تقييم فصل الحركة الخطية في مادة الفيزياء
للصف الخامس العلمي

م. عبد الكريم محمد باقر الشماع
كلية التخطيط العمراني/ جامعة الكوفة

مقدمة:

كتابُ الفيزياء للصف الخامس العلمي بطبعته الأولى ٢٠١١ هو كتابٌ منهجيٌ من منشورات المديرية العامة للمناهج في وزارة التربية/ جمهورية العراق. الكتابُ يقع في عشرة فصول، بعضها عبارة عن فيزياء ميكانيكية وبعضها فيزياء كهربائية. أمّا فصول الفيزياء الميكانيكية فمنها ما يخصُّ علم السكون (statics) ومنها ما يخصُّ علم الحركة (dynamics).

إنَّ هذه الدراسة تسلّطُ الضوء على تقييم الفصل الثاني الموسوم بـ (الحركة الخطية linear motion) كأحد أنواع حركة الأجسام التي تُعطى للطالب عادةً في بداية دراسة علم الحركة (dynamics)، لأن أكثر قوانيين حركة الأجسام المتنوعة المتوالية في فصول علم الحركة تعتمد على قوانيين الحركة الخطية المستقيمة، لذلك نجد أن إخفاق الطالب في فهم قوانيين هذا الفصل وأمثلته سيسبب عدم فهمه للفصول الأخرى كونها سلسلة يُكمل بعضها بعضا.

إنَّ من أهم المصادر التي اعتمدت عليها هذه الدراسة هو الكتاب المُترجم الموسوم بـ (الميكانيكا الهندسية ، استاتيكا، ديناميكا) لمؤلفة ج.ل.مريام وكتاب مُترجم آخر يحمل العنوان نفسه ولكن للمؤلف جوزيف شيلي، وهذان المصدران يُعدّان من أهم الكتب المنهجية الشائعة في تدريس علم الحركة وعلم السكون في أغلب كليات الهندسة في داخل العراق وخارجه،

وأن ترجمتهما الى اللغة العربية يؤكد ذلك، وهما من المصادر الاساســية التي كنت وما زلت اعتمد عليهما على مدى خمسة عشر سنة في تدريس الميكانيكا الهندسية. أما المنهج الذي اعتمدته فهو المنهج المُقارن بين منهجية المؤلفين المذكوين في كتابة فصل الحركة الخطية، ومنهجية كتاب الفيزياء للصف الخامس العلمي فوجدت شتان مابين ذي وذا. ومن الاسباب التي دفعتني لأعداد هذه الدراسة ما يأتي:

اولاً: الغموض الوارد في شرح مسائل هذا الفصل، وذلك اكتشفته من كثرة الاسئلة وعلامات الاستفهام التي كان يثيرها احد ابنائي الذين يدرسون في مرحلة الخامس العلمي رغم تفوقه في جميع المواد في المراحل كافة.

ثانياً: الذي يَدرس ويُدرس مباديء علم الحركة (dynamics) ولديه خبرة تدريسية كبيرة في هذا المجال سيكتشف بكل يُسر ان بعض الفقرات الحيوية التي تضمنها الفصل الثاني في كتاب الفيزياء للخامس العلمي لم تُكتب بشكل منطقي وميسر، فضلاً على وجود بعض الاخطاء العلمية والمطبعية في الكتاب. مما جعلني اقرا الفصل الثاني بتمعن، فوجدت فيه العديد من الثغرات العلمية والمنهجية والمطبعية ولعل من اهمها:

أ) عدم الاشارة الى موقع او مكان نقطة الاصل لمحاور الحركة واتجاهاتها.

ب) عدم كتابة القوانيين بصورتها المفصلة.

ج) تغير الرمز التعريفي لبعض المصطلحات وعدم ثباتها على رمز واحد.

مما يتعسر على مدرس المادة فهم المحتوى فضلاً على الطالب، خاصة اذا كان المدرس قليل الخبرة التدريسية وليس لديه عمق علمي بهذا المجال، وبالتالي سيلجأ الى اسلوب تحفيظ الطالب بدون فهم، وهذا ما وجدته لدى عدد من الطلبة ولمدارس مختلفة ممن التقيت بهم وحاورتهم شفوياً حول هذا الفصل.

محتوى الفصل الثاني مقسم الى فقرات تبدا بالرقم (٢-١) وتنتهي بالفقرة رقم (٢-١٢) يليها اسئلة الفصل الثاني. في بحثنا، سيتم الاكتفاء بعرض محتوى الفقرات التي يكمن فيها الخلل مثل ما هي عليه في كتاب الفيزياء بدون اي اضافة او نقصان. وأن قسماً من الفقرات يقترن معها اشكال توضيحية. رقم الشكل ياتي بحسب تسلسله من بقية الاشكال التوضيحية في كتاب الفيزياء وليس

حسب تسلسل الاشكال في البحث. ولكي لايتشتت ذهن القاريء الكريم، عَملتُ بعرض كل فقرة ومن ثم يتم مباشرةً تحليلها وتقييمها. وقبل كل هذا وذاك ساعرف الرموز التي سترد، سواء التي جاءت في كتاب الفيزياء او التي جاءت في هذا البحث ، باستثناء المُعرف اثناء الشرح.

<u>تعاريف:</u>

Δ_t = التغير الحاصل بين الزمن النهائي والابتدائي لحركة الاجسام.

a = التعجيل الخطي الثابت لاجسام متغيرة السرعة.

g = التعجيل الارضي لاجسام تتحرك بسقوط حر.

Δ_x = التغير في الموقع الابتدائي والنهائي لجسم يتحرك باتجاه الحور (x).

Δ_υ = التغير في السرعة الابتدائية والنهائية .

υ_{avg} = معدل السرعة.

Δ_y = التغير في الموقع الابتدائي والنهائي لجسم يتحرك باتجاه الحور (y).

x_f, x_i = الموقع الابتدائي والنهائي على الترتيب لحركة الاجسام باتجاه المحور الافقي (x).

υ_f, υ_i = السرعة الابتدائية والنهائية على الترتيب لحركة الاجسام المستقيمة.

y_f, y_i = الموقع الابتدائي والنهائي على الترتيب لحركة الاجسام باتجاه المحور الراسي (y).

$\upsilon_{fx}, \upsilon_{ix}$ = السرعة الابتدائية والنهائية للمقذوفات على الترتيب باتجاه مركبة الحركة الافقية.

$\upsilon_{fy}, \upsilon_{iy}$ = السرعة الابتدائية والنهائية للمقذوفات على الترتيب باتجاه مركبة الحركة الراسية.

عرض الفقرات وتقييمها

عرض محتوى الفقرة (٢–١)

1-2 وصف الحركة Motion Description

إن موضوع الميكانيك (Mechanics) هو أحد فروع علم الفيزياء الذي يدرس الحركة، وهو يضم فرعين رئيسين هما :

1) الكاينيماتك (kinematics)، وهو علم يُعنَى بوصف حركة الاجسام من دون النظر الى مسبِّباتها .

2) الداينمك (Dynamics)، وهو علم يهتم بمسبِّبات الحركة مثل القوة والطاقة .

سندرس في هذا الفصل أنماط أساسيَّة من الحركة، إذ نتعرف اولاً على مفاهيم الموقع، والازاحة، والسرعة، والتعجيل للاجسام، في حالة حركتها ببعد واحد (Motion in one dimension) ثم نتطرق الى الحديث عن حركة الأجسام، في بُعدين (Motion in two dimensions) مع بعض التطبيقات .

تقييم محتوى الفقرة (٢–١)

علم الحركة (Dynamics) ينقسم الى فرعيين هما الكاينيماتك (Kinematics) والكاينتك(Kinetics).

ولذلك فان بداية صياغة هذه الفقرة جاءت غير دقيقة ويجب اعادة صياغتها بالشكل التالي:

ان الميكانيكا الهندسية (Engineering Mechanics) هو احد فروع علم الفيزياء والذي ينقسم الى علم السكون (Statics) وعلم الحركة (Dynamics). علم الحركة هو الاخر ينقسم الى قسميين هما :

أ- الكاينيماتك (Kinematics) وهو علم يُعنى بوصف حركة الاجسام من دون النظر الى مسبباتها.

ب- الكاينتك(Kinetics) وهو علم يهتم بمسببات الحركة مثل القوة والطاقة.

عرض محتوى الفقرة (٢-٩)

2_9 معادلات الحركة الخطية بتعجيل منتظم:

a – اشتقاق معادلة الازاحة بدلالة كل من السرعة النهائية والسرعة الابتدائية والزمن :

لدينا :

$$\upsilon_{avg} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

وان

$$\upsilon_{avg} = \frac{\upsilon_i + \upsilon_f}{2}$$

وعند تساوي المعادلتين نحصل على :

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\upsilon_i + \upsilon_f}{2}$$

بضرب طرفي المعادلة في Δt

نحصل على :

$$\boxed{\Delta x = \left(\frac{\upsilon_i + \upsilon_f}{2}\right) . \Delta t}$$

b – معادلة السرعة النهائية بدلالة كل من السرعة الابتدائية والتعجيل والزمن :

لدينا من تعريف التعجيل

$$a = \frac{\Delta \upsilon}{\Delta t} = \frac{\upsilon_f - \upsilon_i}{\Delta t}$$

وبضرب طرفي المعادلة في Δt

نحصل على :

$$a\Delta t = \upsilon_f - \upsilon_i$$

$$\upsilon_f = \upsilon_i + a\Delta t$$

c – معادلة الازاحة بدلالة كل من السرعة الابتدائية والتعجيل والزمن

لدينا معادلة الازاحة بدلالة السرعة الابتدائية والسرعة النهائية والزمن :

$$\Delta x = \left(\frac{\upsilon_i + \upsilon_f}{2}\right)\Delta t$$

وبالتعويض عن السرعة النهائية من المعادلة $v_f = v_i + a\Delta t$ في المعادلة اعلاه نحصل على:

$$\Delta x = \left(\frac{\upsilon_i + (\upsilon_i + a\Delta t)}{2}\right)\Delta t$$

$$\Delta x = \left(\frac{2\upsilon_i \Delta t + a(\Delta t)^2}{2}\right)$$

$$\Delta x = \upsilon_i \Delta t - ½ a (\Delta t)^2$$

d – معادلة السرعة النهائية بدلالة التعجيل والازاحة والسرعة الإبتدائية:

لدينا معادلة الازاحة بدلالة كل من السرعة الابتدائية والتعجيل والزمن

$$\{\Delta x = \tfrac{1}{2}\,(v_i + v_f)\ \Delta t\}$$

وبضرب طرفي المعادلة في (2) نحصل على :

$$2\Delta x = (v_i + v_f)\ \Delta t$$

وبقسمة طرفي المعادلة على $(v_i + v_f)$ نحصل على

$$2\Delta x \,/\, (v_i + v_f) = \Delta t$$

نعوض عن Δt في المعادلة : $v_f = v_i + a\,\Delta t$

فنحصل على :-

$$v_f = v_i + a \times 2\ \Delta x \,/\, (v_i + v_f)$$

$$v_f - v_i = a \times 2\,\Delta x \,/\, (v_i - v_f)$$

$$v_f^{\,2} - v_i^{\,2} = a \times 2\ \Delta x$$

$$v_f^{\,2} = v_i^{\,2} + 2\ a\,\Delta x$$

وعندما يبدأ الجسم بالحركة من السكون فأن $(v_i = 0)$ فتكون المعادلة الأخيرة :

$$v_f = \sqrt{2a\Delta x}$$

مثال 2

احسب مقدار التعجيل المتوسط (a_{avg}) للسيارة في الشكل (16)

علماً أن $\upsilon_K = 20$ m/s ، $\upsilon_L = 30$ m/s ، $\upsilon_M = 30$ m/s ، $\upsilon_N = 25$ m/s

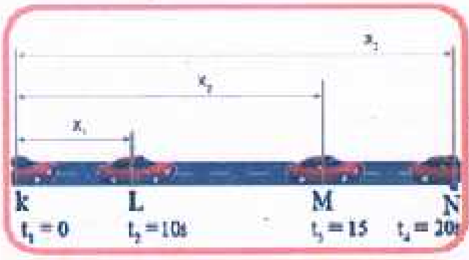
خلال الفترات الزمنية الاتية :

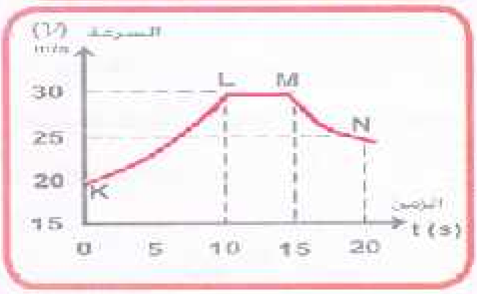
(1) ($t_1 = 0s$) و ($t_2 = 10s$) بين النقطتين (K, L).

(2) ($t_2 = 10s$) و ($t_3 = 15s$) بين النقطتين (L , M)

(3) ($t_3 = 15s$) و ($t_4 = 20s$) بين النقطتين (M, N)

(4) ($t_1 = 0s$) و ($t_4 = 20s$) بين النقطتين (K, N)





الشكل (16)

الحل /

بما ان ميل المستقيم في البياني (السرعة- الزمن)

أي ($\upsilon - t$) الشكل (16) يساوي تعجيل الجسم

(a) فيكون التعجيل بين النقطتين K , L :

(1)
$$a_{(KL)} = \frac{\Delta\upsilon}{\Delta t} = \frac{\upsilon_L - \upsilon_K}{t_L - t_K}$$

$$= \frac{30 - 20}{10 - 0} = 1 m/s^2$$ (يكون التعجيل موجباً عند التسارع)

(2) $$a_{(LM)} = \frac{\Delta \upsilon}{\Delta t} = \frac{\upsilon_M - \upsilon_L}{t_M - t_L}$$

$$= \frac{30 - 30}{15 - 10} = 0 m/s^2$$ (يكون التعجيل صفراً لان السرعة ثابتة)

(3) $$a_{(MN)} = \frac{\Delta \upsilon}{\Delta t} = \frac{\upsilon_N - \upsilon_M}{t_N - t_M}$$

$$= \frac{25 - 30}{20 - 15} = -1 m/s^2$$ (يكون التعجيل سالباً لانه تباطؤ)

(4) $$a_{(KN)} = \frac{\Delta \upsilon}{\Delta t} = \frac{\upsilon_N - \upsilon_K}{t_N - t_K}$$

$$= \frac{25 - 20}{20 - 0} = 0.25 m/s^2$$ (يكون التعجيل موجباً لانه تسارع)

تقييم الفقرة (٢–٩)

- الزمن المناظرلبديء انطلاق السرعة الابتدائية υ_i يمكن اعتباره يساوي صفرا سواء كان الجسم له اوليس له سرعة ابتدائية وبالتالي لاحاجة من استخدام الرمز Δ_t ويكون الرمز t عوضا عنه. الشائع في اكثر المراجع المعتبرة كتابة معادلات الحركة الخطية بتعجيل منتظم بالصورة التالية:

$$\upsilon_f = \upsilon_i + at \quad .... (١)$$

$$x_f = x_i + \upsilon_i t + \tfrac{1}{2}at^2 \quad .... (٢)$$

$$\upsilon_f^2 = \upsilon_i^2 + 2a(x_f - x_i) \quad .... (٣)$$

كتابة المعادلات بهذه الصورة سيكون منسجم مع صورة المعادلات الواردة في السقوط الحر وفي حركة المقذوفات، وبالتالي سيزيل اللبس او الغموض عند الطالب بسبب التشعب في كتابة المعادلات.

- رغم اهمية تكرار استخدام المعادلات الثلاث في هذا الفصل ، الا ان المثال (٢) لم يكن مثال لكيفية تطبيقها. ولتحقيق هذا الغرض سيتم اضافة مطلب خامس الى المطاليب الاربعة التي يتضمنها المثال. المطلوب الخامس هو (جد موقع السيارة خلال الفترات الزمنية). وبذلك سيكون حل المطاليب الخمسة للمثال بالشكل التالي:

١) عند المرحلة **KL**

$\upsilon_f = \upsilon_i + at$

(a=١ m/s^2 (١٠) a+٢٠=٣٠التعجيل موجب عند التسارع)

$\upsilon_f^2 = \upsilon_i^2 + 2a(x_f - x_i)$

(x_f =٢٥٠m   (٣٠^٢ = ٢٠^٢ + ٢(١) (x_f − ٠) (مقاسة من نقطة الاسناد

وبالامكان استخدام المعادلة (٢) لهذا الغرض.

٢) عند المرحلة LM

السرعة الابتدائية لهذه المرحلة هي نفسها السرعة النهائية للمرحلة السابقة KL

$\upsilon_{f=}\upsilon_{i+}at$

($a=٠$ $٣٠=٣٠ +a (٥)$ التعجيل صفر لان السرعة ثابتة)

$x_f = x_i + \upsilon_i t + \frac{1}{٢}at^{٢}$

$x_f = ٢٥٠+ (٣٠)(٥) +\frac{1}{٢}(٠)(٥)^{٢} = ٤٠٠m$ (مقاسة من نقطة الاسناد)

٣) عند المرحلة MN

$\upsilon_{f=}\upsilon_{i+}at$

($a= -١m/s^{٢}$ $٢٥=٣٠ +a (٥)$ التعجيل سالب لانه تباطيء)

$x_f = x_i + \upsilon_i t + \frac{1}{٢}at^{٢}$

$x_f = ٤٠٠+ (٣٠)(٥) +\frac{1}{٢}(-١)(٥)^{٢} = ٥٣٧.٥m$ (مقاسة من نقطة الاسناد)

اذا المسافة الكلية التي قطعتها السيارة في ٢٠ ثانية هي ٥٣٧.٥m

حل مثال (٢) بهذه الصورة سيكون هو تمهيد لفهم حل امثلة واسئلة السقوط الحر وحركة المقذوفات.

عرض محتوى الفقرة (٢-١٠)

10-2 تعجيل الجاذبية Acceleration of gravity

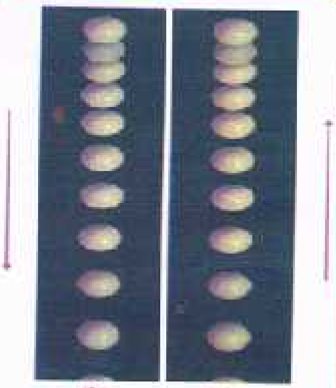
تقييم الفقرة (٢-١٠)

في نهاية الفقرة وردت العبارة (**g=-٩ n/s^2 ويساوي تقريبا $-١٠\ n/s^2$ باشارة سالبة دائما لانه يتجه نحو الاسفل)**. هذه العبارة معناها نحن نريد من الطالب حفظ اشارة التعجيل الارضي هكذا بدون فهم. وبدل ذلك يمكن تعديل صياغة تلك العبارة بالقول ان (اشارة التعجيل الارضي ممكن ان تكون سالبة او موجبة بناء على اتجاه محور الحركة الذي نختاره في المسئلة) كما سيتضح ذلك في حل مثال (٣).

السقوط الحر :

الكثير من العلماء التجريبيين كرروا تجارب العالم غاليلو باتباع اساليب تقنية متطورة للغاية فمن الحقائق المسلم بها الان ان أي جسم يسقط سقوطا حرا فانه ينزل نحو الاسفل بتعجيل ثابت الشكل (19) . وهو التعجيل الناتج من قوة جذب الارض على الجسم . و بالرغم من ان مقدار جاذبية الارض يختلف من مكان الى مكان بالقرب من سطح

الشكل (19)


(b) (a)

الشكل (20)

الارض فهو تقريبا يساوي ($9.81\ m/s^2$) أو ($981\ cm/s^2$) ويرمز لتعجيل الجاذبية الارضية على سطح الارض بالمتجه ($\vec{g}$) ويفترض الحصول على هذا المقدار هو العناية الكبيرة المبذولة لتقليل تاثير الهواء على الاجسام الساقطة الى ادنى حد ممكن .

لذا فان جميع الاجسام القريبة من سطح الارض و بغياب تاثير الهواء في تلك الاجسام فانها تسقط بالتعجيل نفسه هو تعجيل الجاذبية الارضية ، $g=-9.8m/s^2$ ويساوي تقريباً $(-10m/s^2)$ ويكون بإشارة سالبة دائماً لأنه يتجه نحو الأسفل . تدعى هذه الحركة ، (السقوط الحر Free fall) الشكل (20) .

عرض محتوى الفقرة (٢-١١)

11-2 معادلات الحركة في السقوط الحر :

للأجسام الساقطة سقوطاً حراً وبالتعويض عن $(\upsilon_i=0)$ في المعادلات الحركة الخطية نحصل على :

$$\upsilon_f = g t \quad \dots\dots\dots\dots\dots\dots (1)$$

$$\Delta y = \frac{1}{2} g t^2 \quad \dots\dots\dots\dots\dots (2)$$

$$\upsilon_f = \sqrt{2gy} \quad \dots\dots\dots\dots (3)$$

مثال3

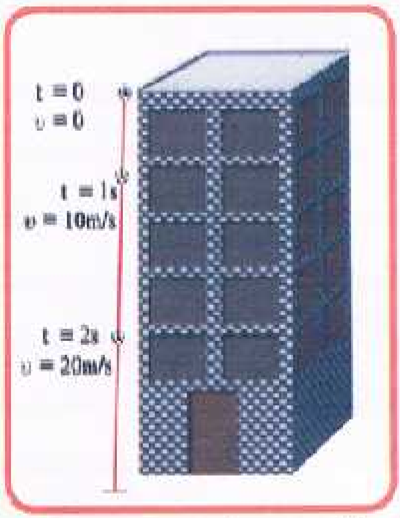
من سطح بناية سقطت كرة سقوطاً حراً الشكل(21) فوصلت سطح الارض بعد مدة زمنية (3s) . احسب مقدار :

1- ارتفاع سطح البناية.

2 - سرعة الكرة لحظة اصطدامها بسطح الارض وباي اتجاه ؟

3- سرعة وارتفاع الكرة فوق سطح الارض بعد مرور (1s) من سقوطها.

أعتبر ان مقدار التعجيل الارضي $(g = -10\ m/s^2)$



الشكل (21)

الحل /

1- تكون السرعة الابتدائية υ_i للسقوط الحر دائما = صفرا

نطبق معادلة الازاحة والتعجيل والزمن.

$$y = \tfrac{1}{2}\, g (t)^2$$

$$y = \tfrac{1}{2} (-10) \times (3)^2$$

$$y = -45\ m$$

* الاشارة السالبة تعني ان ازاحة الكرة تتجه نحو الاسفل فيكون ارتفاع سطح البناية فوق سطح الارض ($h = +45\ m$) .

2- لحساب سرعة الكرة لحظة إصطدامها بسطح الارض. نطبق معادلة السرعة والتعجيل والزمن :

$$\upsilon_f = \upsilon_i + g \times t$$

$$\upsilon_f = 0 + (-10) \times 3 = -30 m/s$$

* الاشارة السالبة تعني ان سرعة الكرة تتجه نحو الاسفل .

3- لحساب سرعة الكرة بعد مرور ($1s$) من لحظة سقوطها نطبق معادلة السرعة والتعجيل والزمن :

$$\upsilon_f = \upsilon_i + g t$$

$$\upsilon_f = 0 + (-10) \times 1 = -10 m/s$$

* الاشارة السالبة تعني ان سرعة الكرة تتجه نحو الاسفل ولحساب ارتفاع الكرة فوق سطح الارض بعد مرور ($1s$) . يجب حساب الازاحة من نقطة سقوطها :-

$$y = \tfrac{1}{2} g \times (t)^2$$

$$y = \tfrac{1}{2} (-10) \times (1)^2 = -5m$$

فيكون ارتفاع الكرة فوق سطح الارض ($h = 45 - 5 = 40\ m$)

مثال4

من نقطة عند سطح الارض قذفت كرة صغيرة بانطلاق ($40m/s$) شاقوليا نحو الاعلى ، الشكل (22) (اهمل تاثير الهواء في الكرة) . احسب مقدار :

1- اعلى ارتفاع يمكن ان تصله الكرة فوق سطح الارض .

2- الزمن الذي تستغرقه الكرة من لحظة قذفها لحين وصولها الى اعلى ارتفاع لها .

3- سرعتها وارتفاعها فوق سطح الارض عند اللحظة ($t=2s$) .

4- سرعتها لحظة اصطدامها بسطح الارض .

الشكل (22)

الحل/

1- لحظة وصول الكرة الى اعلى ارتفاع فوق سطح الارض تكون سرعتها النهائية ($\upsilon_f = 0$)

فتكون : $\upsilon_f^2 = \upsilon_i^2 + 2\times g\,\Delta y$

$0 = (40)^2 + 2\times(-10)\times h$

اعلى ارتفاع تصله الكرة فوق سطح الارض $\boxed{h = 80m}$

تقييم الفقرة (٢-١١)

- ضعف وعدم دقة صياغة بداية الفقرة وحتى لا يتشعب الطالب في حفظ القوانيين نرى عدم الحاجة لتلك الفقرة والدخول مباشرتا في المثال (٣) او يمكن اعادة صياغتها بالشكل التالي:

السقوط الحر للاجسام يمثل شكل من اشكال الحركة الخطية الشاقولية بتعجيل ارضي ثابت مقداره $g=10\,m/s^2$ وعلى ضوء ذلك ستكون معادلات الحركة الثلاث بصورة:

$\upsilon_f = \upsilon_i + gt$ .... (١)

$y_f = y_i + \upsilon_i t + \frac{1}{2} g t^2$ ... ... (٢)

$\upsilon_f^2 = \upsilon_i^2 + 2g(y_f - y_i)$ .... (٣)

مع الاخذ بالاعتبار التعويض بقيمة السرعة الابتدائية او النهائية بالصفر في بعض المراحل التي تمر بها حركة الاجسام بحالة السقوط الحر كما سيتضح ذلك بالامثلة.

- عدم تحديد اتجاه محور الحركة وتحديد نقطة الاسناد التي ينطلق منها المحور في حل مثال (٣) لن يساعد الطالب على فهم هذا الموضوع وسنجعله يحفظ اكثر مما يفهم. ولاهمية ذلك ولتبسيط حل المثال سيتم حله بثلاث حالات.

الحالة الاولى: باخذ نقطة الاسناد عند سطح المبنى ومحور الحركة y باتجاه الاعلى (شكل–١).

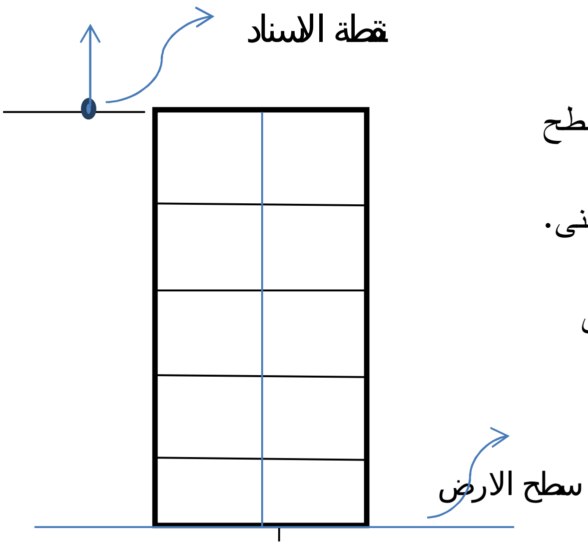
<u>الحل</u>

١) ارتفاع المبنى يعني ايجاد الموقع النهائي للكرة y_f عند سطح الارض عندما كان موقعها الابتدائي $y_i =$ ٠ عند سطح المبنى.

وحيث ان الكرة تبدا بحالة سقوط حر اي تبدا من السكون فان

$\upsilon_i =$ ٠ واتجاه التعجيل الارضي عكس اتجاه المحور y

بمعنى (g=–١٠ $m/s^{٢}$).



(شكل-١). الحالة الاولى لحل مثـ

$$y_f = y_i + \upsilon_i t + \tfrac{١}{٢} g t^{٢} = ٠ + (٠)(٣) + \tfrac{١}{٢}(-١٠)(٣^{٢}) = -٤٥\text{m}$$

اعتمادا على اتجاه المحور y فان الاشارة السالبة تشير الى حقيقة الاحداثي yلاي نقطة تقع عند سطح الارض بمعنى ان الموقع النهائي يقع عند الجانب السالب للمحور y تحت نقطة الاسناد والمسماة رياضيا بنقطة الاصل.

٢) للتعرف على سرعة ارتطام الكرة بالارض، فان:

$$\upsilon_f^{٢} = \upsilon_i^{٢} + ٢g(y_f - y_i)$$

$$\upsilon_f^{٢} = (٠)^{٢} + ٢\ (-١٠)(-٤٥-٠) = ٩٠٠$$

$$\upsilon_f = \pm\sqrt{٩٠٠} = -٣٠\ m/s$$

اختيار الاشارة السالبة ياتي من حقيقة ان اتجاه السرعة النهائية هو عكس اتجاه المحور y.

٣) بعد مرور ١s فان سرعة الكرة تكون: $\upsilon_f = \upsilon_i + gt = ٠ + (-١٠)(١) = -١٠\ m/s$

اما المسافة المقطوعة من سطح البناية فهي:

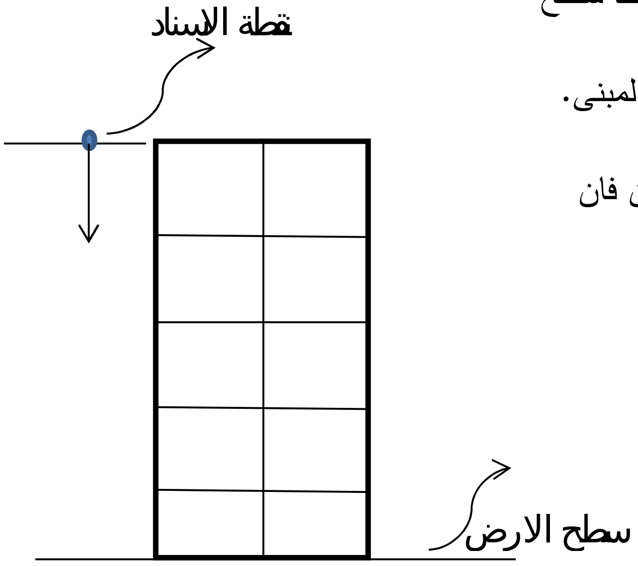
$$y_f = y_i + \upsilon_i t + \tfrac{١}{٢} g t^{٢} = ٠ + (٠)(١) + \tfrac{١}{٢}(-١٠)(١^{٢}) = -٥\text{m}$$

اذا بعد مرور ١s سيكون ارتفاع الكرة من سطح الارض بمقدار (٤٥-٥=٤٠m).

<u>الحالة الثانية:</u> باخذ نقطة الاسناد عند سطح المبنى ومحور الحركة y باتجاه الاسفل (شكل-٢).

١) ارتفاع المبنى يعني ايجاد الموقع النهائي للكرة y_f عند سطح الارض عندما كان موقعها الابتدائي $y_i = ٠$ عند سطح المبنى.

وحيث ان الكرة تبدا بحالة سقوط حر اي تبدا من السكون فان $\upsilon_i = ٠$ واتجاه التعجيل الارضي باتجاه المحور y بمعنى ($g=١٠\ m/s^٢$).



(شكل-٢). الحالة الثانية لحل مث

$$y_f = y_i + \upsilon_i t + \tfrac{١}{٢} g t^٢ = ٠ + (٠)(٣) + \tfrac{١}{٢}(١٠)(٣^٢) = ٤٥\text{m}$$

اعتمادا على اتجاه المحور y فان الاشارة الموجبة تشير الى حقيقة الاحداثي y لأي نقطة تقع تحت سطح المبنى.

٢) للتعرف على سرعة ارتطام الكرة بالارض، فان:

$$\upsilon_f^{٢} = \upsilon_i^{٢} + ٢g(y_f - y_i)$$

$$\upsilon_f^{٢} = (٠)^{٢} + ٢\ (١٠)(٤٥-٠) = ٩٠٠$$

$$\upsilon_f = \pm\sqrt{٩٠٠} = ٣٠\ m/s$$

اختيار الاشارة الموجبة ياتي من حقيقة ان اتجاه السرعة النهائية بنفس اتجاه المحور y.

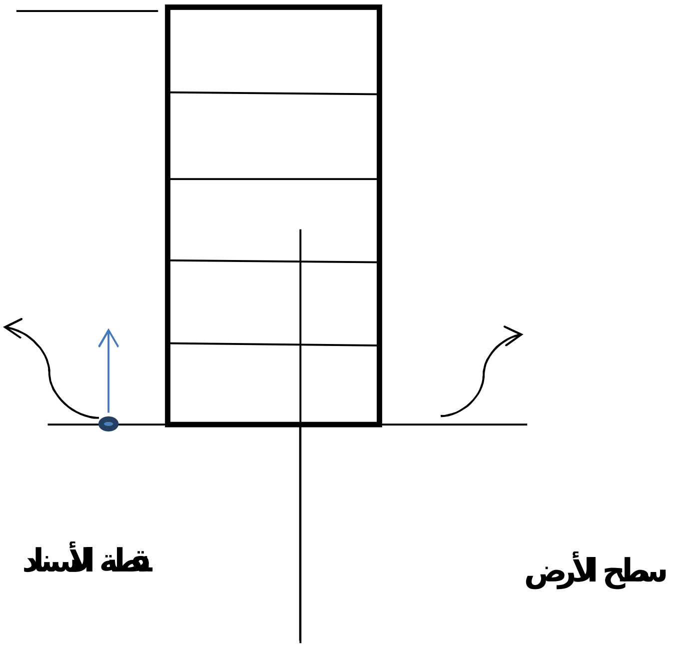
٣) بعد مرور ١s فان سرعة الكرة تكون: $\upsilon_f = \upsilon_i + gt = ٠ + (١٠)(١) = ١٠\ m/s$

اما المسافة المقطوعة من سطح البناية فهي:

$$y_f = y_i + \upsilon_i t + \tfrac{١}{٢} g t^{٢} = ٠ + (٠)(١) + \tfrac{١}{٢}(١٠)(١^{٢}) = ٥m$$

اذا بعد مرور ١s سيكون ارتفاع الكرة من سطح الارض بمقدار (٤٥-٥=٤٠m).

<u>الحالة الثالثة:</u> باخذ نقطة الاسناد عند سطح الارض ومحور الحركة y باتجاه الاعلى (شكل−٣).



(شكل-٣) الحالة الثالثة لحل مثا

١) ارتفاع المبنى يعني ايجاد الموقع y_i عند سطح المبنى

بالوقت الذي فيه $y_f = ٠$ ، $\upsilon_i = ٠$

التعجيل الارضي $(g=-١٠\ m/s^{٢})$

$$y_f = y_i + \upsilon_i t + \tfrac{١}{٢} g t^{٢}$$

$$(٠) = y_i + (٠)(٣) + \tfrac{١}{٢}(-١٠)(٣^{٢})$$

$$y_i = ٤٥m$$

اعتمادا على اتجاه المحور y فان الاشارة الموجبة تشير الى حقيقة الاحداثي yلاي نقطة تقع فوق سطح الارض.

٢) للتعرف على سرعة ارتطام الكرة بالارض، فان:

$$\upsilon_f^{٢} = \upsilon_i^{٢} + ٢g(y_f - y_i)$$

$$\upsilon_f^{٢} = (٠)^{٢} + ٢\ (-١٠)(٠-٤٥) = ٩٠٠$$

$$\upsilon_f = \pm\sqrt{٩٠٠} = -٣٠\ m/s$$

٣) بعد مرور ١s فان سرعة الكرة تكون: $\upsilon_f = \upsilon_i + gt = ٠ + (-١٠)(١) = -١٠\, m/s$

اعتمادا على موقع نقطة الاسناد واتجاه المحور فسيتم ايجاد ارتفاع الكرة من سطح الارض بعد مرور ١s

$$y_f = y_i + \upsilon_i t + \tfrac{١}{٢} g t^{٢} = ٤٥ + (٠)(١) + \tfrac{١}{٢}(-١٠)(١^{٢}) = ٤٠\text{m}$$

اذا بعد مرور ١s سيكون ارتفاع الكرة من سطح المبنى بمقدار (٤٥-٤٠=٥m).

في حل مثال (٤) تم اختيار نقطة الاسناد واتجاه المحور y على غرار هذه الحالة اي عند سطح الارض دون ان يتم الاشارة الى ذلك صراحة وهذا ما يربك وضع الطالب ويجعله يتسائل ... تُرى ما هو سر تغير اشارة الموقع، السرعة، التعجيل عند حل مثال (٣) عنه عند حل مثال (٤) ؟.

عرض محتوى الفقرة (٢-١٢)

12-2 الحركة في بعدين (الحركة في مستوي) Motion in a Plane

من الامثلة المعروفة عن حركة الاجسام في بعدين هي حركة جسم مقذوف بزاوية في مجال الجاذبية الارضية مثل (حركة الشرارات الكهربائية) لاحظ الشكل (23).

والفكرة في وصف حركة الاجسام في بعدين تعتمد على حركة جزيئات الماء الساقطة من الشلال لاحظ الشكل (24) وتمثيل هذه الحركة في المحورين الافقي (x-axis) والشاقولي (y-axis)، ودراسة الحركة في كل بعد بشكل مستقل عن البعد الاخر.

بما ان الحركتين الافقية والشاقولية لاتؤثر احدهما على الاخرى لذا نطبق معادلات الحركة ببعد واحد على كل من المحورين x , y ونطلق عليهما تسمية المركبة الأفقية والمركبة الشاقولية.

الشكل (23)

الشكل (24)

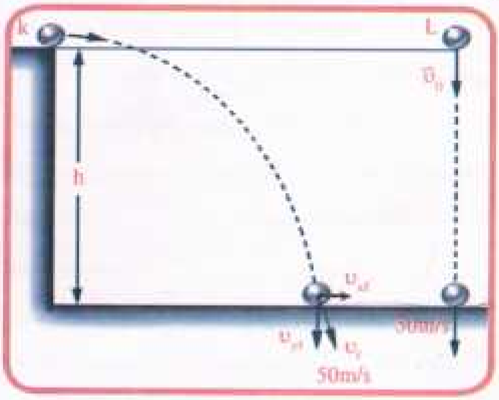
الحركة الافقية للمقذوفات :


الشكل (25)

حركة المقذوفات الافقية هي نتيجة محصلة نوعين من الحركة ، النوع الاول حركة شاقولية تكون سرعة المقذوف $(\vec{\upsilon}_y)$ متغيرة بالمقدار والإتجاه بسبب تأثير قوة الجاذبية الأرضية فيها. والنوع الثاني حركة أفقية تكون سرعة المقذوف $(\vec{\upsilon}_x)$ ثابتة بالمقدار والإتجاه بسبب عدم تأثير قوة الجاذبية الأرضية فيها (فهي عمودية على متجه السرعة) . لاحظ الشكل (25) لذا فأن السرعة المحصلة لهاتين السرعتين (υ_f) تعطى بالمعادلة : $\upsilon_f^2 = \upsilon_x^2 + \upsilon_y^2$

مثال 5 قذفت الكرة k بسرعة افقية مقدارها (40m/s) من ارتفاع شاقولي h فضربت الارض بسرعة مقدارها (50m/s) . ومن الارتفاع نفسه قذفت الكرة L شاقوليا نحو الاسفل الشكل (26) بسرعة ابتدائية υ_0 فضربت سطح الارض بسرعة مقدارها (50m/s) ايضا

احسب مقدار : السرعة υ_0 للكرة L.


الشكل (26)

الحل / نرسم اولا المركبتين الافقية والشاقولية للسرعة النهائية للكرة k (السرعة التي ضربت سطح الارض) .

بما ان مقدار المركبة الافقية لسرعة القذيفة يبقى ثابتا طيلة مسارها فأن :

$$\upsilon_{xf} = \upsilon_{xi} = 40m/s$$

$$\upsilon_f^2 = \upsilon_{xf}^2 + \upsilon_{yf}^2$$

$$(50)^2 = (40)^2 + \upsilon_{yf}^2$$

$\upsilon_{yf} = -30\ m/s$ وهي المركبة الشاقولية للسرعة النهائية للكرة k

الاشارة السالبة امام مقدار السرعة υ_{yf} تدل على انها تتجه نحو الاسفل .

ثم نحسب الارتفاع الشاقولي h بتطبيق المعادلة :

$$\upsilon_{yf}^2 = \upsilon_{yi}^2 + 2g\Delta y \implies (30)^2 = 0 + 2\times(-10)\Delta y$$

$y = -45m$ الاشارة السالبة تدل على ان الازاحة نحو السفل

فيكون الارتفاع $h = 45\ m$ لحساب السرعة الابتدائية (υ_{yi}) للكرة L نطبق المعادلة الاتية

$$\upsilon_{yf}^2 = \upsilon_{yi}^2 + 2g\Delta y \implies (50)^2 = \upsilon_{yi}^2 + 2(-10)(-45)$$

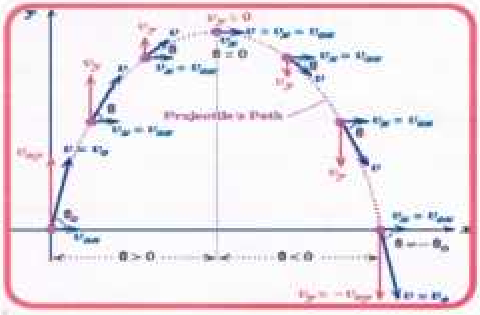
$$2500 = \upsilon_{y\,i}^{2} + 900$$

$$\upsilon_{y\,i}^{2} = 1600$$

تؤخذ الاشارة السالبة لان اتجاه السرعة نحو الاسفل $\upsilon_{yi} = -40 m/s$

نستنتج من ذلك : ان الاجسام التي تقذف من الارتفاع نفسه وبالانطلاق نفسه (دون الاهتمام باتجاهاتها) فانها تصطدم بالارض بانطلاقات متساوية.

المقذوفات بزاوية معينة :



الشكل (27)

كل مقذوف بزاوية فوق الافق يتخذ مسارا بشكل القطع المكافئ الموضح في الشكل (27) فان حركته تكون ببعدين (افقي وشاقولي) وبتعبير اخر انه يتحرك بمستوي معين ومن ملاحظة الشكل نجد ان للقذيفة حركة افقية ثابتة المقدار والاتجاه بسبب ان المركبة الافقية للسرعة الابتدائية (υ_{ix}) هي نفسها عند اية نقطة من مسارها .

$$\upsilon_x = \upsilon_{ix} = \upsilon_i \cos\theta$$

بينما حركتها الشاقولية تكون حركة ذات تعجيل ثابت وهو تعجيل الجاذبية الارضية ،فتكون الحركة بتباطؤ منتظم في اثناء صعودها (لان قوة الجاذبية الارضية تكون باتجاه معاكس لاتجاه حركتها ، بينما تكون حركتها بتسارع منتظم في اثناء نزولها (لان قوة الجاذبية الارضية تكون باتجاه حركة القذيفة) .

$$\boxed{\upsilon_{fy} = \upsilon_{iy} + gt}$$

$$\upsilon_{fy} = \upsilon_i \sin\theta + gt$$

سرعة المقذوف υ_f عند اية لحظة من الزمن تساوي محصلة المركبة الافقية $\vec{\upsilon}_x$ والمركبة الشاقولية $\vec{\upsilon}_y$

$$\vec{\upsilon}_f = \vec{\upsilon}_x + \vec{\upsilon}_y$$

وبما ان υ_x عمودية على اتجاه υ_y لذا فان مقدار محصلتهما تحسب من:

$$\upsilon = \sqrt{\upsilon_x^{2} + \upsilon_y^{2}}$$

معادلات المقذوفات بزاوية فوق الافق :

a - معادلة لحساب الزمن الكلي المستغرق في طيران المقذوف :-

نحسب الزمن الذي يستغرقه المقذوف للوصول الى اعلى ارتفاع له (t_{rise})

نطبق المعادلة $\upsilon_y = \upsilon_i \sin\theta - g\, t_{rise}$

(نعوض عن g باشارة سالبة لان اتجاهه نحو الاسفل)

فنحصل على :

$$\boxed{t_{rise} = \frac{\upsilon_{iy}}{g} = \frac{\upsilon_i \sin\theta}{g}}$$

وعند نزول المقذوف من قمة مساره ووصوله الى المستوي الاول الذي قذف منه فان الزمن الذي يستغرقه في نزوله يساوي زمن صعوده من نقطة قذفه حتى وصوله الى قمة مساره . لذا فان الزمن الكلي الذي يستغرقه المقذوف من لحظة قذفه الى لحظة وصوله الى المستوي الاول الذي قذف منه يساوي ضعف زمن صعوده الى اعلى نقطة من مساره. وعندئذ تكون معادلة الزمن الكلي t_{total} للمقذوف هي:

$$\boxed{t_{total} = \frac{2\upsilon_i \sin\theta}{g}}$$

b - معادلة لحساب اعلى ارتفاع (h_{max}) يصله الجسم المقذوف :

بما ان المركبة الشاقولية لسرعة المقذوف بزاوية فوق الافق عند اعلى نقطة من مساره تساوي صفرا $\upsilon_{yf} = 0$

نطبق المعادلة :

$$\upsilon^2_{yf} = \upsilon^2_{yi} - 2g\Delta y$$

$$0 = \upsilon^2_i \sin^2\theta - 2gh$$

$$2gh = \upsilon^2_i \sin^2\theta$$

$$h_{max} = \frac{\upsilon^2_i \sin^2\theta}{2g}$$

c- معادلة حساب المدى الافقي :

المدى الافقي هو الازاحة الافقية التي يقطعها الجسم المقذوف خلال الزمن الكلي للطيران ويرمز له بـ (R) وبما ان السرعة الافقية للمقذوف ثابتة المقدار والاتجاه فان:

$$R = \upsilon_{xi} t$$

$$R = \upsilon_i \cos\theta_i$$

$$0 = (\upsilon_i \sin\theta_i)\, t - \frac{1}{2} g t^2 \Rightarrow t = \frac{2\upsilon_i \sin\theta_i}{g}$$

بما ان : $\sin\theta\cos\theta = \sin 2\theta$

فأن :
$$R=\frac{2\upsilon_i^2}{g}\sin\theta_i\cos\theta_i \Rightarrow \boxed{R=\frac{\upsilon_i^2}{g}\sin 2\theta_i}$$

نستنتج من هذا القانون أن أكبر مدى تقطعه القذيفة هو عندما تكون زاوية إطلاقها (θ_i) تساوي 45° وعندها يكون أعظم مدى أفقي للقذيفة : $\boxed{R_{max}=\frac{\upsilon_i^2}{g}}$

مثال6 لاعب كرة القدم ركل بقدمه الكرة الموضوعة على سطح الارض الشكل(28) فكانت سرعتها الابتدائية ($\upsilon_{initial} = 20m/s$) بزاوية ($\theta = 37^0$) فوق الافق.

احسب مقدار :-

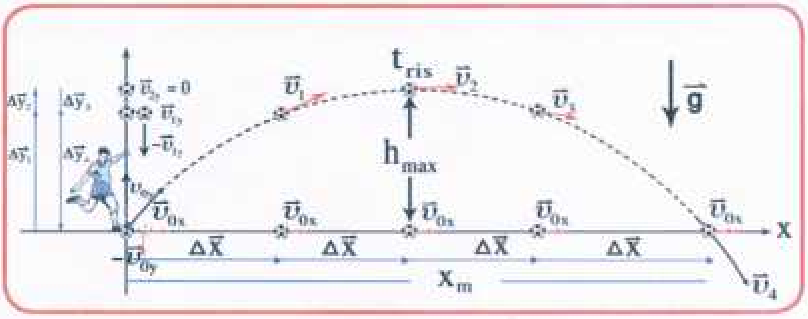
1 – اعلى ارتفاع فوق سطح الارض تصله الكرة .

2 – الزمن الذي تستغرقه الكرة من لحظة ضربها حتى وصولها الى قمة مسارها ثم احسب الزمن الكلي من لحظة ضربها حتى لحظة إصطدامها بسطح الارض .

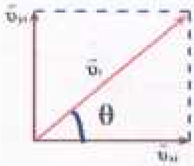
3 – المدى الافقي للكرة خلال حركتها من نقطة ضربها حتى لحظة اصطدامها بالارض

4 – سرعتها قبيل لحظة اصطدامها بسطح الارض وباي اتجاه ؟

الشكل (28)



الحل/



1 – نحسب اولاً المركبة الافقية للسرعة الابتدائية للكرة :

$$\upsilon_{xi} = \upsilon_{initial} \times \cos\theta$$
$$\upsilon_{xi} = 20\cos 37^0 = 20 \times 0.8 = 16m/s$$

نحسب ثانياً المركبة الشاقولية لسرعة الكرة :

$$\upsilon_{yi} = \upsilon_{initial} \times \sin\theta$$
$$\upsilon_{yi} = 20\sin 37^0 = 20 \times 0.6 = 12m/s$$

وبما ان سرعة الكرة وهي في قمة مسارها ($\upsilon_{yf} = 0$) . نطبق المعادلة

$$\upsilon_{yf}^2 = \upsilon_{yi}^2 + 2g\Delta y$$

$$0 = (12)^2 + 2(-10)\Delta y$$

$$\Delta y = 144/20$$

$$\Delta y = 7.2m$$

فيكون اعلى ارتفاع الكرة فوق سطح الارض ($h = 7.2m$)

2 – لحساب الزمن الكلي لطيران الكرة يتطلب حساب اولا الزمن المستغرق من لحظة ركلها حتى لحظة وصولها الى قمة مسارها :

$$\upsilon_{yf} = \upsilon_{yi} + g \times t$$

$$O = 12 + (-10) \times t_1$$

$$t_1 = 1.2s$$

نحسب الزمن الذي تستغرقه الكرة في اثناء نزولها من قمة مسارها حتى لحظة اصطدامها بسطح الارض [تسقط سقوطا حرا من ارتفاع ($h = 7.2m$)] .

بما أنها تتجه نحو الاسفل يكون $\Delta y = -7.2m$

فتكون $\Delta y = \frac{1}{2} g \times (t)^2$

$$-7.2 = \tfrac{1}{2}(-10) \times (t_2)^2$$

$$-7.2 = -5 \times (t_2)^2$$

$$t_2 = 1.2\,s$$

فيكون الزمن الكلي = زمن الصعود + زمن النزول

أو الزمن الكلي = زمن الصعود الى اعلى نقطة × 2

$$2.4\,s = 1.2\,s + 1.2\,s$$

$$t_{total} = 2.4\,s$$

3– المدى الافقي = المركبة الافقية للسرعة الابتدائية $\upsilon_x = \upsilon_i \times \cos\theta$ مضروبا في الزمن الكلي

$$R = \upsilon_x t_{total}$$

$$R = 16 \times 2.4 = 38.4m$$

4– لحساب سرعة الكرة لحظة اصطدامها بسطح الارض υ_f . يتطلب حساب المركبتين الافقية والشاقولية لهذه السرعة وبما ان المركبة الافقية لسرعة الكرة ثابتة طيلة مسارها ($\upsilon_x = 16m/s$) لذا يتطلب حساب مركبتها الشاقولية (υ_{yf})

$$\upsilon_{yf} = \upsilon_{yi} + g \times t_2$$

$$\upsilon_{yf} = 0 + (-10) \times 1.2 = -12\,m/s$$

[الاشارة السالبة تدل على ان اتجاه المركبة الشاقولية للسرعة النهائية نحو الاسفل]

بما ان المركبتين الافقية والشاقولية متعامدتين (الشكل27) .

فيكون

$$\upsilon_f^2 = \upsilon_{xf}^2 + \upsilon_{yf}^2$$

$$\upsilon_f^2 = (16)^2 + (-12)^2$$

$$\upsilon_f^2 = 256 + 144 \Rightarrow \upsilon_f = 20m/s$$

لتعين اتجاه هذه السرعة نطبق النسبة المثلثية :-

$$\tan\theta = \frac{\upsilon_y}{\upsilon_x} = \frac{-12}{16} = \frac{-3}{4}$$

$$\theta = -37^0$$

(الاشارة السالبة تعني ان الزاوية θ تقع تحت الافق)

5 - لحساب أعظم مدى أفقي لهذا المقذوف يتحقق عندما تكون زاوية قذفه 45^0 فوق الافق وعندئذ نطبق المعادلة :

$$R_{max} = \frac{\upsilon_i^2}{g}$$

$$R_{max} = \frac{(20)^2}{10} = 40m$$

تقييم الفقرة (٢-١٢)

من الامور التي ستربك الطالب وتفقده لذة فهم هذا الموضوع الى حد كبير هو:

١. الدخول في موضوع المقذوفات مباشرتا وحل الامثلة دون اعطاء مقدمات عن معادلات الحركة الخاصة بالمقذوفات.

٢. الامثلة التطبيقية التي ذكرت الى الطالب لم تكن محسوسة لديه كثيرا.

٣. لم يتم الاشارة الى موقع نقطة الاسناد واتجاه محاور الحركة X,Y وهذا سيثير التسائل عن سبب تغير اشارة موقع وسرعة وتعجيل المقذوف.

٤. السرعة النهائية بالاتجاه X مرة يشار لها بالرمز υ_{fx} ومرة بـ υ_{xf} كذلك السرعة النهائية باتجاه Y مرة يشار لها υ_{fy} ومرة بـ υ_{yf} وهكذا حصل مع السرعة الابتدائية باتجاه X,Y.

٥. كثرة التشعب بالقوانين الخاصة بحساب زمن وارتفاع وصول المقذوفات الى اقصى ارتفاع وزمن طيران المقذوف.

٦. وجود عدد من الاخطاء المطبعية خاصة مع حل مثال (٦) واعتماده على اسلوب واسس في الحل من الصعب على الطالب بل وحتى على المدرس من فهمها خاصة بموضوع اشتقاق اعظم مدى افقي والذي افضل تاجيل العمل به في دراسة الطالب الجامعية.

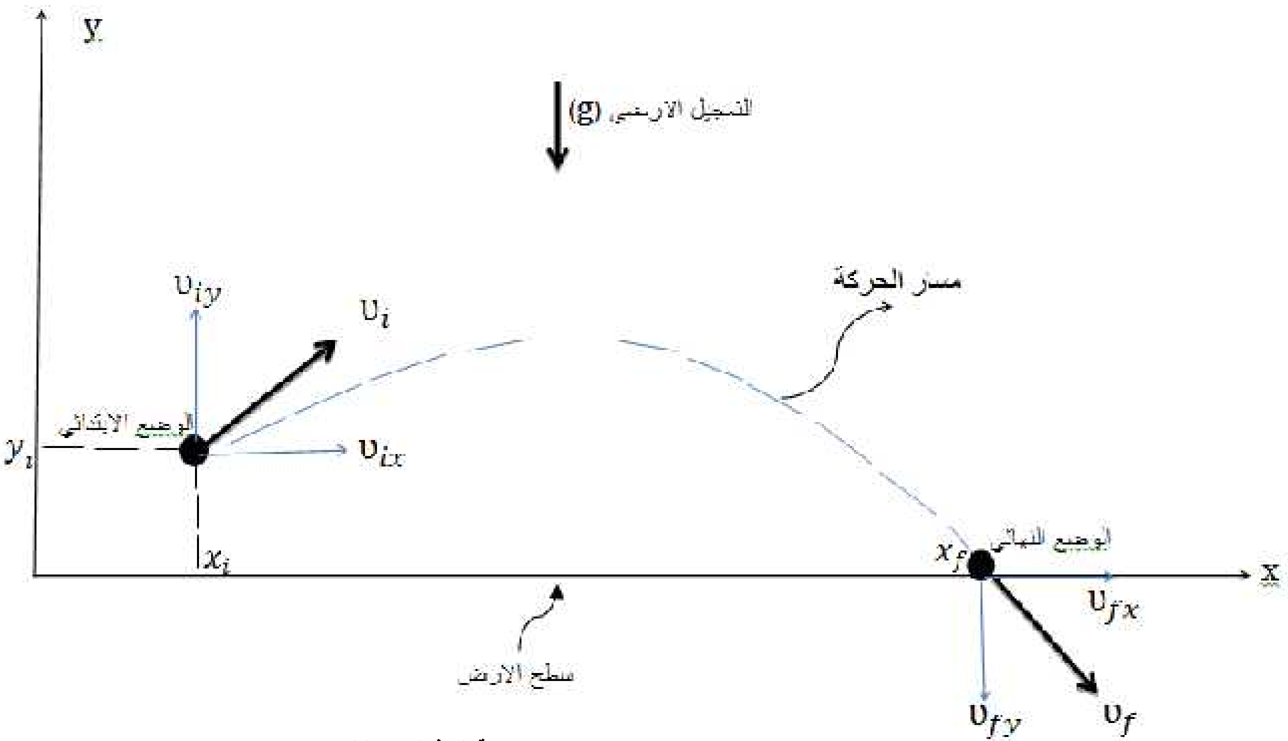
لذا ارى من الضروري حذف كل ما جاء في محتوى هذه الفقرة واعادة صياغتها بالشكل التالي:

(٢-١٢) حركة المقذوفات (Projectile Motion)

حركة المقذوف تمثل حركة جسم ضمن مستوي ببعدين ومن الأمثلة على هذه الحركة هو ضرب كرة بمضرب وخروج القذيفة من فوهة مدفع ..الخ ويطلق على الطريق الذي يسلكه المقذوف بمسار المقذوف (شكل-٤).

حركة المقذوف الانتقالية الخطية الانحنائية يمكن التعبير عنها بدلالة مركبتي الحركة الموازيتين للمحورين X,Y. بإهمال تأثيرات مقاومة الهواء فان المقذوف في موقعه الابتدائي الذي إحداثياته (x_i, y_i) عندما يتعرض لسرعة

ابتدائية υ_i فانه سوف يتخذ المسار المنحني ويرتطم بالأرض عند موقعه النهائي الذي إحداثياته $(x_f ,٠)$ بسرعة υ_f. بالرجوع إلى ثلاثي معادلات الحركة الخطية بتعجيل ثابت ، يمكن تحليل حركة المقذوف إلى مركبة حركة أفقية وأخرى شاقولية.



(شكل -٤). مسار حركة المقذوف وتحليل س

معادلات تنظيم حركة المركبة الشاقولية

مركبة الحركة الشاقولية الناتجة من تحليل السرعة الابتدائية υ_i الى υ_{iy} والسرعة النهائية υ_f الى υ_{fy} تكون واقعة تحت تاثير التعجيل الارضي $(g = -١٠ \; m/s^٢)$ وبالتالي فان معادلات تنظيم مركبة الحركة الشاقولية هي :

$$\upsilon_{fy} = \upsilon_{iy} - gt$$
$$y_f = y_i + \upsilon_{iy}t - \tfrac{١}{٢}gt^٢$$
$$\upsilon_{fy}^٢ = \upsilon_{iy}^٢ - ٢g(y_f - y_i)$$

عند وصول المقذوف لاقصى ارتفاع $(y_f)_{max}$ يحصل توقف آني او لحظي في حركته او سرعته. بمعنى يمكن معرفة $(y_f)_{max}$ بالتعويض على قيمة $\upsilon_{fy} = ٠$ ومنه ايضا يمكن معرفة زمن الوصول لاقصى ارتفاع.

معادلات تنظيم حركة المركبة الافقية

مركبة الحركة الافقية الناتجة من تحليل υ_i الى υ_{ix} وتحليل υ_f الى υ_{fx} لاتكون واقعة تحت تاثير التعجيل الارضي . اذا بتعويض قيمة (g=٠) تكون معادلات تنظيم مركبة الحركة الافقية هي :

$$\upsilon_{fx} = \upsilon_{ix}$$
$$x_f = x_i + \upsilon_{ix}t$$

(x_f) يسمى بالمدى الافقي وهي الازاحة الافقية التي يقطعها الجسم المقذوف والتي عندها $y_f = ٠$.

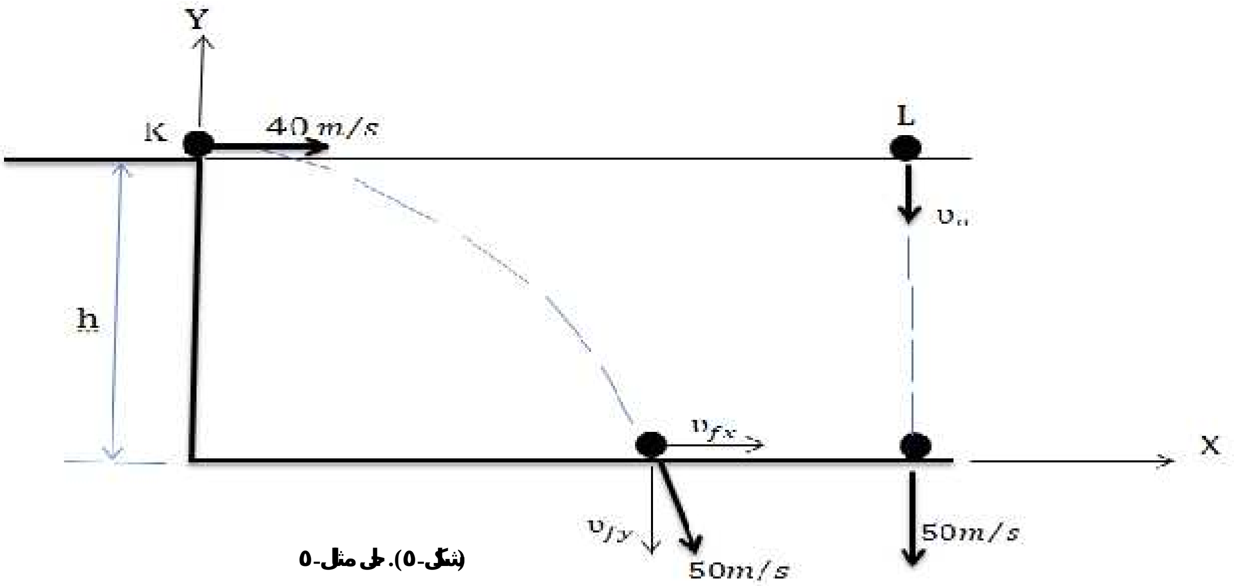
السمة المميزة المهمة لحركة المقذوفات هو ان احدى مركبتي الحركة الكلية تمثل حركة مستقيمة بسرعة ثابتة والمتمثلة بحركة المركبة الافقية، بينما المركبة الاخرى هي حركة مستقيمة بتعجيل ثابت والمتمثلة بحركة المركبة الشاقولية وبتطبيق قانون فيثاغورس على السرعة الابتدائية والنهائية يكون:

$$\upsilon_i^{2} = \upsilon_{ix}^{2} + \upsilon_{iy}^{2}$$

$$\upsilon_f^{2} = \upsilon_{fx}^{2} + \upsilon_{fy}^{2}$$

حل المثال (٥)

ارتفاع الكرتين h عن سطح الارض متساوي، وباخذ اتجاه المحورين X,Y كما مبين في (شكل-٥) فان استخراج قيمة h من معادلات حركة الكرة K سينفعنا في ايجاد υ_o للكرة L تبعاً لما يلي :



(شكل-٥). حل مثل ٥-

بالنسبة للكرة K:

$$\upsilon_{fx} = \upsilon_{ix} = ٤٠\, m/s$$

$$\upsilon_f^{٢} = \upsilon_{fx}^{٢} + \upsilon_{fy}^{٢}$$

$$٥٠^{٢} = ٤٠^{٢} + \upsilon_{fy}^{٢} \qquad \upsilon_{fy} = \pm\sqrt{٩٠٠} = -٣٠\, m/s$$

تم اختيار الاشارة السالبة لان حقيقة المركبة الشاقولية للسرعة النهائية هي باتجاه الاسفل أي عكس اتجاه المحور Y. h هو بعد شاقولي ايجاده وتكوينه هو مسؤولية مركبات الحركة الشاقولية.

$$\upsilon_{fy}^{٢} = \upsilon_{iy}^{٢} - ٢g(y_f - y_i)$$

$$(-٣٠)^{٢} = (٠)^{٢} - ٢(١٠)(٠ - h) \qquad h = ٤٥m$$

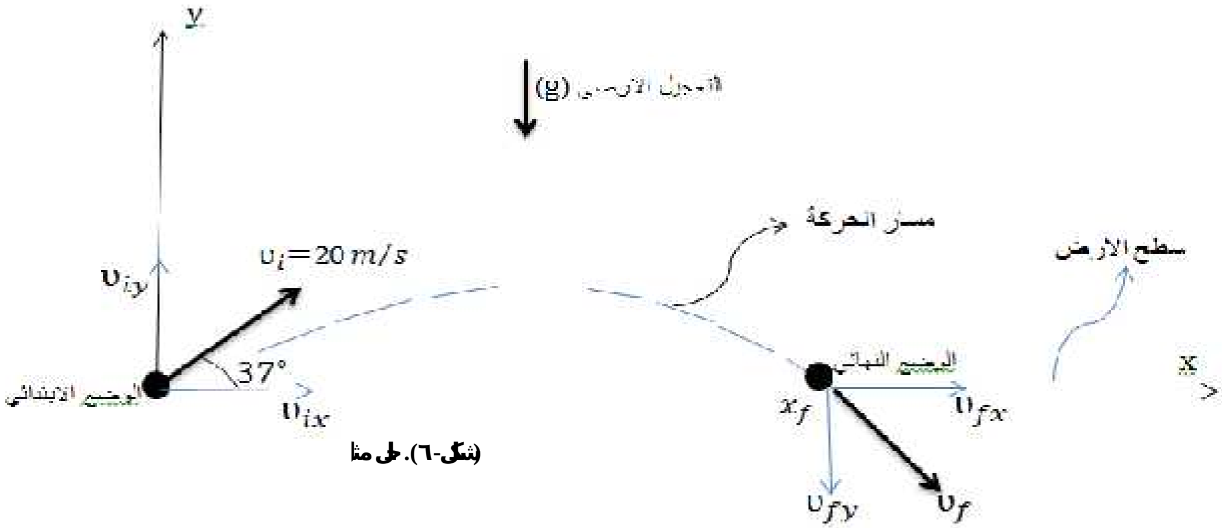
بالنسبة للكرة L :

$$\upsilon_{fy}^{٢} = \upsilon_{iy}^{٢} - ٢g(y_f - y_i)$$

$$(٥٠)^{٢} = (\upsilon_{\circ})^{٢} - ٢(١٠)(٠ - ٤٥) \qquad \upsilon_{\circ} = \pm\sqrt{١٦٠٠} = -٤٠\, m/s$$

تنتج من ذلك: ان الاجسام التي تقذف من ارتفاع نفسه وبالانطلاق نفسه (دون الاهتمام باتجاهها) فان سرعة تطامها بالارض متساوية.

حل مثال (٦)



(شكل-٦). حل مثا

١) بعد تحديد موقع نقطة الاسناد واتجاه محاور الحركة X,Y كما في (شكل–٦) فان ايجاد اعلى ارتفاع (h_{max}) هو مسؤلية مركبات الحركة الشاقولية والذي عنده تكون السرعة النهائية اللحظية مساوية للصفر.

$$١٢\ m/s\ \sin ٣٧ = \upsilon_{iy} = \upsilon_i \sin \Theta = ٢٠$$

$$\upsilon_{fy}^{٢} = \upsilon_{iy}^{٢} - ٢g(y_f - y_i)$$

$$(٠)^{٢} = (١٢)^{٢} - ٢(١٠)(h_{max} - ٠) \qquad h_{max} = ٧.٢m$$

٢) الزمن اللازم من لحظة انطلاقها الى لحظة وصولها لاقصى ارتفاع هو:

$$\upsilon_{fy} = \upsilon_{iy} - gt$$

$$(٠) = ١٢ - ١٠t \qquad t=١.٢s$$

اما الزمن الكلي للطيران من لحظة الانطلاق عندما $y_i = ٠$ الى لحظة السقوط على الارض عندما $y_f =$ ٠ هو بمقدار:

$$y_f = y_i + \upsilon_{iy}t - \tfrac{١}{٢}gt^{٢}$$

$$٠ = ٠ + ١٢t - \tfrac{١}{٢}(١٠)t^{٢}$$

$$٠ = t(١٢ - ٥t)$$

اما t=٠ وهذا يناظر زمن بديء الانطلاق أي الزمن الابتدائي للحركة. او ($t = \frac{١٢}{٥} = ٢.٤s$) وهو الزمن الكلي او النهائي للحركة.

٣) المدى الافقي يعني ايجاد x_f في وقت ($t = ٢.٤s$) وهو مسؤلية مركبات الحركة الافقية والذي مقداره:

$$\upsilon_{ix} = \upsilon_i \cos\Theta = ٢٠ \quad \cos ٣٧ \approx \quad ١٦\ m/s$$

$$x_f = x_i + \upsilon_{ix}t = ٠ + ١٦(٢.٤) = ٣٨.٤m$$

٤) السرعة النهائية للكرة قبيل ارتطامها بالارض يمكن التعرف عليه من خلال ايجاد مركبتها الافقية

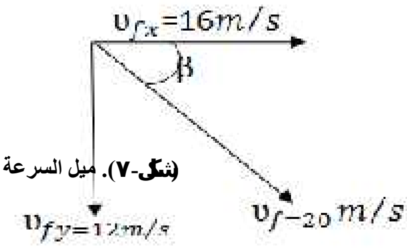
($\upsilon_{fx} = \upsilon_{ix} = ١٦\ m/s$) وايجاد مركبتها الشاقولية υ_{fy} عند زمن ($t = ٢.٤s$).

$$\upsilon_{fy} = \upsilon_{iy} - gt = ١٢ - ١٠(٢.٤) = -١٢\ m/s$$

$$\upsilon_f^{٢} = \upsilon_{fx}^{٢} + \upsilon_{fy}^{٢} = (-١٢)^{٢} + (١٦)^{٢} \qquad \upsilon_f = ٢٠\ m/s$$

على ضوء قيمة السرعة النهائية واتجاه وقيم مركباتها المبينة في (شكل-٧) فان اتجاهها او ميلها عن الافق β

$$\tan\beta = \frac{12}{16} \qquad \beta = \tan^{-1}\left(\frac{12}{16}\right) = 37^\circ$$



(شكل-٧). ميل السرعة الن

هو بمقدار:

<u>الاستنتاجات:</u>

١. اعادة النظر في تسمية اقسام علم الحركة المشار اليها في الفقرة (٢-١).

٢. ضعف وعدم دقة صياغة بداية الفقرة (٢-١١) وعدم ضرورة اللجوء الى التشعب في كتابة المعادلات.

٣. لم يكن مؤلف الكتاب موفق في اسلوب كتابة الفقرة (٢-١٢). حيث تم الدخول مباشرتاً بالامثلة دون اعطاء مقدمات عن معادلات الحركة للمقذوفات. اضافة الى وجود اكثر من رمز للدلالة على السرعة الابتدائية او النهائية اومركباتهما.

<u>التوصيات:</u>

١. ضرورة تثبيت الإجابة الصحيحة لأسئلة نهاية الفصل لان ذلك سيعطي للطالب وللمدرس ثقة كبيرة بالنفس حول مدى استيعاب المادة. كذلك سيعطي لمؤلف الكتاب قدرة على تشخيص العيوب والنواقص في منطوق السؤال وشكله التوضيحي. أو اقتباس السؤال من بعض المراجع المعتبرة المعلومة الجواب. وبهذا الصدد انصح بالاطلاع على المرجع الاول والثاني، حيث يعتبران من المراجع المنهجية المعروفة لتدريس مادة الديناميكا في الكثير من كليات الهندسة في العراق والدول العربية.

٢. ضرورة قيام المختصين بتقييم بقية الفصول الاخرى التي تضمنها منهج الفيزياء للخامس العلمي كُلاً حسب اختصاصه.

٣. المثال المعطى في الفقرة (٢-٩) يفضل ان يكون مثال تطبيقي لقوانين الحركة الخطية الثلاثية.

٤. من الضروري لحل اي مثال يجب ابتداءً تثبيت نقطة الاسناد واتجاه محاور الحركة الذي ينطلق منها. عدم الاخذ بذلك سيربك الطالب ويجعله يتسائل عن سبب تغير اشارات التعجيل ،السرعة او موقع الاجسام في حل مثال (٣) عنه في حل مثال (٤).

المراجــــع:

١) ج. ل. مريام ،" الميكانيكا الهندسية- ديناميكا"، المجلد الاول، دار الكتب الاردني، عمان، الاردن، ١٩٩٨

٢) جوزيف شيلي ،" الميكانيكا الهندسية- ديناميكا"، دار ماكجروهيل للنشر، امريكا، ١٩٨٠.

٣) Beer and Johnson," Vector Mechanics for Engineer Statics and Dynamics", Fourth Edition, McGraw-Hill, USA, ١٩٨٤.

٤) Fowler, "Dynamics Engineering Mechanics", Addision-Wesley Publishing, USA, ١٩٩٥.

٥) Schaum's Outline Series, "Engineering Mechanics", Fourth Edition, McGraw-Hill, USA, ١٩٨٨.