحمر) بالقوتين (اللون الأزرق).

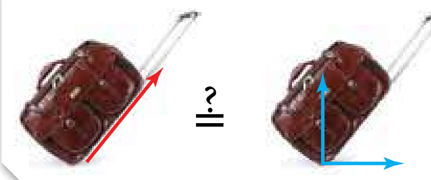
◄ بناء المفهوم

تحليل المتجه إلى مركبتين.

- أوضّح للطلبة مفهوم تحليل المتجه، وأرسم الشكل (23) موضحًا المركبة الأفقية والمركبة العمودية، وكيفية حساب كل منهما.
- أوضح للطلبة أن إشارة المركبة (الأفقية أو العمودية) تعتمد على اتجاهها، فعندما تكون المركبة باتجاه المحور الموجب فإن إشارتها تكون موجبة، وعندما تكون باتجاه المحور السالب فإن إشارتها تكون سالبة.

تحليلُ المُتَّجهاتِ إلى مُركَّباتِها
Resolving Vectors into Components

عندَ سحبِ حقيبةِ سفرٍ بطريقتيْنِ، كما في الشكلِ (22)، هلْ يتساوى تأثيرُ كلٍّ منهُما في الحقيبةِ؟



الشكلُ (22): سحبُ حقيبةِ سفرٍ.

بعدَ أنْ تعرَّفْنا عمليةَ جمعِ مُتَّجهيْنِ أوْ أكثرَ لإيجادِ مُتَّجِهٍ واحدٍ جديدٍ (مُتَّجِهُ المحصلةِ)، سنقومُ بعمليةٍ عكسيةٍ؛ أيْ تحليلِ المُتَّجِهِ الواحدِ والاستعاضةِ عنْهُ بمُتَّجهيْنِ متعامديْنِ (على محورَيْ x وَ y مثلًا) يُسمّيانِ مُركَّبتَيِ المُتَّجِهِ، وتكونُ محصلتُهما المُتَّجِهَ نفسَهُ، ويتحدانِ معَهُ في نقطةِ البدايةِ.

يُطلَقُ على هذهِ العمليةِ اسمُ **تحليلِ المُتَّجِهِ إلى مُركَّبتيْهِ Resolving a vector into two components**. فمثلًا، يُمكِنُ تحليلُ المُتَّجِهِ A الواقعِ في الربعِ الأولِ منْ مستوى x-y، كما في الشكلِ (23)، إلى مُركَّبتيْنِ، هما:

- المُركَّبةُ الأفقيةُ A_x: تُمثِّلُ مسقطَ المُتَّجِهِ A على محورِ $+x$.
- المُركَّبةُ العموديةُ A_y: تُمثِّلُ مسقطَ المُتَّجِهِ A على محورِ $+y$.

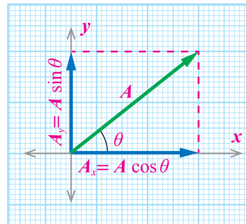
يكونُ المجموعُ المُتَّجِهيُّ للمُركبتيْنِ مساويًا المُتَّجِهَ A؛ أيْ أنَّ: $A_x + A_y = A$.

وبتطبيقِ النسبِ المثلثيةِ، فإنَّ:

$$\cos\theta = \frac{A_x}{A} \rightarrow A_x = A\cos\theta$$

$$\sin\theta = \frac{A_y}{A} \rightarrow A_y = A\sin\theta$$

في الشكلِ (23)، ألاحظُ أنَّ المركبةَ A_x في اتجاهِ المحورِ السينيِّ الموجبِ ($+x$)، والمركبةَ A_y في اتجاهِ المحورِ الصاديِّ الموجبِ ($+y$)، لذلكَ تكونُ إشارةُ كلٍّ منَ المركبتينِ موجبةً.



الشكلُ (23): تحليلُ المُتَّجِهِ A إلى مُركَّبتيهِ.

أُثبِتُ أنَّ: $A_x^2 + A_y^2 = A^2$.

28

إجابة سـؤال الشكل (23):

الحل:

$A_x = A\cos\theta$

$A_y = A\sin\theta$

$A_x^2 + A_y^2 = A^2\cos^2\theta + A^2 sin^2\theta$

$A_x^2 + A_y^2 = A^2(\cos^2\theta + sin^2\theta)$

ولكن: $(\cos^2\theta + sin^2\theta) = 1$

وبذلك، فإنَّ: $A_x^2 + A_y^2 = A^2$

ولمّا كانَتِ المُركَّبتانِ: (A_x , A_y) تُشكِّلانِ ضلعيْنِ في مثلثٍ قائمِ الزاويةِ، والمُتَّجِهُ $\boldsymbol{A}$ يُمثِّلُ وترَ المثلثِ، فإنَّ مقدارَ المُتَّجِهِ $\boldsymbol{A}$:

بحسبِ نظريةِ فيثاغورس........ $A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2}$

أمّا الزاويةُ θ بينَ المُتَّجِهِ ومحورِ $+x$ فيُمكِنُ حسابُها منَ العلاقةِ الآتيةِ:

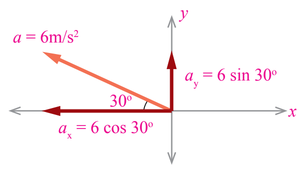
$$\tan \theta = \frac{A_y}{A_x} \rightarrow \theta = \tan^{-1} \frac{A_y}{A_x}$$

أُفكِّرُ: ما علاقةُ صورةِ لاعبِ كرةِ السَّلَّةِ -في بدايةِ الوحدةِ- بتحليلِ المُتَّجِهاتِ؟

أتحقَّقُ: ما المقصودُ بتحليلِ المُتَّجِهِ؟

المثالُ 12

تتحرَّكُ مركبةٌ بتسارُعٍ ثابتٍ مقدارُهُ $a = 6\ m/s^2$، واتجاهُه كما هوَ مبيَّنٌ في الشكلِ (24). أَجِدُ مقدارَ المُركَّبتيْنِ الأفقيةِ والعموديةِ للتسارعِ، ثمَّ أُحدِّدُ اتجاهَ كلٍّ منْهُما.



الشكلُ (24): المُركَّبةُ الأفقيةُ، والمُركَّبةُ العموديةُ للتسارعِ.

المعطياتُ: $a = 6\ m/s^2$ ، الشكل (24) .

المطلوبُ: $a_x = ?\ ,\ a_y = ?$.

الحلُّ:

المُركَّبةُ الأفقيةُ: $a_x = -a \cos 30^o = -6 \times \cos 30^o = -5.2\ m/s^2$

المُركَّبةُ العموديةُ: $a_y = a \sin \theta = 6 \times \sin 30^o = 3\ m/s^2$

ألاحظُ أنَّ المركبةَ السينيةَ للتسارعِ a_x ضُرِبَتْ بإشارةِ سالبٍ؛ لأنَّ هذهِ المركبةَ في الاتجاهِ السينيِّ السالبِ $(-x)$، في حينِ أنَّ المركبةَ a_y موجبةٌ؛ لأنَّها في الاتجاهِ الصاديِّ الموجبِ.

29

أفكِّرُ:

سدَّد لاعبٌ كرةَ السلَّة نحو المرمى بسرعة محُدَّدة $\boldsymbol{v}$، وفي اتجاه يصنع زاوية محُدَّدة (مثل θ) مع الأفق، فأصبح للسرعة مُركَّبتان:

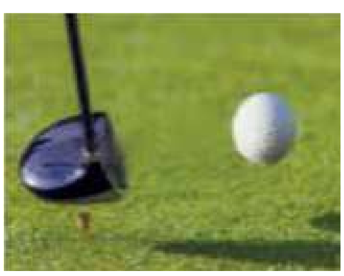
- مُركَّبة أفقية $(v \cos \theta)$، تُؤثِّر في المسافة الأفقية بين الكرة والمرمى.
- مُركَّبة عمودية $(v \sin \theta)$، تُؤثِّر في المسافة العمودية بين الكرة والمرمى.

أتحقَّق:

تحليل المتجه: الاستعاضة عن المتجه بمتجهين متعامدين (على محوري x و y مثلًا) يُسمّيان مُركَّبتي المتجه، وتكون محصلتهما المتجه نفسه، ويتحدان معه في نقطة البداية.

مثال إضافي

انطلقت كرة جولف بسرعة v، في اتجاه يصنع زاوية 25^o مع الأفق كما في الشكل. إذا كانت المُركَّبة الأفقية لسرعة انطلاق الكرة $36\ m/s$، فما مقدار مُركَّبتها العمودية؟



الحل:

$$v_x = v \cos \theta$$

$$36 = v \cos 25^o \rightarrow v = \frac{36}{0.9} = 40\ m/s$$

$$v_y = v \sin \theta$$

$$= 40 \sin 25^o = 17\ m/s$$

مثال إضافي

أستخدم استراتيجية أكواب إشارة المرور.

لدراسة أثر تغيير زاوية مَيل المتجه في مُركَّبتيه، أطلب إلى الطلبة الإجابة عن الأسئلة الآتية، مستعينين بالشكل (26):

أ. أيُّ مُركَّبتي القوة أكبر: الأفقية أم العمودية؟

ب. عند تقليل الزاوية بين متجه القوة ومحور $(+x)$، أيُّ المُركَّبتين تزداد؟ وأيُّها تقل؟ أرسم شكلًا يوضّح إجابتي.

جـ. عندما تصبح الزاوية (θ) بين متجه القوة ومحور $(+x)$ تساوي صفر، فماذا يحدث لمقدار مركبتي القوة؟

د. ما الاستنتاج الذي توصَّلت إليه عن العلاقة بين زاوية مَيل المتجه عن محور $(+x)$ ومقدار كلٍّ من مُركَّبتي المتجه؟

الحل:

أ. المركبة الأفقية.

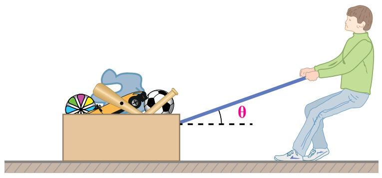
ب. يزداد مقدار المركبة الأفقية، ويقل مقدار المركبة العمودية.

جـ. المركبة الأفقية يكون لها أكبر قيمة، وتساوي مقدار القوة نفسها، أما المركبة العمودية فتساوي صفرًا.

د. بنقصان زاوية ميل المتجه عن محور $(+x)$ يزداد مقدار المركبة الأفقية، ويقل مقدار المركبة العمودية، إلى أن يصبح مقدار المركبة العمودية صفرًا، ويصبح مقدار المركبة الأفقية مساويًا للقوة نفسها، وذلك عندما تنطبق القوة على المحور الأفقي.

المثالُ 13

يسحبُ عامرٌ صندوقَ ألعابِهِ بقُوَّةٍ مقدارُها $100\ N$ في اتجاهٍ يَصنعُ زاويةً θ مقدارُها 30^o معَ محورِ $+x$ كما في الشكلِ (25). أَجِدُ مقدارَ كلٍّ منَ المُركَّبتيْنِ الأفقيةِ والعموديةِ للقُوَّةِ، مُحدِّدًا اتجاهَهُما.



الشكلُ (25): عامرٌ يسحبُ الصندوقَ بقُوَّةٍ.

المعطياتُ: $F = 100\ N$ ، $\theta = 30^o$.

المطلوبُ: $F_x = ?\ ,\ F_y = ?$.

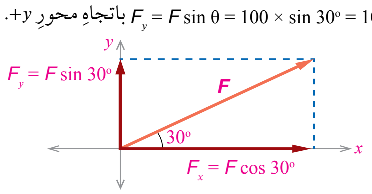
الحلُّ:

المُركَّبةُ الأفقيةُ للقُوَّةِ F_x :

$F_x = F\cos\theta = 100 \times \cos 30^o = 100 \times 0.87 = 87\ N$ باتجاهِ محورِ $+x$، كما في الشكلِ (26).

المُركَّبةُ العموديةُ للقُوَّةِ F_y :

$F_y = F\sin\theta = 100 \times \sin 30^o = 100 \times 0.5 = 50\ N$ باتجاهِ محورِ $+y$.



الشكلُ (26): المُركَّبةُ الأفقيةُ، والمُركَّبةُ العموديةُ للمُتَّجِهِ $\boldsymbol{F}$.

ماذا يحدثُ لمُركَّبَتَي القُوَّةِ الأفقيةِ والعموديةِ إذا قلَّتِ الزاويةُ θ عنْ 30^o؟

تمرينٌ

أُطلِقَتْ قذيفةٌ بسرعةِ $\boldsymbol{v}$ ، وكانَتِ المُركَّبةُ الأفقيةُ للسرعةِ $(-20\ m/s)$ والمُركَّبةُ العموديةُ لها $(40\ m/s)$. أَجِدُ مقدارَ السرعةِ $\boldsymbol{v}$، واتجاهَها.

30

تمرين

$$v = \sqrt{v_x^{\,2} + v_y^{\,2}}$$

$$v = \sqrt{(-20)^2 + 40^2} = 44.7\ m/s$$

يُحدّد اتجاه السرعة بإيجاد الزاوية التي يصنعها متجه السرعة مع محور $(-x)$:

$$\theta = \tan^{-1}\frac{v_y}{v_x} = \tan^{-1}\left|\frac{40}{-20}\right| = \tan^{-1}(2) = 64^o$$

محصلةُ المُتَّجهاتِ بالطريقةِ التحليليةِ
Resultant by Analytical Method

لإيجادِ المقدارِ والاتجاهِ لمحصلةِ مُتَّجهيْنِ أوْ أكثرَ **بالطريقةِ التحليليةِ (Analytical method)**، أتَّبعُ الخطواتِ الآتيةَ:

- أرسمُ المُتَّجهاتِ، بحيثُ يبدأُ كلُّ مُتَّجهٍ بنقطةِ الأصلِ (0,0).
- أُحلِّلُ كلَّ مُتَّجهٍ إلى مُركَّبتيهِ، مراعيًا أنْ تلتقيَ نقطةُ البدايةِ (الذيلُ) لجميعِ المُتَّجهاتِ عندَ نقطةِ الأصلِ (0,0).
- أجِدُ مجموعَ المُركَّباتِ على محورِ x (R_x) ومجموعَ المُركَّباتِ على محورِ y (R_y).
- أجِدُ مقدارَ المحصلةِ R باستخدامِ العلاقةِ الآتيةِ:

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

- أُحدِّدُ اتجاهَ المحصلةِ R .

أفكِّر: إذا كانَ مجموعُ المُركَّباتِ على محورِ y (R_y) لمجموعةٍ منَ المُتَّجهاتِ صفرًا، فهلْ يعني ذلكَ بالضرورةِ أنَّ جميعَ تلكَ المُتَّجهاتِ تقعُ فقطْ على محورِ x؟ أُفسِّرُ إجابتي.

أتحقَّقُ: أُحدِّدُ اتجاهَ المحصلةِ عندما يتساوى مجموعُ المُركَّباتِ على محورِ $+x$ معَ مجموعِ المُركَّباتِ على محورِ $+y$.

31

المناقشة:

- أذكّر الطلبة بما تعلموه عن إيجاد المحصلة باستخدام الطريقة البيانية، وأن استخدام الطريقة البيانية لإيجاد المحصلة قد يفتقر إلى الدقة بسبب أخطاء القياس.
- أوضّح للطلبة أنهم سيتعلمون حساب المحصلة بطريقة أكثر دقة؛ باستخدام الطريقة التحليلية التي تعتمد على الاستعاضة عن كل متجه بمركبتيه، ثم حساب المحصلة لهذه المركبات.
- أستخدم المثال (14) الموجود في الصفحة التالية؛ لتوضيح خطوات الطريقة التحليلية. أكتب المثال على اللوح، ثم أبدأ الخطوة الأولى، وأوضّح كيفية تطبيقها على المثال، ثم أنتقل إلى الخطوة الثانية، ثم الخطوة الثالثة، وهكذا.

أفكِّر:

لا، ليس شرطًا أنْ تقع تلك المتجهات جميعها على محور x فقط، ولكن يُشترَط أنْ يكون مجموع المُركَّبات العمودية الموجبة مساويًا لمجموع المُركَّبات العمودية السالبة ($R_y = 0$).

أتحقَّق:

يُحدَّد اتجاه المحصلة باستعمال العلاقة الآتية:

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{R_y}{R_x}$$

ولكن:

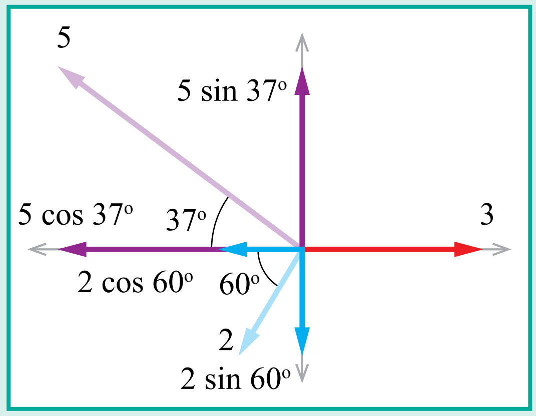
$$R_x = R_y$$

$$\alpha = \tan^{-1}(1) = 45^{\circ}$$

وهي الزاوية نفسها (45°) التي تتساوى عندها المُركَّبة الأفقية مع المُركَّبة العمودية.

طريقة أخرى للتدريس إيجاد المحصلة بالتحليل

عند استخدام الطريقة التحليلية لإيجاد محصلة متجهات عدة؛ يمكن اختصار خطوات الحل، وذلك بكتابة مقدار كل مركبة بمحاذاة السهم الذي تمثّله هذه المركبة، مع مراعاة أن المتجهات التي تنطبق على المحاور لا داعي لتحليلها. كما في الشكل الآتي:



$R_x = 3 - 5\cos 37^\circ - 2\cos 60^\circ$

$R_x = 3 - (5 \times 0.8) - (2 \times 0.5) = -2\ u$

$R_y = 5\sin 37^\circ - 2\sin 60^\circ$

$R_y = (5 \times 0.6) - (2 \times 0.87) = 1.26\ u$

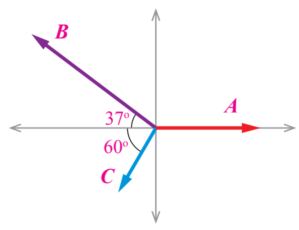
ثم يُكمَل الحلُّ بإيجاد مقدار المحصلة R، واتجاهها.

يُمكنني استخدام **أسلوب أكواب إشارة المرور** لتحليل المتجهات على النحو الآتي:

- أوزّع الطلبة إلى مجموعات ثم أوزّع على كل مجموعة ثلاثة أكواب: أحمر، وأخضر، وأصفر.
- أوزّع ورقة عمل على المجموعات تتضمَّن خطوات تحليل المتجهات بالطريقة المذكورة آنفًا.
- أطلب إلى أفراد المجموعات تحليل المتجهات في المثال (14) عن طريق حل أسئلة ورقة العمل، وإيجاد محصلة المركبات باتجاه محور x ومحور y.
- أوضح لأفراد المجموعات أنَّ الأكواب تُستعمَل بوصفها إشارةً لي على النحو الآتي: اللون الأحمر يشير إلى حاجة الطلبة الشديدة العاجلة إلى المساعدة، واللون الأصفر يشير إلى حاجتهم البسيطة إلى المساعدة، أمّا اللون الأخضر فيشير إلى عدم حاجتهم إلى المساعدة.
- أطلب إلى أفراد كل مجموعة مقارنة نتائج مجموعتهم بنتائج المجموعات الأُخرى.

المثالُ 14

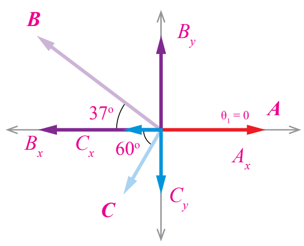
ثلاثةُ مُتَّجِهاتٍ (A, B, C) قيمُها: $(3\ u, 5\ u, 2\ u)$ على الترتيبِ، كما في الشكلِ (27). أَجِدُ مقدارَ المحصلةِ واتجاهَها بالطريقةِ التحليليةِ.



الشكلُ (27): محصلةُ مُتَّجِهاتٍ عِدَّةٍ.

الحلُّ:

- **أُحلِّلُ كلَّ مُتَّجِهٍ إلى مُركَّبتيهِ: المُركَّبةِ الأفقيةِ على محورِ x، والمُركَّبةِ العموديةِ على محورِ y، كما في الشكلِ (28)، على النحوِ الآتي:**



الشكلُ (28): تحليلُ المُتَّجِهاتِ إلى مُركَّباتِها.

$A_x = A\cos\theta_1 = 3\cos 0^\circ = 3 \times 1 = 3\ u$

$A_y = A\sin\theta_1 = 3\sin 0^\circ = 3 \times 0 = 0$

$B_x = -B\cos 37^\circ = -5\cos 37^\circ = -5 \times 0.8 = -4\ u$

$B_y = B\sin 37^\circ = 5\sin 37^\circ = 5 \times 0.6 = 3\ u$

$C_x = -C\cos 60^\circ = -2\cos 60^\circ = -2 \times 0.5 = -1\ u$

$C_y = -C\sin 60^\circ = -2\sin 60^\circ = -2 \times 0.87 = -1.74\ u$

- **أَجِدُ مجموعَ المُركَّباتِ على محورِ x:**

$\boldsymbol{R_x = A_x + B_x + C_x}$

$R_x = 3 - 4 - 1 = -2\ u$ .... في اتجاهِ محورِ $-x$

- **أَجِدُ مجموعَ المُركَّباتِ على محورِ y:**

$\boldsymbol{R_y = A_y + B_y + C_y}$

$R_y = 0 + 3 - 1.74 = 1.26\ u$ .... في اتجاهِ محورِ $+y$

- **أَجِدُ مقدارَ المحصلةِ R باستخدامِ العلاقةِ الآتيةِ:**

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

$$R = \sqrt{(-2)^2 + 1.26^2} = 2.36\ u$$

32

ورقة العمل (2)

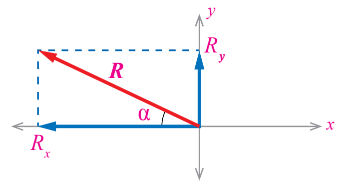
أُقسّم الطلبة مجموعاتٍ ثنائية، ثم أوزّع عليهم ورقة العمل (2) الموجودة في الملحق، وأوجّههم إلى الحل فرادى وأمنحهم وقتًا كافيًا، ثم نناقش الحل معًا. أوجّه كل مجموعة لعرض إجاباتها ومناقشتها مع المجموعات الأخرى.

• أُحدِّدُ اتجاهَ المحصلةِ؛ أيِ الزاويةَ α بينَ اتجاهِ المحصلةِ R ومحورِ x-، كما في الشكلِ (29)، وذلكَ باستخدامِ المعادلةِ الآتيةِ:

$$\alpha = \tan^{-1}\left|\frac{R_y}{R_x}\right|$$

$$\alpha = \tan^{-1}\left|\frac{1.26}{-2}\right| = 32^\circ$$

ألاحظُ أنَّ α زاويةٌ حادةٌ وظلُّها موجبٌ، لذلكَ استُخدمتِ القيمةُ المطلقةُ للقيمةِ $\frac{R_y}{R_x}$.



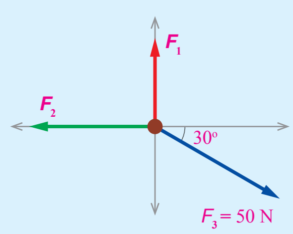
الشكلُ (29): تحديدُ مقدارِ المحصلةِ، واتجاهِها.

بعدَ دراستي وحدةَ المُتَّجهاتِ تعرَّفْتُ سببَ توجيهِ الطيارِ الطائرةَ إلى اليسارِ بزاويةٍ معينةٍ (عكسَ اتجاهِ الرياحِ) في بندِ: أتأمَّلُ الصورةَ؛ وهوَ جعلُ اتجاهِ محصلةِ سرعتيِ الرياحِ والطائرةِ في أثناءِ هبوطِها نحوَ المَدْرجِ؛ حفاظًا على سلامةِ المسافرينَ وطاقمِ الطائرةِ، وتجنُّبًا لحدوثِ أيِّ أضرارٍ في جسمِ الطائرةِ. ولوِ افترضْنا أنَّ الطيارَ هبطَ بالطائرةِ باتجاهِ المَدْرجِ لانحرفَتِ الطائرةُ نحوَ اليمينِ، وخرجَتْ عنِ المسارِ المُحدَّدِ لها على المَدْرجِ.

تمرين

• أَجِدُ مقدارَ المحصلةِ واتجاهَها في المثالِ السابقِ بيانيًّا، ثمَّ أُقارِنُ النتائجَ. ماذا أستنتجُ؟

• تُؤثِّرُ ثلاثُ قوى في نقطةٍ ماديةٍ كما في الشكلِ (30). إذا كانَتْ محصلةُ هذهِ القوى صفرًا، فما مقدارُ كلٍّ منَ القوَّتَيْنِ الأولى والثانيةِ؟



الشكلُ (30): ثلاثُ قوى تُؤثِّرُ في نقطةٍ ماديةٍ.

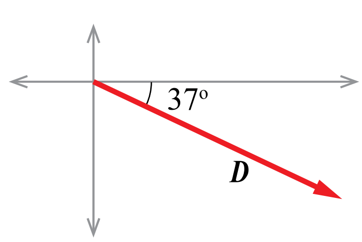
33

مثال إضافي

• أوجّه السؤال الآتي إلى الطلبة: في المثال (14)؛ ما مقدار متجه رابع (D) واتجاهه عند جمعه مع المتجهات الثلاثة، بحيث يجعل محصلة المتجهات الأربعة تساوي صفرًا؟

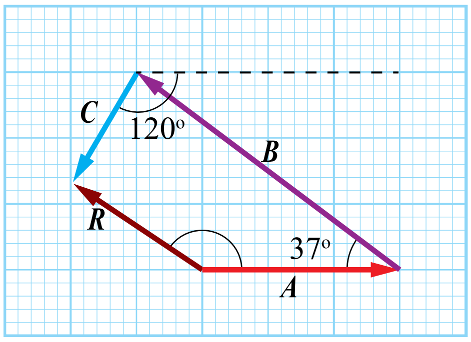
الحل:

المتجه (D) يساوي المتجه (R) مقدارًا ($2.36\ u$)، ويعاكسه في الاتجاه، كما في الشكل الآتي:



تمرين

• مقياس الرسم ($1\text{cm} : 1\ u$)، والتمثيل البياني مُوضَّح في الشكل الآتي:



المحصلة R:

$$R = 2.3\ u$$

من المُلاحَظ أنَّ النتائج متقاربة، ولكنَّ إيجاد المحصلة رياضيًّا هو أكثر دقة منه بيانيًّا؛ نتيجة الأخطاء في دقة القياس.

• المحصلة تساوي صفرًا، وهذا يعني أنَّ كلًّا من محصلة المُركَّبات السينية والمُركَّبات الصادية تساوي صفرًا ($F_x = 0$, $F_y = 0$)؛ لذا، فإنَّ:

$$F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_3 \cos 30^\circ$$

$$0 = 0 + F_{2x} + (50 \times 0.87)$$

$$F_{2x} = -43.5\text{N}$$

$$F_2 = 43.5\text{N}$$

$$F_y = F_{1y} + F_{2y} - F_3 \sin 30^\circ$$

$$0 = F_{1y} + 0 - (50 \times 0.5)$$

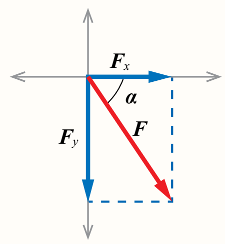
$$F_{1y} = 25\text{ N} \rightarrow F_1 = 25\text{ N}$$

إجابات أسئلة مراجعة الدرس

1 أ . جمع المتجهات: إيجاد محصلة المتجهات بيانيًا أو رياضيًا عن طريق تحليل تلك المتجهات.
تحليل المتجهات: الاستعاضة عن المتجه بمتجهين متعامدين، يُسمَّيان مُركَّبتي المتجه، ومحصلتهما المتجه نفسه.
ب. جمع المتجهات: محصلة المتجهات نفسها.
جـ. طرح الكميات المتجهة: جمع متجهي لسالب الكميات المتجهة.
د . الطريقة البيانية: طريقة لإيجاد محصلة متجهين أو أكثر عن طريق الرسم باستعمال مقياس رسم مناسب.
الطريقة التحليلية: طريقة رياضية لإيجاد محصلة متجهين أو أكثر عن طريق تحليل المتجهات إلى مُركَّباتها.

2 $F = \sqrt{(F_x^2 + F_y^2)} = \sqrt{(6^2 + (-8)^2)} = 10\ N$

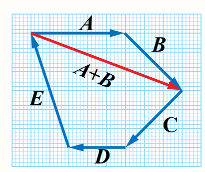
تقع القوة في الربع الرابع وتصنع مع محور $(+x)$ زاوية (α) كما في الشكل المجاور، وتحسب باستخدام المعادلة:



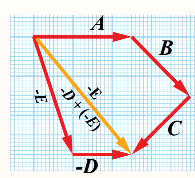
$\alpha = \tan^{-1}\left|\frac{8}{6}\right| = 53^\circ$

3 أ . المحصلة تساوي صفرًا؛ لأنَّ نقطة البداية ونقطة النهاية منطبقتان (تُشكِّل المتجهات مضلعًا مغلقًا).

ب. رسم سهم من ذيل المتجه A إلى رأس المتجه B كما في الشكل، ثم قياس طول السهم بالمسطرة؛ لتمثيل مقدار مجموع A و B $(A+B = 8.5\ u)$ واتجاه المحصلة باتجاه السهم (يُمكِن استعمال المنقلة لتحديد اتجاه $(A + B)$).



جـ. الإثبات مُبيَّن في الشكل المجاور.



4 أكبر قيمة لمحصلتهما تساوي مثلي قيمة أحدهما عندما تكون القوتان في الاتجاه نفسه، وأقل قيمة لمحصلتهما تساوي صفرًا عندما تكون القوتان متعاكستين في الاتجاه.

5 أ.

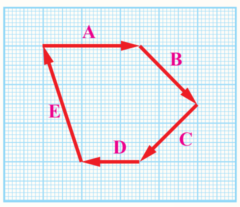
$v_y = 0$
$v \sin\theta = 0$
$\sin\theta = 0$
$\theta = \sin^{-1}(0) = 0^\circ$

ب.

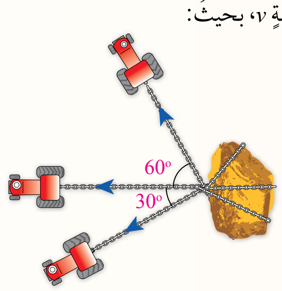
$v_x = v$
$v \cos\theta = v$

مراجعة الدرس

1. **أُقارِنُ** بينَ كلٍّ ممّا يأتي:
   أ . جمعُ المُتَّجِهاتِ وتحليلُها.
   ب . جمعُ المُتَّجِهاتِ ومحصلتُها.
   جـ . جمعُ المُتَّجِهاتِ وطرحُها.
   د . الطريقةُ التحليليةُ والطريقةُ البيانيةُ في جمعِ المُتَّجِهاتِ.
2. **أُحلِّلُ**: قوة (F) مقدار مركبتيها $(F_y = -8N)$ ، $(F_x = 6N)$. أحسبُ مقدار القوة وأحدّد اتجاهها.
3. **أُحلِّلُ**: اعتمادًا على الشكلِ المجاورِ:



   أ . ما محصلةُ المُتَّجِهاتِ المُبيَّنةِ في الرسمِ؟
   ب . أجِدُ بيانيًّا محصلةَ المُتَّجِهيْنِ: B و A.
   جـ . أُثبِتُ بالرسمِ أنَّ: $A + B + C = -D + (-E)$.
4. **أُقارِنُ**: قُوَّتانِ متساويتانِ في المقدارِ، ما أكبرُ قيمةٍ لمحصلتِهما؟ ما أقلُّ قيمةٍ لمحصلتِهما؟
5. **أحسُبُ**: ما مقدارُ الزاويةِ التي تُطلَقُ بها كرةُ القدمِ بسرعةٍ مُتَّجِهةٍ v، بحيثُ:
   أ . تساوي المُركَّبةُ العموديةُ للسرعةِ v_y صفرًا؟
   ب . تساوي المُركَّبةُ الأفقيةُ للسرعةِ v_x مُتَّجِهَ السرعةِ v؟
6. **أُحلِّلُ**: ثلاثةُ جرّاراتٍ تحاولُ سحبَ صخرةٍ كبيرةٍ. إذا أثّرَ كلٌّ منها بقُوَّةِ سحبٍ مقدارُها 4000 N في الاتجاهاتِ المُبيَّنةِ في الشكلِ المجاورِ:

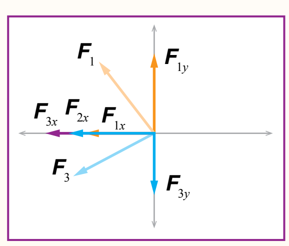


   أ . أجِدُ مقدارَ محصلةِ القوى التي تُؤثِّرُ بها الجرّاراتُ في الصخرةِ.
   ب . في أيِّ اتجاهٍ ستتحرَّكُ الصخرةُ؟

34

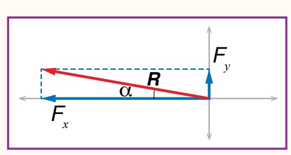
$\cos\theta = 1$
$\theta = \cos^{-1}(1) = 0^\circ$

6



$F_{1x} = F_1 \cos\theta_1 = -4000 \cos 60^\circ = -2000\ N$
$F_{2x} = F_2 \cos\theta_2 = -4000 \cos 0^\circ = -4000\ N$
$F_{3x} = F_3 \cos\theta_3 = -4000 \cos 30^\circ = -3464\ N$

$F_{1y} = F_1 \sin\theta_1 = 4000 \sin 60^\circ = 3464\ N$
$F_{2y} = F_2 \sin\theta_2 = 4000 \sin 0^\circ = 0\ N$
$F_{3y} = F_3 \sin\theta_3 = -4000 \sin 30^\circ = -2000\ N$



$F_x = -2000 - 4000 - 3464 = -9464\ N$
$F_y = 3464 + 0 - 2000 = 1464\ N$
$R = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{(-9464)^2 + (1464)^2} = 9594\ N$
$\alpha = \tan^{-1}\left|\frac{1464}{-9464}\right| = 8.8^\circ$

الفيزياءُ والتكنولوجيا

الوعاءُ المغناطيسيُّ

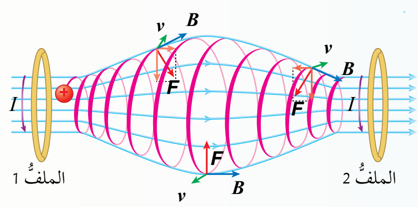
الإثراءُ والتوسعُ

للمادةِ في الطبيعةِ ثلاثُ حالاتٍ، هيَ: الصُّلْبةُ، والسائلةُ، والغازيةُ. توجدُ للمادةِ أيضًا حالةٌ رابعةٌ تُسمّى البلازما، وهيَ تحوي عددًا كبيرًا جدًّا منَ الجسيماتِ المشحونةِ كهربائيًّا؛ لذا تتأثَّرُ هذهِ الجسيماتُ بالقُوَّتيْنِ: الكهربائيةِ، والمغناطيسيةِ.

تمتازُ البلازما بدرجةِ حرارتِها العاليةِ جدًّا التي قدْ تزيدُ على 11000 °C، بحيثُ لا يُمكِنُ احتواؤُها في وعاءٍ ماديٍّ؛ لأنَّها تعملُ على صهرِهِ، فكيفَ تَمكَّنَ العلماءُ منَ الاحتفاظِ بتلكَ الجسيماتِ؟

الوعاءُ (القارورةُ) المغناطيسيُّ Magnetic Bottle:

تقنيةٌ يُستخدَمُ فيها ملفّانِ كهربائيانِ لتوليدِ مجالٍ مغناطيسيٍّ مُتغيِّرِ المقدارِ والاتجاهِ؛ لاحتواءِ جسيماتٍ مشحونةٍ كهربائيًّا، وذاتِ طاقةٍ عاليةٍ جدًّا، مثلِ البلازما. وبحسبِ الشكلِ المجاورِ، فإنَّ الملفَّيْنِ الكهربائييْنِ والمجالَ المغناطيسيَّ الناتجَ منْهُما تشبهُ جميعُها شكلَ القارورةِ، فكيفَ يُمكِنُ احتواءُ مادةِ البلازما باستخدامِ هذهِ التقنيةِ؟



تناولْنا في الدرسِ الأولِ بعضَ التطبيقاتِ على الضربِ المُتَّجِهيِّ للكمياتِ المُتَّجِهةِ، ومنْها القُوَّةُ المغناطيسيةُ $\boldsymbol{F}$ التي تُؤثِّرُ في شحنةٍ كهربائيةٍ q تتحركُ بسرعةٍ $\boldsymbol{v}$ في مجالٍ مغناطيسيٍّ $\boldsymbol{B}$، وتُعطى بالعلاقةِ: $\boldsymbol{F} = q\,(\boldsymbol{v} \times \boldsymbol{B})$؛ حيثُ يكونُ اتجاهُ القُوَّةِ مُتعامِدًا معَ كلٍّ منْ سرعةِ الشحنةِ والمجالِ المغناطيسيِّ. وهذهِ القُوَّةُ المغناطيسيةُ تُؤثِّرُ بمُركَّبتيها في الجسيماتِ المشحونةِ بحيثُ تُبقيها مُتحرِّكةً بينَ الملفَّيْنِ -ذهابًا، وإيابًا- حركةً تذبذبيةً منْ دونِ مغادرتِها منطقةَ المجالِ المغناطيسيِّ.

أبحث مستعينًا بمصادرِ المعرفةِ المناسبةِ، أبحثُ عنْ تطبيقاتٍ أُخرى للمُتَّجِهاتِ، ثمَّ أكتبُ تقريرًا عنْ ذلكَ، وأقرؤُهُ أمامَ الطلبةِ في غرفةِ الصفِّ.

35

الإثراء والتوسُّع

الفيزياء والتكنولوجيا

الوعاء المغناطيسي

الهدف:

تعريف الحالة الرابعة للمادة (البلازما)، وطريقة الاحتفاظ بها، وكيفية تحديد اتجاه القوة المغناطيسية، وتحليلها إلى مُركَّباتها.

الإجراءات والتوجيهات:

- أوجِّه الطلبة -ضمن مجموعات- إلى قراءة فقرة (الإثراء والتوسُّع)، ثم مناقشتها في ما بينهم.
- أطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

– ما المقصود بالبلازما؟ البلازما: الحالة الرابعة التي قد توجد عليها المادة، وهي جسيمات مشحونة كهربائيًّا، تتأثَّر بشدَّةٍ بالمجال الكهربائي والمغناطيسي، وتكون درجة حرارتها عالية جدًّا.

– هل يُمكِن الاحتفاظ بالبلازما في وعاء معين؟ لا يُمكِن الاحتفاظ بالبلازما في وعاء معين؛ لأنَّ درجة حرارتها عالية جدًّا.

– كيف يُمكِن الاحتفاظ بها؟ يُمكِن الاحتفاظ بها باستعمال جهاز يحوي مجالًا مغناطيسيًّا، يُؤثِّر بقوة في الجسيمات المشحونة، فتظلُّ تتحرك بين الملفين – ذهابًا، وإيابًا– حركة تذبذبية في حيِّز مُحدَّد لا تغادره.

أبحث

- أُطبِّق قاعدة كف اليد اليمنى للتحقُّق من صحة اتجاه القوة المغناطيسية المُؤثِّرة في الجسيمات المشحونة عند النقاط المُبيَّنة في الشكل، مُحدِّدًا اتجاه مُركَّبتي القوة.
- أطلب إلى طالب/ طالبة من إحدى المجموعات أنْ يُوضِّح على اللوح طريقة استعمال كف اليد اليمنى في تحديد اتجاه القوة، ثم أطلب إلى آخر/ أُخرى من مجموعة أُخرى أنْ يُوضِّح عملية التحليل إلى المُركَّبات.
- أطلب إلى أفراد كل مجموعة أو مجموعتين للبحث معًا في مصادر المعرفة المناسبة عن تطبيق آخر للمتجهات، ثم كتابة تقرير عنه، ثم مناقشته أمام زملائهم/ زميلاتهن في غرفة الصفِّ.

مراجعة الوحدة

1 1- جـ. تسارع الطائرة في أثناء إقلاعها.

2- د . 36 N

3- أ . $AB \sin 90^\circ$

4- ب. المتجهان a_1 و a_2 متساويان في المقدار، وفي الاتجاه نفسه.

5- جـ. 10 N باتجاه محور $+y$

6- أ . $-20 \cos 60$

تنويه:

في الفقرة الثالثة من السؤال الأول، مقدار الزاوية بين المتجه A ومحور $+x$ هو 30°، أمّا الزاوية بين المتجه A والمتجه B فهي 90°، إذ يقع المتجه A في المستوى $(x - z)$.

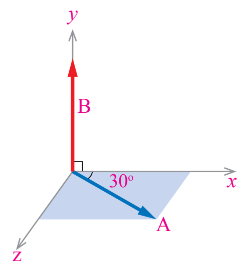
مراجعةُ الوحدةِ

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

1. الكميةُ المُتَّجِهةُ منَ الكمياتِ الفيزيائيةِ الآتيةِ، هيَ:
   - أ . عددُ المسافرينَ في الطائرةِ.
   - ب . المدَّةُ الزمنيةُ لإقلاعِ الطائرةِ.
   - جـ . تسارعُ الطائرةِ في أثناءِ إقلاعِها.
   - د . حجمُ وقودِ الطائرةِ.

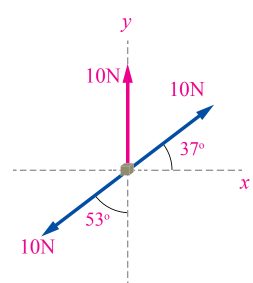
2. عندَ جمعِ القوتينِ المتعامدتينِ: 30 N وَ 20 N جمعًا مُتَّجِهًا، فإنَّ قيمةَ القوةِ المحصلةِ، هيَ:
   - أ . 10 N
   - ب . 20 N
   - جـ . 50 N
   - د . 36 N

3. ناتجُ الضربِ المُتَّجِهيِّ $|A \times B|$ في الشكلِ المجاورِ، هوَ:
   - أ . $AB \sin 90^\circ$
   - ب . $AB \sin 30^\circ$
   - جـ . $AB \cos 30^\circ$
   - د . $AB \cos 90^\circ$



4. العلاقةُ بينَ مُتَّجِهَي التسارُعِ a_2، a_1 بناءً على العلاقةِ $(a_1 - a_2 = 0)$، هيَ:
   - أ . المُتَّجِهانِ a_2 ، a_1 متساويانِ في المقدارِ، ومتعاكسانِ في الاتجاهِ.
   - ب . المُتَّجِهانِ a_2 ، a_1 متساويانِ في المقدارِ، وفي الاتجاهِ نفسِهِ.
   - جـ . المُتَّجِهانِ a_2 ، a_1 مختلفانِ في المقدارِ، وفي الاتجاهِ نفسِهِ.
   - د . المُتَّجِهانِ a_2 ، a_1 مختلفانِ في المقدارِ، ومتعاكسانِ في الاتجاهِ.

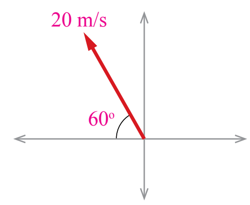
5. مقدارُ القوةِ المحصلةِ واتجاهُها في الشكلِ المجاورِ، هما:
   - أ . 30 N باتجاهِ محورِ $+y$
   - ب . 30 N باتجاهِ محورِ $-y$
   - جـ . 10 N باتجاهِ محورِ $+y$
   - د . 0 N



36

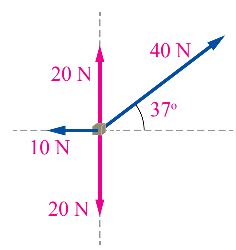
مراجعةُ الوحدة

6. صوَّبَتْ سعادُ كرةَ السَّلَّةِ بسرعةٍ مقدارُها 20 m/s في الاتجاهِ المُبيَّنِ في الشكلِ المجاورِ. أيُّ الآتيةِ تُمثِّلُ المُركَّبةَ الأفقيةَ للسرعةِ:
   أ . $-20 \cos 60°$
   ب . $20 \cos 60°$
   جـ . $20 \sin 30°$
   د . $20 \cos 30°$



2. **أحلّل:** ركلَ لاعبٌ كرةَ قدمٍ كتلتُها 0.4 kg لتنطلقَ بسرعةِ 30 m/s في اتجاهٍ يَصنعُ زاويةً مقدارُها 37° معَ سطحِ الأرضِ الأفقيِّ، وتؤثِّرُ فيها قوةُ الجاذبيةِ الأرضيةِ بتسارعٍ في اتجاهِ محورِ (-y) مقدارُهُ $10\ m/s^2$. استغرقَتِ الكرةُ مدَّةً زمنيةً مقدارُها 6 s لتعودَ إلى مستوى سطحِ الأرضِ:
   أ . أحدِّدُ الكمياتِ المُتَّجِهةَ والكمياتِ القياسيةَ.
   ب . أُمثِّلُ الكمياتِ المُتَّجِهةَ بيانيًّا.
   جـ . هلْ يُمكِنُ إيجادُ محصلةِ تلكَ الكمياتِ المُتَّجِهةِ؟ أُفسِّرُ إجابتي.

3. **أحلّل:** تُؤثِّرُ قوًى عِدَّةٌ في جسمٍ، كما في الشكلِ المجاورِ. أجِدُ مقدارَ محصلةِ القوى المُؤثِّرةِ في الجسمِ بالطريقةِ التحليليةِ، وأحددُ اتجاهَها بالنسبةِ لمحورِ $+x$.



4. **أحسُبُ:** مُتَّجِهانِ: الأولُ $F = 8\ N$ في اتجاهِ محورِ $(-y)$، والثاني $r = 5\ m$ في اتجاهِ محورِ $(+x)$. أَجِدُ:
   أ . $3\ \boldsymbol{F}$
   ب . $-0.5\ \boldsymbol{r}$
   جـ . $|\boldsymbol{r} \times \boldsymbol{F}|$
   د . $|\boldsymbol{r} \times \boldsymbol{r}|$
   هـ . $\boldsymbol{F} \cdot \boldsymbol{r}$

5. **حلُّ المشكلاتِ:** انطلقَتْ نورُ منْ منزلِها سيرًا على الأقدامِ، وقطعَتْ مسافةَ 400 m باتجاهِ الغربِ، ثمَّ اتجهَتْ شمالًا، وقطعَتْ مسافةَ 200 m لتصلَ منزلَ صديقتِها. إذا أرادَتْ نورُ العودةَ مباشرةً إلى منزلِها بخطٍّ مستقيمٍ، فكمْ مترًا يجبُ أنْ تسيرَ؟ في أيِّ اتجاهٍ يتعيَّنُ عليْها السيرُ حتّى تصلَ منزلَها؟

37

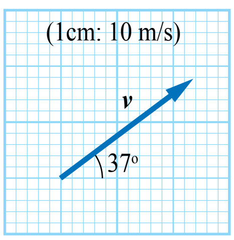
2 أ . الكميات المتجهة:

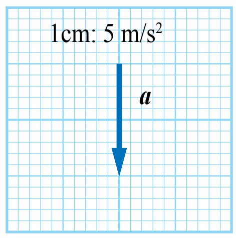
السرعة $\boldsymbol{v}$، التسارع $\boldsymbol{a}$ (التسارع ناتج من قوة جذب الأرض للكرة، ويكون اتجاهه عموديًّا إلى الأسفل باتجاه مركز الأرض).

الكميات القياسية:

الكتلة m، الزاوية Θ، الزمن t.

ب. تمثيل الكميات المتجهة كما في الشكل:





جـ. لا؛ لأنَّ الكميات المتجهة مختلف بعضها عن بعض في النوع (السرعة، والتسارع).

3

$F_x = 40 \cos 37° - 10 \cos 0 = 22\ N$

$F_y = 40 \sin 37° + 20 \sin 90° - 20 \sin 90° = 24\ N$

$R = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{22^2 + 24^2} = 32.6\ N$

$\alpha = \tan^{-1} \dfrac{F_y}{F_x} = \dfrac{24}{22} = 47.5°$

المحصلة تقع في الربع الأول.

4 أ. $3\ \boldsymbol{F} = 3 \times 8 = 24\ N, -y$

ب. $-0.5\ \boldsymbol{r} = -0.5 \times 5 = 2.5\ m, -x$

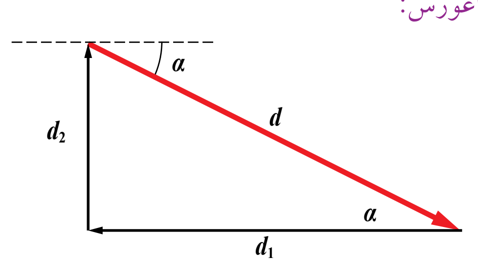
جـ. $|\boldsymbol{r} \times \boldsymbol{F}| = 5 \times 8 \times \sin 90° = 40\ m.N$

د. $|r \times r| = 5 \times 5 \times \sin 0° = 0$

هـ. $\boldsymbol{F}.\boldsymbol{r} = 8 \times 5 \times \cos 90° = 0$

5 بتمثيل الإزاحتين المقطوعتين، وكي تعود نور إلى منزلها؛ يجب أن تقطع الإزاحة $(\boldsymbol{d})$، وبالاتجاه المبيّن في الشكل الآتي:

لأنَّ المتجهين متعامدان؛ تُستعمَل نظرية فيثاغورس:



$d = \sqrt{400^2 + 200^2} = 447\ m$

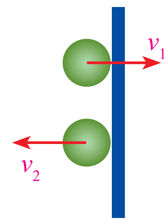
$\alpha = \tan^{-1} \dfrac{d_2}{d_1} = \tan^{-1} \left| \dfrac{200}{-400} \right| = 27°$

6 أ. $v_1 + v_2 = - v_3$

$v_1 + v_2 = 45$ m/s

في اتجاه معاكس لاتجاه المتجه v_3، ويُمكِن استعمال المنقلة لقياس الزاوية بين محور $+x$ والمتجه $(v_1 + v_2)$.

ب. المحصلة تساوي صفرًا؛ لأنَّها تُشكِّل مثلثًا مغلقًا (نقطة البداية تنطبق على نقطة النهاية).



7 $v_1 = 10$ m/s ، $v_2 = -7$ m/s

$\Delta v = v_2 - v_1 = (-7) - 10 = -17$ m/s

8 أ. $|A \times B| = A\,B$

$A\,B \sin\theta = A\,B$

$\sin\theta = 1 \rightarrow \theta = 90^{o}$

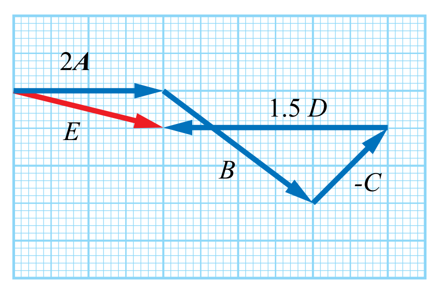
ب. $A.B = A\,B$

$A\,B \cos\theta = A\,B$

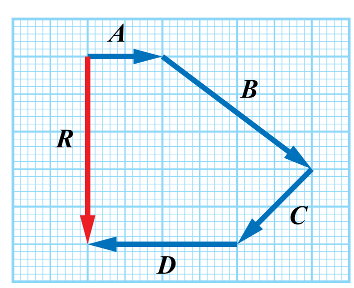
$\cos\theta = 1 \rightarrow \theta = 0^{o}$

9 ناتج جمع: $2A + B - C + 1.5D$

متجه (E) مقداره (4.1 u)، يقع في الربع الرابع ويميل عن محور $(+x)$ بزاوية (14°) تقريبا



محصلة المتجهات: A ، B ، C ، D

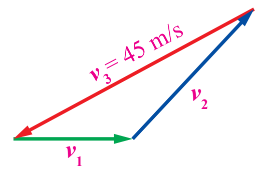


متجه مقداره (5 u) باتجاه محور $(-y)$.

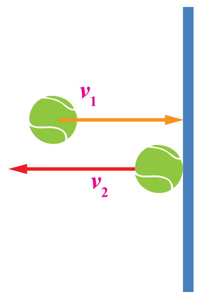
6. ثلاثةُ مُتَّجهاتٍ للسرعةِ تُشكّلُ مثلثًا مغلقًا، كما في الشكلِ المجاورِ. أجِدْ:

أ . $v_1 + v_2$

ب . محصلةَ المُتَّجِهاتِ الثلاثةِ.



7. **أحسُبُ:** صوَّبَتْ سارةُ كرةَ تنسٍ أفقيًّا نحوَ جدارٍ عموديٍّ، فاصطدمَتْ بِهِ بسرعةٍ أفقيةٍ v_1 مقدارُها 10 m/s باتجاهِ الشرقِ، كما في الشكلِ المجاورِ، ثمَّ ارتدَّتْ عنهُ أفقيًّا نحوَ الغربِ بسرعةٍ v_2 مقدارُها 7 m/s. أجِدُ التغيُّرَ في سرعةِ الكرةِ $(\Delta v = v_2 - v_1)$.

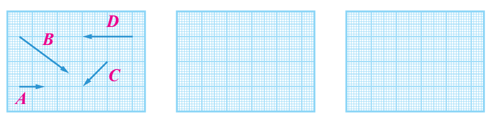


8. **أستنتجُ:** ما مقدارُ الزاويةِ بينَ المُتَّجِهيْنِ: A وَ B في الحالتيْنِ الآتيتيْنِ:

أ . $|A \times B| = A\,B$؟

ب . $A.B = A\,B$؟

9. أستخدمُ الطريقةَ البيانيةَ في حسابِ ناتجِ جمعِ المُتَّجِهاتِ وطرحِها، كما هوَ مُبيَّنٌ في الشكلِ الآتي:



المُتَّجِهاتُ: A، B، C، وَ D حيثُ يُمثِّلُ كلُّ خمسِ مربعاتٍ صغيرةٍ في الرسمِ وحدةً واحدةً $(1u)$.

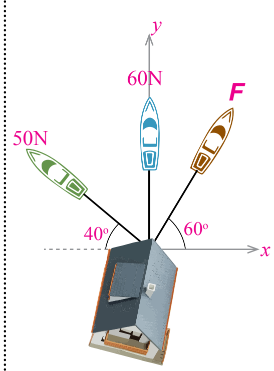
المحصلةُ R

ناتجُ جمعِ: $2A + B - C + 1.5\,D$

10. **أحلِّلُ:** ثلاثةُ قواربَ، كلٌّ منها يُؤثِّرُ بقوّةٍ في منزلٍ عائمٍ على الماءِ لسحبِهِ، كما في الشكلِ المجاورِ. إذا تحرَّكَ المنزلُ باتجاهِ محورِ $(+y)$، فأجِدُ:

أ . مقدارَ القوّةِ F.

ب . مقدارَ محصلةِ القوى الثلاثِ، مُحدِّدًا اتجاهَها.



10 تحرَّكَ المنزل في اتجاه الشمال $+y$، وهذا يعني أنَّ اتجاه المحصلة R هو في اتجاه $+y$ أيضًا؛ لذا، فإنَّ:

$R_x = 0$ ، $R_y = R$

أ. $R_x = F \cos 60^{o} + 60 \cos 90^{o} - 50 \cos 40^{o}$

$0 = 0.5\,F + 0 - (50 \times 0.76)$

$F = 76$ N

ب. $R_y = F \sin 60^{o} + 60 \sin 90^{o} + 50 \sin 40^{o}$

$R = (70 \times 0.87) + 60 + (50 \times 0.64)$

$R = 152.9$ N

باتجاه الشمال

الوحدة الثانية: الحركة Motion.

تجربة استهلالية: وصف الحركة باستخدام المدرج الهوائي.			
الدرس	**النتاجات**	**التجارب والأنشطة**	**عدد الحصص**
الأول: **الحركة في بُعْد واحد.**	• تمثيل المتغيّرات المُتعلِّقة بوصف الحركة برسوم بيانية. • تفسير رسوم بيانية تتعلَّق بوصف الحركة. • توضيح معادلات الحركة في الميكانيكا، واستخدامها في حلِّ المسائل. • استقصاء أهمية التطبيقات الحياتية للحركة في بُعْد واحد.	• قياس تسارع السقوط الحر عمليًّا.	6
الثاني: **الحركة في بُعْدين.**	• توظيف المعرفة الذاتية بعلم الميكانيكا ومفاهيمه وقوانينه في حلِّ مسائل حسابية. • تطبيق المعرفة الذاتية بعلم الميكانيكا ومفاهيمه وقوانينه عند تفسير مشاهدات ومواقف مُتعلِّقة بالحركة. • استقصاء أهمية التطبيقات الحياتية للحركة في بُعْدين.	• وصف حركة المقذوف الأفقي.	5

النتاجات السابقة	الصف	النتاجات اللاحقة	الصف
• توضيح مفهوم الحركة باستخدام مفاهيم الموقع، واتجاه الحركة، والسرعة، والسرعة النسبية. • وصف حركة الجسم إن كانت منتظمة أو غير منتظمة باستخدام الرسم البياني لتغير الموقع مع الزمن. • تفسير الرسم البياني للإزاحة مع الزمن لجسم يتحرك بسرعة ثابتة أو متغيرة. • توضيح المقصود بالنقطة المرجعية أو نقطة الإسناد. • وصف مواقع الأجسام وحركتها بالنسبة إلى بعضها عن طريق نقطة مرجعية.	السابع	....	
• حساب السرعة الثابتة والسرعة المتوسطة لجسم يتحرك في خط مستقيم.	التاسع	....	الحادي عشر

الوحدة 2

الحركة Motion

أتأمَّل الصورة

- ألفتُ انتباه الطلبة إلى صورة كرات البليادرو، ثم أطرح عليهم الأسئلة الآتية:

– هل مارست لعبة البليادرو؟

إجابة محتملة: لا، نعم.

– هل شاهدت أحدًا يلعبها؟

نعم.

– كيف تُرتَّب الكرات في بداية اللعبة؟

توضع الكرات الملونة على مكان مُحدَّد من الطاولة في شكل مثلث.

– كيف تُستعمَل عصا البليادرو؟

تُستعمَل عصا البليادرو لقذف كرة بيضاء نحو الكرات الملونة المرتبة.

– أصفُ حركة كرة البليادرو على سطح الطاولة.

تتصادم الكرة البيضاء مع الكرات الأُخرى، فتنتقل الطاقة الحركية إليها، لتنطلق جميعها في اتجاهات مختلفة، وتتحرك كل كرة على خط أفقي مستقيم، وتوصف حركة كل كرة بأنَّها في بُعْد واحد.


الوحدة 2

الحركةُ

Motion

أتأمَّلُ الصورةَ

يُرتِّبُ اللاعبُ كراتَ البليادرو على شكلِ مثلثٍ، ثمَّ يبدأُ اللعبَ مُستعمِلًا عصًا خاصةً بضربِ الكرةِ البيضاءِ نحوَ هذا التجمُّعِ، فتتحرَّكُ كراتُ البليادرو في اتجاهاتٍ مُتعدِّدةٍ، غيرَ أنَّ كلَّ كرةٍ تتحرَّكُ وحدَها على خطٍّ مستقيم. فهلْ يُمكِنُ وصفُ حركةِ كلِّ كرةٍ بأنَّها منتظمةٌ؟

39

الفكرةُ العامة:

- أضع ثلاثة أجسام مختلفة على الطاولة (حقيبة، وكتاب، ومحفظة)، ثم أطلب إلى الطلبة تحديد موقع كل جسم بالنسبة إلى الجسمين الآخرين.
- أحرّك المحفظة، ثم أطلب إلى الطلبة تحديد موقعها بالنسبة إلى الجسمين الآخرين.
- أحرّك المحفظة مرَّةً أُخرى في الاتجاه السابق نفسه، ثم أطلب إلى الطلبة تحديد موقعها بالنسبة إلى الجسمين الآخرين.
- أسأل الطلبة عن الموقع المحتمل للمحفظة قبل تحريكها مرة ثالثة، بناءً على نمط الحركة.
- أطبّق هذا المثال على أجسام متحركة يشاهدها الطلبة في الحياة اليومية (مثل: السيارات، والطائرات)، ثم أطبّقه على الكواكب والمجرات.

أطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

- إذا شاهدتم طائرة تبدأ الانطلاق من مدرج الإقلاع، فهل يمكنكم تحديد موقعها بعد نصف دقيقة؟

ستكون عند نهاية المدرج، وما تزال تلامس الأرض.

- هل يمكنكم تحديد موقعها بعد خمس دقائق؟

ستكون مُحلِّقةً في الجو.

- اعتمادًا على نظرية توسُّع الكون، كيف يمكن التنبُّؤ بمواقع المجرات بعد مليون سنة؟

بناءً على معرفتي بموقعها الحالي، وسرعتها، واتجاه حركتها، والزمن اللازم لذلك، وهو مليون سنة.

مشروع الوحدة: صنع مظلة هبوط

تحقيقًا لمنحى ربط العلوم بالتكنولوجيا والهندسة والآداب والفنون والرياضيات STEAM، فقد تضمَّنت الوحدة مشروعًا علميًّا لتدريب الطلبة على الطريقة العلمية التي يتبعها العلماء في بناء نموذج واختباره؛ بُغْيَةَ تقديمه للمُستهلِك. وانسجامًا مع موضوع الوحدة، فقد اختير المشروع ليكون صنع مظلة هبوط، تتمثَّل أهميتها في تحقيق الأمان والسلامة لمُستخدِمها.

- أوضّح للطلبة أهمية استخدام مظلات الهبوط، وصفات المواد التي تُصنَع منها؛ تحقيقًا للهدف من استخدامها.

الفكرةُ العامةُ:

لدراسةِ حركةِ أيِّ جسمٍ، سواءٌ أكانَ قريبًا حولَنا أمْ بعيدًا في الفضاءِ، يتعيَّنُ علينا أنْ نصفَ مكانَ وجودِهِ الآنَ، والمكانَ الذي وُجِدَ فيهِ قديمًا، وأينَ سيكونُ بعدَ زمنٍ.

الدرسُ الأولُ: الحركةُ في بُعْدٍ واحدٍ

الفكرةُ الرئيسةُ: الحركةُ في بُعْدٍ واحدٍ تعني أنَّ الجسمَ يتحرَّكُ على خطٍّ مستقيمٍ، في اتجاهٍ واحدٍ، أوْ في اتجاهيْنِ متعاكسيْنِ.

الدرسُ الثاني: الحركةُ في بُعْدينِ

الفكرةُ الرئيسةُ: الحركةُ في بُعْدينِ تعني أنَّ لسرعةِ الجسمِ مُركَّبتيْنِ متعامدتيْنِ من دونِ اعتمادِ إحداهُما على الأُخرى.

40

- أوجّه الطلبة إلى وضع عدَّة تصاميم مناسبة لصنع مظلة هبوط يُمكِنها حمل بيضة، والهبوط بها من نافذة الطابق الثاني دون أنْ تنكسر.
- أطلب إلى الطلبة وضع خطة سليمة لاختيار أحد هذه التصاميم، ثم صنع نموذج المظلة ضمن مواصفات التصميم، وإجراء عمليات الاختبار وفق الخطة.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

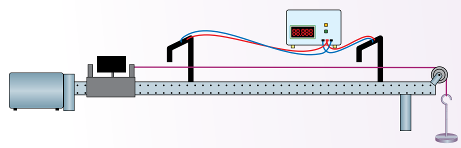
❋ **التفكير:** التنبُّؤ.

أوضّح للطلبة أنَّ التنبُّؤ العلمي المبني على الملاحظة يُعَدُّ من طرائق المعرفة العلمية، وأنَّ أهميته تتمثَّل في اكتساب المعرفة في الحالات التي يصعب فيها الملاحظة، أو إجراء القياس العلمي؛ كالتنبؤ بمواقع المجرات والأجرام السماوية، وسرعة حركتها، من دون إجراء قياسات.

تجربةٌ استهلاليةٌ

وصفُ الحركةِ باستخدامِ المَدْرجِ الهوائيِّ

الموادُّ والأدواتُ: مَدْرجٌ هوائيٌّ وملحقاتُهُ (بوّابتانِ ضوئيتانِ، بكرةٌ، خيطٌ، عدّادٌ زمنيٌّ رقميٌّ)، كتلتانِ: (50 g)، وَ (100 g).



إرشاداتُ السلامةِ:

الحذرُ منْ سقوطِ الأجسامِ والأدواتِ على القدمَيْنِ.

خطواتُ العملِ:

1. أُجهِّزُ المَدْرجَ الهوائيَّ، وأُثبِّتُهُ بشكلٍ أفقيٍّ، ثمَّ أَصِلُ البوّابتيْنِ بالعدّادِ الزمنيِّ الرقميِّ على نحوٍ صحيحٍ.
2. أُثبِّتُ البكرةَ فوقَ طرفِ المَدْرجِ، ثمَّ أضعُ العربةَ على الطرفِ البعيدِ، وأربطُها بخيطٍ، ثمَّ أُمرِّرُهُ فوقَ البكرةِ.
3. أُثبِّتُ البوّابتيْنِ الضوئيتيْنِ فوقَ المَدْرجِ، بحيثُ تكونُ إحداهُما عندَ موقعِ بدايةِ الحركةِ والأُخرى عندَ موقعِ نهايتِها.
4. أربطُ الطرفَ الحرَّ للخيطِ في الكتلةِ (50 g).
5. أُشغِّلُ مضخةَ الهواءِ، وأتركُ الكتلةَ لتتحركَ منْ نقطةِ البدايةِ.
6. **أُلاحِظُ** حركةَ العربةِ، والإزاحةَ التي تقطعُها، وأنظرُ قراءةَ العدّادِ الزمنيِّ الرقميِّ.
7. **أقيسُ** المسافةَ بينَ البوّابتيْنِ الضوئيتيْنِ على طولِ المَدْرجِ، ثمَّ أُدوِّنُ نتيجةَ القياسِ في الجدولِ.
8. أُكرِّرُ التجربةَ باستخدامِ الكتلةِ الأُخرى (100 g)، ثمَّ أُدوِّنُ النتائجَ في الجدولِ.

الحالة (الشكل)	الإزاحة Δx (m)	زمن الحركة Δt (s)	السرعة المتوسطة $\bar{v}$ (m/s)
الكتلةُ الأولى (50 g)			
الكتلةُ الثانيةُ (100 g)			

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. أَجِدُ الزمنَ الكليَّ لحركةِ العربةِ في حالِ استخدامِ كلِّ كتلةٍ.
2. أَجِدُ ناتجَ قسمةِ إزاحةِ العربةِ على زمنِ الحركةِ في كلٍّ منَ الحالتيْنِ (الناتجُ هوَ السرعةُ المتوسطةُ).
3. **أُقارِنُ** النتائجَ عندَ اختلافِ الكتلةِ المُعلَّقةِ.
4. **التفكيرُ الناقدُ:** إذا كانَتْ سرعةُ العربةِ الابتدائيةُ صفرًا، فهلْ يُمكِنُ معرفةُ سرعتِها النهائيةِ بناءً على سرعتِها المتوسطةِ؟

41

4 **تفكير ناقد:** تُحسب السرعة النهائية بمعرفة كل من السرعة المتوسطة والسرعة الابتدائية، (يفترض في هذه التجربة أنْ تكون السرعة الابتدائية مساوية للصفر)، وذلك باستخدام العلاقة الآتية: السرعة المتوسطة = (صفرًا + السرعة النهائية) ÷ 2

استراتيجية التقويم: التقويم المعتمد على الأداء. **أداة التقويم:** سُلَّم تقدير رقمي.

الرقم	معيار الأداء	1	2	3
1	مراعاة تعليمات الأمان والسلامة العامة عند تنفيذ خطوات التجربة.			
2	قراءة تعليمات التجربة قراءة دقيقة، والتعاون مع الزملاء/ الزميلات على تنفيذ الخطوات.			
3	تثبيت المدرج الهوائي بشكل أفقي، ثم تركيب ملحقاته بصورة صحيحة.			
4	توصيل البوابتين الضوئيتين بالعداد الرقمي، ثم تشغيله وتدوين قراءات صحيحة.			
5	وضع العربة فوق المدرج، ثم ربطها بالخيط، وتمريره فوق البكرة، وتحريكها بسهولة.			
6	**قياس** المسافة بين نقطتي بداية الحركة ونهايتها، وتدوينها بصورة صحيحة.			
7	قراءة بيانات شاشة العداد الرقمي قراءة صحيحة، واستخدام وحدات القياس الصحيحة، وتدوينها.			
8	استخدام العلاقة الرياضية الخاصة بحساب السرعة، وتعويضها للتوصل إلى نتيجة صحيحة.			

الهدف: إجراء عمليات قياس دقيقة للزمن والمسافة، وحساب سرعة جسم متحرك.

زمن التنفيذ: 35 دقيقة.

إرشادات السلامة: أنبّه الطلبة إلى توخّي الحذر من سقوط الأجسام والأدوات على أقدامهم.

المهارات العلمية: القياس، إجراء العمليات الحسابية، الاستقصاء.

الإجراءات والتوجيهات:

- أطلب إلى الطلبة الاطلاع على الخلفية النظرية للتجربة في كتاب الأنشطة والتجارب العملية، ثم أوضّح لهم ما يأتي:
  - طريقة عمل البوابتين الضوئيتين وتوصيلها بالعداد الرقمي.
    توصل كل بوابة باستخدام سلكين مع نقطتي التوصيل الخاصتين بالعداد، ويتم انتقاء الوظيفة المناسبة للتجربة.
  - وظيفة الثقل المُعلّق بالنسبة إلى العربة.
    للتأثير بقوة في العربة، وتحريكها على المدرج.
- أذكّر الطلبة بأنَّ القوة المحصلة التي تُؤثِّر في جسم بصورة مستمرة تُسبِّب تحريكه بتسارع، في حين يتحرك الجسم بسرعة ثابتة عندما لا يتأثر بقوة محصلة.
- أذكّر الطلبة بطريقة حساب المتوسط الحسابي لعددين مختلفين، وذلك لمساعدتهم على معرفة السرعة النهائية.
- أطلب إلى الطلبة تحريك العربة بتسارع ثابت، عن طريق إحداث ميل في المدرج الهوائي، ومن دون استخدام الأثقال والخيط، ودراسة العلاقة بين زاوية الميل والتسارع.

النتائج المتوقعة:

أخبر الطلبة أنَّ النتائج قد تختلف بين مجموعاتهم بالرغم من استخدام نفس العربة والأثقال، وذلك بسبب الاختلاف في موقعي البوابتين لكل مجموعة. فكلّما زادت المسافة بين البوابة الأولى وموقع سكون العربة، ابتعدت قيمة السرعة الابتدائية عن الصفر؛ ما يؤدي إلى خطأ في حساب السرعة النهائية؛ أيْ إنَّ كل مجموعة تحسب السرعة النهائية بناءً على الموقع الابتدائي. ويُمكِن معالجة ذلك بالطلب إلى أفراد كل مجموعة بدء الحركة على نفس البُعد من موقع البوابة الأولى، وجعل المسافة بين البوابتين متساوية لكل المجموعات.

التحليل والاستنتاج:

1 قراءة زمن الحركة الكلي من العداد الرقمي، ومراعاة أن تكون دقة القياس (0.1 s).

2 سيتعرَّف الطلبة لاحقًا العلاقة الرياضية اللازمة لحساب السرعة المتوسطة، وهي ناتج قسمة الإزاحة الكلية للعربة على الزمن الكلي.

3 سيؤدي تغيير الكتلة المُعلَّقة بأخرى أكبر منها إلى زيادة القوة المُؤثِّرة في العربة، وزيادة تسارعها، وزيادة مقدار السرعة المتوسطة.

الدرس 1

الحركـة في بُعْـد واحـد
Motion in One Dimension

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

أسأل الطلبة عن الأشكال المختلفة للحركة، ولا أستبعد أيًّا من إجاباتهم، مُركِّزًا على أشكال الحركة الانتقالية التي تكون في بُعْد واحد (خط مستقيم)، أو في بُعْدين (مسار أفقي منحنٍ)، أو في ثلاثة أبعاد (لليمين واليسار، والأعلى، والأسفل).

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

أطلب إلى الطلبة مراجعة موضوع الحركة، وتذكُّر ما درسوه في الصف التاسع، مثل: تعريف كلٍّ من المسافة والسرعة، والعلاقة بينهما، وأنواع السرعة، ووحدات قياسها المختلفة.

- مستخدمًا **استراتيجية التفكير الناقد**؛ أطلب إلى الطلبة ذكر أمثلة على أجسام تتحرك في بُعْد واحد أو بُعْدين، مُركِّزًا على الحركة في خط مستقيم، والحركة في اتجاه واحد، أو في اتجاهين متعاكسين، ثم أكلّف طلبة آخرين بتأكيد صحة الأمثلة أو نفيها، للتوصل بعد النقاش إلى آراء صحيحة.
- أوضّح للطلبة مفهوم البُعْد الواحد، ومفهوم البُعْدين، ومفهوم الأبعاد الثلاثة في الرياضيات، مُمثِّلًا على ذلك بأشياء من غرفة الصف.

2 التدريس

نشاط سريع

أستخدم مسطرة مترية وثلاث كرات لتمثيل الشكل (1) على الطاولة أمام الطلبة، ثم أبيّن لهم متجهات الموقع، وكيفية الحصول على الإزاحة منها.

◄ بناء المفهوم:

الموقع، الإزاحة.

أُخبِر الطلبة أنَّ مفهومي الموقع والإزاحة يُستخدَمان في وصف حركة الأجسام، مُبيِّنًا لهم كيف تُحدَّد موقع

الدرس 1 — الحركةُ في بُعْدٍ واحدٍ
Motion in One Dimension

◄ الفكرةُ الرئيسةُ:

الحركةُ في بُعْدٍ واحدٍ تعني أنَّ الجسمَ يتحرَّكُ على خطٍّ مستقيمٍ، في اتجاهٍ واحدٍ، أوْ في اتجاهيْنِ متعاكسيْنِ.

◄ نتاجاتُ التعلُّمِ:

- أُمثِّلُ المُتغيِّراتِ المُتعلِّقةَ بوصفِ الحركةِ برسومٍ بيانيةٍ.
- أُفسِّرُ رسومًا بيانيةً تتعلَّقُ بوصفِ الحركةِ.
- أُوضِّحُ معادلاتِ الحركةِ في الميكانيكا، وأستخدمُها في حلِّ المسائلِ.
- أستقصي أهميةَ التطبيقاتِ الحياتيةِ للحركةِ في بُعْدٍ واحدٍ.

◄ المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

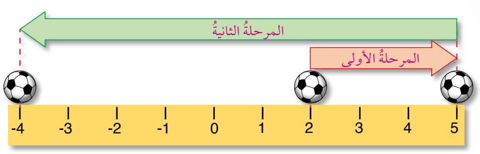
الموقعُ Position.
نقطةُ الإسنادِ Reference Point.
الإزاحةُ Displacement.
المسافةُ Distance.
الحركةُ المنتظمةُ Uniform Motion.
السرعةُ القياسيةُ Speed.
السرعةُ المُتَّجِهةُ Velocity.
السرعةُ المُتَّجِهةُ المتوسطةُ Average Velocity.
السرعةُ المُتَّجِهةُ اللحظيةُ Instantaneous Velocity.
التسارُعُ Acceleration.
تسارُعُ السقوطِ الحرِّ Free Fall Acceleration.

الحركةُ Motion

تتحرَّكُ الأجسامُ بطرائقَ مختلفةٍ؛ فالكرةُ مثلًا تتحرَّكُ على سطحِ الأرضِ في خطٍّ مستقيمٍ عندَ ركلِها بصورةٍ أفقيةٍ، في حينِ أنَّها تتحرَّكُ في مسارٍ مُنْحَنٍ عندَ ركلِها بزاويةٍ نحوَ الأعلى. يوجدُ للحركةِ أشكالٌ مُتعدِّدةٌ، تُصنَّفُ ضمنَ ثلاثةِ مجالاتٍ رئيسةٍ، هيَ: الحركةُ في بُعْدٍ واحدٍ، والحركةُ في بُعْديْنِ، والحركةُ في ثلاثةِ أبعادٍ. وسندرسُ في هذهِ الوحدةِ موضوعَ الحركةِ في بُعْدٍ واحدٍ، وموضوعَ الحركةِ في بُعْديْنِ. توصَفُ حركةُ كرةٍ ما على سطحِ الأرضِ في خطٍّ مستقيمٍ بأنَّها حركةٌ في بُعْدٍ واحدٍ، سواءٌ استمرَّتِ الحركةُ في اتجاهٍ واحدٍ أوْ في اتجاهيْنِ متعاكسيْنِ.

الموقعُ والإزاحةُ Position and Displacement

عندَ تحديدِ **موقعِ (Position)** جسمٍ يُرادُ وصفُ حالتِهِ الحركيةِ، فإنَّنا نعتمدُ على أجسامٍ أُخرى قربَهُ، أوْ نعتمدُ نظامَ إحداثياتٍ متعامدةٍ **ونقطةَ إسنادٍ (Reference point)** مُحدَّدةً يُنسَبُ إليْها موقعُ هذا الجسمِ. ويُطلَقُ على نظامِ الإحداثياتِ ونقطةِ الإسنادِ اسمُ الإطارِ المرجعيِّ للحركةِ. سنبدأُ بدراسةِ الحركةِ في بُعْدٍ واحدٍ. فمثلًا، قدْ يتحرَّكُ الجسمُ في خطٍّ مستقيمٍ على محورٍ (x) في اتجاهٍ واحدٍ، أوْ في اتجاهيْنِ متعاكسيْنِ، أنظرُ الشكلَ (1) الذي يُوضِّحُ حركةَ كرةٍ في بُعْدٍ واحدٍ على محورِ (x).



الشكلُ (1): مفهوما الإزاحةُ والمسافةُ.

42

الجسم المتحرك استنادًا إلى إطار مرجعي يتكوَّن من محور واحد (حركة في بُعْد واحد)، أو محورين (حركة في بُعْدين)، أو ثلاثة محاور (حركة في ثلاثة أبعاد)، ونقطة إسناد، مُركِّزًا على التغيُّر في موقع الجسم المتحرك في بُعْد واحد على محور (x)؛ أيْ باتجاهي اليمين واليسار، واعتماد الصفر نقطة إسناد لتحديد الموقع، وبيان أنَّ قيم الموقع الموجبة تكون إلى اليمين، وأنَّ قيمه السالبة تكون إلى اليسار.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

❋ التفكير: التحليل.

أوضّح للطلبة أنَّ التحليل هو أحد المفاهيم العابرة، وأنَّه من خطوات التفكير، وأنَّ أهميته تتمثَّل في استخراج المعلومة من نص، أو رسم بياني، أو صورة بعد تحليلها؛ ومثال ذلك تحليل الشكل (1) لمعرفة الإزاحتين الابتدائية والنهائية، ثم التوصل إلى الإزاحة الكلية للكرة.

نُعبِّرُ عنْ موقعِ الكرةِ بالنسبةِ إلى نقطةِ الإسنادِ ($x = 0$)، كما يأتي:
إذا كانَ موقعُ الكرةِ على يمينِ نقطةِ الإسنادِ، فإنَّ (x) تكونُ موجبةً، في حينِ أنَّها تكونُ سالبةً إذا كانَ موقعُ الكرةِ على يسارِ تلكَ النقطةِ.

لوصفِ حركةِ الكرةِ، يجبُ أولًا تعرُّفُ مفهومِ **الإزاحةِ Displacement** (Δx)، وهيَ الفرقُ بينَ مُتَّجِهِ موقعِ الكرةِ النهائيِّ (x_2) ومُتَّجِهِ موقعِها الابتدائيِّ (x_1)، وذلكَ باستخدامِ العلاقةِ:

$$\Delta x = x_2 - x_1$$

في المرحلةِ الأولى منَ الحركةِ انتقلَتِ الكرةُ منَ الموقعِ $x_1 = 2m$ إلى الموقعِ $x_2 = 5\ m$؛ لذا تكونُ إزاحةُ الكرةِ:

$(\Delta x)_1 = 5 - 2 = 3m$

ومنَ المُلاحَظِ أنَّ إشارةَ الإزاحةِ موجبةٌ؛ ما يعني أنَّ الكرةَ تحرَّكَتْ في اتجاهِ محورِ (x) الموجبِ.

أمّا إزاحةُ الكرةِ في المرحلةِ الثانيةِ منَ الحركةِ، فهيَ:

$(\Delta x)_2 = -4 - 5 = -9\ m$

والإشارةُ السالبةُ تعني أنَّ الكرةَ تحرَّكَتْ في اتجاهِ محورِ (x) السالبِ.

يُمكِنُ حسابُ الإزاحةِ الكليةِ للكرةِ مباشرةً بإيجادِ الفرقِ بينَ موقعَيِ الكرةِ الابتدائيِّ والنهائيِّ كما يأتي:

$\Delta x = -4 - (+2) = -6\ m$

وهذا يُمثِّلُ حاصلَ جمعِ الإزاحتَيْنِ لمرحلتَيِ الحركةِ الأولى والحركةِ الثانيةِ:

$\Delta x = (+3) + (-9) = -6\ m$

يُمكِنُ أيضًا وصفُ حركةِ الكرةِ باستخدامِ مفهومِ **المسافةِ Distance**، وهيَ كميةٌ قياسيةٌ قيمتُها تُساوي طولَ المسارِ الفعليِّ الذي اتَّبَعَهُ الجسمُ، ويُرمَزُ إليْها بالرمزِ (S). يَتبيَّنُ منَ الشكلِ (1) أنَّ المسافةَ الكليةَ التي قطعَتْها الكرةُ (S) هيَ المسافةُ المقطوعةُ في المرحلةِ الأولى ($S_1 = 3m$)، مضافًا إليها المسافةُ المقطوعةُ في المرحلةِ الثانيةِ ($S_2 = 9\ m$)، وهيَ:

$S = S_1 + S_2 = 3 + 9 = 12\ m$

أتحقَّقُ: فيمَ تختلفُ المسافةُ التي قطعَتْها الكرةُ عنِ الإزاحةِ التي أحدثَتْها في هذهِ الحركةِ؟ أيُّهما أكبرُ: المسافةُ أمْ مقدارُ الإزاحةِ؟

أفكِّرُ: هلْ يستطيعُ جسمٌ مُتحرِّكٌ أنْ يُغيِّرَ موقعَهُ أكثرَ منْ مرَّةٍ بحيثُ تكونُ إزاحتُهُ صفرًا؟ أُوضِّحُ إجابتي.

43

أتحقَّق: تتضمَّن إجابة السؤال الصحيحة وجود اختلافين؛ أولهما أنَّ الإزاحة كمية متجهة والمسافة كمية قياسية، وثانيهما أنَّ مقدار الإزاحة ليس بالضرورة أنْ يتساوى مع المسافة. وفي هذه الحالة كان مقدار الإزاحة (6 m)، والمسافة (12 m)؛ أيْ إنَّ المسافة التي قطعتها الكرة كانت أكبر من مقدار الإزاحة الناتجة من تغيُّر موقع الكرة. ودائمًا تكون المسافة أكبر من مقدار الإزاحة، أو تساويه.

ورقة العمل (1)

أقسم الطلبة ضمن مجموعاتٍ صغيرة، ثم أوزّع عليهم ورقة العمل (1) الموجودة في الملحق، وأوجّههم إلى الحل فرادى، وأمنحهم وقتًا كافيًا، أوجّه كل مجموعة لمناقشتها بين أفراد المجموعة.

أوجّه كل مجموعة لعرض إجاباتها ومناقشتها مع المجموعات الأخرى؛ بهدف تعميم الإجابات الصحيحة.

المناقشة:

أناقش الطلبة في أوجه الاختلاف بين الإزاحة والمسافة في بُعْد واحد، مُبيِّنًا لهم أنَّ الإزاحة هي كمية فيزيائية متجهة، وأنَّ المسافة هي كمية فيزيائية قياسية، وأنَّهما كميتان غير متساويتين، إلّا في حال تحرك الجسم في خط مستقيم باتجاه ثابت، فإنَّ مقدار الإزاحة عندئذٍ يساوي المسافة.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

المهارات الحياتية: الحوار، الاتصال.

أُخبِر الطلبة أنَّ الحوار والاتصال هما من المفاهيم العابرة التي لها أهمية كبيرة في نقل المعلومات بين الأفراد والجهات المختلفة؛ سعيًا إلى بلوغ المعرفة العلمية، والحوار الذي يجري بين أفراد المجموعة للإجابة عن سؤال «أفكر» يساعدهم في التوصل إلى أن الإزاحة قد تكون صفرًا، مع أن الجسم غيّر موقعه.

أفكِّرُ:

نعم، ذلك ممكن؛ فعندما يتحرك الجسم من موقع ابتدائي إلى موقع آخر، ثم يتحرك مرَّة أُخرى إلى موقعه الابتدائي، فإنَّ إزاحته تساوي صفرًا، وكذلك يساوي متجه التغيُّر في الموقع صفرًا. (ألاحظ هنا أنَّ المسافة لا تساوي صفرًا).

التعزيز:

لتعزيز المفهوم، أذكر أمثلة مختلفة، مثل:

حركة جسم في خط مستقيم باتجاه اليمين مسافة (10 m)، ثم حركته باتجاه اليسار حتى يعود إلى موقعه الأول، فتكون المسافة الكلية التي قطعها (20 m)، وإزاحته (0).

وجسم يتحرك دورة كاملة على محيط دائرة نصف قُطْرها (5 m)، فتكون المسافة (31.4 m)، والإزاحة (0).

◂ بناء المفهوم:

السرعة القياسية المتوسطة، السرعة المتجهة المتوسطة.

- أوضّح للطلبة أنَّ السرعة المتوسطة تكون قياسية أو متجهة. وكذلك السرعة اللحظية، وأنَّ السرعة القياسية ترتبط بالمسافة، في حين ترتبط السرعة المتجهة بالإزاحة.
- أبيّن للطلبة الرمز المستخدم لكل نوع من أنواع السرعة، والعلاقة الرياضية الخاصة بحساب نوعي السرعة المتوسطة، مُعزِّزًا ذلك بأمثلة مباشرة.

◂ المناقشة:

مستخدمًا **استراتيجية التعلم التعاوني**؛ أوزّع الطلبة إلى مجموعات، ثم أسألهم عن تجاربهم في السفر بالطائرة، بحيث يتحدث من سافر منهم بالطائرة عن تجربته، ثم أبيّن لهم أنَّ حركة الطائرات تتبع مسارات جوية مُحدَّدة الارتفاع والاتجاه. فعندما تُقلِع طائرة من عمّان إلى الدوحة فإنَّها تسير في طريق غير مستقيم؛ إذ تصعد وتهبط، ثم تلتف يمينًا ويسارًا، مُتَّبِعةً بذلك تعليمات خاصة بقوانين الطيران والأحوال الجوية، فيكون طول هذا المسار (2600 km) مثلًا. ولحساب السرعة القياسية المتوسطة، تُقسَّم المسافة الكلية المقطوعة على زمن الطيران، فتكون هذه السرعة 800 km/h، علمًا أنَّ الطائرة تُغيِّر من مقدار سرعتها؛ فقد تكون 500 km/h أحيانًا، وقد تصل إلى 1000 km/h في أحيان أُخرى.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

❋ **المهارات الحياتية: الحوار، الاتصال.**

أُخبِر الطلبة أنَّ الحوار والاتصال هما من المفاهيم العابرة التي لها أهمية كبيرة في نقل المعلومات بين الأفراد والجهات المختلفة؛ سعيًا إلى بلوغ المعرفة العلمية، وتوثيق مصدرها،ومثال ذلك التمييز بين السرعتين القياسية والمتجهة.

◂ التعزيز:

أُخبِر الطلبة أنَّ مفهومي السرعة القياسية Speed والسرعة المتجهة Velocity يشار إليهما باللغة الإنجليزية بكلمتين مختلفتين تمامًا، في حين نستخدم في اللغة العربية كلمة (سرعة) للدلالة عليهما. أمّا التمييز بينهما فيتمثَّل في أنَّ الأولى كمية قياسية من دون اتجاه، وأنَّ الثانية كمية متجهة، وأنَّهما تنتجان من كميتين مختلفتين، هما: المسافة، والإزاحة.

السرعةُ المتوسطةُ

السرعةُ القياسيةُ المتوسطةُ Average Speed

يُمكِنُ وصفُ الحركةِ باستخدامِ مفهومِ **السرعةِ القياسيةِ المتوسطةِ Average speed** ($\bar{v}_s$)، التي تُحسَبُ بقسمةِ طولِ المسارِ الفعليِّ الذي يقطعُهُ الجسمُ (S) على الزمنِ الكليِّ للحركةِ (Δt):

$$\bar{v}_s = \frac{S}{\Delta t}$$

تقاسُ السرعةُ بوحدةِ (m/s) بحسبِ النظامِ الدوليِّ لوحداتِ القياسِ. ولأنَّ المسافةَ كميةٌ لا اتجاهَ لها فإنَّ السرعةَ القياسيةَ أيضًا ليسَ لها اتجاهٌ. فمثلًا، الطائرةُ التي تصلُ إلى دولةِ قَطَرَ منْ عمّانَ في ثلاثِ ساعاتٍ وربعِ الساعةِ، وتقطعُ مسافةَ (2600 km)، وتُغيِّرُ مقدارَ سرعتِها واتجاهَ طيرانِها مرّاتٍ عِدَّةً، في هذهِ الأثناءِ، يُمكِنُ حسابُ سرعةِ الطائرةِ القياسيةِ المتوسطةِ بقسمةِ المسافةِ التي قطعَتْها على زمنِ الطيرانِ، فيكونُ الناتجُ (800 km/h).

السرعةُ المُتَّجِهةُ المتوسطةُ Average Velocity

تعتمدُ **السرعةُ المُتَّجِهةُ المتوسطةُ Average velocity** للجسمِ على إزاحتِهِ، وعلى الزمنِ اللازمِ لحدوثِ تلكَ الإزاحةِ، ويُرمَزُ إلى هذهِ السرعةِ بالرمزِ ($\bar{v}$)، وتُحسَبُ بقسمةِ الإزاحةِ الكليةِ للجسمِ على الزمنِ الكليِّ اللازمِ لقطعِ الإزاحةِ:

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

يُذْكَرُ أنَّ السرعةَ المتوسطةَ تُحسَبُ خلالَ مدَّةٍ زمنيةٍ ($\Delta t = t_2 - t_1$)، سواءٌ أكانَتْ هذهِ السرعةُ قياسيةً أمْ مُتَّجِهةً.

✓ **أتحقَّقُ:** أُقارِنُ بينَ السرعةِ القياسيةِ المتوسطةِ والسرعةِ المتجهةِ المتوسطةِ من حيثُ: وحدةُ القياسِ، الاتجاهُ، رمزُ كلٍّ منهُما.

المثالُ 1

قطعَ فراسٌ بدرّاجتِهِ مسافةَ (645 m) في مدَّةٍ زمنيةٍ مقدارُها (86 s). أَجِدُ سرعتَهُ القياسيةَ المتوسطةَ.

المعطياتُ: ($S = 645$ m)، ($\Delta t = 86$ s).

المطلوبُ: ($\bar{v} = ?$).

الحلُّ:

$$\bar{v}_s = \frac{S}{\Delta t} = \frac{645}{86} = 7.5 \text{ m/s}$$

44

✓ **أتحقَّق:** تُقاس إلى السرعة القياسية المتوسطة بوحدة (m/s) وليس لها اتجاه، ويرمز لها بالرمز ($\bar{v}_s$)، حيث يشير حرف (s) إلى كلمة (speed)؛ لتميزها من السرعة المتجهة، والسرعة المتجهة المتوسطة تُقاس بالوحدة نفسها (m/s)، ولها اتجاه، ويُرمز لها بالرمز ($\bar{v}$).

مثال إضافي

قطعت سلمى مسافة (480 m) من منزلها إلى المدرسة بسرعة قياسية متوسطة (1.6 m/s). كم دقيقة احتاجت سلمى لقطع هذه المسافة؟

الحلّ:

$$\Delta t = \frac{S}{\bar{v}_s} = \frac{480}{1.6} = 300 \text{ s} = 300 \text{ s} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 5 \text{ min}$$

السرعةُ المُتَّجِهةُ اللحظيةُ Instantaneous Velocity

إنَّ قراءةَ عدّادِ السرعةِ في السيارةِ عندَ لحظةٍ معينةٍ تُمثِّلُ **السرعةَ القياسيةَ اللحظيةَ Instantaneous speed**، كما في الشكلِ (2). وعندَ تحديدِ اتجاهِ هذهِ السرعةِ، فإنَّها تُسمّى **السرعةَ المُتَّجِهةَ اللحظيةَ Instantaneous velocity**، ويُرمَزُ إليْها بالرمزِ (v). فمثلًا، إذا كانَ اتجاهُ حركةِ السيارةِ المُبيَّنِ عدّادُ سرعتِها في الشكلِ (2) نحوَ الشمالِ، فإنَّ سرعتَها المُتَّجِهةَ اللحظيةَ هيَ 90 km/h شمالًا.

وإذا كانَتِ السرعةُ المُتَّجِهةُ (أوِ القياسيةُ) اللحظيةُ ثابتةً، فإنَّها تساوي السرعةَ المُتَّجِهةَ (أوِ القياسيةَ) المتوسطةَ دائمًا. وعندما يتحرَّكُ الجسمُ بسرعةٍ قياسيةٍ ثابتةٍ توصَفُ حركتُهُ بأنَّها منتظمةٌ.

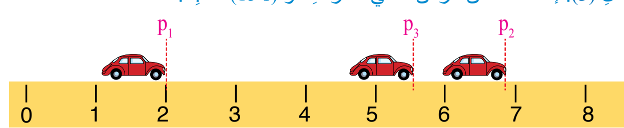
نشيرُ إلى أنَّ كلمةَ (سرعةٌ) تعني السرعةَ المُتَّجِهةَ أينَما وردَتْ في هذا الكتابِ.

الشكلُ (2): السرعةُ اللحظيةُ.

✓ **أتحقَّقُ:** ما الشرطُ الواجبُ توافُرُهُ في الحركةِ في بُعْدٍ واحدٍ لكيْ تتساوى السرعةُ المُتَّجِهةُ المتوسطةُ معَ السرعةِ اللحظيةِ؟

المثالُ 2

وُضِعَتْ لُعْبَةُ سيارةٍ على محورِ (x)، على بُعْدِ (2 m) منْ نقطةِ الأصلِ في الاتجاهِ الموجبِ، ثمَّ حُرِّكَتْ في الاتجاهِ الموجبِ فأصبحَتْ على بُعْدِ (6.8 m) على المحورِ نفسِهِ، ثمَّ حُرِّكَتْ في الاتجاهِ السالبِ فأصبحَتْ على بُعْدِ (5.6 m)، كما في الشكلِ (3). إذا علمْتُ أنَّ الزمنَ الكليَّ للحركةِ هوَ (15 s)، فأجِدُ:



الشكلُ (3): حركةُ لعبةِ السيارةِ.

أ . المسافةَ الكليةَ التي قطعَتْها لعبةُ السيارةِ.

ب . الإزاحةَ الكليةَ للعبةِ السيارةِ.

جـ . السرعةَ القياسيةَ المتوسطةَ للعبةِ السيارةِ.

د . السرعةَ المُتَّجِهةَ المتوسطةَ للعبةِ السيارةِ.

45

◄ **بناء المفهوم:**

السرعة القياسية اللحظية، السرعة المتجهة اللحظية.

أذكر للطلبة مجموعة من القياسات المختلفة لسرعة جسم متحرك (مثل الدراجة الهوائية)، للتوصُّل إلى تعريف المفهوم.

◄ **استخدام الصور والأشكال:**

أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (2)، لبيان نوعي السرعة اللحظية؛ القياسية والمتجهة عن طريق مثال عداد السرعة في السيارة، والتمييز بين نوعي السرعة اللحظية عن طريق الاتجاه. وعدم التطرُّق إلى موضوع النهاية والمشتقة في الرياضيات لمعرفة السرعة اللحظية؛ لأنَّ ذلك يفوق قدرات الطلبة.

توظيف التكنولوجيا

أبحثُ في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن موضوع السرعة اللحظية Instantaneous Velocity، علمًا أنّه يُمكنني إعداد عروض تقديمية تتعلَّق بموضوع الدرس.

أشارك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق صفحة المدرسة الإلكترونية، أو إنشاء مجموعة على تطبيق (Microsoft teams)، أو استعمال أيِّ وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

✓ **أتحقَّق:**

عندما تكون الحركة في بُعْد واحد فإنَّ المسافة تساوي مقدار الإزاحة، ويشترط لذلك أنْ تكون الحركة مُحدَّدة في اتجاه واحد فقط؛ كأن يتحرك الجسم في خط مستقيم نحو الشرق، أما إذا تحرك الجسم في خط مستقيم باتجاه الشرق، ثم عاد ليتحرك باتجاه الغرب؛ فإنّ المسافة لا تساوي مقدار الإزاحة.

نشاط سريع

- أطلب إلى الطلبة تمثيل الشكل (3) الخاص بالمثال عمليًّا باستخدام لعبة سيارة، مُركِّزًا على أهمية الاتجاهات؛ إذ تكون السرعة المتجهة والإزاحة نحو اليمين عند ظهور الإشارة الموجبة، وتكونان نحو اليسار عند ظهور الإشارة السالبة. بعد ذلك، أطلب إلى بعض الطلبة حلَّ المثال؛ على أنْ يُنفِّذ كلٌّ منهم خطوة واحدة فقط من خطوات الحلِّ.
- أستخدم الأسلوب الداعم؛ **كنت أعتقد والآن أعرف،** أطلب إلى الطلبة في نهاية الحصة أن يوضحوا لفظيًا ما كانوا يعتقدونه عن مفاهيم السرعة القياسية والسرعة المتجهة؛ المتوسطة أو اللحظية، ثم يوضحوا ما أصبحوا يعرفونه.

التعزيز:

يُمكنني تعزيز مفهوم السرعة اللحظية عند الطلبة عن طريق دحرجة كرة فوق مستوى مائل في اتجاه الطرف المرتفع للسطح، بحيث تتوقف عن الحركة ثم تعود أدراجها نحو الطرف المنخفض، ثم سؤالهم عن سبب اختلاف سرعة الكرة من لحظة إلى أُخرى.

المعطياتُ: $x_1 = 2.0\ \text{m}$ ، $x_2 = 6.8\ \text{m}$ ، $x_3 = 5.6\ \text{m}$ ، $(\Delta t = 15\ \text{s})$.

المطلوبُ: $\bar{v} = ?\ ,\ \bar{v}_s = ?\ ,\ \Delta x = ?\ ,\ S = ?$.

الحلُّ:

أ . المسافةُ الكليةُ التي قطعَتْها لعبةُ السيارةِ تساوي مجموعَ المسافتيْنِ: S_1، و S_2:

المسافةُ الأولى:

$$S_1 = 6.8 - 2.0 = 4.8\ \text{m}$$

المسافةُ الثانيةُ:

$$S_2 = |5.6 - 6.8| = 1.2\ \text{m}$$

المسافةُ الكليةُ:

$$S = S_1 + S_2 = 4.8 + 1.2 = 6.0\ \text{m}$$

ب . الإزاحةُ الكليةُ للعبةِ السيارةِ تساوي الفرقَ بينَ مُتَّجِهَي الموقعيْنِ: الابتدائيِّ، والنهائيِّ:

$$\Delta x = x_3 - x_1 = 5.6 - 2.0 = 3.6\ \text{m}$$

منَ المُلاحَظِ أنَّ إشارةَ الإزاحةِ موجبةٌ؛ لأنَّ إزاحةَ الجسمِ الكليةَ في اتجاهِ محورِ (x) الموجبِ.

جـ . السرعةُ القياسيةُ المتوسطةُ للعبةِ السيارةِ:

$$\bar{v}_s = \frac{S}{\Delta t} = \frac{6}{15} = 0.4\ \text{m/s}$$

د . السرعةُ المُتَّجِهةُ المتوسطةُ للعبةِ السيارةِ:

$$\bar{v}_s = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{3.6}{15} = 0.24\ \text{m/s}$$

يُلاحَظُ أنَّ السرعةَ المُتَّجِهةَ المتوسطةَ موجبةٌ؛ ما يعني أنَّها في اتجاهِ محورِ (x) الموجبِ، وأنَّهُ لا يوجدُ اتجاهٌ للسرعةِ القياسيةِ المتوسطةِ.

46

مثال إضافي

سحب رامي عربة باتجاه اليمين مسافة (6 m) خلال زمن (20 s)، ثم سحبها باتجاه اليسار مسافة (10 m) خلال زمن (12 s). أحسب السرعة القياسية المتوسطة للعربة خلال الحركة الكلية.

الحلّ:

$$S = S_1 + S_2 = 6 + 10 = 16\ \text{m}$$

$$\Delta t = t_1 + t_2 = 20 + 12 = 32\ \text{s}$$

$$\bar{v}_s = \frac{S}{\Delta t} = \frac{16}{32} = 0.5\ \text{m/s}$$

التسارُعُ الثابتُ Constant Acceleration

لتوضيحِ مفهومِ **التسارُعِ Acceleration**، أَنْعِمُ النظرَ في الجدولِ (1)، الذي يُبيِّنُ السرعاتِ المُتَّجِهةَ اللحظيةَ (v) لسيارتَيْنِ تتحرَّكانِ في اتجاهِ محورِ (x) الموجبِ في الأوقاتِ الزمنيةِ المُحدَّدةِ.

يُلاحَظُ أنَّ سرعةَ السيارةِ الأولى ثابتةُ المقدارِ عندَ القيمةِ (4.0 m/s)، وكذلكَ اتجاهُها؛ ما يعني أنَّها لا تتسارعُ، أمّا سرعةُ السيارةِ الثانيةِ فمُتغيِّرةُ المقدارِ، بحيثُ تزدادُ (2 m/s) في أثناءِ كلِّ ثانيةٍ منْ زمنِ الحركةِ؛ ما يعني أنَّها تتسارعُ.

يُذْكَرُ أنَّ **التسارُعَ المتوسطَ Average acceleration** كميةٌ مُتَّجِهةٌ تُعطى بناتجِ قسمةِ التغيُّرِ في السرعةِ اللحظيةِ (Δv) على المدَّةِ الزمنيةِ اللازمةِ لإحداثِ التغيُّرِ في السرعةِ:

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

إنَّ اتجاهَ التسارُعِ المتوسطِ يكونُ دائمًا في نفسِ اتجاهِ التغيُّرِ في السرعةِ اللحظيةِ Δv، ويُقاسُ هذا التسارُعُ بوحدةِ m/s^2، أمّا التسارُعُ اللحظيُّ (a) فيُعرَفُ عندَ لحظةٍ زمنيةٍ مُحدَّدةٍ. وسيقتصرُ الحديثُ هنا على التسارُعِ الثابتِ؛ حيثُ يتساوى التسارُعُ المتوسطُ والتسارُعُ اللحظيُّ ($\bar{a} = a$).

أفكِّرُ: عندما تزدادُ سرعةُ السيارةِ بمقدارِ (2 m/s) في كلِّ ثانيةٍ يكونُ التسارُعُ ثابتًا. كيفَ يكونُ تسارُعُ السيارةِ غيرَ ثابتٍ؟

أستخدمُ برنامجَ الجداولِ الإلكترونيةِ (Microsoft Excel) لتمثيلِ البياناتِ في الجدولِ (1) بمخططٍ بيانيٍّ خطيٍّ.

الجدول (1) السرعةُ الثابتةُ، والسرعةُ المُتغيِّرةُ.

الزمنُ (s):	$t_1=0$	$t_2=1$	$t_3=2$	$t_4=3$	$t_5=4$
سرعةُ السيارةِ الأولى (m/s):	$v_1=4.0$	$v_2=4.0$	$v_3=4.0$	$v_4=4.0$	$v_5=4.0$
سرعةُ السيارةِ الثانيةِ (m/s):	$v_1=0$	$v_2=2.0$	$v_3=4.0$	$v_4=6.0$	$v_5=8.0$

47

- أوجّه الطلبة إلى استخدام برنامج الجداول الإلكترونية (Microsoft Excel)، وإعداد جداول مماثلة للجدول (1)، وتمثيل منحنيي السرعة والزمن للسيارتين بيانيًا، ثم أوجّههم لمشاركة إنجازهم مع زملائهم/ زميلاتهن بعد اطّلاعي عليه.

أفكِّر: عندما تزداد سرعة السيارة بمقادير مختلفة في مدد زمنية متساوية يكون تسارعها غير ثابت، ويحدث ذلك على سبيل المثال؛ بأن تزداد السرعة خلال الثانية الأولى بمقدار (3 m/s)، ثم تزداد خلال الثانية الثانية بمقدار (5 m/s)، وقد تقل خلال الثانية الثالثة بمقدار (1.5 m/s).

بناء المفهوم:

التسارع.

- أوضّح للطلبة أنَّ تسارع الجسم ينتج فقط من التغيُّر في مقدار السرعة عند حركته في اتجاه ثابت، وأنَّ اتجاه السرعة لا يتغير. وإذا كان التغيُّر في مقدار السرعة منتظمًا فإنَّ التسارع يكون ثابتًا. فمثلًا، إذا تغيرت السرعة بمقدار (2 m/s) في كل ثانية فإنَّ التسارع يكون ثابتًا بمقدار ($2\ m/s^2$). ولا مجال هنا للحديث عن التسارع المتغير.
- ألفِتُ انتباه الطلبة إلى أنَّ التسارع ينتج -أيضًا- من التغيُّر في اتجاه السرعة؛ سواء تغيَّر مقدارها، أم بقي ثابتًا، مُوضِّحًا ذلك بالإشارة إلى مثال ضرب الكرة بالمضرب؛ إذ تغيَّر اتجاه حركتها بالرغم من أنَّ الحركة في بُعْد واحد.
- أؤكّد للطلبة أهمية التفريق بين اتجاه السرعة (v) واتجاه التغيُّر في السرعة (Δv).

طريقة أخرى للتدريس الحركة بتسارع ثابت.

الأسلوب الداعم: أكواب إشارة المرور:

- أستخدم هذا الأسلوب في تعليم الطلبة المقارنة بين حركة السيارتين، وذلك بالاطِّلاع على الجدول (1).
- أوزّع الطلبة إلى مجموعات صغيرة، ثم أوزّع على كل مجموعة الأكواب الثلاثة.
- أطلب إلى أفراد المجموعات الاطِّلاع على الجدول وتحليل البيانات فيه، ثم وصف حركة كلٍّ من السيارتين.
- أطلب إلى أفراد المجموعات حل المثال (3).
- في ما يخص الإجراءات السابقة، يعرض أفراد كل مجموعة الكوب الذي يُعبِّر عن مدى حاجتهم إلى المساعدة.

معلومة إضافية

في حالة الحركة بسرعة متغيرة غير منتظمة (التغيُّر في السرعة ليس ثابتًا)، فإنَّ التسارع يكون مُتغيِّرًا. ويُمكِن الإشارة هنا إلى التسارع المتوسط، علمًا أنّ ما يتعيَّن على الطلبة معرفته هو حالة التسارع الثابت فقط.

المثالُ 3

بناءً على قيمِ الزمنِ والسرعةِ الواردةِ في الجدولِ (1)، أَجِدُ التسارُعَ المتوسطَ لكلٍّ منَ السيارتيْنِ خلالَ المدَّةِ الزمنيةِ منْ $(t_2 = 1\,s)$ إلى $(t_3 = 2\,s)$.

المعطياتُ: الجدولُ.

المطلوبُ: $\bar{a} = ?$.

الحلُّ:

التسارُعُ المتوسطُ للسيارةِ الأولى:

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_3 - v_2}{t_3 - t_2}$$

$$\bar{a} = \frac{4.0 - 4.0}{2 - 1} = \frac{0}{1} = 0\ m/s^2$$

التسارُعُ المتوسطُ للسيارةِ الثانيةِ:

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_3 - v_2}{t_3 - t_2}$$

$$\bar{a} = \frac{4.0 - 2.0}{2 - 1} = \frac{2.0}{1} = 2\ m/s^2$$

يُلاحَظُ أنَّ التسارُعَ المتوسطَ للسيارةِ الأولى صفرٌ؛ لأنَّ سرعتَها اللحظيةَ لمْ تتغيَّرْ، وأنَّ السيارةَ الثانيةَ تتحرَّكُ بتسارُعٍ متوسطٍ ثابتِ المقدارِ والاتجاهِ $(2\ m/s^2)$ في اتجاهِ محورِ (x) الموجبِ؛ لذا تتغيَّرُ سرعتُها المُتَّجِهةُ اللحظيةُ باستمرارٍ.

أتحقَّقُ: أَجِدُ التسارُعَ المتوسطَ لكلٍّ منَ السيارتيْنِ في أثناءِ مُدَدٍ زمنيةٍ أُخرى؛ منْ: $(t_1 = 0\ s)$ إلى $(t_4 = 3\ s)$ مثلًا.

المثالُ 4

تحرَّكَ قطارٌ نحوَ الشرقِ في اتجاهِ محورِ $(+x)$ بسرعةٍ مُتغيِّرةِ المقدارِ، وقدْ رُصِدَتْ سرعتُهُ الابتدائيةُ عندَ اللحظةِ $(t = 2\ s)$، فكانَتْ $(12\ m/s)$، ثمَّ رُصِدَتْ سرعتُهُ النهائيةُ عندَ اللحظةِ $(t = 38\ s)$، فكانَتْ $(30\ m/s)$. أَجِدُ مقدارَ التسارُعِ المتوسطِ الذي تحرَّكَ بهِ القطارُ خلالَ المدَّةِ منْ $(t = 2\ s)$ إلى $(t = 38\ s)$، ثمَّ أُحدِّدُ اتجاهَ هذا التسارُعِ.

المعطياتُ: $v_1 = 12\ m/s$ ، $v_2 = 30\ m/s$ ، $t_1 = 2\ s$ ، $t_2 = 38\ s$.

المطلوبُ: $\bar{a} = ?$ ، اتجاهُ التسارُعِ.

48

معلومة إضافية

- أُخبِر الطلبة أنَّه عندما تكون السرعة مُتغيِّرة فإنَّه يُمكِن التعامل مع متوسط السرعة للتسهيل، وأنَّ هذا المثال (3) يُدرِّبهم على حساب كلٍّ من متوسط السرعة، والتسارع، والتسارع المتوسط.

مثال إضافي

تتحرك شاحنة بتباطؤ متوسط مقداره $(0.8\ m/s^2)$ حتى توقفت بعد مرور $(20\ s)$. أحسب السرعة الابتدائية للشاحنة.

الحلّ:

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t}$$

$$-0.8 = \frac{0 - v_1}{20} \Rightarrow v_1 = 0.8 \times 20 = 16\ m/s$$

أتحقَّق:

الإجابة لن تختلف عن الإجابة في المثال (3)؛ لأنَّ السيارة الأولى تتحرك بسرعة ثابتة (تسارع ثابت يساوي صفرًا)، والسيارة الثانية تسارعها ثابت؛ لأنَّ سرعتها تزداد بصورة منتظمة (بمقدار: 2 m/s في كل ثانية). وعندما يكون التسارع ثابتًا فإنَّ التسارع المتوسط يكون ثابتًا أيضًا، ويساوي التسارع اللحظي.

الحلُّ:

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

$$\bar{a} = \frac{30 - 12}{38 - 2} = \frac{18}{36} = 0.5\ m/s^2$$

يُلاحَظُ أنَّ التغيُّرَ في السرعةِ المُتَّجِهةِ اللحظيةِ (Δv) موجبٌ؛ أيْ في اتجاهِ الشرقِ؛ لذا يكونُ اتجاهُ التسارُعِ المتوسطِ نحوَ الشرقِ ($+x$)، ويتضحُ ذلكَ منْ إشارةِ التسارُعِ المتوسطِ الموجبةِ.

المثالُ 5

انطلقَ سامرٌ بزلّاجتِهِ بسرعةٍ ابتدائيةٍ ($2.4\ m/s$) باتجاهِ الشرقِ، وبعدَ مُدّةٍ زمنيةٍ مقدارُها ($3.0\ s$) توقَّفَتِ الزلّاجةُ عنِ الحركةِ. أجِدُ مقدارَ التسارُعِ المتوسطِ للزلّاجةِ، مُحدّدًا اتجاهَهُ.

المعطياتُ: $v_1 = 2.4\ m/s$ ، $v_2 = 0\ m/s$ ، $\Delta t = 3.0\ s$.

المطلوبُ: $\bar{a} = ?$ ، اتجاهُ التسارُعِ.

الحلُّ:

$$\bar{a} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t}$$

$$\bar{a} = \frac{0.0 - 2.4}{3.0} = \frac{-2.4}{3.0} = -0.8\ m/s^2$$

يُلاحَظُ أنَّ إشارةَ التسارُعِ المتوسطِ سالبةٌ؛ ما يعني أنَّ اتجاهَهُ نحوَ الغربِ؛ أيْ أنَّ اتجاهَ التسارُعِ بعكسِ اتجاهِ السرعةِ، وفي مثلِ هذهِ الحالةِ تكونُ الحركةُ بتباطؤٍ.

49

مثال إضافي

قُذفت كرة خفيفة نحو اليمين بسرعة ابتدائية ($7\ m/s$)، وبعد مرور زمن ($2.5\ s$) أصبحت سرعتها ($1\ m/s$) باتجاه اليسار نتيجة تأثير الرياح فيها. أحسب مقدار تسارع الكرة وأحدد اتجاهه.

الحلّ:

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{-1 - 7}{2.5} = \frac{-8}{2.5} = -3.2\ m/s^2$$

لأن إشارة التسارع سالبة؛ فهو باتجاه اليسار.

◄ التعزيز:

مستخدمًا **استراتيجية التفكير الناقد**؛ أعرض على الطلبة مسألتين مختلفتين، تتغير السرعة في إحداهما بانتظام، وفي الأخرى بصورة غير منتظمة؛ موضحًا ذلك بأرقام بسيطة. ثم أطلب إليهم مناقشة كل مسألة بهدف توضيح الفرق بين المتوسط الحسابي للسرعتين الابتدائية والنهائية، والسرعة المتوسطة، ثم أوضح لهم متى تتساوى الكميتان.

(تتساوى الكميتان في حالة التغيُّر المنتظم لمقدار السرعة فقط).

أطلب إلى الطلبة الإفادة من حلِّ المثالين السابقين في استنتاج حالتين من الحركة، هما:

الحالة الأولى: تكون الأجسام متسارعة عندما تتشابه إشارة التسارع مع إشارة السرعة؛ فتكون الإشارتان موجبتين (+,+)، كما في المثال (4)، حيث يتسارع القطار في الاتجاه الموجب، أو سالبتين (-,-)، حيث يتسارع الجسم في الاتجاه السالب (اتجاه x- مثلًا). وبوجه عام، يتسارع الجسم عندما تزداد القيمة المطلقة لسرعته.

الحالة الثانية: تكون الأجسام متباطئة عندما تختلف إشارة التسارع عن إشارة السرعة؛ فتكون إحداهما موجبة والأُخرى سالبة (+,−)، كما في المثال (5)، حيث تحركت الزلاجة بتباطؤ، فتناقصت السرعة؛ ما يعني أنَّ الذي يُحدِّد تسارع الأجسام وتباطؤها هو التشابه أو الاختلاف في اتجاهي السرعة، والتغيُّر في السرعة. وبوجه عام؛ إذا تناقصت القيمة المطلقة للسرعة، فإنَّ الجسم يتباطأ.

استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى الاطّلاع على الشكل (4) في الكتاب، مُبيِّنًا لهم أنَّ السهمين فيه يُمثِّلان سرعة الكـرة قبـل التصادم وبعده، وأنَّ الشكل يحوي فقط كرة واحدة، وأنّه تمَّ تكرار صورتها لبيان السرعة قبل التصادم وبعده.
- أطلب إلى الطلبة التمييز بين اتجاه السرعة إن كانت إلى اليمين أو اليسار؛ باستخدام الإشارات الموجبة والسالبة، مع التنبيه على وجود إشارة سالبة في القانون؛ وذلك لطرح السرعة الابتدائية من السرعة النهائية، لإيجاد التغير في السرعة.

أتحقَّق:

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{80 - 0}{32} = 2.5\ m/s^2$$

اتجاه التسارع باتجاه السرعة

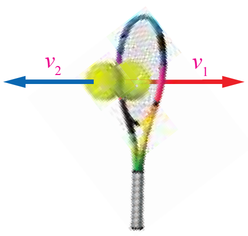
بالنظرِ إلى المثاليْنِ السابقيْنِ، نجدُ أنَّ تسارُعَ الأجسامِ يكونُ في حالتيْنِ، هما:

الحالةُ الأولى: تكونُ الأجسامُ متسارعةً عندما تتشابهُ إشارةُ التسارُعِ معَ إشارةِ السرعةِ؛ فتكونُ الإشارتانِ موجبتيْنِ (+ , +)، كما في المثالِ (4)؛ إذْ تحرَّكَ القطارُ بسرعةٍ وتسارعٍ باتجاهِ x+، أوْ سالبتيْنِ (- , -)؛ فيكونُ كلٌّ منَ السرعةِ والتسارُعِ باتجاهِ x-.

الحالةُ الثانيـةُ: تكونُ الأجسامُ متباطئةً عندما تختلفُ إشارةُ التسارُعِ عنْ إشارةِ السرعةِ؛ فتكونُ إحداهُما موجبةً والأُخرى سالبةً (- , +)، كما في المثالِ (5)؛ إذْ تحرَّكَتِ الزلّاجةُ بتباطؤٍ.

المثالُ 6

تحرَّكَتْ كرةُ تنسٍ أرضيٍّ في اتجاهِ الشرقِ معَ محورِ ($+x$) بسرعةِ (40 m/s). وفي أثناءِ مدَّةٍ زمنيةٍ مقدارُها ($\Delta t = 0.05$ s) ارتدَّتِ الكرةُ نحوَ الغربِ معَ محورِ ($-x$) بسرعةِ (40 m/s)، كما في الشكلِ (4). أَجِدُ مقدارَ تسارُعِ الكرةِ في أثناءِ هذهِ المدَّةِ، مُحدِّدًا اتجاهَهُ.



الشكلُ (4): ارتدادُ الكرةِ بعدَ تصادُمِها معَ المَضرِبِ.

المعطياتُ: (v_1 = + 40 m/s)، (v_2 = -40 m/s) ، (Δt = 0.8 s).

المطلوبُ: ($\bar{a}$ = ?).

الحلُّ:

سرعةُ الكرةِ الابتدائيةُ موجبةٌ، وسرعتُها النهائيةُ سالبةٌ:

$$\bar{a} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t}$$

$$\bar{a} = \frac{-40 - 40}{0.05} = \frac{-80}{0.05} = -1600\ m/s^2$$

يُلاحَظُ أنَّ تسارُعَ الكرةِ سالبٌ؛ ما يعني أنَّهُ في اتجاهِ محورِ ($-x$).

أتحقَّقُ: بدأَتْ طائرةٌ السيرَ على مَدْرجِ المطارِ منْ وضعِ السكونِ، بحركةٍ أفقيةٍ في خطٍّ مستقيمٍ، فأصبحَتْ سرعتُها (80 m/s) بعدَ مرورِ مدَّةٍ زمنيةٍ مقدارُها (t = 32 s). أَجِدُ مقدارَ التسارُعِ المتوسطِ للطائرةِ في أثناءِ تلكَ المدَّةِ، ثمَّ أُحدِّدُ اتجاهَهُ.

50

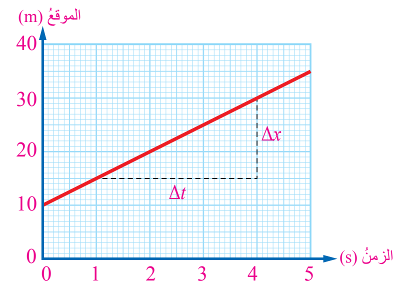
مثال إضافي

تتحرك كرة تنس أرضيّ باتجاه الغرب مع محور ($-x$) بسرعة (32 m/s)، وفي أثناء مدة زمنية (0.08 s) ارتدّت الكرة نحو الشرق مع محور ($+x$) بسرعة (40 m/s). أجد مقدار تسارع الكرة وأحدّد اتجاهه.

الحلّ:

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{40 - (-32)}{0.08} = \frac{72}{0.08} = 900\ m/s^2$$

لأن إشارة التسارع موجبة، فهو باتجاه اليمين.



الشكلُ (5): منحنى الموقع – الزمن.

تمثيلُ الحركةِ بيانيًا

منحنى الموقعِ-الزمنِ Position-Time Graph

عندَ تمثيلِ الحركةِ بيانيًا، بحيثُ يُحدَّدُ محورُ (x) لتدريجِ الزمنِ، ومحورُ (y) لتدريجِ الموقعِ، فإنَّ هذهِ العلاقةَ البيانيةَ تصفُ التغيُّرَ في موقعِ الجسمِ بالنسبةِ إلى الزمنِ، أنظرُ الشكلَ (5). وبالرجوعِ إلى منحنى هذهِ العلاقةِ يُمكِنُ معرفةُ الموقعِ الذي يوجدُ فيهِ الجسمُ المتحرِّكُ نسبةً إلى نقطةِ الإسنادِ في أيِّ لحظةٍ زمنيةٍ، وتُمثَّلُ نقطةُ الإسنادِ عادةً عندَ (0,0) على الرسمِ.

يَتبيَّنُ منَ الشكلِ (5) أنَّ الجسمَ يقعُ على بُعْدِ (15 m) منْ نقطةِ الإسنادِ عندَ اللحظةِ ($t = 1$ s)، وأنَّهُ قدْ غيَّرَ موقعَهُ، فأصبحَ على بُعْدِ (30 m) عندَ اللحظةِ ($t = 4$ s)؛ لذا، فإنَّ إزاحتَهُ في أثناءِ المدَّةِ الزمنيةِ (Δt) هيَ:

$$\Delta x = x_2 - x_1 = 30 - 15 = 15 \text{ m}$$

حيثُ:

$$\Delta t = 4 - 1 = 3 \text{ s}$$

درسْتُ في مبحثِ الرياضياتِ أنَّ ميلَ الخطِّ المستقيمِ يُعطى بالعلاقةِ الآتيةِ:

$$slope = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

اعتمادًا على الشكلِ (5)، يُمكِنُ حسابُ ميلِ الخطِّ المستقيمِ الذي

51

نشاط سريع

- أطلب إلى الطلبة تحديد موقع الجسم عند كل ثانية من زمن حركته في الشكل (5)؛ فهو عند بداية الحركة ($t = 0$ s) يقع على بُعْد (10 m) من نقطة الإسناد.
  الزمن (1 s) والموقع (15 m)، الزمن (2 s) والموقع (20 m)، الزمن (3 s) والموقع (25 m)، الزمن (4 s) والموقع (30 m)، الزمن (5 s) والموقع (35 m).
- أدرّب الطلبة على إيجاد التغيُّر في الزمن بين أيِّ لحظتين زمنيتين، وكذلك التغيُّر في الموقع بين أيِّ لحظتين زمنيتين.
- أطلب إلى بعض الطلبة إيجاد ميل منحنى العلاقة بين الموقع والزمن، بقسمة التغيُّر في الموقع على التغيُّر في الزمن؛ لتعرُّف مقدار السرعة.
  الميل يساوي 5 m/s

◄ بناء المفهوم:

منحنى الموقع– الزمن.

- أوجّه الطلبة إلى الاطِّلاع على الشكل (5) في الكتاب؛ لفهم العلاقة بين الزمن والموقع، حيث مُثِّل الزمن على محور (x) بتدريج منتظم بوحدة الثانية، ومُثِّل الموقع على المحور (y) بتدريج منتظم بوحدة المتر.
- أحدّد للطلبة نقطة الإسناد، وهي النقطة (0,0) التي يُنسَب إليها موقع الجسم في كل لحظة من لحظات حركته.

◄ المناقشة:

أبيّن للطلبة أنَّ نقطة الإسناد التي تُنسَب إليها الحركة هي نقطة اختيارية، وأنَّه تم اختيار النقطة (0,0) للتسهيل، وأنَّه في حال اختيار نقطة إسناد أُخرى فإنَّ ذلك لن يُؤثِّر في القيم التي يراد حسابها.

◄ استخدام الصور والأشكال:

مستخدمًا **استراتيجية الطاولة المستديرة**؛ أوجّه الطلبة إلى الاطِّلاع على الشكل (5)؛ بحيث يتعاون أفراد المجموعة للتحقّق من التدريج على كل محور، وتحديد الكمية الفيزيائية التي يُمثِّلها كل تدريج، وبيان وحدات القياس المناسبة.

أبيّن للطلبة صفات المنحنى البياني للعلاقة بين الموقع والزمن، ثم أطلب إلى أفراد كل مجموعة أن يرسموا أشكالًا أُخرى، ثم أدير نقاشًا بين المجموعات لتوضيح الاختلافات بينها.

معلومة إضافية

أبيِّن للطلبة أنَّ الميل قد يكون سالبًا، وذلك عندما يتحرك الجسم مُقتربًا من نقطة الإسناد؛ أيْ عندما تكون إزاحته سالبة.

◀ **المناقشة:**

- أرسم أشكال منحنيات لعلاقة الموقع- الزمن على اللوح، ثم أكلف الطلبة باستنتاج بيانات مختلفة من كل شكل، وأناقشهم في إجاباتهم للتوصل إلى الأفكار الآتية:
- الاستدلال بمنحنى الموقـع- الزمـن على موقـع الجسم بالنسبة إلى موقع نقطة الإسناد عنـد أيِّ لحظة زمنية.
- إذا كان مُنحنى الموقع – الزمن خطًّا مستقيمًا موازيًا لمحور الزمن؛ فإنَّ ذلك يعني أنَّ الجسم ساكن لا يتغير موقعه.
- ميل هذا المنحنى يساوي السرعة المتوسطة.
- عندما تكون العلاقـة خطًّا مستقيمًا؛ فإنَّ السرعـة تكون ثابتة (التسارع يساوي صفرًا)، وإنَّ السرعة المتوسطة تساوي السرعة اللحظية.
- عندما تكون العلاقة خطًّا منحنيًا؛ فإنَّ السرعة تكون مُتغيِّرة (التسارع لا يسـاوي صفرًا)، وإنَّ السرعـة اللحظيـة عند أيِّ نقطة (t,x) تساوي ميل المماس للمنحنى عند تلك النقطة.

أتحقَّق:

تكون العلاقة على شكل خط مستقيم، ميله ثابت، لا يساوي صفرًا.

يصلُ بينَ الموقعِ الابتدائيِّ للجسمِ ($x_1 = 15$ m) عنـدَ الـزمنِ ($t = 1$s) وموقعِهِ النهائيِّ ($x_2 = 30$ m) عندَ الزمنِ ($t = 4$s) كما يأتي:

$$slope = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{30 - 15}{4 - 1} = \frac{15\ \text{m}}{3\ \text{s}} = 5\ \text{m/s}$$

يُلاحَظُ أنَّ وحدةَ الميلِ هيَ (m/s)، وأنَّ هذهِ الوحدةَ هيَ وحدةُ السرعةِ نفسُها. ولمّا كانَ المقامُ في المعادلةِ المذكورةِ آنفًا هوَ المدَّةَ الزمنيةَ التي حدثَ في أثنائِها التغيُّرُ في الموقعِ، فإنَّ ميلَ الخطِّ المستقيمِ في منحنى الموقعِ – الزمنِ يُمثِّلُ السرعةَ المُتَّجِهةَ المتوسطةَ ($\bar{v}$).

تجدرُ الإشارةُ إلى أنَّ منحنى الموقعِ – الزمنِ يكونُ خطًّا مستقيمًا عندَ الحركةِ بسرعةٍ ثابتةٍ؛ حيثُ التسارُعُ يساوي صفرًا، ولا يكونُ المنحنى مستقيمًا عندَ الحركةِ بسرعةٍ مُتغيِّرةٍ؛ حيثُ التسارُعُ لا يساوي صفرًا.

أتحقَّقُ: أَصِفُ شكلَ منحنى الموقعِ – الزمنِ لجسمٍ يتحرَّكُ بسرعةٍ ثابتةٍ؛ مقدارًا، واتجاهًا.

منحنى السرعةِ- الزمنِ Velocity-Time Graph

عندَ تمثيلِ الحركةِ بيانيًّا، بحيثُ يُحدَّدُ محورُ (x) لتدريجِ الزمنِ، ومحورُ (y) لتدريجِ السرعةِ، ثمَّ تمثيلِ العلاقةِ بينَ السرعةِ والزمنِ بيانيًّا، فإنَّ هذهِ العلاقةَ تصفُ التغيُّرَ في سرعةِ الجسمِ بالنسبةِ إلى الزمنِ، كما في الشكلِ (6)، وتُمكِّنُنا منْ معرفةِ سرعةِ الجسمِ عندَ أيِّ لحظةٍ زمنيةٍ، فضلًا عنْ حسابِ تسارُعِ الجسمِ منْ تحليلِ الرسمِ البيانيِّ.

بناءً على تعريفِ التسارُعِ المتوسطِ، فإنَّ:

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

52

إضاءة للمُعلِّم / للمعلِّمة

عندما يتحرك الجسم بسرعة ثابتة من نقطة مرجعية باتجاه اليسار؛ فإن التمثيل البياني لحركة الجسم بمنحنى الموقع – الزمن، يكون على شكل خط مستقيم يبدأ من نقطة الأصل في الربع الرابع، وينحدر للأسفل واليمين؛ أي تكون قيم الزمن موجبة وقيم الموقع سالبة، وتزداد القيمة المطلقة للموقع بزيادة الزمن.

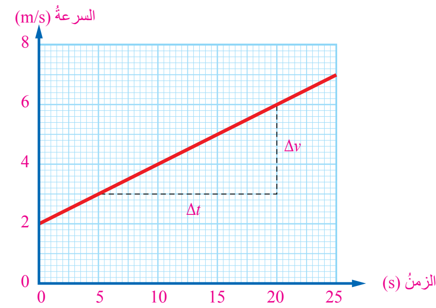
القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **التفكير: التحليل.**

أخبر الطلبة أنَّ التحليل هو أحد المفاهيم العابرة، وأنَّه من خطوات التفكير، وأنَّ أهميته تتمثَّل في استخراج المعلومة من نص، أو رسم بياني، أو صورة بعد تحليلها كما في معرفة السرعة اللحظية من تحليل منحنى الموقع- الزمن.

◀ **التعزيز:**

أرسـم مزيـدًا مـن منحنيـات الموقـع – الزمـن؛ عـلى أنْ يختلـف كلٌّ منهـا عـن الآخـر في مقـدار زاويـة ميلـه، ويشـمل ذلـك الحركـة اقترابًا مـن نقطة الإسـناد، وابتعـادًا عنهـا.



الشكلُ (6): منحنى السرعةِ – الزمنِ.
ما مقدارُ سرعةِ الجسمِ عندَ الثانيةِ (5 s)؟

بالرجوعِ إلى مفهومِ الميلِ في الرياضياتِ نجدُ أنَّ مقدارَ التسارُعِ يساوي الميلَ. ولأنَّ الميلَ في الشكلِ (6) موجبٌ؛ فإنَّ التسارُعَ يكونُ موجبًا أيضًا، وتتشابهُ إشارتا السرعةِ والتسارُعِ (+ , +)؛ لذا يتسارعُ الجسمُ في الاتجاهِ الموجبِ.

يَتبيَّنُ منَ الشكلِ (6) أنَّ التسارُعَ يساوي الميلَ:

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{6 - 3}{20 - 5} = \frac{3}{15} = 0.2 \text{ m/s}^2$$

يُلاحَظُ أنَّ منحنى السرعةِ – الزمنِ خطٌّ مستقيمٌ، فيكونُ الميلُ في هذهِ الحالةِ ثابتًا، وكذلكَ التسارُعُ، ويكونُ $a = \bar{a}$.

يُستفادُ أيضًا منَ منحنى السرعةِ – الزمنِ في معرفةِ إزاحةِ الجسمِ، وذلكَ بإيجادِ المساحةِ تحتَ المنحنى؛ إذْ تساوي هذهِ المساحةُ حاصلَ ضربِ السرعةِ (وحدةُ قياسِها m/s) في المدَّةِ الزمنيةِ (وحدةُ قياسِها s)، فيُمثِّلُ حاصِلُ الضربِ الإزاحةَ (وحدةُ قياسِها $\frac{m}{s} \times s = m$)؛ أيْ أنَّ الإزاحةَ تساوي عدديًّا المساحةَ المحصورةَ تحتَ المنحنى.

أتحقَّقُ: كيفَ أُحدِّدُ ما إذا كانَ الجسمُ يتسارعُ أمْ يتباطأُ مِنْ منحنى (السرعة – الزمن)؟

53

إجابة سؤال الشكل (6):

عند اللحظة الزمنية (5 s)، أقيم عمودًا على محور الزمن، حتى يتقاطع مع منحنى العلاقة. ثم أرسم خطًا أفقيًا باتجاه محور السرعة، فيتقاطع معه عند التدريج (3 m/s) وهذا هو مقدار السرعة عند تلك اللحظة.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **التفكير: الشك وتفحُّص المقترحات.**

أخبر الطلبة أنَّ الشك هو أحد المفاهيم العابرة التي تفيد الباحث في تمحيص المعلومة لقبول الصحيح ورفض ما سوى ذلك، وأنَّه يتعيَّن عليهم تقديم المقترحات وتفحُّصها للتوصُّل إلى المعرفة الصحيحة؛ كما يحدث عند تفحّص اتجاهات السرعة وتغيراتها لمعرفة التسارع إن كان موجبًا أو سالبًا.

أتحقَّق: عندما يكون ميل المنحنى موجبًا؛ فهذا يعني أن السرعة تزداد مع الزمن، ويكون الجسم متسارعًا، وعندما يكون الميل سالبًا؛ فهذا يعني أن السرعة تقل مع الزمن؛ ويكون الجسم متباطئًا.

استخدام الصور والأشكال:

أوجّه الطلبة إلى الاطلاع على الشكل (6)؛ ليتحققوا من التدريج على كل محور، ويُحدِّدوا الكمية الفيزيائية التي يُمثِّلها كل تدريج، ووحدات القياس المناسبة.

أبيّن للطلبة صفات المنحنى البياني للعلاقة بين السرعة والزمن، ثم أرسم أشكالًا أُخرى، وأناقشهم في الاختلافات بينها.

اعتمادًا على الشكل، أوضّح للطلبة ما يأتي:

- الاستدلال بمنحنى السرعة– الزمن على سرعة الجسم عند أيِّ لحظة زمنية.
- ميل هذا المنحنى يساوي التسارع.
- عندما يكون المنحنى خطًّا مستقيمًا موازيًا لمحور الزمن فهذا يعني أنَّ الجسم يتحرك بسرعة ثابتة (تسارعه يساوي صفرًا).
- المساحة المحصورة بين المنحنى ومحور الزمن تساوي الإزاحة التي يُحدِثها الجسم المتحرك.

معلومة إضافية

- أبيّن للطلبة أنَّ الجسم يكون متسارعًا عندما تزداد القيمة المطلقة لسرعته، وذلك عند تشابه إشارتي السرعة والتسارع، فتكون كلتاهما موجبة (تسارع في الاتجاه الموجب)، أو سالبة (تسارع في الاتجاه السالب).
- أبيّن للطلبة أنَّ الجسم يكون متباطئًا عندما تقل القيمة المطلقة لسرعته، وذلك عند اختلاف إشارتي السرعة والتسارع، فتكون إحداهما موجبة والأُخرى سالبة.

أخطاء شائعة

قد يعتقد بعض الطلبة أنَّه عندما تكون إشارة التسارع موجبة فإنَّ الجسم يتحرك بتسارع، وأنَّه عندما تكون إشارة التسارع سالبة فإنَّ الجسم يتحرك بتباطؤ. وهذا غير صحيح؛ إذ إنَّ الإشارة تدل فقط على اتجاه التسارع. ولتحديد إذا كان الجسم يتسارع أو يتباطأ، يجب معرفة إشارتي التسارع والسرعة معًا.

تمرين

المساحة المحصورة بين محور الزمن ومنحنى العلاقة تساوي مجموع مساحتين متجاورتين؛ الأولى شبه منحرف، والثانية مستطيل.

المساحة الأولى (شبه المنحرف):

$$x_1 = \frac{1.0 + 3.0}{2} \times 20 = 2 \times 20 = 40$$

المساحة الثانية (المستطيل):

$$x_2 = 3.0 \times 5 = 15$$

المساحة الكلية:

$$x = 40 + 15 = 55$$

بما أنَّ المساحة الكلية ناتجة من ضرب كميتين، هما: الزمن والسرعة، فإنَّ الناتج هو الإزاحة؛ أيْ إنَّ المساحة تحت المنحنى تساوي الإزاحة التي قطعتها العربة.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **التفكير: إنتاج المعرفة.**

أخبر الطلبة أنَّ إنتاج المعرفة هو مرحلة متقدمة من مراحل التفكير، وأنَّه يساعدهم على استكمال البنية المعرفية لديهم؛ إذ سيكتسبون معرفة جديدة عند حساب المساحة تحت المنحنى المذكور.

المثالُ 7

في تجربةٍ لدراسةِ حركةِ عربةٍ صغيرةٍ في المختبرِ، كانَتِ النتائجُ كما في الجدولِ الآتي:

الزمنُ (s):	0	5	10	15	20	25
السرعةُ (m/s):	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.0

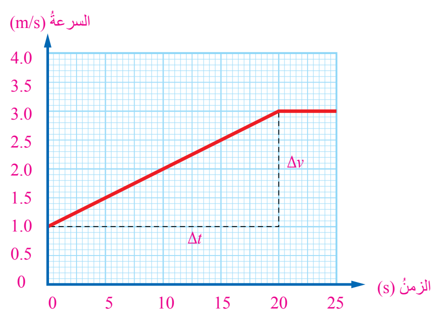
أُمثِّلُ القيمَ التي في الجدولِ بيانيًّا، ثمَّ أستنتِجُ منَ المنحنى تسارُعَ العربةِ في أثناءِ المدَّةِ الزمنيةِ منْ (0 s) إلى (20 s).

المعطياتُ: قراءاتُ الزمنِ، قراءاتُ السرعةِ.

المطلوبُ: رسمُ منحنى العلاقةِ بينَ السرعةِ والزمنِ، إيجادُ التسارُعِ المتوسطِ.

الحلُّ:

رسمُ الشكلِ (7) لتمثيلِ العلاقةِ بيانيًّا.



الشكلُ (7): منحنى السرعةِ – الزمنِ.

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{3.0 - 1.0}{20 - 0} = \frac{2}{20} = 0.1 \text{ m/s}^2$$

تمرين

أجِدُ المساحةَ المحصورةَ بينَ المنحنى والمحورِ الأفقيِّ (محورُ الزمنِ) بينَ اللحظتيْنِ $(t = 0\text{ s}, t = 25\text{ s})$ في المثالِ السابقِ.

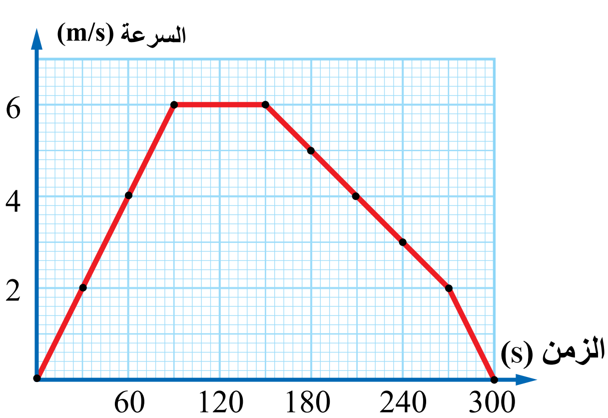
مثال إضافي

رُصدت سرعة عدّاء، ومُثّلت النتائج في الجدول الآتي:

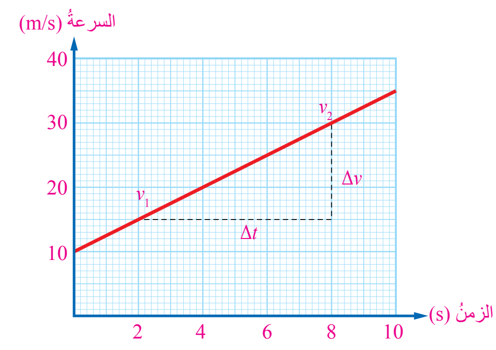
الزمن (s)	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
السرعة (M)	0	2	4	6	6	6	5	4	3	2	0

أمثّل بيانيًّا منحنى السرعة–الزمن للعدّاء، ثم أصف الحركة.

الحلّ:



وصف الحركة: في مدة (90 s) من لحظة بداية الحركة؛ تحرك العداء بسرعة متزايدة (أي بتسارع)، ثم في مدة (60 s)؛ تحرك بسرعة ثابتة تساوي (6 m/s)، ثم في مدة (120 s)؛ تحرّك بسرعة متناقصة (تباطؤ)، ثم تزايدَ تباطُؤُه في آخر (30 s).



الشكلُ (8): التسارُعُ يساوي الميلَ.

معادلاتُ الحركةِ Equations of Motion

تعرَّفْتُ وصفَ الحركةِ في بُعدٍ واحدٍ باستخدامِ مفهومِ الإزاحةِ، والسرعةِ، والتسارُعِ، ثمَّ وصفَها بيانيًّا، وكيفَ أُفسِّرُ الأشكالَ البيانيةَ المُتعلِّقةَ بمُتغيِّراتِ الحركةِ.

لوصفِ الحركةِ على نحوٍ أكثرَ سهولةٍ، تُستخدَمُ ثلاثُ معادلاتٍ رياضيةٍ تساعدُ على وصفِ الحركةِ المنتظمةِ للأجسامِ في خطٍّ مستقيمٍ.

ملحوظةٌ: موضوعُ الاشتقاقِ الرياضيِّ لمعادلاتِ الحركةِ منْ موضوعاتِ المطالعةِ الذاتيةِ.

- **المعادلةُ الأولى**

يُمثِّلُ الشكلُ (8) منحنى السرعةِ – الزمنِ الذي يُمكِنُ إيجادُ ميلِهِ، ثمَّ حسابُ التسارُعِ الثابتِ (a) باستخدامِ العلاقةِ الآتيةِ:

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

حيثُ تُمثِّلُ $\Delta t = t_2 - t_1$ المدَّةَ الزمنيةَ التي حدثَ خلالَها التغيُّرُ في السرعةِ. ولكنْ، عندما يكونُ زمنُ البدايةِ ($t_1 = 0$)، فإنَّ: ($\Delta t = t_2 - 0 = t$)، عندئذٍ يُمكِنُ كتابةُ العلاقةِ بالصورةِ الآتيةِ:

$$v_2 - v_1 = at$$

$$v_2 = v_1 + at \quad \text{.......................} \quad (1)$$

55

مثال إضافي

أحسب السرعة النهائية بعد مرور ($t = 5$ s)، علمًا بأنَّ السرعة الابتدائية ($v_1 = 2$ m/s)، والتسارع ($a = 1.2$ m/s^2).

الحل:

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t}$$

$$1.2 = \frac{v_2 - 2}{5} \Rightarrow v_2 = 1.2 \times 5 + 2 = 8 \text{ m/s}$$

$$v_2 = 8 \text{ m/s}$$

استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (8) في الكتاب، وملاحظة السرعتين الابتدائية والنهائية، ثم استخراج مقدار التغيُّر بينهما اعتمادًا على محور السرعة، وتحديد الزمن الذي حدث فيه هذا التغيُّر.
- أوضّح للطلبة أنَّ السرعة تتغير بصورة منتظمة. وهذا يعني أنَّ التغيُّر في السرعة في الثانية الواحدة ثابت، وهو ميل الخط المستقيم الذي يساوي التسارع. فالتسارع الثابت يعني تغيُّرًا منتظمًا في السرعة.

المناقشة:

أوضّح للطلبة ما يأتي:

- تُستخدَم معادلات الحركة في وصف الحالة الحركية للأجسام المتحركة بتسارع ثابت، بحيث يكون التغيُّر في سرعتها منتظمًا؛ أيْ بمقادير متساوية في أوقات زمنية متساوية.
- أخبر الطلبة أنَّ الرمز (Δx) يُستعمَل للتعبير عن الإزاحة في المسائل جميعها، علمًا أنّ الجسم الذي يبدأ حركته من نقطة الإسناد تكون إزاحته ($\Delta x = x_2 - x_1 = x_2 - 0 \equiv x$).
- معادلات الحركة تُستعمَل لوصف حركة الجسم في بُعْد واحد بتسارع ثابت، وقد يكون التسارع صفرًا.
- كل معادلة تحوي سرعة ابتدائية، إضافةً إلى ثلاث كميات أُخرى.
- يحوي الدليل مثالًا إضافيًا بعد كل معادلة، يكون حلُّه بتطبيق المعادلة بصورة مباشرة.
- أنبّه الطلبة إلى وجوب مراعاة الاتجاهات؛ فكل ما هو نحو اليمين أو الأعلى يكون موجب الإشارة، وكل ما هو نحو اليسار أو الأسفل يكون سالب الإشارة.

المعادلة الأولى: ($v_2 = v_1 + at$) لا تحوي رمز موقع الجسم (Δx)، وهي تُستعمَل لحساب أيِّ كمية، بمعرفة الكميات الأُخرى باستثناء الموقع.

ملحوظة مهمة:

مراحل اشتقاق معادلات الحركة جميعها للمطالعة الذاتية، وهي لا تدخل في عمليات التقويم.

المناقشة:

- **المعادلة الثانية:** ($\Delta x = v_1 t + \frac{1}{2} at^2$).

أوضّح للطلبة أهمية استخدام المعادلة الثانية التي لا تحوي سرعة نهائية (v_2)، وأنّها تُستعمَل لحساب أيِّ كمية بمعرفة الكميات الأُخرى باستثناء السرعة النهائية.

- **المعادلة الثالثة:** ($v_2^2 = v_1^2 + 2a\Delta x$) لا تحوي زمنًا، وهي تُستعمَل لحساب أيِّ كمية بمعرفة الكميات الأُخرى باستثناء الزمن.

مثال إضافي

أحسب الموقع النهائي بعد مرور ($t = 4$ s)، علمًا بأنَّ السرعة الابتدائية ($v_1 = 5$ m/s)، والتسارع ($a = 3$ m/s^2).

الحل:

$$\Delta x = v_1 t + \frac{1}{2} at^2$$

$$\Delta x = 5 \times 4 + \frac{1}{2} \times 3 \times (4)^2 = 20 + 24 = 44 \text{ m}$$

$$x = 44 \text{ m}$$

ألاحظ أنَّ الإزاحة تساوي الموقع النهائي بافتراض أنَّ موقع الجسم الابتدائي هو: ($x_1 = 0$).

أفكّر: عندما تتغير سرعة الجسم بشكل غير منتظم (يكون التسارع مُتغيِّرًا)؛ فإنَّ المتوسط الحسابي للسرعتين الابتدائية والنهائية لا يُمثِّل السرعة المتوسطة؛ لأنَّ اعتماد السرعة على الزمن ليس خطيًّا، ما يتطلَّب أخذ مزيد من قيم السرعة في أوقات زمنية متماثلة؛ كأنْ تكون عشر قيم، ثم تُجمَع، ويُقسَّم المجموع على عددها، فينتج المتوسط الحسابي لها جميعًا، الذي يُمثِّل السرعة المتوسطة.

أتحقَّق:

عند حركة الجسم بتسارع ثابت.

- **المعادلةُ الثانيةُ**

يُمكِنُ معرفةُ السرعةِ المُتَّجِهةِ المتوسطةِ ($\bar{v}$) في حالةِ التسارُعِ الثابتِ، بإيجادِ المتوسطِ الحسابيِّ للسرعةِ الابتدائيةِ والسرعةِ النهائيةِ:

$$\bar{v} = \frac{v_2 + v_1}{2}$$

تُعطى السرعةُ المُتَّجِهةُ المتوسطةُ بدلالةِ الإزاحةِ الكليةِ للجسمِ منَ العلاقةِ الآتيةِ:

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\Delta x}{t}$$

حيثُ تُمثِّلُ $\Delta x = x_2 - x_1$ الإزاحةَ التي حدثَتْ للجسمِ.

بالمساواةِ بينَ العلاقتيْنِ السابقتيْنِ، تنتجُ العلاقةُ الآتيةُ:

$$\Delta x = \frac{1}{2} (v_2 + v_1)t$$

بتعويضِ قيمةِ السرعةِ النهائيةِ (v_2) منَ المعادلةِ الأولى، تنتجُ العلاقةُ الآتيةُ:

$$\Delta x = v_1 t + \frac{1}{2} at^2 \quad \text{.......} \quad (2)$$

- **المعادلةُ الثالثةُ**

بناءً على العلاقةِ الخاصةِ بالسرعةِ المُتَّجِهةِ المتوسطةِ، فإنَّ:

$$\frac{\Delta x}{t} = \frac{v_2 + v_1}{2}$$

وبناءً على المعادلةِ الأولى في الحركةِ، فإنَّ:

$$v_2 - v_1 = at$$

بتعويضِ قيمةِ (t) منْ إحدى العلاقتيْنِ في الأُخرى، فإنَّ:

$$(v_2 - v_1)(v_2 + v_1) = 2a\Delta x$$

$$v_2^2 = v_1^2 + 2a\Delta x \quad \text{.......} \quad (3)$$

ولكنْ، عندما يكونُ موقعُ البدايةِ ($x_1 = 0$)، فإنَّ:

$$(\Delta x = x_2 - 0 = x)$$

عندئذٍ يُمكِنُ كتابةُ المعادلاتِ السابقةِ بدلالةِ (x).

أُفكِّرُ: في الحركةِ بتسارُعٍ ثابتٍ؛ حيثُ يكونُ التغيُّرُ في السرعةِ منتظمًا، تتساوى السرعةُ المتوسطةُ مَعَ المتوسطِ الحسابيِّ للسرعتيْنِ الابتدائيةِ والنهائيةِ $\bar{v} = ½(v_1 + v_2)$. لماذا لا يكونُ ذلكَ صحيحًا عندما تتغيَّرُ السرعةُ على نحوٍ غيرِ منتظمٍ؟

أتحقَّقُ: متى يُمكنني استخدام معادلات الحركة الثلاث السابقة؟

56

مثال إضافي

أحسب السرعة النهائية بعد إزاحة مقدارها ($\Delta x = 25$ m)، عندما تكون السرعة الابتدائية ($v_1 = 0$ m/s)، والتسارع ($a = 0.5$ m/s^2).

الحل:

$$v_2^2 = v_1^2 + 2a\Delta x$$

$$v_2^2 = (0)^2 + 2 \times 0.5 \times 25 = 25 \Rightarrow v_2 = 5 \text{ m/s}$$

$$(v_2 = 5 \text{ m/s})$$

المثالُ 8

انطلقتْ نسرينُ بدرّاجتِها الهوائيةِ منْ وضعِ السكونِ بسرعةٍ أفقيةٍ في خطٍّ مستقيمٍ، بتسارُعٍ ثابتٍ مقدارُهُ $(5\ m/s^2)$. أجِدْ:

أ . السرعةَ النهائيةَ بعدَ مرورِ زمنٍ مقدارُهُ $(6.4\ s)$.

ب . الإزاحةَ الكليةَ التي قطعَتْها الدرّاجةُ.

المعطياتُ: $(v_1 = 0\ m/s)$، $(a = 5\ m/s^2)$، $(t = 6.4\ s)$.

المطلوبُ: $(v_2 = ?)$، $(\Delta x = ?)$.

الحلُّ:

أ . لإيجادِ السرعةِ النهائيةِ، تُستخدَمُ المعادلةُ الأولى:

$$v_2 = v_1 + at$$

$$v_2 = 0 + 5 \times 6.4 = 32\ m/s$$

ب. لإيجادِ الإزاحةِ الكليةِ التي قطعَتْها الدرّاجةُ، تُستخدَمُ المعادلةُ الثانيةُ:

$$\Delta x = v_1 t + \frac{1}{2} at^2$$

$$\Delta x = 0 + \frac{1}{2} \times 5 \times (6.4)^2 = 102.4\ m$$

57

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

التفكير: الأدلة والبراهين.

أُخبِر الطلبة أنَّ استعمال الأدلة والبراهين هو من أشكال التفكير؛ فإقامة الدليل لها أهمية في تأكيد المعرفة، وكثير من العلاقات الفيزيائية تقوم على البرهان الرياضي كما في حالة السرعة المتوسطة.

المناقشة:

- أوضّح للطلبة أنَّ الإشارة في المثال إلى انطلاق الدراجة من وضع السكون تدل على أنَّ السرعة الابتدائية تساوي صفرًا.
- أبيّن للطلبة كيف يُمكِن اختيار المعادلة المناسبة للحل؛ فبما أنَّ المطلوب الأول هو السرعة النهائية، والمعطيات هي السرعة الابتدائية والتسارع والزمن (من دون ذكر الإزاحة في المعطيات)؛ فإنَّ المعادلة المناسبة للحلِّ هي الأولى.
- أُخبِر الطلبة أنّه لإيجاد المطلوب الثاني (الإزاحة) يُمكِن استخدام أيٍّ من المعادلتين: الثانية والثالثة، وأنَّ الحلَّ يُظهِر أنَّ السرعة والتسارع والإزاحة جميعها في الاتجاه نفسه.

مثال إضافي

أجد الإزاحة التي تقطعها سيارة متحركة في طريق أفقية مستقيمة بتسارع ثابت $(-3\ m/s^2)$، مدّة $(10\ s)$، إذا كانت سرعتها الابتدائية $(24\ m/s)$.

الحلّ:

$$\Delta x = v_1 t + \frac{1}{2} at^2$$

$$\Delta x = 24 \times 10 - \frac{1}{2} \times 3 \times (10)^2 = 240 - 150 = 90\ m$$

المثالُ 9

سارَ قطارٌ بسرعةٍ أفقيةٍ مقدارُها (20 m/s) في خطٍّ مستقيمٍ، ثمَّ نقصَتْ سرعتُهُ في أثناءِ إزاحةٍ مقدارُها (128 m)، فأصبحَتْ (4 m/s). أجِدْ تسارُعَ القطارِ.

المعطياتُ: ($v_1 = 20$ m/s)، ($v_2 = 4$ m/s)، ($\Delta x = 128$ m).

المطلوبُ: ($a = ?$).

الحلُّ:

لإيجادِ تسارُعِ القطارِ منْ دونِ معرفةِ الزمنِ، تُستخدَمُ المعادلةُ الثالثةُ:

$$v_2^2 = v_1^2 + 2a\Delta x$$

$$(4)^2 = (20)^2 + 2a \times 128$$

$$a = \frac{16 - 400}{2 \times 128} = -1.5 \text{ m/s}^2$$

تمرينٌ

في المثالِ السابقِ، أجِدُ المدَّةَ الزمنيةَ التي قطعَ فيها القطارُ الإزاحةَ المذكورةَ.

مثال إضافي

هبطت طائرة صغيرة على مدرج مطار وكانت سرعتُها عند ملامستها الأرض (54 m/s)، إذا كان تسارعها (-6 m/s^2)؛ ما المسافة اللازمة حتى تتوقف الطائرة؟

الحلّ:

$$v_2^2 = v_1^2 + 2a\Delta x$$

$$(0)^2 = (54)^2 - 2 \times 6 \times \Delta x$$

$$\Delta x = \frac{2916}{12} = 243 \text{ m}$$

تمرين

المعطيات:

السرعة الابتدائية ($v_1 = 20$ m/s).

السرعة النهائية ($v_2 = 4$ m/s).

التسارع ($a = -1.5$ m/s^2).

المطلوب:

($t = ?$)

الحل:

$$v_2 = v_1 + at$$

$$4 = 20 + (-1.5) \times t$$

$$t = \frac{-16}{-1.5} = 10.67 \text{ s}$$

بناء المفهوم:

- أستخدم **الأسلوب الداعم: بطاقة الخروج** لتكليف الطلبة في مهمة قصيرة تتضمن تعليقًا بسيطًا على كل معادلة من معادلات الحركة؛ ثم أطرحُ السؤال: ما هي الكمية غير المذكورة في المعادلة؟ ومتى تستخدم؟
- أعطي الطلبة مدّة من الزمن تكفي لكتابة الإجابات، ثم أجمع البطاقات منهم مع انتهاء الحصة.
- أطلع على إجابات الطلبة، وأناقشهم بها في بداية الحصة القادمة.

السقوطُ الحُرُّ Free Fall

إنَّ الأجسامَ الموجودةَ في مجالِ الجاذبيةِ الأرضيةِ تتأثَّرُ بقُوَّةِ جذبِ الأرضِ لها (الوزنُ)؛ فعندَ رفعِ جسمٍ مثلًا ثمَّ تركِهِ ليتحرَّكَ بحريةٍ فإنَّهُ يسقطُ إلى الأسفلِ (نحوَ مركزِ الأرضِ)، وعندَ رمي جسمٍ إلى الأعلى فإنَّ سرعتَهُ تتناقصُ حتّى يتوقفَ عنِ الحركةِ عندَ ارتفاعٍ معينٍ، ثمَّ يعودُ إلى الأسفلِ.

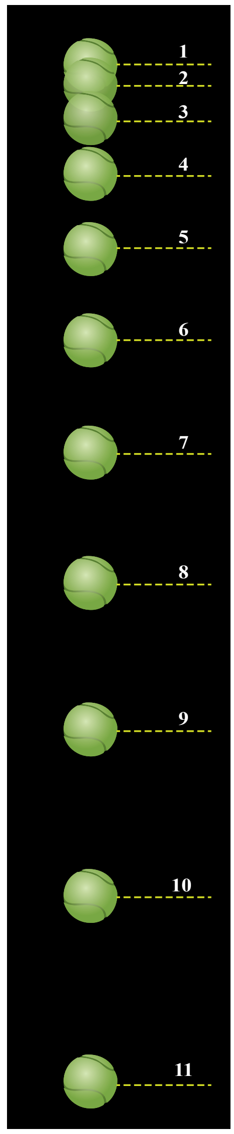
يُعرَّفُ **السقوطُ الحُرُّ Free fall** بأنَّهُ حركةُ الأجسامِ إلى الأعلى، أوْ إلى الأسفلِ، تحتَ تأثيرِ وزنِها فقطْ، وذلكَ بإهمالِ القوى الأُخرى مثلِ مقاومةِ الهواءِ.

يُبيِّنُ الشكلُ (9) كرةً في حالةِ سقوطٍ حُرٍّ عندما تُلتَقَطُ لها مجموعةٌ متتاليةٌ منَ الصورِ، ويفصلُ بينَ كلِّ صورتيْنِ متتاليتيْنِ مُدَدٌ زمنيةٌ متساويةٌ. أُلاحِظُ أنَّ الكرةَ تقطعُ إزاحاتٍ متزايدةً في أزمانٍ متساويةٍ نتيجةَ تسارُعِها نحوَ الأسفلِ.

يُعَدُّ السقوطُ الحُرُّ أحدَ أهمِّ التطبيقاتِ على الحركةِ في بُعْدٍ واحدٍ بتسارُعٍ ثابتٍ، في ما يُعرَفُ **بتسارُعِ السقوطِ الحُرِّ Free fall acceleration**، ويُرمَزُ إليهِ بالرمزِ (g). غيرَ أنَّ الأجسامَ التي نراها تسقطُ يوميًّا قدْ يختلفُ تسارُعُها قليلًا بسببِ تأثيرِ مقاومةِ الهواءِ، وهذا التأثيرُ يختلفُ باختلافِ شكلِ الجسمِ، وحجمِهِ، وسرعتِهِ، فيزدادُ زمنُ سقوطِها نتيجةً لذلكَ.

قريبًا منْ سطحِ الأرضِ، يُعَدُّ تسارُعُ السقوطِ الحُرِّ ثابتًا ($g=9.8\ m/s^2$) نحوَ مركزِ الأرضِ؛ لذا يُمكِنُ استخدامُ المعادلاتِ السابقةِ للحركةِ، واستخدامُ الرمزِ (Δy) للإزاحةِ الرأسيةِ بدلًا منْ (Δx)، واستخدامُ ($-g$) بدلًا منْ (a)، علمًا أنَّ الإشارةَ السالبةَ مَردُّها إلى الاصطلاحِ بأنَّ الاتجاهَ نحوَ الأعلى موجبٌ، والاتجاهَ نحوَ الأسفلِ سالبٌ.

يُمكِنُ التوصُّلُ عمليًّا إلى قيمٍ قريبةٍ جدًّا منْ قيمةِ تسارُعِ السقوطِ الحُرِّ، وذلكَ بتنفيذِ التجربةِ العمليةِ الآتيةِ.



الشكلُ (9): حركةُ السقوطِ الحُرِّ.

59

◄ استخدام الصور والأشكال:

أوجّه الطلبة إلى الاطلاع على الصور في الشكل (9)، مُبيِّنًا لهم أنَّ هذه الصور تُلتقَط للأجسام المتحركة باستخدام طريقة خاصة في التصوير؛ إذ تُضبَط آلة التصوير على نحوٍ يسمح بالتقاط الصور للجسم المتحرك بمعدل زمني ثابت، ويفصل بين كل صورة وأخرى مُدَدًا زمنية متساوية. وأُخبرهم أنَّ هذه الصور تُستعمَل لدراسة الحركة.

أخطاء شائعة

قد يعتقد بعض الطلبة أنَّ التسارع يساوي صفرًا عند أقصى ارتفاع، وهذا اعتقاد غير صحيح؛ فالتسارع ثابت المقدار والاتجاه عند جميع مواقع حركة الجسم، ويساوي ($9.8\ m/s^2$) عموديًّا نحو مركز الأرض.

نشاط سريع

- أطلب إلى بعض الطلبة إسقاط كرة تنس أرضي، وأطلب إلى بقية الطلبة مراقبة عملية سقوطها، مُكرِّرًا ذلك مرّات عِدَّة.
- أطلب إلى الطلبة وصف حركتها وتغيُّر سرعتها، ثم أطلب إلى بعضهم تكرار النشاط مع تغيير ارتفاع نقطة السقوط.

◄ بناء المفهوم:

السقوط الحر، تسارع السقوط الحر.

أوضّح للطلبة ما يأتي:

- تتأثر الأجسام القريبة من سطح الأرض بقوة جذب الأرض لها (الوزن)، وإذا تُركِت حرّة فإنَّ الوزن يُحرِّكها إلى الأسفل.
- عندما تكون مقاومة الهواء قليلة مقارنةً بوزن الجسم المتحرك فإنَّه يُمكِن إهمال تأثير مقاومة الهواء في الجسم المتحرك، وبذلك يكون السقوط حرًّا.
- يتضمَّن سقوط الأجسام الحر الحركة إلى أسفل من السكون، والقذف إلى الأسفل بسرعة ابتدائية، والقذف إلى الأعلى بسرعة ابتدائية، علمًا أنَّ الجسم المقذوف إلى الأعلى تتناقص سرعته حتى تصل إلى صفر عند أقصى ارتفاع، ثم يعود متحركًا إلى الأسفل.
- اعتُمِد في هذا الكتاب أنَّ الاتجاه بشكل رأسي إلى الأعلى هو الاتجاه الموجب، فيكون تسارع السقوط الحر (يكون دائمًا رأسيًّا إلى الأسفل) نحو مركز الأرض سالبًا.
- في أثناء حركة الجسم بشكل رأسي إلى الأعلى تكون سرعته موجبة، ويكون تسارعه سالبًا؛ فيتباطأ. ألاحِظ أنَّ إشارتي السرعة والتسارع مختلفتان.
- في أثناء حركة الجسم بشكل رأسي إلى الأسفل تكون سرعته سالبة، ويكون تسارعه سالبًا؛ فيتسارع في الاتجاه السالب (رأسيًّا إلى الأسفل)، وتزداد القيمة المطلقة للسرعة. ألاحِظ أنَّ إشارتي السرعة والتسارع متشابهتان.
- تُستعمَل معادلات الحركة في خط مستقيم وتسارع ثابت لوصف حركة السقوط الحر، مع وضع الإزاحة الرأسية Δy في المعادلة محلَّ الإزاحة الأفقية Δx، واستخدام $a = -g$.

التجربة 1

قياس تسارع السقوط الحر عمليًّا.

الهدف: حساب تسارع السقوط الحر.

زمن التنفيذ: 35 دقيقة.

إرشادات السلامة:

- أنبّه الطلبة إلى توخّي الحذر من سقوط الأجسام والأدوات على أقدامهم.
- أُخبِر الطلبة أنَّ الالتزام بإرشادات السلامة يحفظ لهم حياتهم، ويحافظ على سلامة الأدوات، ونظافة المكان والبيئة.

المهارات العلمية:

القياس، الاستنتاج، الحسابات، البحث في مصادر الخطأ.

الإجراءات والتوجيهات:

- أوضّح للطلبة أنَّ البوابة الضوئية الأولى يجب أنْ تكون قريبةً جدًّا من موقع بداية الحركة؛ ليُمكِن حساب السرعة الابتدائية التي تساوي صفرًا بدقة.
- أبيّن للطلبة أهمية تكرار التجربة مرّات عِدَّة، ورسم العلاقة البيانية، للحصول على نتيجة أكثر دقة.

النتائج المتوقعة:

قد تختلف نتائج الطلبة؛ لأنَّه كلما زادت المسافة بين البوابة الأولى وموقع بداية الحركة، ابتعدت قيمة السرعة الابتدائية عن الصفر؛ فينتج خطأ في حساب تسارع السقوط الحر. أطلب إلى الطلبة تنفيذ التجربة بإسقاط كرة من ارتفاع كبير (مثل نافذة من الطابق الثاني)، واستخدام ساعة إيقاف.

التحليل والاستنتاج:

1. مقارنة النتيجة بالقيمة المعتمدة، وملاحظة الاختلاف في النتائج. هل جميع نتائج المجموعات أكبر من $(9.8\ m/s^2)$، أم أقل منه، أم أنَّ بعضها أكبر من ذلك، وبعضها الآخر أقل منه؟
2. البحث في معرفة مصادر الخطأ، التي قد تنجم عن إسقاط الكرة من مكان أعلى من البوابة الضوئية العليا، أو استخدام كرة خفيفة الوزن تتأثر بمقاومة الهواء لحركتها، أو وجود خطأ في توصيل البوابتين بالعداد.
3. حتى تكون مساحة مقطعها صغيرة، ويمكننا إهمال مقاومة الهواء؛ حيث إن الكرة الكبيرة يظهر تأثير مقاومة الهواء لها.

التجربةُ 1

قياسُ تسارُعِ السقوطِ الحُرِّ عمليًّا

الموادُّ والأدواتُ: كرةٌ مطاطيةٌ صغيرةٌ، بوّابتانِ ضوئيتانِ، عدّادٌ زمنيٌّ رقميٌّ، شريطُ قياسٍ متريٌّ، حاملٌ فلزيٌّ.

إرشاداتُ السلامةِ: الحذرُ منْ سقوطِ الأجسامِ والأدواتِ على القدميْنِ.

خطواتُ العملِ:

1. بالتعاونِ معَ أفراد مجموعتي، أُجهِّزُ مكانًا لسقوطِ الكرةِ عليْهِ قربَ الجدارِ (قطعةٌ منَ الكرتونِ)، ثمَّ أضعُ علامةً على الجدارِ عندَ ارتفاعِ $(\Delta y = 1m)$ تقريبًا، ثمَّ أُثبِّتُ إحدى البوّابتيْنِ الضوئيتيْنِ عندَ تلكَ العلامةِ باستخدامِ حاملٍ فلزيٍّ لرصدِ زمنِ بدءِ الحركةِ (t_1).
2. أُثبِّتُ البوّابةَ الأُخرى قربَ سطحِ الأرضِ لرصدِ زمنِ نهايةِ الحركةِ (t_2)، ثمَّ أَصِلُ البوّابتيْنِ بالعدّادِ الزمنيِّ الرقميِّ.
3. **أجَرِّبُ:** أُسقِطُ الكرةَ بحيثُ تمرُّ أمامَ البوّابتيْنِ، ثمَّ أُدَوِّنُ في الجدولِ قراءةَ العدّادِ الزمنيِّ الرقميِّ، وكذلكَ المسافةُ بينَ البوّابتيْنِ.
4. أرفعُ البوّابةَ الضوئيةَ العُليا إلى ارتفاعِ $(1.5\ m)$ تقريبًا، ثمَّ أُكرِّرُ الخطوةَ (3)، مُدَوِّنًا النتائجَ في الجدولِ.
5. أرفعُ البوّابةَ الضوئيةَ العُليا مرَّةً أُخرى إلى ارتفاعِ $(2\ m)$ تقريبًا، ثمَّ أُكرِّرُ الخطوةَ (3)، مُدَوِّنًا النتائجَ في الجدولِ.
6. أُكمِلُ بياناتِ الجدولِ بحسابِ الكميةِ $(2\Delta y)$، والكميةِ $((\Delta t)^2)$؛ حيثُ $(\Delta t = t_2 - t_1)$ في كلِّ محاولةٍ، ثمَّ أُدَوِّنُهُما في الجدولِ.
7. **أُمثِّلُ بيانيًّا** القراءاتِ في الجدولِ؛ على أنْ تكونَ قيمُ $(\Delta t)^2$ على المحورِ الأفقيِّ وقيمُ $(2\Delta y)$ على المحورِ الرأسيِّ، ثمَّ أحسُبُ ميلَ المنحنى (يُمثِّلُ هذا الميلُ تسارُعَ السقوطِ الحُرِّ).

رقمُ المحاولةِ	$\Delta y(m)$	$\Delta t = t_2 - t_1$	$\Delta t^2(s^2)$	$2\Delta y(m)$

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. **أُقارِنُ:** بالتعاونِ معَ أفراد مجموعتي، أُقارِنُ النتيجةَ التي توصَّلْنا إليْها عمليًّا بالقيمةِ المقبولةِ المُتَّفَقِ عليْها $(9.8\ m/s^2)$.
2. **أستنتجُ:** ما سببُ اختلافِ النتيجةِ بينَ مجموعةٍ وأُخرى؟ ما سببُ اختلافِ النتيجةِ عنِ القيمةِ المقبولةِ؟
3. **أُفسِّرُ:** ما سببُ اختيارِ كرةٍ مطاطيةٍ صغيرةِ الحجمِ؟ إذا استُخدِمَتْ كرةٌ كبيرةُ الحجمِ وخفيفةٌ، فما الذي سيتغيَّرُ؟

60

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

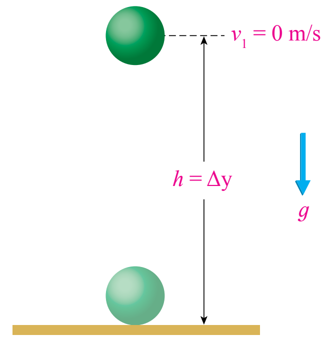
الرقم	معيار الأداء	نعم	لا
1	مراعاة تعليمات الأمان والسلامة العامة عند تنفيذ خطوات التجربة.		
2	قراءة تعليمات التجربة قراءة دقيقة، والتعاون مع الزملاء/ الزميلات على تنفيذ الخطوات.		
3	اختيار ارتفاع مناسب لإسقاط الكرة، وتجهيز مكان لسقوطها.		
4	تركيب البوابتين الضوئيتين على الحامل المعدني، والفصل بينهما بمسافة مناسبة.		
5	وصل البوابتين الضوئيتين بالعداد الرقمي، ثم تشغيله وتدوين قراءات صحيحة.		
6	التمكّن من إسقاط الكرة بحيث تستشعر البوابتان الضوئيتان مرورها.		
7	التمكن من تغيير ارتفاع البوابة العليا، والتوصُّل إلى نتائج مناسبة كل مرَّة.		
8	رسم منحنى العلاقة البيانية بصورة صحيحة.		
9	إيجاد ميل منحنى العلاقة البيانية، وإدراك قرب النتيجة من تسارع السقوط الحر.		
10	تفسير سبب اختلاف النتيجة عن القيمة المقبولة علميًّا لتسارع السقوط الحر.		

المثالُ 10

أُسقِطَتْ كرةٌ منْ وضعِ السكونِ، كما في الشكلِ (10)، فوصلَتِ سطحَ الأرضِ بعدَ (0.6 s). أَجِدُ السرعةَ النهائيةَ للكرةِ قبلَ ملامستِها سطحَ الأرضِ مباشرةً.

المعطياتُ: $(v_1 = 0\ m/s)$، $(g = 9.8\ m/s^2)$ ، $(t = 0.6\ s)$.

المطلوبُ: السرعةُ النهائيةُ $(v_2 =?\ m/s)$.



الشكلُ (10): سقوطُ كرةٍ.

الحلُّ:

$$v_2 = v_1 + at = v_1 - gt$$

$$v_2 = 0 - 9.8 \times 0.6 = -5.88\ m/s$$

الإشارةُ السالبةُ هنا تعني أنَّ اتجاهَ السرعةِ النهائيةِ هوَ نحوَ سطحِ الأرضِ بعكسِ الاتجاهِ الموجبِ.

أعـدُّ فيلـمًا قصـيرًا باسـتخدامِ برنامـجِ صانـعِ الأفـلام (movie maker) يبـيِّنُ حركـةَ السـقوط الحـر للكـرة بتقنيـة التصويـر التتابعـي، وأحـرصُ عـلى أنْ يشـتملَ الفلـمُ عـلى توضيـحِ التغـيرِ الـذي يحـدثُ للسرعـة مع الزمـن، ثـمَّ أشـاركهُ زملائي/ زميـلاتي في الصـفِّ.

أتحقَّقُ: ما القـوةُ المؤثرةُ في جسـمٍ يسقطُ سـقوطًا حرًّا؟

تمرينٌ

في المثالِ السابقِ، أجِدُ الارتفاعَ $(h = \Delta y)$ الذي أُسقِطَتْ منهُ الكرةُ.

61

تمرين

أطلب إلى الطلبة اختيار المعادلة الصحيحة لإيجاد الارتفاع الذي أُسقِطت منه الكرة، اعتمادًا على البيانات الواردة في المثال، والنتائج التي تُوصِّل إليها بعد الحل.

الحل:

تُحسَب الإزاحة الرأسية للكرة باستخدام العلاقة الآتية:

$$v_2^2 = v_1^2 - 2g\Delta y$$

$$5.88^2 = 0.0 - 2 \times 9.8 \times \Delta y$$

$$\Delta y = \frac{34.57}{19.6} = -1.76\ m$$

الارتفاع الذي أُسقِطت منه الكرة يساوي القيمة المطلقة للإزاحة؛ أيْ إنَّ:

$$h = 1.76\ m$$

المناقشة:

- أوضّح للطلبة أنَّ إسقاط الكرة من وضع السكون يعني أنَّ السرعة الابتدائية تساوي صفرًا، وأنَّ حركتها تُعَدُّ سقوطًا حرًّا، وأنَّ الإزاحة والسرعة والتسارع جميعها سالبة في هذا المثال؛ لأنَّ اتجاه كلٍّ منها نحو الأسفل بعكس الاتجاه الموجب.

أوجّه الطلبة إلى إعداد فيلم قصير باستخدام برنامج صانع الأفلام (movie maker)، يبيّن حركة السقوط الحرّ لكرة بتقنية التصوير التتابعيّ، ثم أوجّههم إلى عرضه أمام زملائهم/ زميلاتهم في الصف.

إضاءة للمُعلِّم / للمعلِّمة

أوضح أن سبب تسارع السقوط الحر للأجسام هو جذب الأرض للأجسام، وأبيّن أنَّ مقداره يختلف بتغيُّر ارتفاع الأجسام فوق سطح الأرض، وأنَّ مقداره على سطوح الكواكب الأُخرى يختلف عن مقداره على سطح الأرض، وتُحسب قيمة تسارع السقوط الحر عند أي نقطة بالقرب من كوكب باستخدام قانون الجذب العام ومعرفة كتلة الكوكب والارتفاع عن مركزه.

أتحقَّق: الوزن هو القوة الوحيدة المؤثرة في الجسم في حالة السقوط الحرّ؛ وذلك بإهمال تأثير مقاومة الهواء لحركة الجسم.

مثال إضافي

قذفت سارة كرةً رأسيًا نحو الأسفل بسرعة ابتدائية (3 m/s) من نافذة غرفتها، فوصلت الأرض بعد (2 s)، بإهمال مقاومة الهواء لحركة الكرة؛ أجد ارتفاع نقطة قذف الكرة عن سطح الأرض.

الحلّ:

$$\Delta y = -v_1 t - \frac{1}{2}at^2 = -3 \times 2 - \frac{1}{2} \times 9.8 \times 4$$

$$\Delta y = -6 - 19.6 = -25.6\ m$$

الارتفاع يساوي القيمة المطلقة للإزاحة التي حدثت للكرة:

$$h = |\Delta y| = |-25.6| = 25.6\ m$$

المناقشة:

- مستخدمًا **استراتيجية التفكير الناقد**؛ أكتب على اللوح العبارة الآتية: «عند حركة السهم إلى الأعلى تكون سرعته وتسارعه موجبين، وعند حركته إلى الأسفل تكونان سالبتين». ثم أطلب منهم تأكيد صحة العبارة أو نفيها وتصحيحها. ثم أدير نقاشًا للتوصل إلى توضيح ما يأتي:
- السرعة الابتدائية التي قُذِف بها السهم نحو الأعلى تكون موجبة، وذلك اعتمادًا على نظام الاتجاهات المُتَّفَق عليه.
- تسارع السقوط الحر الذي تُؤثِّر به الجاذبية الأرضية في السهم نحو الأسفل يكون سالبًا.
- الإزاحة التي يُحدِثها السهم في أثناء حركته إلى الأعلى تكون موجبة.
- أناقش الطلبة في اختيار المعادلة المناسبة لإيجاد كل مطلوب.

معلومة إضافية

قد يختار بعض الطلبة المعادلة الثانية للحركة:

$$y = v_1 t - \frac{1}{2} g t^2$$

لإيجاد المطلوب الثاني (أقصى ارتفاع)؛ إذ أصبح زمن الصعود معروفًا بعد حل الفرع الأول من المثال.

مثال إضافي

رمى حسّان سهمًا باتجاه رأسي إلى الأعلى، فوصل إلى نقطة ترتفع عن سطح الأرض مسافة (10 m) بسرعة (4 m/s) للأعلى. أجد أقصى ارتفاع يصل إليه السهم.

الحلّ:

$$v_2^2 = v_1^2 + 2a\Delta y$$

$$(0)^2 = (4)^2 - (2 \times 9.8 \times \Delta y)$$

$$\Delta y = \frac{-16}{-19.6} = 0.8 \text{ m}$$

$$y = y_0 + \Delta y = 10 + 0.8 = 10.8 \text{ m}$$

المثال 11

قُذِفَ سهمٌ رأسيًّا نحوَ الأعلى بسرعةٍ ابتدائيةٍ مقدارها (14.7 m/s). أجِدُ:

أ . زمنَ وصولِ السهمِ إلى أقصى ارتفاعٍ.

ب . أقصى ارتفاعٍ وصلَ إليْهِ السهمُ.

المعطياتُ: $(v_1 = +14.7 \text{ m/s})$، $(v_2 = 0 \text{ m/s})$، $(g = 9.8 \text{ m/s}^2)$.

المطلوبُ: $(t = ?)$، $(\Delta y = ?)$.

الحلُّ:

أ . لإيجادِ زمنِ وصولِ السهمِ إلى أقصى ارتفاعٍ، أستخدِمُ المعادلةَ الأولى:

$$v_2 = v_1 - gt$$

$$0 = 14.7 - 9.8t$$

$$t = \frac{14.7}{9.8} = 1.5 \text{ s}$$

ب . لإيجادِ أقصى ارتفاعٍ وصلَ إليْهِ السهمُ، أستخدِمُ المعادلةَ الثالثةَ:

$$v_2^2 = v_1^2 - 2g\Delta y$$

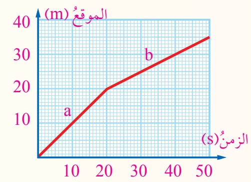
$$0 = (14.7)^2 - 2 \times 9.8 \times \Delta y$$

$$\Delta y = \frac{216.1}{19.6} = 11.0 \text{ m}$$

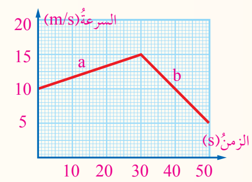
يُلاحَظُ أنَّ إشارةَ الإزاحةِ موجبةٌ؛ ما يعني أنَّ الإزاحةَ التي قطعَها السهمُ كانَتْ في الاتجاهِ الموجبِ نحوَ الأعلى.

مراجعةُ الدرسِ

1. الفكرةُ الرئيسةُ: أوضِّحُ المقصودَ بالحركةِ المنتظمةِ في بُعدٍ واحدٍ، وعلاقةَ ذلكَ بالسرعةِ.
2. أحسُبُ: يتحرَّكُ قطارٌ أفقيًّا في خطٍّ مستقيمٍ بسرعةٍ ثابتةٍ مقدارُها (12 m/s). أجِدُ الإزاحةَ التي يقطعُها القطارُ إذا تحرَّكَ مدَّةَ (80 s).
3. أحسُبُ: تسحبُ فتاةٌ صندوقًا على سطحٍ أفقيٍّ في اتجاهٍ ثابتٍ. بدأَ الصندوقُ الحركةَ منْ وضعِ السكونِ، وأصبحَتْ سرعتُهُ (1.2 m/s) بعدَ مرورِ (3 s). أجِدُ التسارُعَ الذي اكتسبَهُ الصندوقُ.
4. أُحلِّلُ: يُمثِّلُ الشكلُ المجاورُ منحنى الموقعِ–الزمنِ لحركةِ حصانٍ يجرُّ عربةً في طريقٍ مستقيمٍ. مُعتمِدًا على الشكلِ، أجِدُ:
   أ . الإزاحةَ التي قطعَتْها العربةُ في المرحلةِ (a) منَ الحركةِ.
   ب. السرعةَ المتوسطةَ للعربةِ في المرحلةِ (b) منَ الحركةِ.



5. أُحلِّلُ: في أثناءِ جري أحدِ العدّائينَ على طريقٍ مستقيمٍ، رُصِدَتْ حركتُهُ، ومُثِّلَتْ سرعتُهُ بيانيًّا، كما في الشكلِ المجاورِ. مُعتمِدًا على الشكلِ، أجِدُ:
   أ . السرعةَ اللحظيةَ للعدّاءِ عندَ نهايةِ المرحلةِ (a) منَ الحركةِ.
   ب. تسارُعَ (تباطُؤَ) العدّاءِ في المرحلةِ (b) منَ الحركةِ.
   جـ. الإزاحةَ الكليّةَ للعدّاءِ في مرحلتَي الحركةِ معًا.



6. أحسُبُ: سقطَ جسمٌ منْ وضعِ السكونِ منَ ارتفاعِ (176.4 m) عنْ سطحِ الأرضِ. بإهمالِ مقاومةِ الهواءِ، أجِدُ:
   أ . زمنَ وصولِ الجسمِ إلى سطحِ الأرضِ.
   ب. سرعةَ الجسمِ النهائيّةَ قبيلَ لمسِهِ سطحَ الأرضِ.
7. تحركَ جسمٌ منْ وضعِ السكونِ أفقيًّا في خطٍّ مستقيمٍ بتسارُعٍ ثابتٍ، وقدْ رُصِدَ موقعُهُ وزمنُ حركتِهِ في الجدولِ الآتي. أُمثِّلُ بيانيًّا العلاقةَ بينَ الزمنِ والموقعِ، ثمَّ أجِدُ السرعةَ اللحظيةَ عندَ اللحظةِ ($t = 2.5$ s).

الزمن (s):	0	1	2	3	4
الموقع (m):	0	0.2	0.8	1.8	3.2

63

إجابات أسئلة مراجعة الدرس

1 الحركة المنتظمة في بُعْد واحد هي حركة جسم بسرعة قياسية ثابتة؛ فهو يتحرك في خط مستقيم، ويقطع مسافات متساوية في أوقات زمنية متساوية، وتكون سرعته المتجهة ثابتة، وتسارعه (0).

2
$$x = \bar{v} \times t$$
$$x = 12 \times 80 = 960 \text{ m}$$

3
$$v_2 = v_1 + at$$
$$1.2 = 0 + a \times 3$$
$$a = \frac{1.2}{3} = 0.4 \text{ m/s}^2$$

4 الإجابات من الشكل:

أ . الإزاحة:
$$\Delta x = 20 - 0 = 20 \text{ m}$$

ب. السرعة المتوسطة:
$$\bar{a} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{35 - 20}{50 - 20} = 0.5 \text{ m/s}^2$$

5 الإجابات من الشكل:

أ . السرعة اللحظية للعدّاء عند نهاية المرحلة (a):
$$v = 15 \text{ m/s}$$

ب. تسارع العدّاء أو تباطؤه في المرحلة (b):
$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{5 - 15}{50 - 30} = -0.5 \text{ m/s}^2$$

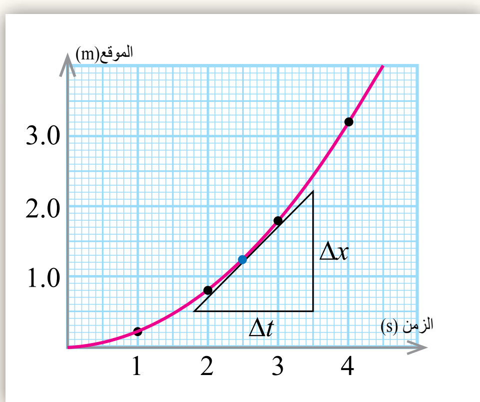
جـ. الإزاحة الكلية للعدّاء في المرحلة (a)، والمرحلة (b):
$$\Delta x = (\frac{10+15}{2} \times 30) + (\frac{15+5}{2} \times 20) = 375 + 200 = 575 \text{ m}$$

6 أ .
$$\Delta y = v_1 t + \frac{1}{2} g t^2$$
$$-176.4 = 0 + \frac{1}{2} \times (-9.8) \times t^2$$
$$t^2 = \frac{2 \times -176.4}{-9.8} = 36$$
$$t = 6 \text{ s}$$

ب.
$$v_2 = v_1 + at$$
$$v_2 = (0 - 9.8 \times 6.0) = -58.8 \text{ m/s}$$

الإشارة السالبة تعني أنَّ السرعة النهائية هي إلى الأسفل بعكس الاتجاه الموجب.

7 السرعة اللحظية عند ($t = 2.5$ s) تساوي ميل مماس المنحنى عند النقطة التي تُمثِّل هذه اللحظة.
$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{2.3 - 0.5}{3.5 - 1.8} = 1.1 \text{ m/s}$$



الدرس 2

الحركة في بُعْدين

Motion in Two Dimensions

1 تقديم الدرس

الفكرة الرئيسة:

- أرسم على اللوح محورًا أفقيًّا، وآخر عموديًّا عليه، ثم أكتب عليهما الجهات الأربع، مُبيِّنًا كيف يُمكِن أنْ يتحرك الجسم على المستوى في بُعْدين متعامدين.

الربط بالمعرفة السابقة:

- أذكّر الطلبة بالحركة في بُعْد واحد، ثم أتناول مفهوم البُعْدين عن طريق الحديث عن أرضية غرفة الصف، وضبط الحركة في بُعْدين، هما: الأمام والخلف، ثم اليمين واليسار، وتحديد المسافة بعدد البلاط.

2 التدريس

نشاط سريع

- لتطبيق استراتيجية التعلم التعاوني؛ أوزّع الطلبة إلى مجموعات، ثم أزوّد كل مجموعة بكرة تنس. ثم أطلب إلى أحد الطلبة أنْ يُسقِطها سقوطًا حرًّا إلى الأسفل، ثم يقذفها رأسيًّا إلى الأعلى. بعد ذلك أطلب إلى طالب آخر/ طالبة أخرى من كلّ مجموعة أنْ يرميها إلى زميله/ زميلتها بزاوية فوق الأفق، مُعلِّقًا على أنواع الحركة في كل حالة، ومُنوِّهًا بأنَّ الحركة الأخيرة هي في بُعْدين.

بناء المفهوم:

متجه الموقع في بُعْدين.

أوضّح للطلبة كيف يختلف تحديد موقع الجسم في بُعْدين عمّا كان في الدرس السابق، وذلك بأنْ يُحدِّد الموقع بالمتجه (R) الذي يمتد من نقطة الإسناد إلى موقع الجسم، ثم يُحلِّل المتجه إلى مُركَّبتين متعامدتين: (x)، و(y).

الدرس 2

الحركةُ في بُعْدَيْن

Motion in Two Dimensions

الفكرةُ الرئيسةُ:
الحركةُ في بُعْدَيْنِ تعني أنَّ لسرعةِ الجسمِ مُركَّبتَيْنِ متعامدتَيْنِ من دونِ اعتمادِ إحداهُما على الأخرى.

نتاجاتُ التعلُّمِ:
- أُوظِّفُ معرفتي بعلمِ الميكانيكا ومفاهيمِهِ وقوانينِهِ في حلِّ مسائلَ حسابيةٍ.
- أُطبِّقُ معرفتي بعلمِ الميكانيكا ومفاهيمِهِ وقوانينِهِ عندَ تفسيرِ مشاهداتٍ ومواقفَ مُتعلِّقةٍ بالحركةِ.
- أستقصي أهميةَ التطبيقاتِ الحياتيةِ للحركةِ في بُعْدَيْنِ.

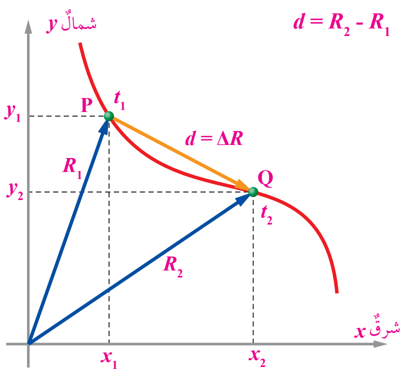
المفاهيمُ والمصطلحاتُ:
المقذوفاتُ Projectiles.
أقصى ارتفاعٍ Maximum Height.
زمنُ التحليقِ Time of Flight.
المدى الأفقيُّ Range.
حركةٌ دائريةٌ منتظمةٌ Uniform Circular Motion.
تسارُعٌ مركزيٌّ Centripetal Acceleration.

الإزاحةُ في بُعْدَيْنِ Displacement in Two Dimensions

تعرَّفْنا في الدرسِ السابقِ كيفَ يُمكِنُ وصفُ حركةِ جسمٍ في بُعْدٍ واحدٍ، وكيفيةَ التعبيرِ عنِ اتجاهاتِ كلٍّ منَ: الإزاحةِ، والسرعةِ، والتسارُعِ في بُعْدٍ واحدٍ، عنْ طريقِ تمييزِها بإشارةِ (+) إنْ كانَتْ نحوَ اليمينِ أوِ الأعلى، وبإشارةِ (–) إنْ كانَتْ نحوَ اليسارِ أوِ الأسفلِ. وستتعرَّفُ في هذا الدرسِ كيفَ نَصِفُ حركةَ الأجسامِ في بُعْدَيْنِ، بتطبيقِ خصائصِ المُتَّجِهاتِ عليْها.

يُبيِّنُ الشكلُ (11) طريقًا أفقيًّا مُتعرِّجًا تسيرُ عليْهِ درّاجةٌ، ويُمثِّلُ فيهِ المحورُ ($+x$) اتجاهَ الشرقِ، والمحورُ ($+y$) اتجاهَ الشمالِ. إذا تحرَّكَتِ الدرّاجةُ منَ الموقعِ (P) إلى الموقعِ (Q) على المسارِ المنحني في مدَّةٍ زمنيةٍ (Δt)، فإنَّهُ يُمكِنُ وصفُ تلكَ الحركةِ باستخدامِ مفهومَيِ الإزاحةِ، والسرعةِ المتوسطةِ للدرّاجةِ.

يَتبيَّنُ منَ الشكلِ أنَّ مُتَّجِهَ الموقعِ الأولِ (R_1)، الذي حُدِّدَ نسبةً إلى نقطةِ الإسنادِ المرجعيةِ ($x = 0$, $y = 0$)، يُمكِنُ تحليلُهُ إلى مُركَّبتَيْنِ متعامدتَيْنِ، هما: (x_1)، وَ (y_1)، وأنَّ مُتَّجِهَ الموقعِ الثاني (R_2) يُمكِنُ تحليلُهُ إلى مُركَّبتَيْنِ متعامدتَيْنِ، هما: (x_2)، وَ(y_2). وبذلكَ، فإنَّ التغيُّرَ في الموقعِ الذي يُمثِّلُهُ المُتَّجِهُ ($d = \Delta R$) يُعطى بالعلاقةِ الآتيةِ:



الشكلُ (11): الحركةُ في بُعْدَيْنِ.

64

استخدام الصور والأشكال:

- اعتمادًا على الشكل (11)، أوضّح للطلبة أنَّ الحركة في بُعْدين يُمكِن تحليلها عن طريق التعامل مع المُركَّبتين: الأفقية والرأسية (x,y)، لكلٍّ من: السرعة، والإزاحة، والتسارع.
- أخبر الطلبة أنَّ الرسم في الشكل ليس علاقة بيانية، وإنَّما هو رسم أفقي على سطح الأرض، وأنَّ فيه محورين؛ الأول: (شرق-غرب)، والثاني: (شمال-جنوب)، وأنَّ الخط المنحني يُمثِّل المسار الحقيقي لحركة الدراجة، مُبيِّنًا لهم أنَّ لكل موقع في المسار مُركَّبتين، وأنَّ تغيُّر متجه الموقع يرتبط بتغيُّر مُركَّبتيه.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

التفكير: التحليل.

أُخبِر الطلبة أنَّ التحليل هو أحد المفاهيم العابرة، وأنَّه من خطوات التفكير، وأنَّ أهميته تتمثَّل في استخراج المعلومة من نص، أو رسم بياني، أو صورة بعد تحليلها، وأنَّ تحليل حركة الجسم في بُعْدين إلى مُركَّبتين (أفقية وعمودية) مرتبط بذلك.

وهذا يعني وجودَ مُركَّبةِ إزاحةٍ في اتجاهِ الشرقِ $(+x)$: $(d_x = x_2 - x_1)$، ومُركَّبةِ إزاحةٍ في اتجاهِ الشمالِ $(+y)$: $(d_y = y_2 - y_1)$.

أمّا السرعةُ المُتَّجِهةُ المتوسطةُ للدرّاجةِ ومُركَّبتاها المتعامدتانِ فتُعطى بالعلاقاتِ الآتيةِ:

$$\bar{v} = \frac{d}{\Delta t} \ ،\ v_x = \frac{d_x}{\Delta t} \ ،\ v_y = \frac{d_y}{\Delta t}$$

أتحقَّق: متى أصفُ حركةَ جسمٍ بأنّها في بُعدينِ؟

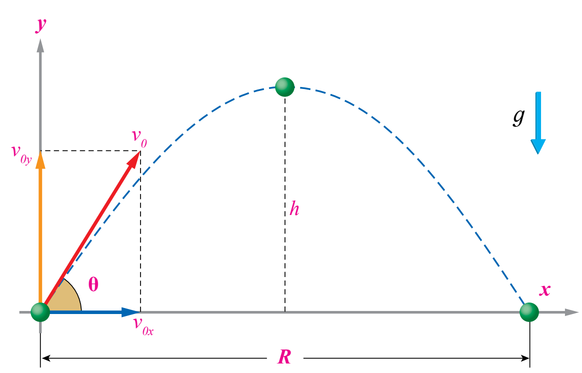
المقذوفات Projectiles

عندَ قذفِ جسمٍ في اتجاهٍ يَصنعُ زاويةً (θ) معَ الأفقِ، فإنَّهُ يتحرَّكُ في مسارٍ مُنحَنٍ، كما في الشكلِ (12)، وتكونُ هذهِ الحركةُ في بُعْدَيْنِ، بحيثُ تتغيَّرُ إحداثياتُ الحركةِ على المحورِ الأفقيِّ (x)، والمحورِ الرأسيِّ (y) في اللحظةِ نفسِها. تُستخدَمُ معادلاتُ الحركةِ بتسارُعٍ ثابتٍ (توصَّلْنا إليْها في الدرسِ السابقِ) في وصفِ حركةِ المقذوفاتِ، وتُطبَّقُ هذهِ المعادلاتُ على المحورِ الأفقيِّ، ثمَّ تُطبَّقُ بصورةٍ مستقلةٍ على المحورِ الرأسيِّ.

عندَ رمي كرةٍ إلى الأعلى في اتجاهٍ يَصنعُ معَ الأفقِ زاويةً ابتدائيةً (θ)، فإنَّ السرعةَ الابتدائيةَ للكرةِ (v_0) يُمكِنُ تحليلُها إلى مُركَّبتَيْنِ متعامدتَيْنِ $(v_{0x}\ ،\ v_{0y})$، كما في الشكلِ (12). وتُعطى مُركَّبتا السرعةِ بالمعادلتَيْنِ الآتيتَيْنِ:

المُركَّبةُ الأفقيةُ للسرعةِ الابتدائيةِ .... $v_{0x} = v_0 \cos\theta$

المُركَّبةُ الرأسيةُ للسرعةِ الابتدائيةِ .... $v_{0y} = v_0 \sin\theta$



الشكلُ (12): تحليلُ السرعةِ الابتدائيةِ إلى مُركَّبتَيْنِ.

ما مقدارُ الزاويةِ (θ) التي يتساوى عندَها مقدارا مُركَّبتَي السرعةِ الابتدائيةِ؟

65

إجابة سؤال الشكل (12):

تتساوى المركبتان الأفقية والعمودية للسرعة الابتدائية، عندما يبدأ المقذوف حركته بزاوية (45^o)، حيث أنّ ($\sin 45 = \cos 45$).

إضاءة للمُعلِّم / للمعلِّمة

عدم إهمال مقاومة الهواء لحركة المقذوف يؤدي إلى:

- حدوث تسارع أفقي باتجاه معاكس لاتجاه المُركَّبة الأفقية للسرعة (النتيجة: تباطؤ).
- زيادة مقدار التسارع الرأسي في أثناء صعود المقذوف؛ أيْ يكون التسارع الرأسي في اتجاه الأسفل أكبر من ($9.8\ m/s^2$) (النتيجة: زيادة في التباطؤ).
- نقصان التسارع الرأسي في أثناء هبوط المقذوف؛ أيْ يكون التسارع الرأسي في اتجاه الأسفل أقل من ($9.8\ m/s^2$) (النتيجة: نقصان في التسارع).

◀ بناء المفهوم:

تحليل السرعة.

أُخبِر الطلبة أنّه يُمكِن أيضًا تحليل السرعة إلى مُركَّبتين متعامدتين: (x)، و (y)، وأنَّ استعمال كل مُركَّبة سيكون بصورة منفصلة عن الأُخرى.

◀ المناقشة:

- أوضّح للطلبة أنَّ المُركَّبة الأفقية للسرعة لا تتغير لعدم وجود قوى أفقية تُؤثِّر في الجسم المتحرك، في حين تتغير المُركَّبة الرأسية للسرعة نتيجة تأثير وزن الجسم نحو مركز الأرض؛ ما يُسبِّب تسارعًا رأسيًّا إلى الأسفل نحو مركز الأرض.
- أسأل الطلبة عن القوى التي تُؤثِّر في كلٍّ من مُركَّبتي الحركة، وعن سبب إهمال بعضها.
- ألفت انتباه الطلبة إلى وجوب حذف تأثير مقاومة الهواء في حركة المقذوف؛ لتسهيل دراسة المسألة.

أتحقَّق: توصف حركة الجسم أنّها في بُعدين عندما يكون لكل من الإزاحة، والسرعة، والتسارع، مركبات أُفقيّة وأخرى عمودية.

نشاط سريع

- أرسم مسار مقذوف مشابهًا للشكل (12) في الكتاب، ثم أكتب على اللوح معادلات الحركة الثلاث؛ مرَّة باستعمال الرمز (x) لوصف الحركة الأفقية، ومرَّة باستعمال الرمز (y) لوصف الحركة الرأسية، مع مراعاة وجود (g) في الحركة الرأسية، وتعويض $(a = 0)$ في الحركة الأفقية.

◀ التعزيز:

لتعزيز مفهوم مُركَّبتي السرعة عند الطلبة؛ يُمكنني عرضه عن طريق فكرة الأزواج المرتبة على المستوى الديكارتي في الرياضيات، بحيث تُمثَّل كل نقطة في المستوى بإحداثيين (أحدهما أفقي، والآخر رأسي) يُشكِّلان زوجًا مرتبًا.

معلومة إضافية

أبيّن للطلبة أنَّ تأثير مقاومة الهواء في المقذوف يُمثِّل قوة معيقة لحركته في المستويين: الرأسي والأفقي، فينتج من ذلك تسارع أفقي في اتجاه معاكس لاتجاه المُركَّبة الأفقية للسرعة، وينتج من ذلك أيضًا تغيُّر في مقدار تسارع السقوط الحر الذي يُؤثِّر في المُركَّبة الرأسية للحركة.

◄ بناء المفهوم:

أقصى ارتفاع، زمن التحليق، المدى الأفقي.

- أوضّح للطلبة المفاهيم الآتية: أقصى ارتفاع، زمن التحليق، المدى الأفقي، مُبيِّنًا العوامل التي تعتمد عليها كل كمية، مع توضيحها على الرسم.
- أؤكّد للطلبة أنَّ زمن التحليق هو الزمن الكلي لحركة المقذوف في الهواء صعودًا ونزولًا، وأنَّ زمني الصعود والهبوط يتساويان في حالة عودة المقذوف إلى نفس المستوى الأفقي الذي أُطلِق منه، وأنَّ المسائل والأمثلة تقتصر فقط على هذه الحالة.

أُفكِّر: يكون تأثير مقاومة الهواء في المُركَّبة الأفقية لحركة المقذوف، وتُهمَل بسبب صغرها، وضعف تأثيرها في حالات معينة كتلك التي دُرِست. وعند إهمال مقاومة الهواء تبقى الحركة الأفقية في حالة اتزان حركي؛ أيْ إنَّها تتم بسرعة ثابتة. وتُؤثِّر مقاومة الهواء في المُركَّبة الرأسية لحركة المقذوف، وتُهمَل للسبب نفسه، فتبقى هذه المُركَّبة تحت تأثير الوزن فقط، وتكون الحركة بتسارع السقوط الحر.

أوجّه الطلبة إلى تصميم عرض باستخدام برنامج السكراتش (Scratch)، يوضّحون فيه حركة المقذوفات، مع توضيح المفاهيم المرتبطة بذلك، ثم أوجّههم لمشاركة عروضهم مع زملائهم/ زميلاتهن بعد أن أطّلع عليه.

تستمرُّ الكرةُ في حركتِها منذُ لحظةِ إطلاقِها منْ نقطةِ الإسنادِ المرجعيةِ (0,0)، في مسارٍ مُنْحَنٍ، حتّى تصلَ إلى **أقصى ارتفاع (Maximum height)** (h)، ثمَّ تعودُ إلى الأسفلِ. وفي أثناءِ هذهِ الحركةِ، فإنَّ المُركَّبةَ الأفقيةَ للسرعةِ تظلُّ ثابتةً في المقدارِ والاتجاهِ؛ لأنَّ التسارُعَ الأفقيَّ يساوي صفرًا ($a_x = 0$)؛ لعدمِ وجودِ قُوَّةٍ مُؤثِّرةٍ في الكرةِ بالاتجاهِ الأفقيِّ عندَ إهمالِ مقاومةِ الهواءِ. أمّا المُركَّبةُ الرأسيةُ للسرعةِ فتتأثَّرُ بقُوَّةِ الجاذبيةِ الأرضيةِ التي تؤدي إلى حركتِها بتسارُعِ السقوطِ الحُرِّ ($g = 9.80\ m/s^2$) نحوَ مركزِ الأرضِ (معَ إهمالِ مقاومةِ الهواءِ)، فيتناقصُ مقدارُ هذهِ المُركَّبةِ في مرحلةِ الصعودِ حتّى يصبحَ صفرًا عندَ أقصى ارتفاعٍ، ثمَّ يتزايدُ مقدارُها في مرحلةِ الهبوطِ، علمًا أنَّهُ يُرمَزُ إلى المُركَّبةِ الرأسيةِ للسرعةِ بالرمزِ (v_y) بعدَ لحظةِ الإطلاقِ.

منَ الكمياتِ الأُخرى المستخدمةِ في وصفِ حركةِ المقذوفاتِ:

- **زمنُ التحليقِ (Time of flight) (T)**، وهوَ الزمنُ الكليُّ لحركةِ المقذوفِ في الهواءِ، ويساوي مجموعَ زمنَيِ الصعودِ والهبوطِ. يختلفُ زمنُ الصعودِ إلى أقصى ارتفاعٍ عنْ زمنِ الهبوطِ عندما يختلفُ المستوى الأفقيُّ الذي يعودُ إليهِ المقذوفُ عنْ مستوى الإطلاقِ. ولكنْ، عندما يعودُ المقذوفُ إلى المستوى الأفقيِّ الذي أُطلِقَ منْهُ فإنَّ زمنَ الهبوطِ يساوي زمنَ الصعودِ، وهنا يُمكِنُ التوصُّلُ إلى زمنِ التحليقِ بدلالةِ زمنِ الصعودِ (t_h) فقطْ، كما في العلاقةِ الآتيةِ:

$$T = 2t_h$$

- **المدى الأفقيُّ (Range) (R)**، وهوَ أكبرُ إزاحةٍ أفقيةٍ يَصنعُها المقذوفُ منْ نقطةِ إطلاقِهِ إلى أنْ يعودَ إلى مستوى الإطلاقِ نفسِهِ (سطحُ الأرضِ مثلًا)، كما في الشكلِ (12)، ويُعطى بالعلاقةِ الآتيةِ:

$$R = T \times v_0 \cos \theta$$

أتحقَّقُ: أستنتجُ العواملَ التي يعتمدُ عليْها كلٌّ منْ: أقصى ارتفاعٍ، وزمنِ التحليقِ.

أُفكِّرُ: هلْ يكونُ تأثيرُ مقاومةِ الهواءِ في حركةِ المقذوفاتِ في المُركَّبةِ الأفقيةِ لسرعةِ المقذوفِ، أمْ في المُركَّبةِ الرأسيةِ، أمْ في المُركَّبتيْنِ معًا؟

أصممُ باستخدامِ برنامجِ السكراتشِ (Scratch) عرضًا يوضحُ حركةَ المقذوفات، وأحرص على توضيح المفاهيم المرتبطة بحركة المقذوف: زمن التحليق، أقصى ارتفاع، المدى الأفقي، ثمَّ أشاركهُ زملائي/ زميلاتي في الصفِّ.

66

أتحقَّق:

العاملان هما: السرعة الابتدائية، وزاوية الإطلاق للكميات جميعها.

طريقة أُخرى للتدريس — أقصى ارتفاع والمدى الأفقيّ.

- يمكن اصطحاب الطلبة إلى حديقة المدرسة، واستخدام خرطوم ريّ الحديقة، بحيث يمسك أحدهم طرف الخرطوم ويُضيّق من فتحته ويوجّهه للأعلى بزاوية، ثم يساعده أحد الزملاء/ إحدى الزميلات بفتح صنبور الماء.
- أطلب إلى الطلبة ملاحظة مسار الماء وتحديد أقصى ارتفاع له والمدى الأفقيّ، ومحاولة قياس كل منها عمليًّا.

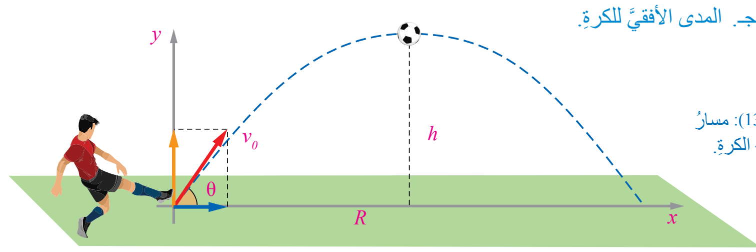
المثالُ 12

ركلَ لاعبٌ كرةً بسرعةٍ ابتدائيةٍ مقدارها (22.5 m/s)، في اتجاهٍ يَصنعُ زاويةَ (53°) معَ الأفقِ، كما في الشكلِ (13)، بإهمالِ مقاومةِ الهواءِ. أجِدُ:

أ . أقصى ارتفاعٍ تصلُ إليْهِ الكرةُ.

ب. زمنَ تحليقِ الكرةِ حتّى تعودَ إلى سطحِ الأرضِ.

جـ. المدى الأفقيَّ للكرةِ.



الشكلُ (13): مسارُ حركةِ الكرةِ.

المعطياتُ: $(v_0 = 22.5\ m/s)$، $(\theta = 53°)$.

المطلوبُ: $(h = ?)$، $(T = ?)$، $(R = ?)$.

الحلُّ:

بدايةً، يجبُ تحليلُ السرعةِ الابتدائيةِ إلى مُركَّبتيْنِ؛ أفقيةٍ ورأسيةٍ، للتعاملِ معَ الحركةِ عنْ طريقِ كلِّ مُركَّبةٍ بصورةٍ منفصلةٍ:

$$v_{0x} = v_0 \cos\theta = 22.5 \times \cos 53 = 22.5 \times 0.6 = 13.5\ m/s$$

$$v_{0y} = v_0 \sin\theta = 22.5 \times \sin 53 = 22.5 \times 0.8 = 18\ m/s$$

أ . لإيجادِ أقصى ارتفاعٍ تصلُ إليْهِ الكرةُ، أستخدِمُ المعادلةَ الثالثةَ للحركةِ، علمًا أنَّ المُركَّبةَ الرأسيةَ للسرعةِ عندَ أقصى ارتفاعٍ هيَ $(v_y = 0\ m/s)$، وأنَّ الاتجاهَ نحوَ الأعلى موجبٌ. وبذلكَ، فإنَّ $(a = -g)$ في معادلاتِ الحركةِ:

$$v_2^2 = v_1^2 + 2ad$$

$$(v_y)^2 = (v_0 \sin\theta)^2 - 2gh$$

$$0 = 18^2 - 2 \times 9.8 \times h$$

$$h = \frac{324}{19.6} = 16.5\ m$$

67

مثال إضافي

ركل لاعب كرة قدم بزاوية فكانت المركبة الأفقية لسرعتها الابتدائية (8 m/s) والمدى الأفقي لها (16 m)، بإهمال مقاومة الهواء لحركة الكرة أجد أقصى ارتفاع وصلت إليه.

الحلّ:

من المركبة الأفقية للسرعة الابتدائية والمدى الأفقي أتوصل إلى زمن التحليق:

$$R = T \times v_{0x} \Rightarrow T = \frac{R}{v_{0x}} = \frac{16}{8} = 2\ s$$

$$t = \frac{T}{2} = \frac{2}{2} = 1\ s$$

$$v_2 = v_1 + at$$

$$0 = v_{0y} - gt \Rightarrow v_{0y} = 0 + gt = 9.8 \times 1 = 9.8\ m/s$$

$$\Delta y = v_{0y}t + \frac{1}{2}at^2 = 9.8 \times 1 - \frac{1}{2} \times 9.8 \times 1 = 4.9\ m$$

المناقشة:

- أرسم مسار الكرة، مُحدِّدًا نقطة الانطلاق، ونقطة أقصى ارتفاع، ثم أحلِّل السرعة عند كل نقطة منها.
- أمثّل كل مُركَّبة بسهم، مع ملاحظة عدم وجود مُركَّبة رأسية للسرعة عند أقصى ارتفاع، ووجود مُركَّبة أفقية فقط.
- أبيّن للطلبة سبب اختيار المعادلات المناسبة للحل.

إضاءة للمُعلِّم / للمعلِّمة

في كثير من التطبيقات الحياتية الفعلية لا يُمكِن إغفال مقاومة الهواء لحركة الأجسام. فمثلًا؛ عند ركل كرة قدم عاليًا في الهواء بعكس اتجاه الريح، فإنَّها لن تقطع مسافة كبيرة كما لو رُكِلت بالقوة نفسها باتجاه الريح.

وعند حركة السيارات والطائرات والصواريخ والهبوط بالمظلات؛ فإنَّ مقاومة الهواء تؤثِّر تأثيرًا كبيرًا في الحركة، وهو تأثير لا يُمكِن إهماله.

وعند تصميم أجسام السيارات والطائرات، فإنَّ أول ما يجدر الاهتمام به هو التقليل من مقاومة الهواء لحركتها؛ بُغْيَةَ التقليل من استهلاك الوقود في أثناء الحركة.

ورقة العمل (2)

أقسم الطلبة ضمن مجموعاتٍ صغيرة، ثم أوزِّع عليهم ورقة العمل (2) الموجودة في الملحق، وأوجّههم إلى الحل فرادى، وأمنحهم وقتًا كافيًا، أوجّه كل مجموعة لمناقشتها بين أفراد المجموعة.

أوجِّه كل مجموعة لعرض إجاباتها ومناقشتها مع المجموعات الأخرى؛ بهدف تعميم الإجابات الصحيحة، ورسم الأشكال على اللوح.

◀ بناء المفهوم:

المقذوف الأفقي.

أوضّح للطلبة أنَّ المقذوف الأفقي يُمثِّل حالة خاصة من المقذوفات، يحدث فيها الرمي من مكان مرتفع عن سطح الأرض، وبزاوية مع الأفق تساوي صفرًا؛ ما يعني عدم وجود مُركَّبة رأسية للسرعة الابتدائية.

◀ المناقشة:

مستخدمًا **استراتيجية التفكير الناقد**؛ أخبر الطلبة بأن حركة المقذوف الأفقي تماثل تمامًا حركة المقذوف بزاوية. وأطلب إليهم التعليق على العبارة، ثم أدير نقاشًا معهم بهدف المقارنة بين المقذوف الأفقيّ والمقذوف بزاوية، بحيث يتوصّل الطلبة إلى ما يأتي:

- ارتفاع الموقع الذي يُرْمى منه المقذوف الأفقي يقابل أقصى ارتفاع في حالة المقذوف بزاوية.
- زمن التحليق للمقذوف الأفقي يقابل زمن الهبوط فقط في حالة المقذوف بزاوية.

نشاط سريع

- أحضر كرة خفيفة، وأضعها على سطح الطاولة، ثم أطلب إلى أحد الطلبة تحريكها عن طريق ضربها بيده في اتجاه أفقي، ثم تركها تسقط عن حافة الطاولة.
- أطلب إلى بعض الطلبة تكرار ذلك بالتأثير فيها بقوى دفع مختلفة.
- أناقش الطلبة في وصف حركة الكرة في كل حالة، مُركِّزًا على المدى الأفقي لحركتها.

أخطاء شائعة

المقذوف الأفقيّ والسقوط الحرّ: قد يظن بعض الطلبة أن المقذوف الأفقيّ يحتاج إلى زمن أكثر من جسم سقط سقوطًا حرًّا من السكون من الارتفاع نفسه ليصل إلى سطح الأرض، مفسّرين ذلك بأن السرعة الابتدائية الأفقية والمدى الأفقيّ الناتج عنها يزيدان من زمن السقوط. أوضّح للطلبة أن الجسمين يمتلكان سرعة رأسية ابتدائية تساوي الصفر، وبذلك؛ فإنهما يحتاجان إلى الزمن نفسه للوصول إلى الأرض، وأن المركبة الأفقية لا تؤثر في المركبة الرأسية للسرعة.

ب. لمعرفةِ زمنِ تحليقِ الكرةِ حتّى تعودَ إلى سطحِ الأرضِ، يجبُ إيجادُ زمنِ الصعودِ منَ المعادلةِ الأولى للحركةِ:

$$v_2 = v_1 + at_h$$
$$v_y = v_0 \sin\theta - gt_h$$
$$0 = 18 - 9.8 \times t_h$$
$$t_h = \frac{18}{9.8} = 1.84\ \text{s}$$
$$T = 2t_h = 2 \times 1.84 = 3.68\ \text{s}$$

جـ. المدى الأفقيُّ للكرةِ:

$$R = T \times v_0 \cos\theta$$
$$R = 3.68 \times 13.5 = 49.68\ \text{m}$$

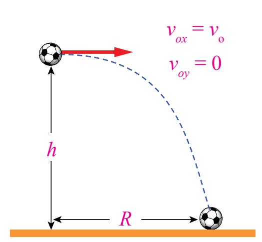
أتحقَّقُ: بناءً على العلاقاتِ السابقةِ، أستنتجُ العواملَ التي يعتمدُ عليها المدى الأفقيُّ للمقذوفِ.

عندَ قذفِ جسمٍ في اتجاهٍ أفقيٍّ منْ مكانٍ مرتفعٍ عنْ سطحِ الأرضِ؛ حيثُ $(\theta = 0)$، فإنَّ مُركَّبَتَي السرعةِ الابتدائيةِ تكونانِ كما يأتي:

$$v_{0x} = v_0 \cos\theta = v_0 \cos 0 = v_0$$

$$v_{0y} = v_0 \sin\theta = v_0 \sin 0 = 0$$

والشكلُ (14) يُوضِّحُ مسارَ الجسمِ المقذوفِ أفقيًّا.



الشكلُ (14): مسارُ حركةِ جسمٍ مقذوفٍ أفقيًّا.

لدراسةِ حركةِ المقذوفِ الأفقيِّ بصورةٍ عمليةٍ، أُنفِّذُ وزملائي/ زميلاتي التجربةَ الآتيةَ.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **بناء الشخصية: المشاركة.**

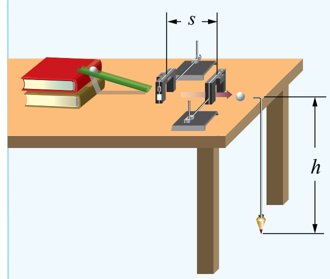
أخبر الطلبة أنَّ المشاركة هي من مجالات بناء الشخصية، وأنَّها تُرسِّخ مفهوم العمل التعاوني، والمشاركة في أداء المهام وطرح الآراء، مُبيِّنًا أهمية المشاركة في العمل المخبري الجماعي، وفي التوصُّل إلى نتائج أكثر صدقًا.

أتحقَّق:

العاملان هما: السرعة الابتدائية، وزاوية الإطلاق.

التجرِبةُ 2

وصفُ حركةِ المقذوفِ الأفقيِّ



الموادُّ والأدواتُ: عددٌ منَ الكتبِ، مجرًى بلاستيكيٌّ، كرةٌ فلزيةٌ، مسطرةٌ، ورقُ كربونٍ، بوّابتانِ ضوئيتانِ، عدّادٌ زمنيٌّ رقميٌّ.

إرشاداتُ السلامةِ: الحذرُ منْ سقوطِ الأجسامِ والأدواتِ على القدمَيْنِ.

خطواتُ العملِ:

1. أُركِّبُ أدواتِ التجرِبةِ، كما في الشكلِ، مراعيًا وضعَ كتابيْنِ فوقَ الطاولةِ، ووضعَ طرفِ المجرى البلاستيكيِّ فوقَهُما.
2. أقيسُ ارتفاعَ الطاولةِ عنْ سطحِ الأرضِ (h)، والمسافةَ بينَ البوّابتيْنِ (S)، ثمَّ أُدوِّنُ النتيجةَ في الجدولِ.
3. أتوقَّعُ مكانَ سقوطِ الكرةِ على الأرضِ، وأضعُ فيهِ ورقَ الكربونِ.
4. أَصِلُ البوّابتيْنِ بالعدّادِ الزمنيِّ الرقميِّ، ثمَّ أَصِلُهُ بمصدرِ الطاقةِ الكهربائيةِ، ثمَّ أُشغِّلُهُ.
5. أضعُ الكرةَ الفلزيةَ في أعلى المجرى المائلِ، ثمَّ أتركُها تتحرَّكُ، وألاحظُ مسارَها، ومكانَ سقوطِها. وفي حالِ سقطَتِ الكرةُ في مكانٍ غيرِ الذي توقَّعْتُهُ أنقلُ ورقَ الكربونِ إلى مكانِ السقوطِ، مُكرِّرًا الخطوةَ.
6. أُدوِّنُ قراءةَ العدّادِ الرقميِّ (Δt) في الجدولِ، ثمَّ أقيسُ المسافةَ الأفقيةَ (R) بينَ نقطةِ السقوطِ ونقطةِ الأصلِ التي يشيرُ إليْها البندولُ، ثمَّ أُدوِّنُها في الجدولِ.
7. أُضيفُ كتابًا ثالثًا تحتَ المجرى، ثمَّ أُكرِّرُ الخطوةَ (5) والخطوةَ (6)، مُدوِّنًا النتائجَ، ثمَّ أُضيفُ كتابًا رابعًا، وأُكرِّرُ ما سبقَ.
8. أَجِدُ السرعةَ الابتدائيةَ (v_{ox}) لكلِّ محاولةٍ، بقسمةِ المسافةِ (S) على المدَّةِ الزمنيةِ (Δt)، ثمَّ أُدوِّنُ الناتجَ في الجدولِ.
9. أستخدمُ معادلاتِ الحركةِ في إيجادِ زمنِ السقوطِ (t)، والمدى الأفقيِّ (R)، ثمَّ أُدوِّنُ الناتجَ في الجدولِ.

عددُ الكتبِ	h (m)	R (m)	S (m)	Δt (s)	v_{ox} (m/s)	الحساباتُ	
						$t=\sqrt{2h/g}$	$R=tv_{ox}$(m)

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. أُقارِنُ بينَ قيمِ المدى الأفقيِّ التجريبيةِ والقيمِ المحسوبةِ منَ المعادلاتِ في كلِّ محاولةٍ.
2. أَصِفُ العلاقةَ بينَ السرعةِ الابتدائيةِ للكرةِ وكلٍّ منْ: زمنِ السقوطِ، والمدى الأفقيِّ.
3. أُفسِّرُ: كيفَ يُؤثِّرُ عددُ الكتبِ الموجودةِ تحتَ المجرى في السرعةِ الابتدائيةِ للكرةِ؟
4. أُفسِّرُ: كيفَ ستُؤثِّرُ زيادةُ ارتفاعِ الطاولةِ (h) في مقدارِ المدى الأفقيِّ للكرةِ؟

69

استراتيجية التقويم: التقويم المعتمد على الأداء. **أداة التقويم:** سُلَّم تقدير رقمي.

الرقم	معيار الأداء	1	2	3
1	مراعاة تعليمات الأمان والسلامة العامة عند تنفيذ خطوات التجربة.			
2	قراءة تعليمات التجربة قراءة دقيقة، والتعاون مع الزملاء/ الزميلات على تنفيذ الخطوات.			
3	تجهيز المستوى المائل فوق الطاولة، والتمكّن من جعل الكرة تتحرك بسلاسة حتى حافة الطاولة.			
4	حساب السرعة الابتدائية للكرة من المسافة الأفقية على الطاولة والزمن.			
5	قياس ارتفاع الطاولة والمدى الأفقي للمقذوف الأفقي.			
6	حساب زمن السقوط والمدى الأفقي.			
7	المقارنة بين القيمة المحسوبة والقيمة المقيسة للمدى الأفقي.			

التجربة 2

وصف حركة المقذوف الأفقي.

الهدف:

- قياس المدى الأفقي بطريقة عملية، ثم حسابه باستخدام معادلات الحركة، ثم مقارنة النتائج.
- استقصاء العلاقة بين المدى الأفقي وسرعة المقذوف الابتدائية.

زمن التنفيذ: 35 دقيقة.

إرشادات السلامة: أنبّه الطلبة إلى توخّي الحذر من سقوط الأجسام والأدوات على أقدامهم.

المهارات العلمية: القياس، إجراء العمليات الحسابية، الاستقصاء، التواصل.

الإجراءات والتوجيهات:

- يُمكِن التوصُّل إلى العلاقة الرياضية الخاصة بزمن السقوط من معادلة الحركة الآتية: $y = v_{0y}\, t + \frac{1}{2}\, at^2 = 0 - \frac{1}{2}\, gt^2$
بما أنَّ الإزاحة الرأسية نحو الأسفل فإنَّ إشارتها سالبة ($h = -y$)، وقد اختُصِرت الإشارة السالبة للإزاحة الرأسية مع الإشارة السالبة لتسارع السقوط الحر، فنتجت العلاقة الآتية: $t = \sqrt{(2h/g)}$
- أوضّح للطلبة أهمية تعليق البندول في تحديد نقطة الأصل التي تقع تحت حافة الطاولة؛ لقياس المدى الأفقي منها بصورة صحيحة.
- أحرص على أنْ تكون حركة الكرة فوق المسار المائل سلسة، وألّا تتعثَّر عند نهايته. وكذلك تثبيت المسار جيدًا فوق الكتب، وتجريب الحركة قبل حضور الطلبة للتحقُّق من الميل المناسب.

النتائج المتوقعة:

قد تختلف نتائج الطلبة الحسابية عن التجريبية؛ نظرًا إلى عدم الدقة في حساب السرعة الابتدائية الأفقية للكرة، وتأثير موضعي البوابتين الضوئيتين. وقد تختلف نتائج كل مجموعة عن الأخرى للسبب نفسه.

يُمكِن الطلب إلى الطلبة تنفيذ تجربة مماثلة، مع تعديل طريقة قذف الكرة لتكون بزاوية، وذلك باستخدام لعبة بندقية تُطلِق كرات بلاستيكية خفيفة، بحيث تُطلَق من مستوى سطح الأرض، ثم يُقاس كلٌّ من زمن التحليق، والمدى الأفقي، ويُتوصَّل إلى معرفة السرعة الابتدائية للكرة.

التحليل والاستنتاج:

1. قد تختلف القيم المحسوبة عن القيم العملية بسبب الأخطاء التجريبية وتسجيل القراءات.
2. لا توجد علاقة بين السرعة الابتدائية للكرة وزمن السقوط، في حين يزداد المدى الأفقيُّ بزيادة السرعة الابتدائية للكرة.
3. بزيادة عدد الكتب تحت المسار تزداد طاقة الوضع للكرة؛ فتزداد طاقتها الحركية عند نهايته، وبالتالي تزداد سرعتها عند نهاية المسار (السرعة الابتدائية للمقذوف).
4. بزيادة ارتفاع الطاولة يزداد زمن الهبوط، فيزداد معه المدى الأفقيّ.

◄ **المناقشة:**

- أوضّح للطلبة أنَّ السرعة الابتدائية للكرة أفقية فقط؛ أيْ إنَّ زاوية الإطلاق تساوي صفرًا، حيث: ($\sin 0 = 0$, $\cos 0 = 1$). وبناءً على ذلك؛ فإنَّ المُركَّبة الرأسية لحركة الكرة تساوي صفرًا، والمُركَّبة الأفقية لحركة الكرة تساوي السرعة الابتدائية نفسها.
- أؤكّد للطلبة وجوب تعويض ($a = -g$)، وكذلك تعويض الارتفاع (h) بإشارة سالبة؛ لأنَّ اتجاهها هو نحو الأسفل بعكس الاتجاه الموجب.

إضاءة للمُعلِّم / للمعلِّمة

إذا حدث خطأ في تعويض الارتفاع (h) بإشارة موجبة، فستكون إشارة مربع الزمن (t^2) سالبة؛ ويتعذَّر إيجاد الجذر التربيعي للأعداد السالبة (في حدود مستوى معرفة الطلبة)، ويكون ذلك مُؤشِّرًا لحدوث خطأ في تعويض الإشارتين: الموجبة والسالبة.

توظيف التكنولوجيا

أبحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية أو برامج محاكاة عن المقذوفات الأفقية.

أشارك الطلبة هذه المواد التعليمية باستخدام الروابط الإلكترونية عن طريق صفحة المدرسة الإلكترونية، أو إنشاء مجموعة في تطبيق (Microsoft teams)، أو أستعمل أيّ وسيلة تكنولوجية مناسبة لمشاركة المواد التعليمية مع الطلبة وذويهم.

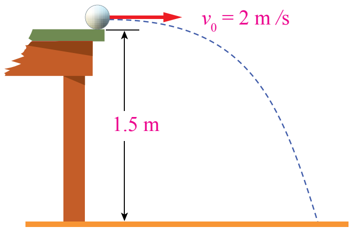
المثالُ 13

قُذِفَتْ كرةُ تنسِ أرضيٍّ أفقيًّا منْ سطحِ طاولةٍ، كما في الشكلِ (15). مُعتمِدًا البياناتِ الواردةَ في الشكلِ، أجِدُ:

أ . زمنَ وصولِ الكرةِ إلى الأرضِ.

ب. المدى الأفقيَّ للكرةِ.

جـ. مقدارَ السرعةِ النهائيةِ للكرةِ، مُحدِّدًا اتجاهَها.



الشكلُ (15): المثالُ (13).

المعطياتُ: ($\theta = 0$)، ($h = -1.5$ m)، ($v_0 = 2$ m/s)، ($g = 9.8$ m/s^2).

المطلوبُ: ($t = ?$)، ($R = ?$)، ($v = ?$).

الحلُّ:

أ . زمنُ وصولِ الكرةِ إلى الأرضِ يعتمدُ على الحركةِ في المستوى الرأسيِّ، حيثُ: $\theta = 0$

$$v_{0y} = v_0 \sin\theta = v_0 \sin 0 = 0$$

$$h = v_{0y}t + \frac{1}{2}at^2 = 0 - \frac{1}{2}gt^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{-g}} = \sqrt{\frac{-2\times1.5}{-9.8}} = +\sqrt{0.3} = 0.55 \text{ s}$$

يُلاحَظُ أنَّ اتجاهَ كلٍّ منَ التسارُعِ والإزاحةِ هوَ نحوَ الأسفلِ بعكسِ الاتجاهِ الموجبِ؛ لذا عُوِّضَتِ الإشارتانِ السالبتانِ، حيثُ:

$$a = -g = -9.8 \text{ m/s}^2 \quad , \quad h = -1.5 \text{ m}$$

ب. المدى الأفقيُّ للكرةِ يعتمدُ على المُركَّبةِ الأفقيةِ والزمنِ:

$$v_{0x} = v_0 \cos\theta = v_0 \cos 0 = v_0$$

$$R = v_0 t = 2 \times 0.55 = 1.1 \text{ m}$$

70

مثال إضافي

قذفت سعاد كرة على سطح طاولة بسرعة أفقية (3 m/s)؛ فسقطت على الأرض على بُعدٍ أفقيٍّ من حافّة الطاولة (1.2 m). بإهمال مقاومة الهواء؛ أجد ارتفاع سطح الطاولة عن الأرض.

الحلّ:

$$R = t \times v_0 \;\Rightarrow\; t = \frac{R}{v_0} = \frac{1.2}{3} = 0.4 \text{ s}$$

$$\Delta y = v_{0y}t + \frac{1}{2}at^2 = 0 - \frac{1}{2} \times 9.8 \times (0.4)^2 = -0.78 \text{ m}$$

الرقم السالب (- 0.78 m) يمثل إزاحة الكرة نحو الأسفل، لكن ارتفاع الطاولة يساوي القيمة المطلقة (0.78 m).

جـ. مقدارُ السرعةِ النهائيةِ للكرةِ:

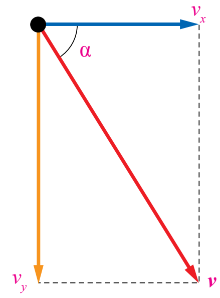
$v_x = v_{0x} = 2$ m/s

$v_y = v_{0y} + at$

$v_y = 0 - 9.8 \times 0.55 = -5.39$ m/s

الإشارةُ السالبةُ تعني أنَّ اتجاهَ المُركَّبةِ الرأسيةِ للسرعةِ النهائيةِ هوَ إلى الأسفلِ بعكسِ الاتجاهِ الموجبِ:

$$v = \sqrt{(v_x)^2+(v_y)^2} = \sqrt{2^2+(-5.39)^2} = 5.7 \text{ m/s}$$



الشكل (16): اتجاه السرعة.

وعليْهِ، يكونُ اتجاهُ السرعةِ النهائيةِ للكرةِ، كما في الشكلِ (16) ، بحيثُ يَصنعُ زاويةً α.

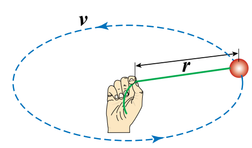
$$\tan\alpha = \left|\frac{v_y}{v_x}\right| = \frac{5.39}{2} = 2.69 \rightarrow \alpha = 69.6°$$

أتحقَّقُ: ما الأثرُ المُتوقَّعُ في حالِ عدمِ إهمالِ مقاومةِ الهواءِ لحركةِ الكرةِ على المُركَّبتيْنِ الأفقيةِ والرأسيةِ للسرعةِ؟

الحركةُ الدائريةُ المنتظمةُ Uniform circular motion

تعرَّفْتُ سابقًا أنَّ الجسمَ الذي يتحرَّكُ بسرعةٍ ثابتةٍ مقدارًا في خطٍّ مستقيمٍ لا يمتلكُ تسارُعًا؛ فالتسارُعُ يُمثِّلُ تغيُّرًا في مقدارِ السرعةِ، أوِ اتجاهِها، أوْ كليْهِما معًا.

يُبيِّنُ الشكلُ (17) كرةً مربوطةً بخيطٍ، تدورُ في مسارٍ دائريٍّ أفقيٍّ نصفُ قطرِهِ (r)، بسرعةٍ ثابتةٍ مقدارًا، لكنَّها مُتغيِّرةٌ اتجاهًا. يُطلَقُ على الحركةِ في هذهِ الحالةِ اسمُ **الحركةِ الدائريةِ المنتظمةِ** **Uniform circular motion**.
يمتلكُ الجسمُ في الحركةِ الدائريةِ **تسارُعًا مركزيًّا** **Centripetal acceleration**،



الشكل (17): الحركة الدائرية.

71

التعزيز:

- يُمكِنني تعزيز مفهوم الحركة الدائرية عند الطلبة باستخدام **استراتيجية التعلم التعاوني**، وتوزيعهم ضمن مجموعات، حيث تُجري كل مجموعة نشاطًا سريعًا، تُستخدَم فيه كرة مربوطة بخيط لتمثيل الحركة الدائرية، أجري نقاشًا بين المجموعات للتوصل إلى أنَّ وصف الحركة الدائرية المنتظمة يكون بتحديد نصف قُطْر المسار الدائري للجسم، وطول المسار، والتردد، والزمن الدوري، ثم أذكر لهم أمثلة واقعية على ذلك.
- ألاحِظ أنَّ حركة الجسم الذي يُربط بخيط، ويدور في دائرة تقع في مستوى رأسي، لا تُمثِّل حركة دائرية منتظمة؛ لأنَّ مقدار السرعة ليس ثابتًا. فلكي تكون الحركة دائرية منتظمة؛ يجب أنْ يتحرك هذا الجسم في دائرة أفقية.

بناء المفهوم:

السرعة النهائية، اتجاه السرعة النهائية.

- أركِّز على السرعة النهائية عند سطح الأرض (قبل الارتطام بالأرض مباشرة)، بحيث تكون مُركَّبتها الأفقية موجبة ومساوية للسرعة الابتدائية، ومُركَّبتها الرأسية سالبة.
- أوضِّح للطلبة كيفية استخراج الزاوية المرجعية (Φ) التي تصنعها السرعة النهائية مع محور (x) الموجب، بعكس عقارب الساعة.

أتحقَّق:

تُؤثِّر مقاومة الهواء في المُركَّبة الأفقية باتجاه معاكس لها مُسبِّبةً تناقصها، وتُؤثِّر مقاومة الهواء في المُركَّبة الرأسية باتجاه الأعلى، فتُقلِّل من تسارع السقوط الحر.

ولكن يلزم الانتباه إلى أنَّ أثر مقاومة الهواء لا يكون ثابتًا؛ فهو يتغير بتغيُّر السرعة (البحث في هذه العلاقة فوق مستوى الطلبة)، ومقاومة الهواء مُهمَلة مقارنةً بوزن الكرة؛ لذا فإنَّ تأثيرها قليل يُمكِن إهماله.

بناء المفهوم:

الحركة الدائرية المنتظمة، التسارع المركزي، السرعة المماسية.

- أخبِر الطلبة أنَّ الحركة الدائرية هي أحد أشكال الحركة في بُعْدين، وأنَّها تكون منتظمة عند ثبات مقدار السرعة.
- ألفت انتباه الطلبة إلى وجود تسارع للجسم الذي يتحرك حركة دائرية منتظمة بالرغم من أنَّ مقدار السرعة ثابت، مُبيِّنًا أنَّ التسارع هنا ناتج من التغيُّر في اتجاه السرعة، وأنَّه يكون دائمًا في اتجاه مركز الدائرة، وأنَّه يُسمّى تسارعًا مركزيًّا.
- أوضِّح للطلبة أنَّه يوجد تسارع خطي في الحركة الدائرية، ناتج من التغيُّر في مقدار السرعة عندما تكون الحركة الدائرية غير منتظمة، وأنَّ اتجاهه يكون على امتداد المماس للدائرة عند أيِّ لحظة من زمن الحركة.
- أركِّز على اتجاه السرعة في الحركة الدائرية الذي ينطبق على المماس للمسار الدائري، وأخبر الطلبة أنَّها تُسمّى السرعة المماسية، وهي تساوي مقدار السرعة المتجهة للجسم المتحرك حركة دائرية.
- أبيِّن للطلبة أنَّ التسارع المركزي يكون عموديًّا على السرعة المماسية في الحركة الدائرية المنتظمة؛ ما يجعل اتجاهه مُتغيِّرًا (نحو المركز دائمًا)، ومقداره ثابتًا.

◄ **استخدام الصور والأشكال:**

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (18) الذي يُمثّل حركة دائرية للكرة في مستوى أفقي، الموضّح دورانها في الشكل (17)، وهنا يكون النظر من الأعلى لهذه الحركة؛ وذلك بهدف تعرُّف الاتجاه المُتغيِّر للتسارع المركزي الذي يُؤثِّر في جسم يتحرك حركة دائرية منتظمة.

الفيزياء والحياة

- أستعرض سريعًا أهمية فروع علم الفيزياء في الحياة، مثل: الحرارة، والكهرباء، والمغناطيسية، والميكانيكا، وذلك بذكر تطبيق أو اثنين من كل فرع.
- أدير حوارًا بين الطلبة عن خطورة القيادة بسرعة عالية على الطرق عند المنعطفات، وأناقشهم في العوامل التي يعتمد عليها التسارع المركزي الذي تتحرك به السيارة.

إضاءة للمُعلِّم / للمعلِّمة

تقوم قوة الاحتكاك بدور القوة المركزية التي تساعد السيارة على الحركة في مسار دائري. وعند زيادة مقدار سرعة السيارة تصبح قوة الاحتكاك غير كافية للمحافظة على بقاء السيارة في المسار الدائري؛ لذا يعمد المهندسون إلى إمالة الطريق نحو مركز المسار الدائريّ حتى يصبح للقوة العمودية التي تؤثّر بها الطريق في السيارة مُركَّبة أفقية باتجاه المركز، فتزداد القوة المركزية. (ستناقش هذه المسألة في الوحدة الرابعة من الكتاب).

أخطاء شائعة

قد يعتقد بعض الطلبة أن الجسم المتحرك حركة دائرية منتظمة يكون في حالة اتزان حركي.

أخبِرهم أن القوة المحصلة المؤثرة في هذا الجسم هي القوة المركزية، ولا تساوي صفرًا؛ أي أن الجسم غير متزن.

ويُرمَزُ إليهِ بالرمزِ (a_c)، ويكونُ اتجاهُهُ دائمًا نحوَ مركزِ المسارِ الدائريِّ، ويؤدي إلى تغيُّرٍ في اتجاهِ السرعةِ (Δv)، الذي يكونُ دائمًا في اتجاهِ مركزِ الدورانِ.

يُبيِّنُ الشكلُ (18) مُتَّجهاتِ السرعةِ والتسارُعَ المركزيَّ عندَ نقاطٍ مختلفةٍ منَ المسارِ الدائريِّ الأفقيِّ لحركةِ الكرةِ، حيثُ يتعامدُ مُتَّجِهُ التسارُعِ المركزيِّ باستمرارٍ معَ مُتَّجِهِ السرعةِ، الذي يكونُ دائمًا على امتدادِ المماسِّ للدائرةِ، وَتُسمّى السرعةَ المماسيةَ.

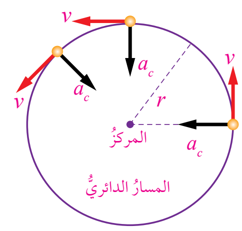
منَ الأمثلةِ على الحركةِ الدائريةِ المنتظمةِ: حركةُ نقطةٍ مرسومةٍ على طرفِ مروحةٍ تدورُ، وحركةُ سيارةٍ تسيرُ بسرعةٍ ثابتةٍ مقدارًا في مسارٍ دائريٍّ، وحركةُ بعضِ الأقمارِ الصناعيةِ حولَ الأرضِ.

عندَ دراسةِ الحركةِ الدائريةِ المنتظمةِ، فإنَّ مركزَ المسارِ الدائريِّ يُمثِّلُ نقطةَ إسنادٍ مرجعيةٍ لتحديدِ المُتغيِّراتِ، حيثُ تُحسَبُ السرعةُ القياسيةُ التي يتحرَّكُ بها الجسمُ بقسمةِ طولِ المسارِ الدائريِّ (محيطُ الدائرةِ) على الزمنِ الدوريِّ، وهوَ الزمنُ اللازمُ حتّى يُكمِلَ الجسمُ دورةً كاملةً حولَ مركزِ الدورانِ. ولمّا كانَتِ السرعةُ ثابتةَ المقدارِ، فإنَّ السرعةَ القياسيةَ المتوسطةَ تساوي السرعةَ القياسيةَ اللحظيةَ:

$$v_s = \bar{v}_s = \frac{S}{T} = \frac{2\pi r}{T}$$

يُعطى التسارُعُ المركزيُّ للحركةِ الدائريةِ المنتظمةِ بالعلاقةِ الآتيةِ:

$$a_c = \frac{v_s^2}{r}$$



الشكل (18): منظرٌ علويٌّ للحركةِ الدائريةِ الأفقيةِ.

الفيزياءُ والحياةُ

لعلمِ الفيزياءِ دورٌ رئيسٌ في تصميمِ الطرقِ ووضعِ قوانينِ السيرِ عليْها؛ فالسرعةُ التي يجبُ على السائقِ الالتزامُ بها عندَ القيادةِ على المنعطفاتِ تُحدَّدُ اعتمادًا على نصفِ قُطرِ الدائرةِ التي يُعَدُّ المنعطفُ جزءًا منها. وعندَ تجاوزِ حدودِ هذهِ السرعةِ يزدادُ تسارُعُ السيارةِ المركزيُّ، فتنحرفُ عنِ الطريقِ، وتخرجُ عنِ السيطرةِ.

✓ **أتحقَّقُ:** مُستخدِمًا العلاقةَ الرياضيةَ للتسارُعِ المركزيِّ، ومُعتمِدًا وحدتَيْ قياسِ السرعةِ ونصفِ القُطْرِ، أجِدُ وحدةَ قياسِ التسارُعِ المركزيِّ.

72

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **المهارات الحياتية: الوعي المروري.**

أُخبِر الطلبة أنَّ الوعي المروري هو إحدى المهارات الحياتية الضرورية التي تساعد على حفظ الأرواح والممتلكات؛ مُبيِّنًا علاقة ذلك بإدراك خطورة القيادة على المنعطفات بسرعة تزيد على الحدِّ المسموح به.

✓ **أتحقَّق:**

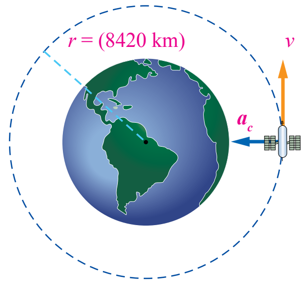
$$a_c = \frac{v_s^2}{r} = \frac{(\frac{m}{s})^2}{m} = \frac{m}{s^2}$$

المثالُ 14

يدورُ قمرٌ صناعيٌّ حولَ الأرضِ على ارتفاعِ (8420 km) عنْ مركزِ الأرضِ، في مسارٍ دائريٍّ (تقريبًا)، بسرعةٍ مماسيةٍ ثابتةِ المقدارِ، كما في الشكلِ (19). إذا علمْتُ أنَّ زمنَهُ الدوريَّ (129 min)، فأجِدُ مقدارَ:

أ . سرعَتِهِ المماسيةِ.

ب. تسارُعِهِ المركزيِّ.



الشكلُ (19): القمرُ الصناعيُّ.

المعطياتُ: $(r = 8.42 \times 10^6\ m)$، $(T = 129 \times 60 = 7740\ s)$.

المطلوبُ: $(v_s = ?)$ ، $(a_c = ?)$.

الحلُّ:

أ . مقدارُ السرعةِ المماسيةِ للقمرِ الصناعيِّ:

$$v_s = \frac{S}{T} = \frac{2\pi r}{T}$$

$$v_s = \frac{2 \times 3.14 \times 8.42 \times 10^6}{7740} = 6832\ m/s$$

ب. مقدارُ التسارُعِ المركزيِّ لهذا القمرِ:

$$a_c = \frac{v_s^2}{r}$$

$$a_c = \frac{6832^2}{8.42 \times 10^6} = 5.54\ m/s^2$$

73

مثال إضافي

يجلس سمير على كرسي مثبت على محيط قرص أفقي دوّار في مدينة الألعاب، ويبعد الكرسي عن مركز القرص (3 m)، يكمل القرص دورة كل (3.14 s). ما مقدار التسارع المركزي لجسم سمير؟

الحلّ:

$$v_s = \frac{S}{t} = \frac{2\pi r}{t} = \frac{2 \times 3.14 \times 3}{3.14} = 6\ m/s$$

$$a_c = \frac{v_s^2}{r} = \frac{36}{3} = 12\ m/s^2$$

التعزيز:

- أوضّح للطلبة أنَّ نصف قُطْر مدار القمر الصناعي هو ناتج جمع ارتفاع القمر عن سطح الأرض مع نصف قُطْر الأرض.
- أبيّن للطلبة أنَّ الزمن الدوري للقمر الصناعي يعتمد على نصف قُطْر مداره؛ فكلما كان القمر أكثر بُعْدًا عن مركز الأرض كان محيط مداره كبيرًا، وزمنه الدوري كبيرًا.
- أسأل الطلبة عن العلاقة الرياضية الخاصة بطول محيط الدائرة؛ لإيجاد طول المسافة التي يقطعها القمر الصناعي في الدورة الواحدة حول الأرض.

إضاءة للمُعلِّم / للمعلِّمة

أتذكّر أنَّ مدارات الأجرام السماوية الطبيعية (مثل: القمر، والكواكب) ليست دائرية تمامًا، وكذلك بعض الأقمار الصناعية، وأنَّ هذه الحركة لا تُعَدُّ دائرية منتظمة؛ لأنَّ نصف القُطْر لا يكون ثابتًا، وأنَّ السرعة المماسية مُتغيِّرة، ولا يُمكِن القول إنَّ التسارع المركزي ثابت أيضًا.

طريقة أخرى للتدريس | حركة القمر حول الأرض.

استراتيجية التفكير الناقد

- أطرح قضية دوران القمر حول الأرض أمام الطلبة، ثم أطلب إليهم -ضمن مجموعات ثنائية- وصف حركة القمر، وحساب نصف قُطْر مداره، ومحيط الدوران، والسرعة المماسية، والتسارع الذي يتحرك به القمر، وتحليل الحالة الحركية للقمر.

إجابات أسئلة مراجعة الدرس

1 يجب تحليل السرعة الابتدائية للمقذوفات؛ للتمكُّن من وصف الحركة لمُركَّبتين: رأسية وأفقية؛ لأنَّهما مستقلتان عن بعضهما. فالرأسية فيها تسارع، والأفقية ثابتة السرعة.

2 **حركة المقذوفات:** رمي كرة بزاوية مع الأفق، بعض النوافير، لعبة بندقية.
الحركة الدائرية المنتظمة: حركة المروحة، حركة الدولاب في مدينة الألعاب، أطراف عقارب الساعة.

3 لا يوجد تسارع مماسي في الحركة الدائرية المنتظمة؛ لأنَّ السرعة ثابتة المقدار، في حين يوجد تسارع مركزي فيها؛ لأنَّ اتجاه السرعة يتغير باستمرار.

4 الإزاحة الأفقية تكون في اتجاه واحد (بُعْد واحد)، والإزاحة الرأسية تكون في اتجاهين متعاكسين (بُعْد واحد).
السرعة الأفقية ثابتة المقدار والاتجاه، والسرعة الرأسية مُتغيِّرة المقدار والاتجاه.
التسارع الأفقي يساوي صفرًا، والتسارع الرأسي يساوي تسارع السقوط الحر (بإهمال مقاومة الهواء).

5
أ.

$v_{0x} = v_0 \cos\theta = 15.8 \times \cos 30 = 15.8 \times 0.87 = 13.7$ m/s

$v_{0y} = v_0 \sin\theta = 15.8 \times \sin 30 = 15.8 \times 0.5 = 7.9$ m/s

$v_2 = v_1 + at$

$v_y = v_0 \sin\theta - gt$

$0 = 7.9 - 9.8 \times t \quad ››› \quad t = \frac{7.9}{9.8} = 0.8$ s

$T = 2t = 2 \times 0.8 = 1.6$ s

ب.

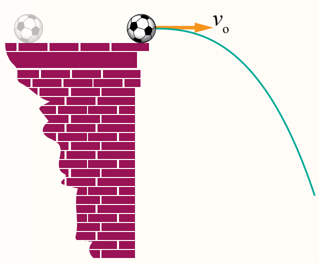
$y = v_1 t + \frac{1}{2} at^2$

$h = (v_0 \sin\theta)t - \frac{1}{2} gt^2$

$h = 7.9 \times 0.8 - \frac{1}{2} \times 9.8 \times 0.8^2 = 6.32 - 3.14 = 3.18$ m

مراجعةُ الدرسِ

1. **الفكرةُ الرئيسةُ:** ما أهميةُ تحليلِ السرعةِ الابتدائيةِ للمقذوفاتِ إلى مُركَّبتيْنِ؛ أفقيةٍ، ورأسيةٍ؟
2. أذكرُ مثاليْنِ منَ الحياةِ اليوميةِ على حركةِ المقذوفاتِ، ومثاليْنِ آخريْنِ على الحركةِ الدائريةِ المنتظمةِ.
3. **أُفسِّرُ:** ما سببُ وجودِ تسارُعٍ مركزيٍّ، وعدمِ وجودِ تسارُعٍ مماسيٍّ في الحركةِ الدائريةِ المنتظمةِ؟
4. **أُقارِنُ** بينَ مُركَّبَتَيْ كلِّ عنصرٍ منَ العناصرِ الآتيةِ لحركةِ المقذوفِ الأفقيةِ وحركتِهِ الرأسيةِ:
   - الإزاحةُ.
   - السرعةُ.
   - التسارُعُ.
5. **أحسُبُ:** قُذِفَتْ كرةٌ بسرعةٍ مقدارُها (15.8m/s) نحوَ الأعلى في اتجاهٍ يَصنعُ معَ الأفقِ زاويةً مقدارُها (30°)، بإهمالِ مقاومةِ الهواءِ لحركةِ الكرةِ. أَجِدُ:
   أ . زمنَ تحليقِ الكرةِ.
   ب. أقصى ارتفاعٍ للكرةِ.



6. **أحسُبُ:** قُذِفَتْ كرةٌ منْ فوقِ بنايةٍ ارتفاعُها (44.1 m) عنْ سطحِ الأرضِ بسرعةٍ أفقيةٍ مقدارُها (12 m/s)، كما في الشكلِ المجاورِ. أحسُبُ زمنَ سقوطِ الكرةِ إلى سطحِ الأرضِ، والمسافةَ الأفقيةَ التي قطعَتْها قبلَ ارتطامِها بالأرضِ.
7. **أحسُبُ:** كتلةٌ مربوطةٌ بخيطٍ طولُهُ (0.80 m)، تتحرَّكُ حركةً دائريةً منتظمةً، ويبلغُ الزمنُ الدوريُّ للحركةِ (1.0 s). إذا كانَ طولُ الخيطِ نصفَ قُطْرِ المسارِ الدائريِّ، فما مقدارُ التسارُعِ المركزيِّ لهذهِ الحركةِ؟

74

6

$v_{0y} = v_0 \sin\theta = v_0 \sin 0 = 0$

$h = v_{0y} t + \frac{1}{2} at^2 = 0 - \frac{1}{2} gt^2$

$t = \sqrt{\frac{2h}{-g}} = \sqrt{\frac{-2\times 44.1}{-9.8}} = +\sqrt{9} = 3.0$ s

$R = 2tv_0 = 2 \times 3.0 \times 12 = 72$ m

7

$v_s = \frac{2\pi r}{t} = \frac{5}{1} = 5$ m/s

$a_c = \frac{v_s^2}{r} = \frac{5^2}{0.8} = 31.3$ m/s^2

الفيزياءُ والفضاءُ

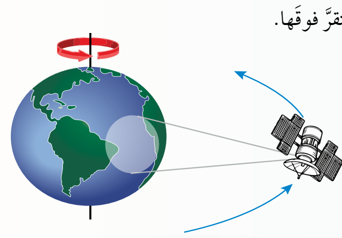
الأقمارُ الصناعيةُ المُتزامِنةُ معَ الأرضِ

الإثراءُ والتوسعُ

توضَعُ بعضُ الأقمارِ الصناعيةِ في مداراتٍ حولَ الأرضِ، بحيثُ يتزامنُ دورانُها معَ دورانِ الأرضِ، فتبقى فوقَ منطقةٍ مُحدَّدةٍ منْ سطحِ الأرضِ باستمرارٍ، وتدورُ معَها بالسرعةِ نفسِها. والهدفُ منْ وضعِ هذهِ الأقمارِ هوَ تأمينُ عمليةِ الاتصالِ التلفزيونيِّ والهاتفيِّ وشبكةِ الإنترنتْ على مدارِ اليومِ في هذهِ المنطقةِ. وفي المقابلِ، توجدُ أقمارٌ أُخرى خاصةٌ بالتصويرِ، والمسحِ الجويِّ، وغيرِ ذلكَ منَ المهامِّ التي لا تتزامنُ حركتُها معَ حركةِ الأرضِ، وتنتقلُ منْ فوقِ بلدٍ إلى آخرَ، منْ مثلِ أقمارِ المسحِ الجيولوجيِّ والبيئيِّ ومحطةِ الفضاءِ الدوليةِ (ISS).

عندَ وضعِ قمرٍ صناعيٍّ مُتزامِنٍ معَ الأرضِ في مدارِهِ، يجبُ مراعاةُ ما يأتي:

1. مساواةُ الزمنِ الدوريِّ للقمرِ الصناعيِّ طولَ اليومِ الفلكيِّ للأرضِ، وهوَ الزمنُ اللازمُ لنقطةٍ على سطحِ الأرضِ حتّى تدورَ حولَ محورِ الأرضِ دورةً كاملةً (360°)، ويساوي (23h 56m 4s)، وهوَ يقلُّ بمقدارِ (4) دقائقَ تقريبًا عنِ اليومِ الشمسيِّ الذي تدورُ فيهِ الشمسُ ظاهريًّا حولَ الأرضِ دورةً كاملةً.
2. وفقًا للقانونِ الثالثِ لكبلر، توجدُ نسبةٌ ثابتةٌ بينَ مربعِ الزمنِ الدوريِّ للقمرِ الصناعيِّ ومكعبِ نصفِ قُطْرِ مدارِهِ. ونتيجةً لذلكَ، فإنَّ نصفَ قُطْرِ مدارِ القمرِ الصناعيِّ المُتزامِنِ معَ الأرضِ هوَ (42155 km)، وهذا يعني أنَّ ارتفاعَهُ فوقَ سطحِ الأرضِ يبلغُ (35786 km).
3. وجوبُ معرفةِ نصفِ قُطْرِ المدارِ، وطولِ المحيطِ، والزمنِ الدوريِّ لهُ؛ لإيجادِ مقدارِ السرعةِ المماسيةِ للقمرِ المُتزامِنِ معَ الأرضِ: (11066 km/h)، أوْ: (3.07 km/s).
4. وجوبُ أنْ يكونَ مدارُ القمرِ المُتزامِنِ معَ الأرضِ فوقَ خطِّ الاستواءِ حتّى يبدوَ القمرُ ثابتًا في السماءِ، وإلّا فإنَّهُ سيظهرُ مُتذبذِبًا بينَ الشمالِ والجنوبِ.
5. وجوبُ أنْ يكونَ شكلُ المدارِ دائريًّا تمامًا. وفي حالِ كانَ المدارُ إهليلجيًّا، فإنَّ القمرَ سيتحرَّكُ بسرعةٍ مماسيةٍ مُتغيِّرةٍ. ونتيجةً لذلكَ، سيتغيَّرُ موقعُهُ شرقًا وغربًا فوقَ البُقْعةِ المُحدَّدِ لهُ أنْ يستقرَّ فوقَها.



يُبيِّنُ الشكلُ المجاورُ قمرًا صناعيًّا منَ النوعِ المُتزامِنِ في حركتِهِ معَ حركةِ الأرضِ، وهوَ يدورُ حولَها على ارتفاعِ (35786 km) فوقَ سطحِها، بحيثُ يبقى مُقابِلًا لمنطقةٍ تضمُّ جنوبَ المحيطِ الأطلسيِّ.

أبحث أبحثُ في شبكةِ الإنترنتْ عنْ حياةِ العالِمِ كبلر وقوانينِهِ في الفَلَكِ، ثمَّ أكتبُ تقريرًا يتضمَّنُ لمحةً عنْ حياتِهِ، ونصوصَ قوانينِهِ الثلاثةِ، ثمَّ أُنظِّمُ جدولًا يحوي بعضَ كواكبِ المجموعةِ الشمسيةِ، ويُبيِّنُ بُعْدَها عنِ الشمسِ، وزمنَ دورانِها حولَ الشمسِ.

75

الإثراء والتوسُّع

الفيزياء والفضاء

الأقمار الصناعية المتزامنة مع الأرض

الهدف:

- تعرُّف الأقمار الصناعية، وأهميتها، وأنواعها.
- بيان المقصود بالقمر الصناعي المتزامن في حركته مع حركة الأرض.

زمن التنفيذ: 35 دقيقة.

الإجراءات والتوجيهات:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة فقرة (الإثراء والتوسُّع)، ثم أطرح عليهم أسئلة تتطلَّب إجاباتها المقارنة بين الأقمار الصناعية المتزامنة مع الأرض في حركتها والأقمار الأُخرى غير المتزامنة مع الأرض في حركتها.
- أطلب إلى الطلبة تحديد بعض وظائف كل نوع.
- أطلب إلى الطلبة ذكر بعض الشروط اللازمة لوضع القمر في مدار حول الأرض، بحيث يكون متزامنًا مع حركتها.

ملحوظة: تتفاوت قدرات الطلبة في هذا الموضوع؛ لذا فهم غير مطالبين به، في أيّ شكل من أشكال التقويم.

أبحث

- أوزّع الطلبة إلى مجموعات.
- أطلب إلى أفراد كل مجموعة البحث في شبكة الإنترنت عن سيرة العالِم كبلر وقوانينه في الفَلَك، ثم كتابة تقرير يُعرِّف به، وبنصوص قوانينه الثلاثة.
- أطلب إلى أفراد كل مجموعة إعداد جدول تُنظَّم فيه أسماء بعض كواكب المجموعة الشمسية، وبُعْد كل منها عن الشمس، وزمن دورانه حولها. ثم تطبيق القانون الثالث لكبلر على البيانات الخاصة بكل كوكب.
- أطلب إلى كل مجموعة عرض تقريرها أمام المجموعات الأُخرى.
- أنظِّم نقاشًا بين أفراد المجموعات للتوصُّل إلى آراء مُوحَّدة عن الموضوع.

مراجعة الوحدة

1

1- جـ. الإزاحة.

2- أ . السرعة القياسية المتوسطة.

3- د . سرعته تساوي صفرًا.

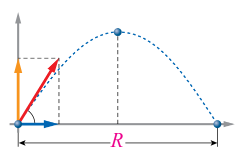
4- أ . التسارع الأفقي صفر، والتسارع الرأسي (g).

5- ب. المدى الأفقي.

مراجعةُ الوحدةِ

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

1. المُتَّجِهُ الذي يُمثِّلُ التغيُّرَ في موقعِ جسمٍ بالنسبةِ إلى نقطةِ إسنادٍ مرجعيةٍ، هوَ:
   - أ . السرعةُ القياسيةُ.
   - ب . السرعةُ المُتَّجِهةُ.
   - جـ . الإزاحةُ.
   - د . الموقعُ.
2. ناتجُ قسمةِ المسافةِ الكليةِ التي تقطعُها سيارةٌ على الزمنِ الكليِّ لحركتِها، يُسمّى:
   - أ . السرعةَ القياسيةَ المتوسطةَ.
   - ب . السرعةَ المُتَّجِهةَ المتوسطةَ.
   - جـ . السرعةَ المُتَّجِهةَ اللحظيةَ.
   - د . التسارُعَ المتوسطَ.
3. إذا قُذِفَ جسمٌ رأسيًّا إلى الأعلى، ووصلَ أقصى ارتفاعٍ لهُ، فإنَّ:
   - أ . إزاحتَهُ تساوي صفرًا.
   - ب . تسارُعَهُ يساوي صفرًا.
   - جـ . زمنَ الصعودِ يساوي صفرًا.
   - د . سرعتَهُ تساوي صفرًا.
4. العبارةُ الصحيحةُ التي تصفُ حركةَ المقذوفِ، بإهمالِ مقاومةِ الهواءِ، هيَ:
   - أ . التسارُعُ الأفقيُّ صفرٌ، والتسارُعُ الرأسيُّ (g).
   - ب . التسارُعُ الأفقيُّ صفرٌ، والتسارُعُ الرأسيُّ صفرٌ.
   - جـ . التسارُعُ الأفقيُّ (g)، والتسارُعُ الرأسيُّ صفرٌ.
   - د . التسارُعُ الأفقيُّ (g)، والتسارُعُ الرأسيُّ (g).
5. الإزاحةُ الأفقيةُ التي يَصنعُها المقذوفُ في الشكلِ المجاورِ عندما يعودُ إلى مستوى إطلاقِهِ، تُسمّى:
   - أ . أقصى ارتفاعٍ.
   - ب . المدى الأفقيَّ.
   - جـ . المدى الرأسيَّ.
   - د . المسارَ الفعليَّ.



76

2. أَصِفُ نوعَ الحركةِ في كلِّ حالةٍ ممّا يأتي؛ بالاختيارِ ممّا بينَ القوسيْنِ:

(بُعْدٌ، بُعْدانِ، دائريةٌ منتظمةٌ، دائريةٌ غيرُ منتظمةٍ):

أ . الحركةُ الدورانيةُ بمعدلٍ ثابتٍ لعجلةِ السيارةِ حولَ محورِها.

ب. حركةُ قطارٍ على سكَّةِ حديدٍ أفقيةٍ في خطٍّ مستقيمٍ باتجاهٍ واحدٍ (شرقًا).

جـ. حركةُ قطارٍ على سكَّةِ حديدٍ أفقيةٍ في خطٍّ مستقيمٍ باتجاهيْنِ مختلفيْنِ (شرقًا، وغربًا).

د . حركةُ قطارٍ على سكَّةِ حديدٍ غيرِ أفقيةٍ (صعودًا، وهبوطًا) باتجاهِ الغربِ.

هـ. حركةُ طائرةٍ على مَدْرجِ المطارِ.

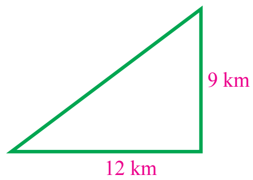
و . حركةُ قمرٍ صناعيٍّ حولَ الأرضِ، على ارتفاعٍ ثابتٍ فوقَ سطحِها.

3. أَجِدُ سرعةَ عدّاءٍ قطعَ مسافةَ (51 km) في (6 h)، ثمَّ أَصِفُ نوعَ هذهِ السرعةِ.

4. تحرَّكَتْ درّاجةٌ هوائيةٌ في خطٍّ مستقيمٍ باتجاهِ الشرقِ، فقطعَتْ مسافةَ (12 km)، ثمَّ تحرَّكَتْ في خطٍّ مستقيمٍ باتجاهِ الشمالِ، فقطعَتْ مسافةَ (9 km) في (35 min) كما في الشكلِ المجاورِ. أَجِدُ:

أ . السرعةَ القياسيةَ المتوسطةَ للدرّاجةِ في أثناءِ حركتِها.

ب. السرعةَ المُتَّجِهةَ المتوسطةَ للدرّاجةِ في أثناءِ حركتِها.



5. صمَّمَتْ مهندسةٌ مَدْرجًا لحركةِ الطائراتِ منْ وضعِ السكونِ حتّى تبلغَ سرعتُها النهائيةُ عندَ الإقلاعِ (60 m/s). إذا كانَ تسارُعُ إحدى الطائراتِ ($2.4\ m/s^2$)، فما أقلُّ طولٍ ممكنٍ للمَدْرجِ؟

77

مراجعة الوحدة

2 أ . حركة دائرية منتظمة.

ب . حركة في بُعْد واحد.

ج . حركة في بُعْد واحد.

د. حركة في بُعْدين.

هـ . حركة في بُعْد واحد.

و. حركة دائرية منتظمة.

3 سرعة العدّاء: $\bar{v}_s = \frac{s}{t} = \frac{51}{6} = 8.5\ km/h$

نوع السرعة: قياسية متوسطة؛ لأنَّها ناتجة من قسمة المسافة على الزمن.

4 أ . السرعة القياسية المتوسطة:

$$\bar{v}_s = \frac{s}{t} = \frac{12 + 9}{35} = 0.6\ km/min$$

ب . السرعة المتجهة المتوسطة:

$$\bar{v} = \frac{d}{t} = \frac{\sqrt{(144 + 81)}}{35} = \frac{15}{35} = 0.43\ km/min\ ,37°$$

5

$$v_2^2 = v_1^2 + 2ax$$

$$x = \frac{60 \times 60}{2 \times 2.4} = 750\ m$$

6

$$v_2^2 = v_1^2 - 2gy$$

$$y = \frac{7 \times 7}{2 \times 9.8} = 2.5 \text{ m}$$

7

$$v_2 = v_1 + at$$

$$0 = v_0 \sin\theta - gt$$

$$0 = 98 - 9.8 \times t$$

$$t = 10 \text{ s}$$

8 سوف تصل إلى الأرض بعد مرور (3.0 s) أيضًا؛ لأنَّ المُركَّبة الرأسية للسرعة الابتدائية في الحالتين تساوي صفرًا، والسرعة الأفقية لا تُؤثِّر في زمن الهبوط.

9 سيزداد المدى الأفقي.

لمزيد من التوضيح، يجب التوصُّل إلى علاقة رياضية بين المدى الأفقي وزاوية الإطلاق:

$$v_y = v_0 \sin\theta - gt$$

$$0 = v_0 \sin 30 - gt$$

$$t = \frac{v_0 \sin\theta}{g}$$

$$T = 2t = \frac{2v_0 \sin\theta}{g}$$

$$R = Tv_0 \cos\theta$$

$$R = \frac{2v_0 \sin\theta}{g} v_0 \cos\theta = \frac{2v_0^2 \sin\theta \cos\theta}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$$

* الطلبة غير مطالبين بالإثبات الرياضي للحل.

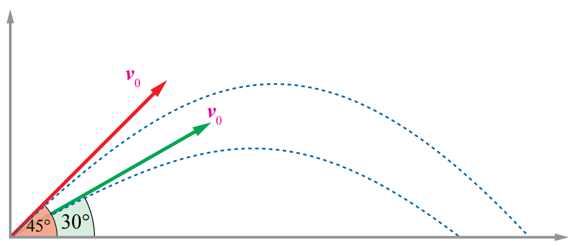
مراجعةُ الوحدةِ

6. رمَتْ ليلى قُبَّعتَها إلى الأعلى بسرعةٍ ابتدائيةٍ رأسيةٍ مقدارُها (7 m/s)، بإهمالِ مقاومةِ الهواءِ. ما أقصى ارتفاعٍ وصلَتْ إليْهِ القُبَّعةُ؟

7. أُطلِقَتْ قذيفةٌ منْ سطحِ الأرضِ بسرعةٍ ابتدائيةٍ، مُركَّبتُها الأفقيةُ (49 m/s)، ومُركَّبتُها الرأسيةُ (98 m/s). أَجِدُ مقدارَ الزمنِ اللازمِ لوصولِ القذيفةِ إلى أقصى ارتفاعٍ.

8. قُذِفَتْ كرةٌ أفقيًّا منْ فوقِ بنايةٍ بسرعةٍ ابتدائيةٍ مقدارُها (20 m/s)، فوصلَتْ سطحَ الأرضِ بعدَ مرورِ (3.0 s) منْ رميِها. إذا قُذِفَتِ الكرةُ أفقيًّا منَ المكانِ نفسِهِ بسرعةٍ مقدارُها (30 m/s)، فمتى تصلُ سطحَ الأرضِ؟

9. أُطلِقَتْ قذيفةٌ بسرعةٍ ابتدائيةٍ (v_0)، وبزاويةٍ معَ سطحِ الأرضِ مقدارُها (30°)، كما في الشكلِ الآتي. إذا أصبحَتِ الزاويةُ (45°)، فكيفَ سيتغيَّرُ مدى القذيفةِ الأفقيُّ؟



الوحدة الثالثة: القوى Forces .

تجربة استهلالية: القصور الذاتي.

الدرس	النتاجات	التجارب والأنشطة	عدد الحصص
الأول: **القانون الأول في الحركة لنيوتن.**	• توضيح مفهوم القوة. • رسم مُخطَّط الجسم الحر لتحديد جميع القوى المُؤثِّرة في الجسم. • ذِكرُ نص القانون الأول في الحركة لنيوتن. • تفسير ظواهر طبيعية تتعلّق بالقصور الذاتي اعتمادًا على القانون الأول لنيوتن. • تطبيق ما جرى تعلُّمَهُ في حلِّ مسائل على القوة المحصلة، والقانون الأول لنيوتن.	• القصور الذاتي.	3
الثاني: **القانون الثاني والقانون الثالث في الحركة لنيوتن.**	• استقصاء القانون الثاني لنيوتن. • ذكرُ نصِّ كلٍّ من القانون الثاني والقانون الثالث لنيوتن. • تحديد قوتي الفعل ورد الفعل في مجموعة من الأنظمة. • تطبيق ما جرى تعلُّمَهُ في حلّ مسائل على قوانين نيوتن في الحركة.	• القوة والكتلة والتسارع.	5

النتاجات السابقة	الصف	النتاجات اللاحقة	الصف
• توضيح أثر القوى المتزنة والقوى غير المتزنة في الأجسام (تتضمَّن القوى: الاحتكاك، والجاذبية، والمغناطيسية). • استقصاء أثر القوة في الأجسام باستخدام قوانين نيوتن. • تطوير نموذج لتوضيح القانون الثالث لنيوتن، وأثر ذلك في تصادم جسمين معًا. • تقديم أدلّة على أنَّ التغيُّر في سرعة الجسم يرتبط بالقوة المحصلة المُؤثِّرة في الجسم، وكتلته. • المقارنة بين أثر القوى والكتل والتغيُّر في السرعة في حركة الجسم في بُعْد واحد بين الأجسام المختلفة.	السابع	• وصف العلاقة بين القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين نقطتين وكلٍّ من الشحنتين والمسافة بينهما. • حساب محصلة القوى المُؤثِّرة في شحنة نقطية بتأثير عِدَّة شحنات نقطية.	الحادي عشر
• توضيح المفاهيم المُتعلِّقة بقوانين نيوتن. • توظيف التجارب العملية في دراسة قوانين نيوتن. • توظيف المعرفة الذاتية بقوانين نيوتن في حلِّ مسائل حسابية، وتفسير مواقف حياتية وتطبيقات. • تصميم نموذج لتوظيفه في شرح القانون الأول لنيوتن وتطبيقاته في أنشطة الحياة اليومية. • تصميم نموذج لنظام يعمل اعتمادًا على القانون الثالث لنيوتن.	التاسع	• توضيح المفاهيم المُتعلِّقة بالاتزان الميكانيكي، وشروط حدوثه، والعزوم. • التمييز بين الاتزان السكوني والاتزان الحركي. • التعبير عن القانون الثاني لنيوتن بدلالة معدل التغيُّر في الزخم الخطّي (كمية التحرّك) لجسم. • توضيح المفاهيم المُتعلِّقة بالزخم الخطي، والدفع.	الثاني عشر

الوحدة 3

القوى Forces

أتأمَّل الصورة

ألفتُ انتباه الطلبة إلى الصورة، ثم أطرح عليهم السؤالين الآتيين:

- ما الذي يُختبَر في التصادم الظاهر في الصورة؟
  فاعلية أحزمة الأمان، والوسائل الهوائية.
- فيمَ تختلف السيارات بعضها عن بعض؟
  قوة المحرك، والشكل، وفاعلية وسائل الأمان، والإضافات التي تُمثِّل رفاهية للسائقين والركّاب.
  أتقبّل إجابات الطلبة جميعها.
- أبيّن للطلبة أنَّ شركات إنتاج السيارات تتنافس على صُنْع الأفضل من وسائل الأمان عند تصميم سياراتها، مثل تنافسها على صُنْع أقوى المحركات لسياراتها، وتصميم الأجمل لأشكالها.
- أوضّح للطلبة دور علم الفيزياء، مُمثَّلًا في الهندسة الميكانيكية، في تطوير صناعة السيارات.
- أبيّن للطلبة أنَّ اختبار وسائل الأمان في السيارة التي تُمثِّلها الصورة المقابلة يكون بوضع دمية داخلها، ثم وصل مجسّات في مواقع مختلفة منها؛ لقياس تسارعها والقوة المُؤثِّرة فيها عند تعريضها لحادث تصادم، وأنَّ تعديل التصاميم وتطويرها يكون بناءً على نتائج هذا الاختبار.
- أطلب إلى الطلبة تحديد القوى المُؤثِّرة في الدمية، وتوقُّع أماكن تأثيرها.


الوحدة 3

القوى
Forces

أتأمَّلُ الصورةَ

الفيزياءُ في السياراتِ

عندَ تصنيعِ نوعٍ جديدٍ منَ السياراتِ، فإنَّهُ يخضعُ لاختباراتٍ عِدَّةٍ قبلَ إنتاجِهِ على نحوٍ تجاريٍّ وتسويقِهِ، منْ مثلِ: اختباراتِ مستوى الأمانِ، وفاعليةِ الوسائدِ الهوائيةِ، وأحزمةِ الأمانِ، وأنظمةِ المكابحِ.

فهلْ لعلمِ الفيزياءِ دورٌ في تطويرِ صناعةِ السياراتِ منْ حيثُ شكلُها ووسائلُ الأمانِ فيها؟ لماذا توضعُ دميةٌ مكانَ السائقِ عندَ اختبارِ السيارةِ بتعريضِها لحادثِ اصطدامٍ بحاجزٍ؟ ما الذي يُختبَرُ في هذا التصادمِ؟

79

الفكرة العامة

- أوضّح للطلبة أنَّ لقوانين نيوتن الثلاثة في الحركة أهمية كبيرة عند دراسة حركة الأجسام، والقصور الذاتي، وبعض الظواهر المرتبطة به، وحساب كلٍّ من: السرعة، والتسارع، والإزاحة، والقوة المحصلة، وتحديد القوى المتبادلة بين الأجسام.

مشروع الوحدة: تصميم نموذج لسيارة سباق.

- أُخبِر الطلبة أن مشروع الوحدة هو تصميم نموذج لسيارة سباق، وأنَّه يتعيَّن عليهم تنفيذه بناءً على ما يتعلّمونه عن قوانين الحركة لنيوتن، وبخاصة القانونان: الثاني والثالث، وأنَّهم سيختارون المواد والأدوات اللازمة لتصميم السيارة بمواصفات معينة، بناءً على العلاقة بين القوة والكتلة والتسارع، والفعل ورد الفعل، بحيث تقطع هذه السيارة – عند دفعها– مسافة (2 m) تقريبًا في أقل زمن ممكن.
- بعد الانتهاء من عمل التصاميم، أُدير نقاشًا بين الطلبة يتناول مزايا كل تصميم، ثم أخبرهم بالتصميم الذي استوفى الشروط المطلوبة.

الفكرةُ العامةُ:

للقوى تأثيرٌ كبيرٌ في حياتِنا، وجميعِ أنشطتِنا.

الدرسُ الأولُ: القانونُ الأولُ في الحركةِ لنيوتن

الفكرةُ الرئيسةُ: تُعَدُّ معرفتُنا بالقانونِ الأولِ لنيوتن (قانونُ القصورِ الذاتيِّ) أساسيةً لفهمِ بعضِ الظواهرِ الحركيةِ.

الدرسُ الثاني: القانونُ الثاني والقانونُ الثالثُ في الحركةِ لنيوتن

الفكرةُ الرئيسةُ: يعتمدُ تسارُعُ أيِّ جسمٍ على كتلتِهِ، وعلى القُوَّةِ المحصلةِ المُؤَثِّرةِ فيهِ. توجدُ القوى في الطبيعةِ فقطْ بصورةِ أزواجٍ، ولا يُمكِنُ أنْ توجدَ منفردةً.

80

تجربةٌ استهلاليةٌ

القصورُ الذاتيُّ

الموادُّ والأدواتُ: لوحُ تزلُّجٍ أوْ عربةٌ، مكعبٌ خشبيٌّ، حاجزٌ، شريطٌ لاصقٌ.

إرشاداتُ السلامةِ: تنفيذُ التجربةِ في منتصفِ غرفةِ الصفِّ، بعيدًا عنْ أيِّ قطعِ أثاثٍ قابلةٍ للكسرِ.

خطواتُ العملِ:

1. أضعُ لوحَ التزلُّجِ (أوِ العربةَ) في منتصفِ غرفةِ الصفِّ، ثمَّ أضعُ المكعبَ عليْهِ، ثمَّ أضعُ الحاجزَ على بُعْدِ (1-2 m) منَ اللوحِ.
2. **ألاحِظُ** ما يحدثُ عندَ وضعِ المكعبِ على اللوحِ، ودفعِ اللوحِ باتجاهِ الحاجزِ، مُدَوِّنًا ملاحظاتي.
3. **ألاحِظُ** ما يحدثُ عندَ تكرارِ الخطوةِ السابقةِ، بعدَ تثبيتِ المكعبِ باللوحِ باستخدامِ الشريطِ اللاصقِ، مُدَوِّنًا ملاحظاتي.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. **أقارِنُ** بينَ ملاحظاتي في الخطوتيْنِ: (2)، وَ (3).
2. ما سببُ اندفاعِ المكعبِ الخشبيِّ في الخطوةِ (2)؟
3. **أُفسِّرُ:** هلْ يتعيَّنُ على سائقي السياراتِ استخدامُ أحزمةِ الأمانِ؟ أُفسِّرُ إجابتي.

81

استراتيجية التقويم: الملاحظة.

أداة التقويم: سُلَّم تقدير.

الرقم	معيار الأداء	الوصف			
		مقبول	جيد	جيد جدًا	ممتاز
1	مراعاة تعليمات الأمان والسلامة العامة عند تنفيذ التجربة.				
2	احترام آراء الآخرين، وتقبُّلها.				
3	إجادة إدارة الوقت.				
4	تدوين الملاحظات على كل خطوة من خطوات التجربة.				
5	قياس المسافات قياسًا دقيقًا.				

تجربة استهلالية

الهدف: تعرُّف مفهوم القصور الذاتي.

زمن التنفيذ: 10 دقائق.

إرشادات السلامة:

أوجِّه الطلبة إلى ارتداء المعطف، واستخدام النظارات الواقية للعينين، وأطلب إليهم تنفيذ التجربة في منتصف المختبر (أو منتصف غرفة الصف)، بعيدًا عن أيِّ قطع أثاث قابلة للكسر.

المهارات العلمية:

الملاحظة، المقارنة، الاستنتاج، تحليل البيانات وتفسيرها.

الإجراءات والتوجيهات:

أطلب إلى الطلبة الاطِّلاع على الخلفية النظرية للتجربة في كتاب الأنشطة والتجارب العملية.

النتائج المتوقعة:

عند دفع اللوح والمكعب معًا (بقوة قليلة) في اتجاه الحاجز يندفع المكعب الموجود على اللوح إلى الأمام، وقد يقع عن اللوح نتيجة التصادم؛ بسبب قصوره الذاتي. وكلَّما كانت سرعة اللوح أكبر اندفع المكعب مسافة أكبر. أمَّا عند تثبيت المكعب جيدًا بشريط لاصق فإنَّه يبقى في مكانه على اللوح بعد التصادم، وإذا لم يُثبَّت جيدًا، ودُفِع اللوح بسرعة كبيرة، فإنَّ ذلك قد يُسبِّب اندفاع المكعب، أو ميلانه إلى الأمام بعد التصادم.

التحليل والاستنتاج:

1. في الخطوة الثانية، يندفع المكعب الموجود على اللوح إلى الأمام، وقد يقع عن اللوح بعد التصادم؛ نتيجة قصوره الذاتي. أمّا في الخطوة الثالثة فإنَّه يبقى في مكانه على اللوح بعد التصادم.
2. يندفع المكعب إلى الأمام؛ نتيجة قصوره الذاتي.
3. ستتنوَّع إجابات الطلبة، وتتعدَّد.

إجابة مُحتمَلة: نعم، أنصح السائقين بربط أحزمة الأمان؛ لكي تحميهم من الاندفاع إلى الأمام، وتمنع اصطدامهم بعجلة القيادة عند التوقُّف المفاجئ؛ نتيجة قصورهم الذاتي.

الدرس 1

القانون الأول في الحركة لنيوتن
Newton's First Law of Motion

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

- أوضّح للطلبة أنَّ القوى هي دفع أو سحب، وقد تكون قوى تلامس أو قوى مجال. فعندما تُؤثِّر قوة محصلة في جسم فإنَّها تُسبِّب تغيُّرًا في شكله، أو في حالته الحركية. وعندما يكون الجسم ساكنًا أو مُتحرِّكًا بسرعة متجهة ثابتة فإنَّ القوة المحصلة المُؤثِّرة فيه تكون صفرًا.
- لمزيد من التوضيح، أضع كرة صغيرة على سطح الطاولة، مُبيِّنًا للطلبة أنَّه يلزم توافر قوة محصلة لتحريك الكرة الساكنة، أو إيقاف حركتها، أو تغيير اتجاه سرعتها؛ لأنَّ الكرة قاصرة أو عاجزة عن تغيير حالتها الحركية من تلقاء نفسها، في ما يُعرَف بالقصور الذاتي الذي يعتمد على كتلة الجسم.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

- أذكّر الطلبة بأبرز ما تعلَّموه عن حساب محصلة المتجهات في بُعْد واحد، وفي بُعْدين، والتفريق بين السرعة الثابتة والتسارع الثابت.
- أخبِر الطلبة أنَّهم سيتعرَّفون في هذه الوحدة مفهومي القوة، والقوة المحصلة، وأنَّ القوة المحصلة تُسبِّب تسارع الأجسام.

2 التدريس

نشاط سريع

- أُمسك أنبوبًا مطاطيًّا طويلًا، أو رباطًا مطاطيًّا، ثم أشدُّه بقوة معينة، ثم أطلب إلى الطلبة ملاحظة ما يحدث.

  يزداد طول الأنبوب المطاطي.
- أزيد مقدار قوة الشدِّ المُؤثِّرة في الأنبوب، ثم أطلب إلى الطلبة ملاحظة ما يحدث.

  يزداد طول الأنبوب بمقدار أكبر.
- أثني الأنبوب، ثم أطلب إلى الطلبة وصف ما يشاهدونه.

  يتغير شكل الأنبوب، أو يتشوَّه.

الدرس 1

القانونُ الأولُ في الحركةِ لنيوتن
Newton's First Law of Motion

◄ الفكرةُ الرئيسةُ:
تُعَدُّ معرفتُنا بالقانونِ الأولِ لنيوتن (قانونُ القصورِ الذاتيِّ) أساسيةً لفهمِ بعضِ الظواهرِ الحركيةِ.

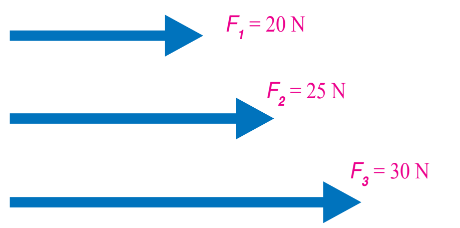
◄ نتاجاتُ التعلُّمِ:
- أُوضِّحُ مفهومَ القُوَّةِ.
- أرسمُ مُخطَّطَ الجسمِ الحُرِّ لتحديدِ جميعِ القوى المُؤثِّرةِ في الجسمِ.
- أذكرُ نصَّ القانونِ الأولِ في الحركةِ لنيوتن.
- أُفسِّرُ ظواهرَ طبيعيةً تتعلَّقُ بالقصورِ الذاتيِّ اعتمادًا على القانونِ الأولِ لنيوتن.
- أُطبِّقُ ما تعلَّمْتُهُ بحلِّ مسائلَ على القُوَّةِ المحصلةِ، والقانونِ الأولِ لنيوتن.

◄ المفاهيمُ والمصطلحاتُ:
القُوَّةُ Force.
القانونُ الأولُ لنيوتن Newton's First Law.
القصورُ الذاتيُّ Inertia.

القُوَّةُ Force

إنَّ كلَّ ما يُؤثِّرُ في الأجسام، فيُغيِّرُ منْ أشكالِها أوْ حالاتِها الحركيةِ، يُسمّى **قُوَّةً Force**، يُرمَزُ إليْها بالرمزِ (F)، وتقاسُ بوحدةِ newton (N) بحسبِ النظامِ الدوليِّ لوحداتِ القياسِ (SI).

تتغيَّرُ حالةُ الجسمِ الحركيةُ بتغيُّرِ مقدارِ سرعتِهِ، أوِ اتجاهِها، أوْ كليْهما معًا. وقدْ درسْتُ في وحدةِ (المُتَّجِهاتُ) أنَّ القُوَّةَ كميةٌ فيزيائيةٌ مُتَّجِهةٌ، تُحدَّدُ بمقدارٍ واتجاهٍ، حيثُ تُمثَّلُ القُوَّةُ على شكلِ سهمٍ يتناسبُ طولُهُ معَ مقدارِ القُوَّةِ التي يُمثِّلُها وفقَ مقياسِ رسمٍ مناسبٍ، ويدلُّ اتجاهُ السهمِ على اتجاهِ تأثيرِ القُوَّةِ، أوْ خطِّ عملِها. أنظرُ الشكلَ (1).



الشكلُ (1): تمثيلُ القوى بأسهمٍ تتناسبُ أطوالُها معَ مقاديرِ القوى التي تُمثِّلُها.

أتحقَّقُ:
- ما القُوَّةُ؟
- ما وحدةُ قياسِها؟

82

أطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

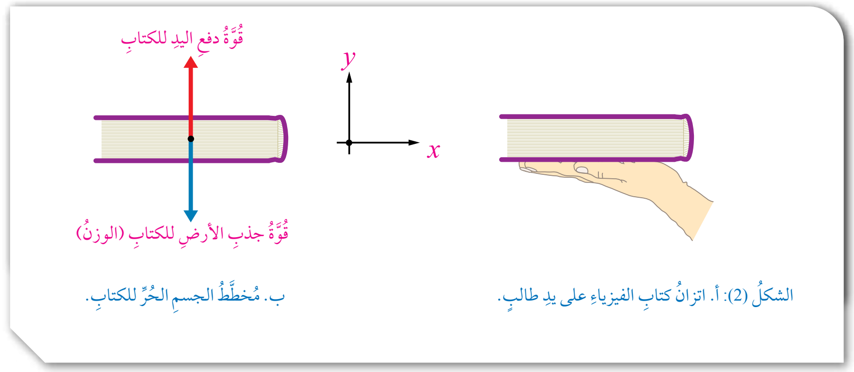
- ما الذي أدّى إلى زيادة طول الأنبوب المطاطي؟

  القوة.
- ما الذي أدّى إلى تغيُّر شكله أو تشوُّهه؟

  القوة.
- أستمع إلى إجابات الطلبة للتوصُّل إلى تعريف القوة، مبيِّنًا لهم أنَّه يُمكِن الاستدلال على مقدار القوة من أثرها في الأجسام.

ملحوظة:
أتجنَّب شدَّ الأنبوب أو الرباط المطاطي بمقدار كبير، وأطلب إلى الطلبة الجالسين قريبًا منّي ارتداء النظّارات الواقية.

أتحقَّق:
القوة: كل ما يُؤثِّر في الأجسام، فيُغيِّر من أشكالها، أو حالاتها الحركية، وهي تقاس بوحدة نيوتن (newton: N) بحسب النظام الدولي للوحدات.



الشكلُ (2): أ. اتزانُ كتابِ الفيزياءِ على يدِ طالبٍ. ب. مُخطَّطُ الجسمِ الحُرِّ للكتابِ.

مُخطَّطُ الجسمِ الحُرِّ Free-Body Diagram

هوَ رسمٌ تخطيطيٌّ يُبيِّنُ جميعَ القوى الخارجيةِ المُؤثِّرةِ في جسمٍ ما؛ إذْ يُستخدَمُ نموذجُ الجسيمِ النقطيِّ في تمثيلِ الجسمِ بنقطةٍ، ثمَّ تُمثَّلُ كلُّ قُوَّةٍ خارجيةٍ مُؤثِّرةٍ في الجسمِ بسهمٍ يتناسبُ طولُهُ معَ مقدارِ القُوَّةِ، ويشيرُ إلى اتجاهِ تأثيرِها.

يُطلَقُ على الجسمِ الذي ندرسُ تأثيرَ القوى فيهِ اسمُ النظامِ. أنظرُ الشكلَ (2) الذي يُمثِّلُ مُخطَّطَ الجسمِ الحُرِّ لكتابٍ (نظامٌ) يتزنُ على يدِ طالبٍ؛ إذْ يتأثَّرُ الكتابُ بقُوَّتيْنِ، هما: قُوَّةُ دفعِ اليدِ للكتابِ إلى أعلى، وقُوَّةُ جذبِ الأرضِ للكتابِ إلى أسفلَ.

✓ **أتحقَّقُ:** ما المقصودُ بمُخطَّطِ الجسمِ الحُرِّ؟

83

أخطاء شائعة

- أُبيِّن للطلبة أنَّ حساب محصلة عِدَّة قوى تُؤثِّر في جسم، يتطلَّب أولًا تحديد هذا الجسم (النظام) الذي تُؤثِّر فيه هذه القوى، ثم حساب محصلتها.
- أؤكّد للطلبة أنَّه يجب إهمال القوى التي يُؤثِّر بها هذا الجسم في غيره من الأجسام (المحيط الخارجي)، وأنَّها لا تدخل في حساب القوة المحصلة المُؤثِّرة فيه.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **التفكير: التحليل**

أخبِر الطلبة أنَّ للتحليل دورًا في الوصول إلى المعرفة، واستكشاف العلاقات بين المفاهيم المختلفة.

✓ **أتحقَّق:**

مُخطَّط الجسم الحر: رسم تخطيطي يُمثِّل كل القوى الخارجية المُؤثِّرة في جسم.

◄ المناقشة:

- أستخدم **استراتيجية التعلم التعاوني** في توضيح مفهوم مُخطَّط الجسم الحر، لذا؛ أوزّع الطلبة إلى مجموعات غير متجانسة، ثم أسألهم:
  - فيمَ يُستخدَم مُخطَّط الجسم الحر؟
    لتحديد جميع القوى المُؤثِّرة في جسم.
  - ماذا يُسمّى الجسم الذي ندرس تأثير القوى فيه؟
    النظام.
  - عند رسم مُخطَّط الجسم الحر لجسم، هل تُرسَم القوى التي يُؤثِّر بها الجسم في غيره من الأجسام؟
    لا، تُرسَم فقط القوى المُؤثِّرة في الجسم.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (2)، مُبيِّنًا لهم أنَّه عند رسم مُخطَّط الجسم الحر لجسم، يُحدَّد النظام أولًا، ثم يُرسَم الجسم على شكل نقطة، ثم تُرسَم كل القوى الخارجية المُؤثِّرة في النظام؛ إذ يُؤثِّر وزن الكتاب رأسيًّا إلى أسفل في اتجاه مركز الأرض، وتُؤثِّر قوة دفع اليد للكتاب رأسيًّا إلى أعلى. وبما أنَّ الكتاب متزن؛ فإنَّ محصلتها يجب أنْ تساوي صفرًا.

طريقة أُخرى للتدريس | **مُخطَّط الجسم الحر.**

- أستخدم **استراتيجية التعلّم التعاوني** لمساعدة الطلبة ذوي المستويات المختلفة على رسم مُخطَّط الجسم الحر لأيِّ نظام.
- أوزّع الطلبة إلى مجموعات غير متجانسة، ثم أرسم على اللوح ما يأتي:
  طاولة عليها كتاب، كرة تسقط سقوطًا حرًّا، كرة مُعلَّقة بخيط، قوة دفع تُؤثِّر أفقيًّا في كتاب موضوع على سطح طاولة ملساء.
- أطلب إلى أفراد كل مجموعة اختيار أحد الأشكال المرسومة على اللوح، ثم رسم مُخطَّط الجسم الحر له معًا.
- أتجوّل بين أفراد المجموعات مُوجِّهًا ومُساعِدًا ومُرشِدًا، وأُصحِّح المفاهيم غير الصحيحة لديهم.
- أطلب إلى كل مجموعة عرض مُخطَّط الجسم الحر الخاص بها على اللوح أمام المجموعات الأُخرى، ثم مناقشته.

إضاءة للمُعلِّم / للمعلِّمة

تجربة غاليليو.

اعتقد أرسطو أنَّ الحالة الطبيعية للأجسام هي السكون، وأنَّ القوة ضرورية لتحريك جسم، والمحافظة على حركته. وهذا يُمثِّل رأيه وآراء العلماء في زمانه بخصوص حركة الأجسام بسرعة ثابتة. أمّا غاليليو فقد خالف أرسطو والعلماء الذين سبقوه في ذلك، وافترض أنَّه لا يلزم وجود قوة محصلة للمحافظة على حركة جسم بسرعة متجهة ثابتة، وقد شرح ذلك في التجربة الذهنية الآتية:

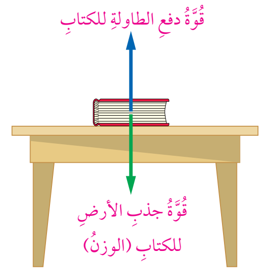
عند إفلات كرة زجاجية من أعلى مسار عديم الاحتكاك على شكل حرف (U)، فإنَّها ستنزلق على المسار الأول، وتستمر في حركتها على المسار الثاني -المُماثِل للمسار الأول في الانحدار- حتى تصل إلى ارتفاع مساوٍ للارتفاع الذي أُفلِتت منه.

وعند إعادة التجربة مع تقليل مستوى انحدار المسار الثاني، فإنَّ الكرة تستمر في حركتها عليه حتى تصل إلى الارتفاع نفسه الذي أُفلِتت منه.

وأخيرًا، إذا أصبح المسار الثاني أفقيًّا، فإنَّ الكرة تستمر في حركتها عليه بسرعة ثابتة، وفي خطٍّ مستقيم.

القانونُ الأولُ في الحركةِ لنيوتن
Newton's First Law of Motion

ارتبطَتِ القُوَّةُ بالحركةِ على مَرِّ العصورِ؛ فمنذُ زمنِ أرسطو اعتقدَ العلماءُ أنَّ الحالةَ الطبيعيةَ للأجسامِ هيَ السكونُ، وأنَّ القُوَّةَ ضروريةٌ لتحريكِ جسمٍ ما، وأنَّهُ يجبُ أنْ تُؤثِّرَ قُوَّةٌ في الجسمِ باستمرارٍ لكيْ يظلَّ مُتحرِّكًا، وأنَّ زوالَ تأثيرِ هذهِ القُوَّةِ يوقِفُ الجسمَ عنِ الحركةِ. لقدْ ظلَّ هذا الاعتقادُ سائدًا حتّى بدايةِ القرنِ السابعَ عشرَ للميلادِ؛ إذْ جاءَ العالِمُ غاليليو مُصحِّحًا أفكارَ العلماءِ السابقينَ، واقترحَ أنَّ الحركةَ بسرعةٍ مُتَّجِهةٍ ثابتةٍ هيَ حالةٌ طبيعيةٌ للأجسامِ مثلُ حالةِ السكونِ، وأنَّ كرةً صُلْبةً ملساءَ تتحرَّكُ بسرعةٍ مُتَّجِهةٍ ثابتةٍ على مستوًى أفقيٍّ أملسَ ستستمرُّ في حركتِها بسرعةٍ مُتَّجِهةٍ ثابتةٍ في حالِ انعدامِ قوى الاحتكاكِ ومقاومةِ الهواءِ.

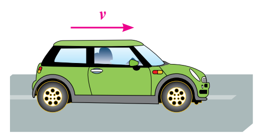


الشكلُ (3): كتابٌ ساكنٌ في حالةِ اتزانٍ على سطحِ طاولةٍ أفقيٍّ.

ما مقدارُ القوةِ المحصلةِ المؤثرةِ في الكتابِ؟ وماذا يحدثُ لهُ إذا انعدمتْ قوةُ دفعِ الطاولةِ المؤثرةُ فيهِ؟

إذا كانَتِ القُوَّةُ المحصلةُ المُؤثِّرةُ في جسمٍ ما صفرًا، فكيفَ تكونُ حالتُهُ الحركيةُ؟ للإجابةِ عنْ هذا السؤالِ، أنظرُ الشكلَ (3) الذي يُظهِرُ كتابًا ساكنًا على سطحِ طاولةٍ أفقيٍّ؛ إذْ يتأثَّرُ الكتابُ بقُوَّتيْنِ متساويتيْنِ مقدارًا، ومتعاكستيْنِ اتجاهًا، هما: وزنُهُ إلى أسفلَ، وقُوَّةُ دفعِ سطحِ الطاولةِ لهُ إلى أعلى، وبذلكَ تكونُ محصلتُهُما صفرًا. وهذا يعني أنَّ الكتابَ في حالةِ اتزانٍ سكونيٍّ، وأنَّهُ يظلُّ ساكنًا ما لمْ تُؤثِّرْ فيهِ قُوَّةٌ إضافيةٌ تُحرِّكُهُ إلى موقعٍ آخرَ.

وفي المقابلِ، إذا تحرَّكَ جسمٌ ما بسرعةٍ ثابتةٍ مقدارًا واتجاهًا، فإنَّ القُوَّةَ المحصلةَ المُؤثِّرةَ فيهِ تساوي صفرًا؛ ما يعني أنَّهُ في حالةِ اتزانٍ ديناميكيٍّ، ومثالُ ذلكَ حركةُ سيارةٍ بسرعةٍ مُتَّجِهةٍ ثابتةٍ على طريقٍ أفقيٍّ. أنظرُ الشكلَ (4).



الشكلُ (4): سيارةٌ تتحرَّكُ بسرعةٍ مُتَّجِهةٍ ثابتةٍ على طريقٍ أفقيٍّ.

وتأسيسًا على ما سبقَ، وبناءً على مشاهداتِنا اليوميةِ، فإنَّهُ يَلزمُ توافرُ قُوَّةٍ محصلةٍ لتغييرِ مقدارِ سرعةِ الجسمِ، أوِ اتجاهِها، أوْ كليْهِما معًا. فمثلًا، إذا أرادَ سائقٌ زيادةَ سرعةِ سيارتِهِ فإنَّهُ يضغطُ على دوّاسةِ

84

المناقشة:

- أطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

– إذا تحرَّكت سيارة على طريق أفقي بسرعة متجهة ثابتة، فهل يعني ذلك عدم وجود قوى مُؤثِّرة في السيارة؟

لا؛ إذ يُؤثِّر فيها كلٌّ من: المحرك (قوة دفع)، والطريق (قوة احتكاك، وقوة عمودية)، والأرض (قوة الوزن)، والهواء (قوة احتكاك).

– بما أنَّه توجد قوى تُؤثِّر في السيارة، فلماذا لا تتغيَّر سرعتها المتجهة؟

لأنَّ محصلة هذه القوى تساوي صفرًا.

استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (3)، وأستخدم **استراتيجية التفكير الناقد**، ثم أسألهم:

– ما القوى المُؤثِّرة في الكتاب؟

وزنه إلى الأسفل، وقوة دفع سطح الطاولة له إلى الأعلى.

– ما محصلتها؟

صفر.

– كيف عرفت ذلك؟

الكتاب ساكن في مكانه؛ فهو متزن (اتزان سكوني)، ولو أثَّرت فيه قوة محصلة لغيَّرت حالته الحركية بحسب القانون الأول لنيوتن.

إجابة سؤال الشكل (3):

مقدار القوة المحصّلة المؤثّرة في الكتاب يساوي صفرًا.

إذا انعدمت قوة دفع الطاولة المؤثّرة في الكتاب، فإنّ الكتاب يسقط نحو سطح الأرض.

الوقودِ، وإذا أرادَ أنْ يُبطِئَ سرعتَها فإنَّهُ يضغطُ على دوّاسةِ المكابحِ، وإذا أرادَ تغييرَ اتجاهِ سرعتِها فإنَّهُ يُؤثِّرُ بقُوَّةٍ في عجلةِ القيادةِ.

يُمكِنُ تفسيرُ هذهِ المشاهداتِ باستخدامِ **القانونِ الأولِ لنيوتن** **Newton's first law**، الذي نصُّهُ: "الجسمُ يظَلُّ على حالتِهِ منْ حيثُ السكونُ أوِ الحركةُ بسرعةٍ ثابتةٍ مقدارًا واتجاهًا ما لمْ تُؤثِّرْ فيهِ قُوَّةٌ خارجيةٌ محصلةٌ تُغيِّرُ حالتَهُ الحركيةَ".

إذا أنْعَمْنا النظرَ في هذا القانونِ فَيُمكِنُ التوصُّلُ إلى ما يأتي:

أ . القُـوَّةُ المحصلـةُ المُؤثرةُ في كـلٍّ منَ الجسمِ الساكنِ والجسمِ المُتحرِّكِ بسرعةٍ ثابتةٍ مقدارًا واتجاهًا تساوي صفرًا؛ لذا يكونُ الجسمُ مُتَّزِنًا:

$$\Sigma \boldsymbol{F} = 0$$

وبذلكَ، فإنَّ:

$$\Sigma F_x = 0$$

$$\Sigma F_y = 0$$

ب. الجسمُ عاجزٌ، أوْ قاصرٌ عنْ تغييرِ حالتِهِ الحركيةِ منْ تلقاءِ نفسِهِ، ويتطلَّبُ تغييرَ هذهِ الحالةِ تأثيرُ قُوَّةٍ محصلةٍ في الجسمِ؛ لذا يُعرَفُ القانونُ الأولُ لنيوتن باسمِ قانونِ القصورِ الذاتيِّ.

✓ **أتحقَّقُ:** أُعبِّرُ بكلماتي الخاصةِ عنِ القانونِ الأولِ لنيوتن.

القصورُ الذاتيُّ Inertia

القصورُ الذاتيُّ **Inertia** هوَ ممانعةُ الجسمِ لأيِّ تغييرٍ في حالتِهِ الحركيةِ؛ فإذا كانَ الجسمُ ساكنًا أوْ مُتحرِّكًا بسرعةٍ مُتَّجِهةٍ ثابتةٍ فإنَّهُ يظَلُّ على حالتِهِ ما لمْ تُؤثِّرْ فيهِ قُوَّةٌ خارجيةٌ محصلةٌ.

الفيزياءُ والحياةُ

للفيزياءِ دورٌ أساسٌ في تصميمِ السيـاراتِ منْ حيثُ أشكالُها، ووسائلُ الأمانِ والحمايةِ. تعكسُ صورةُ بدايةِ الوحدةِ هذا الدورَ لعلمِ الفيزياءِ. فمثلًا، لاختبارِ فاعليةِ أنظمةِ المكابحِ وأحزمةِ الأمانِ والوسائدِ الهوائيةِ في نوعٍ جديدٍ منَ السياراتِ قبلَ إنتاجِهِ وتسويقِهِ، تُعَرَّضُ لحادثِ اصطدامٍ بحاجزٍ. وتوضعُ دميةٌ مكانَ السائقِ، تكونُ مصنوعةً منْ موادَّ تُحاكي تركيبَ أعضاءِ جِسمِ الإنسانِ، ويوصلُ في الدميةِ أنواعٌ مختلفةٌ منَ المجسّاتِ في مواقعَ مختلفةٍ منْ جسمِها، وعلى أعماقٍ مختلفةٍ فيها لقياسِ تسارُعِ أجزائِها، والقوى المُؤثِّرةِ فيها عِندَ وقوعِ اصطدامٍ.

ينتجُ منَ الاصطدامِ اندفاعُ الدميةِ جهةَ عجلةِ القيادةِ بسببِ قصورِها الذاتيِّ؛ فتصطدِمُ بها، وتُؤثِّرُ العجلةُ في الدميةِ بقُوَّةٍ في اتجاهٍ معاكسٍ لاتجاهِ اندفاعِها. وبعدَ تحليلِ البيانـاتِ المستقاةِ منْ هذهِ المجسّاتِ يُعرَفُ تسارُعُ الدميةِ والقوى المُؤثِّرةُ في أجزائِها المختلفةِ. وبناءً على هذهِ النتائجِ تُـدخَلُ تـعديلاتٌ على تصميمِ السيارةِ، ووسائلِ الأمانِ فيها.

85

نشاط سريع

- أمسك ميزانًا نابضيًّا (زنبركيًّا)، ثم أعلّق ثقلًا في نهايته، ثم أطلب إلى الطلبة تحديد القوى المُؤثِّرة في الثقل.

وزن الثقل رأسيًّا إلى أسفل، وقوة شدِّ الميزان له رأسيًّا إلى أعلى.

- أسأل الطلبة:

– هـل القوة المحصلة المُؤثِّـرة في الثقـل تساوي صفرًا أم لا؟

بحسـب القانـون الأول لنيوتن، فـإنَّ القـوة المحصلـة المُؤثِّـرة فيـه تسـاوي صفرًا؛ لأنَّ الجسم في حالة سكون.

أحرِّك الميزان والثقل مُعلَّق به رأسيًّا إلى أعلى بسرعة ثابتة تقريبًا، ثم أسأل الطلبة:

– هل الثقل متزن أم لا؟

متزن.

– لماذا؟

لأنَّـه يتحـرَّك بسرعـة متجهـة ثابتـة؛ وبحسب القانون الأول لنيوتن، تكون القوة المحصلة المُؤثِّرة فيه صفرًا.

◄ **بناء المفهوم:**

الحركة والقوى والتسارع.

- أستخدم **إستراتيجية التعلم التعاوني** في تدريس الطلبة هذا الموضوع.
- أوزِّع الطلبة إلى مجموعات؛ ليساعدوا بعضهم في عملية التعلم.
- أوزِّع الأدوار والمهمات على أفراد كلّ مجموعة، بحيث يتفاعل الطلبة بين بعضهم بعضًا.
- أوضِّح للطلبة أنَّه إذا كانت القوة المحصلة المُؤثِّرة في جسم مُتحرِّك تساوي صفرًا، فإنَّه لن يتسارع، وسيتحرَّك بسرعة ثابتة في خطٍّ مستقيم. أمّا إذا كانت القوة المحصلة المُؤثِّرة فيه لا تساوي صفرًا فسوف يتسارع.
- أكتب العبارة الآتية على اللوح:

«لكي يتحرَّك جسم بسرعة ثابتة في خطٍّ مستقيم؛ يجب أنْ تؤثِّر فيه قوة محصّلة ثابتة باستمرار في اتجاه حركته».

- أطلب إلى أفراد كل مجموعة مناقشة صحة هذه العبارة، ثم أطلب إليهم ذكر أمثلة تُعزِّز وجهة نظرهم.

إجابة محتملة:

- العبارة صحيحة؛ إذ نلاحظ في حياتنا اليومية وجوب تأثير قوة في جسم حتى يتحرك بسرعة ثابتة في خطٍّ مستقيم.
- العبارة غير صحيحة؛ فعند حركة جسم بسرعة ثابتة في خطٍّ مستقيم، فإنَّ القوة المحصلة المُؤثِّرة فيه تساوي صفرًا، بحسب القانون الأول لنيوتن. أمّا إذا أثَّرت فيه قوة محصلة فإنَّه سيتسارع.
- أوضِّح صحة الإجابة الثانية، وأن ما يظنونه قوة محصلة ثابتة في بعض المواقف؛ هو قوة تقابلها قوة أخرى مثل الاحتكاك، فتكون محصلتهما صفرًا.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

❋ **التفكير: التحليل.**

أُخبِر الطلبة أنَّ للتحليل دورًا في الوصول إلى المعرفة، واستكشاف العلاقات بين المفاهيم المختلفة.

✓ **أتحقَّق:**

الجسم يظلّ على حالته من حيث السكـون أو الحركة بسرعة ثابتة مقدارًا واتجاهًا ما لم تُؤثِّر فيه قوة خارجية محصّلة تُغيِّر حالته الحركية.

المناقشة:

- أوضّح للطلبة مفهوم القصور الذاتي، بذكر أمثلة من الحياة اليومية، تتضمَّن مقارنة القوى اللازمة لتحريك أجسام مختلفة أو إيقافها، مثل المقارنة بين مقدار القوة اللازمة لتحريك مقعد بلاستيكي خفيف ومقدار القوة اللازمة لتحريك طاولة خشبية.

مقدار القوة اللازمة لتحريك الطاولة أكبر.

وكذلك المقارنة بين مقدار القوة اللازمة لتحريك كرة قدم ومقدار القوة اللازمة لتحريك كرة تنس.

مقدار القوة اللازمة لتحريك كرة القدم أكبر.

- أبيّن للطلبة أنَّه كلَّما زادت كتلة الجسم زادت القوة اللازمة لتحريكه أو إيقافه.

نشاط سريع

أستخدم **استراتيجية التعلم التعاوني**، وأُوزّع الطلبة إلى مجموعات غير متجانسة.

- أضع قطعة كرتون ملساء على فُوَّهة كأس زجاجية فارغة، ثم أضع عند منتصفها قطعة نقد معدنية، ثم أضربُ قطعة الكرتون بطرف إصبعي بقوة أفقية، بحيث تسقط بعيدًا عن الكأس.
- أطلب إلى كل مجموعة الإجابة عن الأسئلة الآتية كتابيًّا، على أن يتفاعل الطلبة جميعًا قبل كتابتها.

– ما الذي تُشاهدونه؟

سقطت قطعة النقد داخل الكأس الزجاجية، ولم تتحرَّك مع قطعة الكرتون.

– ما تفسير هذه المشاهدات؟

أثَّرت القوة أفقيًّا في قطعة الكرتون، ولم تُؤثِّر في قطعة النقد. وبسبب القصور الذاتي لقطعة النقد؛ فإنَّها سقطت في الكأس.

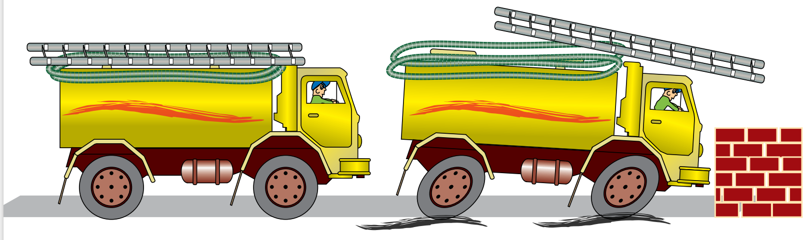
- أكرّر التجربة مرَّة أُخرى، ولكن بسحب قطعة الكرتون أفقيًّا بسرعة.
- أطلب إلى كل مجموعة الإجابة عن الأسئلة الآتية كتابيًّا، على أن يتفاعل الطلبة جميعًا قبل كتابتها.

– ما الذي تُشاهدونه؟

سقطت قطعة النقد داخل الكأس الزجاجية.

– ما تفسير هذه المشاهدات؟

أثَّرت القوة أفقيًّا في قطعة الكرتون، ولم تُؤثِّر في قطعة



الشكلُ (5): اندفاعُ السُّلَّمِ إلى الأمامِ بسببِ القصورِ الذاتيِّ.

تُعَدُّ كتلةُ الجسمِ مقياسًا لقصورِهِ الذاتيِّ الذي يتناسبُ طرديًّا معَها؛ فكلَّما زادَتْ كتلةُ الجسمِ زادَ قصورُهُ، ولَزِمَ تأثيرُ قُوَّةٍ محصلةٍ أكبرَ لتغييرِ حالتِـهِ الحركيةِ.

يُمكِنُ تفسيرُ كثيـرٍ منَ المشاهـداتِ اليوميـةِ اعتمـادًا على القصورِ الذاتيِّ، مثلِ: اندفاعِ السائقِ والطلبةِ إلى الأمامِ عندَ توقُّفِ حافلةِ المدرسةِ فجأةً، وميلانِهِمْ إلى اليمينِ أوِ اليسارِ عندَ تغييرِ اتجاهِ سرعتِها، واندفاعِ الصناديقِ المُحمَّلَةِ على شاحنةٍ إلى الخلفِ (أوْ إلى الأمامِ) عندَ انطلاقِها بتسارُعٍ إلى الأمامِ (أوْ توقُّفِها المُفاجِئِ)؛ لذا يُلزِمُ قانونُ السيـرِ السائقينَ والرُّكّابَ باستخدامِ أحزمةِ الأمانِ، ويوجِبُ على سائـقي الشـاحنـاتِ ربطَ بضائعِ شاحناتِهِمْ؛ حفـاظًا على حيـاةِ المواطنينَ؛ لأَنَّهُمْ أغلى ما نملكُ. ويُبيِّنُ الشكلُ (5) ما يحدثُ عندَ اصطدامِ الشاحنةِ بالحاجزِ؛ إذْ إنَّهُ يُؤثِّرُ فيها بقُوَّةٍ، ويُغيِّرُ سرعتَـها المُتَّجِهةَ، في حيـنِ ينـدفعُ السُّلَّمُ إلى الأمامِ بالسرعةِ نفسِها قبلَ التصادمِ بسببِ القصورِ الذاتيِّ، وعـدمِ تثبيتِهِ بالشاحنةِ. وهذا يُوضِّحُ أهميةَ تثبيتِ الحمولةِ جيدًا على المركباتِ.

أتحقَّقُ: ما المقصودُ بالقصورِ الذاتيِّ؟

86

النقد. وبسبب القصور الذاتي لقطعة النقد؛ فإنَّها سقطت في الكأس.

- أُناقش الطلبة في إجاباتهم، وأُدير دقَّة الحوار بينهم للتوصّل إلى الإجابة الصحيحة.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **المهارات الحياتية: الوعي المروري.**

أُخبِر الطلبة أنَّ الوعي المروري يُسهِم في تجنُّب وقوع حوادث المرور.

أتحقَّق:

القصور الذاتي: ممانعة الجسم لأيِّ تغير في حالته الحركية.

ورقة العمل (1)

أُقسّم الطلبة مجموعاتٍ ثنائية، ثم أوزّع عليهم ورقة العمل (1) الموجودة في الملحق، وأُوجّههم إلى الحل فرادى وأمنحهم وقتًا كافيًا، ثم نناقش الحل معًا. أوجّه كل مجموعة لعرض إجاباتها ومناقشتها مع المجموعات الأخرى.

أفكِّر في الشكلِ (6) تظلُّ أطباقُ السفرةِ ثابتةً على سطحِ الطاولةِ عندَ سحبِ المفرشِ أفقيًّا منْ أسفلِها بسرعةٍ كبيرةٍ. أُفسِّرُ ذلكَ.

الشكلُ (6): عندَ سحبِ مفرشِ السفرةِ أفقيًّا بسرعةٍ كافيةٍ تظلُّ الأطباقُ ثابتةً تقريبًا على سطحِ الطاولةِ. لسلامتِكَ، يُنصَحُ بعدمِ تجريبِ ذلكَ.

87

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **التفكير: التحليل.**

أُخبِرِ الطلبة أنَّ للتحليل دورًا في الوصول إلى المعرفة واستكشاف العلاقات بين المفاهيم المختلفة.

أفكِّر: أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (6)، وأستخدم **استراتيجية التفكير الناقد** كي أوضّح لهم أنّه عند سحب مفرش السفرة الأملس الموضوع على طاولة ملساء بسرعة أفقية كبيرة؛ فإنَّ الأطباق التي على المفرش تبقى ثابتة في مكانها تقريبًا على سطح الطاولـة؛ بسبب قصورها الـذاتي؛ إذ أثّرت قـوة السحب في المفرش فقط، ولم تُؤثِّر في الأطباق.

◀ التعزيز:

- أوضّح للطلبة أنَّ حزام الأمان يُقلِّل من الإصابات الخطرة المحتملة عند وقوع حادث؛ لذا يوجد تشريع في قانون السير الأردني يُلزِم السائقين والركّاب في المقاعد الأمامية بربط أحزمة الأمان؛ حفاظًا على حياتهم.

◀ المناقشة:

- أطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

– بحسب القانون الأول لنيوتن؛ كيف تكون حالة الجسم الحركية عندما تكون القوة المحصلة المُؤثِّرة فيه صفرًا؟

يكون ساكنًا، أو مُتحرِّكًا بسرعة ثابتة في خطٍّ مستقيم.

– هل أثّرت القوة المحصلة في الأطباق أم في المفرش؟

أثّرت القوة المحصّلة في المفرش.

– كيف عرفتُم ذلك؟

لأنّ الحالة الحركية للمفرش تغيّرت، أمّا الأطباق فبقيت ساكنة.

مثال إضافي

في المثال 1؛ إذا كانت $F_3 = 100\ \text{N}°$ في اتجاه محور (-x)، ولم تتغيَّر مقادير القوى الأُخرى المُؤثِّرة في الصندوق واتجاهاتها، أجد مقدار القوة المحصلة المُؤثِّرة في الصندوق في اتجاه المحور (x)، مُحدِّدًا اتجاهها.

الحل:

إيجاد مقدار القوة المحصلة في اتجاه المحور x:

$$\sum F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + F_{4x}$$

$$= F_1 \cos\theta_1 + F_2 \cos\theta_2 + F_3 \cos\theta_3 + F_4 \cos\theta_4$$

$$= 100 \times \cos 37° + 140 \times \cos 90° - 100 \times \cos 0° - 200 \times \cos 90°$$

$$= 100 \times 0.8 + 140\ \text{N} \times 0 - 100\ \text{N} \times 1 - 200\ \text{N} \times 0$$

$$= 80\ \text{N} + 0 - 100\ \text{N} + 0$$

$$= -20\ \text{N}$$

$\sum F_x = 20\ \text{N},$ باتجاه محور (-x)

المناقشة:

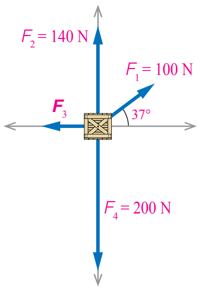
- أستخدم **استراتيجية التفكير الناقد** في حل السؤال (4) من أسئلة مراجعة الدرس.
- أوزّع الطلبة إلى مجموعات، ثم أطلب إلى أفراد كل مجموعة الحكم على صحَّة رأي يوسف المُوضَّح في السؤال؛ عن طريق تحليل رأيه المُتعلِّق بحركة الجسم، وتأثير القوة المحصلة المُؤثِّرة فيه، بناءً على ما تعلَّموه في هذا الدرس.
- أُدير نقاشًا بين أفراد المجموعات للتوصُّل إلى الإجابة الصحيحة.

المثال 1

يتزنُ صندوقٌ كتلتُهُ (20 kg) على سطحٍ أفقيٍّ، تحتَ تأثيرِ أربعِ قوًى مستويةٍ متلاقيةٍ، كما في الشكلِ (7) الذي يُبيِّنُ مُخططَ الجسمِ الحُرِّ للصندوقِ. أجدُ:

أ . مقدارَ القُوَّةِ المحصلةِ المُؤثِّرةِ في الصندوقِ، مُحدِّدًا اتجاهَها.

ب . مقدارَ القُوَّةِ (F_3).



الشكلُ (7): مُخطَّطُ الجسمِ الحُرِّ لصندوقٍ.

المعطياتُ: $F_1 = 100\ \text{N}$, $F_2 = 140\ \text{N}$, $F_4 = 200\ \text{N},$ الشكلُ (7).

المطلوبُ: $\sum F = ?$ ، $F_3 = ?$.

الحلُّ:

أ . الصندوقُ متزنٌ؛ لذا، فإنَّ القُوَّةَ المحصلةَ المُؤثِّرةَ فيه تساوي صفرًا:

$\sum F = 0$.

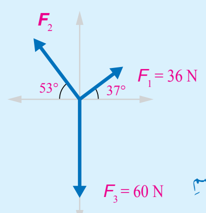
ب. القُوَّةُ F_3 في اتجاهِ محورِ (-x)؛ لذا، لأجِدَ مقدارَها أحسُبُ مجموعَ مُركَّباتِ القوى في اتجاهِ المحورِ (x)، وأساويها بالصفرِ لأنَّ الصندوقَ متزنٌ:

$$\sum F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + F_{4x} = 0$$
$$100 \times \cos 37° + 140 \times \cos 90° - F_3 + 200 \times \cos 90° = 0$$
$$100 \times 0.8 + 140 \times 0 - F_3 + 200 \times 0 = 0$$
$$80 + 0 - F_3 + 0 = 0$$
$$F_3 = 80\ \text{N}$$

لذا، فإنَّ: $F_3 = 80\ \text{N}$ وباتجاهِ محورِ (-x).

تمرين

يُمثِّلُ الشكلُ (8) مُخطَّطَ الجسمِ الحُرِّ لدميةٍ متزنةٍ، يُؤثِّرُ فيها ثلاثُ قوًى في الاتجاهاتِ المُبيَّنةِ في الشكلِ. أجِدُ مقدارَ القُوَّةِ F_2.



الشكلُ (8): مُخطَّطُ الجسمِ الحُرِّ لدميةٍ متزنةٍ.

88

تمرين

الدمية متزنة؛ لذا تكون القوة المحصلة المُؤثِّرة فيها صفرًا. وبتطبيق القانون الثاني لنيوتن في اتجاه المحور x، فإنَّ:

$$\sum F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} = 0$$

$$F_1 \cos\theta_1 + F_2 \cos\theta_2 + F_3 \cos\theta_3 = 0$$

$$36 \times \cos 37° - F_2 \times \cos 53° - 60 \times \cos 90° = 0$$

$$36 \times 0.8 - F_2 \times 0.6 - 60 \times 0 = 0$$

$$28.8 - F_2 \times 0.6 = 0$$

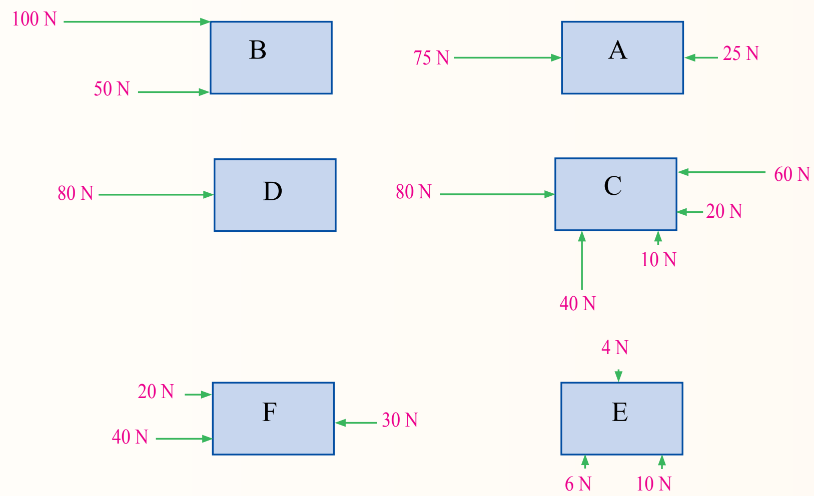
$$F_2 = 48\ \text{N}$$

مراجعةُ الدرسِ

1. **الفكرةُ الرئيسةُ:** لماذا يشترطُ قانونُ السيرِ ربطَ حزامِ الأمانِ عندَ ركوبِ السيارةِ؟

2. **أستنتجُ:** تتحرَّكُ سيارةٌ بسرعةٍ ثابتةٍ مقدارًا واتجاهًا على طريقٍ أفقيٍّ مستقيمٍ. إذا كانَتْ قوَّةُ دفعِ مُحرِّكِها (6000 N)، فما مقدارُ القوَّةِ المعيقةِ المُؤثِّرةِ في السيارةِ؟ ما اتجاهُها؟

3. **أحسُبُ:** الأجسامُ المُبيَّنةُ في الشكلِ الآتي جميعُها ساكنةٌ، وهيَ في حالةِ اتزانٍ. أَجِدُ القوَّةَ الإضافيةَ التي يَلزمُ التأثيرُ بها في كلِّ جسمٍ حتّى يتحقَّقَ شرطُ الاتزانِ، ثمَّ أُحدِّدُ اتجاهَ هذهِ القوَّةِ.



4. **التفكيرُ الناقدُ:** في أثناءِ دراستي وزميلي يوسفَ لهذا الدرسِ، قالَ: "يجبُ أنْ تُؤثِّرَ قوَّةٌ محصلةٌ في الجسمِ بصورةٍ دائمةٍ لكيْ يتحرَّكَ بسرعةٍ مُتَّجِهةٍ ثابتةٍ". أُناقِشُ صحَّةَ قولِ يوسفَ.

89

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **التفكير: الأدلة والبراهين.**

أُخبِر الطلبة أنَّ تقديم الأدلة والبراهين يُعزِّز التفكير، وأنَّه يتعيَّن على الإنسان دعم أفكاره بالأدلة والبراهين التي تضفي عليها طابعي القوة والمصداقية.

3 التقويم

إجابات أسئلة مراجعة الدرس

1 للتغلُّب على القصور الذاتي للسائق والركّاب؛ إذ إنَّ سرعتهم مُساوِية لسرعة السيارة. وعند توقُّف السيارة فجأة أو تباطئها بمقدار كبير؛ فإنَّهم يندفعون بقوة إلى الأمام، فتُقلِّل أحزمة الأمان من اندفاعهم، وتُجنِّبهم الارتطام بعجلة القيادة، أو الزجاج الأمامي، أو الاندفاع خارج السيارة.

2 القوة المحصلة المُؤثِّرة في السيارة تساوي صفرًا؛ لأنَّها تتحرَّك بسرعة ثابتة (مقدارًا واتجاهًا) على طريق أفقي مستقيم، فيكون مقدار القوة المعيقة المُؤثِّرة في السيارة (6000 N) بعكس اتجاه حركتها.

3 الجسم **A**: (50 N) في اتجاه المحور $-x$.

الجسم **B**: (150 N) في اتجاه المحور $-x$.

الجسم **C**: (50 N) في اتجاه المحور $-y$.

الجسم **D**: (80 N) في اتجاه المحور $-x$.

الجسم **E**: (12 N) في اتجاه المحور $-y$.

الجسم **F**: (30 N) في اتجاه المحور $-x$.

4 قول يوسف غير صحيح علميًّا؛ لأنَّه بحسب القانون الأول لنيوتن، فإنَّ تأثير قوَّة محصلة لا تساوي صفرًا في جسم يعني تغيُّر حالته الحركية، وفي هذه الحالة، لا يتحرَّك الجسم بسرعة متجهة ثابتة.

الدرس 2

القانون الثاني والقانون الثالث في الحركة لنيوتن
Newton's Second and Third Laws of Motion

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة.

- أذكّر الطلبة بتعريف كلٍّ ممّا يأتي:
القوة، والقوة المحصلة، والكتلة، والتسارع.
- أبيّن للطلبة كيف ترتبط الكتلة والقوة المحصلة بالتسارع، وأنَّ الجسم يتسارع عندما يتأثّر بقوة محصلة، حيث تتغيَّر سرعته المتجهة؛ أيْ يتغيَّر مقدار سرعته، أو اتجاهها، أو كلاهما معًا.

◄ الربط بالمعرفة السابقة.

- أذكّر الطلبة بما تعلَّموه في الوحدة السابقة من وصف الحركة بتسارع ثابت باستخدام علم الكينماتيكا؛ وهو دراسة حركة الأجسام من دون التطرُّق إلى القوى المُسبِّبة لها.
- أُخبِر الطلبة أنَّهم سيدرسون -في هذه الوحدة- حركة الأجسام بناءً على القوة المُسبِّبة لهذه الحركة، وأنَّ ذلك يُعرَف بعلم الديناميكا.

2 التدريس

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (9)، ثم أسألهم:
– أيُّ السيارتين تُؤثِّر فيها قوة محصلة أكبر؟
السيارة التي في الشكل (9/ ب).
– كيف عرفتُم ذلك؟
لأنَّ أكثر من شخص يدفعها في الاتجاه نفسه؛ ما يعني أنَّ مقدار القوة المحصلة يساوي مجموع مقادير القوى التي يُؤثِّرون بها.
– أيُّ السيارتين تتغيَّر سرعتها بمقدار أكبر؟
السيارة التي في الشكل (9/ ب).
– لماذا؟
لأنَّ مقدار القوة المحصلة المُؤثِّرة فيها أكبر، والسيارة في الشكلين هي نفسها؛ أيْ إنَّ الكتلة ثابتة، والعلاقة بين مقدار القوة المحصلة ومقدار التسارع علاقة خطية طردية عند ثبات الكتلة.

الدرس 2

القانونُ الثاني والقانونُ الثالثُ في الحركةِ لنيوتن
Newton's Second and Third Laws of Motion

◄ **الفكرةُ الرئيسةُ:**
يعتمدُ تسارُعُ أيِّ جسمٍ على كتلتِهِ، وعلى القُوَّةِ المحصلةِ المُؤثِّرةِ فيه. توجدُ القوى في الطبيعةِ فقط بصورةِ أزواجٍ، ولا يُمكِنُ أنْ توجدَ منفردةً.

◄ **نتاجاتُ التعلُّمِ:**
- أستقصي القانونَ الثانيَ لنيوتن.
- أذكرُ نصَّ كلٍّ منَ القانونِ الثاني والقانونِ الثالثِ لنيوتن.
- أُحدِّدُ قُوَّتَي الفعلِ وردِّ الفعلِ في مجموعةٍ منَ الأنظمةِ.
- أُطبِّقُ ما تعلَّمْتُهُ بحلِّ مسائلَ على قوانينِ نيوتن في الحركةِ.

◄ **المفاهيمُ والمصطلحاتُ:**
القانونُ الثاني لنيوتن Newton's Second Law.
القانونُ الثالثُ لنيوتن Newton's Third Law.

القانونُ الثاني في الحركةِ لنيوتن
Newton's Second Law of Motion

يُقدِّمُ لنا القانونُ الأولُ لنيوتن وصفًا لحالةِ الجسمِ الحركيةِ عندما تكونُ القُوَّةُ المحصلةُ المُؤثِّرةُ فيهِ صفرًا، منْ دونِ أنْ يُوضِّحَ كيفيةَ تغيُّرِها عندما تُؤثِّرُ فيهِ قُوَّةٌ محصلةٌ لا تساوي صفرًا. أمّا قانونُهُ الثاني فقدِ استكملَ العلاقةَ بينَ القُوَّةِ والحركةِ، وذلك بوصفِ حركةِ جسمٍ تُؤثِّرُ فيهِ قُوَّةٌ محصلةٌ.

يُبيِّنُ الشكلُ (9/أ) سيارةً يدفعُها شخصٌ واحدٌ، في حينِ يُبيِّنُ الشكلُ (9/ب) سيارةً يدفعُها أكثرُ منْ شخصٍ. في أيِّ الحالتيْنِ تكونُ القُوَّةُ المحصلةُ المُؤثِّرةُ في السيارةِ أكبرَ؟ في التجربةِ الآتيةِ سنستقصي عمليًّا تأثيرَ كلٍّ منَ القُوَّةِ المحصلةِ المُؤثِّرةِ في جسمٍ، وكتلةِ الجسمِ في تسارُعِهِ.

(أ)

(ب)

الشكلُ (9): القُوَّةُ المحصلةُ المُؤثِّرةُ في السيارةِ الظاهرةِ في الصورةِ (ب) أكبرُ منْ تلكَ المُؤثِّرةِ في السيارةِ الظاهرةِ في الصورةِ (أ)؛ لذا، فإنَّ تسارُعَها أكبرُ.

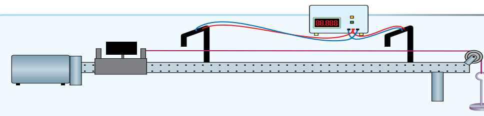
90

◄ المناقشة:

- أستخدم **استراتيجية التفكير الناقد** وأُوزّع الطلبة إلى مجموعات، ثمّ أطرح عليهم الأسئلة الآتية:
– كيف تكون حالة الجسم الحركية عندما تكون القوة المحصلة المُؤثِّرة فيه صفرًا؟
يكون ساكنًا، أو مُتحرِّكًا بسرعة ثابتة في خطٍّ مستقيم، بحسب القانون الأول لنيوتن.
– حسب القانون الأول لنيوتن؛ ما الذي يحدث لحالة الجسم الحركية عندما لا تساوي القوة المحصلة المُؤثِّرة فيه صفرًا؟
تتغيَّر حالته الحركية (يتحرَّك من السكون، أو تتزايد سرعته، أو تتناقص سرعته، أو يتغيَّر اتجاه سرعته، أو يتغيَّر مقدار سرعته واتجاهها معًا).
– حسب القانون الثاني لنيوتن؛ ما الذي يحدث لحالة الجسم الحركية عند تأثير قوة محصلة فيه؟
يكتسب الجسم تسارعًا؛ إذ إنَّ العلاقة بينهما طردية خطية.
- أُدير نقاشًا بين أفراد المجموعات للتوصُّل إلى الإجابة الصحيحة.

التجربةُ 1

القُوَّةُ والكتلةُ والتسارُعُ



الموادُّ والأدواتُ: مَدْرجٌ هوائيٌّ وملحقاتُهُ، مسطرةٌ متريةٌ، بكرةٌ، خيطٌ، حاملُ أثقالٍ، عشرةُ أثقالٍ كتلةُ كلٍّ منها (10 g)، ميزانٌ.

إرشاداتُ السلامةِ: الحذرُ منْ سقوطِ الأجسامِ والأدواتِ على القدميْنِ.

خطواتُ العملِ:

1. أُثبِّتُ المَدْرجَ الهوائيَّ أفقيًّا على سطحِ الطاولةِ، ثمَّ أُثبِّتُ البكرةَ في نهايتِهِ، كما في الشكلِ.
2. أقيسُ كتلةَ العربةِ المنزلقةِ، ثمَّ أُدَوِّنُ القراءةَ أعلى الجدولِ (1)، ثمَّ أضعُ العربةَ عندَ بدايةِ المَدْرجِ.
3. أربطُ أحدَ طرفَي الخيطِ بمُقدِّمةِ العربةِ، ثمَّ أربطُ طرفَهُ الآخرَ بحاملِ الأثقالِ، مرورًا بالبكرةِ.
4. أُثبِّتُ إحدى البوّابتيْنِ الضوئيتيْنِ عندَ مُقدِّمةِ العربةِ، ثمَّ أُثبِّتُ البوّابةَ الأُخرى على بُعْدِ (1 m) منْها، ثمَّ أُدَوِّنُ مقدارَ هذا البُعدِ (d) أعلى الجدولِ. بعدَ ذلكَ أُثبِّتُ حاجزَ الاصطدامِ في نهايةِ المسارِ؛ لمنعِ اصطدامِ العربةِ بالبكرةِ.
5. أَصِلُ البوّابتيْنِ بالعدّادِ الزمنيِّ الرقميِّ، ثمَّ أَصِلُهُ بمصدرِ الطاقةِ الكهربائيةِ، ثمَّ أُشغِّلُهُ.
6. أضعُ أثقالًا مناسبةً على العربةِ والحاملِ، بحيثُ تقطعُ العربةُ مسافةَ (1 m) في زمنٍ مناسبٍ، ثمَّ أَجِدُ كتلَ الحاملِ وأثقالَهُ، التي تُسمّى كتلةَ ثِقْلِ التعليقِ (m_{hang})، ثمَّ أُدَوِّنُ القراءاتِ في الجدولِ. بعدَ ذلكَ أُضيفُ كتلَ الأثقالِ التي فوقَ العربةِ إلى كتلةِ العربةِ، ثمَّ أُدَوِّنُها في الجدولِ تحتَ عمودِ كتلةِ العربةِ (m_{cart}).
7. أُشغِّلُ مضخَّةَ الهواءِ، ثمَّ أُفلِتُ العربةَ، ثمَّ أُدَوِّنُ في الجدولِ تحتَ عمودِ الزمنِ (t) قراءةَ العدّادِ الزمنيِّ الرقميِّ، الذي يُمثِّلُ الزمنَ الذي تستغرقُهُ العربةُ في حركتِها بينَ البوّابتيْنِ.
8. أنقلُ ثِقْلًا منْ فوقِ العربةِ إلى الحاملِ، ثمَّ أُكرِّرُ الخطوةَ السابقةَ، وأُدَوِّنُ في الجدولِ القياساتِ الجديدةَ لكلٍّ منْ: (m_{hang})، وَ (m_{cart})، والزمنِ.
9. أُكرِّرُ الخطوةَ السابقةَ مرَّتَيْنِ لأثقالٍ إضافيةٍ أُخرى.
10. أحسُبُ تسارُعَ العربةِ لكلِّ (m_{hang}) باستخدامِ العلاقةِ: $a = 2d/t^2$، ثمَّ أَجِدُ ناتجَ ضربِ a ($m_{hang} + m_{cart}$) لكلِّ حالةٍ.
11. أُكرِّرُ التجربةَ بتثبيتِ كتلةِ ثِقْلِ التعليقِ (m_{hang})، وتغييرِ كتلةِ العربةِ (m_{cart})؛ لدراسةِ العلاقةِ بينَ الكتلةِ والتسارُعِ، ثمَّ أُدَوِّنُ القراءاتِ في الجدولِ (2).

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. أُقارِنُ بينَ a ($m_{hang} + m_{cart}$) ومقدارِ وزنِ ثِقْلِ التعليقِ ($m_{hang}\,g$) لكلِّ حالةٍ. ما العلاقةُ بينَهُما؟
2. أُمثِّلُ بيانيًّا العلاقةَ بينَ مقدارِ القُوَّةِ المحصلةِ المُؤثِّرةِ في العربةِ ($m_{hang}\,g$) على المحورِ ($+y$) ومقدارِ التسارُعِ (a) على المحورِ ($+x$). ما شكلُ هذهِ العلاقةِ؟ ماذا أستنتجُ؟
3. ما الذي يُمثِّلُهُ ميلُ المنحنى البيانيِّ في السؤالِ السابقِ؟
4. ماذا حدثَ لمقدارِ تسارُعِ العربةِ عندَ تثبيتِ كتلةِ ثِقْلِ التعليقِ (m_{hang}) وتغييرِ كتلةِ العربةِ (m_{cart})؟

$m_{hang}\,g$ (N)	$(m_{hang}+m_{cart})\,a$ (N)	a (m/s^2)	t (s)	m_{cart} (kg)	m_{hang} (kg)	رقمُ المحاولةِ
						1
						2

91

استراتيجية التقويم: الملاحظة.

أداة التقويم: سُلَّم تقدير.

المهام:

1: تنفيذ خطوات التجربة بصورة صحيحة ودقيقة.

2: تحديد المتغيرات التي ينبغي تثبيتها عند دراسة العلاقة بين القوة المحصلة والكتلة والتسارع.

3: استنتاج ما يحدث لمقدار التسارع عند تثبيت كتلة النظام وتغير مقدار القوة المحصلة المُؤثِّرة.

4: تصميم استقصاء لدراسة ما يحدث للتسارع عند تثبيت القوة المحصلة، وتغيير كتلة النظام.

العلامات:

4: تنفيذ أربع مهام بصورة صحيحة.

3: تنفيذ ثلاث مهام بصورة صحيحة.

2: تنفيذ مهمتين بصورة صحيحة.

1: تنفيذ مهمة واحدة بصورة صحيحة.

الاسم	المهام			
	1	2	3	4

التجربة 1

القوة والكتلة والتسارع.

الهدف:

- استقصاء العلاقة بين تسارع جسم والقوة المحصلة المُؤثِّرة فيه عند ثبات كتلته.
- إجراء استقصاء لدراسة العلاقة بين تسارع جسم وكتلته عند ثبات القوة المحصلة المُؤثِّرة فيه.

زمن التنفيذ: 40 دقيقة.

إرشادات السلامة:

أوجِّه الطلبة إلى ارتداء النظّارات الواقية، والقفافيز، ومعاطف المختبر، وأطلب إليهم توخّي الحذر من سقوط الأجسام والأدوات على أقدامهم.

المهارات العلمية: القياس، المقارنة، الاستنتاج، استعمال المتغيرات، الأرقام والحسابات، تحليل البيانات وتفسيرها.

الإجراءات والتوجيهات:

- يجب أنْ يكون طول الطاولة وارتفاعها مناسبين لتنفيذ التجربة، بحيث تكون المسافة بين البوّابتين (1 m)، وتصل العربة عند نهاية المسار قبل وصول حامل الأثقال إلى أرضية الغرفة.
- يجب أنْ يكون طول الخيط الواصل بين العربة وحامل الأثقال مناسبًا، بحيث تصل العربة إلى نهاية مسارها قبل وصول الحامل إلى أرضية الغرفة.

النتائج المتوقعة:

في الجزء الأول من التجربة، سيُلاحِظ الطلبة أنَّ سرعة العربة تزداد بزيادة مقدار ثقل التعليق (m_{hang})، عند ثبات كتلة النظام. أمّا في الجزء الثاني من التجربة، فسيلاحظون أنَّ التسارع يقل بزيادة كتلة العربة (m_{cart})، عند ثبات مقدار ثقل التعليق (القوة المُحرِّكة).

التحليل والاستنتاج:

1. لكل حالة، يكون ناتج ضرب كتلة النظام ($m_{hang} + m_{cart}$) في مقدار تسارعه مساويًا لمقدار القوة المؤثِّرة في النظام (وزن ثقل التعليق $m_{hang}g$). ويزداد مقدار تسارع النظام ($m_{hang} + m_{cart}$) بزيادة مقدار وزن ثقل التعليق ($m_{hang}g$) عند ثبات كتلة النظام؛ إذ إنَّ العلاقة بينهما طردية.
2. يجب أنْ يُظهِر الرسم البياني أنَّ العلاقة بينهما خطية طردية؛ إذ يزداد مقدار تسارع النظام بزيادة مقدار القوة المحصلة المُؤثِّرة فيه عند ثبات كتلته.
3. يُمثِّل ميل منحنى (القوة المحصلة – التسارع) مقدار كتلة النظام ($m_{hang} + m_{cart}$).
4. يتناقص مقدار تسارع النظام بزيادة كتلة العربة عند تثبيت مقدار القوة المحصلة المُؤثِّرة($m_{hang}\,g$).

عيِّنة بيانات: كتلة العربة: (220 g). البُعْد بين البوّابتين: (d): (1 m).

$m_{hang}g$ (N)	$(m_{hang} + m_{cart})a$ (N)	a (m/s^2)	t (s)	m_{cart} (kg)	m_{hang} (kg)	رقم المحاولة
0.30	0.30	1.20	1.29	0.220	0.030	1
0.40	0.40	1.62	1.11	0.210	0.040	2
0.50	0.50	2	1.00	0.200	0.050	3
0.60	0.60	2.42	0.91	0.190	0.060	4

نشاط سريع

- أحضر قارورة فارغة سعتها (1 L)، ثم أملؤها ماء، ثم أغلقها، وأضعها على سطح أفقي.
- أربط خيطًا حول منتصف القارورة، ثم أسحبه باستخدام ميزان نابضي بقوة مناسبة، وأطلب إلى الطلبة ملاحظة كيف يتغيَّر مقدار سرعة القارورة، مُدوِّنًا مقدار القوة.
- أكرّر عملية سحب القارورة بقوة أكبر، وأطلب إلى الطلبة ملاحظة كيف يتغيَّر مقدار سرعة القارورة، مُدوِّنًا مقدار القوة.

يكون تغيُّر مقدار سرعة القارورة في الحالة الثانية أكبر؛ فكلَّما زادت القوة المحصلة المُؤثِّرة في جسم تغيَّرت سرعته بمقدار أكبر؛ على أنْ تكون كتلته ثابتة.

ملحوظة: أنبّه الطلبة الجالسين قريبًا منّي إلى وجوب ارتداء النظّارات الواقية.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (10)، وملاحظة شكل منحنى (القوة المحصلة – التسارع)، ثم أسألهم:

– ما الذي يمكن استنتاجه من شكل المنحنى عن العلاقة بين مقدار القوة المحصلة المُؤثِّرة في جسم ومقدار التسارع الذي يكتسبه؟

علاقة خطية طردية.

– ما الذي يُمثِّله ميل منحنى (القوة المحصلة – التسارع)؟

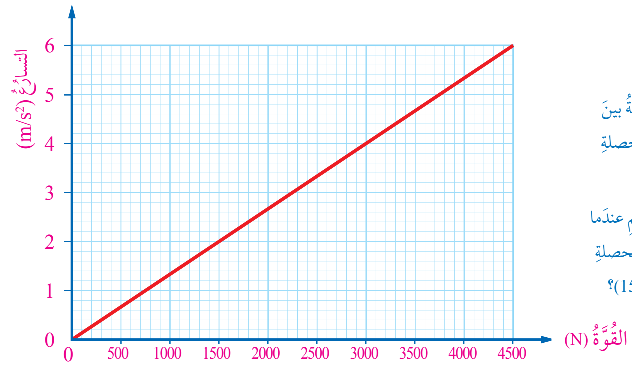
الميل ثابت، وهو يساوي كتلة الجسم في هذه الحالة.

إجابة سؤال الشكل (10):

من منحنى (القوة المحصّلة–التسارع)، أجد أنّه عندما يكون مقدار القوة المحصّلة المؤثّرة في الجسم (1500 N)، فإنّ مقدار تسارعه يساوي ($2\ m/s^2$).

✔ أتحقّق:

العلاقة بين القوة المحصلة والتسارع طردية؛ إذ يزداد مقدار تسارع جسم ما بزيادة مقدار القوة المحصلة المُؤثِّرة فيه عند ثبات كتلته.



الشكلُ (10): العلاقةُ بينَ التسارُعِ والقُوَّةِ المحصلةِ لكتلةٍ ثابتةٍ.

ما مقدارُ تسارعِ الجسمِ عندَما يكونُ مقدارُ القوةِ المحصلةِ المؤثرةِ فيهِ (1500 N)؟

القُوَّةُ والتسارُعُ Force and Acceleration

تَبيَّنَ لنا بعدَ تنفيذِ التجربةِ السابقةِ أنَّهُ كلَّما زادَتِ القُوَّةُ المحصلةُ المُؤثِّرةُ في جسمٍ زادَ تسارعُهُ عندَ ثباتِ كتلتِهِ؛ أيْ أنَّ العلاقةَ بينَ القُوَّةِ والتسارُعِ علاقةٌ طرديةٌ، يُعبَّرُ عنْها رياضيًّا على النحوِ الآتي:

$$a \propto \sum F$$

يُبيِّنُ الشكلُ (10) العلاقةَ بينَ مقدارِ القُوَّةِ المحصلةِ المُؤثِّرةِ في جسمٍ ومقدارِ تسارُعِهِ عندَ ثباتِ كتلتِهِ. وبالعودةِ إلى الشكلِ (9)، يُلاحَظُ أنَّ القُوَّةَ المحصلةَ المُؤثِّرةَ في السيارةِ الظاهرةِ في الصورةِ (ب) أكبرُ منْ تلكَ المُؤثِّرةِ في السيارةِ الظاهرةِ في الصورةِ (أ)؛ لذا، فإنَّ تسارُعَها أكبرُ.

✔ **أتحقَّقُ:** ما العلاقةُ بينَ تسارُعِ جسمٍ والقُوَّةِ المحصلةِ المُؤثِّرةِ فيهِ عندَ ثباتِ كتلتِهِ؟

الكتلةُ والتسارُعُ Mass and Acceleration

يَتبيَّنُ منَ التجربةِ السابقةِ أنَّ زيادةَ كتلةِ الجسمِ المتحرِّكِ تُقلِّلُ منْ تسارُعِهِ عندَ ثباتِ القُوَّةِ المحصلةِ المُؤثِّرةِ فيهِ؛ أيْ أنَّ تسارُعَ الجسمِ

92

أخطاء شائعة

- أبيّن للطلبة أنَّه إذا أثَّرت قوة محصلة في جسم، فإنَّها تُسبِّب تغيُّرًا في سرعته المتجهة (في المقدار، أو الاتجاه، أو كليهما معًا)؛ أيْ تُكسِبه تسارعًا. أمّا إذا تحرَّك الجسم بسرعة متجهة ثابتة فإنَّ القوة المحصلة المُؤثِّرة فيه تكون صفرًا، خلافًا لما يعتقده بعض الطلبة من ضرورة تأثير قوة محصلة في الجسم لكي يتحرَّك بسرعة متجهة ثابتة.
- لتوضيح ذلك، أضع كرة صُلْبة ملساء على سطح طاولة أفقي أملس، ثم أدفعها في اتجاه معين، ثم أتركها.

ستتحرَّك الكرة بسرعة متجهة ثابتة تقريبًا.

- في أثناء حركتها، أدفعها مرَّة أُخرى في اتجاه مختلف.

ستتغيَّر سرعتها المتجهة؛ أيْ تكتسبُ تسارعًا.

- أخبر الطلبة أنَّ القوة المحصلة تُكسِب الجسم تسارعًا في اتجاهها.

يتناسبُ عكسيًّا معَ كتلتِهِ عندَ ثباتِ القُوَّةِ المحصلةِ المُؤَثِّرةِ فيهِ، ويُعبَّرُ عنْ ذلكَ رياضيًّا بالعلاقةِ الآتيةِ:

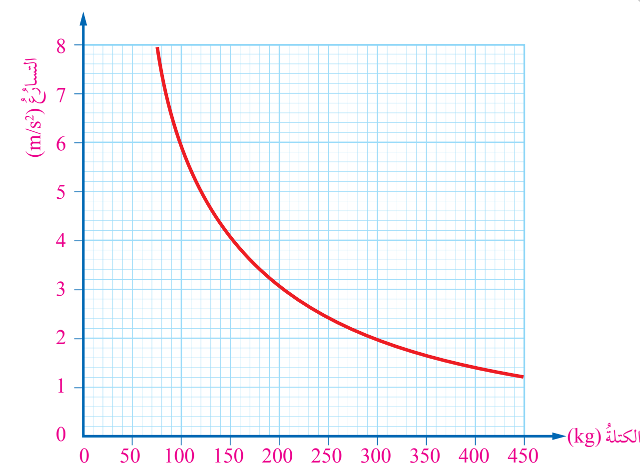
$$a \propto \frac{1}{m}$$

أنظرُ الشكلَ (11) الذي يُوضِّحُ هذهِ العلاقةَ. وللوصولِ إلى التسارُعِ نفسِهِ عندَ زيادةِ الكتلةِ يَلزمُ زيادةُ القُوَّةِ المحصلةِ.

بناءً على ما سبقَ، يُمكِنُ التوصُّلُ إلى **القانونِ الثاني لنيوتن** **Newton's second law**، الذي نصُّهُ: "يتناسبُ تسارُعُ الجسمِ طرديًّا معَ القُوَّةِ المحصلةِ المُؤثِّرةِ فيهِ، ويتناسبُ عكسيًّا معَ كتلتِهِ". ويكونُ اتجاهُ التسارُعِ دائمًا في اتجاهِ القُوَّةِ المحصلةِ.

وفي حالِ بقاءِ كتلةِ الجسمِ ثابتةً في أثناءِ زمنِ تأثيرِ القُوَّةِ فيهِ، فإنَّهُ يُمكِنُ كتابةُ القانونِ الثاني لنيوتن على النحوِ الآتي:

$$\sum F = ma$$



الشكلُ (11): العلاقةُ بينَ التسارُعِ والكتلةِ عندَ ثباتِ القُوَّةِ المحصلةِ.

93

نشاط سريع

ملحوظة: أنبّه الطلبة الجالسين قريبًا منّي إلى وجوب ارتداء النظّارات الواقية، ويُمكن استخدام أي جسمين متماثلين مختلفين في الكتلة.

- أحضر قارورتي ماء مُتماثِلتين فارغتين، سعة كلٍّ منهما (1 L).
- أملأ إحدى القارورتين ماء حتى منتصفها، وأملأ الثانية كلها ماء، ثم أغلقها، وأضعهما على سطح أفقي.
- أربط خيطًا حول منتصف كلٍّ منهما، ثم أطلب إلى أحد الطلبة سحب خيط القارورة الأولى باستخدام ميزان نابضي بقوة مناسبة، وفي اللحظة نفسها أطلب إلى آخر سحب خيط القارورة الثانية باستخدام ميزان نابضي آخر بالقوة نفسها.
- أطلب إلى الطلبة ملاحظة كيف يتغيَّر مقدار سرعة كلٍّ من القارورتين.

يكون تغيُّر مقدار سرعة القارورة الأولى أكبر؛ فكلّما قلّت الكتلة تغيَّر مقدار السرعة بمقدار أكبر؛ أيْ زاد التسارع عند ثبات القوة المحصلة المُؤثِّرة.

استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (11)، وملاحظة شكل المنحنى، ثم أسألهم:
  - ما الذي يُمثِّله شكل منحنى (التسارع – الكتلة)؟

    العلاقة العكسية بينهما.
  - ما الذي يُستنتج من هذا المنحنى عن العلاقة بين مقدار التسارع والكتلة عند ثبات مقدار القوة المحصلة المُؤثِّرة؟

    كلّما زادت كتلة الجسم قلَّ مقدار تسارعه عند ثبات مقدار القوة المحصلة المُؤثِّرة فيه.

المناقشة:

- أطرح على الطلبة السؤال الآتي:
  - ما الأسباب التي تؤدي إلى تسارع حركة جسم أو تباطئها؟

    تأثير قوة محصلة فيه.
- لا أستبعد أيًّا من إجابات الطلبة، وأُشجِّعهم على طرح الأسئلة، ونقد إجابات بعضهم، واحترام الرأي الآخر، مُبيِّنًا لهم أنَّه: عندما تُؤثِّر قوة محصلة في جسم فإنَّها تؤدي إلى تغيير سرعته المتجهة؛ أيْ تُكسِبه تسارعًا.
- أحفِّز الطلبة إلى مناقشة كيف تكون حركة الجسم إذا كانت القوة المحصلة المُؤثِّرة فيه صفرًا.
- أدير دفَّة الحوار بحيث يتوصَّل الطلبة إلى أنَّ: الجسم في هذه الحالة يكون ساكنًا، أو مُتحرِّكًا بسرعة متجهة ثابتة.

الفيزياء والفَلك

تعتمد حركة أيِّ جسم على قوة المحصلة المُؤثِّرة فيه. وعند تطبيق قوانين نيوتن في أوضاع واقعية، مثل عمليات إطلاق الصواريخ والمركبات الفضائية، فإنَّ ذلك يتطلَّب إجراء حسابات مُعقَّدة. وهذا ما يقوم به المهندسون المُتخصِّصون في وكالات الفضاء. ومن هذه الأوضاع المُعقَّدة تغيُّر كتلة الصاروخ باستمرار؛ نتيجة احتراق الوقود الموجود داخله، ونفثه إلى الخارج. وهذا يؤدي إلى تغيُّر مقدار تسارع الصاروخ باستمرار. ولهذا يُقلَّل معدل الاحتراق في المحرك؛ لكيلا يكون التسارع كبيرًا جدًّا.

وهذه الصيغة العامة للقانون الثاني لنيوتن:

$$\boldsymbol{F} = \frac{\Delta(m\boldsymbol{v})}{\Delta t} = \frac{m_2\boldsymbol{v}_2 - m_1\boldsymbol{v}_1}{t_2 - t_1}$$

حيث تكون القوة المحصلة المُؤثِّرة في جسم ما مُساوِية للمعدل الزمني للتغيُّر في زخمه الخطّي. وعند ثبات كتلة الجسم تَنتج الصيغة المألوفة للقانون الثاني لنيوتن:

$\boldsymbol{F} = ma$.

يَلزمُ أيضًا مراعاةُ وحداتِ القياسِ عندَ تطبيقِ القانونِ الثاني لنيوتن؛ إذْ تكونُ ($\boldsymbol{F}$) بوحدةِ (N)، وَ ($\boldsymbol{a}$) بوحدةِ (m /s²)، وَ (m) بوحدةِ (kg). وبناءً على هذا القانونِ، يُمكِنُ القولُ إنَّ: $1\ N = 1\ kg.m/s^2$.

يُستخدَمُ هذا القانونُ في تعريفِ وحدةِ قياسِ القُوَّةِ (N)، كما يأتي: "مقدارُ القُوَّةِ المحصلةِ التي يَلزمُ التأثيرُ بها في جسمٍ كتلتُهُ (1 kg) لإكسابِهِ تسارُعًا مقدارُهُ (1 m /s²) في اتجاهِها". وبذلكَ، فإنَّ القُوَّةَ المحصلةَ الأفقيةَ تُكسِبُ الجسمَ تسارُعًا أفقيًّا، في حينِ تُكسِبُ القُوَّةُ المحصلةُ الرأسيةُ الجسمَ تسارُعًا رأسيًّا:

$$\sum F_x = ma_x,\ \sum F_y = ma_y$$

علمًا أنَّهُ لا بُدَّ منْ رسمِ مُخطَّطِ الجسمِ الحُرِّ لتحديدِ جميعِ القوى المُؤثِّرةِ في الجسمِ.

منَ المُلاحَظِ أنَّ القانونَ الأولَ لنيوتن يُعَدُّ حالةً خاصةً منْ قانونِهِ الثاني؛ فإذا كانَتِ القُوَّةُ المحصلةُ المُؤثِّرةُ في جسمٍ صفرًا فإنَّ تسارُعَهُ أيضًا يكونُ صفرًا، وعندئذٍ يكونُ الجسمُ ساكنًا أوْ مُتحرِّكًا بسرعةٍ ثابتةٍ مقدارًا واتجاهًا؛ أيْ يكونُ مُتَّزِنًا:

$$\sum \boldsymbol{F} = 0,\ a = 0$$

الفيزياءُ والفلكُ

توجدُ حالاتٌ تتغيَّرُ فيها كتلةُ الجسمِ في أثناءِ مدَّةِ تأثيرِ القُوَّةِ فيهِ، منها تغيُّرُ كتلةِ الصواريخِ المستخدمةِ في إطلاقِ الأقمارِ الصناعيةِ نتيجةَ استهلاكِ الوقودِ. ويَلزمُ لتلكَ الحالاتِ استخدامُ علاقةٍ (صيغةٍ) أُخرى للقانونِ الثاني لنيوتن، تتضمَّنُ تغييرَ الكتلةِ.

أتحقَّقُ: ما العلاقةُ بينَ تسارُعِ جسمٍ وكتلتِهِ عندَ ثباتِ القُوَّةِ المحصلةِ المُؤثِّرةِ فيهِ؟

94

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **التفكير: التأمُّل والتساؤل.**

أُخبِر الطلبة أنَّ التأمُّل والتساؤل يُؤثِّران إيجابًا في قدرتهم على التركيز والاستيعاب.

ورقة العمل (2)

أُقسّم الطلبة مجموعاتٍ ثنائية، ثم أوزّع عليهم ورقة العمل (2) الموجودة في الملحق، وأوجّههم إلى الحل فرادى وأمنحهم وقتًا كافيًا، ثم نناقش الحل معًا. أوجّه كل مجموعة لعرض إجاباتها ومناقشتها مع المجموعات الأخرى.

أتحقَّق:

يتناسب تسارع الجسم تناسبًا عكسيًّا مع كتلته عند ثبات القوة المحصلة المُؤثِّرة فيه.

المثالُ 2

أَجِدُ القُوَّةَ المحصلةَ التي يَلزمُ التأثيرُ بها في صندوقٍ كتلتُهُ (20 kg) لإكسابِهِ تسارُعًا أفقيًّا مقدارُهُ ($2\ m/s^2$) جهةَ اليمينِ.

المعطياتُ: $a = 2\ m/s^2$, نحو اليمين $m = 20\ kg$.

المطلوبُ: $\sum F_x = ?$.

الحلُّ:

لإيجادِ القُوَّةِ المحصلةِ التي يَلزمُ التأثيرُ بها في الصندوقِ لكيْ يتحرَّكَ وفقَ التسارُعِ المطلوبِ، يُستخدَمُ القانونُ الثاني لنيوتن في اتجاهِ المحورِ (x):

$$\sum F_x = ma_x$$

$$= 20 \times 2 = 40\ N$$

$$\sum F_x = 40\ N$$

وباتجاهِ محورِ السيناتِ الموجبِ.

المثالُ 3

تعطَّلَتْ سيارةٌ كتلتُها (800 kg)، فسحبَتْها شاحنةُ قَطْرٍ على طريقٍ أفقيٍّ مستقيمٍ، بقُوَّةٍ أفقيَّةٍ مقدارُها 1000 N جهةَ اليمينِ. إذا كانَتْ قُوَّةُ الاحتكاكِ المُؤثِّرةُ في السيارةِ 400 N جهةَ اليسارِ، فأَجِدُ:

أ . القُوَّةَ المحصلةَ المُؤثِّرةَ في السيارةِ في الاتجاهِ الأفقيِّ.

ب . تسارُعَ السيارةِ الأفقيَّ.

جـ . السرعةَ المُتَّجِهةَ للسيارةِ بعدَ مرورِ (10 s) منْ بدءِ سحبِها.

المعطياتُ: أرمزُ إلى قُوَّةِ السحبِ بالرمزِ F_1، أرمزُ إلى قُوَّةِ الاحتكاكِ بالرمزِ f:

$m = 800\ kg,\ F_1 = 1000\ N,\ f = 400\ N,\ t = 10\ s,\ v_1 = 0\ m/s$،

حيثُ القوةُ $\boldsymbol{F}$ نحوَ اليمينِ، وقوةُ الاحتكاكِ نحوَ اليسارِ.

المطلوبُ: $\sum \boldsymbol{F} = ?,\ \boldsymbol{a} = ?,\ \boldsymbol{v}_2 = ?$.

95

المناقشة:

- أطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

– ما العلاقة بين القوة المحصلة المُؤثِّرة في جسم والتسارع الذي يكتسبه؟

علاقة خطية طردية.

– ماذا يساوي ناتج قسمة القوة المحصلة المُؤثِّرة في جسم على تسارعه؟

كتلة الجسم.

مثال إضافي

أثَّرت قوة محصلة مقدارها (100 N) في اتجاه المحور $+y$، في صندوق كتلته (50 kg). أجد مقدار التسارع الذي يكتسبه الصندوق، مُحدِّدًا اتجاهه.

الحل:

$$a_y = \frac{\sum F_y}{m}$$

$$= \frac{100}{50} = 2\ m/s^2$$

$$\boldsymbol{a}_y = 2\ m/s^2, +y$$

مثال إضافي

في المثال 3، إذا أصبح مقدار قوة الاحتكاك المُؤثِّرة في السيارة (200 N)، ولم يتغيَّر مقدار قوة السحب واتجاهها، أجد مقدار تسارع السيارة الأفقي، مُحدِّدًا اتجاهه.

الحل:

لإيجاد تسارع السيارة الأفقي، يجب إيجاد بداية القوة المحصلة في اتجاه المحور x:

$$\sum F_x = F_1 - f$$

$$= 1000 - 200$$

$$= 800\ N$$

$$\sum \boldsymbol{F}_x = 800\ N, +x$$

ثم إيجاد تسارع السيارة الأفقي:

$$a_x = \frac{\sum F_x}{m}$$

$$= \frac{800}{800}$$

$$= 1.0\ m/s^2$$

$$\boldsymbol{a}_x = 1.0\ m/s^2, +x$$

◄ **بناء المفهوم:**

القانون الثاني لنيوتن.

- أطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

– علامَ ينص القانون الثاني لنيوتن؟

يتناسب تسارع الجسم طرديًّا مع القوة المحصلة المُؤثِّرة فيه، وعكسيًّا مع كتلته.

– في أيِّ اتجاه يكون تسارع الجسم؟

في اتجاه القوة المحصلة المُؤثِّرة فيه.

– إذا كانت القوة المحصلة المُؤثِّرة في جسم مُتحرِّك صفرًا، فما مقدار تسارعه؟

صفر.

– أصِفُ سرعته.

سرعته ثابتة مقدارًا واتجاهًا.

– إذا تضاعف مقدار القوة المحصلة المُؤثِّرة في جسم كتلته ثابتة، فما الذي يحدث لمقدار تسارعه؟

يتضاعف.

– إذا تضاعفت كتلة جسم مع ثبات مقدار القوة المحصلة، فما الذي يحدث لمقدار تسارعه؟

يقل إلى النصف.

◄ **التعزيز:**

- أراجع الطلبة في تعريف كلٍّ من القوة المحصلة، والسرعة المتجهة، والتسارع، مُبيِّنًا لهم أنَّ وجود قوة محصلة مُؤثِّرة في الجسم يعني أنَّه يتسارع. أمّا عندما تصبح القوة المحصلة المُؤثِّرة فيه صفرًا فإنَّه لا يتسارع، بل يكون ساكنًا، أو مُتحرِّكًا بسرعة متجهة ثابتة، ويحافظ على حالته الحركية، ما لم تُؤثِّر فيه قوة محصلة.

الحلُّ:

أ . القُوَّةُ المحصلةُ المُؤثِّرةُ في السيارةِ في الاتجاهِ الأفقيِّ (x):

$$\sum F = F_1 - f$$
$$= 1000 - 400$$
$$= 600\ \text{N}$$

حيثُ $\sum \boldsymbol{F}$ نحو اليمين.

ب . تسارُعُ السيارةِ الأفقيُّ:

$$a = \frac{\sum F}{m}$$
$$= \frac{600}{800}$$
$$= 0.75\ \text{m/s}^2$$

حيثُ التسارعُ نحوَ اليمينِ باتجاهِ القوةِ المحصلةِ.

جـ . لإيجادِ السرعةِ المُتَّجِهةِ للسيارةِ بعدَ مرورِ (10 s) منْ بدءِ سحبِها، تُستخدَمُ المعادلةُ الآتيةُ للحركةِ:

$$v_2 = v_1 + at$$
$$= 0 + 0.75 \times 10$$
$$= 7.5\ \text{m/s}$$

$v_2 = 7.5$ m/s واتجاه السرعةِ نحوَ اليمينِ.

تمرين

أثَّرَتْ قُوَّةٌ محصلةٌ أفقيةٌ مقدارُها (100 N) باتجاهِ اليمينِ في صندوقٍ كتلتُهُ (20 kg)، وهوَ مُستقِرٌّ على سطحٍ أفقيٍّ أملسَ. أجِدُ:

أ . تسارُعَ الصندوقِ.

ب . السرعةَ المُتَّجِهةَ للصندوقِ بعدَ مرورِ (5 s) منْ بدءِ حركتِهِ.

جـ . الإزاحةَ التي يقطعُها الصندوقُ بعدَ مرورِ (5 s) منْ بدءِ حركتِهِ.

96

تمرين

أ – بما أنَّ القوة المحصلة في اتجاه المحور $+x$؛ فإنَّ التسارع يكون في اتجاه المحور نفسه:

$$a_x = \frac{\sum F_y}{m} = \frac{100}{20}$$
$$= 5\ \text{m/s}^2$$
$$\boldsymbol{a}_x = 5\ \text{m/s}^2, +x$$

ب –

$$v_2 = v_1 + a\,t$$
$$= 0 + 5 \times 5$$
$$\boldsymbol{v}_2 = 25\ \text{m/s}, +x$$

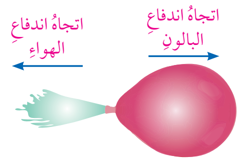
جـ –

$$d = v_1\,t + \frac{1}{2}\,at^2$$
$$= 0 \times 5 + \frac{1}{2} \times 5 \times (5)^2 = 62.5\text{m}$$
$$\boldsymbol{d} = 62.5\ \text{m}, +x$$

القانونُ الثالثُ في الحركةِ لنيوتن Newton's Third Law of Motion

وصفَ لنا القانونُ الأولُ لنيوتن الحالةَ الحركيةَ لجسمٍ ما عندما تكونُ القُوَّةُ المحصلةُ المُؤثِّرةُ فيهِ صفرًا، في حينِ قدَّمَ لنا قانونُهُ الثاني تفسيرًا لكيفيةِ تغيُّرِ تسارُعِ جسمٍ عندما تُؤثِّرُ فيهِ قُوَّةٌ محصلةٌ، أمّا قانونُهُ الثالثُ فيدرسُ طبيعةَ القوى المتبادلةِ بينَ الأجسامِ.

عندَ إفلاتِ بالونٍ منفوخٍ، كما في الشكلِ (12)، يندفعُ الهواءُ منْ فُوَّهتِهِ إلى اليسارِ، في حينِ يندفعُ البالونُ في الاتجاهِ المعاكسِ (إلى اليمينِ). وعندَ تقريبِ مغناطيسيْنِ، فإنَّ كلًّا منْهُما يسحبُ الآخَرَ، أوْ يدفعُهُ بقُوَّةِ مجالٍ. وعندما أستندُ إلى أحدِ الجدرانِ، فإنَّ جسمي يُؤثِّرُ بقُوَّةِ تلامُسٍ في الجدارِ، ويُؤثِّرُ الجدارُ بقُوَّةِ تلامُسٍ في جسمي.

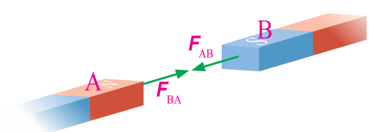


الشكلُ (12): يندفعُ الهواءُ منْ فُوَّهةِ البالونِ جهةَ اليسارِ، في حينِ يندفعُ البالونُ جهةَ اليمينِ.

لتفسيرِ هذهِ المشاهداتِ، يجبُ دراسةُ **القانونِ الثالثِ لنيوتن Newton's third law**، الذي نصُّهُ:

"إذا تفاعلَ جسمانِ (A) وَ (B)، فإنَّ القُوَّةَ التي يُؤثِّرُ بها الجسمُ (A) في الجسمِ (B) تساوي القُوَّةَ التي يُؤثِّرُ بها الجسمُ (B) في الجسمِ (A) منْ حيثُ المقدارُ، وتُعاكِسُها في الاتجاهِ".

لتعرُّفِ ما يحدثُ عندَ تقريبِ القطبِ الشماليِّ لمغناطيسٍ إلى القطبِ الجنوبيِّ لمغناطيسٍ آخرَ استنادًا إلى القانونِ الثالثِ لنيوتن، أنظرُ الشكلَ (13)؛ إذْ يُلاحَظُ منْ هذا الشكلِ أنَّ القطبَ الشماليَّ للمغناطيسِ (A) يُؤثِّرُ بقُوَّةِ تجاذُبٍ (F_{AB}) في القطبِ الجنوبيِّ للمغناطيسِ (B)، وأنَّ القطبَ الجنوبيَّ للمغناطيسِ (B) يُؤثِّرُ -في اللحظةِ نفسِها- بقُوَّةِ تجاذُبٍ (F_{BA}) في القطبِ الشماليِّ للمغناطيسِ (A)، وأنَّ هاتيْنِ القُوَّتيْنِ تتساويانِ في المقدارِ، وتتعاكسانِ في الاتجاهِ،



الشكلُ (13): قُوَّتا الفعلِ وردُّ الفعلِ (أوْ زوجا التأثيرِ المُتبادَلِ) متساويتانِ في المقدارِ، ومتعاكستانِ في الاتجاهِ.

97

نشاط سريع

أثبّت مغناطيسين متماثلين على قطعتي بوليسترين متماثلتين بشريط لاصق، ثم أملأُ حوضًا صغيرًا بالماء. بعد ذلك أضع قطعتي البوليسترين على سطح الماء بحيث تتحرَّكان بحرية، ثم أقرّب القطعتين معًا بحيث يتقابل القطبان الشماليان للمغناطيسين، مُلاحِظًا ما يحدث.

تتحرَّك القطعتان بعيدًا عن بعضهما.

- لماذا؟

نتيجة لحدوث تنافر بين قطبي المغناطيسين؛ إذ يُؤثِّر كلٌّ منهما في الآخر بقوة تنافر، وتُؤثِّر هاتان القوتان في اتجاهين مُتعاكِسين.

- أجعل القطبين المختلفين للمغناطيسين يتقابلان، مُلاحِظًا ما يحدث.

تتحرَّك قطعتا البوليسترين في اتجاه بعضهما.

- لماذا؟

نتيجة لحدوث تجاذب بين قطبي المغناطيسين؛ إذ يُؤثِّر كلٌّ منهما في الآخر بقوة تجاذب، وتُؤثِّر هاتان القوتان في اتجاهين مُتعاكِسين.

- أوضّح للطلبة أنَّ هاتين القوتين متساويتان مقدارًا، بملاحظة أنَّ مقداري سرعتي القطعتين متساويان.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (13)، مُبيِّنًا لهم أنَّ القطب الشمالي للمغناطيس (A) يجذب القطب الجنوبي للمغناطيس (B) بقوة تجاذب تساوي (F_{AB})، وأنَّ القطب الجنوبي للمغناطيس (B) يجذب -في الوقت نفسه- القطب الشمالي للمغناطيس (A) بقوة (F_{BA})، وأنَّ هاتين القوتين تكونان متساويتين في المقدار ومُتعاكِستين في الاتجاه، وأنَّ إحداهما تُسمّى فعلًا، والأُخرى تُسمّى رد فعل، وأنَّ $F_{AB} = -F_{BA}$.

◄ المناقشة:

- أستخدم **استراتيجية التعلم التعاوني** في تدريس هذا الموضوع.
- أوزّع الطلبة إلى مجموعات؛ ليساعدوا بعضهم في عملية التعلم.
- أوزّع الأدوار والمهام على أفراد كل مجموعة بحيث يتفاعل الطلبة في ما بينهم.
- أطلب إلى أفراد كل مجموعة إجابة الأسئلة الآتية كتابيًّا؛ على أن يتفاعل الطلبة جميعًا قبل كتابتها:

– علامَ ينص القانون الثالث لنيوتن؟

إذا تفاعل الجسمان (A) و (B)؛ فإنَّ القوة التي يُؤثِّر بها الجسم (A) في الجسم (B) تساوي في المقدار القوة التي يُؤثِّر بها الجسم (B) في الجسم (A)، وتُعاكِسها في الاتجاه. أو: لكلِّ فعل ردُّ فعل، مساوٍ له في المقدار، ومُعاكِس له في الاتجاه.

– هل يُمكن القول إنّ محصلة زوجي التأثير المتبادل تساوي صفرًا؟

لا.

– لماذا؟

لأنَّ زوجي التأثير المتبادل يُؤثِّران في جسمين مختلفين، ولا يُؤثِّران في الجسم نفسه؛ لذا لا يُمكِن حساب محصلتهما.

✔ **أتحقَّق:**

إذا تفاعل الجسمان (A) و (B)؛ فإنَّ القوة التي يُؤثِّر بها الجسم (A) في الجسم (B) تساوي في المقدار، وتُعاكِس في الاتجاه القوة التي يُؤثِّر بها الجسم (B) في الجسم (A). أو: لكلّ فعل رد فعل، مساوٍ له في المقدار، ومُعاكِس له في الاتجاه.

التعزيز:

- يساعد رسم مُخطَّط الجسم الحـر الطلبـة على استنتاج أنَّ الفعل يُؤثِّر في جسم، وأنَّ رد الفعل يُؤثِّر في جسم آخر.
- أرسم أشكالًا عِدَّة على اللوح؛ تتضمَّن وجـود قوى تأثير متبادل، ثم أطلب إلى كل طالب/ طالبة تحديد زوجي التأثير المتبادل برسم مُخطَّط الجسم الحر لكلٍّ منها.

✔ **أتحقَّق:**

لا، القوى دائمًا توجد في صورة زوجين؛ فعل ورد فعل، ولا توجد قوة منفردة.

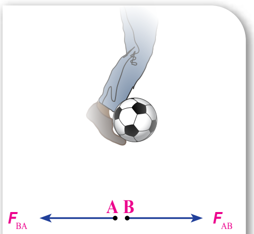
ويُطلَقُ على إحـداهُما اسمُ الفعلِ (Action)، ويُـطلَقُ على الأُخرى اسمُ ردِّ الفعلِ (Reaction)؛ لذا يُعرَفُ هذا القانونُ غالبًا باسمِ قانونِ الفعلِ وردِّ الفعلِ.

بنـاءً على ما سبـقَ، يُمكِنُ إعـادةُ صياغةِ هذا القانـونِ على النحـوِ الآتي:

"لكلِّ فعلٍ ردُّ فعلٍ، مساوٍ لهُ في المقدارِ، ومعاكسٌ لهُ في الاتجاهِ".

✔ **أتحقَّق:** علامَ ينصُّ القانونُ الثالثُ لنيوتن؟

وجودُ القوى في الطبيعةِ في صورةِ أزواجٍ
Forces Always Occur in Pairs



الشكلُ (14): قُوَّتا الفعلِ وردِّ الفعلِ لحظةَ تلامُسِ قَدمِ لاعبٍ وكرةِ قدمٍ.

يُلاحَظُ منَ القانونِ الثالثِ لنيوتن أنَّ القوى دائمًا توجدُ في صورةِ أزواجٍ (أيْ فعلٍ، وردِّ فعلٍ)، وأنَّها لا تـوجـدُ منفردةً. لتوضيحِ ذلـكَ، أنظرُ الشكلَ (14) الذي يُبيِّنُ قُوَّتَي الفعلِ وردِّ الفعلِ لحظةَ تلامُسِ قَدمِ اللاعبِ (A)، وكرةِ القدمِ (B).

عنـدَ ملامسةِ قَـدمِ اللاعبِ للكرةِ، فإنَّهُ يُؤثِّرُ فيها بقُـوَّةٍ (F_{AB}) في الاتجـاهِ المُوضَّحِ في الشكلِ، وفي اللحظةِ نـفسِها تُـؤثِّـرُ الكـرةُ في قَدمِ اللاعبِ بقُوَّةٍ (F_{BA}) تكونُ مساويـةً في المقـدارِ للقُوَّةِ (F_{AB})، لكنَّها معاكسةٌ لها في الاتجاهِ. تُعرَفُ هاتانِ القُوَّتانِ أيضًا باسمِ زوجَيِ التأثيرِ المُتبادَلِ؛ حيثُ:

$$F_{AB} = -F_{BA}$$

✔ **أتحقَّق:** هلْ يُمكِنُ أنْ توجدَ قُوَّةٌ منفردةٌ؟ أُفسِّرُ إجابتي.

98

أخطاء شائعة

قد يعتقد بعض الطلبة برأي غير صحيح مفادُه أنَّ الفعل يسبق رد الفعل، لذا؛ أوضّح لهم أنَّ قوتي الفعل ورد الفعل متزامنتان، ومتساويتان في المقدار. فالمغناطيسان في الشكل (13) يجذب كلٌّ منهما الآخر في اللحظة نفسها، والشكل (14) يُظهِر لحظة ملامسة قدم اللاعب للكرة، وتأثير كلٍّ منهما في الأُخرى بقوة في اللحظة نفسها.

الفعلُ وردُّ الفعلِ مُتزامِنانِ
Action and Reaction Forces are Simultaneous

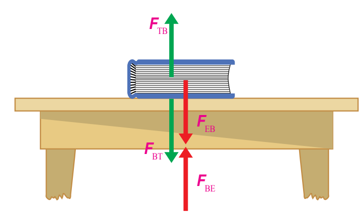
عندَ استخدامِ مصطلحِ (الفعلُ)، ومصطلحِ (ردُّ الفعلِ)، قدْ يتبادرُ إلى الـذهنِ -خطأً- أنَّ الفعلَ يسبقُ ردَّ الفعلِ؛ فقُوَّةُ الفعلِ وقُوَّةُ ردِّ الفعلِ مُتزامِنتانِ؛ إذْ تنشأانِ معًا، وتختفيانِ معًا، خلافًا للمعنى الشائعِ لهُما في حياتِنا اليوميةِ؛ فنحنُ نستخدمُ مصطلحَ (ردُّ الفعلِ) للدلالةِ على وقوعِ حـدثٍ بعدَ وقوعِ حـدثٍ آخرَ؛ استجابةً لَـهُ. ولأنَّ هاتيْنِ القُوَّتيْنِ مُتزامِنتانِ؛ فإنَّ كلًّا منْهُما تُسمّى فعلًا، أوْ ردَّ فعلٍ.

✓ **أتحقَّقُ:** ماذا نعني بقولِنا: "إنَّ قُوَّتَيِ الفعلِ وردِّ الفعلِ مُتزامِنتانِ"؟

الفعلُ وردُّ الفعلِ يُؤثِّرانِ في جسميْنِ مختلفيْنِ
Action and Reaction Forces Act on Different Objects

يَتبيَّنُ منَ القانونِ الثالثِ لنيوتن أنَّ قُوَّةَ الفعلِ وقُوَّةَ ردِّ الفعلِ تُؤثِّرانِ في جسميْنِ مختلفيْنِ، وأنَّهُما لا تُؤثِّرانِ في الجسمِ نفسِهِ. ومنْ ثَمَّ، فلا تُحسَبُ محصلتُهُما؛ لأنَّ القُوَّةَ المحصلةَ تُحسَبُ للقوى عندما تُؤثِّرُ في الجسمِ نفسِهِ.

يُمثِّلُ الشكلُ (15) كتابًا يتزنُ على سطحِ طاولةٍ أفقيٍّ. وفيهِ يُؤثِّرُ الكتابُ بقُوَّةٍ في سطحِ الطاولةِ إلى أسفلَ (F_{BT})، ويُؤثِّرُ سطحُ الطاولةِ بقُوَّةٍ في الكتابِ إلى أعلى (F_{TB}).



الشكلُ (15): أزواجُ التأثيرِ المُتبادَلِ في حالةِ كتابٍ يستقرُّ على سطحِ طاولةٍ موضوعةٍ على الأرضِ.

99

◄ التعزيز:

- أطلب إلى اثنين/ اثنتين من الطلبة وقوف كلٍّ منهما على زلّاجة؛ بعيدًا عن أيِّ قطع أثاث قابلة للكسر، أو أيِّ أجسام حادَّة، بشرط اقترابهما، وتقابلهما وجهًا لوجه.
- أطلب إلى أحدهما أنْ يدفع الآخر، ثم أسأل الطلبة:
  - ماذا تلاحظون؟

  ابتعاد كلا الطالبينِ/ الطالبتين.
  - لماذا ابتعد كلٌّ منهما بالرغم من أنَّ أحدهما فقط هو الذي دفع الآخر؟

  لأنَّ القوى توجد في صورة أزواج (فعل وردُّ فعل)، ولا توجد قوة منفردة.

✓ **أتحقَّق:**

ينشأ الفعل ورد الفعل معًا، ويختفيان معًا، ولا يسبق أحدهما الآخر.

◄ المناقشة:

- أستخدم **استراتيجية التعلُّم التعاوني** في تدريس الطلبة هذا الموضوع.
- أوزِّع الطلبة إلى مجموعات؛ ليساعدوا بعضهم في عملية التعلُّم.
- أوزِّع الأدوار والمهام على أفراد كل مجموعة بحيث يتفاعل الجميع معًا.
- أطلب إلى أفراد كل مجموعة رسم مُخطَّط الجسم الحر للكتاب المُوضَّح في الشكل (15)، ثم إجابة الأسئلة الآتية كتابيًّا؛ على أنْ يتفاعل الجميع معًا قبل كتابتها:
  - ما زوجا التأثير المتبادل في الشكل؟

  الزوج الأول: يُؤثِّر الكتاب بقوة في سطح الطاولة إلى أسفل (F_{BT}) تساوي وزن الكتاب)، ويُؤثِّر سطح الطاولة بقوة في الكتاب إلى أعلى (F_{TB}).

  الزوج الثاني: تُؤثِّر الأرض بقوة جذب في الكتاب إلى أسفل (وزن الكتاب F_{EB})، ويُؤثِّر الكتاب بقوة جذب في الأرض إلى أعلى (F_{BE}).
  - ماذا يُسمّى زوجا التأثير المتبادل أيضًا؟

  يُسمَّيان فعلًا ورد فعل.
  - حسب مُخطَّط الجسم الحر؛ هل يُؤثِّر الفعل ورد الفعل في الجسم نفسه؟

  لا، يُؤثِّر الفعل في جسم، ويُؤثِّر رد الفعل في جسم آخر مختلف.
  - ما العلاقة بين الفعل ورد الفعل؟

  متساويان في المقدار، ومُتعاكِسان في الاتجاه.
  - بما أنَّ الفعل ورد الفعل متساويان في المقدار ومُتعاكِسان في الاتجاه، فهل تكون محصلتهما صفرًا؟

  لا.
  - لماذا؟

  لأنَّ الفعل يُؤثِّر في جسم، ويُؤثِّر رد الفعل في جسم آخر، فلا تُحسَب محصلتهما.
- أطلب إلى كل مجموعة عرض إجاباتها أمام المجموعات الأُخرى.
- أديرُ نقاشًا بين أفراد المجموعات للتوصُّل إلى الإجابة الصحيحة، وتصحيح المفاهيم غير الصحيحة.

بناء المفهوم:

زوجا التأثير المتبادل.

- أرسم على اللوح طاولة، ثم أرسم كرة فوقها.
- أطلب إلى كل طالب/ طالبة رسم مُخطَّط الجسم الحر للكرة، ثم رسم مُخطَّط الجسم الحر للطاولة.
- ألفت انتباه الطلبة إلى أنَّ الكرة في رسوماتهم يجب أنْ يُؤثِّر فيها أحد زوجي التأثير المتبادل، في حين يُؤثِّر الزوج الآخر في الطاولة؛ أيْ أنَّ الفعل ورد الفعل لا يُؤثِّران في الجسم نفسه.

المناقشة:

- أطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

– أيُّهما ينشأ أولًا: الفعل أم رد الفعل؟

ينشأ الفعل ورد الفعل معًا، ويختفيان معًا.

– ما المقصود بأنَّ الفعل ورد الفعل متجانسان؟

يُقصَد بذلك أنَّ لهما الطبيعة نفسها.

– إذا كان الفعل قوة كهربائية؛ فهل يُمكِن أنْ يكون رد الفعل قوة مغناطيسية؟

لا.

– لماذا؟

لأنَّ الفعل ورد الفعل متجانسان.

أوجِّه الطلبة إلى تصميم عرض تفاعلي يوضح قوّتي الفعل ورد الفعل، باستخدام برنامج السكراتش (Scratch) ثم أوجِّههم إلى مشاركته أو عرضه أمام زملائهم/ زميلاتهم في الصف.

أتحقَّق:

لا؛ لأنَّ قوتي الفعل ورد الفعل تُؤثِّران في جسمين مختلفين، ولا تُؤثِّران في الجسم نفسه؛ لذا لا تُحسَب محصلتها، وإنَّما تُحسَب القوة المحصلة للقوى عندما تُؤثِّر في الجسم نفسه.

تُمثِّلُ هاتانِ القُوَّتانِ زوجَي التأثيرِ المُتبادَلِ (الفعلُ، وردُّ الفعلِ)؛ إذْ تُؤثِّرانِ في جسميْنِ مختلفيْنِ، وتنشأانِ معًا، وتختفيانِ معًا. وبالمثلِ، تُؤثِّرُ الأرضُ بقُوَّةِ جذبٍ في الكتابِ إلى أسفلَ ($\boldsymbol{F}_{EB}$)، ويُؤثِّرُ الكتابُ بقُوَّةِ جذبٍ في الأرضِ إلى أعلى ($\boldsymbol{F}_{BE}$). وهاتانِ القُوَّتانِ تُمثِّلانِ أيضًا زوجَيِ التأثيرِ المُتبادَلِ.

وفي المقابلِ، لا تُمثِّلُ القُوَّةُ ($\boldsymbol{F}_{TB}$) والقُوَّةُ ($\boldsymbol{F}_{EB}$) زوجَيْ تأثيرٍ مُتبادَلٍ، بالرغمِ منْ أنَّهُما -في هذا المثالِ- متساويتانِ في المقدارِ، ومتعاكستانِ في الاتجاهِ؛ لأنَّهُما تُؤثِّرانِ في الجسمِ نفسِهِ. وكذلكَ في حالِ افتراضِ عدمِ وجودِ الطاولةِ، فإنَّ القُوَّةَ ($\boldsymbol{F}_{TB}$) فقطْ تختفي، وتظلُّ القُوَّةُ ($\boldsymbol{F}_{EB}$) موجودةً؛ فلوْ كانتا فعلًا وردَّ فعلٍ لوجبَ أنْ تختفيا معًا. فمثلًا، إذا أثَّرَتْ قُوَّةٌ خارجيةٌ في الكتابِ رأسيًّا إلى أسفلَ فإنَّ مقدارَ القُوَّةِ ($\boldsymbol{F}_{TB}$) يكونُ أكبرَ منْ مقدارِ القُوَّةِ ($\boldsymbol{F}_{EB}$).

يُلاحَظُ منَ الأمثلةِ السابقةِ أنَّ الفعلَ وردَّ الفعلِ مُتجانِسانِ؛ أيْ أنَّ لهُما الطبيعةَ نفسَها. فإذا كانَ الفعلُ قُوَّةَ جذبٍ كانَ ردُّ الفعلِ أيضًا قُوَّةَ جذبٍ، وإذا كانَ الفعلُ قُوَّةً كهربائيةً كانَ ردُّ الفعلِ أيضًا قُوَّةً كهربائيةً، وهكذا. وبالمثلِ، إذا كانَ الفعلُ قُوَّةَ تلامُسٍ أوْ قُوَّةَ مجالٍ كانَ ردُّ الفعلِ أيضًا قُوَّةَ تلامُسٍ أوْ قُوَّةَ مجالٍ.

أصمِّمُ باستخدامِ برنامجِ السكراتشِ (Scratch) عرضًا يوضحُ الفعلَ وردَّ الفعلِ، ثمَّ أشاركهُ زملائي/ زميلاتي في الصفِّ.

أتحقَّقُ: هلْ يُمكِنُ إيجادُ محصلةِ قُوَّةِ الفعلِ وقُوَّةِ ردِّ الفعلِ؟ أُفسِّرُ إجابتي.

إضاءة للمُعلِّم / للمعلِّمة

لتطبيق القانون الثالث لنيوتن؛ يجب أنْ يوجد تفاعل متبادل بين جسمين، خلافًا للقانونين الأول والثاني لنيوتن اللذين يُطبَّقان على جسم منفرد؛ لذا لا يُمكِن تطبيق القانون الثالث لنيوتن على جسم منفرد.

مراجعة الدرس

1. الفكرةُ الرئيسةُ: علامَ يعتمدُ تسارُعُ أيِّ جسمٍ؟ هلْ يُمكِنُ أنْ توجدَ قوّةٌ منفردةٌ في الطبيعةِ؟

2. أُصنِّفُ: لكلِّ زوجٍ ممّا يأتي، أُحدِّدُ أيُّهُما قصورُهُ الذاتيُّ أكبرُ:

أ . سيارةٌ صغيرةٌ، وشاحنةٌ.

ب . كرةُ قدمٍ، وكرةُ تنسِ طاولةٍ.

جـ . كرةُ تنسٍ، وحجرٌ لهُما الكتلةُ نفسُها.

3. أستخدمُ المُتغيِّراتِ: دفعَ زيدٌ عربةَ تسوُّقٍ كتلتُها (40 kg)، فتسارعَتْ بمقدارِ ($2\ m/s^2$) جهةَ اليمينِ على أرضٍ أفقيةٍ ملساءَ:

أ . أحسُبُ مقدارَ القُوَّةِ المحصلةِ المُؤثِّرةِ في العربةِ، ثمَّ أُحدِّدُ اتجاهَها.

ب. أجِدُ تسارُعَ عربةٍ ثانيةٍ كتلتُها (60 kg)، وقدْ أثَّرَتْ فيها القُوَّةُ المحصلةُ السابقةُ نفسُها.

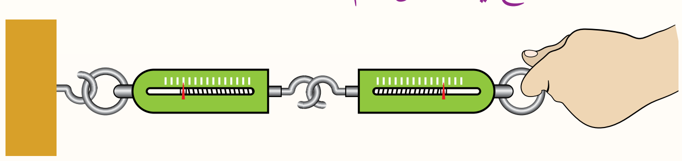
جـ. أجِدُ مقدارَ القُوَّةِ المحصلةِ التي يَلزمُ تأثيرُها في العربةِ الثانيةِ لإكسابِها نفسَ تسارُعِ العربةِ الأولى.

د . أقارنُ بينَ مقدارَيِ القُوَّةِ المحصلةِ في الفرعِ (أ)، والفرعِ (جـ). ماذا أستنتجُ؟

4. التفكيرُ الابتكاريُّ: أُفكِّرُ في تجربةٍ أُثبِتُ فيها أنَّ قوَّةَ الفعلِ وقوَّةَ ردِّ الفعلِ متساويتانِ في المقدارِ، ومتعاكستانِ في الاتجاهِ.

101

4 • أثبِّت ميزانًا نابضيًّا كما هو مُوضَّح في الشكل، ثم أعلِّق خُطّافه بخُطّاف ميزان آخر.



• أسحب الميزان الثاني بقوة أفقية جهة اليمين مثلًا، فيُؤثِّر الميزان الأول بقوةٍ جهة اليسار، مُلاحِظًا قراءتي الميزانين.

• أغيّر مقدار قوة سحبي للميزان الثاني، مُلاحِظًا -في أثناء ذلك- قراءة الميزان الأول. سأجد أنَّهما متساويتان في جميع الحالات.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **المهارات الحياتية: الابتكار.**

أُخبِر الطلبة أنَّ الابتكار يتجاوز أساسًا كل ما هو تقليدي، وأنَّه يوجِد وسائل جديدة للوصول إلى النتائج المنشودة.

إجابات أسئلة مراجعة الدرس

1 يتناسب تسارع أيِّ جسم طرديًّا مع القوة المحصلة المُؤثِّرة فيه، ويتناسب عكسيًّا مع كتلته. وتوجد القوى في الطبيعة في صورة أزواج، ولا يُمكِن أنْ توجد قوة منفردة.

2 أ . القصور الذاتي للشاحنة أكبر.

ب. القصور الذاتي لكرة القدم أكبر.

جـ. لهما القصور الذاتي نفسه.

3 أ.

$$\sum F = ma = 40 \times 2 = 80\ \text{N}$$
$$\sum \boldsymbol{F} = 80\ \text{N}, +x$$

ب.

$$a = \frac{\sum F}{m} = \frac{80}{60} = \frac{4}{3}\ \text{m/s}^2$$
$$\boldsymbol{a} = \frac{4}{3}\ \text{m/s}^2, +x$$

جـ.

$$\sum F = ma = 60 \times 2 = 120\ \text{N}$$
$$\sum \boldsymbol{F} = 120\ \text{N}, +x$$

د . مقدار القوة المحصلة في الفرع (جـ) أكبر منه في الفرع (أ)؛ فكلَّما زادت كتلة الجسم زادت القوة اللازمة لإكسابه تسارعًا معينًا.

الإثراء والتوسُّع

الفيزياء والحياة

الهدف:

- تعرُّف مبدأ عمل حزام الأمان.
- استنتاج أهمية ربط حزام الأمان.

الإجراءات والتوجيهات:

- أوزِّع الطلبة إلى مجموعات، ثم أطلب إلى أفراد كل مجموعة قراءة فقرة (الإثراء والتوسُّع)، ثم مناقشتها في ما بينهم.
- أطرح على أفراد المجموعات الأسئلة الآتية:

– لماذا يُستخدَم حزام الأمان في السيارة؟

لحماية السائق والركّاب، والحدِّ من تعرُّضهم للإصابات الخطرة في حال التوقُّف المفاجئ، أو وقوع حادث.

– علامَ يعتمد مبدأ عمل حزام الامان؟

يعتمد على القصور الذاتي.

– ما المقصود بالقصور الذاتي؟

ممانعة الجسم لأيِّ تغيير في حالته الحركية.

– هل تستخدمون حزام الأمان عندما تركبون سيارة؟

ستتنوَّع إجابات الطلبة، وتتعدَّد.

– هل ستستخدمون حزام الأمان بعد أنْ تعرَّفتم مزاياه وأهميته؟

ستتنوَّع إجابات الطلبة، وتتعدَّد.

إجابة مُحتمَلة:

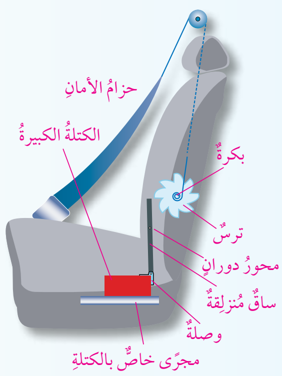
نعم.

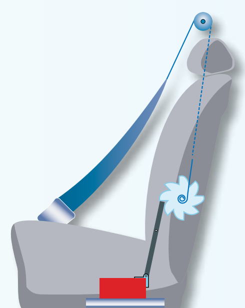
الإثراء والتوسعُ

الفيزياءُ والحياةُ

تُستخدَمُ أحزمةُ الأمانِ في السيارةِ لحمايةِ السائقِ والرُّكّابِ، والحدِّ منْ تعرُّضِهِمْ للإصاباتِ الخطرةِ في حالِ التوقُّفِ المُفاجِئِ، أوِ التناقُصِ الكبيرِ في سرعةِ السيارةِ، أوْ تغييرِ اتجاهِها عندَ المنعطفاتِ؛ إذْ يعملُ حزامُ الأمانِ على تثبيتِ الشخصِ في كرسيِّهِ، ويَحولُ دونَ اندفاعِهِ إلى الأمامِ، مانعًا ارتطامَهُ بعجلةِ القيادةِ، أوِ الزجاجِ الأماميِّ؛ فالراكبُ في السيارةِ يكتسبُ سرعةَ السيارةِ نفسَها. وفي حالِ عدمِ استخدامِهِ حزامَ الأمانِ، فإنَّهُ يندفعُ إلى الأمامِ عندما تتباطأُ السيارةُ؛ نتيجةً لقصورِهِ الذاتيِّ.

يعتمدُ مبدأُ عملِ حزامِ الأمانِ على القصورِ الذاتيِّ أيضًا. ويُوضِّحُ الشكلُ المجاورُ أحدَ أنواعِ أحزمةِ الأمانِ؛ ففي الأحوالِ العاديةِ، يدورُ الترسُ بحريةٍ في الاتجاهيْنِ حولَ البكرةِ المُزوَّدةِ بنابضٍ؛ ما يسمحُ بحركةِ الحزامِ، ثمَّ بحريةِ الحركةِ للشخصِ. وفي حالِ حدثَ تغيُّرٌ مُفاجِئٌ في السرعةِ المُتَّجِهةِ للسيارةِ (وقوعُ حادثٍ مثلًا)، فإنَّ السيارةَ تتباطأُ بصورةٍ كبيرةٍ؛ ما يُسبِّبُ اندفاعَ كتلةٍ كبيرةٍ موجودةٍ أسفلَ الكرسيِّ إلى الأمامِ خلالَ مجرًى خاصٍّ لها؛ بسببِ قصورِها الذاتيِّ؛ ما يؤدي إلى دورانِ الساقِ الفلزيةِ حولَ محورِها، ثمَّ تثبيتِ أسنانِ الترسِ، ومنعِ دورانِهِ، وهوَ ما يؤدي إلى تثبيتِ حزامِ الأمانِ، ثمَّ تثبيتِ السائقِ في مكانِهِ.





الساقُ الفلزيةُ تمنعُ دورانَ الترسِ، وتُثبِّتُ حزامَ الأمانِ عندَ وقوعِ حادثٍ، أوْ عندَ تباطُؤِ السيارةِ بصورةٍ كبيرةٍ.

أبحث مستعينًا بمصادرِ المعرفةِ المناسبةِ، أبحثُ عنْ مزايا استخدام حزام الأمانِ، ومخاطرِ عدمِ الالتزامِ بهِ في أثناءِ سيرِ المركبةِ، ثمَّ أكتبُ تقريرًا عنْ ذلكَ، ثمَّ أقرأُهُ أمامَ زملائي/ زميلاتي في غرفةِ الصفِّ.

أبحث

- أوزِّع الطلبة إلى (3) مجموعات، وأطلب إلى أفراد كل مجموعة البحث في مصادر المعرفة المُتاحة لاستقصاء إحدى المهام الآتية:
- مزايا حزام الأمان، ومنها:

منع ارتطام جسم السائق بعجلة القيادة، أو ارتطامه وجسم الراكب الذي بجانبه بالأجزاء الأمامية من غرفة السيارة، أو اندفاعهما خارج السيارة، . . . .

- عيوب حزام الأمان، ومنها:

إصابة الرقبة، وأجزاء المعدة، والقفص الصدري، والكتفين، وبخاصة عند استعمال حزام الأمان بصورة غير صحيحة، . . . .

- الطرائق الصحيحة لاستعمال حزام الأمان، ومنها:

مراعاة أنْ يكون الجزء العلوي من الحزام بعيدًا عن الرقبة، وقريبًا من منتصف القفص الصدري، وعدم وضعه خلف الظهر أو وراء الكتف مباشرة، وأنْ يكون الجزء السفلي منه أسفل البطن.

- أطلب إلى كل مجموعة عرض تقاريرها أمام المجموعات الأخرى.
- أُنظِّم نقاشًا بين أفراد المجموعات للتوصّل إلى إجابات موحّدة حول مزايا حزام الأمان وعيوبه والطرائق الصحيحة لاستعمالها.

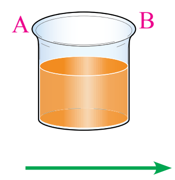
مراجعةُ الوحدةِ

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

1. تتحرَّكُ سيارةٌ على طريقٍ أفقيٍّ مستقيمٍ بسرعةٍ مُتَّجِهةٍ ثابتةٍ مقدارُها (90 km /h) شمالًا. القُوَّةُ المحصلةُ المُؤثِّرةُ في السيارةِ، هيَ:
   - أ . في اتجاهِ الشمالِ.
   - ب . في اتجاهِ الجنوبِ.
   - جـ. صفرٌ.
   - د . في اتجاهِ الشرقِ.

2. إحدى الحالاتِ الآتيةِ تتطلَّبُ تأثيرَ قُوَّةٍ محصلةٍ أكبرَ:
   - أ . إكسابُ جسمٍ كتلتُهُ (2 kg) تسارُعًا مقدارُهُ ($5\ m/s^2$).
   - ب . إكسابُ جسمٍ كتلتُهُ (4 kg) تسارُعًا مقدارُهُ ($3\ m/s^2$).
   - جـ. إكسابُ جسمٍ كتلتُهُ (6 kg) تسارُعًا مقدارُهُ ($1.5\ m/s^2$).
   - د . إكسابُ جسمٍ كتلتُهُ (8 kg) تسارُعًا مقدارُهُ ($1\ m/s^2$).

3. تجلسُ فرحُ في سيارةٍ تتحرَّكُ على طريقٍ أفقيٍّ بسرعةٍ مُتَّجِهةٍ ثابتةٍ في اتجاهِ المحورِ ($+x$)، وتُمسِكُ بيدِها كوبًا فيهِ عصيرٌ، أنظرُ الشكلَ المجاورَ. إذا ضغطَ السائقُ فجأةً على المكابحِ:



   - أ . فإنَّ العصيرَ ينسكبُ مِنَ الجهةِ (A).
   - ب . فإنَّ سطحَ العصيرِ في الكوبِ يبقى مستويًا.
   - جـ. فإنَّ العصيرَ ينسكبُ مِنَ الجهةِ (B).
   - د . فلا يُمكِنُ تحديدُ جهةِ انسكابِ العصيرِ.

4. تُسمّى ممانعةُ الجسمِ لأيِّ تغييرٍ في حالتِهِ الحركيةِ:
   - أ . السرعةَ المُتَّجِهةَ.
   - ب . القُوَّةَ المحصلةَ.
   - جـ. القانونَ الثالثَ لنيوتن.
   - د . القصورَ الذاتيَّ.

5. عندَ نقصانِ مقدارِ القُوَّةِ المحصلةِ المُؤثِّرةِ في جسمٍ إلى النصفِ، معَ ثباتِ كتلتِهِ، فإنَّ مقدارَ تسارُعِهِ:
   - أ . يتضاعفُ مرَّتيْنِ.
   - ب . يتضاعفُ أربعَ مرّاتٍ.
   - جـ. يقلُّ بمقدارِ النصفِ.
   - د . لا توجدُ علاقةٌ بينَهُما.

6. عندما تدفعُ جدارًا بقُوَّةٍ معينةٍ، فإنَّ الجدارَ يدفعُكَ بقُوَّةٍ معاكسةٍ في الاتجاهِ، مقدارُها يساوي:
   - أ . مثليْ مقدارِ قُوَّتِكَ.
   - ب . مقدارَ قُوَّتِكَ.
   - جـ. نصفَ مقدارِ قُوَّتِكَ.
   - د . صفرًا.

مراجعة الوحدة

1
1- جـ. صفر.

2- ب . إكساب جسم كتلته (4 kg) تسارعًا مقداره ($3\ m/s^2$).

3- جـ. فإنَّ العصير ينسكب من الجهة (B).

4- د . القصور الذاتي.

5- جـ. يقل بمقدار النصف.

6- ب. مقدار قوتك.

7- ب. القصور الذاتي للسائق.

8- د . مقدار السرعة، والشكل، واتجاه الحركة.

9- جـ . N.

10-د . في اتجاه القوة المحصلة.

11-جـ. مقاومته لأيِّ تغيير في حركته.

12-ب. (B).

مراجعةُ الوحدةِ

7. تتحرَّكُ سيارةٌ بسرعةٍ مُتَّجِهةٍ ثابتةٍ على طريقٍ أفقيٍّ. وفجأةً، توقَّفَتِ السيارةُ، فاندفعَ سائقُها إلى الأمامِ. يُعْزى سببُ اندفاعِ السائقِ إلى:

أ . تأثيرِ قُوَّةٍ فيهِ باتجاهِ الحركةِ نفسِها.
ب . القصورِ الذاتيِّ للسائقِ.
جـ . القانونِ الثالثِ لنيوتن.
د . تأثيرِ قُوَّةٍ فيهِ عموديةٍ على اتجاهِ الحركةِ.

8. منْ خصائصِ الجسمِ التي قدْ تتغيَّرُ عندَ تأثيرِ قُوَّةٍ محصلةٍ فيهِ:

أ . مقدارُ السرعةِ، والكتلةُ، واتجاهُ الحركةِ.
ب . الشكلُ، والكتلةُ، ومقدارُ السرعةِ.
جـ . مقدارُ السرعةِ، والشكلُ، والكثافةُ.
د . مقدارُ السرعةِ، والشكلُ، واتجاهُ الحركةِ.

9. وحدةُ قياسِ القُوَّةِ، هيَ:

أ . kg.
ب . N.s.
جـ . N.
د . m/s^2.

10. بحسبِ القانونِ الثاني لنيوتن، يكونُ اتجاهُ التسارُعِ دائمًا:

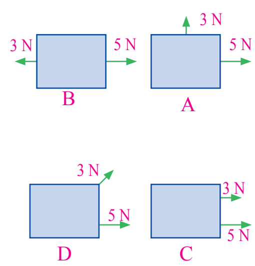
أ . في اتجاهِ الإزاحةِ.
ب . في اتجاهِ السرعةِ المُتَّجِهةِ الابتدائيةِ.
جـ . في اتجاهِ السرعةِ المُتَّجِهةِ النهائيةِ.
د . في اتجاهِ القُوَّةِ المحصلةِ.

11. القصورُ الذاتيُّ للجسمِ يُسبِّبُ:

أ . تسارُعَهُ. ب . تباطُؤَهُ.
جـ . مقاومتَهُ لأيِّ تغييرٍ في حركتِهِ. د . تغييرَ اتجاهِ حركتِهِ.

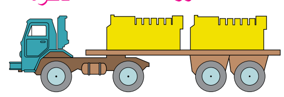
12. إذا كانَتْ كتلُ الأجسامِ المُوضَّحةُ في الشكلِ المجاورِ متساويةً، فإنَّ أقلَّها تسارُعًا منْ حيثُ المقدارُ، هوَ:

أ . (A). ب . (B).
جـ . (C). د . (D).



104

13. يُمثِّلُ الشكلُ المجاورُ شاحنةً في صورةِ قاطرةٍ ومقطورةٍ. إذا كانَتْ كتلةُ المقطورةِ (5) أضعافِ كتلةِ القاطرةِ، وكانَتِ القاطرةُ تتسارعُ على طريقٍ أفقيٍّ مستقيمٍ، فإنَّ القُوَّةَ التي تُؤثِّرُ بها المقطورةُ في القاطرةِ تساوي:



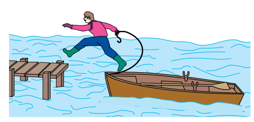
أ . (5) أضعافِ القُوَّةِ التي تُؤثِّرُ بها القاطرةُ في المقطورةِ.
ب . ($\frac{1}{5}$) القُوَّةِ التي تُؤثِّرُ بها القاطرةُ في المقطورةِ.
جـ . (10) أضعافِ القُوَّةِ التي تُؤثِّرُ بها القاطرةُ في المقطورةِ.
د . القُوَّةَ التي تُؤثِّرُ بها القاطرةُ في المقطورةِ.

2. **أفسِّرُ:** عندَ النظرِ إلى سبّاحٍ في بركةِ السباحةِ يُلاحَظُ أنَّهُ يدفعُ الماءَ إلى الخلفِ. أُفسِّرُ سببَ فعلِهِ ذلكَ.

3. **أستنتجُ:** إذا كانَ تسارُعُ جسمٍ ما صفرًا، فهلْ يعني ذلكَ عدمَ وجودِ قوًى تُؤثِّرُ فيهِ؟ أُفسِّرُ إجابتي.

4. **التفكيرُ الناقدُ:** علامَ يعتمدُ تسارُعُ أيِّ جسمٍ؟ هلْ تُؤثِّرُ السرعةُ في تسارُعِ الجسمِ؟ أبَرِّرُ إجابتي.

5. لكيْ تسيرَ رؤى على الأرضِ؛ فإنَّها تدفعُ الأرضَ بِقُوَّةٍ إلى الخلفِ، فتدفعُها الأرضُ بِقُوَّةٍ إلى الأمامِ. لماذا لا يظهرُ أثرُ دفعِ رؤى في الأرضِ؟



6. **أفسِّرُ:** يُمثِّلُ الشكلُ المجاورُ شخصًا يقفزُ منْ قاربٍ نحوَ الرصيفِ. لماذا يندفعُ القاربُ إلى الخلفِ في أثناءِ ذلكَ؟

7. إذا كانَتِ القُوَّةُ المحصلةُ المُؤثِّرةُ في جسمٍ صفرًا، فهلْ يُمكِنُ أنْ يكونَ الجسمُ مُتحرِّكًا؟ أُفسِّرُ إجابتي.

8. أُحدِّدُ زوجَيِ التأثيرِ المُتبادَلِ في كلِّ حالةٍ ممّا يأتي:
أ . حارسُ مرمى يُمسِكُ كرةَ قدمٍ مُتَّجِهةً نحوَهُ.
ب. عدّاءةٌ تركضُ على أرضيةِ مضمارِ سباقٍ.
جـ. اصطدامُ كرةٍ بجدارٍ.
د . إطلاقُ مكوكٍ فضائيٍّ منْ على سطحِ الأرضِ.

13- د . القوة التي تُؤثِّر بها القاطرة في المقطورة.

إضاءة للمُعلِّم / للمعلِّمة

بحسب القانون الثالث لنيوتن، فإنَّ القوة التي تُؤثِّر بها القاطرة في المقطورة تكون دائمًا مُساوِية في المقدار للقوة التي تُؤثِّر بها المقطورة في القاطرة، ومُعاكِسة لها في الاتجاه؛ سواء كانت القاطرة مُتحرِّكة بسرعة ثابتة، أو بتسارع. ويساعد رسم مُخطَّط الجسم الحر على استنتاج ذلك (أنظر السؤال 9).

أمّا القوة المحصلة المُؤثِّرة في المقطورة فتساوي (5) أضعاف القوة المحصلة المُؤثِّرة في القاطرة؛ لأنَّ كتلة المقطورة تساوي (5) أضعاف كتلة القاطرة، وهما تتحرَّكان معًا بالتسارع نفسه.

2 يدفع السبّاح بيديه الماء بقوة إلى الخلف (فعل)، فيدفعه الماء بقوة مُساوِية إلى الأمام (رد فعل).

3 لا، إذا كان تسارع جسم صفرًا؛ فإنَّ القوة المحصلة المُؤثِّرة فيه تكون صفرًا. وهذا يعني احتمال عدم وجود قوى تُؤثِّر في الجسم، أو وجود قوى تُؤثِّر فيه، ولكنَّ محصلتها صفر.

4 يعتمد تسارع أيِّ جسم على القوة المحصلة المُؤثِّرة فيه، وعلى كتلته. لا، لا تُؤثِّر السرعة في تسارع الجسم، وإنَّما تسارع الجسم هو الذي يؤدي إلى تغيُّر سرعته.

5 لأنَّ كتلة الأرض كبيرة جدًّا مقارنةً بكتلة رؤى. وبحسب القانون الثاني لنيوتن، يتناسب تسارع الأرض عكسيًّا مع كتلتها؛ فيكون تأثير قوة دفع رؤى فيها مُهمَلًا.

6 لأنَّ الشخص يُؤثِّر بقوة دفع في القارب إلى الخلف (فعل)، فيُؤثِّر القارب بقوة دفع في الشخص إلى الأمام (رد فعل)، ويُسهِّل وجود القارب على سطح الماء حركته (القارب) إلى الخلف.

7 نعم؛ فحسبَ القانون الأول لنيوتن، قد يكون الجسم مُتحرِّكًا بسرعة متجهة ثابتة، وقد يكون ساكنًا.

8 أ. تُؤثِّر الكرة بقوة في الحارس في اتجاه حركتها (فعل)، ويُؤثِّر الحارس في الكرة بقوة مُساوِية في المقدار، ومُعاكِسة لاتجاه حركتها (رد فعل).

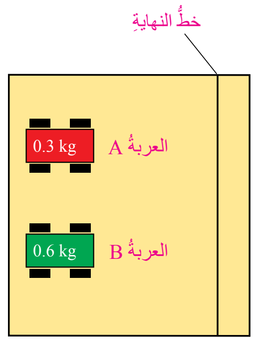
ب. تدفع العدّاءة أرضية المضمار بقوة إلى الخلف (فعل)، فيدفعها المضمار بقوة مُساوِية في المقدار إلى الأمام (رد فعل).

جـ. تُؤثِّر الكرة بقوة في الجدار في اتجاه حركتها (فعل)، ويُؤثِّر الجدار في الكرة بقوة مُساوِية في المقدار، ومُعاكِسة لاتجاه حركتها (رد فعل).

د. تُؤثِّر مُحرِّكات المكوك بقوة دفع في الغازات الناتجة من احتراق الوقود إلى أسفل (فعل)، فتدفع الغازات المكوك بقوة مُساوِية في المقدار إلى أعلى (رد فعل).

9. **التفكيرُ الناقدُ:** إذا كانَتْ قُوَّتا الفعلِ وردِّ الفعلِ متساويتيْنِ، فكيفَ يُفسَّرُ جَرُّ حصانٍ لعربةٍ؟

10. يُمثِّلُ الشكلُ المجاورُ منظرًا علويًّا لعربتيْنِ مختلفتيْنِ في الكتلةِ؛ (A)، وَ (B)، تستقرّانِ على سطحٍ أفقيٍّ. دُفِعَتِ العربتانِ منْ وضعِ السكونِ في اللحظةِ نفسِها في اتجاهِ المحورِ $(+x)$، ووصلَتا خطَّ النهايةِ في اللحظةِ نفسِها أيضًا. بناءً على ما سبقَ، أجيبُ عمّا يأتي:
   أ . أيُّ العربتيْنِ أثَّرَتْ فيها قُوَّةٌ محصلةٌ أكبرُ؟ أُفسِّرُ إجابتي.
   ب . ما العلاقةُ بينَ تسارُعَي العربتيْنِ؟ أُفسِّرُ إجابتي.



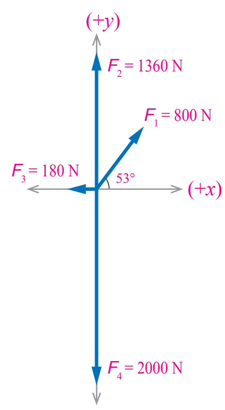
11. يُبيِّنُ الجدولُ المجاورُ قيمَ القُوَّةِ المحصلةِ، والتسارُعَ في اتجاهِ المحورِ (x) لكتلٍ مختلفةٍ. اعتمادًا على القانونِ الثاني لنيوتن، أُكمِلُ الفراغَ في الجدولِ بما هوَ مناسبٌ.

a (m/s²)	m (kg)	$\sum F$ (N)	الفقرة
2.5 +	500		A
	600	300	B
+2		2500	C
	800	-600	D

12. **أَحسُبُ:** تتحرَّكُ سيارةٌ كتلتُها (1000 kg) على طريقٍ أفقيٍّ مستقيمٍ بسرعةٍ مُتَّجِهةٍ ثابتةٍ مقدارُها (24 m /s) في اتجاهِ المحورِ $(+x)$. شاهدَ سائقُها ممرَّ مُشاةٍ أمامَهُ، فضغطَ على المكابحِ مُسبِّبًا تباطؤَ السيارةِ حتّى توقَّفَتْ بعدَ (4 s). أجِدُ:
   أ . تسارُعَ السيارةِ.
   ب . القُوَّةَ المحصلةَ التي أثَّرَتْ في السيارةِ.

13. أستخدمُ المتغيراتِ: قُوَّةٌ محصلةٌ مقدارُها (4 N)، أثَّرَتْ في الكتلةِ (m_1)، فأكسبَتْها تسارُعًا مقدارُهُ (8 m/s²)، وأثَّرَتْ في الكتلةِ (m_2)، فأكسبَتْها تسارُعًا مقدارُهُ (16 m/s²). أجِدُ التسارُعَ الذي تكتسِبُهُ هاتانِ الكتلتانِ عندَ ربطِهِما معًا، وتأثيرِ القُوَّةِ السابقةِ نفسِها فيهِما؟

14. أثَّرَتْ قوًى عِدَّةٌ مستويةٌ متلاقيةٌ في قاربٍ كتلتُهُ (200 kg)، في أثناءِ سحبِهِ بسفينةٍ. وكانَ مُخطَّطُ الجسمِ الحُرِّ لهذهِ القوى كما في الشكلِ المجاورِ. أجِدُ:
   أ . القُوَّةَ المحصلةَ المُؤثِّرةَ في القاربِ.
   ب . التسارُعَ الأفقيَّ والتسارُعَ الرأسيَّ للقاربِ.



9 عند رسم مُخطَّط الجسم الحر للحصان يُلاحَظ أنَّ سطح الأرض يدفع الحصان إلى الأمام (قوة رد فعل لدفعه سطح الأرض إلى الخلف)، وأنَّ العربة تسحب الحصان بقوة إلى الخلف (قوة رد فعل لسحب الحصان لها)؛ فتكون القوة المحصلة المؤثِّرة في الحصان مُساوية للفرق بين هاتين القوتين، وهي المسؤولة عن تحريك الحصان والعربة.

وعند رسم مُخطَّط الجسم الحر للعربة يُلاحَظ أنَّ الحصان يسحب العربة بقوة في اتجاه الحركة، وتُؤثِّر فيها نحو الخلف قوى تعيق حركتها.

10 أ . العربة (B)؛ لأنَّ كتلتها أكبر، ولأنَّ العربتين تحرَّكتا بالتسارع نفسه؛ لذا يجب أنْ تكون القوة المحصلة المؤثِّرة في العربة (B) أكبر.

ب. تسارعهما متساوٍ؛ لأنَّهما تحرَّكتا من السكون معًا، ووصلتا خط النهاية معًا (أيْ لهما السرعة النهائية نفسها).

11

a (m/s²)	m (kg)	$\sum F$ (N)	الفقرة
+ 2.5	500	1250	A
0.5	600	300	B
+2	1250	2500	C
$\frac{-3}{4}$	800	-600	D

12 أ.

$$v_2 = v_1 + at$$
$$0 = 24 + a \times 4$$
$$a = \frac{-24}{4} = -6\ \text{m/s}^2$$
$$\boldsymbol{a} = 6\ \text{m/s}^2,\ -x$$

ب.

$$\sum F_x = ma$$
$$= 1000 \times -6$$
$$= -6000\ \text{N}$$
$$\sum \boldsymbol{F}_x = 6000\ \text{N},\ -x$$

13

$$m = \frac{\sum F}{a}$$
$$m_1 = \frac{\sum F}{a_1} = \frac{4}{8} = 0.5\ \text{kg}$$
$$m_2 = \frac{\sum F}{a_2} = \frac{4}{16} = 0.25\ \text{kg}$$
$$\text{M} = m_1 + m_2 = 0.5 + 0.25 = 0.75\ \text{kg}$$
$$a = \frac{\sum F}{\text{M}} = \frac{4}{0.75} = \frac{16}{3}\ \text{m/s}^2$$

14 أ. يجب تحليل كل قوة إلى مُركَّبتيها لإيجاد القوة المحصلة على كلٍّ من: المحور الأفقي، والمحور العمودي.

بدايةً، يجب إيجاد محصلة المُركَّبات في اتجاه المحور (x):

$$\sum F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + F_{4x}$$
$$= F_1 \cos\theta_1 + F_2 \cos\theta_2 + F_3 \cos\theta_3 + F_4 \cos\theta_4$$
$$\sum F_x = 800 \cos 53^\circ + 1360 \cos 90^\circ - 180 \cos 0^\circ - 2000 \cos 90^\circ$$
$$= 800 \times 0.6 + 1360 \times 0 - 180 \times 1 - 2000 \times 0 = 480 - 180$$
$$= 300\ \text{N}$$
$$\sum \boldsymbol{F}_x = 300\ \text{N},\ +x$$

ثم إيجاد محصلة المُركَّبات في اتجاه المحور (y):

$$\sum F_y = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + F_{4y}$$
$$= F_1 \sin\theta_1 + F_2 \sin\theta_2 + F_3 \sin\theta_3 + F_4 \sin\theta_4$$
$$= 800 \sin 53^\circ + 1360 \sin 90^\circ + 180 \sin 0^\circ - 2000 \sin 90^\circ$$
$$= 800 \times 0.8 + 1360 \times 1 + 180 \times 0 - 2000 \times 1 = 640 + 1360 + 0 - 2000$$
$$= 0\ \text{N}$$

بناءً على ذلك، فإنَّ القوة المحصلة المؤثِّرة في القارب تكون في اتجاه المحور $(+x)$:

$$\sum \boldsymbol{F} = \sum \boldsymbol{F}_x = 300\ \text{N},\ +x$$

ب. التسارع الأفقي للقارب:

$$a_x = \frac{\sum F_x}{m} = \frac{300}{200} = 1.5\ \text{m/s}^2 \quad , \quad \boldsymbol{a}_x = 1.5\ \text{m/s}^2,\ +x$$

التسارع الرأسي للقارب:

$$a_y = \frac{\sum F_y}{m} = \frac{0}{200} = 0\ \text{m/s}^2$$

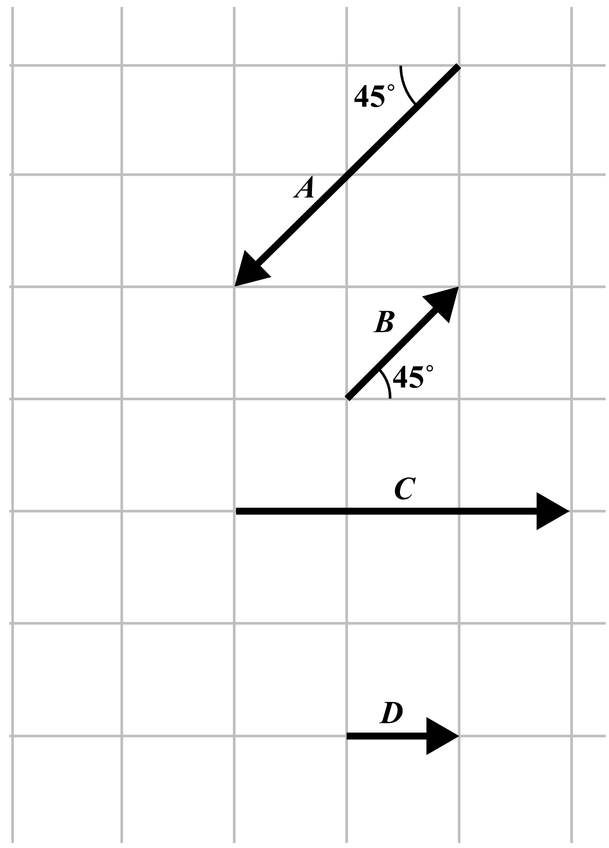
ملحق أوراق العمل

ورقة العمل (1)

الوحدة الأولى: المتجهات　　　　　　　　　　**الدرس الأول:** الكميات القياسية والكميات المتجهة

خصائص المتجهات:

يبين الشكل المجاور أربعة متجهات (A, B, C, D)، معتمدًا على الشكل أجيب عن الأسئلة الآتية:



أ . أعبّر عن المتجه (C) بدلالة المتجه (D).

ب. أعبّر عن المتجه (B) بدلالة المتجه (A).

جـ. إذا كان المتجه ($B = \sqrt{2u}$) والمتجه $C = 3u$، أحسب ناتج كل مما يأتي:

1) $B.C$

2) $|B \times B|$

3) $2|B \times C|$

4) $-1.5\ C$

إجابة ورقة العمل (1)

الوحدة الأولى: المتجهات **الدرس الأول**: الكميات القياسية والكميات المتجهة

خصائص المتجهات:

أ. $C = 3D$

ب. $(B = -\frac{1}{2}A)$

جـ.

1) $\mathbf{B.C} = BC \cos\theta = \sqrt{2} \times 3 \cos 45 = 3u$

2) $|\mathbf{B} \times \mathbf{B}| = 0$

3) $2\,|\mathbf{B} \times \mathbf{C}\,| = 2\,BC \sin\theta = 2 \times \sqrt{2} \times 3 \times \sin 45 = 6u$

4) $4.5u, -x$

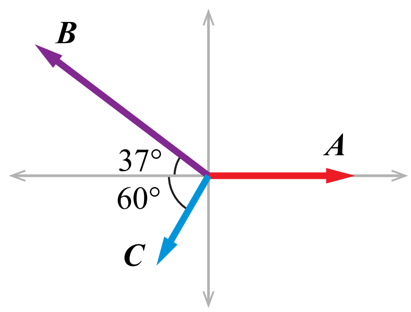
ورقة العمل (2)

الوحدة الأولى: المتجهات

الدرس الثاني: جمع المتجهات وطرحها

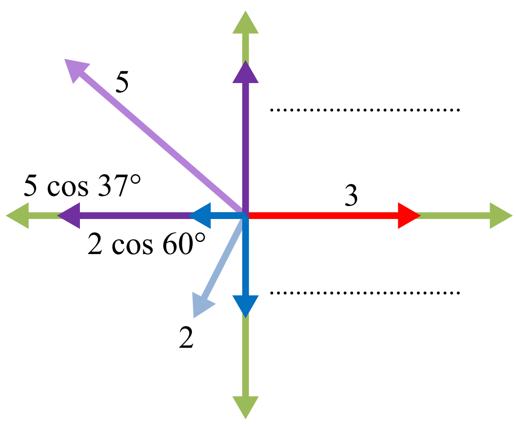
إيجاد المحصلة بطريقة التحليل:

ثلاثة متجهات (A, B, C) قيمها: $(3u, 5u, 2u)$ على الترتيب، كما في الشكل المجاور. أجد مقدار المحصلة واتجاهها بالطريقة التحليلية.



لإيجاد المحصلة أتبع الخطوات الآتية:

1. أرسم لكل متجه سهمًا يمثّل المركبة الأفقية وسهمًا يمثّل المركبة العمودية، وأكتب بمحاذاة كل سهم المقدار الذي تمثّله هذه المركبة. مع مراعاة أن المتجه المنطبق على المحور لا داعي لتحليله. ألاحظ الشكل المجاور، وأكتب في الفراغات المركبة المناسبة.



2. أجد مجموع المركبات على محور (x) مراعيًا أن المركبة المنطبقة على المحور الموجب إشارتها موجبة، والمركبات المنطبقة على المحور السالب إشارتها سالبة:

$R_x = 3 - 5\cos 37° - 2\cos 60°$

$R_x =$ ....

3. أجد مجموع المركبات على محور (y) مراعيا أن المركبة المنطبقة على المحور الموجب إشارتها موجبة، والمركبات المنطبقة على المحور السالب إشارتها سالبة:

$R_y =$ ....

$R_y =$ ....

4. أحسب مقدار المحصلة مستخدمًا العلاقة:

$R = \sqrt{(R_x^2 + R_y^2)}$

$R =$ ....

5. أرسم شكلًا يوضّح الربع الذي تقع فيه المحصلة، ثم أحدد اتجاهها باستخدام العلاقة:

$\alpha = \tan^{-1}\left|\frac{R_y}{R_x}\right|$

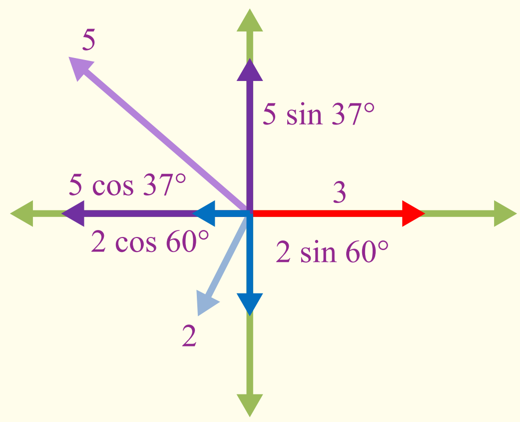
إجابة ورقة العمل (2)

الوحدة الأولى: المتجهات

الدرس الثاني: جمع المتجهات وطرحها

إيجاد المحصلة بطريقة التحليل:

.1



.2

$$R_x = 3 - 5 \cos 37° - 2 \cos 60°$$
$$R_x = 3 - 5 \times 0.8 - 2 \times 0.5 = -2\ u$$

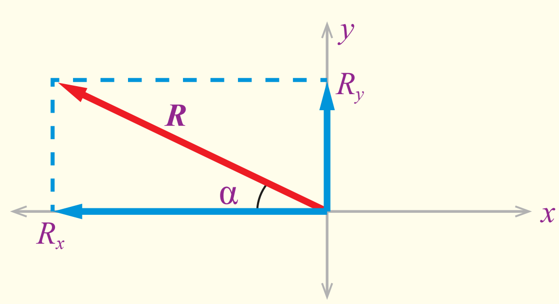
.3

$$R_y = 5 \sin 37° - 2 \sin 60°$$
$$R_y = 5 \times 0.6 - 2 \times 0.87 = 1.26\ u$$

.4

$$R = \sqrt{(R_x^2 + R_y^2)}$$
$$\mathrm{R} = \sqrt{(-2)^2 + (1.26)^2} = 2.36\ u$$

.5



$$\alpha = \tan^{-1} \left|\frac{R_y}{R_x}\right| = \tan^{-1} \left|\frac{1.26}{-2}\right| = 32°$$

ورقة العمل (1)

الوحدة الثانية: الحركة　　　　**الدرس الأول**: الحركة في بعد واحد

السرعة المتوسطة والسرعة اللحظية:

1 . أكتب أمام كل عبارة مما يأتي المصطلح الذي تشير إليه العبارة.

أ . (................................) ناتج قسمة الإزاحة الكلية التي أحدثها الجسم المتحرك على زمن الحركة الكلي.

ب. (................................) ناتج قسمة طول المسار الفعلي الذي قطعه الجسم المتحرك على زمن الحركة الكلي.

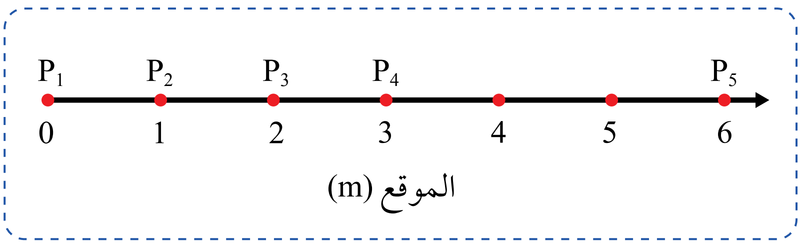
جـ. (................................) سرعة الجسم المتجهة عند لحظة زمنية محددة.

د . (................................) سرعة السيارة التي نحصل عليها عند النظر إلى عداد السرعة في السيارة عند لحظة معينة.

2 . يوضح الشكل التالي مراحل حركة جسم في بعد واحد خلال فترات زمنية مختلفة؛ يبينها الجدول التالي.

مراحل الحركة	(P_1) إلى (P_2)	(P_2) إلى (P_3)	(P_3) إلى (P_4)	(P_4) إلى (P_5)
زمن المرحلة	2 s	1 s	2 s	1 s

معتمدًا على الشكل والجدول، أجب عن الأسئلة التي تليه:



أ . أجد الإزاحة الكلية للجسم خلال مراحل الحركة جميعها.

ب. أجد السرعة المتجهة المتوسطة خلال الحركة من (P_1) إلى (P_2).

جـ. أجد السرعة المتجهة المتوسطة خلال الحركة من (P_1)إلى (P_4).

د . أجد السرعة القياسية المتوسطة خلال الحركة الكلية من (P_1) إلى (P_5).

هـ. أجد السرعة المتجهة المتوسطة خلال الحركة الكلية من (P_1) إلى (P_5).

إجابة ورقة العمل (1)

الوحدة الثانية: الحركة

الدرس الأول: الحركة في بعد واحد

السرعة المتوسطة والسرعة اللحظية:

السؤال الأول:

أ . السرعة المتجهة المتوسطة.

ب. السرعة القياسية المتوسطة.

جـ. السرعة المتجهة اللحظية.

د . السرعة القياسية اللحظية.

السؤال الثاني:

أ . الإزاحة الكلية:

$$x_{tot} = (x_2 - x_1) + (x_3 - x_2) + (x_4 - x_3) = -1 - 1 + 3 + 3 = 4 \text{ m}, (+x)$$

ب. السرعة المتجهة المتوسطة، من (P_1) إلى (P_2).

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_4 - x_1}{\Delta t} = \frac{1 - 2}{2} = -0.5 \text{ m/s}, (-x)$$

جـ. السرعة المتجهة المتوسطة، من (P_1) إلى (P_4).

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \text{(x\_4-x\_1)/}\Delta\text{t} = (3-2)/(2+1+2) = 0.2 \text{ m/s}, (+x)$$

د . السرعة القياسية المتوسطة خلال الحركة الكلية من (P_1) إلى (P_5).

$$\overline{v} = \frac{S}{\Delta t} = \frac{1+1+3+3}{2+1+2+1} = \frac{8}{6} = 1.33 \text{ m/s}$$

هـ. السرعة المتجهة المتوسطة خلال الحركة الكلية من (P_1) إلى (P_5).

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x5 - x1}{\Delta t} = \frac{6 - 2}{2+1+2+1} = \frac{4}{6} = 0.67 \text{ m/s}, (+x)$$

ورقة العمل (2)

الوحدة الثانية: الحركة

الدرس الثاني: الحركة في بعدين

أثر زاوية القذف في الزمن الكلي والمدى الأفقي:

1. عند رمي كرة من سطح الأرض بسرعة ابتدائية (10 m/s) باتجاه يصنع زاوية ($\theta°$)، ما مقدار المدى الأفقي للكرة؟ أكمل الجدول، بعد إجراء الحسابات الضرورية.

الزاوية ($\theta°$)	15°	30°	45°	60°	75°	90°
v_{ox}						
v_{oy}						
الزمن الكلي (T)						
المدى الأفقي (R)						

2. **أرسم أشكالًا تقريبية تمثّل مسارات الكرة للحالات الواردة في الجدول.**

الرسم:

إجابة ورقة العمل (2)

الوحدة الثانية: الحركة

الدرس الثاني: الحركة في بعدين

أثر زاوية القذف في الزمن الكلي والمدى الأفقي:

السؤال الأول:

الحسابات:

$v_{ox} = v_o \cos \theta$

$v_{oy} = v_o \sin \theta$

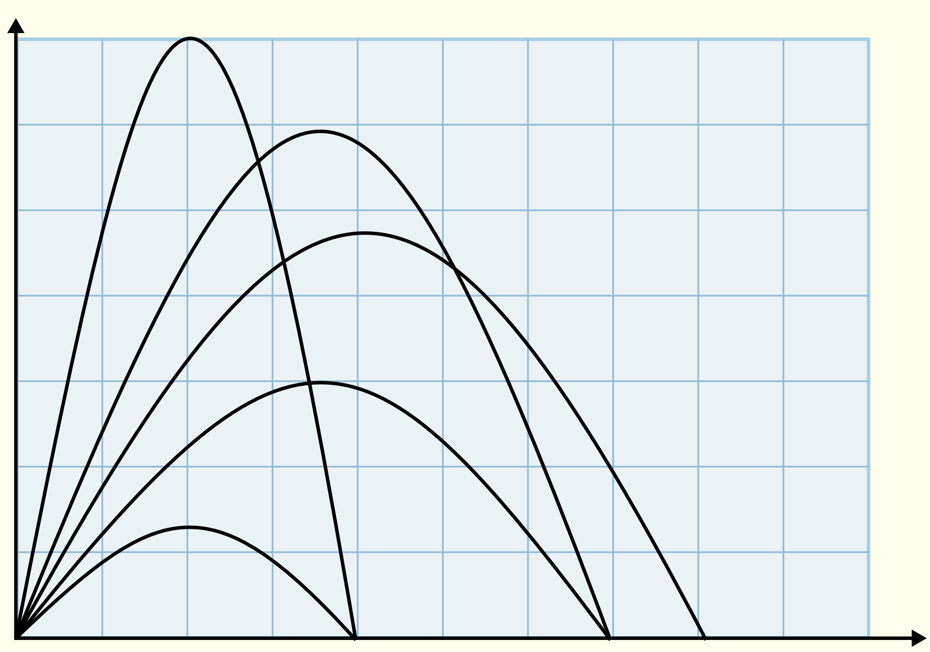
$v_y = v_{oy} - gt$

$t = \frac{v_{oy}}{g} \rightarrow T = 2t = \frac{2\, v_{oy}}{g}$

$R = Tv_{ox}$

الزاوية ($\theta°$)	15°	30°	45°	60°	75°	90°
v_{ox}	19.4	17.4	14.2	10	5.2	0.0
v_{oy}	5.2	10	14.2	17.4	19.4	20
الزمن الكلي (T)	1.0 s	2.0 s	2.9 s	3.55 s	3.96 s	4.1 s
المدى الأفقي (R)	19.4 m	34.8	41.2 m	355 m	20.6 m	0.0 m

السؤال الثاني:



ورقة العمل (1)

الوحدة الثالثة: القوى **الدرس الأول**: القانون الأول في الحركة لنيوتن

القصور الذاتي:

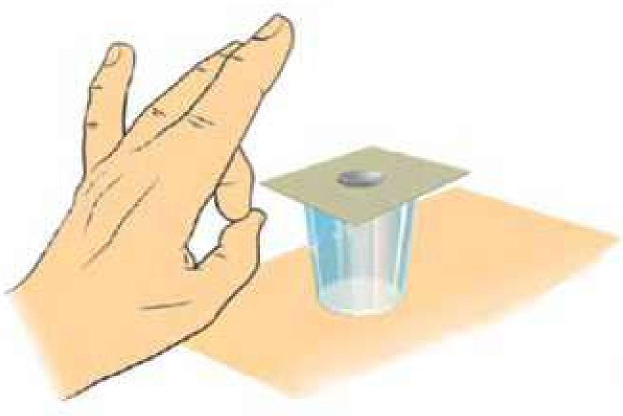
3. أكتب صواب أمام كل عبارة مما يأتي إذا كانت صحيحة، أو أُصحِّح الخطأ في العبارة إذا كانت خطأ.

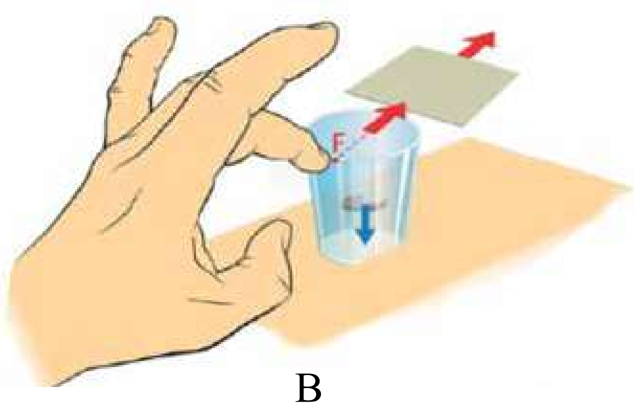
أ . ... الجسم الساكن أو المتحرّك بسرعة ثابتة في خط مستقيم يظل محافظًا على حالته الحركية ما لم تؤثّر فيه قوة خارجية تغيّر حالته الحركية.

ب. .... تُسمّى ممانعة الجسم لأي تغيير في حالته الحركية القصور الذاتي.

جـ. .... يتناسب القصور الذاتي لأي جسم تناسبًا عكسيًّا مع كتلته.

4. يوضّح الشكل أدناه قطعة كرتون ملساء موضوعة على فُوَّهة كأس زجاجية فارغة، ويوجد قطعة نقد معدنية عند منتصف قطعة الكرتون كما في الشكل (A). ويوضّح الشكل (B) ضرب قطعة الكرتون بطرف الإصبع بقوة أُفقيّة. أُجيب عمّا يأتي:


A


B

أ . ما الذي أُشاهده لكلّ من: قطعة الكرتون وقطعة النقد في الشكل (B)؟

ب. ما تفسير المشاهدات التي دوّنتها في الفرع السابق؟

إجابة ورقة العمل (1)

الوحدة الثالثة: القوى

الدرس الأول: القانون الأول في الحركة لنيوتن

القصور الذاتي:

3. **السؤال الأول:**

أ. الجسم الساكن أو المتحرّك بسرعة ثابتة في خط مستقيم يظل محافظًا على حالته الحركية ما لم تؤثّر فيه قوة خارجية محصلة تغيّر حالته الحركية.

ب. صواب

جـ. يتناسب القصور الذاتي لأي جسم تناسبًا طرديًّا مع كتلته.

4. **السؤال الثاني:**

أ . سقطت قطعة الكرتون بعيدًا عن الكأس الزجاجية، بينما سقطت قطعة النقد داخل الكأس الزجاجية.

ب. أثّرت القوة أُفقيًّا في قطعة الكرتون، ولم تؤثّر في قطعة النقد؛ فسقطت قطعة الكرتون بعيدًا عن الكأس الزجاجية، بينما سقطت قطعة النقد المعدنية داخل الكأس الزجاجيّة؛ بسبب قصورها الذاتي.

ورقة العمل (2)

الوحدة الثالثة: القوى **الدرس الثاني**: القانون الثاني والقانون الثالث في الحركة لنيوتن

القانون الثاني في الحركة لنيوتن:

1. أكتب صواب أمام كل عبارة مما يأتي إذا كانت صحيحة، أو أُصحِّح الخطأ في العبارة إذا كانت خطأ.

أ. .... ينصّ القانون الثالث لنيوتن على أنّه: «يتناسب تسارع جسم طرديًّا مع القوة المحصّلة المؤثّرة فيه، ويتناسب عكسيًّا مع كتلته».

ب. .... إذا قلّت القوة المحصّلة المؤثّرة في جسم إلى الرُّبع، فإنّ تسارع هذا الجسم يزداد بمقدار أربع مرّات عند ثبات كتلته.

جـ. .... إذا قلّت كتلة جسم متحرّك إلى النصف، فإنّ تسارعه يتضاعف مرّتان عند ثبات القوة المحصّلة المؤثّرة فيه.

د. .... يكون اتجاه التسارع دائمًا باتجاه القوة المحصلة.

2. أثّرت قوة محصلة ($\sum \boldsymbol{F}$) في صندوق ساكن موضوع على سطح أفقي أملس فأكسبته تسارعًا مقداره (a). إذا أثّرت القوة نفسها في صندوق آخر موضوع على السطح نفسه فأكسبته تسارعًا مقداره ($3a$)، فما العلاقة بين كتلتي الصندوقين.

3. صندوق ساكن كتلته (80 kg) موضوع على سطح أُفقي خشن. أثّرت فيه قوة أُفقيّة مقدارها (100 N) باتجاه محور ($+x$)، وكانت قوة الاحتكاك الحركي المؤثّرة في الصندوق (60 N). أجد ما يأتي:

أ. القوة المحصلة المؤثّرة في الصندوق في الاتجاه الأفقي ($+x$)،

ب. التسارع الأُفقي للصندوق.

جـ. السرعة المتجهة للصندوق بعد مرور (5 s) من بدء حركته.

إجابة ورقة العمل (2)

الوحدة الثالثة: القوى

الدرس الثاني: القانون الثاني والقانون الثالث في الحركة لنيوتن

القانون الثاني في الحركة لنيوتن:

1. **السؤال الأول:**

أ. ينصّ القانون الثاني لنيوتن على أنّه: «يتناسب تسارع جسم طرديًّا مع القوة المحصّلة المؤثّرة فيه، ويتناسب عكسيًّا مع كتلته».

ب. إذا قلّت القوة المحصّلة المؤثّرة في جسم إلى الرُّبع، فإنّ تسارع هذا الجسم يقلّ بمقدار أربع مرّات.

جـ. صواب

د. صواب

2. **السؤال الثاني:**

للصندوق الأول:

$\sum F = m_1 a$ 1

للصندوق الثاني:

$\sum F = m_2 a_2 = m_2 \times 3a$ 2

الطرف الأيسر للمعادلتين متساوٍ، لذا فإن:

$m_1 a = m_2 \times 3a$

$m_1 = 3m_2$

كتلة الصندوق الأول ثلاثة أضعاف كتلة الصندوق الثاني.

3. **السؤال الثالث:**

أ. أرمز إلى القوة الأفقية بالرمز (F_1)، وإلى قوة الاحتكاك بالرمز (f).

$\sum F = F_1 - f = 100 - 60 = 40 \text{ N}, (+x)$

ب.

$$a = \frac{\sum F}{m} = \frac{40}{80} = 0.5 \text{ m/s}^2$$

جـ. لإيجاد السرعة المتجهة للصندوق بعد مرور (5 s) من بدء حركته نستخدم معادلة الحركة الآتية:

$$\begin{aligned} v_2 &= v_1 + at \\ &= 0 + 0.5 \times 5 \\ &= 2.5 \text{ m/s}, (+x) \end{aligned}$$

ملحق إجابات

كتاب الأنشطة والتجارب العملية

تجربة إثرائية: مُركَّبتا القوة وعلاقتهما بحركة الأجسام.

الهدف: • دراسة أثر اتجاه القوة في تحريك الأجسام.

• تحليل القوة إلى مُركَّبتيها.

زمن التنفيذ: 35 دقيقة.

إرشادات السلامة: أوجّه الطلبة إلى استعمال الميزان النابض بحذر.

المهارات العلمية: القياس، المقارنة، التحليل، الاستنتاج.

الإجراءات والتوجيهات: أوجّه الطلبة إلى الاستعانة بكتاب الأنشطة والتجارب العملية، وضرورة ضبط (معايرة) الميزان النابض قبل استعماله لضمان الحصول على نتائج أكثر دقة، واستعمال منقلة كبيرة الحجم لضمان قراءة قياسات الزوايا بدقة.

النتائج المتوقعة:

مقدار القوة (N)	زاوية ميلان القوة θ^{o}	المُركَّبة الأفقية للقوة (N)	المُركَّبة العمودية للقوة (N)
غير مُعرَّفة	0^{o}	غير مُعرَّفة	0
5 N	60^{o}	2.5 N	4.35 N
1 N	90^{o}	0 N	1 N

لا يُمكِن فتح الباب عندما تكون $\theta = 0^{o}$؛ لأنَّ عزم القوة يكون صفرًا في هذه الحالة. وعليه، فإنَّ القوة غير مُعرَّفة. قد تختلف النتائج كليًّا عمّا هو في الجدول، لكنَّها تظل صحيحة، وتُقبَل من الطلبة؛ فالمهم أنَّ القوة تقل بزيادة الزاوية بِغَضِّ النظر عن تلك القيم.

وفي ما يخص قيم المُركَّبتين الأفقية والعمودية للقوة؛ فإنَّها تتغيَّر تبعًا لتغيُّر مقدار القوة التي يقيسها الطلبة.

التحليل والاستنتاج:

1 المُركَّبة الأفقية: $5 \cos 60^{o} = 2.5\ N$

المُركَّبة العمودية: $5 \sin 60^{o} = 4.35\ N$

2 كلَّما ازداد مقدار الزاوية θ قلَّت المُركَّبة الأفقية للقوة، وازدادت المُركَّبة العمودية.

3 كلَّما ازداد مقدار الزاوية θ قلَّ مقدار القوة اللازمة لفتح الباب؛ لأنَّ المُركَّبة العمودية تُسهِم بدور رئيس في عملية فتح الباب.

4 عند الزاوية $\theta = 0^{o}$ لا يُمكِن فتح الباب؛ لأنَّ المُركَّبة العمودية للقوة تساوي صفرًا.

5 عند الزاوية $\theta = 90^{o}$ يلزم أقل قوة لفتح الباب؛ لأنَّ المُركَّبة العمودية للقوة تكون أكبر ما يُمكِن عند تلك الزاوية، وتساوي مقدار القوة نفسها.

6 عزم القوة يتغيَّر بتغيُّر الزاوية بين اتجاه القوة المُؤثِّرة (F) واتجاه الإزاحة، بدءًا بمحور الدوران، وانتهاءً بنقطة تأثير القوة (r). كذلك يُمكِن استنتاج أنَّ لمُركَّبتي المتجه (سواء كان المتجه قوة، أو سرعة، أو أيَّ كمية فيزيائية) دورًا كبيرًا ورئيسًا. فمثلًا، عند تحريك جسم أفقيًّا، فإنَّ المُركَّبة الأفقية للقوة المُؤثِّرة فيه تُسهِم بدور رئيس في تحريكه.

إجابات أسئلة الاختبارات الدولية، أو الأسئلة التي على نمطها في كتاب الأنشطة والتجارب العملية

السؤال الأول:

b. 181 km/h

السؤال الثاني:

a. السرعة، الإزاحة، القوة.

تجربة إثرائية: تأثير مقاومة الهواء في سقوط الأجسام قرب سطح الأرض.

الهدف: • ملاحظة تأثير مقاومة الهواء في حركة الأجسام عند سقوطها خلاله.
• تحديد أثر كلٍّ من مساحة سطح الجسم وكتلته في سرعته الحدِّية.

إرشادات السلامة: أحذِّر الطلبة من خطر السقوط من فوق الطاولة، وأضع الاحتياطات المناسبة لمنع حدوث ذلك.

المهارات العلمية: القياس، الاستنتاج، الحسابات، البحث في مصادر الخطأ.

الإجراءات والتوجيهات:

- أوضّح للطلبة الطريقة المتبعة في الحصول على أجسام متساوية في الكتلة، ومُتغيِّرة في مساحة القاعدة.
- أوضّح للطلبة الطريقة المتبعة في الحصول على أجسام متساوية في مساحة القاعدة، ومُتغيِّرة الكتلة.
- أوضّح للطلبة أهمية تكرار كل محاولة 3 مرّات.
- أوضّح للطلبة أهمية إسقاط الكوب الورقي من ارتفاع كبير يتطلَّب الصعود فوق الطاولة.

النتائج المتوقعة:

قد تختلف نتائج الطلبة للأسباب الآتية:

- عدم التوافق بين إسقاط الكوب وتشغيل الساعة.
- عدم أخذ قراءة الميزان بدقة عند قياس الكتل.
- عدم اتباع التعليمات بدقة في لصق القطع الورقية داخل الأكواب.
- حدوث تشوُّه في شكل الكوب؛ ما يؤدي إلى تغيُّر في مقدار مقاومة الهواء لحركته.

التحليل والاستنتاج:

الجزء الأول من التجربة:

1. يبدأ الكوب حركته بتسارع قليل مسافةً لا تزيد على (20 cm)، ثم يُكمِل سقوطه بسرعة ثابتة. فعند بداية الحركة يكون الوزن أكبر من مقاومة الهواء (المحصلة نحو الأسفل)، فيتسارع الكوب، ومع زيادة السرعة تزداد المقاومة، فتصبح محصلة القوى صفرًا، ويتحرك الكوب بسرعة ثابتة.
2. عندما تتساوى كتل الأكواب فإنَّ أكبر الأكواب مساحة يسقط بسرعة أقل.
3. العلاقة بين سرعة الكوب ومساحة قاعدته عكسية. والسرعة تُسمّى السرعة الحدِّية.
4. عند بداية الحركة يكون الوزن أكبر من مقاومة الهواء (المحصلة نحو الأسفل)؛ فيتسارع الكوب، ومع زيادة السرعة تزداد المقاومة؛ فتصبح محصلة القوى صفرًا، ويتحرك الكوب بسرعة ثابتة. وكلّما زادت المساحة زادت مقاومة الهواء، وقلَّت السرعة.

الجزء الثاني من التجربة:

1. لدراسة العلاقة بين الكتلة والسرعة الحدِّية.
2. عندما تتساوى الأكواب في مساحة القاعدة فإنَّ سرعتها الحدِّية تزداد بزيادة كتلتها.
3. علاقة طردية.
4. عند بداية الحركة يكون الوزن أكبر من مقاومة الهواء (المحصلة نحو الأسفل)، فيتسارع الكوب، ومع زيادة السرعة تزداد المقاومة؛ فتصبح محصلة القوى صفرًا، ويتحرك الكوب بسرعة ثابتة. وكلّما زادت الكتلة زاد الوزن، وزادت محصلة القوى نحو الأسفل، وزادت السرعة.
5. تكون سرعة سقوط كرة التنس الأرضي أكبر بكثير من سرعة سقوط الكوب الورقي بسبب كبر كتلتها، وكبر وزنها بالنسبة إلى مقاومة الهواء لها، وتبقى في حالة تسارع إلى أن تصل الأرض؛ لأنَّها لم تصل إلى السرعة الحدِّية في هذه المسافة القليلة.

إجابات أسئلة الاختبارات الدولية، أو الأسئلة التي على نمطها في كتاب الأنشطة والتجارب العملية

السؤال الأول:

ب. تسقط المطرقة على سطح الأرض قبل الريشة؛ لأنَّ تأثير مقاومة الهواء فيها (نسبة إلى وزنها) أقل منه في الريشة. أمّا على سطح القمر فلا يوجد هواء.

السؤال الثاني:

د. تحركت الدراجة ثلاث مرّات، وتوقفت مرَّتين، وقطعت مسافة (100 m)، وكان مقدار الإزاحة (20 m).

تجربة إثرائية: اختبار دمى التصادم.

الهدف:

- استقصاءُ العلاقةِ بينَ القصورِ الذاتيِّ والكتلةِ.
- إعدادُ تجربةٍ تتضمَّنُ تصميمًا هندسيًّا لحزامِ أمانٍ ضمنَ معاييرَ وشروطٍ مُعيَّنةٍ.
- تجميعُ البياناتِ المُتعلِّقةِ بحركةِ الدميةِ، وتنظيمُها.
- تقويمُ التصميمِ بناءً على نتائجِ التجربةِ.
- استنتاجُ أهميةِ حزامِ الأمانِ.

إرشادات السلامة: أُوجّه الطلبة إلى:

- لبسِ النظّارةِ الواقيةِ، وارتداءِ القفّازيْنِ ومريولِ المختبرِ.
- الحذرِ منْ سقوطِ الأجسامِ والأدواتِ على القدميْنِ.

الإجراءات والتوجيهات:

- أُوجّه الطلبة إلى أن تكون الدمى الثلاث مختلفة الكتلة.
- أُوجّه الطلبة إلى التأكد من أنّ الميزان معاير على الصفر.
- أُوضّح للطلبة أهمية تكرار كلّ محاولة 3 مرّات.

النتائج المتوقّعة:

- تختلف تصاميم الطلبة، ويختلف تقييم كلّ منها بحسب فاعلية حزام الأمان.
- تندفع الدمى خارج العربة، وتسقط الدمية الأقل كتلة على بُعد أكبر.

البيانات والمشاهدات:

إجابة مُحتمَلة:

الجدول (1)	
حجم الدمية	كتلة الدمية (g)
صغير	(15)
متوسط	(30)
كبير	(45)

الجدول (2): بُعْد نقطة سقوط الدمية عن نهاية المستوى المائل.			
المحاولة	الدمية الصغيرة (cm)	الدمية المتوسطة (cm)	الدمية الكبيرة (cm)
1	(38)	(25)	(15)
2	(40)	(28))	(18)
3	(42)	(27)	(16)
متوسط القياسات:	(40)	(27)	(16)

يختلف تقييم التصاميم بحسب فاعلية حزام الأمان الذي صمَّمته كل مجموعة.

الجدول (3): تقييم فاعلية تصميم حزام الأمان.		
جودة التصميم	سلامة الدمية	مزايا التصميم
بقاء الدمية داخل العربة.	عدم حدوث إصاباتٍ أو تشوُّهات للدمية.	- عدم تقييد حركة الدمية. - شكل الحزام جميل.
خروج بعض أجزاء الدمية من العربة.	حدوث تشوُّهات، أو إصابات بسيطةللدمية.	- حرية الحركة متوسطة. - شكل الحزام مقبول.
خروج الدمية كلها من العربة.	حدوث تشوُّهات، أو إصابات كبيرة للدمية.	- تقييد حركة الدمية. - شكل الحزام غير مقبول.

التحليل والاستنتاج:

الجزء الأول:

1 إجابة مُحتمَلة: اندفعت الدمى خارج العربة بسبب قصورها الذاتي.

2 إجابة مُحتمَلة: الدمية التي كتلتها أقل تسقط على بُعْد أكبر.

3 إجابة مُحتمَلة: كتلة الدمية (قصورها الذاتي)؛ فكلَّما قلَّت الكتلة زاد بُعْد نقطة السقوط.

4 إجابة مُحتمَلة: كلَّما زادت كتلة الجسم زاد قصوره الذاتي؛ أيْ لزم وجود قوة أكبر لتغيير حالته الحركية.

5 ستتنوَّع إجابات الطلبة، وتتعدَّد.

إجابة مُحتمَلة:

نعم؛ لأنَّ سرعة السائق تكون مُساوِية لسرعة السيارة. وعند توقُّفها فجأة، بسبب وقوع حادث مثلًا؛ فإنَّ السائق يستمر في الاندفاع إلى الأمام بالسرعة نفسها، فيعمل حزام الأمان على إيقاف اندفاعه، ويحميه من الارتطام بعجلة القيادة مثلًا.

الجزء الثاني:

1 ستتنوَّع إجابات الطلبة، وتتعدَّد حسب تصاميمهم.

2 ستتنوَّع إجابات الطلبة، وتتعدَّد حسب تصاميمهم.

3 ستتنوَّع إجابات الطلبة، وتتعدَّد.

إجابة مُحتمَلة:

لقد تمكَّنْتُ في هذا الاستقصاء من محاكاة عمل المهندسين الميكانيكيين، وذلك بتصميم حزام أمان، ثم اختباره وَفق معايير مُحدَّدة، ثم تقييم التصميم، وتعديله بحسب نتائج الاستقصاء.

1 أ .

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{0 - 70}{30}$$

$$a = -2.33\ m/s^2$$

ب.

$$\sum F = ma = 8 \times 10^4 \times (-2.33)$$

$$= -1.87 \times 10^5\ N$$

جـ.

$$\Delta x = v_1 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$\Delta x = 70 \times 30 + \frac{1}{2} (-\frac{70}{30}) (30)^2$$

$$\Delta x = 1050\ m$$

2 للكرة سرعتان: سرعة رأسية إلى أعلى ناتجة من رميها إلى أعلى، ثم سقوطها إلى أسفل تحت تأثير وزنها. وسرعة أفقية تساوي سرعة الدرّاجة. وعند توقُّف الدرّاجة تستمر الكرة في حركتها الأفقية، فتسقط الكرة أمام الراكب.

3 أ.

$$\sum F = F - F_g = ma$$

$$= 4 \times 10^5 - mg$$

$$= 4 \times 10^5 - 2 \times 10^4 \times 10$$

$$= 2 \times 10^5\ N$$

$$\sum \boldsymbol{F} = 2 \times 10^5\ N, +y$$

ب.

$$a = \frac{\sum F}{m}$$

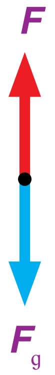
$$a_y = \frac{2 \times 10^5}{2 \times 10^4}$$

$$= 10\ m/s^2$$

$$\boldsymbol{a}_y = 10\ m/s^2, +y$$

جـ. يُؤثِّر مُحرِّك الصاروخ بقوة دفع رأسية إلى أسفل في الغازات الناتجة من احتراق الوقود، وتُؤثِّر هذه الغازات بقوة دفع رأسية في الصاروخ إلى أعلى.

4 أ. قوة شدٍّ إلى أعلى من الميزان ($\boldsymbol{F}$).
قوة جذب الأرض للكتلة ($\boldsymbol{F}_g$).



ب. عند رفع الميزان والكتلة معًا بسرعة ثابتة، تكون القوة المحصلة المؤثِّرة في كلٍّ منهما صفرًا؛ حسب القانون الأول لنيوتن.

جـ. يجب تحويل الكتلة إلى وحدة (kg):

$$m = 60\ g = \frac{60}{1000} = 0.06\ kg$$

$$\sum F = F - F_g = ma$$

$$= 0.06 \times 0.5$$

$$= 0.03\ N$$

$$\sum \boldsymbol{F} = 0.03\ N, +y$$

بما أنَّ الكتلة تتسارع إلى أعلى، فإنَّ القوة المحصلة المؤثِّرة فيها تكون إلى أعلى.

قائمةُ المراجِع

أولا: المراجع العربية

1. زيد الهويدي ، **أساليب تدريس العلوم في المرحلة الأساسية**، ط 2 ، دار الكتاب الجامعي، العين، دولة الإمارات العربية المتحدة، 2010 م.
2. عايش زيتون ، **أساليب تدريس العلوم**، ط7، دار الشروق للنشر والتوزيع، عمان، 2013 م.
3. عايش زيتون، **النظرية البنائية واستراتيجيات تدريس العلوم**، ط1، دار الشروق للنشر والتوزيع، عمان، 2019 م.
4. محمد محمود الحيلة، **طرائق التدريس واستراتيجياته**، ط 4، العين، دار الكتاب، الامارات، 2012 م.
5. مهيدات، عبد الحكيم، والمحاسنة، إبراهيم، **التقويم الواقعي**، ط1، دار جرير للنشر والتوزيع، عمان، الأردن، 2010م.

ثانيا: المراجع الأجنبية

1. Avijit Lahiri, **BASIC PHYSICS: PRINCIPLES AND CONCEPTS,** Avijit Lahiri, 2018 David
2. Halliday, Robert Resnick , Jearl Walker, **Fundamentals of Physics**, Wiley; 11 edition 2018.
3. Douglas C. Giancoli, Physics: **Principles with Applications**, Addison Wesley, 6th edition, 2009.
4. Gurinder Chadha, **A Level Physics a for OCR**, A Level Physics a for OCR, 2015.
5. Hugh D. Young , Roger A. Freedman, **University Physics with Modern Physics**, Pearson; 14 edition (February 24, 2015)
6. Paul A. Tipler, Gene Mosca, **Physics for Scientists and Engineers**, W. H. Freeman; 6th edition, 2007.
7. Paul G. Hewitt, **Conceptual Physics**, Pearson; 14th edition, 2015.
8. R. Shankar, **Fundamentals of Physics I: Mechanics, Relativity, and Thermodynamics**, Yale University Press; Expanded Edition, 2019.
9. Raymond A. Serway , John W. Jewett, **Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics**, Cengage Learning; 009 edition, 2015.
10. Raymond A. Serway, Chris Vuille, **College Physics**, Cengage Learning; 11 edition, 2017.
11. Roger Muncaster, **A Level Physics**, Oxford University Press; 4th edition, 2014.
12. Steve Adams, **Advanced Physics**, Oxford University Press, USA; 2nd UK ed. Edition, 2013.
13. Tom Duncan, **Advanced Physics**, Hodder Murray; 5th edition, 2000.

مدرسة السلط الثانوية للبنين
100 عام من التعليم والتعلم

Collins