

السقوط الشاقولي

1- القوى المؤثرة على جسم أثناء السقوط:

• قوة الثقل P : موجه نحو الأسفل. $\vec{P} = m\vec{g}$.

- كتلة الجسم m

- الجاذبية الأرضية g .

- الكتلة الحجمية للجسم $\rho_s = \frac{m}{V}$

• دافعة أرخميدس π : موجهة نحو الأعلى دائما. $\vec{\pi} = -\rho V \vec{g}$.

▪ الكتلة الحجمية للمائع ρ .

▪ حجم المائع المزاح وهو نفسه حجم الجسم (m^3) .

• الاحتكاك f : دائما عكس جهة الحركة.

▪ السرعات الصغيرة: $f = kv$.

▪ السرعات الكبيرة: $f = kv^2$.

2- المعادلة التفاضلية للسرعة حالة السرعات الصغيرة:

▪ بتطبيق القانون الثاني لنيوتن في مرجع عطالي محوره موجه نحو الأسفل:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{P} + \vec{\pi} + \vec{f} = m\vec{a}$$

بالإسقاط على (oz) نجد:

$$\begin{aligned} P - \pi - f &= ma \Rightarrow mg - \rho Vg - kv = m \frac{dv}{dt} \\ \Rightarrow mg - \rho Vg &= m \frac{dv}{dt} + kv \Rightarrow \frac{dv}{dt} + \frac{k}{m}v = g - \frac{\rho Vg}{m} \\ \Rightarrow \frac{dv}{dt} + \frac{k}{m}v &= g \left(1 - \frac{\rho V}{m}\right) \Rightarrow \frac{dv}{dt} + \frac{k}{m}v = g \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right) \end{aligned}$$

• ملاحظات مهمة:

▪ ثابت الزمن τ : $\tau = \frac{m}{k}$.

▪ السرعة الحدية v_L : في النظام الدائم السرعة ثابتة ومنه $\frac{dv}{dt} = 0$

$$\Rightarrow \frac{k}{m}v_L = g \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right) \Rightarrow v_L = \frac{mg}{k} \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right)$$

▪ التسارع الابتدائي a_0 : في حالة السقوط من السكون $v = 0$:

$$\Rightarrow a_0 = \frac{dv}{dt} = g \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right)$$

▪ من البيان يمكن حساب التسارع الابتدائي a_0 وهو يمثل ميل المماس.

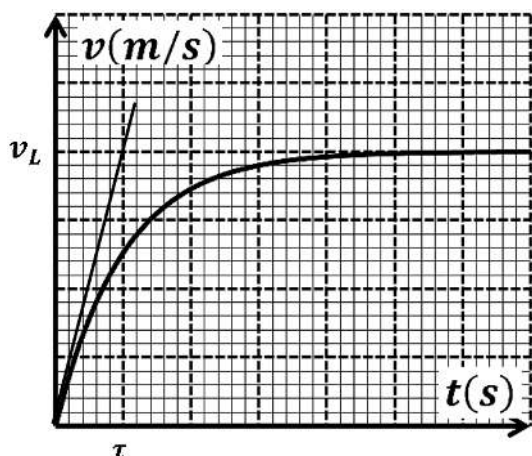
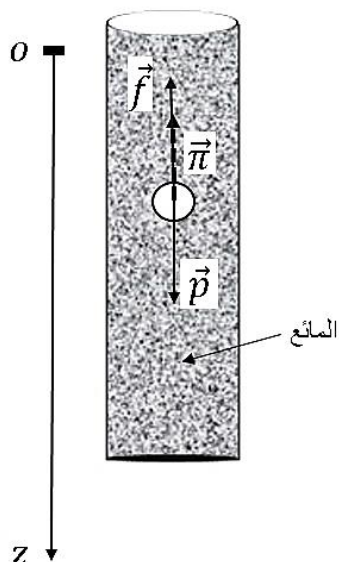
- إذا كان $a_0 = g$ فإن دافعة أرخميدس مهملة

- إذا كان $a_0 < g$ فإن دافعة أرخميدس غير مهملة وتحسب من العلاقة: $P - \pi = ma_0 \Rightarrow \pi = P - ma_0$

3- المعادلة التفاضلية للسرعة حالة السرعات الكبيرة:

▪ بتطبيق القانون الثاني لنيوتن في مرجع عطالي محوره موجه نحو الأسفل:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{P} + \vec{\pi} + \vec{f} = m\vec{a}$$



بالإسقاط على (oz) نجد:

$$\begin{aligned}
 P - \pi - f &= ma \Rightarrow mg - \rho V g - kv^2 = m \frac{dv}{dt} \\
 \Rightarrow mg - \rho V g &= m \frac{dv}{dt} + kv^2 \Rightarrow \frac{dv}{dt} + \frac{k}{m} v^2 = g - \frac{\rho V g}{m} \\
 \Rightarrow \frac{dv}{dt} + \frac{k}{m} v^2 &= g \left(1 - \frac{\rho V}{m}\right) \\
 \Rightarrow \frac{dv}{dt} + \frac{k}{m} v^2 &= g \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right)
 \end{aligned}$$

• ملاحظات مهمة:

▪ السرعة الحدية v_L : في النظام الدائم السرعة ثابتة ومنه $\frac{dv}{dt} = 0$

$$\Rightarrow \frac{k}{m} v_L^2 = g \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right) \Rightarrow v_L = \sqrt{\frac{mg}{k} \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right)}$$

▪ التسارع الابتدائي a_0 : في حالة السقوط من السكون $v = 0$

$$\Rightarrow a_0 = \frac{dv}{dt} = g \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right)$$

▪ مميزات الجسم للحصول على نظامين انتقالي ودائم: يجب ان تكون الكتلة الحجمة للجسم اكبر من الكتلة الحجمة للمائع وكذلك مقطع تصادم الجسم مع التدفق الشاقولي للمائع يكون اصغر ما يمكن .

السقوط الحر:

يكون السقوط حرا بإهمال تأثير الهواء أي إهمال دافعة أرخميدس والاحتكاكات مع الهواء.

أ- المعادلات التفاضلية للحركة:

▪ بتطبيق القانون الثاني لنيوتن في مرجع عطالي محوره موجه نحو الأسفل:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{P} = m\vec{a}$$

بالإسقاط على (oz) نجد:

$$P = ma \Rightarrow mg = ma \Rightarrow a = g \Rightarrow \frac{dv}{dt} = g \Rightarrow \frac{d^2z}{dt^2} = g$$

ب- المعادلات الزمنية: حيث الشروط الابتدائية: $v_0 = 0$ و $z_0 = 0$

- معادلة السرعة:

$$v = at + v_0 \Rightarrow v = gt$$

- معادلة الموضع:

$$z = \frac{a}{2} t^2 + v_0 t + z_0 \Rightarrow z = \frac{g}{2} t^2$$

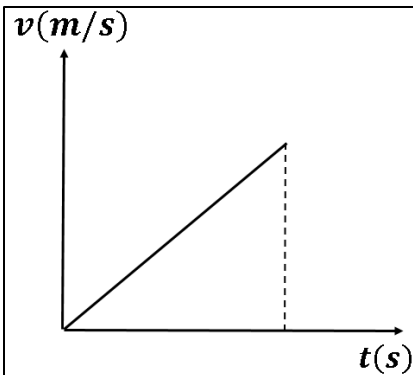
ج- علاقة محذوفية الزمن: $v_0^2 - v^2 = 2gh$

د- الدراسة البيانية:

- التسارع a هو ميل البيان.

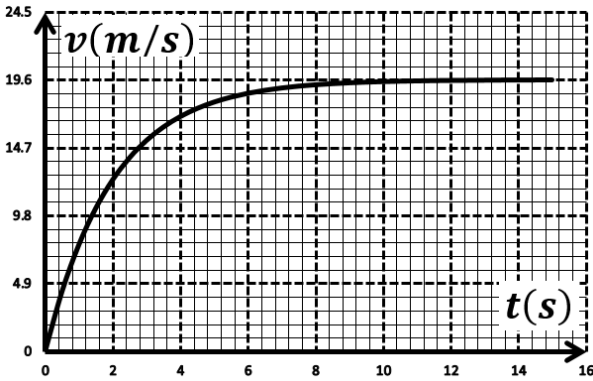
- المسافة المقطوعة z (الارتفاع h) هو مساحة المثلث المحصور بين محور

الازمنة والبيان.



التمرين 1: بكالوريا علوم تجريبية 2010

تمت معالجة السقوط الشاقولي لجسم صلب (S) في الهواء بجهاز الإعلام الآلي، وذلك بعد تصويره بكاميرا رقمية فتحصلنا على البيان $v = f(t)$ الذي يمثل تغيرات سرعة مركز عطالة الجسم بدلالة الزمن .



1 - حدد طبيعة مركز عطالة الجسم (S) في النظامين الانتقالي والدائم. علل.

2 - بالاعتماد على البيان عيّن:

أ - السرعة الحدية v_{lim} .

ب - تسارع الحركة في اللحظة $t=0$.

3 - كيف يكون الجسم الصلب (S) متميزا وهذا للحصول على حركة مستقيمة

شاقولية انسحابية في نظامين انتقالي ودائم؟

4 - باعتبار دافعة أرخميدس مهمة، مثل القوى المؤثرة على الجسم (S) أثناء السقوط، واستنتج عندئذ المعادلة التفاضلية للحركة بدلالة

السرعة v في حالة السرعات الصغيرة.

5 - توقع شكل مخطط السرعة عند إهمال دافعة أرخميدس ومقاومة الهواء. علل.

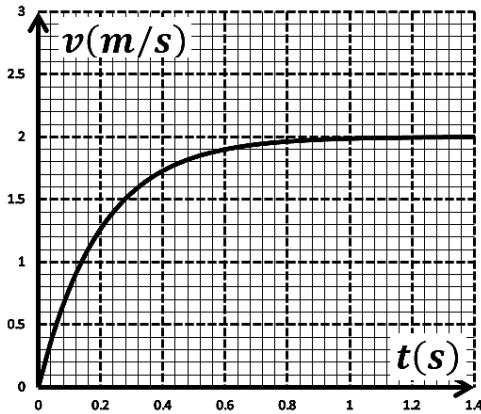
التمرين 2 : بكالوريا رياضيات 2015

تترك كرة كتلتها m تسقط في الهواء من ارتفاع h عن سطح الارض دون سرعة ابتدائية . تعطى: $g = 10 \text{ m/s}^2$.

1- نهمل دافعة أرخميدس ونعتبر شدة قوة مقاومة الهواء $f = k \cdot v^2$.

أ - مثل القوى الخارجية المؤثرة على الكرة .

ب- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن في معلم (Oz) موجه نحو الاسفل ومرتبطة بمرجع سطحي أرضي نعتبره غاليليا ، أوجد المعادلة



التفاضلية لسرعة الكرة.

ج - استنتج عبارة السرعة الحدية v_{lim} بدلالة: g و m ، k .

2- ان دراسة تغيرات سرعة الكرة بدلالة الزمن مكنت من الحصول على بيان الشكل

المقابل.

أ - استنتج من البيان قيمة السرعة الحدية v_{lim} .

ب- حدد وحدة الثابت k باستعمل التحليل البعدي ، احسب النسبة $\frac{m}{k}$.

3- كيف يتطور تسارع الكرة خلال الزمن ؟

4- مثل كيفيا مخطط السرعة $v(t)$ لحركة عطالة الكرة في الفراغ.

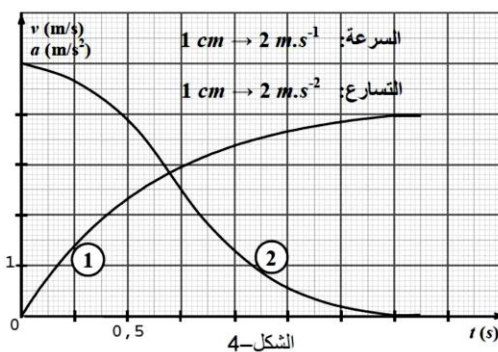
التمرين 3 : بكالوريا علوم 2011

تسقط كرة مطاطية شاقوليا في الهواء دون سرعة ابتدائية $v_0 = 0 \text{ m.s}^{-1}$ وننمذج السقوط بطريقة رقمية.

المعطيات: كتلة الكرة $m=3\text{g}$ ؛ نصف قطرها $r=1,5\text{cm}$ ؛ الكتلة الحجمية للهواء

$\rho_{air}=1,3\text{kg.m}^{-3}$. حجم الكرة $V=(4/3).\pi r^3$ ؛ قوة الاحتكاك $f=kv^2$ ؛ $g=9,8 \text{ m.s}^{-2}$.

1 - مثل القوى الخارجية المؤثرة في مركز عطالة الكرة خلال مراحل السقوط.



2 - باختيار مرجع غاليلي مناسب وبتطبيق قانون نيوتن الثاني اكتب المعادلة التفاضلية للسرعة.

3 - بالمعالجة الرقمية حصلنا على البيانين : $a = h(t)$ و $v = f(t)$.

أ - أي المنحنيين يمثل تطور التسارع $a(t)$ بدلالة الزمن؟ علل.

ب - حدد بيانيا السرعة الحدية v_ℓ .

ج - علما أن $v_\ell = \sqrt{\frac{g}{k}(m - \rho_{\text{air}}V)}$ ، احسب قيمة معامل الاحتكاك k .

التمرين 4 : بكالوريا علوم تجريبية 2009

يسقط مظلي كتلته مع تجهيزه $m = 100\text{kg}$ سقوطا شاقوليا بدءا من نقطة O بالنسبة لمعلم أرضي دون سرعة ابتدائية. يخضع أثناء سقوطه إلى قوة مقاومة الهواء عبارتها من الشكل $f = kv$ (تُهمل دافعة أرخميدس). يمثل البيان الشكل تغيرات (a) تسارع مركز عتالة المظلي بدلالة السرعة (v) .

1 - بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، بين أن المعادلة التفاضلية لسرعة المظلي من الشكل : $\frac{dv}{dt} = Av + B$ حيث A و B ثابتان يطلب تعيين عبارتهما.

2 - عيّن بيانيا قيمتي كل من :

أ - شدة مجال الجاذبية الأرضية (g) .

ب - السرعة الحدية للمظلي (v_ℓ) .

3 - تتميز الحركة السابقة بالمقدار $\frac{k}{m}$. حدد وحدته واحسب قيمته من البيان.

4 - احسب قيمة الثابت k .

5 - مثل كيفيا تغيرات سرعة المظلي بدلالة الزمن في المجال الزمني : $0 \leq t \leq 7\text{s}$.

التمرين 5: بكالوريا رياضيات 2010

لدراسة حركة سقوط جسم صلب (S) كتلته m شاقوليا في الهواء، استعملت كاميرا رقمية (Webcam)، عولج شريط الفيديو ببرمجة (Avistep) في جهاز الإعلام الآلي فتحصلنا على النتائج التالية:

$t(\text{ms})$	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
$v(\text{m.s}^{-1})$	0	0,60	0,90	1,02	1,08	1,10	1,12	1,13	1,14	1,14

1 - أ - ارسم المنحنى البياني الممثل لتغيرات السرعة v بدلالة الزمن $v = f(t)$. السلم : $1\text{ cm} \rightarrow 0,1\text{ s}$. $1\text{ cm} \rightarrow 0,20\text{ m.s}^{-1}$

ب - عين قيمة السرعة الحدية v_{lim} .

ج - كيف كون الجسم الصلب (S) متميزا للحصول على حركة مستقيمة شاقولية انسحابية في نظامين انتقالي ودائم؟

د - احسب تسارع حركة (S) في اللحظة $t=0\text{s}$.

2 - تعطى المعادلة التفاضلية لحركة (S) بالعلاقة $\frac{dv}{dt} + Av = C \left(1 - \frac{\rho V}{m}\right)$ حيث ρ الكتلة الحجمية للهواء، V حجم الجسم (S) .

أ - مثل القوى الخارجية المطبقة على مركز عتالة (S) .

ب - بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، أوجد المعادلة التفاضلية لحركة مركز عتالة (S) بدلالة السرعة v وذلك في حالة السرعات الصغيرة.

وبين أن : $A = \frac{k}{m}$ و $C = g$ حيث k ثابت يتعلق بقوى الاحتكاك.

ج - استنتج قيمة دافعة أرخميدس وقيمة الثابت k .

تعطى : $g = 10\text{ N.Kg}^{-1}$ ؛ $m = 19\text{g}$.

التمرين 6: بكالوريا علوم تجريبية 2013

تسقط حبة برد كروية الشكل قطرها : $D = 3\text{cm}$ كتلتها $m = 13\text{g}$ دون سرعة ابتدائية في اللحظة $t = 0$ من النقطة o ترتفع بـ 1500m عن سطح الارض نعتبرها كمبدأ للمحور الشاقولي (oz) .

أولاً: نفترض أن حبة البرد تسقط سقوطاً حراً.

1- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن ، جد المعادلتين الزمنيتين لسرعة وموضع G مركز عطالتها.

2- احسب قيمة السرعة لحظة وصولها الى سطح الارض.

ثانياً: في الواقع تخضع حبة البرد بالإضافة لنقلها $\vec{P}$ الى قوة دافعة أرخميدس $\vec{\pi}$ وقوة احتكاك $\vec{f}$ متناسبة طرداً مع مربع السرعة $f = kv^2$.

1- بالتحليل البعدي حدد وحدة المعامل k في النظام الدولي للوحدات .

2- اكتب عبارة قوة دافعة أرخميدس ، ثم احسب شدتها وقارنها مع شدة قوة الثقل . ماذا تستنتج؟

3- باهمال دافعة أرخميدس $\vec{\pi}$:

أ- جد المعادلة التفاضلية للحركة ، ثم بين أنه يمكن كتابتها على الشكل

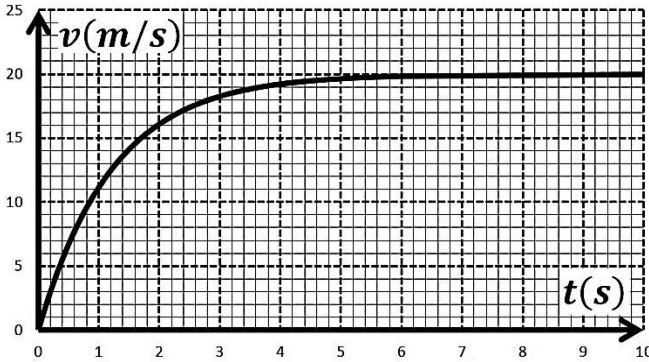
$$\frac{dv}{dt} = A - Bv^2$$

ب- استنتج العبارة الحرفية للسرعة الحدية v_l التي تبلغها حبة البرد.

ج- جد بيانياً قيمة v_l السرعة الحدية ثم استنتج قيمة k .

د- قارن بين سرعتين التي تم حسابهما في السؤالين (أولاً - 2)

و (ثانياً - 3- ج) . ماذا تستنتج ؟



المعطيات: حجم الكرة: $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ ، الكتلة الحجمية للهواء: $\rho = 1,3\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ، $g = 9,8\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.

التمرين 7: باك 2017 علوم تجريبية - دورة استثنائية

يستعمل الديوان الوطني للأرصاد الجوية لأجل معرفة تركيب الغلاف الجوي بالون مسبار، من المطاط الخفيف المرن جداً، معبأ بالهليوم، معلق به علبة تحتوي على تجهيز علمي لرصد الطقس والاتصال اللاسلكي بالمحطة.

ينفجر البالون المسبار عندما يصل إلى ارتفاع h عن سطح الأرض، حينئذ تفتح مظلة هبوط العلبة المتصلة بها مع التجهيز العلمي فتعيده الى الأرض.

ننمذج قوة احتكاك الهواء على الجملة (مظلة + علبة) بـ $f = kv^2$ حيث: k ثابت موجب من أجل ارتفاعات معتبرة و v سرعة مركز عطالة الجملة.

بفرض أنه لا توجد رياح (الحركة تكون شاقولية)، وندرس حركة مركز عطالة الجملة في مرجع أرضي نعتبره غاليليا.

1. (أ) مثل القوى المطبقة على مركز عطالة الجملة (مظلة + علبة) في بداية السقوط ($t = 0$) وفي النظام الدائم.

(ب) أعط العبارة الحرفية الشعاعية لدافعة أرخميدس $\vec{\pi}$.

(ج) ذكر بنص القانون الثاني لنيوتن ثم اكتب العبارة الشعاعية للقوى المطبقة على الجملة في النظام الانتقالي.

(د) جد المعادلة التفاضلية للسرعة.

(هـ) استخرج عبارة السرعة الحدية v_l ، ثم احسب قيمتها.

(و) انطلاقاً من عبارة السرعة الحدية وباستعمال التحليل البعدي، حدد وحدة k في الجملة الدولية للوحدات.

2. جد a_0 عبارة تسارع مركز عطالة الجملة (مظلة + علبة) عند اللحظة $t = 0$ ، ثم احسب قيمته.

3. إذا اعتبرنا سقوط العلبة حراً:

(أ) عرف السقوط الحر.

(ب) عين قيمة التسارع في هذه الحالة.

(ج) إذا اعتبرنا أن العلبة سقطت من ارتفاع 1000 m من سطح الأرض، احسب سرعتها لحظة ارتطامها بالأرض بـ km/h . ماذا تتوقع أن يحدث للعلبة في هذه الحالة مع التعليل وماذا تستنتج؟

(د) كيف تتوقع بيان السرعة $v = f(t)$ وبيان التسارع $a = g(t)$ (ارسم كيفيا البيانيين)؟

تعطى: $k = 1.32\text{ SI}$ ، $\Pi = 3\text{ N}$ ، $g = 9.80\text{ m.s}^{-2}$ ، $m = 2.5\text{ kg}$

التمرين 8: باك 2017 علوم تجريبية

خلال حصة الأعمال المخبرية كلف الأستاذ ثلاث مجموعات من التلاميذ بدراسة حركة سقوط كرية في الهواء كتلتها m وحجمها V انطلاقاً من السكون في اللحظة $t = 0$ حيث طلب منهم تمثيل القوى المؤثرة على الكرية في لحظة t حيث $t > 0$ ، عرضت كل مجموعة عملها فكانت النتائج كالتالي:

المجموعة	1	2	3
التمثيل المنجز			

حيث $\vec{\Pi}$ دافعة أرخميدس و $\vec{f}$ قوة الاحتكاك مع الهواء.

(1) بعد المناقشة تم رفض تمثيل إحدى المجموعات الثلاث.

(أ) حدد التمثيل المرفوض مع التعليل؟

(ب) اكتب المعادلة التفاضلية للسرعة لكلا الحالتين المتبقيتين.

(ج) أعط عبارة a_0 تسارع الكرية في اللحظة $t = 0$ لكل من الحالتين المتبقيتين.

(2) لتحديد التمثيل المناسب أجريت تجربة لقياس قيم السرعات في لحظات مختلفة، النتائج المتحصل عليها سمحت برسم المنحنى الموضح في الشكل.

الشكل. مستعينا بالمنحنى حدد قيمة التسارع الابتدائي a_0 في اللحظة

$t = 0$ ثم استنتج التمثيل الصحيح مع التعليل.

(3) عين قيمة السرعة الحدية v_{lim} .

(4) جد عبارة السرعة الحدية v_{lim} بدلالة: m ، k ، g و V حجم الكرية

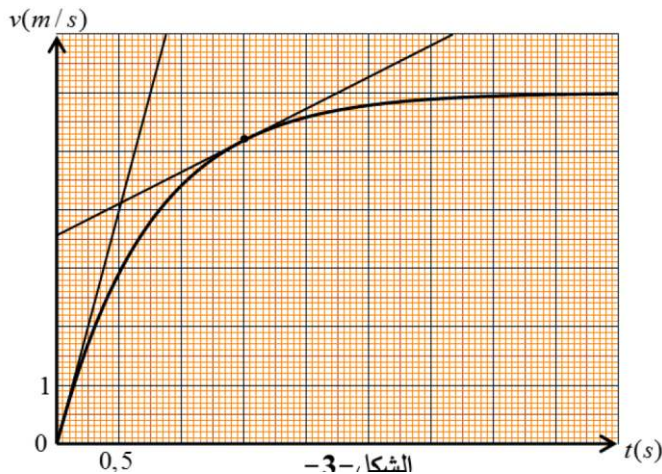
ثم احسب قيمة الثابت k .

(5) احسب شدة محصلة القوى المطبقة على الكرية في اللحظة $t = 1.5\text{ s}$

بطريقتين مختلفتين.

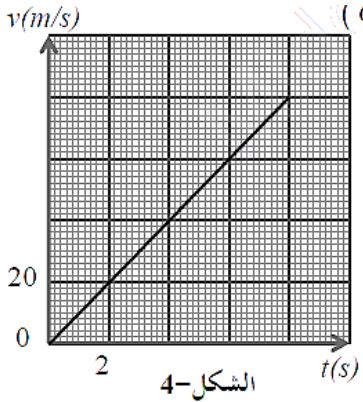
المعطيات: $f = kv$ ، $g = 9.80\text{ m.s}^{-2}$ ، $m = 2.6\text{ g}$

$V = 3.6 \times 10^{-4}\text{ m}^3$ ، $\rho_{air} = 1.3\text{ kg.m}^{-3}$ ،



تمرين 10: بكالوريا رياضيات 2013

أثناء التدريبات التي تقوم بها فرقة الصاعقة للمظليين بالمدرسة العليا لقوات الخاصة ببسكرة، استعملت طائرة عمودية حلقت على ارتفاع ثابت من سطح الأرض لانزال المظللين دون سرعة ابتدائية.



- 1- نمذج المظلي ومظلته بجملة (S) مركز عطالتها G وكتلتها: $m = 80kg$ ، نهمل تأثير دافعة ارخميدس. يقفز المظلي دون سرعة ابتدائية، فيقطع ارتفاعا h خلال 8s قبل فتح مظلته. نعتبر حركة سقوطه حرا. ان دراسة تطور سرعة المظلي بدلالة الزمن في معلم شاقولي (ok) موجه نحو الاسفل مرتبط بمرجع سطحي ارضي، مكنت من الحصول على البيان في الشكل 4-.
- أ- حدد طبيعة حركة الجملة (S) مع التعليل.
- ب- احسب الارتفاع h .

ج- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن استنتج تسارع الجاذبية الارضية g .

- 2- بعد قطع المظلي الارتفاع h يفتح مظلته، فتخضع الجملة لقوة احتكاك عباتها $f = kv^2$.

أ- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن بين ان المعادلة التفاضلية لسرعة الجملة (S) تكتب بالعلاقة: $\frac{dv}{dt} = g \left(1 - \frac{v^2}{\beta}\right)$ حيث β ثابت يطلب التعبير عنه بدلالة: k , g و m .

ب- يمثل المقدار β :

- سرعة الجملة (S) في اللحظة $t = 0$.

- تسارع حركة مركز عطالة الجملة في النظام الدائم.

- السرعة الحدية v_{lim} للجملة (S).

اختر الاجابة الصحيحة من بين الاجابات السابقة.

- 3- يمثل الشكل تغيرات سرعة مركز عطالة الجملة (S) بدءا من لحظة فتح المظلة التي نعتبرها مبدأ للأزمنة.

أ- حدد قيمة السرعة الحدية v_{lim} .

ب- بالاعتماد على التحليل البعدي حدد وحدة الثابت k ثم احسب قيمته.

يعطى $g = 9.8 m/s^2$

التمرين 11: بكالوريا علوم تجريبية 2008

هذا النص مأخوذ من مذكرات العلم هويغينز: في البداية كنت أظن قوة الاحتكاك في مائع تتناسب طردا مع السرعة ولكن التجارب التي حققتها في باريس بينت لي أن قوة الاحتكاك يمكن أن تتناسب طردا مع مربع السرعة. وهذا يعني أنه إذا تحرك متحرك بسرعة ضعف ما كانت عليه، يصطدم بكمية من المائع تساوي مرتين ولها سرعة ضعف ما كانت عليه....

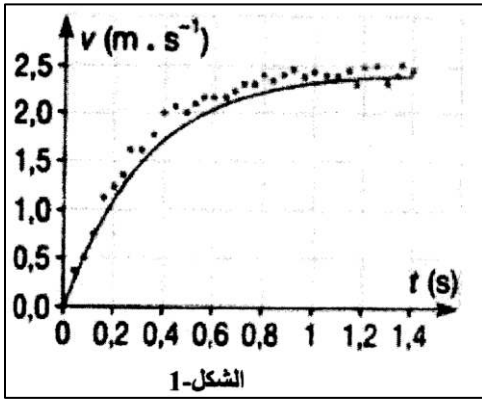
- 1- يشير النص الى فرضيتي هويغينز حول الاحتكاك في الموائع، يعبر عنهما رياضيا بالعلاقتين:

$$f = kv \dots \dots \dots (1), \quad f = k'v^2 \dots \dots \dots (2)$$

حيث f قيمة قوة الاحتكاك، v سرعة مركز عطالة المتحرك، k و k' ثابتان موجبان.

- ارفق بكل علاقة التعبير المناسب - من النص - عن كل فرضية.

2- للتأكد من صحة الفرضيتين، تم تسجيل حركة بالونة تسقط في الهواء. سمح التسجيل بالحصول على سحابة من النقاط تمثل تطور سرعة



مركز عطالة البالونة، في لحظات زمنية معينة.

أ- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، واعتماد على الفرضية المعبر عنها بالعلاقة (1) ،

اكتب المعادلة التفاضلية لحركة سقوط البالونة بدلالة:

- ρ_0 الكتلة الحجمية للهواء. - ρ الكتلة الحجمية للبالونة. -

- m كتلة البالونة - g تسارع الجاذبية - k ثابت التناسب.

ب- بين أن المعادلة التفاضلية للحركة يمكن كتابتها على الشكل: $\frac{dv}{dt} + Bv = A$ حيث

A و B ثابتان.

ج- اعتمادا على البيان، ناقش تطور السرعة v واستنتج قيمتها الحدية v_{lim} . ماذا يمكن القول عن حركة مركز عطالة البالونة عندئذ؟

د- احسب قيمتي A و B .

3- رسم على نفس المخطط السابق المنحنى $v = f(t)$ وفق A و B حيث المنحنى ممثل بالخط المستمر. ناقش صحة الفرضية (1) .

$$g = 9,81 \text{ m.s}^{-2} , \rho = 4,1 \text{ kg.m}^{-3} , \rho_0 = 1,3 \text{ kg.m}^{-3}$$

التمرين 12:

منطاد مصنوع من المطاط الرقيق والجد المرن، تم نفخه بواسطة الهليوم. يحمل هذا المنطاد جهازا علميا لدراسة تركيب الغلاف الجوي. يهدف هذا التمرين الى دراسة حركة المنطاد على ارتفاع منخفض، حيث نعتبر ان تسارع الجاذبية الارضية g ، حجم المنطاد ولواحقه V_b والكتلة الحجمية للهواء ρ تبقى ثابتة. تعطى قوة الاحتكاك بالعلاقة $f = K\rho v^2$ حيث K ثابت. ندرس حركة المنطاد في معلم أرضي نعتبره عطاليا محوره موجه نحو الاعلى.

i. شرط اقلاع المنطاد: معطيات: $\rho = 1.23 \text{ kg/m}^3$ ، $V_b = 9 \text{ m}^3$ ، $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ ،

1- ما هي القوى المؤثرة على المنطاد أثناء صعوده نحو الاعلى عين خصائصها ومثلها.

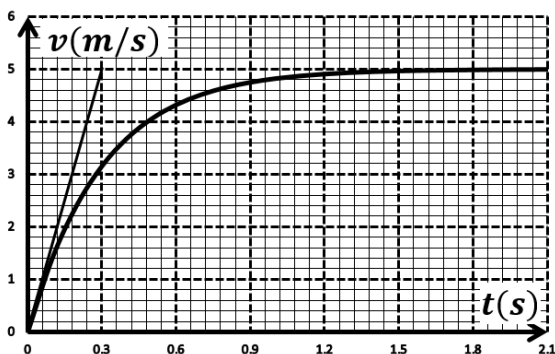
2- لتكن m كتلة المنطاد ولواحقه، ونعتبر ان السرعة الابتدائية عند الاقلاع معدومة.

أ- ما هي الشروط التي يحققها شعاع التسارع حتى يتمكن المنطاد من الصعود؟

ب- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن استنتج الشرط الذي تحققه الكتلة m حتى يتمكن المنطاد من الاقلاع.

ج- هل يقلع المنطاد إذا علمت ان كتلته مع لواحقه هي: $m = 4.1 \text{ kg}$ ؟

ii. صعود المنطاد: المنحنى البياني في الشكل المقابل يمثل تغيرات سرعة المنطاد ولواحقه بدلالة الزمن.



1- بين ان المعادلة التفاضلية لحركة المنطاد تكتب من الشكل: $\frac{dv}{dt} + Av^2 = B$

حيث A و B ثابتان يطلب تعيين عبارتهما بدلالة: m ، ρ ، V_b ، K و g .

2- ما هو المدلول الفيزيائي لـ B ثم احسب قيمته بطريقتين.

3- أعط العبارة الحرفية للسرعة الحدية v_l ثم عين قيمتها بيانيا.

4- بالتحليل البعدي أوجد وحدة الثابت K ثم احسب قيمته.