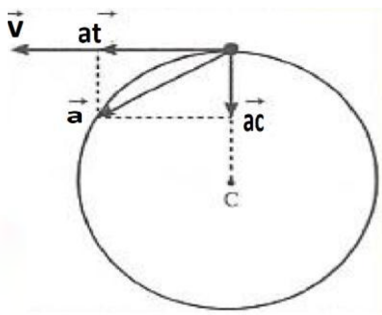
# مذكرات 3D VIDEO بنظام 4D في الفيزياء

## الصـف الحــادي عشر العلمي

### الفتــرة الأولى



## صفحة التعليمات

- حمل تطبيق Hp Reveal المجاني متوفر للأيفون والأندرويد
- سجل حساب مجاني في التطبيق
- ابحث عن حسابنا physics11kw
- اضغط على اول نتائج البحث واعمل follow
- الأن تقدر تقرأ كل الأكواد والصور بالمذكرة
- لاي ملاحظة نرجو التواصل مع الدعم الخاص بالمذكرة

كل ما يتعلق بالفيزياء

# الدرس الأول: الكميات العددية والكميات المتجهة

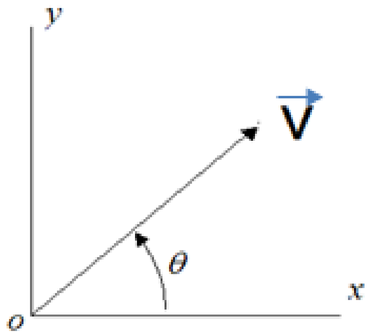
## تقسم الكميات الفيزيائية الى قسمين:

1- الكميات العددية (القياسية): هي الكميات التي يكفي لتحديدها عدد يحدد مقدارها، ووحدة فيزيائية تميز مقدارها.

**مثال : الطول – الزمن – الكتلة – درجة الحرارة – السرعة العددية**

**يطبق على هذه الكميات الجبر الحسابي (العددي)**

2- الكميات المتجهة: هي الكميات التي تحتاج في تحديدها الى الاتجاه الذي تأخذه بالإضافة الى العدد الذي يحدد مقدارها ووحدة القياس التي تميزها.




**مثال : الأزاحة – القوة – السرعة المتجهة – العجلة .**

**يطبق على هذه الكميات جبر المتجهات**

## ملاحظات علي الكمية المتجهة :

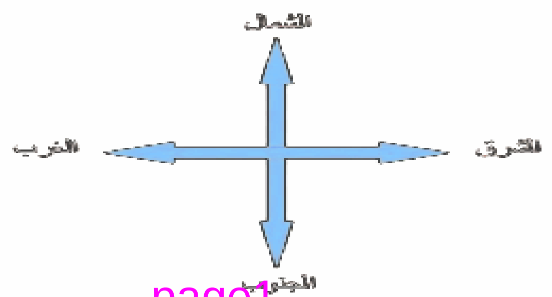
**1- تتميز الكمية المتجهة بوضع علامة الاتجاه أعلي الرمز $\vec{A}$**

**2- تمثل الكمية المتجهة علي صورة شعاع له رأس و ذيل**

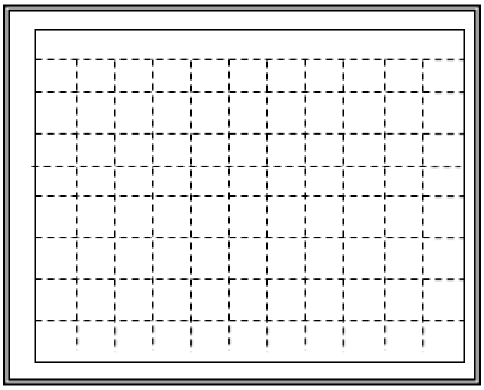
**3- التعبير الرياضي للمتجهة بواسطة ( زاوية/ مقدار )**
**و تبداء الزاوية من محور الاسناد الموجب .**

**4-** تمثيل الكميات المتجه رياضياً: $\boxed{\vec{V} = (v, \theta)}$ حيث v هي مقدار المتجه واتجاهه.

مراجعة الاتجاهات الأربعة:



مثال (1) تتحرك سيارة بسرعة km/h (150) باتجاه يصنع زاوية مقدارها ( 130°) مع المحور الأفقي الموجب.



المطلوب:

أختر مقياس رسم مناسب ثم أكتب مقدار واتجاه المتجه.

بإستخدام أدواتك الهندسية أرسم المتجه المعبر عن سرعة السيارة.

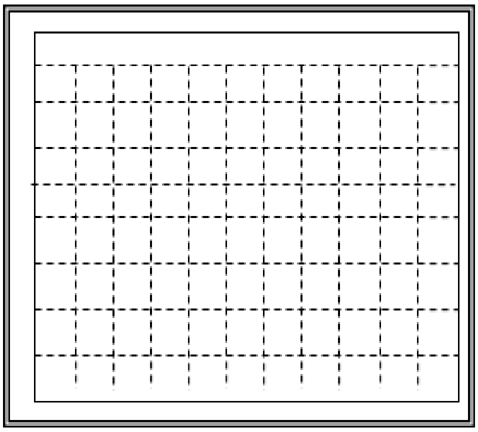

.................................... ...............

.................................... ...............

.................................... ...............

.. أستخدم Hp Reveal ..........................................................................

مثال (2) قوة تؤثر على صندوق خشبي مقدارها N (5) تدفعه الى الغرب. المطلوب مثل هذه القوة:



(أ) رياضياً (ب) بيانياً.


................................ ........

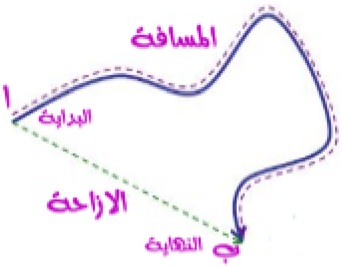
................................ ........

................................ ........

................................ ........

· أستخدم Hp Reveal ........

## أمثلة على الكميات المتجهة :

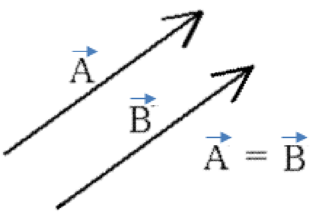



1- الإزاحة:

هي المسافة الأقصر بين نقطة بداية الحركة ونقطة نهايتها، وباتجاه من نقطة البداية الى نقطة النهاية .

2- السرعة المتجهة:

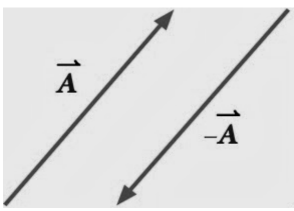
**هي السرعة في اتجاه محدد و تختلف عن السرعة العددية في الأتجاه .**




## خصائص المتجهات :

**1- التساوي:**

**يتساوي المتجهان عندما يكون لهما نفس المقدار و الأتجاه .**




**اذا كان المتجهان متعاكسان في الأتجاه و متساويان في المقدار يكون**

$$\vec{A} = -\vec{A}$$

## 2- النقل :

من الخواص الهندسية لبعض المتجهات خاصية النقل، وذلك بنقل المتجه من مكان الى اخر دون ان تتغير قيمته واتجاهه ( المتجهات الحرة).

تقسم المتجهات الى نوعين أساسيين:

| المتجهات الحرة | المتجهات المقيدة |
|---|---|
| هو متجهة يمكن نقله من مكان الى آخر شرط الحفاظ على مقداره واتجاهه | هو متجهة مقيد بنقطة التأثير ولا يمكن نقله من مكان الى آخر |
| مثال: السرعة – الازاحة – العجلة | مثال: القوة |

# جمع المتجهات

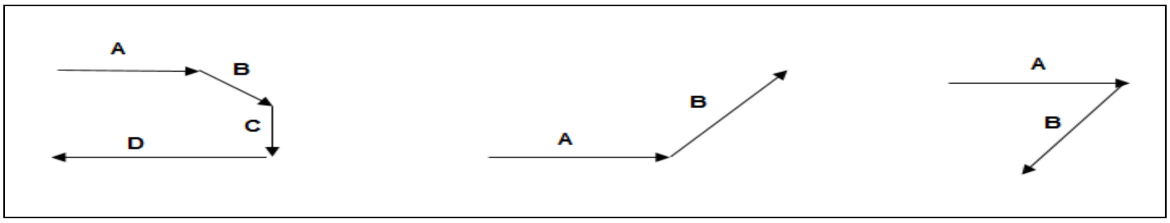
هي عملية تركيب متجهات . هي عملية يتم فيها الاستعاضة عن عدة متجهات بمتجه مفرد ( يسمي المحصلة R )

## طرق جمع المتجهات :

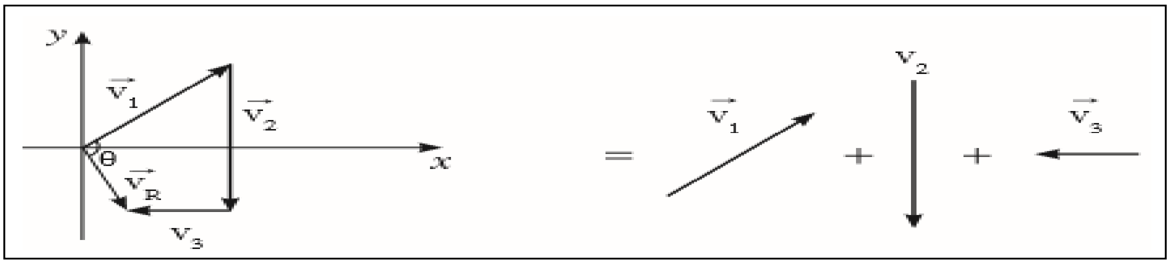
### 1- الطريقة الهندسية :

✓ عند اتصال المتجهات رأس بذيل :

يكون المتجهة المحصلة هو المتجهة الواصل بين نقتطي بداية و نهاية المتجهات من ذيل المتجهة الأول الي رأس المتجهة الأخير .

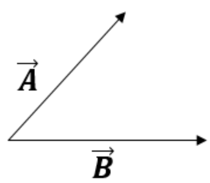



ـ يمكن اعادة ترتيب المتجهات الحرة لجمعهم كما بالشكل التالي :




✓ عند اتصال المتجهات ذيل بذيل :

نقوم بأكمال متوازي الأضلاع ثم نأخذ المحور لمتوزي الأضلاع ليصبح هو المحصلة



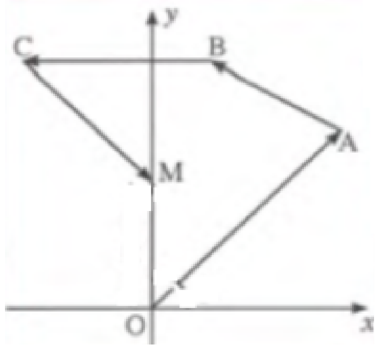
مثال (3): قام أحد مستكشفي الغابات برحلة استكشافية منطلقاً من النقطة O ومستخدماً عداد قياس المسافات والبوصلة، قاصداً البحيرة M وفق المسار O, A, B, C, M الموضح في الشكل المجاور.

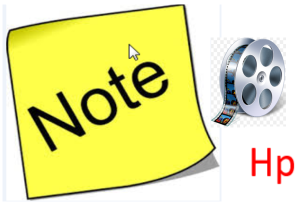
( مقياس الرسم هو (1)cm لكل (1500) m )

احسب مستخدماً مسطرة ومنقلة:

(أ) مقدار الازاحة المحصلة من نقطة الانطلاق الى البحيرة.

(ب) اتجاه المحصلة بالنسبة الى محور الاسناد.



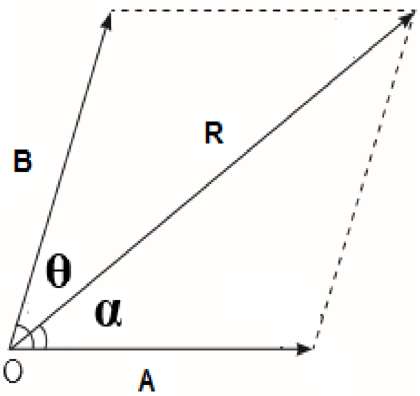

أستخدم Hp Reveal


أستخدم Hp Reveal

## 2- الطريقة الحسابية :

$$\vec{A} + \vec{B} = \vec{R}$$

يمثل المتجهة $\vec{R}$ بمقدار و اتجاه




المقدار $R = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\cos\theta}$

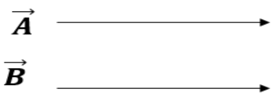
الاتجاه $\sin\alpha = \dfrac{B\sin\theta}{R}$

θ الزاوية بين المتجهة A , B

α الزاوية بين المتجهة A و المحصلة R

## حـــالات خـــاصـــة

1- اذا كان المتجهين في نفس الاتجاه . $\theta = ZERO$

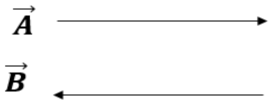



$\vec{R} = \vec{A} + \vec{B}$

والاتجاه نفس اتجاه المتجهين

أستخدم Hp Reveal

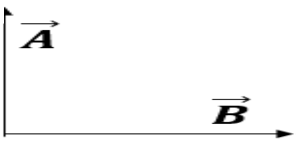
2- اذا كان المتجهان متعاكسان $\theta = 180^0$




$\vec{R} = \vec{A} - \vec{B}$

والاتجاه نفس اتجاه المتجه الأكبر .

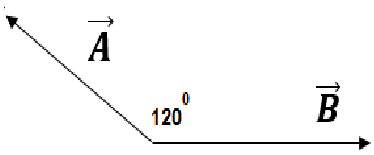
3- اذا كان المتجهان متعامدان $\theta = 90^0$




$R = \sqrt{A^2 + B^2}$

$\tan\theta = \dfrac{A}{B}$

4- اذا كان $\vec{A} = \vec{B}$ , $\theta = 120^0$




يكون $\vec{A} = \vec{B} = \vec{R}$ , $\alpha = 60^0$

## مــلاحـــظــات :

1- أكبر قيمة لمحصلة متجهين عندما يكونان في نفس الأتجاه $\theta = ZERO$

فتكون المحصلة مجموع المتجهين

$$\vec{R} = \vec{A} + \vec{B}$$

2- أقل قيمة لمحصلة متجهين عندما يكون المتجهين متعاكسان في الأتجاه

$\theta = 180^0$

فتكون المحصلة الفرق بين المتجهين

$$\vec{R} = \vec{A} - \vec{B}$$

3- تختلف قيمة المحصلة بأختلاف الزاوية بين المتجهين بحيث تقل قيمة المحصلة بزيادة الزاوية بين المتجهين.

4- تنعدم محصلة متجهين أذا كان لهما نفس المقدار و متعاكسان في الأتجاة

5- عملية جمع المتجهات عملية أبدالية , بحيث

$$\vec{A} + \vec{B} = \vec{B} + \vec{A}$$

# ضرب المتجهات

### 1- ضرب المتجهات بكمية قياسية:

ينتج عن حاصل ضرب كمية عددية ( قياسية) في كمية متجهة ⬅ كمية متجهة.

- ضرب المتجه بكمية قياسية موجبة يغير مقداره فقط بدون أن يغير الاتجاه.
- ضرب المتجه بكمية سالبة يعكس اتجاه المتجه بالإضافة الى تغيير مقداره.

## 2- ضرب كمية متجهة بـ كمية متجهة أخرى :

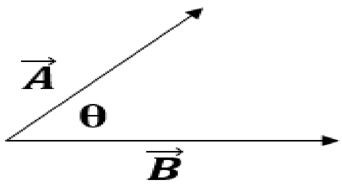
يوجد نوعين من ضرب المتجهات:

1. الضرب القياسي ( العددي) ويسمى أيضاً الضرب النقطي.
2. الضرب الاتجاهي ويسمى أيضاً الضرب التقاطعي.

### الضرب العددي ( القياسي ) :

$\vec{A} \cdot \vec{B} = C$

كمية عددية




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

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

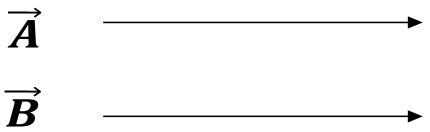
### مـــلاحـــظـــات :

1- حاصل الضرب العددي يكون كمية عددية وليست متجهة

2- مقدار ناتج ( حاصل ) الضرب العددي = $AB\cos\theta$

3- أكبر قيمة لحاصل الضرب العددي لمتجهين عندما يكون المتجهان في نفس الأتجاه $\theta = ZERO$ , $\theta = 360^0$

( المتجهين متوازيين )




$\cos\theta = 1$

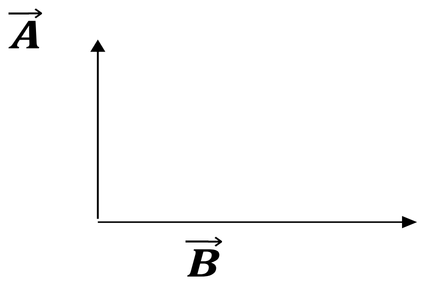
$\vec{A} \cdot \vec{B} = AB$

4- تنعدم قيمة حاصل الضرب العددي لمتجهين عندما يكون المتجهين متعامدين

$\theta = 90^0$ , $\theta = 270^0$

$\cos\theta = zero$

$\vec{A} \cdot \vec{B} = zero$




5- من أمثلة الكميات الناتجة عن الضرب العددي ( القياسي ) لمتجهين هي الشغل

الشغل كمية عددية لانه ناتج عن الضرب العددي لمتجهي القوة و الأزاحة

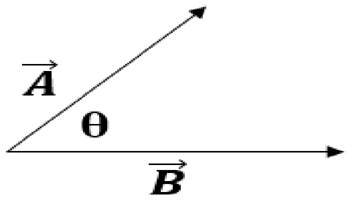
6- الضرب العددي ( القياسي ) عملية أبدالية

$\vec{A} \cdot \vec{B} = \vec{B} \cdot \vec{A}$

# الضرب الاتجاهي:

$\vec{A} \times \vec{B} = \vec{C}$

كمية متجهة




$\vec{A} \times \vec{B} = AB \sin\theta$

## مـــلاحـــظـــات :

1- حاصل الضرب الأتجاهي يكون كمية متجهة

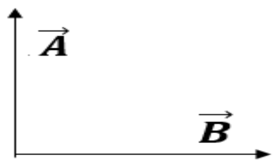
2- مقدار ناتج ( حاصل ) الضرب الأتجاهي = $AB \sin\theta$

وهي تساوي مساحة متوازي الأضلاع الناتج عن المتجهين

3- يحدد اتجاه المتجه الناتج عن عملية الضرب بقاعدة اليد اليمني . R.H.R

4- أكبر قيمة حاصل الضرب الأتجاهي لمتجهين عندما يكون المتجهين متعامدين

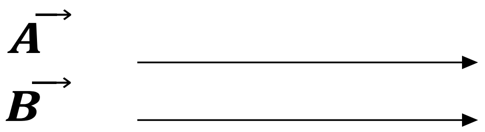
$\theta = 90^0 , \theta = 270^0$




$\sin \theta = 1$

$\vec{A} \times \vec{B} = AB$

5- تنعدم قيمة حاصل الضرب الأتجاهي لمتجهين عندما يكون المتجهان في نفس الأتجاة $\theta = ZERO , \theta = 360^0$




( المتجهين متوازيين )

$\sin \theta = zero$

$\vec{A} \times \vec{B} = zero$

6 – يكون المتجهة الناتج عن حاصل الضرب الأتجاهي في اتجاه عمودي على مستوي المتجهين ( داخل او خارج من الورقة )

7 – عملية الضرب الأتجاهي عملية ليست ابدالية .

$\vec{A} \times \vec{B} \neq \vec{B} \times \vec{A}$

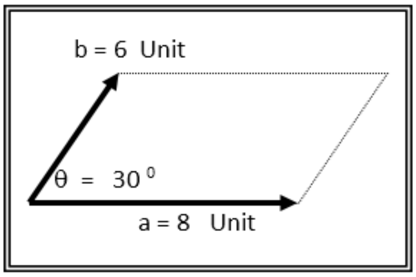
$\vec{A} \times \vec{B} = -\vec{B} \times \vec{A}$

أستخدم Hp Reveal

8 – يتساوي مقدار الضرب الأتجاهي مع مقدار الضرب العددي للمتجهين عندما تكون الزاوية بين المتجهين تساوي $\theta = 45^0$

$\sin 45 = \cos 45$

مثال(4) الشكل المقابل يمثل متجهان $(\vec{b})$، $(\vec{a})$ في مستوي أفقي واحد هو مستوي الصفحة والمطلوب حساب:




1 – محصلة المتجهين (مقداراً واتجاهاً).

............................................................................................
............................................................................................
............................................................................................
............................................................................................

2 – حاصل الضرب الاتجاهي $(\vec{a}\times\vec{b})$ للمتجهين (مقداراً واتجاهاً).

............................................................................................

Hp Reveal أستخدم ............................................................................................

............................................................................................

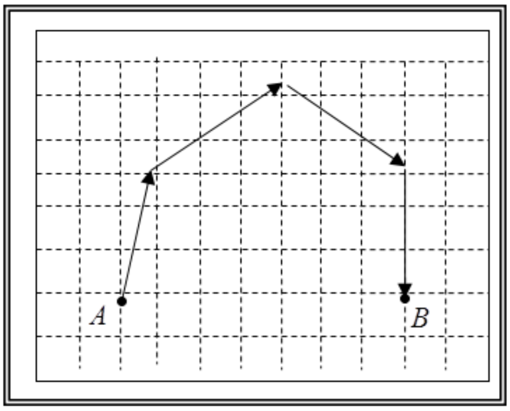
3 – حاصل الضرب الداخلي $(\vec{a}\cdot\vec{b})$ للمتجهين.

............................................................................................
............................................................................................
............................................................................................

مثال(5): قام جهاز الحاسب الآلي لطائرة برسم المسار الذي سلكته الطائرة من لحظة إقلاعها من المدينة (A) حتى هبطت في المدينة (B) فحصلنا على الشكل المقابل والمطلوب:

مستعيناً بالشكل أحسب الإزاحة المحصلة للطائرة مقداراً واتجاهاً.

(علماً بأن مقياس الرسم المستخدم 1 cm: 300 Km)




Hp Reveal أستخدم

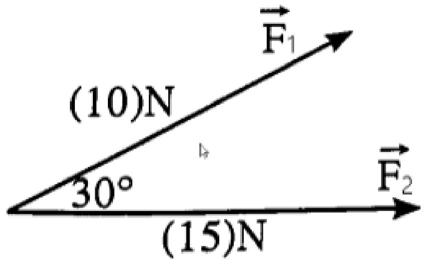
............................................................................................
............................................................................................
....... ............................................................................................

مثال(6): قوتان $(\vec{F}_1 = 50N)$، $(\vec{F}_2 = 20N)$ ما مقدار أكبر محصلة للقوتين؟ وما مقدار أصغر محصلة للقوتين؟ أذكر متى نحصل علي هذين المقدارين.


............................................................................................
............................................................................................
............................................................................................
............................................................................................
............................................................................................

Hp Reveal أستخدم

مثال (7): في الشكل المجاور القوتان $\vec{F_1}$ و $\vec{F_2}$ موجودتان في مستوى واحد تحصران بينهما زاوية $30^\circ$، احسب مستخدماً الطريقة الحسابية لجبر المتجهات:




1) $\vec{R} = \vec{F_1} + \vec{F_2}$

2) $\vec{F_1} \cdot \vec{F_2}$

3) $\vec{F_1} \times \vec{F_2}$

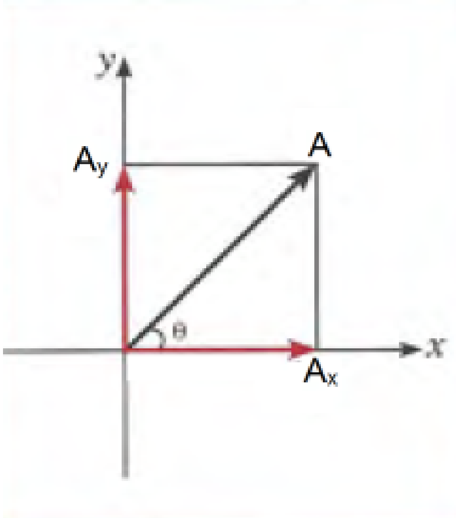
# الدرس الثاني: تحليل المتجهات.

## تحليل المتجهات

تحليل المتجه هو استبدال متجه ما بمتجهين متعامدين يسميان مركبتي المتجه.

**ملاحظات:**

- العملية المعاكسة لعملية جمع المتجهات عي عملية تحليل المتجهات وليس طرح المتجهات.
- أي اننا سنقوم بفك متجه واحد الى متجهين متعامدين. احداهما على المحور X ويسمى (المركبة الأفقية $A_x$) والآخر على المحور y ويسمى (المركبة الرأسية $A_y$).
- من الشكل المجاور :




(المركبة الافقية) $\cos\theta = \frac{A_x}{A} \quad \rightarrow A_x = A\cos\theta$

(المركبة الرأسية) $\sin\theta = \frac{A_y}{A} \quad \rightarrow A_y = A\sin\theta$

- ان مجموع $A_x$ و $A_y$ يساوي المتجه الأصلي A.

$$A=\sqrt{A_x^2 + A_Y^2}$$

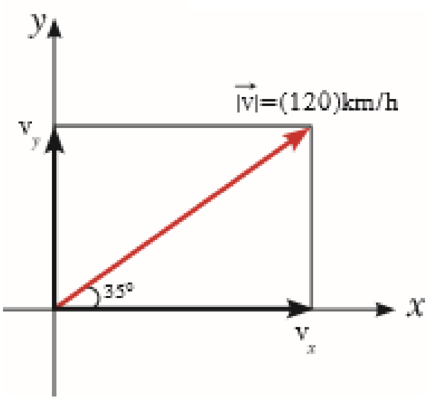
(اتجاه المحصلة) $\tan\theta = \frac{Ay}{Ax}$

θ : هي الزاوية المحصورة بين المتجه A والمحور x.

أستخدم Hp Reveal

| | |
|---|---|
| $A_x$ سالبة<br>$A_y$ موجبة | $A_x$ موجبة<br>$A_y$ موجبة |
| $A_x$ سالبة<br>$A_y$ سالبة | $A_x$ موجبة<br>$A_y$ سالبة |

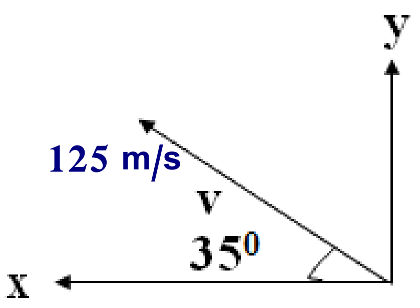
مثال: أوجد مركبتي السرعة المتجهة v لطائرة مروحية تطير بسرعة km/h (120) بزاوية 35 مع سطح الأرض.





أستخدم Hp Reveal

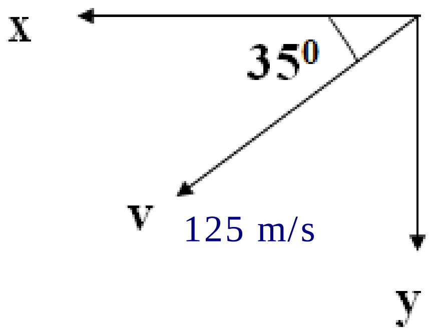
مثال: احسب مركبتي المتجه الموضح بالشكل المجاور.





أستخدم Hp Reveal

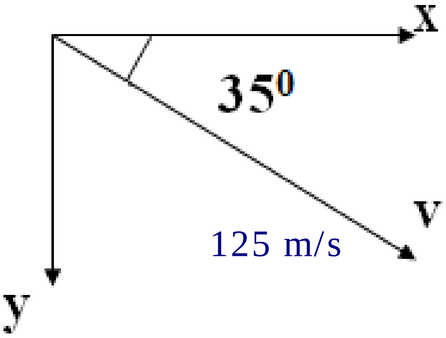
مثال: احسب مركبتي المتجه الموضح بالشكل المجاور.





أستخدم Hp Reveal

مثال: احسب مركبتي المتجه الموضح بالشكل المجاور.




أستخدم Hp Reveal

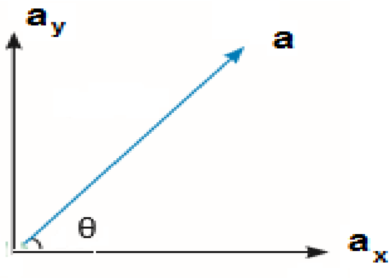
BE HAPPY®

مثال: أوجد مركبتي القوة F=50 N التي تميل بزاوية 120 عن المحور x

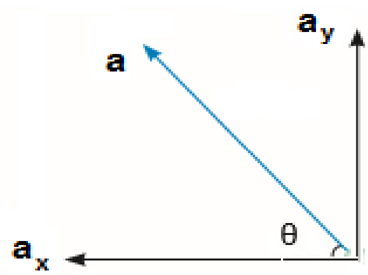
أستخدم Hp Reveal

**مثال : احسب مقدار العجلة واتجاهها وأكتب التعبير الرياضي للمتجهه $\vec{a}$ في كل من الحالات الاتية :**

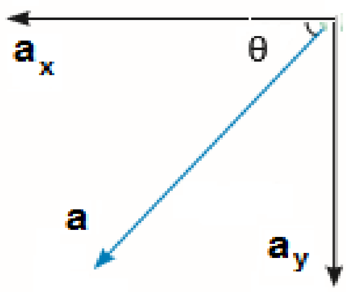
**1- اذا كان مركبتي العجلة $a_y = 4\ m/s^2$ , $a_x = 3\ m/s^2$**




**2- اذا كان مركبتي العجلة $a_y = 4\ m/s^2$ , $a_x = -3\ m/s^2$**



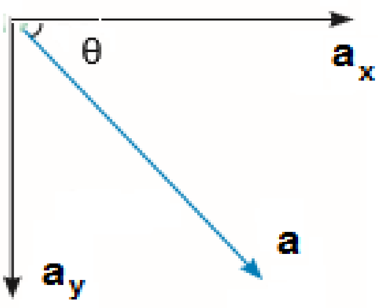

**3- اذا كان مركبتي العجلة $a_y = -4\ m/s^2$ , $a_x = -3\ m/s^2$**




JUST BE

أستخدم Hp Reveal

**4- اذا كان مركبتي العجلة $a_y = -4\ m/s^2$ , $a_x = 3\ m/s^2$**



**ملاحظات :**

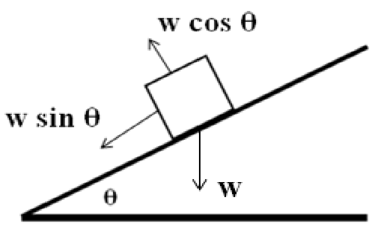
- يتساوي مقدار المركبة الأفقية مع قيمة المتجهه الأصلي عندما يصنع المتجهه زاوية مقدارها صفر ( منطبق علي المحور X + )
- يتساوي مقدار المركبة الأفقية مع قيمة المتجهه الأصلي و يعاكسه في الأشارة ( الأتجاه ) عندما يصنع المتجهه زاوية مقدارها $180^0$ ( منطبق علي المحور X - )
- يتساوي مقدار المركبة الرأسية مع مقدار المتجهه الأصلي عندما يصنع المتجهه زاوية مقدارها $90^0$ ( منطبق علي المحور y + )
- يتساوي مقدار المركبة الرأسية مع مقدار المتجهه الأصلي ويعاكسها في الأشارة ( الأتجاه ) عندما يصنع المتجهه زاوية مقدارها $270^0$ ( منطبق علي المحور y - )
- يتساوي مقدار المركبة الرأسية للمتجهه مع مقدار المركبة الرأسية عندما تكون الزاوية $45^0$ .

$$\cos 45 = \sin 45 = 0.707$$

$$A_x = A_y$$

**حركة جسم على سطح مائل:**

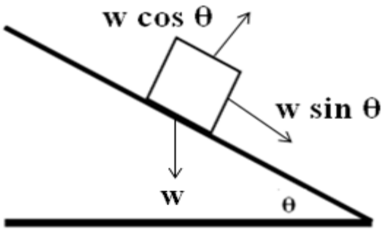
عندما يتحرك جسم على سطح مائل بزاوية θ فان حركته تحلل الى مركبتين كما يلي:




المركبة الأفقية = $w \sin \theta$

المركبة الرأسية = $w \cos \theta$

w وزن الجسم ====> N نيوتين




**حساب وزن الجسم من المعادلة التالية :**

$$w = m . g$$

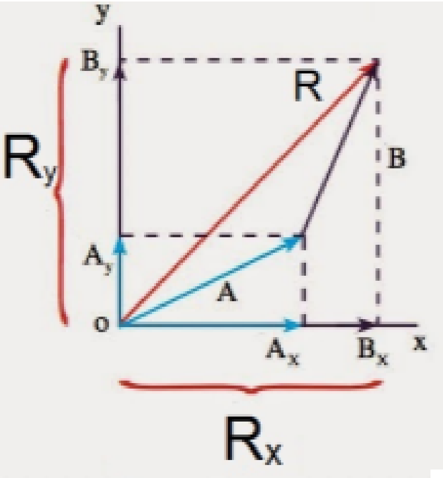
w وزن الجسم ==========> N نيوتين

m الكتلة ==========> kg كيلو جرام

g عجلة الجاذبية الارضية ============> $10\ m/s^2$

## إيجاد المحصلة بتحليل المتجهات:

نعمل على تحليل المتجهات الى مركباتها وذلك لتسهيل عملية جمع المتجهات .



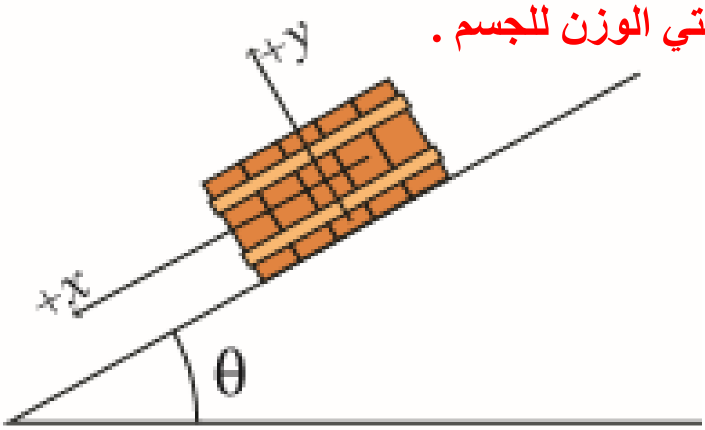

- نلاحظ من الشكل المجاور ان مجموع المركبتين $\overrightarrow{A_x}$ و$\overrightarrow{B_x}$ على المحور X يساوي $\overrightarrow{R_x}$ وان مجموع المركبتين $\overrightarrow{A_y}$ و$\overrightarrow{B_y}$ على المحور y يساوي $\overrightarrow{R_y}$.

$$\overrightarrow{R_x} = \overrightarrow{B_x} + \overrightarrow{A_x} \quad ، \quad \overrightarrow{R_y} = \overrightarrow{B_y} + \overrightarrow{A_y}$$

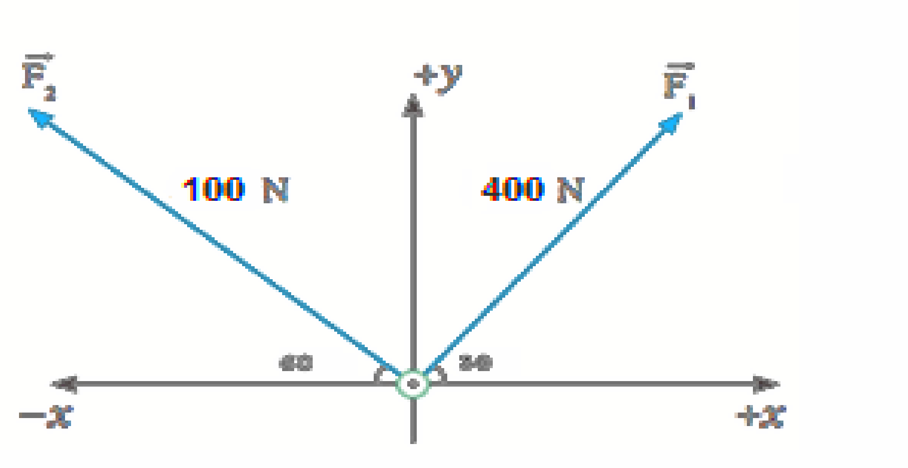
حساب المحصلة
$$\boxed{R=\sqrt{R_x^2 + R_Y^2}}$$

اتجاه متجه المحصلة
$$\boxed{\tan\theta = \frac{Ry}{Rx}}$$

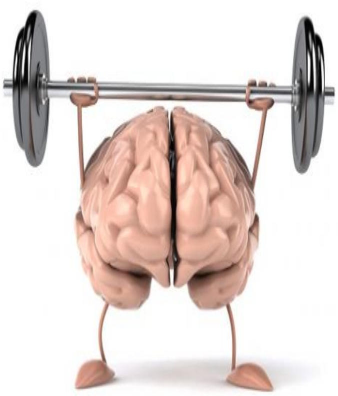
**مثال:** يستقر جسم كتلته 50 kg علي سطح مائل بزاوية $30^0$ مع الخط الأفقي . أحسب مركبتي الوزن للجسم .



مثال : أحسب محصلة القوتين المبينتين بالرسم .ثم أكتب التعبير الرياضي للمتجه.

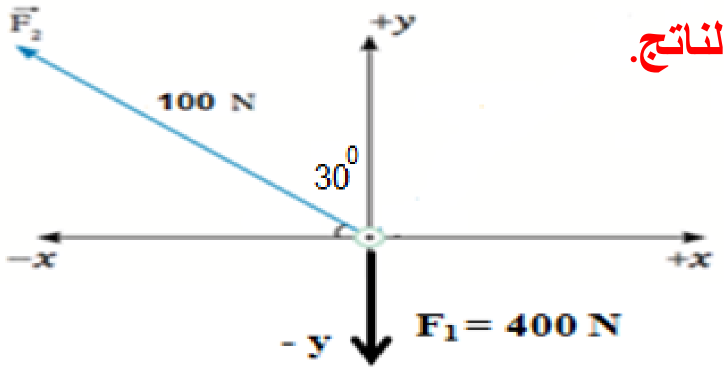



| | $F_x$ | $F_y$ |
|---|---|---|
| $F_1$ | | |
| $F_2$ | | |
| $F_R$ | | |



أستخدم Hp Reveal

**مثال: احسب محصلة المتجهات الموضحة بالشكل , ثم أكتب التعبير الرياضي للمتجه الناتج.**




Hp Reveal أستخدم

| | $F_x$ | $F_y$ |
|---|---|---|
| $F_1$ | ........................................ <br> ........................................ | ........................................ <br> ........................................ |
| $F_2$ | ........................................ <br> ........................................ | ........................................ <br> ........................................ |
| $F_R$ | ........................................ | ........................................ |

# الدرس الثالث: حركة القذيفة

**المقذوفات : هي الاجسام التي تقذف او تطلق في الهواء وتتعرض لقوة جاذبية الأرض.**

ملاحظات :

- يكون مسار جسم مقذوف على شكل منحني قطع مكافئ في غياب الاحتكاك مع الهواء.
- تؤثر مقاومة الهواء على القذيفة بحيث تبطأ سرعتها **نتيجة الاحتكاك** ويتغير شكل المسار.

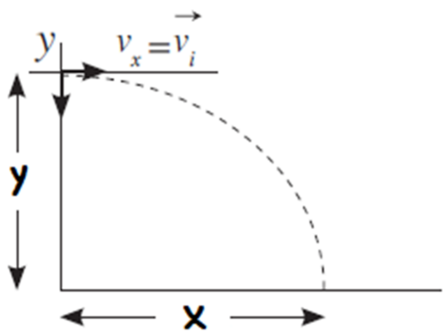
**حركة القذيفة:** هي حركة مركبة من حركة منتظمة السرعة على المحور الافقي وحركة منتظمة العجلة على المحور الرأسي.

| المحور الافقي | المحور الرأسي |
|---|---|
| • تبقى **سرعة القذيفة الافقية ثابتة** وحركتها على المحور الافقي بسرعة منتظمة. ( لا يوجد قوة أفقية).<br>• ان حركة القذيفة على المحور الافقي تعطى بالمعادلة<br>$\Delta x = v\Delta t$<br> | • المركبة الرأسية للقذيفة تشبه السقوط الحر للأجسام أي ان الحركة معجلة تؤدي الى زيادة المسافة المقطوعة كل فترة زمنية.<br> |

ملاحظة:

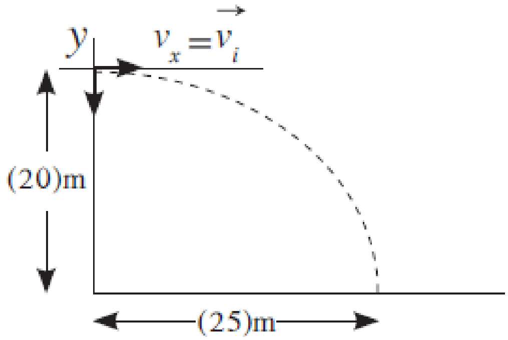
- ان الحركة الأفقية للقذيفة و الحركة الرأسية غير مترابطتين ( آنيتين ).
- تأثير الحركة الأفقية للقذيفة و الحركة الرأسية ينتج عنهما المسار المنحني الذي تتبعه القذيفة.

## أولاً: حركة القذيفة من أعلى نقطة:




| المحور الأفقي x | المحور الرأسي y |
|---|---|
| تنعدم القوة المؤثرة على الجسم و بالتالي تصبح عجلة الحركة = صفر لذلك يتحرك الجسم بسرعة ثابتة<br>$v_x = \frac{x}{t}$<br>- يكون سرعة الجسم الكلية $V_0$ عند أقصى ارتفاع تساوي $V_x$ . | يتحرك الجسم تحت تأثير عجلة الجاذبية الأرضية g , بتأثير الوزن<br>ويطبق على الجسم معادلات الحركة في خط مستقيم .<br>وحيث أن الجسم يسقط من أقصى ارتفاع<br>$V_{0y} = zero$<br>وبالتالي تتحول القوانين الي الشكل التالي :<br>$v_y = gt$<br>$y = \frac{1}{2} gt^2$<br>$v_y^2 = 2gy$ |

**مثال : رمي جسم من ارتفاع 20 m و بسرعة أفقية مقدارها V , علما أن ازاحة الجسم الأفقية تساوي 25 m .**




**1- الزمن الذي يستغرقه الجسم ليصل سطح الأرض .**

**2- سرعة القذيفة الابتدائية ( عند أقصي ارتفاع )**

**3- أحسب السرعة التي تصطدم بها القذيفة في الأرض ؟**

**4- سرعة الجسم علي ارتفاع 10 m .**

أستخدم Hp Reveal

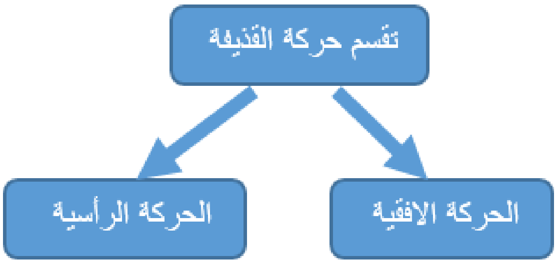
# أمثلة إضافية

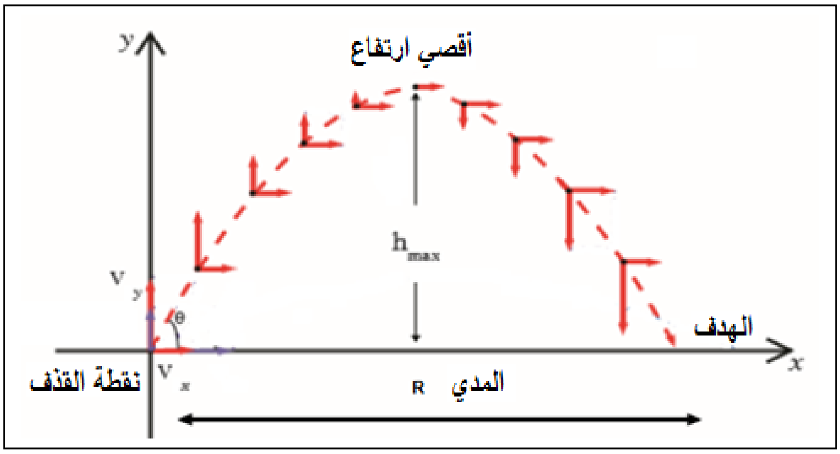

أستخدم Hp Reveal



أستخدم Hp Reveal

# ثانياً: حركة قذيفة أطلقت بزاوية:




| المحور الافقي x (الحركة الافقية) | المحور الرأسي y (الحركة الرأسية) |
|---|---|
| • تتحرك القذيفة فب غياب قوة مؤثرة وبالتالي العجلة = صفر<br>• تكون قيمة المركبة الافقية للسرعة ثابتة عند جميع النقاط $v_x$.<br>$v_x = v \cos\theta$<br>• زمن وصول القذيفة الى الهدف يساوي ضعف الزمن للوصول الى اقصى ارتفاع<br>$t' = 2\,t = \frac{2 v_0 \sin\theta}{g}$<br>• لحساب مدى القذيفة R نستخدم:<br>$R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$<br>$R = v_x\, t'$<br>• عند اقصى ارتفاع تكون سرعة الجسم مساوية للمركبة الافقية للسرعة $v_{0x}$.<br>• المدى: هو المسافة الأفقية التي تقطعها القذيفة بين نقطة الاطلاق ونقطة الوصول على الخط الأفقي المار بنقطة الاطلاق. | • تتحرك القذيفة الى أعلى بتأثير عجلة الجاذبية الأرضية وتكون عجلة تباطؤ لأنها تتحرك عكس الجاذبية الأرضية $-g$.<br>• تتغير قيمة المركبة الرأسية للسرعة من نقطة الى أخرى.<br>• تتناقص مركبة السرعة الرأسية تدريجياً حتى تصل أقصى ارتفاع لتصبح صفراً ($v_y = 0$)، ثم تزداد مرة أخرى وتهبط نحو الأرض.<br>• عند نقطة القذف تكون قيمة المركبة الرأسية للسرعة $v_{0y}$.<br>$V_{0y} = v \sin\theta$<br>• تطبق معادلات الحركة المعجلة بانتظام على حركة القذيفة على المحور الرأسي:<br>$v_y = v_{0y} - gt$<br>$y = v_{0y} - \frac{1}{2} g t^2$<br>$v_y^2 = v_{0y}^2 - 2gy$<br>• حساب الزمن عند اقصى ارتفاع:<br>$t = \frac{v_0 \sin\theta}{g}$<br>• حساب اقصى ارتفاع تصل اليه القذيفة:<br>$h_{max} = \frac{v_0^2 \sin\theta^2}{2g}$ |

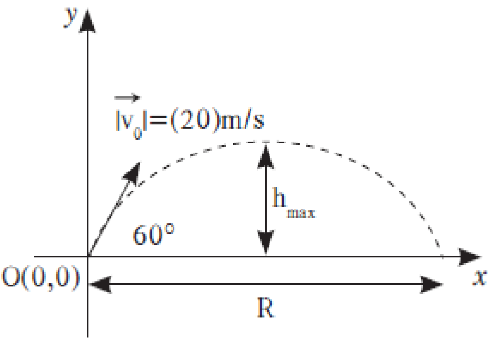
**معادلة المسار:** هي العلاقة بين مركبة الحركة الأفقية ومركبة الحركة الرأسية خالية من متغير الزمن t.

$$y = \tan\theta\, X - \frac{g}{2\, v_0^2 \cos\theta^2} X^2$$

استنتاج معادلة المسار

أستخدم Hp Reveal

**مثال : أطلقت قذيفة بزاوية $60^0$ مع المحور الأفقي من النقطة (0,0) بسرعة ابتدائية 20 m/s أحسب :**




1- اكتب معادلة المسار للقذيفة.

.......................................................................................

.......................................................................................

2- احسب زمن وصول القذيفة الى أقصى ارتفاع.

.......................................................................................

.......................................................................................

3- احسب أقصى ارتفاع تبلغه القذيفة.

.......................................................................................

.......................................................................................

4- احسب المدى الافقي.

.......................................................................................

.......................................................................................

5- احسب متجه السرعة لحظة اصطدام القذيفة بالأرض.

.......................................................................................

.......................................................................................

أستخدم Hp Reveal

.......................................................................................

.......................................................................................

مثال : أطلقت قذيفة بزاوية $30^0$ مع المحور الأفقي من النقطة (0,0) بسرعة ابتدائية 30 m/s أحسب : 1- أكتب معادلة المسار 2- الزمن الازم للوصول الي أقصي ارتفاع 3- أقصي ارتفاع للقذيفة 4- المدي الأفقي 5- سرعة القذيفة لحظة اصطدامها بالأرض

أستخدم Hp Reveal

## أمثلة إضافية

أستخدم Hp Reveal

أستخدم Hp Reveal

## ملاحظات:

1- تتخذ القذيفة مسار منحني ( قطع مكافئ ) وذلك في حالة غياب الهواء . اما في حالة وجود الهواء فأنه يتغير شكل المسار ويصبح قطع مكافئ غير حقيقي و يقل مدى القذيفة .

2- الحركة الافقية و الحركة الرأسية للقذيفة حركة غير مترابطة .

- الحركة علي المحور x حركة بسرعة منتظمة ( ثابتة )
- الحركة علي المحور y حركة بعجلة منتظمة ( ثابتة )

3- تتحرك القذيفة علي المحور الرأسي y بتأثير الوزن فقط , اي تحت تأثير عجلة الجاذبية الأرضية .

4- لا توجد علاقة بين مسافة السقوط و المركبة الأفقية للسرعة .

5- في حالة غياب الهواء فأنه عند اطلاق قذيفتين ذو كتلتين مختلفتين $m_1 , m_2$ فأن كلا منهم له نفس المدي و نفس الارتفاع اذا تساوت زاوية الأطلاق و السرعة الابتدائية لكل منهما $( V_0 , \theta )$ .

6- السرعة التي تفقدها القذيفة أثناء الصعود تساوي السرعة التي تكتسبها القذيفة أثناء الهبوط ( بأهمال مقاومة الهواء ) لان القذيفة تتحرك تحت تأثير نفس العجلة ( عجلة الجاذبية الأرضية ) . لذلك فأن زمن وصول القذيفة الي الهدف يساوي ضعف زمن وصول القذيفة الي اقصي ارتفاع .

أستخدم Hp Reveal

## مـلاحـظـات :

1- بزيادة مركبة السرعة الرأسية يزداد مقدار ارتفاع القذيفة و بالتالي يزداد مقدار أقصي ارتفاع يصل اليه القذيفة .

لذلك بزيادة زاوية الأطلاق من $0^0$ الي $90^0$ يزداد المركبة الرأسية للسرعة و يزداد الأرتفاع

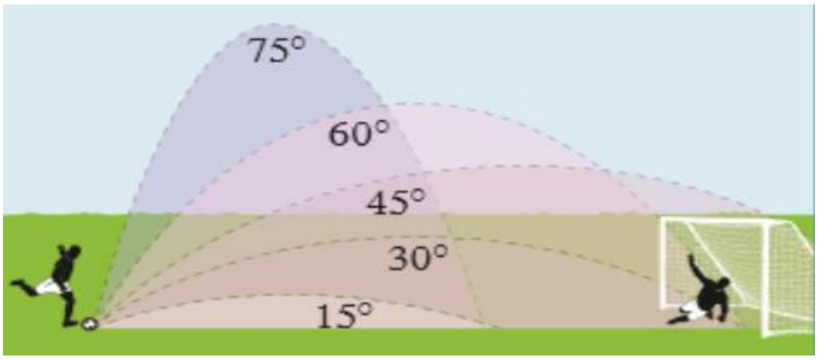
2- بزيادة المركبة الأفقية للسرعة يزداد مدي القذيفة , حتي نصل الي الزاوية $45^0$ بعدها بزيادة زاوية الأطلاق يقل مدي القذيفة .

3- أكبر مدي للقذيفة عند الزاوية $45^0$ .

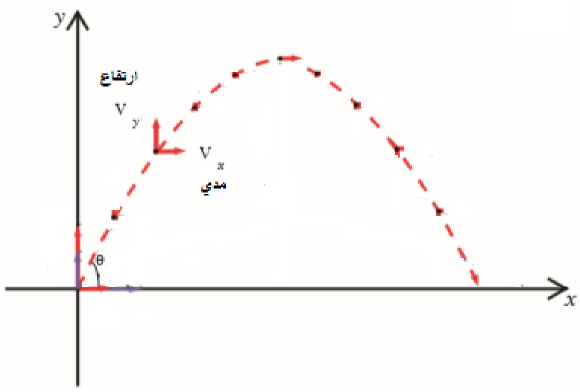
4- اي زاويتين مجموعهم يساوي 90 يكون لهم نفس المدي الأفقي .

( 30 , 60 ) ,, ( 15 , 75 ) ,, ( 10 , 80 ) ,, ( 20 , 70 )

5- مثال : القذيفة ( 30 و 60 ) تكون الزاوية الاكبر زمنها في الهواء أكبر لان ارتفاعها يكون اكبر .

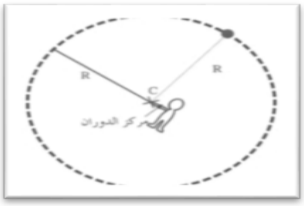



| المركبة الرأسية للسرعة $v_{0y}$ | المركبة الأفقية للسرعة $v_x$ |
|---|---|
| $v_{0y} = v_0 \sin\theta$<br>بزيادة مركبة السرعة الرأسية يزداد مقدار ارتفاع القذيفة و بالتالي يزداد مقدار أقصي ارتفاع يصل اليه القذيفة .<br>$0 \xrightarrow{h} 90$<br>تزداد | $v_{0x} = v_0 \cos\theta$<br>بزيادة المركبة الأفقية للسرعة يزداد مدي القذيفة , حتي نصل الي الزاوية $45^0$ بعدها بزيادة زاوية الأطلاق يقل مدي القذيفة .<br>$0 \xrightarrow{R} 45 \xrightarrow{R} 90$<br>تزداد    تقل |



# الفصل الثاني الدرس الأول : وصف الحركة الدائرية

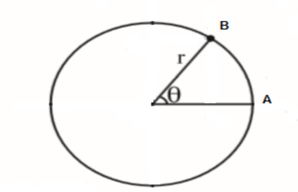
- الحركة الدائرية: حركة الجسم على مسار دائري حول مركز دوران، مع المحافظة على مسافة ثابتة منه.
- محور الدوران : الخط المستقيم الذي تحدث حوله الحركة الدائرية .




## أنواع الحركة الدائرية

| حركة محورية | حركة دائرية |
| --- | --- |
| حركة جسم يدور حول محور داخلي يمر بالجسم. مثل: دوران الأرض حول محورها. | حركة جسم يدور حول محور خارجي . مثل: دوران الأرض حول الشمس. دوران الالكترونات حول النواة. |

- تكون الحركة الدائرية حركة دائرية منتظمة. عندما يدور الجسم حول المركز بسرعة ثابتة المقدار(القيمة)، أي انها تقطع مسافات متساوية في أزمنة متساوية.




### خصائص الحركة الدائرية:

- التردد ($f$):

عدد الدورات الكاملة التي يصنعها الجسم خلال الثانية الواحدة.

$$f = \frac{n}{t}$$

f: التردد ⟹ Hz هيرتز

t: الزمن الكلي للدورات ⟹ s ثانية

n: عدد الدورات

- الزمن الدوري (T):

الزمن الذي يستغرقه الجسم ليدور دورة كاملة.

$$T = \frac{t}{n} = \frac{1}{f}$$


مثال: يتحرك جسم على محيط دائرة فيصنع (600) دورة في الدقيقة احسب:

1) التردد

$$f = \frac{n}{t} = \frac{600}{60} = 10\ Hz$$

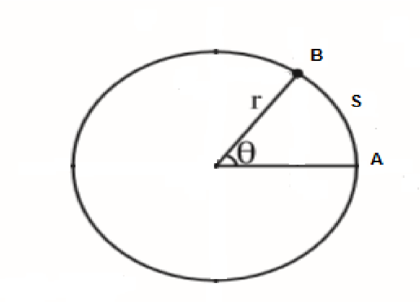
2) الزمن الدوري

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{10} = 0.1\ s$$

الأزاحة الزاوية : θ

هي الزاوية التي يمسحها الجسم خلال دورانه

$S = \theta\ r$




| | | | |
|---|---|---|---|
| راديان Rad | ====> | الأزاحة الزاوية | θ |
| متر m | ====> | الأزاحة | S |
| متر m | ====> | نصف القطر | r |

وحدة الراديان هي الوحدة المستخدمة في حساب الزاوية .

و يوضح الجدول العلاقة بين الدرجة و الراديان .

| θ degree | 0 | 90 | 180 | 270 | 360 |
|---|---|---|---|---|---|
| θ Rad | 0 | $\frac{\pi}{2}$ | $\pi$ | $3\frac{\pi}{2}$ | $2\pi$ |

التحويل بين الراديان و الدرجة : $1\ Rad = 57^0$

وبالتالي اذا دار الجسم دورة واحدة كاملة يصبح : $\boxed{\theta = 2\pi}$

$S = \theta\ r \rightarrow \boxed{S = 2\pi\ r}$ محيط الدائرة

اما اذا دار الجسم عدة دورات يصبح :

$S = N\ 2\pi\ r$

ليس لها وحدة ===========> عدد الدورات N

مثال: يدور لاعب حول حكم المباراة والذي يبعد عنه مسافة 200 m فاذا بدأ اللاعب من جهة الشرق وانتهى مساره جهة الشمال احسب:

$\boxed{\theta = \frac{\pi}{2}}$

1) طول المسار المقطوع. $S = r\,\theta = 200 \times \frac{\pi}{2} = 200 \times \frac{3.14}{2} = 314\ m$

2) طول المسار عند قطع اللاعب دورة كاملة. $s = N\,r\,\theta = 1 \times 200 \times 2\pi = 200 \times 2 \times 3.14 = 1256$

3) طول المسار عند قطع اللاعب ثلاث دورات.

$s = N\,r\,\theta = 3 \times 200 \times 2\pi = 3 \times 200 \times 2 \times 3.14 = 3768\ m$

# السرعة في الحركة الدائرية

## سرعة خطية (السرعة المماسية) V

## سرعة زاوية ω

هي طول القوس المقطوع خلال وحدة الزمن.

$$V = \frac{s}{t}$$

وحدة القياس m/s

- استنتاج العلاقة بين السرعة الخطية والزمن الدوري:

عندما يقطع الجسم دورة كاملة $S = 2\pi r$

الزمن = الزمن الدوري $t = T$

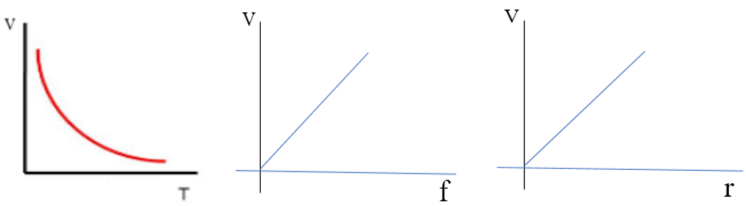
$$V = \frac{s}{t} = \frac{2\pi r}{T}$$

- الجسم الذي يدور عند الحافة الخارجية أسرع من الذي يدور عند الحافة الداخلية لأنه يقطع مسافة أكبر في نفس الزمن.

(السرعة المماسية (الخطية) تزداد بزيادة نصف القطر).

- تسمى بالسرعة المماسية لأن اتجاه الحركة دائما يكون مماساً للدائرة.
- إذا تحرك الجسم بحركة دائرية منتظمة فان السرعة الخطية تكون ثابتة المقدار ومتغيرة الاتجاه عند جميع النقاط التي تقع على نفس البعد عن مركز الدوران.
- العوامل التي يتوقف عليها مقدار السرعة الخطية لجسم يتحرك حركة دائرية.

1) نصف القطر 2) الزمن الدوري




هي مقدار الزاوية بالراديان التي يمسحها نصف القطر في وحدة الزمن.

$$\omega = \frac{\theta}{t}$$

وحدة القياس rad/s

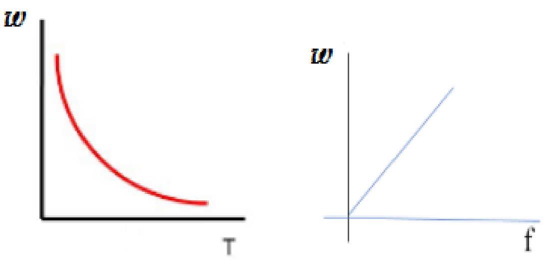
- استنتاج العلاقة بين السرعة الخطية والزمن الدوري:

عندما يقطع الجسم دورة كاملة $\theta = 2\pi$

الزمن = الزمن الدوري $t = T$

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

- السرعة الزاوية ثابتة للجسم المتحرك حركة دائرية منتظمة.



- العلاقة بين السرعة الخطية والسرعة الزاوية:

$$\boxed{V = \omega\, r}$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| V | السرعة الخطية | =====> | m/s |
| ω | السرعة الزاوية | =====> | Rad/s |
| r | نصف القطر | =====> | m |

- عندما يتحرك الجسم حركة دائرية منتظمة فان سرعته الزاوية تكون ثابتة المقدار ويتوقف قيمة سرعته الخطية على مقدار نصف القطر فقط. بمعنى كلما ازداد بعد الجسم عن مركز الدوران يزداد سرعته الخطية وتبقى سرعته الزاوية ثابتة.


مثال: في لعبة دوارة الخيل التي تدور بسرعة دائرية منتظمة تساوي دورة واحدة في 45 ثانية يجلس ولدان على حصانين الأول يبعد 2 m عن محور الدوران والثانية يبعد 4m عن محور الدوران.


Hp Reveal أستخدم

1) احسب السرعة الدائرية.

$$\omega = \frac{\theta}{t} = \frac{2\,\pi\,N}{t} = \frac{2 \times 3.14 \times 1}{45} = 0.14 \quad \text{rad/s}$$

2) احسب السرعة الخطية لكل ولد.

$$v_1 = r_1\omega_1 = 2 \times 0.14 = 0.28 \qquad \text{m/s}$$
$$v_2 = r_2\omega_2 = 4 \times 0.14 = 0.56 \qquad \text{m/s}$$

مثال: يدور قرص مدمج في جهاز الاستريو بسرعة دورانية ثابتة تساوي 200 دورة في الدقيقة.

1) احسب الزمن الذي يحتاجه ليقوم بدورة واحدة.

| |
|---|
| t = 1 min = 1×60 =60 s |
| r = 5 cm = 5/100 = 0.05m |

$$T = \frac{t}{N} = \frac{1 \times 60}{200} = 0.3\ s$$

2) احسب السرعة الخطية لنقطة موجودة على القرص تبعد 5 cm عن محور الدوران.

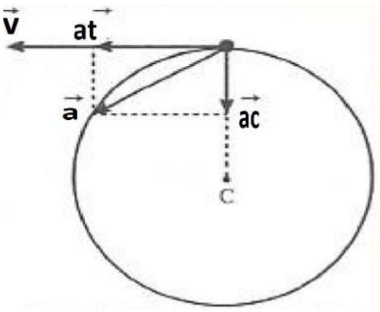
$$v = \omega\, r = \frac{2\pi}{T} \times r = \frac{2 \times 3.14}{0.3} \times 0.05 = 1.047\ m/s$$

Hp Reveal أستخدم



Hp Reveal أستخدم

## العجلة الخطية والعجلة الزاوية:




العجلة: هي التغير في السرعة بالنسبة للزمن.

العجلة الخطية: يمكن تحليل العجلة الخطية الى عجلة مماسية وعجلة مركزية.

- العجلة المماسية $a_t$: هي عجلة تنتج من التغير في **مقدار** السرعة الخطية.

$$a_t = \frac{\overrightarrow{\Delta v}}{\Delta t}$$

- العجلة المماسية تساوي صفر. (علل)؟ لان السرعة الخطية ثابتة المقدار (التغير فيها يساوي صفر).

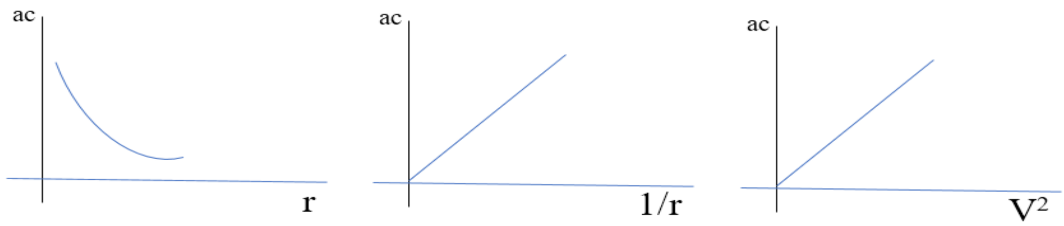
- العجلة المركزية $a_c$: عجلة تنتج من التغير في **اتجاه** السرعة الخطية.

$$a_c = \frac{v^2}{r} = \omega^2 . r$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| $a_c$ | العجلة المركزية | ===> | $m/s^2$ |
| V | السرعة الخطية | ===> | m/s |
| ω | السرعة الزاوية | ===> | Rad/s |
| r | نصف القطر | ===> | m |

- العجلة المركزية كمية متجهة. (اتجاهها نحو المركز منطبق على نصف القطر عمودي على متجه السرعة الخطية).
- العوامل التي تتوقف عليها العجلة المركزية:

1) السرعة (v)   2) نصف القطر (r)




- بالرغم ان سرعة الجسم في الحركة الدائرية ثابتة الا انها حركة معجلة لان عجلة الحركة الدائرية هي عجلة مركزية تنتج من التغير في اتجاه السرعة الخطية وليس المقدار.

العجلة الزاوية $(\theta'')$: هي تغير السرعة الزاوية (ω) خلال الزمن.

$$\theta'' = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

- تقاس بوحدة $rad/s^2$.

| | | | |
|---|---|---|---|
| $\theta''$ | العجلة المركزية | ===> | $rad/s^2$ |
| ω | السرعة الزاوية | ===> | rad/s |
| t | الزمن | ===> | s |

علل: ان العجلة الزاوية تساوي صفر.

لان السرعة الزاوية (ω) في الحركة الدائرية المنتظمة ثابتة المقدار، لا تتغير بالنسبة الى الزمن.

## الحركة الدائرية منتظمة العجلة.

عندما يدور جسم بسرعة زاوية تتغير بانتظام تكون العجلة الزاوية $\theta''$ والتي تساوي معدل تغير السرعة الزاوية، ثابتة القيمة.

عدد الدورات N:

$$N = \frac{\theta}{2\pi}$$

$$\omega = \omega_0 + \theta'' t$$

$$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2}\theta''\, t^2$$

مثال: كرة كتلتها g (150) مربوطة بطرف خيط تدور بحركة دائرية منتظمة على مسار دائري نصف قطره يساوي cm (60) تصنع الكرة دورتين كاملتين في الثانية الواحدة.

1) احسب السرعة الزاوية للكرة.

$$\omega = \frac{\theta}{t} = \frac{2\pi N}{t} = \frac{2\pi \times 2}{1} = 12.56 \quad rad/s$$

2) احسب مقدار السرعة الخطية للكرة.

$$v = \omega r = 12.56 \times 0.6 = 7.54 \; m/s$$

3) احسب العجلة المركزية.

$$a_c = \frac{v^2}{r} = \frac{7.54^2}{0.6} = 94.7 \frac{m}{s^2}$$

4) العجلة المماسية. $a_t = 0$ (لان السرعة المماسية ثابتة)

5) العجلة الزاوية. $\theta'' = 0$ (لان السرعة الزاوية ثابتة)

مثال: يتحرك جسم على محيط دائرة بسرعة مماسية مقدارها 12.56 m/s فاذا كان تردد الجسم 5Hz احسب:

1) السرعة الزاوية.

.......................................................................................


2) نصف قطر المسار الدائري.

.......................................................................................

3) العجلة المركزية.

.......................................................................................

4) الزاوية التي يمسحها نصف القطر خلال 3s .

.......................................................................................

أستخدم Hp Reveal

5) طول القوس الذي يرسمه الجسم خلال 3 s.

.......................................................................................

6) العجلة الزاوية للجسم.

.......................................................................................

مثال: تدور النقطة M حول عجلة نصف قطرها cm (50) من السكون وبعجلة زاوية منتظمة $10\ rad/s^2$.

1) احسب سرعتها الزاوية بعد 10 s.

$$\omega = \omega_0 + \theta'' t = 0 + 10 \times 10 = 100 \quad rad/s$$

2) احسب الازاحة الزاوية للجسم بعد 10 s.

$$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2}\theta'' t^2 = 0 + \frac{1}{2} \times 10 \times 10^2 = 500 \quad rad$$


3) احسب عدد الدورات التي تدورها النقطة M خلال 10 s.

$$N = \frac{\theta}{2\pi} = \frac{500}{2\pi} = 79.61 \text{ دورة}$$



أستخدم Hp Reveal

# الفصل الثاني

## الدرس الثاني: القوة الطاردة المركزية

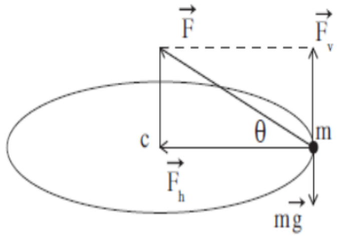
**القوة الجاذبة المركزية:** هي القوة التي تسبب الحركة الدائرية للكتلة ويكون اتجاهها دائماً نحو مركز الدائرة.

**أمثلة على القوة الجاذبة المركزية**

- **قوة الجذب بين الأرض والشمس.**
- **قوة الجذب الكهربائية التي تعمل على دوران الالكترونات حول النواة.**
- **قوة الاحتكاك بين إطارات السيارة والمسار الدائري والتي تمنع انزلاقها عليه.**

**مقدار القوة الجاذبة المركزية:**

الجسم الذي يتحرك حركة دائرية منتظمة يحتاج لقوة تعمل على تغيير اتجاه سرعته (مقدار السرعة ثابت).




بدراسة الكتلة المثبتة في الخيط نجد أن القوى المؤثرة عليها هي

1- ثقل الجسم (وزنه mg).

2- القوة المبذولة على الخيط (F).

بتحليل القوة المبذولة على الخيط إلى مركبتيها الأفقية والرأسية :

- المركبة الرأسية تتلاشى مع وزن الجسم (لأنها تتساوى مع الوزن وتعاكسه في الاتجاه)
- تبقى القوة التي تؤثر على الكتلة هي **المركبة الأفقية فقط** واتجاهها دائما نحو مركز الدائرة.

**علل:** تسمى القوة التي تغير من اتجاه سرعة الجسم على المسار الدائري بالقوة الجاذبة المركزية.

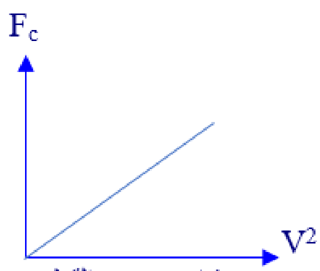
لأنها تعمل على جذب الجسم باتجاه المركز وتجعله يغير مساره باستمرار ويكتسب عجلة مركزية.

$$F_c = m \, . a_c = \frac{m \, v^2}{r} = m \, \omega^2 r$$

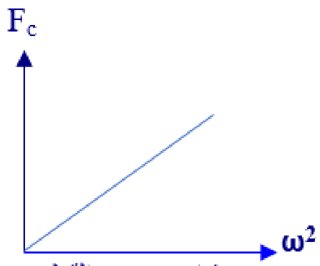
| | | |
|---|---|---|
| $F_c$: | القوة المركزية | (N) |
| $a_c$: | العجلة المركزية | ($m/s^2$) |
| v: | السرعة الخطية (المماسية) | (m/s) |
| ω: | السرعة الزاوية | (rad/s) |
| r: | نصف القطر | (m) |
| m: | الكتلة | (kg) |

- العوامل التي تتوقف عليها القوة المركزية:

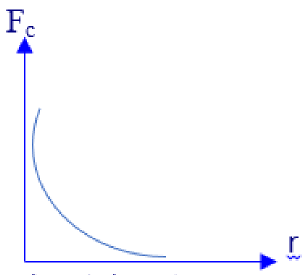
1) السرعة الخطية (طردية)  2) نصف قطر المسار (عكسياً)  3) كتلة الجسم



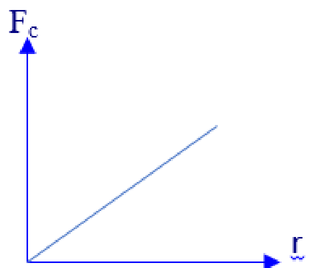
عند ثبات نصف القطر



عند ثبات نصف القطر



عند ثبات السرعة الخطية



عند ثبات السرعة الزاوية

مثال: سيارة كتلتها أكملت 1500 kg تتحرك بسرعة منتظمة على طريق دائرية نصف قطرها 50 m، إذا أكملت خمس دورات في 314 s. احسب:

1) السرعة الزاوية للسيارة.

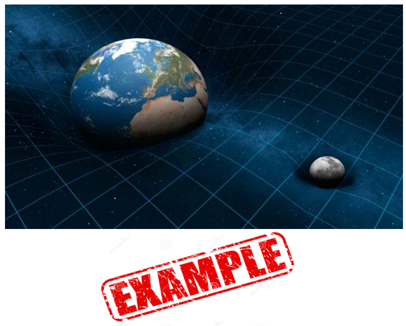
$$\omega = \frac{\theta}{t} = \frac{2\pi N}{t} = \frac{2 \times 3.14 \times 5}{314} = 0.1 \quad rad/s$$

2) السرعة الخطية للسيار.

$$v = \omega . r = 0.1 \times 50 = 5 \quad m/s$$

3) القوة المركزية للسيارة.

$$F_c = \frac{mv^2}{r} = \frac{1500 \times 5^2}{50} = 750 \quad N$$






أستخدم Hp Reveal

## تطبيقات علي القوة الجاذبة المركزية :

في الحوض المغزلي للغسالات يدور الحوض بسرعة كبيرة و يؤثر الجدار الداخلي للحوض علي الملابس بقوة جاذبة مركزية تجعل الملابس تلتصق بالجدار الداخلي للحوض .

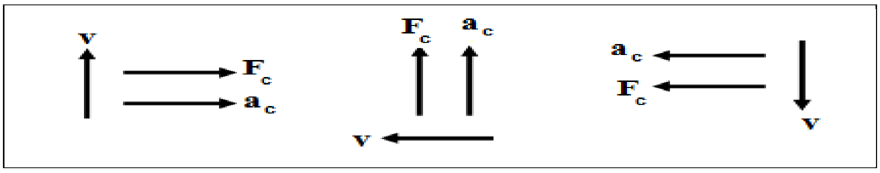
- تخرج المياه من فتحات الحوض وبالتالي تؤثر القوة الجاذبة المركزية للحوض علي الملابس فقط وليس علي الماء .
- لذلك تؤدي القوة الجاذبة المركزية الدور الأساسي في عمليات الطرد المركزي .

## زوال القوة الجاذبة المركزية :

عند زوال القوة الجاذبة المركزية فأن الجسم يتحرك في خط مستقيم و في نفس اتجاه السرعة الخطية و ذلك طبقا للقانون الأول لنيوتين و بتأثير القصور الذاتي .

## مخطط الحركة الدائرية المنتظمة :

تكون القوة المركزية و العجلة المركزية في نفس الأتجاه و السرعة الخطية عمودية عليهما .



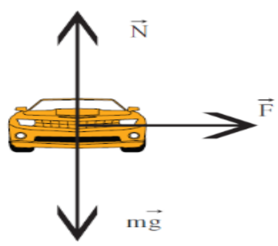
## تطبيقات على القوة المركزية في الحياة العملية

### أولا: الانزلاق على المنعطفات الأفقية:

ان انعطاف السيارة على طريق افقية يحتاج الى قوة مركزية كافية لإبقاء السيارة على مسارها الدائري وهذا يجب ان توفره قوة الاحتكاك بين عجلات السيارة والطريق.

- عندما تكون قوة الاحتكاك أكبر او تساوي القوة الجاذبة لا تنزلق السيارة.
- عندما تكون قوة الاحتكاك اقل من قوة الجاذبة تنزلق السيارة بسبب استمرارية الحركة باتجاه المماس (بسبب القصور الذاتي). (يحدث في الأيام الممطرة او الجليد)
- لفهم ذلك يجب التعرف على **معامل الاحتكاك (μ): هو** النسبة بين قوة الاحتكاك (f) وقوة رد الفعل (N).

$$\mu = \frac{f}{N}$$




| |
|---|
| N = m g<br>رد الفعل = الوزن |

**مثال:** سيارة كتلتها Kg (1000) تنعطف على مسار دائري نصف قطره m (50) بسرعة m/s (14) هل ستنزلق السيارة أم تستطيع الانعطاف في كل من الحالات التالية:

أ–معامل الاحتكاك (0.2) ب–معامل الاحتكاك (0.5)

الجواب:

$$N = mg = 1000 \times 10 = 10000\ N$$

$$F_c = \frac{mv^2}{r} = \frac{1000\times14^2}{50} = 3920\ N$$

نحسب قوة الاحتكاك في كل حالة ومنها نقرر ما إذا كان الجسم يستطيع الانعطاف أم لا.

أ– $f = \mu .\ N = 0.2 \times 10000 = 2000\ N$ بما أن قوة الاحتكاك أقل من القوة الجاذبة للجسم لا يستطيع الالتفاف.

ب– $f = \mu .\ N = 0.5 \times 10000 = 5000\ N$ بما أن قوة الاحتكاك أكبر من القوة الجاذبة للجسم يستطيع الالتفاف.

الخلاصة العامة:

- **إذا كانت قوة الاحتكاك(f) ≤ القوة المركزية(Fc) تستطيع السيارة الانعطاف.**
- **إذا كانت قوة الاحتكاك(f) > القوة المركزية(Fc) لا تستطيع السيارة الانعطاف.**

**مثال:** سيارة وزنها N (15000) تنعطف على مسار دائري قطره m (150) بسرعة m/s (50) هل ستنزلق السيارة أم تستطيع الانعطاف في كل من الحالات التالية:

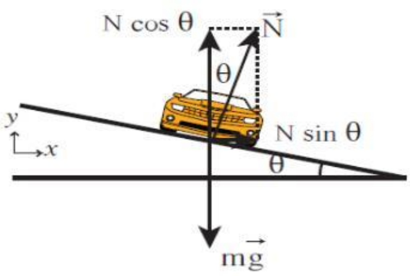
1) معامل الاحتكاك (0.8)

2) معامل الاحتكاك (2)

## ثانيا: المنعطفات المائلة:

عند إمالة المنعطفات بجعل حافة الطريق الخارجي أعلى من الداخلي يقلل من احتمال الانزلاق لأنه يساعد السيارة على الالتفاف من غير الاعتماد على قوة الاحتكاك كما يلي:

عند إمالة الطريق يميل رد الفعل ليظل عمودي على المستوى وبتحليل رد الفعل إلى مركبتيه.




$$N\sin\theta = \frac{mv^2}{r}$$
$$N\cos\theta = m.g$$

- استنتج السرعة الآمنة (سرعة التصميم) للسيارة على المنعطفات المائلة.

$$N\sin\theta = \frac{mv^2}{r}$$
$$N\cos\theta = m.g$$

بقسمة المعادلتين

$$\frac{N\sin\theta}{N\cos\theta} = \frac{\frac{m\,v^2}{r}}{m.g} \rightarrow \tan\theta = \frac{v^2}{r.g}$$

$$v^2 = r.g.\tan\theta \rightarrow \sqrt{v^2} = \sqrt{r.g.\tan\theta}$$

$$v = \sqrt{r.g.\tan\theta}$$

- العوامل التي يتوقف عليها السرعة الآمنة القصوى على المنعطفات المائلة:

1-زاوية ميل المنعطف 2-نصف قطر المنعطف 3-عجلة الجاذبية الأرضية

**مثال:** احسب السرعة الآمنة القصوى التي تستطيع بها سيارة أن تعبر منعطف نصف قطر m (40) يميل على الأفق بزاوية ($25^o$).

الجواب: $v = \sqrt{r.g.\tan\theta} = \sqrt{40\ \times 10 \times \tan 25} = 13.66\ m/s$

مثال: احسب الزاوية التي يجب امالة منعطف نصف قطره m (50) ليسمح للسيارة بالانعطاف عليه بسرعة 15 m/s بدون الحاجة الى قوة الاحتكاك بين العجلات الطريق


أستخدم Hp Reveal

# الفصل الثالث

## الدرس الأول: مركز الثقل

**الوزن :** هو مقدار جذب الأرض للأجسم (اتجاه الوزن نحو الأسفل)

**مركز الثقل : هو نقطة تأثير ثقل الجسم ( وزن الجسم )**

عند التأثير على الجسم بقوة تساوي مقدار الوزن وتعاكسه في الاتجاه وعند نقطة مركز الثقل فان الجسم يتزن (لان القوة المؤثرة عليه = صفراً)، **لذلك** يعتبر مركز ثقل الجسم نقطة **توازن له**.

مركز الثقل: هو النقطة التي تقع عند الموضع المتوسط لثقل الجسم الصلب المتجانس.

### تحديد موضع مركز الثقل :

**مركز الثقل**

جسم منتظم الشكل الهندسي (متجانس)

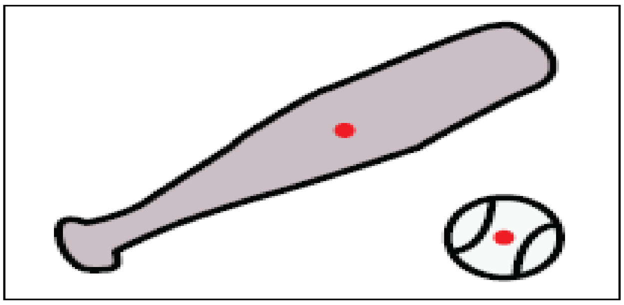
**يقع مركز الثقل عند المركز الهندسي للشكل .**

**مثال: الكرة - الحلقة - المثلث - المستطيل - المخروط.**

جسم غير منتظم الشكل الهندسي

**يقع مركز الثقل عند الطرف الأثقل.**

مثال: المضرب - المطرقة.

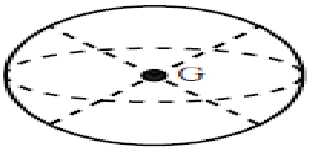


## ملاحظة :

- اذا كان الجسم منتظم الشكل لكن غير متجانس , فأن مركز الثقل لا يصبح عند المركز الهندسي للشكل , بل يصبح اقرب للطرف الاثقل .

**مثال** : اذا ملئ جزء من كرة مجوفة بالرصاص يصبح مركز ثقلها عند الطرف الممتلئ بالرصاص وليس عند مركز الكرة .

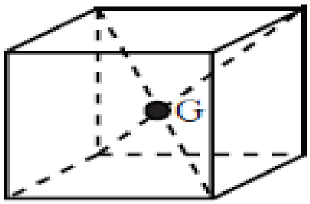
### تحديد مركز الثقل لجسم منتظم الشكل الهندسي :



كرة

1- الكرة :

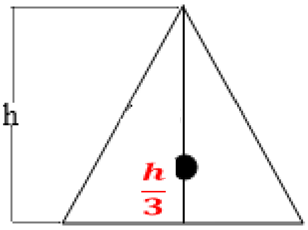
يقع مركز الثقل عند مركز الكرة .



مكعب

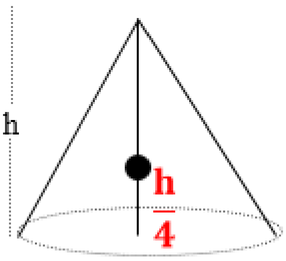
2- المستطيل ( المربع )

يقع مركز الثقل عند تقاطع وتري المستطيل




3- المثلث :

يقع مركز الثقل علي الخط الواصل بين رأس المثلث و قاعدته و علي ارتفاع مقداره $\frac{h}{3}$ من قاعدة المثلث .




4- مخروط :

يقع مركز الثقل علي الخط الواصل بين رأس المخروط و قاعدته وعلي ارتفاع $\frac{h}{4}$ من قاعدة المخروط .

# حركة الأجسام على سطح أفقي أملس

**جسم غير منتظم الشكل**

- **مركز الثقل**
  يتحرك الجسم في خط مستقيم وبسرعة ثابتة بسبب غياب قوة الاحتكاك
- **باقي أجزاء الجسم**
  يتحرك حركة دائرية حول مركز الثقل للجسم

**جسم منتظم الشكل**

- يتحرك الجسم في خط مستقيم وبسرعة ثابتة بسبب غياب قوة الاحتكاك

**ملاحظة:**

ان مركز الثقل يقطع مسافات متساوية في فترات زمنية متساوية **بسبب** انعدام القوة المحصلة في اتجاه الحركة.

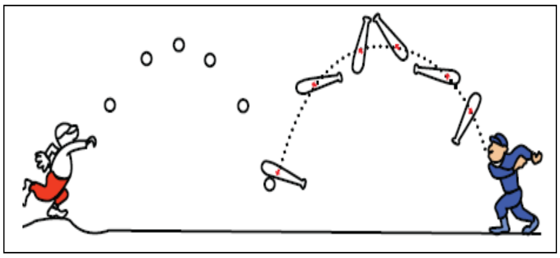
# حركة الأجسام في الهواء

**جسم غير منتظم الشكل**

- **مركز الثقل**
  يتحرك الجسم في مسار قطع مكافئ بسبب غياب قوة الاحتكاك
- **باقي أجزاء الجسم**
  يتحرك حركة دائرية حول مركز الثقل للجسم

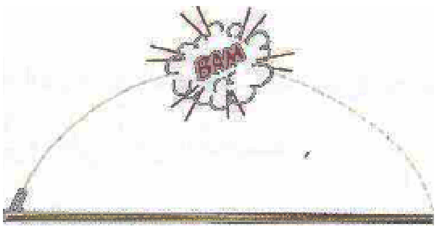
**جسم منتظم الشكل**

- يتحرك الجسم في مسار قطع مكافئ بسبب غياب قوة الاحتكاك



**ملاحظة:**

لا تتأثر حركة مركز الثقل للمقذوفات (**مثل الألعاب النارية الصاروخية**) قبل الانفجار أو بعده ويتخذ **مسار قطع مكافئ**، **وتحتفظ** الشظايا المتناثرة في الهواء بمركز الثقل نفسه كما لو كان الانفجار لم يحدث.



# الفصل الثالث

## الدرس الثاني: مركز الكتلة

**مركز الكتلة (مركز العطالة):** هو الموضع المتوسط لكتل جميع الجزيئات التي يتكون منها هذا الجسم.

**الفرق بين مركز الكتلة ومركز الثقل**

1- إذا كان الجسم على سطح الأرض أو قريب منه يمكن استخدام أحدهما مكان الآخر.

2- عندما تكون الأجسام كبيرة جدا يزاح أحدهما عن الآخر بمقدار بسيط جدا، بسبب اختلاف قوة الجاذبية على كل جزء من الجسم حسب قربه او بعده من سطح الارض.

**مثال:** يقع مركز ثقل مبنى مركز التجارة العالمي أسفل مركز كتلته بحوالي 1mm وبالتالي يختلف موضع مركز الكتلة عن مركز الثقل **بسبب** اختلاف قوى الجاذبية الأرضية بين الجزء السفلي والجزء العلوي منه.

(الجزء السفلي القريب من سطح الأرض أكبر من القوى المؤثرة على الجزء العلوي منه)

- سنعتبر أن مفهوم مركز الكتلة ومركز الثقل كلاهما واحد للأجسام التي سنتعامل معها يوميا كبيرة كانت أم صغيرة.

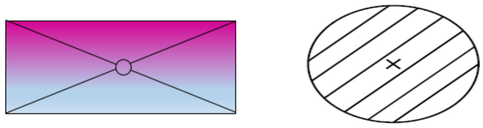
### تحديد موضع مركز الكتلة

**جسم متجانس الكتلة وكثافة ثابتة**

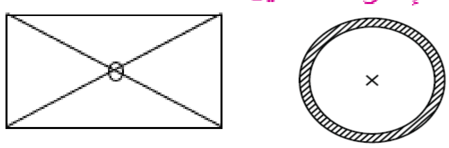
ينطبق مركز الكتلة على مركزه الهندسي.

ملاحظة:

- يقع على الجسم نفسه كما في حالة القرص.



- يقع خارج الجسم كما في الحلقة الدائرية او الإطار المستطيل.



**جسم غير متجانس**

يقع أقرب الى المنطقة التي تحتوي كتلة أكبر.

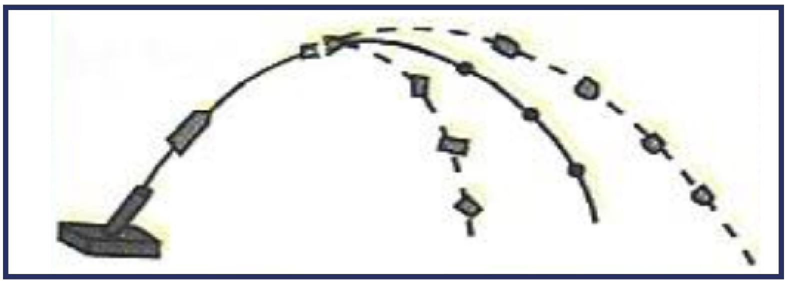
فمركز كتلة المطرقة يكون أقرب الى رأسها الحديدي.

## حركة مركز الكتلة
## ( جسم غير منتظم )

### على سطح افقي
- مركز الكتلة: خط مستقيم
- باقي اجزاء الجسم: حركة دائرية حول مركز الكتلة

### في الهواء
- مركز الكتلة: قطع مكافئ
- باقي اجزاء الجسم: حركة دائرية حول مركز الكتلة

المقذوفات مثل الألعاب النارية يتحرك مركز كتلتها **قبل الانفجار على مسار قطع مكافئ**، وبعد الانفجار تتحرك الشظايا المتناثرة في كل الاتجاهات **ترسم قطوع مكافئة مختلفة**، **ويتابع مركز كتلتها حركته على مساره القديم.**



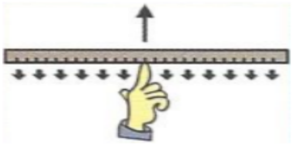
## تأرجح النجوم:

- لا تدور الكواكب حول مركز الشمس بل حول مركز كتلة المجموعة الشمسية.
- لا ينطبق مركز كتلة المجموعة الشمسية على المركز الهندسي للشمس.
- مركز كتلة الشمس ومركز كتلة المجموعة الشمسية منطبقان تقريبا عندما تكون الكواكب مبعثره حول الشمس في جميع الجهات.
- إذا اصطفت كواكب المجموعة الشمسية على أحد جانبي الشمس يصبح مركز كتلة المجموعة خارج سطح الشمس.
- تدور الشمس ايضاً حول مركز كتلة المجموعة الشمسية، وبما انها قريبة جداً من مركزها فان هذه الحركة تبدو للمراقب البعيد على شكل تأرجح بسيط للشمس بين نقطتين.

(ان التأرجح البسيط للنجوم يشكل دليلاً على وجود كواكب تدور حول النجم)

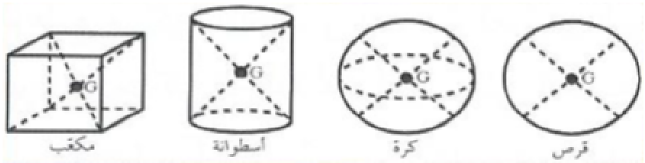
# الفصل الثالث

## الدرس الثالث: تحديد موضع مركز الكتلة (مركز الثقل)



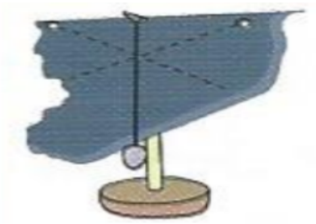
- مركز ثقل المسطرة هو نقطة في منتصفها عند مركزها الهندسي وهذا يعني أن المسطرة تتزن عند التأثير على مركز ثقلها بقوة واحدة لأعلى كما بالشكل.

1. مركز ثقل الاجسام منتظمة الشكل: ينطبق مركز الثقل (الكتلة) مع المركز الهندسي للجسم ويمكن ان يكون نقطة:




أ) مادية من الجسم نفسه إذا كان ممتلئاً كما في القرص.

ب) خارج الجسم إذا كان الجسم مفرغاً.



2. مركز ثقل الاجسام غير منتظمة الشكل:

طريقة تحديد موقع مركز الثقل:

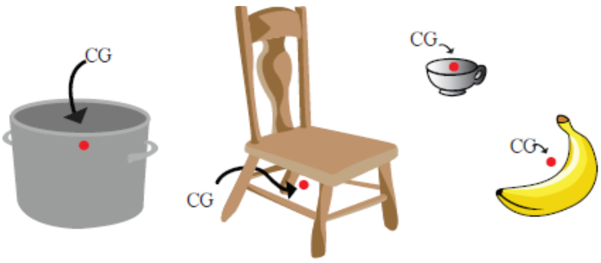
1) علق الجسم من اي نقطة، ودعه حتى يستقر.


2) ارسم على الجسم خطاً عمودياً من تلك النقطة على امتداد الجسم.

3) نعلق الجسم من نقطة اخرى ونرسم خطاً عمودياً كما في الخطوة 2.

4) نقطة تقاطع الخطين تمثل مركز ثقل الجسم.

### موضع مركز الثقل لبعض الأجسام :



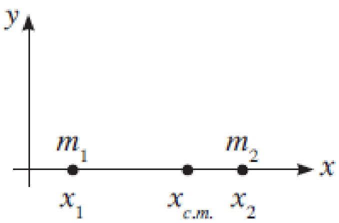

**1- نلاحظ أن مركز الثقل يقع اسفل الكرسي .**

**2- نلاحظ أن مركز الثقل يقع في التجويف داخل الوعاء و الفنجان .**

**3- نلاحظ أن مركز الثقل يقع خارج الموزة**

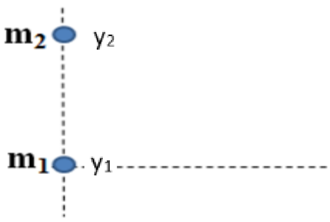
**اي ان مركز الثقل في الأجسام كلها في نقطة ليست موجودة علي الجسم .**

### حساب موقع مركز كتلة جسمين ماديين نقطيين:




1- على المحور السينات (الافقي)x.

$$x_{c.m} = \frac{(m_1x_1)+(m_2x_2)}{(m_1+m_2)}$$




2- على المحور الصادات (الرأسي)y.

$$y_{c.m} = \frac{(m_1y_1)+(m_2y_2)}{(m_1+m_2)}$$

مثال: $m_1=2\ kg$ و $m_2=8kg$ كتلتان نقطيتان على محور السينات تبعدان الواحدة عن الأخرى 6cm. احسب أين يقع مركز كتلة الجسمين.

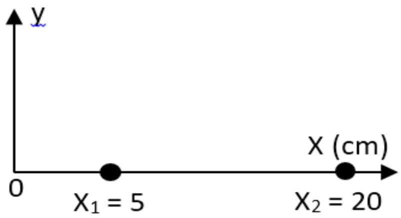
الجواب:

$$x_{c.m}=\frac{(m_1x_1)+(m_2x_2)}{(m_1+m_2)}=\frac{2(0)+8(6)}{2+8}=4.8\ \text{cm}$$

مثال: جسمان نقطيان كتلتهما $m_1=5\ kg$ و $m_2=10kg$ احسب أين يقع مركز كتلة الجسمين. قيم النتيجة؟

الجواب:

$$x_{c.m}=\frac{(m_1x_1)+(m_2x_2)}{(m_1+m_2)}=\frac{5(5)+10(20)}{5+10}=15\ \text{cm}$$

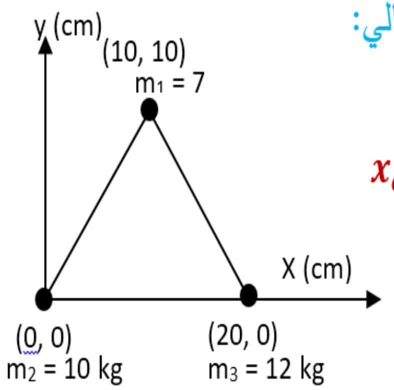



النتيجة مقبولة لأن مركز الكتلة أقرب للكتلة الكبيرة

أستخدم Hp Reveal

أستخدم Hp Reveal

مثال: في الشكل المقابل احسب مركز كتلة مجموعة الكتل الموضحة بالشكل التالي:




الجواب:

$$x_{c.m}=\frac{(m_1x_1)+(m_2x_2)+(m_3x_3)}{(m_1+m_2+m_3)}=\frac{7(10)+10(0)+12(20)}{7+10+12}=10.69\ \text{cm}$$

$$y_{c.m}=\frac{(m_1y_1)+(m_2y_2)+(m_3y_3)}{(m_1+m_2+m_3)}=\frac{7(10)+10(0)+12(0)}{7+10+12}=2.41\ \text{cm}$$

إحداثيات مركز الكتلة $(10.69\ ,\ 2.41)$

النتيجة مقبولة لأن مركز الكتلة أقرب للكتلة الكبيرة

أستخدم Hp Reveal

أستخدم Hp Reveal

• حساب موقع مركز عدة كتل مادية موجودة في الفراغ:

عند حساب مركز الكتلة لعدة كتل في الفراغ نحسب إحداثيات مركز الكتلة بالنسبة للمحورين (x , y , z) كما يلي:

$$x_{c.m} = \frac{(m_1x_1) + (m_2x_2)}{(m_1 + m_2)}$$

$$y_{c.m} = \frac{(m_1y_1) + (m_2y_2)}{(m_1 + m_2)}$$

$$z_{c.m} = \frac{(m_1z_1) + (m_2z_2)}{(m_1 + m_2)}$$

**مثال:** أوجد مركز كتلة الكتل موزعة على الشكل التالي:

X y z

$m_1 = 1$ Kg ( 1 , 1 , 0 ) , $m_2 = 0.5$ Kg ( 0 , 0 , 1 ) , $m_3 = 2$ kg ( -1 , 2 , 2 )

الجواب:

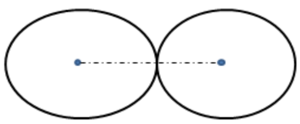
$$x_{c.m} = \frac{(m_1x_1) + (m_2x_2)}{(m_1 + m_2)} = \frac{1(1) + 0(0.5) + -1(2)}{1 + 0.5 + 2} = -0.28\ cm$$

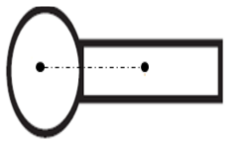
$$y_{c.m} = \frac{(m_1y_1) + (m_2y_2)}{(m_1 + m_2)} = \frac{1(1) + 0(0.5) + 2(2)}{1 + 0.5 + 2} = 1.42\ cm$$

مثال: أوجد مركز الكتلة للنظام المؤلف من الكرة والعصا كما في الشكل المجاور، علماً ان كتلة الكرة تساوي $m_1 = 2$ kg ونصف قطرها يساوي 20 cm، وان كتلة العصا تساوي $m_2 = 1$ kg وطولها 60 cm.

• حساب مركز كتلة عدة أجسام متصلة:

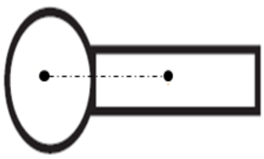
عند اتصال جسمين بالآخر يمكن تحديد مركز كتلتهم، بتحديد مركز الكتلة لكل جسم على حدة، ثم حساب مركز الكتلة كما فعلنا سابقاً بين كتلتين نقطيتين.



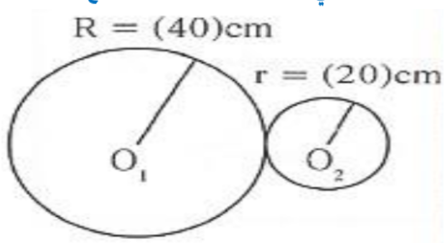


Hp Reveal أستخدم

مثال: أوجد مركز الكتلة للنظام المؤلف من الكرة والعصا كما في الشكل المجاور، علماً ان كتلة الكرة تساوي $m_1 = 2$ kg ونصف قطرها يساوي 20 cm، وان كتلة العصا تساوي $m_2 = 1$ kg وطولها 60 cm.



مثال: قرص من الحديد كتلته $m_1 = 500$ g ونصف قطره 40 cm تم وصله بقرص من النحاس كتلته $m_2 = 200$g ونصف قطره 20 cm كما في الشكل المجاور، احسب موضع مركز كتلة القرصين.




Hp Reveal أستخدم

# الفصل الثالث

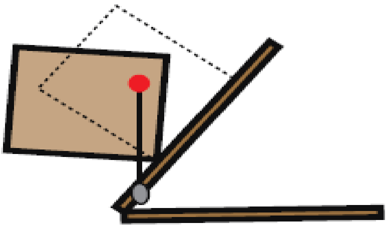
## الدرس الرابع: انقلاب الأجسام

انقلاب الاجسام: هو تغير وضع الجسم عند امالته عن وضعه الاصلي الثابت نتيجة خروج مركز ثقله عن مساحة القاعدة الحاملة له.

- القاعدة الاساسية لانقلاب الاجسام:

أ)عندما يكون مركز ثقل الجسم فوق مساحة القاعدة الحاملة له يبقى الجسم ثابتاً ولا ينقلب.

ب) عندما يكون مركز ثقل الجسم خارج مساحة القاعدة الحاملة للجسم سينقلب الجسم.



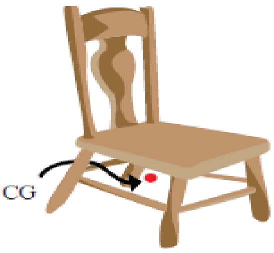
- تطبيقات:

1)يصمم باص لندن من طابقين بحيث يمكن ان يميل بزاوية ($28^0$) دون ان ينقلب (علل) .
لان معظم ثقل الباص في الطابق السفلي فلا يغير وزن الركاب في الطابق العلوي من موضع مركز الثقل فلا ينقلب (يبقى مركز الثقل فوق المساحة الحامل له وهذا يمنع الانقلاب) .

2)برج بيزا المائل ثابت لا ينقلب على الرغم من ميله. (علل)
لان مركز ثقله يقع فوق مساحة القاعدة الحاملة له فالخط العمودي المرسوم من الثقل يقع فوق المساحة الحاملة له.

- كيف تفادي سقوط برج بيزا اذا زاد الميل مستقبلاً.

يمكن ذلك ببناء قاعدة اسناد جديدة تبقي مركز الثقل داخل حدودها حيث يمكن ان يكون للجسم أكثر من قاعدة حامله له.

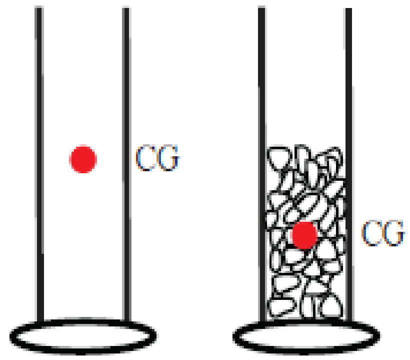



3) يصنع الكرسي على صورة مستطيل من الأسفل(علل).
لزيادة مساحة القاعدة الحاملة له وبالتالي زيادة اتزانه.

قرب مركز الثقل من مساحة القاعدة الحاملة للجسم :

- كلما كان CG للجسم أقرب للمساحة الحاملة للجسم كان الجسم أكثر ثباتا و أقل عرضة للأنقلاب .

- كلما كان CG للجسم أعلي للمساحة الحاملة للجسم كان الجسم أقل ثباتا و أكثر عرضة للأنقلاب .




**تجربة :** نحضر مخبارين ( أ , ب )

المخبار أ فارغ فيكون CG في منتصف المخبار وبعيدة عن المساحة الحاملة للمخبار .

المخبار ب مملؤ بالحصي فيكون CG اقرب للمساحة الحاملة .

عند التأثير علي المخبارين بقوة متساوية من الجنب فأن المخبار أ ينقلب بسهولة و المخبار ب يعود الي وضع اتزانه بسهولة .

علل : ينقلب المخبار غير الممتلئ بسهوله أكثر من اذا وضع به حصى .

لانه عند وضع حصى داخل المخبار فان مركز الثقل يقترب أكثر من المساحة الحاملة له فيصعب انقلابه.

علل: عند التأثير بقوتين صغيرتين على الحافة العليا فان المخبار الفارغ ينقلب.

كلما كان مركز الثقل أقرب الى المساحة الحاملة للجسم، كان الجسم أكثر ثباتاً.

تطبيقات علي قرب مركز الثقل من المساحة الحاملة للجسم .

1- يقوم المصارع بفتح قدمية وخفض ظهره ليقاوم الانقلاب عن طريق زيادة المساحة الحاملة للجسم و تقريب مركز ثقله CG من المساحة الحاملة له فيكون أكثر قدرة علي الثبات و مقاومة الانقلاب .

2- تصنع سيارات السباق بحيث يكون ارتفاعها صغير لتقريب CG من المساحة الحاملة للسيارة وبالتالي تصبح السيارة أكثر اتزان و اقل عرضة للانقلاب .

# الفصل الثالث   الدرس الخامس : الإتزان ( الثبات )

## الجسم المتزن :

**هو الجسم الذي يكون محصلة القوة المؤثرة عليه تساوي صفر .**

**<u>الجسم المتزن</u>**

$$F = m\,a$$

| الجسم يتحرك في خط مستقيم و بسرعة منتظمة | الجسم ساكن |
|---|---|
| $a = zero$ | $a = zero$ |

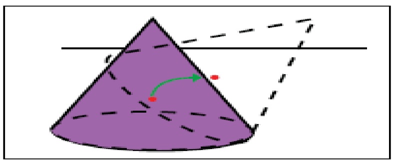
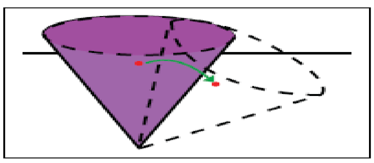
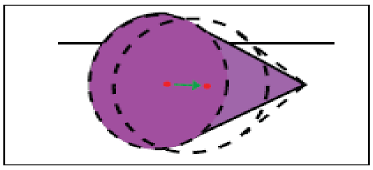
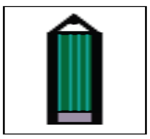
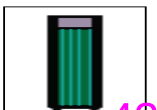
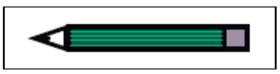
- ينقسم الاتزان الي نوعان اساسيان :

**الاتزان**

| اتزان سكوني ( استاتيكي ) | اتزان ديناميكي |
|---|---|
| يكون الجسم ساكن | - الجسم متحرك في خط مستقيم و بسرعة منتظمة<br>- الجسم يدور بسرعة دورانية منتظمة |

ينقسم الاتزان السكوني ( الاستاتيكي ) الي ثلاث انواع

**الاتـــزان الـــســـكـــونـــي**

| اتزان مستقر | اتزان غير مستقر ( قلق ) | اتزان محايد (متعادل ) |
|---|---|---|
| هو الاتزان الذي يتسبب اي ازاحة فيه في رفع مركز الثقل | هو الاتزان الذي يتسبب اي ازاحة فيه في خفض مركز الثقل | هو الاتزان الذي لا تسبب اي ازاحة فيه في خفض او رفع مركز الثقل |
| - عند ازاحة الجسم ازاحة بسيطة فأنه يعود الي وضع الاتزان | - عند ازاحة الجسم ازاحة بسيطة فأن الجسم ينقلب | - عند ازاحة الجسم فأنه يتحرك من حالة اتزان الي حالة اتزان أخري |
| مثال :<br>1- مخروط موضوع علي قاعدته | مثال<br>1- مخروط موضوع علي رأسه | مثال:<br>1- مخروط موضوع علي جانبه |
|  |  |  |
| 2- قلم رصاص موضوع علي قاعدته. | 2- قلم رصاص موضوع علي رأسه. | 2- قلم رصاص علي جانبه |
|  |  |  |

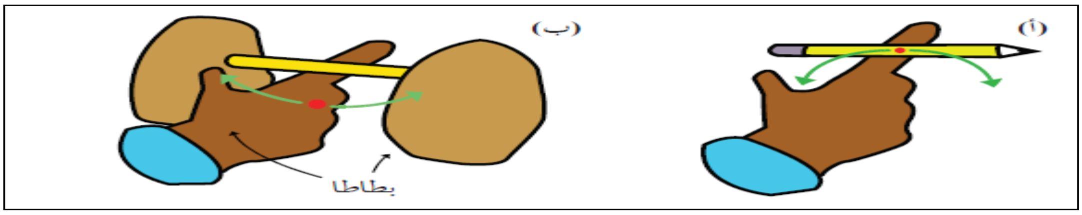
## العلاقة بين استقرار الأجسام ومركز الثقل :

**كلما كان مركز الثقل للجسم منخفض كلما كان الجسم أكثر استقرار.**

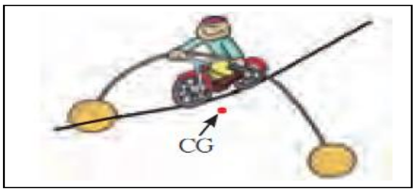
**- وبالتالي لجعل الجسم أكثر استقرار يصمم الجسم بحيث يكون مركز ثقلة أسفل نقطة الارتكاز .**

### امـثــلـة :

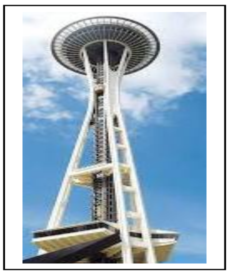
1- اتزان القلم في الحالة أ اتزان غير مستقر لان مركز الثقل ينخفض عن امالته
- لكن في الشكل ( ب ) عند وضع ثمرتي بطاطا علي طرفي القلم يصبح توازن الجسم مستقر لان مركز ثقله ينخفض ويصبح أسفل نقطة ارتكازه



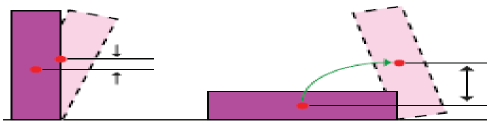

2- تصمم العاب الاطفال بحيث يصبح مركز ثقلها أسفل نقطة ارتكازها ليصبح اتزانـها مستقر .




**3- مبني سياتل سبيس في الولايات المتحدة الامريكية مصمم بحيث يقع مركز ثقله أسفل سطح الأرض , لذلك فهو مستقر و متزن ولا يمكن ان يسقط كاملا .**



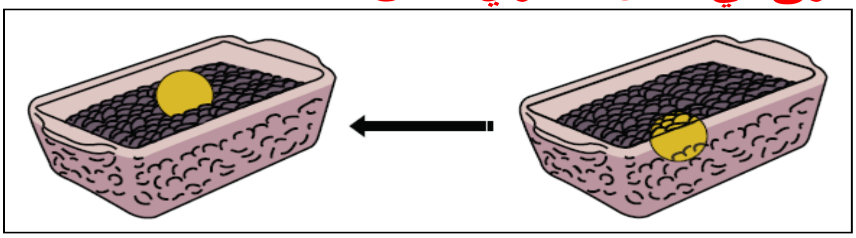
4- قلب الكتاب وهو علي حافته يحتاج الي رفع مركز الثقل قليلا بينما قلب الكتاب وهو علي جانبه يحتاج الي رفع مركز الثقل أكثر



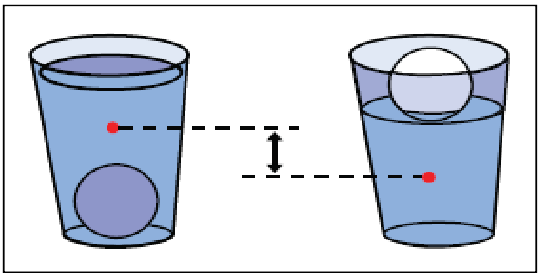
- يميل مركز الثقل الي اتخاذ مواضع في الأسفل دائما لكي يصبح الجسم أكثر استقرارا .

## تطبيقات :

1- عند وضع كرة تنس طاولة في قاع صندوق يحتوي علي حصي , فانه عند رج الصندوق نجد ان الحصي ينخفض الي الاسفل و ترتفع الكرة للأعلي و بذلك يصبح مركز الثقل للصندوق في أسفل مستوي ممكن .



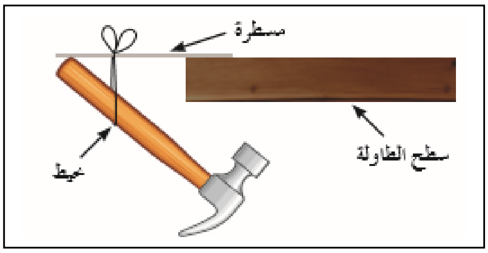
- يستخدم تجار الزيتون و التوت المبدأ نفسه لفصل الثمار الكبيرة عن الصغيرة لان الثمار الأكبر ترتفع الي أعلي فيمكن فصلها ببساطة .



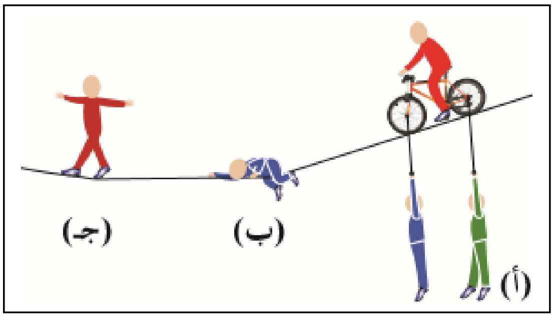
2- عند وضع مكعب من الثلج في كوب ماء
( كثافة الثلج منخفضة عن الماء )
فأن مكعب الثلج يطفو لأعلي وبالتالي مركز ثقل
المجموعة ينخفض الي أسفل .
لان ارتفاع الثلج يحتم انخفاض حجم مساوي
من الماء الي أسفل .
- كذلك عند وضع كرة تنس طاولة فأن الماء يدفعها لأعلي ليصبح مركز الثقل
منخفض .

3- عند وضع حجر ثقيل في الماء ( ثقلة الحجر اكبر من الماء )
فأن الحجر يغوص لأسفل وبالتالي ينخفض مركز ثقل المجموعة الي أسفل . لان
الجزء الاسفل أصبح ثقيل بسبب الحجر .

4- اذا كان مركز كثافة الجسم في الماء مساوية لكثافة الماء فأن مركز الثقل لا
يرتفع ولا ينخفض .
مثال الاسماك في الماء تستطيع التحرك بحرية لان كثافتها مساوية لكثافة الماء .
والا دفعتها المياه لاعلي مثل الثلج أو لاسفل مثل الحجر .




5- اذا علقنا مطرقة في مسطرة غير مثبتة
بالشكل الموضح , لن تسقط المطرقة و المسطرة
لان مركز الثقل يقع تماما أسفل نقطة التعليق .




6- في الشكل الموضح يكون اللاعب ( أ )
في حالة اتزان مستقر لأن أمالته ترفع مركز
الثقل , و الشكل ( ج ) يمثل اتزان غير
مستقر لان مركز الثقل ينخفض عند اماالته ,
بينما الشكل ( ب ) يمثل اتزان متعادل لعدم
تغير موضع مركز الثقل عند اماالته .