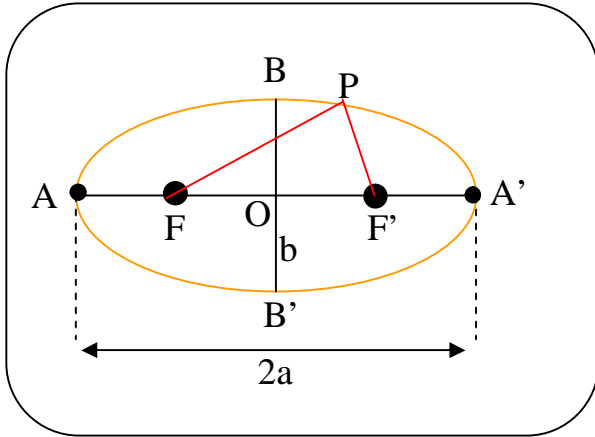




حركة الكواكب والأقمار الاصطناعية

I. قوانين كيبلر (loi de Kepler)



تذكير رياضي

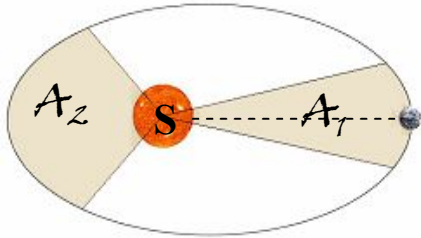
الاهليج هو منحنى مغلق ذو شكل بيضوي له
محرقين F و F'.
(AA'=2a) (المحور الكبير) و (BB'=2b) (المحور الصغير)
كل نقطة P من الاهليج تحقق العلاقة
 $PF+PF'=2a$:

1.1. القانون الأول: قانون المسارات

إن الكواكب تتحرك حول الشمس وفق مدارات اهليلجية (قطوع ناقصة) حيث الشمس تمثل إحدى محرقها
• الدائرة هي حالة خاصة من الاهليج حيث ينطبق المحرقين في نقطة واحدة هي مركز الدائرة.

2.1. القانون الثاني: قانون المساحات

إن المستقيم الرابط بين مركز الشمس و مركز الكوكب (SP) يمسح مساحات متساوية خلال مجالات زمنية متساوية.



• سرعة الكوكب تكون أكبر كلما كان أقرب من الشمس.

3.1. القانون الثالث: قانون الأدوار

إن مربع الدور مدار كوكب يتناسب مع مكعب نصف طول المحور الكبير.

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

- تأخذ K نفس القيمة من أجل كل كواكب المجموعة الشمسية.
- من أجل مسار دائري لكوكب ، القانون الثالث يكتب : $\frac{T^2}{r^3} = K$ حيث r : نصف قطر الدائرة.
- قوانين كيبلر تطبق على كذلك على الأقمار الطبيعية والاصطناعية.

planète	T (10 ⁷ s)	a (10 ⁸ km)	$\frac{T^2}{a^3}$ (s ² · m ⁻³)
Vénus	1,94	1,08	$2,99 \times 10^{-19}$
Terre	3,16	1,50	$2,96 \times 10^{-19}$
Mars	5,94	2,28	$2,98 \times 10^{-19}$
Jupiter	37,4	7,78	$2,98 \times 10^{-19}$

II. خواص الحركة الدائرية المنتظمة

1.2 تعريف :

متحرك له حركة دائرية منتظمة إذا كان مساره دائري و سرعتها اللحظية ثابتة الشدة ومتغيرة الجهة في كل لحظة ..

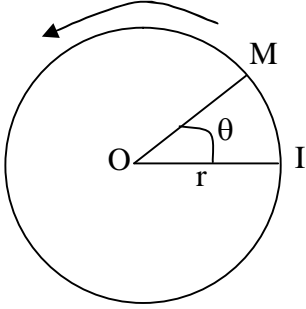
2.2 خصائص شعاع السرعة

- المنحنى : مماس للمسار الدائري
- الجهة : اتجاه الحركة

■ الشدة : ثابتة و تعطى بالعلاقة : $v = \frac{ds}{dt}$ حيث S تمثل الفاصلة المنحنية $s = IM = r\theta$ وتقاس بالمتري

ملاحظة :

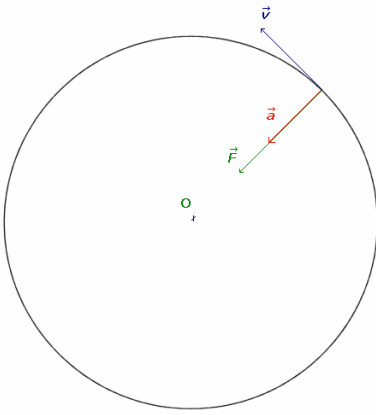
- شعاع السرعة ليس ثابتا : منحناها متغير مع الزمن .
- بما أن $s = r\theta$ فإن $v = r \frac{d\theta}{dt} = r \omega$ مع ω السرعة الزاوية وتعطى بـ Rad.s^{-1} .



3.2 خصائص شعاع السرعة

يمكن أن نبرهن أنه في حالة الحركة الدائرية المنتظمة شعاع التسارع له الخصائص التالية :

- المنحنى : ناظمي على المسار ويكون وفق نصف قطر الدائرة
- الاتجاه : يتجه نحو مركز الدائرة (جاذب نحو المركز)
- الشدة : $a_n = \frac{v^2}{r}$



في الحركة الدائرية المنتظمة يكون شعاع التسارع مركزي

$$a_n = \frac{v^2}{r} \text{ وقطري قيمته}$$

4.2 دور الحركة الدائرية المنتظمة :

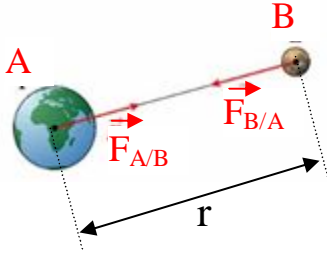
الدور : هو المدة الزمنية اللازمة لانجاز دورة واحدة و نرمز له بـ (T) ووحدته الثانية (s) .
خلال دور يقطع المتحرك مسافة قدرها $2\pi r$ إذن :

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

الأستاذ : بطاهر
محمّد *مغنية*

III. تطبيقات قوانين نيوتن .

1.3. قانون الجذب العام :



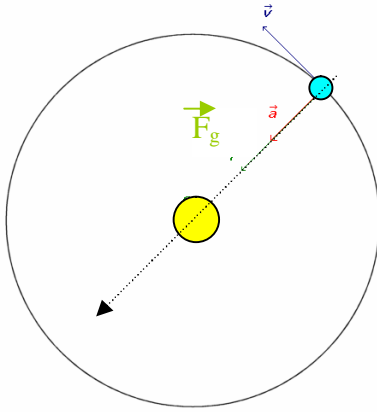
يتجاذب جسمان A و B بقوة تتناسب طرديا مع كتليهما (m_A) و (m_B) و عكسيا مع مربع البعد بين مركزي عطالتهما (r^2) :

$$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A} = G \frac{m_A m_B}{r^2} \quad \text{و} \quad \vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$$

(ثابت الجذب العام) $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{Kg}^{-1}$

2.3. دراسة حركة كوكب حول الشمس .

ندرس كوكب كتلته m ومركزه P في حركة حول الشمس كتلتها M_s مركزها S .
مرجع الدراسة : مرجع هليومركزي الذي نعتبره غاليليا .
نعتبر أن حركة الكوكب حول الشمس دائرية منتظمة .
إن القوة الوحيدة التي تؤثر هي قوة الجاذبية المطبقة من الشمس على الكوكب



$$F_g = G \frac{M_s m}{r^2}$$

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن و بأخذ محور موجه نحو مركز الدارة نجد :

$$\Sigma \vec{F}_{ext} = m \vec{a}_G$$

$$G \frac{M_s m}{r^2} = m a_G$$

$$G \frac{M_s m}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$$

ومنه السرعة المدارية للكوكب هي : $v = \sqrt{G \frac{M_s}{r}}$

دور الحركة الدائرية هو : $T = \frac{2\pi r}{v}$ إذن : $T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM_s}}$

نستنتج أن :

$$T^2 = 4\pi^2 \cdot \frac{r^3}{GM_s}$$

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM_s}$$

$$\frac{T^2}{r^3} = \text{constante}$$

الأستاذ : بطاهر
محمّد *مغنية*

يمكن الوصول إلى القانون الثالث لكيبلر
الثابت لا يتعلق بكتلة الكوكب .

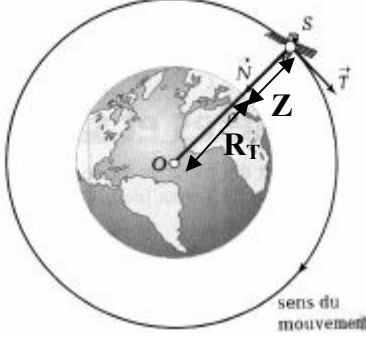
3.3. دراسة حركة قمر حول الأرض :

ندرس الحركة الدائرية المنتظمة لقمر حول الأرض ، لهذا :

المرجع : المرجع الجيومركزي

بنفس الدراسة السابقة لحركة كوكب حول الشمس يمكن الوصول إلى النتائج التالية :

■ السرعة المدارية للقمر :



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

$$v = \sqrt{G \frac{m_T}{(R_T + Z)}}$$

R_T يمثل نصف قطر الأرض و Z يمثل ارتفاع القمر عن سطح الأرض .

■ الدور :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{r}{Gm_T}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{Gm_T}}$$

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

السرعة المدارية و الدور لا يتعلقان بكتلة القمر بل بارتفاعه.

IV. الأقمار الاصطناعية الجيومستقر

القمر الجيومستقر يتصف بالخصائص التالية في مرجع جيومركزي :

- يرسم دائرة في مستوى عمودي على محور الأقطاب (مستوى الاستواء) .
- أن يكون اتجاه حركة دوران القمر هو نفسه اتجاه دوران الأرض حول نفسها .
- أن يكون دور القمر الاصطناعي مساويا لدور حركة الأرض حول نفسها ($T=23h56mn=86160s$) .

■ لكي يتحقق الشرط الأخير يجب أن يتواجد القمر على ارتفاع $Z=3.58.10^4 Km \approx 36000 Km$

