

# الفصل الثاني : الميكانيكا السماوية

## 1-2 قانون الجاذبية وقوانين كبلر

أهداف الدرس :

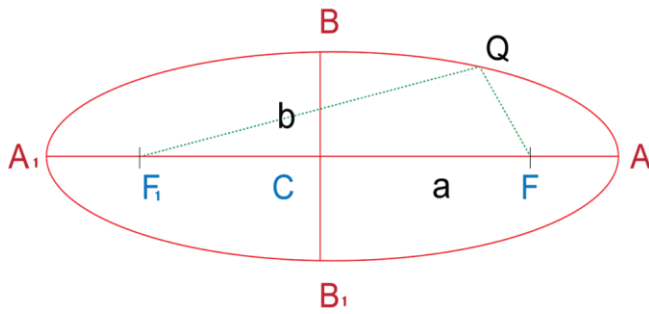
1- يحسب زمن دوران جرم حول الشمس. 2- يحسب وزن جسم ما على كوكب. 3- يحسب سرعة هروب قمر صناعي.

## قوانين كبلر

قانون كبلر الأول :

ينص على أن الكواكب تدور حول الشمس في مدارات على شكل قطع ناقص، وتقع الشمس في إحدى بؤرتيه.

خصائص القطع الناقص :



المسافة  $A_1, A$  = المحور الأكبر.

الرمز  $a$  = نصف المحور الأكبر.

المسافة  $B_1, B$  = المحور الأصغر.

الرمز  $b$  = نصف المحور الأصغر.

النقطة  $C$  = مركز القطع الناقص.

النقطتين  $F_1, F_2$  = بؤرتا القطع الناقص.

كلما صغرت المسافة بين  $F_1, F_2$  اقترب شكل القطع من شكل الدائرة.

كلما زادت المسافة بين  $F_1, F_2$  زاد تفلطح (بيضاوية) القطع ونرمز له بالرمز  $e$ .

المسافة بين  $F, A$  تسمى **البعد الحضيضي** ( $r_p$ ). [بافتراض أن الشمس تقع عند  $F$ ]

هو أقرب مسافة فاصلة بين الشمس والكوكب.

$$r_p = a(1 - e)$$

المسافة بين  $F, A_1$  تسمى **البعد الأوجي** ( $r_a$ ).

هو أبعد مسافة فاصلة بين الشمس والكوكب.

$$r_a = a(1 + e)$$

قانون كبلر الثاني :

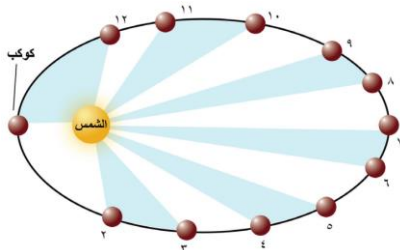
ينص على أن : الخط الوهمي الواصل بين الكوكب والشمس يرسم مساحات متساوية في الفضاء في أزمنة متساوية.

ويشير القانون إلى أن :

- سرعة الكوكب حول الشمس متغيرة.

- سرعة الكوكب تتناسب عكسياً مع بعده عن الشمس.

[سرعة الكوكب تصل أقصاها عند الحضيض وأدناها عند الأوج]



## قانون كبلر الثالث :

ينص على أن : مربع مدة دورة الكوكب حول الشمس تتناسب مع مكعب نصف طول المحور الأكبر لمدراه.

إذا كان :

T = مدة دورة الكوكب حول الشمس

a = نصف المحور الأكبر لمدار الكوكب

فإن :

$$T^2 \propto a^3$$

حيث T تقاس بالسنة النجمية.

و a بالوحدة الفلكية [متوسط المسافة بين الشمس والأرض = 150 مليون كلم].

وبالتالي فإن :

$$T^2 = a^3$$

$$T = a \sqrt{a}$$

## قانون كبلر الثالث المعدل :

عام 1687م قام نيوتن بتعديل قانون كبلر الثالث وفقاً لقوانينه الخاصة للحركة وقانون الجذب العام.

حيث M كتلة الشمس ، m كتلة الجرم (تُهمل m لأنها صغيرة جداً مقارنة بكتلة الشمس)  $a^3 = T^2(M + m)$

لتحويل الكتلة إلى كتلة شمسية: يكون بقسمة الكتلة على كتلة الشمس.

لتحويل البعد إلى وحدة فلكية: يكون بقسمة المسافة على مسافة الأرض عن الشمس.

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

## إيجاد كتلة كوكب له تابع

من الممكن إيجاد كتلة كوكب له تابع إذا عُلم نصف المحور الأكبر ومدة الدوران للكوكب وتابعه كالآتي:

$$m = M \left( \frac{a_2}{a_1} \right)^3 \left( \frac{T_1}{T_2} \right)^2$$

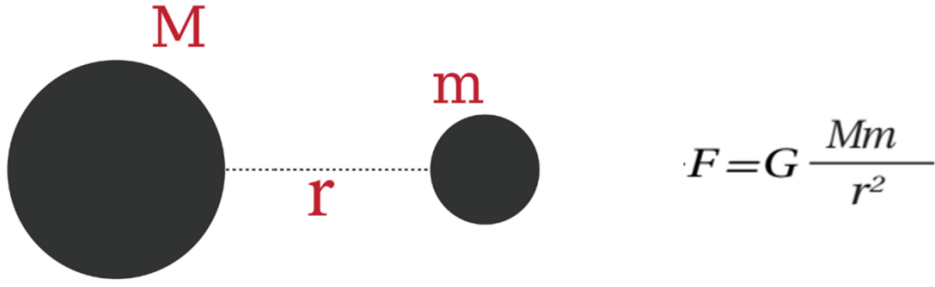
M = كتلة الشمس

m = كتلة الكوكب

## قانون الجذب العام لنيوتن

• ينص قانون الجذب العام الذي وضعه العالم إسحاق نيوتن على أن :

[ قوة الجاذبية F بين جسمين تتناسب طردياً مع كتلتيهما وعكسياً مع مربع المسافة بينهما ]



▪ وزن جسم كتلته  $m_1$  على سطح كوكب = قوة جذب الكوكب لهذا الجسم

$$W = m_1 g$$

▪ وزن هذا الجسم بدلالة وزنه على الأرض :

$$W = W_e \frac{g}{g_e}$$

$g$  = جاذبية الكوكب       $W$  = وزن الجسم على الكوكب

$g_e$  = جاذبية الأرض       $W_e$  = وزن الجسم على الأرض

## السرعة المدارية لجرم سماوي

وهي تمثل سرعة جرم حول جرم آخر.

$$V = 30\sqrt{M} \sqrt{\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right)}$$

إذا كان الجرم يدور حول الشمس فإن  $M =$  كتلة الشمس وتساوي 1 فتصبح المعادلة كالتالي :

$$V = 30 \sqrt{\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right)}$$

$V =$  سرعة الجرم (السرعة المدارية)

## سرعة الهروب

**سرعة الهروب** : هي السرعة اللازمة لجسم ما للدخول في مسار على شكل قطع مكافئ حول كوكب ما ثم الهروب من جاذبيته.

$$v_{es} = \sqrt{\frac{2GM}{R}} \text{ km.sec}$$

# القوانين والمسائل المطلوبة في الفصل الثاني

## قوانين كبلر وقانون الجاذبية

الكتاب ص	المثال	الصيغة الرياضية	القانون - المطلوب حسابه	
45	<p><b>مسألة 1</b></p> <p>مذنب يدور حول الشمس في مدار قطع ناقص تفلطحه 0.97، وصل إلى أقرب نقطة للشمس على بعد 0.45 وحدة فلكية. احسب مدة دورة هذا المذنب حول الشمس بالسنوات.</p> <p>المعلوم: <math>r_p = 0.45 \text{ AU}</math>, <math>e = 0.97</math></p> <p>المطلوب: <math>T = ?</math></p> <p>إيجاد الكمية المجهولة:</p> <p>حل قانون كبلر لإيجاد نصف قطر المحور الأكبر:</p> $r_p = a(1 - e)$ $a = \frac{r_p}{1 - e} = \frac{0.45}{1 - 0.97} = 15 \text{ AU}$ <p>إيجاد الكمية المجهولة:</p> $T = a\sqrt{a} = 15\sqrt{15} = 58.1 \text{ Year}$	$r_p = a(1 - e)$ $r_a = a(1 + e)$	<p><b>قانون كبلر الأول</b></p> <p>البعد الحضيضي - البعد الأوجي</p>	1
		$T = a\sqrt{a}$	<p><b>قانون كبلر الثالث</b></p> <p>مدة دورة الكوكب حول الشمس</p>	2
46	<p><b>مسألة 2</b></p> <p>مركبة فضائية تدور حول الأرض في مدار بيضاوي، على متوسط بعد يساوي 10 أضعاف نصف قطر الأرض، احسب مدة دورتها حول الأرض. علماً بأن نصف قطر الأرض <math>R = 6378 \text{ km}</math> وكتلة الأرض <math>M = 6 \times 10^{24} \text{ kg}</math> وكتلة الشمس <math>M_s = 2 \times 10^{30} \text{ kg}</math></p> <p>المعلوم: <math>a = 10R</math>, <math>a = 63780 \text{ km}</math>, <math>M_s = 2 \times 10^{30} \text{ kg}</math></p> <p>المطلوب: <math>T = ?</math></p> <p>إيجاد الكمية المجهولة:</p> <p>تحليل المسألة ورسمها:</p> <p>المعلوم: <math>a = 10R</math>, <math>a = 63780 \text{ km}</math>, <math>M_s = 2 \times 10^{30} \text{ kg}</math></p> <p>المطلوب: <math>T = ?</math></p> <p>إيجاد الكمية المجهولة:</p> <p>تحليل المسألة ورسمها:</p> <p>المعلوم: <math>a = 10R</math>, <math>a = 63780 \text{ km}</math>, <math>M_s = 2 \times 10^{30} \text{ kg}</math></p> <p>المطلوب: <math>T = ?</math></p> <p>إيجاد الكمية المجهولة:</p> <p>تحليل المسألة ورسمها:</p> <p>المعلوم: <math>a = 10R</math>, <math>a = 63780 \text{ km}</math>, <math>M_s = 2 \times 10^{30} \text{ kg}</math></p> <p>المطلوب: <math>T = ?</math></p>	$a^3 = T^2 M$	<p><b>قانون كبلر الثالث المعدل</b></p> <p>مدة دورة تابع حول الأرض</p>	3
47	<p><b>مسألة 3</b></p> <p>يبعد القمر كرون عن مركز بلوتو 19700 km، فإذا كانت مدة دورانه حول بلوتو هي 6.4 أيام أوجد كتلة بلوتو. علماً بأن الفترة المدارية للمدارية بلوتو هي 248 سنة ويعد عن الشمس 40 AU.</p> <p>المطلوب: <math>m = ?</math></p> <p>إيجاد الكمية المجهولة:</p> <p>تحليل المسألة ورسمها:</p> <p>المعلوم: <math>T_1 = 248 \text{ year}</math>, <math>T_2 = 6.4 \text{ day}</math>, <math>a_1 = 40 \text{ AU}</math>, <math>a_2 = 19700 \text{ km}</math>, <math>M = 2 \times 10^{30} \text{ kg}</math></p> <p>المطلوب: <math>m = ?</math></p> <p>إيجاد الكمية المجهولة:</p> <p>تحليل المسألة ورسمها:</p> <p>المعلوم: <math>T_1 = 248 \text{ year}</math>, <math>T_2 = 6.4 \text{ day}</math>, <math>a_1 = 40 \text{ AU}</math>, <math>a_2 = 19700 \text{ km}</math>, <math>M = 2 \times 10^{30} \text{ kg}</math></p> <p>المطلوب: <math>m = ?</math></p>	$m = M \left( \frac{a_2}{a_1} \right)^3 \left( \frac{T_1}{T_2} \right)^2$	<p><b>إيجاد كتلة كوكب له تابع</b></p>	4
49	<p><b>مسألة 4</b></p> <p>كوكب كتلته تساوي 0.01 من كتلة الشمس ونصف قطره يساوي نصف قطر الأرض.</p> <p>1. احسب جاذبية مقاراة بجاذبية الأرض.</p> <p>2. افترض أن رائد فضاء وزنه على الأرض يساوي 100 N حيث على هذا الكوكب كتم يبلغ وزنه بعد هبوطه عليه؟</p> <p>المطلوب: <math>W_p = ?</math></p> <p>إيجاد الكمية المجهولة:</p> <p>تحليل المسألة ورسمها:</p> <p>المعلوم: <math>W = 100 \text{ N}</math>, <math>m_1 = 0.01 M</math>, <math>m_2 = 2 \times 10^{30} \text{ kg}</math></p> <p>المطلوب: <math>W_p = ?</math></p> <p>إيجاد الكمية المجهولة:</p> <p>تحليل المسألة ورسمها:</p> <p>المعلوم: <math>W = 100 \text{ N}</math>, <math>m_1 = 0.01 M</math>, <math>m_2 = 2 \times 10^{30} \text{ kg}</math></p> <p>المطلوب: <math>W_p = ?</math></p>	$F = G \frac{Mm}{r^2}$ $w = w_e \frac{g}{g_e}$	<p><b>قانون الجذب العام لنيوتن</b></p> <p>حساب وزن جسم على كوكب</p>	5
50	<p><b>مسألة 5</b></p> <p>في المثال 1 السابق كم تبلغ أمتي سرعة المذنب؟ حيث قيمة الاختلاف المركزي 0.97 ونصف قطر المحور الأكبر 15 AU</p> <p>المطلوب: <math>v = ?</math></p> <p>إيجاد الكمية المجهولة:</p> <p>تحليل المسألة ورسمها:</p> <p>المعلوم: <math>e = 0.97</math>, <math>a = 15 \text{ AU}</math></p> <p>المطلوب: <math>v = ?</math></p> <p>إيجاد الكمية المجهولة:</p> <p>تحليل المسألة ورسمها:</p> <p>المعلوم: <math>e = 0.97</math>, <math>a = 15 \text{ AU}</math></p> <p>المطلوب: <math>v = ?</math></p>	$v = 30 \sqrt{\left( \frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)}$	<p><b>السرعة المدارية لجرم سماوي</b></p>	6
51	<p><b>مسألة 6</b></p> <p>أوجد سرعة الهروب لكوكب كتلته <math>7.5 \times 10^{22} \text{ kg}</math> ونصف قطره <math>1.5 \times 10^6 \text{ m}</math> علماً بأن ثابت الجذب العام <math>6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2</math>.</p> <p>المطلوب: <math>v_{es} = ?</math></p> <p>إيجاد الكمية المجهولة:</p> <p>تحليل المسألة ورسمها:</p> <p>المعلوم: <math>M = 7.5 \times 10^{22} \text{ kg}</math>, <math>R = 1.5 \times 10^6 \text{ m}</math></p> <p>المطلوب: <math>v_{es} = ?</math></p> <p>إيجاد الكمية المجهولة:</p> <p>تحليل المسألة ورسمها:</p> <p>المعلوم: <math>M = 7.5 \times 10^{22} \text{ kg}</math>, <math>R = 1.5 \times 10^6 \text{ m}</math></p> <p>المطلوب: <math>v_{es} = ?</math></p>	$v_{es} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$	<p><b>سرعة الهروب</b></p>	7

1- يصنف أنواع المركبات الفضائية. 2- يذكر أنواع مدارات الأقمار الصناعية. 3- يقارن بين أنواع المركبات المأهولة وغير المأهولة.

## رحلات الفضاء

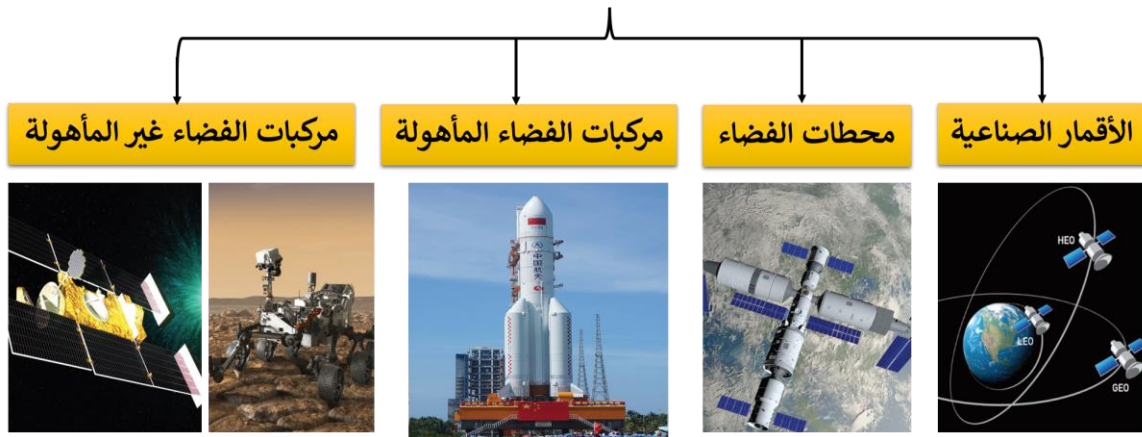
- بدأت التقنية الفضائية في منتصف الخمسينات من القرن الماضي.
- أطلق الاتحاد السوفيتي اول قمر صناعي للاتصالات [ سبوتنيك 1 ].
- أول رحلة لرائد فضاء كانت لرائد الفضاء الروسي جاجارين عام 1961 م.

## سباق الفضاء :

- تم إرسال مركبات فضائية إلى القمر وتصوير الجانب المظلم فأرسلت مجموعة من الأقمار الروسية والأقمار الأمريكية.
- برنامج أبوللو الأمريكي :
- بدأ في أواخر الستينات من القرن الماضي ويهدف إرسال رائد فضاء والهبوط على القمر.
- رحلة [ أبوللو 11 ] هي أول رحلة ناجحة بواسطة رائد الفضاء نيل أرموسترونج عام 1969 م.
- استمر برنامج "أبوللو" حتى عام 1974 م.
- أرسلت عدة مركبات فضائية لاستكشاف المجموعة الشمسية :
- فايكنج هبطت على سطح المريخ في منتصف السبعينات.
- فويجر 1 و فويجر 2 أرسلت لاستكشاف كواكب المجموعة الشمسية.

## المركبات الفضائية

المركبات الفضائية : هي أنظمة مصممة ومبنية للعمل في الفضاء، تختلف أنواعها باختلاف مهامها. وتصنف كالتالي :



## الأقمار الصناعية

**تعريف:** هي مركبات صممت لتدور حول الجرم السماوي ولها عدة وظائف بحسب مداراتها.  
- يدور القمر الصناعي حول الأرض عندما تتوازن سرعته مع الجاذبية الأرضية.

تصنف حسب مداراتها إلى :

### المدار الأرضي المنخفض

- مدار قريب من سطح الأرض بارتفاع أقل من 2000 كلم.
- المدار الأكثر استخداماً لتصوير الأقمار الصناعية.
- تتحرك فيه الأقمار بسرعة 7.8 كلم/ث، يكمل دوره كاملة خلال 90 دقيقة.

### المدار الأرضي المتوسط

- يقع على ارتفاع 2000 إلى 35000 كلم.
- مثالي للملاحة والاتصالات.
- يكمل دوره كاملة خلال 12 ساعة.

### المدار الثابت للأرض

- يقع فوق خط الاستواء على ارتفاع 35786 كلم.
- مناسب لأقمار مراقبة الطقس والاتصالات والقنوات الفضائية.
- يدور بنفس سرعة دوران الأرض أي أنه يغطي منطقة ثابتة.

### المدار القطبي الأرضي

- يقع على ارتفاع منخفض 200 إلى 1000 كلم.
- تستخدم أقماره للتنبؤ بالطقس والعواصف وحرائق الغابات والفيضانات.
- تتحرك أقماره من الشمال إلى الجنوب مروراً بالقطبين.

## محطات الفضاء

**تعريف:** هي مركبة مصممة من عدة وحدات معملية ومعيشية يتناوب على العمل فيها رواد فضاء لعدة أشهر، وتدور حول الأرض في المدار الأرضي المنخفض.

محطة الفضاء الدولية ISS

وهي بالتعاون مع :

[ وكالة الفضاء الأمريكية - وكالة الفضاء الروسية - وكالة الفضاء الأوروبية - وكالة الفضاء اليابانية - كندا ]

محطة الفضاء الصينية TSS

## مركبات الفضاء المأهولة

**تعريف:** هي مركبات فضاء يقودها رواد فضاء، ويقومون بعدة تجارب عبر معامل صممت لعدة أغراض، وعند اكتمال مهمتهم يعودون إلى الأرض عن طريق نفس المركبة.

## مركبات الفضاء غير المأهولة

تتنوع المركبات غير المأهولة فبعضها للاستطلاع والتصوير وبعضها لجمع العينات المتناثرة في الفضاء الناتجة مثل مخلفات المذنبات وهناك مركبات تهبط على سطح الكوكب وتتجول لجمع العينات ودراستها وإرسال النتائج لمحطات المراقبة الأرضية.

مثل : مركبة ستاردست - مركبة برسفيرنس

نهاية الفصل الثاني