
جامعة الملك سعود
كلية العلوم
قسم الفيزياء والفلك
مقرر 210 فيز
د. ناصر بن صالح الزايد
nalzayed@ksu.edu.sa
المحاضرة رقم: 5

Freely Falling Objects السقوط الحر للأجسام

- يعرف السقوط الحر للأجسام بأنه حركة الأجسام بشكل حر تماما تحت تأثر الجاذبية الأرضية فقط. أي بإهمال أثر الهواء، وعدم وجود قوة محركة أخرى للأجسام سوى قوة الجاذبية الأرضية.
- أن الأجسام التي تتحرك إلى أعلى أو أسفل أو مقذوفه بزاوية معينة، تظل كلها تتمتع بالحركة تحت تأثير الجاذبية الأرضية، وتنطبق عليها قوانين السقوط الحر، ولكن فقط في حركتها الرأسية.

- بما أن الحركة تحت تأثير الجاذبية الأرضية هي حركة منتظمة تتم بتسارع ثابت مقداره $g = 9.8\ m/s^2$ فيمكننا إذن استخدام نفس المعادلات السابقة للحركة المنتظمة.
- ولكن مع التعديلات التالية:

$$a \rightarrow g = -9.8\ m/s^2$$

$$v_x \rightarrow v_y : + \text{ when } \uparrow \text{ and } - \text{ when } \downarrow$$

$$x \rightarrow y : + \text{ upove firing Levl } ; - \text{ below firing Level}$$

السقوط الحر للأجسام   معادلات الحركة الرأسية الحرة

- إذن نعيد كتابة المعادلات السابقة كما يلي (الثلاث الرئيسية):

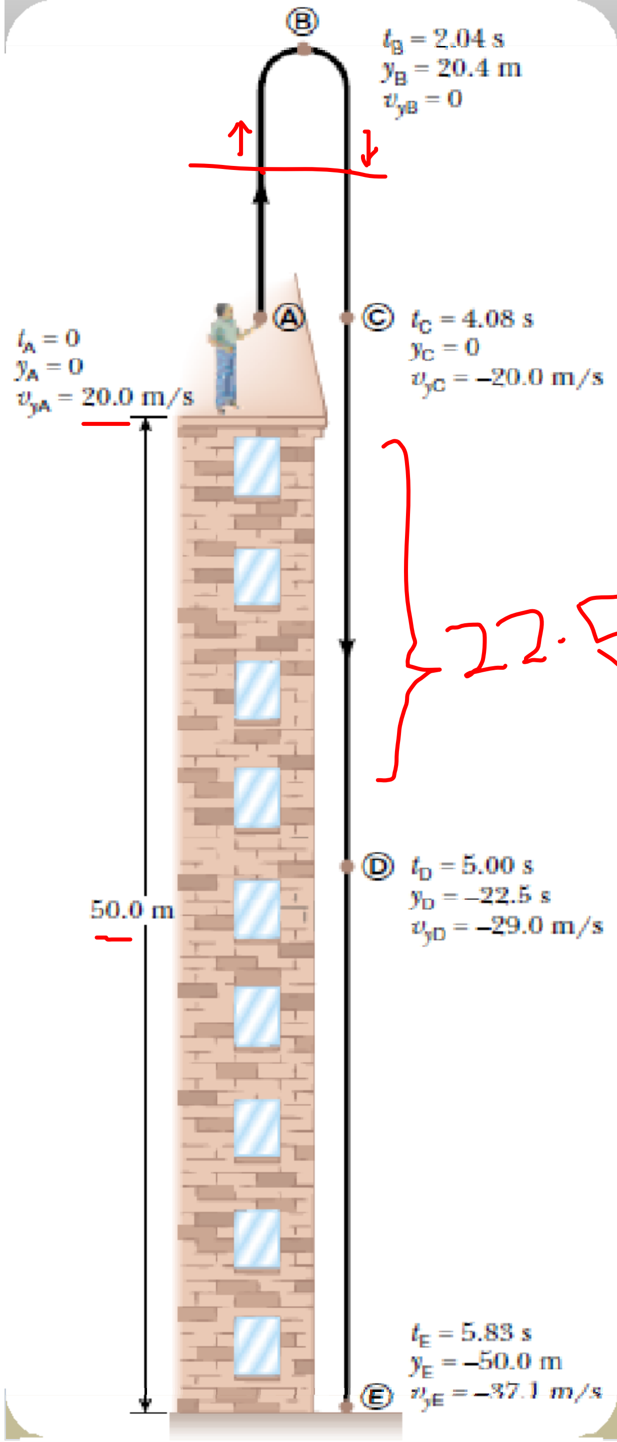
$$v_{yf} = v_{yi} - 9.8t \qquad (1)$$

$$v_{yf}^2 = v_{yi}^2 - 2 \times 9.8 y_f \qquad (2)$$

$$y_f = v_{yi}t - 0.5 * 9.8t^2 \qquad (3)$$

$y_f - \cancel{x_i}$

- يمكن حل جميع مسائل الحركة الرأسية الحرة باستخدام هذه المعادلات.
- لاحظ أن قيمة y سالبة تحت مستوى الإطلاق وموجبه فوقه
- ولاحظ قيمة تسارع الجاذبية الأرضية دائما سالب
- ولاحظ أن السرعة سالبة في حالة كون الجسم هابطا وموجبة عندما يكون صاعدا
- ومن المهم ملاحظة أن هذه الإشارات تفرض في حالة معرفة الوضع وتفسر في حالة ورودها في الحل.
- مثلا: لو قمنا بالحل وصارت السرعة سالبة، فهذا يدل على أن الجسم في حالة هبوط
- ولو كانت y سالبة فهذا يدل على أن الجسم يقع الآن تحت مستوى أطلاقة.



السقوط الحر للأجسام – مثال توضيحي

- **مثال: 2.12 :**
- كما في الشكل المجاور، تم رمي كرة من أعلى سطح المبنى الذي ارتفاعه 50 m بسرعة ابتدائية مقدارها 20 m/s رأسيا إلى أعلى. أحسب الكميات التالية:
- أ – الزمن اللازم لوصول الكرة إلى أعلى ارتفاع.
- ب- الارتفاع الأقصى
- ج- الزمن اللازم لعودة الكرة إلى نفس مستوى إطلاقها
- د- سرعة الكرة عند تلك اللحظة.
- هـ- سرعة وموقع الكرة بعد 5 s.

- **الحل:**
- نلاحظ ما يلي:
- أولا: تتوقف الكرة تماما عند نقطة B وتغير اتجاهها
- عند أية نقطتين متقابلتين على مسار الكرة، السرعتان متساويتان من حيث المقدار متضادتان من حيث الاتجاه.

$$v_{yf} = v_{yi} - 9.8t \quad (1)$$

$$v_{yf}^2 = v_{yi}^2 - 2 \times 9.8\, y_f \quad (2)$$

$$y_f = v_{yi} t - 0.5 * 9.8 t^2 \quad (3)$$

....

$Given\ : v_{yi} = +20\ m/s\ ,\ y_i = 0\ m$

(a) time at max. height : use eq. (1) :

$\because\ v_{yB} = 0 = +20 - 9.8t$

$\Rightarrow t = 20 / 9.8 = 2.04\ s$

(b) Max. height :use eq. (3) :

$\because\ y_i = 0\ m \Rightarrow y_B = +20(2.04) - 0.5 * 9.8(2.04)^2 = 20.04\ m$

(c) for t_A : we can just use $2.04 * 2 = 4.08$ s

or : $Eq.(3) \Rightarrow 0 = v_{yi} t - 0.5 * 9.8 t^2 \Rightarrow 0 = +20\cancel{t} - 0.5 * 9.8 t^{\cancel{2}}$

$\Rightarrow 0 = +20 - 0.5 * 9.8t \Rightarrow t = 20 \div (0.5 * 9.8) = 4.08\ s$

السقوط الحر للأجسام استكمال الحل التوضيحي

$$v_{yf} = v_{yi} - 9.8t \quad (1)$$

$$v_{yf}^2 = v_{yi}^2 - 2 \times 9.8 y_f \quad (2)$$

$$y_f = v_{yi} t - 0.5 * 9.8 t^2 \quad (3)$$

....

$Given\ : v_{yi} = +20\ m/s\ ,\ y_i = 0\ m$

(e) : we can just use : - 20 m/s (opposite of v_A)

$or\ : Eq.(1) \Rightarrow v_{yf} = 20 - 9.8(4.08) = -20\ m/s \downarrow$

$(f)\ Eq.(1) \Rightarrow v_{yf} = 20 - 9.8(5) = -29\ m/s \downarrow$

$Eq.(3) \Rightarrow y_f = 20(5) - 0.5 * 9.8(5^2) = -22.5\ m$

- لاحظ أن الموقع سالب مما يعني أن الكرة تقع الآن تحت مستوى الإطلاق.
- و السرعة 29 m/s- مما يعني أنه بعد 5 ثواني تكون الكرة تتحرك باتجاه الأرض

السقوط الحر للأجسام   كويز على المثال السابق

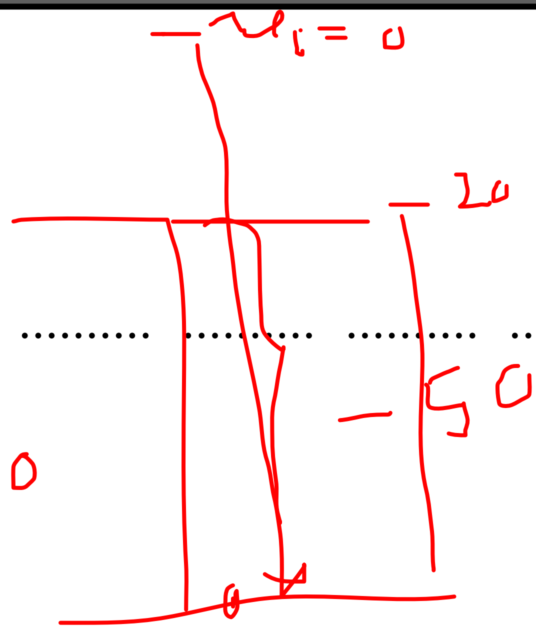
- كويز:
- (أ) احسب سرعة الكرة قبيل وصولها إلى الأرض
- (ب) احسب الزمن الكلي للوصول إلى سطح الأرض.

$$v_{yf} = v_{yi} - 9.8t \qquad (1)$$

$$v_{yf}^2 = v_{yi}^2 - 2 \times 9.8\, y_f \qquad (2)$$

$$y_f = v_{yi} t - 0.5 * 9.8 t^2 \qquad (3)$$

$v_i = +20$



....

(a) $Eq.(2)$ with $y_f = -50\ m \Rightarrow$:

$$v_{yf}^2 = (20^2) - 2 \times 9.8(-50) = 1380$$

1400

$$\therefore v_{yf} = \pm\sqrt{1380} = -37.14\ m/s \downarrow$$

(b) $Eq.(1)$ with $v_f = -37.14\ m/s \Rightarrow$:

$$-37.14 = +20 - 9.8t \Rightarrow t = (-37.14 - 20)/-9.8 = 5.83\ s$$

اشتقاق معادلات الحركة بطريقة التفاضل والتكامل

- معادلات الحركة المنتظمة التي قمنا سابقا باشتقاقها، يمكن كذلك القيام باشتقاقها بطريقة أخرى و هي باستخدام حساب التفاضل و التكامل.

$$\because\ a_x = \frac{dv_x}{dt} \rightarrow dv_x = \int a_x\, dt \quad = a_x \int dt$$

$$\text{Integrating both sides} : v_x = \int a_x\, dt \rightarrow v_x = a_x t + c_1$$

$$\text{finding } c_1 \text{ from initial conditions} : \text{at } t = 0, v_x = v_{xi}$$

$$\therefore\ v_{xf} = v_{xi} + a_x t \qquad (1)$$

$$\because\ v_x = \frac{dx}{dt} \rightarrow dx = v_x\, dt$$

$$\text{Integrating both sides} : x = \int v_x\, dt = \int (v_{xi} + a_x t)\, dt$$

$$\rightarrow x = v_{xi} t + 1/2\, a_x t^2 + c_2$$

$$\text{finding } c_2 \text{ from initial conditions} : \text{at } t = 0,\ x = x_i$$

$$\therefore\ x_f = x_i + v_{xi} t + 1/2\, a_x t^2 \ \text{or} : x_f - x_i = v_{xi} t + 1/2\, a_x t^2 \qquad (2)$$

اشتقاق معادلات الحركة بطريقة التفاضل والتكامل

- المعادلة الثالثة يمكن الحصول عليها من التعويض عن t من معادلة (1) في (2) ثم القيام بعمليات ضرب الحدود:

$$\because v_{xf} = v_{xi} + a_x t \qquad (1)$$

$$\therefore t = \frac{v_{xf} - v_{xi}}{a_x}$$

$$\Rightarrow x_f - x_i = v_{xi}\left[\frac{v_{xf} - v_{xi}}{a_x}\right] + \frac{1}{2}a_x\left[\frac{v_{xf} - v_{xi}}{a_x}\right]^2$$

$$= \frac{2v_{xi}(v_{xf} - v_{xi})}{2a_x} + \frac{1}{2}a_x\frac{(v_{xf} - v_{xi})^2}{a_x^2}$$

$$\Rightarrow 2a_x(x_f - x_i) = \cancel{2v_{xi}v_{xf}} - 2v_{xi}^2 + v_{xf}^2 + v_{xi}^2 - \cancel{2v_{xi}v_{xf}}$$

$$= v_{xf}^2 - v_{xi}^2$$

$$\Rightarrow \boxed{v_{xf}^2 = v_{xi}^2 + 2a_x(x_f - x_i)} \qquad (3)$$