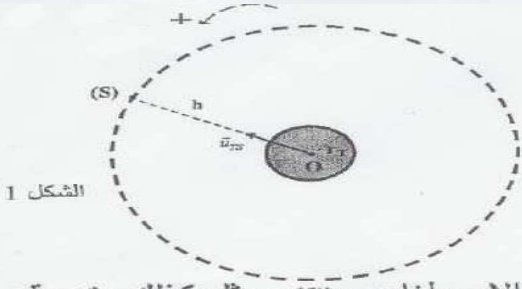


زرقاء اليمامة، قمر اصطناعي مغربي يقوم بمهام مراقبة الحدود الجغرافية للمملكة وبالتواصل والاستشعار عن بعد. وقد أنجز هذا القمر من طرف خبراء المركز الملكي للاستشعار البعدي الفضائي بتعاون مع خبراء دوليين.
 تم وضع زرقاء اليمامة في مداره يوم 10 دجنبر 2001 على ارتفاع h من سطح الأرض. ينجز هذا القمر الاصطناعي (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.

المعطيات:

- ثابتة التجاذب الكوني: (SI) $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$
- 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- انقل تبيانة الشكل 1 ومثل عليها متجهة السرعة \vec{v}_S للقمر الاصطناعي (S) ومثل كذلك متجهة قوة التجاذب الكوني التي تطبقها الأرض على (S). (0,5 ن)
- 2- أعط التعبير المتجهي لقوة التجاذب الكوني التي تطبقها الأرض على (S). (0,25 ن)
- 3- اكتب في أساس فريني، تعبير متجهة التسارع لحركة (S). (0,5 ن)
- 4- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على مركز قصور القمر الاصطناعي (S):
 - 4.1- بين أن حركة (S) دائرية منتظمة. (0,75 ن)
 - 4.2- اكتب تعبير v_S بدلالة g_0 و r_T و h ؛ واحسب قيمتها. (0,75 ن)
- 5- بين أن كتلة الأرض هي $M_T \approx 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$. (0,5 ن)
- 6- بين أن القمر الاصطناعي (S) لا يبدو ساكنا بالنسبة لملاحظ أرضي. (0,75 ن)
- 7- يقوم قمر اصطناعي (S') بالدوران حول الأرض بسرعة زاوية ω بحيث يبدو ساكنا بالنسبة لملاحظ أرضي ويرسل صورا إلى الأرض تُعتمد في التوقعات الجوية.
 - 7.1- أثبت العلاقة: $\omega^2 \cdot (r_T + z)^3 = Cte$ ؛ حيث z المسافة الفاصلة بين سطح الأرض والقمر الاصطناعي. (0,75 ن)
 - 7.2- أوجد قيمة z . (0,75 ن)

2- الموضوع الثاني: موضوع باكالوريا مغربية الفيزياء 2010 الدورة الاستدراكية علوم فيزيائية

المريخ هو أحد كواكب النظام الشمسي الذي يمكن رصده بسهولة في السماء بسبب إضاءته ولونه الأحمر، وله قمران طبيعيان هما فوبوس وديموس. 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: (SI) $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$
 - دور حركة المريخ حول الشمس: $T_M = 687 \text{ jours}$ ؛ $1 \text{ jour} = 86400 \text{ s}$
 - شدة الثقالة على سطح الأرض: $g_0 = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$
- 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 مركز الشمس، كما نهمل القوى الأخرى المطبقة عليه أمام قوة التجاذب الكوني التي تطبقها الشمس).

 - 1.1- مثل على تبيانة القوة التي تطبقها الشمس على المريخ. (0,5 ن)
 - 1.2- اكتب بدلالة G و M_S و M_M و r تعبير الشدة $F_{S/M}$ لقوة التجاذب الكوني التي تطبقها الشمس على المريخ. (1 ن)
 - 1.3- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن بين أن:
 - 1.3.1- حركة المريخ حركة دائرية منتظمة.
 - 1.3.2- العلاقة بين الدور والشعاع هي: $\frac{T_M^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G \cdot M_S}$ ؛ و أن قيمة r هي: $r \approx 2,3 \cdot 10^{11} \text{ m}$.
 - 1.4- أوجد السرعة V .
 - 2- تحديد كتلة المريخ وشدة الثقالة على سطحه:

نعتبر أن القمر فوبوس يوجد في حركة دائرية منتظمة حول المريخ على المسافة $z = 6000 \text{ km}$ من سطحه. دور هذه الحركة هو $T_p = 460 \text{ min}$ (نهمل أبعاد فوبوس أمام باقي الأبعاد).

 - 2.1- الكتلة M_M للمريخ. (1 ن)
 - 2.2- شدة الثقالة g_{OM} على سطح المريخ وقارنها بالقيمة $g_{Mex} = 3,8 \text{ N.kg}^{-1}$ التي تم قياسها على سطحه باعتماد أجهزة متطورة. (1,5 ن)

- تمكن معرفة حركة الأقمار الاصطناعية حول الأرض و حركة 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 $r = 4,22.10^4 km$.
- الدور المداري لحركة القمر الاصطناعي حول الأرض هو T .
- الدور المداري لحركة الأرض حول الشمس في المرجع المركزي الشمسي هو $T_T = 365,25 jours$.
- شعاع المدار الدائري لحركة مركز الأرض حول الشمس هو $r_T = 1,496.10^8 km$.
- دور دوران الأرض حول محورها القطبي هو $T_0 = 24 heures$.
- نرمز بـ G لقابلية التجاذب الكوني و نعتبر أن كلا من الأرض و الشمس لهما توزيع تماثلي للكتلة .
- نعمل تأثير الكواكب الأخرى على كل من الأرض و القمر الاصطناعي .
- 1- بين أن حركة القمر الاصطناعي دائرية منتظمة في المرجع المركزي الأرضي. و استنتج تعبير الدور T بدلالة G و m_T و r .
 - 2- يعبر عن القانون الثالث لكبلير بالنسبة لحركة القمر الاصطناعي حول الأرض بالعلاقة: $\frac{T^2}{r^3} = K$ حيث K ثابتة ؛ أوجد تعبير K بدلالة G و m_T .
 - 3- أوجد تعبير النسبة $\frac{m_s}{m_T}$ بدلالة r و r_T و T و T_T . لحسب قيمتها .

3الموضوع الرابع :

قرر مركز للأبحاث الفضائية إرسال بعثة من الرواد للفضاء من اجل دراسة بيئية للغلاف الجوي للأرض . دراسة بعض مراحل الرحلة.

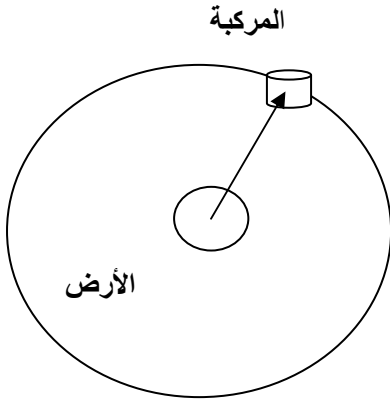
الجزء الأول : مرحلة الانطلاق

- عند تشغيل المحرك يكون الانطلاق راسيا و ننتقل أن اندفاع الغازات المحترقة يكافئ قوة خارجية شدتها $F = 32,4.10^6 N$ تسمى قوة الدفع . نهمل قوى الاحتكاك و نعتبر شدة مجال الثقالة ثابتة $g_0 = 9,81 m/s^2$ و كتلة المركبة عند الانطلاق $M = 2041.10^3 Kg$.
- 1- أجرد القوى المطبقة على المركبة الفضائية عند لحظة الانطلاق . 2- احسب تسارع المركبة a_0 عند لحظة الانطلاق.
 - 3- احسب السرعة و الارتفاع التي تصل إليها المركبة عند التاريخ $t = 2,5 mn$ إذا افترضنا أن التسارع ثابت.
 - 4- في الحقيقية سرعة المركبة أكبر من السرعة التي تم حسابها سابقا. أعط تفسيرا لذلك .

الجزء الثاني : الحركة الدائرية حول الأرض

بعد $10 mn$ من الانطلاق. تدخل المركبة إلى مدارها الدائري حول الأرض على ارتفاع $z = 300 Km$ و تكون كتلتها $m = 69,68. 10^3 Kg$. نعتبر المركبة نقطة مادية و الأرض كروية الشكل شعاعها $R_t = 6400 km$.

1- مثل على الشكل 2 متجهة القوة المطبقة على المركبة .



- 2- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن اوجد تعبير تسارع المركبة بدلالة G, M_t, R_t, z .
- 3- أعط تعبير سرعة المركبة بدلالة G, M_t و $r = R_t + z$.
- 4- تحقق من القانون الثالث لكبلير .
- 5- علما أن سرعة المركبة هي $V_2 = 7,74 Km/s$ احسب كتلة الأرض M_t . نعطي: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} m^3 \cdot Kg^{-1} \cdot S^{-2}$.

الجزء الثالث: مرحلة النزول :

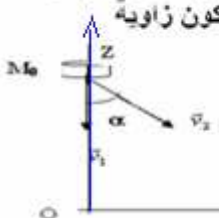
1-فتح المظلة:

- خلال مرحلة النزول تكون حركة المركبة رأسية. عند ارتفاع Z_1 تفتح المظلة المرتبطة بالمركبة فتتخضع المجموعة الى قوة احتكاك منحاهم معاكس لمنحى متجهة السرعة و يمكن نمذجتها بـ : $F_z = k \cdot V^2$ حيث V سرعة المركبة على المحور OZ و k ثابتة . نهمل دافعة أرخميدس و نختار المحور Oz موجه نحو الأعلى أصله O عند سطح الأرض.
- 1- أكتب المعادلة التفاضلية التي تحققها السرعة V_z .
 - 2- تصل سرعة المركبة الى قيمة حدية $V_L = 10 m/s$. احسب قيمة الثابتة k محددًا وحدتها .
- انفلات جسم من المركبة

2 عندما تصل المركبة إلى النقطة M_0 ذات الإحداثيتين $(X_0=0, Z_0=3Km)$ في معلم (o,i,k) نعتبره غاليليا بسرعة $V_L = 10 m/s$ في لحظة نعتبرها أصلا للتواريخ. ينفلت جسم S من المركبة بسرعة V_2 تكون زاوية

$\alpha = 11^\circ$ مع الخط الرأسى. (الشكل 2)

- 1- أكتب المعادلتين الزمئيتين لحركة الجسم في المعلم (o,i,k) .
- 2- أكتب المعادلة الزمئية لحركة المركبة .
- 3- حدد أيهما يصل إلى سطح الأرض أولا المركبة أم الجسم .
- 4- حدد المدة الزمئية الفاصلة بين وصول كل منهم إلى سطح الأرض .



1- تصحيح الموضوع الأول: موضوع باكالوريا مغربية الفيزياء 2008 الدورة الاستدراكية علوم فيزيائية

1- \vec{v}_s : مماسه للمسار وموجهة في نفس منحنى الحركة. بتطبيق القانون الثاني لنيوتن $\vec{F}_{T/S} = -G \frac{M_T m_s}{(r_T + h)^2} \vec{u}_{TS}$ -2 $\vec{a} = a_t \vec{u} + a_n \vec{n}$ -3 $\vec{F}_{T/S} = m_s \vec{a}_G$ بالإسقاط على المنظمي: $F_{T/S} = m_s \cdot \frac{v_s^2}{r_T + h}$ $F_{T/S} = m_s a_n$

4-2- نعلم أن وزن الجسم في الارتفاع h يساوي قوة التجاذب المطبقة عليه من طرف الأرض في هذا الموضع:

أي: $m_s a_n = m_s \cdot g_h$ $F_{T/S} = P_h$ مع: $a_n = g_h = g_0 \frac{r_T^2}{(r_T + h)^2}$ $\frac{v_s^2}{r_T + h} = g_0 \frac{r_T^2}{(r_T + h)^2}$

ت.ع: $v_s = r_T \sqrt{\frac{g_0}{r_T + h}} = 6350 \cdot 10^3 \text{ m} \sqrt{\frac{9,8 \text{ m/s}^2}{(6350 + 1000) \cdot 10^3 \text{ m}}} = 7 \cdot 10^3 \text{ m/s}$

5- $G \frac{m_s M_T}{(r_T + h)^2} = m_s \cdot g_0 \frac{r_T^2}{(r_T + h)^2}$ $F_{T/S} = P_h$

$$G M_T = g_0 r_T^2$$

$$M_T = \frac{g_0 r_T^2}{G} = \frac{9,8 \text{ m/s}^2 \cdot (6350 \cdot 10^3 \text{ m})^2}{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}} = 5,92 \cdot 10^{24} \text{ kg} = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

7 لكي يبدو القمر الإصطناعي ساكنا بالنسبة لملاحظ أرضي يجب أن يكون دوره

$$T_s = T = 24 \text{ h}$$

بما أن القمر الإصطناعي -اليمامة- ينجز 14 دورة في اليوم فإن دوره: $T_s = \frac{T}{14} = \frac{24 \text{ h}}{14} \neq T$ ساكنا بالنسبة لملاحظ أرضي .

القانون الثاني لنيوتن : $F = m a_N$ 1-7

أي: $G \frac{m_s M_T}{(r_T + h)^2} = m_s \cdot \frac{v_s^2}{r_T + h}$ مع: $v_s = (r_T + h) \omega$

$$G M_T = (r_T + h)^3 \omega^2 \Leftrightarrow G \frac{M_T}{(r_T + h)^2} = (r_T + h) \omega^2 \Leftrightarrow G \frac{m_s M_T}{(r_T + h)^2} = m_s \cdot (r_T + h) \omega^2$$

بما أن G و M_T ثابتتين فإن: $(r_T + h)^3 \omega^2 = C^{te}$

2-7 القمر الإصطناعي يبدو ساكنا بالنسبة لملاحظ أرضي \Leftrightarrow دوره مساو لدوره حركة دوران الأرض حول نفسها أي: $T_s = T = 24 \text{ h}$

ولدينا: $G M_T = (r_T + h)^3 \omega^2$ مع: $\omega = \frac{2\pi}{T}$ $(r_T + h)^3 = \frac{G M_T T^2}{4\pi^2} \Leftrightarrow \frac{G M_T}{(r_T + h)^3} = \frac{4\pi^2}{T^2} \Leftrightarrow \omega = \frac{2\pi}{T}$

$$h = \sqrt[3]{\frac{G M_T T^2}{4\pi^2} - r_T^3} \Leftrightarrow r_T + h = \sqrt[3]{\frac{G M_T T^2}{4\pi^2}}$$

ت.ع: $h = \sqrt[3]{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \cdot 6 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot [24 \cdot (3600 \text{ s})]^2}{4\pi^2}} - 6350 \cdot 10^3 \text{ m} = 3,595 \cdot 10^6 \text{ m} \approx 3,6 \cdot 10^6 \text{ m} = 3600 \text{ km}$

2- تصحيح الموضوع الثاني: موضوع باكالوريا مغربية الفيزياء 2010 الدورة الاستدراكية علوم فيزيائية

1-1- 1-2- $F_{S/M} = G \frac{M_M M_S}{r^2}$ 1-3-1 $\vec{F}_{S/M} = G \frac{M_M M_S}{r^2} \vec{u}_{SM}$ 1-3-2 بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على كوكب المريخ $\vec{F}_{S/M} = m_M \cdot \vec{a}_G$ نجد

مركزية \Leftrightarrow حركة المريخ حول الشمس دورانية منتظمة.

ولدينا: $v = \sqrt{G \frac{M_S}{r}}$ $G \frac{M_M M_S}{r^2} = M_M \cdot \frac{v^2}{r}$ $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G M_S}$ ومنه: $T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{G M_S}}$ $\omega = \frac{v}{r} = \frac{2\pi}{T}$

2-1- 2 $\vec{F}_{M/F} = m_F \cdot \vec{a}_G$ - بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على الفوبوس $v = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \times 2 \cdot 10^{30}}{2,3 \cdot 10^{11}}} = 24 \cdot 10^3 \text{ m/s}$

بعد الإسقاط على المنظمي: $M_M = \frac{v^2 \times (R_M + z)}{G} \Leftrightarrow G \frac{M_M}{R_M + z} = v^2 \Leftrightarrow G \frac{M_M M_P}{(R_M + z)^2} = M_P \cdot \frac{v^2}{R_M + z}$

2-2 $g_{oM} = G \frac{M_M}{R_M^2} \approx 3,72 \text{ N/kg}$ $M_M = \frac{4\pi^2 \times (R_M + z)^3}{T_P^2 \cdot G} = 6,45 \cdot 10^{23} \text{ kg}$ وهي $v = \frac{2\pi(z + R_M)}{T_P}$ كتلة المريخ

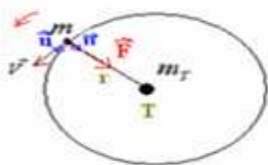
3 - تصحيح الموضوع الثالث: باكالوريا مغربية الفيزياء 2008 الدورة الاستدراكية علوم رياضية

1 - يخضع القمر الاصطناعي خلال حركته في المرجع المركزي الأرضي إلى قوة التجاذب الكوني المطبقة عليه من طرف الأرض:

$$\vec{F} = G \frac{m m_T}{r^2} \vec{n}$$

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن: $\vec{F} = m \vec{a}$

$$G \frac{m m_T}{r^2} \vec{n} = m \vec{a}$$



بما أن القمر الاصطناعي ساكن بالنسبة للأرض فإن سرعته ثابتة. وبذلك نستنتج أن تسارعه المماسي منعدم. $a_t = \frac{dv}{dt} = 0$.
 وبما أن في معلم فرينى متجهة التسارع: $\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_n = \vec{a}_n$ $a_n = \frac{v^2}{r}$
 متجهة التسارع انجاذبية مركزية ومنظمها ثابت إذن حركة القمر الاصطناعي منتظمة شعاعها r . $\vec{a} = \vec{a}_n = G \cdot \frac{m_T}{r^2} \vec{n}$

$$v = \sqrt{G \cdot \frac{m_T}{r}} \quad ; \quad v^2 = G \cdot \frac{m_T}{r} \Leftrightarrow G \cdot \frac{m \cdot m_T}{r^2} = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{G \cdot m_T}} \quad \text{الدور} \quad \omega = \frac{v}{r} = \frac{1}{r} \sqrt{G \frac{m_T}{r}} = \sqrt{G \frac{m_T}{r^3}} \quad v = r \omega$$

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على الأرض التي تخضع لقوة التجاذب الكوني المطبقة عليها من طرف الشمس :

بالاسقاط على المنظمي : $G \cdot \frac{m_T \cdot m_s}{r_s^2} = m_T \cdot \frac{v_T^2}{r_T}$

$\vec{F}_{sT} = m \vec{a}_G$

$$T_T = \frac{2\pi}{\omega_T} = 2\pi \sqrt{\frac{r_T^3}{G m_T}} \Leftrightarrow \omega_T = \frac{v_T}{r_T} = \frac{1}{r_T} \sqrt{G \frac{m_s}{r_T}} = \sqrt{G \frac{m_s}{r_T^3}} \Leftrightarrow v_T = \sqrt{G \cdot \frac{m_s}{r_T}}$$

2- من خلال العلاقة السابقة : $\frac{T^2}{4\pi^2} = \frac{r^3}{G \cdot m_T}$

3- تعبير القانون الثالث لكبلير بالنسبة لحركة الأرض حول القمر
 ومنها : $m_s = \frac{4\pi^2 r_T^3}{G T_T^2}$ $\frac{T_T^2}{r_T^3} = \frac{4\pi^2}{G m_s}$

ورأينا بأن تعبير القانون الثالث لكبلير بالنسبة لحركة القمر الاصطناعي حول الأرض :

ومنه نستخرج : $m_T = \frac{4\pi^2 r^3}{G T^2} \Leftrightarrow \frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G m_T}$
 $\frac{m_s}{m_T} = \left(\frac{r_T}{r}\right)^3 \cdot \left(\frac{T}{T_T}\right)^2 = \left(\frac{1,496 \cdot 10^8 \text{ km}}{4,22 \cdot 10^4 \text{ km}}\right)^3 \cdot \left(\frac{1}{365,25}\right)^2 = 3,34 \cdot 10^5$

4- تصحيح الموضوع الرابع :

1-I \vec{F} و \vec{P} -2 $a_o = \frac{F}{m} - g$ ت.ع : $a_o = \frac{32,4 \cdot 10^6}{2041 \cdot 10^3} - 9,81 = 6,06 \text{ m/s}^2$ -3 $v = a \cdot t = 6,06 \text{ m/s}$ و $z = \frac{1}{2} a t^2 = 68175 \text{ m}$

2- بما ان : $g_z = g_o \cdot \frac{R_T^2}{(R_T + z)^2}$ فإن وزن المركبة يتناقص كلما ابتعدنا عن الأرض \Leftrightarrow التسارع $a = \frac{F}{m} - g$ يتناقص ومنه فان سرعة المركبة أكبر من القيمة التي تم حسابها.

III 1- \vec{v}_s : مماسة للمسار وموجهة في نفس منحنى الحركة. -2 $a = G \frac{M_T}{(R_T + z)^2}$ -3 مع $v = \sqrt{G \frac{M_T}{r}}$ $r = R_T + z$

4- $C_{te} = \frac{4\pi^2}{G \cdot M_T} = \frac{T^2}{r^3} = 5 \frac{\text{kg} \cdot \text{s}^2}{\text{m}^3} = 6 \cdot 10^{24} \frac{\text{kg} \cdot \text{s}^2}{\text{m}^3}$ $M_T = \frac{v^2 \cdot r}{G} = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ $\Leftrightarrow \vec{P} + \vec{F} = m \cdot \vec{a}$ -1-III

أي : $\frac{dv_z}{dt} = \frac{k}{m} \cdot v_z^2 - g \Leftrightarrow -m \cdot g + k \cdot v_z^2 = m \cdot \frac{dv_z}{dt}$ $\frac{dv_z}{dt} = \frac{k}{m} \cdot v_z^2 - g \Leftrightarrow \frac{dv_z}{v_z^2} = \frac{k}{m} dt - g dt$ $k = \frac{m \cdot g}{v_\ell^2} = \frac{69,68 \cdot 10^3 \times 9,81}{100} \approx 6,8 \cdot 10^3 \text{ kgm}^{-1}$ $v_\ell^2 = \frac{g \cdot m}{k}$

1- انفلات المركبة - عند لحظة الانفلات $\vec{v}_2, t=0$ لها مركبتين : $\vec{v}_2 \begin{cases} v_2 x = +v_2 \cdot \sin \alpha \\ v_2 z = -v_2 \cdot \cos \alpha \end{cases}$ بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على الجسم

بالاسقاط على Oz الموجه نحو الأعلى : $\vec{P} = m \cdot \vec{a}_G \Leftrightarrow v_z = -gt - v_2 \cdot \cos \alpha \Leftrightarrow a_z = -g \Leftrightarrow -P = m \cdot a_z$

بالاسقاط على Ox : $0 = m \cdot a_x \Leftrightarrow 0 = a_x \Leftrightarrow v_x = C_{te} = v_2 \cdot \sin \alpha \Leftrightarrow x = v_2 (\sin \alpha) \cdot t$ $z = -\frac{1}{2} g t^2 - v_2 (\cos \alpha) t + z_o$

2-2 المركبة وصلت سرعتها إلى القيمة الحدية v_L وبالتالي حركتها منتظمة : عند $t=0$ $\begin{cases} v_L x = 0 \\ v_L z = -v_L \end{cases}$

3-2 عندما يصل الجسم S إلى سطح الأرض : $z=0 \Leftrightarrow 0 = -4,9 t^2 - (7,74 \cdot 10^3 \cdot \cos 11) t + 3 \cdot 10^3$

$t_1 \approx 1,55 \cdot 10^3 \text{ s} \Leftrightarrow 0 = -4,9 \cdot 10^{-3} t^2 - 7,6 t + 3 \Leftrightarrow 0 = -4,9 t^2 - 7,6 \cdot 10^3 t + 3 \cdot 10^3$

عندما تصل المركبة إلى سطح الأرض : $0 = -v_L t + z_o \Leftrightarrow t_2 = \frac{z_o}{v_L} = \frac{3000}{10} = 300 \text{ s}$ الجسم S يصل قبل المركبة.

4-2 $\Delta t = t_2 - t_1$

SBIRO Abdelkrim lycée agricole oulad taima région d'Agadir
 البريد الإلكتروني : sbiabdou@yahoo.fr

المملكة المغربية
 pour toute observation contactez moi
 لا تنسوني بدعائكم الصالح.
 وأسأل الله لكم التوفيق .