

تطبيقات : الاقمار الاصطناعية و الكواكب

Applications : satellites artificiels et planètes

6

I – القوانين الثلاثة لكيبلر (kepler)

1 – المرجع المركزي الشمسي :

المرجع المركزي الشمسي يتكون من مركز الشمس و ثلاثة محاور متعامدة و موجهة نحو ثلاثة نجوم ثابتة خلال الزمن ، و يستعمل لدراسة حركة الكواكب و المذنبات حول الشمس و يعبر مرجعا غاليليا.

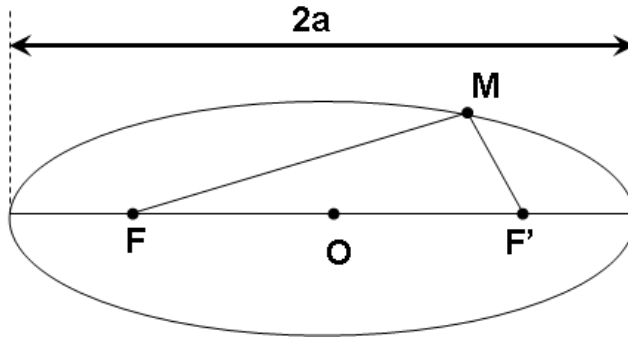
2 – المرجع المركزي الأرضي :

المرجع المركزي الأرضي يتكون من مركز الأرض و ثلاثة محاور متعامدة و موجهة نحو ثلاثة نجوم ثابتة خلال الزمن ، و يستعمل لدراسة حركة الأجسام التي تدور حول الأرض الاصطناعية.

3 – قوانين كيبلر :

أ – القانون الأول : قانون المدارات الأهلبيجية : loi des orbites

في المرجع المركزي الشمسي لجميع مركز قصور الكواكب مسارات إهلبيجية حيث تمثل الشمس إحدى بؤرتيها.



$$MF + MF' = 2a = cte$$

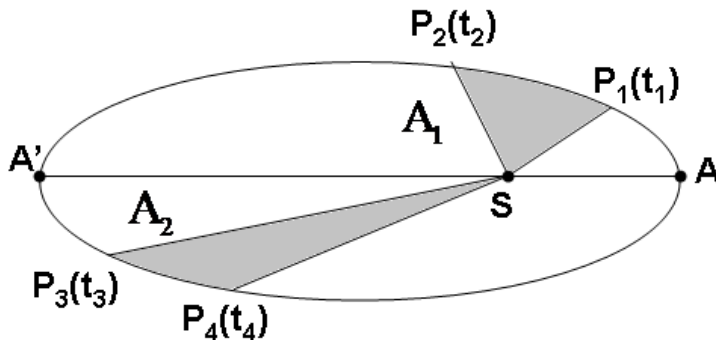
$a$  : هو نصف طول المحور الكبير للأهلبيج

❖ ملحوظة :

الدائرة هي حالة للأهلبيج ، بحيث تكون البؤرتان متطابقتين و يساوي نصف طول المحور الكبير شعاع الدائرة ( $a = r$ )

ب – القانون الثاني : قانون المساحات : loi des aires (surfaces)

تكسح القطعة  $[SP]$  التي تربط مركز الشمس بمركز الكوكب مساحات متقايسة في مدد زمنية متساوية.



$$\Delta t = t_2 - t_1 = t_4 - t_3$$

$$A_1 = A_2$$

$$\frac{dA_1}{dt} = cte$$

يترجم هذا القانون أن الكوكب يدور حول الشمس بسرعة غير ثابتة كلما اقترب الكوكب من الشمس، كلما زادت سرعته و العكس صحيح.

- تكون السرعة قصوى عندما يتواجد الكوكب في النقطة  $A$ .
- تكون السرعة دنوية عندما يتواجد الكوكب في النقطة  $A'$ .

ج – القانون الثالث : قانون الأذوار المدارية : loi de période de révolution

يتناسب  $T^2$  مربع الدور المداري اطرادا مع  $a^3$  مكعب نصف طول المحور الكبير للإهليلج :  $\frac{T^2}{a^3} = K$

$K$  : ثابتة لا تتعلق بالكوكب، تتعلق تتعلق بالشمس (أو كوكب) الذي تدور حولها الكوكب (الأقمار)

- **الدورة الفلكية** : كوكب الكوكب بين مرورين متتاليين لمركزه  $P$  من نفس النقطة من مداره الشمس.

- **الدور المداري  $T$  للكوكب** : هو المدة الزمنية التي يستغرقها مركزها لإنجاز دورة فلكية كاملة.

❖ ملحوظة :

- عندما يكون المدار دائري  $a = r$  فإن القانون الثالث :  $\frac{T^2}{r^3} = K$

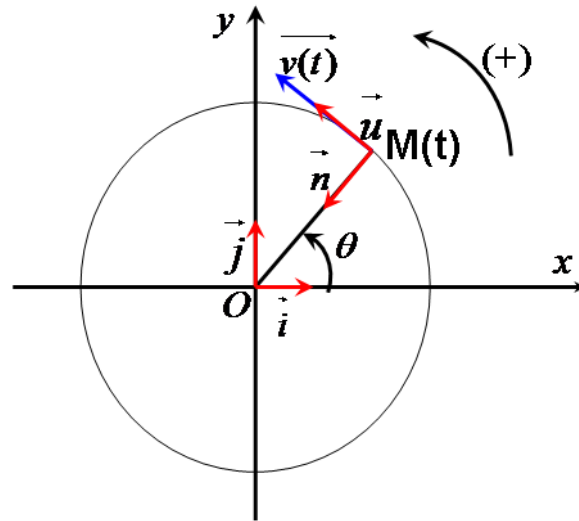
- تطبق قوانين كبلر على المار الطبيعية الاصطناعية التي تدور حول الكوكب ، كما أن  $K$  ثابتة و تتعلق قيمتها بكتلة الكوكب.

II – الحركة الدائرية المنتظمة :

1 – خاصيات الحركة الدائرية :

تكون الحركة دائرية منتظمة إذا كان المسار دائري و السرعة ثابتة :

أ – متجهة السرعة :



- السرعة الزاوية ثابتة :  $\omega = \dot{\theta} = \frac{d\theta}{dt} = cte$

- السرعة الخطية :  $v = \frac{ds}{dt} = \frac{d(r\theta)}{dt} = r \frac{d\theta}{dt} = r.\omega$

$$\vec{v} = r.\omega \vec{u}$$

- الدور  $T$  : مدة دورة كاملة  $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi.r}{v}$

ب – متجهة التسارع :

نعرف متجهة التسارع في معلم فريني :  $\vec{a} = a_r \vec{u} + a_n \vec{n}$

حيث لأن السرعة ثابتة :  $a_r = \frac{dv}{dt} = 0$

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

و

$$\vec{a} = \frac{v^2}{r} \vec{n} \quad \text{أو} \quad \vec{a} = r \cdot \omega^2 \vec{n} \quad \text{ومنه :}$$

إذن متجهة التسارع مركزية إنجاذبية .

## 2- الشرطان الأساسيان للحصول على حركة دائرية منتظمة :

نعتبر جسم صلب كتلته في حركة دائرية منتظمة :

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

حسب القانون II لنيوتن :

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

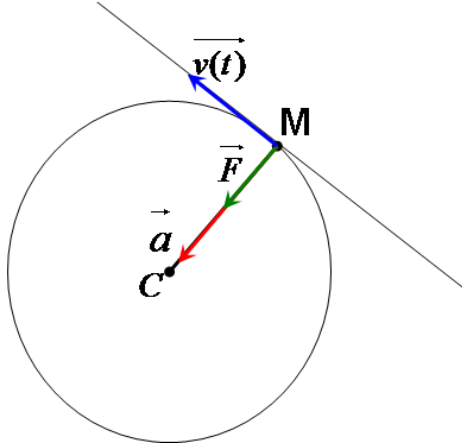
و

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

و لدينا :

$$\vec{F} = \frac{mv^2}{r} \vec{n}$$

و منه فإن :



تكون الحركة دائرية منتظمة إذا كان :

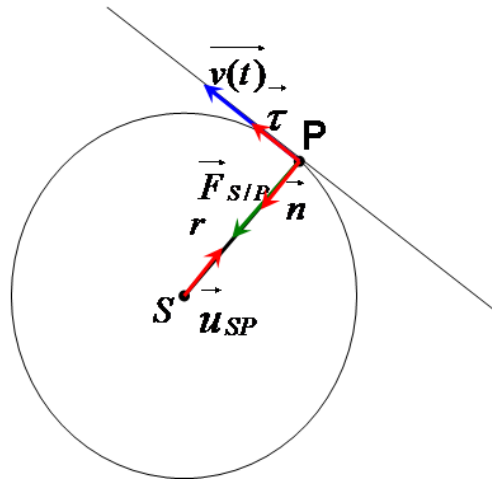
- المجموع المتجهي للقوى الخارجية المطبقة على الجسم مركزيا انجاذبية centripète

- منظم متجهة  $\vec{F}$  ثابت و تحقق العلاقة :  $F = \frac{mv^2}{r}$

## II - الحركة المدارية للكواكب :

لدراسة حركة الكواكب حول الشمس نختار المرجع المركزي الشمسي، نعتبر كوكبا كتلته  $m$  و مركزه  $P$  في حركة حول الشمس ذات الكتلة  $m_s$  و مركز :

$$\vec{u}_{SP} = -\vec{n}$$



$$\vec{F}_{S/P} = -G \frac{m_s \cdot m}{r^2} \vec{u}_{SP} = G \frac{m_s \cdot m}{r^2} \vec{n}$$

يخضع الجسمان إلى تأثير بيني :

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

بتطبيق القانون II لنيوتن :

$$\vec{F}_{S/P} = G \frac{m_s \cdot m}{r^2} \vec{n} = m\vec{a}$$

$$\vec{a} = G \frac{m_s}{r^2} \vec{n}$$

- إذن التسارع مركزي انجاذبي أي أن القوة  $\vec{F}_{S/P}$  مركزية انجاذبية و بالتالي يتحقق الشرط الأول للحصول على حركة دائرية منتظمة.

- بما أن التسارع مركزي انجاذبي أي منظمي فإن :  $\vec{a} = \vec{a}_n = G \frac{m_s}{r^2} \vec{n}$

و منه فإن الشدة ثابتة :  $F_{S/P} = \frac{m.v^2}{r}$  و بالتالي يتحقق الشرط الثاني للحصول على دائرة منتظمة.

و بالتالي حركة الكواكب دائرية منتظمة سرعتها :  $\vec{a} = G \frac{m_s}{r^2} \vec{n} = \frac{v^2}{r} \vec{n}$

$$v = \sqrt{\frac{G.m_s}{r}}$$

❖ **تعبير الدور المداري T :** هو المدة الزمنية التي يستغرقها الكوكب لإنجاز دورة كاملة حول الشمس بسرعة ثابتة  $v$  :

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi.r}{v} = 2\pi.r \sqrt{\frac{r}{G.m_s}} = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{G.m_s}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{G.m_s}}$$

$$\frac{T^2}{4\pi^2} = \frac{r^3}{G.m_s} \Rightarrow \frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G.m_s} = K$$

وهكذا يترجم القانون الثالث لكيبلر.

- الثابتة  $K$  لا تتعلق بالكوكب المدروس.
- يمكن معرفة  $T$  و  $r$  من حساب  $m_s$  كتلة الشمس.

### 1 - تعبير السرعة و الدور المداري :

تكون حركة قمر اصطناعي دائري منتظمة عندما يتحقق الشرطان السابقان .

الجسم المرجعي : المرجع المركزي الأرضي

بتطبيق القانون II لنيوتن ( نفس الدراسة السابقة )

عندما تكون الحركة دائرية منتظمة فإن سرعة القمر الاصطناعي تحقق العلاقة التالية :  $v = \sqrt{\frac{G.m_T}{r}}$  مع :  $r = R_T + z$

$R_T$  : شعاع المدار الدائري لمركز القمر الاصطناعي

$z$  : ارتفاع القمر الاصطناعي عن سطح الأرض

❖ **تعبير الدور المداري T :**

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi.r}{v} = 2\pi.r \sqrt{\frac{r}{G.m_T}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{(R_T + z)^3}{G.m_T}}$$

لا تتعلق  $\nu$  و  $T$  بكتلة القمر الاصطناعي ، بل تتعلق بالارتفاع  $z$  :

## 2 – الاستقمار : satellisation

**الاستقمار :** هو وضع قمر اصطناعي في مداره حول الأرض و اعطاؤه سرعة كافية تخول له حركة دائرية منظمة حول الأرض.

## 3 – الأقمار الاصطناعية الساكنة بالنسبة للأرض :

- يكون قمر اصطناعي ساكنا بالنسبة للأرض، إذا بدا دوما في حالة سكون بالنسبة لملاحظ على سطح الأرض.
- لكي يظهر قمر اصطناعي ساكنا بالنسبة للأرض يجب أن :
- يدور في منحنى دوران الأرض حول قطبيها.
- يساوي دوره المداري  $T$  دور حركة الدوران الخاصة للأرض حول محورها القطبي.
- يوجد مداره الدائري في مستوى خط الاستواء للأرض.

❖ ملحوظة :

- تمكن معرفة  $T$  من تحديد  $z$ .

- اليوم الفلكي jour sidéral  $T = 23h56 \text{ min } 4s$

## المعجم العلمي

Géocentrique	مركزي أرضي	Héliocentrique	مركزي شمسي
Astre	جسم	Planète	مركب
Astro-physique	فيزياء فلكية	Comète	مذنب
Ellipse	إهليلج	Etoile	نجم
Orbite	مدار	Foyer	بؤرة
Demi-longueur	نصف طول	Aire	مساحة
Centripète	انجاذبي مركزي	Révolution	دورة
Ponctuel	نقطي	Attraction	تجاذب
Interaction	تأثير بيني	Satellite	قمر
Satellisation	استقمار	Altitude	ارتفاع
Equateur	خط الاستواء	Jour sidéral	يوم فلكي