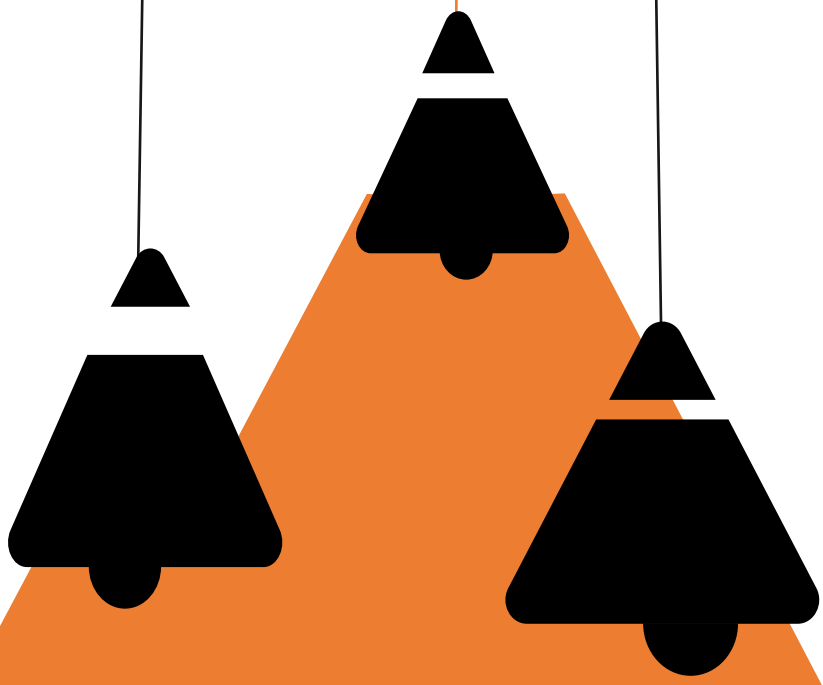
اسم الطالب: .....

# EINSTIN
in physics



## الشرح

## ملاحظات تساعد في دراسة الفيزياء

١) مساحة المربع = $L^2$

٢) مساحة المستطيل = الطول × العرض

٣) مساحة وجه المكعب = $L^2$

٤) حجم متوازي المستطيلات = الطول × العرض × الارتفاع

٥) مساحة الدائرة = $\pi r^2$

٦) حجم الأسطوانة = مساحة القاعدة × الارتفاع = $\pi r^2 \times h$

محيط المربع = $4L$

محيط المستطيل = 2 (الطول + العرض)

مساحة أوجه المكعب = $6L^2$, حجم المكعب = $L^3$

محيط الدائرة = $2\pi r$, حجم الكرة = $\frac{4}{3} = \pi r^3$

## قاعدة عامة لتحويل الوحدات

١) للتحويل من الأكبر إلى الأصغر نضرب.

٢) للتحويل من الأصغر إلى الأكبر نقسم.

## تحويل الكسور والمضاعفات إلى الوحدات العملية

١) مللي الوحدة $\xleftarrow{\times 10^{-3}}$ الوحدة

٢) ميكرو الوحدة $\xleftarrow{\times 10^{-6}}$ الوحدة

٣) نانو الوحدة $\xleftarrow{\times 10^{-9}}$ الوحدة

٤) كيلو الوحدة $\xleftarrow{\times 10^{3}}$ الوحدة

٥) ميجا الوحدة $\xleftarrow{\times 10^{6}}$ الوحدة

٦) جيجا الوحدة $\xleftarrow{\times 10^{9}}$ الوحدة

## تحويل بعض الوحدات

١) مم $\xleftarrow{\times 10^{-3}}$ م

٢) مم$^2$ $\xleftarrow{\times 10^{-6}}$ م$^2$

٣) مم$^3$ $\xleftarrow{\times 10^{-9}}$ م$^3$

٤) سم $\xleftarrow{\times 10^{-2}}$ م

٥) سم$^2$ $\xleftarrow{\times 10^{-4}}$ م$^2$

٦) سم$^3$ $\xleftarrow{\times 10^{-6}}$ م$^3$

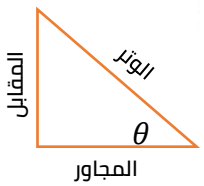
٧) الأنجستروم $\xleftarrow{\times 10^{-10}}$ م

٨) اللتر $\xleftarrow{\times 10^{-3}}$ م$^3$

٩) جم $\xleftarrow{\times 10^{-3}}$ كجم

## العلاقات المثلثية

في المثلث القائم الزاوية يمكن تعيين النسبة المثلثية للزاوية $\theta$ من العلاقات




$\sin\theta = \frac{\text{المقابل}}{\text{الوتر}}$ $\cos\theta = \frac{\text{المجاور}}{\text{الوتر}}$ $\tan\theta = \frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}}$

مراجعة علي ما سبق

- توضح قوانين نيوتن العلاقة بين حركة الأجسام والقوى المؤثرة عليها.
- درسنا في الفصل الدراسي الأول قانون نيوتن الأول وقانون نيوتن الثالث.
- نتناول بالدراسة في هذا الفصل كمية التحرك وقانون نيوتن الثاني.

## العلاقة بين كتلة الجسم وقصوره الذاتي

القصور الذاتي يتناسب طرديًا مع الكتلة

1 من السهل إيقاف جسم كتلته صغيره

لأن قصوره الذاتي صغير

2 نجد صعوبه في إيقاف جسم كتلته كبيرة

لأن قصوره الذاتي كبير

## العلاقة بين سرعة الجسم وقصوره الذاتي

القصور الذاتي يتناسب طرديًا مع السرعة

1 من السهل إيقاف جسم سرعته صغيرة

لأن قصوره الذاتي صغير

2 نجد صعوبة في إيقاف جسم سرعته كبيرة

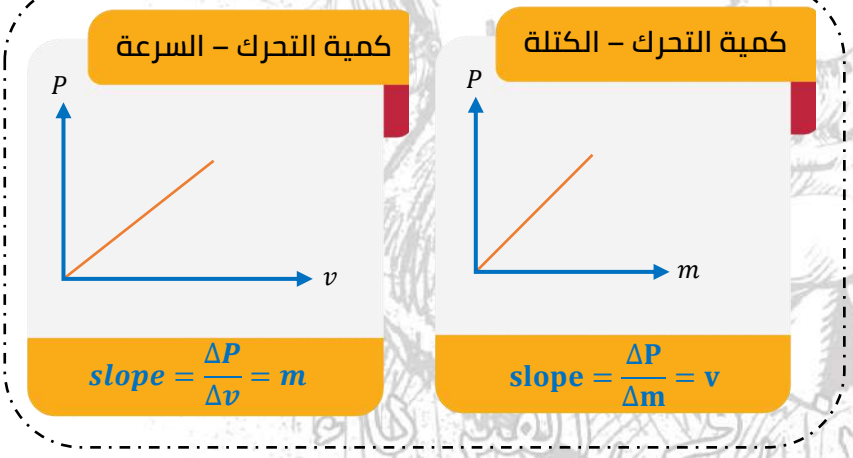
لأن قصوره الذاتي كبير

## خلاصة الكلام

- القصور الذاتي يتوقف على كتلة الجسم وسرعته.
- كتلة الجسم وسرعته يرتبطان معًا بكمية فيزيائية تعرف باسم كمية التحرك.

# 1 كمية التحرك

## علاقات بيانية




العوامل التي تتوقف عليها كمية التحرك

1) سرعة الجسم : تتناسب كمية التحرك طردياً مع سرعة الجسم عند ثبوت الكتلة .

2) كتلة الجسم : تتناسب كمية التحرك طردياً مع الكتلة عند ثبوت السرعة .

## خد فكره من الاينشتاين

### علل

أ) كمية التحرك لجسم ساكن تساوي صفر مهما زادت كتلته (كمية التحرك لقطار ساكن تساوي صفر).

ب) كمية التحرك لجسم متحرك لا تساوي صفر مهما قلّت كتلته (كمية التحرك لطفل يحبو لا تساوي صفر).

ج) عند اصطدام كرة بحائط وارتداها في الاتجاه المضاد فإن:

- سرعة الكرة قبل التصادم موجبة وسرعتها بعد التصادم سالبة.
- يكون التغيّر في كمية الحركة:

$$\Delta P = P_{(\text{بعد التصادم})} - P_{(\text{التصادم})}$$

جرب تحل كده

(1) جسم كتلته $0.5\ kg$ يسقط سقوطًا حرًا من قمة برج فوصل إلى سطح الأرض بعد $4\ s$, احسب كمية تحرك الجسم لحظة اصطدامه بسطح الأرض. (علمًا بأن: $g = 10\ m/s^2$)

دا الحل

$$v_f = v_i + gt = 0 + (10 \times 4) = 40\ m/s$$
$$P = mv_f = 0.5 \times 40 = 20\ kg.m/s$$

(2) جسمان كتلة الأول $5\ kg$ ويتحرك بسرعة $20\ m/s$ فإذا كانت كتلة الثاني $15\ kg$, احسب سرعة الجسم الثاني إذا كان للجسمين نفس كمية التحرك.

دا الحل

$$P_1 = P_2$$
$$m_1v_1 = m_2v_2$$
$$5 \times 20 = 15\ v_2$$
$$v_2 = \frac{5 \times 20}{15} = 6.6\ m/s$$

(3) دفعت كرة كتلتها $200\ g$ على منضدة أفقية لتتحرك أفقيًا في اتجاه حائط رأسي وكانت سرعتها لحظة اصطدامها بالحائط $0.7\ m/s$ وسرعتها لحظة ارتدادها عنه $0.4\ m/s$, أوجد التغير في كمية تحرك الكرة نتيجة التصادم.

دا الحل

(قبل التصادم) $P_1 = mv_1 = 200 \times 10^{-3} \times 0.7 = 0.14\ kg.m/s$

(بعد التصادم) $P_2 = mv_2 = 200 \times 10^{-3} \times (-0.4) = -0.08\ kg.m/s$

$$\Delta P = P_2 - P_1 = -0.08 - 0.14 = -0.22\ kg.m/s$$

أ/عبدالرحمن عصام

# قانون نيوتن الثاني

## نص القانون

**نص القانون** القوة المحصلة المؤثرة على جسم ما تساوي المعدل الزمني للتغير في كمية تحرك هذا الجسم.

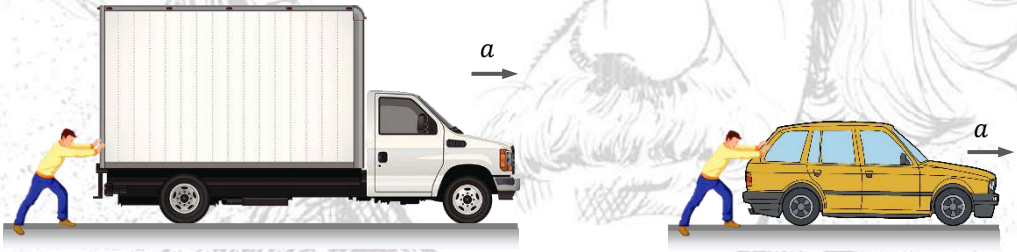
## شرح القانون

(1) عندما تؤثر قوة على جسم فإن سرعته تتغير وتبعًا لذلك فإنه يكتسب عجلة.

(2) إذا أثرت قوتان مختلفتان على كتلتين متساويتين فإن الكتلة التي تتأثر بقوة أكبر تتحرك بعجلة أكبر.

أي أن: العجلة تتناسب طرديًا مع القوة عند ثبوت الكتلة.

(3) إذا أثرت قوتان متساويتان على كتلتين مختلفتين فإن الكتلة الأكبر تتحرك بعجلة أقل.




أي أن: العجلة تتناسب عكسيًا مع الكتلة عند ثبوت القوة.

## استنتاج الصيغة الرياضية للقانون

1) من قانون نيوتن الثاني:

$$\because F = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{\Delta mv}{\Delta t} = \frac{mv_f - mv_i}{\Delta t} = m\frac{v_f - v_i}{\Delta t} = m\frac{\Delta v}{\Delta t}$$

2) بما أن: من قانون العجلة

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

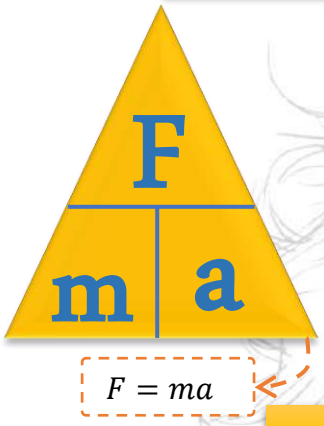
3) إذا: القوة = الكتلة X العجلة

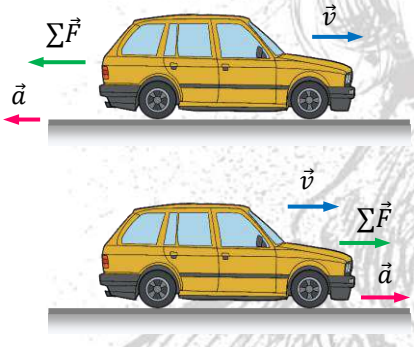
$$\therefore F = ma \quad \text{أو} \quad a = \frac{F}{m}$$

## القوة

**F**

- **التعريف:** هي مؤثر خارجي يؤثر على الجسم فيسبب تغيير حالته أو اتجاهه.
- **القانون:** القوة = الكتلة × العجلة $(F = ma)$.
- **وحدة القياس:** النيوتن $(N)$ وهو يعادل $kg.\ m/s^2$
- **صيغة الأبعاد:** $MLT^{-2}$
- **الاتجاه:** يكون دائماً اتجاه العجلة في في نفس اتجاه القوة المحصلة
- **نوعها:** كمية متجهة, لأنها حاصل ضرب كمية قياسية × كمية متجهة.



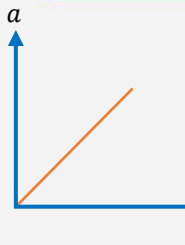

النيوتن: هو مقدار القوة التي إذا أثرت على جسم كتلته $1\ kg$ اكسبته عجلة مقدارها $1\ m/s^2$ في نفس الاتجاه .

العوامل التي تتوقف عليها العجلة (a)

1) كتلة الجسم : تتناسب العجلة عكسياً مع كتلة الجسم عند ثبوت القوة المحصلة المؤثرة عليه .

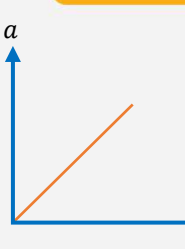
2) القوة المحصلة : تتناسب العجلة طردياً مع القوة المحصلة المؤثرة عليه عند ثبوت كتلة الجسم .

**العجلة – القوة**




$slope = \frac{a}{F} = \frac{1}{m}$

**العجلة – مقلوب الكتلة**




$slope = ma = F$

## 3 تطبيقات حياتية

تبعًا لقانون نيوتن الثاني $F = m\frac{\Delta v}{\Delta t}$ عند تصادم جسم متحرك بجسم آخر ساكن فإن قوة التصادم:

### تـزداد بـزيـادة

- كتلة الجسم المتحرك $(m)$ عند ثبوت باقي العوامل
- التغير في سرعة الجسم $(\Delta v)$ عند ثبوت باقي العوامل

علل

اصطدام شاحنة كبيرة بجسم يكون أكثر تدميرًا من اصطدام سيارة صغيرة تتحرك بنفس السرعة

علل

اصطدام سيارة بجسم يكون أقل تدميرًا من اصطدام سيارة لها نفس الكتلة ولكنها تتحرك بسرعة أكبر

علل

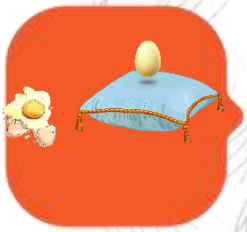
اصطدام سيارة بحائط يكون أكثر تدميراً من اصطدامها بكومة من القش

خد بالك لو مأخدتش

- إذا نقصت كتلة الجسم إلى النصف وزادت العجلة إلى الضعف فإن القوة المحركة تظل كما هي .
- إذا نقصت كتلة الجسم إلى النصف وزادت القوة المحركة إلى الضِعف فإن عجلة الحركة تزداد إلى أربعة أمثالها.

### تقل بـزيـادة

- زمن التأثير ( زمن التغير في كمية التحرك $\Delta t$) عند ثبوت باقي العوامل.



علل

سقوط بيضة على وسادة لا يجعلها تنكسر بينما تنكسر عند سقوطها من نفس الارتفاع على الأرض

علل

استخدام الوسائد الهوائية في السيارات لحماية السائق عند حدوث تصادم

## أفكار المسائل

### 1 فكرة

(1) لإيجاد النسبة بين عجلتيّ الحركة لجسمين عند تساوي القوى المؤثرة عليهما:

القانون

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

1. قوة مقدارها $10\ N$ على مكعب خشبي فتكسبه عجلة معلومة, وعندما تؤثر القوة نفسها على مكعب آخر تكسبه عجلة أكبر بثلاثة أمثال, احسب النسبة بين كتلة المكعب الأولى إلى كتلة المكعب الثاني.

دا الحل

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{a_2}{a_1} = \frac{3a_1}{a_1} = \frac{3}{1}$$

### 2 فكرة

(2) إذا تحرك جسم تحت تأثير قوة ثابتة (F) بعجلة منتظمة (a) تنطبق على حركته معادلات الحركة الثلاثة.

أثرت قوة على جسم كتلته $3\ kg$, فتحرك من السكون حتى وصلت سرعته إلى $30\ m/s$, بعد أن قطع مسافة $10\ m$, احسب القوة المؤثرة.

$m = 3$
$v_i = 0$
$v_f = 30$
$d = 10$
$F = ?$

دا الحل

$$v_f^2 = v_i^2 + 2ad$$
$$(30)^2 = 0 + (2a \times 10) = 20\,a$$
$$a = 900 \div 20 = 45\ m/s^2$$
$$F = ma = 3 \times 45 = 135\ N$$

أ/عبدالرحمن عصام

فكرة

(3) عند وجود قوة احتكاك بين سطح وجسم يتحرك نتيجة تأثير قوة عليه فإن:

القانون

$$\left(F_{\text{محركة}} = F_{\text{مؤثرة}} - F_{\text{احتكاك}}\right)$$

أثرة قوة مقدارها $30\ N$ على جسم كتلته $2\ kg$، فتحرك بعجلة مقدارها $5\ m/s^2$، احسب قوى الاحتكاك بين الجسم والسطح.

| | |
|---|---|
| $F = 30$ | $a = 5$ |
| $m = 2$ | $F_{\text{احتكاك}} = ?$ |
| $a = 5$ | |

دا الحل

$$F_{\text{محركة}} = ma = 2 \times 5 = 10\ N$$
$$F_{\text{احتكاك}} = F_{\text{مؤثرة}} - F_{\text{محركة}} = 30 - 10 = 20\ N$$

4 فكرة

(4) عند استخدام الفرامل وتوقف السيارة :

- كمية التحرك قبل استخدام الفرامل مباشرةً $(P_1 = mv_1)$
- كمية التحرك بعد استخدام الفرامل $(P_2 = 0)$
- التغير في كمية التحرك سيكون بإشارة سالبة $\Delta P = P_2 - P_1 = m\,(v_f - v_i)$

( لأن السرعة النهائية تساوي صفر ) ويمكن استخدام هذه العلاقة في حساب سرعة السيارة $(v_f)$ بعد زوال قوة الفرامل مباشرةً.

- القوة التي تؤثر بها الفرامل على السيارة $F = \frac{\Delta P}{\Delta t} = ma$

5 فكرة

(5) عند إطلاق قذيفة من مدفع موضوع على سطح عديم الاحتكاك و ارتداد المدفع :

$$F_{\text{الفعل}} = F_{\text{ردة الفعل}}$$
$$m_{\text{القذيفة}} a_{\text{القذيفة}} = m_{\text{المدفع}} a_{\text{المدفع}}$$

الجدول التالي يوضح أوجه المقارنة بين الكتلة والوزن :

| وجه المقارنة | الكتلة | الوزن |
|---|---|---|
| التعريف | مقدار ممانعة الجسم لأي تغيير في حالته الحركة الانتقالية | قوة جذب الأرض للجسم |
| النوع | كمية أساسية قياسية | كمية مشتقة متجهة, اتجاهها نحو مركز الأرض |
| القانون | $\mathbf{m = \frac{F}{a}}$ | $\mathbf{w = mg}$ |
| وحدة القياس | الكيلوجرام $(\mathbf{Kg})$ | النيوتن $(\mathbf{N})$ |
| صيغة الأبعاد | $\mathbf{M}$ | $\mathbf{MLT^{-2}}$ |
| التأثر بالمكان | ثابتة مهما تغير المكان | يتغير بتغير عجلة الجاذبية الأرضية من مكان لآخر |

خد بالك يا وحش الفيزياء

- علل : الكتلة كمية قياسية ( لأنها تعرف بالمقدار فقط) .
- علل : الوزن كمية متجهة ( لأنه حاصل ضرب الكتلة وهي كمية قياسية في العجلة وهي كمية متجهة) .
- علل : وزن الجسم دائمًا أكبر من كتلته على سطح الأرض ( لأن الوزن يساوي حاصل ضرب كتلة الجسم في عجلة الجاذبية الأرضية.)
- علل : يفضل استيراد البضائع من الخارج بالكتلة وليس بالوزن ( لأن الكتلة ثابتة لا تتغير بتغير المكان بينما الوزن يتغير بتغير المكان (بتغير عجلة الجاذبية الأرضية)) .
- علل : تحريك أو إيقاف طائرة أصعب من تحريك أو إيقاف درّاجة ( لأن ممانعة كتلة الطائرة لأي تغير في حالتها أكبر من ممانعة كتلة الدرّاجة لأي تغير في حالتها) .
- علل : لا يمكن ملاحظة حركة الأرض نحو الأجسام التي تتحرك نحوها ( لأن كتلة الأرض كبيرة جدًا لذلك تكون العجلة التي تكتسبها صغيرة جدًا ) .
- قراءة ميزان زنبركي يقف عليه شخص بكتلة قدميه تساوي قراءة الميزان عند رفع الشخص أحد قدميه.

**علل : تختلف قيمة عجلة الجاذبية من مكان لآخر علي سطح الأرض .**

**(1) الاقتراب أو الابتعاد عن مركز الأرض :**

- كلما اقتربنا من مركز الأرض (هبطنا لأسفل باتجاه سطح الأرض) زادت قيمة عجلة الجاذبية الأرضية.
- كلما ابتعدنا عن مركز الأرض (ارتفعنا لأعلى فوق سطح الأرض) قلّت قيمة عجلة الجاذبية الأرضية.
- يوجد علاقة عكسية بين عجلة الجاذبية الأرضية والبُعد عن مركز الأرض.

**(2) الانتقال من مكان لآخر على سطح الأرض :**

- الكرة الأرضية غير تامة الاستدارة (مفلطحة عند القطبين/ منبعجة عند خط الاستواء).
- البُعد بين مركز الأرض وأي نقطة على سطح الأرض عند القطبين (الشمالي والجنوبي) أقل من البُعد بين مركز الأرض وأي نقطة على سطح الأرض عند خط الاستواء.
- عجلة الجاذبية الأرضية عند القطبين (الشمالي والجنوبي) أكبر من عجلة الجاذبية الأرضية عند خط الاستواء.
- وزن الجسم عند القطبين (الشمالي والجنوبي) أكبر من وزن الجسم عند خط الاستواء.

خد بالك يا وحش الفيزياء

1. علل : يتغير وزن الجسم من موضع لآخر على سطح لتغير عجلة الجاذبية الأرضية تغيرًا طفيفًا من مكان لآخر.
( لأن وزن الجسم عند القطبين (الشمالي والجنوبي) أكبر من وزن الجسم عند خط الاستواء ) .
2. علل : يختلف وزن رائد الفضاء على سطح القمر عنه على سطح الأرض
( بسبب اختلاف عجلة الجاذبية على سطح القمر عنها على سطح الأرض ) .
3. علل : وزن الجسم على قمة جبل أقل من وزنه على سطح الأرض
( لأن عجلة الجاذبية الأرضية تقل بالارتفاع لأعلى ) .
4. علل : لا يتأثر وزن الشخص داخل السيارة بالعجلة التي تتحرك بها السيارة
( لأن (الوزن = كتلة الجسم × عجلة الجاذبية) وبالتالي يتوقف على كتلة وعجلة الجاذبية المؤثرة عليه وليس عجلة تحرك السيارة (عجلة تحرك الشخص) ) .

**جرب تحل كده**

ياكش تطلع

(1) احسب القوة التي تؤثر على شخص كتلته $80\ kg$ عندما يكون في سيارة تتحرك بعجلة $2\ m/s^2$
(علمًا بأن عجلة الجاذبية الأرضية $9.8\ m/s^2$)

دا الحل

$$w = mg = 80 \times 9.8 = 784\ N$$

(2) يقوم ونش المرور بسحب سيارة بقوة $3000\ N$ ليكسبها عجلة $3\ m/s^2$ فإذا كانت عجلة الجاذبية $9.8\ m/s^2$ فأوجد كتلة وزن السيارة.

دا الحل

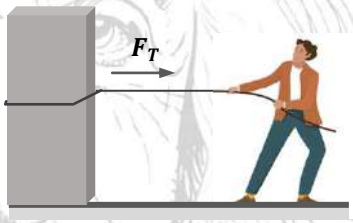
$m = F \div a = 3000 \div 3 = 1000\ Kg$
$w = mg = 1000 \times 9.8 = 9800\ N$

## مسائل قوة الشد

### 1 قوة الشد في الحركة الأفقية

- إذا كان الجسم يتحرك على أسطح ( لا يصنع زاوية ) :

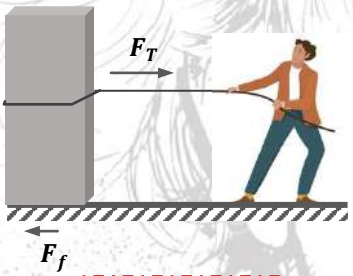
1 سطح أملس




مفيش قوة احتكاك علي سطح ناعم

$$F_T = ma$$

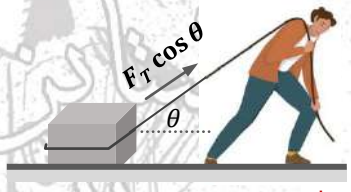
2 سطح خشن




$$F_T = ma + F_f$$

- إذا كانت قوة الشد تصنع زاوية مع الأفقي, عندما يتحرك الجسم على:

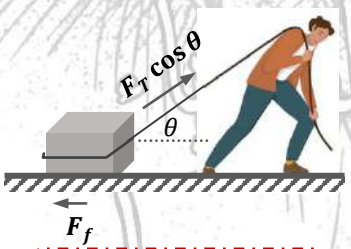
1 سطح أملس




مفيش قوة احتكاك علي سطح ناعم

$$F_T \cos\theta = ma$$

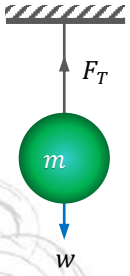
2 سطح خشن




$$F_T \cos\theta = ma + F_f$$

## 2 قوة الشد في الحركة الرأسية

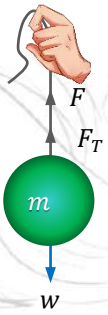
### إذا كان الجسم المعلق ساكن




$$F_T = w$$
$$F_T = mg$$

قوة الشد = قوة وزن الجسم لأسفل

### إذا كان الجسم متحرك لأعلى

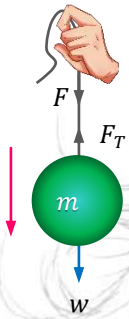



$$F_T > w$$
$$F_T = w + F$$
$$F_T = mg + ma$$

قوة الشد أكبر من قوة وزن الجسم لأسفل .

قوة الشد = وزن الجسم القوة المؤثرة عليه لأعلي

### إذا كان الجسم متحرك لأسفل

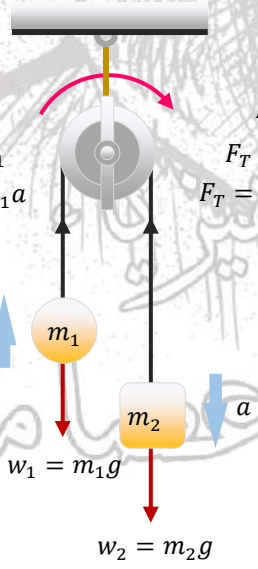



$$F_T < w$$
$$F_T = w - F$$
$$F_T = mg - ma$$

قوة الشد أكبر من قوة وزن الجسم لأسفل .

قوة الشد = وزن الجسم القوة المؤثرة عليه لأعلي

## 3 حركة جسم علي بكرة




$F_T > w_2$
$F_T = w_1 + F_1$
$F_T = m_1 g + m_1 a$

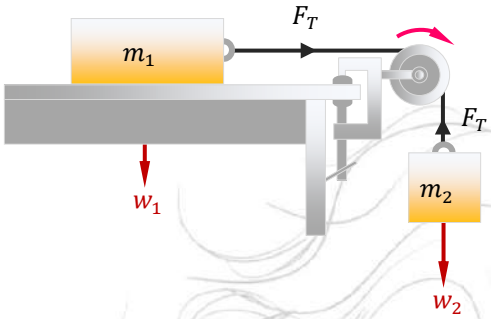
$F_T < w_2$
$F_T = w_2 - F_2$
$F_T = m_2 g - m_2 a$

$$F_{T1} = F_{T2}$$
$$m_1 g + m_1 g = m_2 g - m_2 a$$
$$m_1 a + m_2 a = m_2 g - m_1 g$$
$$(m_1 + m_2)\, a = (m_2 - m_1)\, g$$
$$\frac{a}{g} = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}$$
$$a = \frac{(m_2 - m_1)\, g}{m_1 + m_2}$$
$$a = \frac{w_2 - w_1}{m_1 + m_2}$$

$$a_1 < a_2 < g$$

$$\mathbf{F_T = \left(\frac{2\, m_1\, m_2}{m_1 + m_2}\right) a}$$

## 4 حركة جسم علي بكرة




▪ قوة الشد في الخيط في الجسم على المنضدة:

$$F_T = m_1 a$$

▪ قوة الشد في الخيط في الجسم المعلق في البكرة:

$$F_T = m_2 g - m_2 a$$

$$m_1 a = m_2 g - m_2 a$$

$$m_1 a + m_2 a = m_2 g$$

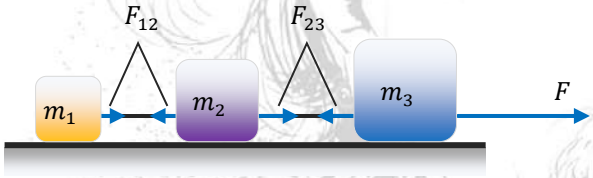
$$(m_1 + m_2)\, a = m_2 g$$

$$\frac{a}{g} = \frac{m_2}{m_1 + m_2}$$

$$a = \frac{w_2}{m_1 + m_2} \quad \text{أو} \quad a = \frac{m_2 g}{m_1 + m_2}$$

## 5 فكرة الخيط

حركة عدة أجسام متصلة بخيوط على سطح أملس :




▪ بما أن الكتل تتحرك معًا يكون لها نفس عجلة التحرك

$$F = (m_1 + m_2 + m_3)\, a$$

$$a = \frac{F}{m_1 + m_2 + m_3}$$

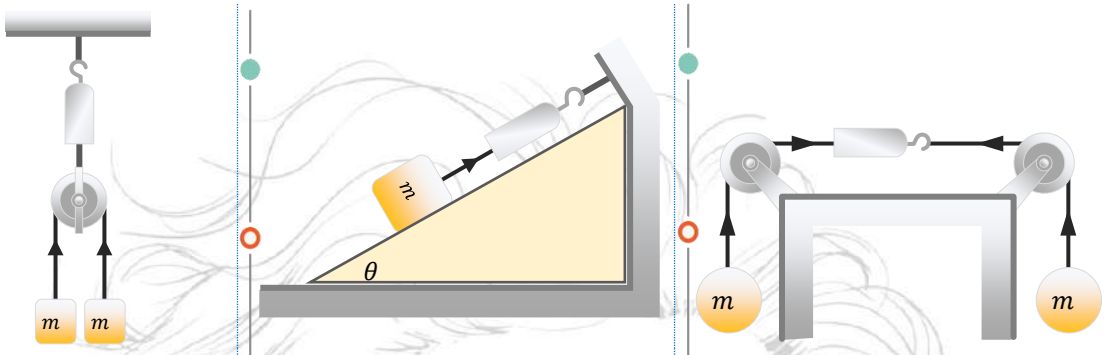
$$F_{12} = m_1 a$$

$$F_{23} = (m_1 + m_2)\, a$$

أ/ عبدالرحمن عصام

## 6 فكرة الميزان الزنبركي

بعض حالات الشد في الميزان الزنبركي:




قراءة الميزان = قوة الشد

$F_T = mg$

قراءة الميزان = قوة الشد

$F_T = w \sin\theta$

$F_T = mg \sin\theta$

قراءة الميزان = قوة الشد

$F_T = 2w = 2\,mg$

$F_T = (m + m)\,g$

## 7 فكرة المصعد

بعض حالات الشد في الميزان الزنبركي في المصعد:

- إذا كان المصعد :

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
|---|---|---|---|---|
| ساكن | يتحرك بسرعة ثابتة | يتحرك لأعلى بعجلة a | يتحرك لأسفل بعجلة a | يتحرك لأسفل بعجلة g = a |
| | عجلة = صفر | | | |
| $\sum F = 0$<br>$F_T = w$<br>$F_T = mg$ | $\sum F = 0$<br>$F_T = w$<br>$F_T = mg$ | يقرأ الميزان وزنًا أكبر<br>$F_T = mg + ma$ | يقرأ الميزان وزنًا أقل<br>$F_T = mg - ma$ | $w = 0$<br>$F_T = 0$ |

أ/عبدالرحمن عصام

# الباب الثالث:

## الحركة الدائرية

الفصل الأول

قوانين الحركة الدائرية

# 1 قوانين الحركة الدائرية

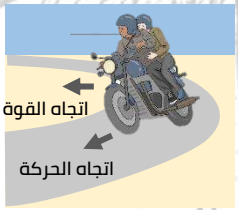
## تعتبر الحركة فى دائرة من أهم أنواع الحركة الشائعة فى الطبيعة مثل:

- حركة القمر حول الأرض.
- حركة الكواكب حول الشمس.

من خلال دراستك لقانون نيوتن الثاني تعلمت أنه عندما تؤثر قوة على جسم متحرك بسرعة منتظمة فإنه:

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

عندما تؤثر قوة على جسم متحرك قد يكون للقوة عدة اتجاهات (انظر الجدول التالي) :

| اتجاه القوة | نفس اتجاه الحركة | عكس اتجاه الحركة | اتجاه عمودي على الحركة |
|---|---|---|---|
| مقدار السرعة | يزداد | يقل | يظل ثابت |
| اتجاه الحركة | لا يتغير | لا يتغير | يتغير |
| مثال | عندما يزيد قائد الدراجة النارية من حرق الوقود فإنها تتأثر بقوة في نفس اتجاه الحركة فتزداد سرعتها. | عندما يضغط قائد الدراجة النارية على الفرامل فإن القوة تكون في عكس اتجاه الحركة فتقل سرعتها | عندما يميل قائد الدراجة النارية بجسمه يمينًا أو يسارًا تتولد قوة عمودية على اتجاه الحركة فيتغير اتجاه الحركة ويسير في مسار دائري.   |

أي أنه:

(1) لكي يتحرك أي جسم في مسار دائري لابد أن تؤثر عليه باستمرار قوة عمودية على اتجاه حركته وفي اتجاه مركز الدائرة يطلق عليها القوة الجاذبة المركزية.

(2) إذا غابت هذه القوة فإن الجسم سوف ينطلق باتجاه المماس للمسار الدائري الذي كان يسلكه لحظة الإفلات وذلك بسرعة ثابتة في المقدار والاتجاه (في خط مستقيم) وتسمى هذه السرعة بالسرعة المماسية.

**شروط استمرار دوران الجسم في مسار دائري:**

**(1) أن تؤثر على الجسم قوة عمودية على اتجاه حركته.**

**(2)أن يكون اتجاه القوة في اتجاه مركز الدائرة.أو إذا أثرت قوة محصلة على جسم فإنها تكسبه عجلة تتناسب طرديًا مع القوة المؤثرة على الجسم وعكسيًا مع كتلته.**

**وبالتالي:**

لكي يتحرك جسم في مسار دائري لابد أن تؤثر عليه قوة عمودية على اتجاه حركته وفي اتجاه مركز الدائرة لإجبار الجسم على الاستمرار في الحركة الدائرية.

**الحركة الدائرية المنتظمة:**

هي حركة جسم في مسار دائري بسرعة ثابتة في المقدار ومتغيرة في الاتجاه.

**القوة الجاذبية المركزية:**

هي القوة التي تؤثر باستمرار في اتجاه عمودي على حركة الجسم فتحول مساره المستقيم إلى مسار دائري.

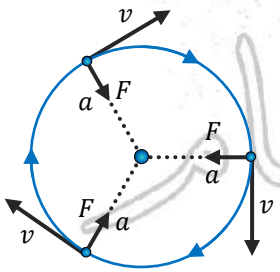
## قوانين الحركة الدائرية

1. العجلة المركزية
2. القوة الجاذبية المركزية

## العجلة المركزية

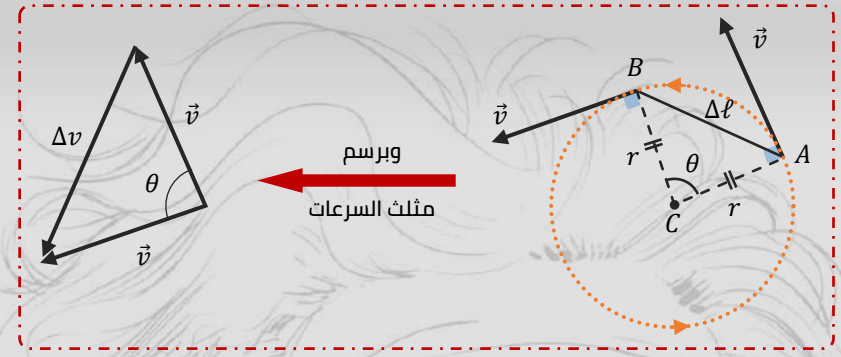
**العجلة المركزية:** هي العجلة التي يكتسبها الجسم في الحركة الدائرية بسبب التغير في اتجاه السرعة.

عندما تؤثر قوة محصلة (F) عموديًا على اتجاه حركة جسم كتلته (m) وسرعته (v) فإنه يتحرك في مسار دائري نصف قطره (r)، حيث يكون :




- مقدار السرعة (v) ثابت على طول محيط الدائرة.
- اتجاه السرعة متغير باستمرار على طول محيط المسار الدائري.
- تغير اتجاه السرعة يعني اكتساب الجسم عجلة أثناء حركته الدائرية تسمى العجلة المركزية (a).
- اتجاه العجلة المركزي في نفس اتجاه القوة الجاذبية المركزية.
- كتلة الجسم وسرعته يرتبطان معًا بكمية فيزيائية تعرف باسم كمية التحرك.

## استنتاج الصيغة الرياضية لقانون العجلة المركزية




إذا تحرك جسم من النقطة (**A**) إلى النقطة (**B**) فإن السرعة (**v**) تتغير في الاتجاه ولكن تحتفظ بمقدارها ثابتًا وبذلك فإن التغير في السرعة ($\Delta\mathbf{v}$) ينتج عن التغير في اتجاه السرعة فقط.

من تشابه المثلث (**CAB**) مع مثلث السرعات :

1

$$\frac{\Delta\ell}{r}=\frac{\Delta v}{v}$$
$$\Delta v=\frac{\Delta\ell}{r}v$$

إذا انتقل الجسم من النقطة (**A**) إلى النقطة (**B**) خلال فترة زمنية ($\Delta\mathbf{t}$) فإن :

2

$$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=v\frac{\Delta\ell}{\Delta t}\times\frac{1}{r}$$

بما أن:

3

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

إذًا:

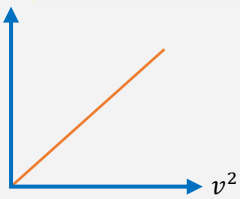
4

$$a=v.v\frac{1}{r}$$

العجلة الجاذبة المركزية = (مربع السرعة ) \ (نصف قطر المسار الدائري )

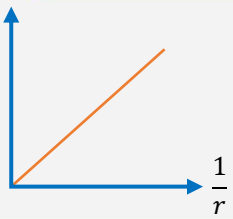
$$a=\frac{v^2}{r}$$

العجلة المركزية – مربع السرعة المماسية



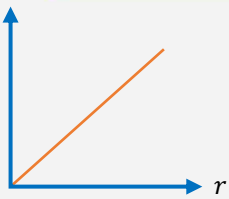

$$slope = \frac{a}{v^2} = \frac{1}{r}$$

العجلة المركزية – مقلوب نصف القطر




$$slope = ar = v^2$$

مربع السرعة المماسية – نصف قطر المدار الدائري




$$slope = a$$

العوامل التي تتوقف عليها العجلة

(1) السرعة المماسية : تتناسب العجلة المركزية طرديًا مع مربع السرعة المماسية عند ثبوت نصف قطر الدوران .

(2) نصف قطر الدوران : تتناسب العجلة المركزية عكسيًا مع نصف قطر الدوران عند ثبوت السرعة المماسية.

خد بالك يا وحش الفيزياء

1) العجلة المركزية لجسم يتحرك في مسار دائري كمية متجهة واتجاهها دائمًا نحو مركز الدائرة، ولا تعتمد على كتلة الجسم.

2) الحالة الوحيدة التي يتحرك فيها الجسم بسرعة منتظمة وبالرغم من ذلك تكون عجلة حركته لا تساوي الصفر، هي الحالة التي يتحرك فيها الجسم في مسار دائري حيث تكون سرعته منتظمة مقدارًا فقط ولكن يتغير اتجاهها من لحظة لأخرى، وتسمى العجلة عندئذٍ بـ (العجلة المركزية) ولكن العجلة الخطية تساوي صفر. (هام جداً جداً)

3) التغير في كمية تحرك الجسم خلال نصف دورة = ضِعف كمية تحرك الجسم $(2\ mv)$.

4) التغير في كمية تحرك الجسم خلال دورة كاملة = صفر.

أ/عبدالرحمن عصام

## السرعة المماسية

**السرعة المماسية (v) :** هي سرعة الجسم في اتجاه مماس المسار الدائري الذي كان يسلكه لحظة الإفلات.

**الزمن الدوري (T):** هو الزمن اللازم لعمل دورة كاملة في المسار الدائري.

- إذا أتم الجسم دورة كاملة في مسار دائري خلال زمن T يطلق عليه الزمن الدوري فإن السرعة التي يتحرك بها يطلق عليها السرعة المماسية ويكون اتجاهها دائمًا في اتجاه المماس للمسار الدائري.
- تحسب السرعة المماسية من العلاقة :

$$\text{السرعة المماسية} = \frac{\text{المسافة (محيط المسار الدائري)}}{\text{الزمن (الزمن الدوري)}} \Leftarrow v = \frac{2\pi r}{T}$$

- إذا أتم الجسم عدد من الدورات الكاملة (N) خلال زمن (t) فإن الزمن الدوري يعطي من العلاقة :

$$T = \frac{t}{N}$$

الزمن الدورى ( يُقاس بالثانية ) ← $T = \frac{t}{N}$ ← الزمن بالثوانى، عدد الدورات

## القوة الجاذبة المركزية

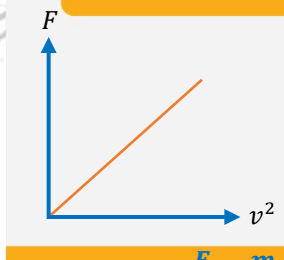
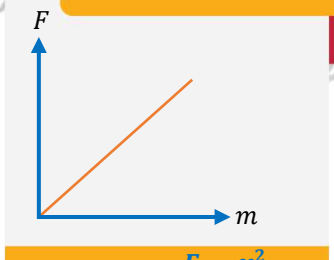
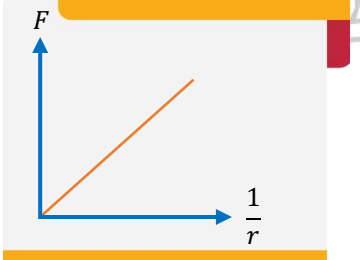
- عندما تؤثر قوة جاذبة مركزية **F** على جسم كتلته **m** فتجعله يتحرك في مسار دائري بعجلة مركزية **a**
- من قانون نيوتن الثاني: $\mathbf{F = ma}$
- من قانون العجلة المركزية: $\mathbf{a = \frac{v^2}{r}}$
- إذًا: $F = m\frac{v^2}{r}$

العوامل التي تتوقف عليها القوة الجاذبة المركزية

(1) السرعة المماسية: تتناسب القوة الجاذبة المركزية طرديًا مع مربع السرعة المماسية عند ثبوت الكتلة ونصف قطر الدوران.

(2) كتلة الجسم المتحرك: تتناسب القوة الجاذبة المركزية طرديًا مع كتلة الجسم عند ثبوت السرعة المماسية ونصف قطر الدوران.

(3) نصف قطر الدوران: تتناسب القوة المركزية عكسيًا مع نصف قطر الدوران عند ثبوت الكتلة والسرعة

| القوة – مربع السرعة | القوة – كتلة الجسم | القوة – نصف قطر المدار |
|---|---|---|
|  |  |  |
| $slope = \frac{F}{v^2} = \frac{m}{r}$ | $slope = \frac{F}{m} = \frac{v^2}{r}$ | $slope = Fr = mv^2$ |

## أفكار المسائل

(1) لإيجاد النسبة بين القوة الجاذبة المركزية المؤثرة على جسمين يتحركان في مسار دائري:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{m_1}{m_2} \times v_1^2 \times \frac{r_2}{r_1}$$

(2) لإيجاد النسبة بين القوة الجاذبة المركزية المؤثرة على جسم واحد يتحرك في عدة مسارات وبعدة سرعات:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{v_1^2}{v_2^2} \times \frac{r_2}{r_1}$$

(3) لإيجاد النسبة بين القوة الجاذبة المركزية المؤثرة على جسم واحد يتحرك في نفس المسار بسرعات مختلفة:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{v_1^2}{v_2^2}$$

(4) لإيجاد النسبة بين القوة الجاذبة المركزية المؤثرة على جسم واحد يتحرك بنفس السرعة في مسارين مختلفين:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{r_2}{r_1}$$

(5) عند ربط جسم في خيط من أحد طرفيه وإدارته من الطرف الآخر فإن طول الخيط يمثل نصف قطر، وإذا كان الحبل يتحمّل قوة شد أكبر من القوة الجاذبة المركزية لا ينقطع الحبل والعكس.

(6) عندما يركب شخص درّاجة مثلًا ويتحرك بها في طريق منحنى فإن قوة الجذب المركزية تؤثر على السطح والدرّاجة معًا وتكون الكتلة في القانون هنا هي مجموع كتلتي الشخص والدرّاجة.

### جرب تحل كده

(1) أوجد القوة الجاذبة المركزية التي تؤثر على سيارة كتلتها $5000\ kg$ تدور في منحنى نصف قطره $50\ m$ إذا كان مقدار سرعتها $5\ m/s$.

$m = 5000$

$r = 50$

$v = 5$

$F = ?$

دا الحل

$$F = m\frac{v^2}{r} = \frac{5000 \times 25}{50} = 2500\ N$$

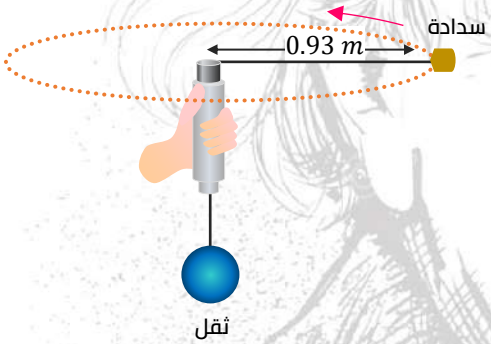
(2) جسم كتلته $10\ kg$ يتحرك حول محيط دائرة نصف قطرها $2\ m$ بسرعة خطية ثابتة مقدارها $4\ m/s$ أوجد العجلة الخطية والعجلة المركزية والقوة الجاذبة المركزية وزمن دورة واحدة.

| | |
|---|---|
| $m = 10$ | $a = ?$ |
| $r = 2$ | $F = ?$ |
| $v = 4$ | $T = ?$ |

دا الحل

$$a = \frac{v^2}{r} = \frac{16}{2} = 8\ m/s$$
$$F = ma = 10 \times 8 = 80\ N$$
$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\times22\times2}{7\times4} = 3.14\ s$$

(3) إذا أديرت سدادة مطاطية كتلتها $13\ g$ في مسار دائري أفقي نصف قطره $0.93\ m$ لتصنع 50 دورة في زمن قدره $59\ s$, احسب كتلة الثقل المعلق في الطرف الآخر للخيط.




دا الحل

$$T = \frac{\text{الزمن الكلي}}{\text{عدد الدورات}} = \frac{59}{50} = 1.18\ s$$
$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2 \times 3.14 \times 0.93}{1.18} = 4.9\ \frac{m}{s}$$
$$F = m\frac{v^2}{r} = \frac{0.013 \times (4.9)^2}{0.93} = 0.34\ N$$
$$M = \frac{F}{g} = \frac{0.34}{10} = 0.034\ kg$$

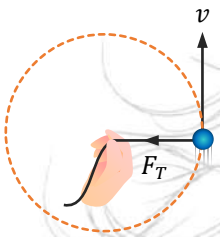
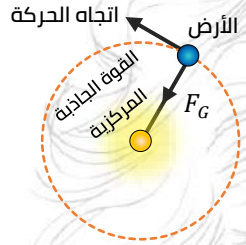
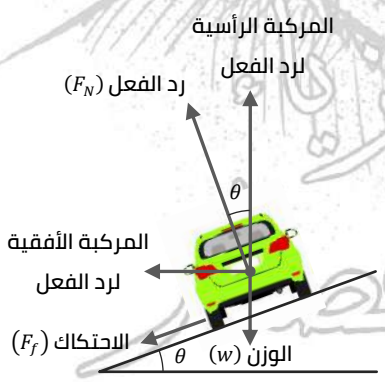
## حل بنفسك

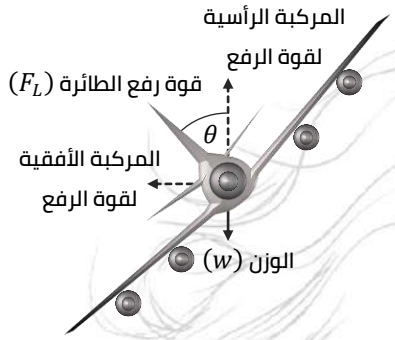
(1) ربطت ندى كرة كتلتها $0.2\ kg$ في أحد طرفي حبل طوله $1\ m$ ثم أدارته من الطرف الآخر بسرعة خطية $8\ m/s$ فإذا كان الحبل يتحمل قوة شد قدرها $15\ N$ فهل ينقطع الحبل؟ ولماذا؟

(2) شخص كتلته $85\ kg$ يركب درّاجة ويتحرك بها في طريق منحنى قطره $100\ m$ بسرعة $2\ m/s$ فتأثر بقوة جذب مركزي $8\ N$ احسب كتلة الدرّاجة.

## أنواع القوى الجاذبة المركزية

لا تعتبر القوة الجاذبة المركزية نوعًا جديدًا من القوى، فهي ببساطة الاسم المعطى لأي قوة تؤثر عموديًا على مسار حركة الجسم وتجلعه يتحرك في مسار دائري، فقد تكون القوة الجاذبة المركزية :

| | | |
|---|---|---|
| قوة الشد $(F_T)$ | عند إدارة جسم باستخدام حبل أو سلك تنشأ في الحبل أو السلك قوة شد عمودية على اتجاه حركة الجسم تجعله يتحرك في مسار دائري بسرعة ثابتة.<br>أي أن:<br>قوة الشدة في الحبل تعمل كقوة جاذبة مركزية. |  |
| قوة التجاذب المادي $(F_G)$ | توجد بين أي كوكب والشمس قوة تجاذب عمودية على اتجاه حركة الكوكب تجعله يتحرك في مسار دائري حول الشمس.<br>أي أن:<br>قوة التجاذب المادي في هذه الحالة تعمل كقوة جاذبة مركزية |  |
| قوة الاحتكاك $(F_f)$ | ▪ عندما تنعطف السيارة في مسار دائري أو منحنى تنشأ قوة احتكاك بين الطريق وإطارات السيارة.<br>▪ تكون هذه القوة عمودية على اتجاه الحركة وفي اتجاه مركز الدائرة فتجعل السيارة تتحرك في مسار منحنى.<br>أي أن:<br>قوة الاحتكاك تعمل كقوة جاذبة مركزية. | |
| قوة ردّ الفعل $(F_N)$ | عندما تتحرك سيارة في مسار دائري يميل على الأفقي بزاوية θ فإنها تتأثر بأكثر من قوة، منها:<br>▪ قوة رد الفعل (تؤثر عموديًا على السيارة):<br>بتحليل متجه قوة ردّ الفعل فإن المركبة الأفقية لردّ الفعل تكون عمودية على اتجاه الحركة وفي اتجاه المركز فتجعل السيارة تتحرك في مسار منحنى.<br>▪ قوة الاحتكاك:<br>بتحليل متجه قوة الاحتكاك فإن المركبة الأفقية لقوة الاحتكاك تكون عمودية أيضًا على اتجاه الحركة فتجعل السيارة في مسار منحنى.<br>أي أن:<br>القوة الجاذبة المركزية تساوي مجموع مركبتي قوة ردّ الفعل وقوة الاحتكاك باتجاه مركز الدوران. |  |

| | | |
|---|---|---|
| **قوة الرفع** $(F_L)$ | ▪ تؤثر قوة رفع الطائرة عموديًا على جسم الطائرة.<br>▪ عندما تميل الطائرة فإن المركبة الأفقية لقوة الرفع تكون عمودية على اتجاه الحركة وفي اتجاه المركز فتتحرك الطائرة في مسار دائري.<br>أي أن:<br>المركبة الأفقية لقوة رفع الطائرة تعمل كقوة جاذبة مركزية. |  |

خد بالك يا وحش الفيزياء

(1) علل : استمرار دوران الأرض حول الشمس .

لأن قوة التجاذب المادي بين الأرض والشمس تكون عمودية على اتجاه حركة الأرض فتعمل كقوة جاذبة مركزية لتجعلها تتحرك في مسار دائري.

(2) علل : الجسم الذي يتحرك حركة دائرية منتظمة لا يقترب أبدًا من مركز الدائرة بالرغم من تأثره بقوة جاذبة مركزية ونحو المركز .

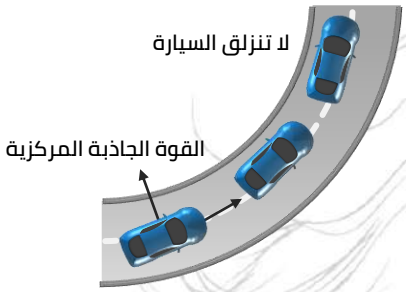
لأن القوة الجاذبة المركزية قوة عمودية على اتجاه حركة الجسم فهي تعمل على تغيير اتجاه السرعة دون تغيير مقدارها

أينشتاين في الفيزياء
أ/عبدالرحمن عصام

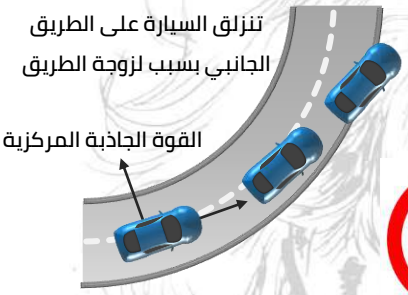
## أهم التطبيقات على الحركة الدائرية

(1) تصميم منحنيات الطرق:

- علل : يلزم حساب القوة الجاذبة المركزية عند تصميم منحنيات الطرق والسكك الحديدية لكي تتحرك السيارات والقطارات في هذا المسار المنحنى دون أن تنزلق.




- ماذا يحدث إذا : تحركت سيارة على طريق منحنى لزج فإن قوى الاحتكاك قد تكون غير كافية لدوران السيارة في المسار المنحنى فتنزلق السيارة وتزحف الإطارات على الطريق الجانبي ولا تستمر في المسار المنحني.




- علل :يمنع حركة سيارات النقل الثقيل على بعض المنحنيات الخطرة لأنه كلما زادت كتلة السيارة احتاجت لقوة مركزية أكبر حيث: $F \propto m$

- علل :يحدد مهندسو الطرق سرعة معينة للحركة عند المنحنيات لا ينبغي تجاوزها لأنه كلما ازدادت سرعة السيارة احتاجت لقوة جاذبة مركزية أكبر للحركة على المسار المنحني, حيث:

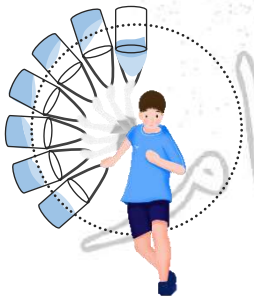
$$F \propto v^2$$

- علل : ينبغي السير بسرعة صغيرة على المنحنيات الخطرة لتجنب خطورتها لأنه كلما قلّ نصف قطر المنحنى احتاجت السيارة لقوة مركزية أكبر لتدور فيه دون أن تنزلق حيث:

$$F \propto \frac{1}{r}$$

(2) عند تحريك دلو مملوء إلى منتصفه بالماء حركة دائرية رأسية بسرعة كافية:

- علل : لا ينسكب الماء من الدلو لأن القوة الجاذبة المركزية المؤثرة عليه تكون عمودية على اتجاه الحركة فتعمل على تغيير اتجاه السرعة دون تغيير مقدارها فتدور المياه في المسار الدائري وتبقى داخل الدلو.



(3) يستفاد من ظاهرة حركة الأجسام بعيداً عن المسار الدائري عندما تكون القوة الجاذبة المركزية غير كافية للحركة في المسار الدائري في:

- ماكينة صنع غزل البنات.
- لعبة البراميل الدوارة في الملاهي.

- تجفيف الملابس في الغسالات الأتوماتيكية, حيث نجد أن جزيئات الماء ملتصقة بالملابس بقوة معينة وعند دوران المجفف بسرعة كبيرة تكون القوة غير كافية لإبقاء الجزيئات في مدارها فتنطلق باتجاه مماس محيط دائرة الدوران وتنفصل عن الملابس.

- عند استعمال حجر المسن الكهربائي تنطلق شظايا المعدن المتوهجة باتجاهات مستقيمة هي اتجاهات السرعات المماسية لدوران الحجر.

أينشتاين في الفيزياء
أ/عبدالرحمن عصام

# 2 الجاذبية الكونية

## قانون الجذب العام

**قانون الجذب العام لنيوتن:**

كل جسم مادي في الكون يجذب أي جسم آخر بقوة تتناسب طرديًا مع حاصل ضرب كتلتيهما وعكسيًا مع مربع البُعد بين مركزيهما.

- الكون في حالة حركة مستمرة فالقمر يدور حول الأرض التي تدور حول الشمس التي تدور حول مركز المجرة.
- توصل نيوتن إلى بعض الافتراضات الأساسية منها :

(1) وجود قوة تجاذب مادي متبادلة بين القمر والأرض تسبب دوران القمر حول الأرض.

(2) تنشأ قوة التجاذب المادي بين أي جسمين ماديين وتتوقف على:

**1 كتلة الجسمين**

تتناسب قوة التجاذب المادي بين جسمين طرديًا مع حاصل ضرب كتلتي الجسمين عند ثبوت البُعد بين مركزي الجسمين

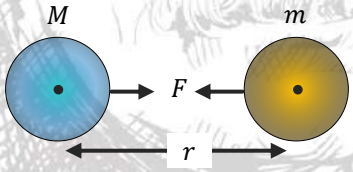
$(F \propto Mm)$

**2 البُعد بين مركزي**

تتناسب قوة التجاذب المادي بين جسمين عكسيًا مع مربع البُعد بين مركزي الجسمين عند ثبوت حاصل ضرب كتلتي الجسمين

$\left(F \propto \frac{1}{r^2}\right)$

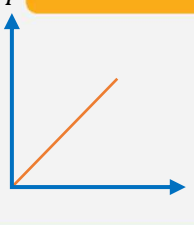
$$F \propto \frac{Mm}{r^2}$$




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

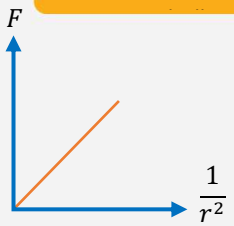
حيث G ثابت التناسب وهو ثابت كوني عام يعرف بـ (ثابت الجذب العام)

القوة – كتلتي الجسمين




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

القوة – مقلوب مربع نصف




$slope = Fr^2 = GMm$

## القوة

**G**

- **التعريف:** ومربع البعد بين مركزيهما $1\ kg$ هو قوة الجذب المتبادلة بين جسمين كتلة كل منهما
- **القانون:** $G = \frac{Fr^2}{Mm}$
- **وحدة القياس:** $N.m^2/kg^2\ (m^3/kg.s^2)$
- **صيغة الأبعاد:** $M^{-1}L^3T^{-2}$
- **قيمته:** $G = 6.67 \times 10^{-11}$.

### معلومة لنفسك

قيمة ثابت الجذب العام صغيرة جدًا, لذلك لا يكون قوة الجاذبية بين الأجسام مؤثرة وكبيرة إلا عندما تكون الكتل كبيرة أو تكون المسافات الفاصلة بين الأجسام صغيرة, أو كلاهما معًا.

### مثال وشوية ملاحظات

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

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

(1) علل : يعرف قانون قوى التجاذب بين الأجسام المادية بقانون الجذب العام بسبب عمومية هذا القانون فقوة الجذب بين جسمين قوة متبادلة حيث أن كل جسم يجذب الجسم الآخر نحوه بنفس القوة.

(2) علل : لا تظهر قوة التجاذب المادي بين شخصين متجاورين لصغر كتلتيهما.

(3) علل :تظهر قوة التجاذب المادي بوضوح بين الأجرام السماوية لكبر كتلتها.

(4) علل : تزداد قوة التجاذب بين كتلتين إلى أربعة أمثالها إذا قلّت المسافة بينهما للنصف لأن قوة التجاذب المادي تتناسب عكسيًا مع مربع المسافة بين الكتل المتجاذبة.

## مجال الجاذبية

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

**مجال الجاذبية**
هو الحيز الذي تظهر فيه قوى الجاذبية.

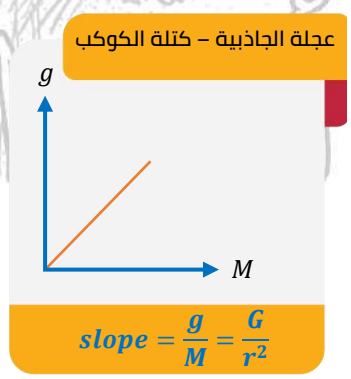
## شدة مجال الجاذبية الأرضية

- شدة مجال الجاذبية الأرضية تساوي عدديًا عجلة الجاذبية الأرضية.
- يرمز لها بالرمز **g**.
- بفرض وضع جسم كتلته 1 kg في مجال الجاذبية الأرضية وعلى بُعد r من مركز الأرض فإن :
  - ◈ قوة جذب الأرض للجسم: $\mathbf{F = mg = 1 \times g = g}$
  - ◈ بتطبيق قانون الجذب العام: $\mathbf{g = \frac{GM}{r^2}}$
  - حيث M كتلة الأرض $= 5.98 \times 10^{24}$ kg

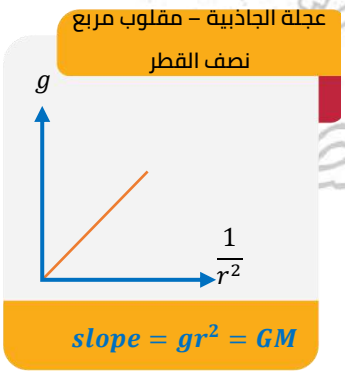
**شدة مجال الجاذبية**
هي قوة جذب الأرض لجسم كتلته $1\ kg$ عند نقطة ما.

**تتوقف شدة مجال الجاذبية عند نقطة على :**

1. كتلة الكوكب
   تتناسب شدة مجال الجاذبية تناسبًا طرديًا مع كتلة الكوكب عند ثبوت بعد النقطة عن مركز الكوكب.




2. البعد عن مركز الكوكب
   تتناسب شدة مجال الجاذبية تناسبًا عكسيًا مع البُعد عن مركز الكوكب



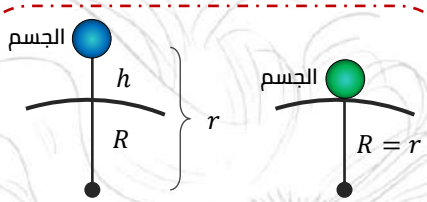
## أفكار المسائل

(1) إذا كان الجسم ( فوق سطح الأرض / علي ارتفاع من سطح الأرض ):

1

سطح الأرض

$$g = \frac{GM}{R^2}$$




حيث R نصف قطر الكرة الأرضية ويساوي 6378 km

2

على ارتفاع $h$ فوق سطح الأرض

$$g = \frac{GM}{(R+h)^2}$$

(2) للمقارنة بين عجلتي الجاذبية لكوكبين ( لإيجاد النسبة بين عجلتي الجاذبية الكونية ) :

$$\frac{g_1}{g_2} = \frac{M_1 R_2^2}{M_{2R_1}}$$

(3) لإيجاد النسبة بين وزني جسم على سطحي كوكبين:

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{g_1}{g_2} = \frac{M_1 r_2^2}{M_2 r_1^2} = \frac{M_1 (R_1 + h_1)^2}{M_2 (R_2 + h_2)^2}$$

### معلومة لنفسك

#### الأقمار الصناعية

- كان حلم الإنسان استكشاف الفضاء من حوله, وظل يطور أجهزة الرصد ويطور الصواريخ التي تقذف بمركبة فضائية لتدور حول الأرض أو تنطلق إلى أبعاد أكبر لتصل مثلًا إلى كوكب آخر مثل المريخ.
- استيقظ العالم في 4 من أكتوبر 1957م على مفاجأة النجاح في إرسال قمر صناعي (سبوتنيك) إلى الفضاء كأول تابع فضائي لكوكب الأرض, وأعقب ذلك نجاح الإنسان في إرسال أقمار أخرى, والنجاح في النزول على سطح القمر الطبيعي, لا يزال استكشاف الفضاء يتواصل بنجاح كبير.

## فكرة إطلاق القمر الصناعي

**القمر الصناعي:**
جسم يطلق بسرعة معينة تجعله يدور في مسار منحني شبه دائري بحيث يظل بُعده عن سطح الأرض ثابتًا.

**السرعة المدارية للقمر الصناعي:**
السرعة التي تجعل القمر الصناعي يدور في مسار منحنى شبه دائري بحيث يظل بُعده عن سطح الأرض ثابتًا.

يعتبر (إسحاق نيوتن) أول من شرح الأساس العلمي لإطلاق الأقمار الصناعية، حيث تصور أنه عند إطلاق قذيفة مدفع من قمة جبل :

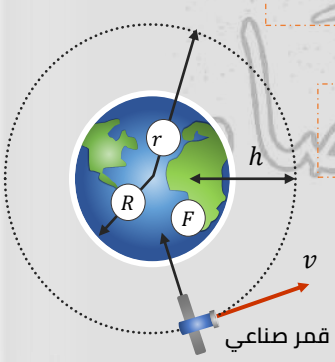
| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|
| في مستوى أفقي | بزيادة سرعة القذف | عند تساوي انحناء مساء القذيفة مع انحناء سطح الأرض |
| | | |
| تقطع القذيفة مسافة أفقية قبل أن تسقط سقوطًا حرًا وتتخذ مسارًا منحنيًا نحو الأرض. | تزداد المسافة الأفقية التي تقطعها قبل أن تصل إلى الأرض وتتبع مسارًا أقل انحناء | تدور القذيفة في مسار شبه دائري ثابت حول الأرض وتصبح تابعًا للأرض مثل القمر الطبيعي لذلك يطلق عليها اسم القمر الصناعي |

### استنتاج السرعة المدارية للقمر الصناعي

بفرض قمر صناعي كتلته m يتحرك حول كوكب كتلته M بسرعة ثابتة v في مدار دائري نصف قطره r فإن:

(1) قوة التجاذب بين الكوكب والقمر الصناعي تعطى من العلاقة: $F = G\frac{Mm}{r^2}$

(2) قوة التجاذب بين الكوكب والقمر الصناعي تكون عمودية على مسار حركة القمر الصناعي فتعمل على تحريكه في مسار دائري. $F = \frac{mv^2}{r}$




أي أن: قوة التجاذب بين القمر والأرض هي نفسها القوة الجاذبة المركزية.

$$\cancel{m}\frac{v^2}{r} = G\,M\frac{\cancel{m}}{r^2} \quad ,\therefore v^2 = G\frac{M}{r} \quad ,\therefore v = \sqrt{G\frac{M}{r}}$$

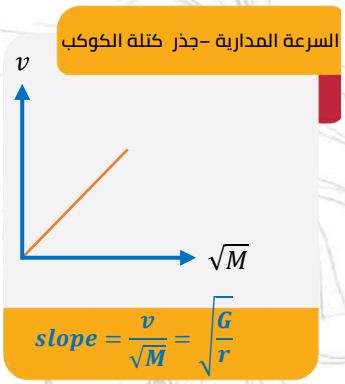
وإذا كان الارتفاع أطلق منه القمر الصناعي للفضاء هو (h) فإن: $r = R + h$، أي أن: $\boxed{h = r - R}$

**تتوقف السرعة المدارية للقمر الصناعي على :**

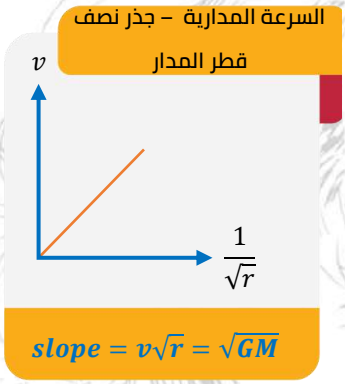
1 كتلة الكوكب

2 نصف قطر المدار

تتناسب السرعة المدارية للقمر الصناعي طرديًا مع الجذر التربيعي لكتلة الكوكب الذي يدور حوله عند ثبوت نصف قطر المدار.




تتناسب السرعة المدارية للقمر الصناعي عكسيًا مع الجذر التربيعي لنصف قطر المدار.



(1) سرعة القمر الصناعي في مداره لا تعتمد على كتلته.

(2) علل : يستمر دوران القمر الصناعي حول الأرض رغم تأثره بالجاذبية الأرضية (لا يسقط القمر الصناعي حول الأرض/ السرعة المدارية تحفظ القمر الصناعي على نفس الارتفاع)

لأن القوة الجاذبة المركزية المؤثرة عليه تجعله يتحرك في مسار دائري ولا تغير من قيمة السرعة فيستمر في دورانه حول الأرض على نفس الارتفاع.

(3) علل : تتساوى السرعة المدارية لقمرين صناعيين مختلفين في الكتلة

لأن السرعة المدارية للقمر الصناعي لا تعتمد على كتلته بل تعتمد على كتلة الكوكب الذي يدور حوله والبُعد عن مركزه.

(4) علل :لا يحدث تصادم للأقمار الصناعية في الفضاء الخارجي

لأن لكل قمر مدار خاص به يدور فيه حول الأرض وتكون هذه الأقمار على ارتفاع ثابت بالنسبة للأرض.

(5) عند توقف القمر الصناعي عن الدوران حول الأرض تصبح سرعته صفرًا ويتحرك في خط مستقيم نحو الأرض تحت تأثير الجاذبية الأرضية ويسقط على سطحها.

(6) ماذا يحدث إذا : انعدمت قوة الجاذبية بين الأرض والقمر الصناعي الذي يدور حولها

يتحرك القمر الصناعي في خط مستقيم باتجاه المماس للمسار الدائري مبتعدًا عن الأرض.

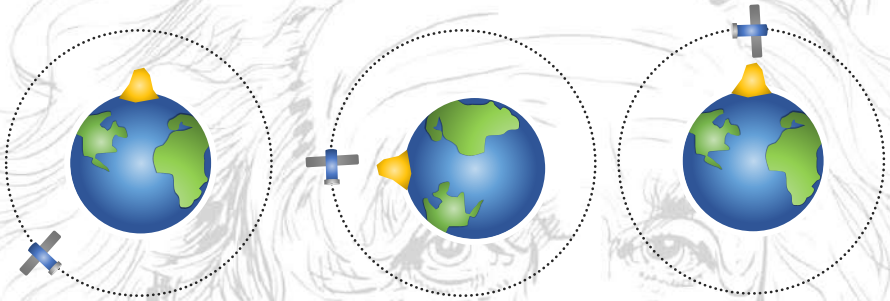
## الزمن الدوري للقمر الصناعي

- هو الزمن يستغرقه القمر الصناعي لإتمام دورة كاملة حول الأرض.
- يمكن حساب زمن الدورة من العلاقة :

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

- علل : يظل القمر الصناعي فوق نقطة ثابتة من سطح الأرض.

لأن القمر الصناعي المتزامن مع دوران الأرض كون زمنه الدوري مساوي للزمن الدوري لدوران الأرض حول نفسها أي يوم أرضي واحد (24 ساعة) .



## أفكار المسائل

(1) سرعة القمر الصناعي في مداره تعطى من العلاقة:

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

(2) للحصول على كتلة كوكب:

$$M = \frac{gr^2}{G} = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$$

(3) لإيجاد النسبة بين عجلتي الجاذبية الأرضية عند مدار قمر صناعي وعند سطح الأرض:

$$\frac{g_{\text{قمر}}}{g_{\text{أرض}}} = \frac{r^2}{(R+h)^2}$$

(4) لإيجاد النسبة بين سرعتي قمر صناعي حول كوكبين:

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{M_1}{M_2}} \times \sqrt{\frac{r_2}{r_1}}$$

وعند ثبوت M فإن:

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{r_2}{r_1}}$$

وعند ثبوت r فإن:

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{M_1}{M_2}}$$

(5) لإيجاد النسبة بين الزمن الدوري لقمرين صناعيين حول كوكب:

$$\frac{T_1}{T_2}=\frac{v_2}{v_1}\times\frac{r_1}{r_2}=\frac{r_1}{r_2}\times\sqrt{\frac{r_1}{r_2}}=\frac{(v_2)^3}{(v_1)^3}$$

(6) العلاقة بين نصف قطر مدار القمر الصناعي والزمن الدوري لحركته:

$$T^2=\frac{4\pi^2r^3}{GM}$$

(7) من الخطأ الظن بأنه يوجد تناقض في العلاقة بين السرعة المدارية (v) ونصف قطر المدار (r) في القانونين :

$$v=\sqrt{G\frac{M}{r}}\quad,\quad v=\frac{2\pi r}{T}$$

بالقول أن:

$v\propto r$ تناسب طردي , $v\propto\frac{1}{\sqrt{1}}$ تناسب عكسي

والخطأ هنا في:

(أ) $G, M$ ثوابت , فالعلاقة: $v\propto\frac{1}{\sqrt{r}}$ صحيحة.

(ب) لكن $\pi$ ثابت , $T$ غير ثابت , فيكون هنا السرعة تتوقف على $T, r$:

$$v\propto\frac{r}{T}$$

## جرب تحل كده

(1) يدور القمر حول الأرض في مسار دائري نصف قطره $3.85\times10^5\ km$ ويكمل دورة كاملة خلال 27.3 يوم, احسب كتلة الأرض. $(G=6.67\times10^{-11}\ m^3.kg^{-1}.s^{-2})$

دا الحل

$$T=27.3\times24\times60\times60=2.36\times10^6\ s$$

$$v=\frac{2\pi r}{T}=\frac{2\times3.14\times3.85\times10^5\times10^3}{2.36\times10^6}=1025.05\ m/s$$

$$M=\frac{v^2r}{G}=\frac{(1025.05)^2\times3.85\times10^5\times10^3}{6.67\times10^{-11}}=6.06\times10^{24}\ kg$$

(2) قمر صناعي يدور حول الأرض في مدار شبه دائري على ارتفاع $940\ km$ من سطح الأرض احسب السرعة المدارية والزمن اللازم لكي يصنع دورة كاملة حول الأرض علمًا بأن:

$(R=6360\ km, M=6\times10^{24}\ kg, G=6.67\times10^{-11}\ Nm^2/kg^2)$

دا الحل

$$r=R+h=6360+940=7300\ km=7.3\times10^6\ m$$

$$v=\sqrt{G\frac{M}{r}}=\sqrt{\frac{6.67\times10^{-11}\times10^{-24}}{7.3\times10^6}}=7.4\times10^3\ m/s$$

$$T=\frac{2\pi r}{v}=\frac{2\times3.14\times7.3\times10^6}{7.4\times10^3}=6195.14\ s$$

(3) قمر صناعي يتم دورته حول الأرض في $94.4\ min$ وطول مساره $43120\ km$ احسب السرعة المدارية وارتفاع القمر عن سطح الأرض علمًا بأن $R = 6360\ km$

دا الحل

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

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

$$r = \frac{43120 \times 10^3}{2 \times 3.14} = 6.866 \times 10^6\ m = 6866\ km$$

$$r = R + h$$

$$h = r - R = 6866 - 6360 = 506\ km$$

## أهمية الأقمار الصناعية

- أحدثت استخدام الأقمار الصناعية ثورة حقيقية في مجالات عديدة, حيث اعتبر القمر الصناعي بمثابة برج شاهق الارتفاع يمكن استخدامه في إرسال واستقبال الموجات اللاسلكية.
- هناك العديد من أنواع الأقمار الصناعية, والتي منها:

| | |
|---|---|
| أقمار الاتصالات | ▪ تسمح بالنقل التليفزيوني والإذاعي والهاتفي من وإلى أي مكان على سطح الأرض.<br>▪ تحديد الموقع باستخدام نظام GPS<br>▪ رؤية الأماكن من الفضاء باستخدام برنامج Google Earth |
| الأقمار الفلكية | ▪ عبارة عن تليسكوبات هائلة الحجم تسبح في الفضاء.<br>▪ تستطيع تصوير الفضاء بدقة. |
| أقمار الاستشعار عن بعد | تستخدم في:<br>▪ دراسة ومراقبة الطيور المهاجرة.<br>▪ تحديد المصادر المعدنية وتوزيعها.<br>▪ مراقبة المحاصيل الزراعية لحمايتها من مخاطر الطقس.<br>▪ دراسة تشكل الأعاصير. |
| أقمار الاستطلاع والتجسس | ▪ أقمار صناعية مهمتها توفير المعلومات التي تحتاجها القيادات السياسية والعسكرية لاتخاذ القرار وإدارة الحرب. |
| أقمار الأرصاد | ▪ التقاط صور للغلاف الجوي من ارتفاع 3500 km فوق سطح الأرض لتحديد أنماط الطقس.<br>▪ تتبع الأعاصير واتجاهها.<br>▪ رصد الظروف الجوية مثل جودة الهواء والغطاء الجليدي والغطاء السحابي. |

# الباب الرابع:

## الشغل والطاقة في حياتنا اليومية

الفصل الأول

## الشغل و الطاقة

# 1 الشغل

## الشغل في حياتنا اليومية:

هو العمل الذي استحوذ على اهتمام المرء فانشغل به عما سواه وقد يكون هذا العمل ذهنيًا (حل الواجبات المنزلية) أو عضليًا (زيارة مريض).

### المعنى الفيزيائي للشغل:

لكي تبذل شغلًا ما على جسم فلابد وأن يتحرك الجسم إزاحةً ما كنتيجة لقوتك وإذا لم يتحرك الجسم فإنك لم تبذل شغلًا مهما كان مقدار القوة التي بذلتها

- **شروط بذل الشغل:**
  (1) أن تؤثر قوة معينة على الجسم.
  (2) أن يتحرك الجسم إزاحة معينة في نفس اتجاه عمل القوة.

**أمثلة**

(1) الشخص الذي يدفع العربة للأمام يبذل شغلًا.
(2) الشخص الذي يرفع ثقل لأعلى يبذل شغلًا.
(3) عندما يحاول شخص دفع سيارة معطلة ولم يحركها فإنه لا يبذل شغلًا.
(4) الشخص الذي يدفع الحائط لا يبذل شغلًا.

## تعريف الشغل:

(1) هو حاصل ضرب القوة المؤثرة على جسم في إزاحته في اتجاه خط عمل القوة.
(2) هو حاصل الضرب القياسي لمتجهي الإزاحة والقوة.

**الجول:**
هو الشغل المبذول بواسطة قوة مقدارها $1\ N$ لتحرك جسم إزاحة مقدارها $1\ m$ في اتجاه خط عمل القوة.

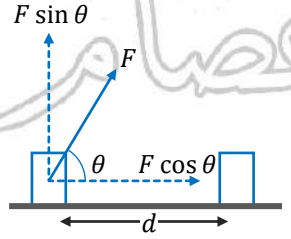
## قانون الشغل:

- الشغل = القوة × الإزاحة

$$W = Fd$$

- إذا كان اتجاه القوة يميل على اتجاه الإزاحة بزاوية $(\theta)$ فإن:

$$W = Fd\cos\theta$$




## وحدة قياس الشغل:

- يقاس الشغل بوحدة الجول.
- $\mathbf{Joule\ (J) = N.m = kg.m^2/s^2}$

**صيغة أبعاد الشغل:** $\mathbf{ML^2T^{-2}}$

## العوامل التي يتوقف عليها الشغل:

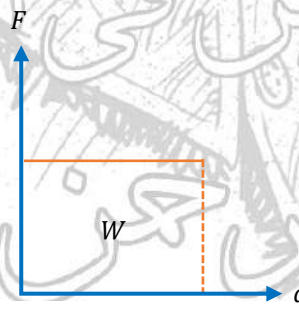
| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|
| القوة | الإزاحة | الزاوية بين اتجاه كل من القوة والإزاحة |
| يتناسب الشغل طرديًا مع القوة عند ثبوت الإزاحة والزاوية بين اتجاه كل من القوة والإزاحة | يتناسب الشغل طرديًا مع الإزاحة عند ثبوت القوة والزاوية بين اتجاه كل من القوة والإزاحة | يتناسب الشغل طرديًا مع جيب تمام الزاوية بين اتجاه كل من القوة والإزاحة عند ثبوت قيمة القوة والإزاحة |
| الشغل – القوة | الشغل – الإزاحة | الشغل – جيب تمام الزاوية |
| $W$ – $F$ | $W$ – $d$ | $W$ – $\cos\theta$ |
| $slope = \frac{W}{F} = d\cos\theta$ | $slope = \frac{W}{d} = F\cos\theta$ | $slope = \frac{W}{\cos\theta} = Fd$ |

## يمكن حساب الشغل بيانيًا باستخدام منحنى (القوة – الإزاحة):

- إذا أثرت قوة (F) ثابتة في المقدار والاتجاه على جسم فسببت له إزاحة (d) في نفس اتجاه القوة المؤثرة فإن $(\theta = 0)$
- عند تمثيل العلاقة بين (القوة – الإزاحة) بيانيًا نحصل على خط مستقيم موازي لمحور الإزاحة.

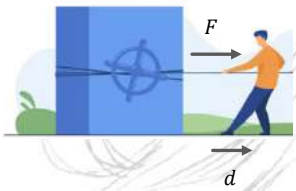
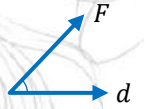
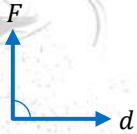
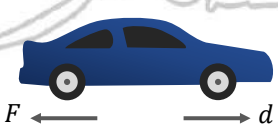
**بما أن:** الشغل = القوة × الإزاحة.

**إذًا:** الشغل (بيانيًا) = الطول × العرض = المساحات تحت منحنى (القوة – الإزاحة).



## تأثير زاوية الميل على قيمة الشغل المبذول

الشغل قد يكون (موجب – سالب – صفر) ويمكن توضيح ذلك كما يلي:

| قيمة الزاوية | الشغل المبذول | القانون | أمثلة |
|---|---|---|---|
| $(\theta = 0)$ | الشغل قيمة عظمى موجبة عندما يكون اتجاه القوة في نفس اتجاه الإزاحة | $W = Fd\cos\theta$ $= Fd$ | شخص يسحب جسم ويتحرك به مسافة  |
| $(0 < \theta < 90°)$  | الشغل قيمة موجبة لأن الشخص هو الذي يبذل الشغل | $W = Fd\cos\theta$ $= +W$ | شخص يسحب جسم كما بالشكل |
| $(\theta = 90°)$  | ينعدم الشغل المبذول عندما يكون اتجاه القوة عمودي على اتجاه الإزاحة | $W = Fd\cos 90$ $= 0$ | فتاة تحمل دلو وتسير به مسافة أفقية حيث يكون اتجاه الحركة الأفقية للفتاة عمودي على اتجاه القوة التي تؤثر بها يد الفتاة على الدلو |
| $(180 > \theta > 90°)$ | الشغل قيمة سالبة لأن الجسم هو الذي يبذل شغل على الشخص | $W = Fd\cos\theta$ $= -W$ | شخص يحاول سحب جسم وهو يتحرك عكس اتجاه القوة. |
| $(\theta = 180°)$ | الشغل قيمة عظمى سالبة إذا كان اتجاه القوة في عكس اتجاه الإزاحة | $W = Fd\cos\theta$ $= -Fd$ | الشغل المبذول من قوى الاحتكاك مثل قوة الفرامل.  |

خد بالك يا وحش

(1) علل : القوة الجاذبة المركزية لا تبذل شغلًا

لأنها تكون عمودية دائمًا على اتجاه الحركة.

(2) علل : لا يبذل الإلكترون شغلًا أثناء دورانه حول النواة .

لأنه يتحرك في مسار دائري تحت تأثير قوة جاذبة مركزية تؤثر في اتجاه عمودي.

(3) علل : لا يستهلك القمر الصناعي وقود أثناء دورانه حول الأرض في مسار دائري

لأن القوة الجاذبة المركزية تكون عمودية دائمًا على اتجاه الحركة فلا تبذل شغلًا.

(4) علل: عندما يحمل شخص جسمًا ويتحرك به أفقيًا فإنه لا يبذل شغلًا .

لأن اتجاه الحركة يكون عمودي على اتجاه القوة المؤثرة (قوة جذب الأرض).

(5) علل : الشغل الذي تبذله قوة يكون أكبر ما يمكن إذا تحرك الجسم في اتجاه القوة .

لأنه في هذه الحالة تكون:

$\theta = 0, \cos 0 = 1$ وهي أكبر قيمة لجيب التمام ويكون الشغل $= Fd$ أكبر ما يمكن.

(6) علل : إذا تحرك جسم في اتجاه عمودي على اتجاه القوة فإن هذه القوة لا تبذل شغلًا .

لأنه في هذه الحالة تكون:

$\theta = 90, \cos 90 = 0$ فيكون: $W = 0$

(7) علل : أحيانًا يكون الشغل المبذول سالب القيمة .

لأنه إذا كان تأثير القوة ضد حركة الجسم فإن: $\theta = 180, W = -Fd, \cos 180 = -1$

(8) علل : إذا أثر شخص بقوة على جسم ولم يحركه يكون الشغل المبذول يساوي صفر .

لأن: $d = 0$ وبالتالي $W = 0$

(9) علل : الشغل المبذول في دفع عرفة أطفال إلى الأمام أكبر منه في حالة سحبها للخلف

لأنه في حالة الدفع تعمل مركبة القوة $(F \sin \theta)$ في نفس اتجاه الوزن فتزيد من قوى الاحتكاك وبالتالي يزداد الشغل اللازم لتحريك العربة بينما في حالة السحب تعمل مركبة القوة $(F \cos \theta)$ في عكس اتجاه الوزن فتقلل من قوى الاحتكاك وبالتالي يقل الشغل اللازم لتحريك العربة.

## جرب تحل كده

ياكش تطلع

(1) عربة حديقة كتلتها $20\ kg$ تتحرك تحت تأثير قوة شد مقدارها $50\ N$, تصنع زاوية مقدارها $60°$ مع الأفقي فإذا تحركت العربة إزاحة مقدارها $4\ m$ احسب الشغل المبذول بواسطة القوة.

(مع إهمال قوة الاحتكاك).

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

(2) 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.

- الشغل الذي تبذله يد الطفلة: بما أن القوة عمودية على الإزاحة فإن الشغل يساوي صفر.

الشغل الذي يبذله الطفل:

$$F = mg = \frac{300}{1000} \times 10 = 3\ N$$
$$W = Fd\cos\theta$$

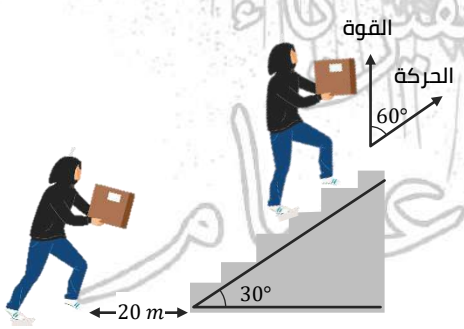
- بما أن القوة والإزاحة في نفس الاتجاه فإن الزاوية $(\theta)$ تساوي صفر.

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

(3) قوة مقدارها $200\ N$ أثرت على جسم ساكن فأصبحت سرعته بعد $6\ s$ تساوي $30\ m/s$، احسب الشغل الذي تبذله هذه القوة.

$$a = \frac{v_f - v_i}{t} = \frac{30 - 0}{6} = \frac{30}{6} = 5\ m/s^2$$
$$d = v_i t + \frac{1}{2}at^2 = (0 \times 6) + \frac{1}{2} \times 5 \times 36 = 90\ m$$
$$W = Fd = 200 \times 90 = 18000\ J$$

(4) عامل يحمل صندوقًا كتلته $30\ kg$ تحرك مسافة أفقية $15\ m$ ثم صعد سلمًا طوله $25\ m$ كما بالشكل فإذا كانت عجلة الجاذبية الأرضية $10\ m/s^2$، احسب الشغل المبذول.




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

$$W = Fd\cos 90 = 0$$

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

$$F = W = mg = 30 \times 10 = 300\ N$$
$$W = Fd\cos\theta = 300 \times 25 \times \cos 60 = 3750\ J$$

# 2 الطاقة

**الطاقة**

قدرة الجسم على بذل شغل.

- يحتاج الإنسان للطاقة للقيام بأي مجهود (بذل شغل) , وبدونها لا يستطيع القيام بأي عمل.
- وحدة قياس الطاقة هي الجول, وهي نفس وحدة قياس الشغل.
- للطاقة صور متعددة , سندرس منها فقط طاقة الحركة (KE) وطاقة الوضع (PE).

## طاقة الحركة

**طاقة الحركة**

هي الطاقة التي يمتلكها الجسم نتيجة لحركته.

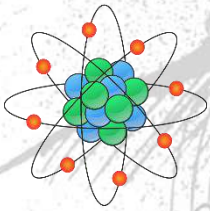
- عند بذل شغل لتحريك جسم فإن هذا الشغل يكتسبه الجسم في صورة طاقة تسمى طاقة الحركة.
- أمثلة:

1 شخص يجري

2 موجات الماء المنكسرة على الشاطئ

3 الماء المتدفق عبر السد

4 إلكترون يدور حول نواة الذرة



- وحدة قياس طاقة الحركة هي الجول (J).

## حساب طاقة الحركة:

(1) إذا أثرت قوة (F) على جسم ساكن فتحرك بعجلة منتظمة (a) لتصل سرعته إلى ($V_f$) بعد أن قطع إزاحة (d) فإن:

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

(2) حيث أن الجسم بدأ الحركة من السكون فإن:

$$v_i = 0 \longrightarrow \therefore 2ad = v_f^2 - v_i^2 = v_f^2 - 0 = v_f^2 \longrightarrow d = \frac{v_f^2}{2ad}$$

(3) بضرب الطرفين في F:

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

(4) من قانون نيوتن الثاني:

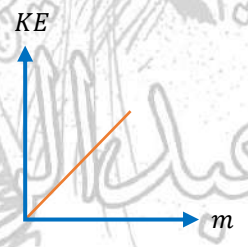
$$F = ma \rightarrow \therefore m = \frac{F}{a} \rightarrow Fd = \frac{1}{2}\, m\, v_f^2$$

الطرف الأيسر (Fd) يمثل الشغل المبذول و هو الطاقة اللازمة لتحريك الجسم، والطرف الأيمن $\left(\frac{1}{2}\, m\, v_f^2\right)$ يمثل الصورة التي تحول إليها الشغل المبذول و التي تسمى طاقة الحركة (KE).

$$KE = \frac{1}{2}\, m\, v_f^2$$

## العوامل التي تتوقف عليها طاقة الحركة:

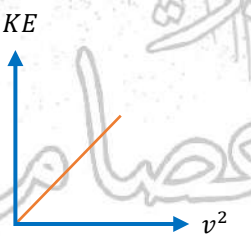
1 كتلة الجسم




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

تتناسب طاقة الحركة لجسم ما طرديًا كتلته عند ثبوت السرعة.

2 سرعة الجسم

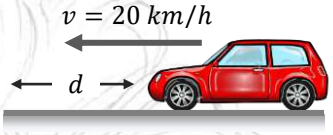



$$slope = \frac{KE}{v^2} = \frac{1}{2}m$$

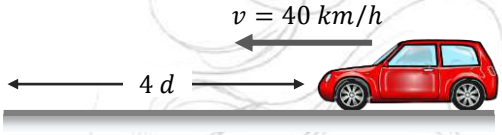
تتناسب طاقة الحركة لجسم ما طرديًا مع مربع سرعته عند ثبوت الكتلة.

(1) الشغل المبذول على جسم يتناسب طرديًا مع مربع السرعة التي يتحرك بها فإذا كان هناك:

سيارة تتحرك بسرعة 20 km/h, عند الضغط على دواسة الفرامل فإنها تقطع مسافة (d) قبل أن تتوقف.




نفس السيارة تتحرك بسرعة 40 km/h, عند الضغط على دواسة الفرامل بنفس القوة فإنها تقطع مسافة (4d) قبل أن تتوقف حيث $Fd \propto v^2$




(2) علل : طاقة الحركة لجسم كمية قياسية .

لأنها ناتج حاصل ضرب كميتين قياسيتين هما كتلة الجسم ومربع مقدار سرعته.

(3) العلاقة بين الشغل المبذول على الجسم وطاقة حركته وسرعته والقوى المؤثرة عليه:

| الشغل المبذول | طاقة الحركة | سرعة الجسم | محصلة القوى المؤثرة على الجسم |
|---|---|---|---|
| موجب | تزداد بمقدار الشغل المبذول | تزداد | في نفس اتجاه حركته |
| سالب | تقل بمقدار الشغل المبذول | تقل | في اتجاه معاكس لاتجاه حركته |
| يساوي صفر | تظل ثابتة | تظل مقدارًا ثابتًا | تنعدم |

(4) الشغل المبذول بواسطة السبارة لتغيير سرعتها يساوي التغير في طاقة حركتها.

$$\mathbf{W = \Delta KE = \frac{1}{2}\, m(v_f^2 - v_i^2)}$$

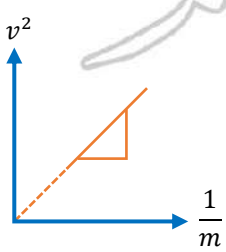
(5) عند حركة سيارة بسرعة معينة وضغط سائقها على الفرامل حتى توقفت بعد أن قطعت مسافة معينة, فعند حركة نفس السيارة بسرعة مختلفة وضغط سائقها على الفرامل بنفس القوة لتتوقف بعد أن قطعت مسافة مختلفة فإنه يمكن حساب المسافة التي قطعتها السيارة في الحالة الثانية من العلاقة:

$$\mathbf{\frac{d_1}{d_2} = \frac{(v_i)_1^2}{(v_i)_2^2}}$$

(6) إذا كان هناك جسمان لهما نفس الكتلة فإن العلاقة بين كمية تحريكهما وطاقة حركتهما:

$$\mathbf{\frac{P_1}{P_2} = \sqrt{\frac{KE_1}{KE_2}}}$$

(7) عند رسم علاقة بيانية بين مربع السرعة على المحور الرأسي ومقلوب الكتلة على المحور الأفقي, نجد العلاقة البيانية يمثلها خط مستقيم ومنه نستنتج أن:




$$\mathbf{v^2 \propto \frac{1}{m}}$$

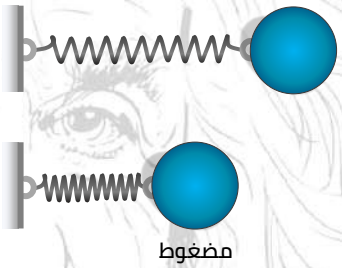
$$\mathbf{slope = v^2 \div \frac{1}{m} = mv^2 = 2\ KE}$$

**طاقة الوضع** هي الطاقة التي يمتلكها الجسم نتيجة لموضعه أو حالته.

- عند رفع جسم إلى أعلى نحتاج إلى بذل شغل يختزن داخل الجسم في صورة طاقة تسمى طاقة الوضع.
- وحدة قياس طاقة الوضع هي الجول (J).
- أمثلة على طاقة الوضع :

1

طاقة الوضع المختزنة في ملف زنبركي مشدود أو مضغوط (طاقة وضع مرنة)




انكماش أو استطالة زنبرك يكسب جزيئاته وضعًا جديدًا فتخزن طاقة وضع مرنة ثم يبذل شغلًا حتى يتخلص من هذه الطاقة لكي يعود إلى وضعه المستقر.

2

طاقة الوضع المختزنة في خيط مطاطي مشدود (طاقة وضع مرنة)

استطالة الخيط المطاطي يكسب جزيئاته وضعًا جديدًا فتخزن طاقة وضع مرنة لذلك يتحرك الخيط المطاطي المشدود عند إزالة القوة المؤثرة عليه حتى يتخلص من هذه الطاقة لكي يعود إلى وضعه المستقر.

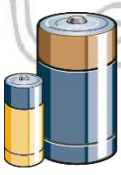
3

طاقة الوضع المختزنة في جسم مرفوع عن سطح الأرض (طاقة وضع تثاقلية)

ترتبط طاقة الوضع التثاقلية بوضع الأشياء بالنسبة لسطح الأرض (لمجال الجاذبية).

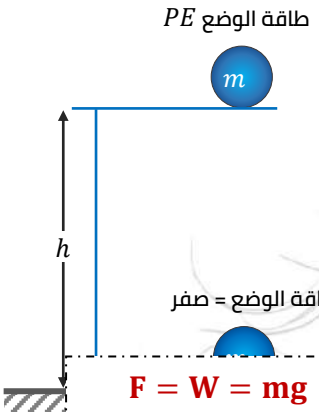
4

طاقة الوضع المختزنة في الإلكترونات داخل البطارية. (طاقة وضع كيميائية)



تتحرك الإلكترونات عند توصيل البطارية وغلق الدائرة.

## حساب طاقة الوضع:




- عند رفع جسم كتلته (m) مسافة رأسية (h) فإن الشغل المبذول يتعين من العلاقة:

$$W = Fh$$

- حيث أن أقل قوة (**F**) لازمة لرفع الجسم لأعلى تساوي وزنه (**mg**) فإن :

$$\mathbf{F = W = mg \rightarrow W = mgh}$$

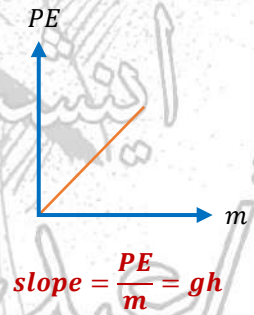
- بما أن الشغل المبذول يختزن في طاقة وضع (PE):

$$PE = mgh$$

## العوامل التي يتوقف عليها طاقة الوضع:

1. كتلة الجسم

تتناسب طاقة الوضع لجسم طرديًا مع كتلته عند ثبوت عجلة الجاذبية وارتفاع الجسم عن سطح الأرض



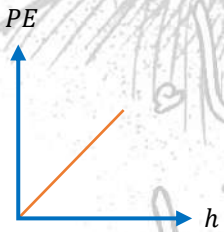

$$slope = \frac{PE}{m} = gh$$

2. عجلة الجاذبية الأرضية

تتغير تغيرًا طفيفًا بالابتعاد عن سطح الأرض

3. الارتفاع عن سطح الأرض

تتناسب طاقة الوضع لجسم طرديًا مع ارتفاعه عن سطح الأرض عند ثبوت الكتلة وعجلة الجاذبية




$$slope = mg = w$$

خد بالك يا وحش

عند رفع صندوق وزنه 450 N رأسيًا لأعلى مسافة 1 m يتطلب قوة تكافئ وزن الصندوق.

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

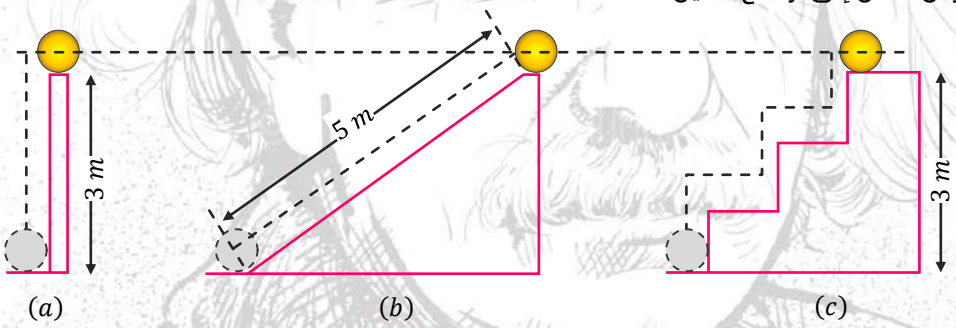
عند رفع نفس الصندوق باستخدام مستوى مائل طوله 3 m يتطلب قوة أقل من وزنه, لكنه سيحتاج لإزاحة أكبر.

$$W = 150\ N \times 3\ m = 450\ J$$
$$F = W \div d = 450 \div 3 = 150\ N$$

الشغل المبذول لرفع جسم من موضع إلى موضع أعلى: $W = mg\,(h_f - h_i)$

جرب الحل

الأشكال التالية توضح ثلاثة مسارات مختلفة عديمة الاحتكاك يمكن أن تسلكها كرة ساكنة موجودة عند سطح الأرض لتصل إلى ارتفاع معين:




في أي مسار يكون الشغل المبذول لرفع الكرة أكبر ما يمكن؟

ⓐ المسار a ⓑ المسار b ⓒ المسار c ⓓ جميعها متساوية

## الفيزياء في خدمة البيئة

- معظم الطاقات التي يستخدمها الإنسان تأتي من مصادر طاقة غير متجددة, مثل الفحم الحجري والبترول.
- 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 فهناك اتجاه عالمي (خاصةً الدول الصناعية الكبر) نحو استخدام مصادر الطاقة الطبيعية مثل استخدام طاقة الرياح ومساقط المياه في توليد الكهرباء للحصول على الطاقة والحفاظ على البيئة.

# 3 قانون بقاء الطاقة

**قانون بقاء الطاقة**

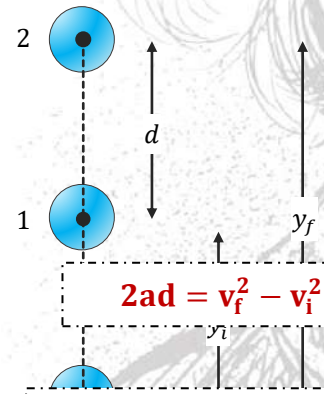
الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم، ولكن يمكن أن تتحول من صورة إلى أخرى.

- درسنا الفصل السابق أن الطاقة هي القدرة على بذل شغل، وهناك صور متعددة للطاقة يمكن أن تتحول إحداها للأخرى، مثل:
  (1) تحول طاقة الوضع في شلال الماء إلى طاقة حركة.
  (2) تحول الطاقة الكيميائية المختزنة في الوقود (فحم، بنزين وغير ذلك) إلى شغل ميكانيكي يتمثل في حركة السيارات والقطارات.
  (3) تحول الطاقة الكهربية في المصباح إلى طاقة حرارية وضوئية.
- عند تحول الطاقة من صورة لأخرى تظل كمية الطاقة ثابتة، وهذا ما يعرف باسم قانون بقاء الطاقة.

## قانون بقاء الطاقة الميكانيكية

بفرض جسم كتلته $(m)$ قذف رأسيًا إلى أعلى من النقطة (1) بسرعة $(v_i)$ إلى النقطة (2) فتصل سرعته إلى $(v_f)$ فإن الشغل المبذول على الجسم أثناء ارتفاعه يعمل على:

(1) زيادة طاقة الوضع للجسم بزيادة الارتفاع.
(2) إنقاص طاقة الحركة للجسم بنقص سرعته.




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

**من المعادلة الثالثة للحركة:**

بما أن الجسم يتحرك لأعلى في عكس اتجاه مجال الجاذبية الأرضية فإنه يتحرك بعجلة سالبة.

$$\therefore a = -g \rightarrow \therefore v_f^2 - v_i^2 = -2gd$$

**بالضرب في $\left(\frac{1}{2}m\right)$:**

$$\frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2) = \frac{1}{2}m(-2gd) = -mgd$$

بما أن: $d = y_f - y_i$

$$\therefore \frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2) = -mg(y_f - y_i)$$

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

$$PE_f + KE_f = PE_i + KE_i$$

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

**الطاقة الميكانيكية:**

هي مجموع طاقتي الوضع والحركة لجسم.

**قانون بقاء الطاقة الميكانيكية:**

مجموع طاقتي الوضع والحركة لجسم عند أي نقطة في مساره عندما يتحرك تحت تأثير الجاذبية الأرضية وبإهمال مقاومة الهواء يساوي مقدار ثابت يسمى الطاقة الميكانيكية.

## عند حل المسائل

(1) في غياب قوى الاحتكاك يكون مجموع طاقتي الوضع والحركة للجسم عند أي نقطة = مقدار ثابت.

(2) كلما زادت طاقة حركة الجسم فإن ذلك يكون على حساب طاقة الوضع (تقل طاقة الوضع) والعكس صحيح.

(3) عند أقصى ارتفاع (السرعة = طاقة الحركة = صفر, الطاقة الميكانيكية = طاقة الوضع) .

(4) لحظة وصول الجسم لسطح الأرض (الارتفاع = طاقة الوضع = صفر, الطاقة الميكانيكية = طاقة الحركة)

(5) في منتصف المسافة (طاقة الوضع = طاقة الحركة = نصف الطاقة الميكانيكية)

(6) لحساب أقصي ارتفاع يصل إليه الجسم :

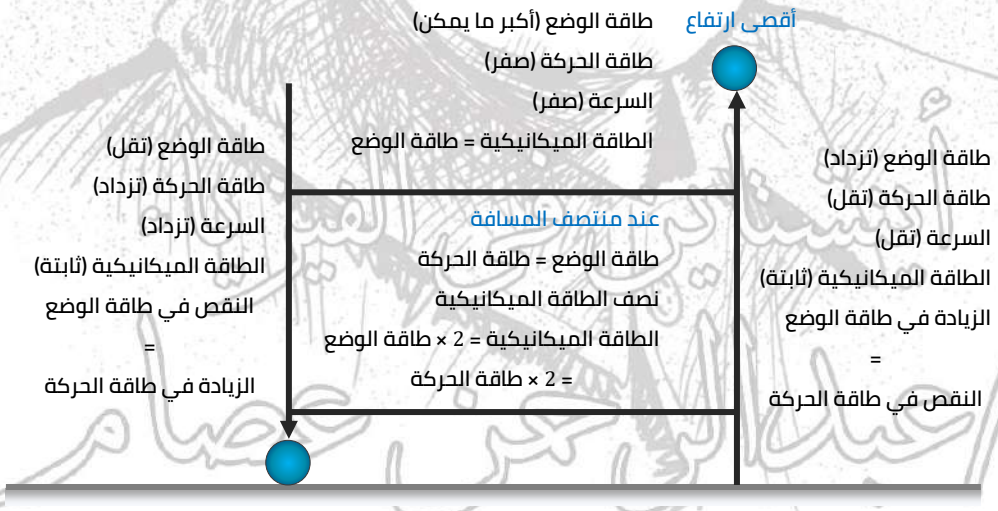
$$PE + KE \text{ (عند أقصى ارتفاع)} = PE + KE \text{ (عند سطح الأرض)}$$

$$PE \text{ (عند أقصى ارتفاع)} = KE \text{ (عند سطح الأرض)}$$

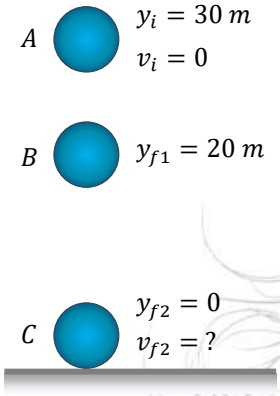
$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh$$

$$\frac{1}{2}v^2 = gh$$

$$v = \sqrt{2gh} \rightarrow h = \frac{v^2}{2g}$$



(1) جسم ساكن على ارتفاع $30\ m$ من سطح الأرض له طاقة وضع $1470\ J$
فإذا سقط الجسم لأسفل, بإهمال مقاومة الهواء, احسب:
(a) طاقة وضع الجسم وطاقة حركته عند ارتفاع $20\ m$ من سطح الأرض.
(b) سرعة الجسم لحظة اصطدامه بالأرض.
(علمًا بأن: $g = 9.8\ m/s^2$).




*(a) عند الموضع $(A)$:*

$$PE_i = mgy_i = 1470\ J$$
$$m \times 9.8 \times 30 = 1470\ J$$
$$m = 5\ kg$$

عند الموضع (B):

$$PE_{f1} = mgy_{f1} = 5 \times 9.8 \times 20 = 980\ J$$

بتطبيق قانون بقاء الطاقة الميكانيكية على الموضعين B, A:

$$PE_{f1} + KE_{f1} = PE_i + KE_i$$
$$980 + KE_{f1} = 1470 + 0$$
$$KE_{f1} = 1470 - 980 = 490\ J$$

(b) بتطبيق قانون بقاء الطاقة الميكانيكية على الموضعين C, A:

$$PE_i + KE_i = PE_{f2} + KE_{f2}$$
$$1470 + 0 = 0 + \left(\frac{1}{2} \times 5 \times v_{f2}^2\right)$$
$$\mathbf{v_{f2} = 24.25\ m/s}$$

(2) جسم كتلته $0.5\ kg$ يسقط من ارتفاع $100\ m$ سقوطًا حرًا, احسب:
(a) طاقة وضع وطاقة حركة الجسم عند القمة.
(b) طاقة وضع وطاقة حركة الجسم عند سطح الأرض.
(c) سرعة الجسم قبل ملامسته سطح الأرض.
(علمًا بأن: $g = 10\ m/s^2$).

(a)
$$PE = mgh = 0.5 \times 10 \times 100 = 500\ J$$

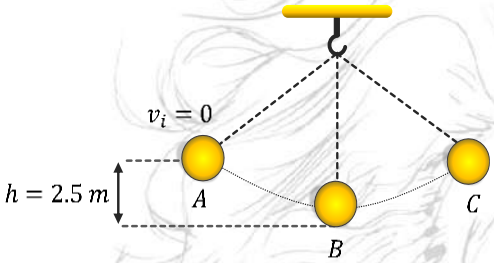
(b)
$$PE = 0$$
$$KE = 0$$
$$KE = 500\ J$$

(c)
$$KE = \frac{1}{2}\ mv_f^2$$
$$500 = \frac{1}{2} \times 0.5 \times v^2$$
$$v_f = 44.72\ m/s$$

(3) قذف جسم إلى أعلى بسرعة $10\ m/s$ احسب أقصى ارتفاع يصل إليه. $(g = 10\ m/s^2)$

$$h = \frac{v^2}{2g} = \frac{(10)^2}{2 \times 10} = 5\ m$$

(4) الشكل المقابل يمثل كرة معلقة بخيط تتأرجح بشكل حر في مستوى محدد فإذا كانت كتلة الكرة $4\ kg$ ومقاومة الهواء مهملة, فما أقصى سرعة تبلغها الكرة أثناء تأرجحها؟
$(g = 9.8\ m/s^2)$




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

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 9.8 \times 2.5} = 7\ m/s$$

أينشتاين في الفيزياء
أ/ عبدالرحمن عصام