<u>التمرين 1:</u>

المعطيات:

كتلة الشمس:	$M_S = 2,0 \times 10^{30} kg$
نصف قطر مدار زحل:	$r = 7,8 \times 10^{8} km$
ثابت الجذب العام:	$G = 6,67 \times 10^{-11} SI$

الشكل-1

يدور كوكب زحل حول الشمس على مسار دائري مركزه ينطبق على مركز العطالة (O) للشمس ، بحركة منتظمة. الشكل-1

1- مثل القوة التي تطبقها الشمس على كوكب زحل ثم اعط عبارة قيمتها.

2- ندرس حركة كوكب زحل في المرجع المركزي الشمسي(الهيليومركزي) الذي نعتبره غاليليا.

أ- عرّف المرجع المركزي الشمسي.

ب- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، أوجد عبارة التسارع (a) لحركة مركز عطالة الكوكب زحل.

جـ - أوجد العبارة الحرفية للسرعة (v) للكوكب في المرجع المختار بدلالة ثابت الجذب العام(G) وكتلة الشمس (M_S) ونصف قطر المدار(r)، ثم احسب قيمتها.

3- أوجد عبارة الدور (T) لكوكب زحل حول الشمس بدلالة نصف قطر المدار(r) والسرعة (v)، ثم احسب قيمته.

4- استنتج عبارة القانون الثالث "لكبلر" و أذكر نصه.

<u>التمرين 2</u>

يدور قمر اصطناعي كتلته (m) حول الأرض بحركة منتظمة ، فيرسم مسارا دائريا نصف قطره (r)، ومركزه هو نفسه مركز الأرض.

1- مثل قوة جذب الأرض للقمر الاصطناعي واكتب عبارة شدتها بدلالة M_T ، m ، G ، r حيث :

M_T: كتلة الأرض ؛ m: كتلة القمر الاصطناعي ؛ G: ثابت الجذب العام

r: نصف قطر المسار(البعد بين مركزي الأرض والقمر الاصطناعي)

2- باستعمال التحليل البعدي أوجد وحدة ثابت الجذب العام (G) في الجملة الدولية(SI).

3- بين أن عبارة السرعة الخطية (v) للقمر الاصطناعي في المرجع المركزي الأرضي تعطى بـ:

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M_T}{r}}$$

4- اكتب عبارة (v) بدلالة r و T حيث: T دور القمر الاصطناعي.

5- اكتب عبارة دور القمر الاصطناعي حول الأرض بدلالة M_T ، G ، r.

6- أ/ بين أن النسبة ($\frac{T^2}{r^3}$) ثابتة لأي قمر يدور حول الأرض، ثم احسب قيمتها العددية في المعلم المركزي الأرضي مقدرة بوحدة الجملة الدولية (SI).

ب/ إذا كان نصف قطر مسار قمر اصطناعي يدور حول الأرض $r = 2,66.10^{4} km$ ، احسب دور حركته.

يعطى: ثابت الجذب العام : $G = 6,67.10^{-11} SI$ ، $\pi^2 = 10$

كتلة الأرض : $M_T = 5,97 . 10^{24} kg$

<u>التمرين 3:</u>

يدور قمر اصطناعي كتلته (m_s) حول الأرض في مسار دائري على ارتفاع (h) من سطحها.
نعتبر الأرض كرة نصف قطرها (R)، ونمذج القمر الاصطناعي بنقطة مادية.
ندرس حركة القمر الاصطناعي في المعلم المركزي الأرضي الذي نعتبره عطاليا:
1- ما المقصود بالمعلم المركزي الأرضي؟
2- اكتب عبارة القانون الثالث لكبلر بالنسبة لهذا القمر.
3- أوجد العبارة الحرفية من مربع سرعة القمر (v^2) و (G) ثابت التجاذب العام، و M_T كتلة الأرض، h و R.
4- عرّف القمر الجيومستقر واحسب ارتفاعه (h) وسرعته (v).
5- احسب قوة جذب الأرض لهذا القمر. اشرح لماذا لا يسقط على الأرض رغم ذلك.
المعطيات:
دور حركة الأرض حول محورها : $T = 24h$

$R = 6400\ km$, $m_s = 2{,}0\times10^3 kg$, $M_T = 5{,}97\times10^{24} kg$, $G = 6{,}67\times10^{-11} Nm^2kg^{-2}$

<u>التمرين 4:</u>

[illegible] (ALSAT-1) أول قمر اصطناعي جزائري يخص الاستطلاعات كتلته $m_s = 90 kg$، أرسل إلى الفضاء بتاريخ 28 نوفمبر 2002 من قاعدة الفضاء الروسية، يدور حول الأرض وفق مسار اهليلجي ودوره $T = 98 min$.
1- [illegible] مرجعا مناسبا.
أ- اقترح مرجعا مناسبا لدراسة حركة القمر الاصطناعي حول الأرض وعرّفه.
ب- [illegible] القانون الثاني لكبلر.

2- يفرض أن القمر الاصطناعي (ALSAT) يدور حول الأرض وفق مسار دائري على ارتفاع h عن سطحها.
أ- مثّل قوة جذب الأرض [illegible] القمر الاصطناعي.
ب- اكتب العبارة الحرفية لقوة جذب الأرض للقمر الاصطناعي بدلالة: M_T , m_s , G , h , R_T
جـ- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، تحقق أن عبارة سرعة القمر الاصطناعي المدارية هي:

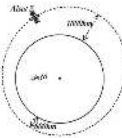
$v = \sqrt{\frac{GM_T}{r}}$ [illegible] $v = 8{,}20 \times 10^3$ [illegible]

د- عرّف الدور T، واكتب عبارته بدلالة: M_T , G , r.
هـ- احسب الارتفاع h الذي يتواجد عليه القمر الاصطناعي (ALSAT) عن سطح الأرض.

المعطيات: ثابت التجاذب الكوني $G = 6{,}67\times10^{-11} SI$ ، كتلة الأرض $M_T = 6\times10^{24} kg$ ،
نصف قطر الأرض: $R_T = 6{,}38\times10^3 km$

<u>التمرين 5:</u>

بتاريخ 12 جويلية 2010 تم إطلاق القمر الاصطناعي الجزائري الثاني ALSAT-2 الذي نرمز له بـ (S) حيث تم وضعه في مداره الاهليلجي [illegible] حول الأرض على ارتفاع عن سطحها محصور بين 655km و 1022km.
1- يمثل الشكل -5- رسما تخطيطيا مبسطا لمسار (S) حول الأرض. اعتبر (S) خاضعا لقوة جذب الأرض فقط. ونعطي: نصف قطر الأرض $R_T = 6400 km$ و كتلتها $M_T = 6\times10^{24} kg$ و دور حركتها حول محورها $T_0 = 24h$.



الشكل 6

أ- ماذا يمثل مركز الأرض بالنسبة لمدار هذا القمر الاصطناعي؟

ب- مثّل في وضع كيفي من المدار شعاع القوة التي يخضع لها (S) أثناء دورانه حول الأرض.

2- تعتبر حركة (S) دائرية على ارتفاع متوسط ثابت $h=800\,km$.

أ- هل شدة قوة جذب الأرض لـ (S) ثابتة؟ علّل.

ب- احسب شدة هذه القوة علما أن كتلة هذا القمر الاصطناعي هي $m=130\,kg$.

3- أ- اذكر شروط كون القمر الاصطناعي جيومستقر.

ب- هل يمكن اعتبار (S) قمرا اصطناعيا جيومستقرا؟ لماذا؟

جـ- احسب قيمة سرعة القمر الاصطناعي (S).

4- يمكن لقمر اصطناعي آخر اعتباره جيومستقرا أن يدور حول الأرض بحركة دائرية منتظمة على ارتفاع h من سطحها.

- جد الارتفاع h للقمر الاصطناعي الجيومستقر.

يعطى : $G=6,67\times10^{-11}$ (SI)

التمرين 6:

في مرجع جيومركزي نعتبر حركة الأقمار الاصطناعية دائرية حول مركز الأرض التي نفرض أنها كرة متجانسة كتلتها M_T ونصف قطرها R.

نقول أن القمر الاصطناعي في مدار يخضع لقوة جذب الأرض فقط.

1) أ- عرّف المرجع الجيومركزي.

ب- اكتب العبارة الشعاعية للقوة $\vec{F}_{T/S}$ بدلالة G الثابت الكوني، M_T، R، m_S (كتلة القمر الاصطناعي) و h ارتفاعه عن سطح الأرض.

جـ- استنتج عبارة شعاع تسارع حركة القمر الاصطناعي، ما طبيعة الحركة؟

2) الجدول التالي يعطي بعض خصائص حركة قمرين اصطناعيين حول الأرض.

القمر الاصطناعي	Alsat1	Arsat
$T(s)\times10^3$	5,944	86,160
$h(m)\times10^6$	0,70	35,86

أ- أحد القمرين الاصطناعيين جيومستقر، عيّنه مع التعليل.

ب- احسب تسارع الجاذبية الأرضية (g) عند نقطة من مدار القمر الاصطناعي Alsat1، ماذا تستنتج؟

جـ- بيّن اعتمادا على معطيات الجدول أن القانون الثالث لكبلر محقق.

د- استنتج قيمة تقريبية لكتلة M_T.

المعطيات: $G=6.67\times10^{-11}\,N\cdot m^2\cdot kg^{-2}$ ، $R=6380\,km$ ، $1\,jour=23h\,56min$

تسارع الجاذبية عند سطح الأرض: $g_0=9.8\,m\cdot s^{-2}$.

التمرين 7:

الشكل-4

للتبسيط نعتبر مسارات حركة الكواكب السيارة حول الشمس في المرجع الهيليومركزي دوائر مركزها O ونصف أقطارها r حيث نرمز لكتلة الشمس بالرمز M_S.

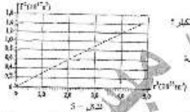
1- أعد رسم الشكل-4 ومثل عليه شعاع القوة الجاذبة المركزية $\vec{F}_{S/P}$ المطبقة من طرف الشمس على أحد الكواكب الذي كتلته m_p في مركز عطالته المتواجد في الموضع A.

2- عبر عن شدة القوة $\vec{F}$ بدلالة: G (ثابت التجاذب الكوني)، M_S، m_p و r (نصف قطر المدار).

3- بإهمال تأثير كل القوى الأخرى أمام القوة $\vec{F}_{S/P}$ وبتطبيق القانون الثاني لنيوتن، أوجد عبارة تسارع حركة الكوكب في الموضع A بدلالة G، M_S و r.

4- استنتج طبيعة حركته حول الشمس.

5- يمثل بيان الشكل-5 تطور مربع الدور الزمني لكل من كوكب الأرض والمريخ و زحل بدلالة مكعب نصف قطر مدار كل كوكب.



الشكل-5

أ- هل يتوافق البيان مع القانون الثالث لكبلر؟

ب- باستعمال البيان نجد أن: $\frac{T^2}{r^3} = 3,0\times10^{-19}\ (S.I)$ ثم استنتج قيمة كتلة الشمس M_S.

يعطى: $G=6,67\times10^{-11}\ (S.I)$.

6- علما أن البعد المتوسط بين مركزي الأرض والشمس هو $1,50\times10^{11}\ m$، أوجد قيمة دور حركة الأرض حول الشمس.

التمرين 8:

ينتمي القمر الاصطناعي جيوف-أ (Giove-A) إلى برنامج غاليليو الأوروبي المعد للموقع المكمل للبرنامج الأمريكي GPS. نعتبر القمر الاصطناعي جيوف-أ (Giove-A) ذي الكتلة $m = 700kg$ نقطيا ونفترض أنه يخضع إلى قوة جذب الأرض فقط.

يدور القمر (Giove-A) بسرعة ثابتة في مدار دائري مركزه (T) على ارتفاع $h = 23,6\times10^3\ km$ من سطح الأرض.

1/ في أي مرجع تتم دراسة حركة هذا القمر الاصطناعي؟ و ما هي الفرضية المتعلقة بهذا المرجع والتي تسمح بتطبيق القانون الثاني لنيوتن؟

2/ أوجد عبارة تسارع القمر (Giove-A) و عين قيمته.

3/ أحسب سرعة القمر (Giove-A) على مداره.

4/ عرف الدور T ثم عين قيمته بالنسبة للقمر (الـ Gioco).

5/ احسب الطاقة الإجمالية للجملة (Gioco ؛ أرض).

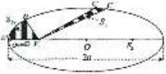
المعطيات : ثابت الجذب العام $G = 6,67\times10^{-11} SI$ ‏ كتلة الأرض $M_T = 5,98\times10^{24} Kg$

نصف قطر الأرض $R_T = 6,38\times10^{3} km$

التمرين 5:

أ/ يكون مسار حركة مركز عطالة كوكب حول الشمس اهليلجياً كما يوضحه (الشكل-4).

ينتقل الكوكب أثناء حركته على مداره من النقطة C إلى النقطة C' ثم من النقطة D إلى النقطة D' خلال نفس المدة الزمنية Δt.



(الشكل-4)

1- اعتماداً على قانون كبلر الأول فسر وجود موقع الشمس في النقطة F_1، كيف تسمى هذه النقطتان F_1 و F_2؟

2- حسب قانون كبلر الثاني ما هي العلاقة بين المساحتين S_1 و S_2؟

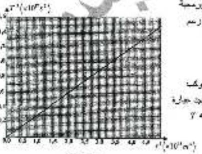
3- بين أن متوسط السرعة بين الموضعين C و C' أقل من متوسط السرعة بين الموضعين D و D'.

(الشكل-5)

ب/ من أجل التبسيط نمذج المسار الحقيقي للكوكب في المرجع الهليومركزي بمدار دائري مركزه O (مركز الشمس) ونصف قطره r (الشكل-5).

يخضع كوكب أثناء حركته حول الشمس إلى تأثيرها والذي نمذج بقوة F، شدتها تعطى حسب قانون الجذب العام لنيوتن بالعلاقة: $F = G\frac{mM}{r^2}$ حيث M كتلة الشمس، m كتلة الكوكب، و G ثابت التجاذب الكوني $G = 6,67\times10^{-11} SI$ باستعمال برمجية "Satellite" في جهاز الإعلام الآلي تم رسم البيان $T^2 = f(r^3)$ (الشكل-6).

حيث T دور الحركة.



(الشكل-6)

1/ اذكر نص قانون كبلر الثالث.

2/ بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على الكوكب وبإهمال تأثيرات الكواكب الأخرى، أوجد عبارة كل من v سرعة الكوكب، ودور حركته T بدلالة r ، G ، M.

3/ أوجد بيانياً العلاقة بين T^2 و r^3.

4/ أوجد العلاقة النظرية بين T^2 و r^3.

5/ بتوظيف العلاقتين الأخيرتين استنتج قيمة كتلة الشمس M.

التمرين 10:

يدور كوكب القمر حول الأرض وفق مسار نعتبره دائريا مركزه هو مركز الأرض، ونصف قطره $r = 384\times10^3 km$ ودوره $T_L = 27,5 jours$.

1- أ- ما هو المرجع الذي ننسب إليه حركة كوكب القمر؟

ب- احسب قيمة السرعة v لحركة مركز عطالة القمر.

2- المركبة الفضائية أبولو (Apollo) التي حملت رواد الفضاء إلى سطح القمر سنة 1969، حلقت في مدار دائري حول القمر على ارتفاع $h_A = 110 km$.

أ- اذكر نص القانون الثالث لكبلر.

ب- أوجد عبارة دور المركبة T_A بدلالة h_A ونصف قطر القمر R_L وكتلته M_L وثابت الجذب العام G. احسب قيمته العددية.

3- ... نصف القطر r_G المدار الجيومستقر للقمر لسطح ثابتي أرضي.

المعطيات: $G = 6,67\times10^{-11} N\cdot m^2\cdot kg^{-2}$ ، كتلة القمر: $M_L = 7,34\times10^{22} kg$ ،

نصف قطر القمر: $R_L = 1,74\times10^3 km$ ، النسبة $\frac{M_T}{M_L} = 81,3$ حيث M_T كتلة الأرض.

4- يوجد تشابه واضح بين النظامين الكوكبي والذري، إلا أنه لا يمكن تطبيق قوانين نيوتن على النظام الذري، لماذا؟ محدودية قوانين نيوتن.

التمرين 11:

يتصور العلماء في الرحلات المستقبلية نحو كوكب المريخ M وضع محطة لأجهزة الاتصالات مع الأرض على أحد أقمار هذا الكوكب، مثلا على القمر فوبوس (Phobos) P.

المعطيات: - ثابت التجاذب الكوني: $G = 6,67\times10^{-11} N\cdot m^2\cdot kg^{-2}$.

- المسافة بين المريخ M و القمر P : $r = 9,38\times10^3 km$.
- كتلة المريخ: $m_M = 6,44\times10^{23} kg$ وكتلة فوبوس [illegible].
- دور حركة فوبوس P حول المريخ M : $T_M = 1 j\ 22 min\ 37 s$.

نفرض أن هذه الأجسام كروية الشكل وكتلها موزعة بانتظام على حجومها وأن حركة القمر P دائرية وتنسب إلى مرجع مركزي مبدؤه O مركز كوكب المريخ (الشكل-3).

الشكل-3

1- مثّل على (الشكل-3) القوة التي يطبقها الكوكب M على القمر فوبوس P.

2- أ- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، بين أن حركة مركز عطالة هذا القمر دائرية منتظمة.

ب- استنتج عبارة سرعة دوران القمر P حول المريخ.

3- جد عبارة دور حركة القمر T_P حول المريخ بدلالة المقادير r، G و M_M.

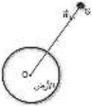
4- اذكر نص القانون الثالث لكبلر و بين أن النسبة:

$\frac{T_P^2}{r^3} = 9.21\times10^{-13}s^2.m^{-3}$، ثم استنتج قيمة T_P.

5- أين يجب وضع محطة الاتصالات لكي تكون مستقرة بالنسبة للمريخ؟ ما قيمة T_P دور المحطة في مدارها حينئذ؟

التمرين 12:

يدور قمر اصطناعي (S) حول الأرض بحركة دائرية منتظمة على ارتفاع $h = 700km$ من سطحها، حيث ينجز 14.55 دورة في اليوم الواحد. نفرض أن المرجع الأرضي المركزي مرجع غاليلي.



الشكل-7

1- مثل شعاع التسارع $\vec{a}$ لحركة القمر الاصطناعي (S) (الشكل-7).

2- أعط دون برهان عبارة شعاع التسارع $\vec{a}$ لحركة القمر الاصطناعي (S)، بدلالة v سرعة القمر الاصطناعي (S) و r نصف قطر مسار حركة القمر حول الأرض، وشعاع الوحدة $\vec{n}$.

3- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، بين أن عبارة سرعة القمر الاصطناعي (S) حول كوكب الأرض تعطى بالعلاقة: $v=\sqrt{\frac{GM_T}{r}}$، حيث M_T كتلة الأرض.

4- اكتب العلاقة بين T_S، r و v حيث T_S دور القمر الاصطناعي (S) حول الأرض.

5- بين أن: $\frac{T_S^2}{r^3} = 9.85\times10^{-14}s^2.m^{-3}$

6- استنتج M_T كتلة الأرض.

يعطى: ثابت التجاذب الكوني: $G=6.67\times10^{-11}SI$

نصف قطر الأرض: $R_T=6400km$

دور الأرض: $T = 24h$

التمرين 13:

يدور القمر الصناعي NOAA-2 حول الأرض في مسار دائري على ارتفاع $h=600km$ ، كتلته $m=2\times10^{3}kg$ ، يخضع أثناء حركته إلى قوة جذب الأرض $(\vec{F}_{T/S})$.

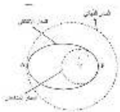
1- تتم حركة القمر الصناعي في مرجع [illegible] $\sqrt{GR}$.

أ) ما هو المرجع ... هذا المرجع غاليليا؟

ب) مثل القوة $(\vec{F}_{T/S})$ واكتب عبارتها الشعاعية في المرجع السابق.

جـ) بتطبيق القانون الثاني لنيوتن بين أن حركة القمر الصناعي منتظمة.

2- بين أن سرعة القمر الصناعي تعطى بالشكل $v=\sqrt{\frac{GM_T}{r}}$ حيث $r = R_T + h$



3- احسب دور القمر الاصطناعي T_1 ، ثم احسب قيمته.
4- احسب v_1 سرعة القمر الاصطناعي وهو على مداره.
5- أردنا نقل القمر الاصطناعي من مداره الدائري إلى مدار دائري جيومستقر على ارتفاع $h' = 35800 km$ من سطح الأرض.
عندما يكون القمر الاصطناعي في النقطة P تعطى له سرعة إضافية عن طريق تشغيل محركه [illegible] مسارا إهليلجيا ، ولما يصل إلى A تعطى له دفعة [illegible] لكي يبقى في مداره النهائي.
أ) ما نوع حركة القمر الاصطناعي [illegible] على مساره الانتقالي.
ب) عبر عن المسافة AP بدلالة R_T ، h ، h' ثم احسب قيمتها.
جـ) إذا كان دور القمر في مساره الانتقالي $T_2 = 10642 s$ ، احسب المدة التي استغرقها من P إلى A.
د) ما الشروط [illegible] جيومستقر (أو مدار جيومستقر)؟
هـ) أذكر [illegible] القمر الاصطناعي لمداره النهائي [illegible]
المعطيات: $M_T = 6\times10^{24} kg$ ، $G = 6,67\times10^{-11} SI$ ، نصف قطر الأرض $R_T = 6400 km$

التمرين 14:

نعتبر قمرا اصطناعيا (S) كتلته m يدور حول الأرض في جهة دورانها بسرعة ثابتة (الشكل-5).

1- مثل القوى الخارجية المؤثرة على القمر الاصطناعي (S).

2- ما هو المرجع المناسب لدراسة حركة القمر الاصطناعي (S)؟ عرّفه.

3- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، جد العبارة الحرفية لسرعة القمر الاصطناعي بدلالة: ثابت الجذب العام G، كتلة الأرض M_T ، نصف قطر الأرض R_T وارتفاع مركز عطالة القمر الاصطناعي عن سطح الأرض h، ثم احسب قيمتها.

4- أ- جد عبارة دور القمر الاصطناعي بدلالة: R_T ، h ، G ، M_T ، ثم احسب قيمته.

ب- هل يمكن اعتبار هذا القمر جيو مستقر ؟ علل.

5- ذكر بالقانون الثالث لكبلر، ثم بين أن النسبة: $k = \frac{T^2}{(R_T + h)^3}$ ثابتة يطلب حسابه. (الشكل-6)

يعطى: $G = 6,67\times10^{-11} SI$ ، $M_T = 6\times10^{24} kg$ ، $R_T = 6380 km$ ، $h = 37800 km$ ، $\pi^2 = 10$

التمرين 15:

تم إرسال أول قمر اصطناعي Galileo للتموضع Giove في 28 ديسمبر 2016 ، نعتبر أن القمر الاصطناعي ... [illegible] ... على ارتفاع $23,6.10^3 km$ عن سطح الأرض و يعطى نصف قطر الأرض $R_T = 6,38.10^3 km$

1. [illegible] القمر الاصطناعي حول الأرض و القوة المطبقة من طرف الأرض عليه
2. أوجد عبارة السرعة حركة القمر الاصطناعي بدلالة G, h, R_T, M_T
   [illegible]
3. [illegible] بعض الأقمار الاصطناعية

القمر الاصطناعي	$r = (R_T + h)(km)$	$T(s)$	$r^3(km^3)$	$T^2(s^2)$
GPS	$26,2.10^3$	$2,88.10^4$		
GLONASS	$25,5.10^3$	$4,02.10^4$		
METEOSAT	$42,1.10^3$	$3,61.10^4$		

أ. [illegible] $T^2 = f(r^3)$ [illegible] $1cm \rightarrow 10^{?} s^2$; $1cm \rightarrow 10^{13} km^3$
ب. [illegible]
ج. [illegible]
د. [illegible] Galileo [illegible] $5,97.10^{24} kg$

التمرين 16

الدور $T.10^5 s$	نصف القطر $10^8 (m)$	اسم القمر
1,41	1,30	ميراندا Miranda
2,18	1,92	آرييل Ariel
2,64	2,67	أومبريل Umbriel
7,53	4,38	تيتانيا Titania
11,7	5,86	أوبيرون Oberon

اكتشف كوكب أورانوس Uranus من طرف William Herschel سنة 1781 [illegible] [illegible] Voyager2 سنة 1986 [illegible] [illegible]

1. [illegible] r^3
   [illegible] القانون [illegible]
2. أ. [illegible] كوكب أورانوس
   ب. [illegible]
   ج. [illegible]
   د. [illegible] $v = \sqrt{\frac{G.M}{r}}$
3. أ. [illegible]
   ب. [illegible] أورانوس [illegible] $G = 6,67.10^{-11} N.m^2.kg^{-2}$