مخطَّط الفصل 1

الحركة في بُعدين والمتَّجَهات

الوقت المطلوب	موارد الصف التعليمية		
	وسائل المعلم الإيضاحية	الشفافات	تجارب مختبرية
نظرة شاملة حصة واحدة	—	ش 1	—
1-1 مدخل إلى المتجهات حصتان (90 د)		ش 2، 3	ك ت ط مختبر الاكتشاف: «البحث بالمتَّجهات عن الهدف»، ص 75
2-1 عمليات المتجهات 6 حصص (270 د)		ش 4، 5، 6، 7، 8، 9، 10، 11، 12	ك ت ط مختبر الفصل: «محصّلة قوتين متعامدتين»، ص 78
3-1 حركة المقذوفات 4 حصص (180 د)	ك م السقوط الحر والمقذوف الأفقي، ص 20 ك م المدى الأفقي للمقذوف، ص 23	ش 13، 14، 15، 16	ك ط نشاط عملي سريع: «حركة المقذوفات»، ص 21 ك ت ط مختبر الفصل: «مسار المقذوف الأفقي»، ص 82
4-1 الحركة النسبية حصّتان (90 د)	ك م السرعة النسبيّة، ص 27	ش 17	
مراجعة حصّتان (90 د)			
تقويم حصّتان (90 د)			

دليل الموارد

للجميع الفيزياء

ك ط كتاب الطالب

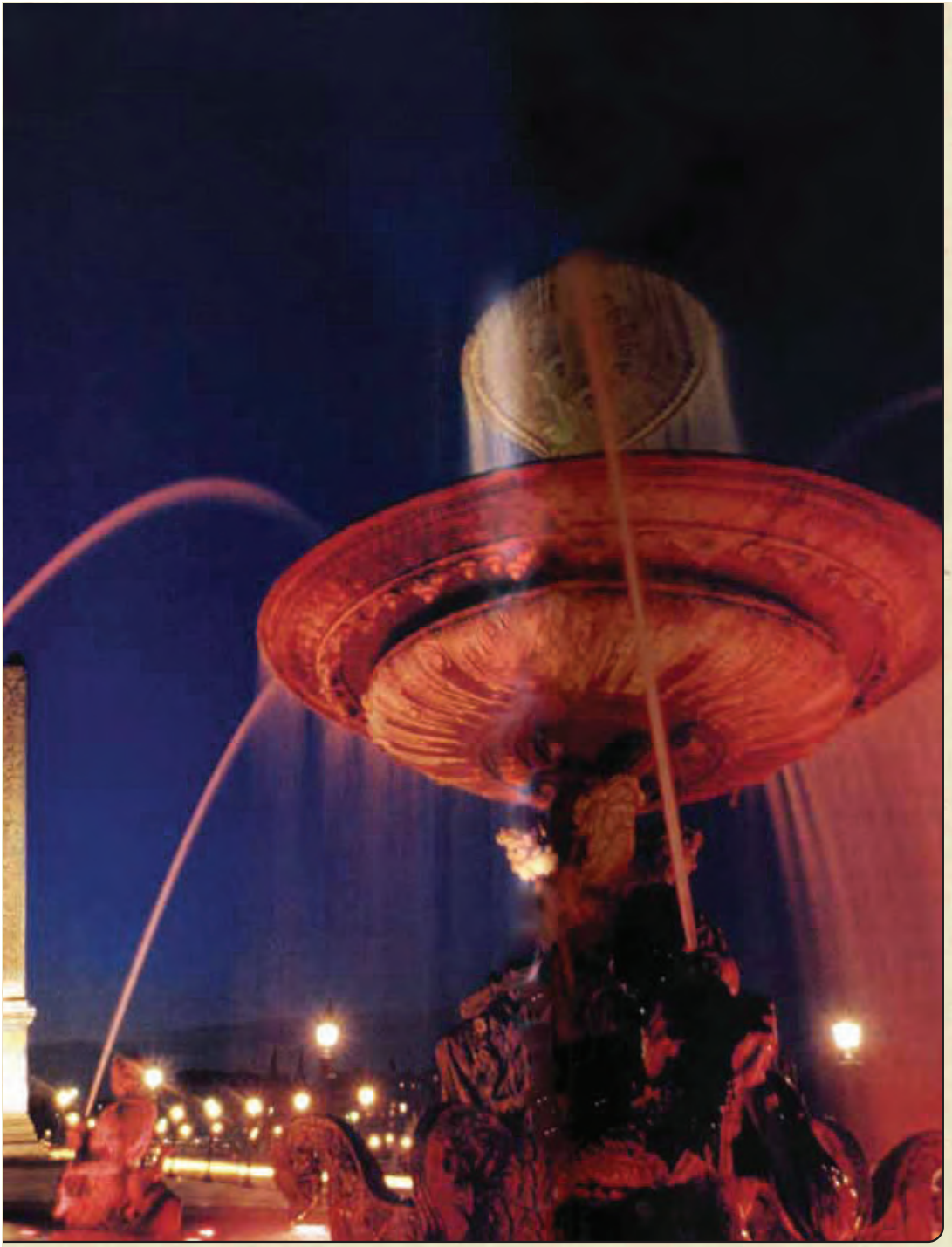
ك م كتاب المعلم

ك ت ط كتاب التمارين والأنشطة والتجارب العملية للطالب

ش الشفافات

Two-Dimentional Motion and Vectors

موارد الواجبات المنزلية		
إتقان محتوى	**تفكير ناقد**	**تمرين على حل المسائل**
—	—	—
ك ط 1-4، ص 7 ك ت ط 1-1، مهارات في الرسم البياني، ص 8 ك ط 1-7، ص 34	ك ط 8-11، ص 34 ك ط 4، ص 7	ك ط ص 6
ك ط 1-4، ص 18 ك ت ط 2-1، مهارات في الرسم البياني، ص 9 ك ط 12-20، ص 35		ك ت ط 1 (أ) إيجاد مقدار محصّلة واتّجاهها، ص 32 ك ت ط 1 (ب) تحليل المتّجهات، ص 34 ك ت ط 1 (ج) جمع المتّجهات جبريًّا، ص 36 ك ط ص 11، 13، 15، 18
ك ط 1-6، ص 26 ك ت ط 3-1، مهارات في الرياضيات، ص 11 ك ط 28-30، ص 35		ك ت ط 1 (د) حركة المقذوف أفقيًّا، ص 38 ك ت ط 1 (هـ) حركة المقذوف بزاوية، ص 40 ك ط ص 23، 26
ك ط 1-3، ص 30 ك ت ط 4-1، مهارات في الرياضيات، ص 12 ك ط 36-38، ص 36	ك ط 1-2، ص 28	ك ت ط 1 (و) السرعة النسبية، ص 42 ك ط ص 30



الفصل 1
نظرة شاملة: نواتج التعلّم

الوقت المطلوب: حصة واحدة

الحصة 1

نواتج التعلّم: (استعرض نواتج التعلّم مع المتعلّمين.) 5 دقائق

القسم 1-1 يصنِّف الكميات الفيزيائيّة إلى كمّيات قياسيّة وكمّيات متّجهة، ويمثّل الكميات المتّجهة بيانيًا .ويستكشف خواصها.

القسم 1-2 يجد محصّلة متّجهين أو أكثر، ويحدِّد اتّجاهها، ويحلّل المتّجه إلى مركّبتيه المتعامدتين. ويتعرّف ضرب المتّجهات القياسي والاتجاهي.

القسم 1-3 يستكشف حركة المقذوف في بعدين بإهمال مقاومة الهواء.

القسم 1-4 يستكشف حركة جسم بالنسبة إلى جسم آخر موظِّفًا عمليات المتّجهات.

حفِّز 10 دقائق

حول الصورة

اعرض الشفافة 1 «صورة النافورة في ساحة الكونكورد في باريس».

- اطلب إلى كل متعلّم أن يكتب سطرين يصف فيهما ما يراه في الصورة.
- اطلب إلى المتعلمين في مجموعات ثنائيّة أو رباعية أن يناقشوا ما كتبه كل منهم.
- اطلب إلى كل مجموعة أن تعرض وصفها، واحرص على أن يعبّر المتعلمون بلغة مفهومة وواضحة، وعزِّز مشاركاتهم. أخبر المتعلمين أنهم سيكونون قادرين على تحليل حركة قطرات الماء في النافورة بعد دراسة هذا الفصل.

تقويم المعرفة السابقة

30 دقيقة

- ✔ راجع مع المتعلمين مفهومَي المسافة والإزاحة.
- ✔ اطلب إلى المتعلمين في مجموعاتهم توظيف أشكال ڤن للمقارنة بين المسافة والإزاحة.
- ✔ اطرح السؤال الآتي:

  س: «يركض لاعب على محيط ملعب دائري نصف قطره (70.0 m) ، ما المسافة التي يقطعها خلال دورة كاملة؟ وكم يكون مقدار إزاحته عندئذٍ؟»
- ✔ راجع مع المتعلمين معادلات الحركة على خط مستقيم وبعجلة ثابتة.
  - اكتب على السبّورة معادلات الحركة على خط مستقيم وبعجلة ثابتة.
  - ناقش مع المتعلّمين الرموز في المعادلات والكميات التي تُمثّلها.
  - قدّم مسألة عددية واطلب إلى المتعلمين حلّها.
- ✔ تأكّد من قدرة المتعلمين على استخدام نظرية فيثاغورس للمثلث قائم الزاوية.
  - أعطِ مثالاً عدديًا لحساب وتر المثلث القائم الزاوية، ومثالاً آخر لحساب أحد ضلعَيه الآخرَين.
- ✔ تأكّد من قدرة المتعلمين على إجراء العمليات الحسابية المرتبطة بالدوال المثلثية.
  - ارسم مثلثًا قائم الزاوية، واطلب إليهم التعبير عن جيب الزاوية وجيب تمامها وظلّها، بدلالة أطوال أضلاع المثلث.
  - اطلب إليهم استخدام الآلة الحاسبة لإيجاد قيم جيب زوايا معيّنة وجيب تمامها وظلّها.
  - اطلب إليهم استخدام الآلة الحاسبة في إيجاد قيم زوايا معيّنة إذا عُرف جيبها أو جيب تمامها أو ظلّها.

مخطط القسم 1-1: مدخل إلى المتّجهات

الوقت المطلوب: حصّتان (90 دقيقة)

الحصة 2

استكشف:

مختبر: 45 دقيقة

مختبر الاكتشاف «البحث بالمتّجهات عن الكنز»، **ك ت ط**، ص 75

- اطلب إلى المتعلّمين في مجموعات تنفيذ مختبر الاكتشاف.
- اطلب إلى كل مجموعة عرض نتائجها على لوحة حائط.
- اطلب إلى المجموعات تقويم نتائج المجموعات الأخرى.
- أدر نقاشًا بين المجموعات حول نتائجهم وتأكّد من أنهم قد توصّلوا إلى أن الإزاحة الكلية المطلوبة بين نقطتين تكون متساوية، بينما تتغيّر المسافة بتغيّر المسار.

الحصة 3

حفّز: 5 دقائق

- اطلب إلى المتعلّمين مناقشة العبارة الآتية: يقول سالم لزميله عبدالله: «مع أن سرعتي اللحظية أثناء السباق كانت دائمًا أكبر من سرعة حمد اللحظية وبدأنا الركض من النقطة نفسها وفي اللحظة نفسها، إلا أنه وصل قبلي».
- اطلب إلى كل مجموعة اقتراح تفسير معقول لعبارة سالم. أخبر مجموعات المتعلّمين أنهم في نهاية الحصّة سيكونون قادرين على فهم العبارة.

درّس:

فكرة مفيدة للتعليم 10 دقائق

- قدّم إلى المتعلّمين نصًّا يشتمل على وصف عدد من الكميات الفيزيائيّة المختلفة، واطلب إليهم تصنيف الكميات الواردة في النص وفق معيار معيّن.
- تابع عمل المجموعات ووجّهها إلى أن تتوصّل لتصنيف الكمّيات إلى متجهة وقياسيّة. أتح للمجموعات فرصة عرض جداول تصنيفها. قد يختار المتعلمون معايير أخرى للتصنيف فلا ترفضها.
- اطلب إلى المتعلّمين أن يُعطوا أمثلة أخرى على كميات قياسيّة وكميات متّجهة درسوها من قبل.

اعرض الشفافة (2) (الشكل 1-1) 5 دقائق

- ذكّر المتعلّمين بطريقة تمثيل الكمّيات القياسيّة (الأعداد) على خط الأعداد، ثم أخبرهم أن كل كميّة متّجهة تمثل بمتّجه كالظاهر في الشفافة. اطلب إلى المتعلمين تحليل الشكل وأدر نقاشًا ليتوصّلوا إلى معنى ذيل، ورأس، ودلالة طول المتجه واتجاهه وعلاقتهما بمقدار واتجاه الكميّة المتجهة.

مدخلٌ إلى المتَّجهات
Introduction to Vectors

1-1 مؤشّراتُ الأداء

- يميزُ بين الكمّيات المتّجهة والكمّيات القياسية.
- يتعرّفُ رموزَ الكمّيات القياسية والكمّيات المتّجهة.
- يمثّلُ الكمّيّةَ المتّجهةَ بيانيًا.

الكمّيةُ القياسيّة

الكمّيةُ التي لها مقدارٌ وليسَ لها اتّجاه.

الكمّيةُ المتّجهة

الكمّيةُ التي لها مقدارٌ واتجاه.

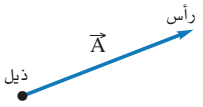
الكمّيّاتُ القياسيةُ والكمّيّاتُ المتّجهة

تُصنَّفُ الكمّياتُ الفيزيائيةُ إلى كمّياتٍ قياسيةٍ وكمّياتٍ متّجهة. **الكمّيةُ القياسيةُ** Scalar quantity يمكنُ تحديدُها بمعرفةِ مقدارِها (عددٌ من وحداتِ قياسٍ مناسبة)، أي أنّ لها مقدارًا فقط. ومن الأمثلةِ عليها المسافةُ والحجمُ وعددُ الإلكتروناتِ في ذرّةِ عنصر. أما **الكمّيةُ المتجهةُ** Vector quantity فتحدَّدُ بمعرفةِ كلٍّ من مقدارِها واتجاهِها معًا. في الصفِّ العاشرِ عرفْتَ أنَّ الإزاحةَ هي من الكمّياتِ المتجهة، لذلكَ ينبغي لقائدِ السفينةِ المبحرةِ من ميناءِ خالدٍ بالشارقةِ إلى جزيرةِ أبو موسى في الخليجِ العربيِّ أن يعرفَ بُعدَ الجزيرةِ عن ميناءِ خالدٍ والاتّجاهَ الذي يبحرُ باتّجاهِه ليصلَ إلى الجزيرة. وإن لم يحدِّدِ الاتّجاهَ بدقّةٍ فإنه لن يصلَ إلى الجزيرة. كما أنّ للسفينةِ أثناءَ إبحارِها سرعةً لها مقدارٌ واتّجاهٌ، لذا فالسرعةُ كمّيةٌ متجهةٌ أيضًا.

كما علمْت فإنّ الكمّياتِ الفيزيائيةَ يُرمزُ إليها برموزٍ. وفي هذا الكتابِ يرمزُ إلى الكمّياتِ القياسيةِ بحروفٍ (لاتينيةٍ أو إنجليزيةٍ) عاديةٍ. فمثلاً يُرمزُ إلى الزمنِ بالرمزِ t وإلى الكتلةِ بالرمزِ m وإلى الكثافةِ بالرمزِ ρ. بينما يُرمز إلى الكمّياتِ المتجهةِ بحروفٍ عاديةٍ فوقَها سهمٌ صغيرٌ. فمثلاً يُرمزُ إلى الإزاحةِ بالرمزِ $\vec{d}$ وإلى السرعةِ بالرمزِ $\vec{\vartheta}$ وإلى العجلةِ بالرمزِ $\vec{a}$. ويُرمزُ إلى مقدارِ الكمّيةِ المتّجهةِ بالحرفِ المائلِ الذي يرمزُ إلى الكمّيةِ دون سهم. فمثلاً يُرمزُ إلى مقدارِ الإزاحةِ بالرمزِ d، وإلى مقدارِ السرعةِ بالرمزِ ϑ، وإلى مقدارِ العجلةِ بالرمزِ a.

تمثيلُ الكمّياتِ المتّجهةِ بيانيًّا

عرفْتَ في الرياضيّاتِ أن الأعدادَ تمثَّلُ بنقاطٍ على خطٍّ الأعدادِ الحقيقية. أمّا الكمّياتُ المتّجهةُ فكلّ كمّيةٍ متّجهةٍ يعبَّرُ عنها بمتّجهٍ يُمثَّلُ بيانيًّا بقطعةٍ مستقيمةٍ موجّهة، طولُها يتناسبُ طرديًّا مع مقدارِ الكمّية، واتّجاهُها يدلُّ على اتّجاهِ الكمّية، وبدايتُها تُسمّى ذيلَ المتّجه، ونهايتُها تُسمّى رأسَ المتّجه، كما هو موضّحٌ في **الشكل 1-1**.



الشكل 1-1
التمثيلُ البيانيُّ للمتّجه.

مثال 1 (أ)

تمثيلُ المتّجهاتِ بيانيًّا

المسألة

في الشكل 1-2 إذا كانت سرعةُ لاعبِ فريقِ العينِ (بالقميصِ الأبيضِ) 6 m/s جهةَ الشمالِ، وسرعةُ لاعبِ فريقِ الأهليِّ (بالقميصِ الأحمرِ) 4 m/s باتّجاهِ الجنوبِ الشرقيِّ. مثّلْ بيانيًّا سرعةَ كلٍّ منَ اللاعبَيْنِ.

الشكل 1-2

الحـــل

1. أعرِّف

المعطى: سرعةُ لاعبِ العينِ: (شمالا $\vec{v}_1 = 6\ m/s$)

سرعةُ لاعبِ الأهلي: (جنوب شرق $\vec{v}_2 = 4\ m/s$)

2. أخطّط

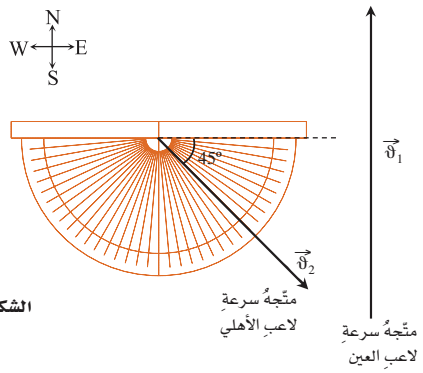
الرسمُ البيانيُّ: أختارُ مقياسَ رسمٍ مناسبًا [1 cm : 1 m/s] وعليه يكونُ:

طولُ متّجهِ سرعةِ لاعبِ العينِ $\vec{v}_1$ يساوي $[\frac{1\ cm}{1\ m/s} \times 6\ m/s = 6\ cm]$، وطولُ متّجهِ سرعةِ لاعبِ الأهليِّ $\vec{v}_2$ يساوي $[\frac{1\ cm}{1\ m/s} \times 4\ m/s = 4\ cm]$.

3. أرسم

أحدّدُ الاتّجاهاتِ الرئيسة:

أرسمُ قطعةً مستقيمةً طولُها 6 cm وموجَّهةً نحوَ الشمالِ لتمثّلَ سرعةَ لاعبِ العينِ $\vec{v}_1$، كما أرسمُ قطعةً مستقيمةً أخرى طولُها 4 cm وموجَّهةً نحوَ الجنوبِ الشرقيِّ، لتمثّلَ سرعةَ لاعبِ الأهليِّ $\vec{v}_2$ ، كما في **الشكل 1-3**.



الشكل 1-3

4. أقيّم

ألاحظُ أن طولَ متّجهِ سرعةِ لاعبِ العينِ أكبرُ من طولِ متّجهِ سرعةِ لاعبِ الأهليِّ. وهذا يتّفقُ مع حقيقةِ أن طولَ المتّجهِ يتناسبُ طرديًّا مع مقدارِ الكمّيةِ التي يمثّلُها.

القســـم 1-1

فكرة مفيدة للتعليم 5 دقائق

– اطلب إلى المتعلمين تتبُّع خطوات الحل للمثال 1 (أ) **ك ط**، ص 5. دع لهم مجالاً لطرح أسئلة حول الحل، وأدر نقاشًا للإجابة عن تساؤلاتهم. من المفيد أن تناقش مع المتعلمين مفهوم مقياس الرسم والطريقة الصحيحة لاستخدام المنقلة في قياس ورسم الزوايا، ومتى تكون الزاوية موجبة ومتى تكون سالبة، والاتجاهات الأصلية والفرعية.

القسم 1-1

استراتيجية بصرية 10 دقائق

اعرض الشفافة 3 (الشكل 1-4)

– اطلب إلى المتعلمين أن يحلّلوا الشكل ويوظّفوه في إكمال الجدول أدناه.

المتّجه	مقداره	اتجاهه
$\vec{A}$		
$\vec{B}$		
$\vec{C}$		
$\vec{D}$		
$\vec{E}$		

– اطلب إلى المتعلّمين أن يقارنوا بين المتّجهات، من حيث المقادير مستخدمين الرموز، ومن حيث الاتّجاهات.

– اخبرهم أنه لكي يتساوى متّجهان يجب أن يتساوى مقدارهما يكون لهما الاتجاه نفسه. واطلب إليهم أن يحدّدوا المتّجهات المتساوية.

– اسألهم عن المتّجهين $\vec{C}$ و $\vec{E}$، واطلب إليهم أن يكتبوا علاقة بينهما، ويقترحوا اسمًا لكل منهما بالنسبة إلى الآخر.

تطبيق 1 (أ)

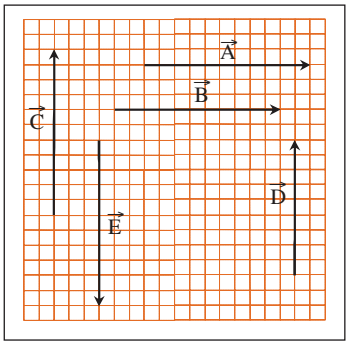
تمثيلُ المتّجهات بيانيًا

1. تحلّقُ طائرةٌ بسرعة 800 km/h وبزاوية 30° شمالَ شرق، مَثِّلْ متّجهَ سرعةِ الطائرةِ بيانيًّا.
2. تمثّلُ قوّةٌ بمتّجهٍ طولُه 8.0 cm ويصنعُ زاويةَ 60°+ مع محورِ x الموجب. إذا علمْتَ أن مقياسَ الرسمِ المستخدمَ لتمثيلِ متّجهِ القوّةِ بيانيًّا [1.0 cm : 10.0 N]، فما مقدارُ القوّةِ واتّجاهُها؟

خواصُّ المتَّجَهات

يظهرُ في **الشكل 1-4** مجموعةٌ من المتّجهات. تلاحظُ أن المتّجهَيْن $\vec{A}$ و $\vec{B}$ لهما المقدارُ والاتّجاهُ أنفسُهما ويقالُ أنهما متساويان [$\vec{A} = \vec{B}$]، في حين أنَّ المتّجهَيْن $\vec{A}$ و $\vec{C}$ ليسا متساويَيْن [$\vec{A} \neq \vec{C}$] بالرغمِ من أن لهما المقدارَ نفسَه، لأنهما ليسا في الاتّجاهِ نفسِه، كما أنّ المتّجهَيْن $\vec{D}$ و $\vec{C}$ غيرُ متساويَيْن [$\vec{D} \neq \vec{C}$] بالرغمِ من أن لهما الاتّجاهَ نفسَه لأنهما غير متساويَيْن في المقدار، أي أن شرطَ تساوي متّجهَيْن أن يكونَ لهما المقدارُ نفسُه وأن يكونَ لهما الاتّجاهُ نفسُه. كذلك تلاحظُ أن المتّجهَيْن $\vec{E}$ و $\vec{C}$ متساويان في المقدار لكنهما متعاكسان في الاتّجاهِ، فيكونُ المتّجهُ $\vec{E}$ معكوسَ المتّجه $\vec{C}$، أي أن [$\vec{E} = -\vec{C}$] ويكونُ المتّجهُ $\vec{C}$ معكوسَ المتّجه $\vec{E}$ أيضًا [$\vec{C} = -\vec{E}$].

لاحظْتَ أن المتّجهَيْن $\vec{A}$ و $\vec{B}$ متساويان، ما يعني أن من الممكنِ نقلَ أيِّ متّجهٍ من مكانِه إلى مكانٍ آخرَ، شرطَ المحافظةِ على كلٍّ من مقدارِه واتّجاهِه.

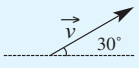


الشكل 1-4
خواصُّ المتّجهات.

أجوبة

تطبيق 1 (أ)

تمثيل المتّجهات بيانيًّا

1. 

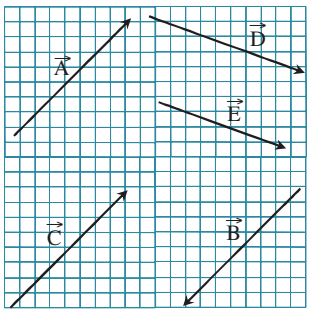
2. 80.0N، بزاوية 60° شمال شرق.

مراجعةُ القسم 1-1

1. أيٌّ منَ الكمّياتِ التالية متجهةٌ وأيٌّ منها قياسيَّة؟
   أ. عجلةُ حركةِ طائرةٍ عند إقلاعِها.
   ب. زمنُ رحلةِ طائرةٍ بين مدينتَيْن.
   ج. إزاحةُ مسافرٍ من دبيَّ إلى الفُجَيرة.
   د. درجةُ حرارةِ ماءٍ في كأس.
2. انطلقَ حمدٌ في رحلةِ عمرةٍ مع والدِه من مدينةِ أبو ظبي إلى مكَّةَ المكرَّمة. موظِّفًا الخريطةَ في **الشكل 1-5** والبياناتِ التي عليها، جدْ إزاحةَ حمدٍ خلالَ رحلةِ ذهابِه.

الشكل 1-5 خريطةُ الجزيرةِ العربية.

3. تصفُ العباراتُ في الجدولِ أدناهُ العلاقاتِ بين المتّجهاتِ في **الشكل 1-6**. مستخدمًا مسطرةً ومنقلةً، حدِّدْ أيٌّ من العباراتِ صحيحةٌ، وأيٌّ منها غيرُ صحيحة، مع ذكرِ السبب.



الشكل 1-6

العلاقة	صحيحةٌ أو غيرُ صحيحة	السبب
$\vec{D} = \vec{E}$		
$\vec{D} = \vec{A}$		
$\vec{A} = \vec{C}$		
$\vec{B} = -\vec{C}$		

4. **تفكيرٌ ناقد:** تتحرَّكُ سيّارةٌ (أ) على طريقٍ مستوٍ بسرعةِ 80 km/h شرقًا، وتتحرَّكُ سيّارةٌ (ب) على الطريقِ نفسِه بسرعةِ 80 km/h غربًا. لماذا لا تكونُ سرعتا السيّارتَيْن متساويتَيْن؟

القسم 1-1

مراجعة القسم
أجوبة

1. أ. كمية متَّجهة.
   ب. كمية قياسية.
   ج. كمية متَّجهة.
   د. كمية قياسية.
2. 1300 km.
3. $\vec{D} = \vec{E}$، غير صحيحة، غير متساويين في المقدار.
   - $\vec{D} = \vec{A}$، غير صحيحة، ليس لهما الاتّجاه نفسه.
   - $\vec{A} = \vec{C}$، صحيحة، لهما المقدار والاتّجاه أنفسهما.
   - $\vec{B} = \vec{C}$، غير صحيحة، متعاكسان في الاتّجاه.
4. لأنهما متعاكسان في الاتّجاه.

أختم وأقوّم: 10 دقائق

– اطلب إلى المتعلِّمين الإجابة عن الأسئلة الآتية:
- تطبيق 1 (أ)، **ك ط**، السؤال 1، ص 6.
- مراجعة القسم، **ك ط**، السؤال 2، ص 7.

واجب منزلي

– تطبيق 1 (أ)، **ك ط**، السؤال 2، ص 6.
– مراجعة القسم، **ك ط**، الأسئلة 1، 3، 4، ص 7.
– **ك ت ط**، الأسئلة 1، 2، ص 8.

مخطط القسم 1-2: عمليات المتَّجهات

الوقت المطلوب: 6 حصص (270 دقيقة)

الحصّتان 4 و 5

حفِّز: 5 دقائق

– استعرض مع المتعلمين مؤشرات الأداء الخاصّة بالقسم.

– اطلب إلى المتعلِّمين أن يوظّفوا شكل ڤن للمقارنة بين المسافة والإزاحة.

– اطرح عليهم السؤال الآتي:

س: ما حاصل جمع (3.0 m شمالاً) و(4.0 m غربًا)». استمع إلى إجاباتهم، وذكّرهم بحاصل جمع إزاحتين أو قوّتين لهما الاتجاه نفسه وبحاصل إزاحتين أو قوتين متعاكستين في الاتجاه. أخبرهم أنهم في نهاية الحصّة سيكونون قادرين على الإجابة عن السؤال.

درّس:

استراتيجية بصرية 15 دقيقة

اعرض الشفافة 4 (الشكل 1-7)

– اطلب إلى المجموعات أن ينعموا النظر في الشكل، وأن يلاحظوا كيف رتّبت الإزاحتان المتتاليتان، وكيف رُسمت محصلتهما (حاصل جمعهما). أدر نقاشًا بين المتعلِّمين ليتوصّلوا إلى الآتي: لإيجاد المحصّلة بيانيًا، تُرتّب المتّجهات بحيث تتلاقى ذيلاً برأس، فتكون المحصّلة من ذيل أول متّجه إلى رأس أخر متّجه.

– اعطِ أمثلة عددية، واطلب إلى المتعلمين حلّها كتدريب.

– من المفيد أن تطلب إلى المتعلمين أن يجدوا $\vec{d}_1 + \vec{d}_2$، ويقارنوها بالنتيجة السابقة. ثم ناقش عملية جمع المتّجهات (إيجاد المحصِّلة) من حيث كونها إبداليّة أو غير إبداليّة.

عمليات المتَّجهات
Vector Operations

1-2 مؤشّراتُ الأداء

- يجمعُ المتّجهات بيانيًا.
- يطبّقُ نظرية فيثاغورس ودالّة الظلّ tangent لإيجاد مقدار محصّلة متّجهَيْن متعامدَيْن واتّجاههما.
- يحلّلُ المتّجهات إلى مركّبات متعامدة.
- يجدُ محصّلة متّجهَيْن غير متعامدَيْن.
- يحسبُ ناتجَ الضرب القياسيّ لمتّجهَيْن.
- يحسبُ مقدارَ ناتج الضرب الاتّجاهيّ لمتّجهَيْن، ويحدّدُ اتّجاهه.

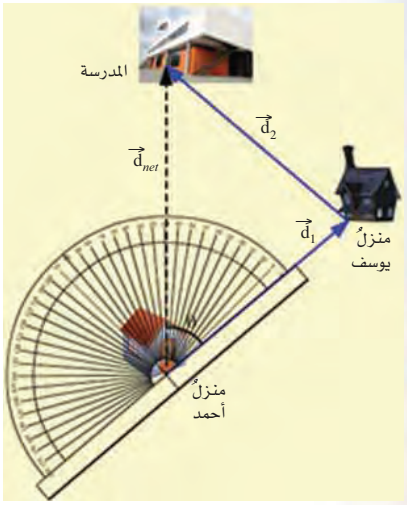
جمعُ المتَّجهات (إيجادُ المحصِّلة)

في القسم 2-1 من كتاب الصفّ العاشر تعلّمْت كيفَ تجدُ حاصلَ جمعِ متّجهَيْ إزاحةٍ في بُعدٍ واحد. وتذكّرُ مثالَ أبي بريصٍ الذي تسلّقَ جذعَ شجرةٍ من العلامة $y_i = 20.0$ cm إلى العلامة $y_{in} = 80.0$ cm ثم عادَ في الاتّجاهِ المعاكسِ إلى العلامة $y_f = 50.0$ cm فكانَت إزاحتُه الكلّيةُ (المحصِّلة):

$$y = (80.0 - 20.0) + (50.0 - 80.0) = +60.0 + (-30.0) = +30.0 \text{ cm}$$

وتعلّمْتَ في القسم 3-1 من كتاب الصفّ العاشر أن مقدارَ محصِّلة قوّتَيْن لهما الاتّجاهُ نفسُه يساوي حاصلَ جمعِ مقدارَيْهما، واتّجاهُها اتّجاهُ كلٍّ من القوّتَيْن نفسُه، وأن مقدارَ محصِّلةِ قوّتَيْن متعاكستَيْن في الاتّجاه يساوي الفرقَ بين مقدارَيْهما، ويكونُ اتّجاهُها باتّجاهِ القوّةِ الأكبرِ مقدارًا.

هَبْ أن أحمدَ في ذهابِه إلى المدرسةِ سارَتْ به الحافلةُ مسافةَ 1600 m حتى وصلَت إلى منزلِ صديقِه يوسف، ثم سارَتْ مسافةَ 1600 m أخرى حتى وصلَتْ إلى المدرسة، كما هو موضَّحٌ في **الشكل 1-7**. وكما تعلمُ فإن إزاحةَ الحافلةِ الكلّيةَ (المحصِّلة) تمثّلُها القطعةُ المستقيمةُ المرسومةُ من نقطةِ البدايةِ (منزلِ أحمدَ) إلى نقطةِ النهاية (المدرسة).



الشكل 1-7
إيجادُ محصِّلةِ إزاحتَيْن بيانيًا.

لاحظْ أن الإزاحةَ المحصَّلةَ $\vec{d}_{net}$ تصلُ من ذيلِ متّجهِ الإزاحةِ الأولى $\vec{d}_1$ إلى رأسِ متّجهِ الإزاحةِ الثانية $\vec{d}_2$، وأن الإزاحتَيْن تلاقتا ذيلاً برأس، وشكّلتا مع الإزاحةِ المحصَّلةِ مثلّثًا يسمّى مثلّثَ المتّجهات، وهذه طريقةٌ تُستخدمُ لإيجادِ محصِّلةِ متّجهَيْن بالرسم (بيانيًا)، حيث مقدارُ الإزاحةِ المحصّلةِ يساوي طولَ متّجهِ الإزاحةِ المحصَّلةِ مضروبًا في مقياسِ الرسمِ المستخدم. أمّا اتّجاهُ الإزاحةِ المحصَّلةِ فيحدَّدُ بالمنقلة، بقياسِ الزاويةِ θ التي يميلُ بها متّجهُ الإزاحةِ المحصَّلةِ عن اتّجاهِ متّجهِ الإزاحةِ الأولى.

إيجادُ مقدارِ محصِّلةِ متّجهَيْن متعامدَيْن جبريًّا

من سلبيات الطريقةِ البيانيةِ لإيجادِ محصِّلةِ متّجهَيْن أنها تتطلَّبُ وقتًا، وتعتمدُ دقّةُ الإجابةِ (للمحصِّلة) على كلٍّ من دقّةِ الرسمِ ودقّةِ تسجيلِ القياسات. هناكَ طريقةٌ أفضلُ وأسهلُ لجمعِ المتجهات، تُستخدَمُ فيها نظريةُ فيثاغورس ودالّةُ الظلّ (tan).

هَبْ أن طائرةً عموديةً تقلعُ من قاعدتِها بالقربِ من جبل، لتنقلَ معدّاتٍ إلى قمّةِ الجبل. ترتفعُ الطائرةُ مسافةً رأسيةً حتى تصبحَ في المستوى الأفقيِّ نفسِه لقمّةِ الجبل، ثم تطيرُ أفقيًّا في خطٍّ مستقيمٍ حتى تصلَ إلى قمّةِ الجبلِ، وتُنزلُ المعدّات. فكم تكونُ إزاحةُ الطائرةِ الكلّية؟

لاحظْ من **الشكل 1-8** أن وترَ المثلّثِ القائمِ الزاويةِ الذي ضلعاهُ Δx و Δy يمثّلُ مقدارَ إزاحةِ الطائرةِ، وعليه فإن مقدارَ الإزاحةِ الكلّيةِ $\vec{d}_{net}$ يمكنُ حسابُه من نظريةِ فيثاغورس للمثلّثِ قائمِ الزاوية.

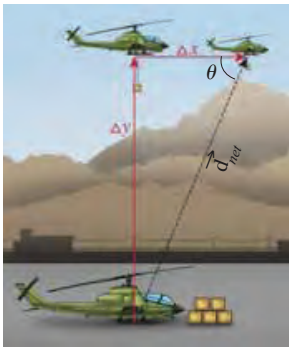
نظريةُ فيثاغورس للمثلّثِ قائمِ الزاوية

مربّع طول الوتر = مربّع طول الضلع الأول + مربّع طول الضلع الآخر

$$(d_{net})^2 = (\Delta x)^2 + (\Delta y)^2$$

أي أن

$$d_{net} = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}$$



الشكل 1-8
طائرةٌ عموديةٌ تنقلُ معدّاتٍ إلى قمّةِ الجبل.

تحديدُ اتّجاهِ محصّلةِ متّجهَيْن متعامدَيْن جبريًّا

كما علمْتَ فإنّك لتصفَ إزاحةَ الطائرةِ بصورةٍ كاملةٍ لا بدَّ من أن تحدّدَ اتّجاهها. يمكنُ استخدامُ دالّةِ الظلِّ لمعرفةِ الزاويةِ θ التي تحدّدُ اتّجاهَ إزاحةِ الطائرةِ مع الاتّجاهِ الأفقيّ. في المثلّثِ القائمِ الزاويةِ يكون:

تعريفُ دالّةِ الظلِّ في المثلّثِ القائمِ الزاوية

$$\tan\theta = \frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}} = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

أي أن:

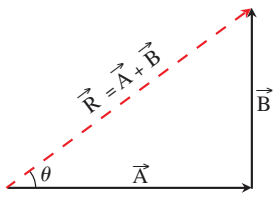
$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right)$$

ولأيِّ متّجهَيْن متعامدَيْن $\vec{A}$ و $\vec{B}$ كالموضّحَيْن في **الشكل 1-9** يُحسبُ مقدارُ محصّلتِهما $(\vec{R} = \vec{A} + \vec{B})$ من العلاقة:

$$R = \sqrt{A^2 + B^2}$$

أمّا الزاويةُ θ التي تصنعُها المحصّلةُ $(\vec{R})$ مع المتّجهِ $\vec{A}$ فتُحسبُ من العلاقة:

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{B}{A}\right)$$



الشكل 1-9
محصّلةُ متّجهَيْن متعامدَيْن.

القسم 2-1

استراتيجية بصرية 15 دقيقة

اعرض الشفافة 5 (الشكل 1-8)

- اطلب إلى المجموعات أن ينعموا النظر في الشكل، وأن يلاحظوا إزاحتَي الطائرة الرأسيّة والأفقية، ويحدّدوا الزاوية بينهما ليكتشفوا أن الإزاحتَين متعامدتان.
- اطلب إليهم أن يتعرّفوا الإزاحة المحصِّلة، وأن يقترحوا طريقة لإيجادها. تقبّل كل الإجابات الصحيحة بما فيها الطريقة البيانيّة مع ذكر عيوب هذه الطرائق، وجّه النقاش ليقترح المتعلمون نظرية فيثاغورس للمثلث القائم الزاوية.
- اطلب إليهم أن يوظفوا كلاً من نظرية فيثاغورس ودالّة الظل في إيجاد مقدار المحصِّلة وتحديد اتّجاهها. اطلب إلى المتعلمين كتابة المعادلات الرياضية على بطاقات.
- قد يحتاج بعض المتعلّمين إلى مزيد من الأمثلة، فأعطِ مثالاً على إيجاد محصّلة قوتين، وآخر لإيجاد محصّلة سرعتين، مستخدمًا الرموز فقط.
- ارسم على السبّورة الشكل 1-9 واطلب إلى المتعلّمين أن يكتبوا على بطاقات المعادلة التي تعبّر عن مقدار المحصّلة R والمعادلة التي يحسبون بها الزاوية θ التي تصنعها المحصّلة مع المتّجه $\vec{A}$. اطلب إلى المتعلمين أن يقوّموا إجابتهم في ثنائيات.

مختبر 40 دقيقة

مختبر الفصل «محصّلة قوتَيْن متعامدتيْن» **ك ت ط**، ص 78

ملحوظة: تُنفّذ التجربة في مجموعات.

- اعرض مؤشّرات أداء مختبر الفصل.
- اطلب إلى المتعلّمين قراءة خطوات التجربة. أتح لهم فرصة الاستفسار عن الخطوات وطريقة التنفيذ.
- حدِّد للمتعلّمين وقتًا مناسبًا (5 دقائق) لتنفيذ خطوات التجربة.
- اطلب إلى المتعلمين أن يجيبوا فرديًا عن أسئلة التحليل. لا تنتقل من فقرة إلى أخرى حتى تتأكّد من إجابات المتعلمين. احرص أن يناقش المتعلمون إجاباتهم في ثنائيات ثم في مجموعات. قدّم إليهم الدعم والتوجيه أثناء تنفيذ المهام، ووظّف بطاقة ملاحظة مناسبة لتقويم أدائهم.
- اطلب إلى المتعلمين في مجموعاتهم أن يكتبوا أهم الاستنتاجات التي توصّلوا إليها. اطلب إليهم أن يعرضوها في الركن المخصّص لكل مجموعة.
- اطلب إلى المتعلمين الإجابة عن أسئلة طرق التقويم. تأكّد من أن المتعلمين أدركوا أن نظرية فيثاغورس لا يمكن استخدامها في هذه الحالة، وأخبرهم أنهم سيتعرّفون طريقة أخرى لإيجاد المحصّلة تمكنهم من ذلك في الدروس اللاحقة.

القسم 2-1

فكرة مفيدة للتعليم 5 دقائق

– اطلب إلى المتعلّمين تتبّع خطوات الحل للمثال 1 (ب) **ك ط**، ص 10. دع لهم مجالاً لطرح أسئلة حول الحل، وأدر نقاشًا للإجابة عن تساؤلاتهم. من المفيد أن تناقش مع المتعلمين مفهوم مقياس الرسم والطريقة الصحيحة لاستخدام المنقلة في قياس ورسم الزوايا، ومتى تكون الزاوية موجبة ومتى تكون سالبة والإتجاهات الأصلية والفرعيّة.

أختم وأقوّم: 10 دقائق

– اطلب إلى المتعلّمين الإجابة عن الأسئلة الآتية:

- تطبيق 1 (ب)، **ك ط**، السؤال 1، ص 11.
- مراجعة الفصل، **ك ط**، السؤال 7، ص 34.

واجب منزلي

– تطبيق 1 (ب)، **ك ط**، السؤالان 2، 3، ص 11.

– مراجعة الفصل، **ك ط**، الأسئلة 1، 2، 3، 8، 21، ص 34-35.

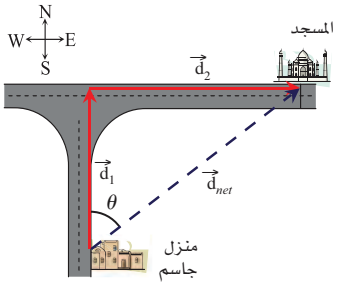
مثال 1 (ب)

محصّلةُ متّجهَيْن متعامدَيْن

المسألة

يخرجُ جاسمٌ من بيته للصلاةِ في المسجد فيسيرُ مسافةَ 150 m شمالاً ثم يسيرُ مسافةَ 200 m جهةَ الشرقِ حتى يصلَ إلى المسجد. جدْ إزاحةَ جاسمٍ جبريًّا في ذهابه للصلاة.

الحـــل



1. أعرّف

المعطى: الإزاحةُ الأولى: (شمالاً $\vec{d}_1 = 150\ m$)

الإزاحةُ الثانيةُ: (شرقًا $\vec{d}_2 = 200\ m$)

الإزاحتان متعامدتان

المجهول: $\vec{d}_{net} = ?$

2. أخطّط

الرسمُ التخطيطي: أختارُ نقطةَ انطلاقِ جاسم لتكونَ نقطةَ الأصل، وأختارُ مقياسَ رسم [1 cm:50 cm]

أحسبُ طولَ متّجهِ الإزاحةِ الأولى: $150\ m \times \frac{1\ cm}{50\ m} = 3\ cm$

أحسبُ طولَ متّجهِ الإزاحةِ الثانية: $200\ m \times \frac{1\ cm}{50\ m} = 4\ cm$

أختارُ معادلةً: أختارُ نظريةَ فيثاغورس لحسابِ مقدارِ الإزاحةِ الكلّية. وأختارُ دالّةَ الظلِّ لحسابِ الزاويةِ θ التي تصنعُها الإزاحةُ مع الشمالِ (الإزاحة الأولى).

$$d_{net} = \sqrt{(d_1)^2 + (d_2)^2}$$

$$\theta = \tan^{-1}\frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}} = \tan^{-1}\left(\frac{d_2}{d_1}\right)$$

3. أحسب

أعوّضُ القيمَ في المعادلاتِ وأحسب:

$$d_{net} = \sqrt{(150)^2 + (200)^2} = \boxed{250\ m}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{200}{150}\right) = \boxed{53.1°}$$

جوابُ الآلةِ الحاسبة

تأكّدْ من أنّ آلتَكَ الحاسبةَ معدّةٌ لحسابِ الزوايا بالدرجات. معظمُ الآلاتِ يتمّ ضبطها على هذا الخيارِ بالضغطِ على مفتاحِ «mode»، ثمّ اختيارِ «Deg» من الخياراتِ المتاحة.

4. أقيّم

أي أن إزاحةَ جاسم 250 m، وهي تصنعُ زاويةَ 53.1° باتّجاهِ شرقِ الشمال. مقدارُ إزاحةِ جاسم أقلُّ من مجموعِ مقدارِ إزاحتَيْه. وهذا يتّفقُ مع حقيقةِ أن مجموعَ طولَيْ أي ضلعَيْن في مثلّثٍ يجبُ أن يكونَ أكبرَ من طولِ الضلعِ الثالث. كما أن الزاويةَ التي تميلُ بها الإزاحةُ المحصّلةُ أكبرُ من 45°. وهذا منطقيٌّ لأن طولَ الضلعِ المقابلِ للزاويةِ أكبرُ من طولِ الضلعِ المجاورِ لها.

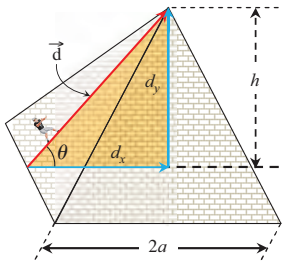
تطبيق 1 (ب)

محصّلةُ متّجهَيْن متعامدَيْن

1. في لعبةِ البحثِ عن كنزٍ تشيرُ خريطةٌ على قائدِ مخيَّمِ الكشافةِ في خورفكان أن يسيرَ مسافةَ 45.0 m شمالاً، ثم يُتبعَها بمسافةِ 30.0 m شرقًا، ثم يُتبعَها بمسافةِ 5.0 m جنوبًا، ليصلَ إلى الكنز.
   أ. ما المسافةُ التي سيتحرَّكُها القائدُ ليصلَ إلى الكنز؟
   ب. إذا اتّبعَ المسارَ الموصوفَ، فكم تكونُ الإزاحةُ الكلّيةُ للقائد؟
2. يركُلُ خالدٌ كرةً عرضيةً (باتجاهِ عرضِ الملعب) مسافةَ 6.0 m نحوَ زميلِهِ ياسرٍ الذي يُرسلُها بدورِهِ طوليةً (باتجاهِ طولِ الملعب) مسافةَ 14.5 m نحوَ عبدِ الله. ما الإزاحةُ الكلّيةُ للكرةِ لدى انتقالِها من خالدٍ إلى عبدِالله؟
3. تطيرُ فراشةٌ عن غصنِ شجرةٍ مسافةَ 1.2 m بمسارٍ مستقيمٍ أفقيٍّ يرتفعُ عن سطحِ الأرضِ 3.4 m، وعندما ترى زهرةً تهبطُ رأسيًّا مسافةَ 1.4 m إلى أن تصلَ إليها. ما إزاحةُ الفراشةِ الكلّية؟

تحليلُ المتَّجهاتِ إلى مركّباتٍ متعامدة

هَبْ أن سائحًا يتسلَّقُ سطحَ هرمِ الجيزةِ في مصرَ من أسفلِه حتى يصلَ إلى قمّتِه على خطٍّ مستقيم، كما يظهرُ في **الشكل 1-10**. لاحظْ أنّ موقعَ السائحِ قد تغيّرَ في الاتّجاهِ الأفقيِّ بمقدارِ a (نصفِ طولِ قاعدةِ الهرم)، كما أنه قد تغيَّرَ في الاتّجاهِ الرأسيِّ بمقدارِ ارتفاعِ الهرم h، فكأنَّ السائحَ قامَ بإزاحتَيْن متتاليتَيْن: الأولى أفقيّةٌ $\vec{d}_x$ مقدارُها a، والثانيةُ رأسيّةٌ $\vec{d}_y$ مقدارُها h، ومحصّلتُهما تساوي إزاحةَ السائحِ الفعلية $\vec{d}$. تُسمّى الإزاحتان $\vec{d}_x$ و $\vec{d}_y$ **مركّبتَي** Components الإزاحةِ $\vec{d}$، لكن كيفَ يمكنُ حسابُ مقدارَ مركّبتَي الإزاحة؟ يمكنُك استخدامُ دالّتَي الجيبِ sin وجيبِ التمام cos لحسابِ المركّبتَيْن.



الشكل 1-10
مركّبتا إزاحةِ سائحٍ يتسلَّقُ هرمًا.

مركّبتا المتّجه المتعامدتان

$$\sin\theta = \frac{opp}{hyp} = \frac{\text{المقابل}}{\text{الوتر}} = \frac{d_y}{d}$$

$$d_y = d(\sin\theta)$$

$$\cos\theta = \frac{adj}{hyp} = \frac{\text{المجاور}}{\text{الوتر}} = \frac{d_x}{d}$$

$$d_x = d(\cos\theta)$$

تستدلُّ مما سبقَ أن من الممكنِ أن يستبدلَ بالمتّجه $\vec{A}$ متّجهان متعامدان $\vec{A}_x$ و $\vec{A}_y$ يُسمّيان مركّبتَي المتّجه $\vec{A}$، كما يظهرُ في **الشكل 1-11**، ويكون:

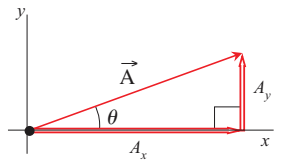
$$A_x = A\cos(\theta)$$

$$A_y = A\sin(\theta)$$

إذا كان المتّجهُ منطبقًا على أحدِ محورَيْ مناطِ الإسنادِ فإنَّ مركّبتَه على المحورِ الآخرِ تساوي صفرًا.

مركّباتُ المتّجه

مساقطُ المتّجهِ على محاورِ نظامِ إسنادٍ معيَّن.



الشكل 1-11
يمكنُ أن يُستبدلَ بكلِّ متّجهٍ مركّبتاه المتعامدتان.

أجـــــوبة

تطبيق 1 (ب)

محصّلة متّجهَين متعامدين

1. أ. 80.0 m
   ب. 50.0m بزاوية 36.9° شرق الشمال.
2. 15.7 m بزاوية 22° مع اتّجاه طول الملعب.
3. 1.8 m بزاوية 49° تحت الأفقي.

القســـم 2-1

الحصتان 6 و7

حفِّز: 10 دقائق

– راجع مع المتعلمين إجابات أسئلة طرق التقويم لمختبر الفصل ص 82 ك ت ط، أخبرهم أنهم في هذه الحصّة سيتمكنون من إيجاد محصّلة أي متّجهين مهما تكن الزاوية بينهما.

استراتيجية بصرية 10 دقائق

اعرض الشفافة 6 (الشكل 1-10)

– اطلب إلى المتعلمين أن يستخدموا مناط إسناد مناسبًا لوصف حركة السائح.

– وجّه المتعلّمين ليختاروا مناط إسناد من محورَين، المحور x أفقي والمحور y رأسي، اطلب إلى المتعلمين أن يحدِّدوا إزاحة السائح في الاتجاه الأفقي وإزاحته في الاتجاه الرأسي، واطلب إليهم أن يمثّلوا ذلك بيانيًا. أخبر المتعلمين أن هاتين الإزاحتين تسميان مركّبتَي الإزاحة المتعامدتين.

– ارسم على السبّورة مثلث المتّجهات الذي يمثّل إزاحة السائح $[\vec{d}]$ ومركبتيها $[\vec{d}_x$ و$\vec{d}_y]$، واطلب إلى المتعلمين في مجموعاتهم أن يكتبوا علاقة تربط المركّبتَين بالإزاحة الكُلّيّة، وأن يوظّفوا الدوال المثلثية لإيجاد مقدار كل من المركّبتَين بدلالة مقدار الإزاحة الأصلية. ثم اطلب إليهم أن يعمّموا العلاقة لأي متّجه $[\vec{A}]$ يصنع زاوية θ مع محور x الموجب. وكذلك اطلب إليهم أن يقوّموا إجاباتهم بمراجعة **ك ط**، ص 11.

– قد يعتقد بعض المتعلمين أن المركّبة x تقترن دائمًا بدالّة جيب التمام، والمركّبة y تقترن بدالّة الجيب. ارسم متّجهًا $[\vec{B}]$ يصنع زاوية θ مع المحور y، واطلب إليهم تحليل المتّجه إلى مركّبتَيه.

القسم 2-1

فكرة مفيدة للتعليم 10 دقائق

– اطلب إلى المتعلمين تتبُّع خطوات الحل للمثال 1 (ج) **ك ط**، ص 12، اترك لهم مجالاً لطرح أسئلة حول الحل وأدر نقاشًا للإجابة على تساؤلاتهم.

اعرض الشفافة 7 «الطائرة والشاحنة». ووظّف الشفافة لإيجاد سرعة الشاحنة التي تحقّق الشرط الموجود في المسألة، ثم اطلب إلى المتعلّمين أن يقارنوا الإجابة التي حصلوا عليها بالحساب مع الجواب الذي حصلوا عليه من خلال الشفافة.

وتجدرُ الإشارةُ إلى أنَّ المتّجهَ $\vec{A}$ يمثّلُ أيضًا محصِّلةَ المتّجهَيْن $\vec{A}_x$ و $\vec{A}_y$ أي:

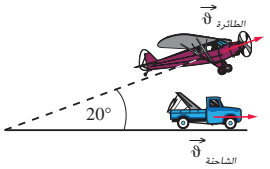
$$(\vec{A} = \vec{A}_x + \vec{A}_y)$$

مثال 1 (ج)

تحليلُ المتَّجهات

المسألة

في مشهد من أحد الأفلام تحلّقُ طائرةٌ بسرعة 95.0 km/h وبزاوية $20.0°$ فوقَ الأفقيّ. يحاولُ فريقٌ من المصوّرينَ تصويرَ الطائرة من داخل شاحنة تسيرُ على سطح الأرض الأفقيّ، بحيثُ تكونُ الطائرةُ فوقَ الشاحنة وبشكل دائم، كما في الشكل 1-12. بأيّ سرعة يجبُ أن تتحرَّكَ الشاحنة؟



الشكل 1-12

الحـــل

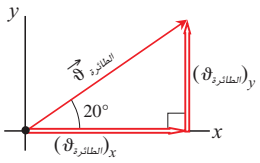
1. أعرّف

المعطى: $\vec{\vartheta}_{\text{الطائرة}} = 95.0 \text{ km/h}$ بزاوية $\theta = 20°$ مع المحور x الموجب

المجهول: $\vec{\vartheta}_{\text{الشاحنة}} = ?$

2. أخطّط

المخطّط: تتحرَّكُ الشاحنةُ على المحور x أي أن مركّبةَ سرعتها على المحور y تساوي صفرًا، ولتبقى الطائرةُ فوقَها بشكلٍ دائم يجبُ أن تكونَ مركّبةُ سرعةِ الطائرةِ الأفقيةِ (على المحور x) مساويةً لسرعةِ الشاحنةِ $[(\vartheta_{\text{الطائرة}})_x = \vartheta_{\text{الشاحنة}}]$.



أرسمُ مخطّطًا لمتّجهِ سرعةِ الطائرةِ، وأحلّلُه إلى مركّبتَيْه.

أختارُ دالّةَ جيبِ التمام cos:

$$\cos\theta = \frac{adj}{hyp} = \frac{\text{المجاور}}{\text{الوتر}} = \frac{(\vartheta_{\text{الطائرة}})_x}{\vartheta_{\text{الطائرة}}}$$

أُعيدُ ترتيبَ المعادلةِ لعزلِ المجهول:

$$(\vartheta_{\text{الطائرة}})_x = \vartheta_{\text{الطائرة}} \times \cos\theta$$

3. أحسب

أعوّضُ القيمَ في المعادلةِ وأحسبُ قيمةَ المركّبةِ الأفقيةِ لسرعةِ الطائرة.

أي أن على الشاحنةِ أن تتحرَّكَ بسرعةِ 89.3 km/h.

4. أقيّم

ألاحظُ أن مقدارَ مركّبةِ سرعةِ الطائرةِ الأفقيةِ (سرعةِ الشاحنة) أقلُّ من سرعةِ الطائرةِ نفسِها، وهذا صحيحٌ لأن مركّبةَ أي متّجهٍ دائمًا أقلُّ من مقدارِ المتّجهِ نفسِه، أو تساويه.

تطبيق 1 (ج)

تحليلُ المتجهات

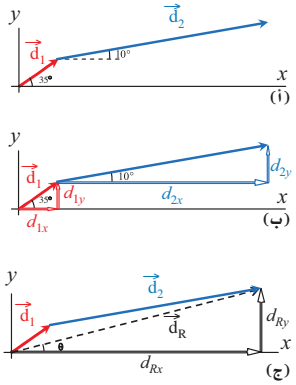
1. تسيرُ شاحنةٌ صعودًا على مرتفعٍ يميلُ بزاويةٍ °15مع الأفقيّ، وبسرعةٍ ثابتةٍ مقدارُها 22 m/s. ما مقدارُ مركّبتَي السرعةِ، الأفقيةِ والرأسيةِ، للشاحنة؟
2. ما مقدارُ المركّبةِ الأفقيةِ والمركّبةِ الرأسيةِ لإزاحةِ هرَّةٍ عند تسلُّقِها شجرةً مسافةَ 5 m رأسيًّا؟
3. يقفزُ مظليٌّ من برجِ القفزِ محدثًا إزاحةً مقدارُها 125 m بزاويةِ °25 تحتَ الأفقيّ، جدْ كلاً من مركّبةِ إزاحتِه الأفقيةِ ومركّبةِ إزاحتِه الرأسية.
4. تسيرُ شاحنةٌ على أرضِ مدرّجِ المطارِ الأفقيةِ في خطٍّ مستقيم، بحيث تكونُ دومًا تحتَ طائرةٍ تحلّقُ في اتّجاهٍ يصنعُ °30 فوقَ الأفقيّ. إذا كان عدّادُ سرعةِ الشاحنةِ يشيرُ إلى 90.0 km/h، جدِ المركّبةَ الرأسيةَ لسرعةِ الطائرة.

جمعُ المتّجهاتِ غيرِ المتعامدة

افترضْ أنَّ طائرةً كانت تحلّقُ في مستوٍ يصنعُ زاوية °35 فوقَ الأفقيِّ فتقطعُ مسافةَ 50 km في اتّجاهِ الشرق، ثم تعدّلُ من المستوى الذي تطيرُ فيه ليصنعَ زاويةَ °10 فوقَ الأفقيّ. وتتابعُ طيرانَها باتّجاهِ الشرقِ، فتقطعَ مسافةَ 220 km أخرى. كيف تجدُ مقدارَ محصّلةِ إزاحتَي الطائرةِ وتحدّدِ اتّجاهَها جبريًّا؟

باختيارِ محورَيْن متعامدَيْن، المحورُ x أفقيٌّ ويتّجهُ نحوَ الشرق، والمحورُ y رأسيّ، وباستخدامِ مقياسِ رسمٍ مناسبٍ، وتمثيلِ إزاحتَي الطائرةِ بيانيًّا، كما يظهرُ في **الشكل 13-1** (أ)، تلاحظُ أن الإزاحتَيْن غيرِ متعامدتَيْن، لذا لا يمكنُ تطبيقَ نظريةِ فيثاغورس أو دالّةِ الظلِّ لإيجادِ محصّلةِ هاتَيْن الإزاحتَيْن (حاصلُ جمعِهما $\vec{d}_R$) مباشرة.

يمكنُ إيجادُ محصّلةِ هاتَيْن الإزاحتَيْن، بتحليلِ كلٍّ من متّجهَي الإزاحةِ إلى مركّبتَيْه المتعامدتَيْن كما في **الشكل 13-1** (ب). بعد ذلك يمكنُ جمعُ المركّباتِ في الاتجاهِ الأفقيِّ (على المحورِ x) والمركّباتِ الرأسيةِ (على المحورِ y) كلٌّ على حدة لنحصلَ على متّجهَيْن متعامدَيْن، كما في **الشكل 13-1** (ج). وتكونُ محصّلةُ هذَيْن المتّجهَيْن مساويةً للإزاحةِ المحصّلة. ويمكنُك الآن استخدامُ نظريةِ فيثاغورس، ودالّةِ الظلِّ في حسابِ مقدارِها وتحديدِ اتّجاهِها.



الشكل 13-1
(أ) إزاحتا الطائرة. (ب) مركّباتُ متّجهَي الإزاحةِ الأفقيةِ والرأسية. (ج) الإزاحةُ المحصّلةُ تساوي الجمعَ الاتّجاهيَّ لمحصّلةِ المركّباتِ الأفقيةِ ومحصّلةِ المركّباتِ الرأسية.

مثال 1 (د)

محصّلة متّجهَيْن غير متعامدَيْن

المسألة

يبحرُ قاربٌ في سباقِ القواربِ السريع، بدءًا من نقطةِ انطلاقِ السباقِ على شاطئِ أبو ظبي، مسافةَ 25.5 km بزاويةِ °35 جنوبَ الشرق. ثم يتبعُها بمسافةِ 41.0 km بزاويةِ °65 شمالَ الشرقِ ليصلَ إلى نقطةِ نهايةِ السباق. جدْ مقدارَ إزاحةِ القاربِ الكلّيةِ وحدّدِ اتجاهَها.

أجوبة

تطبيق 1 (ج)

تحليل المتّجهات

1. 21 m/s؛ 5.7 m/s.
2. 0 m؛ 5 m.
3. 1.1×10^2 m؛ -53 m.
4. 52.0 km/h.

القسم 2-1

استراتيجية بصرية 25 دقيقة

– اطلب إلى المتعلمين قراءة الفقرة الأولى تحت عنوان «جمع المتّجهات غير المتعامدة»، **ك ط**، ص13.

– اطلب إليهم أن يمثّلوا إزاحات الطائرة موظّفين مناط إسناد مناسبًا.

اعرض الشفافة 8 (الشكل 13-1) واطلب إلى المتعلّمين أن يقارنوا رسوماتهم بالرسم الظاهر ويقوّموها.

– اطلب إليهم أن يقترحوا طرائق لحساب مقدار المحصّلة. تقبّل كل الاقتراحات الصحيحة بما فيها البيانيّة. وجّه النقاش نحو تحليل كل متّجه إلى مركّبتَيه، واطلب إلى كل المتعلّمين أن يحلّلوا متّجهي الإزاحة، ثم اطلب إليهم أن يقارنوا إجاباتهم بالقسم الثاني من الشفافة 8.

– أدر نقاشًا حول إيجاد محصّلة المركّبات، دع المتعلّمين يلاحظوا أن المركّبات على كل محور إما أن يكون لها الاتجاه نفسه أو يكون لها اتجاه معاكس. اطلب إليهم أن يذكروا كيف يمكن أن يجدوا محصّلات هذه المركّبات.

– اطلب إلى المتعلّمين أن يمثّلوا بيانيًا محصّلة المركّبات على المحور x، ومحصّلة المركّبات على المحور y، ثم اطلب إليهم تقويم رسوماتهم بالجزء الثالث من الشفافة 8.

– اطلب إلى المتعلّمين أن يحسبوا الإزاحة المحصّلة $\vec{d}_{net}$ مستخدمين نظرية فيثاغورس ودالّة الظل. قوّم إجابات المتعلّمين، وقدّم إليهم التغذية الراجعة المناسبة.

القسم 2-1

فكرة مفيدة للتعليم 15 دقيقة

– اطلب إلى المتعلِّمين تتبّع خطوات الحل للمثال 1 (د) ك ط، ص 13، 14. دع لهم مجالاً لطرح أسئلة حول الحل، وأدر نقاشًا للإجابة عن تساؤلاتهم.

اعرض الشفافة 9 (الأشكال 1- 14، 15، 16). التي توضّح عمليتَي التحليل والتركيب.

أختم وأقوّم: 20 دقيقة

– اطلب إلى المتعلِّمين الإجابة عن الأسئلة الآتية:

- تطبيق 1 (ج)، **ك ط**، السؤال 4، ص 13.
- تطبيق 1 (د)، **ك ط**، السؤال 1، ص 15.

واجب منزلي

– تطبيق 1 (ج)، **ك ط**، الأسئلة 1، 2، 3، ص 13.

– تطبيق 1 (د)، **ك ط**، الأسئلة 2، 3، ص 15.

– مراجعة الفصل، **ك ط**، الأسئلة 6، 9، 10، 22، 25، ص 34، ص 35.

الحـــل

1. أعرّف

المعطى: للقاربِ إزاحتان:

الأولى $\vec{d}_1$ مقدارُها 25.5 km واتّجاهُها يصنعُ زاويةَ 35° مع الشرقِ باتّجاهِ الجنوب.

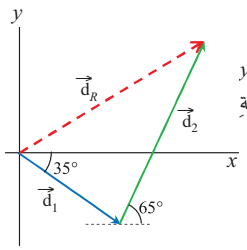
والثانيةُ $\vec{d}_2$ مقدارُها 41.0 km واتّجاهُها يصنعُ زاويةَ 65° مع الشرقِ باتّجاهِ الشمال.

المجهول: d_R = ? ، اتّجاهُ الإزاحةِ الكلّية = ؟

2. أخطّط

أختارُ مناطَ إسناد: أختارُ محورَ x لينطبقَ على اتّجاهِ الشرق، ومحورَ y لينطبقَ على اتّجاهِ الشمال، ونقطةَ أصلِ الإحداثياتِ عن نقطةِ بدايةِ السباق.

الرسمُ التخطيطيّ: أرسمُ متّجهَي الإزاحتَيْن كما في **الشكل 1-14**.

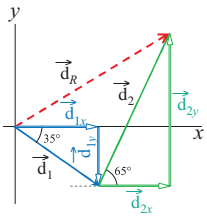


الشكل 1-14

تحليلُ متّجهَي الإزاحتَيْن:

أحلِّلُ متّجهَ كلِّ إزاحةٍ وأرسمُ مركّبتَيْه كما في **الشكل 1-15**.

أستخدمُ دالّتَي الجيبِ وجيبِ التمامِ، وأحسبُ مقدارَ مركّبتَي كلِّ متّجه:



الشكل 1-15

$$d_{1x} = d_1 \cos(-35°) = 25.5 \times \cos(-35°) = 21 \text{ km}$$
$$d_{1y} = d_1 \sin(-35°) = 25.5 \times \sin(-35°) = -15 \text{ km}$$
$$d_{2x} = d_2 \cos(65°) = 41.0 \times \cos(65°) = 17 \text{ km}$$
$$d_{2y} = d_2 \sin(65°) = 41.0 \times \sin(65°) = 37 \text{ km}$$

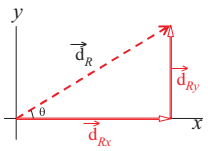
أجدُ محصّلةَ المركّباتِ على كلٍّ من المحورَيْن x و y.

$$d_{Rx} = \Sigma d_x = d_{1x} + d_{2x} = 21 + 17 = 38 \text{ km}$$
$$d_{1y} = \Sigma d_y = d_{1y} + d_{2y} = -15 + 37 = 22 \text{ km}$$

أرسمُ متّجهَ محصّلةَ المركّباتِ على المحورِ x ومتّجهَ محصّلةِ المركّباتِ على المحورِ y كما في **الشكل 1-16**.

3. أحسب

أستخدمُ نظريةَ فيثاغورس لحسابِ مقدارِ الإزاحةِ المحصّلةِ للقارب:



الشكل 1-16

$$d_R = \sqrt{(d_{Rx})^2 + (d_{Ry})^2}$$
$$= \sqrt{38^2 + 22^2} = 44 \text{ km}$$

أستخدمُ دالّةَ الظلِّ لحسابِ الزاويةِ بينَ المحصّلةِ ومحورِ x.

$$\theta = \tan^{-1} \frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}} = \tan^{-1} \left(\frac{d_{Ry}}{d_{Rx}} \right)$$
$$= \tan^{-1} \left(\frac{22}{38} \right) = (3.0 \times 10^1)°$$

∴ إزاحةُ القاربِ 44 km بزاويةِ 30° شمالَ شرق.

4. أقيّم

الإجابةُ مقنعةٌ لأنها تتفقُ مع الرسمِ التخطيطيّ، ومقدارُ الإزاحةِ أقلُّ من المجموعِ الجبريِّ لمقداريِ الإزاحتَيْن، كما أن اتّجاهَها فوقَ الأفقيِّ بزاويةِ 30°.

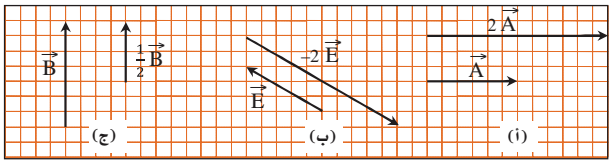
تطبيق 1 (د)

محصّلةُ متّجهَيْن غير متعامدَيْن

1. يركضُ لاعبُ كرةِ قدمٍ مسافةَ 35 m باتجاهِ طولِ الملعبِ قبلَ أن ينحرفَ بزاويةِ 25° إلى يمينِ اتجاهِ سيرِهِ الأصليّ، حيثُ يركضُ مسافةَ 15 m قبلَ أن يوقفَهُ لاعبٌ آخر. ما مقدارُ إزاحةِ اللاعبِ الكلّيَّةِ؟ وما اتجاهُها؟
2. يركضُ مروِّضٌ للنمورِ في حديقةِ الحيواناتِ مسافةَ 8.0 m إلى الشمال، ثم مسافةَ 3.5 m شرقَ الشمالِ بزاويةِ 35°. بعدَها ينتظرُ المروِّضُ النمرَ ليقتربَ منه ويركضُ 5.0 m في اتجاهِ الشرقِ ليدخلَهُ في قفصِه. ما الإزاحةُ الكلّيةُ للمروِّض؟
3. تحلّقُ طائرةٌ بموازاةِ سطحِ الأرضِ فتقطعُ مسافةَ 75 km بزاويةِ 30.0° غربَ الشمال، ثم تتبعُها بمسافةِ 155 km بزاويةِ 60.0° شرقَ الشمال. ما الإزاحةُ الكلّيةُ للطائرة؟

ضربُ المتّجهات

درسْتَ في الصفِّ العاشرِ القانونَ الثاني لنيوتن، والذي ينصُّ على أنّ القوّةَ تساوي ناتجَ ضربِ الكتلةِ في العجلة، وتعلمُ أنَّ القوّةَ والعجلةَ كمّيّتان متّجهتان في حين أن الكتلةَ كمّيَّةٌ قياسيَّة. من ذلك نستنتجُ أنّ ناتجَ ضربِ كمّيَّةٍ قياسيَّةٍ في كمّيَّةٍ متّجهةٍ يكونُ كمّيَّةً متّجهةً اتّجاهُها يعتمدُ على إشارةِ الكمّيَّةِ القياسيَّة، كما يظهرُ في **الشكل 1-17**.



الشكل 1-17
(أ) ضربُ المتّجهِ بعددٍ موجبٍ أكبرَ من 1.
(ب) ضربُ المتّجهِ بعددٍ سالبٍ أكبرَ من 1.
(ج) ضربُ المتّجهِ بعددٍ موجبٍ أصغرَ من 1.

كما تعرَّفْتَ في الصفِّ التاسعِ إلى الشغلِ الذي تبذلُه قوّةٌ في تحريكِ جسم، وعرفْتَ أنه ناتجُ ضربِ القوّةِ في الإزاحةِ باتّجاهِها، ما يعني أن الشغلَ هو ناتجُ ضربِ كمّيتَيْن متّجهتَيْن. تلاحظُ أن ناتجَ هذا النوعِ من الضربِ، الشغل، يكونُ كمّيَّةً قياسيةً. يُسمّى ضربُ كمّيةٍ متّجهةٍ في كمّيةٍ متّجهةٍ أخرى عندَما يكونُ الناتجُ كمّيةً قياسيةً **الضربَ القياسيَّ للمتّجهات** Scalar product. ويُعرَّفُ الضربُ القياسيُّ للمتّجهَيْن $\vec{A}$ و $\vec{B}$، الظاهرَيْن في **الشكل 1-18** (أ)، رياضيًّا كما يأتي:

الضربُ القياسيُّ للمتّجهات
حاصلُ ضربِ متّجهَيْن بحيث يكونُ الناتجُ كمّيةً قياسية.

الضربُ القياسيّ

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

حيث θ الزاويةُ المحصورةُ بين المتّجهَيْن.

أجـــوبة

تطبيق 1 (د)

محصّلة متّجهَين غير متعامدين

1. 49 m بزاوية 7.3° إلى يمين طول الملعب.
2. 13 m بزاوية 33° شرق الشمال.
3. 172 km بزاوية 32° شرق الشمال.

القســـم 1-2

الحصتان 8 و9

حفِّز: 10 دقائق

– اكتبْ على السبّورة معادلات الحركة الخطية بعجلة ثابتة.

– اطلب إلى المتعلِّمين أن ينعموا النظر في المعادلات، ويحلّلوها، ويحدِّدوا الكمّيات الفيزيائيّة الظاهرة في المعادلات والعمليات التي تمّت عليها، وناتج تلك العمليات، من حيث كونها كمّيات قياسية أو كمّيات متّجهة. يفضّل أن ينظّم المتعلّمون إجاباتهم في منظّم بياني.

درِّس:

فكرة مفيدة في التعليم

15 دقيقة

– اكتبْ على السبّورة معادلة القانون الثاني لنيوتن $[\vec{F} = m\vec{a}]$، واطلب إلى المتعلّمين أن يحلّلوا العلاقة من حيث مقدار محصّلة القوى وعلاقته بناتج ضرب الكتلة في مقدار العجلة، واتجاه محصّلة القوى بالنسبة إلى اتجاه العجلة.

اعرض الجزء الأوّل من الشفافة 10 (الشكل 1-17) واطلب إلى المتعلّمين أن يقارنوا كل متّجهين في كل مجموعة من المجموعات الثلاث ليتوصّلوا إلى قاعدة ضرب كمية قياسيّة بكمية متّجهة. ثمّ اعرض الجزء الثاني من الشفافة 10، واطلب إلى المتعلّمين أن يكتبوا العلاقة بين المتّجهين لكل مجموعة.

استراتيجية القراءة

20 دقيقة

– اطلب إلى المتعلمين أن يقرأوا الفقرة الثانية ص 15 ك ط . ثم أطلب إليهم أن يكتبوا تعريفًا للضرب القياسي لمتّجهَين ويعبّروا عنه بمعادلة.

– اكتب على السبّورة المعادلة $[\vec{A} \cdot \vec{B} = AB\cos\theta]$، واطلب توظيف العلاقة في حل التمرين ثانيًا ص 10، **ك ت ط**.

– ناقش مع المتعلّمين الحالات الآتية:

- الوضع الذي يكون فيه ناتج الضرب القياسي لمتجهين موجبًا.
- الوضع الذي يكون فيه ناتج الضرب القياسي لمتجهين سالبًا.

القسم 2-1

- الوضع الذي يكون فيه ناتج الضرب القياسي لمتّجهَين صفرًا.
- الوضع الذي يكون فيه ناتج الضرب القياسي لمتّجهين أكبر قيمة ممكنة.

اعرض الشفافة 11 (الشكل 1- 18).

– اطلب إلى المتعلّمين توظيف الشفافة في التعبير عن ناتج الضرب القياسي للمتّجهين بدلالة ناتج ضرب مقدار أحدهما في مركّبة الآخر باتجاهه. $\vec{A} \cdot \vec{B} = AB_A = A_B B$.

– ناقش عملية الضرب القياسي لمتّجهين، من حيث كونها عملية إبدالية أو غير إبدالية.

استراتيجية القراءة

20 دقيقة

– اطلب إلى المتعلّمين أن يقرأوا الفقرة الثالثة ص 16 من **ك ط**، ثم اطلب إليهم أن يكتبوا تعريفًا للضرب الاتجاهي لمتّجهين، ويعبّروا عنه بمعادلة.

اعرض الشفافة 12 (الشكل 1- 19).

– اطلب إلى المتعلّمين أن يلاحظوا كيف يتم تحديد اتّجاه ناتج الضرب الاتجاهي لمتّجهين. ثم اطلب إليهم حل التمرينين 2، 3 ص 10، **ك ت ط**.

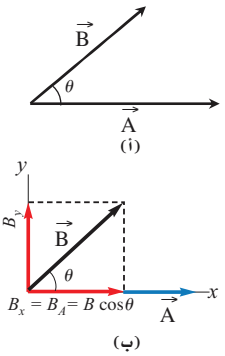
– ناقش مع المتعلّمين الحالات الآتية:
- الوضع الذي يكون فيه ناتج الضرب الاتّجاهي لمتّجهين صفرًا.
- الوضع الذي يكون فيه مقدار ناتج الضرب الاتّجاهي لمتّجهين أكبر قيمة ممكنة.

– ناقش عملية الضرب الاتّجاهي لمتّجهين من حيث كونها عملية إبدالية أو غير إبدالية.

فكرة مفيدة للتعليم 5 دقائق

– اطلب إلى المتعلمين أن يقارنوا بين الضرب القياسي لمتّجهَين والضربِ الاتجاهي لهما. اطلب إليهم أن يوظفوا شكلاً مناسبًا من المنظمات البيانية.

– اطلب إلى المتعلمين أن يعرضوا منظّماتهم في الركن المخصّص لكل مجموعة.



الشكل 1-18

الضربُ الاتجاهيُ للمتّجهات

حاصلُ ضربِ متّجهَيْن يكونُ ناتجُهما كمّيةً متّجهة.

إذا اخترْتَ المحورَ x لينطبقَ على اتّجاهِ المتّجهِ $\vec{A}$، كما في **الشكل 1-18** (ب)، وحلّلْتَ المتّجهَ $\vec{B}$ إلى مركّبتَيْه، فإنك تلاحظُ أن ناتجَ الضربِ القياسيِّ للمتّجهَيْن $\vec{A}$ و $\vec{B}$ يساوي مقدارَ المتّجهِ $\vec{A}$ مضروبًا في مقدارِ مركّبةِ المتّجهِ $\vec{B}$ في اتّجاهِ المتّجهِ $\vec{A}$، ما يعني أن ناتجَ الضربِ القياسيِّ لمتّجهَيْن يساوي ناتجَ ضربِ مقدارِ أحدِ المتّجهَيْن في مقدارِ مركّبةِ المتّجهِ الآخرِ في اتّجاهِ المتّجهِ الأوّل.

من تعريفِ الضربِ القياسيِّ لمتّجهَيْن يمكنُك استنتاجُ الآتي: إذا كانَ المتّجهانِ متعامدَيْن، فإن ناتجَ ضربِهما القياسيِّ صفرًا؛ وإذا كانت الزاويةُ بين المتّجهَيْن منفرجةً يكونُ ناتجُ ضربِهما القياسيِّ سالبًا. ومن السهلِ إثباتُ أن $(\vec{A} \cdot \vec{B} = \vec{B} \cdot \vec{A})$ ما يعني أن عمليةَ الضربِ القياسيِّ لمتّجهَيْن عمليةٌ إبدالية.

ستتعرَّفُ لاحقًا كمّيّاتٍ فيزيائيّةً متّجهةً، مثلَ عزمِ القوّةِ الذي ينتجُ من ضربِ كمّيّةٍ متّجهةٍ (القوّة) بكمّيّةٍ متّجهةٍ أخرى (ذراعِ القوّة)، وستتعرَّفُ أنّ اتّجاهَ عزمِ القوّةِ يكونُ عموديًّا على اتّجاهِ كلٍّ من القوّةِ وذراعِها. ويُسمّى هذا النوعُ من ضربِ المتّجهاتِ **الضربَ الاتّجاهيَّ للمتّجهات** Vector product. ويعرّفُ الضربُ الاتّجاهيُّ للمتّجهَيْن $\vec{A}$ و $\vec{B}$، الظاهرَيْن في **الشكل 1-19** (أ)، رياضيًّا كما يأتي:

الضربُ الاتّجاهي

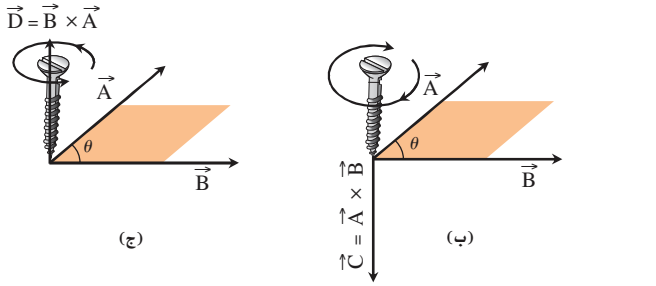
$$\vec{A} \times \vec{B} = \vec{C}$$

حيث $C = A\,B\sin\theta$

واتّجاهُ المتّجهِ $\vec{C}$ عموديٌّ على اتّجاهِ كلٍّ من المتّجهَيْن $\vec{A}$ و $\vec{B}$.

يمكنُ تحديدُ اتّجاهِ ناتجِ الضربِ الاتّجاهيِّ لمتّجهَيْن بعدّةِ طرق، منها: استخدامُ قاعدةِ البرغيِّ حيث يُدوَّرُ المتّجهُ الأوّلُ نحوَ المتّجهِ الثاني فيكونُ اتّجاهُ ناتجِ الضربِ باتّجاهِ حركةِ البرغي، كما يظهرُ في **الشكل 1-19** (ب).

من تعريفِ الضربِ الاتّجاهيِّ لمتّجهَيْن يمكنُك استنتاجُ أنّه إذا كانَ المتّجهان متوازيَيْن فإن ناتجَ ضربِهما القياسيَّ صفر، كما يمكنُك استنتاجُ أن $[\vec{A} \times \vec{B} = -(\vec{B} \times \vec{A})]$، كما يظهرُ في **الشكلَيْن 1-19** (ب)، (ج)، ما يعني أن عمليةَ الضربِ الاتّجاهيِّ لمتّجهَيْن عمليةٌ غيرُ إبدالية.



الشكل 1-19

(أ) $\vec{A}$ و $\vec{B}$ متّجهان في مستوى الصفحة.
(ب) بتدوير $\vec{A}$ نحو $\vec{B}$ يتحرّكُ البرغي إلى داخل الصفحة.
(ج) بتدوير $\vec{B}$ نحو $\vec{A}$ يتحرّكُ البرغي إلى خارج الصفحة.

مثال 1 (هـ)

ضربُ المتّجهات

المسألة

في الشكل 1-20، إذا كانَ $r = 2.0\ \text{m}$ و $F = 20.0\ \text{N}$، جدْ كلاً من:

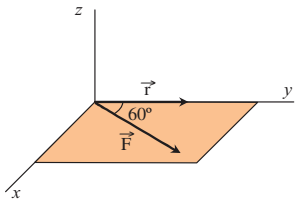
أ. $\vec{r} \cdot \vec{F}$ ب. $\vec{r} \times \vec{F}$

الحـــل

1. أعرِّف

المعطى: $r = 2.0\ \text{m}$، $F = 20.0\ \text{N}$، $\theta = 60^\circ$

المجهول: $\vec{r} \cdot \vec{F} = ?$ ، $\vec{r} \times \vec{F} = ?$



الشكل 1-20

2. أخطّط

أختارُ العلاقةَ ($\vec{r} \cdot \vec{F} = r F \cos\theta$) لحسابِ ناتجِ الضربِ القياسيِّ للمتّجهَيْن وأفترضُ أن ($\vec{r} \times \vec{F} = \vec{\tau}$) وأستخدمُ العلاقةَ ($\tau = r F \sin\theta$) لحسابِ مقدارِ ناتجِ الضربِ الاتّجاهيِّ وقاعدةَ البرغي لتحديدِ اتّجاهِه.

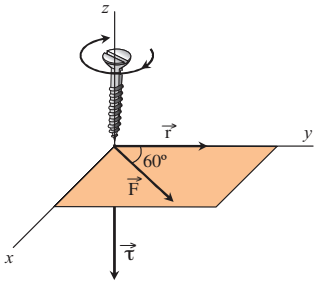
3. أحسب

أعوّضُ في المعادلاتِ وأحسب:

$$\vec{r} \cdot \vec{F} = (2.0) \times (20.0) \times \cos 60^\circ = 20\ \text{N·m}$$

$$\tau = (2.0) \times (20.0) \times \sin 60^\circ = 35\ \text{m} \times \text{N}$$

وباستخدامِ قاعدةِ البرغي بتدويرِ المتّجهِ الأوّلِ $\vec{r}$ نحوَ المتّجهِ الثاني $\vec{F}$، كما في **الشكل 1-21**، أجدُ أن اتّجاهَ المتّجهِ $\vec{\tau}$ باتّجاهِ محورِ z السالب.



الشكل 1-21

4. أقيّم

تلاحظُ أن ناتجَ كلٍّ من الضربِ القياسيِّ والضربِ الاتّجاهيِّ موجبٌ. وهذا صحيح حيث أن الزاويةَ بينَهما حادَّة.

القســـم 1- 2

فكرة مفيدة للتعليم 10 دقائق

– اطلب إلى المتعلمين تتبُّع خطوات الحل للمثال 1 (هـ) **ك ط**، ص 17. دع لهم مجالاً لطرح أسئلة حول الحل وأدر نقاشًا للإجابة عن تساؤلاتهم.

أختم وأقوّم: 10 دقائق

– اطلب إلى المتعلِّمين الإجابة عن الأسئلة الآتية:

• تطبيق 1 (هـ)، **ك ط**، السؤال 1، 2، ص 18

واجب منزلي

– مراجعة القسم **ك ط**، السؤال 4، ص 18.

– مراجعة الفصل، **ك ط**، الأسئلة 4، 5، 11، ص 34.

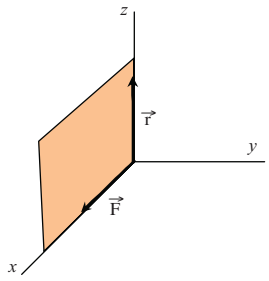
تطبيق 1 (هـ)

ضربُ المتّجهات

1. إذا كان $\vec{A}$ متّجهًا مقدارُه 5.0 وحدات، واتّجاهُه يصنعُ زاويةَ 30.0° مع محورِ x الموجبِ، جدْ:
   أ. مقدارَ المتّجهِ $\vec{C}$، حيث $\vec{C} = -2\vec{A}$ ثمَّ حدِّدِ اتّجاهَه بالنسبةِ إلى محورِ x الموجب.
   ب. مركّبةَ المتّجهِ $\vec{A}$ على محورِ y.
2. $\vec{A}$ و $\vec{B}$ متّجهانِ يحصران بينَهما زاويةَ 60.0°، إذا كانَ ناتجُ ضربِهما القياسيّ 15.0 وحدة، جدْ مقدارَ ناتجِ الضربِ الاتّجاهيِّ لهما.

مراجعةُ القسم 2-1

1. جِدْ محصِّلةَ المتّجهاتِ الآتية:
   أ. 3.0 m/s شمالاً، و 5.0 m/s شرقًا.
   ب. 12.0 N شرقًا، و 5.0 N جنوبًا.
2. جِدْ مركّبتَيِ المتجهاتِ في الاتجاهاتِ المحصورةِ بينَ قوسَيْنِ:
   أ. سيارةٌ تقطعُ إزاحةَ 10.0 km في الاتجاهِ الشماليِّ الشرقيِّ (الشمال والشرق).
   ب. بطّةٌ تهربُ من صيّادٍ تتسارعُ بمقدارِ $2.0\ m/s^2$ وبزاويةِ 35° فوق الأفقيِّ (الأفقيِّ والرأسيِّ).
3. جِدْ إزاحةَ ثعلبٍ يسيرُ 10.0 m بزاويةِ 55° شمالَ غربٍ، ثم 5.0 m في اتجاهِ الغربِ.
4. في **الشكل 1-22**، إذا كان $r = 5.0\ m$، $F = 10.0\ N$، جدْ:
   أ. $2\vec{r}$
   ب. $\vec{r} \cdot \vec{F}$
   ج. $\vec{r} \times \vec{F}$



الشكل 1-22

القسم 2-1

أجوبة

تطبيق 1 (هـ)

ضرب المتّجهات

1. أ. 10 وحدات بزاوية 210° مع محور x الموجب.
   ب. 2.5وحدة.
2. 26.0 وحدة.

مراجعة القسم
أجوبة

1. أ. 5.8 m/s، بزاوية 31.0° شرق الشمال.
   ب. 13.0 N بزاوية 23° جنوب الشرق.
2. أ. 7.07 km شمالاً؛ 7.07 km شرقًا.
   ب. $1.6\ m/s^2$ أفقيًّا؛ $1.1\ m/s^2$ رأسيًّا.
3. 13.5 m، بزاوية 37° شمال الغرب.
4. أ. 10.0 m، باتّجاه محور z الموجب.
   ب. صفر
   ج. 50 N•m باتّجاه محور y الموجب.

حركةُ المقذوفات

Projectile motion

الحركةُ في بُعدَين

اتَّضحَ لنا في القسم 1-2 أنَّ بعضَ الكمّياتِ الفيزيائيةِ، مثلَ الإزاحةِ والسرعةِ، يمكنُ تمثيلُها بمتجَهاتٍ وتحليلُها إلى مركَّبات. تساعدُ هذه المركَّباتُ على فهمِ وتوقُّعِ حركةِ الأجسامِ المقذوفةِ في الهواء.

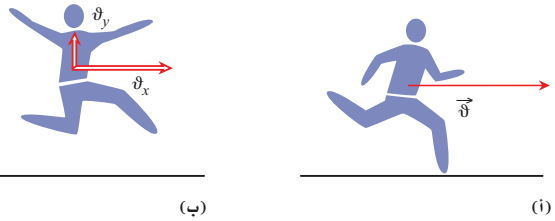
استخدامُ المركَّباتِ تفاديًا لتعقيداتِ المتَّجَهات

كيفَ تحصُلُ على إزاحةٍ وسرعةٍ وعجلةِ كرةٍ مقذوفةٍ في الهواءِ في أيِّ لحظة؟ كلُّ معادلاتِ الحركةِ الواردةِ في الفصلِ 2 من كتابِ الصفِّ العاشر، يمكنُ إعادةُ كتابتِها بدلالةِ الكمّياتِ المتّجهة. عندَ إطلاقِ جسمٍ في الهواءِ في اتجاهٍ غيرِ الاتجاهِ الرأسيِّ، لا تكونُ السرعةُ والعجلةُ والإزاحةُ لهذا الجسمِ في اتجاهٍ واحدٍ، مما يسبِّبُ صعوبةً في حلِّ معادلاتِ الحركةِ المتضمِّنةِ كمّياتٍ متجهة. وتفاديًا لهذه الصعوبةِ يمكنُك تحليلُ المتجَهاتِ إلى مركَّباتِها. ثمّ تدرسُ الحركةَ في كلٍّ من الاتّجاهَيْن على حدة، بتطبيقِ معادلاتِ الحركةِ الخطّية، ثم تعيدُ تجميعَ المركَّباتِ لتجدَ المحصِّلة.

المركَّباتُ تسهِّلُ دراسةَ حركةِ المقذوفات

عندَما يؤدّي لاعبُ الوثبِ الطويلِ قفزتَه، كما في **الشكل 1-23**، فإنه يركُضُ أفقيًّا في خطٍّ مستقيمٍ ويكونُ لسرعتِه مركّبةٌ أفقيةٌ فقط، كما في **الشكل 1-24** (أ)، وحين يقفزُ، يبدأُ بالحركةِ في الاتّجاهِ الرأسيِّ أيضًا. فيكونُ لسرعتِه مركّبتان: أفقيةٌ ورأسيةٌ كما في **الشكل 1-24** (ب). ما يعني أن حركتَه تكونُ في بُعدَيْن. ولدراستِها تحتاجُ إلى المحورِ x والمحورِ y معًا.

سنركّزُ دراستَنا في هذا الفصلِ على نوعٍ من الحركةِ في بُعدَيْن يُسمّى **حركةَ المقذوفات** Projectile motion. الأجسامُ التي تُقذفُ في الهواءِ وتتحرَّكُ تحتَ تأثيرِ الجاذبيةِ تُسمّى المقذوفات. تعتبرُ قذيفةُ المدفعِ وكرةُ القدمِ والأسهمُ عند قذفِها في الهواءِ أمثلةً على المقذوفات، حتى لاعبُ الوثبِ الطويلِ يمكنُ أن تعتبرَهُ من المقذوفات.



(أ) (ب)

3-1 مؤشّراتُ الأداء

- يتعرَّفُ أمثلةً على حركةِ المقذوفات.
- يصفُ مسارَ المقذوفاتِ كقطعٍ مكافئ.
- يحللُ المتجَهاتِ إلى مركّباتِها.
- يطبّقُ معادلاتِ الحركةِ لحلِّ مسائلَ تتعلّقُ بحركةِ المقذوفات.

الشكل 1-23
يُحلَّلُ متجَهُ سرعةِ الرياضيِّ إلى مركّبتَيْن أفقيةٍ ورأسية. بهذه الطريقةِ يمكنُ دراسةُ حركةِ الرياضيِّ باستخدامِ معادلاتِ الحركةِ في كلِّ اتجاهٍ على حدة.

حركةُ المقذوف

حركةُ جسمٍ في بُعدَيْن تحتَ تأثيرِ قوّةِ الجاذبيةِ فقط.

الشكل 1-24
(أ) عندما يعدو لاعبُ الوثبِ الطويل، قبلَ أن يقفزَ، يكونُ لسرعتِه مركّبةٌ واحدةٌ أفقية. (ب) بينما في الهواءِ يكونُ لسرعتِه مركّبتان: أفقيةٌ ورأسية.

مخطط القسم 1-3: حركة المقذوفات

الوقت المطلوب: ثلاث حصص (135 دقيقة)

الحصة 10

حفِّز: 5 دقائق

استراتيجية بصرية

اعرض الشفافة 13 (الشكل 1-23)

اطرح الأسئلة الآتية:

س: لماذا يركض لاعب القفز الطويل قبل أن يقفز؟

س: ما شكل المسار الذي يتحرّك عليه اللاعب؟

س: هل للزاوية التي يقفز بها اللاعب تأثير على المسافة الأفقية التي يقطعها؟

س: ما مناط الإسناد المناسب الذي يمكن استخدامه لدراسة حركة اللاعب.

– استمع إلى جابات المتعلّمين، وأوضح لهم أنهم سيتمكنون من تقويم إجاباتهم في نهاية هذه الحصّة.

درِّس:

مختبر 40 دقيقة

مختبر الفصل «مسار المقذوف الأفقي» ك ت ط ص 82

ملحوظة: تنفذ التجربة في مجموعات.

- لإدارة الوقت بشكل أفضل:

– جهِّز الأدوات اللازمة للتجربة.

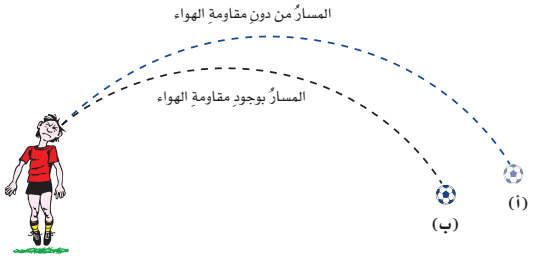
– يترك الرسم البياني كواجب منزلي.

– اطلب إلى المتعلمين قراءة خطوات تنفيذ التجربة العملية خلال (5 دقائق) وأتح لهم فرصة الاستفسار عن طريقة التنفيذ.

– حدّد لهم وقتًا لتنفيذ الخطوات (10 دقائق). سجِّل ملاحظاتك حول أدائهم باستخدام بطاقة تقويم أداء مناسبة.

مسارُ حركةِ المقذوفِ قطْعٌ مكافئٌ

يعتقدُ كثيرٌ من الناسِ خطأً أنَّ المقذوفاتِ تسقطُ إلى الأسفلِ على مسارٍ رأسيٍّ، كما يحدثُ لدميةٍ في أفلامِ الرسومِ الكرتونيةِ المتحرِّكةِ عندما تصلُ مسرعةً إلى حافةٍ مرتفعٍ شاهقٍ فتسقطُ رأسيًّا إلى الأسفلِ. في الحقيقةِ إذا كانَ لسرعةِ المقذوفِ الابتدائيةِ مركَّبةٌ أفقيةٌ فإن عليه أن يتحرَّكَ في الاتّجاهِ الأفقيِّ إضافةً إلى حركتِه على المسارِ الرأسيّ. وعندَما نهملُ مقاومةَ الهواءِ فإن مقدارَ مركَّبةِ السرعةِ الأفقيةِ سيبقى ثابتًا، ما يعني أن مسارَ حركتِه يكونُ على منحنى، يُسمّى قطعَ مكافئ ،كما يظهرُ في **الشكل 1-25** (أ). وإذا لم تُهملْ مقاومةُ الهواءِ فإنَّ مركّبةَ السرعةِ الأفقيةِ لن تبقى ثابتةً، وستتناقص، ولن يكونَ مسارُ المقذوفِ قطعًا مكافئًا كما يظهرُ في **الشكل 1-25** (ب).

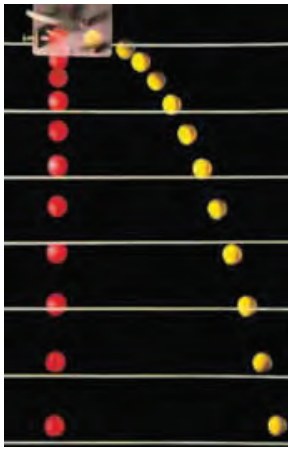


الشكل 1-25
(أ) مع إهمالِ تأثيرِ مقاومةِ الهواءِ يكونُ مسارُ كرةِ القدمِ التي ردَّها اللاعبُ برأسِه على شكلِ قطعٍ مكافئ.
(ب) مع تأثيرِ مقاومةِ الهواءِ يكونُ المسارُ أقصر.

حركةُ المقذوفِ الأفقيِّ سقوطٌ حرٌّ بسرعةٍ ابتدائيةٍ أفقية

لفهمِ حركةِ المقذوفِ تفحَّصْ أولاً **الشكلَ 1-26**. لقد أُفلتَت الكرةُ الحمراءُ في اللحظةِ نفسِها التي أُطلقَتْ فيها الكرةُ الصفراءُ باتّجاهٍ أفقيّ. إذا لم تؤخذْ مقاومةُ الهواءِ في الاعتبارِ، فإنَّ الكرتَيْنِ تصلانِ إلى الأرضِ في اللحظةِ نفسِها.

لدى تفحُّصِنا لمواقعِ كلتا الكُرتَيْنِ من الخطوطِ الأفقيةِ المرسومة، ولمواقعِ إحداهما، نرى أنهما تهبطانِ معًا. لأولِ وهلةٍ قد لا نقبلُ هذا الوصف، لأنَّ إحداهما زُوِّدَتْ بسرعةٍ ابتدائية، بينَما بدأتِ الأخرى من حالةِ السكون. لكن إذا حلَّلْنا الحركةَ إلى مركَّبَتَيْها، ودرسْنا كلَّ مركَّبةٍ على حدةٍ، وبخاصّةٍ الرأسيّة، تصبحُ استنتاجاتُنا مقبولةً ولها معنى. في الفصلِ 2 من الصفِّ العاشر، درسْتَ حركةَ الكرةِ الحمراءِ التي تسقطُ سقوطًا حرًّا، وعرفْتَ أن من الممكنِ الحصولَ على سرعتِها وإزاحتِها عند أيِّ لحظة، باستخدامِ معادلاتِ الحركةِ الخطّيةِ المعجَّلةِ بانتظام، مع الأخذِ بالاعتبارِ أن ($a = -g$). وحيث أن حركةَ الكرةِ الصفراءِ في الاتّجاهِ الرأسيّ، تتطابقُ تمامًا مع حركةِ الكرةِ الحمراء، فإن إزاحةَ الكرةِ الصفراءِ وسرعتَها في الاتّجاهِ الرأسيِّ يمكنُ الحصولُ عليهما بالمعادلاتِ ذاتِها.



الشكل 1-26
صُوَرٌ ستروبسكوبيةٌ لمواقعِ كرتَيْ طاولة أُطلقَتا في الوقتِ نفسِه. بالرغمِ من أنَّ الكرةَ الصفراءَ أُعطيَتْ سرعةً ابتدائيةً أفقيةً فيما أُلقيتِ الكرةُ الحمراءُ من حالةِ السكون، فإنهما تكونانِ خلالَ سقوطِهما دائمًا في مستوى أفقيٍّ واحد.

القسم 3-1

– اطلب إلى المتعلمين الإجابة عن السؤال 1 من أسئلة تحليل البيانات.

– اختر نتائج إحدى المجموعات، واستخدم برمجية لتمثيل العلاقة بين الإزاحة الرأسيّة والإزاحة الأفقية، واعرضها على المتعلّمين، ثم اطلب إليهم أن يجيبوا عن السؤالين 3، 4، من أسئلة تحليل البيانات.

– استخدم برمجية لتمثيل العلاقة بين الإزاحة الرأسيّة ومربع الإزاحة الأفقية واعرضها على المتعلمين. ثم اطلب إليهم أن يجيبوا عن الأسئلة 6، 7، 8 من أسئلة تحليل البيانات ص 84 **ك ت ط**.

– اطلب إلى المتعلمين في مجموعات أن يكتبوا أهم الاستنتاجات التي توصّلوا إليها من خلال التجربة، ثم اطلب إليهم عرضها في الركن المخصص لهم.

– كلِّف المتعلّمين أن يستكملوا الرسم البياني في الخطوتين 2، 4 من تحليل البيانات، وكلفهم أيضًا الإجابة عن أسئلة طرق التقويم ص 85 **ك ت ط**. كواجب منزلي.

الحصة 11

حفِّز: 5 دقائق

إيضاح 1

السقوط الحر والمقذوف الأفقي

الهدف: يقارن السقوط الحرّ بالمقذوف الأفقي.

المواد: جهاز قذف، كرتان متماثلتان.

الطريقة:

– احمل جهاز القذف في وضع أفقي وضع الكرتين في أماكنهما.

– أطلق الكرتين لتسقط إحداهما سقوطًا حرًا ولتقذف الأخرى أفقيًّا. واطلب إلى المتعلّمين أن يكتشفوا أي الكرتين وصلت إلى الأرض أوّلاً. ثم اطلب إليهم أن يفسّروا ما شاهدوه، واستمع إلى تفسيراتهم، وأخبرهم أنهم سيتعرفون في نهاية الدرس تفسير المشاهدات.

القسم 3-1

درّس:

استراتيجية بصريّة 15 دقيقة

اعرض الشفافة 14 (الشكل 1- 26).

- أخبر المتعلّمين أن الشكل يظهر صورة ستروبوسكوبية لكرتين: كرة حمراء أسقطت سقوطًا حرًا في اللحظة التي قذفت فيها الكرة الصفراء أفقيًا.
- اطلب إلى المتعلّمين في مجموعاتهم أن يختاروا مناط إسناد لدراسة حركة الكرة الصفراء. تأكد أنهم قد اختاروا مناطًا مكوّنًا من محور أفقي x ومحور رأسي y.
- اطلب إلى المتعلّمين أن يقارنوا حركة الكرة الصفراء في الاتّجاه الرأسي بحركة الكرة الحمراء. وتأكّد من أنهم قد أدركوا أنهما متطابقتان، ثم اطلب إليهم كتابة معادلات حركة الكرة الصفراء في الاتجاه الرأسي، نبهّهم إلى أن هذا الاتجاه نرمز إليه بالرمز y.
- اطلب إلى المتعلّمين أن يعرضوا إجاباتهم في الركن المخصّص لهم.
- اطلب إليهم أن يقارنوا إزاحات الكرة الصفراء في الاتجاه الأفقي x خلال الفترات الزمنيّة المتتالية والمتساوية، واطلب إليهم أن يوظّفوا ما توصّلوا إليه في المقارنة بين سرعات الكرة الصفراء في الإتجاه الأفقي خلال الفترات الزمنية المتتالية. تأكّد من أنهم قد توصّلوا إلى أن سرعة الكرة في الاتّجاه الأفقي ثابتة.
- اطلب إلى المتعلّمين أن يكتبوا معادلات حركة المقذوف أفقيًا في الاتجاه الأفقي. ويعرضوها في المكان المخصّص لهم.

استراتيجية بصرية 5 دقائق

اعرض الشفافة 15 (الشكل 1-27)

- اطلب إلى المتعلّمين أن يشرحوا كيف يمكن أن يحسبوا سرعة الكرة عند أي نقطة على مسارها. ذكّرهم بمحصّلة متّجهَين متعامدين، تابع المجموعات وقدّم إليها التغذية الراجعة، وعزّز الإجابات الصحيحة.

الحركةُ في الاتّجاهِ الرأسيِّ للمقذوفِ أفقيًا

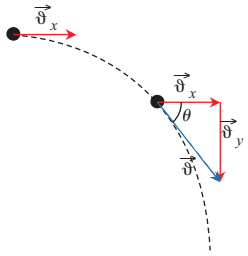
$$a_y = -g = -9.81\ \text{m/s}^2$$
$$\vartheta_{fy} = \vartheta_{iy} + a_y t$$
$$\vartheta_{fy}^2 = -2a_y \Delta y$$
$$\Delta y = -\tfrac{1}{2}\ a_y t^2$$

ندرسُ الآنَ حركةَ الكرةِ الصفراءِ في الاتّجاهِ الأفقيِّ فنلاحظُ من **الشكل 1-27** أن إزاحتَها الأفقيةَ خلالَ الفتراتِ الزمنيةِ المتساويةِ تكونُ متساوية. ما يعني أنَّ سرعتَها في الاتّجاهِ الأفقيِّ تكونُ ثابتة. وهكذا يمكنُ استخدامُ معادلاتِ الحركةِ بسرعةٍ ثابتةٍ في دراسةِ الحركةِ الأفقيةِ للمقذوفِ، حيثُ تكونُ السرعةُ الأفقيةُ للمقذوفِ خلالَ تحليقِهِ مساويةً للمركّبةِ الأفقيةِ للسرعةِ الابتدائية. ونتيجةً لهذا، توصفُ الحركةُ الأفقيةُ للمقذوفِ بالمعادلاتِ الآتية:

الحركةُ الأفقيةُ للمقذوفِ أفقيًا

$$\vartheta_x = \vartheta_{ix} = \text{ثابت}$$
$$\Delta x = \vartheta_x t$$

يُظهرُ **الشكلُ 1-27**، أنك لكي تحصُلَ على سرعةِ الكرةِ الصفراء، التي قُذفَت أفقيًّا، عندَ أي نقطةٍ على مسارِها، يتوجَّبُ عليك استخدامُ نظريةِ فيثاغورس لحسابِ مقدارِ السرعةِ، واستخدامُ دالّةِ الظلّ لتحديدِ اتّجاهِها.



الشكل 1-27
سرعةُ المقذوفِ أفقيًا عند أي نقطةٍ على مسارِه تساوي محصّلةَ المركّبةِ الأفقيةِ والمركّبةِ الرأسيةِ لسرعتِه.

سرعةُ المقذوفِ أفقيًا عندَ أي نقطةٍ على مسارِه

$$\vartheta = \sqrt{(\vartheta_x)^2 + (\vartheta_y)^2}$$
$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\vartheta_y}{\vartheta_x}\right)$$

نشاط عملي سريع

حركةُ المقذوفات

المـوادّ

- ✓ كرتانِ متشابهتان
- ✓ منحدَر

دحرجْ كرةً على طاولة. في اللحظةِ التي تتجاوزُ فيها الكرةُ الطاولةَ، أسقِطْ كرةً ثانيةً من الارتفاعِ نفسِه. هل ترتطمُ الكرتانِ بالأرضِ في الوقتِ نفسِه؟ غيِّرْ سرعةَ تدحرجِ الكرةِ الأولى. هل يؤثّرُ تغييرُ السرعةِ في وصولِ الكرتينِ إلى الأرضِ في الوقتِ نفسِه؟

دحرجْ إحدى الكرتينِ نزولاً على المنحدَرِ. دعِ الثانيةَ تسقطُ من أسفلِ المنحدَرِ في اللحظةِ التي تتجاوزُ فيها الكرةُ الأولى المنحدَرَ. أي الكرتينِ تصلُ إلى الأرضِ أولاً في هذه الحالة؟

القســـم 3-1

فكرة مفيدة للتعليم 10 دقائق

– اطلب إلى المتعلمين تتبُّع خطوات الحل للمثال 1(و) ك ط، ص 22، ودع لهم مجالاً لطرح أسئلة حول الحل، وأدر نقاشًا للإجابة عن تساؤلاتهم.

أختم وأقوّم: 10 دقائق

– اطلب إلى المتعلِّمين الإجابة عن الأسئلة الآتية:

- تطبيق 1 (و)، **ك ط**، السؤال 2، ص 23
- مراجعة القسم **ك ط**، السؤال 3، ص 26.

واجب منزلي

– تطبيق 1 (و)، **ك ط**، السؤال 1، ص 23

– مراجعة القسم **ك ط**، الأسئلة 1، 2، ص 26.

– مراجعة الفصل، **ك ط**، الأسئلة، 28، 29، 30، 31، 33، ص 35، 36.

مثال 1 (و)

حركةُ المقذوفِ أفقيًا

المسألة

في أثناء إغاثة منكوبي زلزال هاييتي عام 2010 م، أسقطَ قائدُ طائرة تابعة للهلال الأحمر الإماراتيّ سلَّةً من المعونات التموينية من طائرته التي كانَتْ تحلّقُ أفقيًا على ارتفاع 2.00×10^3 m من سطح الأرض وبسرعة 22.5 m/s، فسقطَتْ في مكان تجميع المعونات بالقرب من تجمُّع المنكوبين. كم كانَت المسافةُ الأفقيّةُ بينَ موقع الطائرة لحظةَ إسقاط السلّة ومكانَ تجميع المعونات؟

الحـــل

1. أعرِّف

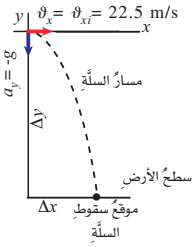
المعطى: $\Delta y = -2.00 \times 10^2$ m $a = -g = -9.81$ m/s^2 ، (السلَّةُ لحظةَ سقوطِها لها سرعةُ الطائرة نفسُها) $\vartheta_x = \vartheta_{ix} = 22.5$ m/s ، $\vartheta_{iy} = 0$ m/s

المجهول: $\Delta x = ?$

2. أخطّط

أختارُ مناطَ إسناد: أختارُ محورَ x لينطبقَ على الاتِّجاه الأفقيِّ وباتِّجاه حركة الطائرة، ومحورَ y ليكونَ في الاتِّجاه الرأسيِّ للأعلى، ونقطةَ أصل الإحداثيّات عندَ موضع الطائرة لحظةَ إسقاط السلَّة.

الرسمُ التخطيطيُّ: أرسمُ متَّجهَ السرعة الابتدائية للسلَّة ومسارَها المتوقَّعَ كما في **الشكل 1-28**.



الشكل 1-28

أختارُ معادلةَ الإزاحة الأفقية لحساب Δx.

$$\Delta x = \vartheta_x \, t$$

لكنَّ t غيرُ معلومة، فأختارُ معادلةَ الإزاحة الرأسية للحصول على الزمن.

$$\Delta y = -\frac{1}{2} g t^2$$

أُعيدُ ترتيبَ المعادلة للحصول على الزمن.

$$t^2 = \frac{2\Delta y}{-g}$$

أي أن:

$$t = \sqrt{\frac{2\Delta y}{-g}}$$

أعوِّضُ عن الزمن في معادلة الإزاحة الأفقية فيكونُ:

$$\Delta x = \vartheta_x \sqrt{\frac{2\Delta y}{-g}}$$

3. أحسب

أعوِّضُ في المعادلة وأحسبُ Δx.

$$\Delta x = (22.5) \times \sqrt{\frac{2(-2.00 \times 10^2)}{-9.81}} = \boxed{454 \text{ m}}$$

4. أقيِّم

الطائرةُ كانَتْ على مسافة أفقية تساوي 454 m لحظةَ إسقاطها السلَّةَ. نجحَ قائدُ الطائرة في إسقاط سلَّة المعونات في المكان المحدَّد، لأنّه راعى حركةَ السلَّة الأفقيَّةَ بعدَ سقوطِها من الطائرة.

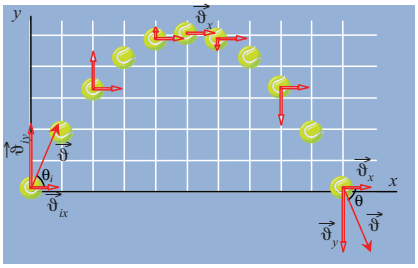
تطبيق 1 (و)

حركةُ المقذوفِ أفقيًّا

1. سقطَتْ سمكةٌ من منقارِ بجعةٍ أثناءَ طيرانِها في مسارٍ أفقيٍّ علوُّهُ 5.4 m. قطعَتِ السمكةُ مسافةً أفقيةً مقدارُها 8.0 m قبلَ اصطدامِها بسطحِ الماءِ. كم كانَتْ سرعةُ البجعةِ لحظةَ سقوطِ السمكةِ؟
2. يتمُّ تصويرُ كرةٍ بيسبول آليًّا لدى تدحرجِها على سطحِ مقعدٍ أفقيٍّ بسرعةٍ 5.0 m/s، تصطدمُ الكرةُ بالأرضِ على مسافةِ 0.25 m من قاعدةِ المقعدِ. ما ارتفاعُ سطحِ المقعدِ عن سطحِ الأرضِ؟ وما سرعةُ ارتطامِ الكرةِ بالأرضِ؟

حركةُ المقذوفِ بزاويةٍ

لندرسْ حالةَ إطلاقِ جسمٍ بزاويةٍ مع سطحِ الأرضِ. يُظهرُ الشكلُ **1-29** صورةً ستروبوسكوبيةً لكرةِ مضربٍ قُذفَتْ بسرعةٍ ابتدائيةٍ تصنعُ زاويةً حادَّةً مع الأفقيِّ، فتحرَّكَتْ على مسارٍ شكلُهُ قطعٌ مكافئٌ. لاحظْ الآتي: في الوقتِ الذي يتغيَّرُ فيه موقعُ الكرةِ في الاتِّجاهِ الرأسيِّ يتغيَّرُ في الاتِّجاهِ الأفقيِّ أيضًا، ما يعني أن دراسةَ حركةِ الكرةِ تتطلَّبُ تحليلَ حركتِها على الاتِّجاهَيْنِ الأفقيِّ (المحور x) والرأسيِّ (المحور y).



الشكل 1-29
صورةٌ ستروبوسكوبيةٌ لكرةِ مضربٍ تُقذفُ بزاويةٍ مع الأفقيِّ، تبيِّنُ مواقعَ الكرةِ كلَّ 0.2 s.

حركةُ المقذوفِ بزاويةٍ في الاتِّجاهِ الأفقيِّ بسرعةٍ ثابتةٍ

إذا تفحَّصْتَ **الشكل 1-29**، تلاحظُ أن إزاحةَ الكرةِ في الاتِّجاهِ الأفقيِّ خلالَ الفتراتِ الزمنيةِ المتساويةِ تكونُ ثابتةً، ما يعني أن مركَّبةَ سرعتِها في الاتِّجاهِ الأفقيِّ ثابتةٌ، وتساوي دومًا المركَّبةَ الأفقيةَ لسرعتِها الابتدائيةِ. لذلك توصفُ حركةُ الكرةِ في الاتِّجاهِ الأفقيِّ بالمعادلاتِ الآتيةِ:

معادلاتُ الحركةِ الأفقيَّةِ لمقذوفٍ بزاويةٍ

$$v_x = v_{ix} = v_i (\cos \theta_i)$$
$$\Delta x = v_i (\cos \theta_i)\, t$$

أجـــــوبة

تطبيق 1 (و)

حركة المقذوف أفقيًّا

1. 7.6 m/s
2. 0.01 m؛ 5.02 m/s

القســـم 3-1

الحصّتان 12 و13

حفِّز: 10 دقائق

إيضاح 2

المدى الأفقي للمقذوف

الهدف: يستكشف العوامل التي يعتمد عليهما المدى الأفقي للمقذوف.

المواد: جهاز قذف (أنبوب بلاستيكي مثبت في أسفله زنبرك)، كرة.

الطريقة:

- ثبّت جهاز القذف على سطح أفقي بحيث يميل فوق الأفقي بزاوية 30° تقريبًا.
- بوساطة الكرة اضغط الزنبرك مسافة 1cm تقريبًا، ثم اترك الكرة تنطلق ولاحظ حركتها، وانتظر حتى تعود للسطح الذي قذفت منه، ثم قس بمسطرة مترية المسافة الأفقية التي قطعتها الكرة.
- كرِّر الخطوة السابقة ولكن بتغيير زاوية الميل لتكون 40° ثم 45° ثم 50°. ما زاوية القذف التي تحقق أكبر مدى أفقي؟
- أعد ضبط جهاز القذف لتكون زاوية ميله 45°، وكرّر الخطوة السابقة، ولكن بضغط الزنبرك مسافة 2cm، واطرح السؤال الآتي:

س: ما تأثير سرعة القذف على المدى الأفقي؟

- أخبر المتعلمين أنهم في نهاية الدرس سيكونون قادرين على التنبؤ بالمدى الأفقي والارتفاع الأقصى للقذيفة.

درِّس:

استراتيجية بصرية 20 دقيقة

اعرض الشفافة 16 (الشكل 1-29)

- اطلب إلى المتعلّمين أن يصفوا مسار الكرة ويحدِّدوا مناط الإسناد المناسب لدراسة حركة الكرة. أدر نقاشًا وتأكّد من أنهم قد أدركوا أن مناط الإسناد يتكوَّن من محور أفقي x ومحور رأسي y

القسم 3-1

– اطلب إلى المتعلمين أن يدرسوا الحركة على المحور الأفقي، قدّم إليهم المساعدة ليقارنوا الإزاحات، ثم يستنتجوا ثبات السرعة. اطلب إليهم أن يكتبوا معادلات الحركة الأفقية (على المحور x). ذكّرهم بأنه يتوجّب عليهم تحليل متّجه السرعة الابتدائية لمركّبتيه.

– اطلب إلى كل مجموعة أن تُعنون المعادلات بمعادلات الحركة الأفقية للمقذوف، وتعرضها في الركن المخصص لها.

– قد يحتاج بعض المتعلمين إلى المزيد من التدريب ليتآلفوا مع المعادلات، يمكنك أن تطلب إلى المجموعات كتابة المعادلات بصور مختلفة.

استراتيجية بصرية 25 دقيقة

– اطلب إلى المتعلمين أن يدرسوا الحركة على المحور الرأسي. قدّم إليهم المساعدة ليقارنوا الإزاحات، ثم يستنتجوا أن الحركة تكون أثناء الصعود متباطئة، بينما تكون متسارعة أثناء الهبوط. اطلب إلى المتعلّمين أن يحدّدوا اتّجاه العجلة في كلتا الحالتين. قدّم إليهم المساعدة ليكتشفوا أنها دائمًا للأسفل.

– اطلب إلى المتعلمين أن يقارنوا حركة الكرة أثناء الهبوط بحركتها أثناء الصعود وساعدهم ليكتشفوا أنهما متماثلتان. أدر نقاشًا حول مقدار عجلة الحركة ليتوصل المتعلمون أن الحركة على المحور الرأسي لها عجلة ثابتة. اطلب إليهم أن يكتبوا معادلات الحركة للمقذوف في الاتّجاه الرأسي.

– اطلب إلى كل مجموعة أن تعنون المعادلات بمعادلات الحركة الرأسية للمقذوف وتعرضها في الركن المخصص لها.

– قد يحتاج بعض المتعلمين إلى المزيد من التدريب ليتآلفوا مع المعادلات، يمكنك أن تطلب إلى المجموعات كتابة المعادلات بصور مختلفة.

حركةُ المقذوفِ بزاويةٍ في الاتّجاهِ الرأسيِّ بعجلةٍ ثابتةٍ

إذا درسْتَ حركةَ الكرةِ في الاتّجاهِ الرأسيِّ، تُلاحظُ أن إزاحتَها في الاتّجاهِ الرأسيِّ خلالَ الفتراتِ الزمنيةِ المتساويةِ والمتتاليةِ تتناقصُ تدريجيًّا، حتّى تبلغَ الكرةُ ذروةَ مسارِها، ثم تبدأُ بالتزايدِ في الاتّجاهِ السالبِ، حتى تعودَ الكرةُ إلى المستوى الأفقيِّ الذي قُذِفَتْ منه. ما يعني أن المركّبةَ الرأسيةَ لسرعةِ الكرةِ تتناقصُ بمعدَّلٍ ثابتٍ، حتى تبلغَ ذروةَ المسارِ، حيث تنعدمُ المركّبةُ الرأسيةُ للسرعة. وأثناءَ نزولِ الكرةِ تتزايدُ سرعتُها بالمعدَّلِ نفسِه، ما يعني أن حركةَ الكرةِ في الاتّجاهِ الرأسيِّ تكونُ بعجلةٍ ثابتةٍ تساوي عجلةَ السقوطِ الحرِّ. لذلك توصفُ حركةُ الكرةِ في الاتّجاهِ الرأسيِّ بالمعادلاتِ الآتيةِ:

معادلاتُ الحركةِ الرأسيَّةِ لمقذوفٍ بزاويةٍ

$$a_y = -g = -9.81\ \text{m/s}^2$$

$$\vartheta_{fy} = \vartheta_i (\sin \theta_i) + a_y t$$

$$\vartheta_{fy}^2 = \vartheta_i^2 (\sin \theta_i)^2 + 2a_y \Delta y$$

$$\Delta y = \vartheta_i (\sin \theta_i) t + \frac{1}{2} a_y t^2$$

وكما في المقذوفِ أفقيًّا، فإننا لكي نحصُلَ على سرعةِ المقذوفِ بزاويةٍ، عندَ أيِّ نقطةٍ على مسارِهِ، يتوجَّبُ استخدامُ نظريةِ فيثاغورسَ لحسابِ مقدارِ السرعةِ، واستخدامُ دالَّةِ الظلِّ لتحديدِ اتّجاهِها.

مثال 1 (ز)

حركةُ المقذوفِ بزاويةٍ

المسألة

في تمريرةٍ طويلةٍ أثناءَ مباراةٍ دوليةٍ لمنتخبِ الإماراتِ الوطنيِّ، ركلَ اللاعبُ إسماعيلُ مطرُ الكرةَ فأكسبَها سرعةً ابتدائيةً 20.0 m/s في اتّجاهٍ يصنعُ زاويةً 40.0° فوقَ الأفقيِّ. ما المسافةُ الأفقيَّةُ التي قطعَتْها الكرةُ حتّى عادَتْ إلى المستوى الأفقيِّ الذي رُكلَتْ منه؟ (أهملْ مقاومةَ الهواءِ)

الحل

1. أعرِّف

المُعطى: $\vartheta_i = 20.0\ \text{m/s}$ ، $\theta_i = 40.0°$ ، $a_y = -g = -9.81\ \text{m/s}^2$ ، $\Delta y = 0$ (عادَتْ إلى المستوى الأفقيِّ الذي رُكلَتْ منه)

المجهول: $\Delta x = ?$

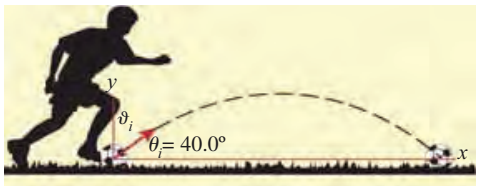
2. أخطّط

أختارُ مناطَ إسنادٍ: أختارُ محورَ x لينطبقَ على الاتّجاهِ الأفقيِّ، ومحورَ y ليكونَ في الاتّجاهِ الرأسيِّ للأعلى، ونقطةَ أصلِ الإحداثيّاتِ عندَ الموضعِ الذي رُكلَتْ منه الكُرة.

فكرة مفيدة للتعليم 15 دقيقة

– اطلب إلى المتعلمين تتبُّع خطوات الحل للمثال 1(ز) **ك ط**، ص 24. دع لهم مجالاً لطرح أسئلة حول الحل، وأدر نقاشًا للإجابة عن تساؤلاتهم. اطلب إليهم في مجموعاتهم أن يكتبوا الخطوات التي اتبعت في حل المثال.

الرسمُ التخطيطيُّ: أرسمُ متَّجهَ السرعةِ الابتدائيَّةِ للكرةِ ومسارَها المتوقَّعَ، كما في **الشكلِ 1-30**.



الشكل 1-30

أحلّلُ متَّجهَ السرعةِ الابتدائيَّةِ إلى مركَّبتَيْه:

$$\vartheta_{ix} = \vartheta_i (\cos\theta_i) = 20.0 \times \cos 40.0 = 15.3 \text{ m/s}$$

$$\vartheta_{iy} = \vartheta_i (\sin\theta_i) = 20.0 \times \sin 40.0 = 12.9 \text{ m/s}$$

أختارُ معادلةَ الإزاحةِ الأفقيَّةِ لحسابِ Δx.

$$\Delta x = \vartheta_x t \qquad (1)$$

لكنّ t غيرُ معلومةٍ، فأختارُ معادلةَ الإزاحةِ الرأسيَّةِ للحصولِ على الزمن.

$$\Delta y = \vartheta_{iy} t + \frac{1}{2} a_y t^2 \qquad (2)$$

3. أحسب **أُعوِّضُ في المعادلةِ (2) وأحسبُ t.**

$$0 = 12.9\ t + \frac{1}{2}(-9.81)t^2$$

$$0 = (12.9 - 4.91\ t)t$$

أي أن: $t = 0$ s (لحظةَ ركلِ الكرة)، أو $t = 2.63$ s

$\therefore t = 2.63$ s

أعوِّضُ في المعادلةِ (1) وأحسبُ Δx.

$$\Delta x = 15.3 \text{ m/s} \times 2.63 \text{ s} = 40.2 \text{ m}$$

4. أقيّم الإجابةُ مقنعةٌ لأنها تتوافقُ مع أبعادِ الملعبِ، وطبيعةِ تمريرةِ الكرةِ الطوليَّة.

القسم 3-1

أختم وأقوّم: 20 دقيقة

– اطلب إلى المتعلِّمين الإجابة عن الأسئلة الآتية:

- تطبيق 1 (ز)، **ك ط**، السؤال 2، ص 26
- مراجعة الفصل **ك ط**، السؤال 32، ص 36

واجب منزلي

– تطبيق 1 (ز)، **ك ط**، السؤال 1، ص 26

– مراجعة الفصل، **ك ط**، الأسئلة، 34، 35، ص 36

– **ك ت ط**، مهارات في الرياضيات، ص 11

تطبيق 1 (ز)

حركةُ المقذوفِ بزاوية

1. يضربُ لاعبُ غولف كرتَهُ من نقطةٍ على أرضٍ أفقيَّة، فتنطلقُ الكرةُ بسرعةٍ تميلُ فوقَ الأفقيِّ بزاويةِ 25.0°. إذا قطعَتِ الكرةُ مسافةً أفقيةً مقدارُها 301.5 m قبلَ أن تعودَ إلى المستوى الأفقيِّ الذي قُذِفَتْ منه:
   أ. ما مقدارُ السرعةِ التي قُذِفَتْ بها الكرة؟
   ب. ما أقصى ارتفاعٍ عن سطحِ الأرضِ وصلَتْ إليه الكرة؟
2. في مشهدِ إثارةٍ في فيلمٍ سينمائيٍّ، يقفزُ مغامرٌ من سطحِ مبنًى إلى سطحِ مبنًى آخرَ المسافةُ الأفقيةُ بينَهما 4.0 m. بعدَ أن يركضَ فوقَ السطحِ للتأهُّبِ ينطلقُ بسرعةِ 5.0 m/s ويصنعُ زاويةَ 15° فوقَ الأفقيِّ. هل يصلُ المغامرُ إلى سطحِ المبنى الآخرِ إذا كانَ السطحُ ينخفضُ عن نقطةِ القفزِ مسافةً رأسيَّةً مقدارُها 2.5 m؟

مراجعةُ القسم 3-1

1. أيٌّ مما يلي يعتبرُ مثالاً على حركةِ المقذوفات؟
   أ. إقلاعُ طائرة.
   ب. كرةُ تنسٍ تتجاوزُ شبكة.
   ج. قرصٌ بلاستيكيٌّ يحلِّقُ في الهواء.
   د. انقضاضُ صقرٍ في رحلةِ قنصٍ لالتقاطِ أرنب.
   هـ. مظلّيٌّ يهبطُ نحوَ الأرض.
   و. وثبُ ضفدعٍ من الأرضِ إلى الماء.
2. أيٌّ مما يلي يتحرَّكُ على مسارِ قطعٍ مكافئ؟
   أ. رميةٌ ثلاثيةُ النِّقاطِ لكرةِ سلَّة.
   ب. مكّوكٌ فضائيٌّ يدورُ حولَ الأرض.
   ج. كرةٌ ترتدُّ مرارًا داخلَ غرفة.
   د. غطّاسٌ يقفزُ عن صخرة.
   هـ. سترةُ نجاةٍ أسقِطَتْ من طائرةٍ عموديَّةٍ واقفةٍ في الهواء.
   و. لاعبٌ يقفزُ إلى الأمامِ في الهواءِ (قفزةً ثلاثيَّةً).
3. في المثال 1 (و)، كم تبلغُ سرعةُ ارتطامِ السلَّةِ التموينيَّةِ بالأرض؟
4. خلالَ عاصفةٍ رعدية، يرفعُ إعصارٌ عربةً إلى علوٍّ 125 m فوق الأرض. وبعد ازديادِ قوَّتِهِ، يدفعُها بسرعةٍ أفقيَّةٍ مقدارُها 90.0 m/s. كم من الزمنِ يلزمُ العربةَ لتعودَ إلى سطحِ الأرض؟ وما المسافةُ الأفقيةُ التي قطعتْها العربة؟
5. **الفيزياءُ في الحياةِ اليوميَّة:** تندفعُ التياراتُ المائيةُ في نوافيرِ المياهِ الظاهرةِ في صورةٍ مقدِّمةِ الفصلِ من مستوًى إلى آخر. تحتاجُ قطرةُ ماءٍ في تيّارٍ إلى 0.50 s من الزمنِ لترتفعَ من المستوى الأوَّلِ إلى الثاني، حيثُ المسافةُ الأفقيةُ بينهما 1.5 m. ما السرعةُ الابتدائيةُ لقطرةِ ماءٍ تندفعُ بزاويةِ 33° مع الأفقيِّ؟
6. **الفيزياءُ في الحياةِ اليوميَّة:** تندفعُ نقطةُ ماءٍ من نافورةٍ بزاويةِ 67° مع الأفقيِّ، وبسرعةٍ ابتدائيَّةٍ مقدارُها 5.0 m/s. يستغرقُ وصولُ النقطةِ إلى الوعاءِ في المستوى الأعلى 0.35 s. ما المسافةُ الرأسيةُ التي تقطعُها النقطةُ بين المستويَيْن؟

القسم 3-1

أجوبة

تطبيق 1 (ز)

حركة المقذوف بزاوية

1. أ. 62.1 m/s
   ب. 35.1 m
2. نعم؛ لأنّ المغامر لحظة وصوله إلى سطح البناية الأخرى، يكون قد قطع مسافة أفقيّة مقدارها 4.2 m وهي أكبر من المسافة بين البنايتين.

مراجعة القسم أجوبة

1. ب، و
2. أ، د، و
3. 199 m/s بزاوية 6.48° تحت الأفقي.
4. 5.05 s؛ 455 m
5. 3.6 m/s
6. 1.0 m

الحركةُ النسبيَّة

Relative Motion

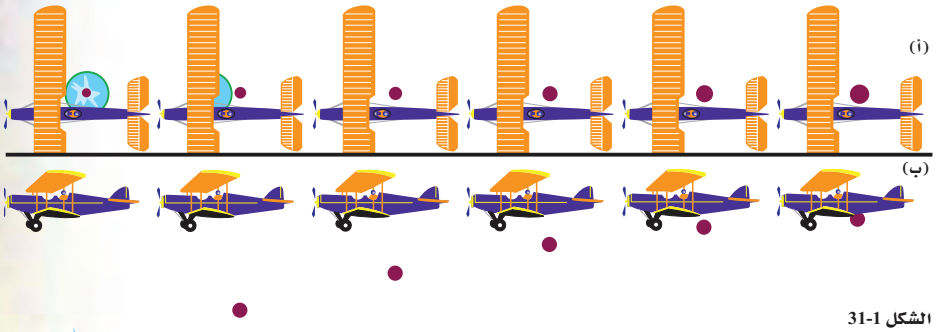
مناطاتُ الإسناد

أثناءَ قيادةِ والدِك لسيّارته، وأنتَ بجوارِه، بسرعة 80 km/h شمالاً تتجاوزهُ سيارةٌ أخرى بسرعة 90 km/h. تكونُ سرعةُ السيارةِ التي تجاوزَتْكما بالنسبةِ إليك 10 km/h، في حين أنها بالنسبةِ إلى مراقبٍ يقفُ على رصيفِ الشارعِ 90 km/h. هذا يعني أنَّ السرعةَ تعتمدُ على مناطِ إسنادِ المراقب.

السرعةُ في مناطاتِ الإسنادِ المختلفة

يقيسُ المراقبونَ الموجودونَ في مناطاتِ إسنادٍ مختلفةٍ إزاحاتٍ وسرعاتٍ مختلفةً لجسمٍ متحرِّك. لذلك يمكنُ لمراقبَيْنِ متحرِّكَيْنِ أحدُهما بالنسبةِ إلى الآخرِ ألا يتَّفقا على تفسيرِ بعضِ جوانبِ حركةٍ معيَّنة. لنفترضْ أنَّ دميةً سقطَتْ من طائرةٍ تحلِّقُ أفقيًّا فوقَ سطحِ الأرضِ بسرعةٍ ثابتة، كما في **الشكل 1-31** (أ). يصفُ مسافرٌ على متنِ الطائرةِ حركةَ الدميةِ بأنها على خطٍّ مستقيمٍ باتِّجاهِ الأرض، بينَما تبدو حركةُ الدميةِ إلى مراقبٍ على الأرضِ كحركةٍ مقذوف، كما يظهرُ في **الشكل 1-31** (ب). بالنسبةِ إلى مراقبٍ على الأرض، فإن سرعةَ الدميةِ لها مركَّبةٌ رأسيَّةٌ تساوي السرعةَ التي يقيسُها المسافرُ على الطائرة، نتيجةَ لعجلةِ السقوطِ الحرِّ، كما أن لها مركَّبةً أفقيَّةً، لأنها كانَتْ متحرِّكةً مع الطائرة.

بإهمالِ مقاومةِ الهواء، فإنَّ كلا المُلاحِظَيْنِ سيُلاحظانِ أن الدميةَ تبقى تحتَ الطائرةِ مباشرةً، وستصلُ إلى الأرضِ في اللحظةِ التي تكونُ الطائرةُ فوقَها تمامًا.



الشكل 1-31

(أ) بالنسبةِ إلى مراقبٍ في الطائرة، تبدو الدميةُ المتمثِّلةُ ببقعةٍ حمراءَ داكنةٍ كأنَّها تسقطُ رأسيًّا إلى أسفل. (ب) بالنسبةِ إلى مراقبٍ على الأرض، تسيرُ الدميةُ على مسارِ قطعٍ مكافئ.

4-1 مؤشِّراتُ الأداء

- يصفُ الحركةَ بدلالةِ مناطِ الإسناد.
- يحلُّ مسائلَ تتضمَّنُ السرعةَ النسبية.

مخطط القسم 4-1: الحركة النسبية

الوقت المطلوب: حصّتان (90 دقيقة)

الحصّتان 14 و15

حفِّز: 5 دقائق

اطرح الأسئلة الآتية:

س: هل يمكن لراصدَيْن لحدث أن يصفاه بطريقتين مختلفتين؟

س: لماذا تبدو أعمدة الكهرباء متحركة بالنسبة إلى راكب سيارة تتحرّك على الطريق؟

س: لماذا يختلف زمن رحلة الذهاب لطائرة عن زمن رحلة الإياب؟

س: لماذا تكون الأضرار الناتجة عن تصادم سيّارتَيْن تتحرّكان في اتّجاهين متعاكسَين أكبر منها في حالة كون السيّارتَين تتحرّكان في الاتّجاه نفسه؟

– استمع إلى إجابات المتعلّمين وتقبّل المعقولة منها. ثم أخبرهم بأنهم سيكونون في نهاية الدرس قادرين على الإجابة عن هذه الأسئلة وغيرها.

درِّس:

إيضاح 3 20 دقيقة

السرعة النسبية

الهدف: يقيس السرعة النسبية لعربة بالنسبة إلى عربة أخرى.

المواد: عربتان ميكانيكيتان، مجرى عربة، دقّاق زمني، مسطرة، قلم رصاص.

الطريقة:

– اضبط سرعة إحدى العربتين على ϑ_1 وثبِّت الدقّاق الزمني عليها، واضبط الزمن الدوري للدقاق على 10 ms.

– اضبط سرعة العربة الثانية على ϑ_2، ثم ضع العربتين على المجرى، بحيث تكون المسافة بينهما 50 cm. وبحيث يكون لحركتهما الاتجاه نفسه.

– ألصق الشريطَ في طرف العربة الثانية ومرِّره في العداد فوق العربة الأولى، ثم شغّل العربتَين لفترة قصيرة، ثم أوقفهما معًا.

– اسحب الشريط واستخدمه في حساب سرعة العربة الثانية بالنسبة إلى العربة الأولى.

– أعد التجربة مرّة أخرى بوضع العربتَين على المجرى، بحيث تتحركان في اتجاهين متعاكسَين.

– اطلب إلى المتعلّمين أن يحدّدوا أي الحالتين كانت فيها السرعة التي يسجّلها العداد أكبر، ويقترحوا تفسيرًا. أدر نقاشًا وتأكّد من أن المتعلّمين قد أدركوا أن السرعة تختلف باختلاف حالة الراصد، أي أنها نسبية.

القسم 4-1

استراتيجية بصرية 10 دقائق

اعرض الشفافة 17 (الشكل 1-31)

– اطلب إلى المتعلّمين أن يصفوا مسار اللعبة كما يراها راكب الطائرة، وكما يراها المشاهد على الأرض. اطلب إليهم أن يوظّفوا نتيجة الإيضاح في تفسير ما يشاهدوه.

فكرة مفيدة للتعليم 15 دقيقة

– أخبر المتعلّمين أن السرعة النسبية لجسم A بالنسبة إلى جسم آخر B هي ناتج طرح متّجهَي سرعتهما بالنسبة إلى جسم ثالث (كالأرض مثلاً) أي أن: $\vec{\vartheta}_{AB} = \vec{\vartheta}_{Ae} - \vec{\vartheta}_{Be}$

– اطلب إلى المتعلّمين أن يكتبوا هذه المعادلة على صورة جمع متّجهَين. ذكّرهم بأن $[\vec{\vartheta}_{Be} = -\vec{\vartheta}_{eB}]$. تأكّد من أن المتعلّمين قد توصلوا إلى المعادلة:

$$\vec{\vartheta}_{AB} = \vec{\vartheta}_{Ae} + \vec{\vartheta}_{eB}$$

– اطلب إليهم أن يلاحظوا ترتيب الأحرف السفليّة.

– قد يحتاج بعض المتعلّمين إلى إعطاء أكثر من مثال ليكتشفوا ترتيب الأحرف السفلية قدِّم أمثلة أخرى مثل سرعة قارب بالنسبة إلى مراقب على الشاطئ.

– اطلب إلى المتعلّمين أن يطبّقوا المعادلة ليفسروا لماذا تكون سرعة إحدى العربتين بالنسبة إلى الأخرى في الإيضاح أكبر عندما تكون العربتان متحركتين في اتّجاهَين متعاكسَين.

الفيزياء والحياة 10 دقائق

اطلب إلى المتعلّمين أن يجيبوا عن سؤالي الفيزياء والحياة، واطلب إليهم أن يرمزوا كل من عجلة الكرة بالنسبة إلى الأرض وعجلة المصعد بالنسبة إلى الأرض، ثم يطبّقوا المعادلة السابقة لحساب عجلة الكرة بالنسبة إلى المصعد، ثم يكرّروا الأمر نفسه مع إزاحة كل من الطائرة وإزاحة حاملة الطائرات.

السرعةُ النسبيَّة

في حالة السيّارة التي تجاوزَتْ سيارةَ والدِكَ لا يلزمُكَ جهدٌ لتصلَ إلى النتيجة المرجوَّة. قد تواجهُ حالاتٍ أصعبَ، مما يضطرُّكَ إلى استخدام طريقةٍ أكثرَ منهجيَّةً وفائدةً لحلّ المسائل. لتطوير هذه الطريقة، تُكتَبُ المعلوماتُ المعطاةُ التي يتعيَّنُ الحصولُ عليها على شكلِ سرعاتٍ ذاتِ رموزٍ سفليةٍ كالتالي:

$$\vec{\vartheta}_{fe} = 80\ \text{km/h}$$ شمالاً

الرمزُ $\vec{\vartheta}_{fe}$ يعني سرعةَ سيّارةِ والدِك (f) بالنسبة إلى مراقبٍ على الأرض (e).

$$\vec{\vartheta}_{oe} = 90\ \text{km/h}$$ شمالاً

الرمزُ $\vec{\vartheta}_{oe}$ يعني سرعةَ السيّارةِ الأخرى (o) بالنسبة إلى مراقبٍ على الأرض (e).

لإيجاد سرعة السيّارة الأخرى بالنسبة إليك كمراقب في سيّارة والدك $\vec{\vartheta}_{of}$ تُكتَبُ معادلتُها بدلالة السرعتَيْن الأخريَيْن، بحيثُ تبدأُ الرموزُ السفليةُ في الطرف الأيسر للمعادلة بـ o وتنتهي بـ f، لكن إلى يمين المعادلة. فالرمزُ السفليُّ لأيِّ سرعةٍ يبتدئُ بالحرفِ الذي انتهى به الرمزُ السفليُّ للسرعة السابقة.

$$\vec{\vartheta}_{of} = \vec{\vartheta}_{oe} + \vec{\vartheta}_{ef}$$

هذا التوجُّهُ في إضافة الرموز السفلية يشابهُ عمليةَ جمع المتّجهات، فتُرسَمُ المتّجهاتُ بحيثُ تتلاقى ذيلاً برأس، فتكونُ المحصِّلةُ من ذيل المتّجه الأوّل إلى رأس المتّجه الأخير.

إذا أخذْنا اتّجاهَ الشمال موجبًا، نجدُ أنَّ $\vec{\vartheta}_{ef} = -\vec{\vartheta}_{fe}$، ما يعني أن سرعةَ سيّارةِ والدِك بالنسبة إلى مراقبٍ على الأرض $+80\ \text{km/h}$، بينما تكونُ سرعةُ المراقبِ على الأرض بالنسبة إليك كمراقبٍ في سيارةِ والدِك $-80\ \text{km/h}$. وبالتالي يكونُ:

$$\vec{\vartheta}_{of} = +90\ \text{km/h} - 80\ \text{km/h} = +10\ \text{km/h}$$

الإشارةُ الموجبةُ تدلُّ على أنَّ السيارةَ التي تجاوزَتْكم بالنسبة إليكَ وإلى والدِك تتحرَّكُ بسرعة $10\ \text{km/h}$ شمالاً.

يَسَعُكَ استخدامُ المعادلةِ أعلاهُ واتّباعُ الطريقةِ السابقةِ في كتابةِ الرموزِ السفليةِ في مسائلَ مشابهة.

هل تعلم؟

تعتمدُ الإزاحةُ والعجلةُ، مثلُ السرعة، على مناطِ الإسنادِ الذي يتمُّ فيه قياسُهُما. من المفيدِ أحيانًا تصوُّرُ الجاذبية، كما لو أن الأرضَ تتسارعُ في اتّجاهِ المقذوفِ وليسَ العكس.

الفيزياءُ والحياة

1. تسارُعُ مصعد:
أسقطَ ولدٌ كرةً مطّاطيةً صغيرةً داخلَ مصعدٍ يتحرَّكُ إلى أسفلَ في اللحظةِ التي أخذَ فيها المصعدُ يتباطأ. هل عجلةُ الكرةِ بالنسبةِ إلى المصعدِ أكبرُ أم أصغرُ من عجلتِها بالنسبةِ إلى سطحِ الأرض؟

2. حاملةُ الطائرات:
لماذا تحطُّ الطائرةُ على مؤخَّرِ حاملةِ الطائراتِ بدلاً من مقدَّمِها؟

أجوبة

الفيزياء والحياة

1. أكبر منها لأن المصعد يتسارع صعودًا في اتجاه الكرة الساقطة سقوطًا حرًا.
2. لأن سرعة الطائرة تكون أبطأ بالنسبة إلى حاملة الطائرات مما يمكنها من التوقف قبل وصولها إلى نهاية مدرج الهبوط على الحاملة.

مثال 1 (ح)

السرعةُ النسبيَّة

المسألة

يعبرُ قاربٌ نهرًا متوجِّهًا شمالاً بسرعة 10.00 km/h بالنسبة إلى ماء النهر، بينما تجري مياهُ النهر شرقًا بسرعة 5.00 km/h. جدْ سرعةَ القاربِ بالنسبة إلى مراقبٍ على ضفَّة النهر.

الحـــل

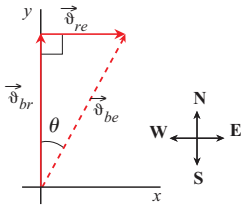
1. أعرّف

المعطى: شمالاً $\vec{\vartheta}_{br} = 10.00\ \text{km/h}$ (سرعةُ القاربِ b بالنسبة إلى ماء النهرِ r)

شرقًا $\vec{\vartheta}_{re} = 5.00\ \text{km/h}$ (سرعةُ مياهِ النهرِ r بالنسبة إلى مراقبٍ على الأرض e)

المجهول: $\vec{\vartheta}_{be} = ?$

الرسمُ التخطيطي:



2. أخطّط

أختارُ معادلة: لإيجادِ $\vec{\vartheta}_{be}$ ، أكتُبُ المعادلةَ، شرطَ أن تبدأ الرموزُ السفليةُ، إلى جهةِ اليمينِ من المعادلةِ، بـ b وتنتهي بـ e.

$$\vec{\vartheta}_{be} = \vec{\vartheta}_{br} + \vec{\vartheta}_{re}$$

كما في **القسم 1-2** أستخدمُ نظريةَ فيثاغورس لحسابِ مقدارِ محصِّلةِ السرعة، ودالَّةَ الظلِّ للحصولِ على الاتِّجاه.

$$(\vartheta_{be})^2 = (\vartheta_{br})^2 + (\vartheta_{re})^2$$

$$\tan\theta = \frac{\vartheta_{re}}{\vartheta_{br}}$$

للحصولِ على المجهولَيْن، أعيدُ ترتيبَ المعادلات:

$$\vartheta_{be} = \sqrt{(\vartheta_{br})^2 + (\vartheta_{re})^2}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\vartheta_{re}}{\vartheta_{br}}\right)$$

3. أحسب

أعوِّضُ قيمةَ المجهولِ في المعادلة:

$$\vartheta_{be} = \sqrt{(10.00\ \text{km/h})^2 + (5.00\ \text{km/h})^2}$$

$$\boxed{\vartheta_{be} = 11.18\ \text{km/h}}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{5.00}{10.00}\right) = \boxed{26.6^\circ}$$

4. أقيِّم

أستنتجُ أنَّ القاربَ ينتقلُ بسرعة 11.18 km/h بزاوية °26.6 شرقَ شمال، بالنسبة إلى مراقبٍ يقفُ على ضفَّة النهر. القاربُ يتحرَّكُ بسرعة أكبرَ من سرعته بالنسبة إلى الماء، وباتِّجاهٍ يختلفُ عن وجهته التي انطلقَ بها، لأنَّ تيّارَ الماءِ يدفعُه فيكسبُه سرعةً إضافيَّة.

القســـم 4-1

فكرة مفيدة للتعليم 15 دقيقة

– اطلب إلى المتعلِّمين تتبُّع خطوات الحل للمثال 1(ح) **ك ط**، ص 29. دع لهم مجالاً لطرح أسئلة حول الحل، وأدر نقاشًا للإجابة عن تساؤلاتهم. اطلب إلى المتعلمين في مجموعاتهم أن يكتبوا الخطوات التي اتّبعت في حل المثال.

أختم وأقوّم: 15 دقيقة

– اطلب إلى المتعلِّمين الإجابة عن الأسئلة الآتية:

- تطبيق 1 (ح)، **ك ط**، السؤال 3، ص 30
- مراجعة القسم **ك ط**، السؤال 2، ص 30

واجب منزلي

– تطبيق 1 (ح)، **ك ط**، السؤالان 1، 2، ص 30

– **ك ت ط**، السؤال 3، ص 14.

تطبيق 1 (ح)

السرعةُ النسبيَّةُ

1. يقفُ مسافرٌ في مؤخَّرِ قطارٍ سرعتُهُ 15 m/s بالنسبةِ إلى مراقبٍ يقفُ على الأرضِ ويرمي كرةً بسرعةِ 15 m/s عكسَ اتِّجاهِ حركةِ القطارِ. ما سرعةُ الكرةِ لحظةَ رميِها بالنسبةِ إلى مراقبٍ يقفُ على الأرضِ؟
2. ذهبَتْ عائلةٌ في رحلةٍ بحريةٍ على متنِ سفينةٍ في خورِ دُبَيّ. إذا ركضَ الولدُ ماجدٌ إلى مؤخَّرِ السفينةِ بسرعةِ 3.5 m/s، وكانت السفينةُ تتحرَّكُ بسرعةِ 18.0 m/s، فما سرعةُ ماجدٍ بالنسبةِ إلى مراقبٍ يقفُ على رصيفِ حديقةِ الخورِ؟ بيِّنْ طريقةَ استنتاجِك.
3. تتحرَّكُ شاحنةٌ لنقلِ الحيواناتِ الأليفةِ بسرعةِ 25.0 m/s شمالاً على طريقٍ عامٍ. يتحرَّكُ أرنبٌ داخلَ الشاحنةِ بسرعةِ 1.75 m/s، بزاويةِ 35.0° شرقَ الشمالِ. ما سرعةُ الأرنبِ بالنسبةِ إلى مراقبٍ يقفُ على جانبِ الطريقِ؟

مراجعةُ القسمِ 4-1

1. اشرحْ حركةَ الأجسامِ التاليةِ بالنسبةِ إلى مناطِ الإسنادِ المذكورِ في النصّ:
   أ. شخصٌ واقفٌ على الرصيفِ يُراقِبُهُ شخصٌ في قطارٍ يتحرَّكُ شمالاً.
   ب. قطارٌ يتحرَّكُ شمالاً يراهُ شخصٌ واقفٌ على السفينةِ.
   ج. طفلٌ يراقبُ كرةً سقطَتْ من يدِهِ وهو يسيرُ بسرعةِ 1 m/s.
   د. كرةٌ سقطَتْ من متعلِّمٍ يتحرَّكُ بسرعةِ 1 m/s، كما يراها زميلٌ له واقفٌ بجانبِه.
2. يتحرَّكُ سلطانُ على درّاجةٍ ذاتِ عشرِ سرعاتٍ، بسرعةِ 9 m/s بالنسبةِ إلى مراقبٍ يقفُ على الأرضِ، ويصادفُ حامدًا على درّاجةٍ بثلاثِ عَجَلاتٍ يسيرُ في الاتِّجاهِ المعاكسِ.
   إذا كانَتْ سرعةُ حامدٍ بالنسبةِ إلى مراقبٍ يقفُ على الأرضِ 1 m/s، فكم تكونُ سرعتُهُ بالنسبةِ إلى سلطان؟
3. يدحرجُ سعيدٌ كرةً في مطارِ أبو ظبي الدوليِّ في اتِّجاهِ الشمالِ، على ممشىً يتحرَّكُ شرقًا. إذا كانَ مقدارُ سرعةِ الكرةِ بالنسبةِ إلى الممشى 0.15 m/s، ومقدارُ سرعةِ الممشى بالنسبةِ إلى مراقبٍ يقفُ على الأرضِ 1.50 m/s، فما سرعةُ الكرةِ بالنسبةِ إلى مراقبٍ يقفُ على الأرض؟

القسم 4-1

أجوبة

تطبيق 1 (و)

السرعة النسبية

1. 0 m/s
2. 14.5 m/s في اتجاه سير السفينة.
3. 26.4 m/s بزاوية 2.17° شرق الشمال.

مراجعة القسم
أجوبة

1. أ. يبدو متحرّكًا جنوبًا بسرعة تساوي سرعة القطار.
   ب. يتحرك شمالاً.
   ج. تظهر وهي تسقط مباشرةً إلى أسفل.
   د. تتحرك على مسار قطع مكافئ.
2. 10 m/s في الاتجاه المعاكس.
3. 1.51 m/s بزاوية 5.7° شمال الشرق.

استزد: 5 دقائق

قراءة علمية

أثناء السفر بين بلدين متقاربين، يمكن اعتبار حركة الطائرة عند ارتفاع معيَّن، حركة في مستوى. إلا أن ذلك لا يصح عند السفر بين القارات أو المحيطات، ذلك أن كروية الأرض تجعل الطيران فوق الأرض، على ارتفاع ثابت، حركةً على سطح كرة افتراضية أكبر من الكرة الأرضية. عندها لا يمكن اعتبار حركة الطيران تتم في مستوى.

ثم إن الاتجاهات الأربعة تتغيَّر باستمرار أثناء الرحلات الجوية الطويلة. فاتجاه الشمال مثلاً هو المتّجه الذي يربط موقع الطائرة بالقطب الشمالي للكرة الأرضية. عندما تقطع الطائرة مسافة طويلة، يتغير هذا الاتجاه بشكل واضح وتتغيَّر معه باقي الاتجاهات (الجنوب والشرق والغرب).

الشكل 1-32
الطيارُ أحمدُ الشامسيّ

رحلةٌ جويةٌ مع الطيّارِ أحمدَ الشامسيّ

هل تعتقدُ أنّ بإمكانِ طيّارٍ أن يحدِّدَ مسارًا لرحلةٍ جويةٍ دونَ علمٍ بالمتَّجهات؟ وهل سيصلُ، والحالُ كذلك، إلى المكانِ المحدَّدِ بشكلٍ آمنٍ وخلالَ الفترةِ الزمنيَّةِ المحدَّدة؟ ماذا يحدثُ إن أخطأَ في تحديدِ المسارِ مقدارًا واتِّجاهًا؟ لا يُنكرُ أحدُنا أهمِّيَّةَ المساراتِ للطيّارينَ والملاّحين، فلو أخطأَ الطيّارُ في تحديدِ المسافاتِ أو الاتِّجاهاتِ لحدثَتْ مشكلةٌ، مثلُ عدمِ وجودِ كمّيةٍ كافيةٍ من الوقودِ، أو الاصطدامِ بطائرةٍ أخرى، أو الدخولِ في مساراتٍ أخرى أو غيرِ ذلك.

نتعرَّفُ إلى الطيّارِ أحمدَ محمَّد الشامسيِّ (**الشكل 1-32**) الذي يخبرُنا من خلالِ تجربتِهِ في الطيرانِ عن أهمّيةِ المتَّجَهاتِ في تحديدِ المسارات. الكابتنُ الشامسيُّ من مواليدِ 1961/12/13 من إمارةِ دُبَيّ، وهو قائدٌ في طيرانِ الإماراتِ منذُ سنةِ 1987، ومديرُ الدائرةِ الفنيةِ والمشاريعِ بدائرةِ العملياتِ، ومدرِّبٌ، وممتحِنٌ، حاصلٌ على بكالوريوس في علومِ الطيرانِ من جامعةِ «امبري ريدل» في ولايةِ فلوريدا، الولاياتِ المتحدةِ الأميركيةِ سنةَ 2001.

حولَ الاستعدادِ للرحلاتِ يخبرُنا الطيّارُ الشامسي أنه يجبُ تحديدُ المسارِ الجويِّ مسبقًا، وقبلَ الانطلاقِ من نقطةِ الإقلاعِ وصولاً إلى نقطةِ الهبوطِ، وذلك لتلافي حوادثِ التصادمِ بينَ الطائرات.

وحولَ كيفيةِ اختيارِ المساراتِ الجوّيةِ يَذكرُ أنَّ هناك عدَّةَ مساراتٍ جوّيةٍ تربطُ بينَ المطارات، لكنَّ الشركاتِ تختارُ الأنسبَ منها بحيثُ يكونُ المسارُ:

أ. أقصرَ الخطوطِ مسافة.
ب. مغطًّى بخطِّ مكالماتٍ غيرِ منقطعٍ بين الطائرةِ والمراقبةِ الجوّية.
ج. الأقلَّ تكلفةً من الناحيةِ المادّيةِ والأفضلَ من ناحيةِ تقديمِ خدماتِ المراقبةِ الجوّيةِ المستمرَّةِ التي تقدِّمُها الدولُ إلى الطائراتِ التي تحلِّقُ في أجوائِها.
د. بعيدًا قدرَ الإمكانِ عن الطيرانِ بعكسِ اتِّجاهِ الرياحِ الجوّيةِ القوية. ويفضَّلُ الطيرانُ مع اتِّجاهِ تلك الرياحِ مما يساعدُ على اختصارِ الوقتِ وتوفيرِ الوَقودِ المستخدَم.
هـ. آمنًا وبعيدًا عن التحليقِ فوقَ المناطقِ المرتفعةِ والمناطقِ العسكريةِ الخاصّةِ بالدولِ التي تعبرُها الطائرة.

ويستعرضُ الطيّارُ الشامسيُّ رحلتَهُ الجوّيةَ من مطارِ دُبَيَّ الدوليِّ إلى مطارِ القاهرةِ الدوليّ. تستعدُّ الطائرةُ للإقلاعِ بعدَ استكمالِ جميعِ المتطلَّباتِ، ومنها التصريحُ المسبقُ

القسم 1-4

سرعة الطيران «نسبية»!

قد يطرح أحدهم الإشكالية التالية: «بما أن الأرض تدور، فلماذا لا تنطلق طائرة هليكوبتر إلى نقطة ثابتة فوق سطح الأرض وتنتظر في موقعها الثابت فترة زمنية معينة. فتدور الأرض تحت الطائرة أثناء الفترة نفسها، وتحط الطائرة في بلد آخر دون أي سرعة أفقية؟»

هل يمكن ذلك؟ طبعًا لا، لأن الغلاف الجوي المحيط بالأرض يدور معها بالسرعة نفسها. فأي طائرة هليكوبتر تقلع رأسيًّا «بالنسبة إلى الأرض» تكتسب في الحقيقة سرعة الأرض الأفقية عند الإقلاع، وتبقى كل من الأرض والطائرة تدوران بالسرعة نفسها بالنسبة إلى مراقب في الفضاء الخارجي، وتكونان ثابتتين إحداهما بالنسبة إلى الأخرى.

بالطيران على مسار يتضمَّنُ استخدامَ مجموعةٍ من الخطوطِ الجويةِ التي لها أسماءٌ أو رموزٌ مختلفةٌ يكونُ الطيّارُ والمراقبُ الجويُّ على علمٍ تامٍّ بها. يقومُ الطيّارُ بتخزينِ هذا المسارِ في الجهازِ الآليِّ الموجودِ داخلَ قُمْرةِ القيادةِ، وبهِ يتحكَّمُ بالطائرةِ تحكُّمًا آمنًا بعدَ الإقلاعِ مباشرةً. يُعتمدُ اتِّجاهُ الشمالِ كمحورٍ رئيسٍ لقياسِ الزوايا (0° أو 360°) ويُسمّى اتِّجاهُ الشمالِ المغناطيسيّ. والاتِّجاهُ الموجبُ للدورانِ هو اتِّجاهُ عقاربِ الساعة.

تقلعُ الطائرةُ من نقطةِ (رانبي) على المدرجِ الشماليِّ في مطارِ دُبَيّ (باتِّجاهِ 30°) ثم:

أ. تتابعُ باتِّجاهِ (300°).

ب. بعدَ الارتفاعِ إلى 1500 قدمٍ تنحرفُ قليلاً إلى اليسارِ (276°) إلى نقطةِ رانبي.

ج. تنحرفُ قليلاً إلى اليمينِ (285°) إلى نقطةِ بالاس حيثُ يصلُ ارتفاعُها إلى 30 000 قدم، فإلى نقطةِ يورينو باتجاهِ 292°.

د. ترتفعُ الطائرةُ إلى 32 000 قدم، ثم تتحرَّكُ إلى نقطةِ بيمال.

هـ. ترتفعُ إلى 34 000 قدم، ثم تنحرفُ بِـ 265° إلى نقطةٍ فوق مطارِ الملكِ فهدِ الدوليّ.

و. تنحرفُ قليلاً إلى اليمينِ بِـ 279° عند نقطةِ بوبان ثم تتَّجهُ إلى اليسارِ بِـ241°.

ز. يغيِّرُ الطيَّارُ الاتجاهَ إلى 269° فوقَ نقطةٍ حليفةٍ قاطعًا مسافةً مجموعُها 343 ميلاً.

ح. تتجهُ الطائرة يسارًا بِـ 262° وتصلُ معها إلى نقطةِ الوجهِ.

ط. بعدَها تنحرفُ إلى اليمينِ بِـ 311° وترتفعُ إلى 38 000 قدمٍ بطلبٍ من قائدِ الطائرةِ وموافقةِ المراقبِ الجوّيِّ، وذلك حتى نقطةِ الهبوطِ التدريجيّ.

ي. تتغيَّرُ الاتجاهاتُ بدرجةٍ بسيطةٍ فوقَ نقطةِ شرمِ الشيخ، ثم تتجهُ الطائرةُ يسارًا بِـ 306° مسافةً قدرُها 187 ميلاً.

ك. على بعدِ حوالي 40 ميلاً من مطارِ القاهرةِ يتكفَّلُ المراقبُ الجويُّ بتحمُّلِ مسؤوليةِ التحكُّمِ بالاتِّجاهِ والارتفاعِ الآمنَيْنِ للطائرةِ تحتَ ملاحظةِ قائدِ الطائرة. يتمُّ ذلك عبرَ استخدامِ أحدثِ الأجهزةِ وتقريبِ الطائرةِ من المطارِ ومن المدرجِ المخصَّصِ للهبوطِ، إلى حينِ وضعِها على ارتفاعٍ مريحٍ يسهِّلُ للطيّارِ التدرُّجَ في الهبوطِ في اتِّجاهٍ يكونُ عادةً بعكسِ اتِّجاهِ الرياح.

بدأَ التحليقُ على ارتفاعِ 30 000 قدمٍ، ثم ارتفعَ إلى 38 000 قدم. تقطعُ الطائرةُ خلالَ الرحلةِ مسافةَ 1433 ميلاً. استغرقتِ الرحلةُ ثلاثَ ساعاتٍ وأربعينَ دقيقة.

تخيَّلْ ما يمكنُ أن يحدُثَ لو لم يلتزمِ الطيَّارون بالمسارِ المحدَّدِ من حيثُ المقدارُ والاتِّجاهُ والزوايا، وما يمكنُ أن يحدثَ لو لم يتمَّ تحديدُ مسارِ الطيرانِ بشكلٍ مُسبقٍ.

ملخَّصُ الفصل 1

مصطلحاتٌ أساسية

الكمّيةُ القياسية
Scalar quantity (ص 4)

الكمّيةُ المتَّجهة
Vector quantity (ص 4)

مركّباتُ المتَّجه
Components of a vector (ص 11)

الضربُ القياسيُّ للمتَّجهات
Scalar product (ص 15)

الضربُ الاتّجاهيُّ للمتَّجهات
Vector product (ص 16)

حركةُ المقذوف
Projectile motion (ص 19)

أفكارٌ أساسية

القسم 1-1 مدخلٌ إلى المتَّجهات

- الكمّيةُ القياسيةُ يمكنُ تحديدُها تمامًا بوساطةِ مقدارِها. أما الكمّيةُ المتَّجهةُ فلها مقدارٌ واتّجاه.
- تمثَّلُ الكمّيةُ المتَّجهةُ بمتَّجهٍ يدلُّ طولُه على مقدارِ الكمّيَّةِ، واتّجاهُه على اتّجاهِها.

القسم 1-2 عملياتُ المتَّجهات

- يمكنُ جمعُ المتَّجهاتِ بيانيًّا باستخدامِ طريقةِ مثلَّثِ المتّجهات، وذلك بترتيبِ المتَّجهاتِ بحيثُ ينطبقُ ذيلُ المتَّجهِ الثاني على رأسِ المتَّجهِ الأوَّل. وتكونُ المحصِّلةُ: المتَّجهَ الواصلَ من ذيلِ المتَّجهِ الأوَّلِ إلى رأسِ المتَّجهِ الثاني.
- يمكنُ استخدامُ نظريةِ فيثاغورس لإيجادِ مقدارِ محصِّلةِ متَّجهَيْن متعامدَيْن، ودالَّةِ الظلِّ لتحديدِ اتّجاهِها.
- يمكنُ استخدامُ دالَّتَيِ الجيبِ وجيبِ التمامِ لتحليلِ المتَّجهاتِ إلى مركَّباتِها المتعامدة.
- يمكنُ ضربُ المتَّجهاتِ قياسيًّا أو اتّجاهيًّا.

القسم 1-3 حركةُ المقذوفات

- مع إهمالِ تأثيرِ مقاومةِ الهواء، تكونُ حركةُ المقذوفِ في الاتّجاهِ الأفقيِّ بسرعةٍ ثابتة، بينما تكون حركتُهُ في الاتّجاهِ الرأسيِّ بعجلةٍ ثابتةٍ تساوي عجلةَ السقوطِ الحرّ.
- بانعدامِ مقاومةِ الهواءِ تتَّبعُ المقذوفاتُ مسارَ القطعِ المكافئ.

القسم 1-4 الحركةُ النسبيَّةُ

- إذا أُشيرَ إلى مناطِ الإسنادِ برموزٍ سفلية ($\vec{\vartheta}_{ab}$ سرعةُ a بالنسبةِ إلى b). عندئذٍ تُكتَبُ سرعةُ الجسمِ في مناطِ إسنادٍ آخرَ بجمعِ السرعاتِ المعطاة، شرطَ أن يبدأَ رمزُ أيِّ سرعةٍ لاحقةٍ بالرمزِ الذي تنتهي به السرعةُ السابقة.

$$\vec{\vartheta}_{ab} = \vec{\vartheta}_{ac} + \vec{\vartheta}_{cb}$$

- إذا عُكسَ ترتيبُ الرموزِ السفليةِ للسرعةِ ينعكسُ اتّجاهُها كما في المثال:

$$\vec{\vartheta}_{cd} = -\vec{\vartheta}_{dc}$$

رموزُ الأشكال

المتَّجهُ (لأي كمّية فيزيائيَّة)	⟶
متَّجهُ المحصِّلة	⇢
المركَّبة	⟹

مراجعة

الوقت المطلوب: حصّتان (90 دقيقة)
الحصة 16

مراجعة الفصل:

ــ ملخّص الفصل، **ك ط** ص 33، توجز هذه الصفحة مفاهيم الفصل الأساسية ومعادلاته.

فكرة مفيدة للتعليم

ليحضر المتعلِّمون خريطة مفاهيم لكل درس تتضمّن معظم التعابير اللغوية التي تتكامل مع غيرها من التعابير والمفاهيم.

ــ مراجعة عامة، **ك ط** ص 37-38. عيِّن الأسئلة 49-55.

ــ **ك ت ط** ص 13، «الحركة في بُعدين والمتجهات»، تشتمل نشاطات المراجعة العامة على أسئلة تختبر فهم المتعلمين للكثير من المفاهيم الواردة في الفصل.

إجابات

1. لا، يجب أن يكونا متساويين في المقدار ومتعاكسين.
2. سرعة جسم تساوي 30 m/s- شرقًا.
3. لا لأن الكميّة القياسية ليس لها اتّجاه. وعمليّة الجمع تكون للكميات المتشابهة فقط.
4. أ. 12.0 وحدة باتجاه المحور z السالب.
   ب. 5.00 وحدات بزاوية 53.1° فوق المحور x الموجب.
   ج. 8.54 وحدات بزاوية 69.4° تحت المحور x الموجب.
   د. صفر.
5. أ. 4.24 m بزاوية 450° فوق المتّجه $\vec{A}$.
   ب. 6.7 m بزاوية 63.43 تحت المتّجه $\vec{A}$.
   ج. 9.00 m بزاوية 30° بالنسبة إلى محور x الموجب.
   د. صفر، لأنهما متعامدان.
6. 7.9 m بزاوية 4.3° شمال الغرب.
7. 15.3 m بزاوية 58.4° جنوب الشرق.
8. عندما يكون المتّجهان في الاتجاه نفسه.
9. 55 وحدة، لأنّ $|A-B|$ R $|A+B|$ أي أنّ 80 R 30.
10. نعم، المسافة من ذيل المتجه الأول إلى رأس المتجه الأخير تساوي صفرًا.
11. أ. صفر.
    ب. 20 وحدة
    ج. 10 وحدات.

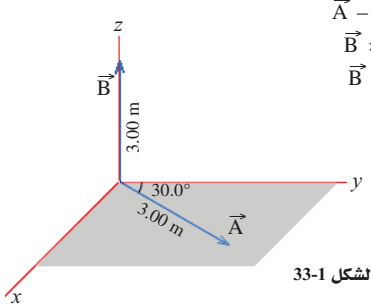
مراجعةُ الفصل 1

راجعْ وقيِّمْ

مدخلٌ إلى المتَّجهات

أسئلةُ مراجعة

1. متَّجهانِ غيرُ متساويَيْنِ في المقدارِ، هل يمكنُ أن تكونَ محصِّلتُهما صفرًا؟ اشرحْ ذلك.
2. اكتبِ العبارةَ الآتيةَ بطريقةٍ أخرى: «سرعةُ جسمٍ تساوي 30 m/s غربًا».
3. هل يمكنُكَ جمعُ كمّيةٍ متَّجهةٍ مع كمّيةٍ قياسية؟ اشرحْ ذلك.
4. المتَّجهُ $\vec{A}$ مقدارُهُ 3.00 m في الاتِّجاهِ الموجبِ للمحورِ x، والمتَّجهُ $\vec{B}$ مقدارُهُ 4.00 m في الاتِّجاهِ السالبِ للمحورِ y. جدْ موضِّحًا بالتمثيلِ البيانيِّ إذا لزمَ كلاًّ ممّا يأتي:
   أ. $\vec{A} \times \vec{B}$
   ب. $\vec{A} - \vec{B}$
   ج. $\vec{A} + 2\vec{B}$
   د. $\vec{A} \cdot \vec{B}$
5. لكلٍّ من المتَّجهَيْنِ $\vec{A}$ و $\vec{B}$ الظاهرَيْنِ في **الشكل 1-33** مقدارُ 3.00 m، جدْ ما يلي بيانيًّا:
   أ. $\vec{A} + \vec{B}$
   ب. $\vec{A} - 2\vec{B}$
   ج. $\vec{B} \times \vec{A}$
   د. $\vec{B} \cdot \vec{A}$



الشكل 1-33

6. يبحثُ ذئبٌ عن فريسةٍ فيمشي 3.50 m جنوبًا ثم 8.20 m بزاويةِ 30.0° نحوَ الشمالِ الشرقيِّ، وأخيرًا 15.0 m غربًا. جدِ الإزاحةَ الكليّةَ للذئبِ، موضِّحًا إجابتَك بالرسم.

الشكل 1-34

7. تاهَ رجلٌ بعدَما قطعَ ثلاثَ إزاحاتٍ متتاليةٍ ليعودَ إلى نقطةِ انطلاقِه. كما هو مبيَّنٌ في **الشكل 1-34**. الإزاحةُ الأولى مقدارُها 8.00 m باتجاهِ الغربِ؛ والثانيةُ 13.0 m باتِّجاهِ الشمال. استخدمِ الطريقةَ البيانيةَ لإيجادِ الإزاحةِ الثالثة.

أسئلةٌ حولَ المفاهيم

8. المتَّجهُ $\vec{B}$ جُمِعَ مع المتَّجهِ $\vec{A}$. في أيِّ حالةٍ يساوي مقدارُ المحصِّلةِ $A + B$؟
9. استخدمتْ طالبةٌ طريقةَ جمعِ المتَّجهاتِ بشكلٍ صحيحٍ في جمعِها لمتَّجهَيْنِ مقدارُ الأول 55 وحدةً والثاني 25 وحدة. أيٌّ من القيمِ الآتيةِ تكونُ النتيجةَ التي حصلَتْ عليها 85 أو 20 أو 55 وحدة؟ اختر الجوابَ الوحيدَ الصحيحَ وعلِّلِ اختيارَك.
10. إذا رُتِّبَتْ عدَّةُ متَّجهاتٍ بطريقةِ وضعِ ذيلِ كلِّ متجهٍ عندَ رأسِ المتَّجهِ السابق، وحصلْنا على مضلَّعٍ مغلق، تكونُ محصِّلةُ هذه المتَّجهاتِ صفرًا. هل تعتبرُ هذا صحيحًا؟ اشرحْ جوابَك.
11. جدْ مقدارَ الضربِ الاتِّجاهيِّ لمتَّجهَيْنِ $\vec{A}$ و $\vec{B}$ مقداراهُما 5 وحدات و 4 وحدات إذا:
    أ. كانا متوازيَيْنِ.
    ب. كانا متعامدَيْنِ.
    ج. كانَتِ الزاويةُ بينَهما 30°.

الحصة 17

- خصِّص حصّة لحل تمارين من مراجعة الفصل، لم يتمّ حلّها سابقًا.

– يفضّل أن تقسِّم المتعلِّمين مجموعات غير متجانسة، وتحدِّد لكل مجموعة عددًا من الأسئلة، ثمّ تطلب إلى كل مجموعة عرض حلولها بوساطة جهاز عرض الشفافات.

عملياتُ المتَّجهات

أسئلةُ مراجعة

12. هل يمكنُ لمقدارِ متَّجهٍ ألاّ يكونَ صفرًا، إذا كانَتْ إحدى مركَّباتِهِ صفرًا؟

13. هل يمكنُ أن يكونَ لمتَّجهٍ مركَّبةٌ مقدارُها أكبرُ من مقدارِه؟

14. اشرحِ الفرقَ بينَ عمليَّةِ جمعِ المتَّجهاتِ وعمليَّةِ تحليلِ المتَّجهات.

15. إذا كانَتْ مركَّبةُ متَّجهٍ في اتِّجاهِ متَّجهٍ آخرَ تساوي صفرًا، فماذا نستنتجُ حولَ المتَّجهَيْن؟

16. كيف يُجمعُ متَّجهان غيرُ متعامدَيْنِ أو متوازيَيْن؟

أسئلةٌ حولَ المفاهيم

17. إذا كانَ $\vec{A} + \vec{B} = \vec{0}$ ، فماذا تستنتجُ حول اتِّجاه هذَيْنِ المتجهَيْن؟

18. وفقًا لأيِّ شروطٍ يكونُ لمتَّجهٍ مركَّبتانِ متساويتانِ في المقدار؟

19. ما العلاقةُ بين ثلاثةِ متَّجهاتٍ محصِّلتُها صفرٌ؟

20. وفقًا لأيِّ شروطٍ يتساوى مقدارُ ناتجِ الضربِ الاتِّجاهيِّ لمتَّجهَيْن وناتجِ ضربِهما القياسيِّ؟

مسائلُ تطبيقية

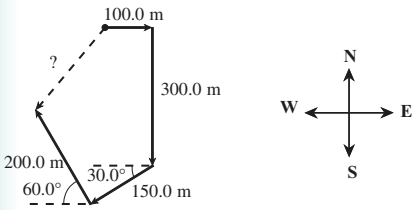
21. يلزمُ لاعبَ غولف ضربتانِ لإسقاطِ الكرةِ في الحفرة . تُزيحُ الضربةُ الأولى الكرةَ 6.00 m شرقًا، والثانيةُ 5.40 m جنوبًا. ما الإزاحةُ التي تُسقطُ الكرةَ في الحفرةِ بضربةٍ واحدة؟

22. تغوصُ غوّاصةٌ 110.0 m في الخليجِ العربيِّ بزاويةِ 10.0° تحتَ الأفقيّ. ما مركَّبتَا إزاحةِ الغوّاصةِ الأفقيَّةِ والرأسيَّة؟

23. يمشي شخصٌ مسافةَ 3.10 km بزاويةِ 25.0° شمالَ شرق. ما المسافةُ التي يمشيها شخصٌ آخرُ نحوَ الشمالِ ثم نحوَ الشرقِ ليصلَ إلى الموقعِ نفسِهِ الذي وصلَ إليه الأوَّل؟

24. تُدفعُ عربةٌ صعودًا بزاويةِ 40.0° فوقَ الأفقيِّ مسافةَ 41.1m. ما المسافةُ الرأسيَّةُ والمسافةُ الأفقيةُ اللتان تقطعُهما؟

25. يمشي شخصٌ على المسارِ المبيَّنِ في **الشكل 1-35** ليقومَ برحلةٍ كلّيةٍ مؤلَّفةٍ من أربعةِ مساراتٍ مستقيمة. ما الإزاحةُ الكلّيَّةُ لهذا الشخصِ بدءًا من نقطةِ انطلاقِه؟



الشكل 1-35

26. ما الكمّيةُ الهندسيَّةُ التي يُعبِّرُ عنها مقدارُ الضربِ الاتّجاهيِّ لمتّجهَيْن؟ علِّلْ ذلك.

27. مقدارُ الضربِ الاتِّجاهيِّ لمتَّجهَيْن 4 وحداتٍ ومقدارُ ضربِهما القياسيِّ 5 وحدات، احسبِ الزاويةَ بينَهما.

حركةُ المقذوفات

أسئلةُ مراجعة

28. إذا سقطَ حجرٌ من أعلى الصاري في المركبِ، هل يصيبُ النقطةَ نفسَها على سطحِ المركبِ سواءٌ كانَ المركبُ ساكنًا أو متحرِّكًا بسرعةٍ ثابتة؟

29. هل تستغرقُ كرةٌ سقطَتْ من شبّاكِ سيارةٍ متحرِّكةٍ لتصلَ إلى الأرضِ وقتًا أطولَ من كرةٍ سقطَتْ من الارتفاعِ نفسِهِ من سيارةٍ متوقِّفة؟

30. سقطَ حجرٌ في اللحظةِ نفسِها التي قُذِفَتْ فيها كرةٌ أفقيًّا ومن الارتفاعِ نفسِه. أيٌّ منهما يكونُ مقدارُ سرعتِه أكبرَ لحظةَ وصولِه إلى الأرض؟

مسائلُ تطبيقية

31. سُجِّلَت أسرعُ رميةٍ بيسبول في العامِ 1974. رُميَت الكرةُ أفقيًّا، وسقطت رأسيًّا مسافةَ 0.809 m عندَ بلوغِها مركزَ السقوطِ الذي يبعدُ مسافةَ 18.3 m عن نقطةِ الرمي. كم كانتِ السرعةُ الابتدائيةُ للكرة؟

مراجعة الفصل 1

12. نعم، يمكن ألا تكون المركّبة الثانية صفرًا. لأنّه ينطبق على المحور الآخر.

13. لا، فالوتر دائمًا أكبر من أي من الضلعين.

14. جمع المتّجهات هو إحلال متّجه واحد محل عدّة متّجهات في حين أن تحليل المتّجهات هو إحلال عدّة متّجهات محل المتّجه.

15. يكونان متعامدين.

16. أحلِّل كلاً من المتّجهين للحصول على مركّباته المتعامدة، وأجمع المركّبات في الاتجاه الواحد معًا. ثمّ أحصل على الجمع الاتجاهي للمركّبتَين المتعامدتَين.

17. متعاكسان.

18. عندما تكون زاويته مع المحور 45°.

19. تمثل مثلثا مغلقًا عند وضع رأس كل متجه فوق ذيل المتجه الذي يليه.

20. عندما تكون الزاوية بينهما 45°.

21. 8.07 m بزاوية 42.0° جنوب الشرق

22. 108 m، -19.1 m.

23. 4.12 km

24. 31.5 m، 26.4 m.

25. 240 m بزاوية 57.23° جنوب الغرب.

26. مساحة متوازي الأضلاع المكوّن من المتّجهين.

27. 38.6°

28. نعم، بإهمال مقاومة الهواء.

29. لا، بإهمال مقاومة الهواء.

30. مقدار سرعة الكرة المقذوفة أكبر.

31. 45.1m/s

مراجعة الفصل 1

32. أ. 2.77×10^5 m

ب. 284 s

33. 3.3 s، 37 m/s بزاوية 61° تحت الأفقي.

34. 10.8 m

35. 76 m، 210 m

36. تعتمد كل من الإزاحة والسرعة والعجلة على مناط الإسناد الذي تتم فيه عملية القياس.

37. أ. 70 m/s شرقًا.

ب. 20 m/s شرقًا.

38. أ. تبدو الكرة للمسافر وكأنها تتحرك في خط مستقيم.

ب. وبالنسبة إلى مراقب في الخارج فتبدو كأنها تتحرك على مسار قطع مكافئ.

ج. يرى المسافر الكرة وكأنها تتحرك إلى الخلف بينما لا يرى المراقب أي تغيير عما في الفرع (أ).

39. 20 km/h جنوبًا.

40. أ. 14.1° غرب شمال.

ب. 1.99 km/h

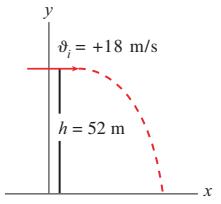
41. 7.5 min

32. أطلقَتْ قذيفةٌ بسرعةٍ ابتدائيَّةٍ 1.70×10^3 m/s (تبلغُ تقريبًا خمسةَ أضعافِ سرعةِ الصوت) وبزاويةِ 55.0° مع سطحِ الأرضِ الأفقيِّ. مهملاً مقاومةَ الهواء، جِدْ:

أ. المدى الأفقيَّ للقذيفة.

ب. زمنَ تحليقِها.

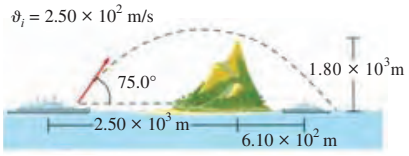
33. ركلَ شخصٌ حجرًا عن حافةِ جرفٍ يعلو 52 m فوق مستوى سطحِ الماءِ، بسرعةٍ 18 m/s، كما هو مبيَّنٌ في **الشكل 1-36**. كم يستغرقُ سقوطُ الحجرِ ليصلَ إلى الماء؟ ما سرعتُه عندَ وصولِه إلى الماء؟



الشكل 1-36

34. ينطلقُ مغامرٌ من مدفعٍ بشريٍّ بزاويةِ 45.0° مع الأرضِ الأفقيةِ، وبسرعةِ 25.0 m/s. نُصبتْ شبكةٌ على مسافةِ 50.0 m من المدفع. كم يجبُ أن يكونَ ارتفاعُ الشبكةِ عن الأرضِ كي تلتقطَ المغامر.

35. تتاورُ سفينةٌ على مسافةٍ أفقيةٍ مقدارُها 2.50×10^3 m من قمّةِ جبلٍ في جزيرةٍ ترتفعُ 1.80×10^3 m. أطلقتِ السفينةُ المناورةُ قذيفةً على سفينةٍ عدوَّةٍ في الجهةِ الأخرى من القمّةِ تبعدُ عنها مسافةً أفقيةً مقدارُها 6.10×10^2 m، كما هو موضَّحٌ في **الشكل 1-37**. إذا أُطلقتِ القذيفةُ بسرعةٍ ابتدائيةٍ 2.50×10^2 m/s وبزاويةٍ 75.0°، فكم يكونُ بُعدُ نقطةِ اصطدامِها بالماءِ عن سفينةِ العدوّ؟ وما بُعدُها الرأسيُّ عن القمّةِ عندَما تكونُ فوقَها مباشرةً؟



الشكل 1-37

الحركةُ النسبيَّةُ

أسئلةُ مراجعة

36. اشرحِ هَذِهِ العبارةَ: «كلُّ حركةٍ تعتبرُ نسبية».

37. تحلِّقُ طائرةٌ صغيرةٌ بسرعةِ 50 m/s باتِّجاهِ الشرق. هبَّتْ ريحٌ فجأةً فزادتْ سرعةُ الطائرةِ إلى 70 m/s شرقًا.

أ. أيٌّ من متَّجهاتِ السرعةِ المذكورةِ يمثِّلُ المحصِّلة؟

ب. ما مقدارُ سرعةِ الريح؟

38. رُميتْ كرةٌ رأسيًّا إلى أعلى في الهواءِ بوساطةِ مسافرٍ في قطارٍ سرعتُهُ ثابتة.

أ. صفْ مسارَ الكرةِ كما يراها المسافر.

ب. صفْ مسارَها كما يراهُ شخصٌ واقفٌ خارجَ القطار.

ج. كيف يتغيَّرُ رصدُ الحركةِ إذا تسارعَ القطار؟

مسائلُ تطبيقية

39. يقيسُ رُبّانُ طائرةٍ سرعةَ الهواءِ بالنسبةِ إليه فيجدُها 165 km/h جنوبًا، بينَما يقدِّرُ مراقبٌ على الأرضِ سرعةَ الطائرةِ فوقَهُ بـ 145 km/h في اتِّجاهِ الشمال. ما سرعةُ الريحِ بالنسبةِ إلى المراقبِ على الأرض؟

40. يرغبُ قائدُ طائرةٍ في التحليقِ بطائرتِهِ نحوَ الغرب، بينَما تهبُّ ريحٌ سرعتُها 50.0 km/h نحوَ الجنوب. إذا كانَتْ سرعةُ الطائرةِ في غيابِ الريح 205 km/h:

أ. ففي أيِّ اتِّجاهٍ يجبُ أن تحلِّقَ الطائرة؟

ب. ما مقدارُ سرعتِها بالنسبةِ إلى الأرض؟

41. يرغبُ صيّادٌ في عبورِ نهرٍ عرضُهُ 1.5 km وسرعةُ تدفُّقِهِ 5.0km/h. استعملَ الصيادُ قاربًا بمحرِّكٍ سرعتُهُ القصوى 12 km/h بالنسبةِ إلى الماء. ما أقلُّ فترةٍ زمنيةٍ لازمةٍ لعبورِ هذا النهر؟

42. تبلغُ سرعةُ سبّاحٍ في مياهٍ راكدةٍ 9.50 m/s، ويرغبُ هذا السبّاحُ في قطعِ نهرٍ عرضًا. إذا كانَتْ سرعةُ ماءِ النهرِ 3.75 m/s:

أ. ففي أيِّ اتِّجاهٍ يجبُ أن ينطلقَ السبّاح؟

ب. ما سرعتُهُ بالنسبةِ إلى مراقبٍ يقفُ على ضفَّةِ النهر؟

مراجعةٌ عامَّةٌ

43. توجَّهَ قاربٌ بمحرِّكٍ نحوَ الشرقِ بسرعةِ 12.0 m/s عبرَ نهرٍ يتدفَّقُ جنوبًا بسرعةِ 3.5 m/s .

أ. ما محصِّلةُ السرعةِ بالنسبةِ إلى مراقبٍ يقفُ على ضفَّةِ النهر؟

ب. إذا كانَ عرضُ النهرِ 1360 m، فكم يستغرقُ عبورُ القاربِ له؟

44. يضربُ لاعبُ بيسبول الكرةَ من ارتفاعِ 1.0 m فوقَ الأرض، وبزاويةِ 35.0° فوقَ الأفقيّ. تتجاوزُ الكرةُ حائطًا ارتفاعُهُ 21.0 m ويبعدُ 130.0 m عن اللاعبِ. مهملاً مقاومةَ الهواءِ:

أ. ما السرعةُ الابتدائيَّةُ للكرة؟

ب. ما الزمنُ اللازمُ لوصولِ الكرةِ إلى الحائط؟

ج. ما مركَّباتُ سرعةِ الكرةِ ومقدارُها عندَ بلوغِها الحائط؟

45. يستعدُّ هاوٍ للقفزِ فوقَ حفرةٍ عرضُها 12 m فينطلقُ لأجلِ ذلك أفقيًّا مسرعًا، ولحظةَ وصولِه إلى حافتِها يقفزُ بزاويةِ 15° فوقَ الأفقيّ.

أ. ما أقلُّ سرعةٍ تلزمُهُ كي يتمكَّنَ من اجتيازِ الحفرة؟

ب. ما سرعتُهُ عندَ وصولِهِ إلى الجهةِ الأخرى؟

46. لاعبُ كرةِ سلَّةٍ طولُه 2.00 m يحاولُ تسجيلَ هدفٍ من مسافةِ 10.00 m في السلَّةِ التي ترتفعُ 3.05 m. إذا رمى الكرةَ بزاويةِ 45.0°، فبأيِّ سرعةٍ ابتدائيةٍ عليه رميُها كي تدخلَ دونَ اصطدامٍ باللوحِ الخلفيّ؟

47. قُذفَتْ كرةٌ رأسيًّا إلى أعلى، ثم عادَتْ إلى يدِ الرامي بعدَ 3.00 s. وقذفَتْ كرةٌ أخرى بزاويةِ 30.0° فوقَ الأفقيّ. بأيِّ سرعةٍ ينبغي أن تُقذفَ الكرةُ الثانيةُ لتصلَ إلى ارتفاعِ الكرةِ الأولى نفسِه؟

48. يقفُ رجلٌ على سلَّمٍ كهربائيٍّ طولُهُ 20.0 m، وتلزمُهُ فترةُ 50.0 s للانتقالِ من الطابقِ السفليِّ إلى العلويّ.

أ. إذا مشى صعودًا على السلَّمِ المتحرِّكِ بسرعةِ 0.500 m/s بالنسبةِ إلى السلَّمِ، فكم من الزمنِ يلزمُهُ للوصولِ إلى الطابقِ العلويّ؟

ب. إذا مشى الرجلُ نزولاً على السلَّمِ الذي يتحرَّكُ صعودًا بالسرعةِ النسبيةِ نفسِها في الفرعِ (أ)، فكم من الزمنِ يلزمُهُ للوصولِ إلى الطابقِ السفليّ؟

49. قُذفَتْ كرةٌ أفقيًّا من حافةِ طاولةٍ ارتفاعُها عن الأرضِ 1.00 m واصطدمَتْ بالأرضِ عندَ نقطةٍ تبعدُ 1.20 m عن قاعدةِ الطاولة.

أ. ما السرعةُ الابتدائيةُ لهذه الكرة؟

ب. كم يكونُ ارتفاعُ الكرةِ عن الأرضِ عندَما يكونُ متَّجهُ سرعتِها مائلاً بزاويةِ 45.0° تحتَ الأفقيّ؟

50. كم من الزمنِ يلزمُ لسيّارةٍ تسيرُ بسرعةِ 60.0 km/h لتصبحَ بموازاةِ سيّارةٍ أخرى تسيرُ بسرعةِ 40.0 km/h، إذا كانتِ المسافةُ الأوَّليةُ بين مقدَّمَيِ السيارتَيْن 125.0 m؟

51. تقفُ سيّارةٌ عند أعلى منحدرٍ يميلُ بزاويةِ 24.0° تحتَ الأفقيِّ فوقَ جُرْفٍ يطلُّ على المحيط. يتركُ السائقُ المهمِلُ سيّارتَهُ دونَ مكابحَ فتنزلقُ نزولاً بعجلةٍ مقدارُها 4.00 m/s^2، وتقطعُ 50.0 m حتى تصلَ إلى حافةِ الجرفِ التي تعلو 30.0 m فوقَ المحيط.

أ. ما موقعُ السيّارةِ بالنسبةِ إلى أسفلِ الجرفِ عندَ سقوطِها في المحيط؟

ب. كم بقيَتِ السيّارةُ في الهواء؟

مراجعة الفصل 1

42.أ. عكس التيار بزاوية 23.2° مع عرض النهر.

ب. 8.72 m/s عبر النهر مباشرة.

43.أ. 12.5 m/s بزاوية 16° جنوب الشرق.

ب. 113 s

44.أ. 41.7 m/s

ب. 3.81 s

ج. $v_{f\,1x} = 34.2$ m/s

$v_{f\,1y} = -13.5$ m/s

$v_f = 36.7$ m/s

45.أ. 15 m/s

ب. 15 m/s بزاوية 150° تحت الأفقي.

46. 10.5 m/s

47. 29.4 m/s

48.أ. 22.2 s

ب. 12.00×10^2 s

49.أ. 2.66 m/s

ب. 0.64 m

50. 22.5 s

51.أ. 32.5 m

ب. 1.78 s

مراجعة الفصل 1

52. 7.0×10^{1} s

53. أ. 5.0×10^{1} m/s

ب. 4.0×10^{1} m

54. أ. 57.7 km/h بزاوية 60.0° غرب الخط العمودي.

ب. 28.8 km/h مباشرة إلى الأسفل.

55. 18 m

56. 6.19 m/s مع طول الملعب.

57. أ. 2.4×10^{4} m

ب. 152 s

ج. 7.8×10^{4} m

52. يتحرَّكُ قاربٌ عبرَ نهرٍ بسرعة 7.5 m/s بالنسبةِ إلى الماء. إذا كانَتْ سرعةُ الماءِ في النهرِ 1.5 m/s، فكم يلزمُهُ من الوقتِ لينجزَ رحلةَ ذهابٍ وإيابٍ مؤلَّفةً من إزاحةٍ مقدارُها 250 m باتِّجاهِ مجرى النهرِ، وإزاحةٍ مقدارُها 250 m عكسَ مجرى النهر؟

53. أُطلقَتْ كرةُ غولفٍ بزاويةٍ 34° مع الأفقيِّ، وقطعَتْ مسافةً أفقيَّةً مقدارُها 240 m، حتى عادَتْ إلى المستوى الأفقيِّ الذي قُذفَتْ منه. (بإهمالِ مقاومةِ الهواء)

أ. ما السرعةُ الابتدائيةُ للكرةِ حتى تتحقَّقَ هذه النتيجة؟

ب. باستخدامِ السرعةِ التي حدِّدَتْ في الفرعِ (أ)، جِدْ أقصى ارتفاعٍ، عن المستوى الأفقيِّ الذي قُذفَتْ منه، تصلُ إليه الكرة.

54. تنطلقُ سيّارةٌ بسرعةِ 50.0 km/h شرقًا. ينهمرُ المطرُ عموديًّا بالنسبةِ إلى مراقبٍ يقفُ على الأرضِ، فيشكِّلُ خطوطًا على نوافذِ السيّارةِ الجانبيةِ تميلُ بزاويةِ 60.0° مع العمودي. جِدْ سرعةَ المطرِ بالنسبة إلى:

أ. السيّارة.

ب. مراقبٍ يقفُ على الأرض.

55. إذا كانَ باستطاعةِ شخصٍ أن يقفزَ مسافةً أفقيةً مقدارُها 3.0 m على سطحِ الأرضِ، فكم يبلغُ المدى الأفقيُّ الذي يستطيعُ قفزَهُ على سطحِ القمرِ، حيثُ عجلةُ السقوطِ الحرّ $\frac{g}{6}$؟

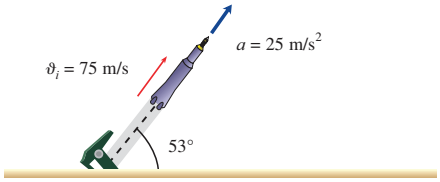
56. تُقذفُ كرةُ قدمٍ باتِّجاهِ لاعبٍ بسرعةٍ ابتدائيةٍ مقدارُها 18.0 m/s وبزاويةِ 35.0° فوقَ الأفقيِّ، في اللحظةِ التي كانَ فيها اللاعبُ على مسافةِ 18.0 m أمامَ الظهير. في أيِّ اتِّجاهٍ، وبأيِّ سرعةٍ ثابتةٍ يجبُ على اللاعبِ أن يعدوَ كي يلتقطَ الكرةَ عن المستوى نفسِه؟

57. أُطلِقَ صاروخٌ بزاويةِ 53.0° فوقَ الأفقيِّ، وبسرعةٍ ابتدائيةٍ مقدارُها 75 m/s، كما في **الشكل 1-38**. يتحرَّكُ الصاروخُ مدَّةَ 25 s على خطٍّ مسارِهِ الأصليِّ بعجلةٍ مقدارُها $25\ m/s^2$. عند هذا الحدِّ يتعطَّلُ محرِّكُه، فيتابعُ سيرَهُ كجسمٍ ساقط.

أ. ما أقصى ارتفاعٍ يبلغُهُ الصاروخ؟

ب. ما الفترةُ الزمنيةُ التي يقضيها الصاروخُ في الجوّ؟

ج. ما المدى الأفقيُّ للصاروخ؟



الشكل 1-38

1. اعملْ في مجموعاتٍ متعاونةٍ لتحليلِ لعبةِ شطرنجٍ بدلالةِ متَّجَهاتِ الإزاحة. اصنعْ نموذجَ شطرنجٍ، وارسُمْ، للدلالةِ على كلِّ التحرُّكاتِ المحتملةِ لكلِّ قطعةٍ، أسهمًا كمتَّجَهاتٍ لها مركَّباتٍ أفقيةٌ ورأسية. عندَها دعِ اثنَيْنِ من مجموعتِكَ يلعبا، بينَما يراقبُ كلٌّ من الباقينَ تحرُّكاتِ كلِّ قطعة. كنْ جاهزًا لتوضيحِ استعمالِ جمعِ المتَّجَهاتِ، لشرحِ الموضعِ الذي تصيرُ إليه قطعةٌ معينةٌ بعدَ عدَّةِ تحرُّكات.

2. استعملْ خرطومَ مياهِ الحديقةِ للتحقُّقِ من قوانينِ المقذوفات. خطِّطْ لتجاربَ تدرسُ من خلالِها تأثيرَ زاويةِ الخرطومِ (مع الأفقيِّ) على مدى تيّارِ المياه. (افترضْ أنّ السرعةَ الابتدائيَّةَ للمياهِ ثابتةٌ من خلالِ تثبيتِ ضغطِها في الحنفية). ما الكمّياتُ التي تقيسُها؟ ما المتغيِّراتُ التي عليكَ ضبطُها؟ ما شكلُ التيّارِ المائيِّ؟ كيف تحصُلُ على أكبرِ مدى؟ كيف تصلُ إلى أعلى نقطة؟ قدِّمْ نتائجَكَ إلى بقيةِ زملائِكَ في الصفِّ، وناقِشِ النتائج.

3. كيف يعلِّقُ فيزيائيٌّ متخصِّصٌ على المقترحاتِ التاليةِ الصادرةِ عن موظَّفينَ في الطيران؟ اكتبْ نصًّا يمثِّلُ ردَّ المتخصِّصِ، وقدِّمْه إلى زملائِك في الصفّ.

موظَّفُ الطيرانِ A: بما أنّ الأرضَ تدورُ من الغربِ إلى الشرقِ، يمكنُنا تشغيلُ طائراتٍ عموديَّةٍ في رحلاتٍ رأسيَّةٍ صعودًا وهبوطًا، بحيثُ تبدأُ الطائرةُ في التحليقِ فوقَ مدينةِ دُبَيّ، وتهبطُ بعد ساعةٍ ونصفٍ من دورانِ الأرض، حيث تكونُ النقطةُ تحتَها مدينةَ الأقصرِ في مصر.

موظَّفُ الطيرانِ B: تصحُّ هذه المقولةُ في رحلاتِ الذهابِ فقط. أما رحلاتُ الذهابِ والإيابِ فإنها تستغرقُ 20 h.

موظَّفُ الطيرانِ C: لن يحدثَ ذلك أبدًا. الموقفُ يشبهُ قذفَ كرةٍ في الهواءِ إلى أعلى. إنها تعودُ حتمًا إلى النقطةِ نفسِها.

موظَّفُ الطيرانِ D: يحدثُ ذلكَ فقط لأنَّ حركةَ الأرضِ ليستْ مهمَّةً خلالَ تلكَ الفترةِ الزمنيةِ القليلة.

4. تخيَّلْ أنكَ تساعدُ في تنفيذِ مخطَّطٍ لملعبٍ لكرةِ السلَّةِ في مستعمرةٍ على سطحِ القمر. كيف تتوقَّعُ أن تكونَ حركةُ الكرةِ على سطحِ القمرِ بالنسبةِ إلى حركتِها على الأرض؟ ما التغيُّراتُ بالنسبةِ إلى اللاّعبين؟ كيف يتحرَّكونَ؟ وكيف يقذفونَ الكرة؟ ما التغيُّراتُ التي تقترحُها لقياساتِ الملعبِ ولعلوِّ السلةِ وغيرِ ذلك من الأنظمة، من أجلِ مواءمةِ اللعبةِ مع جاذبيةِ القمرِ المنخفضة؟ قدِّمْ نصًّا أو تقريرًا يتضمَّنُ اقتراحاتِك، واذكرِ المبادئَ الفيزيائيةَ التي اعتمدْتَها في توصياتِك.

تقويم الفصل 1

تقويم

الوقت المطلوب: حصّتان (90 دقيقة)

الحصة 18

مشروع الفصل

- كلّف المتعلّمين بمشروع الفصل مستعينًا بالمشاريع في كتاب الطالب.
- اشرح للمتعلّمين:
  - الخطوات والمراحل التي ينفّذ فيها المشروع.
  - معايير تقويم المشروع.
- ساعد المتعلّمين على اختيار المشروع وفق قدراتهم وإمكاناتهم.
- ناقش مع المجموعات فكرة المشروع وخطّة تنفيذه.
- يتم المشروع على مراحل.

المشاريع والتقارير
أجوبة

تقويم الأداء

1. قطع الشطرنج تتحرّك في اتّجاهات لها أكثر من مركبة. يجب أن تتضمّن تقارير المتعلّمين جمع الاتجاهات لعدة تحرّكات.

2. يجب أن تكون خطط المتعلّمين آمنة، وتتضمّن قياسات زاوية ومدى. يجب أن يستنتجوا أن زاوية 45° هي الأفضل للحصول على أقصى مدى، وأن زاوية 90° هي الأفضل لأقصى ارتفاع.

3. يجب أن يتضمن نقاش المتعلّمين مفهوم السرعة النسبية. عند إقلاع الطوافة من الأرض تكون سرعتها الابتدائية تساوي سرعة الأرض.

4. يجب على المتعلّمين أن يدركوا أن الكرات تبقى في الهواء لمدة أطول. كما يجب على اللاعبين رمي الكرة بارتفاع أقل وبروية، أو أن يكون الملعب أطول والسلة أعلى.

1. ب
2. أ
3. د
4. ج
5. ب
6. ج
7. ب
8. ب
9. د

الحصة 19

(45 دقيقة)

امتحان تحريري

- اختر ما تراه مناسبًا من أسئلة تقويم الفصل، أو أي أسئلة أخرى تراها مناسبة، ونفِّذ اختبارًا تحريريًا للفصل.
- راعِ في بناء الامتحان:
  - المجالات المعرفية الأربعة وفق جدول مواصفات.
  - اطبع الامتحان وأخرجه بشكل جيد.
  - قدّم تغذية مراجعة إلى المتعلّمين.

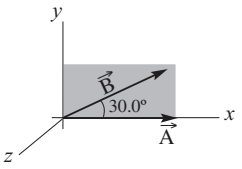
تقويمُ الفصل 1

اختيارٌ من متعدِّد

1. المتَّجهُ $\vec{A}$ مقدارُه 30 وحدةً، المتَّجهُ $\vec{B}$ عموديٌّ على المتَّجهِ $\vec{A}$ ومقدارُه 40 وحدةً. ما مقدارُ المتَّجهِ $\vec{B}+\vec{A}$؟

أ. 10 وحدات.
ب. 50 وحدةً.
ج. 70 وحدةً.
د. صفرًا.

في الشكل أدناهُ مقدارُ كلٍّ من المتَّجهَيْن $\vec{A}$ ، $\vec{B}$ يساوي 2.0 cm. أجبْ عن الأسئلة 2-4.



2. ما اتِّجاهُ المحصِّلة $\vec{B}+\vec{A}$؟

أ. 15° فوقَ المحورِ x.
ب. 75° فوقَ المحورِ x.
ج. 15° تحتَ المحورِ x.
د. 75° تحتَ المحورِ x.

3. ما اتِّجاهُ $\vec{A}-\vec{B}$؟

أ. 15° فوقَ المحورِ x.
ب. 75° فوقَ المحورِ x.
ج. 15° تحتَ المحورِ x.
د. 75° تحتَ المحورِ x.

4. ما اتِّجاهُ ناتجِ الضربِ الاتِّجاهيِّ $\vec{A}\times\vec{B}$؟

أ. باتِّجاهِ محورِ y الموجب.
ب. باتِّجاهِ محورِ x الموجب.
ج. باتِّجاهِ محورِ z الموجب.
د. باتِّجاهِ محورِ z السالب.

5. إذا كانَ الضربُ القياسيُّ لمتَّجهَيْن صفرًا، فإنّ الزاويةَ بينَهما تكون:

أ. صفرًا.
ب. 90°.
ج. 45°.
د. 30°.

استخدمِ المعلوماتِ أدناهُ للإجابةِ عن السؤالَيْن 6 و 7.

يتحرَّكُ مركبٌ مزوَّدٌ بمحرِّكٍ بسرعة 5.0 m/s نحوَ الشرقِ في مياهِ نهرٍ تتدفَّقُ بسرعة 5.0 m/s باتِّجاهِ الجنوب.

6. ما سرعةُ المركبِ بالنسبةِ إلى مراقبٍ على ضفَّةِ النهر؟

أ. 3.2 m/s نحوَ الجنوبِ الشرقيّ.
ب. 5.0 m/s نحوَ الجنوبِ الشرقيّ.
ج. 7.1 m/s نحوَ الجنوبِ الشرقيّ.
د. 10.0 m/s نحوَ الجنوبِ الشرقيّ.

7. إذا كانَ عرضُ النهرِ 125 m، فكم يستغرقُ وصولُ المركبِ إلى الضفَّةِ الأخرى للنهر؟

أ. 39 s
ب. 25 s
ج. 17 s
د. 12 s

8. سرعةُ الهواءِ بالنسبةِ إلى طيّارٍ تبلغُ 165 km/h باتِّجاهِ الجنوب. يرصدُ أحدُ المراقبين على سطحِ الأرضِ حركةَ الطائرةِ فوقَه فيراها تسيرُ بسرعةِ 145 km/h باتِّجاهِ الشمال. كم تكونُ سرعةُ الهواءِ الذي يؤثِّرُ في الطائرةِ بالنسبةِ إلى المراقبِ على سطحِ الأرض؟

أ. 20 km/h باتِّجاهِ الشمال.
ب. 20 km/h باتِّجاهِ الجنوب.
ج. 165 km/h باتِّجاهِ الشمال.
د. 310 km/h باتِّجاهِ الجنوب.

9. يلزمُ أحدَ لاعبي الغولف ضربتانِ لإسقاطِ الكرةِ في الحفرةِ في أحدِ الملاعب. تزيحُ الضربةُ الأولى الكرةَ مسافةَ 6.00 m باتِّجاهِ الشرق، بينَما تزيحُها الضربةُ الثانيةُ 5.40 m باتِّجاهِ الجنوب. ما الإزاحةُ اللازمةُ لوضعِ الكرةِ في الحفرةِ في ضربةٍ واحدة؟

أ. 11.40 m بالاتِّجاهِ الجنوبِ الشرقيّ.
ب. 8.07 m وبزاويةِ 48.0° جنوبَ شرق.
ج. 3.32 m وبزاويةِ 42.0° جنوبَ شرق.
د. 8.07 m وبزاويةِ 48.0° جنوبَ شرق.

استخدمِ المعلوماتِ أدناهُ للإجابةِ عن الأسئلة 10-13.

فتاةٌ على درّاجةٍ سرعتُها 2.0 m/s تقذفُ كرةَ مضربٍ بسرعةٍ أفقيَّةٍ إلى الأمامِ مقدارُها 1.0 m/s وعلى ارتفاع 1.5 m. في اللحظةِ نفسِها يُسقطُ صبيٌّ واقفٌ على الرصيفِ كُرةً أخرى من ارتفاعِ 1.5 m.

10. ما السرعةُ الابتدائيَّةُ للكرةِ التي قذفَتْها الفتاةُ بالنسبةِ إلى الصبيّ؟

أ. 1.0 m/s ج. 2.0 m/s

ب. 1.5 m/s د. 3.0 m/s

11. أيّ الكُرتَيْن تصلُ إلى الأرض أوّلاً؟ (أهملْ مقاومةَ الهواء)

أ. الكرةُ التي أسقطَها الصبيّ.

ب. الكرةُ التي قذفَتْها الفتاة.

ج. الكرتان تصلان معًا.

د. المعلوماتُ لا تكفي لإعطاءِ إجابة.

12. بإهمالِ مقاومةِ الهواءِ، أيُّ الكرتَيْنِ تصلُ إلى الأرضِ بسرعةٍ أكبرَ بالنسبةِ إلى مراقبٍ على الأرض؟

أ. الكرةُ التي أسقطَها الصبيّ.

ب. الكرةُ التي قذفَتْها الفتاة.

ج. الكُرتان تصلان بالسرعةِ ذاتِها.

د. المعلوماتُ لا تكفي لإعطاءِ إجابة.

13. ما سرعةُ الكرةِ التي قذفَتْها الفتاةُ لحظةَ وصولِها إلى الأرض؟

أ. 1.0 m/s ج. 6.2 m/s

ب. 3.0 m/s د. 8.4 m/s

أسئلةٌ ذاتُ إجابةٍ قصيرة

14. إذا كانَت مركَّبةُ أحدِ المتَّجهاتِ صفرًا في اتِّجاهِ متَّجهٍ آخرَ، فما الذي تستنتِجُه عن المتَّجهَيْن؟

15. هل يمكنُ للضربِ القياسيِّ لمتّجهَيْن أن يكونَ سالبًا؟ ناقشْ ذلك.

16. إذا كانَ $\vec{C} = \vec{A} \times \vec{B}$. جد $\vec{C} \cdot \vec{A}$ و $\vec{C} \cdot \vec{B}$.

17. ينزلقُ لاعبٌ مسافةَ 41.1 m على مسارٍ يميلُ بزاويةِ 40.0° فوقَ المستوي الأفقيّ. ما المسافتانِ الأفقيَّةُ والرأسيَّةُ اللتان يقطعُهما اللاعب؟

18. تُقذفُ كرةٌ رأسيًّا إلى أعلى فتعودُ إلى الأرضِ بعدَ 3.00 s من حركتِها في الهواء، بينما تُقذفُ كُرةٌ أخرى بزاوية 30° مع الأفقيّ. ما السرعةُ الابتدائيَّةُ التي يجبُ أن تقذفَ فيها الكرةُ الثانيةُ بحيثُ تصلُ إلى الارتفاعِ الأقصى نفسِه الذي تصلُ إليه الكرةُ الأولى؟

أسئلةٌ ذاتُ إجابةٍ مطوَّلة

19. أُطلِقَ رجلٌ من مدفعٍ بشريٍّ بزاويةِ 45.0° مع الأفقيِّ وبسرعةٍ ابتدائيَّةٍ 25.0 m/s. وُضِعَتْ شبكةٌ لالتقاطِ الرجلِ على مسافةٍ أفقيَّةٍ 50.0 m من المدفع. كم يجبُ أن يكونَ ارتفاعُ الشبكةِ عن نقطةِ القذفِ، بحيثُ يتمُّ التقاطُ الرجلِ بسلام؟

اقرأ المثالَ التالي لكي تجيبَ عن السؤالِ 20.

يتناقشُ ثلاثةُ مسؤولين في إحدى شركاتِ الطيرانِ في أفكارٍ لتطويرِ رحلاتٍ ذاتِ كفاءةٍ أكبرَ للطاقة.

المسؤولُ أ: لأنَّ الأرضَ تدورُ من الغربِ إلى الشرقِ، يمكنُنا استخدامُ «الطائراتِ العموديَّةِ» كالطائراتِ المروحيَّةِ أو المركباتِ الفضائيَّةِ التي تنطلقُ رأسيًّا إلى أعلى من نيويورك وتبقى في الجوِّ أربعَ ساعاتٍ، ثمَّ تسقطُ رأسيًّا إلى أسفلَ، حيثُ تحطُّ في سان فرنسيسكو نتيجةَ لدورانِ الأرض.

المسؤولُ ب: يمكنُ استخدامُ هذه الطريقةِ في رحلاتِ الذهابِ فقط، والعودةُ تستغرقُ 20 ساعة.

المسؤولُ ج: لا يمكنُ الاستفادةُ من هذه الطريقة. فكِّرْ في إطلاقِ كرةٍ إلى أعلى في الاتِّجاهِ الرأسيِّ، إنَّها تعودُ إلى نقطةِ الانطلاقِ نفسِها.

المسؤولُ أ: تعودُ الكرةُ إلى النقطةِ نفسِها، لأنَّ دورانَ الأرضِ خلالَ هذه الفترةِ ليسَ مهمًّا.

20. أيٌّ من المسؤولين على حقٍّ؟ ولماذا؟ اشرحْ إجابتَك في فِقْرة.

تقويم الفصل 1

10. د.

11. ج.

12. ب.

13. ج.

14. متعامدان.

15. نعم إذا كانت الزاوية بين المتّجَهين منفرجة.

16. صفر، صفر.

17. 31.5 أفقيًا؛ 26.4 m رأسيًّا.

18. 29.4 m/s

19. 10.8 m/s

20. المسؤول (ج) على حق.