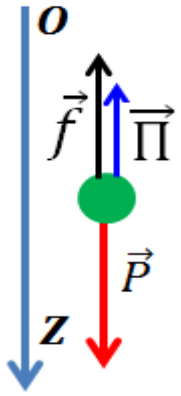
دراسة حركة السقـــــــــوط الشاقولي لجسم صلـــــــب

القوى التي يخضع لها الجسم الصلب				m	كتلة الجسم kg
قوة الثقل	$P = m\,g$			g	الجاذبية الأرضية $g = 10\ N.kg^{-1}$ m/s^2
دافعة أرخميدس	$\Pi = \rho_f\, V_s\, g$			ρ_f	الكتلة الحجمية للمائع (هواء أو سائل) kg/m^3
قوة الاحتكاك	حالة السرعة ضعيفة	$f = kv$		V_s	حجم الجسم الصلب المتحرك (يساوي حجم المائع المنزاح) m^3
$f = kv^n$	حالة السرعة كبيرة	$f = kv^2$		k	ثابت الاحتكاك /
				v	سرعة الجسم $m.s^{-1}$

السقـــــوط الحقيقـــــي لجســـم صـــــلب في الهـــــواء



- الجملة المدروسة : الجسم الصلب المتحرك
- مرجع الدراسة : سطحي أرضي نعتبره غاليليا
- القوى الخارجية المؤثرة على الجملة : الثقل $(\vec{P})$ ، دافعة أرخميدس $(\vec{\Pi})$ ، وقوة الاحتكاك $(\vec{f})$.
- بتطبيق القانون الثاني لنيوتـن : $\sum \vec{F} = ma_G$ فنجد $\vec{P} + \vec{\Pi} + \vec{f} = ma_G$

- بتحليل العلاقة الشعاعية على المحور (OZ) : $P - \Pi - f = ma_z$

$$mg - \rho_{air}\, v_{air}\, g - f = m\frac{dV}{dt}$$

$$\frac{mg - \rho_{air}\, v_{air}\, g}{m} = \frac{1}{m}f + \frac{dV}{dt}$$

- إن الشكل النهائي للمعادلة التفاضلية له علاقة بشكل قيمة قوة الاحتكاك

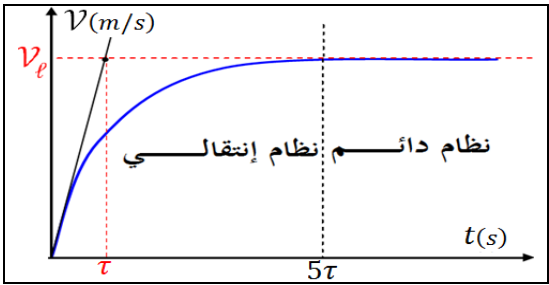
من أجل $f = kv$	من أجل $f = kv^2$
المعادلة التفاضلية : $\frac{k}{m}v + \frac{dV}{dt} = \frac{mg - \rho_{air}\, v_{air}\, g}{m}$	المعادلة التفاضلية : $\frac{k}{m}v^2 + \frac{dV}{dt} = \frac{mg - \rho_{air}\, v_{air}\, g}{m}$

- المعـادلة التفاضلية هي معادلة من الدرجة الأولى حلها من الشكل $v = v_\ell(1 - e^{-t/\tau})$
- في النظام الدائم أين يكون $a = \frac{dV}{dt} = 0$ وتبلغ السرعة قيمتها الحدية v_ℓ يمكن التعويض في المعادلة التفاضلية لايجاد v_ℓ في كلتا حالتي الاحتكاك

الطريقة 1 لايجاد v_ℓ	الطريقة 2 لايجاد v_ℓ	الطريقة 1 لايجاد v_ℓ^2	الطريقة 2 لايجاد v_ℓ^2
$\frac{k}{m}v_\ell = \frac{mg - \rho_{air}\, v_{air}\, g}{m}$	$\frac{k}{m}v_\ell = \frac{mg - \rho_{air}\, v_{air}\, g}{m}$	$\frac{k}{m}v_\ell^2 = \frac{mg - \rho_{air}\, v_{air}\, g}{m}$	$\frac{k}{m}v_\ell^2 = \frac{mg - \rho_{air}\, v_{air}\, g}{m}$
$kv_\ell = mg - \rho_{air}\, v_{air}\, g$	$\frac{k}{m}v_\ell = \frac{mg}{m} - \frac{\rho_{air}\, v_s\, g}{m}$	$kv_\ell^2 = mg - \rho_{air}\, v_{air}\, g$	$\frac{k}{m}v_\ell^2 = \frac{mg}{m} - \frac{\rho_{air}\, v_s\, g}{m}$
$kv_\ell = \rho_s\, v_s g - \rho_{air} v_{air} g$		$kv_\ell^2 = \rho_s\, v_s g - \rho_{air} v_{air} g$	

- حجم المائع (المنزاح) هو نفسه حجم الجملة (S) بمعنى $v_{air} = v_s$ ومنه يصبح:

$kv_\ell = \rho_s\, v_s g - \rho_{air} v_s g$	$\frac{k}{m}v_\ell = g(1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s})$	$kv_\ell^2 = \rho_s\, v_s g - \rho_{air} v_s g$	$\frac{k}{m}v_\ell^2 = g(1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s})$
$kv_\ell = v_s g\,(\rho_s - \rho_{air})$		$kv_\ell^2 = v_s g\,(\rho_s - \rho_{air})$	
$v_\ell = \frac{v_s g}{k}(\rho_s - \rho_{air})$	$v_\ell = \frac{mg}{k}(1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s})$	$v_\ell = \sqrt{\frac{v_s g}{k}(\rho_s - \rho_{air})}$	$v_\ell = \sqrt{\frac{mg}{k}(1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s})}$

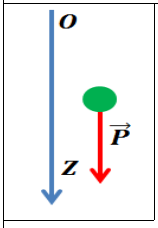


- حل المعادلة التفاضلية هو من الشكل $v = v_\ell(1 - e^{-t/\tau})$
حيث $\tau = \frac{m}{k}$ هو الزمن المميز للسقوط وهندسيا يحسب من خلال تقاطع مماس البيان $v = f(t)$ عند اللحظة $(t = 0)$ مع المستقيم المقارب في النظام الدائم.
- v_ℓ هي السرعة الحدية وتزداد بزيادة الكتلة الحجمية للجسم الصلب ρ_s .
- تبلغ الحركة النظام الدائـم (ثبات السرعة) لما $t = 5\tau$.

السقـــــوط الحـــر لجســـم صـــــلب في الهـــــــواء (إهمال قوى الاحتكاك و دافعة أرخميدس)

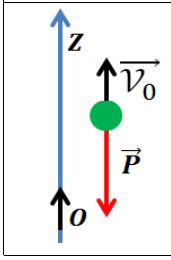
قانون السقوط الحر إن السقوط في الفراغ غير مرتبط بالكتلة في غياب مقاومة الهواء ، كل الاجسام تسقط بالتسارع نفسه ، مهما كان شكلها أو حجمها.

- الجملة المدروسة : الجسم الصلب المتحرك
- مرجع الدراسة : سطحي أرضي نعتبره غاليليا
- القوى الخارجية المؤثرة على الجملة : الثقل $(\vec{P})$



- بتطبيق القانون الثاني لنيوتـن $\sum \vec{F} = ma_G$
  $\vec{P} = ma_G$
- بتحليل العلاقة الشعاعية على المحور (OZ) : $P = mg = ma_z$

- المعادلة التفاضلية هي من الدرجة الأولى $\frac{dV}{dt} = a = g$
- كون $\vec{g}$ بجوار الارض ثابت (في المنحى والجهة والشدة) ، يكون $\vec{a}$ ثابت أيضا وعليه حركة جسم الصلب في سقوط شاقولي هي مستقيم متغيرة بانتظام.
- في حالة القذف بسرعة ابتدائية شاقولية نحو الأعلى (أو الأسفل)، وعملا بالشروط الابتدائية المختارة يمكن أن نحدد المعدلات الزمنية للحركة.



شعاع التسارع	شعاع السرعة اللحظية	شعاع الموضع (الفاصلة)
$\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = 0 \\ a_z = -g \end{cases}$	$\vec{V}\begin{cases} V_x = 0 \\ V_y = 0 \\ V_z = -gt + V_0 \end{cases}$	$\vec{r}\begin{cases} x = 0 \\ y = 0 \\ z = -\frac{1}{2}gt^2 + V_0 t + z_0 \end{cases}$

- عند $t = 0$ يكون $z = z_0$ (z_0 هي الفاصلة الابتدائية ، وليس بالضرورة الابتدائية أن تكون هي الفاصلة التي انطلق منها المتحرك).

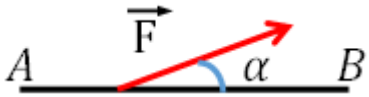
قوانين خاصة بالسقوط الحر

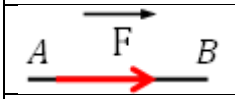
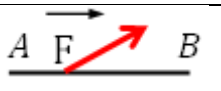
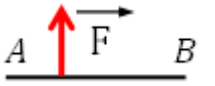
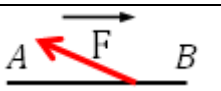
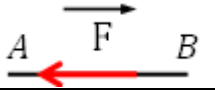
المسافة المقطوعة (الارتفاع) حيث t هي المدة الزمنية لقطع المسافة h	$h = \frac{1}{2}gt^2 + V_0 t$
سرعة الجسم في لحظة ما إذا كانت سرعة الجسم في لحظة ما هي V_A وكانت في لحظة بعدها V_B (t هي المدة المستغرقة بين A و B)	$V_B - V_A = gt$
العلاقة بين السرعة والمسافة إذا كانت سرعة الجسم في لحظة ما هي V_A وكانت في لحظة بعدها V_B (h هي المسافة AB)	$V_B^2 - V_A^2 = 2gh$

مـــــــــراجـــــعـــــة

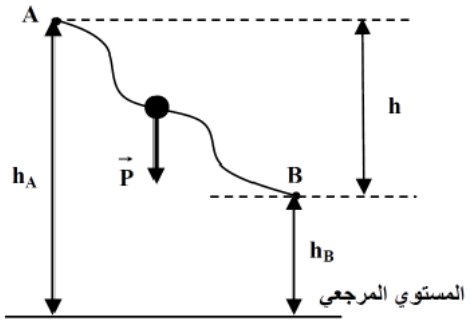
1- عمل قوة ثـــابـــتـــة

$$W(\vec{F}) = F.d.\cos\alpha$$



$\alpha = 0^0$	$0 < \alpha < 90$	$\alpha = 90^0$	$90 < \alpha < 180$	$\alpha = 180^0$
$\cos\alpha = 1$	$\cos\alpha > 0$	$\cos\alpha = 0$	$\cos\alpha < 0$	$\cos\alpha = -1$
				
$W = F.d$	$W > 0$	$W = 0$	$W < 0$	$W = -F.d$
العمـــل محـــرك	العمـــل محـــرك	العمـــل معـــدوم	العمـــل مقـــاوم	العمـــل مقـــاوم

2- عمل قوة الثقل



$$W_{AB}(\vec{P}) = mg(Z_A - Z_B) = \pm mg(h_A - h_B)$$

- في حالة إنتـقال أفـقي : $W_{AB}(\vec{P}) = 0$
- عمل الثقل محرك – الجسم نازل : $W_{AB}(\vec{P}) = +mg(h_A - h_B)$
- عمل الثقل مقاوم – الجسم صاعد : $W_{AB}(\vec{P}) = -mg(h_A - h_B)$

3- عمل قوة الاحـــــــتكاك $W_{AB}(\vec{f}) = -f.AB$

4- الـــــــطاقـة الحـركية $E_C = \frac{1}{2}mv^2\ (jeul)$

5- الـــــــطاقـة الكـامنة الثقالية للجملة (جسم + الارض) $E_{pp} = mgz = mgh\ (jeul)$

6- مـــبدأ إنـحفـاظ الطاقة الطاقة النهائية = الطاقة الابتدائية + الطاقة المكتسبة – الطاقة المقدمة

فـي حـــالة الجملة معزولة طاقويـا الطاقة النهائية = الطاقة الابتدائية

7- إستطاعة التحويل هي الطاقة المحولة خلال ثانية واحدة $P(watt) = \frac{E(jeul)}{t(s)}$