



Universidad Nacional de San Luis
Fac. Cs. Físico-Matemáticas y Naturales
Departamento de Física

APUNTES DE FISICA

Para Alumnos de las Carreras:

Analista Químico

Tecnicatura Univ. en Esterilización

Tecnicatura Univ. en Laboratorios Biológicos

Tecnicatura Univ. en Seguridad e Higiene en el Trabajo

Capítulo 1

CINEMÁTICA

CINEMÁTICA: DESCRIPCIÓN DEL MOVIMIENTO



La rama de la física que se ocupa del estudio del movimiento, lo que lo produce y lo afecta se llama **mecánica**:



Estática: estudia los cuerpos en reposo.

Cinemática: describe los tipos de movimiento.

Dinámica: explora las causas del movimiento.

Aprenderemos a analizar los cambios de movimiento: aceleración, disminución de la rapidez y parado.

Medidas – Vectores

Medidas - Patrones - Sistemas de unidades

Medir una **magnitud física** es encontrar la razón entre su valor y el de alguna unidad para esta Magnitud. *Es expresar en números el resultado del fenómeno que se estudia.*

Patrones de medida son referencias usadas para calibrar instrumentos de medida.

Unidades

Sistema de Unidades:

Internacional, MKS: *metro, kilogramo, segundo*

CGS: *centímetro, gramo, segundo*

Prefijos para definir múltiplos de una unidad:

Ejemplo De Patrones De Medidas

MAGNITUD	UNIDAD	SÍMBOLO
Longitud	Metro	m
Superficie	Metro cuadrado	m ²
Volumen	Metro cúbico	m ³
Masa	Kilogramo	kg
Capacidad	Litro	l
Tiempo	Segundo	s
Ángulos	Grado	°
Temperatura	Grado centígrado	°

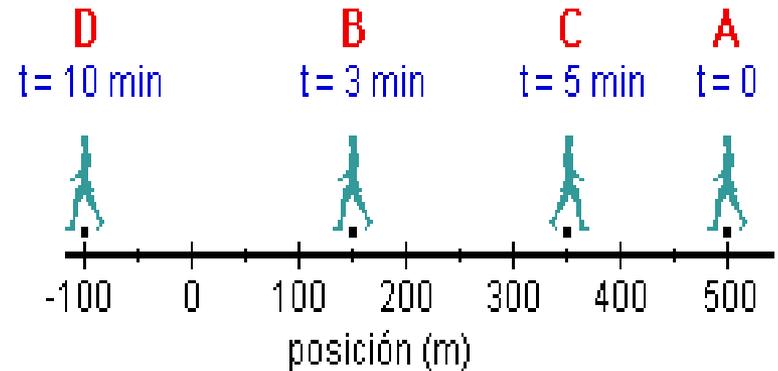
Fracción	Prefijo	Símbolo	Ejemplo
10 ⁻¹⁸	atto	a	
10 ⁻¹⁵	femto	f	
10 ⁻¹²	pico	p	
10 ⁻⁹	nano	n	1 ns = 10 ⁻⁹ s
10 ⁻⁶	micro	μ	
10 ⁻³	mili	m	1mm = 10 ⁻³ m
10 ⁻²	centi	c	
10 ⁻¹	deci	d	
10	deca	da	
10 ²	hecto	h	
10 ³	kilo	k	1 kg = 10 ³ g
10 ⁶	mega	M	
10 ⁹	giga	G	
10 ¹²	tera	T	

Sistema de Referencia y Desplazamiento

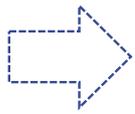
¿Qué es movimiento?

movimiento (o moverse) implica un cambio de posición.

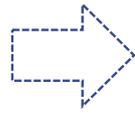
El movimiento puede describirse en parte especificando *qué tan* lejos viaja algo al cambiar de posición



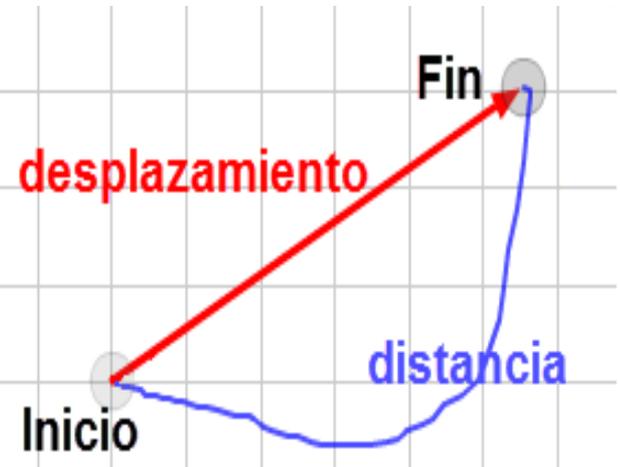
En Física hacemos diferencia entre “**desplazamiento**” y “**distancia recorrida**”.



Distancia es simplemente *la longitud total del trayecto* recorrido al moverse de un lugar a otro.



Desplazamiento es la **distancia** que existe entre **la posición final e inicial** de un movimiento (o de una parte del movimiento).

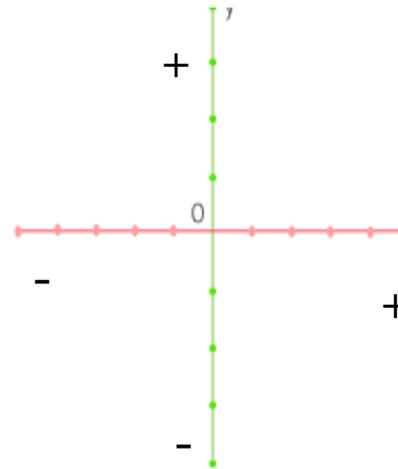


Sistema de Referencia y Desplazamiento

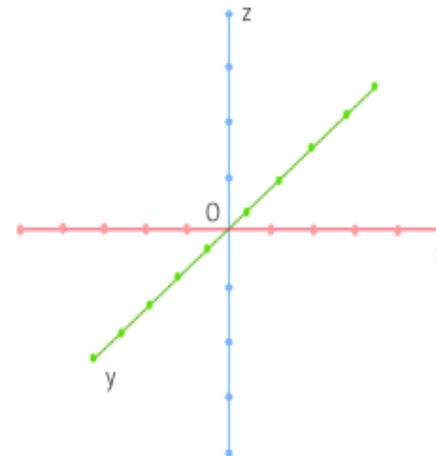
- ❑ Para describir cualquier movimiento lo hacemos respecto de un **sistema de referencia**. (Un *marco de referencia* es una elección de ejes coordenados que definen el punto de inicio para medir cualquier cantidad).
- ❑ En Física se utiliza un conjunto de **ejes coordenados**. Los ejes x e y son siempre perpendiculares entre si.
- ❑ **Posición** de un objeto está dado por el valor de sus coordenadas x e y . Es una cantidad vectorial .
- ❑ El **desplazamiento** es, por definición, la diferencia entre la posición inicial y final



Eje OX
1 dimensión
recta



Eje OXY
2 dimensión
plano

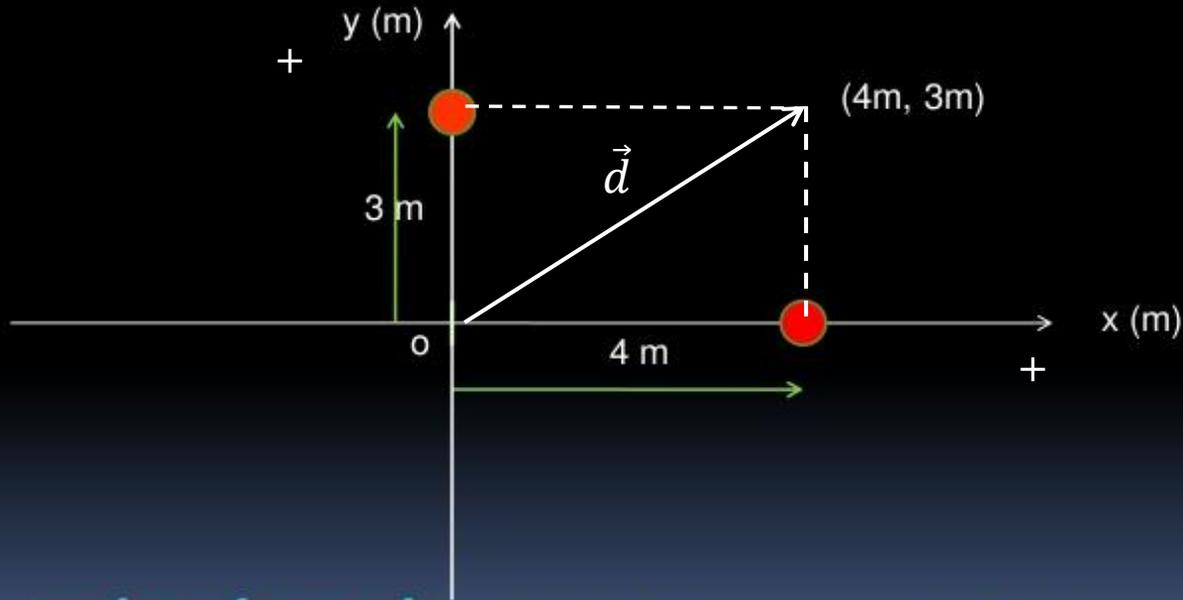


Eje OXYZ
3 dimensión
Espacio

Sistema de Referencia y Desplazamiento

¿Cómo se determina la posición de un objeto?

La posición de un objeto se determina con respecto a un determinado punto de referencia.



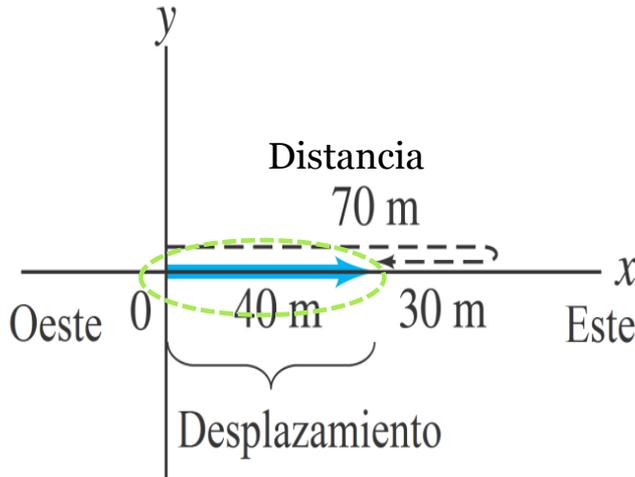
Punto de referencia: punto u objeto con respecto al cual se describe la posición o movimiento de un objeto.

Sistema bidimensional de coordenadas cartesianas, con ejes x y y perpendiculares.

A diferencia de la **distancia** (**un escalar**), el **desplazamiento** (**es un vector**) puede tener valores positivos o negativos, donde el signo indica la dirección a lo largo del eje de coordenadas.

Sistema de Referencia y Desplazamiento

Ejemplos: Una persona camina 70 m hacia el este y luego 30 m hacia el oeste.



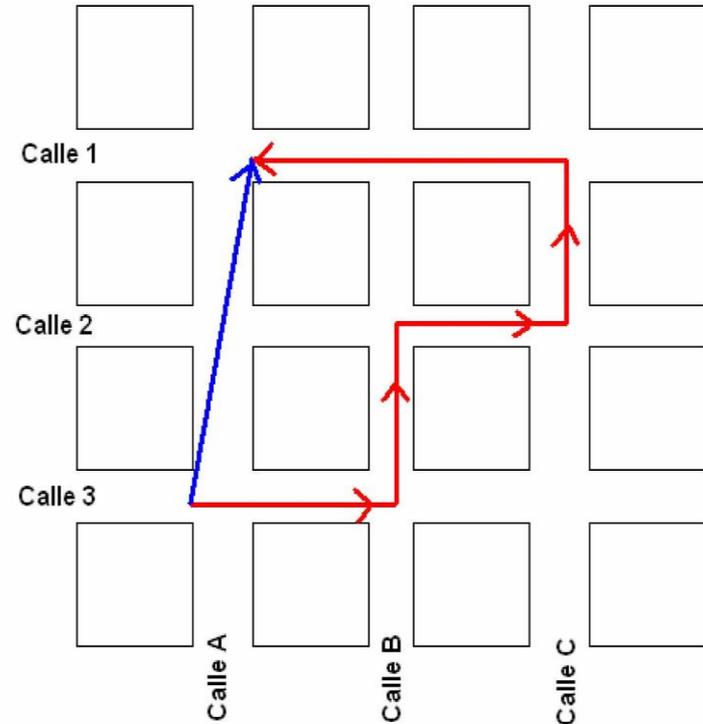
¿Qué distancia recorrió?

¿Cuánto vale el desplazamiento?

➤ **Escalares:** su **medida** queda determinada por un **número**.

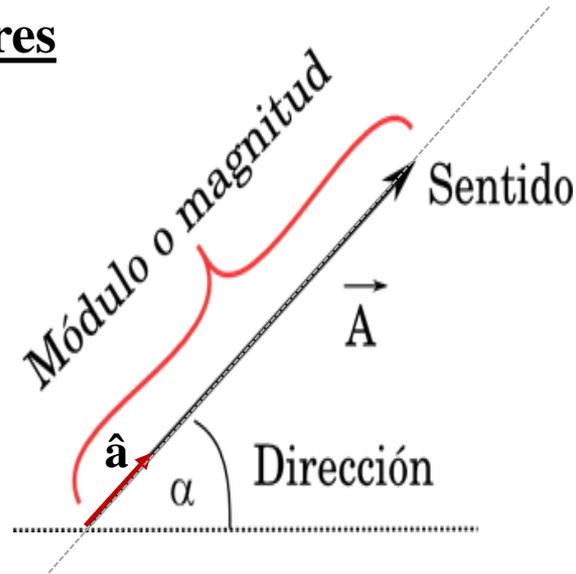
Ejemplos: tiempo, masa, volumen, temperatura.

➤ **Vectoriales:** su **medida** se determina por su **módulo (magnitud)**, su **dirección** y su **sentido**. Ejemplos: desplazamiento, velocidad, fuerza.



Magnitudes vectoriales y escalares

Vectores



$$\vec{A} = A\hat{a} \text{ notación vectorial}$$

Un **Vector**, \mathbf{A} , es un segmento orientado. Queda especificado por:

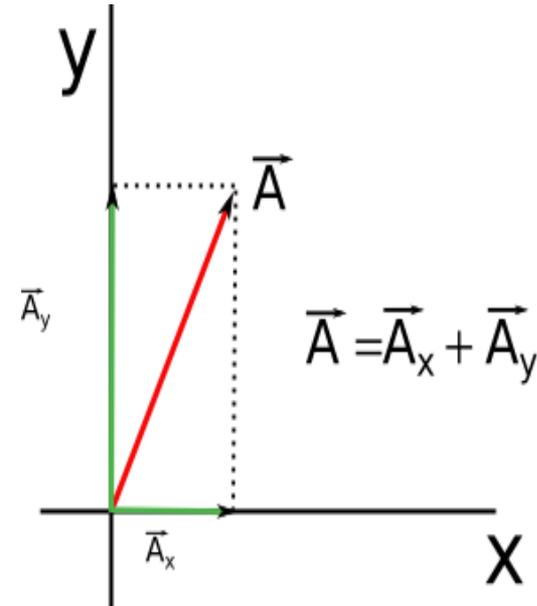
Módulo: expresa la longitud, $|\mathbf{A}| = A$

Dirección: es la recta sobre la que se encuentra (línea de acción).

Sentido: indica la orientación sobre la recta α

\hat{a} : versor (vector unitario, $|\hat{a}| = 1$).

Representación algebraica de un vector



Se basa en escribir un vector como suma de otros dos los cuales son ortogonales (perpendiculares entre si), para ello se apoya en el plano cartesiano, los vectores que se suman estén en alguno de los ejes. Las componentes rectangulares se llaman así porque se fundamenta en la construcción de un rectángulo.

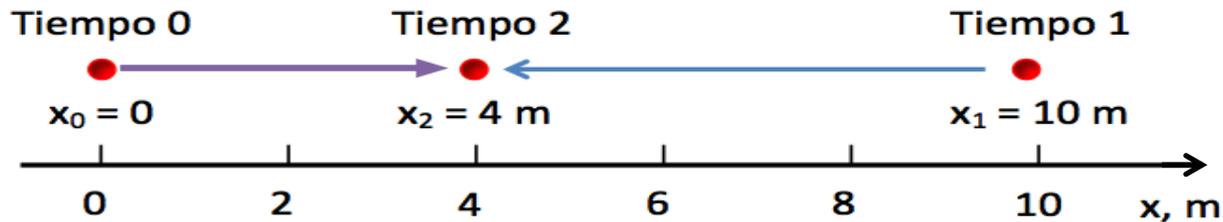
Sistema de Referencia y Desplazamiento

Ejemplo:

Suponga que una persona saca a pasear su perro, le lanza un palo en línea recta hasta 10 m de distancia para que lo recoja y se lo devuelva. El perro, alcanza el palo y de regreso con el palo recorre 6 m. Entonces se detiene, se echa al suelo y se pone a jugar con él.

(a) ¿Cuál es la distancia que recorre el perro? (b) ¿Cuál ha sido su desplazamiento? (c) Mostrar que el desplazamiento neto es la suma de los desplazamientos secuenciales.

➤ Representación en un sistema de coordenadas



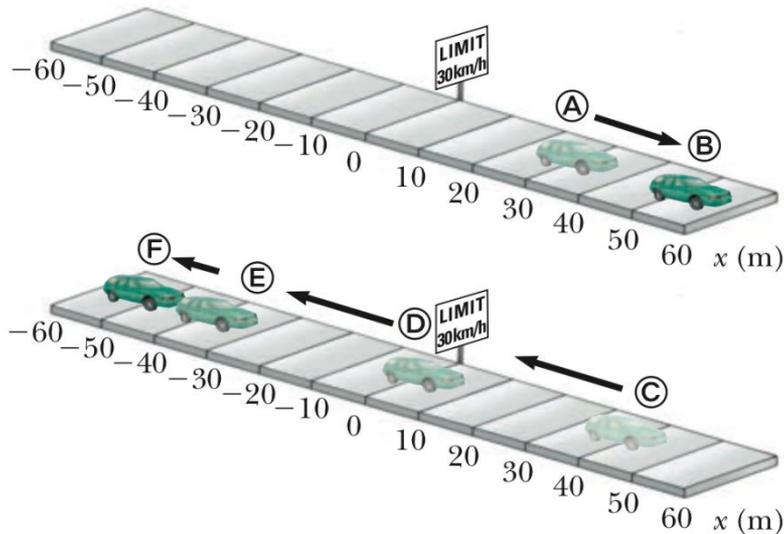
(a) Distancia=16m

(b) Desplazamiento neto = $\Delta x = x_2 - x_0 = 4$ m

(c) Desplazamiento neto = $\Delta x_1 + \Delta x_2 = (x_1 - x_0) + (x_2 - x_1)$
 $= (10\text{m} - 0\text{m}) + (4\text{m} - 10\text{m})$
 $= 10\text{m} - 6\text{m} = 4\text{m}$

Velocidad Media

Un vehículo se mueve hacia delante y atrás sobre una calle, respecto de un cartel que se encuentra ubicado en el origen de coordenadas.



	t (s)	x (m)	Δx (m)
A	0	+30	
B	10	+52	+22
C	20	+38	-14
D	30	0	-38
E	40	-37	-37
F	50	-53	-16

A partir de la tabla de datos es fácil determinar el desplazamiento:

$$\Delta x = x_f - x_i$$

El desplazamiento puede ser **positivo**, **negativo** o **nulo**.

Velocidad Media

Velocidad media: es un vector y se define en términos del vector **desplazamiento**, $\vec{\Delta x}$. El módulo de dicho vector se calcula como:

$$\text{velocidad media} = \frac{\text{desplazamiento}}{\text{tiempo transcurrido}}$$



Siendo:

\vec{x}_0 posición en $t = t_0$

\vec{x}_1 posición en $t = t_1$

$\vec{\Delta x} = \vec{x}_1 - \vec{x}_0$ es el desplazamiento

$$\vec{v}_m = \frac{\vec{\Delta x}}{\Delta t} = \frac{\vec{x}_1 - \vec{x}_0}{t_1 - t_0}$$

Módulo

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_1 - x_0}{t_1 - t_0}$$



Unidades

A partir de esta definición apreciamos que la velocidad posee dimensión de **distancia** dividida por el *tiempo*.



En el sistema internacional es $\frac{m}{s}$. La más conocida es de km/h .

Velocidad Media (Análisis gráfico)

¿Qué son las gráficas de posición vs. tiempo?

¿Qué representa el eje vertical en una gráfica de posición?

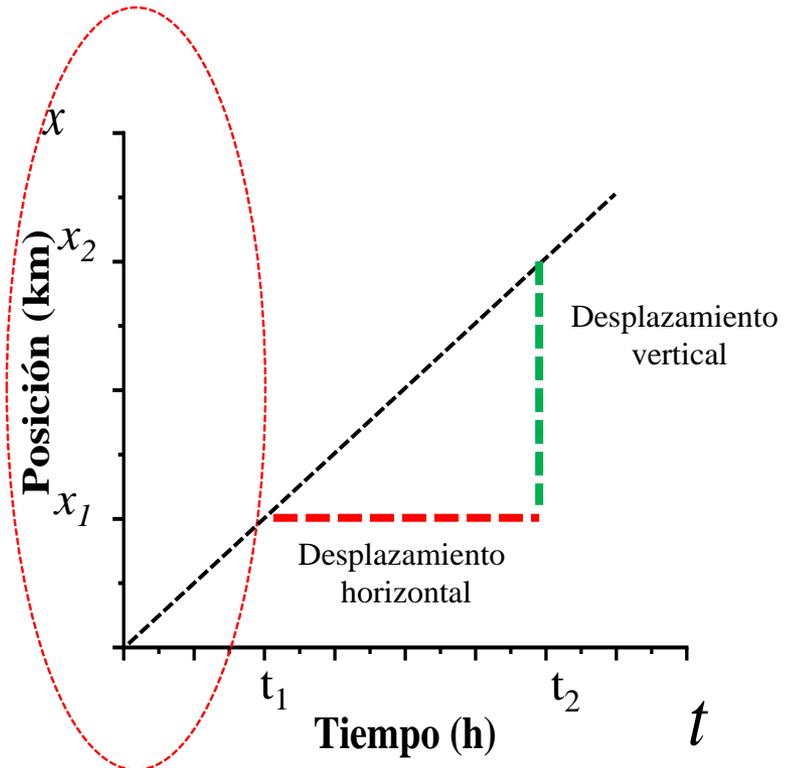
El eje vertical representa la posición del objeto.

¿Qué representa la pendiente en una gráfica de posición?

La pendiente de una gráfica de posición representa la velocidad del objeto.

$$\text{pendiente} = \frac{\text{diferencia vertical}}{\text{diferencia horizontal}}$$

$$\text{velocidad} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

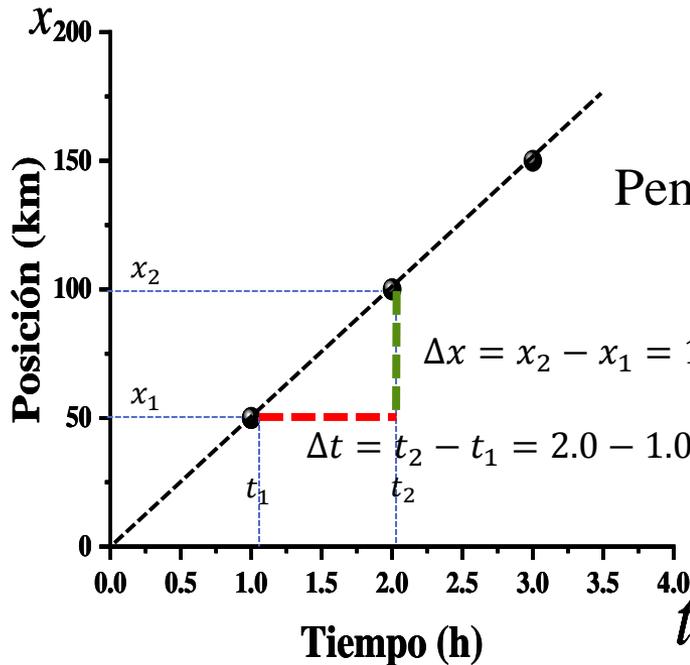


Velocidad Media



Desplazamiento desde el origen

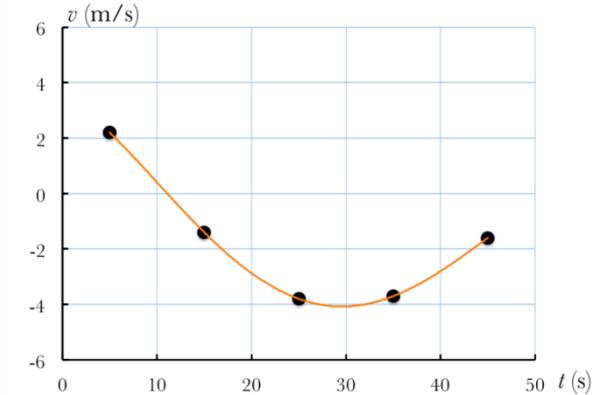
Δx (km)	Δt (h)	$\Delta x/\Delta t$
50	1.0	50 km/1.0 h = 50 km/h
100	2.0	100 km/2.0 h = 50 km/h
150	3.0	150 km/3.0 h = 50 km/h



$$\text{Pendiente} = |\vec{v}_m| = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{50km}{1.0h} = 50km/h$$

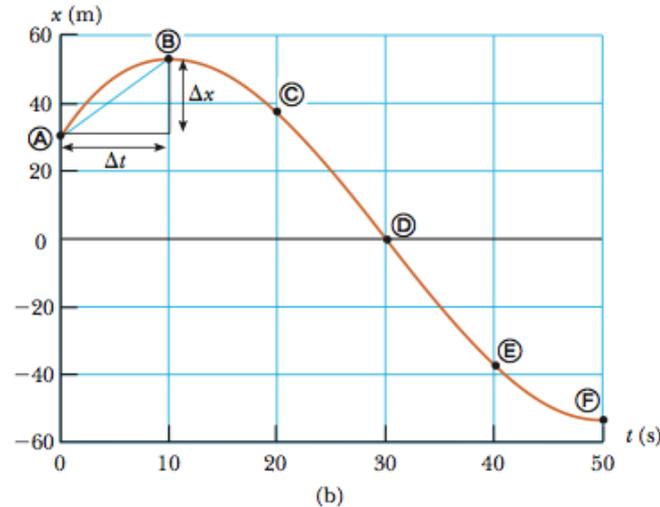
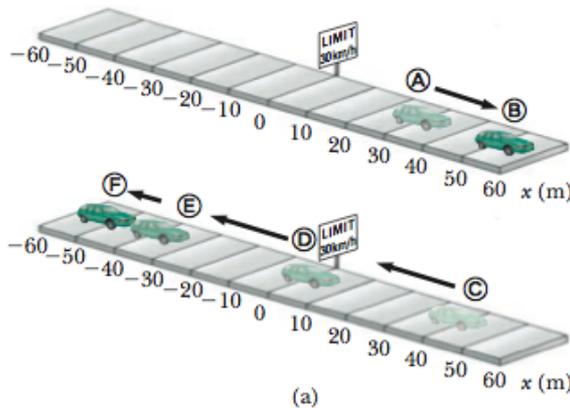
Velocidad Media

Entre	Δt (s)	Δx (m)	v (m/s)
(A) - (B)	10	+22	+ 2,2
(B) - (C)	10	-14	- 1,4
(C) - (D)	10	-38	- 3,8
(D) - (E)	10	-37	- 3,7
(E) - (F)	10	-16	- 1,6



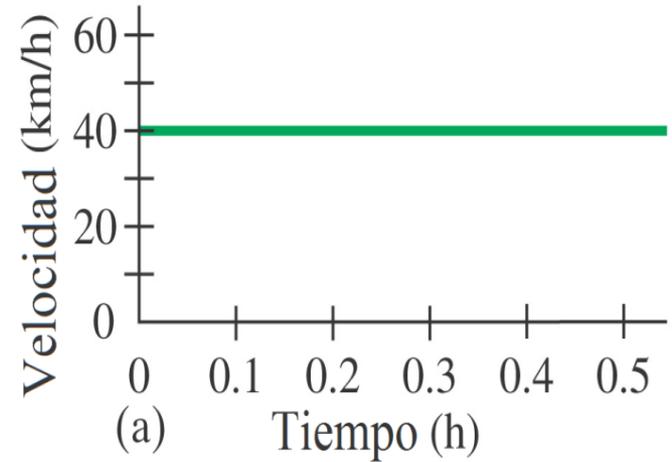
¿Cómo se interpreta el signo de la velocidad?

➡ **Indica la dirección y el sentido del movimiento.**
 la velocidad media es (+) si se mueve hacia la derecha a lo largo del eje x , y es (-) cuando el objeto se mueve hacia la izquierda, a lo largo del eje x .

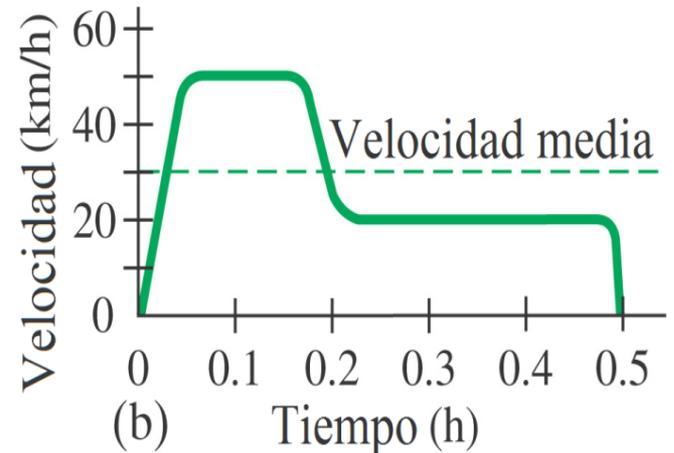


Velocidad Instantánea

Si usted conduce un automóvil a lo largo de un camino recto de 20 km durante media hora, su **velocidad media** en este trayecto fue de 40 km/h. Sin embargo, es poco probable que viaje durante todo el trayecto con dicha velocidad.



Lo más probable es que la velocidad vaya variando durante el trayecto. Por momentos la velocidad **aumentará**, en otros **permanecerá constante** o simplemente **disminuirá** de acuerdo a distintos factores del tránsito. Hasta que finalmente llegue a destino.



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.



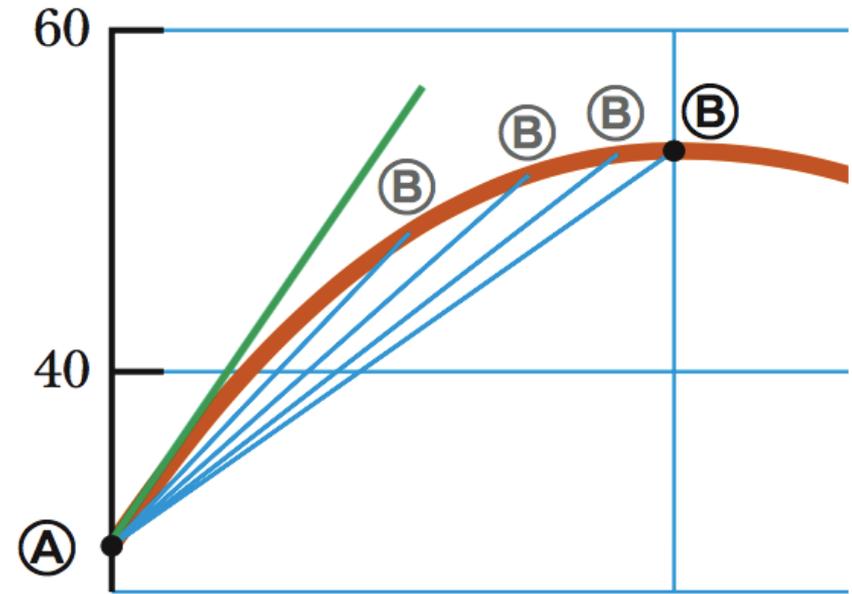
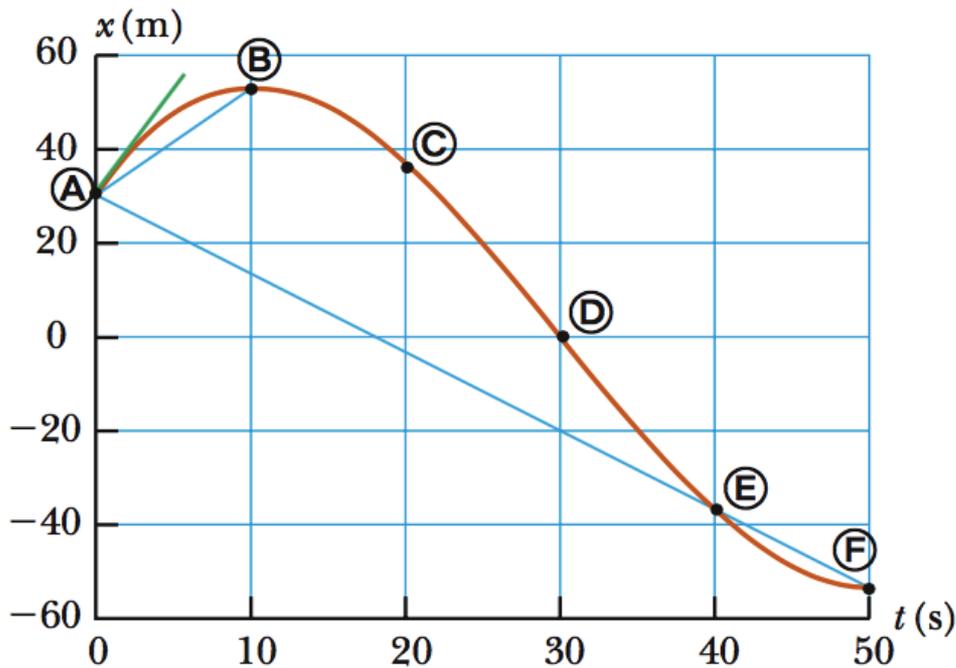
El velocímetro de un automóvil da la velocidad en un intervalo de tiempo muy corto, así que su lectura se aproxima a la velocidad instantánea

Velocidad Instantánea

Para determinar la velocidad instantánea es necesario conocer las herramientas del cálculo.

$$v = \frac{dx}{dt}$$

Graficamente la velocidad instantánea es:



Movimiento Rectilíneo Uniforme

Un objeto tiene **Movimiento Rectilíneo Uniforme (MRU)** cuando

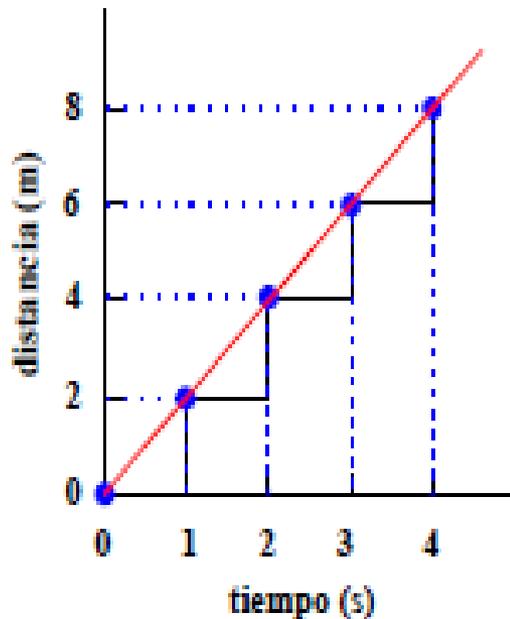


Su trayectoria es **recta**

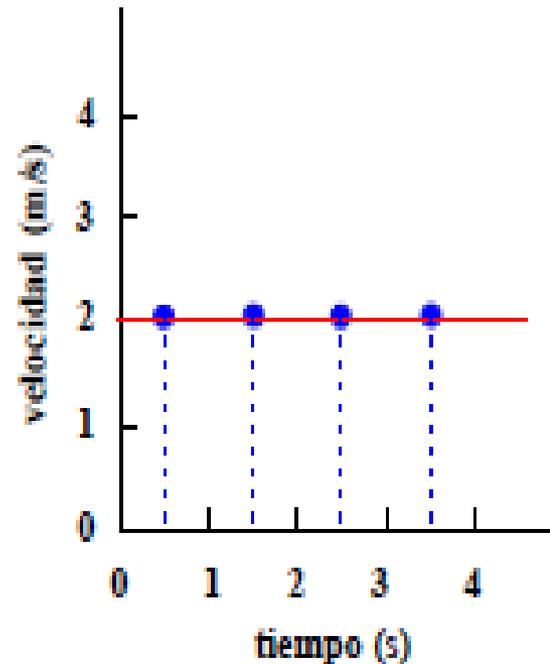


y su velocidad **constante**

La gráfica posición-tiempo (x vs. t) es una **recta** cuya **pendiente** es igual al **módulo de la velocidad**.



La gráfica velocidad-tiempo (v vs. t) es una **recta horizontal** (paralela al eje t).



Movimiento Rectilíneo Uniforme

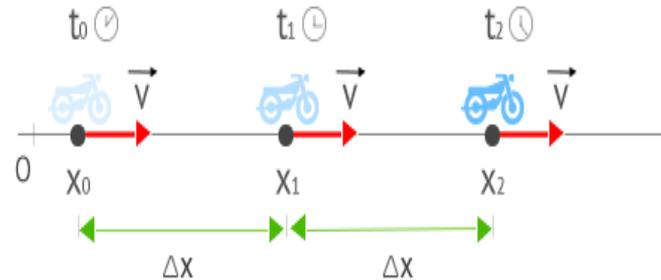
Ecuaciones del movimiento

$$\vec{v}_m = \vec{v} = \frac{\overline{\Delta x}}{\Delta t} = \frac{\vec{x}_f - \vec{x}_i}{t_f - t_i} \rightarrow \vec{v} = \frac{\overline{\Delta x}}{\Delta t} = \frac{\vec{x}_f - \vec{x}_i}{t_f - t_i} \rightarrow \vec{v}(t_f - t_i) = \vec{x}_f - \vec{x}_i$$

$$\boxed{\vec{x}_f = \vec{x}_i + \vec{v}(t_f - t_i)} \quad (1)$$

Ejemplo:

Entre intervalos de tiempos iguales, se recorren distancias iguales.



La moto de la figura pasó por la posición $x_1=8\text{m}$ con una velocidad constante de 4m/s , si a partir de ese momento se activó el cronómetro del observador determine: a) su ley de movimiento, b) la posición de la moto para $t=10\text{s}$.

a) Identificamos los datos, cuando la posición es $x_1=8\text{m}$, $t_1=0$. Sustituyendo en la ecuación (1)

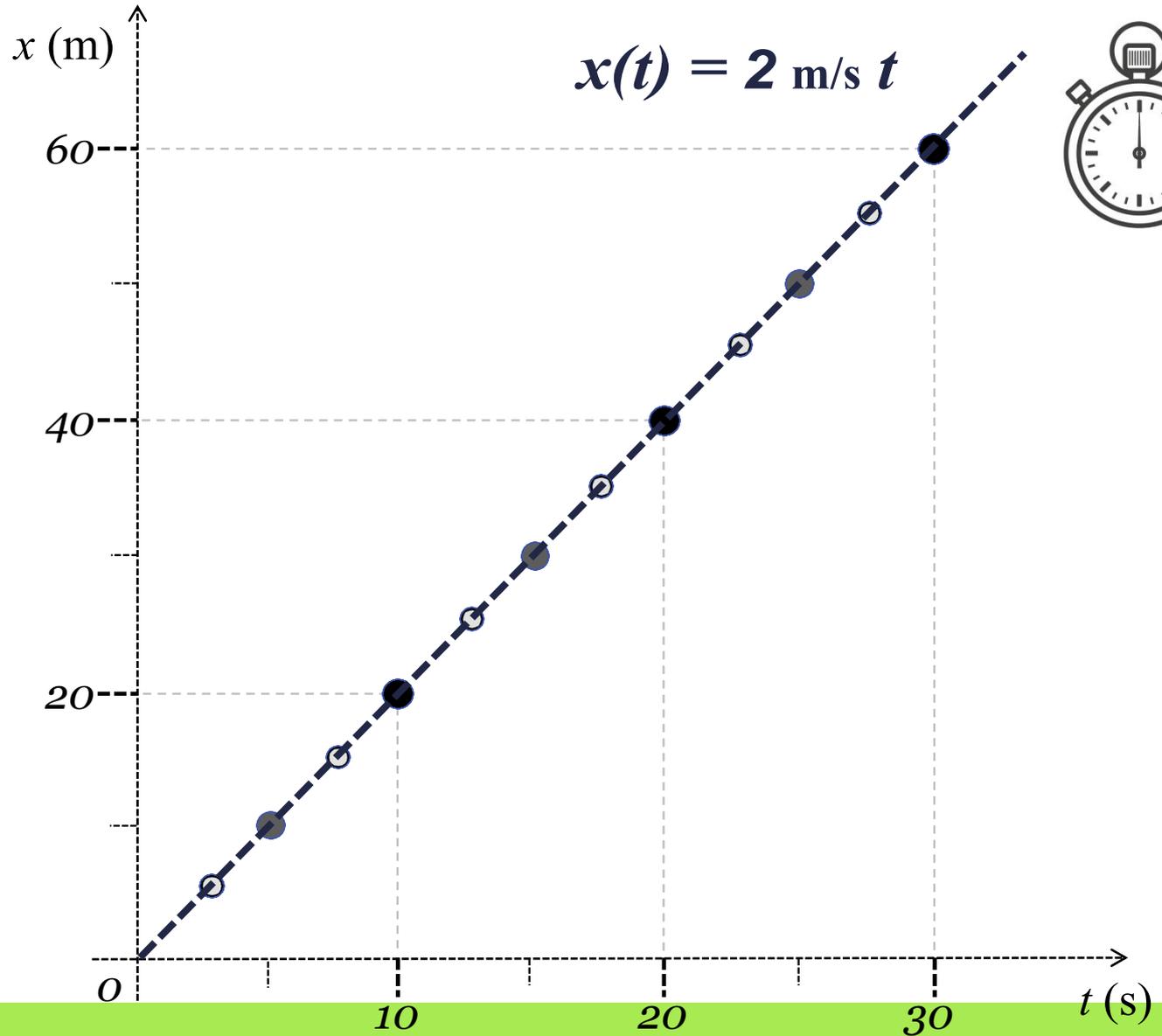
$$x_2 = 8\text{m} + 4\text{m/s}(t_2 - 0) = \boxed{8\text{m} + 4\text{m/s}t}$$

b) La posición cuando $t=10\text{s}$

$$\boxed{x_2 = 8\text{m} + 4\text{m/s}(10\text{s}) = 48\text{m.}}$$

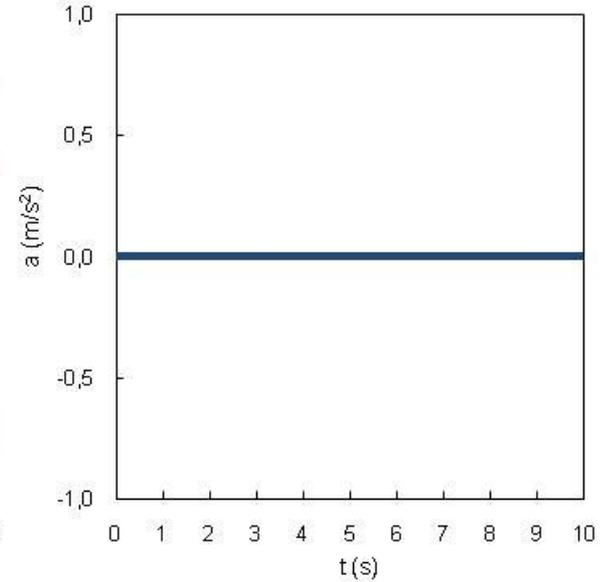
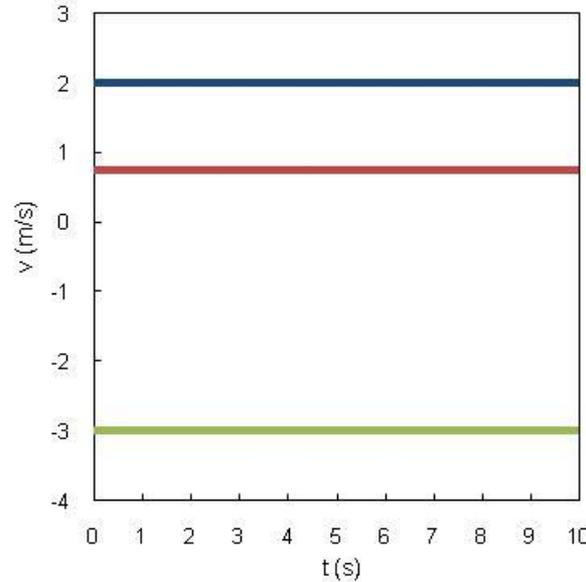
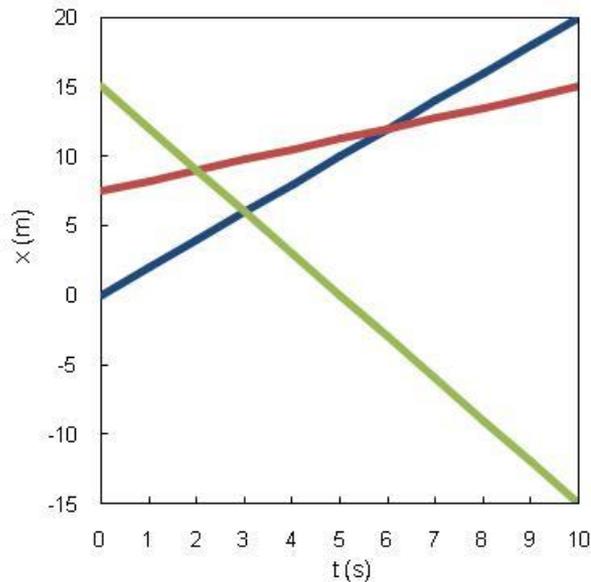
Interpretación: Se puede predecir que cuando el cronómetro marque 10s , la moto habrá recorrido 48m .

Movimiento Rectilíneo Uniforme



Ecuación del MRU

$$x(t) = x_0 + v\Delta t$$



Aceleración

$$\text{aceleración media} = \frac{\text{cambio de velocidad}}{\text{tiempo que toma el cambio}}$$

$$\vec{a}_m = \frac{\overline{\Delta \vec{v}}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_f - \vec{v}_i}{t_f - t_i}$$

Unidad SI de aceleración: metros por segundo al cuadrado (m/s^2).

- A partir de esta definición vemos que el signo de la aceleración está ligado al signo del cambio en la velocidad Δv
- Como en el caso de la velocidad, también hay aceleración instantánea. Y corresponde cuando el Δt tiende a cero.

Puesto que la velocidad es una cantidad vectorial, con **magnitud** y **dirección**, puede haber una aceleración cuando hay

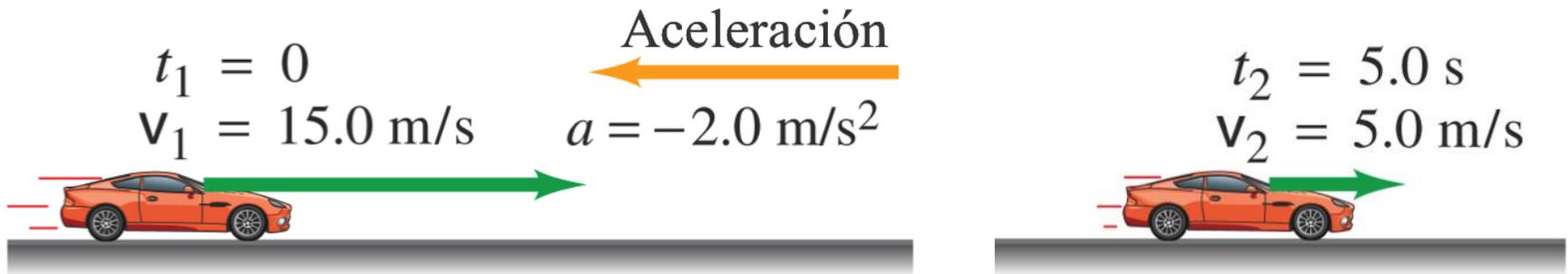
- a) un cambio de magnitud, pero no de dirección,
- b) un cambio de dirección, pero no de magnitud, o
- c) un cambio tanto de magnitud como de dirección.

La aceleración al igual que la velocidad es un **vector**.

Aceleración

La aceleración es un **vector**. En el caso del movimiento unidimensional necesitamos saber sólo el signo.

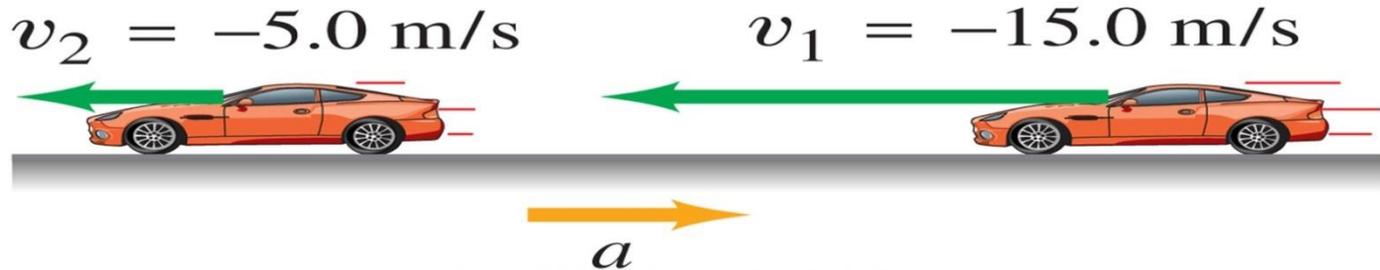
En este ejemplo la aceleración es **negativa**. Y el movimiento es **desacelerado**.



Existe diferencia entre **aceleración negativa** y **desaceleración**.

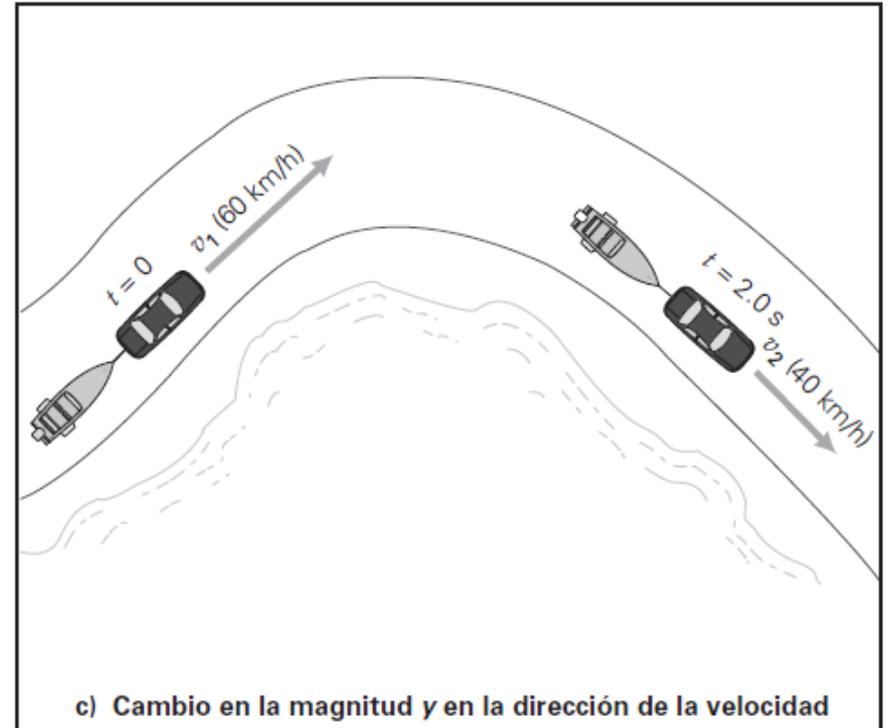
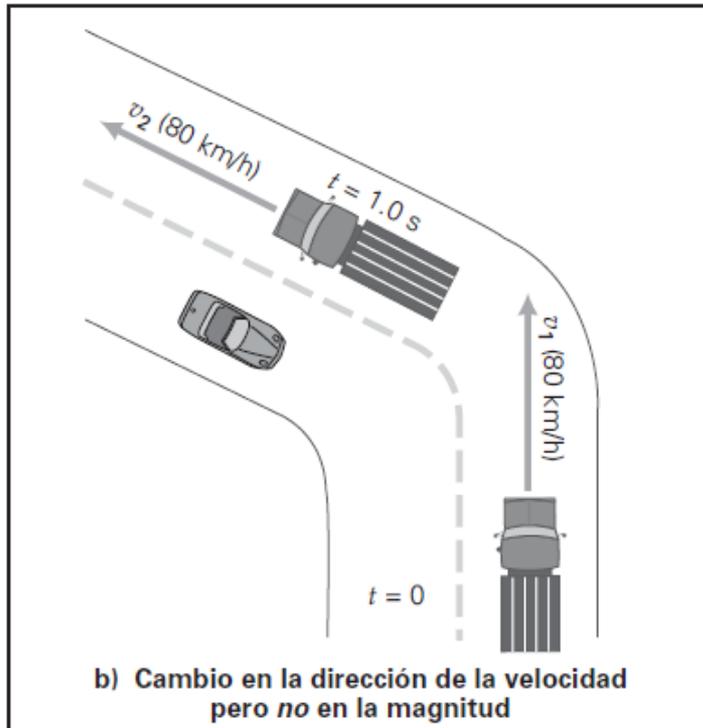
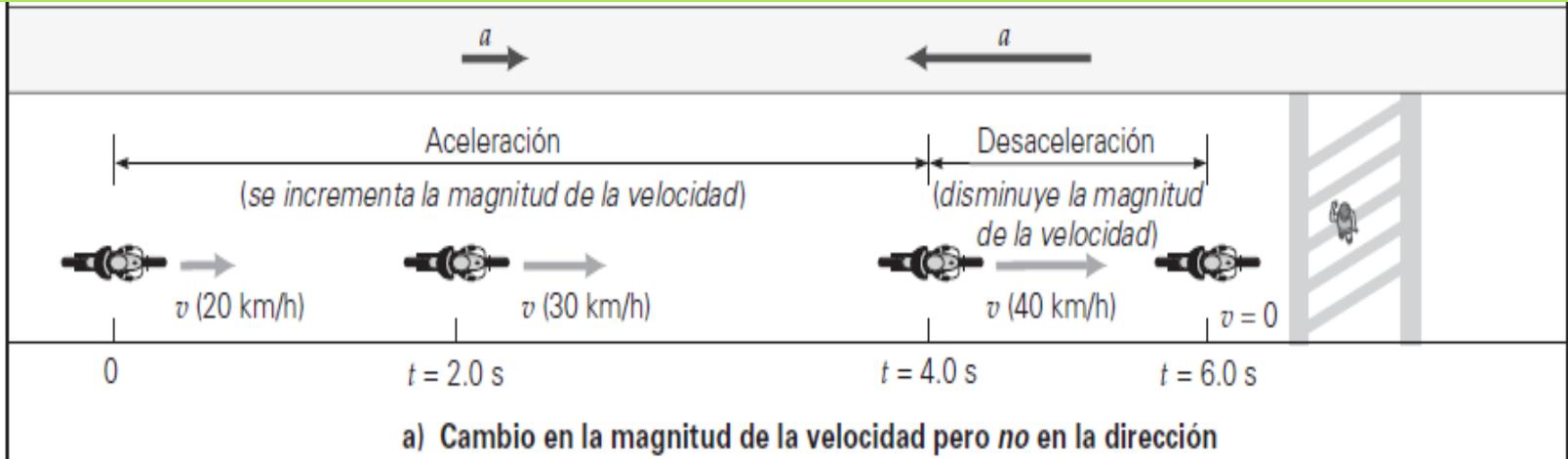
Aceleración **negativa** es una aceleración que va en sentido negativo según el sistema de referencia.

Un **desaceleración** es cuando la aceleración se **opone** al sentido de la velocidad.



En este caso la aceleración es **positiva** y el movimiento **desacelerado**

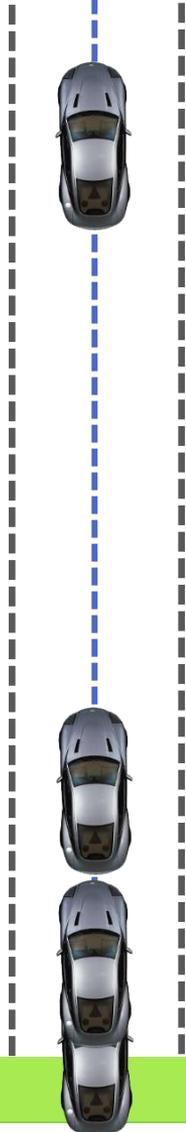
Aceleración



Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado

Movimiento rectilíneo uniformemente variado (MRUV)

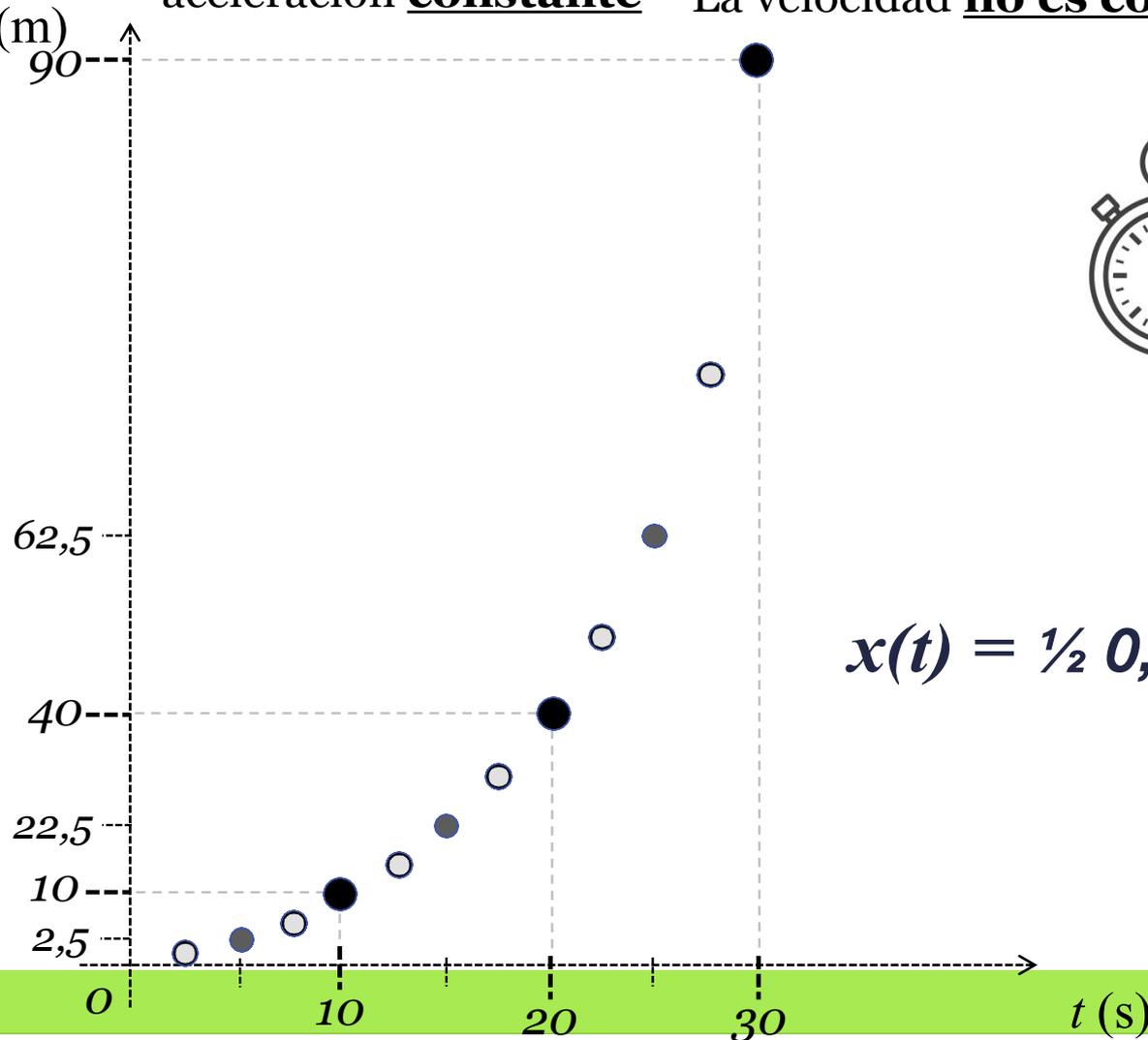
x



aceleración **constante**

La velocidad **no es constante**

x (m)



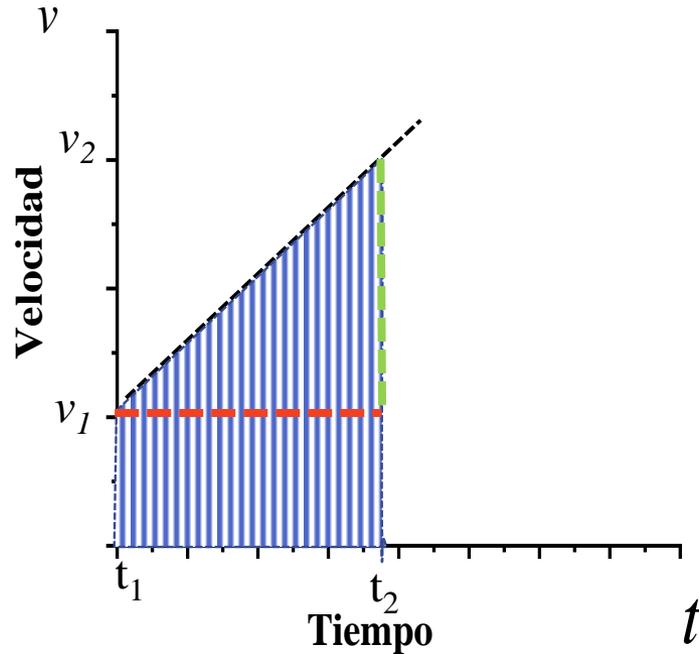
$$x(t) = \frac{1}{2} 0,2 \text{ m/s}^2 t^2$$

Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado (Análisis gráfico)

¿Qué son las gráficas de velocidad vs. tiempo?

El eje vertical representa la velocidad del objeto.

La pendiente de una gráfica de velocidad representa la aceleración del objeto.



$$\text{pendiente} = \frac{\text{diferencia vertical}}{\text{diferencia horizontal}}$$

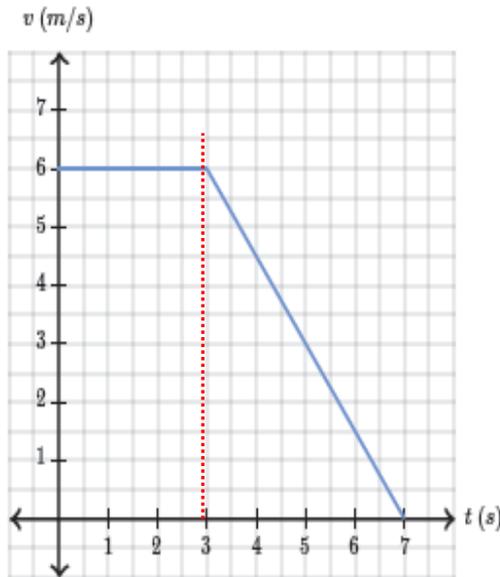
$$\text{aceleración} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

¿Qué representa el área debajo de la gráfica de velocidad?

El área debajo de una gráfica de velocidad representa el desplazamiento del objeto.

Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado

El movimiento de un carrito de carreras se muestra en la siguiente gráfica de velocidad versus el tiempo.

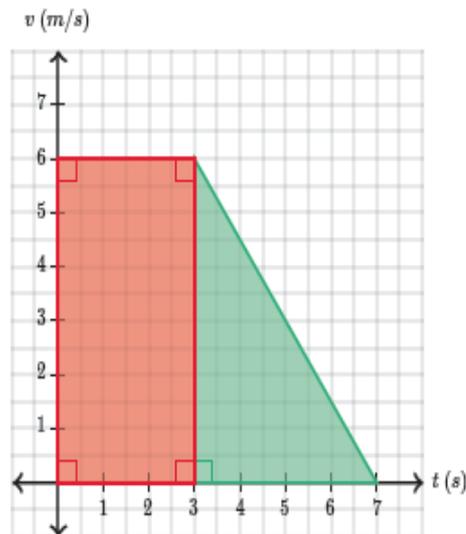


A. ¿Cuál fue la aceleración del carrito en un intervalo de tiempo de 4s ?

B. ¿Cuál fue el desplazamiento del carrito entre t=0s y t=7s ?

A. Podemos encontrar la aceleración en un intervalo de 4s al determinar la pendiente de la gráfica de velocidad entre $t_1=3s$ y $t_2=7s$.

$$aceleración = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{0m/s - 6m/s}{7s - 3s} = \frac{-6m/s}{4s} = -1.5m/s^2$$



El área del rectángulo se encuentra con: $base * altura = 3s * \frac{6m}{s} = 18m$

El área del triángulo se encuentra con: $\frac{base * altura}{2} = \frac{4s * \frac{6m}{s}}{2} = 12m$

Al sumar estas dos áreas obtenemos el desplazamiento total.

Área total = 18 m + 12 m = 30 m

Desplazamiento total = 30m

Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado

Ecuaciones de movimiento cuando **a es constante**:

$$a = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i} \quad \text{aceleración}$$

$$x(t) = x_i + v_i \cdot (t - t_i) + \frac{1}{2} a \cdot (t - t_i)^2 \quad \text{posición en función de } t$$

$$v(t) = v_i + a \cdot (t - t_i) \quad \text{velocidad en función de } t$$

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a \cdot (x_f - x_i) \quad \text{velocidad en función de } x$$

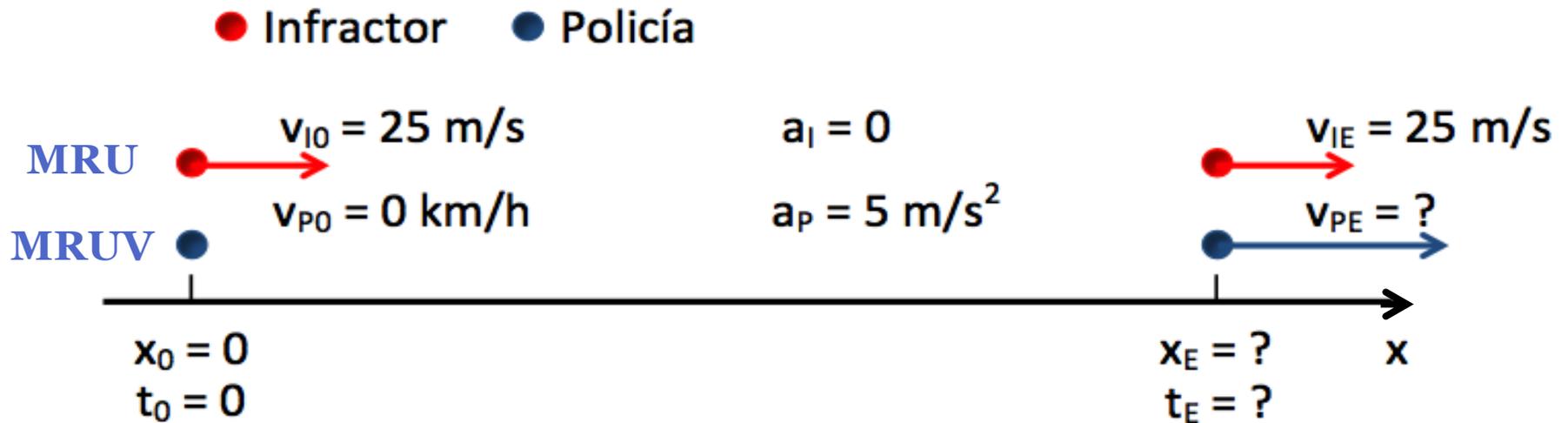
Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado

Ejemplo.

Un coche lleva una velocidad constante de 25 m/s en una zona escolar. Un policía que está parado en su moto arranca justo cuando pasa delante de él con una aceleración constante de 5 m/s².

- ¿Cuánto tiempo tarda el policía en alcanzar al infractor? ¿Qué distancia recorrió hasta alcanzarlo?
- ¿Qué velocidad tiene el policía cuando lo alcanza?

➤ Representación en un sistema de coordenadas



Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado

(a) ¿Cuánto tiempo tarda el policía en alcanzar al infractor?

$$\text{MRU (I)} \quad x = vt \quad \longrightarrow \quad \cancel{vt} = 1/2at^{\cancel{2}} \quad \longrightarrow \quad t = 2 \frac{v}{a}$$

$$\text{MRUV (P)} \quad x = 1/2at^2$$

$$t = 2 \left(\frac{25m/s}{5m/s^2} \right) = 10s$$

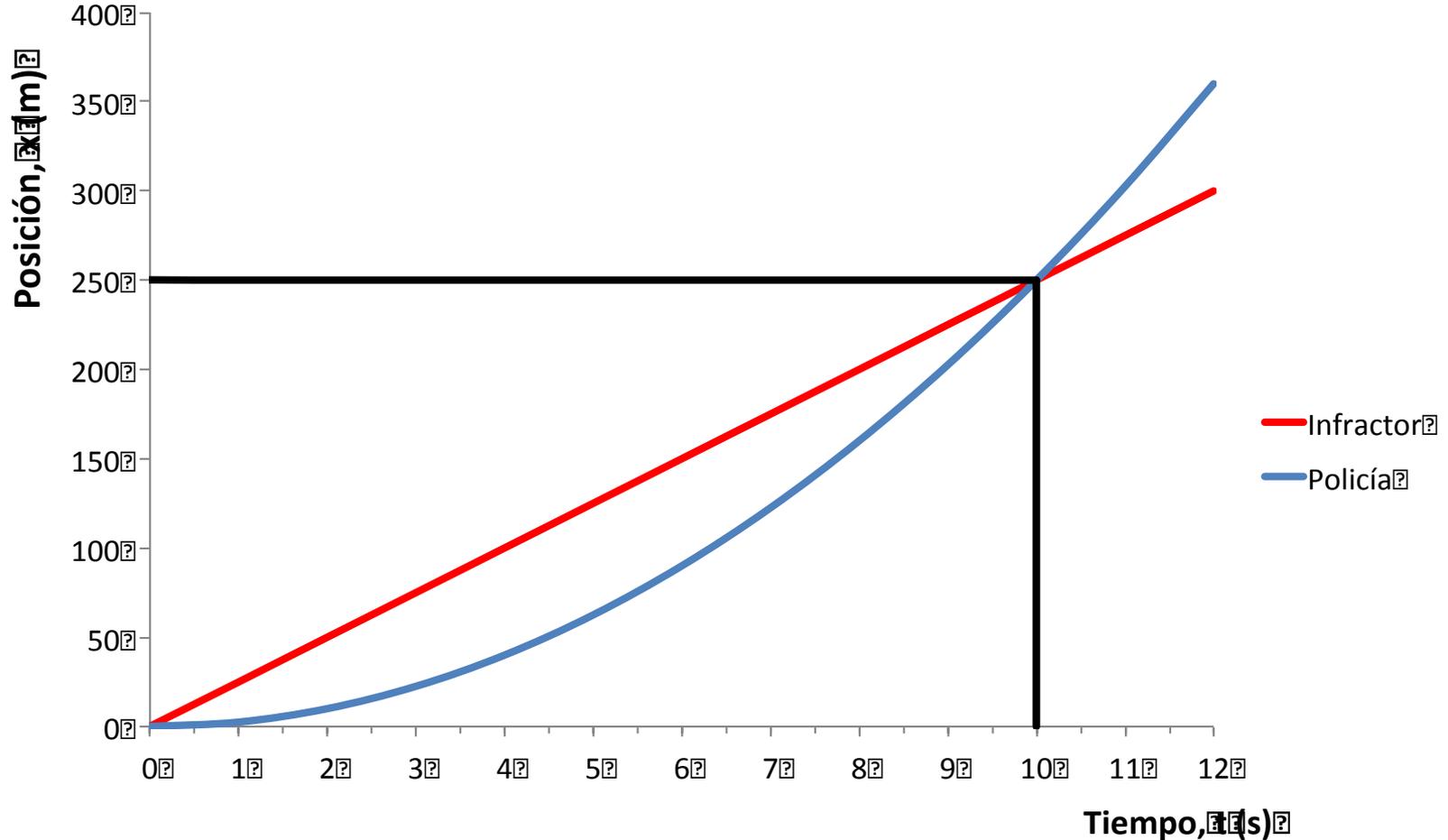
¿Qué distancia recorrió hasta alcanzarlo?

$$x = vt = \frac{25m}{s} \times (10s) = 250m$$

(b) ¿Qué velocidad tiene el policía cuando lo alcanza?

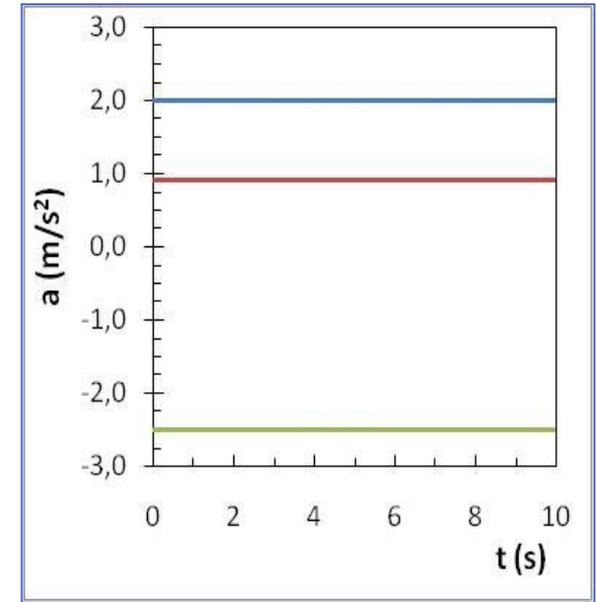
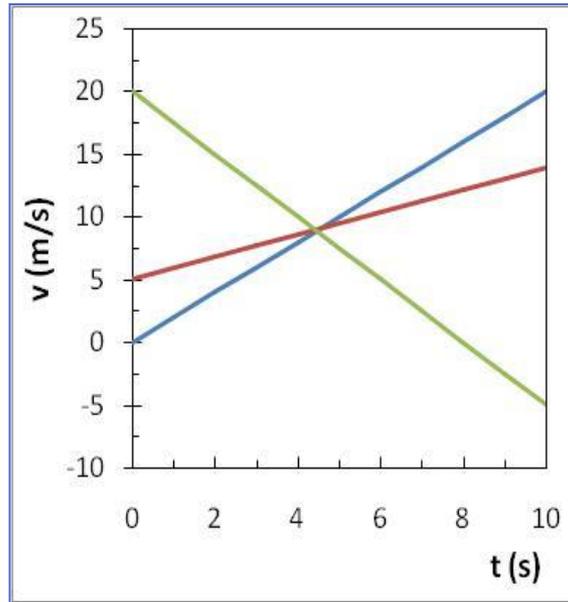
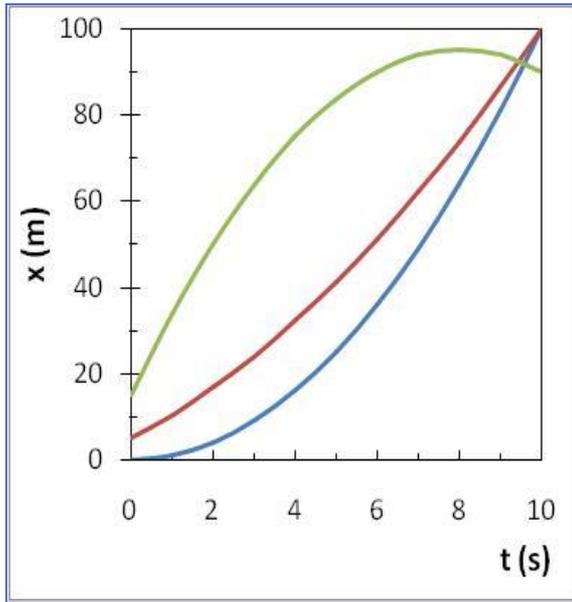
$$v = at = \frac{5m}{s^2} \times 10s = 50m/s$$

Otra forma de Resolver este Ejemplo.



Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado

Gráficas del MRUV



Consecuencias:

- La aceleración media, para cualquier intervalo de tiempo, coincide con la aceleración instantánea. La gráfica a vs. t es una recta horizontal.
- La velocidad es proporcional al tiempo. La gráfica v vs. t es una recta cuya **pendiente** coincide con el valor numérico de la aceleración.
- La relación entre el desplazamiento y el tiempo es cuadrática. La gráfica x vs. t es una parábola.

Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado

Ecuaciones de movimiento cuando a es constante :

aceleración

$$a = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i}$$

$t_i = 0$



$$a = \frac{v_f - v_i}{t}$$

posición en función de t

$$x(t) = x_i + v_i \cdot (t - t_i) + \frac{1}{2} a \cdot (t - t_i)^2$$

$t_i = 0$



$$x(t) = x_i + v_i \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

velocidad en función de t

$$v(t) = v_i + a \cdot (t - t_i)$$

$t_i = 0$



$$v(t) = v_i + a \cdot t$$

velocidad en función de x

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a \cdot (x_f - x_i)$$

Caída libre

Uno de los casos mas comunes de **aceleración constante** es la aceleración debida a la **gravedad** cerca de la superficie terrestre.

✓ Todos los objetos caen hacia la superficie terrestre.

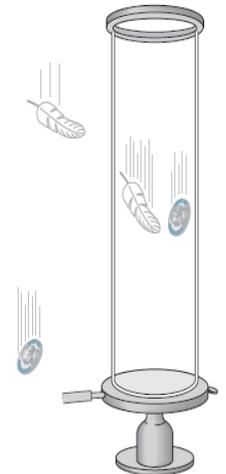
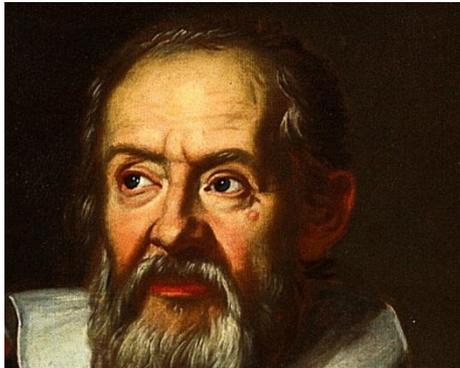
Dicha aceleración es la de la atracción gravitatoria:

$$g \cong 9,8 \text{ m/s}^2 \approx 10 \text{ m/s}^2$$



La contribución de Galileo fue:

En un lugar dado sobre la Tierra y en ausencia de la resistencia del aire, todos los objetos caen con la misma aceleración constante.

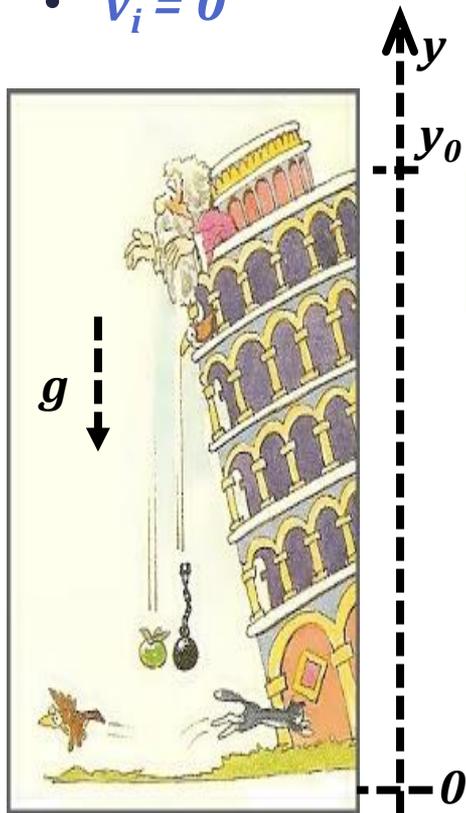


https://www.youtube.com/watch?time_continue=7&v=E43-CfukEgs

Caída libre

Ecuaciones de Movimiento para la caída libre de un objeto corresponden a las de un MRUV,

- donde hay que cambiar x por y .
- y la aceleración es $a = -g$
- $v_i = 0$



$$y(t) = y_i - \frac{1}{2}g \cdot (t - t_i)^2$$

$t_i = 0$



$$y(t) = y_i - \frac{1}{2}g \cdot t^2$$

$$v(t) = -g \cdot (t - t_i)$$

$$v(t) = -g \cdot t$$

$$v_f^2 = -2g \cdot (y_f - y_i)$$

Tiro vertical

Un objeto lanzado hacia arriba deja la mano del lanzador en el punto **A**. Alcanza su altura máxima en **B** (la velocidad en este punto es nula). Finalmente regresa nuevamente a la mano en **C**.

Ecuaciones de Movimiento para la Tiro vertical de un objeto corresponden a las de un **MRUV**,

- donde hay que cambiar **x** por **y** .
- y la aceleración es **$a = -g$**

$$y(t) = y_i + v_i \cdot t - \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

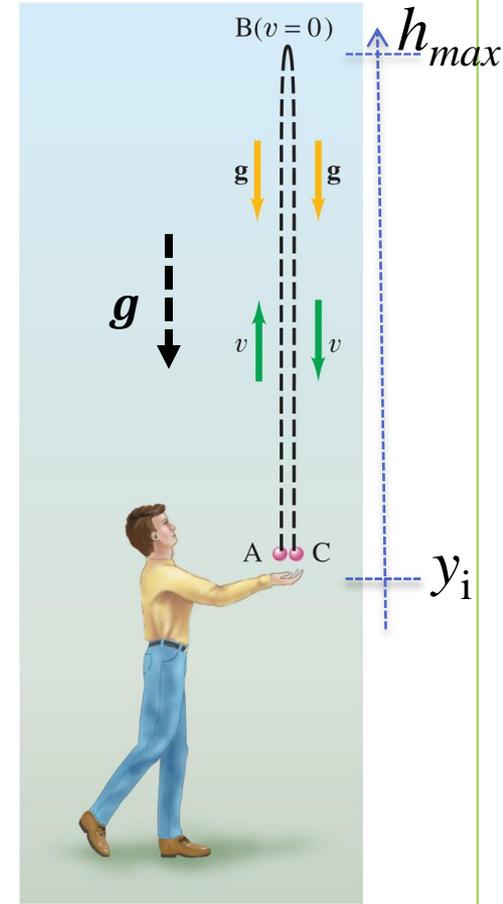
$$v(t) = v_i - g \cdot t$$

$$v_f^2 = v_i^2 - 2g \cdot (y_f - y_i)$$

$$h_{max} = \frac{v_i^2}{2g}$$

$$t_{hmax} = \frac{v_i}{g}$$

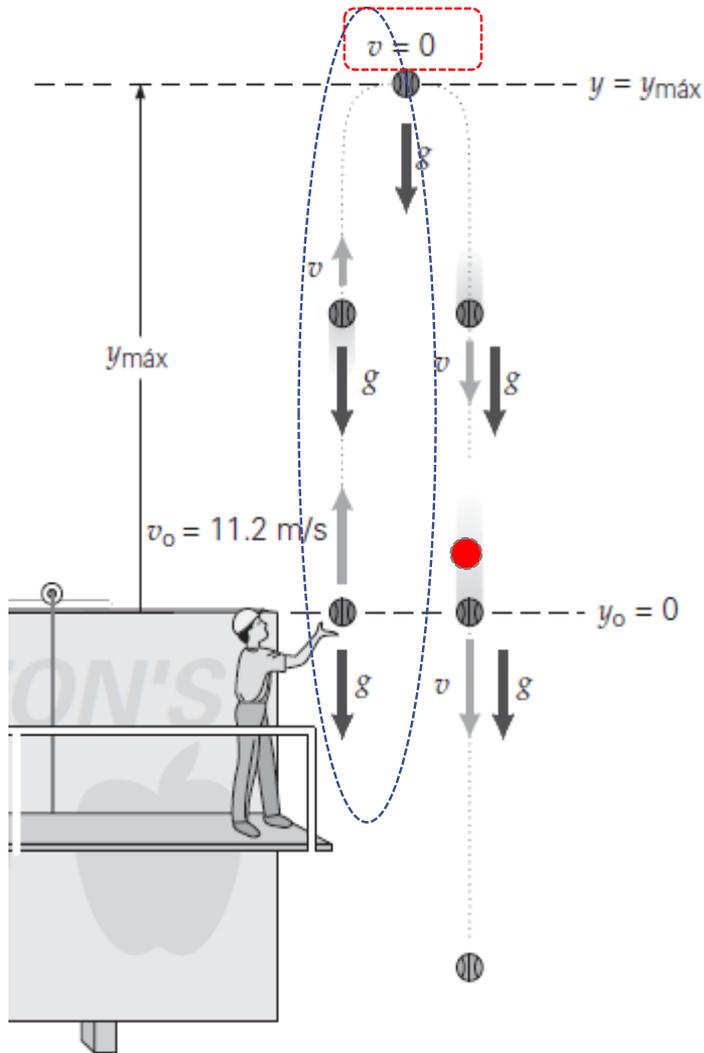
$$t_{total} = 2t_{hmax}$$



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Tiro vertical

Ejemplo: Un trabajador que esta parado en un andamio junto a una valla lanza una pelota verticalmente hacia arriba. La pelota tiene una velocidad inicial de 11.2 m/s cuando sale de la mano del trabajador en la parte más alta de la valla.



Datos:

$$v_0 = 11.2 \text{ m/s}$$

$$g = 9.80 \text{ m/s}^2$$

$$t = 2.00 \text{ s (punto c)}$$

Del análisis:

$$v = 0 \text{ en } y_{\text{máx}}$$

$$y_0 = 0$$

a) Que altura máxima alcanza la pelota sobre la valla?

b) Cuanto tarda en llegar a esa altura?

c) Donde estará la pelota en $t = 2.00 \text{ s}$?

a) $v^2 = v_0^2 - 2g(y - y_0)$

$$0 = v_0^2 - 2g(y_{\text{máx}})$$

$$y_{\text{máx}} = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{\left(11.2 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2\left(9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)} = 6.40 \text{ m}$$

b) $v = v_0 - gt \rightarrow 0 = v_0 - gt$

$$t = \frac{v_0}{g} = \frac{11.2 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 1.14 \text{ s}$$

c) $y = y_0 + v_0 t - \frac{1}{2}gt^2 \rightarrow y = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2$

$$y = 11.2 \frac{\text{m}}{\text{s}}(2 \text{ s}) - \frac{1}{2}\left(9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)(2 \text{ s})^2 = 2.8 \text{ m}$$

Resumen

- ✓ La Cinemática estudia **cómo** se mueven los objetos.
- ✓ Desplazamiento es el cambio de la posición de un objeto, es un vector.
- ✓ Velocidad media, es el cociente entre el desplazamiento y el tiempo que se empleó en recorrerlo (es un vector que tiene la misma dirección y sentido que el desplazamiento).
- ✓ Aceleración media es el cambio en la velocidad dividida por el tiempo (es un vector que tiene la misma dirección y sentido que el $\Delta\mathbf{v}$)
- ✓ Para los objetos en caída libre cerca de la superficie terrestre experimentan una aceleración debida a la atracción gravitatoria de $g = 9,80 \text{ m/s}^2 \approx 10 \text{ m/s}^2$