

## مقدمة

### ماهي أنواع الحركة؟

- ❑ الحركة الخطية: ينتقل فيه كل جسيم في شكل مواز لحركة الجسيمات الاخرى المكونة للجسم المتحرك.
- ❑ الحركة الدائرية: فيها تصنع كل الجسيمات دوائر متحدة المركز الذي يمثله محور الدوران.
- ❑ الحركة الإهتزازية: وهي التي يكون فيها حركة النقطة المادية حول مركز ثابت جينة وذهابا.
- ❑ الحركة الموجية: فيها تنتقل الطاقة والاندفاع في شكل موجة متكررة.

## مقدمة

---

### الحركة الدائرية:

إذا تحرك جسم على مسار دائري نقول بأن حركته دائرية.

مثال ذلك حركة جسم مربوط في خيط ويدور حول حامله، وحركة سيارة على منعطف دائري، كذلك يمكن اعتبار حركة الأرض حول الشمس دائرية تقريبا.

---

## الحركة الزاوية في مستوي



## الحركة الزاوية في مستوي

### □ الإزاحة الزاوية:

يعبر عن الإزاحة الزاوية  $\theta$  عادة بالزوايا نصف القطرية، أو بالدورات.

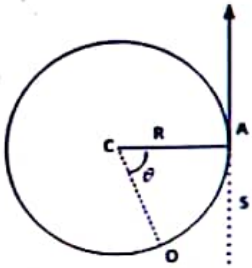
$$1 \text{ rev} = 360^\circ = 2\pi \text{ rad} \quad \text{أو} \quad 1 \text{ rad} = 57.3^\circ$$

### □ الزاوية نصف القطرية:

وحدة الزاوية نصف القطرية هي الزاوية المركزية المقابلة لقوس مساوٍ في الطول لنصف قطر الدائرة.

ومن ثم فإن زاوية ما  $\theta$  بوحدات الزوايا نصف القطرية تعطي بدلالة طول القوس  $S$  الذي تقابله على دائرة نصف قطرها  $R$  من العلاقة:

$$\theta = \frac{S}{R}$$



## الحركة الزاوية في مستوي

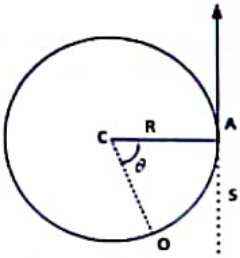
### السرعة الزاوية للحركة:

□ في الشكل أدناه تحركت نقطة مادية من O الي A ومن ثم تغيرت الزاوية  $\theta$ . فإنه ومن التعريف نجد ان:

$$\theta = \frac{S}{R}$$

$$\frac{\theta}{t} = \frac{s}{tR}$$

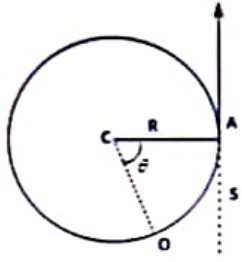
$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{ds}{dtR}$$



□ نجد ان الكمية  $\frac{d\theta}{dt}$  تعرف بالسرعة الزاوية وهي معدل التغير الزاوي بالنسبة للزمن ويرمز له بالرمز  $\omega$

## الحركة الزاوية في مستوي

### السرعة الزاوية للحركة:



من العلاقة  $\frac{d\theta}{dt} = \frac{ds}{R dt}$  نجد أن  $\frac{ds}{dt}$  هي السرعة الخطية , فإننا نلاحظ:

هي السرعة اللحظية (v) لأي جسم تكون مماسة للدائرة وعمودية على نصف قطر المسار.

$$\omega = V/R$$

$$V = \omega R$$

السرعة المماسية = السرعة الزاوية × نصف القطر

## الحركة الزاوية في مستوي

□ السرعة الزاوية للحركة:  
وتعرف السرعة الزاوية  $\omega$  بالمعادلة :

$$\omega = \Delta\theta / \Delta t \text{ -----} \rightarrow (1)$$

وعندما تكون  $\Delta t$  صغيرة جدا فإن قيمة  $\omega$  تصبح السرعة الزاوية اللحظية للنقطة المتحركة حول المركز O و وحدتها زاوية نصف قطرية لكل ثانية (rad/sec).

## الحركة الزاوية في مستوي

### تعريف هامة:

□ الزمن الدوري T period time: هو الزمن الذي تكمل فيه النقطة المادية دورة كاملة, ووحدته الثانية.

□ التردد F frequency: هو عدد الدورات التي تصنعها النقطة المادية في الثانية الواحدة و ووحدته

$$T = \frac{1}{F}$$

الهرتز Hz

□ الطور Phase: هو الموقع النسبي للنقطة المادية بالنسبة لنقطة الاصل.



## الحركة الزاوية في مستوي

### □ التسارع الزاوي $\alpha$

التسارع الزاوي يعرف بمعدل تغير السرعة الزاوية بالنسبة الزمن.

إذا كانت السرعة الزاوية تتغير بانتظام من  $\omega_i$  إلى خلال  $\omega_f$  زمن فإن العجلة الزاوية تكون ثابتة و

تعرف بالمعادلة:

$$\alpha = \frac{\omega_f - \omega_i}{t}$$

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

وحدات نموذجياً هي  $\text{rad/s}^2$  ،  $\text{rev/s}^2$  ، و ما شابه ذلك.

## الحركة الزاوية في مستوي

□ التسارع الزاوي في اتجاه المركز هو: علاقة هو معدل تغير السرعة بالنسبة للزمن أي:  $v \cdot \frac{d\theta}{dt}$

$$\alpha = v \cdot \omega \qquad \alpha = v \cdot \frac{v}{R}$$

إن هذا التغير في الاتجاه يتسبب في تسارع الجسم باتجاه المركز ويسمى بالتسارع المركزي ويرمز له بالرمز  $\alpha$

ويعطي ب:

$$\alpha = \frac{v^2}{R}$$

## الحركة الزاوية في مستوي

مثال ( ):

يدور القمر حول الأرض بمسار دائري نصف قطره  $3.85 \times 10^8 \text{ Km}$  ويكمل دورة كاملة خلال 27.3 يوم.

أحسب:

- I. التارع المركزي للقمر بإتجاه الأرض.
- II. السرعه الزاوية.

الحل:

زمن الدورة الواحد (الزمن الدوري) يساوي

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

## الحركة الزاوية في مستوي

من علاقات السرعة الخطية والزاوية نجد ان :

$$v = r\omega = r \left( \frac{2\pi}{T} \right)$$

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

أي أن السرعة = محيط الدائرة / الزمن الدوري.

## الحركة الزاوية في مستوى

■ يمكن حساب سرعة القمر كالتالي:

$$v = 2 \pi r / T$$

$$v = 2 \pi (3.85 \times 10^5 \times 10^3) / 2.36 \times 10^6 = 1026 \text{ m/s}$$

من هنا نجد أن التسارع المركزي يساوي:

$$a_r = v^2 / r = (1026)^2 / 3.85 \times 10^8 = 2073 \times 10^{-3}$$

■ السرعة الزاوية تعطى حسب العلاقة:

$$\omega = 2 \pi / T = 2 \pi / 2.36 \times 10^6$$

$$\omega = 2.6 \times 10^{-6} \text{ rad/sec}$$

ويمكن استخدام العلاقة:

$$\omega = v / r = 1026 / 3.85 \times 10^8 = 2.6 \times 10^{-6} \text{ rad/sec}$$

## الحركة الزاوية في مستوي

إذا كان الجسم يدور في مسار دائري بسرعة زاوية ثابتة مقدارها  $(\omega)$  , فإن الزاوية التي يقطعها الجسم بعد فترة زمنية  $(t)$  هي  $(\theta)$  , حيث:  $\theta = \omega t$

إذا أكمل الجسم دورة الكاملة فإن:  $\theta = 2\pi$

$$t = T \quad T = \frac{1}{F}$$

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

$$\omega = 2\pi F$$

## معادلات الحركة الزاوية بعجلة منتظمة

إن معادلات الحركة الزاوية بعجلة منتظمة تماثل تماماً معادلات الحركة الخطية بعجلة منتظمة. باستخدام الرموز العادية يكون لدينا:

الحركة الخطية	الحركة الزاوية
	$\theta = \omega_m t$
$V_m = \frac{1}{2} (V_i + V_f)$	$\omega_m = \frac{1}{2} (\omega_i + \omega_f)$
$V_f = V_i + at$	$\omega_f = \omega_i + \alpha t$
$V_f^2 = V_i^2 + 2aS$	$\omega_f^2 = \omega_i^2 + 2\alpha\theta$
$S = V_i t + \frac{1}{2} at^2$	$\theta = \omega_i t + \frac{1}{2} \alpha t^2$

## العلاقات بين الكميات الزاوية و المماسية





## العلاقات بين الكميات الزاوية و المماسية

عندما تدور عجلة نصف قطرها  $r$  حول محورها ذي الإتجاه الثابت، فإن نقطة على حافة العجلة توصف بدلالة المسافة المحيطية  $l$ ، التي تحركتها، سرعتها المماسية  $V$ ، و عجلتها المماسية  $a_T$ . هذه الكميات ترتبط بالكميات الزاوية  $\theta$ ،  $\omega$ ،  $\alpha$  التي تصف دوران العجلة من خلال العلاقات:

$$l = r \theta$$

$$V = r \omega$$

$$a_T = r \alpha$$

## العلاقات بين الكميات الزاوية و المماسية

بتفسير بسيط، يمكن إيضاح أن  $r$  هي طول السير الملفوف على العجلة أو المسافة التي ستدورها العجلة (بدون إنزلاق) إذا كانت تستطيع الحركة بحرية.

في مثل هذه الحالات،  $v$  و  $a_T$  تشير إلى السرعة المماسية و العجلة المماسية لنقطة على السير أو في مركز العجلة.

## العجلة الجاذبة المركزية

تتأ عجلة لحركة جسم نقطي كتلته  $m$  عندما يتحرك بسرعة ثابتة  $V$  حول دائرة نصف قطرها  $r$ . وبالرغم من أن مقدار سرعته الخطية غير متغير إلا أن اتجاه السرعة الزاوية متغير باستمرار. هذا التغير في السرعة الزاوية هو الذي يسبب عجلة للجسم  $a_c$  في اتجاه مركز الدائرة. تسمى هذه العجلة ((العجلة الجاذبة المركزية)) و تعطي قيمتها بالعلاقة:

$$a_c = \frac{(\text{tangential speed})^2}{\text{radius of circular path}} = \frac{V^2}{r}$$

حيث  $V$  هي سرعة الكتلة المتحركة حول محيط الدائرة.

وبما أن  $V = r\omega$  ، فإن لدينا أيضاً  $a_c = r\omega^2$  ، حيث يجب أن تكون  $\omega$  بوحدة  $\text{rad/s}$ .

## القوة المركزية الجاذبة

القوة المركزية الجاذبة  $\vec{F}_c$  هي القوة التي يجب أن تؤثر على كتلة متحركة في مسار دائري نصف قطره  $r$  لتكسبها عجلة جاذبية  $V^2/r$ . من القانون يكون لدينا:

$$F_c = \frac{m V^2}{r} = m r \omega^2$$

حيث  $\vec{F}_c$  تتجه نحو مركز المسار الدائري.

## دوران الأجسام المصمتة

## عزم القصور الذاتي

عزم القصور الذاتي  $I$  لجسم هو مقياس القصور الدوراني للجسم.

فإذا ما اعتبرنا أن جسماً ما يتكون من كتل صغيرة  $m_1, m_2, m_3$  تبعد كل منها على التوالي  $r_1, r_2, r_3$  عن محور معين فإن عزم قصوره الذاتي  $I$  حول هذا المحور هو:

$$I = m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + m_3 r_3^2 + \dots = \sum m_i r_i^2$$

وحيث  $I$  هي  $kg \cdot m^2$

اصطلاح على تعريف نصف قطر التدويم  $k$  لجسم ما حول محور بالمعادلة:

$$I = Mk^2$$

حيث  $M$  الكتلة الكلية للجسم. إذن  $k$  هي بعد كتلة نقطية  $M$  عن المحور إذا كان لها نفس القصور الذاتي  $I$  للجسم.

## العزوم و السرعة الزاوية

❖ العزم و السرعة الزاوية:

العزم المؤثر على جسم قصوره الذاتى  $I$  يكسبه عجلة زاوية  $\alpha$  تعطى بالمعادلة:

$$L = I\alpha$$

❖ طاقة الحركة الدورانية:

طاقة الحركة الدورانية  $(K_{Er})$  لكثلة ما قصورها الذاتى حول محور هو  $I$  ، ودورانيها حول المحور بسرعة زاوية  $\omega$  هي:

$$K_{Er} = \frac{1}{2}I\omega^2$$

حيث يعبر عن الطاقة بوحدة الجول، بوحدة rad/s

## الجمع بين الدوران والانتقال

طاقة حركة كرة متحركة أو أى جسم متحرك أو كتلة  $M$  هي حاصل جمع:

1. طاقة حركة (الدورانية) حول محور يمر بمركز كتلة.
2. طاقة الحركة (الانتقالية) كتلة نقطية مكافئة تتحرك مع مركز الكتلة.



**الشغل W :** المبزول على جسم حركة دورانية أثناء إزاحة زاوية بواسطة عزم ثابت يعطى:

$$W = \tau\theta$$

, حيث يعبر عن الشغل الدائري بـ  $W$  ويقاس بوحدات الجول و بوحدات نصف قطرية .

**القدرة الدورانية P :** القدرة المنقولة إلى جسم بواسطة عزم تعطى :

$$P = \tau\omega$$

## الشغل الدائري

الدفع الزاوى : إن مقدار الدفع الزاوى  $\tau t$  الذى يؤثر خلال فترة زمنية  $t$  على الجسم سوف يحدث تغيرا فى كمية التحرك الزاوى للجسم.

$$\tau t = I\omega_f - I\omega$$

الإندفاع (كمية التحرك) الزاوى : كمية التحرك الزاوي هي كمية متجهة بها مقدار  $I\omega$  وتتجه علي طول محور الدوران.

## H.W

---

يتحرك جسيم بسرعة ثابتة في مسار دائري نصف قطره  $m\ 0.6$ ، إذا كان الجسيم يعمل 6

دورات في الثانية الواحدة احسب :

أ) السرعة الزاوية للجسيم.

ب) سرعته الخطية.

ج) تسارع الجسيم.

شكراً جزيلاً  
Thank You

Adil.karary@yahoo.com