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

I - مجال الثقالة.

1 - وزن جسم

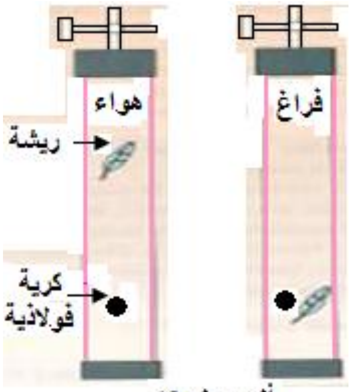
وزن جسم أو قوة الثقالة هو قوة التجاذب التي تطبقها الأرض على الجسم عندما يكون في مجال جاذبيتها: $\vec{P} = m.\vec{g}$

2 - مجال الثقالة

هو خارج قسمة وزن جسم على كتلته: $\vec{g} = \dfrac{\vec{P}}{m}$

يتميز مجال الثقالة بـ :

- ✓ اتجاه: رأسي؛
- ✓ منحى: نحو الأرض؛
- ✓ منظم: يتعلق بالمكان وبالارتفاع وحدته $N.Kg^{-1}$.



أنبوب نيوتن

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.

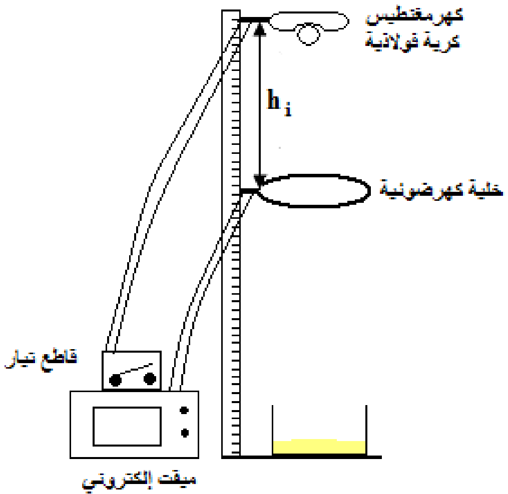
2 - تعريف السقوط الحر.

السقوط الحر لجسم صلب هوسقوط تحت تأثير وزنه فقط.

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

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

III - دراسة السقوط الحر لجسم صلب



1 - نشاط تجريبي

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

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

2 - المناولة:

- يبقي الكهرمغنطيس الكرية في الموضع الأعلى.
- نفتح قاطع التيار فتسقط الكرية رأسيا بدون سرعة بدئية.
- يبدأ اشتغال الميقت عند مرور الكرية أمام الخلية الكهرضوئية فنحصل على Δt عند الارتفاع h_i .
- نحسب السرعة V عند ارتفاع h بالعلاقة: $v = \dfrac{d}{\Delta t}$ بحيث d قطر الكرية .

يمثل الجدول جانبه مثالا لقياسات محصل عليها:

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

3 ـ استثمار

1 ـ مثل منحنى تطور V بدلالة الزمن t ، ثم عين مبيانيا المعامل الموجه K للمنحنى المحصل عليه. ما المدلول الفيزيائي لهذا المعامل؟

2 ـ قارن بين قيمتي K و g شدة الثقالة. نأخذ: $g = 9,8N.Kg^{-1}$.

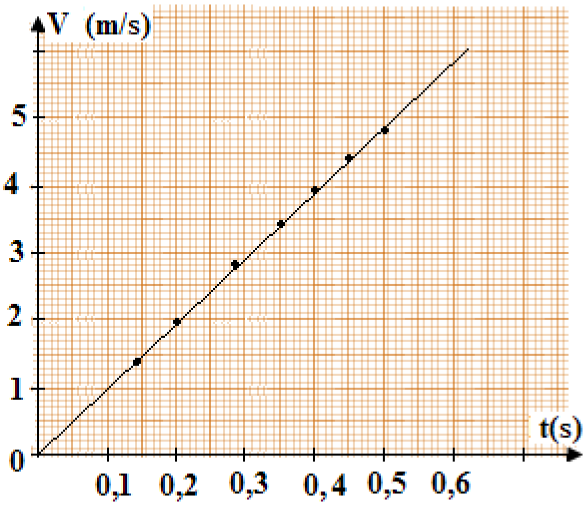
3 ـ نعتبر معلما متعامدا وممنظما $R(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$ ، محوره $(O,\vec{k})$ رأسي ومنحاه نحو الأسفل، ويوجد أصله في المستوى الأفقي الذي يشمل موضع G عند اللحظة $t_0 = 0$.

أ ـ بين أن الأنسوب z لمركز قصور الكرية أثناء سقوطها يحقق المعادلة التفاضلية: $\ddot{z} = cte$ (1)

ب ـ أعط التعبير الحرفي لحل هذه المعادلة.

ج ـ انطلاقا من قيم h ، تحقق من حل المعادلة التفاضلية.

4 ـ بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على حركة G مركز قصور الكرية أوجد من جديد المعادلة التفاضلية (1) . نعتبر أن الكرية تخضع لتأثير وزنها فقط.



1 ـ المنحنى المحصل خطي يمر من أصل المعلم معادلته: V = kt

$$k = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1}$$

$$= \frac{4,85 - 0}{0,49 - 0} = 9,89 m.s^{-2}$$

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

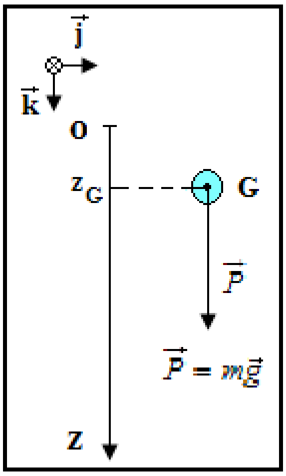
2 ـ مقارنة: $a_G = g$ (1)

وبالتالي: V = gt

3 ـ أ ـ المعادلة التفاضلية لحركة G :

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

أي: $\ddot{z} = g = cte$



3 ـ ب ـ حل المعادلة:

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

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

3 ـ ج ـ مثلا: (0.1m , 0.143s):

$$z = \frac{1}{2}9.8.(0.143)^2 = 0.1m$$

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

وبما أن: $\vec{P} = m\vec{g}$

نستخلص أن: $\vec{a}_G = \vec{g}$ أي: $\ddot{z} = g = cte$ $\xrightarrow{\text{التكامل}}$ $z = \frac{1}{2}g.t^2$

❖ العلاقة بين V و z :

لدينا: $\begin{cases} z = \frac{1}{2}g.t^2 \\ V = gt \end{cases}$ بإقصاء t من العلاقتين نحصل على: $V^2 = 2gz$

خلاصة:

➢ جميع الأجسام التي تطلق بدون سرعة بدئية لها نفس حركة السقوط الحر إذا خضعت لوزنها فقط.

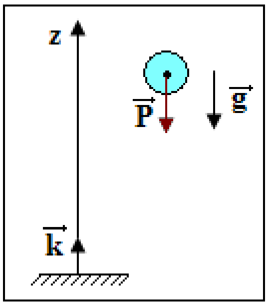
وبما أن $\vec{a}_G = \vec{g}$ ثابتة في منطقة محدودة من الفضاء، فإن حركة مركز القصور G مستقيمية متغيرة بانتظام.

➢ المعادلات الزمنية لحركة مركز قصور جسم صلب في سقوط رأسي حر بسرعة بدئية في معلم متعامد وممنظم $R(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$ محوره $(O,\vec{k})$ رأسي موجه نحو الأسفل هي:

$$\begin{aligned} a &= g \\ V &= g.t + V_0 \\ z &= \frac{1}{2}g.t^2 + V_0 t + z_0 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} a_G &= -g \\ V_G &= -g.t \\ z_G &= -\frac{1}{2}g.t^2 \end{aligned}$$