الأستاذ: تبيب حكيم	السنة الدراسية: 2026/2027
السلسلة 2: تمارين متدرجة حول حركة الكواكب والأقمار الاصطناعية	
المستوى: السنة الثالثة ثانوي (الشعب العلمية)	الوحدة: تطور جملة ميكانيكية
الاسم واللقب:	القسم: .....

التمرين 1: المحطة الفضائية الدولية (مستوى سهل)

تدور المحطة الفضائية الدولية، كتلتها $m = 420\ \text{t}$ ، حول الأرض على مدار نعتبره دائريا، على ارتفاع $h = 400\ \text{km}$ من سطحها.

المعطيات: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$ ، $M_T = 5{,}97 \times 10^{24}\ \text{kg}$ ، $R_T = 6380\ \text{km}$

1- ما هو المرجع المناسب لدراسة حركة المحطة؟ عرّفه.

2- اكتب عبارة شدة قوة جذب الأرض للمحطة ثم احسب قيمتها. مثّلها مع شعاع السرعة على مخطط.

3- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، بيّن أن حركة المحطة دائرية منتظمة، ثم احسب تسارعها a

4- أوجد عبارة السرعة المدارية v ثم احسب قيمتها بالوحدتين $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ و $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$

5- احسب الدور T ، ثم عدد مرات شروق الشمس التي يشاهدها الرواد خلال يوم واحد.

6- قارن a بالقيمة $g_0 = 9{,}8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$. هل يطفو الرواد داخل المحطة لأن جاذبية الأرض منعدمة هناك؟ علّل.

التمرين 2: كتلة الشمس (مستوى سهل)

نعتبر مدارات الكواكب دائرية حول الشمس، ونعطي:

الكوكب	الزهرة	الأرض	المريخ	المشتري
$r\ (\text{m})$	$1{,}082 \times 10^{11}$	$1{,}496 \times 10^{11}$	$2{,}279 \times 10^{11}$	$7{,}785 \times 10^{11}$
$T\ (\text{j})$	224,7	365,25	687,0	4332,6
$\frac{T^2}{r^3}\left(\text{s}^2\cdot\text{m}^{-3}\right)$				

المعطيات: $1\ \text{j} = 86400\ \text{s}$ ، $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$

1- ما هو المرجع المناسب لدراسة حركة الكواكب؟

2- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على كوكب، أثبت أن:

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G\,M_S}$$

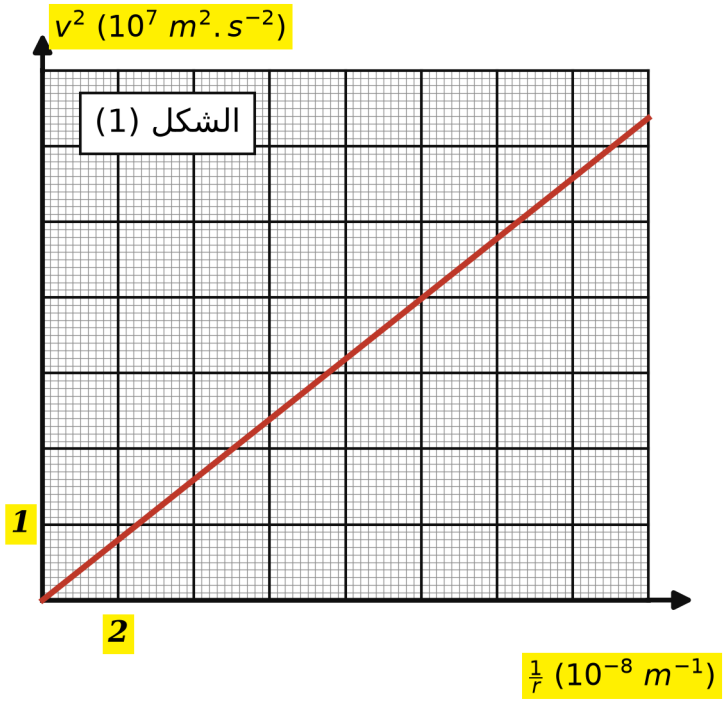
3- أكمل السطر الأخير من الجدول. هل تتفق النتائج مع القانون الثالث لكبلر؟

4- خذ القيمة المتوسطة $K = 2{,}97 \times 10^{-19}\ \text{s}^2\cdot\text{m}^{-3}$ واستنتج كتلة الشمس M_S

5- نصف قطر مدار كوكب أورانوس $r = 2{,}87 \times 10^{12}\ \text{m}$. احسب دوره بالسنة.

التمرين 3: كتلة الأرض من بيان (مستوى متوسط)

سمحت دراسة حركة عدة أقمار اصطناعية حول الأرض، على مدارات دائرية، برسم البيان $v^2 = f\left(\frac{1}{r}\right)$ في الشكل (1).



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

1- مثّل على مخطط قوة الجذب التي تطبقها الأرض على قمر كتلته m ، واكتب عبارتها.

2- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، أوجد عبارة v^2 بدلالة G و M_T و r

3- هل يتفق البيان مع هذه العبارة؟ علّل. احسب ميله مبيّنا وحدته، ثم استنتج كتلة الأرض M_T

4- يدور القمر الجزائري ألكومسات 1 على مدار دائري نصف قطره $r = 42400\ \mathrm{km}$ في مستوي خط الاستواء وفي جهة دوران الأرض. باستعمال نتيجة السؤال 3، احسب سرعته v

5- احسب دوره. هل يمكن اعتباره قمرا جيومستقرا؟ علّل.

التمرين 4: أقمار كوكب زحل (مستوى متوسط)

رصد المسبار كاسيني أقمار كوكب زحل. نعتبر مداراتها دائرية مركزها مركز زحل، ونعطي:

القمر	ريا	تيتان
$r\ (\mathrm{m})$	$5{,}27 \times 10^8$	$1{,}222 \times 10^9$
$T\ (\mathrm{j})$	4,518	15,945

المعطيات: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \mathrm{N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}}$ ؛ $1\ \mathrm{j} = 86400\ \mathrm{s}$ ؛ نصف قطر زحل $R_Z = 6{,}03 \times 10^7\ \mathrm{m}$

1- تحقق من أن للقمرين نفس النسبة $\frac{T^2}{r^3}$ ، ثم أعط قيمة الثابت K_Z

2- بيّن أن $K_Z = \frac{4\pi^2}{G\,M_Z}$ ، ثم احسب كتلة زحل M_Z

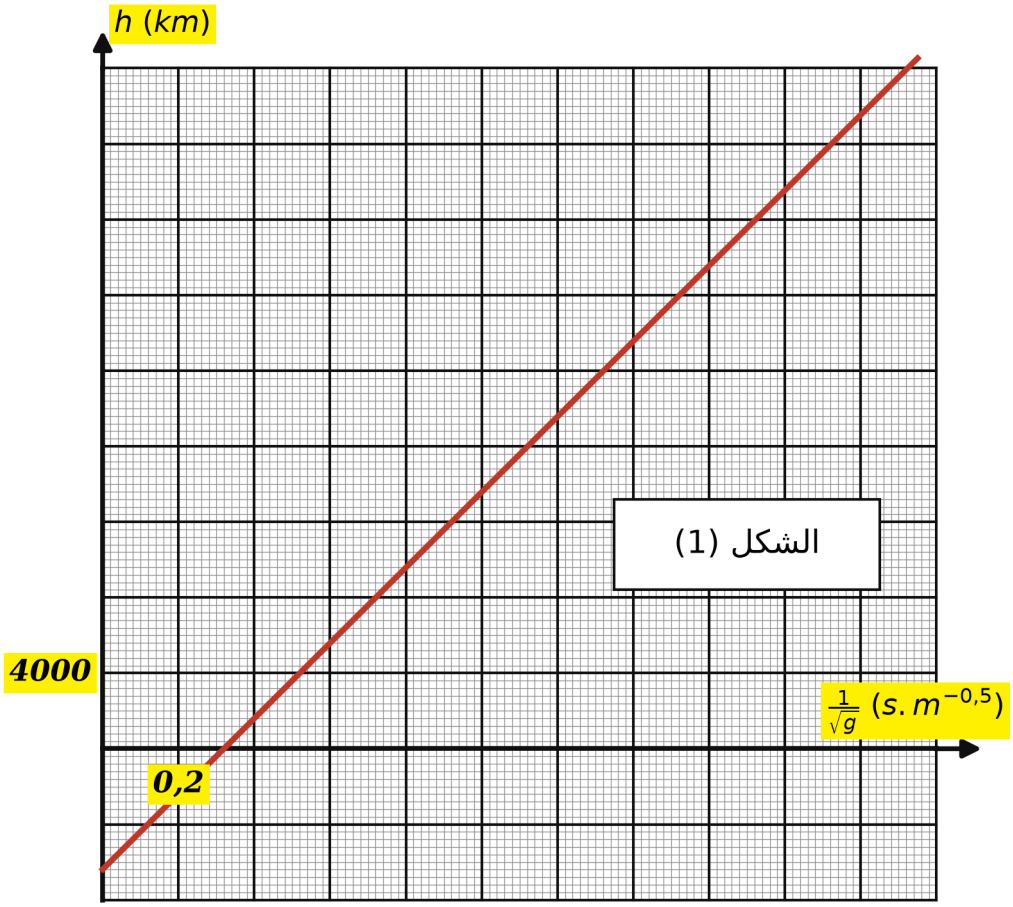
3- احسب شدة الجاذبية g_Z على سطح زحل.

4- احسب السرعة المدارية لكل من ريا وتيتان. كيف تتغير السرعة مع نصف قطر المدار؟

5- دور القمر إنسيلادوس $T = 1{,}370\ \text{j}$. احسب نصف قطر مداره.

التمرين 5: كتلة الأرض ونصف قطرها من بيان (مستوى متوسط إلى صعب)

نقيس شدة الجاذبية g على ارتفاعات مختلفة h من سطح الأرض، فنرسم البيان $h = f\left(\frac{1}{\sqrt{g}}\right)$ في الشكل (1).



المعطيات: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$

1- اكتب عبارة g على الارتفاع h بدلالة G و M_T و R_T و h

2- بيّن أن الارتفاع يكتب على الشكل:

$$h = A\frac{1}{\sqrt{g}} + B$$

حيث A و B ثابتان يطلب تحديد عبارتيهما.

3- استنتج من البيان قيمتي A و B

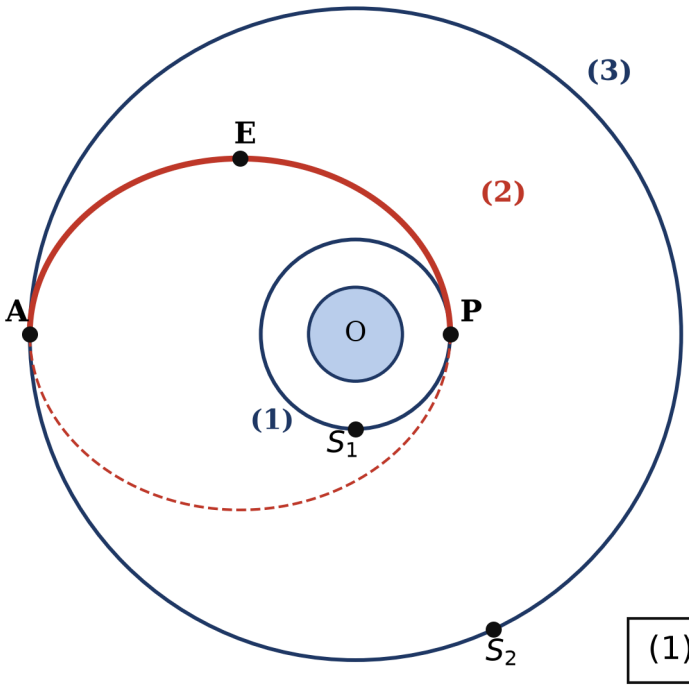
4- استنتج نصف قطر الأرض R_T وكتلتها M_T ، ثم شدة الجاذبية g_0 على سطحها.

5- قمر اصطناعي شدة الجاذبية عند مداره الدائري $g = 0{,}25\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$. حدد بيانيا ارتفاعه h

6- بيّن أن $v = \sqrt{g\,r}$ ، ثم احسب سرعة هذا القمر ودوره. هل هو جيومستقر؟

التمرين 6: من المدار المنخفض إلى المدار الجيومستقر (مستوى صعب)

لوضع قمر اصطناعي (S) في مدار جيومستقر (3) نصف قطره r_2 ، يوضع أولا على مدار دائري منخفض (1) نصف قطره $r_1 = 6750\ \text{km}$. يشغّل محركه مدة وجيزة عند P فينتقل إلى مدار إهليلجي (2) مماس للمدارين، ثم مرة ثانية عند A فيستقر على المدار (3) ، (الشكل 1). توجد النقطة E من المدار (2) عند نهاية محوره الصغير، فهي على البعد $OE = a$ من مركز الأرض O حيث a نصف المحور الكبير.



الشكل (1)

المعطيات: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$ ، $M_T = 5{,}97 \times 10^{24}\ \text{kg}$ ، $R_T = 6380\ \text{km}$ ،
دور المدار (3) هو $T_3 = 24\ \text{h}$

الجزء الأول: المداران الدائريان

1- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، بيّن أن السرعة على مدار دائري هي $v = \sqrt{\frac{G\,M_T}{r}}$ ، ثم احسب v_1 على المدار (1) ودوره T_1

2- بيّن أن $K = \frac{T^2}{r^3}$ ثم احسب الثابت K . استنتج r_2 والارتفاع h_2 والسرعة v_3 على المدار (3)

الجزء الثاني: مدار التحويل

3- ماذا يمثل المركز O بالنسبة للمدار (2) ؟ سمّ النقطتين P و A

4- احسب نصف المحور الكبير a ، ثم الدور T_t على المدار (2) ، واستنتج مدة الانتقال من P إلى A

5- بالقانون الثاني لكبلر، بيّن أن $r_1\,v_P = r_2\,v_A$. إذا علمت أن $v_P = 10{,}09\ \text{km}\cdot\text{s}^{-1}$ ، احسب v_A

6- احسب تغير السرعة اللازم عند كل من P و A . هل هو تسريع أم تبطيء؟

الجزء الثالث: تمثيل أشعة السرعة

7- أعطى الحساب القيم: $7{,}7\ \text{km}\cdot\text{s}^{-1}$ و $3{,}1\ \text{km}\cdot\text{s}^{-1}$ و $4{,}0\ \text{km}\cdot\text{s}^{-1}$ للسرعات في المواضع S_1 و S_2 و E ، حيث يوجد S_1 على المدار (1) و S_2 على المدار (3) . أرفق كل موضع بسرعته، علما أن سرعة القمر عند E تساوي سرعة قمر على مدار دائري نصف قطره a

8- مثّل على الشكل (1) أشعة السرعة في المواضع الثلاثة بالسلم $1\ \text{cm} \rightarrow 2\ \text{km} \cdot \text{s}^{-1}$