وزارة التربية والتعليم
MINISTRY OF EDUCATION
المملكة العربية السعودية

الفيزياء

كتاب الطالب
للصف العاشر
الفصل الدراسي الأول

draft

Mc Graw Hill Education

العبيكان Obeikan

الطبعة التجريبية
١٤٣٠ هـ - ٢٠٠٩ م

قررت وزارة التربية والتعليم بالمملكة العربية السعودية
تدريس هذا الكتاب وطبعه على نفقتها

يوزع مجاناً ولا يباع

Original Title:

SCIENCE
A CLOSER LOOK
By:

Dr. Jek K. Hackett
Kathryn LeRoy. M.S
Dr. Richard H.Moyer
Dr. Dorothy J.T. Terman
Dr. JoAnne Vasquez
Dr. Gerald F. Wheeler
Mulugheta Teferi. M.A.
Dinah Zike. M.Ed.

الفيزياء

أعدَّ النسخة العربية : شركة العبيكان للأبحاث والتطوير

التحرير والمراجعة والمواءمة
د. أحمد محمد رفيع
د. صالح بن إبراهيم النفيسة
د. منصور بن عبدالعزيز بن سلمه
ناصر بن محمد طرجم الدوسري
عبدالرحمن بن علي العريني
عماد فؤاد صباغ

التعريب والتحرير اللغوي
نخبة من المتخصصين

إعداد الصور
د. سعود بن عبدالعزيز الفراج

الإشراف
د. علي بن صديق الحكمي

draft

www.macmillanmh.com

McGraw Hill Education

العبيكان Obeikan

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
وفقًا لاتفاقيتها مع شركة ماجروهل© ٢٠٠٨م/ ١٤٢٩هـ.

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

اَلْمُقَدِّمَةُ

بِسْمِ اللهِ الرَّحْمٰنِ 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 للصف العاشر في إطار مشروع تطوير مناهج الرياضيات والعلوم الطبيعية، الذي يهدف إلى إحداث تطور نوعي في تعليم وتعلم الرياضيات والعلوم، يكون للطالب فيه الدور الرئيس والمحوري في عمليتي التعّلم والتعليم. وقد جاء هذا الكتاب في جزأين، يشتمل الجزء الأول على أربع وحدات هي: مدخل لعلم الفيزياء، و تمثيل الحركة، و الحركة بتسارع، و القوى في بعد واحد، أما الجزء الثاني فيشتمل على ثلاث وحدات.

وقد جاء الكتاب بأسلوب شائق، وتنظيم تربوي فاعل، يعكس توجهات المنهج وفلسفته. واشتمل المحتوى على أنشطة متنوعة المستوى، تتسم بإمكانية تنفيذها من قبل الطلاب، وتراعي في الوقت نفسه مبدأ الفروق الفردية بينهم، بالإضافة إلى صورٍ توضيحية معبرة تعكس طبيعة الوحدة أو الفصل، مع حرص الكتاب على مبدأ التقويم التكويني في وحداته وفصوله ودروسه المختلفة.

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

ويرافق الكتاب كتاب للأنشطة، يؤمل أن يساهم تنفيذها في تعميق المعرفة العلمية لدى الطالب، وإكسابه المهارات العملية في مجال العلوم والتقنية، بالإضافة إلى تنمية ميوله الإيجابية نحو العلم والعلماء.

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

قائمة المحتويات

الفصل 1

مدخل إلى علم الفيزياء

تجربة استهلالية

هل تسقط جميع الأجسام بالمعدل نفسه؟

1-1 الرياضيات والفيزياء

تجربة

قياس التغير

1-2 القياس

1-3 تمثيل البيانات

مختبر الفيزياء

استكشاف حركة الأجسام

الفصل 2

تمثيل الحركة

تجربة استهلالية

أي السيارات أسرع؟

1-2 رسم الحركة

2-2 الموقع والزمن

3-2 منحنى الموقع- الزمن

4-2 تغير السرعة

تجربة

متجهات السرعة اللحظية

مختبر الفيزياء

رسم أشكال توضيحية للحركة

الفصل 3

الحركة المتسارعة

تجربة استهلالية

هل تبدو جميع آنواع الحركة بالشكل نفسه عند تمثيلها بيانيا؟

3-1 التسارع

تجربة

سباق الكرة الفولاذية

3-2 الحركة وفق تسارع ثابت

3-3 السقوط الحر

مختبر الفيزياء

التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية

الفصل 4

القوى في بعد واحد

تجربة استهلالية

أيها القوةالأكبر؟

1-4 القوة والحركة

2-4 استخدام قوانين نيوتن

3-4 قوى التأثير المتبادل

تجربة

القوى في المصعد

مختبر الفيزياء

مسرد المصطلحات

الفيـزيـاء

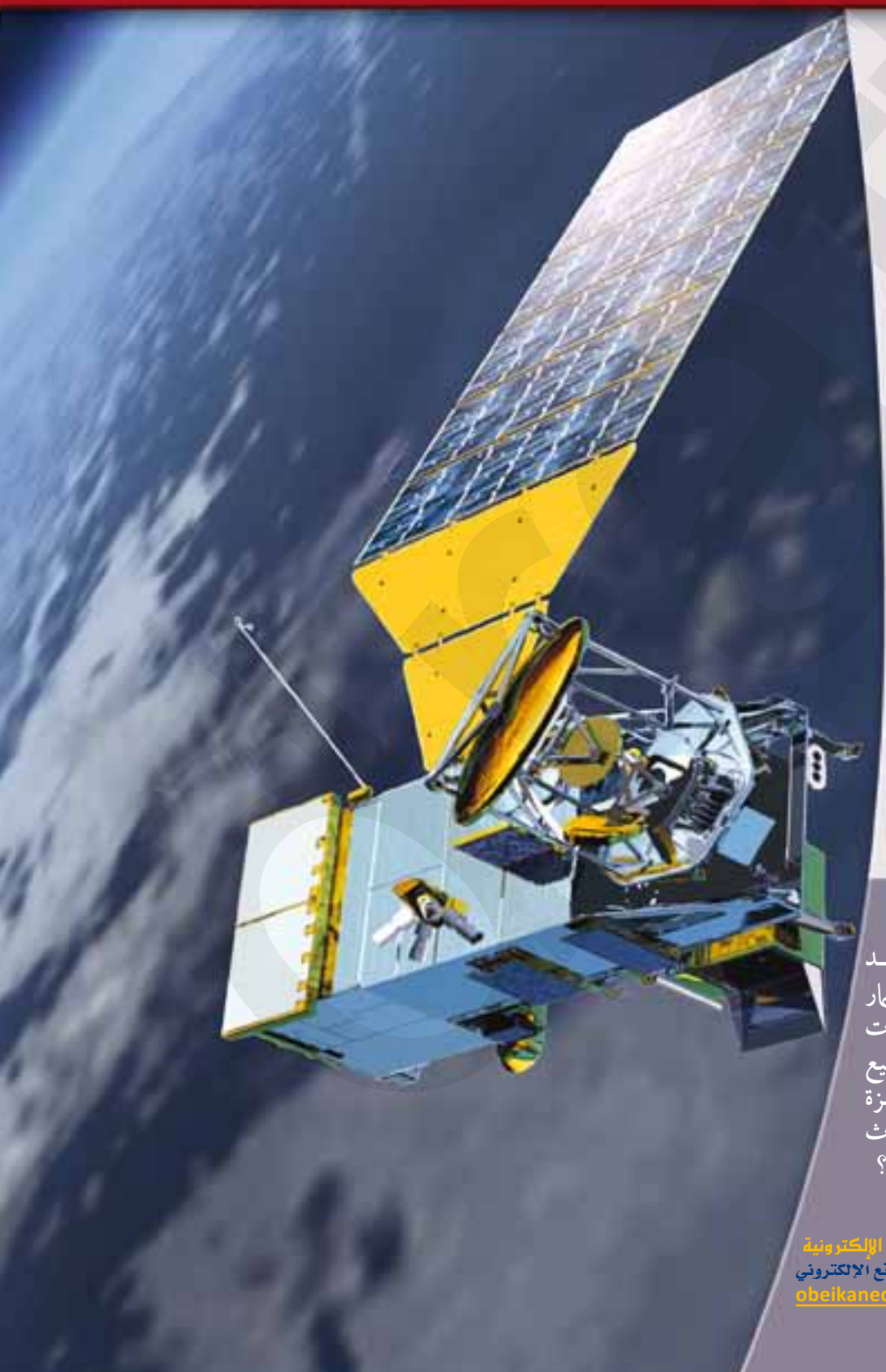
للصف العاشر

الفـصل الـدراسـي الأول

draft

الفصل 1

مدخل إلى علم الفيزياء



في هذا الفصل:

- ستستخدم الطرق الرياضية للقياس والتوقع.
- ستُطبق الدقة والضبط عند القياس.
- ستعرض وتقوِّم النتائج باستخدام الرسم البياني.

الأهمية:

ستساعدك القياسات والطرق الرياضية في هذا الفصل على تقويم النتائج ووضع التوقعات.

الأقمار الاصطناعية: القياسات الدقيقة والمضبوطة مهمة جدًا في صناعة الأقمار الاصطناعية وفي إطلاقها، لأنه ليس من السهل تدارك الأخطاء. فيما بعد أحدثت الأقمار الاصطناعية، ومنها تلسكوب هابل الفضائي المبيّن في الصورة المجاورة، ثورة كبيرة في مجال الأبحاث العلمية والاتصالات.

فكر

قادت الأبحاث الفيزيائية إلى العديد من الاكتشافات التقنية؛ مثل الأقمار الاصطناعية المستخدمة في الاتصالات وفي التصوير التلسكوبي. هل تستطيع أن تذكر أمثلة أخرى على الأجهزة والأدوات التي طورتها الأبحاث الفيزيائية خلال الخمسين عامًا الماضية؟

تجربة استهلالية

هل تسقط جميع الأجسام بالمعدّل نفسه؟

سؤال التجربة: كيف يؤثر الوزن في معدّل سقوط الأجسام؟

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 معدل سقوط الجسم يزداد مع ازدياد وزنه.

1. اربط أربع قطع نقد معدنية معًا باستخدام شريط لاصق (من فئة 50 هللة مثلاً).
2. ضع القطع النقدية الملتصقة على راحة يدك ثم ضع بجوارها قطعة نقد منفردة.
3. من خلال دفع القطع لراحة يدك، **لاحظ** أيها أثقل؛ القطع المجتمعة أم القطعة المنفردة؟
4. أسقط القطع جميعها من يدك في الوقت نفسه ثم **لاحظ** حركتها.

التحليل:

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

التفكير الناقد: وضّح تأثير كل من الخصائص التالية في معدّل سقوط الجسم: الحجم، الكتلة، الوزن، اللون، الشكل.

1-1 الرياضيات والفيزياء (Mathematics and Physics)

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

$E = mc^2$، $I = \frac{V}{R}$، $d = \frac{1}{2}at^2 + v_o t + d_o$ ... وغيرها، وبالطبع ستتخيل علماء وباحثين يرتدون معطف المختبر الأبيض أو قد تتخيّل وجوهاً شهيرة في عالم الفيزياء مثل ألبرت آينشتاين أو اسحق نيوتن وغيرهما، وقد تفكر في الكثير من التطبيقات التقنية الحديثة التي طوّرتها الفيزياء، مثل الأقمار الاصطناعية، والكمبيوتر المحمول، وأشعة الليزر، وغيرها.

ما الفيزياء؟ (What is Physics?)

الفيزياء فرع من فروع العلم يُعنى بدراسة العالم الفيزيائي(المادي): الطاقة والمادة وكيفية ارتباطهما. فالفيزيائيون يدرسون طبيعة حركة الإلكترونات والصخور، والطاقة في الموجات الصوتية وفي الدوائر الكهربائية، وتركيب المادة بدءًا من الإلكترون وانتهاءً بالكون. وهدف هذا الكتاب هو مساعدتك في فهم العالم الفيزيائي من حولك.

يعمل دارسو الفيزياء في مهن عديدة، فبعضهم يعمل باحثًا في الجامعات والكليات أو في المصانع ومراكز الأبحاث، والبعض الآخر يعمل في المجالات الأخرى المرتبطة بعلم الفيزياء مثل الفلك، والهندسة، وعلم الكمبيوتر، والتعليم، والصيدلة، وآخرون يستخدمون مهارات حل المشكلات الفيزيائية في مجالات الأعمال التجارية، والمالية، وغيرها.

الأهداف

- **توضح** الطرق العلمية.
- **تستخدم** النظام المتري.
- **تقوم** الإجابات باستخدام تحليل الوحدات.
- **تجري** العمليات الحسابية باستخدام الرموز العلمية.

المفردات:

الفيزياء، تحليل الوحدات، الأرقام المعنوية، الفرضيات، القانون العلمي، النظرية العلمية.

الرياضيات في الفيزياء (Math in Physics)

تستخدم الفيزياء الرياضيات باعتبارها اللغة العالمية القادرة على التعبير عن القوانين والظواهر الفيزيائية بشكل واضح ومفهوم. وتستخدم المعادلات الرياضية لنمذجة المشاهدات ووضع التوقعات، فبالعودة إلى التجربة الاستهلالية، نستطيع أن نتوقع أن تسقط قطع النقد المعدنية باتجاه الأرض، ولكن بأية سرعة؟ وأي منها سيصل إلى الأرض أولاً؟

تمكننا الرياضيات من التعبير عن إجابات مثل هذه الأسئلة من خلال معادلات بسيطة. وبإعادة التجربة من جديد نستطيع أن نقارن النتائج العملية مع النتائج المستنبطة من النماذج الرياضية (المعادلات)، واختبار صحة هذه الأخيرة، مما يتيح لنا اختيار أفضلها أو الشروع بتطوير نموذج رياضي جديد يستطيع التعبير عن الظاهرة الفيزيائية بشكل أفضل.

مثال

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

المعلوم	المجهول
$I = 0.75\ amperes$	$R = ?$
$V = 120\ volts$	

1 تحليل المسألة ورسمها:

- إعادة كتابة المعادلة
- تعويض القيم

2 استخراج الكمية المجهولة:

نعيد كتابة المعادلة لجعل المجهول وحده على اليسار

$$V=IR$$

بتبديل طرفي المعادلة $\quad IR = V$

بقسمة الطرفين على I $\quad R=\frac{V}{I}$

بتعويض $120V$ عن فرق الجهد و $0.75\ A$ عن التيار $\quad R = \frac{120volts}{0.75\ amperes}$

نحصل على المقاومة بوحدة (Ω) أو ohms $\quad R = 160\ ohms$

3 تقويم الجواب:

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

مسائل تدريبية

اكتب المعادلة التي ستستخدمها في الإجابة عن الأسئلة التالية:

1. وُصِّل مصباح كهربائي مقاومته (Ω) 50.0 ohms في دائرة كهربائية مع بطارية فرق جهدها 9.0 volt، ما مقدار التيار الكهربائي المار خلال المصباح؟
2. إذا تحرك جسم من السكون بتسارع منتظم a ، فإن سرعته تُعْطَى بعد زمن مقداره t بالعلاقة $v = at$. ما تسارع دراجة تتحرك من السكون فتصل سرعتها إلى 6 m/s في 4 s؟
3. ما الزمن الذي تستغرقه دراجة نارية تتسارع بمعدل $0.400\ m/s^2$، حتى تبلغ سرعتها 4.00 m/s؟

يُحسب الضغط P المؤثر في سطح ما بقسمة مقدار القوة F على مساحة السطح A ، حيث: $P = \frac{F}{A}$.

يؤثر رجل وزنه 520 N في الأرض بضغط مقداره $32.5\ N/m^2$، 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 مثلاً، تحقق من أن زمن سقوط الجسم الذي تحسبه يتوافق مع خبرتك: هل تحتاج الكرة النحاسية التي تسقط من ارتفاع 5m، إلى 0.002 s أم إلى 17 s حتى تصل إلى سطح الأرض؟ طبعاً 17 s إجابة غير منطقية.

الشكل 1–1: ما القيم المنطقية لسرعة سيارة؟

النظام الدولي للوحدات (SI Units)

لتعميم النتائج بشكل ناجح، من المفيد استخدام وحدات قياس مفهومة من قبل جميع الناس، ويعتبر النظام المتري للوحدات هو النظام الأوسع انتشاراً في جميع أنحاء العالم. ويتضمن النظام الدولي للوحدات SI ، سبع كميات أساسية موضحة في **الجدول 1–1**، وقد حددت هذه الكميات الأساسية باستخدام القياس المباشر، أما الوحدات الأخرى التي تسمى الوحدات المشتقة، فنستطيع إيجادها من تركيب الوحدات الأساسية بطرق مختلفة. مثلاً: تقاس الطاقة باستخدام وحدة الجول J حيث $1\ J = 1\ kg.m^2/s^2$، وتقاس الشحنة الكهربائية بوحدة الكولوم C، حيث $1C = 1\ A.s$.

جدول 1–1		
وحدات النظام الدولي الأساسية		
الكمية الأساسية	الوحدة الأساسية	الرمز
الطول	meter	m
الكتلة	kilogram	Kg
الزمن	Second	S
درجة الحرارة	Kelvin	K
كميةالمادة	Mol	Mol
التيار الكهربائي	Ampere	A
شدة الإضاءة	Candela	Cd

أُنشئت المؤسسات العلمية لتوضيح وتنظيم القياسات، وقد أسس النظام الدولي للوحدات SI بوساطة الدائرة الدولية للأوزان والمقاييس في سيفر بفرنسا، وتحتفظ هذه الدائرة مع المعهد الوطني للمقاييس والتكنولوجيا (NIST) بالوحدات المعيارية لكل من الطول، والزمن، والكتلة. وتستخدم الوحدات المعيارية في مقارنة ومعايرة أمتارنا وموازيننا وساعاتنا. في **الشكل 2–1** أمثلة على وحدتين معياريتين.

الشكل 2-1: 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 يعرّف بأنه المسافة التي يقطعها الضوء في الفراغ في ثانية.

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

تحليل الوحدات (Dimensional Analysis)

تستطيع استخدام الوحدات للتحقق من صحة إجابتك، فأنت تستخدم عادة معادلة أو مجموعة من المعدلات لحل المسألة الفيزيائية، وللتحقق من حلها بشكل صحيح اكتب المعادلة أو مجموعة المعادلات التي ستستخدمها في الحل، تحقق قبل إجراء الحسابات من أن وحدات إجابتك صحيحة كما هو واضح في الخطوة رقم **3** في **المثال 1**. على سبيل المثال إذا حسبت السرعة ووجدت أن الإجابة بوحدة s/m أو S^2/m، فاعرف أن هنالك خطأ في حل المسألة. هذه الطريقة في التعامل مع الوحدات باعتبارها كميات جبرية تسمى **تحليل الوحدات**.

جـدول 2–1				
البادئات المستخدمة مع وحدات النظام الدولي				
البادئة	الرمز	المضروب فيه	القوة	مثال
femto-	f	0.000000000000001	10^{-15}	femtosecond (fs)
pico-	w	0.000000000001	10^{-12}	picometer (pm)
nano-	n	0.000000001	10^{-9}	nanometer (nm)
micro-	μ	0.000001	10^{-6}	microgram (μg)
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)

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

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

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 جرامات g فإننا نقوم بما يلي:

$$1.34\ \cancel{kg} = \frac{1000\ g}{1\cancel{kg}} = 1340\ g$$

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

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

مسائل تدريبية

استخدم تحليل الوحدات للتحقق من المعادلة قبل إجراء عملية الضرب.

5. كم MHz في 750 kHz

6. حوّل 5201 cm إلى km

7. كم ثانية في السنة الكبيسة (السنة الكبيسة تساوي 366 يوماً)

8. حوّل السرعة 5.30 m/s إلى km/h.

الأرقام المعنوية (Significant Digits)

الأرقام بين الرياضيات والفيزياء يجب الانتباه إلى الفارق المهم بين الأرقام الرياضية والأرقام الفيزيائية. ففي الرياضيات تعبر الأرقام عن قيم نظرية لا تتغير مهما اختلفت طرق كتابتها فالرقم 1.72×10^2 له نفس معنى الرقم 172.00 أو الرقم 172. أما في الفيزياء فالأمر مختلف فهنا تكون الأرقام نتائج لقياسات نجريها على مقاديرها ومواد فيزيائية واقعية (أبعاد، قوى، زمن...) أو نتائج حسابات تدخل فيها هذه القيم... وهنا تأخذ كل صيغة رقمية معنى مختلفاً.

افترض أنك استخدمت مترًا لقياس طول قلم حبر ووجدت أن نهاية القلم تقع على التدريج 14.3 cm. هذا القياس يحتوي على ثلاثة أرقام معتمدة (صحيحة)، اثنان منها أكيدان والثالث تقريبي. الأرقام المعتمدة في القياسات تسمى الأرقام المعنوية، ويكون آخر رقم يُعطى في أي قياس رقمًا غير مؤكد، وجميع الأرقام غير الصفرية في القياس تكون معنوية.

هل جميع الأصفار معنوية؟ لا، فمثلاً في القياس 0.0860 m، وضع أول صفرين على اليسار لتحديد وجود الفاصلة، ولذلك فهما لا يعتبران من الأرقام المعنوية، بينما الصفر الموجود على اليمين يعتبر معنوياً، كذلك القياس 172000 m يمكن أن يحتوي 3 أو 4 أو 5 أو 6 أرقام معنوية، وهذا الالتباس ناتج عن سوء استخدام الاختصارات العلمية، ولذلك فمن الواضح أن القياس 1.7200×10^5 m مثلاً يحتوي على خمسة أرقام معنوية.

العمليات الحسابية على الأرقام المعنوية عندما تُجري عملية حسابية من المهم التذكر أن دقة الناتج يجب أن تكون مساوية لأدنى دقة قياس. فعند جمع أو طرح القياسات، نجري العملية الحسابية أولاً ثم نُقرب الناتج بالنسبة لأقل دقة موجودة، على سبيل المثال: ناتج عملية الجمع التالية يكون كذلك لأن أقل دقة موجودة هي واحد بالعشرة من المتر.

$$3.86\ \text{m} + 2.4\ \text{m} = 6.3\ \text{m}$$

عند ضرب أو قسمة القياسات فإننا نقوم بالحسابات ثم نُقرب الناتج للعدد نفسه من الأرقام المعنوية للقياس الأقل دقة، فمثلاً في عملية القسمة التالية يكون الناتج كذلك لأن القياس الأقل دقة يحتوي على ثلاثة أرقام معنوية. $409.2\ \text{km}/11.4\text{L} = 35.9\ \text{km/L}$

بعض الآلات الحاسبة كما في **الشكل 3–1** تظهر خانات عشرية إضافية بينما تقوم آلات أخرى بتقريب الناتج بطرق مختلفة. كن متأكداً عند تسجيل إجابتك من احتوائها على العدد الصحيح من الأرقام المعنوية، ولاحظ أن الأرقام المعنوية تُعتمد فقط عندما تكون الحسابات مقترنة بالقياسات، فلا يوجد خطأ قياس عند عدِّ 4 حلقات معدنية، أو في معاملات التحويل الدقيقة (24 ساعة في يوم واحد).

الشكل 3–1: هذا الجواب للعملية 3.9 ÷ 7.2 يجب أن يُقرّب لرقمين معنويين.

مسائل تدريبية

حل المسائل التالية:

9. أ. 6.201 cm + 7.4 cm + 0.68 cm + 12.0 cm
   ب. 1.6 km + 1.62 m + 1200 cm
10. أ. 10.8 g – 8.264 g
    ب. 4.75 m – 0.4168 m
11. أ. 139 cm × 2.3 cm
    ب. 3.2145 km × 4.23 km
12. أ. 13.78g ÷ 11.3mL
13. ب. 18.21g ÷ 4.4cm^3

الطرق العلمية (Scientific Methods)

في فصول الفيزياء ستقوم بعمل المشاهدات، وتنفذ تجارب ثم تضع نماذج ونظريات لمحاولة تفسير نتائجك أو توقع إجابات جديدة. وتمثل الخطوات السابقة جوهر الطريقة العلمية. يحصل الباحثون العلميون، وخاصة الفيزيائيين منهم، على نتائج ويضعون توقعات، ويبتكرون تفسيرات جامعة تصف كمياً عدة ظواهر. ويجب أن تكون التجارب والنتائج قابلة للتكرار، بمعنى آخر يجب أن يستطيع باحثون آخرون إعادة التجربة والحصول على النتائج نفسها. إن الكتابة والمحادثة والاتصال الرياضي مهارات أساسية لكل باحث علمي.

يعمل الباحث العلمي عادة على فكرة يعبّر عنها **بوضع فرضية**، والفرضية عبارة عن تخمين علمي عن كيفية ارتباط المتغيرات مع بعضها البعض.

تجربة

قياس التغير

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

1. **قس** طول النابض عند تعليق: صفر، 1، 2، 3 حلقات معدنية عليه.
2. **اعمل** رسما بيانيًا يبين علاقة طول النابض بالكتلة المعلقة به.
3. **توقع** طول النابض عند تعليق 4 و5 حلقات عليه.
4. **اختبر** توقعاتك.

التحليل والاستنتاج

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

الشكل 4–1: a: يجري هؤلاء الطلاب تجربة لتحديد القدرة التي يحتاجها كل منهم لصعود الدرجات.
b: استخدم الطلاب نتائجهم في توقع الوقت اللازم لرفع ثقل مختلف باستخدام محرك ذي طاقة مماثلة (تساوي الطاقة العضلية للطالب).

كيف تختبر الفرضية؟ يقوم الباحثون بإجراء التجارب (انظر **الشكل 4–1**)، وأخذ القياسات، ثم يحددون المتغيرات المهمة، وكيف ترتبط هذه المتغيرات بعضها مع بعض، فعلى سبيل المثال يمكنك معرفة أن سرعة الصوت تعتمد على الوسط الذي ينتقل الصوت عبره وليس على علوّه أو شدته، بعد ذلك تستطيع توقع سرعة الصوت في وسط جديد، ثم تختبر النتيجة التي حصلت عليها.

الشكل 5–1: في منتصف الستينات 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 أشعة الميكروويف الكونية.

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 الزمان، حيث تعاقب ظهور نماذج ذرية جديدة بهدف تفسير المشاهدات والقياسات الحديثة.

إذا كانت النتائج الجديدة لا تتفق مع النماذج، فإن كليهما سيعاد اختباره. ويُظهر **الشكل 5–1** مثالا تاريخيا 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 للعمل؟ إذا تولدت معلومات جديدة عن تجارب لاحقة فإنه يجب تغيير النظريات لتعكس المكتشفات الجديدة. فعلى سبيل المثال، كان الاعتقاد

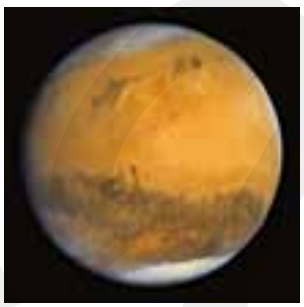
سائدا في القرن التاسع عشر بأن العلامات الخطية التي يمكن رؤيتها على كوكب المريخ عبارة عن قنوات (**انظر الشكل 6a–1**)، وعند تطور المناظير الفلكية (التلسكوبات) أثبت العلماء أنه لا يوجد مثل هذه العلامات كما هو واضح في **الشكل 6b–1** وفي الوقت الحالي وباستخدام أجهزة أفضل وجد العلماء معالم تشير إلى أن الماء كان يجري على سطح المريخ في الماضي انظر **الشكل (6c–1)** ، إن أي اكتشاف جديد يعني ظهور أسئلة جديدة ومجالات جديدة للاستكشاف.

القانون العلمي هو قاعدة طبيعية تجمع مشاهدات مترابطة تصف ظاهرة طبيعية متكررة، 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 وصفًا لها.

الشكل 6–1: a. رسم للمشاهدات المأخوذة من المناظير الفلكية القديمة تظهر قنوات على سطح كوكب المريخ.
b. صورة حديثة من مناظير فلكية متطورة لا تظهر فيها هذه القنوات.
c. صورة لسطح المريخ يظهر فيها صخور رسوبية طبقية مما يشير إلى أن هذه الطبقات قد تكوّنت في مياه راكدة.

a

b



c

الشكل 7–1 تتغير النظريات وتُعدل عندما تُوفر التجارب الجديدة ملاحظات جديدة، فنظرية سقوط الأجسام خضعت للكثير من التعديل والمراجعة.

ارتأى 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

جملة جاليليو صحيحة ولكن نيوتن راجع سبب سقوط الأجسام، واقترح أن سبب السقوط هو وجود قوة تجاذب بين الأرض وبين هذه الأجسام.

↓ مراجعة

ما زالت مقترحات جاليليو ونيوتن تحتفظ بصحتها، فيما بعد افترض أينشتاين أن قوة التجاذب بين جسمين هي بسبب الكتلة وهذا يسبب تحدب الفضاء حولها.

النظرية العلمية: هي تفسير يعتمد على عدة مشاهدات مدعومة بنتائج تجريبية، فالنظرية قد تكون تفسيرا للقوانين، وهي أفضل تفسير ممكن لسبب وكيفية عمل الأشياء. فعلى سبيل المثال، تنص نظرية الجاذبية الكونية على أن جميع الكتل في الكون تنجذب نحو كتل أخرى. قد تُراجَع أو تُهمَل القوانين والنظريات مع الزمن كما هو واضح في **الشكل 1–7**. لاحظ أن هناك اختلافاً بين الاستخدام الشائع والاستخدام العلمي لكلمة نظرية مثل (أن يقول شخص لدي نظرية تفسر لماذا تستغرق رحلة الذهاب إلى المدرسة فترة أطول يوم العطلة)، ففي المجال العلمي، يطلق مسمى نظرية حصرا على التفسير الذي تدعمه بقوة نتائج التجارب العلمية.

1-1 مراجعة

13. **رياضيات:** لماذا توصف المفاهيم في الفيزياء بوساطة الصيغ الرياضية؟

14. **مغناطيسية:** القوة المتولدة عن مجال مغناطيسي والمؤثرة في جسم مشحون متحرك تعطى بالعلاقة التالية: $F = BqV$ ، حيث F تمثل القوة مقاسة بوحدة $kg.m/s^2$، و q تمثل الشحنة بوحدة A.s، و V تمثل السرعة بوحدة m/s. بينما مقدار المجال المغناطيسي بوحدة T (tesla). ما التسلا T مُعبراً عنها بالوحدات الأساسية؟

15. **مغناطيسية:** بروتون شحنته $q = 1.6 \times 10^{-19}$ A.s يتحرك بسرعة 2.4×10^5 m/s في مجال مغناطيسي مقداره 4.5 T. ما القوة المغناطيسية المؤثرة في البروتون؟

أ. عوض القيم في المعادلة التي ستستخدمها، هل الوحدات صحيحة؟

ب. إذا كتبت القيم باستخدام الرموز العلمية $m \times 10^n$. احسب جزء المعادلة الذي يحتوي على 10^n لتقدير حجم الإجابة.

جـ. احسب إجابتك. تأكد منها مقارنة بتقديرك في الفقرة ب.

د. حدد عدد الأرقام المعنوية في إجابتك.

16. **مغناطيسية:** أعد كتابة المعادلة: $F = BqV$ للحصول على V بدلالة كل من F ، و q ، و B .

17. **التفكير الناقد:** القيمة المقبولة لتسارع الجاذبية الأرضية هي $9.801\ m/s^2$. وفي تجربة باستخدام البندول حصلت على قيمة $9.4\ m/s^2$ لتسارع الجاذبية الأرضية، هل تقبل هذه القيمة؟ فسّر إجابتك.

لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني obeikaneduction.com

1-2 القياس Measurement

الأهداف

- **تميز** بين الدقة والضبط.
- **تحدد** دقة قياس الكميات.

المفردات:

قياس، دقة ضبط.

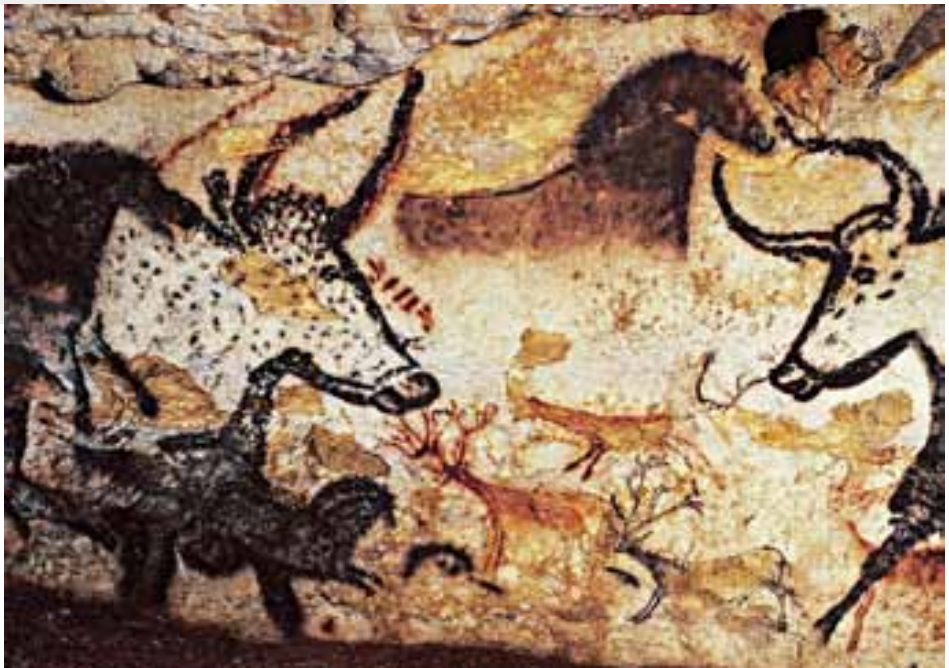
عندما تزور الطبيب، فإنه يقوم بإجراء عدة قياسات منها: طولك، وزنك، ضغط دمك ومعدل دقات قلبك، وحتى نظرك يقاس ويعبّر عنه بأرقام. ويجري على الدم بعض القياسات مثل نسبة الرصاص أو الكولسترول في الدم، فالقياسات تحول مشاهداتنا إلى مقادير كمية يمكن التعبير عنها بوساطة الأرقام ، فإذا كان ضغط الدم عند شخص 60/110 فإن هذا الضغط إلى حد ما جيد مقارنة بالحد الأدنى لضغط الدم الجيد.

ما القياس؟ القياس عبارة عن مقارنة بين كمية مجهولة وأخرى معيارية. فعلى سبيل المثال، إذا قِستَ كتلة عربة ذات عجلات فإن الكمية المجهولة هي كتلة العربة، والكمية المعيارية هي الجرام g ؛ علمًا بأن الكتلة تقاس باستخدام الميزان النابضي أو الميزان ذي الكفتين. في تجربة النابض المشروحة سابقاً، يمثل طول النابض الكمية المجهولة بينما يمثل السنتمتر cm الكمية المعيارية.

مقارنة النتائج (Comparing Results)

كما تعلمت في الدرس السابق **1–1**، يشارك الباحثون بعضهم بعضا في النتائج التي توصل إليها كل منهم. وقبل أن تُقبل نتائج تجربة مابشكل نهائي يعمل باحثون آخرون على اختبار التجربة نفسها، فيبحثون عن مصادر محتملة للخطأ، ثم يحاولون إعادة الحصول على النتائج. والقياس الجديد الذي يحقق هامش خطأ بسيط يعزز القياس القديم.

فعلى سبيل المثال، يستخدم علماء الآثار التأريخ بالكربون المشع لإيجاد عمر الرسوبيات الكهفية مثل تلك الموجودة في كهف لاسكو، **(انظر الشكل 8–1)**، حيث كانت نتائج القياسات كما يأتي: 30940 ± 610 yr و30790 ± 600 yr و 30230 ± 530 yr. لاحظ أن القياسات لا تتطابق تماماً إلا أن أخطاء القياس فيها تتداخل بحيث تعزز القياسات بعضها بعضاً.



الشكل 8–1 : رسومات حيوانات في كهف لاسكو في فرنسا. يحاول العلماء من خلال تأريخ عمر المواد العضوية الموجودة في الكهوف، مثل الأصباغ وعلامات المشاعل، توقع أعمار هذه الرسومات. وكل عمر كتب مع هامش خطأ يوضح مدى دقة هذه القياسات.

قـام ثلاثـة طـلاب بعمـل تجربـة النابـض والحلقـات المعدنية السـابقة أكثـر من مرة مسـتخدمين نوابـض لهـا الطول نفسـه، فعلق كل منهـم حلقتين معدنيتين وكـرر التجربة مسجلا عدة قياسات.

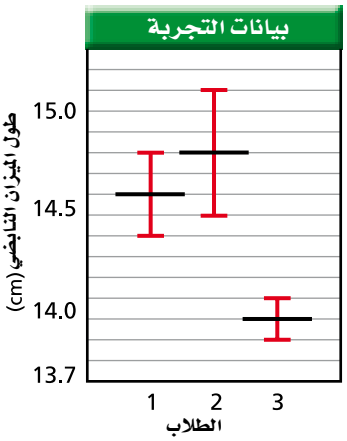
عندما أجرى الطالب الأول التجربة، تراوحت قياسـات طول النابض بين 14.4 cm – 14.8 cm، وكان متوسط قياساته 14.6 cm (**انظر الشكل 9–1**).

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

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

هل تسـتطيع أن تسـتنتج أن القياسات الثلاثة متوافقة؟ وهل نتيجة الطالب الأول قابلة للتكـرار؟ الجواب:هنـاك تداخل بين نتيجتـي الطالبين الأول والثانـي، بمعنى أن لديهما أطوالاً مشتركة من 14.5 cm إلى 14.8 cm.

لاحـظ أنـه لا يوجد تداخـل وبالتالي لا يوجـد توافق بيـن نتائجهما ونتيجـة الطالب الثالث.



الشكل 9–1 إذا نفذ ثلاثة طلاب التجربة نفسها. هل تتطابق القياسات؟ هل نتيجة الطالب الأول متكررة؟

الدقة والضبط (Precision Versus Accuracy)

الدقـة والضبـط كلاهمـا من خصائـص القيم المقاسـة. مامقـدار كل من دقـة وضبط القياسـات في التجربة السـابقة؟ تسـمى درجة صحة القياسـات دقة القياس، إن قياسات الطالـب الثالـث هي الأكثر دقـة، وبهامش خطأ مقداره 0.1 cm ±، بينما كانت قياسـات الطالبين الآخرين أقل دقة، وبهامش خطأ أكبر.

تتعلق الدقة بالأداة والطريقة المستخدمة في القياس، وبشكل عام، كلما كان الجهاز ذا تدريجـات أكثـر وضوحاً كانت قياسـاته أكثر دقـة. ودقة القياس تسـاوي نصف أصغر تدريج في الجهاز. فعلى سـبيل المثال، للمخبار المدرج في **الشكل 10a–1** تدريجات، كل منها يساوي 1 mL، وتستطيع من خلال هذه الأداة أن تقيس بدقة تصل إلى 0.5 mL. من جهة أخرى، فإن أصغر تدريج في الدورق المبيّن في **الشكل 10b–1** هو 50 mL.

كم كانت الدقة عندما أجريت تجربة النابض مع الحلقات المختلفة؟

تُرينا الأرقام المعنوية في أي إجابة دقة القياس، فدقة القياس 67.100 g تسـاوي واحد بالألـف من الجـرام، وبالعودة إلى قواعد إجراء العمليات الحسـابية على قياسـات ذات مسـتويات دقة مختلفة. نجد أنه إذا أضفنا 1.2 mL من حامض إلى دورق يحتوي 2.4 × 10^2 mL ماء، فإننا لا نستطيع أن نقول أنه لدينا 2.412 × 10^2 ml من السائل، لأن حجم الماء وحجم الحامض لم يتم قياسهما بالدقة نفسها.

الشكل 10–1:
a) الاسطوانة المدرجة تحتوي على: (41 ± 0.5) mL
b) الدورق يحتوي على: (325 ± 25)mL.

يصف الضبط **اتفاق نتائج القياس مع القيمة الحقيقية**، أي القيمة المعتمدة المقاسة من قبل خبراء مؤهلين. فإذا كان الطول المعتمد للنابض الذي قاسه الطلاب هو 14.8 cm، تكون قياسات الطالب الثاني هي الأكثر ضبطًا، بينما تكون قياسات الطالب الثالث الأقل ضبطًا. كم كان الضبط في قياساتك في تجربة الفصل؟ ما السبب الذي يجعل شخصاً يقوم بقياسات غير مضبوطة؟ كيف تستطيع أن تختبر الضبط في القياسات؟

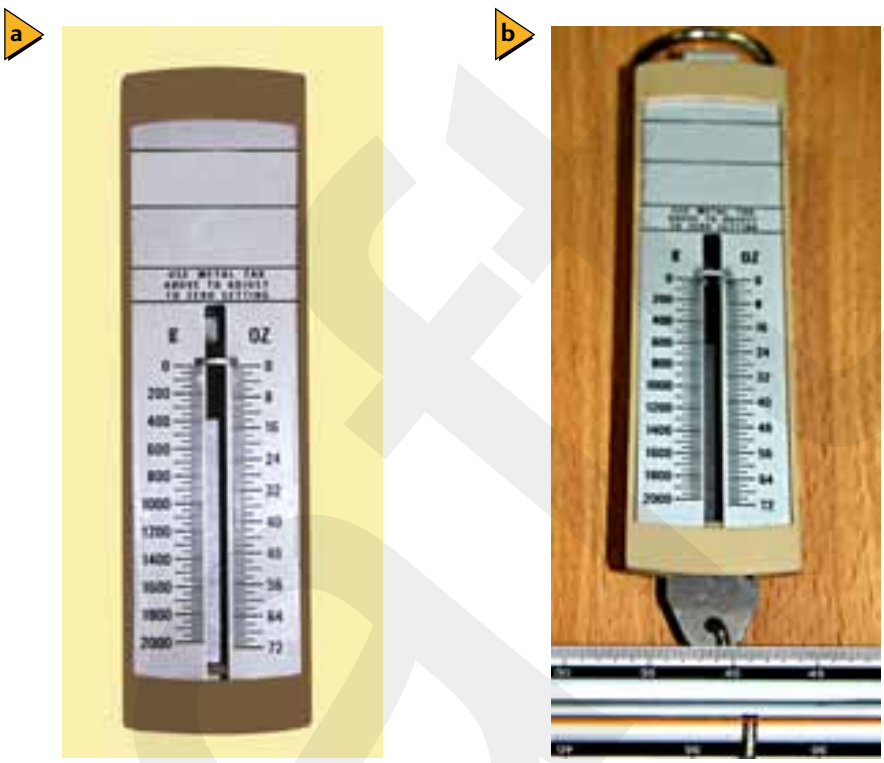
الطريقة الشائعة لاختبار الضبط في الجهاز تسمى معايرة النقطتين، وتتم أولاً بمعايرة صفر الجهاز، ثم بمعايرة الجهاز بحيث يعطي قيمة مضبوطة وصحيحة عندما يقيس كمية ذات قيمة معتمدة (**انظر الشكل 11–1**). يجرى الضبط الدوري بشكل خاص للأجهزة الحساسة من مثل الأجهزة المستخدمة في علاج السرطان.

الشكل 11–1: يُختبر الضبط عن طريق قياس قيمة معلومة

تقنيات القياس الجيد (Techniques of Good Measurement)

لضمان الوصول إلى مستوى الضبط المطلوب، والدقة التي يسمح بها الجهاز، يجب أن تستخدم الأجهزة بطريقة صحيحة. وأن تتم القياسات بحذر وانتباه. ومن أكثر الأخطاء شيوعًا ما ينتج عن الزاوية التي تؤخذ القراءة من خلالها، حيث يجب أن تقرأ التدريجات بالنظر عمودياً وبعين واحدة كما هو موضح في **الشكل 12a–1**. أما إذا قُرئ التدريج بشكل مائل كما هو موضح في **الشكل 12b–1**، فإننا نحصل على قيمة مختلفة وغير مضبوطة، ويسمى الاختلاف في القراءات "**اختلاف زاوية النظر** Parallax" وهو التغير الظاهري في موقع الجسم عند النظر إليه من زوايا مختلفة. ولكي تلاحظ اختلاف زاوية النظر قم بقياس طول قلم الحبر بالنظر بشكل عمودي على التدريج، وبعد ذلك اقرأ التدريج بعد أن تحرف رأسك إلى جهة اليمين أو جهة اليسار.

الشكل 12–1 : عند النظر إلى التدريج بشكل عمودي كما في **a** ستكون قراءتك مضبوطة، بشكل أفضل من النظر بشكل مائل كما في **b**. كم سيكون الاختلاف في القراءتين نتيجة اختلاف زاوية النظر؟



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 يبعد عن الأرض سنويًا بمعدل** 3.8 cm/yr **تقريباً.**

1-2 مراجعة

18. **الضبط:** بعض المساطر الخشبية لا يبدأ صفرها عند الحافة وإنما بعد عدة مليمترات منها. كيف يزيد هذا من ضبط المسطرة؟

19. **الأدوات:** لديك ميكروميتر (جهاز يستخدم لقياس طول الأجسام لأقرب 0.01 mm) مُنْحَنٍ بشكل سيئ، كيف تقارنه بمتر قياس ذي نوعية جيدة من حيث الدقة والضبط؟

20. **اختلاف زاوية النظر:** هل يؤثر اختلاف زاوية النظر في دقة القياسات التي تجريها؟ وضح ذلك.

21. **الأخطاء:** أخبرك صديقك أن طوله 182 cm. عبر بكلماتك الخاصة عن الفئة الطولية التي يتنمي إليها صديقك.

22. **الدقة:** صندوق طوله 19.2 cm، وعرضه 18.1 cm، وارتفاعه 20.3 cm؟

أ. ما حجم الصندوق؟

ب. ما دقة قياس الطول؟ وما دقة قياس الحجم؟

جـ. ما ارتفاع مجموعة من 12 صندوقاً؟

د. ما دقة قياس ارتفاع الصندوق؟ وما دقة قياس ارتفاع 12 صندوقًا.

23. **التفكير الناقد:** كتب زميلك في تقريره أن متوسط الزمن اللازم لحركة جسم دورة كاملة في مسار دائري هو 65.414 s. وقد سجلت هذه القراءة عن طريق قياس زمن 7 دورات باستخدام ساعة دقتها 0.1 s. ما مدى ثقتك بالنتيجة المدوّنة في التقرير؟ وضح إجابتك.

1-3 تمثيل البيانات (Graphing Data)

تتيح الرسوم البيانية الجيدة الوصول إلى المعلومات بشكل سريع وسهل، فالأنماط التي لا يمكن رؤيتها بسهولة في قائمة من الأرقام، تأخذ شكلاً واضحًا ومحددًا عندما تمثِّل بالرسم. في هذا الدرس ستتعرف طرق الرسم البياني التي تمكنك من عرض البيانات وتحليلها ونمذجتها.

الأهداف

- **تمثل** باستخدام الرسم البياني، العلاقة بين المتغير المستقل والمتغير التابع.
- **تفسر** الرسوم البيانية .
- **تتعرف** العلاقات العامة في الرسوم البيانية.

المفردات:

المتغير المستقل.

المتغير التابع.

خط المواءمة الأفضل .

العلاقة الخطية.

العلاقة التربيعية.

العلاقة العكسية.

تحديد المتغيرات (Identifying Variables)

عندما تجري تجربة ما، من المهم أن تغير عاملاً واحداً فقط في كل مرة. فعلى سبيل المثال يعطي **الجدول 3–1** طول النابض المقابل للكتلة المعلقة عليه كما قيس في تجربة معينة، وهنا تتغير الكتلة فقط، إذا علقت عدة كُتل على عدة أنواع من النوابض فإنك لن تعرف الفرق بين زوجين من القراءات الناتجة عن تعليق كتلتين مختلفتين على نابضين مختلفين.

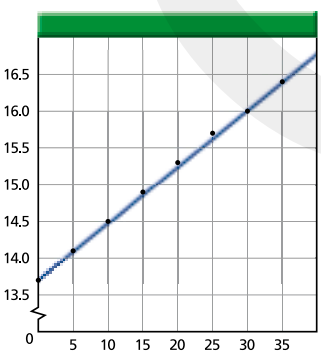
جدول 3-1

طول النابض المقابل للكتل المختلفة

الكتلة المعلقة على النابض (g)	طول النابض (cm)
0	13.7
5	14.1
10	14.5
15	14.9
20	15.3
25	15.7
30	16.0
35	16.4

المتغير المستقل هو العامل الذي يُغيَّر أو يُعدَّل خلال التجربة (الكتلة في هذه التجربة هي المتغير المستقل). أما المتغير التابع فهو العامل الذي يعتمد على المتغير المستقل (مقدار استطالة النابض).

تهدف بعض التجارب إلى دراسة تغير النشاط الإشعاعي مع الزمن أو تغير الاحتكاك مع الوزن أو تغير شدة المجال المغناطيسي مع البعد عن المغناطيس...إلخ. إحدى طرق تحليل النتائج هي رسم خط بياني، وهنا يظهر بوضوح كيف يعتمد المتغير التابع على المتغير المستقل. عند رسم النتائج المعطاة في **الجدول 3–1** نحصل على **الشكل 13–1**، يسمى الخط الأزرق الذي يمر تقريباً بكل النقاط: أفضل خط بياني يمر بالنقاط أو خط المواءمة الأفضل، ويتيح خط المواءمة الأفضل إمكانية استنتاج أفضل بكثير من النقاط المنفردة التي يمثلها.



الشكل 13–1: يمثل المتغير المستقل (الكتلة) على المحور الأفقي. الرسم يوضح أن طول النابض يزداد بزيادة الكتلة المعلقة به.

إستراتيجية حل المسائل

تمثيل البيانات بالرسم

استخدم الخطوات التالية لرسم البيانات المعطاة في جدول البيانات.

1. حدد كلاً من المتغير المستقل، والمتغير التابع في البيانات المعطاة. ارسم المتغير المستقل على المحور الأفقي (x)، والمتغير التابع على المحور الرأسي (y).
2. حدّد المدى الذي سيُرسم فيه المتغير المستقل.
3. حدد؛ هل نقطة الأصل (0.0) هي نقطة معتمدة في البيانات أم لا؟
4. وزع البيانات على المحور بحيث تكون متباعدة بأكبر قدر ممكن. اكتب الترقيم الملائم مقابل كل تدريج على ورقة الرسم البياني، حيث من الممكن أن يكون الترقيم من مضاعفات الأرقام 1، أو 2، أو 5، أو 10.
5. رقم واكتب عنوان المحور الأفقي مع ذكر الوحدات، مثلاً Mass (grams).
6. كرّر الخطوات 5–2 للمتغير التابع.
7. ارسم نقاط البيانات على الرسم.
8. ارسم خط المواءمة الأفضل الذي يمر بأكبر عدد ممكن من النقاط. لا تستعمل سلسلة من الخطوط المستقيمة لتوصيل النقاط. إن الخط الذي يعتبر بالنسبة لك خط المواءمة الأفضل قد لا يعتبره غيرك كذلك.

هناك طريقة تستخدم في الرسم عن طريق برامج الحاسوب الجاهزة تسمى least–squares technique، وهي تنتج نوعيات جيدة من خط المواءمة الأفضل.

9. أعطِ للرسم البياني عنوانًا مناسبًا يعبر تمامًا عما يمثله.

ستزودنا فقرة «استراتيجية حل المسائل» بتعليمات مفصلة عن كيفية تمثيل البيانات بالرسم وعمل خط المواءمة الأفضل.

العلاقات الخطية (Linear Relationships)

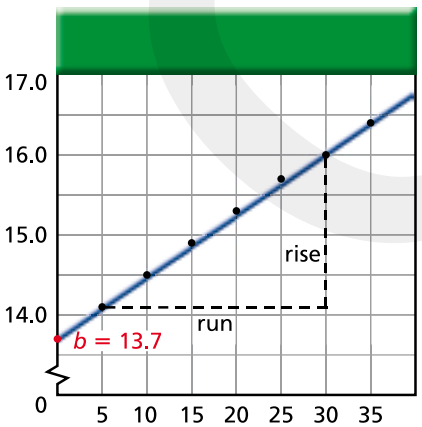
قد تأخذ نقاط البيانات المبعثرة في الرسم عدة أشكال، حيث يُعبر عنها بعلاقات مختلفة. في هذا الجزء من الفصل سنوضح ثلاثًا من العلاقات المألوفة. فعندما يكون خط المواءمة الأفضل مستقيما كما هو موضح في **الشكل 14–1**، فإن المتغير التابع يتغير **خطيًا** مع المتغير المستقل، وتسمى العلاقة بين المتغيرين علاقة خطية يعبر عنها كما يلي:

(العلاقة الخطية بين متغيرين) $y = mx + b$

حدد كلاً مما يلي: نقطة تقاطع الخط مع المحور الرأسي b، والميل m، كما هو موضح في **الشكل 14–1**. باستخدام نقاط على الخط (وهذه النقاط قد تكون أو قد لا تكون من نقاط البيانات الواردة في الجدول). الميل هو النسبة بين التغير الرأسي (العمودي) والتغير الأفقي، ولإيجاد الميل نختار نقطتين A و B بينهما مسافة مناسبة على الخط. إن التغير الرأسي هو الفرق بين القيم الرأسية للنقاط A و B، والتغير الأفقي هو الفرق بين القيم الأفقية للنقاط A و B.

(الميل) $m = \frac{\Delta y}{\Delta x}$

الشكل 14–1: لإيجاد معادلة أفضل خط مستقيم يمر بالنقاط عليك إيجاد المقطع العمودي b والميل m.

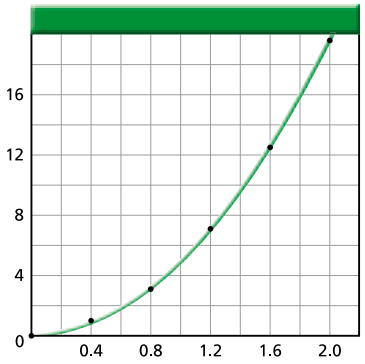


من **الشكل 14–1**، نجد أن الميل يساوي:

$$m = \frac{(16.0\ cm - 14.1cm)}{(30\ g\ 5\ g)} = 0.08cm/g$$

المقطع b يحدد نقطة تقاطع الخط المستقيم مع المحور y حيث تكون قيمة x مساوية للصفر، من **الشكل 14–1**، تكون $b = 13.7\ cm$.

إذا كانت $b = o$ فإن $y = mx$ وبالتالي فإن الكمية y تتناسب طرديًا وبشكل مباشر مع x.



الشكل 15–1: يمثل هذا الرسم علاقة تربيعية أو علاقة قطع مكافئ.

العلاقة غير الخطية (Nonlinear Relationships)

يمثل **الشكل 15–1** المسافة التي تقطعها كرة نحاسية ساقطة وعلاقة المسافة المقطوعة بالزمن. لاحظ أن الخط الناتج ليس خطًا مستقيمًا وهذا يعني أن العلاقة ليست خطية. هنالك عدة أشكال من العلاقات غير الخطية في العلوم، ومن أكثر العلاقات غير الخطية شيوعًا العلاقات التربيعية والعلاقات العكسية. يمثل **الشكل 15–1** علاقة تربيعية يُعبر عنها كما يلي:

$$y = ax^2 + bx + c$$ **(علاقة تربيعية بين متغيرين)**

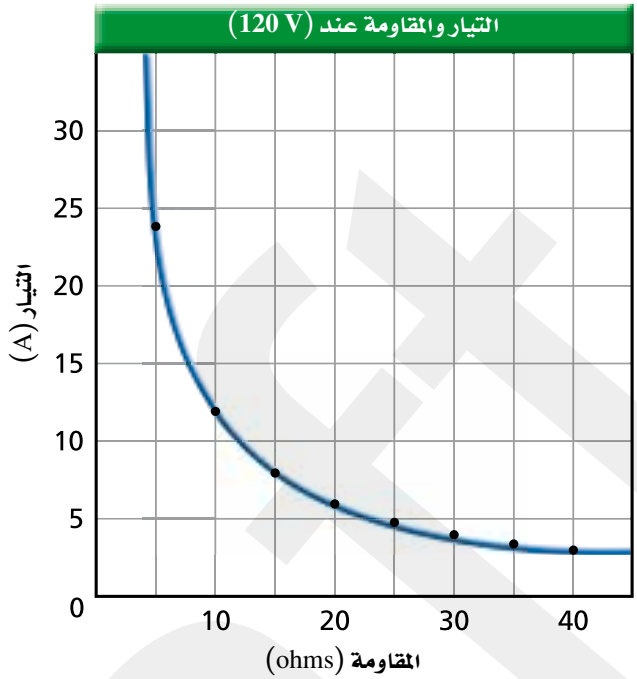
تنتج العلاقة التربيعية عندما يعتمد أحد المتغيرين على مربع الآخر.

يمكن إيجاد قيم الثوابت a، وb، وc عن طريق برامج الحاسوب أو بعض الآلات الحاسبة التي ترسم المنحنيات البيانية. والمعادلة التربيعية التي تمثل الخط المرسوم في **الشكل 15–1** هي $d = 5t^2$.

مسألة تحد

عُلِّقَ جسم بالنابض رقم 1 فاستطال مسافة مقدارها X_1، أزيل الجسم عن النابض الأول ثم علق على النابض رقم 2 فاستطال مسافة مقدارها X_2 ، حيث X_2 أكبر من X_1.

1. ارسم (على المحاور نفسها) مخطط علاقة الكتلة بالاستطالة لكلٍ من النابضين.
2. هل تدخل نقطة الأصل ضمن الرسم؟ ولماذا؟
3. أي الميلين أكبر؟
4. إذا كان $X_1 = 1.6\ X_2$، لكتلة معينة، وإذا كان $X_2 = 5.3\ cm$، فما قيمة X_1؟



الشكل 16–1: هذا الرسم يبين علاقة عكسية بين المقاومة والتيار (كلما زادت المقاومة ضعف التيار).

الرسم في **الشكل 16–1** يبين كيف يتغير التيار في دائرة كهربائية مع زيادة المقاومة وهذا مثال على العلاقة العكسية التي تعطى بالمعادلة التالية:

علاقة عكسية $y = \frac{a}{x}$

يكون الرسم البياني على شكل قطع زائد عندما يتناسب المتغير الأول مع مقلوب المتغير الثاني.

العلاقات الثلاث التي تعلمتها هنا، هي نماذج لعلاقات بسيطة ستحاول استنتاجها أثناء دراستك للفيزياء، وهناك أمثلة أخرى من العلاقات، مثل العلاقات الجيبية التي تستخدم لتمثيل الظواهر الدورية والعلاقات اللوغارتمية التي تمثل النشاط الإشعاعي، وكذلك يمكن دراسة ظواهر أكثر تعقيداً باستخدام مجموعة مركبة من النماذج الرياضية.

مسائل تدريبية

24. يعطي **الجدول 4–1** قيم كتل حجوم محددة من سبائك الذهب النقي.

أ. مثل بيانيًا علاقة الكتلة بالحجم باستخدام القيم المعطاة في الجدول، ثم ارسم خط المواءمة الأفضل

ب. صف الخط الناتج.

جـ. بالرجوع إلى الرسم ما نوع العلاقة بين كتلة سبائك الذهب النقي وحجمها؟

د. ما قيمة الميل في هذا الرسم؟ وما وحداته المناسبة؟

هـ. اكتب معادلة توضح العلاقة بين كتلة الذهب وحجمه.

و. ماذا يمثل ميل الخط؟ عبر عن ذلك بكلمة.

الجدول 4–1

كتلة سبائك الذهب النقي	
الكتلة (g)	الحجم (cm^3)
19.4	1.0
38.6	2.0
58.1	3.0
77.4	4.0
96.5	5.0

توقع القيم (Predicting Values)

عندما يكتشف الباحثون علاقات من مثل الموجودة في رسومات هذا الدرس، يستخدمونها لعمل توقعات، فعلى سبيل المثال، المعادلة التي تصف الخط المستقيم في **الشكل 14–1** هي كما يلي:

$$y = (0.08\ \text{cm/g})x + 13.7\text{cm}$$

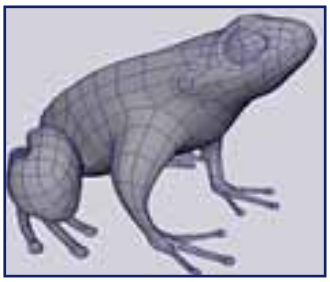
يمكن للعلاقات (سواء عبر عنها بصيغ رياضية أم برسوم بيانية) مساعدتنا في توقع القيم التي لم يجر قياسها بشكل مباشر. عد إلى **الجدول 3–1** .. كم يستطيل النابض عندما نعلق به كتلة مقدارها 49 kg؟

$$y = (0.08\ \text{cm/g})(49\ \text{g}) + 13.7\ \text{cm} = 18\ \text{cm}$$

من المهم أن تعرف إلى أي مدى تستطيع أن تستنبط من المعلومات التي لديك، فمثلاً 49 kg هي قيمة كبيرة جداً مقارنة بالكتل المقاسة في التجربة وقد ينقطع النابض قبل أن يستطيل إلى الطول المقابل (الذي أمكن حسابه بوساطة من المعادلة السابقة).

يستخدم الفيزيائيون النماذج لكي يستنتجوا بدقة كيف تعمل الأنظمة، والإجابة عن أسئلة من مثل: ماالظروف التي تسبب الوهج الشمسي؟ كيف يؤثر تغيير الدائرة الكهربائية في عمل الجهاز؟ أو كيف يؤثر المجال الكهرومغناطيسي في أداء الأجهزة الطبية؟ وبشكل عام يستخدم الناس النماذج في جميع مناحي الحياة، لاحظ المثال الموجود في **الشكل 17–1** .

من خلال الأدوات التي تعلمتها في هذا الفصل، تستطيع الآن أن تجيب عن الأسئلة وتضع نماذج للمشكلات الفيزيائية التي ستواجهك في هذا الكتاب.



الشكل 17–1: يتم استخدام نماذج رياضية مستوحاة من العالم الحقيقي في صناعة الرسوم المتحركة (بوساطة الكمبيوتر) من أجل ابتكار عالم خيالي مُقنع.
تستطيع هذه النماذج تلبية الحاجة إلى تصوير حركة الأشياء المختلفة الحجم وتحقيق الانسجام بين حركة الشخصيات الكرتونية وحركة الملابس والشعر، ومحاكاة سقوط الضوء وتكوّن الظلال، بالإضافة لمواضيع فيزيائية أخرى.

1-3 مراجعة

25. **اعمل رسمًا بيانيًا:** مثل القراءات التالية بيانيا على اعتبار أن الزمن هو المتغير المستقل:

الزمن(s)	0	5	10	15	20	25	30	35
السرعة(m/s)	12	10	8	6	4	2	2	2

26. **فسر الرسم:** ماذا يعني التقاطع مع المحور y (عندما لا يمر الخط البياني بنقطة الأصل) عند رسم علاقة الكتلة الكلية بالحجم.

27. **توقع:** استخدم العلاقة في **الشكل 14–1** لتحديد الكتلة اللازمة لجعل طول النابض 15 cm.

28. **توقع:** استخدم العلاقة المضمنة في **الشكل 16–1** لاستنتاج التيار عندما تكون قيمة المقاومة 16 ohms.

29. **التفكير الناقد:** عند إعادة تمثيل علاقة الاستطالة بالكتلة الكلية بيانيًا باستخدام نابض آخر، ماذا يعني الحصول على ميل أقل من ميل الخط المرسوم في الشكل **14–1**.

مختبر الفيزياء

استكشاف حركة الأجسام

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

سؤال التجربة:

ما أنواع القياسات التي يمكن إجراؤها لإيجاد سرعة مركبة؟

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 توقيت.

الخطوات

1. قم بزيارة physicspp.com/internet_lab لمشاهدة مقطع الفيديو الخاص بالفصل الأول.
2. أخذت لقطات الفيديو في وقت الظهيرة. على طول جوانب الطريق المستقيمة هناك مستطيلات كبيرة من طلاء أبيض تستخدم لملاحظة حركة المرور من الجو، تتكرر هذه العلامات بانتظام كل (0.2 mi) 322 km .
3. **نَظّم** جدولاً مثل الموضح أدناه، 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. **أعد مشاهدة الفيديو** مرة ثانية وابحث عن تفاصيل أخرى. هل الطريق مستوية؟ بأي اتجاه تتحرك المركبات؟ كم الزمن اللازم لتقطع كل مركبة المسافة بين إشارتين؟
5. **سجل** ملاحظاتك وقراءاتك.

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 وبين أيها ذات ميل أقل. ماذا يساوي الميل؟
5. **استنتج** ما الذي يعنيه حصولك على خط أفقي (موازٍ 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، مالعلامات 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 سيقرأ: 90 km/h، و 100 km/h، و 110 km/h على الترتيب.
فسر هذا الاختلاف.

التواصل

قم بزيارة الموقع الآتي:
physicspp.com/internet_lab

لإرسال تجربتك في قياس السرعة في غرفة الصف استخدم سيارة التحكم عن بعد، ومن ثم دوّن المواد والأدوات المستخدمة، وطريقة عمل التجربة، وملاحظاتك، واستنتاجاتك بالنسبة للدقة. إذا قمت فعليًا بتنفيذ التجربة فابعث نتائجك وقراءاتك بدقة.

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية

لمزيد من المعلومات عن القياسات ارجع إلى الموقع الإلكتروني
obeikaneducation.com

الفصل 1

دليل الدراسة

1–1 الرياضيات والفيزياء Mathematics and Physics

المفردات:

- الفيزياء
- تحليل الوحدات
- الأرقام المعنوية
- الطرق العلمية
- الفرضيات
- القانون العلمي
- النظرية العلمية

المفاهيم الرئيسة:

- الفيزياء هي علم دراسة المادة والطاقة والعلاقة بينهما.
- يستخدم تحليل الوحدات للتحقق من أن وحدات الإجابة صحيحة.
- في أي عملية حسابية على القياسات، فإن دقة الناتج لن تكون أكبر من أقل دقة للقياسات التي تدخل في العملية.
- الطريقة العلمية هي عملية نظامية للمشاهدة، والتجريب، والتحليل للإجابة عن الأسئلة حول العالم الطبيعي.
- يجب تغيير الأفكار العلمية عند الحصول على معلومات جديدة.
- القانون العلمي والنظرية العلمية هما وصف وتفسير المشاهدات في الطبيعة.

1–2 القياس Measurement

المفردات:

- القياس
- الدقة
- الضبط

المفاهيم الرئيسة:

- الاكتشافات العلمية الجديدة يجب أن تكون قابلة للإعادة، أي أن آخرين يستطيعون إعادة القياس والحصول على النتائج نفسها.
- تحتوي جميع القياسات على خطأ في القياس.
- الدقة هي درجة صحة القياسات.
- يصف الضبط كيف تتفق نتائج القياس مع القيمة الحقيقية.

1–3 تمثيل البيانات Graphing Data

المفردات:

- المتغير المستقل
- المتغير التابع
- خط المواءمة الأفضل (أفضل خط يمر بالنقاط)
- العلاقة الخطية
- العلاقة التربيعية
- العلاقة العكسية

المفاهيم الرئيسة:

- ترسم النتائج لمعرفة العلاقة بين متغيرين.
- أفضل خط يمر بالنقاط يستخدم لوصف النتائج وعمل استنتاجات.
- الرسم الذي تقع جميع النقاط فيه على خط مستقيم هو رسم يمثل علاقة خطية تعطى بالمعادلة التالية، حيث m و b ثوابت:

$$y = mx + b$$

- ميل الخطي المستقيم m يساوي مقدار التغير في المحور الرأسي y مقسومًا على مقدار التغير في المحور الأفقي x، وعادة يكون للميل معنى فيزيائي.

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

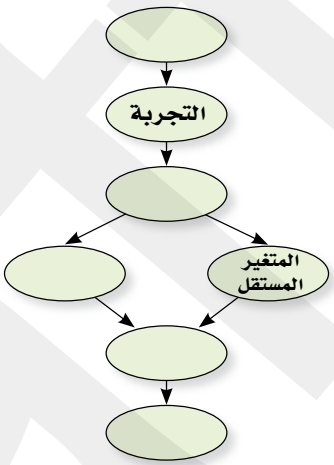
- الرسم الذي يمثل العلاقة التربيعية هو منحنى قطع مكافئ، ويمثل بالمعادلة التالية:

$$y = ax^2 + bx + c$$

- الرسم الذي يمثل العلاقة العكسية بين المتغيرين x وy هو منحنى قطع زائد، ويمثل بالمعادلة التالية، حيث a ثابت: $y = \frac{a}{x}$

خريطة المفاهيم

30. أكمل خريطة المفاهيم التالية باستخدام المصطلحات: الفرضية، الرسم البياني، النموذج الرياضي، القياسات، المتغير التابع.



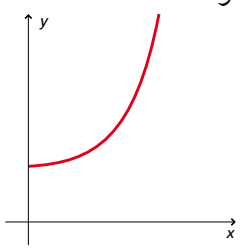
إتقان المفاهيم:

31. صف الطريقة العلمية. (1.1)

32. كيف يمكن أن يختلف آخر رقم في القياس عن غيره من الأرقام؟ (1.2)

33. في تجربةٍ قيس حجم الغاز داخل بالون وعلاقته بتغير درجة الحرارة، حدد كلا من المتغير المستقل، والمتغير التابع. (1.3)

34. ما نوع العلاقة الموضحة في الشكل التالي؟ أعط معادلة عامة لوصف هذه العلاقة. (1.3)



الشكل 18–1

35. لديك العلاقة التالية $F = \frac{m v^2}{R}$ ما نوع العلاقة بين كل مما يلي؟ (1.3)

أ. F و R

ب. F و m

جـ. F و V

تطبيق المفاهيم:

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

37. **الكثافة:** تُعرف الكثافة بأنها الكتلة مقسومة على الحجم. (الكتلة في وحدة الحجوم).

أ. ما وحدة الكثافة في النظام الدولي؟

ب. هل وحدة الكثافة أساسية أم مشتقة؟

38. قاس طالب كتلة قطعتين من المعدن فكانت الأولى 8.45 g والثانية 45.87 g.

أ. كم عدد الأرقام المعنوية في هذه القياسات؟

ب. ما كتلة القطعتين معاً؟

جـ. ما عدد الأرقام المعنوية في مجموع الكتل؟

د. لماذا يختلف عدد الأرقام المعنوية في مجموع الكتل عن عدد الأرقام المعنوية في الكتل المنفردة؟

39. 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.

أ. أيهما أكثر دقة؟

ب. أيهما أكثر ضبطًا؟ علمًا بأن القيمة المعيارية لسرعة الضوء هي: 2.99792458×10^8 m/s

40. ما طول ورقة الشجر المبينة في **الشكل 19–1**، ضمِّن إجابتك خطأ القياس؟

الشكل 19–1

إتقان حل المسائل:

1-1 الرياضيات والفيزياء

41. حوّل كلاً مما يلي إلى متر.
أ. 42.3 cm
ب. 6.2 pm
جـ. 21 km
د. 0.023 mm
هـ. 214 μm
و. 57 nm

42. حدد عدد الأرقام المعنوية في كل من القياسات التالية:
أ. 0.00003 m
ب. 64.01 fm
جـ. 80.001 m
د. 0.720 μg
هـ. 2.40×10^6 kg
و. 6×10^8 kg
ز. 4.07×10^{16} m

43. أوجد ناتج الجمع والطرح في كل مما يلي:
أ. 16.2 m + 5.008 m +13.48 m
ب. 5.006 m + 12.0077 m + 8.0084 m
جـ. $78.05\ cm^2 - 32.046\ cm^2$
د. 15.07 kg −12.0 kg
هـ. 5.80×10^9 s + 3.2×10^8 s
و. 8.12×10^7 g − 6.20×10^6 g
ز. 4.667×10^4 g + 3.02×10^5 g

44. أوجد ناتج الضرب والقسمة في كل مما يلي:
أ. $(6.2 \times 10^{18}\ m)(4.7 \times 10^{-10}\ m)$
ب. $(5.6 \times 10^{-7}\ m)/(2.8 \times 10^{-12}\ s)$
جـ. $(8.1 \times 10^{-4}\ km)(1.6 \times 10^{-3}\ km)$
د. $(6.5 \times 10^5\ km)/(3.4 \times 10^3\ m^3)$
هـ. (5.621 m)(3.01 m)
و. (30.23 m)/(3.2 s)

45. يُعبَّر عن مقدار قوة جذب الأرض للجسم بالعلاقة $F = mg$، حيث m كتلة الجسم و $g = 9.8\ m/s^2$.
أ. أوجد القوة المؤثرة في جسم كتلته 41.63 kg؟
ب. إذا كانت القوة المؤثرة في جسم هي 632 kg .m /s²، فما كتلة هذا الجسم؟

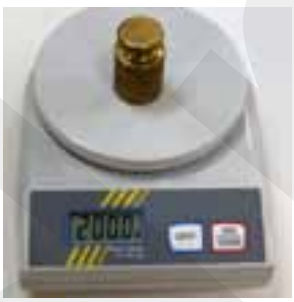
46. يقاس الضغط بوحدة الباسكال pa حيث 1pa =1kg/ms²، هل التعبير التالي يمثل قياساً للضغط بوحدات صحيحة؟

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

1-2 القياس

47. وعاء ماء كتلته فارغًا 3.64 kg، إذا أصبحت كتلته 51.8 kg عند ملئه بالماء، ما كتلة الماء في الوعاء؟

48. ما دقة القياس التي تستطيع الحصول عليها من الميزان الموضح في **الشكل 20–1**؟



الشكل 20–1

49. أعط القراءة الموضحة في **الشكل 21–1**، ضمِّن خطأ القياس في الإجابة.

الشكل 21 – 1

1-3 تمثيل البيانات

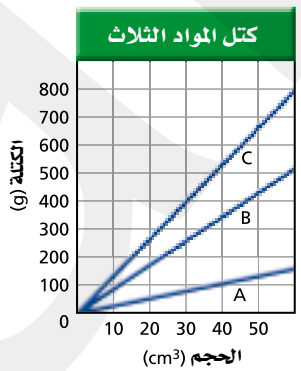
50. يمثل **الشكل 22–1**، كتل ثلاث مواد لأحجام تتراوح بين 0 و $60\ cm^3$.

أ. ما كتلة $30\ cm^3$ من كل مادة؟

ب. إذا كان لديك 100 g من كل مادة، كم ستكون أحجامها؟

جـ. ماذا يمثل ميل الخطوط المبينة في الرسم؟ اشرح ذلك بجملة أو جملتين

د. ما قيمة التقاطع مع المحور الرأسي لكل خط من هذه الخطوط؟ ماذا يعني ذلك.



الشكل 22–1

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

جدول 5–1

المسافة المقطوعة مع القوى المختلفة	
القوة N	المسافة cm
5.0	24
10.0	49
15.0	75
20.0	99
25.0	120
30.0	145

أ. مثل بيانيا القيم المعطاة بالجدول، وارسم خط المواءمة الأفضل (أفضل خط يمر بالنقاط).

ب. صف النتائج؟

جـ. استخدم الرسم لكتابة معادلة تربط المسافة مع القوة.

د. ما الثابت في المعادلة، وما وحداته؟

هـ. استنتج المسافة المقطوعة في خمس ثوانٍ عندما تؤثر في الجسم قوة مقدارها 22.0 N؟

مراجعة عامة:

52. رتب الأرقام التالية من الأكثر دقة إلى الأقل دقة: 1234 m، 45.6 m، 0.0034 m.

53. أُعطيت القياسات التالية لقضيب مستطيل الشكل: الطول 3.452 cm، العرض 2.347 m، الارتفاع 2.31 mm، الكتلة 1659 g، احسب حجم القضيب بوحدة m^3، وحدد كثافة مادته بوحدة g/cm^3، عبر عن نتائجك بشكل سليم.

54. تتكون قطرة الماء من 1.7×10^{21} جزيء. إذا كان الماء يتبخر بمعدل مليون جزيء في الثانية، احسب الزمن اللازم لتبخر قطرة الماء كليًا؟

التفكير الناقد:

55. احسب الكتلة التقريبية للماء اللازم لملء وعاء طوله 1.4 m، وعرضه 0.600 m، وعمقه 34.0 cm. قرّب النتيجة لأقرب رقم معنوي(استخدم وحدة kg في التعبير عن الكتلة). (استخدم مصدرًا مرجعيًا لإيجاد كثافة الماء).

56. **صمم تجربة:** إلى أي ارتفاع تستطيع رمي كرة؟ ما المتغيرات التي من المحتمل أن تؤثر في إجابة هذا السؤال؟

الكتابة في الفيزياء:

57. اكتب مقالة عن تاريخ الفيزياء تشرح فيها كيفية تغير الأفكار حول موضوع أو كشف علمي ما، مع مرور الزمن. تأكد من إدراج إسهامات العلماء، وتقويم أثرها في الفكر العلمي، وفي العالم الحقيقي (العالم خارج المختبر).

58. اشرح كيف أن تحسين الدقة في قياس الزمن، سيؤدي إلى دقة أكثر في التوقعات المتعلقة بكيفية سقوط الجسم؟

اختبار مقنن الفصل 1-

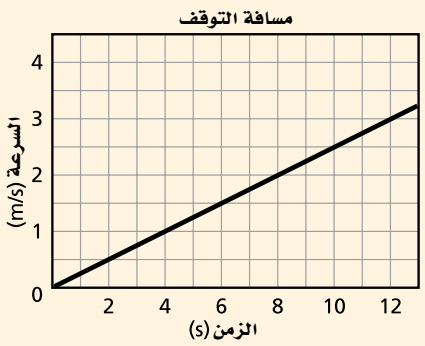
أسئلة اختيار من متعدد:

1. استخدم عالما مختبر تقنية التأريخ بالكربون المشع لتحديد عمر رمحين خشبيين اكتشفا في الكهف نفسه. وجد العالم A أن عمر الرمح الأول هو 2250 ± 40 years ، ووجد العالم B أن عمر الرمح الثاني هو 2215 ± 50 y، أي الخيارات التالية صحيح:
   أ. قياس العالم A أكثر ضبطًا من قياس العالم B
   ب. قياس العالم A أقل ضبطًا من قياس العالم B
   جـ. قياس العالم A أكثر دقة من قياس العالم B
   د. قياس العالم A أقل دقة من قياس العالم B

2. أي القيم الآتية تساوي 86.2 cm:
   أ. 8.62 m جـ. 8.62×10^{-4} km
   ب. 0.862 mm د. 862 dm

3. إذا أعطيت المسافة بوحدة km والسرعة بوحدة m/s ماذا ستفعل لإيجاد الزمن بالثواني s؟
   أ. ضرب المسافة بوحدة km بالسرعة بوحدة m/s ثم ضرب الناتج بـ 1000
   ب. قسمة المسافة بوحدة km على السرعة بوحدة m/s ثم ضرب الناتج بـ 1000
   جـ. قسمة المسافة بوحدة km على السرعة بوحدة m/s ثم قسمة الناتج على 1000
   د. ضرب المسافة بوحدة km بالسرعة بوحدة m/s ثم قسمة الناتج على 1000

4. ميل الخط المستقيم المرسوم في الشكل التالي يساوي:
   أ. $0.25\ m/s^2$ جـ. $2.5\ m/s^2$
   ب. $0.4\ m/s^2$ د. $4.0\ m/s^2$



5. أي الصيغ الآتية مكافئة للعلاقة $d = \frac{m}{v}$:
   أ. $d = \frac{m}{d}$ جـ. $v = \frac{md}{v}$
   ب. $v = dm$ د. $v = \frac{d}{m}$

أسئلة الإجابات المفتوحة:

6. تُريد حساب التسارع بوحدة m/s^2، إذا كانت القوة بوحدة N، والكتلة بوحدة g،
   أ. أعد كتابة المعادلة $F = ma$ بحيث تعطي قيمة التسارع a بدلالة m و F.
   ب. ما معامل التحويل اللازم لتحويل grams إلى kilograms؟
   جـ. أثرت قوة مقدارها 2.7 N في جسم كتلته 350 g، اكتب المعادلة التي ستستخدمها في حساب التسارع، متضمنةً معامل التحويل.

إرشاد

حاول أن تتخطى

قد ترغب في تخطي المسائل الصعبة وتعود اليها لاحقًا، إن إجابتك عن الأسئلة السهلة سوف تضمن لك المزيد من النقاط في نتيجتك النهائية. في الواقع، إن الإجابة عن الأسئلة السهلة قد تساعدك في الإجابة عن الأسئلة التي تخطيتها، عليك فقط التأكد من تدوين رمز الإجابة الصحيحة في ورقة الإجابة.

ساعات الكربون المشع

قياس الزمن بتقنية C14

يستخدم العلماء تقنية الكربون المشع في قياس عمر المواد والمعالم الأثرية والأحافير الموغلة في القدم..وهذه التقنية بسيطة من حيث المبدأ، إذ أن الكربون المشع أو C_{14} (هو أحد نظائر عنصر الكربون) يتفكك بمعدل دقيق ومنتظم، فتبقى نصف كميته الأصلية بعد 5700 سنة، وربعها بعد 11400 = 5700 + 5700 سنة، وثمنها بعد 17100 = 5700 + 11400 سنة وهكذا دواليك...

ولما كان الكربون المشع موجودا في جميع المواد والصخور والتربة كما في الكائنات الحية، فقد توفرت للعلماء فرصة نادرة لقياس أعمار الصخور والأشياء والأحافير بشكل موثوق ودقيق للغاية....هناك عدة طرق لتحديد عمر الكربون المشع في جسم ما، منها حرق قطعة من الجسم قيد الدراسة بحيث ينطلق غاز ثاني أكسيد الكربون، ثم قياس كمية C14 في هذا الغاز بوساطة عدادات الإشعاع.

الفصل 2
تمثيل الحركة

في هذا الفصل:

- ستمثل الحركة باستخدام الكلمات والرسوم التخطيطية والرسوم البيانية.
- ستستخدم المصطلحات (موقع، مسافة، إزاحة، الفترة الزمنية(بطريقة علمية لوصف الحركة.

الأهمية:

إن السفر بوساطة الطائرة أو القطار أو الحافلة سيتحول إلى حالة من الفوضى المربكة في غياب طرق وصف الحركة وتحليلها. فالأزمنة والسرعات هي التي تحدد الفائزين في السباقات، كما تحدد مواعيد انطلاق ووصول وسائل النقل.

سباق الماراثون: عندما يتجاوز عدّاءٌ عدّاءً آخر فإن سرعته تكون أكبر من سرعة هذا العدّاء.

فكر

كيف يمكنك تمثيل حركة اثنين من العدّائين؟

لمراجعة محتوى هذا الفصل ارجع إلى الموقع الإلكتروني

obeikaneducation.com

تجربة استهلالية

أي السيارات أسرع؟

سؤال التجربة: في سباق بين دميتي سيارة، هل يمكنك أن تبين أي السيارتين أسرع؟

الخطوات:

1. أحضر دميتي سيارة تعملان بالزنبرك، ضع السيارتين على طاولة المختبر أو على أي سطح آخر يقترحه المعلم.
2. حدد خطًا لبداية السباق.
3. بعد ملء الزنبرك، أطلق السيارتين من خط البداية في اللحظة نفسها.
4. راقب السيارتين أثناء حركتهما، وحدد أيهما تتحرك بشكل أسرع.
5. كرر الخطوات من 3 ـ 1 ، في هذا الوقت اجمع نوعًا واحدًا من البيانات 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 عمليًا للسرعة المتوسطة.

2-1 رسم الحركة (Picturing Motion)

تعرفت في الفصل السابق الأدوات العلمية التي تفيدك في دراسة الفيزياء، وستبدأ في هذا الفصل باستخدامها في تحليل الحركة، وستقوم بتطبيقها في الفصول اللاحقة على جميع أنماط الحركة باستخدام الرسوم التخطيطية التقريبية، والرسوم التوضيحية، والرسوم البيانية، وكذلك المعادلات. وستساعدك هذه المفاهيم في تحديد سرعة الجسم وكذلك إلى أي بُعد سيتحرك، وتساعدك أيضاً في تحديد ما إذا كان يتسارع أو يتباطأ، وكذلك ما إذا كان ساكنًا أو متحركًا بسرعة ثابتة. إن إدراك الحركة أمر غريزي فعيناك تنتبهان غريزيًا للأجسام المتحركة أكثر مما تنتبهان للأجسام الساكنة. الحركة موجودة في كل مكان حولنا، بدءًا من القطارات السريعة، إلى النسمات الخفيفة والغيوم البطيئة. وللحركات اتجاهات عديدة، منها المسار في خط مستقيم لكرة البولينج في ممرها، والمسار المنحنى لكرة مربوطة بطرف خيط، والمسار اللولبي (الحلزوني) للطائرة الورقية في أثناء سقوطها، ودوامات الماء عند دورانها في مصرف المياه.

الأهداف

- **ترسم** مخططات للحركة لوصف الحركة.
- **تستخدم** النظام المتري.
- **تطور** نموذجا جسيمياً نقطياً لتمثيل جسم متحرك.

المفردات:

مخطط الحركة.

نموذج الجسيم النقطي.

جميع أنواع الحركة (All Kinds of Motion)

ما الذي يتبادر إلى ذهنك عندما تسمع كلمة حركة؟ سيارة مسرعة ؟ أم ركوب لعبة الدوران في حديقة الألعاب؟ أو كرة قدم تطير فوق سياج المنزل؟ أم طفل يتأرجح للأمام والخلف بشكل منتظم؟ عندما يتحرك الجسم كما في **الشكل 1 –2** فإن موقعه يتغير، ويمكن أن يحدث هذا التغير وفق مسار في خط مستقيم، أو دائرة، أو قوس، أو على شكل اهتزاز للأمام والخلف.

بعض أنواع الحركة التي تم وصفها سابقًا تبدو أكثر تعقيدًا من غيرها. وعند البدء بدراسة مجال جديد، يستحسن أن نبدأ بالأمور التي تبدو أقل تعقيدًا، لذا سنبدأ هذا الفصل بدراسة الحركة في خط مستقيم.

الحركة في خط مستقيم : افترض أنك تقرأ هذا الكتاب في البيت، ونظرت نحو أرنبك المدلل فشاهدته جالساً في زاوية قفصه، وبعد فترة من الزمن نظرت نحوه مرة أخرى فإذا هو جالس عند طبق طعامه في الزاوية الأخرى للقفص. سوف تستدل من ذلك على أنه تحرك من مكان إلى مكان آخر خلال الفترة الزمنية بين المشاهدتين. وهكذا، فإن وصف الحركة يرتبط بالمكان والزمن. ويجب أن تكون قادرًا على الإجابة عن الأسئلة: أين ومتى شغل الجسم مكانًا ما، لتصف حركته. وبعد ذلك، ستبحث عن أدوات تمكنك من رصد الجسم المتحرك في أماكن محددة.

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

مخططات الحركة (Motion Diagrams)

مثال على الحركة في خط مستقيم: عدّاء يركض في مسار مستقيم... إحدى طرق تمثيل حركة العدّاء هي التقاط سلسلة من الصور المتتابعة التي تُظهر مواقع العدّاء في فترات زمنية متساوية، ويمكن القيام بذلك بتصوير العدّاء أثناء الحركة للحصول على سلسلة الصور. افترض أنك وجهت الكاميرا باتجاه عمودي على اتجاه الحركة، وأنك حافظت على ثبات الكاميرا في مكانها، أثناء حدوث الحركة، وبعد ذلك التقطت سلسلة من الصور المتتابعة للعدّاء عند فترات زمنية متساوية، يظهر **الشكل 2–2** كيف تبدو الصور المتتابعة للعدّاء. لاحظ أن العدّاء يظهر في موقع مختلف في كل صورة لكن كل شيء في خلفية الصور يبقى في المكان نفسه.

وهذا يدل على أن العداء هو المتحرك الوحيد بالنسبة للأرض. ما الطرق الأخرى التي يمكن استخدامها لتمثيل حركة العدّاء؟ افترض أنك جمَّعت الصور المتتابعة في **الشكل 2–2**، الأولى فوق الثانية وهكذا، ثم استعرضتها بين أصابعك بسرعة (**انظر الشكل 3–2**)، مالذي ستراه؟ سيختلف موقع العدّاء أثناء حركته من صورة لأخرى، بينما تبدو الأجسام غير المتحركة في خلفية الصورة دونما أي تغيير. يطلق على الصور المتتابعة التي تظهر مواقع جسم متحرك في فترات زمنية متساوية اسم "المخطط التوضيحي للحركة".

الشكل 2–2 : إذا ربطت موقع العدّاء مع الخلفية في كل صورة في فترات زمنية متساوية ستستنتج أنه في حالة حركة.

نموذج الجسيم النقطي (The Particle Model)

يغدو تتبُع مسار حركة العدّاء أسهل، إذا تجاهلت حركة الأذرع والأرجل، وبإمكانك أيضًا أن تتجاهل جسم العداء كله، وتكتفي بملاحظة نقطة صغيرة مفردة في مركز جسمه، وتُركز على هذه النقطة فقط أثناء دراستك للحركة. إن نموذج الجسيم النقطي هو نسخة مبسطة للمخطط التوضيحي للحركة الذي يمثل الجسم المتحرك بوساطة سلسلة متتابعة من النقاط المفردة.

وحتى تستخدم **النموذج الجسيمي النقطي**، فإن حجم الجسم يجب أن يكون صغيرًا جدًا مقارنةً بالمسافة التي يتحركها، وعليك أن تُهمل أيضًا الحركات الداخلية للجسم مثل تأرجح أذرع العدّاء. في المخطط التوضيحي للحركة المصورة، يمكنك أن تعين نقطة مركزية على جسم العدّاء، ولتكن خط الخصر، وتجري القياسات على موقع هذه النقطة. يبين الجزء السفلي من **الشكل 3–2** النموذج الجسيمي النقطي لحركة العدّاء، ويمكنك أن ترى أن تطبيق النموذج الجسيمي النقطي ينتج نسخة معدّلة ومبسطة للمخطط التوضيحي للحركة، وفي الدرس التالي ستتعلم كيف ترسم وتستخدم المخطط التوضيحي للحركة، الذي يبين المسافة التي تحركها الجسم والزمن الذي استغرقه في قطعها.

الشكل 3–2: إن ترتيب سلسلة من الصور المتلاحقة الملتقطة على فترات زمنية منتظمة وجمعها في صورة واحدة يُعطي مخططًا توضيحيًا لحركة العدّاء في جزء من مسار حركته، واختزال حركة العدّاء إلى نقاط مفردة متتابعة ينتج لنا نموذجًا جسيميًا نقطيًا لحركته.

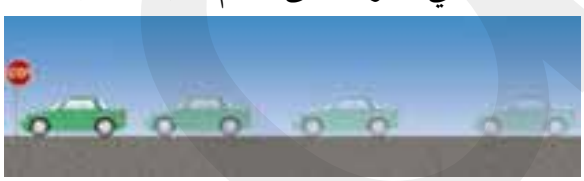
2-1 مراجعة

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 في **الشكل 4–2** لطائر أثناء طيرانه، ما النقطة التي اخترتها على جسم الطائر لتمثله؟

الشكل 4–2

3. **مخطط توضيحي لحركة سيارة:** استخدم نموذج الجسيم النقطي لرسم مخطط توضيحي مبسط لسيارة ستتوقف عند إشارة مرورية، يتناسب مع المخطط التوضيحي للحركة في **الشكل 5–2**، ما النقطة التي اخترتها على جسم السيارة لتمثيلها؟



الشكل 5–2

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

لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني obeikaneduction.com

هل بالإمكان أخذ قياسات المسافة والزمن من الأشكال التوضيحية للحركة، مثل الشكل التوضيحي لحركة العدّاء؟ قبل التقاط الصور، يمكنك وضع عصا مترية أو شريط قياس على الأرض على طول مسار العدّاء. شريط القياس سيرشدك إلى مكان العدّاء في كل صورة. وساعة توقيت أو ساعة كبيرة ضمن المنظر الذي تصوره الكاميرا يعين لك الزمن، لكن أين يجب أن تضع بداية شريط القياس؟ ومتى يجب أن تبدأ بتشغيل ساعة التوقيت؟

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** شكلاً توضيحياً للحركة لإجابة أسئلة حول موقع جسم أو إزاحته.

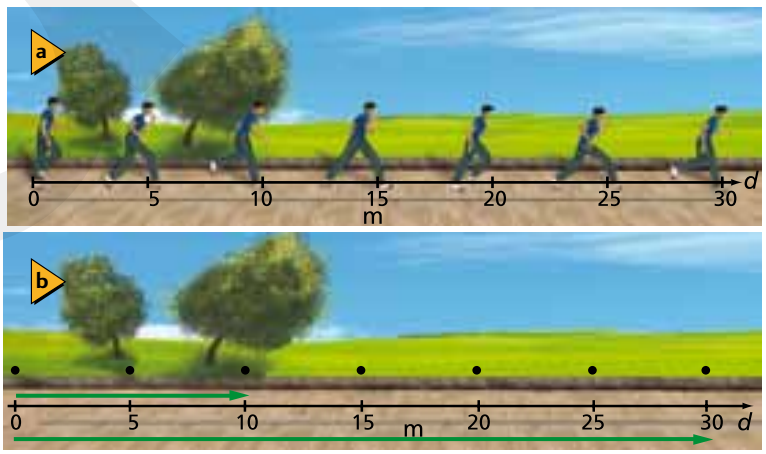
المفردات:

نظام إحداثي، نقطة الأصل، الموقع، المسافة، مقدار المتجة، المتجهات، كميات عددية، المحصّلة، فترة زمنية، الإزاحة.

أنظمة الإحداثيات (Coordinate Systems)

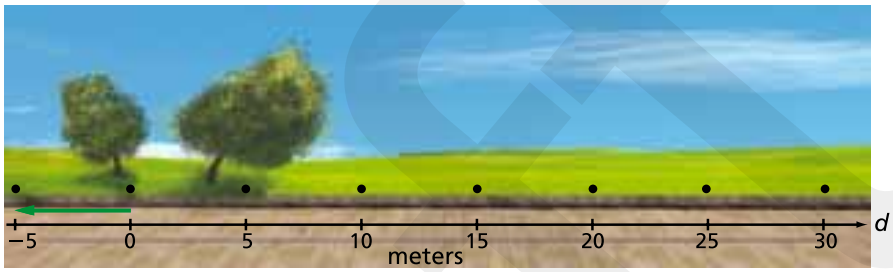
عندما تقرر أين تضع شريط القياس، ومتى تشغل ساعة التوقيت، ستكون قد حددت النظام الإحداثي الذي يعين موقع **نقطة الصفر** بالنسبة للمتغير الذي تدرسه، والاتجاه الذي تتزايد فيه قيم هذا المتغير. إن **نقطة الأصل هي النقطة التي تكون عندها قيمة كل من المتغيرين صفرًا** (أليست نقطة الأصل هي نقطة الصفر؟). ونقطة الأصل في مثال العدّاء، 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 محور النظام الإحداثي. من المحتمل أن تضع شريط القياس بحيث يزداد تدريج المقياس المتري إلى يمين الصفر، كما أن وضعه بالاتجاه المعاكس صحيح أيضًا. في **الشكل 6a–2** نقطة الأصل للنظام الإحداثي تقع في جهة اليسار.

يمكنك أن تعين بُعد العدّاء عن نقطة الأصل عند لحظة معينة على مخطط الحركة المبسط، وذلك برسم سهم من نقطة الأصل إلى النقطة التي تمثل العدّاء في هذه اللحظة، كما هو مبين في **الشكل 6b–2**، وهذا السهم يمثل موقع العدّاء، ويدل طوله على بعد الجسم عن نقطة الأصل، وهو يتجه دوما من نقطة الأصل إلى موقع الجسم المتحرك، ويطلق على هذا السهم الذي يمثل مقدار واتجاه الحركة اسم الموقع.



الشكل 6–2: في هذه الأشكال التوضيحية للحركة، تقع نقطة الأصل إلى اليسار في (a)، والقيم الموجبة للمسافة تمتد أفقيا إلى اليمين. السهمان المرسومان من نقطة الأصل إلى نقطتين يمثلان العدّاء، ويحددان موقعه في وقتين مختلفين (b).

لكـن ..هـل هناك إزاحة سـالبة؟ افرض أنـك اخترت نظامًـا إحداثيًا كالـذي وضعته، واخترت نقطة الأصل على بعد 4 m يسـار الشـجرة على محور المسـافة الذي يمتد بالاتجاه الموجـب نحـو اليمـين. فإن الموقع الذي يبعد 9 m إلى يسـار الشـجرة، يبعد 5 m إلى يسـار نقطة الأصل ستكون إزاحته سالبة. كما يظهر في **الشكل 7–2**. بالطريقة نفسها، يمكنك أن تناقش مفهوم الزمن السالب قبل تشغيل ساعة التوقيت.



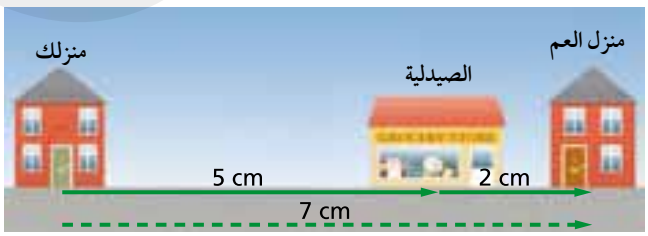
■ **الشكل 7–2**: السهم المرسوم على مخطط الحركة يشير إلى إزاحة سالبة.

الكميـات المتجهـة والكميـات العدديـة (القياسـية): الكميـات التـي لهـا مقدار ولها اتجاه تسـمى متجهات، ويمكن تمثيلها بوسـاطة الأسـهم، أما الكميات التي تكون أعدادًا فقط دون اتجاه، مثل المسـافة، والزمن، ودرجة الحرارة. فتسـمى كميات عددية. (سنسـتخدم في هذا الكتـاب حروف البنط العريض (**Bold**) لتمثيـل الكميات المتجهة، وحروف بدون أسهم لتمثيل الكميات العددية).

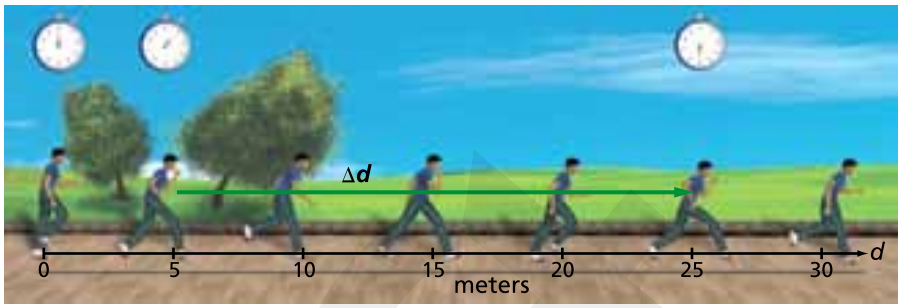
تعرفـت سـابقًا طريقـة جمع الكميات العددية فعلى سـبيل المثـال: $0.6 + 0.2 = 0.8$ ولكـن كيـف تجمع الكميـات المتجهة؟ فكر، كيـف يمكنك حل المسـألة التالية: طلب عمك منك احضار دواء للزكام من صيدلية قريبة، وقد مشـيت 0.5 km نحو الشـرق من بيتك إلى الصيدلية، واشـتريت الدواء، ثم مشـيت 0.2 km نحو الشـرق إلى منزل عمك. مامسافة بُعدك عن نقطة الأصل في نهاية رحلتك؟ الجواب بالطبع، هو:

$$\text{نحو الشرق} = 0.7\ \text{km شرقاً} + 0.2\ \text{km شرقاً} \quad 0.5\ \text{km شرقاً}$$

ويمكنك أن تحل هذه المسـألة بيانيًا، باسـتخدام الطريقة التالية: باسـتخدام مسطرة، قم بقيـاس ورسـم كل متجـه، إن طول المتجه يجب أن يكون متناسـباً مع مقـدار الكمية التي يمثلها، (لذا عليك أن تقرر مقياس رسـم مناسـبًا لك)، فعلى سـبيل المثال ربما تجعل كل 1cm على الورقة تمثل 0.1 km والشـيء المهم هو اختيار مقياس يُنتج شـكلاً تخطيطيًا ذا حجـم معقـول، المتجهـان غير المقطعين في **الشـكل 8 – 2** يوضحـان رحلتك إلى منزل عمتك، وهما مرسومان بمقياس 1 cm لكل 0.1 km، والمتجه الذي يمثل مجموع الاثنين مبيـن بخط متقطع طوله 7 cm، ووفـق المقياس المحدد فإنك على بعد 0.7 km من نقطة الأصل عند نهاية رحلتك. يسمى المتجـه الـذي يمثـل مجمـوع المتجهيـن الآخريـن المحصلـة التـي تتجه دائمًا مـن ذيل المتجه الأول إلى رأس المتجه الآخر.



■ **الشكل 8–2**: اجمع متجهين بوضع رأس الأول ملامسا لذيل الثاني، سيبدأ المتجه المحصلة من ذيل الأول وينتهي في رأس الثاني.



الشكل 9–2: يمكنك أن ترى أن العدّاء استغرق أربع ثوانٍ ليركض من الشجرة حتى عمود الإنارة، وقد استخدم الموقع الابتدائي للعدّاء نقطة مرجعية. المتجه من الموقع 1 إلى الموقع 2 يشير إلى كل من اتجاه ومقدار الإزاحة خلال هذه الفترة الزمنية.

الفترة الزمنية والإزاحة (Time Intervals and Displacements)

عنـد تحليـل حركة العدّاء، ربمـا تود أن تعرف كم اسـتغرق للانتقال من الشـجرة إلى عمود الإنارة. يمكن الحصول على مقدار هذه الفترة بحسـاب الفرق بين قراءتي سـاعة التوقيت في كل موقع. اختر الرمز للزمن عندما كان العدّاء عند الشجرة، والرمز للزمن عندمـا صار عنـد عمود المصباح. الفـرق بين زمنين يسـمى (فترة زمنية) والرمز الشـائع للفترة الزمنية هو Δt

دلالة اللـون

- متجهـات الإزاحـــة تظهر باللون **الأخضر**.

حيث: $\Delta t = t_f - t_i$

أي أن الفتـرة الزمنية تسـاوي الزمن النهائـي مطروحًا منه الزمن الابتدائـي. إن t_f و t_i تسـتخدمان لتمثيـل الزمن الابتدائي والزمـن النهائي لأي فترة زمنيـة تختارها. وفي مثال العدّاء، 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 العدّاء عندما ركض من الشـجرة حتى عمود الإنارة؟ يمكن أن يسـتخدم الرمز لتمثيل موقع العداء كما هو مبين في **الشـكل 9–2**، والموقع في الفيزياء (تمثله الإزاحة) متجه، ذيله عند نقطة الأصل (في النظام الإحداثي)، و رأسـه عند مكان وجود المتحرك.

يبين **الشـكل 9–2** الإزاحة $\Delta \mathbf{d}$، حيث تم رسـم سـهم من موقع العدّاء عند الشـجرة إلى موقعه عند عمود الإنارة، يمثل هذا المتجه مقدار تغير في موقعه (أو الإزاحة) خلال الفترة الزمنية بين اللحظتين و ، يمثل طول السـهم المسـافة التي تحركها العدّاء، ويمثل اتجاهه اتجاه الإزاحة التي تعرف رياضيًا كما يلي:

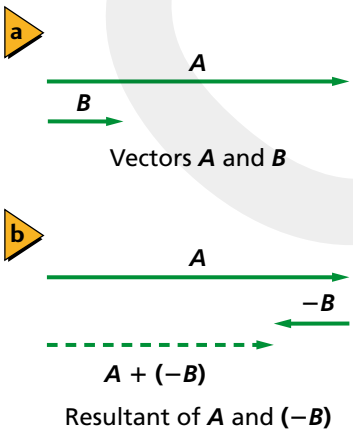
$$\Delta \mathbf{d} = d_f - d_i$$

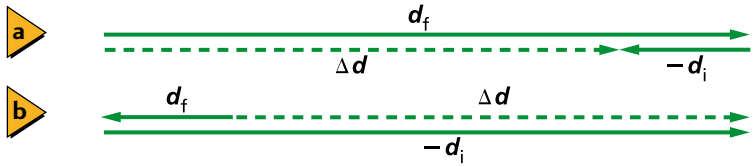
الإزاحة $\Delta \mathbf{d}$ تساوي متجه الموقع النهائي مطروحًا منه متجه الموقع الإبتدائي.

نذكـر مرة أخرى بـأن الموقع الابتدائي والموقع النهائي همـا البداية والنهاية لأي فترة تختارها.

الشكل 10a–2: المتجهان A و B

الشكل 10b – 2: حتى نطرح المتجه B من المتجه A نعكس المتجه B ثم نجمعهما معًا فنحصل على المتجه المحصل R.





الشكل 11–2: يمكن حساب إزاحة العدّاء 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 $\Delta \mathbf{d}$ لا تتغير.

كيف تطرح المتجهات؟ اعكس المتجه المطروح ثم اجمع. وذلك لأن:

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

والشكل **10a – 2** يبين متجهين، الأول A وطوله 4 cm ويتجه نحو الشرق، والثاني **B** طوله 10 cm ويتجه كذلك نحو الشرق. الشكل **10b – 2** يبين المتجه $-\boldsymbol{B}$ وطوله 1cm، والذي يتجه نحو الغرب. ويظهر الشكل نفسه محصلة المتجهين $-\boldsymbol{B}$ و **A**، ويمثلها بمتجه طوله 3 cm ويتجه نحو الشرق.

لتحديد طول واتجاه متجه الإزاحة $\Delta \boldsymbol{d} = \boldsymbol{d}_f - \boldsymbol{d}_i$ ارسم المتجه $-\boldsymbol{d}_i$ وهو عكس المتجه $\boldsymbol{d}_i$ ثم ارسم المتجه $\boldsymbol{d}_f$ ثم انقل المتجه $-\boldsymbol{d}_f$، بحيث يكون ذيله عند رأس المتجه $\boldsymbol{d}_f$، ثم اجمع $\boldsymbol{d}_f$ مع $-\boldsymbol{d}_i$. في مثال العدّاء، كانت إزاحته تساوي $\boldsymbol{d}_f - \boldsymbol{d}_i$ $= 25.0\,\text{m} - 5.0\text{m} = 20.0\text{m}$. وحتى تُكمل وصف إزاحة جسم ما، عليك أن تُبين المسافة التي قطعها واتجاه حركته، لذا فإن الإزاحة كمتجه ليست مماثلة للمسافة التي هي كمية عددية، فالإزاحة تعبر عن المسافة والاتجاه.

ما الذي سيحدث إذا اخترت نظامًا إحداثيًا مختلفًا، أي إذا قمت بقياس متجه موقع العدّاء من موقع آخر؟ لاحظ الشكل **9–2** وافرض أنك نقلت نقطة الأصل (الصفر) إلى الجانب الأيمن للمحور **d**. لاحظ عند إعادة رسم المتجهات التي تمثل تغيرات الموقع، أن طول واتجاه متجه الإزاحة $\Delta \boldsymbol{d}$ في الفترة الزمنية بين 1.0 s و 5.0 s لن يطرأ عليه أي تغيير (**انظر الأشكال a.b–11–2**)، فالإزاحة هي ذاتها في أي نظام إحداثي.

ستستخدم مفهوم الإزاحة كثيرًا عند دراستك حركة الأجسام. ومتجه الإزاحة دائمًا يرسم بنهاية مستقيمة، ذيله عند الموقع الابتدائي ورأسه عند الموقع النهائي.

2-2 مراجعة

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

هنا . . . . . هناك

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

6. **الإزاحة:** النموذج الجسيمي النقطي المُمثل لحركة طالب يسير إلى المدرسة يبينه الشكل التالي:

البيت . . . . . المدرسة

انقل الشكل إلى دفترك وارسم متجهات لتمثيل الإزاحة بين كل نقطتين.

7. **الموقع:** قارن طالبان متجهي الموقع التي رسمها كل منهما على مخطط توضيحي للحركة لتحديد موقع جسم متحرك. فوجدا أن المتجهين المرسومين لا يشيران إلى الاتجاه نفسه. فسر ذلك.

8. **التفكير الناقد:** تتحرك سيارة في خط مستقيم عبر، من البقالة إلى مكتب البريد، وحتى تمثل حركتها استخدمت نظامًا إحداثيًا؛ نقطة الأصل فيه البقالة واتجاه حركة السيارة هو الاتجاه الموجب، لكن صديقك استخدم نظامًا إحداثيًا؛ نقطة الأصل فيه مكتب البريد والاتجاه المعاكس هو الموجب، هل ستتفقان على كل من موقع السيارة والإزاحة والمسافة والفترة الزمنية التي استغرقتها الرحلة؟ وضح ذلك؟.

2-3 منحنى (الموقع - الزمن) (Position-Time Graphs)

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

بمراجعة **الشكل 9–2** باستخدام مخطط الحركة للعدّاء والذي تم اختيار نقطة الأصل فيه إلى يسار الشجرة. يمكنك أن تحدد موقع العداء في لحظة من حركته ، كما في **الجدول 1–2**.

الأهداف

- **تطور** رسومًا بيانية لـ (الموقع - الزمن) للأجسام المتحركة.
- **تستخدم** رسمًا بيانيًا للموقع - الزمن، لتفسير موقع جسم أو إزاحته.
- **تنفذ** مخططات توضيحية للحركة، تصف الحركة باستخدام الصور، أو الرسوم البيانية (للموقع-الزمن).

المفردات:

رسم بياني لـ (الموقع-الزمن)

الموقع اللحظي.

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

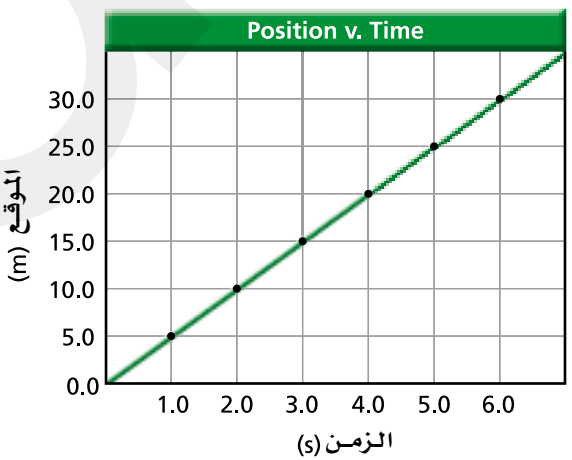
يمكن عرض البيانات الواردة في **الجدول 1–2** على رسم بياني، بتحديد معطيات الزمن على المحور الأفقي، ومعطيات الموقع على المحور الرأسي، وهو ما يُسمى المنحنى البياني لـ (الموقع-الزمن). ويظهر الرسم البياني في **الشكل 12–2** حركة العدّاء. ولرسم هذا الخط البياني نحدد أولاً مواقع العدّاء بدلالة الزمن. وبعد ذلك، نرسم خط المواءمة الأفضل للنقاط المسجلة.

لاحظ أن الرسم البياني الناتج لا يشبه المسار الذي اتخذه العدّاء أثناء حركته، فالخط البياني مائل، أما مسار الحركة فمستو. يبين الخط البياني مواقع العدّاء في الأزمنة المبينة في الجدول. (تذكر من الفصل الأول أن هذا الخط يسمى أفضل خط مستقيم يمر بالنقاط أو خط المواءمة الأفضل)، وهذا يعني انه حتى لو لم تتوافر بيانات تبين بشكل مباشر متى كان العدّاء على بعد 30.0 m من نقطة البداية أو أين كان عند الزمن $t = 4.5\ s$، يمكنك استخدام الرسم البياني لتقدير ذلك.

الجدول 1 – 2

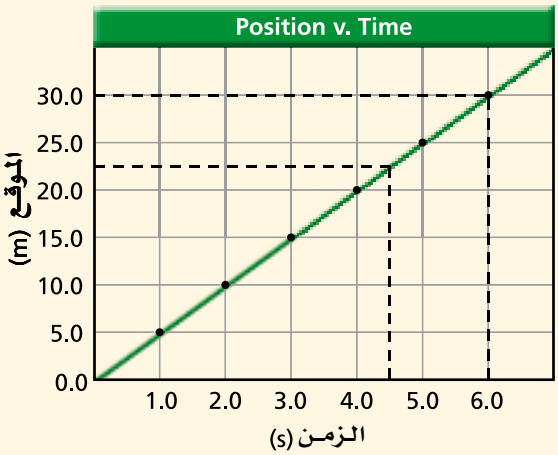
الموقع-الزمن

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



الشكل 12–2: يمكننا رسم منحنى الموقع-الزمن للعدّاء، بتحديد نقطة موقعه في كل فترة من حركته، وبعد تعيين هذه النقاط، نرسم خط المواءمة الأفضل الذي يبين بشكل مناسب مواقع العدّاء خلال الأوقات التي تشير إليها البيانات المدونة.

مثـال - 1



يبين **الشكل 12–2** حركة عدّاء..متى يصل العدّاء إلى بعد 30.0 m عن نقطة البداية؟ وأين يكون بعد 4.5 s ؟

1 تحليل المسألة ورسمها :

أعد صياغة الأسئلة.

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

السؤال 2 : ما موقع العدّاء بعد مضي 4.5 s؟

2 استخراج الكمية المجهولة :

السؤال الأول:

تفحص الرسم البياني وحدد نقطة تقاطعه مع خط أفقي يمر بالعلامة 30.0 m. وبعد ذلك جد نقطة تقاطع الخط العمودي المرسوم من تلك النقطة مع محور الزمن. تجد أن مقدار t هو 6.0 s .

السؤال الثاني:

جد نقطة تقاطع الخط البياني مع خط عمودي عند 4.6 s (تقع بين 4.0s و 5.0 s في الرسم البياني) وبعد ذلك، جد أين يقطع الخط الأفقي المرسوم من تلك النقطة محور الموقع. قيمة تساوي 22.5 m تقريبًا.

مسائل تدريبية

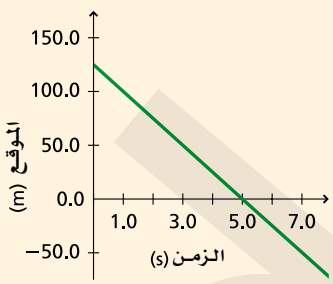
استعن **بالشكل 13–2** في حل المسائل من9 إلى 11

9. صف حركة السيارة المبينة بالرسم البياني.
10. ارسم مخططًا توضيحيًا للحركة يتوافق مع الرسم البياني.
11. أجب عن الأسئلة التالية حول السيارة:

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

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

ب. أين كانت السيارة عند نهاية الثانية الأولى أي 1.0 s ؟



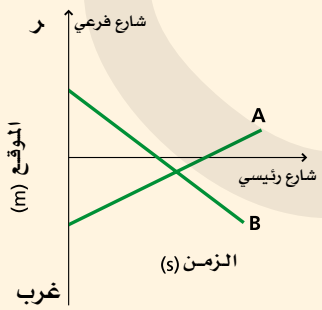
الشكل 13–2

12. صف بالكلمات حركة اثنين من المشاة A ، B الموضحين بالخطين البيانيين في **الشكل 14–2**. افترض أن الاتجاه الموجب نحو الشرق على الطريق العريض ونقطة الأصل هي نقطة تقاطع الشارعين العريض والرئيسي.
13. تحركت سعاد بخط مستقيم من أمام المقصف إلى قاعة المدرسة، مجتازة مسافة 100.0 m، وقام طلبة شعبة الفيزياء بتسجيل وتحديد موقعها، فلاحظوا أنها قد تحركت 2.6 m كل 2.0 s. متى كانت سعاد في المواقع التالية:

أ. على بعد 25.0 m من المقصف

ب. على بعد 25.0 m من قاعة المدرسة

جـ. مثل بالرسم البياني حركة سعاد.



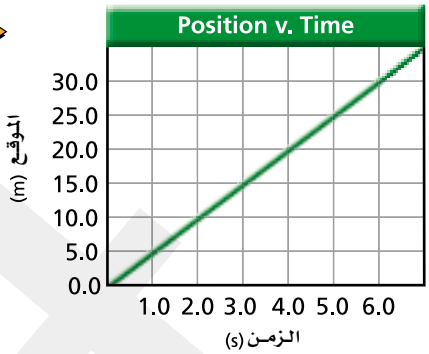
الشكل 14–2

a

الجدول (2–1)

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

b



c

■ **الشكل 15–2** جدول المعطيات في (a)
(b) الرسم البياني للموقع–الزمن
(c) النموذج الجسيمي النقطي الذي يمثل الجسم المتحرك ذاته.

مـا الزمن الـذي مكثه العدّاء في كل موقـع؟ فكل موقع مرتبط بزمـن معين، ولكن كم يستمر هـذا الزمن؟ ربما تقـول لحظة واحدة؛ لكن مـا طولها؟ إذا كانـت اللحظة مقدارًا زمنيًا متناهيا في الصغر (تقارب الصفر)، عندئذ نسـتطيع القول أن العدّاء لم يكن يتحرك خلالها.. والرمز يمثل الموقع اللحظي للعدّاء بمعنى الموقع عند لحظة معينة.

التمثيـلات المتكافئـة: كمـا هو مبين في **الشـكل 15–2** توجد طـرق مختلفة لوصف الحركة: بالكلمـات، والصور (التمثيل التصويري)، والمخططـات التوضيحية للحركة، وجـداول المعلومـات، والرسـوم البيانية(للموقع–الزمـن). وجميع طـرق التمثيل هذه متكافئة، بمعنى أنها تحتوي على المعلومات نفسها عن حركة العدّاء. ومع ذلك قد يكون بعض هذه الطرق أكثر فائدة من الطرق الأخرى، وهذا بنوع المعلومة المطلوبة.

في الصفحات التالية، سـتتدرب على اسـتخدام هـذه التمثيلات المتكافئـة، وتتعلم أيها الأنسب لحل أنواع المسائل المختلفة.

الأخـذ بعين الاعتبار حركة جسـمين: يظهر في **مثال2** الرسـم البيانـي لـ (الموقع–الزمن) لعدّائين في سـباق ، متى وأين يتجاوز العدّاء الأول الآخر؟ أولاً تحتاج إلى إعادة صياغة هذا السـؤال باسـتخدام مصطلحات فيزيائية: متى يكون للجسمين الموقع نفسه؟ ويمكنـك الإجابـة عن هذا السـؤال بتحديد النقطة التي يتقاطع عندهـا الخطان الممثلان لحركة الجسمين (على المنحنى البياني للموقع–الزمن).

مسـألة تحـد

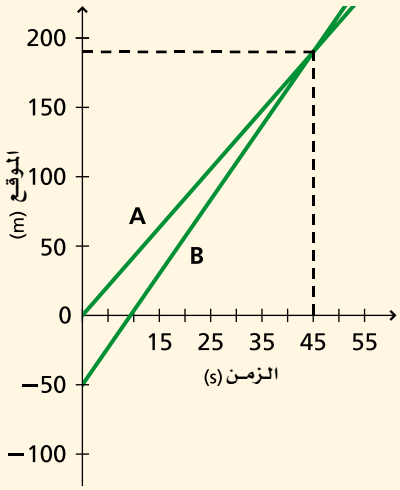
يستمتع ماجد ويوسف وناصر بممارسة الرياضة على طريق يمتد بمحاذاة النهر... ينطلق ماجد بدراجته بسرعة ثابتة قدرها 40.25 km/h، ويركض يوسف باتجاه الجنوب بسرعة ثابتة 16.0 km/h، أما ناصر فيمشي جنوبا بسرعة 6.5 km/h.

عند الساعة 12:00 A.M (منتصف النهار) بدأ ماجد الحركة منطلقا من الشلالات شمالاً، أما يوسف وناصر فبدأ كل منهما بالتحرك جنوبا عند الساعة 11 : 30 am من مرسىً يبعد 200 km شمال الشلالات.

1. ارسم مخطط الموقع–الزمن لكل من الأشخاص الثلاثة.
2. متى يصبح المتدربون الثلاثة أقرب ما يمكن من بعضهم البعض؟
3. ما المسافة التي تفصل بينهم حينذاك؟

مثـال - 2

من خلال الرسم البياني المجاور، متى وأين يتجاوز العدّاء B العدّاء A؟



1 تحليل المسألة ورسمها :

أعد صياغة السؤال:

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

2 استخراج الكمية المجهولة :

تفحص المنحنى 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 العدّاء B يتجاوز العدّاء A على بعد 190 m من نقطة الأصل وبعد 45 s من مرور العدّاء A بها.

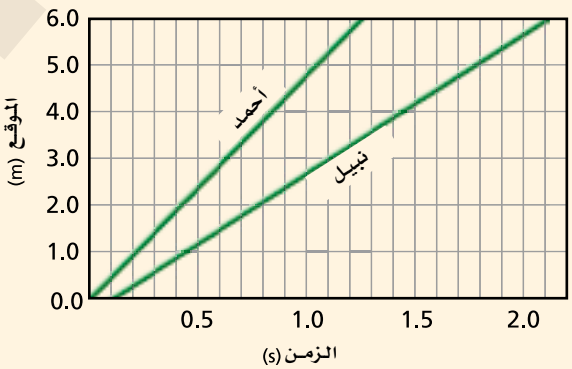
مسائل تدريبية

للإجابة عن المسائل 17–14 ارجع إلى الشكل في المثال الثاني.

14. ما الحدث الذي حصل عند اللحظة $t = 0.0\ s$ ؟
15. أي عدّاء كان في المقدمة في اللحظة $t = 48\ s$؟
16. متى كان العدّاء A عند النقطة 0.0 m ، وأين كان العدّاء B ؟
17. ما المسافة الفاصلة بين العدّاء A والعدّاء B في اللحظة $t = 20.0\ s$
18. خرج أحمد في نزهة مشيًا على الأقدام، وبعد وقت ما بدأ صديقه نبيل السير خلفه، وقد تم تمثيل حركتهما بالرسم البياني للموقع–الزمن المبين في **الشكل 16–2**

أ. ما الزمن الذي سار خلاله أحمد قبل شروع نبيل بالمشي؟

ب. هل سيلحق نبيل بأحمد ؟ فسر ذلك؟

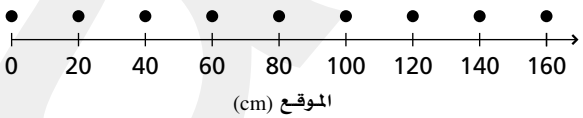


كما لاحظت سابقًا، يمكنك تمثيل حركة أكثر من جسم في رسم بياني واحد للموقع–الزمن. ونقطة تقاطع الخطين البيانيين تخبرك متى يكون الجسمان في الموقع نفسه، لكن...هل هذا يعني أنهما سيتصادمان؟ ليس بالضرورة، فعلى سبيل المثال، إذا كان الجسمان عداءين لكل منهما ممر خاص به، فإنهما لن يتصادما.

هل هناك شيء آخر يمكنك تعلمه من الرسوم البيانية للموقع–الزمن؟ وهل تعرف ما يعنيه ميل الخط؟.. في الدرس التالي، ستستخدم ميل الخط البياني لمنحنى الموقع–الزمن لتعيين السرعة المتجهة لجسم. ولكن ماذا عن المساحة تحت الخط البياني الذي تم رسمه؟ في الفصل الثالث ستنفذ رسومًا بيانية أخرى، وستتعلم تفسير دلالة المساحات تحت الخطوط البيانية المرسومة.

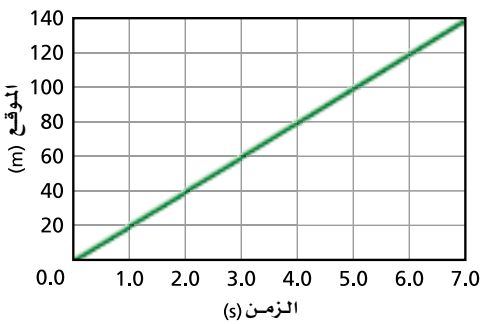
2-3 مراجعة

19. **التمثيل البياني للموقع-الزمن:** يمثل النموذج الجسيمي النقطي في **الشكل 17–2** طفلاً يزحف على أرضية مطبخ. مثِّلْ حركته باستخدام مخطط الموقع–الزمن. إرشاد: الفترة الزمنية بين كل نقطتين متتاليتين تساوي 1s .



الشكل 17–2

20. **الشكل التوضيحي للحركة:** يبين **الشكل 18–2** الرسم البياني للموقع–الزمن لحركة القرص المطاطي الذي ينزلق على بركة متجمدة في لعبة الهوكي.



الشكل 18–2

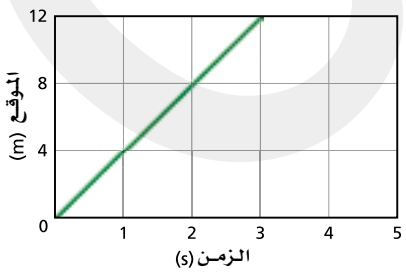
استخدم هذا الرسم البياني لترسم النموذج الجسيمي النقطي للحركة. استخدم **الشكل 18–2** في حل المسائل 23–21.

21. **الزمن:** استخدم الرسم البياني لحركة قرص الهوكي في تحديد متى كان القرص على بعد 10.0 m من نقطة الأصل.

22. **المسافة:** باستخدام الرسم البياني للموقع–الزمن، حدد المسافة التي قطعها قرص الهوكي بين اللحظتين 0.0 s و 5.0 s .

23. **الفترة الزمنية:** باستخدام الرسم البياني (الموقع–الزمن) نفسه، 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 الجسيمي النقطي والرسم البياني للموقع–الزمن الموضحين في **الشكل 19–2**. هل يصفان الحركة نفسها؟ كيف تعرف ذلك؟ لا تخلط بين النظام الإحداثي في النموذج الجسيمي النقطي و المحور الأفقي في الرسم البياني للموقع–الزمن. **ملاحظة:** الفترات الزمنية في النموذج الجسيمي النقطي تساوي 2 s .



الشكل 19–2

لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني obeikaneduction.com

2-4 تغير السرعة المتجهة (Change Velocity)

الأهداف

- **تعرف:** السرعة المتجهة
- **تقارن** بين مفهومي السرعة والسرعة المتجهة
- **تصمم** نماذج تصويرية، أو طبيعية، أو رياضية لمسائل الحركة.

المفردات:

السرعة المتجهة المتوسطة.

السرعة المتوسطة

السرعة المتجهة اللحظية

عرفت كيف تستعمل المخطط التوضيحي للحركة لتبين حركة جسم. كيف يمكنك قياس سرعة حركته؟ يمكنك تحديد الموقع والزمن باستخدام أدوات كالمقياس المتري وساعة التوقيت. هل يمكن استخدام هذه المعلومات لوصف معدل تغير الحركة؟

السرعة المتجهة Velocity: افرض أنك مثلت حركة عدّاءين على مخطط توضيحي واحد، كما هو مبين في **الشكل 2–20a**، وبالانتقال من صورة إلى الصورة الذي تليها، يمكنك أن ترى أن موقع العدّاء ذي اللباس الأحمر يتغير بمقدار أكبر من تغير موقع العدّاء ذي اللباس الأزرق. أي أن مقدار الإزاحة للعداء الأحمر تكون أكبر لأنه يتحرك بسرعة أكبر، أي يقطع مسافة أكبر من تلك التي يقطعها اللاعب ذو اللباس الأزرق خلال المدة الزمنية نفسها. و إذا فرضنا أن كلاً منهما قد قطع مسافة 100.0 m، فإن الفترة الزمنية t التي استغرقها العدّاء ذي اللباس الأحمر ستكون أصغر من تلك التي استغرقها زميله.

السرعة المتجهة المتوسطة Average velocity: من مثال العدّاءين، يمكنك أن تلاحظ أننا نحتاج إلى معرفة كل من الإزاحة $\Delta \mathbf{d}$ والفترة الزمنية Δt من أجل حساب سرعة الجسم المتحرك، ولكن كيف يمكن ربطهما؟ تفحص الخطين البيانيين اللذين يمثلان حركتي العدّاءين الأحمر والأزرق في الرسم البياني للموقع–الزمن (**انظر الشكل 2–20b**) ستلاحظ أن ميل الخط البياني للعدّاء الأحمر أكبر من ميل الخط البياني للعدّاء الأزرق، ويدل الميل أو الانحدار الأكبر على أن مقدار الإزاحة أكبر خلال الفترة الزمنية نفسها.

لعلك تذكر من الفصل الأول أنه لإيجاد الميل فإنك تختار أولاً نقطتين على الخط البياني، ثم تطرح الإحداثي الرأسي (وهو في هذه الحالة إحداثي المسافة **d**) للنقطة الأولى من الإحداثي الرأسي للنقطة الثانية لإيجاد الارتفاع (وهو هنا المسافة المقطوعة خلال مدة زمنية معينة أو مقدار الإزاحة)، وبعد ذلك تطرح الإحداثي الأفقي (الزمن t في هذه الحالة) للنقطة الأولى من الإحداثي الأفقي للنقطة الثانية، لإيجاد البعد الأفقي (وهو هنا الفترة الزمنية التي تفصل بين النقطتين)، وأخيرًا تقسم الارتفاع على القاعدة لإيجاد الميل m. يمكن إيجاد كل من مَيلي الخطين البيانيين (**انظر الشكل 2–20b**) كما يلي:

العداء ذو اللباس الأحمر

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

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

$$= 2.0\ \text{m/s}$$

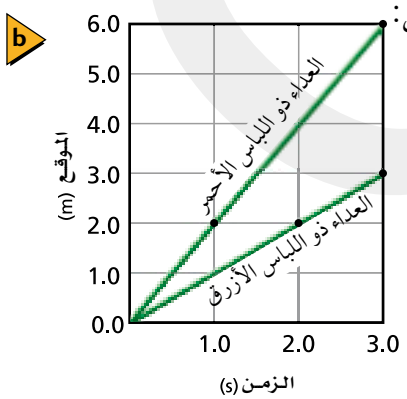
العداء ذو اللباس الأزرق

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

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

$$= 1.0\ \text{m/s}$$

الشكل 2–20b يمثل الرسم البياني للموقع-الزمن حركة كل من العدّاءين، والنقاط المستخدمة لحساب ميل كل خط.



الشكل a 20 – 2 : إزاحة العدّاء ذي اللباس الأحمر أكبر من إزاحة العدّاء ذي اللباس الأزرق خلال الفترات الزمنية الثلاث، لأن الأول يتحرك أسرع من الثاني.

تطبيق الفيزياء

أرقام قياسية : الرقم العالمي المسجل لسباق العدو للرجال لمسافة 100.0 m يساوي 9.78 s عام 2002 بوساطة العدّاء تم مونتغمري. أما الرقم العالمي للنساء في السباق نفسه هو 10.65 s ومسجل باسم ماريون جونز عام 1998، وهذان العداءان يشار إليهما بأنهما أسرع رجل وأسرع امرأة في العالم.

هنـاك أشـياء مهمة تجدر ملاحظتها فـي هذه المقارنة، أولاً، ميل الخـط البياني للعدّاء الأسرع يكون أكبر رقمياً، لذا من المعقول أن نفترض أن هذا الرقم يعبرعن سرعته. ثانياً، لاحظ أن وحدات الميل هي(m /s)، وبكلمات أخرى، فإن الم يل يخبرنا كم متراً تحرك العدّاء خلال ثانية واحدة، ولدى التفكير في طريقة حساب الميل، ستلاحظ أن الميل هو التغير في الموقع مقسـوماً على الفترة الزمنية التي حدث فيها هذا التغير، أو $\frac{d_f - d_i}{t_f - t_i}$ أو $\frac{\Delta d}{\Delta t}$ ،وعندما تكبر قيمة Δd فإن الميل يزداد، ويقل عندما تزداد . وهذا يتفق مع التفسير السابق لحركة العدّائين الأحمر والأزرق.

يمثل ميل الخط البياني للموقع–الزمن لأي جسم متحرك، السرعة المتوسطة المتجهة لهذا الجسـم؛ ويُكتب على شـكل نسـبة بين التغير في الموقع و الفترة الزمنية التي حدث فيها هذا التغير.

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

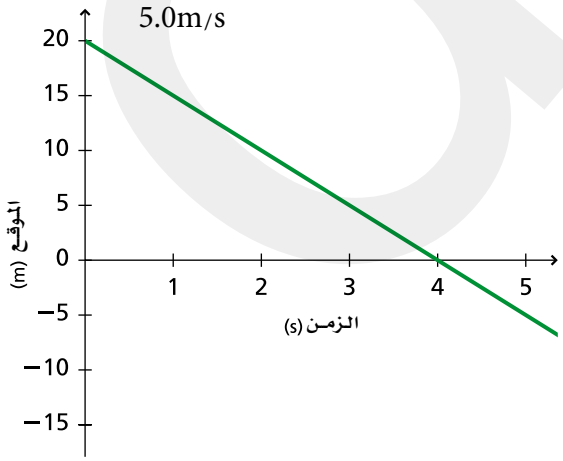
وتعرف السـرعة المتجهة المتوسـطة على أنها التغير في الموقع مقسـوما على مقدار الفترة الزمنية التي حدث هذا التغير خلالها.

دلالة اللون

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

من الأخطاء الشائعة القول بأن ميل الخط البياني للموقع–الزمن يمثل سرعة الجسم.. تأمـل ميل الخط البيانـي للموقع–الزمن في **الشـكل 21–2**. إن ميل هـذا الخـط يسـاوي (5.0 m/s–) ، وكمـا تلاحـظ فهو كمية تشـير إلى كل من المقدار والاتجاه(تذكر أن السـرعة المتوسـطة المتجهة هـي كميـة لها مقدار واتجـاه). وفي الحقيقـة فإن ميل الخـط البياني للموقع–الزمن يدل على السرعة المتجهة المتوسطة للجسم لا على سـرعته (اللحظيـة). تأمل الشـكل **21–2** مرة أخـرى، إن ميل الخط البياني هو (5.0 m/s–)، وبذلك فإن سـرعة الجسم المتجهة هي (5.0m/s–)، وهـذا يعني أن الجسـم انطلق من موقع موجب متجهًا نحو نقطة الأصل، وأنه يتحرك في الاتجاه السالب بمعدل 5.0 m/s.

الشكل 21–2 : الجسم الممثلة حركته هنا يتحرك في الاتجاه السالب بمعدل 5.0m/s

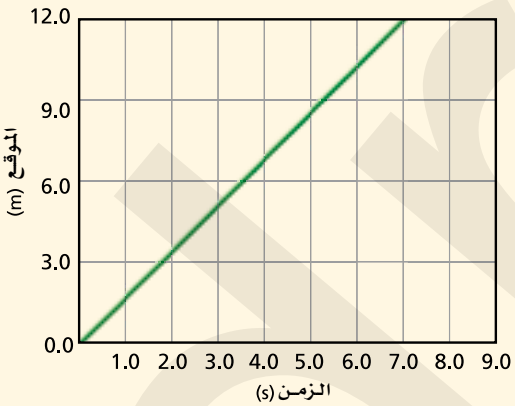


السـرعة المتوسـطة Average speed : تعبـر القيمـة المطلقـة لميل الخـط البياني للموقع–الزمـن عـن السـرعة المتوسـطة للجسـم. أي مقدار سـرعة حركة الجسـم. أما السـرعة المتجهة المتوسطة فتعبر عن كل من قيمة السـرعة المتوسطة للجسم، والاتجاه الـذي يتحرك فيـه، وهي في المثال الموضح في **الشـكل 2–21** إمـا 5.0 m/s (بالاتجاه الموجـب) أو 5.0 m/s– (بالاتجـاه السـالب). تذكـر أنـه إذا تحرك جسـم مـا بالاتجاه السـالب فإن إزاحته تكون سـالبة، وهذا يعني أن سـرعة الجسـم المتجهة دائما لها إشارة إزاحة الجسم نفسها.

سـتقوم في الفصـول القادمة بتحليل أنواع أخرى من الحركة، وأحيانا تكون السـرعة المتجهة أهم كمية تؤخذ بعين الاعتبار، بينما في أوقات أخرى تكون السـرعة المتوسـطة هي الكمية المهمة لذا، فإنها فكرة جيدة أن تستطيع التفريق بين السرعة المتجهة المتوسطة والسرعة المتوسطة، وأن تكون متأكداً من الاستخدام الصحيح لكل منهما لاحقا.

مثـال - 3

يبين الرسـم البياني المجاور حركة طالب يركب لوحة تزلج عبر ممر أملس للمشاة. ما سرعته المتجهة المتوسطة؟ وما سرعته المتوسطة؟



1 تحليل المسألة ورسمها :

تفحص النظام الإحداثي للرسم البياني.

2 استخراج الكمية المجهولة :

المجهول

$\overline{v} = ?$ $\overline{v} = ?$

جد السرعة المتجهة المتوسطة باستخدام نقطتين على الخط البياني.

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

نعوض قيم: $d_2 = 12.0\ m,\ d_1 = 6.0\ m,\ t_2 = 8.0\ s,\ t_1 = 4.0\ s$

$$\overline{v} = \frac{12.0 - 6.0}{8.0 - 4.0}$$

$\overline{v} = 1.5$ m/s بالاتجاه الموجب

أما السرعة المتوسطة فتساوي القيمة المطلقة للسرعة المتجهة المتوسطة أي $\overline{v} = 1.5$ m/s

3 تقويم الجـواب :

- **هل الوحدات صحيحة؟** نعم فالوحدة m/s هي وحدة قياس كل من السرعة المتجهة والسرعة.
- **هل للإشـارات أي معنى؟** نعم..الإشـارة الموجبة للسـرعة المتوسـطة المتجهة تتفق مع النظام الإحداثي. ولا يوجد اتجاه للسرعة المتوسطة.

مسائل تدريبية

25. يصف الرسم البياني في **الشكل 22–2** حركة سفينة في البحر. ويعتبر الجنوب اتجاها موجبًا للحركة .

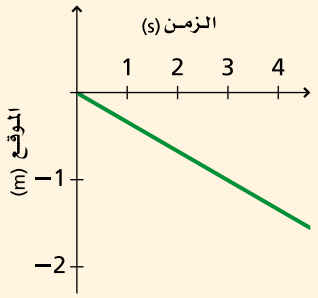
أ. ما السرعة المتوسطة للسفينة؟

ب. ما السرعة المتجهة المتوسطة للسفينة؟

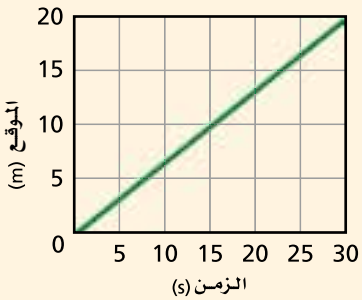
26. صف بالكلمات حركة السفينة في المسألة السابقة.

27. الرسم البياني في **الشكل 23–2** يمثل حركة دراجة هوائية، احسب كلاً من السرعة المتوسطة والسرعة المتجهة المتوسطة للدراجة، ثم صف حركتها بالكلمات.

28. انطلق حصان بسرعة ثابتة مقدارها 0.55 m/s، ارسم مخططاً توضيحيًا للحركة، ورسمًا بيانيًا للموقع–الزمن، تبين فيهما مسير الحصان مسافة 19.8 m.



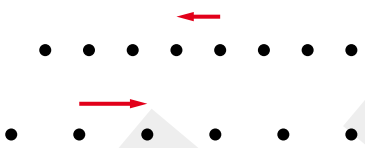
الشكل 22–2



الشكل 23–2

السرعة المتجهة اللحظية (Instantaneous Velocity)

لماذا أطلقنا على الكمية $\Delta \mathbf{d} / \Delta t$ 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، أوربما 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 سرعة الجسم واتجاهه عند لحظة معينة فتسمى السرعة المتجهة اللحظية. وفي هذا الكتاب سنستخدم مصطلح السرعة المتجهة للتعبير عن السرعة المتجهة اللحظية وسنرمز لها بالرمز



الشكل 24– 2: متجهات السرعة المتجهة المتوسطة لها نفس اتجاه متجهات الإزاحة المناظرة لها. وأطوال متجهات كل منهما مختلفة، لكنها متناسبة، ولها وحدات مختلفة .

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

كيف يمكنك تعيين السرعة المتجهة المتوسطة على المخطط التوضيحي للحركة؟ مع أن السرعة المتجهة المتوسطة لها نفس اتجاه الإزاحة ، إلا أن الكميتين لا تقاسان بالوحدات نفسها، ومع ذلك فإن بينهما تناسبًا طرديًا، فعندما تزداد الإزاحة خلال فترة زمنية محددة، فإن السرعة المتجهة المتوسطة تزداد كذلك. إن المخطط التوضيحي

للحركة ليس رسـمًا بيانيًا دقيقًا للسـرعة المتجهة المتوسـطة، وإنما يمكن استخدامه فـي تعيين اتجاه ومقدار **السـرعة المتجهة المتوسـطة**. تخيل سـيارتين تسـيران على طريق بسـرعتين مختلفتين، وتقوم كاميرا فيديو بتسـجيل حركتهما بمعدل صورة في كل ثانية، وتخيل أنه في مؤخرة كل سيارة فرشاة دهان تهبط آليا كل ثانية، لترسم خطًا على الأرض لمدة نصف ثانية. من المنطقي أن تسـتطيع السـيارة الأسـرع رسم خط أطول، وتشـبه الخطوط التي رسمتها فرشـاتي الدهان على الأرض، المتجهات التي نرسمها على المخطط التوضيحي للحركة لتمثيل السرعة.

يسـتخدم اللـون الأحمر للدلالة علـى متجهات السـرعة في الرسـوم التوضيحية للحركة. ويبين **الشـكل 24–2** النموذج الجسيمي النقطي لسيارتين إحداهما تتحرك نحو اليمين والأخرى تتحرك بشكل أبطأ نحو اليسار.

اسـتخدام المعادلات: عندما ترسم خطًا بيانيًا مستقيمًا تستطيع التعبير عنه بوساطة معادلة. ومن الأفضل أحيانًا اسـتخدام مثل هذه المعادلة بدلاً من الرسـم البياني من أجل حل المسائل. تفحص مرة أخرى **الرسم البياني 21–2** الذي يمثل جسمًا يتحرك بسـرعة متجهـة $(-5.0\ m/s)$، وتذكر مـن الفصل الأول أن أي خط مسـتقيم يمكن تمثيلـه بالصيغـة الرياضية $y = mx + b$ حيث هـي الكمية التي نُعينها على المحور الرأسي، m هي ميل الخط المستقيم، x هي الكمية التي نُعينها على المحور الأفقي، و b تقاطع الخط مع المحورالرأسي (محور الصاد).

فـي **الرسـم البياني 21–2** الكميـة المُعيّنة على المحور الرأسـي هي الموقـع وتُمثَّلُ بالمتغيـر **d**. والكميـة المُعينة على المحور الأفقي هي الزمـن وتُمثَّلُ بالمتغير t. أما ميل الخط المسـتقيم $(-5.0\ m/s)$ فيمثل السـرعة المتجهة المتوسـطة للجسـم $\overline{v}$ وتقاطـع الخط البياني مع المحور الصادي هـو 20 m لكن ...ما الذي يمثله المقدار 20.0 m؟

بتفحص الرسـم البياني والتفكير في كيفية تحرك الجسـم، تستنتج أن الجسم كان في موقع يبعُد 20.0 m عن نقطة الأصل عندما $t = 0.0$ ويُدعى هذا **بالموقع الابتدائي للجسم**، ويرمز له بالرمز d_i . يبين **الجدول 2–2** مقارنة بين المتغيرات العامة لمعادلة الخط المستقيم، والمتغيرات الخاصة بالحركة ، وتُبين كذلك القيم العددية لكل من الثابتين في هذه المعادلة.

وبالاعتمـاد على المعلومات المبينة في **الجدول 2–2** فإن المعادلة $y = mx + b$ أصبحت $d = \overline{v}\,t + d_i$، وبتعويض قيم الثوابت: $d = (-5.0\ m/s)t + 20.0\ m$

تجربة

متجهات السرعة اللحظية:

1. اربـط خيطـاً طولـه 1m بكتلة ذات خطاف.
2. امسـك بيـدك طـرف الخيـط المعلق بنهايته الكتلة.
3. اسحب الكتلة بحذر إلى احد الجوانب ثم اتركها.
4. **لاحـظ الحركـة**، والسـرعة، واتجـاه حركـة الكتلـة لعـدة اهتزازات.
5. أوقف الكتلة عن الاهتزاز.
6. ارسم شكلا توضيحيا تبين فيه متجهات السرعة اللحظية عند النقاط التالية: قمة الهزة، نقطة المنتصـف بين القمـة والقاع، قـاع الهـزة، نقطـة المنتصـف بين القاع والقمة، ومرة أخرى القمة.

حلل واستنتج:

7. أين كانت السـرعة المتجهة أكبر ما يمكن؟
8. أين كانت السـرعة المتجهة أقل ما يمكن؟
9. **وضـح**. كيـف يمكـن قياس السرعة المتوسطة باستخدام الرسـم التوضيحي بوسـاطة المتجهات.

الجدول 2–2

مقارنة الخطوط المستقيمة مع الرسوم البيانية للموقع-الزمن

المتغير العام	المتغير المعين للحركة	القيمة في شكل 21-2
y	$\boldsymbol{d}$	-5.0 m/s
m	$\boldsymbol{v}$	
x	t	
b	$\boldsymbol{d_i}$	20.0 m

تصف هذه المعادلة الحركة الممثلة **بالشكل** 21–2 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 اخرى فإن وحدة الجزء الأول من المعادلة في الجانب الأيمن هي حاصل ضرب $\frac{m}{s} \times S$ أو المتر. وأخيرًا فإن وحدة الجزء الثاني من المعادلة في الطرف الأيمن هي المتر، وبهذا فإن الوحدات في طرفي المعادلة متطابقة.

معادلة الحركة للسرعة المتجهة المتوسطة هي:

$$\mathbf{d = \overline{v}\, t + d_i}$$

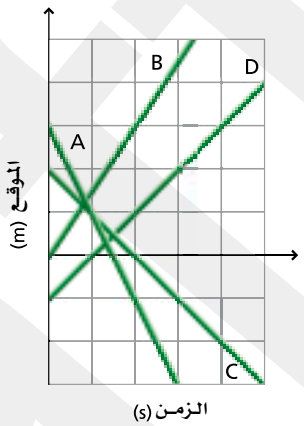
موقع الجسم المتحرك يساوي السرعة المتجهة المتوسطة مضروبة في الزمن زائد قيمة الموقع الابتدائي للجسم.

تستطيع الآن تمثيل الحركة باستخدام الكلمات، والأشكال التوضيحية للحركة، والصور، وجداول البيانات، والرسوم البيانية للموقع–الزمن، وكذلك باستخدام معادلة الحركة. وستستخدم عددًا من طرق تمثيل الحركة المذكورة أعلاه، في حل المسائل في هذا الفصل والفصل الذي يليه.

2-4 مراجعة

استخدم **الشكل 25–2** من أجل حل المسائل 31–29

29. **السرعة المتوسطة:** رتب الرسوم البيانية وفق السرعة المتوسطة للجسم، من الأكبر إلى الأصغر ، أشر إلى الروابط إن وجدت.



الشكل 25–2

30. **السرعة المتجهة المتوسطة:** رتب الرسوم البيانية وفق متوسط السرعة المتجهة من الأكبر إلى الأقل، أشر إلى الروابط إن وجدت .

31. **الموقع الابتدائي:** رتب الخطوط البيانية بحسب الإزاحة الابتدائية للجسم (بدءًا بأكبر قيمة موجبة للإزاحة الابتدائية وانتهاءً بأكبر قيمة سالبة لها) وأشر إلى الروابط إن وجدت .

هل سيكون ترتيبك مختلفًا إذا طلب منك أن ترتبها بحسب المسافة الابتدائية 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 طبيعية قبل محاولة حل معادلة في مسألة فيزياء؟

draft

مختبر الفيزياء

عمل رسوم توضيحية للحركة

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

سؤال التجربة:

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

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 لعبتان تعملان بشد النابض، متر خشبي، لوح كرتوني.

الخطوات

1. ارسم خطًا للبداية على طاولة المختبر أو على أي سطح يقترحه المعلم.
2. ضع كلتا السيارتين عند خط البداية وأطلقهما في الوقت نفسه (تأكد من شد النابض قبل الانطلاق).
3. راقب حركة السيارتين وحدد أيهما الأسرع.
4. ضع السيارة الأبطأ عند خط البداية.
5. ثبت مسطرة مترية بموازاة المسار الذي ستسير فيه السيارة.
6. اختر واحدًا 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 موازٍ للمسطرة المترية) لتسجيل حركة السيارة البطيئة.
9. هَيئ 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 المتر الخشبي المجاور للموقع 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°.
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

جدول البيانات 1	
الزمن (s)	موقع السيارة الأبطأ (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	

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

التحليل

1. ارسم مخططًا توضيحيًا لحركة السيارة البطيئة باستخدام البيانات التي جمعتها.
2. اعمل مخططًا توضيحيًا لحركة السيارة السريعة باستخدام البيانات التي جمعتها.
3. باستخدام البيانات التي حصلت عليها ارسم مخططًا توضيحيًا لحركة السيارة البطيئة أثناء نزولها المنحدر.

الاستنتاج والتطبيق

بماذا يختلف المخطط التوضيحي للسيارة السريعة عنه في حالة السيارة البطيئة؟

التوسع في البحث

1. ارسم مخططًا توضيحيًا لحركة سيارة تتحرك بسرعة ثابتة.
2. ماالعلاقة بين المسافات الفاصلة بين النقاط، في مخطط حركة السيارة التي تتحرك بسرعة ثابتة؟
3. ارسم مخططًا توضيحيًا لحركة سيارة تبدأ متحركة بسرعة كبيرة وبعد ذلك تتباطأ تدريجيًا.
4. ماذا يحدث للمسافة بين النقاط في مخطط الحركة في السؤال السابق عندما تتباطأ السيارة؟
5. ارسم مخططًا توضيحيًا لحركة سيارة تسير في البداية ببطء، ثم تزيد سرعتها تدريجيًا.
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 حادثًا. إذا كان للسيارة مكابح تضغط وتفصل بشكل آلي في كل جزء من الثانية، كيف ستبدو آثار العجلات على سطح الأرض؟ أرفق بإجابتك رسمًا توضيحيًا يبين كيف تبدو آثار العجلات نتيجة الضغط على المكابح .

Physics online
لمزيد من المعلومات عن القياسات ارجع إلى الموقع الإلكتروني
obeikaneducation.com

الإثراء العلمي: دقة الزمن

ضبط الزمن Accurate Time:

أي زمن هو الحقيقي؟ قد تستخدم ساعة الحائط لتعرف الوقت عند أي لحظة، والساعة أداة تعدُ بانتظام الحوادث المتتالية، بهدف قياس الزمن. افرض أن ساعة الحائط في صفك تشير إلى 9:00 ، في الوقت الذي تشير فيه ساعتك إلى 8:55 ، وساعة صديقك تشير إلى 9 :02 ... ما الوقت الصحيح؟ وأي من الساعات الثلاث هي الساعة المضبوطة؟

يتم التحكم في الكثير من العمليات الميكانيكية بوساطة الساعات، فمثلاً الجرس الذي يقرع في نهاية كل حصة صفية يتم التحكم فيه بوساطة ساعة. لذا، إذا أردت أن تكون في الصف في الوقت المحدد فعليك ضبط ساعتك بحيث تتزامن مع الساعة التي تتحكم في الجرس. العمليات الأخرى مثل الملاحة باستخدام أنظمة GPS، والسفر في الفضاء، وتزامن الإنترنت، والنقل والاتصالات تعتمد على ساعات مضبوطة وذات دقة متناهية. من هنا تأتي الحاجة إلى ساعة معيارية موثوقة.

ساعة السيزيوم المعيارية: الساعات الذرية مثل ساعات السيزيوم تلبي هذه الحاجة. تقيس الساعات الذرية عدد الذبذبات (عدد المرات التي تغير فيها الذرة المستخدمة في الساعة مستوى طاقتها). تحدث مثل هذه الذبذبات في طاقة الذرة بسرعة كبيرة وبانتظام. وتستخدم ذبذبات ذرة السيزيوم لتعيين الثانية 1 s المعيارية، وهي الزمن الذي تستغرقه (9192631770) ذبذبة.

تحتوي ذرة السيزيوم إلكترونًا واحدًا في آخر مستوى طاقة، وهذا الإلكترون يدور مغزليًا ويسلك سلوك مغناطيس متناه في الصغر، ونواة السيزيوم تدور مغزليًا أيضًا وتسلك سلوك مغناطيس متناه في الصغر. يدور كل من النواة والإلكترون بحيث يصطف القطب الشمالي للنواة بمحاذاة القطب نفسه في الإلكترون مرة، ثم يصطف قطباهما المغناطيسيان المختلفان بعضهما بمحاذاة الآخر في المرة التالية. عندما تصطف الأقطاب المتماثلة بعضها بمحاذاة الآخر تكون ذرة السيزيوم في مستوى طاقة ما، أما إذا اصطفت باتجاه معاكس فإن الذرة تصبح في مستوى طاقة آخر.

كيف تعمل ساعة السيزيوم؟ تتكون ساعة السيزيوم من ذرات السيزيوم، جهاز ذبذبة من الكوارتز الكريستالي يولد موجات ميكروية، وعندما يتساوى تردد الإشارة الميكروية للجهاز مع التردد الطبيعي للسيزيوم، فإن عددًا كبيرًا من ذرات السيزيوم ستغير مستويات طاقتها. ولما كان التردد الطبيعي للسيزيوم يساوي

9192631770 ذبذبة ميكروية. فهذا يعني أنه يوجد 9192631770 تغير لمستوى طاقة السيزيوم في كل ثانية (وهي طريقة أخرى للقول إن ساعة السيزيوم تستطيع قياس واحد من تسعة مليارات جزء من الثانية) . ساعات السيزيوم مضبوطة جدًا، ونسبة الخطأ فيها أقل من ثانية في عشرين مليون سنة.

التوسع في البحث

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

الفصل 2

دليل الدراسة

2-1 تمثيل الحركة

المفردات:
- مخطط الحركة
- نموذج الجسيم النقطي

المفاهيم الرئيسة:
- يبين المخطط التوضيحي للحركة موقع جسم خلال أزمنة متعاقبة.
- في نموذج الجسيم النقطي، يستبدل الجسم في المخطط التوضيحي للحركة بمجموعة من النقاط المفردة المتتالية.

2-2 الموقع والزمن ؟

المفردات:
- النظام الإحداثي
- نقطة الأصل
- الموقع
- المسافة
- المقدار
- المتجهات
- كميات عددية
- المحصلة
- الفترة الزمنية
- الإزاحة

المفاهيم الرئيسة:
- يمكنك أن تستخدم أي نظام إحداثي لوصف الحركة، لكن بعضها أكثر فائدة من غيره.
- لفترة الزمنية هي الفرق بين زمنين. $\Delta t = t_f - t_i$
- المتجه المرسوم من نقطة الأصل في النظام الإحداثي إلى الجسم؛ يدل على موقع الجسم.
- الإزاحة هي التغير في الموقع وهي متجه له مقدار واتجاه $\Delta \mathbf{d} = d_f - d_i$
- طول متجه الإزاحة يبين المسافة التي انتقلها الجسم، ويشير المتجه إلى اتجاه الإزاحة.

2-3 الرسوم البيانية (الموقع-الزمن)

المفردات:
- الرسم البياني للموقع-الزمن
- الموقع اللحظي

المفاهيم الرئيسة:
- يمكن استخدام الرسوم البيانية للموقع-الزمن لإيجاد السرعة المتجهة، وموقع الجسم، وكذلك في معرفة أين ومتى يتقابل جسمان.
- يمكن وصف أي حركة باستخدام الكلمات، والمخططات التوضيحية للحركة، وجداول المعلومات، والرسوم البيانية.

2-4 تغير السرعة

المفردات:
- السرعة المتجهة المتوسطة
- السرعة المتوسطة
- السرعة المتجهة اللحظية

المفاهيم الرئيسة:
- ميل الخط البياني للموقع-الزمن لجسم هو السرعة المتجهة المتوسطة لحركة الجسم.

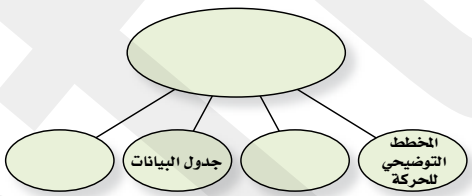
$$\overline{\mathbf{v}} = \frac{\Delta \boldsymbol{d}}{\Delta t} = \frac{\boldsymbol{d}_{\mathrm{f}} - \boldsymbol{d}_{\mathrm{i}}}{\mathrm{t_f} - \mathrm{t_i}}$$

- السرعة المتوسطة هي القيمة المطلقة للسرعة المتجهة المتوسطة.
- تعبر السرعة المتجهة لجسم عن السرعة التي يتحرك بها، والاتجاه الذي يتحرك فيه.
- رمز الموقع الابتدائي للجسم والسرعة المتجهة المتوسطة الثابتة وإزاحته والزمن. ويرتبط بعضها ببعض بمعادلة بسيطة : $d = \overline{\mathrm{v}}\,\mathrm{t} + d_{\mathrm{i}}$

خريطة المفاهيم

34. أكمل خريطة المفاهيم المبينة باستخدام المصطلحات التالية:

الكلمات، تمثيلات متكافئة، الرسم البياني (الموقع-الزمن).



إتقان المفاهيم:

35. ما الغاية من رسم المخطط التوضيحي للحركة؟

36. تحت أي ظروف يكون مشروعًا معاملة الجسم كجسيم نقطي؟

37. تصف الكميات التالية الموقع أو التغير فيه: (الموقع، والمسافة، والإزاحة)، وضح الفرق بينها باختصار.

38. كيف يمكنك استخدام ساعة حائط لتعيين فترة زمنية؟

39. **خط التزلج.** كيف يمكنك أن تستخدم الرسوم البيانية للموقع-الزمن لمتزلجين على مسار التزلج؛ لتحديد ما إذا كان أحدهما سيتجاوز الآخر، ومتى؟

40. **المشي و الركض.** إذا غادر عدّاء ومشاء، الباب الأمامي لبيتك في الوقت نفسه، وتحركا في الاتجاه نفسه بسرعتين متجهتين ثابتتين ومختلفتين. صف الرسم البياني للموقع-الزمن لكل منها.

41. ماذا يمثل ميل الخط البياني للموقع-الزمن؟

42. إذا عرفت مواقع جسم متحرك عند نقطتين على مسار حركته، وعرفت كذلك الزمن الذي استغرقه الجسم للوصول من النقطة الأولى إلى الأخرى، هل يمكنك أن تعين كلاً من سرعته المتجهة اللحظية وسرعته المتجهة المتوسطة ؟ فسر ذلك.

تطبيق المفاهيم:

43. افحص المجموعات التالية وفسر لماذا لا يمتلك كل منها الخصائص المطلوبة لوصف مفهوم السرعة المتجهة:

$$\Delta d + \Delta t \ , \Delta d - \Delta t \ , \Delta d \times \Delta t , \frac{\Delta t}{\Delta d}$$

44. **كرة القدم:** متى يمكن اعتبار كرة قدم جسيما نقطيا؟

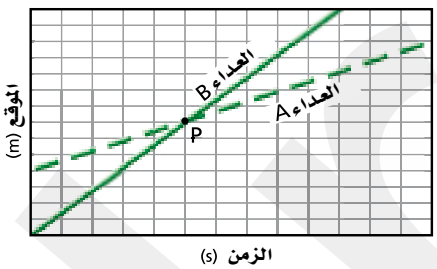
45. متى يمكن التعامل مع لاعب كرة قدم باعتباره جسيما نقطيا؟

46. يمثل **الشكل 26-2** رسمًا بيانيًا لشخصين يركضان.

أ. صف موقع العدّاء A بالنسبة للعدّاء B بحسب التقاطع مع المحور الصادي.

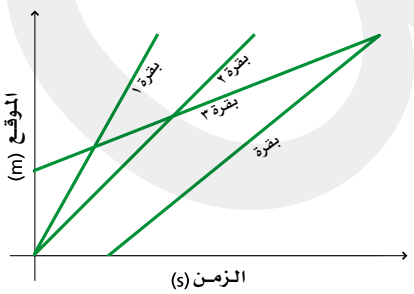
ب. أي العدائين هو الأسرع؟

جـ. ماذا يحدث عند النقطة P وما بَعدها؟



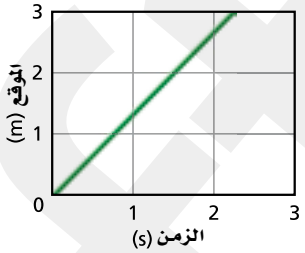
الشكل 26-2

47. يبين الرسم البياني للموقع-الزمن في **الشكل 27-2** حركة أربع بقرات تسير عائدة إلى الحظيرة. رتب البقرات بحسب السرعة المتجهة المتوسطة من الأبطأ إلى الأسرع.



الشكل 27-2

48. يمثل الشكل **2–28** الرسم البياني للموقع–الزمن لأرنب يهرب من كلب.



الشكل 2–28

أ. بين كيف سيختلف هذا الرسم البياني إذا ركض الأرنب بضعف سرعته؟

ب. صف كيف سيختلف هذا الرسم إذا ركض الأرنب بالاتجاه المعاكس.

إتقان حل المسائل:

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

50. **علم الفلك.** يصل الضوء من الشمس إلى الأرض في 8.3 min، فإذا كانت سرعة الضوء 3.00×10^8 m/s ما بعد الأرض عن الشمس؟

51. تتحرك سيارة في شارع بسرعة 55 km/h وبشكل مفاجئ يركض طفل محاولا عبور الشارع. فإذا كان السائق يستغرق 0.75 s ليستجيب ويضغط على الفرامل، ما المسافة التي ستتحركها السيارة قبل أن تبدأ بالتباطؤ؟

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

مراجعة عامة:

53. افحص المجموعات التالية وفسر لماذا لا يمتلك يبين **الشكل 2–29** نموذجًا جسيميًا نقطيًا لحركة كتكوت يعبر طريقًا بصورة عرضية. ارسم المنحنى البياني للموقع–الزمن المتفق مع النموذج، واكتب المعادلة التي تصف حركة الكتكوت علمًا بأن الفترات الزمنية هي 0.1 s.

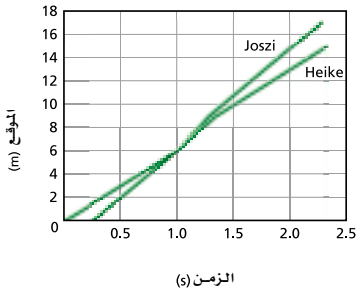
الشكل 2–29

54. يبين **الشكل 2–30** الرسوم البيانية للموقع–الزمن لحركة كل من زيد وخليل وهما يجدفان في قاربين عبر نهر.

أ. في أي زمن s كان زيد وخليل في المكان نفسه؟

ب. ما الزمن الذي استغرقه زيد في التجديف قبل أن يتجاوز خليل؟

جـ. في أي مكان من النهر يوجد تيار سريع؟



الشكل 2–30

55. غادرت كل من السيارتين A، B المدرسة عندما كانت قراءة ساعة التوقيت (0.0)، وكانت السيارة A تتحرك بسرعة ثابتة وقدرها 75 km/h والسيارة B تتحرك بسرعة ثابتة 85 km/h.

أ. ارسم المخطط البياني للموقع–الزمن لحركة كل من السيارتين. ما بعد كل منهما عن المدرسة عندما تشير ساعة التوقيت إلى 2.0 h؟ احسب المسافات وبيّنها على رسمك البياني.

ب. مرت كلتا السيارتين بمحطة بترول تبعد 20km عن المدرسة، متى مرت كل سيارة بالمحطة؟ احسب الأزمنة، وبيّنها على الرسم.

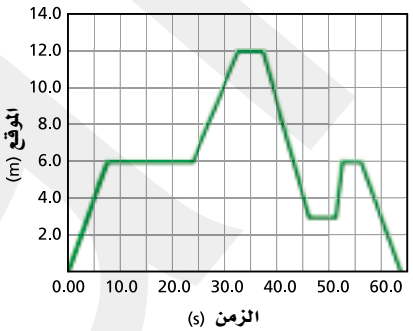
56. ارسم المخطط البياني للموقع–الزمن لسيارتين تسيران نحو الشاطئ الذي يبعد 50 km عن المدرسة: عند الساعة 12:30 pm تحركت السيارتان، السيارة A تغادر متجرًا المسافة بينه وبين الشاطئ أقل بـ 10 kM عن المسافة بين المدرسة والشاطئ حيث تحركت بسرعة 40 km/h أما السيارة B فبدأت الحركة من المدرسة بسرعة 100 km/h، متى تصل كل سيارة إلى الشاطئ؟

57. يبين **الشكل 31–2** الرسم البياني للموقع–الزمن الذي يصف حركة علي ذهابا وإيابا في ممر متجر، افترض نقطة الأصل عند أحد طرفي الممر.

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

ب. متى كان موقع علي على بعد 6.0 m؟

جـ. كم من الزمن مضى بين لحظة دخول علي للممر، ووصوله إلى موقع يبعد 12.0 m عن نقطة الأصل؟ ما السرعة المتجهة المتوسطة لعلي خلال الفترة بين اللحظتين 37.0 s و 46.0 s؟



الشكل 31–2

التفكير الناقد:

58. **استخدم الآلة الحاسبة:** وقف طلبة شعبة الفيزياء في صف واحد، وكانت المسافة بين كل طالبين 2.5m، واستخدموا ساعات توقيت لقياس الزمن الذي تمر عنده سيارة تتحرك على طريق رئيسي أمام كل منهم. البيانات مدونة في **الجدول 3–2**

استخدم آلة حاسبة من النوع الذي يستطيع عمل رسوم بيانية، لعمل الخط البياني للموقع–الزمن مستخدمًا البيانات الواردة في الجدول أعلاه (ارسم هذا الخط يدويًا إذا لم تتوافر آلة حاسبة من هذا النوع). تأكد من أن الخط البياني يشمل جميع البيانات. أوجد ميل هذا الخط. واستنتج سرعة السيارة؟

59. **صمم تجربة:** في كل مرة تنطلق فيها دراجة نارية حمراء من أمام منزل صديق لك، يثور والده غاضبًا لأنه يعتقد أنها تتجاوز حدود السرعة المسموح بها وهي 40 km/h. صف تجربة بسيطة يمكنك إجراؤها لتقرر ما إذا كانت هذه الدراجة تتجاوز السرعة المحددة فعلا، عندما تمر من أمام منزل صديقك.

الجدول 3-2

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

60. **تفسير الرسوم البيانية:** هل يمكن أن يكون الرسم البياني للموقع–الزمن خطًا أفقيًا أو خطًا رأسيًا؟ إذا كانت إجابتك بـ "نعم" على أي من السؤالين، صف بالكلمات الحركة الموافقة للإجابة.

الكتابة في الفيزياء

61. حدد علماء الفيزياء سرعة الضوء بـ $(3.00\times10^8\ m/s)$ كيف توصلوا إلى هذا الرقم؟ اقرأ حول سلسلة التجارب التي أجريت لتعيين سرعة الضوء، ثم صف كيف تطورت التقنيات التجريبية لتجعل نتائج التجارب أكثر دقة.

62. تمتاز بعض أنواع الحيوانات بقوة تحمل جيدة، بينما تمتاز أنواع أخرى بالقدرة على الحركة بسرعة كبيرة، ولكن لفترة قصيرة من الزمن. استخدم المراجع لإيجاد مثالين على كل صفة، ثم اشرح فائدة هذه الصفة للحيوان.

مراجعة تراكمية

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

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

64. عين عدد الأرقام المعنوية في القياسات التالية:

a. 3218kg
b. 60.080kg
c. 801kg
d. 0.000534kg

65. حصل أحمد على النتائج التالية باستخدام الآلة الحاسبة. أعد كتابة النتائج باستخدام العدد الصحيح من الأرقام المعنوية

a. 5.32 mm + 2.1 mm = 7.4200000 mm

b. 13.597m + 3.65 = 49.62905 m^2

c. 83.2 kg – 12.804 kg = 70.3960000 kg

لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني obeikaneduction.com

اختبار مقنن الفصل - 2

أسئلة اختيار من متعدد:

1. أي العبارات التالية يعبر بشكل صحيح عن مخطط النموذج الجسيمي النقطي لحركة طائرة تقلع من مطار؟

أ. تكوِّنُ النقاط نمطًا وتفصل بينها مسافات متساوية.

ب. تكوْن النقاط متباعدة في البداية، ولكنها تتقارب مع تسارع الطائرة.

جـ. تكون النقاط متقاربة في البداية، ثم تتباعد مع تسارع الطائرة.

د. تكون النقاط متقاربة في البداية، ثم تتباعد ثم تتقارب مرة أخرى عندما تستوي الطائرة وتتحرك بالسرعة العادية للطيران.

2. أي من العبارات التالية غير صحيح:

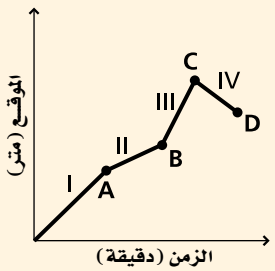
أ. نحتاج إلى مخطط المتجهات لحل جميع مسائل الفيزياء بدقة.

ب. طول المتجه يجب أن يكون متناسبًا مع البيانات.

جـ. يتم جمع المتجهات بقياس طول كل متجه ثم جمعها معا.

د. يمكن جمع المتجهات وفق خطوط مستقيمة، أو إذا شكلت مثلثًا.

استخدم الرسم البياني التالي للأسئلة 5–3 .



3. يبين الرسم البياني حركة شخص يركب دراجة هوائية. أين تقع اللحظة التي بلغت فيها الدراجة سرعتها المتجهة القصوى؟

أ. في القسم I ب. في القسم III

جـ. النقطة C د. النقطة B

4. متى تكون الدراجة أبعد ما يمكن عن نقطة البداية؟

أ- في النقطة A ب- في النقطة B

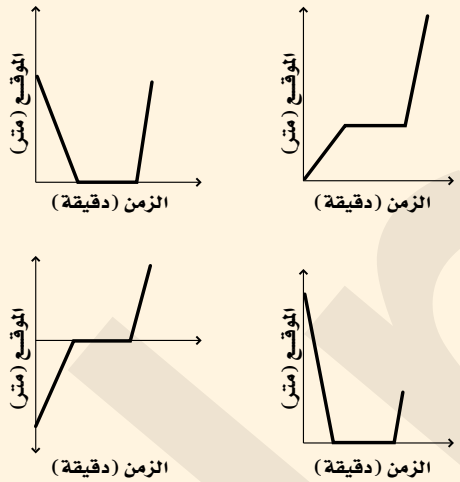
جـ- في النقطة C د- في النقطة D

5. في أي المراحل قطع راكب الدراجة المسافة الأكبر؟

أ. الجزء I ب. الجزء II

جـ. الجزء III د. النقطة IV

6. يهبط سنجاب عن شجرة ارتفاعها 8 m بسرعة ثابتة خلال 1.5 min وينتظر عند أسفل الشجرة مدة 2.3 min، ثم يتحرك مرة أخرى باتجاه حبة بلوط على الأرض لمدة 0.7 min . فجأة صدر صوت مرتفع سبب فرار السنجاب بسرعة إلى أعلى الشجرة، فبلغ الموقع نفسه الذي انطلق منه خلال 0.1 min. أي الرسوم البيانية التالية يمثل بدقة الإزاحة الرأسية للسنجاب مقيسًا من قاعدة الشجرة (نقطة الأصل تقع عند قاعدة الشجرة)؟



أسئلة الإجابات المفتوحة:

7. احسب الإزاحة الكلية لجرذ عند مخرج متاهة، إذا سلك المسار التالي داخل المتاهة:

البداية، 1.0 m شمالاً، 0.3 m شرقًا، 0.8 m جنوبًا، 0.4m شرقًا، النهاية.

إرشاد

الأدوات اللازمة

أحضر جميع الأدوات اللازمة للامتحان: قلمي رصاص، أقلام حبر زرقاء وسوداء، ممحاة، سائل للتصحيح، مبراة، مسطرة، آلة حاسبة، منقلة.

الفصل 3

الحركة المتسارعة

في هذا الفصل:

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

الأهمية:

لا تتحرك الأجسام دائما بسرعات ثابتة. وفهم الحركة المتسارعة سيساعدك في وصف حركة العديد من الأجسام بشكل أفضل.

التسارع: العديد من وسائط النقل مثل السيارات، الطائرات، قطارات الأنفاق، المصاعد وغيرها.. تبدأ رحلاتها عادةً بزيادة سرعتها بمعدل كبير، وتنهيها بالوقوف بأسرع مايمكن.

فكر

يقف سائق سيارة السباق متحفزًا 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؟

لمراجعة محتوى هذا الفصل ارجع إلى الموقع الإلكتروني

obeikaneducation.com

تجربة استهلالية

هل تبدو جميع أنواع الحركة بالشكل نفسه عند تمثيلها بيانيًا؟

سؤال التجربة: ما وجه المقارنة بين الرسم البياني الذي يبين حركة سيارة ذات سرعة ثابتة، والرسم البياني لحركة سيارة تتزايد سرعتها؟

الخطوات:

1. أحضر دميتي سيارة تعملان بالزنبرك، ضع ثبت جرس توقيت في الجانب الخلفي لطاولة المختبر.
2. قص قطعة من الشريط الورقي (للمؤقت) بطول 50 cm وأدخلها في المؤقت، ثم ألصق الطرف الآخر بالعربة الميكانيكية.
3. دون رقم العربة على الشريط...شغِّل جرس التوقيت، ثم أطلق العربة.
4. ارفع طرف طاولة المختبر بمقدار 8–10 cm بوضع مكعبين خشبيين أسفل قائمتيها الخلفيتين. تحذير: تأكد من استقرار طاولة المختبر.

ملاحظة: إذا كانت الطاولة مثبتة في الأرض، يمكنك استخدام لوح خشبي وإمالته فوق سطحها.

5. كرر الخطوات 4–2 باستخدام العربة رقم 2، لكن أمسك العربة في مكان يلي جرس التوقيت وأطلقها بعد تشغيله. أمسك العربة قبل سقوطها عن حافة الطاولة.
6. **إيجاد البيانات وتنظيمها.** حدد أول نقطة داكنة (سوداء) حيث ابتدأ المؤقت على أنها الصفر. قم بقياس المسافة بين نقطة الصفر وكل من النقاط الأخرى خلال عشر فترات زمنية، ثم دون القراءات.
7. **ارسم واستخدم الرسوم البيانية:** مثل بيانيًا المسافة الكلية مع عدد الفترات الزمنية. عين القراءات لكلتا العربتين على الرسم نفسه. دون اسم العربة على الرسم البياني الذي يمثلها.

التحليل:

أي العربتين تحركت بسرعة ثابتة؟

أيهما ازدادت سرعتها؟ اشرح كيف توصلت إلى ذلك من خلال تفحصك شريط المؤقت.

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

3-1 التسارع (العجلة) (Acceleration)

الحركة المنتظمة من أبسط أنواع الحركة. وكما درست في الفصل الثاني فإن الجسم الذي يتحرك حركة منتظمة، يسير في خط مستقيم وبسرعة ثابتة. لكنك من خبراتك اليومية، تعلم أن عددًا قليلاً من الأجسام يتحرك بهذه الطريقة لوقت طويل. في هذا الفصل ستزيد معلوماتك في هذا المجال، بتعرف نوع أكثر تعقيدًا للحركة. وستدرس حالات تتغير خلالها سرعة الجسم، بينما يبقى مساره مستقيمًا. والأمثلة التي ستتناولها تتضمن السيارات التي تتزايد سرعتها، وسائقي السيارات عند استخدامهم الكوابح، والأجسام أثناء سقوطها، والأجسام المقذوفة رأسيًا إلى أعلى... وفي الفصول التالية، ستزيد حصيلتك العلمية عن الحركة بتحليل بعض من أنواعها الشائعة، الغير مقيدة بمسار مستقيم. وهذه تشمل الحركة في مسار دائري وحركة الأجسام المقذوفة، من مثل كرة القدم أو السلة.

الأهداف

- **تتعرف** التسارع (العجلة).
- **تكتشف** العلاقة بين السرعة والتسارع وحركة الجسم.
- **تتمثل** العلاقة بين السرعة والزمن بوساطة الرسم البياني.

المفردات:

الرسم البياني للسرعة – الزمن. التسارع، التسارع المتوسط، التسارع اللحظي.

تغير السرعة المتجهة (Changing Velocity)

تستطيع أن تشعر في أثناء سفرك بالفرق بين الحركة المنتظمة والحركة غير المنتظمة، فالحركة المنتظمة تمتاز بسلاستها، فإذا أغمضت عينيك ستشعر كأنك لا تتحرك إطلاقًا. وعلى النقيض من ذلك، فعندما تتحرك على مسار منحنٍ يتلوى صعودًا وهبوطًا مثل اللعبة الأفعوانية في مدينة الألعاب فسوف تشعر بأنك تُدفع أو تُسحب.

تأمل الأشكال التوضيحية للحركة المبينة في **الشكل 1–3**. كيف تبدو لك حركة الرجل في كل حالة؟ في الشكل الأول لا يتحرك الرجل، أما في الشكل الثاني فيتحرك بسرعة ثابتة، وفي الثالث، يزيد من سرعته، وفي الرابع، يتباطأ... كيف استطعت استنتاج ذلك؟ ما المعلومات التي تتضمنها الرسوم التوضيحية والتي يمكن استخدامها للتمييز بين الحالات المختلفة للحركة؟

أهم شيء عليك ملاحظته في هذه الرسوم هو المسافة بين المواقع المتعاقبة للعدّاء. لقد درست في الفصل الثاني أن الأجسام غير المتحركة في خلفية الأشكال التوضيحية للحركة لا تغير مواقعها. لذلك، وبما أنه توجد صورة واحدة فقط للشخص في **الشكل 1a–3** فإنك تستنتج أنه لا يتحرك، وهو بالتالي في حالة سكون. **الشكل 1b–3**، يشبه الشكل التخطيطي للحركة بسرعة ثابتة في الفصل الثاني، لأن المسافات بين صور العداء في الرسم متساوية ، لذا فإن العدَّاء يتحرك بسرعة ثابتة. أما في الرسمين التوضيحيين المتبقيين فتتغير المسافة بين المواقع المتتالية. فإذا كان التغير في الموقع يكبر تدريجيًا، فهذا يعني أن العدّاء يزيد من سرعته كما في **الشكل 1c–3**. أما إذا كان التغير في الموقع يقل، كما في الشكل **1d–3**، فإن العداء يتباطأ.

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

يبين **الشكل 2–3** الرسوم التوضيحية للحركة باستخدام النموذج الجسيمي النقطي أسفل الأشكال التوضيحية لتمثيل حالة كل من العداء الذي تزداد سرعته والآخر الذي تتباطأ سرعته. وهناك مؤشران رئيسانِ يعبران عن التغير في السرعة في هذا النمط من الأشكال التوضيحية للحركة، هما: التغير في أطوال المسافات بين النقاط، والفروق بين أطوال متجهات السرعة، فإذا كان الجسم يزيد من سرعته، فإن متجه السرعة التالي يكون أطول من سابقه. وإذا كان الجسم يُبطئ من سرعته، يكون المتجه التالي أقصر. وكلا النوعين من الرسوم التخطيطية للحركة يعطي فكرة عن كيفية تغير سرعة جسم ما.

الرسوم البيانية للسرعة–الزمن (Velocity-Time Graphs)

من المفيد أن نمثل بيانيًا العلاقة بين السرعة والزمن فيما يسمى الرسم البياني للسرعة–الزمن. يعطي **الجدول 1–3** بيانات حركة سيارة تنطلق من السكون، وتتزايد سرعتها في أثناء سيرها على طريق مستقيم.

تجربة

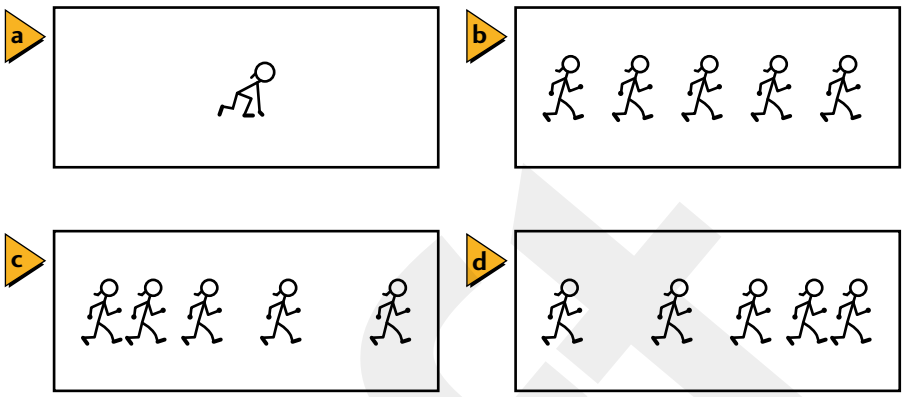
سباق الكرة الفولاذية

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

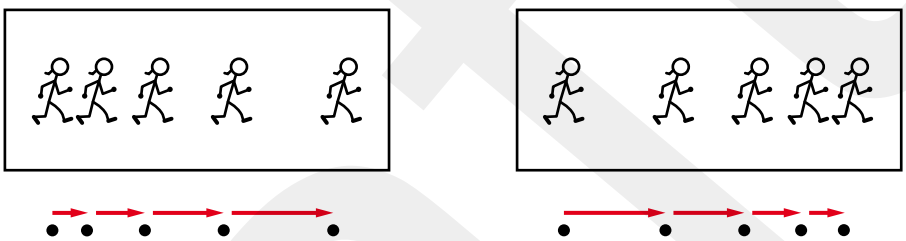
1. **عمل** منحدرًا (مستويًا مائلاً) باستخدام نصف أنبوب، أو قناة مقطعها على شكل حرف U.
2. **ضع** علامة على بعد 40 cm من قمة المنحدر، وعلامة أخرى على 80 cm منها.
3. **توقع** ما إذا كانت الكرتان ستتقاربان أو تتباعدان في أثناء هبوطهما المنحدر.
4. في الوقت نفسه، أطلق الكرة الأولى من قمة المنحدر، وأطلق الأخرى من العلامة التي تبعد 40 cm عن القمة.
5. بعد ذلك، أطلق كرة من قمة المنحدر، وعندما تصل عند العلامة 40 cm، أطلق الأخرى من قمة المنحدر.

التحليل والاستنتاج

1. اشرح مشاهداتك باستخدام مصطلحات السرعة.
2. هل كان للكرتين الفولاذيتين السرعة نفسها أثناء تدحرجهما على المنحدر (المستوى المائل)؟ وضح ذلك.
3. هل كان لهما التسارع نفسه؟ وضح ذلك.



الشكل 3–1: بملاحظة المسافة التي يتحركها العداء خلال فترات زمنية متساوية، يمكنك أن تقرر أنه كان يقف ساكنًا في a ، ويتحرك بسرعة ثابتة في b، ويتسارع في C، ويتباطأ في d.



الشكل 3–2 النموذج الجسيمي النقطي الذي يمثل المخطط التوضيحي للحركة؛ يوضح التغير في سرعة العدّاء من خلال التغير في المسافات الفاصلة بين نقاط الموقع؛ وكذلك بوساطة التغير في أطوال متجهات السرعة.

يبين **الشكل 3–3** الرسم البياني للسرعة–الزمن، حيث تم اختيار الاتجاه الموجب في نفس اتجاه حركة السيارة. لاحظ أن الرسم البياني عبارة عن خط مستقيم، وهذا يعني أن سرعة السيارة تتزايد بمعدل ثابت. ويمكن إيجاد المعدل الذي تتغير فيه سرعة السيارة بحساب ميل الخط المستقيم في الرسم البياني للسرعة–الزمن.

يبين **الرسم البياني** أن الميل يساوي (10.0 m/s) /(2.00 s)، أو 5.00 m/s^2. وهذا يعني أنه في كل ثانية، تزداد سرعة السيارة بمقدار 5.00 m/s. لننظر إلى زوجين من البيانات التي تفصل بينها ثانية واحدة 1s، مثلاً 4.00 s و5.00 s، عند اللحظة 4.00 s كانت السيارة تتحرك بسرعة 20.0 m/s ، وعند 5.00 s كانت السيارة تتحرك بسرعة 25.0 m/s ، وبذلك، فإن سرعة السيارة ازدادت بمقدار 5.0 m/s خلال فترة زمنية قدرها 1.00 s. وهذا المعدل الزمني الذي تتغير فيه سرعة جسم يسمى تسارع الجسم. وعندما تتغير سرعة جسم بمعدل ثابت، فإن له تسارعًا ثابتًا.

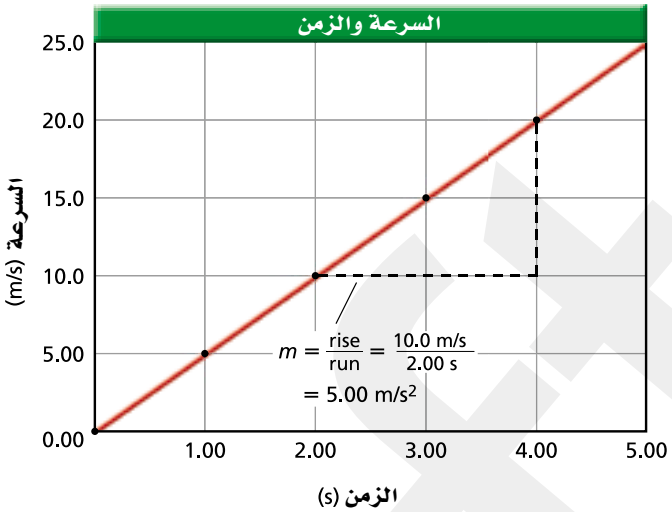
الجدول 3–1

v–t

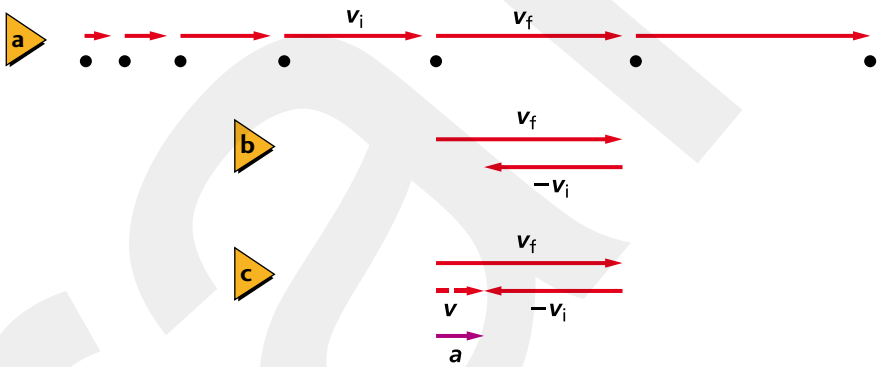
الزمن (s)	السرعة (m/s)
0.00	0.00
1.00	5.00
2.00	10.0
3.00	15.0
4.00	20.0
5.00	25.0

التسارع المتوسط والتسارع اللحظي
(Average and Instantaneous Acceleration)

التسارع المتوسط لجسم هو التغير في السرعة خلال فترة زمنية مقاسة، مقسومًا على هذه الفترة الزمنية، ويقاس التسارع المتوسط بوحدة m/s^2. أما التغير في السرعة عند لحظة زمنية محددة فيسمى التسارع اللحظي. ويمكن إيجاد التسارع اللحظي لجسم برسم خط مماسي لمنحنى السرعة–الزمن عند اللحظة الزمنية التي تود حساب التسارع عندها، وميل هذا الخط يساوي التسارع اللحظي.



الشكل 3–3: يمثل ميل الرسم البياني للسرعة – الزمن تسارع الجسم.



الشكل 3–4 يتم حساب متجه التسارع المتوسط خلال فترة زمنية محددة. بإيجاد الفرق بين متجهي السرعة المتتاليين في تلك الفترة.

دلالة اللون

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

إظهار التسارع في المخططات التوضيحية للحركة (Displaying 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 احتوائها على متجهات التسارع المتوسط التي تبين كيف تتغير السرعة. ولتحديد طول واتجاه متجه التسارع المتوسط، اطرح متجهي سرعة متعاقبين كما هو مبين في **الأشكال 3–4a ، b** وبذلك تحصل على:

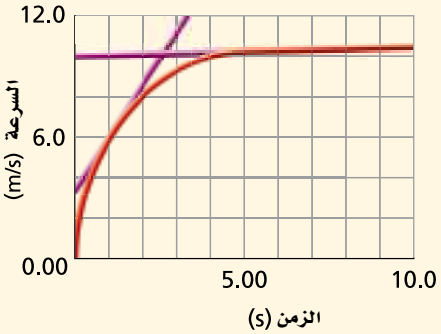
$\Delta \boldsymbol{v} = \boldsymbol{v}_f - \boldsymbol{v}_i = \boldsymbol{v}_f + (-\boldsymbol{v}_i)$ ثم اقسم على الفترة الزمنية Δt

$$\frac{(\boldsymbol{v}_f - \boldsymbol{v}_i)}{1\text{s}}$$

في **الأشكال 3.4a ،b** الفترة الزمنية Δt تساوي 1s. وا المتجه الذي يظهر باللون البنفسجي في **الشكل 3–4c**، هو التسارع المتوسط خلال تلك الفترة الزمنية. أما السرعتان $\boldsymbol{v}_f$ ، $\boldsymbol{v}_i$ فتشيران إلى السرعة عند بداية فترة زمنية مختارة، وعند نهايتها.

مثـال - 1

السـرعة والتسـارع: كيف تصف سـرعة العدَّاء وتسارعه من خلال الرسم البياني للسـرعة–الزمن المبين في الشكل أدناه ؟



1 تحليل المسألة ورسمها:

• تفحـص الرسـم البيانـي، سـتلاحظ أن سـرعة العـداء بدأت مـن الصفر وتزايدت بسـرعة خـلال الثواني الأولى، وعندما بلغـت حوالي 10.0 m/s، بقيت ثابتة تقريبًا.

المعلوم	المجهول
متغير = v	$a = ?$

2 استخراج الكمية المجهولة:

ارسم مماسًا للمنحنى عند الزمن $t = 1.0\ s$ ، ثم ارسم مماسًا آخر عند الزمن $t = 5.0\ s$

جد التسارع a عند 1.0 s

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

ميل الخط عند 1.0 s يساوي التسارع $a = \dfrac{11.0\ m/s - 2.8\ m/s}{2.4\ s - 0.00s} = 3.4\ m/s^2$

جد التسارع عند(5.0 s)

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

ميل الخط عند 5.0 s يساوي التسارع $a = \dfrac{10.3\ m/s - 10.0\ m/s}{10.0\ s - 0.00s} = 0.030\ m/s^2$

التسـارع غيـر ثابـت لأنه يتغير من $3.4\ m/s^2$ فـي اللحظة 1.0 s ، إلـى $0.03\ m/s^2$ في اللحظـة 5.0 s ،وهو في الاتجاه الموجب لأن كلتا القيمتين موجبة.

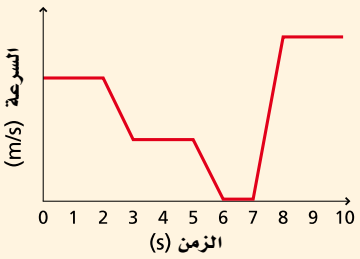
3 تقويم الجواب:

• **هل الوحدات صحيحة؟** يقاس التسارع بوحدة m/s^2

مسائل تدريبية

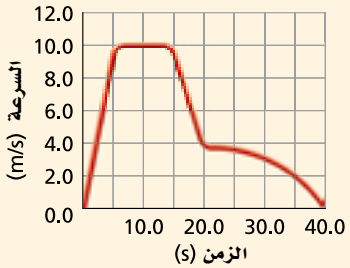
1. تركض قطة داخل المنزل... ترى فأرًا في الطرف الآخر للغرفة، فتبطيء من سرعتها بشكل مفاجئ وتنزلق على الأرضية الخشبية حتى تتوقف. لو فرضنا أنها تتباطأ بتسارع ثابت. ارسم مخططًا توضيحيًا للحركة يوضح هذا الموقف، واستخدم متجهات السرعة لإيجاد متجه التسارع.

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



الشكل 5–3

3. استعن **بالشكل 6–3** الذي يوضح الرسم البياني للسرعة–الزمن للعبة قطار، في الإجابة عن الأسئلة التالية:



الشكل 6–3

أ. متى كان القطار يتحرك بسرعة ثابتة؟

ب. خلال أي الفترات الزمنية كان تسارع القطار موجبًا؟

جـ. متى اكتسب القطار أكبر تسارع سالب؟

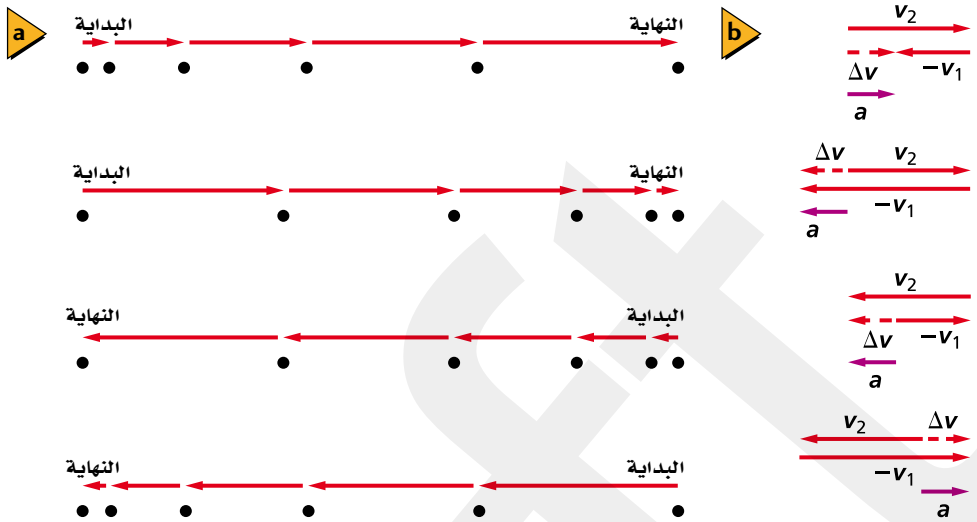
4. استعن **بالشكل 6–3** لإيجاد التسارع المتوسط للقطار خلال الفترات الزمنية التالية:

أ. من 0.0 s إلى 5.0 s ب. من 15.0 s إلى 20.0 s جـ. من 0.0 s إلى 40.0 s

5. مثل بالرسم البياني الحركة التالية: مصعد يبدأ الحركة من السكون عند الطابق الأرضي في بناء من ثلاثة طوابق. ثم يتسارع للأعلى لمدة 2.0 s بمعدل $0.5\ m/s^2$. ثم يستمر في الصعود بسرعة ثابتة 1.0 m/s لمدة 12.0 s وبعدئذ يتأثر بتسارع ثابت للأسفل مقداره $0.25\ m/s^2$ لمدة 4.0 s حتى يصل إلى الطابق الثالث.

التسارع الموجب والتسارع السالب
(Positive and Negative Acceleration)

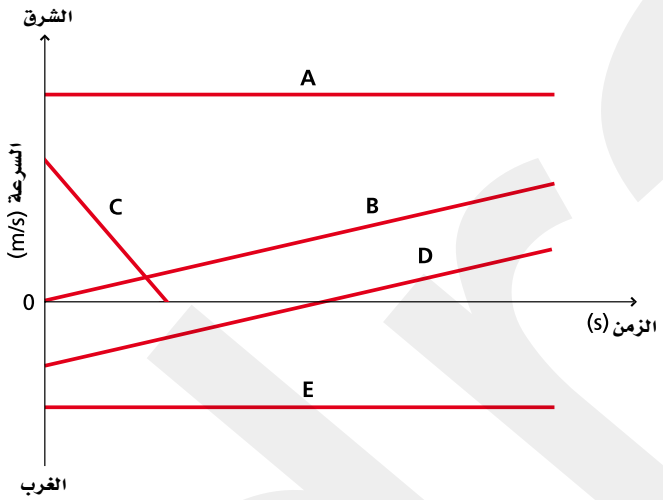
تأمل الحالات الأربع الموضحة في **الشكل 3–7a**... يبين مخطط الحركة الأول حركة جسم تزداد سرعته في الاتجاه الموجب. ويبين المخطط الثاني حركة جسم تتناقص سرعته في الاتجاه الموجب. ويبين المخطط الثالث حركة جسم تتزايد سرعته في الاتجاه السالب، بينما يبين المخطط الرابع جسمًا تتناقص سرعته بينما يتحرك في الاتجاه السالب. ويبين **الشكل 3–7b** متجهات السرعة خلال الفترة الزمنية الثانية في كل مخطط للحركة، وبجانبها متجهات التسارع المتوافقة معها. لاحظ أن الفترة الزمنية .



الشكل 7–3: تمثل الرسوم التوضيحية الأربعة للحركة أربع طرق محتملة للحركة في مسار مستقيم بتسارع ثابت (a). عندما تكون متجهات السرعة، ومتجهات التسارع تشير إلى الاتجاه نفسه، تزداد سرعة الجسم، وعندما تشير باتجاهات متعاكسة، فإن الجسم يتباطأ (b).

في الوضعين الأول والثالث عندما يزيد الجسم سرعته، يكون لكل من متجهات السرعة والتسارع الاتجاه نفسه (**انظر الشكل 7b – 3**). وفي 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 نقرر ما إذا كان الجسم سيتسارع أو سيتباطأ، فإننا 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. إن إشارة التسارع هنا لا تشير إلى ما إذا كان الجسم يتسارع أو يتباطأ.



الشكل 8–3 الرسمان البيانيان A ، E يبينان الحركة بسرعة ثابتة باتجاهين متعاكسين، والرسم B يبين سرعةً موجبةً وتسارعًا موجبًا. والرسم C يبين سرعة موجبةً وتسارعًا سالبًا. والرسم D يبين حركة بتسارع موجب ثابت، بحيث يخفض السرعة عندما تكون سالبةً، ويزيدها عندما تكون موجبةً.

حساب التسارع من منحنى السرعة–الزمن
(Determining Acceleration from a v-t Graph)

معلومات السرعة والتسارع متضمنة في الرسوم البيانية للسرعة–الزمن. والرسوم البيانية A، B، C، D وE الموضحة في **الشكل 8 – 3** تعرض حركة خمسة عدائين مختلفين. افترض أنه تم اختيار الاتجاه الموجب باتجاه الشرق. إن ميل الخطين البيانيين A، وE يساوي صفرًا، لذا، فإن التسارع في كليهما يساوي صفرًا. وكلا الخطين A، E يبينان أن الحركة بسرعة ثابتة، الخط البياني A نحو الشرق، والخط E نحو الغرب. أما **الخط البياني** B فيظهر الحركة بسرعة موجبة. وميل هذا الخط يشير إلى تسارع ثابت في

الاتجاه الموجب، ويمكنك أيضًا أن تستنتج من الخط البياني B أن السرعة ازدادت، لأن السرعة والتسارع موجبان. أما الخط البياني C فإن ميله سالب، وهو يظهر أن الحركة بدأت بسرعة موجبة، ثم تناقصت، وبعدئذ توقف العداء، وهذا يعني أن التسارع والسرعة لهما اتجاهان متعاكسان. إن النقطة التي يتقاطع عندها الخطان البيانيان C وB تبين أن سرعة العدائين متساوية عند هذه النقطة، وعلى أي حال فهي لا تعطي أي معلومة عن موقع أي منهما.

أما الرسم البياني D فيشير إلى أن حركة العداء بدأت باتجاه الغرب، ثم تباطأت، وللحظة أصبحت السرعة صفرًا، ثم تحركت شرقًا مع زيادة السرعة. وميل الخط البياني D موجب، ولأن السرعة والتسارع لهما اتجاهان متعاكسان، فإن السرعة تتناقص وتساوي الصفر عند الزمن الذي يقطع فيه الخط البياني المحور. وبعد ذلك الزمن، تصبح السرعة والتسارع بالاتجاه نفسه وتزداد السرعة.

حساب التسارع: كيف يمكنك أن تصف التسارع رياضيًا؟ المعادلة التالية تعبّر عن التسارع المتوسط باعتباره ميل الخط البياني للسرعة-الزمن. ويرمز له بالرمز $\bar{a}$

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

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

افترض أنك عدوت بأقصى سرعة ذهابًا وإيابًا عبر الصالة الرياضية، فبدأت العدو باتجاه الجدار بسرعة 4.0 m/s وبعد 10.0 s، قمت بالعدو بسرعة 4.0 m/s مبتعدًا عن الجدار. ما هو تسارعك المتوسط إذا كان الاتجاه الموجب باتجاه الجدار؟

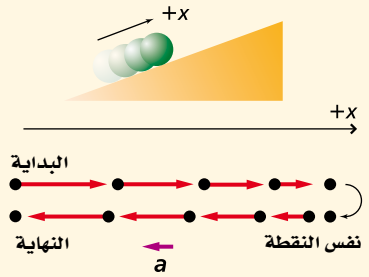
$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i}$$

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

تشير الإشارة السالبة إلى أن اتجاه التسارع معاكس للاتجاه الذي يقربنا إلى الجدار. ولما كانت السرعة المتجهة تتغير عندما يتغير اتجاه الحركة، لأن السرعة المتجهة تتضمن اتجاه الحركة، والتغير في السرعة ينتج عن التسارع. لذا، فإن التسارع كذلك مرتبط بالتغير في اتجاه الحركة.

مثـال - 2

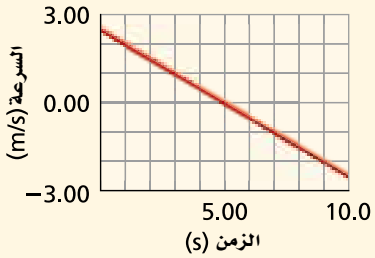
التسارع: صف حركة كرة عندما تتدحرج صاعدة مستوى مائلاً بسرعة ابتدائية 2.0 m/s، وتتباطأ لمدة 5.00 s، ثم تقف للحظة، ثم تتدحرج هابطة المستوى المائل بسرعة متزايدة. فإذا تم اختيار الاتجاه الموجب باتجاه المستوى المائل إلى أعلى، ونقطة الأصل عند نقطة بدء الحركة. فما إشارة تسارع الكرة عندما تتدحرج صاعدة المستوى المائل؟ وما مقدار تسارعها عند تدحرجها من أعلى المستوى؟



1 تحليل المسألة ورسمها:

- ارسم مخططاً للحالة
- ارسم نظامًا إحداثيًا بالاعتماد على مخطط الحركة.

المعلوم	المجهول
$v_i = +2.5\ \text{m/s}$	$a = ?$
عندما $t = 5.00\ \text{s}$ فإن $v_f = 0.00\ \text{m/s}$	



2 استخراج الكمية المجهولة:

جد مقدار التسارع من ميل الخط البياني.

عوض لإيجاد التغير في السرعة والزمن المستغرق لحدوث هذا التغير

$$\Delta v = v_f - v_i$$

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

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

$$\Delta t = t_f - t_i$$

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

$$= 5.00\ s - 0.00\ s = 5.00\ s$$

جد قيمة التسارع

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

عوض $\Delta t = 5.00\text{s}$, $\Delta i = -2.50\ \text{m/ s}$

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

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

3 تقويم الجواب:

- **هل الوحدات صحيحة؟** التسارع يقاس بوحدة m/s^2
- **هـل للاتجاهـات معنـى؟** خلال الثوانـي الخمس الأولـى (0.00 s–5.00 s)، كان اتجاه التسـارع معاكسًـا لاتجاه السرعة، والكرة تتباطأ.

مسائل تدريبية

6. سيارة سباق تزداد سرعتها من 4.0 m/s إلى 36 m/s خلال فترة زمنية مقدارها 4.0 s. جد تسارعها المتوسط.
7. إذا تباطأت سيارة سباق من 36 m/s إلى 15 m/s خلال 3.0s فما تسارعها المتوسط؟
8. كانت السيارة تهبط إلى الخلف منحدرًا بفعل الجاذبية الأرضية(محرك السيارة لايعمل)، بسرعة مقدارها 3.0 m/s عندما استطاع السائق تشغيل المحرك. وبعد مرور زمن 2.5s على تشغيل المحرك، كانت السيارة تتحرك صاعدة المنحدر بسرعة 4.5 m/s. فإذا اعتبرنا اتجاه المنحدر إلى أعلى هو الاتجاه الموجب. ما التسارع المتوسط للسيارة ؟
9. حافلة تسير بسرعة 25 m/s، ضغط السائق على الكوابح فتوقفت بعد 3.0 s

أ. ما التسارع المتوسط للحافلة أثناء الكبح؟

ب. إذا استغرقت الحافلة ضعف الفترة الزمنية السابقة حتى تتوقف، فما نسبة التسارع المتوسط لما وجدته في الجزء (أ)؟

10. كان رامي يعدو بسرعة 3.5 m/s نحو موقف الحافلة منذ 2.0 min، وفجأة نظر إلى ساعته فلاحظ أن لديه مقدارًا من الوقت قبل وصول الحافلة. فأبطأ سرعة عدوه خلال الثواني العشر التالية إلى 0.75 m/s ما تسارعه المتوسط خلال هذه الثواني العشر؟
11. إذا تباطأ معدل الإنجراف القاري على نحو مفاجئ من 1.0 cm/y إلى 0.5 cm/y خلال فترة سنة y، فكم سيكون التسارع المتوسط؟

هناك عدة نقاط شبه بين التسارع والسرعة. إذ أن كليهما عبارة عن معدل تغير: فالتسارع هو المعدل الزمني لتغير السرعة، والسرعة هي المعدل الزمني لتغير الإزاحة. ولكل من السرعة والتسارع صيغ من القيم المتوسطة والقيم اللحظية. وستتعلم لاحقًا في هذا الفصل أن المساحة تحت منحنى (السرعة–الزمن) تساوي إزاحة الجسم، وأن المساحة تحت منحنى (التسارع–الزمن) تساوي سرعة الجسم.

12. **الرسم البياني للسرعة-الزمن:** ما المعلومات التي يمكن الحصول عليها من الرسم البياني للسرعة-الزمن.

13. **الرسوم البيانية لكل من الموقع-الزمن، والسرعة-الزمن.** ركض عداءان بسرعة ثابتة 7.5 m/s باتجاه الشرق. وعند الزمن t = 0، كان أحدهما على بعد 15 m إلى الشرق من نقطة الأصل، والآخر على بعد 15 m غربها.

أ. ما الفرق، أوالفروق، بين الخطين البيانيين للموقع-الزمن الممثلين لحركتهما؟

ب. ما الفرق، أوالفروق، بين الخطين البيانيين للسرعة-الزمن الممثلين لحركتهما؟

14. **السرعة:** وضح كيف يمكنك تحديد اللحظة التي يتحرك الجسم عندها بسرعة معينة، باستخدام الرسم البياني للسرعة-الزمن.

15. **الرسم البياني (السرعة-الزمن):** مثل بيانيًا منحنى (السرعة-الزمن) لحركة سيارة تتحرك باتجاه الشرق بسرعة 25 m/s لمدة 100 s، ثم نحو الغرب بسرعة 25 m/s لمدة 100 s أخرى.

16. **السرعة المتوسطة والتسارع المتوسط:** يتحرك قارب طويل بسرعة 2 m/s بعكس اتجاه جريان نهر، ثم يدور حول نفسه وينطلق باتجاه جريان النهر بسرعة 4.0 m/s. فإذا كان الزمن الذي استغرقه القارب في الدوران 8.0 s:

أ. ما السرعة المتوسطة للقارب؟

ب. ما التسارع المتوسط للقارب؟

17. **التفكير الناقد:** ضبط شرطي مرور سائقًا يسير بسرعة تزيد 32 km/h على حد السرعة المسموح به لحظة تجاوزه سيارة أخرى تنطلق بسرعة أقل. سجل الشرطي على كلا السائقين إشعار مخالفة لتجاوز السرعة، وقد وافق القاضي الشرطي على أن كلا السائقين مذنب. وتم اتخاذ الحكم استنادًا إلى فرضية تقول إن كلتا السيارتين كانت تسير بالسرعة نفسها لأنه تم ملاحظتهما عندما كانت الأولى خلف الثانية.

هل كان القاضي وشرطي المرور على صواب؟ وضح ذلك باستخدام مخطط توضيحي للحركة، وعمل رسم بياني للموقع-الزمن.

لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني obeikaneduction.com

3-2 الحركة وفق تسارع ثابت (Motion with Constant Acceleration)

درست سابقًا أنه من الممكن تمثيل مفهوم السرعة المتوسطة جبريًا لمعرفة الموقع الجديد لمتحرك (علم موقعه الابتدائي وسرعته المتوسطة)، بعد مرور فترة زمنية محددة. كذلك يمكن تمثيل مفهوم التسارع المتوسط بالطريقة نفسها لمعرفة السرعة الجديدة بعد فترة زمنية ما، إذا عُلمت السرعة الابتدائية والتسارع المتوسط.

الأهداف

- **تفسر** الرسوم البيانية للموقع-الزمن للحركة ذات التسارع الثابت.
- **تحدد** العلاقات الرياضية التي تربط بين كل من الموقع، والسرعة، والتسارع، والزمن.
- **تطبق** علاقات بيانية ورياضية لحل المسائل التي تتعلق بالتسارع الثابت.

السرعة والتسارع المتوسط
(Velocity with Average Acceleration)

إذا علمت التسارع المتوسط لجسم خلال فترة زمنية، فإنه يمكنك استخدامه لتعيين مقدار التغير في السرعة خلال هذا الزمن. ويعرف التسارع المتوسط بـ $\bar{a} \equiv \frac{\Delta v}{\Delta t}$ ويمكن إعادة كتابته بالصورة:

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

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

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

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

(السرعة النهائية تساوي السرعة الابتدائية مضافًا إليها ناتج حاصل ضرب التسارع المتوسط بالفترة الزمنية).

في الحالات التي يكون فيها التسارع ثابتًا، فإن التسارع المتوسط يكون نفسه التسارع اللحظي . ويمكن إعادة ترتيب هذه المعادلة لإيجاد الزمن الذي يبلغ عنده جسم يتحرك وفق تسارع ثابت سرعةً معينة. ويمكن استخدامها في حساب السرعة الابتدائية لجسم عندما تكون السرعة عند زمن معين معلومة.

مسائل تدريبية

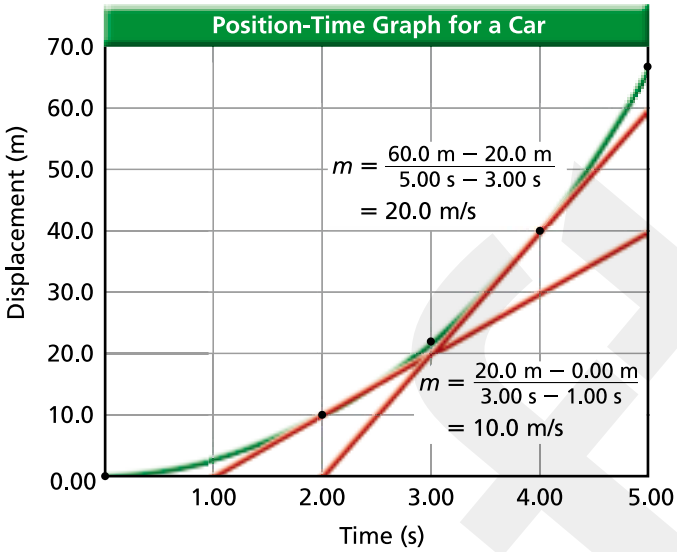
18. تتدحرج كرة جولف إلى أعلى تلة باتجاه حفرة الجولف الصغيرة، بفرض أن الاتجاه نحو الحفرة هو الاتجاه الموجب:
أ. إذا انطلقت كرة الجولف بسرعة 2.0 m/s وتباطأت بمعدل ثابت 0.50 m/s² فما سرعتها بعد 2.0 s؟
ب. ما سرعة كرة الجولف إذا استمر التسارع الثابت لمدة 6.0 s؟
جـ. صف حركة كرة الجولف بالكلمات، ثم باستخدام المخطط التوضيحي للحركة.

19. تسير حافلة بسرعة 30.0 km/h .. زادت سرعتها بمعدل ثابت وقدره 3.5 m/s² ما السرعة التي تصل إليها الحافلة بعد 6.0 s؟

20. إذا تسارعت سيارة من السكون بمقدار ثابت 5.5m /s2 فما الزمن اللازم حتى تصل سرعتها إلى 28 m/s؟

21. تتباطأ سيارة من 22m /s إلى 3.0 m/s بمعدل ثابت مقداره 2.1 m/s² ما عدد الثواني التي تحتاج إليها قبل أن تسير بسرعة 3.0 m/s؟

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



الشكل 9–3 ميل الخط البياني في منحنى (الموقع-الزمن) لسيارة تتحرك بتسارع ثابت، يصبح أكثر انحدارًا كلما طال زمن الحركة.

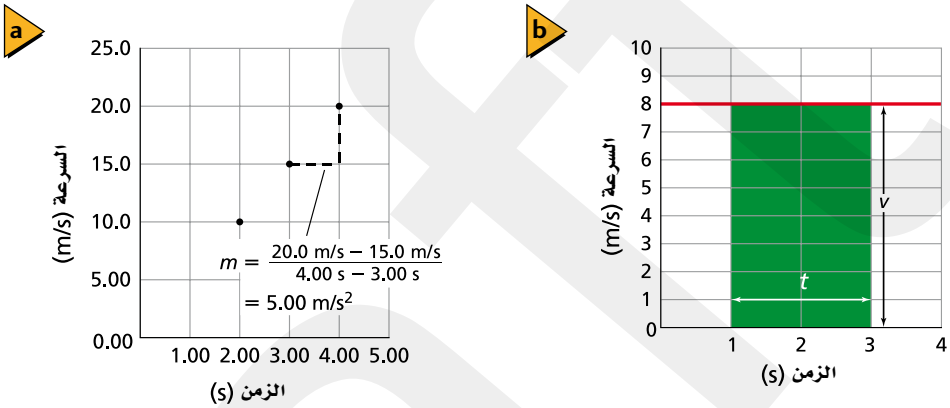
الموقع بدلالة التسارع الثابت
(Position with Constant Acceleration)

رأيت أن الجسم الذي يتحرك وفق تسارع ثابت يغير سرعته بمعدل ثابت، ولكن كيف يتغير موقع الجسم المتحرك وفق تسارع ثابت؟ انظر بيانات الموقع عند فترات زمنية مختلفة لسيارة تتحرك بتسارع ثابت في **الجدول 2–3**.

مثلت البيانات في **الجدول 2–3** بالرسم البياني الموضح في الشكل **9–3** . ويبين الرسم البياني أن حركة السيارة غير منتظمة: فالإزاحات خلال فترات زمنية متساوية على الرسم تصبح أكبر فأكبر. لاحظ كذلك أن ميل الخط في الشكل **9–3** يصبح أكثر انحدارًا كلما زاد الزمن. ويمكن استخدام ميل الخطوط من الرسم البياني للموقع–الزمن لإيجاد الرسم البياني للسرعة–الزمن.

لاحظ أن ميول الخطوط الموضحة في **الشكل 9–3** تطابق السرعات الممثلة بيانيًا في **الشكل a 10–3**.

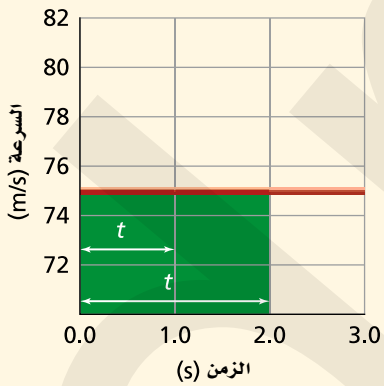
لا يمكننا عمل رسم بياني جيد للموقع–الزمن، انطلاقًا من **الرسم البياني للسرعة**–الزمن لأن الأخير لا يحتوي على أي معلومات حول موقع الجسم. ومع ذلك، يحتوي الرسم البياني للسرعة–الزمن على معلومات عن إزاحة الجسم، فعليك أن تتذكر أن سرعة جسم يتحرك بسرعة ثابته تعطى بالعلاقة $v = \bar{v} = \frac{\Delta d}{\Delta t}$ لذلك فإن $\Delta d = v\,\Delta t$. وبتأمل **الرسم البياني في الشكل b 10–3**، نجد أن السرعة v هي ارتفاع الخط البياني المرسوم فوق محور الزمن t، بينما Δt هي عرض المستطيل المظلل. ومساحة المستطيل عندئذ هي $v\,\Delta t$ أو Δd ، لذا فإن المساحة تحت منحنى السرعة–الزمن تساوي إزاحة الجسم.



الشكل 10–3 ميول مماسات الرسم البياني للموقع–الزمن في **الشكل 9–3** هي القيم المقابلة في الرسم البياني (السرعة–الزمن) في الشكل (a). أما الشكل (b) فيبين أن الإزاحة خلال فترة زمنية معينة هي المساحة تحت منحنى (السرعة–الزمن).

مثال - 3

إيجاد الإزاحة من الرسم البياني للسرعة–الزمن. يبين الرسم البياني التالي للسرعة–الزمن حركة طائرة. جد إزاحة الطائرة خلال الفترة الزمنية $\Delta t = 1.0$ s ثم خلال الفترة الزمنية $\Delta t = 2.0$ s.



1 تحليل المسألة ورسمها:

- الإزاحة تساوي المساحة تحت منحنى السرعة–الزمن
- الفترات الزمنية تبدأ من اللحظة t = 0.0

المعلوم	المجهول
v = +75 m/s	Δd = ?
Δt = 1.0s	
Δt = 2.0s	

2 استخراج الكمية المجهولة:

جد الإزاحة خلال 1.0 s

$\Delta d = v\Delta t$

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

لإيجاد الإزاحة خلال 2.0 s

$\Delta d = v\Delta t$

$= (+75\text{ m/s})\,(2.0\text{ s}) = +150\text{ m}$ بتعويض ($v = +75\text{ m/s}, \Delta t = 2.0\text{ s}$)

3 تقويم الجواب:

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

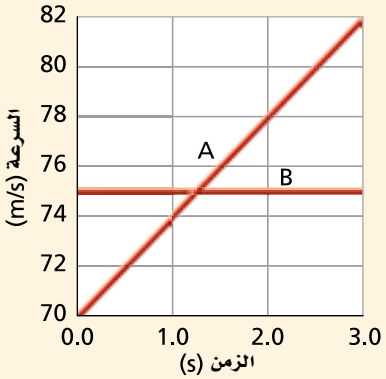
مسائل تدريبية

22. استخدم **الشكل 11–3** لتعيين سرعة طائرة تتزايد سرعتها عند كلٍ من الأزمنة التالية:

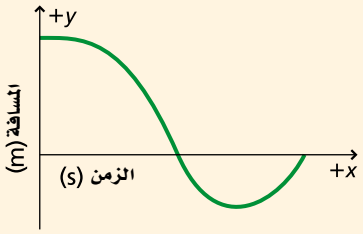
أ. 1.0 s ب. 2.0 s جـ. 2.5 s

23. استخدم تحليل الوحدات لتحويل سرعة طائرة مقدارها 75 m/s إلى وحدة km/h

24. يبين **الشكل 12–3** رسمًا بيانيًا للموقع–الزمن يمثل حركة حصان في حقل. ارسم المنحنى البياني للسرعة–الزمن المتوافق معه، باستخدام نفس المقياس الزمني.



الشكل 11–3



الشكل 12–3

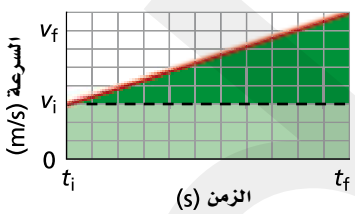
25. تسير سيارة بسرعة ثابتة وقدرها 25 m/s لمدة 10.0 min .. ينفد منها الوقود فيسير السائق على قدميه بالاتجاه نفسه بسرعة 1.5 m/s لمدة 20.0 min ليصل إلى أقرب محطة وقود. فإذا استغرق السائق 2.0 min لملء جالون من البنزين (5 لترات)، ثم سار عائدًا نحو السيارة بسرعة 1.2 m/s.. وأخيرًا تحرك بالسيارة إلى البيت بسرعة 25 m/s في اتجاه معاكس لاتجاه رحلته الأصلية.

أ. ارسم مخطط السرعة–الزمن معتمدًا الثانية s وحدة للزمن. إرشاد: (احسب المسافة التي قطعها السائق إلى محطة الوقود، لإيجاد الزمن الذي استغرقه حتى يعود إلى السيارة).

ب. ارسم منحنى الموقع–الزمن باستخدام المساحات تحت منحنى السرعة–الزمن.

المساحة تحت منحنى السرعة–الزمن تساوي إزاحة الجسم. ادرس الرسم البياني للسرعة–الزمن في **الشكل 13–3** لجسم يتحرك بتسارع ثابت مبتدئًا بسرعة ابتدائية . ما إزاحة الجسم؟ المساحة تحت المنحنى يمكن حسابها عن طريق تقسيمها إلى مستطيل ومثلث. مساحة المستطيل يمكن إيجادها بوساطة العلاقة: $\Delta d_{\text{مستطيل}} = v_i \Delta t$

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



الشكل 13–3: الإزاحة لجسم يتحرك بتسارع ثابت يمكن إيجادها بحساب المساحة تحت منحنى (السرعة–الزمن).

وبما أن التسارع المتوسط $\bar{a}$ يساوي $\frac{\Delta v}{\Delta t}$، لذا فإنه يمكن كتابة Δv بالصورة $\bar{a}\ \Delta t$ وبتعويض قيمة $\Delta v = \bar{a}\ \Delta t$ في المعادلة التي تعطي مساحة المثلث، ستؤول الأخيرة إلى: $\Delta d_{\text{مثلث}} = \frac{1}{2} \bar{a}\ (\Delta t)^2$ لذلك فإن المساحة الكلية تحت المنحنى تصبح كما يلي:

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

وعندما يكون الموقع الابتدائي d_i أو النهائي d_f للجسم معلومًا، فإن المعادلة يمكن كتابتها بالصورة التالية:

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

فـإذا كان الزمـن الابتدائي هو $t_i = 0$ ، فإن الموقع بدلالة التسـارع المتوسـط يعطى بالعلاقة التالية:

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

تعبير بديل (An Alternative Expression)

من المفيد ربط الموقع، والسـرعة، والتسـارع الثابت بعلاقـة لا تتضمن الزمن. بإعادة ترتيب المعادلة $v_f = v_i + \bar{a} \ t_f$ لتعطي (t):

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

بإعـادة كتابة المعادلة $d_f = d_i + v_i t_f + \frac{1}{2} \bar{a} \ t_f^2$ وتعويض قيمة t_f تؤول المعادلة إلى:

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

وهذه المعادلة يمكن حلها لحساب السرعة v_f عند أي زمن t_f .

السرعة بدلالة التسارع الثابت:

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

ويمكـن تلخيـص المعـادلات الثـلاث للحركـة ذات التسـارع الثابت كما يلـي (**انظر 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

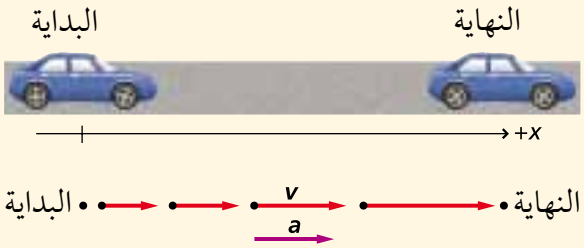
الرياضيات في الفيزياء

تطبيق الفيزياء

سباق التزلج: متسابق يحاول الوصول إلى الحد الأعلى للتسارع في مسار طوله 402 m (أي ما يكافئ ميل). الزمن المسجل لأسرع متسابق هو 4.480s، وأعلى سرعة نهائية مسجلة هي 147.63 m/s وهي تكافئ 330.23 mph.

مثـال - 4

الإزاحـة : انطلقت سيارة من السكون بتسارع مقداره $3.5\ m/s^2$. ما المسافة التي ستكون قد قطعتها عندما تصل سرعتها إلى $25\ m/s$؟



1 تحليل المسألة ورسمها :

- مثِّل المسألة بوساطة الرسم.
- عين محاور الإحداثيات.
- ارسم مخططًا توضيحيًا للحركة

المعلوم	المجهول
$d_i = 0.00\ m$	$d_f = ?$
$v_i = 0.00\ m/s$	
$v_f = 25\ m/s$	
$\overline{a} = a = 3.5\ m/s^2$	

2 استخراج الكمية المجهولة :

لإيجاد : d_f

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

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

بتعويض $d_i = 0.00\ m$, $v_f = 25\ m/s$, $v_i = 0.00\ m/s$, $\overline{a} = 3.5\ m/s^2$

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

3 تقويم الجـواب :

- **هل الوحدات صحيحة؟** تقاس الإزاحة بوحدة المتر m.
- **هل للإشارة دلالة؟** الإشارة الموجبة تتفق مع كل من النموذج التصويري والنموذج الفيزيائي.
- **هل المقدار واقعي؟** تساوي الإزاحة تقريبًا طول ملعب كرة القدم. وتبدو كبيرة، ولكن السرعة (25 m/s) كبيرة أيضًا (حوالي 55 mph)، لذلك فالنتيجة معقولة.

مسائل تدريبية

26. يتحـرك متزلـج على لـوح تزلج بسـرعة ثابتـة 1.75 m/s ، وعندما بـدأ يصعد مسـتوى مائلاً تباطأت حركته وفق تسـارع ثابت 0.20 m/s2– ما الزمن الذي استغرقه من لحظة بدء تباطئه حتى بداية عودته هابطًا المستوى المائل؟
27. تسير سيارة سباق في الحلبة بسرعة 44 m/s، وتتباطأ بمعدل ثابت بحيث تصل سرعتها إلى 22 m/s خلال 11 s . ما المسافة التي اجتازتها السيارة خلال هذا الزمن؟
28. تتسارع سيارة بمعدل ثابت من 15 m/s إلى 25 m/s . ما الزمن الذي استغرقته لتصل إلى هذه السرعةعلمًا بأنها قطعت مسافة 125 m؟
29. يتحـرك راكب دراجـة هوائية وفق تسـارع ثابت ليصل إلى سـرعة مقدارها 7.5 m/s خـلال 4.5 s . فـإذا كانت إزاحة الدراجة خلال فترة التسـارع تسـاوي 19 m، جد السرعة الابتدائية للدراجة الهوائية.

مسائل تدريبية

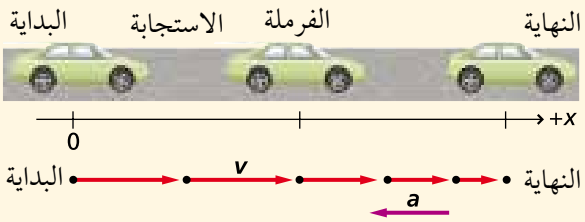
30. يركـض رجل بسـرعة 4.5 m/s لمـدة 15.0 minثم يصعد منحدر تلـة يتزايد ارتفاعها تدريجيًـا، فإذا كان يتباطأ للأسفل بمعدل ثابت 0.05 m/s² لمدة 90.0 s حتى يتوقف. أوجد المسافة التي ركضها.
31. يتـدرب خالد على ركوب الدراجة الهوائية .. يدفعه والده فيكتسـب تسـارعًا ثابتًا مقـداره 0.50 m/s² لمدة 6.0 s وبعد ذلك يقود خالد الدراجة بمفرده بسـرعة 3.0 m/s مدة سـت ثوان (6.0 s) قبل أن يسـقط أرضًا. ما مقدار إزاحة خالد؟ لحل هذه المسألة اعمل رسمًا بيانيًا للسرعة–الزمن ومن ثم احسب المساحة المحصورة تحته.
32. بدأت ركوب دراجتك الهوائية من قمة تلة، ثم هبطت منحدرها بتسـارع ثابت 2.00 m/s² ، وعندما وصلت إلى قاعدة التلة وكانت سرعتك قد بلغت 18.0 m/s ، واصلت استخدام دواسات الدراجة لتحافظ على هذه السرعة لمدة 1.00 min .ما بُعدك عن قمة التلة منذ لحظة مغادرتها؟
33. يتدرب حسـن اسـتعدادًا للمشاركة في سـباق الـ 5.0 km ..فبدأ تدريباته بالركض بسرعة ثابتة مقدارها 4.3 m/s لمدة 19 min، وبعد ذلك تسارع بمعدل ثابت حتى اجتاز خط النهاية بعد مضي 19.4 s. ما مقدار تسارعه خلال الجزء الأخير من التدرب على الركض؟

مثـال - 5

افترض أنك تقود سيارة بسرعة ثابتة مقدارها 25 m/s، وفجأة رأيت طفلاً يركض في الشارع. فإذا كان زمن الاستجابة اللازم لتدوس على الفرامل هو 0.45 s وفي النتيجة، فإن السيارة تتباطأ بتسارع ثابت 8.5m/s2 حتى تقف. ما المسافة الكلية التي قطعتها السيارة قبل أن تقف؟

1 تحليل المسألة ورسمها:

- مثل المسألة بوساطة الرسم.
- قم باختيار نظام إحداثي باعتبار أن اتجاه سير السيارة هو الاتجاه الموجب.
- ارسم شكلاً توضيحيًا للحركة وعين عليه و .



المعلوم	المجهول
$v_{\text{الاستجابة}} = 25\ \text{m/s}$	$d_{\text{الاستجابة}} = ?$
$t_{\text{الاستجابة}} = 0.45\ \text{s}$	$d_{\text{الفرملة}} = ?$
$\overline{a} = a_{\text{الكلية}} = -8.5\ \text{m/s}^2$	$d_{\text{الكلية}} = ?$
$v_{i\,\text{الفرملة}} = 25\ \text{m/s}$	
$v_{f\,\text{الفرملة}} = 0.00\ \text{m/s}$	

2 استخراج الكمية المجهولة:

الاستجابة : أوجد المسافة التي تتحركها السيارة بسرعة ثابتة

$$d_{\text{الاستجابة}} = v_{\text{الاستجابة}} \cdot t_{\text{الاستجابة}} = (25\ \text{m/s})\,(0.45\text{s}) = 11\text{m}$$

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

$$v_{f\,\text{الفرملة}}^2 = v_{\text{الاستجابة}}^2 + 2a_{\text{الفرملة}}\,(d_{\text{الفرملة}})$$

$$d_{\text{الفرملة}} = \frac{d_{\text{الفرملة}}^2 - v_{\text{الاستجابة}}^2}{2a_{\text{الفرملة}}}$$

عوض $v_{f\,\text{الفرملة}} = 0.00\ \text{m/s}$, $a_{\text{الفرملة}} = -8.5\text{m/s}^2$

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

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

المسافة الكلية تساوي مجموع مسافة الاستجابة ومسافة الفرملة أوجد المسافة الكلية $d_{\text{الكلية}}$:

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

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

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

3 تقويم الجواب:

- **هل الوحدات صحيحة؟** تقاس المسافة بوحدة المتر.
- **هل للإشارات معنى؟** كل من $d_{\text{الاستجابة}}$ ، $d_{\text{الفرملة}}$ موجبة، كما يجب أن تكون.
- **هل المقدار واقعي؟** مسافة الفرملة صغيرة لكنها منطقية لأن مقدار التسارع كبير.

تعلمت فيما سبق عدة وسائل يمكنك استخدامها في حل مسائل الحركة في بعد واحد، منها: الرسوم التخطيطية للحركة، والرسوم البيانية، والمعادلات. وكلما اكتسبت المزيد من الخبرة، سيسهل عليك أن تقرر أي هذه الوسائل أكثر ملاءمة لحل مسألة ما. وفي الدروس التالية ستطبق هذه الوسائل لاستقصاء حركة الأجسام الساقطة سقوطًا حرًا.

3-2 مراجعة

34. **التسارع:** أثناء قيادة رجل سيارته بسرعة 23 m/s شاهد غزالاً يجتاز الطريق، فاستخدم الفرامل عندما كان على بعد 210 m من الغزال. فإذا لم يتحرك الغزال وتوقفت السيارة تمامًا قبل أن تمس جسمه، ما مقدار التسارع الذي ولّدته فرامل السيارة؟

35. **الإزاحة:** إذا أُعطِيت السرعة الابتدائية والنهائية والتسارع الثابت لجسم، وطلب منك إيجاد الإزاحة، فما المعادلة التي ستستخدمها؟

36. **المسافة:** بدأ متزلج حركته بخط مستقيم متسارع من 0.0 m/s إلى 5.0 m/s خلال 4.5 s ثم استمر بالتزلج بهذه السرعة الثابتة لمدة 4.5s أخرى. ما المسافة الكلية التي تحركها المتزلج على مسار التزلج؟

37. **السرعة النهائية:** تقطع طائرة مسافة 5.0 102 m بينما تتسارع بانتظام من السكون بمعدل $5.0\ m/s^2$ ما السرعة النهائية التي تكتسبها؟

38. **السرعة النهائية:** تسارعت طائرة بانتظام من السكون بمعدل $5.0\ m/s^2$ لمدة 14 s ما السرعة النهائية التي تكتسبها الطائرة؟

39. **المسافة:** بدأت طائرة حركتها من السكون، وتسارعت بمقدار ثابت $3.00\ m/s^2$ لمدة 30.0 s قبل أن ترتفع عن سطح الأرض.

أ. ما المسافة التي قطعتها الطائرة؟

ب. ما سرعة الطائرة لحظة إقلاعها ؟

40. **الرسوم البيانية:** يسير عداء نحو خط البداية بسرعة ثابتة، ويأخذ موقعه قبل بدء السباق... ينتظر حتى يسمع صوت طلقة البداية، ثم ينطلق فيتسارع حتى يصل إلى سرعة ثابتة. ثم يحافظ على هذه السرعة حتى يجتاز خط النهاية. وبعد ذلك يتباطأ إلى أن يمشي، فيستغرق في ذلك وقتًا أطول مما استغرقه لزيادة سرعته في بداية السباق.

مثل حركة العداء باستخدام الرسم البياني لكل من السرعة–الزمن، والموقع–الزمن. ارسم الرسمين فوق بعضهما البعض باستخدام مقياس الزمن نفسه. وبين على الرسم البياني للموقع–الزمن مكان كل من نقطة البداية وخط النهاية.

41. **التفكير الناقد:** صف كيف يمكنك أن تحسب تسارع سيارة؟ وبيّن أدوات القياس والخطوات التي ستستخدمها.

لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني obeikaneduction.com

الأهداف

- **تتعرّف** التسارع الناتج عن الجاذبية.
- **تحل** مسائل تتضمن أجسامًا تسقط سقوطًا حرًا.

المفردات:

السقوط الحّر.

التسارع الناتج عن الجاذبية.

أسقط ورقة صحيفة على الأرض. خذ هذه الورقة ولفها على شكل كرة متماسكة وأعد إسقاطها. ثم أسقط حصاة بنفس الطريقة. ما وجه المقارنة بين الحالات الثلاث ؟ هل تسقط الأجسام الثقيلة أسرع من الأجسام الخفيفة؟

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 بدقائق في الهواء، وتؤثر هذه التصادمات الضئيلة على سرعة هبوط جسم خفيف مثل الريشة بشكل أكبر من تأثيرها في هبوط أجسام مثل الحصاة، وحتى تفهم سلوك الأجسام الساقطة بشكل أعمق، تفحَّص أولاً الحالات الأكثر بساطة: مثلاً حصاة ليس للهواء تأثير ملحوظ على حركتها. المصطلح المستخدم لوصف حركة مثل هذه الأجسام هو "**السقوط الحر**"، وهو حركة جسم تحت تأثير الجاذبية فقط، وبإهمال مقاومة الهواء.

التسارع الناتج عن الجاذبية (Acceleration Due to Gravity)

قبل حوالي أربع مئة عام تقريبًا، أدرك جاليليو جاليلي أنه لكي يُحدث تقدمًا 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 بدحرجة كرات على مستويات مائلة. ومع "تخفيف" الجاذبية بهذه الطريقة، استطاع الحصول على قياسات دقيقة باستخدام أدواته البسيطة.

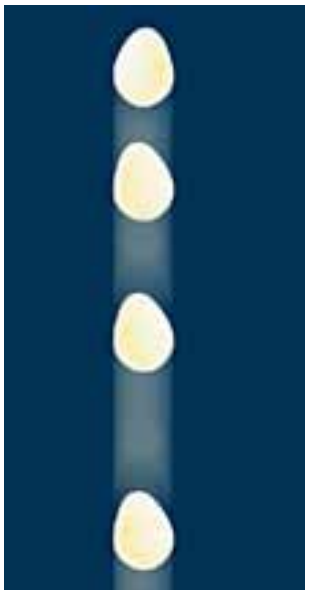
استنتج جاليليو أن جميع الأجسام التي تسقط سقوطًا حرًا لها التسارع نفسه وذلك بإهمال تأثير الهواء، وأن هذا التسارع لا يتأثر بأي من: نوع مادة الجسم الساقط، أو وزن هذا الجسم، أو الارتفاع الذي أسقط منه ، أو ما إذا كان قد أسقط أم أنه قذف. وأعطي تسارع الأجسام الساقطة رمزًا خاصًا هو g; ويساوي $9.8\ m/s^2$ ومن المعلوم الآن أنه توجد تغيرات طفيفة في قيم "g;" في أماكن مختلفة على الأرض، والمقدار $9.8\ m/s^2$ هو القيمة المتوسطة لهذه القيم.

التسارع الناتج عن الجاذبية: هو تسارع جسم يسقط سقوطًا حرًا نتيجة تأثير جاذبية الأرض عليه. افرض أنك أسقطت قطعة صخر، بعد 1 s، ستكون سرعتها $9.8\ m/s$ نحو الأسفل، وبعد 1 s أخرى ستصبح سرعتها $19.6\ m/s$ نحو الأسفل، وفي كل ثانية تسقط خلالها الصخرة تزداد سرعتها إلى أسفل بمقدار $9.8\ m/s$. لاحظ أن g+عدد موجب، وعند تحليل السقوط الحر، فإن اعتبار التسارع موجبًا أو سالبًا يعتمد على النظام الإحداثي الذي تستعمله. فإذا كان نظامك الإحداثي يعتبر الاتجاه نحو الأعلى موجبًا، فإن التسارع الناتج عن الجاذبية عندئذ يساوي $-g$; وإذا قررت أن الاتجاه نحو الأسفل

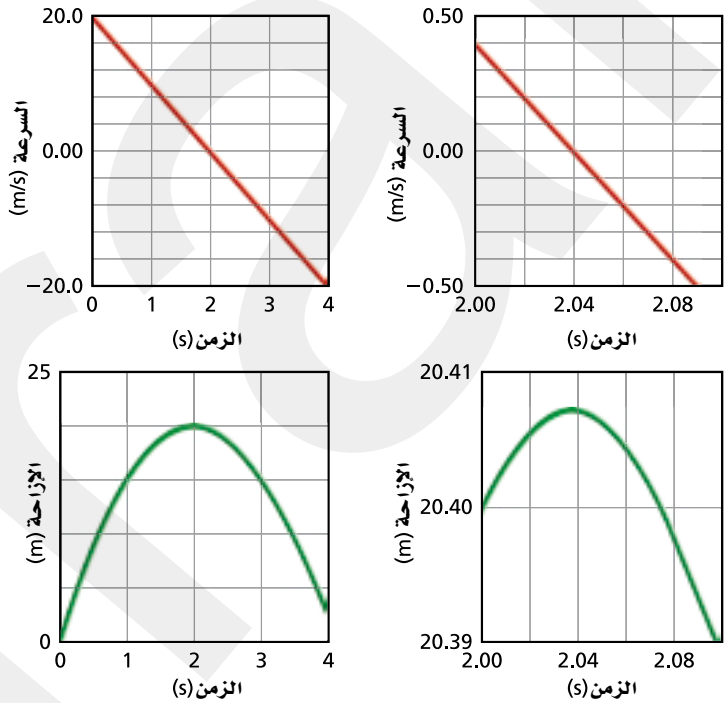
هو الاتجاه الموجب، فإن التسارع الناتج عن الجاذبية يساوي g+ .

يبين **الشكل 14– 3** صورة ستروبية التقطت باستخدام المصباح النابض لبيضة تسقط سقوطًا حرًا. الفترة الزمنية بين الصور هي 0.06 s والإزاحة بين كل زوجين من الصور تزداد، وهذا يعني أن السرعة تزداد. فإذا اعتبر الاتجاه للأعلى الاتجاه الإحداثي الموجب، فإن السرعة تزداد بقيمة سالبة أكثر فأكثر.

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



الشكل 14–3: تتسارع البيضة بمقدار $9.8\ m/s^2$ في أثناء السقوط الحر. فإذا تم اختيار الاتجاه إلى أعلى موجبًا، عندئذ فإن كلاً من السرعة والتسارع لهذه البيضة التي تسقط سقوطًا حرًا يكون سالبًا.



الشكل 15–3: في نظام إحداثي اتجاهه الموجب نحو الأعلى، تتناقص سرعة الكرة المقذوفة إلى الأعلى حتى تصبح صفرًا بعد زمن 2.04 s. ثم تتزايد سرعتها في الاتجاه السالب أثناء سقوطها (الرسمانa,b). ويُظهر الرسمان البيانيان للإزاحة–الزمن ارتفاع الكرة في فترات زمنية مماثلة (الرسمان c,d).

بعد ثانية واحدة تنقص سرعة الكرة بمقدار 9.8 m/s ، أي تتحرك بسرعة 10.2 m/s وبعد 2s تصبح سرعتها 0.4 m/s و مازالت تتحرك نحو الأعلى. ولكن ماذا سيحدث خلال الثانية التالية؟ ستنقص سرعة الكرة بمقدار 9.80 m/s أخرى فتصبح 9.4 m/s– ويتحول اتجاه حركتها إلى الأسفل. وبعد 4 s تكون السرعة 19.2 m/s–، ومعنى ذلك أن الكرة تسقط بسرعة أكبر. يبين **الشكل 15a–3** المنحنى البياني للسرعة–الزمن للكرة في أثناء ارتفاعها إلى أعلى وهبوطها إلى أسفل. وبالقرب من الثانية 2 s تتغير السرعة بهدوء من الموجب إلى السالب. يبين **الشكل 15b–3** لقطة مقربة لمنحنى السرعة–الزمن، فعند لحظة زمنية قريبة من 2.04 s تكون سرعة الكرة صفرًا. انظر إلى الرسوم البيانية للإزاحة–الزمن في **الشكل 15 c,d–3** والتي تبين كيف يتغير ارتفاع الكرة.

لكـن مـا العلاقـة بين إزاحـة الكرة و سـرعتها؟ تصل الكـرة إلى أقصى ارتفـاع لها في اللحظة التي تصبح فيها سرعتها مساوية للصفر (ويتحقق ذلك في مثالنا هذا عند اللحظة 2.04 s). ما تسارع الكرة عند هذه النقطة؟ لاحظ أن **ميل الخط البياني للسرعة–الزمن** في **الشكل 3–15a** و **3–15b** ثابت، وأنه يساوي $-9.8\ m/s^2$.

عندما يُسأل الناس عن تسارع جسم عند أقصى ارتفاع له أثناء تحليقه، فإنهم في العادة لا يأخذون وقتًا كافيًا لتحليل الموقف، فتكون إجابتهم بأن التسـارع يساوي صفرًا. وهذا ليس صحيحًا بالطبع، فعند نقطة أقصى ارتفاع تكون سـرعة الكرة مساوية للصفر. ولكن ماذا يحدث لو كان تسـارعها أيضًا يسـاوي صفرًا؟ عندئذ لن تتغير سـرعة الكرة وستبقى 0.0 m/s وإذا كانـت هذه هي الحالة، فإن الكرة لن تكسـب أي سـرعة نحو الأسـفل بل سـتبقى ببسـاطة معلقة في الهـواء عند أعلى ارتفاع لهـا. وبما أن الأجسـام المقذوفة إلى أعلى فوق سـطح الأرض لا تسـلك هكذا، فسـوف تسـتنتج أن تسـارع الجسم عند نقطة أقصـى ارتفـاع لطيرانه يجب أن لا تسـاوي صفـرًا، إضافة إلى ذلك، ولأنك تعلم مسـبقًا أن الجسـم سيسـقط من هذا الارتفاع، فإنك تعرف أن اتجاه التسارع يجب أن يكون نحو الأسفل.

مسائل تدريبية

42. أسقط عامل بناء عرضا قطعة قرميد عن سقالة (منصة) عالية.
    أ. ما سرعة قطعة القرميد بعد 4.0 s؟
    ب. ما المسافة التي تقطعها قطعة القرميد في سقوطها خلال هذا الزمن؟
43. افـرض في المسـألة السـابقة أنك قمت باختيـار النظـام الإحداثي بحيث يكـون الاتجاه المعاكـس هو الاتجاه الموجب.
    أ. ما سرعة قطعة القرميد بعد 4.0 s؟
    ب. ما المسافة التي تقطعها قطعة القرميد في سقوطها خلال هذا الزمن؟
44. يُسقط طالب كرة من نافذة ترتفع 3.5 m عن الرصيف. ما سرعتها لحظة ملامستها الرصيف؟
45. قذفت كرة تنس رأسيًا إلى أعلى بسرعة ابتدائية 22.5 m/s وتم الإمساك بها على نفس الارتفاع الذي قذفت منه فوق الأرض.
    أ. ما الارتفاع الذي وصلت اليه الكرة؟
    ب. ما الزمن الذي تسـتغرقه الكرة في الهواء؟ **إرشـاد:** (الزمن الذي تسـتغرقه الكرة في الصعود يسـاوي الزمن الذي تستغرقه في الهبوط).
46. قمت برمي قطعة نقود معدنية بشكل رأسي إلى أعلى (مثل لعبة: صورة أم كتابة) لكي تقرر بناءً عليها ما إذا كنت ستبدأ بحل الواجب المدرسي للفيزياء، أم للإنجليزي.
    أ. إذا كان بعد أعلى نقطة وصلتها القطعة عن مكان إطلاقها يساوي 0.25 m ما سرعتها الابتدائية؟
    ب. إذا أمسكت القطعة النقدية عند الارتفاع نفسه الذي أطلقتها منه. فما الزمن الذي استغرقته في الهواء؟

مسـألة تحـد

إذا شـاهدت بالونًـا مملـوءًا بالماء يسـقط أمـام نافذة غرفة صفـك. وقدرت أن البالون استغرق t ثانية، ليسقط مسافة تساوي ارتفاع النافذة ومقداره y متر، افرض أن البالون بدأ حركته من السـكون، ما ارتفاعه (قبل أن يشـرع بالسقوط) عن حافة النافـذة العليا (بشـكل تقريبـي)؟ اكتب إجابتك باسـتخدام المصطلحـات t, y, g وثوابت عددية.

عنـد تعيين نظامـك الإحداثي تذكر أن تحـدد الاتجاه الموجب. فكلمـا زادت درجة تعقيد مسـائل الحركة، يصبح من الأهمية بمكان المحافظة على اتساق الإشارات. وهذا يعنـي أن أي إزاحـة، أوسـرعة، أو تسـارع تكون موجبـة إذا كان اتجاهها مطابقًا للاتجاه الموجب نفسـه الـذي تم اختيـاره للنظام الإحداثـي. وإذا كان اتجاهها معاكسًـا للاتجاه الموجـب فيجب أن يشـار إليها بإشـارة سـالبة. وقـد يكون من المناسـب أحيانًـا اختيار الاتجـاه الموجب نحو الأعلـى، وفي مرات أخرى ربما يكون من الأنسـب اختياره نحو الأسـفل. يمكنك أن تختـار أيًا من الاتجاهين، طالما كنت متسـقًا مع هـذا الخيار خلال حل هذه المسـالة المحددة. افرض أنك قمت بحل إحدى المسائل التدريبية السابقة مرة أخـرى، وقمـت باختيار الاتجاه المعاكـس للاتجاه الذي عينته سـابقًا كاتجاه موجب في النظام الإحداثي، سـتصل إلى الجواب نفسه بشرط أن تكون قد عينت إشارات الكميات بما يتسق مع الاتجاه الجديد للنظام الإحداثي. فمن المهم جدًا أن تكون متسقًا مع النظام الإحداثي حتى تتجنب الخلط في الإشارات.

47. **أقصى ارتفاع، وزمن التحليق:** إذا كان تسارع الجاذبية على سطح المريخ يساوي (1/3) تسارع الجاذبية على سطح الأرض. افرض أنك قذفت كرة إلى أعلى بالسرعة نفسها، من على سطح كل من المريخ والأرض:

أ. قارن أقصى ارتفاع تصله الكرة على سطح المريخ، بأقصى ارتفاع تصله الكرة على سطح الأرض؟

ب. قارن بين زمني التحليق؟

48. **السرعة والتسارع:** افرض أنك قذفت كرة إلى أعلى في الهواء. صف التغيرات في كل من سرعة الكرة وتسارعها.

49. **السرعة النهائية:** بناء على طلبك، أسقط أخوك مفاتيح المنزل من نافذة الطابق الثاني. فإذا التقطتها على بعد 4.3 m من نقطة الإسقاط، ما سرعة المفاتيح عند التقاطك لها؟

50. **السرعة الابتدائية:** يتدرب طالب على ركل كرة القدم رأسيًا إلى أعلى في الهواء. والكرة تعود إثر كل ركلة فتصطدم بقدمه. فإذا استغرقت الكرة من لحظة ركلها وحتى اصطدامها بقدمه 3.0 s فما السرعة الابتدائية للكرة؟

51. **أقصى ارتفاع:** بناءً على معطيات السؤال السابق، ما الارتفاع التقريبي الذي وصلت إليه الكرة بعد أن ركلها الطالب؟

52. **التفكير الناقد:** عند قذف كرة رأسيًا إلى أعلى، تستمر في الارتفاع حتى تصل إلى موقع معين، ثم تسقط إلى أسفل. وتكون سرعتها اللحظية عند أعلى نقطة صفرًا. هل تتسارع الكرة عند أعلى نقطة؟ صمم تجربة لإثبات صحة أو خطأ جوابك.

لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني obeikaneduction.com

مختبر الفيزياء

التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية

تحدث تغيرات صغيرة في مقدار التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية g في أماكن مختلفة على الأرض. وذلك لأن قيمة g تتغير بحسب البعد عن مركز الأرض وتتأثر بالتركيب الجيولوجي الداخلي للمكان. إضافة إلى ذلك تتغير قيمة g باختلاف خط العرض نتيجة لدوران الأرض. تعطي الإزاحة في حالة الحركة وفق تسارع ثابت 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: $d_f = d_i + v_i t_f + \frac{1}{2} a t_f^2$ 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 بوساطة المقطع الصادي. في هذا النشاط ستستخدم جرس التوقيت لجمع بيانات السقوط الحر التي ستستعملها في تعيين التسارع الناشئ عن الجاذبية الأرضية g

سؤال التجربة:

كيف تتغير قيمة من مكان إلى آخر؟

الأهداف

- **تقيس** بيانات السقوط الحر.
- **تعمل** رسوما بيانية للسرعة –الزمن وتستخدمها.
- **تقارن** وتظهر التباين بين قيم في مواقع مختلفة.

احتياطات السلامة

- ابتعد عن الأجسام في أثناء سقوطها.

المواد والأدوات

- جرس توقيت. – شريط ورقي خاص بجرس التوقيت. – كتلة (1–kg).
- ملزمة (ماسك) على شكل حرف C.
- كمية من ورق الجرائد. – لاصق ورقي.

الخطوات

1. ثبت جرس التوقيت إلى حافة طاولة المختبر بوساطة الملزمة C.
2. إذا كان المؤقت يحتاج إلى معايرة فاتبع تعليمات المعلم أو ورقة التعليمات الخاصة بالجهاز. وعين 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 سقوطا حرًا، وذلك حتى لا تتلف الأرضية.
4. اقطع حوالي 70 cm من الشريط الورقي للمؤقت، وأدخل طرفه في جرس التوقيت.
5. اربط طرف الشريط الورقي الآخر بالكتلة 1 kg بوساطة قطعة من الورق اللاصق. أمسك الكتلة فوق حافة الطاولة بمحاذاة المؤقت بحيث تكون فوق كومة الأوراق.
6. شغل المؤقت واترك الكتلة تسقط سقوطًا حرًا.
7. افحص الشريط الورقي للمؤقت للتأكد من وجود نقاط ظاهرة عليه ومن عدم وجود انقطاعات (فراغات) في النقاط المتسلسلة المطبوعة عليه. وإذا ظهر في الشريط أي خلل، كرر الخطوات 6–4 باستعمال قطعة أخرى من الشريط الورقي.
8. اطلب من كل عضو في فريقك أداء التجربة بدوره، وقم بتدوين البيانات الناتجة من أداء كل منهم.
9. قم باختيار نقطة بالقرب من بداية الشريط الورقي على بعد بضعة سنتمترات من النقطة التي بدأ جرس

جدول البيانات			
الزمن الدوري (#/s)			
الفترة الزمنية Δt	المسافة (cm)	الزمن (s)	السرعة (cm/s)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

التوقيت عندها بتسجيل النقاط، واكتب إلى 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).

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

التحليل:

1. **استعمال الأرقام:** احسب قيم السرعة وسجلها في جدول البيانات.
2. **إنشاء الرسوم البيانية واستخدامها:** ارسم منحنى السرعة–الزمن. ثم ارسم الخط المستقيم الأكثر ملاءمة لبياناتك.
3. احسب ميل الخط المستقيم، وحول النتيجة إلى وحدة m/s^2.

الاستنتاج والتطبيق

1. تذكر أن ميل خط السرعة– الزمن يساوي . ما التسارع الناشئ عن الجاذبية الأرضية؟
2. أوجد الخطأ النسبي في القيمة التجريبية لـ مقارنة بالقيمة المقبولة لها.
3. كم كان مقدار السرعة الابتدائية للكتلة ، عندما بدأت بقياس المسافة والزمن؟

التوسع في البحث

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

الفيزياء في الحياة

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

التواصل

أعط (انقل) القيمة المتوسطة لـ g إلى الآخرين. ارجع إلى الموقع الإلكتروني obeikaneduction.com وأرسل 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، دوّن قيم g في المواقع المناسبة على الخريطتين. هل تلاحظ أي تغيير في التسارع الناشئ عن الجاذبية الأرضية نتيجة الاختلاف في الموقع، أو المنطقة، أو الارتفاع.

Physics online

لمزيد من المعلومات عن القياسات ارجع إلى الموقع الإلكتروني obeikaneducation.com

تمدد الزمن عند السرعات العالية:
Time Dilation at High Velocities

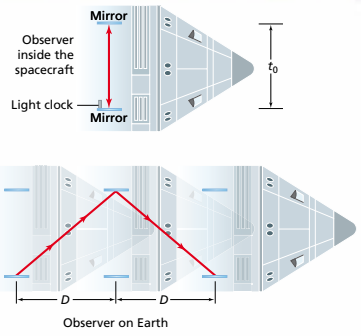
هل يمكن أن يمر الزمن بشكل مختلف في إطارين مرجعيين؟ وكيف يمكن أن يكون عمر أحد توأمين أكبر من عمر الآخر؟

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 ذهابًا وإيابًا منعكسة عن المرآتين. ويقاس الزمن بوساطة تحديد عدد ارتدادات النبضة الضوئية.

الساعة الضوئية مضبوطة لأن سرعة النبضة الضوئية(C) ثابتة دوما، وهي تساوي 3×10^8 m/s بغض النظر عن سرعة المصدر الضوئي أو المشاهد.

افرض أن هذه الساعة الضوئية قد وضعت في مركبة فضائية سريعة جدًا... عندما تسير المركبة الفضائية بسرعات منخفضة، يرتد الشعاع الضوئي عموديًا في داخل الأنبوب. أما إذا تحركت المركبة بسرعة أكبر، فسيستمر الشعاع الضوئي بالارتداد رأسيًا كما يراه المراقب في المركبة الفضائية، أما بالنسبة لمراقب يقف ساكنًا 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 ثابتة دوما 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!



افرض أن زمن تكة (نبضة) الساعة الضوئية كما يراها المراقب على الأرض هي t_s، و كما يراها المراقب في المركبة الفضائية t_o ، وطول أنبوب الساعة الضوئية ct_o وسرعة المركبة الفضائية V وسرعة الضوء C. في كل تكة تتحرك المركبة مقدار vt_s، وتتحرك نبضة الضوء مقدار ct_o وهذا يقود إلى المعادلة التالية:

$$t_s = \frac{t_o}{\sqrt{1-\left(\frac{v^2}{c^2}\right)}}$$

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 بطئًا 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 جدًا قد تصبح ممكنة لأنها ستستغرق بضع سنوات فقط بالنسبة لرواد الفضاء الذين على متنها .

3-1 التسارع Acceleration

المفردات:

- المنحنى البياني للسرعة–الزمن
- التسارع
- التسارع المتوسط
- التسارع اللحظي.

المفاهيم الرئيسة:

- يمكن استخدام المنحنى البياني للسرعة–الزمن لإيجاد سرعة وتسارع جسم.
- التسارع المتوسط لجسم يساوي ميل المنحنى البياني للسرعة–الزمن.

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

- تدل متجهات التسارع المتوسط على مخطط الحركة على مقدار واتجاه التسارع المتوسط خلال فترة زمنية ما.
- عندما يكون التسارع والسرعة بالاتجاه نفسه، تزداد سرعة الجسم، وعندما يكونان متعاكسين في الاتجاه، تتناقص سرعته.
- يمكن استخدام كل من المنحنيات البيانية للسرعة–الزمن والمخططات التوضيحية للحركة لتحديد إشارة تسارع الجسم.

3-2 الحركة وفق تسارع ثابت Motion with Constant Acceleration

المفاهيم الرئيسة:

- إذا عُلم التسارع المتوسط للجسم خلال فترة زمنية ما، أمكن إيجاد التغير في السرعة خلال هذا الزمن

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

- المساحة تحت منحنى السرعة–الزمن لجسم متحرك تساوي مقدار إزاحته.
- في الحركة وفق تسارع ثابت، توجد علاقة بين كل من الموقع، والسرعة، والتسارع، والزمن، وهي:

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

- يمكن إيجاد سرعة جسم يتحرك بتسارع ثابت باستخدام المعادلة التالية:

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

3-3 السقوط الحر Free Fall

المفردات:

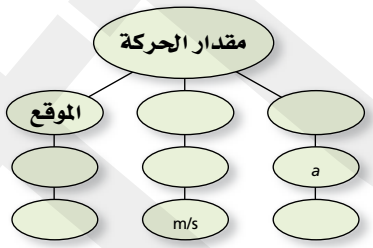
- سقوط حر
- التسارع الناشئ عن الجاذبية الأرضية.

المفاهيم الرئيسة:

- التسارع الناتج عن الجاذبية على الأرض يساوي $9.8\ m/s^2$ نحو الأسفل. وتعتمد إشارة في المعادلات على النظام الإحداثي الذي تم اختياره.
- يمكن استخدام معادلات الحركة وفق تسارع ثابت في حل مسائل تشمل الأجسام التي تسقط سقوطًا حرًا.

خريطة المفاهيم

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



إتقان المفاهيم:

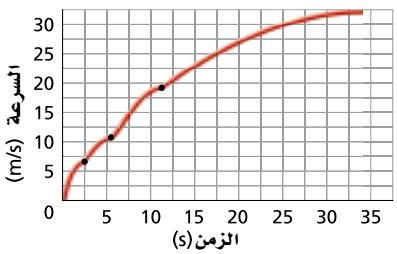
54. ما العلاقة بين السرعة والتسارع؟ (3.1)

55. أعط مثالاً على كل مما يلي:

أ. جسم يتباطأ وتسارعه موجب.

ب. جسم تتزايد سرعته، و له تسارع سالب.

56. يبين **الشكل 16–3** المنحنى البياني للسرعة–الزمن لسيارة على طريق اختبار. صف كيف تتغير السرعة مع الزمن (3.1).



الشكل 16–3

57. ماذا يمثل ميل المماس لمنحنى للسرعة–الزمن؟ (3.1)

58. هل يمكن أن يكون لسيارة تتحرك على طريق عام بين المحافظات، سرعة سالبة وتسارع موجب في الوقت نفسه؟ وضح ذلك. وهل يمكن أن تتغير إشارة سرعة السيارة أثناء حركتها بتسارع ثابت؟ وضح ذلك؟ (3.1)

59. هل يمكن أن تتغير سرعة جسم عندما يكون تسارعه ثابتاً؟ إذا أمكن كذلك، أعط مثالاً، وإذا لم يكن، وضح ذلك. (3.1)

60. إذا كان المنحنى البياني للسرعة–الزمن لجسم ما خطًا مستقيمًا يوازي محور الزمن t، ماذا يمكنك أن تستنتج عن تسارع الجسم؟ (3.1)

61. ما الكمية التي تمثلها المساحة تحت منحنى السرعة–الزمن؟ (3.2)

62. اكتب معادلات كل من الموقع، السرعة، الزمن، لجسم يتحرك وفق تسارع منتظم. (3.2)

63. عند إسقاط كرتين متماثلتين في الحجم إحداهما من الألومنيوم والأخرى من الفولاذ، من الارتفاع نفسه، فإنهما تصلان سطح الأرض في الوقت نفسه. لماذا؟ (3.3)

64. اذكر بعض الأمثلة على أجسام تسقط سقوطًا حرًا، ولا يمكن إهمال تأثير مقاومة الهواء عليها. (3.3)

65. اذكر بعض الأمثلة لأجسام تسقط سقوطًا حرًا، يمكن إهمال تأثير مقاومة الهواء عليها. (3.3)

تطبيق المفاهيم:

66. هل للسيارة التي تتباطأ تسارع سالب دائمًا؟ فسر إجابتك.

67. **الكريكيت:** تتدحرج كرة الكريكيت بعد أن يتم ضربها بالمضرب، ثم تتباطأ وتتوقف. هل لسرعة الكرة وتسارعها الإشارة نفسها؟

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

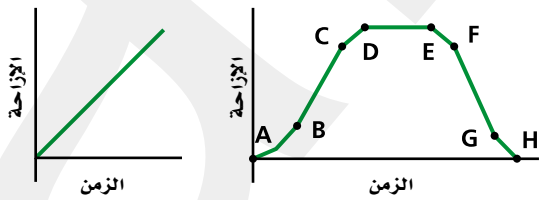
69. إذا كانت سرعة جسم عند لحظة ما تساوي صفرًا، فهل من الضروري أن يكون تسارعه يساوي صفرًا؟ أعط مثالاً.

70. إذا أعطيت جدولاً يبين سرعة جسم عند أزمنة مختلفة، كيف يمكنك أن تكتشف ما إذا كان التسارع ثابتًا، أم غير ثابت؟

71. في المنحنى البياني **الشكل 3–16** ثلاث قطع نتجت عندما غير السائق ناقل الحركة. صف التغيرات في سرعة السيارة وتسارعها أثناء الغيار الأول. هل التسارع قبل لحظة تغيير الناقل أكبر أو أصغر من التسارع في اللحظة التي تلي التغيير؟ وضح إجابتك.

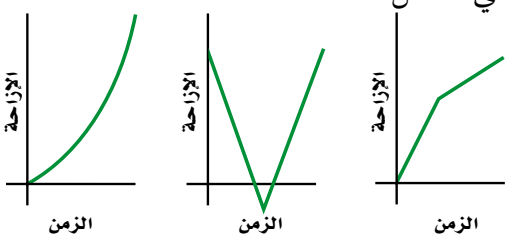
72. استخدم الرسم البياني في **الشكل 3–16** لتعيين الفترة الزمنية التي يكون التسارع خلالها أكبر ما يمكن، والفترة الزمنية التي يكون التسارع خلالها أصغر ما يمكن.

73. وضح كيف ستسير بحيث يمثل حركتك كل من المنحنيين البيانيين للموقع–الزمن الموضحين في **الشكل 3–17**.



الشكل 3–17

74. ارسم منحنى السرعة–الزمن لكل من الرسوم البيانية في الشكل **3–18**



الشكل 3–18

75. 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 الأرض. قارن بين إزاحتي الجسمين خلال هذه الفترة الزمنية.

76. **القمر**: قيمة g_m على القمر تساوي $\frac{1}{6} g_E$:

أ. إذا أسقط رائد فضاء كرة على سطح القمر من ارتفاع ما، فهل ستصطدم بسطح القمر بسرعة أكبر أو تساوي، أو أقل من سرعة الكرة نفسها إذا أسقطت من الارتفاع نفسه على سطح الأرض؟

ب. هل زمن سقوط الكرة على القمر سيكون أكبر، أو أقل، أو مساوياً لزمن السقوط على الأرض؟

77. **المشتري**: لكوكب المشتري ثلاثة أمثال تسارع الجاذبية الأرضية تقريباً. افرض أنه تم قذف كرة رأسياً بالسرعة الابتدائية نفسها على كل من الأرض وعلى المشتري. بإهمال تأثير مقاومة الغلاف الجوي للمشتري وعلى فرض أن قوة الجاذبية هي القوة الوحيدة المؤثرة في الكرة:

أ. قارن بين أقصى ارتفاع تصله الكرة على المشتري و أقصى ارتفاع تصله الكرة على الأرض.

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

78. أسقطت الصخرة A من جرف صخري، و في اللحظة نفسها قذفت الصخرة B من الموقع نفسه :

أ. أي الصخرتين ستكون سرعتها أكبر لحظة الوصول إلى قاع الجرف الصخري؟

ب. لأيهما تسارع أكبر؟

جـ. أيهما تصل أولاً؟

اتقان حل المسائل:

3.1 التسارع:

79. 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.

أ. ما السرعة المتوسطة للسيارة؟

ب. ما السرعة المتوسطة للسيارة إذا قطعت مسافة 1.0×10^2 km لكل من السرعتين السابقتين؟

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

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

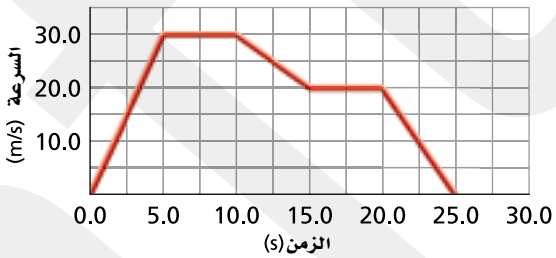
82. بالاستعانة **الشكل 19–3** أوجد تسارع الجسم المتحرك في الأزمنة التالية:

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

ب. بين 10.0 s و 5.0 s

جـ. بين 15.0 s و 10.0s

د. بين 20.0 s و 25.0 s



الشكل 19–3

83. ارسم منحنى السرعة–الزمن باستخدام البيانات في **الجدول 4–3**، وأجب عن الأسئلة التالية:

أ. خلال أي الفترات الزمنية يزيد الجسم من سرعته؟ يخفض من سرعته؟

ب. متى يعكس الجسم اتجاه حركته؟

جـ. 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؟

84. عيّن السرعة النهائية لبروتون سرعته الابتدائية 2.35×10^5 m/s تم التأثير عليه بحيث يتسارع بانتظام في مجال كهربائي، بمعدل -1.10×10^{12} m/s² ولمدة $1.50\ s \times 10^{-7}$

85. السيارات الرياضية: يود سعد شراء السيارة الرياضية المستعملة ذات التسارع الأكبر. فإذا كانت السيارة A تستطيع أن تزيد سرعتها من 0 m/s إلى 17.9 m/s خلال 4.0 s ..والسيارة B يمكنها أن تتسارع من 0m /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 تسارعًا إلى الأقل، مع الإشارة إلى أي علاقة قد تربط بين تسارع كل من السيارات الثلاث.

الجدول 4–3

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

86. طائرة نفاثة فوق صوتية: طائرة نفاثة تطير بسرعة 145 m/s وتختبر الطيران وفق تسارع منتظم بمعدل 23.1 m/s² لمدة 20.0 s

أ. ما سرعتها النهائية؟

ب. سرعة الصوت في الهواء هي 331 m/s ما سرعة الطائرة بدلالة سرعة الصوت؟

3.2 الحركة وفق تسارع ثابت:

87. استعن **بالشكل 19–3** لإيجاد المسافة المقطوعة خلال الفترات الزمنية التالية:

أ. من t=0.0s إلى t=5.0s

ب. من t=5.0s إلى t=10.0s

جـ. من t=10.0s إلى t=15.0s

د. من t=0.0s إلى t=25.0s

88. بدأ متزلج حركته من السكون بتسارع مقداره 4.9m /s2 ما سرعته عندما يقطع مسافة 325 m؟

89. تتحرك سيارة بسرعة 12m/s صاعدة تلة بتسارع منتظم -1.6 m/s²

أ. ما إزاحتها بعد 6.0 s؟ ب. ما إزاحتها بعد 9.0 s؟

90. **سيارة سباق:** سيارة سباق يمكنها أن تتباطأ بتسارع ثابت -11 m/s²

أ. إذا كانت السيارة منطلقة بسرعة 55 m/s، فما المسافة التي تقطعها بالأمتار قبل أن تقف؟

ب. ما المسافة التي تقطعها السيارة قبل أن تقف إذا كانت سرعتها ضعفي السرعة السابقة؟

91. بينما كانت سيارة تتحرك بسرعة 20.0 m/s رأى السائق طفلاً يقف على الطريق. فإذا كان زمن الاستجابة 0.80 s ثم ضغط على الفرامل فتباطأ بمعدل $7.0 m/s^2$. ما المسافة التي تقطعها السيارة قبل أن تقف؟

92. **طائرة:** احسب إزاحة طائرة تختبر الحركة بتسارع منتظم من 66 m/s إلى 88 m/s خلال 12 s

93. ما المسافة التي تطيرها طائرة خلال 15 s، بينما تتغير سرعتها بمعدل تسارع منتظم من 145 m/s إلى 75 m/s ؟

94. **سيارة شرطة:** سيارة مسرعة تسير بسرعة ثابتة مقدارها 30.0 m/s تجاوزت سيارة شرطة واقفة. فإذا كانت سيارة الشرطة تتسارع بمعدل $7.0 m/s^2$ كم ستكون سرعتها عندما تلحق بالسيارة المسرعة؟

95. **حاجز طريق:** سائق سيارة تسير بسرعة 90.0 km/h شاهد فجأة أضواء حاجز على بعد 40.0 m أمامه، فإذا استغرق السائق 0.75 s حتى يضغط على الفرامل، وكان التسارع المتوسط للسيارة في أثناء الضغط على الفرامل يساوي $-10.0 m/s^2$

أ. حدد ما إذا كانت السيارة ستصطدم بالحاجز أم لا؟

ب. ما السرعة القصوى التي يمكن أن تسير بها السيارة دون أن تصطدم بالحاجز الذي يبعد عنها 40.0 m ؟ افرض أن التسارع لم يتغير.

3.3 السقوط الحر:

96. أسقطت طالبة قطعة نقود معدنية من قمة برج فإذا اعتبرتَ اتجاه حركة القطعة موجبًا وفق النظام الإحداثي الذي اعتمدته. ما إشارة تسارع القطعة النقدية؟

97. افرض أن رائد الفضاء أسقط ريشة من نقطة على ارتفاع 1.2 m فوق سطح القمر. فإذا كان تسارع الجاذبية على سطح القمر $1.62 m/s^2$، ما الزمن الذي تستغرقه الريشة في سقوطها حتى تصطدم بسطح القمر؟

98. سقط حجر من السكون سقوطًا حرًا لمدة 8.0 s

أ. احسب سرعة الحجر بعد 8.0 s

ب. ما إزاحة الحجر خلال هذا الزمن؟

99. أسقط كيس من مروحية تحوم في الجو فإذا استغرق 2.0 s في أثناء سقوطه. ما سرعة الكيس عند وصوله الأرض؟ وما المسافة التي قطعها ؟

100. قذفت كرة بسرعة 2.0 m/s رأسيًا باتجاه الأسفل من نافذة منزل. ما سرعتها حين تصل إلى رصيف المشاة الذي يبعد 2.5 m عن نقطة القذف؟

101. في السؤال السابق، إذا قذفت الكرة رأسيًا إلى أعلى بدلاً من الأسفل، فما السرعة التي تصل بها الكرة إلى رصيف المشاة؟

102. **كيس فول:** إذا قذفت كيس فول في الهواء والتقطته بعد 2.2 s

أ. ما الارتفاع الذي وصل إليه الكيس عن نقطة القذف ؟

ب. ما السرعة الابتدائية للكيس؟

103. سفينة فضائية بعيدة عن أي نجم أو كوكب، تجرب الحركة بتسارع منتظم من 65.0 m/s إلى 162.0 m/s خلال 10.0 s ما المسافة التي ستقطعها؟

104. يبين **الشكل 20–3** صورة ستروبية (باستخدام المصباح الوماض) لكرة تتحرك أفقيًا. ما المعلومات التي تحتاجها حول الصورة وما القياسات التي ستجريها حتى تقدر التسارع؟

الشكل 20–3

105. **دراجة هوائية:** ما المسافة التي تقطعها دراجة هوائية إذا تسارعت من 0.0m /s إلى 4.0m /s خلال 4.0s؟

106. بالون أرصاد جوية يطير على ارتفاع ثابت فوق سطح الأرض، سقطت منه بعض الأدوات نحو الأرض. فإذا اصطدمت بالأرض بسرعة 73.5m /s–، ما الارتفاع الذي سقطت منه هذه الأدوات؟

107. قذف رامي البيسبول الكرة بسرعة كبيرة 44m/s، فإذا تسارعت الكرة من لحظة وجودها في يد اللاعب بخط مستقيم مسافة 3.5 m. احسب التسارع بفرض أنه ثابت ومنتظم. قارن بين هذا التسارع، وتسارع الجاذبية الأرضية.

108. يبين **الجدول 5–3** المسافة الكلية التي تتدحرجها كرة إلى أسفل مستوى مائل في أزمنة مختلفة.

أ. مثل بيانيًا العلاقة بين الموقع والزمن. عند رسم المحاور استخدم خمسة أقسام لتمثِّل 10 m على محور الموقع، واستخدم خمسة أقسام لتمثل ثانية واحدة على محور الزمن t.

ب. احسب المسافة التي تدحرجتها الكرة بعد مرور 2.2 s

الجدول 5–3

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

109. يطور المهندسون أنواعًا جديدة من المدافع التي قد يمكن استخدامها في يوم ما في إطلاق الأقمار الاصطناعية بشكل يشبه إطلاق قذيفة مدفع. أحد هذه المدافع يمكنه تزويد جسم صغير بسرعة مقدارها 3.5 km/s خلال تحركه مسافة 2.0 cm (داخل ماسورة المدفع).

أ. ما التسارع الذي يكتسبه هذا الجسم من المدفع؟

ب. ما الفترة الزمنية التي يكتسب الجسم خلالها هذا التسارع؟

110. **الزلاجات:** تستخدم زلاجات ذات قوة دفع صاروخية في اختبار استجابة الإنسان للتسارع، تبدأ هذه الزلاجات حركتها من السكون، ويمكنها أن تصل إلى سرعة مقدارها 444 m/s خلال 1.8 s ، كما يمكن إيقافها وهي تنطلق بهذه السرعة خلال زمن مقداره 2.15 s:

أ. احسب تسارع الزلاجة في طور إقلاعها، وقارن ذلك بمقدار تسارع الجاذبية الأرضية $9.8\ m/s^2$.

ب. احسب تسارع الزلاجة أثناء فرملتها (إيقافها) وقارن هذا التسارع مع مقدار تسارع الجاذبية الأرضية.

111. تتغير سرعة سيارة خلال فترة زمنية مقدارها 8.0 s كما يبين ذلك **الجدول 6–3**.

أ. مثل بيانيًا العلاقة بين السرعة–الزمن.

ب. عيّن إزاحة السيارة بعد مرور ثانيتين (2.0 s)

جـ. ما إزاحة السيارة بعد مرور أربع ثوان (4.0 s)؟

د. ما إزاحة السيارة خلال ثمان ثوان ؟

هـ. جد ميل الخط البياني بين الثانية t = 0.0 s و t = 4.0s. ماذا يمثل هذا الميل؟

و. جد ميل الخط البياني بين t = 5.0 s و t = 7.0 s. ما الذي يدل عليه هذا الميل؟

الجدول 6–3

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

112. توقفت شاحنة عند إشارة ضوئية، وعندما تحولت الإشارة إلى اللون الأخضر، تسارعت الشاحنة بمقدار $2.5 m/s^2$، وفي اللحظة نفسها تجاوزتها سيارة تتحرك بسرعة 15 m/s. أين ومتى ستلحق الشاحنة بالسيارة؟

113. **حواجز الأمان:** يبني مهندسو السلامة على الطرق السريعة حواجز بسيطة، كما يبين **الشكل 3–21**، وذلك حتى تتباطأ السيارات التي تصطدم بها بمعدل آمن. فإذا كان الشخص الذي يستخدم حزام أمان يستطيع أن يقاوم (يتحمل) تسارعًا مقداره $-3.0 \times 10^2 m/s^2$ ما السمك اللازم حتى يكون الحاجز آمنًا لإيقاف سيارة تصطدم به بسرعة 110 km/h؟

الشكل 3–21

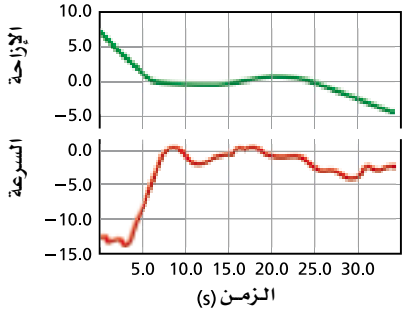
114. **كاراتيه:** يبين **الشكل 3–22** المنحنيات البيانية للموقع–الزمن والسرعة–الزمن، لحركة قبضة سعيد وهي تهوي لتكسر لوحًا خشبيًا في أثناء تدريب الكاراتية.

أ. باستعمال المنحنى البياني للسرعة–الزمن صف حركة قبضة سعيد خلال أول 10 ms.

ب. احسب ميل منحنى السرعة–الزمن لتعيين تسارع قبضته عندما تتوقف فجأة.

جـ. عبّر عن التسارع باستخدام مضاعفات تسارع الجاذبية الأرضية $g = 9.8 m/s^2$

د. عيّن المساحة تحت منحنى السرعة–الزمن لإيجاد إزاحة القبضة في أول 6ms وقارن ذلك مع منحنى الموقع–الزمن.



الشكل 3–22

115. ترتفع طائرة مروحية رأسيًا بسرعة 5.0 m/s، وأسقط كيس من حمولتها. إذا استمر سقوط الكيس 2.0s حتى وصل إلى الأرض.

أ. ما سرعة الكيس لحظة وصوله إلى الأرض؟

ب. ما المسافة التي قطعها الكيس؟

جـ. ما بعد الكيس عن المروحية لحظة وصوله إلى الأرض؟

التفكير الناقد:

116. **تطبيق على كاشف الحركة (CBL):** صمم تجربة لقياس المسافة التي يتحركها جسم متسارع مع مرور الوقت. استخدم فترات زمنية متساوية بحيث يمكنك أن تعمل رسما بيانيًا للسرعة–الزمن وآخر للمسافة–الزمن. [باستخدام بكرة مثبتة على حافة طاولة ومع ثقل مربوط بخيط يمكن الوصول إلى تسارع منتظم]. وتشمل الأدوات المقترحة كاشفًا للحركة (CBL)، وعربة مخبر، وخيطًا، وبكرة، وملزمة بشكل حرف C، وأثقالاً. أوجد الرسم البياني للمسافة– الزمن والرسم البياني للسرعة–الزمن باستخدام أثقال مختلفة. كيف يؤثر تغير الثقل في رسمك البياني.

117. **التحليل والاستنتاج:** أيهما ذو تسارع أكبر؟ سيارة تزيد سرعتها من 50k m/h إلى 60 km/h، أو دراجة هوائية تنطلق من 0 km/h إلى 10 km/h خلال الفترة الزمنية نفسها؟ وضح إجابتك.

118. **التحليل والاستنتاج:** 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) قطارًا محليًا يسير ببطء في الاتجاه نفسه وتفصله عن القطار السريع مسافة قصيرة (1.00×10^2 m). لم ينتبه مهندس القطار المحلي للكارثة الوشيكة وتابع سيره بنفس السرعة. فضغط مهندس القطار السريع على الفرامل وأبطأ سرعة القطار بمعدل ثابت مقداره $3.00\ m/s^2$، فإذا كانت سرعة القطار المحلي $11.0\ m/s^2$ ، هل سيتمكن القطار السريع من التوقف في الوقت المناسب؟ أم سيحدث تصادم؟ لحل هذه المسألة، اعتبر موقع القطار السريع لحظة اكتشاف المهندس القطار المحلي، نقطة أصل. وبعد ذلك، تذكر دائمًا أن القطار المحلي كان يسبق القطار السريع بمسافة 1.00×10^2 m بالضبط، واحسب بُعد كل من القطارين عن نقطة الأصل في نهاية الـ 12.0 s التي يستغرقها القطار السريع حتى يتوقف(التسارع يساوي $-3.00\ m/s^2$ والسرعة تتغير من 36 m/s إلى 0 m/s).

أ. استنادًا إلى حساباتك، هل سيحدث تصادم؟

ب. الحسابات التي قمت بها لا تسمح بوجود احتمال حدوث تصادم قبل انتهاء 12 s التي تلزم القطار السريع للوقوف. لاختبار صحة ذلك، اعتبر موقع القطار السريع عندما اكتشف المهندس لأول مرة القطار المحلي، نقطة الأصل، ثم احسب موقع كل قطار عند نهاية كل ثانية بعد المشاهدة. اعمل جدولاً تبين فيه بعد كل من القطارين عن نقطة الأصل في نهاية كل ثانية ثم اعمل رسما بيانيا للموقع- الزمن لكل من القطارين (رسمان بيانيان على النظام الإحداثي نفسه) .

استخدم رسمك البياني للتأكد من صحة جوابك في (أ).

الكتابة في الفيزياء

119. ابحث وصف مساهمات غاليليو في الفيزياء.

120. ابحث في الحد الأقصى للتسارع الذي يتحمله الإنسان دون أن يفقد وعيه. ناقش كيف يؤثر هذا في تصميم ثلاث من وسائط للتسلية أو النقل.

مراجعة تراكمية

121. حل المسائل التالية. صغ إجاباتك باستخدام الصيغة العلمية: (الفصل 1)

أ. $6.2 \times 10^{-4}\ m + 5.7 \times 10^{-3}\ m$

ب. $8.7 \times 10^{8}\ km - 3.4 \times 10^{7}\ m$

جـ. $(9.21 \times 10^{-5}\ m)(1.83 \times 10^{8}\ cm)$

د. $(2.63 \times 10^{-6}\ m) / (4.08 \times 10^{6}\ s)$

122. تصف المعادلة التالية حركة جسم، ارسم المنحنى البياني للموقع-الزمن، والمخطط التوضيحي للحركة. ثم اكتب مسألة فيزياء يمكن حلها باستخدام المعادلة.

$d = (35.0\ m/s)\ t - 5.0\ m$ (الفصل 2)

اختبار مقنن الفصل - 3

أسئلة اختيار من متعدد:

استخدم المعلومات التالية للإجابة عن السؤالين الأول والثاني:

1. تتدحرج كرة إلى أسفل تل بتسارع ثابت $2.0 m/s^2$ فإذا بدأت الكرة الحركة من السكون واستغرقت 4.0 s قبل أن تتوقف. ما المسافة التي قطعتها الكرة في حركتها قبل أن تتوقف؟

أ. 8.0 m ب. 12 m جـ. 16 m د. 20 m

2. ما سرعة الكرة قبيل وقوفها مباشرة؟

أ. 2.0 m/s جـ. 12 m/s

ب. 8.0 m/s د. 16 m/s

3. دخل سائق سيارة إلى الخط السريع، حيث حدود السرعة 110 km/h، وبدأت السيارة بالتسارع مباشرة فوصلت إلى السرعة 110 km/h بعد أن قطعت مسافة 500 m . فإذا كانت السرعة الأصلية للسيارة 80 km/h، ما معدل التسارع؟

أ. $0.44 m/s^2$ جـ. $8.4 m/s^2$

ب. $0.60 m/s^2$ د. $9.80 m/s^2$

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

أ. 4.2s جـ. 8.7 s

ب. 8.3s د. 17 s

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

أ. 15.0 m ب. 31.0 m جـ. 50.0 m د. 100.0 m

6. اقتربت سيارة منطلقة بسرعة 91.0 km/h من مطعم يقع في طريق جانبي على بعد 30 m أمامها، وعندما ضغط السائق على الفرامل بقوة، اكتسبت السيارة تسارعاً مقداره $-6.40 m/s^2$ ما مقدار مسافة التوقف؟

أ. 14.0 m ب. 29.0 m جـ. 50.0 m د. 100.0 m

7. باستخدام المعادلة $v_f^2 = v_i^2 + 2ad$ أي الصيغ المعالجة التالية تعبر عن التسارع:

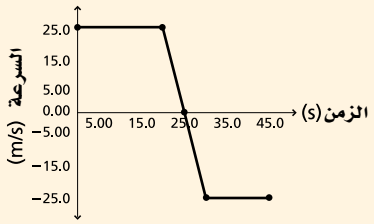
أ. $\frac{(v_f^2 - v_i^2)}{d}$ جـ. $\frac{(v_f + v_i)^2}{2d}$

ب. $\frac{(v_f^2 + v_i^2)}{2d}$ د. $\frac{(v_f^2 - v_i^2)}{2d}$

8. يمثل الرسم البياني التالي حركة شاحنة مزارع. ما الإزاحة الكلية للشاحنة؟ افرض أن الاتجاه الموجب نحو الشمال.

أ. جنوباً 150 m جـ. شمالاً 300 m

ب. شمالاً 125 m د. جنوباً 600 m



9. كيف يمكن حساب التسارع اللحظي لجسم يتحرك وفق تسارع متغير؟

أ. بحساب ميل مماس منحنى المسافة–الزمن عند نقطة ما.

ب. بحساب المساحة تحت منحنى المسافة–الزمن.

جـ. بحساب المساحة تحت منحنى السرعة–الزمن.

د. بحساب ميل المماس لمنحنى السرعة–الزمن.

أسئلة الإجابات المفتوحة:

10. مثل الأرقام التالية بيانياً. ثم استنتج 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

الجداول

إذا اشتمل سؤال امتحان على جدول، فعليك أن تتصفحه قبل قراءة السؤال. اقرأ العنوان، ورؤوس الأعمدة، وبداية الصف. ثم اقرأ السؤال وفسّر المعلومات الموجودة في الجدول.

الفصل 4

القوى في بعد واحد

في هذا الفصل:

- ستستخدم قوانين نيوتن في حل المسائل.
- ستحدد مقدار واتجاه القوة المحصلة التي تسبب تغييرًا في حركة الجسم.
- ستصنف القوى بناء على العوامل المسببة لها.

الأهمية:

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

رياضة: يقوم اللاعب بتوجيه الكرة. تكون الكرة ساكنة فيضربها اللاعب لكي تتقافز فوق رأسه، أي أنها تتحرك وتقف ويتغير اتجاهها.

فكر

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

لمراجعة محتوى هذا الفصل ارجع إلى الموقع الإلكتروني

obeikaneducation.com

تجربة استهلالية

ما القوة الأكبر؟

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

الخطوات

1. اربط قطعة من حبل حول منتصف الكتاب، ثم اربط خيطًا خفيفًا في منتصف الحبل 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 اسحب ببطء وثبات نهاية الخيط السفلي. سجل ملاحظاتك. تحذير: قف بحيث تكون قدماك 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 توضيحيًا للتجربة، واستخدم الأسهم لتوضيح القوى المؤثرة في الكتاب.

4-1 القوة والحركة (Force and Motion)

تصور قطارًا يتحرك بسرعة 80 km/h، وفجأةً شاهد السائق شاحنة متوقفة على سكة الحديد، فاستعمل الكوابح في محاولة لإيقاف القطار قبل أن يصطدم بالشاحنة، وبما أن الكوابح تتسبب في تسارع معاكس لاتجاه السرعة، فإن القطار يبطيء سرعته. افترض أن السائق نجح في أن يوقف القطار، قبل أن يصطدم بالشاحنة بمسافة قصيرة جدًا... لو كان القطار يسير بسرعة 100 km/h بدلاً من 80 km/h، ما الذي يجب عمله حتى لا يصطدم بالشاحنة؟ الجواب هو أن التسارع الذي تحدثه كوابح القطار يجب أن يكون أكبر بحيث يقف خلال زمن أقل (وهذا الاحتمال يشبه الحالة التي يسير فيها القطار بسرعة 80 km/h، ويكون أكثر قربًا من الشاحنة عندما يبدأ سائقه باستعمال الكوابح).

الأهداف

- **تُعرّف** القوة.
- **تطبق** القانون الثاني لنيوتن في حل المسائل.
- **تشرح** معنى قانون نيوتن الأول.

المفردات:

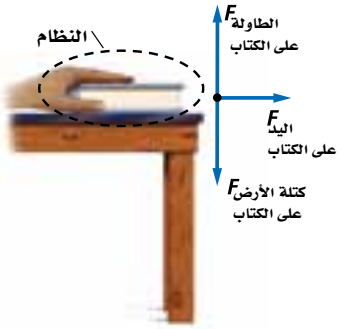
القوة، مخطط الجسم الحر، القوة المحصلة، قانون نيوتن الثاني، قانون نيوتن الأول، القصور الذاتي، الاتزان.

القوة والحركة (Force and Motion)

ما الذي جعل القطار يبطيء حركته؟ تؤثر القوة في الجسم إما بدفعه أو بسحبه، فتزيد سرعته أو تبطئها أو تغير اتجاه حركته. وعندما يستخدم سائق القطار الكوابح فإنها تؤثر في عجلات القطار بقوة تجعله يبطيء حركته. وبناءً على تعريف كلٍ من السرعة والتسارع، يمكن التعبير عما سبق كما يلي: تؤدي القوة المؤثرة في جسمٍ ما إلى تغيير سرعته، أي أنها تكسبه تسارعًا.

افترض أن كتابًا يستقر على سطح طاولة، كيف يمكنك أن تجعله يتحرك؟ هناك احتمالان، فإما أن تدفعه أو أن تسحبه. الدفع أو السحب قوتان تؤثران في الكتاب، وكلما زاد الدفع على الجسم أثر بشكل أكبر في حركته. ولاتجاه القوة المؤثرة أيضًا 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)، أما الرمز F فيستخدم للتعبير عن مقدارها فقط.

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 أجزاءً من المحيط الخارجي الذي يمكن أن يتفاعل مع الكتاب عن طريق الدفع أو السحب، ويؤدي إلى احتمال تغيير حركته.



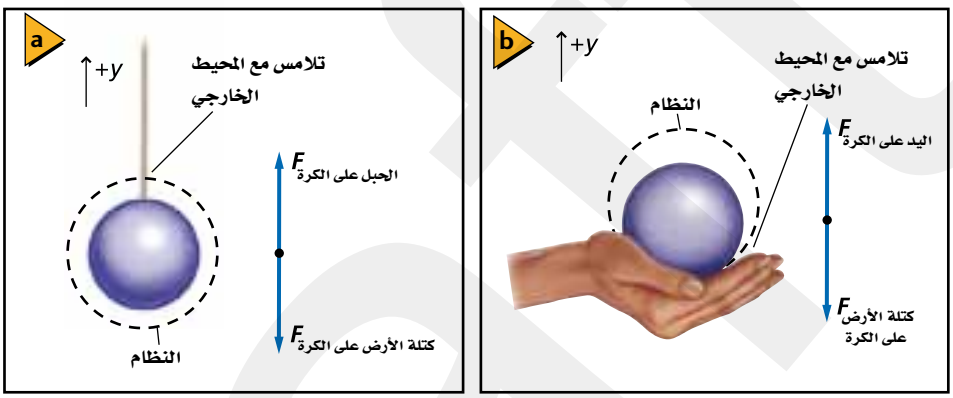
الشكل 1–4: الكتاب هنا يُمثل النظام، ويؤثر بقوى في الكتاب كل من الطاولة واليد وكتلة الأرض (من خلال الجاذبية.

قوى التلامس وقوى المجال (Contact Forces and Field Forces)

فكر مرة أخرى في الطرق المختلفة التي يمكنك بوساطتها تحريك الكتاب، يمكنك أن تلمسه مباشرة، أو أن تدفعه، أو تسحبه بيدك، وبإمكانك أيضًا ربط خيط حول الكتاب وسحبه بوساطة الخيط. وهذه جميعها أمثلة على قوى التلامس. تتولد قوة التلامس عندما يلامس جسم من المحيط الخارجي النظام، ويؤثر فيه بقوة. فعندما تحمل كتاب الفيزياء تؤثر يدكَ 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 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، يطلق على مثل هذه القوة اسم قوة المجال، وهي تؤثر في الأجسام بغض النظر عن وجود تلامس فيما بينها أم لا. وهناك أمثلة أخرى على هذا النوع من القوى، كالمغناطيسات التي تؤثر في الأجسام دون أن تلامسها.

تنتج القوى عن التفاعلات، ولكل قوة سبب معين يمكن تحديده يسمى العامل. وحتى يمكـن تحديد القوة يجب معرفـة العامل الذي يولدها ، بالإضافة إلى "النظام" الذي تؤثر فيـه هذه القوة. فعلى سـبيل المثال: عندما تدفع الكتاب فإن يـدك (العامل) تؤثر بقوة في الكتـاب (النظـام). وهكذا فـإن عدم وجود عامل ونظـام يعني عدم وجود قـوة. ماذا عن الجاذبية؟ إذا سـمحت للكتاب أن يسـقط من يدك فإن العامل هو كتلة الأرض التي تؤثر "بقوة مجال" في الكتاب.



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

مخططات الجسـم الحر: من المفيد جدًا اسـتخدام النمـاذج التصويرية والمخططات التوضيحية للحركة في حل مسـائل الحركة. وفي تحليل الطريقة التي تؤثر بها القوى في حركة الأجسـام. وأول خطوة في حل أي مسـألة هي عمل نموذج تصويري، فعلى سبيل المثـال، لتمثيـل القوى المؤثرة في كرة مربوطة بوسـاطة خيط أو تسـتند إلـى راحة يدك، ارسـم مخططـات توضح كل حالـة، كما في **الشـكلين 2a–4** و **2b–4**، ثم ارسـم دائرة حول النظام وحدد المواقع التي يلامس فيها النظام المحيط الخارجي، ففي هذه المواقع تؤثـر قـوة التلامس، ثم حدد قوى التلامـس وقوى المجال التي تؤثر فـي النظام لتحصل على النموذج التصويري المطلوب.

لتمثيـل القـوى المؤثرة في الكرة الموضحـة في **الشـكلين 2a–4 و 2b–4** فيزيائياً، اسـتخدم نموذج الجسـيم النقطي: مثل الجسـم بنقطة، ومن ثم مثل كل قوة بسـهم أزرق يشـير إلـى الاتجـاه الذي تؤثر فيـه هذه القـوة، وحاول أن يكون طول كل سـهم متناسـباً مـع مقـدار القوة. في أغلب الأحيان يتم رسـم هذه المخططات قبـل معرفة مقدار جميع القوى، وبإمكانك اللجوء إلى التقدير في مثل هذه الحالات. ارسـم الأسهم دائماً بحيث تشـير اتجاهاتها بعيداً عن الجسـيم حتى عندما تمثل قوة دفع، واحرص على تسـمية كل منهـا. اسـتعمل الرمز والرموز السـفلية لتحديد كل من العامل والجسـم الـذي تؤثر فيه القوة، واختر اتجاهاً 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 (نظام) ما مخطط الجسم الحر.

مسائل تدريبية

حدد النظام، وارسم مخطط الحركة، ومخطط الجسم الحر لكل من الحالات التالية. مثِّل جميع القوى وعواملها، ومن ثم عيّن اتجاه التسارع والقوة المحصلة، مراعياً رسم المتجهات بأطوال مناسبة.

1. سقوط وعاء أزهار سقوطًا حرًا من عتبة شباك (أهمل أية قوى تنشأ عن مقاومة الهواء).
2. هبوط مظلي للأسفل خلال الهواء وبسرعة متجهة ثابتة (يؤثر الهواء بقوة نحو الأعلى في الشخص).
3. سلك يسحب صندوقًا بسرعة ثابتة على سطح أفقي (يؤثر السطح بقوة تقاوم حركة الصندوق).
4. حبل يرفع دلواً بسرعة ثابتة (أهمل مقاومة الهواء).
5. حبل يُنزل دلواً بسرعة ثابتة (أهمل مقاومة الهواء).

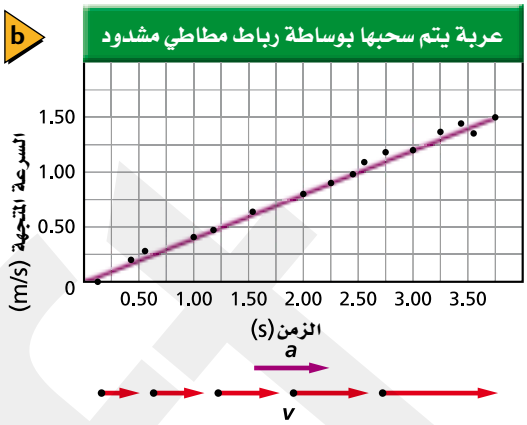
القوة والتسارع (Force and Acceleration)

كيف يتحرك الجسم عندما تؤثر فيه قوة أو أكثر؟ الطريقة الوحيدة للإجابة على 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 (يعتبر الاتجاه الأفقي هنا مناسبًا، لأن الجاذبية لا تؤثر وفقه). 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 عجلات تدور بسهولة، مما يقلل من مقاومة الحركة.

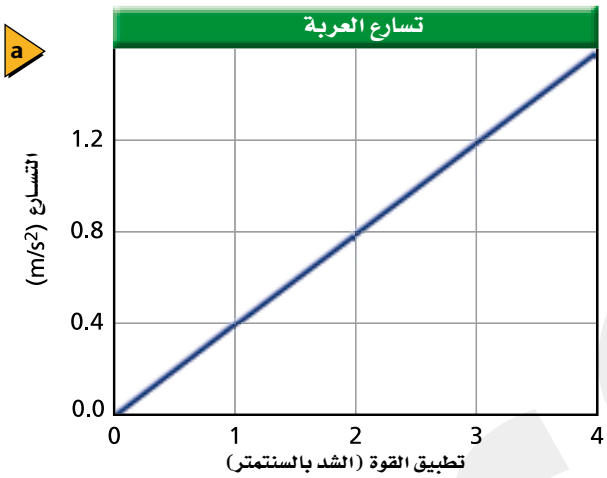
ولتحديد العلاقة بين كل من القوة والتسارع والسرعة المتجهة، تحتاج إلى التأثير في جسم ما بقوة ثابتة باتجاه معين. لكن، كيف يمكنك التأثير بمثل هذه القوة ؟

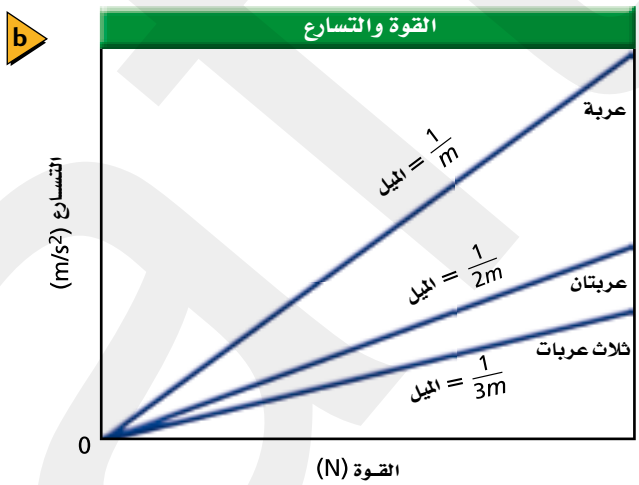
يؤثر الرباط المطاطي المشدود بقوة سحب، وكلما شددته أكثر زادت القوة التي يؤثر بها. وإذا كنت تشده دائمًا بالمقدار نفسه، فإنك تؤثر بالقوة نفسها. يبين **الشكل 3a–4** رباطًا مطاطيًا مشدودًا بمقدار ثابت 1 cm، يسحب عربة ذات مقاومة قليلة. بإجراء هذه التجربة وتحديد السرعة المتجهة للعربة خلال فترة زمنية محددة،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

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. صمم الرسم البياني للسرعة المتجهة– الزمن لكل من التجارب السابقة، ستلاحظ أن تلك المخططات تشبه ذاك المبين في **الشكل 3b–4**. 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 – 4a**. ما العلاقة بين القوة والتسارع؟ الجواب هو أن العلاقة خطية؛ فكلما كانت القوة أكبر كان التسارع الناتج أكبر، ويمكن التعبير عن هذه العلاقة باستخدام معادلة الخط المستقيم $y = mx + b$.



الشكل 3-4: a بما أن الرباط المطاطي مشدود بمقدار ثابت، فإنه يؤثر بقوة ثابتة في العربة التي صممت لتكون مقاومتها قليلة. b يمكنك تخطيط حركة العربة والتي تبين أنها علاقة خطية..





الشكل 4–4: يبين الرسم البياني أنه كلما زادت القوة زاد التسارع (الرسمa)، وتلاحظ أن ميل الرسم البياني القوة–التسارع يعتمد على عدد العربات (الرسم b).

ما المعنى الفيزيائي لميول الخطوط البيانية في **الشكل 4–4**؟ ربما تصف شيئًا يتعلق بالجسم المتسارع. وماذا يحدث إذا تغير الجسم؟ لنفترض أننا وضعنا عربة ثانية مماثلة فوق العربة الأولى، ثم وضعنا عربة ثالثة فوق العربتين، هذا يعني أن الرباط المطاطي الآن يقوم بسحب عربتين ثم ثلاث عربات. يبين **الشكل 4–4** مخططات القوة مقابل التسارع لعربة واحدة، ولعربتين، ولثلاث عربات. ويبين الرسم البياني أيضًا أنه إذا لم تتغير القوة المؤثرة فإن تسارع العربتين سينخفض إلى نصف تسارع العربة الواحدة، و تسارع العربات الثلاث إلى ثلث تسارع العربة الواحدة. وهذا يعني أنه كلما زاد عدد العربات، فإننا نحتاج إلى قوةٍ أكبر للحصول على التسارع نفسه، وفي هذا المثال، يجب شد الرباط المطاطي أكثر للحصول على مقدار أكبر من القوة. إن ميل كل من الخطوط التي في **الشكل 4b–4** يعتمد على عدد العربات، أي أنه يعتمد على مجموع كتلها، فإذا عُرِّف الميل k بأنه مقلوب الكتلة؛ $k = 1/m$، فإن $a = \frac{F}{m}$ أو $F = ma$.

ما المعلومات التي تحتويها المعادلة $a = \frac{F}{m}$ ؟ إنها تبين أن القوة المؤثرة في جسم تغير حركته، أي تجعله يتسارع، كما تبين المعادلة أنه إذا زادت القوة المؤثرة في الجسم نفسه إلى الضعف فإن تسارعه يتضاعف أيضًا، وأخيرًا إذا أثرت القوة نفسها في عدة أجسام مختلفة، فإن الجسم ذا الكتلة الأكبر سيكون الأقل تسارعًا بين الأجسام، في حين أن الجسم ذا الكتلة الأصغر فسيكون أكثرها تسارعًا.

ما الوحدات المناسبة لقياس القوة؟ نعلم أن $F = ma$ وهذا يعني أن وحدة واحدة من القوة تجعل 1 kg من الكتلة يتسارع بمقدار $1m/s^2$، أي أن وحدة القوة هي $1\ kg.m/s^2$، أو ما اصطلح على تسميته "نيوتن"، ويرمز لها بالرمز N. وهكذا فإن مقدار 1 N من القوة المؤثرة في جسم كتلته 1 kg تكسبه تسارعًا مقداره $1\ m/s^2$.

هل لهذه الوحدات معنى؟ فكر في المظلي الذي يهبط خلال الهواء، إن العوامل المؤثرة في حركته هي كتلته والتسارع الناتج عن قوة الجاذبية الأرضية، ولذلك فهذه الوحدات صحيحة، ويبين **الجدول 1–4** مقدار بعض القوى الشائعة.

الجدول 1-4

القوى الشائعة

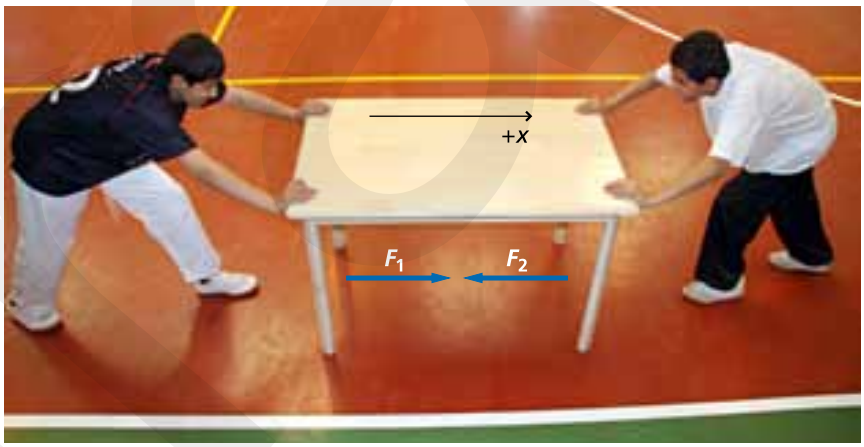
الوصف	F (N)
قوة الجاذبية المؤثرة في قطعة معدنية (من النيكل)	**0.05**
قوة الجاذبية المؤثرة في 0.45 kg من السكر	**4.5**
قوة الجاذبية المؤثرة في شخص كتلته 70 kg	**686**
القوة المؤثرة في سيارة تتسارع	**3000**
قوة محرك صاروخ	**5,000,000**

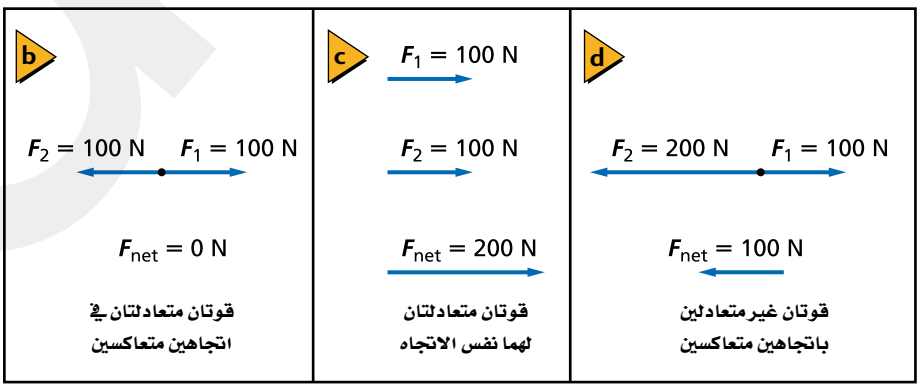
جمع القوى (Combining Forces)

ماذا يحدث إذا دفعت أنت وصديقك طاولة، فأثر كلٌ منكما فيها بقوة مقدارها 100 N إذا دفعتما الطاولة في الاتجاه نفسه، ستكسب تسارعًا أكبر مما لو دفعها كل منكما ضد الآخر. وفي الحقيقة، عندما تدفعان الطاولة في الاتجاه نفسه فإنها تكتسب ضعف التسارع الذي يمكن أن تحصل عليه فيما لو أثر فيها أحدكما بمفرده بقوة 100 N. أما عندما تدفعان الطاولة باتجاهين متعاكسين، وبالمقدار نفسه من القوة (كما هو موضح في **الشكل 4–5a**) فلن تتحرك.

يبين كل من **الشكلين 4–5b** و **4–5c** مخطط الجسم الحر لكل من هاتين الحالتين، كما يبين **الشكل 4–5d** مخطط الجسم الحر للحالة التي يقوم فيها صديقك 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 متعاكسة، فإن طول المتجه الناتج يساوي الفرق بين المتجهين، ويطلق على مجموع المتجهات لجميع القوى التي تؤثر في الجسم اسم القوة المحصلة.

بإمكانك كذلك تحليل الحالة رياضيًا.. 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 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.





الشكل 4–5: دفع الطاولة بقوتين متساويتين ومتعاكستين في الاتجاه a. تنتج قوة محصلة مقدارها صفر كما هو موضح في الجمع الاتجاهي في مخطط الجسم الحر b. وتوجد قوة محصلة في (c) و (d) كما هو مبين في مخططات الجسم الحر.

قانون نيوتن الثاني (Newton's Second Law)

بإمكانك إجراء سلسلة من التجارب تقوم فيها أنت وصديقك 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. 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 100 N. واستنادا إلى ذلك يمكن إعادة كتابة العلاقة الرياضية بين كل من القوة والكتلة والتسارع بدلالة القوة المحصلة، وهو ما يعرف بقانون نيوتن الثاني، والذي يُمثل بالمعادلة التالية:

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

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

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

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 والشدة النسبية لكل قوة تؤثر في النظام، ثم اجمع القوى لتجد القوة المحصلة، واستعمل القانون الثاني لنيوتن لحساب التسارع، وعند الضرورة استعمل الكينماتيكا (علم الحركة) -التي سبق ودرستها في الفصلين الثاني والثالث- لإيجاد السرعة المتجهة أو موقع الجسم. لقد درست سابقًا حركة الأجسام بغض النظر عن مسببات الحركة، ولكنك الآن تعلم أن القوة المحصلة هي التي تسبب التغيير في السرعة المتجهة (التسارع).

مسائل تدريبية

6. قوتان أفقيتان إحداهما 225 N والأخرى 165 N، تؤثران في قارب بالاتجاه نفسه. جد القوة الأفقية المحصلة التي تؤثر في القارب.
7. إذا أثرت القوتان السابقتان في القارب باتجاهين 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 لا تؤثر فيه قوة محصلة؟ من المعروف أن الجسم الساكن الذي لا تؤثر فيه قوة محصلة يبقى في موقعه.

لاحظ الآن كرة تتدحرج على سطح أفقي، ما الفترة الزمنية التي تستمر فيها بالدحرجة؟ تعتمد هذه الفترة على نوعية السطح، فإذا دُحرجت الكرة على سجادة خشنة مقاومتها كبيرة، فإنها سرعان ما تتوقف عن الحركة وتصبح في حالة السكون، أما إذا كان السطح قاسيًا وأملسًا 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**: "الجسم الساكن يبقى ساكنًا، والجسم المتحرك يبقى متحركًا في خط مستقيم وبسرعة ثابتة، إذا، وفقط إذا كانت القوة المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفرًا".

الجدول 2–4

بعض أنواع القوى

القوة	الرمز	التعريف	الاتجاه
الاحتكاك	F_f	قوة تلامس تؤثر بحيث تعاكس الحركة الانزلاقية بين الأسطح.	موازية للسطح ومعاكسة لاتجاه الحركة الانزلاقية.
العمودية	F_N	قوة تلامس يؤثر فيها سطح في جسم ما	عمودية على السطح وفي اتجاه معاكس له.
النابض	F_{sp}	قوة الاستعادة: أي قوة الدفع أو السحب التي يؤثر بها نابض في جسم ما.	تعاكس إزاحة الجسم عند طرف النابض.
الشد	F_T	القوة التي يؤثر بها خيط أو حبل أو سلك متصل بجسم على هذا الأخير، وتؤدي إلى سحبه.	موازية للخيط أوالحبل أوالسلك، تؤثر في نقطة الاتصال في اتجاه معاكس للجسم.
الدفع	F_{thrust}	مصطلح عام يشمل القوى التي تحرك أجسامًا من مثل الصاروخ والطائرة والسيارة والأشخاص.	للقوة اتجاه تسارع للجسم.
الوزن	F_g	قوة المجال التي تنتج عن التجاذب الأرضي بين جسمين (على الأغلب بين الأرض وجسم آخر).	نحو الأسفل باتجاه مركز الأرض.

القصور: يسمى قانون نيوتن الأول أحيانًا قانون القصور، فهل القصور قوة؟

والجواب: لا. فالقصور هو تلك النزعة التي يبديها الجسم لممانعة أي تغيير في حالته الحركية. فإذا كان الجسم ساكنًا فإنه يحاول أن يبقى كذلك، وإذا كان متحركًا بسرعة متجهة ثابتة فإنه يحاول أن يستمر في نفس اتجاه حركته وبالسرعة نفسها. ورغم أن القوى تنتج عن التفاعلات بين الأجسام، إلا أنها ليست خاصية من خصائصها، وبالتالي فإن القصور (وهو من خصائص الجسم) لا يمكن أن يكون قوة. تذكر أن السرعة المتجهة تشمل كلاً من مقدار السرعة واتجاهها ، وبالتالي فإن القوة المحصلة ضرورية لإحداث تغيير في مقدار سرعة الجسم أو في اتجاه حركته.

الاتزان: وفقًا لقانون نيوتن الأول ، فإن القوة المحصلة هي السبب في تغيير السرعة المتجهة لجسم ما، فإذا كانت القوة المحصلة المؤثرة في جسم ما تساوي صفرًا، يكون الجسم في حالة **اتزان**. وهكذا يكون الجسم في حالة اتزان إذا كان ساكناً، أو إذا كان متحركاً بسرعة ثابتة. لاحظ هنا أن سكون الجسم هو حالة خاصة من حركته بسرعة ثابتة، وهي الحالة التي تكون فيها سرعته مساوية للصفر . يحدد القانون الأول لنيوتن القوة المحصلة على أنها شيء ما يُحدث اضطرابًا في حالة الاتزان، لذلك إذا لم يكن هناك قوة محصلة تؤثر في الجسم فإنه لن يتعرض لأي تغيير في مقدار سرعته أو اتجاهها، وبالتالي سيبقى في حالة اتزان.

إن فهم وتطبيق **القانونين الأول والثاني لنيوتن** سيمكنانك من أن تحدد مقادير القوى التي تتعامل معها نسبيًا، حتى في الحالات التي لا يوجد فيها أرقام، وقبل النظر في ذلك 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 الرئيسة بتزويد المكوك بدفع يقدر بـ 1.6 million N، وتستمد هذه المحركات طاقتها من عملية احتراق الهيدروجين والأكسجين.

4-1 مراجعة

9. **القوة:** حدد ما إذا كان كل من: الوزن، الكتلة، القصور، الدفع بوساطة اليد، الدفع، المقاومة، مقاومة الهواء، قوة النابض، التسارع:

أ. قوة تماس ب. قوة مجال جـ. ليست قوة

10. **القصور:** هل يمكن أن تشعر بقصور قلم رصاص أوكتاب؟ إذا كنت تستطيع، صف ذلك.

11. **مخطط الجسم الحر:** ارسم مخطط الجسم الحر لكيس مليء بالسكر ترفعه بيدك بسرعة ثابتة. حدد النظام، وسمّ جميع القوى مع عواملها، واعمل أسهمًا بأطوال صحيحة.

12. **اتجاه السرعة المتجهة:** إذا دفعت كتابًا نحو الأمام فهل يعني هذا أن سرعته المتجهة ستكون في الاتجاه نفسه؟

13. **مخطط الجسم الحر:** ارسم مخطط الجسم الحر لدلو ماء يُرفع بوساطة حبل بسرعة متناقصة، ثم حدد النظام، ومن ثم سمّ جميع القوى مع عواملها، واعمل أسهمًا بأطوال صحيحة.

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 بخصوص كتلة كل من هذين المكعبين؟.

4-2 استخدام قوانين نيوتن (Motion)

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

الأهداف

- **تصف** العلاقة بين الوزن والكتلة.
- **تقارن** بين الوزن الحقيقي والوزن الظاهري.

المفردات:

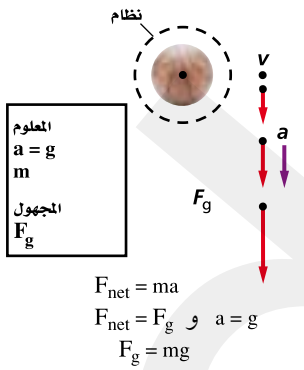
الوزن الظاهري، انعدام الوزن، القوة المعيقة (قوة السحب)، السرعة النهائية.

استخدام قانون نيوتن الثاني

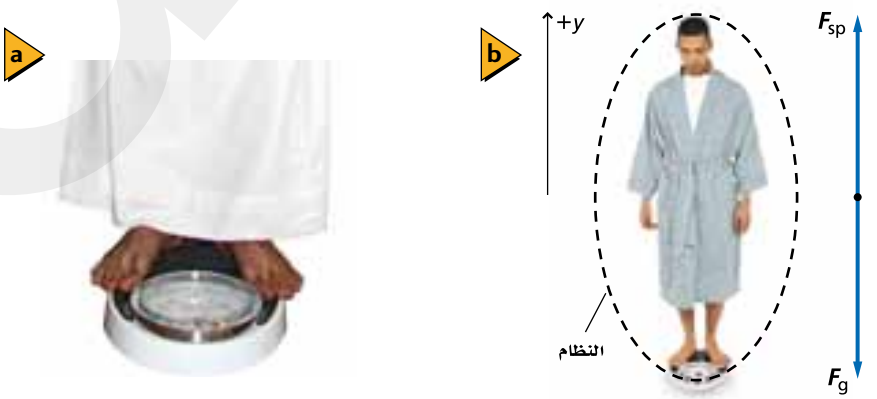
ما قوة الوزن F_g التي تؤثر في جسم كتلته m؟ ساعدك قانون نيوتن الثاني في الإجابة عن هذا السؤال. تأمَّل كلاً من النموذجين التصويري والفيزيائي لكرة تسقط سقوطًا حرًا في **الشكل 6–4**. ما الأجسام التي تتفاعل معها الكرة؟ بما أن الكرة لا تلمس أي شيء، وبما أن مقاومة الهواء مهملة، فإن القوة الوحيدة التي تؤثر فيها هي F_g، وحيث إن تسارع الكرة هو g (كما درست في الفصل الثالث)، فإن القانون الثاني لنيوتن يصبح $F_g = mg$. ولابد أنك لاحظت من خلال العلاقة السابقة أن القوة والتسارع يؤثران نحو الأسفل، وأن مقدار وزن الجسم يساوي كتلته مضروبة في التسارع الذي يكتسبه نتيجةً للسقوط الحر. لاحظ كذلك أن قوة الجاذبية تؤثر في الجسم حتى لو لم يسقط سقوطًا حرًا.

وهذه النتيجة صحيحة على الأرض، وعلى أي كوكب آخر، بالرغم من أن مقدار g يختلف على الكواكب الأخرى، وبما أن قيمة g على سطح القمر أقل بكثير من قيمتها على الأرض، فإن وزن رواد الفضاء الذين يهبطون على القمر يصبح أقل بكثير رغم أن كتلهم لم تتغير.

الموازين: تحتوي بعض الموازين 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 صفرًا، وهذا يعني أن قوة النابض F_{sp} التي تدفعك نحو الأعلى تساوي مقدار قوة وزنك F_g الذي يسحب باتجاه الأسفل كما هو مبين في **الشكل 7–4**، وتُحدد قراءة الميزان بوساطة القوة التي تؤثر بها نوابضه الداخلية فيك، وبالتالي فإن مايقيسه الميزان النابضي هو الوزن لا الكتلة، فإذا كنت على كوكب آخر فإن مقدار انضغاط النابض سيختلف، وبالتالي ستكون قراءته مختلفة. تذكر أن الكيلوجرام هو الوحدة المناسبة للتعبير عن الكتلة وأن الوحدة المناسبة للتعبير عن الوزن (باعتباره قوة) هي النيوتن.



الشكل 6–4: القوة المحصلة على الكرة هي قوة الوزن

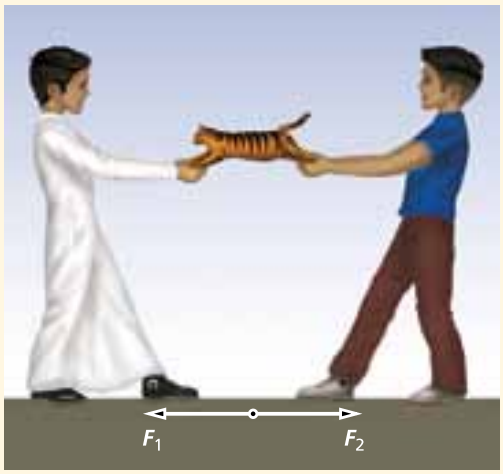


الشكل 7–4 إن قوة النابض التي تؤثر نحو الأعلى في الميزان تساوي مقدار قوة وزنك عندما تقف فوقه (a). يبين مخطط الجسم الحر في (b) أن النظام متزن لأن قوة النابض تساوي وزنك.

صراع على دمية: كان خالد يلعب بدمية هرة كتلتها 0.30 kg عندما حاول سامي أن يأخذها منه . فإذا سحب سامي الدمية أفقيًا بقوة 10.0 kg وسحب خالد بقوة أفقية تساوي 11.0 N. ماالتسارع الأفقي للدمية؟

1 تحليل المسألة ورسمها:

- ارسم مخطط الحالة.
- حدد الهرة باعتبارها "النظام"، واعتبرالاتجاه الذي يسحب فيه خالد الاتجاه الموجب.
- ارسم مخطط الجسم الحر، وسمّ جميع القوى.



المعلوم	المجهول
$m = 0.30\ kg$	$a = ?$
$F_{\text{خالد على الهرة}} = 11.0\ N$	
$F_{\text{سامي على الهرة}} = 10.0\ N$	

2 استخراج الكمية المجهولة:

$$F_{\text{محصلة}} = F_{\text{خالد على الهرة}} + (-F_{\text{سامي على الهرة}})$$

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

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

عوض قيمة $F_{\text{خالد على الهرة}} = 11.0\ N$, $F_{\text{سامي على الهرة}} = 10.0\ N$

$$a = \frac{11.0\ N + 10.0\ N}{0.30\ kg} = 3.3\ m/s^2$$

3 تقويم الجواب:

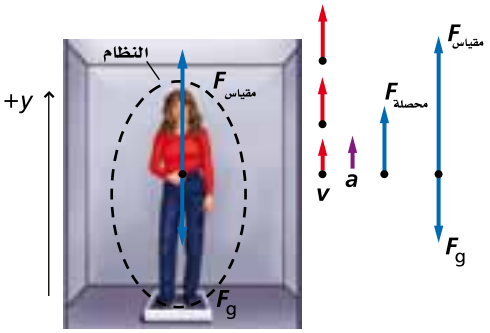
- **هل الوحدات صحيحة؟** m/s^2 هي الوحدة الصحيحة للتسارع.
- **هل الإشارات منطقية؟** التسارع في الاتجاه الموجب، وهو متوقع لأن خالدًا يسحب نحو الاتجاه الموجب بقوة أكبر من التي يسحب فيها سامي نحو اليسار.
- هل المقدار منطقي؟ إن مقدار التسارع منطقي بالنسبة لدمية خفيفة كدمية الهرة.

مسائل تدريبية

الشكل 8–4

15. وضعت بطيخة على ميزان نابضي في سوبر ماركت، فإذا كانت كتلة البطيخة 4.0 kg، ما قراءة الميزان؟
16. يتعلم أحمد التزلج على الجليد، ويساعده أبوه بأن يسحبه بحيث يكتسب تسارعًا مقداره $0.80\ m/s^2$، إذا كانت كتلة أحمد 27.2 kg، ما قوة الأب التي يسحبه بها؟ (أهمل المقاومة بين الجليد وحذاء التزلج).
17. تمسك أمل وعزيزة معًا بقطعة حبل كتلتها 0.15 kg، وتشد كل منهما في الاتجاه المعاكس للأخرى. فإذا سحبت أمل بقوة 16.0 N وتسارع الحبل بالمقدار $1.25\ m/s^2$ مبتعدًا عنها، ما القوة التي تسحب بها عزيزة الحبل؟
18. يبين **الشكل 8–4** قطعة كتلتها 1.2 kg وجسمًا كرويًا كتلته 3.0 kg، ما قراءة كل من الميزانين؟ (أهمل كتلة الميزانين)

الوزن الظاهري: ما الوزن؟ تُعرف قوة الوزن على أنها $F_g = mg$ ، وتتغير F_g كلما تغيرت g . تعتبر قيمة g ثابتة تقريبًا على سطح الأرض أو بالقرب منه، ولذلك فإن وزن جسم ما لا يتغير كثيرًا بالقرب من سطح الأرض، يقرأ الميزان النابضي 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 صديقك على كتفيك نحو الأسفل أو إذا ضغط على مرفقيك نحو الأعلى؟ في هذه الحالات ستكون هناك قوى تلامس أخرى، وبالتالي فإن الميزان لا يقرأ وزنك. وماذا 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 التصويري والفيزيائي لهذه الحالة، فأنت تمثل النظام، والاتجاه الموجب نحو الأعلى.



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.

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، وهكذا فلو ركبت في مصعد يتسارع نحو الأعلى، ستشعر بأنك أثقل وأن أرضية المصعد تضغط على قدميك. من جهة أخرى ستشعر أنك أخف إذا ركبت في مصعد يتسارع نحو الأسفل، و ستكون قراءة الميزان أقل من وزنك. تسمى القوة التي يؤثر بها الميزان الوزن الظاهري، فالوزن الظاهري هو القوة التي يعانيها الجسم نتيجة لجميع القوى المؤثرة فيه والتي تكسبه تسارعه.

إستراتيجية حل المسائل

القوة والحركة

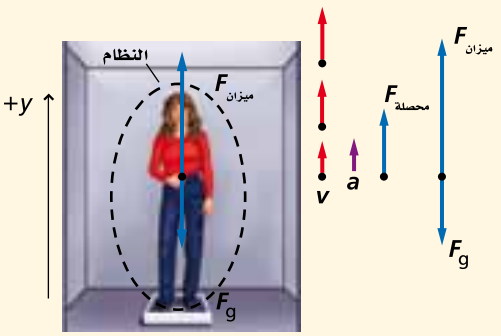
عند حل مسائل القوة والحركة استخدم الاستراتيجيات التالية:

1. اقرأ المسائل بعناية وارسم نموذجًا تصويريًا.
2. ضع دائرة حول النظام واختر نظامًا إحداثيًا.
3. حدد الكميات المعلومة والمجهولة.
4. اعمل نموذجًا فيزيائيًا، 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 المعلومة مع وحداتها في المعادلة، وجِد الإجابة.
8. اختبر نتائجك للتأكد من أنها منطقية.

مثـال - 2

الـوزن الحقيقـي والـوزن الظاهري: بفرض أنك تقف على ميـزان في مصعد، وأن كتلتك تسـاوي 75.0 kg. في البداية كان المصعد سـاكنًا، ومن ثَمّ تسـارع للأعلى بمقدار $2.00\ m/s^2$ لمدة 2.00 s، ثم تابع حركته باتجاه الأعلى بسـرعة ثابتة. هل ستكون قراءة الميزان أثناء تسارع المصعد أكبر، أو مساوية، أو أقل من القراءة التي سجلها عندما كان المصعد ساكنًا؟

1 تحليل المسألة ورسمها:



- ارسم مخطط الحالة للمسألة.
- اختـر نظامًـا إحداثيًا، يكون فيـه الاتجاه الموجب كمـا هو موضح في الرسم.
- ارسم مخطط الحركة لكل من **a** و **v**.
- ارسـم مخطـط الجسـم الحـر. لاحـظ أن اتجـاه محصلة القـوى باتجاه التسارع نفسه، وهذا يعني أن القوة للأعلى أكبر من القوة للأسفل.

المعلوم	المجهول
$m = 75.0kg\ .\ a = 2.00m/s^2$	$F_{ميزان} = ?$
$t = 2.00\ s\ .\ g = 9.80\ m/s^2$	

2 استخراج الكمية المجهولة:

$$F_{محصلة} = ma$$

F_g سالبة لأنها في الاتجاه السالب للنظام الإحداثي

$$F_{محصلة} = F_{ميزان} + (-F_g)$$

لحساب $F_{ميزان}$ نستخدم: $F_{ميزان} = F_{محصلة} + F_g$

- عندما يكون المصعد في حالة سكون:

المصعد لا يتسارع لذلك $F_{محصلة} = 0.00\ N$ $F_{ميزان} = F_{محصلة} + F_g$

$$= F_g$$

عوض $F_{ميزان} = mg$ $m = 75.0\ kg$ $g = 9.80.m/s^2$

$$= mg$$

$$= (75.0kg)\ (9.80m/s^2)$$

$$= 735\ N$$

- عندما يتسارع المصعد:

$$F_{ميزان} = F_{محصلة} + F_g$$

$$= ma + mg$$

$$= m\ (a + g)$$

$$= 75.0\ kg(2.00\ m/s^2 + 9.80\ m/s^2)$$

$$= 885\ N$$

3 تقويم الجـواب:

- هل الوحدات صحيحة؟ $kg.m/s^2$ هي وحدة القوة (النيوتن).
- هل الإشارة معقولة؟ تتفق الإشارة الموجبة مع النظام الإحداثي.
- هـل المقـدار واقعـي؟ إن قوة الميزان $F_{ميزان}$ أثناء تسـارع المصعد أكبر من قيمتها عندما يكون المصعد سـاكنًا، لذلك فإن المقدار واقعي.

مسائل تدريبية

19. يبين ميزانك المنزلي أن وزنك 585 N.

أ. ما كتلتك؟

ب. كيف ستكون قراءة الميزان نفسه على سطح القمر؟ تسارع الجاذبية القمرية ($g1 = 60\ m/s^2$).

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:

أ. المصعد يتحرك بسرعة ثابتة.

ب. يتباطأ المصعد بمعدل $2.00\ m/s^2$ في أثناء حركته نحو الأعلى.

جـ. تزداد سرعته بمعدل $2.00\ m/s^2$ في أثناء حركته نحو الأسفل.

د. يتحرك المصعد نحو الأسفل بسرعة ثابتة.

هـ. يتباطأ المصعد في تسارعه بمقدار ثابت حتى يتوقف.

القوة المعيقة والسرعة الحدّية

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. هل فكرت في التجارب والأمثلة التي تثبت أن الهواء يؤثر بقوة في الأجسام؟ عندما يلتصق كأس مفرغ من الهواء على جدار أملس أو طاولة فإن نزعه يكون صعبًا؛ لأن الهواء يؤثر فيه بقوة من الخارج.

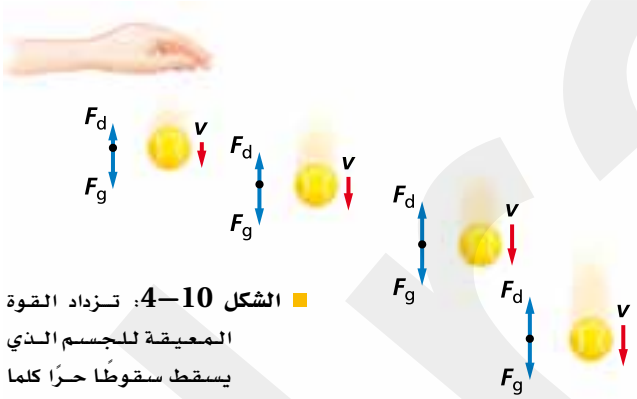
حتى الآن كنا نهمل (من باب التبسيط) تأثير قوة الهواء على جسم يتحرك خلاله، لكن في العالم الواقعي، عندما يتحرك جسم خلال وسط مائع مثل الهواء أو الماء، فإن المائع يؤثر بقوة معيقة في الجسم المتحرك وباتجاه يعاكس حركته. و يمكن تعريف القوة المعيقة بأنها قوة الممانعة التي يؤثر بها مائع في جسم يتحرك خلاله. تعتمد هذه القوة على حركة الجسم وخصائص كل من الجسم والمائع. فعلى سبيل المثال، كلما زادت سرعة الجسم زاد مقدار **القوة المعيقة**، كما يؤثر حجم الجسم وشكله أيضا في القوة المعيقة. وتتأثر القوة المعيقة أيضًا بخصائص المائع مثل لزوجته ودرجة حرارته.

مسألة تحد

تنطلق عربة من النوع الذي يتحرك فوق وسادة هوائية، كتلتها 0.50 kg ، وتعبر من خلال بوابة كهروضوئية (PHOTOELECTRIC GATE) بسرعة ثابتة مقدارها 0.25 m/s. تؤثر فيها لحظة عبورها قوة ثابتة مقدارها 0.4 N باتجاه حركتها نفسه.

1. ما تسارع العربة؟
2. تحتاج العربة إلى 1.3 s للمرور خلال بوابة ثانية، ما المسافة بين البوابتين؟
3. تطبق قوة مقدارها 0.40 N على العربة بوساطة 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 .

إذا سقطت كرة تنس الطاولة كما في **الشكل 10–4**، فإن سرعتها المتجهة تكون قليلة في البداية ، وبالتالي تكون القوة المعيقة المؤثرة فيها قليلة. وبما أن قوة الجاذبية (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 ثابتة. وهذه السرعة الثابتة التي تصل إليها الكرة عندما تتساوى القوة المعيقة مع قوة الجاذبية تسمى السرعة الحدّية.



الشكل 10–4: تزداد القوة المعيقة للجسم الذي يسقط سقوطًا حرًا كلما زادت سرعته. وعندما تصل القوة المعيقة إلى الحد الذي تصبح فيه مساوية لقوة الجاذبية، يصبح تسارع الجسم صفرًا.

وفي حالات سقوط الأجسام الخفيفة ذات السطوح الكبيرة، يكون للقوة المعيقة تأثير ملحوظ في حركتها، وسرعان ما تصل هذه الأجسام إلى **السرعة الحدّية**.

أما الأجسام الثقيلة ذات السطوح الصغيرة، فيكون تأثرها بالقوة المعيقة أقل كثيرًا، وعلى سبيل المثال فإن السرعة الحدّية لكرة تنس الطاولة في الهواء 9 m/s، ولكرة السلة 20m/s.. أما في حالة كرة البيسبول فتصل إلى 42 m/s. ولا بد أنك قد لاحظت كيف يقوم المظليون بزيادة أو تقليل سرعتهم الحدية قبل أن تُفتح مظلاتهم، من خلال تغيير توجه أجسامهم وهيئاتها.

أما الجسم الذي يتخذ هيئة الصقر المجنح فله سرعة حدّية صغيرة جدًا قد تصل إلى 6 m/s. وعندما يفتح المظلي مظلته فإن هيئته تتغير ويصير جزءًا من جسم كبير (المظلي + المظلة) تؤثر فيه قوة معيقة كبيرة، وسرعته الحدية قليلة (في حدود 5 m/s).

4-2 مراجعة

21. **جاذبية القمر:** قارن بين القوة اللازمة لرفع صخرة كتلتها 10 kg على كوكب الأرض، وتلك اللازمة لرفع الصخرة نفسها على سطح القمر. علمًا بأن تسارع الجاذبية على القمر يساوي $1.62\ m/s^2$

22. **الوزن الحقيقي والظاهري:** أنت تقف على في مصعد سريع يصعد بك إلى أعلى بناية مرتفعة، ثم يقف ثم يهبط بك إلى حيث انطلقت. خلال أي من مراحل رحلتك كان وزنك الظاهري: مساويًا لوزنك الحقيقي؟ أكثر من وزنك الحقيقي؟ ارسم مخطط الجسم الحر لكل حالة لدعم إجاباتك.

23. **التسارع:** يقف شخص كتلته 65 kg فوق لوح تزلج على الجليد. اندفع هذا الشخص بقوة 9.0 N. ما 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:** يلعب خالد مع قطته لعبة شد الحبل مستخدمًا دميةً. في لحظة ما خلال اللعبة سحب خالد الدمية بقوة 22 N وسحبت القطة الدمية بقوة معاكسة تساوي 19.5 N فكان تسارع الدمية $6.25\ m/s^2$ ما كتلة الدمية؟

26. **تسارع:** هبط مظلي بسرعة ثابتة 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:** افترض أنك تعمل في مستودع، وأن مهمتك هي تحميل المخزونَ في شاحنات حمولة كل منها 10.000 N، فتقوم بوضع الصناديق واحدا تلو الآخر فوق حزام متحرك قليل الاحتكاك ينقلها إلى الميزان... وزنت أحد الصناديق قبل أن يُنقل إلى الشاحنة فوجدت أن وزنه 1000 N، وبعد وزنه مباشرة تعطَّل الميزان. اذكر طريقة يمكن بوساطتها تطبيق قوانين نيوتن لتحديد الكتل التقريبية للصناديق المتبقية

4-3 قوى التأثير المتبادل (Interaction forces)

الأهداف

- **تعرف** قانون نيوتن الثالث.
- **توضح** قوى الشد التي تنشأ في الخيوط والحبال من خلال القانون الثالث لنيوتن.
- **تعرف** القوة العمودية (الرأسية).
- **تحدد** قيمة القوة العمودية من خلال تطبيق القانون الثاني لنيوتن.

المفردات:

أزواج التأثير المتبادل، القانون الثالث لنيوتن، الشد، القوة الرأسية.

عرفتَ أنه إذا أثر عامل بقوة محصلةٍ في جسم فإنه يتسارع، وعرفتَ أيضًا أن هذه القوة يمكن أن تكون قوة مجال أو قوة تلامس. لكن ما الذي يسبب القوة؟ إذا قربت مغناطيسين من بعضهما فإنك تشعر بأن كلاً منهما يسحب الآخر أو يدفعه، و كذلك إذا ضغطت بقدمك على عتلة فإنها تضغط على قدمك في الاتجاه المعاكس.. لكن أيهما العامل وأيهما الجسم؟

تمييز قوى التأثير المتبادل (Identifying Interaction Forces)

تصور أنك ارتديت حذاء التزلج بالإضافة إلى جميع ملابس الأمان المناسبة، وكذلك فعلَ صديقك. وتصور أنه يقف أمامك وقد أدار إليك ظهره، وأنك ستدفعه 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 تغيير في حركتك.

تكون القوى دائمًا على شكل أزواج. اعتبر نفسك (الطالب A) تمثل نظامًا، 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 قوة تؤثر فيه من النظام الآخر.

القوتان $F_{A\text{ على }B}$ و $F_{B\text{ على }A}$ نسميهما زوجي التأثير المتبادل، وهما عبارة عن قوتين متعاكستين ومتساويتين في المقدار، ويطلق عليهما أحيانًا اسم زوجي قوى الفعل ورد الفعل، وقد يشير ظاهر هذه العبارة إلى أن أحدهما يسبب الآخر، لكن هذا غير صحيح. فعلى سبيل المثال: لم تنتج القوة التي دفعت بها صديقك القوة التي أثرت فيك ودفعتك إلى الخلف. فكلا القوتين نتجت عن التلامس بينكما.

الشكل 11–4: عندما تؤثر بقوة في صديقك لتدفعه للأمام، فإنه يؤثر فيك بقوة مساوية ومعاكسة، تحركك إلى الخلف.

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 القانون الثالث لنيوتن الذي ينص على أن جميع القوى تظهر على شكل أزواج، والقوتان الزوجان تؤثران في جسمين مختلفين، وهما متساويتان في المقدار، ومختلفتان في الاتجاه.

قانون نيوتن الثالث $F_{A\text{ on }B} = -F_{B\text{ on }A}$

القوة التي يؤثر بها A في B تساوي في المقدار وتعاكس في الاتجاه القوة التي يؤثر بها B في A.

لنفترض أنك تمسك كتابًا بيدك، ارسم مخطط الجسم الحر الخاص بك، ومخططًا آخر للكتاب، هل هناك أزواج تأثير متبادل؟ عند تمييز أزواج التأثير المتبادل في مخططات الجسم الحر يجب أن تدرك أن كلاً منها يؤثر في جسم مختلف، وأنها تحقق التناظر مع الرموز السفلية المبينة في الصفحة السابقة. وفي هذه الحالة يوجد فقط زوجا تفاعل $F_{\text{الكتاب على اليد}}$ و $F_{\text{اليد على الكتاب}}$.

لاحظ أيضًا أن لكل جسم وزنًا، وإذا كانت قوة الوزن نتيجة للتأثير المتبادل بين كل من الجسم وكتلة الأرض، فلابد 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. بالرغم من أن هاتين القوتين متعاكستان وتؤثران في الجسم نفسه إلا أنهما ليستا زوجي تأثير متبادل (ليستا نتيجة للتأثير المتبادل بين جسمين)، 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 التي على الطاولة هي:

$$F_{\text{الكرة على الطاولة}} = -F_{\text{الطاولة على الكرة}}$$

كذلك

$$F_{\text{الكرة على الأرض}} = -F_{\text{الأرض على الكرة}}$$

من الضروري أن تدرك أن مفهوم زوجي التأثير المتبادل يشتمل على قوتين متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه، وأن كلاً من هاتين القوتين تؤثر في جسم من الجسمين، الذين يؤثر كل منهما في الآخر بقوة.

إن التسارع الذي تكتسبه الكرة الأرضية من قوة جسم يتفاعل معها، يكون عادة متناهيًا في الصغر بحيث يتم التعامل مع الأرض باعتبارها جزءًا من المحيط الخارجي لذلك الجسم، لا باعتبارها نظامًا آخر.

الشكل 12–4 كرة قدم على طاولة موضوعة على الأرض. لاحظ أن الكرة والطاولة تشكلان زوجي تأثير متبادل، وكذلك الطاولة والأرض.

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 نهاية الحبل من جهتك، والقوة في طرف الحبل الذي يمسك به خصمك. ما الذي حدث عندما بدأت بتحريك خصمك؟

إستراتيجية حل المسائل

أزواج التأثير المتبادل

استعمل الاستراتيجيات التالية في حل المسائل التي تحتوي على تأثير متبادل بين نظامين مختلفين.

1. اعزل النظام أو الأنظمة عن المحيط الخارجي.
2. ارسم لكل نظام نموذجًا تصويريًا مع نظام إحداثي ونموذجًا فيزيائيًا يشتمل على مخطط الجسم الحر.
3. صل بين كل زوجين من أزواج التأثير المتبادل بخط متقطع.
4. لإيجاد الإجابة، استخدم القانون الثاني لنيوتن الذي يربط بين كل من القوة المحصلة والتسارع لكل نظام.
5. استخدم القانون الثالث لنيوتن لعمل معادلة تجمع بين مقادير التأثير المتبادل، وبين اتجاه كل قوة.
6. حل المسألة واختبر الوحدات والإشارات والمقادير للتأكد من كونها منطقية.

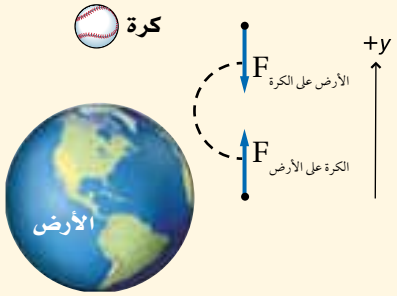
draft

مثـال - 3

تسـارع الأرض: عندما تسـقط كرة كتلتها 0.18 kg يكون تسـارعها نحو الأرض مسـاويًا لتسارع الجاذبية الأرضية . ماالقوة التي تؤثر بها الكرة في الأرض؟ وما مقدار القوة التي تؤثر بها الكرة في الأرض؟

وما التسارع الذي تكتسبه الأرض نتيجة لهذا التأثير؟ كتلة الأرض تساوي .

1 تحليل المسألة ورسمها:



- ارسم مخطط الجسم الحر لكلا النظامين: الكرة والأرض.
- صل بين زوجي التأثير المتبادل بخط متقطع.

المعلوم	المجهول
$m_{\text{كرة}} = 0.18\ \text{kg}$	$F_{\text{الأرض على الكرة}} = ?$
$m_{\text{الأرض}} = 6.0 \times 10^{24}\ \text{kg}$	$a_{\text{الأرض}} = ?$
$g = 9.80\ \text{m/s}^2$	

2 استخراج الكمية المجهولة:

- استخدم القانون الثاني لنيوتن لإيجاد وزن الكرة:

$$F_{\text{الأرض على الكرة}} = m_{\text{كرة}}\, a = m_{\text{كرة}}(-g)$$

عوض $(m_{\text{كرة}} = 0.18\ \text{kg},\ g = 9.80\ \text{m/s}^2)$

$$m_{\text{كرة}} = (0.18\ \text{kg})\ (-9.80\ \text{m/s}^2) = -1.8\ \text{N}$$

- استخدم القانون الثالث لنيوتن لإيجاد القوة التي تؤثر بها القكرة على الأرض:

$$F_{\text{كرة على الأرض}} = -F_{\text{الأرض على الكرة}}$$

عوض $(F_{\text{الأرض على الكرة}} = -1.8\text{N})$

$$= -(-1.8\text{N}) = +1.8\text{N}$$

- استخدم القانون الثاني لنيوتن لإيجاد التسارع الذي تكسبه الكرة للأرض:

$$a_{\text{الأرض}} = \frac{F_{\text{محصلة}}}{m_{\text{الأرض}}}$$

عوض $(m_{\text{الأرض}} = 6.0 \times 10^{24}\ \text{kg},\ F_{\text{محصلة}} = 1.80\ \text{N})$

$$a = \frac{1.8\ \text{N}}{6.0 \times 10^{24}\ \text{kg}} = 2.9 \times 10^{-25}\ \text{m/s}^2$$

3 تقويم الجـواب:

- **هل الوحدات صحيحة؟** يثبت تحليل الوحدات أن القوة تقاس بـ N والتسارع 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 ان يكون قليلاً.

مسائل تدريبية

28. ترفع بيدك كرة بولينج خفيفة نسبيًا فتتسارع الكرة نحو الأعلى، ما القوى المؤثرة في الكرة، وما القوى التي تؤثر بها الكرة؟ وما 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.

30. قذفت كرة إلى الأعلى في الهواء، ارسم مخطط الجسم الحر الذي يمثل الكرة في أثناء حركتها للأعلى، وحدد القوى التي تؤثر في الكرة، وحدد أيضًا القوى التي تؤثر بها الكرة، والأجسام التي تؤثر فيها هذه القوى.

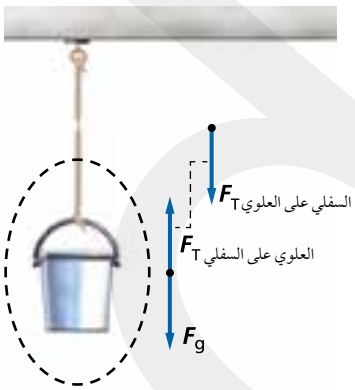
الشكل 13–4

31. وضعت حقيبة سفر في مطار على عربة أمتعة ساكنة كما في **الشكل 13–4**، ارسم مخطط الجسم الحر لكل جسم، وبين أزواج التأثير المتبادل.

قوى الشد في الحبال والخيوط Forces of Ropes and Strings

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 عمقًا 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) متماسكًا مع طرفه السفلي. نرمز إلى القوة التي يؤثر بها الطرف العلوي للحبل في الطرف السفلي بـ $F_{\text{العلوي على السفلي}}$ ، وهي بحسب القانون الثالث لنيوتن جزء من زوجي تأثير متبادل ، أما الزوج الآخر فهو القوة التي يؤثر بها الطرف السفلي للحبل في الطرف العلوي: $F_{\text{السفلي على العلوي}}$، وهاتان القوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه كما في **الشكل 14–4**.



الشكل 14–4: الشد في الحبل يساوي مجموع أوزان جميع الأجسام المعلقة به.

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، والآن دعنا ننظر إلى تلك النقطة من الحبل التي تقع مباشرة فوق الدلو، وهي أيضًا في حالة اتزان. قوة الشد في الحبل أسفل هذه النقطة تسحب باتجاه الأسفل، وهي تساوي قوة الشد في الحبل فوق 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.

تعمل قوى الشـد أيضًا في لعبة شـد الحبل مثل تلك المبينة في **الشـكل 15–4**، إذا أثر الفريـق (أ) الـذي إلى اليسـار بقوة 500 N ولم يتحرك الحبل، فهـذا يعني أن الفريق (ب) 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 سـندرس كلاً من نصفي الحبل على حدة. الطرف الأيسـر لا يتحرك وهذا يعني أن القوة المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفرًا، لذلك فإن:

$$F_{\text{على الحبل A}} = F_{\text{اليمين على اليسار}} = 500\ \text{N}$$

كما أن:

$$F_{\text{على الحبل B}} = F_{\text{اليسار على اليمين}} = 500\ \text{N}$$

ولكن

$$F_{\text{اليسار على اليمين}} = F_{\text{اليمين على اليسار}}$$

ويمثل كل منهما زوجًا من زوجي تأثير متبادل، ولذلك فهما متسـاويان ومتعاكسـان. لذلك فإن الشـد الكلي في الحبل يسـاوي القوة التي يسـحب بها كل فريق، أي 500 N. وللتأكـد مـن ذلـك اقطع الحبل مـن المنتصف واربـط كلاً من طرفيه بميـزان نابضي، ثم اطلب من كل فريق أن يسـحب بقوة 500 N في هذه الحالة سـوف ترى أن قراءة الميزان 500 N.

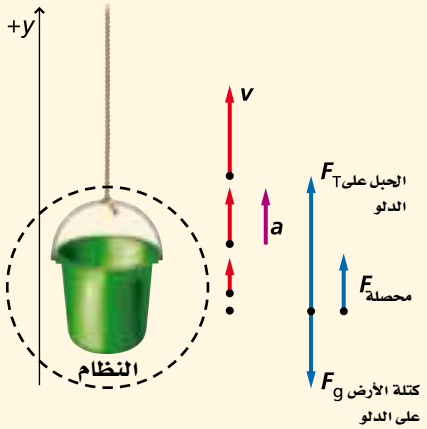
■ **الشكل 15–4**: في لعبة شد الحبل يؤثر كل فريق بقوة (من خلال الشد في الحبل) مساوية ومعاكسة للقوة التي يؤثر بها الفريق الآخر.

مثـال - 4

رفع الدلو: يُرفع دلو كتلته 50.0 kg بوساطة حبل يستطيع تحمل قوة شد قصوى مقدارها 525 N. بدأ الدلو حركته من السكون، وبعد أن أصبح على ارتفاع 3.0 m تحرك بسرعة 3.0 m/s، فإذا كان التسارع ثابتًا، هل هناك خطر من انقطاع الحبل؟

1 تحليل المسألة ورسمها:

- ارسم مخطط الحالة وبين القوى التي تؤثر في النظام.
- كون نظامًا إحداثيًا يكون فيه الاتجاه الموجب نحو الأعلى.
- ارسم مخططًا توضيحيًا للحركة يشتمل على كلٍ من v و a.
- ارسم مخطط الجسم الحر، وسمّ القوى.



المعلوم	المجهول
$m = 50.0\ kg$	$V_t = ?$
$V_i = 0.0\ m/s$	
$V_f = 3.0\ m/s$	
$d = 3.0m$	

2 استخراج الكمية المجهولة:

تمثل $F_{محصلة}$ مجموع القوة الموجبة التي يسحب بها الحبل نحو الأعلى F_t وقوة الوزن السالبة $-F_g$ التي تؤثر باتجاه الأسفل.

$$F_{محصلة} = F_t + (-F_g)$$

$$F_t = F_{محصلة} + F_g$$

عوض $F_g = mg, f_{net} = ma$

$$= ma + mg$$

$$= m(a + g)$$

وبما أن قيم كل من V_i و V_f و d معلومة يمكننا استخدام معادلة الحركة التالية لإيجاد التسارع a:

$$V_f^{\,2} = V_i^{\,2} + 2ad$$

$$a = \frac{V_f^{\,2} - V_i^{\,2}}{2d}$$

عوض $V_i = 0.0\ m/s$

$$a = \frac{V_f^{\,2}}{2d}$$

$$F_t = m(a + g)$$

عوض $a = \frac{V_f^{\,2}}{2d}$

$$F_t = m\left(\frac{V_f^{\,2}}{2d} + g\right)$$

$$F_t = (50.0\ kg)\left(\frac{(30.0\ m/s)^2}{2(3.0m)} + (9.8\ m/s^2)\right) = 570\ N$$

وبالتالي فإن خطر انقطاع الحبل قائم، لأن الشد تجاوز 525 N

3 تقويم الجواب:

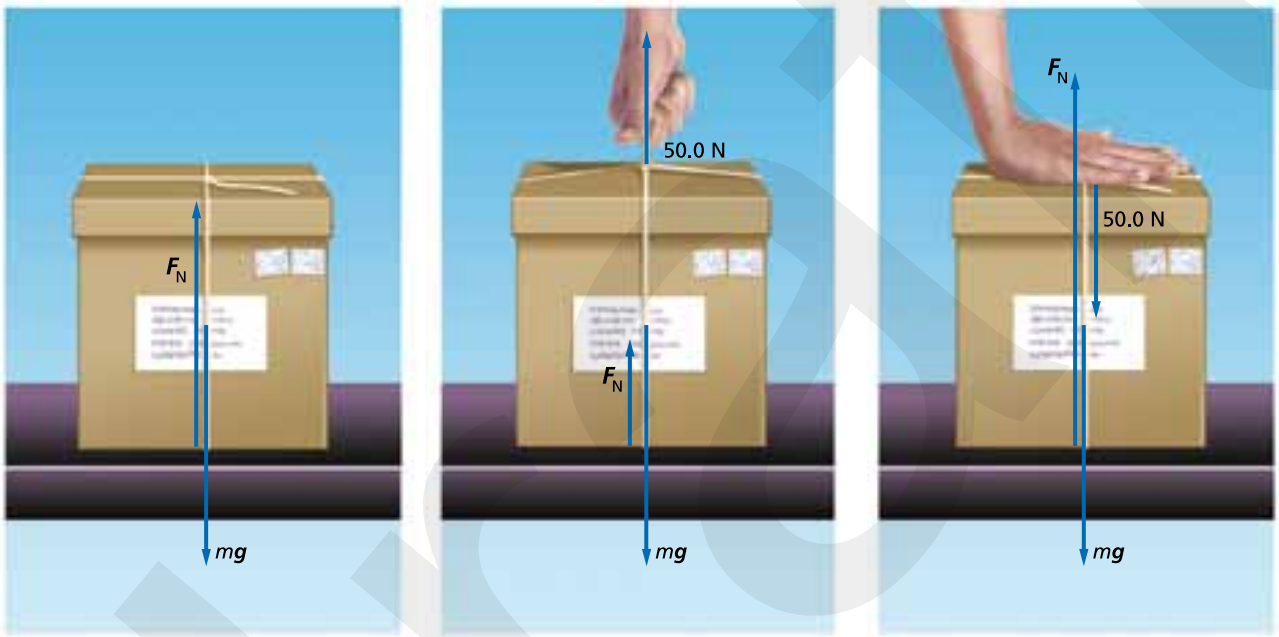
- **هل الوحدات صحيحة؟** يثبت تحليل الوحدات أن وحدة القوة هي $kg.m/s^2$ ، وهي وحدة الـ N .
- **هل الإشارة منطقية؟** نعم إذ يجب أن تكون القوة المؤثرة للأعلى موجبة.
- **هل المقدار واقعي؟** المقدار أكثر قليلاً من 490 N وهو يمثل وزن الدلو

$$Fg = mg = (50.0kg)(9.80m/s^2) = 570N$$

مسائل تدريبية

32. جاء العمال لصيانة سطح منزلك، فوضعوا معدات العمل في دلو لكي يرفعوها إلى أعلى السطح. إذا كان الحبل يتحمل شدًا لا يتجاوز 450 N، وكانت كتلة الدلو قد صارت 42 kg، فما أقصى تسارع يمكن أن يكتسبه الدلو أثناء سحبه إلى السطح؟

33. حاول سالم وأحمد استبدال إطار السيارة، لكنهما واجها صعوبة كبيرة في نزعه، وأخيرًا.. عندما سحبا معًا (سحب أحمد بقوة 23 N وسالم بقوة 31 N) تمكنا من زحزحة الإطار بصعوبة. ما مقدار قوة الشد بين الإطار والدولاب؟



الشكل 16–4: القوة العمودية المؤثرة في جسم لا تساوي دائمًا وزنه. ففي المقطع a نجد أن القوة العمودية تساوي وزن الجسم. وهي في المقطع b أقل من وزن الجسم. وفي المقطع c أكبر من وزن الجسم.

القوة العمودية (The Normal Force)

عندما يتلامس جسمان فإن كلاً 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 دائمًا عمودية على مستوى التلامس بين الجسمين، ولكن هل تكون هذه القوة دائمًا مساوية لوزن الجسم (انظر **الشكل 16a–4**)؟ وماذا يحدث إذا ربطت الصندوق بخيط وسحبته قليلاً إلى الأعلى بقوة شد لاتكفي لرفع الصندوق عن الطاولة؟ (انظر **الشكل 16b–4**). بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على الصندوق نجد أن:

$$F_N + F_{\text{الخيط على الصندوق}} - F_g = ma = 0$$

وبترتيب المعادلة نجد أن:

$$F_N = F_g - F_{\text{الخيط على الصندوق}}$$

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 كتابًا إلى راحة يدك بحيث يكون مستقرًا ساكنًا، حدد القوى وأزوج التأثير المتبادل التي تؤثر في الكتاب ؟

35. **القوة:** أخفض الكتاب الوارد في المسألة 34 للأسفل بسرعة متزايدة. هل يتغير أي من القوى أو أزواج التأثير المتبادل المؤثرة في الكتاب؟ اشرح ذلك.

36. **الشد:** تتدلى قطعة قرميد من السقف مربوطة بحبل مهمل الكتلة، ومربوط بها من الأسفل قطعة قرميد 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 القطعة السفلية الواردة في المسألة 36 تساوي 3.0 kg، والشد في الحبل العلوي 63.0 N، احسب الشد في الحبل السفلي، وجد كتلة القطعة العلوية.

38. **القوة العمودية:** يُسلم أحمد صندوقًا كتلته 13 kg إلى شخص كتلته 61 kg يقف على منصة، ماالقوة العمودية التي تؤثر بها المنصة في هذا الشخص؟

39. **التفكير الناقد:** توضع ستارة بين فريقين لشد الحبل بحيث تمنع كل فريق من رؤية الآخر... إذا ربط أحد الفريقين طرف الحبل الذي من جهته بشجرة، ما الشد المتولد في الحبل إذا سحب الفريق الآخر بقوة 500 N ؟ اشرح ذلك.

القطارات الطائرة

تقنيات التغلب على قوى الممانعة

نظريا ..يمكن أن تبلغ سرعة هذه القطارات 1700كم/ سا ..وهي بالطبع لاتطير محلقة في السماء مثل الطائرة أو المنطاد، لكنها ترتفع أو تطفو في الهواء سنتمترات قليلة فوق السكة دون أن تلامسها.

وهذه التقنية تلغي عمليا قوى الممانعة الهائلة الناشئة عن الاحتكاك، وتصبح القوة المعيقة الرئيسة لحركة القطار قوة مقاومة الهواء التي يمكن تقليصها إلى أبعد الحدود من خلال اعتماد تصميم انسيابي لجسم القطار.

وإذا كانت السرعة النظرية التي يمكن لهذا النوع من القطارات بلوغها 1700كم/ سا فإن السرعات الفعلية القصوى التي سجلت حتى الآن هي: 574 كم/ سا (فرنسا)، 500كم/ سا (الصين)، 581كم/ سا(اليابان)..

من مزايا هذه القطارات إضافة إلى السرعة العالية، استقرارها الفريد أثناء الحركة، فليس هناك اهتزاز او رجة مزعجة للركاب(بسبب عدم وجود تلامس بين القطار والسكة)، كما أنها لا تسبب أي تلوث للبيئة لكونها تعمل بالطاقة الكهربائية.

مختبر الفيزياء

القوى في المصعد

هـل ركبـت يومًا مصعدًا سـريعًا جدًا؟ هل كنـت مرتاحًا؟ كيف تشـعر أثناء ركـوب الأفعوانية عندما تتحرك بسرعة إلى الأعلى وإلى الأسفل؟ وماالقوى التي تؤثر فيك أثناء ركوبك؟ في هذه التجربة سوف تدرس القوى (بما فيها قوة الجاذبية) التي تؤثر فيك أثناء الحركة العمودية، مستخدمًا الميزان المنزلي.

تقيـس العديد من الموازين الوزن بوحدة الباوند، لذا سـنحتاج في هـذه التجربة إلى تحويل الأوزان المقاسة بوساطة الموازين المنزلية الشائعة إلى وحدات النظام الدولي (SI).

سؤال التجربة:

ما القوى التي تؤثر في بعد واحد، في جسم يتحرك في الاتجاه العمودي بالنسبة للأرض؟

الأهداف

- **قيـاس**. افحص القـوى التي تؤثر في أجسـام تتحرك في الاتجاه العمودي.
- **قارن وفرِّق**. ميز بين الوزن الحقيقي والوزن الظاهري.
- **حلل واسـتنتج**. قارن بياناتك المتعلقة بتسارع المصاعد بتلك التي توصل إليها زملاؤك.

احتياطات السلامة

- احترس أثناء العمل بجانب أبواب المصعد.
- لا تعـق عمـل المصعـد أو تؤخـر وصولـه إلـى مـن ينتظره.
- راقـب الكتلة المعلقة فـي الميزان النابضي واحرص ألا تسقط على أقدام من في المصعد.

المواد والأدوات

مصعد. – ميزان منزلي.

ميزان نابضي. – كتلة.

الخطـوات

1. علق الكتلة بعناية بخطاف الميزان النابضي. ودون وزنها في جدول البيانات.
2. اجعل الكتلة تتسـارع نحو الأعلـى، ثم حركها في الاتجاه نفسه بسـرعة ثابتة، ثم أبطئ سرعتها. دون كلا ممايلي: قيمة أكبر قوة سـجلها الميزان، وقيمة القـوة فـي حالـة السـرعة الثابتـة وقيمة أقـل قراءة للميزان.

جدول البيانات	
القوة (الخطوة 1)	
أعلى قراءة (الخطوة 2)	
القراءة عند الحركة بسرعة ثابتة (الخطوة 2)	
أقل قراءة (الخطوة 2)	
وزنك (الخطوة 3)	
أعلى قراءة (الخطوة 4)	
القراءة عند السرعة الثابتة (الخطوة 5)	
أقل قراءة (الخطوة 6)	

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 الكتلة في حالة السكون. ثم اضغط على زر المصعد الذي يشير إلى أعلى طابق يمكن أن يصل إليه. راقب مؤشر الميزان بدءًا من اللحظة التي يبدأ فيها المصعد حركته، وفي أثناء تسارعه نحو الأعلى. سجل أعلى قراءة للميزان في جدول البيانات.
5. عندما تصبح سرعة المصعد ثابتة، سجل قراءة الميزان في جدول البيانات.
6. حدد أقل قراءة يسجلها الميزان بعد أن يبدأ المصعد بالتباطؤ وسجلها في جدول البيانات.

التحليل

1. **اشرح** في الخطوة رقم 2 لماذا تظهر الكتلة وكأنها تكتسب وزنًا إضافيًا عندما تتسارع نحو الأعلى؟ صغ معادلة رياضية تلخص هذه الفكرة.
2. **اشرح** لماذا تبدو الكتلة وكأنها تتناقص عندما تتباطأ في نهاية حركتها خلال الخطوة رقم 3؟ صغ معادلة رياضية تختصر هذه الفكرة.
3. **القياس** في النظام الدولي تقرأ بعض الموازين المنزلية الوزن بوحدة الكيلوجرام. حول جميع القراءات إلى النيوتن.
4. **تحليل** احسب تسارع المصعد في بداية رحلته مستعملاً المعادلة $F = ma + mg$.
5. **استخدام الأرقام** ما تسارع المصعد في نهاية رحلتك؟

الاستنتاج والتطبيق

كيف يمكن أن تقوم بتجربة لتحديد تسارع لعبة كالأفعوانية في مدينة الملاهي (من النوع الذي ينخفض ثم يرتفع بسرعة كبيرة) ؟

التوسع في البحث

كيف يستطيع ميزان أن يقيس بوحدة الكيلوجرام ووحدة النيوتن في الوقت نفسه؟

الفيزياء في الحياة

التواصل

يمكنك زيارة الموقع Obeikaneducation.com لعرض تسارع المصعد الذي حصلت عليه من خلال التجربة السابقة ومقارنته بمصاعد أخرى في البلاد أو حتى حول العالم، اعرض تفاصيل رحلة ركوبك المصعد بحيث يمكنك تقويم تسارعه ومدى راحة الراكب أثناء رحلته.

Physics online

لمزيد من المعلومات عن القياسات ارجع إلى الموقع الإلكتروني

obeikaneducation.com

4-1 القوة والحركة Force and Motion

المفردات:

- القوة.
- مخطط الجسم الحر.
- القوة المحصلة.
- قانون نيوتن الثاني.
- قانون نيوتن الأول.
- القصور.
- الاتزان.

المفاهيم الرئيسة:

- 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 . $a = \frac{F_{\text{محصلة}}}{m}$
- ينص قانون نيوتن الأول على أن الجسم الساكن يبقى ساكنًا والجسم المتحرك يبقى متحركًا في خط مستقيم وبسرعة ثابتة، فقط في حالة ماإذا كانت القوة المحصلة المؤثرة في الجسم تساوي صفرًا.
- الجسم الذي لا تؤثر فيه قوة محصلة يكون متزنًا.

4-2 استعمال قوانين نيوتن Using Newton's Laws

المفردات:

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

المفاهيم الرئيسة:

- يعتمد وزن جسم ما على التسارع الناتج عن كل من الجاذبية الأرضية وكتلة الجسم.
- الوزن الظاهري لجسم ما هو القوة المحصلة التي يخضع لها الجسم نتيجة قوى التلامس التي تؤثر فيه وتمنحه تسارعًا.
- تأثير القوة المعيقة على جسم يحدد بوساطة وزن الجسم وحجمه وشكله.
- إذا وصلت سرعة جسم ساقط إلى حد أن القوة المعيقة تساوي وزنه، فإن الجسم يحتفظ بسرعة تسمى السرعة الحدية.

4-3 قوى التأثير المتبادل Interaction Forces

المفردات:

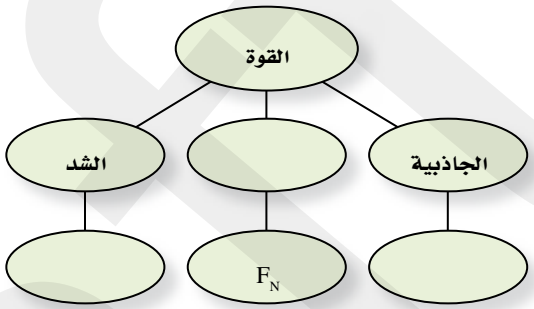
- زوجا تأثير متبادل.
- قانون نيوتن الثالث.
- قوة الشد.
- القوة العمودية.

المفاهيم الرئيسة:

- تنشأ جميع القوى من التفاعلات بين الأجسام.
- ينص القانون الثالث لنيوتن على أن قوتَي زوجي التأثير المتبادل متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه وتؤثران في أجسام مختلفة. $F_{A\text{على}B} = -F_{B\text{على}A}$
- في زوجي التأثير المتبادل القوة $F_{A\text{على}B}$ ليست سببا في نشوء القوة $F_{B\text{on}A}$ فإما أن تكونا معًا أو لا توجدان على الإطلاق.
- الشد اسم يطلق على القوة التي يؤثر بها حبل أو خيط في جسم ما.
- القوة العمودية قوة داعمة 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، T ، g



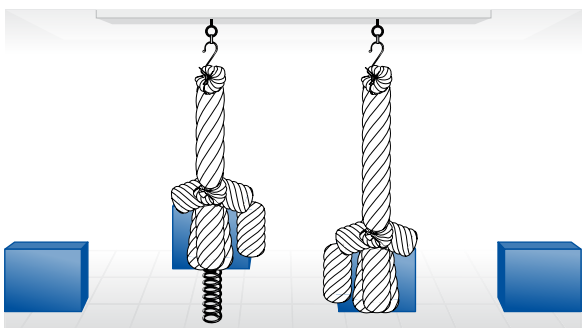
إتقان المفاهيم:

41. افترض أن تسارع جسم ما يساوي صفرًا، هل يعني هذا عدم وجود أية قوى تؤثر فيه؟ (1.1)

42. إذا كان كتابك متزنًا، ماالقوى التي تؤثر فيه؟ (1.2)

43. تسقط صخرة من جسر إلى وادٍ.... تؤثر الأرض في الصخرة بقوة سحب وتجعلها تتسارع نحو الأسفل، وحسب القانون الثالث لنيوتن فإن الصخرة تؤثر أيضًا في الأرض بقوة سحب، ولكن لا يبدو أن الأخيرة تتسارع باتجاه الأعلى. فسر ذلك. (1.3)

44. يبين **الشكل 17–4** 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. (1.3)



الشكل 17–4

45. **فسر**، لماذا يكون الشد ثابتًا في كل نقاط حبل مهمل الكتلة؟ (1.3)

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:

أ. ارسم مخطط الجسم الحر للكرة عند ثلاث من نقاط مسار حركتها: في طريقها نحو الأعلى، وعند القمة، وفي طريقها نحو الأسفل. حدد القوى التي تؤثر في الكرة.

ب. ما سرعة الكرة عند أعلى نقطة وصلت إليها ؟

جـ. ما تسارع الكرة عند هذه النقطة؟

إتقان حل المسائل:

4-1 القوة والحركة

48. ما القوة المحصلة التي تؤثر في كرة كتلتها 1 kg وتسقط سقوطًا حرًا؟

49. تتباطأ سيارة كتلتها 2300 kg بمعدل $3.0\ m/s^2$ عندما تقترب من إشارة مرور. ما مقدار القوة المحصلة التي تجعلها تتباطأ وفق المعدل المذكور؟

4.2 استعمال قوانين نيوتن

50. ما وزنك بوحدة النيوتن؟

51. تزن دراجتك النارية الجديدة 2450 N ما كتلتها بالكيلوجرام؟

52. وضع تلفاز كتلته 7.50 kg على ميزان نابضي. إذا كانت قراءة الميزان 7.84 N ما تسارع الجاذبية الأرضية في ذلك المكان؟

53. وضع ميزان داخل مصعد. ما القوة التي يؤثر بها

لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني obeikaneduction.com

الميزان في شخص يقف عليه كتلته 53 kg، وذلك في الحالات التالية:

أ. إذا تحرك المصعد بسرعة ثابتة نحو الأعلى.

ب. إذا تباطأ المصعد بمعدل $2.0\ m/s^2$ في أثناء حركته للأعلى.

جـ. إذا تسارع المصعد بمعدل $2.0\ m/s^2$ في أثناء حركته للأسفل.

د. إذا تحرك المصعد نحو الأسفل بسرعة ثابتة.

هـ. إذا تباطأ المصعد في أثناء حركته للأسفل بتسارع ثابت.

54. **فلك:** إذا كان تسارع الجاذبية على سطح عطارد يعادل 0.38 من قيمته على سطح الأرض:

أ. ما وزن جسم كتلته 6.0 kg على سطح عطارد؟

ب. إذا كان تسارع الجاذبية على سطح بلوتو يساوي 0.08 من ذاك الذي على سطح عطارد، ما وزن كتلة 7.0 kg على سطح بلوتو؟

55. قفز غواص كتلته 65 kg من قمة برج ارتفاعه 10.0 m:

أ. جد سرعة الغواص عندما يرتطم بسطح الماء.

ب. يتوقف الغواص على بعد 2.0 m تحت سطح الماء، جد محصلة القوة التي يؤثر بها الماء على الغواص.

56. بدأت سيارة سباق كتلتها 710 kg حركتها من السكون وقطعت مسافة 3.0 في 3.0 s. إذا كان تسارع السيارة منتظمًا خلال هذه الفترة، ما القوة المحصلة التي تؤثر فيها؟

4.3 قوى التأثير المتبادل

57. وضع مكعب من الحديد كتلته 6.0 kg على سطح مكعب آخر كتلته 7.0 kg يستقر بدوره على سطح طاولة أفقية.

أ. ما مقدار واتجاه القوة التي يؤثر بها المكعب الذي كتلته 7.0 kg في المكعب الآخر؟

ب. ما مقدار واتجاه القوة التي يؤثر بها المكعب الذي كتلته 6.0 kg في المكعب الذي كتلته 7.0 kg؟

58. تسقط قطرة مطر كتلتها 2.45 mg على الأرض. ما مقدار القوة التي تؤثر بها في الأرض؟

59. يلعب شخصان لعبة شد الحبل، يقوم أحدهما وكتلته 90.0 kg بسحب الحبل بحيث يكتسب الشخص الآخر وكتلته 55 kg تسارعًا مقداره $0.025\ m/s^2$. ما القوة التي يؤثر بها الحبل في الشخص ذي الكتلة الأكبر؟

60. تتسارع طائرة مروحية كتلتها 4500 kg نحو الأعلى بمعدل $2.0\ m/s^2$. ما قوة الرفع التي يؤثر بها الهواء في المراوح؟

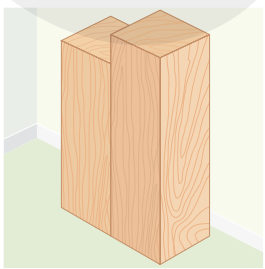
مراجعة عامة:

61. يُدفع جسمان كتلة أحدهما 4.3 kg، والآخر 5.4 kg بقوة أفقية مقدارها 22.5 N، على سطح مهمل الاحتكاك (انظر **الشكل 18–4**).

أ. ما تسارع الجسمين؟

ب. ما القوة التي يؤثر بها الجسم الذي كتلته 4.3 kg في الجسم الذي كتلته 5.4 kg؟

جـ. ما القوة التي يؤثر بها الجسم الذي كتلته 5.4 kg في الجسم الذي كتلته 4.3 kg؟

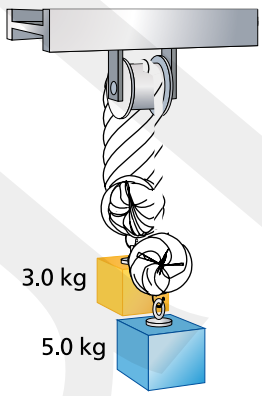


الشكل 18–4

62. جسمان كتلة الأول 5.0 kg والثاني 3.0 kg ، مربوطان بحبل مهمل الكتلة (انظر **الشكل 19–4**). يمرر الحبل فوق بكرة ملساء مهملة الكتلة. فإذا انطلق الجسمان من السكون، جد ما يلي:

أ. الشد في الحبل.

ب. تسارع الجسمين.



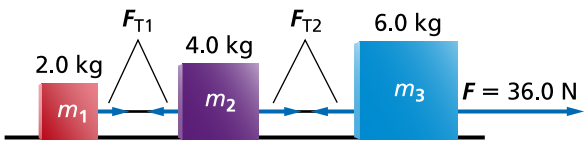
الشكل 19–4

التفكير الناقد:

63. ثلاث كتل متصلة بوساطة خيوط مهملة الكتل. سحبت المجموعة بقوة أفقية على سطح أملس كما في **الشكل 20–4**.

أ. ما تسارع كل كتلة؟

ب. ما قوة الشد في كل خيط؟



الكتابة في الفيزياء:

64. ابحث عن إسهامات نيوتن في الفيزياء واكتب عن ذلك موضوعا من صفحة واحدة. هل تعتقد أن قوانينه الثلاثة في الحركة كانت من أهم إنجازاته؟ وضح إجابتك؟

65. بدأت سيارة سباق كتلتها 710 kg حركتها من السكون وقطعت مسافة 3.0 في 3.0s. إذا كان تسارع السيارة منتظمًا خلال هذه الفترة، ما القوة المحصلة التي تؤثر فيها؟

مراجعة تراكمية:

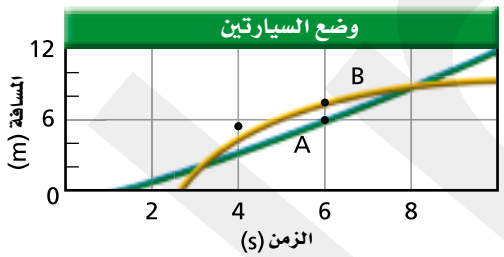
66. يبين **الشكل 21–4** الرسم البياني للموقع–الزمن لحركة سيارتين على الطريق.

أ. عند أية لحظة تتجاوز إحدى السيارتين الأخرى؟

ب. أي السيارتين كانت تتحرك أسرع عند الزمن 7.0 s؟

جـ. ما الزمن s الذي تتساوى عنده السُرعتان المتجهتان للسيارتين ؟

د. ما الفترة الزمنية التي تتزايد خلالها سرعة السيارة B باستمرار؟



الشكل 21–4

هـ. ما الفترة الزمنية التي تتناقص خلالها سرعة السيارة B باستمرار؟

67. بالرجوع إلى الشكل السابق، احسب السرعة اللحظية لكل مما يلي:

أ. السيارة B عند اللحظة 2.0 s؟

ب. السيارة B عند اللحظة 9.0 s؟

جـ. السيارة A عند اللحظة 2.0 s؟

لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني obeikaneduction.com

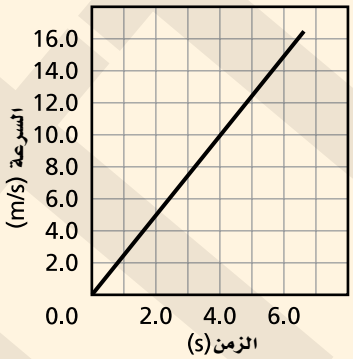
اختبار مقنن الفصل - 4

أسئلة اختيار من متعدد:

1. ما تسارع السيارة الموضح بالرسم أدناه:

أ. $0.20 m/s2$ جـ. $1.0 m/s2$

ب. $0.40 m/s2$ د. $2.5 m/s2$



2. بالاعتماد على الرسم البياني أعلاه، ما المسافة التي قطعتها السيارة عند اللحظة 4s؟

أ. 13m جـ. 80m

ب. 40m د. 90m

3. إذا تحركت السيارة في الرسم البياني أعلاه بتسارع ثابت، كم ستكون سرعتها المتجهة بعد الزمن 10 s؟

أ. 10 km/h جـ. 90 km/h

ب. 25km/h د. 120 km/h

4. ما وزن مجس فضائي على سطح القمر؟ علماً أن كتلته 225 kg، وأن مقدار الجاذبية القمرية في موضع المجس $1.62 m/s^2$.

أ. 139 N جـ. 1.35×103 N

ب. 364 N د. 2.21×103N

5. يجلس طفل كتلته 45 kg في أرجوحة كتلتها 3.2 kg مربوطة إلى غصن شجرة، ما مقدار قوة الشد في حبل الأرجوحة ؟

أ. 310 N جـ. 4.5×102 N

ب. 4.4×102 N د. 4.7×102N

6. إذا تدلى غصن الشجرة في المسألة السابقة نحو الأسفل بحيث تستند قدما الطفل على الأرض، تصبح قوة الشد في حبل الأرجوحة 220 N . ما قيمة القوة العمودية المؤثرة في قدمي الطفل:

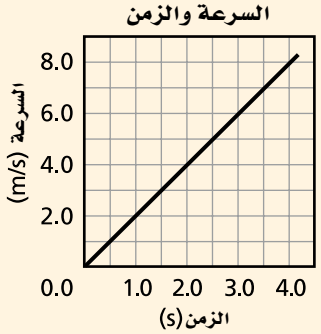
أ. 2.2×102 N جـ. 4.3×102 N

ب. 2.5×102 N د. 6.9×102 N

7. اعتمادًا على الرسم البياني في الأسفل، ما مقدار القوة المؤثرة في عربة كتلتها 16 kg:

أ. 4 N جـ. 16 N

ب. 8 N د. 32 N



أسئلة الإجابات المفتوحة:

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 ثابتة نحو الأسفل، وعندما يهبط المصعد بشكل حر نحو الأسفل.

✓ إرشاد

حسن نتائجك

حاول معرفة نتيجة اختبارك المقنن.

كي تحقق أفضل نتائج ممكنة فأنت بحاجة أولا إلى أن تجرب الإجابة على السؤال قبل بطريقة التخمين (أن تشرع برسم مخطط الجسم الحر).

بعد ذلك أعد قراءة السؤال وارسم المخطط، وبعد التوصل إلى الإجابة النهائية قارنها بالنتيجة التي توصلت إليها بوساطة التخمين.

مسرد المصطلحات

أ

الاتزان إذا كانت القوة المحصلة على جسم ما تساوي صفرًا، يكون هذا الجسم في حالة اتزان.

الأرقام المعنوية جميع الأرقام المعتمدة (الصحيحة) في القياس، وهي تعبر عن دقة القياس.

الإزاحة التغير في الموقع مقدارًا واتجاهًا، ويساوي متجه الموقع النهائي مطروحًا منه متجه الموقع الإبتدائي.

ت

تحليل الوحدات طريقة التعامل مع الوحدات ككميات جبرية، بحيث يمكن إلغاؤها، ويمكن أن تستخدم للتأكد من أن وحدات الإجابة صحيحة.

التسارع معدل تغير السرعة المتجهة للجسم.

التسارع اللحظي مقدار التغير في السرعة المتجهة للجسم في لحظة معينة.

التسارع المتوسط مقدار التغير في السرعة المتجهة للجسم خلال الفترة الزمنية المقاسة، مقسومًا على الفترة الزمنية، وتقاس بوحدة m/s^2

التسارع الناشئ عن الجاذبية الأرضية تسارع الجسم في حالة السقوط الحر، ناتج عن تأثير جاذبية الأرض، وهو يساوي $g = 9.80\ m/s^2$ واتجاهه نحو مركز الأرض.

د

الدقة من خصائص الكمية المقاسه، التي تصف درجة صحة القياسات.

ر

الرسم البياني للموقع-الزمن رسم بياني 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.

ز

زوجا تأثير متبادل زوجان من القوى المتعاكسة في الاتجاه والمتساوية في المقدار.

س

السرعة الحدية السرعة الثابتة التي يصل إليها الجسم الساقط سقوطًا حرًا، عندما تتساوى القوة المعيقة مع قوة الجاذبية.

مسرد المصطلحات

السرعة المتجهة اللحظية مقدار سرعة الجسم، واتجاه حركته عند لحظة معينة.

السرعة المتجهة المتوسطة التغير في موقع الجسم مقسومًا على الفترة الزمنية التي حدث التغير خلالها. وهي تساوي ميل الخط البياني في منحنى الموقع –الزمن.

السرعة المتوسطة القيمة الحسابية لسرعة الجسم؛ وهي القيمة المطلقة لميل الخط البياني في منحنى الموقع–الزمن .

السقوط الحر حركة الجسم الذي يسقط باتجاه الأرض، بإهمال مقاومة الهواء، واعتبار الجسم خاضعًا لقوة وحيدة هي قوة الجاذبية الأرضية.

ش

الشد اسم يطلق على القوة التي يؤثر بها خيط أو حبل في جسم ما.

ض

الضبط من خصائص الكمية المقاسه، وهو يصف مدى اتفاق نتائج القياس مع القيمة الحقيقية، أي القيمة المعتمدة المقاسة من خلال تجارب مخصصة ومن قبل خبراء مؤهلين.

ع

العلاقة التربيعية تنتج العلاقة التربيعية عندما يعتمد أحد المتغيرين على مربع الآخر.

العلاقة الخطية نوع من العلاقة بين المتغيرات، حيث تقع النقاط المثلة للبيانات على خط مستقيم.

العلاقة العكسية تنتج العلاقة العكسية عندما يعتمد أحد المتغيرين على معكوس الآخر.

ف

الفترة الزمنية الزمن النهائي مطروحًا منه الزمن الابتدائي.

الفرضية تخمين علمي عن كيفية ارتباط المتغيرات بعضها ببعض.

الفيزياء فرع العلوم المعني بدراسة العالم الفيزيائي: الطاقة والمادة وكيفية ارتباطهما.

ق

القانون الأول لنيوتن الجسم الساكن يبقى ساكنًا، والجسم المتحرك يبقى متحركًا في خط مستقيم وبسرعة ثابتة فقط في حال ما إذا كانت محصلة القوة المؤثرة فيه تساوي صفرًا

مسرد المصطلحات

القانون الثالث لنيوتن جميع القوى تظهر على شكل أزواج، والقوتان في الزوج تؤثران في جسمين مختلفين ولكنهما متساويتان في الشدة، ومختلفتان في الاتجاه.

القانون الثاني لنيوتن تسارع الجسم يساوي مجموع القوى المؤثرة فيه مقسومًا على كتلة الجسم

القانون العلمي قاعدة طبيعية تجمع المشاهدات المترابطة لوصف ظاهرة طبيعية.

القصور نزعة يبديها الجسم لممانعة أي تغيير في حالته الحركية.

القوة سحب أو دفع يؤثر في الأجسام ويسبب تغيرًا في الحركة مقدارًا واتجاهًا. وقد تكون قوة تلامس أو قوة مجال.

القوة المحصلة ناتج جمع متجهات جميع القوى المؤثرة في الجسم.

القوة العمودية قوة تلامس يؤثر بها سطح في جسم آخر.

قوة معيقة القوة التي يؤثر بها المائع في جسم يتحرك خلاله، وتعتمد هذه القوة على حركة الجسم وعلى خصائص كلٍ من الجسم والمائع.

القياس المقارنة بين كمية مجهولة وأخرى معيارية.

ك

كميات عددية (قياسية) كميات من مثل درجة الحرارة، والمسافة، لا اتجاه لها.

م

المتجهات كميات من مثل الموقع والسرعة ، لها مقدار واتجاه.

المتغير التابع العامل الذي يعتمد على المتغير المستقل.

المتغير المستقل العامل الذي يُغيَّر أو يُعدَّل خلال التجربة.

المحصلة المتجه الناتج عن جمع متجهين آخرين، وهو يشير دائمًا من ذيل المتجه الأول إلى رأس المتجه الآخر.

المخطط التوضيحي للحركة الصور المتتابعة التي تُظهر مواقع جسم متحرك في فترات زمنية متساوية.

مخطط الجسم الحر نموذج فيزيائي يمثل القوى المؤثرة في نظام ما.

المسافة كمية عددية تصف بعد الجسم عن نقطة الأصل.

مقدار المتجة طول المتجه.

المنحنى البياني للسرعة-الزمن الرسم البياني الذي يمثل تغير السرعة المتجهة بدلالة الزمن، وتحديد إشارة تسارع الجسم المتحرك.

مسرد المصطلحات

الموقع المسافة الفاصلة بين الجسم ونقطة الأصل، ويمكن أن تكون إما موجبة أو سالبة.

الموقع اللحظي موقع الجسم عند لحظة زمنية معينة.

ن

النظام الإحداثي نظام يستخدم لوصف الحركة بحيث يحدد لك موقع نقطة الصفر للمتغير الذي تدرسه، والاتجاه الذي تتزايد فيه قيم المتغير.

النظرية العلمية تفسير يعتمد على عدة مشاهدات مدعومة بنتائج تجريبية. تفسر النظريات القوانين وكيفية عمل الأشياء.

نقطة الأصل هي النقطة التي تكون عندها قيمة كل من المتغيرين صفرًا.

نموذج الجسيم النقطي نسخة معدلة ومبسطة للمخطط التوضيحي للحركة، يمثل الجسم المتحرك فيها بوساطة سلسلة متتابعة من النقاط المفردة.

و

الوزن الظاهري القوة التي يعانيها ذلك الجسم نتيجة لجميع القوى المؤثرة فيه والتي تسبب تسارعه.

draft