



تمارين حول حركة الكواكب والأقمار

التمرين 1

أحسب M_j كتلة كوكب المشتري علما أن إحدى أقماره I_o مدارها دائري شعاعه $R = 421600\text{km}$ ودوره المداري $T = 152424\text{s}$

. نعطي $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{SI}$

الجواب : $M_j = 1,9 \times 10^{27} \text{kg}$

التمرين 2

الأقمار الاصطناعية SPOT هي سلسلة أقمار اصطناعية مسخرة لأغراض مدنية تهتم بملاحظة سطح الأرض ، آخرها كان القمر الاصطناعي SPOT5 ، الذي وضع في مداره في ماي 2002 م ، وهو يتمكن من تمييز تفاصيل برتبة قدر تناهز $2,5\text{m}$. هذا القمر الاصطناعي يمر فوق نفس المكان كل 26 يوما شمسيا متوسطا ، منجزا خلال هذه الفترة 369 دورة كاملة .

1 - بين أن حركة القمر الاصطناعي (SPOT 5) منتظمة .

2 - أوجد تعبير دور المداري T والسرعة v لهذا القمر الاصطناعي ، واحسب قيمتها .

3 - أوجد بطريفة مختلفة قيمة T ،

التمرين 3

ينجز قمر اصطناعي (S) حركة دائرية منتظمة حول كوكب (P) ، شعاع المسار الدائري $R_s = 6,7.10^5 \text{km}$. الدور المداري

$T_s = 3,55 \text{jours}$. نعتبر جميع الأجسام لها تماثل كروي لتوزيع الكتلة .

1 - أحسب السرعة v للقمر الاصطناعي .

2 - عبر عن سرعته بدلالة G و R_s و كتلة الكوكب P ، M_p

3 - استنتج كتلة الكوكب وتعرف عليه إن أمكن ذلك .

التمرين 4

نعتبر قمرا اصطناعيا (S) في دوران حول الأرض على ارتفاع $h = 800\text{km}$ من سطح الأرض ويمر مساره من الراسي للقطب الشمالي .

تدري حركة القمر في المعلم المركزي الأرضي والذي يعتبر غاليليا .

1 - ما طبيعة حركة القمر الاصطناعي ؟

2 - أوجد التعبير الحرفي للتسارع الثقالة g عند الارتفاع h :

- بدلالة كتلة الأرض M_T وشعاعها R_T وثابتة التجاذب الكوني G .

- بدلالة g_0 شدة مجال الثقالة على سطح الأرض و R_T شعاع الأرض

3 - أحسب g عند الارتفاع $h = 800\text{km}$

4 - حدد بالنسبة لهذا القمر السرعة الخطية v و الدور المداري T

5 - هل يمكن لهذا القمر أن يخلق دائما فوق نفس الأماكن الموجودة على سطح الأرض ؟ علل جوابك

نعطي : شدة مجال الثقالة على سطح الأرض $g_0 = 9,80\text{m/s}^2$ ،

شعاع الأرض : $R_T = 6400\text{km}$

يوم فلكي يساوي 86164s

التمرين 5

نرسل من سطح الأرض صاروخا (F) رأسيا كتلته $m_F = 50\text{tonnes}$ من أجل وضع قمر اصطناعي (S) في مداره حول الأرض .

يخضع الصاروخ لقوة دافعة \vec{F} شدتها $F = 10^6 \text{N}$.

1 - أوجد القوى المطبقة على الصاروخ عند انطلاقه من سطح الأرض . مثل هذه القوى على تبيانة مبسطة . نوجه المحور

الرأسي (O, \vec{k}) نحو الأعلى .

2 - أوجد التعبير الحرفي للتسارع a_z للصاروخ عند مغادرته سطح الأرض . وتأكد من أن قيمتها $a_z = 10,2\text{m/s}^2$. نأخذ

$g_0 = 9,80\text{m/s}^2$ على سطح الأرض .

3 - ما هي القيمة الدنيا F_{min} حتى لا يتمكن الصاروخ من الإقلاع ؟

II – تمكن الصاروخ F من وضع القمر الاصطناعي ذي الكتلة $M_s = 250\text{kg}$ في مداره الدائري ذي الشعاع $r = R + z$ حول الأرض ، حيث $R = 6400\text{km}$ و $z = 30\text{km}$. نعطي ثابتة التجاذب الكوني $G = 6,67 \cdot 10^{-11}\text{SI}$. كتلة الأرض $M_T = 5,59 \cdot 10^{24}\text{kg}$.

- 1 – بين أن حركة القمر الاصطناعي دائرية منتظمة .
- 2 – أعط تعبير الدور المداري T_s للقمر الاصطناعي حول الأرض وتأكد من أن قيمته $T_s = 5130\text{s}$.
- 3 – هل هذا القمر الاصطناعي ساكن بالنسبة للأرض ؟ علل جوابك .

التمرين 6 **

تتعلق طبيعة المسار لقمر اصطناعي بقيمة السرعة v_0 التي أعطيت له عند تحريره من طرف المركبة الفضائية التي نقلته خارج المجال الجوي الأرضي .

هناك قيمتان خاصتان للسرعة في نقطة الدفع بالنسبة لارتفاع معين من سطح الأرض :

– سرعة الاستقمار الدائري ونعبر عنها بالرمز v_s .

– سرعة التحرير ونعبر عنها بالرمز v_L .

– $v_s = v_0$ مدار دائري .

– $v_s < v_0 < v_L$: مدار إهليلجي يشكل مركز الأرض إحدى بؤرتيه .

– $v_0 \geq v_L$: مدار شلجمي أو هذلولي (hypergole) إذ لا يحدث أي استقمار بحيث يكون القمر الاصطناعي مسبارا فضائيا .

يعطي الجدول أسفله قيم v_s و v_L بالنسبة لارتفاعات مختلفة :

الارتفاع	v_s	v_L
200km	25000km / h	39640km / h
800km	26800km / h	37940km / h
36000km	11040km / h	15620km / h

1 – تعرف على مختلف الوضعيات في الشكل أسفله

2 – أوجد سرعة الاستقمار بدلالة ارتفاع نقطة التحرير .

3 – تحقق حسابيا من القيم المقدمة في الجدول أعلاه .

4 – أحد ارتفاعات نقطة التحرير يوافق ارتفاع قمر اصطناعي ساكن بالنسبة للأرض . عين هذا الارتفاع وحدد الشروط التي ينبغي توفرها لكي يكون هذا القمر الاصطناعي ساكنا بالنسبة

للأرض . نعطي كتلة الأرض $m_T = 5,98 \cdot 10^{24}\text{kg}$ و $r_T = 6370\text{km}$.

التمرين 7

المريخ هو أحد كواكب النظام الشمسي الذي يمكن رصده بسهولة في السماء بسبب إضاءته ولونه الأحمر ، وله قمران طبيعيان هما فوبوس ودبموس .

اهتم العلماء بدراسته منذ زمن بعيد وأرسلت إليه في العقود الأخيرة عدة مركبات فضائية استكشافية مكنت من الحصول على معلومات هامة حوله .

يقترح هذا التمرين تحديد بعض المقادير الفيزيائية المتعلقة بهذا الكوكب .

المعطيات :

– كتلة الشمس : $M_s = 2 \cdot 10^{30}\text{kg}$

– شعاع المريخ : $R_M = 3400\text{km}$

– ثابتة التجاذب الكوني : $G = 6,67 \cdot 10^{-11}\text{SI}$

– دور حركة المريخ حول الشمس : $T_M = 687\text{jours}$ و $1\text{jour} = 86400\text{s}$

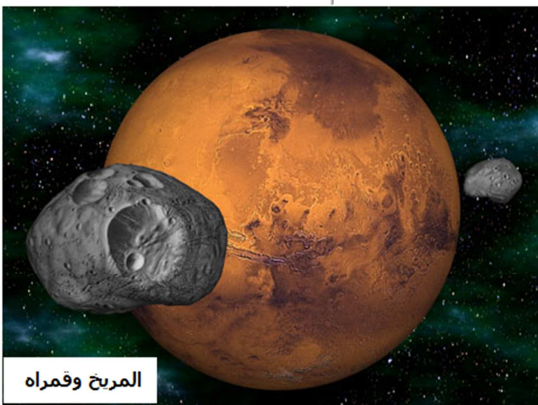
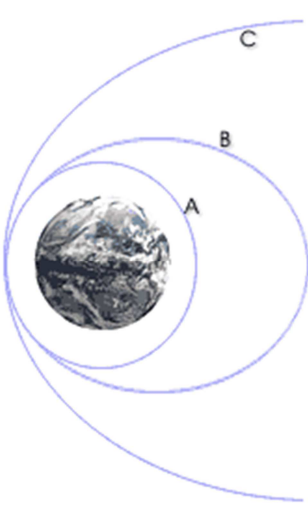
– شدة الثقالة على سطح الأرض : $g_0 = 9,8\text{N/kg}$

نعتبر أن للشمس وللمريخ تماثلا كرويا لتوزيع الكتلة .

1 – تحديد شعاع مسار حركة المريخ وسرعته :

نعتبر أن حركة المريخ في المرجع المركزي الشمسي دائرية ، سرعتها

v وشعاع مسارها r (نهمل أبعاد المريخ أمام المسافة الفاصلة بينه وبين



المريخ وقمره

مركز الشمس ، كما نهمل القوى الأخرى المطبقة عليه أمام قوة التجاذب الكوني التي تطبقها الشمس (

1 - مثل على تبيانة القوة التي تطبقها الشمس على المريخ . (بدون سلم)

2 - اكتب بدلالة G و M_s و M_M و r تعبير الشدة $F_{S/M}$ لقوة التجاذب الكوني التي تطبقها الشمس على المريخ . (M_M تمثل كتلة المريخ)

3 - بتطبيق القانون الثاني لنيوتن بين أن :

1 - 3 - 1 حركة المريخ حركة دائرية منتظمة

1 - 3 - 2 العلاقة بين الدور والشعاع هي : $\frac{T_M^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G.M_s}$ ؛ وأن قيمة r هي : $r \approx 2,3.10^{11} \text{ m}$

4 - 1 أوجد السرعة V

2 - تحديد كتلة المريخ وشدة الثقالة على سطحه :

نعتبر أن القمر فوبوس يوجد في حركة دائرية منتظمة حول المريخ على مسافة $z = 6000 \text{ km}$ من سطحه .

دور هذه الحركة هو $T_p = 460 \text{ min}$ (نهمل أبعاد فوبوس أمام باقي الأبعاد) .

بدراسة حركة فوبوس في مرجع منطبق مع مركز المريخ ، والذي نعتبره غاليليا ، أوجد :

2 - 1 الكتلة M_M للمريخ

2 - 2 شدة الثقالة g_{0M} على سطح المريخ وقارنها بالقيمة $g_{Mex} = 3,8 \text{ N/kg}$ التي تم قياسها على سطحه باعتماد أجهزة

متطورة .

التمرين 8 : دراسة حركة قمر اصطناعي في مجال الثقالة المنتظم (بكالوريا 2008 الدورة الاستدراكية مسلك

العلوم الفيزيائية)

زرقاء اليمامة ، قمر اصطناعي مغربي يقوم بمهام مراقبة الحدود الجغرافية للمملكة وبالتواصل 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 الاصطناعي (S) حوالي 14

دورة حول الأرض في اليوم الواحد .

نفترض مسار (S) دائريا ، وندرس حركته في المرجع المركزي الأرضي .

نعتبر الأرض ذات تماثل كروي لتوزيع الكتلة .

نهمل أبعاد (S) أمام المسافة الفاصلة بينه وبين مركز الأرض .

معطيات : ثابتة التجاذب الكوني : $G = 6,67.10^{-11} \text{ (SI)}$

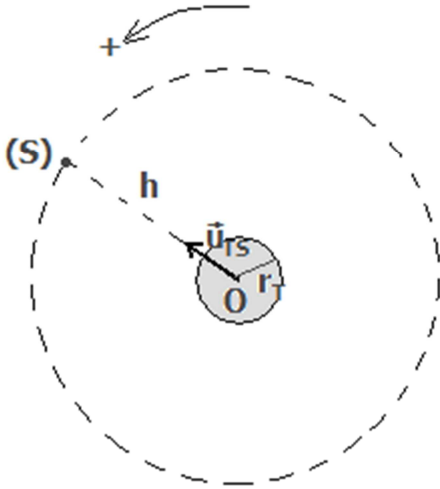
شعاع الأرض : $r_T = 6350 \text{ km}$

شدة مجال الثقالة على سطح الأرض : $g_0 = 9,8 \text{ m/s}^2$

الدور T للأرض حول المحور القطبي : $T = 84164 \text{ s}$

الارتفاع h : $h = 1000 \text{ km}$

\vec{u}_{TS} متجهة واحدة موجهة من O نحو S .



1 - أنقل تبيانة الشكل 1 ومثل عليها متجهة السرعة \vec{V}_S للقمر الاصطناعي (S)

ومثل كذلك متجهة قوة التجاذب الكوني التي تطبقها الأرض على (S) .

2 - أعط التعبير 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 مركز قصور القمر الاصطناعي (S) :

4 - 1 بين أن حركة (S) دائرية منتظمة .

4 - 2 أكتب تعبير V_S بدلالة g_0 و r_T و h ؛ واحسب قيمتها .

5 - بين أن كتلة الأرض هي $M_T = 6.10^{24} \text{ kg}$

6 - بين أن القمر الاصطناعي (S) لا يبدو ساكنا بالنسبة لملاحظ أرضي .

7 - يقوم قمر اصطناعي (S') بالدوران حول الأرض بسرعة زاوية ω بحيث يبدو ساكنا بالنسبة لملاحظ أرضي ويرسل صورا إلى

الأرض تعتمد في التوقعات الجوية .

7 - 1 أثبت العلاقة : $\omega^2 (r_T + z)^3 = \text{Cte}$ ؛ حيث z المسافة الفاصلة بين سطح الأرض والقمر الاصطناعي .

7 - 2 أوجد قيمة z .

التمرين 9 : مقارنة كتلة الشمس وكتلة الأرض (بكالوريا 2008 الدورة الاستدراكية مسلك العلوم الرياضية)

تمكن معرفة حركة الأقمار الاصطناعية حول الأرض وحركة الأرض حول الشمس من مقارنة كتلة الشمس m_s بكتلة الأرض m_T

معطيات : نعتبر قمرا اصطناعيا ساكنا بالنسبة للأرض . كتلته m وشعاع مداره الدائري في المرجع المركزي الأرضي هو :
 $r = 4,22.10^{24} \text{ km}$



– الدور المداري لحركة القمر الاصطناعي حول الأرض هو T .

– الدور المداري لحركة الأرض حول الشمس في المرجع المركزي الشمسي هو : $T_T = 365,25 \text{ jours}$.

– شعاع المدار الدائري لحركة مركز الأرض حول الشمس هو : $r_T = 1,496.10^8 \text{ km}$.

– دور دوران الأرض حول محورها القطبي هو $T_0 = 24 \text{ heures}$.

– نرمز ب G ثابتة التجاذب الكوني ونعتبر أن كلا من الأرض والشمس لهما توزيع تماثلي للكتلة .

نهمل تأثير الكواكب الأخرى على كل من الأرض والقمر الاصطناعي .

1 – بين أن حركة القمر الاصطناعي دائرية منتظمة في المرجع المركزي الأرضي . واستنتج تعبير الدور T بدلالة G و m_T و r .

2 – يعبر عن القانون الثالث لكبلير بالنسبة لحركة القمر الاصطناعي حول الأرض بالعلاقة :

$$\frac{T^2}{r^3} = K \text{ حيث } K \text{ ثابتة ؛ أوجد تعبير } K \text{ بدلالة } G \text{ و } m_T .$$

3 – أوجد تعبير $\frac{m_s}{m_T}$ بدلالة r و r_T و T_T و T . أحسب قيمتها .

التمرين 10 (بكالوريا التعليم الثانوي دورة جوان 2008 شعبة الرياضيات وتقني رياضي من الموضوع الأول . الجمهورية الجزائرية)

يدور قمر اصطناعي كتلته m حول الأرض بحركة منتظمة مسارها دائري نصف قطره r ومركزها هو نفسه مركز الأرض 1 – مثل قوة التجاذب الكوني التي تطبقها الأرض على القمر الاصطناعي . واكتب تعبيرها بدلالة r, G, m, M_T حيث M_T كتلة الأرض ،

m كتلة القمر الاصطناعي ، G ثابتة التجاذب الكوني ، r نصف قطر المسار (البعد بين مركزي الأرض والقمر الاصطناعي)

2 – باستعمال التحليل البعدي أوجد وحدة ثابتة التجاذب الكوني G في النظام العالمي للوحدات (SI)

3 – بين أن تعبير السرعة الخطية v للقمر الاصطناعي في المرجع المركزي الأرضي هي : $v = \sqrt{\frac{G.M_T}{r}}$

4 – أكتب تعبير v بدلالة r و T حيث T دور القمر الاصطناعي .

5 – أكتب تعبير دور القمر الاصطناعي حول الأرض بدلالة r, G, M_T .

6 – أ – بين أن $\frac{T^2}{r^3} = Cte$ بالنسبة لأي قمر يدور حول الأرض ، ثم احسب قيمتها العددية في المعلم المركزي الأرضي مع تقدير وحدتها في النظام العالمي للوحدات .

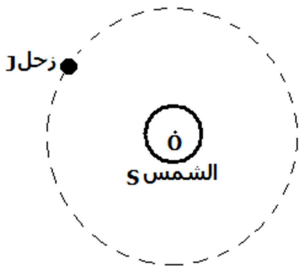
ب – إذا كان نصف قطر مسار قمر اصطناعي يدور حول الأرض $r = 2,66.10^4 \text{ km}$ ، أحسب دور حركته .

يعطى : ثابتة التجاذب الكوني : $G = 6,67.10^{-11} \text{ SI}$ ، $\pi^2 = 10$ ،

كتلة الأرض : $M_T = 5,97.10^{24} \text{ kg}$

التمرين 11 (بكالوريا التعليم الثانوي دورة جوان 2008 شعبة الرياضيات وتقني رياضي من الموضوع الأول . الجمهورية الجزائرية)

معطيات :



الشكل 1

يدور كوكب زحل

حول الشمس على مسار دائري مركزه ينطبق على مركز قصور O للشمس ، بحركة منتظمة .

الشكل 1 .

1 – مثل القوة التي تطبقها الشمس على كوكب زحل ثم احسب قيمتها .

2 – ندرس حركة كوكب زحل في المرجع المرجعي الشمسي (الهيليوومركزي) الذي نعتبره غاليليا .

أ – عرّف المرجع المركزي الشمسي .



- ب - بتطبيق القانون الثاني لنيوتن ، أوجد تعبير التسارع a لحركة مركز قصور الكوكب زحل .
- ج - أوجد التعبير الحرفي للسرعة v للكوكب في المرجع المختار بدلالة ثابتة التجاذب الكوني G وكتلة الشمس M_s ونصف قطر المدار r ، ثم احسب قيمتها .
- 3 - أوجد تعبير الدور T لكوكب زحل حول الشمس بدلالة نصف قطر المدار r والسرعة v ، ثم أحسب قيمته .
- 4 - استنتج تعبير القانون الثالث " لكبلير " واذكر نصه .