هذا الملف تم تحميله من موقع : Talamid.ma

الأستاذ أيوب مرضي	مـــــــادة الـــــفـــــيـــــزيـــــاء	5 صفحات
مستوى الثانية بكالوريا علوم تجريبية	الـجـــزء الرابع: الميكانيك	
شـعـبـــة: العلوم الفيزيائية	مدة الإنجاز (درس+تمارين): 4 س + 2 س	

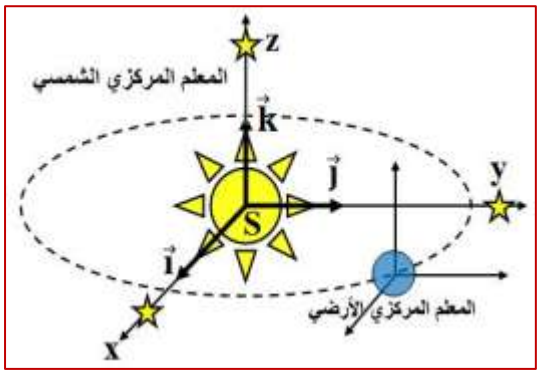
الدرس الثالث عشر

الأقمار الاصطناعية والكواكب

Satellites artificiels et planètes

I. القوانين الثلاثة لكيبلر (KEPLER).

1. المرجع المركزي الشمسي:



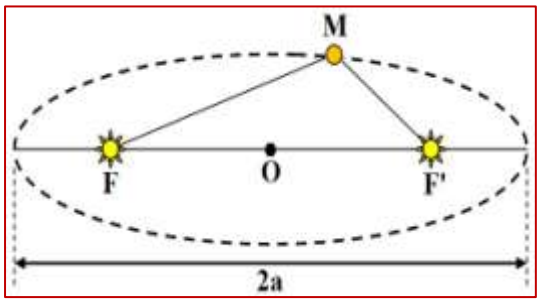
المرجع المركزي الشمسي يتكون من مركز الشمس و ثلاثة محاور متعامدة و موجهة نحو ثلاثة نجوم ثابتة خلال الزمن ، و يستعمل لدراسة حركة الكواكب و المذنبات حول الشمس و يعتبر مرجعا غاليليا.

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 كالأقمار الاصطناعية.

3. قوانين كيبلر الثلاث:

أ. القانون الأول لكيبلر (قانون المدارات الإهليليجية):



نـــص الـــقـــانـــون

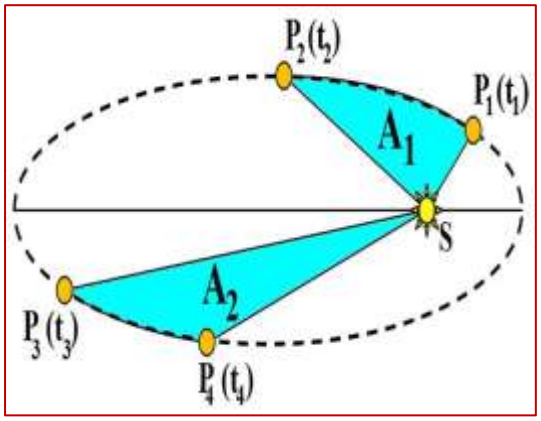
مسار مركز قصور كوكب في المرجع المركزي الشمسي، عبارة عن **إهليليج** يشكل مركز الشمس إحدى بؤرتيه.

الإهليليج هو منحنى مستو حيث: **MF+MF'=2a**، مع F و F' بؤرتي الإهليليج و a هو نصف طول الحور الكبير للإهليليج.

ملاحظة:

- الدائرة هي حالة للإهليليج، بحيث تكون البؤرتان متطابقتين و **يساوي نصف طول المحور الكبير شعاع الدائرة**.

ب. القانون الثاني لكيبلر (قانون المساحات):



نـــص الـــقـــانـــون

تكسح القطعة $[SP_i]$ التي تربط مركز الشمس بمركز الكوكب مساحات متقايسة في مدد زمنية متساوية، بمعنى أن في نفس المدة الزمنية Δt المساحتين A_1 و A_2 متساويتين. أي $A_1 = A_2$

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

للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع : Talamid.ma

هذا الملف تم تحميله من موقع : Talamid.ma

ملاحظة:

- إذا كان المسار دائريا فإن المساحات المكسوحة و المسافات المقطوعة متقايسة خلال نفس المدة الزمنية، إذن يمكن أن نستنتج أن **سرعة الكوكب حول الشمس ثابتة.**

ج. القانون الثالث لكيبلر (قانون الأدوار المدارية):

نـــص الـــقـــانـــون

يتناسب مربع الدور المداري اطرادا مع مكعب نصف طول المحور الكبير للإهليلج بحيث: $T^2 = k.a^3$.

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

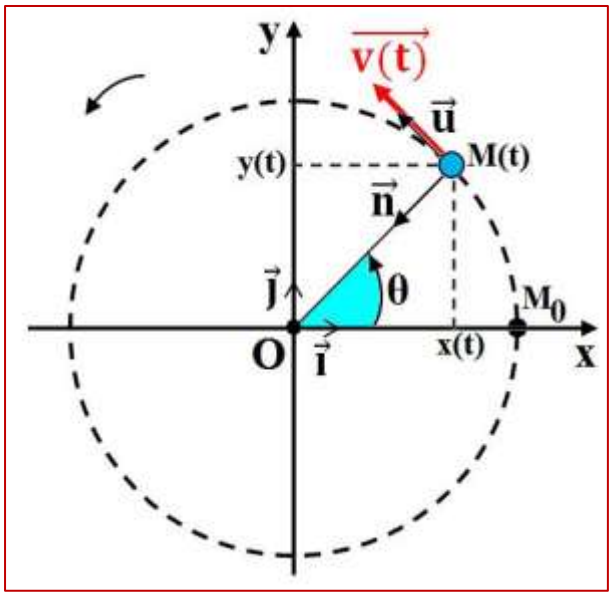
و k ثابتة لا تتعلق بالكوكب، بل تتعلق بالجسم الذي تتم حوله الحركة (الشمس).

ملاحظات:

- إذا كان المسار دائريا فإن القانون الثالث لكيبلر يكتب على الشكل التالي : $T^2 = k.r^3$ حيث r شعاع المسار الدائري بالمتر.
- تطبق قوانين كبيلر على الأقمار الطبيعية و الاصطناعية التي تدور حول كوكب ما، في هذه الحالة يشكل مركز الكوكب إحدى بؤرتي الإهليليج.

II. الحركة الدائرية المنتظمة.

سنقتصر في دراسة حركة الأقمار و الكواكب في حالة واحدة حيث يكون **المدار دائريا**، بمعنى أننا سنطبق القوانين الثلاث لكيبلر في الحالة الخاصة التي يكون فيها **المسار دائريا**، ومنه يمكن أن نستنتج أن حركة الجسم (كوكب – قمر طبيعي...) ستكون **حركة دائرية منتظمة**، وأن قانون الأدوار سيكتب كما يلي $T^2 = k.r^3$ بحيث r شعاع المدار الدائري.



1. خاصيات الحركة الدائرية المنتظمة:

أ. تعريف:

تعتبر حركة نقطة من جسم، **حركة دائرية منتظمة**، إذا كان "**مسارها دائريا**" و أن "**قيمة سرعتها اللحظية**" ثابتة.

ب. معلمة الموضع:

- نعلم النقطة M عند اللحظة t في معلم ديكارتي $R(O,\vec{i},\vec{j})$ بمتجهة الموضع: $\overrightarrow{OM} = x(t)\vec{i} + y(t)\vec{j}$
- نسمي الأفصول الزاوي الزاوية المحصورة بين $\overrightarrow{OM_0}$ و $\overrightarrow{OM(t)}$, ونرمز لها بالرمز θ ذات الوحدة (rad) ونكتب: $\theta = (\overrightarrow{OM_0}, \overrightarrow{OM(t)})$
- نسمي الأفصول المنحني القوس : $s = \overset{\frown}{M_0M}(t)$
- العلاقة التي تجمع الأفصول الزاوي θ بالأفصول المنحني s تكتب كما يلي: $s = r.\theta$ حيث r **شعاع المدار الدائري**.

ج. متجهة السرعة:

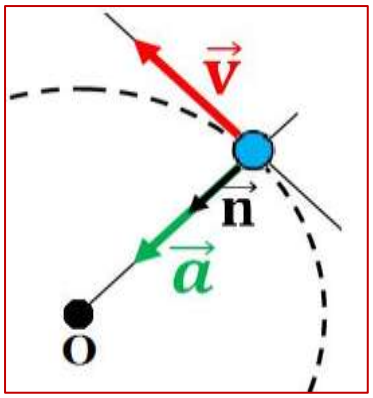
- نعرف السرعة الزاوية بأنها المشتقة الأولى للأفصول الزاوي بالنسبة للزمن، بحيث: $\omega = \frac{d\theta}{dt} = \dot{\theta} = cte$
- متجهة السرعة اللحظية مماسية للمسار الدائري حيث منحاها هو منحى الحركة، و تعرف بالعلاقة التالية:

$$\vec{v} = r.\omega\,\vec{u} \quad \text{ومنه:} \quad v = \frac{ds}{dt} = \frac{d(r.\theta)}{dt} = r.\frac{d\theta}{dt} = r.\omega$$

حيث θ بالراديان (rad) و ω بالراديان على الثانية (rad/s) و r بالمتر (m).

للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع : Talamid.ma

هذا الملف تم تحميله من موقع : Talamid.ma



د. متجهة التسارع:

- تكتب متجهة التسارع في أساس فريني كما يلي:

$\vec{a} = \vec{a_T} + \vec{a_n} = a_T.\vec{u} + a_n.\vec{n}$ وبما أن السرعة ثابتة v=cte فإن

$$a_n = \frac{dv}{dt} = 0$$

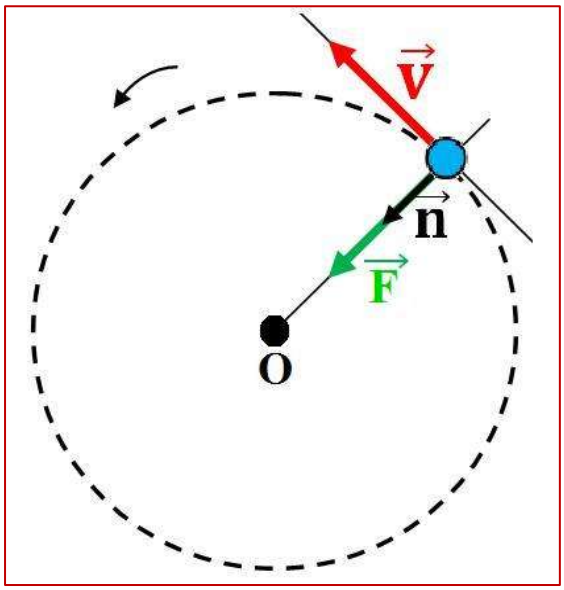
- أي أن $\vec{a} = \vec{a_n} = a_n.\vec{n} = \frac{v^2}{r}.\vec{n}$ و بتعويض v بتعبيرها r.ω

نجد أن: $\vec{a} = r.\omega^2\,\vec{n}$

- مما سبق نخلص إلى أن **متجهة التسارع مركزية إنجذابية**.

ه. دور الحركة:

الحركة الدائرية المنتظمة ظاهرة دورية و دورها يساوي مدة دورة واحدة بحيث: $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi.r}{v}$



2. شروط الحركة الدائرية المنتظمة:

حسب القانون الثاني لنيوتن، مجموع القوى المطبقة على جسم صلب كتلته m ومركز قصوره G في حركة دائرية منتظمة يحقق العلاقة التالية: $\sum \overrightarrow{F_{ext}} = m.\frac{v^2}{r}\vec{n}$.

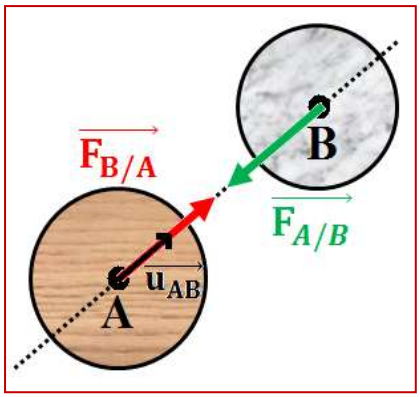
لكي تكون حركة مركز القصور G لجسم صلب كتلته m، دائرية منتظمة شعاعها r و سرعتها v يلزم أن تكون القوة $\vec{F}$ المكافئة لمجموع القوى المطبقة على هذا الجسم:

- **إنجذابية مركزية أي منحاها نحو مركز الدوران.**
- **شدتها تحقق العلاقة $F = m.\frac{v^2}{r}$ لا تتعلق إلا بالشعاع.**

III. دراسة الحركة المدارية للكواكب.

تتم هذه الدراسة في المرجع المركزي الشمسي باعتباره غاليليا، ويفترض ثابتا لنتحقق من كون حركة الكوكب حول الشمس دائرية منتظمة ولنحدد مميزات هذه الحركة.

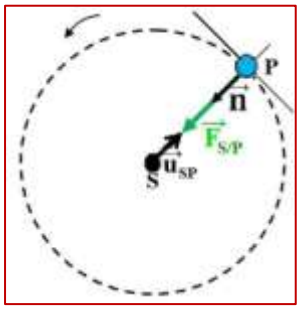
1. قانون نيوتن للتجاذب الكوني:



يحدث بين جسمين (A) و (B) لهما تماثل كروي كتلتاهما m_A و m_B، وتفصل بينهما المسافة AB = r، تجاذب كوني قوتاه $\overrightarrow{F_{A/B}}$ و $\overrightarrow{F_{B/A}}$ بحيث:

$$\overrightarrow{F_{A/B}} = -\overrightarrow{F_{B/A}} = -G.\frac{m_A.m_B}{r^2}.\overrightarrow{u_{AB}}$$

مع G ثابتة التجاذب الكوني (ثابتة كافيندش) قيمتها $G=6,67.10^{-11}$(SI).



2. دراسة حركة كوكب P بتطبيق القانون الثاني لنيوتن:

نعتبر كوكبا كتلته M_P و مركزه P الذي يتطابق مع مركز قصوره، في حركة حول الشمس ذات الكتلة M_S والمركز S.

يخضع الجسمان إلى تأثير بيني تجاذبي بحيث نطبق القانون الثاني على الكوكب فنجد:

للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع : Talamid.ma

هذا الملف تم تحميله من موقع : Talamid.ma

$\overrightarrow{F_{S/P}} = -G.\frac{M_P.M_S}{r^2}.\overrightarrow{u_{SP}} = M_P.\overrightarrow{a_P}$ ومنه فإن: $\overrightarrow{a_P} = -.\frac{M_S}{r^2}.\overrightarrow{u_{SP}}$

وبما أن: $\vec{n} = -\overrightarrow{u_{SP}}$ فإنه: $\overrightarrow{a_P} = G.\frac{M_S}{r^2}.\vec{n}$

إذن التسارع مركزي انجذابي أي أن القوة $\overrightarrow{F_{S/P}}$ **مركزية انجذابية** و بالتالي يتحقق الشرط الأول للحصول على حركة دائرية منتظمة. وبما أن التسارع مركزي انجذابي أي **منظمي** فإن: $\overrightarrow{a_P} = \overrightarrow{a_n} = G.\frac{M_S}{r^2}.\vec{n} = \frac{v^2}{r}.\vec{n}$

وهذا معناه أن شدة القوة $\overrightarrow{F_{S/P}}$ ثابتة تساوي: $F_{S/P} = M_P.\frac{v^2}{r}$ و بالتالي يتحقق الشرط الثاني للحصول على حركة دائرية منتظمة.

♦ **سرعتها هي:** $G.\frac{M_S}{r^2} = \frac{v^2}{r}$ إذن: $v = \sqrt{\frac{G.M_S}{r}}$

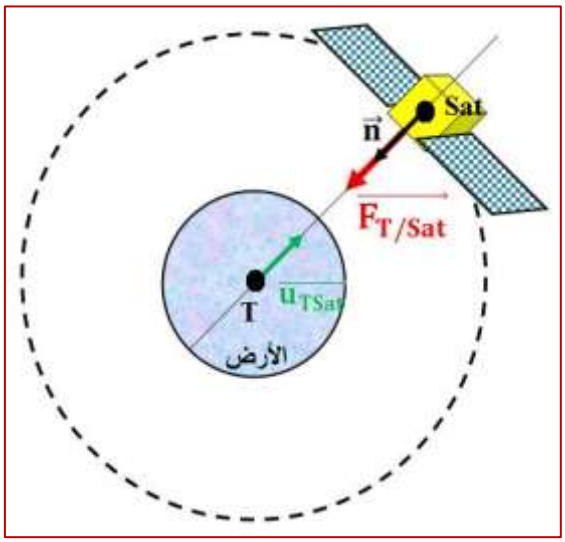
♦ **دورها هو:** $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi.r}{v}$ **نعوض** v **بتعبيرها فنجد:** $T = 2\pi.\sqrt{\frac{r^3}{G.M_S}}$

و لدينا: $T^2 = \frac{4\pi^2}{.M_S}.r^3$ **و نضع** $k = \frac{4\pi^2}{G.M_S}$ **ومنه نكتب:** $T^2=k.r^3$ **وهذا يترجم القانون الثالث لكيبلر.**

IV. الحركة المدارية للأقمار الاصطناعية للأرض.

1. مميزات الحركة المدارية للأقمار:

في هذه الدراسة نفترض أن مسار قمر اصطناعي حول الأرض دائري وندرس حركته في المرجع المركزي الأرضي.



أ. التسارع:

يخضع القمر الاصطناعي (Sat) لقوة التجاذب الكوني المطبقة عليه من طرف الأرض وتعبيرها: $\overrightarrow{F_{T/Sat}} = -G.\frac{m.M_T}{r^2}.\overrightarrow{u_{TSat}}$

بحيث $r=R+h$ مع R شعاع الأرض و h ارتفاع القمر عن سطح الأرض. وبتطبيق القانون الثاني لنيوتن في أساس فريني: $\overrightarrow{a} = G.\frac{M_T}{(R+h)^2}.\vec{n}$ إذن: $\overrightarrow{F_{T/Sat}}$ **انجذابية مركزية** و منظمها يحقق العلاقة: $F_{T/Sat} = m.\frac{v^2}{r}$ و منه **فحركة القمر الاصطناعي دائرية منتظمة**.

ب. السرعة:

مما سبق نجد أن **سرعة القمر الاصطناعي** هي: $G.\frac{.M_T}{(R+h)^2} = \frac{v^2}{(R+h)}$ إذن: $v = \sqrt{\frac{G.M_T}{(R+h)}}$

ج. الدور المداري:

الدور المداري لحركة القمر الاصطناعي هو: $T = \frac{2\pi.(R+h)}{v}$ **نعوض** v **بتعبيرها فنجد:** $T = 2\pi.\sqrt{\frac{(R+h)^3}{G.M_T}}$

للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع : Talamid.ma

هذا الملف تم تحميله من موقع : Talamid.ma

ملاحظات:

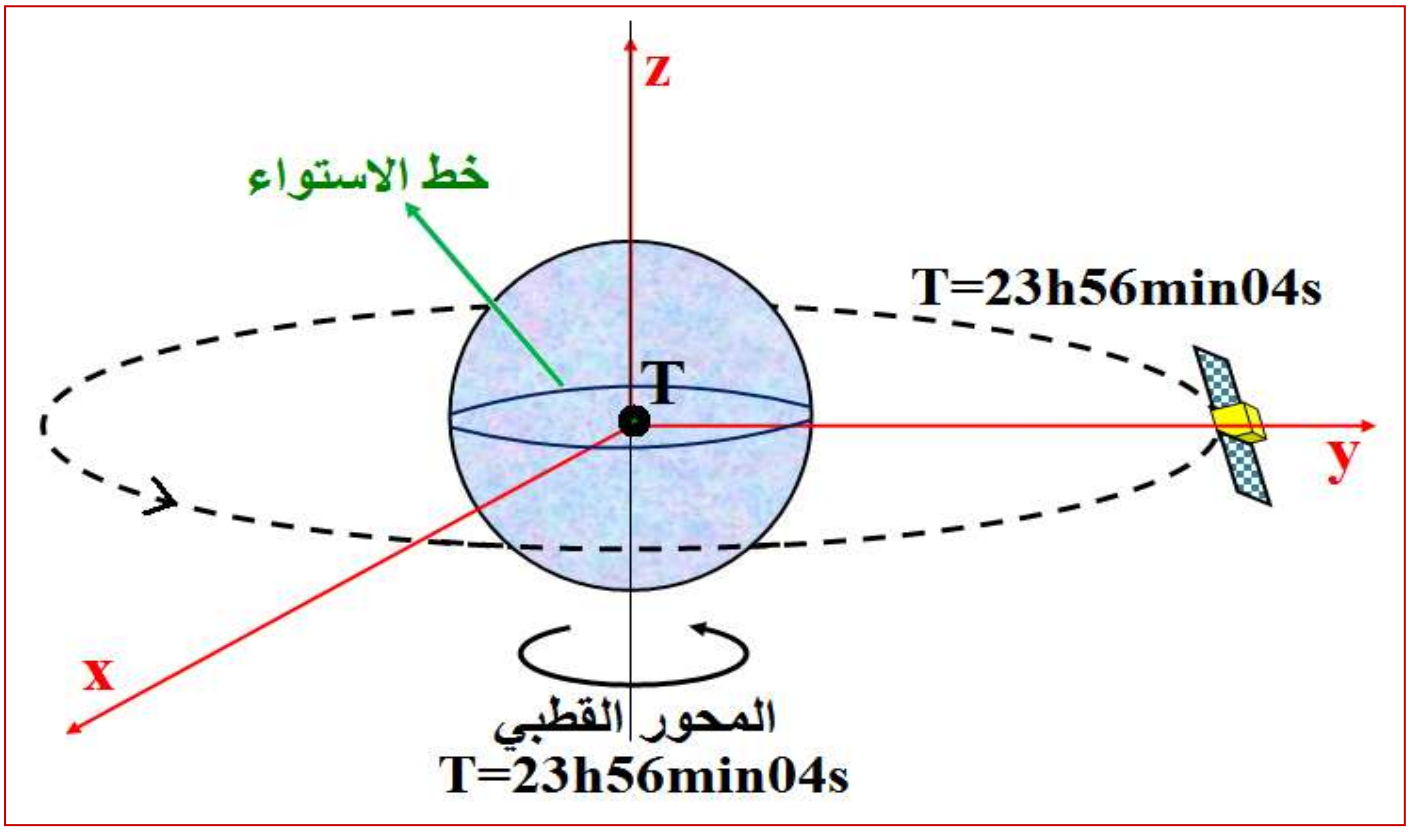
- ل تتعلق v و T بكتلة القمر الاصطناعي بل فقط بارتفاعه على سطح الأرض.
- **الاستقمار:** هو وضع قمرا اصطناعي حول الأرض، ويتم ذلك بـ: تحديد الارتفاع الذي سيكون عليه بالنسبة لسطح الأرض و كذلك بمنحه سرعة بدئية عمودية على متجهة الموضع وتحقق العلاقة : $\mathbf{v = \sqrt{\frac{G.M_T}{R+h}}}$

2. الأقمار الاصطناعية الساكنة بالنسبة للأرض:

أ. تعريف:

يكون قمرا اصطناعيا ساكنا بالنسبة للأرض، إذا بدا دوما غير متحرك (في حالة سكون) بالنسبة لملاحظ على سطح الأرض.

بمعنى أدق لقمر اصطناعي ساكن موضع قار بالنسبة لمعلم أرضي بحيث يبقى باستمرار على نفس الخط العمودي لنفس النقطة من سطح الأرض.



ب. شروط السكون:

لكي يظهر قمرا اصطناعيا ساكنا بالنسبة للأرض ينبغي أن يتحقق ما يلي:

- أن يوجد مداره الدائري في مستوى خط الاستواء للأرض.
- أن يدور في منحى دوران الأرض حو محورها القطبي.
- أن يساوي دوره المداري T دورة حركة الدوران الخاصة للأرض حول محورها القطبي و الذي يساوي بالتقريب: T=23h56min04s=84164s.

ملاحظة:

- تمكن قيمة T من تحديد الارتفاع h لهذا القمر الاصطناعي الساكن عن سطح الأرض بحيث نعلم أن:

$\mathbf{T = 2\pi.\sqrt{\frac{(R+h)^3}{G.M_T}}}$ أي أن: $\mathbf{h = (\frac{T^2.G.M_T}{4\pi^2})^{1/3} - R}$ فنجد : **h=36000km**

مع $M_T=6.10^{24}kg$ و $R=6378km$ و $G=6,67.10^{-11}(SI)$

للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع : Talamid.ma