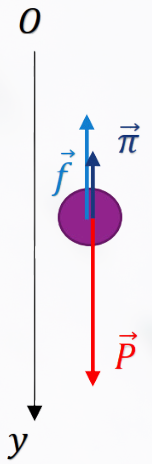



## 1. القوى المؤثرة على جسم صلب يسقط شاقوليا:

يخضع الجسم الصلب الذي يسقط شاقوليا في الهواء إلى ثلاث قوى هي:

- ثقل الجسم $\vec{P}$: وهي قوة شاقولية موجهة نحو الأسفل قيمتها ثابتة خلال الزمن $P = m.g$.
- دافعة أرخميدس $\vec{\pi}$: يطبقها الهواء ذو الكتلة الحجمية على جسم حجمه مغمور كليا في الهواء $\pi = \rho_{air}.V.g$
- قوة الاحتكاك الناتجة عن الهواء $\vec{f}$: قوة شاقولية، دائما موجهة في اتجاه معاكس للحركة، تتغير قيمتها أثناء الحركة لأنها تتعلق بسرعة الجسم.

إذا كانت قيم السرعة ضعيفة، فإن عبارة قوة الاحتكاك تعطى بالعلاقة: $\vec{f} = -k.\vec{v}$

- إذا كانت قيم السرعة متوسطة، فإن عبارة قوة الاحتكاك تعطى بالعلاقة: $\vec{f} = -k.v^2.\vec{u}$

## 2. المعادلة التفاضلية لحركة السقوط الشاقولي لجسم صلب في الهواء:

الجملة المدروسة: الجسم الصلب.

- مرجع الدراسة: المرجع الأرضي الذي نعتبره عطاليا (مدة سقوط الكرة صغيرة بالنسبة لمدة اليوم).
- القوى المطبقة على الجسم الصلب: يخضع الجسم الصلب أثناء سقوطه إلى ثلاث قوى: الثقل $\vec{P}$، دافعة أرخميدس $\vec{\pi}$ وقوة الاحتكاك $\vec{f}$.

### 1-2. حالة الاحتكاك $f = k.v$:

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على مركز عطالة الجملة:

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

$$\vec{P} + \vec{\pi} + \vec{f} = m.\vec{a} \ ...(1)$$

نسقط العلاقة $(1)$ على المحور $\overrightarrow{Oy}$ الموجه محور الحركة:

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

ونعلم أن:

$$\begin{cases} a = \dfrac{dv}{dt} \\ f = k.v \\ P = m.g \end{cases}$$

ومنه:

$$m.g - \pi - k.v = m.\frac{dv}{dt}$$

وعليه:

$$\boldsymbol{\frac{dv}{dt} + \frac{k}{m}.v = g - \frac{\pi}{m}}$$

### 2-2. حالة الاحتكاك $f = k.v^2$:

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على مركز عطالة الجملة:

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

$$\vec{P} + \vec{\pi} + \vec{f} = m.\vec{a} \ ...(1)$$

نسقط العلاقة $(1)$ على المحور $\overrightarrow{Oy}$ الموجه محور الحركة:

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

ونعلم أن:

$$\begin{cases} a = \dfrac{dv}{dt} \\ f = k.v^2 \\ P = m.g \end{cases}$$

ومنه:

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

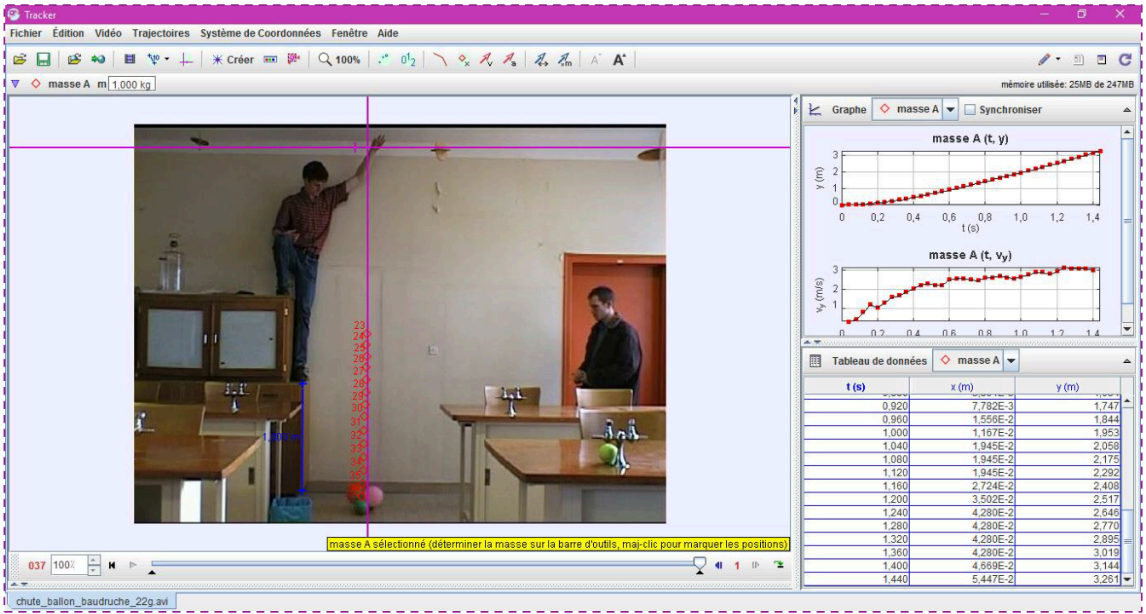
وعليه:

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

## 3. الدراسة التجريبية للسقوط الشاقولي لجسم صلب في الهواء:

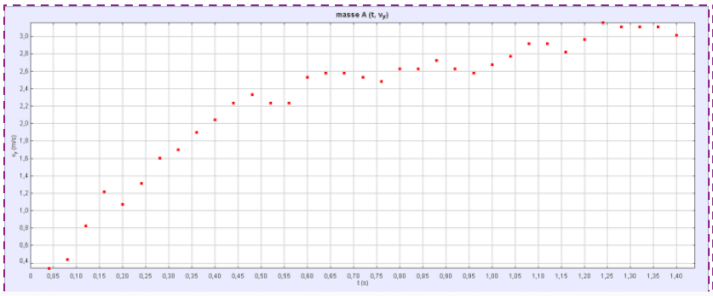
### 3-1. السقوط الشاقولي لجسم صلب في مائع بوجود قوى الاحتكاك:

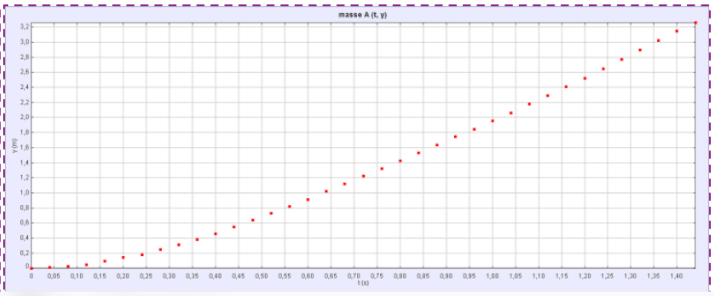
- معالجة شريط الحركة عن طريق برنامج *Tracker*:




1. مثل المنحنيات $y = f(t)$ و $v = f(t)$.

- تمثيل المنحنى $v = f(t)$:




2. حدد مراحل حركة الجملة.

- تحديد مراحل حركة الجملة:

نميز نظامين:

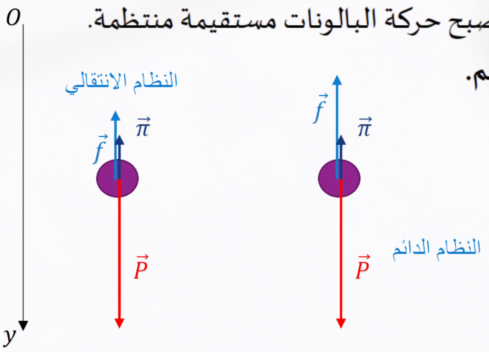
- نظام انتقالي: تزداد فيه السرعة بشكل سريع في البداية ثم أقل فأقل بمرور الزمن.
- نظام دائم: عندما تبلغ السرعة قيمة حدية $v_L$ تبقى ثابتة وتصبح حركة البالونات مستقيمة منتظمة.

3. ما هي القوى المؤثرة على الجملة أثناء حركتها؟ مثلها على رسم.

تحديد وتمثيل القوى المؤثرة على الجملة أثناء حركتها:

القوى المؤثرة هي:

- الثقل $\vec{P}$.
- دافعة أرخميدس $\vec{\pi}$.
- قوى الاحتكاك $\vec{f}$.



حيث $A$ و $B$ مقداران ثابتان.

- إيجاد المعادلة التفاضلية:

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على مركز عطالة الجملة:

$$\sum \vec{F}_{ext} = m.\vec{a}$$
$$\vec{P} + \vec{\pi} + \vec{f} = m.\vec{a} \dots (1)$$

نسقط العلاقة $(1)$ على المحور $\overrightarrow{Oy}$ الموجه محور الحركة:

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

ونعلم أن:

$$\begin{cases} a = \dfrac{dv}{dt} \\ f = k.v \\ P = m.g \end{cases}$$

ومنه:

$$m.g - \pi - k.v = m.\frac{dv}{dt}$$

وعليه:

$$\boldsymbol{\frac{dv}{dt} + \frac{k}{m}.v = g - \frac{\pi}{m}}$$

حيث:

$$\boldsymbol{A = g - \frac{\pi}{m} \quad B = \frac{k}{m}}$$

**ب- أوجد عبارة السرعة الحدية $v_L$.**

إيجاد عبارة السرعة الحدية $v_L$:

في النظام الدائم تصبح حركة مركز عطالة الجملة مستقيمة منتظمة وعندها ينعدم التسارع وتبلغ السرعة قيمة حدية $v_L$.

$$B.v_L = A$$

منه:

$$v_L = \frac{A}{B} = \frac{m.g - \pi}{k}$$

نعلم أن:

$$\begin{cases} \pi = \rho_{air}.V.g \\ m = \rho.V \end{cases}$$

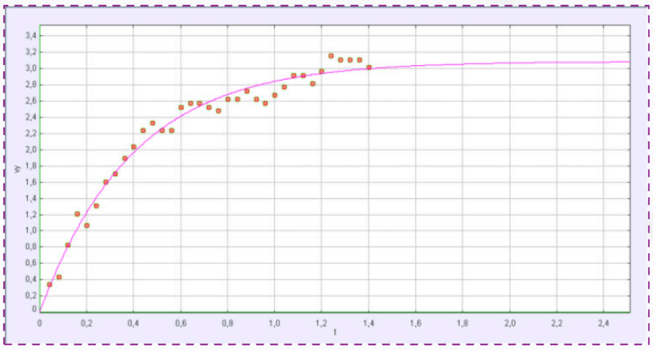
ومنه:

$$v_L = \frac{m.g - \rho_{air}.V.g}{k} = \frac{m.g - \rho_{air}.\frac{m}{\rho}.g}{k}$$

وعليه:

$$\boldsymbol{v_L = \frac{m.g}{k}\left(1 - \frac{\rho_{air}}{\rho}\right)}$$

5. ينمذج المنحنى $v = f(t)$ في برنامج $Tracker$ وفق دالة أسية متزايدة.



أ- حدد قيمة السرعة الحدية $v_L$.

تحديد قيمة السرعة الحدية $v_L$:

$$v_L = 3,04\ m/s$$

ب- حدد بيانيا قيمة $\tau$.

- تحديد قيمة $v_L$ بيانيا:

$$\tau = 0,4\ s$$

6. أحسب قيمة التسارع الابتدائي $a_0$ ثم استنتج شدة دافعة أرخميدس $\vec{\pi}$.

- تحديد قيمة التسارع الابتدائي $a_0$:

نعلم أن:

$$a_0 = \frac{v_L}{\tau} = \frac{3{,}04}{0{,}4} = 7,6\ m.s^{-2}$$

- استنتاج شدة دافعة أرخميدس $\vec{\pi}$:

عند اللحظة $t = 0$ نعلم أن:

$$\begin{cases} a = a_0 \\ v = 0 \\ f = 0 \end{cases}$$

بالاعتماد على المعادلة التفاضلية السابقة:

$$m \times \mathrm{g} - \pi = m \times a_0$$
$$\pi = m(\mathrm{g} - a_0) = 22 \times 10^{-3} \times (9{,}8 - 7{,}6) = 4,84 \times 10^{-4}\ N$$

7. أحسب قيمة $k$.

- حساب قيمة $k$:

لدينا:

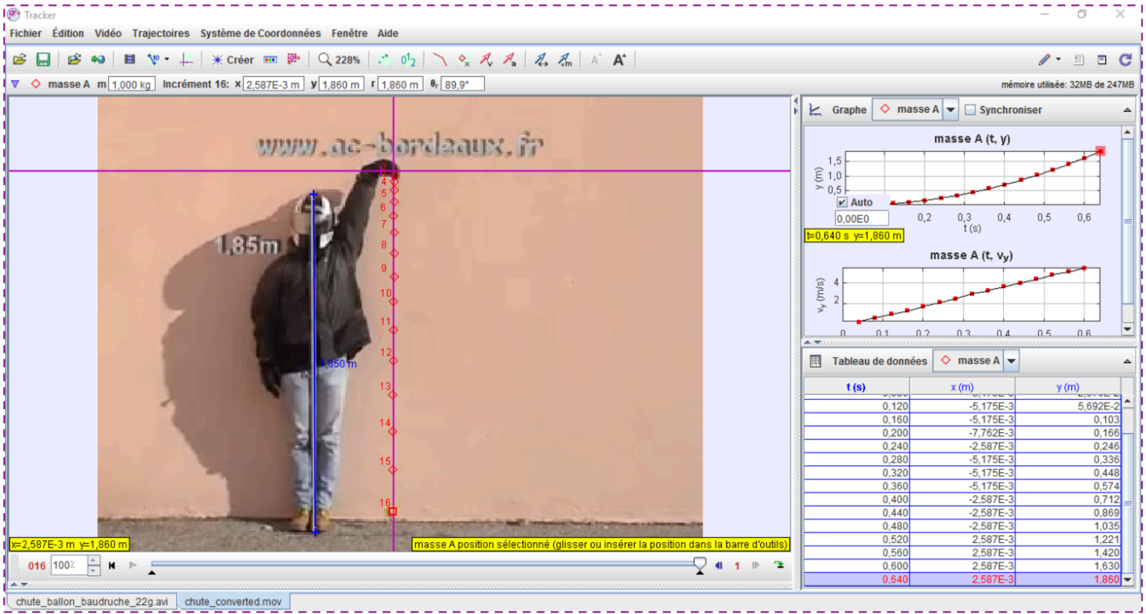
$$\tau = \frac{m}{k}$$

وعليه:

$$k = \frac{m}{\tau} = \frac{22 \times 10^{-3}}{0{,}4} = 5,5 \times 10^{-2}\ {kg}/{s}$$

## 2-3. السقوط الشاقولي لجسم صلب في مائع بإهمال قوى الاحتكاك (السقوط الحر):

- معالجة شريط الحركة عن طريق برنامج *Tracker*:



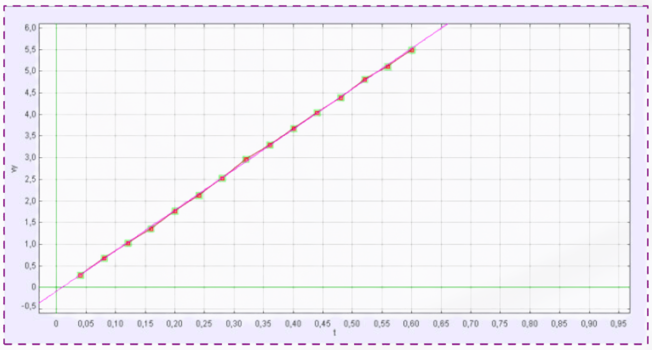

1. عرف السقوط الحر.

- تعريف السقوط الحر:

نقول عن جسم أنه يسقط سقوطا حرا عندما يكون خاضعا قوة ثقله فقط. ولا يتحقق هذا الشرط إلا عندما يسقط الجسم في الفراغ.

2. مثل المنحنى البياني الممثل لتغيرات سرعة الكرة بدلالة الزمن $v = f(t)$. ما هي طبيعة حركة الكرة؟

- تمثيل المنحنى $v = f(t)$:



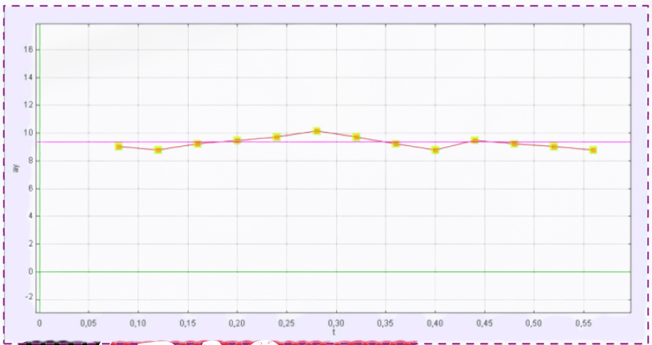
- البيان عبارة خط مستقيم يمر من المبدأ معادلته من الشكل:

$$v = a.t$$

بحيث: $a \approx 9{,}741\ m.s^{-2}$

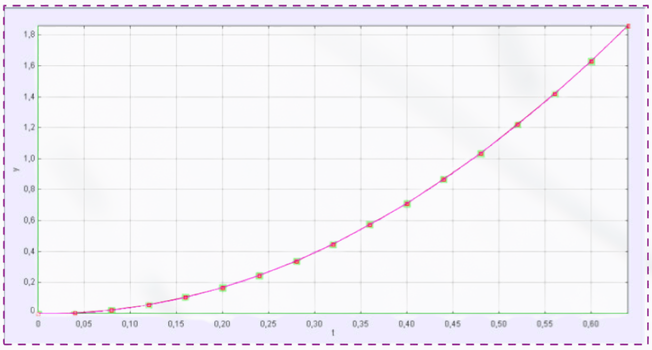
3. مثل المنحنى البياني الممثل لتغيرات تسارع الحركة بدلالة الزمن $a = f(t)$. ناقش البيان.

تمثيل المنحنى $a = f(t)$:



- البيان عبارة عن خط مستقيم موازي لمحور الزمن، ويقطع محور التراتيب في النقطة: $a \approx 9{,}741\ m.s^{-2}$
- تسارع الحركة ثابت إذن حركة مركز عطالة الكرة حركة مستقيمة متغيرة بانتظام.

4. مثل المنحنى البياني الممثل لتغيرات الفاصلة بدلالة الزمن $y = f(t)$. ناقش البيان.



تمثيل المنحنى $y = f(t)$:

- البيان عبارة عن نصف قطع مكافئ.
- إيجاد عبارته الرياضية:

نعلم أن:

$$v = \frac{dy}{dt}$$

منه:

$$dy = v.dt$$

ومن جهة أخرى لدينا:

$$v = a.t$$

منه:

$$dy = a.t.dt$$

بمكاملة طرفي المعادلة السابقة:

$$\int dy = a.\int t.dt$$

ومنه:

$$y = \frac{1}{2}a.t^2 + y_0$$

حيث $y_0$ مقدار ثابت يحدد من الشروط الابتدائية.

$$t = 0 \rightarrow y = 0$$

$$\boldsymbol{y = \frac{1}{2}a.t^2}$$

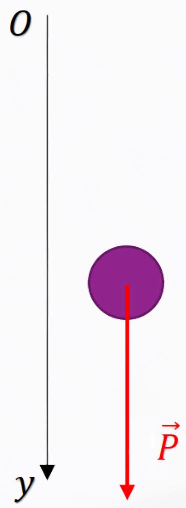
5. أ- ما هو المرجع المستعمل لدراسة حركة الكرة؟ هل يمكن اعتباره مرجعا غاليليا؟ علل.

تحديد المرجع المختار لدراسة الحركة:

هو المرجع الس طحي الأرضي وحقل الجاذبية فيه ثابتا في منطقة الحركة. بما أن مدة التجربة قصيرة جدا فنعتبر هذا المرجع غاليليا خلال مدة التجربة.

ب- مثل القوى المؤثرة على الكرة.

تمثيل القوى المؤثرة على الكرة:




6. بتطبيق القانون الثاني لنيوتن أدرس حركة مركز عطالة الكرة واستنتج قيمة تسارع الجاذبية الأرضية في مكان التجربة.

- دراسة حركة مركز عطالة الكرة، واستنتاج قيمة تسارع الجاذبية الأرضية:

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن:

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

منه:

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

وعليه:

$$m.\vec{g} = m.\vec{a}$$

إذن:

$$\vec{g} = \vec{a}$$

بإسقاط العبارة السابقة على محور الحركة $(OY)$:

$$\mathbf{g = a}$$

بما أن $a = C^{ste}$ ، $a \times v > 0$ والمسار مستقيم، إذن الحركة مستقيمة متسارعة بانتظام.

7. **أوجد المعادلة التفاضلية للحركة.**

- المعادلة التفاضلية للحركة:

$$\frac{dv}{dt} = g$$