

الفصل الأول

قوانين الحركة الدائرية

مقدمة

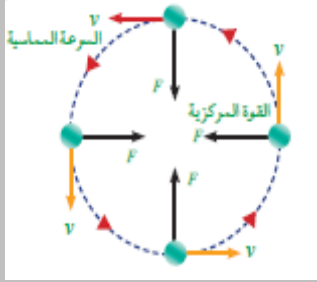
— تبعاً لقانون نيوتن الثانى عندما تؤثر قوة على جسم متحرك بسرعة منتظمة فانه :

- يكتسب عجلة أى يحدث تغير فى سرعته .
- يعتمد التغير الحادث فى السرعة على اتجاه القوة المؤثرة بالنسبة لاتجاه الحركة .

عندما تؤثر قوة على جسم متحرك ، إذا كان اتجاه القوة فى

نفس اتجاه الحركة	عكس اتجاه الحركة	اتجاه عمودي على الحركة
تزداد سرعة الجسم المتحرك .	تقل سرعة الجسم المتحرك .	تظل سرعة الجسم المتحرك ثابتة .
لا يتغير اتجاه حركة الجسم .	لا يتغير اتجاه حركة الجسم .	يتغير اتجاه حركة الجسم .
عندما يزيد قائد الدراجة النارية من تدفق الوقود فإنها تكتسب قوة فى نفس اتجاه الحركة فتزداد سرعتها .	عندما يضغط قائد الدراجة النارية على الفرامل فان القوة تكون فى عكس اتجاه الحركة فتقل سرعتها .	عندما يميل قائد الدراجة النارية بجسمه يميناً او يساراً تتولد قوة عمودية على اتجاه الحركة فيتغير اتجاه الحركة ويسير فى مسار دائري

الاستنتاج



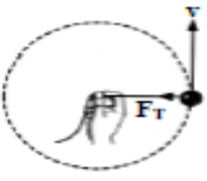

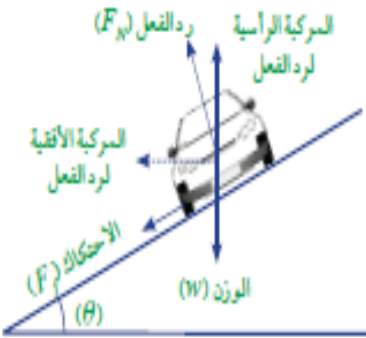
- (١) لكى يتحرك أى جسم فى مسار دائري لابد ان تؤثر عليه قوة عمودية على اتجاه حركته وفى اتجاه مركز الدائرة وذلك لإجباره على الاستمرار فى الحركة الدائرية يطلق عليها القوة الجاذبة المركزية .
- (٢) إذا غابت هذه القوة فان الجسم سوف ينطلق باتجاه المماس الدائري الذى كان يسلكه لحظة الإفلات وذلك بسرعة ثابتة فى المقدار والاتجاه (فى خط مستقيم) وتسمى هذه السرعة بالسرعة المماسية .

الحركة الدائرية المنتظمة

هى حركة جسم فى مسار دائري بسرعة ثابتة فى المقدار ومتغيرة فى الاتجاه .

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	لكى يتحرك جسم فى مسار دائري لابد أن تؤثر عليه قوة عمودية على اتجاه حركته وفى اتجاه مركز الدائرة .	لإجبار الجسم على الاستمرار فى الحركة الدائرية
٢	عند ملء دلو الى منتصفه بالماء وتحريكه فى دائرة رأسية بسرعة كافية لا يخرج الماء من فوهة الدلو .	لان القوة الجاذبة المؤثرة عليه تكون عمودية على اتجاه الحركة وبالتالي تعمل على تغيير اتجاه السرعة دون تغيير لمقدارها فتدور المياه فى المسار الدائري وتبقى داخل الدلو .

أنواع القوى الجاذبة المركزية

	<p>هى قوة شد تنشأ فى حبل أو خيط طرفه مربوط بجسم آخر وعندما يتحرك فى مسار دائرى تكون هذه القوة فى اتجاه عمودى على اتجاه حركة الجسم وتكون قوة الشد هى نفسها القوة الجاذبة المركزية .</p>	<p>قوة الشد (F_T)</p>
	<p>هى قوة تجاذب تنشأ بين الأرض والشمس وتكون عمودية على اتجاه حركة الأرض فتجعلها تتحرك فى مسار دائرى حول الشمس .</p>	<p>قوة التجاذب المادى (F_G)</p>
	<p>- عندما تنعطف السيارة فى مسار دائرى أو منحنى تنشأ قوة احتكاك بين الطريق والإطارات . - تكون هذه القوة عمودية على اتجاه الحركة وفى اتجاه مركز الدائرة فتجعل السيارة تتحرك فى مسار دائرى . - إذاً : قوة الاحتكاك تعمل كقوة جاذبة مركزية .</p>	<p>قوة الاحتكاك (F_f)</p>
	<p>عندما تتحرك سيارة فى مسار دائرى يميل على الأفقى فإنها تتأثر بأكثر من قوة ، منها : • قوة رد الفعل (تؤثر عمودياً على السيارة) بتحليل متجه رد الفعل فان المركبة الأفقية لرد الفعل تكون عمودية على اتجاه الحركة وفى اتجاه المركز فتجعل السيارة تتحرك فى مسار منحنى . • قوة الاحتكاك : بتحليل متجه قوة الاحتكاك فان المركبة الأفقية لقوة الاحتكاك تكون عمودية أيضاً على اتجاه الحركة فتجعل السيارة تتحرك فى مسار منحنى . - إذاً : القوة الجاذبة المركزية تساوى مجموع مركبتي قوة رد الفعل وقوة الاحتكاك باتجاه مركز الدوران</p>	<p>قوة رد الفعل (F_N)</p>
	<p>- تؤثر قوة رفع الطائرة عمودياً على جسم الطائرة . - عندما تميل الطائرة فان المركبة الأفقية لقوة الرفع تكون عمودية على اتجاه الحركة وفى اتجاه المركز فتتحرك الطائرة فى مسار دائرى . - إذاً : المركبة الأفقية لقوة رفع الطائرة تعمل كقوة جاذبة مركزية .</p>	<p>قوة الرفع (F_L)</p>

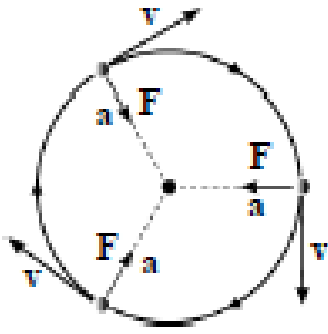
قوانين الحركة الدائرية

(٣) القوة الجاذبة المركزية

(٢) السرعة المماسية .

(١) العجلة المركزية .

(١) العجلة المركزية

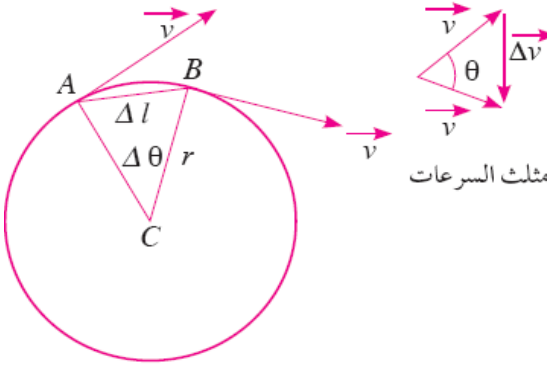


- عندما تؤثر قوة (F) عمودياً على اتجاه حركة جسم كتلته (m) وسرعته (V) فإنه يتحرك فى مسار دائرى نصف قطره (r) ، حيث يكون :
- مقدار السرعة (V) ثابت على طول محيط الدائرة .
- اتجاه السرعة يتغير من نقطة لأخرى على محيط الدائرة .
- تغير اتجاه السرعة يعنى وجود عجلة تسمى العجلة المركزية (a) .
- اتجاه العجلة المركزية فى نفس اتجاه القوة الجاذبة المركزية .
- السرعة والقوة والعجلة تكون ثابتة المقدار ولكنها متغيرة الاتجاه باستمرار .

العجلة المركزية :

هى العجلة التى يكتسبها الجسم فى الحركة الدائرية نتيجة لتغير اتجاه السرعة .

حساب قيمة العجلة المركزية



عند تحرك جسم من النقطة (A) الى النقطة (B) فان السرعة (V) تتغير فى الاتجاه ولكن تحتفظ بمقدارها ثابتاً وبذلك فان التغير فى السرعة (ΔV) ينتج عن التغير فى اتجاه السرعة فقط .
من تشابه المثلث (CAB) مع مثلث السرعات :

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

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

إذا انتقل الجسم من النقطة (A) الى النقطة (B) خلال فترة زمنية (Δt) فإن

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = V \frac{\Delta L}{\Delta t} \times \frac{1}{r}$$

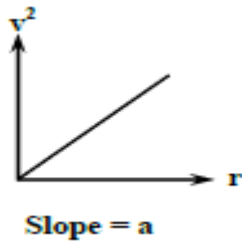
$$V = \frac{\Delta L}{\Delta t}$$

$$a = V \cdot V \cdot \frac{1}{r}$$

وبما أن :

إذا :

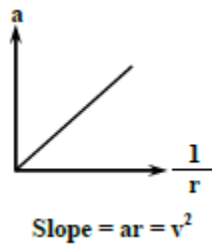
$$a = \frac{V^2}{r}$$



العوامل التى يتوقف عليها العجلة المركزية

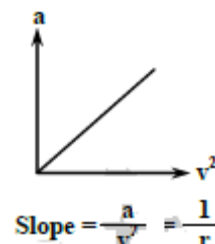
٢ نصف قطر الدوران

تتناسب العجلة المركزية عكسياً مع نصف قطر الدوران عند ثبوت السرعة المماسية



١ السرعة المماسية

تتناسب العجلة المركزية طردياً : مع مربع السرعة المماسية عند ثبوت نصف قطر الدوران



ملاحظات هامة

- ١- العجلة المركزية تتوقف على السرعة المماسية ونصف قطر الدوران ولا تعتمد على كتلة الجسم
- ٢- العجلة المركزية لجسم يتحرك فى مسار دائرى كمية متجهة واتجاهها نحو مركز الدائرة .
- ٢- الحالة الوحيدة التى يتحرك فيها الجسم بسرعة منتظمة وبالرغم من ذلك تكون عجلة حركته لا تساوى الصفر ، هى الحالة التى يتحرك فيها الجسم فى مسار دائرى حيث تكون سرعته منتظمة مقداراً فقط ولكن يتغير اتجاهها من لحظة لأخرى ، وتسمى العجلة عندئذ بـ (العجلة المركزية) .
- ٣- **ما معنى أن العجلة المركزية لجسم 33 m/s^2 ؟**
أى أن العجلة التى يكتسبها الجسم فى الحركة الدائرية نتيجة لتغير اتجاه السرعة 33 m/s^2

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	قد يتحرك جسم بسرعة ثابتة وتكون له عجلة	لان الجسم عندما يتحرك فى مسار دائرى تكون له عجلة مركزية تغير اتجاه السرعة فقط ولا تغير من مقدارها .
٢	استمرار دوران الأرض حول الشمس .	لان قوة التجاذب المادى بين الأرض والشمس تكون عمودية على اتجاه الحركة فتعمل كقوة جاذبة مركزية لتجعلها تتحرك فى مسار دائرى .
٣	عندما تنعطف السيارة عند المنحنى تحافظ على سيرها فى المنحنى ولا تحيد عنه .	لان قوة الاحتكاك بين الطريق وإطارات السيارة تكون عمودية على اتجاه الحركة وفى اتجاه مركز الدائرة فتجعل السيارة تتحرك فى مسار منحنى .
٤	عند المنعطف يميل راكب الدراجة بدراجته وجسمه نحو مركز المسار الدائرى	لكى تتولد قوة عمودية على اتجاه الحركة فيتغير اتجاه الحركة ويسير فى مسار دائرى .
٥	مثلث السرعة الممثل لجسم يدور فى مسار دائرى يكون متساوي الساقين .	لان ضلعي المثلث يمثلان سرعتي الجسم الابتدائية والنهائية وهما متساويتان مقداراً .

(٢) السرعة المماسية

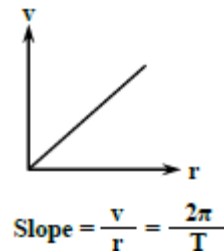
- هى سرعة جسم فى اتجاه مماس للمسار الدائرى الذى كان يسلكه لحظة الافلات .
- إذا افترضنا أن الجسم قام بعمل دورة كاملة فى المسار الدائرى خلال زمن قدره (T) يطلق عليه الزمن الدورى فإن:
السرعة المماسية = $\frac{\text{المسافة (محيط المسار الدائرى)}}{\text{الزمن}}$

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

العوامل التى يتوقف عليها السرعة المماسية

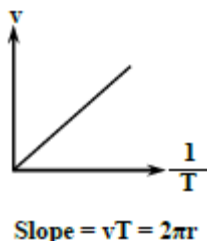
① نصف قطر الدوران

تتناسب السرعة المماسية طردياً مع نصف قطر الدوران عند ثبوت الزمن الدورى



② الزمن الدورى

تتناسب السرعة المماسية عكسياً مع الزمن الدورى عند ثبوت نصف قطر الدوران



الزمن الدورى

- هو الزمن اللازم لعمل دورة كاملة فى المسار الدائرى
- ويمكن حساب زمن الدورة الكاملة من العلاقة : $T = \frac{2\pi r}{v}$

م	ما معنى أن	الإجابة
١	الزمن الدورى للجسم فى مساره الدائرى = 100 s	أى أن الزمن اللازم لعمل دورة كاملة فى المسار الدائرى = 100 s
٢	السرعة المماسية لجسم = 20 m/s	أى أن سرعة الجسم فى اتجاه مماس المسار الدائرى الذى كان يسلكه لحظة الإفلات = 20 m/s .

(٢) القوة الجاذبة المركزية

هى القوة التى تؤثر باستمرار فى اتجاه عمودي على حركة الجسم فتحول مساره المستقيم الى مسار دائرى.

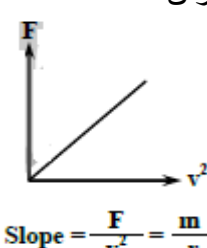
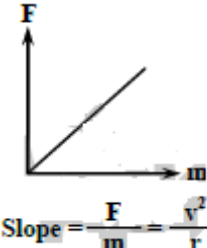
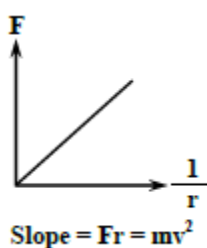
استنتاج مقدار القوة الجاذبة المركزية

(١) من قانون نيوتن الثانى $F = m a$ (٢) من قانون العجلة المركزية : $a = \frac{v^2}{r}$

$$F = m \frac{v^2}{r}$$

(٣) من ١ و ٢ ينتج أن

العوامل التى يتوقف عليها القوة الجاذبة المركزية

١ السرعة المماسية:	٢ كتلة الجسم	٣ نصف قطر الدوران
تتناسب طردياً مع مربع السرعة المماسية عند ثبوت الكتلة ونصف قطر الدوران	تتناسب طردياً مع كتلة الجسم عند ثبوت السرعة المماسية ونصف قطر الدوران.	تتناسب عكسياً مع نصف قطر الدوران عند ثبوت الكتلة والسرعة المماسية
		
$\text{Slope} = \frac{F}{v^2} = \frac{m}{r}$	$\text{Slope} = \frac{F}{m} = \frac{v^2}{r}$	$\text{Slope} = Fr = mv^2$

علل لما يأتى	الإجابة
كلما زادت سرعة السيارة فى المسار المنحنى احتاجت لقوة جاذبة مركزية أكبر .	لان القوة الجاذبة المركزية تتناسب طردياً مع مربع السرعة .
عند زيادة نصف قطر المسار للضعف تقل القوة الجاذبة المركزية للنصف .	لان القوة الجاذبة المركزية تتناسب عكسياً مع نصف قطر المدار .
الجسم الذى يتحرك حركة دائرية منتظمة لا يقترب أبداً من مركز الدائرة بالرغم من تأثيره بقوة جاذبة مركزية نحو المركز .	لان القوة الجاذبة المركزية قوة عمودية على اتجاه حركة الجسم فهى تعمل على تغيير اتجاه السرعة دون تغيير مقدارها .

الإجابة	ما معنى أن
أى أن القوة التى تؤثر باستمرار فى اتجاه عمودي على حركة الجسم فتحول مساره المستقيم الى مسار دائرى = 500 N .	القوة الجاذبة المركزية المؤثرة على جسم = 500 N

أمثلة محلولة

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

$$F = ?$$

$$m = 0.6$$

$$r = 0.1$$

$$V = 3$$

$$F = m \frac{V^2}{r}$$

$$= \frac{0.6 \times 9}{0.1} = 54N$$

الحل

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

(٢) جسم كتلته 10 kg يتحرك حول محيط دائرة نصف قطرها 2 m بسرعة خطية ثابتة مقدارها 4 m/s اوجد العجلة الخطية والعجلة المركزية والقوة الجاذبة المركزية وزمن دورة واحدة .

العجلة الخطية = صفر

$$m = 10$$

$$r = 2$$

$$V = 4$$

$$a = ?$$

$$F = ?$$

$$T = ?$$

$$a = \frac{V^2}{r} = \frac{16}{2} = 8m/s$$

$$F = ma = 10 \times 8 = 80N$$

$$T = \frac{2\pi r}{V} = \frac{2 \times 22 \times 2}{7 \times 4} = 3.14s$$

الحل

(٣) ربطت سداة مطاطية كتلتها 13 g فى خيط ثم مرر الخيط خلال أنبوبة معدنية وربط الطرف الآخر بثقل كتلته (M) ثم أدير السداة فى مسار دائرى أفقى نصف قطره 0.93 m لتصنع 50 دورة فى زمن قدره 59 s ، احسب كتلة الثقل المعلق فى الطرف الآخر للخيط

الحل

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

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

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

$$M = \frac{F}{g} = \frac{0.34}{10} = 0.034kg$$

أهم التطبيقات الحياتية

(١) تصميم منحنيات الطرق :

	<p>يلزم حساب القوة الجاذبة المركزية عند تصميم منحنيات الطرق والسكك الحديدية لكى تتحرك السيارات والقطارات فى هذا المسار المنحنى دون أن تنزلق .</p>
	<p>إذا تحركت سيارة على منحنى وكان الطريق لزج فان قوى الاحتكاك تكون غير كافية لإدارة السيارة فى المسار المنحنى فتتنزلق السيارة ولا تستمر فى المسار المنحنى .</p> <p>يحدد مهندسو الطرق سرعة معينة للحركة عند المنحنيات لا ينبغي تجاوزها فكلما ازدادت سرعة السيارة V احتاجت لقوة جاذبة مركزية اكبر للحركة على المسار المنحنى ، حيث $F \propto v^2$.</p> <p>يمنع حركة سيارات النقل الثقيل على بعض المنحنيات الخطرة فكلما زادت كتلة السيارة احتاجت لقوة مركزية أكبر حيث $F \propto m$</p>
	<p>ينبغي السير بسرعة صغيرة على المنحنيات الخطرة لتجنب خطورتها فكلما قل نصف قطر المنحنى احتاجت السيارة لقوة مركزية اكبر لتدور فيه حيث $F \propto \frac{1}{r}$</p>

(٢) يستفاد من ظاهرة حركة الأجسام بعيداً عن المسار الدائري عندما تكون القوة الجاذبة المركزية غير كافية للحركة فى المسار الدائري فى

- ١- صنع غزل البنات .
 - ٢- لعبة البراميل الدوارة فى الملاهي .
 - ٣- تجفيف الملابس فى الغسالات الأوتوماتيكية
- حيث نجد أن جزيئات الماء الملتصقة بالملابس بقوة معينة وعند دوران المجفف بسرعة كبيرة تكون القوة غير كافية لإبقاء الجزيئات فى مدارها فتنتقل باتجاه مماس محيط دائرة الدوران وتنفصل عن الملابس .
- ملحوظة :** عند استعمال حجر المسن الكهربائي تنطلق شظايا المعدن المتوجهة باتجاهات مستقيمة وبسرعات مماسية .

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	من الضروري حساب القوة الجاذبة المركزية عند تصميم منحنيات الطرق والسكك الحديدية	لان القوة المركزية تتناسب طردياً مع مربع السرعة فعندما تقل السرعة تقل القوة الجاذبة المركزية المؤثرة على السيارة أو القطار فلا ينقلب إحدهما .
٢	خطورة التحرك بسرعات كبيرة فى منحنيات الطرق .	

أسئلة وتدريبات

س ١ : اكتب المصطلح العلمى لكل من :

- (١) حركة جسم فى مسار دائرى بسرعة خطية ثابتة المقدار ومتغيرة الاتجاه .
- (٢) قوة تؤثر فى اتجاه المركز دائماً وعمودية على متجه السرعة الخطية أثناء حركة جسم فى مسار دائرى .
- (٣) الزمن الذى يستغرقه الجسم المتحرك فى مسار دائرى لعمل دورة كاملة .
- (٤) قوة تؤثر باستمرار فى اتجاه عمودي على حركة الجسم فتحول مساره المستقيم الى مسار دائرى .
- (٥) العجلة التى يكتسبها الجسم فى الحركة الدائرية نتيجة لتغير اتجاه السرعة .
- (٦) مربع السرعة المماسية مقسوماً على نصف قطر الدوران .
- (٧) حاصل ضرب كتلة الجسم فى العجلة المركزية التى يتحرك بها .
- (٨) القوة المؤثرة عمودياً على حركة الجسم مسببة حركته فى مسار دائرى بسرعة ثابتة .
- (٩) كمية متجهة تعرف بأنها التغير فى اتجاه سرعة ثابتة المقدار بمرور الزمن .
- (١٠) العجلة التى يتحرك بها جسم فى مسار دائرى ويكون اتجاهها نحو المركز .
- (١١) عجلة تعمل على تغيير اتجاه السرعة فقط .

س ٢ : علل لما يأتى :

- (١) رغم أن الجسم الذى يتحرك حركة دائرية منتظمة يتأثر بعجلة إلا أن سرعته الخطية ثابتة القيمة .
- (٢) قد يتحرك جسم بسرعة ثابتة وتكون له عجلة .
- (٣) استمرار دوران الأرض حول الشمس .
- (٤) يجب أن يقلل السائق سرعته سيارته فى المنحنيات والدورانات .
- (٥) لكى يتحرك جسم فى مسار دائرى لابد وأن تؤثر عليه قوة عمودية على اتجاه حركته وفى اتجاه مركز الدائرة .
- (٦) عند زيادة السرعة المماسية للجسم للضعف زادت القوة الجاذبة المركزية له أربعة أمثال .

س ٣ : اختر الإجابة الصحيحة مما بين الإجابات المعطاة :

- (١) تنتج قوة الجذب المركزية المؤثرة على سيارة تسير فى منحنى عن
(قوة الجاذبية الأرضية — قوة الاحتكاك بين إطارات السيارة والطريق — قوة الفرملة — عزم القصور الذاتى المؤثر على قائد السيارة)
- (٢) إذا ازداد نصف قطر مدار جسيم يسير فى مسار دائرى الى أربعة أمثاله ، فإن القوة الجاذبة المركزية اللازمة لإبقاء سرعة الجسيم ثابتة
(تقل الى النصف — تبقى ثابتة — تزيد الى الضعف — تقل الى الربع)
- (٣) إذا تحرك جسم فى مسار دائرى فان سرعته تتغير (مقداراً فقط-اتجاهاً فقط-مقداراً واتجاهاً-لا توجد إجابة صحيحة)
- (٤) عندما تؤثر قوة على جسم متحرك فى نفس اتجاه الحركة فان مقدار السرعة
(يقل ولا يتغير اتجاهها — يزداد ولا يتغير اتجاهها — يقل ويتغير اتجاهها — يزداد ويتغير اتجاهها)
- (٥) تزداد العجلة المركزية لجسم كلما زادت
(الكتلة — السرعة الخطية — نصف قطر المسار)
- (٦) عندما تؤثر قوة على جسم متحرك فى عكس اتجاه الحركة فان مقدار السرعة
(يقل ولا يتغير اتجاهها — يزداد ولا يتغير اتجاهها — يقل ويتغير اتجاهها — يزداد ويتغير اتجاهها)
- (٧) عندما تؤثر قوة على جسم متحرك فى اتجاه عمودي على الحركة فان مقدار السرعة
(يقل ولا يتغير اتجاهها — يزداد ولا يتغير اتجاهها — يقل ويتغير اتجاهها — يزداد ويتغير اتجاهها)
- (٨) تعتبر قوة جاذبة مركزية عندما تكون عمودية على اتجاه الحركة
(قوة الشد- قوة التجاذب المادى- قوة الاحتكاك - جميع ما سبق)
- (٩) إذا زادت السرعة المماسية الى الضعف وزاد قطر المسار الى الضعف فان العجلة المركزية
(تقل الى النصف — تزداد الى الضعف — تزداد الى أربعة أمثال — تظل كما هى)
- (١٠) جسمان يتحركان على محيط دائرة واحدة بنفس السرعة حيث كتلة الأول ضعف كتلة الثانى ، فتكون العجلة التى يتحرك بها الأول العجلة التى يتحرك بها الثانى
(تساوى — ضعف — نصف — ربع)

- (١١) النسبة بين القوة الجاذبة المركزية لجسمين كتلتيهما واحدة يتحرك الجسم الأول بسرعة 5 m/s فى دائرة قطرها 4 m ويتحرك الجسم الثانى بسرعة 10 m/s فى دائرة قطرها 8 m هى . ($2 : 3 - 1 : 4 - 1 : 3 - 1 : 2$)
- (١٢) من العوامل التى تتوقف عليها القوة الجاذبة المركزية
- (درجة حرارة الجسم — نوع مادة الجسم — نصف قطر المدار — جميع ما سبق)
- (١٣) من التطبيقات الحياتية للقوة الجاذبة المركزية
- (تجفيف الملابس — صنع غزل البنات — لعبة البراميل الدوارة فى الملاهي — جميع ما سبق)
- (١٤) إذا تضاعف نصف قطر المسار الدائرى فان القوة الجاذبة المركزية المؤثرة على جسم يتحرك عليه بسرعة ثابتة (تزداد للضعف — تقل للنصف — تظل ثابتة)
- (١٥) العجلة المركزية لجسم يتحرك فى مسار دائرى تنتج بسبب
- (تغير اتجاه السرعة - تغير مقدار واتجاه السرعة - ليس مما سبق)
- (١٦) تتناسب القوة الجاذبة المركزية تناسباً عكسياً مع
- (كتلة الجسم — مربع سرعة الجسم — نصف قطر المسار الدائرى)
- (١٧) تتوقف القوة الجاذبة المركزية لجسم يتحرك فى مسار دائرى على كل مما يأتى ماعدا
- (كتلة الجسم — سرعة الجسم — نصف قطر المسار الدائرى — نوع مادة الجسم)

س٦ : متى يحدث الآتى ؟

- (١) يزداد مقدار سرعة جسم عند تأثير قوة عليه ولا يتغير اتجاهها .
- (٢) يقل مقدار سرعة جسم عند تأثير قوة عليه ولا يتغير اتجاهها .
- (٣) لا يتغير مقدار سرعة جسم عند تأثير قوة عليه ويتغير اتجاهها .
- (٤) يتحرك الجسم بسرعة ثابتة وتكون له عجلة .
- (٥) تكون عجلة الحركة الخطية لجسم متحرك تساوى صفر .
- (٦) يتحرك الجسم فى مسار دائرى .
- (٧) ينطلق الجسم مماساً للمسار الدائرى الذى كان يسلكه .
- (٨) تتعطف السيارة فى مسار دائرى أو منحنى دون أن تنزلق .
- (٩) تتساوى عددياً القوة الجاذبة المركزية المؤثرة على جسم والعجلة المركزية له .
- (١٠) تتحرك السيارة فى خط مستقيم ولا تتعطف فى المسار المنحنى رغم أن السائق يدير عجلة التحكم .

س٧ : أسئلة متنوعة

- (١) عند تدوير حجر مثبت فى نهاية خيط فى مسار دائرى ، ما اتجاه القوة المؤثرة عليه ؟ وما فائدتها ؟ وما اتجاه الحركة إذا انقطع الخيط ؟
- (٢) ما اتجاه القوة التى يؤثر بها حزام الأمان على سائق السيارة عندما تتعطف السيارة ؟
- (٣) هل يظل الماء فى الدلو عندما تقوم بتدويره فى مسار رأسى كما فى الشكل فسر إجابتك .
- (٤) قارن بين العجلة المركزية والعجلة الخطية (من حيث : القانون المستخدم)
- (٥) اذكر بعض تطبيقات القوة الجاذبة المركزية .
- (٦) استنتج قانون : ١ - العجلة المركزية ٢ - القوة الجاذبة المركزية .
- (٧) ما العوامل التى يتوقف عليها كل من
- القوة الجاذبة المركزية المؤثرة على جسم . - العجلة المركزية . - السرعة المماسية .



س٨ : ما النتائج المترتبة على ؟

- (١) انعدام القوة الجاذبة المركزية المؤثرة على حركة سيارة تتحرك فى مسار دائرى .
- (٢) غياب القوة العمودية على حركة جسم يتحرك فى مسار دائرى .
- (٣) زيادة نصف قطر المسار الدائرى الذى يتحرك فيه جسم للضعف (بالنسبة للعجلة المركزية) .
- (٤) عدم كفاية قوة احتكاك إطار السيارة بالطريق لإدارة السيارة فى المسار المنحنى .
- (٥) زيادة سرعة جسم يتحرك فى مسار دائرى الى الضعف (بالنسبة للعجلة المركزية) .

س ١٠ : ١- مسائل مختارة من الكتاب المدرسى

- (١) راكب دراجة يتحرك فى مسار دائرى بسرعة مماسية مقدارها 13.2 m/s اذا كان نصف قطر المسار 40 m والقوة التى تحافظ على الدراجة فى مسارها الدائرى تساوى 377 N فاحسب كتلة الدراجة والراكب معاً. $[86.55 \text{ kg}]$
- (٢) سيارة سباق كتلتها 905 kg تتحرك فى مسار دائرى طوله 3.25 km ، احسب السرعة المماسية للسيارة إذا كانت القوة اللازمة للحفاظ على الحركة الدائرية للسيارة تساوى 2140 N . $[34.98 \text{ m/s}]$
- (٣) ربط جسم كتلته 2 kg فى طرف خيط ليدور فى مسار دائرى أفقى نصف قطره 1.5 m بحيث يصنع 3 دورات فى الثانية ، احسب السرعة الخطية (المماسية) والعجلة المركزية وقوة شد الخيط للجسم . $[28.26 \text{ m/s}, 532.42 \text{ m/s}^2, 1064.84 \text{ N}]$
- (٤) جسم كتلته 100 g يتحرك فى محيط دائرة نصف قطرها 50 cm حركة دائرية منتظمة ، بحيث يستغرق زمن قدره 90 s لعمل دورة كاملة ، أحسب زمن الدورة والسرعة الخطية والعجلة المركزية . $[2 \text{ s}, 1.57 \text{ m/s}, 4.93 \text{ m/s}^2]$
- (٥) القوة الجاذبة المركزية فى لعبة أطفال على شكل طائرة مروحية عمودية كتلتها 100 g تتحرك فى مسار دائرى نصف قطره 1 m وتدور بمعدل 100 دورة خلال 20 s أحسب السرعة الخطية المماسية والعجلة المركزية والقوة الجاذبة المركزية . $[31.4 \text{ m/s}, 985.96 \text{ m/s}^2, 98.596 \text{ N}]$

س ١٠ : ٢- مسائل امتحانات

- (١) جسم كتلته 2 kg يتحرك حول محيط دائرة نصف قطرها 2 m بسرعة 12 m/s أحسب العجلة المركزية والقوة الجاذبة المركزية والعجلة الخطية . $[72 \text{ m/s}^2, 144 \text{ N}, 0]$
- (٢) قوة جاذبة مركزية مقدارها 1800 N تؤثر على جسم كتلته 10 kg لكى يحتفظ بحركته فى مسار دائرى نصف قطره 5 m احسب سرعة الجسم والعجلة المركزية . $[30 \text{ m/s}, 180 \text{ m/s}^2]$
- (٣) جسم وزنه 100 N يتحرك بسرعة 10 m/s فى مسار دائرى نصف قطره 10 m فإذا كانت عجلة الجاذبية الأرضية 10 m/s^2 ، اوجد العجلة المركزية والقوة الجاذبة المركزية والإزاحة خلال نصف دورة وزمن دورتين كاملتين. $[10 \text{ m/s}^2, 100 \text{ N}, 20 \text{ m}, 12.56 \text{ s}]$
- (٤) ربطت نرمين كرة كتلتها 0.2 kg فى احد طرفي حبل طوله 1 m ثم إدارته من الطرف الآخر بسرعة خطية 8 m/s فإذا كان الحبل يتحمل قوة شد قدرها 15 N فهل ينقطع الحبل ؟ ولماذا ؟ [لا ينقطع]
- (٥) جسم كتلته (m) يتحرك فى مسار دائرى مصف قطره 2 m ، الجدول التالى يوضح العلاقة بين سرعة الجسم والقوة الجاذبة المركزية المؤثرة عليه : (أ) أرسم العلاقة بين (F) على المحور الرأسى ، (V^2) على المحور الأفقى . (ب) من الرسم أوجد ١ - سرعة الجسم عندما تؤثر عليه قوة جاذبة مركزية مقدارها 90 N . ٢ - كتلة الجسم .
- | | | | | | |
|-----------|---|----|----|----|-----|
| F (N) | 6 | 24 | 54 | 96 | 150 |
| v (m/s) | 2 | 4 | 6 | 9 | 10 |

س ١٠ : ٣- مسائل عامة للتدريب

- (١) جسم كتلته 8 kg يسير فى مسار دائرى نصف قطره 4 m تحت تأثير قوة 4 N اوجد العجلة المركزية وسرعته .
- (٢) إذا كانت العجلة المركزية لجسم 10 m/s^2 أحسب العجلة المركزية لنفس الجسم عند زيادة السرعة للضعف ونقص نصف قطر مساره الى النصف . $[80 \text{ m/s}^2]$

(٣) سيارة كتلتها طن تتحرك بسرعة ثابتة 5 m/s تدور حول منحنى نصف قطره 50 m أحسب قوة الاحتكاك المركزية التى تحافظ على حركة السيارة حول المنحنى .
[500 N]

(٤) إحدى العربات بمدينة الملاهي كتلتها 200 kg تتحرك فى مسار دائرى بسرعة 10 m/s فإذا كانت القوة الجاذبة المركزية المؤثرة عليها 2000 N ، أوجد نصف قطر المسار الذى تتحرك فيه العربة والعجلة المركزية .
[10 m , 10 m/s^2]

(٥) جسم كتلته 50 kg يتحرك على طريق دائرى نصف قطره 8 m بسرعة خطية ثابتة 20 m/s احسب العجلة المركزية والقوة الجاذبة المركزية .

(٦) جسم كتلته 5 kg يتحرك حول دائرة نصف قطرها 20 m بسرعة خطية 10 m/s احسب العجلة المركزية والقوة الجاذبة المركزية .

(٧) جسم كتلته 8 kg يسير فى مسار دائرى نصف قطره 4 m تحت تأثير قوة 4 N اوجد العجلة المركزية وسرعته .

(٨) جسم كتلته $0,5 \text{ kg}$ يتحرك حول محيط دائرة نصف قطرها 2 m بسرعة منتظمة 10 m/s اوجد العجلة المركزية والقوة الجاذبة المركزية .

(٩) جسم كتلته 2 kg يتحرك حول محيط دائرة نصف قطرها 8 m بعجلة مركزية مقدارها 200 m/s^2 اوجد السرعة الخطية والقوة الجاذبة المركزية .

(١٠) اوجد القوة الجاذبة المركزية المؤثرة على سيارة كتلتها طن تتحرك فى منحنى قطره 5 m إذا كانت سرعتها 5 m/s^2 .

(١١) احسب نصف قطر منحنى تدور فيه سيارة كتلتها 500 kg بسرعة 5 m/s إذا كانت تتأثر بقوة جاذبة مركزية 500 N .

(١٢) أحسب العجلة المركزية والقوة الجاذبة المركزية المؤثرة على جسم وزنه 3.92 N يتحرك حول محيط دائرة قطرها 200 cm بسرعة 8 m/s علماً بأن $g = 9.8 \text{ m/s}^2$.

(١٣) سيارة وزنها 9800 N تدور فى منحنى دائرى قطره 100 m وسرعتها 5 m/s فإذا علمت أن $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ فاوجد العجلة المركزية والقوة المركزية المؤثرة على السيارة .

(١٤) إذا كانت القوة المركزية التى تحافظ على سيارة تتحرك فى طريق دائرى نصف قطره 500 m $= 8\%$ من وزن السيارة أحسب أقصى سرعة تستطيع التحرك بها على الطريق علماً بأن $g = 9.8 \text{ m/s}^2$.

(١٥) جسم كتلته 50 kg يتحرك على محيط دائرة نصف قطرها 49 m بعجلة مركزية 4 m/s^2 أحسب سرعة الجسم والقوة الجاذبة المركزية ، وعندما يصنع الجسم دورة كاملة أحسب المسافة الكلية والإزاحة الكلية .

(١٦) شخص كتلته 85 kg يركب دراجة ويتحرك بها فى طريق منحنى قطره 100 m بسرعة 2 m/s فتأثر بقوة جذب مركزى 8 N احسب كتلة الدراجة .

(١٧) جسم يتحرك فى مسار دائرى قطره 4 m ، بسرعة خطية 10 m/s ، أوجد الإزاحة خلال دورة كاملة والزمن اللازم لعمل دورة كاملة .
[0 , 1.26 s]

(١٨) يتحرك جسم كتلته 0.2 kg على محيط دائرة بحيث يكمل 0.75 دورة بعد 0.3 s وتكون إزاحته 6 m احسب نصف قطر الدائرة التى يدور فيها . وسرعة الجسم المماسية .
[4.24 m , 66.57 m/s]

الفصل الثانى

الجاذبية الكونية والحركة الدائرية

مقدمة

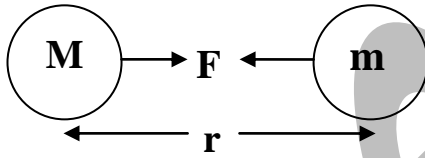


- لعبت الصدفة دوراً هاماً فى اكتشاف نيوتن لقانون الجذب العام وذلك عندما لاحظ سقوط تفاحة من شجرة نحو الأرض .
- توصل نيوتن الى بعض الافتراضات الأساسية والتي من خلالها تمكن من صيغة قانون الجذب العام ومنها أن :
- (١) التفاحة التي تسقط على الأرض بسبب قوة جذب الأرض لها ، تجذب الأرض بدورها
- (٢) القمر لا يتحرك فى خط مستقيم بينما يدور حول الأرض فى مسار دائرى بسبب وجود قوة جاذبة مركزية بينهما .
- (٣) قوة الجذب المتبادلة بين الأجسام تتوف على (كتل الأجسام المتجاذبة - المسافة الفاصلة بين مركزيهما) .
- ومن خلال تلك الافتراضات توصل نيوتن الى نص قانون الجذب العام :

قانون الجذب العام لنيوتن :

كل جسم مادي فى الكون يجذب أى جسم آخر بقوة تتناسب طردياً مع حاصل ضرب كتلتيهما وعكسياً مع مربع البعد بين مركزيهما.

الصيغة العامة لقانون الجذب العام



- قوة التجاذب بين جسمين كتلتيهما m و M والمسافة بين مركزيهما r تتناسب
- (١) **طردياً** : مع حاصل ضرب الكتلتين ($F \propto M, m$) .
- (٢) **عكسياً** : مع مربع المسافة بين مركزيهما ($F \propto \frac{1}{r^2}$) .

$$F = G \frac{Mm}{r^2}$$

إذا

من (١) و (٢) نستنتج أن : $F \propto \frac{Mm}{r^2}$

حيث G ثابت التناسب وهو ثابت كوني يعرف بـ (ثابت الجذب العام) .

ثابت الجذب العام

- **تعريفه** : هو قوة الجذب المتبادلة بين جسمين كتلة كل منهما 1 kg والمسافة بين مركزيهما 1 m .
- **قيمه ووحده قياسه** : $G = (6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2) = (6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3.\text{kg}^{-1}.\text{s}^{-2})$
- **معادلة أبعاده** : $M^{-1} L^3 T^{-2}$

ما معنى قولنا أن : ثابت الجذب العام لنيوتن = $6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$

س

معنى ذلك أن مقدار قوة الجذب المتبادلة بين جسمين كتلة كل منهما 1 kg والمسافة بين مركزيهما 1 m تساوى $6.67 \times 10^{-11} \text{ N}$.

ملحوظة هامة

- ١- قيمة ثابت الجذب العام صغيرة جداً ، لذلك لا تكون قوة الجاذبية بين الأجسام مؤثرة وكبيرة الا عندما تكون الكتل كبيرة أو تكون المسافات الفاصلة بين الأجسام صغيرة ، أو كلاهما معاً .
- ٢- نجح عالم الفلك البيروني (أبو الريحان محمد) فى قياس محيط الكرة الأرضية . كذلك ساعد بعض العلماء مثل على بن عيسى الأسطربلابى وعلى البحترى فى تطوير علم الفلك والاستفادة منه

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	لا تظهر قوة التجاذب المادى بين شخصين متجاورين	لصغر كتلتيهما .
٢	تظهر قوة التجاذب المادى بوضوح بين الأجرام السماوية	لكبر كتلتيهما .
٣	تزداد قوة التجاذب بين كتلتين كلما اقتربا من بعضهما .	لان قوة التجاذب المادى تتناسب عكسياً مع مربع المسافة بين الكتل المتجاذبة .
٤	تزداد قوة التجاذب بين كتلتين الى أربعة أمثالها إذا قلت المسافة بينهما للنصف .	لان قوة التجاذب المادى تتناسب عكسياً مع مربع المسافة بين الكتلتين .

مثال : كرتان صغيرتان كتلة كل منهما (7.3 kg) موضوعتان على مسافة بين مركزيهما تساوى (0.5 m) احسب قوة الجاذبية المتبادلة بينهما واكتب التعليق المناسب .
من قانون الجذب العام فان قوة الجذب تساوى :

الحل

$$F = G \frac{Mm}{r^2} = \frac{(6.67 \times 10^{-11})(7.3)^2}{(0.5)^2} = 1.4 \times 10^{-8} N$$

فى هذا المثال نلاحظ أن قوة الجذب المتبادلة بين الكرتين صغيرة جداً وتعادل وزن حبة رمل من رمال الشاطئ وبذلك لا نشعر بها .

مجال الجاذبية

- تعريفه : هو الحيز الذى تظهر فيه قوى الجاذبية .
- ينص قانون الجذب العام على أن قوى الجاذبية بين جسمين تتناسب عكسياً مع مربع البعد بين مركزي الجسمين ، وبالتالي فإن قوى الجاذبية تتناقص كلما زاد البعد بين الجسمين حتى يصل البعد بين مركزيهما الى مسافة يتلاشى عندها قوى التجاذب بينهما ، وخلال هذه المسافة يوجد حيز تظهر فيه قوى الجاذبية ويطلق على هذا الحيز مجال الجاذبية .

شدة مجال الجاذبية الأرضية (g)

- هى قوة جذب الأرض لكتلة تساوى 1kg و تساوى عددياً عجلة الجاذبية الأرضية ويرمز لها بالرمز g .

- يمكن تعيين شدة مجال الجاذبية الأرضية عند نقطة من العلاقة $g = \frac{GM}{r^2}$

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

R نصف قطر الكرة الأرضية = 6378 km

h البعد عن سطح الأرض

$g = \frac{GM}{(r + h)^2}$	- إذا كان الجسم على ارتفاع h فوق سطح الأرض :
$g = \frac{GM}{(r - h)^2}$	- إذا كان الجسم على عمق h تحت سطح الأرض :
$\frac{g_1}{g_2} = \frac{M_1 R_2^2}{M_2 R_1^2}$	- للمقارنة بين عجلتي الجاذبية لكوكبين :

- تتوقف عجلة الجاذبية الأرضية على الارتفاع عن سطح الأرض حيث تتناسب عجلة الجاذبية الأرضية عكسياً مع ارتفاع الجسم عن الأرض حيث M , G ثوابت .

أمثلة محلولة

(١) منجم على عمق 500 m من سطح الأرض ، احسب عجلة الجاذبية عند قاع المنجم إذا علمت أن $M = 5.98 \times 10^{24} \text{ kg}$ ، $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$ ، $R = 6360 \text{ km}$

$$g = \frac{GM}{(r-h)^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 5.98 \times 10^{24}}{(6360 \times 10^3 - 500)^2} = 9.86 \text{ m/s}^2$$

الحل

(٢) كوكب كتلته ضعف كتلة الأرض وقطره ضعف قطر الأرض ، احسب النسبة بين عجلة الجاذبية على سطح هذا الكوكب الى عجلة الجاذبية الأرضية .

$$M_1 = 2M_e$$

$$R_1 = 2R_e$$

$$\frac{g_1}{g_2} = \frac{M_1 R_2^2}{M_2 R_1^2} = \frac{2M_e R_e^2}{M_e \times 4R_e^2} = \frac{1}{2}$$

الحل

فكرة الأقمار الصناعية

- فى 4 من أكتوبر 1957 م على تم إرسال قمر صناعي (سبوتنيك) الى الفضاء كأول تابع فضائي للأرض .
- يعتبر (إسحاق نيوتن) أول من شرح الأساس العلمى لإطلاق الأقمار الصناعية ، حيث تصور أنه عند إطلاق قذيفة مدفع :

(١) فى مستوى أفقى من قمة جبل :

فإنها ستسقط سقوطاً حراً عند نقطة أبعد وتتخذ مساراً منحنياً ناحية الأرض .

(٢) إذا زادت سرعة القذف :

فإنها ستصل الأرض عند نقطة أبعد وتتبع مساراً أقل انحناء .

(٣) عند تساوى انحناء مسار القذيفة مع انحناء سطح الأرض :

فإنها ستدور فى مسار ثابت وتصبح تابعاً للأرض وتشبه فى دورانها حول الأرض دوران القمر الطبيعى حولها ، لذلك يطلق عليها اسم القمر الصناعى .

القمر الصناعى

هو جسم يطلق بسرعة معينة تجعله يدور فى مسار منحنى شبه دائرى بحيث يظل بعده عن سطح الأرض ثابتاً

السرعة المدارية للقمر الصناعى

هى السرعة التى تجعل القمر الصناعى يدور فى مسار منحنى شبه دائرى بحيث يظل بعده عن سطح الأرض ثابتاً.

ما معنى قولنا أن السرعة المدارية لقمر صناعى = 7000 m/s

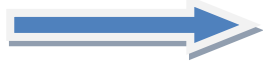
معنى ذلك أن السرعة اللازم إكسابها للقمر الصناعى حتى يدور فى مداره حول الارض = 7000 m/s

استنتاج السرعة المدارية للقمر الصناعى

بفرض أن هناك قمراً صناعياً كتلته (m) يتحرك بسرعة ثابتة (v) فى مدار دائرى نصف قطره (r) حول الأرض التى كتلتها (M) فإن قوة التجاذب بين القمر والأرض تكون عمودية على حركة القمر وتعمل على حركته فى مداره الدائرى. أى أن: قوة التجاذب بين القمر والأرض هى نفسها القوة الجاذبة المركزية .

$$F = m \frac{V^2}{r} = G \frac{Mm}{r^2}$$

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



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

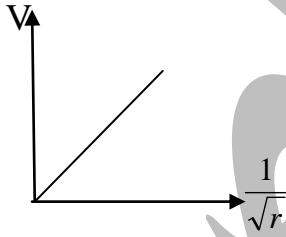
$$h = r - R$$

وإذا كان الارتفاع الذى أطلق منه القمر الصناعى للفضاء هو (h) فإن $r = R + h$ أى أن

العوامل التى يتوقف عليها السرعة المدارية للقمر الصناعى

② نصف قطر الدوران

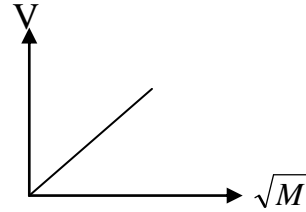
تتناسب السرعة المدارية للقمر الصناعى عكسياً مع الجذر التربيعى لنصف قطر المدار على نفس الكوكب



$$\text{Slope} = \frac{V}{\frac{1}{\sqrt{r}}} = V\sqrt{r} = \sqrt{GM}$$

① كتلة الكوكب الذى يدور فيه

تتناسب السرعة المدارية للقمر الصناعى طردياً مع الجذر التربيعى لكتلة الكوكب الذى يدور حوله عند ثبوت نصف قطر المدار



$$\text{Slope} = \frac{V}{\sqrt{M}} = \sqrt{\frac{G}{r}}$$

ملحوظة هامة

- لا تتوقف سرعة القمر الصناعى فى مداره على كتلته .
- كلما زادت كتلة القمر الصناعى المراد إرساله للفضاء احتجنا الى صاروخ أكثر قدره ليقذفه بعيداً فى الفضاء ليكتسب السرعة اللازمة لدورانه حول الأرض .

زمن الدورة الكاملة للقمر الصناعى

هو الزمن الذى يستغرقه القمر الصناعى للإتمام دورة كاملة حول الأرض .

$$\text{زمن الدورة (T)} = \frac{\text{طول المحيط (طول المسار الدائرى)}}{\text{السرعة}} = \frac{2\pi r}{V}$$

أنواع الأقمار الصناعية

① **أقمار الاتصالات** تسمح بالنقل التلفزيوني والإذاعي والهاتفي من وإلى أى مكان على سطح الأرض ، و تحديد الموقع باستخدام برنامج GPS ، ورؤية الأماكن من الفضاء باستخدام برنامج جوجل إيرث

② **الأقمار الفلكية** عبارة عن تلسكوبات هائلة الحجم تسبح فى الفضاء تستطيع تصوير الفضاء بدقة

③ **أقمار الاستشعار عن بعد** تستخدم فى دراسة ومراقبة الطيور المهاجرة ، و تحديد المصادر المعدنية وتوزيعها ، و مراقبة المحاصيل الزراعية لحمايتها من مخاطر الطقس ، ودراسة شكل الأعاصير

④ **أقمار الاستطلاع والتجسس** أقمار صناعية مهمتها توفير المعلومات التى تحتاجها القيادات السياسية والعسكرية لاتخاذ القرار وإدارة الحرب

م	ماذا يحدث عند	الإجابة
١	توقف القمر الصناعى وأصبحت سرعته صفراً	يتحرك فى خط مستقيم نحو الأرض ويسقط على سطحها .
٢	انعدمت قوة الجاذبية بين الأرض والقمر الصناعى	يتحرك القمر الصناعى فى خط مستقيم باتجاه المماس للمسار الدائرى مبتعداً عن الأرض

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	يستمر دوران القمر الصناعى حول الأرض رغم تأثره بالجاذبية الأرضية / لا يسقط القمر الصناعى حول الأرض / السرعة المدارية تحفظ القمر الصناعى على نفس الارتفاع	لان القوة الجاذبية المركزية المؤثرة عليه تجعله يتحرك فى مسار دائرى ولا تغير من قيمة السرعة فيستمر فى دورانه حول الأرض على نفس الارتفاع .
٢	نتوقف السرعة المدارية للقمر الصناعى على نصف قطر مداره فقط .	لان السرعة المدارية تتعين من العلاقة $V = \sqrt{G \frac{M}{r}}$ وحيث أن G , M كميات ثابتة فإن السرعة المدارية للقمر الصناعى تتوقف على الجذر التربيعى لنصف قطر المدار فقط
٣	تساوى السرعة المدارية لقمرين صناعيين مختلفين فى الكتلة .	لان السرعة المدارية للقمر الصناعى لا تعتمد على كتلته بل تعتمد على كتلة الكوكب الذى يدور حوله والبعد عن مركزه .
٤	لا يحدث تصادم للأقمار الصناعية فى الفضاء الخارجى	لان لكل قمر مدار خاص به يدور فيه حول الأرض وتكون هذه الأقمار على ارتفاع ثابت بالنسبة للأرض .

أمثلة محلولة

(١) يدور القمر حول الأرض فى مسار دائرى نصف قطره $3.85 \times 10^5 \text{ km}$ ويكمل دورة كاملة خلال 27.3 يوم احسب كتلة الأرض ($G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2 / \text{kg}^2$) .

الحل

$$T = 27.3 \times 24 \times 60 \times 60 = 2.36 \times 10^6 \text{ s}$$

$$V = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2 \times 3.14 \times 3.85 \times 10^5 \times 10^3}{2.36 \times 10^6} = 1025 \text{ m/s}$$

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

(٢) قمر صناعي يدور حول الأرض فى مدار شبه دائرى على ارتفاع 940 km من سطح الأرض احسب السرعة المدارية والزمن اللازم لكى يصنع دورة كاملة حول الأرض علماً بأن : $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2 / \text{kg}^2$ ،

$$R = 6360 \text{ km} , M = 6 \times 10^{24} \text{ kg}$$

$$r = R + h = 6360 + 940 = 7300 \text{ km} = 7300000 \text{ m}$$

الحل

$$V = \sqrt{G \frac{M}{r}} = \sqrt{\frac{6.67 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}{7.3 \times 10^6}} = 7.4 \times 10^3 \text{ m/s}$$

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

(٣) قمر صناعي يتم دورته حول الأرض فى 94.4 min وطول مساره 43120 km احسب السرعة المدارية وارتفاع القمر عن سطح الأرض علماً بأن $R = 6360 \text{ km}$

الحل

$$V = \frac{2\pi r}{T} = \frac{43120 \times 10^3}{94.4 \times 60} = 7613 \text{ m/s}$$

$$2\pi r = 43120 \times 10^3$$

$$r = \frac{43120 \times 10^3}{2 \times 3.14} = 6.68 \times 10^6 \text{ m} = 6860 \text{ km}$$

$$r = R + h$$

$$h = r - R = 6860 - 6360 = 500 \text{ km}$$

أسئلة وتدريبات

س ١ : اكتب المصطلح العلمى لكل من :

- (١) كل جسم مادي فى الكون يجذب أى جسم آخر بقوة تتناسب طردياً مع حاصل ضرب كتلتيهما وعكسياً مع مربع البعد بين مركزيهما .
- (٢) قوة الجذب بين جسمين كتلة كل منهما 1 kg والمسافة بين مركزيهما 1 m .
- (٣) الحيز الذى تظهر فيه قوى الجاذبية .
- (٤) قوة جذب الأرض لكتلة 1 kg .
- (٥) السرعة التى تجعل القمر الصناعى يدور فى مسار منحنى شبه دائرى بحيث يظل بعده عن سطح الأرض ثابتاً .
- (٦) تلسكوبات هائلة الحجم تسبح فى الفضاء وتستطيع تصوير الفضاء بدقة .
- (٧) الزمن الذى يستغرقه القمر الصناعى لإتمام دورة كاملة حول الأرض .
- (٨) أقمار تسمح بالنقل التلفزيوني والإذاعي والهاتفي من وإلى أى مكان على سطح الأرض .
- (٩) أقمار تستخدم فى دراسة ومراقبة الطيور المهاجرة وتشكل الأعاصير .
- (١٠) أقمار صناعية مهمتها توفير المعلومات التى تحتاجها القيادات السياسية والعسكرية لاتخاذ القرار وإدارة الحرب .

س ٢ : ما المقصود بكل من :

- ١- قانون الجذب العام .
- ٢- مجال الجاذبية .
- ٣- ثابت الجذب العام .
- ٤- شدة مجال الجاذبية .
- ٥- القمر الصناعى .
- ٦- الأقمار الفلكية .
- ٧- السرعة المدارية .
- ٨- أقمار الاتصالات .

س ٣ : علل لما يأتى :

- (١) تظهر قوة التجاذب المادى واضحة بين الأجرام السماوية .
- (٢) لا تظهر قوة التجاذب المادى بوضوح بين شخصين يقفان على بعد عدة أمتار من بعضهما .
- (٣) تزداد قوة التجاذب بين كتلتين كلما اقتربنا من بعضهما .
- (٤) تزداد قوة التجاذب بين كتلتين إلى أربعة أمثال قيمتها إذا قلت المسافة بينهما إلى النصف .
- (٥) يستمر دوران القمر الصناعى حول الأرض رغم تأثيره بالجاذبية الأرضية .
- (٦) لا يسقط القمر الصناعى على الأرض .
- (٧) السرعة المدارية تحفظ القمر الصناعى على نفس الارتفاع .
- (٨) تتوقف السرعة المدارية للقمر الصناعى على نصف قطر مداره فقط .
- (٩) السرعة المدارية لقمر صناعي كتلته $6 \times 10^3 \text{ kg}$ لا تساوى السرعة المدارية لقمر آخر كتلته 3×10^3 .
- (١٠) للأقمار الصناعية دور كبير فى تغيير شكل الحياة على سطح الأرض .
- (١١) أهمية الأقمار الصناعية .

س ٤ : اكتب العلاقة الرياضية التى تعبر عن :

- ١- قانون الجذب العام .
- ٢- شدة مجال الجاذبية الأرضية .
- ٣- السرعة المدارية لقمر صناعي يدور حول كوكب ما .
- ٤- الزمن الدورة لقمر صناعي .

س ٥ : أختار الإجابة الصحيحة مما بين الإجابات المعطاة :

- (١) إذا كانت المسافة بين مركزي كرتين متماثلتين 1 m ، وكانت قوة التجاذب بينهما تساوى 1 N فان كتلة كل منهما تساوى
 $(0.1\text{ kg} - 1\text{ kg} - 2 \times 10^5\text{ kg} - 1.22 \times 10^5\text{ kg})$
- (٢) قمران صناعيان A , B يدوران حول الأرض ولهما زمن دورى واحد فإذا كان نصف قطر مدار A يساوى أربعة أمثال نصف قطر مدار B فان النسبة بين سرعة A الى سرعة B تساوى
 $(1 : 4 - 1 : 2 - 4 : 1 - 2 : 1)$
- (٣) السرعة اللازمة ليدور القمر الصناع حول الكوكب تعتمد على
 (كتلته فقط - كتلة الكوكب فقط - كتلة الكوكب والبعد بينهما - مقدار ثابت)
- (٤) السرعة اللازمة لدوران الأرض حول الشمس تعتمد على
 (كتلته فقط - كتلة الكوكب فقط - كتلة الكوكب والبعد بينهما - مقدار ثابت)
- (٥) إذا تضاعفت المسافة بين مركزي جسمين وبقيت كتلتيهما ثابتتين فان قوة التجاذب بينهما
 (تتضاعف - تصبح نصف قيمتها - تصبح ربع قيمتها - تصبح أربعة أضعاف قيمتها)
- (٦) عجلة الجاذبية الأرضية
 (ثابت كوني - متغيرة حسب ارتفاع عن سطح الأرض - تختلف باختلاف فصول السنة - متغيرة حسب بعد الأرض عن الشمس)
- (٧) النسبة بين ثابت الجذب العام على سطح الأرض الى ثابت الجذب العام على سطح القمر الواحد الصحيح
 (أقل من - أكبر من - تساوى)
- (٨) سرعة قمر صناعى يدور حول الأرض تتوقف على ما يأتى ماعدا
 (كتلة الأرض - كتلة القمر - ارتفاع القمر عن سطح الأرض - عجلة الجاذبية الأرضية)
- (٩) إذا قلت المسافة بين كتلتين ماديتين الى النصف فان قوة التجاذب لمادى بينهما
 (تزداد للضعف - تزداد الى أربعة أمثالها - تقل الى النصف - تظل ثابتة)
- (١٠) قوة التجاذب المادى بين جسمين ماديين فى الكون تتناسب طردياً مع
 (مربع سرعتيهما - حاصل ضرب كتلتيهما - مربع المسافة بينهما - البعد بين مركزيهما)
- (١١) وحدة قياس ثابت الجذب العام
 $(\text{N.m}^2 - \text{N/m}^2 - \text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2 - \text{N.m}^2 \cdot \text{kg}^2)$
- (١٢) تظهر قوة التجاذب بين القمر والأرض بسبب
 (صغر كتلة كل منهما - كبر كتلة كل منهما - لا توجد إجابة صحيحة)
- (١٣) تتوقف السرعة المدارية لقمر صناعى على (كتلته فقط - نصف قطر مساره فقط - لا توجد أجابه صحيحة)
- (١٤) جسمان فى الفراغ كتلتيهما m_1, m_2 والمسافة بينهما (r) فإذا زادت كتلة الأول للضعف وزادت المسافة بينهما للضعف فان قوة الجذب المتبادلة بينهما
 (لا تتغير - تزداد للضعف - تقل للنصف - تصبح أربعة أمثالها - تقل الى ربع قيمتها)
- (١٥) قمر صناعى يدور حول الأرض فى مدار شبه دائرى انفصلت منه نص كتلته فان السرعة المدارية له
 (تقل للنصف - تقل للربع - تظل ثابتة)
- (١٦) إذا كانت قوة بين جسمين هي G فإذا زادت كتلة كل منها الى أربعة أمثال وقلت المسافة بينهما الى النصف فان قوة الجذب تصبح
 $(128\text{ G} - 64\text{ G} - 32\text{ G} - 16\text{ G})$
- (١٧) إذا زادت المسافة بين كتلتين للضعف فان قوة الجذب المادى بينهما
 (تزداد للضعف - تقل للربع - تقل للنصف - تزداد لأربع أمثالها)
- (١٨) تزداد قوة الجذب بين جسمين بزيادة
 (المسافة بينهما - كتلة كل منهما - الاثنين معاً)
- (١٩) عند ثبوت كتلتى جسمين ونقص المسافة بينهما للثالث فان قوة التجاذب بينهما
 (تزداد لثلاث أمثال - تقل للثالث - تظل ثابتة - تزداد لتسعة أمثال)
- (٢٠) تتناسب قوة التجاذب المادى بين جسمين عكسياً مع
 (كتلة احد الجسمين - حاصل ضرب كتلة الجسمين - مربع المسافة بينهما)

س ٦ : ما العوامل التى يتوقف عليها كل مما يأتى مع ذكر القانون وعلاقة التناسب :

- ١ - قوة التجاذب المادى بين جسمين .
- ٢ - سرعة قمر صناعى أثناء حركته حول كوكب .

س ٧ : ما معنى قولنا أن :

- ١- ثابت الجذب العام $6.67 \times 10^{-11} N.m^2 / kg^2$
- ٢- السرعة المدارية للقمر الصناعى 660000 m/s
- ٣- شدة مجال جاذبية الأرض 70 N/kg
- ٤- زيادة المسافة بين جسمين الى الضعف (بالنسبة لقوى التجاذب المادى)
- ٥- نقص كتلة احد الجسمين الى النصف وزيادة المسافة بينهما للضعف (بالنسبة لقوى التجاذب المادى)
- ٦- زيادة نصف قطر مدار القمر الصناعى الى الضعف (بالنسبة لشدة المجال)
- ٧- نقص الارتفاع عن سطح الكوكب (بالنسبة للسرعة المدارية للقمر الصناعى)
- ٨- توقف القمر الصناعى وأصبحت سرعته = صفر .
- ٩- انعدام قوة الجاذبية بين الأرض والقمر الصناعى .

س ٨ : ماذا يحدث فى الحالات الآتية :

- (١) توقف القمر الصناعى وأصبحت سرعته = صفر .
- (٢) انعدام الجاذبية بين الأرض والقمر الصناعى .
- (٣) زيادة المسافة بين جسمين الى الضعف (بالنسبة لقوى التجاذب المادى)
- (٤) نقص كتلة أحد الجسمين الى النصف وزيادة المسافة بينهما للضعف (بالنسبة لقوى التجاذب المادى)
- (٥) زيادة نصف قطر مدار القمر الصناعى الى الضعف (بالنسبة لشدة مجال الجاذبية)
- (٦) نقص الارتفاع عن سطح الكوكب (بالنسبة للسرعة المدارية للقمر الصناعى)

س ٩ : أسئلة متنوعة :

- ١- اذكر الأساس العلمى لإطلاق القمر الصناعى فى الفضاء .
- ٢- أى نقطة من سطح الأرض يكون لها اكبر سرعة خطية بالنسبة لمحور دوران الأرض ؟
هل النقطة عند خط الاستواء أو تلك التى تقع عند مدارى الجدى والسرطان ؟
- ٣- استنتج السرعة المدارية للقمر الصناعى .
- ٤- متى يتساوى عددياً قوة التجاذب المادى بين جسمين مع ثابت الجذب العام ؟

س ١٠ : ١- مسائل عامة للتدريب

- (١) كرتان كتلتاهما 7 kg , 5 kg والمسافة بين مركزيهما 0.3 m أحسب قوة الجذب بين الكرتين إذا علمت أن ثابت الجذب العام $6.67 \times 10^{-11} N.m^2 / kg^2$
- (٢) كرتان متساويتان فى الكتلة المسافة بين مركزيهما 0.2 m وكانت قوة الجذب المادى بينهما 1600 G حيث (G) هى ثابت الجذب العام ، فأوجد كتلة كل من الكرتين .
- (٣) قمر صناعى يدور حول الأرض فى مدار دائرى تقريباً على ارتفاع 310 km من سطح الأرض ما مقدار سرعته ؟ إذا كانت كتلة الأرض $6 \times 10^{24} \text{ kg}$ وثابت الجذب العام $6.67 \times 10^{-11} N.m^2 / kg^2$ ونصف قطر الأرض 6360 km
- (٤) كوكب كتلته أربعة أمثال كتلة الأرض وقطره ضعف قطر الأرض ، احسب وزن جسم عل سطحه إذا كان وزن الجسم على سطح الأرض 150 N [150 N]
- (٥) قمر صناعى طول مساره الدائرى 48384 km وزمنه الدورى 96 دقيقة يدور حول الأرض علماً بأن نصف قطر الأرض 6400 km وعجلة السقوط الحر 9.8 m/s^2 أحسب السرعة المدارية وارتفاع القمر عن سطح الأرض .

(٦) قمران صناعيان يدوران حول الأرض بسرعة واحدة فإذا كان نصف قطر الأرض r km وارتفاع الأول $0.2r$ km وارتفاع الثانى $0.4r$ km أحسب النسبة بين الزمنين الدوريين لهما .

(٧) أحسب النسبة بين عجلة الجاذبية على سطح القمر الى عجلة الجاذبية على سطح الأرض إذا علمت أن كتلة الأرض $5.976 \times 10^{24} \text{ kg}$ ونصف قطرها $6.4 \times 10^6 \text{ m}$ وكتلة القمر $7.35 \times 10^{22} \text{ kg}$ ونصف قطره $1.74 \times 10^6 \text{ m}$. [1:6]

(٨) كوكب له نفس كتلة الأرض ولكن نصف قطره ضعف نصف قطر الأرض فما وزن جسم على سطح هذا الكوكب إذا كان وزنه على سطح الأرض 100 N . [25 N]

(٩) أحسب كتلة الأرض إذا علمت أن عجلة الجاذبية الأرضية 9.8 m/s^2 وثابت الجذب العام $6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2 / \text{kg}^2$ ونصف قطر الأرض $6.36 \times 10^6 \text{ m}$. [$5.94 \times 10^{24} \text{ kg}$]

(١٠) أحسب قوة التجاذب المادى بين الشمس وكوكب المشتري علماً بأن ثابت الجذب العام $6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2 / \text{kg}^2$ ، وكتلة الشمس $1.989 \times 10^{30} \text{ kg}$ ، كتلة المشتري $1.898 \times 10^{27} \text{ kg}$ ، متوسط نصف قطر مدار المشتري حول الشمس $7.786 \times 10^{11} \text{ m}$. [$4.15 \times 10^{23} \text{ kg}$]

س ١٠ : ٢- مسائل الكتاب المدرسى :

(١) إذا كان كتلة كوكب عطارد $3.3 \times 10^6 \text{ kg}$ ونصف قطره $2.439 \times 10^6 \text{ m}$ فكم يكون وزن كتلة 65 kg على سطحه وكم يكون وزن نفس الحجم على سطح الكرة الأرضية ؟ (علماً بأن ثابت الجذب العام $6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2 / \text{kg}^2$ ، عجلة الجاذبية الأرضية 9.8 m/s^2) [240.5 N , 637 N]

(٢) قمر صناعى يدور فى مسار دائرى على ارتفاع 300 km من سطح الأرض ، اوجد سرعته فى مداره ، وزمن دورة القمر الصناعى حول الأرض (الزمن الدورى) وقيمة العجلة المركزية أثناء حركته . (علماً بأن نصف قطر الأرض 6378 km ، عجلة الجاذبية الأرضية عند سطح الأرض 9.8 m/s^2) [$8.09 \times 10^3 \text{ m/s}$, $5.19 \times 10^3 \text{ s}$, 9.8 m/s^2]

(٣) على أى ارتفاع من سطح الأرض يجب أن يدور قمر صناعى ، بحيث يكون زمن دورانه حول الأرض مساوياً لزمن دوران الأرض حول محورها بافتراض أن يوم الأرض 24 h . (علماً بأن $R = 6378 \text{ km}$, $M_e = 5.98 \times 10^{24} \text{ kg}$, $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2$) [35886.76 km]

س ١٠ : ٣- مسائل امتحانات :

(١) كرتان متساويتان فى الكتلة والمسافة بين مركزيهما 0.2 m وقوة الجذب بينهما $6.67 \times 10^{-9} \text{ N}$ أحسب كتلة كل من الكرتين علماً بأن $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2 / \text{kg}^2$.

(٢) كوكب كتلته 5 مرات كتلة الأرض وقطره 5 مرات قطر الأرض ، أحسب النسبة بين عجلة الجاذبية على سطح الأرض الى عجلة الجاذبية على سطح الكوكب . [5 : 1]

(٣) كوكب كتلته $5.9 \times 10^{27} \text{ kg}$ ، إذا كانت العلاقة بين كتلة كوكب (m) على سطح هذا الكوكب وقوة الجذب المتبادلة بينهما (F) كما فى الجدول التالى : (أ) ارسم العلاقة بين (F) على المحور الرأسى ، (m) على المحور الأفقى .

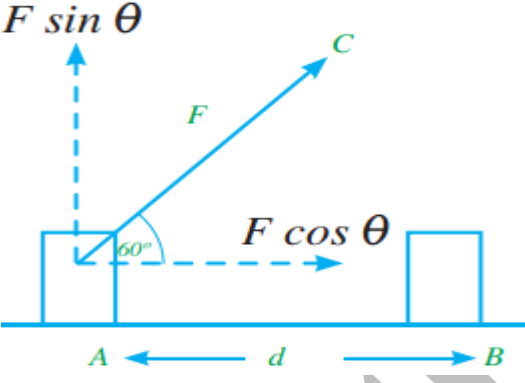
(ب) من الرسم أوجد : ١- قيمة A, B ٢- نصف قطر هذا الكوكب . (إذا علمت أن $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2 / \text{kg}^2$)

F (N)	40	80	120	160	A	240	280
m (kg)	5	10	15	20	25	30	B

[200N , 35kg , 7013.65 km]

الفصل الأول

الشغل والطاقة

لكى تبذل شغلاً ما على جسم فلا بد و أن يتحرك الجسم إزاحة ما كنتيجة لقوتك إذا لم يتحرك الجسم فإنك لم تبذل شغلاً مهما كان مقدار القوة التى بذلتها .	المعنى الفيزيائى للشغل
(١) هو حاصل ضرب القوة فى الإزاحة فى اتجاه خط عمل القوة . (٢) هو حاصل الضرب القياسى لمتجهي الإزاحة والقوة .	تعريف الشغل
 <p>(١) وجود قوة مؤثرة . (٢) حدوث إزاحة فى نفس اتجاه عمل القوة .</p>	شروط حدوث الشغل
<p>(١) الشخص الذى يدفع العربة للأمام يبذل شغلاً . (٢) الشخص الذى يرفع ثقل لأعلى يبذل شغلاً . (٣) عندما يحاول شخص دفع سيارة معطلة ولم يحركها فإنه لا يبذل شغلاً . (٤) الشخص الذى يدفع الحائط لا يبذل شغلاً . (٥) السيدة التى تحمل طفلها وتسير به مسافة أفقية لا تبذل شغلاً .</p>	أمثلة
الشغل = القوة × الإزاحة $W = F \times d$ وإذا كان اتجاه القوة يميل على اتجاه الإزاحة بزاوية (θ) فإن : $W = F d \cos \theta$	قانون الشغل
يقاس الشغل بوحدة الجول نسبة الى العالم جيمس جول ($\text{Joule} = \text{N.m} = \text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$) الجول : هو الشغل المبذول بواسطة قوة مقدارها نيوتن واحد لتحرك جسماً إزاحة مقدارها متر واحد فى اتجاه القوة .	وحدة قياس الشغل
ML^2T^{-2}	معادلة أبعاد الشغل

**الشغل كمية قياسية (غير متجهة)**

علل

لأنه حاصل ضرب لكميتين متجهتين وهما القوة والإزاحة.
فمثلاً : الشغل المبذول لدفع عربة للأمام مسافة 8 m هو نفسه الشغل المبذول لدفع العربة للخلف مسافة 8m ولا يهم فى اتجاه تسير العربة

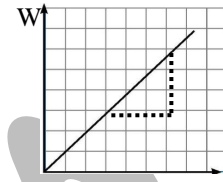
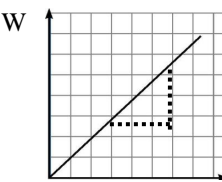
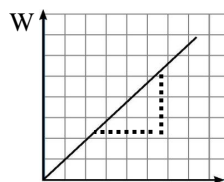
علماء أفادوا البشرية (جيمس جول ١٨١٨ - ١٨٨٩ م)

هو عالم انجليزي كان من أوائل من أدركوا أن الشغل يولد حرارة ، ففى إحدى تجاربه وجد أن درجة حرارة الماء فى أسفل الشلال أكبر منها فى أعلى الشلال مما يثبت أن بعضاً من طاقة المياه الساقطة تتحول الى حرارة .

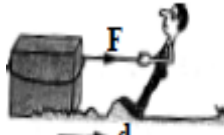




س : ما معنى قولنا أن : الشغل المبذول لتحريك جسم 25 J ؟

ج : أى انه إذا أثرت قوة مقدارها 25 N على الجسم فإنه يتحرك إزاحة مقدارها 1 m فى اتجاه القوة .

العوامل التى يتوقف عليها الشغل

(١) القوة المؤثرة :	(٢) الإزاحة :	(٣) الزاوية بين القوة والإزاحة
<p>يتناسب الشغل طردياً مع القوة عند ثبوت الإزاحة والزاوية بين القوة والإزاحة .</p>  $\text{slope} = \frac{W}{F} = d \cos \theta$	<p>يتناسب الشغل طردياً مع الإزاحة عند ثبوت القوة والزاوية بين القوة والإزاحة .</p>  $\text{slope} = \frac{W}{d} = F \cos \theta$	<p>يتناسب الشغل طردياً مع جيب تمام الزاوية بين القوة والإزاحة عند ثبوت القوة والإزاحة .</p>  $\text{slope} = \frac{W}{\cos \theta} = Fd$

تأثير زاوية الميل على قيمة الشغل المبذول

قيمة الزاوية	الشغل المبذول	القانون	أمثلة
$(\theta = 0)$	الشغل قيمة موجبة عندما يكون اتجاه القوة فى نفس اتجاه الإزاحة	$W = F d \cos \theta$ $= F d$	شخص يسحب جسم ويتحرك به مسافة . 
$(0 < \theta < 90^\circ)$	الشغل قيمة موجبة لان الشخص هو الذى يبذل الشغل	$W = F d \cos \theta$ $= + W$	شخص يسحب جسم كما بالشكل . 
$(\theta = 90^\circ)$	ينعدم الشغل المبذول عندما يكون اتجاه القوة عمودي على اتجاه الإزاحة .	$W = F d \cos 90$ $= 0$	شخص يحمل جسم ويسير به مسافة أفقية حيث يكون اتجاه الحركة الأفقية للشخص عمودي على اتجاه القوة المؤثرة على الدلو والتي تتزن مع قوة جذب الأرض له (وزنه) . 
$(180 < \theta < 90^\circ)$	الشغل قيمة سالبة لان الجسم هو الذى يبذل شغل على الشخص .	$W = F d \cos \theta$ $= - W$	شخص يحاول سحب جسم ، وهو يتحرك عكس اتجاه القوة . 
$(\theta = 180^\circ)$	الشغل قيمة عظيمة سالبة إذا كان اتجاه القوة فى عكس اتجاه الإزاحة .	$W = F d \cos \theta$ $= - F d$	الشغل المبذول من قوة فرامل السيارة ، والشغل المبذول من قوى الاحتكاك . 

أمثلة محلولة

(١) عربة حديقة كتلتها 20 kg تتحرك تحت تأثير قوة شد مقدارها 50 N ، تصنع زاوية مقدارها ٦٠° مع الأفقى فإذا تحركت العربة إزاحة مقدارها 4 m ، أحسب الشغل المبذول بواسطة القوة (مع إهمال قوة الاحتكاك) .

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

$$= 50 \times 4 \times \cos 60 = 100 J$$

الحل

(٢) أحسب الشغل الذى تبذله طفله تحمل دلواً كتلته 300 g وتتحرك به إزاحة مقدارها 10 m فى الاتجاه الأفقى ، ثم أحسب الشغل الذى يبذله طفل لرفع دلو له نفس الكتلة إزاحة مقدارها 10 cm فى الاتجاه الرأسى .

الشغل الذى تبذله الطفلة : بما أن القوة تكون عمودية على الإزاحة فان الشغل يساوى صفر .

الحل

$$F = mg = \frac{300}{1000} \times 10 = 3J$$

الشغل الذى يبذله الطفل :

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

بما أن القوة والإزاحة تكون فى نفس الاتجاه فان الزاوية (θ) تساوى صفر .

$$W = 3 \times \frac{10}{100} \times \cos 0 = 0.3J$$

(٣) قوة مقدارها 100 N أثرت على جسم ساكن فأصبحت سرعته بعد 5 s تساوى 20 m/s ، احسب الشغل الذى تبذله هذه القوة .

الحل

$$a = \frac{V_f - V_i}{t} = \frac{20 - 0}{5} = \frac{20}{5} = 4m/s^2$$

$$d = V_i t + \frac{1}{2} a t^2 = (0 \times 5) + \frac{1}{2} \times 4 \times 25 = 50m$$

$$W = Fd = 100 \times 50 = 5000J$$

(٤) عامل يحمل صندوقاً كتلته 40 kg تحرك مسافة أفقية 15 m ثم صعد سلماً طوله 20 m كما بالشكل فإذا كانت عجلة الجاذبية الأرضية 10 m/s² ، احسب الشغل المبذول .

عندما يتحرك العامل مسافة أفقية ($\theta = 90$)

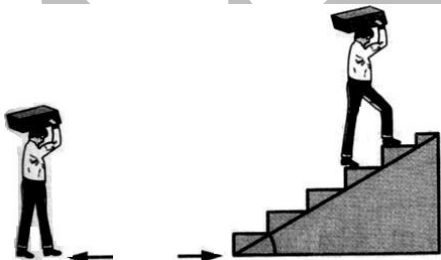
$$W = F d \cos 90 = 0$$

عندما يصعد العامل السلم ($\theta = 60$)

$$F = W = m g = 40 \times 10 = 400 N$$

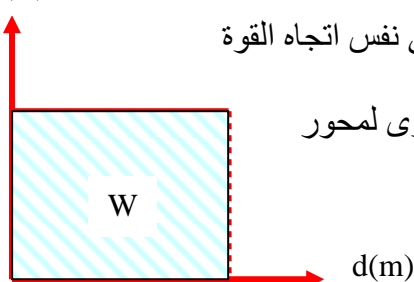
$$W = F d \cos \theta = 400 \times 20 \times \cos 60 = 4000 J$$

الحل



حساب الشغل بيانياً

F(N)



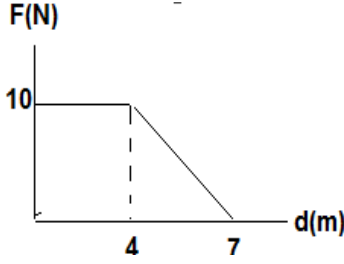
يمكن حساب الشغل بيانياً باستخدام منحنى (القوة — الإزاحة) :
— إذا أثرت قوة (F) ثابتة فى المقدار والاتجاه على جسم فسببت له أزاحه (d) فى نفس اتجاه القوة المؤثرة فإن ($\theta = 0$) .

— عند تمثيل العلاقة بين (القوة — الإزاحة) بيانياً نحصل على خط مستقيم موازى لمحور الإزاحة .

— بما أن : الشغل = القوة \times الإزاحة .

— إذاً : الشغل (بيانياً) = الطول \times العرض

= المساحة تحت منحنى (القوة — الإزاحة)



قوة أفقية تؤثر فى جسم يتغير مقدارها مع الإزاحة المطلوبة
كما بالشكل أحسب الشغل الذى تبذله القوة إذا تحرك الجسم

أفقياً من الصفر إزاحة 7m

الشغل المبذول = المساحة تحت منحنى F , d
= مساحة المستطيل + مساحة المثلث

$$W = (4 \times 10) + \frac{1}{2}[(7 - 4) \times 10] = 40 + 15 = 55 \text{ J}$$

مثال محلول

الحل

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	القوة الجاذبة المركزية لا تبذل شغلاً .	لأنها تكون عمودية دائماً على اتجاه الحركة .
٢	لا يبذل الإلكترون شغلاً أثناء دورانه حول النواة.	لأنه يتحرك فى مسار دائرى تحت تأثير قوة جاذبة مركزية تؤثر فى اتجاه عمودى .
٣	لا يستهلك القمر الصناعى وقود أثناء دورانه حول الأرض فى مسار دائرى .	لان القوة الجاذبة المركزية تكون عمودية دائماً على اتجاه الحركة فلا تبذل شغلاً .
٤	عندما يحمل شخص جسماً ويتحرك به أفقياً فإنه لا يبذل شغلاً .	لان اتجاه الحركة يكون عمودى على اتجاه القوة المؤثرة (قوة جذب الأرض) .
٥	الشغل الذى تبذله قوة يكون أكبر ما يمكن إذا تحرك الجسم فى اتجاه القوة.	لأنه فى هذه الحالة تكون : $\theta = 0$, $\cos \theta = 1$ وهى أكبر قيمة لجيب التمام ويكون الشغل $F d$ أكبر ما يمكن .
٦	إذا تحرك جسم فى اتجاه عمودى على اتجاه القوة فإن هذه القوة لا تبذل شغلاً .	لان فى هذه الحالة تكون : $\theta = 90$, $\cos 90 = 0$, فيكون $W = 0$.
٧	إذا أثر شخص بقوة على جسم ولم يحركه يكون الشغل المبذول يساوى صفر .	لان $d = 0$ وبالتالي $W = 0$
٨	أحياناً يكون الشغل المبذول سالب القيمة	لأنه إذا كان تأثير القوة ضد حركة الجسم فإن : $\theta = 180$ وبالتالي $\cos \theta = -1$ وبالتالي $W = - F d$
٩	الشغل المبذول فى دفع عربة أطفال إلى الأمام أكبر منه فى حالة سحبها للخلف .	لأنه فى حالة الدفع تعمل مركبة القوة $(F \sin \theta)$ فى نفس اتجاه الوزن (W) فتزيد من قوى الاحتكاك وبالتالي يزداد الشغل اللازم لتحريك العربة بينما فى حالة السحب تعمل مركبة القوة $(F \sin \theta)$ فى عكس اتجاه الوزن (W) فتقلل من قوى الاحتكاك وبالتالي يقل الشغل اللازم لتحريك العربة .
١٠	يمكن جمع كل من الشغل والطاقة	لان لهما نفس معادلة الأبعاد ووحدة القياس

م	ماذا يحدث فى الحالات الآتية	الإجابة
١	تضاعفت القوة بالنسبة للشغل مع ثبوت المسافة	يتضاعف الشغل .
٢	تضاعفت القوة للضعف وتقل المسافة للنصف	يثبت الشغل .
٣	الزاوية بين اتجاه القوة والإزاحة 60°	يكون الشغل $= \frac{1}{2}$ النهاية العظمى .
٤	القوة فى نفس اتجاه حركة الجسم .	يكون الشغل موجب .
٥	القوة عكس اتجاه حركة الجسم / الزاوية بين القوة والإزاحة 180°	يكون الشغل سالب .

الطاقة

الطاقة : هى القدرة على بذل شغل . أو
هى إمكانية بذل شغل .

- وحدة قياس الطاقة هى الجول (وهى نفس وحدة قياس الشغل) .
- للطاقة صورة متعددة ، سندرس منها فقط : طاقة الحركة (KE) .
- طاقة الوضع (PE)

اولا : طاقة الحركة

طاقة الحركة : هى الطاقة التى
يكتسبها الجسم نتيجة حركته ..

- عند بذل شغل لتحريك جسم فإن هذا الشغل يكتسبه الجسم فى صورة طاقة الحركة .
- وحدة قياس طاقة الحركة هى الجول (J) .

استنتاج طاقة الحركة لجسم

(١) إذا أثرت قوة (F) على جسم ساكن فتتحرك بعجلة منتظمة (a) لتصل سرعته الى (V_f) بعد أن قطع إزاحة (d) فإن :

$$2ad = V_f^2 - V_i^2$$

$$2ad = V_f^2 \Rightarrow d = \frac{V_f^2}{2a}$$

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

$$F = ma \quad , \quad m = \frac{F}{a}$$

$$F d = \frac{1}{2} m V_f^2$$

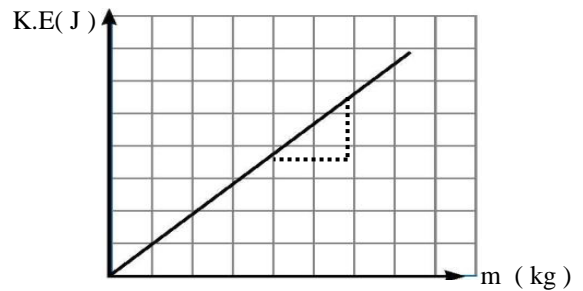
وحيث أن الطرف الأيسر (F d) يمثل الشغل المبذول وهو الطاقة اللازمة لتحريك الجسم ،
والطرف الأيمن ($\frac{1}{2} m V_f^2$) يمثل الصورة التى تحول إليها الشغل المبذول والتى تسمى طاقة الحركة (KE)

$$KE = \frac{1}{2} m \cdot V_f^2$$

العوامل التى تتوقف عليها طاقة الحركة

(١) كتلة الجسم:

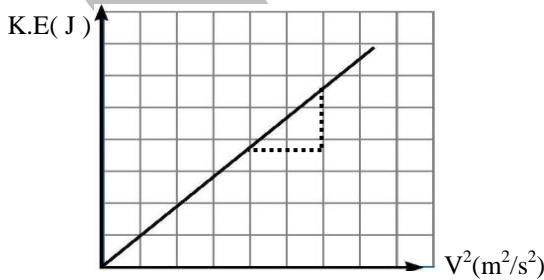
تتناسب طاقة الحركة لجسم ما طردياً مع كتلته عند
ثبوت السرعة .



$$slope = \frac{KE}{m} = \frac{1}{2} V^2$$

(٢) سرعة الجسم:

تتناسب طاقة الحركة لجسم ما طردياً مع مربع سرعته عند
ثبوت الكتلة .



$$slope = \frac{KE}{V^2} = \frac{1}{2} m$$

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	طاقة الحركة لجسم كمية قياسية	لأنها ناتج ضرب كميتين قياسيتين هما كتلة الجسم ومقدار سرعته .
٢	طاقة حركة جسم ساكن تساوى صفر	لأن الجسم الساكن سرعته تساوى صفر وبالتالي تكون طاقة الحركة $KE = \frac{1}{2} m V_f^2 = \frac{1}{2} m \times 0 = 0$

تعيين طاقة الحركة عملياً

الجهاز المستخدم

ركاب كتلته (m) يتحرك على وسادة هوائية مسافة معينة X بواسطة خيط مرن من المطاط مشدود بين قائمتين رأسييتين كما بالشكل :

خطوات التجربة

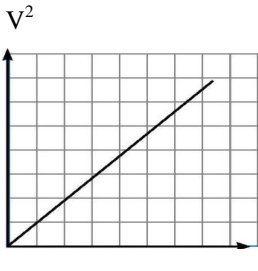
١- أجدب الركاب الى الخلف مسافة معينة بحيث يعمل الركاب على شد الخيط المرن .

٢- أترك الركاب حراً فيتحرك بسرعة معينة (v) .

٣- عين سرعة الركاب باستخدام خلية كهروضوئية وساعة كهربائية من العلاقة $V = \frac{X}{t}$.

٤- كرر الخطوات عدة مرات مع تغيير كتلة الركاب m وفى كل مرة عين سرعته v بشرط الا تتغير قيمة الشد فى الخيط المرن فى كل مرة حتى لا تتغير طاقة الوضع المخزنة فى الخيط .

٥- نرسم علاقة بيانية بين (v²) على المحور الرأسى ، ومقلوب الكتلة $\frac{1}{m}$ على المحور



الأفقى نحصل على خط مستقيم ويتضح أن : $v^2 \propto \frac{1}{m}$

$$\text{Slope} = V^2 \div \frac{1}{m} = mV^2 = 2 \text{ K.E}$$

أوجد طاقة حركة سيارة كتلتها 2000 kg تسير بسرعة 77 km/s

مثال محلول

$$KE = \frac{1}{2} m V^2 = \frac{1}{2} \times 2000 \times \left(\frac{72 \times 1000}{60 \times 60} \right)^2 = \frac{1}{2} \times 2000 \times (20)^2 = 4000J$$

الحل

ملاحظة هامة

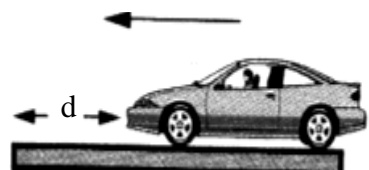
نفس السيارة تتحرك بسرعة 60km/hr عند الضغط على دواسة الفرامل بنفس القوة فإنها تقطع مسافة (4d) قبل أن تتوقف حيث $Fd \propto V^2$

$$V = 60 \text{ km/s}$$



سيارة تتحرك بسرعة 30km/hr ، وعند الضغط على دواسة الفرامل فإنها تقطع مسافة (d) قبل أن تتوقف

$$V = 30 \text{ km/s}$$



مثال محلول

إذا تحركت سيارة بسرعة 30km/h وعند الضغط على دواسة الفرامل فإنها تنزلق مسافة 10m قبل التوقف فأحسب المسافة التى تنزلقها قبل التوقف إذا كانت السرعة ① 60km/h ② 120 km/h

الحل

$$KE = \frac{1}{2} m V^2 = F d \gg \therefore V^2 \propto d$$

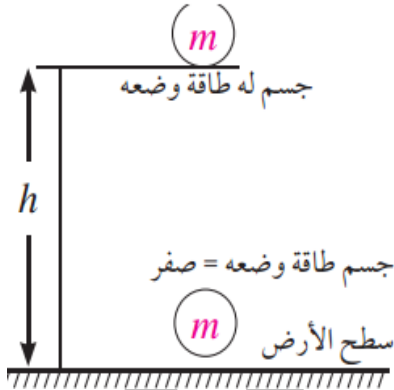
$$\therefore \frac{V_1^2}{V_2^2} = \frac{d_1}{d_2}$$

$$\frac{30^2}{60^2} = \frac{10}{d_2} \gg \gg \gg \therefore d_2 = 40 \text{ m} \quad ①$$

$$\frac{30^2}{120^2} = \frac{10}{d_3} \gg \gg \gg \therefore d_3 = 160 \text{ m} \quad ②$$

م	ماذا يحدث فى الحالات التالية	الإجابة
١	زيادة السرعة الى الضعف مع ثبوت الكتلة وطاقة الحركة	تزداد طاقة الحركة الى أربعة أمثالها لأنها تتناسب طردياً مع مربع السرعة .
٢	زيادة الكتلة الى الضعف وثبوت السرعة .	تزداد طاقة الحركة للضعف لأنها تتناسب طردياً مع الكتلة .
٣	نقص الكتلة الى أربعة أمثالها وزيادة السرعة للضعف .	ثبوت طاقة الحركة لأنها تتناسب طردياً مع الكتلة وعكسياً مع مربع المسافة .

ثانياً : طاقة الوضع



طاقة الوضع: هى الطاقة التى يخزنها الجسم نتيجة لتغير موضعه أو حالته .

— وحدة قياس طاقة الوضع هى الجول (J) .

حساب طاقة الوضع :

(١) عند رفع جسم كتلته (m) مسافة رأسية (h) فان الشغل المبذول

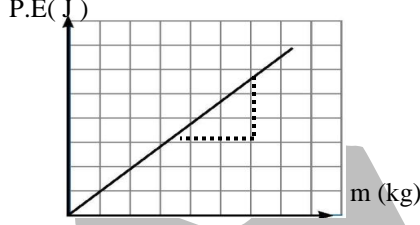
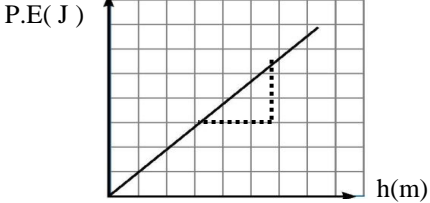
يتعين من العلاقة : $W = F h$

(٢) وحيث أن أقل قوة (F) لازمة لرفع الجسم لأعلى تساوى وزنه

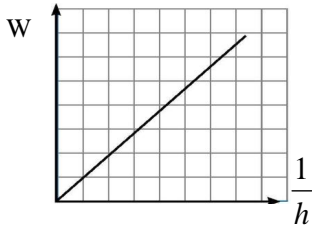
(m g) فإن : $F = w = mg$

$$W = m g h$$

العوامل التى تتوقف عليها طاقة الوضع

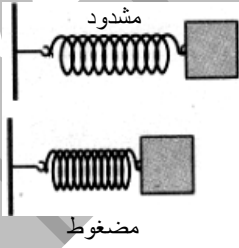



(١) كتلة الجسم:	(٢) الارتفاع عن سطح الأرض:
تتناسب طاقة الوضع طردياً مع كتله عند ثبوت عجلة الجاذبية وارتفاع الجسم عن سطح الأرض	تتناسب طاقة الوضع طردياً مع ارتفاعه عن سطح الأرض عند ثبوت الكتلة و عجلة الجاذبية .
 $\text{slope} = \frac{PE}{m} = hg$	 $\text{slope} = \frac{P.E}{h} = mg = w$

العلاقة بين الوزن (W) و طاقة الوضع :



$$\text{slope} = \frac{W}{\frac{1}{h}} = Wh = P.E$$

أمثلة على طاقة الوضع

المثال	التوضيح	الرسم
طاقة الوضع المخزنة فى ملف زنبركي مشدود أو مضغوط (طاقة وضع مرنة) .	يبذل الزنبرك شغلاً حتى يتخلص من هذه الطاقة لى يعود الى وضعه المستقر .	
طاقة الوضع المخزنة فى جسم مرفوع عن سطح الأرض (طاقة وضع ثقالية)	ترتبط طاقة الوضع الثقالية بوضع الأشياء بالنسبة لمجال الجاذبية .	
طاقة الوضع المخزنة فى خيط مطاطي مشدود (طاقة وضع مرنة)	يتحرك الخيط المطاطي المشدود عند إزالة القوة المؤثرة عليه .	
طاقة الوضع المخزنة فى الالكترونات داخل البطارية .	تتحرك الالكترونات عند توصيل البطارية بدائرة مغلقة	

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	تزداد طاقة الوضع لجسم مقذوف رأسياً لأعلى .	لان طاقة الوضع تتعين من العلاقة $PE = mgh$ وبزيادة الارتفاع h تزداد طاقة الوضع .
٢	طاقة وضع الماء أعلى الساقية أكبر من طاقه وضعها فى القاع	لان ارتفاع الماء عند القاع صفر فتكون طاقة وضعه صفر
٤	المستوى المائل يقلل القوة	لأنه يزيد من الإزاحة للجسم .
٥	عندما تصطدم كرة بنافذة زجاجية يمكن ان تنكسر النافذة	لان الكرة تمتلك الطاقة أى لها القدرة على بذل الشغل .

م	ما معنى قولنا أن	الإجابة
١	طاقة الحركة لجسم ما $50 J$.	أى أن الطاقة التى يخزنها الجسم نتيجة لحركته $50 J$.
٢	طاقة الوضع لجسم ما $50 J$.	الطاقة التى يخزنها الجسم نتيجة تغيير موضعه $50 J$.
٣	وزن جسم $5 N$ يتحرك مسافة لأعلى $2 m$.	طاقة الوضع $10 J$.
٤	ميل المنحنى بين مربع السرعة ومقلوب الكتلة $100 J$	طاقة الحركة $50 J$.

م	متى يكون القيم الآتية = صفر	الإجابة
١	الشغل = صفر .	اتجاه القوة عمودي على اتجاه الإزاحة
٢	طاقة الوضع = صفر .	عند سطح الأرض .
٣	طاقة الحركة = صفر .	عند أقصى ارتفاع .

وجه المقارنة	طاقة الوضع	طاقة الحركة
التعريف	هى الطاقة التى يخزنها الجسم نتيجة لتغير موضعه أو حالته	هى الطاقة التى يمتلكها الجسم نتيجة حركته
القانون	$PE = m g h$	$KE = \frac{1}{2} m V^2$
العوامل	الكتلة — العجلة — المسافة الرأسية .	الكتلة — مربع السرعة .
وحدة القياس	الجول	الجول
عند سطح الأرض	= صفر	أكبر ما يمكن
عند أقصى ارتفاع	أكبر ما يمكن	أقل ما يمكن
معادلة الأبعاد	MLT^{-2}	MLT^{-2}

ملاحظات

- وجه الشبه بين طاقتي الوضع والحركة : هى وحدة القياس ومعادلة الأبعاد .
- طاقة الوضع لشخص يصعد السلم لأعلى = طاقة الوضع لنفس الشخص يصعد فى المصعد .

وجه المقارنة	النيوتن	الجول
الكمية الفيزيائية المقاسة	القوة	الطاقة
الوحدة المكافئة	$N = kg.m.s^{-2}$	$J = kg.m^2.s^{-2}$
العلاقة بينهما	$N = J / m$	$J = N . m$

أمثلة محلولة

(١) أحسب الشغل المبذول لرفع كتله 50 kg ارتفاع قدره 2.2 m عن سطح الأرض .

$$PE = m g h = 50 \times 10 \times 2.2 = 1100 J$$

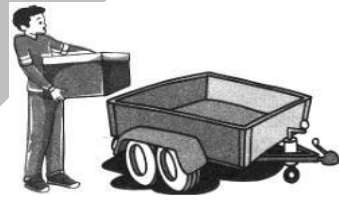
الحل :

(٢) إذا استخدمت قوة معينة لرفع صندوق وزنه 450 N رأسياً لأعلى مسافة 1 m ، احسب القوة التى تستخدم لرفع نفس الصندوق لأعلى بأقل قوة وتجعل الإزاحة = 3m .

عند رفع صندوق وزنه 450 N رأسياً لأعلى مسافة 1 m
عند رفع نفس الصندوق باستخدام مستوى مائل تتطلب
طوله 3 m يتطلب قوة أقل من وزنه ، لكنه سيحتاج
إزاحة اكبر

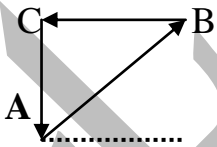


$$W = 150 N \times 3 m = 450 J$$



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

(٣) من الرسم أحسب مقدار الشغل المبذول ضد الجاذبية الأرضية لتحرك جسم كتلته m على طول المسار ACBA وماذا تستنتج ؟



بما أن
الإزاحة = صفر
إذا : طاقة الوضع = صفر

(٤) كيف يمكن حساب الشغل فى الحالات الآتية :



- ١- حركة جسم فى مسار مغلق فى مجال الجاذبية الأرضية .
- ٢- سحب جسم على مسار غير مستوي ويسلك المسار من بدايته الى نهايته كما بالشكل
- ١- بالنسبة للحالة الأولى : فان الجسم لا يبذل شغلاً لأن الإزاحة = صفر .
- ٢- بالنسبة للحالة الثانية : الشغل = مجموع الشغل على كل مسار من المسارات .

الفيزياء فى خدمة البيئة

- معظم الطاقات التى يستخدمها الإنسان تأتى من مصادر طاقة غير متجددة ، مثل الفحم الحجري والبتترول .
- تعتبر مصادر الطاقة غير المتجددة من مصادر الطاقة غير النظيفة لأنه ينتج عنها مواد ضارة بالبيئة وبصحة الإنسان .
- بسبب المواد الضارة الناتجة من مصادر الطاقة غير المتجددة فناك اتجاه عالمي (خاصة الدول الصناعية الكبرى) نحو استخدام مصادر الطاقة الطبيعية مثل استخدام طاقة الرياح ومساقط المياه فى توليد الكهرباء للحصول على الطاقة والحفاظ على البيئة .

أسئلة و تدريبات

س ١ : أكتب المصطلح العلمى لكل من :

- (١) كمية قياسية تساوى حاصل ضرب القوة \times الإزاحة فى اتجاه خط عمل القوة .
- (٢) حاصل ضرب القوة فى الإزاحة فى اتجاه خط همل القوة
- (٣) حاصل الضرب القياسى لمتجهي الإزاحة والقوة .
- (٤) الشغل المبذول بواسطة قوة مقدارها نيوتن واحد لتحرك جسماً إزاحة مقدارها متر واحد فى اتجاه القوة .
- (٥) الشغل المبذول لتحريك الجسم .
- (٦) الطاقة التى يكتسبها الجسم بسبب حركته .
- (٧) الطاقة التى يخترنها الجسم بسبب موضعه .
- (٨) الطاقة المخترنة فى ملف زنبركي نتيجة انضغاطه .

س ٢ : علل لما يأتى

- (١) الشغل كمية قياسية بالرغم من أن القوة والإزاحة كميتان متجهتان .
- (٢) عندما يحمل شخص حقيبة ويسير على سطح الأرض فإنه لا يبذل شغلاً .
- (٣) طاقة وضع الماء أعلى الشلال أكبر من طاقه وضعه فى قاع الشلال .
- (٤) عندما يتحرك جسم فى اتجاه القوة المؤثرة عليه يكون الشغل المبذول أكبر ما يمكن .
- (٥) القوة الجاذبة المركزية المؤثرة على جسم أثناء حركته فى مسار دائرى لا تبذل شغلاً .
- (٦) لا يبذل على الإلكترون شغلاً أثناء دورانه حول النواة .
- (٧) القمر الصناعى فى مساره حول الأرض لا يبذل عليه شغل .
- (٨) يمكن جمع الشغل مع الطاقة .
- (٩) تزداد طاقة الوضع لجسم إذا قذف رأسياً الى أعلى .
- (١٠) إذا تحرك جسم فى اتجاه عمودي على اتجاه القوة فإن هذه القوة لا تبذل شغلاً .
- (١١) القوة العمودية على الإزاحة لا تبذل شغل .
- (١٢) الشغل المبذول فى دفع عربة أطفال الى الأمام أكبر منه فى حالة سحبها للخلف .
- (١٣) طاقة حركة جسم ساكن تساوى صفر .
- (١٤) هناك اتجاه عالمي نحو استخدام مصادر الطاقة الطبيعية .

س ٣ : ما معنى قولنا أن :

- (١) الشغل المبذول على جسم 200 J .
- (٢) الشغل المبذول بواسطة القوة 6 N تساوى 180 J .
- (٣) جسم أثرت عليه قوة 20 N فى اتجاه يميل على المستوى الأفقى بزاوية 60° فحركته مسافة أفقية 4 m .
- (٤) طاقة الحركة لجسم 50 J .

- (٥) طاقة الوضع لجسم 90 J .
 (٦) ميل الخط المستقيم للعلاقة بين مرع السرعة (على المحور الرأسى) ومقلوب الكتلة (على المحور الأفقى)
 $= 30$.

س ٤ : متى يحدث الآتى :

- ١- طاقة الحركة لجسم مقذوف أعلى ما يمكن .
 ٢- طاقة الوضع لجسم مقذوف أعلى ما يمكن .
 ٣- طاقة الحركة لجسم قذف لأعلى تساوى صفر .
 ٤- طاقة الوضع لجسم تساوى صفر .

س ٥ : اختر الإجابة الصحيحة مما بين الأقواس :

- (١) الشغل كمية
 (قياسية وحده قياسها N — متجهة وحده قياسها J — قياسية وحده قياسها N — متجهة وحده قياسها J)
 (٢) إذا زادت القوة المؤثرة على جسم للضعف بحيث يقطع نفس المسافة فإن الشغل المبذول
 (يزداد الى أربعة أمثال — يزداد للضعف — يقل للنصف — يظل كما هو)
 (٣) الجول يكافئ
 ($N.m$ — N/m — $N.m^2$ — N/m)
 (٤) عندما يكون اتجاه القوة المؤثرة على جسم يميل بزاوية θ على اتجاه الإزاحة فإن الشغل المبذول يتعين من العلاقة
 ($F \cos \theta$ — $Fd \cos \theta$ — $F d \sin \theta$ — $F d$)
 (٥) يكون الشغل المبذول أكبر ما يمكن إذا كان اتجاه القوة المؤثرة على الجسم يصنع مع اتجاه الإزاحة زاوية تساوى
 (90° — 0° — 45° — 60°)
 (٦) عندما يتحرك جسم فى اتجاه يميل على اتجاه القوة المؤثرة عليه بزاوية 60° فإن الشغل المبذول يساوى
 (صفر — قيمة عظمى — نصف القيمة العظمى)
 (٧) يكون الشغل سالب عندما يكون اتجاه الإزاحة اتجاه القوة .
 (فى نفس — عمودي على — عكس — يميل بزاوية حادة على)
 (٨) الشغل الذى تبذله قوة الفرائل
 (موجب — سالب — يساوى صفر — لا توجد إجابة صحيحة)
 (٩) جسم طاقة حركته $4J$ ، فإذا تضاعفت سرعته تصبح طاقة الحركة ($0.8 J$ — $4 J$ — $16 J$ — $8 J$)
 (١٠) عند زيادة سرعة سيارة الى الضعف، فإن طاقة الحركة
 (تقل الى النصف — تزيد الى الضعف — تزداد الى أربعة أمثال — تظل ثابتة)
 (١١) إذا زادت سرعة جسم الى الضعف وقلت كتلته للربع فإن طاقة الحركة
 (تقل للنصف — تظل ثابتة — تقل للربع — تتضاعف)
 (١٢) جسمان كتلة الأول ضعف كتلة الثانى ، ويتحرك الأول بسرعة تساوى نصف سرعة الثانى فإن طاقة حركة الأول
 طاقة حركة الثانى .
 (نصف — ضعف — ربع — أربعة أمثال)
 (١٣) الطاقة المخزنة فى زنبرك مضغوط هى (طاقة حركة — طاقة وضع — طاقة تجاذب — طاقة تنافر)

- (١٤) جسم كتلته 2 kg يقع على ارتفاع 5 m فوق سطح الأرض ، فان طاقه وضعه جول ($g = 9.8 \text{ m/s}^2$)
(98 - 2.5 - 10 - 9.8)
- (١٥) وصل رجل الى شفته صعوداً على السلم مرة ، وباستخدام المصعد مرة ثانية ، أى العبارات التالية صحيحة ؟
- طاقة وضع الرجل أكبر عند صعوده السلم .
- طاقة وضع الرجل أكبر عن استخدام المصعد .
- لا توجد طاقة وضع للرجل عند استخدام المصعد .
- طاقة وضع الرجل متساوية فى الحالتين .
(القدرة — الدفع — الشغل)
- (١٦) الجول وحدة قياس
(١٧) ينعدم الشغل الميكانيكي إذا كان مسار الجسم
(مستقيماً — دائرياً — قطع مكافئ)
- (١٨) إذا أثرت قوة عمودية مقدارها 40 N على جسم فتتحرك مسافة 10 m فان الشغل المبذول
(400 J - 20 J - 0 - 40 J)
- (١٩) جسم كمية تحركه = طاقة حركته فان سرعته m/s
(2 - 4 - 16)

س٦: قارن بين كل من

- ١- الجول و النيوتن . من حيث (الكمية الفيزيائية التى يقدرها — الوحدة المكافئة) .
 - ٢- طاقة الوضع و طاقة الحركة .
- من حيث (التعريف — العلاقة الرياضية — العوامل المؤثرة — ووحدة القياس — معادلة الأبعاد)

س٧: ضع علامة (✓) أو علامة (×) أمام ما يأتى :

- ١) عندما تحمل إناءاً وتظل ساكناً فى مكانك لمدة ساعة فان القوة الحاملة ليديك لا تبذل أى شغل على الإناء .
- ٢) يتطلب الشغل قوة مؤثرة وإزاحة فى اتجاه عمودي على اتجاه مع القوة .
- ٣) الشغل هو حاصل الضرب العددي لمتجه القوة × متجه الإزاحة وهو كمية قياسية .
- ٤) يتوقف الشغل المبذول على القوة المؤثرة فقط .
- ٥) الشغل كمية متجهة .

س ٨ : أسئلة متنوعة

- ١) أذكر شروط بذل شغل .
- ٢) ما العوامل التى يتوقف عليها كل من (الشغل — طاقة الوضع — طاقة الحركة) ؟
- ٣) متى يكون الشغل المبذول على جسم متحرك (يساوى صفر — أكبر ما يمكن — موجب — سالب) ؟
- ٤) ما النتائج المترتبة على تضاعف سرعة جسم بالنسبة لطاقه حركته ؟
- ٥) استنتج أن (طاقة الوضع = mgh ، طاقة الحركة = $\frac{1}{2} m v^2$) .
- ٦) أشرح تجربة تعين بها طاقة الحركة لجسم .
- ٧) أذكر أمثلة على طاقة الوضع .
- ٨) ما هى وحدة قياس الشغل أو الطاقة ؟ وما هى الوحدة المكافئة لها ؟
- ٩) طالب يقف ساكناً وهو يتحدث الى زميله وتقف سيارة ساكنة وموتورها يدور . كيف ينشابه الموقفان من وجهه نظرك ؟

س ٩ : ما المقصود بكل من

- ١- الشغل .
- ٢- الجول .
- ٣- الطاقة .
- ٤- طاقة الحركة .
- ٥- طاقة الوضع .

س ١٠ : ١- مسائل للتدريب

(١) قوة مقدارها 200 N أثرت على جسم ساكن كتلته 50 kg أحسب الشغل المبذول بفعل هذه القوة خلال فترة زمنية 5 s . [1000 J]

(٢) أحسب مقدار القوة المؤثرة على جسم إذا كان الشغل المبذول لتحريك الجسم مسافة 50 m يساوى 2500 J وكان اتجاه القوة يصنع زاوية 30° مع العمودي على اتجاه الحركة . [100 N]

(٣) موتوسيكل كتلته 200 kg يتحرك فى خط مستقيم ، إذا كانت قوة الموتور 500 N وقوى الاحتكاك 100 N لكل 100 kg من كتلة الموتوسيكل ، أحسب الشغل المبذول عندما يسير الموتوسيكل 50 m . [15000 J]

(٤) جسم كتلته 12 kg يتحرك من السكون بعجلة منتظمة قدرها 10 m/s^2 ، أحسب سرعته وطاقة حركته بعد أن يقطع مسافة قدرها 80m . [40 m/s , 9600 J]

(٥) سلم طوله 6 m يرتكز على حائط رأسي بحيث يميل على الأرض بزاوية 30° فإذا صعد رجل كتلته 70 kg هذا السلم أحسب الشغل الذى يبذله الرجل حتى يصل الى نهاية السلم ثم أحسب طاقة وضع هذا الرجل أعلى السلم ، ماذا تستنتج من الإجابة التى حصلت عليها ؟ (علماً بأن $g = 9.8 \text{ m/s}^2$) . [2058 J , 2058 J]

(٦) أطلقت رصاصة كتلتها 80 gm من بندقية ، طول ماسورتها 1 m فإذا كانت قوة ، ضغط الغاز داخل الماسورة $64 \times 10^2 \text{ N}$ أوجد سرعة انطلاق الرصاصة من فوهة البندقية . [400 m/s]

(٧) مدفع سريع الطلقات يطلق 600 رصاصة فى الدقيقة ، فإذا كانت كتلة الرصاصة 49g وسرعتها 200 m/s أوجد طاقة الحركة المتولدة فى الثانية . [9800 J]

(٨) قذف جسم كتلته 1 kg الى أعلى بسرعة 24.5 m/s حتى وصلت سرعته الى 4.9 m/s احسب طاقة وضعه عند هذه النقطة ($g = 10 \text{ m/s}^2$) . [288.12 J]

(٩) أحسب الشغل الذى يبذله عامل بناء يرفع كمية من الاسمنت كتلتها 50 kg من الطابق الأول الى الطابق الرابع على ارتفاع 10 m ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

(١٠) يحمل رجل جسماً كتلته 50 kg تحرك به أفقياً مسافة 100 m ثم صعد سلم ارتفاعه 12 m أحسب الشغل المبذول إذا كانت ($g = 10 \text{ m/s}^2$) .

(١١) عامل يهذب حديقة باستخدام آلة يد تميل على الأرض بزاوية 60° ويؤثر عليها بقوة 5 N أحسب الشغل المبذول فى تهذيب شريط من الحديقة طوله 8 m .

(١٢) سيدة تدفع عربة أطفال بقوة ثابتة تميل على المحور الرأسى بزاوية 30^0 والجدول المقابل يبين العلاقة بين الشغل المبذول بالجول

W (J)	10	15	20	25	30	50
d (m)	2	3	4	5	6	10

والمسافة بالمتري ، أرسم العلاقة البيانية بين (W) على المحور الرأسى ، (d) على المحور الأفقى ثم أحسب القوة المؤثرة على العربة .
[10 N]

س ١٠ : ٢- مسائل الكتاب المدرسى

(١) أحسب الشغل اللازم لدفع عربة مسافة 3.5 m بواسطة قوة مقدارها 20 N . [70 J]

(٢) قوة مقدارها 100 N أثرت على جسم فتتحرك مسافة 2.5 m ، أوجد الشغل الذى تبذله القوة فى الحالات الآتية :
(أ) إذا كانت القوة عمودية على اتجاه الحركة .
(ب) إذا كانت القوة تميل بزاوية 60^0 على اتجاه حركة الجسم .
(ج) إذا كانت القوة فى اتجاه حركة الجسم .

[0 , 125 J , 250 J]

(٣) أوجد طاقة حركة سيارة كتلتها 2000 kg تسير بسرعة 60 km/s . [2.78×10^5 J]

(٤) احسب كتلة جسم عند سطح الأرض إذا علمت أن طاقة وضعه عند نقطة على بعد 5 m من سطح الأرض تساوى 980 J ($g = 9.8 \text{ m/s}^2$) . [20 kg]

(٥) لديك صندوقان (a) ، (b) وزنهما 60 N , 40 N على الترتيب ، الصندوق (a) موضوع على الأرض ، بينما الصندوق (b) موضوع على ارتفاع 2 m فوق الأرض . ما الارتفاع الذى يرفع إليه الصندوق (a) حتى يصبح له طاقة وضع الصندوق (b) ؟ [3 m]

(٦) تسلق رياضى وزنه 700 N جبلاً الى ارتفاع 200 m من سطح الأرض اوجد الشغل الذى بذله ؟ [14×10^4 J]

(٧) اصطدمت سيارة كتلتها 3×10^3 kg وسرعتها 16 m/s بشجرة فلم تتحرك الشجرة وتوقفت السيارة ، أحسب :
(أ) التغير فى طاقة حركة السيارة .
(ب) الشغل المبذول على الشجرة عندما ترتطم مقدمة السيارة بالشجرة .
(ج) مقدار القوة التى أثرت على مقدمة السيارة لتتحرك مسافة 50 cm .

[- 3.84×10^5 J , 0 , 7.68×10^5 J]

قانون بقاء الطاقة

مقدمة

— درسنا فى الفصل السابق أن الطاقة هى القدرة على بذل شغل ، وهناك صور متعددة للطاقة يمكن أن تتحول إحداها للأخرى ، مثل :

(١) تحول طاقة الوضع فى شلال الى طاقة حركة .

(٢) تحول الطاقة الكهربائية فى المصباح الى طاقة حرارية وضوئية .

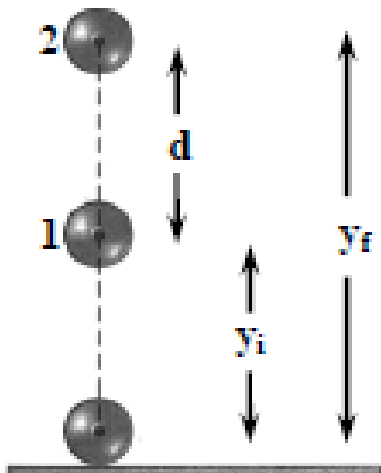
(٣) تحول الطاقة الكيميائية المخزنة فى الوقود (فحم ، بنزين وغير ذلك) الى شغل ميكانيكي يتمثل فى حركة السيارات والقطارات

— ويشترط لتحول الطاقة من صورة لأخرى أن تظل كمية الطاقة ثابتة ، وهذا ما يعرف باسم قانون بقاء الطاقة .

قانون بقاء الطاقة :

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

قانون بقاء الطاقة الميكانيكية



يفرض جسم كتلته (m) قذف رأسياً الى أعلى من النقطة (1) بسرعة (V_i) الى النقطة (2) فتصل سرعته الى (V_f) فان الشغل المبذول على الجسم أثناء ارتفاعه يعمل على : (١) زيادة طاقة الوضع للجسم بزيادة الارتفاع .

(٢) نقص طاقة الحركة للجسم بنقص سرعته .

من المعادلة الثالثة للحركة

$$2ad = V_f^2 - V_i^2$$

بما أن الجسم يتحرك لأعلى فى عكس اتجاه مجال الجاذبية الأرضية فانه يتحرك بعجلة سالبة .

$$a = -g$$

$$V_f^2 - V_i^2 = -2gd$$

$$\frac{1}{2} m(V_f^2 - V_i^2) = \frac{1}{2} m(-2gd) = -mgd \quad \text{بالضرب فى } (\frac{1}{2} m)$$

$$d = y_f - y_i \quad \text{بما أن :}$$

$$\frac{1}{2} m(V_f^2 - V_i^2) = -mg(y_f - y_i)$$

$$\frac{1}{2} mV_f^2 - \frac{1}{2} mV_i^2 = -mgy_f + mgy_i$$

$$mgy_f + \frac{1}{2} mV_f^2 = mgy_i + \frac{1}{2} mV_i^2$$

$$(PE)_f + (KE)_f = (PE)_i + (KE)_i$$

أي أن : مجموع طاقتي الوضع والحركة عند النقطة (1) = مجموع طاقتي الوضع والحركة عند النقطة (2) .

الخلاصة

- (١) مجموع طاقتي الوضع والحركة للجسم عند أى نقطة = مقدار ثابت .
- (٢) كلما زادت طاقة حركة الجسم فإن ذلك يكون على حساب طاقة الوضع (تقل طاقة الوضع) والعكس صحيح .

قانون بقاء الطاقة الميكانيكية :

مجموع طاقتي الوضع والحركة لجسم عند أى نقطة فى مساره يساوى مقدار ثابت

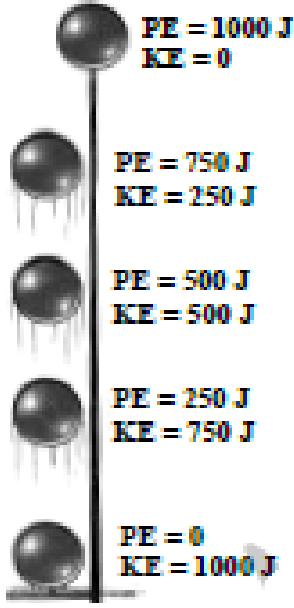
الطاقة الميكانيكية

هى مجموع طاقتي الوضع والحركة لجسم .

قانون بقاء الطاقة فى الحياة العملية

يوجد أمثلة كثيرة للتحويل المتبادل بين طاقتي الوضع والحركة ، ومنها

(١) قذف جسم (كرة) لأعلى



- عند قذف كرة لأعلى تكون طاقة الوضع صفر وطاقة الحركة نهاية عظمى .
- عندما تبدأ الكرة فى الحركة لأعلى تزداد طاقة وضعها وتقل طاقة حركتها ويستمر ذلك حتى تصل الكرة لأقصى ارتفاع .
- عندما تصل الكرة لأقصى ارتفاع تكون طاقة الحركة صفر وطاقة الوضع نهاية عظمى .
- عندما تبدأ الكرة فى العودة الى الأرض تزداد طاقة الحركة وتقل طاقة الوضع تدريجياً .
- عندما تصل الكرة الى سطح الأرض تصبح طاقة الوضع صفر وطاقة الحركة نهاية عظمى .

الوضع	طاقة الوضع	طاقة الحركة	الطاقة الميكانيكية
عند سطح الأرض	صفر	أكبر ما يمكن	= طاقة الحركة
عند منتصف الارتفاع	الحركة	ضعف طاقة الوضع أو طاقة الحركة	
عند أقصى ارتفاع	أكبر ما يمكن	= صفر	= طاقة الوضع

تخزن طاقة الوضع فى الزانة أثناء الوثبة وتتحول الى طاقة حركة .

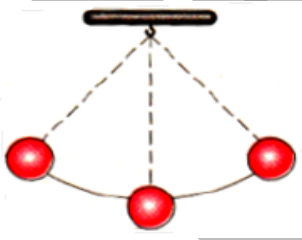
(٢) أثناء الوثب العالى فى العاب القوى

تخزن طاقة الوضع فى قوس مشدود وتتحول الى طاقة حركة عند تركه حراً .

(٣) أثناء قذف السهم فى القوس

تكون طاقة الوضع للعربة أكبر ما يمكن عند القمة وتتحول الى طاقة حركة عند الهبوط .

(٤) عربة الملهى



تتحول طاقة الوضع الى حركة عند موضع السكون وتتحول طاقة الحركة الى طاقة وضع عند أقصى إزاحة .

(٥) البندول البسيط

الوضع	طاقة الوضع	طاقة الحركة	الطاقة الميكانيكية
عند بداية موضع السكون	صفر	أكبر ما يمكن	= طاقة الحركة
عند منتصف الحركة	الحركة	ضعف طاقة الوضع أو طاقة الحركة	
عند أقصى إزاحة	أكبر ما يمكن	= صفر	= طاقة الوضع

م	متى تحدث الحالات التالية	الإجابة
١	الطاقة الميكانيكية = طاقة الوضع	عند أقصى ارتفاع .
٢	الطاقة الميكانيكية = طاقة الحركة	عند سطح البحر .
٣	طاقة الوضع = طاقة الحركة	عند منتصف المسافة .
٤	طاقة الوضع = $\frac{1}{2}$ الطاقة الميكانيكية	عند منتصف المسافة .

م	علل لما يأتى	الإجابة
١	مجموع طاقتي الوضع والحركة لجسم يسقط سقوطاً حراً يظل ثابتاً .	لأنه تبعاً لقانون بقاء الطاقة فإن أى نقص فى إحداها يقابله زيادة فى الأخرى بحيث يظل مجموعهما ثابتاً .
٢	تسقط عربة الملاهي بسرعة كبيرة بعد أن تصل إلى أقصى ارتفاع	لان طاقة الوضع للعربة تكون أكبر ما يمكن عند أقصى ارتفاع وتتحول الى طاقة حركة عند هبوطها .
٣	يستخدم اللاعب الزانة أثناء الوثب العالى لتعبئه فى الوثبة .	لاختزان طاقة الوضع فى الزانة أثناء الوثبة وتحولها الى طاقة حركة

س : ما معنى قولنا أن : الطاقة الميكانيكية لجسم 150 J ؟

ج : أى أن مجموع طاقتي الوضع والحركة للجسم $= 150 \text{ J}$.

أمثلة محلولة

(١) جسم ساكن على ارتفاع 30 m من سطح الأرض له طاقة وضع 1470 J فإذا سقط الجسم لأسفل ، بإهمال مقاومة الهواء ، أحسب: (أ) طاقة وضع الجسم وطاقة حركته عند ارتفاع 20 m من سطح الأرض .
(ب) سرعة الجسم لحظة اصطدامه بالأرض . (علماً بأن $g = 9.8 \text{ m/s}^2$) .

الحل

(أ) عند النقطة (A) :

$$\begin{aligned} PE &= mgh = 1470 \text{ J} \\ m \times 9.8 \times 30 &= 1470 \text{ J} \\ m &= 5 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$PE_f = mgy_f = 5 \times 9.8 \times 20 = 980 \text{ J}$$

بتطبيق قانون بقاء الطاقة الميكانيكية على النقطتين A , B :

$$PE_f + KE_f = PE_i + KE_i$$

$$980 + KE_f = 1470 + 0$$

$$KE_f = 1470 - 980 = 490 \text{ J}$$

(ب) بتطبيق قانون بقاء الطاقة الميكانيكية على النقطتين C , A :

$$PE_i + KE_i = PE_{f2} + KE_{f2}$$

$$1470 + 0 = \frac{1}{2} \times 5 \times V_{f2}^2$$

$$V_{f2} = 24.25 \text{ m/s}$$

A $y_i = 30 \text{ m}$
 $v_i = 0$

B $y_f = 20 \text{ m}$
 $v_f = ?$

C $y_{f2} = 0$
 $v_{f2} = ?$

(٢) جسم يسقط من السكون من ارتفاع 5 m ما السرعة التى يصل بها الى الأرض . ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

الحل

$$PE_1 + KE_1 \text{ (عند أقصى ارتفاع)} = PE_2 + KE_2 \text{ (عند سطح الأرض)}$$

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

$$V_f^2 = 2gh = 2 \times 10 \times 5 = 100$$

$$V_f = 10 \text{ m/s}$$

(٣) جسم كتلته 0.5 kg يسقط من ارتفاع 100 m سقوطاً حراً احسب : (أ) طاقة وضع وطاقة حركة الجسم عند القمة . (ب) طاقة وضع وطاقة حركة الجسم عند سطح الأرض . (ج) سرعة الجسم قبل ملاسته سطح الأرض . ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

الحل

$$PE = mgh = 0.5 \times 10 \times 100 = 500 \text{ J} \quad (\text{أ})$$

$$KE = 0$$

$$PE = 0$$

$$KE = 500 \text{ J}$$

$$KE = \frac{1}{2} m V_f^2 \quad (\text{ج})$$

$$2V_f 500 = \frac{1}{2} \times 0.5 \times$$

$$V_f = 44.72 \text{ m/s}$$

(٤) قذف جسم الى أعلى بسرعة 10 m/s احسب أقصى ارتفاع يصل إليه . ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

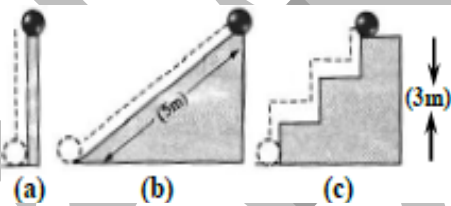
الحل

$$\frac{1}{2} m V_i^2 \text{ (عند سطح الأرض)} = mgh \text{ (عند أقصى ارتفاع)}$$

$$\frac{1}{2} \times 100 = 10 h$$

$$50 = 10 h$$

$$h = 50 \div 10 = 5 \text{ m}$$



(٥) تخيل أن لديك ثلاثة مسارات مختلفة يمكن أن تسلكها كرة ساكنة موجودة عند سطح الأرض لتصل الى ارتفاع ثابت لأى مسار تكون الطاقة المبذولة لرفع الكرة أكبر ما يكون (المسار a / المسار b / المسار c / جميعها متساوية)

الحل

الطاقة المبذولة فى جميع المسارات متساوية ، لان الارتفاع عن سطح الأرض ثابت فتكون طاقة وضع الكرة (الطاقة المبذولة) متساوية .

(٦) الشكل المقابل مثل كرة معلقة بخيط تتأرجح بشكل حر فى مستوى محدد . فإذا كانت كتلة الكرة 4 kg ومقاومة الهواء مهملة ، فما أقصى سرعة تبلغها الكرة أثناء تأرجحها ؟ ($g = 9.8 \text{ m/s}^2$)

أقصى سرعة تبلغها الكرة أثناء تأرجحها يكون عند النقطة .

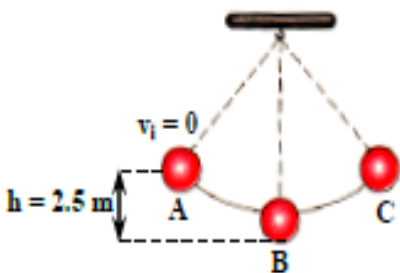
ونتطبيق قانون بقاء الطاقة الميكانيكية عند النقطتين A , B .

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

$$V_f^2 = 2gh = 2 \times 9.8 \times 2.5$$

$$V_f^2 = 7 \text{ m/s}$$

الحل



أسئلة و تدريبات

س ١ : أكتب المصطلح العلمى لكل من :

١. الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم ولكن يمكن أن تتحول من صورة الى أخرى
٢. مجموع طاقتي الوضع والحركة للجسم .
٣. مجموع طاقتي الوضع والحركة لجسم عند أى نقطة فى مسار حركته يساوى مقداراً ثابتاً .

س ٢ : اختر الإجابة الصحيحة مما بين الأقواس

- (١) الطاقة الميكانيكية لجسم تساوى
 — الفرق بين طاقتي الحركة والوضع .
 — النسبة بين طاقتي الحركة والوضع .
 — حاصل ضرب طاقتي الحركة والوضع .
- (٢) إذا قذف جسم لأعلى ، فعند أقصى ارتفاع تصبح صفر
 (طاقة الوضع - طاقة الحركة - الطاقة الميكانيكية - جميع ما سبق)
- (٣) عندما يقذف جسم رأسياً الى أعلى فان مجموع طاقتي الوضع والحركة للجسم
 (يزداد - يتناقص - يكون ثابتاً عند أى نقطة - يساوى صفر)
- (٤) سقط جسم كتلته m وسرعته v سقوطاً حراً الى الأرض فان الطاقة الميكانيكية له عند منتصف المسافة تساوى
 ($2mv^2 - mv^2 - \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{4}mv^2$)
- (٥) عندما يسقط جسم سقوطاً حراً
 — تتناقص طاقة الوضع وتزداد طاقة الحركة .
 — تزداد كل من طاقتي الوضع والحركة .
 — تتناقص كل من طاقتي الوضع والحركة .
 — تزداد طاقة الوضع وتتناقص طاقة الحركة .
- (٦) عند منتصفى أقصى ارتفاع للمقذوف فان النسبة بين طاقة حركته الى طاقه وضعه
 ($0 - 1 : 1 - 1 : 2 - 1 : 4$)
- (٧) عندما يقذف جسم الى أعلى تزداد (طاقة الوضع - طاقة الحركة - الطاقة الميكانيكية - جميع ما سبق)
- (٨) النسبة بين الطاقة الميكانيكية لجسم قذف رأسياً الى أعلى الى طاقه وضعه عند أقصى ارتفاع
 ($0 - 1 : 1 - 1 : 2 - 1 : 4$)
- (٩) عندما يسقط الجسم من أعلى
 (تزداد طاقه وضعه - تقل طاقة وضعه - تقل طاقة حركته)
- (١٠) إذا قذف جسم الى أعلى فان طاقة حركته
 (تزداد - تقل - لا يتغير)

س ٣ : علل لما يأتى

- (١) مجموع طاقتي الوضع والحركة لجسم يسقط سقوطاً حراً يظل ثابتاً .
- (٢) عندما يسقط جسم سقوطاً حراً تزداد طاقة حركته .
- (٣) تسقط عربة الملاهي بسرعة كبيرة بعد أن تصل الى أقصى ارتفاع لها .
- (٤) يستخدم اللاعب الزانة أثناء الوثب العالى لتعينه فى الوثبة .

س ٤ : متى يتساوى كل من

- (١) طاقة الوضع لجسم سقط سقوطاً حراً وطاقة حركته .
- (٢) الطاقة الميكانيكية لجسم يسقط سقوطاً حراً وضعف طاقة الوضع .
- (٣) الطاقة الميكانيكية وضعف طاقة الحركة لجسم يسقط سقوطاً حراً
- (٤) الطاقة الميكانيكية وطاقة الوضع لجسم يسقط سقوطاً حراً
- (٥) الطاقة الميكانيكية وطاقة الحركة لجسم يسقط سقوطاً حراً

س ٥ : ما المقصود بكل من

- ١ — الطاقة الميكانيكية .
- ٢ — قانون بقاء الطاقة .
- ٣ — قانون بقاء الطاقة الميكانيكية .

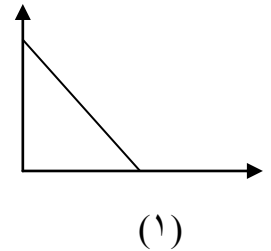
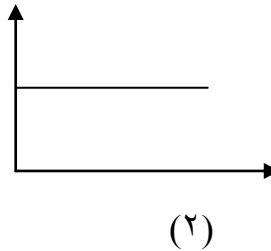
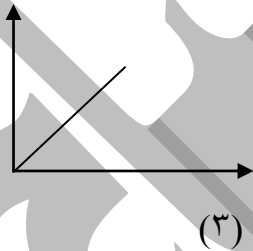
س ٦ : أسئلة متنوعة

- ١ — أكتب العلاقة الرياضية التى تعبر عن قانون بقاء الطاقة الميكانيكية .
- ٢ — أثبت قانون بقاء الطاقة الميكانيكية .
- ٣ — اذكر أمثلة لتحويل طاقة الوضع الى طاقة حركة والعكس .
- ٤ — جسم كتلته 4 kg يسقط سقوطاً حراً من ارتفاع 20 m فوق سطح الأرض . أكمل الفراغات الموجودة بالجدول التالى معتبراً عجلة الجاذبية الأرضية 10 m/s^2 مع إهمال مقاومة الهواء .

النقطة	الإزاحة من نقطة السقوط (m)	طاقة الوضع (j)	السرعة (m/s)	طاقة الحركة (j)	الطاقة الميكانيكية (J)
(١)	0	.....	.....	.....	.....
(٢)	.....	.....	5	.....	.....
(٣)	.....	400	.....	.....	.....
(٤)	.....	.....	.....	800	.....

من النتائج التى توصلت إليها ، حدد موضع النقطة أثناء السقوط التى تكون عندها :

- (أ) الطاقة الميكانيكية للجسم مساوية لطاقة حركته .
- (ب) الطاقة الميكانيكية للجسم مساوية لطاقة الوضع له .
- (ج) طاقة الحركة للجسم مساوية لطاقة الوضع .
- ٥ — ماذا يحدث عند قذف جسم راسياً الى أعلى (بالنسبة لطاقة الوضع وطاقة الحركة) ؟
- ٦ — قذف جسم راسياً الى أعلى ، ولديك ثلاثة أشكال بيانية (١) ، (٢) ، (٣) للتعبير عن العلاقة بين بعض الكميات الفيزيائية له :



حدد أيهما يعبر عن العلاقة بين كل من :

- (أ) طاقة الوضع وارتفاع الجسم عن سطح الأرض .
- (ب) طاقة الحركة وارتفاع الجسم عن سطح الأرض .
- (ج) الطاقة الميكانيكية وارتفاع الجسم عن سطح الأرض .

س ٧ : ١- مسائل للتدريب

- (١) قذف جسم راسياً الى أعلى بسرعة ابتدائية 10 m/s إذا كانت طاقه وضعه عند أقصى ارتفاع هي 1000 J احسب كتلته .
[20 kg]
- (٢) جسم كتلته 200 g يسقط سقوطاً حراً لأسفل من ارتفاع 3 m أحسب طاقة حركته عندما يرتطم بالأرض واثبت أنها تساوى طاقة وضعه قبل السقوط . (علماً بأن $g = 9.8 \text{ m/s}^2$) .

(٣) كرة كتلتها 200 gm تسقط من ارتفاع 100 m احسب الطاقة الميكانيكية للكرة عندما تسقط نصف المسافة
[200 J]
(علماء بان $g = 10 \text{ m/s}^2$)

(٤) جسم كتلته نصف كجم يتحرك لأعلى فى مجال الجاذبية فإذا كانت الطاقة الميكانيكية لهذا الجسم 25 J وعجلة الجاذبية 10 m/s^2 احسب:
(أ) أقصى ارتفاع يصل إليه الجسم .
(ب) السرعة التى بدأ بها الجسم حركته الرأسية لأعلى من بداية سطح الأرض .

(٥) جسم كتلته 600 g سقط من ارتفاع 15 m فإذا كانت $(g = 9.8 \text{ m/s}^2)$ فكم تكون طاقة الحركة قبل ملاسته للأرض ؟

(٦) سقط جسم كتلته 3 kg مسافة قدرها 4 m اوجد سرعته قبل أن يصطدم بالأرض مباشرة $(g = 9.8 \text{ m/s}^2)$.

(٧) جسمان كتلة الأول ثلاثة أمثال كتلة الثانى ، سقطا فى لحظة واحدة وكان الارتفاع الذى سقط منه الجسم الأول ثلث الارتفاع الذى سقط منه الجسم الثانى . اوجد النسبة بين طاقة حركة الجسم الأول وطاقة حركة الجسم الثانى لحظة وصولهما للأرض .
[1 : 1]

(٨) أحسب الشغل الذى يبذله عامل بناء لرفع شيكارة أسمنت كتلتها 50 kg الى ارتفاع 20 m وإذا سقطت منه الشيكارة ، فما سرعة ارتطامها بالأرض ؟ $(g = 9.8 \text{ m/s}^2)$.
[9800 J , 19.8 m/s]

(٩) الجدول المقابل يوضح العلاقة بين طاقة جسم وارتفاعه عن سطح الأرض ، أرسم العلاقة البيانية بين طاقة الوضع على المحور الرأسى ، الارتفاع على المحور الأفقى ، ومن الرسم اوجد طاقة وضع الجسم عند الارتفاع 7 m ، وكتلة الجسم إذا كانت $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

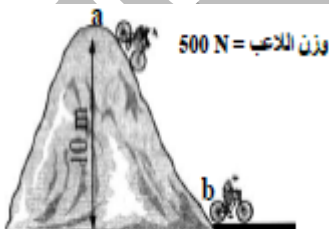
PE (J)	16	32	48	64	80
h (m)	2	4	6	8	10

[56 J , 0.816 kg]

س ٧ : ٢- مسائل الكتاب المدرسى

(١) قذفت كرة راسياً لأعلى فكانت سرعتها 3 m/s عند ارتفاع 4 m ، فما مقدار الشغل المبذول لقذف الكرة إذا كانت كتلتها 0.5 kg (علماء بان $g = 10 \text{ m/s}^2$) .

(٢) باستخدام الشكل المقابل ، اوجد كل من :



- (أ) طاقة وضع اللاعب عند النقطة a .
- (ب) طاقة وضع اللاعب عند النقطة b .
- (ج) طاقة حركة اللاعب عند النقطة b .

[5000 J , 0 , 5000 J]

(٣) قذف جسم كتلته 0.2 kg رأسياً لأعلى بسرعة 20 m/s بإهمال مقاومة الهواء أحسب :

- (أ) أقصى ارتفاع يصل إليه الجسم .
- (ب) سرعة الجسم عند ارتفاع 10 m من سطح الأرض . (علماء بان $g = 10 \text{ m/s}^2$) . [20 m , 14.14 m/s]