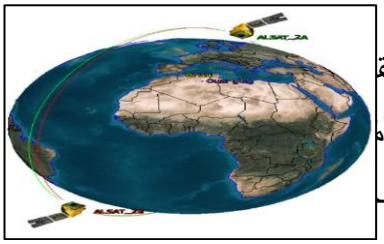
التمرين 11:



القمران الاصطناعيان ألسات2A

تأسست الوكالة الفضائية الجزائرية (**ASAL**) في 16 جانفي *2002* ومق
بوزريعة بالعاصمة وهي المسؤولة عن تنفيذ البرنامج الفضائي للجزائر أد
الوطني للتقنيات الفضائية في أرزيو بوهران دوره إعداد البرنامج لتلبية م
احتياجات المستخدمين.

يهدف التمرين الى دراسة حركة بعض الأقمار الاصطناعية الجزائرية وا

بلغ عدد الأقمار الاصطناعية التي أرسلتها الجزائر الى الفضاء خمسة أقمار.

الجدول التالي يحمل معلومات عن كل قمر: **جدول مأخوذ من الموقع الرسمي للوكالة الفضائية الجزائرية (*ASAL*)**

اسم القمر	**ألسات 1A**	**ألسات 1B**	**ألسات 2A**	**ألسات 2B**	**ألكومسات 1**
تاريخ الإرسال	نوفمبر 2002	سبتمبر 2016	جويلية 2010	سبتمبر 2016	10 ديسمبر 2017
الإرتفاع h عن سطح الأرض (km)	700	700	670	670	؟
الدور المداري T (min)	98,5	98,5	98,7	98,7	1436

نعتبر حركة الأقمار الاصطناعية حول الأرض تتم في مسارات دائرية مركزها منطبق على مركز الأرض ونصف قطره r حيث $r = h + R_T$ و h هو ارتفاع القمر الاصطناعي عن سطح الأرض.

المعطيات:

- ✓ ثابت الجذب العام: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\, SI$.
- ✓ نصف قطر الأرض: $R_T = 6380\, km$.

1. اذكر بعض استخدامات الأقمار الاصطناعية.
2. حدّد المرجع المناسب لدراسة حركة قمر اصطناعي يدور حول الأرض.
3. يخضع القمر الاصطناعي فقط الى قوة جذب الأرض له $\vec{F}_{T/S}$، مثّل في رسم مناسب هذه القوة ثمّ اكتب عبارتها الشعاعية بدلالة ثابت الجذب العام G، كتلة القمر الاصطناعي m_S، كتلة الأرض M_T، نصف قطر الأرض R_T، ارتفاع القمر الاصطناعي h، وشعاع الوحدة $\vec{u}$ الموجّه من الأرض نحو القمر الاصطناعي.
4. بتطبيق القانون الثاني لنيوتن جد عبارة السرعة المدارية v بدلالة : G ، M_T ، R_T ، h .

5. استنتج عبارة الدور المداري T للقمر الاصطناعي بدلالة : G ، M_T ، R_T ، h ، ثمّ أثبت انّ :

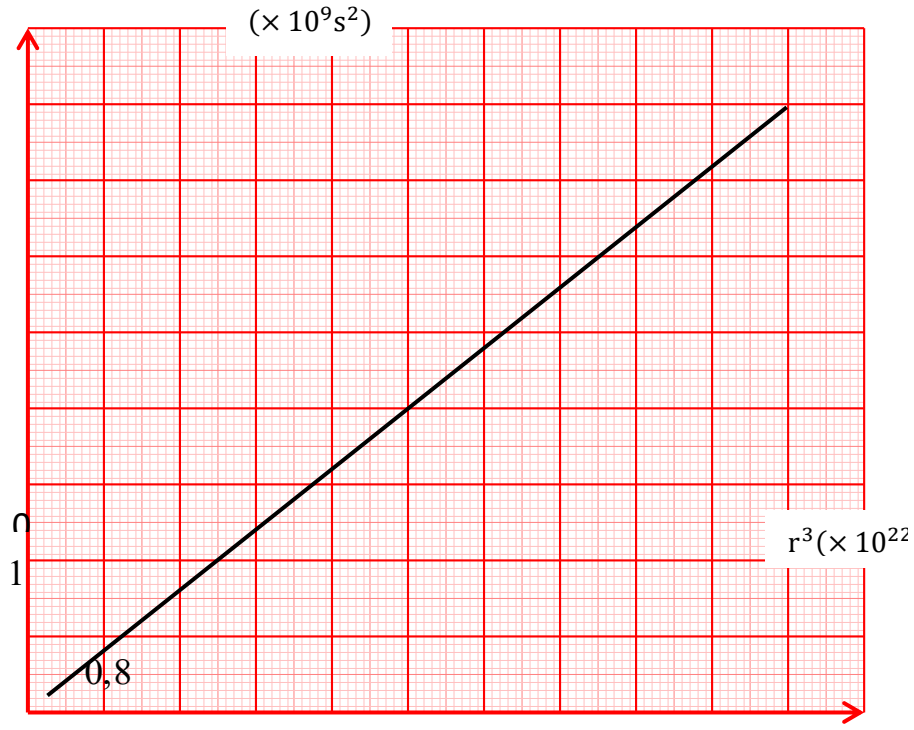
$\frac{T^2}{r^3} = K$ حيث K ثابت يطلب ايجاد عبارته .

6. باستعمال برمجيات محاكاة تحصلنا على المنحنى الممثل بالشكل −2− :

1.6. اعتمادا على البيان جد كتلة الأرض M_T و الارتفاع h للقمر الاصطناعي **ألكومسات 1**.

2.6. عرّف القمر الجيومستقر ، و اذكر خصائصه.

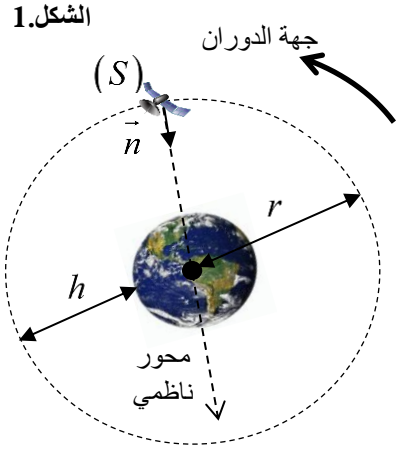
3.6. حدّد من بين الأقمار الاصطناعية المذكورة في الجدول أعلاه القمر الذي يمكن اعتباره جيومستقرا ،علّل جوابك.



التمرين 12:

أنشأت شركة "*Space X*"، قطاعا داخليا يحمل اسم "*StarLink*"، وهو متخصص في تقديم خدمات الانترنت الفضائي بالاعتماد على الأقمار الاصطناعية، في 23 ماي 2019 قامت الشركة بإطلاق 60 قمر اصطناعي التي نعتبرها في الدراسة نقطة مادية تدور وفق مسارات دائرية نصف قطرها r على ارتفاع h من سطح الأرض بسرعة $\vec{v}$ شدتها ثابتة. (الشكل.1)

الشكل.1

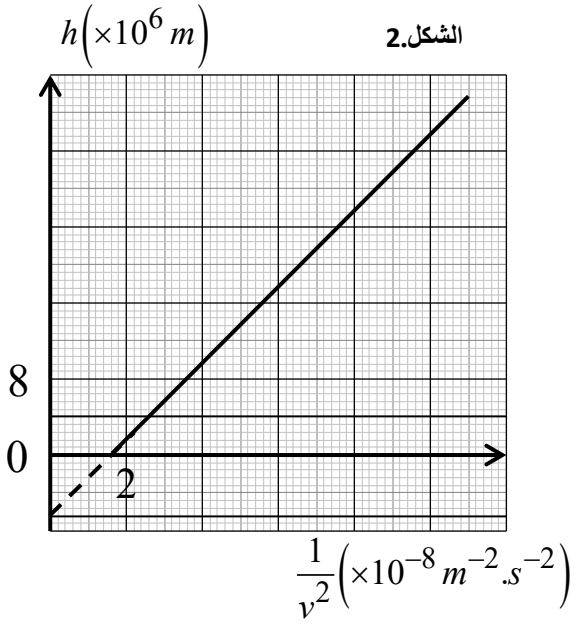


يهدف هذا التمرين إلى دراسة حركة أحد الأقمار الاصطناعية *StarLink* ، وتحديد بعض مقاديره الفيزيائية .

نعتبر القمر الاصطناعي (S) يخضع فقط لقوة جذب الأرض $\overrightarrow{F}_{T/S}$، ندرس حركته بالنسبة للمرجع الأرضي المركزي الذي يعتبر غاليليا. تنجز الأرض دورة كاملة حول محور دورانها خلال $T_T \approx 24h$

1. ما المقصود بـ : – المرجع الجيومركزي .
2. أعد على ورقة إجابتك الشكل.1 ومثل عليه القوة $\overrightarrow{F}_{T/S}$ المطبقة من طرف الأرض على القمر الاصطناعي.
3. عبر عن $\overrightarrow{F}_{T/S}$ بدلالة المقادير التالية: M_T كتلة الأرض، m كتلة القمر الاصطناعي، h ارتفاع القمر الاصطناعي عن سطح الأرض ، R_T نصف قطر الأرض، G ثابت الجذب العام و $\vec{n}$ شعاع الوحدة الناظمي .
4. استنتج طبيعة حركة القمر الاصطناعي (S)، ثم مثل شعاع التسارع $\vec{a}_S$
5. بتطبيق القانون الثاني لنيوتن :
   1.5. جد عبارة التسارع a_S لمركز عطالة القمر الاصطناعي (S).
   2.5. اكتب عبارة الجاذبية g_0 على سطح الأرض بدلالة: G، M_T و R_T.
   3.5. استنتج عبارة السرعة المدارية v_S بدلالة g_0، R_T و h، ثم بين أن عبارة الارتفاع h تعطى بالعلاقة التالية: $h = A \cdot \frac{1}{v_S^{\,2}} - B$

الشكل.2



بحيث A و B ثابتين يطلب تحديد عبارة كل منهما.

6. دراسة حركة 06 أقمار اصطناعية لشركة $Space\,X$، مكنتنا من الحصول على المنحنى البياني الممثل لتغيرات الارتفاع h بدلالة مقلوب مربع السرعة $\frac{1}{v^2}$ (الشكل.2)، اعتمادا عليه ، حدد قيمة كل من: R_T و g_0.
7. من بين الأقمار الاصطناعية الـ 06، يوجد قمر اصطناعي يبدو ساكنا بالنسبة لمراقب موجود على سطح الأرض، سرعته المدارية تساويا تقريبا $v \approx 3080\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$
   1.7. أحسب قيمة كل من الارتفاع hوالدور T،ماذا تستنتج ؟

<u>معطيات:</u> $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ (\mathrm{SI})$

التمرين 13 :

قناة المعرفة (7) هي أول قناة تعليمية جزائرية على قمر ($AlcomSat1$) تم اطلاقها عقب التوقف الاجباري الذي شهدته المدارس الجزائرية عقب انتشار فيروس كورونا.

في 10 ديسمبر 2017 أطلق القمر الاصطناعي ($AlcomSat1$) من الصين. حيث له القدرة توفير خدمة الاتصالات والانترنت وبث القنوات الإذاعية والتلفزيونية بدقة عالية.

يتم انجاز انتقال قمر اصطناعي أرضي (S) على مدار دائري منخفض نصف قطره r_1 نحو مدار دائري مرتفع نصف قطره r_2 مرورا بمدار إهليجي مماس للمدارين الدائريين كما يبين الشكل. يكون المركز O للأرض إحدى بؤرتي المدار الإهليجي الموضح في الشكل (03).

نعتبر القمر الاصطناعي (S) نقطيا ويخضع فقط لجاذبية الأرض وأن الأرض تنجز دورة كاملة حول محور دورانها خلال $24\,h$.

- **الدراسة على المسار الدائري المنخفض:**

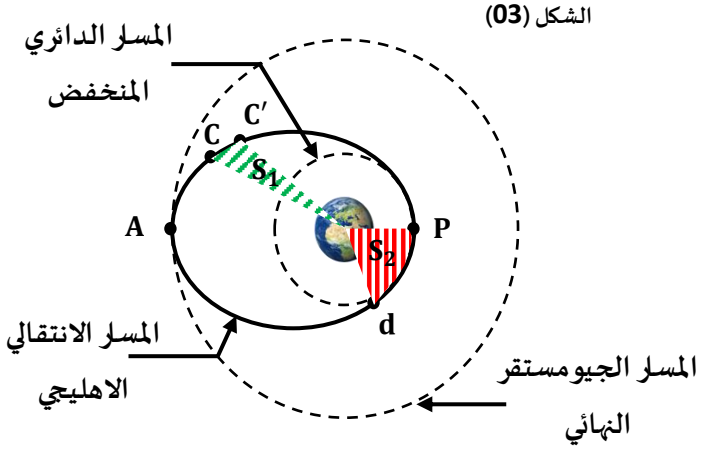
يوضع القمر على مدار دائري بسرعة ثابتة v_S على ارتفاع منخفض $h_1 = 200\,Km$ بالنسبة لسطح الأرض.

1. عرف ما يلي: دور، جيومستقر.
2. أعط العلاقة الشعاعية لقوة جذب الأرض للقمر الاصطناعي $\vec{F}_{T/S}$.
3. حدد المرجع المناسب لدراسة حركة القمر الاصطناعي.
4. بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، أوجد عبارة سرعة مركز عطالة القمر الاصطناعي، ثم أحسب قيمتها عند الموضع P.
5. يمثل T المدة الزمنية ليدور القمر الاصطناعي دورة واحدة حول الأرض، تعطى عبارة مربع الدور بالعبارة التالية:

$$T^2 = K.(R_T + h_1)^3$$

حيث K ثابت يطلب تحديد عبارته بدلالة كل من كتلة الأرض M_T، وثابت التجاذب الكوني G.

الشكل (03)



6. أحسب بالساعة T_1 دور حركة القمر الاصطناعي على المدار المنخفض.

- **الدراسة على المسار الاهليجي:**

ينتقل القمر الاصطناعي إلى مداره الجيومستقر عبر مدار انتقالي اهليجي عندما يكون القمر

في النقطة P لمداره الدائري المنخفض تُرفع قيمة سرعته بصفة دقيقة ليشكل مدار اهليجي انتقالي حيث تتوضع P في المدار الانتقالي والنقطة A في المدار الجيومستقر.

1. كيف تدعى نقطة الرأس الأقرب إلى سطح الأرض، الرأس الأبعد؟
2. أعط نص القانون الثاني لكبلر.
3. ما هي العلاقة بين المساحتين S_1 وS_2؟
4. هل سرعة القمر الاصطناعي ( )، متساوية عند الموضعين P وA. نعم أم لا؟ مع التعليل. علما أن الانتقال من C' إلى C ثم من d إلى P يتم خلال مجال زمني Δt ثابت.

- **<u>الدراسة على المسار الدائري المرتفع:</u>**

عند بلوغ القمر الاصطناعي في مداره النهائي الجيومستقر يكون ارتفاعه h_2.

1. اعتمادا على النتائج السابقة، أوجد قيمة h_2.
2. احسب السرعة المدارية النهائية لهذا القمر.
3. مثل شعاعي السرعة عند الموضعين P وA.

المعطيات: $M_T = 5{,}97 \times 10^{24}\ Kg$ $\quad R_T = 6{,}4 \times 10^{3}\ Km$ $\quad G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ SI$

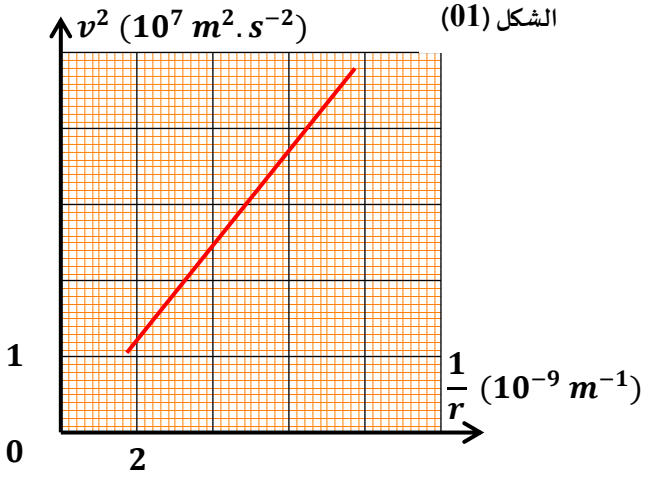
التمرين 14 :

يستغرق أورانوس $84\ ans$ لكي ينجز دورة واحدة حول الشمس. هذا الكوكب له عدة أقمار، أهمها $Miranda$، $Ariel$، $Umbriel$، $Titania$ و$Oberon$.

ندرس حركة قمر $Ariel$ حول أورانوس في معلم مبدؤه منطبق مع مركز أورانوس ونعتبره غاليليا. نعتبر كذلك مدار القمر دائري.

1. عرف المرجع العطالي، وما هو شرط أن يكون المعلم السابق عطاليا؟
2. مثل بيانيا القوة التي يطبقها أورانوس على قمر $Ariel$.

الشكل (01)



3. بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، أوجد عبارة التسارع a للقمر $Ariel$، ثم اثبت أن حركته منتظمة.
4. أثبت أن عبارة سرعة القمر ${v_A}^2$، تكتب على الشكل التالي: ${v_A}^2 = G.\frac{M_U}{r_A}$

بحيث r_A نصف قطر دوران القمر $Ariel$ قيمته $191{,}2 \times 10^6\ m$

5. دراسة الأقمار الخمسة لكوكب أورانوس مكنت من رسم المنحنى الممثل في الشكل (01). اعتمادا على البيان:

أ- أحسب كتلة كوكب أورانوس.

ب- استنتج دور القمر $Oberon$ علما أن نصف قطر الدوران له $_{o} = 582{,}6 \times 10^{6}\ m$.

المعطيات:

$$G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ SI \quad 1\ jour = 86400\ s$$

التمرين 15:



صرح غاليلي قائلا: "يدعي أرسطو أن كرة من الحديد ذات 100 رطلا تكون قد سقطت ارتفاع 100 ذراعا عندما كرة من الحديد ذات رطل واحد تقطع ذراعا واحدا فقط. أؤكد أن الكرتين تصلان معا وأن الفرق بينهما هو عرض أصبعين فقط".

يهدف التمرين إلى التحقق من فرضية غاليلي.

الكرة	B_1	B_2	B_3
الشكل	مملوءة ●	مملوءة ●	جوفاء ○
معامل الاحتكاك $k(SI)$	$1{,}3\times10^{-2}$	$6{,}045\times10^{-4}$	$1{,}3\times10^{-2}$
الكتلة $m(kg)$	47,8	0,478	0,478

عند لحظة $t=0$ نعتبرها مبدأ للأزمنة، نترك ثلاث كرات B_1، B_2 و B_3 نعتبرها نقطية بدون سرعة ابتدائية من نقطة O تقع على ارتفاع $h=50m$ عن سطح الأرض. ندرس حركة الكرة في معلم $(O,\vec{j})$ شاقولي موجه نحو الأسفل مرتبط بسطح الأرض، نعتبره عطاليا.

المعطيات:

- تأثير دافعة أرخميدس في الهواء مهمل. - قيمة الجاذبية الأرضية: $g = 9{,}8 m.s^{-2}$.
- عبارة شدة قوة الاحتكاك: $f = k.v^n$ ، حيث n عدد طبيعي.
- **الدراسة النظرية:**

1. باعتبار أن قوى الاحتكاك مع الهواء مهملة.

تكتب عبارة شعاع الموضع لحركة مركز عطالة كرة (G) في المعلم $(O,\vec{j})$ بالعبارة التالية:

$$\overrightarrow{OG} = \left(4{,}9.t^2\right).\vec{j}$$

1.1. حدد نوع هذا السقوط، وعرفه.

2.1. مثل القوى الخارجية المؤثرة على مركز عطالة الكرة.

3.1. استنتج المعادلة الزمنية للسرعة $v_y(t)$، ثم حدد طبيعة حركة الكرة.

4.1. بين أن الزمن t لسقوط كرة من ارتفاع h، هو مستقل عن كتلتها.

5.1. أحسب الزمن t لبلوغ الكرة سطح الأرض، وسرعتها عندئذ.

2. الكرات تخضع إلى قوة احتكاك ننمذجها بالعبارة التالية: $f = k.v^n$.

1.2. بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على مركز عطالة الكرة، بين أن المعادلة التفاضلية لتطور سرعة مركز عطالتها من الشكل: $\frac{dv}{dt}+\frac{k}{m}\cdot v^n = g$

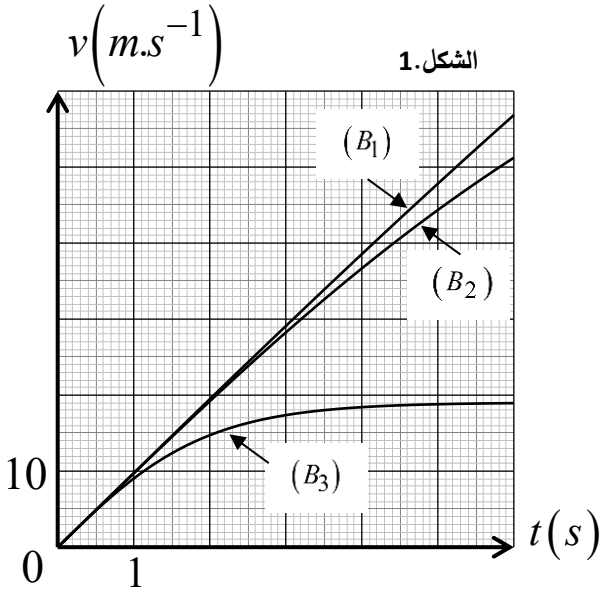
2.2. عن طريق التحليل البعدي، بين أن النسبة $\frac{m}{k}$ ليست متجانسة مع الزمن.

3.2. استنتج العبارة الحرفية للسرعة الحدية $v_{\lim}$.

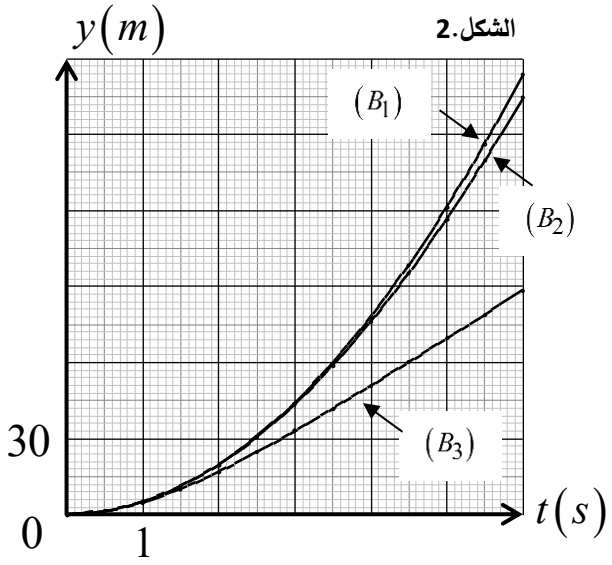
- **الدراسة التجريبية:**

معالجة حركة سقوط الكرات الثلاث، مكنتنا من الحصول على منحنى تطور v سرعة الكرات بدلالة الزمن (الشكل.1)، ومنحنى تطور y فاصلة الكرات بدلالة الزمن (الشكل.2).

الشكل.1



الشكل.2



1. حدد أزمنة السقوط t_1، t_2 و t_3 للكرات B_1، B_2 و B_3 من على ارتفاع h.
2. استنتج قيم السرعات v_1، v_2 و v_3 لمراكز عطالة الكرات الثلاثة عندما تصل إلى الأرض.
3. استخرج قيمة السرعة الحدية $v_{\lim 3}$ للكرة B_3، واستنتج قيمة n.
4. أحسب قيم السرعات الحدية $v_{\lim 1}$، $v_{\lim 2}$ لمراكز عطالة الكرتين B_1 و B_2.
5. حسب النتائج المتحصل عليها سابقا:

1.5. أي الكرات تبلغ سطح الأرض أولا.

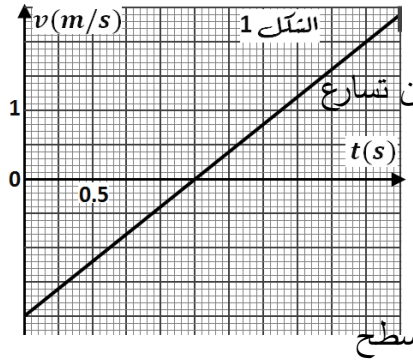
2.5. ضع استنتاجا بخصوص تأثير الهواء أثناء حركة سقوط الكرات من على ارتفاع h.

التمرين 16:

أولا – خلال رحلة ***Appolo*** تم تصوير شريط لحركة السقوط الشاقولي الحر لكرة على سطح القمر ، و عند تحليل الشريط حصلنا على مخطط سرعة الكرة $\boldsymbol{v = f(t)}$. (الشكل –1) . حركة الكرة منسوبة لمرجع مرتبط بسطح القمر ، نعتبره غاليليا و مرتبط بمحور شاقولي $(z'z)$ موجه نحو سطح القمر .



1-في أي جهة قذفت الكرة ؟ علل.



2-بتطبيق القانون الثاني لنيوتن في المرجع السابق ، عبّر عن تسارع الكرة بدلالة شدة تسارع الجاذبية(g_L)بجوار سطح القمر .

3-عبّر عن سرعة الكرة بدلالة الزمن $v = f(t)$.

4-احسب قيمة g_L.

5-قذفت الكرة من المبدأ (O) للمحور $(z'z)$ الذي يبعد عن سطح القمر بالمسافة $z_0 = 0,5m$ عند $t = 0$.

أ- جد المعادلة الزمنية لحركة الكرة $z = f(t)$ منسوبة للمحور $(z'Oz)$.

ب- جد المسافة الكلية التي قطعتها الكرة من لحظة قذفها حتى لحظة وصولها لسطح القمر .

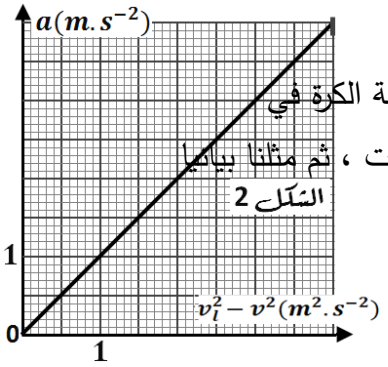
ثانيا الكرة السابقة عبارة عن كرة مطاطية مملوءة بغاز ثاني أكسيد الكربون كتلتها (m) و نصف قطرها $r = 10cm$ ، حيث نهمل كتلة المطاط أمام كتلة الغاز .

نترك هذه الكرة تسقط بدون سرعة ابتدائية شاقوليا من ارتفاع h عن سطح الأرض في جو هادئ. تخضع الكرة أثناء سقوطها لتأثير الهواء الذي ننمذجه في قوة احتكاك مائع شدتها $f = kv^2$ ، و شعاعها معاكس لشعاع السرعة ،

و دافعة أرخميدس $\pi = m_0 g$ ، حيث m_0 هي كتلة الهواء المزاح من طرف الكرة .

ننسب حركة الكرة لمرجع سطحي أرضي نعتبره غاليليا مرتبط بمحور شاقولي موجه نحو الأسفل $(z'z)$.

1- تكتسب الكرة بعد مدة زمنية سرعة حدية v_l . بتطبيق القانون الثاني لنيوتن بيّن أن المعادلة التفاضلية لسرعة الكرة تكتب بالشكل : $\frac{dv}{dt} + \frac{k}{m}v^2 = \frac{k}{m}v_l^2$.



2- بواسطة تجهيز خاص و برنامج معلوماتي تمكّنا من تحديد سرعة الكرة في لحظات مختلفة و قيمة مشتق السرعة بالنسبة للزمن في تلك اللحظات ، ثم مثلنا بيانيا $a = f(v_l^2 - v^2)$ حيث a هو التسارع اللحظي للكرة.

أ- احسب كتلة الكرة .

ب- اعتمادا على البيان :

- احسب ثابت الاحتكاك (k) .
- احسب التسارع الابتدائي للكرة ، ثم استنتج الكتلة الحجمية (ρ_a) للهواء في شروط التجربة .
- احسب السرعة الحدية للكرة .

3- نعيد نفس التجربة وفي نفس الشروط وبكرة لها نفس الحجم مملوءة بغاز الهيليوم (He).

أ- احسب شدة دافعة أرخميدس المؤثرة على الكرة .

ب- مثّل القوى المؤثرة على الكرة عند اللحظة $t = 0$ ثم بعد انطلاقها .

ج- جد المعادلة التفاضلية لسرعة الكرة.

د- احسب السرعة الحدية للكرة .

المعطيات: حجم الكرة : $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ ، $g = 10\ m.s^{-2}$

في شروط التجربة : الكتل الحجمية لغازات: $\rho_{co_2} = 1,87\ kg/m^3$ ، $\rho_{He} = 0,17\ kg/m^3$،

التمرين 17:



تعتبر دراسة حركة سقوط الأجسام من طرف غاليلي، ثم من بعده نيوتن، هي نقطة الانطلاق نحو اكتشاف قوانين الحركات، فحسب غاليلي فإن الحركة يمكن أن تتغير حسب طبيعة الوسط الذي تتم فيه حركة السقوط.

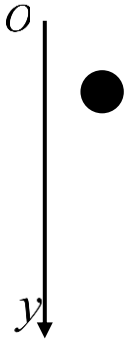
يهدف هذا التمرين إلى دراسة نموذج مبسط لحركة سقوط شاقولي لجسم صلب في الهواء ونمذجة نوع الاحتكاك.

المعطيات: $g = 9,8\ m.s^{-2}$ $\rho_{air} = 1,3\ kg.m^{-3}$

تدرس حركة المركز (S) لجسم صلب في المعلم $(O,\vec{j})$ موجه نحو الأسفل والمرتبط بمرجع أرضي نعتبره عطاليا.

I. يسقط الجسم (S) سقوطا حرا من على ارتفاع $h = 2\ m$ عن سطح الأرض بدون سرعة ابتدائية عند اللحظة $t = 0$ (الشكل.1)

الشكل.1



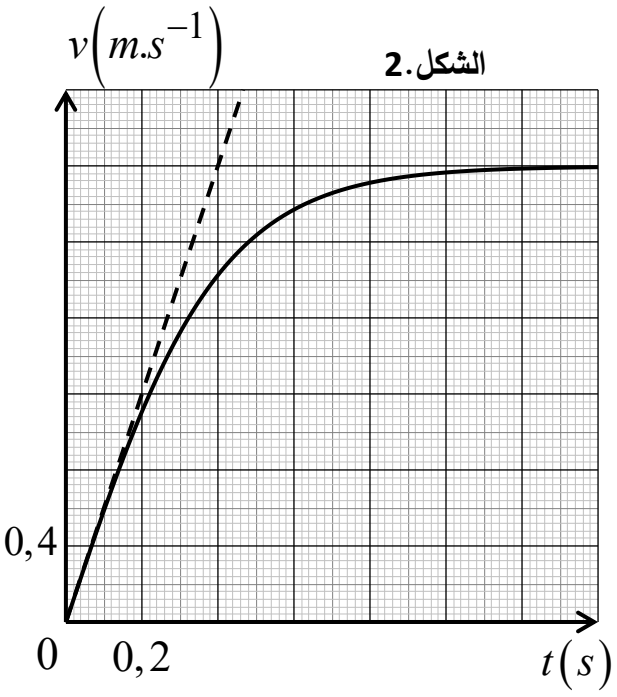
1. عرف السقوط الحر.
2. بتطبيق مبدأ انحفاظ الطاقة على مركز عطالة الجملة (S) بين الموضعين O و I وضع بلوغها سطح الأرض.

أحسب قيمة السرعة v_I مركز عطالة الجسم (S) عند اصطدامها بسطح الأرض.

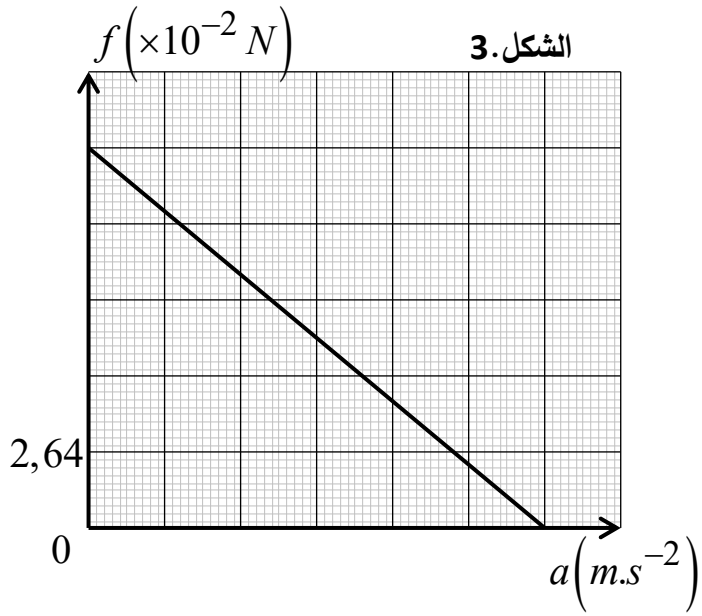
II. يخضع الجسم (S) في الحقيقة بالإضافة إلى ثقله إلى قوتين: دافعة أرخميدس $\vec{\pi}$ وقوى الاحتكاك الناتجة عن الهواء ننمذجها بالقوة $\vec{f} = -0,023.v^n.\vec{j}$، حيث n عدد طبيعي.

1. أعط العبارة الحرفية لشدة دافعة أرخميدس $\vec{\pi}$، واذكر مميزاتها.
2. مثل القوى المؤثرة على مركز عطالة الجسم (S) عند اللحظة t.
3. بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، جد عبارة شدة قوة الاحتكاك f بدلالة a تسارع مركز عطالة الجسم (S).
4. معالجة حركة السقوط للجسم (S) في الهواء، مكنتنا من الحصول على المنحنى $v = f(t)$ (الشكل.2)، والبيان $f = h(a)$ (الشكل.3).

اعتمادا على الشكلين 2 و3:



الشكل.2



الشكل.3

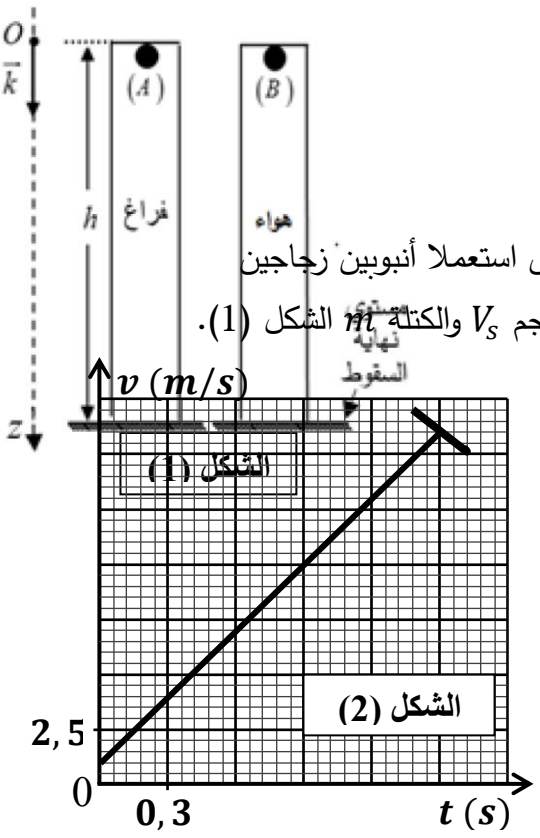
1.4. حدد قيمة كل من: $v_{\lim}$، a_0 و τ.

2.4. استنتج سلم رسم الشكل.3، ثم بين أن $m = 22\,g$.

3.4. أحسب V_S حجم الجسم (S) و n.

التمرين 18:

أراد فوجان من التلاميذ أن ينجزا تجربتين، ولهذا الغرض استعملا أنبوبين زجاجين لهما الطول نفسه وكريتين (A) و (B) متماثلتين في الحجم V_S والكتلة m الشكل (1).



الفوج الأول: قذف أحد التلاميذ الكرية (A) نحو الأسفل بسرعة ابتدائية v_0 من ارتفاع h في الأنبوب الزجاجي بعد تفريغه من الهواء في لحظة نعتبرها مبدأ الأزمنة $t = 0$.

بتجهيز خاص تم تحديد تطور سرعة الكرية خلال الزمن الشكل (2).

1- مثل القوى الخارجية المطبقة على G مركز عطالة الكرية (A).

2- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، استنتج طبيعة الحركة.

3- جد المعادلات الزمنية للحركة واحسب الارتفاع h.

4- ناقش صحة الفرضية: « **لجميع الأجسام نفس حركة السقوط الشاقولي في الفراغ مهما كانت كتلتها**»

الفوج الثاني: قذف تلميذ أخر الكرية (B) نحو الأسفل بسرعة ابتدائية v_0 من الارتفاع h في الأنبوب الزجاجي المملوء بالهواء. بتجهيز مناسب تم تسجيل تطور سرعة الكرية خلال الزمن فنحصل على البيان $v_Z = g(t)$ الشكل (3).

1- احسب النسبة $\frac{\pi}{P}$ ، ماذا تستنتج.

2- مثل القوى الخارجية المطبقة على G مركز عطالة الكرية في اللحظات $t_0 = 0$ ، t_2 و t_6.

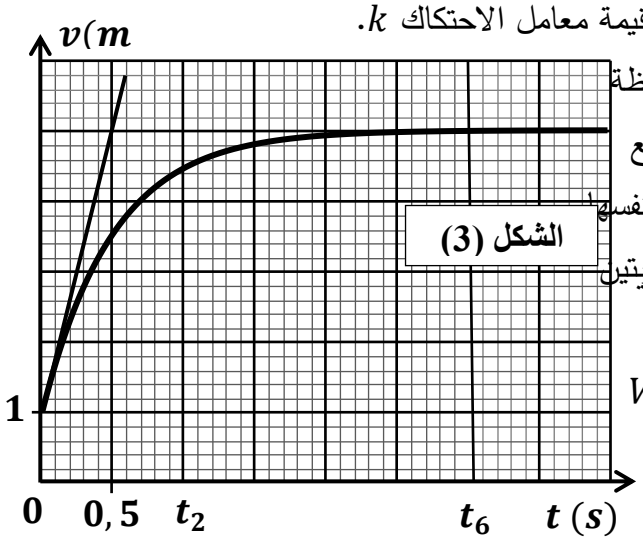
3- جد المعادلة التفاضلية لسرعة الكرية بإهمال دافعة أرخميدس وباعتبار قوة الاحتكاك من الشكل: $\vec{f} = -k\overrightarrow{v_Z}$.

4- استنتج عبارة السرعة الحدية، عين قيمتها بيانيا.

5- اعتمادا على المعادلة التفاضلية والبيان جد قيمة معامل الاحتكاك k.

6- احسب التسارع النظري a_{th} للكرية في اللحظة $t = 0$ ، ثم تحقق أن قيمة a_{th} تتوافق مع القيمة التجريبية للتسارع a_{exp} في اللحظة نفسها.

7- فسر الفارق الزمني بين لحظتي وصول الكريتين t_A و t_B الى مستوى نهاية السقوط.



الشكل (3)

المعطيات: حجم كل كرة: $V_S = 1{,}13.10^{-4}\ m^3$

الكتلة الحجمية لكل كرة: $\rho_S = 88{,}5\ Kg/m^3$

الكتلة الحجمية للهواء: $\rho_{air} = 1{,}3\ Kg/m^3$

شدة الجاذبية الأرضية: $g = 10\ m/s^2$

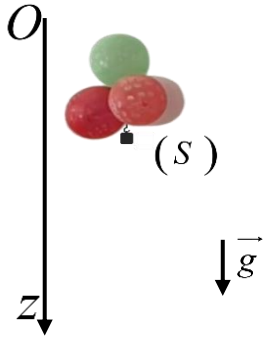
التمرين 19:

تعتبر دراسة حركة سقوط الأجسام من طرف غاليلي، ثم من بعده نيوتن، هي نقطة الانطلاق نحو اكتشاف قوانين الحركات، فحسب غاليلي فإن الحركة يمكن أن تتغير حسب طبيعة الوسط الذي تتم فيه حركة السقوط.

يهدف التمرين إلى دراسة حركة سقوط 4 بالونات معلق بها جسم في الهواء.

من أجل هذا الغرض نقوم بتصوير حركة سقوط الجملة (S) (أربع بالونات + جسم) كتلها m_S وحجمها V_S في الهواء بدون سرعة ابتدائية. ننسب حركة الجملة لمرجع سطحي أرضي نعتبره غاليليا مزود بمحور (Oz) موجه نحو الأسفل، ومبدؤه O بمركز عطالة الجملة لحظة تركها. (الشكل.1).

الشكل.1



تمت معالجة الفيديو بواسطة برنامج *Avistep* وتحصلنا على التصوير المتعاقب (الشكل.2) وذلك خلال مجالات زمنية متعاقبة $\Delta t = 0{,}2\ s$ ، بعد حساب السرعات دوننا النتائج في الجدول التالي:

الموضع	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7	M_8	M_9	M_{10}
$t(s)$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
$v\left(m.s^{-1}\right)$	0	0,60	0,95	…	1,45	1,55	1,60	1,65	…	1,75	1,75

المعطيات:

- $g = 9,8 m.s^{-2}$ - $\rho_{air} = 1,3 kg.m^{-3}$ كتلة الجملة: $m_S = 22 g$
- عبارة قوة الاحتكاك: $\vec{f} = -k.v.\vec{j}$ حيث k يمثل معامل الاحتكاك.

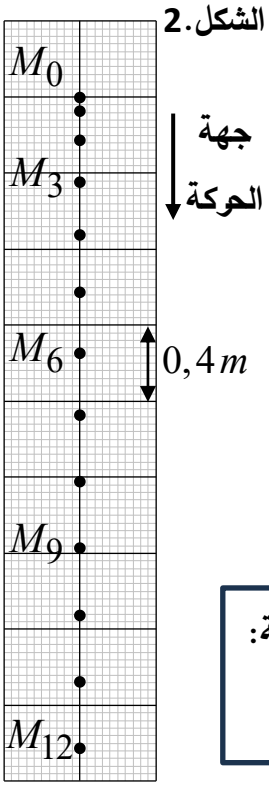
I. دراسة حركية:

1. أكمل الجدول وذلك بحساب قيم السرعة اللحظية في المواضع M_3 و M_8.
2. ارسم منحنى تغيرات السرعة v بدلالة الزمن t باستعمال سلم الرسم التالي:

$1cm \rightarrow 0,2s$
$1cm \rightarrow 0,175 m/s$

3. استنتج طبيعة حركة مركز عطالة الجملة خلال أطوار الحركة، معللا جوابك.
4. حدد قيمة τ الزمن المميز للحركة.
5. بين أن دافعة أرخميدس ليست مهملة.

الشكل.2



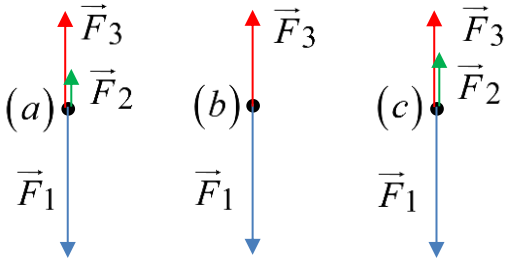
قانون حساب السرعة اللحظية:

$$v_i = \frac{\overline{M_{i-1}M_{i+1}}}{2.\Delta t}$$

II. دراسة ميكانيكية:

قدم الأستاذ لتلاميذ القسم وثيقة (الشكل.3) تحتوي على تمثيل القوى المؤثرة على الجملة في أزمنة مختلفة $t_1 = 0s$ ، $t_2 = 0,6s$ و $t_3 = 1,8s$.

الشكل.3



1. تعرف على القوى $\vec{F}_1$ ، $\vec{F}_2$ و $\vec{F}_3$ ثم أرفق كل تمثيل باللحظة الزمنية الموافقة له، مع التبرير.
2. بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على مركز عطالة الجملة (S)، أثبت أن المعادلة التفاضلية لتطور سرعة مركز عطالتها تكتب من الشكل: $\frac{dv}{dt} = A.v + B$ حيث A و B ثابتين يطلب تحديد عبارة كل منهما.
3. جد عبارة كل من a_0 التسارع الابتدائي، v_{lim} السرعة الحدية.

4. أحسب حجم الجملة V_S.

III. دراسة طاقوية:

1. ذكر بنص مبدأ انحفاظ الطاقة.
2. بتطبيق مبدأ انحفاظ الطاقة بين الموضعين M_8 و M_{12}، أحسب قيمة عمل قوة الاحتكاك.
3. أستنتج f شدة قوة الاحتكاك بين الموضعين M_8 و M_{12}.

التمرين 20:

استطاع المغامر الفرنسي $(Michel\ Fournier)$ من اختراق حاجز الصوت بقفزة من منطاد يقع على علو $40000\,m$.



يهدف التمرين إلى دراسة الحركة الشاقولية للمغامر على مرحلتين.

- **الجزء الأول: حركة صعود المنطاد**

من أجل الصعود للطبقة العليا للغلاف الجوي، يستعمل المغامر منطاد منفوخ بغاز الهيليوم.

- **المعطيات:**

- كتلة المنطاد والمغامر: $m = 1,6\times10^3\,kg$ - حجم المنطاد: $V_b = 4,0\times10^3\,m^3$
- قيمة الجاذبية على سطح الأرض: $g_0 = 9,8\,m.s^{-2}$ - الكتلة الحجمية للهواء: $\rho = 1,234\,kg.m^{-3}$

1. أذكر مميزات كل من الثقل $\vec{P}$ ودافعة أرخميدس $\vec{\pi}$.
2. قارن بين ثقل الجملة (منطاد + المغامر) وشدة دافعة أرخميدس على مستوى سطح الأرض، مع تبرير جهة حركة المنطاد.

- **الجزء الثاني: السقوط الحر في الغلاف الجوي العلوي (الستراتوسفير)**

إذا علمت أن الكتلة الحجمية للهواء في طبقة الستراتوسفير من الغلاف الجوي هي: $\rho' = 1,8\,g.m^{-3}$

1. وضح بإيجاز ودون إجراء حسابات السبب الذي يجعلنا نفترض حركة المغامر سقوطا حرا في هذه الطبقة من الجو.

2. في هذه المرحلة الأولى، نفترض أن المغامر ينطلق من ارتفاع $40\,km$ دون سرعة ابتدائية وأن تسارع الجاذبية ثابت ويساوي $g = 9,7\,m.s^{-2}$ خلال هذه المرحلة. تبلغ سرعة المغامر عند نهاية هذه المرحلة سرعة الصوت $1067\,km.h^{-1}$.

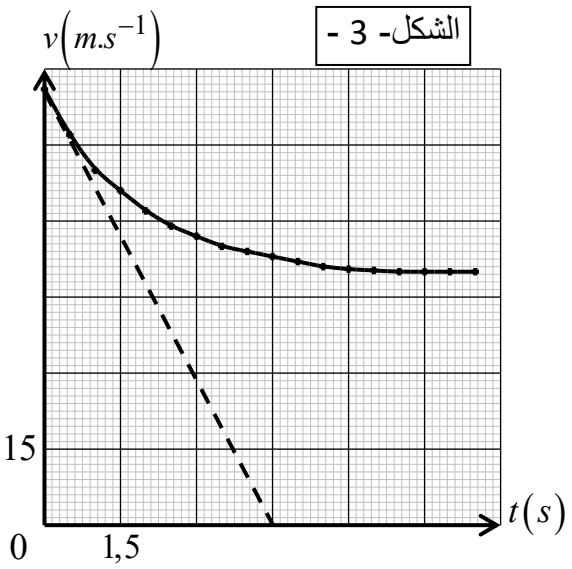
بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على مركز عطالة الجملة أحسب:

1.2. زمن السقوط خلال هذه المرحلة.

2.2. المسافة المقطوعة خلال هذه المرحلة.

- **الجزء الثالث: السقوط الشاقولي الحقيقي في الغلاف الجوي السفلي (التروبوسفير)**

من ارتفاع $10km$ يدخل المغامر ومعداته التي تزن $200kg$ إلى طبقات الغلاف الجوي بسرعة $309km.h^{-1}$. في هذه المنطقة، قيمة تسارع الجاذبية هي $g_0 = 9,8m.s^{-2}$. نهمل دافعة أرخميدس وتعطى مقاومة الهواء بالعلاقة: $f = k.v^2$ حيث $k = 0,78SI$.



الشكل- 3 -

1. حدد وحدة الثابت k بالاعتماد على التحليل البعدي.
2. أثبت أن المعادلة التفاضلية للسرعة تكتب بالشكل: $\frac{dv}{dt} + Av^2 = B$ مع تحديد قيمتي كل من A و B.
3. منحنى الشكل.3 يمثل تغيرات سرعة مركز عطالة المغامر بدلالة الزمن.
   1.3. حدد الزمن التقريبي لبلوغ السرعة الحدية.
   2.3. الزمن المميز للحركة τ.
   3.3. تسارع مركز عطالة المغامر عند اللحظة $t = 0$، بطريقتين مختلفتين (حسابيا وبيانيا).
   4.3. باستعمال البيان، أثبت أن:
$$\tau = \frac{v_{\lim} - v_0}{a_0}$$
   5.3. أعط شكل تقريبي لتغيرات تسارع مركز عطالة المغامر بدلالة الزمن.