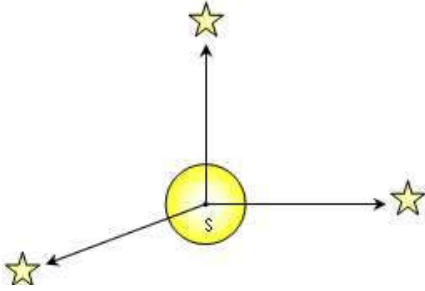


حركة الكواكب والأقمار الاصطناعية

1. القوانين الثلاثة لـ : " كيبلر " (Kepler) :

لدراسة حركة الكواكب في النظام الشمسي نعتبر المعلم $(S; \vec{i}; \vec{j}; \vec{k})$ المرتبط بالمرجع المركزي الشمسي

والذي نعتبره غاليليا بحيث أصله S مركز الشمس ومحاوره الثلاثة موجهة نحو ثلاثة نجوم بعيدة ثابتة .



القانون الأول (1609)

مسار مركز قصور كوكب ، في المرجع المركزي الشمسي ، عبارة عن إهليلج يعتبر مركز الشمس إحدى بؤرتيه .

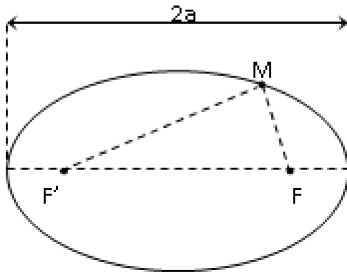
❖ تذكر رياضي:

الإهليلج في مستوى هو مجموعة النقط M التي تحقق المعادلة : $FM + F'M = 2a$

F و F' نقطتان ثابتتان تسميان بؤرتي الإهليلج .

$2a$: طول المحور الكبير للإهليلج .

a : نصف طول المحور الكبير .



حالة خاصة:

إذا كانت البؤرتان منطبقتين فإن المعادلة تصبح : $FM = a$ وبالتالي فإن الإهليلج في هذه الحالة عبارة عن دائرة شعاعها a .

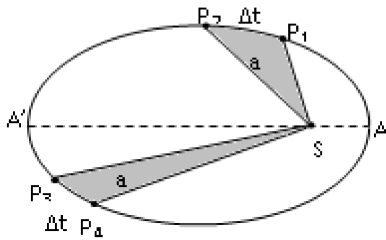
القانون الثاني (1609)

نعتبر كوكبا مركزه P له مسار إهليلجي حول مركز الشمس S .

تتناسب المساحة a المكسوحة من طرف القطعة $[S, P]$ خلال حركة الكوكب اطرادا مع الزمن t

$$\frac{\Delta a}{\Delta t} = C$$

C : ثابتة التناسب وتتناسب بالكوكب.



القانون الثالث (1619)

نسمي الدور المداري لكوكب، المدة الزمنية T التي ينجز خلالها الكوكب دورة واحدة. يتناسب مربع الدور المداري T اطرادا مع مكعب

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

نصف المحور الكبير للإهليلج :

K_S : ثابتة لها نفس القيمة بالنسبة لجميع كواكب النظام الشمسي وتتناسب فقط بالنجم (الشمس) . $K_S = 2,97.10^{-19} s^2.m^{-3}$

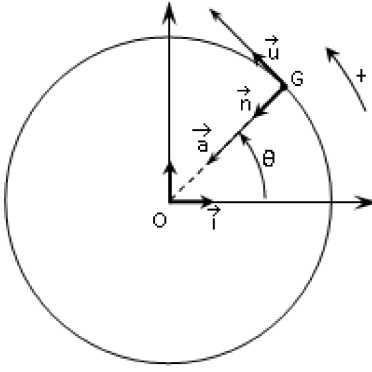
2. الحركة الدائرية المنتظمة : Le mouvement circulaire uniforme

نعتبر جسما صلبا مركز قصوره G . تكون حركة G دائرية منتظمة إذا كان مسارها بالنسبة لمرجع معين عبارة دائرة شعاعها r ومركزها

O وسرعتها ثابتة $v = Cte$. لدراسة الحركة نعتبر معلما متعامدا منظمًا $(O; \vec{i}; \vec{j})$ في مستوى المسار الدائري .

نمعلم موضع النقطة G في كل لحظة t بالأفصول الزاوي الموجه في منحنى الحركة : $\theta = (\vec{i}, \vec{OG})$.

❖ خصائص الحركة الدائرية المنتظمة :



- السرعة الزاوية ثابتة : $\omega = \dot{\theta} = \frac{d\theta}{dt} = \frac{v}{r} = Cte$ وحدتها : $rad.s^{-1}$

- متجهة السرعة في معلم فريني : $\vec{v} = r \omega \vec{u}$

- متجهة التسارع في معلم فريني : $\vec{a} = \frac{dv}{dt} \vec{u} + \frac{v^2}{r} \vec{n}$

وبما أن السرعة الخطية ثابتة $v = Cte$ فإن:

$\frac{dv}{dt} = 0$ وبالتالي : $\vec{a} = \frac{v^2}{r} \vec{n} = r \omega^2 \vec{n}$. متجهة التسارع انجذابية مركزية .

❖ شرط الحصول على حركة دائرية منتظمة :

نعتبر جسما صلبا كتلته m وحركة مركز قصوره G دائرية منتظمة شعاع مساره r . لتكن $\vec{F} = \sum \vec{F}_{ext}$ مجموع متجهات القوى التي

يخضع لها الجسم . نطبق القانون الثاني لنيوتن على الجسم : $\vec{F} = m \vec{a}$ ولدينا : $\vec{a} = \frac{v^2}{r} \vec{n}$ إذا : $\vec{F} = \frac{m v^2}{r} \vec{n}$.

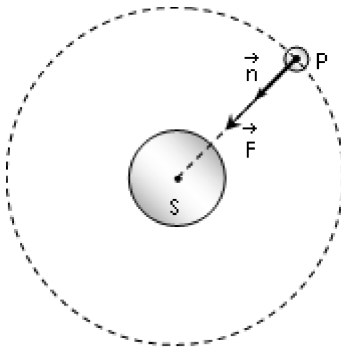
لكي تكون حركة مركز قصور الجسم دائرية منتظمة ، ينبغي أن يتحقق الشرطان التاليان :

- أن مجموع متجهات القوى انجذابيا مركزيا .

- أن يكون منظم مجموع متجهات القوى ثابتا ويحقق العلاقة التالية : $F = \frac{m v^2}{r}$

3. الحركة المدارية للكواكب والأقمار : Le mouvement orbitale des planètes et satellites

الحركة المدارية للكواكب :



رغم أن المسار الدائري لمركز قصور كوكب ممكن نظريا فإن أيًا من الكواكب في النظام الشمسي ليست

لديه مسار دائري. لكن بعض الكواكب يمكن تقريب مسارها الإهليلجي بمسار دائري . فيما يلي نعتبر

كوكبا مركزه P له حركة دائرية منتظمة حول مركز الشمس S .

في المعلم المركزي الشمسي ، الذي نعتبره غاليليا ، يخضع الكوكب لقوة التجاذب الكوني :

$$\vec{F} = -G \frac{m m_s}{r^2} \vec{u}_{SP}$$

ولدينا : $\vec{u}_{SP} = -\vec{n}$ أي : $\vec{F} = G \frac{m m_s}{r^2} \vec{n}$. إذن : $\vec{F}$ انجذابية مركزية .

نطبق القانون الثاني لنيوتن على الكوكب : $\vec{F} = m \vec{a}$ ولدينا : $\vec{a} = \frac{v^2}{r} \vec{n}$

ومنه : $v^2 = \frac{G m_s}{r}$ أي : $m \frac{v^2}{r} \vec{n} = G \frac{m m_s}{r^2} \vec{n}$

وبالتالي فإن سرعة الكوكب حول الشمس تكتب على الشكل :

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

شعاع المدار : r كتلة الشمس m_s و : $G = 6,67.10^{-11} N.m^2.kg^{-2}$ ثابتة التجاذب الكوني :

G : ثابتة التجاذب الكوني ($G = 6,67.10^{-11} N.m^2.kg^{-2}$) ، m_s : كتلة الشمس و r : شعاع المدار .

❖ الدور المداري للكوكب :

هو المدة الزمنية اللازمة لينجز الكوكب دورة كاملة حول الشمس : $T = \frac{L}{v}$ بحيث : L : محيط المدار

لدينا : $T = \frac{2\pi r}{v}$ أي : $T^2 = \frac{4\pi^2 r^2}{v^2} = \frac{4\pi^2 r^3}{G m_S}$ ومنه : $T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{G m_S}}$ لدينا : $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G m_S}$. نستنتج أن النسبة : $\frac{T^2}{r^3}$ ثابتة ولا تتعلق إلا بكتلة الشمس. وهي نتيجة مطابقة للقانون الثالث لكيبلر .

لدينا : $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G m_S}$. نستنتج أن النسبة : $\frac{T^2}{r^3}$ ثابتة ولا تتعلق إلا بكتلة الشمس. وهي نتيجة مطابقة للقانون الثالث لكيبلر .

الحركة المدارية للأقمار :

نسمي قمرا كل جسم له حركة مدارية حول كوكب ، منها الأقمار الطبيعية والأقمار الاصطناعية .

ندرس حركة قمر أرضي بالنسبة للمعلم المركزي الأرضي والذي نعتبره غاليليا .

❖ السرعة والدور المداري للقمر :

نعتبر قمرا حول الأرض مركزه S وكتلته m في حركة دائرية منتظمة بسرعة v وشعاع مداري r .

شرطا الحصول على حركة دائرية منتظمة للقمر :

- قوة التجاذب الكوني التي تسلمها الأرض على القمر $\vec{F}_{T/S}$ انجاذبية مركزية .

- بدراسة مماثلة للدراسة السابقة : القمر عن سطح الأرض عارثا : h . $r = r_T + h$ بحيث $v = \sqrt{\frac{G m_T}{r}}$ الدور المداري للقمر : T

عن h تتعلق بكتلته بل بارتفاعه والدور المداري للقمر لا v نستنتج أن السرعة . $T = 2\pi \sqrt{\frac{(r_T + h)^3}{G m_T}}$ أي $T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{G m_T}}$

La satellisation : لإستقمار . سطح الأرض الاستقمار هو عملية وضع القمر الاصطناعي في مداره بسرعة كافية لتكون حركته دائرية منتظمة حول الأرض . وتتم العملية في مرحلتين :

الدور المداري للقمر : تتعلق بكتلته والدور المداري للقمر لا v نستنتج أن السرعة . $T = 2\pi \sqrt{\frac{(r_T + h)^3}{G m_T}}$ أي $T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{G m_T}}$

La satellisation : لإستقمار . عن سطح الأرض h بل بارتفاعه الاستقمار هو عملية وضع القمر الاصطناعي في مداره بسرعة كافية لتكون حركته دائرية منتظمة حول الأرض . وتتم العملية في مرحلتين :

الإستقمار : La satellisation

الاستقمار هو عملية وضع القمر الاصطناعي في مداره بسرعة كافية لتكون حركته دائرية منتظمة حول الأرض . وتتم العملية في مرحلتين :

- حمل القمر الاصطناعي بعيدا عن سطح الأرض ($h > 200 \text{ km}$) حيث يندم تقريبا الغلاف الجوي لتفادي الاحتكاك المائع .

- إطلاق القمر بسرعة $\vec{v}_0$ عمودية على الشعاع TS بحيث تكون قيمتها : $v_0 = \sqrt{\frac{G m_T}{r_T + h}}$ حالة خاصة : الأقمار الساكنة بالنسبة

للأرض : Les satellites géostationnaires

حالة خاصة : الأقمار الساكنة بالنسبة للأرض : Les satellites géostationnaires

يكون قمر اصطناعي ساكنا بالنسبة للأرض إذا كان غير متحرك بالنسبة لملاحظ على سطح الأرض (أقمار الاتصالات) . وللحصول على قمر

اصطناعي ساكن بالنسبة للأرض ينبغي أن تكون حركته الدائرية مطابقة لحركة الدوران للأرض في المعلم المركزي الأرضي . وبالتالي ينبغي

أن يكون مداره فوق خط الاستواء ويكون دوره المداري مساويا ليوم واحد : $T = 24 \text{ h}$

ولدينا : $h = 36.10^3 \text{ km}$ أي حوالي $h = \left(\left(\frac{T^2 G m_T}{4\pi^2} \right)^{1/3} - r_T \right)$ أي $T = 2\pi \sqrt{\frac{(r + h)^3}{G m_T}}$