سلسلة التمارين رقم (01) - Bac 2022 (جميع الشعب العلمية)

حركة الكواكب والأقمار الاصطناعية

من إعداد الأستاذ: زدّون محمّد الأمين

التمرين (01): حركة قمر اصطناعي حول الأرض.

ألسات1 (Alsat1) قمر اصطناعي جزائري متعدد الاستخدامات كتلته $m_s = 90\,kg$، أرسل إلى الفضاء بتاريخ 28 نوفمبر 2002 من محطة الفضاء الروسية، يدور حول الأرض وفق مسار اهليلجي ودوره $T = 98\,\text{min}$.

1- لأجل دراسة حركته نختار مرجعا مناسبا.

أ- اقترح مرجعا لدراسة حركة القمر الاصطناعي حول الأرض وعرّفه.

ب- ذكّر بنص القانون الثاني لكبلر.

2- بفرض أن القمر الاصطناعي (Alsat1) يدور حول الأرض وفق مسار دائري على ارتفاع h عن سطحها.

أ- مثّل قوة جذب الأرض بالنسبة للقمر الاصطناعي .

ب- اكتب العبارة الحرفية لشدة قوة جذب الأرض للقمر الاصطناعي بدلالة: M_T , m_S , G , h , R_T

ج- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، تحقّق أن عبارة سرعة القمر الاصطناعي المدارية هي من الشكل: $v = \sqrt{\dfrac{GM_T}{r}}$ حيث: $r = R_T + h$

د- عرّف الدور T واكتب عبارته بدلالة : M_T , G , r .

هـ- احسب الارتفاع h الذي يتواجد عليه القمر الاصطناعي (Alsat1)عن سطح الأرض.

المعطيات: ثابت التجاذب الكوني: $G = 6{,}67\times10^{-11}\ SI$ ؛ كتلة الأرض : $M_T = 6\times10^{24}\,kg$ ،

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

التمرين (02): حركة قمر اصطناعي حول الأرض.

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

نقبل أن القمر الاصطناعي في مداره يخضع لقوة جذب الأرض $\vec{F}_{T/s}$ فقط.

1) أ- عرّف المرجع الجيومركزي.

ب- اكتب العبارة الشعاعية للقوة $\vec{F}_{T/s}$ بدلالة G (ثابت الجذب العام)، M_T ، R ، m_s (كتلة القمر الاصطناعي) و h ارتفاعه عن سطح الأرض.

ج- استنتج عبارة $\vec{a}$ شعاع تسارع حركة القمر الاصطناعي، ما طبيعة الحركة؟

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

القمر الاصطناعي	*Alsat1*	*Astra*
$T\,(s)\times10^{3}$	5,964	86,160
$h(m)\times10^{6}$	0,70	35,65

الأستاذ العلوم الفيزيائية
زدون محمد الأمين

Scanné avec CamScanner

أ- أحد القمرين الاصطناعيين جيومستقرًا، عيّنه مع التعليل.

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

ج- بيّن اعتمادًا على معطيات الجدول أنّ القانون الثالث لكبلر مُحقَّق.

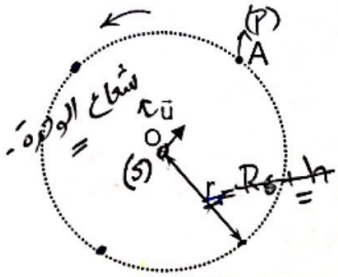
د- استنتج قيمة تقريبية للكتلة M_T.

المعطيات: $1\ jour = 23h\ 56\min$ ، $R = 6380\ km$ ، $G = 6{,}67\times10^{-11}\ N\cdot m^2\cdot kg^{-2}$

تسارع الجاذبية عند سطح الأرض: $g_0 = 9{,}8\ m\cdot s^{-2}$.

الأستاذ العلوم الفيزيائية
زدون محمد الأمين

التمرين (03): حركة الكواكب حول الشمس



الشكل -4

للتبسيط نعتبر مسارات حركة الكواكب السيارة حول الشمس في المرجع الهليومركزي بدوائر مركزها O وأنصاف أقطارها r حيث نرمز لكتلة الشمس بالرمز M_S.

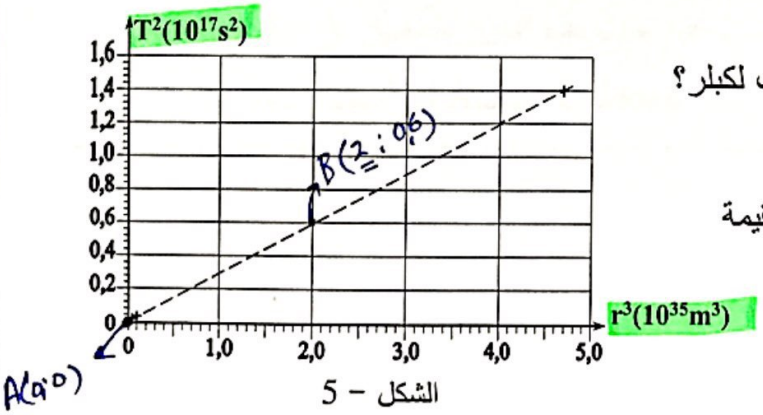
1- أعد رسم الشكل- 4، ومثّل عليه شعاع القوة الجاذبة المركزية $\vec{F}_{S/P}$ المطبقة من طرف الشمس على أحد الكواكب الذي كتلته m_P في مركز عطالته المتواجد في الموضع A.

2- عبّر عن شعاع القوة $\vec{F}_{S/P}$ بدلالة كلّ من G (ثابت التجاذب الكوني)، M_S، m_P، r و $\vec{u}$ (شعاع الوحدة).

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؟

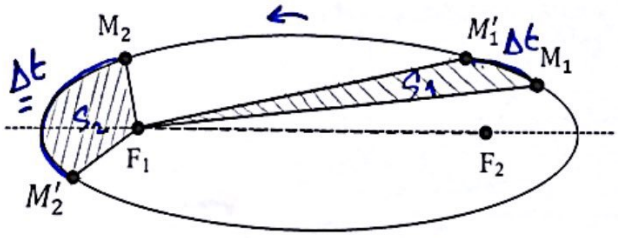
ب- باستعمال البيان بيّن أن: $\frac{T^2}{r^3} = 3{,}0\times10^{-19}\ (S.I)$ ثم استنتج قيمة كتلة الشمس M_S.

يعطى: $G=6{,}67\times10^{-11}\ (S.I)$.

6- علما أن البعد المتوسط بين مركزي الأرض والشمس هو $1{,}50.10^{11}m$ ، أوجد قيمة دور حركة الأرض حول الشمس.

Scanné avec CamScanner

التمرين (04): دراسة حركة الكواكب حول الشمس



الشكل-3

1. يمثل الشكل-3 مسار حركة أحد كواكب المجموعة الشمسية حول الشمس، يستغرق الكوكب P نفس المدة الزمنية Δt في قطع المسافتين $M_1M'_1$ و $M_2M'_2$.
أذكر نصي قانوني كيبلر الذين يمكن استخلاصهما.

2. لتبسيط الدراسة نعتبر مسارات الكواكب دائرية نصف قطرها r بحيث تقع الشمس في مركزها.
يُعطي الجدول الآتي مميزات حركة بعض هذه الكواكب:

الكوكب	نصف قطر المسار $r \times 10^6$ Km	الدور T	$\frac{T^2}{r^3}$ $(s^2.m^{-3})$
الزهرة	108,2	224 j 16h	3×10^{-19}
الأرض	149,6	365 j 6 h	3×10^{-19}
زحل	227,9	686 j 22 h	3×10^{-19}

أ. بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على مركز عطالة الكوكب P في المعلم الهيليومركزي، جِدْ عبارة سرعة الكوكب بدلالة ثابت الجذب العام G ، كتلة الشمس Ms و نصف القطر r لمسار الكوكب P.

ب. اكتب عبارة الدور T للكوكب بدلالة G ، Ms و r ، ثم استنتج عبارة القانون الثالث لكبلر.

جـ. اكمل الجدول السابق، ماذا تستنتج؟

د. احسب كتلة الشمس Ms.

$G = 6{,}67\times10^{-11}$ SI.

نلتقي مع السّلسلة رقم (2) من الوحدة (2) الأسبوع المقبل إن شاء الله...
تجدون جميع حلول هذه التّمارين بالتّفصيل على قناتي في اليوتيوب:
Mohammed El Amine Zeddoun

الأستاذ العلوم الفيزيائية
زدون محمد الأمين

الأستاذ زدّون محمّد الأمين يتمنى لكم كل التّوفيق في شهادة البكالوريا...

Scanné avec CamScanner

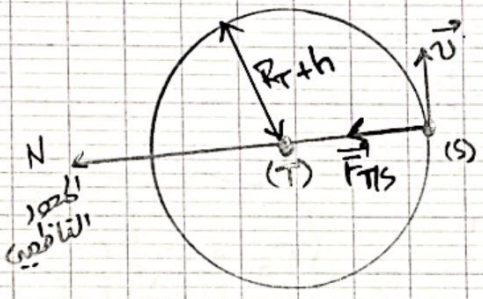
ع-M-TM-Bac2022-(01) السلسلة التمارين رقم
حركة الكواكب والأقمار الاصطناعية.

تحويلات:
- $g \xrightarrow[\times 10^{3}]{\times 10^{-3}} kg$
- $h \xrightarrow{\div 3600} s$, $s \xrightarrow{\times 3600} h$
- $km \xrightarrow[\times 10^{-3}]{\times 10^{3}} m$
- $min \xrightarrow{\times 60} s$, $s \xrightarrow{\div 60} min$

 # حل التمرين (01):

① أ- المرجع المناسب لدراسة حركة القمر الاصطناعي حول الأرض هو:
- المرجع الكواكبي الجيومركزي: هو مرجع مبدؤه مركز الأرض وله (3) محاور موجهة نحو (3) نجوم ثابتة في الفضاء.
- نص القانون II لكبلر: "إن المستقيم الرابط بين الأرض وقمر اصطناعي يمسح مساحات متساوية خلال مجالات زمنية متساوية".

② أ-



- المجموعة: قمر اصطناعي (S).
- المرجع: كواكبي جيومركزي.

ب-
$$F_{T/S} = G\cdot\frac{M_T\cdot m_S}{(R_T+h)^2}$$ ✓ ×

ج- بتطبيق القانون II لنيوتن:
$$\sum \vec{F}_{ext} = m_S\cdot\vec{a}$$
$$\Rightarrow \vec{F}_{T/S} = m_S\cdot\vec{a}$$

- بالإسقاط على المحور القطبي:
$$\Rightarrow F_{T/S} = m_S\cdot a_n$$
$$\Rightarrow G\cdot\frac{M_T\cdot m_S}{r^2} = m_S\cdot\frac{v^2}{r}$$
$$\Rightarrow \frac{G\cdot M_T}{r} = v^2$$
$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{G\cdot M_T}{r}} \quad \times \quad r = R_T+h.$$

الأستاذ العلوم الفيزيائية
زدون محمد الأمين

Scanné avec CamScanner

د- الدور (T) هو الزمن اللازم لإنجاز القمر الاصطناعي دورة كاملة حول الأرض ووحدته الثانية (s).

$$T = \frac{2\pi . r}{v}$$

$$\Rightarrow T = \frac{2\pi . r}{\sqrt{\frac{GM_T}{r}}}$$

الأستاذ العلوم الفيزيائية
زدون محمد الأمين

$$\Rightarrow T^2 = \left(\frac{2\pi . r}{\sqrt{\frac{GM_T}{r}}}\right)^2 = \frac{4\pi^2 . r^2}{\frac{G.M_T}{r}}$$

$$\Rightarrow T^2 = 4\pi^2 . r^2 . \frac{r}{G.M_T} .$$

$$\Rightarrow T^2 = \frac{4\pi^2 . r^3}{G.M_T} .$$

$$\Rightarrow T = \sqrt{\frac{4\pi^2 . r^3}{G.M_T}} \Rightarrow \boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM_T}}} \checkmark \quad r = R_T + h$$

h = ? - المطلوب

حساب قيمة r .

$$T = 2\pi . \sqrt{\frac{r^3}{GM_T}} .$$

$$\Rightarrow T^2 = 4\pi^2 . \frac{r^3}{G.M_T} . \Rightarrow r^3 = \frac{T^2 . G . M_T}{4\pi^2}$$

$$\Rightarrow r = \sqrt[3]{\frac{T^2 . G . M_T}{4\pi^2}}$$

$$\Rightarrow r = \sqrt[3]{\frac{(98\times 60)^2 . 6{,}67\times 10^{-11} . 6\times 10^{24}}{4\times (3{,}14)^2}}$$

$$\Rightarrow \boxed{r = 7{,}05\times 10^6 \text{ m.}}$$

$r = R_T + h \Rightarrow h = r - R_T$

$\Rightarrow h = 7{,}05\times 10^6 - 6{,}39\times 10^3\times 10^3 \Rightarrow \boxed{h = 670\times 10^3 \text{ m.}}$

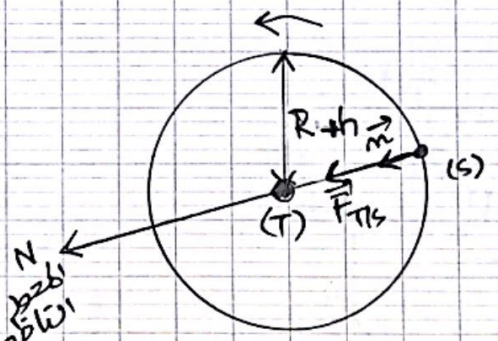
$\Rightarrow \boxed{h = 670 \text{ km.}}$

Scanné avec CamScanner

حل التمرين (02):

① أ- تعريف المرجع الغالي الجيومركزي: (أنظر 1-ب النص 01).

ب-



- الج المدروسة: قمر اصطناعي (S).
- المرجع: غالي جيومركزي.

$$\vec{F}_{T/S} = G.\frac{M_T.m_S}{(R+h)^2}.\vec{n}$$ ← شعاع الوحدة

ج- بتطبيق القانون II لنيوتن:

$$\sum \vec{F}_{ext} = m_S.\vec{a}$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{T/S} = m_S.\vec{a}$$

$$\Rightarrow G.\frac{M_T.m_S}{(R+h)^2}\vec{n} = m_S.\vec{a}$$

$$\Rightarrow \boxed{\vec{a} = G.\frac{M_T}{(R+h)^2}.\vec{n}}$$

الأستاذ العلوم الفيزيائية
زدون محمد الأمين

ونعلم أنّ: $\vec{a} = a_n.\vec{n}$

ومنه: بالمطابقة: $\boxed{a_n = \frac{G.M_T}{(R+h)^2}}$ = ثابت

إذن: حركة القمر الاصطناعي حول الأرض: حركة دائرية منتظمة.

حركة دائرية منتظمة ← a_n = ثابت

---

② -أ

$T(Alsat1) = 5964\,s. = 1{,}65\,h = 1h\,39\,min.$

$T(Astra) = 86160\,s = 23{,}93\,h = 23h\,56\,min.$

إذن: القمر الاصطناعي Astra هو الجيو مستقر.

h ⟷ s: ×3600 / ÷3600

h ⟷ min: ×60 / ÷60

Scanné avec CamScanner

(Alsat1) . ب-

(1) $\rightarrow g = G.\frac{M_T}{(R+h)^2}$ $(h \neq 0)$.

(2) $\rightarrow g_0 = G.\frac{M_T}{R^2}$ $(h = 0)$.

$\frac{(1)}{(2)} \Rightarrow \frac{g}{g_0} = \frac{G.\frac{M_T}{(R+h)^2}}{G.\frac{M_T}{R^2}}$

$\Rightarrow \frac{g}{g_0} = \frac{\frac{1}{(R+h)^2}}{\frac{1}{R^2}}$

$\Rightarrow \frac{g}{g_0} = \frac{1}{(R+h)^2} \times \frac{R^2}{1}$

$\Rightarrow \frac{g}{g_0} = \frac{R^2}{(R+h)^2}$

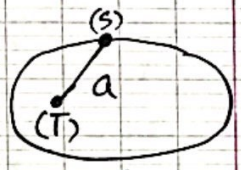
$\Rightarrow g(Alsat1) = \frac{R^2}{(R+h)^2} \times g_0 = \frac{(6380\times10^3)^2 \times 9{,}8}{(6380\times10^3 + 0{,}7\times10^6)^2}$

$\Rightarrow g(Alsat1) = 7{,}95\ m.s^{-2}$.

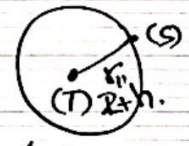
ملاحظة: تتغير g بـ h حيث: كلما زادت h تناقصت g .

ج- $\frac{T^2}{a^3} = K =$ ثابت

$\frac{T^2}{r^3} = K$. $r = R+h$.



مسار إهليجي



✓ مسار دائري

• $\frac{T^2}{(R+h)^3}(Alsat1) = \frac{5964^2}{(6380\times10^3 + 0{,}7\times10^6)^3} = 10^{-13}$.

• $\frac{T^2}{(R+h)^3}(Astsa) = \frac{86160^2}{(6380\times10^3 + 35{,}65\times10^6)} = 10^{-13}$.

إذن: القانون III لكبلر محقق .

الأستاذ العلوم الفيزيائية
زدون محمد الأمين

Scanné avec CamScanner

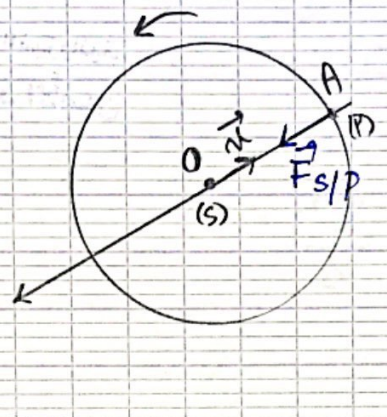
$$g_0 = G.\frac{M_T}{R^2} \qquad M_T = ? \rightarrow$$

$$\Rightarrow M_T = \frac{g_0.R^2}{G} = \frac{9,8 \times (6390 \times 10^3)^2}{6,67 \times 10^{-11}}$$

$$\Rightarrow \boxed{M_T = 6 \times 10^{24}\ kg}.$$

الأستاذ العلوم الفيزيائية
زدون محمد الأمين

 # حل التمرين (03) :



① الج. المدروسة : كوكب P.
المرجع : خطابي هيليومركزي.

② $\vec{F}_{S/P} = -G.\frac{M_S.m_P}{r^2}.\vec{n}$ ← شعاع الوحدة.

③ بتطبيق القانون II لنيوتن :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m_P.\vec{a}.$$
$$\Rightarrow \vec{F}_{S/P} = m_P.\vec{a}.$$

وبالإسقاط على المحور القطبي :

$$\Rightarrow F_{S/P} = m_P.a_n$$
$$\Rightarrow G.\frac{M_S.m_P}{r^2} = m_P.a_n.$$
$$\Rightarrow \boxed{a_n = \frac{G.M_S}{r^2}}.$$

الأستاذ العلوم الفيزيائية
زدون محمد الأمين

④ G ؛ M_S و r ثوابت ومنه : a_n ثابت ، إذن : طبيعة حركة الكوكب (P) حول الشمس ← حركة دائرية منتظمة.

Scanné avec CamScanner

⑤ أ- . القانون (3) لكبلر : $\frac{T^2}{r^3} = K \Rightarrow T^2 = Kr^3$. $K = \frac{4\pi^2}{GM_s}$.

. لدينا : البيان عبارة عن خط مستقيم يمر بالمبدأ، معادلته :

$y = a.x \Rightarrow T^2 = ar^3$.

إذن : يتوافق البيان مع القانون (3) لكبلر .

ب-

$\frac{T^2}{r^3} = K = a$ ← ميل البيان

$\Rightarrow \frac{T^2}{r^3} = \frac{0,6\times10^{17} - 0}{2\times10^{35} - 0}$

$\Rightarrow \frac{T^2}{r^3} = 3\times10^{-19}\ SI.$

. $M_s = ?$:

$\frac{4\pi^2}{GM_s} = 3\times10^{-19}$

$\Rightarrow M_s = \frac{4\pi^2}{G\times3\times10^{-19}} = \frac{4\times(3,14)^2}{6,67\times10^{-11}\times3\times10^{-19}}$

$\Rightarrow M_s = 2\times10^{30}\ kg$.

⑥

$\frac{T^2}{r^3} = 3\times10^{-19}$.

$\Rightarrow T^2 = 3\times10^{-19}\times r^3$.

$\Rightarrow T(\text{ج}) = \sqrt{3\times10^{-19}\times r^3}$

$\Rightarrow T(\text{ج}) = \sqrt{3\times10^{-19}\times(1,5\times10^{11})^3}$

$\Rightarrow T(\text{ج}) = 31,81\times10^6\ s$.

الأستاذ العلوم الفيزيائية
زدون محمد الأمين

Scanné avec CamScanner

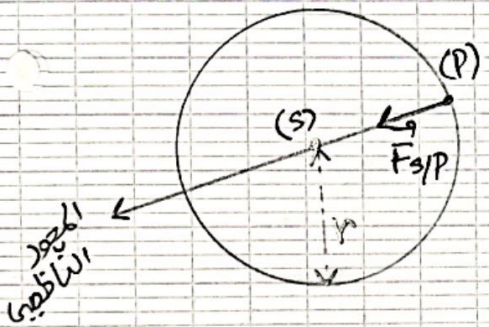
#حل التمرين (04):

① نصّ قانوني كيبلر الذين-طلب إستخلاصهما:

- القانون (I) لكيبلر: "إن الكواكب تتحرّك وفق مدارات إهليلجية تحتل الشمس إحدى محرقيها".
- القانون (II) لكيبلر: "إنّ المستقيم الرّابط بين الشّمس وكوكب يمسح مساحات متساوية خلال مدّات زمنية متساوية".

$$\Delta t(M_1M_1') = \Delta t(M_2M_2')$$
$$\Rightarrow \quad S_1 = S_2 .$$

②



الج. الحدوسة: كوكب P.
المرجع: كفالي هيليو مركزي.

أ- بتطبيق القانون II لنيوتن:

$$\sum \vec{F}_{ext} = m_p.\vec{a} .$$
$$\Rightarrow \quad \vec{F}_{S/P} = m_p.\vec{a} .$$

- بالإسقاط على المحور الناظمي:

$$\Rightarrow \quad F_{S/P} = m_p.a_n$$
$$\Rightarrow \quad G.\frac{M_S.m_P}{r^2} = m_p.\frac{v^2}{r} .$$
$$\Rightarrow \quad \frac{G.M_S}{r} = v^2$$
$$\Rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{G.M_S}{r}}$$

الأستاذ العلوم الفيزيائية
زدون محمد الأمين

Scanné avec CamScanner

ب-

$$T = \frac{2\pi . r}{v}$$

$$\Rightarrow T = \frac{2\pi . r}{\sqrt{\frac{G.M_s}{r}}}$$

$$\Rightarrow T^2 = \frac{4.\pi^2 . r^2}{\frac{G.M_s}{r}}$$

$$\Rightarrow T^2 = 4\pi^2 . r^2 . \frac{r}{G.M_s} .$$

$$\Rightarrow T^2 = \frac{4\pi^2 . r^3}{G.M_s} .$$

$$\Rightarrow T = \sqrt{\frac{4\pi^2 . r^3}{G M_s}} \Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{G M_s}}$$

لاستنتاج عبارة القانون (III) لكبلر :

$$\frac{T^2}{r^3} = K .$$

$$T^2 = \frac{4\pi^2 . r^3}{G.M_s} .$$

$$\Rightarrow \frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G.M_s} = K .$$

الأستاذ العلوم الفيزيائية
زدون محمد الأمين

ج-

$$\frac{T^2}{r^3}(\text{الزهرة}) = \frac{(224 \times 24 \times 3600 + 16 \times 3600)^2}{(109 \times 10^6 \times 10^3)^3} = 3 \times 10^{-19}\ s^2/m^3 .$$

$$\frac{T^2}{r^3}(\text{الأرض}) = \frac{(365 \times 24 \times 3600 + 6 \times 3600)^2}{(149{,}6 \times 10^6 \times 10^3)^3} = 3 \times 10^{-19}\ s^2/m^3 .$$

$$\frac{T^2}{r^3}(\text{المشتري}) = \frac{(696 \times 24 \times 3600 + 22 \times 3600)^2}{(227{,}9 \times 10^6 \times 10^3)^3} = 3 \times 10^{-19}\ s^2/m^3 .$$

j $\xrightarrow{\times 24 \times 3600}$ s

h $\xrightarrow{\times 3600}$ s

km $\xrightarrow{\times 10^3}$ m

Scanné avec CamScanner

• نستنتج أن القانون (III) لكيبلر محقق .

$M_S = ?$ ->

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G.M_S} = 3\times10^{-19}.$$

$$\Rightarrow \quad \frac{4\pi^2}{GM_S} = 3\times10^{-19}.$$

$$\Rightarrow \quad M_S = \frac{4\pi^2}{G\times3\times10^{-19}}$$

$$\Rightarrow \quad M_S = \frac{4\times(3,14)^2}{6,67\times10^{-11}\times3\times10^{-19}}$$

$$\Rightarrow \quad M_S = 2\times10^{30}\,kg .$$

الأستاذ العلوم الفيزيائية
زدون محمد الأمين

Scanné avec CamScanner