

تطبيقات: السقوط الرأسي الحر لجسم صلب.
Application: chute verticale libre d'un solide.

I - مجال الثقالة.

1 - وزن جسم

وزن جسم أو قوة الثقالة هو قوة التجاذب التي تطبقها الأرض على الجسم عندما يكون في مجال جاذبيتها:

2 - مجال الثقالة

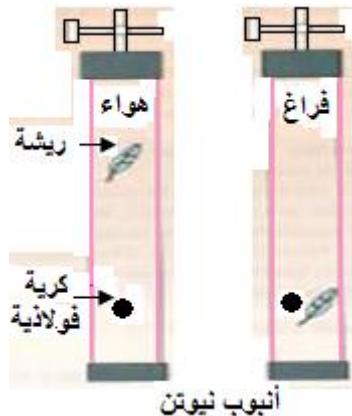
هو خارج قسمة وزن جسم على كتلته:

يتميز مجال الثقالة بـ:

✓ اتجاه: رأسي؛

✓ منحى: نحو الأرض؛

✓ منظم: يتعلق بالمكان وبالارتفاع وحدته $N \cdot Kg^{-1}$.



II - حركة السقوط الحر

1 - تجربة أنبوب نيوتن

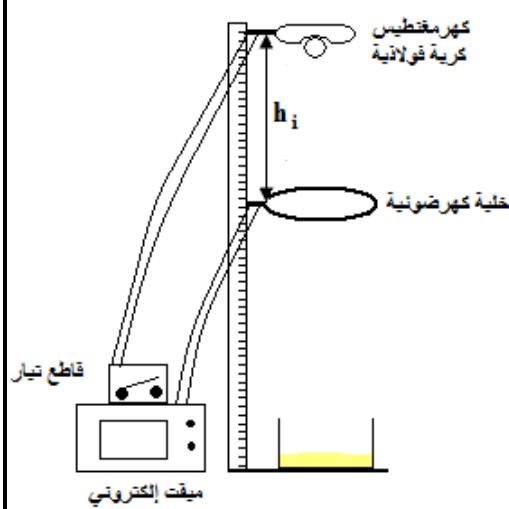
تبرز تجربة أنبوب نيوتن أن الأجسام المادية تسقط في الفراغ، وفي نفس المكان، وفق نفس الحركة: تسمى حركة السقوط الحر.

2 - تعريف السقوط الحر.

السقوط الحر لجسم صلب هو سقوط تحت تأثير وزنه فقط.

ويتم ذلك في الفراغ المطلق وفي الهواء عندما يكون شكل الجسم انسيابياً وكثافته عالية بحيث يمكن إهمال تأثير الهواء عليه.

وعندما يكون المسار رأسياً نقول إن السقوط الحر رأسي (ونحصل عليه إذا كانت السرعة البدئية للجسم منعدمة أو متجهة رأسياً).



III - دراسة السقوط الحر لجسم صلب

1 - نشاط تجريبي

الهدف: البحث عن العلاقة بين السرعة اللحظية V والمدة الزمنية للسقوط t ، وعن الدالة $(t^2)^Z$ المميزة للسقوط الحر بدون سرعة بدئية.

العدة التجريبية: مسطرة رأسية مدرجة، كهرمغناطيسي ودارته الكهربائية مزودة بقاطع تيار، كرية فولاذية كتلتها m ، خلية كهرضوئية مرتبطة بميقت رقمي.

2 - المناولة:

- يبقى الكهرمغناطيسي الكرية في الموضع الأعلى.

- فتح قاطع التيار فتسقط الكرية رأسياً بدون سرعة بدئية.

- يبدأ اشتغال الميقت عند مرور الكرية أمام الخلية الكهرضوئية فتحصل على $V = \frac{d}{\Delta t}$.

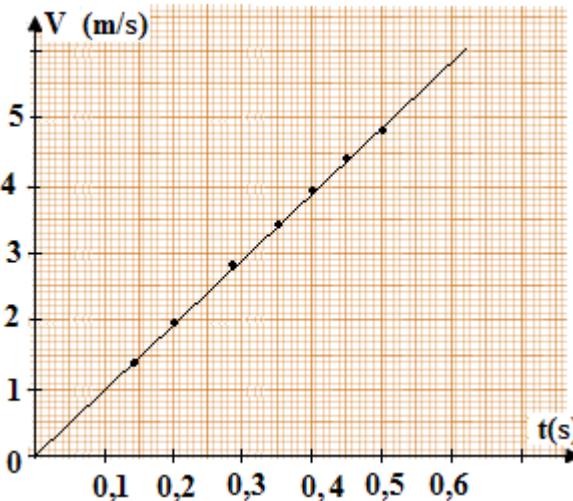
- نحسب السرعة V عند ارتفاع h بالعلاقة: $V = \frac{d}{\Delta t}$ بحيث d قطر الكرية .

يمثل الجدول جانبه مثلاً لقياسات محصل عليها:

الارتفاع (m)	التاريخ (ms)	السرعة ($m.s^{-1}$)
1,2	1,1	1,0
494,90	473,47	451,02
4,85	4,46	4,42
0,8	404,08	3,96
0,6	350,00	3,43
0,4	285,71	2,80
0,2	202,04	1,98
0,1	142,85	1,40

3 - استثمار

- 1 - مثل منحنى تطور V بدلالة الزمن t ، ثم عين مبيانيا المعامل الموجة K للمنحنى المحصل عليه. ما المدلول الفيزيائي لهذا المعامل؟
- 2 - قارن بين قيمي K و g شدة التفالة. نأخذ: $g = 9,8 \text{ N.Kg}^{-1}$.
- 3 - نعتبر معلوماً متعمداً ومممنظماً $R(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ محوره (O, \vec{k}) رأسي ومنحاه نحو الأسفل، ويوجد أصله في المستوى الأفقي الذي يشمل موضع G عند اللحظة $t_0 = 0$.
- أ - بين أن الأنسب z لمركز قصور الكرينة أثناء سقوطها يحقق المعادلة التفاضلية: $\ddot{z} = cte$
- ب - أعط التعبير الحرفي لحل هذه المعادلة.
- ج - انطلاقاً من قيمة h ، تحقق من حل المعادلة التفاضلية.
- 4 - بتطبيق القانون الثاني لنيوتون على حركة G مركز قصور الكرينة أوجد من جديد المعادلة التفاضلية (1). نعتبر أن الكرينة تخضع لتأثير وزنها فقط.



1 - المنحنى المحصل خطى يمر من أصل المعلم معادلته:

$$k = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} = \frac{4,85 - 0}{0,49 - 0} = 9,89 \text{ m.s}^{-2}$$

يشكل المعامل الموجة k للمنحنى $V = f(t)$ قيمة التسارع a_G للنقطة G .

2 - مقارنة: (1) $a_G = g$

$$V = gt$$

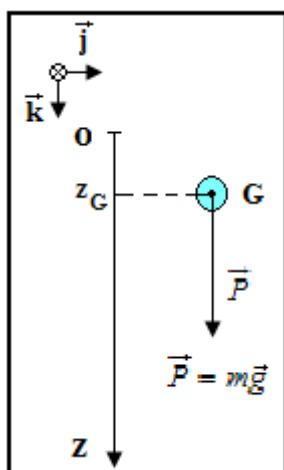
3 - أ - المعادلة التفاضلية لحركة G :

نسقط العلاقة (1) على المحور (O, \vec{k}) فنحصل على: $a_z = g = \frac{dV}{dt}$

$$\ddot{z} = g = cte$$

3 - ب - حل المعادلة:

$$\text{لدينا: } g = \ddot{z} \quad \text{بإنجاز عملية التكامل نحصل على: } z = \frac{1}{2} g \cdot t^2$$



تمثل هذه المتساوية المعادلة الزمنية لحركة مركز قصور الجسم الصلب على المحور (O, \vec{k}) .

3 - ج - مثلا: (0.1m , 0.143s) $z = \frac{1}{2} 9.8 \cdot (0.143)^2 = 0.1m$

4 - بتطبيق القانون الثاني لنيوتون على حركة G نكتب: $\vec{P} = m\vec{a}_G$

$$\vec{P} = mg$$

وبما أن: $\vec{P} = mg$

نستخلص أن: $\vec{a}_G = \vec{g}$

❖ العلاقة بين V و z :

$$\text{لدينا: } z = \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

$$V = gt$$

خلاصة:

► جميع الأجسام التي تطلق بدون سرعة بدئية لها نفس حركة السقوط الحر إذا خضعت لوزنها فقط.
وبما أن $\vec{a}_G = \vec{g}$ ثابتة في منطقة محددة من الفضاء، فإن حركة مركز القصور G مستقيمية متغيرة بانتظام.

► المعادلات الزمنية لحركة مركز قصور جسم صلب في سقوط رأسي حر بسرعة بدئية في معلم متعامد ومنتظم
محوره (O, \vec{k}) رأسي موجه نحو الأسفل هي:

$$a = g$$

$$V = g.t + V_0$$

$$z = \frac{1}{2} g.t^2 + V_0 t + z_0$$

a : إحداثية \vec{a}_G في المعلم R ؛

V : إحداثية \vec{V}_G في المعلم R ؛

V_0 : إحداثية \vec{V}_0 في المعلم R ؛

z : أنسوب G في المعلم R .

ملحوظة:

إذا كان المحور (O, \vec{k}) متوجها نحو الأعلى، تكتب المعادلات الزمنية لحركة مركز قصور جسم صلب في سقوط رأسي حر بدون سرعة بدئية في المعلم $R(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ كما يلي:

$$a_G = -g$$

$$V_G = -g.t$$

$$z_G = -\frac{1}{2} g.t^2$$

