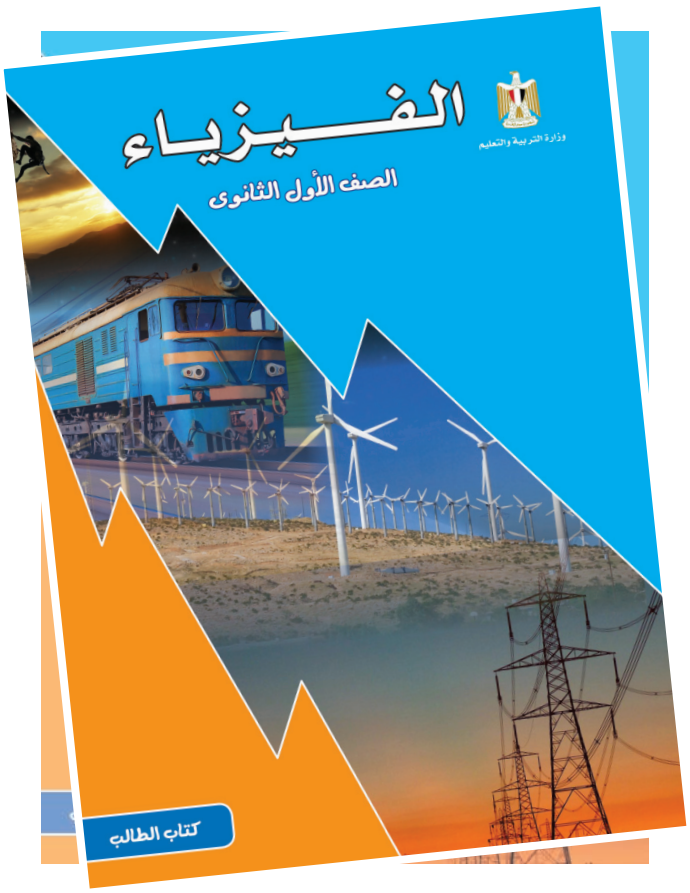
الفيزياء

الصف الأول الثانوى

هذا الغلاف



يعبر هذا الغلاف عن بعض صور الطاقة
واستخداماتها المختلفة

كتاب الطالب

٢٠١٣ - ٢٠١٤

الـــفـيـــزيـــاء

الصف الأول الثانوى

كتاب الطالب

فريق الإعداد

أ.د محمد عبد الهادى كامل العدوى

د. ياسر سيد حسن مهدى

د. علاء فرج عبد الرحيم البنا

د. أيمن محمد عبد المعطى

٢٠١٣ - ٢٠١٤

مركز تطوير المناهج والمواد التعليمية

مقدمة

يمثل هذا الكتاب دعامة من دعائم المنهج المطور فى الفيزياء للصف الأول الثانوى، إلى جانب كتاب الأنشطة والتدريبات، ودليل المعلم – الأمر الذى يعمل على تحقيق أهداف عملية تطوير المناهج لمواجهة تحديات القرن الحادى والعشرين، والذى واكبت بدايته ثورة متسارعة فى المعلومات وتكنولوجيا الاتصالات.

ويهدف المنهج إلى تحقيق التوجهات التالية:

- التبصير بالعلاقة بين العلم والتكنولوجيا فى مجال الفيزياء وانعكاساتها على التنمية.
- التركيز على ممارسة الطلاب للتصرف الواعى والفعال حيال استخدام المخرجات التكنولوجية.
- اكتساب الطلاب منهجية التفكير العلمى، ومن ثم يتاح لهم الانتقال إلى التعلم الذاتى الممتزج بالمتعة والتشويق.
- اعتماد الطلاب على الاستكشاف فى التوصيل إلى المعلومات، واكتساب المزيد من الخبرات.
- توفير الفرص لممارسة مهام المواطنة من خلال أساليب التعلم الذاتى، والعمل بروح الفريق للتفاوض والإقناع وتقبل آراء الآخرين وعدم التعصب ونبذ التطرف.
- اكتساب الطلاب المهارات الحياتية، ، عن طريق زيادة الاهتمام بالجانب العملى والتطبيقى.
- تنمية الاتجاهات البيئية الإيجابية نحو استخدام الموارد البيئية، والحفاظ على التوازن البيئى محليًّا وعالميًّا.

ويحتوى هذا الكتاب على ست أبواب مترابطة، يتضمن كل باب منها مجموعة من الفصول المتكاملة تحقق الأهداف المرجوة من دراسة كل باب، وهى:

١ الكميات الفيزيائية ووحدات القياس.
٢ الحركة الخطية.
٣ الحركة الدائرية.
٤ الشغل والطاقة فى حياتنا اليومية.
٥ الطاقة الحرارية وتطبيقاتها فى حياتنا اليومية.
٦ القوة المغناطيسية وتطبيقاتها.

ومواكبة لتطورات العصر ولتفعيل تكنولوجيا المعلومات والاتصالات فقد تم تصميم موقع تعليمي على شبكة المعلومات الدولية والذى يتضمن العديد من الأفلام والصور والتدريبات والامتحانات وذلك على الرابط التالى:

www.elshamsscience.com.eg

نسأل الله عزّوجلّ أن تعم الفائدة من هذا الكتاب، وندعوه سبحانه أن يكون ذلك لبنة من اللبنات التى نضعها فى محراب حب الوطن والانتماء إليه. والله من وراء القصد، وهو يهدى إلى سواء السبيل.

المؤلفون

المحتويات

الباب الأول: الكميات الفيزيائية ووحدات القياس

الفصل الأول : القياس الفيزيائى ٢

الفصل الثانى : الكميات القياسية والكميات المتجهة ١٧

الباب الثانى : الحركة الخطية

الفصل الأول : الحركة فى خط مستقيم ٢٦

الفصل الثانى : الحركة بعجلة منتظمة ٣٥

الفصل الثالث : القوة والحركة ٤٨

الباب الثالث: الحركة الدائرية

الفصل الأول : قوانين الحركة الدائرية ٥٨

الفصل الثانى : الجاذبية الكونية والحركة الدائرية ٦٧

الباب الرابع: الشغل والطاقة فى حياتنا اليومية

الفصل الأول : الشغل والطاقة ٧٨

الفصل الثانى : قانون بقاء الطاقة ٨٧

الباب الخامس: الطاقة الحرارية وتطبيقاتها فى حياتنا اليومية

الفصل الأول : الطاقة الداخلية ودرجة الحرارة ٩٤

الفصل الثانى : الطاقة الحرارية ١٠٠

الفصل الثالث : التمدد الحرارى ١٠٩

الباب السادس: القوة المغناطيسية وتطبيقاتها

الفصل الأول : القوة المغناطيسية ١١٨

الفصل الثانى : الأثر المغناطيسى للتيار الكهربى ١٢٤

الباب الأول

الكميات الفيزيائية ووحدات القياس

Physical Quantities and Measuring Units

فصول الباب

الفصل الأول : القياس الفيزيائى

الفصل الثانى : الكميات القياسية والكميات المتجهة

مقدمة الباب

تهتم العلوم الطبيعية بدراسة جميع الظواهر التى تحدث فى الكون، فتصف هذه الظواهر وتحاول تفسيرها وتخضعها للتجربة بهدف الاستفادة منها فى خدمة الإنسان، ولا يمكن أن يكون وصف هذه الظواهر دقيقًا دون إجراء عمليات قياس دقيقة للكميات الفيزيائية المختلفة.

أهداف الباب

فى نهاية هذا الباب تكون قادرًا على أن:

- تتعرف الكميات الفيزيائية الأساسية والمشتقة.
- تستنتج معادلة أبعاد الكميات الفيزيائية.
- تحدد الكميات الفيزيائية الأساسية فى النظام الدولى ووحدات قياسها.
- تسمى أدوات قياس الطول، والكتلة، والزمن.
- تستنتج وحدات النظام الدولى لكميات فيزيائية مشتقة.
- تستخدم معادلة الأبعاد فى إثبات صحة القوانين الفيزيائية.
- تقارن بين الكمية القياسية والكمية المتجهة.
- تتعرف الضرب القياسى للكميات المتجهة.
- تتعرف الضرب الاتجاهى للكميات المتجهة.
- تتعرف كيفية حساب الخطأ فى القياس.
- تتعرّف مصادر الخطأ فى القياس.

عمليات العلم ومهارات التفكير المتضمنة

- التفسير العلمى.
- الاستنتاج.
- المقارنة.
- التصنيف.
- حل المشكلات.
- التطبيق.
- التفكير الناقد.

الجوانب الوجدانية المتضمنة

- تقدير جهود العلماء فى تصميم أدوات القياس المختلفة.
- تقدير أهمية الدقة فى إجراء عملية القياس.
- إدراك أهمية القياس فى الحياة اليومية.

الفصل الأول

القياس الفيزيائى

Physical Measurement

نواتج التعلم المتوقعة :

فى نهاية هذا الفصل تكون قادرًا على أن:

- تفرق بين الكميات الفيزيائية الأساسية والمشتقة.
- تستنتج معادلة أبعاد الكميات الفيزيائية.
- تحدد الكميات الفيزيائية الأساسية فى النظام الدولى ووحدات قياسها.
- تسمى أدوات قياس الطول والكتلة والزمن.
- تستنتج وحدات النظام الدولى لكميات فيزيائية مشتقة.
- تستخدم معادلة الأبعاد فى إثبات صحة القوانين الفيزيائية.
- تحسب الخطأ فى القياس.
- تذكر مصادر الخطأ فى القياس.

مصطلحات الفصل :

- الكمية الفيزيائية *Physical quantity*
- وحدة القياس *Measuring unit*
- الخطأ المطلق *Absolute error*
- الخطأ النسبى *Relative error*

مصادر التعلم الإلكترونية :

- **فيلم تعليمى:** الكميات الفيزيائية ووحدات القياس.

http://www.youtube.com/watch?v=Hk-aI5EFlYY

عندما يزور المريض الطبيب لإجراء الكشف الطبي، فإنه يجري عدة قياسات منها: قياس الطول، والوزن، وضغط الدم، ومعدل دقات القلب. كما يتم أخذ عينة من الدم لإجراء بعض القياسات مثل مستوى الحديد أو الكولسترول فى الدم، فالقياسات تحول مشاهداتنا إلى مقادير كمية يمكن التعبير عنها بواسطة الأرقام؛ فوصف درجة حرارة شخص بأنها مرتفعة يكون غير دقيق علميًا، والأفضل أن يقال إن درجة حرارته 40 درجة سيلزيوس (40 °C) مثلًا.

شكل (١) : يحتاج الإنسان لإجراء قياسات مختلفة فى الحياة اليومية

ما المقصود بالقياس؟

القياس هو عملية مقارنة كمية مجهولة بكمية أخرى من نوعها (تسمى وحدة القياس) لمعرفة عدد مرات إحتواء الأولى على الثانية، ولعملية القياس ثلاثة عناصر رئيسة هى:

١ الكميات الفيزيائية (المراد قياسها).

٢ أدوات القياس اللازمة.

٣ وحدات القياس المستخدمة (الوحدات المعيارية).

وسنتناول بالتفصيل كل عنصر من هذه العناصر.

١- الكميات الفيزيائية Physical Quantities

إن الكميات التى نتعامل معها مثل الكتلة والزمن والطول والحجم وغيرها تسمى كميات فيزيائية، ونحن نحتاج إلى قياسها بدقة فى حياتنا اليومية.

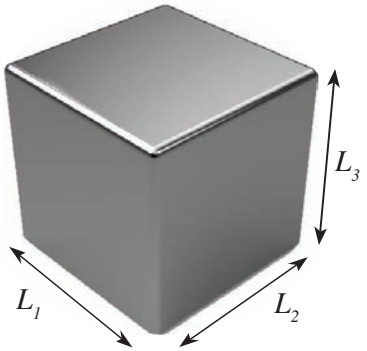
تواصـــل

تواصل معنا من خلال موقع الكتاب على شبكة المعلومات الدولية.
www.elshamsscience.com.eg

ويمكن تصنيف الكميات الفيزيائية إلى:

أ **كمية فيزيائية أساسية:** هى كمية فيزيائية لا تُعرف بدلالة كميات فيزيائية أخرى.
من أمثلتها: الطول، الزمن، الكتلة.

ب **كمية فيزيائية مشتقة:** هى كمية فيزيائية تُعرف بدلالة الكميات الفيزيائية الأساسية.
من أمثلتها: الحجم، السرعة، العجلة.



شكل (٢) : متوازى مستطيلات

فنجد على سبيل المثال أن:

حجم متوازى المستطيلات = الطول × العرض × الارتفاع

$$V = L_1 \times L_2 \times L_3$$

أى أن الحجم مشتق من الطول.

ويوجد فى العالم عدة أنظمة لتحديد الكميات الفيزيائية الأساسية ووحدات قياسها ومنها:

الكمية الأساسية	وحدات القياس		
	النظام الفرنسى (نظام جاوس) *(C . G . S)*	النظام البريطانى *(F . P . S)*	النظام المترى *(M . K . S)*
الطول	سنتيمتر	قدم	متر
الكتلة	جرام	باوند	كيلو جرام
الزمن	ثانية	ثانية	ثانية

التكامل مع الرياضيات

دائمًا ما يتم التعبير عن الكميات الفيزيائية وعلاقتها ببعضها البعض بالمعادلات الرياضية، وهذه المعادلات الرياضية هى صورة مختصرة لتوصيف فيزيائى. ويكون لكل معادلة فيزيائية مدلول معين. وهذا المدلول هو ما نسميه المعنى الفيزيائى.

النظام الدولى الوحدات International System of Units (SI): ويسمى أيضا النظام المترى المعاصر، وقد تم الاتفاق فى المؤتمر العالمى للمقاييس والموازين الحادى عشر الذى عقد عام *1960* على إضافة أربع وحدات للنظام المترى السابق، وبذلك أصبح على الصورة التالية:

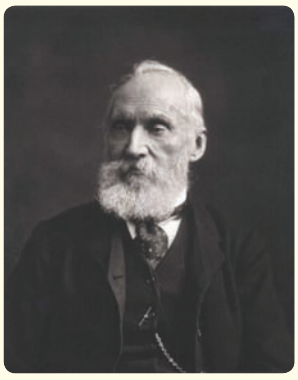
مسلسل	الكمية الفيزيائية		الوحدة فى النظام الدولى	
١	الطول	*(L)*	المتر	*Meter (m)*
٢	الكتلة	*(M)*	كيلو جرام	*Kilogram (kg)*
٣	الزمن	*(t)*	ثانية	*Second (s)*
٤	شدة التيار الكهربى	*(I)*	أمبير	*Ampere (A)*
٥	درجة الحرارة المطلقة	*(T)*	كلفن	*Kelvin (K)*
٦	كمية المادة	*(n)*	مول	*Mole (mol)*
٧	شدة الإضاءة	(I_v)	الكانديلا	*Candela (cd)*

وقد أضيفت وحدتان إضافيتان وهما:

- راديان *Radian* لقياس الزاوية المسطحة.
- استرديان *Steradian* لقياس الزاوية المجسمة.

هذا وقد تم استخدام النظام الدولى فى جميع المجالات العلمية المختلفة فى كافة أنحاء العالم.

علماء أفادوا البشرية



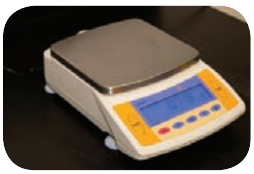
ولیام طومسون: عالم بريطانى يعد أحد أبرز العلماء الذين طوروا النظام المترى وقد قام بتعيين درجة الصفر المطلق على مقياس "كلفن" لدرجات الحرارة بدقة تامة، ووجد أنها تساوى *(-273°C)*.

أحمد زويل: عالم مصرى حصل على جائزة نوبل عام *1999* م حيث استخدم الليزر فى دراسة التفاعلات الكيميائية بين الجزيئات والتى تحدث فى فترة زمنية تقاس بالفيمتوثانية $(10^{-15}\ s)$

٢- أدوات القياس Measurement Tools

اتخذ الإنسان فى الماضى من أجزاء جسمه ومن الظواهر الطبيعية وسائل للقياس. فاتخذ الذراع وكف اليد والقدم وغيرها كمقاييس للطول، واستفاد من شروق الشمس وغروبها ودورة القمر فى استنباط مقياس للزمن، ونشأت نظم مختلفة للقياس، وتنوعت وتعددت فى كل دولة، ولقد تطورت أدوات القياس تطوراً هائلاً فى إطار التطور الصناعى الضخم الذى أعقب الحرب العالمية الثانية، وبذلك ساعدت الإنسان على وصف الظواهر بدقة والتوصل إلى حقائق الأشياء.

(قياس الأطوال – قياس مساحة بعض الأشكال).

الكمية	بعض أدوات القياس قديمًا وحديثًا			
الطول	الشريط المترى	المسطرة	القدمة ذات الورنية	الميكرومتر
الكتلة	ميزان رومانى	ميزان ذو الكفتين	ميزان ذو الكفة الواحدة	 ميزان رقمى
الزمن	الساعة الرملية	ساعة البندول	ساعة الإيقاف	ساعة رقمية

٣- الوحدات المعيارية Standard Units

بدون استخدام وحدات القياس يصبح الكثير من المهام التى نقوم بها فى حياتنا اليومية عديمة المعنى، فعندما نقول إن كتلة جسم ما تساوى (5) دون أن نذكر وحدة قياس الكتلة المستخدمة فإن ذلك يجعلنا نتساءل: هل وحدة القياس هى الجرام، أم الكيلوجرام أم الطن..؟ ولكننا عندما نقول: إن الكتلة تساوى (5 kg) نكون قد أوضحنا الكمية إيضاحًا تامًا.

يشير هذا الرمز إلى ضرورة مراجعة كتاب الأنشطة والتدريبات لوجود نشاط أو أكثر متعلق بهذه النقطة بالكتاب.

ولقد حاول العلماء البحث عن التعريف الأكثر دقة لكل من الوحدات المعيارية مثل الطول والكتلة والزمن، وإليك بعض هذه التعريفات.

أولا: معيار الطول (المتر): يعتبر الفرنسيون أول من استخدم المتر كوحدة عيارية لقياس الطول.

وقد تغير تعريف المتر بحثًا عن التعريف الأكثر دقة.

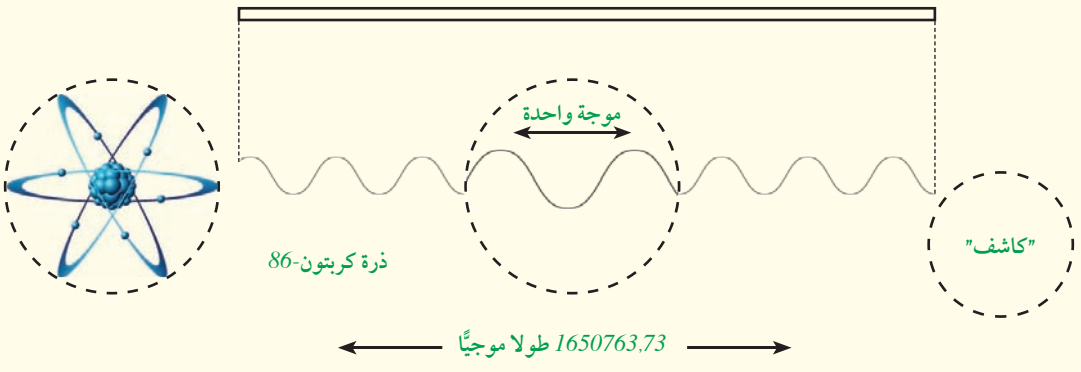
"المتر العيارى هو المسافة بين علامتين محفورتين عند نهايتى ساق من سبيكة من البلاتين – الأيريديوم محفوظة عند درجة الصفر سيلزيوس فى المكتب الدولى للموازين والمقاييس بالقرب من باريس.

الشكل (٣) : المتر العيارى

معلومة إثرائية

فى عام *1960* م اتفق العلماء فى المؤتمر الدولى للموازيين والمقاييس على إمكانية استبدال المتر العيارى السابق بأحد الثوابت الذرية وفقا للتعريف الآتى:

"المتر العيارى يساوى عدد معلومًا (*1650763.73*) من الأطوال الموجية للضوء الأحمر – البرتقالى المنبعث فى الفراغ من ذرات نظير عنصر الكربتون ذى العدد الذرى *86* فى أنبوبة تفريغ كهربائى بها غاز الكربتون".



شكل (٤) : المترمعرفا بدلالة الأطوال الموجية للضوء الأحمر البرتقالى لذرة الكربتون-86

أفكار لتنشيط الإبداع

باستخدام شبكة المعلومات، ابحث فى اجابة الأسئلة التالية:

- كيف يمكنك قياس بعد القمر عن الأرض؟
- كيف يمكنك قياس طول محيط الكرة الأرضية؟

ثانيا: معيار الكتلة (الكيلو جرام) : "الكيلو جرام العيارى يساوى كتلة أسطوانة من سبيكة (البلاتين – الإيريديوم) ذات الأبعاد المحددة محفوظة عند درجة صفر سليزيوس فى المكتب الدولى للمقاييس والموازين بالقرب من باريس.

الشكل (٥) : الكيلو جرام العيارى

ثالثا: معيار الزمن (الثانية) الثانية هى وحدة قياس الزمن، ولقد تم تحديدها فى العصور القديمة. فقد كان الليل والنهار واليوم وسيلة ممتازة للعثور على مقياس ثابت وسهل لوحدة الزمن، حيث أن:

اليوم = 24 ساعة = 24 × 60 دقيقة = 24 × 60 × 60 ثانية = 86400 ثانية

وبناء على ما سبق يمكن تعريف الثانية على أنها تساوى $\frac{1}{86400}$ من اليوم الشمسى المتوسط.

ولقد اقترح العلماء استخدام الساعات الذرية مثل ساعة السيزيوم لقياس الزمن، وهى غاية فى الدقة.

معلومة إثرائية

توصل العلماء إلى التعريف الآتى للثانية باستخدام ساعة السيزيوم:

"الثانية هى الفترة الزمنية اللازمة لينبعث من ذرة السيزيوم ذى العدد الذرى *133* عدد من الموجات (يساوى *9192631700* موجة)"

الشكل (٦) : ساعة السيزيوم الذرية

شاهد فيلم على موقع الكتاب

كيف تعمل الساعة الذرية؟

ويساعد استخدام الساعات الذرية ذات الدقة المتناهية فى دراسة عدد كبير من المسائل ذات الأهمية العلمية والعملية مثل تحديد مدة دوران الأرض حول نفسها (زمن اليوم) إلى جانب مراجعات لتحسين الملاحة الجوية والأرضية، وتدقيق رحلات سفن الفضاء لاكتشاف الكون وغيرها.

تنمية التفكير الناقد

- لماذا لا يستخدم طول مماثل للمتر العيارى من الزجاج لنحتفظ به كوحدة عيارية لقياس الطول؟
- لماذا فى رأيك اختار العلماء المتر العيارى الذرى وفضلوه على المتر العيارى الدولى؟
- لماذا يبحث العلماء عن المعيار الأكثر دقة لقياس الكمية الفيزيائية؟

معادلة الأبعاد Dimensional Formula

اصطلح العلماء على تعريف محدد لكل كمية فيزيائية يتم الاتفاق عليه عالميا.

فمثلا: السرعة (معدل تغير المسافة بالنسبة للزمن) = $\frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$. ويظل هذا التعريف ساريًا فى جميع أنحاء العالم.

- نرمز للطول *Length* بالرمز "*L*".
- نرمز للكتلة *Mass* بالرمز "*M*".
- نرمز للزمن *Time* بالرمز "*T*".

لعبة إلكترونية على موقع الكتاب
حساب أبعاد الكميات الفيزيائية؟

وعندما نعبر عن التعريف بدلالة الرموز السابقة نحصل على ما يسمى "معادلة أبعاد" الكمية الفيزيائية. فمثلًا:

السرعة = $\frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}} = \frac{\text{الطول}}{\text{الزمن}}$ $\qquad [v] = \frac{Distance}{time} = \frac{L}{T} = LT^{-1}$

مما سبق يتضح أنه يمكن التعبير عن معظم الكميات الفيزيائية المشتقة بدلالة أبعاد الكميات الفيزيائية الأساسية، وهى الطول والكتلة والزمن مرفوع كل منها "لأس" معين ويكتب التعبير الناتج على الصورة الآتية:

$$[A] = L^{\pm a}\, M^{\pm b}\, T^{\pm c}$$

حيث A الكمية الفيزيائية، a,b,c هى أبعاد **T** و **M** و **L** على الترتيب.

وحدة قياس الكمية الفيزيائية : نحصل على وحدة القياس بالتعبير عن معادلة الأبعاد بالوحدات المناسبة.

فعلى سبيل المثال تقاس السرعة بوحدة: متر/ ثانية (m/s).

مثال محلول

أوجد معادلة أبعاد العجلة، وكذلك وحدة قياسها، إذا علمت أن العجلة تعرف بأنها (معدل تغير السرعة بالنسبة للزمن).

الحل:

العجلة = السرعة / الزمن

$$a = \frac{Velocity}{time} = \frac{LT^{-1}}{T} = LT^{-2}$$

أما وحدة قياس العجلة فتكون: م/ ث^2 (m/s^2)

معادلة أبعاد بعض الكميات الفيزيائية :

الكميات الفيزيائية	علاقتها مع الكميات الأخرى	معادلة الأبعاد	وحدة القياس
المساحة (A)	الطول × العرض	$L \times L = L^2$	m^2
الحجم (V)	الطول × العرض × الارتفاع	$L \times L \times L = L^3$	m^3
الكثافة (ρ)	الكتلة / الحجم	$\frac{M}{L^3} = ML^{-3}$	kg/m^3
السرعة (v)	المسافة / الزمن	$\frac{L}{T} = LT^{-1}$	m/s
العجلة (a)	السرعة / الزمن	$\frac{LT^{-1}}{T} = LT^{-2}$	m/s^2
القوة (F)	الكتلة × العجلة	$M \times LT^{-2} = MLT^{-2}$	N (نيوتن)

انتبه

- عند جمع أو طرح كميتين فيزيائيتين يجب أن تكونا من نفس النوع، أى لهما نفس معادلة الأبعاد فلا يمكن جمع كتلة $2\ kg$ مع مسافة $2\ m$.
- إذا كانت وحدة القياس مختلفة لكميتين من نفس النوع فيجب أن نحول وحدة قياس إحداهما إلى وحدة قياس الأخرى لكى يمكن جمع أو طرح الكميتين مع بعضهما.

$$1\ m + 170\ cm = 100\ cm + 170\ cm = 270\ cm$$

- يمكن ضرب وقسمة الكميات الفيزيائية التى ليس لها نفس معادلة الأبعاد، وفى هذه الحالة نحصل على كمية فيزيائية جديدة، فعند قسمة المسافة على الزمن تنتج السرعة.

أهمية معادلات الأبعاد: يمكن استخدام معادلة الأبعاد فى اختبار صحة القوانين، حيث يجب أن يكون أبعاد كل من طرفى المعادلة متماثلة، وهذا ما يسمى (تحقيق تجانس الأبعاد للمعادلة).

مثال محلول

اثبت صحة العلاقة: طاقة الحركة = $\frac{1}{2}$ الكتلة × مربع السرعة، إذا علمت أن معادلة أبعاد الطاقة $E = ML^2T^{-2}$

الحل:

معادلة أبعاد الطرف الأيمن هى ML^2T^{-2}

معادلة أبعاد الطرف الأيسر

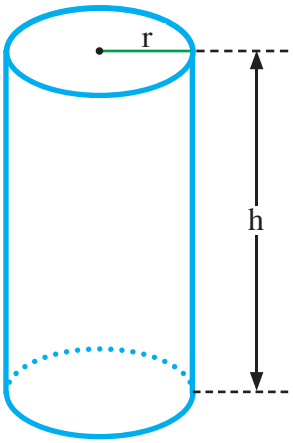
من المعلوم أن الكسر $\frac{1}{2}$ ليس له وحدة قياس. $M(L/T)^2 = ML^2T^{-2}$

وهى نفس معادلة أبعاد الطرف الأيمن. ونستنتج من ذلك أن العلاقة صحيحة.

مثال محلول

اقترح أحدهم أن حجم الأسطوانة يتعين من العلاقة $V = \pi rh$ ، حيث (r) نصف قطر قاعدة الأسطوانة ، (h) ارتفاع الأسطوانة .

استخدم معادلة الأبعاد لكى تتحقق من صحة هذه المعادلة.



الحل:

تكتب المعادلة. $V = \pi rh$ (ويلاحظ أن π ثابت ليس له وحدات)

معادلة أبعاد الطرف الأيسر (حجم) L^3.

معادلة أبعاد الطرف الأيمن (طول×طول) L^2.

النتيجة: أبعاد طرفى المعادلة غير متطابقة.

الاستنتاج: المعادلة خطأ.

لاحظ أن: وجود نفس معادلة الأبعاد على طرفى المعادلة لا يضمن صحتها، ولكن اختلافها على طرفى المعادلة يؤكد خطأها.

ركن التفكير:

تخضع حركة جسم تحت تأثير الجاذبية للعلاقة التالية:

$$v_f = v_i + gt$$

أثبت صحة هذه العلاقة باستخدام معادلات الأبعاد. علما بأن: g هى عجلة الجاذبية الأرضية، t الزمن، v_f السرعة النهائية، v_i السرعة الابتدائية.

مضاعفات وكسور الوحدات فى النظام العالمى

فى عملية القياس توصف الكمية الفيزيائية عادة برقم عددى ووحدة قياس، فمثلاً المسافة بين النجوم كبيرة جدًّا وتقدر بحوالى (100,000,000,000,000,000m). أما المسافة بين الذرات فى الجوامد فتقدر بحوالى (0.000000001m) لا شك أننا نجد صعوبة كبيرة فى قراءة هذه الأرقام. لذلك يفضل التعبير عن هذه الأرقام وكتابتها باستخدام الرقم 10 مرفوعًا لأس معين، وبهذه الطريقة يمكن كتابة المسافة بين النجوم على الصورة (1×10^{17}m) والمسافة بين الذرات فى الجوامد على الصورة (1×10^{-9}m) وتسمى هذه الطريقة فى التعبير عن الكميات الفيزيائية بالصيغة المعيارية لكتابة الأعداد. وسمى المعامل $10^{\pm x}$ بأسماء محددة تم الاتفاق عليها بين العلماء وهى موضحة بالجدول التالى:

المعامل	10^{-9}	10^{-6}	10^{-3}	10^{-2}	10^{3}	10^{6}	10^{9}
المسمى	نانو	ميكرو	مللى	سنتى	كيلو	ميجا	جيجا
الرمز	n	μ	m	c	k	M	G

أمثلة محلولة

١ خزان يبلغ حجم الماء فيه ($9\ m^3$) ، أوجد حجم الماء بوحدة (cm^3).

الحل:

من الجدول السابق نجد أن: $1\ cm = 10^{-2}\ m$

بالضرب فى (100) $100\ cm = 1\ m$

وعلى ذلك نجد أن: $9\ m^3 = 9\ (100\ cm)^3 = 9\times10^6\ cm^3$

٢ تيار كهربائى شدته 7 مللى أمبير (7 mA)، عبر عن شدة هذا التيار بوحدة الميكروأمبير (μA) .

الحل:

من الجدول السابق نجد أن: $1\ mA = 10^{-3}A$

$1\ \mu A = 10^{-6}\ A$

بقسمة العلاقتين السابقتين ينتج أن:

$$\frac{1\ mA}{1\ \mu A} = 10^3$$

أي أن: $1\ mA = 10^3\ \mu A$

وبضرب الطرفين فى (7) نجد أن: $7\ mA = 7\times10^3\ \mu A$

معنى هذا أن: 7 مللى أمبير = 7000 ميكروأمبير.

خطأ القياس: Measurement error

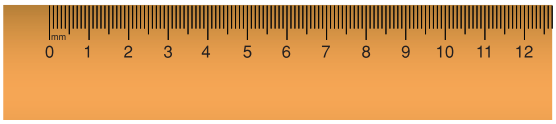
اهتم الإنسان عبر تاريخه بتحسين طرق القياس وتطوير أجهزته نظرًا للارتباط الواضح بين دقة عملية القياس والتقدم العلمى والتكنولوجى، ولا يمكن أن تتم عملية قياس بدقة (100 %)، ولكن لابد من وجود نسبة ولو بسيطة من الخطأ، فعند قياس طول غرفة مثلا فإننا نجد أن هناك اختلافًا بين القيمة المقاسة والقيمة الحقيقية، وقد يكون هذا الاختلاف طفيفًا أو كبيرًا حسب دقة القياس.

تدريب

طلب معلم من 5 طلاب قياس طول قلم رصاص، وكانت النتائج على النحو التالى:

الطالب	الأول	الثانى	الثالث	الرابع	الخامس
نتيجة القياس	10.1 cm	10.0 cm	9.8 cm	10.0 cm	10.2 cm

- ماذا تستنتج من الجدول السابق؟
- اذكر الأسباب المحتملة التى نتجت عنها الأخطاء فى القياس؟
- ما المسطرة الأدق فى قياس طول القلم الرصاص؟ ولماذا؟



أ – مسطرة مدرجة ١ مم

ب – مسطرة مدرجة ١ سم

مصادر الخطأ فى القياس:

تتعدد مصادر الخطأ عند قياس الكميات الفيزيائية المختلفة، ومن هذه المصادر:

١ **اختيار أداة قياس غير مناسبة:** من الأخطاء الشائعة اختيار أداة غير مناسبة للقياس، فمثلا استخدام الميزان المعتاد بدلا من الميزان الحساس لقياس كتلة خاتم ذهبى يؤدى إلى حدوث خطأ أكبر فى القياس.

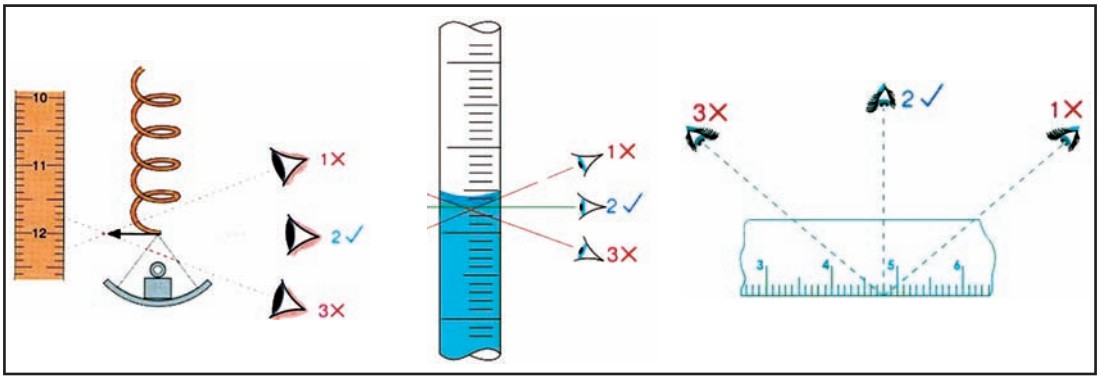
٢ **وجود عيب فى أداة القياس:** قد يوجد عيب أو أكثر فى أداة القياس، ومن أمثلة تلك العيوب فى جهاز الأميتر على سبيل المثال:

- أن يكون الجهاز قديمًا والمغناطيس بداخله أصبح ضعيفًا.
- خروج مؤشر مقياس الأميتر عن صفر التدريج عند قطع التيار كما بالشكل.

شكل (٧) : جهاز أميتر قديم

٣ **إجراء القياس بطريقة خطأ:** كثيرًا ما تنتج الأخطاء من المستجدين والأشخاص غير المدربين على إجراء القياس بدقة، ومن هذه الأخطاء:

- عدم معرفة استخدام الأجهزة متعددة التدريج مثل الملتيمتر.
- النظر إلى المؤشر أو التدريج بزاوية بدلًا من أن يكون خط الرؤية عموديًّا على الأداة.



شكل (٨) : ينبغى أن يكون خط الرؤية عموديًّا على أداة القياس

٤ **عوامل بيئية:** مثل درجات الحرارة أو الرطوبة أو التيارات الهوائية فعند قياس كتلة جسم صغير باستخدام ميزان حساس قد تؤدى التيارات الهوائية إلى حدوث خطأ فى عملية القياس؛ ولتجنب هذا الخطأ يوضع الميزان الحساس داخل صندوق زجاجي.

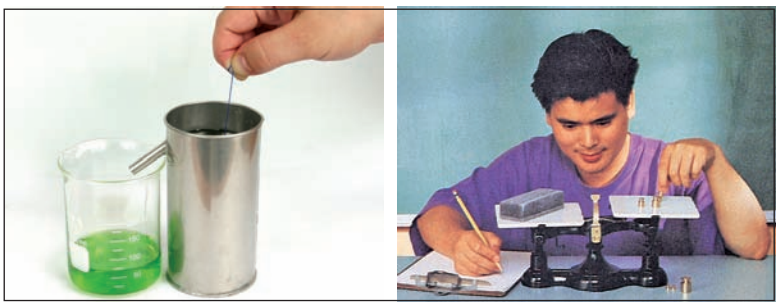
حساب الخطأ فى القياس:

قبل أن نبدأ فى عرض كيفية حساب الخطأ فى القياس لابد أن نميز أولًا بين نوعى القياس:

١ **القياس المباشر:** يتم فيه استخدام أداة واحدة للقياس؛ فمثلًا يمكن قياس كثافة سائل باستخدام أداة قياس واحدة تعرف بـ "الهيدروميتر".

٢ **القياس غير المباشر:** يتم فيه استخدام أكثر من أداة قياس، فيمكن قياس كثافة سائل عن طريق قياس الكتلة بالميزان وقياس الحجم بالمخبار المدرج، ثم حساب الكثافة بقسمة الكتلة على الحجم.

شكل (٩) : قياس الكثافة بطريقة مباشرة باستخدام الهيدروميتر ينتج عنه خطأ واحد فى القياس.



شكل (١٠) : قياس الكثافة باستخدام الميزان والمخبار المدرج ينتج عنه خطأين فى القياس.

وجه المقارنة	القياس المباشر	القياس غير المباشر
عدد عمليات القياس	يتم فيه إجراء عملية قياس واحدة.	يتم فيه إجراء أكثر من عملية قياس.
العمليات الحسابية	لا يتم التعويض فى علاقة رياضية.	يتم التعويض فى علاقة رياضية لحساب الكمية .
الأخطاء فى القياس	يكون هناك خطأ واحد فى عملية القياس.	يكون هناك عدة أخطاء فى عملية القياس؛ لذا يحدث ما يعرف بتراكم للخطأ.
أمثلة	قياس الحجم باستخدام المخبار المدرج.	قياس الحجم بضرب الطول فى العرض فى الارتفاع.

(١)- حساب الخطأ فى حالة القياس المباشر:

شاهد تجربة على موقع الكتاب
قياس الكثافة بطريقتين.

الخطأ المطلق (Δx): هو الفرق بين القيمة الحقيقية (x_0) والقيمة المقاسة (x).

$$\Delta x = |x_0 - x|$$

وتدل علامة المقياس | | على أن الناتج يكون دائما موجبا حتى لو كانت الكمية الحقيقية أقل من الكمية المقاسة؛ لأن المهم هو معرفة مقدار الخطأ سواء كان بالزيادة أو النقصان فعلى سبيل المثال: $|-8| = 8$

الخطأ النسبى (r): هو النسبة بين الخطأ المطلق (Δx) إلى القيمة الحقيقية (x_0).

$$r = \frac{\Delta x}{x_0}$$

مثال محلول

قام أحد الطلاب بقياس طول قلم رصاص عمليا ووجد أنه يساوى ($9.9\ cm$) وكانت القيمة الحقيقية لطول القلم تساوى ($10\ cm$)، بينما قام زميله بقياس طول الفصل ووجد أنه يساوى ($9.13\ m$) فى حين أن القيمة الحقيقية لطول الفصل تساوى ($9.11\ m$) احسب الخطأ المطلق والخطأ النسبى فى كل حالة.

الحل:

فى حالة الطالب الأول: حساب الخطأ المطلق $\Delta x = |x_0 - x| = |10 - 9.9| = 0.1\ cm$

حساب الخطأ النسبى $r = \frac{\Delta x}{x_0} = \frac{0.1}{10} = 0.01 = 1\ \%$

فى حالة الطالب الثانى: حساب الخطأ المطلق $\Delta x = |x_0 - x| = |9.11 - 9.13| = |-0.02|\ m = 2\ cm$

حساب الخطأ النسبى $r = \frac{\Delta x}{x_0} = \frac{0.02}{9.11} = 0.0022 = 0.22\ \%$

ويمكن التعبير عن نتيجة عملية القياس على النحو التالى:

طول القلم الرصاص يساوى $(10 \pm 0.1)\ cm$

طول الفصل يساوى $(9.11 \pm 0.02)\ m$

نلاحظ فيما سبق أن الخطأ المطلق فى قياس الفصل أكبر من الخطأ المطلق فى قياس طول القلم وعلى الرغم من ذلك نجد أن الخطأ النسبى فى قياس طول الفصل أقل، وهذا يدل على أن قياس طول الفصل أكثر دقة من قياس طول القلم.

نتيجة: يعتبر الخطأ النسبى هو الأكثر دلالة على دقة القياس من الخطأ المطلق، ويكون القياس أكثر دقة كلما كان الخطأ النسبى صغيرًا.

(٢)- حساب الخطأ فى حالة القياس غير المباشر:

تختلف طريقة حساب الخطأ فى حالة القياس غير المباشر، وذلك تبعا للعلاقة الرياضية أثناء عملية الحساب.

العلاقة الرياضية	مثال	كيفية حساب الخطأ
الجمع	قياس حجم كميتين من سائل.	الخطأ المطلق = الخطأ المطلق فى القياس الأول + الخطأ المطلق فى القياس الثانى. $\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2$
الطرح	قياس حجم قطعة نقود بطرح حجم الماء قبل وضعها فى مخبار مدرج من حجم الماء بعد وضعها فى المخبار.	
الضرب	قياس مساحة مستطيل بقياس الطول وقياس العرض وإيجاد حاصل ضربهما.	الخطأ النسبى فى القياس = الخطأ النسبى فى القياس الأول + الخطأ النسبى فى القياس الثانى. $r = r_1 + r_2$
القسمة	قياس كثافة سائل بقياس الكتلة والحجم ثم إيجاد حاصل قسمة الكتلة على الحجم.	

أمثلة محلولة

١ احسب الخطأ النسبى والخطأ المطلق فى قياس مساحة مستطيل (A) طوله (6 ± 0.1) m وعرضه (5 ± 0.2) m.

الحل:

حساب الخطأ النسبى فى قياس الطول $r_1 = \frac{\Delta x}{x_0} = \frac{0.1}{6} = 0.017$

حساب الخطأ النسبى فى قياس العرض $r_2 = \frac{\Delta y}{y_0} = \frac{0.2}{5} = 0.04$

حساب الخطأ النسبى فى قياس المساحة $r = r_1 + r_2 = 0.017 + 0.04 = 0.057$

وحيث أن $r = \frac{\Delta A}{A_0}$

فإنه يمكن حساب الخطأ المطلق (ΔA) بضرب الخطأ النسبي فى المساحة الحقيقية (A_0)

$$\Delta A = r \times A_0 = (0.057) \times (5\times6) = 1.7 \text{ m}^2$$

وبناء على ما سبق تكون مساحة المستطيل هي $A = (30\pm1.7) \text{ m}^2$

٢ فى تجربة معملية لتعيين كمية فيزيائية (L) التى تتعين من جمع كميتين فيزيائيتين L_1 ، L_2. إذا كانت:

$L_1 = (5.2 \pm 0.1)$ cm $L_2 = (5.8 \pm 0.2)$ cm

احسب قيمة L؟

الحل:

حساب القيمة الحقيقية لـ (L) $L_0 = (5.2+5.8) = 11$ cm

حساب الخطأ المطلق $\Delta L = (0.1 + 0.2) = 0.3$ cm

$\therefore L = (11 \pm 0.3)$ cm

٣ احسب الخطأ النسبى والخطأ المطلق فى قياس حجم متوازي مستطيلات إذا كانت نتائج قياس أبعاده على النحو التالى:

البعد	الكمية المقاسة (cm)	الكمية الحقيقية (cm)
الطول (x)	4.3	4.4
العرض (y)	3.3	3.5
الارتفاع (z)	2.8	3

الحل:

أولًا: حساب الخطأ النسبى:

حساب الخطأ النسبى فى قياس الطول $r_1 = \frac{\Delta x}{x_0} = \frac{|4.4 - 4.3|}{4.4} = 0.023$

حساب الخطأ النسبى فى قياس العرض $r_2 = \frac{\Delta y}{y_0} = \frac{|3.5 - 3.3|}{3.5} = 0.057$

حساب الخطأ النسبى فى قياس الارتفاع $r_3 = \frac{\Delta z}{z_0} = \frac{|3 - 2.8|}{3} = 0.067$

حساب الخطأ النسبى فى قياس الحجم $r = r_1 + r_2 + r_3 = 0.023 + 0.057 + 0.067 = 0.147$

ثانيًا: حساب الخطأ المطلق:

حساب الحجم الحقيقى لمتوازى المستطيلات (V_0)

$V_0 = x_0 y_0 z_0 = 4.3 \times 3.5 \times 3 = 46.2\ cm^3$

$r = \frac{\Delta V}{V_0}$

$\Delta V = r V_0$

$\Delta V = 0.147 \times 46.2 = 6.79\ cm^3$

الفصل الثانى

الكميات القياسية والكميات المتجهة

Scalar quantities & Vector quantities

نواتج التعلم المتوقعة :

فى نهاية هذا الفصل تكون قادرًا على أن:

- تفرق بين الكمية القياسية والكمية المتجهة.
- تتعرف الضرب القياسى للكميات المتجهة.
- تتعرف الضرب الاتجاهى للكميات المتجهة.

مصطلحات الفصل :

- كمية قياسية *Scalar quantity*
- كمية متجهة *Vector quantity*
- المسافة *Distance*
- الإزاحة *Displacement*
- الضرب القياسى *Scalar Product (Dot Product)*
- الضرب الاتجاهى *Vector Product (Cross Product)*

مصادر التعلم الألكترونية:

- **موقع إلكترونى:**

الكميات القياسية والكميات المتجهة.

http://www.engaswan.com/t5695-topic

إذا ذكرنا أن جسمًا درجة حرارته($37^{\circ}C$) فهذه معلومة كاملة، لكن إذا ذكرنا أن سيارة تتحرك بسرعة ($50\ km/h$) فنحن ذكرنا المقدار ووحدة القياس ويبقى التساؤل: فى أى اتجاه تتحرك السيارة؟ هل إلى الشرق أم إلى الغرب أم فى أى أتجاه؟

عندئذ يمكن كتابة سرعة السيارة بصورة كاملة ($50\ km/h$ شرقًا) وبهذا يكون قد تم تحديد المقدار والاتجاه معا ليكتمل المعنى فالسرعة لذلك كمية متجهة.

شكل (١١) : درجة الحرارة تعرف بمقدارها فقط

شكل (١٢) : السرعة تعرف بمقدارها واتجاهها

بناءً على ما سبق يمكن تصنيف الكميات الفيزيائية إلى:

أ كمية قياسية: وهى كمية فيزيائية تعرف تمامًا بمقدارها فقط وليس لها اتجاه. مثل: المسافة، الكتلة، الزمن، درجة الحرارة، الطاقة ...

ب كمية متجهة: وهى كمية فيزيائية تعرف تمامًا بمقدارها واتجاهها معا. مثل: الإزاحة، السرعة، العجلة، القوة ...

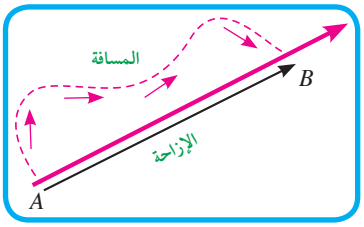
عرض تفاعلى على موقع الكتاب

الفرق بين الكمية القياسية والكمية المتجهة.

١- الفرق بين المسافة والإزاحة Distance and Displacement

تعرف المسافة بأنها طول المسار المقطوع أثناء الحركة من موضع إلى آخر، وتعتبر المسافة كمية قياسية يلزم معرفة مقدارها فقط.

وعندما يكون مقدار المسافة مقترنًا باتجاه الحركة تسمى فى هذه الحالة بالإزاحة، وتعرف كالآتى:

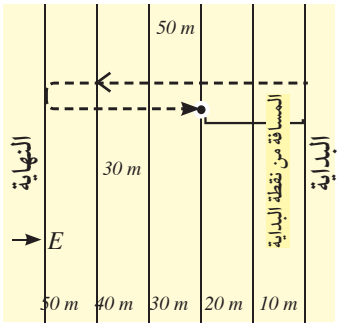


شكل (١٣) : توضيح الفرق بين المسافة والإزاحة

"الإزاحة هى المسافة المستقيمة فى اتجاه معين من نقطة بداية إلى نقطة نهاية".

مثال محلول

تحرك عدَّاء إزاحة مقدارها (50 m) غربًا ثم تحرك فى عكس الاتجاه إزاحة مقدارها (30 m)شرقًا، احسب المسافة والإزاحة التى قطعها هذا العدَّاء.



شكل (١٤) : مسار حركة العداء

الحل:

أولا: المسافة المقطوعة : $s = 50 + 30 = 80\ m$

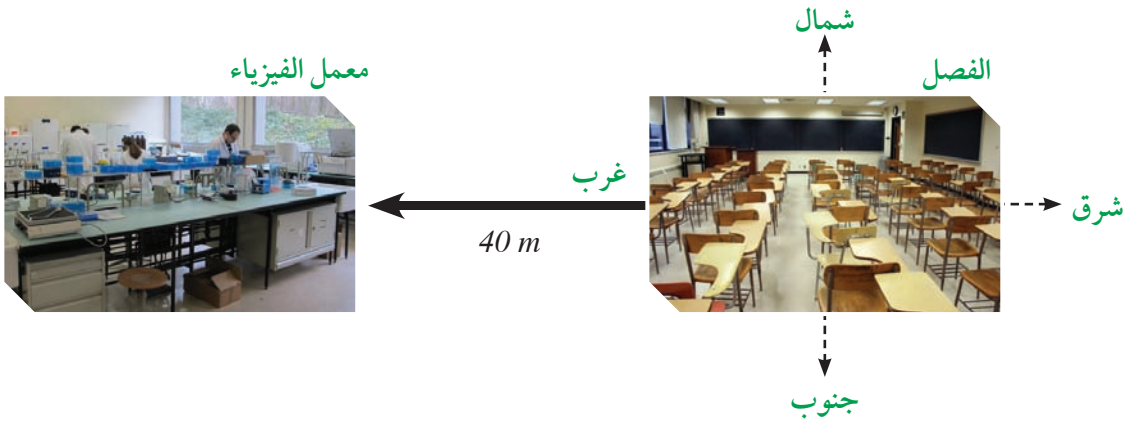
ثانيا: الإزاحة المقطوعة : $d = +50 - 30 = +20\ m$

حيث اعتبرنا الإزاحة إلى الغرب موجبة والإزاحة إلى الشرق سالبة

وتبين النتيجة أن الجسم حدث له فى النهاية إزاحة مقدارها (20 m) فى اتجاه الغرب.

٢- تمثيل الكميات المتجهة: Representing vector quantities

إذا طلب منك المعلم تحديد موقع معمل الفيزياء بالنسبة لموقع فصلك، فإنك ستقول مثلًا بأن المعمل يقع على بعد (40 m) غربًا من الفصل، وتسمى هذه الكمية متجه الموقع لمعمل الفيزياء.



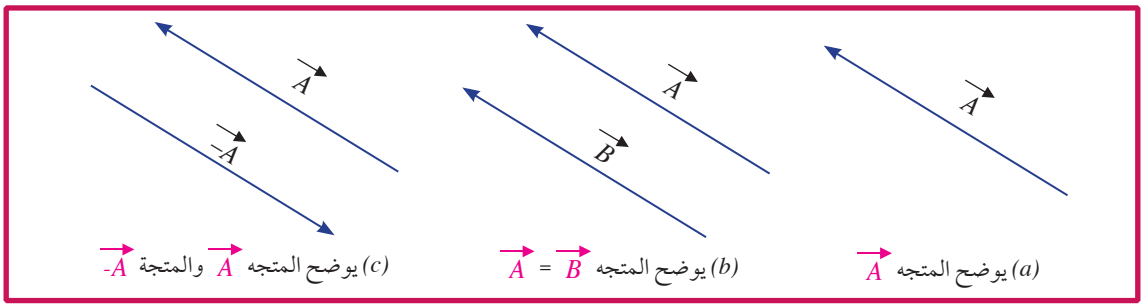
شكل (١٥) : مخطط يوضح تحديد موقع باستخدام المتجهات

من خلال المثال السابق تم تمثيل المتجه بقطعة مستقيمة موجهة طولها يتناسب مع قيمة المتجه، وتبدأ من نقطة البداية وتشير نحو نقطة النهاية، ويرمز عادة للمتجه بحرف داكن ($\boldsymbol{A}$) أو بحرف عادي وفوقه سهم صغير ($\vec{A}$).

التمثيل البياني للمتجهات:

يتم تمثيل المتجهات برسم قطعة مستقيمة موجهة بمقياس رسم مناسب، بحيث:

- يمثل طول القطعة المستقيمة الموجهة مقدار الكمية المتجهة.
- يمثل اتجاه القطعة المستقيمة الموجهة اتجاه الكمية المتجهة.



شكل (١٦) التمثيل البيانى للمتجهات.

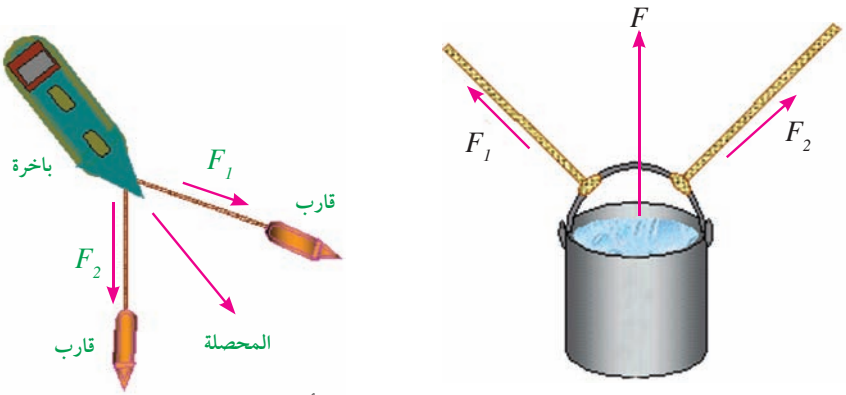
بعض أساسيات جبر المتجهات:

١ نعتبر أن المتجهين متساويان إذا تساويا فى المقدار وكان لهما نفس الاتجاه وإن اختلفت نقطة البداية لكل منهما.

٢ المتجه $\vec{A}$ هو متجه قيمته العددية تساوى القيمة العددية للمتجه $\vec{A}$- ولكن فى عكس اتجاهه. ماذا يحدث إذا ضربنا المتجه فى (-1) ؟

محصلة (جمع) المتجهات:

عندما تؤثر قوتان أو أكثر على جسم ما، ففى أى اتجاه تتوقع أن يتحرك الجسم؟ وما مقدار القوة التى تحركه؟



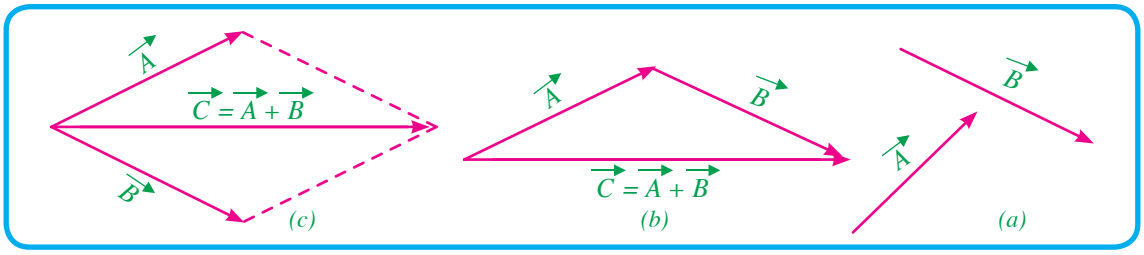
شكل (١٧) : القوة المحصلة من تأثير قوتين

تسمى القوة التى تؤثر على جسم نتيجة تأثير عدة قوى بمحصلة القوى، ويحدد اتجاهها بالاتجاه الذى يتحرك فيه الجسم.

القوة المحصلة: هى قوة وحيدة تحدث فى الجسم الأثر نفسه الذى تحدثه القوى الأصلية المؤثرة عليه.

وبصورة عامة فإن جمع متجهين يتم بطريقتين:

- برسم المثلث كما فى (شكل ١٨ b).
- برسم متوازى أضلاع يكون فيه A و B ضلعين متجاورين فيكون القطر ممثلًا لمحصلة المتجهين، كما فى (شكل ١٨ c).



شكل (١٨) : جمع المتجهات

تطبيقات حياتية

حدد اتجاه محصلة القوتين F_1 و F_2 فى كل صورة بفرض تساوى القوتين، وإذا علمت أن هناك قوة ثالثة مساوية فى المقدار للقوة المحصلة ومضادة لها فى الاتجاه تؤثر على نفس الجسم، هل يتحرك الجسم فى كل صورة؟ ولماذا؟

مثال محلول

أوجد محصلة قوتين إحداهما فى اتجاه محور(x) وهى ($F_x = 4\ N$) والأخرى فى اتجاه محور (y) هى ($F_y = 3\ N$)كما هو مبين بالرسم.

الحل:

نكمل متوازى الأضلاع فنحصل على مستطيل لأن القوتين متعامدتان. ثم نصل القطر فيمثل المحصلة F كما هو مبين.

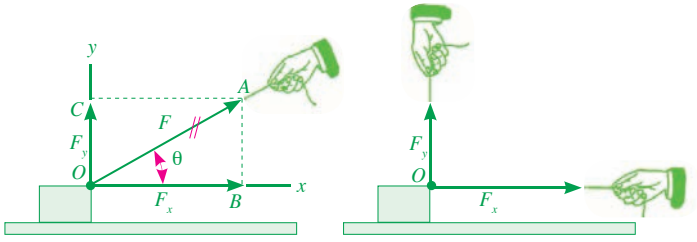
بتطبيق نظرية فيثاغورس نجد أن المحصلة F يمكن إيجاد القيمة العددية لها من العلاقة:

$$F^2 = F_x^{\ 2} + F_y^{\ 2} = 16 + 9 = 25$$

$$\therefore F = \sqrt{F_x^{\ 2} + F_y^{\ 2}} = \sqrt{25} = 5\ N$$

$$\tan\theta = \frac{F_y}{F_x} = \frac{3}{4}$$

$$\therefore \theta = 36.87°$$

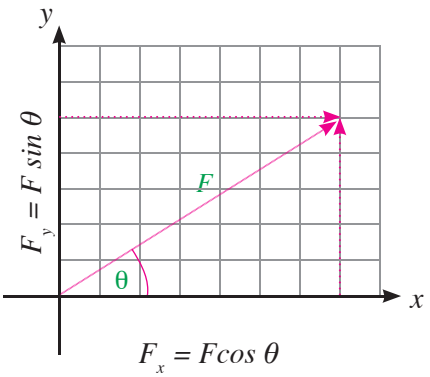


(إيجاد محصلة قوتين)

تحليل المتجه:

يعتبر تحليل المتجه هو العملية العكسية لجمع المتجهات، ففى الشكل التالى طفلة تجر أخرى بواسطة حبل فى اتجاه يصنع زاوية(θ) مع الأفقى، ويمكن تحليل القوة (F) إلى قوتين متعامدتين على محوري (x ، y) وبالتالى:

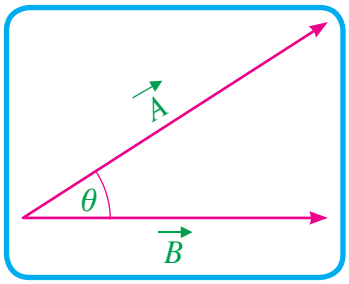
$$F_x = F\cos\theta \qquad F_y = F\sin\theta$$



شكل (١٩) : تحليل القوة

٣- ضرب المتجهات Product of vectors

توجد صور مختلفة لضرب المتجهات منها:



شكل (٢٠) : المتجهين $\vec{A}$ و $\vec{B}$

أولا: الضرب القياسى

حاصل الضرب القياسى بين متجهين $\vec{A}$ ، $\vec{B}$ يساوى:

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

ويكون الناتج كمية قياسية تساوى حاصل ضرب القيمة العددية للأول (A) فى القيمة العددية للثانى (B) فى جيب تمام الزاوية بين المتجهين ($\cos\theta$). وتسمى النقطة بين المتجهين *dot*.

ثانيا: الضرب الاتجاهى

الضرب الاتجاهى بين متجهين $\vec{A}$ ، $\vec{B}$ يساوى:

$$\vec{C} = \vec{A} \wedge \vec{B} = AB\sin\theta\,\vec{n}$$

أى يساوى حاصل ضرب القيمة العددية للمتجه الأول (A) فى القيمة العددية للمتجة الثانى (B) فى جيب الزاوية بينهما ($\sin\theta$) فى $\vec{n}$.

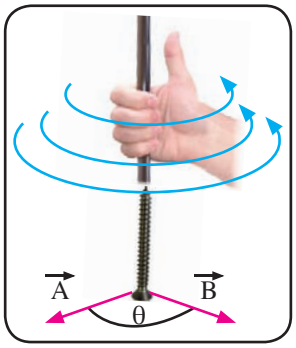
حيث: $\vec{n}$ وحدة متجهات فى اتجاه عمودي على المستوى الذى يشمل المتجهين $\vec{A}$ و $\vec{B}$

ومعنى ذلك أن المتجه $\vec{C}$ الناتج يكون فى اتجاه $\vec{n}$ العمودى على المستوى الذى يجمع المتجهين $\vec{A}$ و $\vec{B}$ وتسمى العلامة (^) بين المتجهين *Cross* . ويحدد اتجاه $\vec{C}$ بقاعدة تسمى "**قاعدة اليد اليمنى**" شكل (٢١)، وذلك بتحريك أصابع اليد اليمنى من المتجه الأول نحو المتجه الثانى عبر الزاوية الأصغر بينهما،

فيكون الإبهام مشيرًا لاتجاه حاصل الضرب الاتجاهى لهما.

ويلاحظ أنه فى حالة الضرب الاتجاهى يكون:

- $\vec{A}$ ، $\vec{B}$ تقع بين
- $\vec{A} \cdot \vec{B} \neq \vec{B} \cdot \vec{A}$
- $\vec{A} \cdot \vec{B} = -\vec{B} \cdot \vec{A}$



شكل (٢١) : طريقة تحديد اتجاه حاصل الضرب الاتجاهى «قاعدة اليد اليمنى

مثال محلول

إذا كانت القيمة العددية للمتجهين $\vec{A}$ و $\vec{B}$ هى: $B = 10$ $A = 5$

أوجد قيمة كلٍّ من: أولًا: $\vec{A} \cdot \vec{B}$ ثانيًا: $\vec{A} \wedge \vec{B}$

علما بأن الزاوية بينهما تساوى $60°$

$\sin 60 = 0.866$ $\cos 60 = 0.5$

الحل:

أولًا:

$$\therefore \vec{A} \cdot \vec{B} = AB \cos \theta$$

$$\therefore \vec{A} \cdot \vec{B} = 5 \times 10 \times 0.5 = 25$$

ثانيًا:

$$\vec{C} = \vec{A} \wedge \vec{B} = AB \sin \theta \, \vec{n} = (5 \times 10 \times 0.866) \, \vec{n}$$

$$\vec{C} = 43.3 \, \vec{n}$$

حيث $\vec{C}$ متجة القيمة العددية تساوى 43.3 فى الاتجاه $\vec{n}$ العمودى على المستوى الذى يشمل المتجهان $\vec{A}$ و $\vec{B}$

زيارة ميدانية:

تعتبر مصلحة الدمغة والموازين إحدى بيوت الخبرة فى جمهورية مصر العربية بالنسبة لإجراء المعاينة والمعايرة القانونية لأجهزة وآلات وأدوات الوزن والقياس والكيل، كما تختص بعمليات الرقابة والتفتيش، ويوجد لها (54) فرع فى كافة محافظات الجمهورية، قم بزيارة ميدانية لفرع المصلحة الموجود فى محافظتك. كما يمكنك زيارة المعهد القومي للمعايير والقياس بمحافظة الجيزة والذي يقوم بتطوير المعايير القومية للقياسات الفيزيقية والعمل على استمرار مطابقتها للمعايير الدولية.

ملخص الباب

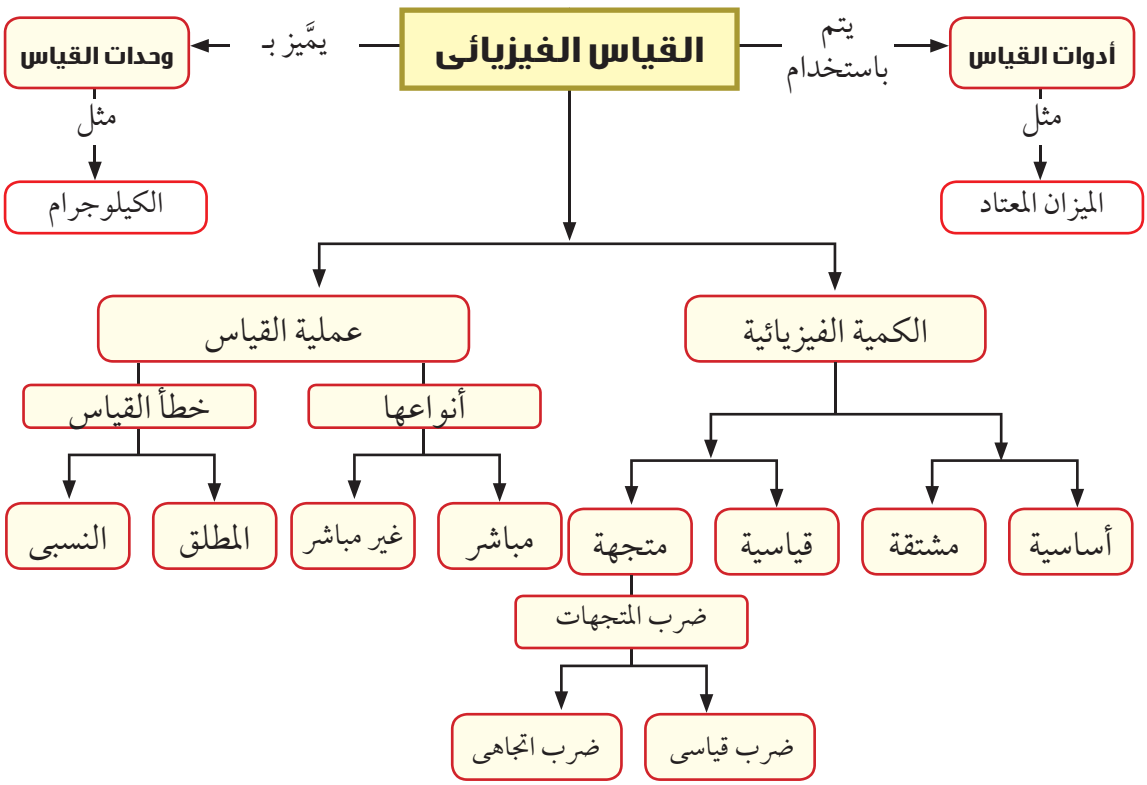
أولًا: المفاهيم الرئيسة:

- **عملية القياس:** هى مقارنة مقدار كمية فيزيائية بكمية أخرى من نفس النوع لمعرفة عدد مرات احتواء الكمية الأولى على الثانية.
- **الخطأ المطلق:** هو الفرق بين القيمة الحقيقية والقيمة المقاسة.
- **الخطأ النسبى:** هو النسبة بين الخطأ المطلق والقيمة الحقيقية للكمية الفيزيائية المقاسة.
- **الكمية القياسية:** هى كمية تعرف بمقدارها فقط مثل المسافة والزمن ودرجة الحرارة.
- **الكمية المتجهة:** هى كمية تعرف بمقدارها واتجاهها معا مثل الإزاحة والسرعة والعجلة والقوة.

ثانيًا: العلاقات الرئيسة:

- **الضرب القياسى:** $\vec{A} \cdot \vec{B} = A\,B\cos\theta$ حيث θ الزاوية بين المتجهين.
- **الضرب الاتجاهى:** $\vec{A} \wedge \vec{B} = AB\sin\theta\,\vec{n}$، حيث $\vec{n}$ وحدة متجهات فى اتجاه عمودى على المستوى الذى يجمع $\vec{A}$ و $\vec{B}$

خريطة الباب



الباب الثانى

الحركة الخطية
Linear Motion

فصول الباب

الفصل الأول : الحركة فى خط مستقيم

الفصل الثّاني : الحركة بعجلة منتظمة

الفصل الثالث : القوة والحركة

مقدمة الباب

من المهم فى حياتنا اليومية ونحن نتابع الأجسام المتحركة بدءا من الدراجات والسيارات والطائرات ... أن نفهم كيف تتحرك ، وما الذى يسيطر عليها؟ وكيف يمكن الاستفادة من كل ذلك؟

لهذا سيركز هذا الباب على دراسة حركة الأجسام وكيفية التحكم فيها، فندرس المفاهيم الأساسية المرتبطة بالحركة فى خط مستقيم ومعادلات الحركة بعجلة منتظمة، والسقوط الحر، وحركة المقذوفات، كما نستعرض قوانين نيوتن للحركة وبعض تطبيقاتها.

أهداف الباب

فى نهاية هذا الباب تكون قادرًا على أن:

- تضع تعريفًا لمفهوم الحركة فى خط مستقيم (الحركة المستقيمة).
- تتعرف أنواع الحركة.
- ترسم وتفسر الأشكال البيانية التى توضح العلاقة بين الإزاحة والزمن – السرعة والزمن.
- تفرق بين أنواع السرعات المختلفة وتقارن بينها.
- تستنتج معادلات الحركة بعجلة منتظمة.
- تستقصى وتفسر وتحلل الأشكال البيانية المختلفة والمتعلقة بالحركة الخطية.
- تتعرف حركة الأجسام بالسقوط الحر.
- تستنتج الحركة فى بعدين مثل: حركة المقذوفات.
- تصمم تجربة لتعيين عجلة الجاذبية الأرضية.
- تطبق العلاقة بين القوة والكتلة والعجلة.
- تفسر ظاهرة الفعل ورد الفعل.

عمليات العلم ومهارات التفكير المتضمنة

- التفسير العلمى.
- الاستنتاج.
- المقارنة.
- التصنيف.
- التطبيق.

الجوانب الوجدانية المتضمنة

- تقدير جهود كل من جاليليو ونيوتن فى اكتشاف قوانين الحركة.
- الوعى بخطورة حركة السيارات بسرعات كبيرة.
- تقدير دور العلم وتطبيقاته فى تطور وسائل النقل المختلفة ودراسة حركتها.

الفصل الأول

الحركة فى خط مستقيم

Motion in a Straight Line

إذا تأملنا الأجسام من حولنا، فسنجد أن بعضها ثابت وبعضها متحرك، ومن الضروري ونحن نتابع حركة الأجسام المختلفة أن نفهم ونصف تلك الحركة، ففى حالة غياب طرق لوصف الحركة وتحليلها يتحول السفر بواسطة السفن، والقطارات، والطائرات إلى فوضى فالأزمنة والسرعات هى التى تحدد جداول مواعيد انطلاق ووصول وسائل النقل على اختلافها، وبناء على ما سبق نحاول فى هذا الفصل التعرف على مفهوم الحركة والكميات الفيزيائية اللازمة لوصفها.

شكل(١) : ما تأثير دراسة الحركة على وسائل النقل المختلفة؟

١- الحركة Motion

يوضح الشكل التالى شريطًا سينمائيًّا يحدد مواضع فأر خلال فترات زمنية متساوية، هل الفأر متحرك أم ساكن؟

شكل (٢) : يتغير موضع الفأر بمرور الزمن

نواتج التعلم المتوقعة :

فى نهاية هذا الفصل تكون قادرًا على أن:

- تضع تعريفًا لمفهوم الحركة فى خط مستقيم.
- تشرح أنواع الحركة.
- ترسم وتفسر الأشكال البيانية التى توضح العلاقة بين الإزاحة والزمن – السرعة والزمن.
- تفرق بين أنواع السرعات المختلفة وتقارن بينها.
- تستقصي وتفسر وتحلل الأشكال البيانية المختلفة والمتعلقة بالحركة الخطية.

مصطلحات الفصل :

الحركة	*Motion*
السرعة العددية	*Speed*
السرعة المتجهة	*Velocity*
السرعة المنتظمة	*Uniform velocity*
السرعة اللحظية	*Instantaneous velocity*
العجلة	*Acceleration*

مصادر التعلم الإلكترونية:

- **فيلم تعليمى:** حساب السرعة من العلاقة بين (الإزاحة –الزمن).

http://www.youtube.com/watch?v=SkWFD_F5jd4

الحركة هى التغير الحادث فى موضع الجسم بمرور الزمن بالنسبة لموضع جسم آخر، فعندما يتغير موضع جسم خلال فترة من الزمن يكون الجسم قد تحرك، وإذا كانت الحركة فى اتجاه واحد، أى تأخذ مسارًا مستقيمًا سميت الحركة عندئذ بالحركة فى خط مستقيم وهى تمثل أبسط أنواع الحركة.

شكل (٣) : حركة القطار تعد مثالا للحركة فى خط مستقيم ففى كثير من المناطق لا تغير قضبان السكة الحديد اتجاهها لمسافات طويلة

أضف إلى معلوماتك

مخطط الحركة: يمكن تمثيل حركة جسم بالتقاط سلسلة من الصور المتتابعة له فى فترات زمنية متساوية، ويمكن تجميع هذه الصور فى صورة واحدة تسمى بـ "مخطط الحركة".

أنواع الحركة:

يمكن تصنيف الحركة إلى نوعين رئيسيين، هما: الحركة الانتقالية، والحركة الدورية.

شكل (٤) : ا الحركة الانتقالية

شكل (٥) : الحركة الدورية

❁ الحركة الانتقالية: هى حركة تتميز بوجود نقطة بداية ونقطة نهاية مثل: الحركة فى خط مستقيم وحركة المقذوفات وحركة وسائل المواصلات.

❁ الحركة الدورية: هى حركة تكرر نفسها على فترات زمنية متساوية، مثل: الحركة فى دائرة والحركة الاهتزازية .

تنمية عمليات العلم

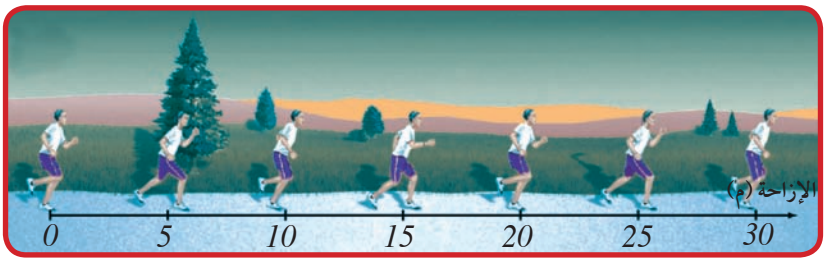
صنف حركة الأجسام التالية إلى انتقالية ودورية:

- حركة بندول الساعة.
- حركة المقذوفات.
- حركة القطارات.
- حركة فرع الشوكة الرنانة.

٢- السرعة Velocity

تتحرك الأجسام من حولنا فنصف بعضها بأنه بطيء وبعضها الآخر بأنه سريع، إلا أن هذه الأوصاف لا تكون دقيقة من الناحية العلمية، فلوصف حركة جسم لابد من تقديرها بصورة كمية، من خلال مفهوم "السرعة".

للتعرف على معنى "السرعة" ادرس مخطط الحركة التالى لحساب الإزاحة التى يقطعها الرياضى فى الثانية الواحدة.



شكل (٦) : مخطط يوضح حركة رياضى

من دراسة هذا المخطط يمكن رصد العلاقة بين الإزاحة والزمن فى الجدول التالى:

الزمن (s)	0	1	2	3	4	5	6
الإزاحة (m)	0	5	10	15	20	25	30

ومن الجدول يمكن أن نتوصل إلى أن هذا الشخص يقطع إزاحة مقدارها ($5\ m$) كل ثانية، ويعرف هذا المقدار بالسرعة (v) ، والتى تحسب من العلاقة:

$$\text{السرعة} = \frac{\text{التغير فى الإزاحة}}{\text{زمن التغير}} \quad ، \quad v = \frac{\Delta d}{\Delta t}$$

وبتطبيق هذه العلاقة على المثال السابق تحسب السرعة على النحو التالى:

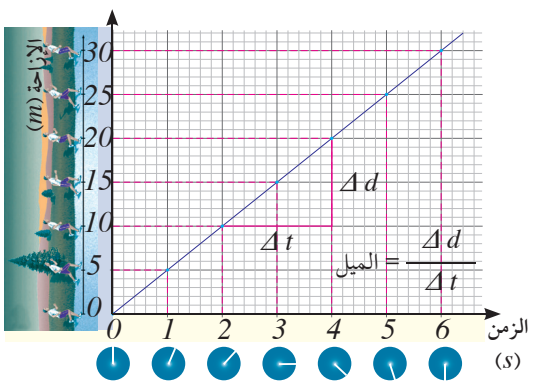
$$v = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1} = \frac{10 - 5}{2 - 1} = \frac{5}{1} = 5\ m/s$$

السرعة: **هى الإزاحة التى يقطعها الجسم فى الثانية الواحدة، أو هى المعدل الزمني للتغير فى الإزاحة، وتقاس السرعة بوحدة متر/ ثانية (m/s) أو كيلومتر/ ساعة (km/h).**

تمثيل العلاقة بين الإزاحة والزمن بيانيًّا:

يمكن تمثيل العلاقة بين الإزاحة (على المحور الرأسى) والزمن (على المحور الأفقى) على النحو التالى:

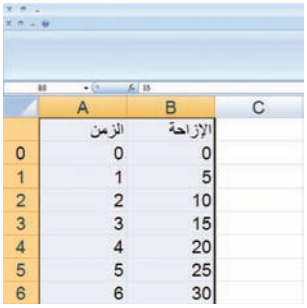
- ارسم خطًّا رأسيًّا يمر بالنقطة ($1s$) على محور الزمن.
- ارسم خطًّا أفقيًّا يمر بالنقطة ($5\ m$) على محور الإزاحة.
- حدِّد نقطة تقاطع الخط الرأسى مع الخط الأفقى.
- كرر الخطوات السابقة مع باقى نقاط الزمن والإزاحة.
- ارسم أفضل خط مستقيم يمر بنقاط التقاطع.
- حدد السرعة بحساب ميل الخط المستقيم (*slope*)



مصادر التعلم الإلكترونية:

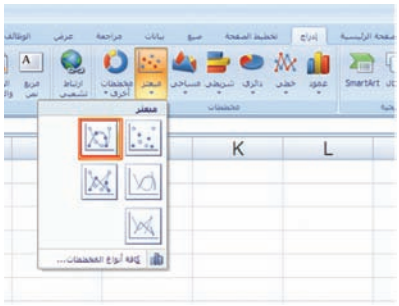
تمثيل العلاقة بين الإزاحة والزمن باستخدام الحاسب الآلى:

(١) افتح برنامج الإكسل *excel* ثم اختر أمر إدراج مخطط.

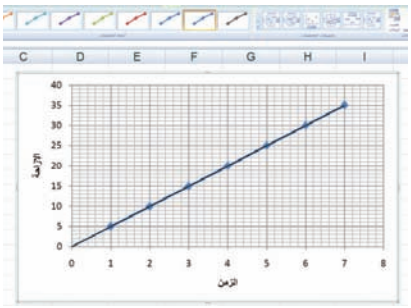


	A	B	C
	الزمن	الإزاحة	
0	0	0	
1	1	5	
2	2	10	
3	3	15	
4	4	20	
5	5	25	
6	6	30	

(٢) أدخل بيانات الزمن فى العمود الأول، ثم بيانات الإزاحة فى العمود الثانى ثم قم بتظليل البيانات.



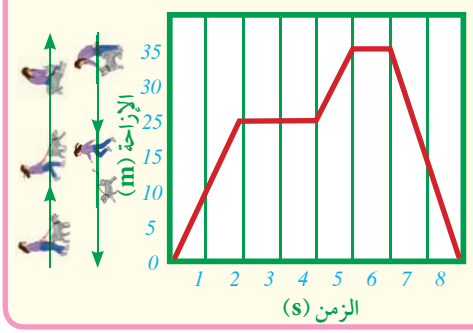
(٣) اختر أمر إدراج ثم حدد نوع الرسم البيانى المظلل باللون الأحمر.



(٤) يظهر لك الشكل النهائي للرسم البيانى، ومنه احسب السرعة بحساب الميل.

ركن التفكير:

يعبر الشكل البيانى عن حركة فتاة بداية من منزلها حتى عودتها مرة أخرى، ادرس الشكل ثم أجب عن الأسئلة التالية:



- متى توقفت الفتاة؟
- ما أكبر سرعة تحركت بها الفتاة؟
- لماذا تكون سرعة عودتها سالبة؟
- ما الفرق بين الإزاحة والمسافة التى تقطعهما الفتاة؟

أنواع السرعة:

(أ) السرعة العددية والسرعة المتجهة Speed & Velocity :

عندما تركب السيارة يمكنك أن تلاحظ وجود عداد أمام السائق يتحرك مؤشره يمينًا ويسارًا، ويحدِّد هذا العداد مقدار سرعة السيارة (مثلًا *80 km/h*) ولا يفيدنا بأي شيء فى تحديد اتجاه حركتها. ويسمى هذا المقدار بالسرعة العددية (*Speed*).

شكل (٧) : هل يقيس عداد السيارة سرعة عددية أم متجهة؟ ولماذا؟

وعندما نقول إن سيارة تسير بسرعة *80 km/h*، يعد هذا وصفًا ناقصًا، إذ لم نعلم فى أى اتجاه تسير السيارة. وحتى يتم وصف سرعة السيارة وصفًا كاملًا، علينا أن نحدد اتجاه حركتها، كأن نقول إن السيارة المذكورة تسير بسرعة *80 km/h* نحو الشرق، وتسمى السرعة فى هذه الحالة بالسرعة المتجهة (*Velocity*).

وجه المقارنة	السرعة العددية	السرعة المتجهة
التعريف	هى المسافة التى يقطعها الجسم فى وحدة الزمن.	هى الإزاحة التى يقطعها الجسم فى وحدة الزمن.
نوع الكمية	قياسية: تحدد بالمقدار فقط.	متجهة: تحدد بالمقدار والاتجاه.
الإشارة	دائما تكون موجبة.	تكون موجبة إذا تحرك الجسم فى اتجاه معين وسالبة إذا تحرك فى عكس هذا الاتجاه.

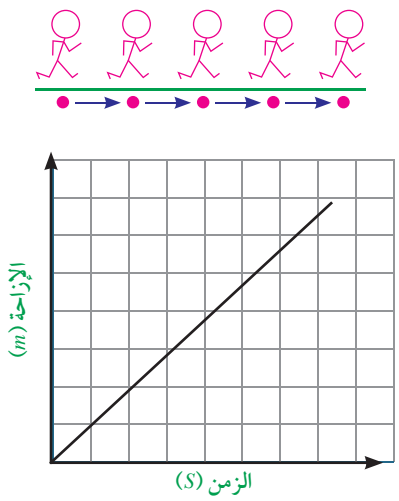
وتجدر الإشارة إلى أن مصطلح "السرعة" الذى سيتم استخدامه فيما يلى (من نصوص ومسائل ومعادلات حركة) يقصد به السرعة المتجهة، وليس السرعة العددية وذلك لأن السرعة المتجهة هى التى تصف حركة الجسم وصفًا تامًا.

(ب) السرعة المنتظمة والسرعة المتغيرة Uniform Velocity and Variable Velocity

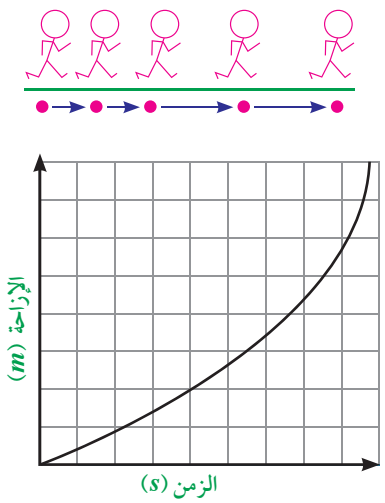
عندما يتحرك عداء بسرعة منتظمة فإن الإزاحة بين المواقع تكون متساوية فى الأزمنة المتساوية، أما إذا تحرك بسرعة غير منتظمة فإن الإزاحة بين المواقع تكون غير متساوية فى الأزمنة المتساوية.

السرعة المنتظمة: هى السرعة التى يقطع فيها الجسم إزاحات متساوية فى أزمنة متساوية، ويكون الجسم متحركًا بمقدار ثابت وفى خط مستقيم (اتجاه ثابت).

السرعة المتغيرة: هى السرعة التى يقطع فيها الجسم إزاحات غير متساوية فى أزمنة متساوية، وتكون السرعة متغيرة فى المقدار أو الاتجاه.



شكل (٨) : الحركة بسرعة منتظمة



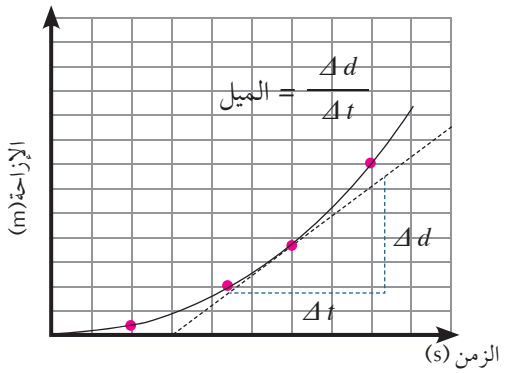
شكل (٩) : الحركة بسرعة متغيرة

(جـ) السرعة اللحظية والسرعة المتوسطة Instantaneous Velocity & Average Velocity

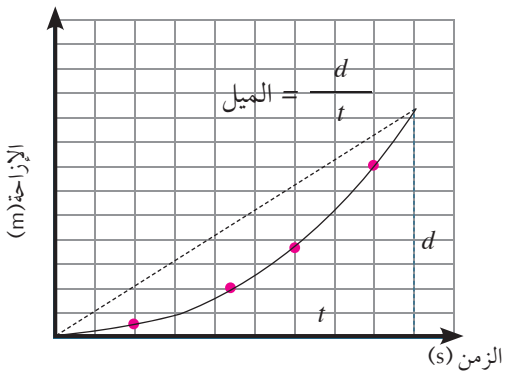
إذا تأملنا حركة سيارة على طريق فإننا نلاحظ أن سرعتها ليست ثابتة، ولكنها تتغير بحسب أحوال الطريق، فهي تتزايد حينًا ، وتتناقص حينًا آخر ، ولا تبقى ثابتة القيمة، ولفهم حركة هذه السيارة لابد أن نميز بين سرعتها اللحظية وسرعتها المتوسطة.

السرعة اللحظية (v): هى سرعة الجسم عند لحظة معينة، ويمكن الاستدلال على قيمتها من قراءة مؤشر عداد سرعة السيارة فى لحظة ما، ولتعيين سرعة السيارة عند لحظة ما يتم رسم مماس للمنحنى عند النقطة التى تقابل هذه اللحظة ويكون ميل المماس هو سرعة السيارة اللحظية.

السرعة المتوسطة ($\overline{v}$): هى الإزاحة من نقطة البداية إلى نقطة النهاية مقسومة على الزمن الكلى، ويمكن تعيين السرعة المتوسطة عن طريق إيجاد ميل الخط الواصل بين نقطة بداية الحركة ونقطة نهايتها.



السرعة اللحظية (v) = $\frac{\text{التغير فى الإزاحة } (\Delta d)}{\text{زمن التغير } (\Delta t)}$



السرعة المتوسطة ($\overline{v}$) = $\frac{\text{الإزاحة الكلية } (d)}{\text{الزمن الكلى } (t)}$

تصويب التصورات الخطأ:

من التصورات الخطأ الأكثر شيوعًا الخلط بين مصطلح السرعة المتوسطة *Average velocity* وهى كمية متجهة، ومصطلح السرعة العددية المتوسطة *average speed* وهى كمية قياسية، حيث أن:

السرعة المتوسطة = $\frac{\text{الإزاحة الكلية}}{\text{الزمن الكلى}}$ السرعة العددية المتوسطة = $\frac{\text{المسافة الكلية}}{\text{الزمن الكلى}}$

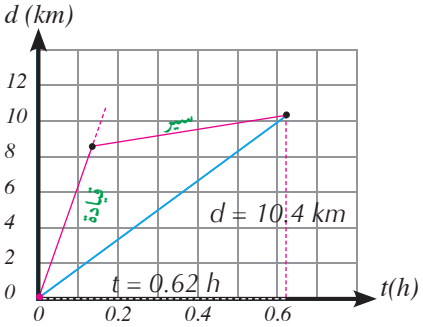
إدارة الوقت:

- ضع هدفًا لكل عمل تقوم به، وحدد ماذا تريد أن تحقق ولماذا وتفحص أهدافك هل هى واقعية أم لا؟
- صمم جدولك الخاص اليومى أو الأسبوعى الذى يتيح لك معرفة الأنشطة التى عليك أن تنجزها خلال وقت محدد، و احمل مفكرة صغيرة تسجل فيها مواعيد قيامك بالأنشطة والواجبات المختلفة.

(تعيين السرعة التى يتحرك بها الجسم)

أمثلة محلولة

١ قاد شخص سيارة فى خط مستقيم فقطع(8.4 km) فى زمن قدره (0.12 h) ، ثم نفذ منه وقود السيارة فتركها ومشى فى نفس الخط المستقيم لأقرب محطة وقود وقطع(2 km) فى زمن قدره(0.5 h) احسب سرعته المتوسطة من بداية الحركة حتى نهايتها.



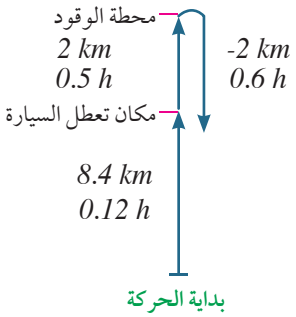
الحل:

السرعة المتوسطة = $\frac{\text{الإزاحة الكلية } (d)}{\text{الزمن الكلى } (t)}$

$$\bar{v} = \frac{d}{t} = \frac{8.4 + 2}{0.12 + 0.5} = \frac{10.4}{0.62} = 16.8 \text{ km/h}$$ ،

كما يمكن التوصل إلى نفس النتيجة بإيجاد ميل الخط البيانى الواصل بين نقطة بداية الحركة ونقطة نهايتها كما يتضح بالرسم.

٢ إذا افترضنا أن الشخص فى المثال السابق عاد مرة أخرى فى زمن قدره 0.6 h احسب السرعة المتوسطة للحركة منذ بدايتها حتى عودته إلى السيارة مرة أخرى.



الحل: عندما يعود الشخص إلى السيارة مرة أخرى فإن إزاحته تصبح (8.4 km) كما بالرسم.

$$\bar{v} = \frac{d}{t} = \frac{8.4}{0.12 + 0.5 + 0.6} = \frac{8.4}{1.22} = 6.88 \text{ km/h}$$

٣- العجلة Acceleration

ناقشنا فيما سبق مفهوم السرعة المتغيرة (المقدار أو الاتجاه أو الاثنين معا)، وتسمى الحركة التى يحدث فيها تغير فى السرعة بمرور الزمن بالحركة المعجلة، وتسمى الكمية الفيزيائية التى تعبر عن التغير فى السرعة بالنسبة إلى الزمن بالعجلة (a).

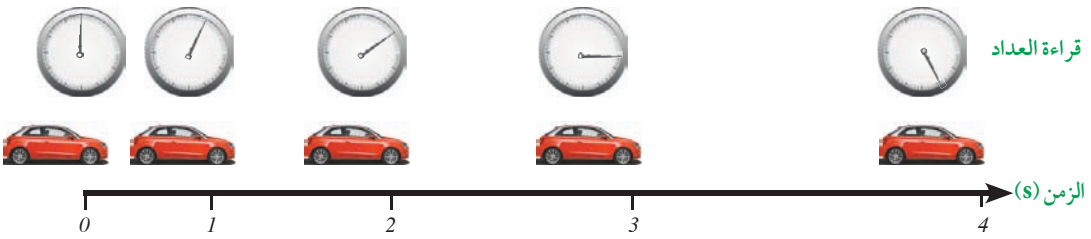
فى بداية الحركة تتزايد السرعة

فى المنحنيات يتغير اتجاه السرعة

فى نهاية الحركة تتناقص السرعة

شكل (١٠) يستخدم مصطلح العجلة لوصف كيفية تغير السرعة خلال الزمن

وللتعرف على مفهوم العجلة ادرس مخطط الحركة التالى الذى يوضح قراءة عداد السرعة لسيارة تنطلق من السكون لتزداد سرعتها فى أثناء سيرها على طريق مستقيم.



هل تعلم؟

يمكن تحويل قراءة عداد السيارة من وحدة km/h إلى وحدة m/s من العلاقة:

$$\therefore 1\ km/h = \frac{1\ km}{h} = \frac{1000\ m}{60 \times 60\ s} = \frac{5}{18}\ m/s$$

ومن خلال دراسة هذا المخطط يمكن رصد العلاقة بين السرعة بوحدة (m/s) والزمن بوحدة (s) فى الجدول التالى:

الزمن (s)	0	1	2	3	4
السرعة (m/s)	0	5	10	15	20

ومن الجدول يمكن التوصل إلى أن سرعة السيارة تزداد بمعدل ثابت، حيث تزداد كل ثانية بمقدار $(5\ m/s)$، ويعبر هذا المقدار عن العجلة، والتى تحسب من العلاقة:

$$\text{العجلة} = \frac{\text{التغير فى السرعة}}{\text{زمن التغير}} = \frac{\text{السرعة النهائية} - \text{السرعة الابتدائية}}{\text{الزمن النهائى} - \text{الزمن الابتدائى}}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

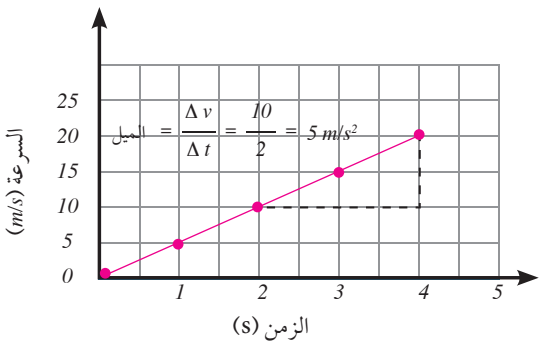
وبتطبيق هذه العلاقة على المثال السابق تحسب العجلة على النحو التالى:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{10 - 5}{2 - 1} = 5\ m/s^2$$

العجلة: هى التغير فى سرعة الجسم خلال وحدة الزمن، أى هى المعدل الزمني للتغير فى السرعة ، وتقاس العجلة بوحدة متر/ ثانية^2 (m/s^2) أو كيلومتر/ ساعة^2 (km/h^2).

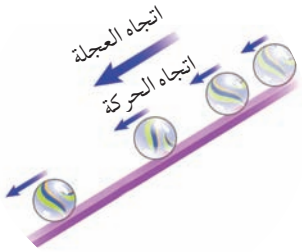
تمثيل العلاقة بين السرعة والزمن بيانيًّا:

يعبر الرسم البيانى (السرعة – الزمن) عن حركة السيارة فى مخطط الحركة السابق، ويمكنك أن تلاحظ أن الرسم البيانى عبارة عن خط مستقيم، وهذا يعنى أن سرعة السيارة تتزايد بمعدل منتظم، ويمكن إيجاد العجلة بحساب ميل الخط المستقيم.

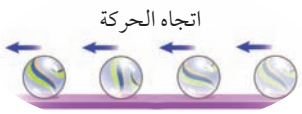


أنواع العجلة:

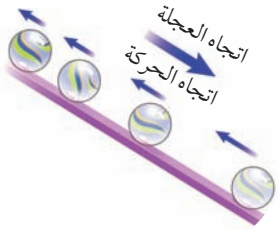
إذا اعتبرنا أن اتجاه سرعة الجسم هو الاتجاه الموجب فقد يتحرك هذا الجسم بعجلة موجبة (تكون السرعة تزايدية) أو عجلة سالبة (تكون السرعة تناقصية) أو عجلة تساوى صفرًا وللتعرف على أنواع العجلة ادرس مخطط الحركة التالى الذى يوضح حركة كرة صغيرة على سطح أملس متغير الميل.



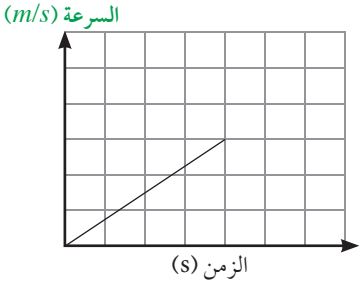
عندما تهبط الكرة المستوى المائل تزداد سرعتها بمرور الزمن، وبالتالى تكون العجلة موجبة.



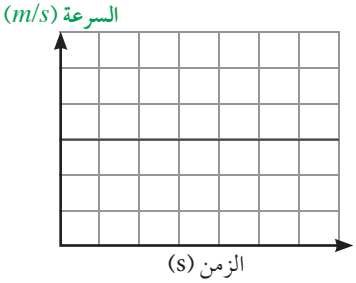
عندما تتحرك الكرة على مستوى أفقى أملس فإن سرعتها لا تتغير، وبالتالى تكون العجلة تساوى صفرًا.



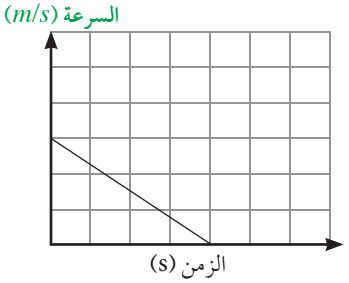
عندما تصعد الكرة المستوى المائل تقل سرعتها بمرور الزمن، وبالتالى تتحرك بعجلة سالبة.



عجلة موجبة



عجلة صفرية



عجلة سالبة

تطبيقات حياتية

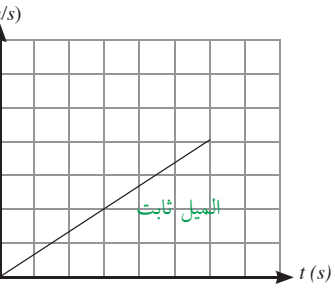
✦ يوجد داخل كل سيارة ثلاث أدوات يمكن بواسطتها التحكم فى مقدار السرعة واتجاهها هى: دواسة البنزين لزيادة السرعة، ودواسة الفرامل لتقليل السرعة، عجلة القيادة لتغيير اتجاه الحركة.

الفصل الثانى

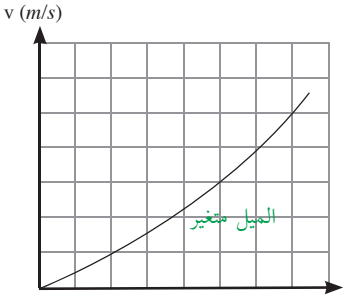
الحركة بعجلة منتظمة

Motion with Uniform Acceleration

درست فى الفصل السابق أن العجلة هى التغير فى السرعة خلال وحدة الزمن، وقد تكون العجلة منتظمة (ثابتة) وقد تكون متغيرة.



شكل (١١) : الحركة بعجلة منتظمة



شكل (١٢) : الحركة بعجلة متغيرة

وتعتبر حركة جسم بعجلة منتظمة ذات أهمية خاصة، لأن الكثير من الحركات فى الطبيعة تتم بعجلة منتظمة؛ كسقوط الأجسام بالقرب من سطح الأرض، وكذلك حركة المقذوفات.

شكل(١٣) : حركة الماء المتساقط من قمة الشلال تكون بعجلة منتظمة

شكل(١٤) : حركة الرياضى عند القفز فى الهواء تكون بعجلة منتظمة

وإذا افترضنا أن جسمًا يتحرك فى خط مستقيم بعجلة منتظمة (a)، حيث بدأ الحركة بسرعة ابتدائية (v_i) ليقطع إزاحة (d) خلال زمن قدره (t) وأصبحت سرعته النهائية (v_f)، فإنه يمكن وصف حركة هذا الجسم بمعادلات تسمى معادلات الحركة وذلك على النحو التالى:

نواتج التعلم المتوقعة :

فى نهاية هذا الفصل تكون قادرًا على أن:

- تستنتج معادلات الحركة بعجلة منتظمة.
- تتعرف حركة الأجسام بالسقوط الحر.
- تستنتج الحركة فى بعدين مثل حركة المقذوفات.
- تصمم تجربة لتعيين عجلة الجاذبية الأرضية.

مصطلحات الفصل :

- العجلة المنتظمة
  Uniform acceleration
- معادلات الحركة
  Equation of motion
- سقوط حر — *Free fall*
- حركة قذيفة — *Projectile motion*

مصادر التعلم الإلكترونية :

- **عرض تفاعلى:** سقوط جسمين من برج بيزا.
  https://sites.google.com/site/physicsflash/home/air-drag

١- معادلة (السرعة تحد الزمن) (velocity - time) equation)

سبق أن علمنا أن العجلة (a) تحسب من العلاقة:

$$a = \frac{v_f - v_i}{t}$$

وبالتالى يمكن إيجاد التغير فى السرعة ($v_f - v_i$) بضرب طرفى المعادلة فى (t):

$$v_f - v_i = at$$

أى أن:

$$v_f = v_i + at \qquad (1)$$

وهذه هى المعادلة الأولى للحركة، والتى تعني أن: السرعة النهائية = السرعة الابتدائية (v_i) + التغير فى السرعة(at).

ركن التفكير:

باستخدام معادلة الحركة الأولى قارن بين قيمة العجلة التى يتحرك بها أسرع حيوان بري فى العالم وأسرع سيارة فى العالم.

شكل (١٥) : يستطيع الفهد أن يغير سرعته من (صفر) إلى *(110 km/h)* خلال *(3s)*

شكل (١٦) : تستطيع سيارة بوجاتي فيرون أن تغير سرعتها من (صفر) إلى *(100 km/h)* خلال *(2.4s)*

٢- معادلة (الإزاحة تحد الزمن) (Displacement - time) equation)

يمكن حساب السرعة المتوسطة ($\overline{v}$) التى يتحرك بها الجسم باستخدام العلاقة:

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

ونظرًا لأن الجسم يتحرك بعجلة منتظمة فإنه يمكن حساب السرعة المتوسطة من العلاقة:

$$\overline{v} = \frac{v_f + v_i}{2}$$

من المعادلتين السابقتين يكون:

$$\frac{d}{t} = \frac{v_f + v_i}{2}$$

بالتعويض عن (v_f) من المعادلة الأولى للحركة:

$$\therefore \frac{d}{t} = \frac{(v_i + at) + v_i}{2} = \frac{2v_i + at}{2} = v_i + \frac{1}{2}at$$

وبضرب الطرفين فى (t) نحصل على المعادلة الثانية للحركة:

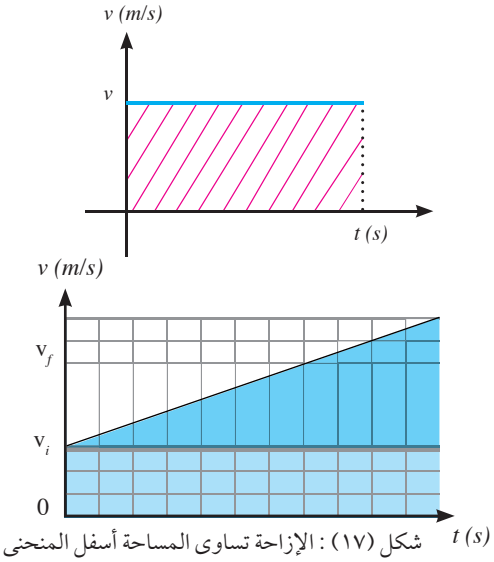
$$\therefore \quad d = v_i t + \frac{1}{2}at^2 \qquad (2)$$

انتبه

* عندما يتحرك الجسم فى خط مستقيم وفى اتجاه ثابت كما فى حالة السيارة فإن مقدار الإزاحة يساوى المسافة المقطوعة، وفى هذه الحالة يمكن اعتبار (d) هى نفسها المسافة المقطوعة (s).
* عندما يتحرك الجسم فى خط مستقيم وفى اتجاه متغير، كما فى حالة الجسم المقذوف إلى أعلى حيث يكون اتجاه الصعود عكس اتجاه الهبوط ، فإن مقدار الإزاحة لا يساوى المسافة المقطوعة (s).

استنتاج المعادلة الثانية للحركة بيانيًّا:

إذا كانت الإزاحة تساوى السرعة × الزمن فإنها فى الرسم البيانى المبين ستساوي عدديًّا الطول × العرض، وهى هنا تعبر عن المساحة تحت المنحنى، أى أن الإزاحة = المساحة تحت منحنى (السرعة – الزمن).



شكل (١٧) : الإزاحة تساوى المساحة أسفل المنحنى

بناء على ذلك يمكن استنتاج معادلة الحركة الثانية وحساب الإزاحة المقطوعة بحساب المساحة تحت منحنى (السرعة – الزمن) وذلك بتقسيم المساحة تحت المنحنى إلى مستطيل ومثلث.

مساحة المستطيل = $v_i t$

مساحة المثلث = $\frac{1}{2}(v_f - v_i)\, t$

وسبق أن توصلنا إلى أن التغير فى السرعة $(v_f - v_i)$ يساوى (at)،

وبالتالى تصبح مساحة المثلث = $\frac{1}{2} at^2$

وبجمع مساحة المستطيل مع مساحة المثلث نحصل على الإزاحة المقطوعة (d).

$$d = v_i t + \frac{1}{2} at^2$$

أفكار لتنشيط الإبداع

* ابتكر طرقًا أخرى لاستنتاج معادلة الحركة الثانية بيانيًّا (اعتبار المساحة تحت المنحنى على هيئة شبه منحرف أو تقسيم المساحة إلى مثلثين .... .)

٣- معادلة (الإزاحة تحت السرعة) (Displacement - Velocity) equation)

فى بعض الحالات يكون الزمن غير معلوم، لذا ينبغى استنتاج معادلة حركة أخرى لا نحتاج فيها لمعرفة الزمن، وذلك على النحو التالى:

يمكن حساب الإزاحة (d) من العلاقة: $d = \overline{v}\, t$

وبالتعويض عن قيمة ($\overline{v}$) وقيمة (t) من المعادلتين التاليتين:

$$\overline{v} = \frac{v_f + v_i}{2} \qquad t = \frac{v_f - v_i}{a}$$

وبناء على ذلك تحسب الإزاحة على النحو التالى:

$$d = \overline{v}\, t = \frac{v_f + v_i}{2} \times \frac{v_f - v_i}{a} = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2a}$$

ومن العلاقة السابقة يمكن الحصول على المعادلة الثالثة للحركة:

$$\therefore 2ad = v_f^2 - v_i^2 \qquad (3)$$

لدينا الآن ثلاث معادلات تنطبق على الحركة ذات العجلة المنتظمة، وهى كافية لوصف الحركة فى أى موقف تكون العجلة فيه منتظمة، ونظرًا لأن جميع الكميات فى هذه المعادلات متجهة فيما عدا الزمن؛ لذا ينبغى تحديد الاتجاه الموجب، فمثلًا يمكن اعتبار الاتجاه إلى اليمين موجبا، وحينها فإن كلا من الإزاحة والسرعة والعجلة تكون موجبة إذا كانت لليمين وسالبة إذا كانت لليسار. ويلخص الجدول التالى بعض الحالات الخاصة لمعادلات الحركة:

الصيغة العامة	بداية الحركة من السكون $v_i = 0$	التوقف فى نهاية الحركة $v_f = 0$	التحرك بسرعة منتظمة $a = 0$
$v_f = v_i + at$	$v_f = at$	$v_i = -at$	$v_f = v_i$
$d = v_i t + \frac{1}{2} at^2$	$d = \frac{1}{2} at^2$	$d = -\frac{1}{2} at^2$	$d = v_i t$
$2ad = v_f^2 - v_i^2$	$2ad = v_f^2$	$2ad = -v_i^2$	$0 = v_f^2 - v_i^2$

التغلب على صعوبات التعلم

قد تواجه مشكلات فى ترجمة المسألة اللفظية إلى صورة معادلة رياضية، إليك دليل موجز لمساعدتك فى ذلك:

- ازدادت سرعته تعنى أن العجلة موجبة (إذا كانت السرعة موجبة).
- تناقصت سرعته تعنى أن العجلة سالبة (إذا كانت السرعة موجبة).
- متى؟ تعنى ما قيمة الزمن t ؟
- أين؟ تعنى ما قيمة الإزاحة d ؟

إدارة الوقت:

- حاول أن تضع تقديرًا للوقت الذى ستستغرقه فى أداء نشاط معين.
- وازن بين الواجبات الدراسية والأنشطة الاجتماعية والترفيهية ورتبها حسب أهميتها وقدم الواجبات المهمة والعاجلة على الأقل أهمية.

أمثلة محلولة

١ احسب الزمن الذى تستغرقه طائرة لتتوقف تمامًا عند هبوطها على مدرج المطار، اذا علمت أن سرعتها عند ملامستها لأرض الممر (162 km/h) وتم تبطيئها بانتظام بمعدل ($0.5\ m/s^2$)

الحل:

$$v_i = 162 \times \frac{5}{18} = 45\ m/s \qquad v_f = 0$$

$a = -0.5\ m/s$

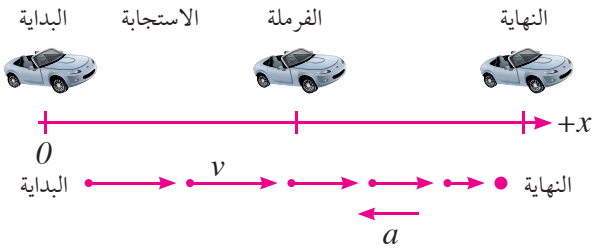
$v_f = v_i + a\,t$

$0 = 45 + (-0.5)\,t$

$-45 = (-0.5)\,t$

$t = 90\ s$

٢ يقود أحد الأشخاص سيارة بسرعة منتظمة مقدارها($30\ m/s$) ، وفجأة رأى طفلًا يركض فى الشارع. فإذا كان زمن الاستجابة اللازم ليضغط على الفرامل هو ($0.5\ s$) ، فتباطأت السيارة بعجلة منتظمة مقدارها ($9\ m/s^2$) حتى توقفت، ما الإزاحة الكلية التى قطعتها السيارة قبل أن تقف؟



الحل:

حساب الإزاحة اثناء فترة الاستجابة (السرعة منتظمة):

$$d_{\text{الاستجابة}} = v_{\text{الاستجابة}}\ t_{\text{الاستجابة}} = (30) \times (0.5) = 15m$$

حساب الإزاحة أثناء عملية الفرملة حتى الوقوف (السرعة تناقصية):

من الجدول صفحة (38)

$$2\,ad_{\text{فرملة}} = -v_{i\ \text{الفرملة}}^2$$

وحيث أن: $v_{f\ \text{استجابة}} = v_{i\ \text{الفرملة}}$

$$2\,ad_{\text{فرملة}} = -v_{f\ \text{استجابة}}^2$$

$$\therefore d_{\text{الفرملة}} = \frac{-v_f^2}{2a} = \frac{-(30)^2}{2 \times -9} = 50m$$

حساب الإزاحة الكلية

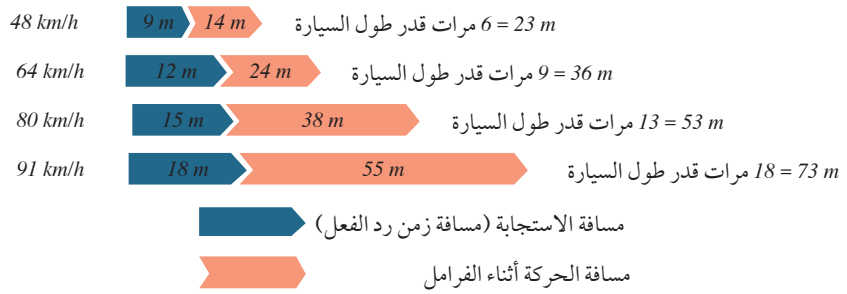
$$d_{\text{الكلية}} = d_{\text{الاستجابة}} + d_{\text{الفرملة}} = 15 + 50 = 65\ m$$

لاحظ أن: مقدار الإزاحة الكلية هى نفسها المسافة الكلية التى تقطعها السيارة لكى تتوقف.

مهارات حماية النفس

- لتجنب مخاطر السرعة الزائدة وحرصًا على الأرواح لابد من اتباع الإرشادات المرورية مثل ترك مسافة مناسبة بينك وبين السيارة التى أمامك حتى يمكنك التوقف بأمان إذا توقفت السيارة التى أمامك فجأة ويراعى زيادة هذه المسافة كلما زادت سرعة سيارتك، وكذلك على الطرق المبللة أو المغطاة بالزيت، كما تحتاج المركبات الضخمة إلى مسافات أكبر.

مسافات توقف نموذجية



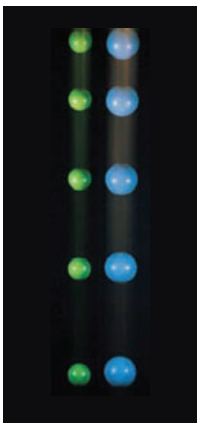
تطبيقات على الحركة بعجلة منتظمة:

السقوط الحر Free fall:

إذا أسقطنا كتابًا وورقة من نفس الارتفاع وفى اللحظة نفسها فأيهما يصل إلى سطح الأرض أولا؟ وعند وضع الورقة ملاصقة للسطح العلوى للكتاب. ماذا يحدث؟ ما تفسيرك لوصولهما فى نفس اللحظة؟

عند سقوط جسم فإنه يتأثر بمقاومة الهواء حيث يصطدم بجزيئات الهواء وتؤثر هذه التصادمات الضئيلة فى سرعة هبوط الأجسام الخفيفة بشكل أكبر من تأثيرها فى هبوط الأجسام الثقيلة (لاحظ أنه عند وضع الورقة ملاصقة للسطح العلوى للكتاب فإنها أصبحت لا تتأثر بمقاومة الهواء).

ولفهم سلوك الأجسام الساقطة نأخذ الحالة الأبسط وهى سقوط الأجسام تحت تأثير وزنها فقط، وذلك بإهمال تأثير مقاومة الهواء، وتسمى هذه الحركة بالسقوط الحر، وعند إهمال مقاومة الهواء فإن جميع الأجسام تسقط على سطح الأرض بنفس العجلة.



شكل (١٨) هل تصل كرتان مختلفتان فى الكتلة فى وسط مفرغ من الهواء فى نفس اللحظة إلى سطح الأرض؟

علماء أفادوا البشرية

- أثبت جاليليو أنه مهما اختلفت كتل الأشياء فإن جميعها تصل إلى سطح الأرض فى وقت واحد، وذلك فى حالة إهمال مقاومة الهواء حيث قام بإسقاط جسمين مختلفين فى الكتلة من فوق برج بيزا بإيطاليا، وكانت هذه التجربة سببًا فى تحطم فكرة أرسطو التى تنص على أن الأجسام ذات الكتل الكبيرة تصل إلى سطح الأرض فى زمن أقل من الأجسام ذات الكتل الصغيرة.

شكل (١٩) : تجربة جاليليو للسقوط الحر

عجلة السقوط الحر (g):

هى العجلة المنتظمة التى تتحرك بها الأجسام أثناء سقوطها سقوطًا حرًّا نحو سطح الأرض، وهذه العجلة تساوى ($9.8\ m/s^2$) ومعنى ذلك أن سرعة الجسم الذى يسقط سقوطًا حرًّا تزداد بمقدار ($9.8\ m/s$) فى كل ثانية.

وتختلف قيمة عجلة السقوط الحر (g) اختلافًا طفيفًا من مكان إلى آخر على الأرض حسب البعد عن مركز الأرض. ويمكن اعتبار عجلة السقوط الحر تساوى ($10\ m/s^2$) وذلك للتبسيط.

شكل (٢٠) هل يسقط هذا الشخص بعجلة $9.8\ m/s^2$؟ فسر إجابتك.

ركن التفكير:

لاحظ الجدول ثم أجب عن الأسئلة التى تليه:

الزمن (s)	الإزاحة (m)	السرعة (m/s)
0	0	0
0.5	1.25	5
1	5	10
1.5	11.25	15
2	20	20

١ باستخدام الجدول السابق ارسم العلاقة البيانية (الإزاحة – الزمن) والعلاقة البيانية (السرعة – الزمن).

٢ استخدم الرسم البيانى ومعادلات الحركة فى إيجاد الإزاحة والسرعة بعد مرور ($3\ s$).

٣ ما الذى يدل عليه زيادة التباعد بين مواقع الجسم بمرور الزمن؟

أمثلة محلولة

١ سقط صندوق من طائرة هليوكوبتر تحلق مستقرة على ارتفاع 78.4 m فوق بقعة معينة من سطح البحر. احسب سرعة ارتطام الصندوق بالماء مع إهمال مقاومة الهواء، إذا كانت عجلة الجاذبية الأرضية $9.8\ m/s^2$، ثم احسب زمن وصول الصندوق للماء..

الحل:

$v_i = 0\ ,\ g = 9.8\ m/s^2\ ,\ d = 78.4\ m$

$2\,g\,d = v_f^2 - v_i^2 \qquad 2 \times 9.8 \times 78.4 = v_f^2$

$v_f = 39.2\ m/s$

$$t = \frac{v_f - v_i}{d} = \frac{v_f}{d} = \frac{39.2}{9.8} \qquad t = 4\ s$$

٢ حجر يسقط من سطح منزل فمر أمام شخص يقف فى أحد شرفات المنزل على ارتفاع 5 m من سطح الأرض بعد 4 s من لحظة السقوط أوجد:

أ ارتفاع المنزل. ب سرعة الحجر عندما مر أمام الشخص.

الحل:

$$d = v_i t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$d = 0 + \frac{1}{2} \times 10 \times 16 = 80 \text{ m}$$

أ ارتفاع المنزل:

$$h = 80 + 5 = 85 \text{ m}$$

ب سرعة الحجر عندما مر أمام الشخص تتعين من:

$$v_f = v_i + g t$$

$$v_f = 0 + 10 \times 4 = 40 \text{ m/s}$$

٣ سقطت تفاحة من شجرة وبعد ثانية واحدة ارتطمت بالأرض. احسب قيمة سرعة التفاحة لحظة اصطدامها بالأرض. احسب السرعة المتوسطة للتفاحة خلال السقوط، ثم أوجد بعد التفاحة عن الأرض عند بدء السقوط.

الحل:

المعطيات: $v_i = 0 \quad g = 10\ m/s^2 \quad t = 1\ s$

حساب السرعة لحظة الاصطدام بالأرض: $v_f = v_i + gt = gt$

$$v_f = 10 \times 1 = 10\ m/s$$

حساب السرعة المتوسطة: $\overline{v} = \frac{v_f + v_i}{2}$

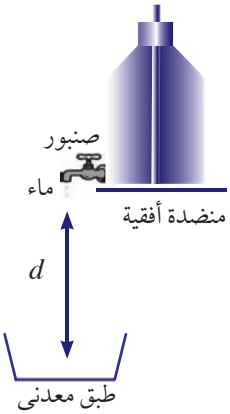
$$\overline{v} = \frac{10 + 0}{2} = 5\ m/s$$

حساب بعد التفاحة عن الأرض: $d = v_i t + \frac{1}{2} gt^2 = \frac{1}{2} gt^2$

$$\therefore d = (\frac{1}{2})\ (10)\ (1)^2 = 5\ m$$

المعمل المصغر

تعيين عجلة الجاذبية الأرضية:



- تعتمد فكرة عمل التجربة على تعيين كل من (t) , (d) لحساب العجلة (g) باستخدام معادلة الحركة الثانية.
- تحكم فى الصنبور حتى تصطدم قطرة الماء مع سطح الطبق فى نفس الوقت الذى تبدأ فيه القطرة التالية فى السقوط من فوهة الصنبور.
- قس بواسطة ساعة إيقاف الزمن اللازم لسقوط 50 قطرة متتالية، وبقسمة الفترة الزمنية الكلية على عدد القطرات يكون هو زمن سقوط قطرة واحدة (t).
- عين قيمة العجلة من العلاقة $g = \frac{2d}{t^2}$
- تواصل مع زملائك من خلال موقع الكتاب على الشبكة الدولية للمعلومات (الإنترنت) لمقارنة نتائج تعيين عجلة السقوط الحر التى توصلتم إليها.

مثال محلول

فى تجربة لتعيين عجلة الجاذبية الأرضية باستخدام قطرات ماء تسقط سقوطًا حرًّا كانت المسافة بين مصدر قطرات الماء وسطح الإناء $(1m)$. وكان زمن سقوط أو ارتطام (100 قطرة) متتالية هو $(45\ s)$ احسب عجلة الجاذبية الأرضية.

الحل:

المعطيات: $d = 1m \quad , v_i = 0 \quad , t = ? \quad , a = ?$

$$\text{زمن سقوط القطرة الواحدة } (t) = \frac{\text{الزمن الكلى}}{\text{عدد القطرات}} = \frac{45}{100} = 0.45\ s$$

بالتعويض فى معادلة الحركة الثانية:

$$d = \frac{1}{2} g t^2$$

$$g = \frac{2d}{t^2} = \frac{2 \times 1}{0.45 \times 0.45} = 9.88\ m/s^2$$

المقذوفات Projectiles

(أ) المقذوفات الرأسية:

- عند قذف الجسم رأسيًّا لأعلى فإنه يغادر اليد بسرعة ابتدائية (v_i) لا تساوى الصفر.
- يصبح الجسم تحت تأثير عجلة الجاذبية الأرضية التى تساوى $(-10\ m/s^2)$ وتدل الإشارة السالبة على أن السرعة تتناقص كلما ارتفع الجسم إلى أعلى.
- تقل السرعة كلما ارتفع الجسم فتصبح سرعته صفرًا عند أقصى ارتفاع.

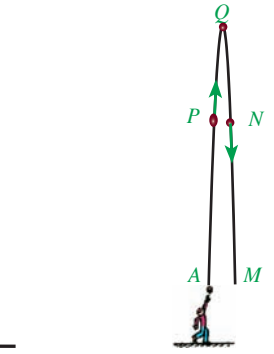
- يتغير اتجاه السرعة ليعود الجسم إلى سطح الأرض تحت تأثير عجلة الجاذبية الأرضية، والتى تعمل على تزايد السرعة مرة أخرى، ولكن فى عكس الاتجاه.
- سرعة الجسم عند أى نقطة أثناء الصعود = – سرعة الجسم عند نفس النقطة أثناء النزول، وتدل الإشارة السالبة على أن السرعتين فى عكس الاتجاه.
- زمن الصعود = زمن الهبوط.

مثال محلول

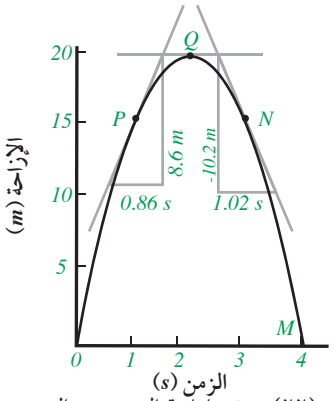
يعبر الجدول التالى عن قيم كل من الزمن والإزاحة والسرعة لجسم يقذف رأسيًّا بسرعة ابتدائية (20 m/s):

الزمن (s)	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
الإزاحة (m)	0	8.75	15	18.75	20	18.75	15	8.75	0
السرعة (m/s)	20	15	10	5	0	-5	-10	-15	-20

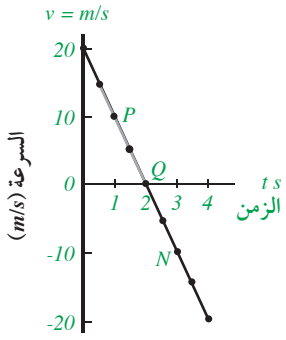
ويمكن تمثيل هذه الحركة باستخدام الأشكال التالية:



شكل (٢١) مسار حركة الجسم المقذوف



شكل (٢٢) : تغير إزاحة الجسم مع الزمن



شكل (٢٣) تغير سرعة الجسم مع الزمن

١ عين سرعة الجسم عند النقاط P, Q, N من خلال المنحنى البيانى (الإزاحة–الزمن) ثم عينها مرة أخرى من خلال المنحنى البيانى (السرعة – الزمن).

٢ ما قيمة ميل المنحنى (السرعة – الزمن)؟ وعلام يدل هذا الميل؟ ولماذا يكون بإشارة سالبة؟

الحل:

١ يمكن تعيين السرعة عند N ، و Q ، و P بحساب ميل المماس عند تلك النقاط على منحنى (الإزاحة – الزمن)

$$v_Q = 0 \qquad v_P = \frac{8.6}{0.86} = 10\ m/s \qquad v_N = \frac{-10.2}{1.02} = -10\ m/s$$

وهى نفس القيم التى نحصل عليها من منحنى (السرعة – الزمن)

٢ ميل منحنى (السرعة – الزمن) هو العجلة (a): $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-20}{2} = -10\ m/s^2$

وتدل الإشارة السالبة على أن سرعة الجسم تتناقص كلما ابتعد عن سطح الأرض.

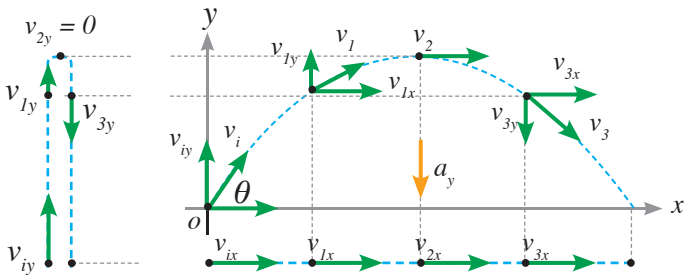
(ب) المقذوفات بزاوية (الحركة فى بعدين):

درست سابقًا حركة الأجسام التى تسير بعجلة منتظمة فى خط مستقيم سواء ما كان منها على سطح أفقى أو سطح مائل، أو رأسيًّا إلى أعلى، والآن سندرس حركة الأجسام المقذوفة بزاوية (θ) مع المحور الأفقى (x) تحت تأثير عجلة الجاذبية الأرضية.

شكل (٢٤) : لماذا يتحرك الماء فى مسار منحنى؟

شكل (٢٥) : لماذا يتحرك الشرر فى مسار منحنى؟

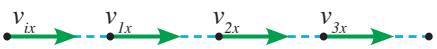
دعنا نتأمل حركة مقذوف مثل: كرة أو دانة مدفع، والتى ستأخذ خطًّا منحنيًّا، كما هو مبين فى الشكل (٢٦)، وتنطلق بسرعة ابتدائية قدرها (v_i)وبزاوية قدرها (θ) مع المستوى الأفقى، سوف نلاحظ أنه يمكن تحليل السرعة فى اتجاهين أفقى (x) ورأسى (y) على النحو التالى:



شكل (٢٦) : مسار حركة المقذوف

الاتجاه الأفقى (x): وتتحرك فيه الكرة بسرعة منتظمة (v_{ix}) وذلك بفرض عدم وجود قوة احتكاك، ويمكن حساب هذه السرعة فى الاتجاه الأفقى من العلاقة:

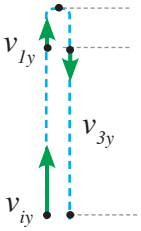
$$v_{ix} = v_i \cos \theta$$



ويتم التعويض بـ (v_{ix}) المحسوبة من العلاقة السابقة فى معادلات الحركة الثلاث مع مراعاة أن ($a_x = 0$):

لعبة إلكترونية على موقع الكتاب

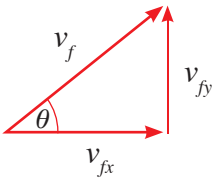
ألعب وتعلم مع حركة المقذوفات من خلال موقع الكتاب على الانترنت



الاتجاه الرأسى (y): وتتحرك فيه الكرة تحت تأثير عجلة السقوط الحر وبالتالى تكون السرعة متغيرة، ويمكن حساب السرعة الابتدائية فى الاتجاه الرأسي (v_{iy}) من العلاقة:

$$v_{iy} = v_i \ sin\,\theta$$

ويتم التعويض بـ (v_{iy}) المحسوبة من العلاقة السابقة فى معادلات الحركة الثلاث مع مراعاة أن ($a_y = g = -10\ m/s^2$):



وتحسب سرعة القذيفة عند أى لحظة من نظرية فيثاغورس:

$$v_f = \sqrt{v_{fx}^2 + v_{fy}^2}$$

استنتاج زمن الصعود (ُ):

نعوض بـ ($v_{fy} = 0$) في المعادلة الأولى للحركة فيكون

$$0 = v_{iy} + gt$$

أي أن :

$$t = \frac{-v_{iy}}{g}$$

ويكون زمن التحليق ضعف زمن الصعود

$$T = 2t = \frac{-2v_{iy}}{g}$$

استنتاج أقصى ارتفاع رأسي (و):

نعوض بـ ($v_{fy} = 0$) في المعادلة الثالثة للحركة فيكون

$$2g\,h = -v_{iy}^2$$

أي أن

$$h = \frac{-v_{iy}^2}{2g}$$

استنتاج أقصى مدى أفقي (ز):

لاحظ أن: زمن أقصى مدى أفقى = زمن التحليق = T

وبالتعويض عن ($a_x = 0$)، و ($d = R$) في معادلة الحركة الثانية نجد أن:

$$R = v_{ix} T = 2v_{ix}\, t$$

مثال محلول

انطلقت دراجة نارية بسرعة $15\ m/s$ وفى اتجاه يصنع زاوية 30° على الأفقي.

أ ما أقصى ارتفاع تصل إليه الدراجة؟

ب ما زمن تحليقها؟

جـ ما أقصى مدى أفقى يمكن أن تصل إليه الدراجة؟

الحل:

نحسب كل من (v_{ix})، و (v_{iy})

$$v_{ix} = v_i \cos 30 = 15 \times 0.866 = 13\ m/s$$

$$v_{iy} = v_i \sin 30 = 15 \times 0.5 = 7.5\ m/s$$

حساب أقصى ارتفاع رأسي (h):

$$h = \frac{-v^2_{iy}}{2\,g} = \frac{-(7.5)^2}{2\times(-10)} = 2.8\ m$$

حساب زمن التحليق (T):

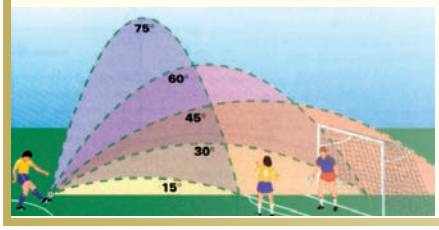
$$T = 2t = \frac{-2 \times v_{iy}}{g} = \frac{-2\times7.5}{-10} = 1.5\ s$$

حساب أقصى مدى أفقي (R):

$$R = v_{ix}\ T = 13 \times 1.5 = 21.5\ m$$

هل تعلم؟

أن الجسم المقذوف يصل إلى أقصى مدى أفقي له عند قذفه بزاوية 45°، وأن المدى الأفقي لجسم مقذوف يتساوى عند قذفه بزاويتين مجموعهما 90° .



الفصل الثالث

القوة والحركة

Force and Motion

تناولنا فيما سبق وصف الحركة بدراسة مفاهيم السرعة والعجلة دون التعرض لمسببات حركة الأجسام، وسنتعرض فى هذا الفصل لكيفية تولد العجلة نتيجة للقوة، وخلال ذلك سنناقش قوانين نيوتن الثلاثة للحركة، وهى قوانين ذات أهمية أساسية فى الفيزياء.

القوة Force

شكل(٢٧) : ما سبب حركة عربة الأطفال؟

القوة كلمة شائعة الاستخدام فى حياتنا اليومية، فقوتك العضلية تساعدك على شد الأشياء، وقوة محرك السيارة تساعد على بدء الحركة وقوة الفرامل تساعد على إيقافها، وتعرف القوة بأنها مؤثر خارجى يؤثر على الجسم، فيسبب تغييرًا فى حالته أو اتجاهه، وتقاس القوة باستخدام الميزان الزنبركى، ووحدة قياسها هى النيوتن (*N*).

علماء أفادوا البشرية

شكل(٢) : إسحاق نيوتن

على الرغم من أن الكثير من الفلاسفة القدامى قد حاولوا شرح وتفسير أسباب حركة الأجسام وكيفية حركتها إلا أنه لم يتم وضع نظرية منظمة للحركة قبل القرن السابع عشر. ويعود الفضل الأعظم فى هذا الشأن إلى إنجازات عالمين عظيمين هما جاليليو ونيوتن.

نواتج التعلم المتوقعة :

فى نهاية هذا الفصل تكون قادرًا على أن:

- تطبق العلاقة بين القوة والكتلة والعجلة.
- تفسر ظاهرة الفعل ورد الفعل.

مصطلحات الفصل :

- قوة *Force*
- الفعل *Action*
- رد الفعل *Reaction*
- كتلة *Mass*
- وزن *Weight*

مصادر التعلم الإلكترونية :

- **أغنية تعليمية:** قوانين نيوتن للحركة.
  http://www.youtube.com/watch?v=oDLoSWQfE2E
- **فيلم تعليمى:** شرح قوانين نيوتن للحركة.
  http://www.youtube.com/watch?v=CrEBThAYnT0
- **تجارب شيقة:** قانون نيوتن الأول والقصور الذاتى.
  http://www.youtube.com/watch?v=Udv7RvYtAK0

قانون نيوتن الأول Newton's first law

لعلك عدت يومًا إلى بيتك بعد غياب طويل ونظرت حولك وقلت بارتياح: كل شيء بقى على حاله، هل فكرت يومًا أن هذه العبارة تنطوى على أحد أهم القوانين الطبيعية؟

ومن المعروف أيضًا أنه إذا دفع جسم على الأرض فإنه ينزلق عليها مسافة معينة ثم يتباطأ إلى أن يقف. وقد اعتقد القدماء أن طبيعة المادة هى السكون، بمعنى أن حركة أى شيء تؤول للسكون، إلا أن التجارب العلمية أظهرت أن ذلك يعود لوجود قوى احتكاك تقاوم الجسم المنزلق، وتعمل على إبطائه حتى يقف. ولو لم تكن هذه القوى موجودة لتابع الجسم سيره باستمرار دون توقف، ويطلق على ما تقدم اسم قانون نيوتن الأول للحركة.

قانون نيوتن الأول للحركة: "يبقى الجسم الساكن ساكنا، ويبقى الجسم المتحرك متحركا بسرعة ثابتة فى خط مستقيم ما لم تؤثر على أى منهما قوة محصلة تجبرهما على تغيير ذلك".

والصيغة الرياضية للقانون: $\Sigma F = 0$

والمقدار ΣF هو القوة المحصلة إذ قد يؤثر على الجسم أكثر من قوة، ولكن يلغى تأثير بعضها بعض وعندئذ يقال إن القوة المحصلة تساوى صفرًا.

شكل(٢٨) : قانون نيوتن الأول

ونستنتج من قانون نيوتن الأول أنه عندما تكون القوة المؤثرة على الجسم تساوى صفرًا ($F = 0$) فإن العجلة تساوى صفرًا ($a = 0$) فلا تتغير سرعة الجسم سواء كان ساكنا أو متحركا كما نستنتج أننا نحتاج قوة لتحريك الأجسام الساكنة أو إيقاف المتحركة، ولكننا لا نحتاج قوة لجعلها تستمر فى حركتها بسرعة ثابتة.

ويرتبط قانون نيوتن الأول بمفهوم القصور الذاتى ارتباطًا وثيقًا لذا يسمى بقانون القصور الذاتى.

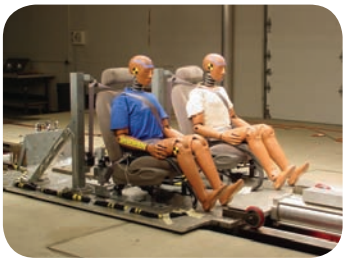
القصور الذاتي: هو ميل الجسم الساكن إلى البقاء فى حالة السكون وميل الجسم المتحرك للاستمرار فى الحركة بسرعته الأصلية أى أن الأجسام تقاوم تغيير حالتها من سكون أو حركة.

تدريب

فسر المشاهدات اليومية الآتية بناء على مفهوم القصور الذاتى:

يسقط القلم فى الزجاجة عند سحب الحلقة بسرعة

يندفع قائد الدراجة النارية للأمام عند اصطدامها بحاجز



ضرورة ارتداء حزام الأمان أثناء قيادة السيارة.

شكل(٢٩) : مشاهدات يومية على القصور الذاتى

تطبيقات تكنولوجية

- لا تحتاج صواريخ الفضاء عقب خروجها من الجاذبية الأرضية إلى استهلاك وقود لكى تتحرك لأن القصور الذاتي يحافظ على حركتها بسرعة منتظمة وفى خط مستقيم.

قانون نيوتن الثانى Newton's second law

عرفنا من قانون نيوتن الأول أن الجسم الذى لا تؤثر عليه قوة لا يتحرك بعجلة، وهذا بلا شك يقودنا إلى أن الجسم الذى تؤثر عليه قوة خارجية محصلة ($\Sigma F \neq 0$) تتغير سرعته ويكتسب عجلة ($a \neq 0$) ، ولقد حدد نيوتن العوامل التى تتوقف عليها هذه العجلة من خلال قانونه الثانى، حيث توصل إلى أن العجلة تتناسب طرديًا مع القوة المؤثرة على الجسم، وعكسيًا مع كتلته.

قوة أقل ينتج عنها عجلة أقل — قوة أكبر ينتج عنها عجلة أكبر

شكل (٣٠) : زيادة العجلة بزيادة القوة

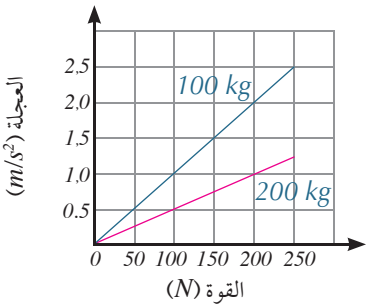
كتلة أقل تكتسب عجلة أكبر — كتلة أكبر تكتسب عجلة أقل

شكل (٣١) :نقص العجلة بزيادة الكتلة

قانون نيوتن الثانى للحركة: "إذا أثرت قوة محصلة على جسم أكسبته عجلة تتناسب طرديًّا مع القوة المؤثرة على الجسم وعكسيًّا مع كتلته".

والصيغة الرياضية للقانون: $a = \frac{F}{m}$ أو $F = ma$

وبرسم العلاقة البيانية بين العجلة التى يتحركها الجسم والقوة المؤثرة عليه نجد أن العجلة التى يتحرك بها الجسم تزداد بزيادة القوة، كما أن الجسم ذا الكتلة الأقل (مثلًا: *100 kg*) يتحرك بعجلة أكبر من الجسم ذى الكتلة الأكبر (*200 kg*) إذا أثرت عليها نفس القوة.



شكل (٣٢) علاقة بيانية بين القوة والعجلة مع اختلاف الكتل

وفى ضوء قانون نيوتن الثانى يمكن إعادة تعريف وحدة النيوتن (N) من خلال هذا القانون "النيوتن هو مقدار القوة التى إذا أثرت على جسم كتلته *1 kg* أكسبته عجلة مقدارها $1m/s^2$ أى أن *1* نيوتن = *1* كجم م/ ث^2

تنمية التفكير الناقد

* تؤثر قوة مقدارها *1 N* فى مكعب خشبي فتكسبه عجلة معلومة. عندما تؤثر القوة نفسها فى مكعب آخر فتكسبه عجلة أكبر بثلاثة أمثال، فماذا تستنتج حول كتلة كل من هذين المكعبين؟

الكتلة والوزن Mass and Weight

(العلاقة بين الكتلة والعجلة)

من قانون نيوتن الثانى نتوصل إلى أن تحريك أو إيقاف جسم كتلته كبيرة كالطائرة أصعب بكثير من تحريك أو إيقاف جسم كتلته صغيرة كالدراجة، لذا نقول إن الطائرة تمانع أى تغيير فى حالتها الحركية أكثر من ممانعة الدراجة، فالكتلة هى مقدار ممانعة الجسم لأى تغيير فى حالته الحركية الانتقالية.

شكل (٣٣) كتلة الطائرة هى ممانعتها لأى تغيير فى حالتها الحركية

ونتوصل أيضًا من قانون نيوتن الثانى إلى أن أى جسم يكتسب عجلة فلابد من وجود قوة تؤثر عليه، وفى حالة سقوط جسم فإنه يتحرك بعجلة السقوط الحر مما يعني أنه يتأثر بقوة تعرف بقوة الجاذبية الأرضية، لذا يعرف الوزن بأنه قوة جذب الأرض للجسم، ويكون اتجاهه نحو مركز الأرض، ويحسب الوزن من العلاقة: $w = mg$

قانون نيوتن الثالث Newton's third law

شكل (٣٤) : إذا قمت بنفخ بالون بالهواء ثم تركت الهواء ليندفع منه، ماذا يحدث للبالون؟

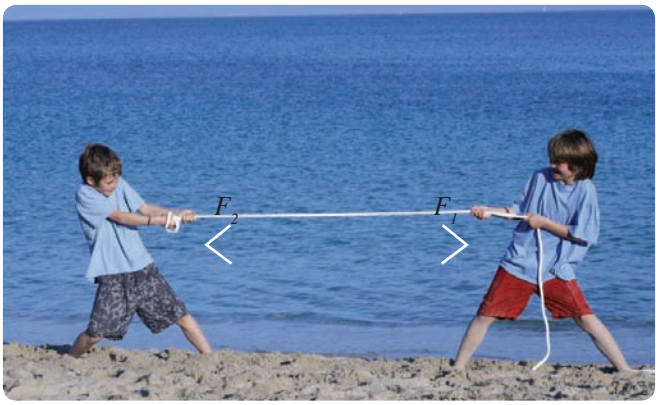
شكل (٣٥) :إذا جلست على كرسي متحرك (له عجلات) ثم قمت بدفع الحائط الذى أمامك برجليك، ماذا يحدث لك؟

شكل (٣٦) :عند خروج القذيفة من البندقية، ماذا يحدث للبندقية؟

لقد وجد (نيوتن) تفسيرًا لكل الظواهر السابقة من خلال قانونه الثالث الذى يبحث فى طبيعة القوى التى تؤثر على الأجسام، والتى تتواجد بشكل أزواج متساوية فى المقدار ومتعاكسة فى الاتجاه.

ركن التفكير:

عندما تصطدم شاحنة كبيرة بسيارة صغيرة على أى الجسمين تكون قوة التصادم أكبر؟



شكل (٣٧) : قوة الفعل تساوى قوة رد الفعل فى المقدار وتضادها فى الاتجاه

قانون نيوتن الثالث للحركة: عندما يؤثر جسم على جسم آخر بقوة فإن الجسم الثانى يؤثر على الجسم الأول بقوة مساوية لها فى المقدار ومضادة لها فى الاتجاه، أى أن لكل فعل رد فعل مساوٍ له فى المقدار ومضاد له فى الاتجاه.

والصيغة الرياضية للقانون هى: $F_1 = - F_2$

شكل (٣٨) : تتساوى قراءة الميزان الزنبركى الأول مع قراءة الميزان الزنبركى الثانى

ويتضمن القانون الثالث ما يأتي:

- لا توجد فى الكون قوة مفردة؛ لذلك فإن قوة الفعل ورد الفعل ينشآن معا ويختفيان معا.
- للفعل ورد الفعل طبيعة واحدة، فإذا كان الفعل قوة جاذبية فإن رد الفعل يكون قوة جاذبية أيضًا.
- لا يمكن القول بأن محصلة الفعل ورد الفعل تساوى صفرًا؛ لأنهما يؤثران على جسمين مختلفين.

تطبيقات علمية

- تعتمد فكرة عمل الصاروخ على قانون نيوتن الثالث، حيث تندفع كتلة ضخمة من الغازات المشتعلة من أسفل الصاروخ فيكون رد فعل الصاروخ الاندفاع إلى أعلى.

تدريب

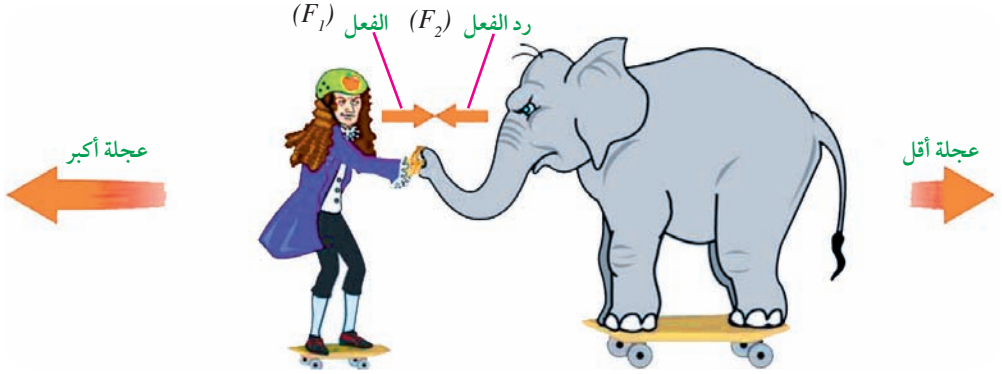
حدد قوة الفعل وقوة رد الفعل فى كل صورة مما يلى:

إدارة الوقت:

- احرص على استغلال وقتك أثناء الاختبارات فلن تحصل على درجات إضافية إذا أنهيت الاختبار مبكرًا لذا عليك الإجابة بدقة وحذر، والمراجعة عدة مرات تجنبًا للوقوع فى أخطاء عدم الانتباه الذى يمكن أن يحدث عندما تريد إنهاء الاختبار بسرعة.

مثال محلول

لاحظ الشكل التالى ، ثم أجب عن الأسئلة التى تليه:



١ ما العلاقة بين القوة المؤثرة على الفيل والقوة المؤثرة على الشخص؟

٢ لماذا تكون قوة الفعل على الفيل ورد الفعل على الشخص قوتين غير متزنتين؟

٣ إذا كانت كتلة الفيل تساوى 6 مرات قدر كتلة الرجل، فاحسب العجلة التى يتحرك بها الفيل إذا تحرك الرجل بعجلة $2m/s^2$؟ لماذا تكون عجلة الفيل سالبة الإشارة؟

الحل:

١ القوة المؤثرة على الشخص = – القوة المؤثرة على الفيل.

$$F_1 = -F_2$$

٢ لكى يحدث الاتزان بين قوتين يشترط أن تكونا متساويتين فى المقدار ومتضادتين فى الاتجاه، وخط عملها واحد، ويؤثران على نفس الجسم، وتنطبق جميع هذه الشروط على قوى الفعل ورد الفعل فيما عدا الشرط الأخير، حيث إن الفعل يؤثر على جسم (الفيل) ورد الفعل يؤثر على جسم آخر (الشخص).

٣ حساب العجلة التى يتحرك بها الفيل

$$F_1 = -F_2$$

$$m_1 a_1 = -m_2 a_2$$

$$\frac{-a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}$$

وحيث إن $m_2 = 6m_1$

$$\frac{-a_1}{2} = 6$$

$$a_1 = -12\ m/s^2$$

وتدل الإشارة السالبة على أن الفيل يتحرك فى عكس اتجاه حركة الشخص.

ملخص الباب

أولًا: المفاهيم الرئيسية:

- **الحركة:** هى التغير الحادث فى موضع الجسم بمرور الزمن بالنسبة لموضع جسم آخر.
- **السرعة:** هى الإزاحة التى يقطعها الجسم فى الثانية الواحدة.
- **العجلة:** هى التغير فى سرعة الجسم خلال وحدة الزمن.
- **عجلة السقوط الحر:** هى العجلة المنتظمة التى تتحرك بها الأجسام أثناء سقوطها سقوطًا حرًّا نحو سطح الأرض.

ثانيًا: العلاقات الرئيسية:

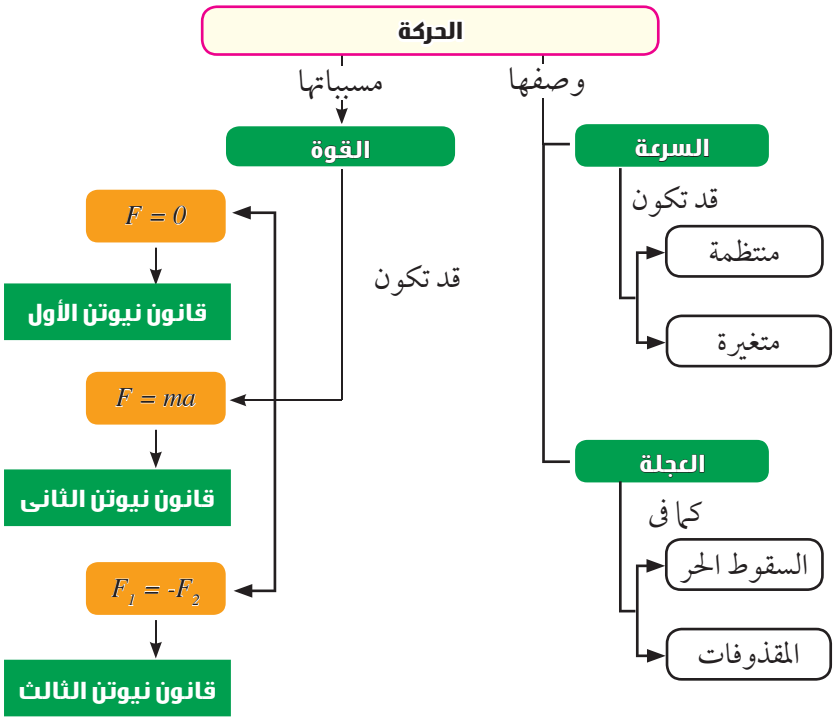
$$v_f = v_i + at \qquad d = v_i t + \frac{1}{2} at^2 \qquad 2ad = v_f^2 - v_i^2$$

$$v_{ix} = v_i \cos\theta \qquad v_{iy} = v_i \sin\theta$$

ثالثًا: القوانين الرئيسية:

- **قانون نيوتن الأول:** "يبقى الجسم الساكن ساكنا، ويبقى الجسم المتحرك متحركا بسرعة ثابتة فى خط مستقيم ما لم تؤثر على أى منهما قوة محصلة تجبرهما على تغيير ذلك". $\sum F = 0$
- **قانون نيوتن الثانى:** "إذا أثرت قوة محصلة على جسم أكسبته عجلة تتناسب طرديا مع القوة المؤثرة على الجسم وعكسيا مع كتلته" $F = ma$
- **قانون نيوتن الثالث:** لكل فعل رد فعل مساوى له فى المقدار ومضاد له فى الاتجاه. $F_1 = -F_2$

خريطة الباب



الباب الثالث

الحركة الدائرية

Circular Motion

فصول الباب

الفصل الأول : قوانين الحركة الدائرية

الفصل الثانى : الجاذبية الكونية والحركة الدائرية

مقدمة الباب

تعتبر الحركة فى دائرة من أهم أنواع الحركة الشائعة فى الطبيعة، كحركة بعض الألعاب فى الملاهي، وحركة الأرض حول الشمس، والقمر حول الأرض، وغيرها، لذا سنخصص هذا الباب لدراسة الحركة فى دائرة، ووصف كيفية حدوثها، ودراسة العديد من الأمثلة الحياتية عليها واستنتاج العلاقات الرياضية المستخدمة فى وصفها، وكذلك عرض أهم التطبيقات الحياتية والتكنولوجية ذات الصلة بها.

أهداف الباب

فى نهاية هذا الباب تكون قادرًا على أن:

- تستنتج قوانين الحركة فى دائرة.
- تستنتج قيمة العجلة المركزية وتحدد مفهومها.
- تستنتج قانون القوة الجاذبة المركزية.
- تحسب قيمة القوة الجاذبة المركزية.
- تستنتج قانون الجذب العام.
- تستنتج عوامل تغير سرعة قمر صناعى أثناء حركته حول الأرض.
- تفسر دوران القمر حول الأرض فى مسار ثابت تقريبًا.

عمليات العلم ومهارات التفكير المتضمنة

- التفسير العلمى.
- الاستنتاج.
- المقارنة.
- التصنيف.
- حل المشكلات.
- التطبيق.
- مهارة عرض البيانات.

الجوانب الوجدانية المتضمنة

- تقدير جهود (إسحاق نيوتن) فى اكتشاف قانون الجذب العام.
- تقدير دور العلم وتطبيقاته فى خدمة المجتمع من خلال دراسة أهمية الأقمار الصناعية.
- اكتساب بعض جوانب الوعى المرورى، وإدراك أهمية اتباع القواعد المرورية الصحيحة.

الفصل الأول

قوانين الحركة الدائرية

Laws of circular motion

نواتج التعلم المتوقعة :

فى نهاية هذا الفصل تكون قادرًا على أن:

- تستنتج قوانين الحركة فى دائرة.
- تستنتج قيمة العجلة المركزية وتحدد مفهومها.
- تستنتج قانون القوة الجاذبة المركزية.
- تحسب القوة الجاذبة المركزية.

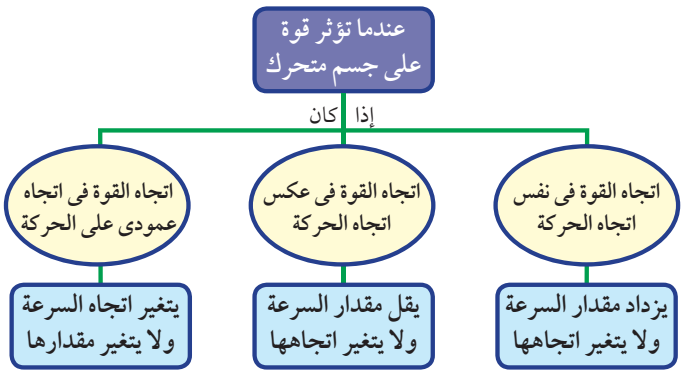
مصطلحات الفصل :

- الحركة الدائرية
  Circular Motion
- العجلة المركزية
  Centripetal Acceleration
- القوة الجاذبة المركزية
  Centripetal Force

مصادر التعلم الإلكترونية:

- **فيلم تعليمى:** مقدمة عن الحركة فى دائرة.
  http://www.youtube.com/watch?v=PBpe_LLlQJw
- **عروض عملية:** قانون الحركة فى دائرة.
  http://www.youtube.com/watch?v=Juz9m0BFX0I

من خلال دراستك لقانون نيوتن الثانى تعلمت أنه عندما تؤثر قوة على جسم متحرك بسرعة منتظمة فإنه يكتسب عجلة، أى يحدث تغير فى سرعته، ويعتمد التغير الحادث فى السرعة على اتجاه القوة المؤثرة بالنسبة لاتجاه الحركة، وذلك على النحو التالى:



فعندما يزيد المتسابق (٢) فى الشكل (١) من تدفق الوقود تكتسب الدراجة النارية قوة فى نفس اتجاه الحركة فتزداد سرعتها، أما عندما يضغط على الفرامل فإن القوة تكون فى عكس اتجاه الحركة فتقل السرعة، وعندما يميل المتسابق (١ أو ٣) بجسمه يمينًا أو يسارًا تتولد قوة عمودية على اتجاه الحركة، وبالتالى يتغير اتجاه الحركة ويسير فى مسار دائرى.

شكل (١) : الحركة فى مسارات منحنية

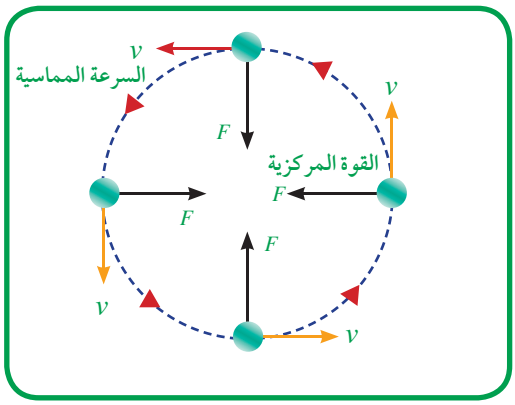
المعمل المصغر

الحركة فى دائرة:

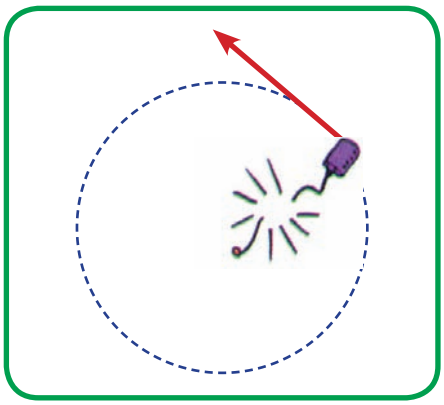
❁ اربط حجرًا صغيرًا بطرف خيط، وأمسك بيدك الطرف الآخر للخيط، ثم حرك الحجر فى مسار دائرى، أثناء ذلك قم بزيادة سرعة دوران الحجر، ماذا تلاحظ؟ اترك الخيط ليتحرك الحجر بحرية، فى أى اتجاه ينطلق الحجر؟

ونتوصل مما سبق أنه: (بيان الحركة فى دائرة)

- لكي يتحرك أى جسم فى مسار دائرى لابد أن تؤثر عليه قوة (F) عمودية على اتجاه حركته وفى اتجاه مركز الدائرة، وذلك لإجباره على الاستمرار فى الحركة الدائرية.
- إذا غابت هذه القوة فإن الجسم سوف ينطلق باتجاه المماس للمسار الدائرى الذى كان يسلكه لحظة الإفلات، وذلك بسرعة ثابتة فى المقدار والاتجاه (فى خط مستقيم) وتسمى هذه السرعة بالسرعة المماسية (v).



شكل (٢) : اتجاه القوة والسرعة فى الحركة الدائرية



شكل (٣) : اتجاه حركة الجسم عند انقطاع الخيط

- **الحركة الدائرية المنتظمة:** هى حركة جسم فى مسار دائرى بسرعة ثابتة فى المقدار ومتغيرة فى الاتجاه، وتسمى القوة المؤثرة على هذا الجسم فى اتجاه المركز بالقوة الجاذبة المركزية.
- **القوة الجاذبة المركزية:** هى تلك القوة التى تؤثر باستمرار فى اتجاه عمودى على حركة الجسم فتحول مساره المستقيم إلى مسار دائرى.

المعمل المصغر

القوة الجاذبة المركزية:

❁ قم بملء دلو إلى منتصفه بالماء وحركه فى دائرة رأسية بسرعة كافية، هل يخرج الماء من فوهة الدلو؟

❁ يمكن تفسير عدم خروج الماء من فوهة الدلو بأن القوة الجاذبة المركزية المؤثرة عليه تكون عمودية على اتجاه الحركة وبالتالى تعمل على تغيير اتجاه السرعة دون تغيير لمقدارها فتدور المياه فى المسار الدائرى وتبقى داخل الدلو.

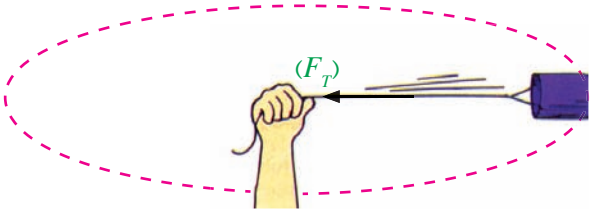
شكل (٤) : لماذا لايخرج الماء من فوهة الدلو؟

١- أنواع القوى الجاذبة المركزية Types of Centripetal Forces

لا تعتبر القوة الجاذبة المركزية نوعًا جديدًا من القوى، فهي ببساطة الاسم المعطى لأي قوة تؤثر عموديًّا على مسار حركة الجسم وتجعله يتحرك فى مسار دائرى، فقد تكون القوة الجاذبة المركزية هى قوة شد، أو قوة تجاذب مادي ،... إلخ. وفيما يلى بعض أمثلة هذه القوى:

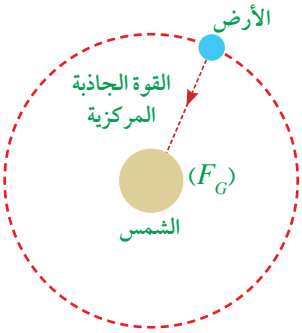
شكل (٥) : لماذا يشعر الرياضى بقوة شد فى ذراعية أثناء دورانه؟

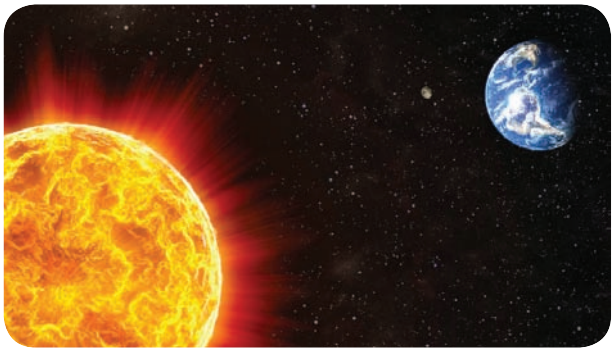
١-١ قوة الشد (F_T): عند سحب جسم باستخدام حبل أو سلك تنشأ فيه قوة شد، وعندما تكون هذه القوة فى اتجاه عمودى على اتجاه حركة جسم يتحرك بسرعة ثابتة، فإنه يتحرك فى مسار دائرى، وتكون قوة الشد هى نفسها القوة الجاذبة المركزية.



شكل (٦) : تعمل قوة الشد فى الخيط كقوة جاذبة مركزية

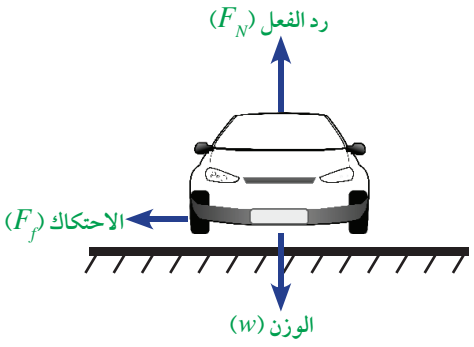
١-٢ قوة التجاذب المادى (F_G): تنشأ بين الأرض والشمس قوة تجاذب عمودية على اتجاه حركة الأرض، لذا تتحرك الأرض فى مسار دائرى حول الشمس.





شكل (٧) : تعمل قوة التجاذب المادى كقوة جاذبة مركزية

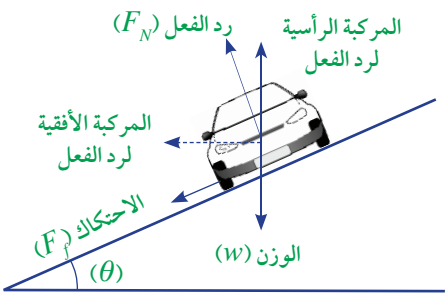
١-٣ قوة الاحتكاك (F_f): عندما تنعطف سيارة فى مسار دائرى أو منحنى تنشأ قوة احتكاك بين الطريق وإطارات السيارة، وتكون هذه القوة عمودية على اتجاه حركة السيارة وفى اتجاه مركز الدائرة وبالتالى تتحرك السيارة فى المسار المنحنى.



شكل (٨) : تعمل قوة الاحتكاك كقوة جاذبة مركزية

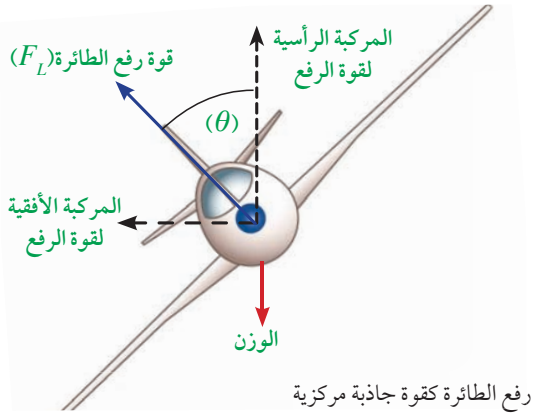
١-٤ قوة رد الفعل (F_N): تؤثر قوة رد الفعل دائمًا عموديًّا على السيارة، وفى حالة إذا كان المسار الدائري للسيارة مائلًا بزاوية على الأفقى تنتج مركبة أفقية لقوة رد الفعل باتجاه مركز الدائرة تساعد على دوران السيارة.

وفى هذه الحالة تكون القوة الجاذبة المركزية هى مجموع مركبتي قوة رد الفعل وقوة الاحتكاك باتجاه مركز الدوران.



شكل (٩) : القوة الجاذبة المركزية هى مجموع مركبتى رد الفعل والاحتكاك فى الاتجاه الأفقى

١-٥ قوة الرفع (F_L): تؤثر قوة رفع الطائرة دائما عموديا على جسم الطائرة، وعندما تميل الطائرة تنتج مركبة أفقية لقوة الرفع باتجاه مركز الدائرة فتكون هى القوة المركزية المؤثرة على الطائرة.

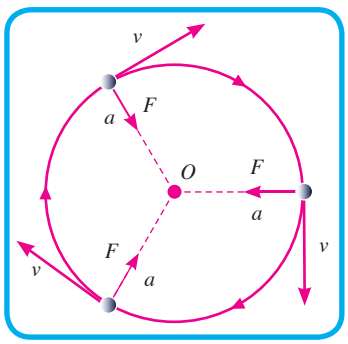


شكل (١٠) : تعمل المركبة الأفقية لقوة رفع الطائرة كقوة جاذبة مركزية

٢-العجلة المركزية Centripetal Acceleration

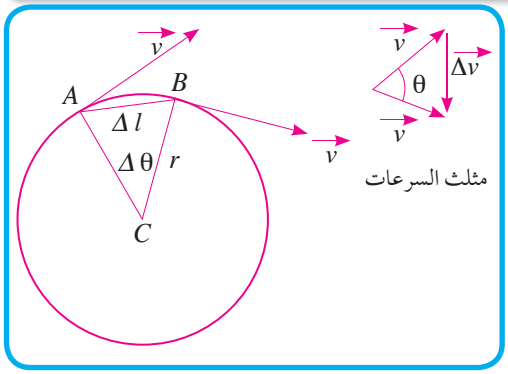
عندما تؤثر قوة مقدارها (F) عموديًّا على اتجاه حركة جسم كتلته (m) وسرعته (v) فإنه يتحرك فى مسار دائرى نصف قطره (r)، ويحدث تغير فى اتجاه السرعة، وبالتالى تكون للجسم عجلة (a) تسمى بالعجلة المركزية ويكون اتجاهها فى نفس اتجاه القوة الجاذبة المركزية.

ويلاحظ من الشكل أن كلًّا من السرعة (v)، والقوة (F)، والعجلة (a) تكون ثابتة المقدار ولكنها متغيرة الاتجاه باستمرار.



شكل (١١) : متجه السرعة ومتجه العجلة أثناء الحركة المنتظمة فى مسار دائرى

العجلة المركزية (a): هى العجلة التى يكتسبها الجسم فى الحركة الدائرية نتيجة لتغير اتجاه السرعة.



شكل (١٢) : حركة جسم من (A) إلى (B)

ويلاحظ من الشكل (١٢) أنه عند تحرك الجسم من النقطة (A) إلى النقطة (B) أن السرعة (v) تتغير فى الاتجاه، ولكن تحتفظ بمقدارها ثابتًا؛ وبذلك فإن التغير فى السرعة (Δv) ينتج عن التغير فى اتجاه السرعة فقط.

حساب قيمة العجلة المركزية:

من تشابه المثلث (CAB) مع مثلث السرعات المبين فى شكل (١٢) يمكن كتابة العلاقة الآتية:

$$\frac{\Delta l}{r} = \frac{\Delta v}{v} \qquad (1)$$

حيث Δv فى اتجاه مركز الدائرة

$$\therefore \Delta v = \frac{\Delta l}{r} \cdot v \qquad (2)$$

فإذا انتقل الجسم من النقطة (A) إلى النقطة (B) فى فتره زمنيه (Δt) فإن العجلة فى اتجاه المركز (a) تحسب بقسمة المعادلة (2) على (Δt):

$$\therefore a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = v \frac{\Delta l}{\Delta t} \quad \frac{1}{r}$$

$\therefore$ وحيث أن $\frac{\Delta l}{\Delta t}$ يساوى (v) فإن العجلة المركزية تساوى:

$$\therefore a = \frac{v^2}{r} \qquad (3)$$

حساب قيمة القوة الجاذبة المركزية (F):

من قانون نيوتن الثانى تعطى القوة من العلاقة $F = m\,a$ أى أن:

القوة المركزية أثناء الحركة الدائرية المنتظمة = الكتلة × العجلة المركزية

وبالتعويض عن قيمة العجلة المركزية من العلاقة (3) نجد أن:

$$\therefore F = m \times \frac{v^2}{r} \qquad (4)$$

حساب قيمة السرعة المماسية (v):

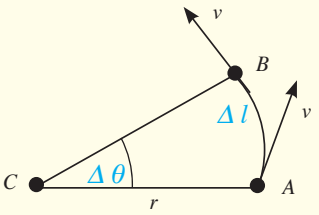
إذا افترضنا أن الجسم قام بعمل دورة كاملة فى المسار الدائري خلال زمن قدره (T) ويطلق على هذا الزمن مصطلح الزمن الدوري، وخلال هذا الزمن يكون قد قطع مسافة مقدارها محيط الدائرة وهو ($2\pi r$) وبالتالى يمكن حساب السرعة المماسية (سرعة الدوران) على النحو التالي:

$$v = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}} = \frac{2\pi r}{T}$$

معنى ذلك أنه يمكن حساب السرعة المماسية (v) بمعلومة كل من الزمن الدوري (T) ونصف قطر الدوران (r).

معلومة إثرائية

إذا تحرك جسم بسرعة مماسية (v) فى دائرة نصف قطرها (r) من النقطة (A) إلى النقطة (B) ليقطع مسافة (Δl) وزاوية قدرها ($\Delta\theta$) فى زمن قدره (Δt) فإن المقدار ($\frac{\Delta\theta}{\Delta t}$) يعرف بالسرعة الزاوية ($\omega$).



$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \qquad (1)$$

ومن المعروف أن قيمة الزاوية بالتقدير الدائرى تساوى النسبة بين طول القوس إلى نصف قطر المسار.

أى أن:

$$\Delta\theta = \frac{\Delta l}{r}$$

وبالتعويض عن قيمة ($\Delta\theta$) فى المعادلة (1) نجد أن:

$$\omega = \frac{\Delta l}{\Delta t} \times \frac{1}{r} = \frac{v}{r}$$

$$\therefore v = \omega r$$

∴ السرعة المماسية = السرعة الزاوية × نصف القطر

وحيث إن

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

$$\therefore \omega r = \frac{2\pi r}{T}$$

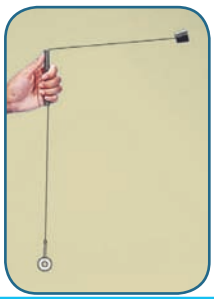
$$\therefore \omega = \frac{2\pi}{T}$$

المعمل المصغر

إثبات صحة علاقة القوة الجاذبية المركزية:

- اربط سدادة مطاطية كتلتها (m) فى خيط ثم مرر الخيط خلال أنبوبة معدنية أو بلاستيكية (مثل: أنبوبة القلم) وبعد ذلك اربط الطرف الآخر بثقل كتلته (M).
- عندما نحرك قطعة المطاط فى مسار دائرى فإن القوة الجاذبة المركزية تنشأ من قوة شد الخيط (T) والذي يساوى وزن الثقل المعلق. أى أن: $F = T = Mg$
- باستخدام المواد السابقة وساعة إيقاف أثبت عمليًّا صحة العلاقة: $F = Mg = m\frac{v^2}{r}$

أدوات التجربة



مثال محلول

فى التجربة السابقة كانت كتلة السدادة المطاطية *(13 g)*، وأديرت السدادة فى مسار دائرى أفقي نصف قطره *(0.93 m)* لتصنع *(50* دورة) فى زمن قدره *(59 s)* ، احسب كتلة الثقل المعلق فى الطرف الآخر للخيط.

الحل:

حساب الزمن الدورى:

$$T = \frac{\text{الزمن الكلى}}{\text{عدد الدورات}} = \frac{59}{50} = 1.18\ s$$

حساب السرعة:

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2 \times 3.14 \times 0.93}{1.18} = 4.9\ m/s$$

حساب قوة الشد:

$$F = m\ \frac{v^2}{r} = 0.013 \times \frac{(4.9)^2}{0.93} = 0.34\ N$$

حساب كتلة الثقل:

$$M = \frac{F}{g} = \frac{0.34}{9.8} = 0.035\ kg$$

العوامل التى تتوقف عليها القوة الجاذبة المركزية:

من الضروري حساب القوة الجاذبة المركزية عند تصميم منحنيات الطرق والسكك الحديدية، وذلك لكي تتحرك السيارات والقطارات فى هذا المسار المنحنى دون أن تنزلق، ومن خلال دراسة العلاقة (4) يمكن التوصل إلى أن القوة الجاذبة المركزية تتوقف على العوامل التالية:

١ - كتلة الجسم (m): حيث تتناسب القوة الجاذبة المركزية طرديًّا مع الكتلة (عند ثبات v ، r)، فالقوة اللازمة لتتحرك دراجة فى مسار منحنى أقل من القوة اللازمة لتتحرك شاحنة فى نفس المسار، وهذا يفسر منع حركة سيارات النقل الثقيل على بعض المنحنيات الخطرة.

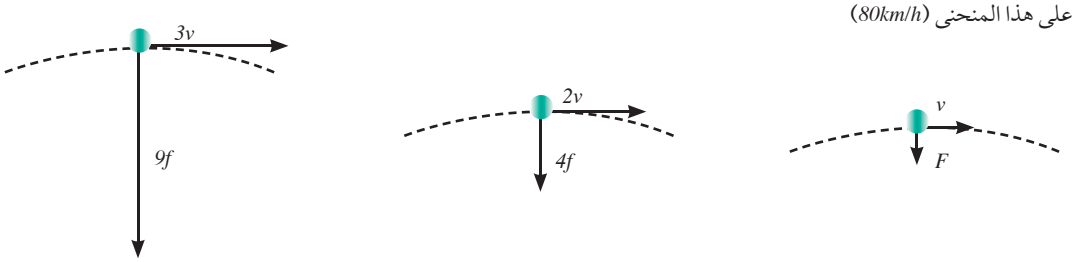
شكل (١٣) : لا يسمح بمرور المقطورات والشاحنات على بعض المنحنيات الخطرة، ما تفسير ذلك؟

شاهد فيلم على موقع الكتاب

لحظة إنزلاق سيارة من قمة منحدر

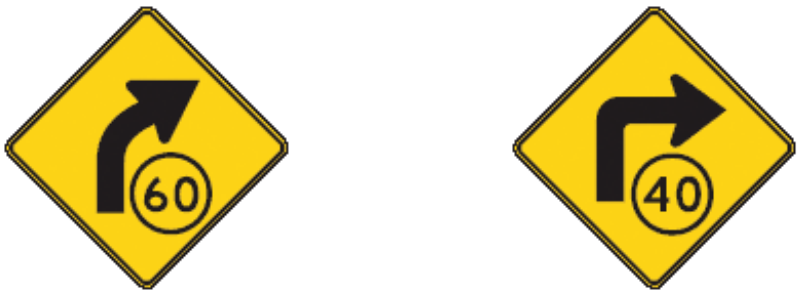
شكل (١٤) : السرعة القصوى على هذا المنحنى (80km/h)

٢ - السرعة المماسية (v): حيث تتناسب القوة المركزية طرديًّا مع مربع السرعة (عند ثبات m ، r)، فكلما زادت سرعة السيارة احتاجت لقوة جاذبة مركزية أكبر للحركة على المسار المنحنى، لذلك يحدد مهندسو الطرق سرعة معينة للحركة عند المنحنيات لا ينبغى تجاوزها.



شكل (١٥) : تاثير تغير سرعة جسم يتحرك فى مسار منحنى على مقدار القوة المركزية

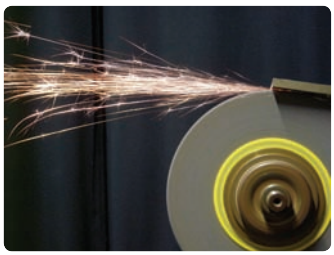
٣- نصف قطر الدوران (r): حيث تتناسب القوة المركزية عكسيًّا مع نصف قطر المسار (عند ثبات m ، v)، فكلما قل نصف قطر المنحنى احتاجت السيارة لقوة مركزية أكبر لتدور فيه، وبالتالى تزداد خطورة هذا المنحنى، ولتجنب ذلك ينبغي السير بسرعة صغيرة على المنحنيات الخطرة.



شكل (١٦) : لماذا تكون السرعة القصوى (40km/h) على المنحنى الأقل فى نصف القطر وتكون (60km/h) على المنحنى الأكبر فى نصف القطر؟

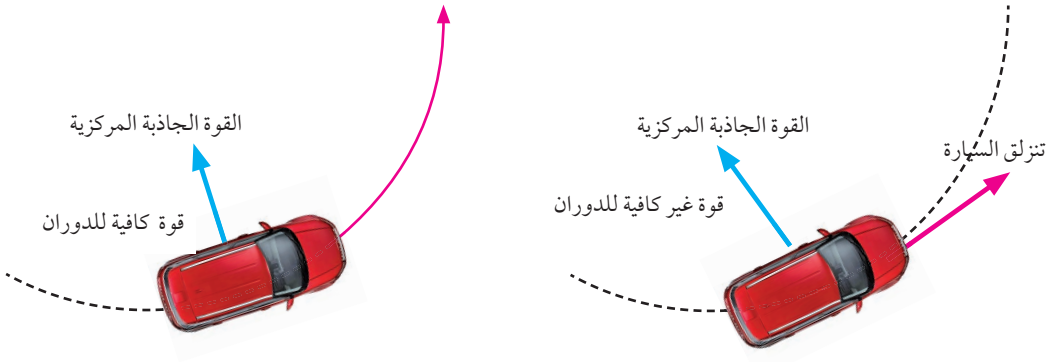
ما تأثير تناقص القوة المركزية على نصف قطر الدوران؟

عندما تتناقص القوة المركزية فإن هذا يعنى أن نصف القطر سيزداد؛ وذلك لأن $(F \alpha \frac{1}{r})$ ، أى أن الجسم سيبتعد عن مركز الدائرة، وإذا أصبحت القوة المركزية صفرًا فإنه سيتحرك فى خط مستقيم بسبب القصور الذاتى.



شكل (١٧) : لماذا تنطلق شظايا المعدن المتوهجة باتجاهات مستقيمة وبسرعات مماسية عند استعمال حجر المسن الكهربائى؟

فإذا افترضنا أن سيارة تتحرك على مسار منحنى وكان الطريق لزجًا فإن قوى الاحتكاك تكون غير كافية لإدارة السيارة فى المسار المنحنى فتنزلق السيارة وتزحف الإطارات على الطريق الجانبى، ولا يمكن للسيارة أن تستمر فى المسار المنحنى.



شكل (١٨) : تنزلق السيارة خارج المسار المنحنى إذا كانت القوة الجاذبة المركزية غير كافية

أنشطة خارج حجرة الدراسة:

قم بزيارة إدارة المرور فى محافظتك وذلك للتعرف على الجهود التى يبذلها رجال المرور فى خدمة المواطنين، وكذلك تعرف أهم أسباب حوادث الطرق وكيفية الوقاية منها.

تطبيقات حياتية

- يستفاد من ظاهرة حركة الأجسام بعيدًا عن المسار الدائري عندما تكون القوة الجاذبة المركزية غير كافية للحركة فى المسار الدائرى فى العديد من التطبيقات الحياتية والتى منها تجفيف الملابس، وصنع غزل البنات، ولعبة البراميل الدوارة فى الملاهى ..... ففى تجفيف الملابس على سبيل المثال نجد أن جزيئات الماء ملتصقة بالملابس بقوة معينة، وعند دوران المجفف بسرعة كبيرة تكون هذه القوة غير كافية لإبقاء الجزيئات فى مدارها، وبالتالى تنطلق باتجاه المماس لمحيط دائرة الدوران وتنفصل عن الملابس.

شكل (١٩) : عند دوران المجفف بسرعة كبيرة تنطلق جزيئات الماء باتجاه المماس لمحيط دائرة الدوران

مثال محلول

حجر كتلته *(600 g)* مربوط فى خيط طوله *(10 cm)* ويدور بسرعة *(3 m/s)* احسب القوة الجاذبة المركزية، وما الذى تتوقع حدوثه إذا كانت أقصى قوة شد يتحملها الخيط هى *(50 N)* ؟

الحل:

حساب القوة الجاذبة المركزية:

$$F = m\frac{v^2}{r} = 0.6 \times \frac{(3)^2}{0.1} = 54\ N$$

وحيث إن القوة الجاذبة المركزية أكبر من أقصى قوة شد يتحملها الخيط لذا فإنه سينقطع ويتحرك الحجر فى خط مستقيم باتجاه المماس للمسار الدائري الذى كان يسلكه لحظة انقطاع الخيط.

الفصل الثانى

الجاذبية الكونية والحركة الدائرية

Universal Gravitation and Circular Motion

نواتج التعلم المتوقعة :

فى نهاية هذا الفصل تكون قادرًا على أن:

- تستنتج قانون الجذب العام.
- تفسر دوران القمر حول الأرض فى مسار ثابت.
- تستنتج عوامل تغير سرعة قمر صناعي أثناء حركته حول الأرض.

مصطلحات الفصل :

- الجذب العام *Universal gravitation*
- ثابت الجذب العام *Gravitational constant*
- مجال الجاذبية *Gravitational field*
- شدة مجال الجاذبية *Intensity of the gravitational field*
- القمر الصناعى *Satellite*
- السرعة الحرجة *Critical velocity*

مصادر التعلم الألكترونية :

- **فيلم تعليمى:** مقدمة عن قانون الجذب العام.

http://www.youtube.com/watch?v=Jk5E-CrE1zg

- **لعبة إلكترونية:** فكرة القمر الصناعى.

https://sites.google.com/site/physicsflash/home/gravity

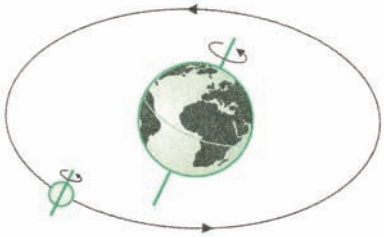
الكون فى حالة حركة مستمرة فالقمر يدور حول الأرض وتدور الأرض حول الشمس والتى بدورها تدور حول مركز المجرة، وتتحرك كل هذه الأجرام حركة دائرية أو شبه دائرية، ولقد شغف الإنسان منذ القدم بالتطلع إلى السماء ورصد حركة الشمس والقمر والنجوم ..... وتسجيل ملاحظاته عن كل هذا.

شكل (٢٠) : تتحرك الأجرام السماوية حركة دائرية أو شبه دائرية

١- قانون الجذب العام لنيوتن Newton's Law of Universal Gravitation

ربما سمعت بقصة سقوط التفاحة على (إسحاق نيوتن) عندما كان يجلس تحت شجرة، وهذا ما دفعه للتخيل بأن كل الأجسام فى الكون تنجذب إلى بعضها بعضًا، بنفس طريقة جذب الأرض للتفاحة.

شكل (٢١) : فى ضوء قانون نيوتن الأول للحركة فإن سقوط التفاحة الساكنة يعنى بالضرورة أن هناك قوة ما أثرت عليها



شكل (٢٢) : حركة القمر حول الأرض

ولقد فجر سقوط التفاحة ما يمكن اعتباره واحدًا من أهم المباديء العامة التى وضعها العقل البشرى، فرؤية نيوتن لسقوط التفاحة ربما جعله ينظر لأعلى ليرى القمر، وشغلت (نيوتن) حقيقة أن القمر لا يتحرك فى خط مستقيم، ولكنه يدور حول الأرض فى مسار دائرى وهذا يعنى أن هناك قوة جاذبة مركزية ينبغي أن تؤثر عليه، وقد درس نيوتن طبيعة هذه القوة الجاذبة وتوصل إلى أنها تتوقف على كتل الأجسام المتجاذبة كما تتوقف على المسافة الفاصلة، وذلك على النحو التالى:

«كل جسم مادى فى الكون يجذب أى جسم آخر بقوة تتناسب طرديًا مع حاصل ضرب كتلتيهما وعكسيًا مع مربع البعد بينها».

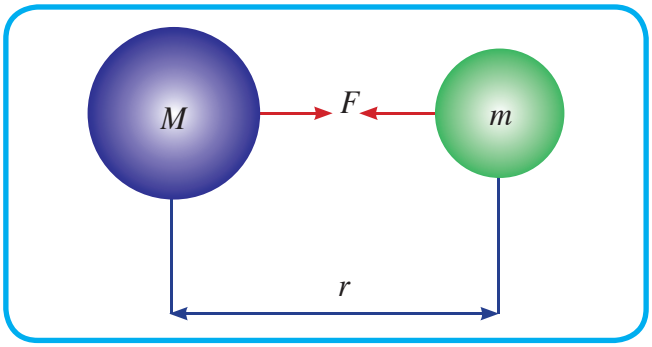
ويكتب القانون على الصورة:

$$F = G\frac{Mm}{r^2} \qquad (1)$$

حيث (r) هى البعد بين مركزى الجسمين و (G) ثابت التناسب وهو ثابت كونى عام يعرف بثابت الجذب العام وقيمته تساوى:

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \qquad N.m^2\,kg^{-2}$$

$$= 6.67 \times 10^{-11} \qquad m^3.kg^{-1}.s^{-2}$$



والجدير بالذكر أن قوة الجذب هى قوة متبادلة بين الجسمين فكل منها يجذب الآخر نحوه بنفس القوة، وبسبب عمومية هذا القانون فإنه يعرف **بقانون الجذب العام**.

علماء أفادوا البشرية

شكل (٢٣) : أبو الريحان البيرونى

للعلماء العرب دور عظيم فى تطوير علم الفلك والاستفادة منه، ومن أمثال علماء الفلك البيرونى (أبو الريحان محمد) والذى نجح فى قياس محيط الكرة الأرضية وآخرون، مثل على بن عيسى الأسطرلابى وعلى البحترى.

مثال محلول

كرتان صغيرتان كتلة كل منهما $(7.3kg)$ موضوعتان على مسافة بين مركزيهما تساوى $(0.5\ m)$ احسب قوة الجاذبية المتبادلة بينهما واكتب التعليق المناسب.

الحل:

من قانون الجذب العام فإن قوة الجذب تساوى:

$$F = \frac{G\,Mm}{r^2} = \frac{(6.67 \times 10^{-11})\ (7.3)^2}{(0.5)^2}$$

$$F = 1.4 \times 10^{-8}\ N$$

فى هذا المثال نلاحظ أن قوة الجذب المتبادلة بين الكرتين صغيرة جدًّا وتعادل وزن حبة رمل من رمال الشاطىء.

معلومة إثرائية

- نلاحظ أن قيمة ثابت الجذب العام صغيره جدًّا، لذلك لا تكون قوة الجاذبية بين الأجسام مؤثرة وكبيرة إلا عندما تكون الكتل كبيرة أو تكون المسافات الفاصلة بين الأجسام صغيرة، أو كلاهما معًا.

٢- مجال الجاذبية Gravitational Field

علمنا أن قوى الجاذبية تتناسب عكسيًّا مع مربع البعد بين الجسمين، لذلك فهى تتناقص بشدة حتى يصل البعد بينهما إلى مسافة يتلاشى عندها أثر الجذب لكل منهما على الآخر.

ويوجد داخل هذه المسافة قوى جذب؛ لذلك نعرف مجال الجاذبية بأنه: «الحيز الذى تظهر فيه قوى الجاذبية».

شدة مجال الجاذبية الأرضية:

هى قوة جذب الأرض لكتلة تساوى $(1\ kg)$ ونرمز لها بالرمز "g" وتساوى عدديًّا عجلة الجاذبية الأرضية وبتطبيق قانون الجذب العام نجد أن:

$$g = \frac{GM}{r^2} \qquad (2)$$

حيث: (M) كتلة الأرض $= 5.98 \times 10^{24}\ kg$

$$r = R + h$$

(R) نصف قطر الكرة الأرضية $(R = 6378km)$

(h) الارتفاع عن سطح الأرض

من خلال العلاقة (2) استنتج العوامل التى تتوقف عليها قيمة عجلة الجاذبية الأرضية.

تواصل

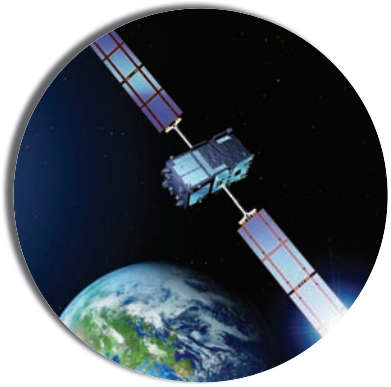
من خلال موقع الكتاب على الإنترنت تواصل مع زملائك ومعلميك ومؤلفى الكتاب.

٣- الأقمار الاصطناعية Satellites

كان حلم الإنسان استكشاف الفضاء من حوله، وظل يطور أجهزة الرصد ويطور الصواريخ التى تقذف بمركبة فضائية لتدور حول الأرض أو تنطلق إلى أبعاد أكبر لتصل مثلًا إلى كوكب آخر، مثل المريخ.

ولقد استيقظ العالم فى 4 من أكتوبر 1957 م على مفاجأة النجاح فى إرسال قمر صناعى (سبوتنيك) إلى الفضاء كأول تابع فضائى لكوكب الأرض، أعقب ذلك نجاح الإنسان فى إرسال أقمار أخرى، بل ونجح فى النزول على سطح القمر الطبيعى ولا يزال استكشاف الفضاء يتواصل بنجاح كبير.

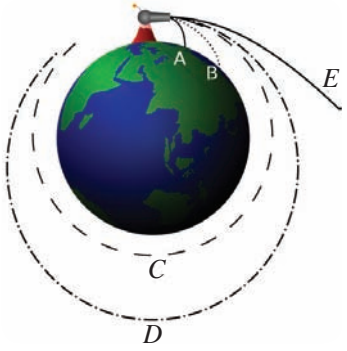
شكل (٢٤) : صاروخ ينطلق لوضع القمر الصناعى فى مداره



شكل (٢٥) : قمر صناعي يدور حول الأرض

فكرة إطلاق القمر الصناعى:

يعتبر (إسحاق نيوتن) أول من شرح الأساس العلمي لإطلاق الأقمار الصناعية، حيث تصور أنه عند إطلاق قذيفة مدفع فى مستوى أفقي من قمة جبل فإنها ستسقط سقوطًا حرًّا، وتتخذ مسارًا منحنيًا ناحية الأرض، وإذا زادت سرعة القذف فإنها ستصل إلى الأرض عند نقطة أبعد وتتبع مسارًا أقل انحناء، وعند تساوى انحناء مسار القذيفة مع انحناء سطح الأرض، فإنها تدور فى مسار ثابت، وتصبح تابعًا للأرض وتشبه فى دورانها حول الأرض دوران القمر الطبيعى حولها؛ لذلك يطلق عليها اسم القمر الصناعى *satellite*.



شكل (٢٦) : عند إطلاق قذيفة فى مستوى أفقى فإنها ستتخذ مسارًا منحنيًا

شكل (٢٧) : يدور القمر حول الأرض فى مسار ثابت

ماذا يحدث لو ...؟

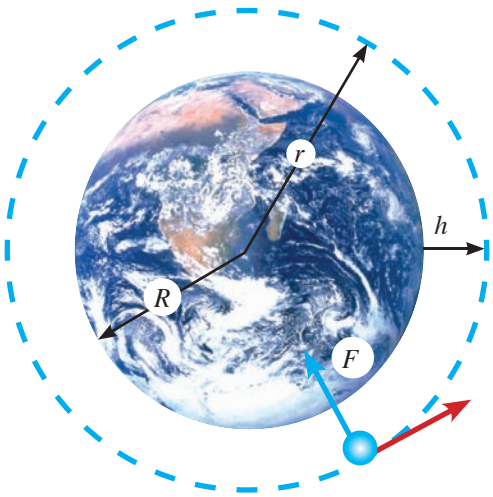
شكل (٢٨) : القمر الصناعى

❀ توقف القمر الصناعى وأصبحت سرعته صفرًا: يتحرك فى خط مستقيم ناحية الأرض ويسقط بداخلها.

❀ انعدمت قوة الجاذبية بين الأرض والقمر الصناعى: يتحرك القمر الصناعى فى خط مستقيم باتجاه المماس للمسار الدائرى مبتعدًا عن الأرض.

استنتاج السرعة المدارية للقمر الصناعى:

بفرض أن هناك قمرًا صناعيًّا كتلته (m) يتحرك بسرعة ثابتة (v) فى مدار دائرى نصف قطره (r) حول الأرض التى كتلتها (M) كما هو مبين فى الشكل:



شكل (٢٩) : مسار القمر الصناعى حول الأرض

ونلاحظ أن قوة التجاذب بين القمر والأرض تكون عمودية على حركة القمر، وتعمل على حركته فى مداره الدائري، أى أن قوة التجاذب بين القمر والأرض هى نفسها القوة الجاذبة المركزية:

أى أن:
$$F = m\frac{v^2}{r} = G\frac{mM}{r^2}$$

$$\cancel{m}\frac{v^2}{r} = G \times \frac{\cancel{m}.M}{r^2}$$

ومن المعادلة السابقة يتضح أن سرعة القمر الصناعى فى مداره:

$$v = \sqrt{G\frac{M}{r}} \qquad (2)$$

قيمة السرعة (v) من المعادلة (2) تمثل السرعة اللازم إكسابها للقمر الصناعى حتى يدور حول الأرض.

وإذا كان الارتفاع الذى أطلق منه للفضاء (h) فإن: $r = R + h$

حيث R نصف قطر الأرض.

عوامل تغير سرعة قمر صناعى أثناء حركته حول الأرض:

من العلاقة (2) يتضح أن سرعة القمر الصناعى فى مداره لاتعتمد على كتلته.

ولكنها تعتمد على العوامل الآتية:

- كتلة الكوكب الذى يدور حوله.
- ارتفاع القمر الصناعى عن مركز الكوكب الذى يدور حوله.

شكل (٣٠) : القمر الصناعى حول الأرض

معلومة إثرائية

- كلما زادت كتلة القمر الصناعى المراد إرسالة للفضاء احتجنا إلى صاروخ أكثر قدرة ليقذفه بعيدًا فى الفضاء ليكتسب السرعة اللازمة لدورانه حول الأرض.

أنشطة خارج حجرة الدراسة:

قم بزيادة لأحد المراصد الفلكية مثل مرصد حلوان (المعهد القومى للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية) وذلك للتعرف على طبيعة العمل داخل المرصد، وجمع معلومات عن الأقمار الصناعية وكيفية إرسالها إلى الفضاء.

أمثلة محلولة

١ يدور القمر حول الأرض فى مسار دائرى نصف قطره ($3.85 \times 10^5\ km$) ويكمل دورة كاملة خلال (27.3 يوم)، احسب كتلة الأرض (ثابت الجذب العام $= 6.67 \times 10^{-11}\ (m^3\ kg^{-1}\ s^{-2})$

الحل:

حساب الزمن الدورى: $T = 27.3 \times 24 \times 60 \times 60 = 2.36 \times 10^6\ s$

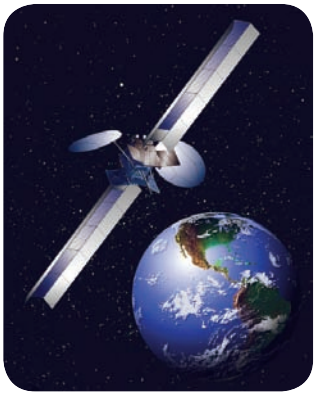
حساب سرعة القمر: $v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2 \times 3.14 \times 3.85 \times 10^5 \times 10^3}{2.36 \times 10^6} = 1025\ m/s$

حساب كتلة الأرض:

$$v^2 = G\frac{M}{r}$$

إذا:

$$M = \frac{v^2 \times r}{G} = \frac{(1025)^2 \times 3.85 \times 10^5 \times 10^3}{6.67 \times 10^{-11}} = 6 \times 10^{24}\ kg$$



٢ قمر صناعي يدور حول الأرض في مدار شبه دائري على ارتفاع 940 km من سطح الأرض احسب : السرعة المدارية ، الزمن اللازم لكي يصنع دورة كاملة حول الأرض علمًا بأن:

$(R = 6360\ km, M = 6 \times 10^{24}\ kg, G = 6.67 \times 10^{-11}\ Nm^2/kg^2)$

الحل:

حساب نصف قطر دوران القمر حول الأرض:

$$r = R + h = 6360 + 940 = 7300\ km = 7.3 \times 10^6\ m$$

حساب السرعة المدارية:

$$v = \sqrt{G\frac{M}{r}}$$

$$v = \sqrt{6.67 \times 10^{-11}\ \frac{6 \times 10^{24}}{7.3 \times 10^6}}$$

$$v = 7.4 \times 10^3\ m/s$$

حساب الزمن الدوري:

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2 \times 3.14 \times 7.3 \times 10^6}{7.4 \times 10^3} = 6195\ s$$

٣ قمر صناعي يتم دورته حول الأرض في (100 min) وطول مساره = 60000 km ، احسب : السرعة المدارية ، ارتفاع القمر عن سطح الأرض علما بان:

$(R = 6360\ km)$

الحل:

حساب سرعة القمر:

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{60000 \times 10^3}{100 \times 60} = 10000\ m/s$$

حساب ارتفاع القمر عن الأرض:

$$2\pi r = 60000 \times 10^3$$

$$r = \frac{60000 \times 10^3}{2 \times \pi} = 9.55 \times 10^6\ m = 9550\ km$$

$$r = R + h$$

$$h = r - R = 9550 - 6360 = 3190\ km$$

٤- أهمية الأقمار الصناعية: Importance of satellites

أحْدَثَ استخدام الأقمار الصناعية ثورة حقيقية فى مجالات عديدة، حيث اعتبر القمر الصناعى بمثابة برج شاهق الارتفاع يمكن استخدامه فى إرسال واستقبال الموجات اللاسلكية، وهناك العديد من أنواع الأقمار الصناعية، والتى منها:

شكل (٣١) : للأقمار الصناعية العديد من الفوائد مجالات مختلفة

- أقمار الاتصالات: تسمح بالنقل التليفزيوني والإذاعى، والهاتفى من وإلى أى مكان على سطح الأرض.
- الأقمار الفلكية: عبارة عن تيليسكوبات هائلة الحجم تسبح فى الفضاء، وتستطيع تصوير الفضاء بدقة.
- أقمار الاستشعار عن بعد: تستخدم فى دراسة ومراقبة الطيور المهاجرة، وتحديد المصادر المعدنية وتوزعها، ومراقبة المحاصيل الزراعية لحمايتها من مخاطر الطقس ودراسة تشكل الأعاصير ...
- أقمار الاستطلاع والتجسس: هى أقمار صناعية مهمتها توفير المعلومات التى تحتاجها القيادات السياسية والعسكرية لاتخاذ القرار وإدارة الحرب.

العلم والتكنولوجيا والمجتمع: ساهمت الأقمار الصناعية فى تغيير شكل الحياة على سطح الأرض، فهذه الأقمار التى تدور بعيدة عنك مئات الكيلومترات تؤثر فى كافة مناحي حياتك اليومية فهي التى تمكنك من مشاهدة القنوات الفضائية، ومتابعة الأخبار العالمية، ومعرفة أحوال الطقس، وقد تساعدك فى استخدام الإنترنت وهاتفك المحمول، كما أنك قد تستخدمها فى تحديد موقعك باستخدام جهاز *GPS* أو رؤية منزلك من الفضاء باستخدام برنامج (جوجل إيرث *Google earth*...) وغير ذلك الكثير.

تستخدم الأقمار الصناعية فى الاتصالات

تفيد الأقمار الصناعية فى دراسة الأعاصير

خرائط جوجل المصورة بالأقمار الصناعية

جهاز *GPS* لتحديد المواقع

ملخص الباب

المفاهيم الرئيسة

- الحركة الدائرية المنتظمة: هى حركة جسم فى مسار دائرى بسرعة ثابتة فى المقدار، ومتغيرة فى الاتجاه.
- القوة الجاذبة المركزية: هى تلك القوة التى تؤثر باستمرار فى اتجاه عمودى على حركة الجسم فتحول مساره المستقيم إلى مسار دائرى .
- العجلة المركزية: هى العجلة التى يكتسبها الجسم فى الحركة الدائرية نتيجة لتغير اتجاه السرعة.
- زمن الدورة: هى الفترة الزمنية التى يتم خلالها الجسم دورة كاملة.
- شدة مجال الجاذبية عند نقطة: هى قوة الجذب المؤثرة على جسم كتلته $1kg$ عند تلك النقطة، وتساوى عدديًّا عجلة الجاذبية عند تلك النقطة.

العلاقة والقوانين الرئيسة:

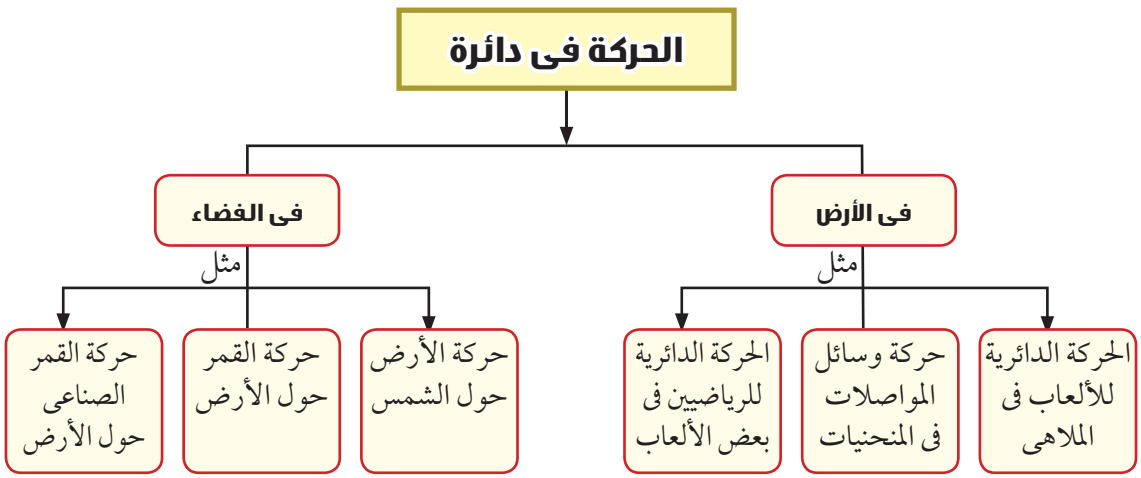
حساب العجلة الجاذبة المركزية: $a = \frac{v^2}{r}$

حساب القوة الجاذبة المركزية: $F = m\ \frac{v^2}{r}$

حساب قوة التجاذب المادى: $F = G\frac{Mm}{r^2}$

حساب سرعة القمر الصناعى: $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$

خريطة الباب



الباب الرابع

الشغل والطاقة فى حياتنا اليومية

Work and Energy in our Daily life

فصول الباب

الفصل الأول : الشغل والطاقة

الفصل الثانى : قانون بقاء الطاقة

مقدمة الباب

توجد الطاقة فى الطبيعة فى عدة صور مختلفة مثل الطاقة الحرارية والطاقة الكيميائية والطاقة الميكانيكية وغيرها ... وهذا الطاقة يمكن أن تتحول من صورة إلى أخرى. فما المقصود بالطاقة؟ وما علاقتها بالشغل المبذول؟

أهداف الباب

فى نهاية هذا الباب تكون قادرًا على أن:

- تفسر المعنى العلمى للشغل.
- تستنتج أن الشغل كمية غير متجهة.
- تستنتج وحدات الطاقة.
- تستنتج العلاقة الرياضية لكل من طاقة الحركة وطاقة الوضع.
- تستنتج أن طاقة الوضع عبارة عن شغل مبذول.
- تقارن بين طاقة الحركة وطاقة الوضع.
- تطبق تغيرات طاقة الوضع والحركة عند قذف جسم لأعلى، وتعتبر ذلك مثالًا لقانون بقاء الطاقة.
- تطبق قانون بقاء الطاقة على بعض الأمثلة فى الحياة العملية.

عمليات العلم ومهارات التفكير المتضمنة

- التفسير العلمى.
- الاستنتاج.
- المقارنة.
- التصنيف.
- التعميم.
- التطبيق.
- مهارة عرض البيانات.

الجوانب الوجدانية المتضمنة

- اكتساب اتجاهات إيجابية نحو ترشيد استهلاك الطاقة.
- اكتساب اتجاهات إيجابية نحو البيئة.
- تنمية الميل نحو دراسة الفزياء.

الفصل الأول

الشغل والطاقة

Work and Energy

نواتج التعلم المتوقعة :

فى نهاية هذا الفصل تكون قادرًا على أن:

- تفسر المعنى العلمى للشغل.
- تستنتج أن الشغل كمية غير متجهة.
- تستنتج وحدات الطاقة.
- تقارن بين طاقة الحركة وطاقة الوضع.
- تستنتج العلاقة الرياضية لكل من طاقة الحركة وطاقة الوضع.
- تستنتج أن طاقة الوضع عبارة عن شغل مبذول.

مصطلحات الفصل :

الشغل	*Work*
الطاقة	*Energy*
طاقة الحركة	*Kinetic Energy*
طاقة الوضع	*Potential Energy*

مصادر التعلم الإلكترونية :

- **فيلم تعليمى:** الشغل والقوة والإزاحة.

http://www.youtube.com/watch?v=miTeJjZ8_Kk

- **عروض عملية:** المقصود بطاقة الوضع.

http://www.youtube.com/watch?v=iLXDirj4JUA

١- الشغل : Work

نستخدم كلمة الشغل فى حياتنا اليومية، ويراد بها العمل الذى استحوذ على اهتمام المرء فانشغل به عما سواه، فربما كان هذا العمل ذهنيًّا كحل الواجبات المدرسية، أو عضليًّا كزيارة مريض، وربما أطلقت كلمة شغل على مجرد العمل.

ويستخدم علماء الفيزياء كلمة الشغل للدلالة على معنى خاص مختلف عن معناها المستخدم فى الحياة اليومية.

فلكى تبذل شغلًا ما على جسم فلابد وأن يتحرك الجسم إزاحة ما كنتيجة لقوتك، وإذا لم يتحرك الجسم فإنك لم تبذل شغلًا مهما كان مقدار القوة التى بذلتها.

أى هناك شرطان لحدوث الشغل، وهما:

١ أن تؤثر قوة معينة على الجسم.

٢ أن يتحرك الجسم إزاحة معينة فى نفس اتجاه القوة.

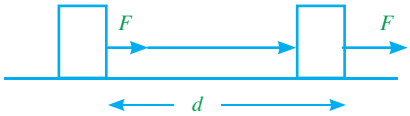
وتوضح الأشكال التالية عدة أمثلة للشغل:

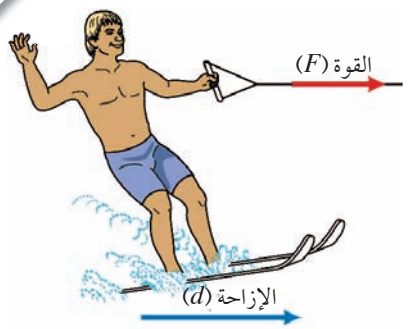
شكل (١) : السائق يبذل شغلًا على السيارة المعطلة

شكل (٢) : اللاعب يبذل شغلًا لرفع الأثقال

ويمكن حساب الشغل المبذول (W) بواسطة قوة ما (F) على جسم لتحركه إزاحة (d) على خط عمل القوة باستخدام العلاقة:

$$W = F.d$$





شكل (٣) : يُحْسب الشغل المبذول على الرياضى بضرب الإزاحة (d) فى القوة المؤثرة (F) نفس الاتجاه الحركة.

شكل (٤) : طفل يبذل شغلًا

وبما أن كلًّا من القوة والإزاحة كميتان متجهتان، فإن حاصل ضربهما القياسى يُعْطى كمية قياسية (الشغل)، أى أن الشغل كمية غير متجهة، فعند تهذيب أرض منبسطة مزروعة بالحشائش لا يهم فى أى اتجاه تسير آلة قص الحشائش، فتهذيب $(50\ m)$ من الشرق إلى الغرب يحتاج إلى الشغل نفسه الذى يحتاجه تهذيب $(50\ m)$ من الشمال إلى الجنوب.

ويقاس الشغل بوحدة نيوتن. متر $(N.m)$، وقد أعطيت هذه الوحدة اسمًا خاصًّا هو الجول (J) نسبة إلى العالم جيمس جول.

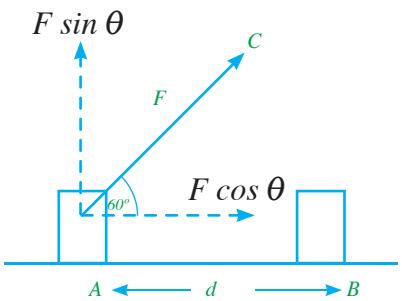
الجول: هو الشغل المبذول بواسطة قوة مقدارها نيوتن واحد لتُحرِّك جسمًا إزاحة مقدارها متر واحد فى اتجاه القوة.

علماء أفادوا البشرية

شكل (٥) : جيمس جول

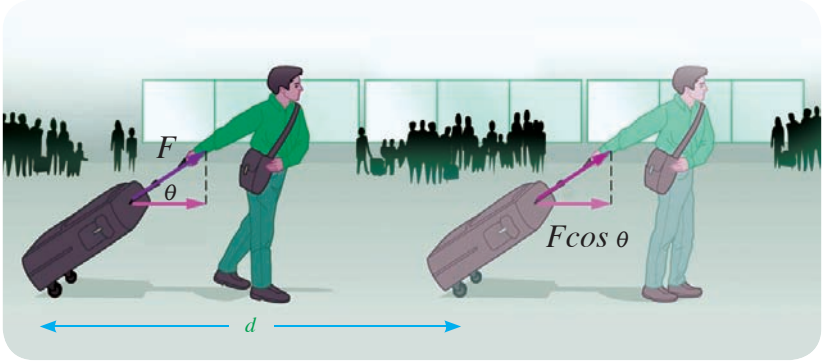
جيمس جول (1818 - 1889 م) : هو عالم إنجليزى كان من أوائل من أدراكوا أن الشغل يولد حرارة، ففى أحد تجاربه وجد أن درجة حرارة الماء فى أسفل الشلال أكبر منها فى أعلى الشلال مما يثبت أن بعضًا من طاقة المياه الساقطة تتحول إلى حرارة.

وإذا كان اتجاه القوة (F) يميل بزاوية (θ) على اتجاه الإزاحة (d) كما بالشكل (٦) فإن الشغل المبذول يمكن كتابته على الصورة:



$$W = (F \cos \theta)\ (d)$$

$$W = F\ d \cos \theta$$

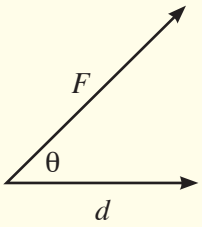
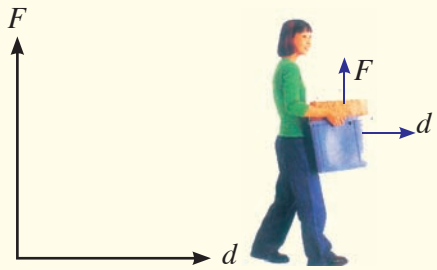
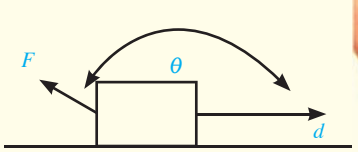
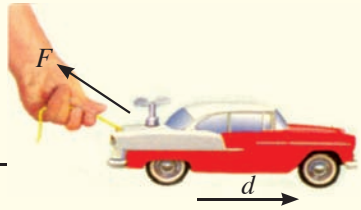


شكل (٦) : يتعين الشغل المبذول من العلاقة $W = F\,d\cos\theta$

ركن التفكير:

تخيل أن لديك حائطًا، أثرت عليه بقوة مقدارها (100 N) ، هل تبذل شغلاً فيزيائيًّا؟ لماذا؟

من المعادلة السابقة يتضح أن الشغل قد يكون موجبًا أو سالبًا أو صفرًا، كما هو موضح بالجدول التالى:

الزاوية θ	الشغل	أمثلة
$o \le \theta < 90°$	موجب الشخص هو الذى يبذل الشغل	سحب جسم 
$\theta = 90°$	صفر	حمل جسم والحركة به 
$180° \ge \theta > 90°$	سالب الجسم هو الذى يبذل الشغل على الشخص	شخص يحاول جذب جسم، وهو يتحرك عكس اتجاه القوة.  

مثال محلول

عربة حديقة كتلتها (20 kg) تتحرك تحت تأثير قوة شد مقدارها (50 N)، تصنع زاوية مقدارها (60°) كما بالشكل الموضح. فإذا تحركت العربة إزاحة مقدارها (4 m). احسب الشغل المبذول بواسطة القوة (مع إهمال قوة الاحتكاك).

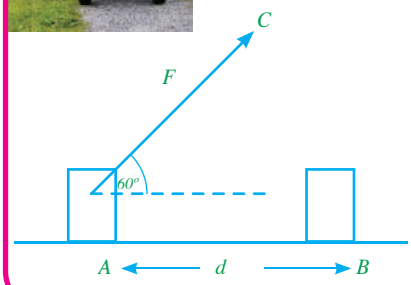
الحل:

$F = 50N$

$d = 4m$

$\theta = 60°$

$W = Fd \cos\theta = (50)\ (4)\ (\cos 60) = 100\ J$



مثال محلول

احسب الشغل الذى تبذله طفلة تحمل دلوًا كتلته (300 g) وتتحرك به إزاحة مقدارها (10 m) فى الاتجاه الأفقى، ثم احسب الشغل الذى يبذله طفل لرفع دلو له نفس الكتلة إزاحة مقدارها (10 cm) فى الاتجاه الرأسى ($g = 10\ m/s^2$)

الحل:

الشغل الذى تبذله الطفلة:

بما أن القوة تكون عمودية على الإزاحة فإن الشغل يساوى صفرًا.

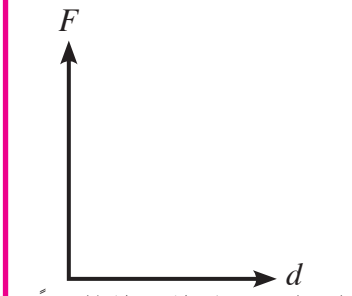
الشغل الذى يبذله الطفل:

حساب القوة $F = mg = \frac{300}{1000} \times 10 = 3N$

حساب الشغل $W = F.\ d \cos\theta$

وحيث إن القوة والإزاحة فى نفس الاتجاه فإن الزاوية (θ) تساوى صفرًا.

$W = 3 \times \frac{10}{100} \cos\theta = 0.3\ J$



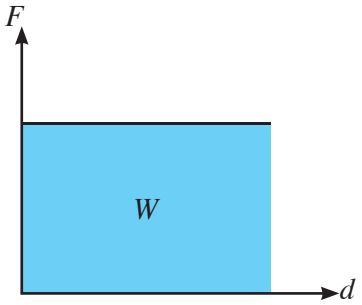
القوة العمودية على الإزاحة لاتبذل شغلًا

إدارة الوقت:

- اعمل على تعديل خطة عملك، بحيث لا تهمل أى نشاط أو واجب من الواجبات المهمة.
- جهز ونظم مستلزمات الاستذكار، ونظم بيئة العمل وأدواته بحيث لا تضيع وقتك وأنت تبحث عنها.

ويمكن حساب الشغل بيانيًّا باستخدام منحنى (القوة – الإزاحة) المبين فى الرسم المقابل، حيث يعبر الخط المستقيم عن قوة ثابتة فى المقدار والاتجاه (F) تؤثر على جسم، فتسبب له إزاحة (d) فى نفس اتجاه القوة المؤثرة، وبالرجوع إلى تعريف الشغل وعندما تكون ($\theta = 0$) فإن:

الشغل = القوة × الإزاحة = الطول × العرض = المساحة تحت منحنى (القوة – الإزاحة)



شكل (٧) : الشغل يساوى المساحة أسفل الخط المستقيم.

إذا: الشغل بيانيًّا = المساحة تحت منحنى (القوة – الإزاحة).

٢- الطاقة Energy

إذا كان الجسم قادرًا على بذل الشغل فإن هذا الجسم يمتلك طاقة، وبمعنى أبسط فإن طاقة الجسم هى قدرته على بذل الشغل؛ لذلك فوحدات الطاقة هى وحدات الشغل، وهى الجول.

وسنتناول فيما يلى بالتفصيل صورتين من أهم صور الطاقة، وهما: طاقة الحركة، وطاقة الوضع.

(أ) طاقة الحركة (K.E)

عندما تُبْذل قوة على جسم ما ثم يبدأ هذا الجسم فى التحرك، نستطيع القول: أن لدى هذا الجسم طاقة تسمى بطاقة الحركة ($K.E$).

شكل (٨) : أمثلة على طاقة الحركة.

بفرض أن لديك سيارة تتحرك من سكون فى خط مستقيم بعجلة منتظمة مقدارها (a) فإن:

$$v_f^2 - v_i^2 = 2ad$$

حيث v_i هى السرعة الابتدائية = صفرًا.

v_f هى السرعة النهائية.

$$v_f^2 = 2ad \qquad d = \frac{v_f^2}{2a}$$

شكل (٩) : أى جسم متحرك يمتلك طاقة حركة.

وبضرب طرفى المعادلة السابقة فى (F)، وهى القوة المؤثرة على السيارة أثناء حركتها فإن:

$$Fd = \frac{1}{2}\frac{F}{a}v_f^2$$

ومن قانون نيوتن الثانى:

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

ومن العلاقتين السابقتين:

$$Fd = \frac{1}{2}mv_f^2$$

حيث يمثل المقدار (Fd) فى المعادلة السابقة الشغل المبذول (الطاقة اللازمة لتحريك السيارة)، ويمثل الطرف الأيمن $(\frac{1}{2}mv_f^2)$ صورة الطاقة التى تحول إليها الشغل المبذول، والتى تعرف باسم طاقة الحركة $(K.E)$.

وبصورة عامة يمكن حساب طاقة حركة جسم سرعته (v) من العلاقة:

$$K.E = \frac{1}{2}mv^2$$

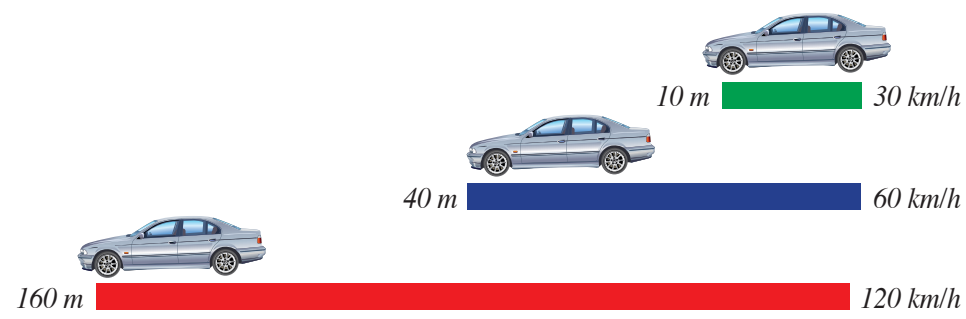
ركن التفكير:

هل طاقة الحركة كمية فيزيائية متجهة أم قياسية؟لماذا؟

- ومن العلاقة السابقة يتضح أن طاقة الحركة تتناسب طرديًا مع كتلة الجسم ومع مربع سرعته.
- وحدة قياس طاقة الحركة هى الجول، ومعادلة الأبعاد هى ML^2T^{-2}

تطبيقات حياتية

- يتضح من العلاقة $K.E = \frac{1}{2}mv^2$ أن الشغل المبذول $F.d$ يتناسب طرديًا مع مربع السرعة التى يتحرك بها الجسم. فإذا كانت هناك سيارة تتحرك بسرعة $(60km/h)$، ويراد إيقافها عن الحركة بواسطة الضغط على دواسة الفرامل، فنجد أنها سوف تنزلق مسافة قبل التوقف تساوى أربعة أضعاف تلك التى لو كانت تتحرك بسرعة $(30km/h)$.



مثال محلول

أوجد طاقة حركة سيارة كتلتها $(2000kg)$ تسير بسرعة $(72\ km/h)$.

الحل:

حساب السرعة بوحدة (m/s)

$$v = \frac{1000 \times 72}{60 \times 60} = 20\ m/s$$

حساب طاقة الحركة:

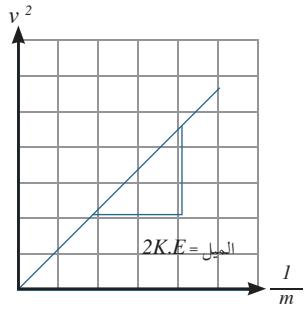
$$\therefore K.E = \frac{1}{2} mv^2$$

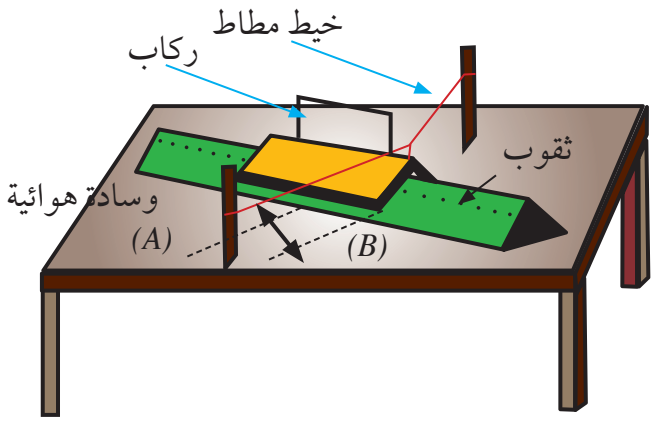
$$= \frac{1}{2} (2000)\ (20)^2 = 400000\ J$$

المعمل المصغر

قياس طاقة حركة جسم:

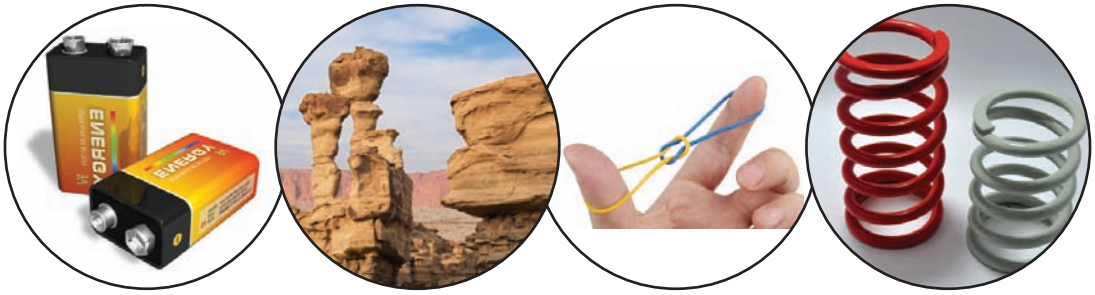
- يمكن قياس طاقة الحركة عمليًّا باستخدام ركاب كتلته (m) يتحرك على وسادة هوائية (سطح عديم الإحتكاك) كما بالرسم، حيث يتم قياس سرعة الركاب (v) أثناء حركته على الوسادة الهوائية باستخدام خلية كهروضوئية وساعة كهربية. ثم نغير كتلة الركاب فى كل مرة، ونقيس سرعته أثناء حركته على الوسادة الهوائية.
- وبرسم علاقة بيانية بين مربع السرعة (v^2) ممثلًا على المحور الرأسى ومقلوب الكتلة $(\frac{1}{m})$ ممثلًا على المحور الأفقى، نجد أن العلاقة البيانية يمثلها خط مستقيم، ميله هو ضعف طاقة الحركة (الميل $=2K.E$).





(ب) طاقة الوضع (P.E)

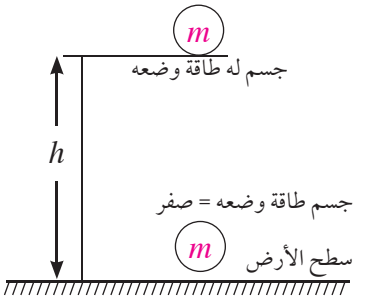
تستطيع الأجسام أن تختزن طاقة بداخلها نتيجة لمواضعها الجديدة، وهذه الطاقة تسمى طاقة الوضع $(P.E)$ وعلى سبيل المثال، انكماش أو استطالة زنبرك يجعل جزيئاته تكتسب وضعًا جديدًا، وبالتالى تختزن طاقة وضع (وتسمى طاقة وضع مرنة) ومن ثم يبذل الزنبرك شغلاً حتى يتخلص من هذه الطاقة لكي يعود إلى وضعه المستقر. ومثال آخر عند رفع جسم ما إلى أعلى عن سطح الأرض فإنه يكتسب طاقة وضع (وتسمى طاقة وضع تثاقلية)، وهذه الطاقة مرتبطة بوضع الأشياء بالنسبة لسطح الأرض (أى بالنسبة لمجال الجاذبية). يوضح الشكل (١٠) بعض الأمثلة لطاقة وضع مختزنة.



لماذا يتحرك الزنبرك المضغوط عند إزالة القوة المؤثرة عليه؟ | لماذا يتحرك الخيط المطاطي المشدود عند إزالة القوة المؤثرة عليه؟ | لماذا تنهار الصخور المتآكلة وتتحرك لأسفل؟ | لماذا تتحرك الإلكترونات عند توصيل البطارية بدائرة مغلقة؟

شكل (١٠) : أمثلة على طاقة الوضع

إذا رفع جسم كتلته (m) ما إلى ارتفاع (h) عن سطح الأرض، فإن هذا الجسم يكتسب طاقة وضع $(P.E)$ نتيجة لموضعه الجديد، وبالتالى فهو يستطيع أن يبذل شغلاً إذا سُمِحَ له بالسقوط، ومن ثم فإن طاقة وضع الجسم فى موقعه الجديد حددت قدرته على بذل شغل؛ أى أن الشغل المبذول على الجسم لرفعه إلى نقطة ما = طاقة الوضع له عند هذه النقطة.



شكل (١١) : رفع جسم (m) إلى أرتفاع (h)

$$P.E = W = F.h$$

وحيث إن أقل قوة (F) لازمة لرفع الجسم لأعلى تساوى وزنه (mg) فإن:

$$P.E = F.h = (mg)\ (h) = mgh$$

ووحدة قياس طاقة الوضع هى الجول، ومعادلة الأبعاد هى ML^2T^{-2}

فكر وأجب:

احسب الشغل المبذول لرفع جسم كتلته $(50\ kg)$ ارتفاع قدره $(2.2m)$ عن سطح الأرض.

تطبيقات حياتية

- لرفع صندوق لوضعه فى سيارة يلزم بذل شغل. ففى الشكل (١٢) نحتاج إلى قوة مقدارها $(450N)$ لرفع الصندوق ارتفاع مقداره $(1m)$ رأسيًّا، ويمكن أن نرفع نفس الصندوق بقوة أقل تكافىء $(150N)$ باستخدام مستوى مائل لكن سيحتاج إلى إزاحة أكبر $(3m)$.

شكل (١٢) : رفع الصندوق رأسيًّا لأعلى يتطلب قوة تكافئ وزن الصندوق، ويكون الشغل المبذول.

$$W = 450N \times 1m = 450J$$

شكل (١٣) : باستخدام المستوى المائل يتطلب رفع الصندوق قوة أقل من وزنه، لكن هذه القوة لابد وأن تؤثر لإزاحة أكبر.

$$W = 150N \times 3m = 450J$$

المقارنة بين طاقة الحركة وطاقة الوضع لجسم ما:

وجه المقارنة	طاقة الحركة	طاقة الوضع
التعريف	هى الطاقة التى يمتلكها الجسم نتيجة لحركته.	هى الطاقة التى يمتلكها الجسم نتيجة لوضعه أو حالته.
العلاقة الرياضية	$K.E = \frac{1}{2} m v^2$	$P.E = m g h$
العوامل المؤثرة	تزداد بزيادة كل من: كتلة الجسم (m) سرعة الجسم (v)	تزداد بزيادة كل من: كتلة الجسم (m) الارتفاع عن سطح الأرض (h)
وحدة القياس	الجول	الجول
معادلة الأبعاد	$ML^2 T^{-2}$	$ML^2 T^{-2}$

الفيزياء فى خدمة البيئة

- معظم الطاقات التى يستخدمها الإنسان تأتى من مصادر الطاقة غير المتجددة مثل: الفحم الحجري، والبترول. وتعتبر مصادر الطاقة غير المتجددة من مصادر الطاقة غير النظيفة، والتى ينتج عن استخدامها كثير من المواد الضارة بالبيئة وبصحة الإنسان؛ لذا فهناك اتجاه عالمى – خاصة لدى الدول الصناعية الكبرى – نحو استخدام المصادر الطبيعية للحصول على الطاقة والحفاظ على البيئة فى نفس الوقت، وعلى سبيل المثال استخدام طاقة الرياح ومساقط المياه فى توليد الكهرباء، وتحويلها إلى العديد من صور الطاقات اللازمة للحياة العملية للإنسان.

شاهد فيلم على موقع الكتاب

مصادر الطاقة المختلفة، وتأثيراتها البيئية

الفصل الثانى

قانون بقاء الطاقة

Law of Conservation of Energy

عرفنا فيما سبق أن الطاقة هى القدرة على بذل شغل، وهناك صور عديدة للطاقة، فالفحم والبنزين وغير ذلك من أنواع الوقود يحتوى على طاقة كيميائية مختزنة، يمكن أن تتحول بعد أن تحترق احتراقًا كيميائيًّا إلى شغل ميكانيكى متمثلة فى حركة السيارات والقطارات وغيرها.

شكل (١٤) : احتراق الفحم يؤدى إلى شغل ميكانيكي يحرك القطار.

وكذلك تتحول الطاقة الكهربائية فى المصباح إلى طاقة حرارية وضوئية. وتتحول طاقة الوضع فى شلال الماء إلى طاقة حركية.

وهناك أمثلة عديدة لتحويل الطاقة من صورة إلى أخرى، وتخضع مثل هذه التحولات إلى قانون بقاء الطاقة والذى ينص على أن:

"الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم، ولكن يمكن أن تتحول من صورة إلى أخرى."

نواتج التعلم المتوقعة :

فى نهاية هذا الفصل تكون قادرًا على أن:

- تطبق تغيرات طاقة الوضع والحركة عند قذف جسم إلى أعلى، ويعتبر ذلك مثالًا لقانون بقاء الطاقة.
- تطبق قانون بقاء الطاقة على بعض الأمثلة فى الحياة العملية.

مصطلحات الفصل :

- قانون بقاء الطاقة

Law of Conservation of Energy

مصادر التعلم الإلكترونية:

- **لعبة إلكترونية:** حساب طاقة الوضع وطاقة الحركة.

http://www.brainpop.com/games/coastercreator/

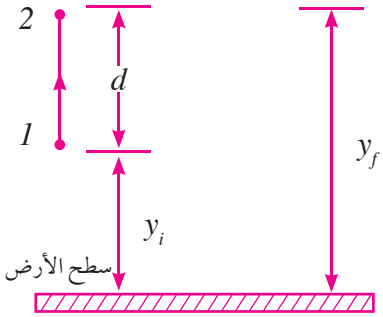
- **فلاش تعليمى:** الطاقة الميكانيكية لجسم يتحرك على مستوى مائل.

https://sites.google.com/site/physicsflash/home/mechanical-energy

٢- قانون بقاء الطاقة الميكانيكية

يمكن إثبات صحة قانون بقاء الطاقة الميكانيكية باستخدام مفاهيم طاقة الوضع وطاقة الحركة كما يلى:

عند قذف جسم كتلته (m) لأعلى من نقطة (1) بسرعة ابتدائية (v_i) عكس اتجاه الجاذبية الأرضية ليصل إلى النقطة (2) بسرعة نهائية (v_f)، فإن طاقة وضع الجسم تزداد بزيادة الارتفاع، بينما تقل طاقة حركته لتناقص سرعته.



شكل (١٥)

أى أن:

$$v_f^2 - v_i^2 = 2\,a\,d$$

وحيث إن: الجسم يتحرك لأعلى فى عكس اتجاه مجال الجاذبية الأرضية فإنه يتحرك بعجلة تناقصية؛ أى أن:

$$a = -g$$

$$v_f^2 - v_i^2 = 2\,(-g)\,d$$

$$v_f^2 - v_i^2 = -2g\,d$$

بالضرب فى $(\frac{1}{2}\,m)$

$$\frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 = -mgd$$

$$\frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 = -mg\,(y_f - y_i)$$

$$\frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 = -\,mg\,y_f + mg\,y_i$$

$$mg\,y_f + \frac{1}{2}mv_f^2 = mg\,y_i + \frac{1}{2}mv_i^2$$

شكل (١٦): تزداد طاقة الوضع بزيادة الارتفاع بينما تقل طاقة الحركة.

أى أن:

$$P.E_f + K.E_f = P.E_i + K.E_i$$

وبذلك يكون:

مجموع طاقتى الوضع والحركة عند نقطة (1) = مجموع طاقتى الوضع والحركة عند نقطة (2).

قانون بقاء الطاقة الميكانيكية: مجموع طاقتى الوضع والحركة لجسم عند أى نقطة فى مساره يساوى مقدارًا ثابتًا يسمى بالطاقة الميكانيكية.

"الطاقة الميكانيكية = طاقة الوضع + طاقة الحركة = مقدار ثابت".

ومن العلاقة الأخيرة نستنتج أنه كلما زادت طاقة حركة الجسم فإن ذلك يكون على حساب طاقة الوضع؛ أى أن طاقة الوضع تقل والعكس صحيح. (قانون بقاء الطاقة)

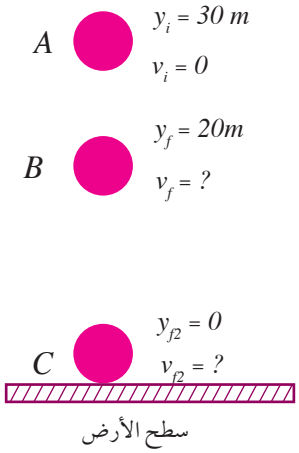
مثال محلول

جسم ساكن على ارتفاع (30 m) من سطح الأرض له طاقة وضع (1470 J)، فإذا سقط الجسم لأسفل، بإهمال مقاومة الهواء، احسب ما يلى:

١ طاقة حركة الجسم عند ارتفاع (20 m) من سطح الأض.

٢ سرعة الجسم لحظة اصطدامه بالأرض.

الحل:



عند النقطة A

$$P.E = mgh = 1470\ J$$

$$m \times 9.8 \times 30 = 1470\ J$$

$$m = 5kg$$

١ بتطبيق قانون بقاء الطاقة الميكانيكية على النقطتين A ، B

$$mg\,y_f + \frac{1}{2}mv_f^2 = mg\,y_i + \frac{1}{2}mv_i^2$$

$$5 \times 9.8 \times 20 + \frac{1}{2} \times mv_f^2 = 5 \times 9.8 \times 30 + O$$

$$\frac{1}{2}\,mv_f^2 = 490\ J$$

∴ طاقة حركة الجسم عند ارتفاع (20 m) هى (490 J)

طاقة وضع الجسم عند ارتفاع (20 m) هى:

$$P.E_f = 1470 - 490 = 980J$$

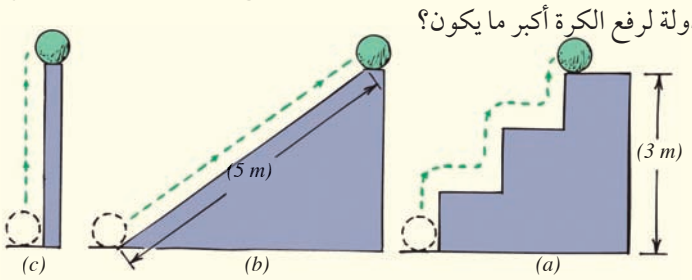
٢ لحساب سرعة الجسم لحظة اصطدامه بالأرض:

بتطبيق قانون بقاء الطاقة الميكانيكية على النقطتين A ، C

$$5 \times 9.8 \times 30 + 0 = 0 + \frac{1}{2} \times 5 \times v_{f2}^{\ 2} \qquad \therefore v_{f2} = 24.25\ m/s$$

ركن التفكير:

تخيل أن لديك ثلاثة مسارات مختلفة يمكن أن تسلكها كرة ساكنة موجودة عند سطح الأرض لتصل إلى ارتفاع ثابت. لأى مسار تكون الطاقة المبذولة لرفع الكرة أكبر ما يكون؟



- المسار a
- المسار b
- المسار c
- جميعها متساوية.

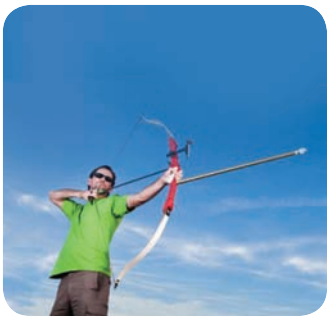
قانون بقاء الطاقة فى الحياة العملية:

عندما تقذف جسمًا لأعلى فى الهواء، فإنك تري مثالاً لقانون بقاء الطاقة، أو التحول المتبادل لطاقة الحركة وطاقة الوضع. فمثلاً عندما نقذف كرة إلى أعلى تكون طاقة الوضع مساوية للصفر، وتكون طاقة الحركة نهاية عظمى وعندما تبدأ الكرة فى الحركة لأعلى تتزايد طاقة وضعها على حساب طاقة حركتها، وهكذا يستمر التحول من طاقة الحركة إلى طاقة الوضع إلى أن تصل إلى أقصى ارتفاع لها، وفى هذه الحالة تصبح طاقة حركتها تساوى صفرًا، فى حين تكون طاقة الوضع نهاية عظمى. بعد ذلك تبدأ الكرة فى العودة إلى الأرض، فتزداد طاقة الحركة تدريجيًّا مع تناقص طاقة الوضع إلى أن تصل إلى سطح الأرض مرة أخرى، وتصبح طاقة وضعها تساوى صفرًا.

شكل (١٧): التحول المتبادل بين طاقتى الوضع والحركة فى الجسم المقذوف لأعلى.

وتوجد أمثلة كثيرة لتحول طاقة الحركة إلى وضع وبالعكس كما هو موضح بالأشكال التالية:

شكل (١٨): التحول المتبادل بين طاقتى الوضع والحركة أثناء الوثب العالي فى ألعاب القوي.

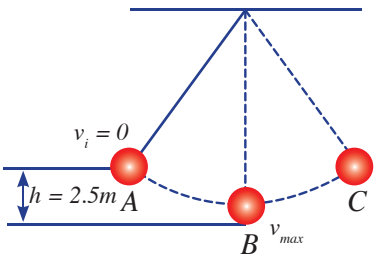


شكل (١٩): التحول المتبادل بين طاقتى الوضع والحركة أثناء قذف السهم من القوس.

شكل (٢٠): التحول المتبادل بين طاقتى الوضع والحركة فى عربة الملاهي.

أمثلة محلولة

يبين الشكل المقابل كرة معلقة بخيط، تتأرجح بشكل حُرٍّ فى مستوى محدد. فإذا كانت كتلة الكرة $(4kg)$ ومقاومة الهواء مهملة، فما أقصى سرعة تبلغها الكرة أثناء تأرجحها؟ (اعتبر : $g = 9.8m/s^2$):



الحل:

أقصى سرعة تبلغها الكرة أثناء تأرجحها يكون عند النقطة (B)، وبتطبيق قانون بقاء الطاقة الميكانيكية عند النقطتين A ، B

$$mgh + 0 = \frac{1}{2} mv_f^2 + 0$$

$$4 \times 9.8 \times 2.5 = \frac{1}{2} \times 4 \times v_f^2$$

$$v_f = 7\ m/s$$

ملخص الباب

المفاهيم الرئيسية:

- **الشغل:** هوحاصل ضرب القوة فى الإزاحة فى اتجاه خط عمل القوة، وهو كمية قياسية، وتقاس بوحدة الجول (J).
- **الجول:** الشغل الذى تبذله قوة مقدارها نيوتن واحد لتحريك جسم مسافة متر واحد فى اتجاه القوة.
- **الطاقة:** هى القدرة على بذل شغل.
- **طاقة الحركة:** هى الطاقة التى يمتلكها الجسم نتيجة لحركته.
- **طاقة الوضع:** هى الطاقة التى يمتلكها الجسم نتيجة لتغير موضعه، وهى طاقة مختزنة داخله.

القوانين الرئيسية:

- **قانون بقاء الطاقة:** الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم، ولكن يمكن أن تتحول من صورة لأخرى.
- **قانون بقاء الطاقة الميكانيكية:** مجموع طاقتى الوضع والحركة لجسم عند أى نقطة فى مساره يساوى مقدارًا ثابتًا.

العلاقات الرئيسية:

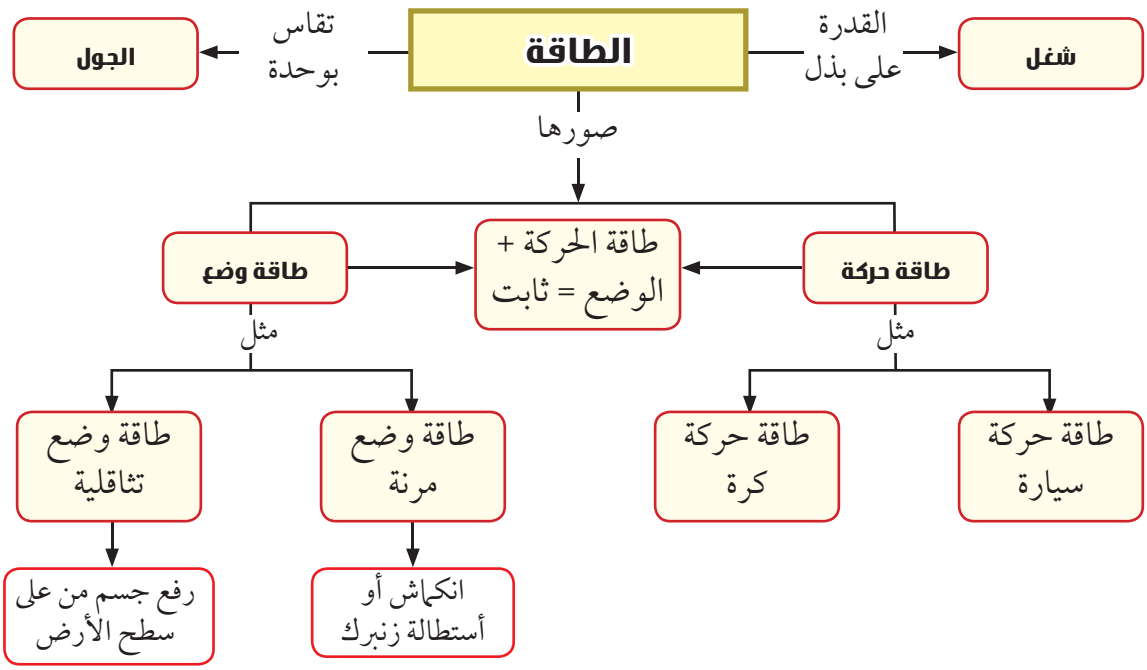
$$W = F.d \cos\theta$$

$$K.E = \frac{1}{2} mv^2$$

$$P.E = mg\,h$$

الطاقة الميكانيكية = طاقة الوضع + طاقة الحركة

خريطة الباب



الباب الخامس

الطاقة الحرارية وتطبيقاتها فى حياتنا اليومية

The Thermal Energy and Its Applications in our Daily Life

فصول الباب

الفصل الأول : الطاقة الداخلية ودرجة الحرارة

الفصل الثانى : الطاقة الحرارية

الفصل الثالث : التمدد الحرارى

مقدمة الباب

تعتبر الحرارة من أهم صور الطاقة فى حياتنا اليومية، فالحرارة تستخدم فى تدفئة المنازل وطهي الطعام وتسخين الماء وتجفيف الملابس، كما تستخدم فى تكرير البترول وصهر المعادن وتشكيلها، وكذلك فى صناعة الزجاج وفى غيرها.....

ويسعى هذا الباب إلى فهم طبيعة الحرارة، وتقدير جهود العلماء فى الكشف عن طبيعتها، ومعنى درجة الحرارة، وتفسير الظواهر المرتبطة بالحرارة مثل: اعتدال درجات الحرارة فى المناطق الساحلية، والتمدد الحراري، مع التركيز على التطبيقات الحياتية والتكنولوجية ذات الصلة بمفاهيم الحرارة.

أهداف الباب

فى نهاية هذا الباب تكون قادرًا على أن:

- تشرح المقصود بالطاقة الداخلية للنظام الحرارى.
- تشرح المقصود بدرجة حرارة جسم.
- تميز بين درجة الحرارة وكمية الحرارة.
- توضح كيفية تصميم أداة لقياس درجة الحرارة.
- تقارن بين عدة أنظمة لتدريج مقياس درجة الحرارة.
- تثبت العلاقة بين الشغل الميكانيكى والطاقة الحرارية.
- تستنبط تعريف السعة الحرارية.
- تستنبط تعريف الحرارة النوعية.
- تصمم تجربة لتعين الحرارة النوعية لجسم صلب.
- تشرح معنى الحرارة الكامنه للانصهار والحرارة الكامنة للتصعيد.
- تصمم تجربة لتعين الحرارة الكامنة للانصهار.
- تصمم تجربة لتعين الحرارة الكامنة للتصعيد.
- تذكر فكرة عمل الثلاجة.

عمليات العلم ومهارات التفكير المتضمنة

- التفسير العلمى.
- الاستنتاج.
- حل المشكلات.
- التطبيق.
- التفكير الناقد.
- مهارة طرح الفرضيات واختبارها.
- مهارة عرض البيانات.

الجوانب الوجدانية المتضمنة

- تقدير جهود (جيمس جول) فى اكتشاف طبيعة الحرارة.
- تقدير دور العلم والتكنولوجيا فى خدمة المجتمع من خلال درسة تطبيقات التمدد الحرارى.

الفصل الأول

الطاقة الداخلية ودرجة الحرارة

Internal Energy and Temperature

نواتج التعلم المتوقعة :

فى نهاية هذا الفصل تكون قادرًا على أن:

- تثبت العلاقة بين الشغل الميكانيكى والطاقة الحرارية.
- تشرح المقصود بالطاقة الداخلية للنظام الحرارى.
- تشرح المقصود بدرجة حرارة جسم.
- تميز بين درجة الحرارة وكمية الحرارة.
- توضح كيفية تصميم أداة لقياس درجة الحرارة.
- تقارن بين عدة أنظمة لتدريج مقياس درجة الحرارة.

مصطلحات الفصل :

درجة الحرارة	*Temperature*
الترمومتر	*Thermometer*
الطاقة الداخلية	*Internal Energy*
الطاقة الحرارية	*Heat*
الشغل الميكانيكى	*Mechanical Work*

مصادر التعلم الإلكترونية :

- **عرض عملى:** تجربة جيمس جول.

http://www.youtube.com/watch?v=PThq8fJpCLw

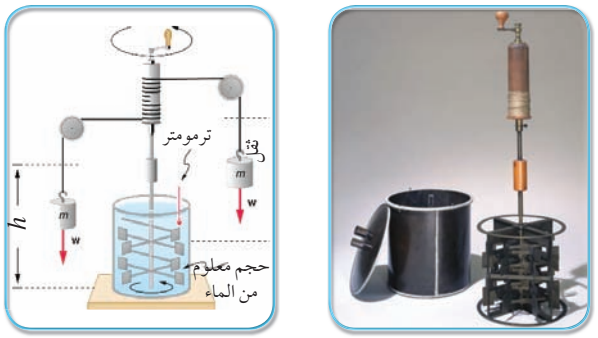
- **تجربة معملية:** غليان الماء بالاحتكاك.

http://www.youtube.com/watch?v=PUmzuGd4wcg

ظلت طبيعة الحرارة مصدر اهتمام الإنسان منذ أن اكتشف النار فى قديم الزمن، ولقد ساد الاعتقاد قديمًا بأن الحرارة عبارة عن جسيمات مادية تنساب من الجسم الساخن إلى البارد، ويتعارض هذا الاعتقاد مع العديد من المشاهدات الحياتية التى تتولد فيها الحرارة من احتكاك جسمين باردين.

شكل (١) : تتولد الحرارة عند بذل شغل ميكانيكى ناتج عن قوة الاحتكاك.

ولقد أثبت (جيمس جول *James Prescott Joule*) فى عام *1843* فكرة التكافؤ بين الشغل الميكانيكى والحرارة؛ أى أن الحرارة طاقة وليست جسيمات مادية كما كان يُعْتقد، حيث قام بحساب كمية الحرارة بوحدة (السعر) والشغل بوحدة (نيوتن.م) ووجد أن (الحرارة المتولدة = *4.18* الشغل المبذول) وبناء على ذلك توصل إلى أن (السعر = *4.18* نيوتن. متر)، ولقد سميت وحدة (نيوتن. متر) فيما بعد بالجول تخليدًا للجهود التى قام بها.



شكل (٢) : جهاز تجربة جول.

١- الحرارة Heat

بناء على ما سبق يمكن تعريف الحرارة بأنها: الطاقة التى تنساب تلقائيًا من الجسم الساخن إلى الجسم البارد، وتقاس كمية الحرارة بوحدات السعر (*cal*) أو الجول (*J*)، ويعتبر الجول وحدة صغيرة لقياس الطاقة، فمثلًا إذا احترق عود ثقاب بالكامل فإنه ينتج حوالى *2000 J*.

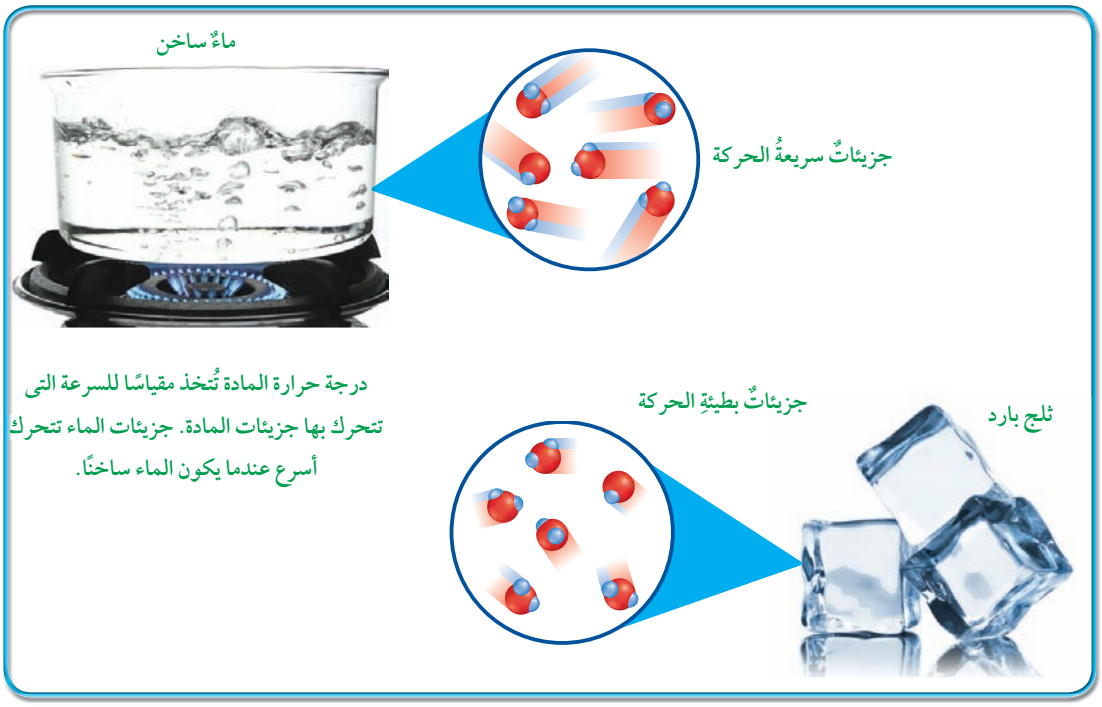
شكل (٣) : احتراق عود ثقاب.

٢- الطاقة الداخلية Internal Energy

تتكون جميع المواد من جزيئات فى حالة حركة مستمرة، وبذلك يكون لها طاقة حركة (*K.E*) كما أنه يوجد بين الجزيئات قوى متبادلة ينتج عنها طاقة وضع (*P.E*) ، ويطلق على مجموع طاقات الحركة والوضع لجزيئات المادة اسم الطاقة الداخلية، ويرمز لها بالرمز (*U*) ، وتزداد الطاقة الداخلية للمادة عندما تكتسب الحرارة وتقل عندما تفقدها.

٣- درجة الحرارة Temperature

درجة الحرارة هى كمية فيزيائية تدل على حالة الجسم من حيث السخونة أو البرودة، وهى مقياس لمتوسط طاقة حركة جزيئات المادة، فعند تسخين مادة تزداد طاقتها الداخلية مما يؤدى إلى زيادة طاقة حركة جزيئاتها فترتفع درجة حرارتها.

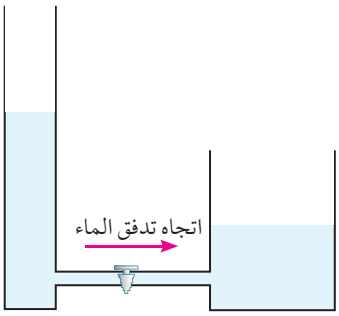


شكل (٤): كلما زادت حركة الجزيئات زادت درجة الحرارة.

ما الفرق بين كمية الحرارة ودرجة الحرارة؟

إن الفرق بين درجة الحرارة وكمية الحرارة يشبه الفرق بين مستوى الماء، وكمية الماء، وذلك على النحو التالى:

* إذا كان الماء ينساب من المستوى المرتفع إلى المستوى المنخفض كما فى شكل (٥) ، فإن الطاقة الحرارية تنتقل من الجسم الذى درجة حرارته أكبر إلى الجسم الذى درجة حرارته أقل.
* إذا تساوى مستوى الماء فى أوانٍ مختلفة فهذا لا يعنى أنها تحتوى الكمية نفسها من الماء، وكذلك إذا تساوى أجسام فى درجة الحرارة فهذا لا يعنى أنها تحتوى نفس الكمية من الطاقة كما فى شكل (٦).



شكل (٥) : عند فتح الصنبور ينتقل الماء من المستوى المرتفع إلى المستوى المنخفض.

شكل (٦) : رغم تساوى درجة حرارة الدلو والفنجان إلا أنهما لا يحتويان نفس الكمية من الطاقة.

الاتزان الحرارى:

عند إضافة كمية من الحليب البارد إلى كوب شاى ساخن فإن درجة حرارة الخليط تصبح واحدة، وتقع هذه الدرجة بين درجة حرارة الحليب البارد والشاى الساخن، ومعنى ذلك أن الحليب اكتسب كمية من الطاقة الحرارية، بينما الشاى فقد هذه الكمية من الطاقة الحرارية.

معنى ذلك أنه عند تلامس جسم بارد مع جسم ساخن فإن الحرارة تنساب تلقائيًّا من الجسم الساخن إلى الجسم البارد حتى تتساوى درجة حرارة الجسمين، وتكون كمية الطاقة الحرارية المكتسبة مساوية لكمية الحرارة المفقودة وذلك وفقًا لقانون بقاء الطاقة، ويعرف الاتزان الحرارى بأنه الحالة التى يكون فيها للجسمين المتصلين فيزيائيًّا نفس درجة الحرارة.

التصميم التكنولوجى:

✦ تلاحظ أن الأيس كريم الموضوع فى الهواء ينصهر بسرعة، كما تلاحظ أن الشاى الساخن يبرد عند تركه فى الهواء، صمم نظام عازل للحرارة بسيط باستخدام خامات من البيئة، اشترك مع زملائك فى تصميم أحد تلك الأنظمة للتقليل من التبادل الحرارى بين الجسم والوسط.

شكل (٧) : انصهار الأيس كريم

٤- قياس درجة الحرارة:

يعد قياس درجة الحرارة من الأشياء المهمة فى الحياة اليومية، وذلك للتعرف على درجة حرارة أجسامنا ودرجة حرارة الجو، وكذلك تحديد درجة الحرارة المناسبة لبعض الصناعات، وتعتبر حاسة اللمس هى التى أعطتنا أول مفهوم عن درجة الحرارة ، وهى التى تسمح لنا بالتمييز بين الأجسام الساخنة والأجسام الباردة، ولكن اليد لا يمكن أن تدلنا على مقدار درجة الحرارة الفعلية للجسم، بل تبين لنا الاختلاف النسبى بين درجة حرارة الجسم الملموس ودرجة حرارة اليد.

المعمل المصغر

هل الإحساس مقياس صادق لدرجة الحرارة؟

- ضع إحدى يديك فى ماء ساخن، وضع اليد الأخرى فى ماء بارد واتركهما لعدة ثوان، ثم انقلهما الآن إلى الماء الدافئ، كيف تشعر بدرجة حرارة الماء الدافئ فى كل يد؟ هل يمكن الاعتماد على حاسة اللمس فى قياس درجة الحرارة؟

الترمومترات Thermometers:

يستخدم الترمومتر كأداة دقيقة لقياس درجة الحرارة، وتعتمد فكرة عمله على اختيار مادة لها خاصية فيزيائية تتغير بانتظام بتغير درجة الحرارة، وهذه المادة تسمى "مادة ترمومترية"، ويوجد العديد من الترمومترات التى تختلف من حيث مدى درجات الحرارة التى تقيسها والمادة الترمومترية.

شكل (٨): يتغير الطول بتغير درجة الحرارة فى الترمومتر السائل

شكل (٩): يتغير الضغط بتغير درجة الحرارة فى الترمومتر الغازى

شكل (١٠): تتغير المقاومة الكهربية بتغير درجة الحرارة فى الترمومتر البلاتينى

عصف ذهنى

اكتب أكبر عدد ممكن من:

- الصناعات التى تعتمد على الطاقة الحرارية بشكل أساسى.

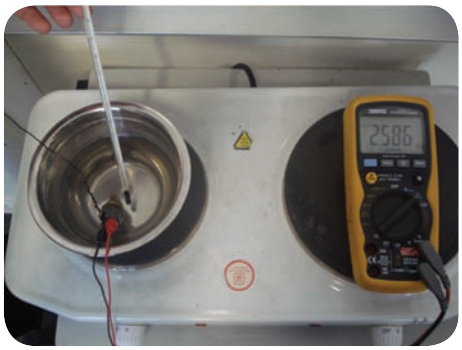
ماذا يحدث لو:

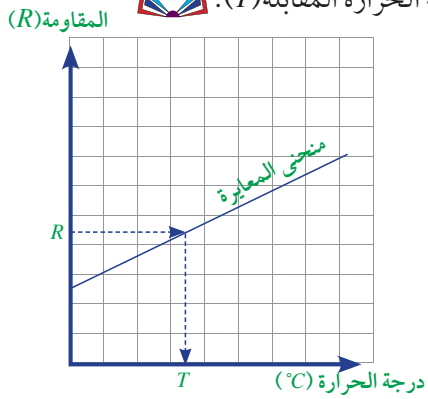
- لم يخترع الإنسان أجهزة لقياس درجة الحرارة.

المعمل المصغر

تصميم أداة لقياس درجة الحرارة:

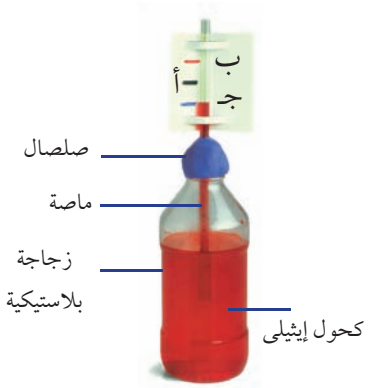
- يمكنك تصميم ترمومتر باستخدام مقاومة كهربائية تتغير قيمتها بانتظام بتغير درجة الحرارة، وذلك عن طريق قياس قيمة هذه المقاومة عند درجات حرارة مختلفة، ورسم العلاقة البيانية بين درجة الحرارة على المحور السيني والمقاومة على المحور الصادى.
- ولقياس درجة حرارة مجهولة لسائل، ضع المقاومة داخل السائل المراد قياس درجة حرارته ، ثم عين قيمة المقاومة(R)، وباستخدام منحنى المعايرة أوجد قيمة درجة الحرارة المقابلة(T).





التصميم التكنولوجى:

استخدم مواد من خامات البيئة مثل: الكحول الإيثيلى، وزجاجة بلاستيكية، وماصة ... لتصميم ترمومتر بسيط.



أنظمة تدريج مقياس درجة الحرارة Temperature Scales:

(أ) مقياس فهرنهايت F:

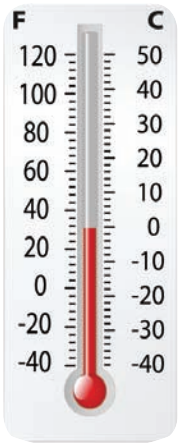
ابتكر العالم الفيزيائي الألماني (جبريال فهرنهايت *Gabriel Fahrenheit*) هذا المقياس عام *1714*، وفى هذا المقياس اعتبر فهرنهايت الرقم *(32)* هو درجة الحرارة التى يتجمد عندها الماء والرقم *(212)* وهو درجة حرارة غليانه، وجعل الصفر أقلَّ درجة حرارة حصل عليها من خليط من الثلج والماء والملح. ولا يزال هذا التدريج مستخدمًا فى أوربا والولايات المتحدة الأمريكية.

لعبة إلكترونية على موقع الكتاب

الترمومتر التفاعلى وأنظمة القياس

(ب) مقياس سيلزيوس (المئوى) C:

بعد ابتكار فهرنهايت لمقياسه بثمانٍ وعشرين سنةً، قدَّم عالم الفلك السويدي، (أندريه سيلزيوس *Anders Celsius*)، مقياسًا لدرجات الحرارة. جُعلت فيه نقطة انصهار الثلج عند درجة صفر، وجعلت درجة غليان الماء عند درجة (*100°C*)

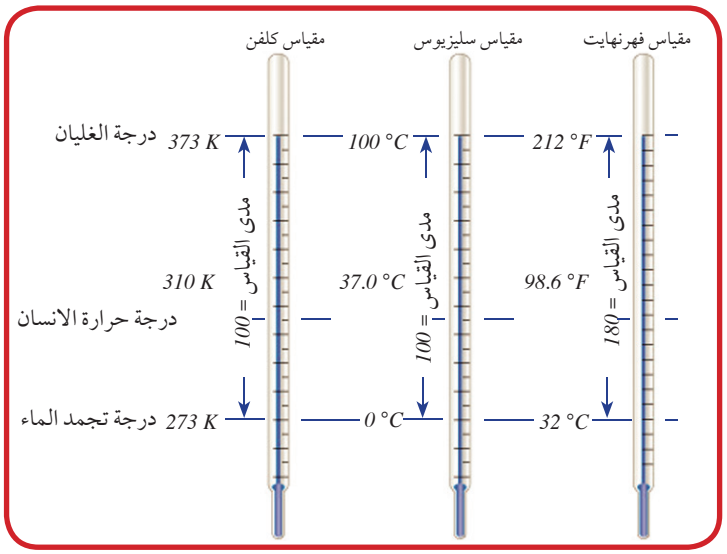


شكل (١١) : تدريج سيلزيوس وتدريج فهرنهايت على جانبى الترمومتر نفسه (لقياس درجة حرارة الجو)

(جـ) مقياس كلفن K:

ابتكر هذا المقياس العالم البريطانى، (اللورد كلفن *Lord Kelvin*) عام *1848* م، ويبدأ مقياس كلفن من الصفر المطلق، وهو درجة الحرارة التى تكون عندها حركة جزيئات المادة فى أضعف حالاتها، والجزيئات فى أبرد ما يمكن أن تكون عليه. ويخلو هذا المقياس من القيم السالبة؛ لذا يفضل استخدامه فى الحسابات العلمية. ودرجة انصهار الثلج على هذا المقياس، تقابل *273* كلفن. ودرجة غليان الماء تقابل *373* كلفن. ويفصل بين هاتَين القيمتَين مائة درجة متساوية.

ركن التفكير:
عندما تتغير درجة الحرارة بمقدار درجة واحدة على تدريج سيلزيوس. كم تتغير على تدريج فهرنهايت؟



من الشكل السابق يمكن كتابة العلاقات الآتية:

$$T = 273^{o} + T_C$$

$$T_F = 32^{o} + \frac{9}{5} T_C$$

حيث: T هى الدرجة كلفن، T_C هى الدرجة سليزيوس، T_F هى الدرجة فهرنهايت.

الفصل الثانى

الطاقة الحرارية

Thermal Energy

نواتج التعلم المتوقعة :

فى نهاية هذا الفصل تكون قادرا على أن:

- تستنبط تعريف الحرارة النوعية.
- تستنبط تعريف السعة الحرارية.
- تصمم تجربة لتعين الحرارة النوعية لجسم صلب.
- تشرح معنى الحرارة الكامنة للانصهار وتشرح معنى الحرارة الكامنة للتصعيد.
- تصمم تجربة لتعين الحرارة الكامنة للانصهار.
- تصمم تجربة لتعين الحرارة الكامنة للتصعيد.
- تذكر فكرة عمل الثلاجة.

مصطلحات الفصل :

- الحرارة النوعية *Specific heat capacity*
- السعة الحرارية *Heat Capacity*
- الحرارة الكامنة *Latent heat*

مصادر التعلم الإلكترونية:

- **تجربة عملية:** الحرارة النوعية المرتفعة للماء.

http://www.youtube.com/watch?v=HCDJmM546zI

عندما تضع جسم على اللهب (مثل الماء) لفترة زمنية فإن درجة حرارة الجسم تزداد، ويتوقف مقدار التغير فى درجة الحرارة على عدة عوامل هى:

الكتلة: حيث يتناسب التغير فى درجة الحرارة (ΔT) تناسبا عكسيًّا مع كتلة الجسم (m) وذلك عند ثبوت الطاقة المكتسبة : $\Delta T \propto \frac{1}{m}$

كمية الحرارة: يتناسب التغير فى درجة الحرارة (ΔT) تناسبا طرديًّا مع كمية الحرارة المكتسبة (Q) وذلك عند ثبوت الكتلة: $\Delta T \propto Q$

شكل (١٢) : ترتفع درجة حرارة الماء بالتسخين.

من العلاقتين السابقتين نستنتج أن: $\Delta T \propto \frac{Q}{m}$

أى أن: $Q \propto m.\Delta T$

إذا: $Q = \text{ثابت}.m.\Delta T$

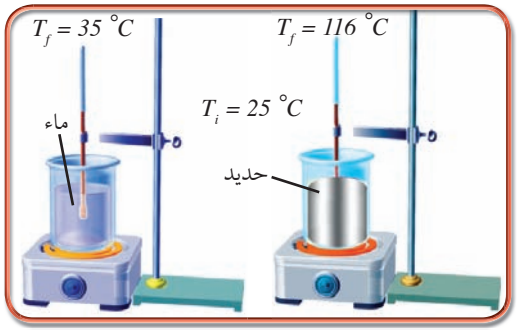
ويختلف هذا الثابت باختلاف نوع مادة الجسم؛ لذا يسمى بالحرارة النوعية c. $Q = c.m.\Delta T$

وتصلح هذه العلاقة لحساب كمية الحرارة المكتسبة أو المفقودة.

الحرارة النوعية (c): هى كمية الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة $1\ kg$ من المادة درجة واحدة ، ويعبر عنها بالعلاقة: $c = \frac{Q}{m\ \Delta T}$

ووحدة قياس الحرارة النوعية هى: $J/kg.\ K$

ونظرًا لاختلاف الحرارة النوعية للمواد المختلفة، نجد أنها تختلف فى سرعة تسخينها أو تبريدها؛ فعند وضع كتلة من الماء وكتلة مساوية لها من الحديد على اللهب، نجد أن الحديد يسخن أسرع بكثير من الماء، وكذلك يبرد الحديد أسرع من الماء.



شكل (١٣) : أثر الحرارة النوعية على سرعة التسخين.

نلاحظ من الجدول أن لكل مادة حرارة نوعية خاصة بها، وأن أعلى قيمة للحرارة النوعية للمواد الموجودة فى الجدول هى للماء، وهذا يعنى أن كمية صغيرة من الماء تحتاج لكمية كبيرة من الحرارة لإحداث تغير بسيط فى درجة حرارتها، وهذا يفسر العديد من الظواهر والتطبيقات، والتى منها:

المادة	الحرارة النوعية $(J/kg.K)$
الألومونيوم	897
النحاس	390
الذهب	126
الحديد	490
الرصاص	130
الماء	4200

١ مقاومة أجسام الكائنات الحية للتغيرات السريعة فى درجة الحرارة؛ وذلك لاحتواء أجسامها على نسبة كبيرة من الماء.

شكل (١٤) : يمثل الماء 70٪ من جسم الإنسان

٢ استخدام الماء فى عمليات التبريد كما فى السيارات والمفاعلات النووية وبعض الصناعات، حيث إنه إذا تم استخدام سائل آخر ذى حرارة نوعية منخفضة، فإن درجة حرارته سترتفع كثيرًا عندما يمتص كمية صغيرة من الحرارة.

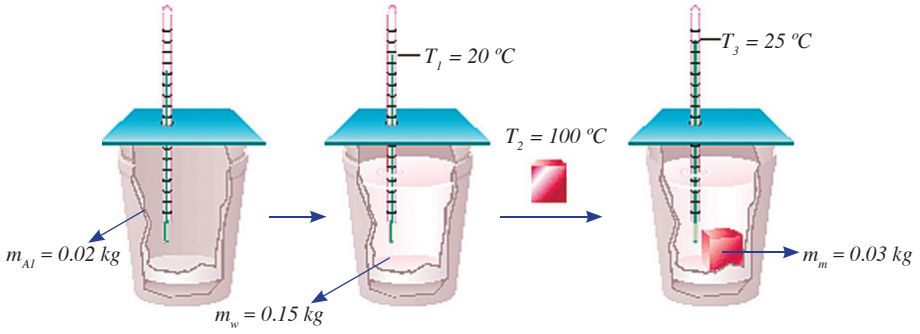
٣ عندما تسخن اليابسة فى أيام الصيف الحار يسخن ماء البحر بدرجة أقل، ويساعد هذا على اعتدال الحرارة فى المناطق القريبة من البحر، أما عندما تبرد اليابسة فى الشتاء فإن البحر يبرد بدرجة أقل، وهذا يساعد على الاعتدال فى البرودة فى المناطق القريبة منه.

شكل (١٥) : أى الأطفال يشعر أكثر بحرارة الشمس؛ لماذا؟

مثال محلول

وعاء معزول من الألومنيوم كتلته (20 g) يحتوى على (150 g) من الماء عند درجة حرارة(20 °C) . سخنت قطعة من المعدن كتلتها (30 g) إلى درجة (100 °C) ثم أسقطت فى الماء.فإذا كانت درجة الحرارة النهائية للخليط(25 °C). أوجد الحرارة النوعية للمعدن. (علمًا بأن الحرارة النوعية للماء والألومنيوم على الترتيب هى 4200 J/kg.K ، 900 J/kg.K).

الحل:



كمية الحرارة المفقودة من المعدن = كمية الحرارة المكتسبة للماء + كمية الحرارة المكتسبة للألومنيوم

$$m_{Al} \cdot c_{Al} \cdot \Delta T_{Al} + m_w \cdot c_w \cdot \Delta T_w = m_m \cdot c_m \cdot \Delta T_m$$

$$0.02 \times 900 \times 5 + 0.15 \times 4200 \times 5 = 0.03 \times c_m \times 75$$

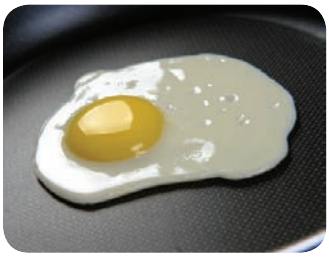
$$c_m = 1440\ J/kg.K$$

السعة الحرارية Heat Capacity

تعرف السعة الحرارية (q) لجسم بمقدار الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة الجسم كله درجة واحدة، ويمكن حساب السعة الحرارية من العلاقة: $q = m.c = \frac{Q}{T}$

حيث (m) الكتلة بالكيلو جرام،(c) الحرارة النوعية للجسم بالجول/ كجم كلفن.

وتقاس السعة الحرارية بوحدة جول/ كلفن (J/K)، وتختلف السعة الحرارية لكتل مختلفة من نفس المادة؛ لذلك لا تعتبر خاصية مميزة للمادة.



شكل (١٦) : السعة الحرارية لأوانى الطهى صغيرة.

ركن التفكير:

كمية حرارة الشرر أثناء لحام المعادن تكون صغيرة جدًّا لدرجة أنها لا توثر فى الأشخاص الذين يتعرضون لها على الرغم من أن درجة حرارتها قد تصل الى $3000\ °C$، ما تفسير ذلك؟

مثال محلول

١ قطعة معدنية كتلتها ($0.7\ kg$) إذا كانت الحرارة النوعية لهذا المعدن ($460\ J/kg.K$) فما هى السعة الحرارية لها.

الحل:

السعة الحرارية (q): $q = mc$

$q = 0.7 \times 460 = 322\ J/k$

٢ يحتوى إناء على ($300\ g$) من الماء عند درجة ($90\ °C$) ، صُبَّ فى هذا الإناء ($60\ g$) من الماء عند درجة($15\ °C$) . ما درجة الحرارة النهائية للخليط مع إهمال كمية الحرارة التى يفقدها أو يكتسبها الإناء؟

الحل:

كمية الحرارة المفقودة = كمية الحرارة المكتسبة: $c_1.m_1.\Delta T_1 = c_2.m_2.\Delta T_2$

وحيث إن: $c_1 = c_2$

$m_1.\Delta T_1 = m_2 . \Delta T_2$

وبفرض أن درجة الحرارة النهائية للخليط هى (X) فيكون: $0.3\ (90 - X) = 0.06\ (X-15)$

بالقسمة على (0.03) $900-10X=2X - 30$

$930 = 12\ X$

$X = 77.5\ °c$

المعمل المصغر

تعيين الحرارة النوعية لجسم صلب:

- سَخِّن كتلة معلومة (m) من كرات الرصاص إلى درجة حرارة معينة (T_1)، ثم انقلها إلى مسعر كتلته (m_1) ويحتوى ماء كتلته (m_2) ودرجة حرارته (T_2) لتصبح درجة حرارة المجموعة بعد وضع الجسم الساخن (T_3) فتكون:

الحرارة المفقودة من كرات الرصاص = الحرارة التى يكتسبها المسعر + الحرارة التى يكتسبها الماء

- وبمعلومية الحرارة النوعية للماء(c_2)، والحرارة النوعية للمسعر (c_1) يمكن تعيين الحرارة النوعية للرصاص(c).

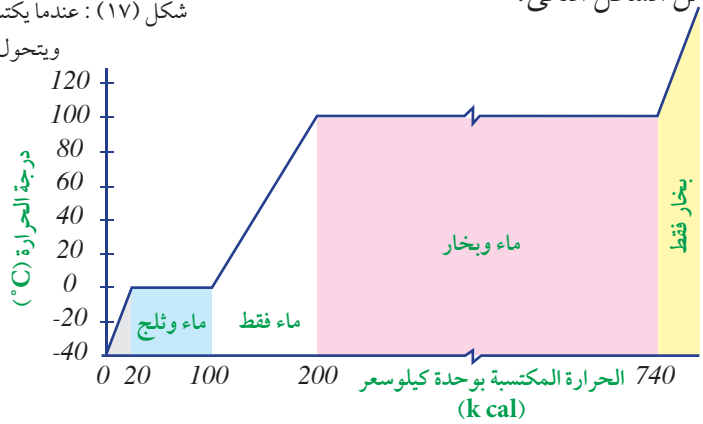
تواصـل

تواصل مع زملائك فى المحافظات المختلفة لمقارنة قيمة الحرارة النوعية للرصاص، والتى تم الحصول عليها من نتائج التجربة السابقة

الحرارة الكامنة Latent heat

توجد المادة فى ثلاث حالات صلبة وسائلة وغازية، ويمكن تحويل المادة من حالة إلى أخرى بفقد أو اكتساب طاقة حرارية. وعند تسخين $1kg$ من الثلج درجة حرارته $(-40^{\circ}C)$ فإنه يكتسب طاقة حرارية تعمل على رفع درجة الحرارة أو تغيير الحالة، كما يتضح من الشكل التالى:

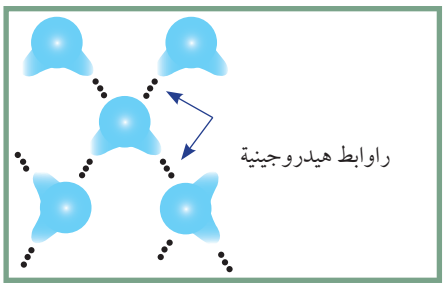
شكل (١٧) : عندما يكتسب الثلج حرارة فإنه ينصهر ويتحول إلى سائل.



شكل (١٨) : تغير درجة الحرارة أثناء تسخين $1\ kg$ من الثلج.

المرحلة	درجة الحرارة	الحالة
تسخين الثلج	ترتفع درجة حرارة الثلج من $-40\ ^\circ C$ حتى تصل إلى درجة $0\ C$.	ثلج فقط
انصهار الثلج	تثبت درجة الحرارة عند درجة $0\ ^\circ C$ حتى ينصهر الثلج تماما.	ثلج + ماء
تسخين الماء	ترتفع درجة حرارة الماء من $0\ ^\circ C$ حتى تصل إلى درجة $100\ C$.	ماء فقط
تبخر الماء	تثبت درجة الحرارة عند درجة $100\ ^\circ C$ حتى يتبخر كل الماء.	ماء + بخار
تسخين البخار	ترتفع درجة حرارة البخار عن $100\ ^\circ C$ ويزداد الارتفاع باستمرار التسخين.	بخار فقط

نظرًا لأن هناك كمية من الحرارة استهلكت فى فك الروابط البينية بين جزيئات الماء أثناء تحول الماء من حالة إلى أخرى دون أن يظهر أثر لتلك الحرارة فى تغير درجة الحرارة، فقد أُطْلق على هذه الحرارة مصطلح "الحرارة الكامنة".



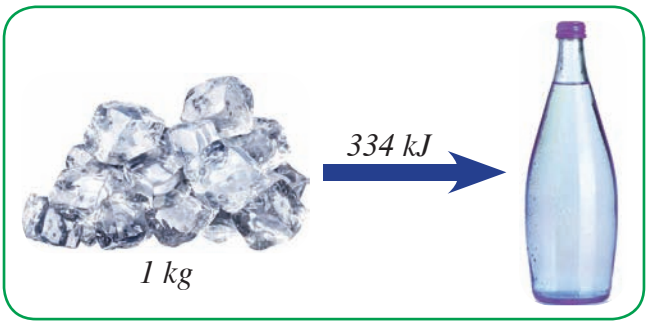
شكل (١٩) : الروابط بين جزيئات الماء.

حساب الحرارة الكامنة (L):

يمكن حساب الحرارة الكامنة من العلاقة: $L = \frac{Q}{m}$

وبالتالى فإن وحدة الحرارة الكامنة هى: J/kg

الحرارة الكامنة لانصهار مادة L_f : هى الطاقة الحرارية اللازمة لتحويل $(1\ kg)$ من المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة دون حدوث تغير فى درجة الحرارة.



شكل (٢٠) : الحرارة الكامنة لانصهار الجليد تساوى $(334\ kJ/kg)$.

فكر: ما معنى أن الحرارة الكامنة لانصهار الجليد تساوى 334 kJ/kg؟

الحرارة الكامنة لتصعيد مادة Lv: هى الطاقة الحرارية اللازمة لتحويل $(1\ kg)$ من المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية دون حدوث تغير فى درجة الحرارة.

شكل (٢١) : الحرارة الكامنة لتبخر الماء تساوى 2256 kJ /kg

يصاحب عملية التبخير عملية تبريد، حيث إنه عندما تتبخر الجزيئات من السائل فإنها تمتص الحرارة الكامنة للتصعيد من الوسط وبالتالى يبرد السائل، ويمكنك أن تلاحظ ذلك عندما تضع قطرات من الكحول الإيثيلى على راحة يدك، حيث تشعر ببرودتها.

التكامل مع علم البيولوجي:

عندما يسخن جسم الإنسان يبدأ فى التعرق، ويعمل العرق على التخلص من الحرارة الزائدة، حيث يمتص العرق الحرارة من الجسم (الحرارة الكامنة للتصعيد)، وبالتالى يتبخر ويؤدي ذلك إلى تبريد الجسم، وتقوم الحيوانات التى تفتقد وجود غدد عرقية بتبريد أجسامها بواسطة طرق أخرى فالكلاب ليس لها غدد عرقية وتبرد نفسها بلهاثها وبفتح أفواهها على مداها وبالتالى يحدث التبخر من الفم ومن خلال القصبة الهوائية.

شكل (٢٢) : العرق يخلص الإنسان من الحرارة الزائدة

مثال محلول

احسب كمية الحرارة اللازمة لتحويل $(100\ g)$ من الجليد فى درجة $(0\,^{\circ}C)$ إلى بخار فى درجة $(100\,^{\circ}C)$ إذا علمت الحرارة الكامنة لانصهار الجليد تساوى$(3.34 \times 10^5\ J/kg)$، والحرارة النوعية للماء $(4200\ J/kg.K)$، الحرارة الكامنة لتصعيد الماء$(2.25 \times 10^6\ J/kg)$.

الحل:

كمية الحرارة الكلية= الحرارة اللازمة لانصهار الجليد(عند $0\,^{\circ}C$) + الحرارة اللازمة لتسخين الماء (من 0 إلى $100\,^{\circ}C$) + الحرارة اللازمة لتبخير الماء (عند $100\,^{\circ}C$)

$$Q = L_f . m + c . m . \Delta T + L_v . m$$

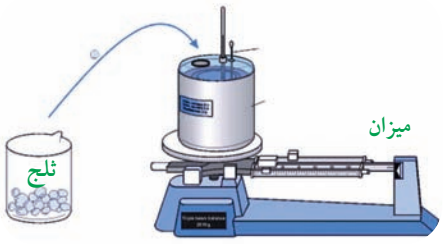
$$Q = 3.34 \times 10^5 \times 0.1 + 4200 \times 0.1 \times 100 + 2.25 \times 10^6 \times 0.1$$

$$Q = 300400\ J$$

المعمل المصغر

(١) تعيين الحرارة الكامنة للانصهار الجليد:

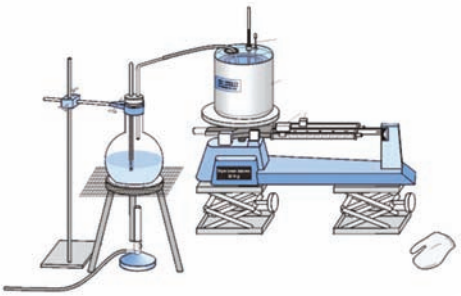
- ضع كمية من الثلج المجروش كتلتها (m) فى مسعر كتلته (m_1) ويحتوى على ماء كتلته (m_2) ودرجة حرارته (T_1)، تلاحظ بعد فترة ذوبان الثلج وانخفاض درجة حرارة المسعر والماء لتصبح (T_2)، بحيث يكون:



- الحرارة المفقودة من المسعر والماء = الحرارة التى يكتسبها الثلج ليتحول إلى ماء فى درجة الصفر + الحرارة التى يكتسبها الماء فى درجة الصفر ليتحول إلى ماء فى درجة حرارة الخليط.

$$mL_f + mc_2\,(T_2) = m_1\,c_1\,(T_1 - T_2) + m_2\,c_2\,(T_1 - T_2)$$

(٢) تعيين الحرارة الكامنة للتبخير:



- عندما تمرر كمية من بخار الماء (m) على سطح ماء بارد كتلته (m_1) ودرجة حرارته (T_1) موجود فى مسعر كتلته (m_2)، يحدث فقد فى الطاقة الحرارية ليتحول من بخار فى درجة $(100^\circ C)$ إلى ماء فى درجة $(100^\circ C)$ وبعد ذلك يتحول من ماء فى درجة حرارة $(100^\circ C)$ إلى ماء فى درجة حرارة الخليط، (T_2) وتكون:

الحرارة المفقودة من البخار = الحرارة التى يكتسبها المسعر + الحرارة التى يكتسبها الماء.

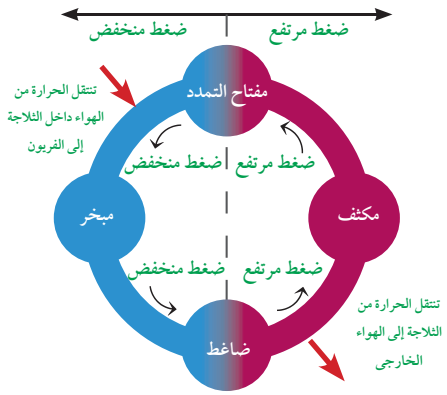
$$mL_V + mc_2\,(100 - T_2) = m_1\,c_1\,(T_2 - T_1) + m_2\,c_2\,(T_2 - T_1)$$

- بمعلومية الحرارة النوعية للماء والمسعر، يمكن تعيين الحرارة الكامنة للتصعيد (Lv) من المعادلة السابقة.

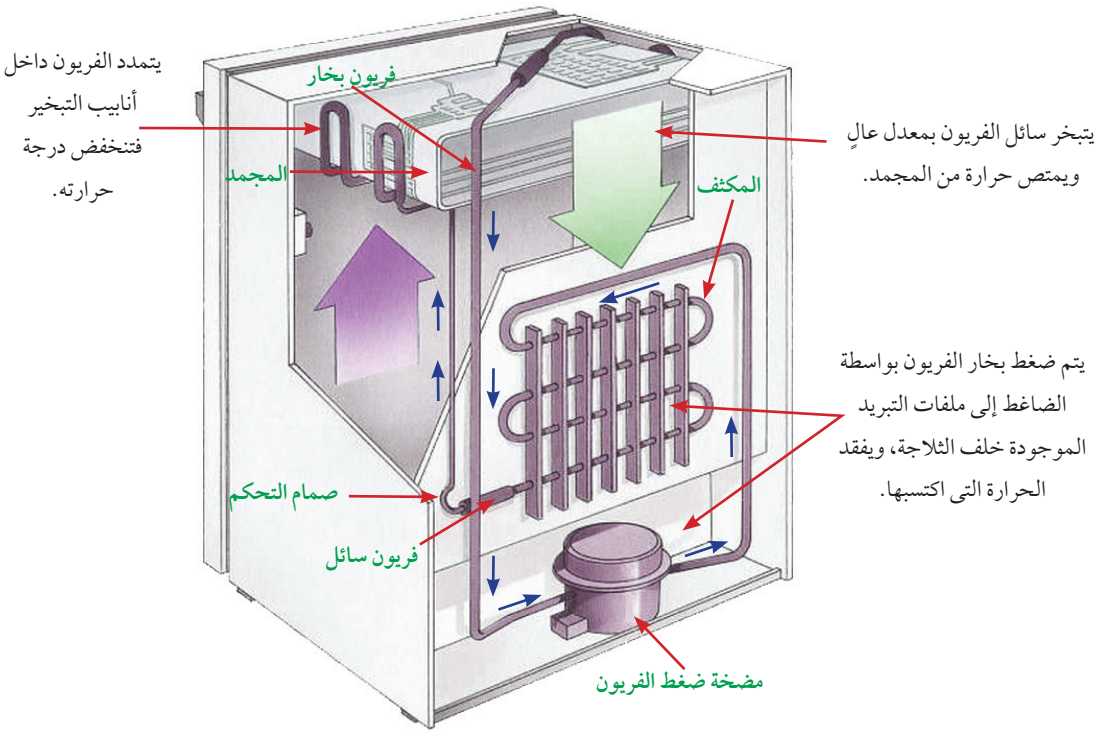
تطبيقات على الحرارة الكامنة:

الثلاجة هى آلة كهربائية، اخترعها (الفرنسى فرديناند كاريه *Ferdinand Carré*).

الفكرة الأساسية: "تمتص السوائل الحرارة عندما تتحول من سائل إلى بخار، وتطرد الحرارة عند تحولها من بخار إلى سائل، فعندما يمر الفريون السائل (وهو سائل سريع التبخير درجة غليانه $-30^\circ C$) خلال أنابيب التبخر الموجودة حول المجمد يمتص حرارة من الأغذية الموجودة فى المجمد، ويتحول الفريون إلى بخار.



شكل (٢٣) : دورة الفريون فى الثلاجة.



شكل (٢٤) : دورة التبريد فى الثلاجة

مكونات دورة التبريد الأساسية: تتكون أى دائرة تبريد ميكانيكية من خمسة أجزاء رئيسية هى:

١ السائل المبرد: هو سائل يتبخر عند درجة حرارة منخفضة مثل: الفريون، وعند التبخر يمتص السائل الحرارة الكامنة الكافية للتبخر، بينما عند التكثيف يتم طرد الحرارة الكامنة مرةً أخرى.

٢ صمام التحكم: الغرض منه التحكم فى سريان السائل المبرد من جانب المكثف ذى الضغط العالى إلى المبخر ذى الضغط المنخفض.

٣ المبخر: الغرض منه استقبال السائل المبرد القادم من صمام التحكم، ويستمد السائل المبرد حرارته الكامنة للتبخر من الوسط المحيط ليتحول إلى غاز.

٤ الضاغط: وظيفته ضغط وتكثيف الغاز القادم من المبخر ليتحول مرة أخرى إلى سائل ويفقد الحرارة الكامنة.

٥ المكثف: وظيفته التخلص من الحرارة عن طريق أنابيب حلزونية، مثبت عليها عوارض نحاسية.

شكل (٢٥) : الثلاجة المنزلية

الفصل الثالث

التمدد الحرارى

Thermal Expansion

نواتج التعلم المتوقعة :

فى نهاية هذا الفصل تكون قادرًا على أن:

- تحدد العلاقة بين التغير فى الطول والمساحة والحجم مع تغير درجة الحرارة.
- تطبق ظاهرة التمدد الحراري فى مجالات الحياة المختلفة.

مصطلحات الفصل :

- التمدد الحرارى *Thermal Expansion*
- الترموستات *Thermostat*
- تمدد طولى *Linear Expansion*
- تمدد سطحى *Surface Expansion*
- تمدد حجمى *Volume Expansion*

مصادر التعلم الإلكترونية:

- **عرض عملى:** تجربة الكرة والحلقة.

http://www.youtube.com/watch?v=3pnj4ytORQw

- **تجربة معملية:** التمدد الحرارى.

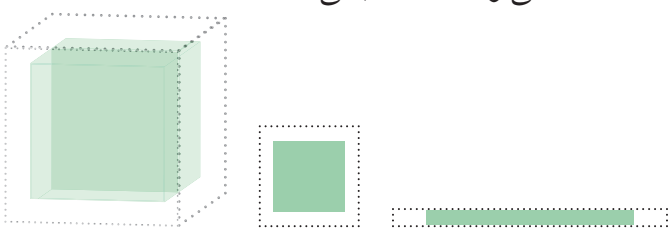
http://www.youtube.com/watch?v=gP9t-CabGGA

عندما يكتسب جسم كمية من الطاقة الحرارية تزداد سرعة اهتزاز جزيئاته، ويؤدى هذا إلى تباعدها عن بعضها، ونتيجة لذلك تتمدد معظم المواد بالتسخين وتنكمش بالتبريد، ويعتمد مقدار تمددها على عدة عوامل كنوع المادة وأبعادها الهندسية ومقدار التغير فى درجة الحرارة، ويحدث التمدد على كافة أبعاد الجسم كالطول والعرض والارتفاع.

ولبيان ظاهرة تمدد الأجسام الصلبة وانكماشها بتغير درجة الحرارة يمكن استخدام جهاز الكرة والحلقة المبين بالشكل، وذلك بإمرار الكرة بالحلقة قبل التسخين، ثم محاولة إمرارها مرة أخرى بعد التسخين، وبذلك يمكن التوصل إلى أن الكرة تتمدد بالتسخين وتنكمش بالتبريد.

شكل (٢٦) : جهاز الكرة والحلقة المصنوعان من النحاس.

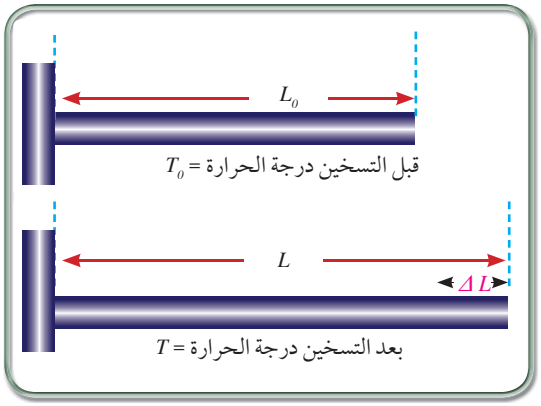
وسوف ندرس ثلاثة أنواع من التمدد الحراري: هى التمدد الطولى، والتمدد السطحى والتمدد الحجمى.



شكل (٢٧) : التمدد الطولى والسطحى والحجمى.

١- التمدد الطولى Linear Expansion

نفرض أن لدينا سلكًا معدنيًّا طوله (L_0) فإذا تغيرت درجة حرارته إلى (ΔT) فإن طوله سوف يتغير بمقدار (ΔL)



شكل (٢٨) : تمدد سلك معدنى بالتسخين

وقد وجد بالتجربة العملية أن التمدد الطولى لجسم (ΔL) بالتسخين يتوقف على:

طول الجسم (L_0) : $\Delta L \propto L_0$

مقدار الارتفاع فى درجة الحرارة (ΔT) : $\Delta L \propto \Delta T$

ومن ذلك نجد أن: $\Delta L \propto L_0 \Delta T$

$\Delta L =$ ثابت $\times L_0 \Delta T$

ويتوقف هذا الثابت على نوع المادة، ويطلق عليه اسم معامل التمدد الطولى، ويرمز له بالحرف اللاتينى α (ألفا).

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$

ويعطى معامل التمدد الطولى بالمعادلة التالية:

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta T}$$

وعليه يمكننا تعريف معامل التمدد الطولى على أنه مقدار التغير فى طول متر واحد من المادة لكل تغير فى درجة الحرارة بمقدار درجة سيليزيوس، وتكون وحدة معامل التمدد الطولى هى $^oC^{-1}$ أو K^{-1}.

شاهد فيلم على موقع الكتاب

تأثير الحرارة على الأسلاك المشدودة

المادة	معامل التمدد الطولى $\alpha \times 10^{-6}\ ^{\circ}C^{-1}$	المادة	معامل التمدد الطولى $\alpha \times 10^{-6}\ ^{\circ}C^{-1}$
كوراتز	0.5	حديد مطاوع	12
زجاج بيركس	3.6	ذهب	14
زجاج عادى	8.5	نحاس أحمر	17
بلاتين	9.0	ألومنيوم	24
حديد صلب	11	رصاص	27

جدول معامل التمدد الطولى لبعض المواد الصلبة.

استنتاج قيمة الطول بعد التمدد (L):

$$L = L_0 + \Delta L$$

بالتعويض عن (ΔL) من العلاقة:

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$

$$\therefore L = L_0 + \alpha L_0 \Delta T$$

$$\therefore L = L_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

مثال محلول

قضبان حديدية طولها $(30m)$ عندما كانت درجة الحرارة $(0\ ^{\circ}C)$ ما طولها عندما تكون درجة الحرارة $(40\ ^{\circ}C)$ إذا علمت أن معامل التمدد الطولى للحديد $(0.000011\ C^{-1})$

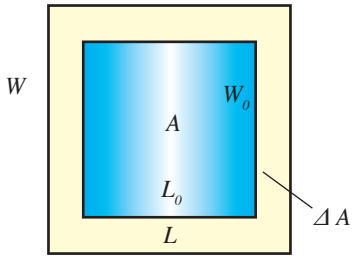
الحل:

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$
$$= 0.000011 \times 30 \times 40$$
$$= 0.013\ m$$
$$\Delta L = L - L_0$$
$$0.013 = L - 30$$
$$L = 30.013\ m$$

٢-التمدد السطحى Surface Expansion

عند تسخين صفيحة معدنية على هيئة مستطيل فإنها تتمدد طوليًّا وعرضيًّا ويحسب معامل التمدد السطحى من العلاقة التالية:

$$\therefore \Delta A = \beta A_0 \Delta T$$



شكل (٢٩) : التمدد السطحى

معلومة إثرائية

يمكن استنتاج العلاقة السابقة على النحو التالى:

إيجاد المساحة بعد التمدد بضرب الطول بعد التمدد فى العرض بعد التمدد، حيث إن

الطول بعد التمدد $L = L_0 (1 + \alpha \Delta T)$

العرض بعد التمدد $W = W_0 (1 + \alpha \Delta T)$

وبذلك تكون المساحة بعد التمدد (A) هى:

$$A = L W = L_0 (1+\alpha \Delta T) W_0 (1+\alpha \Delta T)$$

$$A = L_0 W_0 (1 + 2 \alpha \Delta T + \alpha^2 \Delta T^2)$$

وبإهمال المقدار $(\alpha^2 \Delta T^2)$ لأنه صغير جدًّا بالنسبة لباقى الحدود:

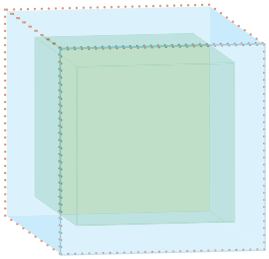
$$\therefore A = A_0 (1 + 2\alpha \Delta T)$$

وباعتبار أن $(\beta = 2 \alpha)$ ويسمى المقدار (β) معامل التمدد السطحى.

$$\therefore A = A_0 (1 + \beta \Delta T) = A_0 + A_0 \beta \Delta T$$

$$\therefore \Delta A = A - A_0 = A_0 \beta \Delta T$$

٣- التمدد الحجمى Volume Expansion



شكل (٣٠) : التمدد الحجمى

يمكننا بنفس الطريقة التى وجدنا بها علاقة تمدد الأجسام سطحيًّا أن نجد العلاقة التى تعطى التمدد الحجمى لها، ويمكن التعبير عن التغير فى الحجم بالمعادلة التالية:

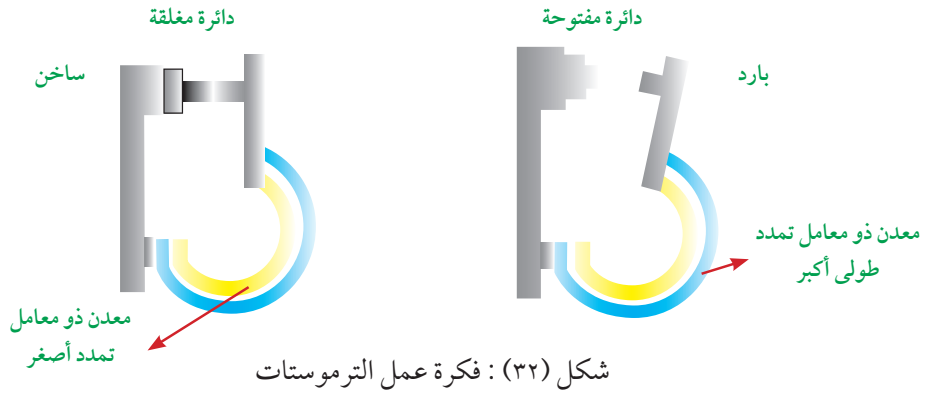
$$\Delta V = \gamma V_0 \Delta T$$

حيث γ تمثل معامل التمدد الحجمى للأجسام، ويساوى $\gamma = 3\alpha$

بعض طرق الاستفادة من ظاهرة التمدد الحرارى:

١ الترموستات: عبارة عن مفتاح كهربائي يقوم بفتح وقفل الدائرة الكهربائية تبعًا لتغير درجة الحرارة، بحيث تظل درجة الحرارة ثابتة خلال مدى معين من درجات الحرارة لا تتجاوزه، حيث يستخدم شريطان متساويان فى الطول من معدنين مختلفين لهما معامل تمدد حرارى مختلف ملحومين مع بعضهما، فعند ارتفاع درجة الحرارة ينحنى الشريطان، وعند عودة درجة الحرارة إلى الوضع الطبيعى يعودان إلى وضعهما الأصلى.

شكل (٣١) : عند تسخين شريطين من معدنين مختلفين ملحومين مع بعضهما، فإنهما ينحنيان ناحية المعدن ذى معامل التمدد الأقل.

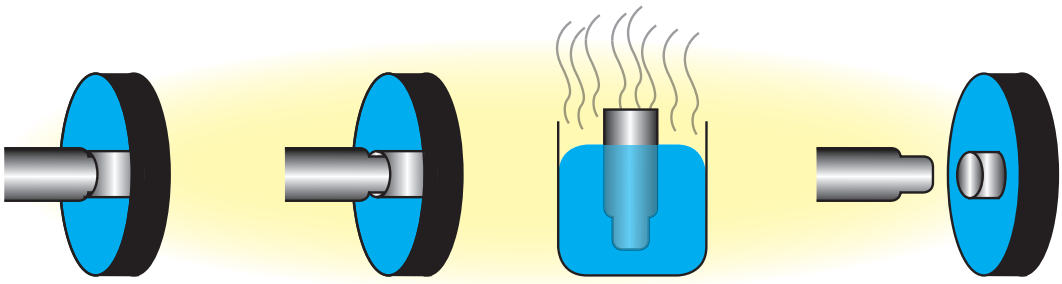


شكل (٣٢) : فكرة عمل الترموستات

٢ **فتح الغطاء المعدنى لبرطمان زجاجى:** عندما يكون من الصعب فتح الغطاء المعدنى لبرطمان زجاجى، يمكن التغلب على هذه المشكلة بصب ماء ساخن عليه؛ لأن ذلك سيؤدى إلى تمدد المعدن المصنوع منه الغطاء فيسهل تحريكه.

شكل (٣٣) : الاستفادة من التمدد فى فتح الغطاء محكم الغلق.

٣ **الصناعات الثقيلة:** يمكن تثبيت المحور المعدنى للعجلة بالاستفادة من ظاهرة التمدد، فعندما ينكمش المحور بالتبريد الشديد، فإنه يمكن إدخاله فى العجلة بسهولة، وعندما ترتفع درجة حرارته فإنه يتمدد ويصبح تثبيته محكمًا فى العجلة.



١- المحور أكبر من الثقب الموجود فى العجلة.

٢- ينكمش المحور عند وضعه فى نيتروجين سائل ($-200\,°C$).

٣- يدخل المحور البارد بسهولة داخل العجلة.

٤- عندما ترتفع درجة حرارة المحور فإنه يتمدد ويثبت فى العجلة بإحكام.

بعض أضرار ظاهرة التمدد الحرارى:

قد تتسبب ظاهرة التمدد الحراري فى العديد من المشكلات، مثل تصدع المبانى وانهيار الجسور وإلتواء قضبان السكك الحديدية، وانقطاع الأسلاك الكهربائية ... ويمكن إيضاح هذه الأضرار من خلال المثال التالى:

شكل (٣٤) : لماذا التوت قضبان السكك الحديدية فى الصورة؟

مثال محلول

لوح من الخرسانة فى طريق سريع طوله ($50\ m$)، ما مقدار الزيادة فى طوله نهارًا عند درجة حرارة ($36°C$) عن طوله ليلًا فى درجة ($16°C$) ، علمًا بأن: ($\alpha = 10 \times 10^{-6}\ C^{-1}$)

الحل:

$$\Delta L = \alpha\ L\ \Delta T = 10 \times 10^{-6} \times 50 \times (36\text{-}16)$$

$$\Delta L = 0.01\ meter = 1\ cm$$

وتظهر هذه الزيادة فى صورة شق أو انبعاج فى الخرسانة.

وللتغلب على المشكلات التى تنشأ عن ظاهرة التمدد الحرارى يراعى ما يلى:

- يتم ترك مسافات بين الوصلات المعدنية فى المبانى والجسور والسكك الحديدية والطرق السريعة لتعطى المجال للتمدد والانكماش.
- يراعى أن تكون الكابلات بين الأعمدة غير مشدودة حتى لا تنقطع عند انخفاض درجة الحرارة.
- يراعى أن يكون معامل تمدد الحديد مساويًا لمعامل تمدد الخليط من الرمل والأسمنت والحجر أثناء عمل الخرسانة المسلحة.
- يراعى أن يكون معامل تمدد حشو الأسنان مساويًا لمعامل تمدد الأسنان.
- تصنع محركات السيارات المصنوعة من الألومنيوم، بحيث يكون لها قطر داخلى أقل من المحركات المصنوعة من الحديد للسماح بالتمدد الكبير للألومنيوم.

شاهد فيلم على موقع الكتاب

تأثير الحرارة على الأسلاك المشدودة

شكل (٣٥) : لماذا توجد مسافات فاصلة فى الجسور والكبارى؟

شكل (٣٦) : لماذا تكون الكبلات الكهربائية غير مشدودة؟

ملخص الباب

المصطلحات الرئيسية:

- درجة الحرارة: هى مقياس لمتوسط طاقة حركة الجزيئات.
- كمية الحرارة: هى الطاقة التى تنساب من الجسم الساخن إلى الجسم البارد.
- الحرارة النوعية لمادة: هى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة $1kg$ من المادة درجة واحدة .
- السعة الحرارية لجسم: هى مقدار الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة الجسم كله درجة واحدة.
- الحرارة الكامنة للتبخير: هى كمية الطاقة الحرارية اللازمة لتحويل $1kg$ من المادة من الحالة السائلة إلى الحالة البخارية دون تغير فى درجة الحرارة.
- الحرارة الكامنة للانصهار: هى كمية الطاقة الحرارية اللازمة لتحويل $1kg$ من المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة دون تغير فى درجة الحرارة.

العلاقات الرئيسية:

$$Q = mc\,\Delta T$$

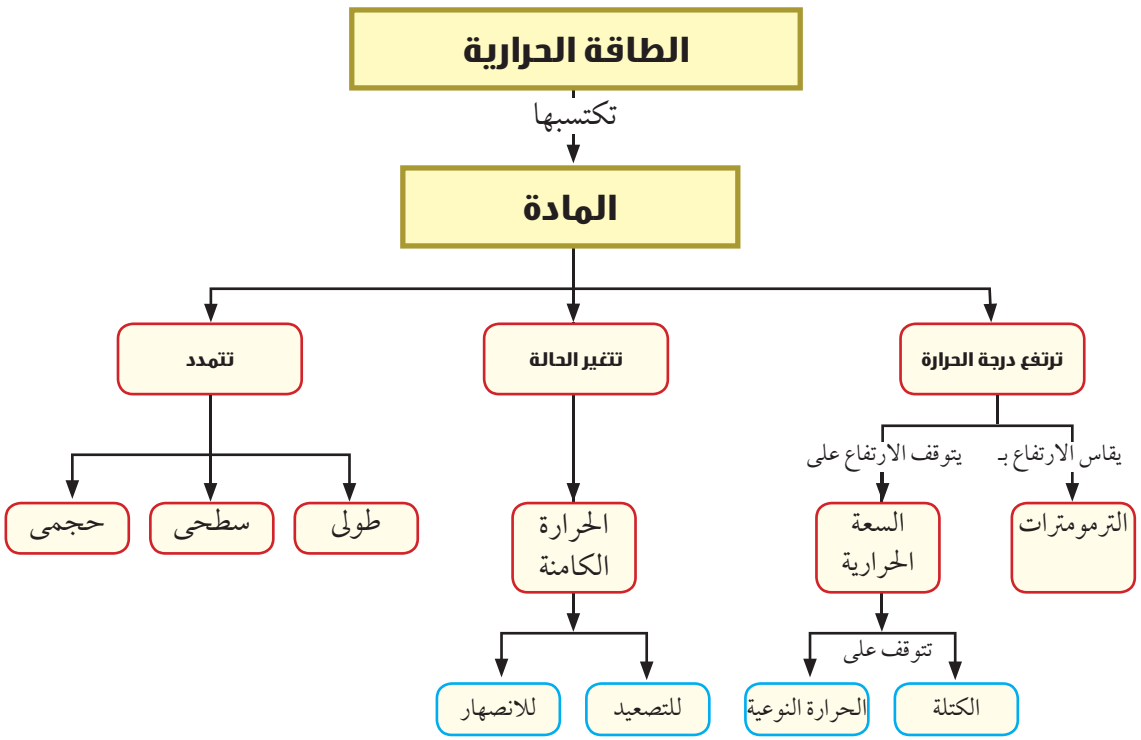
$$q = mc = \frac{Q}{\Delta T}$$

$$\Delta L = L_0\,\alpha\,\Delta T$$

$$\Delta A = A_0\,\beta\,\Delta T$$

$$\Delta V = V_0\,\alpha\,\Delta T$$

خريطة الباب



الباب السادس

القوة المغناطيسية وتطبيقاتها

Magnetic Force and Its Applications

فصول الباب

الفصل الأول : القوة المغناطيسية

الفصل الثانى : الأثر المغناطيسى للتيار الكهربى

مقدمة الباب

إذا سألك شخص فى أحد الأيام، ما هو المغناطيس؟ لا شك إن إجابة هذا السؤال ستبدو إليك بسيطة جدًا، فما من أحد إلا ويعرف ما هو المغناطيس، وعلى الرغم من ذلك، فهذا الأمر ليس بالبساطة التى تبدو إليك، فهذا الأمر يحتاج إلى بعض المعارف لتفهم المغناطيس وخصائصه.

أهداف الباب

فى نهاية هذا الباب تكون قادرًا على أن:

- تصف أنواعًا مختلفة من المغناطيسات.
- تستنتج وحدات قياس شدة المجال المغناطيسى.
- تذكر الخصائص العامة للمغناطيسات، وتبحث فى استخداماتها.
- ترسم المجال المغناطيسى، وتصف شكل خطوط القوى المغناطيسية لقضيب مغناطيسى.
- تحدد اتجاه خطوط القوى المغناطيسية.
- تذكر خصائص خطوط المجال المغناطيسى.
- تعرف مفهوم المغناطيسية الأرضية.
- تستنتج العلاقة بين كثافة الفيض المغناطيسى والقوة المغناطيسية.
- تتعرف طرق الاستفادة من الأثر المغناطيسى للتيار الكهربائى فى الحياة اليومية.
- تبحث مشكلة نقل السيارات داخل الموانئ.
- تبحث مشكلة قدرة الطيور على تحديد طريق هجرتها.

عمليات العلم ومهارات التفكير المتضمنة

- التفسير العلمى.
- الاستنتاج.
- حل المشكلات.
- التطبيق.
- اتخاذ القرارات.

الجوانب الوجدانية المتضمنة

- إدراك أهمية التطبيقات العلمية فى الحياة اليومية من خلال دراسة استخدامات المغناطيس.
- تقدير عظمة الخالق من خلال دراسة مشكلة قدرة الطيور على تحديد طريق هجرتها.

الفصل الأول

القوة المغناطيسية

Magnetic force

نواتج التعلم المتوقعة :

فى نهاية هذا الفصل تكون قادرًا على أن:

- تصف أنواعًا مختلفة من المغناطيسات.
- تعدد الخصائص العامة للمغناطيسات وتبحث فى استخداماتها.
- ترسم المجال المغناطيسى وتصف شكل خطوط القوى المغناطيسية لقضيب مغناطيسى.
- تذكر خصائص خطوط المجال المغناطيسى.
- تعرف مفهوم المغناطيسية الأرضية.
- تبحث مشكلة قدرة الطيور على تحديد طريق هجرتها.

مصطلحات الفصل :

- قطب مغناطيسى *Magnetic pole*
- مجال مغناطيسى *Magnetic Field*
- خط المجال المغناطيسى *Magnetic Field Line*
- التيار الكهربائى *Electric Current*

مصادر التعلم الإلكترونية :

- **فيلم تعليمى:** ما المغناطيس؟

http://www.youtube.com/watch?v=KXKqDHJ6oS4

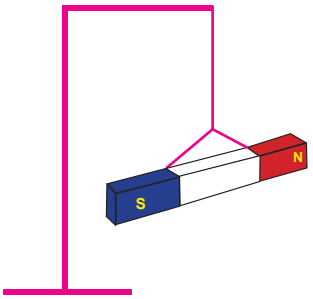
منذ أكثر من ألفى عام وبالقرب من مدينة مغنسيا بآسيا الصغرى (تركيا حاليًا) اكتشف الإغريق بعض الأحجار الطبيعية التى تجذب القطع الصغيرة من الحديد إليها، وأطلقوا على هذه الأحجار اسم المغناطيس شكل (١). ويمكن الحصول على مغناطيسات ذات أشكال منتظمة تسمى مغناطيسات صناعية منها ما هو على شكل قضيب أو حدوة الفرس وغيرها.

شكل (١) : المغناطيس الطبيعى

شكل (٢) : المغناطيس الصناعى

١- الخصائص العامة للمغناطيس:

إذا عُلِّق مغناطيس تعليقًا حُرًّا فى مستوًى أفقىٍّ من منتصفه فإنه يستقر، بحيث يتجه أحد طرفيه نحو الشمال الجغرافى تقريبًا، ويطلق على هذا الطرف القطب الشمالى (*N*)، ويتجه الطرف الثاني نحو الجنوب الجغرافى تقريبًا ويطلق عليه اسم القطب الجنوبى (*S*) للمغناطيس شكل (٣).



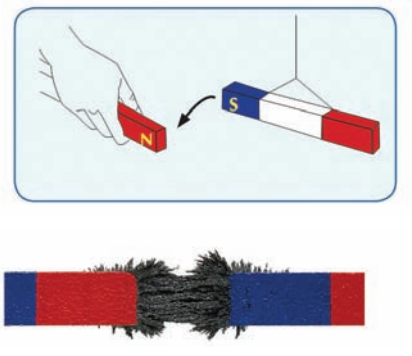
شكل (٣) : للمغناطيس قطبان يتجه أحدهما عند التعليق الحر إلى الشمال، والآخر إلى الجنوب الجغرافى تقريبًا.

ب عند تقريب قطبين مغناطيسيين متشابهين من بعضهما بعضًا، فإن قوة تنافر تؤثر على كل منهما، وتجعلهما يتباعدان عن بعضهما، بينما عند تقريب قطبين مغناطيسيين مختلفين من بعضهما، فإن قوة التجاذب تؤثر على كل منهما، وتجعلهما يقتربان من بعضهما، وهذه الحقيقة يمكن أن تصاغ على شكل قانون يسمى (قانون التجاذب والتنافر فى المغناطيسية).

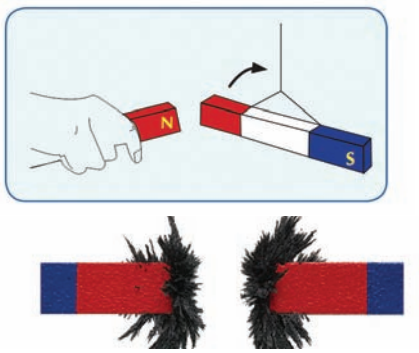
الأقطاب المغناطيسة المتشابهة تتنافر، والأقطاب المغناطيسية المختلفة تتجاذب

هل تعلم؟

للتمييز بين قطبى المغناطيس غالبًا ما يلون القطب الشمالى باللون الأحمر، بينما يلون القطب الجنوبى باللون الأزرق.



شكل (٤): الأقطاب المغناطيسية المختلفة تتجاذب.

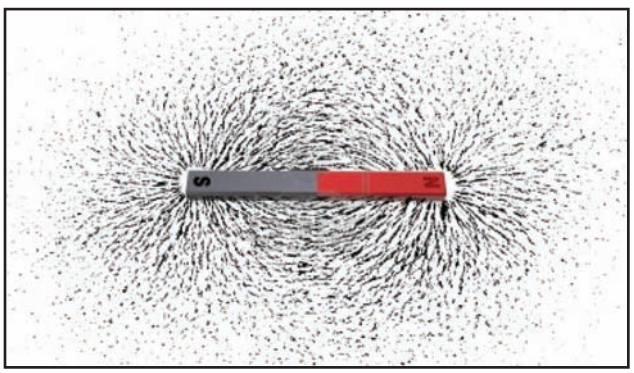


شكل (٥): الأقطاب المغناطيسية المتماثلة تتنافر.

جـ أى قطب مغناطيسى سواء أكان شماليًّا أم جنوبيًّا فإنه يجذب نحوه بعض المواد، مثل: الحديد والكوبلت والنيكل (والتى تسمى بالمواد المغناطيسية).

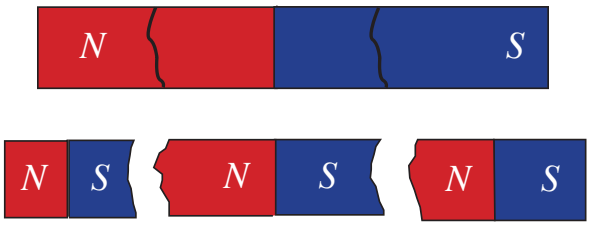
د يتساوى قطبا المغناطيس فى الشدة.

هـ تزداد شدة جذب المغناطيس للمواد المغناطيسية عند قطبيه، وتتناقص هذه الشدة حتى تنعدم عند منتصفه؛ ولذا تسمى المنطقة المتوسطة بين القطبين من المغناطيس بالمنطقة الحيادية أو منطقة الخمود، والشكل (٦) يوضح تراكم برادة الحديد عند قطبى المغناطيس.



شكل (٦) : يتجمع القدر الأكبر من برادة الحديد عند قطبي المغناطيس.

و لا يمكن أن يوجد قطب مغناطيسى منفردًا، فعندما نقطع المغناطيس إلى نصفين نحصل على مغناطيسين لكل منهما قطبان، ولا يمكن بهذه الطريقة أو غيرها أن نعزل القطب الشمالى عن القطب الجنوبى للمغناطيس شكل (٧).



شكل (٧) : لا يوجد قطب مغناطيسى منفردًا.

٢- الأنواع المختلفة من المغناطيسات:

توجد أنواع مختلفة من المغناطيسات يمكن تصنيفها على الصورة التالية:

أ المغناطيس الدائم.

ب المغناطيس الكهربائى.

جـ مغناطيس الموصلات الفائقة.

ركن التفكير:
هل يمكن أن يفقد المغناطيس مغناطيسيته؟ كيف يتم ذلك؟

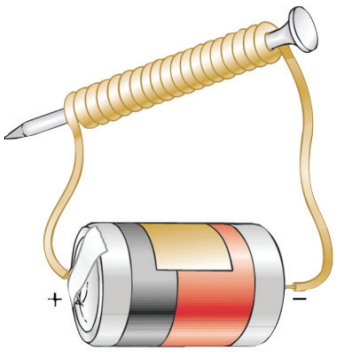
وبإيجاز سوف نشير إلى كل نوع من هذه الأنواع فيما يلى:

(أ) المغناطيس الدائم:

هو المغناطيس الذى يحتفظ بمغناطيسيته لمدة طويلة نسبيًّا. والاستخدام الأكثر شيوعًا للمغناطيس الدائم هو المغناطيسات المستخدمة فى المعامل البحثية، وإبرة البوصلة، وباب الثلاجة، ويتم تصنيع المغناطيس الدائم عن طريق صهر الحديد، ثم صبه فى قوالب معرضة لمجال مغناطيسى قوى، فيصبح القالب بعد تجمده مغناطيسًا.

(ب) المغناطيس الكهربائى:

عندما يمر تيار كهربائي فى ملف حلزونى يحيط بقلب من الحديد المطاوع (على شكل ساق منتظمة المقطع أو شرائح أو حدوة فرس) فإن هذا القلب يتمغنط ونحصل بذلك على ما يسمى بالمغناطيس الكهربائى شكل (٨) ويمكن عن طريق تغيير شدة التيار الكهربائى المار فى الملف تغيير شدة المغناطيسية التى اكتسبها قلب الحديد المطاوع. ويفقد القلب مغناطيسيته عند قطع التيار الكهربى.



شكل (٨) : المغناطيس الكهربائى

وللمغناطيس الكهربائى استخدامات هامة جدًّا فى حياتنا مثل: الجرس الكهربى، والهواتف، وشرائط الفيديو، والأوناش المستخدمة فى رفع الكتل والمخلفات المعدنية ونقلها من مكان لآخر.

(جـ) مغناطيس الموصلات الفائقة:

الموصلات الفائقة هى مواد فائقة التوصيل، ويمكن أن تولد مجالًا مغناطيسيًّا قويًّا عند مرور التيار الكهربى بها دون الحاجة إلى أى مساعدة خارجية.

ومن أهم تطبيقاتها فى الحياة العملية القطار الطائر، وأجهزة الرنين المغناطيسى الموجودة فى المستشفيات.

معلومة إثرائية

الموصلات فائقة التوصيل

- عند درجات حرارة منخفضة جدًّا، تقترب من الصفر المطلق، توجد بعض المواد الموصلة للتيار الكهربى التى تؤول مقاومتها إلى الصفر، ويمر فيها التيار الكهربى بأقصى شدة ممكنة وبصورة دائمة، وتسمى هذه المواد بالمواد فائقة التوصيل *Superconductors*

تطبيقات حياتية

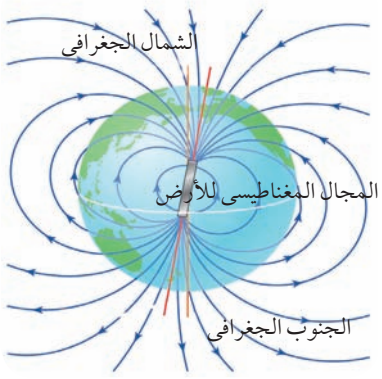
- يعتبر القطار الطائر من التطبيقات المثيرة للمغناطيسات فائقة التوصيل والصورة توضح قطارًا طائرًا تم تطويره فى اليابان. يحمل القطار عند أسفله مغناطيسات فائقة التوصيل، وعندما يسير القطار تتولد تيارات كهربائية فى ملفات أخرى مثبتة فى قاع المسار الخاص به، بحيث تكون الأقطاب المغناطيسية المتقابلة فى القطار متشابهة فتتنافر، وتعمل قوى التنافر هذه على رفع القطار لعدة سنتيمترات فوق أرضية مساره ليبدو كما لو كان يسبح فى الهواء.

شكل (٩) : القطار الطائر

المغناطيسية الأرضية:

يعتبر كوكب الأرض مغناطيسًا ضخمًا، قطبه الجنوبى فى نصف الكرة الشمالى، وقطبه الشمالى فى نصف الكرة الجنوبى شكل (١٠) والدليل على ذلك أن المغناطيس المعلق حُرًّا أخذ اتجاهًا معينًا.

حيث إن الأقطاب المتشابهة تتنافر وغير المتشابهة تتجاذب؛ لذلك فإن القطب الشمالى للمغناطيس المعلق حر الحركة، يتجه نحو الشمال الجغرافى، حيث يوجد القطب الجنوبى لمغناطيس الأرض (تجاذب). أما القطب الجنوبى للمغناطيس المعلق حر الحركة يتجه نحو الجنوب الجغرافى، حيث يوجد القطب الشمالى لمغناطيس الأرض (تجاذب) (قطبا الأرض المغناطيسين لا ينطبقان على قطبيها الجغرافيين).



شكل (١٠) : بالقرب من القطب الشمالى الجغرافى للأرض يوجد قطب مغناطيس جنوبي والعكس صحيح.

البوصلة:

عبارة عن مغناطيس صغير وخفيف، حر الحركة حول محور رأسى ثابت شكل (١١)، وعندما تستقر الإبرة يكون قطبها الشمالى (*N*) مشيرًا إلى الشمال الجغرافى تقريبًا. ويستخدم البحارة البوصلة لمعرفة طريقهم أثناء إبحارهم فى المحيطات والبحار.

شكل (١١) : يشير القطب الشمالى لإبرة البوصلة إلى الشمال.

تجارب من خامات البيئة

كيف تصنع البوصلة؟

- يمكنك تصميم بوصلة بسيطة عن طريق ترك قطعة من الفلين لتطفو فوق سطح الماء، ثم أدخل إبرة معدنية طويلة ممغنطة فى قطعة الفلين.
- فتلاحظ أن الإبرة تشير إلى اتجاهى الشمال والجنوب بعد أن تستقر قطعة الفلين

شكل (١٢) : الإبرة تشير إلى اتجاهى الشمال والجنوب بعد أن تستقر قطعة الفلين.

هل تعلم؟

- أن العرب هم الذين أدخلوا البوصلة إلى أوربا فى العصور الوسطى عن طريق إسبانيا (الأندلس)، وبذلك تمكن الأوربيون من تحقيق اكتشافاتهم الجغرافية الكبرى خلال القرنين الخامس عشر والسادس عشر الميلادى.

٣- المجال المغناطيسى لمغناطيس

هو المنطقة المحيطة بالمغناطيس من جميع الجهات؛ والتى يظهر فيها آثاره المغناطيسية، فإذا وضعت فى هذه المنطقة قطعة من مادة مغناطيسية انجذبت نحو المغناطيس، أو جذبته إليها إذا كان هو القابل للحركة.

حل المشكلات

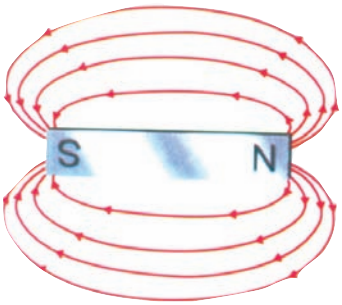
الطيور تتأثر بالمجال المغناطيسى!

- تشير الدراسات العلمية إلى أن الطيور (وبعض الحشرات والأسماك) مزودة بمغناطيسات صغيرة جدًّا فى عيونها تتصل مع خلايا عصبية فى الدماغ، تمكنها من الإحساس بخطوط المجال المغناطيسى للأرض مما يساعدها على استكشاف مساراتها أثناء هجراتها. كيف يمكن التحقق من صحة هذه المعلومة؟ اقترح تصميمًا تجريبيًّا بمساعدة زملائك لحل هذه المشكلة.

المعمل المصغر

تخطيط المجال المغناطيسى:

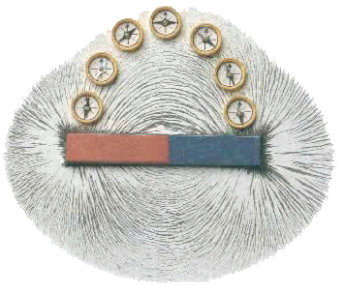
❁ يمكن تخطيط المجال المغناطيسى لقضيب مغناطيسى عن طريق وضع ورقة بيضاء فوق المغناطيس، ثم نثر كمية من برادة الحديد فوقها مع النقر الخفيف عليها. فنلاحظ أن برادة الحديد تأخذ شكل خطوط منتظمة تحيط بالمغناطيس، وهى تبدأ بالانتشار عند أحد القطبين، ثم تأخذ فى الانحناء حتى تصل إلى القطب الآخر (شكل ١٤).



شكل (١٣) : خطوط المجال المغناطيسى.

نستطيع مما سبق التعرف على شكل خطوط المجال المغناطيسى، ولكن ماذا عن اتجاه خطوط المجال المغناطيسى؟

❁ يمكن معرفة اتجاه المجال المغناطيسى عن طريق وضع البوصلة على أحد الخطوط المتشكلة فى برادة الحديد حول المغناطيس ثم نحدد الاتجاه الذى تستقر عليه البوصلة. نكرر الخطوة السابقة عدة مرات عند نقاط مختلفة، وفى كل مرة نحدد الاتجاه الذى تستقر عليه البوصلة، فيكون اتجاه المجال هو الاتجاه الذى يشير إليه القطب الشمالى للبوصلة.


شكل (١٤) : تخطيط المجال المغناطيسى.

خواص خطوط المجال المغناطيسى:

١ تخرج خطوط المجال المغناطيسى من القطب الشمالى وتدخل فى القطب الجنوبى.

٢ تكثر خطوط المجال المغناطيسى فى المناطق التى تكون فيها شدة المجال المغناطيسى كبيرة.

٣ لا تتقاطع خطوط المجال المغناطيسى.

٤ يوجد المجال المغناطيسى فى جميع الجهات فى الفراغ المحيط بالمغناطيس، ولا يقتصر على مستوى واحد.

تطبيقات فيزيائية

✦ امسك بوصلة فى وضع رأسي بجوار شىء مصنوع من الحديد أو الصلب (كالثلاجة أو غسالة ...) بحيث تكون بالقرب من الطرف العلوى.

✦ هل يتجه القطب الشمالى للبوصلة إلى الطرف العلوى لهذا الشيء، والقطب الجنوبى لها إلى الطرف السفلى؟ لو حدث ذلك فهذا يدل على أن هذا الشىء تم مغنطته بواسطة مجال الأرض المغناطيسى.

✦ كرر هذا العمل مع إحدى العلب المعدنية للأغذية المحفوظة، وهى فى وضع أفقى، ثم اقلب العلبة وراقبها بإبرة البوصلة. لاحظ بعد كم يوم تفقد العلبة مغنطتها، ومتى تعكس العلبة قطبيها المغناطيسيين.

الفصل الثانى

الأثر المغناطيسى للتيار الكهربى

Magnetic Effect of the Electric Current

نواتج التعلم المتوقعة :

فى نهاية هذا الفصل تكون قادرًا على أن:

- تستنتج العلاقة بين كثافة الفيض المغناطيسى والقوة المغناطيسية.
- تستنتج وحدات قياس كثافة الفيض المغناطيسى.
- تحدد اتجاه خطوط القوى المغناطيسية.
- تتعرف الاستفادة من الأثر المغناطيسى للتيار الكهربائى فى الحياة اليومية.
- تبحث مشكلة نقل السيارات داخل الموانئ.

مصطلحات الفصل :

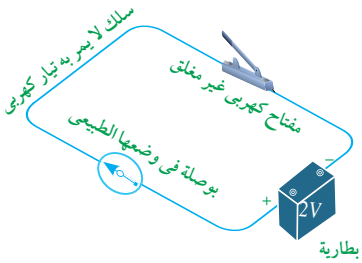
- التيار الكهربى *Electric Current*
- المجال المغناطيسى *Magnetic Field*
- كثافة الفيض المغناطيسى *Magnetic Flux density*

مصادر التعلم الإلكترونية:

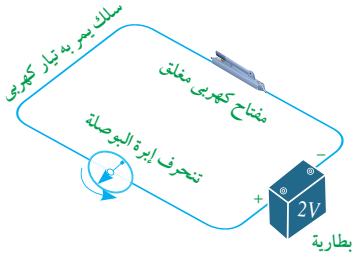
- **فيلم تعليمى:** ما المغناطيس؟

http://www.youtube.com/watch?v=KXKqDHJ6oS4

ليس المغناطيس هو المصدر الوحيد للمجال المغناطيسى؛ ففى عام *1820*م اكتشف الفيزيائي الدنماركي (هانز أورستد) علاقة بين مرور تيار كهربى فى سلك ووجود مجال مغناطيسى حوله. فقد لاحظ أنه إذا وضعت بوصلة صغيرة قرب سلك، فإنها تنحرف عند مرور تيار كهربى شكل (١٦) فيه، بينما تعود لوضعها الأصلى عند انقطاع التيار الكهربى فى السلك شكل (١٥).ويوضح إنحراف البوصلة أثناء مرور التيار الكهربى فى السلك أنها تتأثر بمجال مغناطيسى خارجى، مما يؤكد تولد مجال مغناطيسى حول السلك نتيجة لمرور تيار كهربى به.



شكل (١٥) : البوصلة فى وضعها الطبيعى عند عدم مرور التيار الكهربى فى السلك.

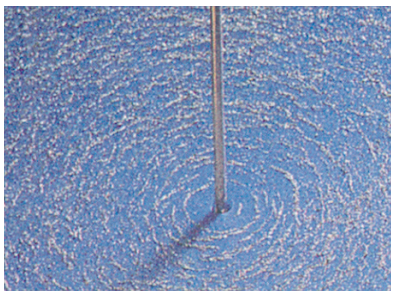


شكل (١٦) : تنحرف البوصلة عند مرور تيار كهربى فى السلك.

ويمكن معرفة شكل واتجاه هذا المجال المغناطيسى من خلال النشاط التالى:

المعمل المصغر

- لتخطيط المجال المغناطيسى الناشئ عن مرور تيار كهربى فى سلك مستقيم نستخدم سلكًا معزولًا مستقيمًا، وبطارية، ومفتاحًا كهربيًّا، وقطعة من الورق المقوى، وبرادة حديد، وبوصلة حيث نثبت قطعة الورق المقوى فى مستوى أفقى ونجعل السلك يمر وسطها فى وضع عمودى، ثم نصل طرفى السلك المستقيم بالبطارية والمفتاح .



شكل (١٧) : تترتب برادة الحديد على هيئة دوائر منتظمة.

- عندما ننثر برادة الحديد على قطعة الورق المقوى مع الطرق الخفيف، نشاهد أن برادة الحديد تترتب على هيئة دوائر منتظمة متحدة المركز، مستواها عمودى على السلك ومركزها نقطة تقاطع السلك مع قطعة الورق، ومن الشكل السابق نتبين أن الدوائر التى تمثل خطوط المجال المغناطيسى تتزاحم بالقرب من السلك وتتباعد بتباعدها عنه مما يدل على أن شدة المجال المغناطيسى للتيار الكهربى الذى يمر فى سلك تزداد بالاقتراب من السلك وتقل بالابتعاد عنه.

كثافة الفيض المغناطيسى (B)

تعرف كثافة الفيض المغناطيسى (B) عند نقطة ما بأنها: عدد خطوط المجال المغناطيسى التى تخترق عموديًّا وحدة المساحات المحيطة بتلك النقطة ووحدتها الوبر/ م^{٢} ($\frac{wb}{m^2}$) أو وحدة تسلا (Tesla).

وكثافة الفيض المغناطيسى (B) عند نقطة بعدها العمودى d (بالمتر) عن سلك مستقيم يمر به تيار كهربى شدته I (بالأمبير) تساوى:

$$B = \frac{\mu I}{2 \pi d}$$

حيث μ هى معامل النفاذية المغناطيسية للوسط.

ومعامل النفاذية المغناطيسية للهواء:

$$\mu = 4 \pi \times 10^{-7} \ wb/A.m$$

∴ فى الهواء (1)

$$\therefore B = 2 \times 10^{-7} \frac{I}{d}$$

ومن هذه العلاقة نتبين أن B تتناسب طرديًّا مع شدة التيار الكهربى I وعكسيًّا مع المسافة العمودية d عن السلك.

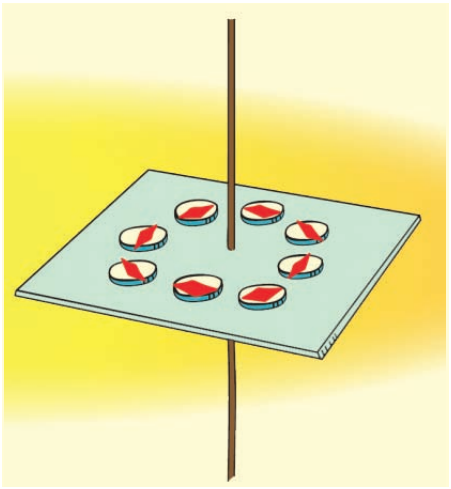
تعيين اتجاه المجال المغناطيسى الناشئ عن تيار كهربى يمر فى سلك مستقيم:

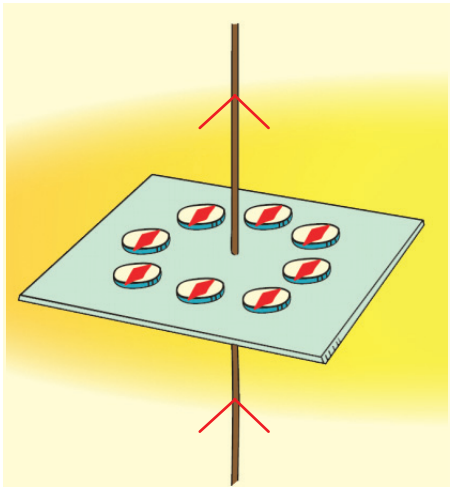
توجد أكثر من طريقة تصلح لهذا الغرض:

أ قاعدة قبضة اليد اليمنى لأمبير : عندما تقبض اليد اليمنى على السلك بحيث يشير الإبهام إلى اتجاه التيار الكهربى المار فى السلك، فإن اتجاه باقي الأصابع، وهى تقبض على السلك يدل على اتجاه المجال المغناطيسى.

ب باستخدام بوصلة صغيرة : تستقر إبرة البوصلة، بحيث يشير قطبها الشمالى إلى اتجاه المجال عند تلك النقطة.

شكل (١٨) : قاعدة قبضة اليد اليمنى


شكل (١٩) عند سريان تيار فى السلك، تأخذ البوصلات اتجاه المجال المغناطيسى.


شكل (٢٠) عندما لا يسرى تيار فى السلك تنتظم البوصلات فى اتجاه مجال الأرض.

مثال محلول

يمر تيار كهربى شدته $5A$ فى سلك مستقيم طويل. احسب كثافة الفيض المغناطيسى عند نقطة تبعد $10\ cm$ من السلك.

الحل:

$$I = 5A \qquad d = 10\ cm \qquad = 0.1\ m$$

$$\because B = 2 \times 10^{-7} \frac{I}{d}$$

$$= 2 \times 10^{-7} \frac{5}{0.1}$$

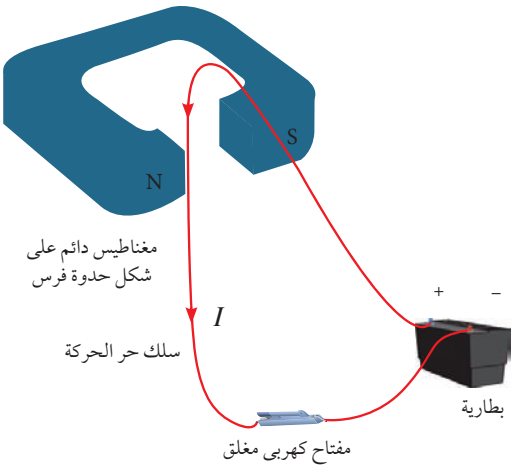
$$= 10^{-5}\ Tesla$$

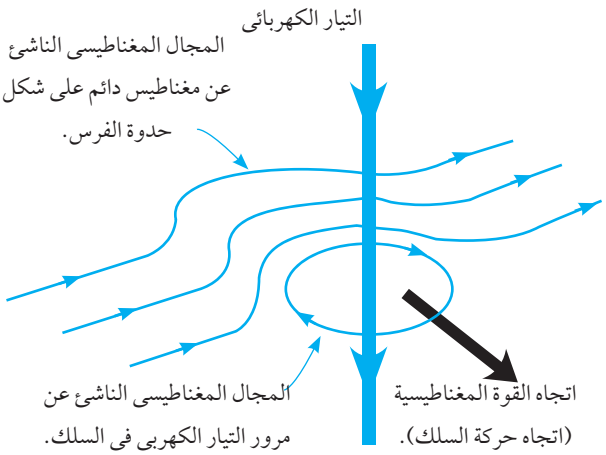
العلاقة بين كثافة الفيض المغناطيسى والقوة المغناطيسية:

عندما يمر تيار كهربى فى سلك موضوع عموديًّا على اتجاه مجال مغناطيسى، فإنه يتحرك بتأثير قوة المجال المغناطيسى فى اتجاه عمودى علي كل من اتجاه المجال واتجاه التيار.

المعمل المصغر

❁ لمعرفة اتجاه القوة التى يؤثر بها مجال مغناطيسى على سلك يمر به تيار كهربى موضوع فى هذا المجال. نستخدم مغناطيسًا دائمًا على شكل حدوة فرس، وسلك حر الحركة، وبطارية ، ومفتاح كهربى، وصل الدائرة الكهربية كما بالشكل، تلاحظ أنه عند غلق المفتاح الكهربى يتحرك السلك نتيجة للتفاعل بين المجال المغناطيسى للمغناطيس الدائم والمجال المغناطيسى الناشئ عن مرور التيار الكهربى فى السلك كما بالشكل، هل ينعكس اتجاه حركة السلك لو عكست اتجاه مرور التيار الكهربى فى السلك؟



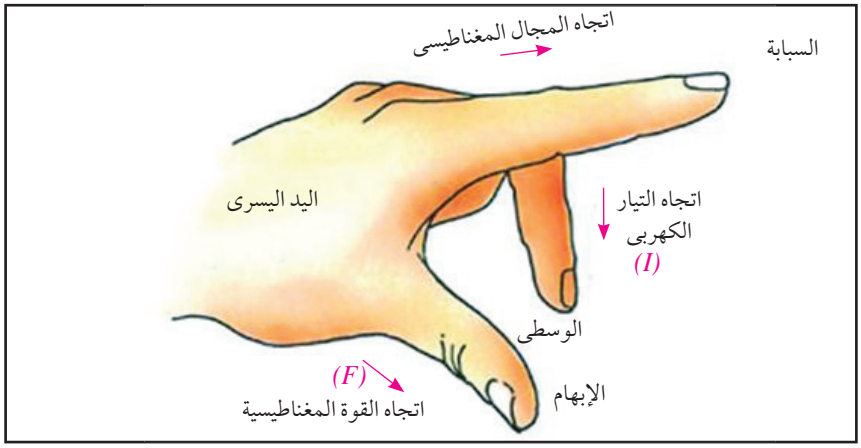


شكل (٢١) : يتحرك السلك نتيجة للتفاعل بين المجالين المغناطيسيين إلى الخارج.

نلاحظ من الشكل السابق أن المجالين المغناطيسيين يكونان فى اتجاه واحد على أحد جانبى السلك، كما بالشكل، وتكون كثافة الفيض المغناطيسى الكلى فى هذا الجانب من السلك كبيرة، ويترتب على هذا أن تتزاحم خطوط المجال المغناطيسى، فتتولد قوة تعمل على تحريك السلك فى الاتجاه المبين بالشكل (٢١).

شاهد تجربة على موقع الكتاب

حركة سلك يمر به تيار كهربى وموضوع داخل مجال مغناطيسى.



شكل (٢٢) : قاعدة اليد اليسرى لفلمنج

ويمكن التعرف على اتجاه القوة المغناطيسية التى يؤثر بها المجال المغناطيسى على سلك يمر به تيار كهربى موضوع عموديًّا على اتجاه المجال بتطبيق قاعدة اليد اليسرى لفلمنج الموضحة فى الشكل (٢٢) والتى تنص على:

أفرد أصابع اليد اليسرى الثلاثة (الإبهام والسبابة والوسطى) متعامدة، بحيث يشير السبابة إلى اتجاه المجال المغناطيسى، والوسطى تشير إلى اتجاه التيار الكهربى فإن الإبهام يدل على اتجاه القوة (اتجاه حركة السلك).

وقد وجد أن القوة المغناطيسية (F) المؤثرة على سلك يحمل تيارًا كهربيًّا موضوعًا عموديًّا على مجال مغناطيسى تتوقف على عدة عوامل هى:

(١) طول السلك (L):

فالقوة F تتناسب طرديًّا مع طول السلك L (عند ثبات I ، B)

أى أن: $F \propto L$

(٢) شدة التيار الكهربى (I)

القوة (F) تتناسب طرديًّا مع شدة التيار الكهربى I المار فى السلك (عند ثبات L ، B)

أى أن: $F \propto I$

(٣) كثافة الفيض المغناطيسى (B)

القوة (F) تتناسب طرديًّا مع كثافة الفيض المغناطيسى (عند ثبات L ، I)

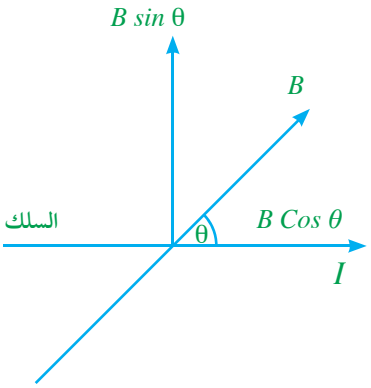
أى أن: $F \propto B$

وبذلك يكون: $F = BIL$

$$B = \frac{F}{IL}$$

ومن العلاقة السابقة يمكن تعريف كثافة الفيض المغناطيسى (B) عدديًّا بأنها القوة التى تؤثر على سلك طوله واحد متر يمر خلاله تيار كهربى شدته واحد أمبير موضوع عموديًا على اتجاه المجال المغناطيسى، والوحدة التى تقاس بها هى التسلا وهى تكافئ وبر / م^2 كما تكافئ نيوتن/ أمبير.متر. ويمكن تعريف التسلا بأنها كثافة الفيض المغناطيسى (B) التى تولد قوة مقدارها واحد نيوتن على سلك طوله واحد متر يمر به تيار كهربى شدته واحد أمبير موضوع عموديًا على اتجاه المجال المغناطيسى.

وعندما يكون السلك الذى يمر به التيار الكهربى يصنع زاوية (θ) مع اتجاه المجال المغناطيسى كما فى الشكل (٢٣) عندئذ يمكن تحليل متجه كثافة الفيض المغناطيسى (B) إلى مركبتين إحداهما موازية لاتجاه التيار فى السلك ومقدارها $B\ cos\ \theta$ والأخرى عمودية على اتجاه التيار فى السلك ومقدارها $B\ sin\ \theta$ وفى هذه الحالة تكون:



شكل (٢٣)

$$F = BIL\ sin\ \theta$$

ومن هذه العلاقة نتبين أن القوة F تنعدم عندما تكون الزاوية θ مساوية للصفر؛ أى عندما يكون السلك والمجال المغناطيسى متوازيين.

حيث أن:

$$\theta = 0$$

$$sin\ \theta = 0$$

مثال محلول

ما القوة المغناطيسية التى يؤثر بها مجال مغناطيسى كثافة فيضه $0.1\ Tesla$ على سلك طوله $20\ cm$ يمر فيه تيار كهربى شدته $5A$ إذا كان السلك يصنع زاوية 30° مع اتجاه المجال المغناطيسى؟

الحل:

$B = 0.1\ T$ ، $L = 20\ cm = 0.2\ m$ ، $I = 5A$ ، $\theta = 30^\circ$، $sin\ 30^o = 0.5$

$F = BIL\ sin\ \theta$

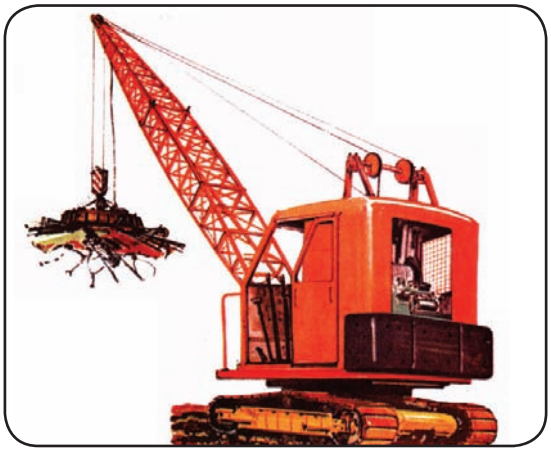
$= 0.1 \times 5 \times 0.2 \times sin30$

$F = 0.05\ N$

الاستفادة من الأثر المغناطيسى للتيار الكهربائى فى حياتنا اليومية:

هناك العديد من التطبيقات للمغناطيس الكهربائى فى حياتنا اليومية، مثل:

- الجرس الكهربائى، ومكبرات الصوت، والمحركات الكهربائية.
- قاطعات التيار التى تتحكم فى فتح وغلق الدوائر الكهربية عند تيار محدد.
- فى الاستخدامات الطبية، مثل: أجهزة الرنين المغناطيسى التى تستخدم فى تشخيص بعض الأمراض والإصابات، والكشف عن الأورام.
- القطار الطائر (سبق الإشارة إليه).
- الأوناش المستخدمة فى رفع الكتل والمخلفات المعدنية ونقلها من مكان لآخر.
- استخدام مغناطيسات كهربائية قوية لنقل السيارات من مكان لآخر داخل الموانئ المزدحمة.



شكل (٢٤) : مغناطيس كهربائي ضخم يجذب الفلزات.

شكل (٢٥) : جهاز الرنين المغناطيسى.

وقد يتساءل بعضنا لِمَ لا نستخدم فى هذه التطبيقات مغناطيسات دائمة وهى لا تحتاج إلى تيار كهربى، فى حين يعمل المغناطيس الكهربائى فقط عندما يسرى التيار الكهربى خلاله؟ والسبب فى ذلك هو أن المغناطيسات الدائمة لا تفى بالغرض حيث إن تلك التطبيقات مبدأ عملها يعتمد على حدوث المغنطة وزوالها حسب الحاجة، إضافة إلى أنه يمكن تغيير قوة أو شدة المغناطيس الكهربى بتغيير شدة التيار الكهربائى المار فيه.

شاهد فيلم على موقع الكتاب

استخدام المغناطيس الكهربى فى حمل قطع الحديد الضخمة.

ملخص الباب

المصطلحات الرئيسية:

✧ **المجال المغناطيسى:** هو المنطقة المحيطة بالمغناطيس من جميع الجهات، وتظهر فيها آثار قوته المغناطيسية، وتتجه خطوط المجال المغناطيسى من القطب الشمالى إلى القطب الجنوبى فى مسار مغلق.

✧ **قاعدة اليد اليسرى لفلمنج:** أفرد أصابع اليد اليسرى الثلاثة (الإبهام والسبابة والوسطى) متعامدة، بحيث يشير السبابة إلى اتجاه المجال المغناطيسى، والوسطى تشير إلى اتجاه التيار الكهربى، فإن الإبهام يدل على اتجاه القوة.

✧ **التسلا:** هى كثافة الفيض المغناطيسى التى تولد قوة مقدارها واحد نيوتن على سلك طوله واحد متر يمر به تيار كهربى شدته واحد أمبير.

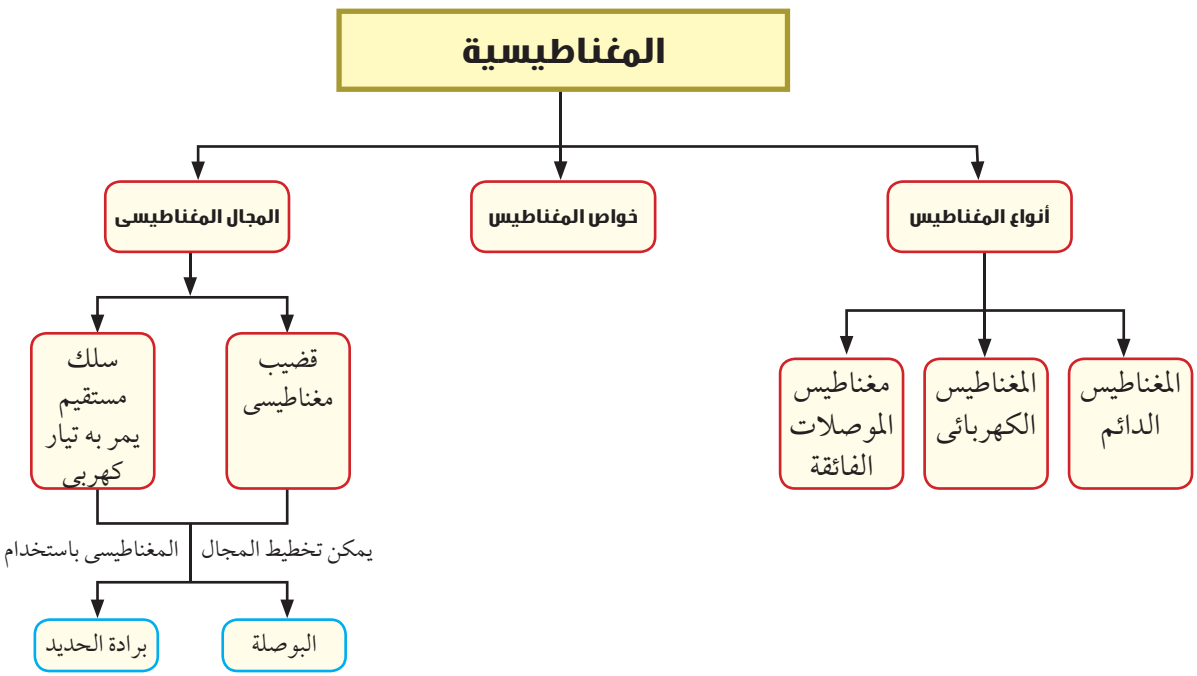
القوانين الرئيسة:

$$B = 2 \times 10^{-7} \frac{I}{d}$$

$$F = BIL$$

$$F = BIL \sin \theta$$

خريطة مفاهيم الباب



مصادر التعلم

أولاً: الكتب والمراجع العلمية:

- **الفيزياء العامة**:ارباب إبراهيم ارباب – دار النشر الدولى الطبعة الأولى *2006*.
- **الفيزياء النظرية**:**أ.د.** محمود الشربينى ، **أ.د** نايل بركات محمد، **أ.د.** بشارة عصام بشارة ، **أ.د.** عبد الفتاح الشاذلى مقرر (*4211*) *1984 - 1985* مطبوعات الوزارة.
- **الفيزياء للصف الأول الثانوى الزراعى شعبة أمناء المعامل**: أ.د. محمد عبد الهادى كامل ، أ.د. محمد أحمد كامل ، أ ممدوح مخلوف *1991 - 1990* مطبوعات الوزارة.

- *Theoretical mechauics, Schaum's servies, Murray R-spiegel, McGraw-Hill Book Company, 1967.*
- *Computatienal Malhematics, B.P. Denidovicl, I.A.Marsn, Mir publishers, Moscow, Ctrauslatedl 1973.*
- *Analysis of Heat and Mass Transfer, E.R - Eckent, Robert M.Drake, JR. International Student Edition, 1972.*
- *Physics, Raymond A-Seway and Jerry s-Faugin, Holt, 2004*
- *Conceptual Physics, Paul G. 3rd Edition Scott Foresman, Addision Wesley, 1990.*

ثانيًا: المصادر البشرية:

يمكن عقد ندوات داخل المدرسة يتم فيها تناول موضوعات ذات صلة بمنهج الفيزياء الحالى، حيث يمكن استضافة أحد المصادر البشرية التالية:

- أحد العاملين فى مجال المقاييس والموازين.
- أحد رجال المرور للحديث عن حوادث الطرق وكيفية الوقاية منها.
- أحد المتخصصين فى مجال البيئة للحديث عن علاقة الطاقة بمشكلات البيئة.
- أحد العاملين فى صناعة تقوم على علم الفيزياء مثل: صناعة السيارات، وصناعة الألومنيوم إلخ....

ثالثًا: أماكن للزيارة:

تتنوع وتتعدد الأماكن ذات الصلة بعلم الفيزياء والتى تصلح للزيارة ومن هذه الأماكن:

- فروع مصلحة الدمغة والموازين.
- متاحف العلوم.
- المراكز البحثية.
- المراصد الفلكية.
- المصانع.
- إدارات المرور.

رابعًا: مصادر التعلم الإلكترونية:

الموقع التعليمى للفيزياء:

http://www.hazemsakeek.com/Physics_Lectures/

- محاضرات فى الفيزياء تجد فيها شرحًا باللغة العربية للمتجهات، والميكانيكا، والحرارة، والمغناطيسية، والديناميكا الحرارية، والتيار الكهربى، والمقاومة، وعلم الصوت، وعلم الضوء.

عجائب الفيزياء: *http://sprott.physics.wisc.edu/wop.htm*

- موقع تعليمى يساعد على فهم علم الفيزياء، يحوى الكثير من الخدمات منها: كيف تعلم الأشياء ومعلم الفيزياء الذى يحوي الكثير من الدروس.

دليل علم الفيزياء: *www.het.brown.edu/physics/index.html*

دليل للكثير من المواقع التى تقدم لكم تعلم الفيزياء عبر الإنترنت مجانًا، يحتوى الموقع على دليل للدروس والمحاضرات والأوراق المتخصصة والمعامل.

منطقة الفيزياء: *www.sciencejoywagon.com/physicszone*

- موقع متكامل للكثير من الخدمات والدروس فى مجال علم الفيزياء، حيث تعرض الدروس على شكل عروض مصورة وأفلام.

لا يجوز نشر أى جزء من هذا الكتاب أو تصويره أو تخزينه أو
تسجيله بأى وسيلة دون موافقة خطية من الناشر.

الطبعـــة الأولى: ٢٠١٣
رقم الإيـــــداع: ٢٠١٣/٧٩٩٠
الترقيم الدولى: 978-977-493-145-1