# الفصل 1

مقدمة: طبيعة العلوم والفيزياء



ا

الشكل 1-1: المجرات متناهية الكبر مثلما أن الذرات متناهية الصغر. ومع ذلك، نفس قوانين الفيزياء تصف كل منها، وكل الطبيعة المتبقية أيضا- في إشارة إلى الوحدة الكامنة في الكون. قوانين الفيزياء- أيضًا- قليلة بدرجة مدهشة، في إيحاء بالبساطة الكامنة خلف تعقيد الطبيعة المرئي.

(credit: NASA, JPL-Caltech, P. Barmby, Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics)

**مخطط الفصل**

#### 1-1 الفيزياء: مقدمة

• الفرق بين المبدأ والقانون.

• الفرق بين النموذج والنظرية.

#### 1-2 الكميات الفيزيائية والوحدات

•إجراء تحويلات الوحدات في كل من نظام وحدات الدولي والنظام الإنجليزي.

• التعرف على البادئات الأكثر شيوعا في وحدات الدولي واستخدامها في الكتابة العلمية.

#### 1-3 الصحة والدقة والأرقام المعنوية

• تحديد العدد المناسب من الأرقام المعنوية في حسابات كل من الجمع والطرح، وكذلك الضرب والقسمة.

• حساب نسبة الشك في القياس.

#### 1-4 التقدير التقريبي

• عمل تقديرات معقولة بناءً على بيانات معطاة.

**مقدمة عن العلوم وعالم الفيزياء والكميات الفيزيائية والوحدات**: ما انطباعك الأول عندما تسمع كلمة "الفيزياء"؟ هل تتخيل حل المعادلات الصعبة أو حفظ الصيغ التي ليس لها استخدام حقيقي في الحياة خارج الفصول الدراسية؟ كثير من الناس يبدأون علاقتهم بالفيزياء بقليل من الخوف. ولكن عندما تبدأ في استكشاف هذا الموضوع الواسع، قد تدرك قريبا أن الفيزياء تؤدّي دورًا، في حياتك، أكبر بكثير مما كنت تعتقد، بغض النظر عن أهداف حياتك أو عملك.

على سبيل المثال، ألق نظرة على الصورة في الأعلى. هذه الصورة لمجرة أندروميدا، التي تحتوي على مليارات النجوم، والغيوم الضخمة من الغازات والغبار. هناك مجرتان أصغر يمكن رؤيتهما- أيضا، هما البقعتان الزرقاوين الزاهيتين في الخلفية. على بعد 2.5 مليون سنة ضوئية مذهلة من الأرض، هذه المجرة هي الأقرب إلى مجرتنا (التي تسمى درب التبانة). قد يبدو أن النجوم والكواكب التي تشكل أندروميدا هي أبعد شيء عن الحياة اليومية العادية لمعظم الناس. لكن أندروميدا هي نقطة انطلاق للتفكير في القوى التي تربط الكون مع بعضه البعض. إن القوى التي تجعل أندروميدا تتصرف كما تفعل الآن هي نفس القوى التي نتعامل معها هنا على الأرض، سواء كنا نخطط لإرسال صاروخ إلى الفضاء أو رفع الجدران لمنزل جديد. نفس الجاذبية التي تتسبب في دوران نجوم أندروميدا حول نفسها وفي مدارات تؤدي أيضا إلى تدفق المياه فوق السدود الكهرومائية هنا على الأرض. الليلة، خذ لحظة وانظر إلى النجوم. القوى هناك هي نفسها الموجودة هنا على الأرض. خلال دراسة الفيزياء، قد تكتسب فهما أكبر للترابط بين كل ما يمكننا رؤيته ومعرفته في الكون.

فكر الآن في جميع الأجهزة التكنولوجية التي تستخدمها استخداما منتظما، قد يتبادر إلى ذهنك أجهزة الحاسوب والهواتف الذكية وأنظمة نظام تحديد المواقع ومشغلات MP3 وراديو الأقمار الصناعية. بعد ذلك، فكر في التقنيات الحديثة، الأكثر إثارة، التي سمعت عنها في الأخبار، مثل القطارات التي ترتفع فوق المسارات، "عباءات الاختفاء" التي تحني الضوء حولها، والروبوتات المجهرية التي تحارب الخلايا السرطانية في أجسامنا. كل هذه التطورات الرائدة، سواء كانت عادية أو لا تصدق، تعتمد على مبادئ الفيزياء. بصرف النظر عن لعب دور مهم في التكنولوجيا، يطبق المحترفون مثل المهندسين والطيارين والأطباء والمعالجين والكهربائيين ومبرمجي الحاسوب مفاهيم الفيزياء في عملهم اليومي. على سبيل المثال، يجب على الطيار أن يفهم كيف تؤثر قوى الرياح على مسار الرحلة ويجب على المعالج الطبيعي أن يفهم كيف تتأثر العضلات في الجسم بالقوى خلال تحركها وثنيها. كما ستتعلم في هذا النص، فإن مبادئ الفيزياء تخلق تقنيات جديدة ومثيرة، وتطبق هذه المبادئ في مجموعة واسعة من المجالات.

في هذا النص، سوف تبدأ في استكشاف تاريخ دراسة الفيزياء، بدءا من الفلسفة الطبيعية واليونانيين القدماء، وانتهاء بمراجعة السير إسحاق نيوتن وقوانين الفيزياء التي تحمل اسمه. كما ستتعلم عن المعايير التي يستخدمها العلماء عند دراسة الكميات الفيزيائية ونظام القياس الذي يستخدمه معظم المجتمع العلمي للتواصل بلغة رياضية واحدة. وأخيرا، سوف تدرس حدود قدرتنا على أن نكون مصيبين في القياس.

## 1-1 الفيزياء: مقدمة



الشكل 1-2: تخضع تشكيلات طيران الطيور المهاجرة مثل الإوز الكندي لقوانين الفيزياء. (Credit: David Merrett)

الكون المادي معقد للغاية. في كل يوم، يلاحظ كل منا مجموعة كبيرة ومتنوعة من الأشياء والظواهر. على مر القرون، أدى الفضول الجماعي للجنس البشري إلى استكشاف وفهرسة ثروة هائلة من المعلومات؛ من رحلات الطيور إلى ألوان الزهور، من البرق إلى الجاذبية، من الكواركات إلى مجموعات المجرات، من تدفق الزمن إلى سر خلق الكون، طرحنا أسئلة وجمعنا مصفوفات ضخمة من الحقائق. في مواجهة كل هذه التفاصيل، اكتشفنا أن مجموعة صغيرة وموحدة من القوانين الفيزيائية يمكن أن تفسر ما نلاحظه. كبشر، ونحن نصنع التعميمات ونبحث عن النظام قد وجدنا أن الطبيعة تعاونية جدا؛ فهي لها نظامها وبساطتها التي نقدرها.

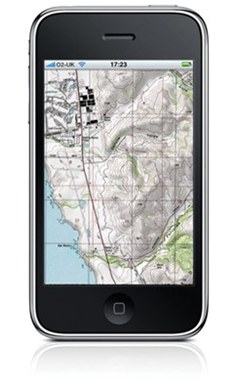
هذا هو النظام الأساسي للطبيعة الذي يجعل العلم عموما، والفيزياء على وجه الخصوص، ممتعة جدّا للدراسة. على سبيل المثال، ما المشترك بين كيس من الرقائق وبطارية السيارة؟ كلاهما يحتوي على طاقة يمكن تحويلها إلى صورة أخرى. يربط قانون حفظ الطاقة (الذي ينص على أن الطاقة يمكن أن تتغير صورتها، ولكنها لا تضيع مطلقا) بين موضوعات مثل السعرات الحرارية الغذائية والبطاريات والحرارة والضوء وزنبرك الساعة. إن فهم هذا القانون يجعل من السهل التعرف إلى الصور المختلفة التي تتخذها الطاقة وكيفية ارتباطها ببعضها البعض. يبدو أن الموضوعات غير المرتبطة ببعضها البعض تتصل من طريق القوانين الفيزيائية المعمول بها على نطاق واسع، مما يسمح بفهم يتجاوز مجرد حفظ قوائم من الحقائق.

الجانب الموحد لقوانين الفيزياء وبساطة الطبيعة هما الموضوعان الأساسيان لهذا النص. لتعلم كيفية تطبيق هذه القوانين، سوف تدرس أهم الموضوعات في الفيزياء. والأهم من ذلك، أنك ستكتسب قدرات تحليلية ستمكنك من تطبيق هذه القوانين خارج نطاق ما يمكن حصره في كتاب واحد. ستساعدك هذه المهارات التحليلية على التفوق الأكاديمي، وستساعدك أيضا على التفكير النقدي في أي عمل تختاره. يناقش هذا الجزء عالم الفيزياء (لتحديد ما هي الفيزياء)، وبعض تطبيقات الفيزياء (لتوضيح أهميتها للتخصصات الأخرى)، وبأسلوب أدق ما يمثله القانون الفيزيائي (لإلقاء الضوء على أهمية التجريب للنظرية).

### العلم وعالم الفيزياء

يتكون العلم من النظريات والقوانين؛ الحقائق العامة للطبيعة. يحاول العلماء باستمرار توسيع هذا الجسد المعرفي وإتقان التعبير عن القوانين التي تصفه. **الفيزياء** تهتم بوصف تفاعلات الطاقة والمادة والفضاء والزمن، وهي مهتمة خصوصا بالآليات الأساسية التي تكمن وراء كل ظاهرة. إن الاهتمام بوصف الظواهر الأساسية في الطبيعة يعرف -أساسا- مجال الفيزياء.

تهدف الفيزياء إلى وصف وظيفة كل شيء من حولنا، من حركة الجسيمات المشحونة الصغيرة إلى حركة الأشخاص والسيارات وسفن الفضاء. في الواقع، يمكن وصف كل شيء تقريبا من حولك بدقة تامة باستخدام قوانين الفيزياء. على سبيل المثال الهاتف الذكي (الشكل 1-3). تصف الفيزياء كيف تتفاعل الكهرباء مع الدوائر المختلفة داخل الجهاز. تساعد هذه المعرفة المهندسين على اختيار المواد المناسبة وتصميم الدوائر عند بناء الهواتف الذكية. بعد ذلك، فكر في نظامتحديد المواقع GPS، تصف الفيزياء العلاقة بين سرعة شيء ما والمسافة التي يقطعها والوقت الذي يستغرقه لقطع تلك المسافة. عند استخدام جهاز تحديد المواقع في سيارة، فإنه يستخدم هذه المعادلات الفيزيائية لتحديد مدة السفر من موقع إلى آخر.



الشكل 1-3: "iPhone” هاتف ذكي شائع به وظيفة تحديد المواقع. تصف الفيزياء الطريقة التي تتدفق بها الكهرباء عبر دوائر هذا الجهاز. يستخدم المهندسون معرفتهم بالفيزياء لبناء جهاز iPhone مع ميزات سيستمتع بها المستخدمون. يستخدم نظام تحديد المواقع معادلات الفيزياء لتحديد مدة القيادة بين موقعين على الخريطة.

(credit: @gletham GIS, Social, Mobile Tech Images)

### تطبيقات الفيزياء:

لا تحتاج إلى أن تكون عالما لتستخدم الفيزياء. على العكس، فإن معرفة الفيزياء مفيدة في المواقف اليومية وكذلك في المهن غير العلمية. يمكن أن تساعدك الفيزياء على فهم كيفية عمل أفران الميكروويف، ولماذا لا ينبغي وضع المعادن بها، ولماذا قد تؤثر على أجهزة تنظيم ضربات القلب. (انظر الشكل 1-4 والشكل 1-5.). الفيزياء تساعدك على فهم أخطار الإشعاع وتقييمها بسهولة أكبر. تشرح الفيزياء أيضا السبب الذي يجعل مبرد السيارة الأسود يساعد في إزالة الحرارة من محرك السيارة، وتشرح لماذا يساعد السقف الأبيض في الحفاظ على برودة المنزل من الداخل. وبالمثل، طريقة عمل نظام الإشعال في السيارة وكذلك نقل الإشارات الكهربائية عبر الجهاز العصبي لجسمنا يكون فهمهما أسهل بكثير عندما تفكر فيها من منظور فيزيائي.

الفيزياء هي أساس العديد من التخصصات الهامة وتساهم مباشرة في التخصصات الأخرى. الكيمياء -على سبيل المثال-لأنها تتعامل مع تفاعلات الذرات والجزيئات لها جذور في الفيزياء الذرية والجزيئية. معظم فروع الهندسة فيزياء تطبيقية. في الهندسة المعمارية، الفيزياء هي قلب الاستقرار الهيكلي، وداخلة في الصوتيات والتدفئة والإضاءة وتبريد المباني. تعتمد أجزاء من الجيولوجيا اعتمادا كبيرا على الفيزياء، مثل التأريخ الإشعاعي للصخور، وتحليل الزلازل، وانتقال الحرارة. بعض التخصصات، مثل الفيزياء الحيوية وفيزياء الأرض، هي مزيج من الفيزياء والتخصصات الأخرى.

الفيزياء لها العديد من التطبيقات في العلوم الحيوية. على المستوى المجهري، فإنها تساعد على وصف خصائص جدران الخلايا وأغشيتها (الشكل 1-6 والشكل 1-7). على المستوى العياني، يمكن أن تفسر الحرارة والشغل والقدرة المرتبطة بجسم الإنسان. تشارك الفيزياء أيضا في التشخيص الطبي، مثل الأشعة السينية والتصوير بالرنين المغناطيسي (MRI) وقياس تدفق الدم بالموجات فوق الصوتية. يشمل العلاج الطبي في بعض الأحيان الفيزياء مباشرة؛ على سبيل المثال، يستخدم الإشعاع المؤين لعلاج السرطان. يمكن للفيزياء أيضا تفسير الظواهر الحسية، مثل كيفية صنع الآلات الموسيقية للصوت، وكيف تكتشف العين اللون، وكيف يمكن لليزر نقل المعلومات.

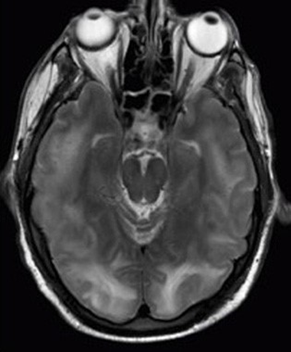
ليس من الضروري دراسة جميع تطبيقات الفيزياء. معرفة القوانين الأساسية للفيزياء ومهارة تطبيقها باستخدام الأساليب التحليلية أفيد. يمكن لدراسة الفيزياء أيضا تحسين مهاراتك في حل المشكلات.

إضافة إلى ذلك، احتفظت الفيزياء بالجوانب الأساسية للعلم، لذلك تستخدم من قبل جميع العلوم، ودراسة الفيزياء تجعل العلوم الأخرى أسهل للفهم.

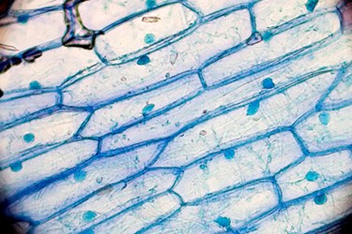
A picture containing text, indoor, monitor, oven

Description automatically generated

الشكل 1-4 تساعدنا قوانين الفيزياء في فهم كيفية عمل الأجهزة الشائعة. على سبيل المثال، يمكن أن تساعد قوانين الفيزياء في شرح كيفية تسخين أفران الميكروويف للطعام، وتساعدنا على فهم سبب خطورة وضع الأشياء المعدنية في فرن الميكروويف (credit: MoneyBlogNewz)

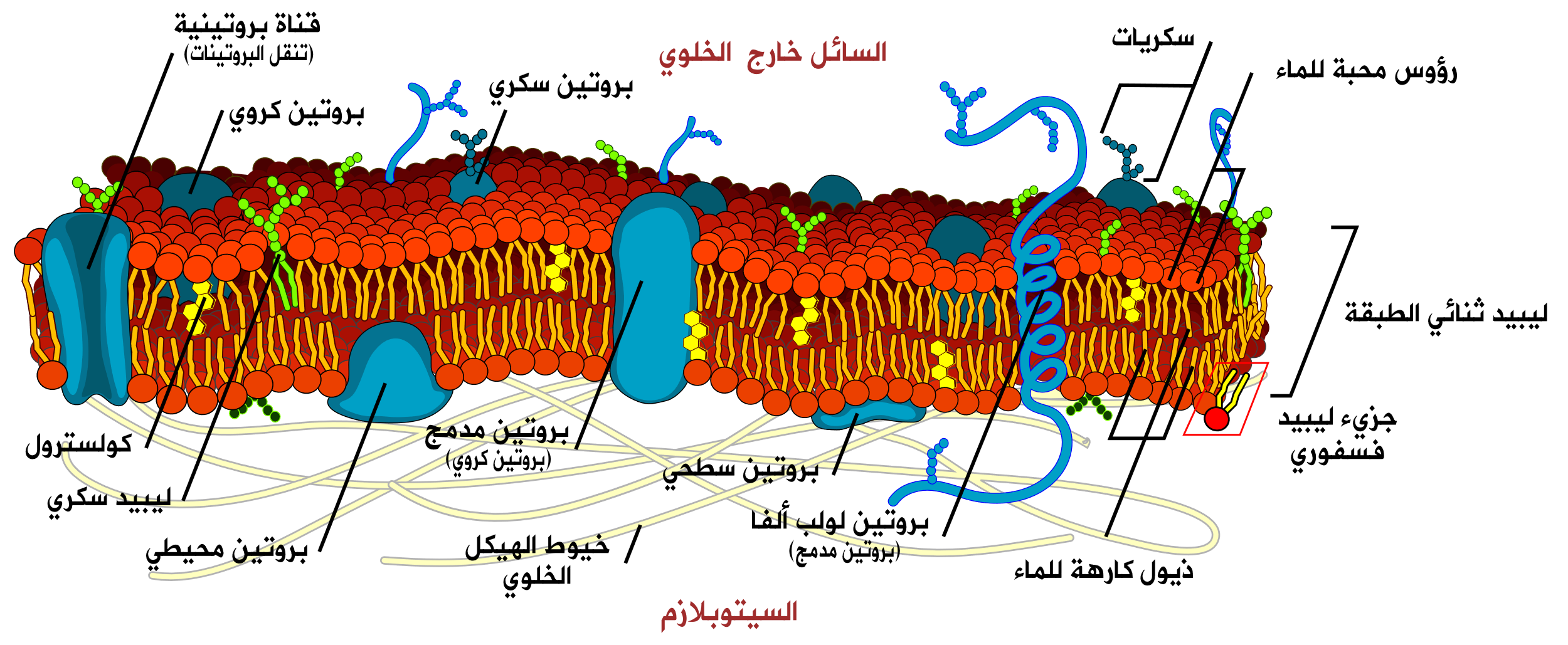


الشكل 1-5 هناك قواسم مشتركة بين هذين التطبيقين. تستخدم أفران الميكروويف الموجات الكهرومغناطيسية لتسخين الطعام. يستخدم التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI) أيضا الموجات الكهرومغناطيسية لإنتاج صورة للدماغ، التي يمكن بواسطتها تحديد الموقع الدقيق للأورام. (Credit: Rashmi Chawla, Daniel Smith, and Paul E. Marik)



الشكل 1-6 تساعد الفيزياء والكيمياء والأحياء في وصف خصائص جدران الخلايا النباتية، مثل خلايا البصل التي تظهر هنا.

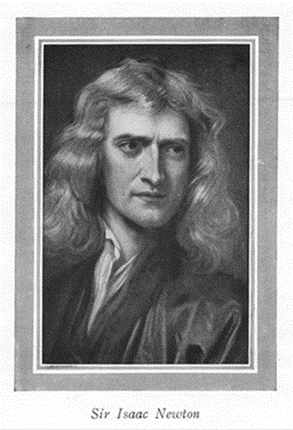
(Credit: Umberto Salvagnin)



الشكل 1-7 رسمة لهيكل غشاء الخلية. تشكل الأغشية حدود الخلايا الحيوانية وهي معقدة في التركيب والوظيفة. وترتبط بالعديد من الخصائص الأساسية للحياة، مثل عملية إطلاق الخلايا العصبية. تساعدنا تخصصات الأحياء والكيمياء والفيزياء في فهم أغشية الخلايا الحيوانية (credit: Mariana Ruiz)

### النماذج والنظريات والقوانين: دور التجريب

قوانين الطبيعة أوصاف موجزة للكون من حولنا. إنها تعبيرات بشرية للقوانين أو القواعد الأساسية التي تتبعها جميع الإجراءات الطبيعية. هذه القوانين متأصلة في الكون؛ لم يخلقها البشر ولذلك لا يمكنهم تغييرها. يمكننا فقط اكتشافها وفهمها. اكتشافها هو مسعى إنساني للغاية، مع جميع عناصر الغموض والخيال والنضال والانتصار وخيبة الأمل المتأصلة في أي جهد إبداعي. (انظر الشكل 1-8 والشكل 1-9.). حجر الزاوية في اكتشاف القوانين الطبيعية هو الملاحظة؛ يجب أن يصف العلم الكون كما هو، وليس كما نتخيله.



الشكل 1-8 **إسحاق نيوتن** (1642-1727) كان مترددا جدّا في نشر أعماله الثورية وكان لا بد من إقناعه. في سنواته الأخيرة، استقال من منصبه الأكاديمي وأصبح وزيرا لدار سك العملة الملكية. لقد أخذ هذا العمل على محمل الجد حيث اخترع النقوش على حرف العملات المعدنية لمنع تزويرها. credit: Arthur Shuster and Arthur E. Shipley: Britain’s Heritage of Science. London, 1917.))

A picture containing text, person, wall, indoor

Description automatically generated

الشكل 1-9 **ماري كوري** (1867-1934) ضحت بأصولها المالية لتساعد في تمويل أبحاثها الثورية وألحقت أضرارا بسلامتها البدنية بسبب التعرض للإشعاع. هي الشخص الوحيد الذي فاز بجائزة نوبل في كل من الفيزياء والكيمياء. فازت إحدى بناتها أيضا بجائزة نوبل (credit: Wikimedia Commons)

نحن جميعا فضوليون إلى حد ما. ننظر حولنا ونصنع تعميمات ونحاول فهم ما نراه. على سبيل المثال، ننظر إلى الأعلى ونتساءل عما إذا كان نوع من السحاب يشير إلى عاصفة قادمة. عندما أصبحنا جادين في استكشاف الطبيعة، أصبحنا أكثر تنظيما ورسمية في جمع البيانات وتحليلها. نحاول بدقة أكبر، ونجري تجارب مخططة (إذا استطعنا)، ونكتب أفكارا حول كيفية تنظيم البيانات وتوحيدها. وبعد ذلك، نصيغ النماذج والنظريات والقوانين بناء على البيانات التي جمعناها وحللناها لتعميم ونشر نتائج هذه التجارب.

**النموذج** هو تمثيل لشيء ما والذي يكون، غالبًا، من الصعب جدّا (أو مستحيل) عرضه مباشرة. في حين أن النموذج مبرر بإثبات تجريبي، إلا أنه دقيق فقط في حالات محدودة. مثال على ذلك، النموذج الكوكبي للذرة حيث تصور الإلكترونات وهي تدور حول النواة، على غرار الطريقة التي تدور بها الكواكب حول الشمس. (انظر الشكل 1-10). لا يمكننا مراقبة مدارات الإلكترون مباشرة، لكن الصورة الذهنية تساعد في تفسير ما نلاحظه أحيانا، مثل انبعاث الضوء من الغازات الساخنة (الأطياف الذرية). يستخدم الفيزيائيون النماذج لأغراض متنوعة. على سبيل المثال، يمكن أن تساعد النماذج الفيزيائيين في تحليل حالة معينة وإجراء عملية حسابية، أو يمكن استخدامها لتمثيل موقف ما في شكل محاكاة حاسوبية. **النظرية** هي تفسير للأنماط في الطبيعة مدعوم بأدلة علمية وتم التحقق منه عدة مرات من قبل مجموعات مختلفة من الباحثين. بعض النظريات تشمل نماذج للمساعدة في تصور الظواهر، في حين أن البعض الآخر لا. نظرية الجاذبية لنيوتن، على سبيل المثال، لا تتطلب نموذجا أو صورة ذهنية، لأننا نستطيع أن نلاحظ الأشياء مباشرة بحواسنا. من ناحية أخرى، فإن النظرية الحركية للغازات نموذج يصور الغاز كأنه مكون من ذرات وجزيئات. الذرات والجزيئات صغيرة جدّا بحيث لا يمكن ملاحظتها مباشرة باستخدام حواسنا - وبالتالي، فإننا نتصورها ذهنيّا لفهم ما تخبرنا به أدواتنا عن سلوك الغازات.

**القانون** يستخدم لغة موجزة لوصف نمط معمم في الطبيعة مدعوم بأدلة علمية وتجارب متكررة. في كثير من الأحيان، يمكن التعبير عن القانون في شكل معادلة رياضية واحدة. تتشابه القوانين والنظريات؛ حيث إنهما تعبيران علميان ناتجان عن فرضية مجربة ومدعومان بالأدلة العلمية. ومع ذلك، فإن كلمة قانون محجوزة لتكون بيان موجز ومعمم لوصف الظواهر في الطبيعة، مثل قانون حفظ الطاقة خلال أي إجراء، أو قانون نيوتن الثاني للحركة، الذي يربط القوة والكتلة والتسارع بمعادلة بسيطة .على النقيض، فإن النظرية هي بيان أقل إيجازا للظواهر المرصودة. على سبيل المثال، لا يمكن التعبير عن نظرية التطور ونظرية النسبية بأسلوب موجز بما يكفي كي يكون أي منهما قانونا. أكبر فرق بين القانون والنظرية هو أن النظرية أكثر تعقيدا وشمولا. يصف القانون فعلا واحدا، في حين تشرح النظرية مجموعة كاملة من الظواهر المرتبطة ببعضها البعض. مع أنّ القانون فرضية، إلا أنه أساس المنهج العلمي، حيث إن النظرية هي النتيجة النهائية لتلك العملية.

عادة ما يطلق على العبارات الأقل قابلية للتطبيق على نطاق واسع "المبادئ" (مثل مبدأ باسكال، الذي لا ينطبق إلا على السوائل)، ولكن غالبا لا يماز بين القوانين والمبادئ بعناية.

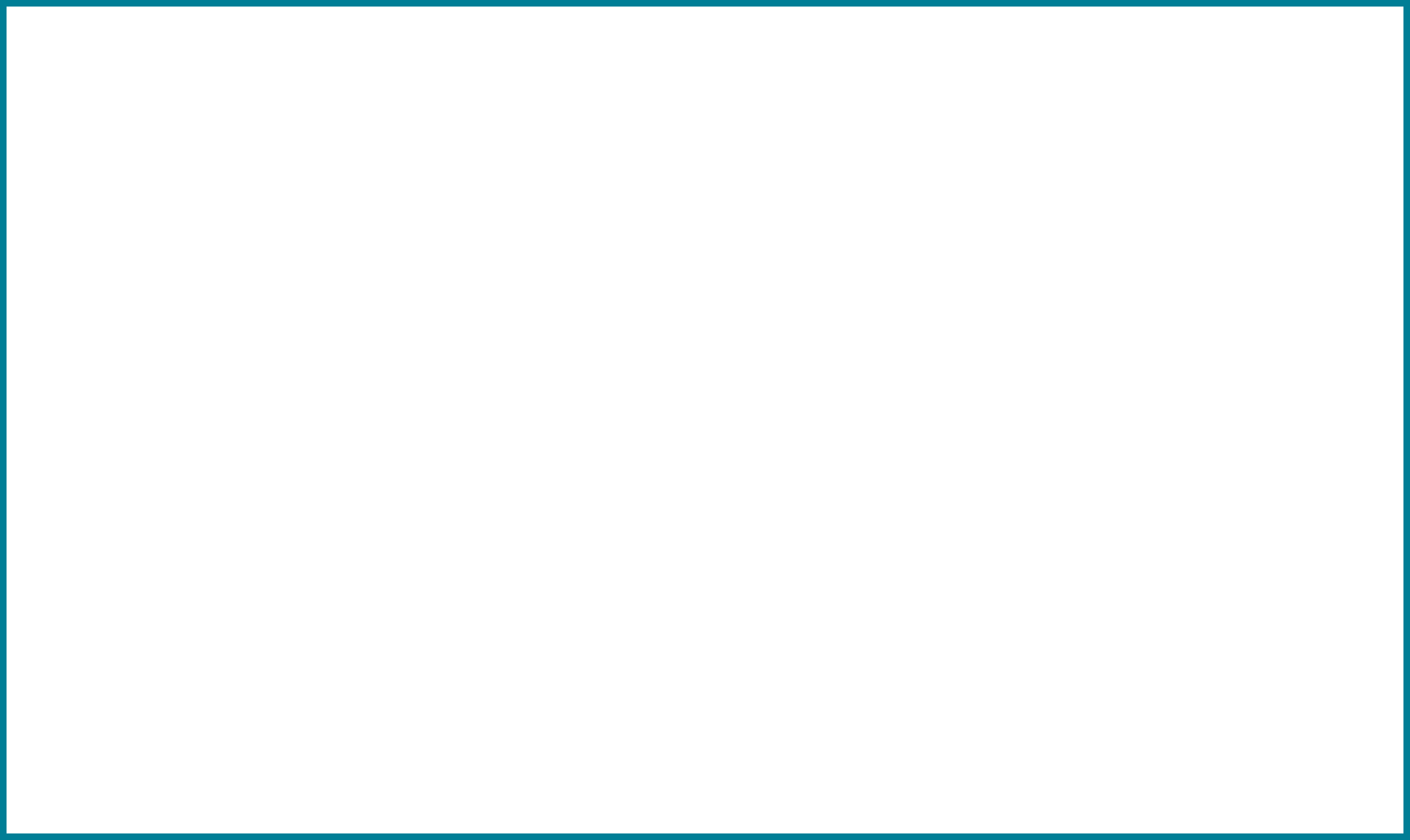
Diagram

Description automatically generated

الشكل 1-10 ما النموذج؟ هذا هو النموذج الكوكبي للذرة يظهر الإلكترونات تدور حول النواة. إنه رسم نستخدمه لتشكيل صورة ذهنية للذرة التي لا يمكننا رؤيتها بأعيننا مباشرة لأنها صغيرة جدّا.

النماذج والنظريات والقوانين  
تستخدم النماذج والنظريات والقوانين لمساعدة العلماء في تحليل البيانات التي جمعوها. ومع ذلك، في كثير من الأحيان بعد تطوير نموذج أو نظرية أو قانون، فإنه يوجه العلماء نحو اكتشافات جديدة لم نكن لنكتشفها لولا ذلك.

النماذج والنظريات والقوانين التي نبتكرها أحيانا تدل على وجود ظواهر وأشياء لم تكتشف بعد. هذه التوقعات انتصار استثنائي وتؤكد قوة العلم. إنه النظام الكامن في الكون الذي يمكّن العلماء من إجراء مثل هذه التنبؤات المذهلة. ومع ذلك، إذا لم تؤكد التجربة تنبؤاتنا، فإن النظرية أو القانون خاطئ، بغض النظر عن مدى أنقته أو ملاءمته. لا يمكن أبدا معرفة القوانين بيقين مطلق؛ لأنه من المستحيل إجراء كل تجربة يمكن تخيلها لتأكيد قانون ما في كل حالة ممكنة. يفترض الفيزيائيون أن جميع القوانين والنظريات العلمية صالحة حتى يوجد ما يثبت عكس ذلك. إذا تعارضت تجربة مع قانون راسخ، يجب تعديل القانون أو إسقاطه بالكامل.

تعد دراسة العلوم عموما والفيزياء خصوصا مغامرة تشبه إلى حد بعيد استكشاف المحيطات المجهولة. تصنع الاكتشافات، وتصاغ النماذج والنظريات والقوانين، وأصبح جمال الكون المادي أسمى بسب المعرفة المكتسبة.

### المنهج العلمي

العلماء خلال جمعهم للمعلومات حول العالم، فإنهم يتبعون عملية تسمى المنهج العلمي. تبدأ هذه العملية عادة بملاحظة وسؤال سيبحثه العالم. بعد ذلك، يقوم العالم عادة بإجراء بعض البحوث حول الموضوع ثم يبتكر فرضية. بعد ذلك، يختبر العالم الفرضية عن طريق إجراء تجربة. أخيرا، يحلل العالم نتائج التجربة ويصل إلى استنتاج. لاحظ أنه يمكن تطبيق المنهج العلمي على العديد من المواقف التي لا تقتصر على العلم فقط، ويمكن تعديل هذا المنهج ليناسب الموقف.

تأمل في المثال القادم. لنفترض أنك تحاول تشغيل سيارتك، لكنها لا تعمل. لا شك أنك تتساءل: لماذا لا تبدأ السيارة؟ يمكنك اتباع منهج علمي للإجابة على هذا السؤال. أولا، يمكنك إجراء بعض البحث لتحديد مجموعة متنوعة من الأسباب لعدم بدء السيارة. بعد ذلك، ستصيغ فرضية. على سبيل المثال، قد تعتقد أن السيارة لا تعمل لأنها لا تحتوي Shape, rectangle

Description automatically generatedعلى زيت في محرك. لاختبار ذلك، تفتح غطاء السيارة وتفحص مستوى الزيت. أنت تلاحظ أن الزيت مستواه مقبول، وبالتالي تستنتج أن مستوى الزيت ليس السبب في مشكلة سيارتك. لاستكشاف المشكلة – بدرجة أكبر- وإصلاحها، يمكنك وضع فرضية جديدة لاختبارها ثم تكرر العملية مرة أخرى.

### تطور الفلسفة الطبيعية إلى الفيزياء الحديثة

لم تكن الفيزياء دائما تخصصا منفصلا ومتميزا عن باقي العلوم. ولا تزال الفيزياء مرتبطة بالعلوم الأخرى حتى يومنا هذا. تأتي كلمة فيزياء من اليونانية، وتعني "الطبيعة". كانت دراسة الطبيعة تسمى "الفلسفة الطبيعية". من العصور القديمة حتى عصر النهضة، شملت الفلسفة الطبيعية العديد من المجالات، بما في ذلك علم الفلك وعلم الأحياء والكيمياء، والفيزياء والرياضيات، والطب. على مدى القرون القليلة الماضية، أدى نمو المعرفة إلى زيادة التخصص وتفرعت مجالات منفصلة من الفلسفة الطبيعية، مع احتفاظ الفيزياء بكونها أساس لكل هذه العلوم. (انظر الشكل 1-11، الشكل 1-12، الشكل 1-13.) الفيزياء التي تطورت من عصر النهضة إلى نهاية القرن ال 19 تسمى الفيزياء الكلاسيكية. حولت إلى الفيزياء الحديثة بسبب الاكتشافات الثورية التي تمت في بداية القرن العشرين.



الشكل 1-11 على مر القرون، تطورت الفلسفة الطبيعية إلى فروع أكثر تخصصا، كما يتضح من مساهمات بعض أعظم العقول في التاريخ. الفيلسوف اليوناني **أرسطو** (384-322 قبل الميلاد) كتب عن مجموعة واسعة من المواضيع بما في ذلك الفيزياء والحيوانات والروح والسياسة والشعر (credit: Jastrow (2006) \Ludovisi Collection)

A person with a beard

Description automatically generated with low confidence

الشكل 1-12 **غاليليو غاليلي** (1564-1642) وضع أساس التجريب الحديث وقدم مساهمات في الرياضيات والفيزياء وعلم الفلك. (Credit: Domenico Tintoretto)

A person in a suit

Description automatically generated with medium confidence

الشكل 1-13 **نيلز بور** (1885-1962) قدم مساهمات أساسية في تطوير ميكانيكا الكم؛ جزء من الفيزياء الحديثة. (Credit: United States Library of Congress Prints and Photographs Division)

الفيزياء الكلاسيكية ليست وصفا دقيقا للكون، لكنها تقدير تقريبي ممتاز تحت الظروف التالية: يجب أن تتحرك المادة بسرعات أقل من حوالي 1٪ من سرعة الضوء، ويجب أن تكون الأشياء التي يتعامل معها كبيرة بما يكفي لرؤيتها باستخدام مجهر، ويمكن فقط إشراك مجالات الجاذبية الضعيفة، مثل المجال الذي تولده الأرض. نظرا لأن البشر يعيشون في مثل هذه الظروف، فإن الفيزياء الكلاسيكية تبدو منطقية وحدسية، بينما تبدو العديد من جوانب الفيزياء الحديثة غريبة. هذا السبب في أن النماذج مفيدة جدّا في الفيزياء الحديثة - فهي تتيح لنا تصور الظواهر التي لا نختبرها عادة. يمكننا فهم النماذج من منظورنا وتصور ما يحدث عندما تتحرك الأشياء بسرعات عالية أو تخيل ما قد تكون عليه الأشياء الصغيرة جدّا التي لا يمكننا ملاحظتها بحواسنا. على سبيل المثال، يمكننا فهم خصائص الذرة لأننا نستطيع تصورها بأذهاننا، على الرغم من أننا لم نر أبدا ذرة بأعيننا. تتيح لنا الأدوات الجديدة، بالطبع، تصور أفضل للظواهر التي لا يمكننا رؤيتها. في الواقع، سمحت لنا الأجهزة الجديدة في السنوات الأخيرة "بتصوير" الذرة فعليا.

#### حدود قوانين الفيزياء الكلاسيكية

لتطبيق قوانين الفيزياء الكلاسيكية، يجب استيفاء المعايير التالية: يجب أن تتحرك المادة بسرعات أقل من حوالي 1٪ من سرعة الضوء، ويجب أن تكون الأشياء التي يتعامل معها كبيرة بما يكفي لمشاهدتها بمجهر، وفقط يمكن أن تشارك مجالات الجاذبية الضعيفة (مثل المجال الذي تولده الأرض).

A picture containing curtain

Description automatically generated

الشكل 1-14 باستخدام مجهر المسح النفقي (STM)، يمكن للعلماء رؤية الذرات الفردية التي تتكون منها هذه الصفيحة من الذهب credit: Erwinrossen))

لقد أحرز بعض من أروع التطورات العلمية في الفيزياء الحديثة. عدل أو رفض العديد من قوانين الفيزياء الكلاسيكية، ونتج عن ذلك تغييرات ثورية في التكنولوجيا والمجتمع ونظرتنا للكون. مثل الخيال العلمي، تمتلئ الفيزياء الحديثة بأشياء رائعة تتجاوز تجاربنا الحياتية، لكنها تتميز عن الخيال العلمي بكونها حقيقية للغاية. لماذا إذا معظم هذا النص مخصص لموضوعات الفيزياء الكلاسيكية؟ هناك سببان رئيسان: الفيزياء الكلاسيكية تعطي وصفا دقيقا للغاية للكون في ظل مجموعة واسعة من الظروف اليومية، ومعرفة الفيزياء الكلاسيكية ضروري لفهم الفيزياء الحديثة.

**الفيزياء الحديثة** تتكون من النظريتين الثوريتين، النسبية وميكانيكا الكم. تتعامل هذه النظريات مع الأمور السريعة والصغيرة جدّا، على الترتيب. **النسبية** يجب أن تستخدم عندما يتحرك شيء ما بسرعة تزيد عن 1٪ من سرعة الضوء أو يتعرض لحقل جاذبية قوي مثل ذلك القريب من الشمس. **ميكانيكا الكم** يجب أن تستخدم للأشياء الأصغر مما يمكن رؤيته بالمجهر. الجمع بين هاتين النظريتين هي نظرية ميكانيكا الكم النسبية، وتصف سلوك الأجسام الصغيرة التي تسافر بسرعات عالية أو تعاني مجال جاذبية قوي. ميكانيكا الكم النسبية هي أفضل نظرية قابلة للتطبيق عالميا. نظرا لتعقيدها الرياضي، تستخدم فقط عند الضرورة، وتستخدم النظريات الأخرى عندما ينتج عنها نتائج دقيقة بما يكفي. ومع ذلك، سنجد أنه يمكننا دراسة قدر كبير من الفيزياء الحديثة باستخدام الجبر وعلم المثلثات المستخدم في هذا الكتاب.

**تحقق فهمك**

يخبرك صديق أنه تعلم عن قانون جديد للطبيعة. ماذا يمكنك أن تعرف عن هذه المعلومات حتى قبل أن يصف صديقك القانون؟ كيف كانت ستختلف هذه المعلومات إذا أخبرك صديقك أنه تعلم عن نظرية علمية بدلا من قانون؟

**الحل**دون معرفة تفاصيل القانون، لا يزال بإمكانك استنتاج أن المعلومات التي تعلمها صديقك تتوافق مع متطلبات جميع قوانين الطبيعة: ستكون وصفا موجزا للكون من حولنا؛ بيان بالقواعد الكامنة وراء جميع العمليات الطبيعية. إذا كانت المعلومات عن نظرية، فستكون قادرا على استنتاج أن المعلومات ستكون تعميما واسع النطاق وقابل للتطبيق الواسع.

## 1-2 الكميات الفيزيائية والوحدات

Earth from outer space

Description automatically generated with low confidence

الشكل 1-16 قد تبدو المسافة من الأرض إلى القمر هائلة، لكنها مجرد جزء صغير من المسافات بين الأرض والأجرام السماوية الأخرى. (Credit: NASA)

إن نطاق الأشياء والظواهر المدروسة في الفيزياء هائل. من العمر القصير بدرجة لا تصدق للنواة إلى عمر الأرض، من الأحجام الصغيرة للجسيمات دون النووية إلى المسافة الشاسعة بين حواف الكون المعروف، من القوة التي تمارسها البراغيث القافزة إلى القوة بين الأرض والشمس، هناك ما يكفي من عوامل 10 لتحدي خيال حتى أكثر العلماء خبرة. إن إعطاء القيم العددية للكميات الفيزيائية والمعادلات للمبادئ الفيزيائية يسمح لنا بفهم الطبيعة فهما أعمق بكثير مما يفعله الوصف الكيفي وحده. لفهم هذه النطاقات الشاسعة، يجب أن يكون لدينا أيضا وحدات مقبولة للتعبير عنها. وسوف نجد أنه (حتى في المناقشة الحياتية للأمتار والكيلوجرامات والثواني) تظهر بساطة عميقة للطبيعة. يمكن التعبير عن جميع الكميات الفيزيائية باستخدام أربع كميات فيزيائية أساسية فقط: الطول والكتلة والوقت والتيار الكهربائي.

نعرف **كمية الفيزيائية** إما عن طريق تحديد كيفية قياسها أو عن طريق تحديد كيفية حسابها من القياسات الأخرى. على سبيل المثال، نحدد المسافة والوقت بتحديد طرق قياسهما، بينما نحدد متوسط السرعة بأنه المسافة المقطوعة مقسومة على وقت السفر.

يعبر عن قياسات الكميات الفيزيائية باستخدام **الوحدات**، وهي قيم قياسية. على سبيل المثال، يمكن التعبير عن طول سباق، وهو كمية فيزيائية، بوحدات الأمتار (للعدائين) أو بالكيلومترات (لعدائي المسافات). دون الوحدات القياسية، سيكون من الصعب للغاية على العلماء التعبير عن القيم المقاسة ومقارنتها.

هناك نوعان من الأنظمة الرئيسية للوحدات المستخدمة في العالم: **وحدات النظام الدولي (SI)** (المعروف أيضا باسم النظام المتري)، **الوحدات الإنجليزية** (المعروف أيضا باسم النظام المعتاد أو الإمبراطوري). **الوحدات الإنجليزية** كانت تستخدم قديما في الدول التي كانت تحكمها الإمبراطورية البريطانية ولا تزال تستخدم على نطاق واسع في الولايات المتحدة. تقريبا، تستخدم كل الدول الأخرى في العالم الآن وحدات النظام الدولي كوحدات قياسية؛ النظام المتري هو أيضا النظام القياسي المتفق عليه من قبل العلماء والرياضيين. يشتق الاختصار "SI" من French Système International.

### وحدات النظام الدوليSI : الوحدات الأساسية والمشتقة

الجدول 1-1 يوضح وحدات النظام الدولي الأساسية المستخدمة في الكتاب. يستخدم الكتاب وحدات أخرى في عدد قليل من التطبيقات حيث تكون شائعة الاستخدام، مثل قياس ضغط الدم بالمليمتر الزئبقي (mm Hg) عندما تناقش الوحدات غير التابعة للنظام الدولي للوحدات، فستربط بوحدات النظام الدولي باستخدام التحويلات.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| الطول | الكتلة | الزمن | التيار الكهربائي |
| المتر (m) | كيلوجرام (kg) | الثانية(s) | الامبير(A) |

**الجدول** 1-1 وحدات النظام الدولي الأساسية

إنها حقيقة غريبة أن بعض الكميات الفيزيائية أساسية أكثر من الآخرين، وأن الكميات الفيزيائية الأساسية يمكن تعريفها فقط من حيث الإجراء المستخدم لقياسها. لذا، فإنّ الوحدات التي تقاس تسمى **الوحدات الأساسية**. في هذا الكتاب، تعتبر الكميات الفيزيائية الأساسية هي الطول والكتلة والزمن والتيار الكهربائي. (لاحظ أنه لن يقدّم التيار الكهربائي إلا متأخرا في هذا النص.) يمكن التعبير عن جميع الكميات الفيزيائية الأخرى، مثل القوة والشحنة الكهربائية، في هيئة توليفات من الطول والكتلة والزمن والتيار (على سبيل المثال، السرعة هي الطول مقسوما على الزمن)؛ هذه الوحدات تسمى **الوحدات المشتقة**.

### وحدات الزمن والطول والكتلة: الثانية، المتر، والكيلوجرام

#### الثانية

وحدة النظام الدولي للزمن، **الثانية**(s)، لها تاريخ طويل. لسنوات عديدة عرفت على أنها من اليوم الشمسي المتوسط. في الآونة الأخيرة، اعتمد معيار جديد للحصول على صحة أكبر ولتحديد الثانية من حيث ظاهرة فيزيائية ثابتة (لأن اليوم الشمسي يزداد طولا بسبب التباطؤ التدريجي للغاية في دوران الأرض). يمكن جعل ذرات السيزيوم تهتز بطريقة منتظمة للغاية، ويمكن ملاحظة هذه الاهتزازات بسهولة وعدها. في عام 1967 أعيد تعريف الثانية على أنها الوقت اللازم لـ من هذه الاهتزازات. (انظر الشكل 1-18.) مدى الصحة في الوحدات الأساسية أمر ضروري، لأنه يعبّر عن جميع القياسات في نهاية المطاف باستخدام الوحدات الأساسية، ولا يمكن أن تكون أصح من الوحدات الأساسية نفسها.

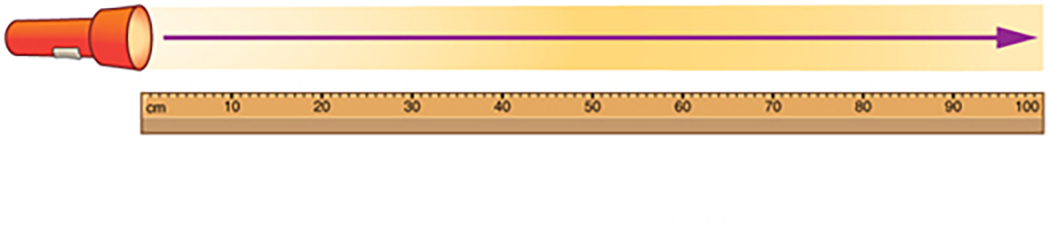
A picture containing cart, carriage, rack

Description automatically generated

الشكل 1-18 تستخدم ساعة ذرية مثل هذه اهتزازات ذرات السيزيوم للحفاظ على دقة الوقت لأقل من ميكرو ثانية في السنة. الوحدة الأساسية الزمن، الثانية، تعتمد على مثل هذه الساعات. تظهر هذه الصورة نافورة ذرية يبلغ ارتفاعها 30 قدما تقريبا! (Credit: Steve Jurvetson\Flickr)

#### المتر

وحدة النّظام الدّوليّ للطّول هي **المتر** (m ) ؛ لقد تغيّر تعريفه أيضا بمرور الوقت ليصبح أصح وأدق . عرف المتر أوّل مرّة في عام 1791 على أنّه من المسافة من خطّ الاستواء إلى القطب الشّماليّ. حسن هذا القياس في عام 1889 من خلال إعادة تعريف المتر ليكون المسافة بين خطّين منقوشين على قضيب من سبيكة البلاتين - الإيريديوم محفوظة الآن بالقرب من باريس. بحلول عام 1960، أصبح من الممكن تحديد المتر بدرجة أدقّ باستخدام الطّول الموجيّ للضّوء ، لذلك أعيد تعريفه مرّة أخرى على أنّه 1650763.73 من الأطوال الموجيّة للضّوء البرتقاليّ المنبعث من ذرّات الكريبتون . في عام 1983، أعطي المتر تعريفه الحاليّ ( لمزيد من الصّحّة ) حيث ينتقل الضّوء في فراغ في من الثّانية . (انظر الشكل 1 - 19 . ) يحدّد هذا التّغيّر سرعة الضّوء لتكون بالضّبط 299792458 مترا في الثّانية. سيتغيّر طول المتر إذا قيست سرعة الضّوء يوما ما بصحّة أكبر.



يسافر الضوء في الفراغ مسافة 1 متر خلال ثانية

الشكل 1-19 يعرّف المتر على أنه المسافة التي يقطعها الضوء في من الثانية في الفراغ. المسافة المقطوعة هي السرعة مضروبة في الزمن.

#### الكيلوجرام

وحدة النّظام الدّوليّ للكتلة هي **الكيلوجرام** (kg ) ؛ عرّفت سابقا بأنّها كتلة أسطوانة بلاتينيوم - إيريديوم محفوظة مع المتر العيّاري القديم في المكتب الدّوليّ للأوزان والمقاييس بالقرب من باريس. يحتفظ أيضا بنسخ طبق الأصل للكيلوجرام المحدّد مسبقا في المعهد الوطنيّ للمعايير والتّكنولوجيا بالولايات المتّحدة، أو NIST ، الموجود في جايثرسبيرغ ، ميريلاند خارج واشنطن العاصمة ، وفي مواقع أخرى حول العالم . يمكن تحديد جميع الكتل الأخرى في نهاية المطاف بالمقارنة مع الكتلة القياسيّة. مع أنّ أسطوانة البلاتين - الإيريديوم مقاومة للتّآكل، إلّا أنّ الملوّثات المحمولة جوّا كانت قادرة على الالتصاق بسطحها بمرور الوقت ، وتغيير كتلتها قليلا . في مايو 2019، تبنّي المجتمع العلميّ تعريفا أكثر ثباتا للكيلوغرام . يعرّف الكيلوجرام الآن من حيث الثّانية، والمتر ، وثابت بلانك h ( قيمةٌ تربط طاقة الفوتون بتردّده ) .

سيقدّم التّيّار الكهربائيّ والوحدة المصاحبة له، الأمبير، عند تغطية الكهرباء والمغناطيسيّة . تهتمّ الأجزاء الأولى في هذا الكتاب بالميكانيكا، والسّوائل والحرارة والأمواج. في هذه المواضيع يمكن التّعبير عن جميع الكمّيّات الفيزيائيّة بالوحدات الأساسيّة للطّول والكتلة والزّمن.

### البادئات المترية

وحدات النظام الدولي هي جزء من **النظام المتري**. النظام المتري مناسب للحسابات العلمية والهندسية لأن الوحدات مصنفة حسب عوامل من 10. جدول (1-2) يوضح البادئات المترية ورموزها المستخدمة لتوضيح عوامل 10.

تتمتع الأنظمة المترية بميزة أن تحويلات الوحدات تتضمن أسس 10 فقط. هناك 100 سم في المتر، 1000 متر في الكيلومتر، وهلم جرا. في الأنظمة غير المترية، مثل نظام الوحدات المعتادة الأمريكية، العلاقات ليست بسيطة—هناك 12 بوصة في القدم، 5280 قدم في ميل، وهلم جرا. ميزة أخرى للنظام المتري هي أنه يمكن استخدام نفس الوحدة على نطاقات كبيرة للغاية من القيم ببساطة باستخدام بادئة مترية مناسبة. على سبيل المثال، المسافات بالأمتار مناسبة في البناء، بينما المسافات بالكيلومترات مناسبة للسفر الجوي، والنانومتر مناسب في التصميم البصري. مع النظام المتري ليست هناك حاجة لاختراع وحدات جديدة لتطبيقات معينة.

المصطلح **رتبة المقدار** يشير إلى حجم القيمة المعبر عنها في النظام المتري. كل أس 10 في النظام المتري يمثل رتبة مقدار مختلفة. على سبيل المثال ، وبالمثل لكل رتب المقدار المختلفة. جميع الكميات التي يمكن التعبير عنها كحاصل ضرب لنفس الأس ويقال إنها من نفس الرتبة. على سبيل المثال، العدد يمكن كتابته على النحو التالي ، والعدد يمكن كتابته على النحو التالي وهكذا فإن العددان هما من نفس الرتبة: يمكن اعتبار رتبة المقدار بمنزلة تقدير لحجم القيمة. قطر الذرة هو على رتبة في حين أن قطر الشمس على رتبة .

#### البحث عن معايير مجهرية للوحدات الأساسية

الوحدات الأساسيّة المذكورة في هذا الفصل هي الّتي تنتج أكبر قدر من الصّحّة في القياس. هناك شعور بين الفيزيائيّين أنّه نظرا لوجود بنية أساسيّة مجهريّة للمادّة، سيكون أفضل أن نبني معايير القياس على الأشياء المجهريّة والظّواهر الفيزيائيّة الأساسيّة مثل سرعة الضّوء . أنجز معيار مجهري للزّمن يعتمد على تذبذبات ذرّة السّيزيوم.

كان معيار الطّول يعتمد في السّابق على الطّول الموجي للضّوء المنبعث من نوع معيّن من الذّرّات، ولكن استبدل بالقياس الأدقّ لسرعة الضّوء . إذا أصبح من الممكن قياس كتلة الذّرّات أو ترتيب معيّن للذّرّات مثل كرة السّيليكون بدقّة أكبر من معيار الكيلوجرام، فقد يصبح من الممكن بناء قياسات الكتلة على معيار مجهريّ (صغير النّطاق ) . هناك أيضا احتمال أن تسمح لنا الظّواهر الكهربائيّة صغيرة النّطاق يوما ما بتأسيس وحدة للشّحنة على أساس شحنة الإلكترونات والبروتونات، ولكن في الوقت الحاليّ يرتبط التّيّار والشّحنة بالتّيّارات والقوى - العيانيّة - بين الأسلاك.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| السابقة | الرمز E | 10n | الرقم العشري | | متبنى منذ |
| [يوتا](https://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%8A%D9%88%D8%AA%D8%A7_(%D8%B3%D8%A7%D8%A8%D9%82%D8%A9)) | Y | 1024 | 1000000000000000000000000 | | 1991 |
| [زيتا](https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B2%D9%8A%D8%AA%D8%A7_(%D8%B3%D8%A7%D8%A8%D9%82%D8%A9)) | Z | 1021 | 1000000000000000000000 | | 1991 |
| [إكسا](https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A5%D9%83%D8%B3%D8%A7) | E | 1018 | 1000000000000000000 | | 1975 |
| [بيتا](https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D9%8A%D8%AA%D8%A7_(%D8%B3%D8%A7%D8%A8%D9%82%D8%A9)) | P | 1015 | 1000000000000000 | | 1975 |
| [تيرا](https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AA%D9%8A%D8%B1%D8%A7_(%D8%B3%D8%A7%D8%A8%D9%82%D8%A9)) | T | 1012 | 1000000000000 | | 1960 |
| [جيجا](https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AC%D9%8A%D8%AC%D8%A7) | G | 109 | 1000000000 | | 1960 |
| [ميغا](https://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%8A%D8%BA%D8%A7) | M | 106 | 1000000 | | 1960 |
| [كيلو](https://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%83%D9%8A%D9%84%D9%88) | k | 103 | 1000 | | 1795 |
| [هكتو](https://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%87%D9%83%D8%AA%D9%88) | h | 102 | 100 | | 1795 |
| [ديكا](https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AF%D9%8A%D9%83%D8%A7) | da | 101 | 10 | | 1795 |
|  | 100 | واحد | |
| [ديسي](https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AF%D9%8A%D8%B3%D9%8A_(%D8%B9%D8%AF%D8%AF)) | d | 10-1 | 0.1 | | 1795 |
| [سنتي](https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B3%D9%86%D8%AA%D9%8A_(%D8%B9%D8%AF%D8%AF)) | c | 10-2 | 0.01 | | 1795 |
| [ميللي](https://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%8A%D9%84%D9%84%D9%8A) | m | 10-3 | 0.001 | | 1795 |
| [ميكرو](https://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%8A%D9%83%D8%B1%D9%88) | [μ](https://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%88_(%D8%AD%D8%B1%D9%81)) | 10-6 | 0.000001 | | 1960 |
| [نانو](https://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%86%D8%A7%D9%86%D9%88_(%D8%B3%D8%A7%D8%A8%D9%82%D8%A9)) | n | 10-9 | 0.000000001 | | 1960 |
| [بيكو](https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D9%8A%D9%83%D9%88_(%D9%88%D8%AD%D8%AF%D8%A9_%D8%B3%D8%A7%D8%A8%D9%82%D8%A9)) | p | 10-12 | 0.000000000001 | | 1960 |
| [فيمتو](https://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%81%D9%8A%D9%85%D8%AA%D9%88_(%D8%B3%D8%A7%D8%A8%D9%82%D8%A9)) | f | 10-15 | 0.000000000000001 | | 1964 |
| [أتو](https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A3%D8%AA%D9%88) | a | 10-18 | 0.000000000000000001 | | 1964 |
| [زيبتو](https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B2%D9%8A%D8%A8%D8%AA%D9%88) | z | 10-21 | 0.000000000000000000001 | | 1991 |
| [يوكتو](https://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%8A%D9%88%D9%83%D8%AA%D9%88) | y | 10-24 | 0.000000000000000000000001 | | 1991 |

**جدول 1-2: البادئات المترية لأسس 10 ورموزها (المصدر:** [**ويكيبيديا**](https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B3%D9%88%D8%A7%D8%A8%D9%82_%D8%A7%D9%84%D9%86%D8%B8%D8%A7%D9%85_%D8%A7%D9%84%D8%AF%D9%88%D9%84%D9%8A_%D9%84%D9%84%D9%88%D8%AD%D8%AF%D8%A7%D8%AA)**)**

### أمداء معروفة من الطول والكتلة والزمن

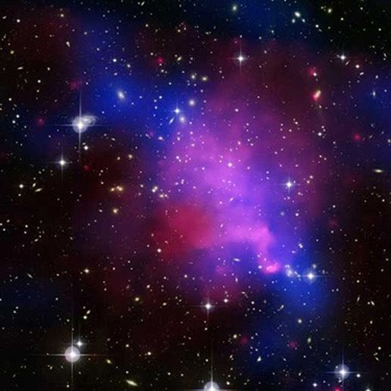
ضخامة الكون واتساع نطاق تطبيق الفيزياء يظهر في مجموعة واسعة من الأمثلة المعروفة للأطوال والكتل والأزمنة. (انظر الشكل 1-20 والشكل 1-21.)

A picture containing lobster

Description automatically generated

الشكل 1-20 تسبح العوالق النباتية الصغيرة بين بلورات الجليد في بحر القطب الجنوبي (أنتاركتيكا). وهي تتراوح من بضعة ميكرو مترات إلى ما يصل إلى 2 ملم في الطول

(credit: Prof. Gordon T. Taylor, Stony Brook University; NOAA Corps Collections)



الشكل 1-21 تصطدم المجرات على بعد 2.4 مليار سنة ضوئية من الأرض. مجموعة هائلة من الظواهر التي يمكن ملاحظتها في الطبيعة تتحدى الخيال (credit: NASA\CXC\UVic.\A. Mahdavi et al. Optical\lensing: CFHT\UVic.\H. Hoekstra et al.)

### تحويل الوحدات والتحليل البعدي

غالبا ما يكون من الضروري التحويل من وحدة إلى وحدة أخرى. على سبيل المثال، إذا قرأت كتاب طبخ أوروبي، فقد يعبر عن بعض الكميات بوحدات اللترات وتحتاج إلى تحويلها إلى أكواب. أو ربما تقرأ اتجاهات المشي من موقع إلى آخر ومهتم بعدد الأميال التي ستقطعها. في هذه الحالة، ستحتاج إلى تحويل وحدات الأقدام إلى أميال.

دعونا ننظر في مثال بسيط لكيفية تحويل الوحدات. لنفترض أننا نريد تحويل 80 مترا (m) إلى كيلومترات (كم).

أول شيء يجب فعله هو سرد الوحدات التي لديك والوحدات التي تريد التحويل لها. في هذه الحالة، لدينا وحدات المترات ونريد تحويلها إلى كيلومترات.

بعد ذلك، علينا تحديد **عامل التحويل** من الأمتار إلى الكيلومترات. عامل التحويل هو نسبة تعبر عن عدد الوحدات من وحدة معينة إلى ما يساويها في وحدة أخرى. على سبيل المثال، هناك 12 بوصة في القدم، 100 سم في المتر، 60 ثانية في الدقيقة، وهلم جرا. في هذه الحالة، نحن نعلم أن هناك 1000 متر في الكيلومتر.

الآن يمكننا تحويل وحداتنا. سنكتب الوحدات التي لدينا، ثم نضربها في عامل التحويل بحيث تتلاشى الوحدة القديمة، كما هو موضح:

|  |  |
| --- | --- |
| ‎1.1 |  |

لاحظ أن وحدة m غير المرغوب فيها تتلاشى، تاركةً فقط وحدة) كم( المطلوبة. يمكنك استخدام هذه الطريقة للتحويل بين أي نوعين من الوحدات.

 **مثال 1-1**

**تحويلات الوحدات:**لنفترض أنك تقود 10.0 كم من جامعتك إلى المنزل في 20.0 دقيقة. احسب متوسط سرعتك (أ) بالكيلومترات في الساعة (كم\ساعة) و (ب) بالأمتار في الثانية (م\ث). (ملاحظة: متوسط السرعة هو المسافة المقطوعة مقسومة على وقت السفر.)

**الاستراتيجية**

أولا نحسب متوسط السرعة باستخدام الوحدات المعطاة. ثم يمكننا الحصول على متوسط السرعة بالوحدات المطلوبة عن طريق اختيار عامل التحويل الصحيح والضرب فيه. عامل التحويل الصحيح هو الذي يلغي الوحدة غير المرغوب فيها ويترك الوحدة المطلوبة.

**الحل ل (أ)**

1. حساب السرعة المتوسطة . السرعة المتوسطةهي المسافةالمقطوعة مقسومة على وقت السفر (خذ هذا التعريف كمعطى -ستغطّى السرعة المتوسطة ومفاهيم الحركة الأخرى في جزء لاحق.) في هيئة معادلة،

|  |  |
| --- | --- |
| ‎1.2 |  |

1. عوض عن القيم المعطاة للمسافة والزمن.

|  |  |
| --- | --- |
| ‎1.3 |  |

1. *حول إلى : اضرب في عامل التحويل الذي سيلغى الدقائق ويترك مكانها الساعات. عامل التحويل هو 60 ،*

|  |  |
| --- | --- |
| ‎1.4 |  |

**المناقشة: لـ(أ)**

للتحقق من إجابتك، ضع في فكر فيما يلي:

1. تأكد من أنك ألغيت الوحدات بطريقة صحيحة في التحويل. إذا كتبت عامل تحويل الوحدة مقلوبا فلن يتم التحويل بطريقة صحيحة. على النحو التالي:

|  |  |
| --- | --- |
| ‎1.5 |  |

من الواضح أنها ليست الوحدة المطلوبة ().

(2) تحقق من أن وحدات الإجابة النهائية هي الوحدات المطلوبة. طُلِبَ منا في المشكلة أن نحل لإيجاد متوسط السرعة بوحدات وقد حصلنا فعلا على هذه الوحدات.

(3) تحقق من الأرقام المعنوية. لأن كل من القيم الواردة في المشكلة لديها ثلاثة أرقام معنوية، ينبغي أن يتكون الجواب أيضا من ثلاثة أرقام معنوية، الإجابة لها فعلا ثلاثة أرقام معنوية، لذلك هذا مناسب. لاحظ أن الأرقام المعنوية في عامل التحويل ليس مؤثرة؛ لأن الساعة تتكون من 60 دقيقة، لذا فإنّ دقة عامل التحويل مثالية.

(4) بعد ذلك، تحقق مما إذا كانت الإجابة معقولة. دعونا نتحقق بعض المعلومات من المشكلة-إذا سافرت 10 كم في ثلث ساعة (20 دقيقة)، فسوف تسافر ثلاث أضعاف البعد في ساعة واحدة. الجواب يبدو معقولًا.

**الحل لـ(ب)**

هناك عدة طرق لتحويل متوسط السرعة إلى متر في الثانية.

1. ابدأ بالإجابة على (أ) حول كم\ساعة إلى م\ث. هناك حاجة إلى عاملين للتحويل—أحدهما لتحويل الساعات إلى ثوان، والآخر لتحويل الكيلومترات إلى أمتار.
2. ناتج عملية الضرب

|  |  |
| --- | --- |
| ‎1.6 |  |

|  |  |
| --- | --- |
| ‎1.7 |  |

**المناقشة لـ(ب)**

إذا بدأنا بـ 0.500 كم\دقيقة، كنا سنحتاج إلى عوامل تحويل مختلفة، لكن الإجابة ستكون نفسها: 8.33 م \ ث.

ربما لاحظت أن الإجابات في المثال المحلول قد أعطيت لثلاثة أرقام. لم؟ متى تحتاج إلى القلق بشأن عدد الأرقام في شيء تحسبه؟ لماذا لا تكتب جميع الأرقام التي تنتجها الآلة الحاسبة الخاصة بك؟ سيساعدك جزء الصحة والدقة والأرقام المعنوية في الإجابة على هذه الأسئلة.

#### وحدات غير قياسية

في حين أن هناك العديد من أنواع الوحدات التي نحن جميعًا على دراية بها، هناك أنواع أخرى أغمض. على سبيل المثال، **فيركين** هي وحدة الحجم التي كانت تستخدم في السابق لقياس المشروبات. واحد فيركين يساوي حوالي 34 لترًا. لمعرفة المزيد حول الوحدات غير القياسية، استخدم قاموسا أو موسوعة للبحث عن "الأوزان والمقاييس" المختلفة. دون أي وحدات غير معتادة، مثل بارليكورن، غير المدرجة في النص. فكر في كيفية تعريف هذه الوحدات وحدد علاقتها بوحدات النظام الدولي SI.

**تحقق فهمك**

تضرب بعض الطيور الطنانة أجنحتها أكثر من 50 مرة في الثانية. عالم يقيس الزمن الذي يستغرقه الطائر الطنان ليضرب بجناحيه مرة واحدة. ما هي الوحدة الأساسية التي يجب على العالم استخدامها لوصف القياس؟ ما عامل 10 الذي من المرجح أن يستخدمه العالم لوصف الحركة بدقة؟ حدد البادئة المترية التي تقابل هذا العامل.

**الحل**  
سيقيس العالم الوقت بين كل حركة باستخدام الوحدة الأساسية الثانية. نظرا لأن الأجنحة تضرب بسرعة كبيرة، فربما يحتاج العالم إلى القياس بالمللي ثانية، أو ثواني. (50 ضربة في الثانية تقابل 20 مللي ثانية لكل ضربة).

**تحقق فهمك**

سنتيمتر مكعب واحد يساوي مليلتر واحد. ماذا يخبرك هذا عن الوحدات المختلفة في النظام المتري؟

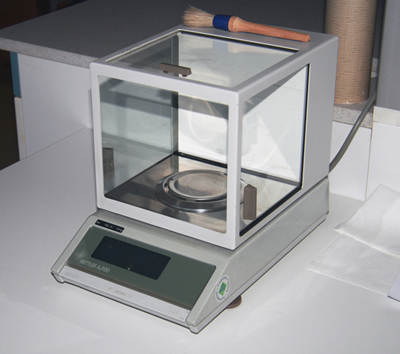
الحل  
من المحتمل أنه استخدمت وحدة الطول الأساسية (متر) لإنشاء وحدة الحجم المشتقة (لتر). يعتمد قياس المليلتر على قياس السنتيمتر.

## 

## 1-3 الصحة والدقة والأرقام المعنوية



الشكل 1-22 يستخدم ميزان ميكانيكي مزدوج لمقارنة الكتل المختلفة. عادة ما يوضع شيء ذو كتلة غير معروفة في كفة ويوضع أشياء ذات كتل معلومة في الكفة الأخرى. عندما يكون القضيب الذي يحمل الكفتين أفقيًا، فإن الكتل في كلتيهما متساوية. عادة ما تكون" الكتل المعروفة " أسطوانات معدنية ذات كتلة قياسية مثل 1 جرام و10 جرام و100 جرام. (Credit:Serge Melki)



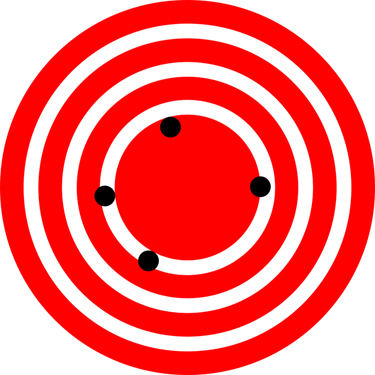
الشكل 1-23 استُبِدل العديد من الموازين الميكانيكية، مثل الموازين المزدوجة، بموازين رقمية، التي يمكن أن تقيس الكتلة قياسًا أدق. في حين أن الميزان الميكانيكي قد يقرأ الكتلة لأقرب عشر جرام فقط، يمكن للعديد من الموازين الرقمية قياس الكتلة لأقرب جزء من ألف جرام. (credit: Karel Jakubec)

### صحة القياس ودقته

يعتمد العلم على الملاحظة والتجريب—أي على القياسات. **صحة** القياس هي مدى قرب القياس من القيمة الصحيحة لما يقاس. على سبيل المثال، دعنا نقول إنك تقيس طول ورق الحاسوب القياسي، تنص العبوة التي اشتريت فيها الورق على أن الورقة لها طول 11.0 بوصة. يمكنك قياس طول الورقة ثلاث مرات والحصول على القياسات التالية: 11.1 بوصة.، 11.2 بوصة. و10.9 بوصة. هذه القياسات صحيحة للغاية لأنها قريبة جدّا من القيمة الصحيحة لـ 11.0 بوصة. في المقابل، إذا حصلت على قياس 12 بوصة، فإن القياس الخاص بك ليس صحيحا جدًّا.

تشير **دقة** القياس إلى مدى الاتفاق بين القياسات المتكررة (التي تتكرر في ظل نفس الظروف). فكر في مثال قياس الورقة، دقة القياسات تشير إلى انتشار القيم المقاسة. تتمثل إحدى طرق تحليل دقة القياس في تحديد المدى أو الفرق بين أكبر وأصغر قيمتين في القيم المقاسة. في هذه الحالة، كانت أصغر قيمة 10.9 بوصة. وكانت أكبر قيمة 11.2 بوصة. لذا انحرفت القيم المقاسة عن بعضها البعض بمقدار 0.3 بوصة على الأكثر. كانت هذه القياسات دقيقة نسبيًا لأنها لم تختلف كثيرا. ومع ذلك، إذا كانت القيم المقاسة 10.9 و11.1 و11.9، فلن تكون القياسات دقيقة للغاية لأنه سيكون هناك اختلاف كبير من قياس إلى آخر.

القياسات في مثال الورقة صحيحة ودقيقة على حد سواء، ولكن في بعض الحالات، تكون القياسات صحيحة، ولكنها ليست دقيقة، أو أنها دقيقة، ولكنها ليست صحيحة. دعونا نفكر في مثال على نظام تحديد المواقع الذي يحاول تحديد موقع مطعم في مدينة، فكر في موقع المطعم كأنه موجود في مركز لعبة السهام، وفكر في كل محاولة لنظام تحديد المواقع لتحديد موقع المطعم كنقطة سوداء. في الشكل 1-24، يمكنك أن ترى أن قياسات نظام تحديد المواقع منتشرة بعيدًا عن بعضها البعض، لكنها كلها قريبة نسبيا من الموقع الفعلي للمطعم في مركز الهدف. هذا يدل على دقة منخفضة، وقياس ذو صحة عالية. ومع ذلك، في الشكل 1-25، تتركز قياسات نظام تحديد المواقع تحديدًا وثيقا مع بعضها البعض، لكنها بعيدة عن الموقع المستهدف. هذا يدل على دقة عالية، وانخفاض في صحة القياس.



الشكل 1-24 يحاول نظام تحديد المواقع تحديد موقع مطعم في وسط اللعبة. تمثل النقاط السوداء كل محاولة لتحديد موقع المطعم. تنتشر النقاط بعيدًا عن بعضها البعض، مما يشير إلى دقة منخفضة، لكنها قريبة إلى حد ما من الموقع الفعلي للمطعم، مما يشير إلى صحة عالية. (credit: Dark Evil)



الشكل 1-25 في هذا الشكل، تتركز النقاط تركّزًا وثيقا مع بعضها البعض، مما يشير إلى دقة عالية، ولكنها بعيدة جدّا عن الموقع الفعلي للمطعم، مما يشير إلى صحة منخفضة. (credit: Dark Evil)

### الصحة والدقة والشك

ترتبط درجة صحة نظام القياس ودقته بالشك في القياسات. **الشك** مقياس كمي لمدى انحراف القيم المقاسة عن القيمة القياسية أو القيمة المتوقعة. إذا لم تكن قياساتك صحيحة أو دقيقة للغاية، فسيكون الشك في القيم الخاصة بك مرتفعًا جدّا. بعبارات أعم، يمكن عد الشك بمنزلة إخلاء مسؤولية لقيمك المقاسة. على سبيل المثال، إذا سألك شخص عن الأميال المقطوعة لسيارتك، فقد تقول إنها 45000 ميل، زائد أو ناقص 500 ميل. الزائد أو الناقص هو الشك في القيمة. هذا يعني أنك تشير إلى أن المسافة الفعلية لسيارتك قد تكون منخفضة مثل 44500 ميل أو تصل إلى 45500 ميل أو قيمة بينهما. تحتوي جميع القياسات على قدر من الشك. في مثالنا الخاص بقياس طول الورقة، قد نقول إن طول الورقة 11 بوصة زائد أو ناقص 0.2 بوصة. غالبًا ما يشار إلى الشك في القياس A على أنه (" دلتا A ")، لذلك تسجل نتيجة القياس كـ ، في مثال الورقة، يمكن التعبير عن طول الورقة على النحو التالي.

تشمل العوامل المساهمة في الشك في القياس ما يلي:

1. حدود جهاز القياس،  
2. مهارة الشخص الذي يقيس،  
3. عدم الانتظام في الجسم الذي يقاس،  
4. أي عوامل أخرى تؤثر على النتيجة (تعتمد اعتمادًا كبيرًا على الموقف نفسه).

في مثالنا، يمكن أن تكون هذه العوامل التي تساهم في الشك كما يلي: أصغر تقسيم على المسطرة هو 0.1 بوصة، أو أن الشخص الذي يستخدم المسطرة يعاني ضعف البصر، أو أن أحد جوانب الورقة أطول قليلا من الآخر. وعلى أية حال، يجب أن يستند الشك في القياس إلى دراسة متأنية لجميع العوامل التي قد تشارك وآثارها المحتملة.

### عمل روابط: حمى أم لا؟

الشك هو جزء مهم من المعلومات، سواء في الفيزياء أو في العديد من تطبيقات العالم الحقيقي الأخرى. تخيل أنك تعتني بطفل مريض. وتشك أن الطفل يعاني الحمى، لذا يمكنك فحص درجة حرارته باستخدام مقياس حرارة. ماذا لو كان الشك في مقياس الحرارة ؟ إذا كانت قراءة درجة حرارة الطفل (وهي درجة حرارة الجسم الطبيعية)، يمكن أن تكون درجة الحرارة "الحقيقية" من منخفضة جدّا إلى مستوى عال وخطير. مقياس حرارة مع شك عديم الفائدة.

#### نسبة الشك

إحدى طرق التعبير عن الشك هي كنسبة من القيمة المقاسة. إذا عبر عن القياس بالشك ، تحدد **نسبة الشك** على أنها

|  |  |
| --- | --- |
| ‎1.8 |  |

Shape, background pattern, rectangle

Description automatically generated with medium confidence **مثال 1-2**

**حساب نسبة الشك: حقيبة من التفاح**يبيع محل فواكه حقيبة من التفاح وزنها . تشترى أربع حقائب على مدار شهر وتزن التفاح في كل مرة وتحصل على القياسات التالية:

* الأسبوع 1:
* الأسبوع 2:
* الأسبوع 3:
* الأسبوع 4:

أنت تحدد أن وزن الحقيبة به شك . ما هي نسبة الشك في وزن الحقيبة؟

الاستراتيجية

أولا، لاحظ أن القيمة المتوقعة لوزن الحقيبة، A، . الشك في هذه القيمة هو. يمكننا استخدام المعادلة التالية لتحديد نسبة الشك في الوزن:

|  |  |
| --- | --- |
| ‎1.9 |  |

**الحل**

عوض عن القيم المعروفة في المعادلة:

|  |  |
| --- | --- |
| ‎1.10 |  |

**المناقشة**

يمكننا أن نستنتج أن وزن حقيبة التفاح ، فكر في تغير الشك -كنسبة المئوية- إذا كان لحقيبة التفاح نصف الوزن، لظل الشك في الوزن كما هو. تلميح للحسابات المستقبلية: عند حساب النسبة المئوية للشك، تذكر دائما أنه يجب عليك ضرب الكسر في 100٪. إذا لم تفعل، فستحصل على قيمة عشرية غير قيمة النسبة المئوية.

#### الشك في الحسابات

#### هناك شك في أي شيء محسوب من الكميات المقاسة. على سبيل المثال، مساحة الأرضية المحسوبة من قياسي الطول والعرض بها شك لأن الطول والعرض بكل منهما شك. ما هو مقدار الشك في شيء تقوم بحسابه عن طريق الضرب أو القسمة؟ إذا احتوت القياسات الداخلة في الحساب على قدر ضئيل من الشك، فيمكن استخدام **طريقة إضافة النسب** في الضرب أو القسمة. تقول هذه الطريقة أن نسبة الشك في الكمية المحسوبة بالضرب أو القسمة هي مجموع نسب الشك في العناصر المستخدمة لإجراء الحساب. على سبيل المثال، إذا كان الطابق له طول وعرض مع شك و على التوالي، فإن مساحة الأرض ولها شك ، (يمثل مساحة ، والتي قمنا بتقريبها إلى نظرا لأن مساحة الأرضية معطاة لعشر المتر المربع.)

**تحقق فهمك**

اشترى مدرب في مدرسة ثانوية ساعة إيقاف جديدة. ينص دليل ساعة الإيقاف على أن ساعة الإيقاف بها شك . العدائين في فريق المدرب عادة يسجلون في سباقات الــــــ 100 متر أرقام تتراوح من إلى . في السباق الأخير بالمدرسة، كان رقم العداء صاحب المركز الأول وكان العداء صاحب المركز الثاني ، هل ستكون ساعة الإيقاف الجديدة للمدرب مفيدة في توقيت فريق العدو؟ ولماذا؟

**الحل**لا، الشك في ساعة الإيقاف أكبر من أن يميز بفاعلية بين أرقام العدائين.

### دقة أدوات القياس والأرقام المعنوية

دقة أداة القياس عامل مهم في صحة ودقة القياسات. عمومًا، أداة القياس الدقيقة هي أداة يمكنها قياس القيم الصغيرة جدّا. على سبيل المثال، يمكن للمسطرة القياسية قياس الطول لأقرب مليمتر، بينما يمكن للفرجار قياس الطول لأقرب 0.01 مليمتر. الفرجار أدق لأنه يمكنه قياس أطوال صغيرة للغاية. كلما كانت أداة القياس قادرة على قياس كميات صغيرة، كانت أصح وأدق.

عندما نعبر عن القيم المقاسة، يمكننا فقط سرد عدد من الأرقام كما قسنا باستخدام أداة القياس الخاصة بنا. على سبيل المثال، إذا استخدمت مسطرة قياسية لقياس طول العصا، فيمكنك قياسها لتكون لا يمكنك التعبير عن هذه القيمة كـ لأن أداة القياس الخاصة بك ليست دقيقة بما يكفي لقياس جزء من مئة من السنتيمتر. وتجدر الإشارة إلى أن الرقم الأخير في القيمة المقاسة قد قدر بطريقة ما من قبل الشخص الذي يقوم بالقياس. على سبيل المثال، يلاحظ الشخص الذي يقيس طول العصا بمسطرة أن طول العصا يبدو في مكان ما بين و ويجب عليه تقدير قيمة الرقم الأخير. باستخدام طريقة **الأرقام المعنوية**، والقاعدة هو أن آخر رقم مكتوب في قيمة قياس هو الرقم الأول مع بعض الشك. لتحديد عدد الأرقام المعنوية في قيمة ما، ابدأ بأول القيمة المقاسة على اليسار وعد عدد الأرقام منه إلى آخر رقم مكتوب على اليمين. على سبيل المثال، تحتوي القيمة المقاسة على ثلاثة أرقام معنوية. تشير الأرقام المعنوية إلى دقة أداة القياس التي استخدمت لقياس القيمة.

#### الأصفار **يعطى اهتمام خاص للأصفار عند عد الأرقام المعنوية. الأصفار الموجودة في 0.053 ليست معنوية، لأنها موجودة فقط لحجز الأماكن؛ لتحديد مكان النقطة العشرية. هناك رقمان معنويان في 0.053. الأصفار في 10.053 ليست لحجز الأماكن، ولكنها معنوية- يحتوي هذا العدد على خمسة أرقام معنوية. الأصفار في 1300 قد تكون أو لا تكون معنوية اعتمادًا على أسلوب كتابة الأرقام. يمكن أن تعني أن الرقم معلوم للرقم الأخير، أو يمكن أن يكونوا لحجز الأماكن. لذلك 1300، يمكن أن يكون له اثنين أو ثلاثة أو أربعة أرقام معنوية. (لتجنب هذا الغموض، اكتب 1300 باستخدام الترميز العلمي.) الأصفار معنوية إلا إذا عملت فقط لحجز الأماكن.**

**تحقق فهمك**

حدد عدد الأرقام المعنوية في القياسات التالية:

1. 0.0009
2. 15450.0
4. 87.990
5. 30.42

**الحل**

1. 1؛ الأصفار في هذا العدد لحجز الأماكن.
2. 6؛ هنا، تشير الأصفار إلى أنه تم إجراء القياس حتى 0.1، وبالتالي فإن الأصفار معنوية
3. 1؛ القيمة تميز الأماكن العشرية، وليس عدد أرقام القيمة المقاسة
4. 5؛ يشير الصفر الأخير إلى أنه تم إجراء قياس لأقرب 0.001، لذلك فهو معنوي
5. 4؛ أي أصفار موجودة بين الأرقام المعنوية في عدد هي أيضا معنوية

#### الأرقام المعنوية في الحسابات **عند الجمع بين القياسات بدرجات مختلفة من الصحة والدقة، لا يمكن أن يكون عدد الأرقام المعنوية في الإجابة النهائية أكبر من عدد الأرقام المعنوية في أقل القيم المقاسة دقةٍ. هناك قاعدتان مختلفتان، واحدة للضرب والقسمة والأخرى للجمع والطرح، كما هو موضح أدناه.**

1. **بالنسبة إلى الضرب والقسمة**: يجب أن يكون للنتيجة نفس عدد الأرقام المعنوية مثل الكمية التي تحتوي على أقل عدد من الأرقام المعنوية وتدخل في الحساب. على سبيل المثال، يمكن حساب مساحة الدائرة من نصف قطرها باستخدام العلاقة ، دعونا نرى عدد الأرقام المعنوية في المساحة إذا احتوى نصف القطر على اثنين فقط - على سبيل المثال، ، إذن،

|  |  |
| --- | --- |
| ‎1.11 |  |

هو ما ستحصل عليه باستخدام آلة حاسبة; ناتج مكون من ثمانية أرقام. ولكن نظرا لأن نصف القطر يحتوي على رقمين معنويين فقط، فإنه يحد الكمية المحسوبة إلى رقمين معنويين أو

|  |  |
| --- | --- |
| ‎1.12 |  |

حتى على الرغم من أن صحيحة إلى ثمانية أرقام على الأقل.

2. **بالنسبة** **للجمع والطرح**: لا يمكن أن تحتوي الإجابة على أرقام معنوية أكثر من أقل قياس دقة. لنفترض أنك اشتريت 7.56 كجم من البطاطس من محل بقالة وقيست بميزان بدقة 0.01 كجم. ثم تترك 6.052 كجم من البطاطس في المختبر الخاص بك؛ بعد أن قيست بميزان بدقة 0.001 كجم. أخيرا، تذهب إلى المنزل وتضيف 13.7 كجم من البطاطس؛ قيست بميزان بدقة 0.1 كجم. كم كيلوجرامات من البطاطس لديك الآن، وكم عدد الأرقام المعنوية المناسبة في الإجابة؟ حسبت الكتلة باستخدام الجمع والطرح:

|  |  |
| --- | --- |
| ‎1.13 |  |

بعد ذلك، نحدد القياس الأقل دقة: 13.7 كجم. يعبر عن هذا القياس لأقرب رقم عشري 0.1، لذلك يجب أيضا التعبير عن إجابتنا النهائية لأقرب رقم عشري أيضًا، مما يعطينا 15.2 كجم.

#### الأرقام المعنوية في هذا النص

في هذا النص، يفترض أن معظم الأعداد تحتوي على ثلاثة أرقام معنوية. علاوة على ذلك، تستخدم أعداد متسقة من الأرقام المعنوية في جميع الأمثلة المحلولة. ستلاحظ أن الإجابة المعطاة لثلاثة أرقام صحيحة تستند إلى مدخل صحيح لثلاثة أرقام على الأقل، على سبيل المثال. إذا احتوت المدخلات على عدد أقل من الأرقام المعنوية، فسيكون للإجابة أيضا عددا أقل من الأرقام المعنوية. كما يحرص على أن عدد الأرقام المعنوية معقول لكل حالة، في بعض الموضوعات، لا سيما في البصريات، هناك حاجة إلى أعداد أصح؛ لذلك نستخدم أكثر من ثلاثة أرقام معنوية، أخيرًا، إذا كان العدد ثابت، مثل رقم 2 في معادلة محيط الدائرة ، فإنه لا يؤثر على عدد الأرقام المعنوية في الحساب.

**تحقق فهمك**

قم بإجراء الحسابات التالية وعبر عن إجابتك باستخدام العدد الصحيح من الأرقام المعنوية.

(أ) لدى المرأة حقيبتين تزن واحدة 13.5 رطلًا وأخرى بوزن 10.2 رطلًا. ما الوزن الكلي للحقائب؟

(ب) القوة على جسم تساوي كتلته مضروبة في تسارعه ، إذا تسارعت عربة ذات كتلة 55 كجم بمعدل ، ما القوة على العربة؟ (تسمى وحدة القوة نيوتن، ويعبر عنها بالرمز N.)

**الحل**(أ) 37.2 رطلا؛ لأن عدد الحقائب هو قيمة صحيحة، فإنه لا يؤثر في عدد الأرقام المعنوية.

(ب) ؛ نظرا لأن القيمة تحتوي على رقمين محددين فقط، يجب أن تحتوي القيمة النهائية أيضا على رقمين معنويين.

## 1-4 التقدير التقريبي

في العديد من المناسبات، يحتاج الفيزيائيون والعلماء الآخرون والمهندسون إلى إجراء **تقديرات تقريبية** أو "تقديرات تخمينية" - هما مختلفان- لكمية معينة. ما هي المسافة إلى وجهة معينة؟ ما هي الكثافة التقريبية لعنصر معين؟ ما هو حجم التيار في الدائرة؟ تبنى العديد من الأعداد التقديرية، في الأساس، على الصيغ التي تعرف فيها الكميات المدخلة بصحة محدودة. في أثناء تطويرك مهارات حل المشكلات (التي يمكن تطبيقها على مجموعة متنوعة من المجالات) خلال دراستك الفيزياء، ستقوم أيضا بتطوير مهارات التقريب. ستطور هذه المهارات من خلال التفكير كميًا، والاستعداد لتحمل المخاطر. كما هو الحال مع أي مسعى، تساعد الخبرة، وكذلك الإلمام بالوحدات. تسمح لنا هذه التقديرات التقريبية باستبعاد سيناريوهات معينة أو أرقام خيالية. تسمح لنا التقريبات أيضا بتحدي الآخرين، وترشدنا في طريقنا إلى عالمنا العلمي. دعونا نقوم بعمل مثالين؛ لتوضيح هذا المفهوم.

Shape, background pattern, rectangle

Description automatically generated with medium confidence **مثال 1-3**

**قدر الارتفاع التقريبي لمبنى**هل يمكنك تقدير ارتفاع أحد المباني في الحرم الجامعي الخاص بك أو في منطقتك؟ دعونا نجري تقديرا تقريبيّا بناء على ارتفاع الشخص. في هذا المثال، سنحسب ارتفاع مبنى مكون من 39 طابقا.

الاستراتيجية

فكر في متوسط ارتفاع الذكور البالغين. يمكننا تقريب ارتفاع المبنى بواسطة المقارنة مع ارتفاع شخص ما.

**الحل**

بناءً على المعلومات الواردة في المثال، نعلم أن هناك 39 طابقا في المبنى. إذا استخدمنا حقيقة أن ارتفاع طابق واحد يساوي تقريبا طول شخصين بالغين (يبلغ طول كل إنسان حوالي مترين)، فيمكننا تقدير الارتفاع الإجمالي للمبنى ليكون

|  |  |
| --- | --- |
| ‎1.14 |  |

**المناقشة**

يمكنك استخدام الكميات المعروفة لتحديد تقدير تقريبي للكميات غير المعروفة. إذا طول كف يدك 10 سم، كم من أطوال كف يدك يساوي عرض مكتبك؟ ما القياسات الأخرى التي يمكنك تقديرها تقريبيّا إلى جانب الطول؟

Shape, background pattern, rectangle

Description automatically generated with medium confidence **مثال 1-4**

**تقدير تقريبي للأعداد هائلة: تريليون دولار**



الشكل 1.27 تحتوي رزمة البنك على 100 ورقة فئة 100 دولار، وتبلغ قيمتها 10000 دولار. كم عدد رزم البنك التي تشكل تريليون دولار؟ (Credit: Andrew Magill)

كان الدين الفيدرالي للولايات المتحدة في السنة المالية 2008 أقل بقليل من 10 تريليون دولار. معظمنا ليس لديه أي معرفة عن مقدار التريليون. افترض أنك حصلت على تريليون دولار من فئة 100 دولار. إذا صنعت رزم من فئة 100 دولار واستخدمتها لتغطية ملعب كرة قدم، فاعمل تقدير تقريبي لمدى ارتفاع كومة الأموال. (سنستخدم القدم \ البوصات بدلا من الأمتار هنا لأن ملاعب كرة القدم تقاس بالياردة.) يقول أحد أصدقائك 3 بوصات، بينما يقول آخر 10 أقدام. ماذا تعتقد؟

الاستراتيجية

عندما تتخيل الموقف، فمن المحتمل أن تتخيل الآلاف من الرزم الصغيرة المكونة من 100 ورقة من فئة 100 دولار، مثل ما قد تشاهده في الأفلام أو في أحد البنوك. نظرا لأن هذه كمية سهلة التقريب، فلنبدأ هناك. يمكننا إيجاد حجم رزمة من 100 ورقة، ومعرفة عدد الرزم التي تشكل تريليون دولار، ثم ساوى هذا الحجم لمساحة ملعب كرة القدم مضروبة في ارتفاع غير المعروف.

**الحل**

1. حساب حجم رزمة من 100 ورقة. تبلغ أبعاد الورقة الواحدة تقريبا 3 بوصات × 6 بوصات. سمك رزمة من 100 من هؤلاء حوالي 0.5 بوصة. لذا فإن الحجم الإجمالي للرزمة هو:

|  |  |
| --- | --- |
| ‎1.15 |  |

الطول (( العرض () الارتفاع (h) بوصة ((

1. احسب عدد الرزم. لاحظ أن تريليون دولار تساوى دولار، ورزمة من 100 ورقة فئة 100 دولار. تساوى 10000 دولار أو دولار. عدد الرزم سيكون

|  |  |
| --- | --- |
| ‎1.16 |  |

1. احسب مساحة ملعب كرة القدم بوحدة البوصة المربعة. مساحة ملعب كرة القدم ، الذي يساوى ، لأننا نحسب بالبوصة، إننا نحتاج إلى تحويل الياردات المربعة إلى بوصات مربعة:

|  |  |
| --- | --- |
| ‎1.17 |  |

هذا التحويل يعطينا لمساحة الملعب. (لاحظ أننا نستخدم رقم معنوي واحد في هذه الحسابات)

1. حساب الحجم الكلي للورق. حجم جميع رزم الأوراق النقدية
2. احسب الارتفاع. لتحديد ارتفاع الورق، استخدم المعادلة:

|  |  |
| --- | --- |
| ‎1.18 |  |

ارتفاع الأموال سيكون حوالي 100 بوصة. تحويل هذه القيمة إلى أقدام يعطينا

|  |  |
| --- | --- |
| ‎1.19 |  |

**المناقشة**

القيمة التقريبية النهائية أعلى بكثير من تقدير 3 بوصات، لكن التقدير الآخر 10 أقدام (120 بوصة) كان صحيحا تقريبا. كيف كان تخمينك الأول مقارنة بالتقدير؟ ماذا تتعلم من هذا التمرين من حيث" التخمينات التقريبية " مقابل التقديرات التقريبية المحسوبة بعناية؟

**تحقق فهمك**

باستخدام الرياضيات الذهنية وفهمك للوحدات الأساسية، قرب مساحة ملعب كرة السلة. صف العملية التي استخدمتها للوصول إلى التقدير النهائي.

**الحل**يبلغ متوسط ​​طول الذكر حوالي مترين. سيستغرق الأمر حوالي 15 رجلا وضعوا طرفا إلى طرف لتغطية الطول، حوالي 7 لتغطية العرض. هذا يعطى تقدير لمساحة .