

الميكانيكا السماوية

Celestial Mechanics

2

الفكرة العامة تخضع الأجرام السماوية والأنظمة الفضائية لمجموعة من القوانين التي تحدد خصائص حركتها وديناميكيته السماوية.

2-1 قانون الجاذبية وقوانين كبلر

الفكرة الرئيسية قوانين كبلر تصف شكل وخصائص حركة الأجرام التي تسلكها حول بعضها، والسرعات التي تتحرك بها، والكتل المتبادلة بينها.

2-2 التقنية الفضائية

الفكرة الرئيسية استطاع الإنسان بواسطة التقنيات الفضائية الوصول إلى أجرام لم تكن المناظير الفلكية كافية لدراستها.

حقائق فلكية

- حينما تنطلق المركبات الفضائية نحو الفضاء فإنها تبدأ رحلتها من الأرض بمسار مُنحني وليس مستقيماً - كما في الصورة-.

نشاطات تمهيدية

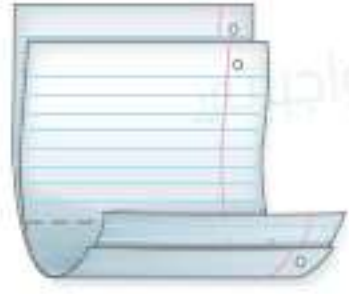
اصنع المطوية الآتية لتتعرف على أنواع المركبات الفضائية.

المطويات

منظمات الأفكار



الخطوة 1: ضع ورقتين من دفترك إحداهما فوق الأخرى، بحيث تبعد إحداهما عن الأخرى 2 cm تقريباً، كما في الشكل المجاور.



الخطوة 2: اثن الطرف السفلي للورقتين لتكوين خمسة ألسنة متساوية. ثم اضغط بقوة على الجزء المطوي لتثبت الألسنة في أماكنها.



الخطوة 3: ثبت أوراق المطوية معاً بالدبابيس، وعنون الألسنة بأنواع المركبات الفضائية: الأقمار الصناعية، المحطات الفضائية، المركبات المأهولة، والمركبات غير المأهولة.

أنواع المركبات الفضائية	
الأقمار الصناعية	
المحطات الفضائية	
المركبات المأهولة	
المركبات غير المأهولة	

استخدم هذه المطوية في أثناء دراستك القسم 2-2، لتتعرف على مميزات كل نوع، واعطِ مثلاً على كل نوع مبيناً أهميته.

تجربة استهلاكية

هل تتحرك جميع الأجسام في نظامنا الشمسي بالسرعة نفسها؟

تتحرك أجرام السماء حول بعضها في مدارات إهليلجية، وتتأثر حركتها بالعديد من العوامل: كالمسافات والقوى المتبادلة فيما بينها.



الخطوات

1. أحضر حوضين دائريين قطر الأول 1m وقطر الآخر 0.5 m، وقم بوضع علامة نقطية على طرف محيط قاع كل منهما.
2. ادفع كرة حديدية صغيرة بشكل دائري حول محيط قاع الحوض الكبير، وقم بحساب الزمن الدوري.
3. أعد الخطوة 2 للحوض الصغير.

التحليل

1. قارن بين زمني دوران الكرة في الحوضين. ماذا تلاحظ؟
2. ما علاقة قطر الحوضين بالزمن الدوري؟
3. هل تتوافق نتائج تجربتك مع زمن دوران الكواكب حول الشمس. فسر ذلك؟

1. دوران الكرة في الحوض الأكبر، يستغرق وقتاً أطول لإكمال دورة واحدة مقارنة بدورانها بالحوض الأصغر.

2. العلاقة بين القطر والزمن الدوري : كلما زاد قطر الحوض زاد الزمن الدوري اللازم لإكمال الكرة دورة كاملة، حول محيط الحوض.

3. نعم، تتوافق النتائج مع قوانين كبلر، حيث تتحرك الكواكب في مدارات إهليلجية، وتتأثر بالجاذبية الشمسية، وكلما كانت أبعد عن الشمس زاد الزمن اللازم لإكمالها دورة كاملة في مداراتها.

2-1

الأهداف

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

مراجعة المفردات

المسبار: مركبة فضائية تستعمل لاستكشاف الفضاء الخارجي؛ حيث يتم إطلاقها في الفضاء الخارجي بهدف استكشاف واحد أو أكثر من الأجرام السماوية.

المفردات الجديدة

- قانون كبلر الأول
- البعد الحضيضي
- البعد الأوجي
- قانون كبلر الثاني
- قانون كبلر الثالث
- سرعة الهروب

قانون الجاذبية وقوانين كبلر

The law of gravity and kepler's laws

الفكرة الرئيسية قوانين كبلر تصف شكل وخصائص حركة الأجرام التي تسلكها حول بعضها والسرعات التي تتحرك بها، والكتل المتبادلة بينها.

الربط مع الحياة حينما تتابع بثاً مباشراً النهائيات كأس العالم في كرة القدم، فإن هذا الأمر لم يكن ممكناً إلا من خلال وضع أقمار صناعية في المدار الصحيح بدقة حول الأرض، وذلك استناداً إلى مجموعة قوانين فيزيائية ميكانيكية، توصل إليها الإنسان من خلال رصد الأجرام السماوية، ووضع حسابات تتوافق مع الرصد وذلك من أجل فهم وتفسير الظواهر الفلكية: كالحسوف والكسوف الشكل 1-2، و شروق وغروب الشمس. وعمل تقاويم لأشهر السنة ولتحديد مواعيت العبادة من حج وصوم وتحديد مواسم الزراعة، وعمل محاكاة حاسوبية لتحديد المواقع واتجاه الحركة الشكل 2-2. ومن أبرز هذه القوانين قوانين كبلر التي تستخدم لحساب خصائص مدارات الأقمار الصناعية وليس فقط في معرفة المدارات في النظام الشمسي، وهذه القوانين اكتشفها الفلكي (يوهانس كبلر Johannes Kepler) خلال القرن السابع عشر الميلادي بعد توافقها مع أرصاد "تيخو براهي" لكوكب المريخ.



الشكل 2-2 تحديد المواقع بواسطة نظام الملاحة العالمي.



الشكل 1-2 كسوف شمسي كلي.

الربط مع الرياضيات

القطع الناقص هو المحل الهندسي لمجموعة النقاط في المستوى الذي يكون مجموع بعديها عن نقطتين ثابتتين يساوي مقداراً ثابتاً. تسمى هاتان النقطتان بالبؤرتين.



Kepler Laws

Kepler's First Law

ينص قانون كبلر الأول Kepler's First Law على أن الكواكب تدور حول الشمس في مدارات على شكل قطع ناقص، وتقع الشمس في إحدى بؤرتيه كما في الشكل 2-4.

خصائص القطع الناقص:

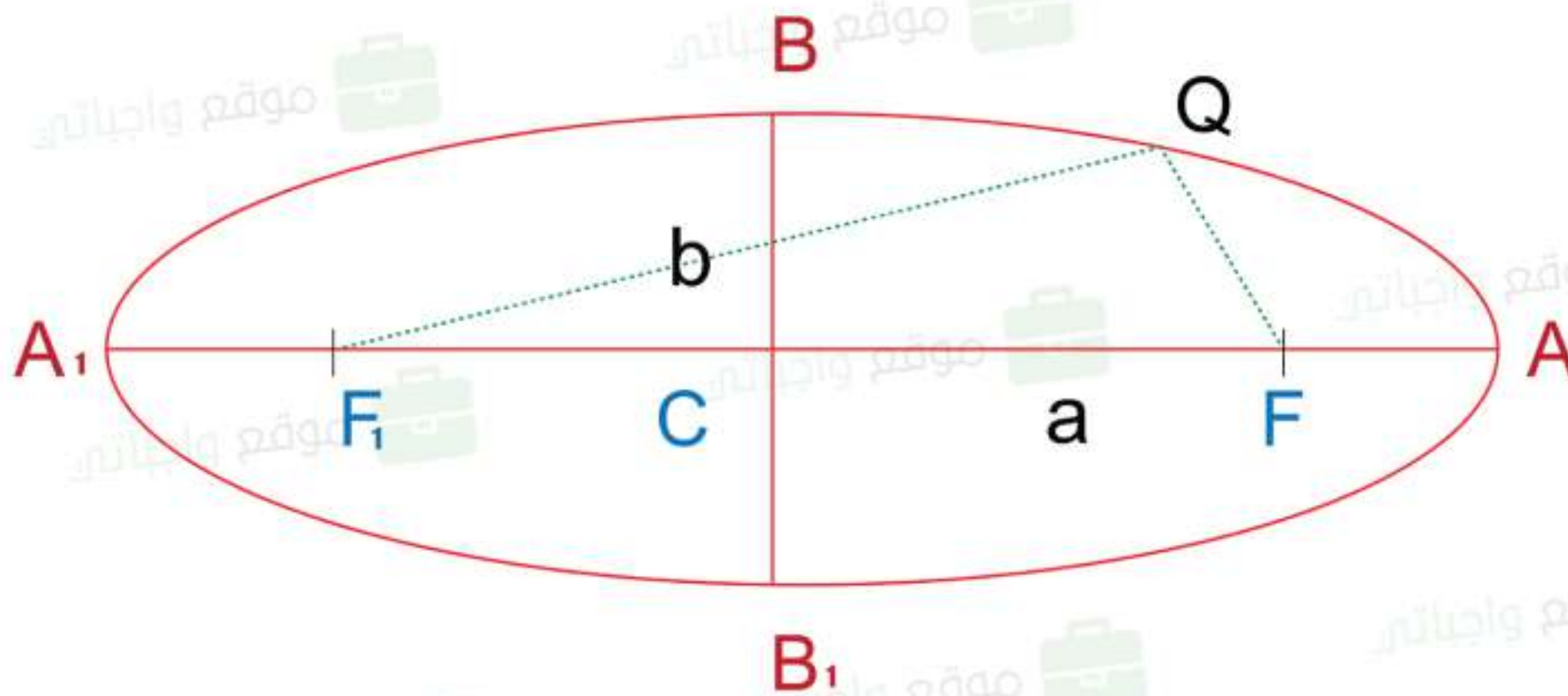
يوضح الشكل 2-3 بعض خصائص القطع الناقص؛ فمثلاً المسافة $A_1, A=2a$ هي المحور الأكبر والمسافة $B_1, B=2b$ هي المحور الأصغر. ونصف المحور الأكبر للقطع الناقص نرمز له بالرمز a ، ونصف المحور الأصغر للقطع الناقص نرمز له بالرمز b ومركز القطع الناقص هو C . والقطع الناقص له بؤرتين F و F_1 .

وأيضاً كلما صغرت المسافة FF_1 اقترب شكل القطع من شكل الدائرة، بينما كلما زادت المسافة FF_1 زادت بيضاوية القطع أو تفلطح القطع. ويستعمل الرمز e لتعريف تفلطح القطع، ويسمى "الاختلاف المركزي".

للاطلاع

$$e = \frac{CF}{a} \text{ أو } e = \frac{FF_1}{2a}$$

$$CF = ae$$



الشكل 2-3 خصائص القطع الناقص.

تسمى المسافة FA **بالبعد الحضيضي Perihelion** (r_p) ، ويعرف بأنه أقرب مسافة فاصلة بين الشمس والكوكب.

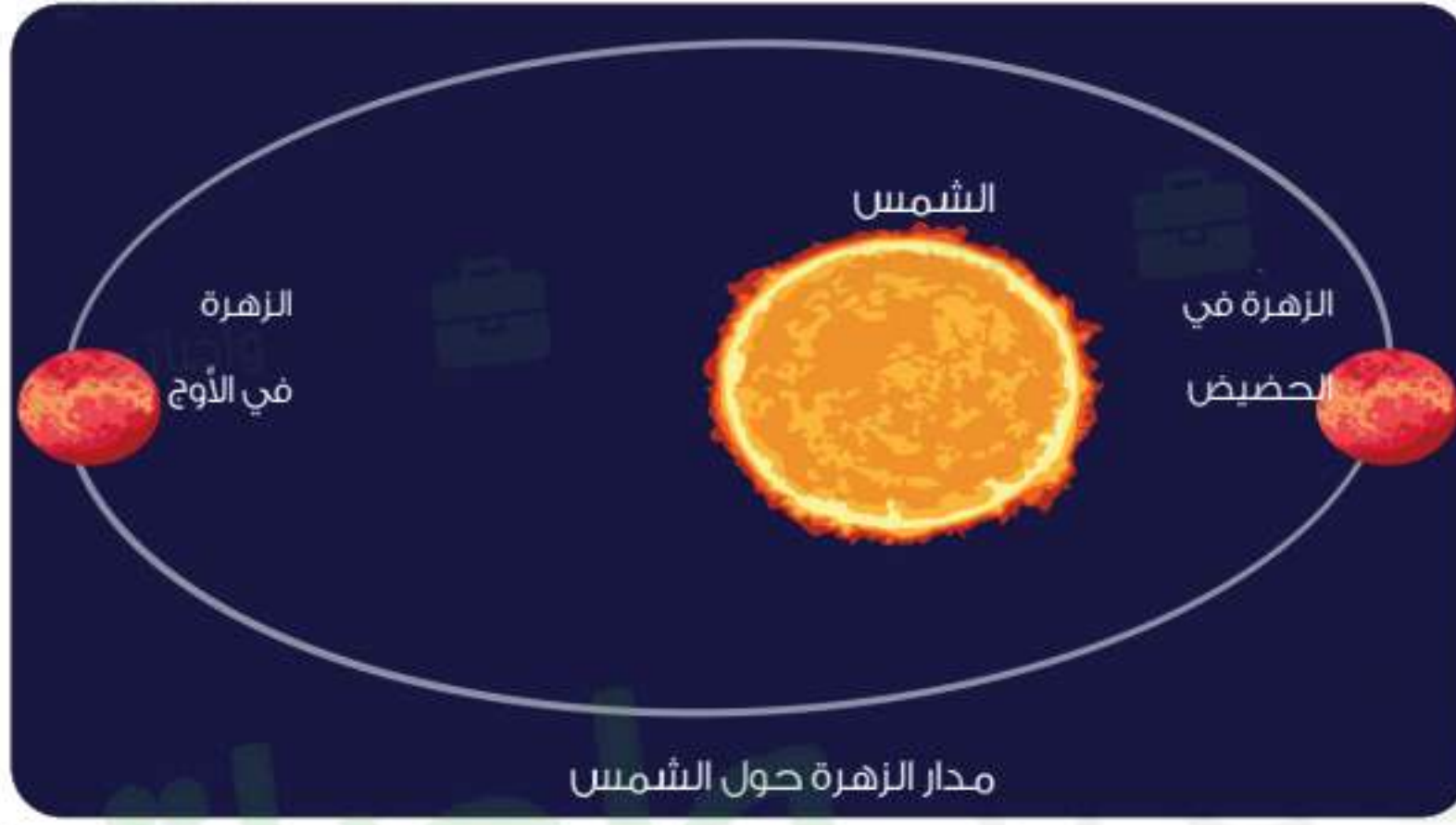
البعد الحضيضي (r_p)

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

ويطلق على المسافة FA_1 **بالبعد الأوجي Aphelion** (r_a) ، ويعرف بأنه أبعد مسافة فاصلة بين الشمس والكوكب، (بافتراض أن الشمس تقع عند النقطة F).

البعد الأوجي (r_a)

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

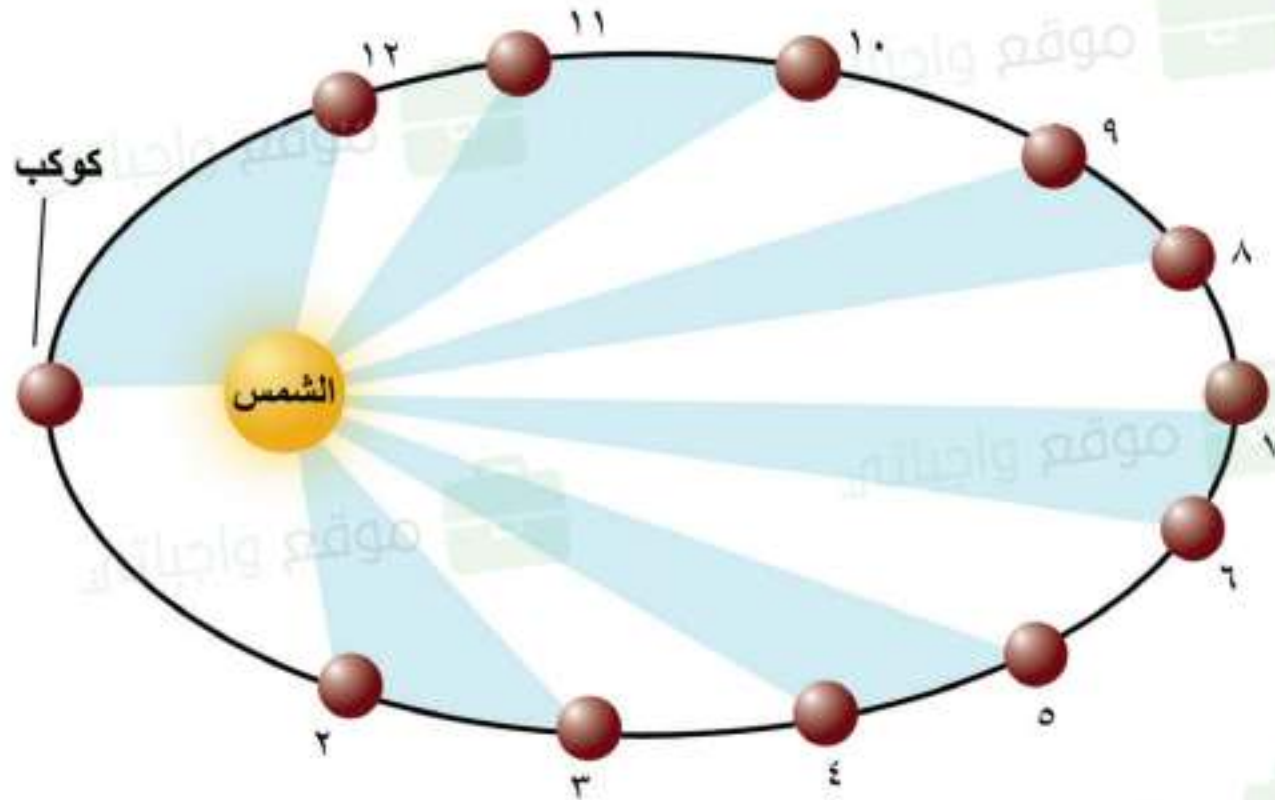


الشكل 4-2 تدور الكواكب حول الشمس في مدارات على شكل قطع ناقص، وتقع الشمس في إحدى بؤرتيه.

Kepler's Second Law

قانون كبلر الثاني

ينص قانون كبلر الثاني **Kepler's Second Law** على أن الخط الوهمي الواصل بين الكوكب والشمس يرسم مساحات متساوية في الفضاء في أزمنة متساوية. هذا القانون يشير إلى أن سرعة الكوكب حول الشمس متغيرة. ويمكن منه إثبات أن سرعة الكوكب تتناسب عكسياً مع بعده عن الشمس، وتصل السرعة أقصاها عند الحضيض وأدناها عند الأوج كما في الشكل 5-2.



الشكل 5-2 تقطع الكواكب مساحات متساوية في الفضاء في أزمنة متساوية أثناء دورانها حول الشمس.

لإطلاع

ولحساب البعد الحضيضي (r_p) وهي المسافة FA

$$r_p = FA$$

$$r_p = CA - CF = a - ae$$

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

وبالمثل: يمكن إيجاد علاقة البعد الأوجي (r_p) وهي المسافة FA_1 :

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



تجربة
عملية

نمذجة المدار الإهليلجي

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

مشروع كبلر الفضائي



تقديرًا لجهود العالم كبلر في مجال علم الفلك فقد أطلقت وكالة ناسا مشروعًا فضائيًا باسمه، وهو عبارة عن مرصد فضائي تم إطلاقه إلى الفضاء من أجل استكشاف ما إذا كانت هناك حياة في كواكب نجوم مجرة درب التبانة، حيث قام باكتشاف أكثر من 2600 كوكب نجمي إلى الآن، وجمع المرصد كمية هائلة من البيانات التي سيستمر تحليلها لسنوات.



الشكل 6-2 علاقة زمن دورة الكواكب المدارية حول الشمس ببعدها عنها حسب قانون كبلر الثالث.

Kepler's Third Law

قانون كبلر الثالث

ينص قانون كبلر الثالث Kepler's Third Law على أن مربع مدة دورة الكوكب حول الشمس تتناسب مع مكعب نصف طول المحور الأكبر لمداره الشكل 6-2. إذا كان: $T =$ زمن دورة الكوكب حول الشمس، $a =$ نصف المحور الأكبر لمدار الكوكب؛

فإن:

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

إذا قسمنا T بالسنة النجمية (years)، وقسمنا a بالوحدة الفلكية (AU) (الوحدة الفلكية هي: متوسط المسافة بين الأرض والشمس، وتساوي 150 مليون كيلومتر)؛

فإن الثابت $1 =$

$$T^2 = a^3$$

الصيغة الرياضية لقانون كبلر الثالث

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

مثال 1

مذنب يدور حول الشمس في مدار قطع ناقص تفلطحه 0.97، وصل إلى أقرب نقطة للشمس على بعد 0.45 AU. احسب مدة دورة هذا المذنب حول الشمس بالسنوات.

تحليل المسألة ورسمها:

ارسم وضع المذنب حول الشمس.

المجهول

المعلوم

$$T = ?$$

$$r_p = 0.45 \text{ AU}$$

$$e = 0.97$$

إيجاد الكمية المجهولة:

$$a = \frac{r_p}{1-e}$$

حل قانون البعد الحضيضي لإيجاد نصف قطر المحور الأكبر

التعويض

$$a = \frac{0.45}{1-0.97} = 15 \text{ AU}$$

حساب مدة دوران المذنب حول الشمس بالسنوات

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

$$T = 15 \sqrt{15}$$

$$T = 58.1 \text{ Year}$$

حل قانون كبلر الثالث

التعويض

• تقويم الجواب:

هل الوحدات صحيحة؟

ستكون وحدة مدة دوران جرم حول الشمس بالسنة.

قانون كبلر الثالث المعدل: Modified 3rd Kepler's law

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

$$a^3 = T^2 M$$

قانون كبلر الثالث المعدل:

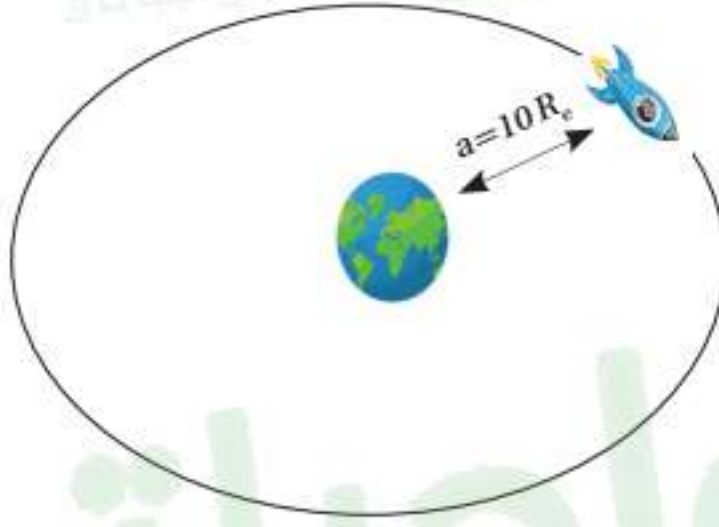
ملاحظة عند حل المسائل:

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

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

مثال 2

مركبة فضائية تدور حول الأرض في مدار بيضاوي، على متوسط بعد يساوي 10 أضعاف نصف قطر الأرض، احسب مدة دورتها حول الأرض بـ day. علماً بأن نصف قطر الأرض $R_e = 6378 \text{ km}$ وكتلة الأرض $M_e = 5.98 \times 10^{24} \text{ kg}$ وكتلة الشمس $M_s = 1.98 \times 10^{30} \text{ kg}$.



المجهول

$$T = ?$$

المعلوم

$$a = 10 R_e$$

$$a = 63780 \text{ km}$$

$$M_e = 6 \times 10^{24} \text{ kg}$$

إيجاد الكمية المجهولة:

بقسمة بعد المركبة على 15×10^7 (متوسط بعد الأرض عن الشمس) لحساب بعد المركبة بالوحدة الفلكية AU.

$$a = \frac{63780}{15 \times 10^7} = 4.25 \times 10^{-4} \text{ AU}$$

بقسمة كتلة الأرض على كتلة الشمس لحساب كتلة الأرض بدلالة كتلة الشمس

$$M = \frac{M_e}{M_s} = \frac{5.98 \times 10^{24}}{1.98 \times 10^{30}} = 3 \times 10^{-6} M_s$$

من قانون كبلر الثالث المعدل (تُهمل كتلة المركبة لصغرها مقابل كتلة الأرض)

$$a^3 = T^2 M$$

$$T^2 = \frac{a^3}{M} = \frac{(4.25 \times 10^{-4})^3}{3 \times 10^{-6}} = \frac{7.67 \times 10^{-11}}{3 \times 10^{-6}}$$

$$T^2 = 2.55 \times 10^{-5}$$

$$T = \sqrt{2.55 \times 10^{-5}}$$

$$T = 5.1 \times 10^{-3} \text{ years}$$

بالضرب في 365.25 للتحويل إلى days

$$T = 5.1 \times 10^{-3} \times 365.25 = 1.84 \text{ day}$$

• تقويم الجواب:

هل الوحدات صحيحة؟ ستكون وحدة مدة دوران المركبة حول الأرض بـ day.

للاطلاع:

قانون كبلر الثالث المعدل

من قانون الجذب العام لنيوتن يمكن إثبات أن:

$$T^2 = a^3 \frac{4\pi^2}{G(M+m)}$$

حيث M كتلة الشمس، m كتلة الجرم. إذا أخذنا السنة وحدة لقياس الزمن، والوحدة الفلكية AU لقياس المسافة، وكتلة الشمس لقياس الكتلة؛ فإن الثابت يساوي واحد ($\frac{4\pi^2}{G} = 1$) أي أن:

$$a^3 = T^2 (M+m)$$

إذا طبقنا هذا القانون لجرم يدور حول الشمس فإن:

$$a^3 = T^2 M$$

لإطلاع:

$$T^2 = \frac{4\pi}{G} \frac{a^3}{M+m}$$

$$(a_1)^3 = (T_1)^2 (M+m) \quad \text{للكوكب:}$$

$$(a_2)^3 = (T_2)^2 (m+m_1) \quad \text{للتابع}$$

إذا أهملنا كتلة التابع مقارنة بكتلة الكوكب في البسط أي أن $m_1 = 0$ وكتلة الكوكب مقارنة بكتلة الشمس في المقام $m = 0$ التالي سيكون كتلة الكوكب

$$\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 = \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^3 \frac{m+m_1}{M+m}$$

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

إيجاد كتلة كوكب له تابع:

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

حيث:

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

كتلة الشمس M

كتلة الكوكب m

مثال 3

يبعد القمر كارون عن مركز بلوتو 19700 km، فإذا كانت مدة دورانه حول بلوتو هي 6.4 day. أوجد كتلة بلوتو. علماً بأن الفترة المدارية لبلوتو هي 248 year وبعده عن الشمس 40 AU.

الحل:

تحليل المسألة ورسمها:
المعلوم

المجهول

$$m_{\text{بلوتو}} = ?$$

$$\begin{aligned} T_1 &= 248 \text{ year} \\ T_2 &= 6.4 \text{ day} \\ a_1 &= 40 \text{ AU} \\ a_2 &= 19700 \text{ km} \\ M &= 2 \times 10^{30} \text{ kg} \end{aligned}$$

إيجاد الكمية المجهولة:

بقسمة الفترة المدارية لكارون على 365.25 لتكون بوحدة (year)

$$T_2 = \frac{6.4}{365.25} = 1.75 \times 10^{-2} \text{ year}$$

بقسمة بعد كارون عن بلوتو على 15×10^7 لتكون بوحدة (الوحدة الفلكية AU)

$$a_2 = \frac{19700}{15 \times 10^7} = 1.3 \times 10^{-4} \text{ AU}$$

حل قانون إيجاد كتلة كوكب من كتلة جرم تابع له

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

بالتعويض لإيجاد كتلة بلوتو

$$m = 2 \times 10^{30} \left(\frac{1.3 \times 10^{-4}}{40}\right)^3 \left(\frac{248}{1.75 \times 10^{-2}}\right)^2$$

$$m = 2 \times 10^{30} \times 3.4 \times 10^{-17} \times 2 \times 10^8$$

$$m = 1.3 \times 10^{22} \text{ kg}$$

• تقويم الجواب:

هل الوحدات صحيحة؟ ستكون وحدة كتلة بلوتو kg.

قانون الجذب العام لنيوتن

Newton's Gravitational Law

كان إسحاق نيوتن Isaac newton أول من وضع صيغة رياضية لقوة الجاذبية بين جسمين عام 1687م في كتابه principia. ينص القانون على أن قوة الجاذبية F بين جسمين تتناسب طرديًا مع كتلتيهما وعكسيًا مع مربع المسافة بينهما.

$$F = G \frac{Mm}{r^2}$$

للاطلاع:

فإذا كانت لدينا كتلتان، ولتكن الشمس والأرض مثلًا كما في الشكل 2-7 فإن هناك قوة جذب من كتلة الشمس على كتلة الأرض تعطى بالعلاقة:

$$F \propto \frac{Mm}{r^2} \Rightarrow F = G \frac{Mm}{r^2}$$

يمثل G ثابت الجذب الكوني. عجلة الجاذبية g للكوكب تساوي:

$$Mg = G \frac{Mm}{r^2} \Rightarrow g = G \frac{m}{r^2} \quad (1)$$

إذا افترضنا أن هذا الكوكب هو الأرض فإن تسارع الجاذبية الأرضية g_e يعطي بالعلاقة:

$$g_e = G \frac{m_e}{r_e^2} \quad (2)$$

حيث m_e كتلة الأرض
بأخذ النسبة بين g و g_e

$$\frac{g}{g_e} = \frac{Gm}{r^2} \times \frac{r_e^2}{Gm_e}$$

$$\frac{g}{g_e} = \frac{m}{m_e} \times \frac{r_e^2}{r^2}$$

إذا افترضنا أن $\frac{m}{m_e}$ هي كتلة الكوكب بدلالة كتلة كوكب لأرض وتساوي m و $\frac{r_e^2}{r^2}$ هي نص قطر الكوكب بدلالة نصف قطر كوكب الأرض وتساوي r فإن:

$$g_e = \frac{m}{r^2} g_e$$

وبما أن وزن جسم كتلته m_1 على سطح كوكب يساوي قوة جذب الكوكب لهذا الجسم تساوي:

$$W_e = m_1 g \quad (1)$$

وزنه على الأرض:

$$W_e = m_1 g_e \quad (2)$$

إذا وزن هذا الجسم على الكوكب بدلالة وزنه على الأرض:

$$\frac{W}{W_e} = \frac{m_1 g}{m_1 g_e} \Rightarrow W = \frac{g}{g_e} W_e$$



الشكل 2-7 قوة جذب كتلة الشمس على كتلة الأرض.



وزن الجسم على الكوكب بدلالة وزنه على الأرض يعطى بالعلاقة :

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

مثال 4

كوكب كتلته تساوي 0.01 من كتلة الشمس ونصف قطره يساوي نصف قطر الأرض.

1. احسب جاذبيته مقارنة بجاذبية الأرض.
2. افترض أن رائد فضاء وزنه على الأرض يساوي 100 N هبط على هذا الكوكب فكم يبلغ وزنه بعد هبوطه عليه؟

الحل:

تحليل المسألة ورسمها:
المعلوم

المجهول

$$W_p = ?$$

$$W_e = 100 \text{ N}$$

$$m_p = 1.01 M_s = 2 \times 10^{28} \text{ kg}$$

إيجاد الكمية المجهولة:

بحساب كتلة الكوكب بالنسبة لكتلة الأرض

$$m_p = \frac{m_p}{m_e} = \frac{2 \times 10^{28}}{6 \times 10^{24}} = 3333 m_e$$

$$g = 3333 g_e$$

حل قانون وزن جسم على كوكب بدلالة وزنه على الأرض

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

بالتعويض تكون جاذبية الكوكب

$$W = 3333 W_e$$

بحساب وزن رائد الفضاء على الكوكب

$$W = 3333 \times 100 = 33.3 \times 10^4 \text{ N}$$

• تقويم الجواب:

هل الوحدات صحيحة؟ وحدة وزن رائد الفضاء بالنيوتن N

هل الجواب منطقي؟ نعم لأن وزنه على هذا الكوكب ضعف وزنه على الأرض بمقدار 3333 مرة.

السرعة المدارية لجرم سماوي

Orbital Velocity For a Celestial Body

وهي تمثل سرعة جرم حول جرم آخر ومن قانون الجذب العام وعلى سبيل المثال حركة جرم كتلته m حول جرم كتلته M ، فإن سرعة الجرم V في حالة كون المدار قطع ناقص تحقق المعادلة:

للاطلاع:

$$V^2 = G(M+m) \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)$$

في حالة دوران جرم حول الشمس أو مركبة فضاء حول القمر، فإن كتلة الجرم الدوار تهمل لصغرهما بالنسبة للكتلة الأخرى، فتصبح المعادلة كالآتي:

للاطلاع:

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

ويمكن كتابتها على الصيغة التالية إذا قسنا r و a بالوحدة الفلكية والكتلة M بدلالة كتلة الشمس، فإن السرعة v ستكون بوحدات km/sec :

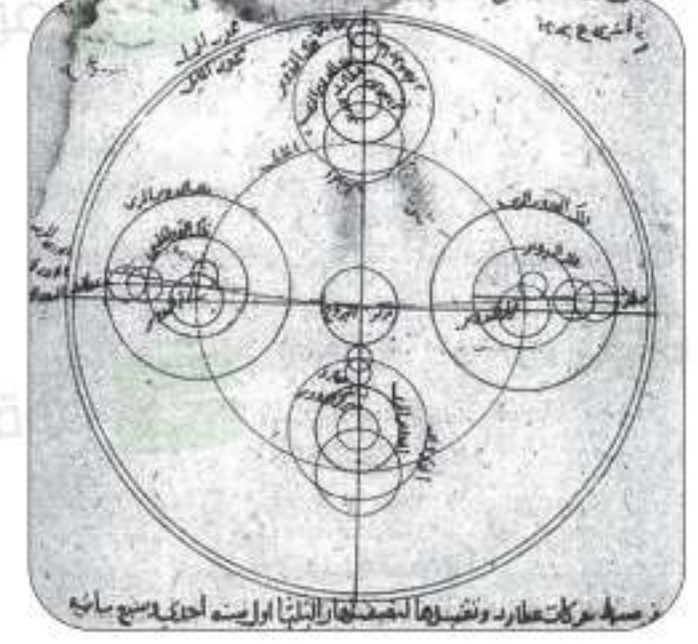
للاطلاع:

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

في حالة حركة جرم حول الشمس فإن M ستمثل كتلة الشمس وهي تساوي "واحد" وتصبح المعادلة:

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

الربط مع إنجازات علماء الإسلام



استحق أن يكون "ابن الشاطر" هو ملهم علماء الفلك لاستنتاج نظرية مركزية الشمس لنظامنا الشمسي بدلاً من الأرض. إنه من المعروف منذ فترة طويلة أن نموذج "كوبرنيكوس" لمركزية الشمس تحمل تشابهاً واضحاً مع نماذج ابن الشاطر، وكان كوبرنيكوس قد استخدمها فقط لحل الحركات غير المنتظمة لمؤشرات الكواكب التي أحدثها بطليموس. ويتضح هنا أن نماذج ابن الشاطر لها في الواقع انحيازاً لمركزية الشمس مما جعلها مناسبة بشكل خاص كأساس لنماذج مركزية الشمس.

مثال 5

في المثال 1 السابق كم تبلغ أدنى سرعة للمذنب؟ حيث قيمة الاختلاف المركزي 0.97 ونصف قطر المحور الأكبر 15 AU؟



الحل:

تحليل المسألة ورسمها:

ارسم حركة المذنب حول الشمس وحدد المحور الأكبر والخصيض

المجهول

$V = ?$

المعلوم

$e = 0.97$

$a = 15 \text{ AU}$

إيجاد الكمية المجهولة:

حل قانون البعد الأوجي r_a

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

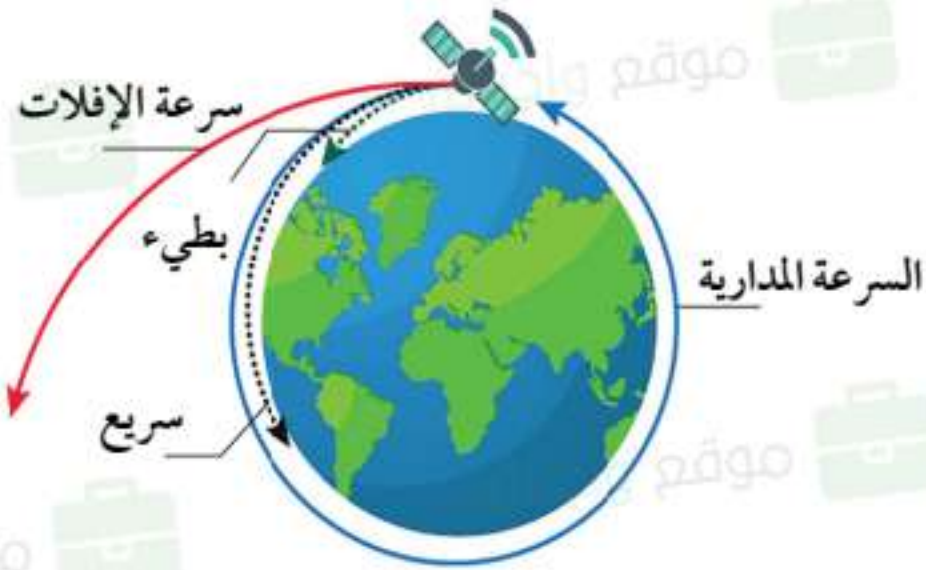
$$r_a = 15(1+0.97) = 29.55 \text{ AU}$$

فكر معنا

كيف تهرب المركبات الفضائية خارج كوكب الأرض؟

أن سرعة الهروب هي سرعة الإفلات لجسم ما ، وهي أقل سرعة يجب أن يمتلكها الجسم المقذوف لكي يفلت من حقل الجاذبية الأرضية، أي يهرب من الأرض دون السقوط مرة أخرى ودون الحاجة إلى أي قوى خارجية، وعندها تتساوى الطاقة الحركية للجسم مع طاقة وضعه.

على سبيل المثال تحتاج مركبة فضائية إلى التحرك بسرعة أكبر من سرعة الإفلات لكوكب الأرض التي تعادل 11200 م / ث أي ما يقارب 7 ميل / ث لمغادرة الحقل الجاذبي للأرض دون أن تقع على سطح الأرض أو تعلق في المدار.



الشكل 8-2 سرعة الإفلات لقمر صناعي .

حل قانون السرعة المدارية لجرم سماوي

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

بالتعويض لإيجاد أدنى سرعة للمذنب

$$V = 30 \sqrt{\left(\frac{2}{29.55} - \frac{1}{15} \right)} = 0.94 \text{ Km/s}$$

• تقويم الجواب:

هل الوحدات صحيحة؟ وحدة السرعة المدارية للمذنب km/s

هل الجواب منطقي؟ نعم بحكم أن هذه السرعة للمذنب وهو في نقطة الأوج.

سرعة الهروب Escape Velocity

سرعة الهروب **Escape Velocity**: هي السرعة اللازمة لجسم ما للدخول في مسار على شكل قطع مكافئ حول كوكب ما ثم الهروب من جاذبيته الشكل 8-2.

$$V_{es} = \sqrt{\frac{2GM}{R}} \text{ km/sec}$$

مثال 6

أوجد سرعة الهروب لكوكب كتلته $7.5 \times 10^{22} \text{ kg}$ ونصف قطره $1.5 \times 10^6 \text{ m}$ علماً بأن ثابت الجذب العام $6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2 / \text{kg}^2$.

الحل:

تحليل المسألة ورسمها:

المجهول

المعلوم

$$V_{esc} = ?$$

$$M = 7.5 \times 10^{22} \text{ Kg}$$

$$R = 1.5 \times 10^6 \text{ km}$$

إيجاد الكمية المجهولة:

حل قانون سرعة الهروب

$$V_{esc} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

بالتعويض لإيجاد سرعة الهروب للكوكب

$$V_{es} = \sqrt{\frac{2 \times 6.67 \times 10^{-11} \times 7.5 \times 10^{22}}{1.5 \times 10^6}}$$

$$V_{esc} = 2.5 \text{ km/s}$$

• تقويم الجواب:

هل الوحدات صحيحة؟ وحدة سرعة الهروب للكوكب بوحدة km/s.

تمثل رحلة مشروع أرتيمس للقمر الشكل 9-2 مثال حي على انتقال جرم بين أنظمة مدارية لجرمين سماويين هما: الأرض والقمر، وذلك حينما تبلغ سرعة إفلاته من الأرض 11 km/s لينطلق ناحية القمر في مسار قطع مكافئ، ليدخل مداره ويسير بسرعة مدارية تختلف بحسب ارتفاعه عن القمر، وبعد إكمال مهمته ينطلق من مداره حول القمر بسرعة إفلات 2.4 km/s عائداً نحو الأرض.



الشكل 9-2 رحلة مشروع أرتيمس للقمر.

نشاط عملي

تمثيل سرعة الهروب من جاذبية الأرض:

مغناطيس - كرات حديد - غطاء بلاستيكي كبير.
ورق مقوى - شريط لاصق.

الخطوات:

- قص الورق المقوى بطول 30 سم وعرض 10 سم، واثني الورقة على شكل مجرى مائي ذو طرفين.
- ضع المغناطيس في طرف الغطاء البلاستيكي.
- ألصق نهاية الورق المقوى بالمغناطيس.
- ضع كرة الحديد في بداية الورق المقوى واتركها تتدحرج إلى الأسفل.
- ارفع بداية الورق المقوى إلى الأعلى، ثم ضع كرة أخرى واستمر في الرفع مع درجة الكرات إلى أن تصل إلى درجة يصعب فيها على المغناطيس جذب كرات الحديد.

التحليل:

ماذا تلاحظ؟

قارن بين حركة الكرات المتحررة من المغناطيس وحركة جسم يهرب من جاذبية الأرض.

الحل في الصفحة التالية

الربط مع الفيزياء

انطلاق الصواريخ الفضائية هو أحد تطبيقات قانون نيوتن الثالث الذي ينص على أن لكل قوة فعل قوة رد فعل مساوية في المقدار ومعاكس له في الاتجاه، ومن أمثلته احتراق الوقود في الصاروخ مولداً الغازات، حيث يعمل الصاروخ على دفع هذه الغازات للتخلص منها من خلال فتحة أسفل الصاروخ. أما قوة رد الفعل التي تولدها هذه الغازات فتدفع الصاروخ لأعلى.

التحليل:

ماذا تلاحظ ؟

قارن بين حركة الكرات المتحررة من
المغناطيس وحركة جسم يهرب من جاذبية
الأرض.

التحليل

الملاحظة: سيلاحظ الطلاب أنه كلما تم رفع الورق المقوى إلى أعلى ستحتاج الكرة إلى سرعة أكبر لتتحرر من جذب المغناطيس، وعند رعة معينة تتحرر (تهرب) الكرة وتتغلب على القوة الجاذبة التي تحاول إبقائها مقيدة ، ولن يستطيع المغناطيس جذبها مرة أخرى.

المقارنة: تشبه حركة الكرات المتحررة من المغناطيس حركة الأجسام التي تهرب من جاذبية الأرض، فمثلما تحتاج المركبة الفضائية إلى سرعة الإفلات لتتحرر من جاذبية الأرض، فإن الأجسام تحتاج إلى طاقة كافية للتغلب على القوى الجاذبة التي تحاول إبقائها مقيدة كقوة جذب المغناطيس.

مختبر تحليل البيانات

تفسير البيانات

1. ثمة حوالي 10 آلاف كويكب صغير يدور حول الشمس وبعضها منها يحوم قريباً من الأرض، وقد تكون خطيرة على البشر وكل ما هو على سطح الأرض. الجدول التالي يستعرض بعضاً من هذه الكويكبات القريبة منا:

اسم الكويكب	قطره km	بعده عن الأرض (AU)	سرعة اقترابه النسبية km/s
2022 YS6	1,786,449	0.01194	9.72
2022 YY6	813,642	0.00544	20.27
2014 LJ	1,819,585	0.01216	3.48
367789	1,816,884	0.01215	9.92

التفكير الناقد

2. كيف ألهمت قوانين كبلر العلماء للوصول بنجاح إلى تصميم نظام إنذار مبكر للحد من أخطار الكويكبات؟

3. بناء على بيانات الجدول أي الكويكبات الواردة تتوقع أنه يشكل خطراً على الأرض في حالة إذا اقترب منها. ولماذا؟

4. ابحث في الشبكة العنكبوتية عن كويكب اقترب مؤخراً من الأرض وقارن خصائصه بخصائص الكويكبات الواردة بالجدول. ماذا تلاحظ؟

الحل في الصفحة التالية

2. كيف أهتمت قوانين كبلر العلماء للوصول بنجاح إلى تصميم نظام إنذار مبكر للحد من أخطار الكويكبات؟
مكنت قوانين كبلر العلماء من حساب مدارات الكويكبات حول الشمس، وتحديد سرعتها وموقعها المتوقع، وموعد ومسافة أقرب اقتراب لها من الأرض.
وبذلك يمكن اكتشاف الكويكب الخطر مبكراً وإصدار التحذيرات واتخاذ الإجراءات اللازمة.

3. بناء على بيانات الجدول أي الكويكبات الواردة تتوقع انه يشكل خطراً على الأرض في حالة اذا اقترب منها. ولماذا؟

الكويكب YY6 2022؛ لأنه:

- يمر على أقرب مسافة من الأرض: AU 0.00544، أي نحو 813,642 كم.

- يمتلك أكبر سرعة اقتراب نسبية: 8 / 20.27 km

لذلك فهو الأكثر إثارة للقلق بين الكويكبات الموجودة في الجدول إذا اتجه نحو الأرض.

لكن علمياً لا يمكن تحديد خطورة الاصطدام بصورة نهائية دون معرفة قطر الكويكب وكتلته ومساره و احتمال اصطدامه.

4. ابحث في الشبكة العنكبوتية عن كويكب اقترب مؤخراً من الأرض وقارن خصائصه بخصائص الكويكبات الواردة بالجدول . ماذا تلاحظ؟

مثال حديث ومقارنته بالجدول: بحسب جدول الاقترابات القريبة الرسمي التابع لناسا و JPL، اقترب الكويكب RL102026 من الأرض يوم 12 سبتمبر 2026، وكانت خصائصه:

الخاصية	RL10 2026	YY6 2022 في الكتاب
مسافة الاقتراب	AU 0.00610	AU 0.00544
المسافة بالكيلومتر	نحو 912,547 كم	813,642 كم
السرعة النسبية	km/s 2.71	km/s 20.27
القطر التقريبي	من 12 إلى 26 متراً	غير مذكور

الملاحظة: مسافة اقتراب الكويكب الحديث تقع ضمن مدى المسافات الواردة في الجدول، لكنه مر أبعد من YY6 2022 بنحو 99,000 كم، وكانت سرعته أقل كثيراً.
وهذا يبين أن اقتراب الكويكب من الأرض لا يعني بالضرورة اصطدامه بها أو كونه خطراً.

تنبيه مهم : يبدو أن في الجدول خطأ مطبعياً؛ فالعمود المكتوب عليه "قطره km" لا يمثل القطر، بل يمثل بعد الكويكب عن الأرض بالكيلومتر، لأن قيمه هي تحويل مباشر من الوحدة الفلكية إلى الكيلومتر.

التقويم 1-2

فهم الأفكار الرئيسية

1. احسب متوسط المسافة بين فيستا (كويكب) و بين الشمس علماً بأنه يستغرق 3.63 year للدوران حول الشمس.

متوسط بُعد فيستا عن الشمس يساوي تقريباً:

$$2.36 \text{ AU} \approx 3.54 \times 10^8 \text{ km}$$

2. وضح نوع العلاقة بين متوسط المسافة لفيسفا ومدة دورانه حول الشمس.

العلاقة بين متوسط المسافة ومدة الدوران:

العلاقة طردية غير خطية ؛ فكلما زاد متوسط بعد الجسم عن الشمس زادت مدة دورانه حولها، وفق العلاقة:

$$T^2 = a^3$$

أي إن مربع مدة الدوران يتناسب طردياً مع مكعب متوسط المسافة.

التفكير الناقد

3. لماذا يلجأ العلماء الى قوانين كبلر عند تعاملهم مع حركة المذنبات التي تتعدد مصادرها.

لأن قوانين كبلر تنطبق على جميع الأجسام التي تدور حول الشمس، بصرف النظر عن مصدرها.

وتساعد العلماء على:

- تحديد شكل مدار المذنب.
- حساب تغير سرعته في أثناء دورانه.
- حساب مدة دورانه.
- التنبؤ بموعد عودته واقترابه من الشمس والأرض.

التقويم 1-2

الرياضيات في الفلك

4. أكملت وكالة الفضاء السعودية مهمتها على سطح القمر ولذا فهي ترغب بمغادرة مركبتها حدد سرعة هروبها من القمر إذا كانت كتلة القمر $7.35 \times 10^{22} \text{ kg}$ ونصف القطر $1.5 \times 10^6 \text{ m}$.

نستخدم قانون سرعة الهروب:

$$V_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

المعطيات:

$$\begin{aligned} G &= 6.67 \times 10^{-11} \\ M &= 7.35 \times 10^{22} \text{ kg} \\ R &= 1.5 \times 10^6 \text{ m} \end{aligned}$$

بالتعويض:

$$V_e = \sqrt{\frac{2(6.67 \times 10^{-11})(7.35 \times 10^{22})}{1.5 \times 10^6}}$$

$$V_e = \sqrt{6.5366 \times 10^6}$$

وبالتحويل إلى كيلومتر / ثانية:

$$V_e \approx 2.56 \text{ km / s}$$

إذن يجب أن تبلغ سرعة المركبة نحو **2.56 كم / ث** على الأقل حتى تهرب من جاذبية القمر، مع إهمال مقاومة الهواء وأي فقد في الطاقة.



2-2

التقنية الفضائية

Space Technology

الأهداف

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

الفكرة الرئيسية

استطاع الإنسان بواسطة التقنيات الفضائية من الوصول إلى أجرام لم تكن المناظر الفلكية كافية لدراستها.

الربط مع الحياة كانت أول رحلة للفضاء لرائد الفضاء الروسي جاجارين في سنة 1961 ميلادية.

رحلات الفضاء Space flights

بدأت التقنية الفضائية في منتصف الخمسينيات من القرن الماضي عندما أطلق الاتحاد السوفيتي (روسيا حالياً) أول قمر صناعي للاتصالات سبوتنيك 1 الشكل 1-2، ومن ثم بدأ سباق التقنية الفضائية بين الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتي مع إطلاق بعض المركبات الفضائية التي تحمل حيوانات مثل الكلبة لايتا الشكل 11-2 والقردهام، وكانت هذه المركبات تدور حول الأرض ثم تسقط أو تعود إلى الأرض بواسطة مظلة.

سباق الفضاء Space race

وبعد ذلك بدأ التسابق لإرسال مركبات فضائية إلى القمر وتصوير الجانب المظلم فأرسلت مجموعة من الأقمار الروسية والأقمار الأمريكية.

أواخر الستينيات من القرن الماضي بدأ برنامج أبولو لإرسال رائد فضاء والهبوط على القمر، وكانت رحلة (أبولو 11) أول رحلة ناجحة للهبوط على القمر بواسطة رائد الفضاء الأمريكي نيل أرموسترونج ورفيقه الشكل 12-2 عام 1969، واستمر هذا البرنامج إلى 1974 كما أرسلت مركبات فضائية عديدة لاستكشاف كواكب المجموعة

مراجعة المفردات

المدار: هو مسار منحني لجسم ما حول جسم آخر تحت تأثير قوة الجاذبية.

المفردات الجديدة

المركبات الفضائية

القمر الصناعي

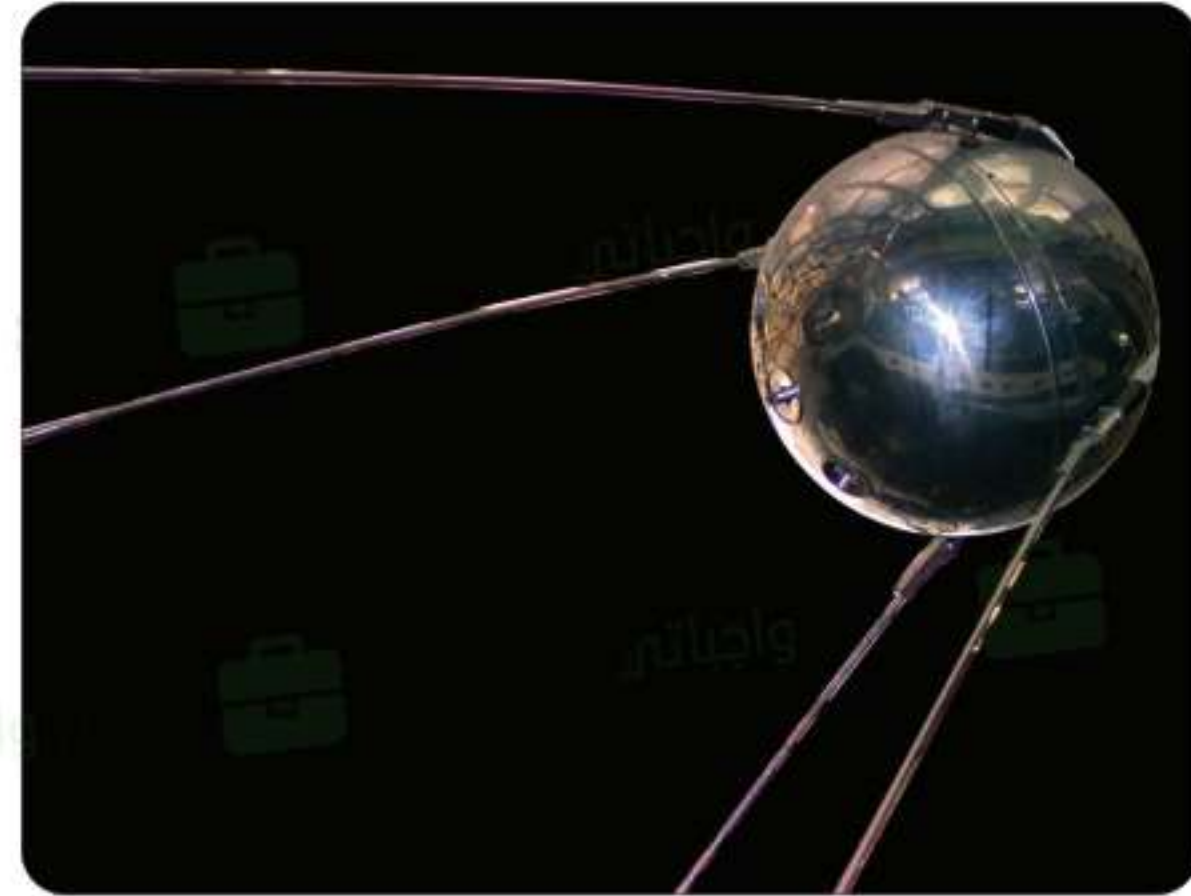
محطة الفضاء

مركبة الفضاء المأهولة

مركبة الفضاء غير المأهولة



الشكل 11-2 الكلبة لايتا في أول رحلة فضاء لمخلوق حي.



الشكل 10-2 القمر الروسي سبوتنك 1.

الربط مع الفيزياء



قام رواد فضاء رحلة أبولو 11 القمرية بتجارب عدة، أشهرها: تجربة السقوط الحر التي استخدموا فيها ريشة النسر ومطرقة؛ حيث إنه عندما أسقطها رائد الفضاء سقطا معاً نتيجة عدم وجود مقاومة من الهواء على سطح القمر، وهذا يؤكد ما أشار إليه العالم غاليليو حول أن الأجسام تسقط بنفس التسارع.



تجربة
عملية

عاكس الموجات

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

الشمسية، مثل: كوكب عطارد والزهرة والمريخ، حيث هبطت على سطح المريخ المركبة المشهورة (فايكنج) في منتصف السبعينات من القرن الماضي وأرسلت أيضاً المركبة الفضائية (فويجر 1)، و(فويجر 2) الشكل 13-2، التي قامت في استكشاف كواكب المجموعة الشمسية خصوصاً الكواكب الغازية وهي: المشتري وزحل وأورانوس ونبتون، وتوالت بعد ذلك كثير من هذه المركبات التي اكتشفت المجموعة الشمسية.

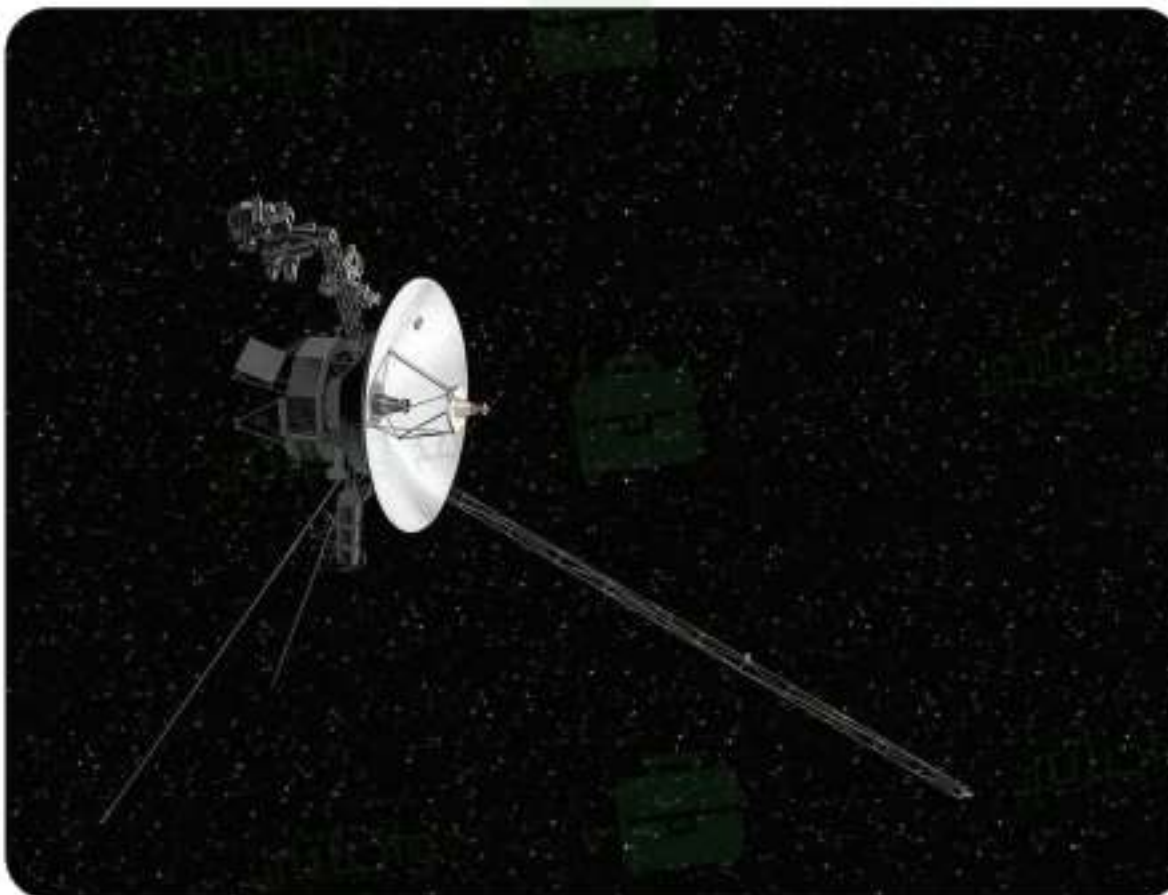
المركبات الفضائية Spacecraft

المركبات الفضائية Spacecraft هي أنظمة مصممة ومبنية للعمل في الفضاء تختلف أنواعها باختلاف مهامها.

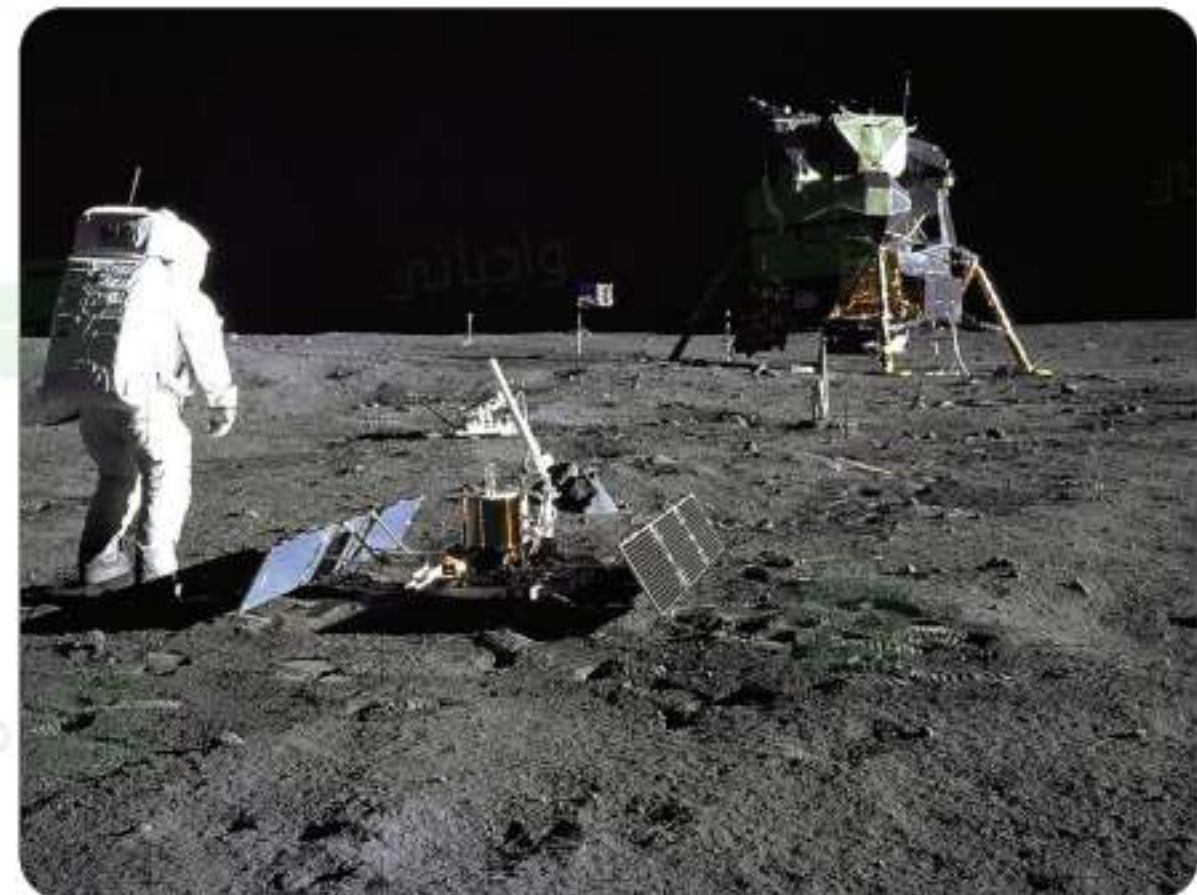
ويمكن تصنيفها على النحو الآتي:

1. الأقمار الصناعية Satellites

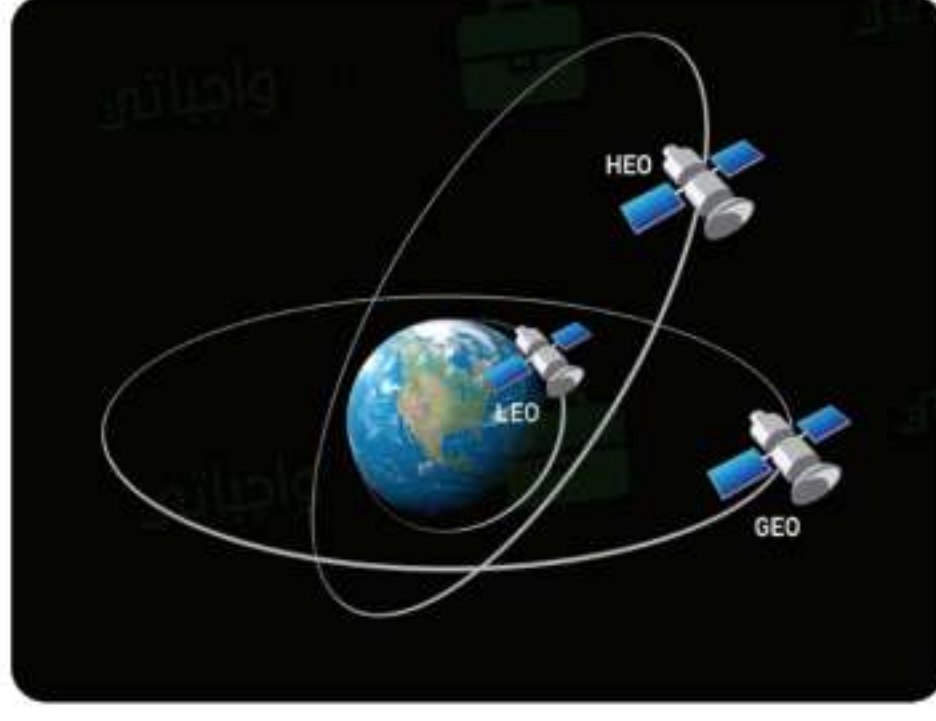
هي مركبات صممت لتدور في مدارات حول الجرم السماوي ولها عدة وظائف بحسب مداراتها، وتخضع حركة الأقمار الصناعية Satellites حول الكرة الأرضية إلى قوانين كبلر التي تحدد حركة الكواكب. وهذه القوانين تنص على أنه كلما كان القمر واقعاً في مدار أعلى، تحرك بسرعة أبطأ. ويُطلق القمر الصناعي إلى الفضاء بواسطة صاروخ، حيث يدور هذا القمر الصناعي حول الأرض عندما تتوازن السرعة من خلال الجاذبية الأرضية، إذ بدون التوازن إما أن يطير في خط مستقيم إلى الفضاء، أو يسقط إلى الأرض.



الشكل 13-2 المسبار فويجر 2.



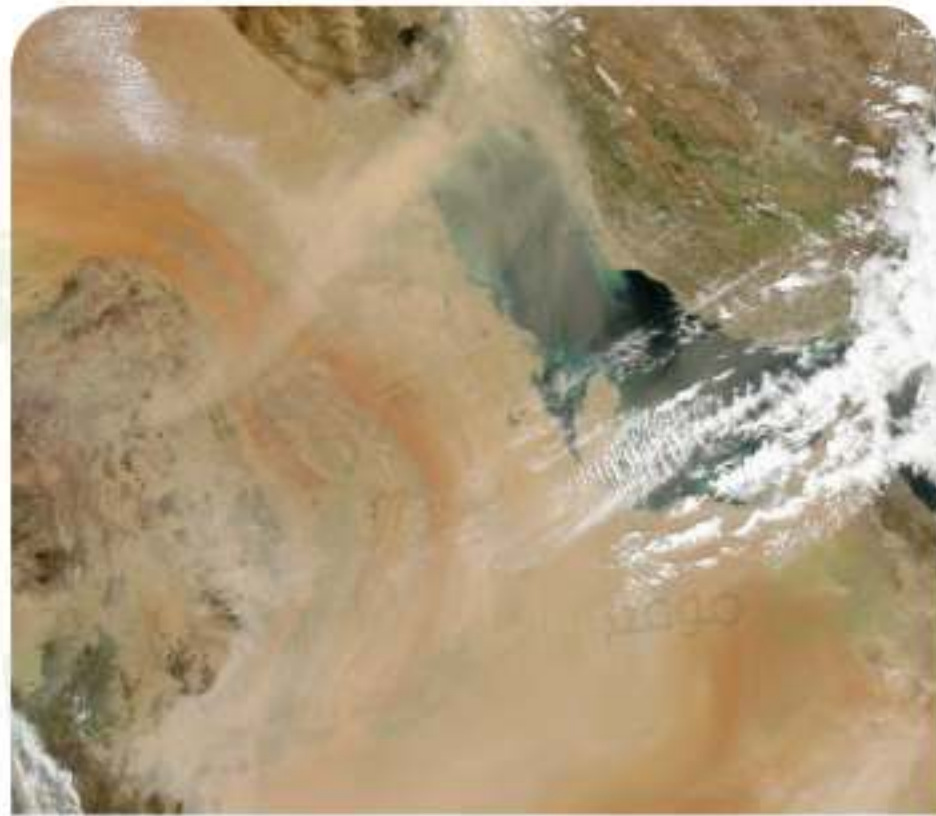
الشكل 12-2 رحلة أبولو 11 القمرية.



الشكل 14-2 أنواع مدارات الأقمار الصناعية.



الشكل 15-2 أقمار نظام تحديد المواقع العالمي.



الشكل 16-2 صورة للسحب ملتقطة من قمر صناعي متخصص برصد الطقس.

و لذا يتم تصنيفها إلى عدة أنواع بحسب مداراتها الآتية الشكل 14-2:

المدار الأرضي المنخفض (LEO) Low Earth orbit

مدار قريب من سطح الأرض، على ارتفاع أقل من 2000 Km، وهو المدار الأكثر استخدامًا للتصوير عن طريق الأقمار الصناعية، حيث إن قربه من السطح يسمح له بالتقاط صور بدقة أعلى. وهو أيضًا المدار المستخدم لمحطة الفضاء الدولية (ISS)، وتتحرك الأقمار الصناعية في هذا المدار بسرعة حوالي 7.8 Km/s، بهذه السرعة يستغرق القمر الصناعي حوالي 90 min لإكمال دوره حول الأرض.

المدار الأرضي المتوسط (MEO) Medium Earth orbit

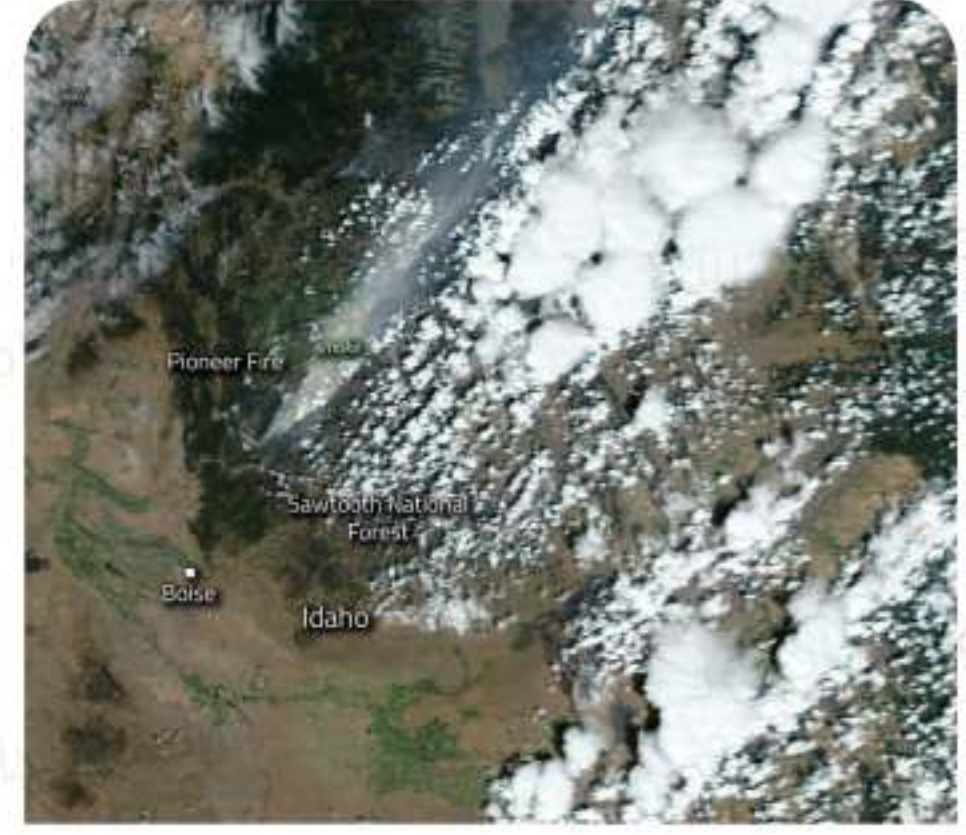
يقع هذا المدار على مسافة 2000 إلى 35000 km من سطح الأرض، هذا المدار مثالي للملاحة والأقمار الصناعية للاتصالات، يستغرق القمر الصناعي على هذا المدار 12h لإكمال دورة حول الأرض، أي أنه يدور مرتين في اليوم ومن أشهر أنواع الأقمار الصناعية في هذا المدار أقمار نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) الشكل 15-2.

المدار الثابت للأرض (GEO) Geostationary orbit

هو مدار دائري يقع مباشرة فوق خط الاستواء على ارتفاع 35786 km من سطح الأرض، يتحرك الأقمار في هذا المدار في اتجاه دوران الأرض بنفس سرعة دورانها أي أن فترة دورانه مساوية لفترة دوران الأرض؛ لذا هو ثابت لمنطقة معينة ويدور مع هذه المنطقة. الأقمار التي تقع في هذا المدار هي أقمار مراقبة الطقس الشكل 16-2 لأنها تحتاج إلى رؤية ثابتة لنفس المنطقة، وأيضًا أقمار الاتصالات السلكية واللاسلكية والقنوات الفضائية حتى لا يتم تغيير اتجاه الهوائي.

المدار القطبي الارضي: Earth's Polar Orbit

تتحرك الأقمار الصناعية في المدارات القطبية من الشمال إلى الجنوب مروراً تقريباً فوق قطبي الأرض، وهي تقع على ارتفاعات منخفضة بين 200 إلى 1000 km، ويستخدم العلماء سلسلة صور هذه الأقمار للمساعدة في التنبؤ بالطقس أو العواصف وحرائق الغابات الشكل 17-2 والفيضانات.



الشكل 17-2 حرائق غابات ملتقطة من قمر متخصص برصد ملوثات البيئة.

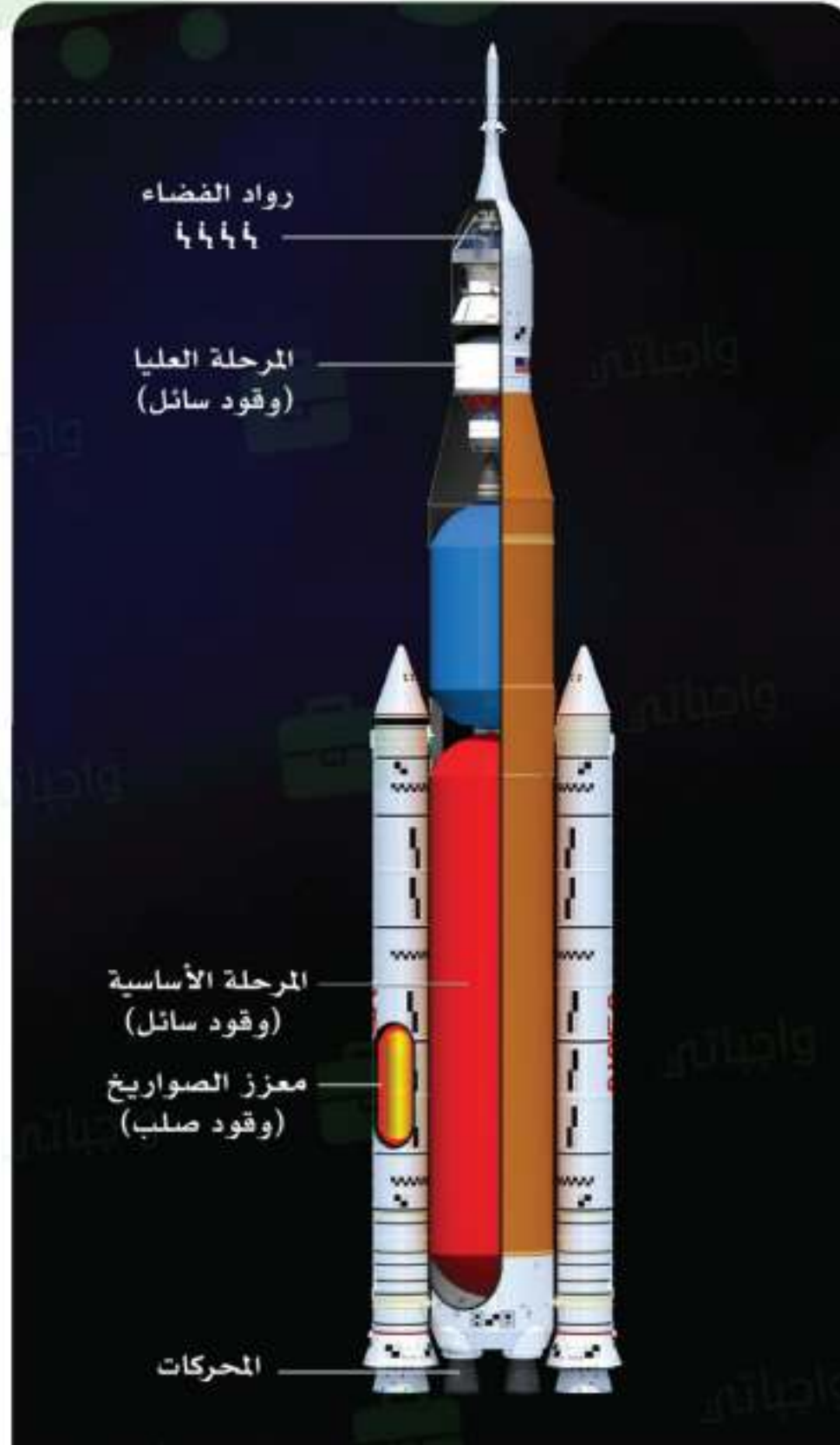
✓ **ماذا قرأت؟ ما القمر الصناعي المناسب لعمل إنذار مبكر لإعصار؟**
أقمار المدار القطبي الأرضي لأنها تدور في المدارات القطبية من الشمال إلى الجنوب مروراً تقريباً فوق قطبي الأرض، وهي تقع على ارتفاعات منخفضة بين 200 إلى 1000 كم.

2. محطات الفضاء Space Station

محطة الفضاء Space Station هي مركبة مصممة من عدة وحدات معملية ومعيشية يتناوب على العمل فيها رواد الفضاء لعدة أشهر، وتدور حول الأرض في المدار الأرضي المنخفض، وتجري في المحطات الفضائية التجارب والاختبارات والأبحاث، وهناك وحدة خاصة للعودة إلى الأرض. هناك محطتان فضائيتان، الأولى محطة الفضاء الدولية (ISS) وهي بالتعاون مع خمس وكالات فضائية: الأمريكية، الروسية، الأوروبية، اليابانية، الكندية. والثانية محطة الفضاء الصينية (TSS) الشكل 18-2.



الشكل 18-2 محطة الفضاء الصينية



الشكل 19-2 تركيب صاروخ الإطلاق لمركبات الفضاء المأهولة.

مهنة مرتبطة

رائد فضاء:

تتمثل مهنة رائد الفضاء في قيادة مركبة الفضاء أو القيام بمهام فضائية دقيقة داخل المركبة أو خارجها أو القيام بإجراء تجارب هندسية أو طبية أو علمية عامة.

فكر معنا

ما أبرز المشاكل التي قد يواجهها رواد الفضاء عند القيام برحلات مدارية؟

أبرز المشكلات التي قد يواجهها رواد الفضاء في رحلات مدارية هي تأثيرات الجاذبية الصفرية على الصحة البشرية، والضرورة الدائمة لنظم الدعم الحيوي في المحطات الفضائية.

الربط مع البيئة



استطاع مسبار الفضاء «دارت» عام 2022 من الاصطدام بكويكب ديمورفوس الذي بلغ عرضه 160m على بعد 11×10^6 Km من أرضنا، وحرفه عن مساره بنجاح، وذلك في تجربة لمعرفة مدى إمكانية منع صخرة كبيرة في الفضاء من الاصطدام بالأرض، وذلك بحرفها عن مسارها بسلام.

3. مركبات الفضاء المأهولة Manned Space Vehicles

مركبات الفضاء المأهولة **Manned Space Vehicles** هي مركبات فضاء يقودها رواد فضاء، ويقومون بعدة تجارب عبر معامل صممت لعدة أغراض، وعند اكتمال مهمتهم يعودون إلى الأرض عن طريق نفس المركبة الشكل 19-2.

4. مركبات الفضاء غير المأهولة Unmanned Space Vehicle

تتنوع مركبات الفضاء غير المأهولة **Unmanned Space Vehicle** فهناك مركبات استطلاع، تقترب من الجرم سواء كان كوكبًا، أو قمرًا، أو كويكبًا، أو مذنبًا، ثم تتبعد عنه وفي أثناء اقترابها تأخذ العديد من الصور والقياسات وتبعث بها إلى محطات المراقبة الأرضية أو تعود إلى الأرض بعينات ترابية كمركبة (ستاردست stardust) الشكل 20-2 التي ظلت تجمع الغبار من مخلفات مذنب (wild2) الشكل 21-2. وهناك مركبات يهبط منها مركبة (Rover) تقوم بالعديد من التجارب ومتنقلة بين أرجاء السطح تأخذ العينات وتقوم بتحليلها وترسل بياناتها إلى محطات المراقبة الأرضية، ومن أمثلة هذه المركبات مركبة (برسفيرنس Perseverance) المريخية الشكل 22-2.

وأيضًا توجد مركبات تهبط بهدوء دون أن تتحطم، وبعد نزولها تأخذ العديد من الصور والقياسات باعثة بها إلى محطات المراقبة الأرضية.

✓ **ماذا قرأت؟ كيف يستطيع العلماء الحصول على بيانات وعينات المركبات الفضائية غير المأهولة؟**

يحصل العلماء على بيانات وعينات من المركبات الفضائية غير المأهولة باستخدام أجهزة الاستشعار عن بعد والأذرع الروبوتية لجمع وتحليل المعلومات والعينات من الفضاء.

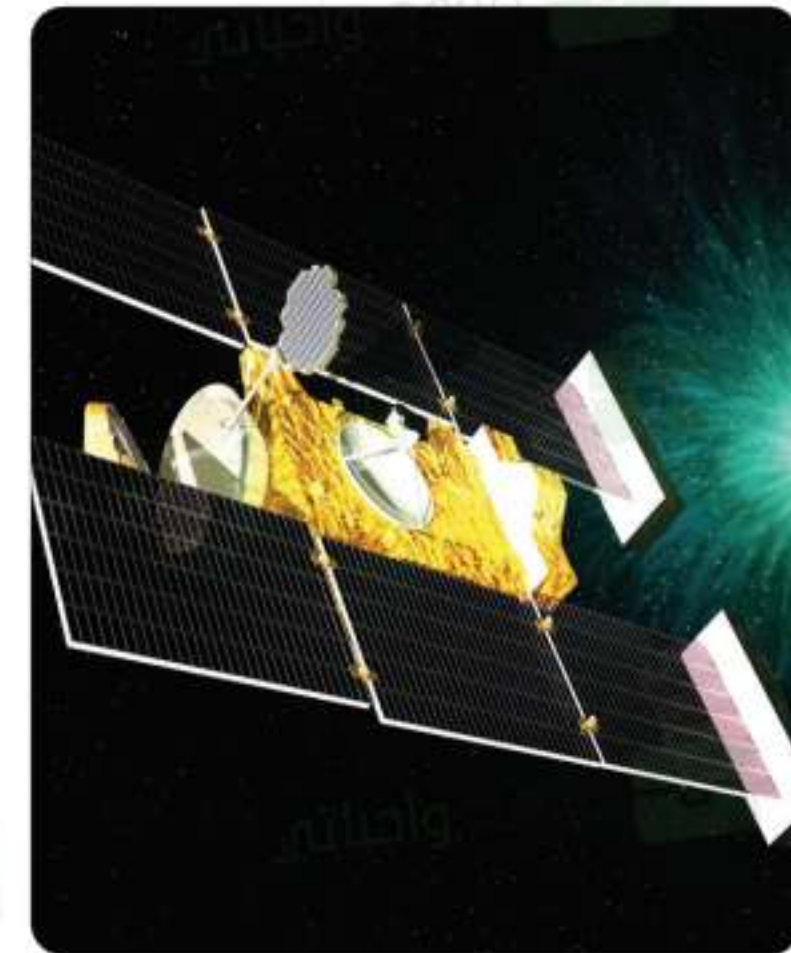


59

الشكل 22-2 مركبة برسفيرنس.



الشكل 21-2 عينة من مخلفات مذنب ويلد2 التي جمعتها مركبة ستاردست.



الشكل 20-2 مركبة ستاردست.

تجربة

العلاقة بين حمولة الصاروخ وسرعة انطلاقه

تستخدم المركبات الفضائية (الصواريخ) لنقل الأشخاص أو نقل حمولات من الأرض إلى الفضاء الخارجي. وتوضع حمولة الصاروخ قرب قمته، وتكون مغطاة بغطاء يحميها أثناء الإقلاع من أحوال الطقس الخارجية وتنفصل الحمولة بعد الوصول للهدف.

خطوات العمل

1. خذ كمية من بيكربونات الصوديوم بواسطة المعلقة الصغيرة وضعها داخل علبة فيتامين سي بها 5 مل ماء.
2. أحكم إغلاقها وضعها بشكل رأسي بجانب مبنى

المدرسة الخارجي. لاحظ انطلاقها وحدد موقعها بالنسبة للمبنى.

3. أعد الخطوة 2 بإضافة كمية من بيكربونات الصوديوم بواسطة المعلقة الكبيرة.

التحليل الحل في الصفحة التالية

4. أي الحالتين كان الارتفاع الذي وصلت له العلبة كبيراً؟

5. ما العلاقة بين ارتفاع الصاروخ وبين كمية وقوده؟

6. هل من المناسب تقليل حمولة الصاروخ أم زيادة كمية وقوده لإيصاله إلى مداره؟

تاريخ المملكة العربية السعودية في الفضاء History of Saudi Arabia in space

تسعى المملكة العربية السعودية إلى تحقيق الريادة الإقليمية في مجالات الفضاء والمساهمة في التنمية المستقبلية لهذا القطاع الحيوي، وتعمل المملكة العربية السعودية على تقنيات وأنظمة الفضاء من خلال التعاون الوطني والدولي في برامج البحث والتطوير ونقل التكنولوجيا وتوطينها. في عام 1985 أصبح صاحب السمو الملكي الأمير سلطان بن سلمان بن عبد العزيز آل سعود أول رائد فضاء عربي مسلم عندما شارك في مهمة فضائية على متن مكوك "ناسا ديسكفري" الذي حمل معه ثاني قمر صناعي عربي، كأخصائي حمولة ضمن رحلة (STS-51G Discovery) والتي استغرقت مدتها أسبوعاً كاملاً من 17 إلى 24 يونيو 1985.

كما حققت مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية العديد من الإنجازات بإطلاقها 17 قمراً صناعياً سعودياً بين عامي 2000 و2022 الشكل 23-2، وشاركت مع وكالة الفضاء الأمريكية "ناسا" وجامعة ستانفورد بتنفيذ تجارب علمية في الفضاء عام 2014 على القمر الصناعي (سعودي سات 4). إلى جانب ذلك، تعاونت مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية مع إدارة الفضاء الوطنية الصينية في مهمة (Chang'e 4 lunar) في عام 2018، لاستكشاف الجانب المظلم للقمر الشكل 24-2.



الشكل 24-2 صورة القمر من كاميرا تقنية سعودية موجودة ضمن مهمة تشانج ليونار الصينية للقمر.

الربط مع رؤية 2030



من أهداف الرؤية:

تأسست الهيئة السعودية للفضاء بموجب أمر ملكي في ديسمبر 2018، وهي خطوة شجاعة نحو مستقبل أكثر ابتكاراً وتطلعاً لأحدث التقنيات والفرص في قطاع الفضاء السعودي. تتوافق أهداف الهيئة السعودية للفضاء مع تطلعات المملكة نحو حياة أكثر جودة وتقدم، حيث تتوافق مع رؤيتها لخلق بيئات أفضل وأكثر أماناً لمواطنيها، مع خلق فرص جديدة لمزيد من الابتكارات المربحة الداعمة للاقتصاد السعودي.

وفي يونيو 2023 تم إصدار قرار مجلس الوزراء رقم 13 بتحويل مسمى الهيئة السعودية للفضاء لتكون وكالة الفضاء السعودية.

تجربة

التحليل

4. أي الحالتين كان الارتفاع الذي وصلت له العلبة كبيراً؟

عندما كانت الحمولة أكبر.

5. ما العلاقة بين ارتفاع الصاروخ وبين كمية وقوده؟

العلاقة بين ارتفاع الصاروخ وكمية وقوده هي علاقة طردية، حيث يزيد الارتفاع بزيادة كمية الوقود المستخدمة.

6. هل من المناسب تقليل حمولة الصاروخ أم زيادة كمية وقوده لإيصاله إلى مداره؟

من المناسب عادةً تقليل حمولة الصاروخ غير الضرورية لتحقيق كفاءة أكبر في الوصول إلى المدار.

تاريخ الأقمار السعودية



الشكل 2-23 تاريخ الأقمار الصناعية السعودية .

السعودية نحو الفضاء

أعلنت المملكة العربية السعودية في يوم الأحد بتاريخ 21/05/2023 عن إرسال أول رائدة فضاء سعودية ورائد فضاء سعودي إلى محطة الفضاء الدولية، حيث انضمت (رائدة الفضاء ريانة برناوي، ورائد الفضاء علي القرني) إلى طاقم مهمة AX-2 الفضائية بهدف بناء القدرات الوطنية في مجال الرحلات المأهولة؛ لأجل البشرية والاستفادة من الفرص الواعدة التي يقدمها قطاع الفضاء وصناعاته عالمياً، وتهدف هذه المهمة إلى إجراء 14 تجربة علمية وبحثية رائدة في الجاذبية الصغرى تتضمن ثلاث تجارب تعليمية توعوية لطلاب التعليم العام تسهم نتائجها في تعزيز مكانة المملكة عالمياً في مجال استكشاف الفضاء، وخدمة البشرية، وإبراز دور مراكز الأبحاث السعودية.

كما تضمن البرنامج تدريب رائدة ورائد فضاء آخرين على جميع متطلبات المهمة كطاقم احتياطي، وهما (مريم فردوس و علي الغامدي).

الرابط مع رؤية ٢٠٣٠

رؤية
VISION 2030
المملكة العربية السعودية
KINGDOM OF SAUDI ARABIA

إنجاز سعودي

تم إطلاق فالكون ٩ (مهمة فلك) في أبريل ٢٠٢٥ كأول مهمة فضائية بحثية تطلق في المدار القطبي لدراسة وتحليل مايكرو بيوم العين في الفضاء.



شارة مُلهمة لتحقيق الطموحات



تجسد شارة الرحلة السعودية للفضاء رؤية المملكة للتطور العلمي والتقني، وتمثل تطلعاتها نحو المستقبل.

الشكل الدائري
استلهم شكل الشارة الدائري من النافذة الشهيرة لمحطة الفضاء الدولية، مما يعكس التعاون والتواصل بين الأمم في استكشاف الفضاء.



علم المملكة
يظهر علم المملكة العربية السعودية على الشعار للتأكيد على الهوية الوطنية والانتماء للوطن.

النجمان الصاعدان
يمثل النجمان الصاعدان رائدي الفضاء السعوديين وطموحتهم وتطلعاتهم نحو التقدم والإنجاز.



الكرة الأرضية وخريطة المملكة
رسمت الكرة الأرضية وتفاصيل خريطة للمملكة العربية السعودية مما يظهر مدى التطور العلمي في المملكة على المستوى العالمي.



النجوم الأربعة عشر
تمثل 14 نجمة الرسومة على الشعار عدد التجارب التي سيجريها رواد الفضاء السعوديون خلال رحلتهم؛ لتكون رمزاً للتقدم في سماء الوطن.



رائد الفضاء
يرمز رواد الفضاء للارتباط بالهدف الأساسي من الرحلة، وهو خدمة البشرية وتحسين جودة حياة الناس على كوكب الأرض.



سنة الانطلاق نحو الفضاء
يشير العام 2023 إلى عام الانطلاق نحو الفضاء وإلى بداية رحلة المملكة في استكشاف الفضاء وتحقيق طموحاتها العلمية والتكنولوجية.



شعار رؤية 2030
يعكس دور رؤية 2030 في تعزيز تطور العلوم والأبحاث والابتكار.



يجمع الشعار بين الهوية الوطنية والطموحات العالية، ويعكس التزام المملكة العربية السعودية بالتطور العلمي والتكنولوجي وللمساهمة في خدمة البشرية.

الهيئة السعودية للفضاء
SAUDI SPACE COMMISSION

السعودية
نحو الفضاء
SAUDI TOWARDS SPACE

تجارب علمية أجراها رواد الفضاء السعوديين

قياس المؤشرات الحيوية

عن طريق الدم

استخدام تخطيط أمواج

الدفاع لقياس النشاط الكهربائي

تجربة الإرواء الدماغية وتعديلات وضع الدماغ في الجاذبية الصغرى

تجربة علوم الخلايا

تجربة قياس الضغط داخل الجمجمة

تجربة الاستمطار في الجاذبية الصغرى

قياس قطر غلاف العصب البصري

مختبر حل المشكلات

تستخدم الأقمار الصناعية مدارات محددة من أجل القيام بمهام أرضية أو فضائية حيث لكل مدار خصائصه التي تساعد القمر الصناعي على أداء مهامه بدقة كما تظهر من خلال الجدول الآتي :

GEO	MEO	LEO	
35786	14484	2896	ارتفاع
15 سنة	10 سنوات	5 سنوات	الفترة العمرية
24 ساعة	3-7 ساعة	95-115 دقيقة	الفترة المدارية

التحليل

1. إذا أردت تصميم قمر صناعي مخصص لرصد الزحام المروري في مدن المملكة الكبرى وقت الذروة مستعيناً بالجدول الذي أمامك اقترح اختيار المدار المناسب لوضع قمر ك الصناعي فيه وذلك بناء على موقع المهمة وفترة الزمن لتستطيع الحصول على البيانات المطلوبة بكل دقة .

الأقمار الصناعية ذات المدار المنخفض (LEO) هي الأنسب لرصد الزحام المروري ، حيث توفر هذه الأقمار دقة مكانية وزمنية عالية ، مما يسمح لها بتقديم صور مفصلة ومتكررة للمناطق الحضرية حيث يكون الزحام المروري قضية هامة، وقادرة على التقاط صور بدقة كافية لرصد السيارات وحركة المرور على الطرقات، كما يمكنها توفير تحديثات متكررة على مدار اليوم مما يسمح بمراقبة الزحام بشكل مستمر وفعال.

التفكير الناقد

2. ابحث في الشبكة العنكبوتية عن مميزات أخرى لمدارات GEO و LEO و MEO و اضعها للجدول السابق و بناء عليها ناقش أي المدارات السابقة تلجأ إليه معظم دول العالم؟

تستخدم معظم دول العالم الأقمار الصناعية ذات المدار الثابت (GEO) بشكل شائع ؛ لتوفير تغطية واسعة ومستقرة للأرض ، خاصة لأغراض الاتصالات والبث التلفزيوني ومراقبة الطقس.

التقويم 2-2

فهم الأفكار الرئيسية

1. قارن بين أقمار المدار القطبي وأقمار المدار الأرضي الثابت من حيث أيهما الأنسب لمتابعة مباشرة لحريق في منطقتك.

المقارنة بين المدار القطبي والمدار الأرضي الثابت:

وجه المقارنة	المدار القطبي	المدار الأرضي الثابت
الارتفاع	بين ٢٠٠ و ١٠٠٠ كم تقريباً	نحو ٣٥,٧٨٦ كم
الحركة	ينتقل من الشمال إلى الجنوب ويمر فوق منطقتك على فترات	يبقى ظاهراً فوق المنطقة نفسها باستمرار
طبيعة المتابعة	يقدم صوراً دورية متتابعة وعالية الدقة	يوفر مراقبة مستمرة ومباشرة للمنطقة
الاستخدام	رصد الحرائق والفيضانات والعواصف ومسح مساحات واسعة	متابعة الطقس والاتصالات والمراقبة المستمرة

الأنسب لمتابعة مباشرة ومستمرة لحريق في منطقتك هو القمر الموجود في المدار الأرضي الثابت؛ لأنه يظل فوق المنطقة نفسها ويستطيع مراقبة الحريق باستمرار.

أما القمر القطبي فهو مفيد للحصول على صور أكثر دقة ولمتابعة انتشار الحريق في مناطق واسعة، لكنه يمر فوق المنطقة على فترات ولا يبقى فوقها بصورة مستمرة.

2. يريد رواد فضاء القيام بتجارب علمية تستغرق 4 أشهر، فما التقنية الفضائية المناسبة لهم مبيناً سبب اختيارك.

التقنية المناسبة لإجراء تجارب تستغرق أربعة أشهر

التقنية الأنسب هي محطة الفضاء، مثل محطة الفضاء الدولية.

السبب: لأنها تحتوي على وحدات معملية ومعيشية مجهزة، ويمكن لرواد الفضاء الإقامة والعمل فيها عدة أشهر وإجراء التجارب العلمية في بيئة الجاذبية الصغرى.

ويصل الرواد إليها ويعودون منها بواسطة مركبة فضاء مأهولة.

التقويم 2-2

التفكير الناقد

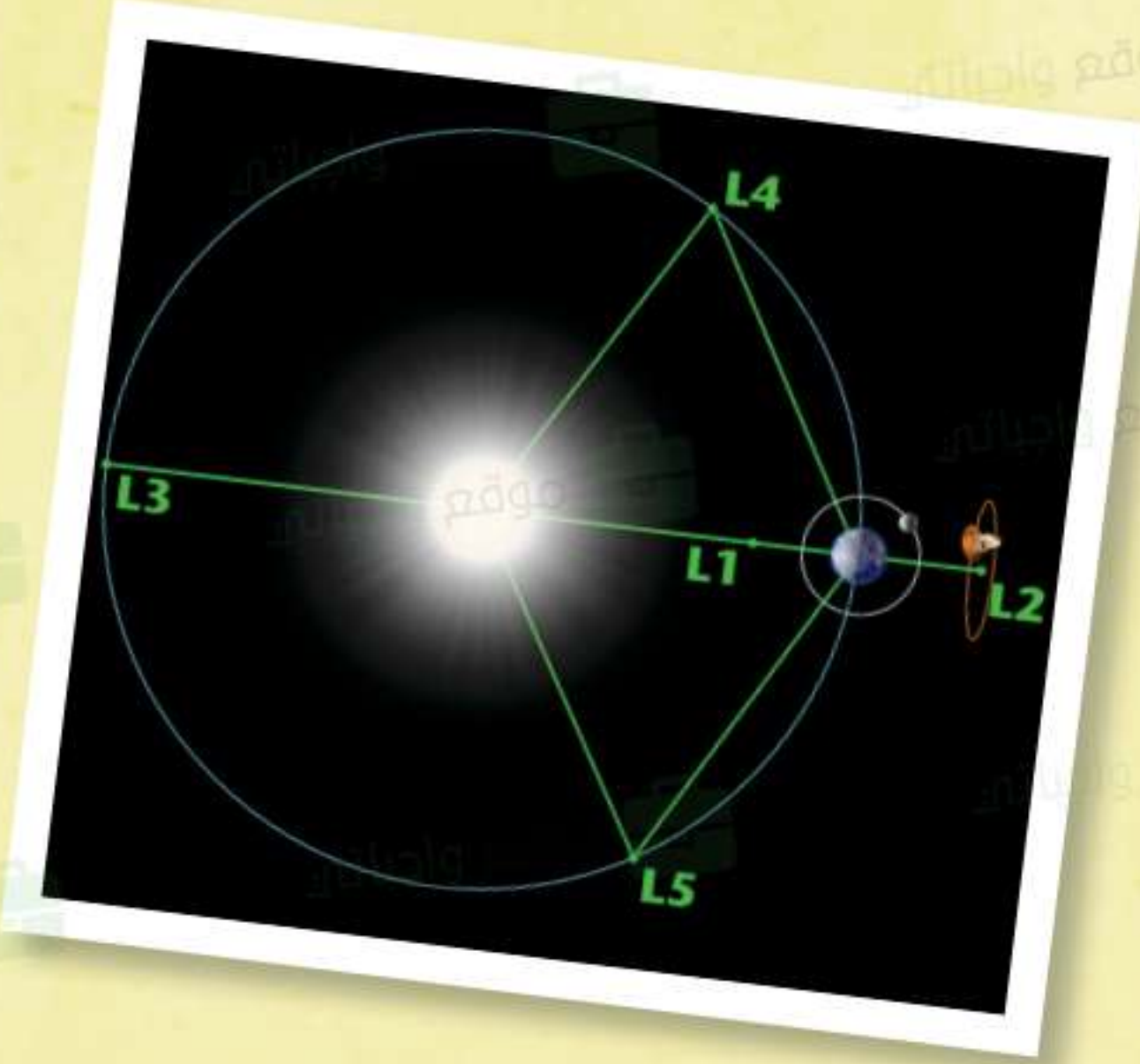
3. يرغب العلماء في الحصول على عينة ترابية من إحدى الكويكبات التي بدأت تقترب من مدار الأرض حول الشمس؛ وذلك لدراسة مكوناته الأولية وعلاقتها ببناء النظام الشمسي.
حدد التقنيات الضرورية للقيام بهذه المهمة مبيناً دور كل تقنية.

تحتاج المهمة إلى التقنيات الآتية:

1. **مرصد وأجهزة رصد أرضية** : لتحديد موقع الكويكب ومداره وسرعته وموعد اقترابه.
2. **صاروخ إطلاق** : لإطلاق المركبة والتغلب على جاذبية الأرض ووضعها في المسار المناسب نحو الكويكب.
3. **مركبة فضائية غير مأهولة أو مسبار فضائي** : لأنها أكثر أماناً من إرسال رواد فضاء، وتتولى الوصول إلى الكويكب والاقتراب منه.
4. **أنظمة الملاحة والتوجيه** : لتحديد موقع المركبة وتصحيح مسارها والتحكم في اقترابها وهبوطها على الكويكب.
5. **كاميرات وأجهزة استشعار علمية** : لتصوير سطح الكويكب، ودراسة تضاريسه واختيار الموقع المناسب لجمع العينة.
6. **جهاز لجمع العينات** : مثل ذراع آلية أو مثقاب لالتقاط التراب والصخور ووضعها داخل حاوية محكمة؛ لمنع تلوثها أو فقدانها.
7. **أنظمة تثبيت أو دفع دقيقة** : لتثبيت المركبة قرب سطح الكويكب؛ لأن جاذبيته ضعيفة جداً وقد ترتد المركبة بعيداً عنه.
8. **نظام اتصالات** : لإرسال الصور والقياسات إلى محطات المراقبة الأرضية، واستقبال الأوامر منها.
9. **كبسولة لإعادة العينة** : تحمل العينة إلى الأرض، وتكون مزودة بدرع حراري ومظلة لحمايتها عند دخول الغلاف الجوي والهبوط.

والإجابة المختصرة المناسبة للكتاب : تُستخدم مركبة فضائية غير مأهولة مزودة بأنظمة الملاحة والاتصال والتصوير، وجهاز لجمع العينات وحفظها، ثم تعاد العينة إلى الأرض داخل كبسولة مخصصة؛ لأن المركبات غير المأهولة تستطيع الاقتراب من الأجرام وجمع العينات وإعادتها دون تعريض حياة رواد الفضاء للخطر.

ما الذي يجعل نقاط لاغرانج مواقع مهمة في الفضاء



إذا كان لدينا جسمان فائقا الكتلة، فإن قوى الجاذبية ستتوازن تمامًا بينهما في 5 أماكن، وفي كلٍ من هذه الأماكن الخمسة يمكنك وضع قمر صناعي له كتلة صغيرة نسبياً، وتحافظ على موقعه ببذل القليل من الجهد. فعلى سبيل المثال، يمكنك وضع تلسكوب فضائي أو مستعمرة مدارية، وعندها ستحتاج القليل من الطاقة أو لا شيء منها للحفاظ على موقعها، وقد وجد علماء الفلك هدفهم المنشود في أماكن مميزة من نظامنا الشمسي أطلق عليها اسم نقاط لاغرانج.

مكان يسهل منه الوصول إلى الأرض أو القمر مع حد أدنى من الوقود.

وتتمركز أغلب أفكار الخيال العلمي حول وضع محطة فضائية أسطوانية دوارة وعملاقة في نقاط L4 و L5 فهي ستكون مستقرة تماماً في المدار، وعملية الوصول إليها سهلة نسبياً، وستكون أكثر الأماكن مثالية لبدء استعمار النظام الشمسي.

فموقع النقطة L1 من نظام الشمس-الأرض مكان عظيم لتركيز تلسكوب شمسي، حيث إنها أقرب قليلاً إلى الشمس، ولكن موقعها سيسمح لها بإرسال البيانات ثانيةً لنا على الأرض.

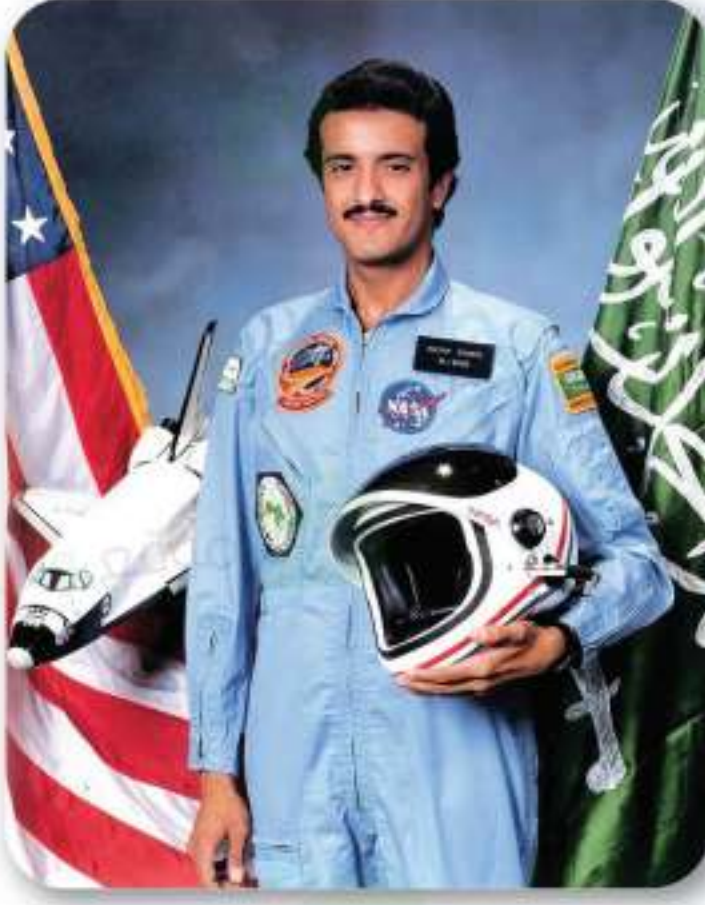
وقد أعد تلسكوب جيمس ويب الفضائي لوضعه في النقطة L2 من نظام الشمس-الأرض، وهي تقع على بعد حوالي 1.5 مليون كيلومتر من الأرض.

ومن هناك، ستكون كل من الشمس والأرض والقمر واقعة في مكان صغير في السماء، لتترك بقية الكون حراً أمام عمليات الرصد.

أما نقطة L1 من نظام الأرض-القمر ستكون المكان المثالي لوضع محطة قمرية يُعاد تزويدها بالوقود، وهي

رحلة صاحب السمو الملكي

الأمير سلطان بن سلمان للفضاء*



" رحلة سلطان لم تكن رحلة عادية أو نزهة، وإنما كانت لخدمة أهداف علمية لصالح العلم والتعليم.. ويجب أن نعتز بها كمواطنين سعوديين؛ بأننا وصلنا إلى مرحلة من التعليم والتطور جعلتنا نستوعب هذه المهمة، وجعلت علماءنا يقومون بأبحاث فضائية لخدمة العلم في المملكة العربية السعودية والبلاد العربية والإسلامية. "

كلمة خادم الحرمين الشريفين الملك سلمان بن عبد العزيز آل سعود لوكالة الأنباء السعودية في 29 رمضان 1405 هـ الموافق 17 يونيو 1985.

الفكرة والانطلاقة

بدأت الفكرة انطلاقا من سعي المملكة إلى دعم العلماء والباحثين من خلال مجموعة واسعة من المشاريع التنموية الشاملة في مجالات متعددة؛ حيث كان أحدها مشاركة المملكة في رحلة الفضاء ديسكفري عام (1985) وقد كانت أول ريادة إسلامية وعربية في الفضاء.

قصة الترشيح

يذكر صاحب السمو الملكي الأمير سلطان بن سلمان أنه عندما رُشح لهذه المهمة الفضائية عادت به الذاكرة إلى العام (1969)؛ حيث قال: "لقد تابعت آنذاك وأنا شاب في سن الثالثة عشرة البث التلفزيوني لصعود أول إنسان إلى سطح القمر، وتابعتنا في المملكة باهتمام بالغ نزول نيل أرمسترونج أول إنسان تخطأ قدماءه سطح القمر في (20 يوليو 1969) في رحلة أبولو 11".



* خادم الحرمين الشريفين الملك سلمان بن محمد آل سعود مع ابنه سلطان عند استقبال الفريق المشارك في رحلة الفضاء في 20 يوليو 1985.

ثم ذكر: "لقد كان لذلك الحدث أثر بالغ في تشكيل تاريخ الإنسانية، وفي الشباب في بلادنا، وبقيّة شعوب العالم". ومنذ تلك اللحظة عمل على كافة الجوانب المتعلقة بالمهمة ومنها كان تشكيل الفريق العملي.

برنامج التدريب

كان برنامج الإعداد لرحلة الفضاء طموحاً إلى أبعد الحدود لما تضمنه من ثراء في الأهداف، و ذكرت مديرة برنامج التدريب الذي أعدته «ناسا» لصاحب السمو الملكي ولزميله الاحتياطي عبدالمحسن البسام؛ المهندسة الأمريكية كاثيري أبوالتين أن تدريب رائد الفضاء كي يصبح أخصائيّ حمولة يحتاج إلى نحو (114) ساعة تدريب؛ أي من ستة أشهر إلى ثمانية عشر شهراً، كما جرى مع باتريك بودري أخصائي الحمولة الفرنسي مثلاً. ولكن نظراً إلى ضيق الوقت؛ كان من الضروري تكثيف البرنامج جداً؛ حتى يستطيع رائد الفضاء وزميله استيعابه في مدة زمنية قياسية استغرقت نحو عشرة أسابيع فحسب، أي منذ بداية إبريل حتى منتصف يونيو (1985).



صورة تذكارية تجمع رائد الفضاء العربي مع الفريق العلمي السعودي (نحو 19 عالماً وباحثاً).

التجارب العلمية

اختير البرنامج العلمي بعناية ليشمل المجالات الرئيسة في علوم الفضاء، وتقنياته، والاستشعار عن بعد؛ وكان أبرز التجارب العلمية:

- التصوير الفضائي لبعض مناطق المملكة للحصول على معلومات جيولوجية وطقسية، وغيرها.

- رصد هلال شهر شوال حيث كان موعد بدء الرحلة في (12 يونيو 1985) أي (24 رمضان)؛ مما يتيح الفرصة لرؤية هلال بداية شهر شوال، لكن ألغيت التجربة عند تأخر موعد إطلاق المكوك.

- تجربة فصل السوائل التي أجريت لأول مرة على عينات من خليط الماء وزيت البترول العربي الخام.

- تجربة الغاز المؤين حيث أضافت هذه التجربة مفاهيم علمية جديدة لظاهرة انتشار الغازات في الفضاء، وتأثير درجة تأينها على المجال الكهربائي المحيط بالمركبات الفضائية والأقمار الصناعية.

بالإضافة إلى تجارب دولية أخرى كانت على متن الرحلة من أمريكا، وفرنسا، والمكسيك، وألمانيا الغربية.

الإنجاز

كانت المركبة الفضائية قد وصلت إلى مدارها على بعد (320) كيلو متراً من سطح الأرض، بعد مضي نحو خمس وأربعين دقيقة من موعد الإقلاع، وبعد ست ساعات من انطلاق المكوك من الأرض، بدأ الاستعداد لنشر الأقمار الصناعية التجارية الثلاثة، ثم -بعد ذلك- بدأ رائد الفضاء الفرنسي تجاربه الطبية حول دراسة التغيرات التي تطرأ على جسم الإنسان في حالة انعدام التوازن.

وكانت أهم الإنجازات:

- مشاركة أول رائد فضاء عربي مسلم في مهمة فضائية.

- النجاح في وضع القمر العربي الثاني في مداره، واستقبال الإشارات، وتشغيله.

- صرح جيسي مور مدير رحلات رواد الفضاء بوكالة ناسا بأن الرحلة (G51) تُعد من أنجح الرحلات المكوكية التي تحققت في تاريخ «ناسا» حتى تاريخه.

- شهد القمر الصناعي أول تجربة له حينما نقل التلفاز السعودي وقائع صلاتي المغرب والعشاء من مكة المكرمة والمدينة المنورة تبعاً على الهواء مباشرة يوم الخميس (6 ذو الحجة 1405 هـ) الموافق (22 أغسطس 1985)؛ أي في أقل من أسبوع على إطلاقه، وكانت أول صورة حية يبثها القمر العربي هي صورة الكعبة المشرفة، كما نجح بعد ذلك في نقل مشاعر الحج كاملة وصلاة العيد لعام (1405 هـ) حية على الهواء لملايين المسلمين في ثلاثٍ وعشرين دولة عربية وأوروبية.

* المرجع

7 أيام في الفضاء قصة أول ريادة عربية للفضاء، سلطان بن سلمان آل سعود، 1440 هـ.

مختبر الفضاء

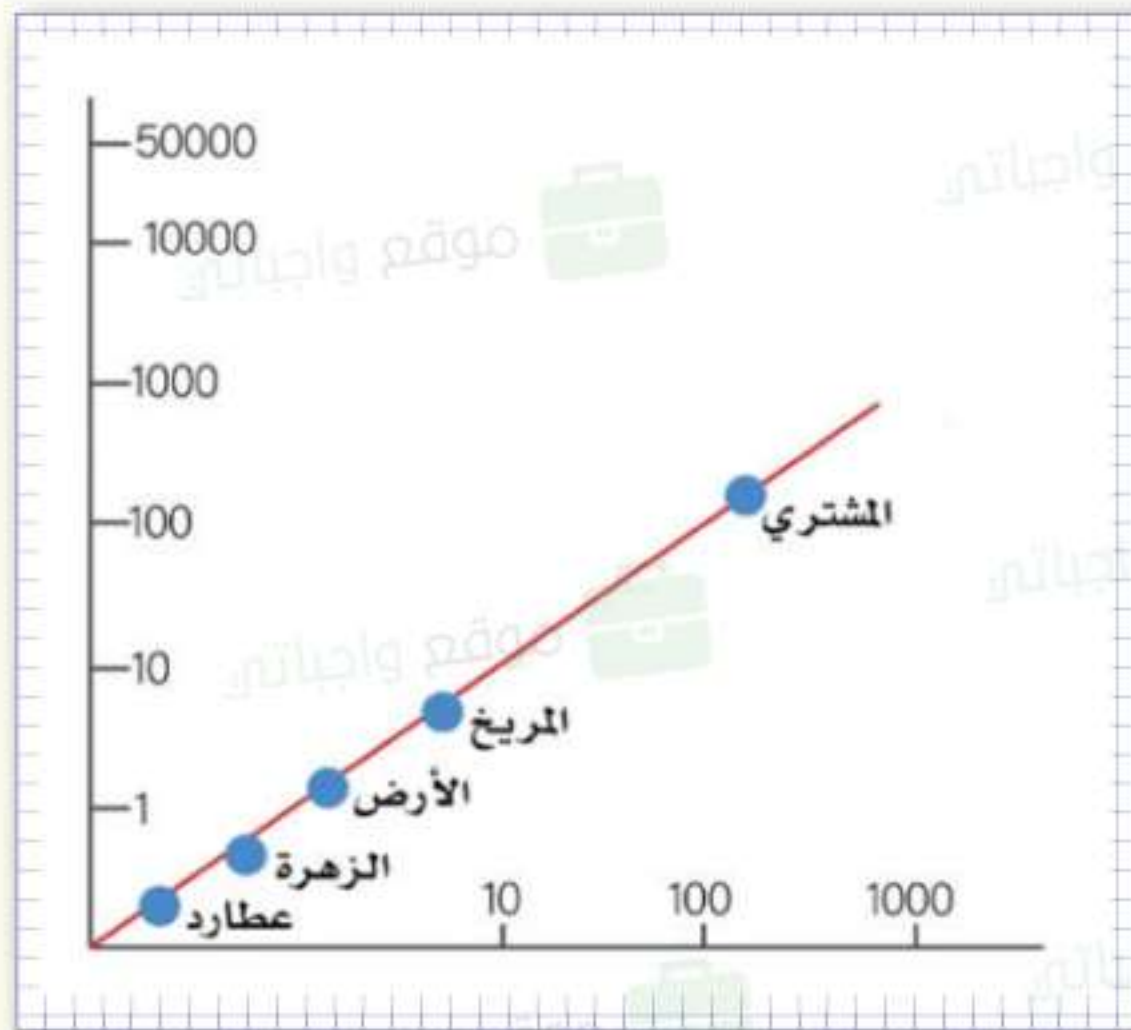
قانون كبلر الثالث

Planet	نصف المحور الأكبر a AU	الفترة T المدارية سنة	T^2	a^3
عطارد	0.39	0.24	0.058	0.059
الزهرة	0.72	0.61	0.38	0.37
الأرض	1.00	1.00	1.00	1.00
المريخ	1.52	1.88	3.53	3.58
المشتري	5.20	11.9	142	141

التحليل والاستنتاج

1. مثل بيانياً a^3 و T^2 مانوع العلاقة.
2. هل تم إثبات قانون كبلر الثالث من الرسم البياني؟
فسر ذلك.

نعم، تم تحقق قانون كبلر الثالث من خلال العلاقة الطردية للرسم البياني بين مربع الفترة المدارية، ومكعب نصف طول المحور الأكبر المدارات الكواكب، وهذا ما ينص عليه القانون.



خلفية علمية وضع كبلر ثلاث قوانين حملت اسمه، واشتهرت في العصر الحديث بشكل كبير؛ وذلك لإرتباطها الواسع بعلم الفلك والفضاء وهذه القوانين صالحة للتطبيق في حال وجود شرطين غير متوفرين في الواقع، هما:

أن يكون الجرم الذي يدور في المدار لا كتلة له، وأن يكون الجسم وحيداً؛ أي يدور في المدار وحده دون وجود أي جرم آخر. وصفت قوانين كبلر العلاقة بين الشمس والكواكب التي تدور حولها في مدارات خاصة، فبيّنت أن طبيعة مدارات الكواكب إهليلجية، وأن الكواكب لا تسير بسرعة واحدة بل تختلف باختلاف بُعدها عن الشمس، كما أن هنالك علاقة ما بين زمن دوران الكوكب والبعد عن الشمس.

سؤال كيف يمكن إثبات قانون كبلر الثالث من خلال قياس الفترة المدارية وقياس نصف المحور الأكبر لمدار الكوكب؟

الأدوات

آلة حاسبة.

تلسكوب Microsoft على الويب.



إجراءات السلامة

خطوات العمل

1. قم بفتح البرنامج عبر الرابط على الشبكة العنكبوتية، اضغط على أيقونة "انظر إلى" القائمة السفلية واختر (النظام الشمسي).
2. قم باختيار كوكب عطارد واضغط على أيقونة "منظر" بالقائمة العلوية، وقم بتحريك المدة الزمنية إلى عدة سنوات لحساب الفترة المدارية للكوكب.
3. سجل قيمة الزمن الدوري في الجدول، ثم اوجد قيمة T^2

يقوم الطلاب بإنشاء جدول يحتوي على الأعمدة الآتية: اسم الكوكب، الفترة المدارية T مربع الفترة المدارية T^2 ، نصف المحور الرئيسي a ومكعب نصف المحور الرئيسي a^3 .

4. أوجد قيمة نصف المحور الأكبر لمدار الكوكب a ثم أوجد a^3 وسجلها بالجدول.
5. أعد الخطوات من 2 إلى 4 لكواكب الزهرة، الأرض، المريخ، المشتري.

دليل مراجعة الفصل

2

الفكرة العامة تخضع الأجرام السماوية والأنظمة الفضائية لمجموعة من القوانين التي تحدد خصائص حركتها وديناميكيته السماوية.

المفردات

2-1 قانون الجاذبية وقوانين كبلر

قانون كبلر الأول
البعد الحضيضي
البعد الأوجي
قانون كبلر الثاني
قانون كبلر الثالث
سرعة الهروب

المفاهيم الرئيسية

الفكرة الرئيسية قوانين كبلر تصف شكل وخصائص حركة الأجرام التي تسلكها حول بعضها والسرعات التي تتحرك بها والكتل المتبادلة بينها.
قانون كبلر الأول تدور الكواكب حول الشمس في مدارات على شكل قطع ناقص، وتقع الشمس في إحدى بؤرتيه.

$$r_p = a(1 - e) \text{ البعد الحضيضي}$$

$$r_a = a(1 + e) \text{ البعد الأوجي}$$

قانون كبلر الثاني الخط الواصل بين الكوكب والشمس يرسم مساحات متساوية في الفضاء في أزمنة متساوية.

قانون كبلر الثالث مربع مدة دورة الكوكب حول الشمس تتناسب مع مكعب نصف طول المحور الأكبر لمداره.

$$T^2 = a^3$$

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

السرعة المدارية لجرم سماوي

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

كتلة كوكب له تابع

$$V_{es} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

سرعة إفلات الكوكب

2-2 التقنية الفضائية

الفكرة الرئيسية استطاع الإنسان بواسطة التقنيات الفضائية من الوصول إلى أجرام لم تكن المناظير الفلكية كافية لدراستها.
أنواع المركبات الفضائية.

- الأقمار الصناعية، وأنواعها: منخفضة - متوسطة - ثابتة - قطبية.
- محطات الفضاء.
- مركبات مأهولة.
- مركبات غير مأهولة.

المركبات الفضائية.
القمر الصناعي.
محطة الفضاء.
مركبة الفضاء المأهولة.
مركبة الفضاء غير المأهولة.

مراجعة المفردات

وضح العلاقة بين المصطلحات الآتية في كل زوج مما يلي:

1. سرعة الهروب والسرعة المدارية.

- **السرعة المدارية:** السرعة التي تجعل الجسم يستمر في الدوران حول الجرم السماوي دون أن يسقط عليه أو يهرب منه.

- **سرعة الهروب:** أقل سرعة تمكن الجسم من الإفلات من جاذبية الجرم السماوي دون دفع إضافي.

وعند المسافة نفسها في مدار دائري:

$$v_{\text{مدارية}} = \sqrt{2} v_{\text{هروب}}$$

2. المركبات المأهولة والمحطة الفضائية.

كلاهما يستقبل رواد الفضاء، لكن المركبة المأهولة تستخدم لنقل الرواد وتنفيذ مهمة محددة والعودة بهم، بينما المحطة الفضائية منشأة مدارية تحتوي على وحدات معيشية ومعامل لإقامة الرواد وإجراء التجارب عدة أشهر.

3. المدار القطبي والمدار الثابت.

- **المدار القطبي:** يمر فوق قطبي الأرض من الشمال إلى الجنوب، ويصوّر مناطق مختلفة من سطح الأرض على فترات.

- **المدار الأرضي الثابت:** يقع فوق خط الاستواء، وتساوي مدة دورته مدة دوران الأرض؛ لذلك يبدو ثابتاً فوق المنطقة نفسها.

9. لاستقبال البث التلفزيوني فإننا نحتاج إلى قمر صناعي.

- a. ثابت المدار للأرض. c. متوسط المدار.
b. منخفض المدار. d. قطبي المدار.

10. المدار المناسب لمحطة الفضاء الدولية.

- a. المدار الأرضي الثابت. c. المدار المتوسط.
b. المدار المنخفض. d. المدار القطبي.

11. المركبة التي بالصورة التالية تمثل:



- a. محطة فضاء. c. مركبة غير مأهولة.
b. قمر صناعي. d. مركبة مأهولة.

12. أكملت إحدى المركبات مهمتها على سطح المريخ، وأقلعت من على سطحه لتدور حوله بسرعة مدارية 4.6 km/s فما مقدار سرعة الهروب من المريخ، وهل تستطيع الإفلات منه والعودة إلى الأرض؟

- a. 5 km/s لا تستطيع الإفلات.
b. 4 km/s تستطيع الإفلات.
c. 19 km/s لا تستطيع الإفلات.
d. 1.6 km/s تستطيع الإفلات.

13. تدور مركبة فضاء حول المشتري في مدار دائري وعلى بعد من مركزه يساوي 100 مرة نصف قطره، فإن سرعة المركبة بوحدة km/s :

- a. 0.1 km/s .
b. 2 km/s .
c. 0.01 km/s .
d. 6 km/s .

أكمل الجمل الآتية بالمفردات المناسبة:

4. مربع مدة دورة الكوكب حول الشمس تتناسب مع

مكعب نصف طول المحور الأكبر لمداره.

5. مركبات الفضاء المأهولة

يقودها رواد فضاء،

ويقومون بتجارب عدة بها عبر معامل صممت لعدة أغراض.

6. أكمل الجدول التالي الذي يستعرض بعضاً من المهام والتجارب الفضائية:

المهمة	المركبة الفضائية اللازمة
رصد البقع الشمسية	مركبات غير مأهولة
أثر فقدان الجاذبية على العظام	محطات الفضاء
مراقبة ناقلات النفط	أقمار صناعية
جلب عينة من كويكب	مركبات غير مأهولة
إصلاح منظار هابل	مركبات مأهولة

تثبيت المفاهيم الرئيسية

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

7. تعاونت مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية مع إدارة الفضاء الوطنية الصينية في مهمة:

- a. تشانج ليونار. c. ديسكفري ج.
b. ارتميس. d. ستاردست.

8. قانون يمكن منه إثبات أن سرعة الكوكب تتناسب عكسياً مع بعده عن الشمس.

- a. كبلر 1. c. كبلر 2.
b. كبلر 3. d. الجذب العام.

14. إذا أردنا إطلاق قمر صناعي يدور حول الأرض في مدار دائري بحيث تكون مدة دورته 24 hour؛ فإن بعده عن الأرض:

- a. 60000 km
- b. 35786 km
- c. 20000 km
- d. 400 km

أسئلة بنائية

مستعيناً بالجدول الآتي أجب عن السؤال:

الكوكب	الفترة المدارية T (year)	نصف المحور a AU الأكبر
عطارد	0.24	0.39
الزهرة	0.61	0.72
الأرض	1.00	1.00
المريخ	1.88	1.52
المشتري	11.9	5.20

15. فسر سبب طول الفترة المدارية لكوكب المشتري؟

لأن المشتري أبعد عن الشمس من الكواكب الأخرى في الجدول ؛ لذلك يتحرك في مدار أكبر وبسرعة أقل، فتزداد مدة دورانه.

وينص قانون كبلر الثالث على:

$$T^2 = a^3$$

فكلما زاد متوسط البعد عن الشمس زادت الفترة المدارية.

16. اشرح سبب عدم إفلات الطائرات الحربية النفاثة من جاذبية الأرض (ابحث عن سرعة هذه الطائرات) وحولها بوحدة km/s.

لكون سرعتها بحدود ٩.٠ كم / ث ومقارنة بسرعة الإفلات من الأرض ١١ كم / ث فإن هذه الطائرات لا تستطيع الإفلات.

2 تقويم الفصل

17. صف طريقة توصيل المؤونة إلى رواد الفضاء بالمحطة الدولية للفضاء مبيناً التقنيات الفضائية المستخدمة.

تحمل المؤونة داخل مركبة شحن فضائية غير مأهولة، ثم يطلقها صاروخ إلى المدار الأرضي المنخفض.
تستخدم المركبة أنظمة الملاحة والتوجيه والاتصال حتى تقترب من محطة الفضاء وتلتحم بها، ثم ينقل الرواد الغذاء والماء والمعدات منها إلى المحطة.
وبعد انتهاء المهمة تعود المركبة إلى الأرض أو تحترق عند دخول الغلاف الجوي، بحسب نوعها.

التفكير الناقد

18. استطاع تلسكوب جيمس ويب من التقاط صورٍ لمذنب قصير الفترة المدارية، يتحرك خلال مدارات كواكب النظام الشمسي في مسار قطع ناقص، مما قد ينتج عنه اصطدامٌ بكوكب الأرض. مستعيناً بقوانين كبلر وقانون الجذب العام، ادرس العوامل التي تؤثر في مساره مما تعطي العلماء أملاً في تجنب الاصطدام به.

دراسة مسار المذنب وإمكان تجنب اصطدامه

العوامل المؤثرة في مساره هي:

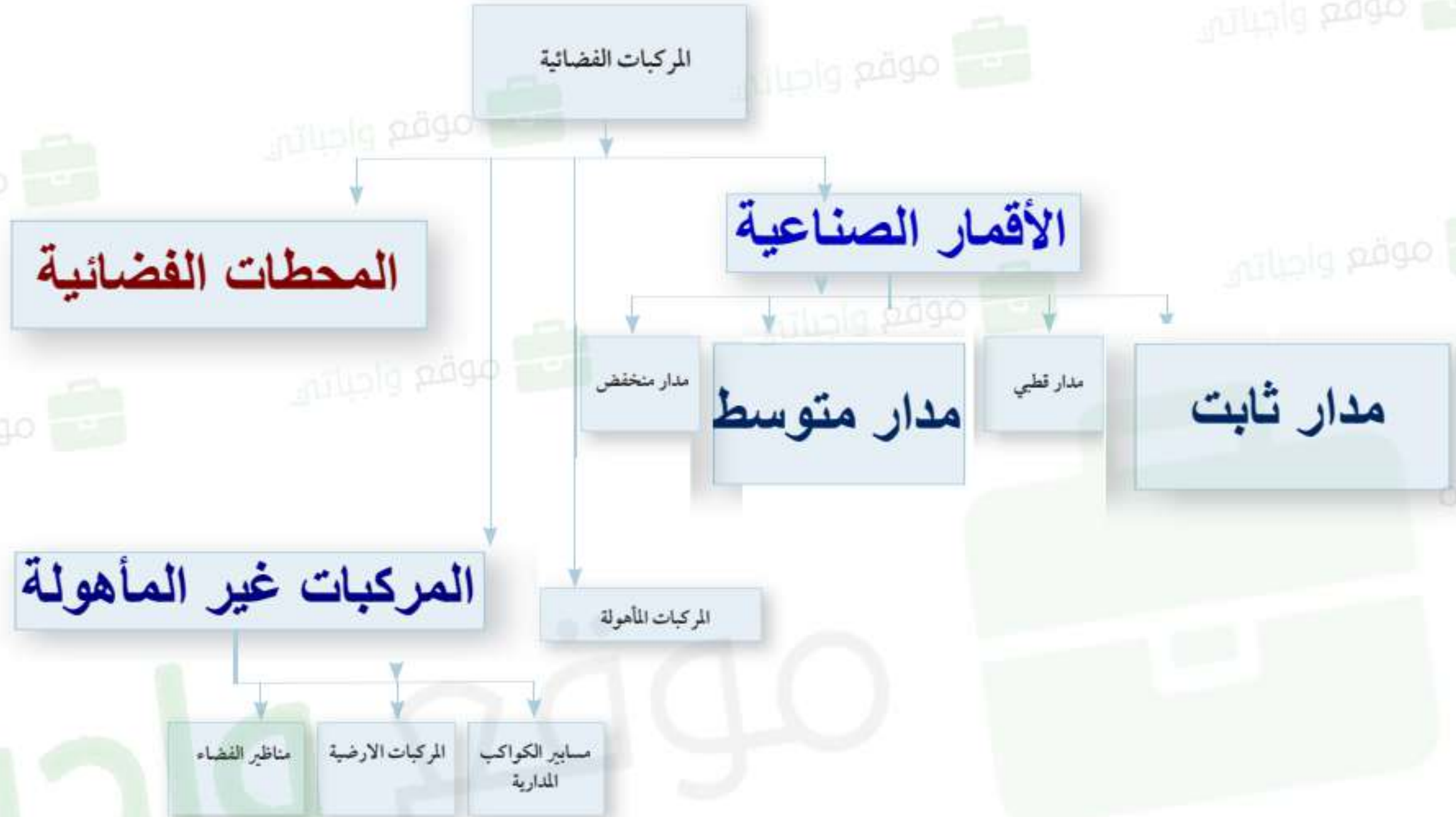
- موقع المذنب وسرعته واتجاه حركته.
- شكل مداره ودرجة استطالته ونصف محوره الأكبر.
- كتل الشمس والكواكب والمسافات بين المذنب وهذه الأجرام.
- قوى الجاذبية التي تؤثر فيه، وخصوصاً عند اقترابه من كوكب كبير.
- تغير سرعته؛ إذ تزداد قرب الشمس وتقل عند ابتعاده عنها وفق قانون كبلر الثاني.

تسمح قوانين كبلر للعلماء بحساب مداره وفترته وموعد اقترابه، ويحدد قانون الجذب العام مقدار تأثير الشمس والكواكب فيه.
ويعطي اكتشافه مبكراً وقتاً لإرسال مركبة تصطدم به أو تؤثر في مساره؛ فتغير صغير في سرعته أو اتجاهه قبل سنوات قد يجعله يمر بعيداً عن الأرض.

2 تقويم الفصل

خريطة مفاهيمية

19. أكمل خريطة المفاهيم التي توضح تقنيات المركبات الفضائية:



سؤال تحفيز

20. يراد القيام بمهمة لدراسة أثر مخلفات كويكب على غلافنا الجوي. في ضوء دراستك للمركبات الفضائية، رتب اختيارك لهذه المركبات للقيام بهذه المهمة.

ترتيب مقترح من الأكثر ملائمة إلى الأقل:

١. **قمر صناعي في مدار منخفض أو قطبي** : يرصد المخلفات وتغيرات الغلاف

الجوي ويجمع صوراً وقياسات متتابعة.

٢. **مركبة فضائية غير مأهولة** : تقترب من المخلفات، وتقيس مكوناتها أو تجمع

عينات منها دون تعريض الرواد للخطر.

٣. **محطة الفضاء** : يمكن إجراء تجارب على العينات ودراسة تأثير الجسيمات في

بيئة الجاذبية الصغرى.

٤. **مركبة فضائية مأهولة** : تأتي أخيراً بسبب ارتفاع التكلفة والمخاطر على حياة

رواد الفضاء.

اختبار مقنن

اختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. إذا علمت أن متوسط نصف قطر مدار "تيتان"

أكبر أقمار كوكب زحل يبلغ $1.22 \times 10^9 \text{ m}$

وفترته المدارية 15.95 day. وهايبيرون قمر

آخر من أقمار زحل يدور حوله بنصف قطر

متوسط $1.48 \times 10^9 \text{ m}$. فإن الفترة المدارية

لهايبيرون بالأيام:

a. 23 day

b. 60 day

c. 120 day

d. 13 day

2. يدور كوكب عطارد حول الشمس بمتوسط نصف

قطر مداري يبلغ $5.8 \times 10^{10} \text{ m}$. فإذا كانت كتلة

الشمس $1.99 \times 10^{30} \text{ kg}$. فإن الكوكب يستغرق

للدوران حول الشمس مدة تقدر بـ:

a. 65 day

b. 39 day

c. 88 day

d. 48 day

3. إذا كان نصف قطر كوكب المشتري 71492 km

وكانت كتلته $(1.898 \times 10^{27} \text{ kg})$ ، فإن سرعة

هروبه:

a. 59.2 km /s

b. 45 km /s

c. 68 km /s

d. 77 km /s

4. أول رائد فضاء هبط على أرض القمر هو:

a. باز الدرين.

b. آن ماكلاين.

c. نيل آرموسترونج.

d. آلان شيبارد.

5. يمكن تطبيق قانون العام للجاذبية بين:

a. الكواكب فقط.

b. أي جسمين.

c. الكواكب وأقمارها.

d. الأقمار الصناعية والأرض.

6. من الأمثلة على المركبات غير المأهولة:

a. القمر الصناعي.

b. محطة الفضاء الدولية.

c. منظار هابل.

d. a، c معًا.

أسئلة الإجابات القصيرة

7. ما أول كائن تم إرساله في تجربة للفضاء؟

الكلبة لايتا.

8. ما أقصى ارتفاع لوضع الأقمار الصناعية في المدار الثابت الأرضي؟

ارتفاع المدار الأرضي الثابت هو:

35,786 km

فوق سطح الأرض.

9. ما العوامل المؤثرة لحساب قيمة سرعة هروب جرم ما من كوكب؟

تعتمد سرعة الهروب على:

- كتلة الجرم السماوي M.

- نصف قطره أو المسافة من مركزه R.

- ثابت الجذب العام G.

$$V_{\text{esc}} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

اختبار مقنن

القراءة والاستيعاب

يهدف برنامج تطوير نظام الإطلاق القابل لإعادة الاستخدام إلى تطوير مجموعة من التقنيات الجديدة لنظام إطلاق مداري يمكن إعادة استخدامه عدة مرات بطريقة مشابهة لقابلية إعادة استخدام المركبات الجوية. وبدأت شركة سيسيس إكس في تطوير هذه التقنيات عبر سنوات عديدة لتسهيل وتسرع من إمكانية إعادة استخدام مركبات الإطلاق للفضاء. تشمل الأهداف طويلة الأمد لهذا المشروع على العودة بالمرحلة الأولى من مركبة الإطلاق إلى موقع الإطلاق بعد دقائق من إطلاق المركبة، والعودة بالمرحلة الثانية إلى منصة الإطلاق بعد محاذاة المركبة مدارياً مع موقع الإطلاق ثم دخول الغلاف الجوي في مدة أقصاها 24 ساعة. ويعدّ الهدف طويل الأمد لشركة سيسيس إكس هو تصميم مرحلتي مركبة الإطلاق المداري بشكل يسمح بإعادة استخدامها بعد بضع ساعات من العودة.

12. اعتماداً على النص السابق، ما المردود الإيجابي لهذا النظام؟

- a. تقليل مدة الرحلات الفضائية.
- b. ترشيد استهلاك الوقود.
- c. إعادة استخدام المركبة عدة مرات.
- d. تقليل وزن المركبة.

13. يفيد هذا النظام في:

- a. الرحلات الفضائية للكواكب.
- b. الرحلات المدارية القصيرة.
- c. الرحلات المدارية الطويلة.
- d. كل ما سبق.

10. كيف تم إثبات حركة قوانين كبلر الثلاثة؟

اكتشف كبلر قوانينه من خلال توافقها مع أرصاد تيمو براهي الدقيقة لحركة المريخ والكواكب ، ثم أثبت نيوتن أساسها الرياضي باستخدام قوانين الحركة وقانون الجذب العام.

11. ما العلاقة بين زمن دورة الكواكب المدارية حول الشمس وبعدها عنها؟

العلاقة طردية؛ فكلما زاد بعد الكوكب عن الشمس زادت مدة دورانه:

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