سلسلة التمارين رقم (02) - Bac 2022 (جميع الشعب العلمية)

السّقوط الشّاقولي لجسم صلب في الهواء

من إعداد الأستاذ: زدّون محمّد الأمين

الأستاذ العلوم الفيزيائية
زدون محمد الأمين

التمرين (01):

تسقط حبة برد كروية الشكل، قطرها: $D=3cm$، كتلتها: $m=13\,g$، دون سرعة ابتدائية في اللحظة: $t=0$ من نقطة O ترتفع بـ $1500\,m$ عن سطح الأرض نعتبرها كمبدأ للمحور الشاقولي (Oz).

أولا: نفرض أن حبة البرد تسقط سقوطا حرا.

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

2- احسب قيمة السرعة لحظة وصولها إلى سطح الأرض.

ثانيا: في الواقع تخضع حبة البرد بالإضافة لقوة ثقلها $\vec{P}$ إلى قوة دافعة أرخميدس $\vec{\Pi}$ وقوة احتكاك $\vec{f}$ المتناسبة طردا مع مربع السرعة، حيث: $f=kv^2$.

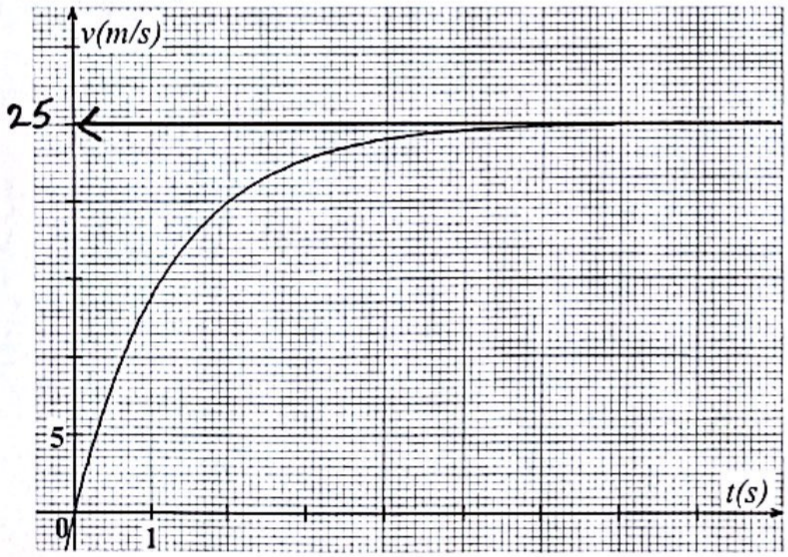
1- اكتب عبارة قوة دافعة أرخميدس، ثمّ احسب شدتها وقارنها مع شدة قوة الثقل. ماذا تستنتج؟

2- بإهمال قوة دافعة أرخميدس $\vec{\Pi}$:

أ- جِدْ المعادلة التفاضلية للحركة، ثمّ بيّن أنه يمكن كتابتها على الشكل: $\frac{dv}{dt}=A-B\cdot v^2$

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

ج- جِدْ بيانيا قيمة v_l السرعة الحدية، ثمّ استنتج قيمة k. (الشكل-4).



الشكل-4

د- قارن بين السرعتين التي تم حسابهما في السؤالين(أولا-2) و(ثانيا-3-ج). ماذا تستنتج؟

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

التمرين (02):

خلال حصة الأعمال المخبرية كلّف الأستاذ ثلاث مجموعات من التلاميذ بدراسة حركة سقوط كرية في الهواء كتلتها m وحجمها V انطلاقا 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) حدّد التمثيل المرفوض مع التعليل.

ب) اكتب المعادلة التفاضلية للسرعة لكلا الحالتين المتبقيتين.

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

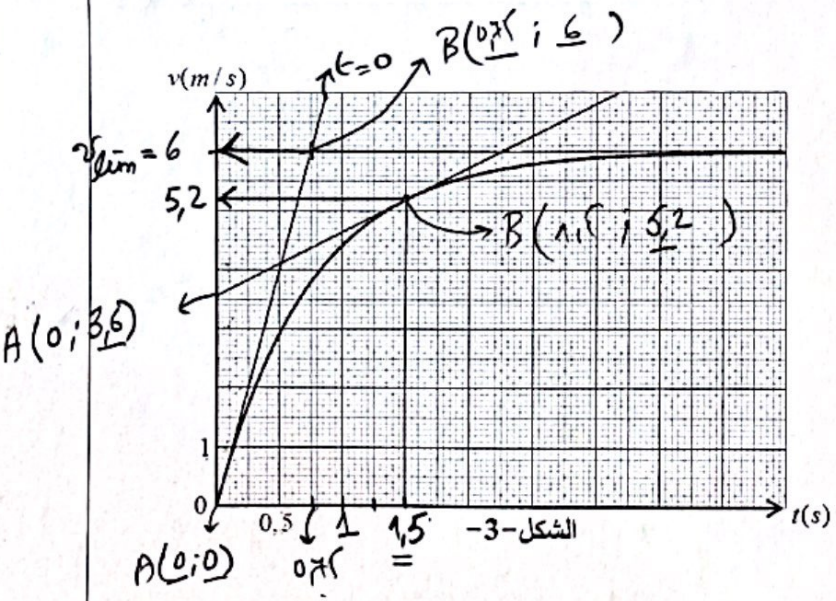
2) لتحديد التمثيل المناسب أُجريت تجربة لقياس قيم السرعة في لحظات مختلفة، النتائج المتحصل عليها سمحت برسم المنحنى الموضح في (الشكل-3-).

مستعينا بالمنحنى حدد قيمة التسارع الابتدائي a_0 في اللحظة $t=0$ ثم استنتج التمثيل الصحيح مع التعليل.

3) عيّن 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 $t = 1,5s$ بطريقتين مختلفتين.



الأستاذ العلوم الفيزيائية
زدون محمد الأمين

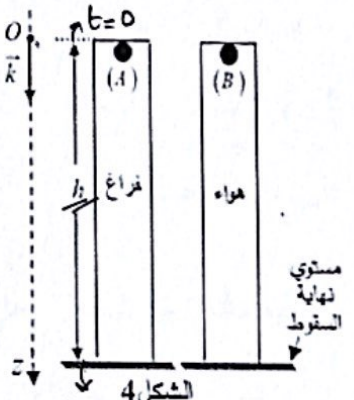
المعطيات : عبارة قوة الاحتكاك من الشكل $f=kv$ ، $g=9,80\ m.s^{-2}$ ، كتلة الكرية $m=2,6g$

الكتلة الحجمية للهواء $\rho_{air}=1,3kg.m^{-3}$ ، حجم الكرية $V=3,6\times10^{-4}m^3$.

التمرين (03):

إحدى فرضيات الميكانيك " **لجميع الأجسام نفس حركة السقوط الشاقولي في الفراغ مهما كانت كتلتها** ".
للتحقق من هذه الفرضية أُنجزت عدة تجارب وكانت نتائجها أنَّ: **القوى الناتجة عن الموائع هي سبب اختلاف سرعات سقوط الأجسام نحو الأرض.**

أراد فوجان من المتعلمين أن يُنجزا تجربتين للتحقق من هذه النتيجة، ولهذا الغرض استعملا أنبوبين زجاجيين لهما الطول نفسه وكريتين (A) و (B) متماثلتين في الحجم V_S والكتلة m (الشكل4).



الشكل4

معطيات:

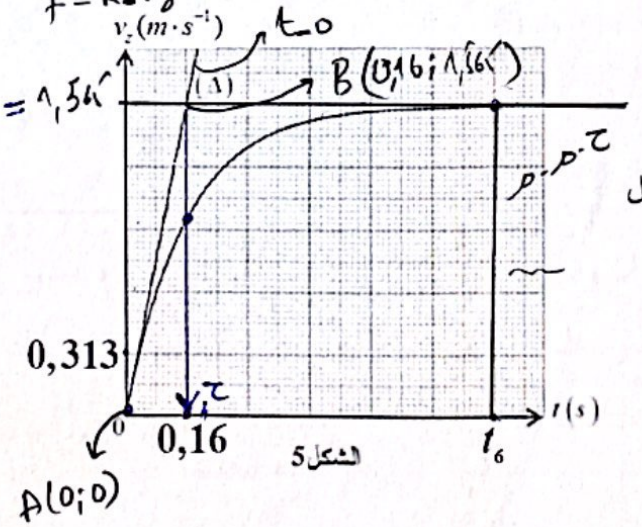
- حجم كل كرة: $V_S = 2,57\times10^{-6} m^3$ ؛
- كتلة كل كرة: $m = 6,0\times10^{-3} kg$ ؛
- الكتلة الحجمية للهواء: $\rho_{air} = 1,3\ g\cdot L^{-1}$ ؛
- شدة حقل الجاذبية الأرضية: $g = 9,8 m\cdot s^{-2}$.

الفوج الأول: تَرك أحد المتعلمين الكُرية (A) تسقط شاقوليا من ارتفاع h في الأنبوب الزجاجي بعد تفريغه من الهواء في لحظة نعتبرها مبدأ لقياس الأزمنة $t = 0$ وقيست بميقاتية مدة السقوط $t_A = 0,40\ s$.

1. مَثِّلْ القوى الخارجية المطبقة على G مركز عطالة الكرية (A) أثناء سقوطها الشاقولي.
2. بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، جِدْ المعادلة التفاضلية للسرعة $v_z(t)$ واستنتج طبيعة الحركة.
3. احسب الارتفاع h.
4. ناقش صحة الفرضية " **لجميع الأجسام نفس حركة السقوط الشاقولي في الفراغ مهما كانت كتلتها** ".

الفوج الثاني: تَرك أحد المتعلمين الكرية (B) تسقط شاقوليا من الارتفاع h في الأنبوب الزجاجي المملوء بالهواء فكانت مدة السقوط $t_B = 1,1s$. بتجهيز مناسب تم تسجيل تطور سرعة الكرية خلال الزمن فتحصل على البيان $v_z = f(t)$ (الشكل5).

1. مَثِّلْ القوى الخارجية المطبقة على G مركز عطالة الكرية في اللحظات: $t_0 = 0$، $t_1 = 0,16\ s$ و t_6.
2. جِدْ المعادلة التفاضلية التي تحققها سرعة الكرية $v_z(t)$ باعتبار قوة الاحتكاك مع الهواء من الشكل: $\vec{f} = -k\vec{v}$ حيث k معامل الاحتكاك.
3. احسب التسارع النظري a_{th} لمركز عطالة الكرية في اللحظة $t = 0$، ثم تحقق أن قيمة a_{th} تتوافق مع القيمة التجريبية للتسارع a_{exp} في اللحظة نفسها.
4. اعتمادا على المعادلة التفاضلية والبيان، جِدْ قيمة معامل الاحتكاك k.
5. فسِّر الفارق الزمني بَيْنَ لحظتي وصول الكريتين t_A و t_B إلى مستوي نهاية السقوط.



الشكل5

الأستاذ العلوم الفيزيائية
زدون محمد الأمين

التمرين (04):

أثناء حصة الأعمال التطبيقية، اقترح الأستاذ على تلامذته دراسة سقوط كرية مطاطية شاقولية في الهواء دون سرعة ابتدائية $v_0 = 0\ m \cdot s^{-1}$ ونمذجة السقوط بطريقة رقمية.

المعطيات : كتلة الكرية $m = 3\ g$ ؛ نصف قطرها $r = 1,5\ cm$ ؛ الكتلة الحجمية للهواء $\rho_{air} = 1,3\ kg \cdot m^{-3}$

حجم الكرة : $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ ؛ قوة الاحتكاك $f = kv^2$ ؛ $g = 9,8\ m \cdot s^{-2}$

المطلوب:

1- مثّل القوى الخارجية المؤثرة في مركز عطالة الكرية خلال مراحل السقوط.

2- باختيار مرجع دراسة مناسب نعتبره غاليليا ، وبتطبيق القانون الثاني لنيوتن على مركز عطالة الكرية.
اكتب المعادلة التفاضلية للسرعة.

3- سمحت كاميرا رقمية بمتابعة حركة الكرية و عولج شريط الصور الملتقطة ببرمجية مكنتنا من الحصول على البيانين $a = h(t)$ و $v = f(t)$ (الشكل-4) .

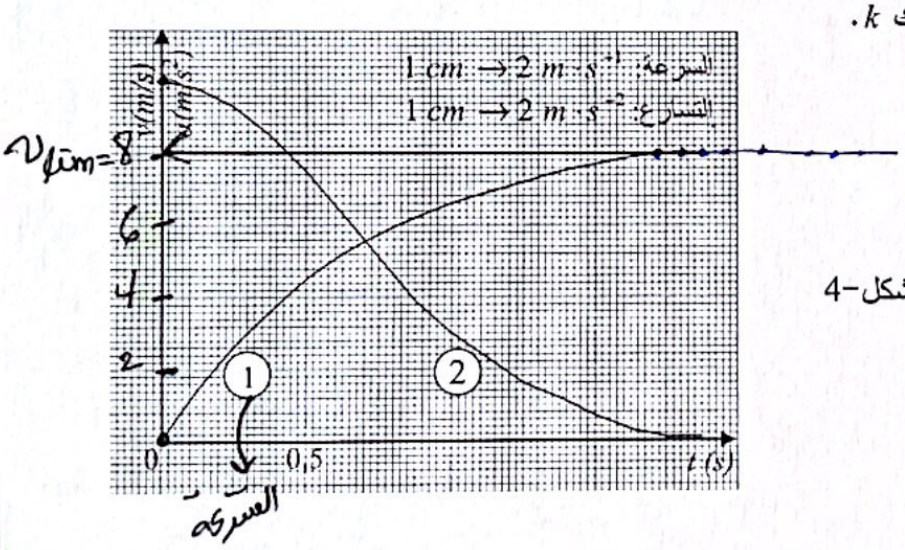
أ- أي المنحنيين يمثّل تطور التسارع $a(t)$ بدلالة الزمن ؟ علّل .

ب- حدّد بيانيا السرعة الحدية v_ℓ .

ج- علما أن: $v_\ell = \sqrt{\frac{g}{k}(m - \rho_{air}\ V)}$

ـ احسب قيمة معامل الاحتكاك k.

الأستاذ العلوم الفيزيائية
زدون محمد الأمين



الشكل-4

الأستاذ العلوم الفيزيائية
زدون محمد الأمين

نلتقي مع السّلسلة رقم (3) من الوحدة (2) الأسبوع المقبل إن شاء الله...
تجدون جميع حلول هذه التّمارين بالتّفصيل على قناتي في اليوتيوب:
Mohammed El Amine Zeddoun

الأستاذ زدّون محمّد الأمين يتمنى لكم كل التّوفيق في شهادة البكالوريا...

السلسلة التمارين رقم (02) - TM - Bac2022 - S
السقوط الشاقولي لجسم صلب في الهواء

*** حل التمرين (01):**

I / 1- • الج. المدروسة: حبة برد.
• المرجع: عطالي سطحي أرضي.
• بتطبيق القانون II لنيوتن:

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

بالإسقاط على (Oz):

$$\Rightarrow P = m.a$$
$$\Rightarrow mg = ma$$
$$\Rightarrow a = g$$

$a \times v > 0$ ومنه: حركة مستقيمة متسارعة بانتظام.

* المعادلة الزمنية للموضع:

$$z(t) = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t + z_0$$

$$\Rightarrow z(t) = \frac{1}{2}gt^2$$

$$\Rightarrow z(t) = \frac{1}{2}.9{,}8.t^2 \Rightarrow z(t) = 4{,}9\,t^2.$$

* المعادلة الزمنية للسرعة:

$$v(t) = \frac{dz}{dt} \Rightarrow v(t) = \frac{d}{dt}(4{,}9t^2)$$

$$\Rightarrow v(t) = 9{,}8\,t$$

2- علاقة مستقلة عن الزمن: $v_{وصول}^2 - v_{انطلاق}^2 = 2.g.h$

$$\Rightarrow v_{وصول}^2 = 2.g.h \Rightarrow v_{وصول} = \sqrt{2.g.h}$$

$$\Rightarrow v_{وصول} = \sqrt{2 \times 9{,}8 \times 1500} \Rightarrow v_{وصول} = 171{,}5\ m/s$$

$\Pi = \rho_{هواء} \cdot V_s \cdot g$ — 1 / II

$cm \xrightarrow{\times 10^{-2}} m$

$\Rightarrow \Pi = 1,3 \times \left(\frac{4}{3} \times 3,14 \times (15 \times 10^{-2})^3\right) \times 9,8$.

$\Rightarrow \Pi = 1,8 \times 10^{-4}\ N$.

الأستاذ العلوم الفيزيائية
زدون محمد الأمين

$P = m \times g$

$\Rightarrow P = 13 \times 10^{-3} \times 9,8$

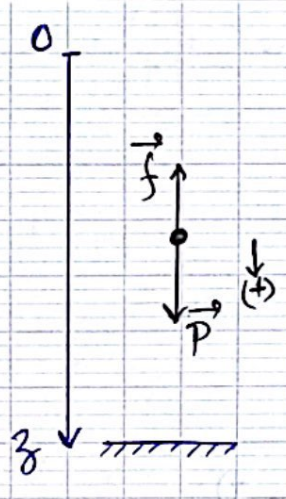
$\Rightarrow P = 0,127\ N$

$g \xrightarrow{\times 10^{-3}} kg$

(المقارنة) $\frac{P}{\Pi} = \frac{0,127}{1,8 \times 10^{-4}} \Rightarrow \frac{P}{\Pi} = 705,5$

إذن: P أكبر بـ 705,5 مرة من Π.

ومنه: نستنتج أن دافعة أرخميدس مهملة.



2- أ- بتطبيق القانون II لنيوتن:

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

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

بالإسقاط على: (oz).

$\Rightarrow P - f = m \cdot a$.

$\Rightarrow \left(m \cdot g - k \cdot v^2 = m \cdot \frac{dv}{dt}\right) \times \frac{1}{m}$

$\Rightarrow \frac{dv}{dt} = g - \frac{k}{m} v^2$.

ومنه بالمطابقة نجد:

$\begin{cases} A = g \\ B = \frac{k}{m} \end{cases}$

الأستاذ العلوم الفيزيائية
زدون محمد الأمين

ب- لدينا: $\frac{dv}{dt} = g - \frac{k}{m}v^2$.

وعند النظام الدائم، يكون: $v = v_l$.

$$\Rightarrow \frac{dv_l}{dt}^{0} = g - \frac{k}{m}v_l^2.$$

$$\Rightarrow g - \frac{k}{m}v_l^2 = 0$$

$$\Rightarrow \frac{k}{m}v_l^2 = g$$

$$\Rightarrow v_l^2 = \frac{g.m}{k}$$

$$\Rightarrow v_l = \sqrt{\frac{g.m}{k}}$$

الأستاذ العلوم الفيزيائية
زدون محمد الأمين

ج- من البيان: $v_l = 25\,m/s$

$$v_l^2 = \frac{g.m}{k} \Rightarrow k = \frac{g.m}{v_l^2}$$

$$\Rightarrow k = \frac{9,8 \times 13 \times 10^{-3}}{25^2}$$

$$\Rightarrow k = 2,04 \times 10^{-4}\ kg.m^{-1}.$$

$v = 171,5\,m/s$ (سقوط حر) (ج-1) و $v_l = 25\,m/s$ (سقوط الشاحنة) (ج-3)

* وجود الهواء ينقص من قيمة السرعة.

الأستاذ العلوم الفيزيائية
زدون محمد الأمين

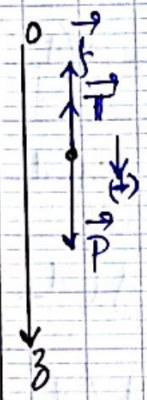
* حل التمرين (02) :

1) أ- التمثيل (3) هو التمثيل المرفوض لأن : قوة دافعة أرخميدس $\vec{\Pi}$ جهتها تكون نحو الأعلى .

ب- • المجموعة المدروسة : كرية .
• المرجع : سطحي أرضي .
• بتطبيق قانون II لنيوتن :

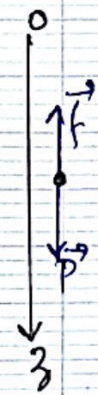
الأستاذ العلوم الفيزيائية
زدون محمد الأمين

①



$$\sum \vec{F}_{ext} = m.\vec{a}$$
$$\Rightarrow \vec{P} + \vec{\Pi} + \vec{f} = m.\vec{a}$$
بالاسقاط على (oz) :
$$\Rightarrow P - \Pi - f = m.a$$
$$\Rightarrow m.g - \rho_a . V_s . g - k.v = m.\frac{dv}{dt}$$
$$\Rightarrow \left(m.\frac{dv}{dt} + k.v = m.g - \rho_a . V_s . g\right) \times \frac{1}{m}$$
$$\Rightarrow \frac{dv}{dt} + \frac{k}{m}v = g - \rho_a \left(\frac{V_s}{m}\right).g.\frac{1}{\rho_s}$$
$\rho = m/V$
$$\Rightarrow \frac{dv}{dt} + \frac{k}{m}v = g - \frac{\rho_a}{\rho_s}.g$$
$$\Rightarrow \boxed{\frac{dv}{dt} + \frac{k}{m}v = g\left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_s}\right)}$$

②



$$\sum \vec{F}_{ext} = m.\vec{a}$$
$$\Rightarrow \vec{P} + \vec{f} = m.\vec{a}$$
بالاسقاط على (oz) :
$$\Rightarrow P - f = m.a$$
$$\Rightarrow mg - k.v = m.\frac{dv}{dt}$$
$$\Rightarrow \left(m.\frac{dv}{dt} + k.v = mg\right) \times \frac{1}{m}$$
$$\Rightarrow \boxed{\frac{dv}{dt} + \frac{k}{m}v = g}$$

$a_0 = ?$ — ج

لدينا ① : $\frac{dv}{dt} + \frac{k}{m}v = g\left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_s}\right)$ ✓

$t=0$ ⟹ $\left.\frac{dv}{dt}\right|_{t=0} + \frac{k}{m}\cancel{v(t=0)}^{0} = g\left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_s}\right)$

$$\Rightarrow \boxed{a_0 = g\left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_s}\right)}$$ ✓

لدينا ② : $\frac{dv}{dt} + \frac{k}{m}v = g$ ×

$t=0$ ⟹ $\left.\frac{dv}{dt}\right|_{t=0} + \frac{k}{m}\cancel{v(t=0)}^{0} = g$

$$\Rightarrow \boxed{a_0 = g} \simeq 9{,}8\ m/s^2 .$$

الأستاذ العلوم الفيزيائية
زدون محمد الأمين

(2

$$a_0 = \left.\frac{dv}{dt}\right|_{t=0} = \frac{6-0}{0,75-0}$$

$$\Rightarrow a_0 = 8\ m/s^2 \neq g$$

• إذن: التمثيل ① هو التمثيل الصحيح.

(3 من البيان: $v_{lim} = 6\ m/s$.

(4 لدينا:

$$\frac{dv}{dt} + \frac{k}{m}.v = g\left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_s}\right)$$

في النظام الدائم: $v_{lim} = ?$

$$\Rightarrow \frac{dv_{lim}}{dt}^{\to 0} + \frac{k}{m}v_{lim} = g\left(1 - \frac{\rho_a}{\rho}\right)$$

$$\Rightarrow \frac{k}{m}v_{lim} = g\left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_s}\right)$$

$$\Rightarrow v_{lim} = \frac{m.g}{k}\left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_s}\right) \quad \left| \frac{\rho_a}{\rho_s} = \rho_a.\frac{1}{\rho_s} = \rho_a.\frac{V_s}{m} \right.$$

$$\Rightarrow \boxed{v_{lim} = \frac{m.g}{k}\left(1 - \rho_a.\frac{V_s}{m}\right)}$$

ومنه:

$$\Rightarrow k = \frac{m.g}{v_{lim}}\left(1 - \rho_a.\frac{V_s}{m}\right)$$

$$\Rightarrow k = \frac{2,6\times10^{-3}\times9,8}{6}\left(1 - 1,3\times\frac{3,6\times10^{-4}}{2,6\times10^{-3}}\right)$$

$$\Rightarrow k = 3,48\times10^{-3}\ kg.s^{-1}$$

الأستاذ العلوم الفيزيائية
زدون محمد الأمين

الأستاذ العلوم الفيزيائية
زدون محمد الأمين

(5

$\sum F_{ext} = m.a$ ← مجموعة القوى

$P - \pi - f = m.a$

01 b | 02 b

عند $t = 1,5s$

01 b

$\cdot P - \pi - f = m.g - \rho_a . V_s . g - k.v(t=1,5)$

$\cdot P - \pi - f = 2,6\times10^{-3}\times9,8 - 1,3\times3,6\times10^{-4}\times9,7 - 3,48\times10^{-3}\times5,2$

$\Rightarrow P - \pi - f = 2,79\times10^{-3}\,N$

02 b

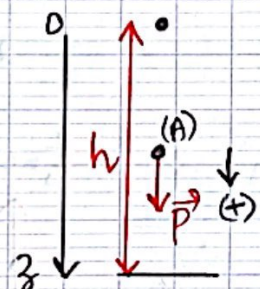
$\cdot m.a(t=1,5) = m.\left.\frac{dv}{dt}\right|_{t=1,5s}$

$= 2,6\times10^{-3}\times\frac{5,2-3,6}{1,5-0}$

$\cdot m.a(t=1,5) = 2,77\times10^{-3}\,N$

حل التمرين (03):

الوحدة 01 ، /1



/2 ، الجملة المدروسة: كرية (A).

- المرجع: سطحي أرضي.
- تطبيق القانون II لنيوتن:

$\sum \vec{F}_{ext} = m.\vec{a}$

$\Rightarrow \vec{P} = m.\vec{a}$

بالاسقاط على (oz):

$\Rightarrow P = m.a_z$

$\Rightarrow m.g = m.\frac{dv_z}{dt}$

$\Rightarrow \frac{dv_z}{dt} = g$

الأستاذ العلوم الفيزيائية
زدون محمد الأمين

- $a \times v > 0$ حركة مستقيمة متسارعة بانتظام.

$$z(t) = \frac{1}{2}\vec{g}t^2 + \vec{v_0}t + \vec{z_0} \qquad /3$$

$$\Rightarrow z(t) = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2}\times 9{,}8\,t^2$$

$$\Rightarrow \boxed{z(t) = 4{,}9t^2}$$

$$\Rightarrow h = 4{,}9t_A^2 = 4{,}9 \times 0{,}4^2$$

$$\Rightarrow \boxed{h = 0{,}784\ m}$$

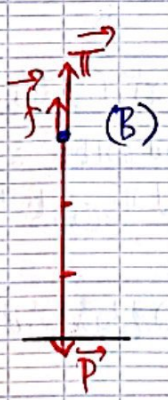
/4 لدينا : $a = g$ مقدار ثابت بالنسبة لكل جسم يسقط سقوط شاقوليا في الفراغ أي لا يتعلق بكتلته m.

التمرين 02 :

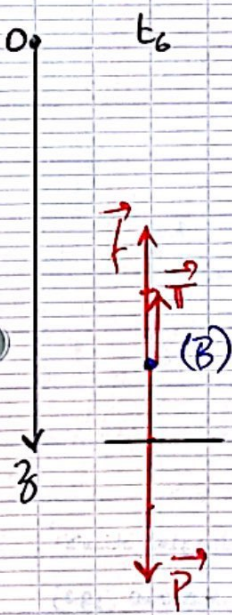
/1

$t_0 = 0$ $(v_0 = 0)$

$t_1 = 0{,}16s$



t_6



$\vec{P} = m \times \vec{g}$ ✓

$\vec{\Pi} = \rho_s V_s \vec{g}$ ✓

$\vec{f} = k \cdot \vec{v}$ ✗

الأستاذ العلوم الفيزيائية

زدون محمد الأمين

/2 • الجملة المدروسة: كرية (B)
• المرجع: سطالي سطحي أرضي.
• بتطبيق القانون الثاني لنيوتن:

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\cdot\vec{a}$$
$$\Rightarrow \vec{P}+\vec{\Pi}+\vec{f} = m\vec{a}$$

بالإسقاط على (Oz):

$$\Rightarrow P-\Pi-f = m\,a_z$$
$$\Rightarrow m.g - \rho_a.V_s.g - k.v_z = m.\frac{dv_z}{dt}$$
$$\Rightarrow \left(m.\frac{dv_z}{dt} + k.v_z = m.g - \rho_a.V_s.g\right)\times 1/m$$
$$\Rightarrow \frac{dv_z}{dt} + \frac{k}{m}v_z = g - \rho_a\left\{\frac{V_s}{m}\right\}.g \qquad \left(\rho_s = \frac{m_s}{V_s}\right)$$

$\frac{V_s}{m} = 1/\rho_s$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{dv_z}{dt} + \frac{k}{m}v_z = g\left(1-\frac{\rho_a}{\rho_s}\right)}$$

/3 • التسارع النظري $(a_{th})_{t=0}$ نعتمد على العلاقة.

$$t=0 \Rightarrow \frac{dv_z}{dt}\Big|_{t=0} + \frac{k}{m}\underbrace{v_z(t=0)}_{0} = g\left(1-\frac{\rho_a}{\rho_s}\right).$$
$$\Rightarrow a_{th}(0) = g\left(1-\frac{\rho_a}{\rho_s}\right). \qquad \frac{\rho_a}{\rho_s} = \rho_a\frac{1}{\rho_s} = \rho_a.\frac{V_s}{m}.$$
$$\Rightarrow a_{th}(0) = 9{,}8\left(1-1{,}3\times\frac{2{,}57\times10^{-6}}{6\times10^{-3}}\right)$$
$$\Rightarrow a_{th}(0) \simeq 9{,}8\ m/s^2.$$

• التسارع التجريبي $(a_{exp})_{t=0}$ نعتمد على البيان.

$$a_{exp}(0) = \frac{dv_z}{dt}\Big|_{t=0} = \frac{1{,}565-0}{0{,}16-0} \Rightarrow a_{exp}(0) \simeq 9{,}8\ m/s^2$$

ومنه: $a_{th}(0) \simeq a_{exp}(0)$

التمرين 2: ظواهر ميكانيكية

$$\frac{dv_z}{dt} + \frac{k}{m} v_z = g\left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_s}\right) \quad : \text{لدينا} \quad /4$$

في النظام الدائم: $v = v_{lim}$

$$\Rightarrow \frac{dv_{lim}}{dt}^{0} + \frac{k}{m} v_{lim} = g\left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_s}\right)$$

$$\Rightarrow k = \frac{g.m}{v_{lim}} \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_s}\right) \quad ; \frac{\rho_a}{\rho_s} = \rho_a \cdot \frac{1}{\rho_s} = \rho_a \cdot \frac{V_s}{m}$$

$$\Rightarrow k = \frac{g.m}{v_{lim}} \left(1 - \rho_a \cdot \frac{V_s}{m}\right)$$

$$\Rightarrow k = \frac{9,8 \times 6 \times 10^{-3}}{1,565} \left(1 - 1,3 \times \frac{2,57 \times 10^{-6}}{6 \times 10^{-3}}\right)$$

$$\Rightarrow k = 37,55 \times 10^{-3} \ kg.s^{-1}$$

$f = k.v$ ← شدة قوة الاحتكاك المطبقة

$$\Rightarrow \tau = \frac{m}{k} \quad \text{ب-2: } \checkmark$$

$$\Rightarrow k = \frac{m}{\tau} = \frac{6 \times 10^{-3}}{0,16}$$

$$\Rightarrow k = 37,5 \times 10^{-3} \ kg.s^{-1}$$

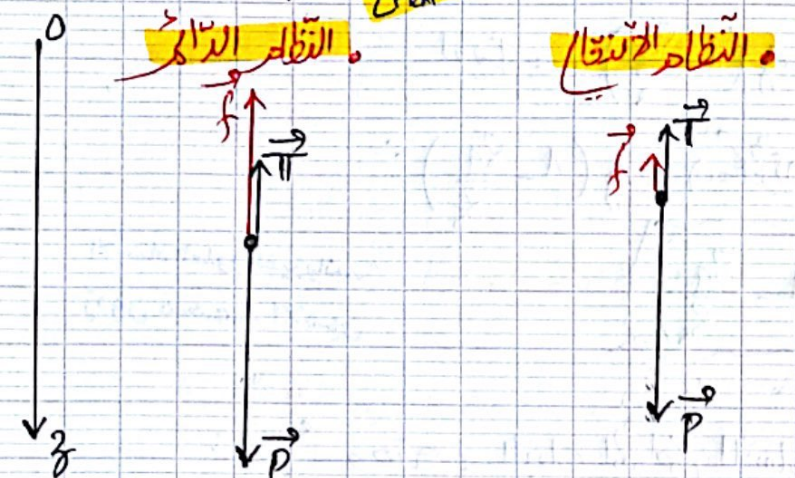
$t_A = 0,40s < t_B = 1,1s$: لدينا /5

- يعود هذا الاختلاف إلى أن الكرة (B) تخضع لقوة إحتكاك $\vec{f}$ مع الهواء.

الأستاذ العلوم الفيزيائية
زدون محمد الأمين

الأستاذ العلوم الفيزيائية
زدون محمد الأمين

✱ حل التمرين (04) : /1



$f = k.v^2$ ✓

الأستاذ العلوم الفيزيائية
زدون محمد الأمين

/2 • الجملة المدروسة : كرية مطاطية.
• المرجع : مخبري سطحي أرضي.
• بتطبيق القانون II لنيوتن :
• بالاسقاط على (oz) :

$\sum \vec{F}_{ext} = m.\vec{a}$

$\Rightarrow \vec{P} + \vec{\Pi} + \vec{f} = m.\vec{a}$.

$\Rightarrow P - \Pi - f = m.a$.

$\Rightarrow m.g - \rho_a V_s . g - k.v^2 = m.\frac{dv}{dt}$.

$\Rightarrow \left(m.\frac{dv}{dt} + k.v^2 = m.g - \rho_a . V_s . g \right) \times \frac{1}{m}$.

$\Rightarrow \frac{dv}{dt} + \frac{k}{m}v^2 = g - \rho_a \left\{\frac{V_s}{m}\right\} . g$ $\quad (\rho_s = m/V_s)$

$\Rightarrow \boxed{\frac{dv}{dt} + \frac{k}{m}v^2 = g\left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_s}\right)}$

الأستاذ العلوم الفيزيائية
زدون محمد الأمين

$t=0 \Rightarrow \underline{a_0} = ?$ -أ /3

لدينا : $\frac{dv}{dt} + \frac{k}{m}v^2 = g\left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_s}\right)$

$t=0 \Rightarrow \left.\frac{dv}{dt}\right|_{t=0} + \frac{k}{m}\overset{0}{\cancel{v^2}}_{(t=0)} = g\left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_s}\right)$

$\Rightarrow \boxed{a_0 = g\left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_s}\right)}$

الأستاذ العلوم الفيزيائية
زدون محمد الأمين

وعليه : البيان الموافق للتسارع هو البيان (2).

ب - من البيان : $v_{lim} = 8\ m/s$

ج - لدينا : $\frac{dv}{dt} + \frac{k}{m}v^2 = g\left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_s}\right)$

في النظام الدائم : $v = v_{lim}$.

$\Rightarrow \overset{0}{\cancel{\frac{dv_{lim}}{dt}}} + \frac{k}{m}v_{lim}^2 = g\left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_s}\right)$

$\Rightarrow \frac{k}{m}v_{lim}^2 = g\left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_s}\right)$.

$\Rightarrow v_l^2 = g \cdot \frac{m}{k}\left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_s}\right)$. $\left\{\frac{\rho_a}{\rho_s} = \rho_a \cdot \frac{1}{\rho_s} = \rho_a \cdot \frac{V_s}{m}\right.$

$\Rightarrow v_l^2 = g\frac{m}{k}\left(1 - \rho_{air} \cdot \frac{V}{m}\right)$

$\Rightarrow v_l^2 = \frac{g}{k}\left(m - \rho_{air} \cdot V\right)$

$\Rightarrow \boxed{v_l = \sqrt{\frac{g}{k}\left(m - \rho_{air} \cdot V\right)}}$ ✓

الأستاذ العلوم الفيزيائية
زدون محمد الأمين

$$v_l^2 = \frac{g}{k}(m - \rho_{air} V) \cdot$$ حساب k.

$$\Rightarrow k = \frac{g}{v_l^2}(m - \rho_{air} V)$$ $\quad cm \xrightarrow{\times 10^{-2}} m$

$$\Rightarrow k = \frac{9,8}{8^2}\left(3\times10^{-3} - 1,3 \times \frac{4}{3} \times 3,14 \times (1,5\times10^{-2})^3\right)$$

$$\Rightarrow k = 4,56 \times 10^{-4}\ kg.m^{-1}.$$

الأستاذ العلوم الفيزيائية
زدون محمد الأمين