

## تمارين الاقمار الإصطناعية

### تمرين 1 :

زرقاء اليمامة قمر اصطناعي مغربي يقوم بمهام مراقبة الحدود الجغرافية للمملكة و بالتواصل والاستشعار عن بعد . وقد أنجز هذا القمر من طرف خبراء المركز الملكي للاستشعار البعدي الفضائي بتعاون مع خبراء دوليين . تم وضع زرقاء اليمامة في مداره يوم 10 دجنبر 2001 على ارتفاع  $h$  من سطح الأرض . ينجز هذا القمر الإصطناعي (S) حوالي 14 دورة حول الأرض في اليوم الواحد . نفترض مسار (S) دائريا ، ودرس حركته في المرجع الأرضي ذات تماثل كروي لتوزيع الكتلة . كما نهمل أبعاد (S) أمام المسافات الفاصلة بينه وبين مركز الأرض .

معطيات :

$$G=6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$$

ثابتة التجاذب الكوني :

$$g_0=9,8 \text{ m.s}^{-2}$$

شدة مجال الثقالة على سطح الأرض :

$$r_T=6350 \text{ km}$$

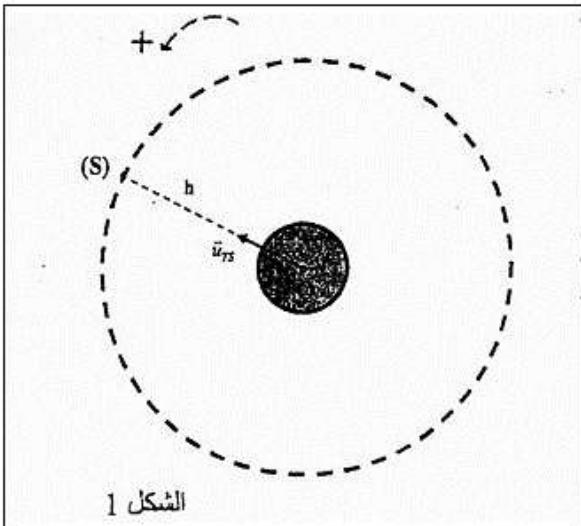
شعاع الأرض :

$$T=84164 \text{ s}$$

دور الأرض حول محورها :

$$h=1000 \text{ km}$$

ارتفاع (S) عن سطح الأرض :



1-أنقل تبيانية الشكل 1 ومثل عليها متجهة السرعة  $v$  للقمر الإصطناعي للقمر (S) ومثل كذلك متجهة قوة التجاذب الكوني التي تطبقها الأرض على (S).

2-أعط تعبير المتجهي لقوة التجاذب الكوني التي تطبقها الأرض على (S) .

3-أكتب في أساس فريني تعبير متجهة التسارع لحركة (S) .

4-بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على (S) :

4.1-بين أن حركته منتظمة.

4.2-أكتب تعبير  $v$  بدالة  $g_0$  و  $r_T$  و  $h$  و احسب قيمتها .

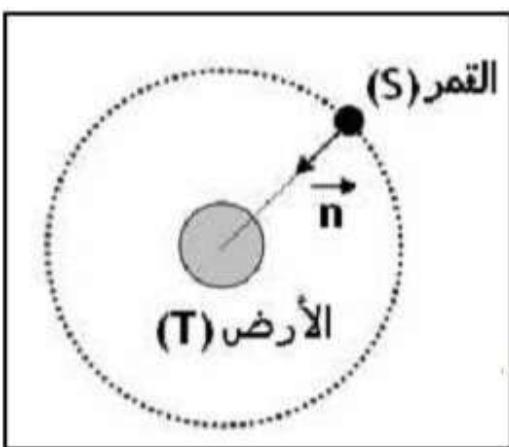
5-بين أن كتلة الأرض هي :  $M_T \approx 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$  .

6-بين ان قمر اصطناعي (S) لا يبدو ساكنا بالنسبة لملاحظي أرضي .

7-يدور القمر الإصطناعي (S) حول الأرض بسرعة زاوية  $\omega$  بحيث يبدو ساكنا بالنسبة لمحالظي أرضي و يرسل صورا إلى الأرض تعتمد في التوقعات في التوقعات الجوية .

7.1-أثبت العلاقة التالية :  $\omega^2 \cdot (r_T + h)^3 = \text{cte}$  ، حيث  $z$  ارتفاع ('S) عن سطح الأرض.

7.2-أوجد قيمة  $z$ .



### تمرين 2 :

مقارنة كتلتى الأرض والشمس تمكّن كل من دراسة حركة الأرض حول الشمس ودراسة حركة الأقمار الإصطناعية حول الأرض ، من مقارنة  $m_s$  كتلة الشمس و  $m_T$  كتلة الأرض .

معطيات :

» الدور المداري لحركة الأرض حول الشمس :  $T_T = 365 \text{ jours}$

» شعاع المدار الدائري لحركة مركز الأرض حول الشمس :

$$r_T = 15 \cdot 10^8 \text{ km}$$

» دور الأرض حول مدارها القطبي :  $T_0 = 1 \text{ jour}$

نعتبر قمرا اصطناعيا (S) ساكنا بالنسبة للأرض ، كتلته  $m_0$  ومساره في

المرجع المركزي الأرضي دائري شعاعه  $r_0 = 4,2 \cdot 10^4 \text{ km}$

نهمل تأثير باقي الكواكب على الأرض ( $T$ ) والقمر الصناعي ( $S$ ). أنظر الشكل جانبه.

- 1-أذكر الشروط التي يجب أن تتوفر لكي يكون قمراً اصطناعياً ساكناً بالنسبة للأرض.
- 2-بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على القم الإصطناعي ( $S$ ) في المعلم المركزي الأرضي ، أثبت أن تعبير متوجهة تسارع مركز قصور القمر الإصطناعي ( $S$ ) هو :  $\vec{a} = \frac{G.m_T}{r_0^2} \vec{n}$  ، حيث  $G$  ثابتة التجاذب الكوني ، و  $\vec{n}$  المتوجهة الواحدية لمعلم فريني .
- 3-بين أن حركة القمر الصناعي ( $S$ ) في المعلم المركزي الأرضي ، دائرة منتظمة و استنتج تعبير سرعته .
- 4-استنتاج بدلالة  $G$  و  $m_T$  و  $r_0$  ، تعبير الدور المداري  $T$  للقمر الصناعي حول الأرض .
- 5-يعبر عن القانون الثالث لكبلير بالعلاقة :  $K = \frac{T^2}{r_0^3}$  ، أوجد تعبير الثابتة  $K$  بدلالة  $G$  و  $m_T$  .
- 6-حدد تعبير النسبة  $\frac{m_S}{m_T}$  بدلالة  $r_T$  و  $r_0$  و  $T_0$  و  $T_T$  ، أحسب هذه القيمة .

## تمرين 3 :

جاليليو هو ثمرة لجهود المفوضية الأوروبية ووكالة الفضاء الأوروبية لإنشاء نظام إرشاد ملاحي وتحديد موقع بدقة عالية. وهو أول نظام عالمي لتحديد المواقع للاستخدام المدني تمتلكه مجموعة من الدول على أساس تجاري وتقديم خدمات مدنية لا تقدمها الأنظمة العسكرية العالمية : النظام الأمريكي ( $GPS$ ) والنظام الروسي ( $GLONASS$ ) .  
ويعتمد هذا النظام على مجموعة فضائية تضم 30 قمراً اصطناعياً تدو حول الأرض على ارتفاع 24 كيلومتر .  
ومجموعة محطات مراقبة في أنحاء مختلفة من العالم ومحطتي تحكم في أوروبا .  
أول أقمار نظام غاليليو هو  $GIOVE A$  وأطلق في مداره يوم 28 ديسمبر 2005 .  
معطيات :

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$$

-نعتبر الأرض كروية الشكل ومتاجنة مركزها  $0$  وشعاعها :

$$M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

-نعتبر القمر الصناعي  $GIOVE A$  نقطة مادية  $G$  كتلتها  $m = 700 \text{ kg}$  و خاضع فقط للتأثير التجاذبي الأرضي.  
حركة القمر الصناعي دائرة منتظمة مركزها  $0$  على ارتفاع  $.h = 23,6 \cdot 10^3 \text{ km}$

### الجزء الأول : حركة $G$ حول الأرض

- 1- مثل في تبيانية وبدون سلم ، الأرض والقمر الصناعي ومساره والقوة المطبقة عليه من طرف الأرض.
- ب- أعط التعبير المتوجه لهذه القوة باستعمال الرموز الواردة في النص . نرمز بالرمز  $\vec{n}$  للمتجهة الواحدية الموجهة من  $0$  إلى  $G$  .
- 2- في أي مرجع تدرس حركة  $G$  .

ب- ما هو الإفتراض الذي يجب الإدلاء به لتطبيق القانون الثاني لنيوتن ؟

ج- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على  $G$  حدد تعبير متوجهة تسارعه .

3- أعط مميزات متوجهة التسارع لنقطة مادية لها حركة دائرة.

ب- بين ان السرعة  $V$  للقمر الصناعي تحقق العلاقة التالية :  $V^2 = G \cdot \frac{M_T}{R}$  مع :

4- أ- عرف الدور المداري  $T$  للقمر الصناعي . وأعط تعبيره بدلالة  $G$  و  $M_T$  و  $R$  .

ب- أحسب قيمة الدور  $T$  .

الجزء الثاني : مقارنة مع أقمار اصطناعية أخرى

يعطي الجدول التالي قيم الدور المداري وشعاع المسار للأقمار الإصطناعية الموجودة في النظمتين (*GPS*) و (*METEOSAT*) المستعملة في مراقبة الأحوال الجوية .

$T^2(s^2)$	$R^3(km^3)$	الدور المداري $T(s)$	شعاع المسار $R(km)$	القمر الإصطناعي
$8,29 \cdot 10^8$	$8,24 \cdot 10^{12}$	$2,88 \cdot 10^4$	$20,2 \cdot 10^3$	<i>GPS</i>
$1,62 \cdot 10^9$	$1,66 \cdot 10^{13}$	$4,02 \cdot 10^4$	$25,5 \cdot 10^3$	<i>GLONASS</i>
				<i>GEOVE A</i>
$7,36 \cdot 10^9$	$7,46 \cdot 10^{13}$	$8,58 \cdot 10^4$	$42,1 \cdot 10^3$	<i>METEOSAT</i>

-1- أتمم ملأ سطر الجدول الخاص

بالقمر *GEOVE A* ( غاليلي ) .

ب- مثل النقطة المقابلة الخاصة بالقمر

*GEOVE A* في المبيان التالي ثم خط  $R^3$  بدلالة  $T^2$  المنحنى الذي يعطي

-2- أ- ماذا يمكن استنتاجه من هذا المبيان .

ب- بين ان نتيجة السؤال -I-4 تطابق المبيان .

ج- ما اسم القانون الذي يبرزه المبيان ؟

