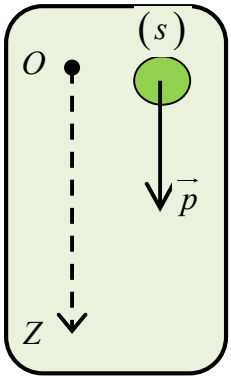
درس السقوط الحر للأجسام

تعريف : نقول عن جسم (s) ، كتلته m ومركز عطالته G ، أنه سقط : سقوطا حرا ، إذا كان خاضعا لثقله $\vec{p}$ فقط أثناء سقوطه .

- هو السقوط الذي يخضع فيه المتحرك لثقله فقط .



المعادلة التفاضلية للحركة وعبارة التسارع : بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على الجملة (s) في المرجع السطحي الأرضي الذي نعتبره غاليلي نجد : $\sum \overrightarrow{F_{ext}} = m\,\vec{a} \Rightarrow \vec{p} = m\,\vec{a}$

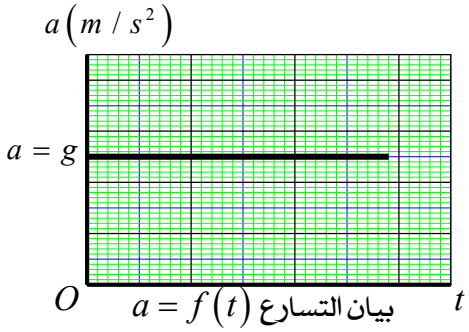
بالإسقاط وفق محور الحركة (oz) نجد : $p = m\,a \Leftrightarrow \cancel{m}\,g = \cancel{m}\,a$

نجد عبارة التسارع : $\boxed{a = g}$

طبيعة الحركة : الحركة مستقيمة متغيرة بانتظام

التعليل : لأن المسار مستقيم والتسارع ثابت

المعادلة التفاضلية للسرعة : $\boxed{\frac{dv}{dt} = g}$



المعادلات الزمنية للحركة

العبارة الزمنية للسرعة $v(t)$

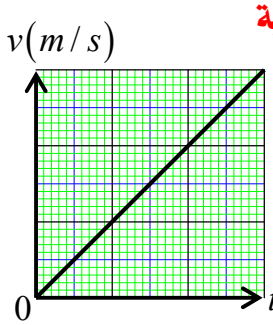
لدينا عبارة التسارع $a = \frac{dv}{dt} = g$

بالمكاملة بالنسبة للزمن وتطبيق الشروط الإبتدائية نجد

العبارة الزمنية للسرعة $\boxed{v(t) = g\,t + v_0}$

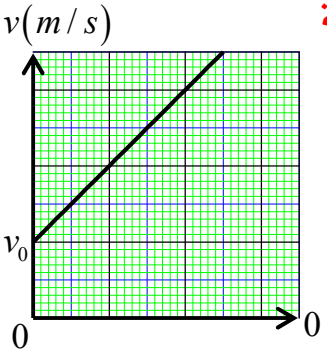
بيان السرعة بدلالة الزمن $v = f(t)$

1ـ في حالة سقوط بدون سرعة ابتدائية



$v_0 = 0$

2ـ في حالة سقوط بسرعة ابتدائية



$v_0 \neq 0$

العبارة الزمنية للموضع $z(t)$

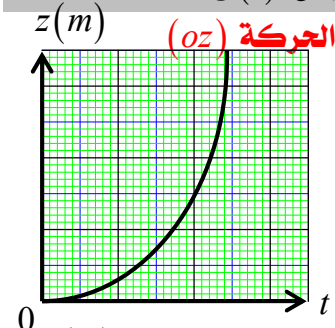
لدينا عبارة السرعة $v(t) = \frac{dz(t)}{dt} = g\,t + v_0$

بالمكاملة بالنسبة للزمن وتطبيق الشروط الإبتدائية نجد

عبارة الموضع الزمنية $\boxed{z(t) = \frac{1}{2}g\,t^2 + v_0\,t + z_0}$

بيان الموضع بدلالة الزمن $z = g(t)$

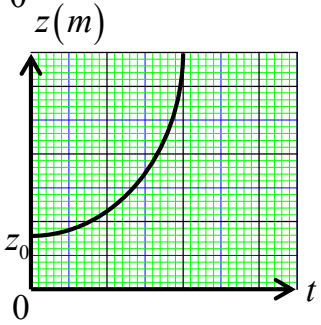
1ـ في حالة السقوط من بداية محور الحركة (oz)



أي $z_0 = 0$

الأستاذ خالد سعيدي للعلوم الفيزيائية

2ـ في حالة $z_0 \neq 0$

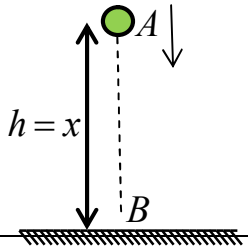


ملاحظات :

- يمكن استنتاج قيمة التسارع بيانيا من بيان السرعة $v(t)$ ، وذلك بحساب ميل البيان .
- يمكن استنتاج قيمة السرعة عندلحظة t من بيان الموضع $z = f(t)$ وذلك بحساب ميل المماس للمنحني عند نفس اللحظة .
- في حالة حركة مستقيمة متغيرة بانتظام تتحقق العلاقة $\boxed{v_B^2 - v_A^2 = 2ax}$

حيث في السقوط الحر مثلا : a التسارع يساوي تسارع الجاذبية $a = g$

x يمثل قيمة الارتفاع الذي سقط منه الجسم $x = AB = h$



تمرين تطبيقي محلول

نترك كرية كتلتها m تسقط في الهواء من ارتفاع h عن سطح الأرض دون سرعة ابتدائية .

1ـ نهمل دافعة أرخميدس ونعتبر مقاومة الهواء $f = kv$.

أ.مثل القوى الخارجية المؤثرة على الكرية .

ب.بتطبيق القانون الثاني لنيوتن في معلم Oz موجه نحو الأسفل ومرتبط بمرجع سطحي أرضي نعتبره غاليلي ، جد المعادلة التفاضلية لسرعة الكرية .

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

2ـ إن دراسة تغيرات سرعة الكرية بدلالة الزمن مكنت من الحصول على بيان الشكل في الأسفل .

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

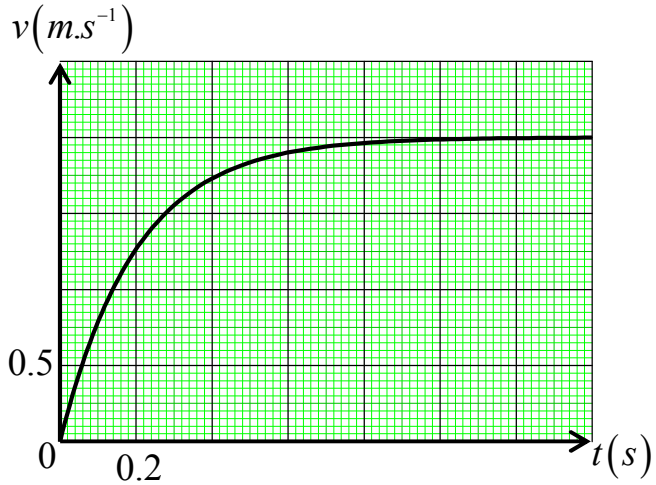
ب.حدد وحدة الثابت k باستعمال التحليل البعدي ن

واحسب قيمة النسبة $\frac{m}{k}$

الأستاذ خالد سعيدي للعلوم الفيزيائية

ج. كيف يتطور تسارع الكرية خلال الحركة ؟

د.مثل كيفيا مخطط السرعة $v(t)$ لحركة السقوط الشاقولي لمركز عطالة الكرة في الفراغ .



حل التمرين التطبيقي



1.تمثيل القوى الخارجية :

2.المعادلة التفاضلية للسرعة :

بتطبيق القانون II لنيوتن على الكرية في المرجع السطحي الأرضي الذي نعتبره غاليلي نجد :

$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}$ ومنه : $\vec{p} + \vec{f} = m\vec{a}$ وبالإسقاط على المحور (Oz) نجد : $p - f = ma$ أي : $mg - kv = m\frac{dv}{dt}$

إذن : $\boxed{\frac{dv}{dt} + \frac{k}{m}v = g}$.

ج.عبارة السرعة الحدية: لما $v = v_{lim}$ وبالتعويض في المعادلة التفاضلية نجد : $\frac{dv_{lim}}{dt} + \frac{k}{m}v_{lim} = g$

ومنه نكتب : $\frac{k}{m}v_{lim} = g$ إذن : $\boxed{v_{lim} = \frac{gm}{k}}$.

2.أ.استنتاج من البيان قيمة السرعة الحدية:

من البيان وعند بلوغ النظام الدائم نقرأ : $\boxed{v_{lim} = 2m.s^{-1}}$

ب.تحديد وحدة الثابت k : باستعمال التحليل البعدي لدينا

$f = kv$ ومنه : $k = \frac{f}{v}$

ومنه : $[k] = \frac{[f]}{[v]} = \frac{[m][a]}{[v]} = \frac{M.L.T^{-2}}{L.T^{-1}} = M.T^{-1}$

ومنه وحدة الثابت k هي $(Kg.s^{-1})$.

حساب قيمة النسبة $\frac{m}{k}$: لدينا مماسبق $v_{lim} = \frac{gm}{k}$

ومنه : $\frac{m}{k} = \frac{v_{lim}}{g}$ ت ع : $\frac{m}{k} = \frac{2}{10} = \boxed{0.2s}$.

كيفية تطور التسارع: نعلم أن $a = \frac{dv}{dt}$ وعدديا يمثل قيمة التوجيه المماس عند لحظة t إذن :

- عند $t = 0$: $a_0 = \left.\frac{dv}{dt}\right|_0 = \frac{2-0}{0.2-0} = 10 m.s^{-2}$

الأستاذ خالد سعيدي للعلوم الفيزيائية

- في النظام الدائم: $a = \left.\frac{dv_l}{dt}\right|_{t \geq 1s} = 0 m.s^{-2}$

ومنه نستنتج أن التسارع يتناقص خلال النظام الانتقالي حتى ينعدم عند بلوغ النظام الدائم .

تمثيل كيفي لمخطط السرعة في حالة سقوط شاقولي في الفراغ :

