

# حركة الكواكب والأقمار الإصطناعية

## 1- الحركة الدائرية المنتظمة :

### 1-تعريف:

- تكون حركة نقطة دائرية منتظمة إذا كان :
- ✓ مسارها دائري .
  - ✓ وقيمة سرعتها اللحظية ثابتة .

### 2-معلمة نقطة متحركة:

لمعلمة نقطة متحركة يمكن استعمال :

- الاحداثيات الديكارتية  $(x, y)$  بحيث :  $\vec{OM} = x\vec{i} + y\vec{j}$
- الأفضول المنحني :  $s = \overline{M_0M}$
- الأفضول الزاوي :  $\theta = (\overline{OM_0}, \overline{OM})$

العلاقة التي تربطهما :

$$(m) \leftarrow s = r \cdot \theta \rightarrow (rad)$$

$$\vec{OM} \begin{cases} x = r \cdot \cos\theta \\ y = r \cdot \sin\theta \end{cases}$$

حيث  $r = OM$  شعاع المسار الدائري .

### 3- السرعة :

متجهة السرعة اللحظية مماسة للمسار ومنحاهما هو منحى الحركة تعبيرها في معلم فريني هو :

$$\vec{V} = V\vec{u} \quad \text{مع} \quad V = r \cdot \omega$$

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} \leftarrow \text{السرعة الزاوية ب (rad/s)}$$

### 4- التسارع :

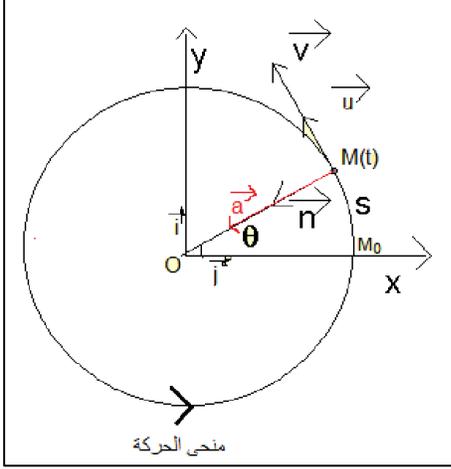
متجهة التسارع منتظمة تعبيرها هو :  $\vec{a} = a_N \vec{n}$

$$\vec{a} = \frac{V^2}{r} \vec{n} = r \cdot \omega^2 \vec{n}$$

### 5- الدور :

الدور هو المدة الزمنية التي تنجز فيها النقطة دورة واحدة تعبيره :

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



خلاصة :

في الحركة الدائرية المنتظمة شعاعها R و سرعتها V متجهة التسارع انجاذبية مركزية في كل لحظة ، قيمتها :  $a = \frac{v^2}{r}$

6-شرطا الحصول على حركة دائرية منتظمة :

حسب القانون الثاني لنيوتن :

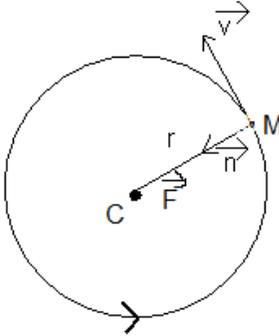
$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}_G$$

بالنسبة لجسم صلب في حركة دائرية منتظمة نكتب :  $\vec{F} = m \frac{v^2}{r} \vec{n}$

$$\vec{F} = \sum \vec{F}_{ext}$$

شرطا الحصول على حركة دائرية منتظمة :

لكي تكون حركة مركز القصور G لجسم صلب ، كتلته m ، دائرية منتظمة في مرجع غاليلي يجب أن يكون :



❖ المجموع المتجهي  $\vec{F}$  للقوى المطبقة عليه متجهة انجاذبية مركزية .

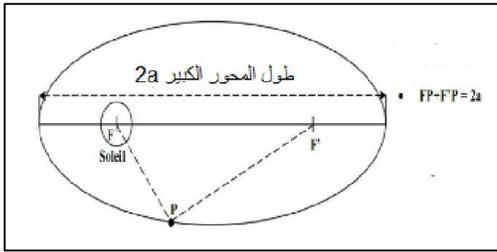
❖ منظم المتجهة  $\vec{F}$  يحقق العلاقة :  $F = \frac{m \cdot v^2}{r}$  مع شعاع المسار R

## II-الحركة المدارية للكواكب حول الشمس :

### 1-قوانين كيبلير :

#### 1.1-القانون الأول أو قانون المدارات :

في المعلم المركزي الشمسي ، مسار مركز قصور كوكب إهليلج ، حيث يمثل مركز الشمس أحد بؤرتيه .



#### 1.2-القانون الثاني لكيبلير أو قانون المساحات :

تكسح القطعة الرابطة بين مركز الشمس ومركز الكوكب مساحات متقايسة خلال نفس المدة الزمنية .

#### 1.3-القانون الثالث أو قانون الأدوار :

يتناسب مربع الدور المداري لكوكب مع مكعب نصف طول المحور الكبير للإهليلج :

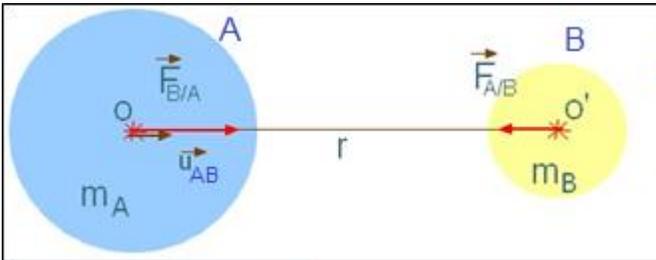
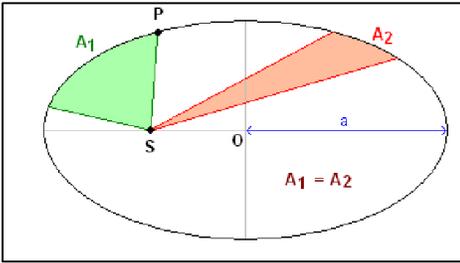
$$\frac{T^2}{a^3} = K$$

### 2-قانون التجاذب الكوني :

قوة التجاذب البيني الحاصل بين جسمين A و B كتلتاهما على التوالي  $m_B$  و  $m_A$  وتفصل بينهما المسافة  $d = r$  بحيث :

$$\vec{f}_{A/B} = -G \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{r^2} \cdot \vec{u}_{AB}$$

G ثابتة التجاذب الكوني قيمتها :  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ S.I}$



### 3-مميزات حركة الكواكب حول الشمس :

#### 3.1-تعبير التسارع :

المجموعة المدروسة : الكوكب

جهد القوى المطبقة على الكوكب :قوة التجاذب الكوني المطبقة عليه من طرف الشمس :  $\vec{F}_{S/P}$

$$\vec{F}_{S/P} = -G \cdot \frac{M_S \cdot m_P}{r^2} \cdot \vec{u}_{SP} \text{ :تعبيرها}$$

المرجع : المركزي الشمسي

$$\vec{F}_{S/P} = m_P \cdot \vec{a} \text{ :تطبيق القانون الثاني لنيوتن}$$

$$\vec{a} = -G \cdot \frac{M_S}{r^2} \cdot \vec{u}_{SP} \Leftrightarrow m_P \cdot \vec{a} = -G \cdot \frac{M_S \cdot m_P}{r^2} \cdot \vec{u}_{SP}$$

لدينا :

$$\vec{a} = G \cdot \frac{M_S}{r^2} \cdot \vec{n} \Leftrightarrow \vec{u}_{SP} = -\vec{n}$$

متجهة التسارع مركزية انجاذبية وبالتالي حركة الكوكب دائرية منتظمة في المعلم المركزي الشمسي .

#### 3.2-تعبير السرعة :

لدينا :

$$\vec{a} = a_N \cdot \vec{n} = \frac{v^2}{r} \cdot \vec{n}$$

وبالتالي :

$$\frac{v^2}{r} \cdot \vec{n} = G \cdot \frac{M_S}{r^2} \cdot \vec{n}$$

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M_S}{r}}$$

#### 3.3-الدور المداري :

الدور المداري هو المدة الزمنية التي يستغرقها الكوكب لإنجاز دورة كاملة حول الشمس .

$$(1) \quad T^2 = 4\pi^2 \frac{r^3}{G \cdot M_S} \Leftrightarrow T^2 = \frac{4\pi^2 r^2}{V^2} \Leftrightarrow T = \frac{2\pi r}{V}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{G \cdot M_S}}$$

ملحوظتان:

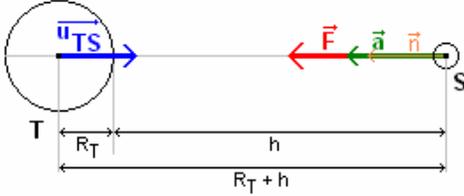
-لا تتعلق  $V$  سرعة الكوكب ولا  $T$  دوره المداري بكتلة الكوكب بل بشعاع مداره  $r$  .

-من العلاقة (1) نستنتج قانون كيبلير الثالث :  $\frac{T^2}{r^3} = K$  مع :  $K = \frac{4\pi^2}{G \cdot M_S}$

## 4- الحركة المدارية للأقمار الاصطناعية :

### 4.1- مميزات الحركة المدارية للأقمار:

أ- تعبير التسارع :



المجموعة المدروسة : القمر الاصطناعي  
جهد القوى المطبقة على القمر : قوة التجاذب الكوني المطبقة عليه من

طرف الأرض :  $\vec{F}_{T/S}$

$$\vec{F}_{T/S} = -G \cdot \frac{M_T \cdot m}{(R_T + h)^2} \cdot \vec{u}_{TS}$$

تعبيرها : المرجع : المركزي الشمسي

$$\vec{F}_{T/S} = m \cdot \vec{a} \quad \text{تطبيق القانون الثاني لنيوتن :}$$

في معلم فريني :

$$\vec{F}_{T/S} = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{(R_T + h)^2} \cdot \vec{n}$$

$$\vec{a} = G \cdot \frac{M_S}{(R_T + h)^2} \cdot \vec{n}$$

حركة القمر دائرية منتظمة في المعلم المركزي الأرضي.

ب- السرعة :

$$V = \sqrt{\frac{G \cdot M_S}{R_T + h}}$$

ج- الدور :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{(R_T + h)^3}{G \cdot M_T}}$$

### 4.2- الأقمار الساكنة بالنسبة للأرض :

أ- تعريف:

يكون القمر الاصطناعي ساكن عندما يبقى على الدوام في المستقيم الرأسي لنقطة من الأرض ، فهو ساكن بالنسبة لملاحظ أرضي .

ب- الشروط اللازمة لكي يكون القمر ساكنا :

- ينبغي يكون مداره في خط الاستواء .
- أن يدور في نفس منحنى دوران الأرض حول محورها القطبي .
- أن يكون دوره المداري مساويا لدور حركة دوران الأرض حول محورها القطبي :

$$T = 23h56min4s = 86164s$$

$$h = \left( \frac{T^2 \cdot G \cdot M_T}{4\pi^2} \right)^{\frac{1}{3}} - R_T \quad \text{الإرتفاع هو :}$$

$$h \approx 36\,000 \text{ km}$$