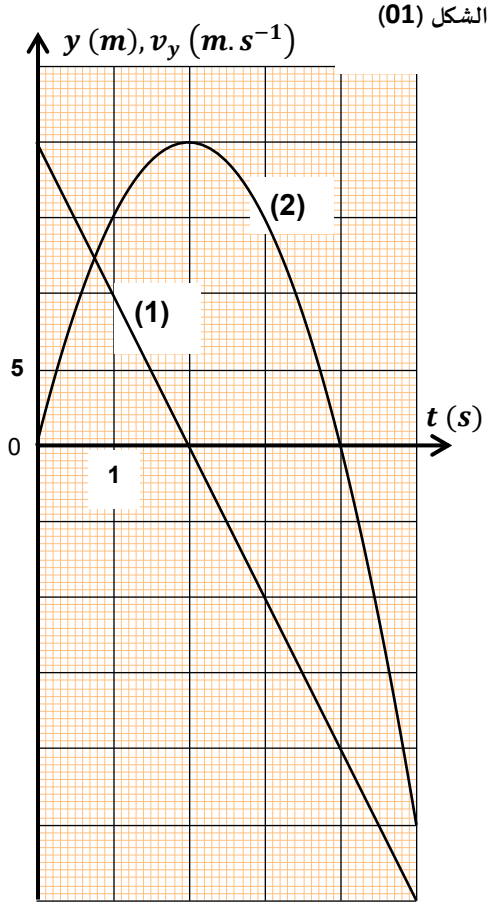
التمرين 21:

الشكل (01)



نقذف كرة شاقوليا نحو الأعلى بسرعة ابتدائية v_0 ومن نقطة O موجودة على ارتفاع $h_0 = 25\,m$ عن سطح الأرض بفرض مبدأ الفواصل نقطة القذف ومبدأ الأزمنة لحظة قذف الكرة من تلك النقطة. تبلغ الكرة ارتفاعها الأعظمي فوق النقطة O ثم تعود للنزول.

يمثل الشكل(1) مخططي فاصلة المتحرك $y = f(t)$ وسرعته $v_y = g(t)$.

تهمل مقاومة الهواء ودافعة أرخميدس في الدراسة.

1. مثل القوى المطبقة على مركز عطالة الكرة، مع تحديد محور الحركة (Oy).
2. بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، على مركز عطالة الكرة.
   أ- أستخرج عبارة تسارع الجملة $_G$.
   ب- أوجد المعادلة الزمنية للسرعة $v_y(t)$.
   جـ. استنتج المعادلة الزمنية للحركة (t).
3. بالاعتماد على المنحنيات البيانية $y = f(t)$ و $v_y = g(t)$، حدد :
   أ- المنحنى الممثل لـ $y = f(t)$ و $v_y = g(t)$. مع التعليل.
   ب- السرعة الابتدائية v_0، واستنتج قيمة الجاذبية الأرضية في مكان التجربة.
   جـ- الارتفاع الأعظمي الذي تبلغه الكرة أثناء الصعود بطريقتين مختلفتين.
   د- لحظة انعدام شعاع السرعة بتغيير اتجاه الحركة.
   هـ- سرعة الكرة عند وصولها إلى سطح الأرض.
   و- الزمن الكلي المستغرق أثناء الحركة.
4. أ- أنجز مخطط الحصيلة الطاقوية للجملة (كرة) بين اللحظتين $t_1 = 0$ و $t_2 = 5\,s$.
   ب- أكتب معادلة انحفاظ الطاقة للجملة السابقة، واستنتج سرعة مركز عطالة الكرة عند لحظة ارتطامها بسطح الأرض.

التمرين 22:



يُنفخ منطاد مسبار من المطاط الرقيق الجد مرن، بواسطة غاز الهيليوم. تربط تحت المنطاد سلة تحمل التجهيز العلمي اللازم لدراسة تركيب الهواء الجوي. ينفجر الجدار المطاطي للمنطاد عندما يكون موجودا على ارتفاع محصور بين 20 و30 كيلومترا.

بعد الانفجار، تفتح مظلة صغيرة كي تعود بالسلة ومحتواها إلى سطح الأرض.

تُدرس الجملة (منطاد + سلة + التجهيز العلمي) ذات الكتلة m ومركز عطالتها G في مرجع سطحي أرضي نعتبره غاليليا.

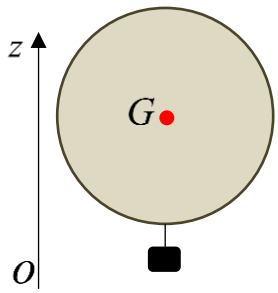
يهدف التمرين إلى دراسة ميكانيك طيران منطاد مسبار على ارتفاعات منخفضة.

- **المعطيات:**

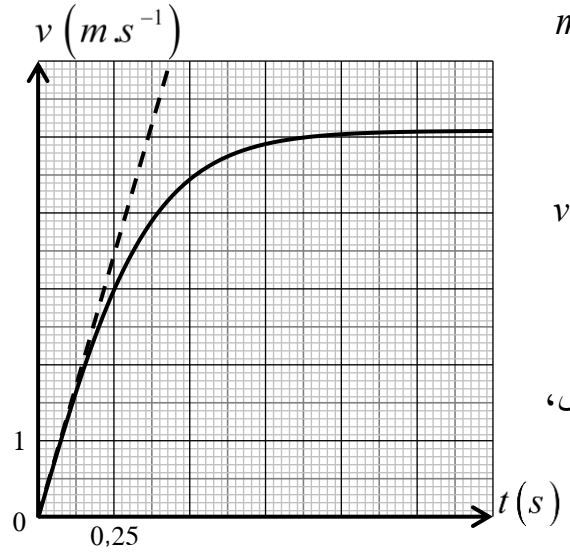
- كتلة المنطاد: $m_1 = 2,1kg$ - حجم المنطاد: $V_b = 9,0m^3$ - قيمة تسارع الجاذبية: $g = 9,8m.s^{-2}$
- كتلة السلة فارغة: $m_0 = 0,5kg$ - الكتلة الحجمية للهواء: $\rho = 1,29kg.m^{-3}$

شدة قوة احتكاك الهواء على الجملة تعطى بالعلاقة: $f = A \cdot \rho \cdot v^2$ بحيث A ثابت من أجل ارتفاعات منخفضة ، نفرض أنه لا توجد رياح تُحرف حركة الجملة عن منحاها الشاقولي وأن حجم السلة مهمل بالنسبة لحجم المنطاد.

الشكل 1



1. أحص القوى الخارجية المطبقة على مركز عطالة الجملة G، ثم مثّلها على الشكل1.
2. ينطلق المنطاد من السكون و يصعد شاقوليا نحو الأعلى.
   1.2. بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على مركز عطالة الجملة، بيّن أنّ المعادلة التفاضلية تكتب على الشكل: $\frac{dv}{dt} + \frac{A \cdot \rho}{m} \cdot v^2 = g\left(\frac{\rho \cdot V_b}{m} - 1\right)$
   2.2. استنتج عبارة كل من: التسارع الابتدائي a_0 والسرعة الحدية $v_{\lim}$.
   3.2. باستعمال التحليل البعدي، حدد وحدة الثابت A.
   4.2. يمكن للمنطاد أن يرتفع إذا كان شعاع التسارع غير معدوم وموجه نحو الأعلى.
   - حدد الشرط اللازم لارتفاع المنطاد الذي تحققه كتلة الجملة، مما يلي: (1 $m < \rho \cdot V_b$ (2 $m > \rho \cdot V_b$
   1.2. أحسب الكتلة الأعظمية m_2 للتجهيز العلمي الذي يمكن حمله على متن السلة.
3. دراسة حركة المنطاد مكنتنا من الحصول على البيان $v = f(t)$ الموضح في الشكل 2.
   1.3. حدد قيمة السرعة الحدية $v_{\lim}$، والتسارع الابتدائي a_0.
   2.3. استنتج قيمة كل من: m_2' كتلة التجهيز العلمي المستعمل، والثابت A.



الشكل 2: تغيرات سرعة مركز عطالة الجملة بدلالة الزمن.

التمرين 23:

I. تسقط كرية من الفلين شاقوليا بدون سرعة ابتدائية في جو هادئ ،نصف قطرها $r = 2cm$.

يعطى: **تسارع الجاذبية الأرضية** $g = 10m.s^{-2}$ ، **الكتلة الحجمية للفلين** $\rho_L = 200kg.m^{-3}$،

الكتلة الحجمية للهواء $\rho_{air} = 1,3kg.m^{-3}$، **حجم كرة:** $V = \frac{4}{3} \times p \times r^3$

تخضع الكرية أثناء سقوطها لقوة إحتكاك $\vec{f}$ تتناسب طردا مع قيمة سرعتها.

1. تحقّق أنّ كتلة الكرية هي : $m = 6,7 \times 10^{-3} kg$.
2. تحقّق أنّ النسبة بين شدّة دافعة أرخميدس وثقل الكرية تكتب من الشكل: $\frac{P}{\pi} = \frac{\rho_L}{\rho_{air}}$ ،ثم بيّن أنه يمكن إهمال دافعة أرخميدس أمام الثقل.

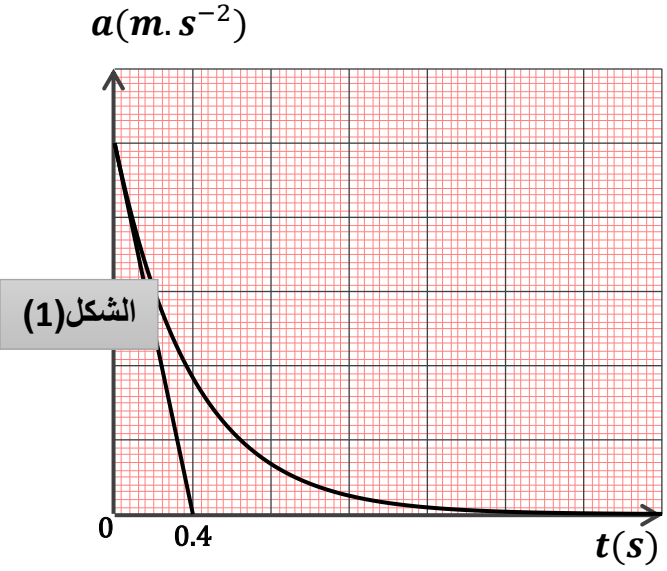
3. بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على الجملة بيّن أن المعادلة التفاضلية التي تحققها سرعة مركز عطالة الكرية تُكتب بالشكل : $\frac{dv(t)}{dt} + \frac{1}{\tau}v(t) = B$

حيث: τ و B ثابتين يطلب إيجاد عبارة كل منهما .

4. مستعملا التحليل البعدي جد وحدة قياس معامل الإحتكاك k .

5. باستعمال برمجية مناسبة تمكّنا من رسم المنحنى البياني: $a = f(t)$

في الشكل (1):



الشكل(1)

– اعتمادا على المنحنى البياني والمعادلة التفاضلية السابقة جد ما يلي:

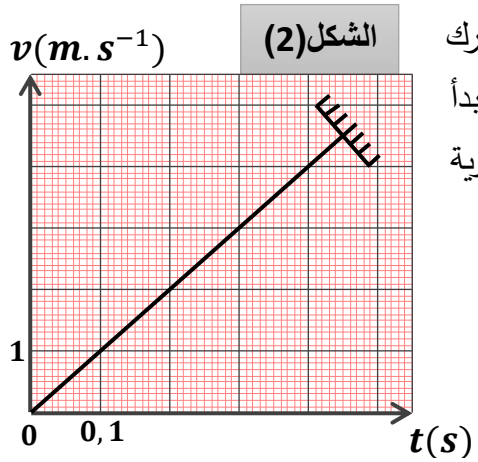
1.5. الثابت المميز للحركة τ واستنتج قيمة معامل الاحتكاك k.

2.5. شّدة التسارع الابتدائي a_0، واستنتج سلم رسم محور التراتيب للمنحنى $a = f(t)$.

6. جد عبارة السرعة الحدية v_L ، وأحسب شدتها.

7. احسب شدة قوة الاحتكاك عند اللحظة $t = 0,2\ s$ ، و استنتج قيمة الطاقة الحركية للكرية عند نفس اللحظة.

II. توضع الكرية السابقة داخل انبوب زجاجي طوله L مفرغ تماما من الهواء، و تترك لتسقط دون سرعة ابتدائية من نقطة O أعلى الأنبوب في لحظة نعتبرها كمبدأ للأزمنة والمسافات إلى القاع ، يمثّل الشكل (2) منحنى تغيرات سرعة الكرية بدلالة الزمن كما في الشكل (2):



الشكل(2)

1. ما نوع هذا السقوط ؟ عرفه.
2. أحسب تسارع مركز عطالة الكرية، و استنتج طبيعة حركتها .
3. احسب طول الانبوب الزجاجي L .

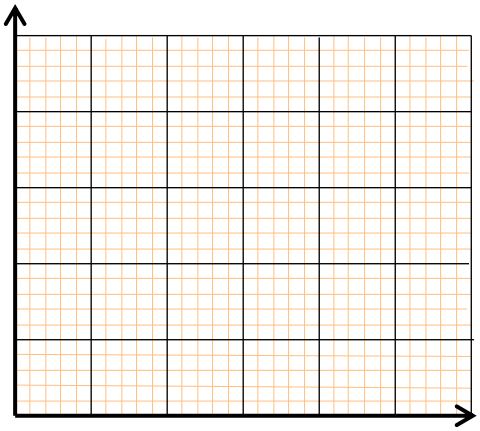
التمرين 24:

I–طيار من هليكوبتر مستقرة في السماء يترك علبة إغاثة كتلتها $m = 2500g$ تسقط دون سرعة ابتدائية .ننمذج قيمة احتكاك للجملة علبة بـ $f = k.v^2$ وبفرض أنه لا توجد رياح جانبية. سجلنا حركة العلبة وذلك باستعمال كاميرا رقمية وعولج شريط الفيديو ببرمجية معينة بجهاز اعلام الي فتحصلوا على البيان المقابل لتغيرات السرعة $v = f(t)$.

1–كيف يكون الجسم الصلب متميزا للحصول على حركة مستقيمة شاقولية انسحابية في نظامين انتقالي ودائم.

$v(m/s)$

$v(m/s)$



2-حدد مراحل وطبيعة حركة مركز عطالة الجسم في النظامين الانتقالي والدائم.

3-مثل القوى المطبقة على مركز عطالة الجملة في بداية السقوط وفي النظام الدائم.

4-بتطبيق القانون الثاني لنيوتن أوجد المعادلة التفاضلية للسرعة.

5-استنتج عبارة السرعة الحدية v_L

6-أوجد قيمة كل من السرعة الحدية v_L وثابت الاحتكاك K .

7-باستعمال التحليل البعدي حدد وحدة الثابت K في جملة الوحدات الدولية.

8-أحسب تسارع مركز عطالة الجملة a_0 عند اللحظة $t=0$ بطريقتين. 5

9-باعتبار دافعة أرخميدس مهملة أعد كتابة المعادلة التفاضلية للحركة بدلالة السرعة.

$t(s)$ 3

II-إذا اعتبرنا السقوط حرا

1-عرف السقوط الحر

2-أوجد عبارة تسارع مركز عطالة الجملة واستنتج المعادلة التفاضلية للسرعة .

3-إذا اعتبرنا ان العلبة تركت من ارتفاع $1000m$ من سطح الأرض، أحسب سرعة ارتطامها بالأرض.

ماذا تتوقع أن يحدث للعلبة في هذه الحالة مع التعليل وماذا تستنتج.

4-كيف تتوقع شكل البيانين بيان السرعة $v=f(t)$ وبيان التسارع $a=g(t)$ ارسمهما كيفيا

تعطى $g=9,8m/s^2, \Pi=13,3N$

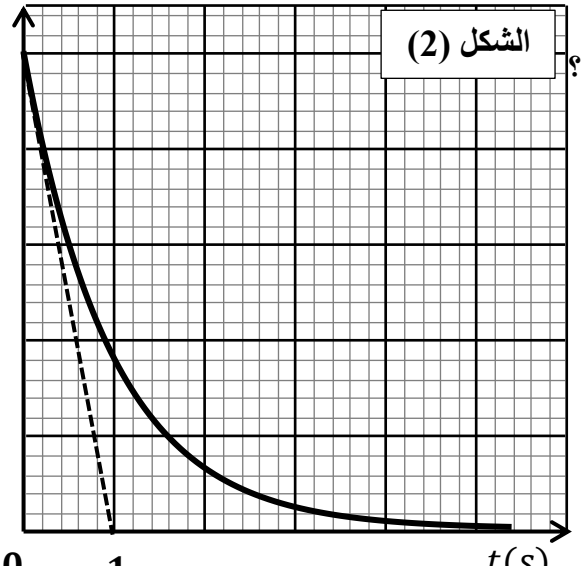
التمرين 25:

تسقط كرة مطاطية (S) في الهواء بحركة انسحابية شاقولية في اللحظة $t=0$ دون سرعة ابتدائية من موضع O مبدأ لمعلم $(O,\vec{j})$ موجه نحو الأسفل ومرتبط بمرجع سطحي أرضي نعتبره غاليليا ، تخضع الكرة أثناء حركتها إلى :

- قوة الثقل $\vec{P}=\rho_s.V.g.\vec{j}$ ، (حيث : ρ_s الكتلة الحجمية للمطاط ، V حجم الكرة (S))
- دافعة أرخميدس $\vec{\Pi}=-m_{air}.g.\vec{j}$ ، (حيث : m كتلة الهواء)
- قوة احتكاك مع الهواء $\vec{f}=-k.v.\vec{j}$ ، (حيث : K معامل الاحتكاك ، v سرعة مركز عطالة الكرة (S))

بالاعتماد على نتائج التصوير المتعاقب لحركة الكرة وبرمجية إعلام آلي تمكنا من رسم المنحنى الممثل لتغيرات شدة محصلة القوى الخارجية المؤثرة على الكرة بدلالة الزمن $F=\left\|\sum\overrightarrow{F_{ext}}\right\|=h(t)$ الشكل (1)

$F(\times 10^{-2}N)$



1-مثل القوى الخارجية المؤثرة على الكرة خلال مراحل الحركة ؟

2-احسب النسبة بين ثقل الكرة P ودافعة أرخميدس Π، ماذا تستنتج ؟

3-بتطبيق القانون الثاني لنيوتن أثبت أن المعادلة التفاضلية تكتب :

$\frac{dv}{dt}+\frac{1}{\tau}.v=B$ حيث τ و B ثابتين يطلب إيجاد عبارتيهما

4-من الشروط الأساسية لتطبيق القانون الثاني لنيوتن

هو أن يكون مرجع الدراسة غاليليا (عطاليا) ؟

- اشرح كيف يحقق المرجع السطحي الأرضي هذا الشرط ؟

5- مستعملا التحليل البعدي جد وحدة قياس قيمة المعامل k

6- حدد بيانيا الثابت τ ، استنتج k معامل الاحتكاك ؟

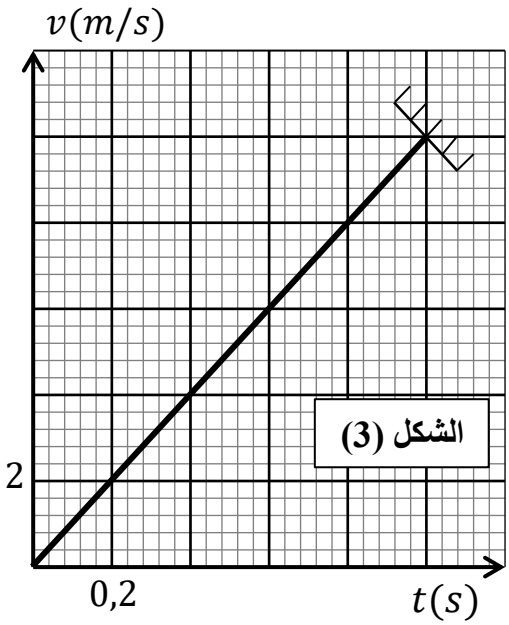
7- جد قيمة F_0 محصلة القوى الخارجية في اللحظة $t = 0$

ثم استنتج سلما لمحور تراتيب الشكل (2)

8- اوجد عبارة السرعة الحدية v_{lim} ، احسب قيمتها ؟

9- احسب شدة قوة الاحتكاك عند اللحظة $t = 2\ s$ ،

استنتج قيمة الطاقة الحركية للكرية عندها ؟



توضع الكرية السابقة داخل أنبوب زجاجي طوله L مفرغ تماما من الهواء وتترك لتسقط دون سرعة ابتدائية من النقطة O أعلى الأنبوب.

يمثل الشكل (3) منحنى تغيرات سرعة الكرة بدلالة الزمن .

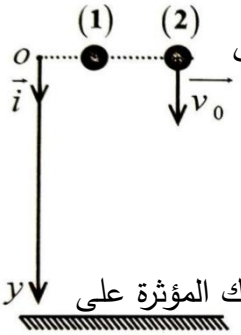
1- ما نوع هذا السقوط ، عرفه ؟

2- احسب تسارع مركز عطالة الكرة ، واستنتج طبيعة الحركة ؟

3- احسب طول الأنبوب الزجاجي L ؟

التمرين 26:

كريتان متماثلتان (1) و(2) كتلة كل منهما $m = 4\ g$ ، نترك الكرية (1) تسقط سقوطا شاقوليا في الهواء بدون سرعة ابتدائية، وعند نفس المستوي نقذف الكرية (2) نحو الأسفل بسرعة ابتدائية $\overrightarrow{v_0}$ تخضع الكريتان إلى قوة احتكاك مع الهواء شدتها $f = k\,v$، الدراسة التجريبية مكنتنا من رسم المنحنى $\frac{df}{dt} = h(f)$ الخاص بالكرية (1) الشكل (1) والمنحنى $v = g(t)$ الخاص بالكرية (2) الشكل (2)



1- دراسة حركة الكرية (1)

أ- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، بين أن المعادلة التفاضلية لتطور شدة قوة الاحتكاك المؤثرة على الكرية (1) تكتب على الشكل التالي $\frac{df}{dt} = -A\,f + B$ ، حيث A و B ثابتين يطلب تعيين عبارتيهما

ب- إعتمادا على بيان الشكل (1) جد قيمة كل من : ثابت الزمن τ، ثابت الاحتكاك k، السرعة الحدية v_{lim}

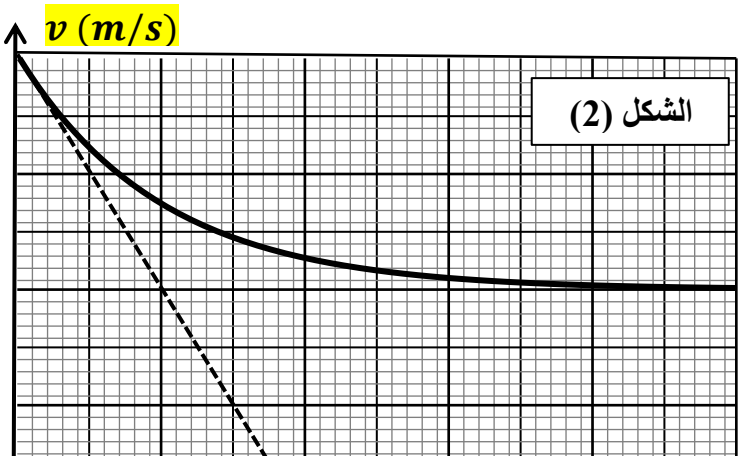
2- دراسة حركة الكرية (2)

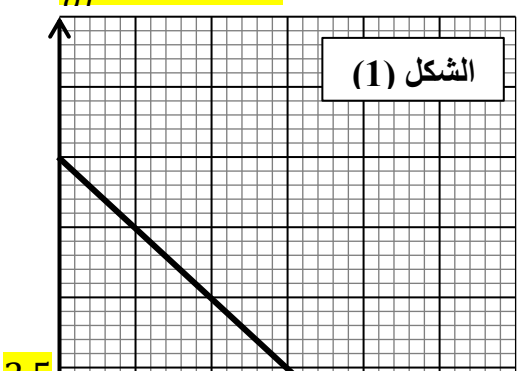
أ- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن أوجد المعادلة التفاضلية التي تحققها السرعة v للكرية (2)

ب-حدد عبارة السرعة الحدية v_{lim} ، ماذا تستنتج ؟

ت-ضع سلما لمحور تراتيب بيان الشكل (2)

ث-ماذا تمثل القيمة t_1 ؟ أوجد قيمتها





3- دراسة حركة كرية أخرى (3)

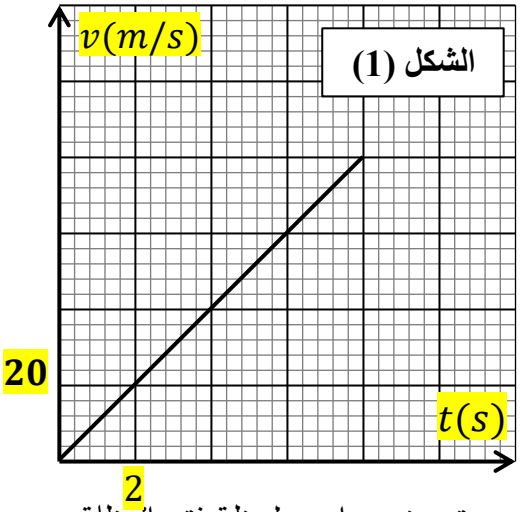
من نفس المستوي السابق نقذف نحو الأسفل كرية (3) مماثلة للكريتين السابقتين بسرعة إبتدائية قيمتها $v = 4\ m/s$

أ- مثل منحنى تطور سرعة الكرية (3) بدلالة الزمن $v = f(t)$

معطيات: $g = 10\ m/s^2$

التمرين 27:

I- ندرس في مرجع سطحي أرضي نعتبره غاليليا حركة أحد المظليين الممارسين لرياضة "$skydiving$" كتلته مع تجهيزه $m = 100\ kg$ بعد قفزه من الطائرة بدون سرعة ابتدائية من ارتفاع $h = 1320\ m$ بالاعتماد على البيان الممثل في الشكل (1)



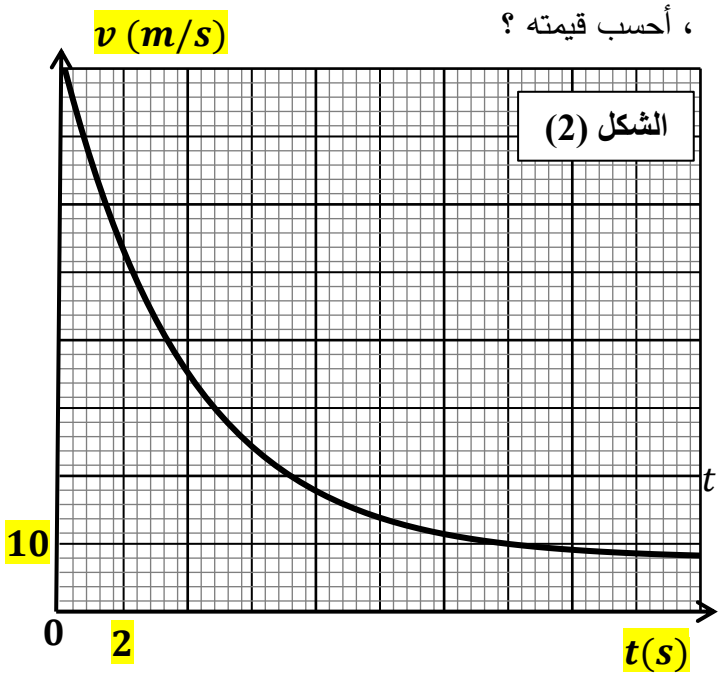
1- أوجد العبارة البيانية ثم احسب معامل توجيه المنحنى البياني ؟

2- أحسب المسافة التي قطعها المظلي خلال $t = 8\ s$ ؟

3- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن بين أن تسارع حركة سقوط المظلي مستقل عن الكتلة واستنتج طبيعة حركة مركز عطالة المظلي ؟

4- اكتب المعادلات الزمنية للحركة ؟

II- بعد المسافة التي قطعها المظلي خلال $8\ s$ يفتح المظلي مظلته عند لحظة نعتبرها مبدأ للأزمنة $t = 0$ حيث يخضع لقوة احتكاك مع الهواء عبارتها $f = k.v^2$ ، يمثل الشكل (2) تغيرات مركز عطالة المظلي مع تجهيزه بدءا من لحظة فتح المظلة.



أ- استنتج قيمة السرعة الحدية lim ؟

ب- بين أن عبارة الثابت k تعطى بالعلاقة $k = \frac{mg}{{v_{lim}}^2}$ ، أحسب قيمته ؟

ت- باستعمال التحليل البعدي استنتج وحدة الثابت k ؟

ث- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن بين أن المعادلة التفاضلية للسرعة تكتب على الشكلين :

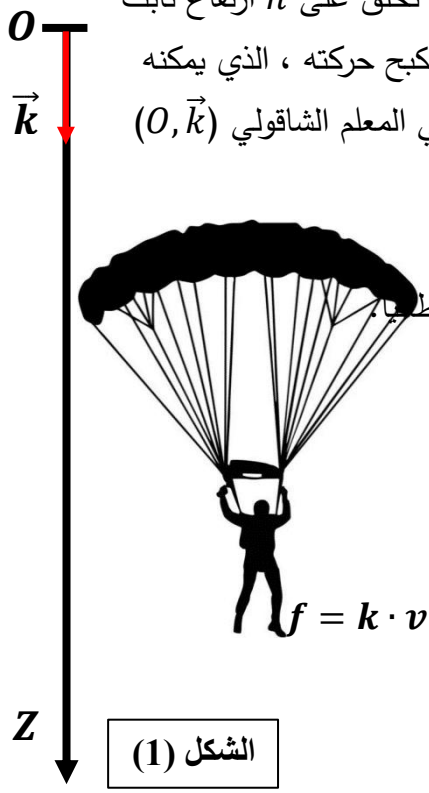
- $\frac{dv}{dt} + \frac{k}{m}v^2 = \frac{k}{m}{v_{lim}}^2$
- $\frac{dv}{dt} = g(1 - \frac{v^2}{\beta^2})$
- حيث β ثابت يطلب تحديد عبارته .

5- احسب الطاقة الحركية للمظلي عند اللحظة $t = 18\ s$

يعطى : $g = 10\ m.s^{-2}$

التمرين 28:

يقفز مظلي عند اللحظة $t_0 = 0$ بسرعة ابتدائية مهملة من طائرة مروحية عمودية تحلق على h ارتفاع ثابت من سطح الأرض الشكل (1) ، بعد مدة وجيزة وعند اللحظة t_1 يفتح المظلي مظلته لكبح حركته ، الذي يمكنه من الوصول إلى الأرض بسلام ، ان دراسة تطور سرعة المظلي v بدلالة الزمن t في المعلم الشاقولي $(O, \vec{k})$ موجه نحو الأسفل ومرتبط بمرجع مناسب مكنت من الحصول على بيان الشكل (2).



الشكل (1)

I- نهمل تأثير دافعة أرخميدس ونعتبر حركة المظلي قبل فتح المظلة سقوط حر

1- ما هو المرجع المناسب لدراسة حركة المظلي ، وما هو الشرط اللازم ليكون عطالي.

2- متى يمكن القول أن الجسم يسقط سقوطا حرا.

3- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن ، اوجد المعادلة التفاضلية للحركة.

4- اكتب المعادلات الزمنية للحركة $z(t)$ ، $Z(t)$.

5- احسب المسافة التي قطعها المظلي قبل فتح المظلة.

II- دراسة حركة المظلي بعد فتح المظلة حيث يصبح خاضع لقوة احتكاك شدتها $f = k \cdot v$

1- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن ، اوجد المعادلة التفاضلية للحركة.

2- جد عبارة السرعة الحدية v_{lim} بدلالة m ، g و k .

3- حدد وحدة الثابت k في النظام العالمي للوحدات (SI) ، باستعمال التحليل البعدي.

4- بالاعتماد على بيان الشكل (2) :

أ- عدد أطوار الحركة وحدد طبيعة الحركة في كل طور.

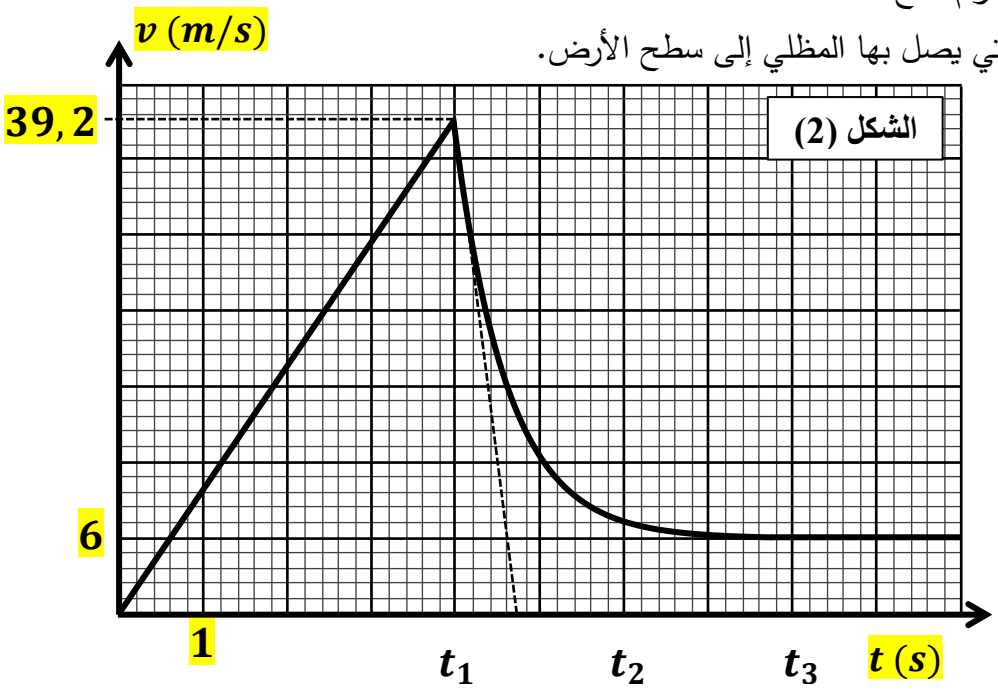
ب- احسب المسافة التي قطعها المظلي قبل فتح المظلة ، هل النتيجة متوافقة مع ما تم حسابه سابقا.

ت- حدد قيمة السرعة الحدية v_{lim} ، ثم استنتج قيمة ثابت الاحتكاك k .

ث- احسب شدة محصلة القوى التي يخضع لها المظلي عند اللحظتين t_2 و t_3 .

5- بفرض أن المظلة أصيبت بعطل ولم تفتح :

- احسب بـ km/h السرعة التي يصل بها المظلي إلى سطح الأرض.
- استنتج الفائدة من استخدام المظلة.



الشكل (2)

المعطيات :

$g = 9{,}8\ m/s^2$

$m = 80\ kg$

$h = 250\ m$

التمرين 29:

يعطى حجم كرة نصف قطرها r بالعلاقة: $V = \frac{4}{3}\pi r^3$

نترك كرة ساكنة في البداية، تسقط في الهواء. الموضع الابتدائي لمركز عطالتها G هو $y_0 = 0$، نوجه المحور $(\overrightarrow{Oy})$ نحو الأسفل.

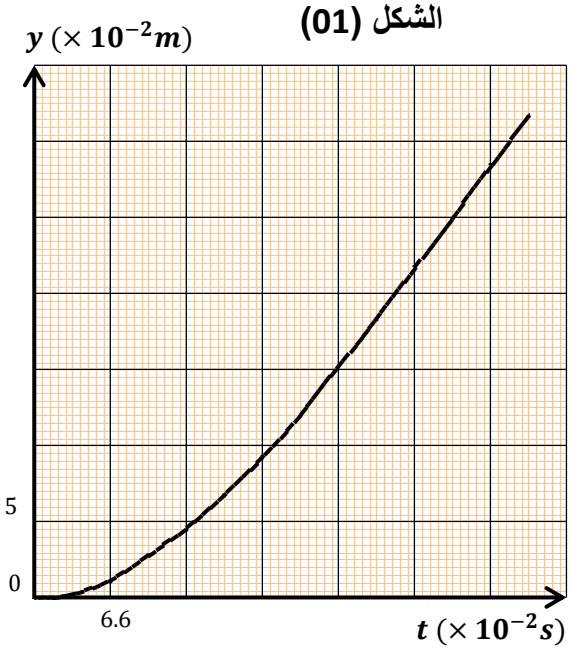
شدة حقل الجاذبية الأرضية هي $g = 9{,}81\ N.kg^{-1}$، الكتلة الحجمية للهواء $\rho_{air} = 1{,}29\ kg.m^{-3}$.

نرمز لكتلة الكرة بالرمز m ولنصف قطرها $r_b = 10mm$.

الكتلة الحجمية لمعدن الكرة (الحديد): $\rho_{fer} = 7{,}80 \times 10^3\ kg.m^{-3}$.

تعطى عبارة قوة الاحتكاك بالعلاقة: $\vec{f} = -k.v_y^2.\vec{j}$ حيث v_y هو احداثي شعاع سرعة مركز عطالة الكرة على المحور $(\overrightarrow{Oy})$.

الشكل (01)



1. نهمل في المرحلة الأولى قوة الاحتكاك.

أ- أحسب النسبة بين طويلة ثقل الكرة P وطويلة دافعة أرخميدس π التي تخضع لها الكرة في الهواء. ماذا تستنتج؟

ب- أحص مختلف القوى الخارجية المطبقة على الكرة.

جـ- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، أوجد القانون الذي يسمح بتعيين تسارع مركز عطالة الكرة a_y على المحور $(\overrightarrow{Oy})$.

د- استنتج المعادلات الزمنية $a_y(t)$، $v_y(t)$ و $y(t)$.

2. نأخذ الآن في الحسبان قوة الاحتكاك ونهمل دافعة أرخميدس.

أ- أوجد المعادلة التفاضلية في v_y إحداثي شعاع سرعة مركز عطالة الكرة على المحور $(\overrightarrow{Oy})$ وضعها على الشكل التالي:

$$\frac{dv_y}{dt} + k_1.v_y^2 = g$$

يطلب تحديد عبارة ووحدة k_1 .

ب- بالاستعانة بالمعادلة التفاضلية، عين العبارة الحرفية للسرعة الحدية $v_{y(lim)}$.

3. تم تسجيل حركة سقوط الكرة ومعالجتها ببرنامج $Avistep$، فتحصلنا على المنحنى البياني $y(t)$ الممثل في الشكل (01):

- اعتمادا على المنحنى البياني $y(t)$، استنتج قيمة السرعة الحدية $v_{y(lim)}$.

التمرين 30:

قطرة ماء كروية الشكل ساكنة في البداية نصف قطرها $r = 0{,}5\ mm$، وكتلتها الحجمية $\rho_e = 10^3\ kg.m^{-3}$، تسقط في الهواء من نقطة O في اللحظة $t = 0$. (نعتبر أن مسارها شاقولي)

1. باعتبار احتكاك القطرة مع الهواء مهمل.

أ- أحسب النسبة بين ثقل القطرة P وشدة دافعة أرخميدس π. ماذا تستنتج؟

ب- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، اوجد المعادلتين $v(t)$ و $y(t)$.

جـ- مثل مخطط السرعة $v(t)$ خلال المجال الزمني $[0; 12\ s]$ باستعمال سلم رسم مناسب.

جـ- أحسب المسافة التي تقطعها الكرة خلال $10\ s$.

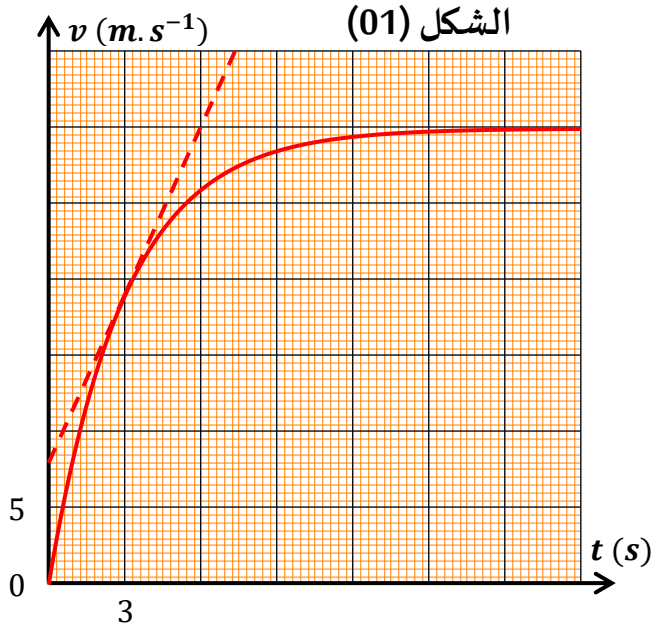
2. نأخذ الآن في الاعتبار أن قوة الاحتكاك من الشكل $\vec{f} = -k.\vec{v}$، ودافعة أرخميدس مهملة.

أ- مثل القوة المؤثرة على القطرة عند اللحظة $t = 0$ والنظام الدائم.

ب- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، أثبت أن المعادلة التفاضلية تكتب من الشكل التالي: $\frac{dv}{dt} + \frac{k}{m}.v = g$

جـ- أكتب عبارة السرعة الحدية v_{lim}.

3. مثلنا في الشكل (01)، مخطط السرعة لحركة القطرة في وجود قوى الاحتكاك.



أ- اعتمادا على المنحنى البياني الممثل في الشكل (01)، أوجد قيمة السرعة الحدية v_{lim}.

ب- حدد قيمة الزمن المميز τ لحركة القطرة.

جـ- أحسب شدة المحصلة المطبقة على القطرة عند اللحظة $t = 3\ s$، ثم استنتج شدة قوة الاحتكاك عند نفس اللحظة.

د- انطلاقا من إجابة السؤال (3-جـ)، استنتج قيمة الثابت k محددا وحدته في نظام الوحدات الدولية.

المعطيات: $V_{\text{قطرة}} = \frac{4}{3}\pi r^3$ $\quad g = 9{,}8\ m.s^{-2}$ $\quad \rho_{\text{هواء}} = 1{,}29\ kg.m^{-3}$

المعطيات : $g = 10\ m/s^2$ $\quad \rho_s = 2\ Kg/m^3$ $\quad V = 10^{-2}\ m^3$ $\quad m_{air} = 14\ g$