رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

2-1

قانون الجاذبية وقوانين كبلر

The law of gravity and kepler's laws

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

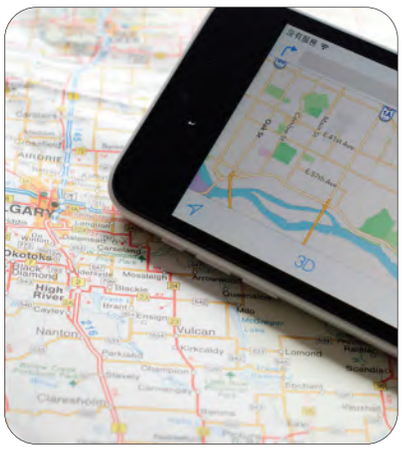
قانون كبلر الثالث

سرعة الهروب

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

الربط مع الحياة حينما تتابع بثًا مباشرًا لنهائيات كأس العالم في كرة القدم، فإن هذا الأمر لم يكن ممكناً إلا من خلال وضع أقمارٍ صناعية في المدار الصحيح بدقة حول الأرض، وذلك استنادًا 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: كالخسوف والكسوف **الشكل 1–2**، و شروق و غروب الشمس. وعمل تقاويم لأشهر السنة ولتحديد مواقيت العبادة من حج وصوم وتحديد مواسم الزراعة، وعمل محاكاة حاسوبية لتحديد المواقع واتجاه الحركة **الشكل2–2**. 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 1–2 كسوف شمسي كلي.



الشكل 2–2 تحديد المواقع بواسطة نظام الملاحة العالمي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

قوانين كبلر Kepler Laws

قانون كبلر الأول 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 4–2**.

خصائص القطع الناقص:

يوضح **الشكل 3–2** بعض خصائص القطع الناقص؛ فمثلا 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_1 و F.

وأيضًا 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".

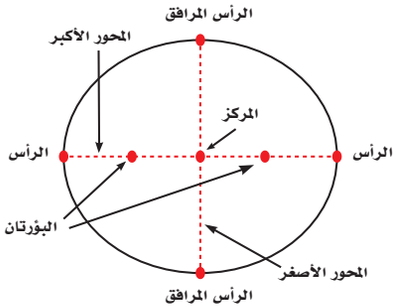
للاطلاع

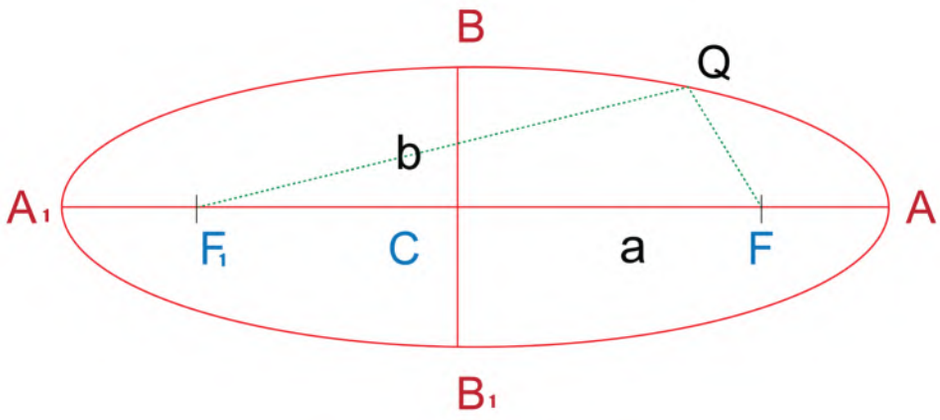
$$e=\frac{CF}{a} \quad \text{أو} \quad e=\frac{FF_1}{2a}$$

$$CF=ae$$

الربط مع الرياضيات

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





الشكل 3–2 خصائص القطع الناقص.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

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

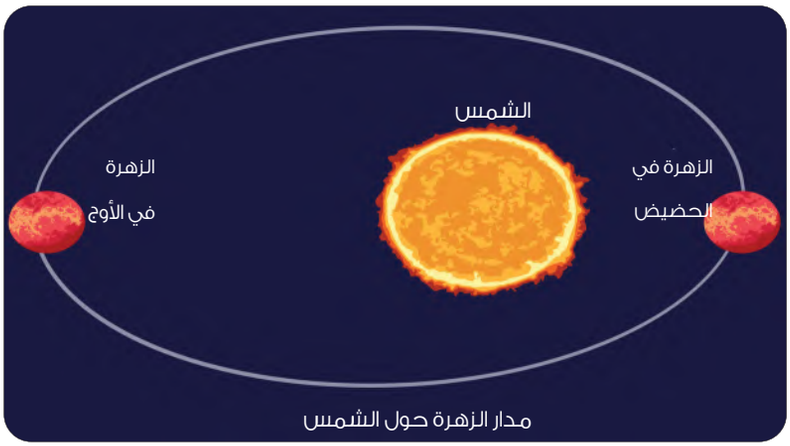
البعد الحضيضي (r_p)

$r_p = a(1-e)$

و يطلق 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)

$r_a = a(1+e)$

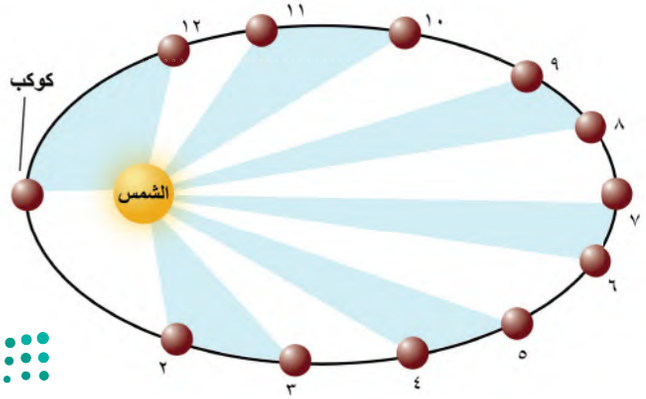


الشكل 4–2 تدور الكواكب حول الشمس في مدارات على شكل قطع ناقص، وتقع الشمس في إحدى بؤرتيه.

قانون كبلر الثاني Kepler's Second Law

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 عكسيًا 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.

للاطلاع

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:

$r_a = a(1+e)$

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

قانون كبلر الثالث Kepler's Third Law

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:

$T^2 \alpha a^3$

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

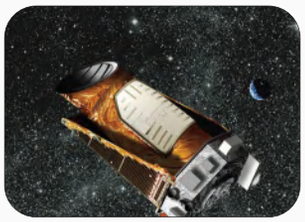
فإن الثابت = 1

$T^2 = a^3$

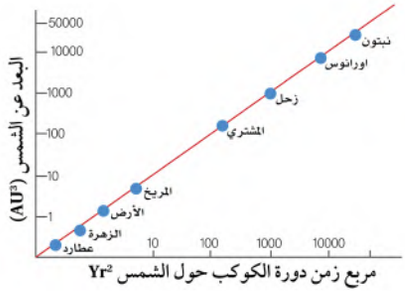
الصيغة الرياضية قانون كبلر الثالث

$T = a\sqrt{a}$

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.



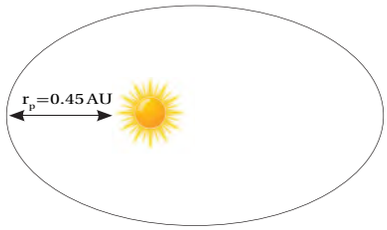
الشكل 6–2 علاقة زمن دورة الكواكب المدارية حول الشمس ببعده عنها حسب قانون كبلر الثالث.

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 و رسمها:

ارسم وضع المذنب حول الشمس.



المعلوم	المجهول
r_p=0.45 AU e=0.97	T=?

إيجاد الكمية المجهولة:

حل قانون البعد الحضيضي لإيجاد نصف قطر المحور الأكبر

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

التعويض

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

حساب مدة دوران المذنب حول الشمس بالسنوات

حل قانون كبلر الثالث

$T = a\sqrt{a}$

التعويض

$T = 15\sqrt{15}$

$T = 58.1\ Year$

- **تقويم الجواب:**

هل الوحدات صحيحة؟

ستكون وحدة مدة دوران جرم حول الشمس بالسنة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

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

في عام 1687 قام نيوتـــن بتعديل قانون كبلر الثالث وفقًا لقوانينـــه الخاصة للحركة وقانون الجذب العام.

قانون كبلر الثالث المعدل: $a^3 = T^2M$

ملاحظة عند حل المسائل:

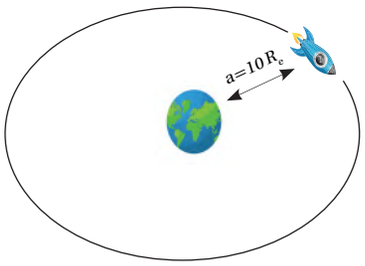
لتحويل الكتلة إلى كتلة شمسية: يكون بقسمة الكتلة على كتلة الشمس.

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

مـــثال 2

مركبة فضائية تدور حول الأرض في مدار بيضاوي، على متوسط بعد يساوي 10 أضعاف نصف قطر الأرض ، احســب مدة دورتها حول الأرض بـday. علماً بأن نصف قطر الارض $R_e=6378$ km وكتلة الأرض $Me=6\times10^{24}$ kg وكتلة الشمس $Ms=2\times10^{24}$kg.

الحل:



المعلوم	المجهول
$a=10\,R_e$	$T=?$
$a=63780$ km	
$M_e=6\times10^{24}$ kg	

إيجاد الكمية المجهولة:

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

$$a=\frac{63780}{15\times10^7}=4.25\times10^{-4}\,AU$$

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

$$M=\frac{M_e}{M_s}=\frac{6\times10^{26}}{2\times10^{30}}=3\times10^{-6}M_s$$

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

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

$$T^2=\frac{a^3}{M}=\frac{(4.25\times10^{-4})^3}{3\times10^{-6}}=\frac{7.67\times10^{-11}}{3\times10^{-6}}$$

$$T^2=2.55\times10^{-5}$$

$$T=\sqrt{2.55\times10^{-5}}$$

$$T=5.1\times10^{-3}\,years$$

بالضرب في 365.25 للتحويل إلى days

$$T=5.1\times10^{-3}\times365.25=1.84\,day$$

- تقويم الجواب:

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

للاطلاع:

قانون كبلر الثالث المعدل

من قانون الجذب العـــام لنيوتن يمكن إثبات أن :

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

حيث M كتلة الشمس، m كتلة الجرم. إذا أخذنا الســـنة وحدة لقياس الزمن، والوحدة الفلكية AU لقياس المســـافة، وكتلـــة الشـــمس لقياس الكتلـــة؛ فإن الثابت يســـاوي واحد $(\frac{4\pi}{G}=1)$ أي أن:

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

إذا طبقنا هـــذا القانون لجرم يدور حول الشمس فإن:

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

إيجاد كتلة كوكب له تابع:

من الممكن إيجاد كتلة كوكب له تابع إذا عُلِم 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

مـــثال 3

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

الحل:

تحليل المسألة و رسمها:

المعلوم	المجهول
$T_1 = 248\ year$	$m_{بلوتو} = ?$
$T_2 = 6.4\ day$	
$a_1 = 40\ AU$	
$a_2 = 19700\ km$	
$M = 2x10^{30}\ kg$	

إيجاد الكمية المجهولة:

بقسمة الفترة المدارية لكارون على 365.25 لتكون بوحدة (year)

$$T_2 = \frac{6.4}{365.25} = 1.75x10^{-2}\ year$$

بقسمة بعد كارون عن بلوتو على $15x10^7$ لتكون بوحدة (الوحدة الفلكية AU)

$$a_2 = \frac{19700}{15x10^7} = 1.3x10^{-4}\ AU$$

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

$$m = 2x10^{30} \left(\frac{1.3x10^{-4}}{40}\right)^3 \left(\frac{248}{1.75x10^{-2}}\right)^2$$

$$m = 2x10^{30} x 3.4x10^{-17} x 2x10^{8}$$

$$m = 1.3x10^{22}\ kg$$

- **تقويم الجواب:**

هل الوحدات صحيحة ؟ ستكون وحدة كتلة بلوتو kg.

للاطلاع:

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

للكوكب: $(a_1)^3 = (T_1)^2 (M+m)$

للتابع $(a_2)^3 = (T_2)^2 (m+m_1)$

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

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

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

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

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 7–2** 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:

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

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

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

حيث m_e كتلة الأرض

بأخذ النسبة بين g و g_e

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

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

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:

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

وزنه على الأرض:

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

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 7–2 قوة جذب كتلة الشمس على كتلة الارض.

وزن الجسم على الكوكب بدلالة وزنه على الأرض يعطى بالعلاقة :

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

مـــثال 4

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

1. احسب جاذبيته مقارنة بجاذبية الأرض.

2. افــترض أن رائد فضــاء وزنه على الأرض يســاوي 100 N هبط على هذا الكوكب فكم يبلغ وزنه بعد هبوطه عليه؟

الحل:

تحليل المسألة و رسمها:

المعلوم	المجهول
$W_e = 100\ N$	$W_p = ?$
$m_p = 1.01\ M_s = 2 \times 10^{28} kg$	

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

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

- **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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

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 لصغرها 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:

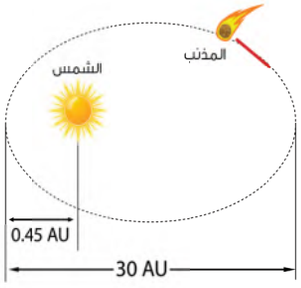
$$V = 30\sqrt{M}\ \sqrt{\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right)}$$

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

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

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 و رسمها:

ارسم حركة المذنب حول الشمس وحدد أوجه

المعلوم	المجهول
e=0.97	V=?
a=15 AU	

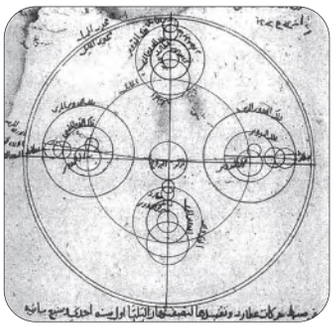
إيجاد الكمية المجهولة:

حل قانون البعد الأوجي r_a

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

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

الربط مع إنجازات علماء الإسلام



استحق أن يكون "ابن الشاطر" هو ملهم علماء الفلك لاستنتاج نظرية مركزية الشمس لنظامنا الشمسي بدلًا من الأرض. إنه من المعروف منذ فترة طويلة أن نماذج "كوبرنيكوس" لمركزية الشمس تحمل تشابهًا واضحًا 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 انحيازًا لمركزية الشمس مما جعلها مناسبة بشكل خاص كأساس لنماذج مركزية الشمس.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

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**.

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

مثال 6

أوجد سرعة الهروب لكوكب كتلته 7.5×10^{22} kg ونصف قطره 1.5×10^{6} m علمًا بأن ثابت الجذب العام $6.67\times10^{-11}\text{N.m}^2/\text{kg}^2$.

الحل:

تحليل المسألة و رسمها:

المعلوم	المجهول
$M=7.5\times10^{22}$ Kg	$V_{esc}=?$
$R=1.5\times10^{6}$ km	

إيجاد الكمية المجهولة:

حل قانون سرعة الهروب

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

بالتعويض لإيجاد سرعة الهروب للكوكب

$$V_{es} = \sqrt{\frac{2\times6.67\times10^{-11}\times7.5\times10^{22}}{1.5\times10^{6}}}$$

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

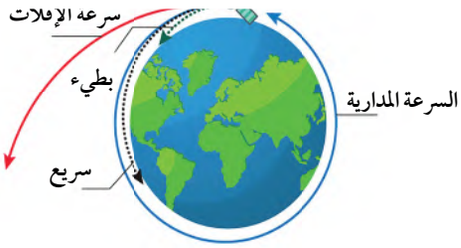
- تقويم الجواب:

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

فكر معنا

كيف تهرب المركبات الفضائية خارج كوكب الأرض؟

تهرب المركبات الفضائية خارج كوكب الأرض باستخدام سرعة الإفلات، وهي السرعة اللازمة للتغلب على جاذبية الأرض. تحتاج المركبة الفضائية إلى التحرك بسرعة تزيد عن 11200 متر/ثانية (حوالي 7 ميل/ثانية) لتتمكن من مغادرة الحقل الجاذبي للأرض. يتم ذلك عادةً بواسطة صواريخ قوية توفر الدفع اللازم للوصول إلى هذه السرعة.



الشكل 8–2 سرعة الإفلات لقمر صناعي .

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

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، واثنِ 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 دحرجة الكرات إلى أن تصل إلى درجة يصعب فيها على المغناطيس جذب كرات الحديد.

التحليل:

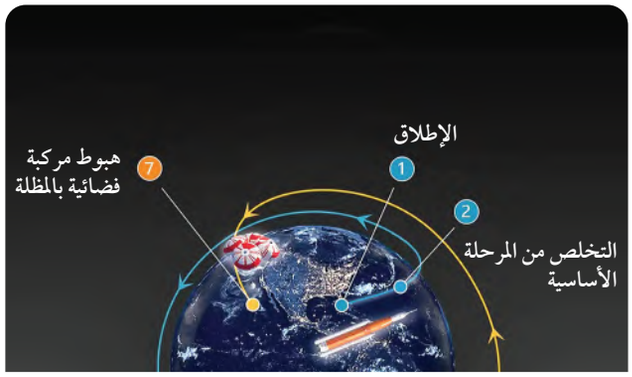
ماذا تلاحظ ؟

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

الربط مع الفيزياء

انطلاق الصواريخ الفضائية هو أحد تطبيقات قانون نيوتن الثالث الذي ينص على أن لكل قوة فعل قوة رد فعل مساوٍ له في المقدار ومعاكس له في الاتجاه، ومن أمثلته احتراق الوقود في الصاروخ مولدًا 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.

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 و يسير بسرعة مدارية تختلف بحسب ارتفاعه عن القمر، وبعد إكمال مهمته ينطلق من مداره حول القمر بسرعة إفلات 2.4 km /s عائدًا نحو الأرض.



الملاحظة: ستلاحظ أنه كلما رفعت الورق المقوى أعلى، تحتاج الكرة إلى سرعة أكبر لتتحرر من جذب المغناطيس. وعند نقطة معينة، تتحرر الكرة ولا يستطيع المغناطيس جذبها مرة أخرى.

المقارنة: تشبه حركة الكرات المتحررة من المغناطيس حركة جسم يهرب من جاذبية الأرض. فكما تحتاج الكرة إلى سرعة كافية للتحرر من المغناطيس، تحتاج المركبة الفضائية إلى سرعة الإفلات لتتحرر من جاذبية الأرض. وهذا يُظهر أن الأجسام تحتاج إلى طاقة كافية للتغلب على القوى الجاذبة التي تُحاول إبقائها مقيدة.

الشكل 9–2 رحلة مشروع أرتيمس للقمر.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مختبر تحليل البيانات

التفكير الناقد

1. ثمة حوالي 10 آلاف كويكب صغير يدور حول الشمس وبعضًا منها يحوم قريبًا من الأرض، وقد تكون خطيرة على البشر وكل ما هو على سطح الأرض. الجدول التالي يستعرض بعضًا 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

التحليل

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 انه يشكل خطرا على الأرض في حالة اذا اقترب منها .و لماذا ؟
4. ابحث في الشبكة العنكبوتية عن كويكب اقترب مؤخراً من الأرض وقارن خصائصه بخصائص الكويكبات الواردة بالجدول . ماذا تلاحظ؟

جواب 2:

من خلال توفير فهم أفضل لحركة الكويكبات، تساعد قوانين كبلر العلماء على تحديد مدارات الكويكبات بدقة أكبر، وبمعرفة مدار الكويكبات يمكن للعلماء تحديد احتمال اصطدامه بالأرض.

جواب 3:

الذي يشكل خطراً على الأرض هو 2014LJ وذلك بسبب قطره وقربه من الأرض.

جواب 4:

التقويم 1-2

الخلاصة

- ينص قانون كبلر الأول على أن الكواكب تدور حول الشمس في مدارات على شكل قطع ناقص، وتقع الشمس في إحدى بؤرتيه.
- ينص قانون كبلر الثاني على أن الخط الوهمي الواصل بين الكوكب والشمس يرسم مساحات متساوية في الفضاء في أزمنة متساوية.
- ينص قانون كبلر الثالث على أن مربع مدة دورة الكوكب حول الشمس تتناسب مع مكعب نصف طول المحور الأكبر لمداره.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **احسب متوسط المسافة بين فيستا (كويكب) و بين الشمس علماً بأنه يستغرق 3.63 year للدوران حول الشمس.**
2. **وضح نوع العلاقة بين متوسط المسافة لفيستا ومدة دورانه حول الشمس.**

التفكير الناقد

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

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 $1.5 \times 10^{6}\ \text{m}$.

جواب 1:

$$T^2 = a^3$$

$$3.63^2 = a^3$$

$$a = \sqrt[3]{3.63^2}$$

$$a = \sqrt[3]{13.1769}$$

$$a \approx 2.36 AU$$

إذًا، متوسط المسافة بين كويكب فيستا والشمس هو تقريبًا 2.36 وحدة فلكية

جواب 2:

العلاقة بين متوسط المسافة لكويكب ومدة دورانه حول الشمس هي علاقة طردية تُعرف بقانون كبلر الثالث، هذا يعني أنه كلما زادت المسافة بين الكويكب والشمس، زادت مدة دورانه حول الشمس.

جواب 3:

يستخدم العلماء قوانين كبلر لأنها توفر نموذجًا دقيقًا لحركة الأجسام السماوية حول الشمس، بما في ذلك المذنبات التي تأتي من مصادر متعددة.

الجواب 4:

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445