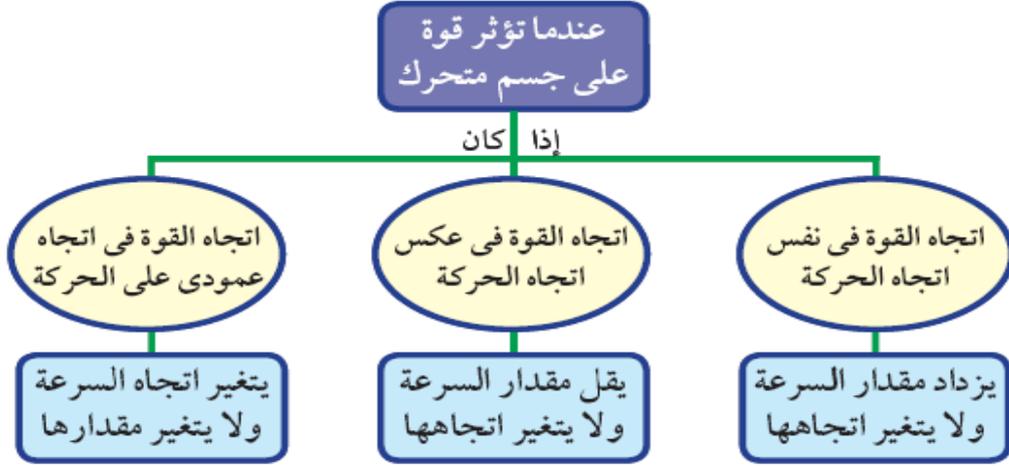


• الحركة في مسار دائري

• **مهمة**

تبعاً لقانون نيوتن الثاني عندما تؤثر قوة على جسم يتحرك بسرعة منتظمة فإنه يكتسب عجلة وتغير السرعة ويعتمد التغير في السرعة على اتجاه القوة المؤثرة على الجسم بالنسبة لاتجاه حركة الجسم



المعمل المصغر



الحركة في دائرة:

✿ اربط حجراً صغيراً بطرف خيط، وأمسك بيدك الطرف الآخر للخيط، ثم حرك الحجر في مسار دائري، أثناء ذلك قم بزيادة سرعة دوران الحجر، ماذا تلاحظ؟ اترك الخيط ليتحرك الحجر بحرية، في أي اتجاه ينطلق الحجر؟

(بيان الحركة في دائرة)

ونتوصل مما سبق أنه:

① لكي يتحرك أي جسم في مسار دائري لابد أن تؤثر عليه قوة عمودية على اتجاه حركته وفي اتجاه مركز الدائرة . وذلك لإجباره على الاستمرار في الحركة الدائرية

② إذا تلاشت هذه القوة فإن الجسم سوف يتحرك باتجاه المماس للمسار الدائري الذي كان يتحرك فيه في خط مستقيم بسرعة ثابتة في المقدار والاتجاه وتسمى بالسرعة المماسية

👉 **الحركة الدائرية المنتظمة** هي الحركة التي يحدثها الجسم عندما يتحرك في دائرة بسرعة ثابتة في المقدار

متغيرة في الاتجاه .

② حركة القمر حول الأرض

① أمثلة:- حركة الأرض حول الشمس

④ حركة الأرجوحة الدوارة حول مركزها

③ حركة الإلكترونات حول نواة الذرة

⑤ حركة عقارب الساعة حول محورها .

👉 **تعريف القوة الجاذبة المركزية :-** هي تلك القوة التي تؤثر باستمرار في اتجاه عمودي على اتجاه حركة

الجسم فتحول مساره المستقيم الي مسار دائري

**السرعة المماسية:** هي سرعة جسم في اتجاه مماس المسار الدائري الذي كان يسلكه لحظة الإفلات

## أنواع القوة الجاذبة المركزية

هي قوة شد تنشأ في حبل أو خيط أو سلك طرفه مربوط بجسم آخر عندما يتحرك في مسار دائري تكون هذه القوة في اتجاه عمودي علي اتجاه حركة الجسم وتكون قوة الشد هي نفسها القوة الجاذبة المركزية	① قوة الشد $F_T$
هي قوة تجاذب تنشأ بين الأرض والشمس (( الأجسام المادية )) وتكون عمودية علي اتجاه حركة الأرض فتتحرك الأرض في مسار دائري حول الشمس	② قوة التجاذب المادي $F_C$
عندما تنعطف السيارة في مسار دائري أو منحني تنشأ قوة احتكاك بين الطريق والإطارات تكون هذه القوة عمودية علي اتجاه الحركة وفي اتجاه مركز الدائرة فتجعل السيارة تتحرك في مسار منحني أي ان قوتها الاحتكاك تعمل كقوة جاذبة مركزية	③ قوة الاحتكاك $F_f$
قوة تنشأ عندما يكون المسار الدائري للجسم مائلا بزاوية علي الأفقي فتنتج مركبة أفقية لقوة رد الفعل باتجاه المركز تساعد علي دوران الجسم وفي هذه الحالة تكون القوة الجاذبة المركزية مجموع مركبتي قوة رد الفعل وقوة الاحتكاك باتجاه مركز الدوران	④ قوة رد الفعل $F_N$
تؤثر قوة الرفع دائما عموديا علي جسم الطائرة وعندما تميل الطائرة تنتج مركبة أفقية لقوة الرفع باتجاه مركز الدائرة وتكون هي القوة المركزية المؤثرة علي الطائرة	⑤ قوة الرفع $F_L$

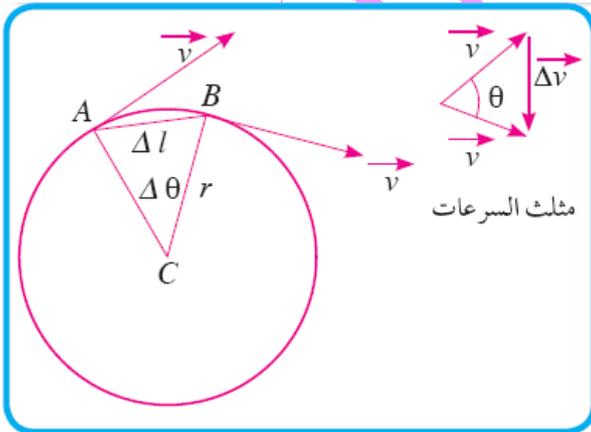
## قوانين الحركة الدائرية

### ① العجلة المركزية

في الحركة الدائرية بالرغم ان السرعة ثابتة في المقدار الا ان الجسم يتحرك بعجلة ؟ وذلك لان السرعة متغيره في الاتجاه وهذه العجلة تسمى بالعجلة المركزية وتتطلب هذه العجلة وجود قوة يكون اتجاهها نحو المركز تسمى بالقوة الجاذبة المركزية ( $F_C$ )

**العجلة المركزية** هي العجلة التي يكتسبها الجسم في الحركة الدائرية نتيجة لتغير اتجاه السرعة

### استنتاج قانون العجلة المركزية (a) :-



① يوضح الشكل المقابل جسم يتحرك علي محيط دائرة نصف قطرها  $r$  وتكون سرعته اللحظية عند كلا من النقطتين  $a$  ,  $b$  هي  $v$  وهي ثابتة في المقدار ولكنها متغيرة في الاتجاه

② برسم مثلث السرعات نلاحظ أن المثلث  $a b c$  يشابه

$$\frac{\Delta L}{r} = \frac{\Delta V}{V} \quad \text{مثلث السرعات}$$

$$\therefore \Delta V = \frac{\Delta L}{r} \cdot V \quad \text{ومنها}$$

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = V \cdot \frac{\Delta L}{\Delta t} \cdot \frac{1}{r} \quad \text{③ ومن تعريف العجلة}$$

$$\therefore V = \frac{\Delta L}{\Delta t} \quad \Rightarrow \quad \therefore a = \frac{V^2}{r}$$

## المعمل المصغر

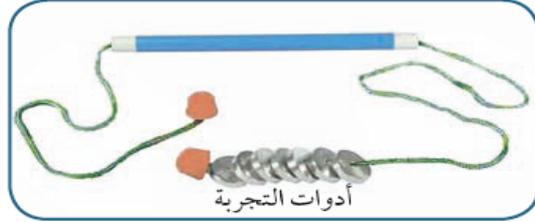
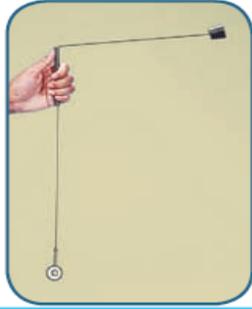
### إثبات صحة علاقة القوة الجاذبية المركزية:

\* اربط سدادة مطاطية كتلتها ( $m$ ) في خيط ثم مرر الخيط خلال أنبوبة معدنية أو بلاستيكية (مثل: أنبوبة القلم) وبعد ذلك اربط الطرف الآخر بثقل كتلته ( $M$ ).

\* عندما نحرك قطعة المطاط في مسار دائري فإن القوة الجاذبة المركزية تنشأ من قوة شد الخيط ( $T$ ) والذي يساوي وزن الثقل المعلق. أي أن:  $F = T = Mg$

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

\* باستخدام المواد السابقة وساعة إيقاف أثبت عملياً صحة العلاقة:



### مثال محلول

كانت كتلة السدادة المطاطية ( $13 \text{ g}$ )، وأديرت السدادة في مسار دائري أفقي نصف قطره ( $0.93 \text{ m}$ ) لتصنع ( $50$  دورة) في زمن قدره ( $59 \text{ s}$ )، احسب كتلة الثقل المعلق في الطرف الآخر للخيط.

**الحل:**

حساب الزمن الدوري:

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

حساب السرعة:

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

حساب قوة الشد:

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

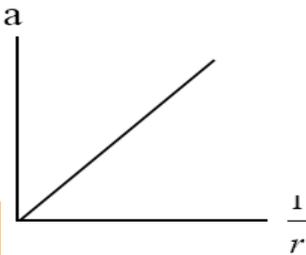
حساب كتلة الثقل:

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

العوامل التي تتوقف عليها العجلة المركزية :-

② نصف قطر الدوران: تتناسب عكسياً مع

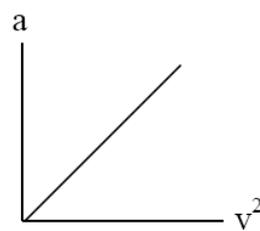
نصف قطر الدوران عند ثبوت السرعة المماسية



$$\text{slope} = ar = V^2$$

① السرعة المماسية: تتناسب طردياً مع مربع

السرعة المماسية عند ثبوت نصف قطر الدوران



$$\text{slope} = \frac{a}{V^2} = \frac{1}{r}$$

## 2 القوة الجاذبة المركزية

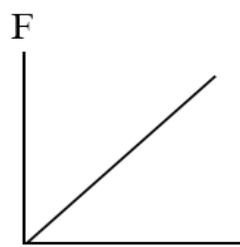
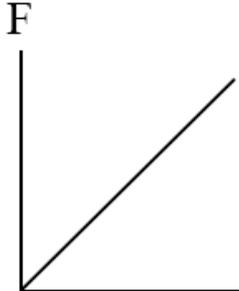
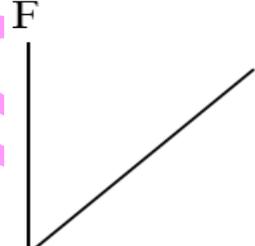
القوة الجاذبة المركزية : هي القوة التي تؤثر باستمرار في اتجاه عمودي على حركة الجسم فتحول مساره المستقيم الي مسار دائري

استنتاج مقدار القوة الجاذبة المركزية

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

من قانون نيوتن الثاني  $F = m a$

العوامل التي تتوقف عليها قوة الجذب المركزية :-

<p>3 نصف قطر المسار الدائري</p> <p>تتناسب عكسياً مع نصف قطر الدوران عند ثبوت الكتلة والسرعة المماسية</p>  $slope = mV^2 = \frac{F}{r}$	<p>2 كتلة الجسم عند ثبوت السرعة المماسية ونصف قطر الدوران</p>  $slope = \frac{V^2}{r} = \frac{F}{m}$	<p>1 السرعة المماسية تناسب طردياً مع مربع السرعة المماسية عند ثبوت الكتلة ونصف قطر الدوران</p>  $slope = \frac{m}{r} = \frac{F}{v^2}$
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### سلسلة مفكرات سيجهها فيج الفيزياء

س : ما النتائج المترتبة علي 1 تحرك سيارة علي مسار منحنى وكان الطريق لزج ؟

جـ : تقل قوة الاحتكاك ولا تستطيع الحفاظ علي المسار الدائري للسيارة فتزلق وتزحف الإطارات علي الطريق الجانبي ، ولا يمكن للسيارة أن تستمر في المسار المنحني

2 تتناقص القوة المركزية بالنسبة لنصف قطر الدوران ؟

جـ : يزداد نصف قطر المسار الدائري ويزداد بعد الجسم عن مركز الدائرة إذا أصبحت القوة المركزية صفراً فإن الجسم سيتحرك في خط مستقيم بسبب القصور الذاتي

### 3 السرعة المماسية

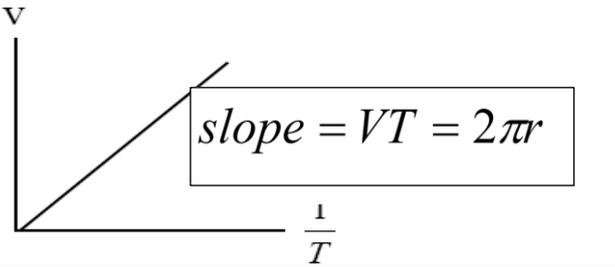
هي سرعة جسم في اتجاه ماس للمسار الدائري الذي كان يسلكه لحظة الافلات

يمكن حساب السرعة المماسية من العلاقة

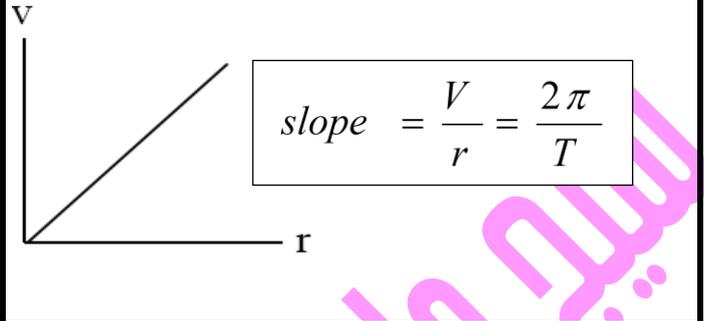
$$V = \frac{2\pi r}{T}$$

## العوامل التي تتوقف عليها السرعة المماسية :

② الزمن الدوري : تتناسب السرعة المماسية عكسياً مع الزمن الدوري عند ثبوت نصف قطر الدوران



① نصف قطر الدوران : تتناسب السرعة المماسية طردياً مع نصف قطر الدوران عند ثبوت الزمن الدوري



هو الزمن اللازم لعمل دورة كاملة في المسار الدائري

## ④ الزمن الدوري

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

يمكن حساب زمن الدورة الكاملة من العلاقة :-

### مثال محلول

حجر كتلته (600 g) مربوط في خيط طوله (10 cm) ويدور بسرعة (3 m/s) احسب القوة الجاذبة المركزية، وما الذي تتوقع حدوثه إذا كانت أقصى قوة شد يتحملها الخيط هي (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 في خط مستقيم باتجاه المماس للمسار الدائري الذي كان يسلكه لحظة انقطاع الخيط.

علل منع سيارات النقل الثقيل علي بعض المنحنيات الخطرة

جـ : لانه كلما زادت الكتلة كلما احتاجت السيارة الي قوة جاذبة مركزية اكبر حيث  $F \propto m$

علل يحدد مهندسو الطرق سرعة معينة للحركة عند المنحنيات لا ينبغي تجاوزها

جـ : لانه كلما زادت السرعة كلما احتاجت لقوة جاذبة مركزية اكبر  $F \propto V^2$

علل تكون السرعة المسموح بها علي المنحني الأقل في نصف القطر أقل من مسموح بها في المنحني الأكبر في نصف القطر

جـ : لانه كلما قل نصف القطر كلما احتاجت السيارة لقوة جاذبة مركزية اكبر  $F \propto \frac{1}{r^2}$

علل تنزلق السيارة وترجع الإطارات ولا تستمر السيارة في المسار المنحني إذا كان الطريق لرجا

جـ : لان قوة الاحتكاك تقل ولا تستطيع السيارة الحفاظ علي المسار الدائري

علل عند استعمال حجر المسن الكهربائي تنطلق شظايا المعدن المتوهجة باتجاهات مستقيم

جـ : لان القوة الجاذبة المركزية غير كافية لحركة الشظايا في المسار الدائري لذلك تتحرك في اتجاه مماس



كتاب  
المدرسة

تطبيقات على ظاهرة حركة الأجسام بعيداً عن المسار الدائري عندما تكون القوة الجاذبة المركزية غير

كافية للحركة في المسار الدائري :-

- 1 تجفيف الملابس في الغسالات الأوتوماتيكية
- 2 الفصل المركزي في المعامل الطبية
- 3 غزل البنات
- 4 لعبة البراميل الدوارة في الملاهي

فكر... تعمل الغسالات الأوتوماتيكية علي تجفيف الملابس؟



الفصل الثاني

الباب الثالث

## الجاذبية الكونية والحركة الدائرية

مقدمة : لعبت الصدفة دوراً هاماً في اكتشاف نيوتن لقانون الجذب العام وذلك عندما سقطت تفاحة من شجرة نحو سطح الأرض. وتوصل نيوتن إلى بعض الافتراضات التي من خلالها تمكن من صياغة قانون الجذب العام

نص قانون الجذب العام لنيوتن : كل جسم مادي في الكون يجذب أي جسم آخر بقوة تتناسب تناسباً طردياً مع حاصل ضرب كتليهما وعكسياً مع مربع البعد بينهما

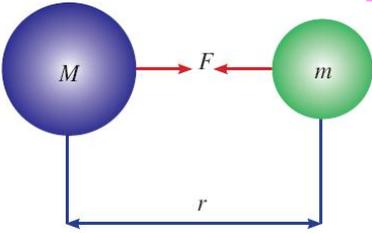
$$F = G \frac{Mm}{r^2}$$

الصيغة الرياضية

M كتلة الجسم الاول - m كتلة الجسم الثاني - r البعد بين الجسمين - G ثابت الجذب العام

تعريف ثابت الجذب العام :- يقدر بقوة الجذب المتبادلة بين جسمين كتلة كلا منهما (1 Kg) والمسافة

بين مركزيهما (1 m)



$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{Kg}^2$$

قيمة ثابت الجذب العام :-

نيوتن.م<sup>2</sup>/كجم<sup>2</sup> أو م<sup>3</sup>/كجم. ثانية<sup>2</sup>

وحدة القياس :

$$M^{-1}L^3T^{-2}$$

معادلة ابعادة :

مثال محلول

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

الحل:

من قانون الجذب العام فإن قوة الجذب تساوي:

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

في هذا المثال نلاحظ أن قوة الجذب المتبادلة بين الكرتين صغيرة جداً وتعادل وزن حبة رمل من رمال الشاطئ.

فكر... 1 لماذا لا تجذبنا الابراج الشاهقت اليها

2 لماذا لا تغلت لارض من مدارها حول الشمس

3 النسبت بين ثابت الجذب العام علي الارض الي ثابت الجذب العام علي القمر .... الواحد

(اكبر - اقل - يساوي)

علماء افادو البشرية

1 نجح أبو الريحان محمد البيروني في قياس محيط الكرة الأرضية

2 كذلك ساعد بعض العلماء مثل علي بن عيسى الأسطرلابي .

وعلى البحري في تطوير علم الفلك والاستفادة منه

تدريبي ١

أحسب قوة الجذب المتبادلة بين الشمس والأرض علما بأن : كتلة الشمس =  $2 \times 10^{30} \text{ kg}$  ،  
وكتلة الأرض =  $6 \times 10^{24} \text{ kg}$  ، والمسافة بين مركزيهما  $150 \times 10^6 \text{ km}$  علما بأن ثابت الجذب  
العام =  $6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$

تدريبي ٢

إذا كانت قوة الجذب بين كرتين كتلة إحدهما 20Kg والأخرى مجهولة الكتلة  
هي  $5336 \times 10^{-11} \text{ N}$  والمسافة بينهما 0.5 m. أوجد كتلة الكرة المجهولة ؟

تدريبي ٣

أحسب قوة الجذب المادي بين البروتون والإلكترون في ذرة الهيدروجين إذا علمت أن كتلة البروتون  
 $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$  وكتلة الإلكترون  $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$  ونصف قطر ذرة الهيدروجين  $0.5 \text{ \AA}$  أوجد

### مجال الجاذبية

هو الحيز الذي تظهر فيها قوى الجاذبية

شدة مجال الجاذبية الأرضية

هو قوة جذب الأرض لجسم كتلته اكجم ويساوي عدديا عجلة الجاذبية الارضية .

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

يمكن تعيين شدة المجال الجاذبية الأرضية عند نقطة من العلاقة

حيث M كتلة الأرض &  $r = R + h$  حيث R نص قطر الأرض h ارتفاع النقطة عن سطح الأرض

العوامل التي تتوقف عليها عجلة الجاذبية من العلاقة السابقة تتناسب عجلة الجاذبية عكسيا مع مربع

نصف القطر حيث G, M ثابت

### الأقمار الصناعية

هو جسم يطلق بسرعة معينة لجعله يدور في مسار منحنى بحيث يبقى بعده ثابت عن الأرض.

فكرة إطلاق الأقمار الصناعية :- ( يعتبر اسحق نيوتن أول من شرح هذه الفكرة )

1 عند قذف جسم في اتجاه أفقي بسرعة معينة من فوق قمة برج فإنه يسقط  
سقوطا حرا على سطح الأرض عند نقطة على بعد معين من قاعدة البرج .

2 بزيادة السرعة التي يقذف بها الجسم فإنه يقطع مسافة أطول قبل أن يصل  
إلى سطح الأرض .

3 إذا بلغت السرعة حدا معيناً فإنه يسقط سقوطا حرا على طول مسار منحنى

٣٩

بحيث يبقى بعده ثابت عن الأرض و يأخذ في الدوران في مسار شبه دائري حول الأرض ويصبح تابعا للأرض مثل  
القمر الطبيعي و حينئذ يسمى بالقمر الصناعي .

هي السرعة التي ينطلق بها قمر صناعي وتجعله يدور في مسار منحنى فيظل بعده ثابت عن الأرض.

استنتاج علاقة لحساب السرعة المدارية لقمر صناعي (V): -

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

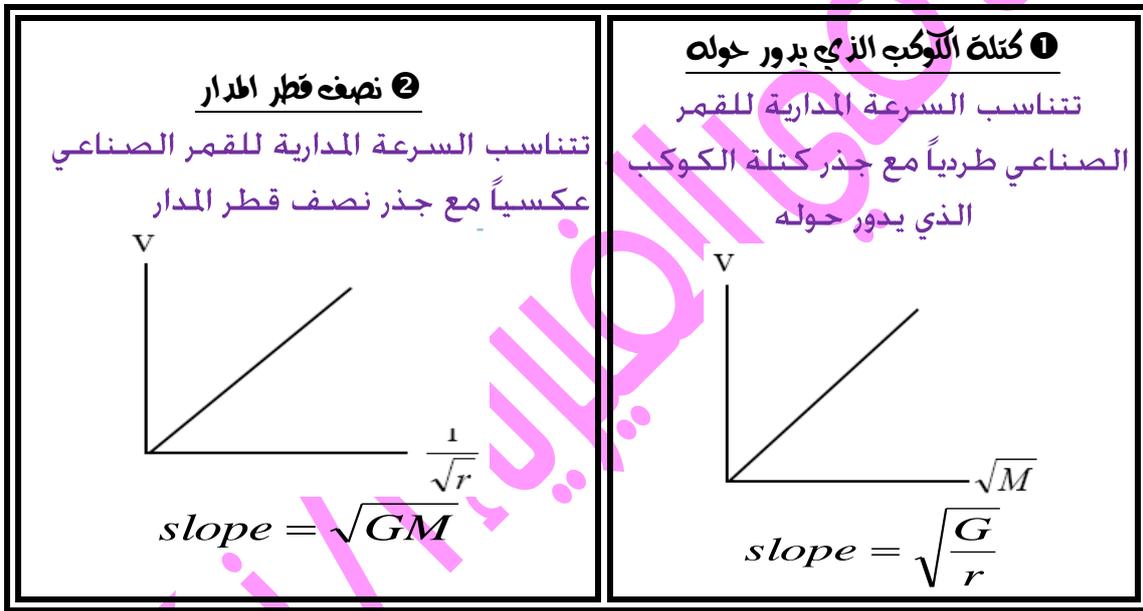
1 قوة الجذب المتبادلة بين الأرض والقمر تتعين من العلاقة

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

2 القوة الجاذبية المركزية للقمر تتعين من العلاقة

$$m \frac{V^2}{r} = G \frac{Mm}{r^2} \Rightarrow V = \sqrt{G \frac{M}{r}} \text{ ومنها}$$

العوامل التي تتوقف عليها سرعة القمر الصناعي أثناء حركته حول كوكب



### أنواع الأقمار الصناعية حسب طبيعتها

- 1 أقمار الاتصالات** . تسمح بنقل ( مكالمات تلفونية - إشارات المعلومات - محطات التلفزيون ) .
  - 2 أقمار استطلاع وتحسس** لتوفير المعلومات التي تحتاجها القيادات في أغراض سياسية وعسكرية لاخاذ القرارات وإدارة الحروب.
  - 3 أقمار الاستشعار عن بعد** و التي تستخدم في مراقبة الطيور المهاجرة و تحديد الثروات الطبيعية ومراقبة المحاصيل الزراعية لحمايتها من مخاطر الطقس ودراسة شكل الأعاصير
  - 4 أقمار فلكية** وهي عبارة عن تليسكوبات هائلة الحجم تسبح في الفضاء ولها قدرة علي تصوير الفضاء
- س ماذا يحدث اذا يتوقف القم الصناعي وأصبحت سرعته صفراً ؟**
- ج :** يتحرك في خط مستقيم ناحية الأرض ويسقط بداخلها
- س انعدمت قوة الجاذبية بين الأرض والقمر الصناعي ؟**
- ج :** يتحرك القمر في خط مستقيم باتجاه المماس للمسار الدائري مبتعداً عن الأرض

مثال ١ يدور القمر حول الارض في مسار دائري نصف قطره  $3.85 \times 10^5 \text{ Km}$  ويكمل دورة كاملة خلال 27.3 يوم احسب كتلة الارض

الحل

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

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

$$\therefore V^2 = G \frac{M}{r} \quad \text{حساب كتلة الارض}$$

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

سيجما في الفيزياء اعداد أ/ زكريا مختار ٠١٠٠٧٢٠٧٣٠٩

مثال ٢ قم صناعي يدور حول الارض في مدار شبة دائري علي ارتفاع 940 Km من سطح الارض احسب السرعة المدارية والزمن اللازم لكي يصنع دورة كاملة حول الارض (  $R = 6360 \text{ Km}$ ,  $M = 6 \times 10^{24} \text{ Kg}$  )

$$r = R + h = 6360 + 940 = 7300 \text{ Km} = 7.3 \times 10^6 \text{ m} \quad \text{الحل :}$$

$$① \quad V = \sqrt{G \frac{M}{r}} = \sqrt{6.67 \times 10^{-11} \times \frac{6 \times 10^{24}}{7.3 \times 10^6}} = 7.4 \times 10^3 \text{ m/s}$$

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

مثال ٣ قم صناعي يتم دورة كاملة حول الارض كل 100 min وطول مساره 60000 Km احسب السرعة المدارية وارتفاع القمر عن سطح الارض علما بان (  $R = 6360 \text{ Km}$  )

$$V = \frac{2\pi r}{T} = \frac{60000 \times 10^3}{100 \times 60} = 10000 \text{ m/s} \quad \text{الحل :}$$

$$2\pi r = 6 \times 10^7 \gggg r = \frac{6 \times 10^7}{2 \times 3.14} = 9.55 \times 10^6 \text{ m} = 9.55 \times 10^3 \text{ Km}$$

$$r = R + h \gggggg \therefore h = r - R = 9550 - 6360 = 3190 \text{ Km}$$

## الشغل والطاقة

### الشغل W

عملية تقوم فيها القوة بتحريك جسم في اتجاه تأثيرها أو حاصل ضرب القوة في الإزاحة

س ما معني قولنا أن : شخص يبذل شغل قدرة ل 500 ج علي جسم

ج : أي انه عندما يؤثر الشخص علي الجسم بقوة مقدارها 500 N فان الجسم يتحرك مسافة مقدارها 1 m علي طول خط عمل القوة

وحدة قياس الشغل :- الجول (J) Joule ويكافئ نيوتن.م (N.m) ، كجم.م<sup>2</sup>/ث<sup>2</sup> ( Kg.m<sup>2</sup>.s<sup>-2</sup> )

معادلة ابعادة  $ML^2T^{-2}$

الجول :- هو الشغل الذي تبذله قوة مقدارها واحد نيوتن لتحرك جسماً مسافة قدرها واحد متر في اتجاه خط عملها.

### علل

الشغل كمية قياسية .

ج : وذلك لأنه حاصل ضرب كميتين متجهتين ( القوة والإزاحة )

### حساب الشغل المبذول لتحريك جسم :-

عندما تؤثر قوة (F) علي جسم لتحركه مسافة (d) بحيث يميل اتجاه القوة علي اتجاه الحركة بزاوية (θ) فانه يلزم لحساب الشغل تحليل القوة إلي مركبتين متعامدتين هما :

1 مركبة القوة في اتجاه حركة الجسم  $F \cos \theta$  وهي المسئولة عن بذل الشغل

2 مركبة القوة في اتجاه عمودي علي اتجاه حركة الجسم  $F \sin \theta$  وهي تتزن مع وزن الجسم

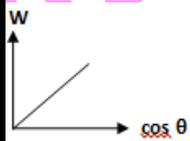
وبالتالي يمكن حساب الشغل من العلاقة

$$W = Fd \cos \theta$$

### العوامل التي يتوقف عليها الشغل :-

#### 3 الزاوية بين القوة والإزاحة

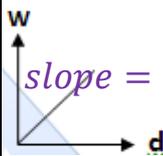
حيث يتناسب الشغل طردياً مع جيب تمام الزاوية بين القوة والإزاحة  
slope = Fd



#### 2 الإزاحة :- حيث يتناسب

الشغل طردياً مع الإزاحة الحادثة للجسم

$$\text{slope} = F \cos \theta$$



#### 1 القوة المؤثرة :- حيث يتناسب

الشغل طردياً مع القوة المؤثرة علي الجسم  
slope = d cos θ



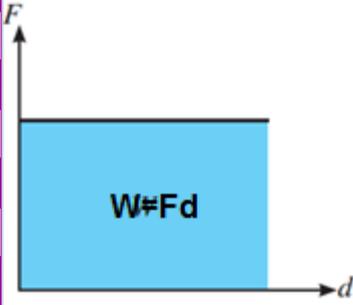
فكر ... تخيل لديك حائط اثرت عليه بقوة 100N هل تبذل شغلا فيزيائيا وماذا ؟

## حساب الشغل بيانياً

إذا كانت القوة المؤثرة على الجسم المتحرك ثابتة المقدار وفي اتجاه الإزاحة نحصل على العلاقة البيانية الموضحة بالشكل حيث  $\cos \theta = 1$  وبالتالي  $\theta = 0$

الشغل = القوة  $\times$  الإزاحة = الطول  $\times$  العرض

= المساحة تحت الخط البياني (القوة - الإزاحة)



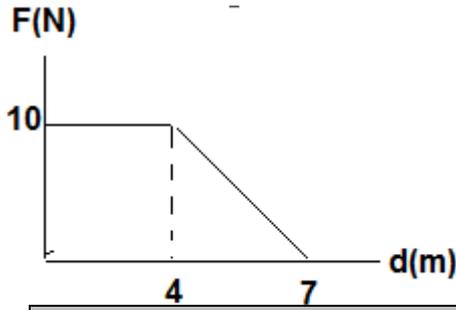
مثال قوة أفقية تؤثر في جسم يتغير مقدارها مع الإزاحة المقطوعة كما بالشكل احسب

الشغل الذي تبذله القوة إذا تحرك الجسم أفقياً من الصفر إزاحة 7m

الحل الشغل المبذول = المساحة تحت المنحني F,d

= مساحة المستطيل + مساحة المثلث

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



تأثير زاوية الميل على قيمة الشغل

الزاوية	الشغل	السبب	أمثلة
$\theta = 0$	يكون الشغل نهاية عظمي	القوة في اتجاه خط عمل الإزاحة $\cos \theta = 1$ $w = Fd$	شخص يسحب جسم في اتجاه القوة
حادة	موجب	القوة في اتجاه الإزاحة ويزداد الشغل اللازم لتحريك الجسم	شخص يسحب جسم في اتجاه القوة
فائمه	صفر	$\cos \theta = 0$ $w = 0$ القوة لا تبذل شغلاً لأنها عمودية على اتجاه الإزاحة فتتزن القوة مع الوزن	شخص يحمل جسم ويتحرك به مسافة أفقية
منفرجه	سالب	لان الجسم هو الذي يبذل شغلاً	الشغل المبذول من قوة الفرامل والشغل الناتج عن الاحتكاك

عندما يسم طالب أفقياً وهو يحمل حقيبة كتب يكون الشغل المبذول لتحريك الحقيبة يساوي صفر

جـ : لأن اتجاه الحركة عمودي على اتجاه القوة المؤثرة على الحقيبة .

عندما يسم طالب أفقياً وهو يحمل حقيبة كتب يكون الشغل المبذول لتحريك الحقيبة يساوي صفر

جـ : لأن القوة الجاذبة المركزية المؤثرة على جسم ليتحرك في مسار دائري لا تبذل شغلاً

ملاحظات هامة

1 عندما يصعد سلماً وهو يحمل حقيبة فإنه يبذل شغلاً.

2 يكون الشغل موجبا إذا كان اتجاه القوة في نفس اتجاه الإزاحة

3 يكون الشغل سالبا إذا كان اتجاه القوة في عكس اتجاه الإزاحة مثل الشغل المبذول من قوة الفرامل والشغل المبذول من قوة الاحتكاك

4 الشغل المبذول في دفع الجسم أكبر من الشغل المبذول في حالة سحبه

1. تؤثر قوة مقدارها 50N على جسم في إتجاه عمودي على إتجاه الحركة فإذا تحرك الجسم مسافة 10m فإن الشغل الذي تبذله هذه القوة يساوي ( 0 - 500 - 5 )
2. يتوقف مقدار الشغل المبذول على ( القوة المؤثرة - الإزاحة - مقدار الزاوية - جميع ما سبق )

## 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).

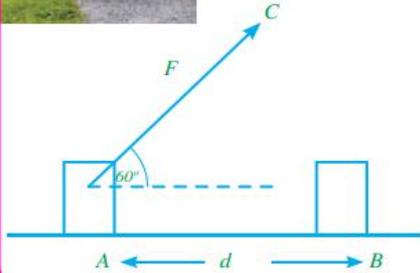
الحل:

$$F = 50N$$

$$d = 4m$$

$$\theta = 60^\circ$$

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



سيجما في الفيزياء للثانوية العامة والازهرية / زكريا مختار

## مثال محلول



احسب الشغل الذي تبذله طفلة تحمل دلوًا كتلته (300 g) وتتحرك به إزاحة مقدارها (10 m) في الاتجاه الأفقي، ثم احسب الشغل الذي يبذله طفل لرفع دلو له نفس الكتلة إزاحة مقدارها (10 cm) في الاتجاه الرأسي ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

الحل:

الشغل الذي تبذله الطفلة:

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

الشغل الذي يبذله الطفل:

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

حساب القوة

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

حساب الشغل

وحيث إن القوة والإزاحة في نفس الاتجاه فإن الزاوية ( $\theta$ ) تساوي صفرًا.

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

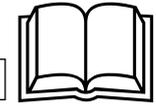
القوة العمودية على الإزاحة لاتبذل شغلًا

## علماء أفادوا البشرية

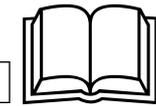


شكل (5) : جيمس جول

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



كتاب  
المدرسة



كتاب  
المدرسة

## الطاقة

👉 **الطاقة :-** هي القدرة على عمل شغل (إمكانية بذل شغل )

أولاً : **طاقة الحركة KE** هي الشغل المبذول لتحريك جسم

**ماذا نعني بقولنا أن : طاقة الحركة لجسم = 50 J**

جـ / أي أن الشغل المبذول لتحريك جسم = 50 J

● **وحدة قياس الطاقة** هي نفس وحدات قياس الشغل الجول

● **معادلة الأبعاد هي**  $ML^2T^{-2}$

📌 **استنتاج قانون طاقة الحركة :-** بفرض جسم ساكن أثرت عليه قوة (F) فتحرك بعجلة (a) لتصل

سرعته إلى ( $V_f$ ) ويقطع مسافة (d) فإن :-  $V_f^2 = V_i^2 + 2ad$

وحيث ان الجسم بدأ من السكون  $V_f^2 = 2ad$

بضرب طرفي المعادلة في F  $\therefore d = \frac{V_f^2}{2a}$

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

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

ولكن من القانون الثاني لنيوتن

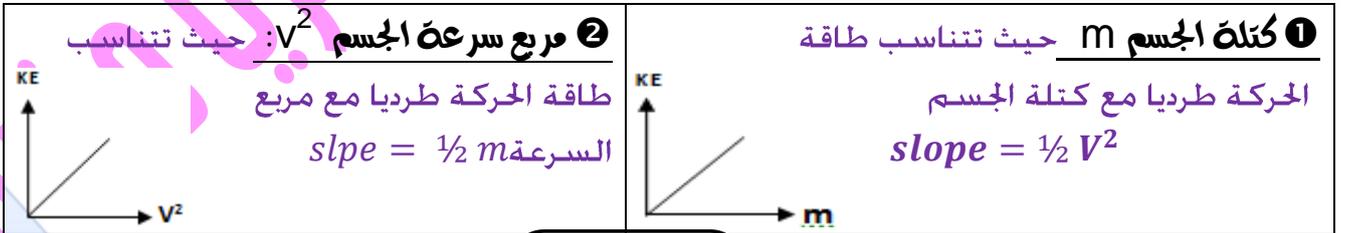
$$Fd = \frac{1}{2} mV_f^2$$

وحيث أن الطرف الأيسر (F d) يمثل الشغل المبذول لتحريك الجسم فان الطرف الأيمن يمثل الصورة التي تحول

إليها الشغل المبذول والتي تسمى بطاقة الحركة (K E)

$$KE = \frac{1}{2} mV_f^2$$

📌 **العوامل التي يتوقف عليها طاقة الحركة لجسم:**

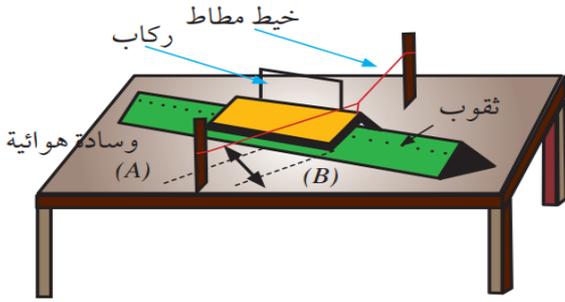


### ملاحظات

- 1 تزداد طاقة حركة الجسم للضعف بتضاعف كتلته
- 2 تزداد طاقة حركة الجسم إلى أربعة أمثال قيمتها بتضاعف سرعته
- 3 تقل طاقة حركة الجسم للربع بنقص سرعته للنصف
- 4 تزداد طاقة حركة الجسم للضعف بتضاعف سرعته ونقص كتلته إلى النصف
- 5 تقل طاقة حركة الجسم للنصف بتضاعف كتلته ونقص سرعته للنصف

## تجربة لتعيين طاقة الحركة عمليا

### خطوات التجربة :-



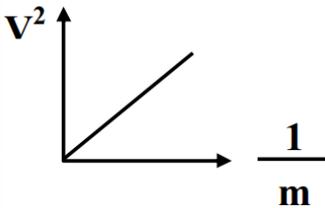
1 ضع ركابا معلوم الكتلة (m) علي وسادة هوائية ثم اجذبه إلي الخلف مسافة ثابتة (X) بحيث يعمل علي شد خيط مرن مثبت في قائمين ثابتين

2 اترك الركاب حر الحركة وعين سرعته (V) باستخدام خلية كهر وضوئية

3 كرر العمل السابق عدة مرات مع تغيير كتلة الركاب وفي كل مرة عين سرعته بشرط ألا تتغير قيمة الشد في الخيط المرن حتي يظل الشغل المبذول علي الركاب ثابتا وبالتالي تظل طاقة الوضع المختزنة في الخيط ثابتة

4 ارسم علاقة بيانية بين  $(V^2)$  علي المحور الرأسي و  $(1/m)$  علي المحور الأفقي

تحصل علي خط مستقيم



فكر... 1 اذا زادت سرعة جسم للضعف وقلت الكتلة للربع فان طاقة الحركة .....

(تضاعف - لا تتغير - تقل للنصف - تقل للربع)

2 جسمان الاول كتلته ضعف الثاني وسرعته نصف سرعة الثاني فان طاقة حركة الاول .....

(نصف - ضعف - ربع - اربعة امثال)

طاقة حركة الثاني

علل الجسم الساكن طاقة حركته تساوي صفر؟

جـ : لان طاقة الحركة تحسب من العلاقة  $KE = \frac{1}{2} mV^2$  وحيث ان سرعة الجسم = صفر فتكون

طاقة الحركة = صفر

مثال اذا تحركت سيارة بسرعة 30km/h وعند الضغط علي دواسة الفرامل فانها تنزلق مسافة 10m قبل التوقف فاحسب

المسافة التي تنزلقها قبل التوقف اذا كانت السرعة 60km/h ① 120km/h ②

الحل : يمكنك حساب المسافة قبل التوقف من العلاقة

$$KE = \frac{1}{2} mV^2 = Fd \gg \therefore V^2 \propto d$$

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

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

$$\therefore \frac{V_1^2}{V_3^2} = \frac{d_1}{d_3} \gg \gg \frac{30^2}{120^2} = \frac{10}{d_3} \gg \gg \therefore d_3 = 160m \text{ ②}$$

### مثال محلول

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

الحل:

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

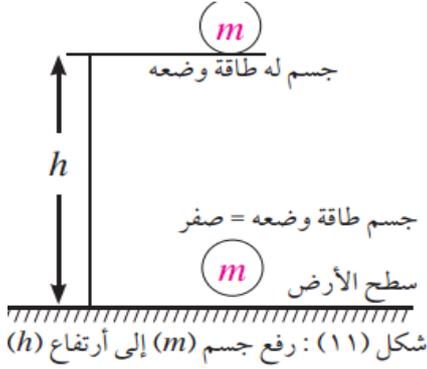
$$\therefore K.E = \frac{1}{2} mv^2$$

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

حساب السرعة بوحد (m/s)

حساب طاقة الحركة:

## ثانيا : طاقة الوضع (P.E)



هي الطاقة التي يكتزنها الجسم بسبب موضعه .

### حساب طاقة الوضع (P.E) :-

① اذا رفع جسم كتلة  $m$  الي ارتفاع  $h$  عن سطح الارض فان هذا الجسم يكتسب طاقة وضع  $PE$  نتيجة وضعة الجديد وبالتالي فهو يبذل شغلا بسبب وضعة الجديد اي ان

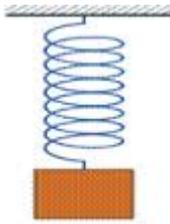
② الشغل المبذول لرفع الجسم = طاقة وضع الجسم  $PE = W = F \cdot h$

اقل قوة  $F$  لازمة لرفع الجسم لاعلي = وزن الجسم  $\therefore PE = F \cdot h = mgh$

$$\therefore PE = mgh$$

### انواع طاقة الوضع

① **طاقة الوضع المرؤية** : عند تعليق ملف زنبركي راسيا ثم جذبة لاسفل فانه يحتفظ بالشغل المبذول في صورة طاقة وضع ويستطيل وعند تركه فانه يبذل شغلا ليتخلص من الطاقة ويعود الي الاستقرار



② **طاقة الوضع التناقلية** هي الشغل المبذول علي الجسم لرفعة مسافة معينة

### أمثلة

- طاقة الوضع المختزنة في زنبرك مضغوط
- طاقة الوضع المختزنة في قوس مشدود
- طاقة الوضع المختزنة في بندول مزاح عن موضع اتزانه .
- طاقة الوضع المختزنة في جسم مرفوع لاعلى (طاقة جهد الجاذبية )

### العوامل التي يتوقف عليها طاقة الوضع:

③ شدة مجال الجاذبية حيث	② الارتفاع $h$ :- حيث تناسب	① كتلة الجسم $m$ : حيث تناسب
تناسب طاقة الوضع طرديا مع شدة مجال الجاذبية $m d = \text{الميل}$	طاقة الوضع طرديا مع الارتفاع $\text{slope} = Fg = mg$	طاقة الوضع طرديا مع كتلة الجسم $d = \text{الميل} = g$

### مقارنة بين طاقة الوضع والحركة

طاقة الوضع	طاقة الحركة	التعريف
الطاقة التي يكتزنها الجسم نتيجة تغير موضعه	الطاقة التي يمتلكها الجسم نتيجة حركته	
$PE = mgh$	$KE = \frac{1}{2} mV^2$	العلاقة الرياضية
① كتلة الجسم ② عجلة الجاذبية ③ الارتفاع عن سطح الارض	① كتلة الجسم ② سرعة الجسم	العوامل المؤثرة
الجول	الجول	الوحدة
$ML^2T^{-2}$	$ML^2T^{-2}$	معادلات الابعاد

في المجتمعات البدائية :- اقتصر احتياج الإنسان للطاقة علي الطعام الذي يحصل عليه من الحيوانات والنباتات

في المجتمعات الحديثة :- حدث تغير كبير في احتياجات الإنسان للطاقة كما حدث تغير في مصادرها

مصادر الطاقة :- الفحم - البترول - الطاقة النووية- مساقط المياه الطبيعية أو الصناعية  
ظاهرة المد والجزر - الرياح - الشمس - طاقة الغذاء الحيوية (من الزراعة)