حركة الكواكب و قوانين " كيبلر"

قام كيبلر بملاحظة معظم كواكب المجموعة الشمسية، مستفيدا ممن سبقوه كوبرنيك و غاليلي ثم استخرج القوانين الثلاثة المشهورة باسمه.

تذكير حول الحركة الدائرية المنتظمة

يكون للمتحرك حركة دائرية منتظمة إذا كان مسارها دائريا و قيمة شعاع سرعتها ثابتة.

أو نقول اذا كان المتحرك ذو سرعة ابتدائية غير معدومة و كانت خاضعة لقوة مركزية عمودية على شعاع السرعة.

خصائصها:

مسارها دائري، و تسارعها ناظمي حيث:

$$\vec{a} = \frac{dv}{dt}.\vec{t} + \frac{v^2}{r}.\vec{n}$$

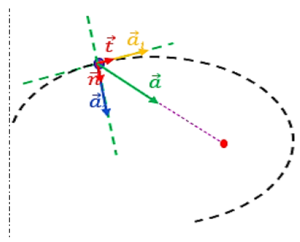
إذا كانت الحركة دائرية منتظمة، فإن:

و منه تصبح علاقة التسارع كالآتي:

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

الدور هو الزمن اللازم لانجاز دورة واحدة كاملة (المسافة 2π) يعطى بالعلاقة

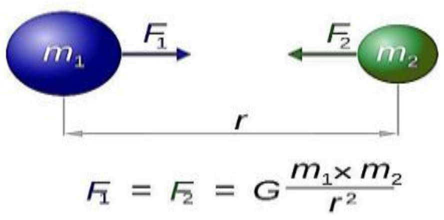
$T = \frac{2\pi r}{v}$ وحدته الثانية (S) .



تذكير بقانون الجذب العام

يوجد تأثير تجاذبي بين جسمين كتلتيهماm_1وm_2 و يفصل بين مركزيهما مسافةdنعرفه بالعلاقة :

$F_{1/2} = F_{2/1} = G\frac{m_1 m_2}{d^2}$ حيث : $G = 6.67 \times 10^{-11}$ SI



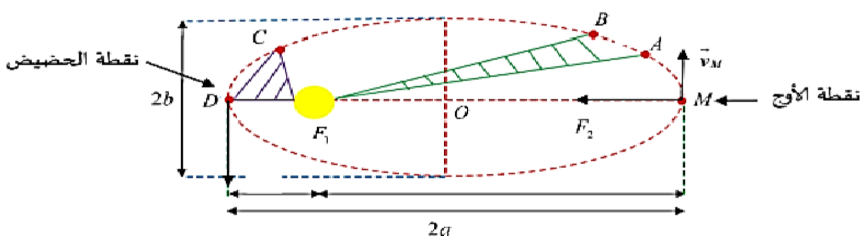
خصائص معلم فريني:

- هو معلم متحرك مبدأه هو مركز عطالة الجسم.
- شعاع وحدته$\vec{t}$محمول على مماس المسار و موجه مع جهة الحركة.
- شعاع الوحدة الناظمي$\vec{n}$يعامد شعاع الوحدة$\vec{t}$ و هو موجه نحو مركز الدائرة.

1 ـ قانون كيبلر الأول (قانون المدارات):

نص القانون: " يدور الكوكب حول الشمس على مسار بشكل قطع ناقص حيث مركز الشمس يمثل إحدى بؤرتيه"

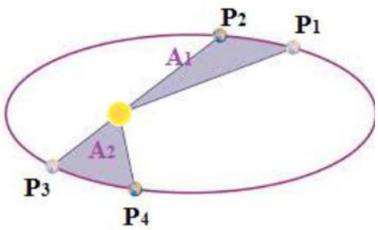
بطريقة أخرى: "تتحرك الكواكب حول الشمس في مدارات قطع ناقص بحيث تقع الشمس في إحدى بؤرتي المدار"



2 ـقانون كيبلر الثاني (قانون المساحات):

نص القانون:"إن نصف القطر الذي يربط بين مركز الشمس S ومركز الكوكب P يقطع مساحات متساوية خلال فترات زمنية متساوية".

ملاحظة: كلما اقترب الكوكب من الشمس كلما ازدادت سرعته و العكس.



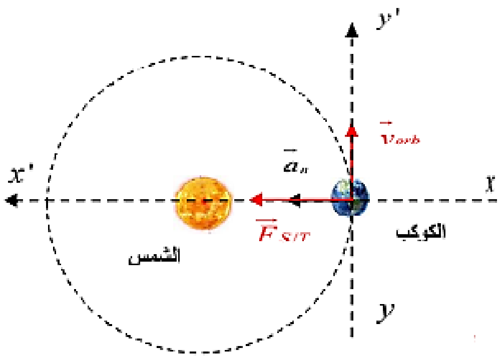
3 ـقانون كيبلر الثالث (قانون الدوران):

نص القانون:" إن مربع دورT الكوكب الذي يدور حول الشمس يتناسب مع مكعب نصف القطر الأكبر للقطع الناقص ".

دراسة حركة كوكب يدور حول الشمس:

نقوم بدراسة حركة الكوكب في معلم فريني كما في الشكل أدناه. نعتبر حركة هذا الكوكب دائرية منتظمة بحيث يخضع الى قوة جاذبية مركزية و هي قوة تأثير الشمس(S) على الكوكب(P) و نعتبر

$G = 6.67 \times 10^{-11} SI$ ثابت الجذب العام وr البعد المتوسط بين كوكب الشمس و الأرض.



عبارة السرعة المدارية:

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن : $\sum \vec{F}_{ext} = M_T . \vec{a}_T$

$$G \frac{M_S . M_T}{r^2} . \vec{n} = M_T . \vec{a}_T$$

$$\vec{a}_T = -G \frac{M_S}{r^2} . \vec{n} \ldots (1)$$

بما أن القوة $\vec{F}_{S/T}$ ناظمية. وتسارع الأرض $a_T = a_n$ ناظمي معناه أن $a_t = 0$. أي $v = C^{ste}$ إذن حركة الأرض (T) منتظمة.

تسارعها ناظمي: $\vec{a}_T = \frac{v^2}{r} . \vec{n} \ldots (2)$

من العلاقتين (1) و(2)، نكتب : $G \frac{M_S}{r^2} . \vec{n} = \frac{v^2}{r} . \vec{n}$

إذن : $v = \sqrt{G \frac{M_S}{r}}$

حيث M_S كتلة الشمس تقدر ب Kg و r البعد المتوسط بين الشمس و الأرض ب m .

عبارة الدور : بتعويض عبارة السرعة المدارية في عبارة الدور نجد : $T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{G . M_S}}$

من هذه العلاقة نستخرج القانون الثالث لكبلر

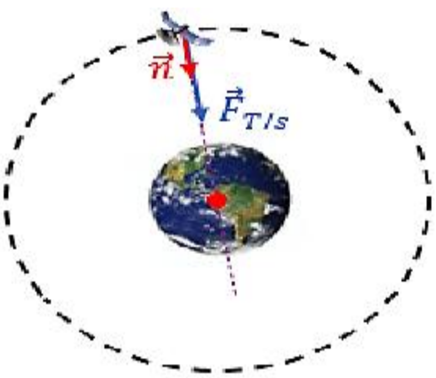
ومنه : $T^2 = 4\pi^2 \frac{r^3}{G . m_S}$ و $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G . m_S} = K$ بحيث وحدة K هي : $s^2 . m^{-3}$ أو $kg . N^{-1} . m^{-2}$

ملاحظة: إن كتلة الكواكب والأقمار الاصطناعية لا تؤثر على السرعة المدارية والدور و أيضا دور الحركة متعلق فقط بكتلة الجسم المركزي.

دراسة حركة قمر اصطناعي حول الأرض:

نقوم بدراسة حركة قمر صناعي في معلم فريني كما في الشكل ادناه.

نعتبر حركة هذا القمر الصناعي منتظمة بحيث يخضع إلى قوة جاذبية مركزية و هي قوة تأثير الأرض على القمر الصناعي ذو كتلة و نعتبر $G = 6.67 \times 10^{-11} SI$ ثابت الجذب العام وr هو البعد بين مركز عطالة الأرض و مركز عطالة القمر $r = R_T + h$



عبارة السرعة المدارية:

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على القمر نكتب:

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

أي:

$$G\frac{m.M_T}{r^2}.\vec{n} = m.\vec{a}_s$$

وعليه:

$$\vec{a}_s = G\frac{M_T}{r^2}.\vec{n} \dots (1)$$

بما أن القوة $\vec{F}_{T/S}$ ناظمية، وتسارع القمر $a_S = a_n$ ناظمي معناه أن $a_t = 0$، أي $v = C^{ste}$ إذن حركة القمر (S) منتظمة، تسارعها:

$$\vec{a}_S = \frac{v^2}{r}.\vec{n} \dots (2)$$

من العلاقتين (1) و(2)، نكتب:

$$G\frac{M_T}{r^2}.\vec{n} = \frac{v^2}{r}.\vec{n}$$

وعليه:

$$v = \sqrt{G\frac{M_T}{R_T+h}}$$

اذن دور حركته حول الأرض:

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