دليل المعلم

الفيزياء

الصف العاشر

10

الفصل الدراسي الأول

الناشر
المركز الوطني لتطوير المناهج

يسر المركز الوطني لتطوير المناهج، ووزارة التربية والتعليم - إدارة المناهج والكتب المدرسية، استقبال آرائكم وملحوظاتكم على هذا الكتاب عن طريق العناوين الآتية:
هاتف: 8-4617304/5، فاكس: 4637569، ص. ب: 1930، الرمز البريدي: 11118
أو بوساطة البريد الإلكتروني: scientific.division@moe.gov.jo

بِنيـة كتـاب الطالب: دورة التعلُّم الخماسية

صممـت وحـدات كتـاب الطالـب وفـق دورة التعلـم الخماسـية التي تمنـح الطلبـة الدور الأكـبر في العمليـة التعلُّميـة التعليميـة، وتُوفِّـر لهـم فرصًـا عديـدة للاسـتقصاء، وحـل المشـكلات، والبحـث، واسـتخدام التكنولوجيـا. وتتضمـن مـا يـأتي:

1 التهيئة Engagement:

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

أتأمَّلُ الصورة

يكونُ هبوطُ الطائراتِ باتجاهٍ موازٍ لمَدرجِ المطارِ في الأحوالِ الاعتياديةِ، ولكنَّ الطيارَ يواجهُ صعوباتٍ في أثناءِ عمليةِ الهبوطِ في الأجواءِ العاصفةِ؛ إذْ تكونُ الرياحُ العرضيةُ نشطةً جدًّا، فيلجأُ الطيارُ إلى توجيهِ مُقدِّمةِ الطائرةِ بشكلٍ منحرفٍ عنِ اتجاهِ المَدرجِ 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 بأنَّهُ تعذَّرَ على عشرينَ طائرةً الهبوطُ وقتئذٍ. فما الهدفُ منْ توجيهِ الطيارِ مُقدِّمةَ الطائرةِ نحوَ الاتجاهِ المُبيَّنِ في الشكلِ؟ ما 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، منها ما يعتمد 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 نابضانِ، 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 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 كلَّ قراءةٍ.

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، ومنح المعلِّم فرصة لتعرّف نقاط القوة والضعف لدى طلبته.


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 القُوَّتيْنِ: 30 N وَ 20 N جمعًا مُتَّجِهًا، فإنَّ الناتجَ غيرَ الصحيحِ منَ النواتجِ المُحتملةِ الآتيةِ هوَ:
   - أ . 10 N
   - ب . 20 N
   - جـ . 50 N
   - د . 55 N
3. حاصلُ الضربِ المُتَّجِهيِّ $|A \times B|$ في الشكلِ المجاورِ هوَ:
   - أ . $AB \sin 90^o$
   - ب . $AB \sin 30^o$
   - جـ . $AB \sin 120^o$
   - د . $AB \cos 90^o$
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. المقدارُ والاتجاهُ لمحصلةِ القوى 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 120°؟
   - ب . 20 cos 60°؟
   - جـ . 20 sin 120°؟
   - د . 20 cos 30°؟

2. أُحلِّلُ: ركلَ لاعبٌ كرةَ قدمٍ كتلتُها 0.4 kg لتنطلقَ بسرعةٍ 30 m/s في اتجاهٍ يَصنعُ زاويةً مقدارُها 37° معَ سطحِ الأرضِ الأفقيِّ، وبتسارُعٍ 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 المقدارَ والاتجاهَ لمحصلةِ القوى المُؤثِّرةِ في الجسمِ بالطريقةِ التحليليةِ.

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

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 العديد من الصور والأشكال التوضيحية والرسوم البيانية المرتبطة بالموضوع؛ ما يمنح الطلبة فرصةً لبناء المفهوم.

4 التوسع Elaboration:

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

عناصر محتوى الدرس

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

الفكرة الرئيسة

تتضمن تلخيص المفاهيم والأفكار والمعارف التي سيتعلمها الطالب خلال الدرس

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

شرح محتوى الدرس

شرح محتوى الدرس بعبارات بسيطة تراعي الفئة العمرية وخصائص الطلبة النمائية. ونظم الشرح بحيث تشتمل على عناوين رئيسة يتفرع منها عناوين ثانوية وأحيانًا تندرج عناوين فرعية من العناوين الثانوية وتظهر بألوان مختلفة.

الكمياتُ القياسيةُ والكمياتُ المُتَّجِهة
Scalar and Vector Quantities

الكمياتُ الفيزيائيةُ
Physical Quantities

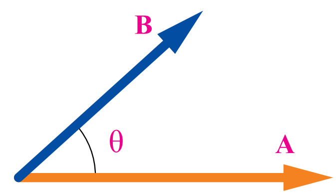
نتعاملُ في حياتِنا معَ كمياتٍ فيزيائيةٍ عديدةٍ؛ سواءٌ أكانَتْ كمياتٍ أساسيةً (مثلُ: الزمنِ، ودرجةِ الحرارةِ، والكتلةِ، والطولِ)، أوْ كمياتٍ مشتقةً (مثلُ: القُوَّةِ، والسرعةِ، والتسارُعِ)، ويُعبَّرُ عنْ بعضِ تلكَ الكمياتِ بعددٍ ووحدةٍ مناسبيْنِ، فنقولُ مثلًا إنَّ كتلةَ الحقيبةِ 6 kg، وسرعةَ الطائرةِ 200 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 يُمكِنُ وصفُها وصفًا كاملًا بتحديدِ مقدارِها فقطْ، وأُخرى يَلزمُ تحديدُ مقدارِها واتجاهِها معًا.

الصور والأشكال

صور واضحة ومتنوعة تحقق الغرض العلمي.



الشكلُ (10): مُتَّجِهانِ بينَهُما زاويةٌ θ.

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

أسئلة الأشكال

أسئلة إجاباتها تكون من الصورة لتدريب الطلبة على التحليل.

أفكر

تنمية مهارات التفكير

أُفكِّرُ: لماذا يكونُ اتجاهُ التسارُعِ a دائمًا في نفسِ اتجاهِ محصلةِ القوى $\sum F$ ؟

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. ومِنَ الأمثلةِ الأُخرى على **الكمياتِ المُتَّجِهةِ (Vector quantities)**: الإزاحةُ، والتسارُعُ، والقُوَّةُ.

المفاهيم والمصطلحات

تظهر بخط غامق؛ للتركيز عليها وجذب انتباه الطالب لها.

تجربة

خبرات عملية تكسب الطالب مهارات ومعارف متنوعة ومنها ما هو على المنحى التكاملي (STEAM).

التجربة 1

إيجادُ محصلةِ قُوَّتيْن بصورةٍ عمليةٍ

الموادُ والأدواتُ: طاولـةُ القوى، مجموعتـانِ منَ الأثقالِ تتكوّنُ كلٌّ منهُما منْ ثلاثةِ أثقالٍ متساويةٍ في الكُتلةِ، ميزانٌ إلكترونيٌّ (حسّاسٌ)، ثلاثةُ حواملِ أثقالٍ.

إرشاداتُ السلامة: الحذرُ منْ سقوطِ الأجسامِ والأدواتِ على القدمَيْنِ.

خطواتُ العمل:

بالتعاونِ معَ أفرادِ مجموعتي، أنفِّذُ الخطواتِ الآتيةَ:

1. أضعُ طاولـةَ القوى على سطـحٍ مستوٍ، وأستعمـلُ الميزانَ لقياسِ كتلةِ حاملِ الأثقالِ، ثم أدوِّنُ النتيجةَ.
2. أعلّقُ الأثقالَ الثلاثةَ (كلُّ ثِقلٍ بخيطٍ)، ثمَّ أضبطُ خيطًا منها على تدريـجِ الصفرِ °0، وخيطًا آخرَ على تدريجِ °120، وأحرِّكُ الخيطَ المُتبقِّيَ حتّى ينطبقَ مركزُ الحلقةِ على مركزِ طاولةِ القوى، ثمَّ أدوِّنُ التدريجَ الذي انطبقَ عليهِ الخيطُ.
3. أكرِّرُ الخطوةَ الثانيةَ باستخدامِ ثلاثةِ أثقالٍ أخرى متساويةٍ. هلْ تغيَّرَتِ النتائجُ؟

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. أحسُبُ القوى الثلاثَ المُؤثِّرةَ في ... العلاقةَ: $F = mg$، حيثُ m: (كتـ... كتلةِ الثِّقلِ). ما مقدارُ محصلةِ ...
2. أحسُبُ بيانيًّا محصلةَ القوَّتيْنِ: ...
3. أقارنُ محصلـةَ هاتيْنِ القوَّتيْنِ ... حيثُ: المقدارُ، والاتجاهُ.
4. أستنتجُ، استنادًا إلى تجربتي، ... قوَّتيْنِ بالقوَّةِ الثالثةِ عندَ الاتزانِ ... الحلقةِ على مركزِ الطاولةِ).
5. أحسُبُ بيانيًّا محصلـةَ القوى ... النتيجةَ.
6. أقارنُ نتـائـجَ مجموعتي بنتائ... الأخرى.

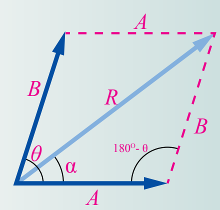
المهارات

تحدي قدرات الطلبة في مجال التفسير، والتحليل، ومعالجة المعلومات؛ لذا فهي تنمي قدراتهم على التأمل، والتفكير، والاستقصاء، لتحقيق مفهوم التعلم مدى الحياة

الربط بـ

تقدم معلومات بغرض التكامل مع المباحث الأخرى أو ربط تعلم الطالب مع مجالات الحياة؛ ليصبح تعلمه ذا معنى.

الربطُ بالرياضياتِ



لإيجادِ المحصلةِ R للمُتَّجِهيْنِ: A وَ B اللذيْنِ بينَهُما زاويةٌ (θ) بطريقةٍ رياضيةٍ، يُستخدَمُ قانونُ جيبِ التمامِ:

$$R^2 = A^2 + B^2 - 2AB\cos(180° - \theta)$$
$$\rightarrow R^2 = A^2 + B^2 + 2AB\cos\theta$$

ولتحديـدِ اتجـاهِ المحصلـةِ (الزاويـةُ α)، يُسـتخدَمُ قانـونُ الجيـبِ:

$$\sin\alpha = \frac{B\sin\theta}{R}$$

مثال

أسئلة متنوعة وحلولها لتعزيز فهم الطلبة .

المثال 2

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

- تشيرُ الإشارةُ السالبةُ أوِ الإشارةُ الموجبةُ إلى اتجاهِ الكميةِ المُتَّجِهةِ . هلْ يُمكِنُ ...
- 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 السا...
- نعمْ، فطولُ المسارِ الفعليِّ بينَ نقطتَيِ البدايةِ والنهايةِ هوَ كميَّةٌ قياسيةٌ ...
منْ نقطةِ البدايةِ إلى نقطةِ النهايةِ) هيَ كميةٌ مُتَّجِهةٌ، ووحدةُ قياسِ كلٍّ ...

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.

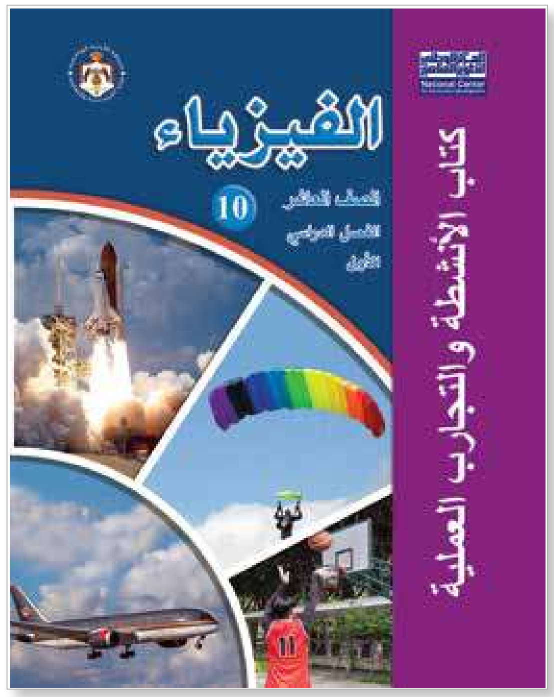
تقويم تكويني

أسئلة للتحقق من مدى فهم الطلبة أثناء سير التعلم (تقويم تكويني).

✓ **أتحقَّقُ:** كيفَ يُمكِنُ تحديـدُ كلٍّ منْ طولِ السهمِ واتجاهِـهِ عنـدَ تمثيلِ المُتَّجِهِ بيانيًّا؟

بِنية كتاب الأنشطة والتجارب العملية

يخصص كتاب الأنشطة والتجارب العملية لتسجيل الملاحظات ونتائج الأنشطة والتمارين التي ينفذها الطلبة، وما يتعلمونه بشكل رئيس في الدروس. ويتضمن كتاب الأنشطة والتجارب العملية توجيهات للطلبة بشأن ما يجب القيام به. ويسهم في تقديم تغذية راجعة مكتوبة حول تعلم الطلبة وأدائهم.



أوراق عمل خاصة بالأنشطة الموجودة في كتاب الطالب.

تتضمن أوراق العمل المواد والأدوات اللازمة لإجراء النشاط، وإرشادات السلامة الواجب اتباعها في أثناء إجراءات التنفيذ. وتُوضَّح فيها إجراءات العمل مع وجود أماكن مخصصة لتدوين الملاحظات والنتائج التي توصَّل إليها الطلبة. وتتضمن بعض أوراق العمل صورًا توضيحية لبعض الإجراءات التي توجِب ذلك.

التجربةُ 1 قياسُ تسارُعِ السقوطِ الحُرِّ عمليًا

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:

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

حيثُ:

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

(Δt): الزمنُ الكليُّ.

وعندَ نقلِ المُتغيِّراتِ بينَ طرفَي 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، ح

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 قُوَّتيْنِ 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 نابضانِ، 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 الثِّقْلَ بالميزانِ الأولِ كما في الشكلِ (أ)، ثمَّ أُدوِّنُ القراءةَ في الجدولِ.

4 الوحدةُ 1 المُتَّجِهاتُ Vectors

تجارب إثرائية.

يشتمل كتاب الأنشطة والتجارب العملية على تجارب إثرائية، منها ما يُعمِّق فهم الطلبة لموضوع الدرس، ومنها ما يتيح للطلبة فرصة التوسع في المعرفة في موضوع ما.

أسئلة اختبارات دولية أو على نمطها.

يتضمَّن كتاب الأنشطة والتجارب العملية عددًا من أسئلة الاختبارات الدولية أو على نمطها، لأنها تُركِّز على إتقان العمليات واستيعاب المفاهيم، والقدرة على توظيفها في مواقف حياتية واقعية، ولتشجيع المعلِّم على بناء نماذج اختبارات تحاكي هذه الأسئلة؛ لما لها من أثر في إثارة تفكير الطلبة، ما قد يُسهِم في جعل التفكير العلمي المنطقي نمط تفكير للطلبة في حياتهم اليومية.

دليل المعلِّم

يُقـدِّم الدليـل نظـرة عامـة عـن كل وحـدة في كتـاب الطالـب والـدروس المكوّنـة لهـا. ويعرض الـدرس وفق نمـوذج تدريـس مكـون مـن ثـلاث مراحـل، ينفـذ كل منهـا مـن خـلال عناصر محـددة. وتبـدأ كل وحـدة بمصفوفـة نتاجـات تتضمـن نتاجـات الوحـدة والنتاجـات السـابقة واللاحقـة المرتبطـة بهـا؛ لتعـين المعلّـم عـلى الترابـط الـرأسي للمفاهيـم والأفـكار، ولتسـاعده في تصميـم أنشـطة التعلّـم والتعليـم في الوحـدة وتنفيذهـا.

مراحل نموذج التدريس

1 تقديم الدرس

تقديم الدرس يشمل ما يأتي:

- **الفكرة الرئيسة:** التوضيح للمعلِّم كيفية عرض الفكرة الرئيسة للدرس.
- **الربط بالمعرفة السابقة** يُقصَـدُ بـه تنشـيط التعلُّـم السـابق للطالـب، الـذي يُعـدُّ أساسًـا ليتعـرَّف تنظيم المعلومـات، وطرائـق ترابطهـا. ويُقـدِّم الدليـل مقترحـات عـدَّةٍ لهذا الربـط، وينتهـج أسـاليب متنوعـة تختلـف باختـلاف موضـوع الـدرس.

1 تقديم الدرس

الفكرة الرئيسة:
اطرح السؤال الآتي على الطلبة:
- قوتان، مقدار الأولى 50 N، ومقدار الثانية 30 N. إذا كانتا في مستوى واحد أفقي، وأثَّرتا في صندوق موضوع على سطح أفقي أملس موازٍ لمستوى القوتين، فما مجموع القوتين؟

الربط مع المعرفة السابقة:
مراجعة سريعة للنسب المثلثية في الرياضيات (جا sin، جتا cos، ظا tan) وكذلك نظرية فيثاغورس، من خلال رسم مثلث قائم الزاوية، وتوضيح النسب المثلثية وكيفية إيجاد وتر المثلث وربط ذلك كله مع تحليل المتجهات وإيجاد مقدار واتجاه محصلة عدة

2 التدريس

التدريس يشمل ما يأتي:

- **المناقشة** يُقدِّم الدليـل للمعلِّـم مقترحـات لمناقشـة الطلبـة في موضـوع الـدرس، مثـل الأسـئلة التـي تمهِّـد للحـوار بـين المعلِّـم وطلبتـه، وتُقـدِّم إجابـات مقترحـة لهـا، تمنـح المناقشـة الطلبـة فرصـةً للتعبـير عـن آرائهـم، وتُعلِّمهـم تنظيـم أفكارهـم، وحسـن الإصغـاء، واحـترام الـرأي الآخـر، وتزيـد مـن ثقتهـم بأنفسـهم.

مناقشة:
اكتب على اللوح معادلة الضرب النقطي: $A . B = AB \cos \theta$، ثم ناقِش الطلبة في هذه المعادلة، وطرح الأسئلة الآتية:
- ما أكبر قيمة جبرية لناتج الضرب النقطي؟ AB.
وعند أيِّ زاوية θ؟ صفر.
- ما أقل قيمة جبرية لناتج الضرب النقطي؟ صفر.
وعند أيِّ زاوية θ؟ 90°.
- متى تكون القيمة الجبرية لحاصل الضرب النقطي سالبةً؟ فسِّر إجابتك.
عندما تكون الزاوية بين المتجهين أكبر من 90°، وأقل أو تساوي 180°.

- **بناء المفهوم** تنوعـت طرائـق بنـاء المفهـوم بالدليـل وذلـك بحسـب طبيعـة المفهـوم. ويُقـدِّم الدليـل أفـكارًا مقترحـة لبنـاء المفاهيـم الـواردة في كتـاب الطالـب.

بناء المفهوم:
مفهوم الجمع لا يقتصر على الجمع الجبري المعروف للأرقام والكميات القياسية؛ إذ تطوَّر إلى مفهوم الجمع المتجهي للكميات المتجهة الذي يتطلَّب معرفة كلٍّ من المقدار والاتجاه، خلافًا لجمع الكميات القياسية (الجمع الجبري) الذي يتطلَّب معرفة المقدار فقط.
فمثلًا، 2+2 في جمع المتجهات ليس بالضرورة أن يساوي مقدارها 4. فالمقدار يتراوح بين 0 و 4 اعتمادًا على الزاوية بين المتجهين. أمّا عند جمع الكميات العددية فالإجابة واحدة: $2 + 2 = 4$، وكذلك الحال في عمليات الطرح.

- **استخدام الصور والأشكال** تُنمّـي الصـور والأشـكال الثقافـة البصريـة، وتُوضِّـح المفاهيـم الـواردة في الـدرس. يُبـيِّن الدليـل للمعلِّـم كيفيـة توظيـف الصـور والأشـكال في عمليـة التدريـس، ويُرشِـده إلى كيفيـة الإفـادة منهـا في تحفيزهـم عـلى التفكـير.

استخدام الصور والأشكال:
اعرض على الطلبة المتجهات (**F**,1,2,3,4) المُبيَّنة في الشكل، ثم اطرح عليهم السؤالين الآتيين:
1. عبِّر عن مقدار كلٍّ من هذه المتجهات بدلالة المتجه **F**.
2. حدِّد اتجاه كلٍّ منها.

- **إضاءة للمعلِّم** معلومة للمعلِّم تُسهِم في إعطائه تفصيلات محددة عن موضوع ما. وقد تُسهِم الإضاءة في تقديم إجابات لأسئلة الطلبة التي تكون غالبًا خارج نطاق المعلومة الواردة في الكتاب.

إضاءة للمُعلِّم
يُستعمَل مقياس الرسم في الخرائط الجغرافية والمخططات الهندسية وغيرها لتمثيل الكميات الكبيرة جدًّا، أو الصغيرة جدًّا، التي لا يُمكِن تمثيلها بمقاديرها الحقيقية. ولتمثيل الكميات الفيزيائية المتجهة بدقة، يُستعمَل مقياس رسم مناسب لمقدار الكمية المراد تمثيلها، بحيث تتناسب وحجم الورق المُستعمَل، وذلك برسم سهم طوله يُمثِّل مقدار الكمية المتجهة، واتجاه السهم يُمثِّل اتجاهها كما في الشكل الآتي:

- **أخطاء شائعة**

قد يكون لدى بعض الطلبة بناء معرفي غير صحيح، يذكر الدليل هذه الأخطاء.

أخطاء شائعة

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

- **طريقة أخرى للتدريس**

يقدم الدليل مقترحات لتدريس المفهوم بأكثر من طريقة. ويمكن للمعلِّم الاستفادة من تنوع الطرائق المقدمة لتدريس مفهوم ما في خطط العلاجية؛ لمعالجة ضعف بعض الطلبة، إضافةً إلى إمكانية الإفادة منها في تقديم المفهوم بطرائق تنسجم مع خصائص الطلبة وذكاءاتهم المختلفة.

طريقة أُخرى للتدريس

ربَّما يجد بعض الطلبة صعوبة في تحديد اتجاه ناتج الضرب المتجهي؛ لذا يُمكِن استعمال طريقة أخرى (إضافة إلى قاعدة كف اليد اليمنى)، هي قاعدة قبضة اليد اليمنى على النحو الآتي:
لنفترض أنَّ $\mathbf{C} = \mathbf{B} \times \mathbf{A}$، حيث يُمثِّل المتجه **C** ناتج الضرب المتجهي لـ: $\mathbf{A} \times \mathbf{B}$. فإذا أردنا -مثلًا- تحديد اتجاه **C**، فإنَّنا نُحرِّك الأصابع الأربع لكف اليد اليمنى من اتجاه **A** إلى اتجاه **B** عبر الزاوية الصغرى، فيشير اتجاه الإبهام إلى اتجاه **C**؛ أيْ إلى اتجاه محور z^+ 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.

- **نشاط سريع**

يسهم هذا النشاط في التنسيق بين الموقف التعليمي وأحد المواقف في الحياة العملية، ويستثير قدرات الطلبة، ويُخفِّف جانب الملل لديهم.

نشاط سريع

- ذكِّر الطلبة بالفرق بين المسافة والإزاحة، ثم حدِّد على اللوح نقطة البداية.
- اطلب 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، وكذلك الحال بالنسبة إلى المسافة التي قطعوها؛ أيْ إنَّ مقدار الإزاحة ثابت، ولكنَّ اختلاف اتجاهها أدّى إلى اختلاف إزاحة كلٍّ منهم؛ ما يعني أنَّ الإزاحة كمية متجهة تتطلَّب تحديد المقدار والاتجاه.

- **معلومة إضافية**

تُسهِم المعلومات الإضافية في توسيع مدارك الطلبة.

معلومة إضافية

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

- **تعزيز**

معلومات تُعزِّز فهم موضوع الدرس، فضلًا عن اقتراح طرائق متنوعة لتعزيز المفهوم.

التعزيز:

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

اسأل الطلبة عن سبب تسمية الضرب المتجهي (التقاطعي) بهذا الاسم.

- **القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمواد الدراسية**

يُبيِّن الدليل للمعلِّم القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمواد الدراسية والموضوع المرتبط بها، ويبين له أهمية كل مفهوم في حياة الطلبة، وفي بناء شخصية متكاملة متوازنة لكل منهم.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

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

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

3 التقويم

التقويم يشمل ما يأتي:

- إجابات أسئلة مراجعة الدرس.
- إجابات أسئلة الوحدة.

التقويم في كتاب الطالب

روعي التقويم في كتاب الطالب وكتاب الأنشطة والتجارب العملية ودليل المعلم؛ للتحقق من فهم الطلبة، ويدعم التقويم الإنجازات الفردية، ويتيح للطلبة فرصة التأمل في تعلمهم، ووضع أهداف لأنفسهم. ويوفر التغذية الراجعة والتحفيز والتشجيع لهم. ويُوظَّف في التقويم استراتيجيات تلبي حاجات الطلبة المتنوعة. وفق ما يأتي:

أتحقق

أسئلة للتحقق من مدى فهم الطلبة أثناء سير التعلم (تقويم تكويني).

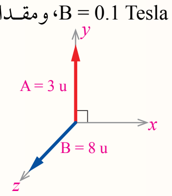
✓ أتحقَّقُ: كيفَ يُمكِنُ تحديدُ كلٍّ منْ طولِ السهمِ واتجاهِهِ عندَ تمثيلِ المُتَّجِهِ بيانيًّا؟

مراجعة الدرس

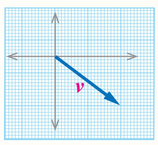
أسئلة متنوعة مرتبطة بالفكرة الرئيسة للدرس والمفاهيم والمصطلحات والمهارات المتنوعة.

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 143^o معَ محورِ $+x$.
   ب. تسارعٌ ثابتٌ مقدارُهُ $4\ m/s^2$ في اتجاهٍ يَصنعُ زاويةً مقدارُها 30^o جنوبَ الشرقِ.
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 مقدارَ التدفُّقِ المغناطيسيِّ Φ عندما تكونُ $A = 2 \times 10^{-6}\ m^2$ ، $B = 0.1$ Tesla، ومقدارُ الزاويةِ بينَ المُتَّجِهيْنِ $\boldsymbol{A}$ وَ $\boldsymbol{B}$ 45^o.

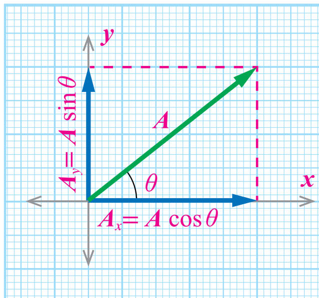


6. أحسُبُ: اعتمادًا على البياناتِ في الشكلِ المجاورِ، أحسُبُ مقدارَ حاصلِ الضربِ المُتَّجِهيِّ ($\boldsymbol{B} \times \boldsymbol{A}$)، مُحدِّدًا الاتجاهَ (الرمزُ u يعني وحدةً unit).



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.
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

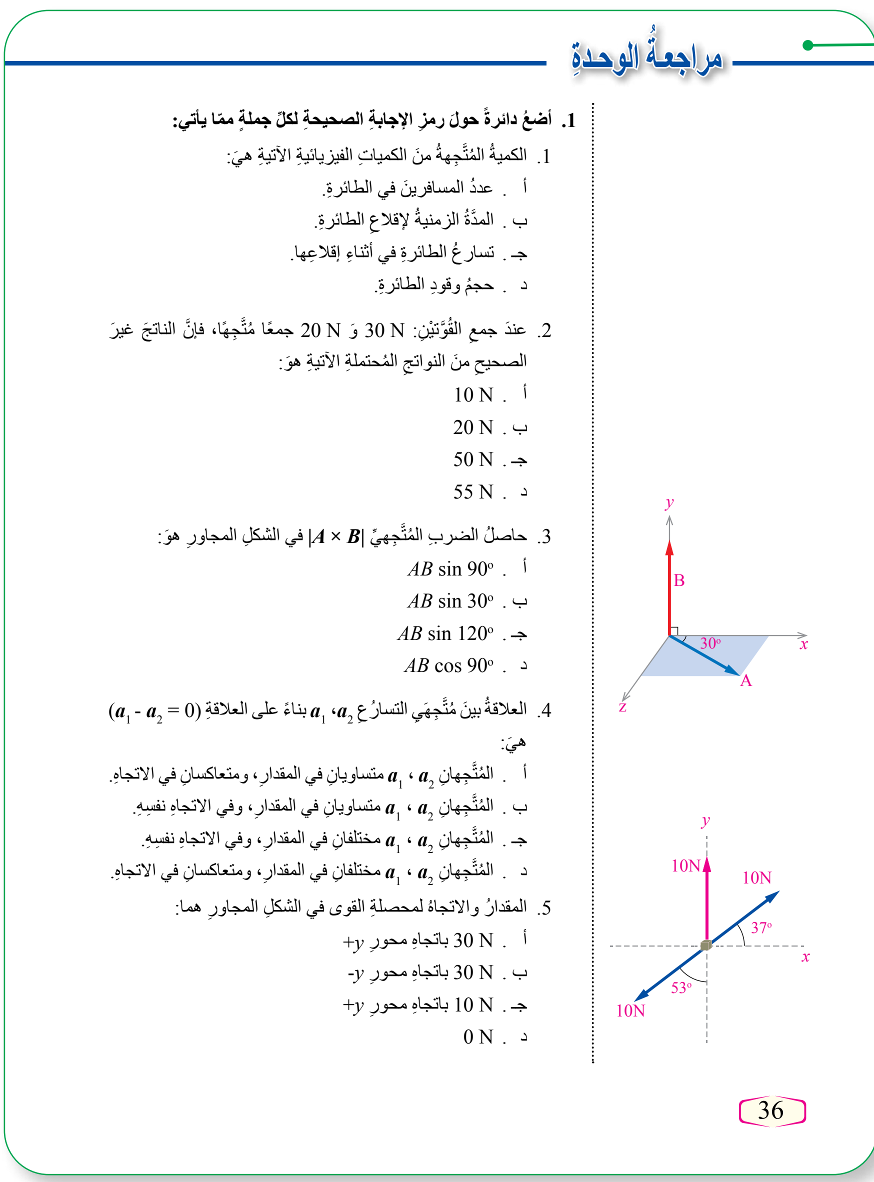


الشكلُ (23): تحليلُ المُتَّجِهِ A إلى مُرَكَّبتيهِ.

أُثبِتُ أنَّ: $A_x^2 + A_y^2 = A^2$.

أسئلة الأشكال

أسئلة إجاباتها تكون من الصورة 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 القُوَّتيْنِ: 30 N وَ 20 N جمعًا مُتَّجِهًا، فإنَّ الناتجَ غيرَ الصحيحِ منَ النواتجِ المُحتملةِ الآتيةِ هوَ:
   أ . 10 N
   ب . 20 N
   جـ . 50 N
   د . 55 N

3. حاصلُ الضربِ المُتَّجِهيِّ $|\boldsymbol{A} \times \boldsymbol{B}|$ في الشكلِ المجاورِ هوَ:
   أ . $AB \sin 90^o$
   ب . $AB \sin 30^o$
   جـ . $AB \sin 120^o$
   د . $AB \cos 90^o$

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. المقدارُ والاتجاهُ لمحصلةِ القوى 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.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

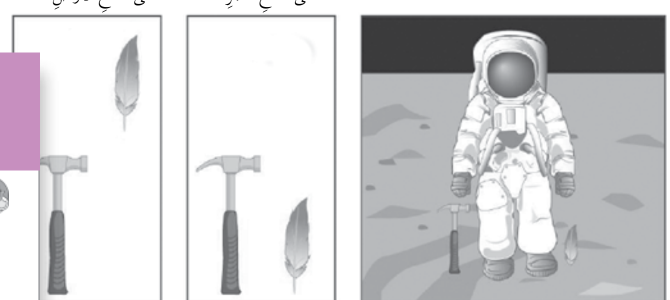
التقويم في كتاب الأنشطة والتجارب العملية

يشمل التقويم في كتاب الأنشطة والتجارب العملية على ما يأتي:

أسئلة الاختبارات الدولية

أسئلةُ اختباراتٍ دوليةٍ، أوْ أسئلةٌ على نمطِها

السؤالُ الأولُ:



وقفَ رائدُ فضاءٍ على سطحِ القمرِ، ثمَّ أسقطَ ريشةً ومِطرقةً منْ يديْهِ في اللحظةِ نفسِها، فوصلَتا سطحَ
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 قُوَّةَ جذبِ الأرضِ لها كبيرةٌ. أمّا على
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 قُوَّةَ جذبِ الأرضِ للأجسامِ تساوي
أمثالِ قُوَّةِ 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. أُعلِّقُ الأثقالَ الثلاثةَ (كلُّ ثِقلٍ بخيطٍ)، ثمَّ أضبطُ خيطًا منْها على تدريجِ الصفرِ 0°، وخيطًا آخرَ على تدريجِ 120°، وأُحرِّكُ الخيطَ المُتبقّيَ 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 الثِّقلِ + كتلةِ الثِّقلِ). ما مقدارُ محصلةِ تلكَ القوى؟

   ....

   ....

2. أحسُبُ بيانيًّا محصلةَ القُوَّتيْنِ: الأولى، والثانيةِ.

   $F_{1,2}$ = ... N , Θ = ... $^\circ$

3. أُقارِنُ محصلةَ هاتيْنِ القُوَّتيْنِ بالقُوَّةِ الثالثةِ منْ حيثُ: المقدارُ، والاتجاهُ.

   ....

   ....

7 الوحدةُ 1 المُتَّجهاتُ Vectors

التقويم في دليل المعلِّم

الربط مع المعرفة السابقة

استراتيجيات التقويم:

التقويم المعتمد على الأداء

المواقف التقويمية التابعة للاستراتيجية:

- التقديم: عرض منظم مخطط يقوم به الطالب.
- العرض التوضيحي: عرض شفوي أو عملي يقوم به الطالب.
- الأداء العملي: أداء الطالب مهام محددة بصورة عملية.
- الحديث: تحدث الطالب عن موضوع معين خلال مدة محددة.
- المعرض: عرض الطالب إنتاجه الفكري والعملي.
- المحاكاة/ لعب الأدوار: تنفيذ الطالب حوارًا بكل ما يرافقه من حركات.
- المناقشة/ المناظرة: لقاء بين فريقين من الطلبة يناقشون فيه قضية ما، بحيث يتبنى كل فريق وجهة نظر مختلفة.

الورقة والقلم

المواقف التقويمية التابعة للاستراتيجية:

- الاختبار: طريقة منظمة لتحديد مستوى تحصيل الطالب معلومات ومهارات في مادة دراسية تعلَّمها قبلًا.

التواصل

المواقف التقويمية التابعة للاستراتيجية:

- المؤتمر: لقاء مخطط يعقد بين المعلّم والطالب.
- المقابلة: لقاء بين المعلّم والطالب.
- الأسئلة والأجوبة: أسئلة مباشرة من المعلّم إلى الطالب.

الملاحظة

المواقف التقويمية التابعة للاستراتيجية:

- الملاحظة المنظمة: ملاحظة يخطّط لها من قبل، ويحدّد فيها ظروف مضبوطة، مثل: الزمان، والمكان، والمعايير الخاصة بكل منها.

مراجعة الذات

المواقف التقويمية التابعة للاستراتيجية:

- يوميات الطالب: كتابة الطالب ما قرأه، أو شاهده، أو سمعه.
- ملف الطالب: ملف يضم أفضل أعمال الطالب.
- تقويم الذات: قدرة الطالب على تقييم أدائه، والحكم عليه.

أدوات التقويم:

- قائمة الرصد
- سلم التقدير العددي
- سلم التقدير اللفظي
- سجل وصف سير التعلم
- السجل القصصي

1 تقديم الدرس

الربط مع المعرفة السابقة:

راجع الطلبة مراجعة سريعة في مقاييس الرسم، مثل مقياس رسم الخريطة وكيفية استخدامه في تحويل المسافات من الخريطة إلى الواقع أو العكس وربطها مع مع تمثيل الكميات المتجهة بيانيًّا، كذلك مراجعة الطلبة بعملية ضرب الأعداد وخصائصها وربط ذلك بضرب الكميات المتجهة القياسي والمتجهي، مُستخدمًا أسلوب المناقشة، وطرح الأسئلة، وحل أمثلة تطبيقية.

المهارات

يشتمل كتاب الطالب على مهارات متنوعة:

مهارات القرن الحادي والعشرين

يشهد العالم تحولات وتغيرات هائلة ما يتطلب مستويات متقدمة من الأداء والمهارة، والتحول من ثقافة المستوى الأدنى إلى ثقافة الجودة والإتقان، ومن ثقافة الاستهلاك إلى ثقافة الإنتاج. يعد إكساب الطالب مهاراتِ القرن الحادي والعشرين ركيزة أساسية لتحقيق مفهوم التعلم مدى الحياة.

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

مهارات العلم

العمليات التي يقوم بها الطلبة أثناء التوصل إلى النتائج والحكم والتحقق من صدقها، وتسهم ممارسة هذه المهارات في إثارة الاهتمامات العلمية للطلبة؛ ما يدفعهم إلى مزيد من البحث والاكتشاف.

- الأرقام والحسابات.
- استعمال المتغيرات.
- الاستنتاج.
- التجريب.
- تفسير البيانات.
- التواصل.
- التوقع.
- طرح الاسئلة.
- القياس.
- الملاحظة.

مهارات القراءة

تعد القراءة عملية عقلية يمارس فيها الفرد عِدَّة مهارات. وتهدف مهارات القراءة بوجه عام إلى تنمية البنى المعرفية وحصيلة المفردات العلمية والذكاءات المتعددة، وتعزيز الجوانب الوجدانية والثقة بالنفس والقدرة على التواصل الفاعل، وتنمية التفكير العلمي والإبداعي.

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

المهارات العلمية والهندسية

تنمّي هذه المهارات قدرات الطالب على عرض أعماله وأفكاره بدقة وموضوعية، وتبريرها والبرهنة على صدقها، وعرضها بطرائق وأشكال مختلفة، وتبادلها مع الآخرين، واحترام الرأي الآخر. وتؤكد هذه المهارات أهمية إحداث الترابط المرغوب فيه بين المواد الدراسيّة المختلفة، ومع متطلبات التفكير الناقد والإبداعيّ.

- استخدام الرياضيات.
- الاعتماد على الحجة والدليل العلمي.
- بناء التفسيرات العلمية وتصميم الحلول الهندسية.
- تحليل وتفسير البيانات.
- التخطيط وإجراء الاستقصاءات.
- تطوير واستخدام النماذج.
- الحصول على المعلومات وتقيمها وإيصالها.
- طرح الأسئلة وتحديد المشكلات.

استراتيجيات التدريس وأساليب داعمة في التعلُّم

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

التعلّم التعاوني Collaborative Learning:

عمل الطلبة ضمن مجموعات لمساعدة بعضهم بعضًا في التعلّم؛ تحقيقًا لهدف مشترك أو واجب ما؛ على أن يبدي كل طالب مسؤولية في التعلُّم، ويتولى العديد 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 واقعية للطلبة، ثم الطلب إليهم تمحيصها ومعالجتها بأسلوب منظم.

أكواب إشارة المرور Traffic Light |Cups:

يستخدم هذا الأسلوب للتدريس والمتابعة باستعمال أكواب متعددة الألوان (أحمر، أصفر، أخضر)، بوصف ذلك إشارة للمعلّم 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 طرحه على المعلّم من دون أن يمنعهم ذلك من الاستمرار في أداء المهام المنوطة بهم. أما اللون الأحمر فيشير إلى حاجة الطلبة الشديدة إلى المساعدة، وعدم قدرتهم على إتمام مهامهم.

فكّر، انتق زميلًا، شارك Think- Pair- Share:

أسلوب يستخدم لعرض أفكار الطلبة، وفيه يطرح المعلّم سؤالًا على الطلبة، ثم يمنحهم الوقت الكافي للتفكير في الإجابة وكتابة أفكارهم في ورقة، ثم يطلب إلى كل طالبين مشاركة بعضهما بعضًا في الأفكار، ثم عرضها على افراد المجموعات.

الطاولة المستديرة Round Table:

يمتاز هذا الأسلوب بسرعة تجميع أفكار الطلبة؛ إذ يكتب المعلّم أو أحد أفراد المجموعة سؤالًا في أعلى ورقة فارغة، ثم يُمرّر أفراد المجموعة الورقة على الطاولة، بحيث يضيف كل طالب فقرة جديدة تمثّل إسهامًا في إجابة السؤال، ويستمر ذلك حتى يطلب المعلّم إنهاء ذلك. بعدئذٍ، ينظّم أفراد المجموعة مناقشة للإجابات، ثم تعرض كل مجموعة نتائجها على بقية المجموعات.

دراسة الحالة:

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

بطاقة الخروج Exit Ticket:

يمثّل هذا الأسلوب مهمة قصيرة ينفّذها الطلبة قبل خروج المعلّم من الصف، وفيها يجيبون عن أسئلة قصيرة محددة مكتوبة في بطاقة صغيرة، ثم يجمع المعلّم البطاقات ليقرأ الإجابات، ثم يعلّق في الحصة التالية على إجابات الطلبة التي تمثّل تغذية راجعة يستند إليها في الحصة اللاحقة.

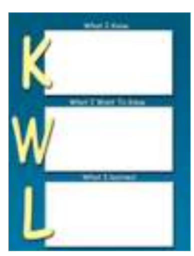
اثنِ ومرّر Fold and Pass:

أسلوب يجيب فيه الطلبة أو أفراد المجموعات عن سؤال في ورقة، ثمّ تُمرّر الورقة على طلبة الصف بعد ثنيها، وتستمر العملية حتى يّصدر المعلّم للطلبة إشارة بالتوقّف، ثم يقرأ أحد افراد المجموعة ما كُتب في الورقة بصوت عال. وبهذا يتيح للمعلّم جمع معلومات عن إجابات الطلبة، ويتاح للطلبة المشاركة بحرية أكبر، وتقديم التغذية الراجعة، وتقويم الآخرين عندما يقرأون 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 وصلت إليه عند نهايته، ومن الممكن استخدامه تقويمًا ذاتيًّا يتيح للمعلّم الاطلاع على مدى تحسن التعلم لدى الطلبة، وتصحيح المفاهيم البديلة لديهم، وتخطيط الدرس التالي، وتصميم خبرات جديدة تناسب تعلمهم بصورة أفضل.

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



يعتمد على محاور أساسية ثلاثة وهي:

- ماذا أعرف؟ وهي خُطوة مهمة لفهم الموضوع الجديد وإنجاز المهمات، فالمتعلِّم يحدِّد إمكاناته حتى يتمكن من استثمارها على أحسن وجه.
- ماذا أريد أن أتعلم؟ وهي مرحلة تحديد المهمة المُتوقَّع إنجازها أو المشكلة التي ينبغي حلها.
- ماذا تعلمت؟ وهي مرحلة تقويم ما تعلّمهُ الطالب من معارف ومهام وأنشطة.

طريقة فراير Frayer Method:

يتطلب هذا الأسلوب إكمال الطلبة (فرادى، أو ضمن مجموعات) المنظم التصويري الآتي:

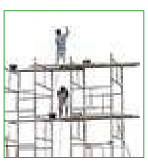
الطلاقة اللفظية:

يستخدم هذا الاسلوب لتعزيز عمليتي المناقشة والتأمّل، وفيه يتبادل أفراد المجموعة الأدوار بالتحدث عن الموضوع المطروح، والاستماع لبعضهم بعضًا مدَّة محددة من الوقت.

التعلم بالتعاقد:

تعتمد هذه الاستراتيجية على إشراك الطلبة إشراكًا فعليًّا في تحمّل مسؤولية تعلمهم، تبدأ بتحديد ما سيتعلمونه في فترة زمنية محددة. ويتم من خلال هذه الاستراتيجية عقد اتفاق محدد بين المعلم وطلبته يتضح فيه المصادر التعليمية التي سيلجأ إليها الطلبة خلال عملية بحثهم، وطبيعة الأنشطة التي سيجرونها، وأسلوب التقويم وتوقيته.

السقالات التعليمية (Instructional Scaffolding):



تجزئة الدرس إلى أجزاء صغيرة؛ ما يساعد الطلبة على الوصول إلى استيعاب الدرس، أو استخدام الوسائط السمعية والبصرية، أو الخرائط الذهنية، أو الخطوط العريضة، أو إيماءات الجسد أو الروابط الإليكترونية وغيرها من الوسائل التي تعد بمثابة "السقالات التعليمية" التي تهدف إلى إعانة الطالب على تحقيق التعلم المقصود .

التعلُّم المقلوب (Flipped Learning):

استعمال التقنيات الحديثة وشبكة الإنترنت على نحوٍ يسمح للمعلِّم 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 التعليمية التعلُّمية، ويُسهِم التقييم المستمر والتجميع المرن في نجاح هذا النهج من التعليم.

يكون التمايُز في أبسط مستوياته عندما يلجأ المعلِّم إلى تغيير طريقة تدريسه؛ بُغْيَةَ إيجاد فرص تعلُّم لطالب، أو مجموعة صغيرة من الطلبة.

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

1. **المحتوى Content:** ما يحتاج الطالب إلى تعلُّمه، وكيفية حصوله على المعلومة.
2. **الأنشطة Activities:** الفعاليات التي يشارك فيها الطالب؛ لفهم المحتوى، أو إتقان المهارة.
3. **المُنتَجات Products:** المشاريع التي يتعيَّن على الطالب تنفيذها؛ للتدرُّب على ما تعلَّمه في الوحدة، وتوظيفه في حياته، 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 يكتبها المعلِّم، وهي تتضمَّن المهام المشتركة التي يتعيَّن على الطلبة كافةً إنجازها، وتلك التي تفي بحاجات الطلبة الفردية).
- تقديم أشكال من الدعم العملي للطلبة الذين يحتاجون إلى المساعدة.
- منح الطلبة وقتًا إضافيًّا 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 انشغال المعلِّمين بطلبة آخرين، وعدم تمكُّنهم من تقديم المساعدة المباشرة لهم.
- التحقُّق من وجود أماكن في غرفة الصف، يُمكِن للطلبة العمل فيها بهدوء، ومن دون إلهاء، وكذلك أماكن أُخرى تُسهِّل العمل التعاوني بين الطلبة.

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

نشاط سريع

- ذكِّر الطلبة بالفرق بين المسافة والإزاحة، ثم حدِّد على اللوح نقطة البداية.
- اطلب 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، وكذلك الحال بالنسبة إلى المسافة التي قطعوها؛ أيْ إنَّ مقدار الإزاحة ثابت، ولكنَّ اختلاف اتجاهها أدّى إلى اختلاف إزاحة كلٍّ منهم؛ ما يعني أنَّ الإزاحة كمية متجهة تتطلَّب تحديد المقدار والاتجاه.

- **نشاط سريع.**

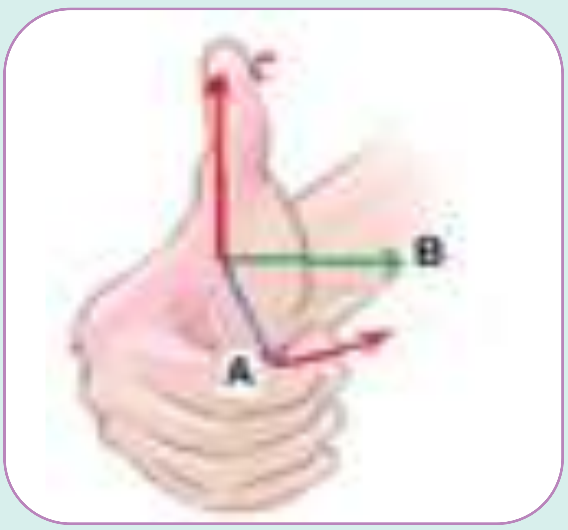
- **طريقة أخرى للتدريس.**

طريقة أخرى للتدريس

ربَّما يجد بعض الطلبة صعوبة في تحديد اتجاه ناتج الضرب المتجهي؛ لذا يُمكِن استعمال طريقة أخرى (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 الأربع 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 z^+ 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 منطقتك 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، والتوجهات العالمية لمواكبة مختلف القطاعات والمجالات، بما في ذلك قطاع التعليم، فقد تضمَّن كتاب الطالب وكتاب الأنشطة والتمارين دروسًا تعتمد على التعلُّم المتمازج (Blended Learning) الذي يربط بين التكنولوجيا وطرائق التعلُّم المختلفة، وأنشطةً وفق المنحى التكاملي (STEAM) تُعدُّ التكنولوجيا المحور الرئيس فيها .

عند توظيف المعلِّم للتكنولوجيا، يتعيَّن عليه مراعاة ما يأتي:

- التحقُّق من موثوقية المواقع الإلكترونية التي يقترحها على الطلبة؛ يوجد العديد من المواقع التي تحتوي على 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: (.gov .edu .org).

توظيف التكنولوجيا

ابحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن موضوع تمثيل المتجهات بيانيًا، علمًا بأنَّه يُمكِنك إعداد عروض تقديمية تتعلَّق بموضوع الدرس.

شارِك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو تطبيق التواصل الاجتماعي (الواتس آب)، أو إنشاء مجموعة على تطبيق (Microsoft teams) ، أو استعمِل أيَّ وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

الوحدة الأولى: المتجهات Vectors

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

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

الوحدةُ 1

المُتَّجِهاتُ Vectors

أتأمَّلُ الصورةَ

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

- ماذا تلاحظ على اتجاه المدرج واتجاه الطائرة في أثناء هبوطها؟
- هل تهبط الطائرات دائمًا على هذا النحو أم يقتصر ذلك على ظروف وأحوال معينة؟
- هل يمكنك 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 النهائية للطائرة في اتجاه المدرج.


الوحدةُ 1

المُتَّجِهاتُ Vectors

أتأمَّلُ الصورةَ

يكونُ هبوطُ الطائراتِ باتجاهٍ موازٍ لمَدْرجِ المطارِ في الأحوالِ الاعتياديةِ، ولكنَّ الطيارَ يواجهُ صعوباتٍ في أثناءِ عمليةِ الهبوطِ في الأجواءِ العاصفةِ؛ إذْ تكونُ الرياحُ العرضيةُ نشطةً جدًّا، فيلجأُ الطيارُ إلى توجيهِ مُقدِّمةِ الطائرةِ بشكلٍ 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 بأنَّهُ تعذَّرَ على عشرينَ طائرةً الهبوطُ وقتئذٍ. فما الهدفُ منْ توجيهِ الطيارِ مُقدِّمةَ الطائرةِ نحوَ الاتجاهِ المُبيَّنِ في الشكلِ؟ ما أثرُ ذلكَ في السلامةِ العامةِ؟

7

الفكرة العامة:

اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

- ما الكميات الفيزيائية التي يُزوِّد ركاب الطائرة بمعلومات عنها؟

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

قارِن 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). بيِّن للطلبة أيضًا أنَّ خصائص الكميات التي لها مقدار واتجاه (جمع، طرح، ضرب...) تختلف عن تلك التي لها مقدار فقط.

مشروع الوحدة:

مشروع هذه الوحدة هو تصميم ملعب أو حديقة عامة في منطقتك 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.

الفكرةُ العامةُ:

الكمياتُ الفيزيائيةُ عديدةٌ ومتنوعةٌ؛ فبعضُها كمياتٌ مُتَّجِهةٌ تتطلَّبُ تحديدَ المقدارِ والاتجاهِ للتعبيرِ عنْها على نحوٍ كاملٍ صحيحٍ، وبعضُها الآخرُ كمياتٌ قياسيةٌ تُحدَّدُ بالمقدارِ فقطْ وليسَ لها اتجاهٌ، علمًا بأنَّ التعاملَ معَ الكمياتِ المُتَّجِهةِ، وإجراءَ العملياتِ الحسابيةِ عليْها يختلفُ اختلافًا كبيرًا عنِ الكمياتِ القياسيةِ.

الدرسُ الأولُ: الكمياتُ القياسيةُ والكمياتُ المُتَّجِهةُ

Scalar and Vector Quantities

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

الدرسُ الثاني: 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.

8

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

*القضايا ذات العلاقة بالعمل: **إدارة المشاريع**

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

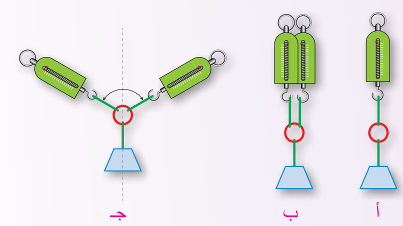
تجربة استهلالية

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 نابضانِ، 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 أُدَوِّنُ القراءةَ.
2. **أقيسُ:** أُعلِّقُ الميزانَ الثانيَ بالحلقةِ، إضافةً إلى الميزانِ الأولِ كما في الشكلِ (ب)، ثمَّ أُدَوِّنُ 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 أُدَوِّنُ كلَّ قراءةٍ.

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

تحليل النتائج:

1. تُمثِّل قراءة الميزان الأول في الحالة A وزن الثقل: (W = mg = 0.5 ×10 = 5 N).
2. الميزان الأول: تناقصت قراءة هذا الميزان إلى النصف في الحالة B(2.5 N)، ثم ازدادت لتعود إلى قيمتها الأولى في الحالة C(5 N).
الميزان الثاني: تشابهت قراءة هذا الميزان تشابهًا تامًّا مع قراءة الميزان الأول في الحالتين: B(2.5 N)، و C(5N)؛ إذ ازدادت القراءة.
3. الحالة B: مجموع قراءة الميزان الأول وقراءة الميزان الثاني (2.5 + 2.5 = 5 N) يساوي وزن الثقل 5 N.
الحالة C: المجموع المتجهي لقراءة الميزان الأول وقراءة الميزان الثاني (5 + 5 = 5 N) يساوي وزن الثقل 5 N.
صحة ادعاء كلٍّ من هيا ويمان تعتمد على مقدار كلٍّ من القوتين واتجاهها؛ ففي الحالة C، حيث الزاوية بين المتجهين 120^o، يكون ادعاء يمان صحيحًا (5 + 5 = 5 N). وفي الحالة B، حيث القوتان متوازيتان (الزاوية بينهما 0^o)، يكون ادعاء هيا صحيحًا. نستنتج من ذلك أنَّ ناتج جمع القوى يعتمد على مقادير واتجاهات تلك القوى.

تجربة استهلالية

الهدف: تمييز جمع القوى من جمع الأعداد.

زمن التنفيذ: 35 دقيقة

إرشادات السلامة:

الحذر من سقوط الأثقال على القدمين.

المهارات العلمية:

القياس، المقارنة، تقديم الدليل.

الإجراءات والتوجيهات:

وجِّه الطلبة إلى الاستعانة بدليل التجارب عند إجراء التجربة، واطلب إليهم ضبط (معايرة) الموازين قبل استعمالها؛ لضمان الحصول على قراءات أكثر دقة، وتحقَّق من صلاحية الموازين ودقتها قبل دخول المختبر.

النتائج المتوقعة:

الحالة (الشكل)	A	B	C
قراءة الميزان الأول	N 5	N 2.5	N 5
قراءة الميزان الثاني	-	N 2.5	N 5، والزاوية بين قوتي الشد في الميزانين 120^o

قد يتوصَّل الطلبة إلى قراءاتٍ للميزانين قريبةٍ من هذه النتائج، لكنَّها ليست مطابقة لها تمامًا؛ نظرًا إلى عدم ضبط (معايرة) الميزانين قبل استعمالها، أو حدوث خلل فيهما نتيجة كثرة الاستعمال. غير أنَّ النتيجة النهائية المتوقعة للطلبة كافةً هي أنَّ جمع المتجهات يختلف عن جمع الأعداد.

استراتيجية التقويم: التقويم المعتمد على الأداء.

أداة التقويم: قائمة رصد.

الرقم	معايير الأداء	نعم	لا
1	يُميِّز جمع القوى من جمع الأعداد.		
2	يقيس قياسًا دقيقًا جدًّا الوزن باستعمال الميزان النابضي.		
3	يعتمد أدلة علمية وموثوقة لتأييد الادِّعاء، أو دحضه.		
4	يحترم الرأي والرأي الآخر.		

الدرس 1

الكميات القياسية والكميات المُتَّجِهة
Scalar and Vector Quantities

1 تقديم الدرس

الكمياتُ الفيزيائيةُ

◄ الفكرة الرئيسة:

لنفترض أنَّ سيارة تحركت بسرعة 70 km/h في اتجاه الشمال مدَّة 5 دقائق، ثم اتجهت نحو الشرق، وتحركت بسرعة 70 km/h مدَّة 5 دقائق أيضًا.

اطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

- هل كانت سرعة السيارة متساوية في كلتا الحالتين؟
- هل تساوى الزمن الذي استغرقته السيارة في الحركة في كلتا الحالتين؟
- ما مجموع كلٍّ من السرعة والزمن؟

وضِّح للطلبة أنَّ سرعة السيارة غير متساوية في كلتا الحالتين (متساوية في المقدار، ولكنَّها ليست في الاتجاه نفسه)، وأنَّ مجموع السرعة في كلٍ منها لا يساوي 140 km/h. أمّا الزمن فهو متساوٍ في كلتا الحالتين، والمجموع الكلي للمدَّة الزمنية هو 10 دقائق، بالرغم من أنَّ السرعة والزمن كميتان فيزيائيتان! وضِّح لهم أيضًا أنَّ السرعة كمية لها مقدار واتجاه؛ لذا، فهي تختلف اختلافًا تامًّا – في خصائصها، والتعامل معها– عن الزمن الذي له مقدار فقط، وليس له اتجاه.

◄ الربط مع المعرفة السابقة:

راجِع الطلبة مراجعة سريعة في مقاييس الرسم، مثل مقياس رسم الخريطة وكيفية استخدامه في تحويل المسافات من الخريطة إلى الواقع أو العكس وربطها مع مع تمثيل الكميات المتجهة بيانيًّا، كذلك مراجعة الطلبة بعملية ضرب الأعداد وخصائصها وربط ذلك بضرب الكميات المتجهة القياسي والمتجهي، مُستخدمًا أسلوب المناقشة، وطرح الأسئلة، وحل أمثلة تطبيقية.

2 التدريس

◄ بناء المفهوم:

استخدم استراتيجية التعلم التعاوني للتوصل إلى مفهوم المتجه على النحو الآتي:

- قسم الطلبة إلى مجموعات.

الدرس 1 — الكمياتُ القياسيةُ والكمياتُ المُتَّجِهةُ
Scalar and Vector Quantities

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

◄ نتاجاتُ التعلُّمِ:
- 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 منها عنْ غيرِهِ؟

يُلاحَظُ وجودُ كمياتٍ فيزيائيةٍ يُمكِنُ وصفُها وصفًا كاملًا بتحديدِ مقدارِها فقطْ، وأُخرى يَلزمُ تحديدُ مقدارِها واتجاهِها معًا.

الشكلُ (1): حالةُ الطقسِ في العاصمةِ عمّانَ.

10

- وزع ورقة عمل على المجموعات تتضمن أسئلة تتعلق بالكميات المتجهة والكميات القياسية وكيفية التمييز بينهما وأهمية المتجهات وتطبيقاتها.
- حدد زمن النشاط (10 دقائق).
- تجول بين المجموعات لمتابعة تفاعل الطلبة ومشاركة جميع أفراد المجموعة.
- بعد انتهاء الوقت المقرر للنشاط كلف بعض المجموعات بعرض ما توصلت إليه ومناقشة ذلك مع الطلبة.
- التوصل إلى مفهوم المتجه وطرح بعض الأسئلة للتأكد من ذلك.

أجابة سـؤال الشكل (1):

الكميات الفيزيائية هي درجة الحرارة، وسرعة الرياح. وقد اختلف وصف كلٍّ منها؛ إذ وُصِفت درجة الحرارة بالمقدار فقط، في حين وُصِفت سرعة الرياح بالمقدار والاتجاه معًا (اتجاه السهم يُمثِّل اتجاه السرعة).

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 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.

المثالُ 1

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

الجدولُ (1)

الكميةُ الفيزيائيةُ	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.

11

نشاط سريع

- ذكِّر الطلبة بالفرق بين المسافة والإزاحة، ثم حدِّد على اللوح نقطة البداية.
- اطلب 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، وكذلك الحال بالنسبة إلى المسافة التي قطعوها؛ أيْ إنَّ مقدار الإزاحة ثابت، ولكنَّ اختلاف اتجاهها أدّى إلى اختلاف إزاحة كلٍّ منهم؛ ما يعني أنَّ الإزاحة كمية متجهة تتطلَّب تحديد المقدار والاتجاه.

مثال إضافي

أُقيمت مباراة لكرة القدم على ملعب مدينة الحسين الرياضية.

- حدِّد كميتين متجهتين، وكميتين قياسيتين، ثم رتِّبها في جدول، مُبيِّنًا اسم الكمية، ورمزها، ووحدة قياسها (في النظام الدولي SI).
- اطلب إلى الطلبة حلَّ السؤال ضمن مجموعات ثنائية.

الإجابات المحتملة:

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

معلومة إضافية

الإشارة السالبة تعني عكس الاتجاه في الكميات المتجهة، ولكنَّ ذلك لا ينطبق على الكميات القياسية؛ فدرجة الحرارة قد تكون موجبة أو سالبة، وهي كمية قياسية.

أتحقَّق:

الكميات المتجهة:

كميات لها مقدار واتجاه، وهي تُحدَّد بالمقدار والاتجاه معًا.

الكميات القياسية:

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

تمرينٌ

الكميات القياسية:

كتلة القلم، طول القلم، زمن سقوط القلم.

الكميات المتجهة:

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

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 $\boldsymbol{F}$ 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 هوَ كميَّةٌ قياسيةٌ، لكنَّ الإزاحةَ (الخطُّ المستقيمُ منْ نقطةِ البدايةِ إلى نقطةِ النهايةِ) هيَ 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 لها صلةٌ بذلكَ.

12

التعزيز:

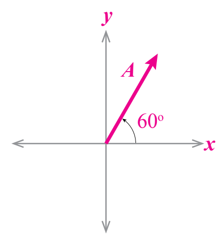
- وزِّع الطلبة إلى فريقين، ثم نظِّم مسابقة بينهما بعد عقد جلسة عصف ذهني لكلا الفريقين.
- وجِّه أحد الفريقين إلى البحث عن كميات متجهة، ثم كتابتها على يمين اللوح.
- وجِّه الفريق الآخر إلى البحث عن كميات قياسية، ثم كتابتها على يسار اللوح.
- أنشئ لجنة تحكيم من الطلبة؛ لمراقبة مدى التزام الفريقين بما يأتي:
  - الالتزام بالوقت المُحدَّد للنشاط (10 دقائق مثلًا).
  - كتابة الطالب كمية واحدة فقط على اللوح، وعدم تكرار ذلك إلّا بعد انتهاء جميع أعضاء الفريق من المشاركة في عملية الكتابة.
- بعد انتهاء الوقت المُحدَّد، ناقِش كل فريق في إجابته، ثم اشطب الكميات المُكرَّرة وغير الصحيحة، ثم عُدَّ 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 معَ الكمياتِ الفيزيائيةِ المُتَّجِهةِ (مثلُ: القُوَّةِ، والسرعةِ). 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 محورِ ($+x$)، بعكسِ دورانِ عقاربِ الساعةِ، وتُسمّى الزاويةَ المرجعيةَ. فمثلًا، المُتَّجِهُ $\boldsymbol{A}$ في الشكلِ (2) يُكتَبُ بصورةِ $\boldsymbol{A} = A, 60^\circ$؛ ما يعني أنَّ المُتَّجِهَ $\boldsymbol{A}$ يَصنعُ زاويةً مرجعيةً مقدارُها 60° معَ محورِ ($+x$).



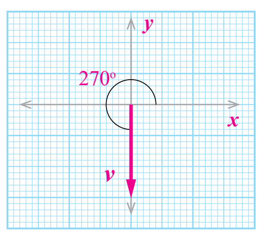
الشكلُ (2): رسمُ مُتَّجِهِ $\boldsymbol{A}$ على المستوى x-y.

المثالُ 3

اكتسبَ جسمٌ سرعةَ $v = 3$ m/s, 270°. أُمثِّلُ مُتَّجِهَ السرعةِ بيانيًّا.

الحلُّ:

- أختارُ مقياسَ رسمٍ مناسبًا، مثلَ (1cm : 1 m/s)؛ أيْ إنَّ كلَّ 1 cm على الورقةِ يُمثِّلُ 1 m/s، فيكونُ طولُ السهمِ: 3 m/s × (1cm/(1 m/s)) = 3 cm.
- أرسمُ سهمًا طولُهُ 3 cm، ولهُ نقطةُ بدايةٍ (تُسمّى ذيلَ المُتَّجِهِ) عندَ نقطةِ الأصلِ (0,0)، ونقطةُ نهايةٍ (تُسمّى رأسَ المُتَّجِهِ)، بحيثُ يَصنعُ اتجاهُ السهمِ زاويةً مقدارُها 270° معَ المحورِ ($+x$) بعكسِ دورانِ عقاربِ الساعةِ (باتجاهِ الجنوبِ) كما في الشكلِ (3).

الشكلُ (3): رسمُ مُتَّجِهِ السرعةِ v.


13

مثال إضافي

مُثِّلت قوة F_1 مقدارها 300 N بيانيًّا بسهم طوله 6 cm في اتجاه الشمال. إذا استُعمِل مقياس الرسم نفسه في تمثيل قوة أخرى F_2، برسم سهم طوله 10 cm، في اتجاه يصنع زاوية 37° جنوب الشرق، فجد:

أ . مقياس الرسم المُستعمَل.

ب . مقدار القوة الثانية F_1، واتجاهها.

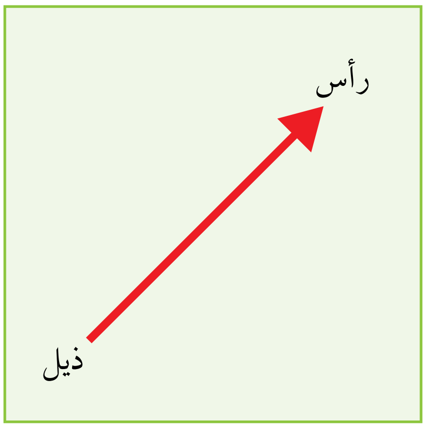
الحلُّ:

أ.
$$6 \text{ cm} = 300 \text{ N} \times \text{scale}$$
$$\text{Scale} = 6 \text{ cm}/300 \text{ N} = \left(\frac{1\text{cm}}{50 \text{ N}}\right)$$

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

يُستعمَل مقياس الرسم في الخرائط الجغرافية والمخططات الهندسية وغيرها لتمثيل الكميات الكبيرة جدًّا، أو الصغيرة جدًّا، التي لا يُمكِن تمثيلها بمقاديرها الحقيقية. ولتمثيل الكميات الفيزيائية المتجهة بدقة، يُستعمَل مقياس رسم مناسب لمقدار الكمية المراد تمثيلها، بحيث تتناسب وحجم الورق المُستعمَل، وذلك برسم سهم طوله يُمثِّل مقدار الكمية المتجهة، واتجاه السهم يُمثِّل اتجاهها كما في الشكل الآتي:



لإيجاد طول السهم، تُستعمَل العلاقة الآتية:

طول السهم = مقدار الكمية × مقياس الرسم

توظيف التكنولوجيا

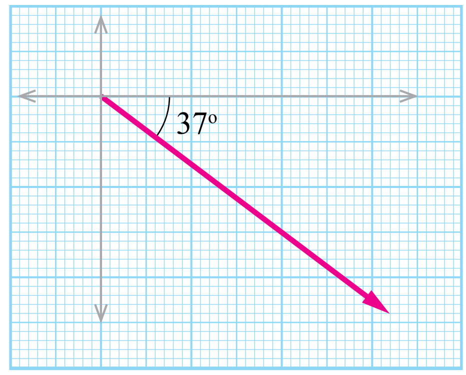
ابحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن موضوع تمثيل المتجهات بيانيًا، علمًا بأنَّه يُمكِنك إعداد عروض تقديمية تتعلَّق بموضوع الدرس.

شارِك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو تطبيق التواصل الاجتماعي (الواتس آب)، أو إنشاء مجموعة على تطبيق (Microsoft teams) ، أو استعمِل أيَّ وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

تمرينٌ

مقياس الرسم (1 cm: 10 km/h).

طول السهم 8 cm في الاتجاه المُبيَّن في الشكل الآتي:



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.

أُفكِّر:

طول السهم بحسب نظرية فيثاغورس:

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

إذن، بُعْد المسجد:

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

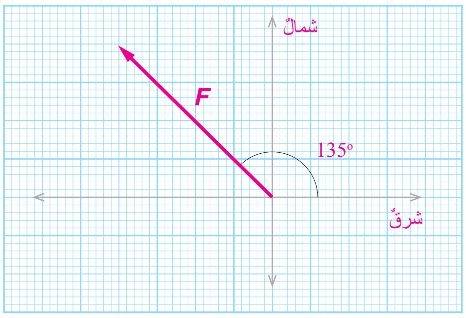
$$\theta = tan^{-1}\frac{2}{-4} = 153^o$$

أيْ في اتجاه يصنع زاوية 153^o مع محور $+x$ كما في الشكل (5).

المثالُ 4

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

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



الشكلُ (4): رسمٌ لمُتَّجِهِ القُوَّةِ F.

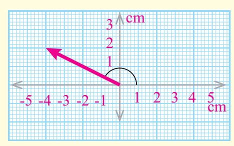
الحلُّ:

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

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

- أرسمُ سهمًا طولُهُ 6 cm، بحيثُ يَصنعُ زاويةً مقدارُها 135^o معَ محورِ $(+x)$، أوْ زاويةً مقدارُها 45^o شمالَ الغربِ كما في الشكلِ (4).

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



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

تمرينٌ

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

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

14

أخطاء شائعة

يعتقد بعض الطلبة أن نقل المتجه من مكان إلى آخر يغير من مقداره، وضح للطلبة خطأ 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.

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

أتحقّق:

١. تساوي متجهين: متجهان لهما المقدار نفسه، والاتجاه نفسه.

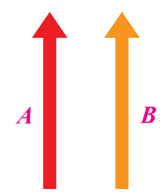
٢. ضرب المتجه في عدد سالب:
متجه جديد مقداره يساوي مقدار المتجه الأصلي مضروبًا في القيمة المطلقة للعدد السالب، واتجاهه عكس اتجاه المتجه الأصلي.

خصائصُ المُتَّجِهاتِ Properties of Vectors

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

- **تساوي مُتَّجِهيْنِ Equality of Two Vectors**

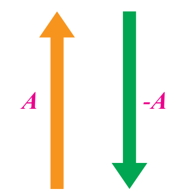
يتساوى مُتَّجِهانِ عندما يكونُ لهُما المقدارُ والاتجاهُ نفساهُما كما في الشكلِ (6)، إضافةً إلى أنَّهُما مِنَ النوعِ نفسِهِ. اعتمادًا على هذهِ الخصيصةِ، فإنَّهُ يُمكِنُ نقلُ المُتَّجِهِ منْ مكانٍ إلى آخرَ شرطَ المحافظةِ على ثباتِ كلٍّ منْ مقدارِهِ واتجاهِهِ.



الشكلُ (6): تساوي المُتَّجِهيْنِ: A، وَ B.

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

هوَ مُتَّجِهٌ لهُ مقدارُ المُتَّجِهِ الأصليِّ نفسِهِ، ولكنَّهُ يعاكسُهُ في الاتجاهِ؛ أيْ إنَّ الزاويةَ بينَ المُتَّجِهِ و**سالبِ المُتَّجِهِ (Negative of a vector)** هيَ 180^{o}. 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.

منَ الأمثلةِ الفيزيائيةِ على ضربِ المُتَّجِهِ في كميةٍ قياسيةٍ القانونُ الثاني لنيوتن الذي سندرسُهُ لاحقًا؛ إذْ إنَّ مُتَّجِهَ محصلةِ القوى $\sum F$ 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 محصلةِ القوى $\sum F$ ؟

أتحقَّقُ: ما المقصودُ بكلٍّ ممّا يأتي:
- تساوي مُتَّجِهيْنِ؟
- ضربُ مُتَّجِهٍ في عددٍ سالبٍ؟

استخدام الصور والأشكال:

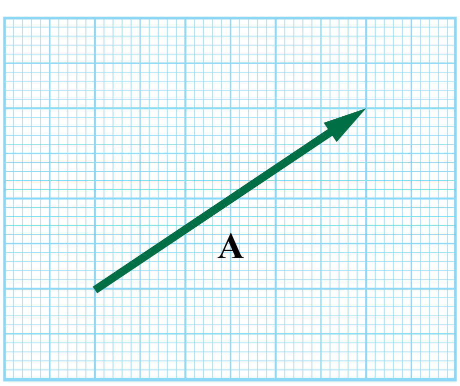
ارسم على اللوح متجهًا (مثل A) كما في الشكل، ثم اطلب إلى الطلبة رسم متجه آخر:

أ. مساوٍ له في المقدار.

ب. مماثل له في الاتجاه.

جـ. مساوٍ له في المقدار، وv مماثل له في الاتجاه.

د. مساوٍ له في المقدار، ومعاكس له في الاتجاه.



ثم اسأل الطلبة:

1. أيُّ المتجهات التي رُسمت تساوي المتجه (A)؟
2. أيُّ المتجهات التي رُسمت تساوي ($-A$)؟
3. صحِّح 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.»

المثالُ 5

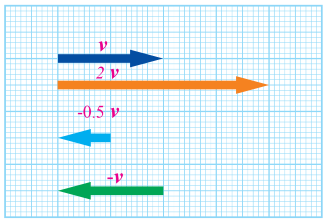
تتحرَّكُ عربةٌ بسرعةٍ متَّجِهةٍ v مقدارُها 40 m/s في اتجاهِ الشرقِ. أُمثِّلُ بيانيًا:

أ . مُتَّجِهَ السرعةِ v

ب . المُتَّجِهَ $2v$

جـ . المُتَّجِهَ $-0.5v$

د . سالبَ المُتَّجِهِ v



الشكلُ (8): خصائصُ المُتَّجِهاتِ.

الحلُّ:

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

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

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

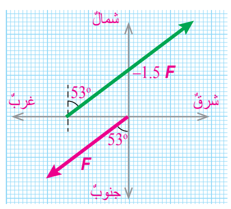
د . أرسمُ سهمًا طولُهُ 4 cm ليُمثِّلَ المُتَّجِهَ ($-v$)، ومقدارُهُ 40 m/s باتجاهِ الغربِ.

المثالُ 6

تُؤثِّرُ قُوَّةٌ F مقدارُها 250 N في جسمٍ باتجاهٍ يَصنعُ زاويةً مقدارُها 53^{o} غربَ الجنوبِ. أُمثِّلُ بيانيًا:

أ . مُتَّجِهَ القُوَّةِ F.

ب . المُتَّجِهَ ($-1.5\ F$).



الشكلُ (9): خصائصُ المُتَّجِهاتِ.

الحلُّ:

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

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

تمرينٌ

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

أ. سالبَ المُتَّجِهِ a.   ب. ضربَ المُتَّجِهِ a في العددِ (2).

16

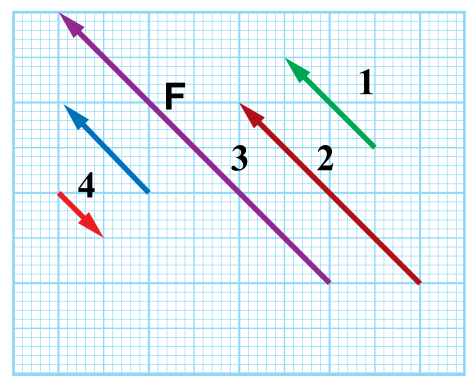
معلومة إضافية

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

استخدام الصور والأشكال:

اعرض على الطلبة المتجهات (F,1,2,3,4) المُبيَّنة في الشكل، ثم اطرح عليهم السؤالين الآتيين:

1. عبِّر عن مقدار كلٍّ من هذه المتجهات بدلالة المتجه F.
2. حدِّد اتجاه كلٍّ منها.

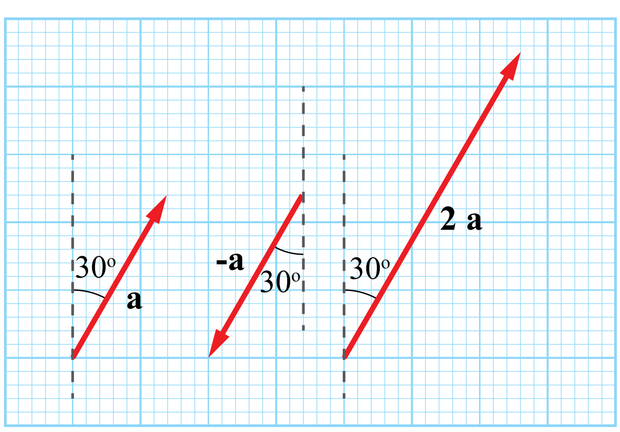


تمرينٌ

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

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

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



ضربُ المُتَّجهاتِ Vectors Product

تعرَّفْنا سابقًا أنَّهُ تنتجُ كميةٌ مُتَّجهةٌ منْ حاصلِ ضربِ كميةٍ قياسيةٍ في كميةٍ مُتَّجهةٍ، ولكنَّنا نحتاجُ أحيانًا في علمِ الفيزياءِ إلى ضربِ كميةٍ مُتَّجهةٍ في كميةٍ أُخرى مُتَّجهةٍ، فهلْ سيكونُ الناتجُ كميةً مُتَّجهةً أمْ كميةً قياسيةً؟

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

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

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

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

حيثُ:

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

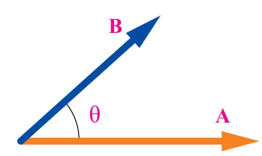
B: مقدارُ المُتَّجِهِ $\boldsymbol{B}$.

θ: الزاويةُ الصغرى بينَ المُتَّجِهيْنِ: $\boldsymbol{A}$ وَ $\boldsymbol{B}$؛ أيْ $(0^\circ \le \theta \le 180^\circ)$ 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 $\boldsymbol{d}$:

$$(W = \boldsymbol{F}.\boldsymbol{d} = Fd\cos\theta)$$



الشكلُ (10): مُتَّجِهانِ بينَهُما زاويةٌ θ.

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

17

أجابة سـؤال الشـكل (10):

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

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

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

التعزيز:

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

اسأل الطلبة عن سبب تسمية الضرب المتجهي (التقاطعي) بهذا الاسم.

مناقشة:

اكتب على اللوح معادلة الضرب النقطي: A . B = AB cos θ، ثم ناقِش الطلبة في هذه المعادلة، وطرح الأسئلة الآتية:

- ما أكبر قيمة جبرية لناتج الضرب النقطي؟

  AB.

  وعند أيِّ زاوية θ؟

  صفر.

- ما أقل قيمة جبرية لناتج الضرب النقطي؟

  صفر.

  وعند أيِّ زاوية θ؟

  90°.

- متى تكون القيمة الجبرية لحاصل الضرب النقطي سالبةً؟ فسِّر إجابتك.

  عندما تكون الزاوية بين المتجهين أكبر من 90°، وأقل أو تساوي 180°.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

مثال إضافي

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

الحلُّ:

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

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

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

$$64 = A^2 \times 1$$

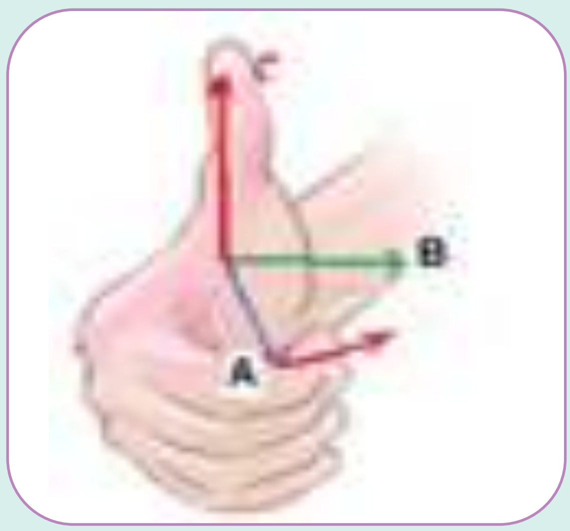
إمّا $A = 8$ N , $B = 8$ m، وإمّا A = 8 m , B = 8N.

طريقة أخرى للتدريس

ربَّما يجد بعض الطلبة صعوبة في تحديد اتجاه ناتج الضرب المتجهي؛ لذا يُمكِن استعمال طريقة أخرى (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 الأربع 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 z^{+} 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.



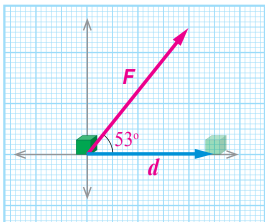
المثالُ 7

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

أ . أُمثِّلُ المُتَّجِهيْنِ $\boldsymbol{F}$ وَ 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: $\theta = 53^{o}$، $d = 5$ m، $F = 120$ 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 لمُتَّجِهيِ القُوَّةِ والإزاحةِ.

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

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

$$= 120 \times 5 \times \cos 53^{o} \quad , \quad \cos 53^{o} = 0.6$$

$$= 360 \text{ J}$$

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

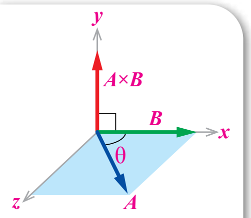
ناتجُ **الضربِ المُتَّجِهيِّ (Vector product)** لمُتَّجِهيْنِ (مثلُ: $\boldsymbol{A}$ وَ $\boldsymbol{B}$) بينَهُما زاويةٌ θ يُكتَبُ في صورةِ ($\boldsymbol{A} \times \boldsymbol{B}$)، ويكونُ كميةً مُتَّجِهةً لها مقدارٌ واتجاهٌ، ويكونُ الاتجاهُ دائمًا متعامدًا معَ كلٍّ منَ اتجاهِ المُتَّجِهيْنِ: $\boldsymbol{A}$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

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

حيثُ:

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

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



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

B: مقدارُ المُتَّجِهِ B.

θ: الزاويةُ الصغرى بينَ المُتَّجِهيْنِ: A وَ B ؛ أيْ $(0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ)$ حينَ ينطلقُ المُتَّجِهانِ منَ النقطةِ نفسِها.

لتحديدِ اتجاهِ حاصلِ 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، فيكونُ اتجاهُ المُتَّجِهِ الناتجُ منْ حاصلِ ضربِهما المُتَّجِهيِّ $(A \times B)$ عموديًّا على الكفِّ، وخارجًا منْها.

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

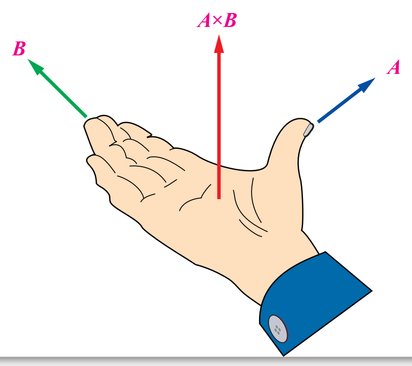
أفكِّرُ إذا أشارَتِ الأصابعُ إلى المُتَّجِهِ A، وأشارَ الإبهامُ إلى المُتَّجِهِ B، فهلْ تتغيَّرُ نتيجةُ الضربِ المُتَّجِهيِّ؟ أوضِّحُ ذلكَ.

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؟



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

19

✓ **أتحقَّقُ:**

- **الضرب القياسي**: عملية ضرب كمية متجهة في كمية متجهة أخرى، يكون ناتجها كمية قياسية غير متجهة، لها مقدار فقط على النحو الآتي:

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

- **الضرب المتجهي**: عملية ضرب كمية متجهة في كمية أخرى متجهة، 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 $B \times A$.

الربط مع الرياضيات

وضِّح للطلبة مفهوم الخاصية (العملية) 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.

معلومة إضافية

وضِّح للطلبة ما يأتي:

أ. الضرب النقطي عملية تبديلية:

$A \cdot B = B \cdot A$

ب. الضرب المتجهي عملية غير تبديلية:

$A \times B = -(B \times A)$

اطلب إلى الطلبة إثبات ذلك رياضيًّا.

تمرينٌ

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

$= 20 \times 20 \times \sin\theta 200$

$\sin\theta = 0.5$

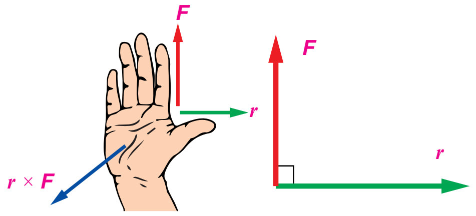
$\theta = \sin^{-1} 0.5 = 30^{o}, 150^{o}$

المثالُ 8

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

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

ب. إذا تغيَّرَتِ الزاويةُ بينَ r وَ F لتصبحَ 135^{o}، فما مقدارُ $r \times F$، واتجاهُهُ؟



الشكلُ (14): تطبيقُ قاعدةِ كفِّ اليدِ اليمنى.

الحلُّ:

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

$|\boldsymbol{r} \times \boldsymbol{F}| = r \times F \times \sin\theta$

$= 0.4 \times 250 \times \sin 90^{o}, \sin 90^{o} = 1$

$= 100$ N.m

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

ب. مقدارُ $r \times F$:

$|\boldsymbol{r} \times \boldsymbol{F}| = r \times F \times \sin\theta$

$= 0.4 \times 250 \times \sin 135^{o}, \sin 135^{o} = 0.7$

$= 70$ N.m

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

تمرينٌ

مُتَّجِهانِ: A وَ B، مقدارُ كلٍّ منْهُما 20 u (الرمزُ u يعني وحدةً unit).

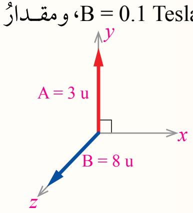
أَجِدُ مقدارَ الزاويةِ بينَ المُتَّجِهيْنِ في الحالتيْنِ الآتيتيْنِ:

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

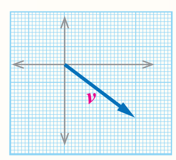
ب. $|\boldsymbol{A} \times \boldsymbol{B}| = 200$ u

مراجعة الدرس

1. **الفكرةُ الرئيسةُ:** أذكرُ اختلافًا واحدًا وتشابهًا واحدًا بينَ:
   أ . الكميةِ المُتَّجهةِ والكميةِ القياسيةِ. ب . المُتَّجِهِ وسالبِ المُتَّجِهِ.
   جـ . الضربِ القياسيِّ والضربِ المُتَّجِهيِّ.
2. **أُصنِّفُ** الكمياتِ الآتيةَ إلى مُتَّجهةٍ، وقياسيةٍ:
   - زمنُ الحصةِ الصفيةِ.
   - قُوَّةُ الجاذبيةِ الأرضيةِ.
   - درجةُ حرارةِ المريضِ.
   - المقاومةُ الكهربائيةُ.
   - كتلةُ الحقيبةِ المدرسيةِ.
3. **أُمثِّلُ بيانيًا** الكميتيْنِ المُتَّجهتيْنِ الآتيتيْنِ:
   أ . قُوَّةٌ مغناطيسيةٌ مقدارُها 0.25 N في اتجاهٍ يَصنعُ زاويةً مقدارُها 143° معَ محورِ +x.
   ب. تسارعٌ ثابتٌ مقدارُهُ $4\ m/s^2$ في اتجاهٍ يَصنعُ زاويةً مقدارُها 30° جنوبَ الشرقِ.
4. ما مقدارُ الزاويةِ بينَ الكميتيْنِ المُتَّجهتيْنِ $\boldsymbol{F}$ وَ $\boldsymbol{L}$ في الحالتيْنِ الآتيتيْنِ:
   أ . $\boldsymbol{F} \times \boldsymbol{L} = 0$؟ ب . $\boldsymbol{F} . \boldsymbol{L} = 0$؟ بافتراضِ أنَّ ($F \neq 0$ ،$L \neq 0$ وَ).
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 المُتَّجهيْنِ $\boldsymbol{A}$ وَ $\boldsymbol{B}$ 45°.



6. **أحسُبُ:** اعتمادًا على البياناتِ في الشكلِ المجاورِ، أحسُبُ مقدارَ حاصلِ 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 بيانيًا 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.
8. **أحسُبُ** مقدارَ الزاويةِ بينَ المُتَّجهيْنِ: $\boldsymbol{F}$ وَ $\boldsymbol{r}$، التي يتساوى عندَها مقدارُ الضربِ القياسيِّ ومقدارُ الضربِ المُتَّجِهيِّ للمُتَّجهيْنِ؛ أيْ إنَّ: $|\boldsymbol{r} \times \boldsymbol{F}| = \boldsymbol{r} . \boldsymbol{F}$.

21

مراجعة الدرس

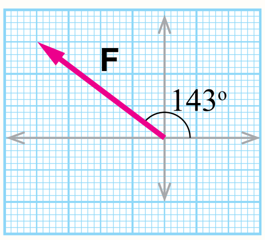
1 أ . الكمية المتجهة لها مقدار واتجاه، أمّا الكمية القياسية فلها مقدار فقط، ولكلٍّ منهما مقدار ووحدة.

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

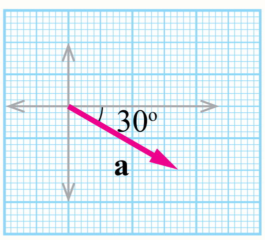
جـ. ناتج الضرب المتجهي كمية متجهة، وناتج الضرب القياسي كمية قياسية، ولكنَّ ناتج كلٍّ منهما يتغير بتغير الزاوية بين المتجهين.

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

3 أ . (1cm: 0.05 N)
طول السهم: 5 cm



ب. (1cm:1 m/s²)
طول السهم: 4 cm



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

$0 = FL \sin\theta$

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

$\sin\theta = 0$

$\theta = \sin^{-1} 0 = 0°\ ,\ 180°$

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

$0 = FL \cos\theta$

$\cos\theta = 0$

$\theta = \cos^{-1} 0 = 90°\ ,\ 270°$

جـ. $\boldsymbol{F} . \boldsymbol{L} = FL \cos\theta$

$F\ L = FL \cos\theta$

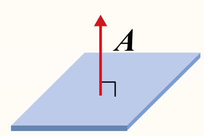
$\cos\theta = 1$

$\theta = \cos^{-1} (1) = 0°$

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

$= 0.2 \times (2\times10^{6}) \times \cos 45° = 2.8 \times 10^{5}\ T.m^2$

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



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

$|\boldsymbol{B} \times \boldsymbol{A}| = 8 \times 3 \sin 90° = 24$

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 $\boldsymbol{v}$ هو:

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

الاتجاه: بناءً على الرسم البياني، فإنَّ ظل الزاوية θ بين متجه السرعة $\boldsymbol{v}$ ومحور x^{+} هو:

$\tan\theta = \frac{4}{3} = 1.33 \rightarrow \theta = \tan^{-1} 1.33 = 306.9°$

أيْ إنَّ: ($\boldsymbol{v}$ = 50 m/s, 306.9°).

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

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

$\sin\theta = \cos\theta$

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

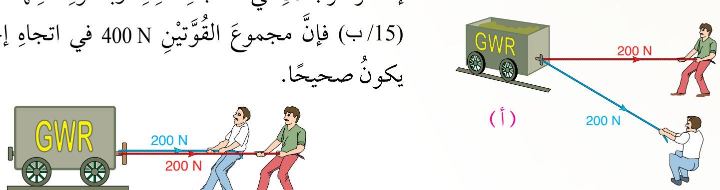
$\tan\theta = 1$

$\theta = \tan^{-1}\ 1 = 45°$

الدرس 2

جمع المتجهات وطرحها

Addition and Subtraction of Vector

> # الدرس 2
>
> ## جمعُ المُتَّجِهاتِ وطرحُها
>
> **Addition and Subtraction of Vector**
>
> **◀ الفكرةُ الرئيسةُ:**
>
> جمعُ الكمياتِ المُتَّجِهةِ أوْ طرحُها يكونُ إمّا بيانيًّا، وإمّا رياضيًّا عنْ طريقِ تحليلِ الكمياتِ المُتَّجِهةِ إلى مُركَّباتِها.
>
> **◀ نتاجاتُ التعلُّم:**
>
> - 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 مُركِّباتِها 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 الجمعِ والطرحِ للكمياتِ المُتَّجِهةِ عنْها للكمياتِ 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 هوَ 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 بخصوصِ **جمعِ الكمياتِ المُتَّجِهةِ (Addition of vector quantities)** فيجبُ مراعاةُ الاتجاهِ والمقدارِ عندَ جمعِها أوْ طرحِها. فمثلًا، القُوَّتانِ اللتانِ يُؤثِّرُ بهِما الرجلانِ لسحبِ العربةِ في الشكلِ (15/أ) إذا جُمِعَتا 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.
>
> 
>
>
> (أ) (ب)
>
> الشكلُ (15): أ. قُوَّتانِ في اتجاهيْنِ مختلفيْنِ. ب. قُوَّتانِ في الاتجاهِ نفسِهِ.
>
> 22

1 تقديم الدرس

جمع المتجهات

◀ الفكرة الرئيسة:

اطرح السؤال الآتي على الطلبة:

- قوتان، مقدار الأولى 50 N، ومقدار الثانية 30 N. إذا كانتا في مستوى واحد أفقي، وأثَّرتا في صندوق موضوع على سطح أفقي أملس موازٍ لمستوى القوتين، فما مجموع القوتين؟

استمع إلى إجابات الطلبة كلها، ثم اكتبها على اللوح، ولا تحاول استبعاد أيٍّ منها، وشجِّعهم على تقديم مزيد من الإجابات المُحتمَلة.

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

◀ الربط مع المعرفة السابقة:

مراجعة سريعة للنسب المثلثية في الرياضيات (جا sin، جتا cos ، ظا tan) وكذلك نظرية فيثاغورس، من خلال رسم مثلث قائم الزاوية، وتوضيح النسب المثلثية وكيفية إيجاد وتر المثلث وربط ذلك كله مع تحليل المتجهات وإيجاد مقدار واتجاه محصلة عدة كميات متجهة، مُستخدمًا أسلوب الحوار والمناقشة، وطرح الأسئلة، وحل الأمثلة التطبيقية.

2 التدريس

نشاط سريع

- اطلب إلى أحد الطلبة أنْ يدفع بقوة كرسيًّا بالصف في اتجاه مُحدَّد، ثم اطلب إلى زملائه توقُّع اتجاه حركة الكرسي.
- أَعِدِ الكرسي إلى مكانه، ثم اطلب إلى آخر - إضافةً إلى الطالب الأول - دفع الكرسي نفسه بقوة في اتجاه عمودي على اتجاه قوة زميله، بحيث يدفعان الكرسي في اللحظة نفسها معًا كما في الشكل.

- اطلب إلى الطلبة توقُّع اتجاه حركة الكرسي، ومقارنة توقُّعاتهم باتجاه الحركة الفعلي الذي شاهدوه أمامهم. - أدر نقاشًا حول تأثير القوتين معًا، وعلاقة ذلك بناتج جمع القوتين (يمكنك تمثيل القوى بيانيًّا على اللوح).

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

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

في المثال المتعلق بالزمن وقضاء ساعة في العمل التطوعي، الفت 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 (مثل: $\boldsymbol{A}$ 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 لمُتَّجِهاتٍ عِدَّةٍ (مثل: $\boldsymbol{A}$ 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 $a=2\ m/s^2$ باتجاهِ الشرقِ:

أ . أُحدِّدُ الكمياتِ القياسيةَ التي يُمكِنُ جمعُها معًا، ثمَّ أجِدُ 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

بناء المفهوم:

مفهوم الجمع لا يقتصر على الجمع الجبري المعروف للأرقام والكميات القياسية؛ إذ تطوَّر إلى مفهوم الجمع المتجهي للكميات المتجهة الذي يتطلَّب معرفة كلٍّ من المقدار والاتجاه، خلافًا لجمع الكميات القياسية (الجمع الجبري) الذي يتطلَّب معرفة المقدار فقط.

فمثلًا، 2+2 في جمع المتجهات ليس بالضرورة أن يساوي مقدارها 4. فالمقدار يتراوح بين 0 و 4 اعتمادًا على الزاوية بين المتجهين. أمّا عند جمع الكميات العددية فالإجابة واحدة: 2 + 2 = 4، وكذلك الحال في عمليات الطرح.

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

استخدام الصور والأشكال:

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

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

اقبل إجابات الطلبة جميعها، ثم بيِّن 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).

- في رأيك، إذا تغيَّر اتجاه القوتين أو إحداهما، فهل سيتغيَّر ناتج الجمع؟

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

وضِّح للطلبة الاستنتاج الذي يُمكِن التوصُّل إليه، وهو: ناتج جمع الكميات المتجهة يختلف باختلاف المقدار والاتجاه لكلٍّ من الكميتين.

أخطاء شائعة

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

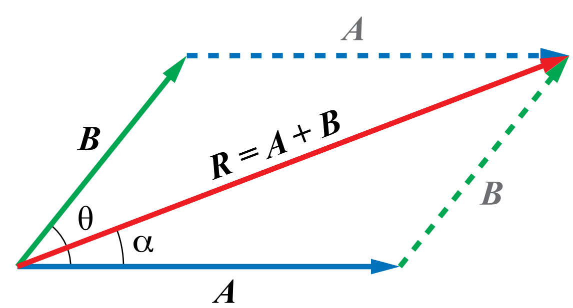
أتحقَّق: طرح المتجه: هو جمع سالب المتجه.

معلومة إضافية

طريقة متوازي الأضلاع (Parallelogram Method):

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

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

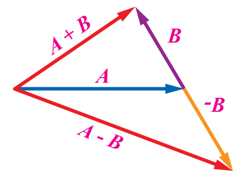


طرحُ المُتَّجِهاتِ Subtraction of Vectors

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

$$A - B = A + (-B)$$

أيْ إنَّ 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 بُعْدَيْنِ مثلِ مستوى (*x-y*) فإنَّنا نستخدمُ إحدى الطريقتيْنِ الآتيتيْنِ:

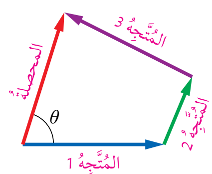
أ . الطريقةُ البيانيةُ (الرسمُ) Graphical Method

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، وتتلخَّصُ في الخطواتِ الآتيةِ:

1. اختيارُ مقياسِ رسمٍ مناسبٍ، ورسمُ أسهمٍ تُمثِّلُ المُتَّجِهاتِ التي يرادُ إيجادُ محصلتِها (جمعُها) كما في الدرسِ السابقِ.
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)، معَ المحافظةِ على طولِ السهمِ واتجاهِهِ عندَ نقلِهِ.



الشكلُ (17): محصلةُ مُتَّجِهاتٍ عِدَّةٍ بطريقةِ المُضلَّعِ.

24

توظيف التكنولوجيا

ابحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن موضوع محصلة عدة متجهات بيانيًا، علمًا بأنَّه يُمكِنك إعداد عروض تقديمية تتعلَّق بموضوع الدرس.

شارِك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو تطبيق التواصل الاجتماعي (الواتس آب)، أو إنشاء مجموعة على تطبيق (Microsoft teams)، أو استعمِل أيَّ 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+، بعكسِ دورانِ عقاربِ الساعةِ).

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

أفكِّرُ: 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 في اتجاهِ الشمالِ، والقُوَّةُ الثانيةُ F_2 مقدارُها 50 N في اتجاهٍ يَصنعُ زاويةً مقدارُها 37^o شمالَ الغربِ، والقُوَّةُ الثالثةُ F_3 مقدارُها 70 N في اتجاهِ الجنوبِ. أَجِدُ المقدارَ والاتجاهَ لمحصلةِ القوى المُؤثِّرةِ في الجسمِ بيانيًّا.

المعطياتُ: $F_1 = 30$ N, +y ، $F_2 = 50$ N,143^o ، $F_3 = 70$ N, - y.

المطلوبُ: $R = ?$.

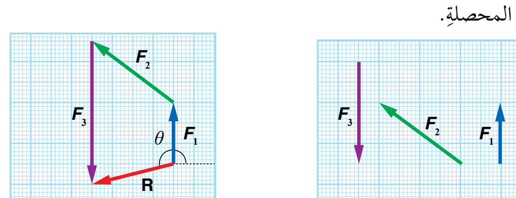
الحلُّ:

أ . أختارُ مقياسَ رسمٍ مناسبًا، وليكنْ (1 cm: 10 N)، ثمَّ أرسمُ ثلاثةَ أسهمٍ تُمثِّلُ مُتَّجِهاتِ القوى الثلاثَ كما في الشكلِ (18/أ)، بحيثُ يكونُ طولُ الأولِ F_1: 3 cm، وطولُ الثاني F_2: 5 cm، وطولُ الثالثِ 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 بينَ مُتَّجِهِ المحصلةِ ومحورِ x + بعكسِ دورانِ عقاربِ الساعةِ ($\theta = 194^o$)؛ لتُمثِّلَ اتجاهَ المحصلةِ.



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

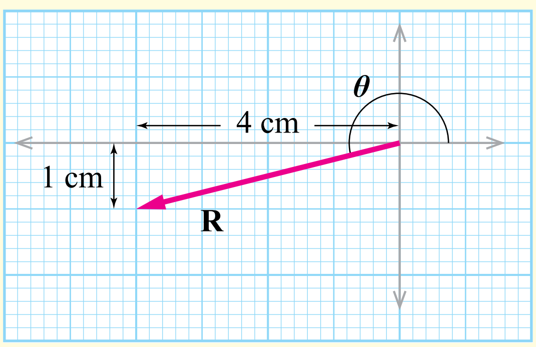
25

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 ادناه على النحو الآتي:

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{-1}{-4}\right) = \tan^{-1} 0.25 = 194^o$$



استخدام الصور والأشكال:

اطلب إلى الطلبة إيجاد ناتج جمع ما يأتي بيانيًّا، مستعينين بالشكل (18):

- $F_1 + F_2$
- $F_2 + F_1$
- $F_1 + F_3 + F_2$

وجِّه الطلبة إلى ربط ما توصَّلوا إليه بالخاصية التبديلية لجمع المتجهات.

التجربة 1

الهدف: إيجاد محصلة قوتين بينهما زاوية عمليًّا.

زمن التنفيذ: 35 دقيقة

إرشادات السلامة: الحذر من سقوط الأثقال على القدمين.

المهارات العلمية: الاستنتاج، المقارنة، القياس.

الإجراءات والتوجيهات:

- وجِّه 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: $240^\circ \pm 2^\circ$

وبالرغم من الدقة المتناهية لنتائج هذه التجربة، فإنَّه يوجد خطأ بسيط في قياس تدريج الخيط الثالث؛ نتيجة عدم ضبط الخيط الأول على تدريج 0°، وعدم ضبط الخيط الثاني على تدريج 120° تمامًا، أو عدم انطباق مركز الحلقة تمامًا على مركز الطاولة.

تحليل النتائج:

1. $F_1 = F_2 = F_3 = (m_{\text{الثقل}} + m_{\text{حامل الثقل}})g$
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، يدير المُعلِّم نقاشًا عن أسباب اختلاف النتائج، وكيفية معالجة ذلك الاختلاف، أو التقليل منه.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **القضايا الأخلاقية: الاحترام.**

في التجربة 1، وجِّه 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.

استراتيجية التقويم: الملاحظة.

أداة التقويم: سُلَّم تقدير.

الرقم	اسم الطالب	المعيار 1: يجد بدقة كبيرة محصلة قوتين عمليًّا.				المعيار 2: يبدي تعاونًا مع أفراد مجموعته، والمُعلِّم، وقيِّم المختبر.				المعيار 3: يُنفِّذ خطوات التجربة تنفيذًا صحيحًا كاملًا.			
		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: طاولـةُ القوى، مجموعتـانِ منَ الأثقالِ تتكوَّنُ كلٌّ منْهُما منْ ثلاثةِ أثقالٍ متساويةٍ في الكُتلةِ، ميزانٌ إلكترونيٌّ (حسّاسٌ)، ثلاثةُ حواملِ أثقالٍ.

إرشاداتُ السلامةِ: الحذرُ منْ سقوطِ الأجسامِ والأدواتِ على القدميْنِ.

خطواتُ العملِ:

بالتعاونِ معَ أفرادِ مجموعتي، أُنفِّذُ الخطواتِ الآتيةَ:

1. أضع طاولـةَ القوى على سطـحٍ مستوٍ، وأستعمـلُ الميزانَ لقياسِ كتلةِ حاملِ الأثقالِ، ثم **أُدوِّنُ** النتيجةَ.
2. أُعلِّقُ الأثقالَ الثلاثةَ (كلُّ ثِقْلٍ بخيطٍ)، ثمَّ أضبطُ خيطًا منْها على تدريـجِ الصفرِ 0°، وخيطًا آخـرَ على تدريجِ 120°، وأُحرِّكُ الخيطَ المُتبقِّيَ حتّى ينطبقَ مركزُ الحلقةِ على مركزِ طاولةِ القوى، ثمَّ **أُدوِّنُ** التدريجَ الذي انطبقَ عليْه 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، والثانيـةِ.
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 محصلـةَ القوى الثلاثِ، ثـمَّ أُفسِّرُ النتيجةَ.
6. **أُقارِنُ** نتـائـجَ مجموعـتي بنتائـجِ المجموعـاتِ الأُخرى.

تمرينٌ

شحنةٌ كهربائيةٌ تُؤثِّرُ فيها ثلاثُ قوى كهربائيةٍ على النحوِ الآتي:

200 N في اتجاهِ الجنوبِ، 300 N في اتجاهِ يَصنعُ زاويةً مقدارُها 53° شمالَ الغربِ، 500 N في اتجاهِ الغربِ.

أَجِدُ مقدارَ محصلةِ القوى الكهربائيةِ المُؤثِّرةِ في الشحنةِ واتجاهَها بيانيًّا.

26

تمرينٌ

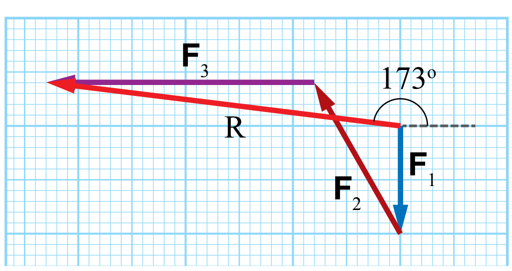
مقياس الرسم: (1 cm: 100 N)، إذن:

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

طول سهم المحصلة R هو 6.4 cm، إذن: مقدار المحصلة R هو:

$$R = 6.4\ \text{cm} \times \frac{100\ N}{1\ \text{cm}} = 640\ \text{N}$$

باستعمال المنقلة، يتبيَّن أنَّ الزاوية بين متجه المحصلة ومحور $+x$ هي: (173°)؛ أيْ إنَّ: $\boldsymbol{R} = 640\ \text{N}, 173^\circ$

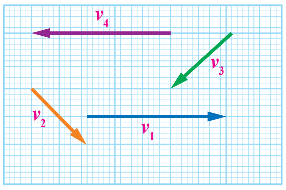


المثالُ 11

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). أَجِدُ:

أ . مقدارَ مُتَّجِهِ محصلةِ السرعةِ، واتجاهَهُ.

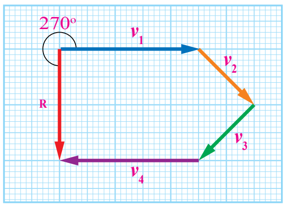
ب. $v_1 + v_2 + 2v_3 - v_4$



الشكلُ (19): مُتَّجهاتُ السرعةِ.

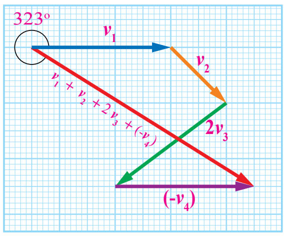
الحلُّ:

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: $(R = 20$ m/s, $270^{\circ})$.



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 المجموعِ: $R = 10 \times 5 = 50$ m/s، وباستخدامِ المنقلةِ نجدُ أنَّ اتجاهَها يميلُ بزاويةٍ θ مقدارُها 323° عنْ محورِ $+x$.



الشكلُ (21): مجموعُ المُتَّجهاتِ.

ب. الطريقةُ التحليليةُ Analytical Method

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

27

تعزيز:

في المثال (11/ أ)، يُلاحَظ أنَّ ناتج جمع المتجهين $v_2 + v_3$ بيانيًّا يساوي متجه محصلة السرعةR:

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

المتجه v_4 يساوي سالب المتجه v_1؛لذا، فإنَّ مجموعها $(v_1 + v_4)$ يساوي صفرًا.

مثال إضافي

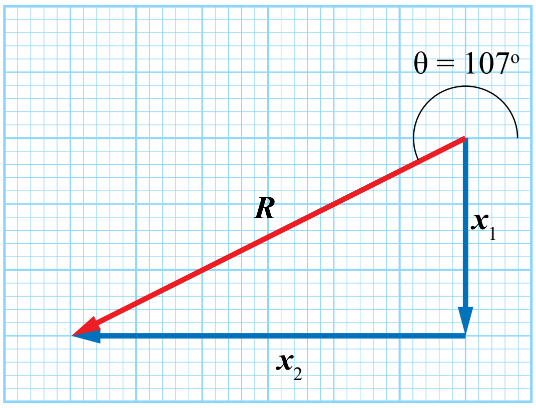
استعملت الموظفة تقوى المصعد للنزول من الطابق الخامس إلى الطابق الأرضي، ثم اتجهت نحو الغرب، وقطعت مسافة 30 m لتصل إلى إدارة الشركة. إذا كان ارتفاع الطابق الخامس 15 m، فأَجِدُ بيانيًّا محصلة الإزاحة التي تحرَّكتها الموظفة من الطابق الخامس إلى إدارة الشركة.

المعطيات: $x_1 = 15$ m ,$x_2 = 30$ m

المطلوب: المحصلة $R = ?$

الحل:

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



طول سهم المحصلة R هو $6.6\ u$

مقدار المحصلة واتجاهها:

$R = 6.6 \times 5 = 33$ m,107°

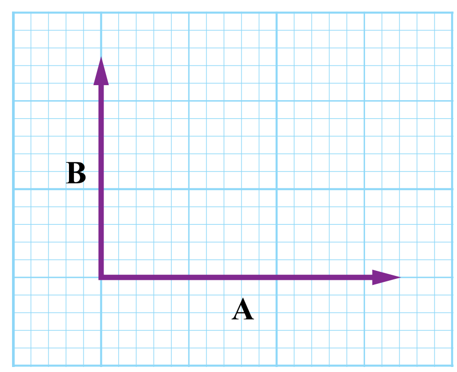
القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **التفكير: التأمُّل والتساؤل.**

في الشكل (22)، أخبر الطلبة أنَّ التأمُّل يثير التفكير، وأنَّ طرح الأسئلة يفضي إلى تساؤلات عِدَّة، توصِل غالبًا إلى حلول جيدة، وطرح أفكار بنّاءة.

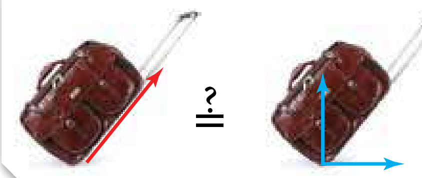
نشاط سريع

- لإثبات احتمال وقوع خطأ في أثناء إيجاد المحصلة بالطريقة البيانية، وأنَّ النتائج تكون أكثر دقة رياضيًّا (باستخدام نظرية فيثاغورس مثلًا)؛ اطلب إلى الطلبة إيجاد محصلة المتجهين: ***A*** و ***B*** في الشكل؛ بيانيًّا ورياضيًّا، ثم مقارنة النتائج.



تحليلُ المُتَّجِهاتِ إلى مُركَّباتِها
Resolving Vectors into Components

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



الشكلُ (22): سحبُ حقيبةِ سفرٍ.

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

يُطلَقُ على هذهِ العمليةِ اسمُ **تحليلِ المُتَّجِهِ إلى مُركَّبتَيْهِ 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 $+y$.

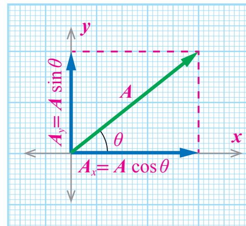
يكونُ المجموعُ المُتَّجِهيُّ للمُركَّبتيْنِ مساويًا المُتَّجِهَ A؛ أيْ إنَّ: $A_x + A_y = A$.

وبتطبيقِ النسبِ المثلثيةِ، فإنَّ:

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

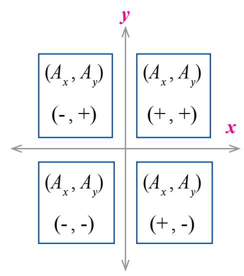
$$\sin\theta = \frac{A_y}{A} \rightarrow A_y = A\sin\theta$$

إذْ تتغيَّرُ إشاراتُ المُركَّباتِ الأفقيةِ والعموديةِ بحسبِ الربعِ الذي يقعُ فيهِ المُتَّجِهُ، أنظرُ الشكلَ (24).



الشكلُ (23): تحليلُ المُتَّجِهِ A إلى مُركَّبتَيْهِ.

أُثبِتُ أنَّ: $A_x^2 + A_y^2 = A^2$.



الشكلُ (24): إشاراتُ المُركَّبتيْنِ: $(A_x\ ,\ A_y)$.

28

أجابة سـؤال الشـكل (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 A يُمثِّلُ وترَ المثلثِ، فإنَّ مقدارَ المُتَّجِهِ A:

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

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

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

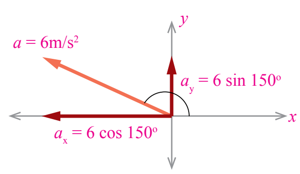
تجدرُ الإشارةُ هنا إلى أنّنا سنحصلُ على قيمتيْنِ للزاويةِ θ، فأيُّهما تُمثِّلُ القيمةَ الصحيحةَ لموقعِ المُتَّجِهِ؟ إنَّ الذي يُحدِّدُ ذلكَ هوَ إشارةُ كلٍّ منَ المُركَّبتيْنِ: (A_x , A_y)؛ فإذا كانَتِ الإشارتانِ موجبتيْنِ دلَّ ذلكَ على أنَّ المُتَّجِهَ يقعُ في الربعِ الأولِ كما في الشكلِ (24)، فنختارُ الزاويةَ θ التي تقعُ فيهِ، وإنْ كانتا سالبتيْنِ مثلًا، فإنَّ المُتَّجِهَ يقعُ في الربعِ الثالثِ، فنختارُ الزاويةَ θ التي تقعُ فيهِ.

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

أتحقَّقُ: ما المقصودُ بتحليلِ المُتَّجِهِ؟

المثالُ 12

تتحرَّكُ مركبةٌ بتسارعٍ ثابتٍ ($a = 6\ m/s^2 , 150^o$). أجِدْ مقدارَ المُركَّبتيْنِ الأفقيةِ والعموديةِ للتسارعِ، ثمَّ أُحدِّدُ اتجاهَ كلٍّ منْهُما.



الشكلُ (25): المُركَّبةُ الأفقيةُ، والمُركَّبةُ العموديةُ للتسارعِ.

المعطياتُ: ($a = 6\ m/s^2 , 150^o$).

المطلوبُ: $a_y = ?\ ,\ a_x = ?$.

الحلُّ:

المُركَّبةُ الأفقيةُ: $a_x = a\cos\theta = 6 \times \cos 150^o = 6 \times -\cos 30^o = -5.2\ m/s^2$

المُركَّبةُ العموديةُ: $a_y = a\sin\theta = 6 \times \sin 150^o = 6 \times \sin 30^o = 3\ m/s^2$

يُلاحَظُ أنَّ إشارةَ a_x سالبةٌ؛ ما يعني أنَّ اتجاهَها هوَ في اتجاهِ ($-x$)، وأنَّ إشارةَ a_y موجبةٌ؛ ما يعني أنَّ اتجاهَها هوَ في اتجاهِ ($+y$)، حيثُ إنَّ المُتَّجِهَ a يقعُ في الربعِ الثاني، أنظرُ الشكلَ (25).

29

أفكِّرُ:

سدَّد لاعبٌ كرة السلَّة نحو المرمى بسرعة مُحدَّدة v، وفي اتجاه يصنع زاوية مُحدَّدة (مثل θ) مع الأفق، فأصبح للسرعة مُركَّبتان:

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

أتحقَّق:

تحليل المتجه: استبدال المتجه بمتجهين متعامدين (على محوري x-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؟

الحلُّ:

$$v_x = v\cos\theta$$

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

$$v_y = v\sin\theta =$$

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

نشاط سريع

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

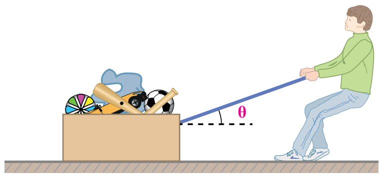
- أيُّ مُركَّبتي القوة أكبر: الأفقية أم العمودية؟
- عند تقليل الزاوية بين متجه القوة ومحور $(+x)$، أيُّ المُركَّبتين تزداد؟ وأيُّها تقل؟
- أيُّ المُركَّبتين تُؤثِّر في سحب الصندوق؟
- ما الاستنتاج الذي توصَّلت إليه عن العلاقة بين زاوية ميلان المتجه عن محور $(+x)$ ومقدار كلٍّ من مُركَّبتي المتجه؟

أجابة سـؤال الشكـل (1):

إذا قلَّت الزاوية θ، فإنَّ المُركَّبة الأفقية تزداد، في حين تقلُّ المُركَّبة العمودية.

المثالُ 13

يسحبُ عامرٌ صندوقَ ألعابِهِ بقُوَّةٍ مقدارُها 100 N في اتجاهٍ يَصنعُ زاويةً θ مقدارُها 30° معَ محورِ $+x$ كما في الشكلِ (26). أَجِدُ مقدارَ كلٍّ منَ المُركَّبتيْنِ الأفقيةِ والعموديةِ للقُوَّةِ، مُحدِّدًا اتجاهَهُما.



الشكلُ (26): عامرٌ يسحبُ الصندوقَ بقُوَّةٍ.

المعطياتُ: $F = 100\ N$ ، $\theta = 30^{\circ}$.

المطلوبُ: $F_x = ?$, $F_y = ?$.

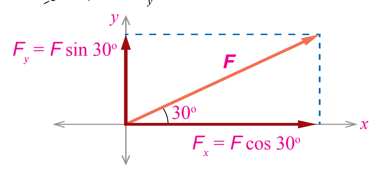
الحلُّ:

المُركَّبةُ الأفقيةُ للقُوَّةِ F_x :

$F_x = F\cos\theta = 100 \times \cos 30^{\circ} = 100 \times 0.87 = 87\ N$ باتجاهِ محورِ $+x$ كما في الشكلِ (27).

المُركَّبةُ العموديةُ للقُوَّةِ F_y :

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



الشكلُ (27): المُركَّبةُ الأفقيةُ، والمُركَّبةُ العموديةُ للمُتَّجِهِ **F**.

ماذا يحدثُ للمُركَّبتيْنِ الأفقيةِ والعموديةِ للقُوَّةِ إذا قلَّتِ الزاويةُ θ عنْ 30°؟

تمرينٌ

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

30

تمرينٌ

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

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

أمّا اتجاه السرعة فيُحدَّد بإيجاد الزاوية θ بين متجه السرعة والمُركَّبة الأفقية v_x:

$$\theta = \tan^{-1}\frac{v_y}{v_x} = \tan^{-1}\frac{40}{-20} = \tan^{-1}(-2) = 107^{\circ}$$

محصلةُ المُتَّجهاتِ بالطريقةِ التحليلية
Resultant by Analytical Method

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

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

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

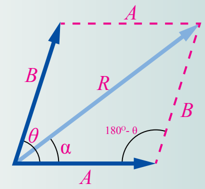
- أُحدِّدُ اتجاهَ المحصلةِ الكليةِ R باستخدامِ العلاقةِ الآتيةِ:

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

حيثُ α الزاويةُ بينَ اتجاهِ المحصلةِ R ومحورِ $+x$.

✓ **أتحقَّقُ**: أحدِّدُ اتجاهَ المحصلةِ عندما تتساوى محصلةُ المُركَّباتِ على محورِ $+x$ معَ محصلةِ المُركَّباتِ على محورِ $+y$.

الربطُ بالرياضياتِ



لإيجادِ المحصلةِ R للمُتَّجهيْنِ: A، وَ B اللذيْنِ بينَهُما زاويةٌ (θ) بطريقةٍ رياضيةٍ، يُستخدَمُ قانونُ جيبِ التمامِ:

$$R^2 = A^2 + B^2 - 2AB\cos(180^\circ - \theta)$$
$$\rightarrow R^2 = A^2 + B^2 + 2AB\cos\theta$$

ولتحديدِ اتجاهِ المحصلةِ (الزاويةُ (α))، يُستخدَمُ قانونُ الجيبِ:

$$\sin\alpha = \frac{B\sin\theta}{R}$$

أفكّرُ: إذا كانتْ محصلةُ المُركَّباتِ على محورِ y (R_y) لمجموعةٍ منَ المُتَّجهاتِ صفرًا، فهلْ يعني ذلكَ بالضرورةِ أنَّ جميعَ تلكَ المُتَّجهاتِ تقعُ فقطْ على محورِ x؟ أفسِّرُ إجابتي.

أُفكِّرُ:

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

يُمكِن تحليل المتجه بطريقة لا تعتمد على الزاوية المرجعية مع محور $x+$، وإنَّما تعتمد الزاوية الصغرى بين المتجه ومحور x. أمّا المتجهات التي تنطبق على المحاور فلا يوجد داعٍ لتحليلها.

عند إيجاد محصلة المُركَّبة الأفقية أو العمودية، تُعتمَد إشارات المحاور الموجبة والسالبة بحسب موقع المتجه أو المُركَّبة (مثل: تحليل المتجهات في الشكل (29)، والمثال (15)) على النحو الآتي:

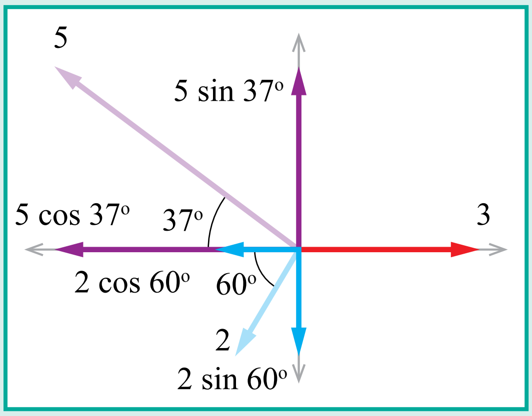
$R_x = 3\text{-}5 \cos 37^\circ\ 2 - \cos 60^\circ$

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

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

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

ثم يُكمَل الحلُّ بإيجاد مقدار R، واتجاهها.

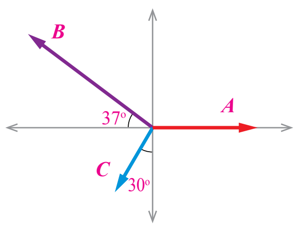


يمكن استخدام أسلوب «أكواب إشارة المرور» في تطبيق طريقة التدريس أعلاه لتحليل المتجهات على النحو الآتي:

- قسم الطلبة إلى مجموعات ووزع مجموعة مكونة من ثلاثة أكواب (أحمر، أخضر، أصفر) على كل مجموعة.
- وزع ورقة عمل على المجموعات تتضمن خطوات تحليل المتجهات بالطريقة المذكورة أعلاه.
- كلف الطلبة بتحليل المتجهات في المثال 14 من خلال تطبيق ورقة العمل وإيجاد محصلة المركبات باتجاه محور x ومحور y.

المثالُ 14

ثلاثةُ مُتَّجِهاتٍ (A, B, C) قيمُها: $(3\,u, 5\,u, 2\,u)$ على الترتيبِ كما في الشكلِ (28). أَجِدُ مقدارَ المحصلةِ واتجاهَها بالطريقةِ التحليليةِ.



الشكلُ (28): محصلةُ مُتَّجِهاتٍ عِدَّةٍ.

الحلُّ:

- أُحلِّلُ كلَّ مُتَّجِهٍ إلى مُركَّبتيهِ: المُركَّبةِ الأفقيةِ على محورِ x، والمُركَّبةِ العموديةِ على محورِ y، كما في الشكلِ (29)، على النحوِ الآتي:

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

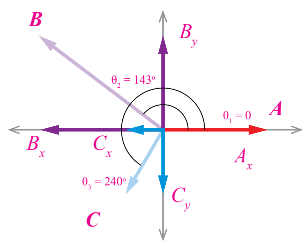
$A_y = A \sin \theta_1 = 3 \sin 0^\circ = 3 \times 0 = 0$

$B_x = B \cos \theta_2 = 5 \cos 143^\circ = 5 \times -0.8 = -4\ u$

$B_y = B \sin \theta_2 = 5 \sin 143^\circ = 5 \times 0.6 = 3\ u$

$C_x = C \cos \theta_3 = 2 \cos 240^\circ = 2 \times -0.5 = -1\ u$

$C_y = C \sin \theta_3 = 2 \sin 240^\circ = 2 \times -0.87 = -1.74\ u$



الشكلُ (29): تحليلُ المُتَّجِهاتِ إلى مُركَّباتِها.

- أَجِدُ محصلةَ 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 محصلةَ 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

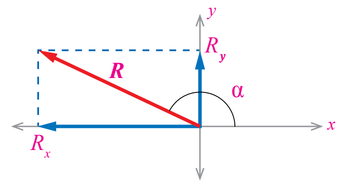
- وضح للطلبة أن الأكواب تستخدم كإشارة للمعلم على النحو الآتي: اللون الأحمر يشير إلى الحاجة الشديدة والعاجلة للمساعدة بينما يشير اللون الأصفر إلى الحاجة البسيطة للمساعدة أما اللون الأخضر فيشير إلى عدم الحاجة للمساعدة.
- أطلب من الطلبة مقارنة نتائجهم مع النتائج الموجودة في الكتاب المدرسي.

- أُحدِّدُ اتجاهَ المحصلةِ؛ أي الزاويةَ θ بينَ اتجاهِ المحصلةِ R ومحورِ $+x$، كما في الشكلِ (30)، وذلكَ باستخدامِ المعادلةِ الآتيةِ:

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

$$\alpha = \tan^{-1}\frac{1.26}{-2} = 148^{\circ}\ ,\ 328^{\circ}$$

أيُّ الزاويتيْنِ تُمثِّلُ الزاويةَ الصحيحةَ: 328° أمْ 148°؟

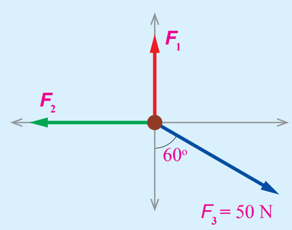


الشكلُ (30): تحديدُ مقدارِ المحصلةِ واتجاهِها.

بعدَ دراستي وحدةَ المُتَّجَهاتِ تعرَّفْتُ سببَ توجيهِ الطيارِ الطائرةَ إلى اليسارِ بزاويةٍ معينةٍ (عكسَ اتجاهِ الرياحِ) في بندِ: أتأمَّلُ الصورةَ؛ وهوَ جعلُ اتجاهِ محصلةِ سرعةِ الرياحِ، وسرعةِ الطائرةِ 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

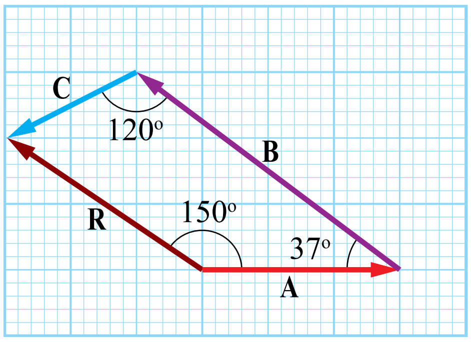
- أَجِدُ مقدارَ المحصلةِ واتجاهَها في المثالِ السابقِ بيانيًّا، ثمَّ أُقارِنُ النتائجَ. ماذا أستنتجُ؟
- تُؤثِّرُ ثلاثُ قوى في نقطةٍ ماديةٍ كما في الشكلِ (31). إذا كانَتْ محصلةُ هذهِ القوى صفرًا. فما مقدارُ كلٍّ منَ القوَّتَيْنِ الأولى والثانيةِ؟



الشكلُ (31): ثلاثُ قوى تُؤثِّرُ في نقطةٍ ماديةٍ.

تمرين

- مقياس الرسم ($1cm : 1\ u$)، والتمثيل البياني مُوضَّح في الشكل التالي:



المحصلة R:

$$R = 2.3\ u,\ 150^{\circ}$$

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

- المعطيات:

$F_{1x} = 0,\quad F_{2y} = 0,\quad \boldsymbol{F_3} = 50\ \text{N}, 330^{\circ}$.

المطلوب: $F_2 = ?\ ,\ F_1 = ?$.

الحلُّ:

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

$$F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_3 \cos(60^{\circ} + 270^{\circ})$$

$$0 = 0 + F_{2x} + (50 \times 0.87) \rightarrow F_{2x} = -43.5\text{N} \rightarrow F_2 = 43.5\text{N}$$

$$F_y = F_{1y} + F_{2y} + F_3 \sin 330^{\circ}$$

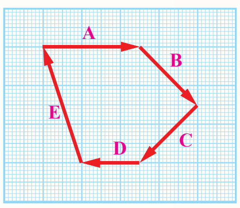
$$0 = F_{1y} + 0 + (50 \times -0.5) \rightarrow F_{1y} = 25\ \text{N} \rightarrow F_1 = 25\ \text{N}$$

مراجعة الدرس

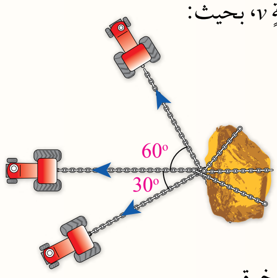
1. أُقارِنُ بينَ كلٍّ ممّا يأتي:
   أ . جمعُ المُتَّجِهاتِ وتحليلُها.
   ب . جمعُ المُتَّجِهاتِ ومحصلتُها.
   جـ . جمعُ المُتَّجِهاتِ وطرحُها.
   د . الطريقةُ التحليليةُ والطريقةُ البيانيةُ في جمعِ المُتَّجِهاتِ.
2. أُحلِّلُ: أكمِلِ الفراغَ بما هوَ مناسبٌ في الجدولِ الآتي الذي يُمثِّلُ تحليلَ المُتَّجِهاتِ إلى مُركَّباتِها:

المُتَّجِه	المُركَّبة الأفقية	المُركَّبة العمودية
(d = 8 m , 53°)	---------	--------
(F = ---- ,-----)	6 N	- 8 N
(v = $\sqrt{200}$ m/s , ----)	10 m/s	---------

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: قوّتانِ 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 أثَّرَ كلٌّ منها بقوّةِ 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

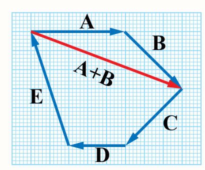
مراجعة الدرس

1 أ . جمع المتجهات: إيجاد محصلة المتجهين بيانيًّا أو رياضيًّا عن طريق تحليل تلك المتجهات.
تحليل المتجهات: استبدال متجهين متعامدين، يُسمَّيان مُركَّبتي المتجه، ومحصلتهما المتجه نفسه، بالمتجه.
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.

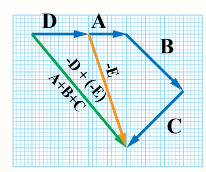
2 الطريقة التحليلية: طريقة رياضية لإيجاد محصلة متجهين أو أكثر عن طريق تحليل المتجهات إلى مُركَّباتها.

المتجه	المُركَّبة الأفقية	المُركَّبة العمودية
(A = 8 m , 53°)	4.8 m	6.4 m
(B = 10 N , 37°)	6 N	- 8 N
(C = $\sqrt{200}$ m/s, 45°)	10	m/s 10 m/s

3 أ . المحصلة تساوي صفرًا؛ لأنَّ نقطة البداية ونقطة النهاية هما نفساهما (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.



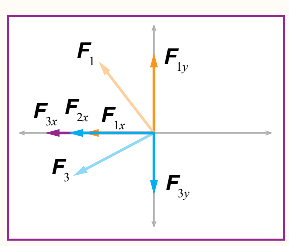
4 أكبر قيمة لمحصلتهما تساوي مثلي قيمة أحدهما عندما تكون القوتان في الاتجاه نفسه، وأقل قيمة لمحصلتهما تساوي صفرًا عندما تكون القوتان متعاكستين في الاتجاه.

5 أ.
$v_y = 0$
$v \sin\theta = 0$
$\sin\theta = 0$
$\theta = \sin^{-1}(0) = 0°$

ب.
$v_x = v$
$v \cos\theta = v$
$\cos\theta = 1$
$\theta = \cos^{-1}(1) = 0°$

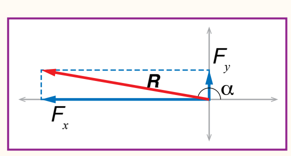
6 أ . $F_1 = F_2 = F_3 = 4000$ N , $\theta_1 = 120°$
$\theta_2 = 180°$, $\theta_3 = 210°$

الحل:



$F_{1x} = F_1 \cos\theta_1 = 4000 \cos 120° = 2000$ N
$F_{2x} = F_2 \cos\theta_2 = 4000 \cos 180° = -4000$ N
$F_{3x} = F_3 \cos\theta_3 = 4000 \cos 210° = -3400$ N

$F_{1y} = F_1 \cos\theta_1 = 4000 \cos 120° = 3800$ N
$F_{2y} = F_2 \cos\theta_2 = 4000 \cos 180° = 0$ N
$F_{3y} = F_3 \cos\theta_3 = 4000 \cos 210° = -2000$ N



$F_x = 2000 - 4000 - 3480 = -5480$ N
$F_y = 3480 + 0 - 2000 = 1480$ N
$F = R = \sqrt{Fx^2 + Fy^2} = \sqrt{(-5480)^2 + 1480^2} = 5676$ N
$\alpha = \tan\text{-}1 \frac{F_y}{F_x} = \frac{1480}{-5480} = 165°$

الإثراءُ والتوسعُ

الفيزياءُ والتكنولوجيا

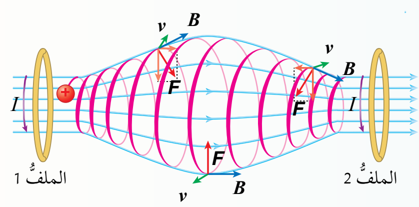
الوعاءُ المغناطيسيُّ

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 يُشبِهونَ الزجاجةَ، فكيفَ يُمكِنُ احتواءُ مادةِ البلازما باستخدامِ هذهِ التقنيةِ؟



تناولْنا في الدرسِ الأولِ بعضَ التطبيقاتِ على الضربِ المُتَّجهيِّ 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، وأقرأُهُ أمامَ الطلبةِ في غرفةِ الصفِّ.

35

الإثراء والتوسع

الفيزياءُ والتكنولوجيا

الوعاءُ المغناطيسيُّ

الهدف

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

الإرشادات والإجراءات:

- وجِّه الطلبة -ضمن مجموعات- إلى قراءة فقرة (الإثراء والتوسُّع)، ثم مناقشتها في ما بينهم.
- اطرح 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، 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.
- طبِّق قاعدة كف اليد اليمنى للتحقُّق من صحة اتجاه القوة المغناطيسية المُؤثِّرة في الجسيمات المشحونة عند النقاط المُبيَّنة في الشكل، مُحدِّدًا اتجاه مُركَّبتي القوة.
- اطلب إلى طالب من إحدى المجموعات أنْ يُوضِّح على اللوح طريقة استعمال كف اليد اليمنى في تحديد اتجاه القوة، ثم اطلب إلى آخر من مجموعة أُخرى أنْ يُوضِّح عملية التحليل إلى المُركَّبات.
- وجِّه أفراد كل مجموعة أو مجموعتين للبحث معًا في مصادر المعرفة المناسبة عن تطبيق آخر للمتجهات، ثم كتابة تقرير عنه، ثم مناقشته أمام زملائهم في غرفة الصفِّ.

مراجعةُ الوحدةِ

1 ‏1- جـ. تسارع الطائرة في أثناء إقلاعها.

2- د . 55 N (لأنَّ مقدار المحصلة لا يُمكِن أنْ يتجاوز المجموع الجبري للقوتين، ولا يُمكِن أنْ يقلَّ عن القيمة المطلقة لحاصل طرحهما).

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 . $20 \cos 120^\circ$

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 في المستوى $(x - z)$.

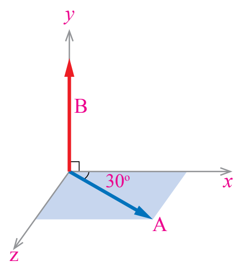
مراجعةُ الوحدةِ

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

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

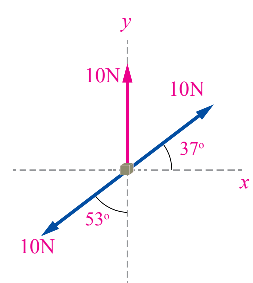
2. عندَ جمعِ القوَّتيْنِ: 30 N وَ 20 N جمعًا مُتَّجِهًا، فإنَّ الناتجَ غيرَ الصحيحِ مِنَ النواتجِ المُحتملةِ الآتيةِ هوَ:
   - أ . 10 N
   - ب . 20 N
   - جـ . 50 N
   - د . 55 N

3. حاصلُ الضربِ المُتَّجِهيِّ $|\boldsymbol{A} \times \boldsymbol{B}|$ في الشكلِ المجاورِ هوَ:
   - أ . $AB \sin 90^\circ$
   - ب . $AB \sin 30^\circ$
   - جـ . $AB \sin 120^\circ$
   - 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.

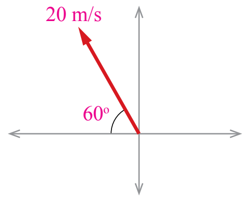
5. المقدارُ والاتجاهُ لمحصلةِ القوى في الشكلِ المجاورِ هما:
   - أ . 30 N باتجاهِ محورِ $+y$
   - ب . 30 N باتجاهِ محورِ $-y$
   - جـ . 10 N باتجاهِ محورِ $+y$
   - د . 0 N



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:

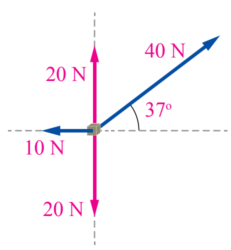


أ . $20 \cos 120°$؟
ب . $20 \cos 60°$؟
جـ . $20 \sin 120°$؟
د . $20 \cos 30°$؟

2. **أحلِّل:** ركلَ لاعبٌ كرةَ قدمٍ كتلتُها 0.4 kg لتنطلقَ بسرعةِ 30 m/s في اتجاهٍ يَصنعُ زاويةً مقدارُها 37° مع سطحِ الأرضِ الأفقيِّ، وبتسارعٍ 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. **أحلِّل:** تُؤثِّرُ قوًى عِدَّةٌ في جسمٍ كما في الشكلِ المجاورِ. أجِدُ المقدارَ والاتجاهَ لمحصلةِ القوى المُؤثِّرةِ في الجسمِ بالطريقةِ التحليليةِ.



4. **أحسُبُ:** مُتَّجِهانِ: الأولُ $F = 8$ N في اتجاهِ محورِ $(-y)$، والثاني $r = 5$ m في اتجاهِ محورِ $(+x)$. أجِدُ:

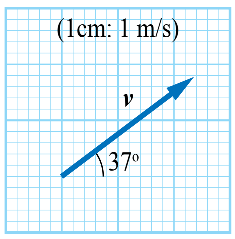
أ . $3\,\boldsymbol{F}$
ب . $-0.5\,\boldsymbol{r}$
جـ . $|\boldsymbol{r} \times \boldsymbol{F}|$
د . $|\boldsymbol{r} \times \boldsymbol{r}|$
هـ . $\boldsymbol{F} \cdot \boldsymbol{r}$

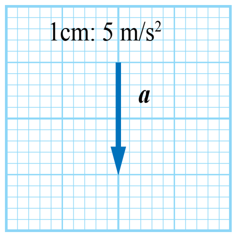
5. **حلُّ المشكلات:** انطلقَتْ نورُ منْ منزلِها سيرًا على الأقدامِ، وقطعَتْ مسافةَ 400 m باتجاهِ الغربِ، ثمَّ اتجهَتْ شمالًا، وقطعَتْ مسافةَ 200 m لتصلَ منزلَ صديقتِها. إذا أرادَتْ نورُ العودةَ مباشرةً إلى منزلِها بخطٍّ مستقيمٍ، فكمْ مترًا يجبُ أنْ تسيرَ؟ في أيِّ اتجاهٍ يتعيَّنُ عليْها السيرُ حتى تصلَ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

37

2 المعطيات:

أ. $m = 0.4$ kg, $v = 30$ m/s, $a = 10\ m/s^2$, $t = 6$ s, $\theta = 37°$.





أ . الكميات المتجهة:

السرعة v، التسارع a (التسارع ناتج من قوة جذب الأرض للكرة، وهو دائمًا عمودي إلى الأسفل في اتجاه 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

$F_x = 40 \cos 37° + 20 \cos 90° + 10 \cos 180° + 20 \cos 270° = 22$ N

$F_y = 40 \sin 37° + 20 \sin 90° + 10 \sin 180° + 20 \sin 270° = 24$ N

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

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

4

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

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

جـ. $|r \times F| = 5 \times 8 \times \sin 90° = 40$ m.N باتجاه $-z$,

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

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

5 $\mathbf{d_1} = 400$ m,180° ، $\mathbf{d_2} = 200$ m,90°

لأنَّ المتجهين متعامدان؛ تُستعمَل نظرية فيثاغورس لإيجاد محصلة المتجهين:

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

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{d_2}{d_1} = \tan^{-1} \frac{-200}{400} = \tan^{-1} -0.5 = 153.4°\ ,\ 333.4°$$

الزاوية الصحيحة هي $\alpha = 153.4°$؛ لأنَّ المتجه يقع في الربع الثاني.

أمّا الإزاحة التي يجب أنْ تقطعها نور للعودة إلى منزلها فتساوي المحصلة في المقدار: 447 m، ولكن في اتجاه معاكس لاتجاه المحصلة $\boldsymbol{d}$؛ أيْ بزاوية $\alpha = 333.4°$ عن محور $+x$.

مراجعةُ الوحدةِ

6 أ. $v_1 + v_1 = - v_3$

$v_1 + v_1 = 45$ m/s

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

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. $|\mathbf{A} \times \mathbf{B}| = A\,B$

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

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

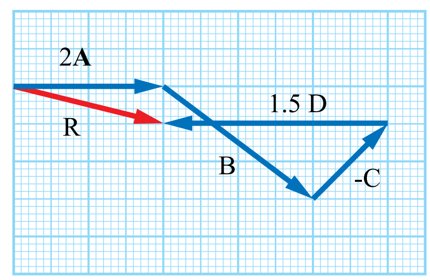
ب. $\mathbf{A} . \mathbf{B} = A\,B$

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

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

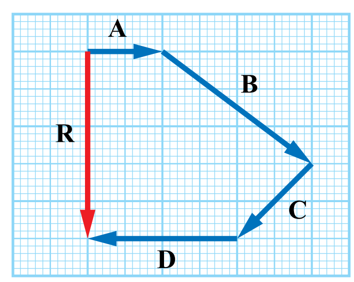
9 ناتج جمع: $2A + B - C + 1.5D$

$(4.1\ u, 346^{\circ})$



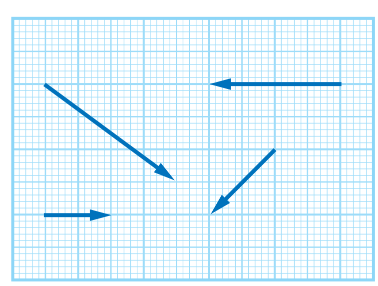
المحصلة **R**

$R = 5\ u, 270^{\circ}$



المتجهات: **A** ، **B** ، **C** ، **D**

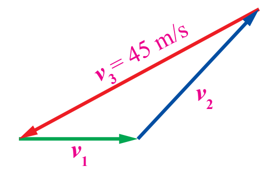
**يُمثِّل كل مربع في الرسم وحدة (1u) واحدة.



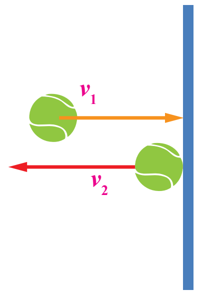
6. ثلاثةُ متَّجِهاتٍ للسرعةِ تُشكِّلُ مثلثًا مغلقًا كما في الشكلِ المجاورِ. أَجِدُ:

أ. $v_1 + v_2$

ب. محصلةَ المتَّجِهاتِ الثلاثةِ.



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

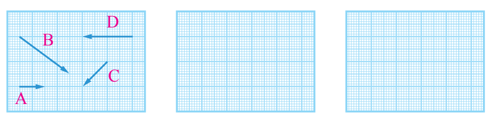


8. **أستنتجُ:** ما مقدارُ الزاويةِ بينَ المُتَّجِهيْنِ: A وَ B في الحالتيْنِ الآتيتيْنِ:

أ. $|A \times B| = A\,B$؟

ب. $A.B = A\,B$؟

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



المتَّجِهاتُ: A، B، وَ C، وَ D حيثُ يُمثِّلُ كلُّ مربعٍ في الرسمِ وحدةً واحدةً $(1u)$.

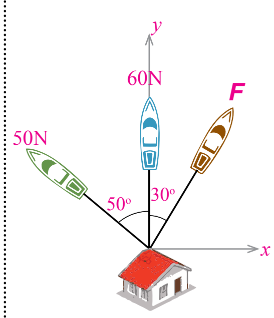
المحصلةُ R

ناتجُ جمعِ: $2A + B - C + 1.5\,D$

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

أ. مقدارَ القوَّةِ F.

ب. مقدارَ محصلةِ القوى الثلاثِ، مُحدِّدًا اتجاهَها.



38

10 تحرَّك 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. $R_x = F \cos 60^{\circ} + 60 \cos 90^{\circ} + 50 \cos 140^{\circ}$

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

$F = 76$ N

ب. $R_y = F \sin 60^{\circ} + 60 \sin 90^{\circ} + 50 \sin 140^{\circ}$

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

$R = 152$

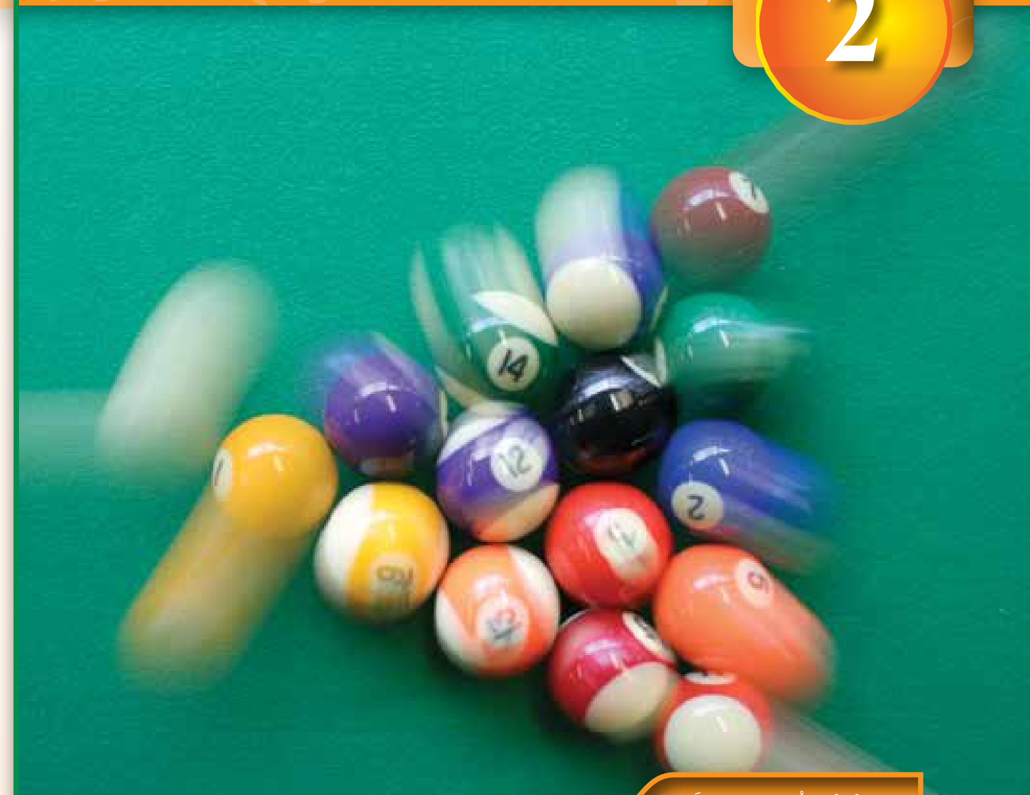
الوحدة الثانية: الحركة Motion

تجربة استهلالية: وصف الحركة باستخدام المدرج الهوائي.			
الدرس	**النتاجات**	**التجارب والأنشطة**	**عدد الحصص**
الأول: **الحركة في بُعْد واحد.**	• يُمثِّل المتغيِّرات المُتعلِّقة بوصف الحركة برسوم بيانية. • يُفسِّرُ رسومًا بيانيةً تتعلَّق بوصف الحركة. • يُوضِّحُ معادلات الحركة في الميكانيكا، ويستخدمُها في حلِّ المسائلِ. • يستقصي أهميةَ التطبيقات الحياتية للحركة في بُعْد واحد.	• قياس تسارع السقوط الحر عمليًّا.	6
الثاني: **الحركة في بُعْدين.**	• يُوظِّفُ معرفته بعلم الميكانيكا ومفاهيمه وقوانينه في حلِّ مسائل حسابية. • يُطبِّقُ معرفته بعلمِ الميكانيكا ومفاهيمِهِ وقوانينِهِ عندَ تفسيرِ مشاهداتٍ ومواقف مُتعلِّقة بالحركة. • يستقصي أهميةَ التطبيقاتِ الحياتيةِ للحركةِ في بُعْديْن.	• وصف حركة المقذوف الأفقي.	5

النتاجات السابقة	الصف	النتاجات اللاحقة	الصف
• يحسب السرعة الثابتة والسرعة المتوسطة لجسم يتحرك في خط مستقيم.	التاسع	لا يوجد.	الحادي عشر

الوحدةُ 2

الحركةُ
Motion



أتأمَّلُ الصورة

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

39

الوحدةُ 1

الوحدة الثانية: الحركة

أتأمَّلُ الصورةَ

الفت انتباه الطلبة إلى صورة كرات البليياردو، ثم اطرح عليهم الأسئلة الآتية:

- هل مارست لعبة البليياردو؟
  لا.
- 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 البليياردو؟
  تُستخدم العصا في قذف كرة بيضاء نحو الكرات الملونة المرتبة.
- صِفْ حركة كرة البليياردو 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 وحدها بأنَّها في بُعْد واحد.

الفكرة العامة:

- ضع ثلاثة أجسام مختلفة على الطاولة (حقيبة، وكتاب، ومحفظة)، ثم اطلب إلى الطلبة تحديد موقع كل جسم بالنسبة إلى الجسمين الآخرين.
- حرِّك المحفظة، ثم اطلب إلى الطلبة تحديد موقعها بالنسبة إلى الجسمين الآخرين.
- حرِّك المحفظة مرَّة أخرى في الاتجاه السابق نفسه، ثم اطلب إلى الطلبة تحديد موقعها بالنسبة إلى الجسمين الآخرين.
- اسأل الطلبة عن الموقع المحتمل للمحفظة قبل تحريكها مرة ثالثة، بناءً على نمط الحركة.
- طبِّق هذا المثال على أجسام متحركة يشاهدها الطلبة في الحياة اليومية (مثل: السيارات، والطائرات)، ثم طبِّقه على الكواكب والمجرات.

اطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

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

  ستكون بعد نصف دقيقة عند نهاية المدرج، وما تزال تلامس الأرض.
- هل يُمكِنك تحديد موقعها بعد خمس دقائق؟

  ستكون بعد خمس دقائق مُحلِّقةً في الجو.
- عند خروجك صباحًا من المنزل إلى المدرسة، ما الذي يتعيَّن عليك معرفته لتحديد وقت مغادرة المنزل؟

  النظر إلى الساعة لتحديد الوقت، ثم أحسبُ الوقت المتبقي اللازم للانتقال إلى المدرسة.
- اعتمادًا على نظرية تمدُّد الكون، كيف يُمكِنك 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.

- وضِّح 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

Motion in One Dimension

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

الدرسُ الثاني: الحركةُ في بُعْديْنِ

Motion in Two Dimensions

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

40

- وجِّه الطلبة إلى وضع عِدَّة تصاميم مناسبة لصنع مظلة هبوط يُمكِنها حمل بيضة، والهبوط بها من نافذة الطابق الثاني دون أنْ تنكسر.
- اطلب إلى الطلبة وضع خطة سليمة لاختيار أحد هذه التصاميم، ثم صنع نموذج المظلة ضمن مواصفات التصميم، وإجراء عمليات الاختبار وفق الخطة.
- وجِّه الطلبة إلى الاطلاع على الموضوع بصورة مفصلة في كتاب الأنشطة والتجارب العملية، وتطبيق خطوات بناء المشروع وتنفيذه واختبار أدائه، وإدخال التعديلات الضرورية عليه في حال عدم نجاحه.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

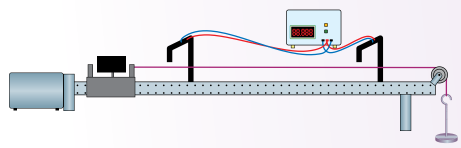
* التفكير: التنبُّؤ.

وضِّح 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.

تجربة استهلالية

وصفُ الحركةِ باستخدامِ المَدْرجِ الهوائيِّ

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



إرشاداتُ السلامةِ:
الحذرُ مِنْ 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)، ثمَّ أتركُهُ يتحرَّكُ إلى الأسفلِ لتحريكِ العربةِ.
5. أُشغِّلُ مضخةَ الهواءِ، وأتركُ العربةَ تتحرَّكُ مِنْ نقطةِ البدايةِ تحتَ تأثيرِ الكتلةِ المُعلَّقةِ.
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)
الكتلة الأولى (50 g)			
الكتلة الثانية (100 g)			

التحليلُ والاستنتاجُ:

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

تجربة استهلالية

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

زمن التنفيذ: 35 دقيقة

إرشادات السلامة: حذِّر الطلبة من خطر سقوط الأجسام والأدوات المختلفة على أقدامهم.

المهارات العلمية: القياس، إجراء العمليات الحسابية، الاستقصاء.

الإجراءات والتوجيهات:

- اطلب إلى الطلبة الاطلاع على الخلفية النظرية للتجربة في كتاب الطالب وكتاب الأنشطة والتجارب العملية، ثم وضِّح لهم ما يأتي:
  - طريقة عمل البوابتين الضوئيتين وتوصيلهما 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.
- ذكِّر الطلبة بأنَّ القوة المحصلة التي تُؤثِّر في جسم بصورة مستمرة تُسبِّب تحريكه بتسارع، في حين يتحرك الجسم بسرعة ثابتة عندما لا يتأثر بقوة محصلة.
- ذكِّر الطلبة بطريقة حساب المتوسط الحسابي لعددين مختلفين، وذلك لمساعدتهم على معرفة السرعة النهائية.
- اطلب 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. فكلَّما 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 البُعْد من موقع البوابة الأولى، وجعل المسافة بين البوابتين متساوية لكل المجموعات.

التحليل والاستنتاج:

1. قراءة زمن الحركة الكلي من العداد الرقمي، ومراعاة ألّا تزيد دقة القياس على (0.1 s).
2. سيتعرف الطلبة لاحقًا العلاقة الرياضية اللازمة لحساب السرعة المتوسطة، وهي ناتج قسمة الإزاحة الكلية للعربة على الزمن الكلي.
3. سيؤدي تغيير الكتلة المُعلَّقة بأُخرى أكبر منها إلى زيادة القوة المُؤثِّرة في العربة، وزيادة تسارعها، وزيادة مقدار السرعة المتوسطة.
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	معايير الأداء	1	2	3
1	يراعي تعليمات الأمان والسلامة العامة عند تنفيذ خطوات التجربة.			
2	يقرأ تعليمات التجربة قراءة دقيقة، ويتعاون مع زملائه على تنفيذ الخطوات.			
3	يُثبِّت المدرج الهوائي بشكل أفقي، ثم يُركِّب ملحقاته بصورة صحيحة.			
4	يوصِل البوابتين الضوئيتين بالعداد الرقمي، ثم يُشغِّله، ويُدوِّن قراءات صحيحة.			
5	يضع العربة فوق المدرج، ثم يربطها بالخيط، ثم يُمرِّره فوق البكرة، ويتمكَّن من تحريكها بسهولة.			
6	يقيس المسافة بين نقطتي بداية الحركة ونهايتها، ثم يُدوِّنها بصورة صحيحة.			
7	يقرأ بيانات شاشة العداد الرقمي قراءة صحيحة، ويستخدم وحدات القياس الصحيحة، ثم يُدوِّنها.			
8	يستخدم العلاقة الرياضية الخاصة بحساب السرعة، ويُعوِّضها، ويتوصَّل إلى نتيجة صحيحة.			

الدرس 1

الحركة في بُعْد واحد
Motion in One Dimension

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

اسأل الطلبة عن الأشكال المختلفة للحركة، ولا تستبعد 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 مع المعرفة السابقة:

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

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

❋ المهارات الحياتية: الحوار، الاتصال.

أخبر 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.

- اطلب إلى الطلبة ذكر أمثلة على أجسام تتحرك في بعد واحد أو بعدين، مُركِّزًا على الحركة في خط مستقيم، والحركة في اتجاه واحد، أو في اتجاهين متعاكسين.
- وضِّح للطلبة مفهوم البُعْد الواحد، ومفهوم البُعْدين، ومفهوم الأبعاد الثلاثة في الرياضيات، مُمثِّلًا على ذلك بأشياء من غرفة الصف.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

❋ التفكير: التحليل.

وضِّح 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.

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 المتوسطةُ Average Velocity.
السرعةُ اللحظيةُ Instantaneous Velocity.
التسارُعُ Acceleration.
تسارُعُ السقوطِ الحرِّ Free Fall Acceleration.

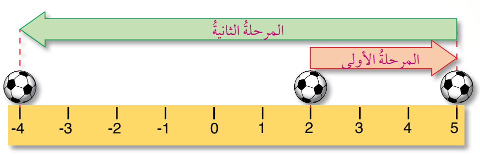
الحركةُ Motion

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 بُعْدينِ، والحركةُ في ثلاثةِ أبعادٍ. وسندرسُ في هذهِ الوحدةِ موضوعَ الحركةِ في بُعْدٍ واحدٍ، وموضوعَ الحركةِ في بُعْدينِ. 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 محورِ (x) في اتجاهٍ واحدٍ، أوْ في اتجاهيْنِ متعاكسيْنِ، أنظرُ الشكلَ (1) الذي يُوضِّحُ حركةَ كرةٍ في بُعْدٍ واحدٍ على محورِ (x).



الشكلُ (1): الإزاحةُ والمسافةُ.

42

---

2 التدريس

نشاط سريع

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

◄ بناء المفهوم:

الموقع، الإزاحة.

أخبر الطلبة أنَّ مفهومي الموقع والإزاحة يُستخدَمان في وصف حركة الأجسام، مُبيِّنًا لهم كيف يُحدَّد موقع 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.

نُعبّرُ 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 نقطةِ الإسنادِ.

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 $x_1 = 2\text{m}$ إلى الموقعِ $x_2 = 5\text{ m}$؛ لذا تكونُ إزاحةُ الكرةِ:

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

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:

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

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:

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

وهذا يُمثِّلُ حاصلَ جمعِ الإزاحتَيْنِ لمرحلتَيِ الحركةِ الأولى والحركةِ الثانيةِ:

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

يُمكِنُ أيضًا وصفُ حركةِ الكرةِ باستخدامِ مفهومِ **المسافةِ (Distance)**، وهيَ كميةٌ قياسيةٌ قيمتُها تُساوي طولَ المسارِ الفعليِّ الذي اتَّبعَهُ الجسمُ، ويُرمَزُ إليْها بالرمزِ (s). يَتبيَّنُ منَ الشكلِ (1) أنَّ المسافةَ الكليةَ التي قطعَتْها الكرةُ (s) هيَ المسافةُ المقطوعةُ في المرحلةِ الأولى ($s_1 = 3\text{m}$)، مضافًا إليها المسافةُ المقطوعةُ في المرحلةِ الثانيةِ ($s_2 = 9\text{ m}$)، وهيَ:

$$s = s_1 + s_2 = 3 + 9 = 12\text{ m}$$

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

أفكّرُ: هلْ يستطيعُ جسمٌ مُتحرِّكٌ أنْ يُغيّرَ موقعَهُ أكثرَ منْ مرَّةٍ بحيثُ تكونُ إزاحتُهُ صفرًا؟ أُوضّحُ 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.

المناقشة:

ناقِش الطلبة في أوجه الاختلاف بين الإزاحة والمسافة في بُعْد واحد، مُبيِّنًا لهم أنَّ الإزاحة هي كمية فيزيائية متجهة، وأنَّ المسافة هي كمية 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.**

أخبر 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.

أفكِّر:

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. (لاحِظ هنا أنَّ المسافة لا تساوي صفرًا).

التعزيز:

لتعزيز المفهوم، اذكر 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 صفر.

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

بناء المفهوم:

السرعة المتوسطة القياسية، السرعة المتوسطة المتجهة.

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

المناقشة:

اسأل الطلبة عن تجاربهم في السفر بالطائرة، ثم بيِّن 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 والأحول 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 بأنَّ 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.**

أخبر 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.

التعزيز:

أخبر 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)** ($\overline{v}_s$)، التي تُحسَبُ بقسمةِ طولِ المسارِ الفعليِّ الذي يقطعُهُ الجسمُ (s) على الزمنِ الكليِّ للحركةِ (Δt):

$$\overline{v}_s = \frac{s}{\Delta t}$$

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 سرعتِها القياسيةِ المتوسطةِ بقسمةِ المسافةِ التي قطعَتْها الطائرةُ 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 ($\overline{v}$)، وتُحسَبُ بقسمةِ الإزاحةِ الكليةِ للجسمِ على الزمنِ الكليِّ اللازمِ لقطعِ الإزاحةِ:

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

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

المثالُ 1

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

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

المطلوبُ: ($\overline{v} = ?$).

الحلُّ:

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

44

حل المثال 1

يُرمَز إلى السرعة القياسية المتوسطة بالرمز ($\overline{v}_s$)، حيث يشير حرف (s) إلى كلمة (speed)؛ لتمييزها من السرعة المتجهة، ثم يُحَلُّ المثال بقسمة طول المسار الكلي على الزمن الكلي.

السرعةُ المُتَّجِهةُ اللحظيةُ Instantaneous Velocity

إنَّ قراءةَ عدّادِ السرعةِ في السيارةِ عندَ لحظةٍ معينةٍ تُمثِّلُ **السرعةَ القياسيةَ اللحظيةَ** كما في الشكلِ (2). وعندَ تحديدِ اتجاهِ هذهِ السرعةِ، فإنَّها تُسمّى **السرعةَ المُتَّجِهةَ اللحظيةَ**، ويُرمَزُ إليْها بالرمزِ (v). فمثلًا، إذا كانَ اتجاهُ حركةِ السيارةِ المُبيَّنِ عدّادُ سرعتِها في الشكلِ (2) نحوَ الشمالِ، فإنَّ السرعةَ المُتَّجِهةَ اللحظيةَ لها 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.

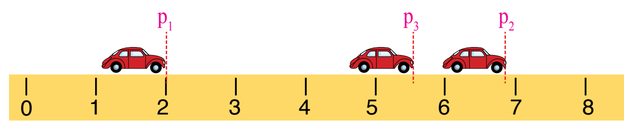
نشيرُ إلى أنَّ كلمةَ (سرعةٌ) تعني السرعةَ المُتَّجِهةَ أينَما وردَتْ في هذا الكتابِ.

الشكلُ (2): السرعةُ اللحظيةُ.

✓ **أتحقَّقُ:** ما الشرطُ الواجبُ توافُرُهُ في الحركةِ في بُعْدٍ واحدٍ لكيْ تساوي السرعةُ المُتَّجِهةُ المتوسطةُ معَ السرعةِ اللحظيةِ؟

المثالُ 2

وُضِعَتْ لُعْبَةُ سيارةٍ على محورٍ (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 علمْتَ أنَّ الزمنَ الكليَّ للحركةِ هوَ (15 s)، فأجِدْ:



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

✓ **أتحقَّق:**

عندما تكون الحركة في بُعْد واحد فإنَّ المسافة تساوي مقدار الإزاحة، ويشترط لذلك أنْ تكون الحركة مُحدَّدة في اتجاه واحد فقط.

◄ **بناء المفهوم:**

السرعة اللحظية القياسية، السرعة اللحظية المتجهة.

اذكر للطلبة مجموعة من القياسات المختلفة لسرعة جسم متحرك (مثل الدراجة الهوائية)، للتوصُّل إلى تعريف المفهوم.

◄ **استخدام الصور والأشكال:**

وجِّه 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

ابحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن موضوع السرعة اللحظية Instantaneous Velocity، علمًا بأنَّه يُمكِنك إعداد عروض تقديمية تتعلَّق بموضوع الدرس.

شارِك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو تطبيق التواصل الاجتماعي WhatsApp، أو إنشاء مجموعة على تطبيق Microsoft teams، أو استعمِل أيَّ وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

حل المثالُ 2

اطلب 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، اطلب إلى بعض الطلبة حلَّ المثال؛ على أنْ يُنفِّذ كلٌّ منهم خطوة واحدة فقط من خطوات الحلِّ.

المعطياتُ: $x_1 = 2.0$ m ، $x_2 = 6.8$ m ، $x_3 = 5.6$ m ، ($\Delta t = 15$ s).

المطلوبُ: $s = ?\ , \Delta x = ?\ , \bar{v}_s = ?\ , \bar{v} = ?$.

الحلُّ:

أ . المسافةُ الكليةُ التي قطعَتْها لعبةُ السيارةِ تساوي مجموعَ المسافتيْن: 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 الموقعيْن: 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 هيَ 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.

التعزيز:

يُمكِن 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.

التسارُعُ الثابتُ Constant Acceleration

لتوضيحِ مفهومِ **التسارُعِ (Acceleration)**، أُنْعِمُ النظرَ في الجدولِ (1) الذي يُبيِّنُ السرعاتِ المُتَّجِهةَ اللحظيةَ (v) لسيارتيْنِ 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** هوَ 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 ($\bar{a} = a$).

أُفكِّرُ: عندما تزدادُ سرعةُ السيارةِ بمقدارِ (2 m/s) في كلِّ ثانيةٍ يكونُ التسارُعُ ثابتًا. كيفَ يكونُ تسارُعُ السيارةِ غيرَ ثابتٍ؟

الجدولُ (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):	$v_1=0$	$v_2=2.0$	$v_3=4.0$	$v_4=6.0$	$v_5=8.0$

◄ بناء المفهوم:

التسارع.

- وضِّح 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.
- الفت 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.
- أكِّد للطلبة أهمية التفريق بين اتجاه السرعة (v) واتجاه التغيُّر في السرعة(Δv).

◄ استخدام الجدول:

إستراتيجية أكواب إشارة المرور:

استخدم هذه الإستراتيجية في تعليم الطلبة المقارنة بين حركة السيارتين، وذلك بالاطّلاع على الجدول (1).

- وزّع الطلبة في مجموعات صغيرة، وزوّد كل مجموعة بالأكواب الثلاثة.
- اطلب إليهم الاطّلاع على الجدول وتحليل البيانات فيه، ثم وصف حركة كل من السيارتين.
- كلّف الطلبة بحل المثال (3) على شكل مجموعات.

خلال الإجراءات السابقة، يعرض أعضاء كل مجموعة الكوب الذي يُعبّر عن حاجتهم إلى المساعدة .

معلومة إضافية

في حالة الحركة بسرعة متغيرة غير منتظمة (التغيُّر في السرعة ليس ثابتًا)، فإنَّ التسارع يكون متغيرًا. ويُمكِن الإشارة هنا إلى التسارع المتوسط، علمًا بأنَّ ما يتعيَّن على الطلبة معرفته هو حالة التسارع الثابت فقط.

حل المثال 3

الفت انتباه الطلبة إلى أنَّ إيجاد المتوسط الحسابي لكميات مختلفة في مجالات كثيرة له أهمية في الحياة اليومية. فمثلًا، متوسط علامات الطالب يُنبِئ عن أدائه من دون التطرُّق إلى ذكر علاماته في كل المواد التي درسها.

أخبر الطلبة أنَّه عندما تكون السرعة متغيرة فإنَّه يُمكِن التعامل مع متوسط السرعة للتسهيل، وأنَّ هذا المثال يُدرِّبهم على حساب كلٍّ من متوسط السرعة، والتسارع، والتسارع المتوسط.

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: 2m/s في كل ثانية). وعندما يكون التسارع ثابتًا فإنَّ التسارع المتوسط يكون ثابتًا أيضًا، ويساوي التسارع اللحظي.

حل المثالين 4، 5

وضِّح للطلبة أهمية تحديد اتجاه الحركة ومسار الجسم المتحرك في خط مستقيم كما في حالتي القطار والزلاجة؛ للالتزام بموضوع الدرس، وهو الحركة في بُعْد واحد. أخبرهم أنَّه في حال تغيَّر اتجاه الحركة ليصبح في بُعْدين فإنَّه سيتم التطرُّق إلى ذلك في الدرس القادم.

الفت انتباه الطلبة إلى أنَّ اتجاه التسارع يكون دائمًا باتجاه التغيُّر في السرعة، وأنَّه لا يكون بالضرورة باتجاه السرعة نفسها.

المثالُ 3

بناءً على قيمِ الزمنِ والسرعةِ الواردةِ في الجدولِ (1)، أَجِدُ التسارُعَ المتوسطَ لكلٍّ منَ السيارتيْنِ خلالَ المدَّةِ الزمنيةِ منْ $(t_2 = 1s)$ إلى $(t_3 = 2s)$.

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

الحلُّ:

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

$$a = \frac{30 - 12}{38 - 2} = \frac{18}{36} = 0.5\ m/s^2$$

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 مُدَّةٍ زمنيةٍ مقدارُها (3.0 s) توقَّفَتِ الزلّاجةُ عنِ الحركةِ. أجِدْ مقدارَ التسارُعِ المتوسطِ للزلّاجةِ، مُحدِّدًا اتجاهَهُ.

المعطياتُ: $v_1 = 2.4\ m/s$ ، $v_2 = 0\ m/s$ ، $\Delta t = 3.0\ s$.

المطلوبُ: $\bar{a} = ?$ ، اتجاهُ التسارُعِ.

الحلُّ:

$$a = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t}$$

$$a = \frac{0.0 - 2.4}{3.0} = \frac{-2.4}{3.0} = -0.8\ m/s^2$$

يُلاحَظُ أنَّ إشارةَ التسارُعِ المتوسطِ سالبةٌ؛ ما يعني أنَّ اتجاهَهُ نحوَ الغربِ؛ أيْ إنَّ اتجاهَ التسارُعِ بعكسِ اتجاهِ السرعةِ، وفي مثلِ هذهِ الحالةِ تكونُ الحركةُ بتباطؤٍ.

التعزيز:

وضِّح للطلبة الفرق بين المتوسط الحسابي للسرعتين الابتدائية والنهائية، والسرعة المتوسطة، مُبيِّنًا لهم متى تتساوى الكميتان

(تتساوى الكميتان في حالة التغيُّر المنتظم لمقدار السرعة فقط).

اطلب 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 فإن الجسم يتباطأ.

حل المثال 6

نبِّه الطلبة إلى أنَّ زمن تلامس المضرب مع كرة التنس الأرضي يكون قليلًا جدًّا، وأنَّه قد يصل إلى جزء من مئة من الثانية.

أخبر الطلبة في أثناء حلِّ هذا المثال أنَّ التسارع ناتج من تغيُّر اتجاه السرعة مع بقاء مقدارها ثابتًا.

◄ استخدام الصور والأشكال:

وجِّه الطلبة إلى الاطلاع على الشكل (4) في الكتاب، مُبيِّنًا لهم أنَّ السهمين فيه يُمثِّلان سرعة الكرة قبل التصادم وبعده، وأنَّ الشكل يحوي فقط كرة واحدة، وأنَّه تمَّ تكرار صورتها لبيان السرعة قبل التصادم وبعده.

معلومة إضافية

هيِّئ الطلبة للدرس الثاني، بتعريفهم أنَّ التسارع قد ينتج من تغيُّر مقدار السرعة واتجاهها.

أتحقَّق:

في هذا المثال تكون السرعة الابتدائية والسرعة النهائية في الاتجاه نفسه، فيكون التغيُّر في السرعة والتسارع في اتجاه 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 بتباطُؤٍ.

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.

المعطياتُ: ($v_1 = +40$ m/s)، ($v_2 = -40$ m/s) ، ($\Delta t = 0.8$ s).

المطلوبُ: ($\bar{a} = ?$).

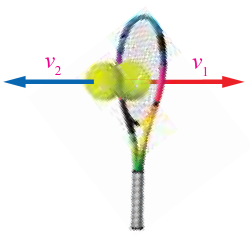
الحلُّ:

السرعةُ الابتدائيةُ للكرةِ موجبةٌ، والسرعةُ النهائيةُ لها سالبةٌ:

$$\bar{a} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t}$$

$$\bar{a} = \frac{-40 - 40}{0.05} = \frac{-80}{0.05} = -1600\ \text{m/s}^2$$

يُلاحَظُ أنَّ تسارُعَ الكرةِ سالبٌ؛ ما يعني أنَّهُ في اتجاهِ محورِ ($-x$).



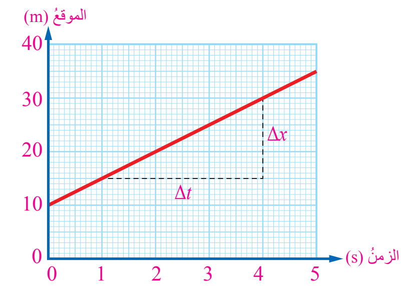
الشكلُ (4): ارتدادُ الكرةِ بعدَ تصادُمِها معَ المَضرِبِ.

✓ **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

تمثيلُ الحركةِ بيانيًا

منحنى الموقعِ -الزمنِ Position-Time Graph



الشكلُ (5): منحنى الموقع – الزمن.

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، وتُمثِّلُ نقطةُ الإسنادِ عادةً عندَ (0,0) على الرسمِ.

يَتبيَّنُ منَ الشكلِ (5) أنَّ الجسمَ يقعُ على بُعدِ (15 m) منْ نقطةِ الإسنادِ عندَ اللحظةِ ($t = 1$ s)، وأنَّهُ قدْ غيَّرَ موقعَهُ، فأصبحَ على بُعدِ (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

مثال إضافي

- اطلب إلى الطلبة تحديد موقع الجسم عند كل ثانية من زمن حركته في الشكل (5)؛ فهو عند بداية الحركة ($t = 0$ s) يقع على بُعد (10 m) من نقطة الإسناد.
- درِّب الطلبة على إيجاد التغيُّر في الزمن بين أيِّ لحظتين زمنيتين، وكذلك التغيُّر في الموقع بين أيِّ لحظتين زمنيتين.
- اطلب إلى بعض الطلبة إيجاد ميل منحنى العلاقة بين الموقع والزمن، بقسمة التغيُّر في الموقع على التغيُّر في الزمن؛ لتعرُّف مقدار السرعة.

◀ بناء المفهوم:

منحنى الموقع– الزمن.

- وجِّه الطلبة إلى الاطلاع 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.
- حدِّد للطلبة نقطة الإسناد، وهي النقطة (0,0) التي يُنسَب إليها موقع الجسم في كل لحظة من لحظات حركته.

◀ المناقشة:

بيِّن 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:

وجِّه الطلبة إلى الاطلاع على الشكل؛ ليتحققوا من التدريج على كل محور، وتحديد الكمية الفيزيائية التي يُمثِّلها كل تدريج، وبيان وحدات القياس المناسبة.

بيِّن للطلبة صفات المنحنى البياني للعلاقة بين الموقع والزمن، ثم ارسم أشكالًا أُخرى، وناقشهم في الاختلافات بينها.

معلومة إضافية

بيِّن للطلبة أنَّ الميل قد يكون سالبًا، وذلك عندما يتحرك الجسم مُقترِبًا من نقطة الإسناد؛ أيْ عندما تكون إزاحته سالبة.

◄ **التعزيز:**

وضِّح للطلبة ما يأتي:

- الاستدلال بمنحنى الموقع- الزمن على موقع الجسم بالنسبة إلى موقع نقطة الإسناد عند أيِّ لحظة زمنية.
- ميل هذا المنحنى يساوي السرعة المتوسطة.
- عندما تكون العلاقة خطًّا مستقيمًا فإنَّ السرعة تكون ثابتة (التسارع يساوي صفرًا)، وإنَّ السرعة المتوسطة تساوي السرعة اللحظية.
- عندما تكون العلاقة خطًّا منحنيًا فإن السرعة تكون متغيرة (التسارع لا يساوي صفرًا)، وإنَّ السرعة اللحظية عند أيِّ نقطة (t,x) تساوي ميل المماس للمنحنى عند تلك النقطة.

أتحقَّق:

تكون العلاقة على شكل خط مستقيم، ميله ثابت، لا يساوي صفرًا.

معلومة إضافية

إذا كان المنحنى خطًّا مستقيمًا موازيًا لمحور الزمن فإنَّ ذلك يعني أنَّ الجسم ساكن لا يتغير موقعه.

◄ **بناء المفهوم:**

منحنى السرعة- الزمن.

- وجِّه الطلبة إلى الاطلاع على الشكل (6) في الكتاب؛ لفهم العلاقة بين الزمن والسرعة، حيث مُثِّل الزمن على محور (x) بتدريج منتظم بوحدة الثانية، ومُثّلت السرعة على المحور (y) بتدريج منتظم.

يصلُ بينَ الموقعِ الابتدائيِّ للجسمِ $(x_1 = 15\ m)$ عندَ الزمنِ $(t = 1s)$ وموقعِهِ النهائيِّ $(x_2 = 30\ m)$ عندَ الزمنِ $(t = 4s)$ كما يأتي:

$$slope = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{30 - 15}{4 - 1} = \frac{15\ m}{3\ s} = 5\ m/s$$

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

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

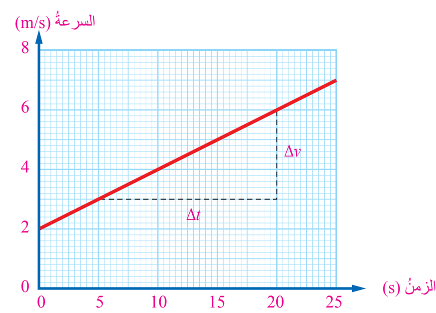
❋ **التفكير: التحليل.**

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.

◄ **التعزيز:**

ارسم مزيدًا من الخطوط التي تُمثِّل العلاقة بين الموقع والزمن؛ على أنْ يختلف كلٌّ منها عن الآخر في مقدار زاوية ميله، ويشمل ذلك الحركة اقترابًا من نقطة الإسناد، وابتعادًا عنها.

الشكلُ (6): منحنى السرعةِ – الزمنِ.



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 حاصلُ الضربِ الإزاحةَ (وحدةُ قياسِها $\frac{m}{s} \times s = m$)؛ أيْ إنَّ الإزاحةَ تساوي عدديًّا المساحةَ المحصورةَ تحتَ المنحنى.

53

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.

استخدام الصور والأشكال:

وجِّه الطلبة إلى الاطلاع على الشكل؛ ليتحققوا من التدريج على كل محور، ويحددوا الكمية الفيزيائية التي يُمثِّلها كل تدريج، ووحدات القياس المناسبة.

بيِّن للطلبة صفات المنحنى البياني للعلاقة بين السرعة والزمن، ثم ارسم أشكالًا أُخرى، وناقشهم في الاختلافات بينها.

اعتمادًا على الشكل، وضِّح للطلبة ما يأتي:

- الاستدلال بمنحنى السرعة – الزمن على سرعة الجسم عند أيِّ لحظة زمنية.
- ميل هذا المنحنى يساوي التسارع.
- عندما يكون المنحنى خط مستقيم موازٍ لمحور الزمن؛ ما يعني أنَّ الجسم يتحرك بسرعة ثابتة (تسارعه يساوي صفرًا).
- المساحة المحصورة بين المنحنى ومحور الزمن تساوي الإزاحة التي يُحدِثها الجسم المتحرك.

معلومة إضافية

- بيِّن للطلبة أنَّ الجسم يكون متسارعًا عندما تزداد القيمة المطلقة لسرعته، وذلك عند تشابه إشارتي السرعة والتسارع، فتكون كلاهما موجبة (تسارع في الاتجاه الموجب)، أو سالبة (تسارع في الاتجاه السالب).
- بيِّن 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.

حل المثال 7

وضِّح للطلبة طريقة رسم المنحنى البياني، وذلك بتحديد نقاط على المستوى الديكارتي، لكلٍّ منها إحداثيان: أفقي ورأسي، تُؤخَذ قيمة كلٍّ منهما من جدول البيانات المرفق، ثم توصل هذه النقاط معًا برسم خط مناسب.

تمرينٌ

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.

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

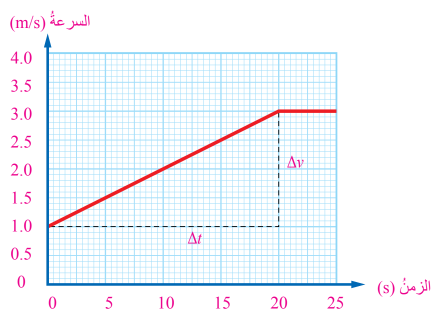
أُمثِّلُ القيمَ التي في الجدولِ بيانيًا، ثمَّ أستنتجُ منَ المنحنى تسارُعَ العربةِ في أثناءِ المدَّةِ الزمنيةِ منْ (0 s) إلى (20 s).

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.

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{3.0 - 1.0}{20 - 0} = \frac{2}{20} = 0.1\ m/s^2$$

تمرينٌ

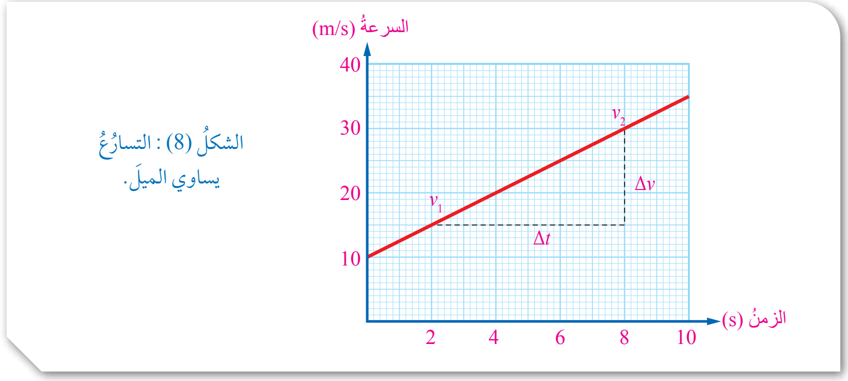
أجِدُ المساحةَ المحصورةَ بينَ المنحنى والمحورِ الأفقيِّ (محورُ الزمنِ) بينَ اللحظتيْنِ ($t = 0$ s, $t = 25$ s) في المثالِ السابقِ.

54

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.



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 تُفسَّرُ الأشكالُ البيانيةُ المُتعلِّقةُ 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 هوَ من 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:

$$v_2 - v_1 = at$$

$$v_2 = v_1 + at \quad \text{.......................} \quad (1)$$

مثال إضافي

احسب السرعة النهائية بعد مرور ($t = 5$ s)، علمًا بأنَّ السرعة الابتدائية ($v_1 = 2$ m/s)، والتسارع ($a = 1.2$ m/s^2).

الحلُّ: ($v_2 = 8$ m/s).

◄ بناء المفهوم:

السرعة الابتدائية، السرعة النهائية، الميل.

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (8) في الكتاب، وملاحظة السرعتين الابتدائية والنهائية، ثم استخراج مقدار التغيُّر بينهما اعتمادًا على محور السرعة، وتحديد الزمن التي حدث فيه هذا التغيُّر.
- وضِّح 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.

معلومة إضافية

- تُستخدَم معادلات الحركة في وصف الحالة الحركية للأجسام المتحركة بتسارع ثابت، بحيث يكون التغيُّر في سرعتها منتظمًا؛ أيْ بمقادير متساوية في أوقات زمنية متساوية.

ملاحظة مهمة:

مراحل اشتقاق معادلات الحركة جميعها للمطالعة الذاتية، وهي لا تدخل في عمليات التقويم.

وضِّح للطلبة ما يأتي:

- 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.
- اذكر مثالًا للطلبة بعد كل معادلة، يكون حلُّه بتطبيق المعادلة بصورة مباشرة.
- نبِّه الطلبة على وجوب مراعاة الاتجاهات؛ فكل ما هو نحو اليمين أو الأعلى يكون موجب الإشارة، وكل ما هو نحو اليسار أو الأسفل يكون سالب الإشارة.
- أخبر الطلبة أنَّ الرمز (Δx) يُستعمَل للتعبير عن الإزاحة في المسائل جميعها، علمًا بأنَّ الجسم الذي يبدأ حركته من نقطة الإسناد تكون إزاحته ($\Delta x = x_2 - x_1 = x_2 - 0 \equiv x$).

المعادلة الأولى: ($v_2 = v_1 + at$) لا تحوي رمز موقع الجسم (Δx)، وهي تُستعمَل لحساب أيِّ كمية، بمعرفة الكميات الأُخرى باستثناء الموقع.

◄ **بناء المفهوم:**

المعادلة الثانية: $(\Delta x = v_1 t + \frac{1}{2} at^2)$.

وضِّح للطلبة أهمية استخدام المعادلة الثانية التي لا تحوي سرعة نهائية (v_2)، وأنَّها تُستعمَل لحساب أيِّ كمية بمعرفة الكميات الأُخرى باستثناء السرعة النهائية.

مثال إضافي

احسب الموقع النهائي بعد مرور $(t = 4\ s)$، علمًا بأنَّ السرعة الابتدائية $(v_1 = 5\ m/s)$، والتسارع $(a = 3\ m/s^2)$.

الحلُّ:

$(x = 44\ m)$.

لاحِظ أنَّ الإزاحة تساوي الموقع النهائي بافتراض أنَّ موقع الجسم الابتدائي هو: $(x_1 = 0)$.

أفكِّر:

عندما تتغير سرعة الجسم بشكل غير منتظم (يكون التسارع متغيرًا) 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.

المعادلة الثالثة: $(v_2{}^2 = v_1{}^2 + 2a\Delta x)$ لا تحوي زمنًا، وهي تُستعمَل لحساب أيِّ كمية بمعرفة الكميات الأُخرى باستثناء الزمن.

• **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:

$$\Delta x = v_1 t + \frac{1}{2} at^2 \quad \text{.......... } (2)$$

• **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:

$$(v_2 - v_1)(v_2 + v_1) = 2a\Delta x$$

$$v_2^2 = v_1^2 + 2a\Delta x \quad \text{.......... } (3)$$

ولكنْ، عندما يكونُ موقعُ البدايةِ $(x_1 = 0)$، فإنَّ:

$$(\Delta x = x_2 - 0 = x)$$

عندئذٍ يُمكِنُ كتابةُ المعادلاتِ السابقةِ بدلالةِ (x).

أفكِّرُ: في الحركةِ بتسارُعٍ ثابتٍ، حيثُ يكونُ التغيُّرُ في السرعةِ منتظمًا، تتساوى السرعةُ المتوسطةُ مَعَ المتوسطِ الحسابيِّ للسرعتيْنِ الابتدائيةِ والنهائيةِ $\bar{v} = \frac{1}{2}(v_1 + v_2)$. لماذا لا يكونُ ذلكَ صحيحًا عندما تتغيَّرُ السرعةُ على نحوٍ غيرِ منتظمٍ؟

56

مثال إضافي

احسب السرعة النهائية بعد إزاحة مقدارها $(\Delta x = 25\ m)$، عندما تكون السرعة الابتدائية $(v_1 = 0\ m/s)$، والتسارع $(a = 0.5\ m/s^2)$.

الحلُّ:

$(v_2 = 5\ m/s)$.

المثالُ 8

انطلقتْ نسرينُ بدرّاجتِها الهوائيةِ منْ وضعِ السكونِ بسرعةٍ أفقيةٍ في خطٍّ مستقيمٍ، بتسارُعٍ ثابتٍ مقدارُهُ ($5\ m/s^2$). أجِدُ:

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

حل المثالُ 8

- وضِّح للطلبة أنَّ الإشارة في السؤال إلى انطلاق الدراجة من وضع السكون تدل على أنَّ السرعة الابتدائية تساوي صفرًا.
- بيِّن للطلبة كيف يُمكِن اختيار المعادلة المناسبة للحلِّ؛ 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.
- أخبر الطلبة أنَّه لإيجاد المطلوب الثاني (الإزاحة) يُمكِن استخدام أيٍّ من المعادلتين: الثانية والثالثة، وأنَّ الحلَّ يُظهِر أنَّ السرعة والتسارع والإزاحة جميعها في الاتجاه نفسه.

مثال إضافي

ذكِّر الطلبة بسؤال (أُفكِّر) في الصفحة السابقة، ثم اطلب إليهم حساب المتوسط الحسابي للسرعتين: الابتدائية والنهائية، ثم حساب السرعة المتوسطة من قسمة الإزاحة على الزمن، ومقارنة القيمتين. هل تساوت الإجابتان؟

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **التفكير: الأدلة والبراهين.**

أخبر 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.

حل المثالُ 9

المعادلة الثالثة تُناسِب حلَّ المثال؛ فهي لا تحوي الزمن الذي لم يُذكَر في المثال. ويُظهِر الحلُّ أنَّ اتجاه التسارع معاكس لاتجاه السرعتين: الابتدائية والنهائية، ولاتجاه الإزاحة أيضًا.

تمرينٌ

المعطيات:

السرعة الابتدائية ($v_1 = 20$ m/s).

السرعة النهائية ($v_2 = 4$ m/s).

التسارع ($a = 1.5$ m/s^2).

المطلوب:

($t = ?$)

الحلُّ:

$$v_2 = v_1 + at$$

$$4 = 20 + (-1.5) \times t$$

$$t = \frac{-16}{-1.5} = 10.67 \text{ s}$$

المثالُ 9

سارَ قطارٌ بسرعةٍ أفقيةٍ مقدارُها (20 m/s) في خطٍّ مستقيمٍ، ثمَّ نقصَتْ سرعتُه في أثناءِ إزاحةِ (128 m)، فأصبحَتْ (4 m/s). أَجِدْ 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، أَجِدُ المدَّةَ الزمنيةَ التي قطعَ فيها القطارُ الإزاحةَ المذكورةَ.

58

السقوطُ الحُرّ 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.

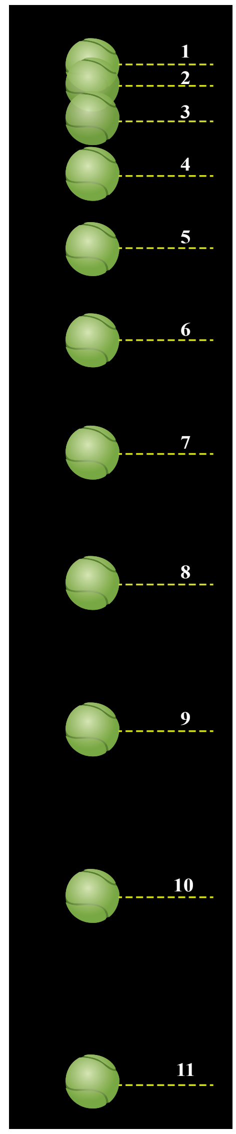
يُعرَّفُ **السقوطُ الحُرُّ Free fall** بأنَّهُ حركةُ الأجسامِ إلى الأعلى، أوْ إلى الأسفلِ، تحتَ تأثيرِ وزنِها فقطْ، وذلكَ بإهمالِ القوى الأُخرى مثلِ مقاومةِ الهواءِ.

يُبيِّنُ الشكلُ (9) كرةً في حالةِ سقوطٍ حُرٍّ عندَ التقاطِ مجموعةٍ متتاليةٍ منَ الصورِ لها، ويفصلُ بينَ كلِّ صورتيْنِ متتاليتيْنِ مُدَدٌ زمنيةٌ متساويةٌ. منَ المُلاحَظِ 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 بأنَّ 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:**

وجِّه الطلبة إلى الاطلاع على الصور في الشكل المجاور، 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. أخبرهم 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.

مثال إضافي

- اطلب إلى بعض الطلبة إسقاط كرة تنس أرضي، واطلب إلى بقية الطلبة مراقبة عملية سقوطها، مُكرِّرًا ذلك مرّات عِدَّة.
- اطلب إلى الطلبة وصف حركتها وتغيُّر سرعتها، ثم اطلب إلى بعضهم تكرار النشاط مع تغيير ارتفاع نقطة السقوط.

◀ **بناء المفهوم:**

السقوط الحر، تسارع السقوط الحر.

وضِّح للطلبة ما يأتي:

- تتأثر الأجسام القريبة من سطح الأرض بقوة جذب الأرض لها (الوزن)، وإذا تُركِت حرَّة 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 بأنَّ 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. لاحِظ 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. لاحِظ 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

تجربة: قياس تسارع السقوط الحر عمليًّا.

الهدف: قياس الزمن والمسافة، وحساب تسارع السقوط الحر.

زمن التنفيذ: 35 دقيقة

إرشادات السلامة:

- حذِّر الطلبة من خطر سقوط الأجسام والأدوات المختلفة على أقدامهم.
- أخبر 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:

- وضِّح للطلبة أنَّ البوابة الضوئية الأولى يجب أنْ تكون قريبةً جدًّا من موقع بداية الحركة؛ ليُمكِن حساب السرعة الابتدائية التي تساوي صفرًا، بدقة.
- بيِّن 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.

يُمكِن الطلب إلى الطلبة تنفيذ التجربة بإسقاط كرة من ارتفاع كبير (مثل نافذة من الطابق الثاني)، واستخدام ساعة إيقاف في هذه الأثناء، ثم مقارنة النتيجة بالقيمة المعتمدة ($9.8\ m/s^2$).

التحليل والاستنتاج:

1. قراءة زمن الحركة الكلي من العداد الرقمي، ومراعاة ألّا تزيد دقة القياس على (0.1 s).
2. 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؟
3. 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 حركتها، أو وجود خطأ في توصيل البوابتين بالعداد.
4. البحث في أثر حجم الكرة وشكلها ووزنها في دقة النتيجة.

التجربةُ ١

قياسُ تسارُعِ السقوطِ الحُرِّ عمليًّا

الموادُّ والأدواتُ: كرةٌ مطاطيةٌ صغيرةٌ، بوّابتانِ ضوئيتانِ، عدّادٌ زمنيٌّ رقميٌّ، شريطُ قياسٍ متريٌّ، حاملٌ معدنيٌّ.

إرشاداتُ السلامةِ: الحذرُ منْ سقوطِ الأجسامِ والأدواتِ على القدميْنِ.

خطواتُ العملِ:

1. بالتعاونِ معَ أفراد مجموعتي، أُجهِّزُ مكانًا لسقوطِ الكرةِ عليْهِ قربَ الحائطِ (قطعةٌ منَ الكرتونِ)، ثمَّ أضعُ علامةً على الحائطِ عندَ ارتفاعِ ($\Delta y=1m$) تقريبًا، ثمَّ أُثبِّتُ إحدى البوّابتيْنِ الضوئيتيْنِ عندَ تلكَ العلامةِ باستخدامِ حاملٍ معدنيٍّ 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. أُسقِطُ الكرةَ بحيثُ تمرُّ أمامَ البوّابتيْنِ، ثمَّ أُدَوِّنُ في الجدولِ قراءةَ العدّادِ الزمنيِّ الرقميِّ، وكذلكَ المسافةُ بينَ البوّابتيْنِ.
4. أرفعُ البوّابةَ الضوئيةَ العليا إلى ارتفاعِ (1.5 m) تقريبًا، ثمَّ أُكرِّرُ الخطوةَ (3)، مُدَوِّنًا النتائجَ في الجدولِ.
5. أرفعُ البوّابةَ الضوئيةَ العليا 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 القراءاتِ في الجدولِ برسمٍ بيانيٍّ؛ على أنْ تكونَ قيمُ $(\Delta t)^2$ على المحورِ الأفقيِّ وقيمُ ($2\Delta y$) على المحورِ الرأسيِّ، ثمَّ أستخرجُ 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.

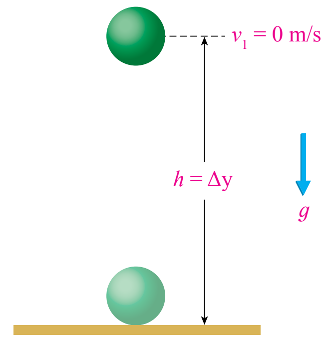
الرقم	معايير الأداء	نعم	لا
1	يراعي تعليمات الأمان والسلامة العامة عند تنفيذ خطوات التجربة.		
2	يقرأ تعليمات التجربة قراءة دقيقة، ويتعاون مع زملائه على تنفيذ الخطوات.		
3	يختار ارتفاعًا مناسبًا لإسقاط الكرة، ويُجهِّز مكانًا لسقوطها.		
4	يُركِّب البوابتين الضوئيتين على الحامل المعدني، ويفصل بينهما بمسافة مناسبة.		
5	يوصِل البوابتين الضوئيتين بالعداد الرقمي، ثم يُشغِّله، ويُدوِّن قراءات صحيحة.		
6	يتمكَّن من إسقاط الكرة بحيث تستشعر مرورها البوابتان الضوئيتان.		
7	يتمكَّن من تغيير ارتفاع البوابة العليا، والتوصُّل إلى نتائج مناسبة كل مرَّة.		
8	يثبت القيم من العمود الرابع في الجدول على تدريج المحور الأفقي بصورة صحيحة.		
9	يثبت القيم من العمود الخامس في الجدول على تدريج المحور الرأسي بصورة صحيحة.		
10	يرسم منحنى العلاقة البيانية بصورة صحيحة.		
11	يجد ميل منحنى العلاقة البيانية، ويدرك أنَّ النتيجة قريبة من تسارع السقوط الحر.		
12	يحاول تفسير سبب اختلاف النتيجة عن القيمة المقبولة علميًّا لتسارع السقوط الحر.		

المثال 10

أسقِطَتْ كرةٌ منْ وضعِ السكونِ كما في الشكلِ (10)، فوصلَتِ الأرضَ بعدَ (0.6 s). أجدُ 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:

$$v_2 = v_1 + at = v_1 - gt$$

$$v_2 = 0 - 9.8 \times 0.6 = -5.88 \text{ m/s}$$

الإشارةُ السالبةُ هنا تعني أنَّ اتجاهَ السرعةِ النهائيةِ هوَ نحوَ الأرضِ بعكسِ الاتجاهِ الموجبِ.

تمرينٌ

في المثالِ السابقِ، أجدُ الارتفاعَ ($h = \Delta y$) الذي أُسقِطَتْ منهُ الكرةُ.

61

تمرينٌ

اطلب إلى الطلبة اختيار المعادلة الصحيحة لإيجاد الارتفاع الذي أُسقِطت منه الكرة، اعتمادًا على البيانات الواردة في المثال، والنتائج التي تُوصِّل إليها بعد الحلِّ.

تُحسب الإزاحة الرأسية للكرة باستخدام العلاقة الآتية:

$$v_2^2 = v_1^2 - 2g\Delta y$$

$$5.88^2 = 0.0 - 2 \times 9.8 \times \Delta y$$

$$\Delta y = \frac{34.57}{19.6} = -1.76 \text{ m}$$

الارتفاع الذي أسقطت منه الكرة يساوي القيمة المطلقة للإزاحة، أي أن:

$h = 1.76$ m

حل المثال 10

وضِّح 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.

التعزيز:

يُمكِن تعزيز مفهوم السقوط الحر عند الطلبة عن طريق تفسير سبب هذا التسارع، وهو جذب الأرض للأجسام، وأنَّ مقداره يختلف بتغيُّر ارتفاع الأجسام فوق سطح الأرض، كما أنَّ مقداره على سطوح الكواكب الأُخرى يختلف عن مقداره على سطح الأرض.

حل المثال 11

وضِّح للطلبة 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.

ناقِش 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 حلِّ الفرع الأول من المثال.

المثالُ 11

قُذِفَ سهمٌ رأسيًّا نحوَ الأعلى بسرعةٍ ابتدائيةٍ (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، تُستخدَمُ المعادلةُ 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، تُستخدَمُ المعادلةُ الثالثةُ:

$$v_2^2 = v_1^2 - 2g\Delta y$$

$$0 = 14.7^2 - 2 \times 9.8 \times \Delta y$$

$$\Delta y = \frac{216.1}{19.6} = 11.0\ \text{m}$$

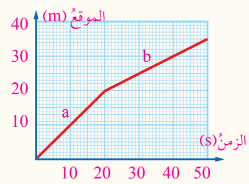
يُلاحَظُ أنَّ إشارةَ الإزاحةِ موجبةٌ؛ ما يعني أنَّ الإزاحةَ التي قطعَها السهمُ كانَتْ في الاتجاهِ الموجبِ نحوَ الأعلى.

62

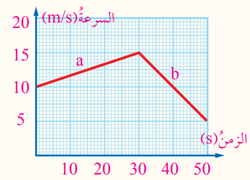
مراجعة الدرس

مراجعةُ الدرسِ

1. الفكرةُ الرئيسةُ: أوضِّحُ المقصودَ بالحركةِ المنتظمةِ في بُعْدٍ واحدٍ، وعلاقةَ ذلكَ بالسرعةِ.
2. أحسُبُ: تحرَّكَ قطارٌ حركةً أفقيةً 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. أحلِّلُ: يُمثِّلُ الشكلُ المجاورُ منحنى الموقعِ–الزمنِ لحصانٍ يجرُّ عربةً في طريقٍ مستقيمٍ. مُعتمِدًا على الشكلِ، أَجِدُ:
   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، أَجِدُ:
   أ . السرعةَ اللحظيةَ للعدّاءِ عندَ نهايةِ المرحلةِ (a) منَ الحركةِ.
   ب . تسارُعَ (تباطُؤَ) العدّاءِ في المرحلةِ (b) منَ الحركةِ.
   جـ . الإزاحةَ الكليةَ للعدّاءِ في مرحلتَيِ الحركةِ معًا.



6. أحسُبُ: سقطَ جسمٌ منْ وضعِ السكونِ منَ ارتفاعِ (176.4 m)، بإهمالِ مقاومةِ الهواءِ. أَجِدُ:
   أ . زمنَ وصولِ الجسمِ إلى الأرضِ.
   ب . سرعةَ الجسمِ النهائيةَ قبلَ لمسِهِ سطحَ الأرضِ مباشرةً.
7. انطلقَ جسمٌ منْ وضعِ السكونِ بتسارُعٍ ثابتٍ، وقدْ رُصِدَ موقعُهُ وزمنُ حركتِهِ في الجدولِ التالي. أُمثِّلُ بيانيًّا العلاقةَ بينَ الزمنِ والموقعِ، ثمَّ أَجِدُ السرعةَ اللحظيةَ عندَ اللحظةِ ($t = 2.5$ s).

الزمنُ (s):	0	1	2	3	4
الموقعُ (m):	0	0.2	0.8	1.8	3.2

63

1 الحركة المتنظمة 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 صفر.

2 :

$x = \bar{v} \times t$

$x = 12 \times 80 = 960$ m

3

$v_2 = v_1 + at$

$1.2 = 0 + a \times 3$

$a = \dfrac{1.2}{3} = 0.4$ m/s^2

4 الإجابات من الشكل:

أ . الإزاحة:

$\Delta x = 20 - 0 = 20$ m

ب. السرعة المتوسطة:

$\bar{v} = \dfrac{\Delta x}{\Delta t} = \dfrac{35 - 20}{50 - 20} = 0.5$ m/s

5 الإجابات من الشكل:

أ . السرعة اللحظية للعدّاء عند نهاية المرحلة (a):

$v = 15$ m/s

ب. تسارع العدّاء أو تباطؤه في المرحلة (b):

$\bar{v} = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} = \dfrac{5 - 15}{50 - 30} = -0.5$ m/s

جـ الإزاحة الكلية للعدّاء في المرحلة ((a)، والمرحلة(b):

$\Delta x = (\dfrac{10+15}{2} \times 30) + (\dfrac{15+5}{2} \times 20) = 375 + 200 = 575$ m

6

أ .

$\Delta y = v_1 t + \dfrac{1}{2} g t^2$

$-176.4 = 0 + \dfrac{1}{2} \times (-9.8) \times t^2$

$t^2 = (2 \times 176.4)/9.8 = 36 \;\;» \; t = 6.0$ s

ب.

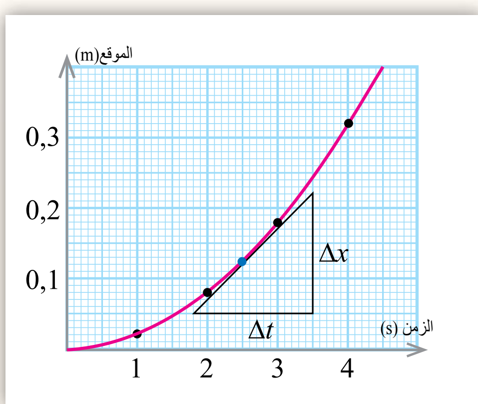
$v_2 = v_1 + at$

$v_2 = 0 - 9.8 \times 6.0 = -58.8$ 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 تمثل هذه اللحظة.

$v = \dfrac{\Delta x}{\Delta t} = \dfrac{2.3 - 0.5}{3.5 - 1.8} = 1.1$ m/s



الدرس 2

الحركة في بُعدين
Motion in Two Dimensions

1 تقديم الدرس

- ارسم على اللوح محورًا أفقيًّا، وآخر عموديًّا عليه، ثم اكتب عليهما الجهات الأربع، مُبيِّنًا كيف يُمكِن أنْ يتحرك الجسم على المستوى في بُعْدين متعامدين.
- اعتمادًا على الشكل (11)،وضِّح للطلبة أنَّ الحركة في بُعْدين يُمكِن تحليلها عن طريق التعامل مع المُركَّبتين: الأفقية والرأسية (x,y)، لكلٍّ من: السرعة، والإزاحة، والتسارع.

الربط مع المعرفة السابقة:

ذكِّر الطلبة بالحركة في بُعْد واحد، ثم تناول 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

- أحضر كرة تنس، ثم اطلب إلى أحد الطلبة أنْ يُسقِطها سقوطًا حرًّا إلى الأسفل، ثم يقذفها رأسيًّا إلى الأعلى. بعد ذلك اطلب إلى طالب آخر أنْ يرميها إلى زميله بزاوية فوق الأفق، مُعلِّقًا على أنواع الحركة في كل حالة، ومُنوِّهًا بأنَّ الحركة الأخيرة هي في بُعْدين.

بناء المفهوم:

متجه الموقع في بُعْدين.

وضِّح 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
الحركة في بُعدين
Motion in Two Dimensions

الفكرةُ الرئيسة:

الحركةُ في بُعْدَيْنِ تعني أنَّ لسرعةِ الجسمِ مُركَّبتَيْنِ متعامدتَيْنِ من دونِ اعتمادِ إحداهُما على الأُخرى.

نتاجاتُ التعلُّم:

- 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:

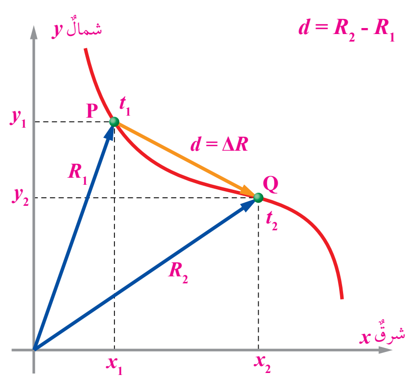
المقذوفاتُ Projectiles.
أقصى ارتفاعٍ Maximum Height.
زمنُ التحليقِ Time of Flight.
المدى الأفقيُّ Range.
حركةٌ دائريةٌ Circular Motion.
تسارُعٌ مركزيٌّ Centripetal Acceleration.
سرعةٌ مماسيةٌ Tangential Velocity.

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. وسنتعرَّفُ 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.

استخدام الصور والأشكال:

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.

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، وأنَّ تحليل حركة الجسم في بُعْدين إلى مُركَّبتين (أفقية وعمودية) مرتبط بذلك.

وهذا يعني وجودَ مُركّبةِ إزاحةٍ في اتجاهِ الشرقِ $(+x)$: $(d_x = x_2 - x_1)$،
ومُركّبةِ إزاحةٍ في اتجاهِ الشمالِ $(+y)$: $(d_y = y_2 - y_1)$.

أمّا السرعةُ المُتّجِهةُ المتوسطةُ للدرّاجةِ ومُركّبتاها المتعامدتانِ فتُعطى بالعلاقاتِ الآتيةِ:

$$\bar{v} = \frac{d}{\Delta t} \text{ ، } v_x = \frac{d_x}{\Delta t} \text{ ، } v_y = \frac{d_y}{\Delta t}$$

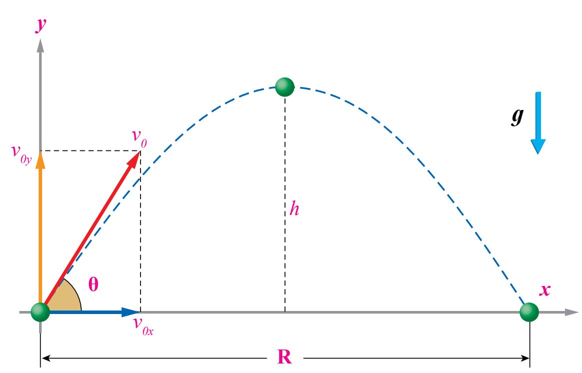
المقذوفات Projectiles

عندَ قذفِ جسمٍ في اتجاهٍ يَصنعُ زاويةً (θ) معَ الأفقِ، فإنَّهُ يتحرَّكُ في مسارٍ مُنحَنٍ كما في الشكلِ (12)، وتكونُ هذهِ الحركةُ في بُعدَيْنِ، 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 مُركّبتَيْنِ متعامدتيْنِ (v_{0x}, v_{0y}) كما في الشكلِ (12). وتُعطى مُركّبتا السرعةِ بالمعادلتيْنِ الآتيتيْنِ:

المُركّبةُ الأفقيةُ للسرعةِ الابتدائيةِ .... $v_{0x} = v_0 \cos\theta$

المُركّبةُ الرأسيةُ للسرعةِ الابتدائيةِ .... $v_{0y} = v_0 \sin\theta$



الشكلُ (12): تحليلُ السرعةِ الابتدائيةِ إلى مُركّبتَيْنِ.

65

إضاءة للمعلم

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).

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، وأن تحليل حركة الجسم في بُعدين إلى مركبة أفقية وأخرى رأسية يساعد في وصف هذه الحركة بصورة واضحة.

◄ بناء المفهوم:

تحليل السرعة.

أخبر الطلبة أنَّه يُمكِن أيضًا تحليل السرعة إلى مُركَّبتين متعامدتين: (x)، و (y)، وأنَّ استعمال كل مُركَّبة سيكون بصورة منفصلة عن الأُخرى.

◄ المناقشة:

- وضِّح 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.
- اسأل الطلبة عن القوى التي تُؤثِّر في كلٍّ من مُركَّبتي الحركة، وعن سبب إهمال بعضها.
- الفت انتباه الطلبة إلى وجوب حذف تأثير مقاومة الهواء في حركة المقذوف؛ لتسهيل دراسة المسألة.

نشاط سريع

- ارسم مسار مقذوف مشابهًا للشكل (12) في الكتاب، ثم اكتب 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.

◄ تعزيز:

لتعزيز مفهوم مُركَّبتي السرعة عند الطلبة، يُمكِن عرضها عن طريق فكرة الأزواج المرتبة على المستوى الديكارتي في الرياضيات، بحيث تُمثِّل كل نقطة في المستوى بإحداثيين (أحدهما أفقي، والآخر رأسي) يُشكِّلان زوجًا مرتبًا.

معلومة إضافية

بيِّن 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.

- وضِّح للطلبة المفاهيم الآتية: أقصى ارتفاع، زمن التحليق، المدى الأفقي، مُبيِّنًا العوامل التي تعتمد عليها كل كمية، مع توضيحها على الرسم.
- أكِّد 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.

توظيف التكنولوجيا

ابحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن موضوع المقذوفات Projectiles، علمًا بأنَّه يُمكِنك إعداد عروض تقديمية تتعلَّق بموضوع الدرس.

شارِك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو تطبيق التواصل الاجتماعي WhatsApp، أو إنشاء مجموعة على تطبيق Microsoft teams، أو استعمِل أيَّ وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

أُفكِّرُ:

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.

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 المُركَّبَةَ 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 بأنَّهُ يُرمَزُ إلى المُركَّبةِ الرأسيةِ للسرعةِ بالرمزِ (v_y) بعدَ لحظةِ الإطلاقِ.

أُفكِّرُ: هلْ يكونُ تأثيرُ مقاومةِ الهواءِ في حركةِ المقذوفاتِ في المُركَّبةِ الأفقيةِ لسرعةِ المقذوفِ، أمْ في المُركَّبةِ الرأسيةِ، أمْ في المُركَّبتيْنِ معًا؟

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 انطلاقِهِ 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.

66

أتحقَّق:

العاملان هما: السرعة الابتدائية، وزاوية الإطلاق للكميات جميعها.

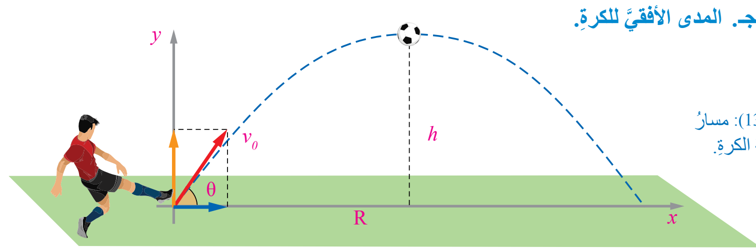
المثالُ 12

ركلَ لاعبٌ كرةً بسرعةٍ ابتدائيةٍ (22.5 m/s)، في اتجاهٍ يَصنعُ زاويةً (53°) معَ الأفقِ كما في الشكلِ (13)، بإهمالِ مقاومةِ الهواءِ. أَجِدْ:

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: $(v_0 = 22.5\ \text{m/s})$، $(\theta = 53°)$.

المطلوبُ: $(h = ?)$، $(T = ?)$، $(R = ?)$.

الحلُّ:

بدايةً، يجبُ تحليلُ السرعةِ الابتدائيةِ إلى مُركَّبتيْنِ؛ أفقيةٍ ورأسيةٍ، للتعاملِ معَ الحركةِ عنْ طريقِ كلِّ مُركَّبةٍ بصورةٍ منفصلةٍ:

$$v_{0x} = v_0 \cos\theta = 22.5 \times \cos 53 = 22.5 \times 0.6 = 13.5\ \text{m/s}$$

$$v_{0y} = v_0 \sin\theta = 22.5 \times \sin 53 = 22.5 \times 0.8 = 18\ \text{m/s}$$

أ . لإيجادِ أقصى ارتفاعٍ تصلُ إليْهِ الكرةُ، تُستخدَمُ المعادلةُ الثالثةُ للحركةِ، علمًا بأنَّ المُركَّبةَ الرأسيةَ للسرعةِ عندَ أقصى ارتفاعٍ هيَ $(v_y = 0\ \text{m})$، وأنَّ الاتجاهَ نحوَ الأعلى موجبٌ. وبذلكَ، فإنَّ $(a = -g)$ في معادلاتِ الحركةِ:

$$v_2^2 = v_1^2 + 2ad$$

$$(v_y)^2 = (v_0 \sin\theta)^2 - 2gh$$

$$0 = 18^2 - 2 \times 9.8 \times h$$

$$h = \frac{324}{19.6} = 16.5\ \text{m}$$

67

حل المثالُ 12

- ارسم مسار الكرة، مُحدِّدًا نقطة الانطلاق، ونقطة أقصى ارتفاع، ثم حلِّل السرعة عند كل نقطة منهما.
- مثِّل كل مُركَّبة بسهم، مع ملاحظة عدم وجود مُركَّبة رأسية للسرعة عند أقصى ارتفاع، ووجود مُركَّبة أفقية فقط.
- بيِّن للطلبة سبب اختيار المعادلات المناسبة للحلِّ.

معلومة إضافية

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 تُؤثِّر 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.

✓ **أتحقّق:**
العاملان هما: السرعة الابتدائية، وزاوية الإطلاق.

◄ بناء المفهوم:

المقذوف الأفقي.

وضِّح 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:

وضِّح للطلبة ما يأتي:

- ارتفاع الموقع الذي يُرمى 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، ثم ضعها على سطح الطاولة، ثم اطلب إلى أحد الطلبة تحريكها عن طريق ضربها بيده في اتجاه أفقي، ثم تركها تسقط عن حافة الطاولة.
- اطلب إلى بعض الطلبة تكرار ذلك بالتأثير فيها بقوى دفع مختلفة.
- ناقش الطلبة في وصف حركة الكرة في كل حالة، مُركِّزًا على المدى الأفقي لحركتها.

ب. لمعرفةِ زمنِ تحليقِ الكرةِ حتّى تعودَ إلى سطحِ الأرضِ، يجبُ إيجادُ زمنِ الصعودِ منَ المعادلةِ الأولى للحركةِ:

$$v_2 = v_1 + at_h$$
$$v_y = v_0 \sin\theta - gt_h$$
$$0 = 18 - 9.8 \times t_h$$
$$t_h = \frac{18}{9.8} = 1.84\ \text{s}$$
$$T = 2t_h = 2 \times 1.84 = 3.68\ s$$

جـ. المدى الأفقيُّ للكرةِ:

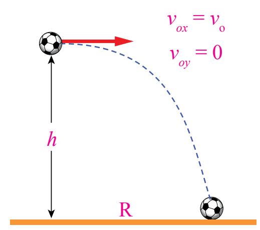
$$R = T \times v_0 \cos\theta$$
$$R = 3.68 \times 13.5 = 49.68\ \text{m}$$

✓ **أتحقَّقُ:** بناءً على العلاقاتِ السابقةِ، أستنتجُ العواملَ التي يعتمدُ عليْها 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 التجربةَ الآتيةَ.

68

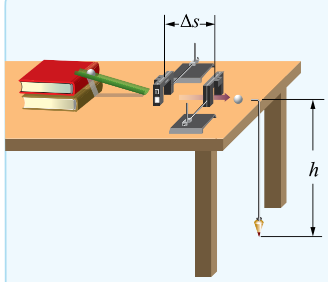
القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

❋ **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.

التجربةُ 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 القدمينِ.

خطواتُ العملِ:

1. أركِّبُ أدواتِ التجربةِ كما في الشكلِ، مراعيًا وضعَ كتابيْنِ فوقَ الطاولةِ، ووضعَ طرفِ المجرى البلاستيكيِّ فوقَهُما.
2. **أقيسُ** ارتفاعَ الطاولةِ عنْ سطحِ الأرضِ (h)، والمسافةَ بينَ البوّابتيْنِ (Δs)، ثمَّ أدوِّنُ 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، مكرِّرًا الخطوةَ.
6. **أدوِّنُ** قراءةَ العدّادِ الرقميِّ (Δt) في الجدولِ، ثمَّ أقيسُ المسافةَ الأفقيةَ (R) بينَ نقطةِ السقوطِ ونقطةِ الأصلِ التي يشيرُ إليْها البندولُ، ثمَّ أدوِّنُها في الجدولِ.
7. أضيفُ كتابًا ثالثًا تحتَ المجرى، ثمَّ أكرِّرُ الخطوةَ (5) والخطوةَ (6)، مُدوِّنًا النتائجَ، ثمَّ أضيفُ كتابًا رابعًا، وأكرِّرُ ما سبقَ.
8. أجِدُ السرعةَ الابتدائيةَ (v_{ox}) لكلِّ محاولةٍ، بقسمةِ المسافةِ (Δs) على المدَّةِ الزمنيةِ (Δt)، ثمَّ **أدوِّنُ** الناتجَ في الجدولِ.
9. أستخدمُ معادلاتِ الحركةِ في إيجادِ زمنِ السقوطِ (t)، والمدى الأفقيِّ (R)، ثمَّ **أدوِّنُ** الناتجَ في الجدولِ.

عددُ الكتبِ	h (m)	R (m)	Δs (m)	Δt (s)	v_{ox} (m/s)	الحسابات	
						$t=\sqrt{2h/g}$	$R=tv_{ox}$(m)

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. **أقارنُ** بينَ قيمِ المدى الأفقيِّ التجريبيةِ والقيمِ المحسوبةِ منَ المعادلاتِ في كلِّ محاولةٍ.
2. **أصِفُ** العلاقةَ بينَ السرعةِ الابتدائيةِ للكرةِ وكلٍّ منْ: زمنِ السقوطِ، والمدى الأفقيِّ.
3. **أفسِّرُ:** كيفَ يُؤثِّرُ عددُ الكتبِ الموجودةِ تحتَ المجرى في السرعةِ الابتدائيةِ للكرةِ؟
4. **أفسِّرُ:** كيفَ ستؤثِّرُ زيادةُ ارتفاعِ الطاولةِ (h) في مقدارِ المدى الأفقيِّ للكرةِ؟

69

استراتيجية التقويم: التقويم المعتمد على الأداء.

أداة التقويم: سُلَّم تقدير رقمي.

الرقم	معايير الأداء	1	2	3
1	يراعي تعليمات الأمان والسلامة العامة عند تنفيذ خطوات التجربة.			
2	يقرأ تعليمات التجربة قراءة دقيقة، ويتعاون مع زملائه على تنفيذ الخطوات.			
3	يُجهِّز المستوى المائل فوق الطاولة، ويتمكَّن من جعل الكرة تتحرك بسلاسة حتى حافة الطاولة.			
4	يحسب السرعة الابتدائية للكرة من المسافة الأفقية على الطاولة والزمن.			
5	يقيس ارتفاع الطاولة والمدى الأفقي للمقذوف الأفقي.			
6	يحسب زمن السقوط والمدى الأفقي.			
7	يقارن بين القيمة المحسوبة والقيمة المقيسة للمدى الأفقي.			
8	يبحث عن مصادر الخطأ في التجربة، ويُفسِّر سبب اختلاف النتائج.			

التجربة 1

تجربة: وصف حركة المقذوف الأفقي.

الهدف:

- قياس المدى الأفقي بطريقة عملية، ثم حسابه باستخدام معادلات الحركة، ومقارنة النتائج.
- استقصاء العلاقة بين المدى الأفقي والسرعة الابتدائية للمقذوف.

زمن التنفيذ: 35 دقيقة

إرشادات السلامة: حذِّر الطلبة من خطر سقوط الأجسام والأدوات المختلفة على الأقدام.

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: $t=\sqrt{(2h/g)}$
- وضِّح للطلبة أهمية تعليق البندول في تحديد نقطة الأصل التي تقع تحت حافة الطاولة؛ لقياس المدى الأفقي منها بصورة صحيحة.
- احرص 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 كل من زمن التحليق، والمدى الأفقي، ويُتوصَّل إلى معرفة السرعة الابتدائية للكرة.

التحليل والاستنتاج:

1. المقارنة بين قيمتي المدى الأفقي المحسوبة والتجريبية في كل محاولة.
2. تفسير كيف يُؤثِّر عدد الكتب الموضوعة تحت المستوى المائل في المدى الأفقي للكرة.
3. التوصُّل إلى وجود علاقة بين المدى الأفقي وزمن الهبوط، ثم وجود علاقة بين المدى الأفقي والسرعة الابتدائية.
4. مناقشة الاختلاف في ارتفاع الطاولة من مجموعة إلى أخرى، وكيف يُؤثِّر ذلك في نتائج التجربة.
5. البحث في معرفة مصادر الخطأ، التي قد تنتج من مسار الكرة على المستوى المائل، وموضع كلٍّ من البوابتين الضوئيتين.

حل المثال 13

- وضِّح 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 صفر، والمُركَّبة الأفقية لحركة الكرة تساوي السرعة الابتدائية نفسها.
- أكِّد وجوب تعويض ($a = -g$)، وكذلك تعويض الارتفاع (h) بإشارة سالبة؛ لأنَّ اتجاههما هو نحو الأسفل بعكس الاتجاه الموجب.

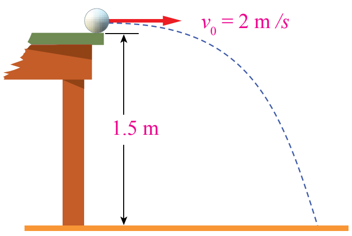
المثالُ 13

قُذِفَتْ كرةُ تنسٍ أرضيٍّ أفقيًا منْ سطحِ طاولةٍ كما في الشكلِ (15). مُعتمِدًا البياناتِ الواردةَ في الشكلِ، أجِدْ:

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: $\theta = 0$:

$$v_{0y} = v_0 \sin\theta = v_0 \sin 0 = 0$$

$$h = v_{0y}t + \frac{1}{2}at^2 = 0 - \frac{1}{2}gt^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{-g}} = \sqrt{\frac{-2\times1.5}{-9.8}} = +\sqrt{0.3} = 0.55\ s$$

يُلاحَظُ أنَّ اتجاهَ كلٍّ منَ التسارُعِ والإزاحةِ هوَ نحوَ الأسفلِ بعكسِ الاتجاهِ الموجبِ؛ لذا عُوِّضَتِ الإشارتانِ السالبتانِ، حيثُ:

$$a = -g = -9.8\ m/s^2 \quad ، \quad h = -1.5\ m$$

ب. المدى الأفقيُّ للكرةِ يعتمدُ على المُركَّبةِ الأفقيةِ والزمنِ:

$$v_{0x} = v_0 \cos\theta = v_0 \cos 0 = v_0$$

$$R = v_0 t = 2 \times 0.55 = 1.1\ m$$

إضاءة للمعلم

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 الطالب)، ويكون ذلك مُؤشِّرًا لحدوث خطأ في تعويض الإشارتين: الموجبة والسالبة.

جـ. مقدارُ السرعةِ النهائيةِ للكرة:

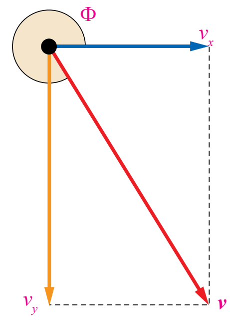
$v_x = v_{0x} = 2$ m/s

$v_y = v_{0y} + at$

$v_y = 0 - 9.8 \times 0.55 = -5.39$ 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.

وعليهِ، يكونُ اتجاهُ السرعةِ النهائيةِ للكرةِ كما في الشكلِ (16)، بحيثُ يَصنعُ زاويةً معَ محورِ (+x)، بعكسِ اتجاهِ دورانِ عقاربِ الساعةِ، مقدارُها (Φ):

$$\tan \Phi = \frac{v_y}{v_x} = \frac{-5.39}{2} = -2.69 \cdots\cdots\rightarrow \Phi = 290.4°$$

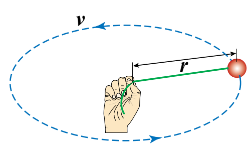
أتحقَّق: ما الأثرُ المُتوقَّعُ في حالِ عدمِ إهمالِ مقاومةِ الهواءِ لحركةِ الكرةِ على المُركَّبتيْنِ الأفقيةِ والرأسيةِ للسرعةِ؟

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 كليهِما معًا.

يُبيِّنُ الشكلُ (17) كرةً مربوطةً بخيطٍ، تدورُ في مسارٍ دائريٍّ أفقيٍّ، 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

تعزيز:

- يُمكِنك تعزيز مفهوم الحركة الدائرية عند الطلبة بإجراء نشاط سريع، تُستخدَم فيه كرة مربوطة بخيط لتمثيل الحركة الدائرية، مُبيِّنًا أنَّ وصف الحركة الدائرية المنتظمة يكون بتحديد نصف قُطْر المسار الدائري للجسم، وطول المسار، والتردد، والزمن الدوري، ثم اذكر لهم أمثلة واقعية على ذلك.
- لاحِظ 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.

حل المثال 13

- ركِّز على السرعة النهائية عند سطح الأرض (قبل الارتطام بالأرض مباشرة)، بحيث تكون مُركَّبتها الأفقية موجبة ومساوية للسرعة الابتدائية، ومُركَّبتها الرأسية سالبة.
- وضِّح 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.

- أخبر الطلبة أنَّ الحركة الدائرية هي أحد أشكال الحركة في بُعْدين، وأنَّها تكون منتظمة عند ثبات مقدار السرعة.
- الفت 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 يُسمَّى تسارعًا مركزيًا.
- وضِّح 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.
- ركِّز 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.
- بيِّن للطلبة أنَّ التسارع المركزي يكون عموديًّا على السرعة المماسية في الحركة الدائرية المنتظمة؛ ما يجعل اتجاهه متغيرًا (نحو المركز دائمًا)، ومقداره ثابتًا.

استخدام الصور والأشكال:

وجه الطلبة إلى دراسة الشكل (18) الذي يُمثِّل حركة دائرية للكرة في مستوى أفقي، المُوضَّحة في الشكل (17)، الذي يُمثِّل النظر من الأعلى لهذه الحركة؛ وذلك بهدف تعرُّف الاتجاه المتغير للتسارع المركزي الذي يُؤثِّر في جسم يتحرك حركة دائرية منتظمة.

الفيزياءُ والحياةُ

- استعرض سريعًا أهمية فروع علم الفيزياء في الحياة، مثل: الحرارة، والكهرباء، والمغناطيسية، والميكانيكا، وذلك بذكر تطبيق أو اثنين من كل فرع.
- أدِرْ حوارًا بين الطلبة عن خطورة القيادة بسرعة عالية على الطرق عند المنعطفات، وناقِشهم في العوامل التي يعتمد عليها التسارع المركزي الذي تتحرك به السيارة.

معلومة إضافية

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 المنحنى حتى يصبح للقوة العمودية مُركَّبة أفقية باتجاه المركز، فتزداد القوة المركزية. (ستناقش هذه المسألة في الوحدة الرابعة من الكتاب).

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) مُتَّجِهاتِ السرعةِ **والتسارُعَ المركزيَّ (Centripetal acceleration)** عندَ نقاطٍ مختلفةٍ منَ المسارِ الدائريِّ الأفقيِّ لحركةِ الكرةِ، حيثُ يتعامدُ مُتَّجِهُ التسارُعِ المركزيِّ باستمرارٍ مع مُتَّجِهِ السرعةِ، الذي يكونُ دائمًا على امتدادِ المماسِّ للدائرةِ، وتُسمّى السرعةُ هنا **سرعةً مماسيةً (Tangential velocity)**.

منَ الأمثلةِ على الحركةِ الدائريةِ المنتظمةِ: حركةُ نقطةٍ مرسومةٍ على طرفِ مروحةٍ تدورُ، وحركةُ سيارةٍ تسيرُ بسرعةٍ ثابتةٍ مقدارًا حولَ دُوّارٍ، وحركةُ بعضِ الأقمارِ الصناعيةِ حولَ الأرضِ.

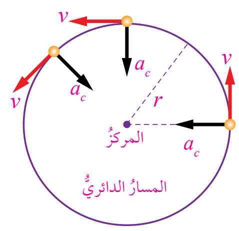
عندَ دراسةِ الحركةِ الدائريةِ المنتظمةِ، فإنَّ مركزَ المسارِ الدائريِّ يُمثِّلُ نقطةَ إسنادٍ مرجعيةٍ لتحديدِ المُتغيِّراتِ، حيثُ تُحسَبُ السرعةُ القياسيةُ التي يتحرَّكُ بها الجسمُ بقسمةِ طولِ المسارِ الدائريِّ (محيطُ الدائرةِ) على الزمنِ الدوريِّ، وهوَ الزمنُ اللازمُ حتّى يُكمِلَ الجسمُ دورةً كاملةً حولَ مركزِ الدورانِ. ولمّا كانَتِ السرعةُ ثابتةَ المقدارِ، فإنَّ السرعةَ القياسيةَ المتوسطةَ تساوي السرعةَ القياسيةَ اللحظيةَ:

$$v_s = \bar{v}_s = \frac{\Delta s}{T} = \frac{2\pi r}{T}$$

يُعطى التسارُعُ المركزيُّ للحركةِ الدائريةِ المنتظمةِ بالعلاقةِ الآتيةِ:

$$a_c = \frac{v_s^2}{r}$$

أتحقَّقُ: مُستخدِمًا العلاقةَ الرياضيةَ للتسارُعِ المركزيِّ، ومُعتمِدًا وحدتَيْ قياسِ السرعةِ ونصفِ القُطْرِ، أشتقُّ وحدةَ التسارُعِ المركزيِّ.



الشكلُ (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 قُطْرِ الدائرةِ التي يُعَدُّ المنعطفُ جزءًا منها. وعندَ تجاوزِ حدودِ هذهِ السرعةِ يزدادُ تسارُعُ السيارةِ المركزيُّ، فتنحرفُ عنِ الطريقِ، وتخرجُ عنِ السيطرةِ.

72

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **المهارات الحياتية: الوعي المروري.**

أخبر 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:

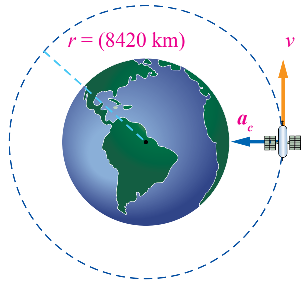
$$a_c = \frac{v_s^2}{r} = \frac{(\frac{m}{s})^2}{m} = \frac{m}{s^2}$$

المثالُ 14

يدورُ قمرٌ صناعيٌّ حولَ الأرض على ارتفاعِ (8420 km) عنْ مركزِ الأرض، في مسارٍ دائريٍّ (تقريبًا)، بسرعةٍ مماسيةٍ ثابتةِ المقدارِ كما في الشكلِ (19). إذا علمْتَ أنَّ الزمنَ الدوريَّ له (129 min)، فأجِدْ:

أ . مقدارَ السرعةِ المماسيةِ للقمرِ الصناعيِّ.

ب . التسارُعَ المركزيَّ لهذا القمرِ.



الشكل (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:

$$v_s = \frac{\Delta s}{T} = \frac{2\pi r}{T}$$

$$v_s = \frac{2 \times 3.14 \times 8.42 \times 10^6}{7740} = 6832 \text{ m/s}$$

ب. التسارُعُ المركزيُّ لهذا القمرِ:

$$a_c = \frac{v_s^2}{r}$$

$$a_c = \frac{6832^2}{8.42 \times 10^6} = 5.54 \text{ m/s}^2$$

73

حل المثال 13

- وضِّح للطلبة أنَّ نصف قُطْر مدار القمر الصناعي هو ناتج جمع ارتفاع القمر عن سطح الأرض ونصف قُطْر الأرض.
- بيِّن 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.
- اسأل الطلبة عن العلاقة الرياضية الخاصة بطول محيط الدائرة؛ لإيجاد طول المسافة التي يقطعها القمر الصناعي في الدورة الواحدة حول الأرض.

إضاءة للمعلم

تذكَّر 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 متغيرة، ولا يُمكِن القول إنَّ التسارع المركزي ثابت أيضًا.

مثال إضافي

إستراتيجية التفكير الناقد

اعرض المثال الإضافي على الطلبة، ثم اطلب إليهم وصف حركة القمر، وحساب نصف قطر مداره ومحيط الدوران، والسرعة المماسية والتسارع الذي يتحرّك به القمر. يتبادل الطلبة على شكل أزواج طرح الأسئلة والإجابة عنها، وتحليل الحالة الحركية للقمر.

مراجعة الدرس

1 يجب تحليل السرعة الابتدائية للمقذوفات؛ للتمكُّن من وصف الحركة لُمركَّبتين: رأسية وأفقية؛ لأنَّهما مستقلتان عن بعضهما. فالرأسية فيها تسارع، والأفقية ثابتة السرعة.

2 **حركة المقذوفات:** رمي الكرة بزاوية مع الأفق، بعض النوافير، لعبة بندقية.
حركة دائرية منتظمة: 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 (بُعد واحد)، والإزاحة الرأسية تكون في اتجاهين متعاكسين (بُعد واحد).
السرعة الأفقية ثابتة المقدار والاتجاه، والسرعة الرأسية متغيرة المقدار والاتجاه.
التسارع الأفقي يساوي صفرًا، والتسارع الرأسي يساوي تسارع السقوط الحر (بإهمال مقاومة الهواء).

5

أ.

$$v_{0x} = v_0 \cos\theta = 15.8 \times \cos 30 = 15.8 \times 0.87 = 13.7 \text{ m/s}$$

$$v_{0y} = v_0 \sin\theta = 15.8 \times \sin 30 = 15.8 \times 0.5 = 7.9 \text{ m/s}$$

$$v_2 = v_1 + at$$

$$v_y = v_0 \sin\theta - gt$$

$$0 = 7.9 - 9.8 \times t \quad \ggg \quad t = \frac{7.9}{9.8} = 0.81 \text{ s}$$

$$T = 2t = 2 \times 0.8 = 1.6 \text{ s}$$

ب.

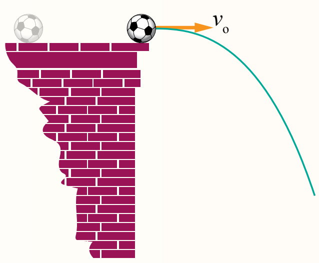
$$y = v_1 t + \frac{1}{2}at^2$$

$$h = v_0 \sin\theta t - \frac{1}{2}gt^2$$

$$h = 7.9 \times 0.8 - \frac{1}{2} \times 9.8 \times 0.8^2 = 6.32 - 3.14 = 3.18 \text{ m}$$

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 الكرةُ 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 هوَ نصفَ قُطرِ المدارِ، فما مقدارُ التسارُعِ المركزيِّ لهذهِ الحركةِ؟

74

6

$$v_{0y} = v_0 \sin\theta = v_0 \sin 0 = 0$$

$$h = v_{0y}\, t + \frac{1}{2}at^2 = 0 - \frac{1}{2}gt^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{-g}} = \sqrt{\frac{-2\times 44.1}{-9.8}} = +\sqrt{9} = 3.0 \text{ s}$$

$$R = 2tv_0 = 2 \times 3.0 \times 12 = 72 \text{ m}$$

7

$$v_s = \frac{2\pi r}{t} = \frac{5}{1} = 5 \text{ m/s}$$

$$a_c = \frac{vs^2}{r} = \frac{5^2}{0.8} = 31.3 \text{ m/s}^2$$

الفيزياءُ والفضاءُ

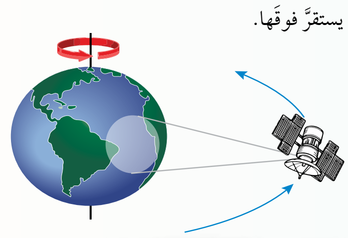
الأقمارُ الصناعيةُ المُتزامِنةُ معَ الأرضِ

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 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 قُطرِ 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؛ سيتذبذبُ 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 عَنِ الشمسِ، وزمنَ دورانِها حولَ الشمسِ.

الإثراء والتوسع

الفيزياءُ والفضاءُ

الأقمارُ الصناعيةُ المُتزامِنةُ معَ الأرضِ

الهدف:

- تعرُّف الأقمار الصناعية، وأهميتها، وأنواعها.
- بيان المقصود بالقمر الصناعي المتزامن في حركته مع حركة الأرض.

زمن التنفيذ: 35 دقيقة

الإرشادات والإجراءات:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة فقرة (التوسُّع والإثراء)، ثم اطرح عليهم أسئلة تتطلَّب إجاباتها المقارنة بين الأقمار الصناعية المتزامنة مع الأرض في حركتها والأقمار الأُخرى غير المتزامنة مع الأرض في حركتها.
- اطلب إلى الطلبة تحديد بعض وظائف كل نوع.
- اطلب 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، بأيِّ شكل من أشكال التقويم.

مهمة للطالب:

- وزِّع الطلبة إلى مجموعات.
- اطلب إلى أفراد كل مجموعة البحث في شبكة الإنترنت عن سيرة العالِم كبلر وقوانينه في الفَلَك، ثم كتابة تقرير يُعرِّف به، وبنصوص قوانينه الثلاثة.
- اطلب 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.
- اطلب إلى كل مجموعة عرض تقريرها أمام المجموعات الأُخرى.
- نظِّم نقاشًا بين أفراد المجموعات للتوصُّل إلى آراء مُوحَّدة عن الموضوع.

مراجعةُ الوحدةِ

1
1- جـ. الإزاحةُ.

2- أ . السرعة القياسية المتوسطة.

3- د . سرعتَهُ تساوي صفرًا.

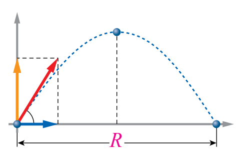
4- أ. التسارُعُ الأفقيُّ صفرٌ، والتسارُعُ الرأسيُّ (g).

5- ب. المدى الأفقيَّ.

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).

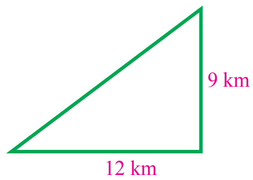
جـ. حركةُ قطارٍ على سكَّةِ حديدٍ أفقيةٍ في خطٍّ مستقيمٍ باتجاهيْنِ مختلفيْنِ (شرقًا، وغربًا).

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 (61 m/s). إذا كانَ تسارُعُ إحدى الطائراتِ ($2.4\ m/s^2$)، فما أقلُّ طولٍ ممكنٍ للمَدْرجِ؟**

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.

سرعة العدّاء:

3 نوع السرعة: قياسية متوسطة؛ لأنَّها ناتجة من قسمة المسافة على الزمن.

$$\bar{v}_s = \frac{s}{t} = \frac{51}{6} = 8.5\ km/h$$

4

أ . السرعة القياسية:

$$\bar{v}_s = \frac{s}{t} = \frac{12+9}{35} = 0.6\ km/min$$

ب . السرعة المتجهة:

$$\bar{v} = \frac{d}{t} = \frac{\sqrt{(144+81)}}{35} = \frac{15}{35} = 0.43\ km/min$$

5

$$v_2^2 = v_1^2 + 2ax$$

$$x = \frac{61 \times 61}{2 \times 2.4} = 775\ m$$

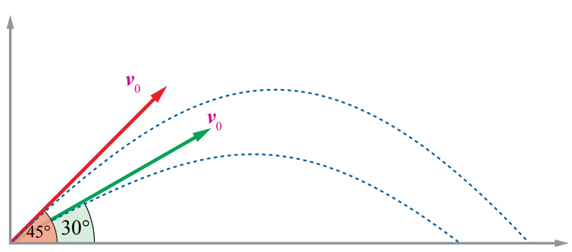
مراجعةُ الوحدةِ

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)، فوصلَتِ الأرضَ 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 المدى الأفقيُّ للقذيفةِ؟



78

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:

$$v_y = v_0 \sin\theta - gt$$

$$0 = v_0 \sin 30 - gt$$

$$t = \frac{v_0 \sin\theta}{g}$$

$$T = 2t = \frac{2v_0 \sin\theta}{g}$$

$$R = Tv_0 \cos\theta$$

$$R = \frac{2v_0 \sin\theta}{g} v_0 \cos\theta_0 = \frac{2v_0^2 \sin\theta_0 \cos\theta}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$$

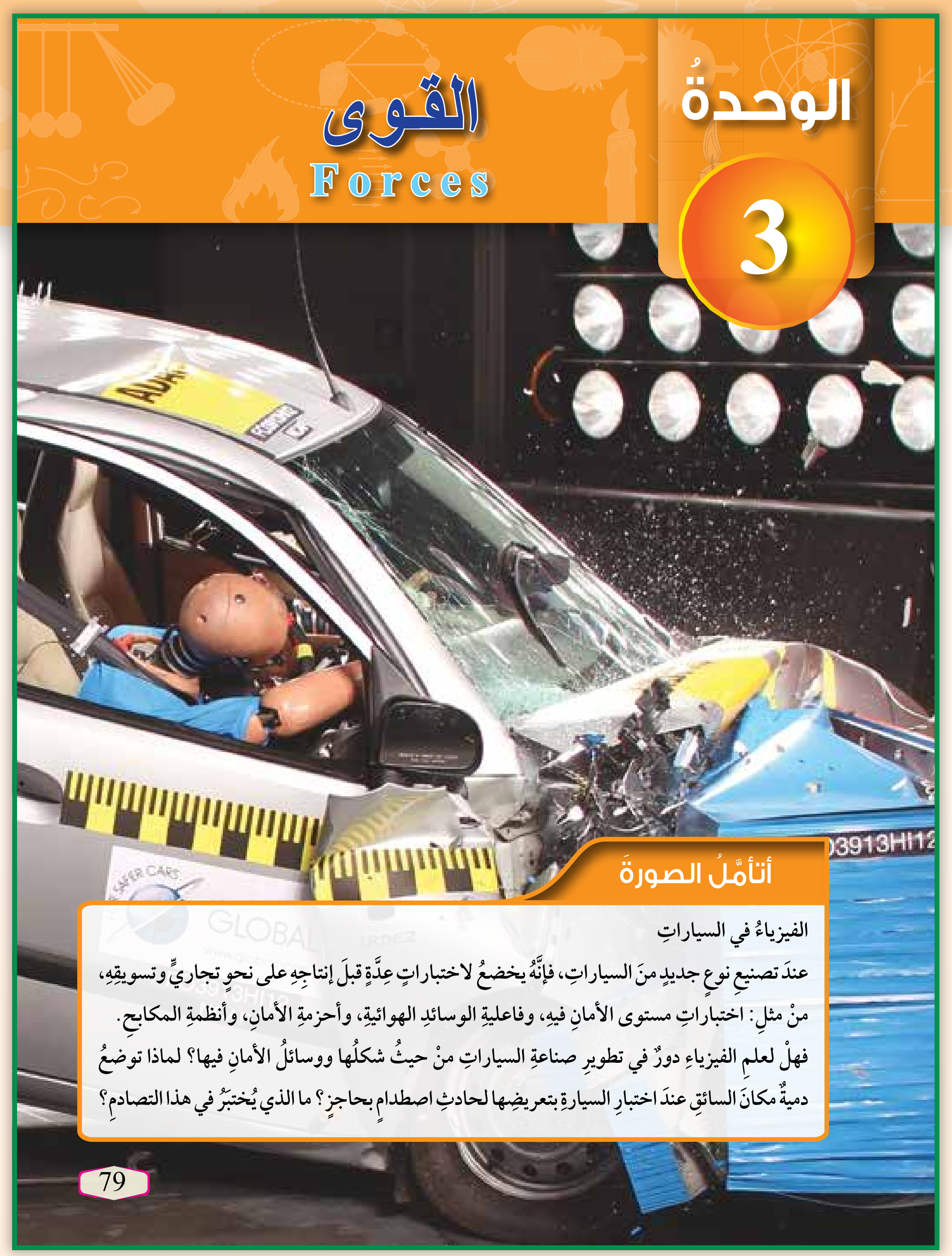
الطالب غير مطالب بالإثبات الرياضي للحل.

الوحدة الثالثة: القوى Forces

تجربة استهلالية: القصور الذاتي.			
الدرس	**النتاجات**	**التجارب والأنشطة**	**عدد الحصص**
الأول: **القانون الأول في الحركة لنيوتن.**	• يُوضِّح مفهوم القوة. • يرسم مُخطَّط الجسم الحر لتحديد جميع القوى المُؤثِّرة في الجسم. • يذكر نص القانون الأول في الحركة لنيوتن. • يُفسِّر ظواهر طبيعية تتعلَّق بالقصور الذاتي اعتمادًا على القانون الأول لنيوتن. • يُطبِّق ما تعلَّمه بحلِّ مسائل على القوة المحصلة، والقانون الأول لنيوتن.	• القصور الذاتي.	3
الثاني: **القانون الثاني والقانون الثالث في الحركة لنيوتن.**	• يستقصي القانون الثاني لنيوتن. • يذكر نص كلٍّ من القانون الثاني والقانون الثالث لنيوتن. • يُحدِّد قوتي الفعل ورد الفعل في مجموعة من الأنظمة. • يُطبِّق ما تعلَّمه بحلِّ مسائل على قوانين نيوتن في الحركة.	• القوة والكتلة والتسارع.	5

النتاجات السابقة	الصف	النتاجات اللاحقة	الصف
• يُوضِّح أثر القوى المتزنة والقوى غير المتزنة في الأجسام (تتضمَّن القوى: الاحتكاك، والجاذبية، والمغناطيسية). • يستقصي أثر القوة في الأجسام باستخدام قوانين نيوتن. • يُطوِّر نموذجًا لتوضيح القانون الثالث لنيوتن، وأثر ذلك في تصادم جسمين معًا. • يُقدِّم أدلة على أنَّ التغيُّر في سرعة الجسم يرتبط بالقوة المحصلة المُؤثِّرة في الجسم، وكتلته. • يقارن بين أثر القوى والكتل والتغيُّر في السرعة في حركة الجسم في بُعْد واحد بين الأجسام المختلفة.	السابع	• يصف العلاقة بين القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين نقطيتين وكلٍّ من الشحنتين والمسافة بينهما. • يحسب محصلة القوى المُؤثِّرة في شحنة نقطية بتأثير عِدَّة شحنات نقطية.	الحادي عشر
• يُوضِّح المفاهيم المُتعلِّقة بقوانين نيوتن. • يُوظِّف التجارب العملية في دراسة قوانين نيوتن. • يُوظِّف معرفته بقوانين نيوتن في حلِّ مسائل حسابية، وتفسير مواقف حياتية وتطبيقات.	التاسع	• يُوضِّح المفاهيم المُتعلِّقة بالاتزان الميكانيكي، وشروط حدوثه، والعزوم. • يُميِّز بين الاتزان السكوني والاتزان الحركي. • يُعبِّر عن القانون الثاني لنيوتن بدلالة معدل التغيُّر في كمية تحرُّك جسم. • يُوضِّح المفاهيم المُتعلِّقة بالزخم الخطي، والدفع.	الثاني عشر

الوحدةُ 3


الوحدةُ 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 فيهِ، 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

الوحدة الثالثة: القوى

أتأمَّل الصورة

الفت انتباه الطلبة إلى الصورة، ثم اطرح عليهم السؤالين الآتيين:

- ما الذي يُختبَر في التصادم الظاهر في الصورة؟
  فاعلية أحزمة الأمان، والوسائد الهوائية.
- فيمَ تختلف السيارات بعضها عن بعض؟
  قوة المحرك، والشكل، وفاعلية وسائل الأمان، والإضافات التي تُمثِّل رفاهية للسائقين والركّاب.
  لا تستبعد أيًّا من إجابات الطلبة.
- بيِّن 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.
- وضِّح للطلبة دور علم الفيزياء، مُمثَّلًا في الهندسة الميكانيكية، في تطوير صناعة السيارات.
- بيِّن 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.
- اطلب إلى الطلبة تحديد القوى المُؤثِّرة في الدمية، وتوقُّع أماكن تأثيرها.

الفكرة العامة

- وضِّح 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

- أخبر الطلبة أن مشروع الوحدة هو تصميم نموذج لسيارة سباق، وأنَّه يتعيَّن عليهم تنفيذه بناءً على ما يتعلَّمونه 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، أَدِرْ 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
Newton's First Law of Motion

الفكرةُ الرئيسةُ: تُعَدُّ معرفتُنا بالقانونِ الأولِ لنيوتن (قانونُ القصورِ الذاتيِّ) أساسيةً لفهمِ بعضِ الظواهرِ الحركيةِ.

الدرسُ الثاني: 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 المُؤَثِّرةِ فيهِ. توجدُ القوى في الطبيعةِ فقطْ بصورةِ أزواجٍ، ولا يُمكِنُ أنْ توجدَ منفردةً.

80

تجربة استهلالية

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. أُلاحِظُ ما يحدثُ عندَ وضعِ المكعبِ على اللوحِ، ودفعِ اللوحِ باتجاهِ الحاجزِ، مُدَوِّنًا ملاحظاتي.
3. أُلاحِظُ ما يحدثُ عندَ تكرارِ الخطوةِ السابقةِ، بعدَ تثبيتِ المكعبِ باللوحِ باستخدامِ الشريطِ اللاصقِ، مُدَوِّنًا ملاحظاتي.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. أُقارِنُ بينَ ملاحظاتي في الخطوتيْنِ: (2)، وَ (3).
2. ما سببُ اندفاعِ المكعبِ الخشبيِّ في الخطوةِ (2)؟
3. هلْ يتعيَّنُ على سائقي السياراتِ استخدامُ أحزمةِ الأمانِ؟ أُفسِّرُ إجابتي.

81

استراتيجية التقويم: الملاحظة.

أداة التقويم: سُلَّم تقدير.

الرقم	المعيار	الوصف			
		مقبول	جيد	جيد جدًا	ممتاز
1	يراعي تعليمات الأمان والسلامة العامة عند تنفيذ التجربة.				
2	يحترم آراء الآخرين، ويتقبَّلها.				
3	يُحْسِن إدارة الوقت.				
4	يُدوِّن الملاحظات على كل خطوة من خطوات التجربة.				
5	يقيس المسافات قياسًا دقيقًا.				

تجربة استهلالية

الهدف: تعرُّف مفهوم القصور الذاتي.

زمن التنفيذ: 10 دقائق

المواد والأدوات:

لوح تزلُّج أو عربة، مكعب خشبي، حاجز، شريط لاصق.

إرشادات السلامة:

وجِّه الطلبة إلى تنفيذ التجربة في منتصف المختبر (أو منتصف غرفة الصف)، بعيدًا عن أيِّ قطع أثاث قابلة للكسر.

المهارات العلمية:

الملاحظة، المقارنة، الاستنتاج، تفسير البيانات.

الإجراءات والتوجيهات:

اطلب إلى الطلبة الاطلاع على الخلفية النظرية للتجربة في كتاب الأنشطة والتجارب العملية، والحذر من اصطدام العربة بأيِّ أجسام قابلة للكسر.

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، والاصطدام بعجلة القيادة عند التوقُّف المفاجئ؛ نتيجة قصورهم الذاتي.

الدرسُ 1

القانون الأول في الحركة لنيوتن
Newton's First Law of Motion

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

القوى والقانون الأول لنيوتن.

- وضِّح 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، ضع كرة صغيرة على سطح الطاولة، مُبيِّنًا للطلبة أنَّه يلزم توافر قوة 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 مع المعرفة السابقة:

التسارع والقوى.

- ذكِّر الطلبة بأبرز ما تعلَّموه عن حساب محصلة المتجهات في بُعْد واحد، وفي بُعْدين، والتفريق بين السرعة الثابتة والتسارع الثابت.
- أخبر الطلبة أنَّهم سيتعرَّفون في هذه الوحدة مفهومي القوة، والقوة المحصلة، وأنَّ القوة المحصلة تُسبِّب تسارع الأجسام.

2 التدريس

نشاط سريع القوى.

- امسك أنبوبًا مطاطيًّا طويلًا، أو رباطًا مطاطيًّا، ثم شُدَّه بقوة معينة، ثم اطلب إلى الطلبة ملاحظة ما يحدث.

  يزداد طول الأنبوب المطاطي.
- زِدْ مقدار قوة الشدِّ المُؤثِّرة في الأنبوب، ثم اطلب إلى الطلبة ملاحظة ما يحدث.

  يزداد طول الأنبوب بمقدار أكبر.
- اثنِ الأنبوب، ثم اطلب إلى الطلبة وصف ما يشاهدونه.

  يتغير شكل الأنبوب، أو يتشوَّه.

الدرسُ 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.

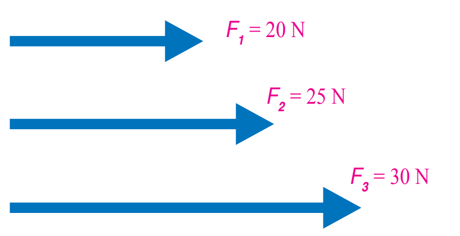
◄ نتاجاتُ التعلُّمِ:
- أُوضِّحُ مفهومَ القُوَّةِ.
- أرسمُ مُخطَّطَ الجسمِ الحُرِّ لتحديدِ جميعِ القوى المُؤثِّرةِ في الجسمِ.
- أذكرُ نصَّ القانونِ الأولِ في الحركةِ لنيوتن.
- أُفسِّرُ ظواهرَ طبيعيةً تتعلَّقُ بالقصورِ الذاتيِّ اعتمادًا على القانونِ الأولِ لنيوتن.
- أُطبِّقُ ما تعلَّمْتُهُ بحلِّ مسائلَ 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 الأجسامِ، فيُغيِّرُ منْ أشكالِها أوْ حالاتِها الحركيةِ، يُسمّى **قُوَّةً Force**، يُرمَزُ إليْها بالرمزِ (F)، وتقاسُ بوحدةِ newton (N) بحسبِ النظامِ الدوليِّ لوحداتِ القياسِ.

تتغيَّرُ حالةُ الجسمِ الحركيةُ بتغيُّرِ مقدارِ سرعتِهِ، أوِ اتجاهِها، أوْ كليْهِما 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

اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

- ما الذي أدّى إلى زيادة طول الأنبوب المطاطي؟

  القوة.
- ما الذي أدّى إلى تغيُّر شكله أو تشوُّهه؟

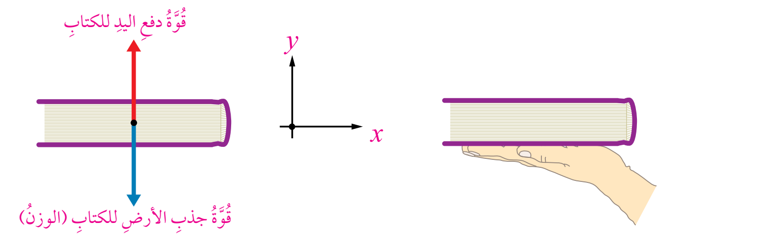
  القوة.
- استمع إلى إجابات الطلبة للتوصُّل إلى تعريف القوة، مبيِّنًا لهم أنَّه يُمكِن الاستدلال على مقدار القوة من أثرها في الأجسام.

ملحوظة:

تجنَّب شدَّ الأنبوب أو الرباط المطاطي كثيرًا، واطلب إلى الطلبة الجالسين قربك ارتداء النظّارات الواقية.

أتحقَّق:

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

القوة المحصلة.

- بيِّن للطلبة أنَّ حساب محصلة عِدَّة قوى تُؤثِّر في جسم، يتطلَّب أولًا تحديد هذا الجسم (النظام) الذي تُؤثِّر فيه هذه القوى، ثم حساب محصلتها.
- أكِّد للطلبة أنَّه يجب إهمال القوى التي يُؤثِّر بها هذا الجسم في غيره من الأجسام (المحيط الخارجي)، وأنَّها لا تدخل في حساب محصلة القوى المُؤثِّرة فيه.

✓ أتحقَّق:

رسم تخطيطي يُمثِّل كل القوى الخارجية المُؤثِّرة في جسم.

المناقشة:

مُخطَّط الجسم الحر.

وضِّح للطلبة مفهوم مُخطَّط الجسم الحر، ثم اسألهم:

- 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:

مُخطَّط الجسم الحر.

- وجِّه 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 محصلتهما يجب أنْ تساوي صفرًا.

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

- لمساعدة الطلبة ذوي المستويات المختلفة على رسم مُخطَّط الجسم الحر لأيِّ نظام، وزِّعهم إلى مجموعات غير متجانسة، ثم ارسم 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.
- اطلب إلى أفراد كل مجموعة اختيار أحد الأشكال المرسومة على اللوح، ثم رسم مُخطَّط الجسم الحر له معًا.
- تجوَّل بين أفراد المجموعات مُوجِّهًا ومُساعِدًا ومُرشِدًا، وصحِّح المفاهيم غير الصحيحة لديهم.
- اطلب إلى كل مجموعة عرض مُخطَّط الجسم الحر الخاص بها على اللوح أمام المجموعات الأُخرى، ثم مناقشته.

إضاءة للمعلم

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.

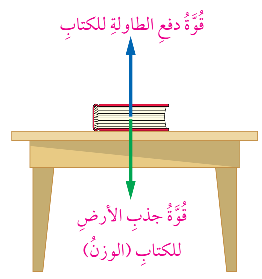
وعند إعادة التجربة مع تقليل مستوى انحدار المسار الثاني، فإنَّ الكرة تستمر في حركتها عليه حتى تصل إلى الارتفاع نفسه الذي أُفلِتت منه.

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

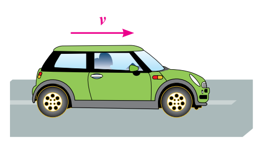
ارتبطَتِ القُوَّةُ بالحركةِ على مَرِّ العصورِ؛ فمنذُ زمنِ أرسطو اعتقدَ العلماءُ أنَّ الحالةَ الطبيعيةَ للأجسامِ هيَ السكونُ، وأنَّ القُوَّةَ ضروريةٌ لتحريكِ جسمٍ ما، وأنَّهُ يجبُ أنْ تُؤثِّرَ قُوَّةٌ في الجسمِ باستمرارٍ لكيْ يظلَّ مُتحرِّكًا، وأنَّ زوالَ تأثيرِ هذهِ القُوَّةِ يوقِفُ الجسمَ عنِ الحركةِ. 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.

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.



الشكلُ (3): كتابٌ ساكنٌ في حالةِ اتزانٍ على سطحِ طاولةٍ أفقيٍّ.

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 توافُرُ قُوَّةٍ محصلةٍ لتغييرِ مقدارِ سرعةِ الجسمِ، أوِ اتجاهِها، أوْ كليْهِما معًا. فمثلًا، إذا أرادَ سائقٌ زيادةَ سرعةِ سيارتِهِ، فإنَّهُ يضغطُ على دوّاسةِ

84

◄ المناقشة:

القوة المحصلة.

اطرح 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 (بقوة 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:

الاتزان.

وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (3)، ثم اسألهم:

- 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.

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 مِنْ حيثُ السكونُ أوِ الحركةُ بسرعةٍ ثابتةٍ مقدارًا واتجاهًا ما لمْ تُؤثِّرْ فيهِ قُوَّةٌ خارجيةٌ محصلةٌ تُغيِّرُ حالتَهُ الحركيةَ".

إذا أَنْعَمْنا النظرَ في هذا القانونِ، فإنَّهُ يُمكِنُ التوصُّلُ إلى ما يأتي:

أ . القُـوَّةُ المحصلـةُ المُؤثِّرةُ في كـلٍّ منَ الجسمِ الساكنِ، والجسمِ المُتحرِّكِ بسرعةٍ ثابتةٍ مقدارًا واتجاهًا، تساوي صفرًا؛ لذا يكونُ الجسمُ متزنًا:

$$\sum \boldsymbol{F} = 0$$

وبذلكَ، فإنَّ:

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

ب. الجسمُ عاجزٌ، أوْ قاصرٌ عنْ تغييرِ حالتِهِ الحركيةِ مِنْ تلقاءِ نفسِهِ، وإنَّ تغييرَ هذهِ الحالةِ يتطلَّبُ تأثيرَ 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 يظلُّ 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 من السياراتِ قبلَ إنتاجِهِ وتسويقِهِ، يتمُّ تعريضُها 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

◄ **بناء المفهوم:**

الحركة والقوى والتسارع.

- وضِّح 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.
- اكتب العبارة الآتية على اللوح:

«لكي يتحرَّك جسم بسرعة ثابتة في خطٍّ مستقيم؛ يجب أنْ تُؤثِّر فيه قوة ثابتة باستمرار في اتجاه حركته».

- ناقِش الطلبة في صحة هذه العبارة، ثم اطلب إليهم ذكر أمثلة تُعزِّز وجهة نظرهم.

من الإجابات المُحتمَلة:

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.

✓ **أتحقَّق:**

الجسم يبقى على حالته من حيث السكون، أو الحركة بسرعة ثابتة مقدارًا واتجاهًا ما لم تُؤثِّر فيه قوة محصلة خارجية تُغيِّر حالته الحركية.

نشاط سريع

القوى المتزنة والقانون الأول لنيوتن.

امسك ميزانًا نابضيًّا (زنبركيًّا)، ثم علِّق ثقلًا في نهايته، ثم اطلب إلى الطلبة تحديد القوى المُؤثِّرة في الثقل.

وزن الثقل رأسيًّا إلى أسفل، وقوة شدِّ الميزان له رأسيًّا إلى أعلى.

أسأل الطلبة:

- هل محصلة القوى المُؤثِّرة في الثقل تساوي صفرًا أم لا؟

بحسب القانون الأول لنيوتن، فإنَّ القوة المحصلة المُؤثِّرة فيه تساوي صفرًا؛ لأنَّ الجسم في حالة سكون.

حرِّك الميزان والثقل مُعلَّق به رأسيًّا إلى أعلى بسرعة ثابتة تقريبًا، ثم اسأل الطلبة:

- هل الثقل متزن أم لا؟

متزن.

- لماذا؟

لأنَّـه يتحـرَّك بسرعـة متجهـة ثابتة؛ وبحسب القانون الأول لنيوتن تكون القوة المحصلة المؤثرة فيه صفرًا.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **التفكير: التحليل.**

أخبر الطلبة أنَّ للتحليل دورًا في الوصول إلى المعرفة، واستكشاف العلاقات بين المفاهيم المختلفة.

المناقشة:

القصور الذاتي.

- وضِّح 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.

- بيِّن للطلبة أنَّه كلَّما زادت كتلة الجسم زادت القوة اللازمة لتحريكة أو إيقافه.

نشاط سريع **القصور الذاتي.**

- ضع قطعة ورق ملساء من الكرتون المُقوّى على فُوَّهة كأس زجاجية فارغة، ثم ضع قطعة نقد معدنية على منتصف قطعة الورق، ثم انقر قطعة الورق بطرف إصبعك بقوة أفقية، بحيث تسقط بعيدًا عن الكأس.
- صِف ما تشاهده.

سقطت قطعة النقد داخل الكأس الزجاجية، ولم تتحرَّك مع قطعة الورق.

- فسِّر ما شاهدته.

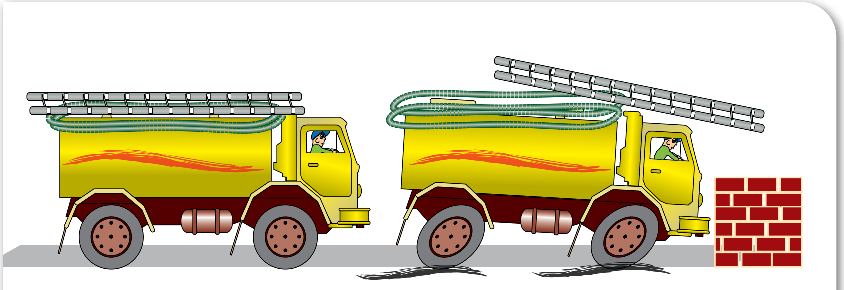
أثَّرت القوة أفقيًّا في قطعة الورق، ولم تُؤثِّر في قطعة النقد. وبسبب القصور الذاتي لقطعة النقد؛ فإنَّها سقطت في الكأس.

- كرِّر التجربة مرَّة أُخرى، ولكن بسحب قطعة الورق أفقيًّا بسرعة.
- صِف ما تشاهده.

سقطت قطعة النقد داخل الكأس الزجاجية.

- فسِّر ما شاهدته.

أثَّرت القوة أفقيًّا في قطعة الورق، ولم تُؤثِّر في قطعة النقد. وبسبب القصور الذاتي لقطعة النقد؛ فإنَّها سقطت في الكأس.



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 سائقي الشـاحنـاتِ ربطَ بضائعِ شاحناتِهِمْ؛ حفـاظًا على حيـاةِ المواطنينَ؛ لأنَّهُمْ 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

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

❋ **المهارات الحياتية: الوعي المروري.**

أخبر الطلبة أنَّ الوعي المروري يُسهِم في تجنُّب وقوع حوادث المرور.

✓ **أتحقَّق:**

ممانعة الجسم لأيِّ تغيير في حالته الحركية.

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.**

أخبر الطلبة أنَّ للتحليل دورًا في الوصول إلى المعرفة، واستكشاف العلاقات بين المفاهيم المختلفة

أفكِّر:

وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (6)، ثم بيِّن لهم أنَّه عند سحب مفرش السفرة الأملس الموضوع على طاولة ملساء بقوة أفقية كبيرة؛ فإنَّ الأطباق التي على المفرش تبقى ثابتة في مكانها تقريبًا على سطح الطاولة؛ بسبب قصورها الذاتي؛ إذ أثَّرت قوة السحب في المفرش فقط، ولم تُؤثِّر في الأطباق.

أبحث:

القصور الذاتي وحزام الأمان:

- وجِّه الطلبة إلى البحث في شبكة الإنترنت أو مكتبة المدرسة عن الكلمتين المفتاحيتين الآتيتين:
  القصور الذاتي، حزام الأمان.
- ناقِش الطلبة في النتائج التي يتوصَّلون إليها.
- اذكر بعض الأمثلة على ذلك، مثل: أهمية ربط الأمتعة التي تحملها الشاحنات، واستعمال السائق ومرافقيه أحزمة الأمان.
- وضِّح 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.

مثال إضافي

في المثال 1، إذا كانت $\boldsymbol{F}_3 = 100\ \text{N}, 180^\circ$، ولم تتغيَّر مقادير واتجاهات القوى الأُخرى المُؤثِّرة في الصندوق، فجِد مقدار القوة المحصلة المُؤثِّرة في الصندوق في اتجاه المحور (x)، مُحدِّدًا اتجاهها.

الحل:

إيجاد مقدار القوة المحصلة في اتجاه المحور x:

$$\sum F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + F_{4x}$$

$$= F_1 \cos\theta_1 + F_2 \cos\theta_2 + F_3 \cos\theta_3 + F_4 \cos\theta_4$$

$$= 100\ \text{N} \times \cos 37^\circ + 140\ \text{N} \times \cos 90^\circ + 100\ \text{N} \times \cos 180^\circ + 200\ \text{N} \times \cos 270^\circ$$

$$= 100 \times 0.8 + 140\ \text{N} \times 0 + 100\ \text{N} \times -1 + 200\ \text{N} \times 0$$

$$= 80\ \text{N} + 0 - 100\ \text{N} + 0$$

$$= -20\ \text{N}$$

$$\sum \boldsymbol{F}_x = 20\ \text{N}, 180^\circ$$

المناقشة:

القوة المحصلة والقانون الأول لنيوتن

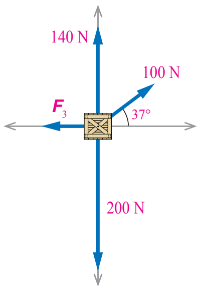
- استخدم استراتيجية التفكير الناقد في حلِّ السؤال (4) من أسئلة مراجعة الدرس.
- وزِّع الطلبة إلى مجموعات، ثم اطلب إلى أفراد كل مجموعة الحكم على صحَّة رأي يوسف المُوضَّح في السؤال، عن طريق تحليل رأيه المُتعلِّق بحركة الجسم، وتأثير القوة المحصلة المُؤثِّرة فيه، بناءً على ما تعلَّموه في هذا الدرس.
- أدِرْ نقاشًا بين أفراد المجموعات للتوصُّل إلى الإجابة الصحيحة.

المثالُ 1

يتزنُ صندوقٌ كتلتُهُ (20 kg) على سطحٍ أفقيٍّ، تحتَ تأثيرِ أربعِ قوًى مستويةٍ متلاقيةٍ، كما في الشكلِ (7) الذي يُبيِّنُ مُخطَّطَ الجسمِ الحُرِّ للصندوقِ. أجِدُ:

أ . مقدارَ القُوَّةِ المحصلةِ المُؤثِّرةِ في الصندوقِ، مُحدِّدًا اتجاهَها.

ب . مقدارَ القُوَّةِ ($\boldsymbol{F}_3$).



الشكلُ (7): مُخطَّطُ الجسمِ الحُرِّ لصندوقٍ.

المعطياتُ: ($\boldsymbol{F}_1 = 100\ \text{N}, 37^\circ$) , ($\boldsymbol{F}_2 = 140\ \text{N}, 90^\circ$) , ($\boldsymbol{F}_4 = 200\ \text{N}, 270^\circ$).

المطلوبُ: $\sum \boldsymbol{F} = ?$، $F_3 = ?$.

الحلُّ:

أ . الصندوقُ متزنٌ؛ لذا، فإنَّ القُوَّةَ المحصلةَ المُؤثِّرةَ فيهِ تساوي صفرًا: $\sum \boldsymbol{F} = 0$.

ب. القُوَّةُ ($\boldsymbol{F}_3$)، هيَ في اتجاهِ محورِ (x-)؛ لذا، فإنَّ إيجادَ مقدارِها يتطلَّبُ إيجادَ مجموعِ مُركَّباتِ القوى في اتجاهِ المحورِ (x)، ويجبُ مساواتُها بالصفرِ لأنَّ الصندوقَ متزنٌ:

$$\sum F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + F_{4x} = 0$$

$$F_1 \cos\theta_1 + F_2 \cos\theta_2 + F_3 \cos\theta_3 + F_4 \cos\theta_4 = 0$$

$$100\ \text{N} \times \cos 37^\circ + 140\ \text{N} \times \cos 90^\circ + F_3 \times \cos 180^\circ + 200\ \text{N} \times \cos 270^\circ = 0$$

$$100 \times 0.8 + 140\ \text{N} \times 0 + F_3 \times -1 + 200\ \text{N} \times 0 = 0$$

$$80\ \text{N} + 0 - F_3 + 0 = 0$$

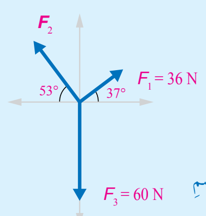
$$F_3 = 80\ \text{N}$$

لذا، فإنَّ :

$$\boldsymbol{F}_3 = 80\ \text{N}, 180^\circ$$

تمرينٌ

يُمثِّلُ الشكلُ (8) مُخطَّطَ الجسمِ الحُرِّ لدميةٍ متزنةٍ، يُؤثِّرُ فيها ثلاثُ قوًى في الاتجاهاتِ المُبيَّنةِ في الشكلِ. أجِدُ مقدارَ القُوَّةِ ($\boldsymbol{F}_2$).



الشكلُ (8): مُخطَّطُ الجسمِ الحُرِّ لدميةٍ متزنةٍ.

88

تمرينٌ

الدمية متزنة؛ لذا تكون القوة المحصلة المُؤثِّرة فيها صفرًا. وبتطبيق القانون الثاني لنيوتن في اتجاه المحور x، فإنَّ:

$$\sum F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} = 0$$

$$F_1 \cos\theta_1 + F_2 \cos\theta_2 + F_3 \cos\theta_3 = 0$$

$$36\ \text{N} \times \cos 37^\circ + F_2 \times \cos 127^\circ + 60\ \text{N} \times \cos 270^\circ = 0$$

$$36\ \text{N} \times 0.8 + F_2 \times (-\cos 53^\circ) + F_3 \times 0 = 0$$

$$28.8\ \text{N} - F_2 \times 0.6 + 0 = 0$$

$$F_2 = 48\ \text{N}$$

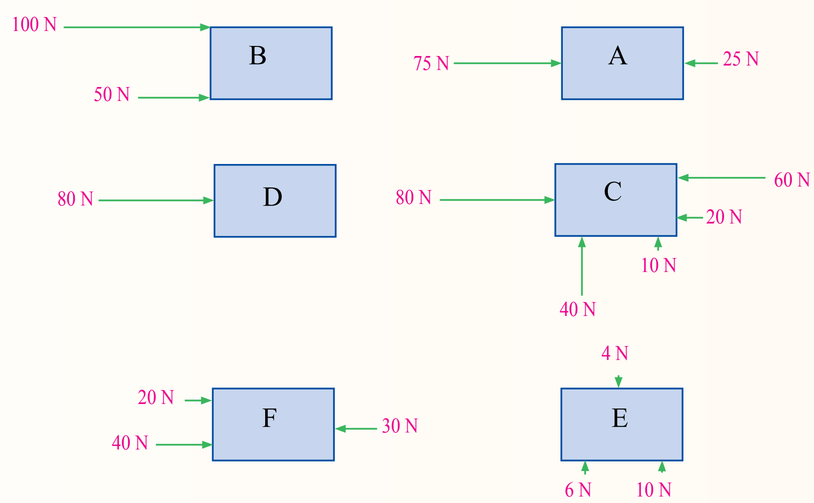
$$\boldsymbol{F}_2 = 48\ \text{N}, 127^\circ$$

مراجعةُ الدرسِ

1. **الفكرةُ الرئيسةُ**: لماذا يشترطُ قانونُ السيرِ ربطَ حزامِ الأمانِ عندَ ركوبِ السيارةِ؟

2. **أُحلِّلُ**: تتحرَّكُ سيارةٌ بسرعةٍ ثابتةٍ مقدارًا واتجاهًا على طريقٍ أفقيٍّ مستقيم. إذا كانَتْ قُوَّةُ دفعِ مُحرِّكِها (6000 N)، فما مقدارُ القُوَّةِ المعيقةِ المُؤثِّرةِ في السيارةِ؟ ما اتجاهُها؟

3. **أُطبِّقُ**: الأجسامُ المُبيَّنةُ في الشكلِ الآتي جميعُها ساكنةٌ، وهيَ في حالةِ اتزانٍ. أَجِدُ القُوَّةَ الإضافيةَ التي يَلزمُ التأثيرُ بها في كلِّ جسمٍ حتّى يتحقَّقَ شرطُ الاتزانِ، ثمَّ أُحدِّدُ اتجاهَ هذهِ القُوَّةِ.



4. **التفكيرُ الناقدُ**: في أثناءِ دراستي وزميلي يوسفَ لهذا الدرسِ، قالَ: "يجبُ أنْ تُؤثِّرَ قُوَّةٌ 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.**

أخبر الطلبة أنَّ تقديم الأدلة والبراهين يُعزِّز التفكير، وأنَّه يتعيَّن على الإنسان دعم أفكاره بالأدلة والبراهين التي تضفي طابعي القوة والمصداقية عليها.

3 التقويم

مراجعة الدرس

1 للتغلُّب على القصور الذاتي للسائقين والركّاب؛ إذ إنَّ سرعتهم مُساوِية لسرعة السيارة. وعند تغيُّر السرعة فجأة 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

القانونُ الثاني والقانونُ الثالثُ في الحركةِ لنيوتن
Newton's Second and Third Laws of Motion

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

القوة والكتلة والتسارع.

- ذكِّر الطلبة بتعريف كلٍّ ممّا يأتي:

القوة، والقوة المحصلة، والكتلة، والتسارع.

- بيِّن للطلبة كيف ترتبط الكتلة والقوة المحصلة بالتسارع، وأنَّ الجسم يتسارع عندما يتأثَّر بقوة محصلة، حيث تتغيَّر سرعته المتجهة؛ أيْ يتغيَّر مقدار سرعته، أو اتجاهها، أو كليهما معًا.

◄ الربط مع المعرفة السابقة:

القوة والحركة.

- ذكِّر 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.
- أخبر الطلبة أنَّهم سيدرسون اليوم حركة الأجسام بناءً على القوة المُسبِّبة لهذه الحركة، وأنَّ ذلك يُعرَف بعلم الديناميكا.

2 التدريس

◄ استخدام الصور والأشكال:

القوة المحصلة والتسارع.

وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (9)، ثم اسألهم:

- أيُّ السيارتين تُؤثِّر فيها قوة محصلة أكبر؟

السيارة التي في الشكل (9/ ب).

- كيف عرفت 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 ثبوت الكتلة.

الدرسُ 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 فيهِ. توجدُ القوى في الطبيعةِ فقطْ بصورةِ أزواجٍ، ولا يُمكِنُ أنْ توجدَ منفردةً.

◄ نتاجاتُ التعلُّمِ:

- أستقصي القانونَ الثانيَ لنيوتن.
- أذكرُ نَصَّ كلٍّ منَ القانونِ الثاني والقانونِ الثالثِ لنيوتن.
- أُحدِّدُ قُوَّتَيِ 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 تغيُّرِ حالةِ الجسمِ الحركيةِ عندما تُؤثِّرُ فيهِ قُوَّةٌ محصلةٌ لا تساوي صفرًا. أمّا قانونُهُ الثاني فقدِ استكملَ العلاقةَ بينَ القُوَّةِ والحركةِ، وذلكَ 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 التاليةِ 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.

◄ المناقشة:

القوة المحصلة والسرعة والتسارع.

اطرح على الطلبة 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.

- بحسب القانون الأول لنيوتن، ما الذي يحدث لحالة الجسم الحركية عندما لا تساوي القوة المحصلة المُؤثِّرة فيه صفرًا؟

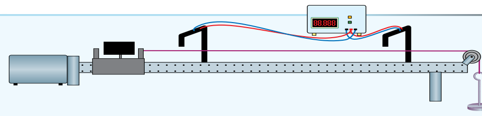
تتغيَّر حالته الحركية (يتحرَّك من السكون، أو تتزايد سرعته، أو تتناقص سرعته، أو يتغيَّر اتجاه سرعته، أو يتغيَّر مقدار سرعته واتجاهها معًا).

- بحسب القانون الثاني لنيوتن، ما الذي يحدث لحالة الجسم الحركية عند تأثير قوة محصلة فيه؟

يكتسب الجسم تسارعًا؛ إذ إنَّ العلاقة بينهما طردية خطية.

التجربة 1

القُوَّةُ والكتلةُ والتسارُعُ



الموادُّ والأدواتُ: مَدْرجٌ هوائيٌّ وملحقاتُهُ، مسطرةٌ متريةٌ، بكرةٌ، خيطٌ، حاملُ أثقالٍ، عشرةُ أثقالٍ كتلةُ كلٍّ منْها (10 g)، ميزانٌ.

إرشاداتُ السلامةِ: الحذرُ منْ سقوطِ الأجسامِ والأدواتِ على القدمَيْنِ.

خطواتُ العملِ:

1. أُثبِّتُ المَدْرجَ الهوائيَّ أفقيًّا على سطحِ الطاولةِ، ثمَّ أُثبِّتُ البكرةَ في نهايتِهِ كما في الشكلِ.
2. **أقيسُ** كتلةَ العربةِ المنزلقةِ، ثمَّ **أُدوِّنُ** القراءةَ أعلى الجدولِ (1)، ثمَّ أضعُ العربةَ عندَ بدايةِ المَدْرجِ.
3. أربطُ أحدَ طرفَيِ 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 **أُدوِّنُ** مقدارَ هذهِ الإزاحةِ (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 **أُدوِّنُ** القراءاتِ في الجدولِ. بعدَ ذلكَ أُضيفُ كتلَ الأثقالِ التي فوقَ العربةِ إلى كتلةِ العربةِ، ثمَّ **أُدوِّنُها** في الجدولِ تحتَ عمودِ كتلةِ العربةِ (m_{cart}).
7. أُشغِّلُ مضخَّةَ الهواءِ، ثمَّ أُفلِتُ العربةَ، ثمَّ **أُدوِّنُ** 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، **وأُدوِّنُ** 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 أُدوِّنُ** 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})؟

كتلةُ العربةِ = ... البُعْدُ بينَ البوّابتيْنِ (d) = ...

رقمُ المحاولةِ	m_{hang} (kg)	m_{cart} (kg)	t (s)	a (m /s^2)	($m_{hang}+m_{cart}$) a (N)	$m_{hang}\,g$ (N)
1						
2						

91

استراتيجية التقويم: الملاحظة.

أداة التقويم: سلم التقدير.

المهمّات

(1) **يُنفِّذ** خطوات التجربة بصورة صحيحة ودقيقة.

(2) **يُحدِّد** المتغيرات التي ينبغي تثبيتها عند دراسة العلاقة بين القوة المحصلة والكتلة والتسارع.

(3) **يستنتج** ما يحدث لمقدار التسارع عند تثبيت كتلة النظام وتغير مقدار القوة المحصلة المُؤثِّرة.

(4) **يُصمِّم** استقصاء لدراسة ما يحدث للتسارع عند تثبيت القوة المحصلة، وتغير كتلة النظام.

(4) علامات: ينفذ أربع مهمّات بطريقة صحيحة.

(3) علامات: ينفذ ثلاث مهمّات بطريقة صحيحة.

علامتان: ينفذ مهمتين بطريقة صحيحة.

علامة واحدة: ينفذ مهمّة واحدة بطريقة صحيحة.

اسم الطالب	المهمّات			
	4	3	2	1

التجربة 1

القوة والكتلة والتسارع

الهدف:

- استقصاء العلاقة بين تسارع جسم والقوة المحصلة المُؤثِّرة فيه عند ثبات كتلته.
- عمل استقصاء لدراسة العلاقة بين تسارع جسم وكتلته عند ثبات القوة المحصلة المُؤثِّرة فيه.

زمن التنفيذ: (45) دقيقة

المواد والأدوات: المدرج الهوائي وملحقاته، مسطرة مترية، بكرة، خيط طويل، حامل أثقال، (10) أثقال كتلة كلٍّ منها (10g)، ميزان.

إرشادات السلامة:

وجِّه الطلبة إلى ارتداء النظّارات الواقية، والقفافيز، ومعاطف المختبر، واطلب 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 المُتوقَّعة:

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 المُؤثِّرة في النظام (وزن ثقل التعليق m_{hang}g). ويزداد مقدار تسارع النظام ($m_{hang} + m_{cart}$) بزيادة مقدار وزن ثقل التعليق (m_{hang} g)؛ 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.
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: (200 g). البُعْد بين البوّابتين: (d): (1 m).

رقم المحاولة	m_{hang} (kg)	m_{cart} (kg)	t (s)	a (m/s^2)	($m_{hang} + m_{cart}$)a (N)	m_{hang}g (N)
1	0.030	0.220	1.30	1.18	0.30	0.30
2	0.040	0.220	1.16	1.48	0.39	0.40
3	0.050	0.220	1.03	1.89	0.51	0.50
4	0.060	0.220	0.95	2.22	0.59	0.60

نشاط سريع القوة المحصلة والتسارع.

- أحضر قارورة ماء فارغة سعتها (1 L)، ثم املأها ماء، ثم أغلقها، وضعها على سطح أفقي.
- أربط خيطًا حول منتصف القارورة، ثم اسحبه باستخدام ميزان نابضي بقوة مناسبة، واطلب إلى الطلبة ملاحظة كيف يتغيَّر مقدار سرعة القارورة، مُدوِّنًا مقدار القوة.
- كرِّر عملية سحب القارورة بقوة أكبر، واطلب 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: نبِّه الطلبة الجالسين قربك إلى وجوب ارتداء النظّارات الواقية.

استخدام الصور والأشكال:

منحنى (القوة المحصلة - التسارع).

وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (10)، وملاحظة شكل منحنى (القوة المحصلة - التسارع)، ثم اسألهم:

- ما الذي تستنتجه من شكل المنحنى عن العلاقة بين مقدار القوة المحصلة المُؤثِّرة في جسم ومقدار التسارع الذي يكتسبه؟

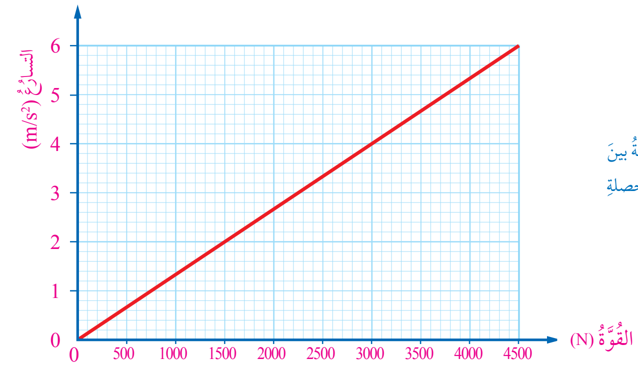
علاقة خطية طردية.

- ما الذي يُمثِّله ميل منحنى (القوة المحصلة - التسارع)؟

الميل ثابت، وهو يساوي كتلة الجسم في هذه الحالة.

أتحقَّق:

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.

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 إنَّ العلاقةَ بينَ القُوَّةِ والتسارُعِ هيَ 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 إنَّ تسارُعَ الجسمِ

92

أخطاء شائعة

القوة المحصلة والسرعة المتجهة والتسارع.

- بيِّن 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، ضع كرة صُلْبة ملساء على سطح طاولة أفقي أملس، ثم ادفعها في اتجاه معين، ثم اتركها.

تتحرَّك بسرعة متجهة ثابتة تقريبًا.

- في أثناء حركتها، ادفعها مرَّة أُخرى في اتجاه مختلف.

تتغيَّر سرعتها المتجهة؛ أيْ تكتسبُ تسارعًا.

- أخبر الطلبة أنَّ القوة المحصلة تُكسِب الجسم تسارعًا في اتجاهها.

يتناسبُ عكسيًّا معَ كتلتِهِ عندَ ثباتِ القُوَّةِ المحصلةِ المُؤثِّرةِ فيه، ويُعبَّرُ عنْ ذلكَ رياضيًّا بالعلاقةِ الآتيةِ:

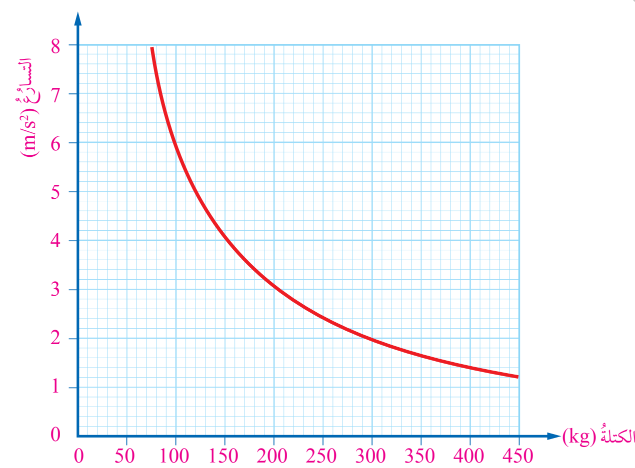
$$a \propto \frac{1}{m}$$

أنظرُ الشكلَ (11) الذي يُوضِّحُ هذهِ العلاقةَ. وللوصولِ إلى التسارُعِ نفسِهِ عندَ زيادةِ الكتلةِ، فإنَّهُ 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:

$$\sum \boldsymbol{F} = ma$$



الشكلُ (11): العلاقةُ بينَ التسارُعِ والكتلةِ عندَ ثباتِ القُوَّةِ المحصلةِ.

93

نشاط سريع **الكتلة والتسارع.**

- أحضر قارورتي ماء مُتماثِلتين فارغتين، سعة كلٍّ منهما (1 L).
- املأ إحدى القارورتين ماء حتى منتصفها، واملأ الثانية كلها ماء، ثم أغلقها، وضعهما على سطح أفقي.
- أربط خيطًا حول منتصف كلٍّ منهما، ثم اطلب إلى أحد الطلبة سحب خيط القارورة الأولى باستخدام ميزان نابضي بقوة مناسبة، وفي اللحظة نفسها اطلب إلى آخر سحب خيط القارورة الثانية باستخدام ميزان نابضي آخر بالقوة نفسها.
- اطلب إلى الطلبة ملاحظة كيف يتغيَّر مقدار سرعة كلٍّ من القارورتين.

يكون تغيُّر مقدار سرعة القارورة الأولى أكبر؛ فكلَّما قلَّت الكتلة تغيَّر مقدار السرعة بمقدار أكبر؛ أيْ زاد التسارع عند ثبات القوة المحصلة المُؤثِّرة.

ملحوظة: نبِّه الطلبة الجالسين قربك إلى وجوب ارتداء النظّارات الواقية.

◄ استخدام الصور والأشكال:

منحنى (التسارع – الكتلة).

وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (11)، وملاحظة شكل المنحنى، ثم اسألهم:

- ما الذي يُمثِّله شكل منحنى (التسارع – الكتلة)؟

العلاقة العكسية بينهما.

- ما الذي تستنتجه من هذا المنحنى عن العلاقة بين مقدار التسارع والكتلة عند ثبات مقدار القوة المحصلة المُؤثِّرة؟

كلَّما زادت كتلة الجسم قلَّ مقدار تسارعه عند ثبات مقدار القوة المحصلة المُؤثِّرة فيه.

◄ المناقشة:

القوة والتسارع.

اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

- ما الأسباب التي تؤدي إلى تسارع حركة جسم أو تباطئها؟

تأثير قوة محصلة فيه.

لا تستبعد أيًّا من إجابات الطلبة، وشجِّعهم 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.

- حفِّز الطلبة إلى مناقشة كيف تكون حركة الجسم إذا كانت القوة المحصلة المُؤثِّرة فيه صفرًا.

أَدِرْ دفَّة الحوار بحيث يتوصَّل الطلبة إلى أنَّ الجسم في هذه الحالة يكون ساكنًا، أو مُتحرِّكًا بسرعة متجهة ثابتة.

الفيزياءُ والفَلَكُ

إضاءة للمعلم

تطبيق قوانين نيوتن في أوضاع واقعية.

تعتمد حركة أيِّ جسم على القوة 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. 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 (a) بوحدةِ (m/s^2)، 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 ($1\ m/s^2$) 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 بأنَّهُ 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 متزنًا:

$$\sum \boldsymbol{F} = 0,\ a = 0$$

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 (صيغةٌ) 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.**

أخبر الطلبة أنَّ التأمُّل والتساؤل يُؤثِّران إيجابًا في قدرتهم على التركيز والاستيعاب.

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 كتلتُه (20 kg) لإكسابِهِ تسارُعًا أفقيًّا مقدارُهُ ($2\ m/s^2$) جهةَ اليمينِ.

المعطياتُ: $m = 20\ kg$, $a = 2\ m/s^2$, $+x$.

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):

$$\sum F_x = ma_x$$
$$= 20 \times 2 = 40\ N$$
$$\sum \boldsymbol{F}_x = 40\ N, +x$$

المثالُ 3

تعطَّلَتْ سيارةٌ كتلتُها (800 kg)، فسحبَتْها شاحنةٌ 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: الرمزُ إلى قُوَّةِ السحبِ بالرمزِ $\boldsymbol{F}_1$، والرمزُ إلى قُوَّةِ الاحتكاكِ بالرمزِ f:

$m = 800\ kg$, $\boldsymbol{F}_1 = 1000\ N, 0°$, $\boldsymbol{f} = 400\ N, 180°$, $t = 10\ s$, $v_1 = 0\ m/s$.

المطلوبُ: $\sum \boldsymbol{F} = ?$, $\boldsymbol{a}_x = ?$, $\boldsymbol{v}_2 = ?$.

95

◄ **المناقشة:**

القوة المحصلة والتسارع.

اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

- ما العلاقة بين القوة المحصلة المُؤثِّرة في جسم والتسارع الذي يكتسبه؟

  علاقة خطية طردية.

- ماذا يساوي ناتج قسمة القوة المحصلة المؤثِّرة في جسم على تسارعه؟

  كتلة الجسم.

مثال إضافي

أَثَّرت قوة محصلة مقدارها (100 N) في اتجاه المحور $+y$، في صندوق كتلته (50 kg). جد مقدار التسارع الذي يكتسبه الصندوق، مُحدِّدًا اتجاهه.

الحل:

$$a_y = \frac{\sum F_y}{m} = \frac{100}{50}$$
$$a_y = 2\ m/s^2, +y$$

مثال إضافي

في المثال 3، إذا أصبح مقدار قوة الاحتكاك المُؤثِّرة في السيارة (200 N)، ولم يتغيَّر مقدار قوة السحب واتجاهها، فجد 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.

اطرح 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.

- وما مقدار 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.

◄ **بناء المفهوم:**

القوة المحصلة، والسرعة المتجهة، والتسارع.

- راجع 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، ويستمر في حركته هذه ما لم تُؤثِّر فيه قوة محصلة.

الحلُّ:

أ . القُوَّةُ المحصلةُ المُؤثِّرةُ في السيارةِ في الاتجاهِ الأفقيِّ (x):

$$\sum F_x = F_1 - f$$
$$= 1000 - 400$$
$$= 600\ \text{N}$$
$$\sum \boldsymbol{F}_x = 600\ \text{N}, +x$$

ب . تسارُعُ السيارةِ الأفقيُّ:

$$a_x = \frac{\sum F_x}{m}$$
$$= \frac{600}{800}$$
$$= 0.75\ \text{m/s}^2$$
$$\boldsymbol{a}_x = 0.75\ \text{m/s}^2, +x$$

جـ . لإيجادِ السرعةِ المُتَّجِهةِ للسيارةِ بعدَ مرورِ (10 s) منْ بدءِ سحبِها، تُستخدَمُ المعادلةُ الآتيةُ للحركةِ:

$$v_2 = v_1 + a_x t$$
$$= 0 + 0.75 \times 10$$
$$= 7.5\ \text{m/s}$$
$$\boldsymbol{v}_2 = 7.5\ \text{m/s}, +x$$

تمرينٌ

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

تمرينٌ

أ – بما أنَّ القوة المحصلة هي في اتجاه المحور $+x$، فإنَّ التسارع يكون في اتجاه المحور نفسه:

$$a_x = \frac{\sum F_y}{m}$$
$$= \frac{100}{50}$$
$$= 5\ \text{m/s}^2$$
$$\boldsymbol{a}_x = 5\ \text{m/s}^2, +x$$

ب –

$$v_2 = v_1 + a\,t$$
$$= 0 + 5 \times 5$$
$$\boldsymbol{v}_2 = 25\ \text{m/s}, +x$$

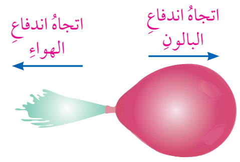
جـ –

$$d = v_1\,t + \frac{1}{2}at^2$$
$$= 0 \times 5 + \frac{1}{2} \times 5 \times (5)^2$$
$$= 62.5\ \text{m}$$

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.

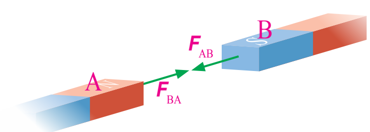


الشكلُ (12): يندفعُ الهواءُ منْ فُوَّهةِ البالونِ جهةَ اليسارِ، في حينِ يندفعُ البالونُ جهةَ اليمينِ.

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 ($\boldsymbol{F}_{AB}$) في القطبِ الجنوبيِّ للمغناطيسِ (B)، وأنَّ القطبَ الجنوبيَّ للمغناطيسِ (B) يُؤثِّرُ - في اللحظةِ نفسِها - بقُوَّةِ تجاذُبٍ ($\boldsymbol{F}_{BA}$) 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 الفعل ورد الفعل.

ثبِّت مغناطيسين متماثلين على قطعتي بوليسترين متماثلتين بشريط لاصق، ثم املأ حوضًا صغيرًا بالماء. بعد ذلك ضع قطعتي البوليسترين على سطح الماء بحيث تتحرَّكان بحرية، ثم قرِّب القطعتين معًا بحيث يتقابل القطبان الشماليان للمغناطيسين، مُلاحِظًا ما يحدث.

تتحرَّك القطعتان بعيدًا عن بعضهما.

- لماذا؟

نتيجة لحدوث تنافر بين قطبي المغناطيس؛ إذ يُؤثِّر كلٌّ منهما في الآخر بقوة تنافر، وتُؤثِّر هاتان القوتان في اتجاهين مُتعاكِسين.

- اجعل القطبين المختلفين للمغناطيسين يتقابلان، مُلاحِظًا ما يحدث.

تتحرَّك قطعتا البوليسترين في اتجاه بعضهما.

- لماذا؟

نتيجة لحدوث تجاذب بين قطبي المغناطيس؛ إذ يُؤثِّر كلٌّ منهما في الآخر بقوة تجاذب، وتُؤثِّر هاتان القوتان في اتجاهين مُتعاكِسين.

- وضِّح للطلبة أنَّ هاتين القوتين متساويتان مقدارًا، بملاحظة أنَّ سرعة حركة القطعتين متساوية.

◄ استخدام الصور والأشكال:

الفعل ورد الفعل.

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (13)، مُبيِّنًا لهم أنَّ القطب الشمالي للمغناطيس (A) يجذب القطب الجنوبي للمغناطيس (B) بقوة تجاذب تساوي ($\boldsymbol{F}_{AB}$)، وأنَّ القطب الجنوبي للمغناطيس (B) يجذب -في الوقت نفسه- القطب الشمالي للمغناطيس (A) بقوة ($\boldsymbol{F}_{BA}$)، وأنَّ هاتين القوتين تكونان متساويتين في المقدار ومُتعاكِستين في الاتجاه، وأنَّ إحداهما تُسمّى فعلًا، والأُخرى تُسمّى رد فعل، وأنَّ $\boldsymbol{F}_{AB} = -\boldsymbol{F}_{BA}$.

◄ المناقشة:

القانون الثالث لنيوتن.

اسأل الطلبة:

- علامَ ينص القانون الثالث لنيوتن؟

تظهر جميع القوى في صورة أزواج، وتُؤثِّر قوتا كل زوجين في جسمين مختلفين، وهما متساويتان في المقدار ومُتعاكِستان في الاتجاه.

- هل تساوي محصلة زوجي التأثير المتبادل صفرًا؟

لا.

- لماذا؟

لأنَّ زوجي التأثير المتبادل يُؤثِّران في جسمين مختلفين، ولا يُؤثِّران في الجسم نفسه؛ لذا لا يُمكِن حساب محصلتهما.

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".

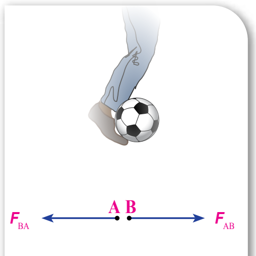
أتحقَّقُ: علامَ ينصُّ القانونُ الثالثُ لنيوتن؟

وجودُ القوى في الطبيعةِ في صورةِ أزواجٍ
Forces Always Occur in Pairs

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 قُوَّتَيِ 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 اللحظـةِ 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:

$$F_{AB} = -F_{BA}$$



الشكلُ (14): قُوَّتـا الفعـلِ وردِّ الفعـلِ لحظـةَ تلامُـسِ قَـدمِ لاعـبٍ وكـرةِ قـدمٍ.

أتحقَّقُ: هلْ يُمكِنُ أنْ توجدَ قُوَّةٌ منفردةٌ؟ أُفسِّرُ إجابتي.

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: لكل فعل رد فعل، مساوٍ له في المقدار، ومُعاكِس له في الاتجاه.

التعزيز:
- يساعد رسم مُخطَّط الجسم الحر الطلبة على استنتاج أنَّ الفعل يُؤثِّر في جسم، وأنَّ رد الفعل يُؤثِّر في جسم آخر.
- ارسم عِدَّة أشكال على اللوح تتضمَّن وجود قوى تأثير متبادل، ثم اطلب إلى كل طالب 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.

أخطاء شائعة

الفعل ورد الفعل متزامنان.

قد يعتقد بعض الطلبة خطأً أنَّ الفعل يسبق رد الفعل؛ لذا وضِّح 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.

الفعلُ وردُّ الفعلِ مُتزامِنانِ
Action and Reaction Forces are Simultaneous

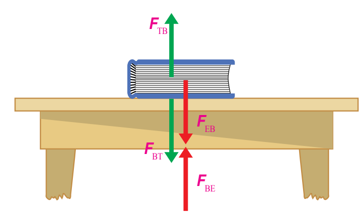
عندَ استخدامِ مصطلحِ (الفعلُ)، ومصطلحِ (ردُّ الفعلِ)، قدْ يتبادرُ إلى الـذهنِ – خطأً – أنَّ الفعلَ يسبقُ ردَّ الفعلِ؛ فقُوَّةُ الفعلِ وقُوَّةُ ردِّ الفعلِ مُتزامِنتانِ؛ إذْ تنشأانِ معًا، وتختفيانِ معًا، خلافًا للمعنى الشائعِ لهُما في حياتِنا اليوميةِ؛ فنحنُ نستخدمُ مصطلحَ (ردُّ الفعلِ) للدلالةِ على وقوعِ حـدثٍ بعدَ وقوعِ حـدثٍ آخرَ؛ استجابةً لـهُ. 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. وفيـهِ 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:

زوجا التأثير المتبادل.

اطلب إلى اثنين من الطلبة أنْ يقف كلٌّ منهما على زلّاجة، بعيدًا عن أيِّ قطع أثاث قابلة للكسر، أو أيِّ أجسام حادَّة، وأنْ يكونا قريبين من بعضهما، ومتقابلين وجهًا لوجه.

اطلب إلى أحدهما أنْ يدفع الآخر، ثم اسأل الطلبة:

- ماذا تلاحظون؟

  ابتعد كلا الطالبين.

- لماذا ابتعد كلٌّ منهما بالرغم من أنَّ أحدهما فقط هو الذي دفع الآخر؟

  لأنَّ القوى توجد في صورة أزواج، ولا توجد قوة مفردة.

✓ **أتحقَّق:**

ينشأ الفعل ورد الفعل معًا، ويختفيان معًا، ولا يسبق أحدهما الآخر.

◀ المناقشة:

زوجا التأثير المتبادل ومُخطَّط الجسم الحر.

- استخدم استراتيجية التعلُّم التعاوني في تدريس الطلبة هذا الموضوع.
- وزِّع الطلبة إلى مجموعات؛ ليساعدوا بعضهم في عملية التعلُّم.
- وزِّع الأدوار والمهام على أفراد كل مجموعة بحيث يتفاعل الجميع معًا.
- اطلب 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.

- بحسب 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.

- اطلب إلى كل مجموعة عرض إجاباتها أمام المجموعات الأُخرى.
- أدِرْ نقاشًا بين أفراد المجموعات للتوصُّل إلى الإجابة الصحيحة، وتصحيح المفاهيم غير الصحيحة.

✓ **أتحقّق:**
لا؛ لأنَّ قوتي الفعل ورد الفعل تُؤثّران في جسمين مختلفين، ولا تُؤثّران في الجسم نفسه؛ لذا لا تُحسَب محصلتها، وإنَّما تُحسَب القوة المحصلة للقوى عندما تُؤثّر في الجسم نفسه.

◄ بناء المفهوم:

زوجا التأثير المتبادل.

- ارسم على اللوح طاولة، ثم ارسم كرة فوقها.
- اطلب إلى كل طالب رسم مُخطَّط الجسم الحر للكرة، ثم رسم مُخطَّط الجسم الحر للطاولة.
- الفت 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:

الفعل ورد الفعل.

اطرح 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.

تُمثِّل هاتانِ القُوَّتانِ زوجَي التأثيرِ المُتبادَلِ (الفعلُ، وردُّ الفعلِ)؛ إذْ تُؤثِّرانِ في جسمَيْنِ مختلفيْنِ، وتنشأانِ معًا، وتختفيانِ معًا. وبالمثلِ، تُؤثِّرُ الأرضُ بقُوَّةِ جذبٍ في الكتابِ إلى أسفلَ (F_{EB})، ويُؤثِّرُ الكتابُ بقُوَّةِ جذبٍ في الأرضِ إلى أعلى (F_{BE}). وهاتانِ القُوَّتانِ تُمثِّلانِ أيضًا زوجَي التأثيرِ المُتبادَلِ.

وفي المقابلِ، لا تُمثِّلُ القُوَّةُ (F_{TB}) والقُوَّةُ (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 (F_{TB}) فقطْ تختفي، وتظلُّ القُوَّةُ (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 (F_{TB}) يكونُ أكبرَ منْ مقدارِ القُوَّةِ (F_{EB}).

✓ **أتحقَّقُ:** هلْ يُمكِنُ إيجادُ محصلةِ قُوَّةِ الفعلِ وقُوَّةِ ردِّ الفعلِ؟ أُفسِّرُ إجابتي.

الفعلُ وردُّ الفعلِ مُتجانِسانِ
Action and Reaction Forces are of the Same Type

يُلاحَظُ منَ الأمثلةِ السابقةِ أنَّ الفعلَ وردَّ الفعلِ مُتجانِسانِ؛ أيْ إنَّ 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.

✓ **أتحقَّقُ:** ماذا نعني بقولِنا: "إنَّ قُوَّتَي الفعلِ وردَّ الفعلِ مُتجانِستانِ"؟

إضاءة للمعلم

قوتا الفعل ورد الفعل.

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.

✓ **أتحقَّق:**
أيْ أنَّ لهما الطبيعة نفسها؛ فإذا كان الفعل قوة جذب، فإنَّ رد الفعل يكون قوة جذب. وإذا كان الفعل قوة كهربائية، فإنَّ رد الفعل يكون قوة كهربائية، وهكذا.

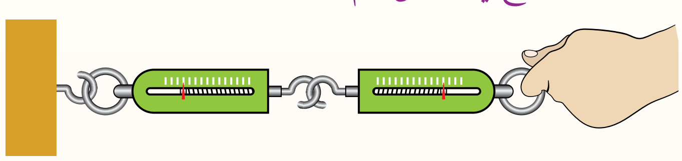
مراجعة الدرس

مراجعة الدرس

1. **الفكرةُ الرئيسةُ:** علامَ يعتمدُ تسارُعُ أيِّ جسمٍ؟ هلْ يُمكِنُ أنْ توجدَ قُوَّةٌ منفردةٌ في الطبيعةِ؟
2. **أُصنِّفُ:** لكلِّ زوجٍ ممّا يأتي، أُحدِّدُ أيُّهما 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 . **أقارِنُ** بينَ مقدارَيِ القُوَّةِ المحصلةِ في الفرعِ (أ)، والفرعِ (جـ). ماذا أستنتجُ؟
4. **التفكيرُ الابتكاريُّ:** أُفكِّرُ في تجربةٍ أُثبِتُ فيها أنَّ قُوَّةَ الفعلِ وقُوَّةَ ردِّ الفعلِ متساويتانِ في المقدارِ، ومتعاكستانِ في الاتجاهِ.

101

4 • ثبِّت ميزانًا نابضيًّا كما هو مُوضَّح في الشكل، ثم علِّق خُطّافه بخُطّاف ميزان آخر.



• اسحب الميزان الثاني بقوة أفقية جهة اليمين مثلًا، فيُؤثِّر الميزان الأول بقوةٍ جهة اليسار، مُلاحِظًا قراءتي الميزانين.

• غيِّر مقدار قوة سحبك للميزان الثاني، مُلاحِظًا -في أثناء ذلك- قراءة الميزان الأول. ستجد أنَّهما متساويتان في جميع الحالات.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

❋ المهارات الحياتية: الابتكار.

أخبر الطلبة أنَّ الابتكار يتجاوز أساسًا كل ما هو تقليدي، وأنَّه يوجِد وسائل جديدة للوصول إلى النتائج المنشودة.

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.

$$\sum F = ma = 40 \times 2 = 80\ \mathrm{N}$$

$$\sum \boldsymbol{F} = 80\ \mathrm{N}, +x$$

ب.

$$a = \frac{\sum F}{m} = \frac{80}{60} = \frac{4}{3}$$

$$\boldsymbol{a} = \frac{4}{3}\ \mathrm{m/s^2}, +x$$

جـ.

$$\sum F = ma = 60 \times 2 = 120\ \mathrm{N}$$

$$\sum \boldsymbol{F} = 120\ \mathrm{N}, +x$$

د . مقدار القوة المحصلة في الفرع (جـ) أكبر منه في الفرع (أ)؛ فكلَّما زادت كتلة الجسم زادت القوة اللازمة لإكسابه تسارعًا معينًا.

الإثراء والتوسع

الفيزياء والحياة

الهدف:

- تعرُّف مبدأ عمل حزام الأمان.
- استنتاج أهمية ربط حزام الأمان.

الإجراءات والتوجيهات:

- وزِّع الطلبة إلى مجموعات، ثم اطلب إلى أفراد كل مجموعة قراءة بند «الإثراء والتوسُّع»، ومناقشة محتواه فيما بينهم.

اطرح 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 تستخدم حزام الأمان عندما تركب سيارة؟

ستتنوَّع إجابات الطلبة، وتتعدَّد.

- هل ستستخدم حزام الأمان بعد أنْ تعرَّفت مزاياه وأهميته؟

ستتنوَّع إجابات الطلبة، وتتعدَّد.

إجابة محتملة:

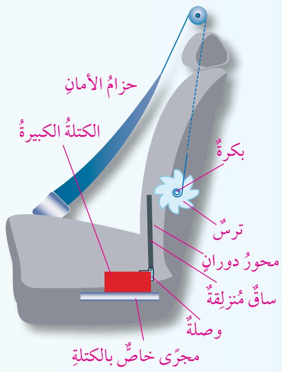
نعم.

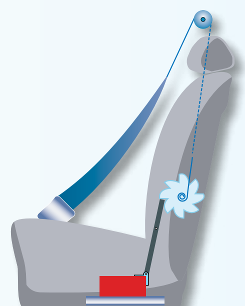
الإثراء والتوسعُ

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 في غرفةِ الصفِّ.

102

نشاط مزايا حزام الأمان وعيوبه.

اطلب إلى الطلبة استقصاء ما يأتي:

- مزايا حزام الأمان، ومنها:

منع ارتطام جسم السائق بعجلة القيادة، أو ارتطامه وجسم الراكب الذي معه بالأجزاء الأمامية من غرفة السيارة، أو اندفاعهما خارج السيارة، . . . .

- عيوب حزام الأمان، ومنها:

إصابة الرقبة، وأجزاء المعدة، والقفص الصدري، والأكتاف، وبخاصة عند استعمال حزام الأمان بصورة غير صحيحة، . . . .

- الطرائق الصحيحة لاستعمال حزام الأمان، منها:

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.

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:

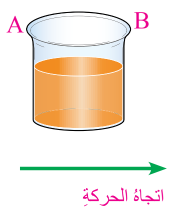
أ . إكسابُ جسمٍ كتلتُهُ (2 kg) تسارُعًا مقدارُهُ ($5\ m/s^2$).

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 منَ الجهةِ (A).

ب . فإنَّ سطحَ العصيرِ في الكوبِ يبقى مستويًا.

جـ. فإنَّ العصيرَ ينسكبُ منَ 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 . ضعفَ مقدارِ قُوَّتِكَ. ب. مقدارَ قُوَّتِكَ.

جـ. نصفَ مقدارِ قُوَّتِكَ. د . صفرًا.

مراجعةُ الوحدةِ

1

1- جـ. صفرٌ.

2- ب . إكسابُ جسمٍ كتلتُهُ (4 kg) تسارُعًا مقدارُهُ ($3\ m/s^2$).

3- جـ . فإنَّ العصيرَ ينسكبُ منَ الجهةِ (B).

4- د . القصورَ الذاتيَّ.

5- جـ. يقلُّ بمقدارِ النصفِ.

6- ب. مقدارَ قُوَّتِكَ.

مراجعةُ الوحدةِ

7- ب. القصورِ الذاتيِّ للسائقِ.

8- د . مقدارُ السرعةِ، والكتلةُ، واتجاهُ الحركةِ.

9- جـ . N.

10-د . في اتجاهِ القُوَّةِ المحصلةِ.

11-جـ. مقاومتهُ لأيِّ تغييرٍ في حركتِهِ.

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.

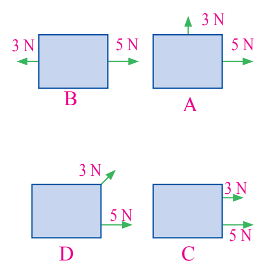
8. منْ خصائصِ الجسمِ التي قدْ تتغيَّرُ عندَ تأثيرِ قُوَّةٍ محصلةٍ فيهِ:
   أ . مقدارُ السرعةِ، والكتلةُ، واتجاهُ الحركةِ.
   ب . الشكلُ، والكتلةُ، ومقدارُ السرعةِ.
   جـ . مقدارُ السرعةِ، والشكلُ، والكثافةُ.
   د . مقدارُ السرعةِ، والشكلُ، واتجاهُ الحركةِ.

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.

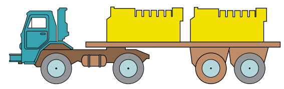
12. إذا كانَتْ كتلُ الأجسامِ المُوضَّحةُ في الشكلِ المجاورِ متساويةً، فإنَّ أقلَّها تسارُعًا منْ حيثُ المقدارُ هوَ:
   أ . (A).   ب . (B).
   جـ . (C).   د . (D).



مراجعةُ الوحدةِ

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 القوَّةَ التي تُؤثِّرُ بها المقطورةُ في القاطرةِ تساوي:

أ . (5) أضعافِ القوَّةِ التي تُؤثِّرُ بها القاطرةُ في المقطورةِ.
ب . (1/5) القوَّةِ التي تُؤثِّرُ بها القاطرةُ في المقطورةِ.
جـ . (10) أضعافِ القوَّةِ التي تُؤثِّرُ بها القاطرةُ في المقطورةِ.
د . القوَّةَ التي تُؤثِّرُ بها القاطرةُ في المقطورةِ.



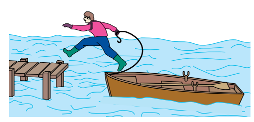
2. عندَ النظرِ إلى سبّاحٍ في بركةِ السباحةِ يُلاحَظُ أنَّهُ يدفعُ الماءَ إلى الخلفِ. أُفسِّرُ سببَ فعلِهِ ذلكَ.

3. إذا كانَ تسارُعُ جسمٍ ما صفرًا، فهلْ يعني ذلكَ عدمَ وجودِ قوًى تُؤثِّرُ فيهِ؟ أُفسِّرُ إجابتي.

4. علامَ يعتمدُ تسارُعُ أيِّ جسمٍ؟ هلْ تُؤثِّرُ السرعةُ في تسارُعِ الجسمِ؟ أُفسِّرُ إجابتي.

5. لكيْ تسيرَ رؤى على الأرضِ؛ فإنَّها تدفعُ الأرضَ بقوَّةٍ إلى الخلفِ، فتدفَعُها الأرضُ بقوَّةٍ إلى الأمامِ. لماذا لا يظهرُ أثرُ دفعِ رؤى في الأرضِ؟

6. يُمثِّلُ الشكلُ المجاورُ شخصًا يقفزُ منْ قاربٍ نحوَ الرصيفِ. لماذا يندفعُ القاربُ إلى الخلفِ في أثناءِ ذلكَ؟



7. إذا كانَتِ القوَّةُ المحصلةُ المؤثِّرةُ 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.

105

13 – د . القوَّةَ التي تُؤثِّرُ بها القاطرةُ في المقطورةِ.

إضاءة للمعلم

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 (انظر 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، فبحسب 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).

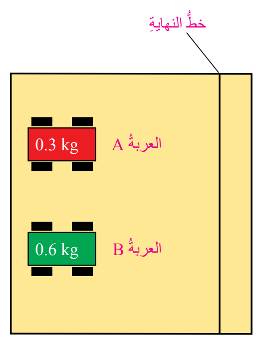
مراجعةُ الوحدةِ

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:

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. تتحرَّكُ سيارةٌ كتلتُها (1000 kg) على طريقٍ أفقيٍّ مستقيمٍ بسرعةٍ متَّجِهةٍ 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). أَجِدُ:

أ . تسارُعَ السيارةِ.

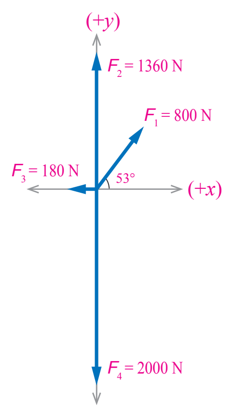
ب . القُوَّةَ المحصلةَ التي أثَّرَتْ في السيارةِ.

13. 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). ما التسارُعُ الذي تكتسبُهُ هاتانِ الكتلتانِ عندَ ربطِهِما معًا، وتأثيرِ القُوَّةِ السابقةِ نفسِها فيهِما؟

14. أثَّرَتْ قوى عِدَّةٌ مستويةٌ متلاقيةٌ في قاربٍ كتلتُهُ (200 kg)، في أثناءِ سحبِهِ بسفينةٍ. وكانَ مُخطَّطُ الجسمِ الحُرِّ لهذِهِ القوى كما في الشكلِ المجاورِ. أَجِدُ:

أ . القُوَّةَ المحصلةَ المؤثِّرةَ 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 مُساوِية 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 ، ويؤثِّر 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):

$$\sum F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + F_{4x}$$
$$= F_1 \cos\theta_1 + F_2 \cos\theta_2 + F_3 \cos\theta_3 + F_4 \cos\theta_4$$
$$\sum F_x = 800 \cos 53^\circ + 1360 \cos 90^\circ + 180 \cos 180^\circ + 2000 \cos 270^\circ$$
$$= 800 \times 0.6 + 1360 \times 0 + 180 \times -1 + 2000 \times 0 = 480 - 180$$
$$= 300\ \text{N}$$
$$\sum \boldsymbol{F}_x = 300\ \text{N}, +x$$

ثم إيجاد محصلة المُركَّبات في اتجاه المحور (y):

$$\sum F_y = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + F_{4y}$$
$$= F_1 \sin\theta_1 + F_2 \sin\theta_2 + F_3 \sin\theta_3 + F_4 \sin\theta_4$$
$$= 800 \sin 53^\circ + 1360 \sin 90^\circ + 180 \sin 180^\circ + 2000 \sin 270^\circ$$
$$= 800 \times 0.8 + 1360 \times 1 + 180 \times 0 + 2000 \times -1 = 640 + 1360 + 0 - 2000$$
$$= 0\ \text{N}$$

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 إجابات

كتاب الأنشطة والتمارين

تجربة إثرائية: مُركَّبتا القوة وعلاقتهما بحركة الأجسام.

الهدفُ: • دراسةُ أثرِ اتجاه القُوَّةِ في تحريكِ الأجسامِ.
• تحليلُ القُوَّةِ إلى مُركَّبَتَيْها.

زمن التنفيذ: 35 دقيقة

إرشاداتُ السلامةِ: وجه الطلبة إلى استعمالُ الميزانِ النابضِ بحذرٍ.

المهارات العلمية: القياس، المقارنة، التحليل، الاستنتاج.

الاجراءات والتوجيهات: وجه الطلبة إلى الاستعانة بدليل التجارب والأنشطة، وضرورة معايرة الميزان انابض قبل استعماله لضمان الحصول على نتائج أكثر دقة. استخدام منقلة كبيرة الحجم ما أمكن لضمان دقة قراءة الزوايا.

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

لايمكن فتح الباب عندما تكون $\theta = 0^o$؛ لأن عزم الدوران يكون صفرًا في هذه الحالة، وبالتالي فإن القوة غير معرفة ولكن يجد الطالب مقدار من القوة عند الزاوية 0^o؛ ذلك أنَّ هذه الزاوية لا تساوي صفرًا، وإنَّما هي قريبة منه. أمّا عند الزاويتين 60^o و 90^o فقد تختلف النتائج كليًّا عمّا هو في الجدول، لكنَّها تظلُّ صحيحة، وتُقْبَل من الطلبة؛ فالمهم أنَّ القوة تقلُّ بزيادة الزاوية بِغَضِّ النظر عن تلك القيم. وفي ما يخصُّ قيم المُركَّبتين الأفقية والعمودية للقوة، فإنَّها تتغيَّر تبعًا لتغيُّر مقدار القوة التي يقيسها الطالب.

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 $\theta = 90^o$ يجب بذل 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 بداية من محور الدوران إلى نقطة تأثير القوة (r). كذلك يُمكِن استنتاج أنَّ مُركَّبتي 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 نماذج أسئلة الاختبارات الدولية (PISA)

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: حذِّر الطلبة من خطر السقوط من فوق الطاولة، وضَع الاحتياطات المناسبة لمنع حدوث ذلك.

المهارات العلمية: القياس، الاستنتاج، الحسابات، البحث في مصادر الخطأ.

الإجراءات والتوجيهات:

- وضِّح للطلبة الطريقة المتبعة في الحصول على أجسام متساوية في الكتلة، ومتغيرة في مساحة القاعدة.
- وضِّح للطلبة الطريقة المتبعة في الحصول على أجسام متساوية في مساحة القاعدة، ومتغيرة الكتلة.
- وضِّح للطلبة أهمية تكرار كل محاولة 3 مرّات.
- وضِّح 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 الاكواب.
- 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 لمسافة لا تزيد على (20 cm)، ثم يُكمِل سقوطه بسرعة ثابتة. لأنه 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.
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. وكلَّما 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. وكلَّما 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 لمقاومة الهواء لها، وتبقى في حالة تسارع إلى أن تصل الأرض، لأنها لم تصل إلى السرعة الحدية في هذه المسافة القليلة.

إجابات نماذج من أسئلة الاختبارات الدولية في كتاب الأنشطة والتجارب العملية

السؤال الأول:

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:

تحركت الدراجة ثلاث مرات، وتوقفت مرَّتين، وقطعت مسافة (100 m)، وكان مقدار الإزاحة (20 m).

إجابات أسئلة التجربة الإضافية في كتاب الأنشطة والتجارب العملية

اسم التجربة: اختبار دمى التصادم.

البيانات والمشاهدات:

إجابة مُحتمَلة:

الجدول (1)	
حجم الدمية	كتلة الدمية (g)
صغيرة	(51)
متوسطة	(03)
كبيرة	(54)

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 تشوُّهات، أو إصابات.	– عدم تقييد حركة الدمية. – شكل الحزام جميل.
خروج بعض أجزاء الدمية خارج العربة:	حدوث تشوُّهات، أو إصابات بسيطة.	– حرية حركة الدمية (متوسطة). – شكل الحزام مقبول.
خروج الدمية كلها خارج العربة:	حدوث تشوُّهات، أو إصابات بالغة.	– تقييد حركة الدمية. – شكل الحزام سيِّئ.

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 مُساوية 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 بحسب تصاميمهم.

2 ستتنوَّع إجابات الطلبة، وتتعدَّد بحسب 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.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{0 - 70}{30}$$

$$a = -2.33 \text{ m/s}^2$$

ب.

$$\sum F = ma = 8 \times 10^4 \times (-2.33)$$

$$= -1.87 \times 10^5 \text{ N}$$

جـ.

$$\Delta x = v_1 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$\Delta x = 70 \times 30 + \frac{1}{2} \left(-\frac{70}{30}\right) (30)^2$$

$$\Delta x = 1050 \text{ m}$$

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.

$$\sum F = F - F_g = ma$$

$$= 4 \times 10^5 - mg$$

$$= 4 \times 10^5 - 2 \times 10^4 \times 10$$

$$= 2 \times 10^5 \text{ N}$$

$$\sum \boldsymbol{F} = 2 \times 10^5 \text{ N}, +y$$

ب.

$$a = \frac{\sum F}{m}$$

$$a_y = \frac{2 \times 10^5}{2 \times 10^4}$$

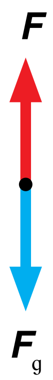
$$= 10 \text{ m/s}^2$$

$$\boldsymbol{a}_y = 10 \text{ m/s}^2, +y$$

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 المُؤثِّرة في كلٍّ منهما صفرًا، بحسب القانون الأول لنيوتن.

جـ. يجب تحويل الكتلة إلى وحدة (kg):

$$m = 60 \text{ g} = \frac{60}{1000} = 0.06 \text{ kg}$$

$$\sum F = F - F_g = ma$$

$$= 0.06 \times 0.5$$

$$= 0.03 \text{ N}$$

$$\sum \boldsymbol{F} = 0.03 \text{ N}, +y$$

بما أنَّ الكتلة تتسارع إلى أعلى، فإنَّ القوة المحصلة المُؤثِّرة فيها تكون إلى أعلى.