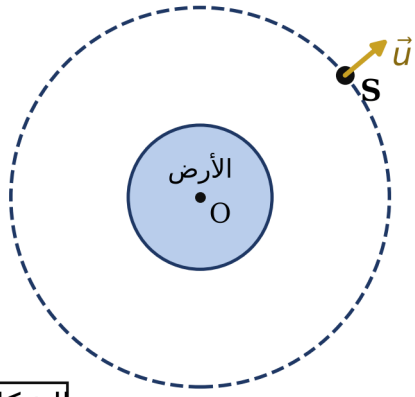
الأستاذ: تبيب حكيم	السنة الدراسية: 2026/2027
السلسلة 3: تمارين متدرجة حول حركة الكواكب والأقمار الاصطناعية	
المستوى: السنة الثالثة ثانوي (الشعب العلمية)	الوحدة: تطور جملة ميكانيكية
الاسم واللقب:	القسم: .....

التمرين 1: قمر الاتصالات هوت بيرد (مستوى سهل)

هوت بيرد قمر اصطناعي جيومستقر للاتصالات، يدور حول مركز الأرض O على مدار دائري نصف قطره r . ندرس حركته في المرجع الجيومركزي الذي نعتبره عطاليا. $\vec{u}$ شعاع الوحدة الموجه من O نحو S ، (الشكل 1).



الشكل (1)

المعطيات: $g_0 = 9{,}8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ؛ $R_T = 6380\ \text{km}$ ؛ دور دوران الأرض حول نفسها $T = 86164\ \text{s}$

1- اذكر شروط استقرار قمر اصطناعي فوق نقطة من سطح الأرض.

2- مثّل القوة $\vec{F}_{T/S}$ على الشكل (1)، ثم اكتب عبارتها الشعاعية بدلالة G و M_T و m و r و $\vec{u}$

3- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، اكتب عبارة شعاع التسارع، ثم بيّن أن الحركة دائرية منتظمة.

4- علما أن قوة الجذب على سطح الأرض هي $F_0 = m\,g_0$ ، بيّن أن $G\,M_T = g_0\,R_T^2$ ، ثم استنتج أن:

$$v^2 = \frac{g_0\,R_T^2}{r}$$

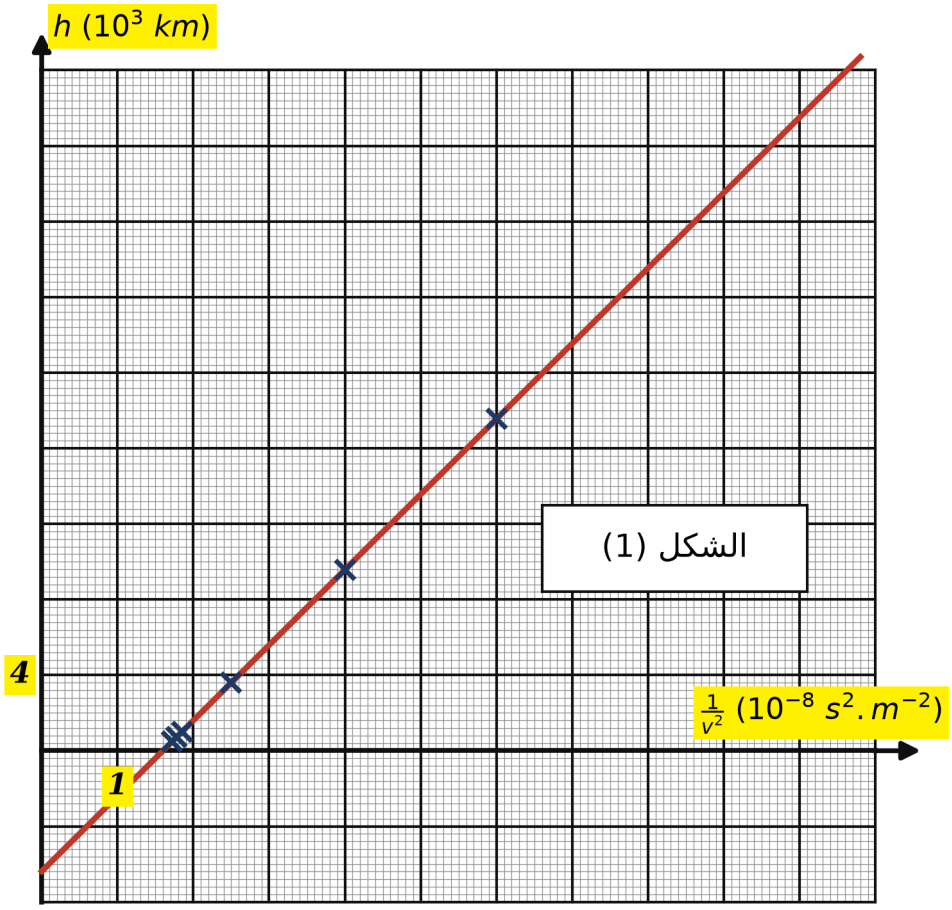
5- تأكد من القانون الثالث لكبلر بإثبات أن:

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{g_0\,R_T^2}$$

6- احسب نصف قطر المدار r ، ثم الارتفاع h والسرعة v

التمرين 2: أقمار الإنترنت الفضائي (مستوى متوسط)

تضع شركات الإنترنت الفضائي مجموعات من الأقمار على مدارات دائرية منخفضة. مكنت دراسة حركة أقمار مختلفة حول الأرض من رسم البيان $h = f\left(\frac{1}{v^2}\right)$ في الشكل (1)، حيث h الارتفاع عن سطح الأرض و v السرعة المدارية.



1- مثّل على مخطط القوة التي تطبقها الأرض على قمر كتلته m ، ثم اكتب عبارتها بدلالة G و M_T و m و R_T و h

2- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، أوجد عبارة التسارع a ، ثم عبارة v^2

3- اكتب عبارة الجاذبية g_0 على سطح الأرض، ثم بيّن أن:

$$h = A\frac{1}{v^2} + B$$

حيث A و B ثابتان يطلب تحديد عبارتيهما بدلالة g_0 و R_T

4- حدد بيانيا قيمة كل من A و B ، ثم استنتج R_T و g_0

5- يدور أحد هذه الأقمار على الارتفاع $h = 550\ \text{km}$. احسب سرعته ودوره، ثم عدد الدورات التي ينجزها في اليوم.

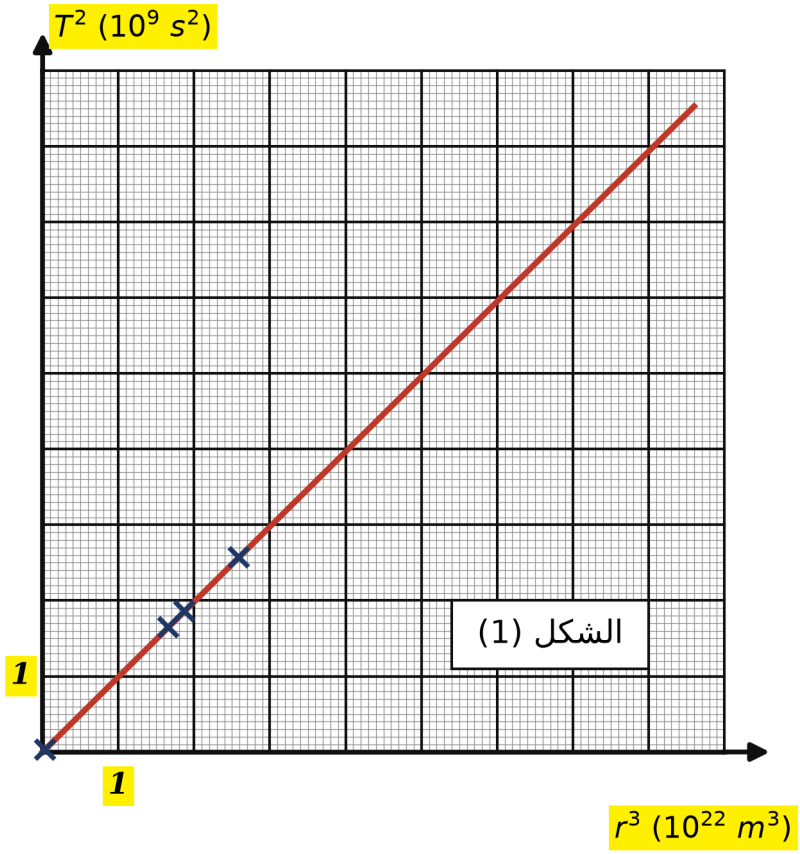
6- من بين الأقمار قمر يبدو ساكنا بالنسبة لملاحظ على سطح الأرض، سرعته $v = 3{,}07\ \text{km} \cdot \text{s}^{-1}$. احسب ارتفاعه ودوره. ماذا تستنتج؟

التمرين 3: من ألسات إلى ألكومسات (مستوى متوسط)

يعطي الجدول قيما تقريبية لنصف قطر المدار والدور لأقمار تدور حول الأرض على مدارات نعتبرها دائرية:

القمر	ألسات 2B	ألسات 1B	غلوناس	GPS	غاليليو
r (km)	7050	7080	25510	26560	29600
T (min)	98,2	98,8	676	718	845

ويمثل الشكل (1) البيان $T^2 = f\left(r^3\right)$ لهذه الأقمار.



المعطيات: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \mathrm{N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}}$ ، $R_T = 6380\ \mathrm{km}$

1- تحقق بالحساب من إحداثيتي النقطة الخاصة بالقمر GPS على البيان.

2- أثبت أن $T^2 = K\,r^3$ حيث $K = \frac{4\pi^2}{G\,M_T}$

3- هل يتفق البيان مع هذه العلاقة؟ حدد قيمة K من البيان، ثم استنتج كتلة الأرض M_T

4- دور القمر ألكومسات 1 هو $T = 1436\ \mathrm{min}$. باستغلال البيان، أوجد نصف قطر مداره r ثم ارتفاعه h . هل هو جيومستقر؟

5- أيّ القمرين ألسات 2B و ألسات 1B أسرع؟ علّل دون حساب، ثم تحقق بحساب السرعتين.

التمرين 4: كوكب حول نجم آخر (مستوى متوسط)

اكتشف الفلكيان مايور وكيلو سنة 1995 أول كوكب يدور حول نجم شبيه بالشمس، هو الكوكب 51 Pegasi b . نعتبر مداره دائريا نصف قطره $r = 7{,}88 \times 10^{9}\ \text{m}$ ودوره $T = 4{,}231\ \text{j}$

المعطيات: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$ ؛ $M_S = 1{,}99 \times 10^{30}\ \text{kg}$ ؛
كتلة الكوكب $m = 8{,}9 \times 10^{26}\ \text{kg}$ ؛ $1\ \text{j} = 86400\ \text{s}$

1- اقترح مرجعا مناسبا لدراسة حركة الكوكب، قياسا على المرجع الهيليومركزي.

2- أثبت عبارة كتلة النجم M^* بدلالة G و r و T ، ثم احسب قيمتها. قارنها بكتلة الشمس.

3- احسب السرعة المدارية v للكوكب.

4- احسب التسارع a بطريقتين: من v و r ، ثم من قانون الجذب العام. قارن.

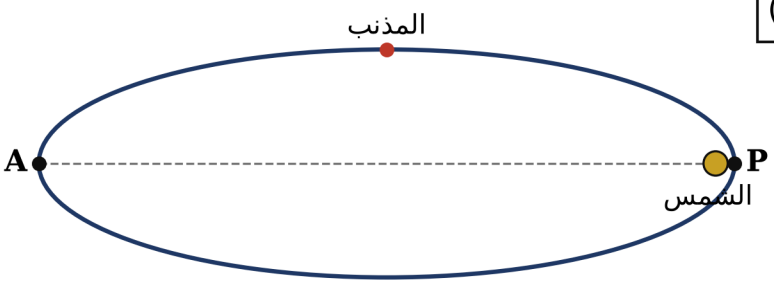
5- احسب شدة قوة جذب النجم للكوكب.

6- لو كان هذا الكوكب يدور حول الشمس على نفس البعد r ، كم يكون دوره؟

التمرين 5: مذنب هالي (مستوى صعب)

يدور مذنب هالي حول الشمس على مدار إهليلجي شديد التفلطح (الشكل 1) بدور $T = 75{,}3\ \text{an}$ ، وقد مرّ بالحضيض P سنة 1986 على البعد $r_P = 0{,}586\ \text{ua}$ من مركز الشمس، بسرعة $v_P = 54{,}5\ \text{km}\cdot\text{s}^{-1}$

الشكل (1)



المعطيات: للأرض: $a_T = 1\ \text{ua} = 1{,}496 \times 10^{11}\ \text{m}$ و $T_T = 1\ \text{an} = 365{,}25\ \text{j}$ ؛
نصف قطر مدار نبتون 30,1 ua

1- انقل القانون الأول لكبلر، وبيّن على الشكل (1) موضع الشمس والمحور الكبير.

2- باستعمال القانون الثالث لكبلر، احسب نصف المحور الكبير a لمدار المذنب.

3- استنتج البعد r_A عند الأوج A . هل يخرج المذنب عن مدار نبتون؟

4- بالقانون الثاني لكبلر، بيّن أن $r_P\, v_P = r_A\, v_A$ ، ثم احسب v_A

5- احسب السرعة المدارية للأرض، وقارن بها v_P . لماذا لا يُرى المذنب من الأرض إلا بضعة أشهر من كل دورة؟

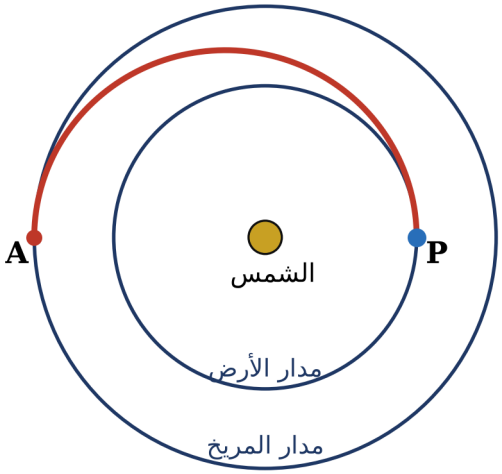
6- التسارع الناتج عن جذب الشمس يتناسب عكسا مع مربع البعد. احسب النسبة $\frac{a_P}{a_A}$ بين التسارعين عند P و A

7- في أي سنة تقريبا يعود المذنب إلى الحضيض؟

التمرين 6: رحلة إلى المريخ (مستوى صعب)

لإرسال مسبار نحو المريخ بأقل طاقة، يوضع على مدار إهليلجي حول الشمس حضيضه P على مدار الأرض وأوجه A على مدار المريخ (الشكل 1). نعتبر مداري الأرض والمريخ دائريين وفي نفس المستوي، ونهمل جذب الكوكبين للمسبار أثناء الرحلة.

الشكل (1)



المعطيات: $r_T = 1\,\text{ua} = 1{,}496 \times 10^{11}\,\text{m}$ ؛ $T_T = 365{,}25\,\text{j}$ ؛ $r_M = 1{,}524\,\text{ua}$ ؛ $T_M = 687\,\text{j}$ ؛
سرعة المسبار عند P مباشرة بعد الانطلاق $v_P = 32{,}7\,\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$

1- احسب نصف المحور الكبير a لمدار المسبار، ثم دوره T_t باليوم.

2- استنتج مدة الرحلة Δt من P إلى A

3- احسب السرعة المدارية v_T للأرض و v_M للمريخ.

4- بالقانون الثاني لكبلر، احسب سرعة المسبار v_A عند A

5- احسب تغير السرعة اللازم عند الانطلاق، ثم عند الوصول ليساير المسبار المريخ.

6- يجب أن يكون المريخ عند A لحظة وصول المسبار. احسب الزاوية θ التي يقطعها المريخ خلال الرحلة، ثم استنتج الزاوية α التي يجب أن يتقدم بها عن الأرض لحظة الانطلاق.

7- بالاعتماد على السرعتين الزاويتين، بيّن أن المدة S بين فرصتين متتاليتين للانطلاق تحقق:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_T} - \frac{1}{T_M}$$

ثم احسب قيمتها.