بكالوريا 2025 / الوحدة الثانية / السلسلة 02

التمرين 01

I - يدور قمر اصطناعي لمراقبة الأحوال الجوية على ارتفاع عن سطح الأرض قدره $h = 830\ km$. نعتبر الأرض كرة متجانسة نصف قطرها $R_T = 6400\ km$ ، وكتلتها $M_T = 6 \times 10^{24}\ kg$. يتحرّك مركز الأرض حول الشمس على مدار دائري بسرعة نعتبرها ثابتة يخضع القمر الاصطناعي فقط لقوّة جذب الأرض.

1 - بيّن في تمثيل واضح أن حركة القمر الاصطناعي هي حركة مستوية.

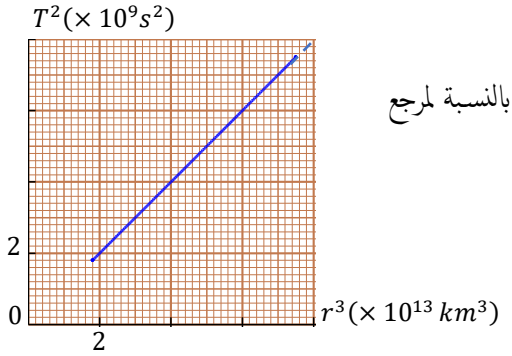
2 - نعتبر مركز الأرض مرجعا عطاليا لدراسة حركة القمر الاصطناعي.

2 - 1 - ما هو الشرط الذي نضعه من أجل ذلك؟

2 - 2 - بتطبيق القانون الثاني لنيوتن بيّنْ أنّ القمر الاصطناعي يتحرّك بسرعة طويلتها ثابتة، ثم احسب قيمتها.

2 - 3 - احسب المدة التي يستغرقها القمر الاصطناعي خلال دورة واحدة.

II - لدينا مجموعة من الأقمار الاصطناعية تبعد عن مركز الأرض بمسافات مختلفة (r) ، وتدور في مدارات دائرية بحركة منتظمة. مثّلنا في الشكل المقابل مربّع أدوار هذه الأقمار بدلالة مكعبات أبعادها عن مركز الأرض $T^2 = f(r^3)$



1 - اكتب العلاقة النظرية التي تعطي T^2 بدلالة r^3 .

2 - تأكّد من القيمة التقريبية لكتلة الأرض المعطاة سابقا.

3 - إنّ القمر الاصطناعي المستقر أرضيا (جيو مستقر) هو القمر الذي يظهر ثابتا بالنسبة لمرجع مرتبط بسطح الأرض.

3 - 1 - ما هي مميّزات القمر الاصطناعي لكي يحقّق هذه الخاصيّة؟

3 - 2 - اعتمادا على البيان، جدْ بُعْد هذا القمر عن مركز الأرض، ثم استنتج بعده عن سطح الأرض.

$G = 6{,}67 \times 10^{-11} S.I$ ، دور الأرض حول نفسها $T_T = 24\ h$

التمرين 02

مقتطف من كراس تلميذ مجتهد: ... << **عندما تسقط كرة في الهواء شاقوليا، فإنها تخضع لثلاث قوى هي ثقلها $\vec{P}$ ، ودافعة أرخميدس $\overrightarrow{F_A}$ شدّتها هي ثقل الهواء الذي له نفس حجم الكرة، وقوّة الاحتكاك المائع $\vec{f}$ معاكسة لشعاع سرعة مركز عطالة الكرة وشدّتها $f = kv^2$ ، حيث الثابت k هو معامل الاحتكاك ويتعلّق بالهواء وشكل الجسم...** >> (كرتان بقطرين مختلفين هما شكلان مختلفان)

I - نترك كرة متجانسة (b_1) نصف قطرها $r = 40\ cm$ تسقط شاقوليا من السكون عند اللحظة $t = 0$. قمنا بتصويرها أثناء حركتها بواسطة كاميرا رقمية، وعرضنا النتائج على برنامج معلوماتي، فتبيّن أنه عند اللحظة $t_1 = 2{,}5\ s$ كانت شدّة محصّلة القوى المؤثّرة على مركز عطالة الكرة $F = 6 \times 10^{-2} N$ ، وطويلة شعاع سرعتها v_1 ، وعند اللحظة $t_2 = 5\ s$ أصبح تسارع مركز عطالتها $a = 0$ وطويلة شعاع سرعتها $v_2 = 2{,}48\ m/s$.

1 - اعتمادا على ما ورد في المقتطف احسب شدّة دافعة أرخميدس. هل يمكن إهمالها أمام ثقل الكرة؟

2 - جدْ اعتمادا على التحليل البعدي وحدة معامل الاحتكاك، ثم احسب قيمته.

3 - ما هي طبيعة حركة الكرة بعد اللحظة t_2 ؟ احسب المسافة التي يقطعها مركز عطالة الكرة بين اللحظتين t_2 و $t_3 = 7\ s$.

4 - احسب تسارع الكرة عند اللحظة $t = 0$ وعند اللحظة t_1. لماذا يتناقص تسارع مركز عطالة الكرة؟

II - لدينا كرة أخرى (b_2) لها نفس حجم الكرة (b_1) ، وكتلتها $m_2 = 800\ g$. نستعملها لإجراء التجربة السابقة في نفس الشروط.

1 - تثبت سرعة الكرة ابتداء من اللحظة t' . ما سبب ذلك؟

2 - مثّل بشكل تقريبي القوى المؤثّرة على الكرة عند اللحظة t ، حيث $0 < t < t'$.

3 - بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، بيّن أن المعادلة التفاضلية للسرعة هي: $\frac{dv}{dt} + 0{,}162\ v^2 = 6$

4 - احسب السرعة الحدّية للكرة (b_2) وقارنها مع السرعة الحدية للكرة (b_1) . ماذا تستنتج؟

$g = 10\ m/s^2$ ، حجم كرة نصف قطرها r هو $V = 4{,}18\ r^3$ ، الكتلة الحجمية للهواء في شروط التجربة $\rho_a = 1{,}2\ kg/m^3$

الكتلة الحجمية للكرة (b_1) : $\rho = 1{,}5\ kg/m^3$

التمرين 03

قطرة الندى هي قطرة صغيرة جدا لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة. ندرس الحركة الشاقولية في الهواء لقطرة ندى ذات شكل كروي قطره $d = 10\ \mu m$.

نصنع بواسطة جهاز ضخ الماء على شكل رذاذ بعض القطرات، ونتابع داخل أنبوب زجاجي به الهواء حركة قطرة واحدة بتجهيز خاص لهذه العملية. تنطلق القطرة من النقطة O ؛ مبدأ المحور الشاقولي $z'z$ الموجّه نحو الأسفل، وذلك عند اللحظة $t = 0$.

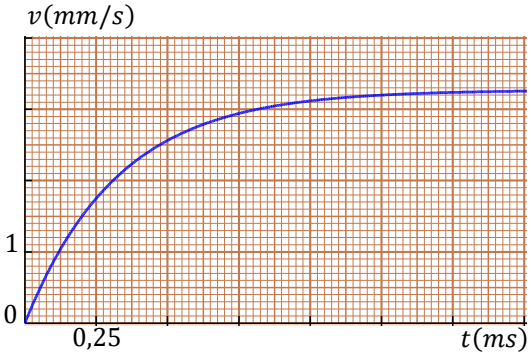
تخضع القطرة خلال سقوطها لقوّة احتكاك مع الهواء شعاعها معاكس مباشرة لشعاع سرعة القطرة، وشدّتها $f = kv$ ، حيث k هو معامل الاحتكاك. نعتبر دافعة أرخميدس (F_A) مهملة أمام ثقل القطرة إذا كان $\frac{P}{F_A} > 100$.

1 - بيّن أنّه يمكن اهمال دافعة أرخميدس أمام ثقل القطرة.

2 - بتطبيق القانون الثاني لنيوتن في مرجع سطحي أرضي، بيّن أن المعادلة التفاضلية لسرعة القطرة تُكتب بالشكل: $\frac{dv}{dt} + \alpha\ v = \beta$.

3 - حدّد وحدة α بواسطة التحليل البعدي.

4 - بعد تحليل النتائج تمكنّا من تمثيل سرعة القطرة بدلالة الزمن $v = f(t)$.



4 - 1 - عرّف السرعة الحدّية، ثم حدّد قيمة هذه السرعة من البيان.

4 - 2 - احسب قيمة معامل الاحتكاك (k) .

4 - 3 - تأكّد بيانيا أننا أهملنا دافعة أرخميدس أمام ثقل القطرة في هذه الدراسة.

4 - 4 - جدْ بطريقتين تسارع القطرة عند اللحظة $t = 0{,}5\ ms$.

5 - إنّ النموذج المبسّط للسقوط الشاقولي هو السقوط الحر.

5 - 1 - ما المقصود بالسقوط الحر ؟ مثّل تجهيزا مخبريا يمكّننا تحقيق السقوط الحر.

5 - 2 - لو سقطت القطرة السابقة سقوطا حرّا بدءا من السكون، ما هي المسافة التي تقطعها خلال مدة زمنية $\Delta t = 0{,}5\ s$ ؟

يُعطى:

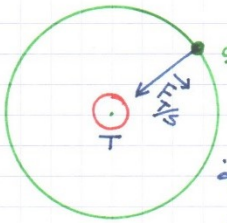
$g = 10\ m/s^2$ ، حجم كرة نصف قطرها r هو $V = 4{,}18\ r^3$ ، الكتلة الحجمية للهواء في شروط التجربة $\rho_a = 1{,}2\ kg/m^3$

الكتلة الحجمية للماء $\rho_e = 1000\ kg/m^3$

الوحدة الثانية / السلسلة 02 / الحل / بكالوريا 2025

التمرين 01

(I) 1- شرح مبسّط :

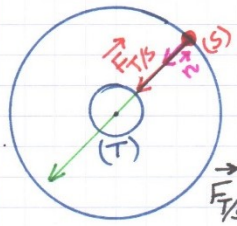


بما أنه المدار دائري ؛ والقوة المؤثرة على القمر الاصطناعي موجّهة نحو مركز الأرض، وتأثير الكواكب الأخرى مهمل ، فإن مدار القمر الاصطناعي موجود في مستو يشمل مركز الأرض .

2-

2-1- الشرط هو أنه ينجز مركز الأرض حول الشمس خلال مدة الدراسة حركة مستقيمة منتظمة ؛ وهذا يكونه خلال مدة مهملة أمام دور الأرض حول الشمس .

2-2- بتطبيقه القانون الثاني لنيوتن في المرجع الجيومركزي :



$$\sum \vec{F}_{ext} = m_s \cdot \vec{a}$$

ولدينا $\vec{F}_{T/S} = G\frac{M_T \cdot m_s}{r^2}\vec{n}$

حيث $r = R_T + h$

وبالتالي $G.\frac{M_T \cdot m_s}{r^2}\vec{n} = m_s.\vec{a}$

ومنه $\vec{a} = G.\frac{M_s}{r^2}\vec{n}$

هذا التسارع ناظمي وطويلته $a_n = G\frac{M_T}{r^2}$

ولدينا $a_n = \frac{v^2}{r}$

ومنه $v = \sqrt{\frac{GM_T}{R_T + h}}$

لدنه تأكدنا أنه طويلة سرعة القمر الاصطناعي ثابتة

$$v = \sqrt{\frac{4\times10^{14}}{(6400+830)10^3}} = 7438\ m/s$$

$$v \simeq 7{,}44\ km/s$$

2-3- المدة المستغرقة في دور القمر الاصطناعي

$$T_s = \frac{2\pi r}{v} = \frac{6{,}28\times(6400+830)\times10^3}{7438}$$

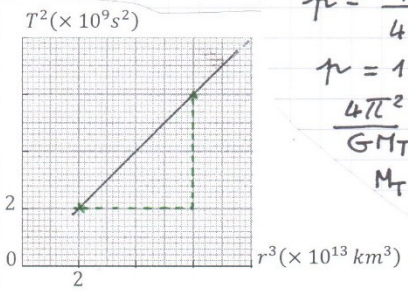
$$T_s = 6104\ s = 1h\ 41\ mn$$

(II) 1- لدينا $T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi r}{\sqrt{\frac{GM_T}{r}}}$

$$T^2 = 4\pi^2 r^2 / \frac{GM_T}{r} = \frac{4\pi^2}{GM_T}.r^3 \quad ...(1)$$

2- نكتب معادلة البيان $T^2 = \mu r^3$ ...(2) حيث μ هو الميل

بمطابقة (1) و (2) نجد $\mu = \frac{4\pi^2}{GM_T}$



$$\mu = \frac{4\times10^9}{4\times10^{13}\times10^9}$$

$$\mu = 1\times10^{-13}\ s^2.m^{-3}$$

$$\frac{4\pi^2}{GM_T} = 10^{-13}$$

$$M_T = \frac{4\pi^2}{10^{-13}.G}$$

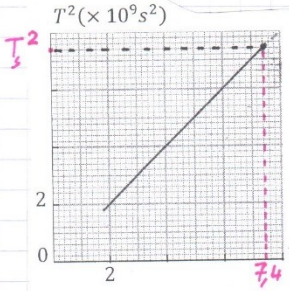
$$M_T = \frac{40}{10^{-13}\times6{,}67\times10^{-11}} = 6\times10^{24}\ kg$$

3-

3-1- المميزات :

- دوره يساوي T_T
- نفس جهة دوران الأرض
- مستوى مداره يشمل خط الاستواء

3-2-



دور القمر الاصطناعي

$T_s = 86400\ s$

$T_s^2 = 7464960000\ s$

$T_s^2 \simeq 7{,}5\times10^9\ s^2$

لدينا من البيان :

$r^3 = 7{,}4\times10^{13}\ km$

$r = 4{,}2\times10^4\ km = 42000\ km$

$h = r - R_T = 42000 - 6400$

$h = 35600\ km$

1- ص

التمرين 02 :

I

1- شدة دافعة أرخميدس : $F_A = \rho_a V g$

$V = 4{,}18\, r^3 = 4{,}18\,(0{,}4)^3 = 0{,}267\ m^3$

وبالتالي : $F_A = 1{,}2 \times 0{,}267 \times 10 = 3{,}2\ N$

نحسب ثقل الكرة : $P = mg$

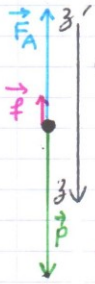
$P = \rho V g = 1{,}5 \times 0{,}267 \times 10 = 4\ N$

لا يمكن إهمال P أمام F_A

2- $[k] = \dfrac{[f]}{[v^2]} = \dfrac{M.L.T^{-2}}{L^2.T^{-2}} = ML^{-1}$

وحدة k هي kg/m

بما أنه عند t_2 أصبح $a=0$، فإنه بتطبيق القانون الثاني لنيوتن في مرجع سطحي أرضي والإسقاط على محور شاقولي $z'z$ موجه نحو الأسفل نجد :



$P - F_A - f_m = 0$ (m : max)

ومنه $f_m = 4 - 3{,}2 = 0{,}8\ N$

ولدينا : $v_e = v_2$ ، وبالتالي :

$k = \dfrac{f_m}{v_e^2} = \dfrac{0{,}8}{(2{,}48)^2} = 0{,}13\ kg/m$

3- يصبح التسارع بعد اللحظة t_2 معدومًا. وبالتالي تصبح الحركة منتظمة.

المسافة المقطوعة : $d = v_e \times \Delta t$

$= 2{,}48 \times (7-5) \simeq 5\ m$

4- التسارع عند اللحظة $t=0$

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن عند $t=0$

$\vec{F_A} + \vec{P} = m\vec{a_0}$

$P - F_A = ma_0$

ومنه $a_0 = g - \dfrac{F_A}{m}$

$a_0 = 10 - \dfrac{3{,}2}{0{,}4} = 2\ m/s^2$

التسارع عند اللحظة t_1 :

$a_1 = \dfrac{F}{m} = \dfrac{0{,}06}{0{,}4} = 0{,}15\ m/s^2$

II

1- السبب : إنه شدتي ثقل الكرة ودافعة أرخميدس لا تتغيران أثناء الحركة.

ونعلم أنه عند $t=0$ يكون $P > F_A$

إذن الكرة تسقط، وبما أنه سرعتها تزداد فإنه شدة قوة الاحتكاك تزداد كذلك $f = kv^2$ ، وعندما يصبح $P = F_A + f$ ينعدم تسارع الكرة وتثبت سرعتها.

2- التمثيل

3- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}$ في مرجع سطحي أرضي

$\vec{P} + \vec{F_A} + \vec{f} = m_2\vec{a}$

بالإسقاط على المحور $z'z$

$P - F_A - f = m_2 a$

$m_2 g - kv^2 - F_A = m_2 a$

$\dfrac{dv}{dt} + \dfrac{k}{m_2} v^2 = g - \dfrac{F_A}{m_2}$

بما أن حجم الكرة لم يتغير فإن معامل الاحتكاك لا يتغير، وكذلك الدافعة لا تتغير في التجربة الثانية.

$\dfrac{dv}{dt} + \dfrac{0{,}13}{0{,}8} v^2 = 10 - \dfrac{3{,}2}{0{,}8}$

$\dfrac{dv}{dt} + 0{,}162\, v^2 = 6$

4- توافقة السرعة الحدية : $\dfrac{dv}{dt} = 0$

$v_e^2 = \dfrac{6}{0{,}162} = 37$ وبالتالي

$v_e \simeq 6\ m/s$

كلما كانت كتلة الكرة أكبر تكون v_e أكبر

التمرين 03

1- نحسب النسبة $\dfrac{P}{F_A}$

$\dfrac{P}{F_A} = \dfrac{mg}{\rho_a V g} = \dfrac{\rho_e V g}{\rho_a V g} = \dfrac{\rho_e}{\rho_a}$

$\dfrac{P}{F_A} = \dfrac{1000}{1{,}2} = 833$

وبالتالي لا يمكن إهمال F_A أمام P.

2- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن في مرجع سطحي أرضي :

$\vec{P} + \vec{f} = m\vec{a}$

$P - f = ma$ بالإسقاط

$\frac{dv}{dt} + \frac{k}{m}v = g$

حيث $\alpha = \frac{k}{m}$ و $\beta = g$

3- لدينا $[\alpha v] = L.T^{-2}$

عبارة عن تسارع : αv

$[\alpha] = \frac{L.T^{-2}}{L.T^{-1}} = T^{-1}$

وحدة α هي s^{-1}

4- 1-4 السرعة الحدية هي السرعة التي تبلغها القطرة لحظة انعدام تسارعها، فتحافظ على هذه السرعة.

لدينا من البيان أكبر سرعة هي $v_e = 3,25\ mm/s$

2-4 عند بلوغ الكرة سرعتها الحدية يكون

$f = P = mg$

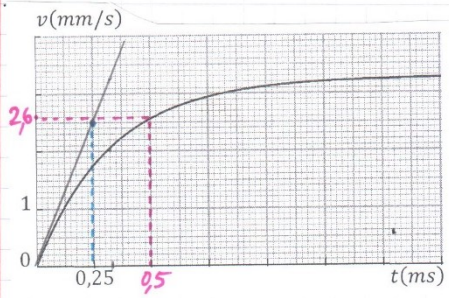
أي $kv_e = mg$

$k = \frac{\rho V g}{v_e} = \frac{1000 \times 4,18 (5\times10^{-6})^3 \times 10}{3,25\times10^{-3}}$

$k = 1,6\times10^{-9}\ kg/s$

3-4 يكون عند $t=0$: $v=0$ ومن المعادلة التفاضلية $\frac{dv}{dt} = g$ أي : $\frac{dv}{dt} + \frac{k}{m}\times 0 = g$

يجب أنه نجد ميل المماس عند $t=0$ مساويا لـ g



$\frac{dv}{dt} = \frac{2,5}{0,25}$

$\frac{dv}{dt} = 10\ m/s^2$

$= g$

4-4 الطريقة (1) : لدينا من البيان عند $t=0,5ms$: $v=2,6mm/s$ ، وبالتعويض في المعادلة التفاضلية $\frac{dv}{dt} = g - \frac{k}{m}v$

كتلة القطرة هي : $m = \rho V$

$= 1000 \times 4,18 (5\times10^{-6})^3 = 5,22\times10^{-13}\ kg$

$\frac{dv}{dt} = 10 - \frac{1,6\times10^{-9}}{5,22\times10^{-13}} \times 2,6\times10^{-3} \simeq 2\ m/s^2$

الطريقة (2) : نحسب ميل المماس عند $t=0,5ms$

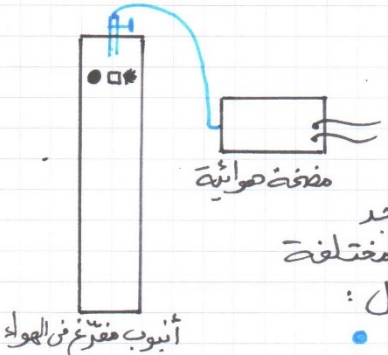
$\frac{dv}{dt} = \frac{2,4\times10^{-3}}{4,5\times0,25\times10^{-3}} = 2,1\ m/s^2$

(الشكل في آخر الصفحة)

ص-3

5- 1-5 نقول عن جسم (متحرك) أنه يسقط سقوطا حرا عندما يكون خاضعا فقط لقوة ثقله (إهمال كل القوى الأخرى)

التجهيز :



أنبوب زجاجي مفرّغ من الهواء بواسطة مضخة هوائية، ويوجد بداخله أجسام مختلفة الكتلة والشكل :

- كرة معدنية
- قطعة خشبية
- ريشة طائر

عندما نفرّغ الأنبوب ونقلبه بشكل مفاجئ نلاحظ وصول الأجسام كلها في نفس الوقت

2-5 تسارع القطرة هو $a = g$

والمسافة المقطوعة هي $h = \frac{1}{2}g(\Delta t)^2$

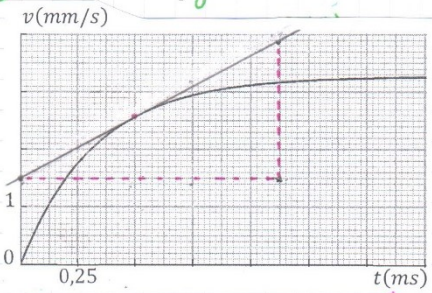
$h = 5\times(0,5)^2 = 1,25\ m$

Guezouri Abdelkader

Tlemcen 13/11/2024

تابعنا على اليوتوب :

phyzianet Guezouri



الشكل الخاص بالسؤال 4-4