



جامعة بغداد

كلية التربية للعلوم الصرفة (ابن الهيثم)

قسم الفيزياء / المرحلة الاولى

المادة: الميكانيك

2025-2026

المقدمة

Introduction

تمثل الميكانيكا الكلاسيكية أحد أركان الفيزياء الأساسية وأكثرها متانة وأهمية، فهي الإطار النظري الذي يحكم حركة الأجسام المادية في حياتنا اليومية، من سقوط تفاحة إلى دوران الكواكب في أفلاكها. ليست الميكانيكا الكلاسيكية مجرد نظرية فيزيائية فحسب، بل هي لغة رياضية رصينة لفهم القوى والحركة والطاقة في العالم من حولنا.

لوصف اية ظاهرة طبيعية، لابد من توفر قياسات لمختلف الكميات الطبيعية كالطول والكتلة والزمن. مجمل قوانين الفيزياء تشتق بدلالة علاقات رياضية ما بين الكميات الفيزيائية المختلفة.

في عام 1960، أعدت المنظمة الدولية نظام قياسي للكميات الفيزيائية، أطلق عليه تسمية النظام الدولي SI. وتم تحديد الوحدات القياسية لكل من الكميات الطول length والكتلة mass والزمن time وهي (متر m، كيلوغرام kg، ثانية sec) على التوالي. وسميت هذه الكميات الثلاثة بالكميات الأساسية. إضافة الى هذه الكميات الثلاثة الأساسية تم تحديد الوحدات القياسية لعوامل فيزيائية أخرى، فعلى سبيل المثال، درجة الحرارة temperature تقاس بوحدة الكلفن kelvin والتيار الكهربائي current يقاس بوحدة الأمبير ampere وكمية المادة تقاس بوحدة المول mole وغيرها من الكميات الفيزيائية الأخرى سنتطرق الى ذكرها في الدراسات القادمة.

في علم الميكانيك، تعد الكميات الطول والكتلة والزمن الكميات الأساسية وبقية الكميات الفيزيائية ممكن استنتاجها بدلالة هذه الكميات الأساسية. معظم الكميات المتغيرة، من الممكن استنتاجها بدلالة علاقات رياضية مترابطة ما بين الكميات الأساسية. فعلى سبيل المثال، المساحة area ممكن التعبير عنها رياضياً بعلاقة حاصل ضرب عاملين طول، وكذلك السرعة velocity او الانطلاق speed لجسم ما ممكن التعبير عنها بعلاقة رياضية كحاصل قسمة الطول او المسافة على الزمن، وكثافة المادة ρ density ممكن التعبير عنها بعلاقة رياضية كحاصل قسمة كتلة المادة على حجم المادة volume.

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad kg/m^3 \text{ or } g/cm^3$$

مصطلحات مفيدة useful symbols

كثافة	مساحة	درجة الحرارة	تيار	سرعة	زمن	كتلة	طول
Density	Area	temperature	current	Velocity	time	mass	length

useful symbols مصطلحات مفيدة

اصغر	اكبر	نهائي	ابتدائي	مسافة	مسار	تسريع
Smaller	Greater	Final	Initial	distance	path	acceleration

Chapter One

الفصل الاول

Motion in one dimension

الحركة باتجاه واحد

الموقع (الموضع) Position: يعرف موقع او موضع الجسم x بأنه موضع الجسم بالنسبة الى نقطة مرجعية معينة تعتبر كنقطة اصل احداثيات النظام.

الازاحة Displacement: تعرف الازاحة Δx لجسم ما بالتغيير في موضع الجسم خلال فترة زمنية معينة. و عليه عندما تتحرك جسيمة من موضع ابتدائي x_i الى موضع نهائي x_f فالازاحة المقطوعة تعطى بالعلاقة الاتية

$$\Delta x = x_f - x_i \quad \dots \dots \dots (1)$$

من العلاقة اعلاه ، نلاحظ ان ازاحة الجسم تكون موجبة positive اذا كانت x_f اكبر من x_i وتكون الازاحة سالبة negative اذا كانت x_f أصغر من x_i .

من المفيد والضروري ان نميز الفرق ما بين الازاحة والمسافة المقطوعة

المسافة Distance: تعرف المسافة بأنها طول المسار الذي يسلكه الجسم . **المسافة كمية موجبة بينما الازاحة قد تكون موجبة او سالبة .**

تعد الازاحة كمية **متجهة vector quantity** كما هو الحال بالنسبة للموضع او السرعة او التسريع . بصورة عامة الكمية المتجهة تتطلب تحديد الاتجاه direction والمقدار magnitude . بينما الكمية العددية تحدد بالمقدار العددي فقط .

المسافة (Distance)	الإزاحة (Displacement)
مقدار قياسي (المقدار فقط)	كمية متجهة (لها مقدار واتجاه)
تمثل الطول الكلي للمسار الذي يسلكه الجسم أثناء حركته	تمثل التغير في موقع الجسم من نقطة البداية إلى نقطة النهاية
قيمة دائماً موجبة ولا يمكن أن تكون سالبة	يمكن أن تكون موجبة أو سالبة حسب نظام الإحداثيات
تعرف المسافة بأنها طول المسار الذي يسلكه الجسم	تعرف الإزاحة Δx لجسم ما بالتغيير في موضع الجسم خلال فترة زمنية معينة
وحدة القياس : المتر m	وحدة القياس : المتر m

معدل السرعة average velocity : تعرف معدل السرعة لجسم ما بأنها الإزاحة المقطوعة خلال فترة زمنية محددة .

$$v_{ave} = \frac{\Delta x}{\Delta t} , \quad m/sec \quad \dots \dots \dots (2)$$

معدل السرعة للجسم باتجاه واحد ممكن ان تكون موجبة او سالبة وتعتمد على اشارة الإزاحة . اذا كانت سرعة الجسم ثابتة ، فيستخدم مصطلح السرعة الانية instantaneous velocity خلال لحظة زمنية معينة هي نفسها معدل السرعة

$$v_x = v_{x,ave} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$\Delta x = x_f - x_i \rightarrow \rightarrow \rightarrow v_x = \frac{x_f - x_i}{\Delta t}$$

$$\text{or } x_f - x_i = v_x \cdot \Delta t \rightarrow \rightarrow \rightarrow x_f = x_i + v_x \cdot \Delta t$$

من الناحية العملية ، عادة مايكون الزمن الابتدائي مساويا للصفر $0 = x_i$ والزمن النهائي $t = t_f$ وعليه

$$x_f = x_i + v_x \cdot t , \quad v_x = \text{constant} \quad \dots \dots \dots (3)$$

معدل الانطلاق average speed : يعرف معدل الانطلاق لجسم ما بأنه المسافة المقطوعة خلال فترة زمنية محددة

$$v_{ave} = \frac{d}{\Delta t} , \quad m/sec \quad \dots \dots \dots (4)$$

من المفيد ان نوضح ان **الانطلاق ليس من الكميات المتجهة بل يعبر عنه بمقدار عددي موجب** .

الخاصية	الانطلاق (speed)	السرعة (velocity)
نوع الكمية	مقدار قياسي (المقدار فقط)	كمية متجهة (لها مقدار واتجاه)
الاعتماد على الاتجاه	لا	نعم
التمثيل الرياضي	قيمة دائماً موجبة ولا يمكن أن تكون سالبة	يمكن أن تكون موجبة أو سالبة حسب نظام الإحداثيات
يعتمد على	المسافة الكلية	الإزاحة (أقصر مسار)
مثال عملي	كم/ساعة 50	50 كم/ساعة شرقاً
التعريف	هو المسافة المقطوعة خلال فترة زمنية محددة	هو الإزاحة المقطوعة خلال فترة زمنية محددة
وحدة القياس	m/sec	m/sec

السرعة الانية والانطلاق الانى instantaneous velocity and instantaneous speed

يعبر عن السرعة الانية بالعلاقة الاتية

$$v_x = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad \dots \dots \dots (5)$$

ولغرض الحساب ، يعبر عن هذه الغاية بالمشتقة وكمايلي

$$v_x = \frac{dx}{dt} \quad \dots \dots \dots (6)$$

من المفيد ان نوضح ان السرعة الانية قد تكون موجبة ، سالبة ، صفر . اما مصطلح الانطلاق الانى فيعرف بانه السرعة الانية دون تحديد الاتجاه .

مثال(1): جسم يتحرك باتجاه المحور السيني x-axis . موضع الجسم يتغير مع الزمن وفق العلاقة الاتية

$$x = -4t + 2t^2$$

1- احسب الازاحة المقطوعة للجسم خلال الفترة الزمنية من $t=0$ الى $t=1 \text{ sec}$ وكذلك للفترة الزمنية من $t=1 \text{ sec}$ الى $t=3 \text{ sec}$.

الازاحة المقطوعة خلال الفترة الزمنية $t = 0 \rightarrow t = 1 \text{ sec}$

$$\Delta x = x_f - x_i = (-4(1) + 2(1)^2) - (-4(0) + 2(0)^2) = -2 \text{ m}$$

وخلال الفترة الزمنية من $t = 1 \text{ sec} \rightarrow t = 3 \text{ sec}$

$$\Delta x = x_f - x_i = (-4(3) + 2(3)^2) - (-4(1) + 2(1)^2) = 8 \text{ m}$$

2- احسب معدل السرعة خلال الفترتين الزمنية اعلاه .

$$v_{x,ave} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{-2}{(1-0)} = -2 \text{ m/sec}$$

$$v_{x,ave} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{8}{(3-1)} = 4 \text{ m/sec}$$

3- احسب السرعة الانية للجسم عندما $t=2.5 \text{ sec}$

$$v_x = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}(-4t + 2t^2) = -4 + 4t = -4 + 4(2.5) = 6 \text{ m/s}$$

التعجيل Acceleration : عندما تتغير سرعة الجسم مع الزمن ، يقال بان الجسم في حالة تسارع . يعرف معدل التعجيل لجسم ما بانه التغير بسرعة الجسم خلال فترة زمنية محددة .

$$a_{x,ave} = \frac{\Delta v_x}{\Delta t} = \frac{v_{xf} - v_{xi}}{t_f - t_i} \text{ m/sec}^2 \dots \dots \dots (7)$$

يعبر عن **التعجيل الانى** بانه المشتقة الاولى لسرعة الجسم بالنسبة للزمن او المشتقة الثانية لموقع او موضع الجسم بالنسبة للزمن

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} \text{ or } a_x = \frac{d}{dt}\left(\frac{dx}{dt}\right) \text{ or } a_x = \frac{d^2x}{dt^2} \dots \dots \dots (8)$$

عندما تكون سرعة الجسم وتجهيله على طول خط مستقيم ، فاتجاه السرعة والتجهيل يحدد كمايلي . في حالة تشابه او توافق اتجاه السرعة والتجهيل للجسم ، عندئذ يقال ان الجسم في حالة تسارع speeding up . اما في حالة معاكسة سرعة الجسم لتجهيله ، عندئذ يقال ان الجسم في حالة تباطؤ slowing down .

مثال (2): تتغير سرعة جسم ما يتحرك على طول الاحداثي السيني x -axis مع الزمن وفق العلاقة الاتية $v_x = 40 - 5t^2$. احسب معدل التجهيل خلال الفترة الزمنية $t=0$ الى $t=2$ sec . احسب التجهيل في اللحظة الزمنية عندما $t=2$ sec .

$$v_{x1} = 40 - 5t^2 = 40 - 5(0)^2 = 40 \text{ m/sec}$$

$$v_{x2} = 40 - 5t^2 = 40 - 5(2)^2 = 20 \text{ m/sec}$$

$$a_{x,ave} = \frac{\Delta v_x}{\Delta t} = \frac{v_{x2} - v_{x1}}{t_2 - t_1} = \frac{20 - 40}{2 - 0} = -10 \text{ m/sec}^2$$

الاشارة السالبة للتجهيل تعني ان الجسم في حالة تباطؤ slowing down او بمعنى اخر ان اتجاه السرعة للجسم معاكس لاتجاه تجهيل الجسم .

تجهيل الجسم خلال اللحظة الزمنية عندما $t=2$ sec .

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d}{dt}(40 - 5t^2) = -10t = -10(2) = -20 \text{ m/sec}^2$$

مثال (3): تحرك جسم في خط مستقيم وفقا للعلاقة $x = 5t - 4t^4$ احسب معدل التجهيل خلال الفترة الزمنية من $t=0$ s الى $t=2$ s . احسب التجهيل في اللحظة الزمنية عندما $t=2$ s .

$$x = 5t - 4t^4$$

$$v = 5 - 16t^3$$

$$v_{x1} = 5 - 16t^3 = 5 - 16(0)^3 = 5 \text{ m/sec}$$

$$v_{x2} = 5 - 16t^3 = 5 - 16(2)^3 = -123 \text{ m/sec}$$

$$a_{x,ave} = \frac{\Delta v_x}{\Delta t} = \frac{v_{x2} - v_{x1}}{t_2 - t_1} = \frac{-123 - 5}{2 - 0} = -64 \text{ m/sec}^2$$

تجهيل الجسم خلال اللحظة الزمنية عندما $t=2$ sec

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d}{dt}(5 - 16t^3) = -48t^2 = -48(2)^2 = -192 \text{ m/sec}^2$$

الاشارة السالبة للتجهيل تعني ان الجسم في حالة تباطؤ slowing down او بمعنى اخر ان اتجاه السرعة للجسم معاكس لاتجاه تجهيل الجسم .

التجهيل الثابت Constant acceleration : حركة الجسم بتأثير تجهيل يتغير مع الزمن تكون معقدة التحليل ، لذا افترض او تصور حركة جسم ما باتجاه واحد وبتجهيل ثابت constant acceleration تكون سهلة التحليل . في هذه الحالة ، يعبر عن معدل التجهيل خلال فترة زمنية معينة بدلالة التجهيل الانفي في لحظة زمنية واقعة ضمن الفترة بالاضافة الى تغير السرعة بمعدل ثابت خلال الحركة . هذه الخاصية يعبر عنها ب " الحركة تحت تأثير تجهيل ثابت " motion under constant acceleration .

من المعادلة (7) ، وباحلال a_x بدلا من $a_{x,ave}$ واعتبار t_f و $t_i=0$ هو الزمن المستغرق .

$$a_x = \frac{v_{xf} - v_{xi}}{t - 0}$$

معادلة السرعة بدلالة الزمن $v_{xf} = v_{xi} + a_x \cdot t$ (9)

بالامكان استنتاج معدل السرعة لجسم يتحرك بتعجيل ثابت خلال فترة زمنية معينة وكمايلي

$$v_{x,ave} = \frac{(v_{xi} + v_{xf})}{2} , a: constant \dots \dots \dots (10)$$

بالامكان الان استخدام المعادلات (1) و (2) و (10) لايجاد موقع او موضع الجسم كدالة للزمن . حيث

$$\Delta x = x_f - x_i \text{ and } \Delta t = t_f - t_i = t - 0$$

$$x_f - x_i = v_{x,ave} \cdot t = \frac{1}{2}(v_{xi} + v_{xf})t$$

$$x_f = x_i + \frac{1}{2}(v_{xi} + v_{xf})t \dots \dots \dots (11)$$

المعادلة (11) اعلاه , تحدد الموقع النهائي للجسم فيالزمن t بدلالة سرعته الابتدائية والنهائية . بالامكان الحصول او استنتاج علاقة مفيدة تحدد موقع الجسم بدلالة سرعته وتعجيله الثابت بالاستفادة من المعادلة (9) وتعويضها في المعادلة (11) . و عليه

$$x_f = x_i + \frac{1}{2}(v_{xi} + (v_{xi} + a_x \cdot t))t \dots \dots \dots (11)$$

$$x_f = x_i + v_{xi} t + \frac{1}{2} a_x t^2 \dots \dots \dots (12)$$

المعادلة (12) ، تحدد موضع الجسم عند الزمن t بدلالة موقعه الابتدائي وسرعته الابتدائية والتعجيل الثابت. واخيرا بالامكان استنتاج علاقة للسرعة النهائية لجسم ما خالية من عامل الزمن من تعويض قيمة الزمن في المعادلة (9) في المعادلة (11)

$$x_f = x_i + \frac{1}{2}(v_{xi} + v_{xf})t$$

$$x_f = x_i + \frac{1}{2}(v_{xi} + v_{xf})\left(\frac{v_{xf} - v_{xi}}{a_x}\right)$$

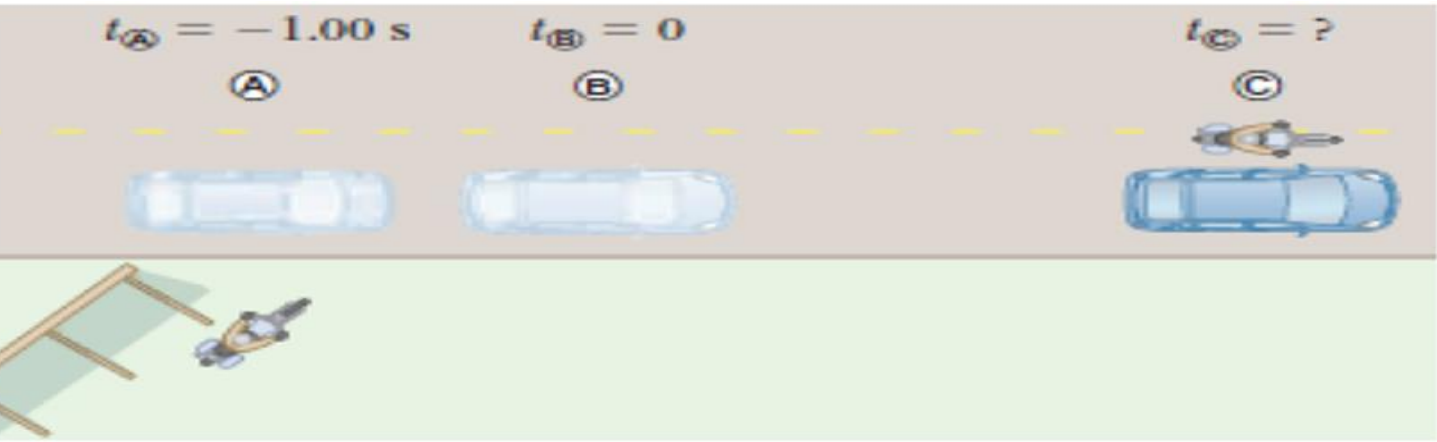
$$x_f = x_i + \left(\frac{v_{xf}^2 - v_{xi}^2}{2a_x}\right)$$

$$v_{xf}^2 = v_{xi}^2 + 2a_x(x_f - x_i) \quad \dots \dots \dots (13)$$

المعادلة اعلاه تحدد السرعة النهائية لجسم ما بدلالة سرعته الابتدائية والتعجيل الثابت وموقع الجسم الابتدائي. في حالة عدم وجود تعجيل ثابت فيكون تعجيل الجسم مساوي للصفر ، وعليه تكون سرعته ثابتة وموقع الجسم يتغير بصورة خطية مع الزمن (علاقة خط مستقيم) .

المعادلات (9) و (11) و (12) و (13) ، يطلق عليها بمعادلات الحركة المجردة kinematic equations لجسم يتحرك تحت تأثير تعجيل ثابت .

مثال (4): عجلة سيارة تتحرك بأنطلاق ثابت قدره 45 m/sec ، تجتاز دراجة مرور غير ظاهرة لها واقفة بجانب لوحة مرورية . بعد مرور ثانية واحدة من الزمن ، أنطلق رجل المرور بدراجته لاييقاف العجلة وبتعجيل قدره 3 m/sec^2 . احسب الفترة الزمنية التي يستغرقها رجل المرور لاييقاف العجلة ؟



نفترض النقطة A تمثل موقع وقوف شرطي المرور عند لوحة المرور

نفترض النقطة B تمثل موقع تزامن وصول الدراجة المتحركة مع العجلة المتحركة .

$t_A=0$ ، بعد زمن قدره ثانية واحدة ، تكون العجلة قطعت مسافة قدرها 45 m ، حيث

$$x = v \cdot t = 45 \text{ m/sec} \cdot 1 \text{ sec} = 45 \text{ m}$$

وعليه فان الموقع الابتدائي للعجلة هو $x_A = 45 \text{ m}$

موقع العجلة في اية لحظة زمنية t ، يحسب من المعادلة الاتية

$$x_{car} = x_A + v_{x,car} \cdot t$$

دراجة رجل المرور انطلقت من موقع السكون A وبتعجيل قدره 3 m/sec^2 بعيدا عن موقع السكون

$$x_f = x_i + v_{xi} t + \frac{1}{2} a_x t^2$$

$$x_{trooper} = 0 + 0 t + \frac{1}{2} a_x t^2 = \frac{1}{2} a_x t^2$$

$$x_{trooper} = x_{car}$$

بمساواة موقع الدراجة النهائي مع موقع العجلة (نقطة الالتقاء C)

$$\frac{1}{2} a_x t^2 = x_A + v_{x,car} \cdot t$$

$$\frac{1}{2} a_x t^2 - x_A - v_{x,car} \cdot t = 0$$

$$\frac{1}{2} (3) t^2 - 45t - 45 = 0$$

$$(3) t^2 - 90t - 90 = 0$$

$$t^2 - 30t - 30 = 0$$

المعادلة اعلاه تحل بطريقة الدستور المعروفة رياضيا ، فنحصل على $t=31 \text{ sec}$

السقوط الحر للأجسام Freely falling objects

يعرف السقوط الحر لجسم ما بأنه حركة الجسم الساقط تحت تأثير الجاذبية الأرضية فقط دون وجود مقاومة الهواء أو أي قوى أخرى.

شروط السقوط الحر:

- الجسم يتحرك تحت تأثير الجاذبية فقط
- إهمال مقاومة الهواء
- جميع الأجسام تسقط بنفس التسارع بغض النظر عن كتلته

ملاحظات هامة

في الفراغ (بدون هواء): ريشة ومطرقة يسقطان بنفس السرعة
في الهواء: الأجسام الثقيلة تسقط أسرع بسبب أقل تأثير لمقاومة الهواء
الاتجاه: عادة نعتبر الاتجاه للأسفل موجباً

ملاحظة: القفز بالمظلات: في البداية سقوط حر ثم تفتح المظلة لمقاومة الهواء

يرمز لتعجيل الجسم الساقط حراً بالرمز g وقيمته العددية تتناقص مع زيادة الاتساع أو الارتفاع عن مستوى سطح الأرض قيمة التعجيل الأرضي هي 9.8 m/sec^2 لا بد أن تكون حركة الأجسام بالاتجاه العمودي أو الشاقولي vertical ($y\text{-axis}$) وليس بالاتجاه الأفقي horizontal ($x\text{-axis}$).

قيمة التعجيل $g = -9.8 \text{ m/sec}^2$ ، الإشارة السالبة تعني أو تؤثر بأن تعجيل الجسم الساقط حراً نحو الأسفل

$$g = 9.8 \text{ m/sec}^2 \quad \text{for upword motion}$$

$$g = -9.8 \text{ m/sec}^2 \quad \text{for downword motion}$$

مثال (5) : سقط جسم من ارتفاع 45 متراً. كم يستغرق من الوقت ليصل إلى الأرض؟ ما سرعة الجسم عند وصوله للأرض

$$y_f = y_i + v_i t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$y_i = 0 \quad \text{و} \quad v_i = 0$$

$$y_f = \frac{1}{2} g t^2 \quad 45 = \frac{1}{2} * 9.8 * t^2 \quad t^2 = \left(\frac{2 * 45}{9.8} \right) = 9.18 \quad t = 3.03 \text{ sec}$$

$$v_f = v_i + g \cdot t \quad v_i = 0 \quad v_f = g \cdot t = 9.8 * 3 = 29.7 \text{ m/sec}$$

مثال (6) : قذف حجر من قمة بناية وبسرعة ابتدائية قدرها 20 m/sec نحو الأعلى . تبعد قمة البناية مسافة قدرها 50 m عن مستوى الأرض . احسب ما يأتي:

- 1- الزمن اللازم للوصول الحجر أعلى ارتفاع ؟
- 2- أعلى ارتفاع يصله الحجر ؟
- 3- سرعة الحجر عند وصوله نقطة انطلاقه أو قذفه أثناء النزول ؟
- 4- سرعة الحجر وموقع الحجر بعد زمن قدره $t = 5 \text{ sec}$ ؟

من الشكل الموضح ادناه ، نستنتج مايلي

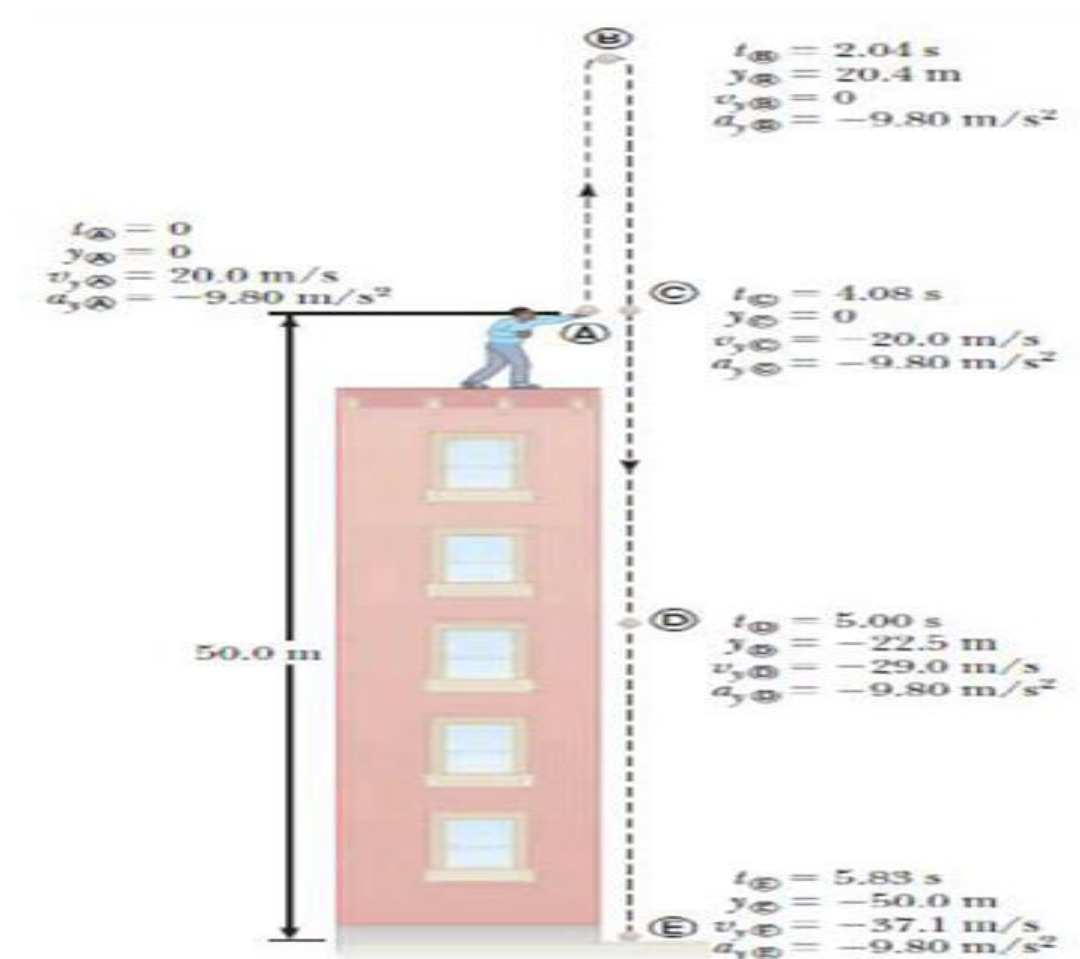
$$t_A = 0 , \quad v_y = 20 \frac{\text{m}}{\text{sec}} , \quad y_A = 0 , \quad g = -9.8 \text{ m/sec}^2$$

لحساب الزمن اللازم لوصول الحجر اعلى ارتفاع ؟

$$v_{yf} = v_{yi} + g \cdot t$$

من العلاقة اعلاه ، نستنتج الزمن لوصول الحجر اعلى ارتفاع

$$t = \frac{v_{yf} - v_{yi}}{g} = t_B = \frac{0 - 20}{-9.8} = 2.04 \text{ sec}$$



لحساب اعلى ارتفاع يصله الحجر

$$y_{max} = y_B = y_A + v_{yA} \cdot t + \frac{1}{2}gt^2 = 0 + (20)(2.04) + \frac{1}{2}(-9.8)(2.04^2) = 20.4 \text{ m}$$

لحساب سرعة الحجر عند وصوله نقطة قذفه

$$v_{yC}^2 = v_{yA}^2 + 2g(y_C - y_A) = (20)^2 + 2(-9.8)(0 - 0) = 400 \frac{m^2}{sec^2}$$

$$v_{yC} = -20 \text{ m/sec}$$

تم اختيار القيمة السالبة للجذر لان الحركة نحو الاسفل

لحساب سرعة وموقع الحجر بعد زمن قدره $t=5\text{sec}$

$$v_{yD} = v_{yA} + g \cdot t = 20 + (-9.8)(5) = -29 \text{ m/sec}$$

$$y_D = y_A + v_{yA} \cdot t + \frac{1}{2}gt^2 = 0 + (20)(5) + \frac{1}{2}(-9.8)(5^2) = -22.5 \text{ m}$$