# الوحدة 1
# الكمّيات الفيزيائيّة وهامش الخطأ في القياسات العمليّة

## مقدّمة الوحدة

تُقدّم هذه الوحدة النظام الدولي للوحدات.

**P1001** يفهم أهميّة وحدات النظام الدولي للوحدات (SI) وكيفيّة استخدامها.

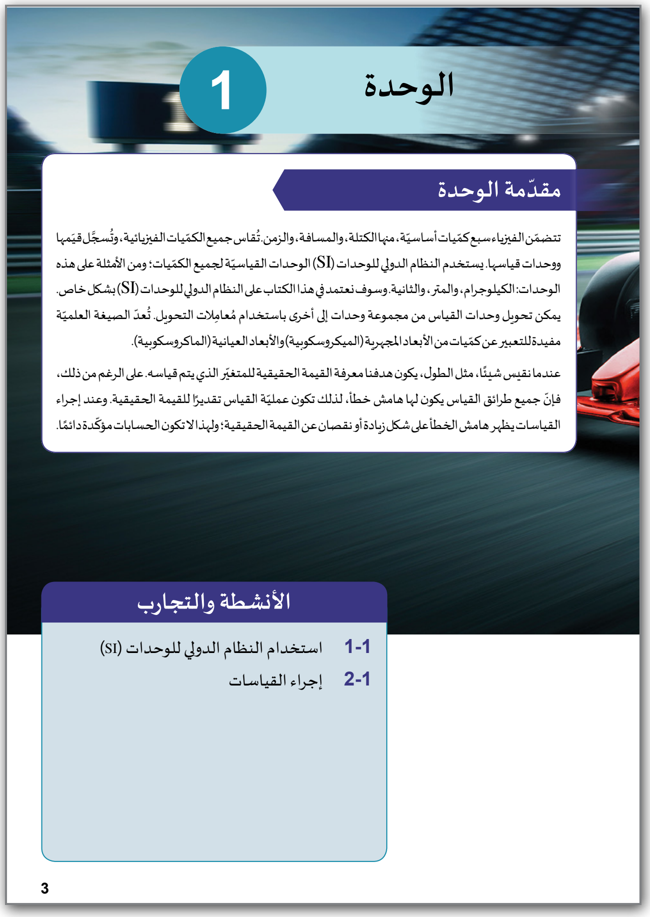
**P1002** يقيّم صدق النتائج التجريبيّة.

### الدرس 1-1 النظام الدولي للوحدات (SI)

- النظام الدولي للوحدات
- التعامل مع الوحدات المُشتقّة
- المقياس المجهري (الميكروسكوبي) والمقياس العياني (الماكروسكوبي)
- الصيغة العلميّة
- رتبة المقدار
- البادئات
- استخدام النظام الدولي للوحدات (SI)

### الدرس 1-2 القياسات

- قياس الزمن
- القياس وهامش الخطأ
- هامش الخطأ النسبي
- الدلالة
- أخذ المتوسّط لتقليل هامش الخطأ
- الرسم البيانيّ باستخدام هامش الخطأ
- قياس الأبعاد الصغيرة
- إجراء القياسات


الوحدة 1

مقدّمة الوحدة

تتضمّن الفيزياء سبع كمّيات أساسيّة، منها الكتلة، والمسافة، والزمن. تُقاس جميع الكمّيات الفيزيائية، وتُسجَّل قيَمها ووحدات قياسها. يستخدم النظام الدولي للوحدات (SI) الوحدات القياسيّة لجميع الكمّيات؛ ومن الأمثلة على هذه الوحدات: الكيلوجرام، والمتر، والثانية. وسوف نعتمد في هذا الكتاب على النظام الدولي للوحدات (SI) بشكل خاص. يمكن تحويل وحدات القياس من مجموعة وحدات إلى أخرى باستخدام مُعامِلات التحويل. تُعدّ الصيغة العلميّة مفيدة للتعبير عن كمّيات من الأبعاد المجهرية (الميكروسكوبية) والأبعاد العيانية (الماكروسكوبية).

عندما نقيس شيئًا، مثل الطول، يكون هدفنا معرفة القيمة الحقيقية للمتغيّر الذي يتم قياسه. على الرغم من ذلك، فإنّ جميع طرائق القياس يكون لها هامش خطأ، لذلك تكون عمليّة القياس تقديرًا للقيمة الحقيقية. وعند إجراء القياسات يظهر هامش الخطأ على شكل زيادة أو نقصان عن القيمة الحقيقية؛ ولهذا لا تكون الحسابات مؤكّدة دائمًا.

الأنشطة والتجارب

1-1 استخدام النظام الدولي للوحدات (SI)

1-2 إجراء القياسات

3

# الوحدة 1

| 5E | العناصر |
|---|---|
| يندمج | الدرس 1.1: الوحدات البريطانيّة |
| | الدرس 2.1: اختيار الأداة المناسبة |
| يستكشف | الدرس 1.1: لماذا يُعدّ مُهمًّا أن يكون هناك نظام قياس عامّ؟ من وجهة نظرك، من الجهة المسؤولة عن الخطأ، فريق التصنيع أم مهندسو وكالة "ناسا" الذين فشلوا في مُلاحظة الاختلاف؟ |
| | نشاط 1.1: استخدام النظام الدولي للوحدات (SI) |
| | الدرس 2.1: جِد مدى الكتلة التي يُمكن قياسها باستخدام الموازين المتوافرة في مختبر مدرستك |
| يشرح | الدرس 1.1: استخدام النظام الدولي للوحدات (SI) |
| | الدرس 2.1: كيف يؤثّر المدى في هامش الخطأ المُطلق لأداة قياس؟ |
| يتوسّع | نشاط 1.1: استخدام النظام الدولي للوحدات (SI) |
| | نشاط 2.1: إجراء القياسات |
| يقيّم | تقويم الدرس 1.1 و 2.1، وتقييم الوحدة |

# الوحدة 1

# الكمّيات الفيزيائيّة وهامش الخطأ في القياسات العمليّة

## ملخّص الوحدة

تُركّز هذه الوحدة على أهمّية نظام القياس العامّ. يُقدّم الدرس 1.1 النظام الدولي للوحدات الأساسية بالإضافة إلى وحدات القياس المُشتقّة. يتعلّم الطلّاب خلال ذلك كيفيّة استخدام البادئات المناسبة وأهمّية استخدام البادئات في القياسات والحسابات.

يعرض الدرس 2.1 أهمّية استخدام أداة القياس الصحيحة لإجراء القياس المطلوب. يتعلّم الطلّاب عن وجود هامش خطأ عند القياس بصرف النظر عن الأداة المُستخدمة، والذي يقود إلى أخطاء في الحسابات، لذلك فمن المُهمّ أخذ الأخطاء بالحُسبان عند إجراء الحسابات والرسومات البيانيّة أيضًا.

### أخطاء شائعة

- **يعتمد ضبط القياس على الشخص الذي يقوم بالقياس،** حيث يُمكن أن يصل ضبط القياسات إلى 100%. يملك دائمًا كلّ قياس هامشًا للخطأ.
- **نظام القياس المتري هو الأكثر ضبطًا بين أنظمة القياس.** جميع أنظمة القياس هي أنظمة مضبوطة، واستخدام أحدها عوضًا من الآخر هو أمر مُرتبط بانسجام وحدات القياس وليس الضبط.
- **الكتلة والكثافة هما الشيء نفسه لجسم.** تعتمد الكثافة على كتلة الجسم، لكنّها لا تساويها.

# مخطط الوحدة

| الكفايات | مخرجات التّعلم | عدد الحصص | الدرس |
|---|---|---|---|
| | P1001.1<br>P1001.2 | 4.5 | 1-1<br>النظام الدولي للوحدات (SI) |
| | P1002.1<br>P1002.2 | 4.5 | 2-1<br>القياسات |

## كفايات الطالب القطري العلمية

- التفكير الإبداعي والناقد
- الكفاية اللغوية
- التعاون والمشاركة
- حل المشكلات
- الكفاية العددية
- التواصل
- البحث والاستقصاء

## المهارات العلمية والكفايات

- يتوقّع من الطلّاب إكمال خبرتَين تعليميّتَين.
- يُطبّق مهارة الرياضيّات في 42 مسألة من مسائل تقويم الدرس 1.1، 1.2 وتقويم الوحدة.
- يُطبّق الكفاية اللغويّة في خبرة التعلّم 2.2 وتقويم الوحدة.
- يستخدم مهارات ICT مُدمجة مع خبرة التعلّم 1.
- يُنشئ الطلّاب روابط مع العلم المعاصر في مفاتيح الدروس، وأنشطة الدمج، وإضاءة على العلماء.

دليل المعلّم

# الدرس 1-1
# النظام الدولي للوحدات (SI)

## مصادر تعلّم الدرس

| الموضوع / الوقت | المحتوى | موارد كتاب الطالب | موارد دليل المعلم |
|---|---|---|---|
| مقدّمة الدرس<br>$\frac{1}{2}$ حصّة | مناقشة أهمية الوحدات القياسيّة | الصفحتان<br>4، 5 | الصفحتان<br>8، 9 |
| النظام الدولي للوحدات<br>$\frac{1}{2}$ حصّة | شرح، مثال | الصفحتان<br>6، 7 | الصفحة 10 |
| التعامل مع الوحدات المُشتقة<br>$\frac{1}{2}$ حصّة | شرح، مثال | الصفحة 8 | الصفحة 11 |
| المقياس المجهري (الميكروسكوبي) والمقياس العياني (الماكروسكوبي)<br>$\frac{1}{2}$ حصّة | شرح، تعريف | الصفحة 9 | الصفحة 11 |
| الصيغة العلميّة<br>$\frac{1}{2}$ حصّة | شرح، تعريف، مثال | الصفحتان<br>10، 11 | الصفحة 12 |
| رتبة المقدار<br>$\frac{1}{2}$ حصّة | شرح | الصفحة 12 | الصفحة 13 |
| البادئات<br>$\frac{1}{2}$ حصّة | شرح، مثال | الصفحة 13 | الصفحة 13 |
| نشاط 1-1<br>1 حصّة | نشاط 1-1 استخدام النظام الدولي للوحدات (SI) | الصفحة 14 | الصفحتان<br>14، 15 |

| الأنشطة | مواد من أجل النشاط |
|---|---|
| 1-1 استخدام النظام الدولي للوحدات (SI) | مسطرة بطول 30 cm، عصا متريّة، مقياس كتلة رقميّ (الميزان)، أجسام مُختلفة من غرفة الصفّ. |

## مخرجات التعلّم

**P1001.1** يميّز بين وحدات النظام الدولي الأساسيّة والمشتقّة ويستخدم البادئات المناسبة.

**P1001.2** يتعامل مع مدى المقادير ويعبّر بشكل صحيح عن الكمّيات الفيزيائيّة باستخدام الصيغة العلميّة للنظام الدوليّ.

## المعرفة السابقة

لا يحتاج الطالب إلى معرفة مُسبقة في هذا الدرس.

## المفردات

| | |
|---|---|
| النظام الدولي للوحدات (SI) | International System of Units (SI) |
| الوحدات الأساسية | Fundamental units |
| الوحدات المُشتقة | Derived units |
| العياني (الماكروسكوبي) | Macroscopic |
| المجهري (الميكروسكوبي) | Microscopic |
| رتبة المقدار | Order of magnitude |
| الجزء العشري | Mantissa |
| الصيغة العلميّة | Scientific notation |
| الأُس | Exponent |
| بادئات النظام الدولي | SI Prefixes |

## الزمن المقترح للدرس

يحتاج هذا الدرس الى 4.5 حصّة صفّيّة تتضمّن نشاطًا عمليًّا (1.1)، وعروضًا توضيحيّة صغيرة، ومناقشات مع الطلّاب.

## افتتاحيّة الدرس

1. صُمّم نشاط الدمج لعرض أهمّية امتلاك نظام قياسيّ للوحدات مُعتمَد على المستوى العالميّ.
2. اطلب إلى الطلّاب كتابة إجاباتهم عن سؤال الاستكشاف الأوّل "لماذا يُعَدُّ مُهمًّا أن يكون هناك نظام قياس عامّ؟"، قبل الخوض في مناقشة حادثة مسبار المرّيخ المناخي المداري.
3. لا تُناقش الإجابات عند هذه المرحلة. اعرض للطلّاب وحدات القياس المختلفة التي تُستخدم بشكل عامّ حول العالم. يُمكن أن يذكر الطلّاب وحدات القياس المألوفة لهم وكتابتها على السبّورة.
4. ناقش ما حدث لمسبار المرّيخ المناخي المداري.
5. بعد الاستماع إلى قصّة المسبار، اطلب إلى الطلّاب مراجعة إجاباتهم، واسألهم إن كانوا يرغبون في تغيير إجابتهم أو الإبقاء عليها.
6. ناقش الأفكار التي دوّنها الطلّاب.

الدرس 1-1

النظام الدولي للوحدات (SI)

The SI Units

شهدت العصور الماضية ابتكار الإنسان لكثير من وحدات القياس، وهدفه معرفة مقدار الكمّيات. ومنها، الذراع، وهي وحدة قياس تعتمد على طول ساعد الإنسان من الكوع إلى رأس الإصبع الوسطى للكفّ. وجاء تأسيس النظام الدولي للوحدات عام 1960 مُعتمِدًا على النظام المتري، وهو نظام أُنشِئ سنة 1790 في الأكاديمية الفرنسية للعلوم، والتي كان هدفها الأساسي وضع تعريف لنظام تكون فيه الوحدات الشائعة من مُضاعفات العدد عشرة (نظام عشري)، ويكون قائمًا على مقاييس عامة.

كان المتر في النظام المتري الأساسي، يساوي واحدًا على عشرة ملايين من المسافة الممتدّة على سطح الأرض، من القطب الشمالي إلى خطّ الاستواء.

وقد استغرق تحديد هذا القياس 6 سنوات لكنّ المتر المُعتمَد اليوم، اختلف تعريفه، على الرغم من أنّ مقداره ظلّ هو نفسه، وقد تمّ قياسه في أواخر القرن السابع عشر.

الشكل 1-1 القياس المعياري للمتر الواحد.

مخرجات التّعلُّم

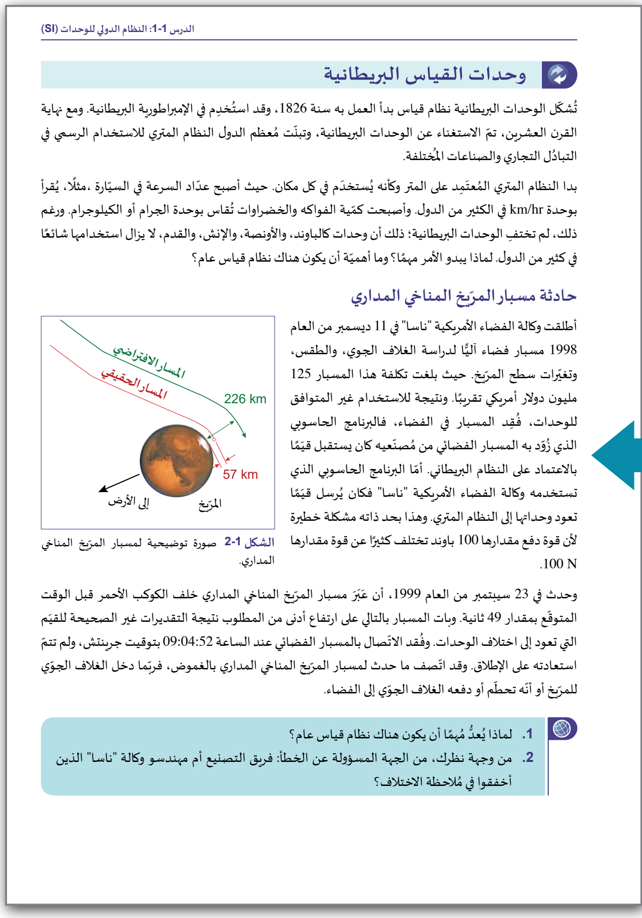
P1001.1 يميّز بين وحدات النظام الدولي الأساسية والمشتقة ويستخدم البادئات المناسبة.

P1001.2 يتعامل مع مدى المقادير ويعبّر بشكل صحيح عن الكمّيات الفيزيائية باستخدام الصيغة العلميّة للنظام الدولي.

المفردات

| | |
|---|---|
| النظام الدولي للوحدات (SI) | International System of Units (SI) |
| الوحدات الأساسية | Fundamental units |
| الوحدات المُشتقة | Derived units |
| العياني (الماكروسكوبي) | Macroscopic |
| المجهري (الميكروسكوبي) | Microscopic |
| رتبة المقدار | Order of magnitude |
| الجزء العشري | Mantissa |
| الصيغة العلميّة | Scientific notation |
| الأُس | Exponent |
| بادئات النظام الدولي | SI Prefixes |

4



الدرس 1-1: النظام الدولي للوحدات (SI)

### وحدات القياس البريطانية

تُشكّل الوحدات البريطانية نظام قياس بدأ العمل به سنة 1826، وقد استُخدِم في الإمبراطورية البريطانية. ومع نهاية القرن العشرين، تمّ الاستغناء عن الوحدات البريطانية، وتبنّت مُعظم الدول النظام المتري للاستخدام الرسمي في التبادُل التجاري والصناعات المُختلفة.

بدا النظام المتري المُعتمِد على المتر وكأنه يُستخدَم في كل مكان. حيث أصبح عدّاد السرعة في السيّارة ،مثلًا، يُقرأ بوحدة km/hr في الكثير من الدول. وأصبحت كمّية الفواكه والخضراوات تُقاس بوحدة الجرام أو الكيلوجرام. ورغم ذلك، لم تختفِ الوحدات البريطانية؛ ذلك أن وحدات كالباوند، والأونصة، والإنش، والقدم، لا يزال استخدامها شائعًا في كثير من الدول. لماذا يبدو الأمر مهمًا؟ وما أهميّة أن يكون هناك نظام قياس عام؟

### حادثة مسبار المرّيخ المناخي المداري

أطلقت وكالة الفضاء الأمريكية "ناسا" في 11 ديسمبر من العام 1998 مسبار فضاء آليًا لدراسة الغلاف الجوي، والطقس، وتغيّرات سطح المرّيخ. حيث بلغت تكلفة هذا المسبار 125 مليون دولار أمريكي تقريبًا. ونتيجة للاستخدام غير المتوافق للوحدات، فُقِد المسبار في الفضاء، فالبرنامج الحاسوبي الذي زُوّد به المسبار الفضائي من مُصنّعيه كان يستقبل قيَمًا بالاعتماد على النظام البريطاني. أمّا البرنامج الحاسوبي الذي تستخدمه وكالة الفضاء الأمريكية "ناسا" فكان يُرسل قيَمًا تعود وحداتها إلى النظام المتري. وهذا بحد ذاته مشكلة خطيرة لأن قوة دفع مقدارها 100 باوند تختلف كثيرًا عن قوة مقدارها 100 N.



الشكل 1-2 صورة توضيحية لمسبار المرّيخ المناخي المداري.

وحدث في 23 سبتمبر من العام 1999، أن عَبَرَ مسبار المرّيخ المناخي المداري خلف الكوكب الأحمر قبل الوقت المتوقّع بمقدار 49 ثانية. وبات المسبار بالتالي على ارتفاع أدنى من المطلوب نتيجة التقديرات غير الصحيحة للقيَم التي تعود إلى اختلاف الوحدات. وفُقد الاتّصال بالمسبار الفضائي عند الساعة 09:04:52 بتوقيت جرينتش، ولم تتمّ استعادته على الإطلاق. وقد اتّصف ما حدث لمسبار المرّيخ المناخي المداري بالغموض، فربّما دخل الغلاف الجوّي للمرّيخ أو أنّه تحطّم أو دفعه الغلاف الجوّي إلى الفضاء.

1. لماذا يُعدُّ مُهمًا أن يكون هناك نظام قياس عام؟
2. من وجهة نظرك، من الجهة المسؤولة عن الخطأ: فريق التصنيع أم مهندسو وكالة "ناسا" الذين أخفقوا في مُلاحظة الاختلاف؟

## الاستكشاف

1. لماذا يُعدُّ مُهمًّا أن يكون هناك نظام قياس عامّ؟
**يضمن وجود نظام قياس عامّ عدم افتراض وحدات القياس المُستخدمة، حيث يُعدّ من المُفيد دائمًا ذكرها، أمّا عندما لا يتمّ ذكرها في بعض الحالات، فذلك له دلالة مُختلفة تمامًا. فعندما تُذكر درجة حرارة 45 من دون تحديد وحدات القياس، فإنّ ذلك قد يعني أنّ الحرارة باردة جدًّا أو ساخنة. وبإلحاق وحدة القياس يُصبح الأمر واضحًا، حيث تُعبّر 45°F عن درجة حرارة باردة، و45°C عن درجة حرارة ساخنة.**

2. من وجهة نظرك، من الجهة المسؤولة عن الخطأ: فريق التصنيع أم مهندسو وكالة «ناسا» الذين أخفقوا في مُلاحظة الاختلاف؟
**سيكون للطلّاب وجهات نظر مُختلفة.**

## مُناقشة الأفكار

1. اطلب إلى الطلّاب العمل ضمن مجموعات ثنائيّة والتفكير في سيناريو يؤدّي خلاله عدم ذكر وحدات القياس إلى حدوث كوارث وخيمة، ثمّ اطلب إليهم مُشاركة أمثلتهم مع زملائهم في الصفّ.
2. ادعُ الطلّاب إلى ترتيب السيناريوهات المذكورة وفق نتائجها من الأكثر ضرر إلى الأقلّ.

## النظام الدولي للوحدات

1. توجد مجموعة واسعة من وحدات القياس المقبولة والتي تُستخدم في المجال العلميّ، وهي تُعرف باسم النظام الدولي للوحدات (SI).
2. على الرغم من أنّ بعض البلدان لا تستخدم النظام الدولي للوحدات بشكل شائع، إلّا أنّ المدارس والمصانع المختلفة تستخدمها.
3. تُصنّف وحدات القياس إلى مجموعتَين: وحدات القياس الأساسيّة، ووحدات القياس المُشتقّة.
4. يوجد 7 وحدات قياس أساسيّة، وبقيّة وحدات القياس هي وحدات مُشتقّة من وحدات القياس الأساسيّة.
5. من أجل فهم وحدات القياس المُشتقّة، يجب علينا أوّلًا أن نفهم ما تعنيه مُفردة «مُشتقّة»، حيث تعني استخراج المعنى من مفهوم أساسيّ.
6. تتكوّن الوحدات المُشتقّة من وحدات مؤلّفة من وحدات أساسيّة. فالسرعة تساوي المسافة مقسومة على الزمن، ووحدة قياسها هي وحدة مُشتقّة تعتمد على الوحدات الأساسيّة للمسافة والزمن. فسرعة مقدارها 10 m/s تتضمّن وحدات الأمتار والثواني.


### النظام الدولي للوحدات

كانت أنظمة القياس في الحضارات القديمة تُعتمد محليًا. وكان قياس الطول يتم في الغالب بواسطة الذراع، واليد، والإصبع. إلا أنّ هذه الطرائق لم تكن متطابقة، فقد امتلك كل شخص مفهومه الخاص عن مقدار طول الذراع. وخلال عدة قرون، طوّرت الحضارات وحدات القياس العامة لتسهيل التواصُل والمبادلات التجارية والتطوّر العلمي. وقد أطلِق على نظام القياس العام اسم النظام الدولي للوحدات (SI) International System of Units.

#### وحدات النظام الدولي الأساسية

يتألّف النظام الدولي للوحدات من سبع وحدات أساسية Fundamental units، تُشتقّ منها باقي الوحدات الأخرى. يعرض **الجدول 1-1** الوحدات الأساسية ورموزها والكمّيات التي تقيسها.

الجدول 1-1 الوحدات الأساسية والكمّيات الفيزيائية الأساسية في النظام الدولي للوحدات.

| الوحدة الأساسية | رمز الوحدة | الكمّية الفيزيائية الأساسية | رمز الكمّية |
|---|---|---|---|
| الكيلوجرام<br>kilogram | kg | الكتلة<br>mass | m |
| المتر<br>meter | m | الطول<br>length | l |
| الثانية<br>second | s | الزمن<br>time | t |
| الأمبير<br>ampere | A | شدّة التيار الكهربائي<br>electric current intensity | I |
| الكلفن<br>kelvin | K | درجة الحرارة<br>temperature | T |
| الشمعة<br>candela | cd | شدّة الإضاءة<br>luminouse intensity | $I_V$ |
| المول<br>mole | mol | كمّية المادة<br>amount of substance | n |

#### وحدات النظام الدولي المُشتقّة

لا يتضمّن الجدول 1-1 جميع الكمّيات الفيزيائية. وتُعرف الكمّيات المتبقية باسم الكمّيات المُشتقّة. ويتمّ الحصول على الوحدات المُشتقّة Derived units باستخدام الوحدات الأساسية السبع.

من الامثلة على الكميات الفيزيائية المشتقة: السرعة والتسارع والقوة، وهي كميات تعتمد على كميات فيزيائية أساسية، سوف نتوصل من خلال الأمثلة التالية إلى وحدات هذه الكميات المشتقة، عن طريق اشتقاقها بالاعتماد على الوحدات الأساسية التي تعتمد عليها. وهناك الكثير من الوحدات المُشتقّة كوحدة نيوتن (N) التي تُعادل $kgm/s^2$، ووحدة الجول المستخدمة للطاقة، والتي تُعادل $kgm^2/s^2$.




**مثال 1**

اشتقّ وحدة قياس السرعة، إذا علمت أن السرعة هي ناتج قسمة المسافة على الزمن.

**المطلوب:** وحدة قياس السرعة.

**المُعطيات:** السرعة = المسافة / الزمن $\quad v = \frac{d}{t}$

**الحل:** وحدة قياس المسافة هي المتر (m)، وحدة قياس الزمن هي الثانية (s) بتطبيق العلاقة:

$$unit\ of\ (v) = \frac{unit\ of\ (d)}{unit\ of\ (t)} = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = \boxed{\mathrm{m/s}}$$

**مثال 2**

التسارُع كمّية مُشتقّة، وهي تغيُّر السرعة مقسومًا على زمن هذا التغيُّر. اشتقّ وحدة قياس التسارُع.

**المطلوب:** وحدة قياس التسارُع.

**المُعطيات:** التسارُع = التغير في السرعة / الزمن $\quad a = \frac{\Delta v}{t}$

**الحل:** وحدة قياس السرعة هي متر/ ثانية (m/s)، وحدة قياس الزمن هي الثانية (s) بتطبيق العلاقة:

$$unit\ of\ (a) = \frac{unit\ of\ (v)}{unit\ of\ (t)} = \frac{\mathrm{m/s}}{\mathrm{s}} = \boxed{\mathrm{m/s^2}}$$

**مثال 3**

يَنُص قانون نيوتن الثاني على أنّ القوة هي حاصل ضرب الكتلة في التسارُع. ما وحدة القوة التي تجعل هذا القانون صحيحًا ؟

**المطلوب:** وحدة القوة

**المُعطيات:** القوة = التسارع × الكتلة $\quad F = m\,a$

**الحل:** لتحديد الوحدة نقوم بضرب وحدة التسارُع وهي المتر / الثانية تربيع $m/s^2$ في وحدة الكتلة في النظام الدولي وهي الكيلو جرام kg.

$$unit\ of\ (F) = unit\ of\ (m) \times unit\ of\ (a) = \left(\mathrm{kg}\right)\left(\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s^2}}\right) = \frac{\mathrm{kg \cdot m}}{\mathrm{s^2}} = \mathrm{kg \cdot m/s^2}$$

## التعامل مع الوحدات المُشتقّة

1. نستخدم العديد من الوحدات المُشتقّة في هذه الأمثلة. يمكن للمُعلّم كتابة المُتغيّرات إلى جانب المعادلات على السبّورة.
2. اطلب إلى الطلّاب إيجاد وحدات كلّ مُتغيّر في المعادلة ثمّ الوحدة المُشتقّة.
3. يُمكن للمُعلّم إجراء لعبة مع الطلّاب حيث يتمّ ذكر وحدة القياس ويُطلب إلى الطلّاب معرفة إن كانت هذه الوحدة أساسيّة أم مُشتقّة.

## المقياس المجهري (الميكروسكوبي) والمقياس العياني (الماكروسكوبي)

1. من أجل فهم المقياس العياني (الماكروسكوبي)، يجب التفكير في الأجسام العيانيّة (الماكروسكوبيّة) (هي الأجسام التي بالإمكان لمسها، والإحساس بها، ورؤيتها)، عندما نتعامل مع هذه الأجسام فإنّنا نتعامل مع المقياس العياني (الماكروسكوبي).
2. يُشير المقياس المجهري (الميكروسكوبي) في الفيزياء إلى الأشياء التي تملك حجم الذرّة أو أصغر. ذكّر الطلّاب بأنّ المقياس المجهري (الميكروسكوبي) في الفيزياء أصغر من المقياس المجهري (الميكروسكوبي) في البيولوجيا، حيث يعني الأشياء التي تكون مرئيّة تحت عدسة الميكروسكوب.

الوحدة 1: الكمّيات الفيزيائيّة وهامش الخطأ في القياسات العمليّة

### التعامُل مع الوحدات المُشتقّة

ترتبط العديد من الكمّيات، كالحجم والسرعة، بمجموعة من وحدات النظام الدولي (SI). ذلك أننا سنحتاج في حالات كثيرة إلى التعبير عن كمّية، كالحجم مثلاً، باستخدام وحدات مُختلفة. وتتيح العلاقات بين الوحدات المُشتقّة عمليّة التحويل من وحدة مُشتقّة إلى أخرى.

**مثال 4**

تتحرّك سيّارة بسرعة 80 km/h. ما سرعتها بوحدة m/s؟

**المطلوب:** تحويل 80 km/h إلى m/s

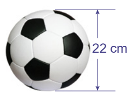
**المعطيات:** $v = 80$ km/h

**العلاقات:** $1\ \text{km} = 1000\ \text{m}\ ,\ 1\ \text{h} = 3600\ \text{s}$

**الحل:** وحدة السرعة هي وحدة مُشتقّة تتضمّن وحدات أساسية للمسافة والزمن. لذلك سنقوم بإعادة ترتيب العلاقات بحيث نختصر الوحدات

$$\frac{80\ \cancel{\text{km}}}{1\ \cancel{\text{h}}}\left(\frac{1000\ \text{m}}{1\ \cancel{\text{km}}}\right)\left(\frac{1\ \cancel{\text{h}}}{3600\ \text{s}}\right) = \frac{80 \times 1000}{3600}\ \frac{\text{m}}{\text{s}} = \boxed{22.2\ \text{m/s}}$$

**مثال 5**




$$V_{\text{الكرة}} = \frac{4\pi r^3}{3}$$

يبلغ قُطر كرة القدم القانونية الرسمية 22 cm. جِدْ حجم الكُرة بوحدة المتر المُكعّب $m^3$، علمًا أنّ علاقة حجم الكُرة مُوضّحة في الشكل المُجاور.

**المطلوب:** الحجم بوحدة $m^3$

**المعطيات:** r = 22 cm

**العلاقات:** $1\ \text{m} = 100\ \text{cm}$  $V_{\text{الكرة}} = \frac{4\pi r^3}{3}$

**الحل:** وحدة الحجم وحدة مُشتقّة تتضمّن وحدات أساسية للمسافة المكعبّة. لذلك سنقوم بحساب الحجم بوحدة $cm^3$، ثمّ نقوم بتحويلها إلى وحدة $m^3$ بإعادة ترتيب العلاقات بحيث تُختصَر الوحدات، مع مُلاحظة أننا سنضرب بالعلاقة 1 m = 100 cm ثلاث مرّات لأننا سنحوّل من $cm^3$ إلى $m^3$.

$$V_{\text{كرة}} = \frac{4\pi r^3}{3} = \frac{4\pi\ (11\ \text{cm})^3}{3} = 5575\ \text{cm}^3$$

$$\frac{5575\ \cancel{\text{cm}^3}}{1}\left(\frac{1\ \text{m}}{100\ \cancel{\text{cm}}}\right)\left(\frac{1\ \text{m}}{100\ \cancel{\text{cm}}}\right)\left(\frac{1\ \text{m}}{100\ \cancel{\text{cm}}}\right) = \frac{5575}{1000000}\ \text{m}^3 = \boxed{0.005575\ \text{m}^3}$$

8

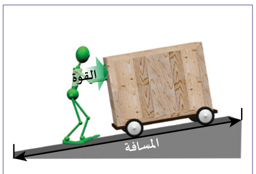
الدرس 1-1: النظام الدولي للوحدات (SI)

### المقياس المجهري (الميكروسكوبي) والمقياس العياني (الماكروسكوبي)

تختلف الأشياء من حولنا في أبعادها وكتلها، فمنها ما هو كبير جدًا كالمجرات والنجوم والكواكب، وحتى الأجسام التي نعيش بينها على الأرض، والتي تُعدّ جميعها ضمن العالم العياني (الماكروسكوبي)، أي الذي نشاهده ونلمسه بحواسنا. وهناك أشياء أخرى في هذا العالم لا يمكننا مشاهدتها أو الإحساس بها؛ كالخلايا والجراثيم والجزيئات والذرات. وهذه تشكل العالم المجهري (الميكروسكوبي). لم يتمكن الإنسان من معرفة العالم المجهري إلا بعد تطور أدوات البحث و التجريب العلمي على مدار العديد من السنوات.

#### المقياس العياني (الماكروسكوبي)

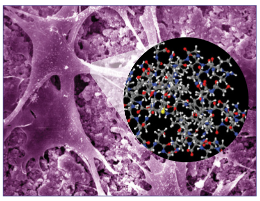
استخدم علماء الفيزياء مفهوم المقياس لوصف القياسات النسبية للأشياء. فعندما تؤثّر بقوة دفع على عربة لتصعد مُنحدرًا فإنَّ بإمكانك مُلاحظة انتقال الطاقة خلال حركة العربة إلى الأعلى (**الشكل 1-3**)، وهذا مثال على الشُغل المبذول في المقياس الماكروسكوبي. يشير **المقياس الماكروسكوبي Macroscopic** إلى الأشياء التي يمكن لمسها والإحساس بها مباشرةً. فالصخور، وعربات التسوّق، وبُقع الغبار، والكواكب، جميعها أجسام ماكروسكوبية، والمقياس الماكروسكوبي هو مقياس الحياة العادية، ويبدأ تقريبًا من $\frac{1}{100}$ ملّيمتر إلى ما هو أكبر.




**الشكل 1-3** بذل الشغل في المقياس الماكروسكوبي.

#### المقياس المجهري (الميكروسكوبي)

يكمن في داخل عالمنا المرئي (الماكروسكوبي) عالم ميكروسكوبي من الذرّات والجُسَيْمات. ويشير المقياس الميكروسكوبي في الفيزياء إلى الحجم الذي يتراوح بين ذرّة وأصغر (**الشكل 1-4**)، فحجم الذرّة متناهٍ في الصغر إلى درجة تكون فيها بقعة غبار مشتملة على مليارات الذرّات، مع الإشارة إلى أنّ قُطر الذرّة يبلغ تقريبًا $10^{-10}$ m. في مجال الفيزياء، ينطبق العالم **الميكروسكوبي Microscopic** على أشياء أصغر من أن تكون مرئيّة بواسطة المجهر البصري العادي. فكمّيات كالحرارة ودرجة الحرارة يمكن تفسيرها عن طريق السلوك في المقياس الميكروسكوبي فقط.



**الشكل 1-4** الذرّات وجُزيئات المادة في المقياس الميكروسكوبي.

9

# الصيغة العلميّة

1. كيف نتعامل مع الأرقام الكبيرة والأرقام الصغيرة؟ قد تكون كتابة الأرقام التي تتضمّن عددًا من الأصفار أمرًا مُرهِقًا وعادةً ما يؤدي ذلك إلى ارتكاب أخطاء.
2. لذلك فإنّنا نلجأ إلى كتابة الأرقام وفق الصيغة العلميّة.
3. حيث يُستخدم في الصيغة العلميّة قوى مُوجبة للأرقام الأكبر من 1، وقوى سالبة للأرقام الأصغر من 1.
4. يطلب مثال 6 إلى الطلّاب تحويل الأرقام إلى الصيغة العلميّة ثمّ إلى الصيغة المُمتدّة.
5. يُمكن للطلّاب حل بعض الأمثلة باستخدام أرقام كبيرة أو صغيرة.
6. يجب على الطلّاب تحويل الأرقام إلى الصيغة العلميّة أوّلًا.
7. يُمكن تذكير الطلّاب بالمعادلات المُستخدمة لحلّ كمّيات بسيطة كالحجم والكثافة.
8. يمكن أن يزوّد المُعلّم الطلّاب بأمثلة مُشابهة لتشجيعهم على التدرّب.



## الصيغة العلميّة

**الصيغة العلميّة Scientific notation** هي طريقة للتعبير عن رقم **كجزء عُشري Mantissa** مضروب في قوة من 10 (**المُعادلة 1-1**). تتجلّى فائدة هذه الطريقة عند كتابة قيَم بأعداد كبيرة أو صغيرة جدًا. والجُزء العُشري هو عدد عشري، أكبر من (أو يساوي) الواحد، لكنّه أقلّ من 10، حيث تكون القوى من 10 مثل:

$10^{-2} = 0.01$ ، $10^{-1} = 0.1$ ، $10^{0} = 1$ ، $10^{1} = 10$ $10^{2} = 100$ ... وهكذا.

وإذا أردنا مثلًا كتابة العدد 1500 في الصيغة العلميّة نكتبه على الشكل التالي: $1.5 \times 10^3$. يُمثّل العدد 1.5 الجزء العُشري، ويمثّل العدد $10^3$ القوّة من 10، أما العدد الصغير 3 المرفوع فيُمثّل **الأُسّ Exponent**. قد تبدو هذه الطريقة في الكتابة أنها تُصعّب الأمر أكثر مما تُفيد في عدد مثل 1500. لكنْ تخيَّل عددًا كبيرًا جدًا، كمقدار سرعة الضوء مثلًا، والذي يبلغ ثلاثمئة مليون والذي يُكتب بالصيغة المُمتدة 300,000,000 m/s. نستطيع بدلًا من ذلك أن نكتبه بالصيغة العلميّة على الشكل التالي: $3 \times 10^8$ m/s، حيث تبدو كتابة الرقم أكثر سهولة ومن دون ارتكاب أيّ خطأ و يمكن كتابة أي رقم بالصيغة العلمية باستخدام العلاقة 1 - 1.

| 1-1 | الصيغة العلميّة | | |
|---|---|---|---|
| | العدد = $N \times 10^n$ | $N$ | الجُزء العُشري $1 \le N < 10$ |
| | | $n$ | الأُس n عدد صحيح (موجب أو سالب) |

أمثلة

a) رقم أكبر من 1 (1500)

$$1500 = 1.5 \times 10^3$$

الأس — الجُزء العُشري

b) رقم أصغر من 1 (0.0015)

$$0.0015 = 1.5 \times 10^{-3}$$

الأس — الجُزء العُشري

إذا كان العدد أصغر من الواحد، فإنّنا لدى كتابته في الصيغة العلميّة نستخدم أسًّا بإشارة سالبة. كأن نكتب: العدد 0.001 على الشكل التالي: ($1 \times 10^{-3} = 1 \div 10^3 = 1 \div 1000 = 1$). لكن لا تعني الإشارة السالبة في أُسّ العدد 10 أنّ ناتج الرقم سالب، ففي الصيغة العلميّة، يعني الأُسّ السالب أنّ القيمة هي أقلّ من واحد، حيث يمكن كتابة الكمّية 0.0025 m مثلًا، وفق الصيغة $2.5 \times 10^{-3}$ m.

### مثال 6

a. اكتب العدد 270 000 000 m في الصيغة العلميّة.

b. اكتب العدد $3.75 \times 10^{13}$ في الصيغة الممتدة.

**المطلوب:** a. الصيغة العلميّة b. الصيغة الممتدة

**المعطيات:** العدد = 270000000 العدد = $3.75X10^{13}$

**العلاقات:** العدد = $N \times 10^n$

**الحلّ:** a. الجُزء العُشري هو 2.7.

للعودة إلى القيمة الحقيقية، يجب ضرب العدد 2.7 في المقدار $10^8$. لذلك يكون 8 هو الأس، ويصبح الرقم $2.7 \times 10^8$ m.

b. تُحرّك الفاصلة 13 رتبة إلى اليمين لكتابة العدد بالصيغة الممتدة: $\boxed{37\ 500\ 000\ 000\ 000}$





### مثال 7

يتكوّن ملح الطعام من حُبيبات مكعّبة الشكل. بحسب البنيّة البلّورية. احسب حجم حُبيبة ملح الطعام بوحدة $m^3$، علمًا أنّ طول حرف المُكعّب هو 0.2 mm. اكتب إجابتك وفق الصيغة العلميّة.

**المطلوب:** الحجم بوحدة $m^3$

**المُعطيات:** مُكعّب طول ضلعه 0.2 mm

**العلاقات:** $V = L^3$

**الحل:** نكتب 0.2 mm، بوحدة المتر وفق الصيغة العلميّة: ($L = 0.2$ mm $= 2 \times 10^{-4}$ m)، ثمّ نطبّق علاقة الحجم.

$$V = L^3 = (2 \times 10^{-4}\ \text{m})^3$$
$$= \boxed{8 \times 10^{-12}\ \text{m}^3}$$

### مثال 8

يبلغ متوسّط نصف قُطر الأرض حوالي 6378 km. احسب طول محيط الأرض بوحدة m.

a. اكتب إجابتك بالصيغة المُمتدة.

b. اكتب إجابتك بالصيغة العلميّة.

**المطلوب:** المُحيط بوحدة m.

**المُعطيات:** نصف القُطر = 6378 km.

**العلاقات:** $C = 2\pi r$

**الحلّ:** نُحوّل نُصف القُطر إلى وحدة المتر: $6378\ \text{km} \times \frac{1000\ \text{m}}{1\ \text{km}} = 6378000\ \text{m}$

a. $C = 2\pi r = 2\pi\,(6378000) = \boxed{40,074,156\ \text{m}}$

b. لكتابة هذا المقدار في الصيغة العلميّة، نُلاحظ أنّ الجزء العُشري سيكون 4.0074 أقرب قُوّة من عشرة هي $10^7 = 10\ 000\ 000$، وبالتالي يكون:

$$\boxed{C = 4.0074 \times 10^7\ \text{m}}$$

## رتبة المقدار

**.1** يُمكن استخدام القوّة من 10 لمُناقشة قيمة الكمّية بدلًا من ذكر القيمة الفعليّة لها.

**.2** نتعامل مع مدى واسع من مقياس مكوّن من مقادير تتراوح بين صغيرة جدًّا ومقادير كبيرة جدًّا، كمقارنة قُطر البروتون بالمسافة إلى أقرب نجم. كلاهما أطوال، لكن برتبة مقدار مُختلفة.

**.3** ناقش مدى مقادير كلّ من الكتلة والزمن.

## البادئات

**.1** اذكر بعض البادئات، واكتشف إن كان الطلّاب قادرين على التعرُّف إليها.

**.2** يُستخدم الكيلو عادةً مع الكيلو جرام والكيلو متر. يُستخدم الديسي، والسنتي، والميلي بشكل شائع في قياس الأطوال أيضًا، أمّا الميكرو والنانو فيستخدمان في الحياة اليوميّة أكثر في وصف مدى صغر الجسم بدلًا من الإشارة إلى القياسات، على الرغم من ذلك فإنّ الميكرو والنانو يُستخدمان للقياسات في الفيزياء.

الوحدة 1: الكمّيات الفيزيائيّة وهامش الخطأ في القياسات العمليّة

### رتبة المقدار

يُوضّح **الشكل 1-5** الاختلاف بين المقياس الميكروسكوبي والمقياس الماكروسكوبي. فعندما نناقش مثل هذه الأرقام الصغيرة أو الكبيرة، فإننا نفضّل أن نذكر مقدار الكمّية المطلوبة بقوة من 10. تُسمّى قيمة الكمّية في هذه الحالة **رتبة المقدار Order of magnitude**. وتكون نواة الذرّة مثلًا من رتبة المقدار $10^{-15}$ m.



**الشكل 1-5** مقارنة بين المسافات الميكروسكوبية والمسافات الماكروسكوبية.

يُساعدنا **الجدول 1-2** على تصوّر المجال الواسع لرتب مقادير بعض الكمّيات الفيزيائية.

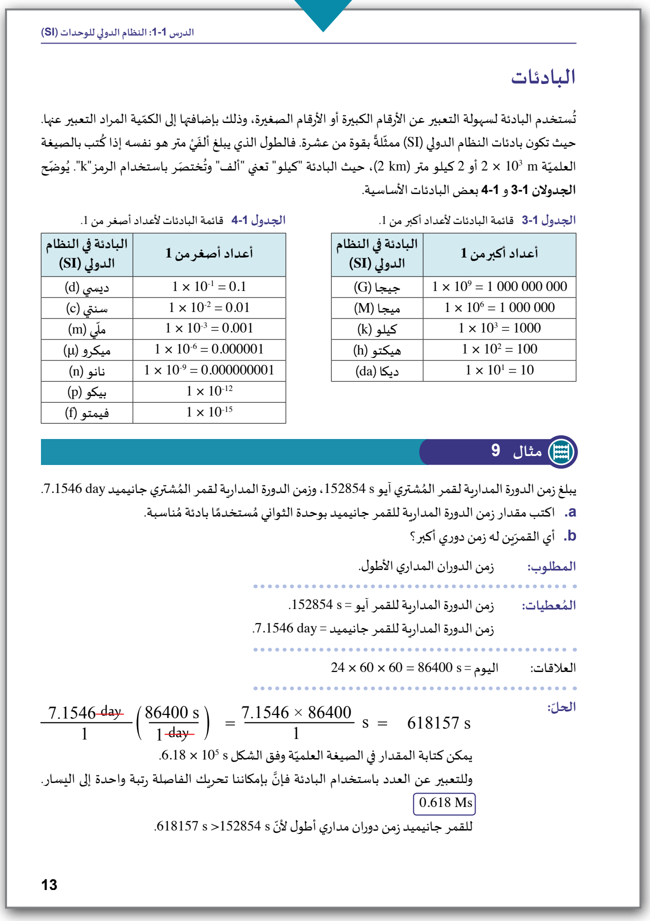
**الجدول 1-2** رتبة المقدار في كل من الطول، والكتلة، والزمن.

| رُتَبْ الطول (m) | |
|---|---|
| المسافة من الأرض إلى أقرب نجم | $10^{16}$ |
| المسافة من الأرض إلى الشمس | $10^{11}$ |
| المسافة من الأرض إلى القمر | $10^{8}$ |
| قُطر كوكب الأرض | $10^{6}$ |
| قُطر البكتيريا | $10^{-6}$ |
| قُطر ذرّة الهيدروجين | $10^{-10}$ |
| قُطر البروتون | $10^{-15}$ |

| رُتَبْ الكتلة (kg) | |
|---|---|
| مجرّة درب التبّانة | $10^{42}$ |
| الشمس | $10^{30}$ |
| الأرض | $10^{24}$ |
| القمر | $10^{22}$ |
| البكتيريا | $10^{-15}$ |
| ذرّة الهيدروجين | $10^{-27}$ |
| البروتون | $10^{-27}$ |

| رُتَبْ الزمن (s) | |
|---|---|
| العمر التقريبي للكون | $10^{18}$ |
| العمر التقريبي للأرض | $10^{17}$ |
| سنة واحدة | $10^{7}$ |
| يوم واحد | $10^{4}$ |
| الفترة الزمنيّة لنبضة قلب | 1 |
| الفترة الزمنية لنبضة عصب | $10^{-3}$ |
| الفترة الزمنية لعبور الضوء قُطر بروتون | $10^{-24}$ |

12



الدرس 1-1: النظام الدولي للوحدات (SI)

### البادئات

تُستخدم البادئة لسهولة التعبير عن الأرقام الكبيرة أو الأرقام الصغيرة، وذلك بإضافتها إلى الكمّية المراد التعبير عنها. حيث تكون بادئات النظام الدولي (SI) ممثّلةً بقوة من عشرة. فالطول الذي يبلغ ألفَيْ متر هو نفسه إذا كُتب بالصيغة العلميّة $2 \times 10^{3}$ m أو 2 كيلو متر (2 km)، حيث البادئة "كيلو" تعني "ألف" وتُختصَر باستخدام الرمز"k". يُوضّح **الجدولان 1-3 و 1-4** بعض البادئات الأساسية.

**الجدول 1-3** قائمة البادئات لأعداد أكبر من 1.

| البادئة في النظام الدولي (SI) | أعداد أكبر من 1 |
|---|---|
| جيجا (G) | $1 \times 10^{9} = 1\ 000\ 000\ 000$ |
| ميجا (M) | $1 \times 10^{6} = 1\ 000\ 000$ |
| كيلو (k) | $1 \times 10^{3} = 1000$ |
| هيكتو (h) | $1 \times 10^{2} = 100$ |
| ديكا (da) | $1 \times 10^{1} = 10$ |

**الجدول 1-4** قائمة البادئات لأعداد أصغر من 1.

| البادئة في النظام الدولي (SI) | أعداد أصغر من 1 |
|---|---|
| ديسي (d) | $1 \times 10^{-1} = 0.1$ |
| سنتي (c) | $1 \times 10^{-2} = 0.01$ |
| ملّي (m) | $1 \times 10^{-3} = 0.001$ |
| ميكرو (µ) | $1 \times 10^{-6} = 0.000001$ |
| نانو (n) | $1 \times 10^{-9} = 0.000000001$ |
| بيكو (p) | $1 \times 10^{-12}$ |
| فيمتو (f) | $1 \times 10^{-15}$ |

**مثال 9**

يبلغ زمن الدورة المدارية لقمر المُشتري آيو 152854 s، وزمن الدورة المدارية لقمر المُشتري جانيميد 7.1546 day.

**.a** اكتب مقدار زمن الدورة المدارية للقمر جانيميد بوحدة الثواني مُستخدمًا بادئة مُناسبة.

**.b** أي القمرَين له زمن دوري أكبر؟

**المطلوب:** زمن الدوران المداري الأطول.

**المُعطيات:** زمن الدورة المدارية للقمر آيو = 152854 s.
زمن الدورة المدارية للقمر جانيميد = 7.1546 day.

**العلاقات:** اليوم = $24 \times 60 \times 60 = 86400$ s

**الحلّ:**

$$\frac{7.1546\ \cancel{day}}{1}\left(\frac{86400\ s}{1\ \cancel{day}}\right) = \frac{7.1546 \times 86400}{1}\ s = 618157\ s$$

يمكن كتابة المقدار في الصيغة العلميّة وفق الشكل $6.18 \times 10^{5}$ s.

وللتعبير عن العدد باستخدام البادئة فإنَّ بإمكاننا تحريك الفاصلة رتبة واحدة إلى اليسار.

$\boxed{0.618\ Ms}$

للقمر جانيميد زمن دوران مداري أطول لأنّ 618157 s > 152854 s.

13

## نشاط 1-1 استخدام النظام الدولي للوحدات (SI)

**الإجابات/ عيّنة بيانات**

**المواد المطلوبة:** مسطرة بطول 30 cm، عصا متريّة، مقياس كتلة رقميّ (الميزان)، أجسام مُختلفة من غرفة الصفّ.

صُمّم نشاط التوسُّع هذا ليسمح للطلّاب باستكشاف أدوات القياس المُختلفة والبادئات. يجب أن يكون الطلّاب قادرين على التمييز بين القياسات المناسبة والقياسات غير المناسبة بعد إجراء النشاط. يُمكن إضافة أنشطة قياس أخرى إلى النشاط أيضًا.

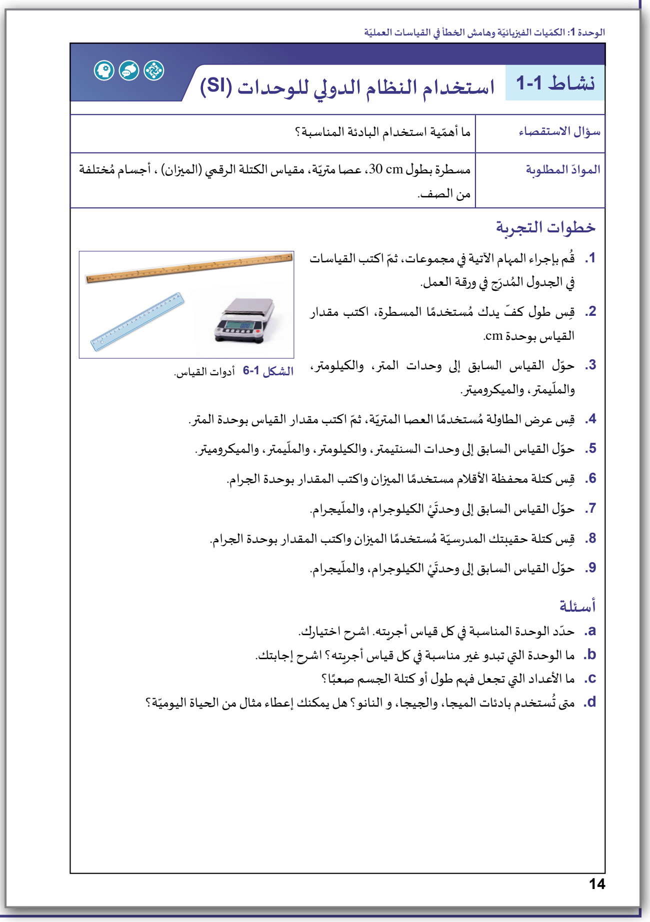
### جدول البيانات

| الزاوية θ | القيمة المقيسة | القيمة المُحوّلة 1 | القيمة المُحوّلة 2 | القيمة المُحوّلة 3 | القيمة المُحوّلة 4 |
|---|---|---|---|---|---|
| طول الكفّ | 10.16 cm | 0.1016 m | 0.0001016 km | 101.6 mm | 101600 µm |
| طول الطاولة | 0.6 m | 0.0006 km | 60 cm | 600 mm | 600000 µm |
| كتلة حقيبة الأقلام | 50 g | 0.05 kg | 5000 mg | | |
| كتلة حقيبة المدرسة | 9 kg | 9000 g | 9000000 mg | | |

### الأسئلة

**a.** حدِّد الوحدة المناسبة في كلّ قياس أجريته. اشرح إجابتك.

ناقِش فكرة أنّنا نملك فهمًا جيّدًا للأعداد التي تتراوح بين 1 و100. وعادةً تكون أفضل وحدة قياس هي التي تُمثّل المقدار المُقاس ضمن هذا المدى، أمّا الأرقام التي تكون أقلّ من 0.01 و أكبر من 10,000 فمن الصعب فهمها مباشرةً. إنّ وحدة القياس المطلوبة في هذا النشاط هي وحدة القياس الأنسب.



الوحدة 1: الكمّيات الفيزيائيّة وهامش الخطأ في القياسات العمليّة

نشاط 1-1 استخدام النظام الدولي للوحدات (SI)

| | |
|---|---|
| سؤال الاستقصاء | ما أهمّية استخدام البادئة المناسبة؟ |
| الموادّ المطلوبة | مسطرة بطول 30 cm، عصا متريّة، مقياس الكتلة الرقمي (الميزان) ، أجسام مُختلفة من الصف. |

خطوات التجربة

1. قُم بإجراء المهام الآتية في مجموعات، ثمّ اكتب القياسات في الجدول المُدرَج في ورقة العمل.
2. قِس طول كفّ يدك مُستخدمًا المسطرة، اكتب مقدار القياس بوحدة cm.
3. حوّل القياس السابق إلى وحدات المتر، والكيلومتر، والملّيمتر، والميكروميتر.
4. قِس عرض الطاولة مُستخدمًا العصا المتريّة، ثمّ اكتب مقدار القياس بوحدة المتر.
5. حوّل القياس السابق إلى وحدات السنتيمتر، والكيلومتر، والملّيمتر، والميكروميتر.
6. قِس كتلة محفظة الأقلام مستخدمًا الميزان واكتب المقدار بوحدة الجرام.
7. حوّل القياس السابق إلى وحدتَيْ الكيلوجرام، والملّيجرام.
8. قِس كتلة حقيبتك المدرسيّة مُستخدمًا الميزان واكتب المقدار بوحدة الجرام.
9. حوّل القياس السابق إلى وحدتَيْ الكيلوجرام، والملّيجرام.

الشكل 1-6 أدوات القياس.

أسئلة

a. حدّد الوحدة المناسبة في كل قياس أجريته. اشرح اختيارك.
b. ما الوحدة التي تبدو غير مناسبة في كل قياس أجريته؟ اشرح إجابتك.
c. ما الأعداد التي تجعل فهم طول أو كتلة الجسم صعبًا؟
d. متى تُستخدم بادئات الميجا، والجيجا، و النانو؟ هل يمكنك إعطاء مثال من الحياة اليوميّة؟

14

## نشاط 1-1 استخدام النظام الدولي للوحدات (SI) - تابع

الإجابات/ عيّنة بيانات

**b.** ما الوحدة التي تبدو غير مناسبة في كلّ قياس أجريته؟ اشرح إجابتك.

**وحدتا الكيلومتر والميكروميتر كانتا الأنسب للطّول لامتلاك الأعداد العديد من الأصفار، وفي حالة حقيبة الأقلام المدرسيّة فقد بدت وحدة الميللي جرام هي الأنسب لاحتوائها على بعض الأصفار.**

**c.** ما الأعداد التي تجعل فهم طول أو كتلة الجسم صعبًا؟

**الأعداد التي تكون كبيرة جدًّا (10,000<) أو صغيرة جدًّا (0.01>) هي ما جعل فهم طول أو كتلة الجسم صعبًا.**

**d.** متى تُستخدم بادئات الميجا، والجيجا، والنانو؟ هل يمكنك إعطاء مثال من الحياة اليوميّة؟

**تُستخدَم بادئات الميجا والجيجا بشكل واسع في مجال التكنولوجيا كالميجا بايت والجيجا بايت في الحواسيب، أو الميجا بت في الثانية أو الجيجا بت في الثانية في سرعة نقل البيانات. تصِف تكنولوجيا النانو التكنولوجيّات التي تعمل في المقياس $10^{-m}$ أو أصغر.**

## تقويم الدّرس 1-1 | الإجابات

1. إذا كانت سرعة الضوء 299792458 m/s، فما التقريب الأفضل لها وفق الصيغة العلمية؟

c. $3 \times 10^8$ m/s

2. أيٌّ من الآتي نعبّر عن قياسه باستخدام وحدة مُشتقّة؟

b. مساحة الغُرفة

3. ما رتبة المقدار التقديريّة لكتلة كل من الأجسام الآتية:

a. محفظة أقلام

$10^{-2}$ kg

b. كُرة قدم

$10^{-1}$ kg

c. سيّارة

$10^3$ kg

d. حقيبتك المدرسية

$10^1$ kg

4. تبلغ سرعة عربة مُختبر 12 m/s. ما سرعة العربة بوحدة (km/h)؟

$$\frac{12\ m}{1\ s} \times \frac{1\ km}{1000\ m} \times \frac{3600\ s}{1\ hr} = 43.2\ km/hr$$

5. يُعرّف الضغط بأنّه ناتج قسمة القوة على المساحة: $P = \frac{F}{A}$.

اشتق وحدة قياس الضغط اعتمادًا على الوحدات الأساسية.

$$P = \frac{F}{A} = \frac{\frac{kgm}{s^2}}{m^2} = \left(\frac{kgm}{s^2}\right)\left(\frac{1}{m^2}\right) = \frac{kg}{ms^2} = kg/ms^2$$

6. صف ثلاثة أجسام تنتمي إلى المقياس الميكروسكوبي وثلاثة أخرى تنتمي إلى المقياس الماكروسكوبي.

ستكون إجابات الطلاب متنوعة.

المقياس الميكروسكوبي: الذرّات، والجُزيئات، والإلكترونات.

المقياس الماكروسكوبي: الكواكب، والكون، والقلم.

7. أعطِ ثلاثة أمثلة على وحدات أساسية، وثلاثة أخرى على وحدات مُشتقّة.

ستكون إجابات الطلاب متنوعة.

أمثلة محتملة لوحدات أساسية: الكيلوجرام، والمتر، والثانية.

أمثلة محتملة لوحدات مشتقة: الواط، والباسكال، ونيوتن.

## تقويم الدّرس 1-1 — الإجابات

**8.** هل اللتر وحدة مُشتقّة أم وحدة أساسية؟ اشرح إجابتك.

**اللتر وحدة مُشتقة لأنه وحدة للحجم، الذي يُعدّ كميّة مُشتقة لأنّ:**

**الحجم = الطول × العرض × الارتفاع**

**وبالتالي تكون وحدة الحجم = $m \times m \times m = m^3$**

**لذلك فإنّنا نستطيع أن نقول بأنّ اللترهووحدة مُشتقة من المترلأنّ:**

**$1\ m^3 = 1000\ L$**

**9.** أيُّهما أطول، $1.23\ mm$ أم $2.34 \times 10^5\ \mu m$.

$$\left(\frac{1.23\ mm}{1}\right)\left(\frac{10^{-3}\ m}{1\ mm}\right) = 1.23 \times 10^{-3}\ m$$

$$\left(\frac{2.34 \times 10^5\ \mu}{1}\right)\left(\frac{10^{-6}\ m}{1\ \mu}\right) = 2.34 \times 10^{-1}\ m$$

**لذلك يكون $2.34 \times 105\ \mu m$ هو الأكبر.**

**10.** كم سيكون الأُسّ، إذا كُتب العدد 0.000625 في الصيغة العلميّة.

**لكتابة العدد بالصيغة العلمية نحرّك الفاصلة نحو اليمين أربعة منازل، أي نضرب بالمقدار (10000)، لذلك يجب قسمة الرقم على المقدار نفسه (10000)، وهو ما يعادل الضرب بعشرة مرفوعة للأس (4-).**

**11.** قَاسَ عالِم كتل خمسة أجسام مُعيّنة. اكتب هذه القياسات مُستخدمًا الصيغة العلميّة:

450000 g، 0.00089 g، 98.34 g، 2340 g، 0.0925 g.

**$450{,}000\ g = 4.5 \times 10^5\ g$**

**$0.00089\ g = 8.9 \times 10^{-4}\ g$**

**$98.34\ g = 9.834 \times 10^1\ g$**

**$2340\ g = 2.34 \times 10^3\ g$**

**$0.0925\ g = 9.25 \times 10^{-2}\ g$**

**12.** اكتب المقدار 250 ملّيجرامًا بوحدة الكيلوجرام.

$$(250\ mg) \times \left(\frac{10^{-3}\ g}{1\ mg}\right) \times \left(\frac{1\ kg}{1000\ g}\right) = 0.00025\ kg$$

**13.** اكتب المقدار 4250 nm بوحدة المتر.

$$(4250\ nm) \times \left(\frac{1}{1000}\right) = 0.00000425\ m$$

**14.** اكتب المقدار 0.00036 m بوحدة الملّيمتر.

$$(0.00036\ m) \times \left(\frac{1\ mm}{10^{-3}\ m}\right) = 0.36\ mm$$

## إعادة تدريس

1. اكتب البادئات الآتية على السبّورة واطلب إلى الطلّاب ترتيبها من الأصغر إلى الأكبر: نانو، ميللي، جيجا، كيلو، ميكرو، بيكو، ميجا.
2. اطلب إلى الطلّاب كتابة رموز كلّ بادئة.
3. اكتب عددًا (160 m مثلًا)، ثمّ اطلب إلى الطلّاب تحويله إلى: Gm, Mm, km, mm, µm, nm, pm.
4. ادعُ الطلّاب إلى كتابة كلّ عدد باستخدام الصيغة العلميّة بدلًا من الصيغة المُمتدّة.

## إثراء

1. قسّم الطلّاب إلى مجموعات صغيرة، واطلب إليهم قياس كتلة جسم (الشمعة مثلًا). يختار الطلّاب أداة القياس لقياس الكتلة، بالإضافة إلى استخدام البادئة المناسبة.
2. يقوم الطلّاب بعد ذلك بقياس طول الغرفة، ويختارون الأداة والبادئة المناسبتَين.
3. اطلب إلى الطلّاب أداء مهمّة يتمّ استخدام مُتغيّرَين فيها. يُمكن لهم قياس سرعة جري أحد زملائهم. اطرح عليهم السؤالَين الآتيَين: ماذا يجب أن تكون البادئة المُستخدمة للمسافة؟ ماذا يجب أن تكون وحدة قياس الزمن؟
4. يُمكن للطلّاب حساب كثافة جسم؛ اطرح عليهم الأسئلة الآتية: ماذا يجب أن تكون وحدة قياس الكتلة؟ ماذا عن الحجم؟ ماذا ستكون وحدة قياس الكثافة؟ هل هي وحدة أساسيّة أم مُشتقّة؟ كيف عرفت ذلك؟

## ملاحظات

# الدرس 1-2
# القياسات

## مصادر تعلّم الدرس

| الموضوع / الوقت | المحتوى | موارد كتاب الطالب | موارد دليل المعلم |
|---|---|---|---|
| مقدّمة الدرس<br>$\frac{1}{2}$ حصّة | مناقشة | الصفحتان<br>16، 17 | الصفحة 22 |
| قياس الزمن<br>$\frac{1}{2}$ حصّة | تعريف، شرح، مثال | الصفحة 18 | الصفحة 23 |
| القياس وهامش الخطأ<br>$\frac{1}{2}$ حصّة | تعريف، مثال | الصفحتان<br>19، 20 | الصفحتان<br>23، 24 |
| هامش الخطأ النسبي<br>$\frac{1}{2}$ حصّة | تعريف، مُعادلة، مثال | الصفحة 22 | الصفحة 24 |
| الدلالة<br>$\frac{1}{2}$ حصّة | شرح، مثال | الصفحة 23 | الصفحة 25 |
| أخذ المتوسّط لتقليل هامش الخطأ<br>$\frac{1}{2}$ حصّة | تعريف، مثال | الصفحة 24 | الصفحة 25 |
| الرسم البياني باستخدام هامش الخطأ<br>1 حصّة | شرح | الصفحة 26 | الصفحة 26 |
| قياس الأبعاد الصغيرة<br>1 حصّة | شرح | الصفحتان<br>27، 28 | الصفحتان<br>27، 28 |
| نشاط 1-2<br>1 حصّة | نشاط 1-2<br>إجراء القياسات | الصفحة 29 | الصفحتان<br>27، 28 |

| الأنشطة | مواد من أجل النشاط |
|---|---|
| 1-2 إجراء القياسات | القدمة ذات الورنيّة، الميكروميتر، سلك رفيع، كرات فولاذيّة يتراوح طول أقطارها بين 5 mm – 20 mm، مسطرة، كتل 10 g، و 20 g، و 30 g، نابض، ساعة إيقاف. |

## مخرجات التعلّم

**P1002.1** يوضح كيفيّة الحصول على قياسات دقيقة ومضبوطة في المهمّات العمليّة.

**P1002.2** يحسب هامش الخطأ المطلق والمئوي في النتائج التجريبيّة بأساليب مختلفة، بما في ذلك الحدّ الأقصى والحدّ الأدنى لميل الخطّ المستقيم في الرسم البيانيّ.

## المعرفة السابقة

يجب أن يكون الطلّاب على معرفة باستخدام أدوات القياس المُختلفة.

كما يجب أن يكونوا على اطّلاع بالعمليّات الرياضيّة المتعلّقة بحساب المتوسّط.

## المفردات

| | |
|---|---|
| دقّة الوضوح | Resolution |
| الدقّة | Precision |
| الضبط | Accuracy |
| الخطأ المُنتظم | Systematic error |
| الخطأ العشوائي | Random error |
| المتوسّط | Average |
| هامش الخطأ المُطلق | Absolute uncertainty |
| هامش الخطأ المئوي | Percentage uncertainty |
| أعمدة الخطأ | Error bars |
| أفضل خطّ ميل | Best fit line |

### الزمن المقترح للدرس

يحتاج هذا الدرس إلى 5.5 حصّة صفّيّة تتضمّن نشاطًا عمليًّا (2.1)، وعروضًا توضيحيّة صغيرة، ومناقشات مع الطلّاب.

## افتتاحيّة الدرس

1. صُمِّم نشاط الاندماج ليسمح للطلّاب بإجراء تحليل نقديّ للأنواع المُختلفة من أدوات القياس المتوفّرة خلال حياتنا اليوميّة.
2. اطلب إلى الطلّاب دراسة الشكل 8.1. اذكر بعض المهامّ التي يجب إجراؤها، كقياس طول طاولة. ما أداة القياس المناسبة لأداء هذه المُهمّة؟ هل بالإمكان استخدام أداة أخرى غير موجودة في الجدول؟
3. يُمكن أن تذكر جميع الأدوات المُستخدمة في قياس الطول وغير المتوفّرة في الصورة، كاستخدام أشعّة الليزر، والعصا المتريّة، والقدمة ذات الورنيّة، حيث صُمِّمت هذه الأداوت لاستخدامات محددة.
4. تتغيّر دقة إجابتنا في حال استخدامنا أداةً غير مناسبة. فنحن لا نستخدم ميزان الحمام لقياس كتلة ملعقة صغيرة من السكّر، بل نستخدم ميزان المُختبر لأنّه أنسب لأداء هذه المُهمّة.
5. **الاستكشاف:** يُمكن تجهيز عدد من مقاييس الكتلة (الميزان) في الصفّ، ليقوم الطلّاب باستكشاف مدى قياسات كلّ منها.


الدرس 1-2
القياسات
Measurements

يدّعي عالم فلك أنّ مجرّة درب التبانة تضمّ 200 مليار نجم، ما دقّة هذا العدد برأيك؟ هل قام العالِم بِعَدّ جميع نجوم المجرّة؟ يُقدّر أحد مواقع الإنترنت التعداد السُكّاني في العالم بنحو 003 507 840 6 نسمة. ما مدى دقّة هذا العدد؟

من أبرز الأخطاء الشائعة في العلم، الظنّ بأنّه يُقدّم إجابات كمّية دقيقة. لكنّ الأمر ليس كذلك، إلا في بعض الحالات النادرة. حتى إنّ أفضل المُعادلات لا يمكنها أن تُعطي إلّا إجابات "جيّدة بما يكفي"، فتكون القياسات غير المباشرة أو القيم التقديرية أفضل إجابة ممكنة.

الشكل 1-7 صورة مجرة حلزونية.

مخرجات التّعلُّم

**P1002.1** يوضح كيفية الحصول على قياسات دقيقة ومضبوطة في المهمات العملية.

**P1002.2** يحسب هامش الخطأ المطلق والمئوي في النتائج التجريبية بأساليب مختلفة، بما في ذلك الحد الأقصى والحد الأدنى لميل الخط المستقيم في الرسم البياني.

المفردات

| | |
|---|---|
| دقّة الوضوح | Resolution |
| الدقّة | Precision |
| الضبط | Accuracy |
| الخطأ المُنتظم | Systematic error |
| الخطأ العشوائي | Random error |
| المتوسِّط | Average |
| هامش الخطأ المُطلق | Absolute uncertainty |
| هامش الخطأ المئوي | Percentage uncertainty |
| أعمدة الخطأ | Error bars |
| أفضل خط مَيل | Best fit line |

16


الدرس 1-2: القياسات

اختيار الأداة المناسبة

قد تستخدم عدة أدوات مختلفة لأداء نفس المهمة، كأن يُستخدم المقصّ أو قطّاعة الورق في قصّ الورق. لكن عندما يتعلّق الأمر بالقياسات، فإنّ استخدام أدوات مختلفة لقياس نفس الكمّية، ينتج أخطاء متعدّدة، وكل أداة يكون لها مدى مختلف من القياس.



الشكل 1-8 الأدوات المُستخدمة لقياس الزمن والطول والكتلة.

قياس الأطوال

يقاس طول الجسم باستخدام أدوات مُتعدّدة (**الشكل 1-8**)، لكنَّ لا بدّ من اختيار أداة تناسب مدى الأطوال والدقّة المطلوبة. فالمسطرة الصغيرة والعصا المترية والميكروميتر والقدمة ذات الورنية جميعها أدوات تقيس الأطوال أو المسافات. وبالرغم من ذلك، فإنّ الأداة الأنسب لقياس طول طاولة هي العصا المترية. أما الشريط المتري فهو مناسب لقياس أبعاد ملعب كرة قدم. وبالمقابل تُستخدَم المسطرة الصغيرة لقياس أطوال الأجسام الأصغر من طول الطاولة. ويمكن قياس الأبعاد الصغيرة جدًّا باستخدام القدمة ذات الورنية أو الميكروميتر، إذ تُستخدم القدمة ذات الورنية في قياس أقطار الأجسام الدائرية الصغيرة، كالأنابيب مثلًا. ويُستخدم الميكروميتر في قياس قُطر سلك أو سُمْك ورقة.

قياس الكتل

ويمكننا قياس الكتلة باستخدام مقياس الكتلة الرقمي، أو الميزان ثلاثي الأذرع، أو ميزان الحمّام. يُوضّح الشكل 1-8 بعضًا من تلك الأدوات. ومن المهم لاختيار الأداة المُناسبة معرفة إن كانت كتلة الجسم المُراد قياسها تقع ضمن مدى الأداة. مقياس الكتلة الرقمي المستخدم في المختبرات يقيس عادةً كمّيات لا تتجاوز كتلتها 500 g. أما ميزان الحمّام فمُناسب لقياس كتلة الإنسان، لأنّه يستطيع قياس كتلة تصل إلى 300 kg.

جِد مدى الكتلة التي يُمكن قياسها باستخدام مقاييس الكتلة المتوفّرة في مختبر مدرستك.

17

## قياس الزمن

1. عند التفكير في الزمن، فإنّ أوّل ما يخطر في بالنا عادةً الوقت الذي تشير إليه ساعتنا.
2. لكن في الفيزياء، يُعدّ الزمن كميّة فيزيائيّة، نُعبّر عنها باستخدام مجموعة من وحدات قياس كالساعات والدقائق والثواني. فعلى سبيل المثال، استغرق الماء الموجود في وعاء ليتبخّر 35 دقيقة و 6 ثوانٍ.
3. أمّا عند إجراء الحسابات فمن الضروريّ أن يكون الزمن بوحدة قياس وحيدة، وغالبًا ما تكون هذه الوحدة هي الثواني. وفي بعض الحالات نلجأ إلى استخدام وحدات أخرى كالساعات، عند حساب السرعة لتكون بوحدة قياس km/h.

## قياس هامش الخطأ

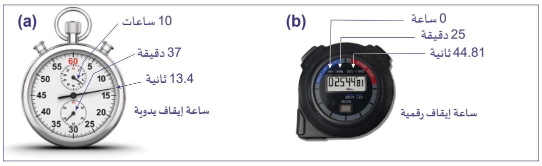
1. لمناقشة القيمة الحقيقيّة، اطرح على الطلّاب السؤال الآتي: ما عدد الأجزاء التي يُمكن لسنتي متر واحد قسمته إليها؟ يوجد 10 mm في السنتيمتر الواحد، لكن يُمكن قسمتها أيضًا إلى μm و nm وهكذا.
2. عندما نجري القياسات، يكون هناك دائمًا هامش للخطأ، لأنّنا لو أجرينا القياس بمقياس أقلّ، نحصل بالتالي على نتيجة أكثر دقّة. يعتمد هامش الخطأ على دقّة أداة القياس.



## قياس الزمن

تُعدّ الثانية وحدة قياس أساسيّة للزمن في النظام الدولي. تحتوي الدقيقة على 60 ثانية، وتحتوي الساعة على 3,600 ثانية، ويحتوي اليوم على 86,400 ثانية.

تشتمل مسائل الفيزياء عادةً على الفترات الزمنيّة، فالفترة الزمنية هي كمّية من الزمن، مثل 10 ثوانٍ أو 3 ساعات. ولقياسها نستخدم ساعة الإيقاف (**الشكل 1-9a**). تُستخدم ساعة الإيقاف اليدوية مؤشّرات دوّارة بمقياس مُنفصل للساعات والدقائق والثواني. أما ساعة الإيقاف الرقمية(**الشكل 1-9b**)فتعرض الساعات والدقائق والثواني وفق الصيغة الآتية: HH:MM:SS.SS.




**الشكل 1-9** كيفيّة قراءة ساعة الايقاف اليدوية a ، ساعة الايقاف الرقمية b .

يُعبّر عن الزمن عادةً بعدد من الوحدات المختلفة، معًا كالساعات، والدقائق، والثواني. على سبيل المثال تستغرق سيّارة في سباق دقيقتَين و 57.94 ثانية لقطع مسافة السباق، فإذا أردنا حساب الزمن في هذه الحالة، لن نستطيع، لأن هذه الفترة الزمنية تم التعبير عنها باستخدام وحدتَين معًا (الدقائق والثواني). لذلك وقبل إجراء أي حساب فيزيائي، يجب التعبير عن الزمن بتحويل الوحدات المتنوّعة إلى وحدة واحدة فقط، وتكون هذه الوحدة عادة هي الثانية.

### مثال 10

تستغرق سيّارة في سباقٍ 3 ساعات، و 10 دقائق، و 37.1 ثانية، لتقطع مسافة 500 km. ما الفترة الزمنية للسباق بوحدة الثانية؟

**المطلوب:** الزمن بوحدة الثانية.

**العلاقات:** .1 h = 3600 s, 1 min = 60 s

**الحل:** لكتابة الفترة الزمنية بوحدة الثانية نحوِّل كل كمّية زمنية إلى وحدة الثانية، ثمّ نجمع الكمّيات معًا.

$$\frac{3\,\cancel{h}}{1}\left(\frac{3600\ s}{1\,\cancel{h}}\right)+\frac{10\,\cancel{min}}{1}\left(\frac{60\ s}{1\,\cancel{min}}\right)+37.1\ s = 10800\ s+600\ s+37.1\ s$$
$$=\boxed{11437.1\ s}$$





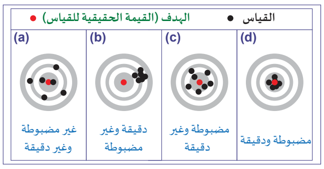
## القياس وهامش الخطأ

نهدف من القياس إيجاد القيمة الحقيقية لكمّية ما، مثل كتلة جسم وحجمه. وعلى الرغم من ذلك، فإنّ إجراء قياس دقيق لقيمة متغيّر مُستمر أمر مُستحيل. تكون القيَم الفعليّة مُمكنة عند عَدّ الأشياء، مثل 311 شخصًا أو 312 شخصًا. أما في عمليات القياس، فقد يكون هناك اختلاف بين القيمة المقيسة والقيمة الحقيقية، سواء كان ذلك بالزيادة او النقصان (-/+) وهو ما نُسمّيه بهامش الخطأ.

يتمّ إجراء القياسات بواسطة الأجهزة، لكن ليس هناك جهاز مثالي. ينتج هامش الخطأ لأي قياس عن عدّة عوامل، هي:

- **دقّة الوضوح Resolution**، يُمثّلها أصغر تدريج يظهر على أداة القياس. فمثلاً يتضمّن مقياس الكتلة الرقمي عادة دقّة وضوح (أصغر تدريج) مقدارها 0.1 g.
- **الضبط Accuracy** مدى قرب القيَم المقيسة من القيمة الحقيقية. فالمسطرة التي تمدّد أو انكمش طولها سيكون ضبطها ضعيفًا.
- **الدقّة Precision** تصف مدى تقارُب نتائج القياس من بعضها بغضّ النظر عن قربها أو بُعدها عن القيمة الحقيقية.

يُوضّح **الشكل 1-10** دقّة القياس وضبط أداة القياس بعرض مثال للتصويب في الرماية، حيث يوجد الهدف (البقعة الحمراء) والذي يمثل القيمة الحقيقية للكمّية المقيسة في مركز اللوحة. بينما تنتشر الرميات (البقع السوداء) التي تمثل القياسات المختلفة في باقي اللوحة وبتوزيعات مختلفة.




**الشكل 1-10** دقّة القياسات وضبط أداة القياس وأثرهما على نتائج القياس.

- المحاولة a تتّصف بعدم الدقّة وعدم الضبط؛ ذلك أنّ الرميات غير دقيقة لعدم تقارُبها، إضافة إلى أنّ أداة القياس غير مضبوطة حيث جاءت معظم الرميات بعيدة عن الهدف.
- المحاولة b تتّصف بالدقّة وعدم الضبط؛ ذلك أنّ الرميات دقيقة لتقاربها، لكن أداة القياس غير مضبوطة لأن الرميات جاءت بعيدة عن الهدف.
- تتّصف المحاولة c بالضبط وعدم الدقّة. ذلك أنّ توزّع الرميات حول الهدف يؤشّر على أنها مضبوطة، لكنّ بُعدها عن بعضها البعض يدلّ على أنها غير دقيقة.
- المحاولة d تتّصف بالدقة والضبط؛ ذلك أنّ الرميات دقيقة لتقارُبها، إضافة إلى أنّ أداة القياس مضبوطة حيث جاءت الرميات جميعها قريبة من الهدف.

## هامش الخطأ النسبي

1. يُعرَف أيضًا هامش الخطأ المئويّ باسم هامش الخطأ النسبيّ.
2. لحساب هامش الخطأ النسبيّ، يجب أن نعرف هامش الخطأ المُطلَق والقيمة المقيسة.
3. يُساعدنا هامش الخطأ النسبيّ على مقارنة النتائج من أدوات مُختلفة واستنتاج الأداة الأكثر دقّة.
4. إنّ القول عن قيمة بأنّها تملك خطأ $2\%$، يكون أحيانًا أوضح من أن نقول إنّ الخطأ هو $\pm 0.02$ .



### هامش الخطأ النسبي

يمكن أن يعبّر عن هامش الخطأ كنسبة للقيمة المقيسة ويُسمّى "هامش الخطأ النسبي" Relative uncertainty. إذا كانت $\Delta A$ هي هامش الخطأ المُطلق، فإنه يمكن التعبير عن هامش الخطأ النسبي كنسبة مئوية و يسمى هامش الخطأ المئوي باستخدام **المُعادلة 2-1**.

| 2-1 | هامش الخطأ المئوي | | |
|---|---|---|---|
| | هامش الخطأ المئوي $= \frac{\Delta A}{A} \times 100\%$ | $\Delta A$ | هامش الخطأ المُطلق |
| | | $A$ | القيمة المقيسة |

تصادفنا حالات عديدة في الحياة اليومية تُعطى فيها القيَم بالإضافة إلى هامش الخطأ المئوي.

- عندما تُعبّىء الوقود لسيّارتك، تكون المضخّات مضبوطة لتقيس كمية الوقود بهامش خطأ مئوي $\pm 0.3\%$. يعني ذلك أنّك، إذا دفعت مالاً لشراء 40 لترًا من الوقود، فسوف تحصل على كمّية تتراوح بين 39.88 لترًا و 40.12 لترًا.
- يُفترَض مُعايرة عدّاد السرعة في السيّارة ليكون مضبوطًا بحدود $10\%$. يعني ذلك أنك عندما تقود بسرعة 80 km/h فإنّ السرعة الفعليّة للسيّارة تتراوح بين 72 km/h و 88 km/h.

#### مثال 13

يزوّد الميزان المُستخدم في البقالة بمُلصق فحص يُثبت أنّه قد اختُبر ليكون له هامش خطأ نسبي أقصى يبلغ $2\%$. فإذا قمت بشراء 4 kg من الفاكهة، فكم سيكون مدى كتلة الفاكهة التي اشتريتها؟

**المطلوب:** أقلّ وأقصى كتلة من الفاكهة التي اشتريتها.

**المُعطيات:** القيمة المقيسة 4 kg وهامش الخطأ المئوي $\pm 2\%$.

**العلاقات:** هامش الخطأ المئوي $= \frac{\Delta A}{A}$

**الحلّ:** هامش الخطأ المئوي $= \frac{\Delta A}{A} \longrightarrow \Delta A = (A)($هامش الخطأ المئوي$)$

$= (4\ kg)(0.02)$

$= 0.08\ kg$

هامش الخطأ المُطلق هو $\pm 0.08$ kg، وبالتالي تكون الكتلة المُحتملة هي من 3.92 kg إلى 4.08 kg.

22

## مثال

1. يُساعد المثالان 11 و 12 الطلّاب على فهم دقّة الوضوح والمدى، وهامش الخطأ النسبيّ للميزان.
2. يُمكن أن تقيس ساعة الإيقاف بدقّة وضوح 0.1، أمّا دقّة وضوح ساعات الإيقاف اليدويّة فهي محدودة بواسطة زمن ردّ الفعل وتصل نحو $\pm 0.5$ s .
3. اشرح: كيف يؤثّر المدى على هامش الخطأ النسبي لأداة القياس؟

**عادةً ما تملك الأدوات التي تقيس مدى كبيرًا هامش خطأ أكبر من الأدوات التي تقيس مدًى صغيرًا.**



#### مثال 11

يُوضّح **الشكل 12-1** قياس كتلة بواسطة الميزان الرقمي.

**المطلوب:**
a. ما مقدار دقّة الوضوح للميزان؟
b. ما هامش الخطأ المُطلق للقياس؟
c. ما مدى الكتلة الحقيقي الذي تُظهره نتيجة القياس المبيّنة؟

**المعطيات** m = 100 g

**العلاقات:** هامش الخطأ يساوي نصف أصغر قراءة



**الشكل 12-1** قياس كتلة بواسطة الميزان الرقمي.

**الحل:**
a. مقدار دقّة الوضوح هو 1 جرام، لأنّه أقلّ تدريج يمكن أن يعرضه الميزان.
b. هامش الخطأ المُطلق هو $\pm 0.5$ g.
c. مدى الكتلة الحقيقي التي تعطيها النتيجة المبيّنة في الشكل يتراوح بين 99.5 g و 100.5 g.

#### مثال 12

يُوضّح **الشكل 13-1** قياسًا للزمن بواسطة ساعة إيقاف يدويّة. يقرأ المؤشِّر الكبير الثواني وجزءًا من خمسة أجزاء من الثانية، حيث دقة الوضوح (أصغر تدريج) لهذه الساعة هي (0.2 s). أما المؤشِّر الصغير فيقرأ الدقائق. ويكون الزمن هو مجموع الدقائق والثواني.

**المطلوب:**
a. ما الزمن المقاس؟
b. ما مدى الأزمنة التي سُتعطيها النتيجة المُبيّنة؟
c. ما هامش الخطأ المُطلق للقياس؟

**المعطيات** الشكل

**العلاقات:** هامش الخطأ المطلق يساوي نصف أصغر تدريج

**الشكل 13-1** ساعة إيقاف يدويّة.

**الحل:**
a. يُظهر المؤشّر الصغير أكثر من 3 دقائق وأقلّ من 4 دقائق، لذلك سيتراوح الزمن بين 3 و 4 دقائق. أما المؤشّر الكبير، فيُظهر قراءة تقع بين (50.2 s) و (50 s) لذلك نعتبرها (50.1 s) يكون القياس 3 دقائق و 50.1 s .
b. سوف تكون الأزمنة بين 3 min 50.2 s و 3 min 50.0 s نتيجة لموضع عقارب الساعة، والتي تكون نفسها تقريبًا، كما هو مبيّن.
c. أصغر تدريج هو 0.2 s ، $0.5 \times 0.2 = 0.1$
هامش الخطأ المُطلق هو $\pm 0.1$ s

21

## الدلالة

**1.** أخبر الطلّاب أنّ العلماء، عند إجراء التجارب، يضبطون أدوات القياس ويكرّرون القياسات أكثر من مرّة للحصول على نتائج دقيقة. وأنّهم، على الرّغم من ذلك، لا يحصلون على نتيجة القياس نفسها في كلّ مرّة. ثمّ اطرح على الطلّاب السؤال الآتي:

- متى يقبل العلماء نتيجتَيْن مختلفتَيْن للقياس على أنّهما متطابقتان، ومتى يرفضونهما؟
**يقبل العلماء نتيجتَي القياس على أنّهما متطابقتان إذا وقعت كلّ منهما ضمن مدى القيم المقبولة للنتيجة الأخرى.**

**2.** اطلب إلى الطلّاب ذكر نتائج افتراضيّة لبعض القياسات (مثل قياس زمن أو مسافة) ثمّ أضِف إلى كلّ قياس هامش خطأ، واختبر مع الطلّاب أنّ هذه النتائج مقبولة أو مرفوضة، عن طريق التأكُّد من وقوع إحداها ضمن مدى القيم التي تحقّقها النتيجة الأخرى.

**3.** اذكر لهم بعض الأمثلة الحياتيّة على أهميّة قبول القياسات المختلفة، مثل قياس سمك أنبوب من عدّة أماكن، ومقارنة النتائج.


الدرس 1-2: القياسات

الدلالة

لتحقيق الهدف من التجارب العلميّة والاختبارات الهندسية تُجرى القياسات حيث يمكن مقارنة القياسات العلميّة مع ما تقدّمه النظريّة من توقُّعات. كأنّ تتوقّع نظريّة أن تكون سرعة الصوت 343.25 m/s عند ضغط جوي مُعيّن، ثم يتم التحقق من ذلك بالتجربة والقياس.. وغالبًا ما تُقارن القياسات الهندسية مع المواصفات للتحقّق من أنّ هذه الآلة أو تلك تعمل بشكل جيّد. فقد تُصمّم مضخة لدفع الماء بتدفق (100 L/s)، ثم تُجرى قياسات هندسية عليها لمقارنة إنجازها مع مواصفات التصميم.

كيف يمكن للعلماء والمهندسين مُقارنة قيمتَين رُغم أنّ جميع القياسات لها هامش خطأ؟ لنفترض أننا أجرينا تجربتَين مُختلفتَين تخضعان للشروط نفسها، وذلك لقياس سرعة الصوت لكن في بلدَين مُختلفَين. تُظهر إحدى التجربتَين أننا حصلنا على قياس لسرعة الصوت مقداره 2 m/s ± 345، بينما تُظهر التجربة الأخرى مقدار 2 m/s ± 344. هل يعني ذلك أن النتيجتَين مُتطابقتان أم أنّهما مُختلفتان (الشكل 1-14)؟



الشكل 1-14 تجربتان مُختلفتان قليلاً في القيمة.

رياضيًّا نجد أنّ العددَين344 و 345 مُختلفان. لكن تبدو النتيجتان رغم ذلك، مُتماثلتَين من الناحية العلميّة،لأن كل قيمة منهما تقع ضمن مدى القياس للقيمة الاخرى. أي إن النتيجة b تقع قيمتها ضمن مدى القيم التي تحققها نتيجة القياس a وهذا المدى هو (342-346). لذلك يمكن القول إن النتيجتَين تختلفان إذاكانت قيمة احدى النتيجتين لا تقع ضمن مدى قياس القيمة الاخرى.

تعد نتيجتا أي عملية قياس متماثلتين، إذا وقعت قيمة كل منهما ضمن مدى قياس القيمة الأخرى.

مثال 14

تتوقّع نظرية نيوتن في الجاذبيّة أن تكون سرعة نجم بعيد 15254 m/s. قام رائد فضاء بقياس سرعة النجم فوجدها 300 ± 14995 m/s.

المطلوب: هل نتيجة رائد الفضاء متوافقة مع نظرية نيوتن أم لا؟

المعطيات: القيمة المتوقعة 15254 m/s ، القيمة المقيسة 14995 m/s، هامش الخطأ 300 ±

العلاقات: مدى القياس

الحل: 14995 -300 =14695 m /s
14995 +300 =15295 m/s
مدى القياس هو : (14695 - 15295)

تتوافق نتيجة رائد الفضاء مع نظرية نيوتن، لأن القيمة المقيسة وقعت ضمن هامش الخطأ، أي أن الفرق بين القيمتين المقيسة والمقبولة أقل من 300 ±

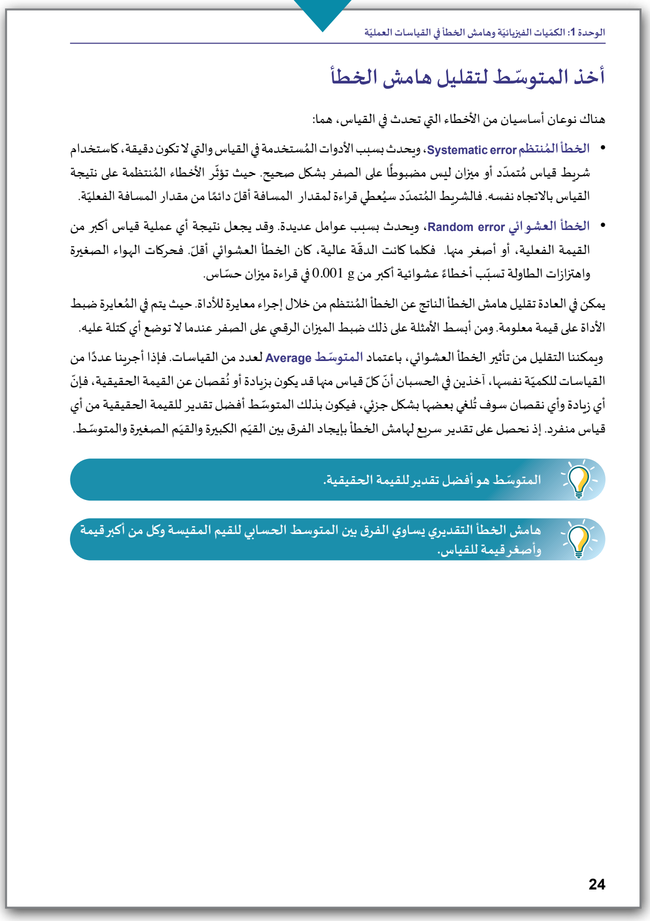
23

## أخذ المُتوسّط لتقليل هامش الخطأ

1. أخبر الطلّاب أنّه عند إجراء عمليّات القياس وتسجيل بياناتها، يظهر نوعان من الأخطاء: الأوّل خطأ مُنتظِم ينتج عن خلل في أداة القياس، والآخر خطأ عشوائيّ ينتج عن الشخص وطريقة القياس وظروف التجربة.
2. وضّح للطلّاب أنّ الأخطاء المُنتظِمة يمكن معالجتها بمعايرة أداة القياس، بينما الخطأ العشوائيّ تتمّ معالجته عن طريق تكرار عمليّة القياس عدّة مرات، وأخذ المتوسّط الحسابي لنتائجها.
3. اطرح على الطلّاب المثال الآتي:

- أيهما أفضل، تقييم تحصيل الطالب بإجراء اختبار واحد له وتسجيل درجته، أم إجراء ثلاثة اختبارات وأخذ المتوسّط الحسابيّ لها؟

**يكون تقييم الطالب أفضل عند إجراء ثلاثة اختبارات وأخذ متوسّطها الحسابيّ.**



الوحدة 1: الكمّيات الفيزيائيّة وهامش الخطأ في القياسات العمليّة

أخذ المتوسّط لتقليل هامش الخطأ

هناك نوعان أساسيان من الأخطاء التي تحدث في القياس، هما:

- الخطأ المُنتظم Systematic error، ويحدث بسبب الأدوات المُستخدمة في القياس والتي لا تكون دقيقة، كاستخدام شريط قياس مُتمدّد أو ميزان ليس مضبوطًا على الصفر بشكل صحيح. حيث تؤثّر الأخطاء المُنتظمة على نتيجة القياس بالاتجاه نفسه. فالشريط المُتمدّد سيُعطي قراءة لمقدار المسافة أقلّ دائمًا من مقدار المسافة الفعليّة.
- الخطأ العشوائي Random error، ويحدث بسبب عوامل عديدة. وقد يجعل نتيجة أي عملية قياس أكبر من القيمة الفعلية، أو أصغر منها. فكلما كانت الدقّة عالية، كان الخطأ العشوائي أقلّ. فحركات الهواء الصغيرة واهتزازات الطاولة تسبّب أخطاءً عشوائية أكبر من 0.001 g في قراءة ميزان حسّاس.

يمكن في العادة تقليل هامش الخطأ الناتج عن الخطأ المُنتظم من خلال إجراء معايرة للأداة. حيث يتم في المُعايرة ضبط الأداة على قيمة معلومة. ومن أبسط الأمثلة على ذلك ضبط الميزان الرقمي على الصفر عندما لا توضع أي كتلة عليه.

ويمكننا التقليل من تأثير الخطأ العشوائي، باعتماد المتوسّط Average لعدد من القياسات. فإذا أجرينا عددًا من القياسات للكميّة نفسها، آخذين في الحسبان أنّ كلّ قياس منها قد يكون بزيادة أو نُقصان عن القيمة الحقيقية، فإنّ أي زيادة وأي نقصان سوف تُلغي بعضها بشكل جزئي، فيكون بذلك المتوسّط أفضل تقدير للقيمة الحقيقية من أي قياس منفرد. إذ نحصل على تقدير سريع لهامش الخطأ بإيجاد الفرق بين القيَم الكبيرة والقيَم الصغيرة والمتوسّط.

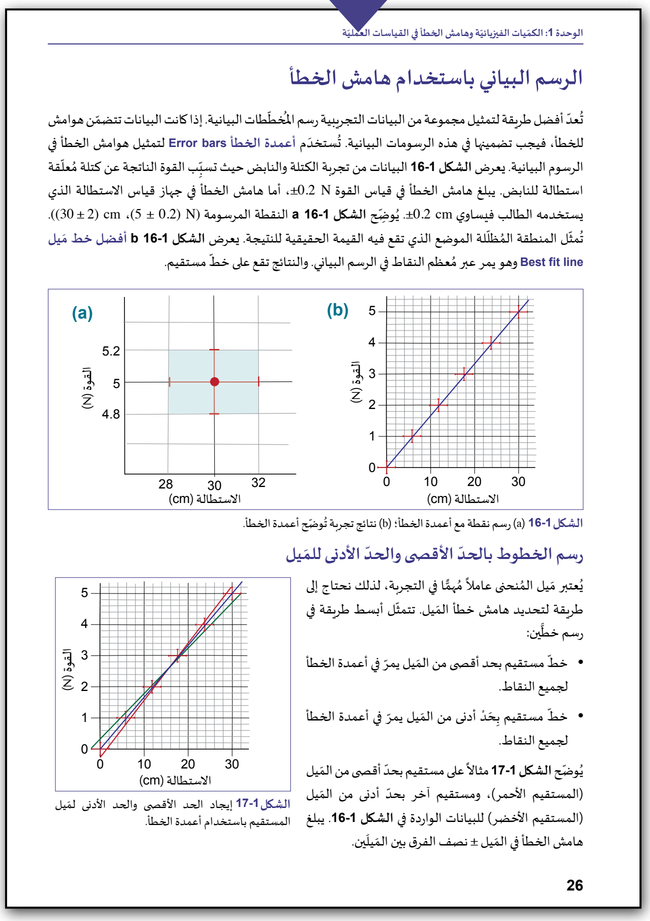
المتوسّط هو أفضل تقدير للقيمة الحقيقية.

هامش الخطأ التقديري يساوي الفرق بين المتوسط الحسابي للقيم المقيسة وكل من أكبر قيمة وأصغر قيمة للقياس.

24

## الرسم البيانيّ باستخدام هامش الخطأ

1. كما هي الحال مع الحسابات التي تسبّب هامش الخطأ، تملك الرسوم البيانيّة أيضًا هامشًا للخطأ.
2. تُستخدم أعمدة الخطأ لتمثيل الخطأ عند كلّ نقطة. أي أنّه يمكن رسم الخطأ الناتج عن هامش الخطأ في كلّ من المتغيِّرَين (المحورَين x و y).
3. عندما يتمّ إجراء قياس واحد، سيتكوّن محور واحد فقط من هامش الخطأ.
4. نأخذ في الحسبان هوامش الخطأ عند رسم أفضل خطّ ميل.
5. يُمكن أن نلاحظ من خلال المثال الوارد في الكتاب أنّه تمّ استخدام أفضل خطّ ميل ليمرّ عبر النقاط الرئيسة المرسومة.
6. لتمثيل الأخطاء، نستخدم خطوط الحدّ الأقصى والحدّ الأدنى للميل.
7. يملك الخطّ الأحمر أقصى ميل، بحيث يبدأ من عمود الخطأ الأقصى قيمة 5.2 N، وينتهي عند عمود الخطأ الأدنى قيمة 0.2 N –.
8. يملك الخطّ الأخضر أقلّ ميل، بحيث يبدأ من عمود الخطأ الأقصى قيمة، لكن مع اختيار أدنى نقطة 4.8 N، لينتهي الخطّ عند القيمة الأقصى للنقطة المبدئيّة 0.2 N.
9. هامش خطأ الميل في المنحدر هو: ± نصف الفرق بين الميلَيْن.


الوحدة 1: الكمّيات الفيزيائيّة وهامش الخطأ في القياسات العمليّة

الرسم البياني باستخدام هامش الخطأ

تُعدّ أفضل طريقة لتمثيل مجموعة من البيانات التجريبية رسم المُخطّطات البيانية. إذا كانت البيانات تتضمّن هوامش للخطأ، فيجب تضمينها في هذه الرسومات البيانية. تُستخدَم أعمدة الخطأ Error bars لتمثيل هوامش الخطأ في الرسوم البيانية. يعرض الشكل 1-16 البيانات من تجربة الكتلة والنابض حيث تسبِّب القوة الناتجة عن كتلة مُعلّقة استطالة للنابض. يبلغ هامش الخطأ في قياس القوة 0.2 N±، أما هامش الخطأ في جهاز قياس الاستطالة الذي يستخدمه الطالب فيساوي 0.2 cm±. يُوضِّح الشكل 1-16 a النقطة المرسومة (N (0.2 ± 5)، cm (2 ± 30)). تُمثّل المنطقة المُظلّلة الموضع الذي تقع فيه القيمة الحقيقية للنتيجة. يعرض الشكل 1-16 b أفضل خط مَيل Best fit line وهو يمر عبر مُعظم النقاط في الرسم البياني. والنتائج تقع على خطّ مستقيم.



الشكل 1-16 (a) رسم نقطة مع أعمدة الخطأ؛ (b) نتائج تجربة تُوضّح أعمدة الخطأ.

رسم الخطوط بالحدّ الأقصى والحدّ الأدنى للمَيل

يُعتبر مَيل المُنحنى عاملاً مُهمًّا في التجربة، لذلك نحتاج إلى طريقة لتحديد هامش خطأ المَيل. تتمثّل أبسط طريقة في رسم خطَّين:

- خطّ مستقيم بحد أقصى من المَيل يمرّ في أعمدة الخطأ لجميع النقاط.
- خطّ مستقيم بِحَدْ أدنى من المَيل يمرّ في أعمدة الخطأ لجميع النقاط.

يُوضّح الشكل 1-17 مثالاً على مستقيم بحدّ أقصى من المَيل (المستقيم الأحمر)، ومستقيم آخر بحدّ أدنى من المَيل (المستقيم الأخضر) للبيانات الواردة في الشكل 1-16. يبلغ هامش الخطأ في المَيل ± نصف الفرق بين المَيلَين.

الشكل 1-17 إيجاد الحد الأقصى والحد الأدنى لمَيل المستقيم باستخدام أعمدة الخطأ.

26

## قياس الأبعاد الصغيرة

1. تُستخدم كلّ من القدمة ذات الورنية والميكرومتر لقياس الأبعاد الصغيرة مثل سمك الورقة أو قطر أنبوب صغير أو سلك رفيع جدًّا، حيث لا يمكن استخدام أدوات أخرى مثل المسطرة والشريط المتري.
2. للقدمة ذات الورنية تدريجان، الأوّل ثابت يزوّدنا بالمليمترات الصحيحة، والثاني متحرّك يزوّدنا بأجزاء المليمتر.
3. أحضِر قدمة ذات ورنية إلى غرفة الصفّ واعرضها للطلّاب بحيث يتعرفون إلى طريقة القياس.
4. بيّن لهم أين يُوضع الجسم المُراد قياسه مثل العمق والقطر الخارجي والسمك والقطر الداخلي.
5. حُلَّ المثال (16) على السبورة واعرض لهم **الشكل 1-19** وناقشهم في كيفيّة قراءة كلّ من التدريجَين.
6. بيّن للطلّاب أنّ الميكرومتر أداة أكثر دقّة من القدمة ذات الورنية، وأنّها تقيس بهامش خطأ (0.005).
7. وضّح للطلّاب طريقة الاستخدام العمليّة لأداة الميكرومتر التي تحتوي على تدريجَين أيضًا، أحدهما ثابت والثاني متحرّك على قرص، ثمّ حُلَّ المثال 17 على السبورة مع التركيز على **الشكل 1-21** لتوضيح كيفيّة قراءة أجزاء المليمتر.


الدرس 1-2: القياسات

قياسُ الأبعادِ الصغيرة

تعرّفت إلى طريقة قراءة بعض أدوات القياس كالميزان والمسطرة، لكن هناك أبعادًا صغيرة قد تكون بضعة ملّيمترات أو أقلّ من ملّيمتر واحد، كسمْك ورقة أو قطر سلك رفيع جدًّا، إذ لا يمكن قياسها باستخدام المسطرة. تُستخدم أدوات خاصّة لقياسها، منها القدمة ذات الورنية والميكرومتر.

**القدمةُ ذات الورنية Vernier caliper**: أداة تستخدم لقياس الأبعاد الصغيرة، تحتوي على تدريجَين: أحدهما ثابت والثاني متحرّك. تبلغ المسافة بين علامتَين في التدريج الثابت 1 mm، بينما يزوّدنا التدريج المُتحرّك بأجزاء الملّيمتر، حيث تبلغ المسافة بين كل علامتَين 0.1 mm. لذلك يكون مقدار هامش الخطأ في قراءة القدمة ذات الورنيّة هو ± 0.05 mm، يظهر على شكل زيادة أو نقصان بمقدار يساوي ± 0.05 mm.

تُستخدَم القدمة ذات الورنية لقياسات مختلفة مثل: قياس الأقطار الخارجية والداخلية للأنابيب، وقياس الطول والسمْك والعمق. يوضّح المثال الآتي طريقة قراءة القياس في القدمة ذات الورنية.

الشكل 1-18 أداة القدمة ذات الورنية.

مثال 16

يوضّح الشكل 1 - 19 المجاور تدريج القدمة ذات الورنية، الذي يظهر عليه قياس قطر أنبوب صغير. اقرأ القياس، ثم حدّد مجال القياسات التي يتضمّنها هامش الخطأ في القدمة ذات الورنية.

الشكل 1-19 القياس باستخدام القدمة ذات الورنية

المطلوب: قراءة القياس، وإيجاد مدى القياسات التي تقع ضمن هامش الخطأ.

المُعطيات: الشكل 1 - 19.

الحلّ: نلاحظ في الشكل المجاور أن قراءةَ التدريجِ الثابتِ تساوي (14.9 cm = 149 mm)، وقراءةَ التدريجِ المتحرّكِ تساوي 0.8 mm، لأن التدريجَ المتحرّكَ الثامن فقط مطابقٌ لتدريجٍ ثابتٍ مقابل له؛ بذلك تكونُ قراءةُ القدمة ذات الورنية، هي:

$$149\ mm + 0.8\ mm = 149.8\ mm$$

وبما أنّ أصغر تدريج في القدمة ذات الورنية هو 0.1 mm فإن هامش الخطأ فيها يساوي ±0.05 mm، وبذلك يكون مدى المسافة الذي تعبّر عنه القراءة هو من 149.75 mm إلى 149.85 mm.

27


الوحدة 1: الكمّيات الفيزيائيّة وهامش الخطأ في القياسات العمليّة

**الميكروميتر Micrometer**: أداة أكثر دقّة من القدمة ذات الورنية، وهو يُستخدم لقياسِ الأبعادِ الصغيرةِ أيضًا، ويحتوي على تدريجَين أحدهُما ثابتٌ وأقلُّ تدريج فيه 0.5 mm، والثاني مُتحركٌ على قرص ومُدرّجٌ 50 درجةً، تبلغ المسافة بين كل علامتَين 0.01 mm ويبلغ هامشَ الخطأ في الميكروميتر ± 0.005 mm. تستخدم هذه الأداة لقياس الأطوال والأقطار الصغيرة جدًّا.

الشكل 1-20 أداة الميكروميتر.

مثال 17

يوضّح الشكل 1-21 تدريج أداة الميكروميتر، الذي يظهر عليه قياس سمْك قطعة من الفولاذ. اقرأ القياس، ثم حدّد مجال القياسات التي يتضمّنها هامش الخطأ في الميكروميتر.

الشكل 1-21 القياس باستخدام الميكروميتر.

المطلوب: قراءة القياس، وإيجاد مدى القياسات التي تقع ضمن هامش الخطأ.

المُعطيات: الشكل 1-21 .

الحلّ: نلاحظ في الشكل المجاور أن قراءةَ التدريجِ الثابتِ تساوي 42 mm، والقراءةَ المتحركةَ على القرصِ تساوي (23). تكونُ القراءة الكلّية الميكروميتر:

$$42\ mm + 0.23\ mm = 42.23\ mm$$

وبما أنّ أصغر تدريج في الميكروميتر يبلغ 0.01 mm فإن هامش الخطأ فيه يساوي ± 0.005 mm وبذلك يكون مدى المسافة الذي تُعبّر عنه القراءة هو من 42.225 mm إلى 42.235 mm.

28

## نشاط 1-2 إجراء القياسات

**الإجابات/ عيّنة بيانات**

**المواد المطلوبة:** القدمة ذات الورنيّة، الميكرومتر، سلك رفيع، كرات فولاذيّة يتراوح طول أقطارها بين 5 mm – 20 mm، مسطرة، كتل 10 g، و 20 g، و 30 g، نابض، ساعة إيقاف.

تعتمد الإجابات على الأدوات المُستخدمة.

### التجربة I: القياس باستخدام القدمة ذات الورنيّة

| | القياس باستخدام المسطرة | القياس باستخدام القدمة ذات الورنيّة |
|---|---|---|
| المحاولة 1 | 20 ± 0.5 mm | 19.5 ± 0.05mm |
| المحاولة 2 | 19 ± 0.5 mm | 19.5 ± 0.05mm |
| المحاولة 3 | 20 ± 0.5 mm | 19.5 ± 0.05mm |

### التجربة II: القياس باستخدام الميكرومتر

| | القياس باستخدام المسطرة | القياس باستخدام الميكرومتر |
|---|---|---|
| المحاولة 1 | 5 ± 0.5 mm | 5.27 ± 0.005 mm |
| المحاولة 2 | 7 ± 0.5 mm | 5.26 ± 0.005 mm |
| المحاولة 3 | 4 ± 0.5 mm | 5.25 ± 0.005 mm |

نشاط 2-1 اجراء القياسات

| سؤال الاستقصاء | كيف يمكننا إدراج هامش الخطأ عند إجراء قياسات بسيطة؟ |
|---|---|
| الموادّ المطلوبة | القدمة ذات الورنية، الميكرومتر، سلك رفيع، كرات فولاذية تتراوح أطوال أقطارها بين 5 mm و 20 mm، مسطرة، كتل 10 g، و 20 g، و 30 g ، نابض، ساعة إيقاف. |

خطوات التجربة I

1. قِسْ قُطر الكُرة، ضعها على الورقة، ثمّ حدّد على الورقة باستخدام القلم الحافتَيْن المتقابلتَين للكرة بأفضل تقدير مُمكن. استخدم المسطرة لقياس قُطر الكرة بين علامتَي التحديد سجّل هامش خطأ القياس.
2. قِس الآن قُطر الكرة باستخدام القدمة ذات الورنية. سجّل هامش خطأ القياس.
3. كرّر كل طريقة من طريقتَي القياس مرتَين، ثمّ سجّل نتائجك في الجدول.

خطوات التجربة II

1. قِس سُمْك السلك مُستخدمًا المسطرة. يمكن إنجاز ذلك بِطَيّ السلك أكثر من مرّة وقياس عرض الحزمة، ثمّ قسمة العرض على عدد أسلاك الحُزمة التي قُمت بقياس سمكها. سجّل هوامش أخطاء القياس.
2. قِس الآن سُمْك السلك بواسطة الميكرومتر. سجّل هامش خطأ القياس.
3. كرّر كل طريقة من طريقتَي القياس مرتَين، ثمّ سجّل نتائجك في الجدول.

خطوات التجربة III

1. علّق كتلة 10 g باستخدام نابض رأسي. اسحب الكتلة إلى الأسفل بمقدار 2 cm ثمّ أطلقها لتهتز. قِس الزمن الدوري لاهتزازة واحدة. ثمّ قِس زمن عدة اهتزازات وقسّمها على عدد الاهتزازات لتحصل على الزمن الدوري.
2. سجّل هوامش خطأ القياس.
3. كرّر التجربة باستخدام كلّ من الكتلتَين 20 g و 30 g.
4. ارسم مُخطّطًا بيانيًا يمثّل العلاقة بين الكتلة والزمن الدوري. يجب أن يشتمل مُخطّطك على أعمدة الخطأ.
5. ارسم أفضل خط مَيل عن طريق رسم خطّي الحدّ الأعلى والحدّ الأدنى للمَيل.

29

## نشاط 1-2 إجراء القياسات - تابع

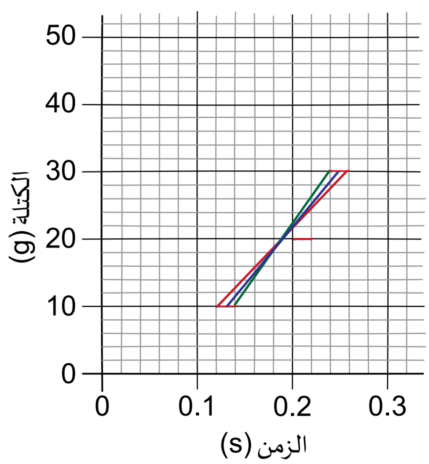
الإجابات/ عيّنة بيانات

### التجربة III: القياس باستخدام ساعة الإيقاف

| | الزمن الدوريّ باستخدام اهتزاز واحد لكتلة 10 g | الزمن الدوريّ باستخدام 10 اهتزازات لكتلة 10 g |
|---|---|---|
| المحاولة 1 | 0.2 ± 0.1s | 0.15 ± 0.1s |
| المحاولة 2 | 0.25 ± 0.1s | 0.25 ± 0.1s |
| المحاولة 3 | 0.3 ± 0.1s | 0.3 ± 0.1mm |

| | الزمن الدوريّ باستخدام اهتزاز واحد لكتلة 20 g | الزمن الدوريّ باستخدام 10 اهتزازات لكتلة 20 g |
|---|---|---|
| المحاولة 1 | 0.3 ± 0.1s | 0.21 ± 0.1s |
| المحاولة 2 | 0.29 ± 0.1s | 0.22 ± 0.1s |
| المحاولة 3 | 0.3 ± 0.1s | 0.20 ± 0.1mm |

| | الزمن الدوريّ باستخدام اهتزاز واحد لكتلة 30 g | الزمن الدوريّ باستخدام 10 اهتزازات لكتلة 30 g |
|---|---|---|
| المحاولة 1 | 0.35 ± 0.1s | 0.25 ± 0.1s |
| المحاولة 2 | 0.4 ± 0.1s | 0.26 ± 0.1s |
| المحاولة 3 | 0.4 ± 0.1s | 0.27 ± 0.1mm |



## تقويم الدّرس 1-2 — الإجابات

**1.** بيّن دقة الوضوح في الأدوات التي اظهرت القياسات التالية:
15.11 g ، 24 m/s ، 216 m ، 8.125 N ، 25.8 s.

| القياس | دقّة الوضوح |
|---|---|
| 25.8 s | 0.1 s |
| 8.125 N | 0.001 N |
| 216 m | 1 m |
| 24 m/s | 1 m/s |
| 15.11 g | 0.01 |

**2.** ما الأداة المناسبة لقياس الأطوال الآتية:

**a.** سمْك كتاب.

مسطرة بمقياس مليمتري.

**b.** سمْك ورقة.

القدمة ذات الورنيّة.

**c.** كتلة خاتم من المجوهرات.

مقياس الكتلة الرقمي (الميزان الرقمي).

**3.** قام ثلاثة طلاب بقياس كتلة مُكعّب مصنوع من الرصاص كتلته الحقيقية 12 g، فحصلوا على البيانات المبيّنة في الجدول المجاور. صِفْ كلًّا من دقّة وضبط القياسات التي أجراها كل طالب.

| | المحاولة 1 | المحاولة 2 | المحاولة 3 |
|---|---|---|---|
| الطالب 1 | 6.9 g | 7.2 g | 7.0 g |
| الطالب 2 | 8.0 g | 11.5 g | 5.0 g |
| الطالب 3 | 12.2 g | 11.8 g | 12.0 g |

نتائج الطالب 1: غير مضبوطة لأنّها ليست قريبة من القيمة الحقيقيّة، ودقيقة لأنّ القراءات متقاربة.

نتائج الطالب 2: غير دقيقة لأنّ القراءات ليست متقاربة، وغير مضبوطة لأنّها ليست قريبة من القيمة الحقيقيّة.

نتائج الطالب 3: مضبوطة لأنّها قريبة من القيمة الحقيقيّة، ودقيقة لأنّ القراءات متقاربة.

**4.** أي الجملتَين الآتيتَين تُعبّر عن نتيجة أكثر قربًا من القيمة الحقيقية عند إيجاد المتوسّط؟ اشرح إجابتك.

**a.** دقّة عالية وضبط مُنخفض.

**b.** دقّة مُنخفضة وضبط عالٍ.

يُعطينا الضبط العالي والدقة المُنخفضة إجابة قريبة من القيمة الفعليّة، ذلك لأنّ متوسط القياسات المتكررة يمكن أن يُعدّل من تأثير الدقة المنخفضة.
لكن إذا كانت النتائج بضبط مُنخفض، فسوف يبقى متوسّط النتائج أيضًا بضبط مُنخفض. وبالتالي تكون الجملة الصحيحة هي:

**b.** دقّة مُنخفضة وضبط عالٍ.

## تقويم الدّرس 1-2 الإجابات

**5.** يعرض الجدول المُقابل ستّة قياسات للقيمة نفسها في ستّة اختبارات.

| الزمن المقيس | |
|---|---|
| 102 s | 105 s |
| 105 s | 99 s |
| 93 s | 96 s |

**a.** ما المتوسّط مقرّبًا إلى أقرب 0.1 s؟

$$\frac{102+105+93+105+99+96}{6} = 100.0\,s$$

**b.** بافتراض أنّ المتوسّط هو القيمة الحقيقية. قدّر هامش الخطأ في المتوسّط مُقربًا إلى أقرب 0.1 s.

**هامش الخطأ هو أكبر انحراف عن قيمة المتوسّط الحسابي**

**$|100.0 - 93.0| = 7.0$ s**

**و $|100.0 - 105.0| = 5.0$ s**

**وبالتالي يكون هامش الخطأ بحدود $\pm$ 7.0 s .**

**6.** تُجرى تجربتان لقياس كثافتَي مادّتَين غير معلومتَين. تمتلك المادة A كثافة 0.02 $\pm$ 5.263 g/cm³، وتمتلك المادة B كثافة 0.02 g/cm³ $\pm$ 5.251. هل تدعم القياسات النتيجة القائلة بأنّ المادتين مُختلفتان، أم تدعم النتيجة القائلة بأنّ المادّتَين من النوع نفسه؟ اشرح إجابتك.

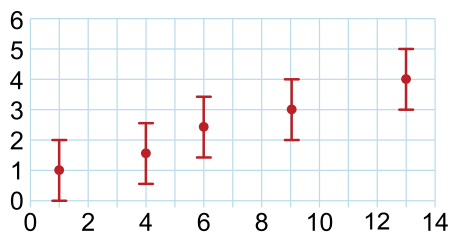
**القياسان يعودان لمادة واحدة، لأن نتيجة كل قياس تقع ضمن مدى القياس لنتيجة القياس الأخرى، أي أن الفرق بين نتيجتي القياس أقل من المقدار 0.02 g/cm³.**

**7.** ما الفرق بين الخطأ المُنتظم والخطأ العشوائي؟

**الخطأ المُنتظم: ناتج عن تقنيّات خاطئة مُتّبَعَة أو خطأ في أداة القياس نفسها، وهو خطأ يتكرر بشكل منتظم نقصًا أو زيادة (في اتجاه واحد).**

**الخطأ العشوائي: ناتج عن مصدر غير متوقّع (يوم عاصف، درجة حرارة الغرفة ...). ولا يتكرر بشكل منتظم (يكون باتجاهين زيادة ونقصان).**

**8.** ما أقصى قيمة وأدنى قيمة لمَيل الخط في المُخطّط.




**للحصول على أقصى قيمة مَيل، يجب الحصول على إحداثيات الطرف العلوي لآخر عمود خطأ إلى الطرف السفلي لأوّل عمود خطأ:**

$$\text{الميل}_{\text{الأقصى}} = \frac{5-0}{13-1} = 0.42$$

**للحصول على أدنى قيمة مَيل، يجب الحصول على إحداثيات الطرف السفلي لآخر عمود خطأ إلى الطرف العلوي لأول عمود خطأ:**

$$\text{الميل}_{\text{الأدنى}} = \frac{3-2}{13-1} = 0.08$$

## إعادة تدريس

1. لا يمكن للطلاب حفظ جميع الوحدات المشتقّة التابعة للنظام الدولي للوحدات، لكن بمعرفة الوحدات الأساسية السبعة وتذكرها، وعند تزويدهم بالعلاقة الرياضية للقانون الفيزيائي يمكنهم اشتقاق وحدة القياس الخاصة بأيّة كمّية مشتقة.
2. مهما تنوّعت مصادر الخطأ في القياسات العلمية والتجارب، يجب على الطالب تصنيفها ضمن فئتَين، الأولى ناتجة عن دقّة الشخص في القياس والثانية ناتجة عن ضبط أداة القياس.
3. يتطلّب إيجاد المتوسط الحسابي والانحراف للقيم المقاسة بعض المهارات في الرياضيات التي على الطالب أن يجيدها، وكذلك الرسم البياني وتمثيل الأخطاء بيانيًّا.

## إثراء

1. يمكن للطلّاب إيجاد الزمن الدوريّ للبندول مع تغيير طوله.
2. احسب الخطأ في قياس الزمن.
3. ما العوامل التي أسهمت في هذا الخطأ؟
4. ارسم رسمًا بيانيًّا لطول البندول بالنسبة إلى الزمن الدوريّ.
5. ارسم أعمدة الخطأ لكلّ نقطة.

## أسئلة اختيار من متعدّد

1. أيٌّ من المقادير الآتية لا يُكافئ المقدار 12.7 cm؟

**للمقارنة نحول 12.7 إلى الصيغة العلمية فنجد أنه يساوي $1.27 \times 10^{-1}$**

**a. $1.27 \times 10^{3}$ mm**

2. كم مترًا مربّعًا في المقدار $560\ cm^2$؟

**يساوي المتر المربع (10000) سنتمتر مربّع، لذلك نقسم الرقم (560) على (10000) للتحويل. فيكون الناتج $0.56\ m^2$.**

**b. $0.56\ m^2$**

3. كم ثانية في 4 ساعات و 34 دقيقة؟

$$t = 4(60)(60) + 34(60) = 14400 + 2040$$
$$= 16440\ s$$

**a. 16440**

4. كم تبلغ رتبة المقدار التقديريّة لـ 70 عامًا؟

**a. 1**

5. زمن الدورة القمريّة يُساوي 30 يومًا تقريبًا. كم يبلغ عدد الدورات القمرية تقريبًا التي أكملها القمر في سنتين؟

$$\frac{(2)(365)}{(30)} = \frac{730}{30} = 24$$

**b. 24**

6. أيٌّ الكميّات الآتية كمّية مُشتقّة؟

**b. الكثافة**

7. إذا أردنا قياس سرعة كرة تتدحرج على سطحٍ مائل، فما مجموعة القياسات الأكثر دقّة إذا كانت سرعة الكرة 4 m/s؟

**القياسات الأكثر دقّة هي القياسات القريبة من بعضها.**

**d. 4.10 m/s ,4.15 m/s ,4.00 m/s ,3.90 m/s**

8. أجرى طالب تجربة لإيجاد كثافة مُكعّب جليد. أيٌّ من المصادر الآتية قد يكون مصدرًا لهامش خطأ في قياسه؟

**d. قد يُسهم أكثر من واحد من هذه المصادر في هامش خطأ تجربته.**

**9.** يُحاول طالب معرفة تسارُع درّاجته الهوائية. فقاس سرعتها والفترة الزمنية، وحسب التسارُع في أربع محاولات. أي من هذه المحاولات تستخدم في معرفة هامش الخطأ، لأنها تمثل أقصى انحراف عن المتوسّط؟

**d.** $1.1\ m/s^2$

**10.** أي من الآتي هو التقدير الأفضل لهامش خطأ متوسّط قيمة البيانات الآتية:

| الكتل المقيسة | |
|---|---|
| 166 g | 157 g |
| 161 g | 160 g |
| 158 g | 164 g |

المتوسّط يساوي:

$$\frac{(157 + 160 + 164 + 166 + 161 + 158)}{6} = 161$$

أكبر انحراف هو:

$$166 - 161 = 5$$

**c.** 5.0 g

## الدرس 1-1 النظام الدولي للوحدات (SI)

**11.** هل وحدة قياس الحجم وحدة أساسية أم وحدة مُشتقّة؟ اشرح إجابتك.

الحجم وحدة مُشتقة من الوحدة الأساسيّة m، حيث:

الحجم = الطول × العرض × الارتفاع

وبالتالي تكون وحدة الحجم = $m \times m \times m = m^3$

**12.** ضع الأشياء الآتية بترتيب تصاعُدي حسب حجمها:

**a.** كرة بيسبول

**b.** ذرّة ذهب

**c.** جُزيء الأمونيا

**d.** أبو ذنيبة

**e.** نجم يُشبه الشمس

ذرّة ذهب

جزيء الأمونيا

أبو ذنيبة

كرة بيسبول

نجم يُشبه الشمس

**13.** ضع الفترات الزمنية الآتية ضمن ترتيب تصاعُدي حسب الفترة الزمنية لحدوثها.

**a.** نبضة القلب عند شخص بالغ.

**b.** رفرفة واحدة لجناح الطائر الطنّان في أثناء تحليقه.

**c.** دورة كاملة للأرض حول محورها.

**d.** دورة كاملة لكوكب عُطارد في مداره حول الشمس.

**e.** مُدّة الحصّة الصفيّة الواحدة.

**رفرفة واحدة لجناح الطائر الطنّان في أثناء تحليقه**

**نبضة قلب عند شخص بالغ**

**مُدّة الحصّة الصفيّة الواحدة**

**دورة كاملة للأرض حول محورها**

**دورة كاملة لكوكب عُطارد في مداره حول الشمس**

**14.** اكتب الرقم 0.00000000000345 وفق الصيغة العلميّة.

$3.45 \times 10^{-12}$

**15.** اكتب الرقم $8.945 \times 10^{12}$ في الصيغة الممتدّة.

**8945000000000**

**16.** أيُّهما أطول مُدّة زمنيّة: سنة واحدة، أم 8897 ساعة، أم $3.14 \times 10^7$ s؟

**لاستنتاج الإجابة بشكل صحيح، يجب أن نقوم بتحويل كلّ مُدّة زمنيّة إلى وحدة الثواني:**

$$(1 \text{ year})\left(\frac{365.25 \text{ day}}{1 \text{ year}}\right)\left(\frac{24 \text{ hr}}{1 \text{ day}}\right)\left(\frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ hr}}\right) = 31\ 557\ 600 \text{ s}$$

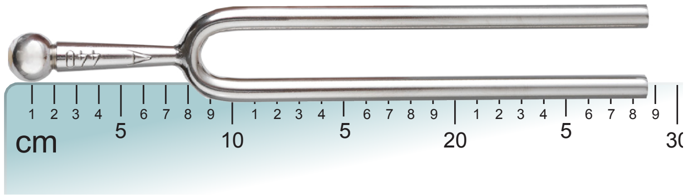
$$(8897 \text{ hr})\left(\frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ hr}}\right) = 32\ 029\ 200 \text{ s}$$

$$3.14 \times 10^7 \text{ s} = 31\ 400\ 000 \text{ s}$$

**وبالتالي تكون 8897 hr هي المُدّة الأطول.**

## الدرس 1-2 القياسات

**17.** كم يبلغ طول الشوكة الرنّانة عند قياسها باستخدام المسطرة المُبيّنة في الشكل؟ اكتب هامش خطأ القياس في إجابتك.




**28.5 ± 0.5 cm**

**18.** اكتب القيَم الآتية وفق الصيغة العلميّة بوحدات المتر (m)، أو الكيلوجرام (kg)، أو الثواني (s). وفق ما يُناسبها.

**a.** 2.998 cm
**b.** 31.2 kg
**c.** 500 m
**d.** 0.209 μm
**e.** 0.00030 s

**a.** $2.998 \times 10^{-2}$ m
**b.** $3.12 \times 10^{1}$ kg
**c.** $5.00 \times 10^{2}$ m
**d.** $2.09 \times 10^{-7}$ m
**e.** $3.0 \times 10^{-4}$ s

**19.** صف على الأقل ثلاثة أسباب مُختلفة لهوامش الخطأ في البيانات المقيسة.

**ستكون إجابات الطلاب مُختلفة. قد تكون إحدى الإجابات الأربع الآتية: أداة القياس، وطريقة القياس، ومهارة من يقوم بالقياس، والعوامل الخارجية.**

**20.** قمنا بقياس قوّتَين، فوجدنا أنّ مقدار كلّ منهما هو 5 N ± 110 و 3 N ± 50. احسب مجموع هاتَين القوّتين، ثمّ اكتب هامش الخطأ لهذا المجموع في إجابتك.

**مجموع القوّتَيْن: 110 + 50 = 160 N.**

**يجب أيضًا جمع هوامش الخطأ: 8 = 3 + 5.**

**يمكن كتابة الإجابة النهائية وفق الصيغة: 8 N ± 160.**

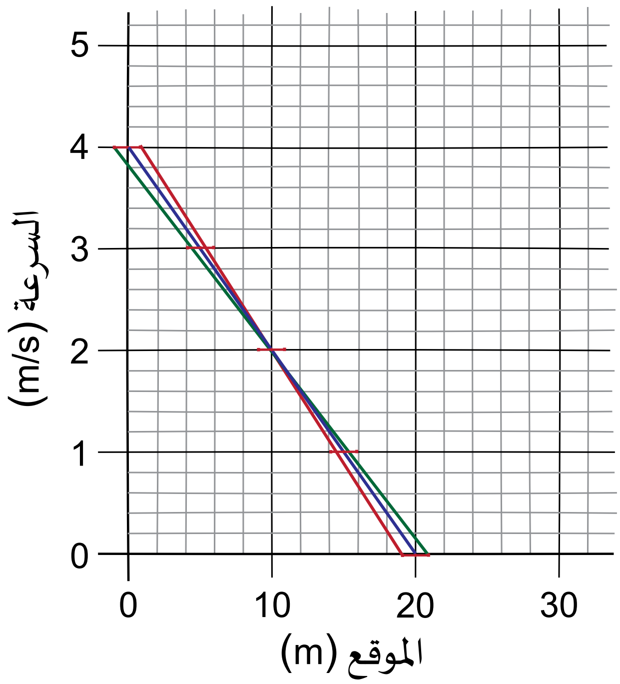
**21.** لا يمكننا معرفة ما إذا كانت قيمتان مُقاستان مُتوافقتَين أم لا، ما لم نعلم هامش الخطأ. كذلك لا يمكننا معرفة القيمة الحقيقية الفعليّة لأي كمّية مقاسة. استخدم فكرة حساب المتوسّط لتشرح كيف يُقدّر العلماء هامش الخطأ في النتائج دون أن يعلموا القيمة الحقيقية.

**إذا قمنا بتكرار القراءات، فإنّنا سنُلاحظ أنّ مُعظم المحاولات تؤدّي إلى نتائج مختلفة قليلاً، وبالتالي عندما نقوم بحساب المتوسّط لتلك القراءات سيؤدّي ذلك إلى تقليل تأثير الأخطاء العشوائيّة في قراءاتنا.**

**يمكن اعتبار النتيجتَين متماثلتَين ما لم يكن الفرق بين متوسّط كلّ منهما أكبر من هامش الخطأ.**

**22.** ارسم رسمًا بيانيًا للنتائج المعروضة في الجدول الآتي. أضف أعمدة الخطأ ثمّ ارسم خطَّي الحدّ الأدنى والأقصى للمَيل.

| الموضع $x$ ± 0.3 (m) | السرعة v (m/s) |
|---|---|
| 0.0 | 4.0 |
| 5.0 | 3.0 |
| 10.0 | 2.0 |
| 15.0 | 1.0 |
| 20.0 | 0.0 |




**23.** ينتج عن مضخّة وقود هامش خطأ نسبي أقصى % 2. ما أدنى كمّية وأقصى كمّية من الوقود ستحصل عليها إذا كانت المضخّة تضخّ 60 لترًا؟

**إنّ 2% من 60 لترًا هي كمّية مقدارها 1.2 لتر، لذلك فإنّ أدنى كمّية من الوقود ستحصل عليها هي:**

**60 – 1.2 = 58.8 لتر**

**أمّا أقصى كمّية من الوقود ستحصل عليها فهي: 60 + 1.2 = 61.2 لتر.**

| الكتل المقاسة |
|---|
| 1.05 kg |
| 0.95 kg |
| 1.02 kg |
| 0.98 kg |
| 0.94 kg |
| 1.06 kg |

**24.** وضع مُهندس التحكّم بالجودة كتلة معيارية 1.000 kg على ميزان بقالة، وسجّل القراءة. ثمّ رفع الكتلة المعياريّة، وراح ينقر بيده على الميزان عدّة مرّات ثمّ أعاد وضع الكتلة المعيارية من جديد على الميزان وسجّل القراءة الجديدة. كرّر المُهندس ذلك ست مرّات وحصل على البيانات المُدرَجة في الجدول المقابل. أجب عن الأسئلة الآتية.

**a.** ما هامش الخطأ المُطلق للميزان؟

**هامش الخطأ المُطلق يساوي نصف أقل وحدة يعرضها الميزان زيادة أو نقصانًا. لذلك فإنّ أقل وحدة مُمكنة هي 0.01 kg، وبالتالي يكون الخطأ المُطلق هو ± 0.005 kg.**

**b.** ما هامش الخطأ النسبي؟

**هامش الخطأ النسبي هو** $\left(\frac{0.005}{1.0}\right)\times 100\% = 0.5\ \%$

**c.** هل هناك خطأ مُنتظم في الميزان؟ كيف تعرف ذلك؟

**لا يوجد أيّ خطأ مُنتظم في الميزان لأنّ القراءات المأخوذة تمتلك قيَمًا موجبة وسالبة. والخطأ المُنتظم يُنتج هامش خطأ في اتجاه واحد فقط.**

**d.** هل يجتاز هذا الميزان الفحص إذا كان الحد الأقصى للخطأ النسبي المسموح به هو 2%؟

**نعم يجتازه.**

**25.** يُعطي ميزان الحمّام قراءة كتلة شخص 70 kg. إذا كان المقياس يتضمّن هامش خطأ نسبي 3%، فما هامش الخطأ المُطلق لكتلة الشخص؟

**ΔA = A (هامش الخطأ %)**

$$\Delta A = 70(0.03) = \pm\ 2.1\ kg$$

**26.** أُجريت تجربة لقياس سرعة الضوء في مادة شفّافة مُعيّنة. يُوضّح الجدول الآتي عشر محاولات للقياس.

**a.** ما هامش الخطأ التقديري لأي قياس؟ يجب عليك تحديده ليكون نصف الفرق بين أكبر قيمة وأصغر قيمة.

$$\frac{\left(2.93\times 10^{8}\right)-\left(2.65\times 10^{8}\right)}{2} = 1.4\times 10^{7}$$

**b.** ما متوسّط القياسات العشرة؟

لحساب المتوسط نقوم أولاً بجمع القياسات العشرة مع بعضها:

$(2.93 \times 10^8) + (2.85 \times 10^8) + (2.65 \times 10^8) + (2.66 \times 10^8) +$

$(2.81 \times 10^8) + (2.69 \times 10^8) + (2.81 \times 10^8) + (2.75 \times 10^8) +$

$(2.71 \times 10^8) + (2.88 \times 10^8) = 2.77 \times 10^9$ m/s

ثمّ نُقسّم الإجابة على 10:

$= 2.77 \times 10^8$ m/s

**c.** ما هامش الخطأ التقديري للمتوسِّط؟

أعلى قيمة في بيانات الجدول هي: $2.93 \times 10^8$ m/s

أقل قيمة في بيانات الجدول هي: $2.65 \times 10^8$ m/s

نجد اوّلًا المتوسّط الحسابي للقياسات العشرة ويكون بجمعها، المجموع يساوي

$27.74 \times 10^8$

بقسمة المجموع على عدد القياسات  نحصل على المتوسّط

$$\frac{27.74 \times 10^8}{10} = 2.77 \times 10^8$$

أكبر انحراف هو

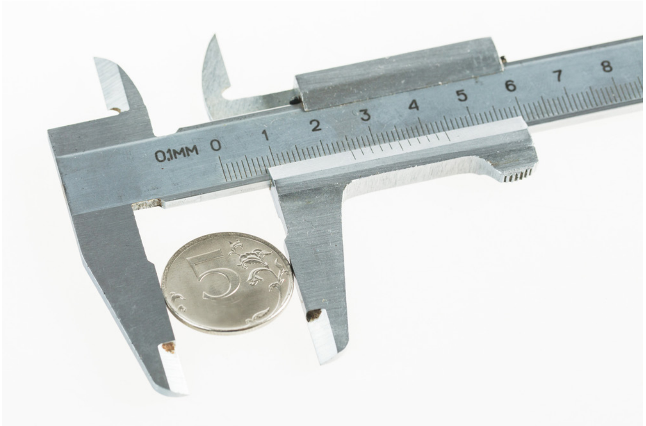
$|2.93 \times 10^8 - 2.77 \times 10^8| = 0.16 \times 10^8$

يكون هامش الخطأ

$\pm 0.16 \times 10^8$

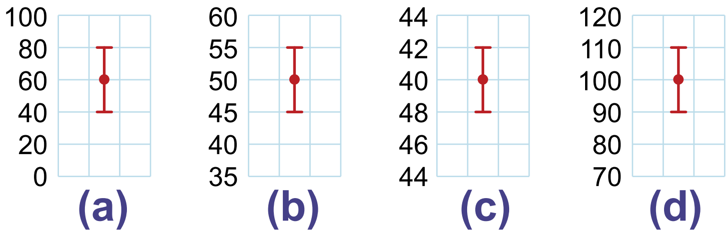
| | |
|---|---|
| $2.93 \times 10^8$ m/s | $2.69 \times 10^8$ m/s |
| $2.85 \times 10^8$ m/s | $2.81 \times 10^8$ m/s |
| $2.65 \times 10^8$ m/s | $2.75 \times 10^8$ m/s |
| $2.66 \times 10^8$ m/s | $2.71 \times 10^8$ m/s |
| $2.81 \times 10^8$ m/s | $2.88 \times 10^8$ m/s |

**27.** ما القياس الذي تُعطيه القدمة ذات الورنيّة المُوضّحة في الشكل أدناه؟




**2.5 ± 0.01 cm**

**28.** أي من الآتي يُظهر بشكل صحيح أعمدة الخطأ 5% ± ؟




**الإجابة (c) تُوضّح أعمدة الخطأ 5% ±**

**لمعرفة الإجابة الصحيحة نحتاج إلى ما مقدار 5% من كلّ رقم.**

**(a) العدد هو 60، ومقدار 5% من 60 هو 3. إلّا أنّ أعمدة الخطأ لا تعكس ذلك.**

**(b) العدد هو 50، ومقدار 5% من 50 هو 2.5. إلّا أنّ أعمدة الخطأ لا تعكس ذلك.**

**(c) العدد هو 40، ومقدار 5% من 40 هو 2. وأعمدة الخطأ تُظهرهامش خطأ هو 2 ± .**

**(d) العدد هو 100، ومقدار 5% من 100 هو 5. إلّا أنّ أعمدة الخطأ لا تعكس ذلك.**

# أوراق عمل

الاسم ........................................ التاريخ ........................................

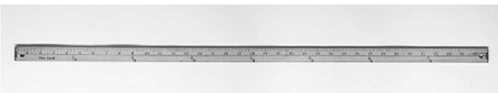
## نشاط 1-1 استخدام النظام الدولي للوحدات

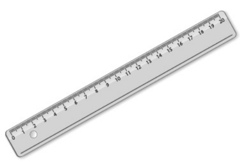
| | |
|---|---|
| سؤال الاستقصاء | ما أهميّة البادئة المناسبة؟ |
| الموادّ المطلوبة | مسطرة بطول 30 cm، عصا متريّة، مقياس كتلة رقمي (ميزان)، أجسام مُختلفة من الصف. |

### خلفيّة معرفيّة

عند إدراج الكمّيات في الحسابات، فإنّنا نستخدم الأرقام مضافًا إليها بادئات مُعيّنة في المعادلة المطلوبة. وعلى الرغم من ذلك، فإنّنا عادةً نستخدم البادئات في مُعاملاتنا وأعمالنا اليوميّة بطريقة تتناسب مع المهمة التي نريد تأديتها أو التعبير عنها. نذكر منها حجم الغرفة الذي لا يُقاس بوحدة الملّيمتر لأنّ الرقم سيكون عندئذٍ كبيرًا وتصوّره سيأخذ منا جهدًا كبيرًا.أضف إلى ذلك أنّ قُطر الشعرة لن يكون مُقاسًا بوحدة المتر لأنّ الرقم عندئذٍ سيكون صغيرًا جدًّا، ومن الصعب تصوّره أيضًا. يسمح لك هذا النشاط باستكشاف البادئات الأنسب في الحالات المُختلفة.

### خطوات التجربة





1. قُم بإجراء المهام الآتية في مجموعات، ثمّ اكتب القياسات في الجدول المُدرج في ورقة العمل.
2. قِس طول كفّ يدك مُستخدمًا المسطرة، واكتب نتيجة القياس بوحدة cm.
3. حوّل القياس السابق إلى وحدات المتر، والكيلومتر، والملّيمتر، والميكرومتر.
4. قِس عرض الطاولة مُستخدمًا العصا المتريّة، ثمّ اكتب نتيجة القياس بوحدة المتر.
5. حوّل القياس السابق إلى وحدات السنتيمتر، والكيلومتر، والملّيمتر، ووالميكروميتر.
6. قِس كتلة محفظة الأقلام مُستخدمًا الميزان، واكتب النتيجة بوحدة الجرام.
7. حوّل القياس السابق إلى وحدتَي الكيلوجرام، والملّيجرام.
8. قِس كتلة حقيبتك المدرسيّة مُستخدمًا الميزان، واكتب النتيجة بوحدة الجرام.
9. حوّل القياس السابق إلى وحدتَيْ الكيوجرام، والملّيجرام.

**الاسم** .................................................................................... **التاريخ** ....................................................

## الجدول

| | القيمة المقيسة | القيمة المُحوّلة 1 | القيمة المُحوّلة 2 | القيمة المُحوّلة 3 | القيمة المُحوّلة 4 |
|---|---|---|---|---|---|
| طول كفْ اليد | | | | | |
| عرض الطاولة | | | | | |
| كتلة محفظة الأقلام | | | | | |
| كتلة الحقيبة المدرسيّة | | | | | |

## أسئلة

**a.** حدّد الوحدة المناسبة في كلّ قياس أجريته. اشرح اختيارك.

..............................................................................................................................................

**b.** ما الوحدة التي تبدو غير مناسبة في كلّ قياس أجريته؟ اشرح إجابتك.

..............................................................................................................................................

**c.** ما الأعداد التي تجعل فهم طول أو كتلة الجسم صعبًا؟

..............................................................................................................................................

**d.** متى تُستخدم بادئات الميجا، والجيجا، والنانو؟ هل يمكنك إعطاء مثال من الحياة اليوميّة؟

..............................................................................................................................................

الاسم .................................................... التاريخ ....................................................

## نشاط 1-2 إجراء القياسات

| | |
|---|---|
| سؤال الاستقصاء | كيف يُمكننا إدراج هامش الخطأ عند إجراء قياسات بسيطة؟ |
| الموادّ المطلوبة | القدمة ذات الورنيّة، الميكروميتر، سلك رفيع، كرات فولاذيّة تتراوح أطوال أقطارها بين 5 mm و 20 mm، مسطرة، كتل 10 g، و 20 g، و 30 g، نابض، ساعة إيقاف. |

### خلفيّة معرفيّة

يمكن استخدام أدوات مُختلفة لأداء المهمة نفسها، من دون أن يطرأ أيّ تغيُّر يُذكر على النتيجة النهائية. ولجعل أداء المهمة أسهل يجب استخدام الأداة الصحيحة. يمكن قياس طول جسم ما بواسطة أدوات متعددة، لكن من المهم اختيار الأداة الأنسب لإجراء هذا القياس. فإذا أردنا مثلًا قياس عرض الطاولة، ستكون الأداة الأنسب هي العصا المتريّة؛ ولقياس طول ملعب كرة قدم وقياس المسافات الطويلة تكون الأداة الأنسب هي العجلة الدوّارة. أمّا استخدام المسطرة الصغيرة فمحصور في قياس الأجسام الصغيرة. يمكن قياس الأبعاد الصغيرة جدًّا بواسطة القدمة ذات الورنيّة أو الميكروميتر. فالقدمة ذات الورنيّة أداة مُفيدة جدًّا عند قياس أقُطار الأجسام الدائريّة الصغيرة، كالأنابيب مثلاً. وتبرز أهمّية استخدام الميكروميتر عند قياس قُطر سلك، أو سُمك ورقة.

### القسم 1: القياس بواسطة القدمة ذات الورنيّة

1. قِس قُطر الكُرة. ضعها على الورقة، ثمّ حدّد على الورقة باستخدام القلم الحافتَين المتقابلتَين للكرة بأفضل تقدير ممكن. استخدم المسطرة لقياس قُطر الكُرة بين علامتَي التحديد. سجّل هامش خطأ القياس.
2. قِس الآن قُطر الكُرة باستخدام القدمة ذات الورنية. سجّل هامش خطأ القياس.
3. كرّر كلّ طريقة من طريقتَي القياس مرتين، ثمّ سجّل نتائجك في الجدول.

| | القياس بواسطة المسطرة | القياس بواسطة القدمة ذات الورنيّة |
|---|---|---|
| المحاولة 1 | | |
| المحاولة 2 | | |
| المحاولة 3 | | |

الاسم .................................................................... التاريخ ....................................................................

## القسم 2: القياس بواسطة الميكروميتر

1. قِس سُمْك السلك مُستخدمًا المسطرة. يمكن إنجاز ذلك بِطَيّ السلك أكثر من مرّة وقياس عرض الحزمة، ثمّ قسمة العرض على عدد الأسلاك التي قُمت بقياس سُمكها. سجّل هوامش أخطاء القياس.
2. قِس الآن سُمْك السلك بواسطة الميكروميتر. سجّل هامش خطأ القياس.
3. كرّر كل طريقة من طريقتَي القياس مرّتَين، ثمّ سجّل نتائجك في الجدول.

| | القياس بواسطة المسطرة | القياس بواسطة الميكروميتر |
|---|---|---|
| المحاولة 1 | | |
| المحاولة 2 | | |
| المحاولة 3 | | |

## القسم 3: القياس بواسطة ساعة الإيقاف

1. علّق كتلة 10 g بواسطة نابض رأسي. اسحب الكتلة إلى الأسفل بمقدار 2 cm ثمّ أطلقها لتهتزّ. قِس الزمن الدوري لاهتزازة واحدة، ثمّ قِس زمن عدة اهتزازات وقسّمها على عدد الاهتزازات لتحصل على الزمن الدوري.
2. سجّل هوامش خطأ القياس.
3. كرّر التجربة باستخدام كلّ من الكتلتين 20 g و 30g.
4. ارسم مُخطّطًا بيانيًا يُمثّل العلاقة بين الكتلة والزمن الدوري. يجب أن يشتمل مُخطّطك على أعمدة الخطأ.
5. ارسم أفضل خط مَيل وخطَّي الحدّ الأعلى والحدّ الأدنى للمَيل.

| | الزمن الدوري باستخدام اهتزازة واحدة لكتلة 10 g | الزمن الدوري باستخدام 10 اهتزازات لكتلة 10 g |
|---|---|---|
| المحاولة 1 | | |
| المحاولة 2 | | |
| المحاولة 3 | | |

| | الزمن الدوري باستخدام اهتزازة واحدة لكتلة 20 g | الزمن الدوري باستخدام 10 اهتزازات لكتلة 20 g |
|---|---|---|
| المحاولة 1 | | |
| المحاولة 2 | | |
| المحاولة 3 | | |

| | الزمن الدوري باستخدام اهتزازة واحدة لكتلة 30 g | الزمن الدوري باستخدام 10 اهتزازات لكتلة 30 g |
|---|---|---|
| المحاولة 1 | | |
| المحاولة 2 | | |
| المحاولة 3 | | |

# الوحدة 2 علم الحركة (الكينماتيكا)

## مقدّمة الوحدة

تُقدّم هذه الوحدة الكميّات المُتّجهة ورسومات الحركة البيانيّة.

**P1003** يُحلّل ويُوضّح حركة الأجسام من خلال الرسوم البيانيّة.

**P1004** يُحلّل ويُوضّح حركة الأجسام على خطّ مستقيم بتسارع مُنتظم.

### الدرس 2-1 الكمّيات المُتّجهة والكمّيات القياسيّة

- الكمّيات القياسية والكمّيات المُتّجهة
- التمثيل البياني للكمّيات المُتّجهة
- التمثيل البياني للمُتّجهات بواسطة المقدار والزاوية
- المسافة والإزاحة
- مُحصّلة مُتّجهَين
- خطوات إيجاد المُحصّلة بيانيًّا
- مُحصّلة طرح المُتّجهات
- ضرب مُتّجه وقسمته
- إيجاد مُحصّلة مُتّجهين مُتعامدَين باستخدام الطريقة الجبريّة
- مُركّبات المُتّجهات
- تحديد إشارات المركّبات
- إيجاد المُحصّلة بواسطة المُركّبتَين x و y
- جمع المُتّجهات باستخدام المُركّبات
- القوة المؤثّرة على باب

### الدرس 2-2 السرعة والسرعة المتّجهة والتسارع

- السرعة والسرعة المُتّجهة
- الاختلاف بين السرعة والسرعة المُتّجهة
- هل السرعة المتّجهة موجبة أم سالبة؟
- مُنحنى (الموقع – الزمن)
- مُنحنى (الموقع – الزمن) للحركة إلى الخلف
- مُنحنى (السرعة المُتّجهة – الزمن)
- المسافة من مُنحنى (السرعة المُتّجهة – الزمن)
- السرعة المتّجهة المتوسّطة والسرعة المتّجهة اللحظيّة
- التسارُع
- التسارع في الرسوم البيانيّة للحركة
- التسارُع الثابت مقابل السرعة المُتّجهة الثابتة
- الحركة المُتسارعة المُنتظمة
- الموقع في الحركة المُتسارعة
- السرعة المتّجهة النهائيّة في الحركة المُتسارعة
- تحليل الرسوم البيانية للحركة

# الوحدة 2

| 5E | العناصر |
| --- | --- |
| يندمج | الدرس 2-1: أهميّة الاتّجاه. |
| | الدرس 2-2: الشريط الدقّاق. |
| يستكشف | الدرس 2-1: فكّر في المواقف المُختلفة التي قد تحتاج فيها إلى الاتّجاه لوصف الموقف كاملاً. ما الكمّيات التي يمكن وصفها دون أن يُذكر فيها الاتّجاه؟ |
| | الدرس 2-2: ابحث عن الغرض الأساسي من استخدام الشريط الدقّاق. كيف سيبدو، في رأيك، شريط الدقّاق لجسم يتحرّك مدّة 10 s ثمّ يتوقّف عن الحركة لمدة 5 s، ثمّ يستأنف حركته بعد ذلك محافظًا على ازدياد سرعته في 15 s التالية. قدّر نتائج شريط الدقّاق وارسمها، تحقّق من نتائجك باستخدام مؤقّت الشريط الدقّاق. |
| يشرح | الدرس 2-1: هل يُمكن وصف اتّجاه كمّية مُتّجهة من دون استخدام الإحداثيات؟ ما الطرائق الأخرى التي يُمكن استخدامها للتعبير عن اتّجاه المتّجهات؟ |
| | الدرس 2-2: اشرح الفرق بين السرعة والسرعة المُتّجهة. هل يمكن أن تعتمد السرعة المُتّجهة على المسافة بدلاً من الإزاحة؟ لماذا لا يمكن أن تكون السرعة سالبة؟ |
| | الدرس 2-2: تحليل الرسوم البيانيّة للحركة. |
| يتوسّع | الدرس 2-1: هل بإمكانك إثبات أنّ $+225°$ و $-135°$ هي إجابات مُمكنة للقسم (b)؟ |
| | النشاط 2-1: القوة المؤثرة على باب. |
| | النشاط 2-2: تحليل الرسوم البيانيّة للحركة. |
| يقيّم | تقويم الدرس 2-1 و 2-2، وتقويم الوحدة. |

# الوحدة 2 علم الحركة (الكيناماتيكا)

## ملخّص الوحدة

تُقدّم هذه الوحدة الكميّات الفيزيائيّة. سيتعلّم الطلاب في الدرس 2-1 الاختلاف بين الكميّات المُتّجهة والكميّات القياسيّة. وسيكون تركيز الدرس مُنصبًّا بشكل خاصّ على الاختلاف بين الإزاحة والمسافة. وسيتعلّم الطلاب كيفيّة رسم المُتجّهات وإيجاد مُحصّلتها باستخدام الطريقة الجبريّة والطريقة البيانيّة. يستكشف الدرس 2-2 الاختلاف بين السرعة والسرعة المُتّجهة، كما أنّه يُسلّط الضوء على التسارع. سيتعلّم الطلاب كيفيّة حلّ مسائل الحركة باستخدام مُعادلات الحركة المتنوّعة، وسوف يتعرّفون إلى كيفيّة قراءة الرسوم البيانيّة ورسمها.

### أخطاء شائعة

- **يُمكن وصِف موقع الجسم من دون الحاجة إلى الاتّجاه.**
يُعدّ تحديد الاتجاه مُهمًّا جدًّا عند وصِف الموقع بشكل كامل.
- **تكون المسافة المقطوعة والإزاحة مُتساويتَين دائمًا.** تكون المسافة مساوية للإزاحة فقط في حالة الحركة إلى الأمام في خطّ مستقيم.
- **تكون السرعة والسرعة المُتّجهة لجسم متُساويتَين دائمًا.** تحتاج السرعة المُتجهة إلى الاتّجاه. أمّا السرعة فهي كميّة قياسيّة تصِف المقدار فقط.
- **يُعرف التسارُع بأنّه زيادة السرعة.** ويُعدّ إبطاء السرعة تسارُعًا، ويكون التسارُع أيضًا في حالة السرعة الثابتة مقدارًا باتّجاه مُتغيّر، كحركة جسم بسرعة منتظمة في مسار دائري.

## مخطط الوحدة

| الدرس | عدد الحصص | مخرجات التّعلم | الكفايات |
|---|---|---|---|
| 1-2<br>الكمّيات المُتّجهة والكمّيات القياسية | 12.5 | P1003.1<br>P1003.2 | |
| 2-2<br>السرعة والسرعة المُتّجهة والتسارُع | 8.5 | P1003.2<br>P1003.3<br>P1004.1 | |

### كفايات الطالب القطري العلمية

التفكير الإبداعي والناقد
الكفاية اللغوية
التعاون والمشاركة
حلّ المشكلات
الكفاية العددية
التواصل
البحث والاستقصاء

### المهارات العلمية والكفايات

- يتوقّع من الطلاب إكمال خبرتين تعليميتين.
- يُطبّق مهارة الرياضيات في 44 مسألةمن مسائل تقويم الدرس 2-1، 2-2 وتقويم الوحدة.
- يُطبّق الكفاية اللغويّة في خبرة التعلّم 2-2 وتقويم الوحدة.
- يستخدم مهارات ICT مُدمجة مع خبرة التعلّم 2-2.
- يُنشئ الطلاب روابط مع العلم المعاصر في مفاتيح الدروس وإضاءة على العلماء.

# الدرس 2-1
# الكمّيات المُتّجهة والكمّيات القياسية

## مصادر تعلّم الدرس

| الموضوع / الوقت | المحتوى | موارد كتاب الطالب | موارد دليل المعلم |
|---|---|---|---|
| مقدّمة الدرس<br>$\frac{1}{2}$ حصّة | مُناقشة | الصفحة 41 | الصفحتان<br>48، 49 |
| الكمّيات القياسية<br>والكمّيات المُتّجهة<br>1 حصّة | تعريف، شرح | الصفحتان<br>42، 43 | الصفحة 50 |
| الكمّيات المُتّجهة<br>بواسطة المقدار والزاوية<br>1 حصّة | شرح، مثال | الصفحتان<br>44، 45 | الصفحة 51 |
| المسافة والإزاحة<br>1 حصّة | شرح، مثال | الصفحتان<br>46، 47 | الصفحة 52 |
| المُحصّلة<br>2 حصّة | شرح | الصفحتان<br>48، 49 | الصفحة 53 |
| ضرب المُتّجه<br>2 حصّة | شرح، مثال | الصفحتان<br>53، 54 | الصفحتان<br>54، 55 |
| المُحصّلة بواسطة<br>الطريقة الجبريّة<br>1 حصّة | معادلة، مثال | الصفحة 55 | الصفحة 57 |
| مُركبات المُتّجه<br>3 حصص | شرح، معادلات، مثال | الصفحات<br>56-61 | الصفحات<br>57-60 |
| القوّة المؤثّرة على باب<br>1 حصّة | نشاط الطالب | الصفحة 62 | الصفحتان<br>61، 62<br>ورقة عمل 2-1 |

| الأنشطة | مواد من أجل النشاط |
|---|---|
| 2-1 القوة المؤثرة على باب | خيط، مقياس القوة (ميزان نابض)، باب، آلة حاسبة. |

## مخرجات التعلّم

**P1003.1** يُوضّح الفرق بين الكمّيات القياسيّة والمُتّجهة (المُتّجهات)، ويُحلّل المُتّجهات، ويحسب المُحصّلة في مواقف حقيقيّة.

**P1003.2** يصِف المقصود بالمفاهيم: المسافة، والإزاحة، والسرعة، والسرعة المُتّجهة، والتسارُع.

## المعرفة السابقة

يجب أن يكون الطلاب على معرفة بالكمّيات القياسيّة، الكتلة والمسافة مثلاً.

## المفردات

| | |
|---|---|
| الكميّة القياسية | Scalar |
| الكميّة المُتّجهة | Vector |
| المقدار | Magnitude |
| الإحداثيات | Coordinates |
| الإزاحة | Displacement |
| طريقة الرأس والذيل | Head-to-tail Method |
| المُركّبات | Components |
| المُحصّلة | Resultant |

### الزمن المقترح للدرس

يحتاج هذا الدرس الى 12.5 حصّة صفّيّة تتضمّن نشاطًا عمليًّا (1-2)، وعروضًا توضيحيّة صغيرة، ومناقشات مع الطلاب.

## افتتاحية الدرس

1. يهدف نشاط الدمج إلى حثّ الطلاب على التفكير في دور الاتّجاه عند وَصف الكمّيّات. وهو يُعدّ مُقدّمة لأهمّيّة المُتّجهات.

2. ابدأ بطرح السؤال الآتي: كم يبعد متجرٌ ما عنّا؟ هل يمكن الوصول إلى المتجر إن أخبرنا أحدهم أنّه يبعد مسافة 1 km؟

**لا يكفي ذلك، يجب أن نعرف الاتّجاه أيضًا. قد يكون من السهل تحديد موقع شيء يقع عند نقطة على محيط دائرة نصف قطرها 1 km، لكن من المُهم تحديد الاتجاه.**

3. لا يُعَدّ الموقع الحالة الوحيدة التي يكون تحديد الاتّجاه فيها ضروريًّا. فإذا افترضنا أنّ اثنَين من الطلاب وقفا عند جانبَي صندوق، وكان الهدف تحريك الصندوق بضعة أمتار، وقاما بدفع الصندوق باتّجاهَين مُتعاكسَين، فسوف نُلاحظ أنّ الصندوق لن يتحرّك كثيرًا. لذلك من المُهم تحديد الموقع الجديد المطلوب، بالإضافة إلى اتّجاه القوة المُؤثّرة من الطالبين.

# الدرس 1-2
## الكمّيات المُتّجهة والكمّيات القياسية
## Vectors and Scalars

يُستخدم نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) لمعرفة الاتّجاهات. لكن ما مبدأ عمل GPS؟ يدور حول الأرض أكثر من 30 قمرًا اصطناعيًا تعمل ضمن نظام تحديد المواقع العالمي (GPS). عندما تكون أربعة من هذه الأقمار الاصطناعية على الأقل فوق الأفق، فإنّ مُستَقبِل GPS يقوم بتحديد موقعك على الأرض بدقّة قد تصل إلى بضعة أمتار.

الشكل 1-2 استخدام نظام تحديد الموقع العالمي GPS.

يُرسل كل قمر اصطناعي ضمن نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) موقعه باستمرار، ويرفق تلك المعلومات بزمن دقيق.

وعندما تتلقّى وحدة GPS الخاص بك هذه الإشارة، «تعرف» على الفور زمن وصولها إليك. وبضرب تلك الفترة الزمنية في سرعة الضوء، تعرف بُعد القمر الاصطناعي عنك. تتكرّر الخطوات مع الكثير من الأقمار الاصطناعية الأخرى، فيحسب جهازك الذي يدعم GPS دائرة العرض وخطّ الطول والارتفاع الذي تشغله.

### مخرجات التّعلُّم

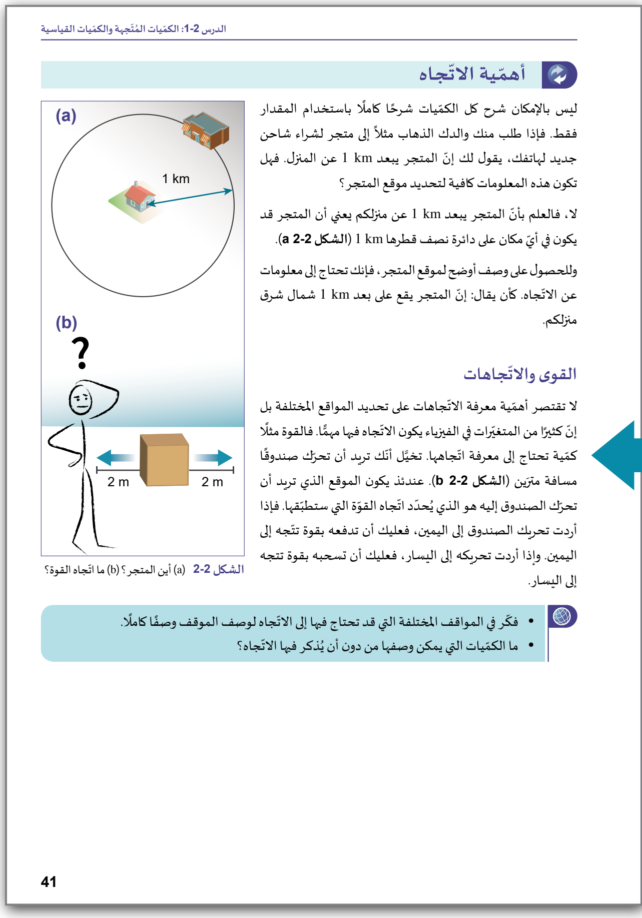
**P1003.1** يوضح الفرق بين الكمّيات القياسية والمُتّجهة (المُتّجهات)، ويحلّل المُتّجهات، ويحسب المحصّلة في مواقف حقيقية.

**P1003.2** يصف المقصود بالمفاهيم: المسافة، والإزاحة، والسرعة، والسرعة المُتّجهة، والتسارُع.

### المفردات

| | |
|---|---|
| الكمّية القياسية | Scaler quantity |
| الكمّية المُتّجهة | Vector quantity |
| المقدار | Magnitude |
| الإحداثيات | Coordinates |
| الإزاحة | Displacement |
| طريقة الرأس والذيل | Head-to-tail Method |
| المُركّبات | Components |
| المُحصّلة | Resultant |

40



الدرس 1-2: الكمّيات المُتّجهة والكمّيات القياسية

### أهمّية الاتّجاه

ليس بالإمكان شرح كل الكمّيات شرحًا كاملًا باستخدام المقدار فقط. فإذا طلب منك والدك الذهاب مثلاً إلى متجر لشراء شاحن جديد لهاتفك، يقول لك إنّ المتجر يبعد 1 km عن المنزل. فهل تكون هذه المعلومات كافية لتحديد موقع المتجر؟

لا، فالعلم بأنّ المتجر يبعد 1 km عن منزلكم يعني أن المتجر قد يكون في أيّ مكان على دائرة نصف قطرها 1 km (**الشكل 2-2 a**).

وللحصول على وصف أوضح لموقع المتجر، فإنك تحتاج إلى معلومات عن الاتّجاه. كأن يقال: إنّ المتجر يقع على بعد 1 km شمال شرق منزلكم.



الشكل 2-2 (a) أين المتجر؟ (b) ما اتّجاه القوة؟

#### القوى والاتّجاهات

لا تقتصر أهمّية معرفة الاتّجاهات على تحديد المواقع المختلفة بل إنّ كثيرًا من المتغيّرات في الفيزياء يكون الاتّجاه فيها مهمًّا. فالقوة مثلًا كمّية تحتاج إلى معرفة اتّجاهها. تخيَّل أنّك تريد أن تحرّك صندوقًا مسافة مترَين (**الشكل 2-2 b**). عندئذ يكون الموقع الذي تريد أن تحرّك الصندوق إليه هو الذي يُحدّد اتّجاه القوّة التي ستطبّقها. فإذا أردت تحريك الصندوق إلى اليمين، فعليك أن تدفعه بقوة تتّجه إلى اليمين. وإذا أردت تحريكه إلى اليسار، فعليك أن تسحبه بقوة تتجه إلى اليسار.

- فكّر في المواقف المختلفة التي قد تحتاج فيها إلى الاتّجاه لوصف الموقف وصفًا كاملًا.
- ما الكمّيات التي يمكن وصفها من دون أن يُذكر فيها الاتّجاه؟

41

## الاستكشاف

1. فكّر في المواقف المُختلفة التي قد تحتاج فيها إلى الاتّجاه لوصف الموقف كاملاً.
**قد يستخدم الطلاب أمثلة مُختلفة لتحديد مواقع الأجسام، والمناطق. وقد يستخدمون أمثلة السحب والدفع.**

2. اذكر بعض الكمّيات التي يُمكن وصفها من دون أن يُذكر فيها الاتّجاه.
**درجة الحرارة، والكتلة، والزمن، لأنّها لا تحتاج إلى تحديد اتّجاه.**

# الكمّيات القياسيّة والكمّيات المُتّجهة

1. لا تحتاج الكميات القياسيّة إلى اتجاه، وهي تعتمد فقط على المقدار.
2. تحتاج الكمّيات المُتّجهة إلى الاتّجاه، ليتمّ فهمها بشكل كامل.
3. الشرح: هل يُمكن وصف اتّجاه متّجه من دون استخدام الإحداثيات؟
   نعم.
4. ماذا نستخدم أيضًا بدلاً من الإحداثيات؟
   يُمكننا وصِف مُتّجه عن طريق إعطاء تعريف للاتّجاه باستخدام عبارات مثل: اليمين، واليسار، والأعلى، والأسفل.
5. بالرغم من أنّنا ناقشنا أنّ استخدام الإحداثيات ليست هي الطريقة الوحيدة لوصِف المُتّجهات، فإنّها تُسهل فهمنا أكثر لاتّجاه المُتّجه.
6. اطلب تحديد مواقع عدّة نقاط إحداثيّة مُختلفة على ورقة الرسم البياني.

الوحدة 2: علم الحركة (الكينماتيكا)

## الكمّيات القياسية والكمّيات المُتّجهة

الكمّية القياسية Scaler quantity هي كمّية يُعبّر عنها بالمقدار فقط دون الحاجة إلى تحديد الاتّجاه. يمكن وصف الكمّيات القياسية كلّها بقيمة واحدة تسمّى المقدار Magnitude. وتُعدّ المسافة والكتلة وشدة التيار الكهربائي وشدة الإضاءة وكمّية المادة والزمن ودرجة الحرارة، جميعها كمّيات قياسية (الشكل 2-3 a). ويمكن وصف كل منها وصفًا تامًا بمقدار واحد ووحدة قياس دون الحاجة إلى تحديد الاتّجاه. بعض الكميات القياسية تكون دائمًا موجبة، مثل السرعة والمسافة والكتلة، في حين أن بعض الكميات القياسية الاخرى قد تكون موجبة أو سالبة، مثل درجة الحرارة أو الشغل، والإشارة السالبة هنا تعني النقص أو الخسارة، وليس لها أية دلالة اتجاهية.

الكمّية المُتّجهة Vector quantity كمّية يُعبَّر عنها بمقدار واتّجاه معًا. يصف مقدار المُتّجه «قيمته». ويتضمّن المتّجه معلومات عن الاتّجاه، مثل (يمين أو يسار)، وهذا يمكّننا من جمع الكمّيات المتّجهة أو طرحها. ومن الأمثلة على المتّجهات الموضّحة في (الشكل 2-3 b) متّجهات الإزاحة (الموقع) والقوة.



الشكل 2-3 (a) الكمّيات القياسية؛ (b) الكمّيات المُتّجهة.

### الإحداثيات الشائعة للمُتّجهات

عندما نحلّ المسائل التي تشتمل على المتّجهات نختار نظام الإحداثيات. ويُعدّ نظام الإحداثيات x-y التمثيل الأكثر استخدامًا مثل $\vec{R} = (+4 ، 3)$ m. يُوضّح (الشكل 2-4) أكثر خيارَين مُستخدمَين عند تعريف الاتّجاه الموجب والاتّجاه السالب.

a. يكون اتّجاه الشرق باتّجاه x الموجب، ويكون اتّجاه الشمال باتّجاه y الموجب، و بالتالي يكون اتجاه الغرب باتجاه x السالب واتجاه الجنوب باتجاه y سالب.
b. يكون اتّجاه اليمين باتّجاه x الموجب، ويكون اتّجاه الأعلى باتّجاه y الموجب، و بالتالي يكون اتجاه اليسار باتجاه x السالب واتجاه الأسفل باتجاه y السالب.



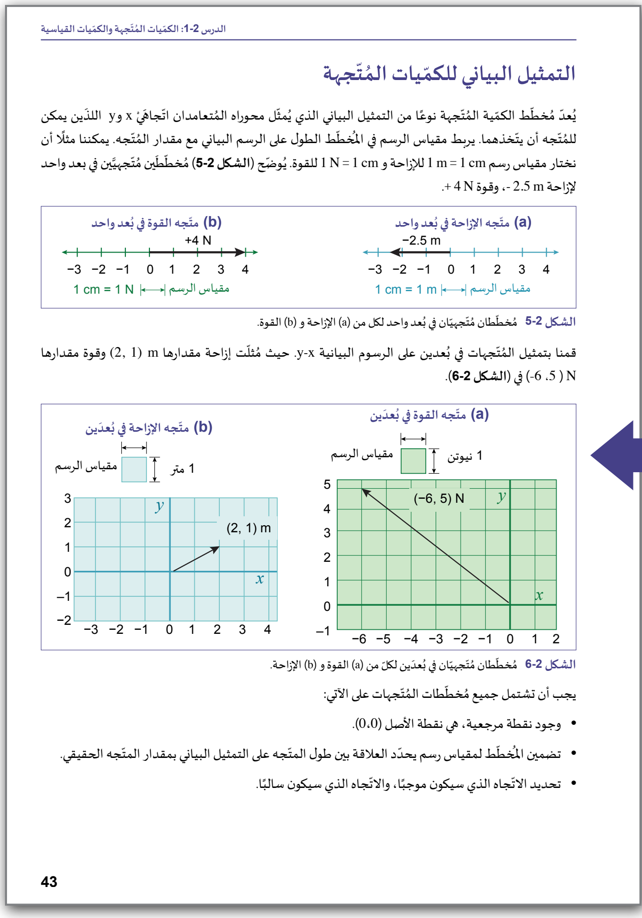
الشكل 2-4 الخيارات الشائعة لنظام الإحداثيات x-y.

تُعبّر القيَم السالبة في الكمّية المتّجهة عن الاتّجاه المُعاكس للمُتّجه الأصلي.

هل يمكن وصف اتّجاه كمّية مُتّجهة من دون استخدام الإحداثيات؟

ما الطرائق الأخرى التي يمكن استخدامها للتعبير عن اتّجاه المتّجهات؟

42



الدرس 2-1: الكمّيات المُتّجهة والكمّيات القياسية

## التمثيل البياني للكمّيات المُتّجهة

يُعدّ مُخطّط الكمّية المُتّجهة نوعًا من التمثيل البياني الذي يُمثّل محوراه المُتعامدان اتّجاهَيْ x و y اللذَين يمكن للمُتّجه أن يتّخذهما. يربط مقياس الرسم في المُخطّط الطول على الرسم البياني مع مقدار المُتّجه. يمكننا مثلًا أن نختار مقياس رسم 1 m = 1 cm للإزاحة و 1 N = 1 cm للقوة. يُوضّح (الشكل 2-5) مُخطّطَين مُتّجهيَّين في بعد واحد لإزاحة 2.5 m -، وقوة 4 N +.



الشكل 2-5 مُخطّطان مُتّجهيّان في بُعد واحد لكل من (a) الإزاحة و (b) القوة.

قمنا بتمثيل المُتّجهات في بُعدين على الرسوم البيانية y-x. حيث مُثلّت إزاحة مقدارها m (2, 1) وقوة مقدارها N ( 5، 6-) في (الشكل 2-6).



الشكل 2-6 مُخطّطان مُتّجهيّان في بُعدَين لكلّ من (a) القوة و (b) الإزاحة.

يجب أن تشتمل جميع مُخطّطات المُتّجهات على الآتي:

- وجود نقطة مرجعية، هي نقطة الأصل (0،0).
- تضمين المُخطّط لمقياس رسم يحدّد العلاقة بين طول المتّجه على التمثيل البياني بمقدار المتّجه الحقيقي.
- تحديد الاتّجاه الذي سيكون موجبًا، والاتّجاه الذي سيكون سالبًا.

43

## التمثيل البياني للمُتّجهات بواسطة المقدار والزاوية

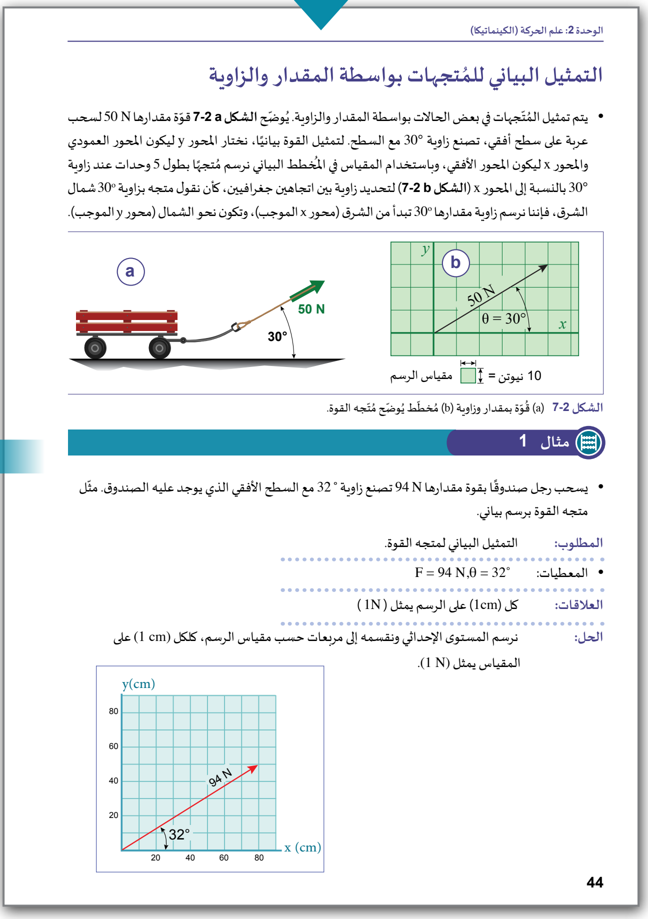
1. نعرف الكثير من الحالات التي لا يكون فيها استخدام الإحداثيات مُفيدًا. ومثال ذلك الحالة التي يُذكر فيها اتّجاه قوة. اسأل الطلاب إن كانوا قادرين على ذكر إحداثيات قوّة سحب مؤثّرة على كُرسي؛ سوف يكون ذلك صعبًا.
2. من الأبسط ذكر أنّ الكُرسي يُسحب عند زاوية 30° بقوة مقدارها 20 N.
3. تمّ تمثيل كلّ من المقدار والاتّجاه باستخدام الأسهم، لكننا استخدمنا مقدار القوة والزاوية بدلاً من الإحداثيات.
4. قُم بحلّ المثالَين 1 و 2. يمكنك أن تستخدم أمثلة إضافية لتعزيز فهم الطلاب.
5. توسّع: هل يمكنك إثبات أنّ 225°+ و 135°- هي إجابات مُمكنة للقسم (b) من **الشكل (2-8)**؟

**يعتمد ذلك على موقع بداية قياسنا والزاوية التي اخترناها:**

$$-180° + 45° = -135°$$

$$+180° + 45° = 225°$$

**عندما نبدأ من الزاوية صفر ونتحرّك زاوية موجبة (بعكس عقارب الساعة مقدارها (180°) أو نتحرّك زاوية سالبة (مع عقارب الساعة) مقدارها (180°-)، فإنّنا نصل إلى الزاوية نفسها.**


الوحدة 2: علم الحركة (الكينماتيكا)

### التمثيل البياني للمُتجهات بواسطة المقدار والزاوية

- يتم تمثيل المُتّجهات في بعض الحالات بواسطة المقدار والزاوية. يُوضّح **الشكل 2-7 a** قوّة مقدارها 50 N لسحب عربة على سطح أفقي، تصنع زاوية 30° مع السطح. لتمثيل القوة بيانيًا، نختار المحور y ليكون المحور العمودي والمحور x ليكون المحور الأفقي، وباستخدام المقياس في المُخطط البياني نرسم مُتجهًا بطول 5 وحدات عند زاوية 30° بالنسبة إلى المحور x (**الشكل 2-7 b**) لتحديد زاوية بين اتجاهين جغرافيين، كأن نقول متجه بزاوية 30° شمال الشرق، فإننا نرسم زاوية مقدارها 30° تبدأ من الشرق (محور x الموجب)، وتكون نحو الشمال (محور y الموجب).



**الشكل 2-7** (a) قُوّة بمقدار وزاوية (b) مُخطّط يُوضّح مُتّجه القوة.

**مثال 1**

- يسحب رجل صندوقًا بقوة مقدارها 94 N تصنع زاوية 32 ° مع السطح الأفقي الذي يوجد عليه الصندوق. مثّل متجه القوة برسم بياني.

**المطلوب:** التمثيل البياني لمتجه القوة.

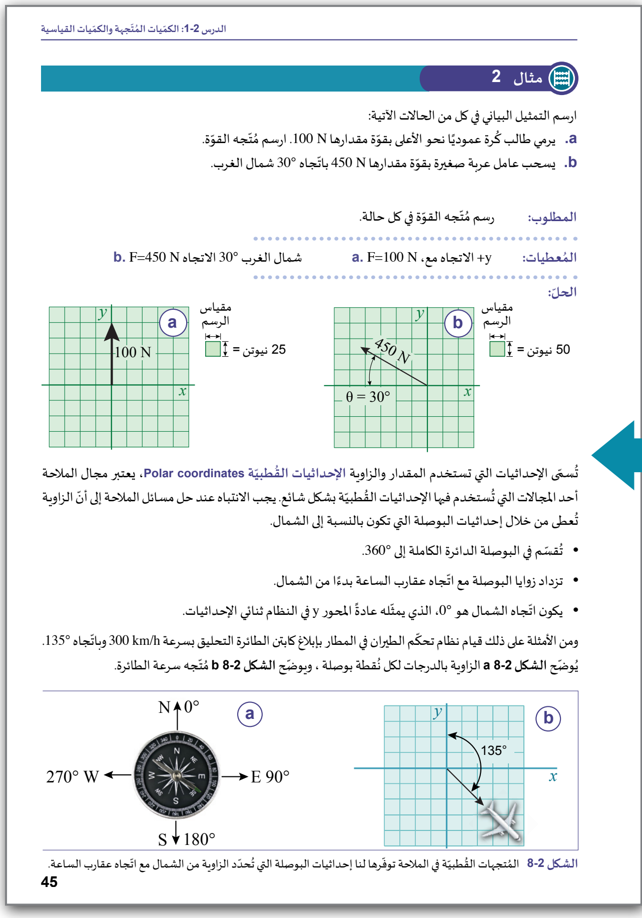
- **المعطيات:** F = 94 N,θ = 32°

**العلاقات:** كل (1cm) على الرسم يمثل (1N)

**الحل:** نرسم المستوى الإحداثي ونقسمه إلى مربعات حسب مقياس الرسم، كلكل (1 cm) على المقياس يمثل (1 N).



44


الدرس 2-1: الكمّيات المُتّجهة والكمّيات القياسية

**مثال 2**

ارسم التمثيل البياني في كل من الحالات الآتية:
- **a.** يرمي طالب كُرة عموديًا نحو الأعلى بقوّة مقدارها 100 N. ارسم مُتّجه القوّة.
- **b.** يسحب عامل عربة صغيرة بقوّة مقدارها 450 N باتّجاه 30° شمال الغرب.

**المطلوب:** رسم مُتّجه القوّة في كل حالة.

**المُعطيات:** **a.** F=100 N، الاتجاه مع +y **b.** F=450 N الاتجاه 30° شمال الغرب

**الحلّ:**



تُسمّى الإحداثيات التي تستخدم المقدار والزاوية **الإحداثيات القُطبيّة Polar coordinates**، يعتبر مجال الملاحة أحد المجالات التي تُستخدم فيها الإحداثيات القُطبيّة بشكل شائع. يجب الانتباه عند حل مسائل الملاحة إلى أنّ الزاوية تُعطى من خلال إحداثيات البوصلة التي تكون بالنسبة إلى الشمال.

- تُقسّم في البوصلة الدائرة الكاملة إلى 360°.
- تزداد زوايا البوصلة مع اتّجاه عقارب الساعة بدءًا من الشمال.
- يكون اتّجاه الشمال هو 0°، الذي يمثّله عادةً المحور y في النظام ثنائي الإحداثيات.

ومن الأمثلة على ذلك قيام نظام تحكّم الطيران في المطار بإبلاغ كابتن الطائرة التحليق بسرعة 300 km/h وباتّجاه 135°. يُوضّح **الشكل 2-8 a** الزاوية بالدرجات لكل نُقطة بوصلة ، ويوضّح **الشكل 2-8 b** مُتّجه سرعة الطائرة.



**الشكل 2-8** المُتجهات القُطبيّة في الملاحة توفّرها لنا إحداثيات البوصلة التي تُحدّد الزاوية من الشمال مع اتّجاه عقارب الساعة.

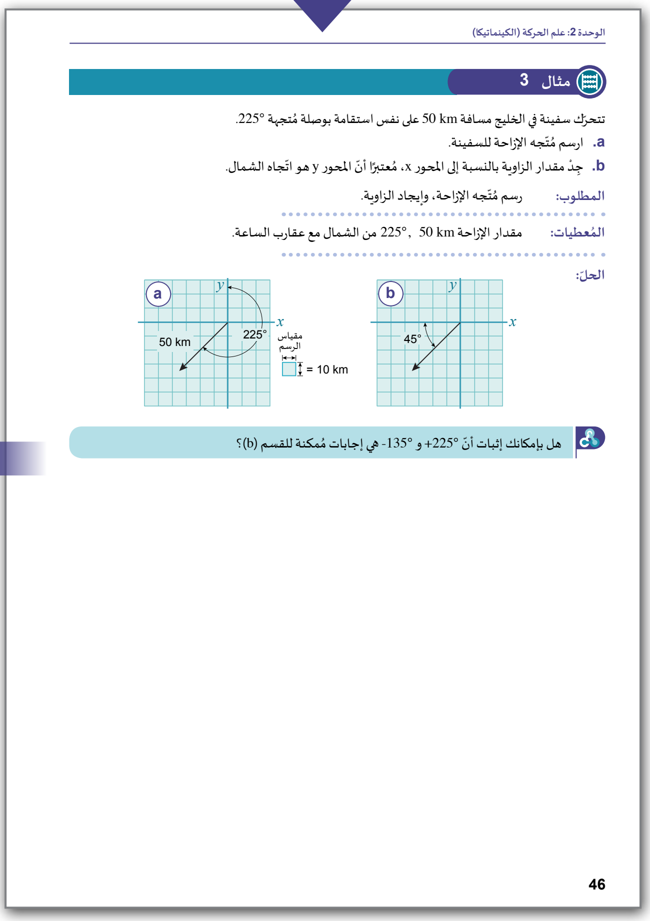
45

## حلّ مثال

1. قبل البدء بحلّ المثال (3)، ناقش الطلاب في اتّجاهات البوصلة مرّة أخرى، وبيّن لهم أنّ اتّجاه الشمال يُشار إليه بالزاوية °0، واتّجاه الشرق يمثّل زاوية °90، والجنوب °180، والغرب °270.
2. بيّن للطلّاب أنّ الزاوية المعطاة في المثال تقع في الربع الثالث، فهي أكبر من °180 وأقلّ من °270.
3. كلّف طالبًا برسم المتجه على السبورة وإكمال الحلّ.

## المسافة والإزاحة

1. تُعدّ المسافة كمّية قياسيّة، وكان الطالب قد تعرّف إليها من قبل. أمّا الإزاحة فسيتعرّف إليها في هذا الدرس وهي كمّية مُتّجهة. يحمل اسمها ما تعنيه فعلاً، فهي مقياس للمقدار الذي "يُزاح" الجسم فيه عن موقعه الابتدائي.
2. لا يُعَدّ المسار مُهمًّا عند تحديد الإزاحة؛ فالإزاحة تعتمد على موقعَي البداية والنهاية لحركة الجسم. لكن إذا أردنا معرفة المسافة المقطوعة للوصول إلى الموقع النهائي، فسوف يكون من الضروري معرفة المسار المُتّبع.
3. تكون كلّ من المسافة والإزاحة مُتساويتَين في حالة الحركة في خط مُستقيم في الاتّجاه نفسه.
4. وضّح للطلاب حالة تكون فيها المسافة أكبر من مقدار الإزاحة. ثمّ اطلب إليهم طرح أمثلتهم.


الوحدة 2: علم الحركة (الكينماتيكا)

مثال 3

تتحرك سفينة في الخليج مسافة 50 km على نفس استقامة بوصلة متجهة °225.

a. ارسم مُتجه الإزاحة للسفينة.

b. جِد مقدار الزاوية بالنسبة إلى المحور x، مُعتبرًا أنّ المحور y هو اتّجاه الشمال.

المطلوب: رسم مُتجه الإزاحة، وإيجاد الزاوية.

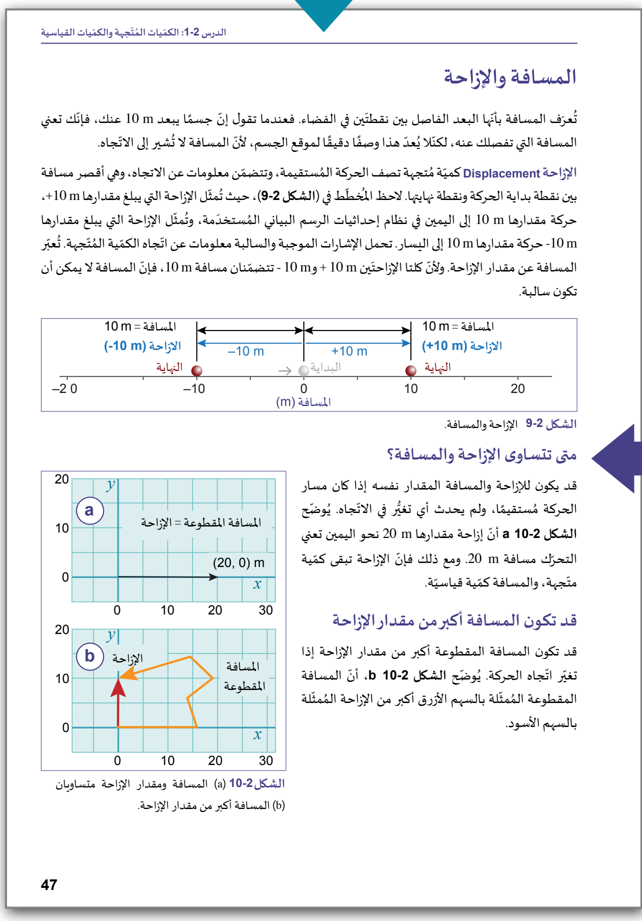
المُعطيات: مقدار الإزاحة 50 km، °225 من الشمال مع عقارب الساعة.

الحل:



هل بإمكانك إثبات أنّ °225+ و °135- هي إجابات مُمكنة للقسم (b)؟

46


الدرس 2-1: الكمّيات المُتجهة والكمّيات القياسية

المسافة والإزاحة

تُعرف المسافة بأنّها البعد الفاصل بين نقطتَين في الفضاء. فعندما تقول إنّ جسمًا يبعد 10 m عنك، فإنّك تعني المسافة التي تفصلك عنه، لكنّنا لا نُعدّ هذا وصفًا دقيقًا لموقع الجسم، لأنّ المسافة لا تُشير إلى الاتجاه.

الإزاحة Displacement كمّية مُتجهة تصف الحركة المُستقيمة، وتتضمّن معلومات عن الاتجاه، وهي أقصر مسافة بين نقطة بداية الحركة ونقطة نهايتها. لاحظ المُخطّط في (الشكل 2-9)، حيث تُمثّل الإزاحة التي يبلغ مقدارها +10 m، حركة مقدارها 10 m إلى اليمين في نظام إحداثيات الرسم البياني المُستخدَمة، وتُمثّل الإزاحة التي يبلغ مقدارها -10 m حركة مقدارها 10 m إلى اليسار. تحمل الإشارات الموجبة والسالبة معلومات عن اتجاه الكمّية المُتّجهة. تُعبّر المسافة عن مقدار الإزاحة. ولأنّ كلتا الإزاحتَين 10 m + و 10 m - تتضمّنان مسافة 10 m، فإنّ المسافة لا يمكن أن تكون سالبة.



الشكل 2-9 الإزاحة والمسافة.

متى تتساوى الإزاحة والمسافة؟

قد يكون للإزاحة والمسافة المقدار نفسه إذا كان مسار الحركة مُستقيمًا، ولم يحدث أي تغيُّر في الاتجاه. يُوضّح الشكل 2-10 a أنّ إزاحة مقدارها 20 m نحو اليمين تعني التحرك مسافة 20 m. ومع ذلك فإنّ الإزاحة تبقى كمّية متّجهة، والمسافة كمّية قياسيّة.

قد تكون المسافة أكبر من مقدار الإزاحة

قد تكون المسافة المقطوعة أكبر من مقدار الإزاحة إذا تغيّر اتّجاه الحركة. يُوضّح الشكل 2-10 b، أنّ المسافة المقطوعة المُمثَّلة بالسهم الأزرق أكبر من الإزاحة المُمثّلة بالسهم الأسود.



الشكل 2-10 (a) المسافة ومقدار الإزاحة متساويان (b) المسافة أكبر من مقدار الإزاحة

47

## محصّلة متّجهين

**1.** يُمكن جمع المُتّجهات، فمجموع مُتّجهَين أو أكثر هو مُتّجه وحيد يُسمّى المُحصّلة، يتمّ الحصول على مجموع المُتّجهات بواسطة الطريقة البيانيّة أو الطريقة الجبريّة.

**2.** تعتمد الطريقة البيانية والجبريّة على اتّجاه المُتّجهات والشكل النهائي الذي تصنعه.

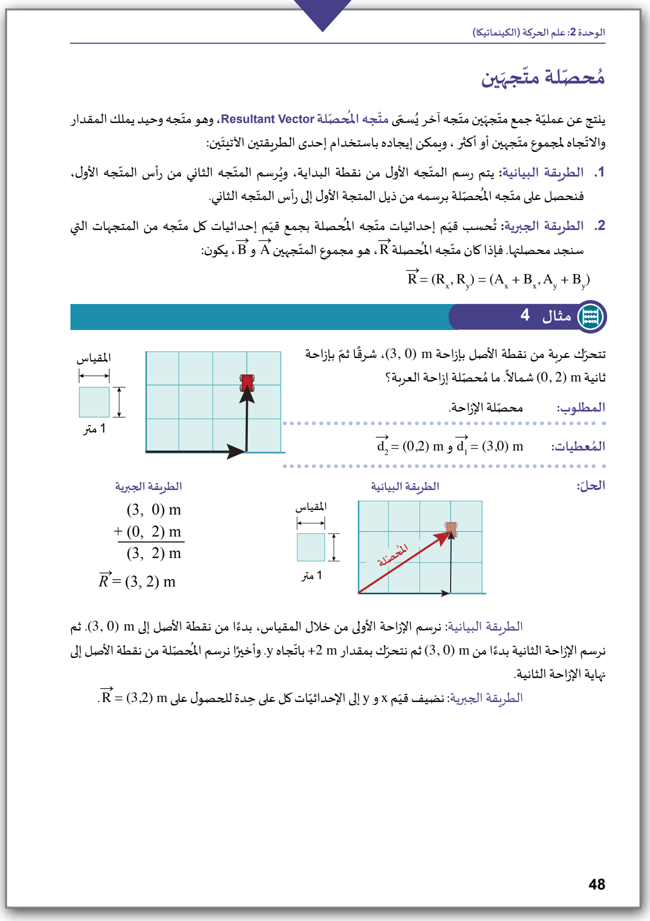
**3.** اطلب إلى الطلاب المساعدة في حلّ المثال (4) على السبورة بإيجاد المحصّلة بالطريقتين الجبرية والبيانية، بعد أن ترسم الأشكال الخاصّة بالمثال على السبورة.

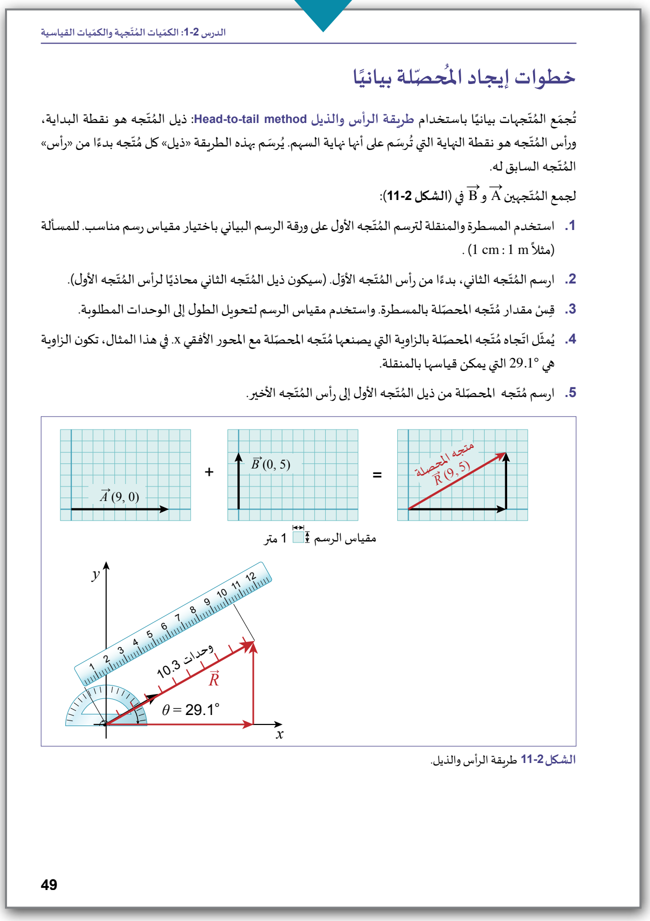
## خطوات إيجاد المُحصّلة بيانيًّا

**1.** إذا أردنا جمع متّجهَيْن بطريقة بيانيّة، نضعهما بشكل متعاقب الواحد تلو الآخر (طريقة الرأس والذيل).

**2.** يجب قياس زاوية اتّجاه المُتّجهات بواسطة المنقلة. ويجب رسم طول المُتّجه باستخدام مقياس رسم مناسب مع ورقة الرسم.

**3.** تُرسم المُحصّلة من نُقطة بداية المُتجّه الأول إلى نهاية المُتجّه الثاني، وتُقاس مع الأخذ في الحسبان مقياس الرسم للحصول على الإجابة النهائيّة.



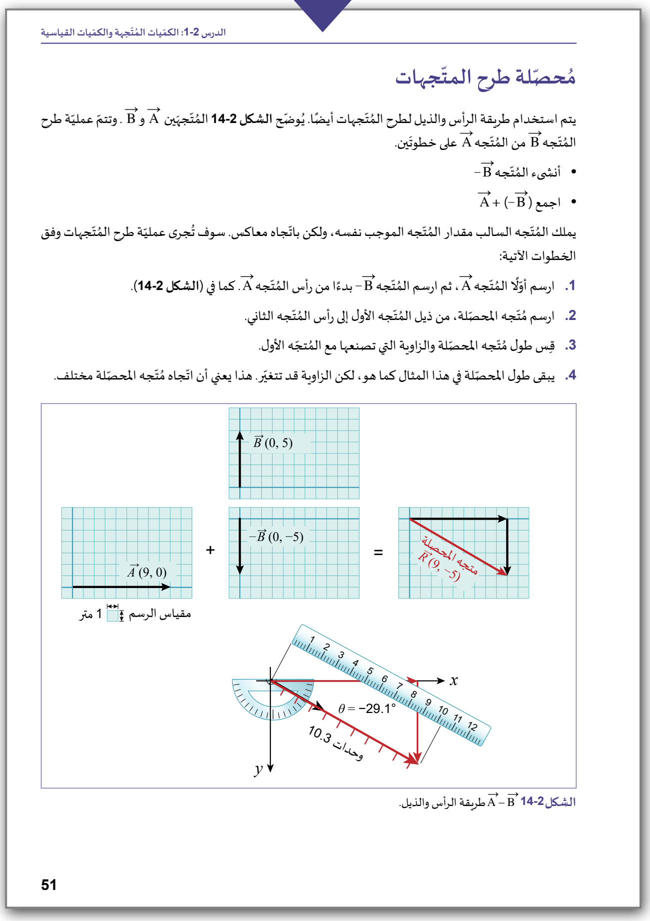
## مُحصّلة طرح المُتّجهات

**1.** تُشبه عمليّة طرح المُتّجهين عمليّة جمعهما.

**2.** يُمكننا التفكير بالسؤال A-B على النحو الآتي: A+(-B)

**3.** ماذا يُمثّل B–؟ هو مُتّجه مقداره مساوٍ لمقدار المُتّجه B لكن باتجاه مُعاكس له.

**4.** بمُجرّد أن يفهم الطلاب ما يمثّله B–، يُمكن حلّ المسائل باستخدام طريقة الرأس والذيل في الجمع.



الدرس 2-1: الكمّيات المُتّجهة والكمّيات القياسية

### مُحصّلة طرح المتّجهات

يتم استخدام طريقة الرأس والذيل لطرح المُتّجهات أيضًا. يُوضّح **الشكل 2-14** المُتّجهَين $\vec{A}$ و $\vec{B}$. وتتمّ عمليّة طرح المُتّجه $\vec{B}$ من المُتّجه $\vec{A}$ على خطوتَين.

- أنشىء المُتّجه $-\vec{B}$
- اجمع $\vec{A} + (-\vec{B})$

يملك المُتّجه السالب مقدار المُتّجه الموجب نفسه، ولكن باتّجاه معاكس. سوف تُجرى عمليّة طرح المُتّجهات وفق الخطوات الآتية:

1. ارسم أوّلًا المُتّجه $\vec{A}$، ثم ارسم المُتّجه $-\vec{B}$ بدءًا من رأس المُتّجه $\vec{A}$. كما في (**الشكل 2-14**).
2. ارسم مُتّجه المحصّلة، من ذيل المُتّجه الأول إلى رأس المُتّجه الثاني.
3. قِس طول مُتّجه المحصّلة والزاوية التي تصنعها مع المُتّجه الأول.
4. يبقى طول المحصّلة في هذا المثال كما هو، لكن الزاوية قد تتغيّر. هذا يعني أن اتّجاه مُتّجه المحصّلة مختلف.



**الشكل 2-14** $\vec{A} - \vec{B}$ طريقة الرأس والذيل.

51

## ضرب مُتّجه وقسمته

**1.** يتمّ ضرب المُتّجهات وقسمتها بواسطة كمّية قياسيّة.

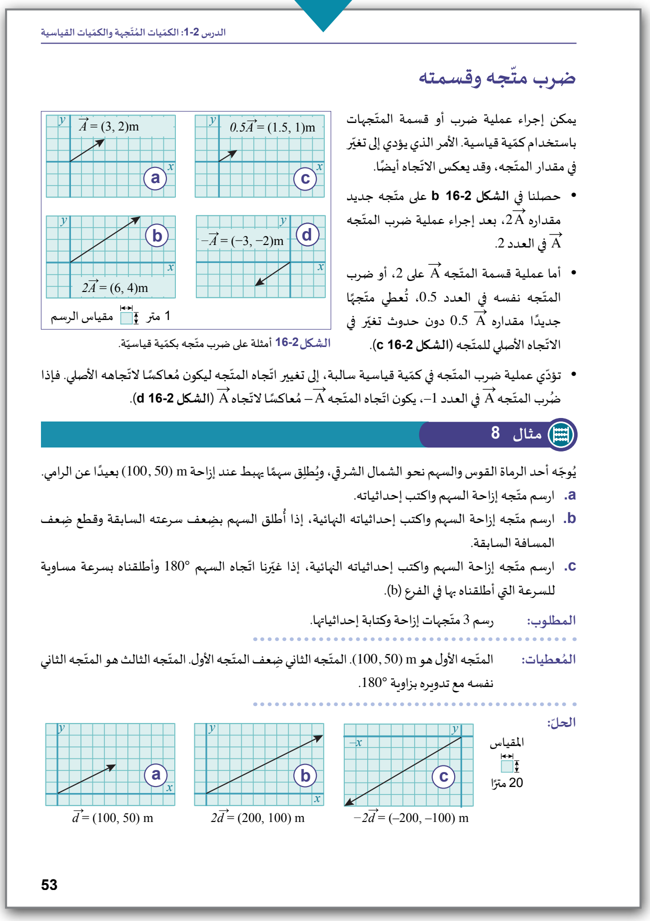
**2.** عند ضرب المُتّجه أو قِسمته باستخدام كميات قياسيّة موجبة، لا يتغيّر اتّجاه المُتّجه لكن يتغيّر مقدار المُتّجه ويتغير المقدار و ينعكس الاتّجاه مع الكميات القياسيّة السالبة.

**3.** درّب الطلاب على ذلك بأن ترسم على السبّورة مُتّجهًا A، واطلب إليهم رسم المُتّجهات 2A، 3A و 0.5A. قد يُجري الطلاب هذا النشاط على السبّورة ثمّ تحقّق أنت من الحل.

**4.** وبشكل مُشابه، اطلب إلى الطلاب رسم مُتّجهات سالبة. وهي مُماثلة لضرب المُتّجه بالعدد 1-.

**5.** لاحظ الإحداثيات. قد يكون لدى الطلاب عمومًا العديد من الأسئلة حول تحديد الإحداثيات، علمًا أن مُعظم نصوص المسائل لا تُذكر فيها الإحداثيات، بل يُطلب فيها من الطلاب كتابة إحداثيات مناسبة بأنفسهم.

**6.** قد يختار الطلاب الإحداثيات المناسبة من خلال الوصف الذي يُقدّمه السؤال.



الدرس 2-1: الكمّيات المُتّجهة والكمّيات القياسية

ضرب متّجه وقسمته

يمكن إجراء عملية ضرب أو قسمة المتّجهات باستخدام كمّية قياسية. الأمر الذي يؤدي إلى تغيّر في مقدار المتّجه، وقد يعكس الاتّجاه أيضًا.

- حصلنا في الشكل 2-16 b على متّجه جديد مقداره $2\vec{A}$، بعد إجراء عملية ضرب المتّجه $\vec{A}$ في العدد 2.
- أما عملية قسمة المتّجه $\vec{A}$ على 2، أو ضرب المتّجه نفسه في العدد 0.5، تُعطي متّجهًا جديدًا مقداره $0.5\vec{A}$ دون حدوث تغيّر في الاتّجاه الأصلي للمتّجه (الشكل 2-16 c).

$\vec{A} = (3, 2)$m — a
$0.5\vec{A} = (1.5, 1)$m — c
$2\vec{A} = (6, 4)$m — b
$-\vec{A} = (-3, -2)$m — d
مقياس الرسم 1 متر

الشكل 2-16 أمثلة على ضرب متّجه بكمّية قياسيّة.

- تؤدّي عملية ضرب المتّجه في كمّية قياسية سالبة، إلى تغيير اتّجاه المتّجه ليكون مُعاكسًا لاتّجاهه الأصلي. فإذا ضُرب المتّجه $\vec{A}$ في العدد 1–، يكون اتّجاه المتّجه $-\vec{A}$ مُعاكسًا لاتّجاه $\vec{A}$ (الشكل 2-16 d).

مثال 8

يُوجّه أحد الرماة القوس والسهم نحو الشمال الشرقي، ويُطلِق سهمًا يهبط عند إزاحة m (100, 50) بعيدًا عن الرامي.

**a.** ارسم متّجه إزاحة السهم واكتب إحداثياته.

**b.** ارسم متّجه إزاحة السهم واكتب إحداثياته النهائية، إذا أُطلق السهم بضِعف سرعته السابقة وقطع ضِعف المسافة السابقة.

**c.** ارسم متّجه إزاحة السهم واكتب إحداثياته النهائية، إذا غيّرنا اتّجاه السهم °180 وأطلقناه بسرعة مساوية للسرعة التي أطلقناه بها في الفرع (b).

المطلوب: رسم 3 متّجهات إزاحة وكتابة إحداثياتها.

المُعطيات: المتّجه الأول هو m (100, 50). المتّجه الثاني ضِعف المتّجه الأول. المتّجه الثالث هو المتّجه الثاني نفسه مع تدويره بزاوية °180.

الحلّ:

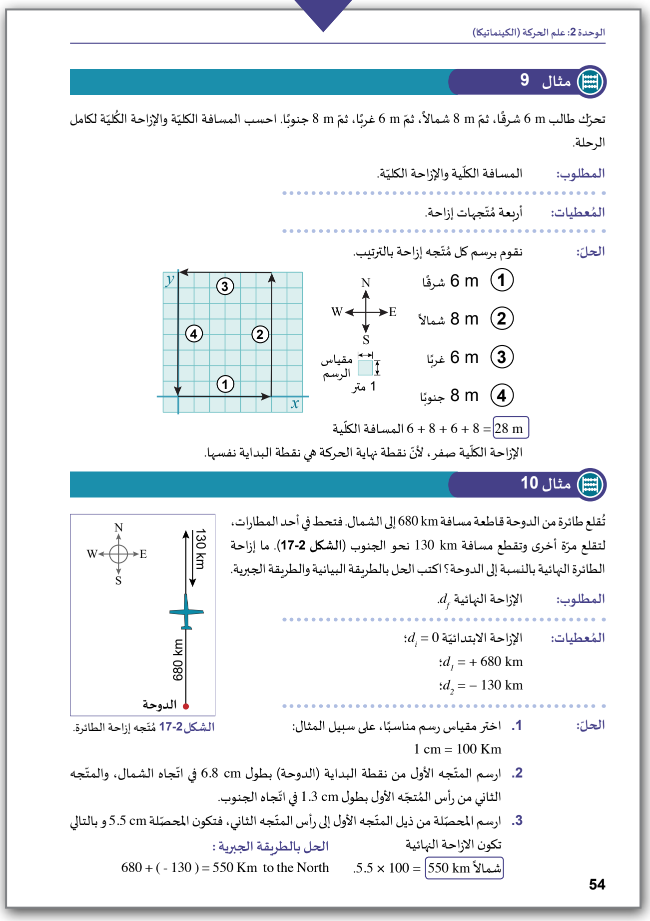
المقياس 20 مترًا

$\vec{d} = (100, 50)$ m — a
$2\vec{d} = (200, 100)$ m — b
$-2\vec{d} = (-200, -100)$ m — c

53

## الأمثلة

1. تُعَدّ الأمثلة المطروحة في كتاب الطالب مُهمّة جدًّا من أجل زيادة فهم الطلاب للمُتّجهات ورسمها.
2. احرص على أن يعتمد الطلاب على أنفسهم عند رسم المُحصّلة قبل اطّلاعهم على شرح الإجابة المرفقة مع المثال.
3. يجب أن تكون أولى الخطوات تحديد مقياس الرسم المُستخدم. اسأل الطلاب في بداية كلّ سؤال عن مقياس الرسم الذي يجب اعتماده.
4. يجب أن تتوفّر كلّ من المسطرة والمنقلة. وسيكون جيّدًا استخدام ورق الرسم البياني عند حلّ المسائل التي تشتمل على المُتّجهات.
5. عند حل المسائل التي تشتمل على ضرب المُتّجهات أو المُتجهات السالبة، اطلب إلى الطلاب رسم المُتّجه الأصلي، ثمّ المُتّجه الناتج عن عمليّة الضرب المطلوبة.
6. يجب أن يُقاس مُتّجه المُحصّلة بالمسطرة، ثمّ يتمّ تحويل الناتج باستخدام مقياس الرسم المُعتمد في بداية الحلّ إلى الوحدات المطلوبة.



الوحدة 2: علم الحركة (الكينماتيكا)

### مثال 9

تحرّك طالب 6 m شرقًا، ثمّ 8 m شمالاً، ثمّ 6 m غربًا، ثمّ 8 m جنوبًا. احسب المسافة الكلّية والإزاحة الكُليّة لكامل الرحلة.

**المطلوب:** المسافة الكلّية والإزاحة الكليّة.

**المُعطيات:** أربعة مُتّجهات إزاحة.

**الحلّ:** نقوم برسم كل مُتّجه إزاحة بالترتيب.

① 6 m شرقًا
② 8 m شمالاً
③ 6 m غربًا
④ 8 m جنوبًا



$6 + 8 + 6 + 8 = \boxed{28\ m}$ المسافة الكلّية

الإزاحة الكلّية صفر، لأنّ نقطة نهاية الحركة هي نقطة البداية نفسها.

### مثال 10

تُقلع طائرة من الدوحة قاطعة مسافة 680 km إلى الشمال. فتحط في أحد المطارات، لتقلع مرّة أخرى وتقطع مسافة 130 km نحو الجنوب (**الشكل 2-17**). ما إزاحة الطائرة النهائية بالنسبة إلى الدوحة؟ اكتب الحل بالطريقة البيانية والطريقة الجبرية.



**الشكل 2-17** مُتّجه إزاحة الطائرة.

**المطلوب:** الإزاحة النهائية $d_f$.

**المُعطيات:** الإزاحة الابتدائيّة $d_i = 0$؛
$d_1 = +680\ km$؛
$d_2 = -130\ km$؛

**الحلّ:**
1. اختر مقياس رسم مناسبًا، على سبيل المثال:
$1\ cm = 100\ Km$
2. ارسم المتّجه الأول من نقطة البداية (الدوحة) بطول 6.8 cm في اتّجاه الشمال، والمتّجه الثاني من رأس المُتّجه الأول بطول 1.3 cm في اتّجاه الجنوب.
3. ارسم المحصّلة من ذيل المتّجه الأول إلى رأس المتّجه الثاني، فتكون المحصّلة 5.5 cm و بالتالي تكون الازاحة النهائية $5.5 \times 100 = \boxed{550\ km}$ شمالاً.

**الحل بالطريقة الجبرية :**
$680 + (-130) = 550$ Km to the North

54

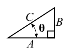
# إيجاد مُحصّلة مُتّجهين مُتعامدَين باستخدام الطريقة الجبريّة

1. نلاحظ الأمر الآتي: عندما نرسم المُتّجهات بطريقة الرأس والذيل، يكون الرسم على شكل مُثلّث قائم الزاوية وتره هو المُحصّلة.
2. يتمّ حساب طول الوتر باستخدام نظرية فيثاغورس.
3. يتمّ توضيح ذلك في المثال 12، وهو المثال نفسه الذي تمّ حلّه باستخدام الطريقة البيانيّة.
4. اطرح السؤال الآتي على الطلاب: ما الطريقة التي وجدتموها أكثر دقة؟

الدرس 2-1: الكمّيات المُتّجهة والكمّيات القياسية

## إيجاد مُحصّلة مُتّجهين مُتعامدَين باستخدام الطريقة الجبريّة

عندما نضيف متّجهين متعامدَين، تكون مُحصّلتهما وتر المثلّث القائم الذي تشكّل. وبالتالي يُمكننا حساب مقدار المُحصّلة بتطبيق نظرية فيثاغورث، التي تنصّ على أنّ مُربّع الوتر يكون مُساويًا لمجموع مُربَّعَي الضلعَين القائمَين في المُثلّث القائم (**المعادلة 2-1**).

| 1-2 | نظرية فيثاغورث | | |
|---|---|---|---|
| $C=\sqrt{A^2+B^2}$   $\theta = \tan^{-1}\frac{B}{A}$ |  | $C$ | طول وتر المُثلّث القائم |
| | | $A$ | طول الضلع المجاور |
| | | $B$ | طول الضلع المقابل |
| | | $\theta$ | الزاوية بين المجاور والوتر (°) |

### مثال 11

متجهان متعامدان، الأول $A=(10,0)\ m$ والثاني $B = (0,5)\ m$ ، أوجد محصلتهما بتطبيق نظرية فيثاغورث.

**المطلوب:** المحصلة B+A.

**المُعطيات:** $A=(10,0)m, B=(0,5)m$

$A^2+B^2=C^2$

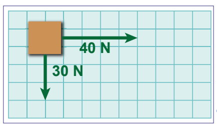
**الحلّ:** $A^2+B^2=C^2 \rightarrow C=\sqrt{A^2+B^2}$

$C=\sqrt{10^2+5^2}=\sqrt{100+25}=11.2\ m$

إيجاد الزاوية θ $\theta = tan^{-1}\left(\frac{B}{A}\right) = tan^{-1}\ 0.5 = 26.6°$

### مثال 12

اكتب مُحصّلة المتّجهين في **الشكل 2-18**، بتطبيق نظرية فيثاغورث. قارن النتيجة التي حصلت عليها مع النتيجة في المثال 5. هل تجد النتيجة دقيقة؟



**الشكل 2-18** حساب المُحصّلة جبريًا.

**المطلوب:** متّجه المُحصّلة $\vec{F}$.

**المُعطيات:** $\vec{F_1}=40\ N$ باتّجاه اليمين.

$\vec{F_2}=30\ N$ باتّجاه الأسفل.

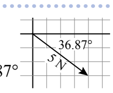
**الحلّ:**

$\vec{F}=\sqrt{\vec{F}_1^2+\vec{F}_2^2}$

$\vec{F}=\sqrt{40^2+30^2}=50\ N$

$\theta = \tan^{-1}\frac{B_2}{B_1}$

$= \tan^{-1}\frac{30}{40} = 36.87°$




حصلنا على الإجابة نفسها باستخدام الطريقتَين البيانية والجبرية.

55

# مُركّبات المُتّجهات

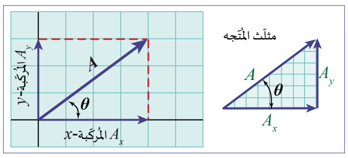
1. قد تبدو عمليّتا جمع المُتّجهات وطرحها أمرًا صعبًا، عندما تكون المُتّجهات باتجاهات مُختلفة.
2. يمكننا أن نجعل الحسابات أسهل، بإيجاد مُركبّات المُتّجه.
3. لذلك سنعتبر أنّ المُتّجه المُعطى هو مُتّجه المُحصّلة. لكن ما هما المُتّجهان اللذان أنتجا هذا المُتّجه؟ سيكون المُتّجه الأول موازيًا للمحور الأفقي $x$، والمُتّجه الثاني موازيًا للمحور العمودي y.
4. يُمكننا استخدام قوانين المُثلثات لإكمال الحلّ.

الوحدة 2: علم الحركة (الكينماتيكا)

## مُركّبات المُتّجهات

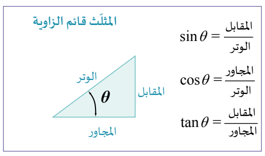
عندما تكون المُتّجهات في المستوى x-y، يمكن استخدام المحورَين x و y لتحليل المُتّجهات إلى مُركّبات **Components**. يُوضّح (**الشكل 2-19**) المُتّجه $\vec{A}$ الذي يصنع زاوية θ مع المحور x.

نحصل على المُركّبة x (المُركّبة الأفقية) لهذا المُتّجه برسم خطّ عمودي من رأس المُتّجه إلى المحور الأفقي. ويمكن الحصول على المُركّبة y (المُركّبة العمودية)، بالمثل، برسم خطّ عمودي من رأس المُتّجه إلى المحور y.



**الشكل 2-19** مُركّبتا المُتّجه.

يمكن تعريف المُركّبتَين x و y للمُتّجه باستخدام حساب المثلّثات. تشكّل مُركّبتا المُتّجه مثلّثًا قائمًا مع المُتّجه نفسه عند ترتيبها بطريقة الرأس والذيل. تعتمد نسب أطوال أضلاع المثلّث القائم فقط على الزاوية θ وتُسمّى «الجيب **sin**» و «جيب التمام **cos**» و «الظل **tan**». لاحظ تعريف هذه الدوّال في (**الشكل 2-20**).




$\sin\theta = \frac{\text{المقابل}}{\text{الوتر}}$

$\cos\theta = \frac{\text{المجاور}}{\text{الوتر}}$

$\tan\theta = \frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}}$

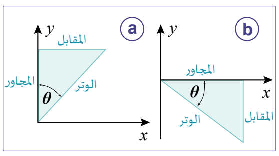
**الشكل 2-20** النسب المثلّثية.

| 2-2 | مُركّبتا المُتّجه | | |
|---|---|---|---|
| $A_x = A\cos\theta$ <br> $A_y = A\sin\theta$ | | $A$ | مقدار المُتّجه |
| | | $A_x$ | المُركّبة الأفقية للمُتّجه |
| | | $A_y$ | المُركّبة العمودية للمُتّجه |
| | | $\theta$ | زاوية المُتّجه (°) |

### اتّجاه الزاوية

يجب الانتباه عند التعامُل مع الزوايا في التي يصنعها المتجه مع محاور الإحداثيات، فقد يكون قياس الزاوية بالنسبة إلى المحور x أو بالنسبة إلى المحور y. فإذا كان قياس الزاوية في المسألة بالنسبة إلى المحور y، يمكنك اتّباع إحدى الطريقتَين الآتيتَين:

1. اطرح الزاوية المُعطاة في المسألة من 90° للحصول على قياس الزاوية بالنسبة إلى المحور x.
2. انتقل إلى مثلث يكون فيه محور y هو المجاور للزاوية كما في( **الشكل2-21a**) أو محور x هو المجاور كما في( **الشكل2-21b**)

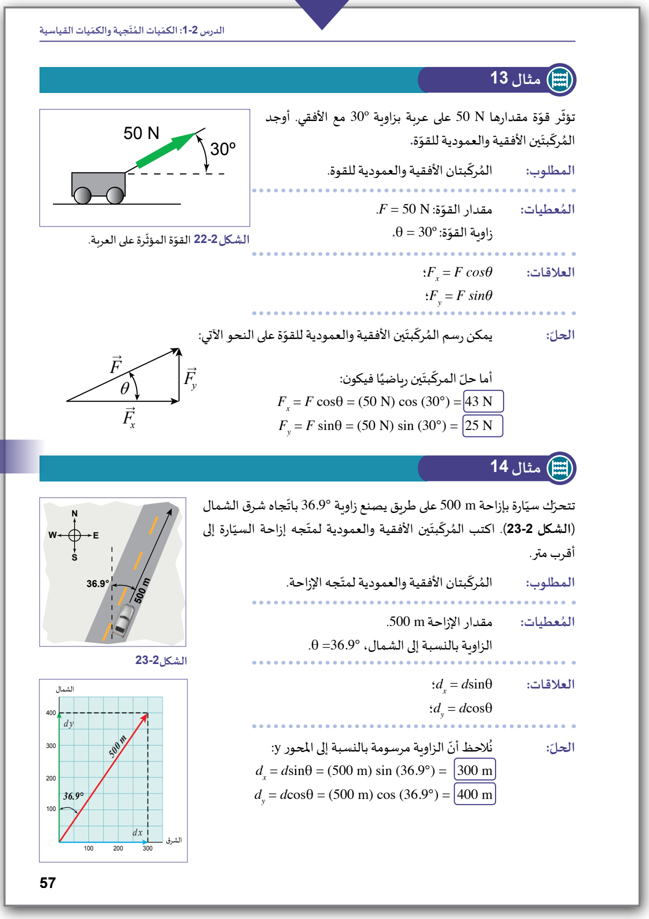


**الشكل 2-21** أمثلة على زوايا باتّجاهات مُختلفة.

56

## تحديد إشارات المركّبات

1. ناقش إشارات مُركّبات المُتّجه من خلال رسم الأرباع الأربعة للرسم البياني على السبّورة.
2. ارسم مُتّجهًا في الربع الأول، ثمّ اطلب إلى الطلاب تحليله إلى مُركّبتين. ستكون كلّ من المُركّبتين الأفقية x و العمودية y موجبة.
3. قم في الخطوة التالية برسم مُتّجه في الربع الثاني. ويرسم الطلاب المُركّبتين. وفي هذه الحالة تكون المُركّبة الأفقية x سالبة والمُركّبة العمودية y موجبة.
4. وبطريقة مُشابهة، عندما يرسم الطلاب مُركّبات المُتّجه الذي يقع في الربع الثالث، يجب أن يكونوا قادرين على تحديد إشارة كلّ مُركّبة، بحيث تكون كلّ من المُركّبتَين الأفقية x و العمودية y سالبة.
5. أخيرًا، سيكون للمُتّجه المرسوم في الربع الرابع المُركّبة الأفقية x موجبة والمُركّبة العمودية y سالبة.
6. عند حلّ المثال 15، اعرض السؤال على السبّورة من دون المُخطّط. اطلب إلى الطلاب رسم اتّجاه المُتّجه باستخدام الوصف المُرفق. يُمكنك التحقّق من صحّة الحل.



الدرس 2-1: الكمّيات المُتّجهة والكمّيات القياسية

مثال 13

تؤثّر قوّة مقدارها 50 N على عربة بزاوية 30° مع الأفقي. أوجد المُركّبتَين الأفقية والعمودية للقوّة.



الشكل 2-22 القوّة المؤثّرة على العربة.

المطلوب: المُركّبتان الأفقية والعمودية للقوة.

المُعطيات: مقدار القوّة: $F = 50\ N$.
زاوية القوّة: $\theta = 30°$.

العلاقات: $F_x = F\cos\theta$؛
$F_y = F\sin\theta$؛

الحلّ: يمكن رسم المُركّبتَين الأفقية والعمودية للقوّة على النحو الآتي:

أما حلّ المركّبتَين رياضيًا فيكون:
$$F_x = F\cos\theta = (50\ N)\cos(30°) = \boxed{43\ N}$$
$$F_y = F\sin\theta = (50\ N)\sin(30°) = \boxed{25\ N}$$

مثال 14

تتحرّك سيّارة بإزاحة 500 m على طريق يصنع زاوية 36.9° باتّجاه شرق الشمال (الشكل 2-23). اكتب المُركّبتَين الأفقية والعمودية لمتّجه إزاحة السيّارة إلى أقرب متر.



الشكل 2-23

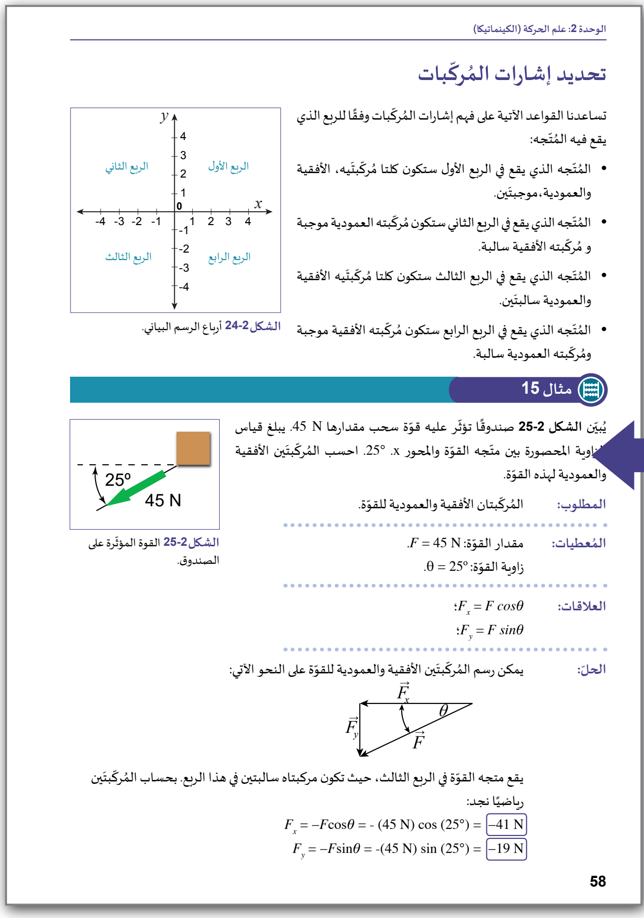
المطلوب: المُركّبتان الأفقية والعمودية لمتّجه الإزاحة.

المُعطيات: مقدار الإزاحة 500 m.
الزاوية بالنسبة إلى الشمال، $\theta = 36.9°$.

العلاقات: $d_x = d\sin\theta$؛
$d_y = d\cos\theta$؛

الحلّ: نُلاحظ أنّ الزاوية مرسومة بالنسبة إلى المحور y:
$$d_x = d\sin\theta = (500\ m)\sin(36.9°) = \boxed{300\ m}$$
$$d_y = d\cos\theta = (500\ m)\cos(36.9°) = \boxed{400\ m}$$

57



الوحدة 2: علم الحركة (الكينماتيكا)

تحديد إشارات المُركّبات

تساعدنا القواعد الآتية على فهم إشارات المُركّبات وفقًا للربع الذي يقع فيه المُتّجه:

- المُتّجه الذي يقع في الربع الأول ستكون كلتا مُركّبتَيه، الأفقية والعمودية، موجبتَين.
- المُتّجه الذي يقع في الربع الثاني ستكون مُركّبته العمودية موجبة و مُركّبته الأفقية سالبة.
- المُتّجه الذي يقع في الربع الثالث ستكون كلتا مُركّبتَيه الأفقية والعمودية سالبتَين.
- المُتّجه الذي يقع في الربع الرابع ستكون مُركّبته الأفقية موجبة ومُركّبته العمودية سالبة.



الشكل 2-24 أرباع الرسم البياني.

مثال 15

يُبيّن الشكل 2-25 صندوقًا تؤثّر عليه قوّة سحب مقدارها 45 N. يبلغ قياس الزاوية المحصورة بين متّجه القوّة والمحور x. 25°. احسب المُركّبتَين الأفقية والعمودية لهذه القوّة.



الشكل 2-25 القوة المؤثّرة على الصندوق.

المطلوب: المُركّبتان الأفقية والعمودية للقوّة.

المُعطيات: مقدار القوّة: $F = 45\ N$.
زاوية القوّة: $\theta = 25°$.

العلاقات: $F_x = F\cos\theta$؛
$F_y = F\sin\theta$؛

الحلّ: يمكن رسم المُركّبتَين الأفقية والعمودية للقوّة على النحو الآتي:

يقع متجه القوّة في الربع الثالث، حيث تكون مركبتاه سالبتين في هذا الربع. بحساب المُركّبتَين رياضيًا نجد:
$$F_x = -F\cos\theta = -(45\ N)\cos(25°) = \boxed{-41\ N}$$
$$F_y = -F\sin\theta = -(45\ N)\sin(25°) = \boxed{-19\ N}$$

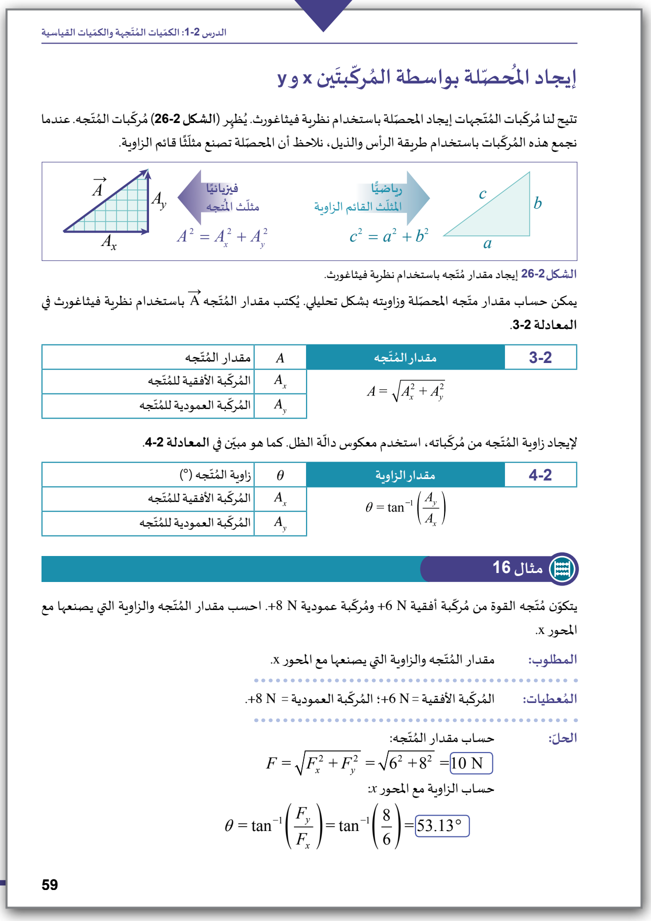
58

## إيجاد المُحصّلة بواسطة المُركّبتين x و y

1. استخدمنا قوانين المُثلثات لإيجاد المُركّبات عندما تكون المُحصّلة معلومة.
2. قد تكون في بعض الحالات المُركّبات معلومة، والمطلوب إيجاد المُحصّلة. إذا رسمنا مُركّبات المُتّجه باستخدام طريقة الرأس والذيل، فسوف نُلاحظ أنّها تُشكّل الضلعَين القائمين لمُثلث قائم وتكون المُحصّلة هي طول وتر المُثلّث القائم.
3. إذا كان مقدار كلّ من الضلعَين القائمَين معلومًا، فكيف نحسب طول الوتر؟
   **نحسبه باستخدام الطريقة الجبريّة.**
4. كيف نحسب زاوية مُتّجه؟
   **نستخدم قوانين دوال النسب المثلثية.**
5. يحتاج الطلّاب في هذه المرحلة إلى تذكيرهم دائمًا بقوانين النسب المثلثية.

### مُلاحظة تعليميّة:

يمكنك بالاعتماد على الخلفيّة المعرفيّة للطلاب، إعطاء تعريف كل دالة مُثلثيّة على السبّورة أو كتابتها جانبًا لتكون واضحة أمامهم إلى حين الانتهاء من الوحدة.



## جمع المُتّجهات باستخدام المُركّبات

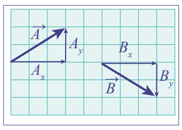
1. درّب الطلاب على استخدام قوانين الدوال المثلثية عند التعامل مع المتجهات.
2. اشرحِ لماذا نستخدم المُركّبات عند جمع المُتّجهات. يستند رسم المُتّجهات لإيجاد المُحصّلة إلى المقدرة على إنشائها بالشكل الصحيح. ومن المعلوم أنّ القياسات تتعرّض لهامش الخطأ، وأخطاء مُرتبطة بها. لكن يُمكن أن يكون حساب المُحصّلة أكثر دقّة إذا كانت المعادلات الصحيحة معلومة.
3. عند جمع المُتّجهات باستخدام المُركّبات، نقوم بجمع المركّبات الأفقية x معًا، والمُركّبات العمودية y معًا. ويكون ناتج هذا الجمع المُركّبة x للمُحصّلة والمُركّبة y للمُحصّلة.
4. يتمّ استخدام المُركّبتَين الناتجتَين في حساب مقدار المُحصّلة بواسطة نظرية فيثاغورس.
5. وبطريقة مُشابهة، يتمّ حساب زاوية مُتّجه المُحصّلة باستخدام قوانين الدوال المثلثيّة.

الوحدة 2: علم الحركة (الكينماتيكا)

### جمع المُتّجهات باستخدام المُركّبات

يمكن استخدام مُركّبات المُتّجهات عند جمع مُتّجهَين وطرح أحدهما من الآخر بدلًا من رسمهما بيانيًّا لقياس المحصّلة.

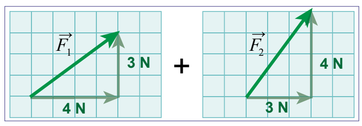
1. لحساب المحصّلة، عند جمع المُتّجهين $\vec{A}$ و $\vec{B}$ كما هو مبيّن، سنحسب أولًا المُركّبة الأفقية والمُركّبة العمودية لكل من المُتّجهين.
2. ستكون المُركّبة الأفقية للمحصّلة مساويةً لـ: $R_x = A_x + B_x$.
3. ستكون المُركّبة العمودية للمحصّلة مساويةً لـ: $R_y = A_y + B_y$.
4. يمكن حساب مقدار R باستخدام: $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$
5. زاوية المُتّجه R تساوي: $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{F_y}{F_x}\right)$



الشكل 2-27 جمع المتّجهين A و B.

#### مثال 17

أوجد مجموع (محصلة) متجهي القوتين 1F و 2F واحسب قياس زاوية القوة المحصلة. مستعينًا **بالشكل 2-28**



الشكل 2-28 إيجاد مُتّجه المحصّلة.

**المطلوب:** مقدار المحصّلة وزاويتها؛ $F = \vec{F_1} + \vec{F_2}$.

**المُعطيات:** $F_{1x} = 4\ N;\ F_{1y} = 3\ N;\ F_{2x} = 3\ N;\ F_{2y} = 4\ N$

**العلاقات:** $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$ ؛ $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{F_y}{F_x}\right)$

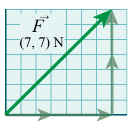
**الحلّ:**

$R_x = F_{1x} + F_{2x} = 4 + 3 = 7\ N$

$R_y = F_{1y} + F_{2y} = 3 + 4 = 7\ N$

$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{7^2 + 7^2} = \boxed{9.9\ N}$

$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{F_y}{F_x}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{7}{7}\right) = \boxed{45°}$

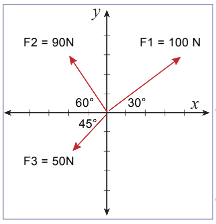



60

الدرس 2-1: الكمّيات المُتّجهة والكمّيات القياسية

#### مثال 18

يتضمّن **الشكل 2-29** ثلاث قوى. استخدم المركّبتَين الأفقية والعمودية لكل قوة من أجل حساب المقدار والزاوية لمجموع المتّجهات الثلاثة.



الشكل 2-29 جمع ثلاثة متّجهات.

**المطلوب:** مقدار المُحصّلة وزاويتها $\vec{F} = \vec{F_1} + \vec{F_2} + \vec{F_3}$.

**المُعطيات:** $F_1 = 100\ N$؛ $F_2 = 90\ N$؛ $F_3 = 50\ N$؛

**العلاقات:** $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$ ؛ $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{F_y}{F_x}\right)$ ؛ $F_x = F\cos\theta$؛ $F_y = F\sin\theta$؛

**الحلّ:**

$F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x}$

$= (100\cos30°) + (-90\cos60°) + (-50\cos45°) = 6.25\ N$

$F_y = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y}$

$= (100\sin30°) + (90\sin60°) + (-50\sin45°) = 92.59\ N$

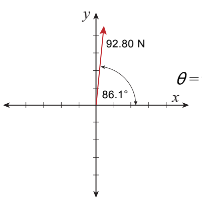
لإيجاد مقدار المحصلة:

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{(6.25)^2 + (92.59)^2}$$

$$= 92.80\ m$$

لحساب زاوية المحصلة:

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{F_y}{F_x}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{92.59}{6.25}\right) = 86.1°$$




61

## نشاط 2-1 القوة المؤثرة على باب

**الإجابات/ عيّنة بيانات**

**المواد المطلوبة:** خيط، مقياس القوة (ميزان نابض)، باب، آلة حاسبة.

يتيح هذا النشاط للطلاب قياس المُتّجهات في تطبيقات الحياة اليوميّة وحساب المُركّبتين x و y.

### جدول البيانات

| المُركّبة العمودية (N) | المُركّبة الأفقيّة (N) | مقدار القوة (N) | الزاوية θ |
|---|---|---|---|
| 50 | 86.6 | 100 | 30° |
| 177 | 177 | 250 | 45° |
| 346 | 200 | 400 | 60° |
| 676 | 181 | 500 | 75° |
| 700 | 0 | 700 | 90° |

### الأسئلة

**a.** ما الزاوية التي يصعب فتح الباب بها؟

**90°**

**b.** ما الزاوية التي يسهل فتح الباب بها؟

**30°**

**c.** هل تمّ تمثيل صعوبة فتح الباب أو سهولته في نتائجك؟

**نعم.**

**d.** كرّر الاستقصاء بزوايا أكبر من 90°، هل يكون الأمر أسهل من المحاولات السابقة أم أصعب؟

**سيكون الأمر أصعب.**




نشاط 2-1 القوة المؤثّرة على باب

| | |
|---|---|
| سؤال الاستقصاء | ما مُركّبَتِي القوة التي يتم التأثير بها لفتح باب؟ |
| الموادّ المطلوبة | خيط، مقياس القوة (ميزان نابض)، باب، آلة حاسبة |

الخطوات

1. اربط خيطًا بمقبض باب أو مقبض نافذة (يجب أن يكون الباب أو النافذة مفتوحَين قليلًا.
2. اصنع حلقة على الطرف الحرّ للباب أو النافذة وعلق بها الميزان نابضي.
3. شدّ مقياس القوة نحوك إلى أن يصبح الخيط مشدودًا ويصنع زاوية 30° مع الباب المُستخدم.
4. شدّ الباب لإغلاقه باستخدام الميزان النابض، ولاحظ أن القوة تزداد.
5. لاحظ القوة المؤثّرة.
6. حلّل هذه القوة إلى مُركّبتَيها الأفقية والعمودية.
7. كرّر الخطوات من 3 إلى 5 باستخدام الزوايا 45° و 60° و 75° و 90°.

الشكل 2-30 مقياس القوة لفتح الباب.

الأسئلة

a. ما الزاويةالتي يصعب فتح الباب بها؟
b. ما الزاوية التي يسهل فتح الباب بها؟
c. هل تمّ تمثيل صعوبة فتح الباب أو سهولته في نتائجك؟
d. كرّر الاستقصاء بزوايا أكبر من 90°. هل يكون الأمر أسهل من المحاولات السابقة أم أصعب؟
e. أيّة زاوية لها أصغر مُركّبة أفقية؟
f. أيّة زاوية لها أكبر مُركّبة أفقية؟
g. أيّة زاوية لها أصغر مُركّبة عمودية؟
h. أيّة زاوية لها أكبر مُركّبة عمودية ؟

## نشاط 2-1 القوة المؤثرة على باب - تابع

الإجابات/ عيّنة بيانات

### الأسئلة-تابع

e. أيّة زاوية لها أصغر مُركّبة أفقيّة؟

**90°**

f. أيّة زاوية لها أكبر مُركّبة أفقيّة؟

**30°**

g. أيّة زاوية لها أصغر مُركّبة عموديّة؟

**30°**

h. أيّة زاوية لها أكبر مُركّبة عموديّة؟

**90°**

## تقويم الدّرس 2-1 | الإجابات

1. صنّف الكميات في العبارات الآتية إلى مسافة أو إزاحة:

a. جلس أحمد على بعد 20 m من طاولة المعلّم.

**مسافة: لم يتمّ ذكر الاتّجاه.**

b. قاد سائق سيارته 5 km شمال محطّة القطار.

**إزاحة: تمّ تحديد الاتّجاه إلى "الشمال"**

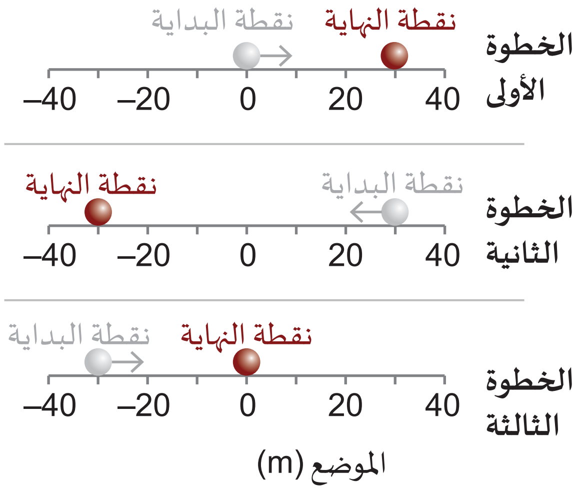
c. دار رجل 6 km حول حديقة الوكرة العامة في مدينة الدوحة.

**مسافة: لم يتمّ ذكر الاتّجاه.**

d. ركل لاعب الكرة إلى بُعد 40 m.

**مسافة: لم يتمّ ذكر الاتّجاه.**

2. من خلال الأشكال المجاورة وضّح ما يأتي:




a. اكتب متّجه إزاحة الكرة في كلّ من خطوات الحركة الثلاث والموضّحة في الشكل المجاور.

**(i) الإزاحة = +30 m**

**(ii) الإزاحة = -60 m**

**(ii) الإزاحة = +30 m**

b. ما الإزاحة الكليّة للإزاحات الثلاث؟

**مُحصّلة الإزاحات هو صفر لأنّ: (+30 m) + (-60 m) + (+30 m) = 0 m.**

c. ما الإزاحة الحقيقية لحركة تبدأ ثمّ تنتهي عند الموضع نفسه؟

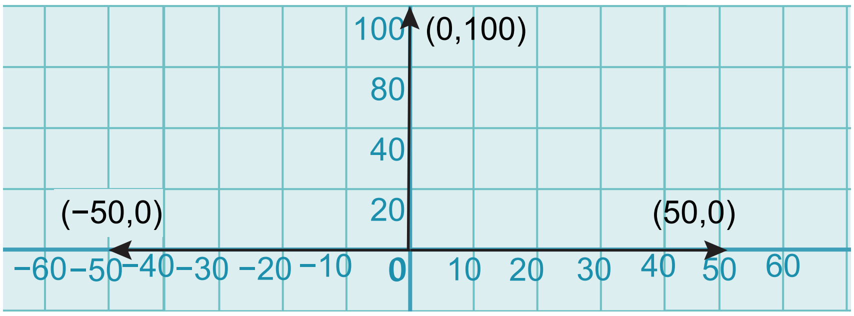
**الإزاحة الكُليّة صفر لأيّ حركة تبدأ ثمّ تنتهي عند الموضع نفسه، لأنّ الإحداثيات البدائية والنهائيّة مُتطابقة.**

## تقويم الدّرس 1-2 الإجابات

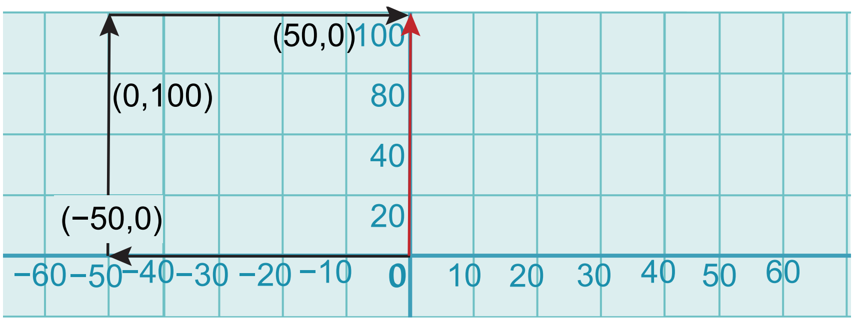
**3.** أوجد متّجه المُحصّلة الناتج عن جمع متّجهات الإزاحة الثلاثة الآتية، وذلك بالطريقتَين البيانية والجبرية.

$d_1 = 50$ m شرقًا، $d_2 = 100$ m شمالاً، $d_3 = 50$ m غربًا.

**الطريقة البيانية، نقوم أولاً برسم المُتّجهات:**




**ثمّ نقوم بالحلّ باستخدام المُتّجهات:**




**جبريًّا:**

$$\begin{array}{r} (-50\ ,\ 0\ \ ) \\ (\ \ 50,\ \ 0\ \ ) \\ +(\ \ 0\ ,100\ ) \\ \hline (\ \ 0\ ,100\ ) \end{array}$$

**4.** احسب كلًّا من المقدار والزاوية (بالنسبة إلى المحور x)، والمُركّبتَين الأفقية والعمودية للمتّجه $d = (-20,20)$ m.

**مقدار كلّ من المُتّجهين الأفقي x و العمودي y هو 20 m، بحسب الإحداثيات المُعطاة.**

**يُمكن حساب المقدار باستخدام:**

$$R = \sqrt{20^2 + 20^2} = 28.28\ m$$

**وتُحسب الزاوية باستخدام:**

$$\theta = tan^{-1}\left(\frac{20}{20}\right) = 45°$$

## تقويم الدّرس 2-1 | الإجابات

**.5** ما المُركّبتان الأفقية والعمودية لمتّجه إزاحة يصنع زاوية 30° مع المحور x، ومقداره 50 m؟

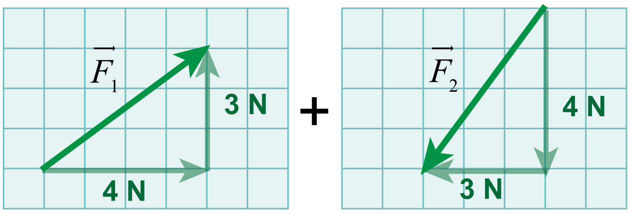
**المُركّبة الأفقيّة:**

$$A_x = A\cos\theta = 50\cos(30) = 43.3\ m$$

**المُركّبة العموديّة:**

$$A_y = A\sin\theta = 50\sin(30) = 25\ m$$

**.6** **.a** استخدم كلًّا من مُركّبَتَيْ مُتّجه القوة الأفقية والعمودية، لتحسب مجموع $\vec{F}_1 + \vec{F}_2$ المُبيّنتَين في الشكل المجاور. استخدم حساب المُركّبات وطريقة الرأس والذيل. عبّر عن ذلك بيانيًّا وبالأرقام.




**حساب المُركّبات:**

**حساب المُركّبة الأفقيّة:**

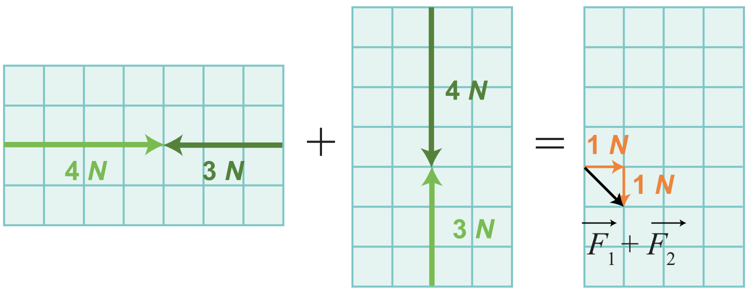
$$4\ N - 3\ N = 1\ N$$

**حساب المُركّبة العموديّة:**

$$3\ N - 4\ N = -1\ N$$

وبالتالي، تكون مُركّبتا مُتّجه المجموع هو: $(1\ N, -1\ N)$

**باستخدام طريقة الرأس والذيل:**



## تقويم الدّرس 2-1 — الإجابات

**b.** احسب مقدار المُتّجه $\vec{F}_1 + \vec{F}_2$.

$$F_{1+2} = \sqrt{1^2 + 1^2} = 1.41\ N$$

**c.** احسب زاوية المُتّجه $\vec{F}_1 + \vec{F}_2$.

$$\theta = tan^{-1}\left(\frac{1}{1}\right) = 45°$$

**7.** هل يمكن أن يكون لقوة واحدة مقدارها 100 N تأثير صفري في الاتّجاه الأفقي؟ إذا كان الأمر كذلك، فاشرح كيف يكون هذا ممكنًا.

**نعم من المُمكن ذلك. فإذا أثرّت القوة بالاتّجاه العمودي فقط، فسوف تصنع زاوية °90 أو °270 مع المحور الأفقي.**

## إعادة تدريس

1. اطرح على الطلاب الأسئلة الآتية: في أيّ رُبع سيقع المُتّجه إذا كانت مُركّبته الأفقية موجبة ومُركّبته العموديّة سالبة؟
2. في أيّ رُبع سيقع المُتّجه إذا كانت مُركّبته الأفقية سالبة ومُركّبته العموديّة موجبة؟
3. في أيّ رُبع سيقع المُتّجه إذا كانت مُركّبته الأفقية سالبة ومُركّبته العموديّة سالبة؟
4. في أيّ رُبع سيقع المُتّجه إذا كانت مُركّبته الأفقية موجبة ومُركّبته العموديّة موجبة؟
5. يتم طرح أسئلة مُشابهة على الطلاب عن طريق إعطائهم مُتّجهًا والطلب إليهم تحديد إشارة إحداثياته.

## إثراء

1. يُمكن أن يصنع الطلاب مشروعًا مُصغرًا للتدرّب على ما تعلّموه.
2. اطلب إليهم استخدام خرائط جوجل وإيجاد الاتّجاهات من منزلهم إلى المدرسة.
3. قد يرسم الطلاب مُتّجه الإزاحة الناتج.
4. باستخدام هذه المُتّجهات، يُمكن للطلاب تحليلها إلى مُركّبات.
5. ما المسافة الكليّة المقطوعة؟
6. ما الإزاحة الكُليّة؟
7. هل يُمكن للطلاب جمع المُركّبة الأفقيّة والمُركّبة العموديّة والحصول على الإجابة نفسها؟

# الدرس 2-2
# السرعة والسرعة المُتّجهة والتسارُع

## مصادر تعلّم الدرس

| الموضوع / الوقت | المحتوى | موارد كتاب الطالب | موارد دليل المعلم |
|---|---|---|---|
| مقدّمة الدرس<br>$\frac{1}{2}$ حصّة | مناقشة، عرض | الصفحة 65 | الصفحة 71 |
| السرعة والسرعة المُتّجهة<br>2 حصّة | معادلة، شرح | الصفحتان<br>66، 67 | الصفحة 72 |
| هل السرعة المُتّجهة موجبة أم سالبة؟<br>1 حصّة | شرح، مثال | الصفحتان<br>67، 68 | الصفحة 73 |
| مُنحنى (الموقع – الزمن)<br>1 حصّة | شرح، مثال | الصفحتان<br>70، 71 | الصفحة 74 |
| مُنحنى (السرعة المُتجهة – الزمن)<br>1 حصّة | شرح، مثال | الصفحتان<br>72، 73 | الصفحتان<br>75، 76 |
| السرعة المُتّجهة المتوسطة والسرعة المُتّجهة اللحظيّة<br>$\frac{1}{2}$ حصّة | شرح، مثال | الصفحة 76 | الصفحة 77 |
| الحركة بسرعة مُتّجهة ثابتة<br>$\frac{1}{2}$ حصّة | معادلة، شرح، مثال | الصفحة 77 | الصفحة 78 |
| التسارُع<br>1 حصّة | معادلة، شرح، مثال | الصفحتان<br>78، 79 | الصفحتان<br>78، 79 |

| الموضوع / الوقت | المحتوى | موارد كتاب الطالب | موارد دليل المعلم |
|---|---|---|---|
| التسارع في الرسوم البيانية للحركة<br>$\frac{1}{2}$ حصّة | شرح، مثال | الصفحة 80 | الصفحة 52 |
| التسارع الثابت مقابل السرعة المتجهة الثابتة<br>$\frac{1}{2}$ حصّة | شرح | الصفحتان<br>81، 82 | الصفحة 53 |
| الحركة المتسارعة المنتظمة<br>حساب المسافة في الحركة المتسارعة<br>2 حصّة | معادلة، شرح، مثال | الصفحات<br>84-86 | الصفحة 54 |
| حساب الموقع في الحركة المتسارعة<br>$\frac{1}{2}$ حصّة | معادلة، شرح، مثال | الصفحة 87 | الصفحة 55 |
| حساب السرعة المتّجهة النهائية في الحركة المتسارعة<br>1 حصّة | معادلة، شرح، مثال | الصفحتان<br>88، 89 | الصفحة 56 |
| تحليل الرسوم البيانيّة للحركة<br>1 حصّة | نشاط الطالب | الصفحة 90 | الصفحات<br>57-59<br>ورقة عمل 2-2 |

## مخرجات التعلّم

**P1003.2** يصف المقصود بالمفاهيم: المسافة، والإزاحة، والسرعة، والسرعة المُتّجهة، والتسارُع.

**P1003.3** يمثّل كُلاًّ من المسافة، والإزاحة، والسرعة، والسرعة المُتّجهة بيانيًّا، ويُفسّر الرسوم البيانيّة التي تُمثّل هذه المفاهيم، بما في ذلك إيجاد الإزاحة كمساحة تحت مُنحنى السرعة - الزمن في الرسم البياني.

**P1004.1** يشتقّ رياضيًّا وبيانيًّا، استنادًا إلى تعريفات السرعة المُتّجهة والتسارُع، معادلات الحركة التي تُمثّل حركة جسم تسارُعه مُنتظم (ثابت) على خطّ مستقيم، ويستخدم هذه المعادلات في حلّ مسائل متعلقة بحركة الأجسام بتسارُع ثابت.

## المعرفة السابقة

يجب أن يكون الطلاب على معرفة بميل المُنحنى وكيفية حسابه.

## المفردات

| | |
|---|---|
| السرعة | Speed |
| السرعة المتّجهة | Velocity |
| السرعة المتّجهة المتوسّطة | Average velocity |
| السرعة المتّجهة اللحظية | Instantaneous velocity |
| التسارُع | Acceleration |

| الأنشطة | مواد من أجل النشاط |
|---|---|
| 2-2 تحليل الرسوم البيانيّة للحركة | كاشف حركة، برمجيات، عصا متريّة، أوراق رسم بياني، حاسوب. |

### الزمن المقترح للدرس

يحتاج هذا الدرس الى 13.5 حصّة صفّيّة تتضمّن نشاطًا عمليًّا (2.2)، وعروضًا توضيحيّة صغيرة، ومناقشات مع الطلاب.

## افتتاحية الدرس

1. يهدف نشاط الدمج إلى جذب اهتمام الطلاب، ومُلاحظة تغيّر السرعة باستخدام الشريط الدقّاق.
2. اعرض الشريط الدقّاق على الطلاب واطرح السؤال الآتي: ما مجموعة النقاط التي تُحدّد سرعة ثابتة؟ وتسارع؟ وتباطؤ؟
3. استكشاف: ابحث عن الاستخدام الأصلي للشريط الدقّاق.
   **إرسال أسعار الأسهم عبر خطوط التيليجراف.**
4. كيف سيبدو باعتقادك شريط الدقّاق لجسم تحرّك لمُدّة 10 ثوانٍ، لكنّه توقف عن الحركة لمُدّة 5 ثوانٍ، ثمّ تابع حركته وحافظ على زيادة سرعته لمُدّة 15 ثانية؟
   **ستظهر نقاط لأوّل 10 ثوانٍ، ولن يتحرّك الشريط الدقّاق في الـ 5 ثوانٍ التالية، ثمّ تُصبح النقاط متباعدة في الـ 15 ثانية اللاحقة.**
5. توقّع نتائج الشريط الدقّاق وارسمها. تحقّق من نتائجك باستخدام مؤقّت شريط دقّاق حقيقي.
   **يجب أن تُوضّح رسوم الطلاب التوصيف المذكور السابق.**

# الدرس 2-2

## السرعة والسرعة المُتّجهة والتسارُع
## Speed, Velocity, and Acceleration

يتنافس صانعو السيارات في تصنيع محرّكات تُكسب السيّارات أعلى تسارُع يمكن بلوغه، بدءًا من 0 إلى 100 km/h. غيّر اختراع السيارات الكهربائية والهجينة الطريقة التي يتحقّق بها التسارُع العالي، الذي يحتاج إلى قوّة كبيرة. تُنتج المحرّكات الكهربائية عزم دوران عالي بمجرّد بدء التشغيل، بينما تُنتج محرّكات البنزين عزم دوران كبيرًا عند الوصول إلى السرعة العالية فقط.

**المفردات**

| | |
|---|---|
| السرعة | Speed |
| السرعة المتّجهة | Velocity |
| السرعة المتجهة المتوسطة | Average velocity |
| السرعة المتّجهة اللحظية | Instantaneous velocity |
| التسارُع | Acceleration |



الشكل 2-31 يحدث التسارُع عندما تتغيّر السرعة بالنسبة إلى الزمن.

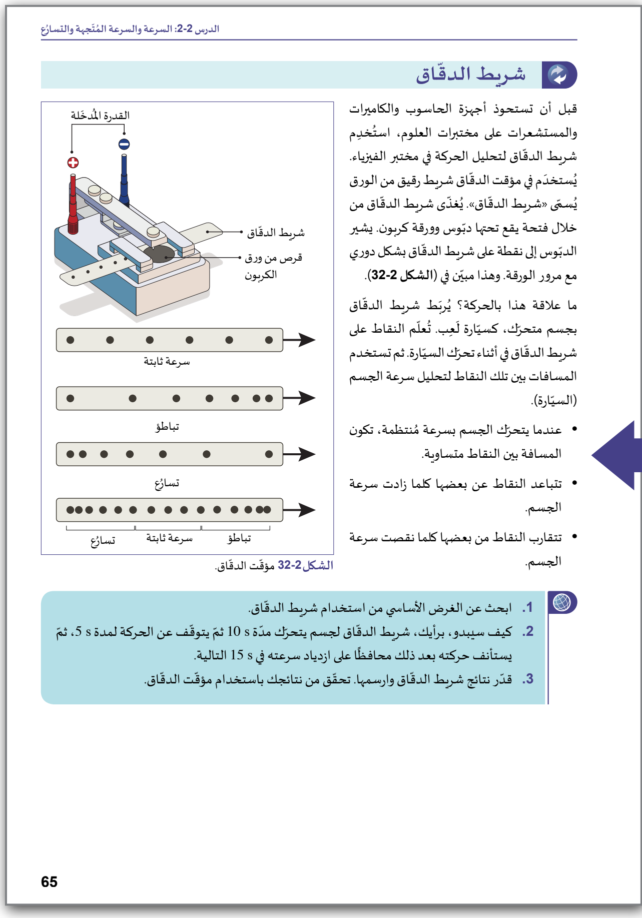
**مخرجات التّعلُّم**

**P1003.2** يصف المقصود بالمفاهيم: المسافة، والإزاحة، والسرعة، والسرعة المتّجهة، والتسارُع.

**P1003.3** يمثل كلًّا من المسافة، والإزاحة، والسرعة، والسرعة المتّجهة بيانيًا، ويفسر الرسوم البيانية التي تمثل هذه المفاهيم، بما في ذلك إيجاد الإزاحة كمساحة تحت مُنحنى السرعة - الزمن في الرسم البياني.

**P1004.1** يشتق رياضيًا وبيانيًا، استنادًا إلى تعريفات السرعة المتّجهة والتسارُع، معادلات الحركة التي تمثل حركة جسم تسارُعه منتظم (ثابت) على خط مستقيم، ويستخدم هذه المعادلات في حل مسائل متعلقة بحركة الأجسام بتسارُع ثابت.

64



الدرس 2-2: السرعة والسرعة المُتّجهة والتسارُع

## شريط الدقّاق

قبل أن تستحوذ أجهزة الحاسوب والكاميرات والمستشعرات على مختبرات العلوم، استُخدِم شريط الدقّاق لتحليل الحركة في مختبر الفيزياء. يُستخدَم في مؤقت الدقّاق شريط رقيق من الورق يُسمّى «شريط الدقّاق». يُغذّى شريط الدقّاق من خلال فتحة يقع تحتها دبّوس وورقة كربون. يشير الدبّوس إلى نقطة على شريط الدقّاق بشكل دوري مع مرور الورقة. وهذا مبيّن في (**الشكل 2-32**).

ما علاقة هذا بالحركة؟ يُربَط شريط الدقّاق بجسم متحرّك، كسيّارة لَعِب. تُعلّم النقاط على شريط الدقّاق في أثناء تحرّك السيّارة. ثم تستخدم المسافات بين تلك النقاط لتحليل سرعة الجسم (السيّارة).

- عندما يتحرّك الجسم بسرعة مُنتظمة، تكون المسافة بين النقاط متساوية.
- تتباعد النقاط عن بعضها كلما زادت سرعة الجسم.
- تتقارب النقاط من بعضها كلما نقصت سرعة الجسم.



الشكل 2-32 مؤقّت الدقّاق.

1. ابحث عن الغرض الأساسي من استخدام شريط الدقّاق.
2. كيف سيبدو، برأيك، شريط الدقّاق لجسم يتحرّك مدّة 10 s ثمّ يتوقّف عن الحركة لمدة 5 s، ثمّ يستأنف حركته بعد ذلك محافظًا على ازدياد سرعته في 15 s التالية.
3. قدّر نتائج شريط الدقّاق وارسمها. تحقّق من نتائجك باستخدام مؤقّت الدقّاق.

65

## السرعة والسرعة المُتّجهة

**1.** يُعدّ توضيح الاختلاف بين السرعة والسرعة المُتّجهة أمرًا بالغ الأهمّية لفهم الطلاب؛ ذلك أنّهم سيُلاحظون كيف يُستخدم هذَان المُصطلحان بطريقة مُتبادلة في الفيزياء وفي تطبيقات الحياة اليوميّة.

**2.** قد يكون ذلك مُشتِّتًا للطُلاب لأنّ كلتا الكمّيتَين لهما وحدة القياس نفسها، ولأنّ معادلاتهما مُتشابهة جدًّا.

**3.** **الشرح:** اشرح الاختلاف بين السرعة والسُرعة المُتّجهة.

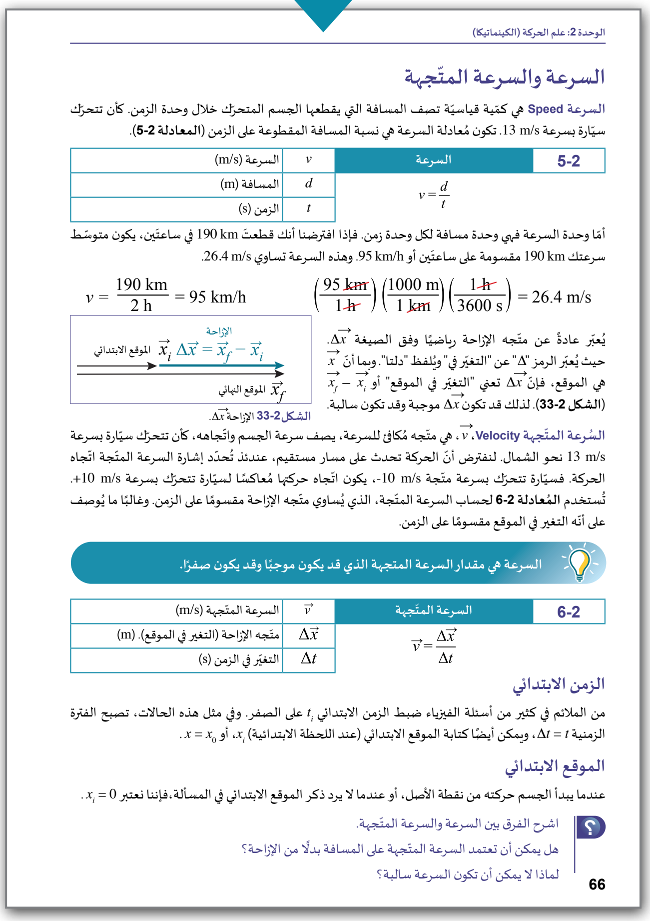
**السرعة كمّية قياسيّة، والسُرعة المُتّجهة كميّة مُتّجهة.**

**4.** هل تعتمد السرعة المُتّجهة على المسافة بدلاً من الإزاحة؟

**يمكن أن نعتمد المسافة في حساب السرعة المتّجهة في حال الحركة في خطّ مستقيم.**

**5.** لماذا لا يمكن أن تكون للسرعة إشارة سالبة؟

**تصِف الإشارة السالبة الاتّجاه؛ وبما أنّ السرعة لا تعتمد على الاتّجاه، فلا يُمكن أن تكون إشارتها سالبة.**



الوحدة 2: علم الحركة (الكينماتيكا)

السرعة والسرعة المتّجهة

السرعة Speed هي كمّية قياسيّة تصف المسافة التي يقطعها الجسم المتحرّك خلال وحدة الزمن. كأن تتحرّك سيّارة بسرعة 13 m/s. تكون مُعادلة السرعة هي نسبة المسافة المقطوعة على الزمن (المعادلة 5-2).

| 5-2 | السرعة | | |
|---|---|---|---|
| | $v = \frac{d}{t}$ | $v$ | السرعة (m/s) |
| | | $d$ | المسافة (m) |
| | | $t$ | الزمن (s) |

أمّا وحدة السرعة فهي وحدة مسافة لكل وحدة زمن. فإذا افترضنا أنك قطعتَ 190 km في ساعتَين، يكون متوسّط سرعتك 190 km مقسومة على ساعتَين أو 95 km/h. وهذه السرعة تساوي 26.4 m/s.

$$v = \frac{190\ \text{km}}{2\ \text{h}} = 95\ \text{km/h} \qquad \left(\frac{95\ \cancel{\text{km}}}{1\ \cancel{\text{h}}}\right)\left(\frac{1000\ \text{m}}{1\ \cancel{\text{km}}}\right)\left(\frac{1\ \cancel{\text{h}}}{3600\ \text{s}}\right) = 26.4\ \text{m/s}$$

يُعبّر عادةً عن متّجه الإزاحة رياضيًا وفق الصيغة $\Delta\vec{x}$. حيث يُعبّر الرمز "Δ" عن "التغيّر في" ويُلفظ "دلتا". وبما أنّ $\vec{x}$ هي الموقع، فإنّ $\Delta\vec{x}$ تعني "التغيّر في الموقع" أو $\vec{x}_f - \vec{x}_i$ (الشكل 2-33). لذلك قد تكون $\Delta\vec{x}$ موجبة وقد تكون سالبة.



الشكل 2-33 الإزاحة $\Delta\vec{x}$.

السُرعة المتّجهة Velocity، $\vec{v}$، هي متّجه مُكافئ للسرعة، يصف سرعة الجسم واتّجاهه، كأن تتحرّك سيّارة بسرعة 13 m/s نحو الشمال. لنفترض أنّ الحركة تحدث على مسار مستقيم، عندئذ تُحدّد إشارة السرعة المتّجة اتّجاه الحركة. فسيّارة تتحرّك بسرعة متّجة 10 m/s-، يكون اتّجاه حركتها مُعاكسًا لسيّارة تتحرّك بسرعة 10 m/s+.
تُستخدم المُعادلة 6-2 لحساب السرعة المتّجة، الذي يُساوي متّجه الإزاحة مقسومًا على الزمن. وغالبًا ما يُوصف على أنّه التغير في الموقع مقسومًا على الزمن.

السرعة هي مقدار السرعة المتجهة الذي قد يكون موجبًا وقد يكون صفرًا.

| 6-2 | السرعة المتّجهة | | |
|---|---|---|---|
| | $\vec{v} = \frac{\Delta\vec{x}}{\Delta t}$ | $\vec{v}$ | السرعة المتّجهة (m/s) |
| | | $\Delta\vec{x}$ | متّجه الإزاحة (التغير في الموقع). (m) |
| | | $\Delta t$ | التغيّر في الزمن (s) |

الزمن الابتدائي

من الملائم في كثير من أسئلة الفيزياء ضبط الزمن الابتدائي $t_i$ على الصفر. وفي مثل هذه الحالات، تصبح الفترة الزمنية $\Delta t = t$، ويمكن أيضًا كتابة الموقع الابتدائي (عند اللحظة الابتدائية) $x_i$، أو $x = x_0$.

الموقع الابتدائي

عندما يبدأ الجسم حركته من نقطة الأصل، أو عندما لا يرد ذكر الموقع الابتدائي في المسألة،فإننا نعتبر $x_i = 0$.

اشرح الفرق بين السرعة والسرعة المتّجهة.
هل يمكن أن تعتمد السرعة المتّجهة على المسافة بدلًا من الإزاحة؟
لماذا لا يمكن أن تكون السرعة سالبة؟

66

## هل السرعة المُتّجهة موجبة أم سالبة؟

**1.** عند التعامُل مع السرعة المُتّجهة أو أيّ كمّيات مُتّجهة أخرى، تصف الإشارة السالبة اتّجاهًا مُعاكسًا للاتّجاه المُوجب المُختار.

**2.** فإذا تحرّكت سيّارة بسرعة مُتّجهة 2 m/s إلى اليمين، فإنّها في حركتها إلى اليسار ستكون سرعتها المُتّجهة سالبة.

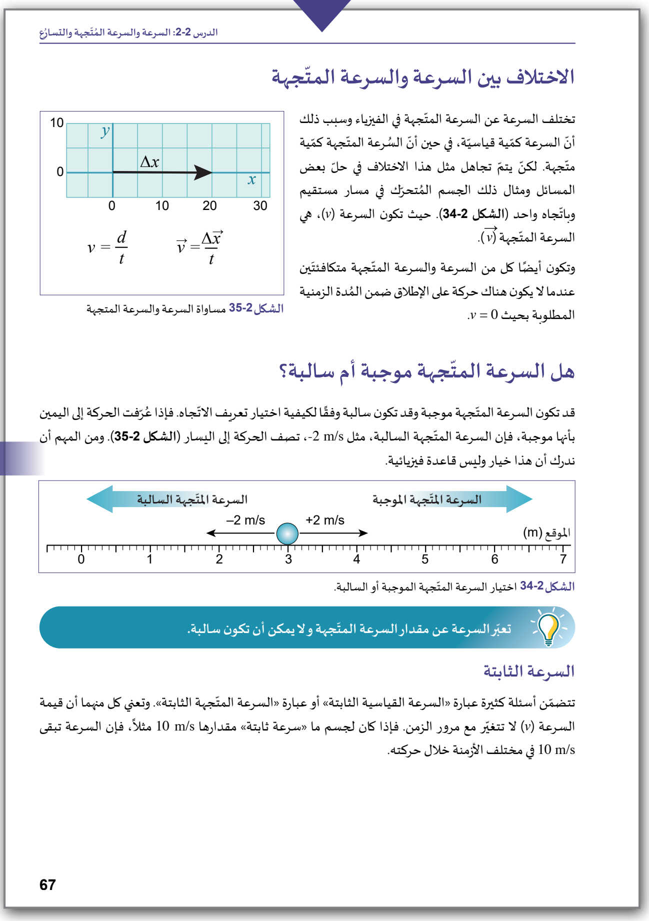
**3.** قد يختلط الأمر على الطلاب عندما يُلاحظون سرعة مُتّجهة سالبة ويربطونها بالتباطؤ، لكن في الحقيقة ليس هذا ما تُمثّله السرعة المُتّجهة في هذه الحالة.

**4.** ترد عوامل عديدة رئيسة في مسائل الفيزياء يتجاهلها الطلاب أحيانًا. وهي متغيّرات مُهمّة جدًّا لإيجاد الحلّ. فعندما يُذكر في المسألة أنّ الجسم قد بدأ من السكون، هذا يعني أنّ سرعته الابتدائيّة صفر.

**5.** وإذا لم تُذكر السرعة الابتدائيّة في المسألة، ستُعَدّ صفرًا أيضًا.

**6.** يُعَدّ الموقع الابتدائي صفرًا إذا لم يتمّ ذكره في السؤال.

**7.** تُستغلّ هذه العوامل في العديد من أمثلة هذه الوحدة.



الدرس 2-2: السرعة والسرعة المُتّجهة والتسارُع

### الاختلاف بين السرعة والسرعة المتّجهة

تختلف السرعة عن السرعة المتّجهة في الفيزياء وسبب ذلك أنّ السرعة كمّية قياسيّة، في حين أنّ السُرعة المتّجهة كمّية متّجهة. لكنّ يتمّ تجاهل مثل هذا الاختلاف في حلّ بعض المسائل ومثال ذلك الجسم المُتحرّك في مسار مستقيم وباتّجاه واحد (**الشكل 2-34**). حيث تكون السرعة ($v$)، هي السرعة المتّجهة ($\vec{v}$).

وتكون أيضًا كل من السرعة والسرعة المتّجهة متكافئتَين عندما لا يكون هناك حركة على الإطلاق ضمن المُدة الزمنية المطلوبة بحيث $v = 0$.

$$v = \frac{d}{t} \qquad \vec{v} = \frac{\Delta \vec{x}}{t}$$

**الشكل 2-35** مساواة السرعة والسرعة المتجهة

### هل السرعة المتّجهة موجبة أم سالبة؟

قد تكون السرعة المتّجهة موجبة وقد تكون سالبة وفقًا لكيفية اختيار تعريف الاتّجاه. فإذا عُرّفت الحركة إلى اليمين بأنها موجبة، فإن السرعة المتّجهة السالبة، مثل 2 m/s-، تصف الحركة إلى اليسار (**الشكل 2-35**). ومن المهم أن ندرك أن هذا خيار وليس قاعدة فيزيائية.

السرعة المتّجهة السالبة — السرعة المتّجهة الموجبة — –2 m/s — +2 m/s — الموقع (m) — 0 1 2 3 4 5 6 7

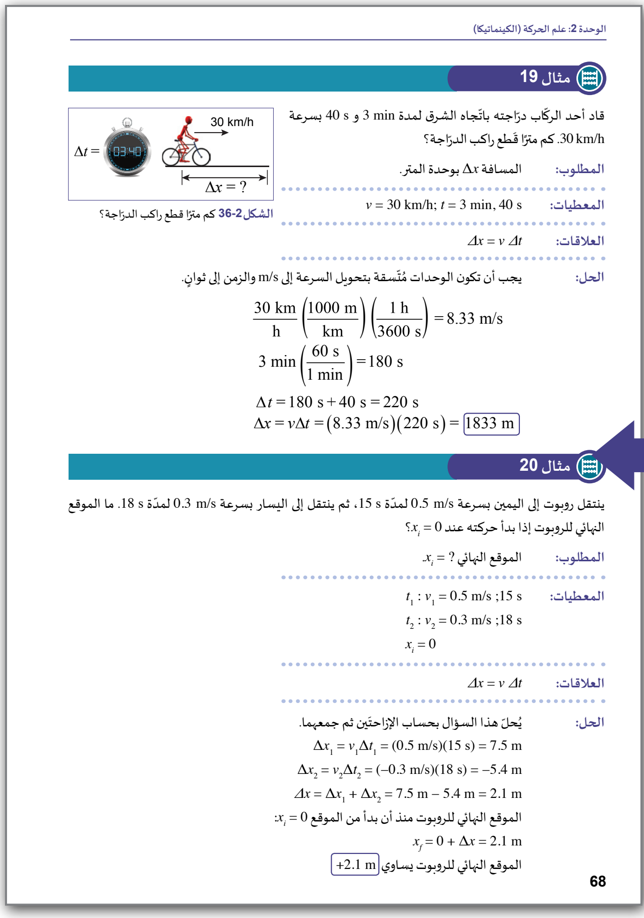
**الشكل 2-34** اختيار السرعة المتّجهة الموجبة أو السالبة.

تعبّر السرعة عن مقدار السرعة المتّجهة ولا يمكن أن تكون سالبة.

#### السرعة الثابتة

تتضمّن أسئلة كثيرة عبارة «السرعة القياسية الثابتة» أو عبارة «السرعة المتّجهة الثابتة». وتعني كل منهما أن قيمة السرعة ($v$) لا تتغيّر مع مرور الزمن. فإذا كان لجسم ما «سرعة ثابتة» مقدارها 10 m/s مثلاً، فإن السرعة تبقى 10 m/s في مختلف الأزمنة خلال حركته.

67



الوحدة 2: علم الحركة (الكينماتيكا)

### مثال 19

قاد أحد الركّاب درّاجته باتّجاه الشرق لمدة 3 min و 40 s بسرعة 30 km/h. كم مترًا قَطع راكب الدرّاجة؟

$\Delta t =$ 03:40 — 30 km/h — $\Delta x = ?$

**الشكل 2-36** كم مترًا قطع راكب الدرّاجة؟

**المطلوب:** المسافة $\Delta x$ بوحدة المتر.

**المعطيات:** $v = 30\ km/h;\ t = 3\ min,\ 40\ s$

**العلاقات:** $\Delta x = v\,\Delta t$

**الحل:** يجب أن تكون الوحدات مُتّسقة بتحويل السرعة إلى m/s والزمن إلى ثوانٍ.

$$\frac{30\ km}{h}\left(\frac{1000\ m}{km}\right)\left(\frac{1\ h}{3600\ s}\right) = 8.33\ m/s$$

$$3\ min\left(\frac{60\ s}{1\ min}\right) = 180\ s$$

$$\Delta t = 180\ s + 40\ s = 220\ s$$

$$\Delta x = v\Delta t = (8.33\ m/s)(220\ s) = \boxed{1833\ m}$$

### مثال 20

ينتقل روبوت إلى اليمين بسرعة 0.5 m/s لمدّة 15 s، ثم ينتقل إلى اليسار بسرعة 0.3 m/s لمدّة 18 s. ما الموقع النهائي للروبوت إذا بدأ حركته عند $x_i = 0$؟

**المطلوب:** الموقع النهائي $x_i = ?$.

**المعطيات:** $t_1 : v_1 = 0.5\ m/s\ ;15\ s$

$t_2 : v_2 = 0.3\ m/s\ ;18\ s$

$x_i = 0$

**العلاقات:** $\Delta x = v\,\Delta t$

**الحل:** يُحلّ هذا السؤال بحساب الإزاحتَين ثم جمعهما.

$\Delta x_1 = v_1\Delta t_1 = (0.5\ m/s)(15\ s) = 7.5\ m$

$\Delta x_2 = v_2\Delta t_2 = (-0.3\ m/s)(18\ s) = -5.4\ m$

$\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2 = 7.5\ m - 5.4\ m = 2.1\ m$

الموقع النهائي للروبوت منذ أن بدأ من الموقع $x_i = 0$:

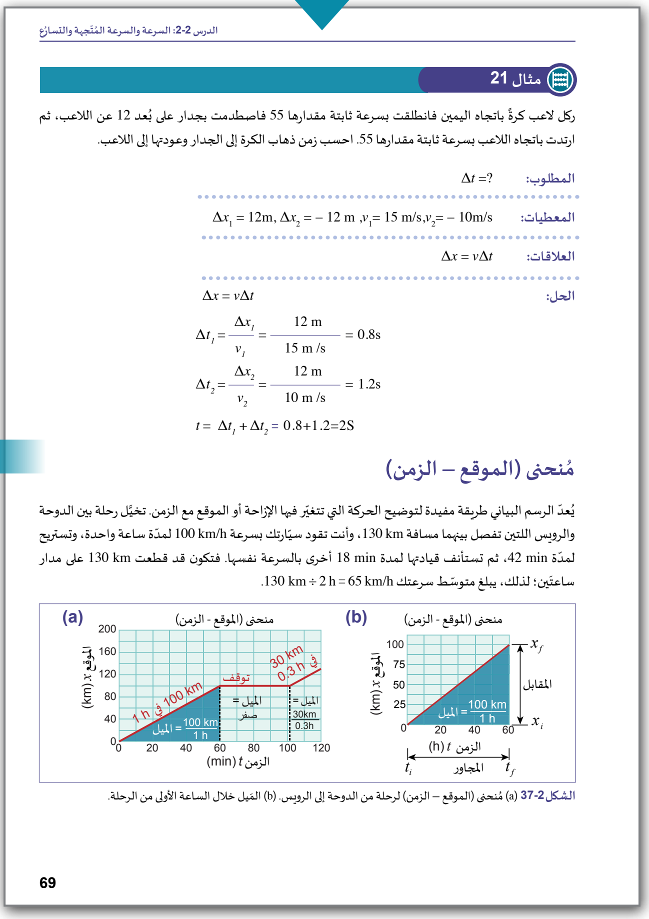
$x_f = 0 + \Delta x = 2.1\ m$

الموقع النهائي للروبوت يساوي $\boxed{+2.1\ m}$

68

## منحنى (الموقع – الزمن)

1. يتمّ تحليل مُنحنيات الحركة للحصول على معلومات أكثر ممّا هو واضح للعيان. لفهم ذلك، يتعيّن على الطلاب تحديد ما تُمثّله المحاور في الرسم البياني.
2. نبدأ بمُنحنيات (الموقع – الزمن). قبل استعراض النص، اطلب إلى الطلاب رسم مُنحنى (الموقع – الزمن) لحركة بسرعة ثابتة.
3. ارسم مُنحنى (الموقع – الزمن) لسيّارة تبتعد ثمّ تعود إلى موقعها الأصلي.
4. ارسم مُنحنى (الموقع – الزمن) لسيّارة تتحرّك بسرعة ثابتة، ثمّ تتوقّف، ثمّ تعود إلى موقعها الأصلي.
5. ناقش مع الطلاب أنّ شكل المُنحنى يُعطينا معلومات عن السرعة المُتجهة، والحركة إلى الامام، والحركة إلى الخلف.
6. يُعبّر مَيل المُنحنى عن السرعة المُتّجهة للسيارة.
7. سيكون من الجيّد مُراجعة فكرة مَيل المُنحنى مع الطلاب.


الدرس 2-2: السرعة والسرعة المُتّجهة والتسارُع

مثال 21

ركل لاعب كرةً باتجاه اليمين فانطلقت بسرعة ثابتة مقدارها 55 فاصطدمت بجدار على بُعد 12 عن اللاعب، ثم ارتدت باتجاه اللاعب بسرعة ثابتة مقدارها 55. احسب زمن ذهاب الكرة إلى الجدار وعودتها إلى اللاعب.

المطلوب: $\Delta t =?$

المعطيات: $\Delta x_1 = 12\text{m}, \Delta x_2 = -12\text{ m}, v_1 = 15\text{ m/s}, v_2 = -10\text{m/s}$

العلاقات: $\Delta x = v\Delta t$

الحل: $\Delta x = v\Delta t$

$$\Delta t_1 = \frac{\Delta x_1}{v_1} = \frac{12\text{ m}}{15\text{ m/s}} = 0.8\text{s}$$

$$\Delta t_2 = \frac{\Delta x_2}{v_2} = \frac{12\text{ m}}{10\text{ m/s}} = 1.2\text{s}$$

$$t = \Delta t_1 + \Delta t_2 = 0.8+1.2=2\text{S}$$

مُنحنى (الموقع – الزمن)

يُعدّ الرسم البياني طريقة مفيدة لتوضيح الحركة التي تتغيّر فيها الإزاحة أو الموقع مع الزمن. تخيَّل رحلة بين الدوحة والرويس اللتين تفصل بينهما مسافة 130 km، وأنت تقود سيّارتك بسرعة 100 km/h لمدّة ساعة واحدة، وتستريح لمدّة 42 min، ثم تستأنف قيادتها لمدة 18 min أخرى بالسرعة نفسها. فتكون قد قطعت 130 km على مدار ساعتَين؛ لذلك، يبلغ متوسّط سرعتك $130\text{ km} \div 2\text{ h} = 65\text{ km/h}$.



الشكل 2-37 (a) مُنحنى (الموقع – الزمن) لرحلة من الدوحة إلى الرويس. (b) المَيل خلال الساعة الأولى من الرحلة.

69


الوحدة 2: علم الحركة (الكينماتيكا)

يُعدّ مُنحنى (الموقع – الزمن) نموذجًا لتمثيل الحركة بالرسم، كما هو مبيّن في (الشكل 2-37 a). يبيّن نموذج الرسم البياني التغيّر في الموقع $x$ على المحور العمودي والزمن $t$ على المحور الأفقي، وقد قُسّمت فيه الحركة إلى ثلاث مراحل. إذا اعتبرنا أنّ نقطة الأصل هي الدوحة، فيكون الموقع قد تغيّر في الساعة الأولى من صفر إلى 100 km، ولم يتغيّر الموقع خلال 42 min (0.7 h) التالية، ما يعني أنّ السيّارة قد توقّفت. ويُمثّل ذلك على الرسم البياني بخط مستقيم أفقي. بعد ذلك تقطع السيارة 30 km خلال 18 min (0.3 h) ، وتكون سرعتها 90 km/h. ويُمثّل ذلك على الرسم بخط مستقيم ذي مَيل موجب.

ميل منحنى ( الموقع - الزمن )

يمثّل مَيل المنحنى التغيّر على طول المحور العمودي مقسومًا على التغيّر على طول المحور الأفقي. يُحسب مَيل الرسم البياني باستخدام إحداثيات x وy كالآتي:

$$\text{v السرعة المتجهة = الميل} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

عند تحليل المَيل في (الشكل 2-38 b)، يمكننا تعويض قيَم الموقع في إحداثيات $y$، وقيَم الزمن في إحداثيات $x$.

$$v = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

يمثل ميل منحنى (الموقع- الزمن) السرعة المتجهة.

مثال 22

توقفت سيارة في نقطة تمثل الموقع الابتدائي، لمدة من الزمن، ثم تحركت بسرعة متجهة ثابتة، ومثلت حركتها بالشكل المجاور. أوجد سرعة السيارة المتجهة: a. عند اللحظة ($t$=120 s) ، b. خلال الزمن كاملًا 180 s.

المطلوب: السرعة المتجهة اللحظية، السرعة اللحظية المتوسطة.

المعطيات: بيانات الشكل (الزمن والموقع)

العلاقات: $\text{الميل} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

الحل: a . السرعة المتجهة اللحظية تساوي ميل المماس.

$$v = slope = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i} = \frac{450-0}{180-90} = 5\text{ m/s}$$

b . السرعة المتجهة المتوسطة تساوي الإزاحة الكلية على الزمن الكلي.

$$v_{avg} = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i} = \frac{450-0}{180-0} = 2.5\text{ m/s}$$



الشكل 2-38

70

## منحنى (الموقع-الزمن) للحركة إلى الخلف

1. في حالة الحركة إلى الخلف فإنّ الجسم يقترب من نقطة الأصل، والموقع يتغيّر بحيث يتناقص متّجه الموقع مع زيادة الزمن.
2. يكون ميل منحنى العلاقة سالبًا في حالة الحركة إلى الخلف.
3. اطلب إلى الطلاب المشاركة في حلّ المثال (23)، ووضّح لهم الرسم البياني في الشكل (2-40).

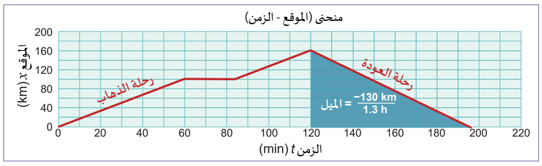
## مُنحنى (السرعة المُتّجهة – الزمن)

1. تُمثّل السرعة المُتّجهة المُنتظمة (الثابتة) في مُنحنى (الموقع – الزمن) بخط مستقيم له مَيل.
2. تُمثّل السرعة المُتّجهة المُنتظمة (الثابتة) في مُنحنى (السرعة المُتّجهة – الزمن) بخط مستقيم يوازي المحور الأفقي (خطّ مستقيم بمَيل صفر).
3. لمُنحنى (الموقع – الزمن) ميَل سالب في رحلة العودة.
4. تُوضّح رحلة العودة في مُنحنى (السرعة المُتّجهة – الزمن) بخطّ يوازي المحور الأفقي ويقع تحت محور الزمن.
5. يُمكن أن يضع الطلاب هذه المقارنات في جدول.



### مُنحنى (الموقع – الزمن) للحركة إلى الخلف

لنفترض أنّك قرّرت العودة إلى الدوحة بعد وصولك إلى الرويس. يبيّن مُنحنى (الموقع - الزمن) في (**الشكل 2-39**) رحلة العودة كخطّ منحدر إلى أسفل يبدأ عند 120 min وحتى t = 195 min (المساحة المُظلّلة). يُسمّى هذا الخط بالمَيل السالب، لأن الموقع يتناقص إلى الصفر مع ازدياد الزمن، لكن حسب الرسم البياني يكون للموقع قيمة موجبة. لذلك يُشير المَيل السالب إلى أنّ الرحلة هي باتّجاه نقطة الأصل.



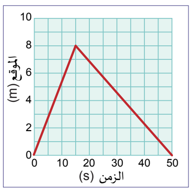

الشكل 2-39 رحلة من الدوحة إلى الرويس والعودة إلى الدوحة.

**مثال 23**

يبيّن الرسم البياني في **الشكل 2-40** التغيّر في موقع فتى يركب درّاجة.

a. احسب السرعة المتّجهة للفتى في 15 s الأولى.

b. احسب السرعة المتّجهة للفتى في أثناء رحلة العودة.




الشكل 2-40 مُنحنى (الموقع - الزمن).

المطلوب: a. السرعة المتّجهة، للفتى في 15 s الأولى.
b. السرعة المتّجهة للفتى في أثناء رحلة العودة.

المُعطيات: زمن الذهاب: $t_i = 0\ s, t_f = 15\ s$
موقع الذهاب: $x_i = 0\ m, x_f = 8\ m$
زمن العودة: $t_i = 15\ s, t_f = 50\ s$
موقع العودة: $x_i = 8\ m, x_f = 0\ m$

العلاقات: $v = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ السرعة المتجهة = المَيل

الحلّ: a. لحلّ هذا السؤال، سنحسب المَيل.

$$v = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i} = \frac{8-0}{15-0} = \boxed{0.53\ m/s}$$

b.

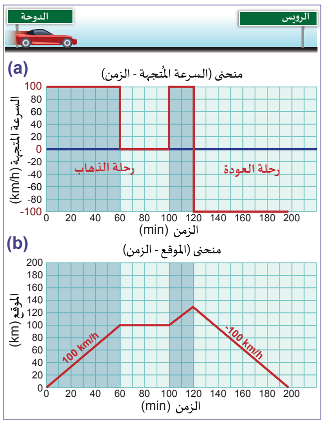
$$v = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i} = \frac{0-8}{50-15} = \boxed{-0.23\ m/s}$$

71



### مُنحنى (السرعة المتّجهة - الزمن)

يُوضّح مُنحنى (السرعة المتّجهة - الزمن) السرعة المتّجهة على المحور الرأسي والزمن على المحور الأفقي. يُوضّح (**الشكل 2-41 a**) مُنحنى (السرعة المتّجهة-الزمن) للرحلة من الدوحة إلى الرويس. ويُوضّح (**الشكل 2-41 b**) الحركة نفسها في مُنحنى (الموقع - الزمن). يمكن تحليل هذه الرسوم البيانية معًا. حيث يُظهر مُنحنى (السرعة المتّجهة - الزمن) كيفية تغيّر السرعة المتّجهة. وفي المقابل يدلّ الخطّ الأفقيّ المستقيم على أن السرعة المتّجهة للسيّارة في أثناء الحركة بقيت ثابتة. كذلك يُظهر الرسم البياني الحركة في الاتّجاه المعاكس بسرعة متّجهة سالبة.




الشكل 2-41 (a) مُنحنى (السرعة المتّجهة - الزمن)؛ (b) مُنحنى (الموقع - الزمن).

#### مقارنة مُنحنى (السرعة المتّجهة - الزمن) مع مُنحنى (الموقع - الزمن).

تبدو الحركة في كلا الرسمَين البيانيَّين في (**الشكل 2-41**) هي نفسها، لكن الطريقة التي تظهر بها الحركة مختلفة تمامًا. ومن المهمّ معرفة الاختلافات لتجنّب الالتباس:

a. السرعة الثابتة تظهر على منحنى (الموقع- الزمن) كخط مستقيم مائل، بينما تظهر على منحنى (السرعة المتّجهة - الزمن) على شكل خط أفقي.

b. مَيل مُنحنى (الموقع - الزمن) يساوي قيمة مُنحنى (السرعة المتّجهة - الزمن) في الفترة الزمنية نفسها. وخلال الساعة الأولى في هذا المثال، كان المَيل على مُنحنى (الموقع - الزمن) هو 100 km/h، وهذه هي قيمة مُنحنى (السرعة المتّجهة - الزمن) خلال هذه الساعة.

c. السرعة التي تساوي صفرًا على مُنحنى (السرعة المتّجهة - الزمن) تقع على المحور $x$، حيث قيمة $y$ تساوي 0 km/h.

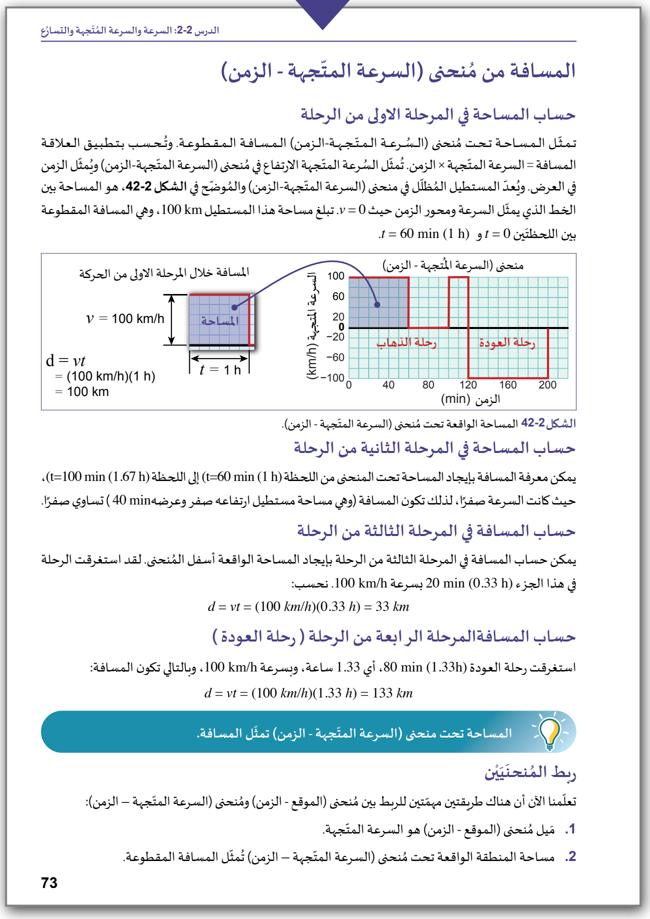
72

## المسافة من مُنحنى (السرعة المُتّجهة – الزمن)

1. تُمثّل السرعة المُتّجهة المُنتظمة (الثابتة) في مُنحنى (الموقع – الزمن) بخط مستقيم له مَيل.
2. تُمثّل السرعة المُتّجهة المُنتظمة (الثابتة) في مُنحنى (السرعة المُتّجهة – الزمن) بخط مستقيم يوازي المحور الأفقي (خطّ مستقيم بمَيل صفر).
3. لمُنحنى (الموقع – الزمن) ميَل سالب في رحلة العودة.
4. تُوضّح رحلة العودة في مُنحنى (السرعة المُتّجهة – الزمن) بخطّ يوازي المحور الأفقي ويقع تحت محور الزمن.
5. يُمكن أن يضع الطلاب هذه المقارنات في جدول.

## الأمثلة

1. قبل أن يطّلع الطلاب على الأمثلة الواردة في كتاب الطالب، اعرض المُنحنى المُعطى على السبّورة.
2. يوجد ثلاثة أجزاء مُظلّلة في المُنحنى. اطرح على الطلاب الأسئلة الآتية: أيّ من تلك الأجزاء يعبّر عن السرعة المُتّجهة الأكبر؟
3. إذا لم نستطع معرفة مضمون نصّ المسألة في المُنحنى، فكيف سنعرف الجُزء الذي يُمثّل رحلة العودة؟
4. ما الجزء الذي يمثّل المسافة الأكبر؟ كيف يُمكننا معرفة ذلك من دون إجراء الحساب؟



الدرس 2-2: السرعة والسرعة المُتّجهة والتسارُع

### المسافة من مُنحنى (السرعة المتّجهة - الزمن)

#### حساب المساحة في المرحلة الاولى من الرحلة

تمثّل المساحة تحت مُنحنى (السُرعة المتّجهة-الزمن) المسافة المقطوعة. وتُحسب بتطبيق العلاقة المسافة = السرعة المتّجهة × الزمن. تُمثّل السُرعة المتّجهة الارتفاع في مُنحنى (السرعة المتّجهة-الزمن) ويُمثّل الزمن في العرض. ويُعدّ المستطيل المُظلّل في منحنى (السرعة المتّجهة-الزمن) والمُوضّح في **الشكل 2-42**، هو المساحة بين الخط الذي يمثّل السرعة ومحور الزمن حيث $v = 0$. تبلغ مساحة هذا المستطيل 100 km، وهي المسافة المقطوعة بين اللحظتَين $t = 0$ و $t = 60$ min (1 h).



الشكل 2-42 المساحة الواقعة تحت مُنحنى (السرعة المتّجهة - الزمن).

#### حساب المساحة في المرحلة الثانية من الرحلة

يمكن معرفة المسافة بإيجاد المساحة تحت المنحنى من اللحظة (t=60 min (1 h)) إلى اللحظة (t=100 min (1.67 h))، حيث كانت السرعة صفرًا، لذلك تكون المسافة (وهي مساحة مستطيل ارتفاعه صفر وعرضه40 min ) تساوي صفرًا.

#### حساب المسافة في المرحلة الثالثة من الرحلة

يمكن حساب المسافة في المرحلة الثالثة من الرحلة بإيجاد المساحة الواقعة أسفل المُنحنى. لقد استغرقت الرحلة في هذا الجزء (0.33 h) 20 min بسرعة 100 km/h. نحسب:

$$d = vt = (100\ km/h)(0.33\ h) = 33\ km$$

#### حساب المسافةالمرحلة الر ابعة من الرحلة ( رحلة العودة )

استغرقت رحلة العودة (1.33h) 80 min، أي 1.33 ساعة، وبسرعة 100 km/h، وبالتالي تكون المسافة:

$$d = vt = (100\ km/h)(1.33\ h) = 133\ km$$

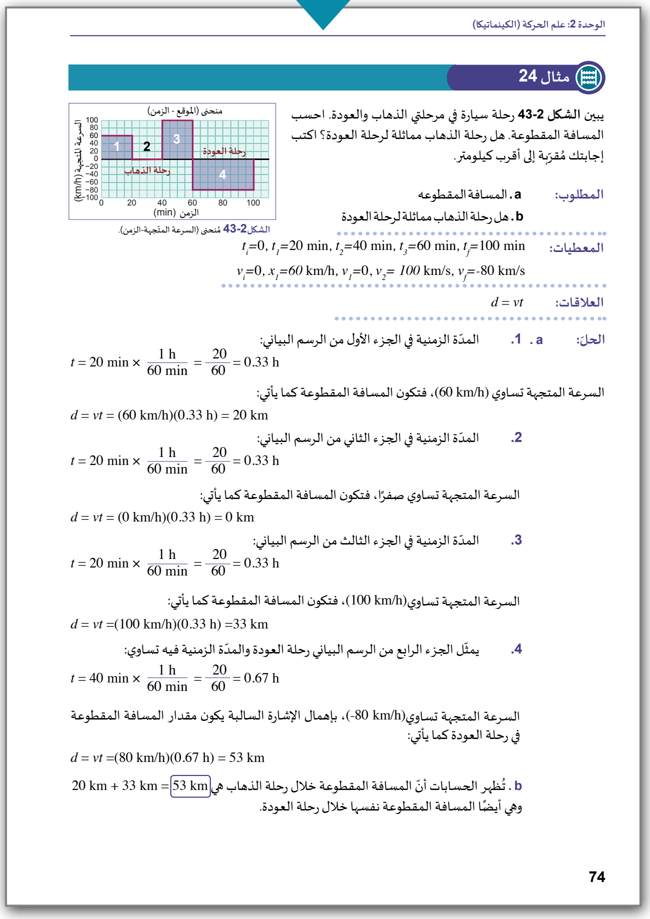
المساحة تحت منحنى (السرعة المتّجهة - الزمن) تمثّل المسافة.

#### ربط المُنحنَيَيْن

تعلّمنا الآن أن هناك طريقتين مهمّتين للربط بين مُنحنى (الموقع - الزمن) ومُنحنى (السرعة المتّجهة – الزمن):

1. مَيل مُنحنى (الموقع - الزمن) هو السرعة المتّجهة.
2. مساحة المنطقة الواقعة تحت مُنحنى (السرعة المتّجهة – الزمن) تُمثّل المسافة المقطوعة.

73



الوحدة 2: علم الحركة (الكينماتيكا)

#### مثال 24

يبين **الشكل 2-43** رحلة سيارة في مرحلتي الذهاب والعودة. احسب المسافة المقطوعة. هل رحلة الذهاب مماثلة لرحلة العودة؟ اكتب إجابتك مُقرّبة إلى أقرب كيلومتر.



الشكل 2-43 مُنحنى (السرعة المتّجهة-الزمن).

**المطلوب:** a. المسافة المقطوعه
b. هل رحلة الذهاب مماثلة لرحلة العودة

**المعطيات:** $t_i$=0, $t_1$=20 min, $t_2$=40 min, $t_3$=60 min, $t_f$=100 min
$v_i$=0, $x_1$=60 km/h, $v_1$=0, $v_2$= 100 km/s, $v_f$=-80 km/s

**العلاقات:** $d = vt$

**الحلّ:** a . 1. المدّة الزمنية في الجزء الأول من الرسم البياني:

$$t = 20\ \text{min} \times \frac{1\ \text{h}}{60\ \text{min}} = \frac{20}{60} = 0.33\ \text{h}$$

السرعة المتجهة تساوي (60 km/h)، فتكون المسافة المقطوعة كما يأتي:

$$d = vt = (60\ \text{km/h})(0.33\ \text{h}) = 20\ \text{km}$$

2. المدّة الزمنية في الجزء الثاني من الرسم البياني:

$$t = 20\ \text{min} \times \frac{1\ \text{h}}{60\ \text{min}} = \frac{20}{60} = 0.33\ \text{h}$$

السرعة المتجهة تساوي صفرًا، فتكون المسافة المقطوعة كما يأتي:

$$d = vt = (0\ \text{km/h})(0.33\ \text{h}) = 0\ \text{km}$$

3. المدّة الزمنية في الجزء الثالث من الرسم البياني:

$$t = 20\ \text{min} \times \frac{1\ \text{h}}{60\ \text{min}} = \frac{20}{60} = 0.33\ \text{h}$$

السرعة المتجهة تساوي(100 km/h)، فتكون المسافة المقطوعة كما يأتي:

$$d = vt = (100\ \text{km/h})(0.33\ \text{h}) = 33\ \text{km}$$

4. يمثّل الجزء الرابع من الرسم البياني رحلة العودة والمدّة الزمنية فيه تساوي:

$$t = 40\ \text{min} \times \frac{1\ \text{h}}{60\ \text{min}} = \frac{20}{60} = 0.67\ \text{h}$$

السرعة المتجهة تساوي(-80 km/h)، بإهمال الإشارة السالبة يكون مقدار المسافة المقطوعة في رحلة العودة كما يأتي:

$$d = vt = (80\ \text{km/h})(0.67\ \text{h}) = 53\ \text{km}$$

b . تُظهر الحسابات أنّ المسافة المقطوعة خلال رحلة الذهاب هي $20\ \text{km} + 33\ \text{km} = \boxed{53\ \text{km}}$ وهي أيضًا المسافة المقطوعة نفسها خلال رحلة العودة.

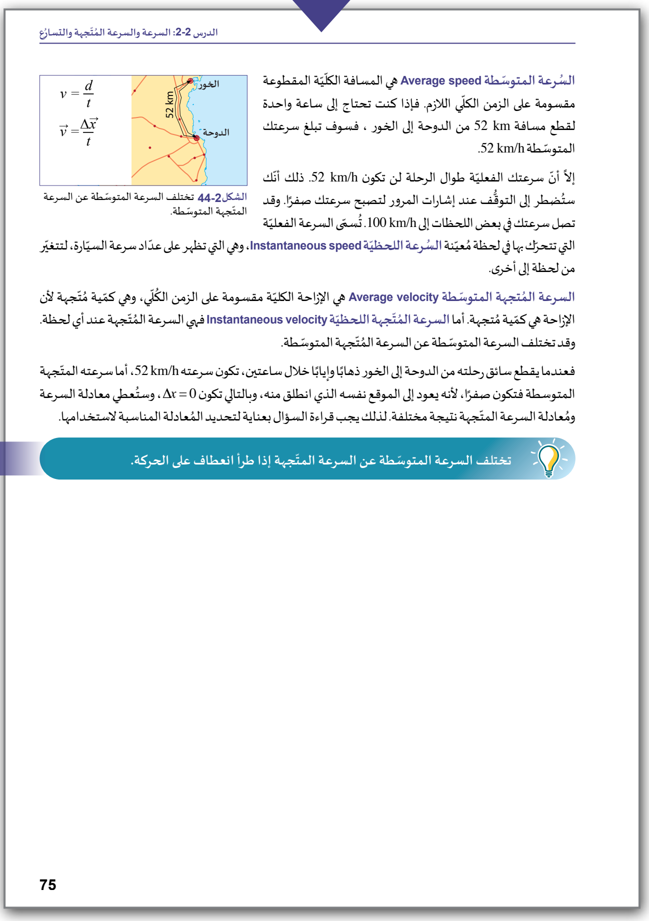
74

## السرعة المُتّجهة المتوسطة والسرعة المُتّجهة اللحظيّة

**1.** تُمثّل المُنحنيات التي شاهدناها إلى الآن سرعة مُتّجهة ثابتة، ومن المعلوم أنّها ليست الحالة الوحيدة دائمًا.

**2.** تتسارع السيّارة وتتباطأ أثناء القيادة من وقت إلى آخر. لذلك تُسمّى الكمّية التي تعاملنا معها السرعة المُتّجهة المتوسطة، والتي يُمكن حسابها بواسطة **المُعادلة 2-7**.

**3.** السرعة المُتّجهة اللحظية هي السرعة المُتّجهة عند لحظة زمنيّة مُعيّنة، ويُمكن قراءتها من المُنحنى.





السُرعة المتوسّطة Average speed هي المسافة الكلّيّة المقطوعة مقسومة على الزمن الكلّي اللازم. فإذا كنت تحتاج إلى ساعة واحدة لقطع مسافة 52 km من الدوحة إلى الخور، فسوف تبلغ سرعتك المتوسّطة 52 km/h.

إلاّ أنّ سرعتك الفعليّة طوال الرحلة لن تكون 52 km/h. ذلك أنّك ستُضطر إلى التوقّف عند إشارات المرور لتصبح سرعتك صفرًا. وقد تصل سرعتك في بعض اللحظات إلى 100 km/h. تُسمّى السرعة الفعليّة التي تتحرّك بها في لحظة مُعيّنة السُرعة اللحظيّة Instantaneous speed، وهي التي تظهر على عدّاد سرعة السيّارة، لتتغيّر من لحظة إلى أخرى.

السرعة المُتّجهة المتوسّطة Average velocity هي الإزاحة الكلّيّة مقسومة على الزمن الكلّي، وهي كمّية مُتّجهة لأنّ الإزاحة هي كمّية مُتّجهة. أما السرعة المُتّجهة اللحظيّة Instantaneous velocity فهي السرعة المُتّجهة عند أيّ لحظة. وقد تختلف السرعة المتوسّطة عن السرعة المُتّجهة المتوسّطة.

فعندما يقطع سائق رحلته من الدوحة إلى الخور ذهابًا وإيابًا خلال ساعتين، تكون سرعته 52 km/h، أما سرعته المتّجهة المتوسطة فتكون صفرًا، لأنه يعود إلى الموقع نفسه الذي انطلق منه، وبالتالي تكون $\Delta r = 0$، وستُعطي معادلة السرعة ومُعادلة السرعة المتّجهة نتيجة مختلفة. لذلك يجب قراءة السؤال بعناية لتحديد المُعادلة المناسبة لاستخدامها.

$v = \frac{d}{t}$

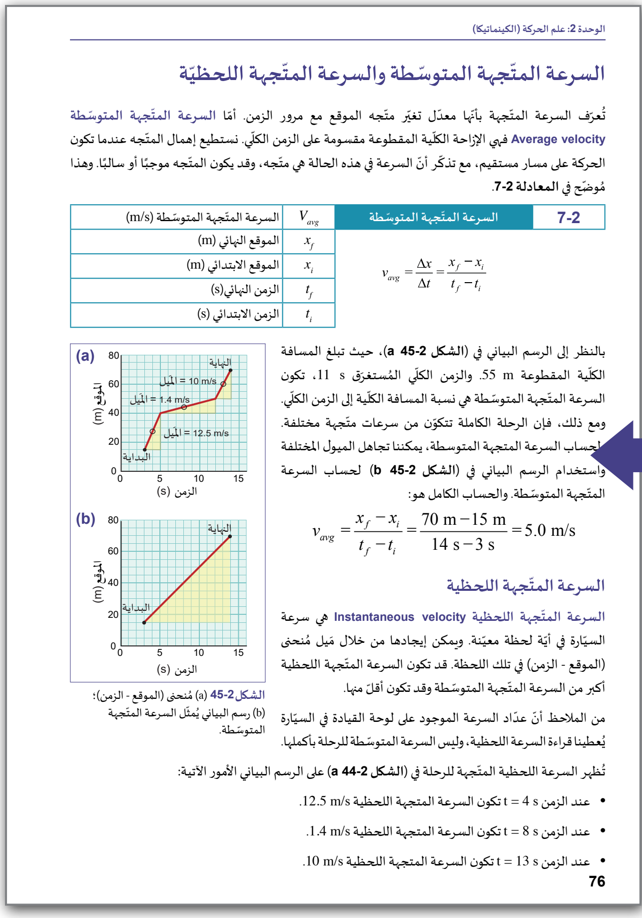
$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{t}$



الشكل 2-44 تختلف السرعة المتوسّطة عن السرعة المتّجهة المتوسّطة.

تختلف السرعة المتوسّطة عن السرعة المتّجهة إذا طرأ انعطاف على الحركة.







### السرعة المتّجهة المتوسّطة والسرعة المتّجهة اللحظيّة

تُعرف السرعة المتّجهة بأنّها معدّل تغيّر متّجه الموقع مع مرور الزمن. أمّا السرعة المتّجهة المتوسّطة Average velocity فهي الإزاحة الكلّيّة المقطوعة مقسومة على الزمن الكلّي. نستطيع إهمال المتّجه عندما تكون الحركة على مسار مستقيم، مع تذكّر أنّ السرعة في هذه الحالة هي متّجه، وقد يكون المتّجه موجبًا أو سالبًا. وهذا مُوضّح في المعادلة 2-7.

| 7-2 | السرعة المتّجهة المتوسّطة | | |
|---|---|---|---|
| | $v_{avg} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i}$ | $V_{avg}$ | السرعة المتّجهة المتوسّطة (m/s) |
| | | $x_f$ | الموقع النهائي (m) |
| | | $x_i$ | الموقع الابتدائي (m) |
| | | $t_f$ | الزمن النهائي (s) |
| | | $t_i$ | الزمن الابتدائي (s) |

بالنظر إلى الرسم البياني في (الشكل 2-45 a)، حيث تبلغ المسافة الكلّيّة المقطوعة 55 m والزمن الكلّي المُستغرق 11 s، تكون السرعة المتّجهة المتوسّطة هي نسبة المسافة الكلّيّة إلى الزمن الكلّي. ومع ذلك، فإن الرحلة الكاملة تتكوّن من سرعات متّجهة مختلفة. ولحساب السرعة المتّجهة المتوسطة، يمكننا تجاهل الميول المختلفة واستخدام الرسم البياني في (الشكل 2-45 b) لحساب السرعة المتّجهة المتوسّطة. والحساب الكامل هو:

$$v_{avg} = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i} = \frac{70\ \text{m} - 15\ \text{m}}{14\ \text{s} - 3\ \text{s}} = 5.0\ \text{m/s}$$

#### السرعة المتّجهة اللحظية

السرعة المتّجهة اللحظية Instantaneous velocity هي سرعة السيّارة في أيّة لحظة معيّنة. ويمكن إيجادها من خلال ميْل مُنحنى (الموقع - الزمن) في تلك اللحظة. قد تكون السرعة المتّجهة اللحظية أكبر من السرعة المتّجهة المتوسّطة وقد تكون أقلّ منها.

من الملاحظ أنّ عدّاد السرعة الموجود على لوحة القيادة في السيّارة يُعطينا قراءة السرعة اللحظية، وليس السرعة المتوسّطة للرحلة بأكملها.



الشكل 2-45 (a) مُنحنى (الموقع - الزمن)؛ (b) رسم البياني يُمثّل السرعة المتّجهة المتوسّطة.

تُظهر السرعة اللحظية المتّجهة للرحلة في (الشكل 2-44 a) على الرسم البياني الأمور الآتية:

- عند الزمن $t = 4$ s تكون السرعة المتجهة اللحظية 12.5 m/s.
- عند الزمن $t = 8$ s تكون السرعة المتجهة اللحظية 1.4 m/s.
- عند الزمن $t = 13$ s تكون السرعة المتجهة اللحظية 10 m/s.

## مثال

**1.** وضّح للطلاب أنّ حركة القطار في المثال (25) تكون في خطّ مستقيم، القطار عند بداية رصد حركته لم يكن في بداية المسار، بل أنّ هناك مسافة ($x_i = 300$ km) عند الزمن ($t = 0$ s)، لذلك لا بدّ من استخدام العلاقة الآتية: $x_f = x_i + v_t$

## التسارُع

**2.** لا تشتمل جميع الحالات على جسم يتحرّك بسرعة مُتّجهة ثابتة، ففي هذه الحالة يكون مُهمًّا معرفة التسارع.

**3.** التسارُع هو تغيُّر في السرعة المُتّجهة مقسومًا على التغيّر في الزمن.

**4.** عندما يبدأ جسم بالحركة، فإنّه يتسارع دائمًا، لأنّ السُرعة المُتّجهة تزداد من 0 إلى قيمة أكبر.

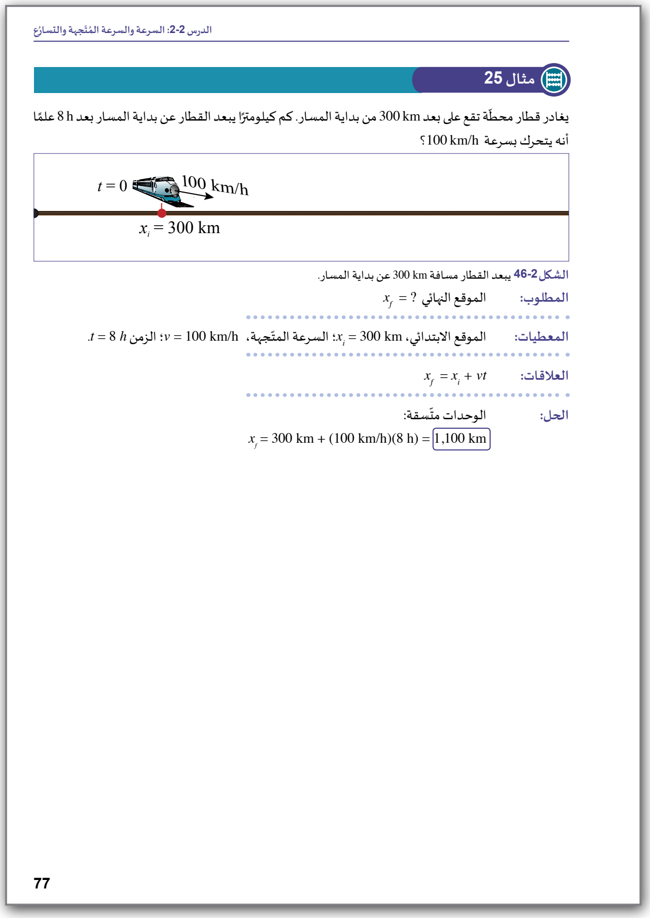
**5.** يُمثّل التسارُع السالب تباطؤًا في الحركة.

**6.** يُوضّح **الشكل 2-47** حركة بالاتّجاه الموجب، وبتسارُع موجب، وبتسارُع سالب وبانعدام التسارع.

**a.** يدلّ التسارُع الموجب على أنّ السرعة المتّجهة الموجبة تزداد.

**b.** ويدلّ التسارُع السالب على أنّ السرعة المتّجهة الموجبة تتناقص.

**c.** أمّا عندما يكون التسارع مساويًا للصفر، فإنّ الجسم يحافظ على حركته بسرعة متّجهة ثابتة، لا تتغيّر مع الزمن.



الدرس 2-2: السرعة والسرعة المُتّجهة والتسارُع

مثال 25

يغادر قطار محطّة تقع على بعد 300 km من بداية المسار. كم كيلومترًا يبعد القطار عن بداية المسار بعد 8 h علمًا أنه يتحرك بسرعة 100 km/h؟



الشكل 2-46 يبعد القطار مسافة 300 km عن بداية المسار.

المطلوب: الموقع النهائي $x_f = ?$

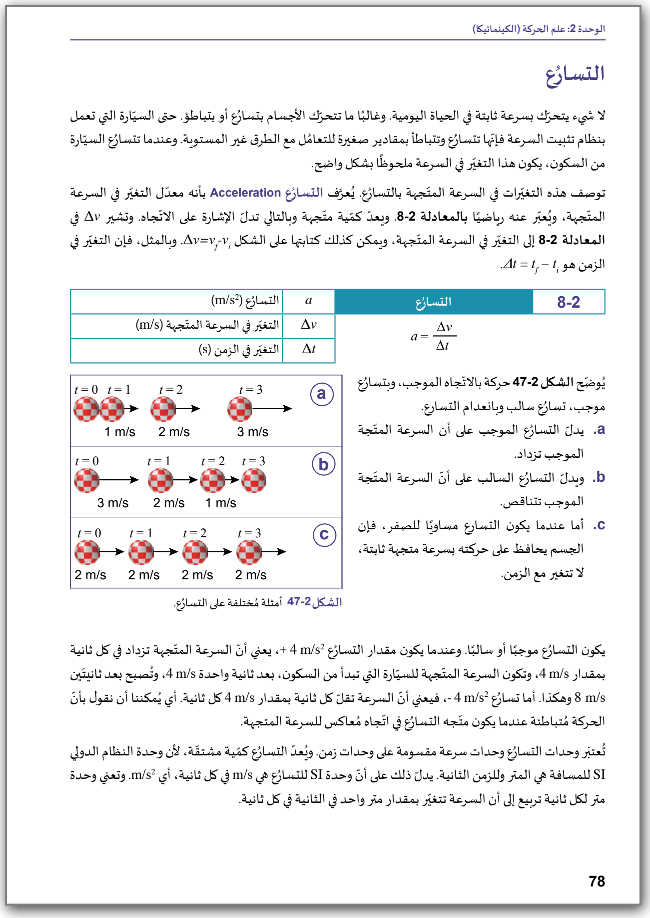
المعطيات: الموقع الابتدائي، $x_i = 300$ km؛ السرعة المتّجهة، $v = 100$ km/h؛ الزمن $t = 8$ h.

العلاقات: $x_f = x_i + vt$

الحل: الوحدات متّسقة:

$$x_f = 300\text{ km} + (100\text{ km/h})(8\text{ h}) = \boxed{1{,}100\text{ km}}$$

77



الوحدة 2: علم الحركة (الكينماتيكا)

### التسارُع

لا شيء يتحرّك بسرعة ثابتة في الحياة اليومية. وغالبًا ما تتحرّك الأجسام بتسارُع أو بتباطؤ. حتى السيّارة التي تعمل بنظام تثبيت السرعة فإنّها تتسارُع وتتباطأ بمقادير صغيرة للتعامُل مع الطرق غير المستوية. وعندما تتسارُع السيّارة من السكون، يكون هذا التغيّر في السرعة ملحوظًا بشكل واضح.

توصف هذه التغيّرات في السرعة المتّجهة بالتسارُع. يُعرَّف **التسارُع Acceleration** بأنه معدّل التغيّر في السرعة المتّجهة، ويُعبّر عنه رياضيًا **بالمعادلة 2-8**. ويعدّ كمّية متّجهة وبالتالي تدلّ الإشارة على الاتّجاه. وتشير $\Delta v$ في **المعادلة 2-8** إلى التغيّر في السرعة المتّجهة، ويمكن كذلك كتابتها على الشكل $\Delta v = v_f - v_i$. وبالمثل، فإن التغيّر في الزمن هو $\Delta t = t_f - t_i$.

| 8-2 | التسارُع | | |
|---|---|---|---|
| | $a = \dfrac{\Delta v}{\Delta t}$ | $a$ | التسارُع ($m/s^2$) |
| | | $\Delta v$ | التغيّر في السرعة المتّجهة (m/s) |
| | | $\Delta t$ | التغيّر في الزمن (s) |

يُوضّح **الشكل 2-47** حركة بالاتّجاه الموجب، وبتسارُع موجب، تسارُع سالب وبانعدام التسارع.

**a.** يدلّ التسارُع الموجب على أن السرعة المتّجهة الموجب تزداد.

**b.** ويدلّ التسارُع السالب على أنّ السرعة المتّجهة الموجب تتناقص.

**c.** أما عندما يكون التسارع مساويًا للصفر، فإن الجسم يحافظ على حركته بسرعة متجهة ثابتة، لا تتغير مع الزمن.



الشكل 2-47 أمثلة مُختلفة على التسارُع.

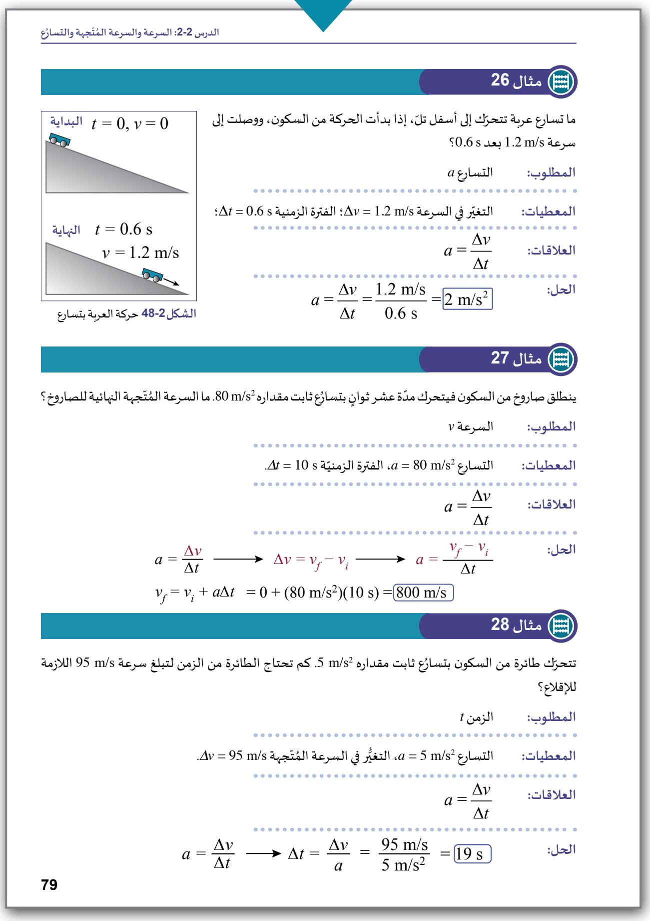
يكون التسارُع موجبًا أو سالبًا. وعندما يكون مقدار التسارُع $+4$ m/s², يعني أنّ السرعة المتّجهة تزداد في كل ثانية بمقدار 4 m/s، وتكون السرعة المتّجهة للسيّارة التي تبدأ من السكون، بعد ثانية واحدة 4 m/s، وتُصبح بعد ثانيتَين 8 m/s وهكذا. أما تسارُع $-4$ m/s²، فيعني أنّ السرعة تقلّ كل ثانية بمقدار 4 m/s كل ثانية. أي يُمكننا أن نقول بأنّ الحركة مُتباطئة عندما يكون متّجه التسارُع في اتّجاه مُعاكس للسرعة المتجهة.

تُعتبَر وحدات التسارُع وحدات سرعة مقسومة على وحدات زمن. ويُعدّ التسارُع كمّية مشتقّة، لأن وحدة النظام الدولي SI للمسافة هي المتر وللزمن الثانية. يدلّ ذلك على أنّ وحدة SI للتسارُع هي m/s في كل ثانية، أي m/s². وتعني وحدة متر لكل ثانية تربيع إلى أن السرعة تتغيّر بمقدار متر واحد في الثانية في كل ثانية.

78

## الأمثلة

1. حلّل حركة العربة في المثال 26 قبل البدء بالحلّ، وذلك بتوضيح أنّ السرعة الابتدائيّة للعربة تساوي صفرًا.
2. ذكّر الطلّاب بأنّ سبب تغيّر سرعة العربة ناتج عن ميل المنحدر، وأنّ العربة تمتلك سرعة نهائيّة أكبر من الصفر.
3. وضّح للطلّاب أنّ معلومات الأمثلة الأخرى تفيد بأنّ السرعة الابتدائيّة تساوي صفرًا.
4. مراعاة اختلاف المطلوب في كلّ مثال مع أنّ المعادلة نفسها تستخدم في حلّ الأمثلة جميعها.
5. قد يكون مفهوم التسارُع مُربكًا للطلاب بعض الشيء، بخاصّةٍ عندما يريدون أن يفهموا متى تكون السُرعة المُتّجهة ثابتة ومتى لا تكون كذلك.
6. اطلب إلى الطلاب عند كلّ مثال البحث عن مؤشّرات تدلّ على تغيّر مُتّجه السرعة. ما الكلمات الأساسية في السؤال؟
7. قد يكون الوصف كافيًا ليُخبرنا أنّ مُتّجه السرعة يجب أن يتغيّر. فعندما ينزلق الجسم على مُنحدَر مائل، تزداد السرعة المُتّجهة.



الدرس 2-2: السرعة والسرعة المُتّجهة والتسارُع

### مثال 26

ما تسارع عربة تتحرّك إلى أسفل تلّ، إذا بدأت الحركة من السكون، ووصلت إلى سرعة 1.2 m/s بعد 0.6 s؟

البداية $t = 0, v = 0$

النهاية $t = 0.6$ s

$v = 1.2$ m/s

**الشكل 2-48** حركة العربة بتسارع

المطلوب: التسارع $a$

المعطيات: التغيّر في السرعة $\Delta v = 1.2$ m/s؛ الفترة الزمنية $\Delta t = 0.6$ s؛

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

الحل: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{1.2 \text{ m/s}}{0.6 \text{ s}} = \boxed{2 \text{ m/s}^2}$

### مثال 27

ينطلق صاروخ من السكون فيتحرك مدّة عشر ثوانٍ بتسارُع ثابت مقداره $80 \text{ m/s}^2$. ما السرعة المُتّجهة النهائية للصاروخ؟

المطلوب: السرعة $v$

المعطيات: التسارع $a = 80 \text{ m/s}^2$، الفترة الزمنيّة $\Delta t = 10$ s.

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

الحل: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \longrightarrow \Delta v = v_f - v_i \longrightarrow a = \frac{v_f - v_i}{\Delta t}$

$v_f = v_i + a\Delta t = 0 + (80 \text{ m/s}^2)(10 \text{ s}) = \boxed{800 \text{ m/s}}$

### مثال 28

تتحرّك طائرة من السكون بتسارُع ثابت مقداره $5 \text{ m/s}^2$. كم تحتاج الطائرة من الزمن لتبلغ سرعة 95 m/s اللازمة للإقلاع؟

المطلوب: الزمن $t$

المعطيات: التسارع $a = 5 \text{ m/s}^2$، التغيُّر في السرعة المُتّجهة $\Delta v = 95$ m/s.

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

الحل: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \longrightarrow \Delta t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{95 \text{ m/s}}{5 \text{ m/s}^2} = \boxed{19 \text{ s}}$

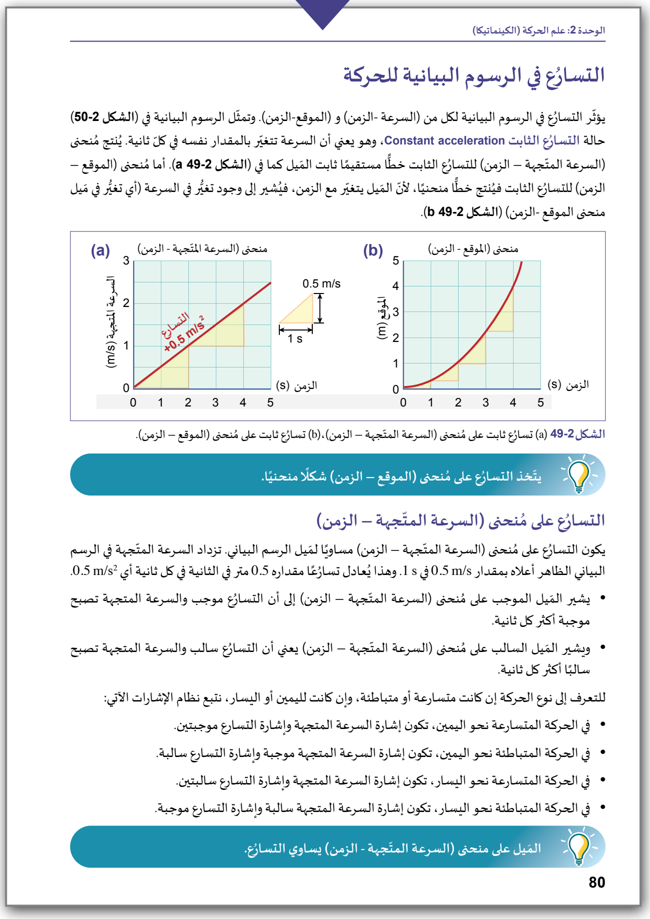
79

## التسارع في الرسوم البيانيّة للحركة

**1.** يعني المستقيم الموازي للمحور الأفقي في مُنحنى (السرعة المُتّجهة – الزمن) أنّ السرعة المُتّجهة ثابتة. كيف يُمكن تمثيل التسارُع الثابت؟ بخطّ مستقيم موازٍ للمحور الأفقي.

**2.** تُوضّح الحركة المُتسارعة في مُنحنى (الموقع-الزمن) بخطّ مُنحنٍ، لأنّ المسافة لا تُقطع في هذه الحالة خلال فترات زمنيّة متساوية.

**3.** اطلب إلى الطلاب رسم مُنحنى (مُتّجه السرعة – الزمن) لتمثيل التسارُع الثابت. ثمّ ارسم مُنحنى (السرعة المُتّجهة – الزمن) ليُمثّل تسارُعًا ثابتًا أكبر. يجب أن يكون الخطّ المستقيم مائلاً أكثر (ذا ميَل أكبر) في هذه الحالة.


الوحدة 2: علم الحركة (الكينماتيكا)

### التسارُع في الرسوم البيانية للحركة

يؤثّر التسارُع في الرسوم البيانية لكل من (السرعة -الزمن) و (الموقع-الزمن). وتمثّل الرسوم البيانية في (**الشكل 2-50**) حالة التسارُع الثابت **Constant acceleration**، وهو يعني أن السرعة تتغيّر بالمقدار نفسه في كلّ ثانية. يُنتج مُنحنى (السرعة المتّجهة – الزمن) للتسارُع الثابت خطًّا مستقيمًا ثابت المَيل كما في (**الشكل 2-49 a**). أما مُنحنى (الموقع – الزمن) للتسارُع الثابت فيُنتج خطًّا منحنيًا، لأنّ المَيل يتغيّر مع الزمن، فيُشير إلى وجود تغيُّر في السرعة (أي تغيُّر في مَيل منحنى الموقع -الزمن) (**الشكل 2-49 b**).



**الشكل 2-49** (a) تسارُع ثابت على مُنحنى (السرعة المتّجهة – الزمن)،(b) تسارُع ثابت على مُنحنى (الموقع – الزمن).

يتّخذ التسارُع على مُنحنى (الموقع – الزمن) شكلًا منحنيًا.

### التسارُع على مُنحنى (السرعة المتّجهة – الزمن)

يكون التسارُع على مُنحنى (السرعة المتّجهة – الزمن) مساويًا لمَيل الرسم البياني. تزداد السرعة المتّجهة في الرسم البياني الظاهر أعلاه بمقدار $0.5\ m/s$ في $1\ s$. وهذا يُعادل تسارُعًا مقداره 0.5 متر في الثانية في كل ثانية أي $0.5\ m/s^2$.

- يشير المَيل الموجب على مُنحنى (السرعة المتّجهة – الزمن) إلى أن التسارُع موجب والسرعة المتجهة تصبح موجبة أكثر كل ثانية.
- ويشير المَيل السالب على مُنحنى (السرعة المتّجهة – الزمن) يعني أن التسارُع سالب والسرعة المتجهة تصبح سالبًا أكثر كل ثانية.

للتعرف إلى نوع الحركة إن كانت متسارعة أو متباطئة، وإن كانت لليمين أو اليسار، نتبع نظام الإشارات الآتي:

- في الحركة المتسارعة نحو اليمين، تكون إشارة السرعة المتجهة وإشارة التسارع موجبتين.
- في الحركة المتباطئة نحو اليمين، تكون إشارة السرعة المتجهة موجبة وإشارة التسارع سالبة.
- في الحركة المتسارعة نحو اليسار، تكون إشارة السرعة المتجهة وإشارة التسارع سالبتين.
- في الحركة المتباطئة نحو اليسار، تكون إشارة السرعة المتجهة سالبة وإشارة التسارع موجبة.

المَيل على منحنى (السرعة المتّجهة - الزمن) يساوي التسارُع.

80

## التسارُع الثابت مُقابل السرعة المُتّجهة الثابتة

**1.** يكون شكل كلّ من مُنحنى (الموقع – الزمن) ومُنحنى (السرعة المُتّجهة – الزمن) مُختلفَين في حالة التسارُع الثابت والسُرعة المُتّجهة الثابتة. بمجرّد أن يفهم الطلاب شكل كلّ مُنحنى، سيجدون أنّ التّمييز بينهما أصبح أسهل.

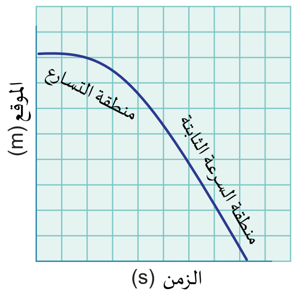
**2.** اعرض للطلّاب الأشكال المُختلفة المُوضحّة في **الشكل 2-51** واطلب إليهم تصنيفها إلى سرعة مُتّجهة ثابتة أو تسارُع ثابت.

**3.** اطلب إلى الطلاب رسم مُنحنى (الموقع – الزمن) في الحالات الآتية:

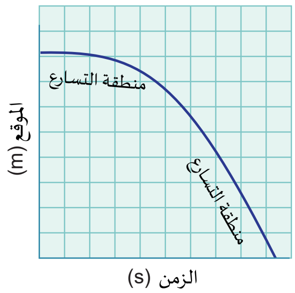
- سقوط حجر من بناء مُرتفع.
- سقوط الحجر السابق نفسه من بناء مرتفع، لكن مع إهمال مقاومة الهواء.
- سيّارة تتسارع لتصطدم بجدار.

**4.** والآن اطلب إلى الطلاب رسم مُنحنى (السرعة المُتّجهة – الزمن) للحالات السابقة نفسها.

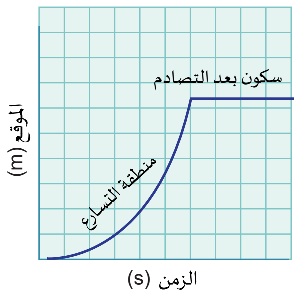
**5.** قد يختار الطلاب الإحداثيات المناسبة من خلال التوصيف الذي يُقدّمه السؤال.



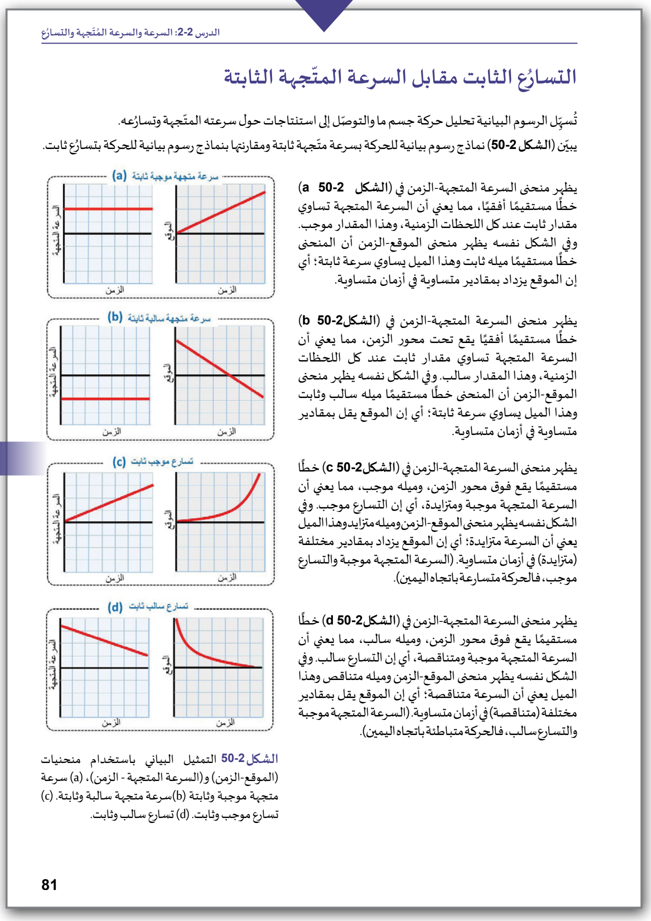
سقوط حجر مع مقاومة الهواء



سقوط حجر بإهمال مقاومة الهواء



سيارة تتسارع ثم تصطدم بجدار



الدرس 2-2: السرعة والسرعة المُتّجهة والتسارُع

### التسارُع الثابت مقابل السرعة المتّجهة الثابتة

تُسهّل الرسوم البيانية تحليل حركة جسم ما والتوصّل إلى استنتاجات حول سرعته المتّجهة وتسارُعه.

يبيّن (**الشكل 2-50**) نماذج رسوم بيانية للحركة بسرعة متّجهة ثابتة ومقارنتها بنماذج رسوم بيانية للحركة بتسارُع ثابت.

يظهر منحنى السرعة المتجهة-الزمن في (**الشكل 2-50 a**) خطًا مستقيمًا أفقيًا، مما يعني أن السرعة المتجهة تساوي مقدار ثابت عند كل اللحظات الزمنية، وهذا المقدار موجب. وفي الشكل نفسه يظهر منحنى الموقع-الزمن أن المنحنى خطًا مستقيمًا ميله ثابت وهذا الميل يساوي سرعة ثابتة؛ أي إن الموقع يزداد بمقادير متساوية في أزمان متساوية.

يظهر منحنى السرعة المتجهة-الزمن في (**الشكل 2-50 b**) خطًا مستقيمًا أفقيًا يقع تحت محور الزمن، مما يعني أن السرعة المتجهة تساوي مقدار ثابت عند كل اللحظات الزمنية، وهذا المقدار سالب. وفي الشكل نفسه يظهر منحنى الموقع-الزمن أن المنحنى خطًا مستقيمًا ميله سالب وثابت وهذا الميل يساوي سرعة ثابتة؛ أي إن الموقع يقل بمقادير متساوية في أزمان متساوية.

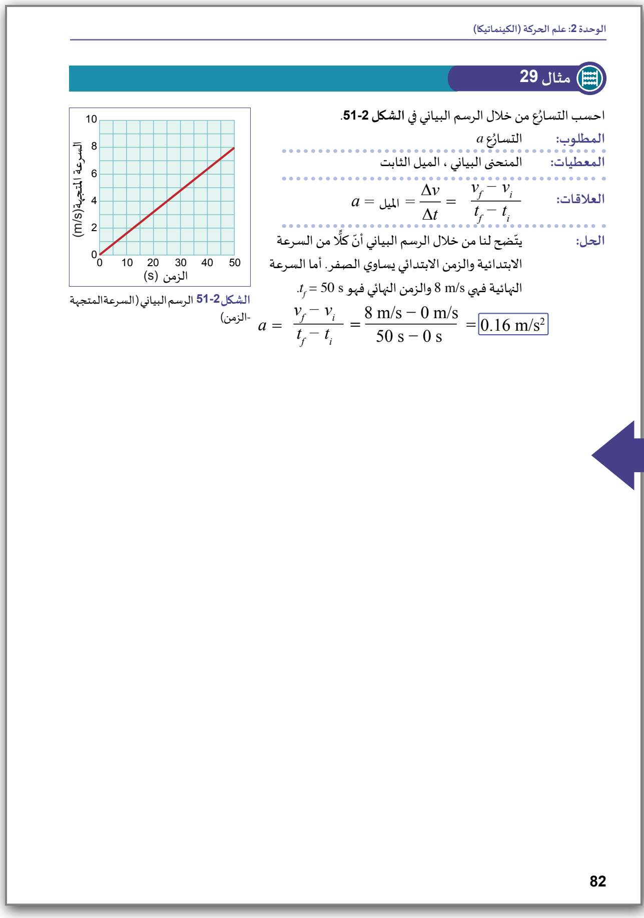
يظهر منحنى السرعة المتجهة-الزمن في (**الشكل 2-50 c**) خطًا مستقيمًا يقع فوق محور الزمن، وميله موجب، مما يعني أن السرعة المتجهة موجبة ومتزايدة، أي إن التسارع موجب. وفي الشكل نفسه يظهر منحنى الموقع-الزمن وميله متزايد وهذا الميل يعني أن السرعة متزايدة؛ أي إن الموقع يزداد بمقادير مختلفة (متزايدة) في أزمان متساوية. (السرعة المتجهة موجبة والتسارع موجب، فالحركة متسارعة باتجاه اليمين).

يظهر منحنى السرعة المتجهة-الزمن في (**الشكل 2-50 d**) خطًا مستقيمًا يقع فوق محور الزمن، وميله سالب، مما يعني أن السرعة المتجهة موجبة ومتناقصة، أي إن التسارع سالب. وفي الشكل نفسه يظهر منحنى الموقع-الزمن وميله متناقص وهذا الميل يعني أن السرعة متناقصة؛ أي إن الموقع يقل بمقادير مختلفة (متناقصة) في أزمان متساوية. (السرعة المتجهة موجبة والتسارع سالب، فالحركة متباطئة باتجاه اليمين).

(a) سرعة متجهة موجبة ثابتة
(b) سرعة متجهة سالبة ثابتة
(c) تسارع موجب ثابت
(d) تسارع سالب ثابت
السرعة المتجهة — الموقع — الزمن

**الشكل 2-50** التمثيل البياني باستخدام منحنيات (الموقع-الزمن) و(السرعة المتجهة - الزمن)، (a) سرعة متجهة موجبة وثابتة (b) سرعة متجهة سالبة وثابتة. (c) تسارع موجب وثابت. (d) تسارع سالب وثابت.

81



الوحدة 2: علم الحركة (الكينماتيكا)

**مثال 29**

احسب التسارُع من خلال الرسم البياني في **الشكل 2-51**.

**المطلوب:** التسارُع $a$

**المعطيات:** المنحنى البياني ، الميل الثابت

**العلاقات:** $a = \text{الميل} = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} = \dfrac{v_f - v_i}{t_f - t_i}$

**الحل:** يتّضح لنا من خلال الرسم البياني أنّ كلًّا من السرعة الابتدائية والزمن الابتدائي يساوي الصفر. أما السرعة النهائية فهي 8 m/s والزمن النهائي فهو $t_f = 50\ s$.

$$a = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i} = \frac{8\ m/s - 0\ m/s}{50\ s - 0\ s} = \boxed{0.16\ m/s^2}$$

السرعة المتجهة (m/s)
الزمن (s)
0 10 20 30 40 50
0 2 4 6 8 10

**الشكل 2-51** الرسم البياني (السرعة المتجهة -الزمن)

82

## الحركة المُتسارعة المُنتظمة

1. يُمكننا بطريقة مُشابهة للطريقة التي اتّبعناها في إعادة ترتيب مُعادلة السرعة المُتّجهة للحصول على الموقع النهائي لجسم مُتحرّك، أن نُعيد ترتيب معادلة التسارُع لإيجاد السرعة المُتّجهة النهائية لجسم. وهي مُناسبة فقط في حالة التسارُع الثابت.
2. يُعدّ فهم كلتا المُعادلتَين أمرًا بالغ الأهميّة، فهو يُساعدنا على اشتقاق معادلات الحركة الأخرى.
3. يُمكن استخدام المثال 31 كتمرين على المُعادلة 2-9.

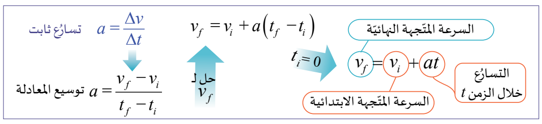
## الموقع في الحركة المُتسارعة

1. تعلّمنا أنّ المساحة تحت مُنحنى (السرعة المُتّجهة – الزمن) تساوي المسافة المقطوعة. عندما نتعامل مع الحركة المُتسارعة، بإمكاننا تجزئة شكل المُنحنى إلى أجزاء هندسية مُنتظمة مُتعددة.
2. يكون في مُعظم الحالات واحد من تلك الأجزاء مثلّثًا. لذلك راجع معادلة مساحة المثلّث مع الطلاب.
3. تكون قاعدة المُثلّث في هذه الحالة هي الزمن وارتفاعه هو التغيّر في السرعة المُتّجهة (التسارع).

الوحدة 2: علم الحركة (الكينماتيكا)

### الحركة المُتسارِعة المُنتظمة
### السرعة المتجهة في الحركة المتسارعة

عندما يكون التسارُع ثابتًا، يمكن استخدام معادلة التسارُع لحساب السرعة المتّجهة.




**الشكل 2-52** اشتقاق السرعة المتّجهة عندما يكون التسارُع ثابتًا.

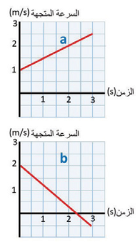
نلاحظ أنّ إعادة ترتيب المعادلة في **الشكل 2-52** تقودنا إلى إيجاد السرعة المتّجهة النهائية عندما تكون كل من السرعة المتّجهة الابتدائية والزمن اللازم والتسارُع الثابت جميعها معروفة. نرى أن Δt تساوي t لأننا نفترض أن الزمن الابتدائي يساوي 0. والمعادلة الجديدة لحساب السرعة المتّجهة عندما يكون التسارُع الثابت معروفًا يُعبّر عنها **بالمعادلة 2-9**.

| 9-2 | السرعة المتّجهة في التسارُع المُنتظم | $v_f$ | السرعة المُتجهة النهائيّة (m/s) |
|---|---|---|---|
| | $v_f=v_i+at$ | $v_i$ | السرعة المتّجهة الابتدائية (m/s) |
| | | $a$ | التسارُع ($m/s^2$) |
| | | $t$ | الزمن (s) |

**مثال 31**

a. تتحرّك عربة بسرعة 1 m/s فتصل إلى طريقٍ منحدرٍ في أسفل تلّ، فتتحرّك عليه بتسارُع $0.5\ m/s^2$. ما سرعة العربة بعد 3 s من بدء تسارُعها؟

b. تتحرّك عربة بسرعة 2 m/s على طول سطح مستوٍ، فتصل إلى طريقٍ منحدرٍ أعلى تلّ، فتتحرّك عليه بتسارُع $-0.5\ m/s^2$. ما سرعة العربة بعد 3 s من بدء صعود التلّ؟




**المطلوب:** السرعة المتّجهة $v$

**المُعطيات:** a. السرعة الابتدائية $v_i = 1\ m/s$
التسارُع $a = 0.5\ m/s^2$، والزمن $t = 3\ s$.
b. السرعة الإبتدائيّة $v_i = 2\ m/s$
التسارُع $a = -0.5\ m/s^2$، والزمن $t = 3\ s$.

**العلاقات:** $v_f = v_i + at$

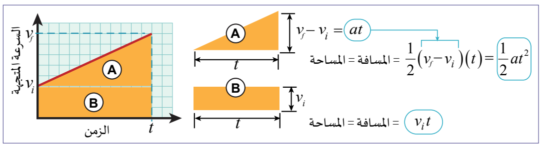
**الحلّ:** a. $v_f = (1) + (0.5)(3) = \boxed{2.5\ m/s}$
b. $v_f = (2) + (-0.5)(3) = \boxed{0.5\ m/s}$

84

الدرس 2-2: السرعة والسرعة المُتّجهة والتسارُع

### الموقع في الحركة المُتسارِعة

إذا طبّقنا ما تعلّمناه عن الموقع والسرعة المتّجهة والزمن والتسارُع، يمكننا تطوير معادلة واحدة تربط بين تلك الكمّيات جميعها. تخيّل جسمًا متحرّكًا بسرعة متّجهة ابتدائية $v_i$ ويخضع لتسارُع ثابت، كما في (**الشكل 2-53**). سوف تزداد السرعة المتّجهة في الزمن t من $v_i$ إلى $v_f$ وتكون المسافة المقطوعة على مُنحنى (السرعة المتّجهة – الزمن) مساوية للمساحة الواقعة في أسفل مُنحنى الرسم البياني. وبالتالي، فإنّ المسافة التي يقطعها الجسم بين الزمن t = 0 والزمن t في هذه الحالة هي المساحة المظلّلة على الرسم البياني.




**الشكل 2-53** اشتقاق المسافة عندما يكون التسارُع ثابتًا.

تُقسم المساحة تحت مُنحنى (السرعة المتّجهة – الزمن) إلى شكلَين: مثلّث ومستطيل. مساحة المثلّث = $\frac{1}{2}$ القاعدة × الارتفاع. في المثلّث A تكون هذه المساحة $\frac{1}{2}(v_f - v_i)\,t$ . ونحن نعلم أيضًا أن التغيّر في السرعة المتّجهة هو التسارُع × الزمن، لذلك، فإنّ $v_f - v_i = at$. إذن، مساحة المثلّث A هي $\frac{1}{2}at^2$ .

وإذا علمنا أنّ مساحة المستطيل B هي $v_i t$، والمساحة تحت مُنحنى (السرعة المتّجهة – الزمن) تساوي المسافة، فإنّ إضافة مساحة المثلّث إلى مساحة المستطيل تعطينا النتيجة الآتية:

$$d = v_i t + \frac{1}{2}at^2$$

تمكّننا هذه المعادلة من حساب المسافة الكلّية للرحلة. ومع ذلك، فإن المسافة الكلّية المقطوعة هي $d = x_f - x_i$.

يؤدّي تعويض هذا التعبير عن المسافة إلى **المعادلة 2-11**، والتي تربط الموقع النهائي $x_f$ في أيّ زمن $t$ بالموقع الابتدائي

| 10-2 | الموقع في الحركة المُتسارِعة | $x_f$ | الموقع النهائي (m) |
|---|---|---|---|
| | $x_f = x_i + v_i t + \frac{1}{2}at^2$ | $x_i$ | الموقع الابتدائي (m) |
| | | $v_i$ | السرعة المتّجهة الابتدائية (m/s) |
| | | $a$ | التسارُع ($m/s^2$) |
| | | $t$ | الزمن (s) |

لاحظ أن معادلة الموقع النهائي لجسم ما بسبب الحركة المُتسارِعة هو مجموع الموقع الابتدائي والمسافات المقطوعة.

- $x_i$ هو الموقع الابتدائي للجسم.
- $v_i t$ هي المسافة المقطوعة بسرعة ثابتة.
- $\frac{1}{2}at^2$ هي المسافة الإضافية التي تُقطع بسبب التسارُع.

85

## الأمثلة

1. وجّه الطلاب إلى حلّ المثالَين 32 و 33.
2. يقوم الطلاب بحلّ نموذج آخر على غرار المثال 33 من خلال تغيير التسارُع ليكون $7\ m/s^2$.
3. يُمكن تقليل الزمن في المثال 32 ليكون 1 s ليقوم الطلاب بحلّ المثال بعد تعديله.

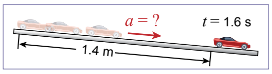
## الموقع في الحركة المُتسارعة

1. يمكن حساب الموقع النهائي في الحركة المُتسارعة من دون استخدام التسارُع.
2. عندما لا يكون التسارُع معلومًا، يُمكننا تعويض كلّ من السرعة المُتّجهة النهائية والسرعة المُتّجهة الابتدائية في المعادلة نفسها لحساب الموقع النهائي.
3. تُستخدم هذه المعادلة بشكل شائع لحساب الزمن، لأنّ من المُمكن إعادة ترتيبها للحصول عليه، كما هو مُوضّح في المثال 34.



### مثال 32

تبدأ سيّارة لعبة الحركة من السكون عند قمّة سطح مائل. ما التسارُع، إذا قطعت السيّارة 1.4 m على المُنحدَر في 1.6 s؟




الشكل 2-55 رسم توضيحي للمثال.

**المطلوب:** التسارُع a

**المعطيات:** $x = 1.4\ m$، الزمن $t = 1.6\ s$ $\quad v_i = 0,\ x_i = 0,$

**العلاقات:** $x_f = x_i + v_i t + \frac{1}{2} at^2$

**الحل:** كل من السرعة المتّجهة الابتدائية والموقع يساوي الصفر.

$$x_f = x_i + v_i t + \frac{1}{2} at^2$$

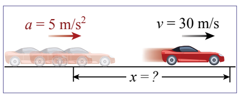
$$(1.4\text{m}) = 0\text{ m} + (0\text{ m/s})(1.6\text{ s}) + \frac{1}{2}(a\text{ m/s}^2)(1.6\text{ s})^2$$

$$2(1.4)\text{m} = (a\text{ m/s}^2)(1.6\text{ s})^2$$

$$a = \frac{2(1.4)\text{m}}{(1.6\text{ s})^2} = 1.09\text{ m/s}^2$$

### مثال 33

تبدأ سيّارة الحركة من السكون بتسارُع ثابت $5\ m/s^2$. ما المسافة التي تقطعها السيّارة قبل أن تصل سرعتها إلى 30 m/s؟




الشكل 2-54 رسم توضيحي للمثال.

**المطلوب:** المسافة $x$

**المعطيات:** التسارُع $a = 5\ m/s^2$؛ $v_i = 0$

السرعة النهائية $v_f = 30\ m/s$

**العلاقات:** $v_f = v_i + at \quad , \quad x_f = x_i + v_i t + \frac{1}{2} at^2$

**الحل:** السرعة الابتدائية صفر .

$$t = \frac{v_f - v_i}{a} = \frac{30\text{ m/s} - 0\text{ m/s}}{5\text{m/s}^2} = 6\text{ s}$$

$$x_f = x_i + v_i t + \frac{1}{2} at^2$$

$$x_f = 0\text{ m} + (0\text{ m/s})(6\text{ s}) + \frac{1}{2}(5\text{ m/s}^2)(6\text{ s})^2 = 90\text{ m}$$





### الموقع في الحركة المُتسارِعة

يمكن تعديل معادلة الحركة من أجل حساب الموقع إذا لم يكن التسارُع معلومًا، لكن بمعلومية كل من السرعة المتّجة النهائية و السرعة المتّجة الابتدائية. وللحصول عليها نستخدم **المعادلة 2-11**:

$$x = x_i + v_i t + \frac{1}{2}at^2$$

نفترض أنّ الحركة قد بدأت عند اللحظة $t = 0$، ونحن نعلم أن التسارُع هو التغيّر في السرعة المتّجة مقسومًا على الزمن أو $a = \frac{v_f - v_i}{t}$ . بتعويض التسارُع في معادلة الموقع السابقة نجد:

$$x = x_i + v_i t + \frac{1}{2}\left(\frac{v_f - v_i}{t}\right)t^2$$

$$= x_i + v_i t + \frac{1}{2}v_f t - \frac{1}{2}v_i t$$

وبإجراء تبسيط للمعادلة نحصل على **المعادلة 2-11**. تُفيد هذه المعادلة في حل المسائل التي يكون فيها التسارُع مجهولاً.

| 2-11 | الموقع عندما يكون التسارُع مجهولاً | | |
|---|---|---|---|
| | $x_f = x_i + \frac{1}{2}(v_i + v_f)t$ | $x_f$ | الموقع النهائي (m) |
| | | $x_i$ | الموقع الابتدائي (m) |
| | | $v_i$ | السرعة المتّجة الابتدائية (m/s) |
| | | $v_f$ | السرعة المتّجة النهائية (m/s) |
| | | $t$ | الزمن (s) |

### مثال 34

تتحرّك سيّارة بسرعة 20 m/s. يضغط السائق على المكابح فتتوقف بعد أن تقطع 30 m. إذا علمت أنّ تسارُع السيّارة ثابت، فما المدة التي استغرقتها السيّارة لتتوقّف؟

**المطلوب:** الزمن $t$

**المعطيات:** السرعة المتّجة الابتدائية $v_i = 20\ m/s$

السرعة المتّجة النهائية $v_f = 0\ m/s$

الإزاحة $x_f - x_i = 30\ m$

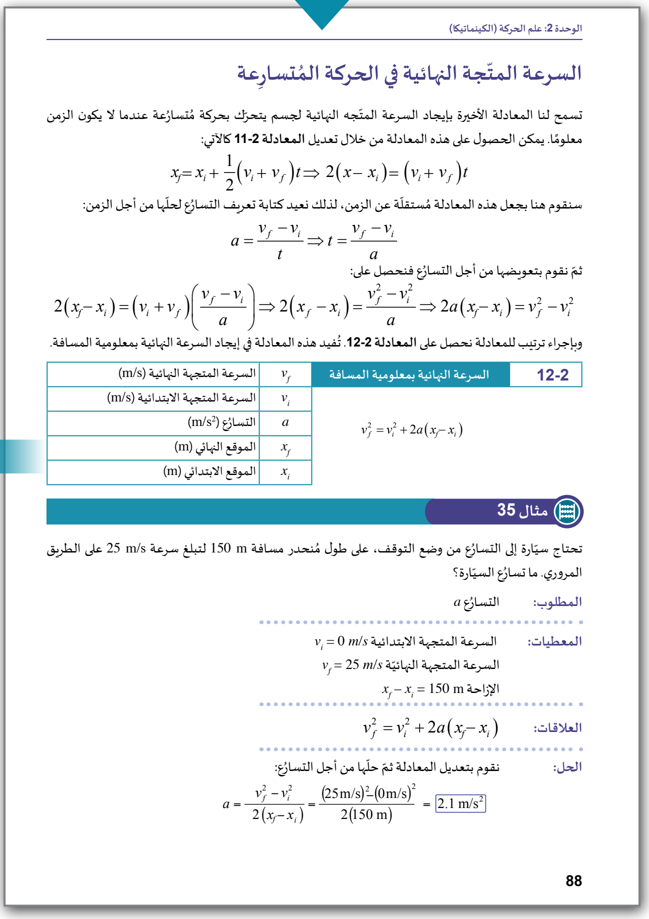
**العلاقات:** $x_f = x_i + \frac{1}{2}(v_i + v_f)t$

**الحل:** نقوم بتعديل المعادلة ثمّ حلّها من أجل الزمن:

$$t = 2\left(\frac{x_f - x_i}{v_i + v_f}\right) = 2\left(\frac{30\text{m} - 0\text{m}}{20\text{m/s} + 0\text{m/s}}\right) = \boxed{3\text{ s}}$$

## السرعة المتّجهة النهائية في الحركة المُتسارِعة

1. استطعنا إلى الآن تغطية العديد من المعادلات، وقد تكون قد أربكت بعض الطلاب. لذلك سيكون من المفيد كتابة جميع المعادلات على السبّورة، حتّى يتسنّى للطلاب التّمييز بينها.
2. تُستخدم **المعادلة 2-12** في حال كون السرعة المتّجهة النهائية مجهولة، وكون كلّ من السرعة المُتّجهة الابتدائية، والموقع الابتدائي، والموقع النهائي والتسارع معلومًا.
3. نجد أنّ الفرق بين الموقع النهائي والموقع الابتدائي يساوي المسافة المقطوعة. لذلك يُمكن جعل هذه المعادلة تبدو أبسط في حال استخدامنا المسافة بدلاً منهما.
4. تسمح الأمثلة المطروحة بحساب التسارُع والمسافة المقطوعة.
5. يُمكن إثراء الأمثلة من خلال الطلب إلى الطلاب إيجاد الزمن في كِلا المثالين 36 و 37. هل تتوفّر لدينا معادلة تسمح لنا بذلك؟


الوحدة 2: علم الحركة (الكينماتيكا)

### السرعة المتّجهة النهائية في الحركة المُتسارِعة

تسمح لنا المعادلة الأخيرة بإيجاد السرعة المتّجه النهائية لجسم يتحرّك بحركة مُتسارُعة عندما لا يكون الزمن معلومًا. يمكن الحصول على هذه المعادلة من خلال تعديل **المعادلة 2-11** كالآتي:

$$x_f = x_i + \frac{1}{2}(v_i + v_f)t \Rightarrow 2(x - x_i) = (v_i + v_f)t$$

سنقوم هنا بجعل هذه المعادلة مُستقلّة عن الزمن، لذلك نعيد كتابة تعريف التسارُع لحلّها من أجل الزمن:

$$a = \frac{v_f - v_i}{t} \Rightarrow t = \frac{v_f - v_i}{a}$$

ثمّ نقوم بتعويضها من أجل التسارُع فنحصل على:

$$2(x_f - x_i) = (v_i + v_f)\left(\frac{v_f - v_i}{a}\right) \Rightarrow 2(x_f - x_i) = \frac{v_f^2 - v_i^2}{a} \Rightarrow 2a(x_f - x_i) = v_f^2 - v_i^2$$

وبإجراء ترتيب للمعادلة نحصل على **المعادلة 2-12**. تُفيد هذه المعادلة في إيجاد السرعة النهائية بمعلومية المسافة.

| 12-2 | السرعة النهائية بمعلومية المسافة | | |
|---|---|---|---|
| | $v_f^2 = v_i^2 + 2a(x_f - x_i)$ | $v_f$ | السرعة المتجهة النهائية (m/s) |
| | | $v_i$ | السرعة المتجهة الابتدائية (m/s) |
| | | $a$ | التسارُع ($m/s^2$) |
| | | $x_f$ | الموقع النهائي (m) |
| | | $x_i$ | الموقع الابتدائي (m) |

**مثال 35**

تحتاج سيّارة إلى التسارُع من وضع التوقف، على طول مُنحدر مسافة 150 m لتبلغ سرعة 25 m/s على الطريق المروري. ما تسارُع السيّارة؟

**المطلوب:** التسارُع $a$

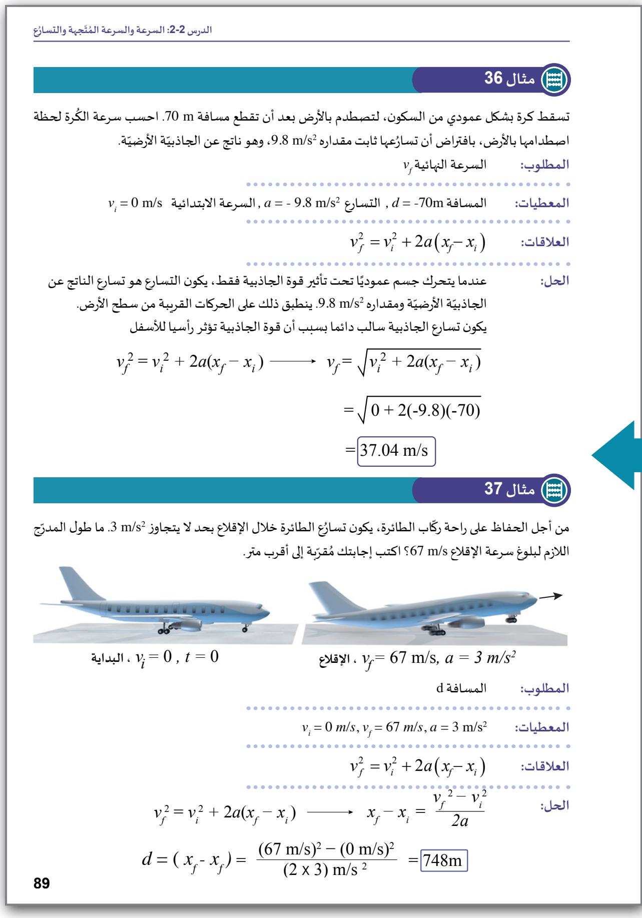
**المعطيات:** السرعة المتجهة الابتدائية $v_i = 0\ m/s$
السرعة المتجهة النهائيّة $v_f = 25\ m/s$
الإزاحة $x_f - x_i = 150\ m$

**العلاقات:** $v_f^2 = v_i^2 + 2a(x_f - x_i)$

**الحل:** نقوم بتعديل المعادلة ثمّ حلّها من أجل التسارُع:

$$a = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2(x_f - x_i)} = \frac{(25\,m/s)^2 - (0\,m/s)^2}{2(150\ m)} = \boxed{2.1\ m/s^2}$$

88


الدرس 2-2: السرعة والسرعة المُتّجهة والتسارُع

**مثال 36**

تسقط كرة بشكل عمودي من السكون، لتصطدم بالأرض بعد أن تقطع مسافة 70 m. احسب سرعة الكُرة لحظة اصطدامها بالأرض، بافتراض أن تسارُعها ثابت مقداره $9.8\ m/s^2$، وهو ناتج عن الجاذبيّة الأرضيّة.

**المطلوب:** السرعة النهائية $v_f$

**المعطيات:** المسافة $d = -70m$ , التسارع $a = -9.8\ m/s^2$ , السرعة الابتدائية $v_i = 0\ m/s$

**العلاقات:** $v_f^2 = v_i^2 + 2a(x_f - x_i)$

**الحل:** عندما يتحرك جسم عموديًا تحت تأثير قوة الجاذبية فقط، يكون التسارع هو تسارع الناتج عن الجاذبيّة الأرضيّة ومقداره $9.8\ m/s^2$. ينطبق ذلك على الحركات القريبة من سطح الأرض.
يكون تسارع الجاذبية سالب دائما بسبب أن قوة الجاذبية تؤثر رأسيا للأسفل

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a(x_f - x_i) \longrightarrow v_f = \sqrt{v_i^2 + 2a(x_f - x_i)}$$

$$= \sqrt{0 + 2(-9.8)(-70)}$$

$$= \boxed{37.04\ m/s}$$

**مثال 37**

من أجل الحفاظ على راحة ركّاب الطائرة، يكون تسارُع الطائرة خلال الإقلاع بحد لا يتجاوز $3\ m/s^2$. ما طول المدرّج اللازم لبلوغ سرعة الإقلاع 67 m/s؟ اكتب إجابتك مُقرّبة إلى أقرب متر.

البداية ، $v_i = 0$ , $t = 0$

الإقلاع ، $v_f = 67\ m/s,\ a = 3\ m/s^2$

**المطلوب:** المسافة d

**المعطيات:** $v_i = 0\ m/s, v_f = 67\ m/s, a = 3\ m/s^2$

**العلاقات:** $v_f^2 = v_i^2 + 2a(x_f - x_i)$

**الحل:**

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a(x_f - x_i) \longrightarrow x_f - x_i = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2a}$$

$$d = (x_f - x_f) = \frac{(67\ m/s)^2 - (0\ m/s)^2}{(2 \times 3)\ m/s^2} = \boxed{748m}$$

89

## نشاط 2-2 تحليل الرسوم البيانيّة للحركة

**الإجابات/ عيّنة بيانات**

**المواد المطلوبة:** مستشعر حركة، برمجيات، عصا متريّة، أوراق رسم بياني، حاسوب.

صُمّم نشاط التوسّع هذا لتحقيق مُخرج التعلّم P1003.2-3. سوف يستخدم الطلاب مستشعر الحركة ضمن مجموعات صغيرة. وسيقومون بإجراء توقُّعات ومقارنتها مع مُنحنياتها الحقيقيّة.

مُلاحظة: ستكون توقُّعات الطلاب مبنية على مُنحنيات مُنتظمة، لكن سيعرض مستشعر الحركة المُنحنيات نفسها بانتظام أقلّ، لأنّ الحركة لن تكون متواصلة.

### الأسئلة

**a.** ما السيناريو الذي أظهر تسارعًا؟

**يُمثّل السيناريو رقم 3 تسارعًا.**

**b.** اعرض مُنحنى (السرعة المُتّجهة – الزمن) لكل سيناريو. هل كانت سرعاتك المُتّجهة ثابتة؟

**سوف يجد الطلاب أنّ السّرعات المُتّجهة غير ثابتة على الأرجح.**




نشاط 2-2 تحليل الرسوم البيانية للحركة

| | |
|---|---|
| سؤال الاستقصاء | كيف يبدو الرسم البياني الفعلي للحركة؟ |
| الموادّ المطلوبة | مستشعر الحركة، برمجيات، عصا مترية، أوراق رسم بياني، حاسوب. |

الخطوات

1. يجب تنفيذ هذا النشاط في مجموعات ثنائية.
2. ضع مستشعر الحركة على سطح مستوٍ، مثل طاولة، وأوصله بالبرمجية على الحاسوب.
3. حدّد خيار الرسوم البيانية، واحصل على مُنحنى (الموقع - الزمن).
4. توقّع شكل الرسم البياني لكل سيناريو مدرج أدناه.
5. اتبع خطوات السيناريو وقارن بين الرسم البياني الفعلي والرسم البياني المتوقّع.

السيناريو 1

يقف شخص على بعد 0.5 m من مستشعر الحركة، وينتظر لمدة 5 ثوانٍ ثم يبدأ بالتحرُّك بعيدًا عن المستشعر بسرعة قليلة ولكنّها ثابتة.

السيناريو 2

يقف شخص على بعد 0.5 m من مستشعر الحركة، وينتظر لمدة 5 ثوانٍ ثم يبدأ بالابتعاد عن المستشعر بسرعة قليلة، ولكنّها ثابتة. ويبدأ شخص آخر يقف على بعد 0.5 m الآن بالابتعاد عن المستشعر بسرعة ثابتة ولكنّها أكبر.

السيناريو 3

يقف شخص على بعد 0.5 m من مستشعر الحركة، وينتظر لمدة 5 ثوانٍ، ثم يبدأ بالابتعاد عن المستشعر بسرعة تزداد تدريجيًّا.

الأسئلة

a. ما السيناريو الذي أظهر تسارُعا؟
b. اعرض مُنحنى (السرعة المتّجهة – الزمن) لكلّ سيناريو. هل كانت السرعات المتّجهة ثابتة؟
c. كيف سيبدو مُنحنى (الموقع - الزمن) إذا كانت الحركة نحو مستشعر الحركة وليس بعيدًا عنه؟

90

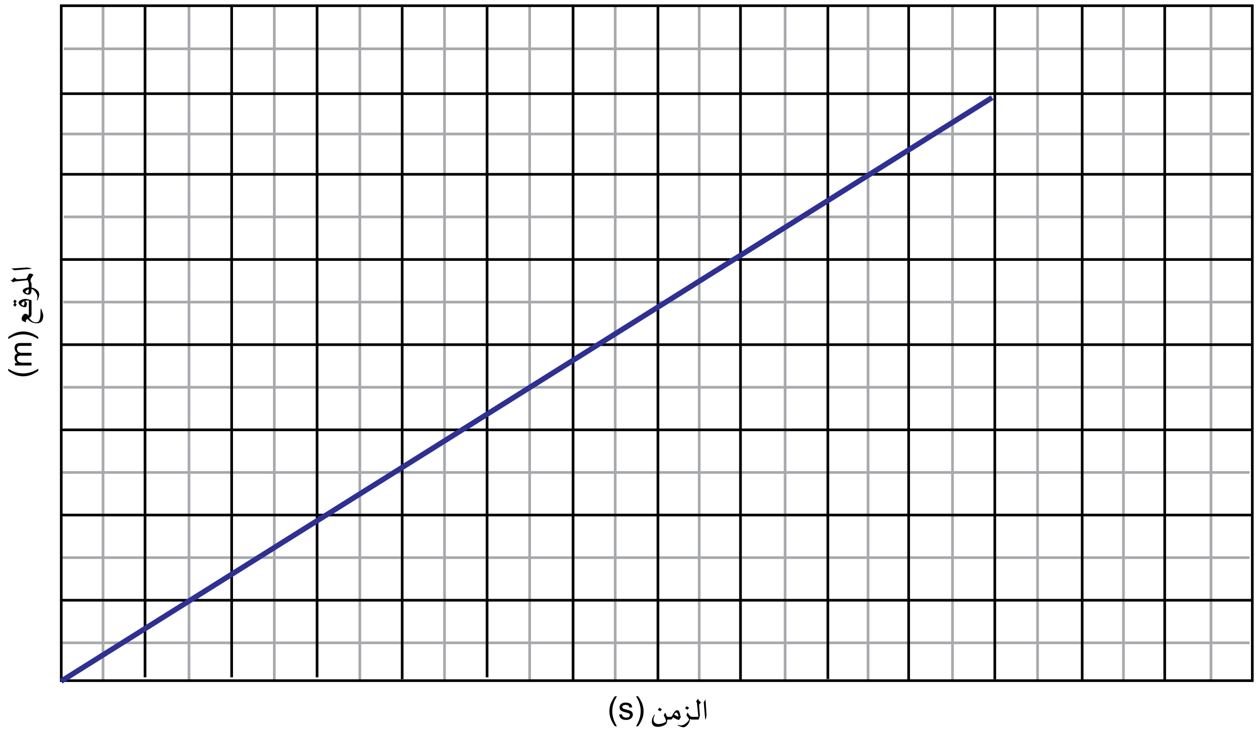
**c.** كيف سيبدو مُنحنى (الموقع – الزمن) إذا كانت الحركة نحو مستشعر الحركة وليس بعيدًا عنه؟

**سيكون ميل المُنحنى سالبًا.**

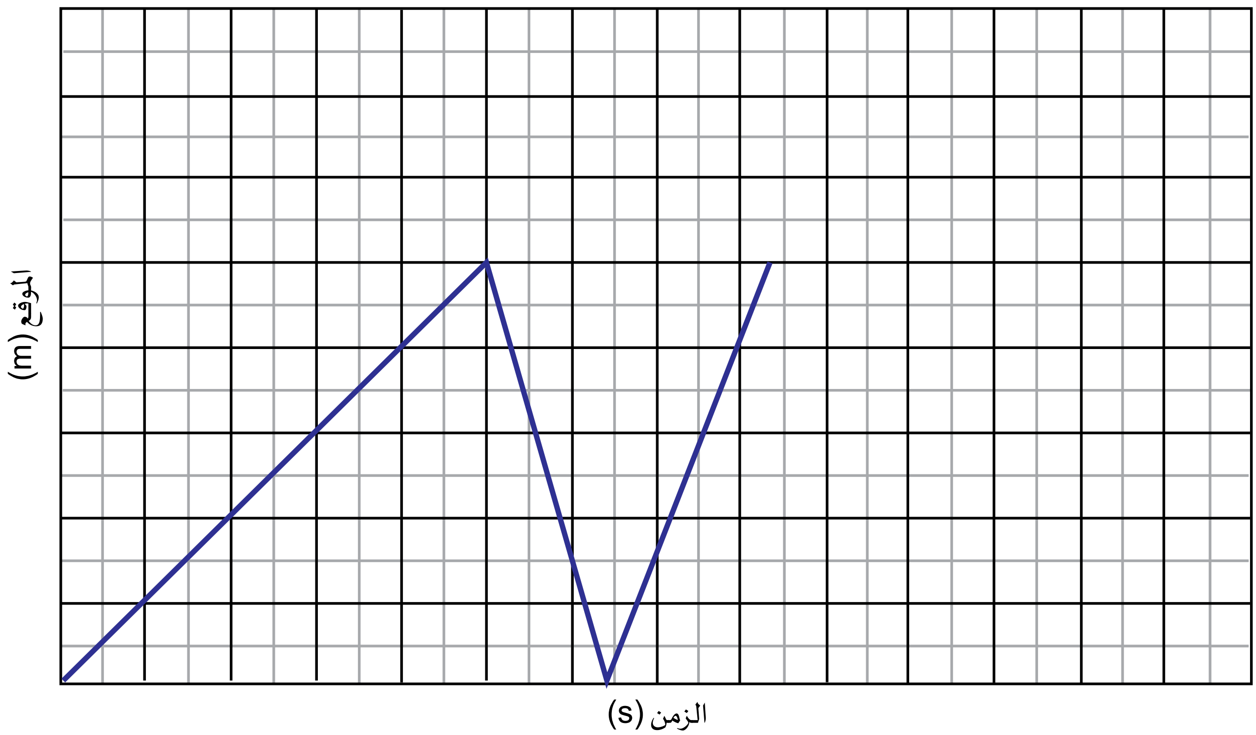
## نشاط 2-2 تحليل الرسوم البيانيّة للحركة - تابع

الإجابات/ عيّنة بيانات

### التوقع الأول



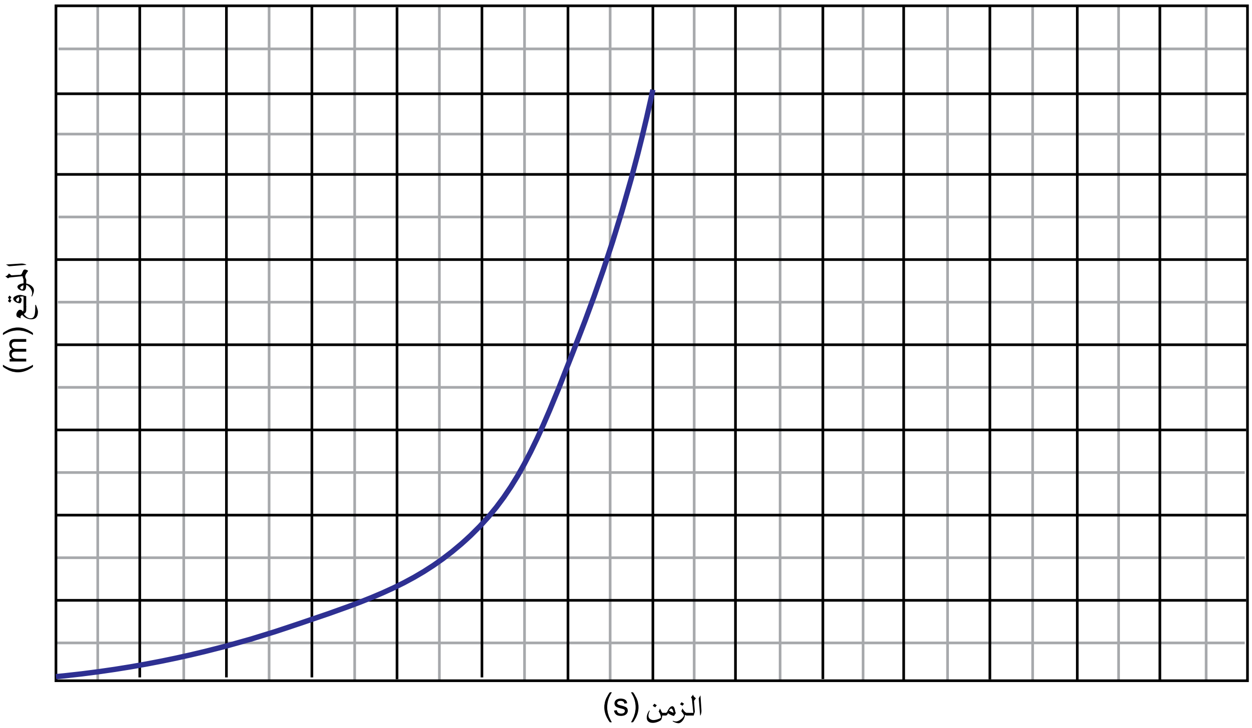

### التوقع الثاني



## نشاط 2-2 تحليل الرسوم البيانيّة للحركة - تابع

الإجابات/ عيّنة بيانات

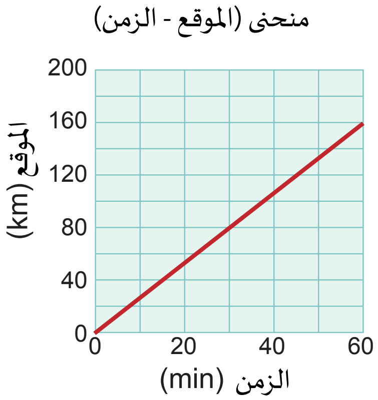
### التوقع الثالث



## تقويم الدّرس 2-2    الإجابات

1. ما الكمّية الفيزيائية التي تمثّلها المساحة تحت مُنحنى (السرعة المتّجهة – الزمن)؟
المسافة المقطوعة.

2. أجب عن الأسئلة الآتية باستخدام منحنى (الموقع -الزمن) المجاور:




a. ما المسافة الكلّية التي قطعتها المركبة؟
تبدأ المركبة من موقع 0 km، ولا تتحرّك إلى الخلف على الإطلاق. وتكون في نهاية الرحلة عند موقع 160 km، وبالتالي تكون المسافة الكُلّية المقطوعة 160 km.

b. ما المسافة التي تقطعها المركبة في الدقائق 30 الأولى؟
تقطع المركبة مسافة 80 km خلال 30 min.

c. ما متوسّط سرعة المركبة؟
متوسّط مَيل المُنحنى من البداية وحتّى النهاية هو:

$$\frac{160\ km - 0\ km}{60\ min - 0\ min} = 2.67\ km/min$$

أو: $2.67\ km/min \left(\frac{60\ min}{1\ h}\right) = 160\ km/hr$

d. ما المدة التي تلزم المركبة لكي تقطع مسافة 20 km؟
إذا كانت $v = \frac{d}{t}$ ، نُعيد ترتيبها لحساب t، فنحصل على: $t = \frac{d}{v}$ ، وبالتالي يكون:

$$t = \frac{20\ km}{2.67\ km/min} = 7.5\ min$$

3. تتحرّك سيّارة بسرعة ثابتة مقدارها 125 km/h لمُدّة 1.5 h. ثمّ تتوقف لمُدّة 0.5 h، وتُكمل طريقها بسرعة ثابتة جديدة $v_2$ لمُدّة 0.75 h.

a. إذا كانت المسافة الكلّية التي قطعتها السيّارة 265 km، فما مقدار السرعة $v_2$؟
بعد قطع الجزء الأول من الرحلة: $d_1 = vt$
$(125\ km/hr) \times (1.5\ hr) = 187.5\ km$
المسافة المقطوعة في الجزء الثاني: $d = 0$
هذا يعني أنّ السيّارة لديها $d_2 = 265\ km - 187.5\ km = 77.5\ km$ لتنطلق.
وعندما تقطع السيارة هذه المسافة خلال 0.75 hr، فإنها تقطعها بسرعة:

$$v_2 = \frac{d_2}{t} = \frac{77.5\ km}{0.75\ hr} = 103\ km/hr$$

## تقويم الدّرس 2-2 — الإجابات

**b.** ما السُرعة المتوسّطة للسيّارة خلال هذه الرحلة؟

الزمن الكلّي الذي تستغرقه السيّارة على الطريق هو:

$t_{total} = 1.5\ hr + 0.5\ hr + 0.75\ hr = 2.75\ hr$

إذا قطعت السيّارة مسافة كُلّية 265 km خلال هذا الزمن، تكون سرعتها المتوسّطة هي: $\dfrac{265\ km}{2.75\ hr} = 96.4\ km/hr$

**4.** يُرمى سهم مباشرة إلى الأعلى ليعود ويسقط على الأرض بعد 5 s. إذا علمت أنّ تسارُع السهم هو $9.8\ m/s^2$ باتّجاه الأسفل، احسب السرعة المتّجهة الابتدائيّة للسهم.

$$t = \frac{5}{2} = 2.5\ s$$

$$v_f = v_i + a_t$$

$$0 = v_i - 9.8(2.5) = 24.5\ m/s$$

**5.** إذا طار طائر بسرعة متّجهة ثابتة 125 m/s، فما تسارُعه في الثواني 5 s الأولى؟

بما أنّ سرعته المُتّجهة «ثابتة»، فلن يكون لديه تسارُع $(a = 0)$.

**6.** بدأت سيّارة حركتها بسرعة 15 m/s إلى أسفل تلّ بتسارُع $3\ m/s^2$ لمُدّة 4 s. ما السرعة المتّجهة التي تسير بها عند أسفل التلّ؟

$v_f = v_i + at = 15 + (3)(4) = 27\ m/s$.

**7.** تسير سيّارة بسرعة 15 m/s في خطّ مستقيم بتسارُع $2\ m/s^2$ لمُدّة 5 s. ما متّجه سرعة السيّارة النهائية؟

$v_f = v_i + at = 15 + (2)(5) = 25\ m/s$.

**8.** حمار وحشي في حالة سكون يبعد 60 m عن أسد يعدو نحوه بسرعة مُنتظمة 17 m/s. إذا هرب الحمار بتسارُع $2\ m/s^2$، فهل سيتمكّن الأسد من الإمساك به؟

إزاحة الأسد هي: $x = vt$ وبالتالي: $x_l = 17t$

إزاحة الحمار الوحشي: $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ وبالتالي: $x_z = 60 + \frac{1}{2}(2)t^2$

سيُمسك الأسد بالحمار الوحشي عندما تكون المعادلتان مُتساويتَين:

$$17t = 60 + \frac{1}{2}(2)t^2$$

$$0 = t^2 - 17t + 60$$

$$0 = (t-5)(t-12)$$

وبالتالي تكون $t = 5\ s$ أو $t = 12\ s$.

سيتمكّن الأسد من الإمساك بالحمار الوحشي عند: $t = 5\ s$.

## إعادة تدريس

1. حتّى يتمكّن الطلاب من تذكّر واستخدام مُعظم المُعادلات التي تعلّموها، اطلب إليهم صنع بطاقات لهذه المعادلات، بمعدّل بطاقة لكلّ مُعادلة. يكتب الطلاب أسفل كلّ معادلة المُتغيّرات الواردة فيها وأيّ مُلاحظة تُمكّنهم من تذكّر هذه المُعادلات واستخدامها.
2. عندما تكون السرعة ثابتة، تكون جميع معادلات السرعة، والسرعة المُتّجهة، والسرعة المتوسّطة، والموقع النهائي، معادلات للسرعة المُتّجهة الثابتة (المُنتظمة).
3. يكتب الطلاب مجموعة مُعادلات الحركة المُتسارعة، وهي التسارُع، والسرعة النهائيّة، والموقع النهائي عندما يكون كلّ من التسارُع والزمن معلومًا.
4. تتمثّل المعادلات الأخرى في: الموقع النهائي عندما يكون التسارُع معلومًا، والسرعة المُتّجهة النهائيّة عندما يكون الزمن معلومًا.
5. تُستخدم هذه البطاقات لمساعدة الطلاب على حلّ المسائل المُختلفة.

## إثراء

1. يستخدم الطلاب عربات مختبر أو سيّارت لَعِب في حال توفُّرها، لتتحرّك أمام مُستشعر الحركة، ويرسم مُنحنى (السرعة المُتّجة – الزمن).
2. استخدم المُنحنى الناتج عن تسارُع عربة أمام مُستشعر الحركة.
3. يُظلّل الطلاب من خلال المُنحنى المنطقة التي يكون فيها التسارع ثابتًا، والمناطق التي لا يكون فيها كذلك.
4. اطلب إلى الطلاب حساب المسافة النهائيّة المقطوعة باستخدام المساحة المحصورة أسفل المُنحنى، في المناطق المُختلفة.

## ملاحظات

## أسئلة مُتعدّدة الاختيارات

**.1** تتحرّك كرة على بُعد +5 m من نقطة البداية بمقدار -7 m. ما موقع الكرة؟

الموقع يساوي:

$$x_2 = x_1 + s = 5 - 7 = -2 \text{ m}$$

**.a** -2 m

**.2** تبدأ نملة من نقطة -5 m بالحركة 10 m إلى اليسار و 25 m إلى اليمين و 30 m إلى اليسار و 5 m إلى اليمين. فإذا كان المحور x الموجب إلى اليمين، فما هو الموقع النهائي للنملة والإزاحة الكلّية لها؟

الموقع:

$$x_2 = -5 - 10 + 25 - 30 + 5 = -15 \text{ m}$$

الإزاحة:

$$S = X_2 - X_1 = -15 - (-5) = -10 \text{ m}$$

**.d** الموقع: -15 m؛ الإزاحة: -10 m.

**.3** أيّ ممّا يأتي لا يُعدّ خاصّية للإزاحة؟

**.c** تساوي الإزاحة المسافة الكلّية التي يقطعها جسم ما في حركته.

**.4** يسير طالب 5 m إلى اليمين لمدّة 6 s ثمّ 3 m إلى اليسار لمدّة 4 s التالية. ما السرعة المتّجهة المتوسّطة له في رحلته كاملةً؟

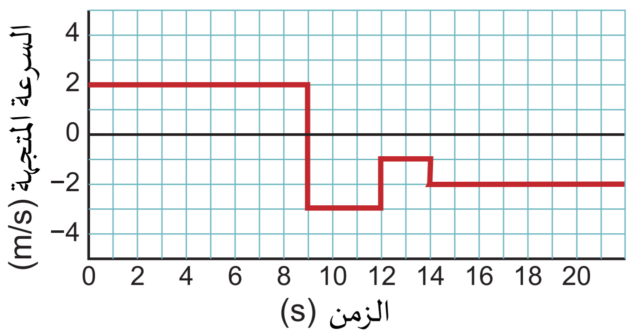
$$v = \frac{(5-3)}{(6+4)} = \frac{2}{10} = 0.2 \text{ m\textbackslash s}$$

**.b** 0.20 m/s

**.5** أيّ ممّا يأتي كمّية متّجهة؟

**.b** الإزاحة

**.6** يبيّن الشكل مُنحنى (السرعة المتّجهة – الزمن) لجزء من سباق الإحماء لأحد الطلّاب. ما مجموع إزاحة الطالب؟



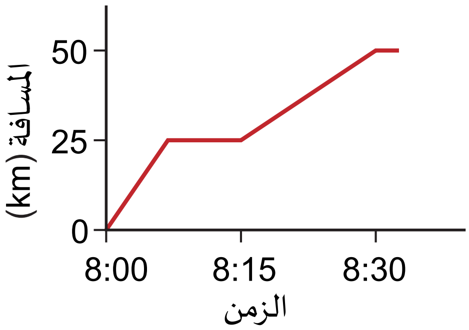

الإزاحة الكلية تساوي مجموع المساحة تحت المنحنى:

$$(9 \times 2) - (3 \times 3) - (2 \times 1) - (8 \times 2) = 18 - 9 - 2 - 16 = -9 \text{ m}$$

**.b** -9 m

.7 ماذا يُمثّل مَيل مُنحنى (الموقع – الزمن)؟

**.d السرعة المتّجهة**




.8 يقود رجل سيارته إلى العمل. أيٌّ ممّا يأتي هو التفسير المُرجَّح لمُنحنى (الموقع – الزمن) لقيادته، كما في الشكل المجاور؟

**.d تمّ توقيف الرجل في منتصف الطريق إلى العمل بسبب تجاوزه السرعة القصوى المحدّدة. وبعد مخالفته، قاد سيارته بالسرعة المحدّدة.**

.9 يركب أحمد المصعد فيصعد مسافة 50 m بشكل مستقيم في 5 s، ثمّ يهبط بشكل مستقيم لمسافة 70 m في 6 s. ما سرعته المتوسطة وما سرعته المُتّجهة المتوسّطة في الفترة 11 s؟

**السرعة المتوسطة:**

$$v = \frac{(50+70)}{(5+6)} = \frac{120}{11} = 10.9\ m\backslash s$$

**السرعة المتجهة المتوسطة:**

$$v = \frac{(50-70)}{(5+6)} = \frac{-20}{11} = -1.8\ m\backslash s$$

**.b السرعة المتوسطة 10.9 m/s ، السرعة المتجهة -1.82 m/s.**

## الدرس 2-1 الكمّيات المُتّجهة والكمّيات القياسية

.10 ما العلاقة بين المسافة والإزاحة المتّجهة؟

**المسافة هي مقدار مُتّجه الإزاحة.**

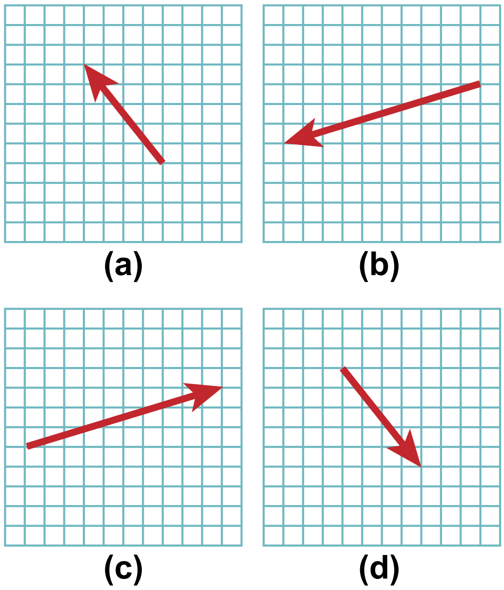
.11 صِفْ موقفًا يتحرّك فيه شخص مسافة 100 m مع أنّ إزاحته تساوي الصفر.

**تتوفّر عدّة إجابات، تتمثّل إحداها في شخص يتحرّك حول دائرة مُحيطها 100 m. وإجابة أخرى تتمثّل في شخص يتحرّك 50 m في خطّ مستقيم ليعود إلى نقطة البداية.**

.12 أنت تسير 10 km شمالًا و20 km جنوبًا و5 km شمالًا. خذ الشمال على أنّه اتّجاه y الموجب، حدّد متّجه الموقع الذي يصف موقعك على المحور y.

**10 km – 20 km + 5 km = –5 km**

**13.** ليكن لدينا المتّجه $\vec{X} = (3, 4)$ ، والمتّجه $\vec{Y} = (-7, 1)$ . أيُّ رسم بياني يبيّن $\vec{Y} - \vec{X}$؟




**الشكل (b)**

**14.** تسير بدءًا من $x_i = -5$ m يمينًا 10 m ثم يسارًا لمسافة 3 m. يصبح موقعك النهائي $x_f$. خذ اليمين على أنّه اتّجاه $x$ الموجب، صِفْ متّجه الإزاحة $\vec{d_t}$ الذي يصف التغيّر الكلّي للموقع.

**يُمكن إيجاد الموقع النهائي بإضافة الإزاحات إلى الموقع الابتدائي:**

$$x_f = x_i + d_1 + d_2 = -5\ m + 10\ m - 3\ m = +2\ m$$

**الإزاحة الكُلّيّة هي الفرق بين الموقع النهائي والموقع الابتدائي:**

$$d_t = x_f - x_i = 2\ m - (-5\ m) = +7\ m$$

**15.** ما المسافة التي تقطعها من موقع البداية، إذا اتّجهت 12 m شمالًا، ثمّ 18 m شرقًا، ثمّ 9 m غربًا؟

**المُركبة الأفقيّة: 18 – 9 = 9 m**

**المُركّبة العموديّة: 12 m**

$$D = \sqrt{12^2 + 9^2} = 15m$$

**16.** ما المسافة التي تقطعها إذا ركضت 80 m باتّجاه 45° شمال شرق؟

**بما أنّ الحركة في خطّ مستقيم و اتّجاه ثابت فإنّ المسافة تساوي الإزاحة، وتساوي 80 m.**

**17.** احسب مقدار القوّة التي تكون مُركّباتها $F_x = 12$ N ، $F_y = 16$ N.

$$F = \sqrt{12^2 + 16^2} = 20N$$

**18.** يطير طائر بسرعة 20 m/s باتّجاه °60 شمال- شرق. احسب مُركّبتَيّ السرعة المتّجهة للطائر.

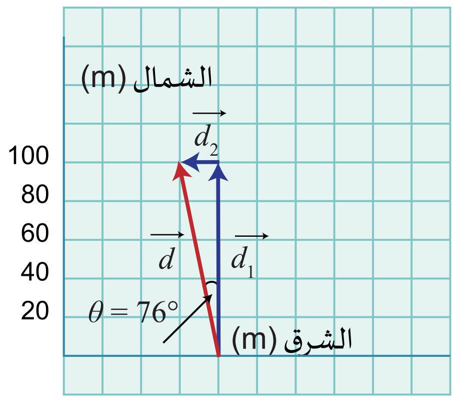
$$A_x = 20\ cos60° = 10\ m/s$$

$$A_y = 20\ sin60° = 17\ m/s$$

**19.** ما المُركّبة العموديّة لقوّة مقدارها 64 N وتصنع زاوية °53 فوق المحور الأفقي؟

$$A_y = 64\ sin53° = 51\ N$$

**20.** ما السرعة المتّجهة لجسم يتحرّك مسافة 80 m باتّجاه الشمال و 20 m باتّجاه الغرب خلال 3 s؟



$d = 82.46$ m

مُتّجه الإزاحة :

$$d = \sqrt{80^2 + 20^2} = 82.46 m$$

السرعة المُتّجهة:

$$v = \frac{82.46}{3} = 27.49 m/s$$

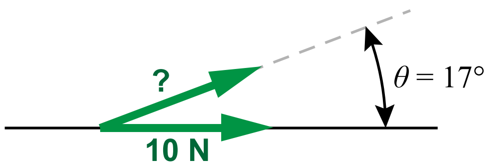
زاوية ميل المحصلة:

$$\theta = tan^{-1}\left(\frac{80}{20}\right) = 76°$$

أو يمكن أن نقول:

شمال غرب $90° - 76° = 14°$

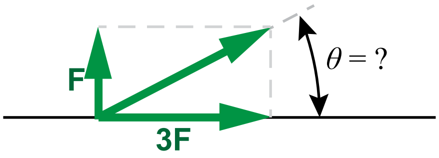
**21.** كم سيبلغ مقدار قوّة تصنع زاوية °17 فوق المحور الأفقي، لكي تكون مُركّبتها الأفقيّة 10 N؟




$$F_x = F cos\theta$$

$$10 = F cos17°$$

$$F = 10.5\ N$$




**22.** ما الزاوية التي يجب تطبيق قوّة عندها بحيث تكون مُركّبتها الأفقية أكبر ثلاث مرّات من مُركّبتها العمودية؟

**تكون مُعادلة المُركّبة الأفقيّة:**

$$F_x = F\cos\theta = 3F$$

**ومُعادلة المُركّبة العموديّة:**

$$F_y = F\sin\theta = F$$

**نعوّض A في المعادلة الأولى:**

$$3\cancel{F} = \left(\frac{\cancel{F}}{\sin\theta}\right)\cos\theta \Rightarrow 3 = \frac{1}{\tan\theta}$$

$$\tan\theta = \frac{1}{3} \quad \Rightarrow \quad \theta = 18.4°$$

**23.** * لنفترض أنّك تتحرّك 4 m إلى الشرق، ثم تنعطف وتتحرّك 3 m إلى الشمال خلال 5 s. أمّا صديقك فيتحرّك مسافة 5 m بزاوية 36.9° شمال-شرق خلال 5 s. من سيكون له متوسّط سرعة أكبر؟ من سيكون له سرعة متّجهة متوسّطة أكبر؟

**ستكون سرعتك المتّجهة المتوسّطة هي نفسها لأنّ لديك الإزاحة نفسها.**

**الإزاحة:** $S_1 = \sqrt{4^2 + 3^2} = \sqrt{25} = 5m$

$S_2 = 5\ m$

**تكون سرعتك المتوسطة أكبر لأنّك ستكون قد قطعت مسافة أكبر خلال الفترة الزمنية نفسها.**

**المسافة:** $D_2 = 5\ m$

$D_1 = 3 + 4 = 7\ m$

**24.** * تُحلّق طائرة بسرعة 100 m/s في أجواء بلا رياح. كم يجب أن تكون الزاوية التي توجّه عندها الطائرة، إذا أراد قائدها توجيهها نحو الشمال، وعندما تتعرّض لرياح سرعتها 10 m/s واتّجاهها نحو الشرق؟

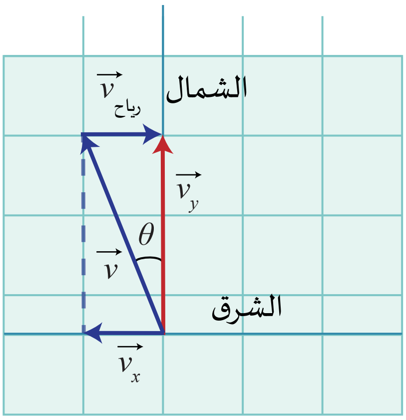
**يجب توجيه الطائرة بزاوية θ غرب الشمال، بحيث تكون المركبة السينية لسرعة الطائرة مساوية لسرعة الريح مقدارًا، أي أنّ:**

$$V_{\text{رياح}} = Vx = V\sin\theta$$

$$10 = 100\sin\theta$$

$$\sin\theta = \frac{10}{100} = 0.1$$

$$\theta = \sin^{-1}(0.1) = 5.74°$$

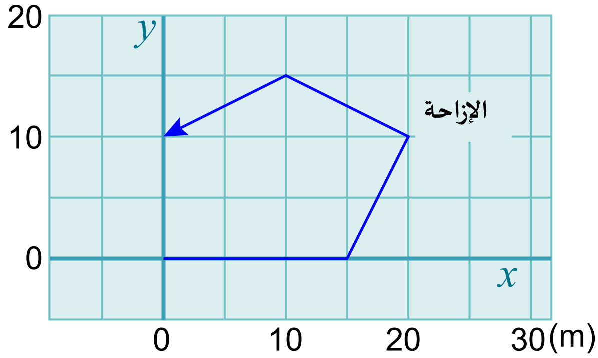


*25. يستطيع سبّاح السباحة بسرعة 3 m/s في مياه ساكنة لينتقل إلى الضفة المُعاكسة لنهر بعرض 30 m. كم ستكون المسافة التي سينحرف إليها في اتّجاه مجرى النهر نتيجة تعرُّضه لتيّار عمودي سرعته 2 m/s.

$$t_{نهر} = \frac{d}{v} = \frac{30}{3} = 10s$$

$$d = vt = 2(10) = 20m$$

*26. احسب المُحصّلة للإزاحة المُوضّحة في الشكل الآتي باستخدام المُركّبتَين الأفقية والعمودية.

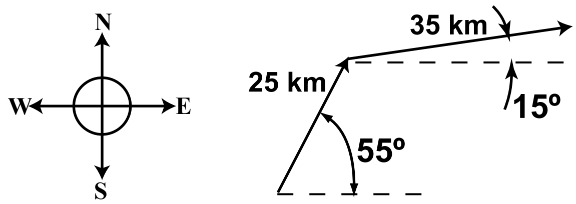



المُركّبة الأفقيّة: 15 + 5 – 10 –10 = 0 m

المُركّبة العموديّة: 0 + 10 + 5 – 5 = 10 m

وتكون المُحصلة 10 m في الاتّجاه العمودي

*27. احسب المُركّبتَين الأفقية والعمودية للإزاحتَين المُوضّحتَين في الشكل الآتي، ثمّ احسب المُحصلة وفق صيغة المُركّبات.




الإزاحة الأولى (المُركّبة الأفقيّة): شرق 25cos(55) = 14 m

الإزاحة الأولى (المُركّبة العمودية): شمال 25sin(55) = 21 m

الإزاحة الثانية (المُركّبة الأفقيّة): شرق 35cos(15) = 34 m

الإزاحة الثانية (المُركّبة العمودية): شمال 35sin(15) = 9 m

الإزاحة الكُلّية = شرق 48 m، شمال 30 m

الإزاحة الكُلّية: $d = \sqrt{30^2 + 48^2} = \sqrt{3204} = 56.6$

اتّجاه الإزاحة الكلّية: $\theta = tan^{-1}\left(\frac{30}{48}\right) = tan^{-1}(0.625) = 32°$

## الدرس 2-2 السرعة والسرعة المُتّجهة والتسارُع

**28.** ماذا يمثّل مَيل مُنحنى (الموقع – الزمن)؟

**يُمثّل السرعة المُتّجهة**

**29.** كيف تجد المسافة المقطوعة على مُنحنى (السرعة المتّجهة – الزمن)؟

**تكون المسافة المقطوعة على مُنحنى (السرعة المُتّجهة – الزمن) مساوية للمساحة المحصورة بين الخط والمحور الأفقي.**

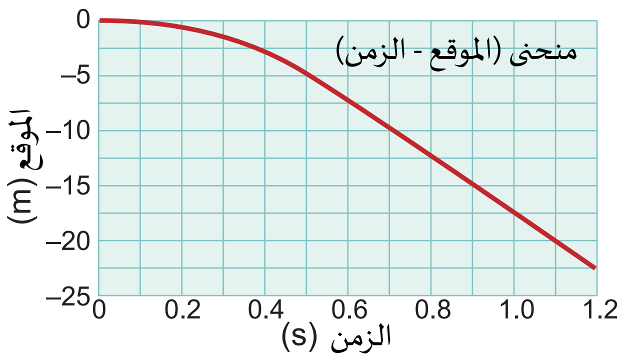
**30.** يبيّن مُنحنى (الموقع – الزمن) أنّ رحلة رجل إلى العمل هي خطّ مستقيم أفقي يبدأ عند $t_1 = 3\ h$ وينتهي عند $t_2 = 5\ h$. ماذا يعني ذلك؟

**يعني ذلك أنّ الطالب قد توقّف بين الساعة الثالثة والساعة الخامسة من رحلته.**

**31.** يجري طالب بسرعة 3 m/s عندما يعبر من خلال باب زجاجي فيتوقف خلال 0.5 s. ما تسارُع الطالب؟

$$a = \frac{v_f - v_i}{t} = \frac{0 - 3}{0.5} = -6\ m/s^2$$

**32.** يمثّل مُنحنى (الموقع – الزمن) أدناه حركة كرة إسفنجية (فوم) بعد إسقاطها. ما السرعة المتّجهة اللحظية عند اللحظة 0.8 s؟

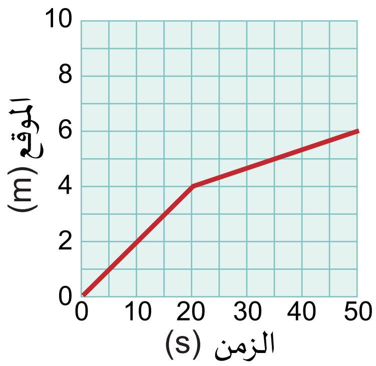



**السرعة تساوي ميل منحنى (الموقع- الزمن):**

$$v = \frac{(-22.5 - (-10))}{(1.2 - 0.7)} = \frac{-12.5}{0.5} = -25\ m/s$$

**-25 m/s**

**33.** ما المسافة التي يقطعها الجسم في أوّل 35 s على مُنحنى (الموقع – الزمن) إلى اليسار؟




**من الرسم البياني نجد أن الموقع المقابل للزمن 35 s هو الموقع 5 m.**

**34.** يُعدّ الفهد أسرع حيوان على الأرض، فهو يعدو بسرعة 30 m/s. هل تستحقّ سيّارة تسير بسرعة الفهد الحصول على مخالفة سرعة على طريق سريع حيث الحدّ الأقصى للسرعة 100 km/h؟

$$\left(\frac{30m}{s}\right)\left(\frac{1km}{1000m}\right)\left(\frac{60s}{1min}\right)\left(\frac{60\,min}{1hr}\right) = 108km/hr$$

**ستتعدّى السيّارة الحدّ المسموح به للسرعة وتحصل على مخالفة سرعة.**

**35.** يتحرّك راكب درّاجة على بعد 50 m من تقاطُع. وبعد عشر ثوانٍ، يصبح راكب الدراجة على بعد 85 m من التقاطع نفسه. ما مَيل مُنحنى (الموقع – الزمن) بعد 5 s من بدء حركته؟

**يُمثّل الميل السرعة المتّجهة، التي تساوي التغيُّر في الموضع مقسومًا على التغيُّر في الزمن:**

$$\frac{85-50}{10} = 3.5m/s$$

**36.** يبدأ جسم حركته عند الموقع 5 m وينتقل لمدة 3 s بسرعة متّجهة 9 m/s -. أيّ موقع سيصل إليه؟

$$x_f = x_i + vt = 5 + (-9)(3) = -22\ m$$

**37.** ما المدّة التي يستغرقها راكب درّاجة لقطع مسافة 8 km بسرعة 12 km/h؟

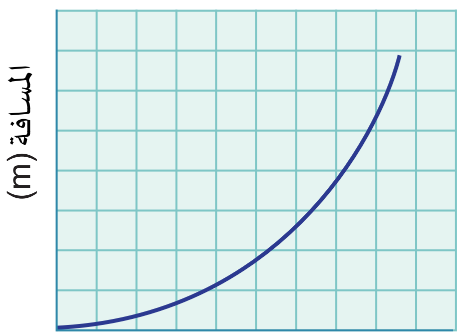
$$t = \frac{d}{v} = \frac{8}{12} = 0.67\ hr$$

**38.** يمارس لاعب رياضة القفز الطويل، فيجري من السكون بتسارع $4\ m/s^2$، ما الزمن اللازم له حتّى يبلغ سرعة نهائيّة 9 m/s؟

$$t = \frac{v_f - v_i}{a} = \frac{9-0}{4} = \frac{9}{4} = 2.25\ s$$

**39.** كيف سيبدو مُنحنى (المسافة - الزمن) عندما يتسارع الجسم؟

**سيكون المُنحنى مقوسًا.**



**40.** أيٌّ ممّا يأتي يمكن وصفه بسرعة متّجهة ابتدائية موجبة وتسارُع ثابت سالب؟

**a.** **تُستخدم المكابح في سيّارة تسير بسرعة 30 km/h لتقليل سرعتها إلى 20 km/h.**

**41.** كان فتى يقود دراجته الهوائية بسرعة 10 m/s عندما بدأ بالتباطؤ بمُعدّل $1.5\ m/s^2$.

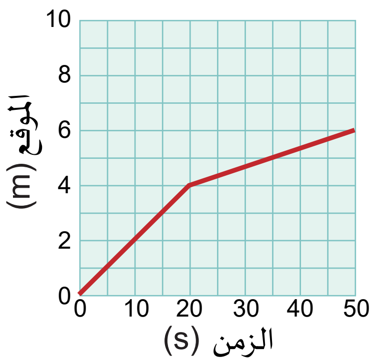
**a.** كم استغرق الفتى من الزمن حتّى توقّف؟

$$t = \frac{v_f - v_i}{a} = \frac{0-10}{-1.5} = \frac{-10}{-1.5} = 6.7\ s$$

**b.** ما المسافة التي قطعها خلال تلك المُدّة؟

$$x_f = x_i + v_i t + \frac{1}{2}at^2$$
$$= 0 + (10)(6.7) + \frac{1}{2}(-1.5)(6.7)^2$$
$$= 33.33\ m$$

**42.** أجب عن الأسئلة الآتية بناءً على مُنحنى (الموقع – الزمن) الآتي.




**a.** ما السرعة المتّجهة المتوسّطة في الفترة الزمنية الكاملة 50 s المبيّنة في الرسم البياني؟

$$v_{avg} = \frac{x_f - x_i}{t} = \frac{6-0}{50} = 0.12 m/s$$

**b.** ما السرعة القصوى المبيّنة في الرسم البياني؟

$$v_{max} = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i} = \frac{4-0}{20-0} = 0.2 m/s$$

**c.** ما المسافة الكلّية المقطوعة بين t = 0 s و t = 50 s؟

**6 m**

**d.** ما الموقع النهائي عند t = 50 s؟

**6 m**

**e.** كيف يُقارَن بين التسارُع عند t = 10 s والتسارُع عند t = 30 s؟

**كِلاهما صفر، لأن السرعة منتظمة عند هذا الزمن.**

**43.** تبدأ غوّاصة بالصعود إلى سطح المحيط، بتسارُع $1.7\ m/s^2$ في 5 s الأولى. كم تبلغ سرعتها المتّجهة بعد 3.2 s؟

$v = at$

$v = (1.7\ m/s^2)(3.2\ s) = 5.4\ m/s$

**44.** ما متوسّط تسارُع الفهد الذي يبدأ حركته من السكون وتصل سرعته إلى 27 m/s بعد 3 s؟ هل يكون تسارُعه أكبر أم أقل من تسارُع سيّارة رياضية يمكنها الانتقال من 0 إلى 97 km/h في 4 s؟

**تسارُع الفهد هو:**

$$a=\frac{v_f-v_i}{t}=\frac{27-0}{3s}=9\ m/s^2$$

**يجب تحويل سرعة السيّارة الرياضيّة إلى وحدة m/s:**

$$\left(\frac{97km}{hr}\right)\left(\frac{1000\ m}{1\ km}\right)\left(\frac{1\ hr}{60\,min}\right)\left(\frac{1\ min}{60s}\right)=26.94\ m/s$$

**تسارُع السيارة الرياضيّة هو:**

$$a=\frac{v_f-v_i}{t}=\frac{26.94-0}{4s}=6.7\ m/s^2$$

**تسارُع السيّارة الرياضية أقلّ من تسارُع الفهد.**

**45.** يبلغ أقصى تسارُع لدرّاجة ناريّة $3\ m/s^2$ وسرعة قصوى 25 m/s. ما الزمن الذي يستغرقه وصول الدرّاجة النارية إلى شخص يبعد 1 km؟

**نقوم بتجزئة هذا السؤال إلى جُزءَين. نحسب في الجزء الأول الزمن الذي تستغرقه الدرّاجة لتتسارع، فتكون المسافة المقطوعة خلال تسارُع الدرّاجة:**

$$d=\frac{v_f^2-v_i^2}{2a}=\frac{25^2-0}{2(3)}=104\ m$$

**ثمّ نحسب الزمن الذي تستغرقه لتبلغ هذه المسافة:**

$$x_f=x_i+\frac{1}{2}\left(v_i+v_f\right)t$$

$$104=0+\frac{1}{2}(0+25)t$$

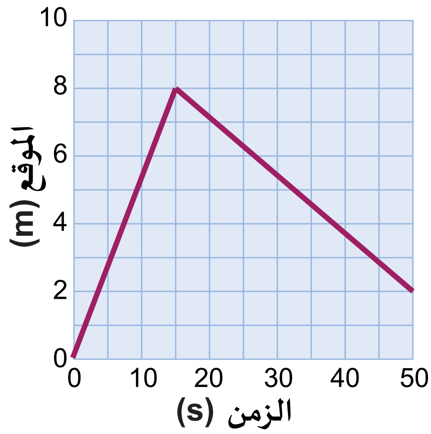
$$t=8.32\ s$$

**تتحرّك الدرّاجة بعد ذلك بسرعة ثابتة، وبالتالي يكون الزمن اللازم لقطع المسافة المُتبقّية هو:**

$$t=\frac{d}{v}=\frac{1000-104}{25}=36\ s$$

**الزمن الكُلّي المُستغرق هو: 36 + 8.32 = 44.32 s**

**46.** أجب عن الأسئلة الآتية بناءً على مُنحنى (الموقع-الزمن) المقابل.




**a.** ما السرعة المتّجهة المتوسطة خلال كامل الفترة الزمنية 50 s؟

$$v_{avg} = \frac{x_f - x_i}{t} = \frac{2-0}{50} = 0.04\ m/s$$

**b.** ما السُرعة القُصوى المُبيّنة في المُنحنى؟

$$v = \frac{x_f - x_i}{t} = \frac{8}{15} = 0.53\ m/s$$

**c.** ما المسافة الكلّية المقطوعة بين $t = 0$ و $t = 50$ s؟

**8+6 = 14 m**

**d.** ما الموقع النهائي عند $t = 50$ s؟

**2 m**

**e.** كيف يمكن مُقارنة التسارُع عند اللحظة $t = 10$ s مع التسارُع عند اللحظة t = 30 s؟

**سيكون كِلاهما صفرًا، لأنّ السرعة ثابتة.**

**47.** تتحرّك سيارة مسافة 100 m خلال تباطئها إلى 8 m/s خلال 5 s. ما سرعتها الابتدائية؟ ما مقدار تسارُعها؟

**السرعة الابتدائيّة:** $x = x_0 + \frac{1}{2}(v_i + v_f)t$

$$100 = 0 + \frac{1}{2}(v_i + 8)5$$

$$v_i = 32\ m/s$$

**التسارُع:**

$$a = \frac{v_f - v_i}{t} = \frac{8-32}{5} = -4.8\ m/s^2$$

**48.** لنفترض أنّ عربة تتحرّك بسرعة متّجهة ثابتة على شريط ورقي باتّجاه اليمين، كما هو مُوضّح في الشكل أدناه. إذا سجّل أسفل العربة علامات مُنتظمة على الشريط تفصل بينها فترات زمنية كل 0.1 s، فسوف تبدو هذه العلامات كما هو مبيّن في المُخطّط A. يُسمّى هذا مُخطّط حركة "شريط الدقّاق".

**a.** من خلال شريط الدقّاق المُدرّج في المُخطط، أين يكون تسارُع العربة موجبًا؟

**حُدّد التسارع الموجب بواسطة أسهم حمراء في الرسم أدناه.**

**b.** أين يكون للعربة تسارُع سالب؟

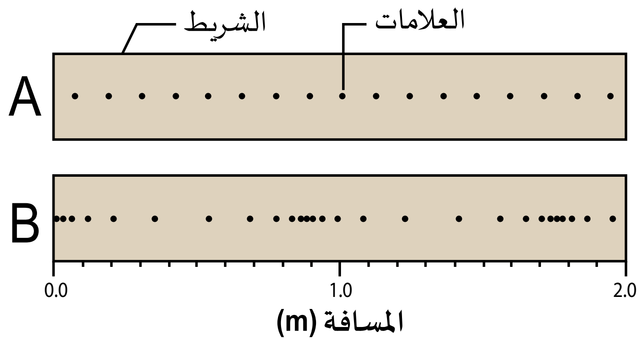
**حُدّد التسارع السالب بواسطة أسهم زرقاء في الرسم أدناه.**

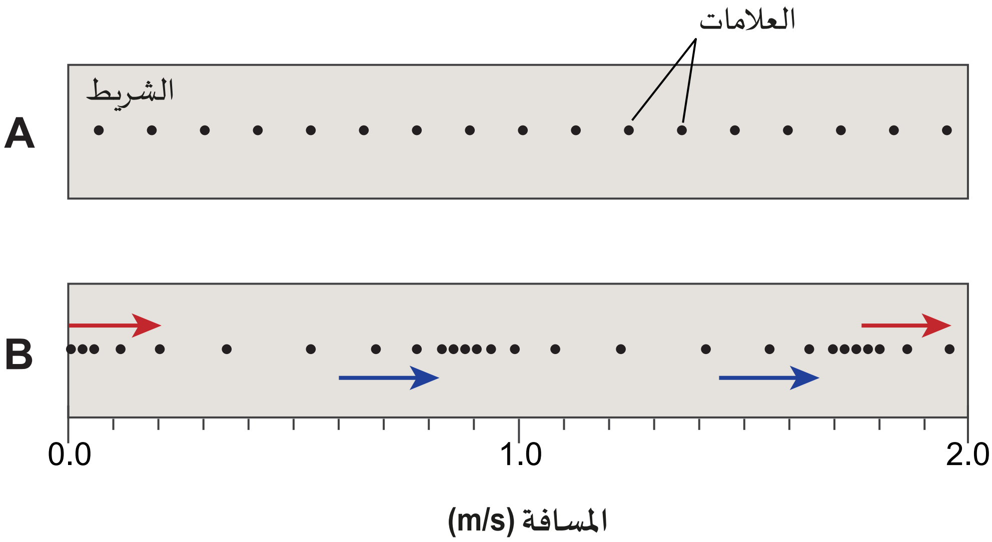
**c.** أيّ العلامات في المُخطّط B تُفسّرها تسارُعًا موجبًا؟ وأيّ العلامات تُفسّرها تسارُعًا سالبًا؟ اشرح ذلك.

**عندما تزداد المسافة بين النقاط وتتباعد، يكون للعربة تسارُع موجب. وعندما تتناقص المسافة بين النقاط لتتقارب، يكون التسارُع سالبًا.**

**d.** إذا كانت النقاط متباعدة أكثر في المُخطّط، فما الذي تستدلّ عليه حول سرعة العربة؟

**النقاط التي تفصل بينها مسافات كبيرة تكون عندها السرعة عالية.**



# أوراق عمل

الاسم .................................................... التاريخ ....................................................

## نشاط 2-1 القوة المؤثرة على باب

| | |
|---|---|
| سؤال الاستقصاء | احسب مُركّبتَي القوة المطبّقة لفتح باب. |
| الموادّ المطلوبة | خيط، مقياس القوة (ميزان نابض)، باب، آلة حاسبة. |

### خلفية معرفيّة

يُمكن تحليل المُتّجه إلى مُركّبتين، المُركّبة الأفقية x والمُركّبة العموديّة y. يُمكن إيجاد المُركّبة الأفقية للمُتّجه برسم خطّ عمودي من رأس المُتّجه على المحور الأفقي x. وبطريقة مُشابهة، يتمّ رسم خط عمودي من رأس المُتّجه على المحور العمودي y لإيجاد المُركّبة العموديّة. يمكن حساب مقدار المُركبتين الأفقيّة والعموديّة باستخدام المعادلتين الآتيتَين:

$$A_x = A\cos\theta$$

$$A_y = A\sin\theta$$

يسمح هذا النشاط للطلاب بقياس المُتّجهات في تطبيق عملي، وحساب كلّ من المُركّبتين الأفقيّة والعموديّة.

### الخطوات

**1.** اربط خيطًا بمقبض باب أو مقبض نافذة (يجب أن يكون الباب أو النافذة موارِبَين (مفتوحَين قليلاً).

**2.** اصنع حلقة على الطرف الحرّ للباب أو النافذة وعلّق بها الميزان النابضي.

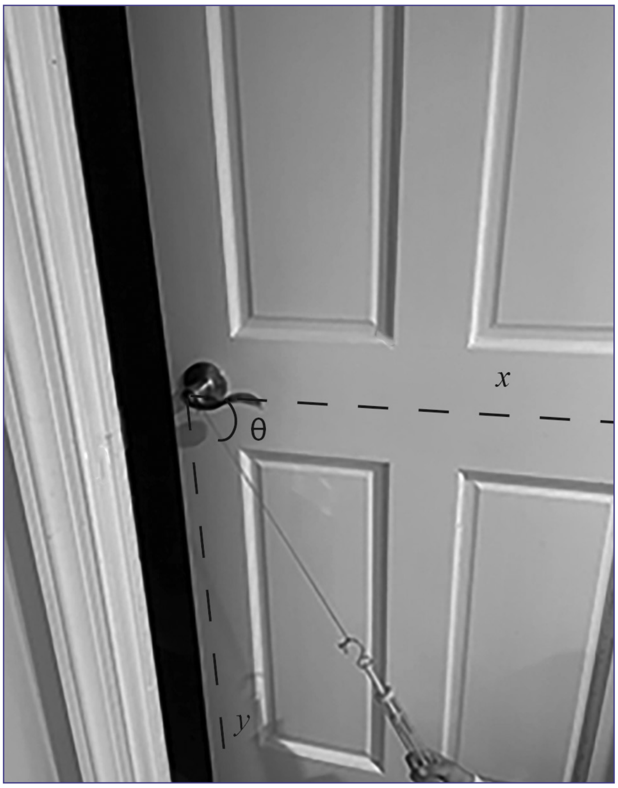
**3.** شدّ مقياس القوّة نحوك إلى أن يصبح الخيط مشدودًا ويصنع زاوية 30° مع الباب المُستخدم.

**4.** شدّ الباب لإغلاقه باستخدام الميزان النابضي، ولاحظ أنّ القوة تزداد.

**5.** لاحظ القوة المؤثّرة.

**6.** قسّم هذه القوة إلى مُركّبتَيها الأفقية والعمودية.

**7.** كرّر الخطوات من 3 إلى 5 باستخدام الزوايا 45° و 60° و 75° و 90°.



الاسم .................................... التاريخ ....................................

| الزاوية | مقدار القوة | المُركّبة الأفقيّة | المُركّبة العموديّة |
|---|---|---|---|
| 30° | | | |
| 45° | | | |
| 60° | | | |
| 75° | | | |
| 90° | | | |

## الأسئلة

**a.** ما الزاوية التي يصعب فتح الباب بها؟

....................................

....................................

**b.** ما الزاوية التي يسهل فتح الباب بها؟

....................................

....................................

**c.** هل تمّ تمثيل صعوبة فتح الباب أو سهولته في نتائجك؟

....................................

....................................

**d.** كرّر الاستقصاء بزوايا أكبر من 90°. هل يكون الأمر أسهل من المحاولات السابقة أم أصعب؟

....................................

....................................

**e.** أيّ زاوية لها أصغر مُركّبة أفقية؟

....................................

**f.** أيّ زاوية لها أكبر مُركّبة أفقية؟

....................................

**g.** أيّ زاوية لها أصغر مُركّبة عمودية؟

....................................

**h.** أيّ زاوية لها أكبر مُركّبة عمودية؟

....................................

**الاسم** ............................................ **التاريخ** ............................................

## نشاط 2-2 تحليل الرسوم البيانية للحركة

| | |
|---|---|
| **سؤال الاستقصاء** | كيف يبدو الرسم البياني الفعلي للحركة؟ |
| **الموادّ المطلوبة** | مستشعر حركة، برمجيات، عصا مترية، أوراق رسم بياني، حاسوب. |

### خلفية معرفيّة

يُعدّ المُخطّط البياني طريقة مُفيدة لتوضيح تغيرات السرعة المتّجهة خلال الزمن. ويُعَدّ مُنحنى (الموقع – الزمن) أو (x مقابل t) نموذجًا بيانيًّا لتمثيل الحركة. يتمّ إيجاد الموقع عادة على المحور العمودي، والزمن t على المحور الأفقي. يمثّل مَيل المُستقيم نسبة المُقابل على المجاور، أو مقدار التغيّر في المحور العمودي مقسومًا على مقدار التغيّر على المحور الأفقي. وتُمثّل السرعة المتّجهة مَيل الخط في مُنحنى (الموقع – الزمن). عندما تكون السرعة المتّجهة ثابتة يكون مَيل المستقيم في مُنحنى (الموقع – الزمن) مساويًا للصفر. يعني التسارُع الثابت أنّ السرعة المتّجهة تتغيّر بالكمّية نفسها كلّ ثانية. ويُنتج التسارع الثابت خطًّا مُنحنيًا في مُنحنى (الموقع – الزمن). سوف يستخدم الطلاب معرفتهم حول مُخطّطات الحركة لتوقّع مُنحنى (الموقع – الزمن) في حالة، ويُلاحظون هذه المُنحنيات في مستشعر الحركة ويقارنونها مع توقُّعاتهم.

### الخطوات

1. يجب تنفيذ هذا النشاط في مجموعات ثنائية.
2. ضع مستشعر الحركة على سطح مستوٍ، مثل طاولة، ووصّله بالبرمجية على الحاسوب.
3. حدّد خيار الرسوم البيانية، واحصل على مُنحنى (الموقع – الزمن).
4. توقّع شكل الرسم البياني لكلّ سيناريو مُدرَج أدناه.
5. اتّبع خطوات السيناريو وقارن بين الرسم البياني الفعلي والرسم البياني المتوقّع.

**الاسم** ............................................................ **التاريخ** ............................................

## السيناريو 1

يقف شخص على بعد 0.5 m من مستشعر الحركة، وينتظر لمدّة 5 ثوانٍ، ثمّ يبدأ بالتحرُّك بعيدًا عن المستشعر بسرعة قليلة ولكنّها ثابتة.

## المُنحنى المتوقّع

**الاسم** ..............................................................................  **التاريخ** ................................................................

## السيناريو 2

يقف شخص على بعد 0.5 m من مستشعر الحركة، وينتظر لمدّة 5 ثوانٍ، ثمّ يبدأ بالابتعاد عن المستشعر بسرعة قليلة، ولكنّها ثابتة. ويبدأ شخص آخر يقف على بعد 0.5 m الآن بالابتعاد عن المستشعر بسرعة ثابتة ولكنّها أكبر.

## المُنحنى المتوقّع

**الاسم** .................................................................................. **التاريخ** ..........................................................................

## السيناريو 3

يقف شخص على بعد 0.5 m من مستشعر الحركة، وينتظر لمدّة 5 ثوانٍ، ثمّ يبدأ بالابتعاد عن المستشعر بسرعة تزداد تدريجيًّا.

## المُنحنى المتوقّع

**الاسم** ........................................ **التاريخ** ........................................

## الأسئلة

**a.** ما السيناريو الذي أظهر تسارُعًا؟

.................................................................................................

.................................................................................................

.................................................................................................

**b.** اعرض مُنحنى (السرعة المتّجهة – الزمن) لكلّ سيناريو. هل كانت السرعات المتّجهة ثابتة؟

.................................................................................................

.................................................................................................

.................................................................................................

**c.** كيف سيبدو مُنحنى (الموقع – الزمن) إذا كانت الحركة نحو مستشعر الحركة وليس بعيدًا عنه؟

.................................................................................................

.................................................................................................

.................................................................................................