

حركة الكواكب والأقمار الصناعية

I. الحركة الدائرية المنتظمة

تعبر حركة نقطة دائيرية ومنتظمة إذا كان:

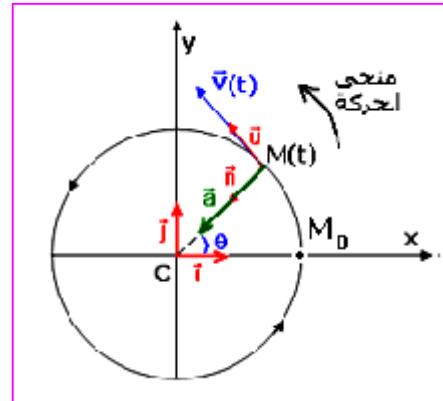
▪ مسارها دائريا،

▪ وقيمة سرعتها اللحظية ثابتة.

تعريف

• المعلمة

يمكن معلمة نقطة في حركة دائيرية بثلاث طرق:



$\vec{CM} = x\vec{i} + y\vec{j}$ بحيث: (x, y)

الإحداثيات
الديكارتية

$s = \widehat{M_0 M}$ القوس:

الأصول المثلثي

الزاوية:

$\theta = (\vec{CM}_0, \vec{CM})$

الأصول الزاوي

$$\begin{cases} x = r \cos \theta \\ y = r \sin \theta \\ s = r \text{ rad} \end{cases}$$

العلاقات التي تربط بينها هي:

• السرعة

$v = \frac{ds}{dt}$	السرعة الخطية
$\omega = \frac{d\theta}{dt}$	السرعة الزاوية
$v = r\omega$	العلاقة بينهما

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

تعبر متوجة السرعة اللحظية في معلم فريني هو: وهي ليست ثابتة لأن اتجاهها يتغير.

• التسارع

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

تعبر متوجة التسارع في معلم فريني هو:

في حركة دائيرية ومنتظمة شعاعها r وسرعتها v متوجة التسارع اندماجية مرکزية في كل لحظة، و

$$\text{قيمتها: } a = \frac{v^2}{r} \cdot a$$

خاصية

• الدور

الحركة الدائرية و المنتظمة ظاهرة دورية و دورها يساوي مدة دورة واحدة، و تعبيره هو:

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

خاصية

هذا الملف تم تحميله من موقع Talamid.ma

• مجموع القوى

حسب القانون الثاني لنيوتن مجموع متجهات القوى المطبقة على جسم صلب، كتلته m و مركز قصوره G في حركة دائرية و منتظمة، يحقق العلاقة التالية:

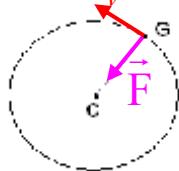
$$\sum \vec{F} = m \frac{\vec{v}^2}{r}$$

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

• منتظمة (أي اتجاهها هو حامل الشعاع CG ،

• انجدابية مرکزية (أي متجهة نحو المركز C ،

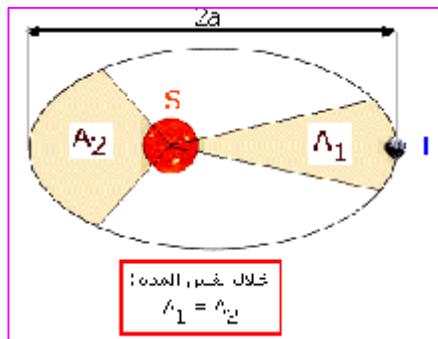
• شدتها: $F = m \frac{v^2}{r}$ لا تتعلق إلا بالشعاع (m و v ثابتان).



II. حركة الكواكب حول الشمس

• قوانين كيلر (Kepler)

بدراسة مواضع الكواكب حول الشمس وبعد ملاحظات وحسابات طويلة توصل عالم الفلك و الرياضيات الألماني كيلر للقوانين الثلاثة التالية:



في المرجع المركزي الشمسي مسار مركز قصور كوكب إهليج يشكل مركز الشمس أحدى بؤرتين.

تکسح القطعة الرابطة بين مركز الشمس و مركز كوكب مساحات متناسبة خلال مدد متساوية. (الشكل جانبيه)

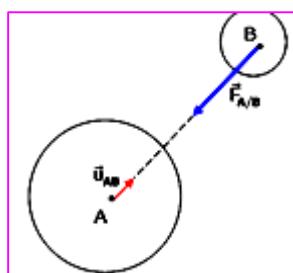
يتناصف مربع الدور المداري للكوكب مع مکعب نصف طول المحور الكبير لمداره الإهليجي:

$$T^2 = ka^3$$

القانون الأول

القانون الثاني

القانون الثالث



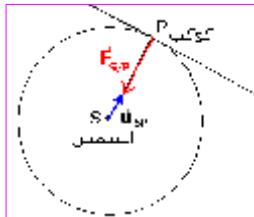
قوة التجاذب بين جسمين تتناسب اطرادا مع جذاء كتلتيهما و عكسيا مع مربع المسافة الفاصلة بين مركزيهما:

$$\vec{F}_{A/B} = -G \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{AB^2} \cdot \vec{u}_{AB}$$

$G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ S.I. ثابتة تسمى ثابتة التجاذب الكوني و قيمتها:

• مميزات حركة كوكب حول الشمس

في هذه الدراسة نفترض أن مسار كوكب حول الشمس دائري و ندرس حركته في المرجع المركزي الشمسي.



أ- التسارع:

يخضع كوكب لقوة التجاذب الكوني المطبقة عليه من طرف الشمس و تعبيرها:

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

في معلم فريني : كتلة الكوكب m و كتلة الشمس M_S

و بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على الكوكب نستنتج تسارعه:

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

متوجهة التسارع مرکزية انجدابية ما يعني أن حركة الكوكب دائرية منتظمة في المعلم المركزي الشمسي.

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M_s}{r}} \quad \leftarrow \quad a = \frac{v^2}{r}$$

بـ السرعة:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{G \cdot M_s}} \quad \leftarrow \quad T = \frac{2\pi r}{v}$$

$$T^2 = k \cdot r^3 \quad \leftarrow \quad T^2 = 4\pi^2 \frac{r^3}{G \cdot M_s}$$

تـ الدور المداري:

ملحوظة 

و بذلك يتحقق القانون الثالث لكبلر.

III. حركة الأقمار الاصطناعية حول الأرض

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

• مميزات الحركة

يخضع القمر لقوة التجاذب الكوني المطبقة عليه من طرف الأرض و تعبيرها: \vec{F}_{TS}

في معلم فريني: $\vec{F} = G \frac{m \cdot M_T}{r^2} \cdot \vec{n}$

m كتلة القمر و M_T كتلة الأرض.

و بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على القمر نستنتج تسارعه:

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

حركة القمر دائريّة منتظمة في المعلم المركزي الأرضي.

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

$$\leftarrow \quad r = R + h$$

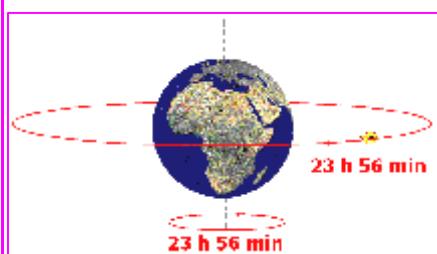
التسارع

السرعة

حيث R شعاع الأرض و h ارتفاع القمر عن سطح الأرض.

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

الدور



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

تعريف

- ✓ ينبغي أن يقع مداره في مستوى خط الاستواء،
- ✓ أن يدور في نفس منحى دوران الأرض حول محورها القطبي،
- ✓ أن يكون دوره المداري مساوياً لدور حركة الدوران للأرض حول محورها القطبي و الذي يساوي:

$$T = 23 \text{ h } 56 \text{ min } 4 \text{ s} = 86\,164 \text{ s}$$

شروط السكون

$$h = \left(\frac{T^2 \cdot G \cdot M_T}{4\pi^2} \right)^{\frac{1}{3}} - R$$

$$h \approx 36\,000 \text{ km}$$

الارتفاع