

تطبيقات : الأقمار الصناعية والكواكب

Applications : satellites artificiels et planètes



I - القوانين الثلاثة ل Kepler (Kepler's laws)

1 - المرجع المركز 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 والمذنبات حول الشمس و يعبر مرجعا غاليليا.

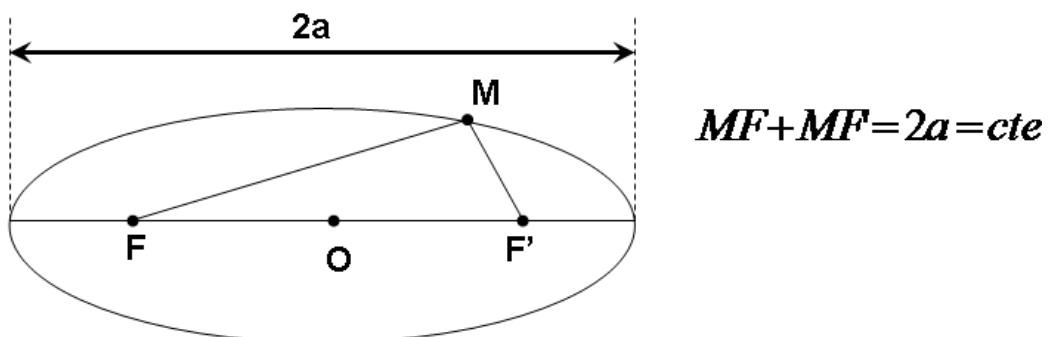
2 - المرجع المركز الأرضي :

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 الصناعية.

3 - قوانين كيبلر :

A - القانون الأول : قانون المدارات الأهليليجية :

في المرجع المركزي الشمسي لجميع مركز قصور الكواكب مسارات إهليليجية حيث تمثل الشمس إحدى بؤرتها.



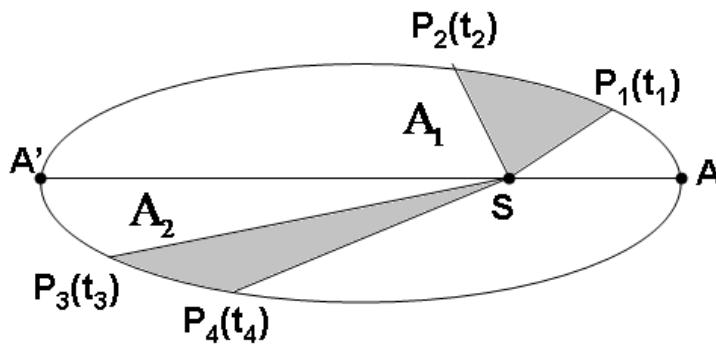
a : هو نصف طول المحور الكبير للأهليج

❖ ملحوظة :

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

B - القانون الثاني : قانون المساحات :

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



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

$$A_1 = A_2$$

$$\frac{dA}{dt} = \text{cte}$$

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

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

ج - القانون الثالث : قانون الأدوار المدارية :

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

يتناصف T^2 مربع الدور المداري اطراضا مع a^3 مكعب نصف طول المحور الكبير للإهليج :

- K : ثابتة لا تتعلق بالكوكب، تتعلق تتعلق بالشمس (أو كوكب) الذي تدور حولها الكوكب (الاقمار)
- **الدورة الفلكية :** كوكب الكوكب بين مرورين متتاليين لمركزه P من نفس النقطة من مداره الشمسي.
- **الدور المداري T للكوكب :** هو المدة الزمنية التي يستغرقها مركزها لإنجاز دورة فلكية كاملة.

❖ ملحوظة :

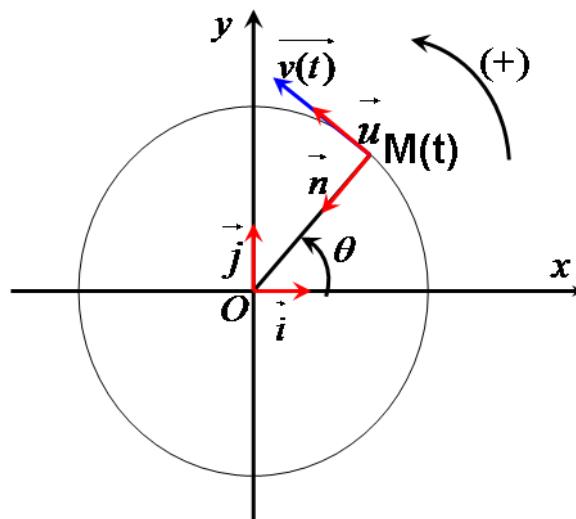
- عندما يكون المدار دائري $a = r$ فإن القانون الثالث : $\frac{T^2}{r^3} = K$
- تطبق قوانين كبلير على المدار الطبيعية الاصطناعية التي تدور حول الكوكب ، كما أن K ثابتة و تتعلق قيمتها بكتلة الكوكب.

II - الحركة الدائرية المنتظمة :

1 - خصائص الحركة الدائرية :

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

أ - متجهة السرعة :



$$\omega = \dot{\theta} = \frac{d\theta}{dt} = cte$$

- السرعة الزاوية ثابتة :

$$v = \frac{ds}{dt} = \frac{d(r\theta)}{dt} = r \frac{d\theta}{dt} = r \cdot \omega$$

- السرعة الخطية :

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

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

- الدور T : مدة دورة كاملة

ب - متجهة التسارع :

$$\vec{a} = a_\tau \vec{u} + a_n \vec{n}$$

نعرف متجهة التسارع في معلم فريني :

$$a_\tau = \frac{dv}{dt} = 0$$

حيث لأن السرعة ثابتة :

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

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

إذن متجهة التسارع مركبة إنجذابية .

2- الشرطان الأساسيان للحصول على حركة دائرية منتظمة :

نعتبر جسم صلب كتلته في حركة دائرية منتظمة :

حسب القانون II لنيوتن :

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

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

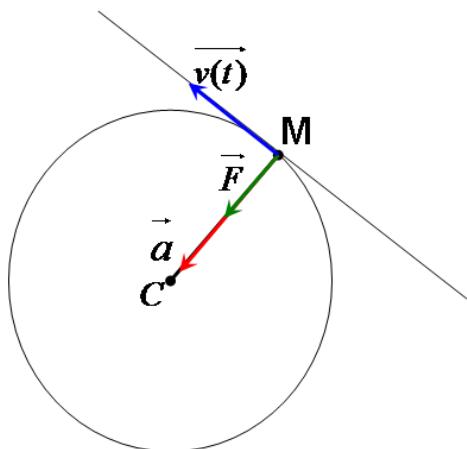
و

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

ولدينا :

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

و منه فإن :



تكون الحركة دائرية منتظمة إذا كان :

- المجموع المتجهي للقوى الخارجية المطبقة على الجسم مركبًا إنجذابيًا *centripète*

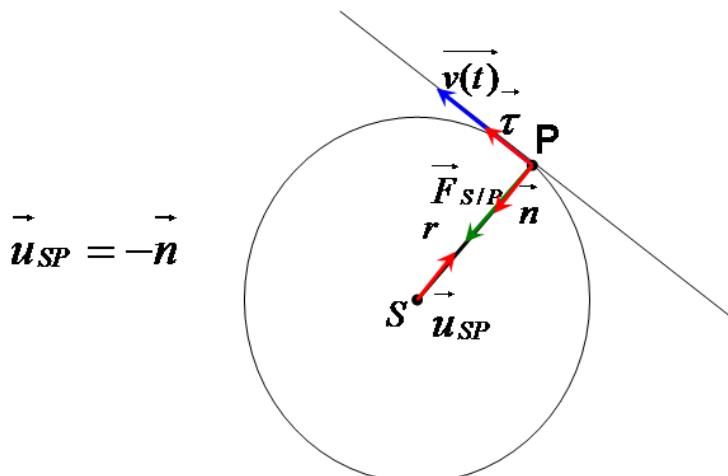
- منظم متجهة \vec{F} ثابت وتحقق العلاقة :

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

II- الحركة المدارية للكواكب :

لدراسة حركة الكواكب حول الشمس نختار المرجع المركزي الشمسي، نعتبر كوكباً كتلته m و مركزه P في حركة حول الشمس ذات

الكتلة m_s و مركز :



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

يخضع الجسم إلى تأثير بياني :

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

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 انجذابي أي أن القوة $\vec{F}_{S/P}$ مركزية انجذابية وبالتالي يتحقق الشرط الأول للحصول على حركة دائرية منتظمة.

$$\vec{a} = \vec{a}_n = G \frac{m_s}{r^2} \vec{n} \quad \text{بما أن التسارع مركزي انجذابي أي منظم فـ:}$$

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

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

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

❖ تعـبـير الدور المدارـي **T** : هو المـدة الـزمـنية الـتي يـسـتـغـرـقـها الـكـوكـب لـإنـجـازـ دـورـةـ كـامـلـةـ حـولـ الشـمـسـ بـسـرـعـةـ ثـابـتـةـ v :

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

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

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

وهـذـاـ يـتـرـجـمـ القـانـونـ الثـالـثـ لـكـيـبلـ.

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

1 - تعـبـيرـ السـرـعـةـ وـ الدـورـ المـدارـيـ:

تكون حركة قمر اصطناعي دائري منتظمة عندما يتحقق الشرطان السابقان .

الجسم المرجعي : المرجع المركزي الأرضي

بنطـبـيقـ القـانـونـ IIـ لـنيـوتـنـ (ـنـفـسـ الـدـرـاسـةـ السـابـقـةـ)

عـنـدـمـاـ تـكـوـنـ الـحـرـكـةـ دـائـرـيـةـ مـنـظـمـةـ فـإـنـ سـرـعـةـ الـقـمـرـ الـاـصـطـنـاعـيـ تـحـقـقـ الـعـلـاقـةـ التـالـيـةـ :

$$v = \sqrt{\frac{G.m_T}{r}} \quad \text{مع: } r = R_T + z$$

R_T : شعاع المدار الدائري لمركز القمر الاصطناعي

z : ارتفاع القمر الاصطناعي عن سطح الأرض

❖ تعـبـيرـ الدـورـ المـدارـيـ **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 T و v بكتلة القمر الاصطناعي ، بل تتعلق بالارتفاع z :

2 - الاستقمار : satellisation

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

3 - الأقمار الاصطناعية الساكنة بالنسبة للأرض :

- يكون قمر اصطناعي ساكنًا بالنسبة للأرض، إذا بدا دوما في حالة سكون بالنسبة لملائحة على سطح الأرض.
- لكي يظهر قمر اصطناعي ساكنًا بالنسبة للأرض يجب أن :

 - يدور في منحي دوران الأرض حول قطبها.
 - 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 .
- $T = 23h56 \text{ min } 4s$ jour sidéral

المعجم العلمي

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