جامعة الملك سعود
كلية العلوم
قسم الفيزياء و الفلك

مقرر 210 فيز

د. ناصر بن صالح الزايد

nalzayed@ksu.edu.sa

المحاضرة رقم: 9

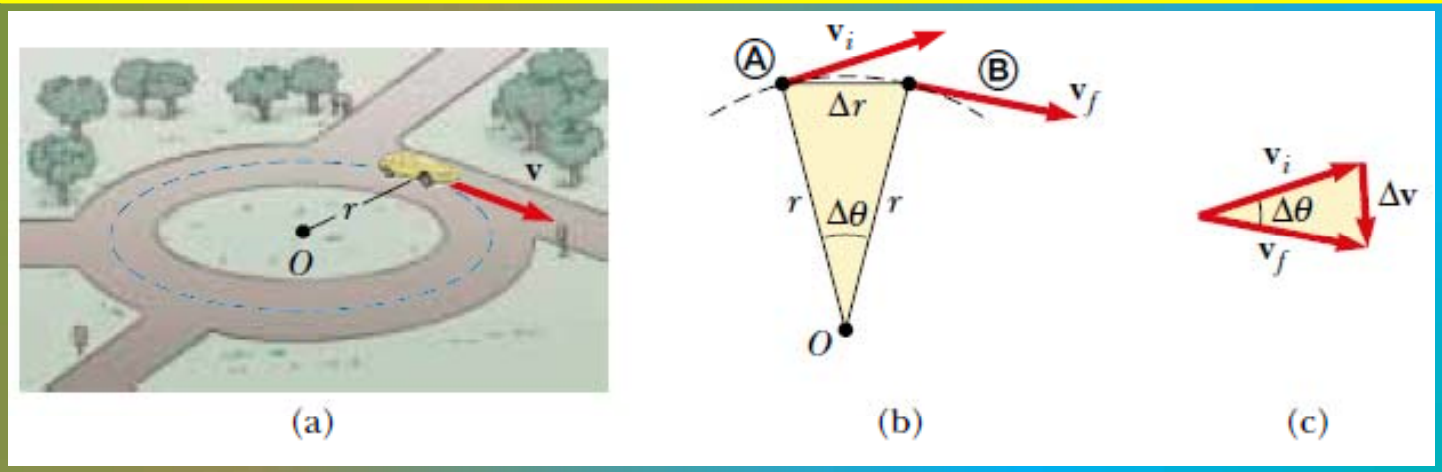
الفصل الرابع: الحركة في بعدين Chapter 4: 2-D Motion

الحركة الدائرية المنتظمة Uniform Circular Motion

- تعرف الحركة الدائرية المنتظمة بأنها حركة جسم على مسار دائري بسرعة ثابتة.
- يعطى التسارع المركزي للجسيم كما يلي:

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

- حيث اتجاه التسارع على نفس اتجاه نصف القطر
- السرعة v هي السرعة المماسية (السرعة متعامدة على نصف القطر)



- التسارع المماسي والتسارع المركزي:
- حيث أن الحركة الدائرية تتم في بعدين فأن لها مركبتان: أحدى هاتين المركبتين تقع على طول نصف القطر وتسمى التسارع المركزي كما في الأعلى. والثانية تقع على طول اتجاه السرعة المماسية وبالتالي فهي متعامد مع اتجاه التسارع المركزي.
- التسارع الكلي هو المتجه الذي يجمع هاتين المركبتين.

$$\bar{a} = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

From Comparing part (b) and (c) in the figure :

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

$$\therefore \bar{a} = \frac{v \Delta r}{r \Delta t} = \frac{v}{r}\frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{v^2}{r}$$

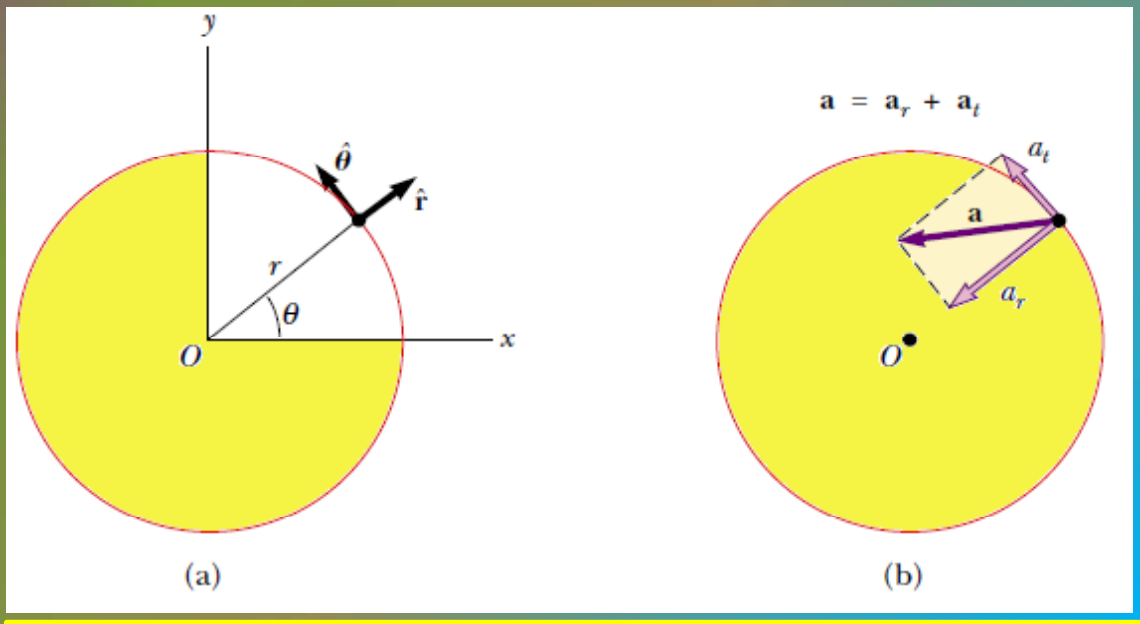
$$\therefore a_r = \frac{v^2}{r} \qquad (4.15)$$

- ويسمى التسارع في (4.15) بالتسارع المركزي واتجاهه يقع على طول نصف القطر باتجاه المركز.
- وهناك تسارع آخر يقع على نفس اتجاه السرعة المماسية يمكن الحصول عليه من اشتقاق السرعة المماسية بالنسبة للزمن كما هي العادة مع التسارع. $a_t = \frac{dv_t}{dt}$ (4.17)
- التسارع الكلي للجسيم في حركة دائرية:

$$\vec{a} = \vec{a}_r + \vec{a}_t$$

$$\therefore a = \sqrt{a_r^{\,2} + a_t^{\,2}} \qquad (4.16)$$

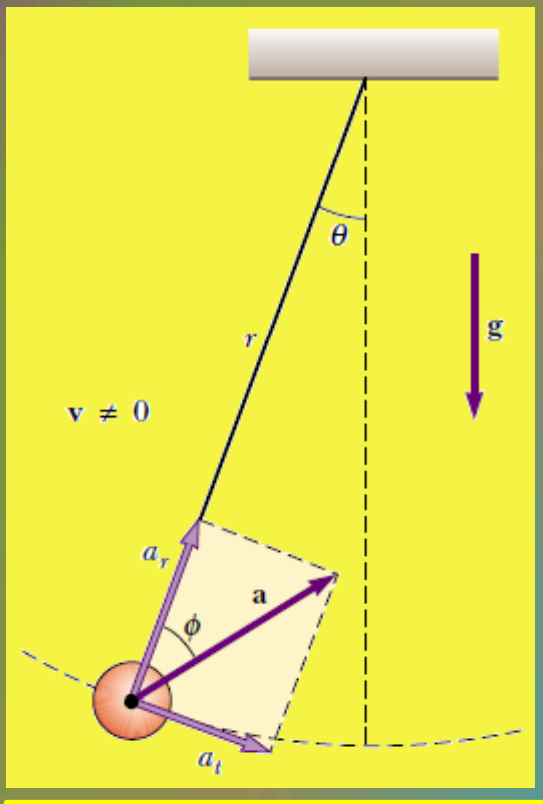
الفصل الرابع: الحركة في بعدين Chapter 4: 2-D Motion
الحركة الدائرية المنتظمة Uniform Circular Motion



- في الرسم المبين على اليسار:
- لاحظ اتجاه التسارع المماسي a_t على طول المماس (نفس اتجاه السرعة المماسية). في حين أن اتجاه التسارع المركزي a_r يقع على طول نصف القطر وباتجاه المركز.
- التسارع الكلي هو المجموع ألاتجاهي لهذين التسارعين، ومقداره يحسب من نظرية فيثاغورس.

- **مثال 4.8** :
- تم ربط كرة في حبل طوله 0.5 m بحيث تدور في دائرة رأسية كما في الشكل المبين تحت تأثير الجاذبية الأرضية. عندما يعمل الحبل زاوية مقداره 20^o مع الرأسي تكون سرعة الكرة 1.5 m/s .
- (أ) احسب مقدار مركبة التسارع القطرية عند هذه اللحظة.
- (ب) احسب مقدار مركبة التسارع المماسية عند نفس الزاوية.
- (ج) احسب مقدار واتجاه التسارع الكلي للكرة عند نفس اللحظة.
- (ملحوظة: لاحظ أن كلا من a_t و a_r دائما متعامدين.)

الفصل الرابع: الحركة في بعدين Chapter 4: 2-D Motion
الحركة الدائرية المنتظمة Uniform Circular Motion



$$given \quad : r = 0.5\ m, v_t = 1.5\ m/s, \theta = 20^o$$

$$(a) \therefore a_r = \frac{v^2}{r} = \frac{(1.5)^2}{1.5} = 4.5\ m/s^2 \qquad (1)$$

$$(b)\ a_t = g \sin\theta = 9.8 \sin 20 = 3.4\ m/s^2 \qquad (2)$$

$$(c) \because a = \sqrt{a_r^2 + a_t^2} = \sqrt{4.5^2 + 3.4^2} = 5.6\ m/s^2 \qquad (3)$$

$$\because \varphi = \tan^{-1}\frac{a_t}{a_r} = \tan^{-1}\frac{3.4}{4.5} = 37^o \qquad (4)$$

- إذن في هذا المثال كل الكميات متغيرة مقدارا واتجاها بحسب الموقع.
- التسارع المماسي يساوي الصفر في أسفل الحركة ويساوي g عندما يكون الحبل أفقيا تماما.

- سوف نعود أن شاء الله لمناقشة الحركة الدائرية بتحليل أفضل عندما نناقش في الفصل الخامس قوانين نيوتن للحركة ونتعرف على القوة وتحليل القوى.
- ونكتفي هنا بمعرفة الكميات السابقة مثل التسارع الخطي (المماسي) والتسارع القطري والعلاقة بينهما وبين السرعة الخطية (المماسية).