

# الفيزياء

## للفصل الأول الثانوي

### الفصل الدراسي الأول



Original Title:

**Physics**

**Principles and Problems**

By:

Paul W. Zitzewitz

Todd George Elliott

David G. Haase

Kathleen A. Harper

Michael R. Herzog

Jane Bray Nelson

Jim Nelson

Charles A. Schuler

Margaret K. Zorn

## الفيزياء

أعدت النسخة العربية: شركة العبيكان للأبحاث والتطوير

التحرير والمراجعة والمواءمة

د. أحمد محمد رفيع

زهير يوسف حداد

عماد فؤاد صباغ

عبدالرحمن بن علي العريني

التعريب والتحرير اللغوي

نخبة من المتخصصين

إعداد الصور

د. سعود بن عبدالعزيز الفراج

الإشراف

د. علي بن صديق الحكمي

[www.macmillanmh.com](http://www.macmillanmh.com)



English Edition Copyright © 2008 the McGraw-Hill Companies, Inc.  
All rights reserved.

Arabic Edition is published by Obeikan under agreement with  
The McGraw-Hill Companies, Inc. © 2008.

حقوق الطبعة الإنجليزية محفوظة لشركة ماجروهل ©، ٢٠٠٨م.

الطبعة العربية: مجموعة العبيكان للاستثمار  
وفقاً لاتفاقيتها مع شركة ماجروهل © ٢٠٠٨م / ١٤٢٩هـ.

لا يسمح بإعادة إصدار هذا الكتاب أو نقله في أي شكل أو واسطة، سواء أكانت إلكترونية أو ميكانيكية، بما في ذلك التصوير بالنسخ «فوتوكوبي»، أو التسجيل، أو التخزين والاسترجاع، دون إذن خطي من الناشر.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## المقدمة

### بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

يأتي اهتمام المملكة العربية السعودية بتطوير مناهج التعليم وتحديثها في إطار الخطة العامة للمملكة وسعيها إلى مواكبة التطورات العالمية على مختلف الأصعدة.

ويأتي كتاب الفيزياء في إطار مشروع تطوير مناهج الرياضيات والعلوم، الذي يهدف إلى إحداث تطور نوعي في تعليم وتعلم تلك المادتين، يكون للطالب فيه الدور الرئيس والمحوري في عمليتي التعليم والتعلم. ويشتمل هذا الكتاب على أربعة فصول هي: مدخل إلى علم الفيزياء، وتمثيل الحركة، والحركة المتسارعة، والقوى في بُعد واحد.

عُرض محتوى الكتاب بأسلوب شيق اعتمدت فيه كافة المعايير التي تحقق ذلك من تنظيم تربوي فاعل، يعكس توجهات المنهج وفلسفته، واشتماله على أنشطة متنوعة المستوى، تتسم بإمكانية تنفيذها من قبل الطلاب، وتراعي في الوقت نفسه مبدأ الفروق الفردية بينهم، بالإضافة إلى صور وأشكال ورسوم توضيحية معبرة تعكس طبيعة الفصل، مع حرص الكتاب على مبدأ التقويم التكويني في فصوله ودروسه المختلفة.

وقد أكدت فلسفة الكتاب على أهمية إكساب الطالب المنهجية العلمية في التفكير والعمل، وتزويده بالمهارات العقلية والعملية الضرورية، مثل: التجارب الاستهلاكية، والتجارب، ومختبر الفيزياء، والإثراء، بالإضافة إلى حرصها على ربط المعرفة بواقع الحياة، ومن ذلك، ربطها بالرياضيات والمجتمع.

ويرافق الكتاب كراسة التجارب العملية؛ ويؤمل أن يساهم تنفيذها في تعميق المعرفة العلمية لدى الطالب، وإكسابه المهارات العلمية في مجال العلوم والتقنية، إضافة إلى تنمية ميوله الإيجابية نحو العلم والعلماء.

والله نسأل أن يحقق الكتاب الأهداف المتوخاة منه، وأن يوفق الجميع لما فيه خير الوطن وتقدمه وازدهاره.



# قائمة المحتويات



## الفصل 1

### مدخل إلى علم الفيزياء ..... 8

#### 1-1 الرياضيات والفيزياء ..... 9

#### 1-2 القياس ..... 16

## الفصل 2

### تمثيل الحركة ..... 30

#### 2-1 تصوير الحركة ..... 31

#### 2-2 الموقع والزمن ..... 34

#### 2-3 منحني (الموقع - الزمن) ..... 38

#### 2-4 السرعة المتجهة ..... 43

## الفصل 3

### الحركة المتسارعة ..... 58

#### 3-1 التسارع (العجلة) ..... 59

#### 3-2 الحركة بتسارع منتظم ..... 70

#### 3-3 السقوط الحر ..... 79

## الفصل 4

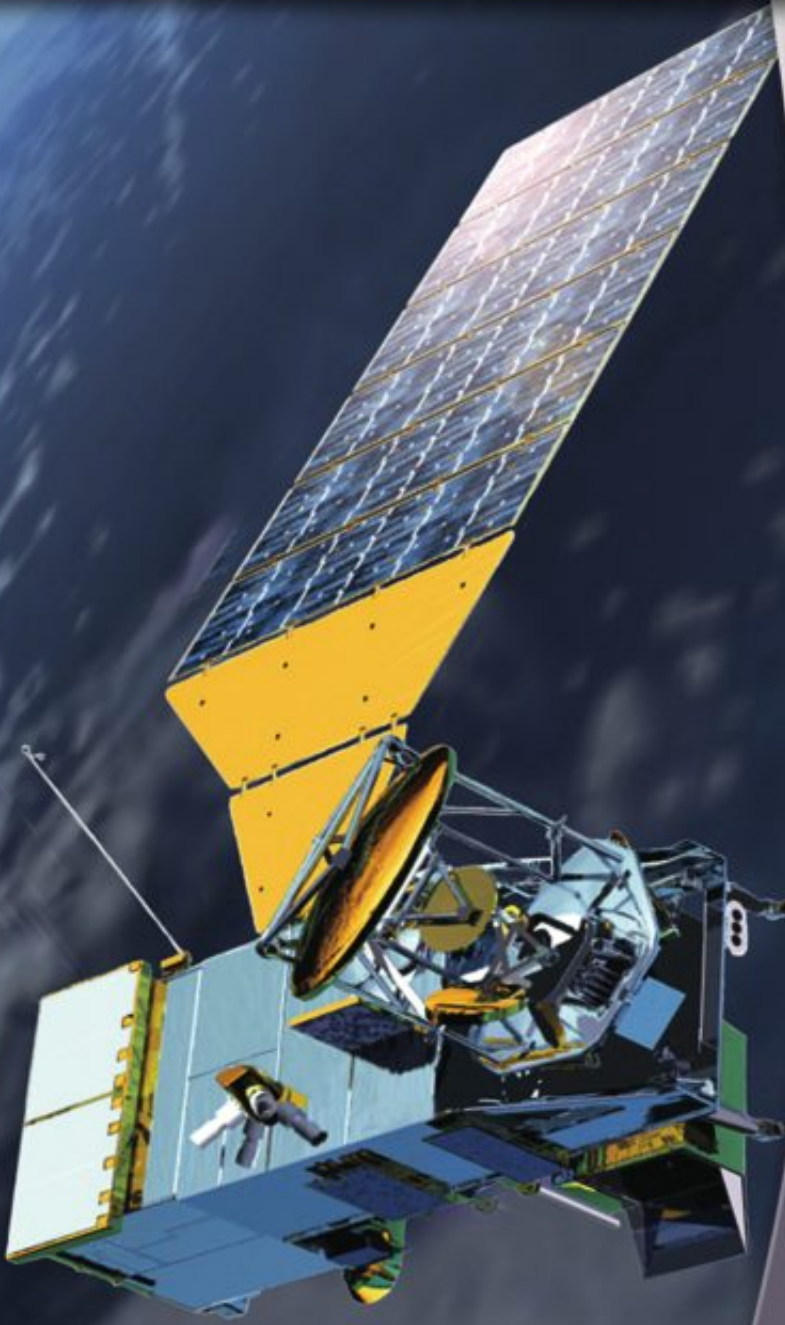
### القوى في بُعد واحد ..... 94

#### 4-1 القوة والحركة ..... 95

#### 4-2 تطبيقات قانون نيوتن الثاني ..... 105

#### 4-3 قوى التأثير المتبادل ..... 112

## مدخل إلى علم الفيزياء



### بعد دراستك لهذا الفصل ستكون قادراً على:

- استخدام الطرق الرياضية للقياس والتوقع.
- تطبيق أسس الدقة والضبط عند القياس.

### الأهمية:

ستساعدك القياسات والطرق الرياضية في هذا الفصل على تحليل النتائج ووضع التوقعات. الأقمار الاصطناعية: القياسات الدقيقة والمضبوطة مهمة جداً في صناعة الأقمار الاصطناعية وفي إطلاقها ومتابعتها، لأنه ليس من السهل تدارك الأخطاء فيما بعد. أحدثت الأقمار الاصطناعية، ومنها تلسكوب هابل الفضائي الميّن في الصورة المجاورة، ثورة كبيرة في مجال الأبحاث العلمية والاتصالات.

### فكر

قادت أبحاث الفيزياء إلى العديد من الاكتشافات التقنية؛ مثل الأقمار الاصطناعية المستخدمة في الاتصالات وفي التصوير التلسكوبي. اذكر أمثلة أخرى على الأجهزة والأدوات التي طورتها الأبحاث الفيزيائية خلال الخمسين عاماً الماضية؟



### الأهداف

- توضيح الطريقة العلمية.
- تستخدم النظام الدولي للوحدات.
- تقوم الإجابات باستخدام تحليل الوحدات.
- تجري العمليات الحسابية وفقاً للقوانين الفيزيائية وباستخدام الرموز العلمية.

### المفردات:

- الفيزياء
- النمذج العلمية
- الطريقة العلمية
- القانون العلمي
- الفرضية
- النظرية العلمية

ما الذي يخطر ببالك عندما ترى أو تسمع كلمة «فيزياء»؟ يتخيل كثير من الناس سبورة كُتبت عليها معادلات رياضية فيزيائية من مثل:

$$d = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + d_0, I = \frac{V}{R}, E = mc^2$$

ولربما ستتخيل علماء وباحثين يرتدون معطف المختبر الأبيض، أو قد تتخيل وجوهاً شهيرة في عالم الفيزياء مثل ألبرت آينشتاين أو اسحق نيوتن وغيرهما، وقد تُفكر في الكثير من التطبيقات التقنية الحديثة التي طوّرها علم الفيزياء، مثل الأقمار الاصطناعية، والكمبيوتر المحمول، وأشعة الليزر، وغيرها.

## هل تسقط جميع الأجسام بالسرعة نفسها؟

**سؤال التجربة:** كيف يؤثر وزن الجسم في سرعة سقوطه؟

### الخطوات:

اشتملت كتابات الفيلسوف الإغريقي أرسطو على دراسات لبعض نظريات علم الفيزياء التي كان لها تأثير كبير في أواخر القرون الوسطى. اعتقد أرسطو أن الوزن عامل مؤثر في سرعة سقوط الجسم، وأن سرعة سقوط الجسم تزداد مع ازدياد وزنه.

1. الصق أربع قطع نقد معدنية معاً.
2. ضع القطع النقدية الملتصقة على راحة يدك، ثم ضع بجوارها قطعة نقد منفردة.
3. **لاحظ** من خلال دفع القطع لراحة يدك، أيها أثقل؛ القطع الملتصقة أم القطعة المنفردة؟
4. **لاحظ** أسقط القطع جميعها من يدك في الوقت نفسه، ثم لاحظ حركتها.

### التحليل:

وفقاً لنظرية أرسطو، ما سرعة سقوط قطعة النقد المنفردة مقارنة بالنقود الملتصقة؟ ماذا تستنتج؟

**التفكير الناقد:** وضح تأثير كل من الخصائص التالية في سرعة سقوط الجسم: الحجم، الكتلة، الوزن، اللون، الشكل.



## ما الفيزياء؟ What is Physics?

الفيزياء فرع من فروع العلم يُعنى بدراسة العالم الطبيعي: الطاقة، والمادة، وكيفية ارتباطهما. فعلماء الفيزياء يدرسون طبيعة حركة الإلكترونات والصواريخ، والطاقة في الموجات الضوئية، والصوتية وفي الدوائر الكهربائية، وتركيب المادة بدءاً من الإلكترون وانتهاءً بالكون. إن الهدف من دراسة هذا الكتاب هو مساعدتك في فهم العالم الفيزيائي من حولك. يعمل دارسو الفيزياء في مجالات ومهن عديدة، فالبعض منهم يعمل باحثاً في الجامعات والكليات أو في المصانع ومراكز الأبحاث، والبعض الآخر يعمل في المجالات الأخرى المرتبطة بعلم الفيزياء مثل الفلك، والهندسة، وعلم الكمبيوتر، والتعليم، والصيدلة، وهناك آخرون يستخدمون مهارات حل المشكلات الفيزيائية في مجالات الأعمال التجارية، والمالية، وغيرها.

## الرياضيات في الفيزياء Mathematics in Physics

تستخدم الفيزياء الرياضيات باعتبارها لغة قادرة على التعبير عن القوانين، والظواهر الفيزيائية بشكل واضح ومفهوم. وفي علم الفيزياء تمثل المعادلات الرياضية أداة مهمة لنمذجة المشاهدات، ووضع التوقعات لتفسير الظواهر الفيزيائية المختلفة. فبالعودة إلى التجربة الاستهلاكية، تستطيع أن تتوقع أنه عند إسقاط قطع النقد المعدنية فإنها تسقط باتجاه الأرض، ولكن بأية سرعة؟ يمكن التعبير عن سقوط القطع المعدنية بنماذج مختلفة يعطي كل منها إجابة مختلفة حول كيفية تغير السرعة أثناء السقوط، وعلام تعتمد، وبحساب سرعة الجسم الساقط يمكنك مقارنة نتائج التجربة بما توقعته في النماذج السابقة مما يتيح لك اختيار أفضلها، والشروع بتطوير نموذج رياضي جديد يستطيع التعبير عن الظاهرة الفيزيائية بشكل أفضل.



## مثال 1

فرق الجهد الكهربائي  $V$  في دائرة كهربائية يساوي حاصل ضرب شدة التيار الكهربائي  $I$  مضروباً في المقاومة الكهربائية  $R$  في تلك الدائرة، أي أن:  $V(\text{volts}) = I(\text{amperes}) \times R(\text{ohms})$ ، ما مقاومة مصباح كهربائي يمر به تيار كهربائي مقداره  $0.75 \text{ amperes}$ ، عند وصله بفرق جهد مقداره  $120 \text{ volt}$ ؟

### 1 تحليل المسألة ورسمها:

• إعادة كتابة المعادلة

• تعويض القيم

المجهول

$$R = ?$$

المعلوم

$$I = 0.75 \text{ amperes}$$

$$V = 120 \text{ volts}$$

### 2 إيجاد الكمية المجهولة:

نعيد كتابة المعادلة لجعل المجهول وحده على الطرف الأيسر للمعادلة

$$V = IR$$

$$IR = V$$

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{120 \text{ volts}}{0.75 \text{ amperes}}$$

$$R = 160 \text{ ohms}$$

بعكس طرفي المعادلة

بقسمة الطرفين على  $I$

بالتعويض عن  $V = 120 \text{ volts}$ ،  $I = 0.75 \text{ amperes}$

نحصل على المقاومة بوحدتها  $(\Omega)$  أو  $\text{ohms}$

### 3 تقويم الجواب:

- هل الوحدات صحيحة؟  $1 \text{ ohm} = 1 \text{ ampere} \cdot 1 \text{ volt}$  لعلك تلاحظ أن الجواب بوحدتها  $\text{volts/ampere}$  وهذه الوحدة هي وحدة  $\text{ohms}$  نفسها، كما هو متوقع.
- هل الجواب منطقي؟ قسّم الرقم 120 على عدد أقل قليلاً من 1، فمن المنطقي أن يكون الجواب أكبر قليلاً من 120.

## مسائل تدريبية

أعد كتابة المعادلات المستخدمة في حل المسائل التالية، ثم احسب المجهول.

1. وُصِّل مصباح كهربائي مقاومته  $50.0 \Omega$  ( $\text{ohms}$ ) في دائرة كهربائية مع بطارية فرق جهدها  $9.0 \text{ volts}$ ، ما

مقدار التيار الكهربائي المار خلال المصباح؟

2. إذا تحرك جسم من السكون بتسارع منتظم  $a$ ، فإن سرعته  $v$  تُعطى بعد زمن مقداره  $t$  بالعلاقة  $v = at$ . ما

تسارع دراجة تتحرك من السكون فتصل سرعتها إلى  $6 \text{ m/s}$  خلال زمن قدره  $4 \text{ s}$ ؟

3. ما الزمن الذي تستغرقه دراجة نارية تتسارع بمعدل  $0.400 \text{ m/s}^2$ ، حتى تبلغ سرعتها  $4.00 \text{ m/s}$ ؟ (علماً  $v = at$ )

4. يُحسب الضغط  $P$  المؤثر على سطح ما بقسمة مقدار القوة  $F$  على مساحة السطح  $A$  حيث  $P = \frac{F}{A}$ . فإذا أثر رجل

يقف على الأرض ووزنه  $520 \text{ N}$  بضغط مقداره  $32500 \text{ N/m}^2$ ، ما مساحة نعلي الرجل؟

**هل هذا منطقي؟** تستخدم أحياناً وحدات غير مألوفة كما في المثال 1، وتحتاج إلى التقدير للتحقق من أن الإجابة منطقية من الناحية الرياضية، وفي أحيان أخرى تستطيع التحقق من أن الإجابة تتوافق مع خبرتك كما هو واضح من الشكل 1-1. عندما تتعامل مع تجربة الأجسام الساقطة، تحقق من أن زمن سقوط الجسم الذي تحسبه يتوافق مع خبرتك. فمثلاً هل تحتاج الكرة النحاسية التي تسقط من ارتفاع 5m، إلى 0.002 s أم إلى 17s حتى تصل إلى سطح الأرض؟ طبعاً 17 s إجابة غير منطقية.



الشكل 1-1: ما القيم المنطقية  
للسرعة سيارة؟

## الطريقة العلمية Scientific Method

تمثل الطريقة العلمية أسلوباً للإجابة عن تساؤلات علمية، بهدف تفسير الظواهر الطبيعية المختلفة. تبدأ الطريقة العلمية بطرح أسئلة بناءً على مشاهدات، ثم محاولة البحث عن إجابات منطقية لها، عن طريق وضع الفرضيات.

الفرضية هي تخمين علمي عن كيفية ارتباط المتغيرات مع بعضها بعضاً، ولاختبار صحة الفرضية يتم تصميم التجارب العلمية وتنفيذها وتسجيل النتائج وتنظيمها، ثم تحليلها في محاولة لتفسير النتائج، أو توقع إجابات جديدة. ويجب أن تكون التجارب والنتائج قابلة للتكرار، بمعنى آخر يجب أن يكون باستطاعة باحثين آخرين إعادة التجربة والحصول على النتائج نفسها.



## تجربة

### قياس التغير

اجمع خمس حلقات معدنية متماثلة، وناصباً يستطيل بشكل ملحوظ عندما نعلق به حلقة معدنية.

1. **قس** طول النابض الأصلي ثم عند تعليق: 1، ثم 2، ثم 3 حلقات معدنية به.
2. **ارسم بيانياً** العلاقة بين طول النابض والكتلة المعلقة به.
3. **توقع** طول النابض عند تعليق 4 و 5 حلقات به.
4. **اختبر** توقعاتك.

### التحليل والاستنتاج

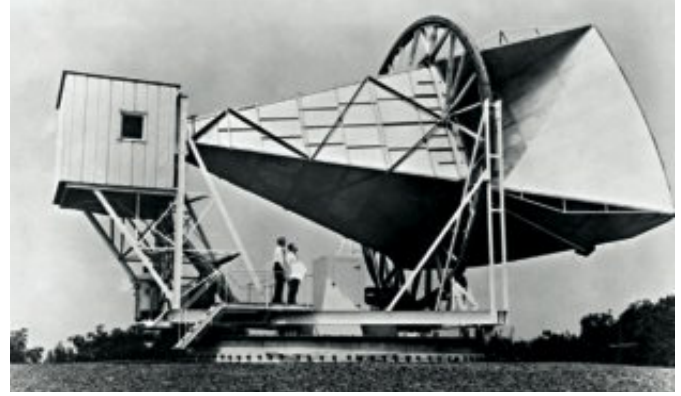
5. صف شكل الرسم البياني، وكيف ستستخدمه لتوقع طولين جديدين؟

### الشكل 1-2: لاختبار الفرضية

- يجري هؤلاء الطلاب تجربة لتحديد قدرة كل منهم عند صعود الدرجات.
- يستخدم كل طالب نتائجهم لتوقع الزمن اللازم لرفع ثقل مختلف باستخدام القدرة نفسها.

### ■ الشكل 3-1: في منتصف

السيئينات من القرن  
الماضي حاول العلماء  
إزالة التشويش المستمر  
في الهوائي المستخدم في  
علم الفلك الراديوي لكن  
دون جدوى. واليوم أصبح  
من المعروف أن التشويش  
المستمر (مثل الصوت  
الذي يصدره التلفاز عند  
انقطاع البث) ناتج عن  
الموجات الكونية القصيرة  
(الميكرويف).



الشكل 3-1

**النماذج، والقوانين، والنظريات:** تستطيع الفكرة، والمعادلة، والتركيب، أو النظام، نمذجة الظاهرة التي تحاول تفسيرها. فالنماذج العلمية تعتمد على التجريب، ودروس الكيمياء تعيد للأذهان النماذج المختلفة للذرة التي استخدمت عبر الزمن، حيث تعاقب ظهور نماذج ذرية جديدة بهدف تفسير المشاهدات والقياسات الحديثة.

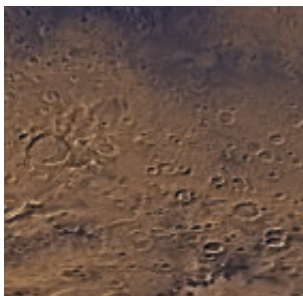
إذا كانت النتائج الجديدة لا تتفق مع النماذج، فإن كليهما سيعاد اختبارهما، ويُظهر الشكل 3-1 مثالاً تاريخياً على ذلك. إذا أردنا اختبار نموذج مقترح فإن الفيزيائيين يبحثون أولاً عن معلومات جديدة: هل يستطيع أي شخص الحصول على النتائج نفسها؟ هل هنالك متغيرات أخرى؟ إذا تولدت معلومات جديدة عن تجارب لاحقة فإنه يجب تغيير النظريات لتعكس المكتشفات الجديدة. فعلى سبيل المثال، كان الاعتقاد سائداً في القرن التاسع عشر بأن العلامات الخطية التي يمكن رؤيتها على كوكب المريخ عبارة عن قنوات انظر الشكل 1-4 a، وعند تطور المقاريب الفلكية (التلسكوبات) أثبت العلماء أنه لا يوجد مثل هذه العلامات كما هو واضح في الشكل 1-4 b.

وفي الوقت الحالي وباستخدام أجهزة أفضل وجد العلماء معالم تشير إلى أن الماء كان موجوداً على سطح المريخ في الماضي انظر الشكل 1-4 c. إن أي اكتشاف جديد يعني ظهور تساؤلات جديدة ومجالات جديدة للاستكشاف.

### ■ الشكل 4-1:

a. رسم للملاحظات المأخوذة من  
المقاريب الفلكية القديمة تظهر  
قنوات على سطح كوكب المريخ.  
b. صورة حديثة من مقاريب فلكية  
متطورة لا تظهر فيها هذه  
القنوات.  
c. صورة أحدث لسطح المريخ تظهر  
فيها صخور رسوبية طبقة مما  
يشير إلى أن هذه الطبقات قد  
تكوّنت في مياه راكدة.

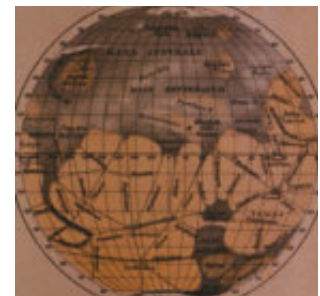
c



b



a



القانون العلمي هو قاعدة طبيعية تجمع مشاهدات مترابطة لوصف ظاهرة طبيعية متكررة، ويعبر عنها بعبارة تصف العلاقة بين متغيرين أو أكثر، ويمكن التعبير عن هذه العلاقة في معظم الحالات بمعادلة رياضية. فعلى سبيل المثال ينص قانون حفظ الشحنة على أنه خلال تحولات المادة المختلفة، تبقى الشحنة الكهربائية ثابتة قبل التحول وبعده، وينص قانون الانعكاس على أن زاوية سقوط الشعاع الضوئي على السطح العاكس تساوي زاوية انعكاسه عن السطح نفسه. لاحظ أن القانون لا يفسر سبب حدوث هذه الظواهر ولكنه ببساطة يقدم وصفاً لها.

النظرية العلمية: هي الإطار الذي يجمع بين عناصر البناء العلمي في موضوع من موضوعات العلم، والقادر على تفسير المشاهدات والملاحظات المدعومة بنتائج تجريبية، والتي لا تتعارض مع نظرية أخرى في موضوع آخر من موضوعات العلم، وهي بذلك تشتمل على عناصر البناء العلمي كافة من فرضيات وحقائق ومفاهيم وقوانين ونماذج، فالنظرية قد تكون تفسيراً للقوانين، وهي أفضل تفسير ممكن لمبدأ عمل الأشياء. فعلى سبيل المثال، تنص نظرية الجاذبية الكونية على أن جميع الكتل في الكون تنجذب نحو كتل أخرى تتجاذب مع بعضها بعضاً. قد تُراجع أو تُهمل القوانين والنظريات مع الزمن كما هو واضح في الشكل 5-1. ويطلق مسمى نظرية حصراً على التفسير الذي تدعمه بقوة نتائج التجارب العملية.

اعتقد الفلاسفة الإغريق أن الأجسام تسقط لأنها تبحث عن مكانها الطبيعي، وكلما كانت الأجسام ذات كتلة أكبر كان سقوطها أسرع.

↓  
مراجعة

وضح جاليليو أن سرعة سقوط الأجسام تعتمد على زمن سقوطها وليس على كتلتها.

↓  
مراجعة

رأي جاليليو كان صحيحاً إلا أن نيوتن أرجع سبب سقوط الأجسام، إلى وجود قوة تجاذب بين الأرض وبين هذه الأجسام.

↓  
مراجعة

ما زالت مقترحات جاليليو ونيوتن في سقوط الأجسام تحتفظ بصحتها، وافترض أينشتاين فيما بعد أن قوة التجاذب بين جسمين هي بسبب الكتلة، مما يؤدي إلى تحذب الفضاء حولها.

■ الشكل 5-1 تتغير النظريات

وتُعدل عندما تُوفر التجارب

الجديدة ملاحظات جديدة،

فنظرية سقوط الأجسام

خضعت للكثير من التعديل

والمراجعة.



5. **رياضيات**: لماذا توصف المفاهيم في الفيزياء بواسطة المعادلات الرياضية؟
6. تعطى القوة المؤثرة على شحنة تتحرك في مجال مغناطيسي بالعلاقة  $F = Bqv$  حيث تمثل كل من:  
 $F$  القوة المؤثرة بوحدة  $\text{kg.m/s}^2$   
 $q$  الشحنة بوحدة  $\text{A.s}$   
 $v$  السرعة بوحدة  $\text{m/s}$   
 $B$  كثافة الفيض المغناطيسي بوحدة  $\text{T (telsa)}$ .  
 ما وحدة  $T$  مُعبّرًا عنها بالوحدات أعلاه؟
7. **مغناطيسية**: أعد كتابة المعادلة:  $F = Bqv$  للحصول على  $v$  بدلالة كل من  $F$ ،  $q$ ، و  $B$ .
8. **التفكير الناقد**: القيمة المقبولة لتسارع الجاذبية الأرضية هي  $9.8 \text{ m/s}^2$ . وفي تجربة لقياسها باستخدام البندول حصلت على قيمة  $9.4 \text{ m/s}^2$ ، هل تقبل هذه القيمة؟ فسّر إجابتك.



### الأهداف

- تتعرف النظام الدولي للوحدات.
- تستخدم تحليل الوحدات للتحويل من وحدة إلى أخرى.
- تميز بين الدقة والضبط.
- تحدد دقة الكميات المقاسة.

### المفردات:

- القياس
- تحليل الوحدات
- الدقة
- الضبط

عندما تزور الطبيب لإجراء الفحوصات الطبية، فإنه يقوم بإجراء عدة قياسات منها: طولك، ووزنك، وضغط دمك، ومعدل دقات قلبك، وحتى نظرك يقاس ويعبّر عنه بأرقام. كما يتم أخذ عينة من الدم لإجراء بعض القياسات مثل مستوى الحديد أو الكولسترول في الدم. فالقياسات تحول مشاهداتنا إلى مقادير كمية يمكن التعبير عنها بوساطة الأرقام؛ فلا يقال أن ضغط الدم عند شخص جيد إلى حد ما، بل يقال أن ضغط دمه  $\frac{110}{60}$ ، وهو الحد الأدنى المقبول لضغط الدم.

القياس عبارة عن مقارنة كمية مجهولة بأخرى معيارية. فعلى سبيل المثال، إذا قست كتلة عربة ذات عجلات فإن الكمية المجهولة هي كتلة العربة، والكمية المعيارية هي؛ kilogram (kg) علمًا بأن الكتلة تقاس باستخدام الميزان النابض أو الميزان ذي الكفتين. في تجربة قياس التغير الواردة سابقاً، يمثل طول النابض الكمية المجهولة بينما يمثل meter (m) الكمية المعيارية.

### النظام الدولي للوحدات SI Units

لتعميم النتائج بشكل مفهوم من قبل جميع الناس، من المفيد استخدام وحدات قياس متفق عليها، ويعتبر النظام الدولي للوحدات النظام الأوسع انتشاراً في جميع أنحاء العالم. ويتضمن النظام الدولي للوحدات (SI)، سبع كميات أساسية موضحة في الجدول 1-1، وقد حددت وحدات هذه الكميات الأساسية باستخدام القياس المباشر معتمدة على وحدات معيارية لكل من الطول، والزمن، والكتلة المحفوظة بدائرة الأوزان والمقاييس بفرنسا كما هو موضح بالشكل 1-6. أما الوحدات الأخرى التي تسمى الوحدات المشتقة، فيمكن اشتقاقها من وحدات الكميات الأساسية بطرق مختلفة. فمثلاً: تقاس الطاقة باستخدام وحدة Joule (J) حيث  $1 \text{ J} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^2$ ، وتقاس الشحنة الكهربائية بوحدة Coulombs (C)، حيث  $1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot \text{s}$ .

جدول 1-1		
الكميات الأساسية ووحدات قياسها في النظام الدولي		
الرمز	الوحدة الأساسية	الكمية الأساسية
m	meter	length الطول
Kg	kilogram	mass الكتلة
s	second	time الزمن
K	Kelvin	temperature درجة الحرارة
mol	mole	amount of substance كمية المادة
A	ampere	electric current التيار الكهربائي
cd	candela	luminous intensity شدة الإضاءة



الشكل 1-6: الوحدات المعيارية

للكيلوجرام والمتر موضحة في الصورة ويعرّف المتر المعياري بأنه المسافة بين إشارتين على قضيب من البلاتينيوم والأريديوم، ولما كانت طرق قياس الزمن أدق من طرق قياس الطول فإن المتر يعرف بأنه المسافة التي يقطعها الضوء في الفراغ في  $\frac{1}{299792458}$  ثانية.

لا بد وأنك قد تعلمت خلال دراسة الرياضيات أن تحويل المتر إلى كيلومتر أسهل من تحويل القدم إلى ميل. إن سهولة التحويل بين الوحدات ميزة أخرى من ميزات النظام الدولي، فلتحويل بين وحدات النظام الدولي فإننا نضرب أو نقسم على الرقم عشرة مرفوعاً إلى قوة ملائمة، وهنالك مجموعة "بادئات" تُستخدم في تحويل وحدات النظام الدولي باستخدام قوة مناسبة للرقم 10 كما هو موضح في الجدول 1-2، والتي قد تصادف العديد منها في حياتك اليومية مثل nanoseconds، milligrams، gigabytes.... إلخ.

جدول 1-2				
البادئات المستخدمة مع وحدات النظام الدولي				
البادئة	الرمز	المضروب فيه	القوة	مثال
femto -	f	0.000000000000001	$10^{-15}$	femtosecond (fs)
pico -	p	0.000000000001	$10^{-12}$	picometer (pm)
nano -	n	0.000000001	$10^{-9}$	nanometer (nm)
micro -	$\mu$	0.000001	$10^{-6}$	microgram ( $\mu$ g)
milli -	m	0.001	$10^{-3}$	milliamps (mA)
centi -	c	0.01	$10^{-2}$	centimeter (cm)
deci -	d	0.1	$10^{-1}$	deciliter (dL)
kilo -	k	1000	$10^3$	kilometer (km)
mega -	M	1000,000	$10^6$	megagram (Mg)
giga -	G	1000,000,000	$10^9$	gigameter (Gm)
tera -	T	1000,000,000,000	$10^{12}$	terahertz (THz)

## تحليل الوحدات Dimensional Analysis

تستطيع استخدام الوحدات للتحقق من صحة إجابتك، فأنت تستخدم عادة معادلة أو مجموعة من المعادلات لحل مسألة فيزيائية، وللتحقق من حلها بشكل صحيح اكتب المعادلة أو مجموعة المعادلات التي ستستخدمها في الحل، وقبل إجراء الحسابات تحقق من أن وحدات إجابتك صحيحة كما هو واضح في الخطوة رقم 3 في المثال 1. على سبيل المثال إذا وجدت عند حساب السرعة أن الإجابة بوحدة s/m أو m/s<sup>2</sup>، فاعرف أن هنالك خطأ في حل المسألة. هذه الطريقة في التعامل مع الوحدات باعتبارها كميات جبرية تسمى تحليل الوحدات.

يستخدم تحليل الوحدات في إيجاد معامل التحويل، ومعامل التحويل هو معامل ضرب يساوي واحدًا صحيحًا (1). على سبيل المثال  $1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$ ، ومن هنا تستطيع بناء معامل التحويل التالي:

$$1 = \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}}$$

$$1 = \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \quad \text{أو}$$

نستطيع اختيار معامل التحويل الذي يجعل الوحدات تشطب مع بعضها بعضاً، بحيث نحصل على الإجابة بالوحدة الصحيحة، فمثلاً لتحويل 1.34 kg من الحديد إلى grams (g) فإننا نقوم بما يلي:

$$1.34 \text{ kg} \left( \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \right) = 1340 \text{ g}$$

وقد تحتاج أيضاً إلى عمل سلسلة من التحويلات، فمثلاً لتحويل 43 km/h إلى m/s فإننا نقوم بما يلي:

$$\left( \frac{43 \text{ km}}{1 \text{ h}} \right) \left( \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \right) \left( \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \right) \left( \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \right) = 12 \text{ m/s}$$

### مسائل تدريبية

9. كم MHz في 750 kHz ؟

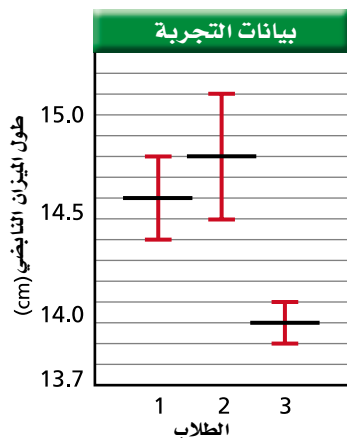
10. حوّل 5201 cm إلى km .

11. كم ثانية في السنة الكبيسة (السنة الكبيسة تساوي 366 يوماً)؟

12. حوّل السرعة 5.30 m/s إلى km/h .

## الدقة والضبط Precision Versus Accuracy

تمثل كل من الدقة والضبط خاصية من خصائص القيم المقاسة. ففي تجربة النابض والحلقات المعدنية، قام ثلاثة طلاب بإجراء التجربة أكثر من مرة، مستخدمين نوابض متشابهة ولها الطول نفسه، حيث علق كل منهم حلقتين معدنيتين وكرر التجربة مسجلاً عدة قياسات.



■ الشكل 7-1: إذا نفذ ثلاثة طلاب التجربة نفسها. هل تتطابق القياسات؟ هل نتيجة الطالب الأول متكررة؟

عندما أجرى الطالب الأول التجربة، تراوحت قياسات طول النابض بين 14.4 cm - 14.8 cm، وكان متوسط قياساته 14.6 cm (انظر الشكل 7-1).

كرر الطالبان الثاني والثالث الخطوات نفسها، وكانت النتائج كما يلي:

- قياسات الطالب الأول:  $(14.6 \pm 0.2)$  cm.
- قياسات الطالب الثاني:  $(14.8 \pm 0.3)$  cm.
- قياسات الطالب الثالث:  $(14.0 \pm 0.1)$  cm.

ما مقدار كل من دقة وضبط القياسات في التجربة السابقة؟ تسمى درجة الإتقان في القياس دقة القياس، إن قياسات الطالب الثالث هي الأكثر دقة، وبهامش خطأ مقداره  $\pm 0.1$  cm، بينما كانت قياسات الطالبين الآخرين أقل دقة، وبهامش خطأ أكبر.

وتعتمد الدقة على كل من الأداة والطريقة المستخدمة في القياس، وبشكل عام، كلما كانت الأداة ذات تدريجات بقيم أصغر كانت قياساته أكثر دقة، ودقة القياس تساوي نصف قيمة أصغر تدريج في الأداة. فعلى سبيل المثال، يقسم المخبر المدرج في الشكل 8a إلى تدريجات يساوي كل منها 1 mL، وتستطيع من خلال هذه الأداة أن تقيس بدقة تصل إلى 0.5 mL ومن جهة أخرى فإن أصغر تدريج في الدورق المبيّن في الشكل 8b هو 50 mL.

ما دقة مقاساتك عندما أجريت تجربة النابض مع الحلقات المختلفة؟

### ■ الشكل 8-1:

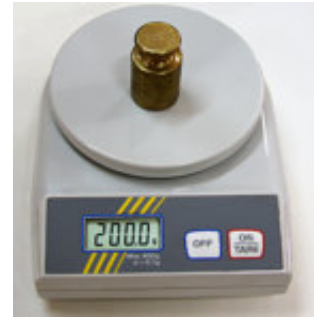
(a) المخبر المدرج يحتوي على:

$$(41 \pm 0.5) \text{ mL}$$

(b) الدورق يحتوي على:  $(325 \pm 25) \text{ mL}$ .



يصف الضبط اتفاق نتائج القياس مع القيمة المقبولة في القياس، أي القيمة المعتمدة المقاسة من قبل خبراء مؤهلين. الطريقة الشائعة لاختبار الضبط في الجهاز تسمى معايرة النقطتين، وتتم أولاً بمعايرة صفر الجهاز، ثم بمعايرة الجهاز بحيث يعطي قيمة مضبوطة وصحيحة عندما يقيس كمية ذات قيمة معتمدة (انظر الشكل 9-1). من الضروري إجراء الضبط الدوري للأجهزة في المختبر من مثل الموازين والجلفانومترات.



■ الشكل 9-1 : يُختبر الضبط عن طريق قياس قيمة معلومة

ولضمان الوصول إلى مستوى الضبط المطلوب، والدقة التي يسمح بها الجهاز، يجب أن تستخدم الأجهزة بطريقة صحيحة، وأن تتم القياسات بحذر وانتباه لتلافي أسباب الخطأ في القياس، ومن أكثر الأخطاء الشخصية شيوعاً ما ينتج عن الزاوية التي تؤخذ القراءة من خلالها، حيث يجب أن تقرأ التدريجات بالنظر عمودياً وبعين واحدة كما هو موضح في الشكل 10 a-1. أما إذا قرئ التدريج بشكل مائل كما هو موضح في الشكل 10 b-1، فإننا نحصل على قيمة مختلفة وغير مضبوطة، وينتج هذا عن ما يسمى "اختلاف زاوية النظر Parallax" وهو التغير الظاهري في موقع الجسم عند النظر إليه من زوايا مختلفة. ولكي تلاحظ أثر اختلاف زاوية النظر في القياس، قم بقياس طول قلم الحبر بالنظر إليه بشكل عمودي على التدريج، وبعد ذلك اقرأ التدريج بعد أن تحرف رأسك إلى جهة اليمين أو جهة اليسار.

## تطبيق الفيزياء

◀ قياس المسافة بين الأرض والقمر  
تمكن العلماء من قياس المسافة بين القمر والأرض بدقة عن طريق إرسال أشعة ليزر باتجاه القمر من خلال مناظير فلكية. تنعكس حزمة أشعة الليزر عن سطح عاكس وضع على سطح القمر وترتد عائدة إلى الأرض، مما مكن العلماء من قياس متوسط المسافة بين القمر والأرض وهي 385000 km بضبط يزيد عن واحد بالمليار.

وباستخدام تقنية الليزر هذه اكتشف العلماء أن القمر يبتعد عن الأرض سنوياً بمعدل 3.8 cm/yr تقريباً. ▶



■ الشكل 10-1 : عند النظر إلى التدريج بشكل عمودي كما في a ستكون قراءتك أضبط مما لو نظرت بشكل مائل كما في b.

13. **مغناطيسية:** بروتون شحنته  $1.6 \times 10^{-19} \text{ A.s}$  يتحرك بسرعة  $2.4 \times 10^5 \text{ m/s}$  عمودياً على مجال مغناطيسي كثافة فيضه  $4.5 \text{ T}$ . لحساب القوة المغناطيسية المؤثرة في البروتون:
- a. عوض بالقيم في المعادلة التي ستستخدمها، هل الوحدات صحيحة؟
- b. إذا كتبت القيم باستخدام الرموز العلمية  $m \times 10^n$  احسب جزء المعادلة الذي يحتوي على  $10^n$  لتقدير قيمة الجواب.
- c. احسب الجواب وتأكد منه بمقارنته بتقديرك في b.
14. **الضبط:** بعض المساطر الخشبية لا يبدأ صفورها عند الحافة، وإنما بعد عدة ملليمترات منها. كيف يؤثر هذا في ضبط المسطرة؟
15. **الأدوات:** لديك ميكرومتر (جهاز يستخدم لقياس طول الأجسام لأقرب  $0.01 \text{ mm}$ ) مُنَحَن بشكل سيئ، كيف تقارنه بمسطرة مترية ذات نوعية جيدة من حيث الدقة والضبط؟
16. **اختلاف زاوية النظر:** هل يؤثر اختلاف زاوية النظر في دقة القياسات التي تجريها؟ وضح ذلك.
17. **الأخطاء:** أخبرك صديقك أن طوله  $182 \text{ cm}$ ، وضح مدى دقة هذا القياس.
18. **الدقة:** صندوق طوله  $19.2 \text{ cm}$ ، وعرضه  $18.1 \text{ cm}$ ، وارتفاعه  $20.3 \text{ cm}$ .
- a. ما حجم الصندوق؟
- b. ما دقة قياس الطول؟ وما دقة قياس الحجم؟
- c. ما ارتفاع مجموعة من 12 صندوقاً؟
- d. ما دقة قياس ارتفاع الصندوق مقارنة بدقة قياس ارتفاع 12 صندوقاً.
19. **التفكير الناقد:** كتب زميلك في تقريره أن متوسط الزمن اللازم لحركة جسم دورة كاملة في مسار دائري هو  $65.414 \text{ s}$ . وقد سجلت هذه القراءة عن طريق قياس زمن 7 دورات باستخدام ساعة دقتها  $0.1 \text{ s}$ ، ما مدى ثقتك بالنتيجة المدونة في التقرير؟ وضح إجابتك.



# مختبر الفيزياء

## استكشاف حركة الأجسام

الفيزياء علم يعتمد على المشاهدات التجريبية. والعديد من المبادئ التي تستخدم لوصف الأنظمة الميكانيكية وفهمها، مثل الحركة الخطية للأجسام، يمكن تطبيقها لوصف ظواهر طبيعية أخرى أكثر تعقيداً. كيف تستطيع قياس سرعة المركبات في شريط فيديو؟

### سؤال التجربة:

ما أنواع القياسات التي يمكن إجراؤها لإيجاد سرعة مركبة؟

#### الخطوات

1. قم بزيارة [physicspp.com/internet\\_lab](http://physicspp.com/internet_lab) لمشاهدة مقطع الفيديو الخاص بالفصل الأول.
2. لاحظ أن لقطات الفيديو أخذت في وقت الظهيرة. وإن على طول جوانب الطريق المستقيمة مستطيلات طويلة من طلاء أبيض تستخدم لملاحظة حركة المرور من الجو، تتكرر هذه العلامات بانتظام كل 0.322 km.
3. **نظم** جدولاً كالموضح في الصفحة المقابلة، سجل ملاحظاتك عن محيط التجربة، المركبات الأخرى والعلامات، ما لون المركبة التي تركز عليها الكاميرا؟ ما لون مركبة النقل الصغيرة في الجانب الأيسر من الطريق؟
4. **ابحث** أعد مشاهدة الفيديو مرة ثانية ولاحظ تفاصيل أخرى. هل الطريق مستوية؟ بأي اتجاه تتحرك المركبات؟ ما الزمن اللازم لتقطع كل مركبة المسافة بين إشارتين؟
5. **سجل** ملاحظاتك وقراءاتك.

#### الأهداف

- تفحص حركة مجموعة من المركبات في أثناء عرض شريط فيديو.
- وصف حركة المركبات.
- جمع وتنظيم البيانات المتعلقة بحركة المركبات.
- حساب سرعة المركبات.

#### احتياطات السلامة



#### المواد والأدوات

- الاتصال بالإنترنت.
- ساعة وقف.





جدول القراءات			
عدد الإشارات البيضاء	المسافة (km)	زمن المركبة البيضاء (s)	زمن مركبة النقل الصغيرة الرمادية (s)

### التحليل

1. لخص ملاحظاتك النوعية.
2. لخص ملاحظاتك الكمية.
3. **مثل بيانات** الخطوتين السابقتين على محورين متعامدين (المسافة مع الزمن).
4. **احسب** سرعة المركبات بوحدة km/s و km/h.
5. **توقع** المسافة التي ستقطعها كل مركبة في خمس دقائق.

### الاستنتاج والتطبيق

1. **احسب** الدقة في قياس المسافة والزمن.
2. **احسب** الدقة في قياس السرعة، وعلى ماذا تعتمد؟
3. **صف** المتغيرات المستقلة والمتغيرات التابعة في هذه التجربة.
4. **قارن** الرسومات البيانية التي حصلت عليها لكل مركبة، وبيّن أيها ذات ميل أقل. ماذا يساوي هذا الميل؟
5. **استنتج** ما الذي يعنيه حصولك على خط أفقي (مواز لمحور الزمن) عند رسم علاقة المسافة بالزمن؟

### التوسع في البحث

السرعة هي المسافة المقطوعة مقسومة على الزمن اللازم لقطعها. وضح كيف تستطيع قياس السرعة في غرفة الصف باستخدام سيارة صغيرة تعمل بالتحكم عن بعد، ما العلامات التي ستستخدمها؟ كيف تستطيع قياس المسافة والزمن بدقة؟ هل تؤثر الزاوية التي يؤخذ منها قياس اجتياز السيارة للإشارة في النتائج؟ وما مدى تأثيرها؟ كيف تحسن قياساتك؟ ما الوحدات المنطقية للسرعة في هذه التجربة؟ إلى أي مدى في المستقبل تستطيع توقع موقع السيارة؟ إذا أمكن، نفذ التجربة ولخص نتائجك.

### الفيزياء في الحياة

لدى مشاهدة عداد السرعة من قبل كل من: راكب يجلس في المقدمة، وسائق الحافلة، وراكب يجلس في الخلف، فإن كلاً منهم سيقراً: 90 km/h، و 100 km/h، و 110 km/h على الترتيب. فسر هذا الاختلاف.

### التواصل

**صمم تجربة** قم بزيارة الموقع الآتي:

[physicspp.com/internet\\_lab](http://physicspp.com/internet_lab)

لأرسل تجربتك في قياس السرعة في غرفة الصف استخدم سيارة التحكم عن بعد، ومن ثم دَوّن المواد والأدوات المستخدمة، وطريقة عمل التجربة، وملاحظاتك، واستنتاجاتك بشأن ضبط التجربة ودقة القياسات. إذا قمت فعلياً بتنفيذ التجربة فابعث نتائجك وقراءاتك.

### الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية

لمزيد من المعلومات عن القياسات ارجع إلى الموقع الإلكتروني

[obeikaneducation.com](http://obeikaneducation.com)

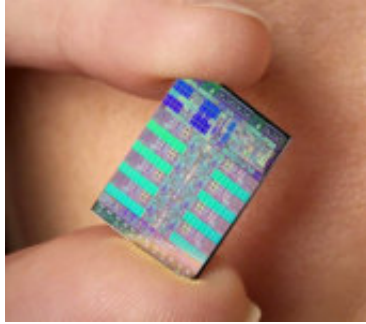
## تقنية المستقبل

### تاريخ تطور الحاسوب

عندما تستخدم برامج الحاسوب أو تبث برسائل إلكترونية، فإن كل بكسل (pixel) منها يتطلب من الحاسوب حل عدة مئات من المعادلات الرياضية بسرعة هائلة، والتي لا تستغرق إلا أجزاءً من المليار من الثانية.

**الجيل الأول من الحواسيب:** كان بمقدرة الحواسيب الأولى حل المعادلات المعقدة، لكنها كانت تستغرق وقتاً طويلاً؛ حيث كان علماء الحاسوب آنذاك يواجهون تحديات حقيقية في تحويل الصور إلى صيغ يستطيع الحاسوب معالجتها.

**الذاكرة:** كانت صناعة ذاكرة الجيل الأول من الحواسيب مكلفة جداً، وكما تعلم فإن زيادة سعة الذاكرة يجعل الحاسوب يعمل بصورة أسرع، فصناعة ذاكرة بسعة 1byte كان يتطلب 8 دوائر كهربائية، وهذا يعني أن لصناعة ذاكرة بسعة 1024bytes (1kb) والتي تعتبر سعة ضئيلة في وقتنا الحاضر، يحتاج إلى 8192 دائرة كهربائية.



ولعله من الطريف أن تعلم أن سعة ذاكرة الحاسوب الذي كان على متن سفينة أبولو الفضائية والتي هبطت على سطح القمر كانت لا تتجاوز 64kb.

في عام 1960، قام مجموعة من العلماء باختراع الدوائر التكاملية التي ساهمت في تقليل حجم وتكلفة الدوائر الحاسوبية بشكل كبير، وصغر حجم الحاسوب مع زيادة سعته. واليوم تصنع ترانزسترات الرقاقت الإلكترونية بأحجام متناهية في الصغر، كما تقلص حجم الحاسوب وقل سعره إلى درجة أن الهاتف المتحرك يحتوي على تقنيات حاسوبية أكبر بكثير من الكمبيوترات المركزية العملاقة التي كانت تستخدم خلال العام 1970.



إن أحجام الحواسيب ضخمة جداً، فهي تحوي الكثير من الأسلاك والترانزسترات كما هو موضح بالصورة أعلاه. إن سرعة مرور التيار الكهربائي خلال هذه الأسلاك لا يتجاوز  $\frac{2}{3}$  سرعة الضوء، ونظراً لطول الأسلاك المستخدمة، فإنه يلزم للتيار الكهربائي فترة زمنية طويلة ليمر خلالها.

1-1 الرياضيات والفيزياء Mathematics and Physics

المفردات:	المفاهيم الرئيسية:
<ul style="list-style-type: none"> <li>الفيزياء</li> <li>الطريقة العلمية</li> <li>الفرضيات</li> <li>النماذج العلمية</li> <li>القانون العلمي</li> <li>النظرية العلمية</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>الفيزياء هي علم دراسة المادة والطاقة والعلاقة بينهما.</li> <li>الطريقة العلمية هي عملية منظمة للمشاهدة، والتجريب، والتحليل للإجابة عن الأسئلة حول العالم الطبيعي.</li> <li>هي تخمين علمي عن كيفية ارتباط المتغيرات مع بعضها بعضاً.</li> <li>تسهل النماذج دراسة وتفسير الظواهر الطبيعية والعلمية.</li> <li>قاعدة طبيعية تجمع مشاهدات مترابطة لوصف ظاهرة طبيعية متكررة.</li> <li>الإطار الذي يجمع بين عناصر البناء العلمي في موضوع في موضوعات العلم والقادر على تفسير المشاهدات والملاحظات المدعومة بنتائج تجريبية.</li> </ul>

1-2 القياس Measurement

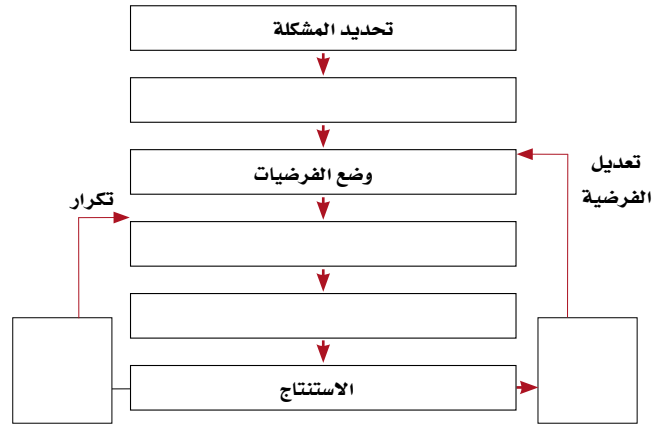
المفردات:	المفاهيم الرئيسية:
<ul style="list-style-type: none"> <li>تحليل الوحدات</li> <li>القياس</li> <li>الدقة</li> <li>الضبط</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>يستخدم طريقة أو أسلوب تحليل الوحدات للتحقق من أن وحدات الإجابة صحيحة.</li> <li>عبارة عن مقارنة كمية مجهولة بأخرى معيارية.</li> <li>درجة الاتقان في القياس.</li> <li>يصف الضبط كيف تتفق نتائج القياس مع القيمة المقبولة في القياس.</li> </ul>



### خريطة المفاهيم

20. أكمل خريطة مفاهيم الطريقة العلمية بالمصطلحات التالية:

جمع المعلومات - تحليل البيانات - يدعم الفرضية  
اختبار صحة الفرضية - لا يدعم الفرضية



### إتقان المفاهيم:

21. ما المقصود بالقانون العلمي؟

22. ما أهمية الرياضيات في علم الفيزياء؟

23. ما النظام الدولي للوحدات؟

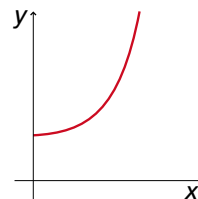
24. ماذا يطلق على قيم المتر التالية:

(a)  $\frac{1}{100}$  m (b)  $\frac{1}{1000}$  m (c) 1000 m

25. في تجربة عملية، قيس حجم الغاز داخل بالون وحددت علاقته بتغير درجة الحرارة، ما المتغير المستقل، والمتغير التابع.

راجع ملحق الرياضيات في نهاية الكتاب للإجابة على السؤالين 26 و 27.

26. ما نوع العلاقة الموضحة في الشكل التالي؟



الشكل 1-11

27. لديك العلاقة التالية  $F = \frac{mv^2}{R}$  ما نوع العلاقة بين

كل مما يلي؟

a.  $F$  و  $R$

b.  $F$  و  $m$

c.  $F$  و  $v$

### تطبيق المفاهيم

28. ما الفرق بين النظرية العلمية والقانون العلمي؟ وما الفرق بين الفرضية والنظرية العلمية؟ أعط أمثلة مناسبة.

29. **الكثافة:** تُعرف الكثافة بأنها كتلة وحدة الحجم وتساوي الكتلة مقسومة على الحجم.

a. ما وحدة الكثافة في النظام الدولي؟

b. هل وحدة الكثافة أساسية أم مشتقة؟

30. قام طالبان بقياس سرعة الضوء، فحصل الأول على  $(3.001 \pm 0.001) \times 10^8$  m/s، وحصل الثاني على  $(2.999 \pm 0.006) \times 10^8$  m/s.

a. أيهما أكثر دقة؟

b. أيهما أكثر ضبطاً؟ علماً بأن القيمة المعيارية لسرعة الضوء هي:  $2.99792458 \times 10^8$  m/s

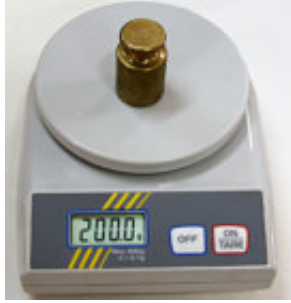
31. ما طول ورقة الشجر المبينة في الشكل 1-12،



الشكل 1-12

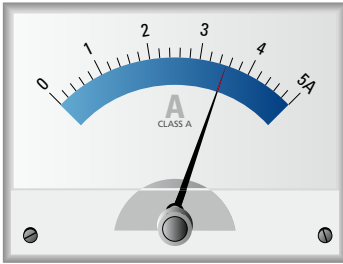
# تقويم الفصل - ١

36. بعد ملئه بالماء 51.8 kg، ما كتلة الماء في الوعاء؟  
ما دقة القياس التي تستطيع الحصول عليها من  
الميزان الموضح في الشكل 1-13؟



الشكل 1-13 ■

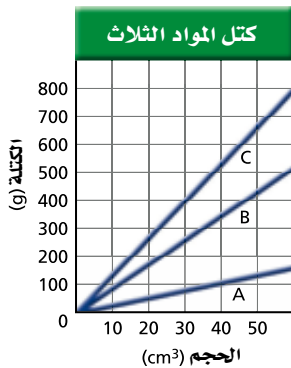
37. أعط القراءة الموضحة في الشكل 1-14، ضمّن  
خطأ القياس في الإجابة.



الشكل 1-14 ■

راجع ملحق الرياضيات في نهاية الكتاب للإجابة على  
السؤالين 38 و 39.

38. يمثل الشكل 1-15، العلاقة بين كتل ثلاث مواد  
وأحجامها التي تتراوح بين 0-60 cm³.



الشكل 1-15 ■

ضمّن إجابتك خطأ القياس؟

## إتقان حل المسائل

### 1-1 الرياضيات والفيزياء

32. يُعبّر عن مقدار قوة جذب الأرض للجسم بالعلاقة

$F = mg$ ، حيث تمثل  $m$  كتلة الجسم و  $g$  التسارع

الناتج عن الجاذبية الأرضية ( $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ ).

a. أوجد القوة المؤثرة في جسم كتلته 41.63 kg.

b. إذا كانت القوة المؤثرة في جسم هي

$632 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$ ، فما كتلة هذا الجسم؟

33. يقاس الضغط بوحدة الباسكال Pa حيث

$1 \text{ Pa} = 1 \text{ kg/m} \cdot \text{s}^2$ ، هل التعبير التالي يمثل قياساً

للضغط بوحدة صحيحة؟

$$\frac{(0.55 \text{ kg})(2.1 \text{ m/s})}{9.8 \text{ m/s}^2}$$

### 1-2 القياس

34. حوّل كلاً مما يلي إلى متر:

a. 42.3 cm

b. 6.2 pm

c. 21 km

d. 0.023 mm

e. 214 μm

f. 57 nm

35. وعاء ماء كتلته فارغاً 3.64 kg، إذا أصبحت كتلته

# تقويم الفصل - 1

## مراجعة عامة

40. تتكون قطرة الماء في المتوسط من  $1.7 \times 10^{21}$  جزيء. إذا كان الماء يتبخر بمعدل مليون جزيء في الثانية، احسب الزمن اللازم لتبخر قطرة الماء كلياً؟

## التفكير الناقد

41. احسب كتلة الماء بوحدة kilograms اللازمة لملء وعاء طوله 1.4 m، وعرضه 0.600 m، وعمقه 34.0 cm قرب النتيجة لأقرب رقم معنوي. (علماً بأن كثافة الماء تساوي  $1.00 \text{ g/cm}^3$ ).
42. **صمم تجربة:** إلى أي ارتفاع تستطيع رمي كرة؟ ما المتغيرات التي من المحتمل أن تؤثر في إجابة هذا السؤال؟

## الكتابة في الفيزياء

43. اكتب مقالة عن تاريخ الفيزياء توضح فيها كيفية تغير الأفكار حول موضوع أو كشف علمي ما، مع مرور الزمن. تأكد من إدراج إسهامات العلماء، وتقييم أثرها في تطور الفكر العلمي، وفي العالم الحقيقي (واقع الحياة).
44. وضح كيف أن تحسين الدقة في قياس الزمن، سيؤدي إلى دقة أكثر في التوقعات المتعلقة بكيفية سقوط الجسم.

a. ما كتلة  $30 \text{ cm}^3$  من كل مادة؟

b. إذا كان لديك 100 g من كل مادة، ما مقدار أحجامها؟

c. ماذا يمثل ميل الخطوط المبينة في الرسم؟ وضح ذلك بجملة أو جملتين.

39. في تجربة أجريت داخل مختبر المدرسة، قام معلم الفيزياء بوضع كتلة على سطح طاولة مهمة الاحتكاك تقريباً، ثم أثر في هذه الكتلة بقوى أفقية متغيرة، وقاس المسافة التي تقطعها الكتلة في خمس ثوان تحت تأثير كل قوة منها وحصل على الجدول التالي:

جدول 1-3	
المسافة المقطوعة تحت تأثير قوى مختلفة	
المسافة cm	القوة N
24	5.0
49	10.0
75	15.0
99	20.0
120	25.0
145	30.0

a. مثل بيانات القيم المعطاة بالجدول، وارسم خط المواءمة الأفضل (الخط الذي يمر في أغلب النقاط).

b. صف الرسم البياني الناتج.

c. استخدم الرسم لكتابة معادلة تربط المسافة مع القوة.

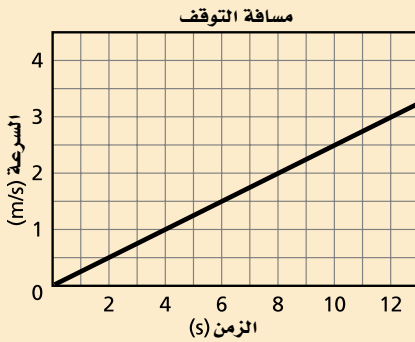
d. ما الثابت في المعادلة، وما وحدته.

e. توقع المسافة المقطوعة في 5 s عندما تؤثر في الجسم قوة مقدارها 22.0 N.



# اختبار مقنن

## أسئلة اختيار من متعدد:



5. ميل الخط المستقيم المرسوم في الشكل أعلاه يساوي:

a.  $0.25 \text{ m/s}^2$  .c.  $2.5 \text{ m/s}^2$

b.  $0.4 \text{ m/s}^2$  .d.  $4.0 \text{ m/s}^2$

## الأسئلة الممتدة:

6. تُريد حساب التسارع بوحدة  $\text{m/s}^2$ ، فإذا كانت

القوة مقاسة بوحدة N، والكتلة بوحدة g، حيث

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$$

a. أعد كتابة المعادلة  $F = ma$  بحيث تعطي قيمة

التسارع  $a$  بدلالة  $m$  و  $F$ .

b. ما معامل التحويل اللازم لتحويل grams إلى

kilograms؟

c. إذا أثرت قوة مقدارها  $2.7 \text{ N}$  في جسم كتلته  $350 \text{ g}$ ،

ما المعادلة التي ستستخدمها في حساب التسارع،

مضمناً معامل التحويل.



## حاول أن تتخطى

قد ترغب في تخطي المسائل الصعبة وتعود إليها لاحقاً، إن إجابتك عن الأسئلة السهلة قد تساعدك في الإجابة عن الأسئلة التي تخطيتها، كما تضمن لك الحصول على المزيد من الدرجات في نتيجتك النهائية.

1. استخدم عالمان مختبر تقنية التأريخ بالكربون

المشع لتحديد عمر رمحين خشبيين اكتشفهما في

الكهف نفسه. وجد العالم A أن عمر الرمح الأول

هو  $2250 \pm 40 \text{ years}$ ، ووجد العالم B أن عمر

الرمح الثاني هو  $2215 \pm 50 \text{ years}$ ، أي الخيارات

التالية صحيح:

a. قياس العالم A أكثر ضبطاً من قياس العالم B

b. قياس العالم A أقل ضبطاً من قياس العالم B

c. قياس العالم A أكثر دقة من قياس العالم B

d. قياس العالم A أقل دقة من قياس العالم B

2. أي القيم أدناه تساوي  $86.2 \text{ cm}$ :

a.  $8.62 \text{ m}$  .c.  $8.62 \times 10^{-4} \text{ km}$

b.  $0.862 \text{ mm}$  .d.  $862 \text{ dm}$

3. إذا أعطيت المسافة بوحدة km والسرعة بوحدة

$\text{m/s}$  أي من العمليات أدناه تعبر عن إيجاد الزمن

بالثواني (s)؟

a. ضرب المسافة في السرعة، ثم ضرب الناتج في 1000

b. قسمة المسافة على السرعة، ثم ضرب الناتج في 1000

c. قسمة المسافة على السرعة ثم قسمة الناتج على 1000

d. ضرب المسافة بالسرعة ثم قسمة الناتج على 1000

4. أي الصيغ الآتية مكافئة للعلاقة  $d = \frac{m}{V}$ :

a.  $V = \frac{m}{d}$  .c.  $V = \frac{md}{V}$

b.  $V = dm$  .d.  $V = \frac{d}{m}$

## تمثيل الحركة

**بعد دراستك لهذا الفصل**

**ستكون قادراً على:**

- تمثيل الحركة باستخدام الكلمات والمخططات التوضيحية للحركة والرسوم البيانية.
- وصف حركة الأجسام باستخدام المصطلحات (الموقع، المسافة، الإزاحة، الفترة الزمنية) بطريقة علمية.

**الأهمية:**

في حال غياب طرائق وصف الحركة وتحليلها يتحول السفر بواسطة الطائرة، أو القطار، أو الحافلة إلى فوضى. فالأزمنة والسرعات هي التي تحدد جدول مواعيد إنطلاق ووصول وسائل النقل على اختلافها. سباق السيارات: عندما تتجاوز سيارة سيارة أخرى فإن سرعة الأولى تكون أكبر من سرعة الثانية.

**فكر**

كيف يمكنك تمثيل حركة سيارتين؟



## 2-1 تصوير الحركة Picturing Motion

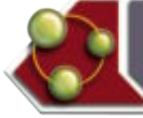
### الأهداف

- ترسم المخطط التوضيحي
- لحركة جسم لوصف حركته.
- تطور نموذجاً جسيماً نقطياً
- لتمثيل حركة جسم.

### المفردات:

- مخطط الحركة.
- نموذج الجسيم النقطي.

تعرفت في الفصل السابق الطريقة العلمية التي تفيدك في دراسة الفيزياء، وستبدأ في هذا الفصل باستخدامها في تحليل الحركة، كما ستقوم لاحقاً بتطبيقها على جميع أنماط الحركة باستخدام الرسوم والمخططات التوضيحية، والرسوم البيانية، وكذلك المعادلات الرياضية. إن هذه المفاهيم ستساعدك في تحديد سرعة الجسم، وإلى أي بُعد سيتحرك، وما إذا كان الجسم يتسارع أو يتباطأ، أو كان ساكناً أو متحركاً بسرعة منتظمة. إن إدراك الحركة أمر غريزي فعيناك تتبهران غريزياً للأجسام المتحركة أكثر منه للأجسام الساكنة، فالحركة موجودة في كل مكان حولنا، بدءاً من القطارات السريعة، إلى النسمات الخفيفة، والغيوم البطيئة.



## تجربة استهلاكية

### أي السيارتين أسرع؟

**سؤال التجربة:** في سباق بين سيارتين لعبة، هل يمكنك أن

تبين أيهما أسرع؟



### الخطوات:

1. أحضر سيارتي لعبة تعملان بانضغاط النابض، ضع السيارتين على طاولة المختبر، أو على أي سطح آخر يقترحه المعلم.
2. حدد خطاً لبداية السباق.
3. قم بتعبئة نابضي السيارتين ثم أطلقهما من خط البداية في اللحظة نفسها.
4. لاحظ حركة السيارتين عن قرب لتحدد أي منهما أسرع.
5. كرر الخطوات من 1-3، لدعم استنتاجك في تحديد السيارة الأسرع.

### التحليل:

ما البيانات التي جمعتها لتثبت أي السيارتين كانت الأسرع؟ ما البيانات الأخرى التي يمكن أن تجمعها لإثبات الفكرة السابقة؟

**التفكير الناقد:** اكتب تعريفاً إجرائياً (عملياً) للسرعة المتوسطة.



## أنواع الحركة Kinds of Motion

ما الذي يتبادر إلى ذهنك عندما تسمع كلمة حركة؟ سيارة مسرعة؟ أو ركوب العجلة الدوارة في متنزه الألعاب؟ أو كرة قدم ترتفع فوق سياج المنزل؟ أو طفل يتأرجح للأمام والخلف بشكل منتظم؟

عندما يتحرك جسم ما فإن موقعه يتغير كما في الشكل 1-2، ويمكن أن يحدث هذا التغير وفق مسار في خط مستقيم، أو دائرة، أو منحني، أو على شكل اهتزاز (تأرجح) للأمام والخلف.

بعض أنواع الحركة التي تم ذكرها سابقاً تبدو أكثر تعقيداً من غيرها. وعند البدء بدراسة مجال جديد، يستحسن أن نبدأ بالأمور التي تبدو أقل تعقيداً، لذا سنبدأ هذا الفصل بدراسة الحركة في خط مستقيم. ولوصف حركة أي جسم فإنه يجب معرفة أين، ومتى شغل الجسم مكاناً ما، فوصف الحركة يرتبط بالمكان والزمان.

## مخططات الحركة Motion Diagrams

يمكن تمثيل حركة عداد بالتقاط سلسلة من الصور المتتابة التي تظهر مواقع العداء في فترات زمنية متساوية، يظهر الشكل 2-2 كيف تبدو الصور المتتابة لعداء. لاحظ أن العداء يظهر في موقع مختلف في كل صورة، بينما يبقى كل شيء في خلفية الصور في المكان نفسه. وهذا يدل (ضمن المنظور) على أن العداء هو المتحرك الوحيد بالنسبة لما حوله.

افترض أنك رتبت الصور المتتابة في الشكل 2-2 وجمعتها في صورة واحدة تظهر مواقع جسم متحرك في فترات زمنية متساوية، (انظر الشكل 3-2)، فإنه عندئذ يطلق على هذا الترتيب مصطلح مخطط الحركة.



■ الشكل 1-2: يغير راكب الدراجة الهوائية موقعه أثناء حركته. وفي هذه الصورة كانت آلة التصوير مركزة على الراكب، لذا فالخلفية غير الواضحة تدل على أن موقع الراكب قد تغير.

■ الشكل 2-2: إذا ربطت موقع العداء مع الخلفية في كل صورة في فترات زمنية متساوية، ستستنتج أنه في حالة حركة.





## نموذج الجسيم النقطي The Particle Model

يسهل تتبع مسار حركة العداء عند تجاهل حركة الأذرع والأرجل، كما يمكن تجاهل جسم العداء كله والاكتفاء بالتركيز على نقطة صغيرة مفردة في مركز جسمه وبتمثيل حركة العداء بسلسلة متتابعة من النقاط المفردة يمكنك الحصول على نموذج الجسيم النقطي كما هو موضح في الجزء السفلي من الشكل 2-3. وحتى تستخدم النموذج الجسيمي النقطي فإن حجم الجسم يجب أن يكون صغيراً جداً مقارنة بالمسافة التي يتحركها الجسم.

■ الشكل 2-3: إن ترتيب سلسلة من الصور

المتلاحقة الملتقطة في فترات زمنية

منتظمة، وجمعها في صورة واحدة،

يُعطى مخططاً توضيحياً لحركة العداء،

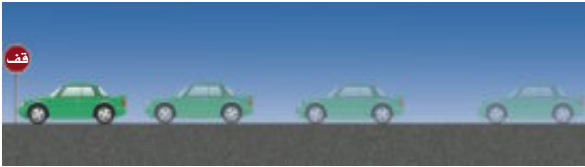
اختزال حركة العداء إلى نقاط مفردة

متتابة ينتج لنا نموذجاً جسيمياً نقطياً

لحركته.

## 2-1 مراجعة

3. **مخطط توضيحي لحركة سيارة:** استخدم نموذج الجسيم النقطي لرسم نموذج توضيحي مبسط يتناسب مع المخطط التوضيحي لحركة سيارة ستوقف عند إشارة مرور، كما في الشكل 2-5 حدد النقطة التي اخترتها على جسم السيارة لتمثيلها.



■ الشكل 2-5

4. **التفكير الناقد:** استخدم نموذج الجسيم النقطي لرسم مخططات الحركة التوضيحية لعدائين في سباق، عندما يتجاوز الأول خط النهاية، يكون الآخر قد قطع ثلاثة أرباع مسافة السباق فقط.

1. **مخطط توضيحي لحركة دراج:** استخدم نموذج الجسيم النقطي لرسم مخطط توضيحي لراكب دراجة هوائية يتحرك بسرعة ثابتة.

2. **مخطط توضيحي لحركة طائر:** استخدم نموذج الجسيم النقطي لرسم نموذج توضيحي مبسط يتناسب مع المخطط التوضيحي لحركة طائر أثناء طيرانه كما في الشكل 2-4، ما النقطة التي اخترتها على جسم الطائر لتمثله؟



■ الشكل 2-4

## 2-2 الموقع والزمن Position and Time

هل بالإمكان أخذ قياسات المسافة والزمن من مخططات الحركة كمخطط حركة العداء؟ قبل التقاط الصور، يمكنك وضع شريط قياس متري على الأرض على طول مسار العداء ليرشدك إلى مكان العداء في كل صورة، ووضع ساعة وقف ضمن المنظر الذي تصوره الكاميرا ليعين لك الزمن. لكن، أين يجب أن تضع بداية شريط القياس؟ متى يجب أن تبدأ بتشغيل ساعة الوقف؟

### أنظمة الإحداثيات Coordinate Systems

عندما تقرر أين تضع شريط القياس، ومتى تشغل ساعة الوقف، ستكون قد حددت النظام الإحداثي الذي يعين موقع نقطة الأصل بالنسبة للمتغير الذي تدرسه، والاتجاه الذي تزايد فيه قيم هذا المتغير. إن نقطة الأصل هي النقطة التي تكون عندها قيمة كل من المتغيرين صفراً. ونقطة الأصل في مثال العداء، تم تمثيلها بالنهاية الصفرية لشريط القياس، الذي يمكن وضعه على بعد ستة أمتار إلى يسار الشجرة، والحركة هنا تتم في خط مستقيم، لذا فإن شريط القياس يتم وضعه على امتداد هذا الخط المستقيم الذي يمثل أحد محوري النظام الإحداثي. من المحتمل أن تضع شريط القياس بحيث يزداد تدريج المقياس المتري إلى يمين الصفر، كما أن وضعه بالاتجاه المعاكس صحيح أيضاً. في الشكل a 2-6 نقطة الأصل للنظام الإحداثي تقع في جهة اليسار.

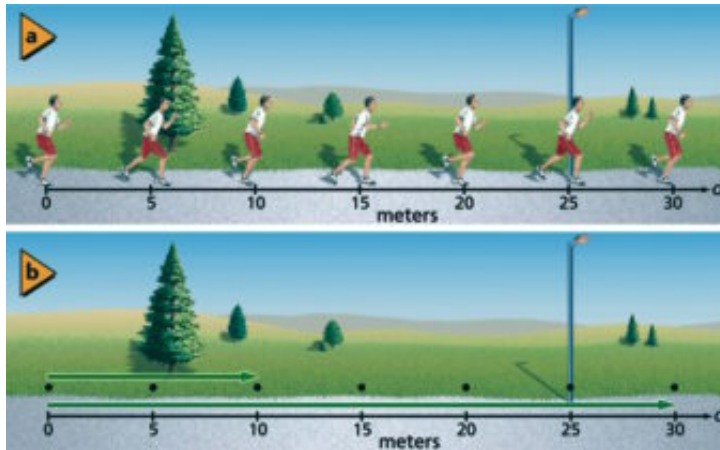
يمكنك أن تعين بُعد العداء عن نقطة الأصل عند لحظة معينة على مخطط الحركة، وذلك برسم سهم من نقطة الأصل إلى النقطة التي تمثل موقع العداء في هذه اللحظة، كما هو مبين في الشكل b 2-6. وهذا السهم يمثل موقع العداء، حيث يدل طول السهم على بعد الجسم عن نقطة الأصل، وهو يتجه دوماً من نقطة الأصل إلى موقع الجسم المتحرك، ويطلق على هذا السهم الذي يمثل مقدار واتجاه الحركة اسم الإزاحة.

#### الأهداف

- تتعرف أنظمة الإحداثيات المستخدمة في مسائل الحركة.
- تدرك أن النظام الإحداثي الذي يُختار يؤثر في إشارة مواقع الأجسام.
- تعرف الإزاحة.
- تحدد فترة زمنية.
- تستخدم مخططاً توضيحياً للحركة للإجابة عن أسئلة حول موقع جسم أو إزاحته.

#### المفردات:

- النظام الإحداثي
- نقطة الأصل
- الموقع
- المسافة
- الكميات المتجهة
- الكميات العددية
- المحصلة
- الفترة الزمنية
- الإزاحة



الشكل 2-6: في هذه الأشكال التوضيحية

للحركة، تقع نقطة الأصل إلى اليسار،

a. القيم الموجبة للمسافة تمتد أفقياً إلى اليمين.

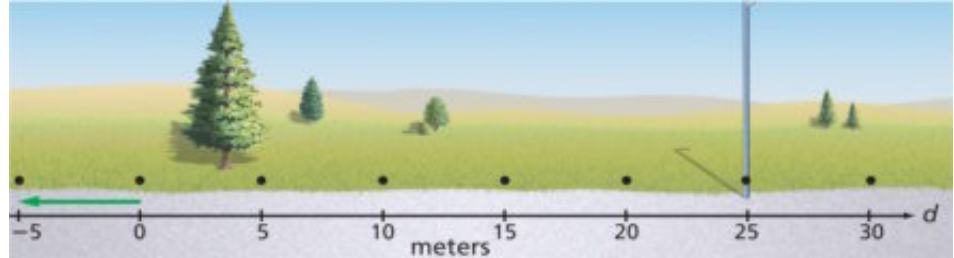
b. السهمان المرسومان من نقطة

الأصل إلى نقطتين يحددان موقع

العداء، في زمنين مختلفين.



لكن، هل هناك إزاحة سالبة؟ افترض أنك اخترت نظامًا إحداثيًا كالذي وضعته، واخترت نقطة الأصل على بعد 4 m يسار الشجرة على محور المسافة الذي يمتد بالاتجاه الموجب نحو اليمين، فإن الموقع الذي يبعد 9 m إلى يسار الشجرة، يبعد 5 m إلى يسار نقطة الأصل وتكون إزاحته سالبة. كما يظهر في الشكل 7-2.



■ الشكل 7-2: السهم المرسوم على مخطط الحركة يشير إلى إزاحة سالبة.

### الكميات الفيزيائية المتجهة والكميات العددية:

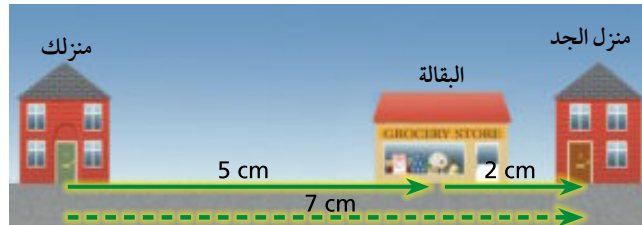
الكميات الفيزيائية التي يتطلب تعيينها تحديد كل من مقدارها واتجاهها وفقاً لنقطة الإسناد، مثل الإزاحة، والقوة تسمى كميات متجهة، ويمكن تمثيلها بواسطة الأسهم، أما الكميات الفيزيائية التي يكفي لتعيينها تحديد مقدارها فقط، مثل المسافة، والزمن، ودرجة الحرارة فتسمى كميات عددية. سيتم في هذا الكتاب استخدام حروف البنط العريض (**Bold**) لتمثيل الكميات المتجهة.

تعرفت سابقاً طريقة جمع الكميات العددية فعلى سبيل المثال  $0.2 + 0.6 = 0.8$  ولكن كيف يمكنك جمع الكميات المتجهة؟ فكر في حل المسألة التالية: طلبت منك والدتك شراء بعض الحاجيات وأخذها إلى منزل جدك، فمشيت مسافة 0.5 km نحو الشرق من بيتك إلى البقالة، وقمت بالشراء، ثم مشيت مسافة 0.2 km نحو الشرق إلى منزل جدك. ما مسافة بعدك عن نقطة الأصل في نهاية رحلتك؟ الجواب هو:

$$0.5 \text{ km} + 0.2 \text{ km} = 0.7 \text{ km}$$

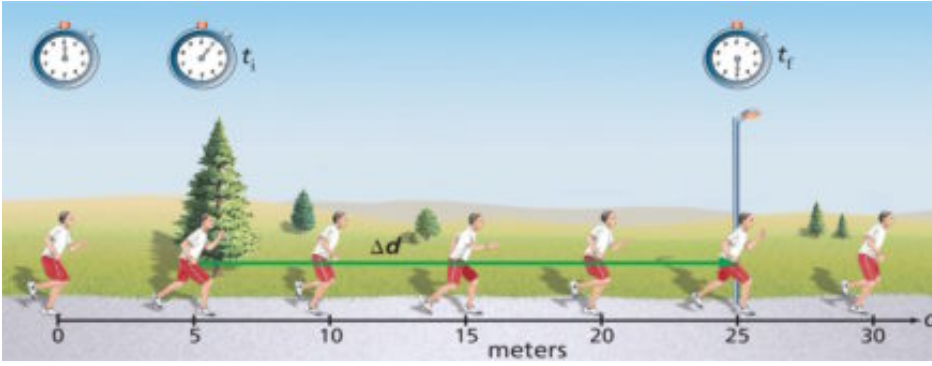
شرقاً      شرقاً      شرقاً

ويمكنك حل هذه المسألة بيانياً، وذلك باستخدام مسطرة، لقياس ورسم كل متجه، على أن يكون طول المتجه متناسباً مع مقدار الكمية التي يمثلها، وذلك باختيار مقياس رسم مناسب، فعلى سبيل المثال ربما تجعل كل 1 cm على الورقة يمثل 0.1 km. يوضح كل من المتجهين في الشكل 8-2 رحلتك إلى منزل جدك، وهما مرسومان بمقياس 1 cm لكل 0.1 km، والمتجه الذي يمثل مجموع المتجهين مبين بخط متقطع طوله 7 cm، ووفق مقياس الرسم فإنك على بعد 0.7 km من نقطة الأصل عند نهاية رحلتك. يسمى



المتجه الذي يمثل مجموع المتجهين الآخرين المحصلة التي تتجه دائماً من ذيل المتجه الأول إلى رأس المتجه الآخر.

■ الشكل 8-2: يُجمع متجهان بوضع رأس الأول ملاصقاً لذيل الثاني. تبدأ المحصلة من ذيل المتجه الأول وتنتهي في رأس المتجه الثاني.



■ الشكل 9-2، يمكنك أن تلاحظ أن

العداء استغرق أربع ثوانٍ ليتركض من الشجرة إلى عمود الإنارة، استخدم الموقع الابتدائي للعداء نقطة مرجعية. المتجه من الموقع 1 إلى الموقع 2 يشير إلى كل من اتجاه ومقدار الإزاحة خلال هذه الفترة الزمنية.

## الفترة الزمنية والإزاحة Time Interval and Displacement

عند تحليل حركة العداء، فإنك تحتاج إلى معرفة الزمن الذي استغرقه العداء للانتقال من الشجرة إلى عمود الإنارة. يمكن إيجاد هذه الفترة الزمنية بحساب الفرق بين قراءتي ساعة الوقف في كل موقع. اختر الرمز  $t_i$  للزمن عندما كان العداء عند الشجرة، والرمز  $t_f$  للزمن عندما صار عند عمود الإنارة. الفرق بين زمنين يسمى فترة زمنية ويرمز لها بالرمز  $\Delta t$  حيث:

$$\Delta t = t_f - t_i$$

الفترة الزمنية تساوي الزمن النهائي مطروحاً منه الزمن الابتدائي.

وفي مثال العداء، فإن الزمن الذي يستغرقه للذهاب من الشجرة إلى عمود الإنارة هو:

$$t_f - t_i = 5.0 \text{ s} - 1.0 \text{ s} = 4.0 \text{ s}$$

ولكن كيف تغير موقع العداء عندما ركض من الشجرة حتى عمود الإنارة؟ يستخدم الرمز  $d$  لتمثيل موقع العداء كما هو مبين في الشكل 9-2.

وفي الفيزياء، يعبر عن الموقع بالإزاحة، وهي كمية فيزيائية متجهة، وتمثل مقدار التغير الذي يحدث لموقع الجسم في اتجاه معين. ويرمز للإزاحة بالرمز  $\Delta d$  وتمثل بسهم يشير ذيله إلى موقع بداية الحركة، بينما يشير رأسه إلى موقع نهايتها، كما أن طول السهم يمثل مقدار المسافة التي قطعها الجسم في اتجاه معين، وهو الاتجاه الذي يشير إليه السهم. كما تحسب الإزاحة رياضياً بالعلاقة:

$$\Delta d = d_f - d_i$$

الإزاحة  $\Delta d$  تساوي متجه الموقع النهائي  $d_f$  مطروحاً منه متجه الموقع الابتدائي  $d_i$

فإزاحة العداء  $\Delta d$  أثناء حركته من الشجرة إلى عمود الإنارة تساوي  $25.0\text{m} - 5.0\text{m} = 20.0\text{m}$ ، والإزاحة كمتجه تختلف عن المسافة التي هي كمية عددية، فالإزاحة تعبر عن كل من المسافة والاتجاه.

دلالة اللون

- متجهات الإزاحة تظهر باللون الأخضر.

كيف تطرح الكميات المتجهة؟ لطرح متجه من آخر اعكس إتجاه المتجه المراد طرحه، ثم اجمعهما. وذلك لأن:

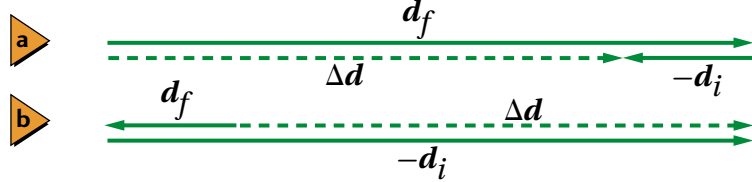
$$A - B = A + (-B)$$

يبين الشكل a 2-10 متجهين، الأول A وطوله 4 cm ويتجه نحو الشرق، والثاني B طوله 1 cm ويتجه نحو الشرق أيضًا، أما الشكل b 2-10 فيبين المتجه -B وطوله 1cm، والذي يتجه نحو الغرب. وتظهر محصلة المتجهين A و (-B)، ويمثلها متجه طوله 3 cm ويتجه نحو الشرق.

يحدد طول واتجاه متجه الإزاحة

$$\Delta d = d_f - d_i$$

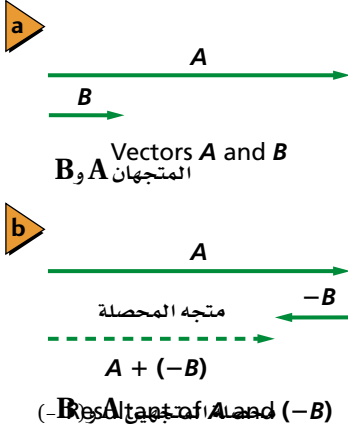
برسم المتجه  $d_f$ ، والمتجه  $-d_i$  والذي يكون اتجاهه بعكس اتجاه  $d_i$  ثم نقله بحيث يكون ذيله عند رأس المتجه  $d_f$  ويتم جمعهما معًا.



## ■ الشكل 2-10

(a): المتجهان A و B.

(b): محصلة (A-B).



## ■ الشكل 2-11: يمكن حساب إزاحة العداء

خلال فترة الأربع ثوانٍ بطرح  $d_i$  من  $d_f$ .

في الشكل (a) تقع نقطة الأصل إلى اليسار، أما في الشكل (b) فتقع إلى اليمين. وبغض النظر عن اختيارك النظام الإحداثي فإن قيمة واتجاه متجه الإزاحة  $\Delta d$  لا تتغير.

## 2-2 مراجعة

- الموقع قارن طالبان متجهي الموقع اللذين قاما برسمهما على مخطط للحركة لتحديد موقع جسم متحرك في اللحظة نفسها، فوجد أن المتجهين المرسومين لا يشيران إلى الاتجاه نفسه. فسر ذلك.
- التفكير الناقد تتحرك سيارة في خط مستقيم من البقالة إلى مكتب البريد، ولتمثيل حركتها استخدمت نظامًا إحداثيًا نقطة الأصل فيه البقالة واتجاه حركة السيارة هو الاتجاه الموجب، لكن زميلك استخدم نظامًا إحداثيًا نقطة الأصل فيه مكتب البريد والاتجاه المعاكس لحركة السيارة هو الموجب، هل ستفقان على كل من موقع السيارة والإزاحة والمسافة والفترة الزمنية التي استغرقتها الرحلة؟ وضح ذلك.

- الإزاحة يمثل الشكل التالي النموذج الجسيمي النقطي لحركة سيارة على طريق سريع وقد حددت نقطة الانطلاق كالتالي:

من هنا . . . . . إلى هناك

- أعد رسم هذا النموذج الجسيمي النقطي، وارسم متجهًا يمثل إزاحة السيارة من نقطة البداية حتى نهاية الفترة الزمنية الثالثة.

- الإزاحة يمثل النموذج الجسيمي النقطي أدناه حركة طالب يسير من بيته إلى المدرسة:

البيت . . . . . المدرسة

- أعد رسم الشكل وارسم متجهات لتمثيل الإزاحة بين كل نقطتين.



## 2-3 منحنى (الموقع - الزمن) Position-Time Graph

عندما نقوم بتحليل الحركة من نوع أكثر تعقيداً من الأمثلة التي تم تناولها ودراستها، فإنه من المفيد تمثيل حركة الجسم بطرق متنوعة. وكما لاحظت، فإن مخطط الحركة يحتوي على معلومات مفيدة حول موقع الجسم في أزمنة مختلفة، ويمكن استخدامه في تحديد إزاحة الجسم خلال فترات زمنية محددة، كما أن الرسوم البيانية لموقع الجسم-الزمن، تتضمن هذه المعلومات أيضاً.

### استخدام الرسم البياني لتحديد الموقع والزمن Using a Graph to Find Out Position and Time

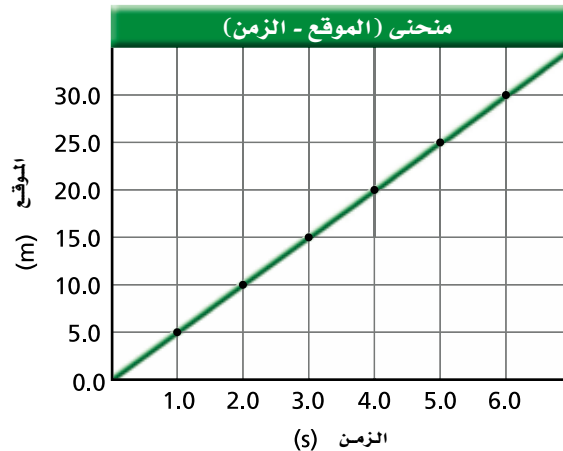
يمكن استخدام مخطط حركة العداء في الشكل 2-9 لتحديد موقع العداء في كل لحظة من حركته، وتجسيدها كما في الجدول 2-1.

كما يمكن عرض البيانات الواردة في الجدول 2-1 في رسم بياني، بتحديد إحداثيات الزمن على المحور الأفقي (x)، وإحداثيات الموقع على المحور الرأسي (y)، وهما يُسمى منحنى (الموقع-الزمن). ويظهر الرسم البياني في الشكل 2-12 حركة العداء. ولرسم هذا الخط البياني نحدد أولاً مواقع العداء بدلالة الزمن. وبعد ذلك، نرسم أفضل خط مستقيم يمر بأغلب النقاط وهو ما يطلق عليه خط المواءمة الأفضل.

يبين الخط البياني مواقع العداء في الأزمنة المبينة في الجدول، وحتى لو لم تتوافر بيانات تبين بشكل مباشر متى كان العداء على بعد 30.0 m من نقطة البداية، أو أين كان عند الزمن  $t = 4.5$  s، يمكنك استخدام الرسم البياني لتحديد ذلك.

ما الزمن الذي مكثه العداء في كل موقع؟ ربما تقول لحظة واحدة؛ لكن ما طولها؟ إذا اعتبرنا اللحظة مقداراً زمنياً متناهيًا في الصغر (تقارب الصفر)، عندئذ نستطيع القول أن العداء لم يكن يتحرك خلالها، والرمز  $d$  يمثل الموقع اللحظي للعداء.

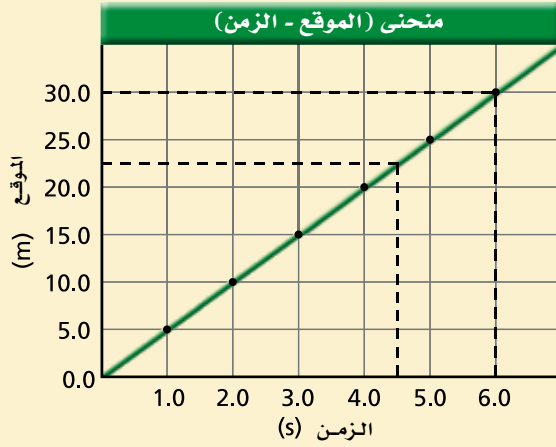
الجدول 2-1	
الموقع-الزمن	
الزمن (s)	الموقع (m)
0.0	0.0
5.0	1.0
10.0	2.0
15.0	3.0
20.0	4.0
25.0	5.0
30.0	6.0



الشكل 2-12: يمكننا رسم منحنى الموقع-الزمن للعداء، بتحديد نقطة موقعه في كل فترة زمنية من حركته، وبعد تعيين هذه النقاط، نرسم خط المواءمة الأفضل.



## مثال - 1



يوضح الرسم البياني المجاور حركة عداء. متى يصل العداء إلى بعد 30.0 m عن نقطة البداية؟ أين يكون بعد مضي 4.5 s؟

### 1 تحليل المسألة:

أعد صياغة الأسئلة.

السؤال 1: متى كان العداء على بعد 30.0 m من نقطة البداية؟

السؤال 2: ما موقع العداء بعد مضي 4.5 s؟

### 2 إيجاد الكمية المجهولة:

السؤال الأول:

تفحص الرسم البياني وحدد نقطة تقاطع الخط البياني مع

خط أفقي يمر بالنقطة 30.0 m، وبعد ذلك حدد نقطة تقاطع

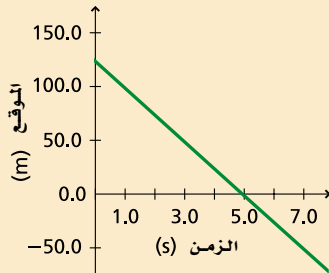
الخط العمودي المرسوم من تلك النقطة مع محور الزمن. تجد أن مقدار  $t$  هو 6.0 s.

السؤال الثاني:

حدد نقطة تقاطع الخط البياني مع خط عمودي عند 4.5 s (تقع بين 4.0 s و 5.0 s في الرسم البياني) وبعد ذلك،

حدد نقطة تقاطع الخط الأفقي المرسوم من تلك النقطة مع محور الموقع. تجد أن قيمة  $d$  تساوي 22.5 m تقريبًا.

## مسائل تدريبية



الشكل 2-13

استعن بالشكل 2-13 في حل المسائل من 9 إلى 11

9. صف حركة السيارة المبينة في الرسم البياني.

10. ارسم مخططاً للحركة يتوافق مع الرسم البياني.

11. أجب عن الأسئلة التالية حول حركة السيارة:

(افترض أن الاتجاه الموجب للإزاحة هو باتجاه الشرق والاتجاه السالب نحو الغرب).

a. متى كانت السيارة على بعد 25.0 m شرق نقطة الأصل؟

b. أين كانت السيارة عند 1.0 s؟

12. صف بالكلمات حركة اثنتين من المشاة A و B الموضحة حركتهما بالخطين

البيانيين في الشكل 2-14. بفرض أن الاتجاه الموجب نحو الشرق على

الشارع الرئيسي ونقطة التقاطع الشارع الرئيسي والفرعي.

13. تحركت سعاد في خط مستقيم من أمام المكتبة إلى قاعة المدرسة،

فقطعت مسافة 100.0 m، في هذه الأثناء قامت طالبات شعبة الفيزياء بتسجيل

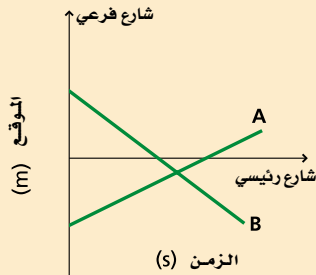
وتحديد موقعها كل 2.0 s، فلاحظن أنها قد تحركت مسافة 2.6 m كل 2.0 s.

a. مثل بالرسم البياني حركة سعاد.

b. متى كانت سعاد في المواقع التالية:

• على بعد 25.0 m من المكتبة؟

• على بعد 52.0 m من قاعة المدرسة؟



الشكل 2-14

**التمثيلات المتكافئة** كما هو مبين في الشكل 15-2 توجد طرق مختلفة لوصف الحركة: بالكلمات، والصور (التمثيل التصويري)، مخططات الحركة، وجدول البيانات، ومنحنيات (الموقع-الزمن)، وهذه جميعها طرق متكافئة؛ أي أنها تحتوي على المعلومات نفسها حول حركة العداء، ومع ذلك فقد يكون بعض هذه الطرق أكثر فائدة من الأخرى، وفقاً لما تريد معرفته عن الحركة.

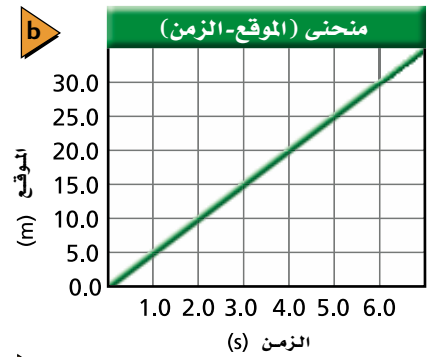
في الصفحات التالية، ستتدرب على استخدام هذه التمثيلات المتكافئة، وتتعلم أيها الأنسب لحل أنواع المسائل المختلفة.

**دراسة حركة عدة أجسام** يظهر في مثال 2 منحنى (الموقع-الزمن) لعدائين في سباق، متى وأين يتجاوز أحد العدائين الآخر؟ أولاً تحتاج إلى إعادة صياغة هذا السؤال باستخدام مصطلحات فيزيائية: متى يكون العداءان في الموقع نفسه؟ يمكنك الإجابة عن هذا السؤال بتحديد النقطة التي يتقاطع عندها الخطان الممثلان لحركة العدائين على منحنى (الموقع-الزمن).

a

الجدول 1-2	
الموقع-الزمن	
الزمن (s)	الموقع (m)
0.0	0.0
5.0	1.0
10.0	2.0
15.0	3.0
20.0	4.0
25.0	5.0
30.0	6.0

b



c

النهاية • • • • • البداية

## الشكل 15-2

(a) جدول البيانات.

(b) منحنى (الموقع - الزمن).

(c) النموذج الجسيمي النقطي

لحركة الجسم نفسه.

## مثال 2 -

يمثل الرسم البياني المجاور منحنى (الموقع-الزمن) لحركة عدائين A و B. متى، وأين يتجاوز العداء B العداء A؟

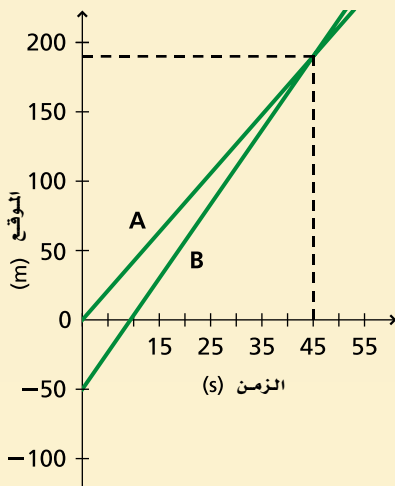
### 1 تحليل المسألة:

أعد صياغة السؤال:

عند أي زمن يكون العداءان A و B في الموقع نفسه؟

### 2 إيجاد الكمية المجهولة:

تفحص الرسم البياني لإيجاد نقطة تقاطع الخط البياني الممثل لحركة A مع الخط البياني الممثل لحركة B، يتقاطع هذان الخطان عند اللحظة 45 s، وعلى بعد حوالي 190 m، وهذا يعني أن العداء B يتجاوز العداء A على بعد 190 m من نقطة الأصل، وبعد 45 s من مرور العداء A بها.



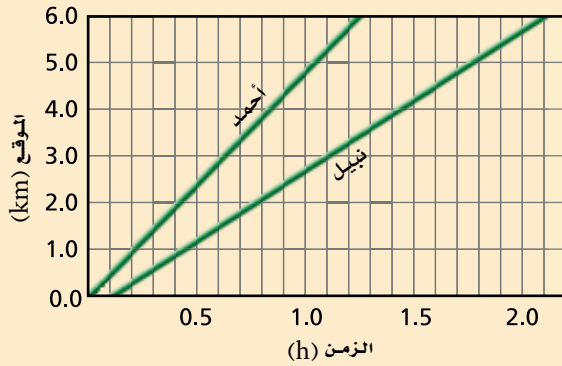
للإجابة عن المسائل 14-17 ارجع إلى الشكل في مثال 2.

14. ما الحدث الذي حصل عند اللحظة  $t = 0.0$  s ؟

15. أي عداء كان متقدماً في اللحظة  $t = 48$  s ؟

16. متى كان العداء A عند النقطة  $0.0$  m ، وأين كان العداء B حينها ؟

17. ما المسافة الفاصلة بين العداء A والعداء B في اللحظة  $t = 20.0$  s .



الشكل 16-2 ■

18. خرج أحمد في نزهة مشياً على الأقدام، وبعد وقت ما، بدأ صديقه نبيل السير خلفه، وقد تم تمثيل حركتهما بمنحنى (الموقع-الزمن) المبين في الشكل 16-2. a. ما الزمن الذي سار خلاله أحمد قبل بدء نبيل بالمشي ؟

b. هل سيلحق نبيل بأحمد ؟ فسر ذلك.

## مسألة تحفيز

يستمتع ماجد ويوسف وناصر بممارسة الرياضة على طريق يمتد بمحاذاة الشاطئ، حيث ينطلق ماجد بدراجته من مرسى بسرعة منتظمة قدرها  $40.25$  km/h شمالاً، ويركض يوسف باتجاه الجنوب بسرعة منتظمة  $16.0$  km/h، أما ناصر فيمشي جنوباً بسرعة  $6.5$  km/h. عند منتصف النهار (الساعة 12:00 am) بدأ ماجد الحركة منطلقاً من المرسى شمالاً، أما يوسف وناصر فبدأ كل منهما بالتحرك جنوباً عند الساعة 11:30 am من مرسى آخر يبعد  $20.0$  km شمال المرسى الأول.

1. ارسم منحنى (الموقع-الزمن) لكل من الأشخاص الثلاثة.

2. متى يصبح الثلاثة أقرب ما يمكن من بعضهم بعضاً ؟

3. ما المسافة التي تفصل بينهم حينذاك ؟

كما لاحظت سابقاً، يمكنك تمثيل حركة أكثر من جسم في منحنى واحد للموقع-الزمن. ونقطة تقاطع الخطين البيانيين تخبرك متى يكون الجسمان في الموقع نفسه، لكن، هل هذا يعني أنهما سيتصادمان؟ ليس بالضرورة، فعلى سبيل المثال، إذا كان هذان الجسمان عدائين، ولكل منهما ممر خاص به، فإنهما لن يتصادما.

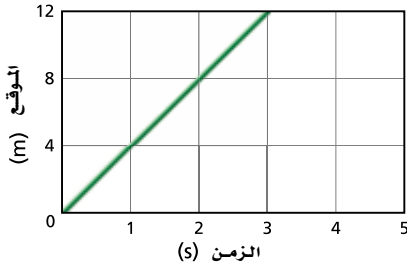
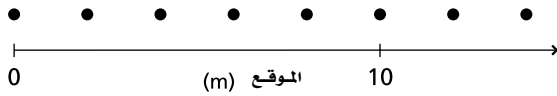
هل هناك شيء آخر يمكنك تعلمه من منحنيات الموقع-الزمن؟ وهل تعرف ما يعنيه ميل الخط البياني في المنحنى. ستتعلم في الدرس التالي، كيف تستخدم ميل الخط البياني لمنحنى (الموقع-الزمن) لتعيين السرعة المتجهة لجسم.

## 2-3 مراجعة

**22. المسافة:** حدد المسافة التي قطعها قرص الهوكي بين اللحظتين 0.0 s و 5.0 s.

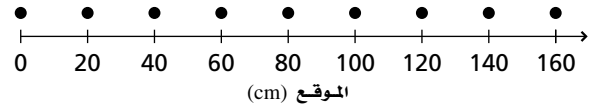
**23. الفترة الزمنية:** حدد الزمن الذي استغرقه قرص الهوكي ليتحرك من موقع يبعد 40 m عن نقطة الأصل إلى موقع يبعد 80 m عنها.

**24. التفكير الناقد:** تفحص كلا من النموذج الجسمي النقطي ومنحنى (الموقع-الزمن) الموضحين في الشكل 19-2. هل يصفان الحركة نفسها؟ كيف تعرف ذلك علماً بأن الفترات الزمنية في النموذج الجسمي النقطي تساوي 2 s.



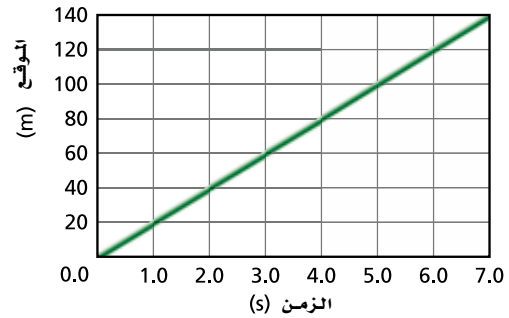
الشكل 19-2

**19. منحنى (الموقع-الزمن):** يمثل النموذج الجسمي النقطي في الشكل 17-2 طفلاً يزحف على أرضية غرفة. مثل حركته باستخدام منحنى (الموقع-الزمن)، علماً بأن الفترة الزمنية بين كل نقطتين متتاليتين تساوي 1 s.



الشكل 17-2

**20. المخطط التوضيحي للحركة:** يبين الشكل 18-2 منحنى (الموقع-الزمن) لحركة قرص مطاطي ينزلق على بركة متجمدة في لعبة الهوكي.



الشكل 18-2

استخدم الرسم البياني في الشكل 18-2 لرسم النموذج الجسمي النقطي لحركة قرص وحل المسائل 21-23.

**21. الزمن:** متى كان القرص على بعد 10.0 m من نقطة الأصل؟

## 2-4 السرعة المتجهة Velocity

### الأهداف

- تُعرف السرعة المتجهة.
- تقارن بين مفهومي السرعة والسرعة المتجهة.
- تصمم نماذج تصويرية، وفيزيائية، ورياضية لمسائل الحركة.

### المفردات:

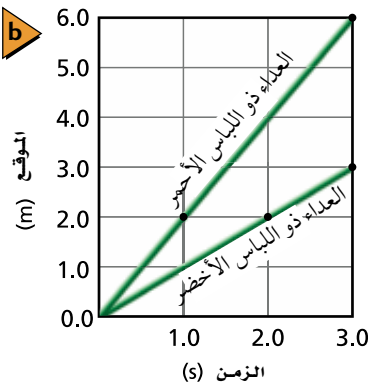
- السرعة المتجهة المتوسطة.
- السرعة المتوسطة.
- السرعة المتجهة اللحظية.

تعلمت كيف تستعمل المخطط التوضيحي للحركة لتبين حركة جسم. فكيف يمكنك قياس سرعة حركته؟ باستخدام أدوات كشريط القياس المتري وساعة الوقف يمكنك تحديد تغير الموقع والزمن اللازم لذلك، ومن ثم استخدام هذه البيانات لوصف معدل تغير الحركة.

**السرعة المتجهة Velocity:** افرض أنك مثلت حركة عدّاءين على مخطط توضيحي واحد، كما هو مبين في الشكل 20-2، وبالاتقال من صورة إلى الصورة التي تليها، يمكنك أن ترى أن موقع العدّاء ذي اللباس الأحمر يتغير بمقدار أكبر من تغير موقع العدّاء ذي اللباس الأخضر. أي أن مقدار الإزاحة للعدّاء الأحمر تكون أكبر لأنه يتحرك بسرعة أكبر، أي يقطع مسافة أكبر من تلك التي يقطعها اللاعب ذو اللباس الأخضر خلال المدة الزمنية نفسها. وإذا فرضنا أن كلاّ منهما قد قطع مسافة 100.0 m، فإن الفترة الزمنية  $\Delta t$  التي استغرقها العدّاء ذي اللباس الأحمر ستكون أقل من تلك التي استغرقها زميله.

### الشكل 20-2 : إزاحة العدّاء ذي

اللباس الأحمر أكبر من إزاحة العدّاء ذي اللباس الأخضر خلال الفترات الزمنية الثلاث، لأن الأول يتحرك أسرع من الثاني.



### الشكل 20-2b يمثل منحني

(الموقع-الزمن) حركة كل من العدّائين، والنقاط المستخدمة لحساب ميل كل خط.

**السرعة المتجهة المتوسطة Average velocity:** من مثال العدّاءين، يمكنك أن تلاحظ أننا نحتاج إلى معرفة كل من الإزاحة  $\Delta d$  والفترة الزمنية  $\Delta t$  من أجل حساب السرعة المتجهة لجسم متحرك، ولكن كيف يمكن الربط بينهما؟ تفحص الخططين البيانيين اللذين يمثلان حركتي العدّاءين الأحمر والأخضر في منحنى (الموقع-الزمن) (انظر الشكل 20-2b) ستلاحظ أن ميل الخط البياني للعدّاء الأحمر أكثر انحداراً من ميل الخط البياني للعدّاء الأخضر، ويدل الميل أو الانحدار الأكبر على أن مقدار التغير في الإزاحة أكبر خلال الفترة الزمنية نفسها.

يمكن إيجاد كل من ميل الخطين البيانيين الممثلين لحركة العدائين في 20b-2 كما يلي:

دلالة اللون

- متجهات السرعة باللون الأحمر.
- متجهات الإزاحة باللون الأخضر.

العداء ذو اللباس الأخضر

$$\frac{d_f - d_i}{t_f - t_i} = \text{ميل الخط البياني}$$

$$\frac{(3.0 - 2.0)\text{m}}{(3.0 - 2.0)\text{s}} = 1.0 \text{ m/s} =$$

العداء ذو اللباس الأحمر

$$\frac{d_f - d_i}{t_f - t_i} = \text{ميل الخط البياني}$$

$$\frac{(6.0 - 2.0)\text{m}}{(3.0 - 1.0)\text{s}} = 2.0 \text{ m/s} =$$

هناك أشياء مهمة تجدر ملاحظتها في هذه المقارنة، أولاً: ميل الخط البياني للعداء الأسرع يكون أكبر رقمياً، لذا فإنه من المعقول أن يعبر هذا الرقم عن متوسط السرعة المتجهة وكذلك متوسط السرعة.

ثانياً: وحدات الميل هي (m/s)، وبكلمات أخرى، فإن الميل يخبرنا كم متراً تحرك العداء خلال ثانية واحدة، ولدى التفكير في طريقة حساب الميل، ستلاحظ أن الميل هو التغير في الموقع مقسوماً على الفترة الزمنية التي حدث فيها هذا التغير، أي أن  $\frac{d_f - d_i}{t_f - t_i}$  أو  $\frac{\Delta d}{\Delta t}$ ، وعندما تزداد قيمة المتجه  $\Delta d$  فإن الميل يزداد، ويقل عندما تزداد  $\Delta t$ . إن هذا يتفق مع التفسير السابق لحركة العدائين الأحمر والأخضر.

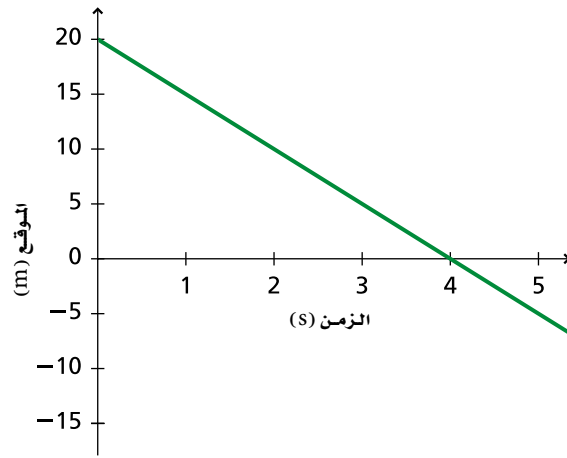
يمثل ميل الخط البياني في منحنى (الموقع-الزمن) لأي جسم متحرك، السرعة المتجهة المتوسطة لهذا الجسم؛ ويكتب على شكل نسبة بين التغير في الموقع والفترة الزمنية التي حدث فيها هذا التغير.

$$\bar{v} = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d_f - d_i}{t_f - t_i}$$

وتعرف السرعة المتجهة المتوسطة بأنها التغير في الموقع مقسوماً على مقدار الفترة الزمنية التي حدث خلالها هذا التغير.



من الأخطاء الشائعة القول بأن ميل الخط البياني للموقع-الزمن يمثل سرعة الجسم. تأمل ميل الخط البياني للموقع-الزمن في الشكل 21-2. إن ميل هذا الخط يساوي  $(-5.0 \text{ m/s})$ ، وهو كمية تشير إلى كل من المقدار والاتجاه (تذكر أن السرعة المتجهة المتوسطة هي كمية لها مقدار واتجاه). وفي الحقيقة فإن ميل الخط البياني (للموقع-الزمن) يدل على السرعة المتجهة المتوسطة للجسم لا على سرعته اللحظية. عند تأمل الشكل 21-2 مرة أخرى، تجد أن ميل الخط البياني هو  $(-5.0 \text{ m/s})$ ، وبذلك فإن سرعة الجسم المتجهة هي  $(-5.0 \text{ m/s})$ ، وهذا يعني أن الجسم انطلق من موقع موجب متجهًا نحو نقطة الأصل، وأنه يتحرك في الاتجاه السالب بمعدل  $5.0 \text{ m/s}$ .

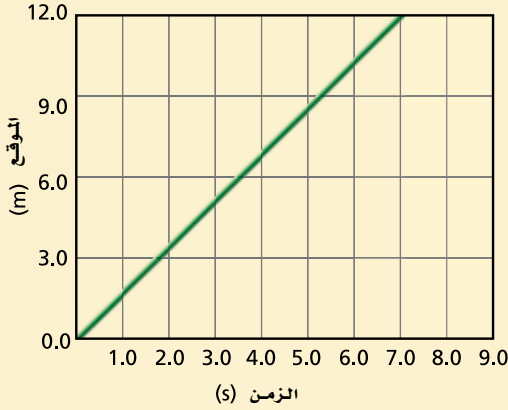


■ الشكل 21-2: يتحرك الجسم الممثلة حركته هنا في الاتجاه السالب بمعدل  $5.0 \text{ m/s}$

**السرعة المتوسطة Average speed:** تعبر القيمة المطلقة لميل الخط البياني لمنحنى (الموقع-الزمن) عن السرعة المتوسطة للجسم. أي مقدار سرعة حركة الجسم. والتي يرمز لها بالرمز  $\bar{v}$ . أما السرعة المتجهة المتوسطة  $\bar{v}$  فتعبر عن كل من قيمة السرعة المتوسطة للجسم، والاتجاه الذي يتحرك فيه، وهي في المثال الموضح في الشكل 21-2 إما  $5.0 \text{ m/s}$  (بالاتجاه السالب) أو  $-5.0 \text{ m/s}$ ؛ أي أن السرعة المتوسطة  $5.0 \text{ m/s}$ . تذكر أنه إذا تحرك جسم ما بالاتجاه السالب فإن إزاحته تكون سالبة، وهذا يعني أن سرعة الجسم المتجهة دائماً لها إشارة إزاحة الجسم نفسها.

ستقوم في الفصول القادمة بتحليل أنواع أخرى من الحركة، وأحياناً تكون السرعة المتجهة أهم كمية تؤخذ بعين الاعتبار، بينما في أوقات أخرى تكون السرعة المتوسطة هي الكمية المهمة، لذا من الضروري أن تميز بين السرعة المتجهة المتوسطة والسرعة المتوسطة، وأن تكون متأكداً من الاستخدام الصحيح لكل منهما لاحقاً.

### مثال - 3



يبين الرسم البياني المجاور حركة طالب يركب لوح تزلج عبر ممر مهممل الاحتكاك للمشاة. ما سرعته المتجهة المتوسطة؟ ما سرعته المتوسطة؟

**1 تحليل المسألة ورسمها:**

تفحص النظام الإحداثي للرسم البياني.

المعلوم  $\bar{v} = ?$  المجهول  $\bar{v} = ?$

**2 إيجاد الكمية المجهولة:**

أوجد السرعة المتجهة المتوسطة باستخدام نقطتين على الخط البياني.

$$\bar{v} = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1}$$

$$\bar{v} = \frac{12.0 - 6.0}{7.0 - 3.5}$$

نعوض قيم:  $d_2 = 12.0 \text{ m}$ ,  $d_1 = 6.0 \text{ m}$ ,  $t_2 = 7.0 \text{ s}$ ,  $t_1 = 3.5 \text{ s}$

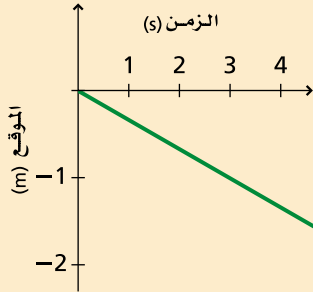
$$\bar{v} = 1.7 \text{ m/s} \text{ بالاتجاه الموجب}$$

أما السرعة المتوسطة فتساوي القيمة المطلقة للسرعة المتجهة المتوسطة أي  $\bar{v} = 1.7 \text{ m/s}$

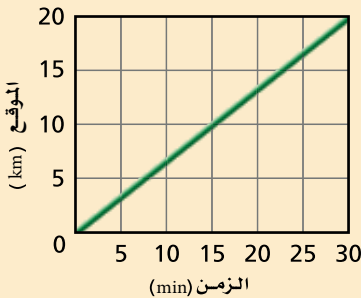
**3 تقويم الجواب:**

- هل الوحدات صحيحة؟ نعم فالوحدة m/s هي وحدة قياس كل من السرعة المتجهة والسرعة.
- هل للإشارات أي معنى؟ نعم. الإشارة الموجبة للسرعة المتجهة المتوسطة تتفق مع النظام الإحداثي. ولا يحدد اتجاه للسرعة المتوسطة.

### مسائل تدريبية



الشكل 2-22



الشكل 2-23

**25.** يصف الرسم البياني في الشكل 2-22 حركة سفينة في البحر. ويعتبر الاتجاه الموجب للحركة هو اتجاه الجنوب.

a. ما السرعة المتوسطة للسفينة؟

b. ما السرعة المتجهة المتوسطة للسفينة؟

**26.** صف بالكلمات حركة السفينة في المسألة السابقة.

**27.** الرسم البياني في الشكل 2-23 يمثل حركة دراجة هوائية، احسب

كلاً من السرعة المتوسطة، والسرعة المتجهة المتوسطة للدراجة، ثم صف حركتها بالكلمات.

**28.** انطلقت دراجة بسرعة ثابتة مقدارها 0.55 m/s، ارسم مخططاً

توضيحياً للحركة، ومنحنىً بيانياً للموقع-الزمن، تبين فيهما حركة الدراجة لمسافة 19.8 m.

## تجربة

### متجهات السرعة اللحظية:

1. اربط خيطاً طوله 1m بكتلة ذات خطاف.
  2. امسك بيدك طرف الخيط المعلقة بنهايته الكتلة.
  3. اسحب الكتلة بحذر إلى أحد الجوانب ثم اتركها.
  4. **لاحظ** الحركة، والسرعة، واتجاه حركة الكتلة لعدة اهتزازات.
  5. أوقف الكتلة عن الاهتزاز.
  6. **ارسم** شكلاً توضيحياً تبيين فيه متجهات السرعة اللحظية عند النقاط التالية: قمة الاهتزازة، نقطة المنتصف بين القمة والقاع، قاع الاهتزازة، نقطة المنتصف بين القاع والقمة، ومرة أخرى القمة.
- التحليل والاستنتاج:**
7. أين كانت السرعة المتجهة أكبر ما يمكن؟
  8. أين كانت السرعة المتجهة أقل ما يمكن؟
  9. **وضح**. كيف يمكن قياس السرعة المتوسطة باستخدام المتجهات.

## السرعة المتجهة اللحظية Instantaneous Velocity

لماذا أطلقنا على الكمية  $\frac{\Delta d}{\Delta t}$  السرعة المتجهة المتوسطة ولم نسمها ببساطة السرعة المتجهة؟ فكر بطريقة إنشاء المخطط التوضيحي للحركة، سوف تدرك أن هذا المخطط يبين موقع الجسم المتحرك عند بداية فترة زمنية وعند نهايتها، لكنه لا يستطيع أن يعبر عما حدث خلال تلك الفترة. فربما بقيت السرعة ثابتة، أو ازدادت أو نقصت، أو ربما يكون الجسم قد توقف أو غير اتجاهه. إن كل ما يمكن تحديده من خلال المخطط التوضيحي للحركة، هو السرعة المتجهة المتوسطة، والتي يمكن حسابها بقسمة الإزاحة الكلية على الفترة الزمنية التي حدثت الإزاحة خلالها. أما السرعة المتجهة للجسم عند لحظة معينة فتسمى السرعة المتجهة اللحظية. وفي هذا الكتاب سنستخدم مصطلح السرعة المتجهة للتعبير عن السرعة المتجهة اللحظية وسنرمز لها بالرمز  $\vec{v}$ .

## تمثيل السرعة المتجهة المتوسطة على المخططات التوضيحية للحركة Average Velocity on Motion Diagrams

كيف يمكنك تعيين السرعة المتجهة المتوسطة على المخطط التوضيحي للحركة؟ إن المخطط التوضيحي للحركة ليس رسماً بيانياً دقيقاً للسرعة المتجهة المتوسطة، وإنما يمكن استخدامه في تعيين اتجاه ومقدار السرعة المتجهة المتوسطة. تخيل سيارتين تسيران على طريق بسرعتين مختلفتين، وتقوم كاميرا فيديو بتسجيل حركتهما بمعدل صورة في كل ثانية، وتخيل أنه في مؤخرة كل سيارة فرشاة دهان تهبط آلياً كل ثانية، لترسم خطاً على الأرض لمدة نصف ثانية. من المنطقي أن تستطيع السيارة الأسرع رسم خط أطول، وتشبه الخطوط التي رسمتها فرشاتي الدهان على الأرض، المتجهات التي نرسمها على المخطط التوضيحي للحركة لتمثيل السرعة.

**استخدام المعادلات:** عندما ترسم خطاً بيانياً مستقيماً تستطيع التعبير عنه بوساطة معادلة، ومن الأفضل أحياناً استخدام مثل هذه المعادلة بدلاً من الرسم البياني من أجل حل المسائل. تفحص مرة أخرى الرسم البياني في الشكل 21-2 الذي يمثل جسمًا يتحرك بسرعة متجهة  $(-5.0 \text{ m/s})$ ، ولعلك درست سابقاً أن أي خط مستقيم يمكن تمثيله بالصيغة الرياضية  $y = mx + b$  حيث  $y$  هي الكمية التي نعينها على المحور الرأسي،  $m$  هي ميل الخط المستقيم،  $x$  هي الكمية التي نعينها على المحور الأفقي، و  $b$  هي نقطة تقاطع الخط المستقيم مع المحور الرأسي.

الجدول 2-2

مقارنة الخطوط المستقيمة مع منحنيات الموقع-الزمن		
المتغير العام	المتغير المعين للحركة	القيمة في شكل 2-21
y	$d$	-5.0 m/s
m	$\bar{v}$	
x	$t$	20.0 m
b	$d_i$	

في الرسم البياني 2-21 الكمية المُعَيَّنة على المحور الرأسي هي الموقع، وتُمثَّل بالمتغير  $d$ . والكمية المُعَيَّنة على المحور الأفقي هي الزمن، وتُمثَّل بالمتغير  $t$ . أما ميل الخط المستقيم ( $-5.0 \text{ m/s}$ ) فيمثل السرعة المتجهة المتوسطة للجسم  $\bar{v}$ ، ونقطة تقاطع الخط البياني مع المحور الرأسي هي  $20.0 \text{ m}$  ترى ما الذي يمثله المقدار  $20.0 \text{ m}$ ؟ بتفحص الرسم البياني والتفكير في كيفية تحرك الجسم، تستنتج أن الجسم كان في موقع يبعد  $20.0 \text{ m}$  عن نقطة الأصل عندما  $t = 0.0$  ويُعرف هذا بالموقع الابتدائي للجسم، ويرمز له بالرمز  $d_i$ .

يبين الجدول 2-2 مقارنة بين المتغيرات العامة لمعادلة الخط المستقيم، والمتغيرات الخاصة بالحركة، وتبين كذلك القيم العددية لكل من الثابتين في هذه المعادلة، وبالاتماد على المعلومات المبينة في الجدول 2-2 فإن المعادلة  $y = mx + b$  أصبحت  $d = \bar{v}t + d_i$ ، وبتعويض قيم الثوابت تصبح

$$d = (-5.0 \text{ m/s})t + 20.0 \text{ m}$$

تصف هذه المعادلة الحركة الممثلة بالشكل 2-21 ويمكنك أن تختبر هذه المعادلة بإعطاء قيمة لـ  $t$  في المعادلة وحساب  $d$ ، يجب أن تحصل على القيمة نفسها لـ  $d$  عندما تعوض القيمة السابقة لـ  $t$  في الرسم البياني، ولإجراء اختبار إضافي للتأكد من أن المعادلة ذات معنى تفحص الوحدات في كل من طرفيها للتأكد من تطابقهما. يمثل الجانب الأيسر في هذه المعادلة الموقع، ووحدته هي المتر. من جهة أخرى فإن وحدة الجزء الأول من المعادلة في الجانب الأيمن هي حاصل ضرب  $\frac{\text{m}}{\text{s}} \times \text{s}$  أو meters. وبالتالي فإن وحدة الجزء الثاني من المعادلة في الطرف الأيمن هي meters، وبهذا فإن الوحدات في طرفي المعادلة متطابقة.

معادلة الحركة للسرعة المتجهة المتوسطة هي:

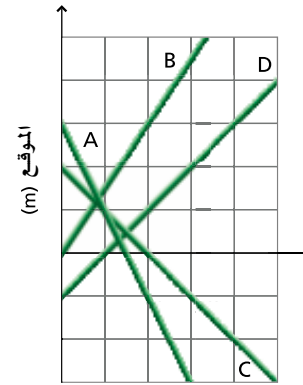
$$d = \bar{v}t + d_i$$

موقع الجسم المتحرك يساوي حاصل ضرب السرعة المتجهة المتوسطة في الزمن مضافاً إليه قيمة الموقع الابتدائي للجسم.

تستطيع الآن تمثيل الحركة باستخدام الكلمات، والمخططات التوضيحية للحركة، والصور، وجداول البيانات، ومنحنيات الموقع-الزمن، وكذلك باستخدام معادلة الحركة.

استخدم الشكل 2-24 في حل المسائل 29-31

29. **السرعة المتوسطة:** رتب منحنيات (الموقع - الزمن) وفق السرعة المتوسطة للجسم، من الأكبر إلى الأصغر، أشر إلى الروابط إن وجدت.



الشكل 2-24

30. **السرعة المتجهة المتوسطة:** رتب المنحنيات وفق السرعة المتجهة المتوسطة من الأكبر إلى الأقل.

31. **الموقع الابتدائي:** رتب الخطوط البيانية بحسب الموقع الابتدائي للجسم (بدءاً بأكبر قيمة موجبة وانتهاءً بأكبر قيمة سالبة).

هل سيكون ترتيبك مختلفاً إذا طلب منك أن ترتبها بحسب المسافة الابتدائية للجسم عن نقطة الأصل؟

32. **السرعة المتوسطة، والسرعة المتجهة المتوسطة:** وضح العلاقة بين السرعة المتوسطة، والسرعة المتجهة المتوسطة.

33. **التفكير الناقد:** لماذا من المهم عمل نماذج مصورة ونماذج فيزيائية قبل البدء في حل معادلة ما؟



# مختبر الفيزياء

## عمل رسوم توضيحية للحركة

في هذا النشاط ستقوم بعمل مخططات توضيحية لحركة سيارتي لعبة. يتكون المخطط التوضيحي للحركة من مجموعة من الصور المتعاقبة التي تظهر مواقع جسم متحرك في فترات زمنية متساوية. تساعدنا المخططات التوضيحية في وصف حركة الجسم، فمن خلال تفحص هذه المخططات، يمكنك أن تقرر ما إذا كان الجسم يتسارع أو يتباطأ أو يتحرك بسرعة ثابتة.

### سؤال التجربة:

كيف يختلف المخطط التوضيحي لحركة سيارة سريعة عن المخطط التوضيحي لحركة سيارة بطيئة؟

#### الخطوات

1. ارسم خطاً للبداية على طاولة المختبر أو على أي سطح يقترحه المعلم.
2. ضع كلتا السيارتين عند خط البداية وأطلقهما في الوقت نفسه (تأكد من انضغاط النابض قبل الانطلاق).
3. راقب حركة السيارتين وحدد أيهما الأسرع.
4. ضع السيارة الأبطأ عند خط البداية.
5. ثبت مسطرة مترية بموازية المسار الذي ستسير فيه السيارة.
6. اختر واحداً من أعضاء مجموعتك لتشغيل كاميرا الفيديو.
7. أطلق السيارة البطيئة من خط البداية (تأكد من شد نابض السيارة قبل إطلاقها).
8. استعمل كاميرا الفيديو بشكل مواز للمسطرة المترية لتسجيل حركة السيارة البطيئة.
9. هبئ مسجل الفيديو لعرض المشهد لقطةً بعد أخرى، ثم أعد تشغيل شريط الفيديو كل 0.5 s مع ضغط زر الإيقاف كل 0.1 s (ثلاث لقطات).
10. حدد موقع السيارة في كل فترة زمنية بقراءة قياس المسطرة المترية على شريط الفيديو، ودون ذلك في جدول البيانات.
11. كرر الخطوات 10-5 باستخدام السيارة الأسرع.
12. ضع اللوح الكرتوني بحيث يشكل منحدرًا بزاوية ميل  $30^\circ$  تقريباً.
13. ضع المسطرة الخشبية على المنحدر بحيث تكون موازية للمسار الذي ستتحرك عليه السيارة.
14. ضع السيارة البطيئة عند قمة المنحدر وكرر الخطوات 10-6.

#### الأهداف

- تقيس مواقع الجسم المتحرك باستخدام النظام العالمي للوحدات (SI).
- تدرك العلاقات المكانية بين الأجسام المتحركة.
- تصف حركة جسم سريع وآخر بطيء.

#### احتياطات السلامة



#### المواد والأدوات

كاميرا فيديو، سيارتان لعبة تعملان بانضغاط النابض، مسطرة مترية، لوح كرتوني.



جدول البيانات 1	
الزمن (s)	موقع السيارة الأبطأ (cm)
0.0	
0.1	
0.2	
0.3	
0.4	
0.5	

جدول البيانات 3	
الزمن (s)	موقع السيارة الأبطأ على المنحدر (cm)
0.0	
0.1	
0.2	
0.3	
0.4	
0.5	

جدول البيانات 2	
الزمن (s)	موقع السيارة الأسرع (cm)
0.0	
0.1	
0.2	
0.3	
0.4	
0.5	

### التحليل

4. ماذا يحدث للمسافة بين النقاط في مخطط الحركة في السؤال السابق عندما تتباطأ السيارة؟
5. ارسم مخططاً توضيحياً لحركة سيارة تسير في البداية ببطء، ثم تزيد سرعتها تدريجياً.
6. ماذا يحدث للمسافة بين النقاط في المخطط التوضيحي للحركة في السؤال السابق، عندما تزيد السيارة من سرعتها؟

### الفيزياء في الحياة

افرض أن سيارة تتوقف بشكل مفاجئ حتى تتجنب حادثاً، فإذا كان للسيارة فرامل تضغط وتفصل بشكل آلي في كل جزء من الثانية، كيف ستبدو آثار العجلات على الطريق؟ أرفق بإجابتك رسماً توضيحياً يبين كيف تبدو آثار العجلات نتيجة الضغط على الفرامل.

### الاستنتاج والتطبيق

كيف يختلف المخطط التوضيحي لحركة السيارة السريعة عنه لحركة السيارة البطيئة؟

### التوسع في البحث

1. ارسم مخططاً توضيحياً لحركة سيارة تتحرك بسرعة ثابتة.
2. ما العلاقة بين المسافات الفاصلة بين النقاط في مخطط حركة سيارة تتحرك بسرعة ثابتة؟
3. ارسم مخططاً توضيحياً لحركة سيارة تبدأ متحركة بسرعة كبيرة ثم تتباطأ تدريجياً.

عبر المواقع الإلكترونية



**الفيزياء**

لمزيد من المعلومات عن القياسات ارجع إلى الموقع الإلكتروني

[obeikaneducation.com](http://obeikaneducation.com)

الحال بالنسبة لنواتها، حيث يدور كل من الإلكترون والنواة معاً بحيث تصطف كل من الأقطاب المتشابهة لهما مرة، والأقطاب المختلفة مرة أخرى. فإذا اصطفت الأقطاب المتشابهة تكون ذرة السيزيوم في مستوى طاقة ما، بينما إذا اصطفت الأقطاب المختلفة تكون الذرة في مستوى طاقة آخر.



**كيف تعمل ساعة السيزيوم؟** تتركب ساعة السيزيوم من ذرات السيزيوم، وجهاز للذبذبات مصنوع من كريستال الكوارتز يولد موجات ميكروية، وعندما يتساوى تردد الموجات الميكروية للجهاز مع تردد ذرات السيزيوم فإن عدداً كبيراً من ذرات السيزيوم ستغير من مستويات طاقتها. ولما كان تردد السيزيوم يعادل 9192631770 ذبذبة فهذا يعني أنه يوجد 9192631770 تغير بين مستويات طاقة ذرات السيزيوم في كل ثانية، ومن هنا تأتي دقة قياس الوقت بهذه الساعة.

## التوسع في البحث

1. **ابحث.** ما العمليات التي تحتاج إلى القياس الدقيق للوقت؟
2. **حلل واستنتج.** لماذا يعد القياس البالغ الدقة للوقت أساسياً في الملاحة الفضائية؟

## الإثراء العلمي: الدقة في قياس الزمن Accurate Time

افرض أن ساعة الحائط في صفك كانت تشير إلى 9:00، في الوقت الذي تشير فيه ساعتك إلى 8:55، بينما تشير ساعة زميلك إلى 9:05. ترى أي من هذه الساعات الثلاث هي الأدق في تحديد الوقت؟ إن الدقة في تحديد الوقت أمر ضروري في حياتنا اليومية، فالجرس المدرسي الذي يقرع كل صباح وفي نهاية كل حصة دراسية يتم التحكم فيه بواسطة ساعة، لذا إذا أردت أن تكون في الصف في الوقت المحدد، فلا بد لك من أن تضبط ساعتك مع الساعة التي يتم من خلالها التحكم في هذا الجرس. إن عمليات السفر خلال الفضاء والنقل والاتصالات والملاحة بواسطة أنظمة GPS تعتمد على ساعات ذات دقة متناهية، ومن هنا تأتي الحاجة إلى ساعات معيارية موثوقة من مثل ساعة السيزيوم المعيارية.

**ساعة السيزيوم المعيارية** هي إحدى الساعات الذرية التي تلبي هذه الحاجة، فهي تعمل على قياس عدد الذبذبات أي عدد المرات التي تغير فيها الذرة المستخدمة في الساعة مستوى طاقتها والتي تحدث بسرعة كبيرة وانتظام، وهي بذلك تستخدم لتعيين الثانية المعيارية 1s والتي تساوي الزمن الذي تستغرقه 9192631770 ذبذبة.

إن مستوى الطاقة الخارجي لذرة السيزيوم يحتوي إلكترونًا واحدًا يدور مغزلياً، ويسلك سلوك مغناطيس متناه في الصغر، وكذلك

## 1-2 تصوير الحركة Picturing Motion

المفردات:	المفاهيم الرئيسية:
<ul style="list-style-type: none"> <li>مخطط الحركة</li> <li>نموذج الجسم النقطي</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>يبيّن المخطط التوضيحي للحركة موقع جسم خلال أزمنة متعاقبة.</li> <li>في نموذج الجسم النقطي، يستبدل الجسم في المخطط التوضيحي للحركة بمجموعة من النقاط المفردة المتتالية.</li> </ul>

## 2-2 الموقع والزمن Position and Time

المفردات:	المفاهيم الرئيسية:
<ul style="list-style-type: none"> <li>النظام الإحداثي</li> <li>نقطة الأصل</li> <li>الموقع</li> <li>المسافة</li> <li>الكميات المتجهة</li> <li>الكميات العددية</li> <li>المحصلة</li> <li>الفترة الزمنية</li> <li>الإزاحة</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>نظام يستخدم لوصف الحركة بحيث يحدد لك موقع نقطة الأصل للمتغير الذي تدرسه، والاتجاه الذي تزايد فيه قيم المتغير.</li> <li>النقطة التي تكون عندها قيمة كل من المتغيرين صفراً.</li> <li>المسافة الفاصلة بين الجسم ونقطة الأصل، ويمكن أن تكون موجبة أو سالبة.</li> <li>كمية عددية تصف بعد الجسم عن نقطة الأصل.</li> <li>كميات فيزيائية لها مقدار واتجاه وفقاً لنقطة الإسناد.</li> <li>كميات فيزيائية لها مقدار فقط.</li> <li>المتجه الناتج عن جمع متجهين وهو يشير دائماً من ذيل المتجه الأول إلى رأس المتجه الآخر.</li> <li>الفرق بين زمنين <math>\Delta t = t_f + t_i</math></li> <li>كمية فيزيائية متجهة تمثل مقدار التغير الذي يحدث لموقع الجسم في اتجاه معين.</li> </ul>

## 2-3 منحنى (الموقع-الزمن) Position - Time graph

المفردات:	المفاهيم الرئيسية:
<ul style="list-style-type: none"> <li>منحنى (الموقع-الزمن)</li> <li>الموقع اللحظي</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>يمكن استخدام منحنيات الموقع-الزمن لإيجاد السرعة المتجهة، وموقع الجسم، وكذلك في معرفة أين ومتى يتقابل جسمان.</li> <li>موقع الجسم عند لحظة زمنية معينة.</li> </ul>

## 2-4 السرعة المتجهة velocity

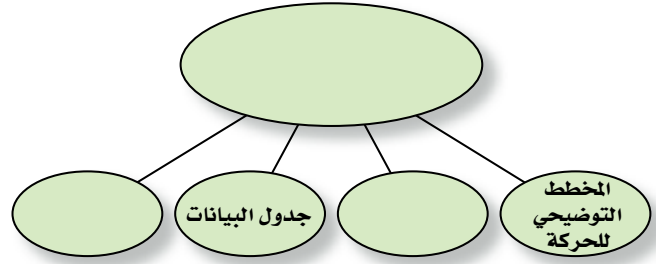
المفردات:	المفاهيم الرئيسية:
<ul style="list-style-type: none"> <li>السرعة المتجهة المتوسطة</li> <li>السرعة المتوسطة</li> <li>السرعة المتجهة اللحظية</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ميل الخط البياني لمنحنى (الموقع-الزمن) لجسم هو السرعة المتجهة المتوسطة لحركة الجسم.</li> <li>السرعة المتوسطة هي القيمة المطلقة للسرعة المتجهة المتوسطة، تعبر السرعة المتجهة لجسم عن مقدار السرعة التي يتحرك بها واتجاهها.</li> <li>رمز الموقع الابتدائي للجسم <math>d_i</math> وسرعته المتجهة المتوسطة الثابتة <math>\bar{v}</math> وإزاحته <math>d</math> والزمن <math>t</math>. ويرتبط بعضها ببعض بمعادلة: <math>d = \bar{v}t + d_i</math></li> <li>مقدار سرعة الجسم واتجاه حركته عند لحظة معينة.</li> </ul>

# التقويم

## خريطة المفاهيم

34. أكمل خريطة المفاهيم المبينة باستخدام المصطلحات التالية:

الكلمات، التمثيلات المتكافئة، منحنى (الموقع-الزمن).



## إتقان المفاهيم

35. ما الهدف من رسم المخطط التوضيحي للحركة؟

36. متى يمكن معاملة الجسم كجسيم نقطي؟

37. وضح الفرق بين كل من: الموقع، والمسافة، والإزاحة.

38. كيف يمكنك استخدام ساعة حائط لتعيين فترة زمنية؟

39. **خط التزلج:** وضح كيف يمكنك أن تستخدم منحنى (الموقع-الزمن) لمتزلجين على مسار التزلج؛ لتحديد ما إذا كان أحدهما سيتجاوز الآخر، ومتى؟

40. **المشي والركض:** إذا غادر منزلكم شخصان في الوقت نفسه، أحدهما يعدو والآخر يمشي، وتحركا في الاتجاه نفسه بسرعتين متجهتين منتظمين. صف منحنى (الموقع-الزمن) لكل منهما.

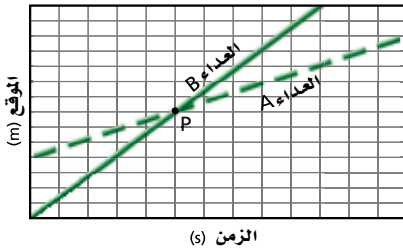
41. ماذا يمثل ميل الخط البياني لمنحنى (الموقع-الزمن)؟

42. إذا علمت موقع جسم متحرك عند نقطتين في مسار حركته، وكذلك الزمن الذي استغرقه الجسم للوصول من النقطة الأولى إلى الأخرى، هل يمكنك تعيين كل من سرعته المتجهة اللحظية، وسرعته المتجهة المتوسطة؟ فسر ذلك.

## تطبيق المفاهيم

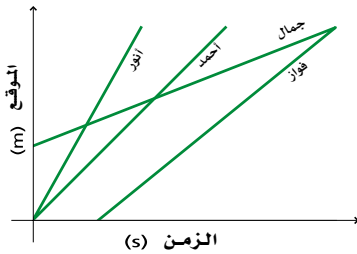
43. يمثل الشكل 2-25 رسماً بيانياً لحركة عدائين.

- صف موقع العداء A بالنسبة للعداء B بحسب التقاطع مع المحور الرأسي.
- أي العدائين هو الأسرع؟
- ماذا يحدث عند النقطة P وما بعدها؟



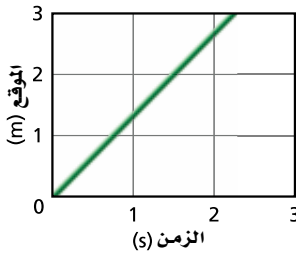
الشكل 2-25 ■

44. يبين منحنى (الموقع-الزمن) في الشكل 2-26 حركة أربعة من الطلبة في طريق عودتهم من المدرسة. رتب الطلبة بحسب السرعة المتجهة المتوسطة من الأبطأ إلى الأسرع.



الشكل 2-26 ■

45. يمثل الشكل 2-27 منحنى (الموقع-الزمن) لأرنب يهرب من ثعلب.



الشكل 2-27 ■

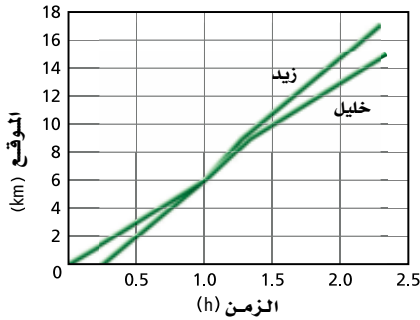
- وضح كيف سيختلف هذا الرسم البياني إذا ركض الأرنب بضعفي سرعته.
- صف كيف سيختلف هذا الرسم إذا ركض الأرنب بالاتجاه المعاكس.



## تقويم الفصل - 2

### إتقان حل المسائل

- a. عند أي زمن s كان زيد، و خليل في المكان نفسه؟  
b. ما الزمن الذي يستغرقه زيد في التجديف قبل أن يتجاوز خليل؟  
c. في أي موقع من النهر يوجد تيار سريع؟



الشكل 2-29

52. غادرت كل من السيارتين A و B المدرسة عندما كانت قراءة ساعة الوقف صفراً، وكانت السيارة A تتحرك بسرعة منتظمة وقدرها 75 km/h، والسيارة B تتحرك بسرعة منتظمة 85 km/h.

a. ارسم منحنى (الموقع-الزمن) لحركة كل من السيارتين. ما بعد كل منهما عن المدرسة عندما تشير ساعة الوقف إلى 2.0 h؟ حدد ذلك على رسمك البياني.

b. إذا مرت كلتا السيارتين بمحطة بترول تبعد 120 km عن المدرسة، فمتى تمر كل سيارة بالمحطة؟ حدد ذلك على الرسم.

53. ارسم منحنى (الموقع-الزمن) لسيارتين A و B تسيران نحو الشاطئ الذي يبعد 50 km عن المدرسة، عند الساعة 12:00 pm، تحركت السيارة A بسرعة 40 km/h من متجر يبعد 10 km أقرب إلى الشاطئ عنه إلى المدرسة. وتحركت السيارة B من المدرسة عند الساعة 12:30 pm بسرعة 100 km/h. متى تصل كل من السيارتين A و B إلى الشاطئ؟

46. سارت دراجة هوائية بسرعة ثابتة مقدارها 4.0 m/s لمدة 5.0 s، ما المسافة التي قطعتها خلال هذه المدة؟

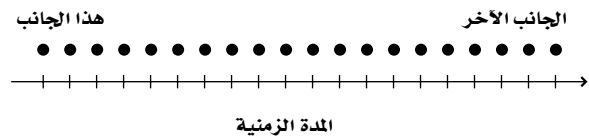
47. علم الفلك: يصل الضوء من الشمس إلى الأرض في 8.3 min، فإذا كانت سرعة الضوء  $3.00 \times 10^8$  m/s ما بعد الأرض عن الشمس؟

48. تتحرك سيارة في شارع بسرعة 55 km/h، وبشكل مفاجئ يركض طفل محاولاً عبور الشارع. فإذا لزم السائق 0.75 s ليستجيب ويضغط على الفرامل، ما المسافة التي تحركتها السيارة قبل أن تبدأ بالتباطؤ؟

49. قيادة السيارة: إذا قاد والدك سيارته بسرعة 90.0 km/h بينما قاد صديقه سيارته بسرعة 95 km/h، فسبق والدك في الوصول إلى نهاية الرحلة. ما الزمن الذي سينتظره صديق والدك في نهاية الرحلة التي يبلغ طولها 50 km؟

### مراجعة عامة

50. يبين الشكل 2-28 نموذجاً جسيماً نقطياً لحركة ولد يعبر طريقاً بصورة عرضية. ارسم منحنى (الموقع-الزمن) المكافئ للنموذج، واكتب المعادلة التي تصف حركة الولد علماً بأن الفترات الزمنية هي 0.1 s.



الشكل 2-28

51. يبين الشكل 2-29 منحنى (الموقع-الزمن) لحركة كل من زيد و خليل وهما يجدفان في قاربين عبر نهر.

## تقويم الفصل - 2

### التفكير الناقد

57. وقف طلبة شعبة الفيزياء في صف واحد، وكانت المسافة بين كل طالين 25 m، واستخدموا ساعات وقف لقياس الزمن الذي تمر عنده سيارة تتحرك على طريق رئيسي أمام كل منهم. وتم تدوين البيانات في الجدول 2-3. ارسـم منحنى (الموقع-الزمن) مستخدماً البيانات الواردة في الجدول، ثم أوجد ميل الخط البياني في المنحنى. واستنتج سرعة السيارة؟

الجدول 2-3	
الموقع-الزمن	
الموقع (m)	الزمن (s)
0.0	0.0
25.0	1.3
50.0	2.7
75.0	3.6
100.0	5.1
125.0	5.9
150.0	7.0
175.0	8.6
200.0	10.3

### الكتابة في الفيزياء

58. حدد علماء الفيزياء سرعة الضوء بـ  $3.00 \times 10^8$  m/s. فكيف توصلوا إلى هذا العدد؟ اقرأ حول سلسلة التجارب التي أجريت لتعيين سرعة الضوء، ثم صف كيف تطورت التقنيات التجريبية لتجعل نتائج التجارب أكثر دقة.

### مراجعة تراكمية

59. حول كلاً من قياسات الزمن التالية إلى ما يعادلها بالثواني:

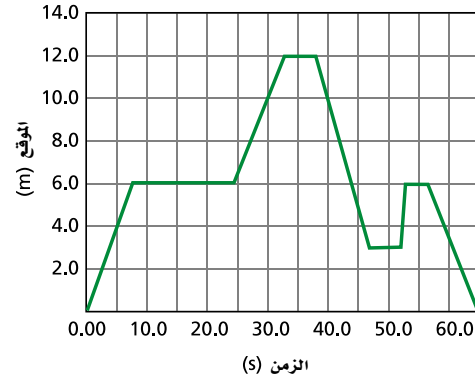
- a. 58 ns      b. 0.046 Gs  
c. 9270 ms      d. 12.3 ks

54. يبين الشكل 2-30 منحنى (الموقع-الزمن) لحركة علي ذهاباً وإياباً في ممر، افترض أن نقطة الأصل عند أحد طرفي الممر.

a. اكتب فقرة تصف حركة علي في الممر، بحيث تتطابق مع الحركة الممثلة في الرسم البياني أدناه.

b. متى كان موقع علي على بعد 6.0 m؟

c. كم من الزمن يمضي بين لحظة دخول علي للممر، ووصوله إلى موقع يبعد 12.0 m عن نقطة الأصل؟ ما السرعة المتجهة المتوسطة علي خلال الفترة الزمنية (37 s - 40 s)؟



الشكل 2-30

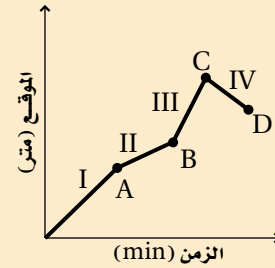
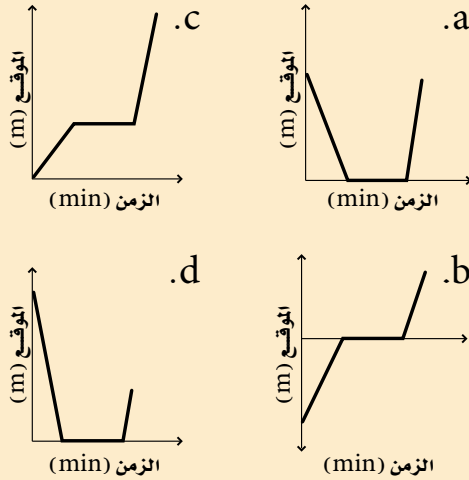
55. تصميم تجربة: تنطلق دراجة نارية من أمام منزل يعتقد أصحابه أنها تتجاوز حدود السرعة المسموح بها وهي 40 km/h. صف تجربة بسيطة يمكنك إجراؤها لتقرر ما إذا كانت هذه الدراجة تتجاوز السرعة المحددة فعلاً، عندما تمر من أمام المنزل.

56. تفسير الرسوم البيانية: هل يمكن أن يكون الرسم البياني في منحنى (الموقع-الزمن) لحركة جسم خطاً أفقياً أو خطاً رأسياً؟ إذا كانت إجابتك بـ "نعم"، صف بالكلمات هذه الحركة.

## اختبار مقنن

### أسئلة اختيار من متعدد:

- أي العبارات التالية تعبر بشكل صحيح عن النموذج الجسيمي النقطي لحركة طائرة تقلع من مطار؟  
a. تكونُ النقاط نمطًا وتفصل بينها مسافات متساوية.  
b. تكونُ النقاط متباعدة في البداية، ولكنها تتقارب مع تسارع الطائرة.  
c. تكونُ النقاط متقاربة في البداية، ثم تتباعد مع تسارع الطائرة.  
d. تكونُ النقاط متقاربة في البداية، ثم تتباعد ثم تتقارب مرة أخرى عندما تستوي الطائرة وتتحرك بالسرعة العادية للطيران.  
يبين الرسم البياني حركة شخص يركب دراجة هوائية. استخدم هذا الرسم للإجابة عن الأسئلة 2-4.



### الأسئلة الممتدة:

- احسب الإزاحة الكلية لمتسابق في متاهة، إذا سلك المسار التالي داخل المتاهة:  
البداية، 1.0 m شمالاً، 0.3 m جنوباً، 0.8 m شمالاً، 0.4 m جنوباً، النهاية.

- متى بلغت السرعة المتجهة للدراجة أقصى قيمة لها؟  
a. في الفترة I  
b. في الفترة III  
c. عند النقطة C  
d. عند النقطة B
- ما الموقع التي تكون عنده الدراجة أبعد ما يمكن عن نقطة البداية؟  
a. النقطة A  
b. النقطة B  
c. النقطة C  
d. النقطة D
- في أي فترة زمنية قطع راكب الدراجة المسافة الأكبر؟  
a. الفترة I  
b. الفترة II  
c. الفترة III  
d. الفترة IV

### إرشاد

#### الأدوات اللازمة

أحضّر جميع الأدوات اللازمة للامتحان: أقلام رصاص، أقلام حبر زرقاء وسوداء، ممحاة، سائل لتصحيح، مبراة، مسطرة، آلة حاسبة، منقلة.

## الحركة المتسارعة

**بعد دراستك لهذا الفصل**

**ستكون قادراً على:**

- وصف الحركة المتسارعة.
- استخدام الرسوم البيانية والمعادلات لحل المسائل المتعلقة بالأجسام المتحركة.
- وصف حركة الأجسام في حالة السقوط الحر.

**الأهمية:**

لا تتحرك الأجسام دائماً بسرعات منتظمة، وفهم الحركة المتسارعة سيساعدك في وصف حركة العديد من الأجسام بشكل أفضل. التسارع: العديد من وسائط النقل مثل السيارات، الطائرات، قطارات الأنفاق، وكذلك المصاعد وغيرها، تبدأ رحلاتها عادةً بزيادة سرعتها بمعدل كبير، وتنتهيها بالوقوف بأسرع ما يمكن.

### فكر

يقف سائق سيارة السباق متحفزاً عند خط البداية بانتظار إضاءة الضوء الأخضر الذي يعلن بدء السباق. فعندما يضيء اللون الأخضر سيضغط السائق على دواسة الوقود (البنزين) محاولاً الانطلاق بأقصى سرعة... كيف يتغير موقع السيارة أثناء تزايد سرعتها؟



### 3-1 التسارع (العجلة) Acceleration



### تجربة استهلاكية

**هل تبدو جميع أنواع الحركة بالشكل نفسه عند تمثيلها بيانياً؟**

**سؤال التجربة:** كيف يمكن مقارنة الرسم البياني الذي يبين حركة سيارة ذات سرعة منتظمة، بالرسم البياني لحركة سيارة تتزايد سرعتها؟



#### الخطوات:

1. أحضر سيارتي لعبة تعملان بنابض، وضع لوحًا خشبيًا مناسبًا فوق سطح الطاولة لتمثيل مسار تتحرك عليه السيارتان.
2. ثبت جرس توقيت في أحد طرفي اللوح الخشبي.
3. قص قطعة من الشريط الورقي (للمؤقت) بطول 50cm وأدخلها في المؤقت، ثم الصق الطرف الآخر بالسيارة رقم 1.
4. دون رقم السيارة على الشريط، شغل جرس التوقيت، وأطلق السيارة.
5. ارفع الطرف الثاني للوح الخشبي بمقدار 8-10 cm بوضع مكعبات خشبية أسفل طرفه.
6. كرر الخطوات 3-5 باستخدام السيارة رقم 2، وذلك بوضع السيارة بمحاذاة جرس التوقيت وإطلاقها بعد تشغيله. أمسك السيارة قبل سقوطها عن حافة اللوح الخشبي.
7. **تسجيل البيانات وتنظيمها** حدد ثاني نقطة داكنة (سوداء) على شريط المؤقت على أنها الصفرة. قم بقياس المسافة بين نقطة الصفرة وكل من النقاط الأخرى خلال عشر فترات زمنية، ثم دوّن القراءات.
8. **عمل الرسوم البيانية واستخدامها** مثل بيانيًا المسافة الكلية مع رقم الفترة الزمنية. عين القراءات لكلتا السيارتين على الرسم نفسه. دوّن رقم السيارة على الرسم البياني الذي يمثلها.

#### التحليل:

أي السيارتين تحركت بسرعة منتظمة؟ أيهما ازدادت سرعتها؟ وضح كيف توصلت إلى ذلك من خلال تفحصك شريط المؤقت.

**التفكير الناقد:** صف شكل كل من الرسمين البيانيين. ما علاقة شكل الخط البياني بنوع الحركة التي تمت مشاهدتها؟

#### الأهداف

- تعرف التسارع (العجلة).
- تربط علاقة السرعة المتجهة بالتسارع وبحركة الجسم.
- تمثل بيانيًا العلاقة بين السرعة والزمن.

#### المفردات:

- منحنى (السرعة)
- التسارع المنتظم
- المتجهة - الزمن
- التسارع المتوسط
- التسارع
- التسارع اللحظي

الحركة المنتظمة من أبسط أنواع الحركة. وكما درست في الفصل الثاني فإن الجسم الذي يتحرك حركة منتظمة، يسير في خط مستقيم وبسرعة منتظمة. ولعلك تدرك من خبراتك اليومية، أن عددًا قليلًا من الأجسام يتحرك بهذه الطريقة طوال الوقت.

في هذا الفصل ستزيد معلوماتك في هذا المجال، بتعرف نوع أكثر تعقيدًا للحركة. وستدرس حالات تغيير خلالها سرعة الجسم، بينما يبقى مساره مستقيمًا. وستدرس كذلك أمثلة تتضمن السيارات التي تتزايد أو تتناقص سرعتها، وسائقي السيارات عند استخدامهم الفرامل، والأجسام في أثناء سقوطها، والأجسام المقذوفة رأسيًا إلى أعلى.



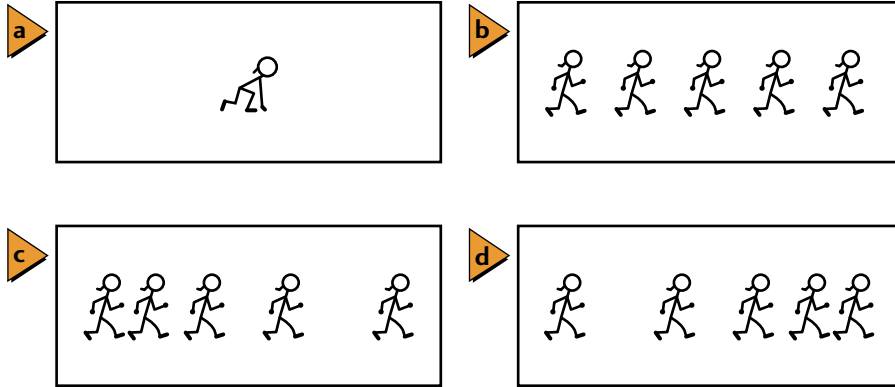


## تغير السرعة المتجهة Changing Velocity

تستطيع أن تشعر بالفرق بين الحركة المنتظمة والحركة غير المنتظمة، فالحركة المنتظمة تمتاز بسلاستها، فإذا أغمضت عينيك فإنك لا تشعر بالحركة. وعلى النقيض من ذلك، فعندما تتحرك على مسار منحن أو صعوداً وهبوطاً كما هو الحال عند ركوب العجلة الدوارة في متنزه الألعاب فسوف تشعر بأنك تُدفع أو تُسحب.

تأمل المخططات التوضيحية للحركة المبينة في الشكل 1-3. كيف تصف حركة العداء في كل حالة؟ في الشكل الأول لا يتحرك العداء، أما في الشكل الثاني فيتحرك بسرعة منتظمة، وفي الثالث، يزيد من سرعته، أما في الرابع، فيتباطأ كيف استطعت استنتاج ذلك؟ ما المعلومات التي تتضمنها المخططات التوضيحية والتي يمكن استخدامها للتمييز بين الحالات المختلفة للحركة؟

إن أهم ما يجب عليك ملاحظته في هذه المخططات التوضيحية هو المسافة بين المواقع المتعاقبة للعداء. وكما درست في الفصل الثاني أن الأجسام غير المتحركة في خلفية المخططات التوضيحية للحركة لا تغير مواقعها، لذلك، وبما أنه توجد صورة واحدة فقط للعداء في الشكل 1-3 a فإنك تستنتج أنه لا يتحرك، أي أنه في حالة سكون. الشكل 1-3 b، يشبه المخطط التوضيحي لحركة جسم بسرعة منتظمة في الفصل الثاني، لأن المسافات بين صور العداء في الرسم متساوية، لذا فإن العداء يتحرك بسرعة منتظمة. أما في المخططين التوضيحين الآخرين فتتغير المسافة بين المواقع المتتالية، فإذا كان التغير في الموقع يكبر تدريجياً، فهذا يعني أن العداء يزيد من سرعته كما في الشكل 1-3 c. أما إذا كان التغير في الموقع يقل، كما في الشكل 1-3 d، فإن العداء يتباطأ.



■ الشكل 1-3: بملاحظة المسافة التي

يتحركها العداء خلال فترات زمنية

متساوية، يمكنك أن تحدد إن كان العداء:

a. يقف ساكناً

b. يتحرك بسرعة منتظمة

c. يتسارع

d. يتباطأ

## تجربة

### سباق الكرة الفولاذية

إذا سقطت كرتان من الفولاذ في اللحظة نفسها من قمة منحدر، فهل ستتقاربان أو تتباعدان في أثناء تدرجهما؟

1. اعمل منحدرًا (مستوى مائلاً) باستخدام مقطع طولي لأنبوب طويل على شكل حرف U.

2. حدد علامة على بعد 40 cm من قمة المنحدر، وعلامة أخرى على بعد 80 cm من القمة.

3. توقع ما إذا كانت الكرتان ستتقاربان أو تتباعدان أثناء هبوطهما المنحدر.

4. أطلق الكرة الأولى من قمة المنحدر، وفي الوقت نفسه أطلق الأخرى من العلامة التي تبعد 40 cm عن القمة.

5. بعد ذلك، أطلق إحدى الكرتين من قمة المنحدر، وعندما تصل عند العلامة 40 cm، أطلق الأخرى من القمة أيضاً.

### التحليل والاستنتاج

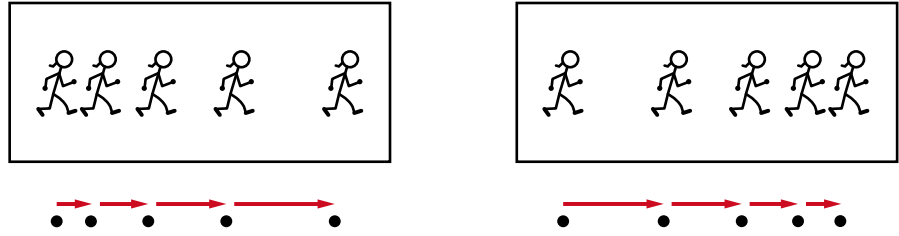
1. اشرح مشاهداتك مستخدماً مصطلحات السرعة.

2. هل كان للكرتين الفولاذيتين السرعة نفسها أثناء تدرجهما على المنحدر؟ وضح ذلك.

3. هل كان لهما التسارع نفسه؟ وضح ذلك.

### ■ الشكل 2-3 النموذج الجسيمي

النقطي الذي يمثل المخطط  
التوضيحي لحركة العداء.  
يوضح التغير في سرعة العداء  
من خلال التغير في المسافات  
الفاصلة بين نقاط الموقع؛  
وكذلك بوساطة التغير في  
أطوال متجهات السرعة.



فكيف يبدو مخطط الحركة باستخدام النموذج الجسيمي النقطي لجسم تتغير سرعته؟

يبين الشكل 2-3 المخططات التوضيحية للحركة باستخدام النموذج الجسيمي النقطي أسفل المخططات التوضيحية لتمثيل حالة العداء عندما تزداد سرعته، وعندما تتباطأ سرعته. هناك مؤشران رئيسان يعبران عن التغير في السرعة في هذا النمط من المخططات التوضيحية للحركة، هما: التغير في أطوال المسافات بين النقاط، والفرق بين أطوال متجهات السرعة، فإذا كان الجسم يزيد من سرعته، فإن متجه السرعة التالي يكون أطول من سابقه، أما إذا كان الجسم يُبطئ من سرعته، يكون المتجه التالي أقصر. إن كلا النوعين من المخططات التوضيحية للحركة يعطي تصوراً عن كيفية تغير سرعة جسم ما.

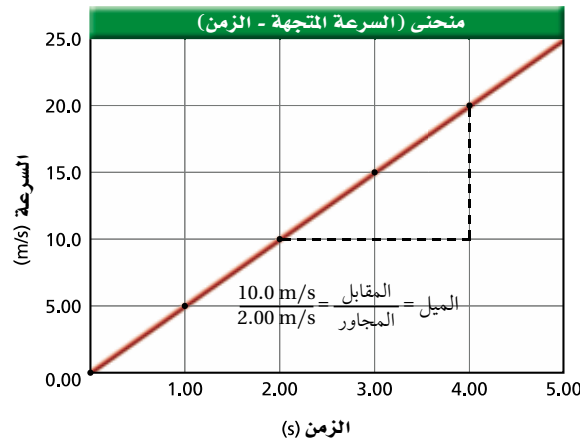
## منحنى السرعة المتجهة-الزمن Velocity-Time Graph

من المفيد أن نمثل بيانياً العلاقة بين السرعة والزمن فيما يسمى منحنى (السرعة المتجهة-الزمن). يوضح الجدول 1-3 بيانات حركة سيارة تنطلق من السكون، وتزايد سرعتها في أثناء سيرها على طريق مستقيم.

يبين الشكل 3-3 الرسم البياني للسرعة المتجهة-الزمن، حيث تم اختيار الاتجاه الموجب في اتجاه حركة السيارة. لاحظ أن الرسم البياني عبارة عن خط مستقيم، وهذا يعني أن سرعة السيارة تزايد بمعدل منتظم. ويمكن إيجاد المعدل الذي تتغير فيه سرعة السيارة بحساب ميل الخط المستقيم في منحنى (السرعة المتجهة-الزمن).

### ■ الشكل 3-3: يمثل ميل الخط

البياني لمنحنى (السرعة  
المتجهة - الزمن) تسارع  
الجسم.



الجدول 1-3	
السرعة المتجهة - الزمن	
الزمن (s)	السرعة (m/s)
0.00	0.00
1.00	5.00
2.00	10.0
3.00	15.0
4.00	20.0
5.00	25.0

وكما يتضح من الرسم البياني أن الميل يساوي  $(\frac{10.0\text{m/s}}{2.00\text{s}})$ ، أو  $5.00\text{m/s}^2$ ، وهذا يعني أنه في كل ثانية، تزداد سرعة السيارة بمقدار  $5.00\text{m/s}$ ، وعند دراسة زوجين من البيانات التي تفصل بينها 1s، مثلاً  $4.00\text{s}$  و  $5.00\text{s}$ ، تجد أنه عند اللحظة  $4.00\text{s}$  كان السيارة تتحرك بسرعة  $20.0\text{m/s}$ ، وعند اللحظة  $5.00\text{s}$  كانت السيارة تتحرك بسرعة  $25.0\text{m/s}$ ، وبذلك فإن سرعة السيارة ازدادت بمقدار  $5.0\text{m/s}$  خلال فترة زمنية قدرها  $1.00\text{s}$ . وهذا المعدل الزمني الذي تتغير فيه سرعة جسم يعرف بتسارع الجسم (عجلة الجسم) ويرمز له بالرمز  $a$ . وعندما تتغير سرعة جسم بمعدل منتظم، فإن له تسارعاً منتظماً.

## التسارع المتوسط والتسارع اللحظي

### Average and Instantaneous Acceleration

التسارع المتوسط لجسم هو التغير في السرعة خلال فترة زمنية مقاسة، مقسوماً على هذه الفترة الزمنية، ويقاس التسارع المتوسط بوحدة  $\text{m/s}^2$ . أما التغير في السرعة عند لحظة زمنية محددة فيسمى التسارع اللحظي. يمكن إيجاد التسارع اللحظي لجسم برسم خط مماسي لمنحنى (السرعة المتجهة-الزمن) عند اللحظة الزمنية التي تود حساب التسارع عندها، وميل هذا الخط يساوي التسارع اللحظي.



## التسارع في المخططات التوضيحية للحركة

### Acceleration on a Motion Diagram

حتى يعطي مخطط الحركة صورة كاملة عن حركة جسم، يجب أن يحتوي على معلومات تمثل التسارع. ويمكن أن يتم ذلك من خلال احتوائه على متجهات التسارع المتوسط التي تبين كيف تتغير السرعة. لتحديد طول واتجاه متجه التسارع المتوسط، اطرح متجهي سرعة متتاليين ( $\Delta v$ ) ثم اقسم على الفترة الزمنية ( $\Delta t$ ) فكما هو مبين في الأشكال a, b 3-4 فإن:

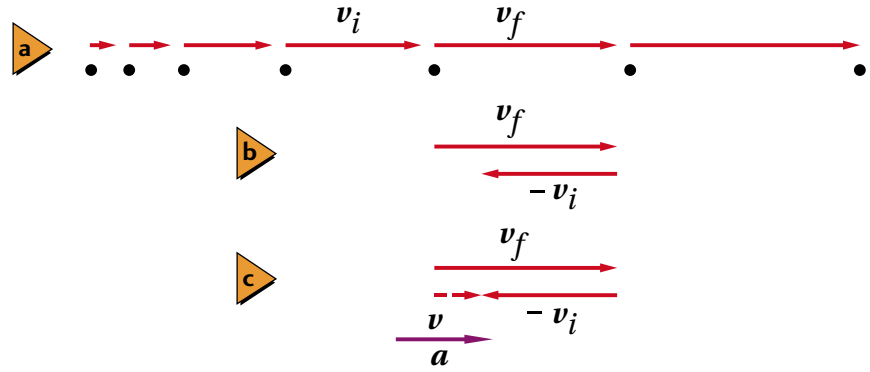
$$\Delta v = v_f - v_i = v_f + (-v_i)$$

وبالقسمة على  $\Delta t$ ، حيث  $\Delta t$  تساوي 1s تحصل على

$$\bar{a} = \frac{(v_f - v_i)}{1\text{s}}$$

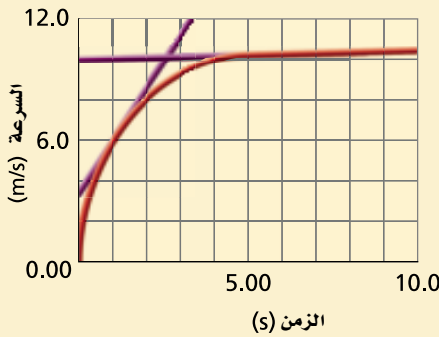
### ■ الشكل 3-4 يحسب متجه التسارع

المتوسط خلال فترة زمنية محددة. بإيجاد الفرق بين متجهي السرعة المتتاليين في تلك الفترة.



المتجه الذي يظهر باللون البنفسجي في الشكل 3-4 c، هو التسارع المتوسط خلال تلك الفترة الزمنية، أما السرعتان  $v_i$  و  $v_f$ ، فتشيران إلى السرعة عند بداية فترة زمنية محددة، وعند نهايتها.

## ◀ مثال 1 -



**السرعة والتسارع:** كيف تصف سرعة العداء وتسارعه من خلال منحنى (السرعة المتجهة - الزمن) المبين في الشكل المجاور؟

### 1 تحليل المسألة:

• تفحص الرسم البياني، ستلاحظ أن سرعة العداء بدأت من الصفر وتزايدت بسرعة خلال الثواني الأولى، وعندما بلغت حوالي 10.0 m/s، بقيت ثابتة تقريباً.

المجهول

المعلوم

$$a = ?$$

$$v = \text{متغير}$$

### 2 إيجاد الكمية المجهولة:

ارسم مماساً للمنحنى عند الزمن  $t = 1.0$  s، ثم ارسم مماساً آخر عند الزمن  $t = 5.0$  s أوجد التسارع  $a$  عند 1.0 s

$$\text{الميل} = \frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}}$$

$$a = \frac{11.0 \text{ m/s} - 2.8 \text{ m/s}}{2.4 \text{ s} - 0.00 \text{ s}} = 3.4 \text{ m/s}^2$$

ميل الخط عند 1.0 s يساوي التسارع

أوجد التسارع عند 5.0 s

$$a = \frac{10.3 \text{ m/s} - 10.0 \text{ m/s}}{10.0 \text{ s} - 0.00 \text{ s}} = 0.030 \text{ m/s}^2$$

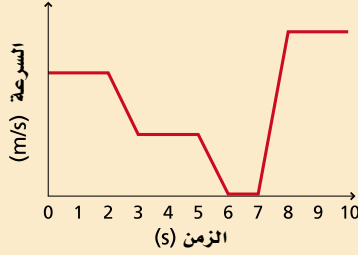
ميل الخط عند 5.0 s يساوي التسارع

التسارع غير منتظم لأنه يتغير من  $3.4 \text{ m/s}^2$  في اللحظة 1.0 s، إلى  $0.03 \text{ m/s}^2$  في اللحظة 5.0 s، في الاتجاه الموجب لأن كلتا القيمتين موجبة.

### 3 تقويم الجواب:

• هل الوحدات صحيحة؟ يقاس التسارع بوحدة  $\text{m/s}^2$

1. تركض قطة داخل منزل، ثم تبطئ من سرعتها بشكل مفاجئ، وتنزل على الأرضية الخشبية حتى تتوقف.

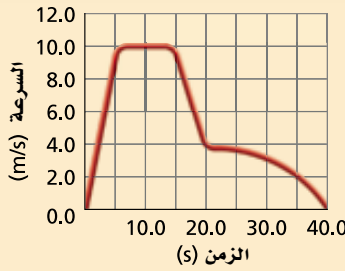


الشكل 3-5

لو فرضنا أنها تتباطأ بتسارع منتظم، ارسم مخططاً توضيحياً للحركة يوضح هذا الموقف، واستخدم متجهات السرعة لإيجاد متجه التسارع.

2. يبين الشكل 3-5 منحنى (السرعة المتجهة - الزمن) لجزء من رحلة أحمد بسيارته على الطريق. ارسم المخطط التوضيحي للحركة الممثلة في الرسم البياني، وأكملة برسم متجهات السرعة.

3. استعن بالشكل 3-6 الذي يوضح منحنى (السرعة المتجهة - الزمن) لقطار لعبة، للإجابة عن الأسئلة التالية:



الشكل 3-6

a. متى كان القطار يتحرك بسرعة منتظمة؟

b. خلال أي الفترات الزمنية كان تسارع القطار موجباً؟

c. متى اكتسب القطار أكبر تسارع سالب؟

4. استعن بالشكل 3-6 لإيجاد التسارع المتوسط للقطار خلال الفترات الزمنية التالية:

a. من 0.0 s إلى 5.0 s      b. من 15.0 s إلى 20.0 s      c. من 0.0 s إلى 40.0 s

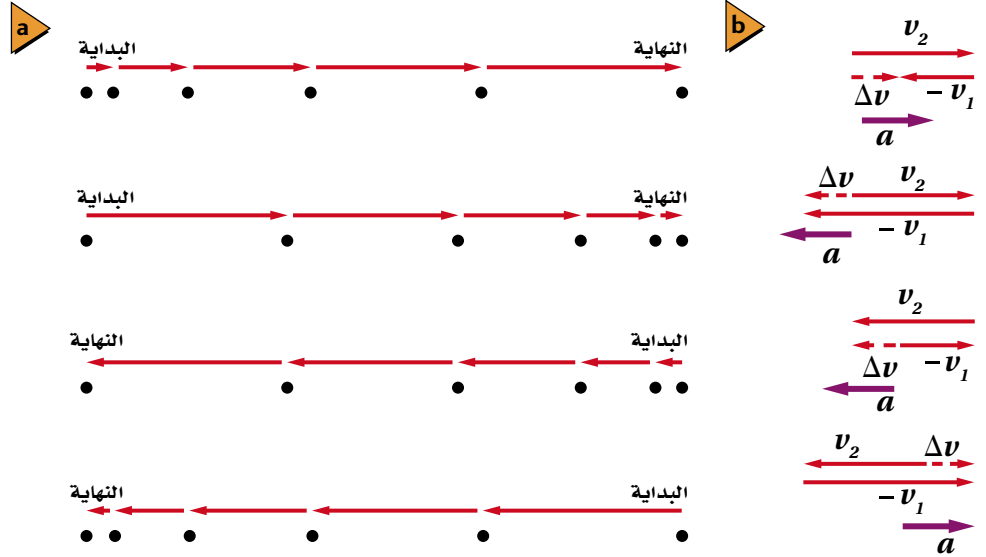
5. ارسم منحنى (السرعة المتجهة - الزمن) لحركة مصعد يبدأ من السكون عند الطابق الأرضي في بناية من ثلاثة طوابق، ثم يتسارع للأعلى لمدة 2.0 s بمعدل  $0.5 \text{ m/s}^2$ . ويستمر في الصعود بسرعة منتظمة  $1.0 \text{ m/s}$  لمدة 12.0 s، وبعدئذ يتأثر بتسارع منتظم للأسفل مقداره  $0.25 \text{ m/s}^2$  لمدة 4.0 s حتى يصل إلى الطابق الثالث.

## التسارع الموجب والتسارع السالب

تأمل الحالات الأربع الموضحة في الشكل a 3-7، حيث يبين مخطط الحركة الأول حركة جسم تزداد سرعته في الاتجاه الموجب، ويبين المخطط الثاني حركة جسم تتناقص سرعته في الاتجاه الموجب، المخطط الثالث حركة جسم تتزايد سرعته في الاتجاه السالب، بينما المخطط الرابع يبين جسمًا تتناقص سرعته ويتحرك في الاتجاه السالب. ويبين الشكل b 3-7 متجهات السرعة خلال الفترة الزمنية الثانية في كل مخطط للحركة، وبجانبها متجهات التسارع المتوافقة معها. لاحظ أن الفترة الزمنية  $\Delta t$  تساوي 1s.

### ■ الشكل 7-3:

- a. تمثل النماذج الجسمية  
النقطية أربع طرق محتملة  
للحركة في مسار مستقيم  
بتسارع منتظم.
- b. عندما تكون متجهات السرعة،  
ومتجهات التسارع تشير إلى  
الاتجاه نفسه، تزداد سرعة  
الجسم أما عندما تشير  
باتجاهات متعاكسة، فإن  
الجسم يتباطأ.

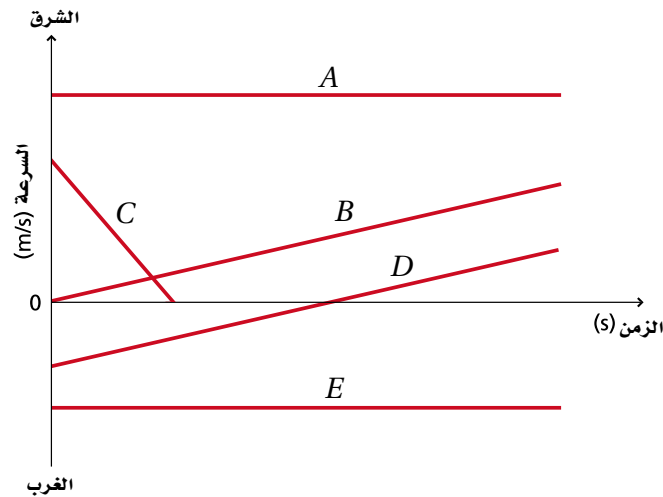


في الوضعين الأول والثالث عندما يزداد الجسم سرعته، يكون لكل من متجهات السرعة والتسارع الاتجاه نفسه (كما في الشكل 7b-3). أما في الوضعين الآخرين عندما يكون متجه التسارع في الاتجاه المعاكس لمتجهات السرعة، فإن الجسم يتباطأ. وبمعنى آخر، فعندما يكون تسارع الجسم واتجاه سرعته في الاتجاه نفسه، فإن سرعة الجسم تزداد. وعندما يكونان باتجاهين متعاكسين، فإن السرعة تتناقص، ولكي تحدد ما إذا كان الجسم سيتسارع أو سيتباطأ، فأنت بحاجة إلى معرفة كل من اتجاه سرعة الجسم واتجاه تسارعه.

من جهة أخرى، يكون للجسم تسارع موجب عندما يكون اتجاه متجه التسارع في الاتجاه الموجب للحركة، ويكون للجسم تسارع سالب عندما يكون اتجاه متجه التسارع في الاتجاه السالب.

### ■ الشكل 8-3 الرسمان البيانيان

- $E$  و  $A$  يبينان الحركة  
بسرعة منتظمة باتجاهين  
متعاكسين، والرسم  $B$   
يبين سرعة موجبة وتسارعاً  
موجباً. والرسم  $C$  يبين  
سرعة موجبة وتسارعاً  
سالباً. والرسم  $D$  يبين  
حركة بتسارع موجب  
منتظم، بحيث يخفض  
السرعة عندما تكون سالبة،  
ويزيدها عندما تكون  
موجبة.





## حساب التسارع من منحنى السرعة المتجهة - الزمن

### Determining Acceleration from a v-t Graph

إن منحنيات السرعة المتجهة - الزمن، الممثلة لحركة خمسة عدائين  $(A, B, C, D, E)$  في الشكل 3-8، تشتمل على معلومات عن سرعة وتسارع كل عداء. وبملاحظة التغير في سرعة كل عداء، والممثلة بخط مستقيم ستجد أن العدائين  $A$  و  $E$  لا تتغير سرعتهما في أثناء الحركة، مما يعني أن معدل التغير في السرعة يساوي صفراً، وهذا يعني أن تسارع كل منهما يساوي صفراً. بينما سرعة كل من العدائين  $B$  و  $D$  تتزايد بانتظام، أي أن معدل التغير في سرعة هذين العدائين لا تساوي صفراً، وهذا يعني أنهما يتحركان بتسارع موجب (عجلة تزايدية) بعكس حركة العداء  $C$ ، والذي تلاحظ أن سرعته تتناقص بانتظام مما يعني أن معدل التغير في سرعته سالب أي أنه يتحرك بتسارع سالب (عجلة تناقصية).

**حساب التسارع:** كيف يمكنك أن تحسب التسارع رياضياً؟ المعادلة التالية تعبر عن التسارع المتوسط باعتباره ميل الخط البياني لمنحنى (السرعة المتجهة - الزمن). ويرمز له بالرمز  $\bar{a}$ .

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i}$$

التسارع المتوسط يساوي التغير في السرعة مقسوماً على الزمن الذي حدث خلاله هذا التغير.

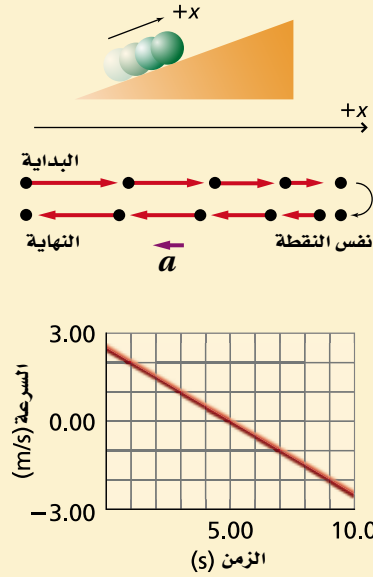
افتراض أنك عدوت بأقصى سرعة ذهاباً وإياباً عبر صالة رياضية، فبدأت العدو باتجاه الجدار بسرعة  $4.0 \text{ m/s}$  وبعد  $10.0 \text{ s}$ ، قمت بالعدو بسرعة  $4.0 \text{ m/s}$  مبتعداً عن الجدار. ما هو تسارعك المتوسط إذا كان الاتجاه الموجب باتجاه الجدار؟

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i}$$

$$\frac{(-4.0 \text{ m/s}) - (4.0 \text{ m/s})}{10.0 \text{ s}} = \frac{-8 \text{ m/s}}{10.0 \text{ s}} = -0.80 \text{ m/s}^2$$

تشير الإشارة السالبة إلى أن اتجاه التسارع في عكس الاتجاه الذي يقربنا من الجدار.

**التسارع:** صف حركة كرة تتدحرج صاعدة مستوى مائلاً بسرعة ابتدائية  $2.50 \text{ m/s}$ ، وتتباطأ لمدة  $5.00 \text{ s}$ ، ثم تقف للحظة، ثم تتدحرج هابطة المستوى المائل فتزداد سرعتها تدريجياً. فإذا تم اختيار الاتجاه الموجب باتجاه المستوى المائل إلى أعلى، ونقطة الأصل عند نقطة بدء الحركة. فما إشارة تسارع الكرة عندما تتدحرج صاعدة المستوى المائل؟ وما مقدار تسارعها عند تدحرجها من أعلى المستوى؟



### 1 تحليل المسألة ورسمها:

- ارسم مخططاً للحركة.
- ارسم نظاماً إحداثياً بالاعتماد على مخطط الحركة.

المجهول  
 $a = ?$

المعلوم

$$v_i = +2.5 \text{ m/s}$$

$$v_f = 0.00 \text{ m/s} \text{ عندما } t = 5.00 \text{ s}$$

### 2 إيجاد الكمية المجهولة:

أوجد مقدار التسارع من ميل الخط البياني.

عوض لإيجاد التغير في السرعة والزمن المستغرق لحدوث هذا التغير

$$\Delta v = v_f - v_i$$

$$= 0.00 \text{ m/s} - 2.50 \text{ m/s} = -2.50 \text{ m/s}$$

$$v_f = 0.00 \text{ m/s} , v_i = 2.50 \text{ m/s} \text{ بالتعويض عن}$$

$$\Delta t = t_f - t_i$$

$$= 5.00 \text{ s} - 0.00 \text{ s} = 5.00 \text{ s}$$

$$t_i = 0.00 \text{ m/s} , t_f = 5.00 \text{ s} \text{ بالتعويض عن}$$

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

أوجد قيمة التسارع

$$= \frac{-2.5 \text{ m/s}}{5.00 \text{ s}} = -0.500 \text{ m/s}^2$$

$$\Delta t = 5.00 \text{ s} , \Delta v = -2.50 \text{ m/s} \text{ بالتعويض عن}$$

أو  $0.500 \text{ m/s}^2$  باتجاه أسفل المنحدر

### 3 تقويم الجواب:

- هل الوحدات صحيحة؟ التسارع يقاس بوحدة  $\text{m/s}^2$
- هل للاتجاهات معنى؟ خلال الثواني الخمس الأولى ( $0.00 \text{ s} - 5.00 \text{ s}$ )، كان اتجاه التسارع في عكس اتجاه السرعة المتجهة، والكرة تتباطأ.

6. سيارة سباق تزداد سرعتها من  $4.0 \text{ m/s}$  إلى  $36 \text{ m/s}$  خلال فترة زمنية مقدارها  $4.0 \text{ s}$  أوجد تسارعها.
7. إذا تباطأت سرعة سيارة سباق من  $36 \text{ m/s}$  إلى  $15 \text{ m/s}$  خلال  $3.0 \text{ s}$ ، فما تسارعها؟
8. تهبط سيارة محركها لا يعمل منحدرًا للخلف بفعل الجاذبية الأرضية بسرعة  $3.0 \text{ m/s}$ ، وبعد مرور  $2.50 \text{ s}$  استطاع السائق تشغيل المحرك وتحريك السيارة إلى أعلى المنحدر بسرعة  $4.5 \text{ m/s}$ ، فإذا تم اختيار الاتجاه الموجب باتجاه المنحدر إلى أعلى، احسب التسارع المنتظم للسيارة.
9. حافلة تسير بسرعة  $25 \text{ m/s}$ ، ضغط السائق على الفرامل فتوقفت بعد  $3.0 \text{ s}$  أجب عما يلي:
  - a. ما التسارع المنتظم للحافلة أثناء الضغط على الفرامل؟
  - b. كيف يتغير التسارع المنتظم للحافلة إذا استغرقت ضعفي الفترة الزمنية السابقة للتوقف؟
10. كان خالد يعدو بسرعة  $3.5 \text{ m/s}$  نحو موقف حافلة لمدة  $2.0 \text{ min}$ ، وفجأة نظر إلى ساعته، فلاحظ أن لديه متسعًا من الوقت قبل وصول الحافلة، فأبطأ سرعة عدوه خلال الثواني العشر التالية إلى  $0.75 \text{ m/s}$ ، ما تسارعه المنتظم خلال هذه الثواني العشر؟
11. إذا تباطأ معدل الانجراف القاري على نحو مفاجئ من  $1.0 \text{ cm/y}$  إلى  $0.5 \text{ cm/y}$  خلال فترة سنة  $y$ ، فكم سيكون التسارع المنتظم للانجراف القاري؟

تشابه السرعة المتجهة والتسارع في أن كليهما عبارة عن معدل تغير؛ فالتسارع هو المعدل الزمني لتغير السرعة، والسرعة هي المعدل الزمني لتغير الإزاحة. ولكل من السرعة والتسارع قيم متوسطة وقيم لحظية. وستتعلم لاحقًا في هذا الفصل أن المساحة تحت منحني (السرعة المتجهة-الزمن) تساوي إزاحة الجسم، وأن المساحة تحت منحني (التسارع-الزمن) تساوي سرعة الجسم.

12. **منحنى (السرعة-الزمن):** ما المعلومات التي

يمكن استخلاصها من منحنى (السرعة-الزمن).

13. **منحنيات الموقع-الزمن، والسرعة المتجهة-**

**الزمن.** ركض عداءان بسرعة منتظمة مقدارها

$7.5 \text{ m/s}$  باتجاه الشرق، وعند الزمن  $t = 0$ ، كان

أحدهما على بعد  $15 \text{ m}$  إلى الشرق من نقطة

الأصل، والآخر على بعد  $15 \text{ m}$  غربها.

a. ما الفرق، بين الخططين البيانيين الممثلين لحركة

العدائين في منحنى (الموقع-الزمن)؟

b. ما الفرق، بين الخططين البيانيين الممثلين لحركة

العدائين في منحنى (السرعة المتجهة-الزمن)؟

14. **السرعة:** وضح كيف يمكنك استخدام منحنى

(السرعة المتجهة-الزمن)، لتحديد الزمن الذي

يتحرك عنده الجسم بسرعة معينة.

15. **منحنى (السرعة-الزمن):** مثل بيانيًا منحنى

(السرعة المتجهة-الزمن) لحركة سيارة تسير

باتجاه الشرق بسرعة  $25 \text{ m/s}$  لمدة  $100 \text{ s}$ ، ثم نحو

الغرب بسرعة  $25 \text{ m/s}$  لمدة  $100 \text{ s}$  أخرى.

16. **السرعة المتوسطة والتسارع المتوسط:** يتحرك

قارب بسرعة  $2 \text{ m/s}$  بعكس اتجاه جريان نهر،

ثم يدور حول نفسه وينطلق باتجاه جريان النهر

بسرعة  $4.0 \text{ m/s}$ ، فإذا كان الزمن الذي استغرقه

القارب في الدوران  $8.0 \text{ s}$

a. ما السرعة المتجهة المتوسطة للقارب؟

b. ما التسارع المتوسط للقارب؟

17. **التفكير الناقد:** ضبط شرطي مرور سائقًا يسير

بسرعة تزيد  $32 \text{ km/h}$  عن حد السرعة المسموح

به وذلك لحظة تجاوزه سيارة أخرى تنطلق بسرعة

أقل. سجل الشرطي على كلا السائقين إشعار

مخالفة لتجاوز السرعة، وقد أصدر القاضي

حكمًا على أن كلا السائقين مذنب. وتم اتخاذ

الحكم استنادًا إلى فرضية تقول إن كلتا السيارتين

كانتا تسيران بالسرعة نفسها لأنه تم ملاحظتهما

عندما كانت الأولى خلف الثانية.

هل كان كل من القاضي وشرطي المرور على

صواب؟ وضح ذلك باستخدام مخطط توضيحي

للحركة، ورسّم منحنى (الموقع-الزمن).

## 3-2 الحركة بتسارع منتظم Motion with Constant Acceleration

يمكن معالجة المعادلات الرياضية لكل من السرعة المتوسطة والتسارع المتوسط بغرض إيجاد الموقع الجديد، والسرعة الجديدة على الترتيب بعد فترة زمنية ما، وذلك بمعلومية بقية المتغيرات.

### السرعة بدلالة التسارع المتوسط Velocity with Average Acceleration

يمكنك استخدام التسارع المتوسط لجسم خلال فترة زمنية، لتعيين مقدار التغير في سرعته خلال هذا الزمن، ويعرف التسارع المتوسط بـ  $\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  ويمكن إعادة كتابته بالصورة:

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

$$v_f - v_i = \bar{a} \Delta t$$

لذا فإن العلاقة بين السرعة النهائية والتسارع المتوسط يمكن كتابتها على النحو التالي:

$$v_f = v_i + \bar{a} \Delta t$$

السرعة النهائية تساوي السرعة الابتدائية مضافاً إليها حاصل ضرب التسارع المتوسط في الفترة الزمنية.

في الحالات التي يكون فيها التسارع منتظماً، فإن التسارع المتوسط  $\bar{a}$  يكون هو التسارع اللحظي  $a$  نفسه. ويمكن إعادة ترتيب هذه المعادلة لإيجاد الزمن أو السرعة الابتدائية لجسم.

#### الأهداف

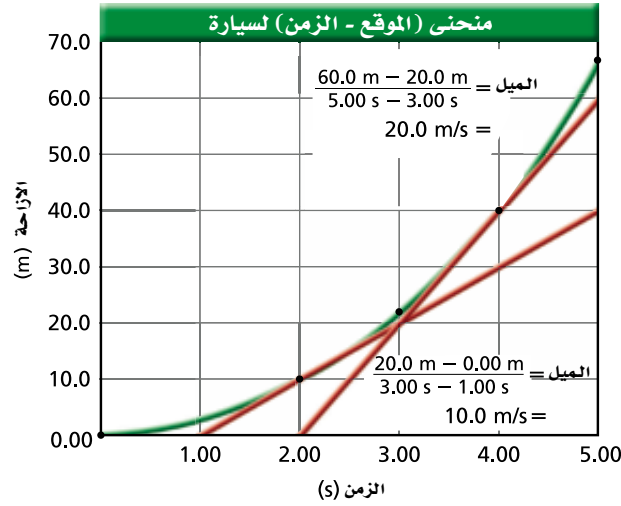
- تفسر منحني (الموقع-الزمن) للحركة ذات التسارع المنتظم.
- تحدد العلاقات الرياضية التي تربط بين كل من الموقع، والسرعة، والتسارع، والزمن.
- تطبق علاقات بيانية ورياضية لحل المسائل التي تتعلق بالتسارع المنتظم.

#### مسائل تدريبية

- تدحرج كرة جولف إلى أعلى تلة باتجاه حفرة الجولف، بفرض أن الاتجاه نحو الحفرة هو الاتجاه الموجب أجب عما يلي :
  - إذا انطلقت كرة الجولف بسرعة  $2.0 \text{ m/s}$ ، وتباطأت بمعدل منتظم  $0.50 \text{ m/s}^2$ ، فما سرعتها بعد مضي  $2.0 \text{ s}$ ؟
  - ما سرعة كرة الجولف إذا استمر التسارع المنتظم لمدة  $6.0 \text{ s}$ ؟
  - صف حركة كرة الجولف بالكلمات، ثم باستخدام المخطط التوضيحي للحركة.
- تسير حافلة بسرعة  $30.0 \text{ km/h}$ ، فإذا زادت سرعتها بمعدل منتظم وقدره  $3.5 \text{ m/s}^2$ ، ما السرعة التي تصل إليها الحافلة بعد  $6.8 \text{ s}$ ؟
- إذا تسارعت سيارة من السكون بمقدار منتظم  $5.5 \text{ m/s}^2$ ، فما الزمن اللازم حتى تصل سرعتها إلى  $28 \text{ m/s}$ ؟
- تتباطأ سرعة سيارة من  $22 \text{ m/s}$  إلى  $3.0 \text{ m/s}$ ، بمعدل منتظم مقداره  $2.1 \text{ m/s}^2$ ، ما عدد الثواني التي تحتاج إليها قبل أن تسير بسرعة  $3.0 \text{ m/s}$ ؟

### ■ الشكل 9-3 ميل الخط البياني

في منحنى (الموقع-الزمن)  
الزمن) لسيارة تتحرك  
بتسارع منتظم، يزداد  
كلما زاد زمن الحركة.



الجدول 2-3	
بيانات (الموقع-الزمن) لسيارة	
الزمن (s)	الموقع (m)
0.00	0.00
2.50	1.00
10.0	2.00
22.5	3.00
40.0	4.00
62.5	5.00

## الموقع بدلالة التسارع المنتظم

### Position with Constant Acceleration

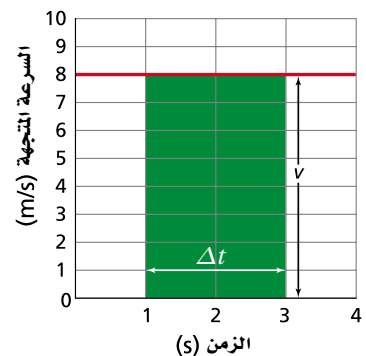
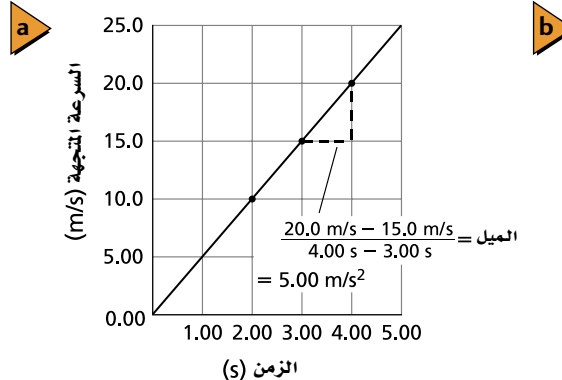
توصلت إلى أن الجسم الذي يتحرك بتسارع منتظم يغير سرعته بمعدل منتظم، ولكن كيف يتغير موقع الجسم المتحرك بتسارع منتظم؟ يبين الجدول 2-3 بيانات الموقع عند فترات زمنية مختلفة لسيارة تتحرك بتسارع منتظم، وقد مثلت بيانات الجدول بالرسم البياني الموضح في الشكل 9-3، حيث يظهر من الرسم البياني أن حركة السيارة غير منتظمة؛ فالإزاحات خلال فترات زمنية متساوية على الرسم تصبح أكبر فأكثر. لاحظ كذلك أن ميل الخط في الشكل 9-3 يزداد كلما زاد الزمن. ويمكن استخدام ميل الخطوط من منحنى (الموقع-الزمن) لرسم منحنى (السرعة المتجهة-الزمن).

لاحظ أن ميل كل من الخطوط الموضحة في الشكل 9-3 تطابق السرعات الممثلة بيانياً في الشكل 10-3a. لكن لا يمكنك عمل منحنى جيد للموقع-الزمن، باستخدام منحنى (السرعة المتجهة-الزمن) لأن الأخير لا يحتوي على أي معلومات حول موقع الجسم، ومع ذلك، فإنه يحتوي على معلومات عن إزاحته. تذكر أن سرعة

$$\text{جسم يتحرك بسرعة منتظمة تعطى بالعلاقة: } v = \frac{\Delta d}{\Delta t} \text{ أي أن } \Delta d = v \Delta t$$

### ■ الشكل 10-3

a. يمثل ميل كل من مماسات منحنى (الموقع-الزمن) في الشكل 9-3 قيم (السرعة المتجهة-الزمن).  
b. الإزاحة خلال فترة زمنية معينة هي المساحة تحت منحنى (السرعة المتجهة-الزمن).





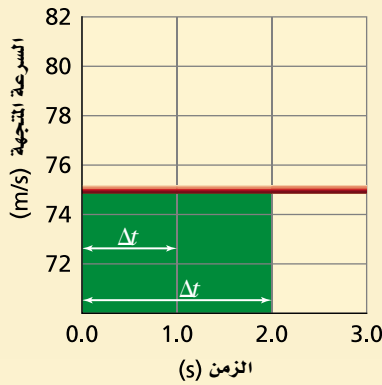
يوضح الشكل 10-3 منحني (السرعة المتجهة- الزمن) لجسم يتحرك بسرعة منتظمة، وبدراسة الشكل تحت الخط البياني للمنحني (المستطيل المظلل) تجد أن سرعة الجسم  $v$  تمثل طول المستطيل بينما الفترة الزمنية لحركة الجسم  $\Delta t$  تمثل عرض المستطيل، وبالتالي فإن مساحة المستطيل هي  $v \Delta t$  أو  $\Delta d$ ، أي أن المساحة تحت منحني (السرعة المتجهة- الزمن) تساوي عددياً إزاحة الجسم.

### مثال - 3

يبين الرسم البياني أدناه منحني (السرعة المتجهة- الزمن) لحركة طائرة. أوجد إزاحة الطائرة خلال الفترة الزمنية  $\Delta t$   $\Delta t = 1.0$  s، ثم خلال الفترة الزمنية  $\Delta t = 2.0$  s.

#### 1 تحليل المسألة:

- الإزاحة تساوي المساحة تحت منحني (السرعة المتجهة - الزمن)
- تبدأ الفترة الزمنية من اللحظة  $t = 0.0$



المجهول

$$\Delta d = ?$$

المعلوم

$$v = +75 \text{ m/s}$$

$$\Delta t = 1.0 \text{ s}$$

$$\Delta t = 2.0 \text{ s}$$

#### 2 إيجاد الكمية المجهولة:

أوجد الإزاحة خلال 1.0 s

$$\text{بالتعويض } v = +75 \text{ m/s}, \Delta t = 1.0 \text{ s}$$

$$\Delta d = v \Delta t$$

$$= (+75 \text{ m/s}) (1.0 \text{ s}) = +75 \text{ m}$$

أوجد الإزاحة خلال 2.0 s

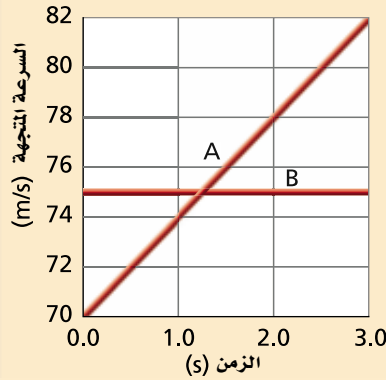
$$\text{بالتعويض } v = +75 \text{ m/s}, \Delta t = 2.0 \text{ s}$$

$$\Delta d = v \Delta t$$

$$= (+75 \text{ m/s}) (2.0 \text{ s}) = +150 \text{ m}$$

#### 3 تقويم الجواب:

- هل الوحدات صحيحة؟ الإزاحة تقاس بالأمتار.
- هل للإشارات معنى؟ الإشارات الموجبة تتفق مع الرسم البياني.
- هل المقدار واقعي؟ قطع مسافة مساوية تقريباً لطول ملعب كرة قدم خلال ثانيتين، واقعي بالنسبة لسرعة الطائرة.



الشكل 3-11 ■

22. استخدم الشكل 11-3 لتعيين سرعة طائرة تتزايد سرعتها عند كل من الأزمنة التالية:

2.5 s .c

2.0 s .b

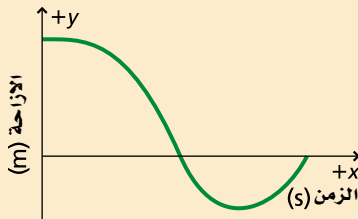
1.0 s .a

23. تسير سيارة بسرعة منتظمة قدرها 25 m/s لمدة 10.0 min، ثم ينفذ منها الوقود فيسير السائق على قدميه بالاتجاه نفسه بسرعة 1.5 m/s لمدة 20.0 min ليصل إلى أقرب محطة وقود. فإذا استغرق السائق 2.0 min لملء جالون من البنزين، ثم سار عائداً نحو السيارة بسرعة 1.2 m/s، وأخيراً تحرك بالسيارة إلى البيت بسرعة 25 m/s في اتجاه معاكس لاتجاه رحلته الأصلية.

a. ارسم منحني (السرعة المتجهة - الزمن) معتمداً الثانية s وحدة للزمن. إرشاد: احسب المسافة التي قطعها السائق إلى محطة الوقود، لإيجاد الزمن الذي استغرقه حتى يعود إلى السيارة.

b. ارسم منحني (الموقع - الزمن) باستخدام المساحات تحت منحني (السرعة المتجهة - الزمن).

24. يوضح الشكل 12-3 منحني (الموقع - الزمن) لحركة حصان في حقل. ارسم منحني (السرعة المتجهة - الزمن) المتوافق معه، باستخدام مقياس الزمن نفسه.

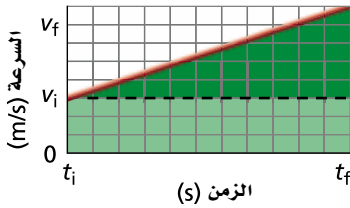


الشكل 3-12 ■

توصلت سابقاً أنه يمكن إيجاد الإزاحة من منحني (السرعة المتجهة - الزمن) لجسم يتحرك بتسارع منتظم مبتدئاً بسرعة ابتدائية  $v_i$ ، وذلك بحساب المساحة تحت المنحني، ففي الشكل 13-3 تحسب الإزاحة بتقسيم المساحة تحت المنحني إلى مستطيل ومثلث.

$$\Delta d_{\text{مستطيل}} = v_i \Delta t \quad \text{مساحة المستطيل يمكن إيجادها بواسطة العلاقة:}$$

$$\Delta d_{\text{مثلث}} = \frac{1}{2} \Delta v \Delta t \quad \text{ومساحة المثلث يمكن إيجادها من العلاقة:}$$



الشكل 13-3: الإزاحة لجسم

يتحرك بتسارع منتظم يمكن إيجادها بحساب المساحة تحت منحني (السرعة المتجهة - الزمن).

وبما أن التسارع المتوسط  $\bar{a}$  يساوي  $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ ، لذا فإنه يمكن كتابة  $\Delta v$  بالصورة  $\Delta v = \bar{a} \Delta t$  وبالتعويض عن قيمة  $\Delta v$  في معادلة مساحة المثلث، تصبح المعادلة:  $\Delta d_{\text{مثلث}} = \frac{1}{2} \bar{a} (\Delta t)^2$ .

وبالتالي فإن المساحة الكلية تحت المنحني تساوي:

$$\Delta d = \Delta d_{\text{مستطيل}} + \Delta d_{\text{مثلث}} = v_i (\Delta t) + \frac{1}{2} \bar{a} (\Delta t)^2$$

وعندما يكون الموقع الابتدائي  $d_i$  أو النهائي  $d_f$  للجسم معلوماً، فإن المعادلة يمكن كتابتها بالصورة التالية:  $d_f - d_i = v_i (\Delta t) + \frac{1}{2} \bar{a} (\Delta t)^2$

$$\text{أو } d_f = d_i + v_i (\Delta t) + \frac{1}{2} \bar{a} (\Delta t)^2$$

فإذا كان الزمن الابتدائي هو  $t_i = 0$  ، فإن الموقع بدلالة التسارع المتوسط يعطى بالعلاقة التالية:

$$d_f = d_i + v_i t_f + \frac{1}{2} \bar{a} t_f^2$$

ويمكن ربط الموقع، والسرعة، والتسارع المنتظم بعلاقة لا تتضمن الزمن. وذلك بإعادة ترتيب المعادلة  $v_f = v_i + \bar{a} t_f$  لتعطي  $(t_f)$ :

$$t_f = \frac{v_f - v_i}{\bar{a}}$$

وبالتعويض عن قيمة  $(t_f)$  في المعادلة  $d_f = d_i + v_i t_f + \frac{1}{2} \bar{a} t_f^2$  نحصل على:

$$d_f = d_i + v_i \left( \frac{v_f - v_i}{\bar{a}} \right) + \frac{1}{2} \bar{a} \left( \frac{v_f - v_i}{\bar{a}} \right)^2$$

وهذه المعادلة يمكن حلها لإيجاد السرعة النهائية  $v_f$  عند أي زمن  $t_f$  ، حيث أن السرعة بدلالة التسارع المنتظم:

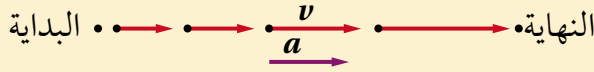
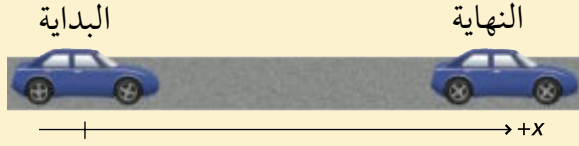
$$v_f^2 = v_i^2 + 2 \bar{a} (d_f - d_i)$$

ويمكن تلخيص المعادلات الثلاث للحركة بتسارع منتظم كما في الجدول 3-3:

الجدول 3-3		
معادلات الحركة في حالة التسارع المنتظم		
المعادلة	المتغيرات	الشروط الابتدائية
$v_f = v_i + \bar{a} t_f$	$t_f , v_f , \bar{a}$	$v_i$
$d_f = d_i + v_i t_f + \frac{1}{2} \bar{a} t_f^2$	$t_f , d_f , \bar{a}$	$d_i , v_i$
$v_f^2 = v_i^2 + 2 \bar{a} (d_f - d_i)$	$d_f , v_f , \bar{a}$	$d_i , v_i$

## مثال - 4

انطلقت سيارة من السكون بتسارع منتظم مقداره  $3.5 \text{ m/s}^2$ ، ما المسافة التي ستكون قد قطعتها عندما تصل سرعتها إلى  $25 \text{ m/s}$ ؟



المجهول  
 $d_f = ?$

المعلوم

$$d_i = 0.00 \text{ m}$$

$$v_i = 0.00 \text{ m/s}$$

$$v_f = 25 \text{ m/s}$$

$$\bar{a} = a = 3.5 \text{ m/s}^2$$

2 إيجاد الكمية المجهولة:

لإيجاد:  $d_f$

$$v_f^2 = v_i^2 + 2\bar{a}(d_f - d_i)$$

$$d_f = d_i + \frac{v_f^2 - v_i^2}{2\bar{a}}$$

$$= 0.00 \text{ m} + \frac{(25 \text{ m/s})^2 - (0.00 \text{ m/s})^2}{2(3.5 \text{ m/s}^2)} = 89 \text{ m}$$

$$= 89 \text{ m}$$

بالتعويض عن  $d_i = 0.00 \text{ m}$  ,  $v_f = 25 \text{ m/s}$

$$v_i = 0.00 \text{ m/s} , \bar{a} = 3.5 \text{ m/s}^2$$

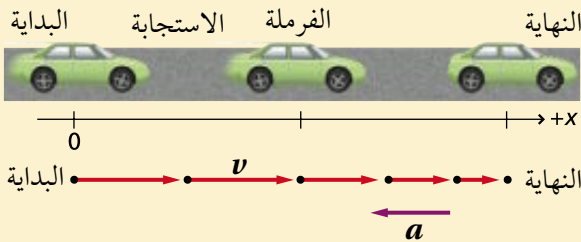
3 تقويم الجواب:

- هل الوحدات صحيحة؟ تقاس الإزاحة بوحدة المتر m.
- هل للإشارة دلالة؟ الإشارة الموجبة تتفق مع كل من النموذج التصويري، والنموذج الفيزيائي.
- هل المقدار واقعي؟ تبدو الإزاحة كبيرة ولكن السرعة  $(25 \text{ m/s})$  كبيرة أيضاً، لذلك فالنتيجة معقولة.

يقود عمر سيارة بسرعة منتظمة مقدارها 25 m/s، وفجأة رأى طفلاً يركض في الشارع. فإذا كان زمن الاستجابة اللازم ليدوس على الفرامل هو 0.45 s، فتباطأت السيارة بتسارع منتظم  $8.5 \text{ m/s}^2$  حتى توقفت. ما المسافة الكلية التي قطعتها السيارة قبل أن تقف؟

### 1 تحليل المسألة ورسمها:

- مثل المسألة بالرسم.
- اعتبر أن اتجاه سير السيارة هو الاتجاه الموجب.
- ارسم مخططاً توضيحياً للحركة وعين عليه  $v$  و  $a$ .



المجهول

$d_{\text{الاستجابة}} = ?$

$d_{\text{الفرملة}} = ?$

$d_{\text{الكلية}} = ?$

المعلوم

$v_{\text{الاستجابة}} = 25 \text{ m/s}$

$t_{\text{الاستجابة}} = 0.45 \text{ s}$

$\bar{a} = a_{\text{الكلية}} = (-8.5 \text{ m/s}^2)$

$v_i = 25 \text{ m/s}$

$v_f = 0.00 \text{ m/s}$

### 2 إيجاد الكمية المجهولة:

الاستجابة : أوجد المسافة التي تتحركها السيارة بسرعة منتظمة

$$d_{\text{الاستجابة}} = v_{\text{الاستجابة}} t_{\text{الاستجابة}}$$

$$= (25 \text{ m/s}) (0.45 \text{ s}) = 11 \text{ m}$$

الفرملة: أوجد المسافة التي تتحركها السيارة في أثناء عملية الفرملة حتى الوقوف.

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a_{\text{الفرملة}} d_{\text{الفرملة}}$$

$$d_{\text{الفرملة}} = \frac{v_i^2 - v_f^2}{2a_{\text{الفرملة}}}$$

$$= \frac{(0.00 \text{ m/s})^2 - (25 \text{ m/s})^2}{2(-8.5 \text{ m/s}^2)} = 37 \text{ m}$$

بالتعويض عن  $a_{\text{الفرملة}} = (-8.5 \text{ m/s}^2)$  ,  $v_f = 0.00 \text{ m/s}$

$$v_{\text{الاستجابة}} = 25 \text{ m/s}$$

المسافة الكلية تساوي مجموع مسافة الاستجابة ومسافة الفرملة

أوجد المسافة الكلية ( $d_{\text{الكلية}}$ ):

$$d_{\text{الكلية}} = d_{\text{الاستجابة}} + d_{\text{الفرملة}}$$

$$= 11 \text{ m} + 37 \text{ m} = 48 \text{ m}$$

$$d_{\text{الاستجابة}} = 11 \text{ m} , d_{\text{الفرملة}} = 37 \text{ m}$$

### 3 تقويم الجواب:

- هل الوحدات صحيحة؟ تقاس المسافة بوحدتين المتر (m).
- هل للإشارات معنى؟ كل من  $d_{\text{الاستجابة}}$  و  $d_{\text{الفرملة}}$  موجبة، لأنها في نفس اتجاه الحركة.
- هل المقدار واقعي؟ مسافة الفرملة صغيرة، لكنها منطقية لأن مقدار التسارع كبير.



25. يتحرك متزلج على لوح تزلج بسرعة منتظمة  $1.75 \text{ m/s}$  ، وعندما بدأ يصعد مستوى مائلاً تباطأت حركته وفق تسارع منتظم ( $-0.20 \text{ m/s}^2$ ) ما الزمن الذي استغرقه من لحظة بدء تباطئه حتى بداية عودته هابطاً المستوى المائل؟
26. تسير سيارة سباق في حلبة بسرعة  $44 \text{ m/s}$  ، وتتباطأ بمعدل منتظم بحيث تصل سرعتها إلى  $22 \text{ m/s}$  خلال  $11 \text{ s}$  . ما المسافة التي اجتازتها السيارة خلال هذا الزمن؟
27. تتسارع سيارة بمعدل منتظم من  $15 \text{ m/s}$  إلى  $25 \text{ m/s}$  لتقطع مسافة  $125 \text{ m}$  . ما الزمن الذي استغرقته لقطع هذه المسافة؟
28. يتحرك راكب دراجة هوائية وفق تسارع منتظم ليصل إلى سرعة مقدارها  $7.5 \text{ m/s}$  خلال  $4.5 \text{ s}$  . فإذا كانت إزاحة الدراجة خلال فترة التسارع تساوي  $19 \text{ m}$  ، أوجد السرعة الابتدائية.
29. يركض رجل بسرعة  $4.5 \text{ m/s}$  لمدة  $15.0 \text{ min}$  ، ثم يصعد تلة يتزايد ارتفاعها تدريجياً ، فإذا تباطأت سرعته بمعدل منتظم  $0.05 \text{ m/s}^2$  لمدة  $90.0 \text{ s}$  حتى يتوقف . أوجد المسافة التي ركضها.
30. يتدرب خالد على ركوب الدراجة الهوائية ، حيث يدفعه والده فيكتسب تسارعاً منتظماً مقداره  $0.50 \text{ m/s}^2$  لمدة  $6.0 \text{ s}$  ، يقود بعد ذلك خالد الدراجة بمفرده بسرعة  $3.0 \text{ m/s}$  مدة  $6.0 \text{ s}$  قبل أن يسقط أرضاً . ما مقدار إزاحة خالد؟
- إرشاد: لحل هذه المسألة ارسم منحنى (السرعة المتجهة-الزمن) ثم احسب المساحة المحصورة تحته.
31. بدأت ركوب دراجتك الهوائية من قمة تلة ، ثم هبطت منحدرها بتسارع منتظم  $2.00 \text{ m/s}^2$  ، وعندما وصلت إلى قاعدة التلة كانت سرعتك قد بلغت  $18.0 \text{ m/s}$  ، ثم واصلت استخدام دواسات الدراجة لتحافظ على هذه السرعة لمدة  $1.00 \text{ min}$  . ما بُعدك عن قمة التلة منذ لحظة مغادرتها؟
32. يتدرب حسن استعداداً للمشاركة في سباق الـ  $5.0 \text{ km}$  ، فبدأ تدريباته بالركض بسرعة منتظمة مقدارها  $4.3 \text{ m/s}$  لمدة  $19 \text{ min}$  ، وبعد ذلك تسارع بمعدل منتظم حتى اجتاز خط النهاية بعد مضي  $19.4 \text{ s}$  . ما مقدار تسارعه خلال الجزء الأخير من التدريب؟

كما تعلمت سابقاً فإن هناك عدة وسائل يمكنك استخدامها في حل مسائل الحركة في بعد واحد، منها: المخططات التوضيحية للحركة، والرسوم البيانية، والمعادلات الرياضية. وكلما اكتسبت المزيد من الخبرة، سييسهل عليك أن تقرر أي هذه الوسائل أكثر ملاءمة لحل مسألة ما. وفي الدرس التالي ستطبق هذه الوسائل لاستقصاء حركة الأجسام الساقطة سقوطاً حراً.

## 3-2 مراجعة

**38. المسافة:** بدأت طائرة حركتها من السكون،

وتسارعت بمقدار منتظم  $3.00 \text{ m/s}^2$  لمدة  $30.0 \text{ s}$  قبل أن ترتفع عن سطح الأرض.

a. ما المسافة التي قطعها الطائرة؟

b. ما سرعة الطائرة لحظة إقلاعها؟

**39. الرسوم البيانية:** يسير عداء نحو خط البداية

بسرعة منتظمة، ويأخذ موقعه قبل بدء السباق، وينتظر حتى يسمع صوت طلقة البداية، ثم ينطلق فيتسارع حتى يصل إلى سرعة منتظمة. ثم يحافظ على هذه السرعة حتى يجتاز خط النهاية. وبعد ذلك يتباطأ إلى أن يمشي، فيستغرق في ذلك وقتاً أطول مما استغرقه لزيادة سرعته في بداية السباق.

مثل حركة العداء باستخدام الرسم البياني لكل من منحني (السرعة المتجهة-الزمن)، ومنحني (الموقع-الزمن). ارسم الرسمين فوق بعضهما بعضاً باستخدام مقياس الزمن نفسه. وبيّن على منحني (الموقع-الزمن) مكان كل من نقطة البداية وخط النهاية.

**40. التفكير الناقد:** صف كيف يمكنك أن تحسب

تسارع سيارة؟ مبيناً أدوات القياس التي ستستخدمها.

**33. التسارع:** أثناء قيادة رجل سيارته بسرعة  $23 \text{ m/s}$

شاهد غزلاً يجتاز الطريق، فاستخدم الفرامل عندما كان على بعد  $210 \text{ m}$  من الغزال. فإذا لم يتحرك الغزال، وتوقفت السيارة تماماً قبل أن تمس جسمه، ما مقدار التسارع الذي أحدثته فرامل السيارة؟

**34. الإزاحة:** إذا أُعطيت السرعة الابتدائية والنهائية

والتسارع المنتظم لجسم، وطلب منك إيجاد الإزاحة، فما المعادلة التي ستستخدمها؟

**35. المسافة:** بدأ متزلج حركته من السكون في خط

مستقيم، وزادت سرعته إلى  $5.0 \text{ m/s}$  خلال  $4.5 \text{ s}$  ثم استمر بالتزلج بهذه السرعة المنتظمة لمدة  $4.5 \text{ s}$  أخرى. ما المسافة الكلية التي تحركها المتزلج على مسار التزلج؟

**36. السرعة النهائية:** تقطع طائرة مسافة  $5.0 \times 10^2 \text{ m}$

بينما تتسارع بانتظام من السكون بمعدل  $5.0 \text{ m/s}^2$  ما السرعة النهائية التي تكتسبها؟

**37. السرعة النهائية:** تسارعت طائرة بانتظام من

السكون بمعدل  $5.0 \text{ m/s}^2$  لمدة  $14 \text{ s}$ ، ما السرعة النهائية التي تكتسبها الطائرة؟

#### الأهداف

- تتعرف التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية.
- تحل مسائل تتضمن أجساماً تسقط سقوطاً حراً.

#### المفردات:

- السقوط الحر.
- التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية.

أسقط ورقة صحيفة على الأرض. ثم لفها على شكل كرة متماسكة وأعد إسقاطها. أسقط حصاة بالطريقة نفسها هل تسقط جميع الأجسام بالسرعة نفسها؟

لا يسقط الجسم الخفيف والمنبسط، مثل ورقة الصحيفة المستوية أو ريشة الطائر، بالكيفية نفسها التي يسقط بها شيء ثقيل ومساحة سطحه صغيرة، مثل الحصاة. لماذا؟ عند سقوط جسم فإنه يصطدم بجزيئات الهواء، وتؤثر هذه التصادمات الضئيلة في سرعة هبوط الجسم الخفيف مثل الريشة بشكل أكبر من تأثيرها في هبوط أجسام أثقل نسبياً مثل الحصاة. إن المصطلح المستخدم لوصف حركة مثل هذه الأجسام هو السقوط الحر، وهو حركة جسم تحت تأثير الجاذبية الأرضية فقط، وبإهمال تأثير مقاومة الهواء.

### التسارع فيه مجال الجاذبية الأرضية Acceleration Due to Gravity

قبل حوالي أربعمئة عام تقريباً، أدرك جاليليو جاليلي أنه لكي يحدث تقدماً في دراسة حركة الأجسام الساقطة، يجب عليه إهمال تأثيرات المادة التي يسقط الجسم خلالها. وفي ذلك الزمن، لم يكن لدى جاليليو الوسائل التي تمكنه من أخذ بيانات موقع أو سرعة الأجسام الساقطة، لذا قام بدرجة كرات على مستويات مائلة. ومع تخفيف الجاذبية الأرضية بهذه الطريقة، استطاع الحصول على قياسات دقيقة باستخدام أدواته البسيطة.

استنتج جاليليو أن جميع الأجسام التي تسقط سقوطاً حراً يكون لها التسارع نفسه، وذلك بإهمال تأثير مقاومة الهواء، وأن هذا التسارع لا يتأثر بأي من: نوع مادة الجسم الساقط، أو وزن هذا الجسم، أو الارتفاع الذي أسقط منه، أو ما إذا كان الجسم قد أسقط أو قذف. ويرمز لتسارع الأجسام الساقطة بالرمز  $g$ ، وتتغير قيمة  $g$  تغيرات طفيفة في أماكن مختلفة على الأرض والقيمة المتوسطة لها  $9.8 \text{ m/s}^2$ .

التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية هو تسارع جسم يسقط سقوطاً حراً نتيجة تأثير جاذبية الأرض عليه. فعند إسقاط صخرة، فإن سرعتها تزداد بمعدل  $9.8 \text{ m/s}$  كل  $1 \text{ s}$ . ويعتمد اعتبار التسارع موجباً أو سالباً على النظام الإحداثي الذي يتم اتخاذه؛ فإذا كان النظام الإحداثي يعتبر الاتجاه نحو الأعلى موجباً، فإن التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية عندئذ يساوي  $(-g)$  أما إذا اعتبر الاتجاه نحو الأسفل هو الاتجاه الموجب، فإن التسارع الناتج عن الجاذبية يساوي  $(+g)$ .

### ■ الشكل 14-3: صورة

ستروبية لبيضة تتسارع بمقدار  $9.8 \text{ m/s}^2$  في أثناء السقوط الحر. فإذا تم اختيار الاتجاه إلى أسفل موجباً، عندئذ فإن كلاً من السرعة والتسارع لهذه البيضة التي تسقط سقوطاً حراً يكون موجباً.

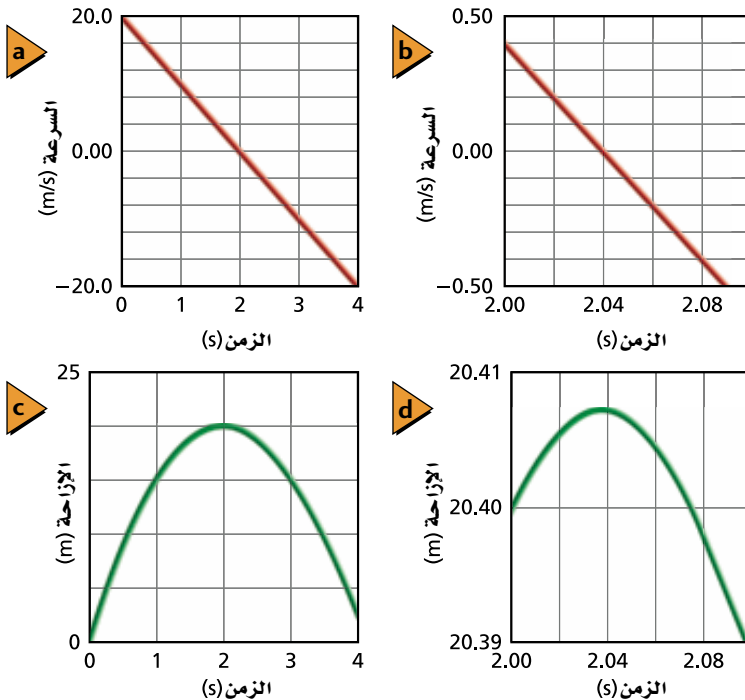


يبين الشكل 14-3 صورة لبيضة تسقط سقوطاً حراً التقطت باستخدام تقانة خاصة، حيث الفترة الزمنية بين اللقطات هي  $0.06 \text{ s}$ ، وكما يظهر من الشكل أن الإزاحة بين كل زوجين من اللقطات تزداد، وهذا يعني أن السرعة تزداد. فإذا اعتبر الاتجاه للأسفل الاتجاه الإحداثي الموجب، فإن السرعة تزداد بقيمة موجبة أكثر فأكثر.

**قذف كرة إلى الأعلى:** بدلاً من بيضة ساقطة، هل يمكن لهذه الصورة أن تعبر عن حركة كرة مقذوفة رأسياً إلى الأعلى؟ إذا اختير الاتجاه للأعلى على أنه الموجب، فإن الكرة تغادر اليد بسرعة موجبة مثلاً  $20.0 \text{ m/s}$ ، أما التسارع فيكون نحو الأسفل، أي أن التسارع يكون سالباً، وهو يساوي  $a = (-g) = (-9.8 \text{ m/s}^2)$ ، ولأن السرعة والتسارع باتجاهين متعاكسين، فإن سرعة الكرة تتناقص، وهذا يتفق مع الصورة.

يبين منحنى (السرعة المتجهة - الزمن) في الشكل a 15-3 تناقص سرعة الكرة بمعدل  $9.8 \text{ m/s}$  كل  $1 \text{ s}$ ، حتى تصل إلى الصفر عند  $2.04 \text{ s}$ ، ثم يتحول اتجاه حركة الكرة إلى الأسفل، وتزداد سرعتها تدريجياً في الاتجاه السالب. والشكل b 15-3 يظهر لقطة مقربة لهذه الحركة.

لكن ما العلاقة بين إزاحة الكرة وسرعتها؟ يتبين من الشكل c، d 15-3 أن الكرة تصل إلى أقصى ارتفاع لها في اللحظة التي تصبح فيها سرعتها مساوية للصفر. وإن تسارع الكرة عند أي نقطة يساوي مقداراً ثابتاً  $9.8 \text{ m/s}^2$ .



### ■ الشكل 15-3: في نظام إحداثي

اتجاهه الموجب نحو الأعلى.

a و b. تتناقص سرعة الكرة المقذوفة إلى الأعلى حتى تصبح صفراً بعد زمن  $2.04 \text{ s}$  ثم تتزايد سرعتها في الاتجاه السالب أثناء سقوطها.

c و d. يُظهر الرسمان البيانيان لمنحنى (الإزاحة - الزمن) ارتفاع الكرة في فترات زمنية مماثلة.

عندما يُسأل الناس عن تسارع جسم عند أقصى ارتفاع له أثناء تحليقه، فإنهم في العادة لا يأخذون وقتًا كافيًا لتحليل الموقف، فتكون إجابتهم بأن التسارع يساوي صفرًا، وهذا ليس صحيحًا بالطبع. فعند أقصى ارتفاع تكون سرعة الكرة مساوية للصفر، ولكن ماذا يحدث لو كان تسارعها أيضًا يساوي صفرًا؟ عندئذ لن تتغير سرعة الكرة، وستبقى  $0.0 \text{ m/s}$ ، وإذا كانت هذه هي الحالة، فإن الكرة لن تكسب أي سرعة نحو الأسفل بل ستبقى ببساطة معلقة في الهواء عند أقصى ارتفاع لها. وبما أن الأجسام المقذوفة إلى أعلى لا تبقى معلقة، فسوف تستنتج أن تسارع الجسم عند نقطة أقصى ارتفاع لطيرانه يجب أن لا تساوي صفرًا، وأن اتجاهه يجب أن يكون نحو الأسفل.

#### مسائل تدريبية

41. أسقط عامل بناء عَرَضًا قطعة قرميد من سطح بناية.
  - a. ما سرعة قطعة القرميد بعد  $4.0 \text{ s}$ ؟
  - b. ما المسافة التي تقطعها قطعة القرميد خلال هذا الزمن؟
  - c. كيف تختلف إجابتك عن المسألة السابقة إذا قمت باختيار النظام الإحداثي بحيث يكون الاتجاه المعاكس هو الاتجاه الموجب.
42. يُسقط طالب كرة من نافذة ترتفع  $3.5 \text{ m}$  عن الرصيف. ما سرعتها لحظة ملامستها أرضية الرصيف؟
43. قذفت كرة تنس رأسياً إلى أعلى بسرعة ابتدائية  $22.5 \text{ m/s}$ ، وتم الإمساك بها عند نفس الارتفاع الذي قذفت منه فوق سطح الأرض، احسب:
  - a. الارتفاع الذي وصلت إليه الكرة.
  - b. الزمن الذي استغرقته الكرة في الهواء.
- إرشاد: الزمن الذي تستغرقه الكرة في الصعود يساوي الزمن الذي تستغرقه في الهبوط.
44. قمت برمي كرة بشكل رأسي إلى أعلى فإذا كان أقصى ارتفاع تصل إليه الكرة  $0.25 \text{ m}$ .
  - a. ما السرعة الابتدائية للكرة؟
  - b. إذا أمسكت الكرة عند الارتفاع نفسه الذي أطلقتها منه. فما الزمن الذي استغرقته في الهواء؟



## مسألة تحفيز

شاهدت بالوناً مملوءاً بالماء يسقط أمام نافذة صفك، فإذا استغرق البالون  $t$  ثانية، ليسقط مسافة تساوي ارتفاع النافذة ومقدارها  $y$  متر. بفرض أن البالون بدأ حركته من السكون، ما الارتفاع الذي يسقط منه البالون قبل أن يصل إلى الحافة العليا للنافذة بدلالة كل من  $g$  و  $y$  و  $t$  وثوابت عددية .

## 3-3 مراجعة

48. **السرعة الابتدائية:** يتدرب طالب على ركل

كرة القدم رأسياً إلى أعلى، والكرة تعود إثر كل ركلة فتصطدم بقدمه. فإذا استغرقت الكرة من لحظة ركلها وحتى اصطدامها بقدمه  $3.0\text{ s}$ ،

a. ما السرعة الابتدائية للكرة؟

b. ما الارتفاع الذي وصلت إليه الكرة بعد أن ركلها الطالب؟

49. **التفكير الناقد:** عند قذف كرة رأسياً إلى أعلى،

تستمر في الارتفاع حتى تصل إلى موقع معين، ثم تسقط إلى أسفل، وتكون سرعتها اللحظية عند أقصى ارتفاع صفراً. هل تتسارع الكرة عند أقصى ارتفاع؟ صمم تجربة لإثبات صحة أو خطأ إجابتك.

45. **أقصى ارتفاع، وزمن التحليق:** إذا كان تسارع

الجاذبية على سطح المريخ يساوي  $(\frac{1}{3})$  تسارع الجاذبية على سطح الأرض؛ فإذا قذفت كرة إلى أعلى، من على سطح كل من المريخ والأرض بالسرعة نفسها.

a. قارن بين أقصى ارتفاع تصله الكرة على كل من سطح المريخ و سطح الأرض.

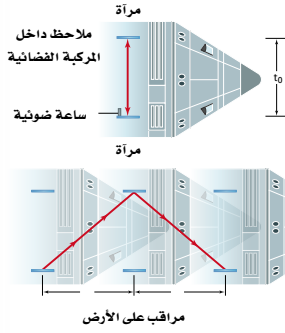
b. قارن بين زمني التحليق؟

46. **السرعة والتسارع:** افرض أنك قذفت كرة إلى

أعلى. صف التغيرات في كل من سرعة الكرة وتسارعها.

47. **السرعة النهائية:** أسقط أخوك بناء على طلبك

مفاتيح المنزل من نافذة الطابق الثاني. فإذا التقطتها على بعد  $4.3\text{ m}$  من نقطة السقوط، احسب سرعة المفاتيح عند التقاطك لها؟



افترض أن  
زمن تكة (نبضة)  
الساعة الضوئية  
كما يراها المراقب  
على الأرض هي  
 $t_s$ ، و كما يراها  
المراقب في  
المركبة الفضائية

$t_0$ ، وطول أنبوب الساعة الضوئية  $Ct_0$  وسرعة  
المركبة الفضائية  $v$  وسرعة الضوء  $C$ . في كل تكة  
تتحرك المركبة مقدار  $vt_s$ ، وتتحرك نبضة الضوء  
مقدار  $Ct_0$  وهذا يقود إلى المعادلة التالية:

$$t_s = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

بالنسبة للمراقب الساكن، كلما اقتربت قيمة  $v$   
من  $c$ ، أصبح زمن التكة أبطأ. أما بالنسبة للمراقب  
في المركبة، فإن الساعة تحافظ على وقتها  
الصحيح (المضبوط).

**التمدد الزمني Time Dilation:** تدعى هذه  
الظاهرة تمدد الزمن، وهي تنطبق على كل  
العمليات المرتبطة بالزمن على متن السفن  
الفضائية. وعلى سبيل المثال سيمضي العمر  
الحيوي بشكل أكثر بطئاً في المركبة الفضائية عما  
هو عليه على الأرض. لذا، فإذا كان المراقب في  
المركبة الفضائية هو أحد توأمين، فسيكون عمره  
أقل من عمر التوأم الآخر على الأرض، وتسمى  
هذه الظاهرة معضلة التوائم.

أوحت ظاهرة التمدد الزمني بأفكار خيالية كثيرة  
حول السفر في الفضاء، فإذا كان بإمكان سفينة  
فضائية السفر بسرعات قريبة من سرعة الضوء  
فإن الرحلات إلى النجوم البعيدة جداً قد تصبح  
ممكناً لأنها ستستغرق بضع سنوات فقط بالنسبة  
لرواد الفضاء الذين على متنها.

## تمدد الزمن عند السرعات العالية:

### Time Dilation at High Velocities

**هل يمكن أن يمر الزمن بشكل مختلف في إطارين مرجعيين؟ وكيف يمكن أن يكون عمر أحد توأمين أكبر من عمر الآخر؟**

**الساعة الضوئية Light Clock:** تأمل فكرة التجربة التالية باستعمال الساعة الضوئية.

الساعة الضوئية عبارة عن أنبوب رأسي، في كل  
من طرفيه مرآة مستوية. يتم إطلاق نبضة ضوئية  
قصيرة في إحدى نهايتي الأنبوب، بحيث ترتد  
داخله ذهاباً وإياباً منعكسة عن المرآتين. ويقاس  
الزمن بواسطة تحديد عدد ارتدادات النبضة  
الضوئية.

الساعة الضوئية مضبوطة لأن سرعة النبضة الضوئية (c)  
منتظمة دوماً، وهي تساوي  $3 \times 10^8$  m/s بغض النظر  
عن سرعة المصدر الضوئي أو المشاهد.

افترض أن هذه الساعة الضوئية قد وضعت في  
مركبة فضائية سريعة جداً... عندما تسير المركبة  
الفضائية بسرعات منخفضة، يرتد الشعاع الضوئي  
عمودياً في داخل الأنبوب. أما إذا تحركت المركبة  
بسرعة أكبر، فسيستمر الشعاع الضوئي بالارتداد  
رأسياً كما يراه المراقب في المركبة الفضائية، أما  
بالنسبة لمراقب يقف ساكناً على سطح الأرض،  
فإن النبضة الضوئية تتحرك وفق مسار مائل بسبب  
حركة المركبة الفضائية، وهكذا فإن الشعاع  
الضوئي، بالنسبة للمراقب الأرضي الساكن يتحرك  
مسافة أكبر. ولما كانت المسافة تعطى بالعلاقة:  
المسافة = السرعة × الزمن، وسرعة النبضة الضوئية  
c، أو سرعة الضوء منتظمة دوماً بالنسبة لأي مراقب،  
فإن ازدياد المسافة بالنسبة للمراقب الأرضي الساكن  
تعني أن الزمن هو الذي يجب أن يزداد في الطرف  
الثاني للمعادلة حتى تبقى صحيحة. وبكلمات أخرى  
فإن المراقب الأرضي الساكن يرى أن الساعة في  
المركبة المتحركة تسير أبطأ من الساعة نفسها  
على الأرض!

# مختبر الفيزياء

## التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية

تحدث تغيرات طفيفة في مقدار التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية  $g$  في مواقع مختلفة على سطح الأرض، حيث تتغير قيمة  $g$  بتغير خط العرض، وبعد الموقع عن مركز الأرض. تعطي الإزاحة في حالة الحركة وفق تسارع منتظم بالمعادلة التالية:

$$d_f - d_i = v_i(t_f - t_i) + \frac{1}{2} a(t_f - t_i)^2$$

فإذا كانت  $(d_i = 0, t_i = 0)$  فإن الإزاحة تعطى بالمعادلة:

$$d_f = v_i t_f + \frac{1}{2} a t_f^2$$

وبقسمة طرفي المعادلة على  $t_f$  تؤول إلى:  $\frac{d_f}{t_f} = v_i + \frac{1}{2} a t_f$

إن ميل المنحنى البياني  $\frac{d_f}{t_f}$  المقابل لـ  $t_f$  يساوي  $\frac{1}{2} a$ ، والسرعة الابتدائية  $v_i$  يتم تحديدها بتعيين نقطة تقاطع الخط البياني مع المحور الرأسي. في هذا النشاط ستستخدم جرس المؤقت لجمع بيانات عن السقوط الحر، والتي ستستعملها في تعيين التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية  $g$ .

## سؤال التجربة:

كيف تتغير قيمة  $g$  من مكان إلى آخر؟

### الخطوات

### الأهداف

1. ثبت الجرس المؤقت في حافة طاولة المختبر بوساطة الماسك C.
2. إذا كان المؤقت يحتاج إلى معايرة فاتبع تعليمات المعلم أو ورقة التعليمات الخاصة بالجهاز. عين الزمن الدوري للمؤقت ثم سجله في جدول البيانات.
3. ضع كومة من ورق الجرائد على أرضية المختبر مباشرة تحت المؤقت بحيث تصطدم بها الكتلة عندما تسقط سقوطاً حرّاً، وذلك حتى لا تتلف الأرضية.
4. اقطع حوالي 70 cm من الشريط المؤقت، وأدخل طرفه في جرس المؤقت. اربط الطرف الآخر بالكتلة 1 kg باستخدام الشريط اللاصق.
5. أمسك الكتلة عند حافة الطاولة بمحاذاة المؤقت.
6. شغل المؤقت واترك الكتلة تسقط سقوطاً حرّاً.
7. افحص الشريط الورقي للمؤقت للتأكد من وجود نقاط ظاهرة عليه، ومن عدم وجود انقطاعات (فراغات) في النقاط المتسلسلة المطبوعة عليه.
8. إذا ظهر في الشريط أي خلل، كرر الخطوات 4-6 باستعمال قطعة أخرى من الشريط المؤقت.
8. قم باختيار نقطة بالقرب من بداية الشريط المؤقت على بعد بضعة سنتيمترات من النقطة التي بدأ الجرس المؤقت عندها بتسجيل النقاط، واكتب إلى

■ تقيس بيانات عن السقوط الحر.

■ ترسم منحنى (السرعة المتجهة - الزمن) وتستخدمه.

■ تقارن بين قيم  $g$  في مواقع مختلفة.

### احتياطات السلامة



■ ابتعد عن الأجسام في أثناء سقوطها.

### المواد والأدوات

- جرس مؤقت - شريط
- مؤقت - كتلة (1kg).
- ماسك على شكل حرف C.
- ورق جرائد
- شريط لاصق.



جدول البيانات			
الزمن الدوري ( $\frac{1}{s}$ )			
الفترة الزمنية	المسافة (cm)	الزمن (s)	السرعة (cm/s)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

جوارها الرقم "صفر". أكمل ترقيم النقاط بعد ذلك على التوالي بالأرقام 1, 2, 3, 4, 5 حتى تصل إلى قرب نهاية الشريط حيث توقفت الكتلة عن السقوط الحر. (إذا توقف ظهور النقاط، أو بدأت المسافة بينها بالتناقص، فهذا يعني أن الكتلة قد اصطدمت بالأرض).

9. قس المسافة الكلية لأقرب ملليمتر، من نقطة الصفر إلى كل نقطة مرقمة، وسجلها في الجدول، وباستخدام الزمن الدوري للجرس المؤقت، سجل الزمن الكلي المرتبط بكل قياس للمسافة.

### الفيزياء في الحياة

### التحليل:

لماذا يقوم مصممو عربات السقوط الحر في حدائق الملاهي بتصميم مسارات خروج تنحني تدريجياً باتجاه الأرض؟ لماذا يكون هناك امتداد للمسار المستقيم؟

1. استعمال الأرقام: احسب قيم السرعة وسجلها في جدول البيانات.
2. عمل الرسوم البيانية واستخدامها: ارسم منحني (السرعة المتجهة-الزمن)، ثم ارسم الخط البياني الأكثر ملاءمة لبياناتك.
3. احسب ميل الخط البياني، وحول النتيجة إلى وحدة  $m/s^2$ .

### الاستنتاج والتطبيق

1. تذكر أن ميل خط منحني (السرعة المتجهة-الزمن) يساوي  $\frac{1}{2}a$ ، احسب التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية؟
2. أوجد الخطأ النسبي في القيمة التجريبية لـ  $g$  مقارنة بالقيمة المقبولة لها  $9.8 m/s^2$
3. كم كان مقدار السرعة الابتدائية  $v_i$  للكتلة، عندما بدأت بقياس المسافة والزمن؟

### التوسع في البحث

ما الفائدة من بدء القياس من نقطة تبعد بضعة سنتيمترات عن بداية شريط المؤقت بدلا من بدء القياس من أول نقطة على الشريط؟

### التواصل

**تواصل مع الآخرين** حول القيمة المتوسطة لـ  $g$ . ارجع إلى الموقع الإلكتروني:

[obeikaneducation.com](http://obeikaneducation.com) سجل اسم مدرستك، واسم المدينة، والمنطقة، والارتفاع عن سطح البحر، والقيمة المتوسطة لـ  $g$  في صفك. احصل على خارطة للمنطقة وأخرى للدولة. وباستعمال البيانات المرسلة على الموقع الإلكتروني من قبل طلاب آخرين، دَوِّن قيم  $g$  في المواقع المناسبة على الخريطتين. هل تلاحظ أي تغيير في التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية نتيجة الاختلاف في الموقع، أو المنطقة، أو الارتفاع.

### الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية

لمزيد من المعلومات عن القياسات ارجع إلى الموقع الإلكتروني [obeikaneducation.com](http://obeikaneducation.com)

## 3-1 التسارع (العجلة) Acceleration

### المفردات:

- منحني (السرعة المتجهة-الزمن).
- التسارع المنتظم.
- التسارع المتوسط.
- التسارع اللحظي.

### المفاهيم الرئيسية:

- يمكن استخدام منحني (السرعة المتجهة-الزمن) لإيجاد سرعة وتسارع جسم.
- يمكن استخدام كل من منحنيات (السرعة المتجهة-الزمن) والمخططات التوضيحية للحركة لتحديد إشارة تسارع الجسم.
- عندما تتغير سرعة جسم بمعدل منتظم فإن له تسارعًا منتظمًا.
- التسارع المتوسط لجسم يساوي ميل الخط البياني لمنحني السرعة المتجهة-الزمن.

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i}$$

- تدل متجهات التسارع المتوسط في مخطط الحركة على مقدار واتجاه التسارع المتوسط خلال فترة زمنية ما.
- عندما يكون التسارع والسرعة في الاتجاه نفسه، تزداد سرعة الجسم، وعندما يكونان متعاكسين في الاتجاه، تتناقص سرعته.
- هو التغير في السرعة عند لحظة زمنية محددة.

## 3-2 الحركة بتسارع منتظم Motion with Constant Acceleration

### المفاهيم الرئيسية:

- إذا علم التسارع المنتظم للجسم خلال فترة زمنية ما، أمكن إيجاد التغير في السرعة خلال هذا الزمن
- المساحة تحت منحني (السرعة المتجهة-الزمن) لجسم متحرك تساوي مقدار إزاحته.
- في الحركة بتسارع منتظم، توجد علاقة بين كل من الموقع، والسرعة، والتسارع، والزمن، وهي:
- يمكن إيجاد سرعة جسم يتحرك بتسارع منتظم باستخدام المعادلة التالية:

$$v_f = v_i + a \Delta t$$

$$d_f = d_i + v_i t_f + \frac{1}{2} a t_f^2$$

$$v_f^2 = v_i^2 + 2 a (d_f - d_i)$$

## 3-3 السقوط الحر Free Fall

### المفردات:

- التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية.
- السقوط الحر.

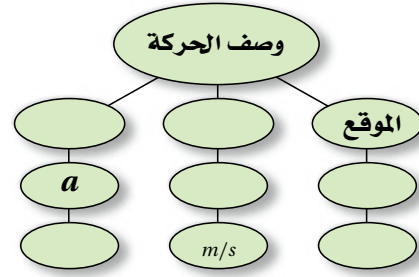
### المفاهيم الرئيسية:

- التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية يساوي  $9.8 \text{ m/s}^2$  نحو الأسفل، وتعتمد إشارته في المعادلات على النظام الإحداثي الذي تم اختياره.
- يمكن استخدام معادلات الحركة بتسارع منتظم في حل مسائل تشمل الأجسام التي تسقط سقوطًا حرًا.



## خريطة المفاهيم

50. أكمل خريطة المفاهيم التالية باستعمال الرموز والمصطلحات التالية:  $d$  ،  $m/s^2$  ،  $v$  ،  $m$  التسارع، السرعة.



## إتقان المفاهيم

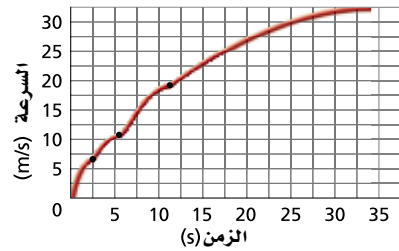
51. ما العلاقة بين السرعة المتجهة والتسارع؟

52. أعط مثالاً على كل مما يلي:

a. جسم تتناقص سرعته وله تسارع موجب.

b. جسم تزايد سرعته، وله تسارع سالب.

53. يبين الشكل 3-16 منحنى (السرعة المتجهة- الزمن) لسيارة تتحرك على طريق. صف كيف تتغير السرعة مع الزمن.



الشكل 3-16

54. ماذا يمثل ميل المماس لمنحنى (السرعة المتجهة- الزمن)؟

55. هل يمكن أن يكون لسيارة تتحرك على طريق عام، سرعة سالبة، وتسارع موجب في الوقت نفسه؟ وضح ذلك. وهل يمكن أن تتغير إشارة سرعة السيارة أثناء حركتها بتسارع منتظم؟ وضح ذلك.

56. هل يمكن أن تتغير سرعة جسم عندما يكون تسارعه منتظماً؟ إذا أمكن ذلك، أعط مثالاً، وإذا لم يكن، وضح ذلك.

57. إذا كان منحنى (السرعة المتجهة- الزمن) لجسم ما خطأً مستقيماً يوازي محور الزمن  $t$ ، ماذا يمكنك أن تستنتج عن تسارع الجسم؟

58. ماذا تمثل المساحة تحت منحنى (السرعة المتجهة- الزمن)؟

59. اكتب معادلات كل من الموقع، السرعة، الزمن، لجسم يتحرك وفق تسارع منتظم.

60. عند إسقاط كرتين متماثلتين في الحجم إحداهما من الألومنيوم والأخرى من الفولاذ، من الارتفاع نفسه، فإنهما تصلان سطح الأرض عند اللحظة نفسها. لماذا؟

61. اذكر بعض الأمثلة على أجسام تسقط سقوطاً حراً، ولا يمكن إهمال تأثير مقاومة الهواء عليها.

62. اذكر بعض الأمثلة لأجسام تسقط سقوطاً حراً، يمكن إهمال تأثير مقاومة الهواء عليها.

## تطبيق المفاهيم

63. هل للسيارة التي تتباطأ تسارع سالب دائماً؟ فسر إجابتك.

64. تتدحرج كرة الكريكت بعد أن يتم ضربها بالمبر، ثم تتباطأ وتتوقف. هل لسرعة الكرة وتسارعها الإشارة نفسها؟

65. إذا كان تسارع جسم يساوي صفراً، فهل هذا يعني أن سرعته تساوي صفراً؟ أعط مثالاً.

66. إذا كانت سرعة جسم عند لحظة ما تساوي صفراً، فهل من الضروري أن يكون تسارعه يساوي صفراً؟ أعط مثالاً.



## تقويم الفصل - 3

72. قذف جسم رأسياً إلى أعلى فوصل أقصى ارتفاع له بعد مضي 7.0 s، وسقط جسم آخر من السكون فاستغرق 7.0 s للوصول إلى سطح الأرض. قارن بين إزاحتي الجسمين خلال هذه الفترة الزمنية.

73. التسارع الناتج عن جاذبية القمر ( $g_m$ ) يساوي  $\frac{1}{6}$  التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية ( $g$ ).

a. إذا أسقطت كرة من ارتفاع ما على سطح القمر، فهل ستصطدم بسطح القمر بسرعة أكبر، أو تساوي، أو أقل من سرعة الكرة نفسها إذا أسقطت من الارتفاع نفسه على سطح الأرض؟  
b. هل الزمن الذي تستغرقه الكرة لتصل إلى سطح القمر سيكون أكبر، أو أقل، أو مساوياً للزمن الذي تستغرقه للوصول إلى سطح الأرض؟

74. لكوكب المشتري ثلاثة أمثال التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية تقريباً. افرض أنه تم قذف كرة رأسياً بالسرعة الابتدائية نفسها على كل من الأرض والمشتري؛ بإهمال تأثير مقاومة الغلاف الجوي للأرض وللمشتري، وعلى فرض أن قوة الجاذبية هي القوة الوحيدة المؤثرة في الكرة:

a. قارن بين أقصى ارتفاع تصله الكرة على كل من المشتري والأرض.

b. إذا قذفت الكرة على المشتري بسرعة ابتدائية تساوي ثلاثة أمثال السرعة في الفقرة a، كيف سيؤثر ذلك في إجابتك؟

75. أسقطت الصخرة A من تلة، وفي اللحظة نفسها قذفت الصخرة B للأعلى من الموقع نفسه:

a. أي الصخرتين ستكون سرعتها أكبر لحظة الوصول إلى قاع التلة؟

b. أي من الصخرتين لها تسارع أكبر؟

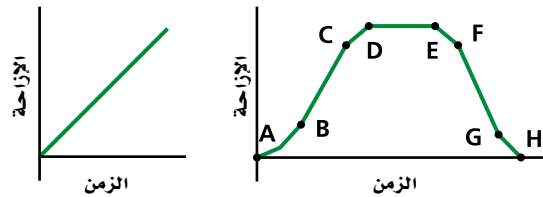
c. أيهما تصل أولاً؟

67. إذا أعطيت جدولاً يبين سرعة جسم عند أزمنة مختلفة، كيف يمكنك أن تكتشف ما إذا كان التسارع منتظماً، أم غير منتظم؟

68. تظهر في منحنى (السرعة المتجهة - الزمن) في الشكل 3-16 ثلاثة مقاطع نتجت عندما غير السائق ناقل الحركة. صف التغيرات في سرعة السيارة وتسارعها أثناء المقطع الأول. هل التسارع قبل لحظة تغيير الناقل أكبر أو أصغر من التسارع في اللحظة التي تلي التغيير؟ وضح إجابتك.

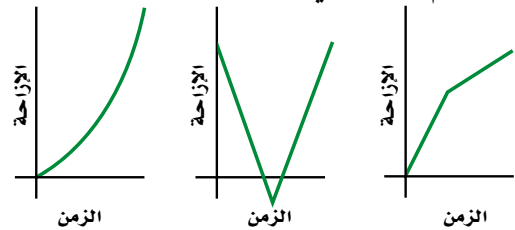
69. استخدم الرسم البياني في الشكل 3-16 لتحديد الفترة الزمنية التي يكون التسارع خلالها أكبر ما يمكن، والفترة الزمنية التي يكون التسارع خلالها أصغر ما يمكن.

70. وضح كيف ستسير بحيث تمثل حركتك كل من منحنى (الموقع - الزمن) الموضحين في الشكل 3-17



الشكل 3-17

71. ارسم منحنى (السرعة المتجهة - الزمن) لكل من الرسوم البيانية في الشكل 3-18



الشكل 3-18

## تقويم الفصل - 3

### اتقان حل المسائل

#### 3.1 التسارع:

76. تحركت سيارة لمدة 2.0 h بسرعة 40.0 km/h، ثم تحركت لمدة 2.0 h أخرى بسرعة 60.0 km/h وبالاتجاه نفسه.

a. ما السرعة المتوسطة للسيارة؟

b. ما السرعة المتوسطة للسيارة إذا قطعت مسافة

$1.0 \times 10^2$  km بكل من سرعتين؟

77. أوجد التسارع المنتظم الذي يسبب تغيراً في سرعة سيارة من 32 m/s إلى 96 m/s خلال فترة زمنية مقدارها 8.0 s.

78. سيارة سرعتها 22 m/s، تسارعت بانتظام بمعدل  $1.6 \text{ m/s}^2$  لمدة 6.8 s، ما سرعتها النهائية؟

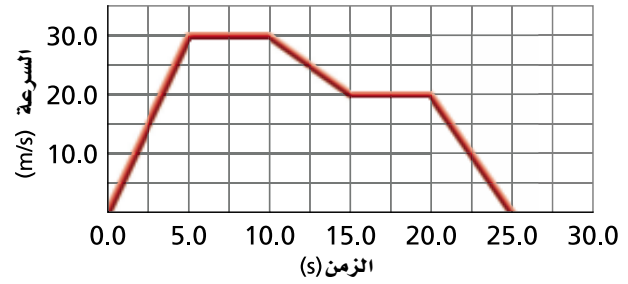
79. بالاستعانة بالشكل 19-3 أوجد تسارع الجسم المتحرك في الأزمنة التالية:

a. خلال الثواني الخمس الأولى من الرحلة (5.0 s).

b. بين 5.0 s و 10.0 s

c. بين 10.0 s و 15.0 s

d. بين 20.0 s و 25.0 s



الشكل 19-3

80. احسب السرعة النهائية لبروتون سرعته الابتدائية  $2.35 \times 10^5 \text{ m/s}$ ، تم التأثير عليه بحيث يتسارع بانتظام في مجال كهربائي بمعدل  $(-1.10 \times 10^{12} \text{ m/s}^2)$  ولمدة  $1.50 \times 10^{-7} \text{ s}$ .

81. ارسم منحنى (السرعة المتجهة-الزمن) باستخدام البيانات في الجدول 3-4، وأجب عن الأسئلة التالية:

a. خلال أي الفترات الزمنية:

- تزداد سرعة الجسم. - تقل سرعة الجسم.

b. متى يعكس الجسم اتجاه حركته؟

c. كيف يختلف التسارع المتوسط للجسم في الفترة

الزمنية بين 0.0 s و 2.0 s عن التسارع المتوسط

في الفترة الزمنية بين 7.0 s و 12.0 s؟

الجدول 3-4	
السرعة - الزمن	
السرعة (m/s)	الزمن (s)
4.00	0.00
8.00	1.00
12.0	2.00
14.0	3.00
16.0	4.00
16.0	5.00
14.0	6.00
12.0	7.00
8.00	8.00
4.00	9.00
0.00	10.0
-24.00	11.0
-28.00	12.0

82. إذا كانت السيارة A تستطيع أن تزيد سرعتها من

0 m/s إلى 17.9 m/s خلال 4.0 s، والسيارة

B يمكنها أن تسارع من 0 m/s إلى 22.4 m/s

خلال 3.5 s، والسيارة C من 0 m/s إلى 26.8 m/s

خلال 6.0 s. رتب السيارات الثلاث من الأكبر

تسارعاً إلى الأقل، مع الإشارة إلى أي علاقة قد

تربط بين تسارع كل من السيارات الثلاث.

## تقويم الفصل - 3

90. شاهد سائق سيارة تسير بسرعة  $90.0 \text{ km/h}$  فجأة أضواء حاجز على بعد  $40.0 \text{ m}$  أمامه، فإذا استغرق السائق  $0.75 \text{ s}$  حتى يضغط على الفرامل، وكان التسارع المتوسط للسيارة في أثناء الضغط على الفرامل يساوي  $(-10.0 \text{ m/s}^2)$
- a. حدد ما إذا كانت السيارة ستصطدم بالحاجز أم لا؟  
b. ما أقصى سرعة يمكن أن تسير بها السيارة دون أن تصطدم بالحاجز الذي يبعد عنها  $40.0 \text{ m}$ ؟ (بفرض أن التسارع لم يتغير).

### 3.3 السقوط الحر:

91. أسقط رائد فضاء ريشة من نقطة على ارتفاع  $1.2 \text{ m}$  فوق سطح القمر. فإذا كان تسارع الجاذبية على سطح القمر  $1.62 \text{ m/s}^2$ ، ما الزمن الذي تستغرقه الريشة حتى تصطدم بسطح القمر؟
92. يسقط حجر سقوطاً حراً، ما سرعة الحجر بعد  $8.0 \text{ s}$ ، وما إزاحته؟
93. قذفت كرة بسرعة  $2.0 \text{ m/s}$  رأسياً باتجاه الأسفل من نافذة منزل، ما سرعتها حين تصل إلى رصيف المشاة الذي يبعد  $2.5 \text{ m}$  عن نقطة القذف؟
94. في السؤال السابق، إذا قذفت الكرة رأسياً إلى أعلى بدلاً من الأسفل، فما السرعة التي تصل بها الكرة إلى رصيف المشاة؟
95. إذا قذفت كرة مضرب في الهواء والتقطت بعد  $2.2 \text{ s}$ ، أجب عما يلي:
- a. ما الارتفاع الذي وصلت إليه الكرة؟  
b. ما السرعة الابتدائية للكرة؟
96. سفينة فضائية تتحرك بتسارع منتظم وتتغير سرعتها من  $65.0 \text{ m/s}$  إلى  $162.0 \text{ m/s}$  خلال  $10.0 \text{ s}$ . ما المسافة التي ستقطعها؟

83. طائرة نفثة تطير بسرعة  $145 \text{ m/s}$  وفق تسارع منتظم بمعدل  $23.1 \text{ m/s}^2$  لمدة  $20.0 \text{ s}$
- a. ما سرعتها النهائية؟  
b. إذا كانت سرعة الصوت في الهواء هي  $331 \text{ m/s}$  ما سرعة الطائرة بدلالة سرعة الصوت؟

### 3.2 الحركة بتسارع منتظم:

84. استعن بالشكل 19-3 لإيجاد المسافة المقطوعة خلال الفترات الزمنية التالية:
- a.  $t=0.0 \text{ s}$  إلى  $t=5.0 \text{ s}$   
b.  $t=5.0 \text{ s}$  إلى  $t=10.0 \text{ s}$   
c.  $t=10.0 \text{ s}$  إلى  $t=15.0 \text{ s}$   
d.  $t=0.0 \text{ s}$  إلى  $t=25.0 \text{ s}$
85. بدأ متزلج حركته من السكون بتسارع مقداره  $49 \text{ m/s}^2$ ، ما سرعته عندما يقطع مسافة  $325 \text{ m}$ ؟
86. تتحرك سيارة بسرعة  $12 \text{ m/s}$  صاعدة تلة بتسارع منتظم  $(-1.6 \text{ m/s}^2)$ ، ما إزاحتها بعد  $6 \text{ s}$  و  $9 \text{ s}$ ؟
87. سيارة سباق يمكنها أن تتباطأ بتسارع منتظم  $(-11 \text{ m/s}^2)$ ، أجب عما يلي:
- a. إذا كانت السيارة منطلقة بسرعة  $55 \text{ m/s}$ ، فما المسافة التي تقطعها بالأمتار قبل أن تقف؟  
b. ما المسافة التي تقطعها السيارة قبل أن تقف إذا كانت سرعتها ضعفي السرعة السابقة؟
88. ما المسافة التي تطيرها طائرة خلال  $15 \text{ s}$ ، بينما تتغير سرعتها بمعدل منتظم من  $145 \text{ m/s}$  إلى  $75 \text{ m/s}$ ؟
89. تتحرك سيارة شرطة من السكون وبسارع منتظم مقداره  $7.0 \text{ m/s}^2$  لتلحق بسيارة تتجاوز الحد المسموح به، وتسير بسرعة منتظمة مقدارها  $30.0 \text{ m/s}$ ، كم تكون سرعة سيارة الشرطة عندما تلحق بالسيارة المخالفة؟

## تقويم الفصل - 3

100. تتغير سرعة سيارة خلال فترة زمنية مقدارها 8.0 s

كما يبين ذلك الجدول 3-6.

a. مثل بياناً العلاقة بين السرعة المتجهة-الزمن.

b. ما إزاحة السيارة خلال ثمان ثوان ؟

c. أوجد ميل الخط البياني بين الثانية  $t = 0.0$  s

و  $t = 4.0$  s. ماذا يمثل هذا الميل ؟

d. أوجد ميل الخط البياني بين  $t = 5.0$  s و  $t = 7.0$  s

ما الذي يدل عليه هذا الميل ؟

الجدول 3-6	
السرعة-الزمن	
السرعة (m/s)	الزمن (s)
0.0	0.0
4.0	1.0
8.0	2.0
12.0	3.0
16.0	4.0
20.0	5.0
20.0	6.0
20.0	7.0
20.0	8.0

101. توقفت شاحنة عند إشارة ضوئية، وعندما

تحولت الإشارة إلى اللون الأخضر، تسارعت

الشاحنة بمقدار  $2.5 \text{ m/s}^2$ ، وفي اللحظة نفسها

تجاوزتها سيارة تتحرك بسرعة منتظمة  $15 \text{ m/s}$ .

أين ومتى ستلحق الشاحنة بالسيارة ؟

102. ترتفع طائرة مروحية رأسياً بسرعة  $5.0 \text{ m/s}$ ، إذا

أسقط كيس من حمولتها حتى وصل إلى سطح

الأرض خلال 2s، احسب:

a. سرعة الكيس لحظة وصوله إلى الأرض.

b. المسافة التي قطعها الكيس.

c. بُعد الكيس عن الطائرة لحظة وصوله إلى سطح

الأرض.

97. يبين الشكل 3-20 صورة ستروبية لكرة تتحرك

أفقياً. ما المعلومات التي تحتاجها حول الصورة

وما القياسات التي ستجريها حتى تقدر التسارع ؟



الشكل 3-20

98. بالون أرصاد جوية يطير على ارتفاع ثابت فوق سطح

الأرض، سقطت منه بعض الأدوات نحو الأرض.

فإذا اصطدمت بالأرض بسرعة  $(-73.5 \text{ m/s})$ ، ما

الارتفاع الذي سقطت منه هذه الأدوات ؟

99. يبين الجدول 3-5 المسافة الكلية التي تتدحرجها

كرة إلى أسفل مستوى مائل في أزمنة مختلفة.

الجدول 3-5	
المسافة-الزمن	
المسافة (m)	الزمن (s)
0.0	0.0
2.0	1.0
8.0	2.0
18.0	3.0
32.0	4.0
50.0	5.0

a. مثل بياناً العلاقة بين الموقع والزمن.

b. احسب المسافة التي تدحرجتها الكرة بعد مرور 2.2s

## تقويم الفصل - 3

### التفكير الناقد

103. صمم تجربة لقياس المسافة التي يتحركها جسم متسارع خلال فترات زمنية متساوية باستخدام الأدوات التالية:

كاشف للحركة (CBL) (أو بوابة ضوئية)، عربة مختبر، خيط، بكر، ماسك على شكل حرف C. ثم ارسم منحني (السرعة المتجهة - الزمن) ومنحني (الموقع - الزمن) باستخدام أثقال مختلفة. وضح كيف يؤثر الثقل في رسمك البياني.

104. أيهما ذو تسارع أكبر؟ سيارة تزيد سرعتها من 50km/h إلى 60 km/h، أو دراجة هوائية تنطلق من 0 km/h إلى 10 km/h خلال الفترة الزمنية نفسها؟ وضح إجابتك.

105. ينطلق قطار سريع بسرعة 36.0 m/s، ثم يطرأ ظرف يقتضي تحويل مساره إلى سكة قطار محلي. اكتشف مهندس القطار السريع أن أمامه (على السكة نفسها) قطاراً محلياً يسير ببطء في الاتجاه نفسه وتفصله عن القطار السريع مسافة قصيرة ( $1.00 \times 10^2$  m). لم ينتبه مهندس القطار المحلي للكارثة الوشيكة وتابع سيره بنفس السرعة. فضغط مهندس القطار السريع على الفرامل وأبطأ سرعة القطار بمعدل منتظم مقداره  $3.00 \text{ m/s}^2$ ، علماً بأن سرعة القطار المحلي  $11.0 \text{ m/s}$ .

لحل هذه المسألة، اعتبر موقع القطار السريع لحظة اكتشاف المهندس القطار المحلي، نقطة أصل. وبعد ذلك، تذكر دائماً أن القطار المحلي كان يسبق القطار السريع بمسافة  $1.00 \times 10^2 \text{ m}$  بالضبط، واحسب بُعد كل من القطارين عن نقطة

الأصل في نهاية الـ 12.0 s التي يستغرقها القطار السريع حتى يتوقف (التسارع  $= -3.00 \text{ m/s}^2$ ) والسرعة تتغير من 36 m/s إلى 0 m/s.

- a. استناداً إلى حساباتك، هل سيحدث تصادم؟  
b. احسب موقع كل قطار عند نهاية كل ثانية، بعد المشاهدة. اعمل جدولاً تبين فيه بُعد كل من القطارين عن نقطة الأصل في نهاية كل ثانية ثم اعمل رسماً بيانياً لمنحني (الموقع - الزمن) لكل من القطارين (رسمان بيانيان على النظام الإحداثي نفسه).  
استخدم رسمك البياني للتأكد من صحة جوابك في (a).

### الكتابة في الفيزياء

106. ابحث في مساهمات جاليليو في الفيزياء.  
107. ابحث في الحد الأقصى للتسارع الذي يتحمله الإنسان دون أن يفقد وعيه. ناقش كيف يؤثر هذا في تصميم ثلاث من وسائل التسلية أو النقل.

### مراجعة تراكمية

108. تصف المعادلة أدناه حركة جسم.

$$d = (35.0 \text{ m/s}) t - 5.0 \text{ m}$$

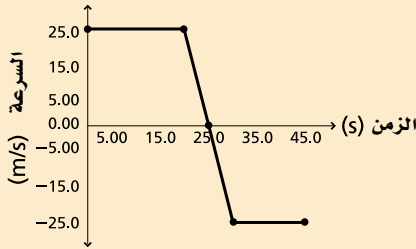
ارسم منحني (الموقع - الزمن)، والمخطط التوضيحي للحركة، ثم اكتب مسألة فيزياء يمكن حلها باستخدام المعادلة.

## اختبار مقنن

### أسئلة اختيار من متعدد:

7. يمثل الرسم البياني التالي حركة شاحنة. ما الإزاحة الكلية للشاحنة؟ افترض أن الاتجاه الموجب نحو الشمال.

- a. 150 m جنوباً  
b. 125 m شمالاً  
c. 300 m شمالاً  
d. 600 m جنوباً



8. يمكن حساب التسارع اللحظي لجسم يتحرك وفق تسارع متغير بحساب:

- a. ميل مماس منحنى (المسافة-الزمن) عند نقطة ما.  
b. المساحة تحت منحنى (السرعة المتجهة-الزمن).  
c. المساحة تحت منحنى ميل المماس لمنحنى (المسافة-الزمن) عند نقطة ما.  
d. ميل المماس لمنحنى (السرعة المتجهة-الزمن).

### الأسئلة الممتدة:

10. مثل النتائج في الجدول أدناه بيانياً، ثم أوجد من الرسم كلا من التسارع والإزاحة بعد 12.0 s

الزمن (s)	السرعة (m/s)
0.00	8.10
6.00	36.9
9.00	51.3
12.00	65.7

### إرشاد الجدول

إذا اشتمل سؤال امتحان على جدول، فعليك قراءته. اقرأ العنوان، ورؤوس الأعمدة، وبداية الصف. ثم اقرأ السؤال وفسر البيانات الموجودة في الجدول.

1. تتدحرج كرة إلى أسفل تلة بتسارع منتظم  $2.0 \text{ m/s}^2$  فإذا بدأت الكرة حركتها من السكون، واستغرقت 4.0 s قبل أن تتوقف. ما المسافة التي قطعها الكرة قبل أن تتوقف؟

- a. 8.0 m  
b. 12 m  
c. 16 m  
d. 20 m  
a. 2.0 m/s  
b. 8.0 m/s  
c. 12 m/s  
d. 16 m/s

2. ما سرعة الكرة قبل أن تتوقف مباشرة؟  
3. تتحرك سيارة بسرعة ابتدائية  $80 \text{ km/h}$ ، ثم تزداد سرعتها لتصل إلى  $110 \text{ km/h}$ ، بعد أن تقطع مسافة 500 m. ما معدل تسارعها؟

- a.  $0.44 \text{ m/s}^2$   
b.  $8.4 \text{ m/s}^2$   
c.  $0.60 \text{ m/s}^2$   
d.  $9.80 \text{ m/s}^2$

4. سقط إصيص زهور من شرفة ترتفع 85 m عن أرضية الشارع. ما الزمن الذي استغرقه الإصيص في السقوط قبل أن يصطدم بالأرض؟

- a. 4.2 s  
b. 8.3 s  
c. 8.7 s  
d. 17 s

5. أسقط متسلق جبال حجراً، ولاحظ زميله عند أسفل الجبل أن الحجر يحتاج إلى 3.20 s حتى يصل إلى سطح الأرض. ما الارتفاع الذي كان عنده المتسلق لحظة سقوط الحجر؟

- a. 15.0 m  
b. 31.0 m  
c. 50.0 m  
d. 100.0 m

6. اقتربت سيارة منطلقة بسرعة  $91.0 \text{ km/h}$  من مطعم على بعد 30 m أمامها، وعندما ضغط السائق على الفرامل بقوة، اكتسبت السيارة تسارعاً مقداره  $(-6.40 \text{ m/s}^2)$ . ما المسافة التي قطعها السائق حتى توقف؟

- a. 14.0 m  
b. 29.0 m  
c. 50.0 m  
d. 100.0 m



## القوى في بُعد واحد



**بعد دراستك لهذا الفصل  
ستكون قادرًا على:**

- استخدام قوانين نيوتن في حل المسائل.
- تحديد مقدار واتجاه القوة المحصلة التي تسبب تغيرًا في حركة الجسم.
- تصنيف القوى وفق العوامل المسببة لها.

### الأهمية:

في كل لحظة، تؤثر القوى فيك، وفي كل الأشياء المحيطة بك.

رياضة: يقوم اللاعب بضرب الكرة برأسه فتتقافز، أي أنها تتحرك وتقف ويتغير اتجاهها.

### فكر

ما الذي يجعل كرة القدم، أو أي جسم آخر يتوقف، أو يبدأ الحركة، أو يغير اتجاهه؟



## تجربة استهلاكية

### 4-1 القوة والحركة Force and Motion

#### الأهداف

- تُعرّف القوة.
- تُطبق قانون نيوتن الثاني في حل المسائل.
- تشرح معنى قانون نيوتن الأول.

#### المفردات:

- القوة
- قانون نيوتن الثاني
- قوة التلامس (التماس)
- قانون نيوتن الأول
- قوة المجال
- القصور الذاتي
- مخطط الجسم الحر
- الاتزان
- القوة المحصلة

تصور قطاراً يتحرك بسرعة  $80\text{km/h}$ ، وفجأة شاهد السائق شاحنة متوقفة على سكة الحديد، فاستعمل الفرامل في محاولة لإيقاف القطار قبل أن يصطدم بالشاحنة، وبما أن الفرامل تتسبب في تسارع معاكس لاتجاه السرعة، فإن القطار يبطئ سرعته. افترض أن السائق نجح في أن يوقف القطار، قبل أن يصطدم بالشاحنة بمسافة قصيرة جداً، فماذا لو كان القطار يسير بسرعة  $100\text{km/h}$  بدلاً من  $80\text{km/h}$ ؟ ما الذي يجب عمله حتى لا يصطدم بالشاحنة؟ الجواب هو أن التسارع الذي تحدثه فرامل القطار يجب أن يكون أكبر بحيث يقف خلال زمن أقل، وهذا الاحتمال يشبه الحالة التي يسير فيها القطار بسرعة  $80\text{km/h}$ ، ويكون أكثر قرباً من الشاحنة عندما يبدأ سائقه باستعمال الفرامل.

#### ما القوة الأكبر؟

**سؤال التجربة:** ما القوى التي يمكن أن تؤثر في جسم معلق بخيط؟

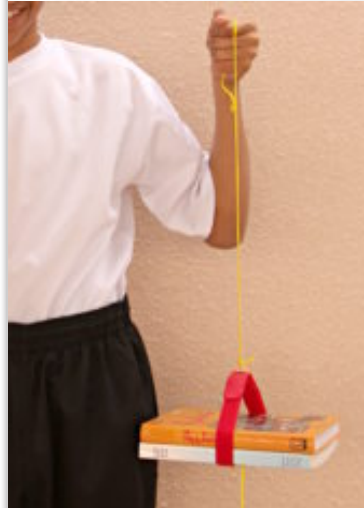
#### الخطوات:

1. اربط قطعة من جبل سميكة حول منتصف الكتاب، ثم اربط خيطاً في منتصف الجبل في الجهة العلوية للكتاب، واربط خيطاً آخر من الجهة السفلية للكتاب كما هو موضح في الشكل المجاور.
2. أمسك نهاية الخيط العلوي ودع الكتاب يتدلى في الهواء، ثم اطلب إلى زميلك أن يسحب ببطء وثبات نهاية الخيط السفلي. سجل ملاحظاتك. تحذير: قف بحيث تكون قدمك بعيدتين عن مكان سقوط الكتاب.
3. استبدل الخيط الذي انقطع وكرر الخطوة 2، لكن في هذه المرة، اسحب الخيط السفلي بسرعة وبقوة أكبر. سجل ملاحظاتك.

#### التحليل:

أي الخيطين انقطع في الخطوة 2؟ لماذا؟ أي الخيطين الذي انقطع في الخطوة 3؟ لماذا؟

**التفكير الناقد** ارسم مخططاً توضيحياً للتجربة، واستخدم الأسهم لتوضيح القوى المؤثرة في الكتاب.



## القوة والحركة Force and Motion

ما الذي جعل القطار يبطئ حركته؟ تؤثر القوة في الجسم إما بدفعه أو بسحبه، فتزيد سرعته أو تبطئها أو تغير اتجاه حركته. وعندما يستخدم سائق القطار الفرامل فإنها تؤثر في عجلات القطار بقوة تجعله يبطئ حركته. وبناءً على تعريف كل من السرعة والتسارع، يمكن التعبير عما سبق كما يلي: القوة المؤثرة في جسم ما تغير سرعته، أي أنها تكسبه تسارعاً.



■ الشكل 1-4: الكتاب هنا يُمثل النظام، وتؤثر كل من الطاولة واليد وكتلة الأرض (من خلال الجاذبية الأرضية) بقوى في الكتاب.

افترض أن كتاباً يستقر على سطح طاولة، كيف يمكنك أن تجعله يتحرك؟ هناك احتمالان، إما أن تدفعه أو أن تسحبه. الدفع أو السحب قوتان تؤثران في الكتاب، وكلما زاد الدفع عليه أثر بشكل أكبر في حركته. ولاتجاه القوة المؤثرة أيضاً تأثير رئيس في حركة الجسم، فإذا دفعت الكتاب نحو اليمين، فسوف يتحرك في اتجاه يختلف عن الاتجاه الذي كان سيتحرك فيه فيما لو دفعته نحو اليسار. وسوف نستخدم الرمز  $F$  للتعبير عن القوة المتجهة ( مقدار القوة واتجاهها).

من الضروري عند دراسة تأثير القوة في الحركة، تحديد الجسم الذي تؤثر فيه القوى. يطلق على هذا الجسم اسم "النظام"، وكل ما يحيط به ويؤثر فيه بقوة يسمى المحيط الخارجي. فالكتاب المبين في الشكل 1-4 يمثل النظام، في حين تمثل اليد، والجاذبية الأرضية أجزاءً من المحيط الخارجي الذي يمكن أن يتفاعل مع الكتاب عن طريق الدفع أو السحب، ويؤدي إلى احتمال تغيير حركته.

## قوى التلامس (التماس) وقوى المجال Contact Forces and Field Forces

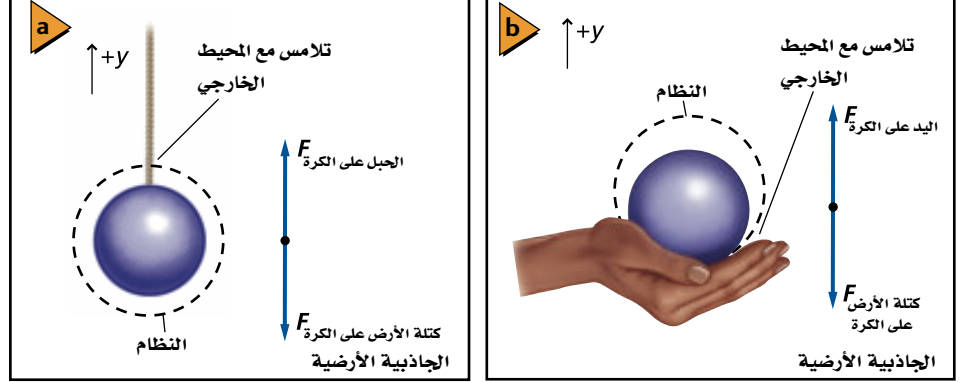
تتولد قوة التلامس (التماس) عندما يلامس جسم من المحيط الخارجي النظام، ويؤثر فيه بقوة. فعندما تحمل كتاب الفيزياء تؤثر يدك فيه بقوة تلامس، أما إذا وضعته على الطاولة، فإن قوة التلامس بين يدك والكتاب تتلاشى، بينما الطاولة الآن هي التي تؤثر في الكتاب بقوة تلامس.

هناك طرق أخرى لتغيير حركة الكتاب، فمن الممكن أن تجعله يسقط نحو الأرض، وفي هذه الحالة فإنه يتسارع بسبب الجاذبية الأرضية كما درست في الفصل الثالث. إن قوة الجاذبية الأرضية هي التي تتسبب في هذا التسارع، وتؤثر هذه القوة في الكتاب سواء كان في حالة تلامس مع الأرض أم لا، ويطلق على مثل هذه القوة ومثيلاتها اسم قوة المجال، وهي تؤثر في الأجسام بغض النظر عن وجود تلامس فيما بينها أم لا. وهناك أمثلة أخرى على هذا النوع من القوى كالقوى المغناطيسية.

لكل قوة سبب معين يمكن تحديده يسمى المسبب. وحتى يمكن تحديد القوة يجب معرفة المسبب الذي يولدها، بالإضافة إلى النظام الذي تؤثر فيه هذه القوة.

فعلى سبيل المثال: عندما تدفع الكتاب فإن يدك (المسبب) تؤثر بقوة في الكتاب (النظام)، وهكذا فإن عدم وجود كل من المسبب والنظام يعني عدم وجود قوة. فماذا عن الجاذبية الأرضية؟ إذا تركت الكتاب يسقط من يدك فإن المسبب هو كتلة الأرض التي تؤثر بقوة مجال في الكتاب.

■ الشكل 2-4: لعمل نموذج فيزيائي للقوى المؤثرة في جسم، استخدم نموذج الجسم النقطي، وارسم سهمًا لتمثيل كل قوة من القوى المؤثرة في الجسم، سمِّ القوة ومسببها.



**مخططات الجسم الحر:** كما لاستخدام النماذج التصويرية والمخططات التوضيحية للحركة من أهمية في حل مسائل الحركة، فهي مهمة أيضاً في تحليل الكيفية التي تؤثر بها القوى في حركة الأجسام. وأول خطوة في حل أي مسألة هي عمل نموذج تصويري، فعلى سبيل المثال، لتمثيل القوى المؤثرة في كرة مربوطة بواسطة خيط، أو تستند إلى راحة يدك، ارسم مخططات توضح كل حالة، كما في الشكلين 4-2 a و 4-2 b، ثم ارسم دائرة حول النظام وحدد المواقع التي تؤثر فيها قوة التلامس، وقوى المجال.

لتمثيل القوى المؤثرة في الكرة الموضحة في الشكلين 4-2 a و 4-2 b فيزيائياً، استخدم نموذج الجسم النقطي: مثل الجسم بنقطة، ومن ثم مثل كل قوة بسهم أزرق يشير إلى الاتجاه الذي تؤثر فيه هذه القوة، ومراعياً أن يكون طول كل سهم متناسباً مع مقدار القوة. في أغلب الأحيان يتم رسم هذه المخططات قبل معرفة مقدار جميع القوى، وبإمكانك اللجوء إلى التقدير في مثل هذه الحالات. ارسم الأسهم دائماً بحيث تشير اتجاهاتها بعيداً عن الجسم حتى عندما تمثل قوة دفع، واحرص على تسمية كل منها. استعمل الرمز  $F$  مع تحديد كل من المسبب، والجسم الذي تؤثر فيه القوة أسفل الرمز، واختر اتجاهها موجباً تشير إليه بوضوح في مخططك. يتم اختيار الاتجاه الموجب عادة في اتجاه القوة الأكبر، فهذا يُسهِّل حل المسألة، وذلك بتقليل عدد القيم السالبة في عملية الحساب. ويسمى مثل هذا النموذج الفيزيائي الذي يمثل القوى المؤثرة في جسم ما مخطط الجسم الحر.



حدد النظام، وارسم مخطط الحركة، ومخطط الجسم الحر لكل من الحالات التالية وذلك بتمثيل جميع القوى وعواملها، وتعيين اتجاه التسارع، والقوة المحصلة، مراعيًا رسم المتجهات بأطوال مناسبة.

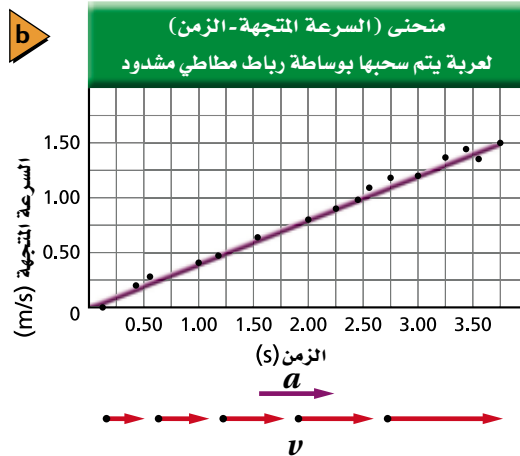
1. سقوط وعاء أزهار سقوطًا حرًا (أهمل أية قوى تنشأ عن مقاومة الهواء).
2. هبوط مظلي خلال الهواء، وبسرعة متجهة منتظمة (يؤثر الهواء في المظلي بقوة نحو الأعلى).
3. سلك يسحب صندوقًا بسرعة منتظمة، على سطح أفقي (يؤثر السطح بقوة تقاوم حركة الصندوق).
4. ترفع دلو بوساطة حبل بسرعة (أهمل مقاومة الهواء).
5. انزال دلو بوساطة حبل (أهمل مقاومة الهواء).

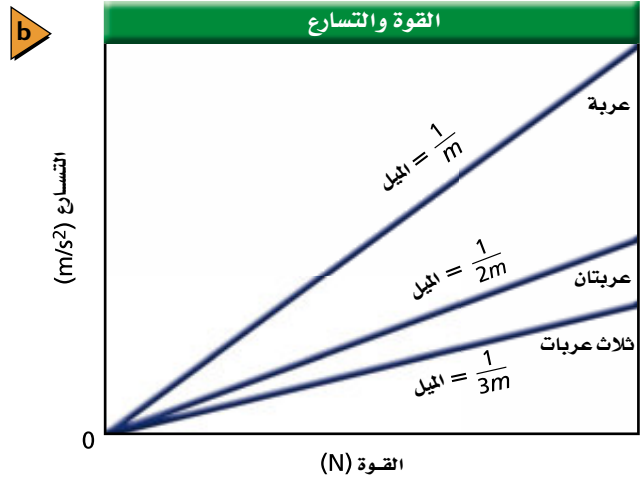
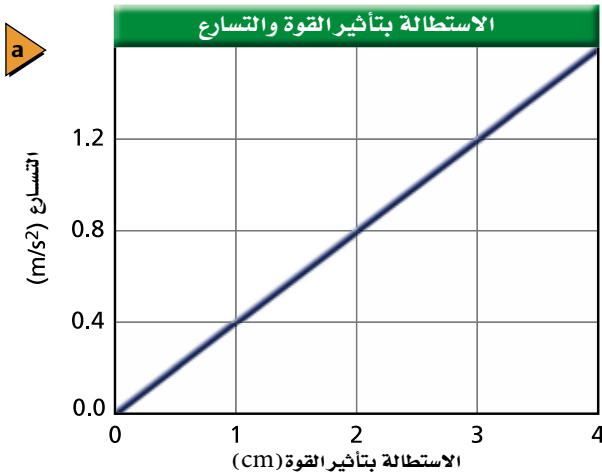
## القوة والتسارع Force and Acceleration

كيف يتحرك الجسم عندما تؤثر فيه قوة أو أكثر؟ إحدى الطرائق للإجابة عن هذا السؤال هي إجراء التجارب. ابدأ دائمًا بالحالة البسيطة، وعندما تستوعب هذه الحالة بشكل تام، يمكنك الانتقال إلى الحالات الأكثر تعقيدًا. ابدأ بقوة وحيدة تؤثر أفقيًا في جسم. بإمكانك أيضًا تقليل التعقيدات الناتجة عن احتكاك الجسم مع السطح، وذلك بإجراء التجربة على سطح أملس من مثل الجليد أو طاولة ذات سطح أملس، واستعمال جسم ذي عجالات تدور بسهولة، مما يقلل من مقاومة الحركة.

ولتحديد العلاقة بين كل من القوة والتسارع، والسرعة المتجهة، تحتاج إلى التأثير في جسم ما بقوة ثابتة باتجاه معين. لكن، كيف يمكنك التأثير بمثل هذه القوة؟

يؤثر الرباط المطاطي المشدود بقوة سحب، وكلما شدته أكثر زادت القوة التي يؤثر بها. وإذا كنت تشده دائمًا بالمقدار نفسه، فإنك تؤثر بالقوة نفسها. يبين الشكل 4-3 a رباطًا مطاطيًا مشدودًا بمقدار ثابت 1 cm، يسحب عربة ذات مقاومة قليلة. بإجراء هذه التجربة وتحديد السرعة المتجهة للعربة خلال فترة زمنية محددة، تستطيع عمل رسم بياني يشبه ذلك الموضح في الشكل 4-3 b، هل يختلف هذا الرسم البياني عما توقعته؟ ماذا تلاحظ بالنسبة للسرعة المتجهة؟ لاحظ أن الزيادة الثابتة في السرعة المتجهة هي نتيجة للتسارع المنتظم الذي منحه الرباط المطاطي المشدود للعربة.





#### ■ الشكل 4-4 :

a. يبين الرسم البياني

أنه كلما زادت القوة زاد

التسارع،

b. ميل الرسم البياني

(القوة - التسارع) يعتمد

على عدد العربات.

كيف يعتمد هذا التسارع على القوة؟ للإجابة عن ذلك؛ أعد التجربة بحيث يكون الرباط المطاطي مشدودًا بمقدار ثابت 2 cm. ثم كرر التجربة مع شد الرباط المطاطي أكثر في كل مرة. مثل بيانيًا منحنى (السرعة المتجهة - الزمن) لكل من التجارب السابقة، ستلاحظ أن تلك المخططات تشبه ذاك المبين في الشكل b 4-3. احسب التسارع، ثم مثل بيانيًا قيمة كل من التسارع والقوة، لكل المحاولات التي قمت بها، وبذلك تحصل على الرسم البياني للقوة - التسارع كما في الشكل a 4-4. ما العلاقة بين القوة والتسارع؟ العلاقة خطية؛ فكلما كانت القوة أكبر كان التسارع الناتج أكبر، ويمكن التعبير عن هذه العلاقة باستخدام معادلة الخط المستقيم  $y = mx + b$ .

ما المعنى الفيزيائي لميل كل من الخطوط البيانية في الشكل b 4-4؟ ربما تصف شيئاً يتعلق بالجسم المتسارع. وماذا يحدث إذا تغير الجسم؟ لنفترض أننا وضعنا عربة ثانية مماثلة فوق العربة الأولى، ثم وضعنا عربة ثالثة فوق العربتين، يبين الشكل 4-4 العلاقة البيانية بين القوة والتسارع لعربة واحدة، ولعربتين، ولثلاث عربات. ويظهر الرسم البياني أنه إذا لم تتغير القوة المؤثرة فإن تسارع العربتين سينخفض إلى  $\frac{1}{2}$  تسارع العربة الواحدة، وتسارع العربات الثلاث إلى  $\frac{1}{3}$  تسارع العربة الواحدة. وهذا يعني أنه كلما زاد عدد العربات، فإننا نحتاج إلى قوة أكبر للحصول على التسارع نفسه، وإن ميل كل من الخطوط في الشكل 4-4b يعتمد على عدد العربات، أي أنه يعتمد على مجموع كتلتها، فإذا عُرِّف الميل  $k$  بأنه مقلوب الكتلة  $\frac{1}{m}$ ، فإن  $a = \frac{F}{m}$  أو  $F = ma$ . ومن العلاقة الخطية بين القوى والتسارع نجد أن:

$$a \propto F$$

$$a = k \times F \quad \text{وبالتعويض عن قيمة } k$$

$$a = \frac{1}{m} \times F$$

$$F = ma \quad \text{أي أن}$$



ما الوحدات الدولية المستخدمة لقياس القوة؟ تعلم أن  $F = ma$ ، وهذا يعني أن وحدة واحدة من القوة تجعل 1 kg من الكتلة يتسارع بمقدار  $1 \text{ m/s}^2$ ، أي أن وحدة القوة هي  $1 \text{ kg.m/s}^2$ ، أو ما اصطلح على تسميته "نيوتن"، ويرمز لها بالرمز N، ويعرف بالقوة التي إذا أثرت في جسم كتلته 1 kg تكسبه تسارعاً مقداره  $1 \text{ m/s}^2$ .

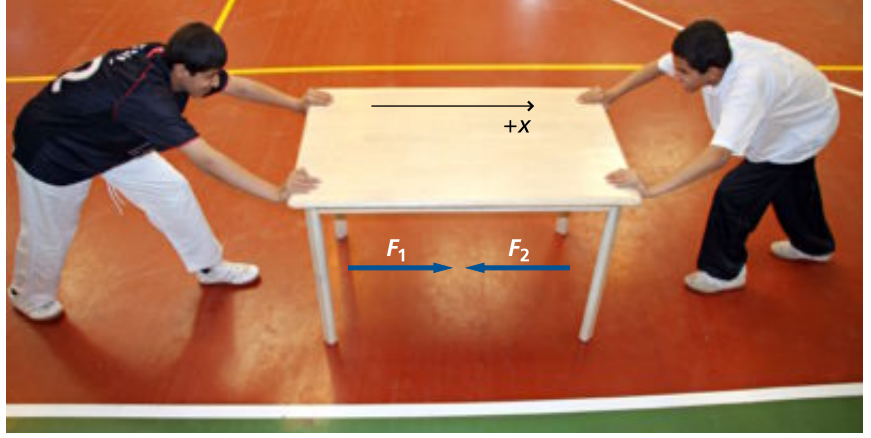
الجدول 4-1	
القوى الشائعة	
F (N)	الوصف
0.05	قوة الجاذبية الأرضية المؤثرة في قطعة معدنية من النيكل
4.5	قوة الجاذبية الأرضية المؤثرة في 0.45 kg من السكر
686	قوة الجاذبية الأرضية المؤثرة في شخص كتلته 70 kg
3000	القوة المؤثرة في سيارة تتسارع
5,000,000	قوة محرك صاروخ

### جمع (تركيب) القوى Combining Forces

ماذا يحدث إذا دفعت أنت وزميلك طاولة، فأثر كل منكما فيها بقوة مقدارها 100N؟ إذا دفع كلاكما الطاولة في الاتجاه نفسه، فإنها ستكتسب تسارعاً أكبر مما لو دفعها كل منكما باتجاه ضد اتجاه الآخر. وفي الحقيقة، عندما تدفعان الطاولة في الاتجاه نفسه فإنها تكتسب ضعفي التسارع الذي يمكن أن تحصل عليه فيما لو أثر فيها أحدهما بمفرده بقوة 100 N. أما عندما تدفعان الطاولة باتجاهين متعاكسين، وبالمقدار نفسه من القوة (كما هو موضح في الشكل a 4-5 فلن تتحرك.

#### الشكل 5-4:

- a. دفع الطاولة بقوتين متساويتين ومتعاكستين في الاتجاه.
- b. القوة المحصلة لقوتين متساويتين في اتجاهين متعاكسين = صفر.
- c. القوة المحصلة لقوتين متساويتين في الاتجاه نفسه = مجموعهما.
- d. القوة المحصلة لقوتين غير متساويتين في اتجاهين متعاكسين = الفرق بينهما.



<p><b>b</b></p> <p><math>F_2 = 100 \text{ N}</math>   <math>F_1 = 100 \text{ N}</math></p> <p><math>F_{\text{المحصلة}} = 0 \text{ N}</math></p> <p>قوتان متساويتان في اتجاهين متعاكسين</p>	<p><b>c</b></p> <p><math>F_1 = 100 \text{ N}</math></p> <p><math>F_2 = 100 \text{ N}</math></p> <p><math>F_{\text{المحصلة}} = 200 \text{ N}</math></p> <p>قوتان متساويتان في الاتجاه نفسه</p>	<p><b>d</b></p> <p><math>F_2 = 200 \text{ N}</math>   <math>F_1 = 100 \text{ N}</math></p> <p><math>F_{\text{المحصلة}} = 100 \text{ N}</math></p> <p>قوتان غير متساويتين في اتجاهين متعاكسين</p>
--	---	--

يبين كل من الشكلين b 4-5 و c 4-5 مخطط الجسم الحر لكلا الحالتين، كما يبين الشكل d 4-5 مخطط الجسم الحر للحالة التي يقوم فيها زميلك بدفع الطاولة في الاتجاه المعاكس، بقوة تعادل ضعف قوتك. لاحظ المتجه في أسفل كل مخطط، والذي يمثل النتيجة الكلية للقوتين. عندما تكون متجهات القوة في الاتجاه نفسه يمكنك استبدالها بمتجه واحد طوله يساوي مجموع أطوالها، وعندما تكون القوى في اتجاهات متعاكسة، فإن طول المتجه الناتج يساوي الفرق بين طولي المتجهين. يطلق على مجموع المتجهات لجميع القوى التي تؤثر في الجسم اسم **القوة المحصلة** ( $F_{\text{المحصلة}}$ ).

بإمكانك كذلك تحليل الحالة رياضياً. لنفترض أنك دفعت الطاولة في الاتجاه الموجب بقوة 100 N. في الحالة الأولى يقوم زميلك بالدفع بقوة سالبة مقدارها 100 N، وبجمع القوتين نحصل على قوة كلية مقدارها 0 N، وهذا يعني أن الجسم لا يتحرك (لا يتسارع)، أما في الحالة الثانية فإن قوة الدفع التي يؤثر بها كل منكما تساوي 100 N، وبالتالي فإن القوة الكلية تساوي 200 N وهي تؤثر بالاتجاه الموجب، وهو اتجاه تسارع الطاولة. أما في الحالة الثالثة فإن القوة التي يؤثر بها زميلك تساوي (200 N-)، ولذلك فإن القوة الكلية تساوي (100 N-)، وبالتالي فإن الطاولة ستتسارع في الاتجاه السالب.

## قانون نيوتن الثاني Newton's Second Law

بإمكانك إجراء سلسلة من التجارب تقوم فيها أنت وزميلك بتغيير القوة المحصلة التي تؤثر في الطاولة وقياس التسارع في كل حالة، ستجد أن تسارع الطاولة يتناسب طرديًا مع القوة المحصلة المؤثرة فيها، وعكسيًا مع كتلتها  $a = \frac{F_{\text{المحصلة}}}{m}$ . فإذا كانت القوة المحصلة التي تؤثران بها معًا في الطاولة تساوي 100 N، فإن الطاولة ستتسارع بالمقدار نفسه الذي كانت ستتسارع به فيما لو أثرت فيها وحدك بقوة تساوي، 100N. واستنادًا إلى ذلك يمكن إعادة كتابة العلاقة الرياضية بين كل من القوة والكتلة والتسارع بدلالة القوة المحصلة، وهو ما يُعرف بقانون نيوتن الثاني، والذي يُمثل بالمعادلة التالية:

$$a = \frac{F_{\text{المحصلة}}}{m} \text{ : قانون نيوتن الثاني}$$

تسارع الجسم يساوي محصلة القوى المؤثرة فيه مقسومًا على كتلة الجسم.

لاحظ أن قانون نيوتن الثاني يمكن إعادة صياغته بالشكل:  $F = ma$  والذي درسته سابقًا. إذا كانت كتلة الطاولة التي دفعتها أنت وزميلك 15.0 kg، ودفع كل منكما بقوة 50.0 N وفي الاتجاه نفسه، فما تسارع الطاولة؟ لإيجاد ذلك، احسب القوة المحصلة  $50.0 \text{ N} + 50.0 \text{ N} = 100.0 \text{ N}$ ، ثم طبق قانون نيوتن الثاني بقسمة القوة المحصلة 100.0 N على كتلة الطاولة 15.0 kg، تحصل على تسارع يساوي  $6.67 \text{ m/s}^2$ .

هناك إستراتيجية مفيدة لتحديد كيف تعتمد حركة جسم ما على القوى المؤثرة فيه، أولاً، حدد جميع القوى التي تؤثر في الجسم، ثم ارسم مخطط الجسم الحر مبينًا الاتجاه والمقدار لكل قوة تؤثر في النظام، ثم اجمع القوى لإيجاد القوة المحصلة، واستعمل قانون نيوتن الثاني لحساب التسارع، وعند الضرورة استعمل الكينماتيكا (علم الحركة) لإيجاد السرعة المتجهة أو موقع الجسم.

### مسائل تدريبية

6. قوتان أفقيتان إحداهما 225 N والأخرى 165 N، تؤثران في قارب في الاتجاه نفسه. أوجد القوة الأفقية المحصلة التي تؤثر في القارب مقدارًا واتجاهًا.
7. إذا أثرت القوتان السابقتان في القارب في اتجاهين متعاكسين، ما القوة الأفقية المحصلة التي تؤثر فيه؟ تأكد من تحديد اتجاه القوة المحصلة.
8. يحاول ثلاثة كلاب سحب مزلجة على الثلج، أحد الكلاب يسحب نحو الغرب بقوة 35 N، والثاني يسحب نحو الغرب أيضًا بقوة 42 N، أما الأخير فيسحب نحو الشرق بقوة 53 N، احسب القوة المحصلة التي تؤثر في المزلجة.

## قانون نيوتن الأول Newton's First Law

كيف تكون حركة الجسم الذي تؤثر فيه قوة محصلة مقدارها صفراً؟ من المعروف أن الجسم الساكن يبقى في موقعه لأن القوة المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفراً.

افتراض كرة تتدحرج على سطح أفقي، ما الفترة الزمنية التي تستمر فيها بالدحرجة؟ تعتمد هذه الفترة على نوع السطح، فإذا دُحرجت الكرة على سجادة خشنة مقاومتها كبيرة، فإنها سرعان ما تتوقف عن الحركة، وتصبح في حالة سكون، أما إذا كان السطح أملساً ذا مقاومة قليلة مثل أرضية لعبة البولينج، فإنها ستتدحرج لفترة زمنية أطول، مع تناقص تدريجي في سرعتها المتجهة، وقد قام نيوتن بصياغة ماسبق في ما يسمى قانون نيوتن الأول: يبقى الجسم على حالته من حيث السكون أو الحركة المنتظمة في خط مستقيم ما لم تؤثر عليه قوة محصلة تغير من حالته.

**القصور الذاتي:** يسمى قانون نيوتن الأول أحياناً قانون القصور، فهل القصور قوة؟ لا. فالقصور هو ممانعة الجسم لأي تغيير في حالته من حيث السكون أو الحركة. فإذا كان الجسم ساكناً فإنه يميل إلى أن يبقى كذلك، وإذا كان متحركاً بسرعة متجهة ثابتة فإنه يميل إلى أن يستمر في نفس اتجاه حركته وبالسرعة نفسها.

**الاتزان:** وفقاً لقانون نيوتن الأول، فإن القوة المحصلة هي السبب في تغيير السرعة المتجهة لجسم ما، فإذا كانت القوة المحصلة المؤثرة في جسم ما تساوي صفراً، يكون الجسم في حالة اتزان. وهكذا يكون الجسم في حالة اتزان إذا كان ساكناً، أو إذا كان متحركاً بسرعة منتظمة. لاحظ أن سكون الجسم هو حالة خاصة من حركته بسرعة منتظمة، تكون فيها سرعته مساوية للصفر. يُعرّف قانون نيوتن الأول القوة المحصلة على أنها كل ما يحدث اضطراباً في حالة الاتزان، لذلك، فإنه إذا كان مقدار القوى المحصلة التي تؤثر على جسم تساوي صفراً فإنه لن يتعرض لأي تغيير في مقدار سرعته أو اتجاهه، وبالتالي سيبقى في حالة اتزان.

عند فهم وتطبيق قانوني نيوتن الأول والثاني ستتمكن من أن تحدد مقادير القوى التي تتعامل معها نسبياً، حتى في الحالات التي لا يوجد فيها أرقام، راجع الجدول 2-4، الذي يحتوي على بعض أنواع القوى التي سوف تتعامل معها في دراستك للفيزياء.

### تطبيق الفيزياء

◀ **دفع محرك المكوك:**  
تقوم محركات مكوك الفضاء الرئيسية بتزويد المكوك بقوة دفع تقدر بـ 1.6 million N، وتستخدم هذه المحركات طاقتها من عملية احتراق الهيدروجين والأكسجين. ▶

الجدول 2-4			
بعض أنواع القوى			
الاتجاه	التعريف	الرمز	القوة
موازية للسطح في عكس اتجاه الحركة الانزلاقية.	قوة تلامس تؤثر في اتجاه معاكس للحركة الانزلاقية بين الأسطح.	$F_f$	الاحتكاك (Friction)
عمودية على السطح والجسم.	قوة تلامس يؤثر بها سطح عموديا على جسم ما	$F_N$	العمودية (Normal)
في عكس اتجاه إزاحة الجسم.	قوة الاسترداد: أي قوة الدفع أو السحب التي يؤثر بها نابض في جسم ما.	$F_{sp}$	النابض (Spring)
تؤثر عند نقطة الاتصال باتجاه مواز للخيط أو الحبل أو السلك، ومبتعدة عن الجسم.	القوة التي يؤثر بها خيط أو حبل أو سلك في جسم متصل به، وتؤدي إلى سحبه.	$F_T$	الشّد (Tension)
في اتجاه تسارع الجسم عند إهمال المقاومة.	القوى التي تحرك أجسامًا مثل الصاروخ والطائرة والسيارة والأشخاص.	$F_{thrust}$	الدفع (Thrust)
نحو الأسفل باتجاه مركز الأرض.	قوة مجال تنتج عن الجاذبية الأرضية بين جسمين.	$F_g$	الوزن (Weight)

## 4-1 مراجعة

9. **القوة:** حدد ما إذا كان كل من: الوزن، الكتلة، القصور الذاتي، الدفع باليد، الدفع، المقاومة، مقاومة الهواء، قوة النابض، التسارع:
- a. قوة تلامس b. قوة مجال c. ليست قوة
10. **القصور الذاتي:** هل يمكن أن تشعر بالقصور الذاتي لقلم رصاص أو كتاب؟ إذا كنت تستطيع، صف ذلك.
11. **مخطط الجسم الحر:** ارسم مخطط الجسم الحر لكيس مليء بالسكر ترفعه بيدك بسرعة منتظمة. حدد النظام، وسمّ جميع القوى مع مسياتها، وارسم أسهمًا بأطوال صحيحة.
12. **مخطط الجسم الحر:** ارسم مخطط الجسم الحر لدلو ماء يُرفع بوساطة حبل. حدد النظام، ثم سمّ جميع القوى مع مسياتها، وارسم أسهمًا بأطوال صحيحة.
13. **اتجاه السرعة المتجهة:** إذا دفعت كتابًا نحو الأمام فهل يعني هذا أن سرعته المتجهة ستكون في الاتجاه نفسه؟
14. **التفكير الناقد:** تؤثر قوة مقدارها 1 N في مكعب خشبي وتكسبه تسارعًا معلومًا. عندما تؤثر القوة نفسها في مكعب آخر فتكسبه تسارعًا أكبر بثلاثة أضعاف، فماذا تستنتج حول كتلة كل من هذين المكعبين؟

## 4-2 تطبيقات قانون نيوتن الثاني Application of Newton Second Law

يربط قانون نيوتن الثاني بين السبب في تغير السرعة المتجهة للجسم ومقدار الإزاحة الناتجة، ويحدد كذلك العلاقة بين القوة المحصلة التي تؤثر في جسم وتسارع هذا الجسم.

### استخدام قانون نيوتن الثاني Using Newton's Second Law

تأمل كلاً من النموذجين التصويري والفيزيائي لكرة تسقط سقوطاً حراً في الشكل 6-4. ما الأجسام التي تؤثر في الكرة؟ بما أن الكرة لا تلمس أي شيء، وبما أن مقاومة الهواء مهملة، فإن القوة الوحيدة التي تؤثر فيها هي  $F_g$ ، وحيث إن تسارع الكرة هو  $g$  (كما درست في الفصل الثالث)، فإن القانون الثاني لنيوتن يصبح  $F_g = mg$ . ولعلك لاحظت من خلال العلاقة السابقة أن القوة والتسارع يؤثران نحو الأسفل، وأن مقدار وزن الجسم يساوي كتلته مضروبة في التسارع الذي يكتسبه نتيجة للسقوط الحر. من الضروري أن تدرك أن قوة الجاذبية الأرضية تؤثر في الجسم حتى لو لم يسقط سقوطاً حراً.

وهذه النتيجة صحيحة على الأرض، وعلى أي كوكب آخر، بالرغم من أن مقدار  $g$  يختلف على الكواكب الأخرى. وأن قيمة  $g$  على سطح القمر أقل بكثير من قيمتها على الأرض، لذا فإن وزن رواد الفضاء على سطح القمر يصبح أقل بكثير منه على سطح الأرض رغم أن كتلتهم لم تتغير.

**الموازين:** تحتوي بعض الموازين المنزلية على نوابض، فعندما تقف على الميزان، يؤثر فيك بقوة نحو الأعلى لأنك تلامسه. وبما أنك لا تتسارع، فلا بد وأن القوة المحصلة المؤثرة فيك تساوي صفراً، وهذا يعني أن قوة النابض  $F_{sp}$  التي تدفعك نحو الأعلى تساوي مقدار قوة وزنك  $F_g$  التي تؤثر فيك نحو الأسفل، كما هو مبين في الشكل 7-4، وتحدد قراءة الميزان بواسطة القوة التي تؤثر بها نوابضه فيك، وبالتالي فإن ما يقيسه الميزان المنزلي هو الوزن لا الكتلة، فإذا كنت على كوكب آخر فإن مقدار انضغاط النابض سيختلف، وبالتالي ستكون قراءته مختلفة. تذكر أن الكيلوجرام هو الوحدة الدولية للتعبير عن الكتلة وحيث أن الوزن قوة فإن الوحدة الدولية المستخدمة للتعبير عنه هي النيوتن.

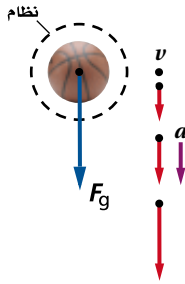
#### الأهداف

- تصف العلاقة بين وزن الجسم وكتلته.
- تقارن بين الوزن الحقيقي والوزن الظاهري.

#### المفردات:

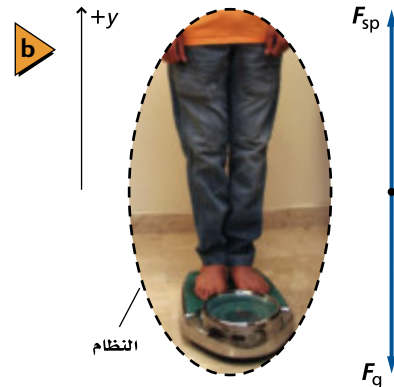
- الوزن الظاهري،
- القوة المعيقة،
- السرعة الحدية.

الشكل 6-4: القوة المحصلة المؤثرة في الكرة هي قوة الوزن  $F_g$ .



الشكل 7-4:

- إن قوة النابض التي تؤثر نحو الأعلى في الميزان المنزلي تساوي مقدار قوة وزنك عندما تقف فوقه.
- يبين مخطط الجسم الحر أن النظام متزن لأن قوة النابض تساوي وزنك.



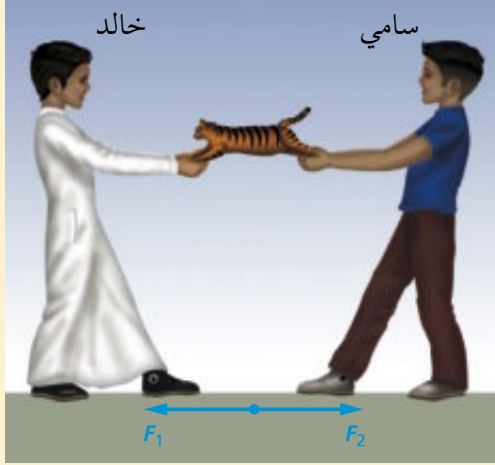


## مثال - 1

كان خالد يلعب بدمية كتلتها  $0.30 \text{ kg}$  عندما حاول سامي أن يأخذها منه . فإذا سحب سامي الدمية أفقيًا بقوة  $10.0 \text{ N}$  ، وسحب خالد بقوة أفقية تساوي  $11.0 \text{ N}$  ، ما التسارع الأفقي للدمية؟

### 1 تحليل المسألة ورسمها :

- ارسم مخطط الحالة .
- حدد الدمية باعتبارها "النظام" ، واعتبر الاتجاه الذي يسحب فيه خالد هو الاتجاه الموجب .
- ارسم مخطط الجسم الحر ، وسم جميع القوى .



المجهول

$$a = ?$$

المعلوم

$$m = 0.30 \text{ kg}$$

$$F_{\text{خالد على الدمية}} = 11.0 \text{ N}$$

$$F_{\text{سامي على الدمية}} = 10.0 \text{ N}$$

### 2 إيجاد الكمية المجهولة :

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{خالد على الدمية}} + (-F_{\text{سامي على الدمية}})$$

$$a = \frac{F_{\text{المحصلة}}}{m} \quad \text{استخدم قانون نيوتن الثاني:}$$

$$a = \frac{F_{\text{خالد على الدمية}} + (-F_{\text{سامي على الدمية}})}{m}$$

$$a = \frac{11.0 \text{ N} - 10.0 \text{ N}}{0.30 \text{ kg}} = 3.3 \text{ m/s}^2 \quad \text{في الاتجاه الموجب}$$

$$\text{بالتعويض عن قيمة } F_{\text{سامي على الدمية}} = 10.0 \text{ N} \quad F_{\text{خالد على الدمية}} = 11.0 \text{ N} \quad m = 0.30 \text{ kg}$$

### 3 تقويم الجواب :

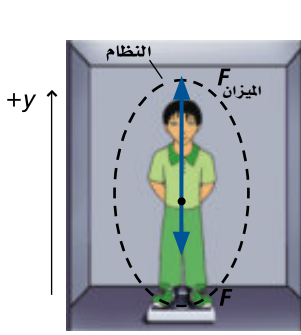
- هل الوحدات صحيحة؟  $\text{m/s}^2$  هي الوحدة الصحيحة للتسارع .
- هل الإشارات منطقية؟ التسارع في الاتجاه الموجب، وهو متوقع لأن خالدًا يسحب نحو الاتجاه الموجب بقوة أكبر من القوة التي يسحب فيها سامي نحو اليسار .
- هل المقدار منطقي؟ إن مقدار التسارع منطقي بالنسبة لدمية خفيفة .

## مسائل تدريبية



الشكل 8-4

15. وضعت بطيخة على ميزان، فإذا كانت كتلة البطيخة  $4.0 \text{ kg}$ ، ما قراءة الميزان؟
16. يتعلم أحمد التزلج على الجليد، ويساعده أبوه بأن يسحبه بحيث يكتسب تسارعًا مقداره  $0.80 \text{ m/s}^2$ ، إذا كانت كتلة أحمد  $27.2 \text{ kg}$ ، ما قوة الأب التي يسحبه بها؟ (أهمل المقاومة بين الجليد وحذاء التزلج).
17. تمسك أمل وسارة معًا بقطعة حبل كتلتها  $0.75 \text{ kg}$ ، وتشد كل منهما في الاتجاه المعاكس للأخرى. فإذا سحبت أمل بقوة  $16.0 \text{ N}$ ، وتسارع الحبل بالمقدار  $1.25 \text{ m/s}^2$  متباعدًا عنها، ما القوة التي تسحب بها سارة الحبل؟
18. يبين الشكل 8-4 قطعة مكعب كتلته  $1.2 \text{ kg}$ ، وكرة كتلتها  $3.0 \text{ kg}$ ، ما قراءة كل من الميزانين؟ (أهمل كتلة الميزانين).



■ الشكل 9-4: إذا وقفت على ميزان داخل مصعد يتسارع نحو الأعلى، فإن الميزان يؤثر نحو الأعلى بقوة أكبر من قوة وزنك التي تكون نحو الأسفل.

**الوزن الظاهري:** ما الوزن؟ تُعرف قوة الوزن على أنها  $F_g = mg$ ، وتتغير  $F_g$  كلما تغيرت  $g$ . تعتبر قيمة  $g$  ثابتة تقريباً على سطح الأرض أو بالقرب منه، ولذلك فإن وزن جسم ما لا يتغير كثيراً بالقرب من سطح الأرض. تعلمت أن الميزان المنزلقي يقرأ وزنك بشكل صحيح، إذا كانت القوة الوحيدة التي تؤثر فيك نحو الأعلى ناتجة عنه. لكن، ماذا يقرأ الميزان لو وقفت عليه بقدم واحدة بينما القدم الأخرى على الأرض؟ أو إذا ضغط زميلك على كتفيك نحو الأسفل أو إذا ضغط على مرفقيك نحو الأعلى؟ في هذه الحالات ستكون هناك قوى تلامس أخرى، تؤثر فيك وبالتالي فإن الميزان لا يقرأ وزنك. ماذا يحدث إذا وقفت على ميزان داخل مصعد؟ طالما أن المصعد متزن فإن الميزان يقرأ وزنك، وماذا يقرأ الميزان إذا تسارع المصعد نحو الأعلى؟ يبين الشكل 9-4 النموذجين التصوريين والفيزيائيين لهذه الحالة، فأنت تمثل النظام، والاتجاه الموجب نحو الأعلى.

بما أن النظام يتسارع نحو الأعلى، فإن القوة التي يؤثر بها الميزان نحو الأعلى يجب أن تكون أكبر من القوة التي يؤثر بها وزنك نحو الأسفل، لذلك فإن قراءة الميزان ستكون أكبر من وزنك وستشعر بأنك أثقل، وأن أرضية المصعد تضغط على قدميك. من جهة أخرى إذا ركبت في مصعد يتسارع نحو الأسفل ستشعر أنك أخف، وستكون قراءة الميزان أقل من وزنك. تسمى القوة التي يؤثر بها الميزان الوزن الظاهري، فالوزن الظاهري هو القوة المحصلة التي تؤثر في الجسم وتكسبه تسارعه.

### استراتيجية حل المسائل

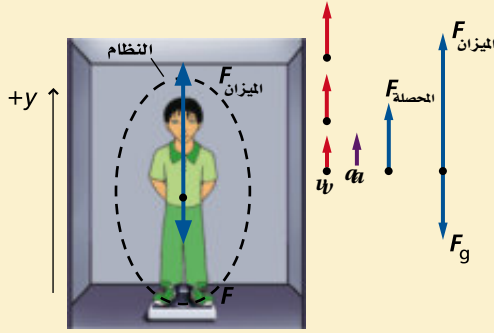
#### القوة والحركة

عند حل مسائل القوة والحركة استخدم الاستراتيجيات التالية:

1. اقرأ المسألة بعناية وارسم نموذجاً تصورياً.
2. ضع دائرة حول النظام واختر نظاماً إحداثياً.
3. حدد الكميات المعروفة والمجهولة.
4. اعمل نموذجاً فيزيائياً، وذلك برسم مخطط توضيحي للحركة يبين اتجاه التسارع، وارسم مخطط الجسم الحر لبيان القوة المحصلة.
5. استخدم قوانين نيوتن للربط بين كل من التسارع والقوة المحصلة.
6. أعد ترتيب المعادلة لحل المسألة، ولإيجاد المجهول.
7. عوض الكميات المعروفة مع وحداتها في المعادلة، وأوجد الإجابة.
8. اختبر نتائجك للتأكد من أنها منطقية.

## مثان - 2

بفرض أن شخصاً ما يقف على ميزان في مصعد، وأن كتلته تساوي 75.0 kg، في البداية كان المصعد ساكناً، ومن ثم تسارع للأعلى بمقدار 2.00 m/s<sup>2</sup> لمدة 2.00 s، ومن ثم تابع حركته باتجاه الأعلى بسرعة منتظمة. هل ستكون قراءة الميزان أثناء تسارع المصعد أكبر، أو مساوية، أو أقل من القراءة التي سجلها عندما كان المصعد ساكناً؟



### 1 تحليل المسألة ورسمها:

- ارسم مخطط الحالة للمسألة.
- اختر نظاماً إحداثياً، يكون فيه الاتجاه الموجب كما هو موضح في الرسم.
- ارسم مخطط الحركة لكل من  $a$  و  $v$ .
- ارسم مخطط الجسم الحر. لاحظ أن اتجاه محصلة القوى باتجاه التسارع نفسه، وهذا يعني أن القوة للأعلى أكبر من القوة للأسفل.

المجهول

$$F_{\text{الميزان}} = ?$$

المعلوم

$$m = 75.0 \text{ kg} \quad a = 2.00 \text{ m/s}^2$$

$$t = 2.00 \text{ s} \quad g = 9.80 \text{ m/s}^2$$

### 2 إيجاد الكمية المجهولة:

$$F_{\text{الحصلة}} = ma$$

$$F_{\text{الحصلة}} = F_{\text{الميزان}} + (-F_g)$$

$$F_{\text{الميزان}} = F_{\text{الحصلة}} + F_g$$

$$F_{\text{الميزان}} = F_{\text{الحصلة}} + F_g$$

$$= F_g$$

$$= mg$$

$$= (75.0 \text{ kg})(9.80 \text{ m/s}^2)$$

$$= 735 \text{ N}$$

$$F_{\text{الميزان}} = F_{\text{الحصلة}} + F_g$$

$$= ma + mg$$

$$= m(a + g)$$

$$= 75.0 \text{ kg}(2.00 \text{ m/s}^2 + 9.80 \text{ m/s}^2)$$

$$= 885 \text{ N}$$

$F_g$  سالبة لأنها في الاتجاه السالب للنظام الإحداثي  
لحساب  $F_{\text{الميزان}}$  نستخدم:

- عندما يكون المصعد في حالة سكون:

$$F_{\text{الحصلة}} = 0.00 \text{ N}$$

$$F_{\text{الحصلة}} = 0.0$$

$$g = 9.80 \text{ m/s}^2 \quad m = 75.0 \text{ kg}$$

- عندما يتسارع المصعد:

### 3 تقويم الجواب:

- هل الوحدات صحيحة؟ kg.m/s<sup>2</sup> هي وحدة القوة (النيوتن).
- هل الإشارة معقولة؟ تتفق الإشارة الموجبة مع النظام الإحداثي.
- هل المقدار واقعي؟ إن قوة الميزان  $F_{\text{الميزان}}$  أثناء تسارع المصعد أكبر من قيمتها عندما يكون المصعد ساكناً، لذلك فإن المقدار واقعي.

19. يبين ميزانك المنزلي أن وزنك 585 N.

a. ما كتلتك؟

b. كيف ستكون قراءة الميزان نفسه على سطح القمر؟ (تسارع الجاذبية على القمر  $= 1.6 \text{ m/s}^2$ ).

20. استخدم نتائج المثال 2 للإجابة عن مسائل حول ميزان داخل مصعد. ما القوة التي يؤثر بها الميزان في شخص يقف داخله، في الحالات التالية:

a. المصعد يتحرك بسرعة منتظمة.

b. يتباطأ المصعد بمعدل  $2.00 \text{ m/s}^2$  في أثناء حركته نحو الأعلى.

c. تزداد سرعته بمعدل  $2.00 \text{ m/s}^2$  في أثناء حركته نحو الأسفل.

d. يتحرك المصعد نحو الأسفل بسرعة منتظمة.

e. يتباطأ المصعد بمقدار ثابت حتى يتوقف.

## القوة المعيقة والسرعة الحدية

### Drag Force and Terminal Velocity

تؤثر دقائق الهواء في الأجسام التي تتحرك خلاله، وفي الحقيقة فإن الهواء يؤثر بقوة كبيرة في الأجسام المتحركة، لكن نظرًا لكونه (في أكثر الحالات) يؤثر في جميع جوانب الجسم بقوة متوازنة، فإن تأثيره يكون غير واضح.

من باب التبسيط كان تأثير قوة الهواء على جسم يتحرك خلاله مهملاً، لكن في العالم الواقعي، عندما يتحرك جسم خلال وسط مائع مثل الهواء أو الماء، فإن المائع يؤثر بقوة معيقة في الجسم المتحرك وباتجاه يعاكس حركته. ويمكن تعريف القوة المعيقة بأنها قوة الممانعة التي يؤثر بها مائع في جسم يتحرك خلاله. تعتمد القوة المعيقة على حركة الجسم حيث كلما زادت سرعة الجسم زاد مقدار هذه القوة، وكذلك تعتمد على خصائص الجسم مثل شكله وحجمه وخصائص المائع مثل لزوجته ودرجة حرارته.

## مسألة تحفيز

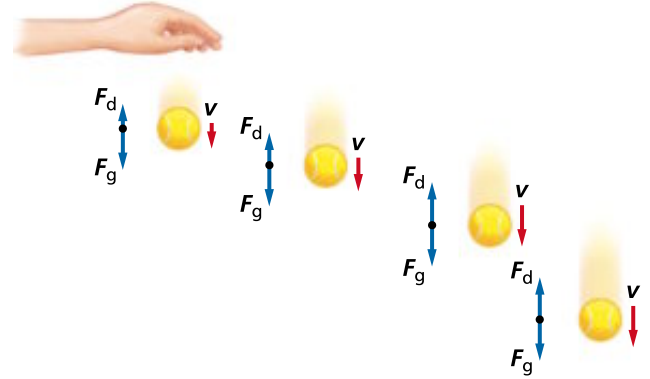
تنطلق عربة كتلتها  $0.50 \text{ kg}$  ، وتعبّر من خلال بوابة كهروضوئية (PHOTOELECTRIC GATE) بسرعة ابتدائية مقدارها  $0.25 \text{ m/s}$  ، تؤثر فيها لحظة عبورها قوة ثابتة مقدارها  $0.4 \text{ N}$  باتجاه حركتها نفسه.

1. ما تسارع العربة؟
2. إذا احتاجت العربة إلى  $1.3 \text{ s}$  للمرور خلال البوابة الثانية، ما المسافة بين البوابتين؟
3. إذا أثرت قوة مقدارها  $0.40 \text{ N}$  على العربة بواسطة خيط رُبط بالعربة، ومرر طرفه الآخر فوق بكرة عديمة الاحتكاك، ثم ربط بكتلة تعليق  $m$  . ما مقدار كتلة التعليق  $m$  ؟
4. اشتق معادلة الشد في الخيط بدلالة كل من كتلة العربة  $M$  ، وكتلة التعليق  $m$  ، وتسارع الجاذبية الأرضية  $g$  .

إذا سقطت كرة تنس الطاولة كما في الشكل 10-4، فإن سرعتها المتجهة تكون صغيرة في البداية، وبالتالي تكون القوة المعيقة المؤثرة فيها صغيرة. وبما أن قوة الجاذبية الأرضية (اتجاهها نحو الأسفل) أكبر بكثير من القوة المعيقة (اتجاهها نحو الأعلى) فإن الكرة تتسارع نحو الأسفل. وكلما ازدادت السرعة المتجهة للكرة، ازدادت معها القوة المعيقة، إلى أن تتساوى القوتان فتصبح قيمة القوة المحصلة المؤثرة على الكرة مساوية للصفر، وكذلك تسارعها، وهنا تتابع الكرة هبوطها بسرعة منتظمة. وهذه السرعة المنتظمة التي تصل إليها الكرة عندما تتساوى القوة المعيقة مع قوة الجاذبية الأرضية تسمى السرعة الحدية.

وفي حالات سقوط الأجسام الخفيفة ذات السطوح الكبيرة، يكون للقوة المعيقة تأثير ملحوظ في حركتها، وسرعان ما تصل هذه الأجسام إلى السرعة الحدية. أما الأجسام الثقيلة ذات السطوح الصغيرة، فيكون تأثيرها بالقوة المعيقة أقل كثيراً، وعلى سبيل المثال فإن السرعة الحدية لكرة تنس في الهواء  $9 \text{ m/s}$  ، ولكرة السلة  $20 \text{ m/s}$  ، أما في حالة كرة البيسبول فتصل إلى  $42 \text{ m/s}$  ، ولا بد أنك قد لاحظت كيف يقوم المظليون بزيادة أو تقليل سرعتهم الحدية قبل أن تُفتح مظلاتهم، من خلال تغيير اتجاه حركة أجسامهم وهيئاتها.

أما الجسم الذي يتخذ هيئة الصقر المجنح فله سرعة حدية صغيرة جداً قد تصل إلى  $6 \text{ m/s}$  ، وعندما يفتح المظلي مظلته فإن هيئته تتغير، ويصير جزءاً من جسم كبير (المظلي + المظلة)، وتؤثر فيه قوة معيقة كبيرة، وسرعته الحدية قليلة (في حوالي  $5 \text{ m/s}$ ).



■ الشكل 10-4: تزداد القوة المعيقة للجسم الذي يسقط سقوطاً حراً كلما زادت سرعته. وعندما تصل القوة المعيقة إلى الحد الذي تصبح فيه مساوية لقوة الجاذبية، يصبح تسارع الجسم صفراً.

21. **جاذبية القمر:** قارن بين القوة اللازمة لرفع صخرة كتلتها 10 kg على سطح الأرض، وتلك اللازمة لرفع الصخرة نفسها على سطح القمر. علمًا بأن تسارع الجاذبية على القمر يساوي  $1.62 \text{ m/s}^2$
22. **الوزن الحقيقي والظاهري:** إذا كنت تقف على ميزان في مصعد سريع ليصعد بك إلى أعلى بناية، ثم يهبط بك إلى حيث انطلقت. خلال أي من مراحل رحلتك كان وزنك الظاهري: مساويًا لوزنك الحقيقي؟ أكثر من وزنك الحقيقي؟ أقل من وزنك الحقيقي؟ ارسم مخطط الجسم الحر لكل حالة لدعم إجاباتك.
23. **التسارع:** يقف شخص كتلته 65 kg فوق لوح تزلج على الجليد، فإذا اندفع هذا الشخص بقوة 9.0 N، فما تسارعه؟
24. **حركة المصعد:** ركبت مصعدًا وأنت تمسك بميزان علق فيه جسم كتلته 1 kg، وعندما نظرت إلى الميزان كانت قراءته 9.3 N، ماذا تستنتج بشأن حركة المصعد في تلك اللحظة؟
25. **كتلة:** تلعب نورة مع زميلتها لعبة شد الحبل مستخدمة دمية. في لحظة ما خلال اللعبة سحبت نورة الدمية بقوة 22 N وسحبت زميلتها الدمية بقوة معاكسة تساوي 19.5 N فكان تسارع الدمية  $6.25 \text{ m/s}^2$ ، ما كتلة الدمية؟
26. **تسارع:** هبط مظلي بسرعة منتظمة متخذًا هيئة الصقر المجنح. هل يتسارع المظلي بعد فتح مظلته؟ إذا كانت إجابتك نعم ففي أي اتجاه؟ فسر إجابتك باستخدام قوانين نيوتن.
27. **التفكير الناقد:** يعمل حسن في مستودع، ومهمته تحميل المخزون في شاحنات حمولة كل منها 10000 N، يتم وضع الصناديق واحدًا تلو الآخر فوق حزام متحرك قليل الاحتكاك لينقلها إلى الميزان، وعند وضع أحد الصناديق الذي يزن 1000 N، تعطل الميزان. اذكر طريقة يمكن بوساطتها تطبيق قوانين نيوتن لتحديد الكتل التقريبية للصناديق المتبقية



### 4-3 قوى التأثير المتبادل Interaction forces

عرفت أنه إذا أثر مسبب بقوة محصلة في جسم فإنه يتسارع، وعرفت أيضاً أن هذه القوة يمكن أن تكون قوة مجال أو قوة تلامس. لكن ما الذي يسبب القوة؟ إذا قربت مغناطيسين من بعضهما فإنك تشعر بأن كلا منهما يسحب الآخر أو يدفعه، وكذلك إذا ضغطت بقدمك على عتلة فإنها تضغط على قدمك في الاتجاه المعاكس، لكن أيهما المسبب وأيها الجسم؟

#### تمييز قوى التأثير المتبادل Identifying Interaction Forces

تصور أنك ارتديت حذاء التزلج بالإضافة إلى جميع ملابس الأمان المناسبة، وكذلك فعل صديقك، وتصور أنه يقف أمامك وقد أدار إليك ظهره، فإذا دفعته بيديك لكي يبدأ بالتزلج إلى الأمام، ما الذي يحدث لك؟ سوف تتحرك للخلف، لماذا؟ تذكر أن القوة تنتج عن تأثير متبادل بين جسمين، فأنت حين تدفع صديقك تتلامس معه وتؤثر فيه بقوة تجعله يتحرك إلى الأمام، وبما أنه في حالة تلامس معك فإنه يؤثر فيك بقوة تؤدي إلى تغير في حركتك.

تكون القوى دائماً على شكل أزواج. اعتبر نفسك (الطالب A) تمثل نظاماً، وأن صديقك (الطالب B) يمثل نظاماً آخر، ما القوى الأفقية التي تؤثر في كل من هذين النظامين؟ يبين الشكل 11-4 مخطط الجسم الحر للنظامين، وبتأمل هذا المخطط ستلاحظ أن كل نظام يتلقى من النظام الآخر قوة تؤثر فيه.

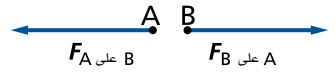
القوتان  $F_{A \text{ على } B}$  و  $F_{B \text{ على } A}$  نسميهما زوجي التأثير المتبادل، وهما عبارة عن قوتين متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه، ويطلق عليهما أحياناً قوى الفعل ورد الفعل، والتي لا يمكن أن تظهر إحدهما دون الأخرى، وقد يشير ظاهر هذه العبارة إلى أن أحدهما يسبب الآخر، لكن هذا غير صحيح. فعلى سبيل المثال: لم تُنتج القوة التي دفعت بها صديقك القوة التي أثرت فيك ودفعتك إلى الخلف. فكلتا القوتين نتجت عن التلامس بينكما.

#### الأهداف

- تُعرف قانون نيوتن الثالث.
- توضح قوى الشد التي تنشأ في الخيوط والحبال من خلال قانون نيوتن الثالث.
- تُعرف القوة العمودية (الرأسية).
- تُحدد قيمة القوة العمودية من خلال تطبيق قانون نيوتن الثاني.

#### المفردات:

- أزواج التأثير المتبادل.
- قانون نيوتن الثالث.
- قوة الشد.
- القوة العمودية.



#### ■ الشكل 11-4: عندما تؤثر بقوة

في صديقك لتدفعه للأمام، فإنه يؤثر فيك بقوة مساوية ومعاكسة، تحركك إلى الخلف.



■ الشكل 12-4 كرة قدم على طاولة موضوعة على الأرض. لاحظ أن الكرة والطاولة تشكلا زوجي تأثير متبادل، وكذلك الطاولة والأرض والكرة والأرض.

## قانون نيوتن الثالث Newton's Third Law

إن القوة التي تؤثر بها في صديقك تساوي في المقدار وتعاكس في الاتجاه القوة التي يؤثر بها صديقك فيك، وهذا يتلخص في قانون نيوتن الثالث الذي ينص على أن جميع القوى تظهر على شكل أزواج، والقوتان الزوجان تؤثران في جسمين مختلفين، وهما متساويتان في المقدار، ومتضادتان في الاتجاه.

$$F_{A \text{ على } B} = -F_{B \text{ على } A} \quad \text{قانون نيوتن الثالث}$$

القوة التي يؤثر بها A في B تساوي في المقدار وتعاكس في الاتجاه القوة التي يؤثر بها B في A.

لنفترض أنك تمسك كتاباً بيدك، ارسم مخطط الجسم الحر الخاص بك، ومخططاً آخر للكتاب، هل هناك أزواج تأثير متبادل؟ عند تمييز أزواج التأثير المتبادل في مخططات الجسم الحر يجب أن تدرك أن كلاً منهما يؤثر في جسم مختلف، ففي هذه الحالة يوجد فقط زوجا تفاعل الكتاب على اليد  $F_{\text{الكتاب على اليد}}$  و اليد على الكتاب  $F_{\text{اليد على الكتاب}}$ .

لاحظ أيضاً أن لكل جسم وزناً، وإذا كانت قوة الوزن نتيجة للتأثير المتبادل بين كل من الجسم وكتلة الأرض، فلا بد أن الجسم يؤثر بقوة في الأرض، وإذا كان الأمر كذلك، أفلا يجب أن تتسارع الأرض؟

ضع كرة قدم بحيث تستقر فوق الطاولة، والطاولة بدورها تستقر على الأرض كما في الشكل 12-4. أولاً، حلل القوى المؤثرة في الكرة: تؤثر الطاولة في الكرة بقوة نحو الأعلى، وتؤثر كتلة الأرض في الكرة بقوة الجاذبية الأرضية، وبالرغم من أن هاتين القوتين متعاكستان في الاتجاه، وتؤثران في الجسم نفسه إلا أنهما ليستا زوجي تأثير متبادل، بل مجرد قوتين تؤثران في الجسم نفسه.

لننظر الآن إلى الكرة والطاولة، فبالإضافة إلى القوة التي تؤثر بها الطاولة في الكرة نحو الأعلى، فإن الكرة تؤثر في الطاولة بقوة نحو الأسفل، وهذا يشكل زوجي تأثير متبادل، وكذلك تشكل الكرة والأرض زوجي تأثير متبادل. لذلك فإن أزواج التأثير المتبادل للكرة على الطاولة هي:

$$F_{\text{الكرة على الطاولة}} = -F_{\text{الطاولة على الكرة}}$$

كذلك

$$F_{\text{الأرض على الكرة}} = -F_{\text{الكرة على الأرض}}$$

إن التسارع الذي تكتسبه الكرة الأرضية من قوة جسم يتفاعل معها، يكون عادة متناهياً في الصغر بحيث يتم التعامل مع الأرض باعتبارها جزءاً من المحيط الخارجي لذلك الجسم، لا باعتبارها نظاماً آخر.

## تجربة

### لعبة شد الحبل

إذا كنت تلعب لعبة شد الحبل، وكان خصمك يكتفي بالإمساك بطرف الحبل دون أن يشده، كم تتوقع أن يكون مقدار القوة التي تؤثر بها في الحبل مقارنة بقوة خصمك؟

1. **توقع:** كيف تقارن بين القوتين إذا تحرك الحبل نحوك؟
2. **اختبر توقعك.** تحذير: لا تترك الحبل فجأة.

### التحليل والاستنتاج.

3. قارن بين القوة عند طرف الحبل من جهتك، والقوة في طرف الحبل الذي يمسك به خصمك. ما الذي حدث عندما بدأت بتحريك خصمك؟

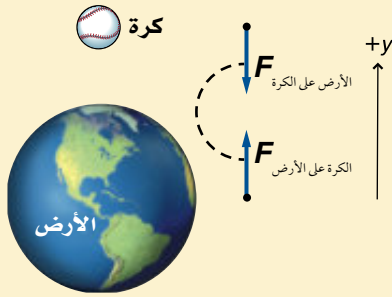
### أزواج التأثير المتبادل

يمكنك الاستعانة بالاستراتيجيات التالية في حل مسائل التأثير المتبادل بين نظامين مختلفين.

1. اعزل النظام أو الأنظمة عن المحيط الخارجي.
2. ارسم لكل نظام نموذجًا تصويريًا، ونموذجًا فيزيائيًا يشتمل على مخطط الجسم الحر، مع تحديد النظام الإحداثي.
3. صل بين كل زوجين من أزواج التأثير المتبادل بخط متقطع.
4. لإيجاد الإجابة، استخدم قانون نيوتن الثاني الذي يربط بين كل من القوة المحصلة والتسارع لكل نظام.
5. استخدم قانون نيوتن الثالث لعمل معادلة تجمع بين مقادير قوى التأثير المتبادل، وبيّن اتجاه كل قوة.
6. حل المسألة واختبر الوحدات والإشارات والمقادير للتأكد من كونها منطقية.

### مثال - 3

عندما تسقط كرة كتلتها 0.18 kg يكون تسارعها نحو الأرض مساوياً لتسارع الجاذبية الأرضية. ما القوة التي تؤثر بها الكرة في الأرض؟ وما التسارع الذي تكتسبه الأرض علمًا بأن كتلة الأرض تساوي  $6.0 \times 10^{24}$  kg .



#### 1 تحليل المسألة ورسمها:

- ارسم مخطط الجسم الحر لكلا النظامين: الكرة والأرض.
- صل بين زوجي التأثير المتبادل بخط متقطع.

المجهول

المعلوم

$$F_{\text{الكرة على الأرض}} = ?$$

$$m_{\text{الكرة}} = 0.18 \text{ kg}$$

$$m_{\text{الأرض}} = 6.0 \times 10^{24} \text{ kg}$$

$$a_{\text{الأرض}} = ?$$

$$g = 9.80 \text{ m/s}^2$$

#### 2 إيجاد الكمية المجهولة:

- استخدم القانون الثاني لنيوتن لإيجاد القوة التي تؤثر بها الأرض على الكرة:

$$F_{\text{الأرض على الكرة}} = m_{\text{كرة}} a = m_{\text{كرة}} (-g)$$

$$= (0.18 \text{ kg}) (-9.80 \text{ m/s}^2) = -1.8 \text{ N} \quad (m_{\text{كرة}} = 0.18 \text{ kg}, g = 9.80 \text{ m/s}^2) \text{ بالتعويض عن}$$

- استخدم القانون الثالث لنيوتن لإيجاد القوة التي تؤثر بها الكرة على الأرض:

$$F_{\text{الكرة على الأرض}} = -F_{\text{الأرض على الكرة}}$$

$$= -(-1.8 \text{ N}) = +1.8 \text{ N} \quad (F_{\text{الأرض على الكرة}} = -1.8 \text{ N}) \text{ بالتعويض عن}$$

- استخدم القانون الثاني لنيوتن لإيجاد التسارع الذي تكتسبه الأرض:

$$a_{\text{الأرض}} = \frac{F_{\text{محصلة}}}{m_{\text{الأرض}}}$$

$$= \frac{1.8 \text{ N}}{6.0 \times 10^{24} \text{ kg}} \quad (F_{\text{محصلة}} = 1.80 \text{ N}), (m_{\text{الأرض}} = 6.0 \times 10^{24} \text{ kg}) \text{ بالتعويض عن}$$

$$= 2.9 \times 10^{-25} \text{ m/s}^2 \text{ في اتجاه الكرة}$$

#### 3 تقويم الجواب:

- هل الوحدات صحيحة؟ يثبت تحليل الوحدات أن القوة تقاس بـ N والتسارع  $\text{m/s}^2$ .
- هل الإشارات منطقية؟ يجب أن تكون إشارة كل من القوة والتسارع موجبة.
- هل المقدار واقعي؟ بما أن كتلة الأرض كبيرة فالتسارع يجب أن يكون قليلاً.



الشكل 13-4

28. تقذف بيدك كرة بولينج خفيفة نسبياً فتتسارع الكرة نحو الأعلى، ما القوى المؤثرة في الكرة، وما القوى التي تؤثر بها الكرة؟ ما الأجسام التي تؤثر فيها هذه القوى؟

29. تسقط طوبة من فوق سقالة بناء، حدد القوى التي تؤثر في الطوبة، وتلك التي تؤثر بها الطوبة، ثم حدد الأجسام التي تؤثر فيها هذه القوى (بإهمال تأثير مقاومة الهواء).

30. قذفت كرة إلى الأعلى في الهواء، ارسم مخطط الجسم الحر الذي يمثل الكرة أثناء حركتها للأعلى، وحدد القوى التي تؤثر في الكرة، وحدد أيضاً القوى التي تؤثر بها الكرة، والأجسام التي تؤثر فيها هذه القوى.

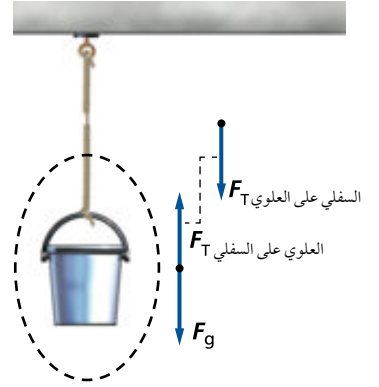
31. وضعت حقيبة سفر على عربة أمتعة ساكنة كما في الشكل 13-4، ارسم مخطط الجسم الحر لكل جسم، وبين أزواج التأثير المتبادل حيثما وجدت.

## قوة الشد في الحبال والخيوط Forces of Ropes and Strings

قوة الشد اسم يطلق على القوة التي يؤثر بها خيط أو حبل. وللتبسيط سنفترض في هذا الكتاب أن كتل الحبال والخيوط مهملة.

ومن أجل فهم أكثر عمقاً لمصطلح الشد سندرس الحالة المبينة في الشكل 14-4، حيث يعلق دلو في نهاية حبل مثبت في السقف، ستلاحظ أن الحبل يوشك أن ينقطع عند المنتصف، وإذا انقطع الحبل، سيسقط الدلو، وهذا يعني وجود قوى تجعل طرف الحبل العلوي (قبل أن ينقطع) متماسكاً مع طرفه السفلي. نرسم إلى القوة التي يؤثر بها الطرف العلوي للحبل في الطرف السفلي  $F_T$ ، وهي بحسب قانون نيوتن الثالث جزء من زوجي تأثير متبادل، أما الزوج الآخر فهو القوة التي يؤثر بها الطرف السفلي للحبل في الطرف العلوي:  $F_T$  السفلي على العلوي، وهاتان القوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه كما في الشكل 14-4.

يمكن أن تفكر في هذه الحالة بطريقة أخرى، فقبل أن ينقطع الحبل كان الدلو متزنًا، وهذا يعني أن قوة وزنه نحو الأسفل يجب أن تساوي في المقدار وتعاكس في الاتجاه قوة الشد في الحبل نحو الأعلى. الآن دعنا ننظر إلى تلك النقطة من الحبل التي تقع مباشرة فوق الدلو، وهي أيضاً في حالة اتزان. قوة الشد في الحبل أسفل هذه النقطة تسحب باتجاه الأسفل، وهي تساوي قوة الشد في الحبل أعلى هذه النقطة، وهي باتجاه الأعلى. وينطبق ذلك على أي نقطة في الحبل، وبما أن الشد في الطرف السفلي للحبل يساوي وزن الدلو، فإن الشد في كل مكان في الحبل يساوي وزن الدلو كذلك، وهكذا فإن الشد في الحبل يساوي وزن جميع الأجسام التي تعلق في أسفله، وبما أن كتلة الحبل مهملة لذلك فإن الشد في أي مكان في الحبل يساوي وزن الدلو.



الشكل 14-4: الشد في الحبل يساوي مجموع أوزان جميع الأجسام المعلقة به.

تعمل قوى الشد أيضًا في لعبة شد الحبل مثل تلك المبينة في الشكل 15-4، إذا أثر الفريق (A) الذي إلى اليسار بقوة 500 N ولم يتحرك الحبل (R)، فهذا يعني أن الفريق (B) الذي إلى اليمين يسحب الحبل أيضًا بقوة 500 N. ما الشد في الحبل في مثل هذه الحالة؟ وإذا سحب كل فريق بقوة 500 N، هل سيكون الشد الكلي في الحبل 1000 N؟ للإجابة عن ذلك سندرس كلاً من نصفي الحبل على حدة. الطرف الأيسر لا يتحرك وهذا يعني أن القوة المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفراً، لذلك فإن:

$$F_{A \text{ على } R} = F_{\text{اليسار على اليمين}} = 500 \text{ N}$$

$$F_{B \text{ على } R} = F_{\text{اليمين على اليسار}} = 500 \text{ N} \quad \text{كما أن:}$$

$$F_{\text{اليسار على اليمين}} = F_{\text{اليمين على اليسار}} \quad \text{ولكن}$$

تمثل كل من  $F_{\text{اليسار على اليمين}}$  ،  $F_{\text{اليمين على اليسار}}$  أحد من زوجي التأثير المتبادل، لذلك فهما متساويتان في المقدار، ومتعاكستان في الاتجاه، أي أن الشد الكلي في الحبل يساوي القوة التي يسحب بها كل فريق وتساوي 500 N.

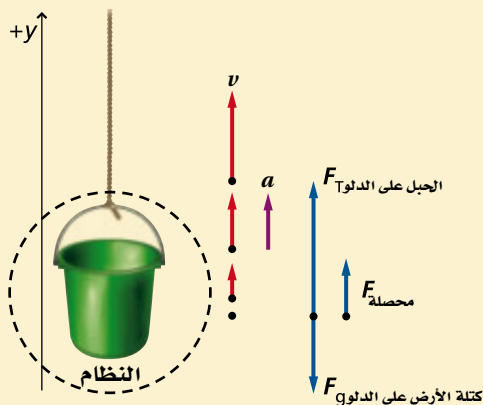
#### ■ الشكل 15-4: في لعبة شد

الحبل يؤثر كل فريق بقوة  
(من خلال الشد في الحبل)  
مساوية ومعاكسة للقوة التي  
يؤثر بها الفريق الآخر.





يُرفع دلو كتلته 50.0 kg بواسطة حبل يستطيع تحمل قوة شد قصوى مقدارها 525 N. وبعد أن يبدأ الدلو حركته من السكون، وبعد أن يتحرك على ارتفاع 3.0 m يتحرك بسرعة 3.0 m/s، فإذا كان التسارع منتظمًا، هل هناك احتمال لانقطاع الحبل؟



### 1 تحليل المسألة ورسمها:

- ارسم مخطط الحالة وبيّن القوى التي تؤثر في النظام.
- كون نظامًا إحدائيًا يكون فيه الاتجاه الموجب نحو الأعلى.
- ارسم مخططًا توضيحيًا للحركة يشتمل على كل من  $v$  و  $a$ .
- ارسم مخطط الجسم الحر، وسمّ القوى.

المجهول

المعلوم

$$F_t = ?$$

$$m = 50.0 \text{ kg} \quad v_f = 3.0 \text{ m/s}$$

$$v_i = 0.0 \text{ m/s} \quad d = 3.0 \text{ m}$$

### 2 إيجاد الكمية المجهولة:

تمثل  $F_{\text{النتيجة}}$  مجموع القوة الموجبة  $F_t$  التي يسحب بها الحبل نحو الأعلى، وقوة الوزن السالبة  $(-F_g)$  التي تؤثر باتجاه الأسفل.

$$F_{\text{النتيجة}} = F_t + (-F_g)$$

$$F_t = F_{\text{النتيجة}} + F_g$$

$$= ma + mg$$

$$= m(a + g)$$

$$F_{\text{النتيجة}} = ma, F_g = mg$$

وبما أن قيم كل من  $v_i$  و  $v_f$  و  $d$  معلومة يمكننا استخدام معادلة الحركة التالية لإيجاد التسارع  $a$ :

$$v_f^2 = v_i^2 + 2ad$$

$$a = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2d}$$

$$a = \frac{v_f^2}{2d}$$

$$v_i = 0.0 \text{ m/s} \text{ بالتعويض}$$

$$F_t = m(a + g)$$

$$F_t = m \left( \frac{v_f^2}{2d} + g \right)$$

$$a = \frac{v_f^2}{2d} \text{ بالتعويض}$$

$$F_t = (50.0 \text{ kg}) \left( \frac{(3.0 \text{ m/s})^2}{2(3.0 \text{ m})} + (9.8 \text{ m/s}^2) \right) = 565 \text{ N}$$

$$m = 50.0 \text{ kg}, v_f = 3.0 \text{ m/s}, d = 3.0 \text{ m}, g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

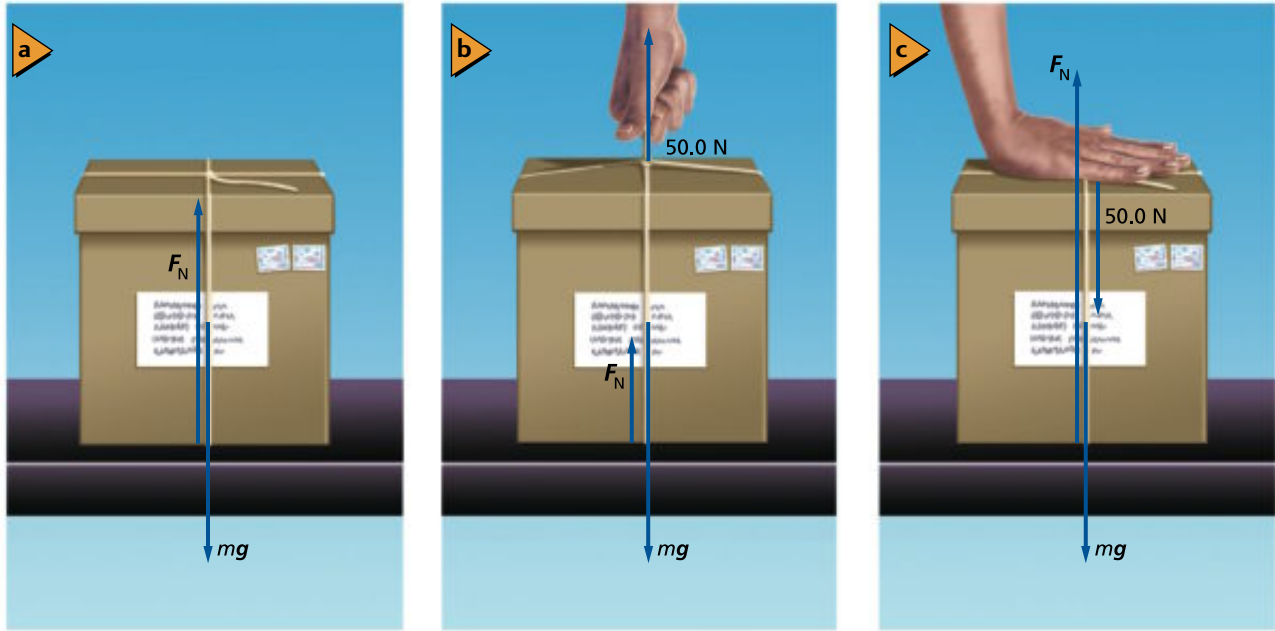
وبالتالي فإن احتمال انقطاع الحبل وارد، لأن الشد تجاوز 525 N

### 3 تقويم الجواب:

- هل الوحدات صحيحة؟ وحدة القوة هي  $\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$ ، وهي وحدة الـ N.
- هل الإشارة منطقية؟ نعم إذ يجب أن تكون القوة المؤثرة للأعلى موجبة.
- هل المقدار واقعي؟ المقدار أكثر قليلاً من 490 N الذي يمثل وزن الدلو

$$F_g = mg = (50.0 \text{ kg})(9.80 \text{ m/s}^2) = 490 \text{ N}$$

32. وضعت معدات في دلو فأصبحت كتلته 42 kg، فإذا رفع الدلو إلى سطح منزل بواسطة حبل يتحمل شداً لا يتجاوز 450 N، فما أقصى تسارع يمكن أن يكتسبه الدلو أثناء سحبه إلى أعلى السطح؟
33. حاول سالم وأحمد إصلاح دولاب السيارة، لكنهما واجها صعوبة كبيرة في نزع الإطار المطاطي عن العجلة، فقاما بسحبه معاً حيث سحب أحمد بقوة 23 N، وسالم بقوة 31 N، عندها تمكنا من زحزحة الإطار. ما مقدار القوة بين الإطار والدولاب؟



## القوة العمودية The Normal Force

عندما يتلامس جسمان فإن كلا منهما يؤثر في الآخر بقوة، فالصندوق الموضوع على سطح الطاولة، تؤثر فيه الجاذبية الأرضية بقوة نحو الأسفل، وبالمقابل تؤثر فيه الطاولة بقوة نحو الأعلى، وهذه القوة موجودة بالضرورة لأن الصندوق متزن. إن القوة العمودية هي قوة تلامس يؤثر بها سطح في جسم آخر تكون القوة العمودية دائماً عمودية على مستوى التلامس بين الجسمين، ولكن هل تكون هذه القوة دائماً مساوية لوزن الجسم؟ انظر الشكل 16a-4؟ وماذا يحدث إذا ربطت الصندوق بخيط وسحبته قليلاً إلى الأعلى بقوة شديدة لا تكفي لرفع الصندوق عن الطاولة؟ انظر الشكل 16b-4. بتطبيق قانون نيوتن الثاني على الصندوق نجد أن:

$$F_N + F_t - F_g = ma = 0$$

- الشكل 16-4: القوة العمودية المؤثرة في جسم لا تساوي دائماً وزنه.
- a: القوة العمودية تساوي وزن الجسم.
- b: القوة العمودية أقل من وزن الجسم.
- c: القوة العمودية أكبر من وزن الجسم.

وبترتيب المعادلة نجد أن:

$$F_N = F_g - F_t$$

تلاحظ في هذه الحالة أن القوة العمودية التي تؤثر بها الطاولة في الصندوق أقل من وزن الصندوق  $F_g$ ، أما إذا ضغطت على الصندوق باتجاه الأسفل كما في الشكل 4-16c فستصبح القوة العمودية أكبر من وزن الصندوق.

### 4-3 مراجعة

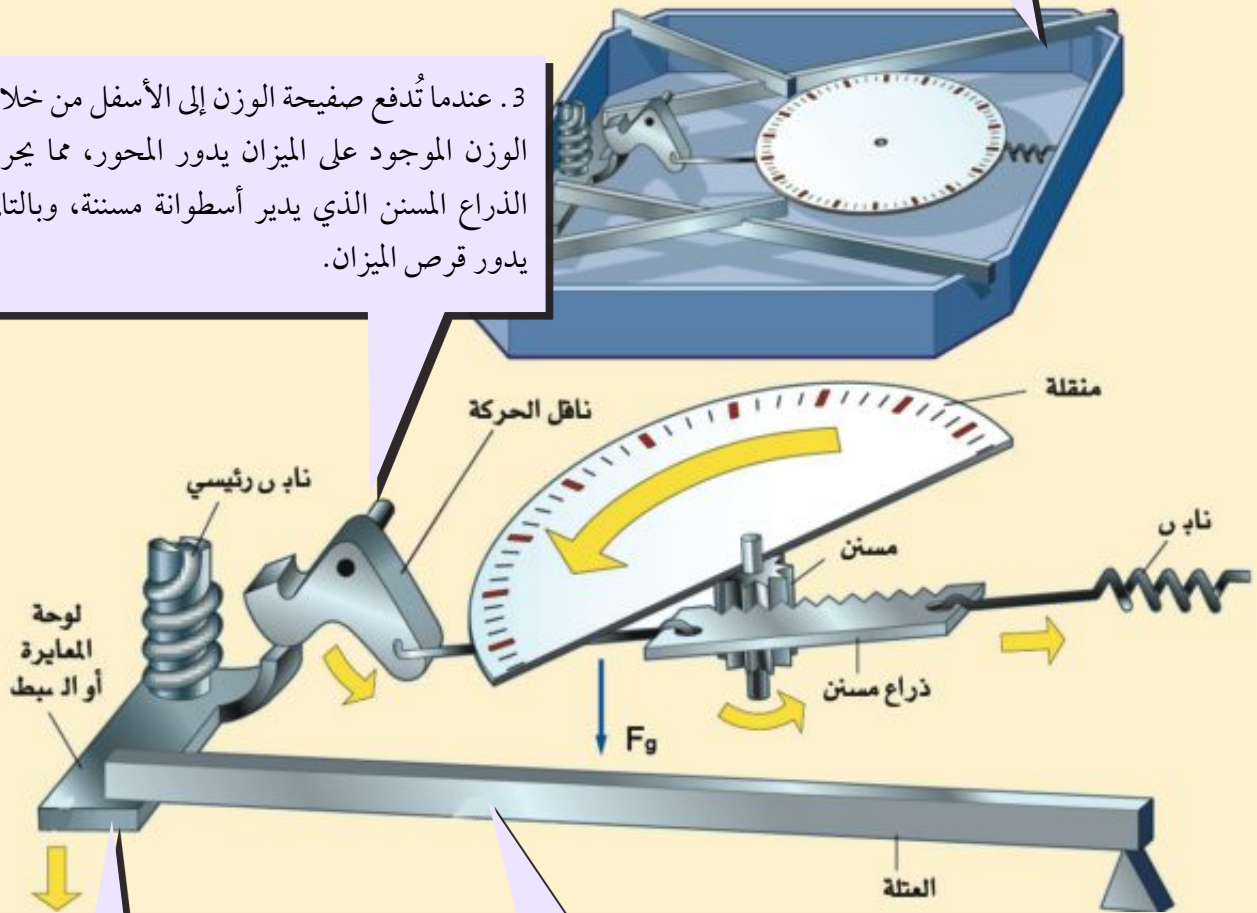
34. **القوة:** أسند كتاباً إلى راحة يدك بحيث يكون مستقرًا ساكنًا، حدد القوى، وأزواج التأثير المتبادل التي تؤثر في الكتاب؟
35. **القوة:** إذا أخفضت الكتاب الوارد في المسألة 34 بتحريك يدك للأسفل بسرعة متزايدة، هل يتغير أي من القوى، أو أزواج التأثير المتبادل المؤثرة في الكتاب؟ وضح ذلك.
36. **الشد:** تتدلى من السقف قطعة قريميد مربوطة بحبل مهمل الكتلة، ومربوط بها من الأسفل قطعة قريميد أخرى بوساطة حبل مهمل الكتلة أيضًا. ما الشد في كل من الحبلين إذا كانت كتلة كل قطعة 5.0 kg؟
37. **الشد:** إذا كانت كتلة قطعة القريميد السفلية الواردة في المسألة 36 تساوي 3.0 kg، والشد في الحبل العلوي 63.0 N، احسب كل من الشد في الحبل السفلي، وكتلة قطعة القريميد.
38. **القوة العمودية:** يُسلم صالح صندوقاً كتلته 13 kg إلى شخص كتلته 61 kg يقف على منصة، ما القوة العمودية التي تؤثر بها المنصة في هذا الشخص؟
39. **التفكير الناقد:** توضع ستارة بين فريقين لشد الحبل بحيث تمنع كل فريق من رؤية الفريق الآخر، فإذا ربط أحد الفريقين طرف الحبل الذي من جهته بشجرة، ما الشد المتولد في الحبل إذا سحب الفريق الآخر بقوة 500 N؟ وضح ذلك.

# كيف تعمل الأشياء؟

## الميزان المنزلي

1. هناك (رافعتان) عتلتان طويلتان وأخرتان قصيرتان توصلان معًا، وهناك مساند في غطاء الميزان فوق العتلات لتوزيع الوزن عليها.

3. عندما تُدفع صفيحة الوزن إلى الأسفل من خلال الوزن الموجود على الميزان يدور المحور، مما يحرك الذراع المسنن الذي يدير أسطوانة مسننة، وبالتالي يدور قرص الميزان.



4. عندما تكون قوة النابض الرئيس  $F_{sp}$  المتمدد تساوي  $F_g$  فإن الذراع الأسطوانية المسننة تثبت ولا تتحرك ويظهر وزنك على القرص المدرج.

2. تتركز العتلتان الطويلتان على صفيحة الميزان التي تتصل بالنابض الأساسي. وعندما تقف على سطح الميزان فإن وزنك  $F_g$  يؤثر في العتلات التي تؤثر بدورها بقوة في الصفيحة المغايرة وتؤدي إلى استطالة النابض الرئيس.

### تفكير ناقد

1. الفرضية لا تؤثر معظم النوابض في الموازين المنزلية بقوة أكبر من 98N، كيف تتجنب كسر الميزان إذا وقفت عليه؟
2. الحل إذا كانت أكبر قراءة على الميزان 1068 N، والنابض يؤثر بقوة أقصاها 89N، فما النسبة التي تستعملها العتلة؟

# مختبر الفيزياء

## القوى في المصعد

هل ركبت يوماً مصعداً سريعاً جداً؟ هل كنت تشعر بالارتياح؟ كيف تشعر أثناء ركوب العجلة الدوارة عندما تتحرك بسرعة إلى الأعلى وإلى الأسفل؟ ما القوى التي تؤثر فيك أثناء ركوبك؟ في هذه التجربة سوف تدرس القوى التي تؤثر فيك أثناء الحركة العمودية، بما فيها قوة الجاذبية الأرضية مستخدماً الميزان المنزلي الذي يقيس وزنك بوحدة النيوتن  $N$ .

### سؤال التجربة:

ما القوى التي تؤثر في بعد واحد، في جسم يتحرك في الاتجاه العمودي بالنسبة للأرض؟

#### احتياطات السلامة



احترس أثناء العمل بجانب باب المصعد.

لا تعيق عمل المصعد.

راقب الكتلة المعلقة في الميزان النابض، واحرص ألا تسقط على أقدام من في المصعد.

#### المواد والأدوات

مصعد - ميزان منزلي.

ميزان زبركي نابض - كتلة.

#### الخطوات

1. علق الكتلة بعناية بخطاف الميزان الزبركي النابض، ودون وزنها في جدول البيانات.
2. اجعل الكتلة تتسارع نحو الأعلى، ثم حركها في الاتجاه نفسه بسرعة منتظمة، ثم أبطئ سرعتها. دون كلا مائلي: قيمة أكبر قوة سجلها الميزان، وقيمة القوة في حالة السرعة المنتظمة، وقيمة أقل قراءة للميزان.

#### الأهداف

تقيس القوى التي تؤثر في أجسام تتحرك في الاتجاه العمودي.

تقارن بين الوزن الحقيقي، والوزن الظاهري.

تحلل بياناتك المتعلقة بتسارع المصاعد وتقارنها بتلك التي توصل إليها زملاؤك.





جدول البيانات	
القوة (الخطوة 1)	
أعلى قراءة (الخطوة 2)	
القراءة عند الحركة بسرعة منتظمة (الخطوة 2)	
أقل قراءة (الخطوة 2)	
وزنك (الخطوة 3)	
أعلى قراءة (الخطوة 4)	
القراءة عند السرعة المنتظمة (الخطوة 5)	
أقل قراءة (الخطوة 6)	

### الاستنتاج والتطبيق

كيف يمكن أن تقوم بتجربة لتحديد تسارع لعبة العجلة الدوارة في مدينة الملاهي (من النوع الذي ينخفض بسرعة أو يرتفع بسرعة)؟

### التوسع في البحث

كيف يستطيع ميزان أن يقيس بوحدة الكيلوجرام ووحدة النيوتن في الوقت نفسه؟

### الفيزياء في الحياة

في الطائرات النفاثة عالية الأداء تقاس القوى المؤثرة في الطيارين بمقدار يساوي مضاعفات قوة الجاذبية الأرضية  $g$ . فما الذي يعنيه أن يتأثر الطيار بقوة سحب تساوي 6 أضعاف  $g$  عند الإقلاع؟

### التواصل

**يمكنك** زيارة الموقع [Obeikaneducation.com](http://Obeikaneducation.com)

لعرض تسارع المصعد الذي حصلت عليه من خلال التجربة السابقة، ومقارنته بمساعد أخرى في البلاد، أو حتى حول العالم. اعرض تفاصيل رحلة ركوبك المصعد بحيث يمكنك تقويم تسارعه، ومدى راحة الراكب أثناء رحلته.

**الفيزياء** عبر المواقع الإلكترونية

لمزيد من المعلومات عن القياسات ارجع إلى الموقع الإلكتروني [obeikaneducation.com](http://obeikaneducation.com)

3. اطلب الإذن من معلمك بمتابعة التجربة داخل مصعد يقف في الطابق الأرضي. قبل دخولك المصعد قس وزنك باستعمال الميزان المنزلي ودون نتيجة القياس في جدول البيانات.

4. قف على الميزان داخل المصعد وسجل الوزن في حالة السكون. ثم اضغط على زر المصعد الذي يشير إلى أعلى طابق يمكن أن يصل إليه. راقب مؤشر الميزان بدءاً من اللحظة التي يبدأ فيها المصعد حركته، وفي أثناء تسارعه نحو الأعلى. سجل أعلى قراءة للميزان في جدول البيانات.

5. عندما تصبح سرعة المصعد منتظمة، سجل قراءة الميزان في جدول البيانات.

6. حدد أقل قراءة يسجلها الميزان بعد أن يبدأ المصعد بالتباطؤ وسجلها في جدول البيانات.

### التحليل

1. **وضح** في الخطوة 2 لماذا تظهر الكتلة وكأنها تكتسب وزناً إضافياً عندما تتسارع نحو الأعلى؟ صغ معادلة رياضية تلخص هذا المفهوم.

2. **وضح** لماذا تبدو الكتلة وكأنها تتناقص عندما تتباطأ في نهاية حركتها خلال الخطوة 3؟ صغ معادلة رياضية تختصر هذا المفهوم.

3. **قس** إذا كان ميزانك يقيس بوحدة الكيلوجرام. حول جميع القراءات إلى النيوتن.

4. **حلل** احسب تسارع المصعد في بداية رحلتك مستعملاً المعادلة  $F_{\text{الميزان}} = ma + mg$ .

5. **استخدم الأرقام** ما تسارع المصعد في نهاية رحلتك؟



## 4-1 القوة والحركة Force and Motion

### المفردات:

- القوة.
- قوة التلامس (التماس).
- قوة المجال
- مخطط الجسم الحر.
- القوة المحصلة.
- قانون نيوتن الثاني.
- قانون نيوتن الأول.
- القصور الذاتي.
- الاتزان.

### المفاهيم الرئيسية:

- الجسم الذي يعاني من دفع أو سحب تؤثر فيه قوة.
- للقوة مقدار واتجاه.
- تقسم القوى إلى قوى تلامس، وقوى مجال.
- في مخطط الجسم الحر، ارسم دائمًا متجهات القوة بحيث تشير بعيدًا عن الجسم حتى لو كانت تمثل قوى دفع.
- لايجاد القوة المحصلة نجمع القوى التي تؤثر في الجسم باعتبارها متجهات.
- ينص قانون نيوتن الثاني على أن تسارع نظام ما يساوي ناتج قسمة القوة المحصلة المؤثرة فيه على كتلته  $a = \frac{F_{\text{المحصلة}}}{m}$
- ينص قانون نيوتن الأول على أن الجسم الساكن يبقى ساكنًا، والجسم المتحرك يبقى متحركًا في خط مستقيم وبسرعة منتظمة، فقط في حالة ما إذا كانت القوة المحصلة المؤثرة في الجسم تساوي صفرًا.
- الجسم الذي تؤثر فيه قوة محصلة تساوي صفرًا يكون مترنًا.

## 4-2 تطبيقات قانون نيوتن الثاني Applications of Newton's Second Law

### المفردات:

- الوزن الظاهري.
- القوة المعيقة.
- السرعة الحدية.

### المفاهيم الرئيسية:

- الوزن الظاهري لجسم ما هو القوة المحصلة التي تؤثر في الجسم، وتكسبه تسارعًا.
- يعتمد وزن جسم ما على التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية وكتلة الجسم.
- تأثير القوة المعيقة على جسم يحدد بواسطة حركة الجسم، وخصائص كل من الجسم والمائع.
- إذا وصلت سرعة جسم ساقط إلى حد أن القوة المعيقة تساوي وزنه، فإن الجسم يحتفظ بسرعة منتظمة تسمى السرعة الحدية.

## 4-3 قوى التأثير المتبادل Interaction Forces

### المفردات:

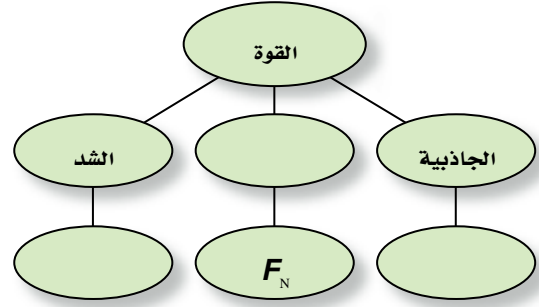
- أزواج التأثير المتبادل.
- قانون نيوتن الثالث.
- قوة الشد.
- القوة العمودية.

### المفاهيم الرئيسية:

- في زوجي التأثير المتبادل القوة  $F_{A \text{ على } B}$  ليست سببا في نشوء القوة  $F_{B \text{ على } A}$  فهما إما أن تكونا معًا أو لا توجدان على الإطلاق.
- ينص قانون نيوتن الثالث على أن قوتي زوجي التأثير المتبادل متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه وتؤثران في أجسام مختلفة.  $F_{A \text{ على } B} = - F_{B \text{ على } A}$
- الشد اسم يطلق على القوة التي يؤثر بها حبل أو خيط في جسم ما.
- القوة العمودية قوة ناتجة عن تلامس جسمين، وتكون دائمًا عمودية على مستوى التلامس بينهما.

## خريطة المفاهيم

40. أكمل خريطة المفاهيم التالية باستخدام مايلي من المصطلحات والرموز: القوة العمودية،  $F_g$ ،  $F_i$



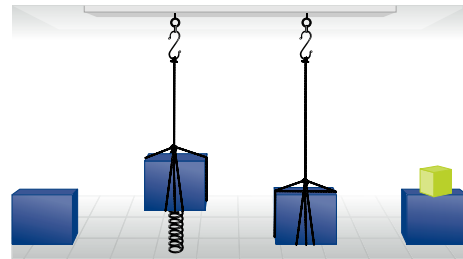
## إتقان المفاهيم

41. افترض أن تسارع جسم ما يساوي صفراً، هل يعني هذا عدم وجود أية قوى تؤثر فيه؟

42. إذا كان كتابك متزنًا، ما القوى التي تؤثر فيه؟

43. تسقط صخرة من جسر إلى واد، تؤثر الأرض في الصخرة بقوة جذب وتجعلها تتسارع نحو الأسفل، وحسب قانون نيوتن الثالث فإن الصخرة تؤثر أيضًا في الأرض بقوة سحب، ولكن لا يبدو أن الأخيرة تتسارع باتجاه الأعلى. فسر ذلك.

44. يبين الشكل 4-17 كتلة في أربعة أوضاع مختلفة رتب هذه الأوضاع حسب مقدار القوة العمودية بين الكتلة والسطح وذلك من الأكبر إلى الأصغر. أشر إلى أية علاقة بين نتائج الإجابة.



الشكل 4-17

45. فسر، لماذا يكون الشد ثابتًا في كل نقاط حبل مهمل الكتلة؟

46. يقف طائر على قمة مبنى. ارسم مخطط الجسم الحر لكل من الطائر والمبنى. وأشر إلى أزواج التأثير المتبادل بين المخططين.

## تطبيق المفاهيم

47. قذفت كرة في الهواء إلى الأعلى، وفي خط مستقيم:

a. ارسم مخطط الجسم الحر للكرة عند ثلاث نقاط في مسار حركتها: في طريقها نحو الأعلى، وعند القمة، وفي طريقها نحو الأسفل. حدد القوى التي تؤثر في الكرة.

b. ما سرعة الكرة عند أعلى نقطة وصلت إليها؟

c. ما تسارع الكرة عند هذه النقطة؟

## إتقان حل المسائل

### 4-1 القوة والحركة

48. ما القوة المحصلة التي تؤثر في كرة كتلتها 1.0 kg وتسقط سقوطًا حرًا؟

49. تتباطأ سيارة كتلتها 2300 kg بمعدل  $3.0 \text{ m/s}^2$  عندما تقترب من إشارة مرور. ما مقدار القوة المحصلة التي تجعلها تتباطأ وفق المعدل المذكور؟

### 4.2 تطبيقات قانون نيوتن الثاني

50. ما وزنك بوحدة النيوتن؟

51. تزن دراجتك النارية الجديدة 2450 N، ما كتلتها بالكيلوجرام؟

52. وضع تلفاز كتلته 7.50 kg على ميزان نابض. إذا كانت قراءة الميزان 78.4 N، ما تسارع الجاذبية الأرضية في ذلك المكان؟

## تقويم الفصل - 4

### 4.3 قوى التأثير المتبادل

57. وضع مكعب من الحديد كتلته  $6.0 \text{ kg}$  على سطح مكعب آخر كتلته  $7.0 \text{ kg}$  يستقر بدوره على سطح طاولة أفقية، احسب:

a. مقدار واتجاه القوة التي يؤثر بها المكعب الذي كتلته  $7.0 \text{ kg}$  في المكعب الآخر.

b. مقدار واتجاه القوة التي يؤثر بها المكعب الذي كتلته  $6.0 \text{ kg}$  في المكعب الذي كتلته  $7.0 \text{ kg}$ .

58. تسقط قطرة مطر كتلتها  $2.45 \text{ mg}$  على الأرض. ما مقدار القوة التي تؤثر بها في الأرض؟

59. يلعب شخصان لعبة شد الحبل، يقوم أحدهما وكتلته  $90.0 \text{ kg}$  بشد الحبل بحيث يكتسب الشخص الآخر وكتلته  $55 \text{ kg}$  تسارعاً مقداره  $0.025 \text{ m/s}^2$ . ما القوة التي يؤثر بها الحبل في الشخص ذي الكتلة الأكبر؟

60. تسارع طائرة مروحية كتلتها  $4500 \text{ kg}$  نحو الأعلى بمعدل  $2.0 \text{ m/s}^2$ . احسب القوة التي يؤثر بها الهواء في المرواح؟

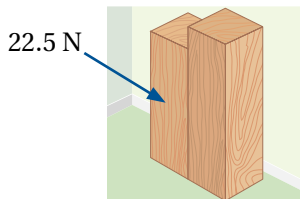
### مراجعة عامة

61. يُدفع جسمان كتلة أحدهما  $4.3 \text{ kg}$ ، والآخر  $5.4 \text{ kg}$  بقوة أفقية مقدارها  $22.5 \text{ N}$ ، على سطح مهمل الاحتكاك (انظر الشكل 18-4).

a. ما تسارع الجسمين؟

b. ما القوة التي يؤثر بها الجسم الذي كتلته  $4.3 \text{ kg}$  في الجسم الذي كتلته  $5.4 \text{ kg}$ ؟

c. ما القوة التي يؤثر بها الجسم الذي كتلته  $5.4 \text{ kg}$  في الجسم الذي كتلته  $4.3 \text{ kg}$ ؟



الشكل 18-4

53. وضع ميزان داخل مصعد. ما القوة التي يؤثر بها الميزان في شخص يقف عليه كتلته  $53 \text{ kg}$ ، وذلك في الحالات التالية:

a. إذا تحرك المصعد بسرعة منتظمة نحو الأعلى.

b. إذا تباطأ المصعد بمعدل  $2.0 \text{ m/s}^2$  في أثناء حركته للأعلى.

c. إذا تسارع المصعد بمعدل  $2.0 \text{ m/s}^2$  في أثناء حركته للأسفل.

d. إذا تحرك المصعد نحو الأسفل بسرعة منتظمة.

e. إذا تباطأ المصعد في أثناء حركته للأسفل بتسارع منتظم حتى يتوقف.

54. **فلك:** إذا كان تسارع الجاذبية على سطح عطارد يعادل  $0.38$  من قيمته على سطح الأرض:

a. ما وزن جسم كتلته  $6.0 \text{ kg}$  على سطح عطارد؟

b. إذا كان تسارع الجاذبية على سطح بلوتو يساوي  $0.08$  من ذلك الذي على سطح عطارد، ما وزن كتلة  $7.0 \text{ kg}$  على سطح بلوتو؟

55. قفز غواص كتلته  $65 \text{ kg}$  من قمة برج ارتفاعه  $10.0 \text{ m}$ .

a. أوجد سرعة الغواص لحظة ارتطامه بسطح الماء.

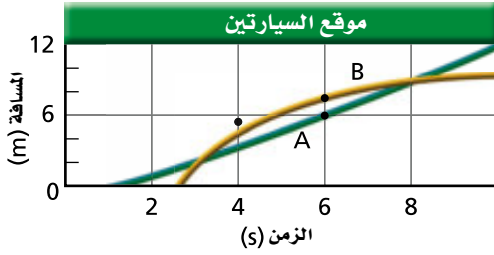
b. يتوقف الغواص على بعد  $2.0 \text{ m}$  تحت سطح الماء، أوجد محصلة القوة التي يؤثر بها الماء في الغواص.

56. بدأت سيارة سباق كتلتها  $710 \text{ kg}$  حركتها من السكون وقطعت مسافة  $40.0 \text{ m}$  في  $3.0 \text{ s}$ ، فإذا كان تسارع السيارة منتظماً خلال هذه الفترة، ما القوة المحصلة التي تؤثر فيها؟

## تقويم الفصل - 4

### مراجعة تراكمية

65. يبين الشكل 4-21 الرسم البياني لمنحنى (الموقع-الزمن) لحركة سيارتين على الطريق.  
a. عند أية لحظة تتجاوز إحدى السيارتين الأخرى؟

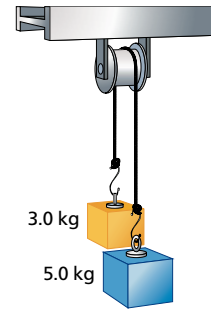


الشكل 4-21 ■

- b. أي السيارتين كانت تتحرك أسرع عند الزمن 7.0s؟  
c. ما الزمن الذي تتساوى عنده السرعتان المتجهتان للسيارتين؟  
d. ما الفترة الزمنية التي تتزايد خلالها سرعة السيارة B؟  
e. ما الفترة الزمنية التي تتناقص خلالها سرعة السيارة B؟  
66. بالرجوع إلى الشكل السابق، احسب السرعة اللحظية لكل مما يلي:

- a. السيارة B عند اللحظة 2.0 s  
b. السيارة B عند اللحظة 9.0 s  
c. السيارة A عند اللحظة 2.0 s

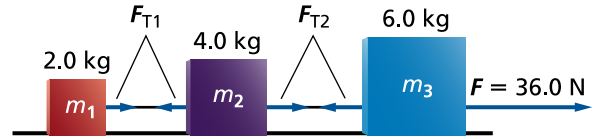
62. جسمان كتلة الأول 5.0 kg، والثاني 3.0 kg، مربوطان بحبل مهملة الكتلة (انظر الشكل 4-19). يمرر الحبل فوق بكرة ملساء مهملة الكتلة. فإذا انطلق الجسمان من السكون، أوجد ما يلي:  
a. الشد في الحبل.  
b. تسارع الجسمين.



الشكل 4-19 ■

### التفكير الناقد

63. ثلاث كتل متصلة بوساطة خيوط مهملة الكتل، سحب الكتل بقوة أفقية على سطح أملس كما في الشكل 4-20، أوجد:  
a. تسارع كل كتلة.  
b. قوة الشد في كل خيط.



الشكل 4-20 ■

### الكتابة في الفيزياء

64. ابحث عن إسهامات نيوتن في الفيزياء واكتب عن ذلك موضوعاً. هل تعتقد أن قوانينه الثلاثة في الحركة كانت من أهم إنجازاته؟ وضح إجابتك؟

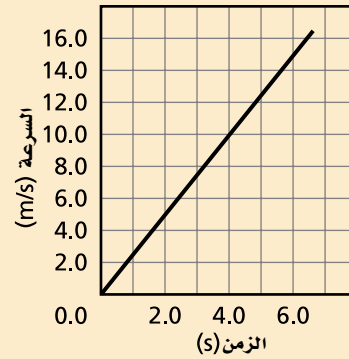
## اختبار مقنن

### أسئلة اختيار من متعدد:

1. ما تسارع السيارة الموضح بالرسم أدناه:

a.  $0.20 \text{ m/s}^2$  .c.  $1.0 \text{ m/s}^2$

b.  $0.40 \text{ m/s}^2$  .d.  $2.5 \text{ m/s}^2$



2. بالاعتماد على الرسم البياني أعلاه، ما المسافة

التي قطعتها السيارة بعد 4s؟

a. 13 m .c. 80 m

b. 40 m .d. 90 m

3. إذا تحركت السيارة في الرسم البياني أعلاه

بتسارع منتظم، كم ستكون سرعتها المتجهة بعد

10 s؟

a.  $10 \text{ km/h}$  .c.  $90 \text{ km/h}$

b.  $25 \text{ km/h}$  .d.  $120 \text{ km/h}$

4. ما وزن مجس فضائي كتلته  $225 \text{ kg}$  على سطح

القمر؟ (بفرض أن مقدار تسارع الجاذبية على

القمر  $1.62 \text{ m/s}^2$ ).

a.  $139 \text{ N}$  .c.  $1.35 \times 10^3 \text{ N}$

b.  $364 \text{ N}$  .d.  $2.21 \times 10^3 \text{ N}$

5. يجلس طفل كتلته  $45 \text{ kg}$  في أرجوحة كتلتها  $3.2 \text{ kg}$

مربوطة إلى غصن شجرة، ما مقدار قوة الشد في

حبل الأرجوحة؟

a.  $3.1 \times 10^2 \text{ N}$  .c.  $4.5 \times 10^2 \text{ N}$

b.  $4.4 \times 10^2 \text{ N}$  .d.  $4.7 \times 10^2 \text{ N}$

6. إذا تدلى غصن الشجرة في المسألة السابقة نحو

الأسفل، بحيث تستند قدما الطفل على الأرض،

وأصبحت قوة الشد في حبل الأرجوحة  $220 \text{ N}$ .

ما مقدار القوة العمودية المؤثرة في قدمي الطفل؟

a.  $2.2 \times 10^2 \text{ N}$  .c.  $4.3 \times 10^2 \text{ N}$

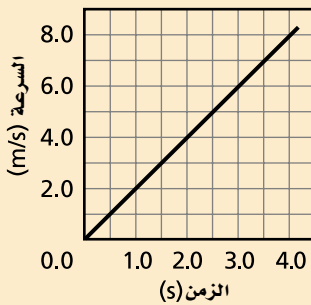
b.  $2.5 \times 10^2 \text{ N}$  .d.  $6.9 \times 10^2 \text{ N}$

7. اعتماداً على الرسم البياني أدناه، ما مقدار القوة

المؤثرة في عربة كتلتها  $16 \text{ kg}$ ؟

a.  $4 \text{ N}$  .c.  $16 \text{ N}$

b.  $8 \text{ N}$  .d.  $32 \text{ N}$



### الأسئلة الممتدة:

8. ارسم مخطط الجسم الحر لطفل يقف على

ميزان في مصعد. ثم صف باستخدام الكلمات

والمعادلات الرياضية ما يحدث لوزن الطفل

الظاهري عندما: يتسارع المصعد نحو الأعلى،

ينزل المصعد بسرعة منتظمة نحو الأسفل،

وعندما يهبط المصعد بشكل حر نحو الأسفل.

✓ إرشاد

حسن نتائجك

كي تحقق أفضل النتائج في اختبارك المقنن؛

فإنك بحاجة إلى توقع إجابة منطقية للسؤال.

بعد ذلك أعد قراءة السؤال، وبعد التوصل إلى

الإجابة النهائية قارنها بالنتيجة التي توصلت إليها

وتوقعتها.

# مصادر تعليمية للطالب

- دليل الرياضيات
- المصطلحات



# دليل الرياضيات

## الرموز symbols

$\Delta$ التغير في الكمية	
$\pm$ زائد أو ناقص الكمية	
$\propto$ يتناسب مع	
$=$ يساوي	
$\approx$ تقريباً يساوي	
$\equiv$ تقريباً يساوي	
$\leq$ أقل من أو يساوي	
$\geq$ أكبر من أو يساوي	
$<<$ أقل بكثير من	
$\equiv$ يعرف كـ	
$a \times b$	$a$ مضروبة في $b$
$ab$	
$a(b)$	
$a \div b$	$a$ مقسومة على $b$
$a/b$	
$\frac{a}{b}$	
$\sqrt{a}$	الجذر التربيعي لـ $a$
$ a $	القيمة المطلقة لـ $a$
$\log_b x$	لوغاريتم $x$ بالنسبة إلى الأساس $b$

## القياسات والأرقام المعنوية Measurement and significant Digits

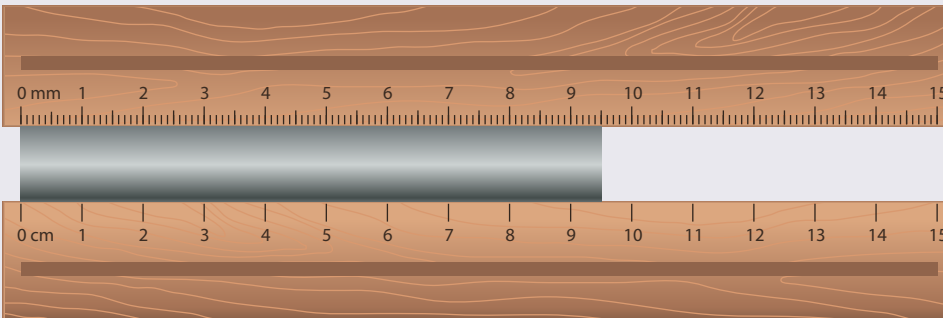
**ارتباط الرياضيات بالفيزياء** تعتبر الرياضيات لغة الفيزياء، فباستخدام الرياضيات يستطيع الفيزيائيون وصف العلاقات بين مجموعة من القياسات عن طريق المعادلات. ويرتبط كل قياس برمز معين في المعادلات الفيزيائية، وتسمى هذه الرموز بالمتغيرات.

## الأرقام المعنوية Significant Digits

إن جميع القياسات تقريبية وتمثل بأرقام معنوية، بحيث يعبر عدد الأرقام المعنوية عن الدقة في القياس، وتعتبر الدقة مقياساً للقيمة الحقيقية. ويعتمد عدد الأرقام المعنوية في القياس على الوحدة الأصغر في أداة القياس، بحيث يتم تقدير الرقم الأبعد إلى اليمين في نتيجة القياس.

مثال: ما الرقم المقدّر لكل من مساطر القياس الموضحة في الشكل أدناه والمستخدم لقياس طول القضيب؟ باستخدام أداة القياس السفلية نجد أن طول القضيب بين 9 cm و 10 cm. لذلك فإن القياس سوف يقدر إلى أقرب جزء عشري من السنتيمتر، وإذا كان الطول المقيس يقع تماماً عند 9 cm أو 10 cm فيجب عليك تسجيل نتيجة القياس 9.0 cm أو 10.0 cm.

وعند استخدام أداة القياس العليا، فإن نتيجة القياس تقع بين 9.5 cm و 9.6 cm لذلك فإن القياس سوف يقدر إلى أقرب جزء مئوي من السنتيمتر، وإذا كان الطول المقيس يقع تماماً عند 9.5 cm أو 9.6 cm، فيجب عليك تسجيل القياس 9.50 cm أو 9.60 cm.



# دليل الرياضيات

كل الأرقام غير الصفرية في القياسات أرقام معنوية. بعض الأصفار أرقام معنوية وبعضها ليست أرقامًا معنوية، وكل الأرقام من اليسار وحتى الرقم الأخير من اليمين والمتضمنة الرقم الأول غير الصفرية تعتبر أرقامًا معنوية. استخدم القواعد التالية عند تحديد عدد الأرقام المعنوية.

1. الأرقام غير الصفرية أرقام معنوية.
2. الأصفار الأخيرة بعد الفاصلة العشرية أرقام معنوية.
3. الأصفار بين رقمين معنويين أرقام معنوية.
4. الأصفار التي تستخدم بهدف حجز منازل فقط هي أرقام ليست معنوية.

مثال: حدد عدد الأرقام المعنوية في كل من القياسات التالية:

5.0 g	يتضمن رقمين معنويين	استخدم القواعد 1 و 2
14.90 g	يتضمن أربعة أرقام معنوية	استخدم القواعد 1 و 2
0.0	يتضمن رقمًا معنويًا واحدًا	استخدم القواعد 2 و 4
300.00 mm	يتضمن خمسة أرقام معنوية	استخدم القواعد 1 و 2 و 3
5.06s	يتضمن ثلاثة أرقام معنوية	استخدم القواعد 1 و 3
304s	يتضمن ثلاثة أرقام معنوية	استخدم القواعد 1 و 3
0.0060 mm	يتضمن رقمين معنويين (6 والصفر الأخير)	استخدم القواعد 1 و 2 و 4
140 mm	يتضمن رقمين معنويين (1 و 4 فقط)	استخدم القواعد 1 و 4

## مسائل تدريبية

1 - حدد عدد الأرقام المعنوية في كل من القياسات التالية:

12.007 kg .d	1405 m .a
$5.8 \times 10^6$ kg .e	2.50 km .b
$3.03 \times 10^{-5}$ ml .f	0.0034 m .c

هناك حالتان تُعتبر الأعداد فيهما دقيقة:

- 1 - الأرقام الحسابية، وهي تتضمن عددًا لا نهائيًا من الأرقام المعنوية.
- 2 - معادلات التحويل، وهي تتضمن عددًا لا نهائيًا من الأرقام المعنوية.

# دليل الرياضيات

## التقريب Rounding

يمكن تقريب العدد إلى خانة (منزلة) معينة (مثل المنزلة المئوية أو العشرية) أو إلى عدد معين من الأرقام المعنوية. وحتى تقوم بذلك حدد المنزلة المراد تقريبها، ثم استخدم القواعد التالية:

1. عندما يكون الرقم الواقع عن أقصى يسار العدد والمراد إسقاطه أقل من 5 يجب إسقاطه هو والأرقام الأخرى التي تليه، ومن ثم فإن الرقم الأخير في العدد المقرب يبقى دون تغيير.
2. عندما يكون الرقم عن أقصى يسار العدد والمراد إسقاطه أكبر من 5، يجب إسقاطه هو والأرقام الأخرى التي تليه، ومن ثم زيادة الرقم الأخير في العدد المقرب بمقدار واحد.
3. عندما يكون الرقم الواقع عن أقصى اليسار والمراد إسقاطه هو 5 متبوعاً برقم غير صفري، فإن ذلك الرقم والأرقام الأخرى التي تتبعه يتم إسقاطها، ومن ثم يقرب الرقم الأخير في العدد بمقدار واحد.
4. إذا كان الرقم الواقع عن يمين الرقم المعنوي الأخير يساوي 5 متبوعاً بالصفر، أو لا يتبعه أي أرقام أخرى. فانظر إلى الرقم المعنوي الأخير، فإذا كان فردياً فقم بزيادته بمقدار واحد، وإذا كان زوجياً فلا تقربه.

أمثلة: قرب الأرقام التالية للعدد المعين إلى الأرقام المعنوية

استخدم القاعدة 1	8.7645 فإن تقريبه إلى ثلاثة أرقام معنوية ينتج 8.76
استخدم القاعدة 2	8.7676 فإن تقريبه إلى ثلاثة أرقام معنوية ينتج 8.77
استخدم القاعدة 3	8.7519 فإن تقريبه إلى رقمين معنويين ينتج 8.8
استخدم القاعدة 4	92.350 فإن تقريبه إلى ثلاثة أرقام معنوية ينتج 92.4
استخدم القاعدة 4	92.25 فإن تقريبه إلى ثلاثة أرقام معنوية ينتج 92.2

### مسائل تدريبية

2. قرب كل رقم إلى عدد الأرقام المعنوية المتضمنة بين الأقواس.

a. 1405 m (2) c. 0.0034 m (1)

b. 2.50 km (2) d. 12.007 kg (3)

# دليل الرياضيات

## إجراء العمليات الحسابية باستخدام الأرقام المعنوية Operations with Significant Digits

عندما تستخدم الآلة الحاسبة، نفذ العمليات الحسابية باكبر قدر من الدقة التي تسمح بها الآلة الحاسبة، ثم قرب النتيجة إلى العدد الصحيح من الأرقام المعنوية. يعتمد عدد الأرقام المعنوية في النتيجة على القياسات وعلى العمليات التي تجريها.

### الجمع والطرح Addition and subtraction

انظر إلى الأرقام على يمين الفاصلة العشرية، وقرب النتيجة لأصغر قيمة دقيقة بين القياسات، وهو العدد الأصغر من الأرقام الواقعة على يمين الفاصلة العشرية

مثال: اجمع الأعداد 1.456 m ، 4.1 m و 20.3 m

القيم الأقل دقة هي 4.1 m و 20.3 m لأن كلاهما يتضمن رقماً معنوياً واحداً واحد فقط على يمين الفاصلة العشرية.

$$\begin{array}{r} 1.456 \text{ m} \\ 4.1 \text{ m} \\ +20.3 \text{ m} \\ \hline 25.856 \text{ m} \end{array}$$

اجمع الأعداد

وفي النتيجة فإن دقة حاصل عملية الجمع هي دقة الرقم المضاف الأقل دقة.

قرب النتيجة إلى القيمة الأكبر 25.9m

### الضرب و القسمة Multiplication and division

حدد عدد الأرقام المعنوية في كل عملية قياس. ونفذ العملية الحسابية، ثم قرب النتيجة بحيث يكون عدد الأرقام المعنوي فيها مساوياً لتلك الموجودة في قيمة القياس ذي الأرقام المعنوية الأقل.

مثال: جد حاصل ضرب الكميتين 20.1m و 3.6m

$$(20.1 \text{ m})(3.6 \text{ m}) = 72.36 \text{ m}^2$$

القيمة الأصغر الدقيقة هي 3.6m التي تتضمن رقمين معنويين. وحاصل عملية الضرب يجب أن يتضمن فقط عدد الأرقام المعنوية التي في العدد ذي الأرقام المعنوية الأقل.

قرب النتيجة إلى رقمين معنويين 72m

#### مسائل تدريبية

3. بسّط التعابير الرياضية التالية مستخدماً العدد الصحيح من الأرقام المعنوية

$$45\text{g} - 8.3\text{g} - c$$

$$2.33\text{km} + 3.4 \text{ km} + 5.012 \text{ km} - a$$

$$54\text{s} \div 6.5\text{s} - d$$

$$3.40 \text{ cm} \times 7.125 \text{ cm} - b$$

# دليل الرياضيات

## المجاميع Combination

عند إجراء الحسابات التي تتضمن عمليات الجمع والطرح والضرب والقسمة استخدم قاعدة عملية الضرب/ عملية القسمة.

أمثلة:

$$d = 19\text{m} + (25.0 \text{ m/s})(2.50 \text{ s}) + \frac{1}{2} (-10.0 \text{ m/s}^2)(2.50)^2 \\ = 5.0 \times 10^1 \text{ m}$$

المقدار 19 m يتضمن رقمين معنويين فقط، لذلك فإن النتيجة يجب أن تتضمن رقمين معنويين .

$$m = \frac{70.0\text{m} - 10.0\text{m}}{29\text{s} - 11\text{s}} = \text{الميل} \\ = 3.3 \text{ m/s}$$

29 s و 11s يتضمنان رقمين معنويين فقط في كل منهما، لذلك يجب أن تتضمن الإجابة رقمين معنويين فقط.

## الحسابات المتعددة الخطوات Multistep Calculation

لا تُجرِ عملية تقريب الأرقام المعنوية خلال إجراء الحسابات المتعددة الخطوات. وبدلاً من ذلك، قم بالتقريب إلى العدد المعقول من المنازل العشرية، بشرط ألا تفقد دقة إجابتك. وعندما تصل إلى الخطوة النهائية في الحل فعليك أن تقرّب الجواب إلى العدد الصحيح من الأرقام المعنوية.

$$F = \sqrt{(24 \text{ N})^2 + (36 \text{ N})^2} \\ = \sqrt{576 \text{ N}^2 + 1296 \text{ N}^2} \\ = \sqrt{1872 \text{ N}^2} \\ = 43 \text{ N}$$

لا تجر التقريب إلى  $580\text{N}^2$  و  $1300\text{N}^2$

لا تجر التقريب إلى  $1800\text{N}^2$

النتيجة النهائية، هنا يجب أن تقرّب إلى رقمين معنويين

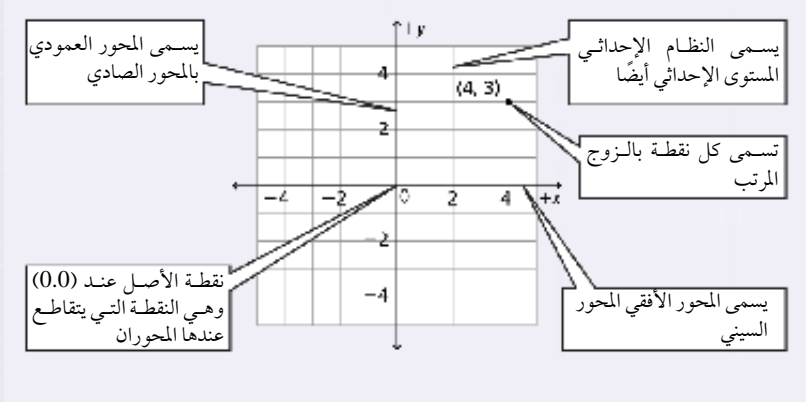


# دليل الرياضيات

## التمثيل البياني للعلاقات Graphs of Relations

### المستوى الإحداثي (الديكارتي) The Coordinate Plane

تعين النقاط بالنسبة إلى خطين مدرجين متعامدين يطلق على كل منهما اسم المحور، ويسمى خط الأعداد الأفقي المحور السيني ( $x$ ). أما خط الأعداد العمودي فيسمى المحور الصادي ( $y$ ). ويمثل المحور السيني عادة المتغير المستقل، فيما يمثل المحور العمودي المتغير التابع، بحيث تمثل النقطة بإحداثيين ( $x, y$ ) اللذين يسميان أيضاً الزوج المرتب. ترد دائماً قيمة المتغير التابع ( $x$ ) أولاً في الزوج المرتب، ويمثل الزوج المرتب ( $0,0$ ) نقطة الأصل، وهي النقطة التي يتقاطع عندها المحوران.



## استخدام التمثيل البياني لتحديد العلاقة الرياضية Graphing Data to Determine Relationships

استخدم الخطوات التالية لعمل رسوم بيانية

1. ارسم محورين متعامدين.
2. حدّد المتغيرات المستقلة والمتغيرات التابعة، وعيّن محور كل منهما مستخدماً أسماء المتغيرات.
3. عيّن مدى البيانات لكل متغير، لتحديد المقياس المناسب لكل محور، ثم حدّد ورقم المقاييس.
4. عيّن كل نقطة بيانياً.
5. عندما تبدو لك البيانات واقعة على خط مستقيم واحد، ارسم الخط الأكثر ملاءمة خلال مجموعة النقاط. وعندما لا تقع النقاط على خط واحد، ارسم منحنى بيانياً بسيطاً، بحيث يمر بأكبر عدد ممكن من النقاط. وعندما لا يبدو هناك أي ميل لاتجاه معين فلا ترسم خطاً أو منحنى.

6. اكتب عنواناً يصف بوضوح ماذا يمثل الرسم البياني.



نوع الخدمة	دينار	الدولار
الفندق (الإقامة)	150	398
الوجبات	85	225
الترفيه	67	178
المواصلات	22	58



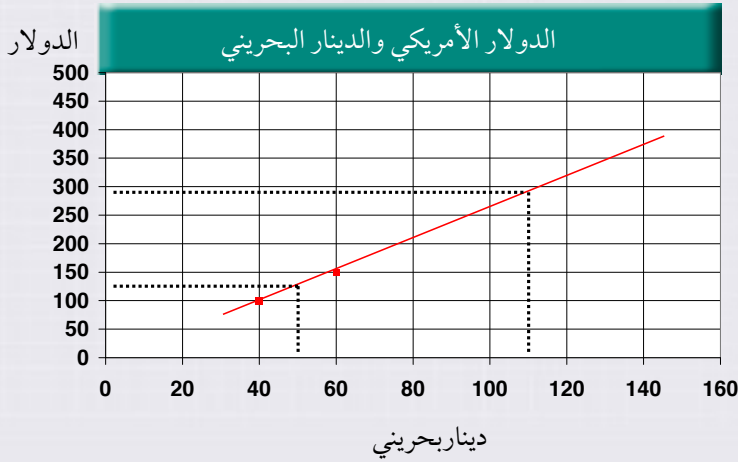
# دليل الرياضيات

## الاستيفاء والاستقراء Interpolating and Extrapolating

تستخدم طريقة الاستيفاء في تقدير قيمة تقع بين قيمتين معلومتين على الخط الممثل لعلاقة ما، في حين أن عملية تقدير قيمة تقع خارج مدى القيم المعلومة تسمى الاستقراء. إن معادلة الخط الممثل لعلاقة ما تساعدك في عمليتي الاستيفاء والاستقراء.

مثال: مستعيناً بالرسم البياني استخدم طريقة الاستيفاء لتقدير القيمة (السعر) المقابلة لـ 50 ديناراً.

حدد نقطتين على كل من جانبي القيمة 50 (40 ديناراً، 60 ديناراً)، ثم ارسم خطاً مستمراً يصل بينهما.



ارسم الآن خطاً متقطعاً عمودياً من النقطة (50 ديناراً) على المحور الأفقي حتى يتقاطع مع الخط المرسوم، ثم ارسم من نقطة التقاطع خطاً متقطعاً أفقياً يصل إلى المحور الرأسي. سوف تجد أنه سيتقاطع معه عند القيمة 131 أو 132 دولاراً.

مثال 2: استخدم الاستقراء لتحديد القيمة المقابلة

لـ 110 دينار.

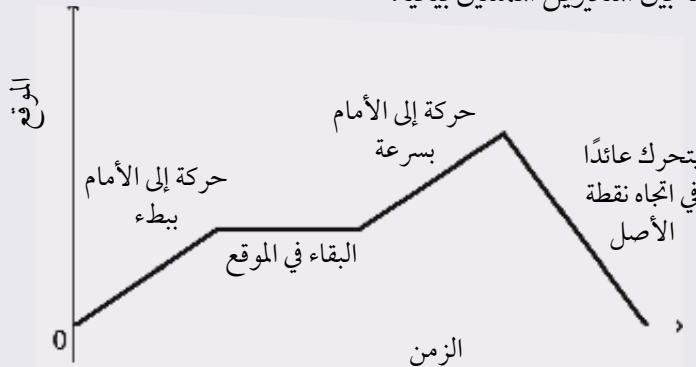
ارسم خطاً متقطعاً من النقطة (110 دينار) على المحور الأفقي حتى يتقاطع مع الخط المستمر الذي رسمته في المثال (1)، ثم ارسم من نقطة التقاطع خطاً متقطعاً أفقياً. ستجد أنه سيتقاطع مع المحور الرأسي عند النقطة 290 دولاراً.

## تفسير الرسم البياني الخطي Interpreting Line Graphs

يوضح الرسم البياني الخطي العلاقة الخطية بين متغيرين، وهناك نوعان من الرسوم البيانية الخطية التي تصف الحركة، والتي تستخدم عادة في الفيزياء.

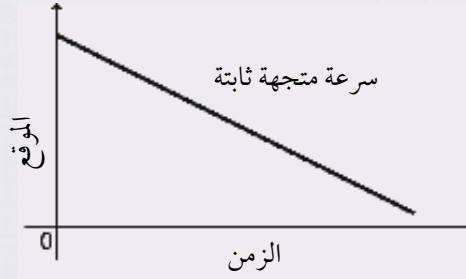
### ارتباط الرياضيات بالفيزياء

يوضح الرسم البياني أدناه علاقة بين المتغيرين الممثلين بيانياً.



# دليل الرياضيات

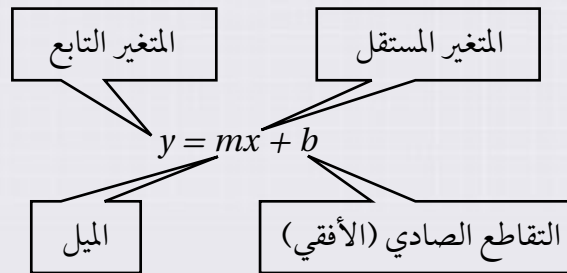
الخط البياني يوضح علاقة خطية ثابتة بين متغيرين ممثلين بيانيًا



## المعادلة الخطية Linear Equation

يمكن كتابة المعادلة الخطية بالشكل:  $y = mx + b$ .

حيث  $m$ ،  $b$  أعداد حقيقية، و  $(m)$  يمثل ميل الخط، و  $(b)$  يمثل التقاطع الصادي؛ وهي نقطة تقاطع الخط البياني مع المحور الصادي.

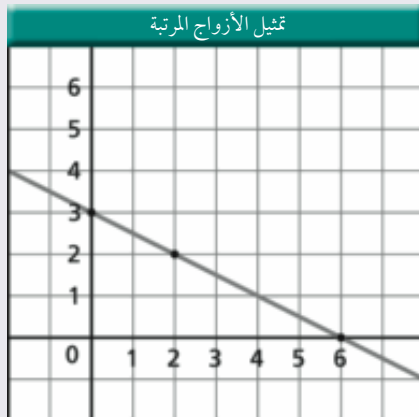


تمثل المعادلة الخطية بخط مستقيم، ولتمثيلها بيانيًا، قم باختيار ثلاث قيم للمتغير المستقل (يلزم نقطتان فقط، والنقطة الثالثة تستخدم لإجراء اختبار). احسب القيم المقابلة للمتغير التابع، ثم عيّن زوجين مرتبين  $(x, y)$ ، وارسم أفضل خط يمر بجميع النقاط.

مثال: مثل بيانيًا المعادلة

$$y = -\left(\frac{1}{2}\right)x + 3$$

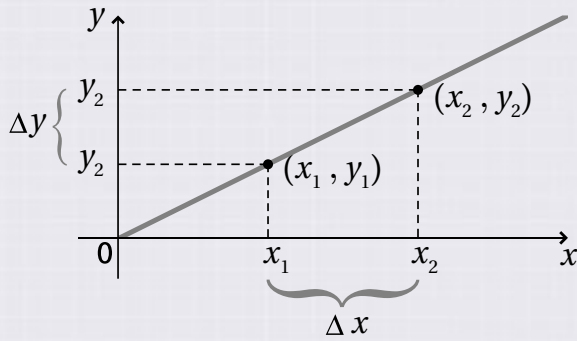
احسب ثلاثة أزواج مرتبة للحصول على نقاط لتعيينها.



الأزواج المرتبة	
$x$	$y$
0	3
2	2
6	0

## الميل Slope

ميل الخط هو النسبة بين التغير في الإحداثيات الصادية، والتغير في الإحداثيات السينية، أو النسبة بين التغير العمودي (المقابل) والتغير الأفقي (المجاور)، وهذا الرقم يخبرك عن كيفية انحدار الخط البياني، ويمكن أن يكون رقماً موجباً أو سالباً. ولإيجاد ميل الخط، قم باختيار نقطتين  $(x_1, y_1)$ ،  $(x_2, y_2)$ ، ثم احسب الاختلاف (الفرق) بين الإحداثيين السينيين، واحسب الاختلاف (الفرق) بين الإحداثيين الصاديين  $(y_2 - y_1) = \Delta y$ ، ثم أوجد النسبة بين  $\Delta y$  و  $\Delta x$ .



$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

## التغير الطردي Direct variation

إذا احتوت المعادلة على ثابت غير صفري  $m$ ، بحيث كانت  $y = mx$ ، فإن  $y$  تتغير طردياً بتغير  $x$ ؛ وهذا يعني أنه عندما يزداد المتغير المستقل  $x$  فإن المتغير التابع  $y$  يزداد أيضاً، ويقال عندئذٍ إن المتغيرين  $x$  و  $y$  يتناسبان تناسباً طردياً. هذه معادلة خطية على الصورة  $y = mx + b$  حيث قيمة  $b$  صفر، ويمر الخط البياني من خلال نقطة الأصل  $(0,0)$ .  
ارتباط الرياضيات بالفيزياء في معادلة قوة الاسترداد لل نابض المثالي  $F = -kx$ ، حيث  $F$  قوة استرداد النابض،  $k$  ثابت النابض و  $x$  استطالة النابض. تتغير قوة استرداد النابض طردياً مع تغير استطالته؛ ولذلك فإن قوة استرداد النابض تزداد عندما تزداد استطالة النابض.

# دليل الرياضيات

## التغير العكسي Inverse Variation

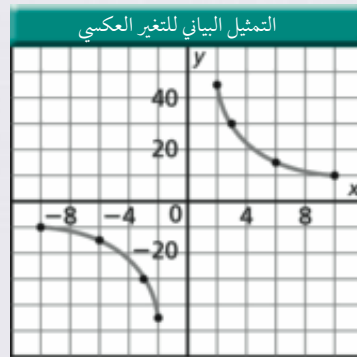
إذا احتوت المعادلة على ثابت غير صفري  $m$ ، بحيث كانت  $y = m/x$ ، فإن  $y$  تتغير عكسيًا بتغير  $x$ ؛ وهذا يعني أنه عندما يزداد المتغير المستقل  $x$  فإن المتغير التابع  $y$  يتناقص، ويقال عندئذ إن المتغيرين  $x$  و  $y$  يتناسبان تناسبًا عكسيًا. هذه ليست معادلة خطية لأنها تشتمل على حاصل ضرب متغيرين، والتمثيل البياني لعلاقة التناسب العكسي عبارة عن قطع زائد. ويمكن كتابة هذه العلاقة على الشكل:

$$xy = m$$

$$y = m \frac{1}{x}$$

$$y = \frac{m}{x}$$

مثال: مثل المعادلة  $xy = 90$  بيانيًا



الأزواج المرتبة	
$x$	$y$
-10	-9
-6	-15
-3	-30
-2	-45
2	45
3	30
6	15
10	9

**ارتباط الرياضيات بالفيزياء** في معادلة سرعة الموجة  $\lambda = \frac{v}{f}$ ، حيث  $\lambda$  الطول الموجي،  $f$  التردد، و  $v$  سرعة الموجة. نجد أن الطول الموجي يتناسب عكسيًا مع التردد؛ وهذا يعني أنه كلما يزداد تردد الموجة فإن الطول الموجي يتناقص، وأما  $v$  فتبقى قيمتها ثابتة.

## التمثيل البياني للمعادلة التربيعية Quadratic Graph

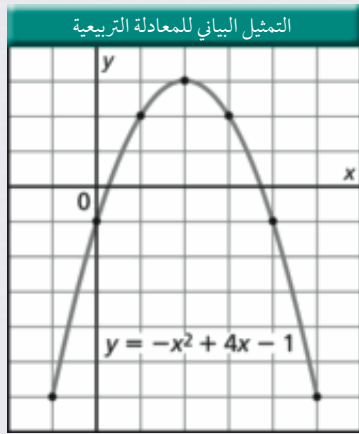
الصيغة العامة للعلاقة التربيعية هي:

$$y = ax^2 + bx + c$$

حيث  $a \neq 0$

التمثيل البياني للعلاقة التربيعية يكون على صورة قطع مكافئ، ويعتمد اتجاه فتحة هذا القطع على معامل مربع المتغير المستقل ( $a$ )، إذا كان موجباً أو سالباً.

مثال: مثل بيانياً المعادلة  $y = -x^2 + 4x - 1$



الأزواج المرتبة	
y	x
-6	-1
-1	0
2	1
3	2
2	3
-1	4
-6	5

ارتباط الرياضيات بالفيزياء عندما يكون منحنى (الموقع - الزمن) على شكل المنحنى البياني للمعادلة التربيعية فهذا يعني أنه يمثل جسماً يتحرك بتسارع منتظم.



الأزواج المرتبة	
الزمن (s)	الموقع (m)
1	3
2	6
3	11
4	18

# دليل الرياضيات

علم الهندسة والمثلثات (Geometry and Trigonometry)  
المحيط (Perimeter)، والمساحة (Area)، والحجم (Volume)

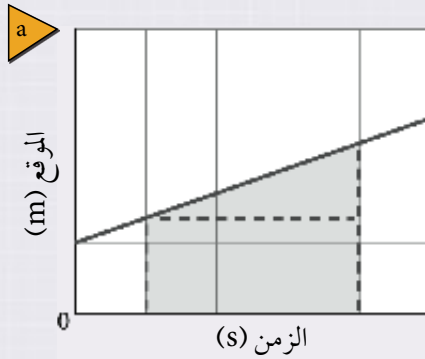
المحيط وحدات خطية	المساحة وحدات مربعة	مساحة السطح وحدات مربعة	الحجم وحدات مكعبة	
المربع الضلع $a$	$P=4a$	$A=a^2$		
المستطيل الطول $l$ العرض $w$	$P = 2l + 2w$	$A=lw$		
المثلث القاعدة $b$ الارتفاع $h$		$A=(\frac{1}{2})bh$		
المكعب الضلع $a$		$SA = 6a^2$	$V = a^3$	
الدائرة نصف القطر $r$	$C=2\pi r$	$A=\pi r^2$		
الأسطوانة نصف القطر $r$ الارتفاع $h$		$SA=2\pi rh+2\pi r^2$	$V=\pi r^2h$	
الكرة نصف القطر $r$		$SA=4\pi r^2$	$V=(\frac{4}{3})\pi r^3$	



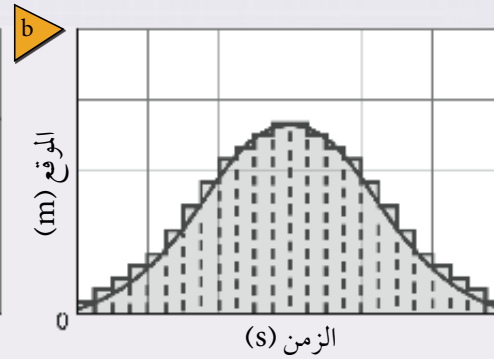
ارتباط الرياضيات بالفيزياء ابحث في مسائل الفيزياء التي درستها عن أشكال هندسية، يمكن أن تكون هذه الأشكال ثلاثية الأبعاد أو أشكالاً ذات بعدين. يمكن أن تمثل الأشكال ذات البعدين السرعة المتجهة أو متجهات الموقع.

## المساحة تحت المنحنى البياني Area Under a Graph




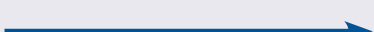
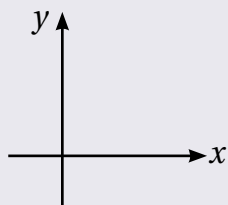
لحساب المساحة التقريبية الواقعة تحت المنحنى البياني، قسم المساحة إلى عدة أجزاء أصغر، ثم أوجد مساحة كل جزء مستخدماً الصيغ الرياضية في الجدول السابق، لإيجاد المساحة التقريبية الواقعة تحت الخط البياني، قسم المساحة إلى مستطيل ومثلث، كما هو موضح في الشكل a. ولإيجاد المساحة تحت المنحنى ارسم عدة مستطيلات من المحور السيني لغاية المنحنى كما في الشكل b. إن رسم مستطيلات أكثر ذات قاعدة أصغر تمنحنا دقة أكثر في حساب المساحة المطلوبة.



المساحة الإجمالية تساوي  
مساحة المستطيل + مساحة المثلث



المساحة الإجمالية تساوي  
المساحة 1 + المساحة 2 + المساحة 3 + ...

جدول دلالات الألوان	
	متجهات الإزاحة ( $d$ ) Displacement vectors
	متجهات السرعة ( $v$ ) Velocity vectors
	متجهات التسارع ( $a$ ) Acceleration vectors
	متجهات القوة ( $F$ ) Force vectors
	المحاور الإحداثية Coordinates Axes

## أ

إذا كانت القوة المحصلة على جسم ما تساوي صفرًا، كان هذا الجسم في حالة اتزان. كمية فيزيائية متجهة تمثل مقدار التغير الذي يحدث لموقع الجسم في اتجاه معين خلال فترة زمنية محددة.

الاتزان

الإزاحة

## ت

طريقة التعامل مع الوحدات ككميات جبرية، بحيث يمكن إلغاؤها، ويمكن أن تستخدم للتأكد من أن وحدات الإجابة صحيحة. معدل تغير السرعة المتجهة للجسم بمعدل منتظم. مقدار التغير في السرعة المتجهة للجسم في لحظة زمنية معينة. مقدار التغير في السرعة المتجهة للجسم خلال الفترة الزمنية المقيسة، مقسومًا على الفترة الزمنية، وتقاس بوحدة  $m/s^2$ . تسارع الجسم في حالة السقوط الحر، ناتج عن تأثير جاذبية الأرض، وهو يساوي  $g = 9.80 m/s^2$  واتجاهه نحو مركز الأرض.

تحليل الوحدات

التسارع المنتظم

التسارع اللحظي

التسارع المتوسط

التسارع الناشئ عن

الجاذبية الأرضية

## د

خاصية من خصائص الكمية المقاسة، التي تصف درجة الإتقان في القياس.

الدقة

## ز

زوجان من القوى المتساوية في المقدار والمتعاكسة في الاتجاه.

أزواج التأثير المتبادل

## س

السرعة المنتظمة التي يصل إليها الجسم الساقط سقوطًا حرًا، عندما تتساوى القوة المعيقة مع قوة الجاذبية. مقدار سرعة الجسم، واتجاه حركته عند لحظة معينة.

السرعة الحدية

السرعة المتجهة اللحظية

السرعة المتجهة المتوسطة	التغير في موقع الجسم مقسومًا على الفترة الزمنية التي حدث التغير خلالها. وهي تساوي ميل الخط البياني في منحني (الموقع - الزمن).
السرعة المتوسطة	القيمة الحسابية لسرعة الجسم؛ وهي القيمة المطلقة لميل الخط البياني في منحني (الموقع - الزمن).
السقوط الحر	حركة جسم تحت تأثير الجاذبية الأرضية فقط، ويإهمال تأثير مقاومة الهواء.

### ط

الطريقة العلمية	عملية منظمة للملاحظة والتجريب والتحليل، للإجابة عن الأسئلة حول العالم الطبيعي.
-----------------	--

### ض

الضبط	من خصائص الكمية المقاسة، وهو يصف مدى اتفاق نتائج القياس مع القيمة الحقيقية، أي القيمة المعتمدة المقيسة من خلال تجارب مخصصة ومن قبل خبراء مؤهلين.
-------	--

### ف

الفترة الزمنية	الزمن النهائي مطروحًا منه الزمن الابتدائي.
الفرضية	تخمين علمي عن كيفية ارتباط المتغيرات مع بعضها بعضاً.
الفيزياء	فرع العلوم المعني بدراسة العالم الطبيعي: الطاقة والمادة وكيفية ارتباطهما.

### ق

قانون نيوتن الأول	الجسم الساكن يبقى ساكنًا، والجسم المتحرك يبقى متحركًا في خط مستقيم وبسرعة منتظمة فقط، إذا كانت محصلة القوى المؤثرة فيه تساوي صفرًا.
قانون نيوتن الثالث	جميع القوى تظهر على شكل أزواج، والقوتان الزوجان تؤثران في جسمين مختلفين، وهما متساويتان في المقدار، ومختلفتان في الاتجاه.
قانون نيوتن الثاني	تسارع الجسم يساوي محصلة القوى المؤثرة فيه مقسومًا على كتلة الجسم.

اسم يطلق على القوة التي يؤثر بها خيط أو حبل في جسم ما.	قوة الشد
قاعدة طبيعية تجمع المشاهدات المترابطة لوصف ظاهرة طبيعية متكررة.	القانون العلمي
نزعة يبدىها الجسم للمناعة أي تغيير في حالته الحركية.	القصور الذاتي
سحب أو دفع يؤثر في الأجسام ويسبب تغيراً في الحركة مقداراً واتجهاً.	القوة
القوة التي تعمل عمل مجموعة من القوى مقداراً واتجهاً وتساوي ناتج جمع متجهات جميع القوى المؤثرة في الجسم.	القوة المحصلة
قوة تلامس يؤثر بها سطح في جسم آخر.	القوة العمودية
هي قوة الممانعة التي يؤثر بها المائع في جسم يتحرك خلاله، وتعتمد هذه القوة على حركة الجسم وعلى خصائص كل من الجسم والمائع.	القوة المعيقة
المقارنة بين كمية مجهولة وأخرى معيارية.	القياس
قوة تتولد عندما يلامس جسم من المحيط الخارجي النظام.	قوة التلامس
قوة تؤثر في الأجسام بغض النظر عن وجود تلامس فيما بينها، كالمغناطيسات التي تؤثر في الأجسام دون ملامستها.	قوة المجال

## ك

كميات عددية (قياسية)	كميات فيزيائية تكون أعداداً لا اتجاه لها.
الكميات المتجهة	كميات فيزيائية لها مقدار واتجاه.

## م

منحنى (الموقع-الزمن)	الرسم البياني يمكن استخدامه في تحديد موقع الجسم وحساب سرعته المتجهة، وكذلك في تحديد نقاط التقاء جسمين متحركين. ويرسم بتثبيت بيانات الزمن على المحور الأفقي وبيانات الموقع على المحور الرأسي.
منحنى (السرعة المتجهة-الزمن)	الرسم البياني الذي يمثل تغير السرعة المتجهة بدلالة الزمن، وتحديد إشارة تسارع الجسم المتحرك.
المتجهات	كميات مثل الموقع والسرعة، لها مقدار واتجاه.

المتجه الناتج عن جمع متجهين آخرين، وهو يشير دائماً من ذيل المتجه الأول إلى رأس المتجه الآخر.	المحصلة
الصور المتتابعة التي تُظهر مواقع جسم متحرك في فترات زمنية متساوية.	المخطط التوضيحي للحركة
نموذج فيزيائي يمثل القوى المؤثرة في نظام ما.	مخطط الجسم الحر
كمية عددية تصف بعد الجسم عن نقطة الأصل.	المسافة
المسافة الفاصلة بين الجسم ونقطة الأصل، ويمكن أن تكون موجبة أو سالبة.	الموقع
موقع الجسم عند لحظة زمنية معينة.	الموقع اللحظي

### ن

نظام يستخدم لوصف الحركة بحيث يحدد لك موقع نقطة الصفر للمتغير الذي تدرسه، والاتجاه الذي تزايد فيه قيم المتغير.	النظام الإحداثي
تفسير يعتمد على عدة مشاهدات مدعومة بنتائج تجريبية. تفسر النظريات القوانين وكيفية عمل الأشياء.	النظرية العلمية
هي النقطة التي تكون عندها قيمة كل من المتغيرين صفراً.	نقطة الأصل
تمثيل لحركة الجسم بوساطة سلسلة متتابعة من النقاط المفردة.	نموذج الجسم النقطي

### و

القوة التي يعانيتها ذلك الجسم نتيجة لجميع القوى المؤثرة فيه والتي تسبب تسارعه.	الوزن الظاهري
--	---------------