

# Cinemática

# Índice

- ❖ Qué es la cinemática?
- ❖ Por qué es útil la cinemática?
- ❖ Sistema de referencia
- ❖ Magnitudes físicas del movimiento
- ❖ Magnitudes del movimiento
- ❖ Tipos de movimiento

# Qué es la cinemática

- ❖ Rama de la física que estudia el movimiento de los objetos
- ❖ No obstante, qué es el movimiento?
  - ❖ Cambio de posición de un objeto CON RESPECTO a un sistema de referencia



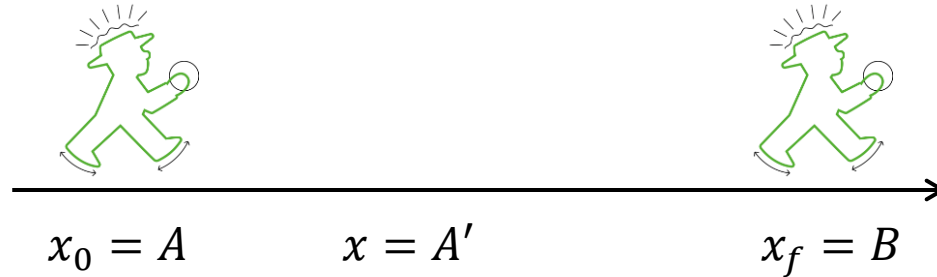
Investigadora trabajando



Rosa Parks sentada en un autobús

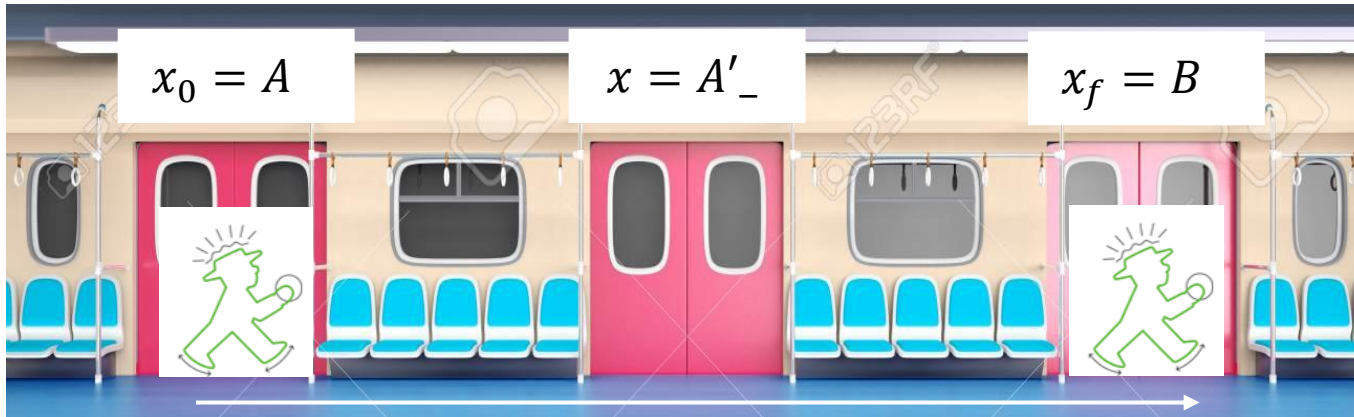
# Qué es la cinemática

- ❖ Ejemplo 1: una persona que se mueve de un punto A, a un punto B
    - ❖ Cambio de posición **con respecto a la tierra**:
      - ❖ Posición inicial: A
      - ❖ Posición final: B
- La persona sigue una trayectoria para ir desde A a B



# Qué es la cinemática

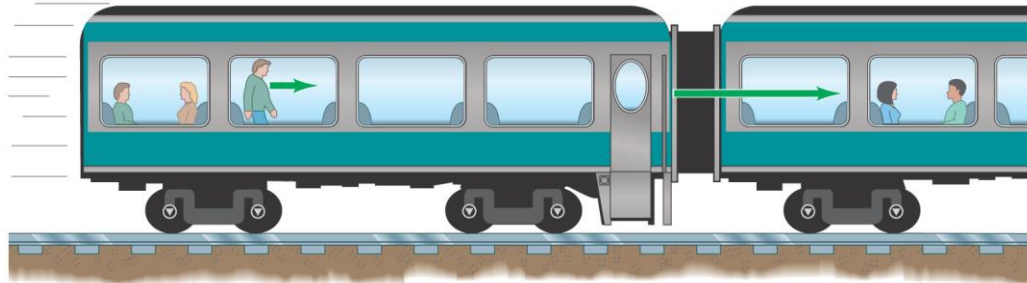
- ❖ Ejemplo 2: una persona que se mueve dentro de un tren de un punto A, a un punto B
  - ❖ La persona cambia de posición **con respecto al tren**:
    - ❖ Posición inicial: A
    - ❖ Posición final: B
  - La persona sigue una trayectoria para ir desde A a B
  - ❖ El tren cambia de posición **con respecto a la tierra**



# Qué es la cinemática

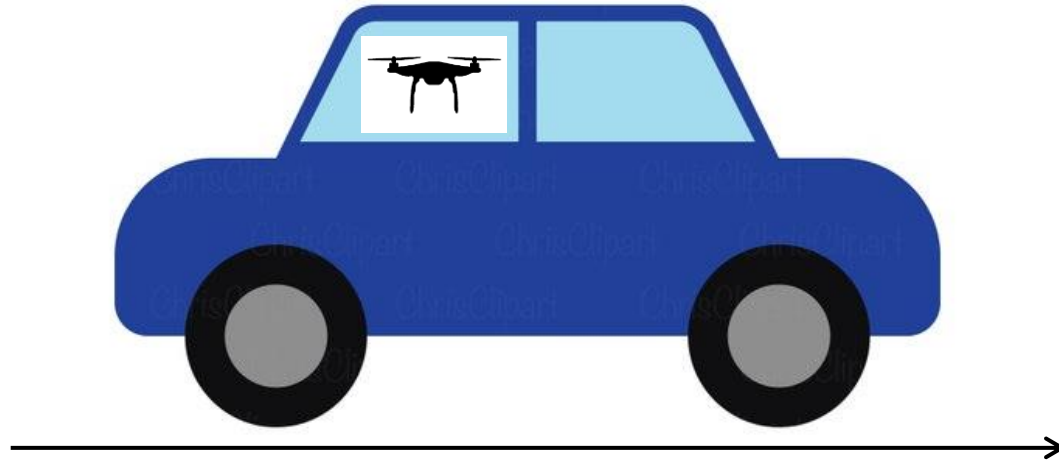
- ❖ Ejemplo 3: una persona (Juan) que se mueve dentro de un tren de un punto A, a un punto B y otras personas (Fran y María) que están quietas en el vagón
  - ❖ Juan: Cambio de posición **con respecto al tren**:
    - ❖ Posición inicial: A
    - ❖ Posición final: B

} Juan sigue una trayectoria para ir desde A a B
  - ❖ El tren: Cambio de posición **con respecto a la tierra**  $\Rightarrow$  la **velocidad de Juan será diferente para Fran y María que para un observador fuera del tren**
  - ❖ Fran y María: cambio de posición **con respecto a la tierra**



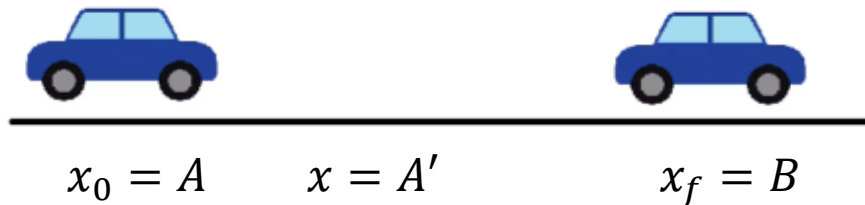
# Qué es la cinemática

- ❖ Reflexión: Qué ocurre si tenemos un coche moviéndose a velocidad constante y ponemos a volar un dron de manera que este esté suspendido en el aire (sin volar hacia delante ni hacia atrás, sólo hacia arriba)
  - a) El Dron se queda estático en el coche y se mueve con este
  - b) El dron se choca contra el cristal de atrás del coche



# ❖ Por qué es útil la cinemática?

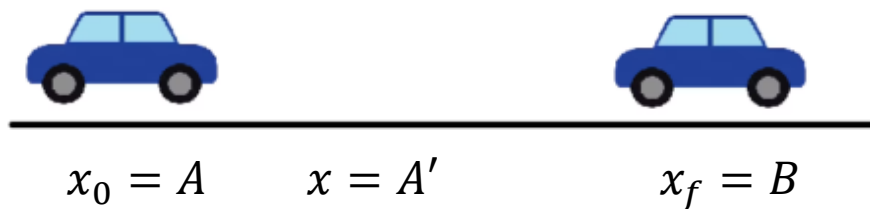
- ❖ Pero, por qué es útil la cinemática?
- ❖ Pongamos un ejemplo: un coche que se mueve de un punto A, a un punto B
  - ❖ A qué hora pasó por A'?
- ❖ La cinemática nos permite dar respuesta a esta pregunta (entre otras), no obstante, para ello hay que conocer una serie de **magnitudes físicas medibles**, tales como el desplazamiento del coche o el tiempo que ha tardado en realizar dicho desplazamiento





# ❖ Por qué es útil la cinemática?

- ❖ Imaginemos que, de A a B hay 20 km, y que el coche ha tardado 10 minutos



Magnitudes físicas medibles

$$\Delta x_{A,B} = |x_f - x_0| = 20 \text{ km}$$

$$\Delta x_{A,A'} = |x - x_0| = 5 \text{ km}$$

$$\Delta t_{A,B} = |t_f - t_0| = 10 \text{ min}$$

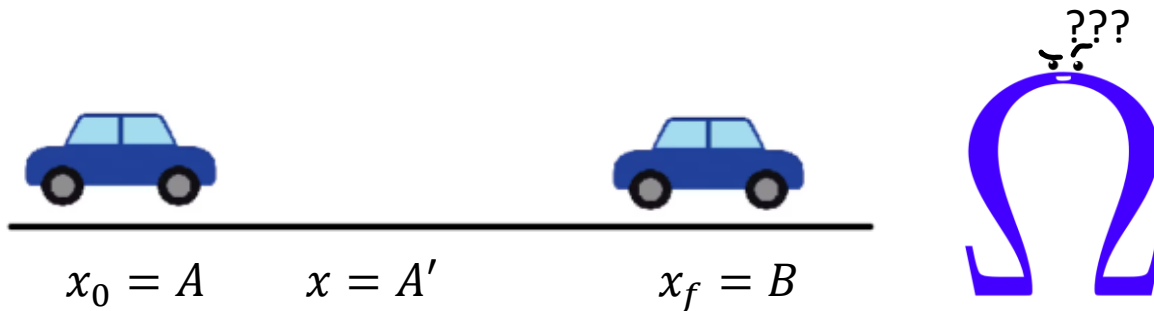
- ❖ Parece lógico pensar que si de A a B hay 20 km y se tardan 10 minutos, de A a A', habiendo 5 km, se tarde  $\frac{5}{20}$  veces lo que se tarda de A a B. Vamos, la típica regla de 3:

$$\begin{array}{l} 20 \rightarrow 10 \\ 5 \rightarrow t \end{array} \Rightarrow t = \frac{5}{20} \cdot 10$$

ESTO ESTÁ MAL

# ❖ Por qué es útil la cinemática?

- ❖ Pero, por qué está mal?
  - ❖ Porque existe otra magnitud física  $v$ , que relaciona  $x$  con  $t$
  - ❖ Esta magnitud  $v$ , es la velocidad, y no tiene por qué ser constante
  - ❖ En el caso de que el coche hubiese ido de A a B con una velocidad constante, entonces, la deducción anterior sería correcta



- ❖ Entonces, para **describir el movimiento** del coche necesitamos:
  - ❖ Conocer el **tipo de movimiento** que lleva el coche, para lo que necesitamos:
    - ❖ Introducir las **magnitudes físicas** que describen el movimiento, para lo que necesitamos:
      - ❖ Introducir lo que es un **sistema de referencia**

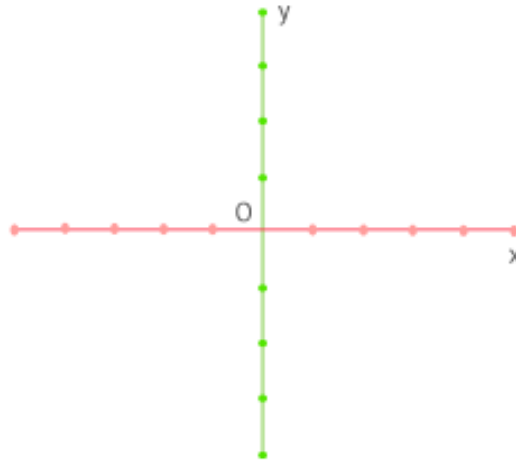
# Sistema de Referencia

## ❖ Sistema de referencia:

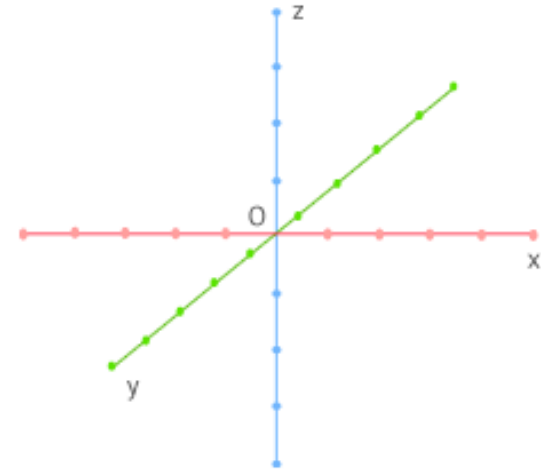
- ❖ Conjunto de ejes gracias a los cuales un observador O situado en el origen del sistema de referencia puede medir la posición de un objeto
- ❖ El observador se encuentra en el punto de referencia (donde se cruzan los ejes)
- ❖ Habrá tantos ejes como dimensiones



**1 Dimensión: eje x**



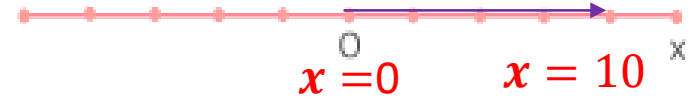
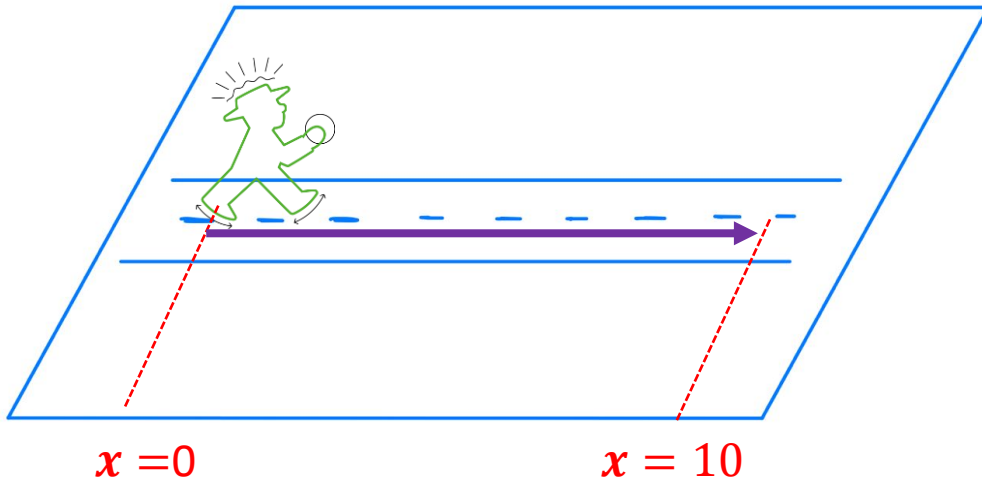
**2 Dimensiones: ejes xy**



**3 Dimensiones: ejes xyz**

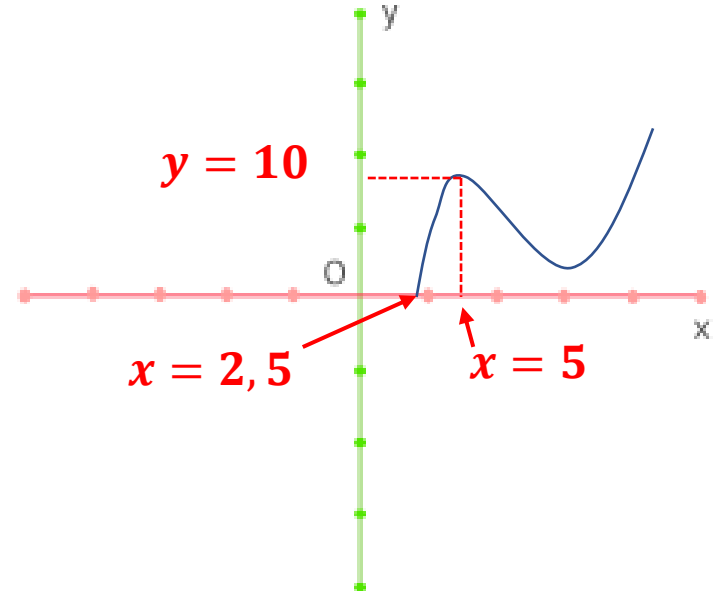
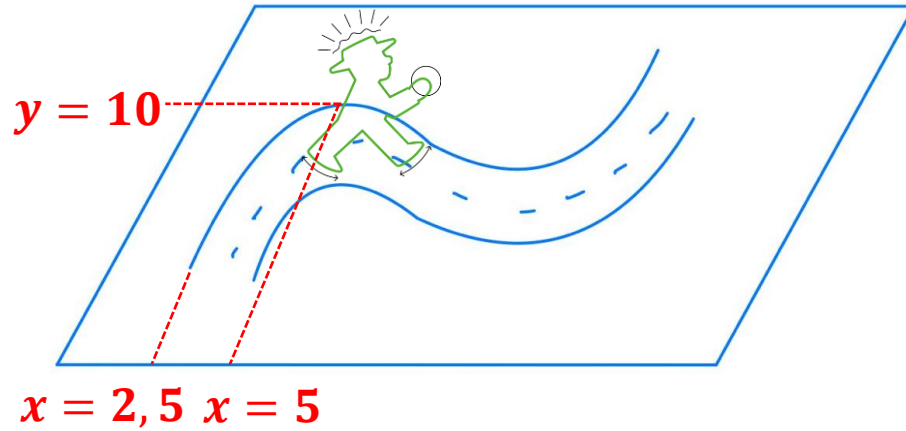
# Sistema de Referencia

Movimiento en 1 Dimensión  $\Rightarrow$  Representación simplificada



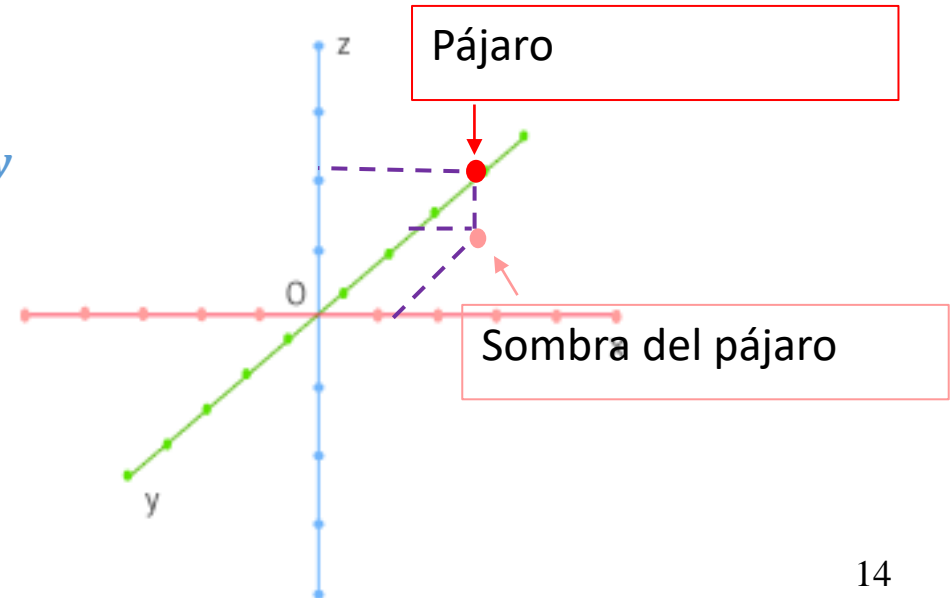
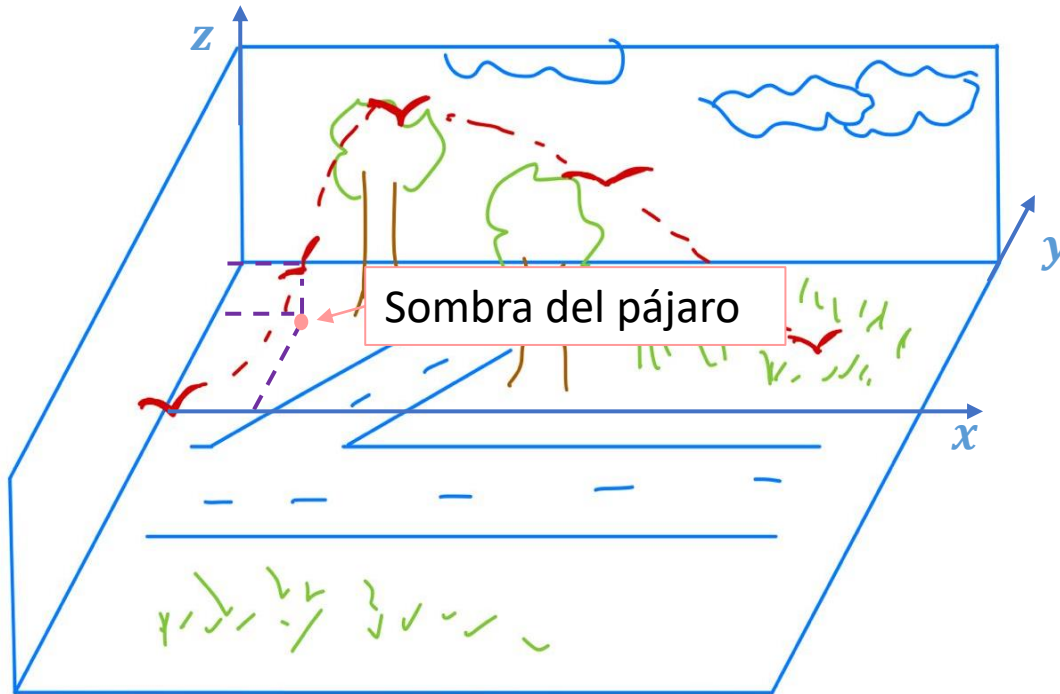
# Sistema de Referencia

Movimiento en 2 Dimensiones  $\Rightarrow$  Representación simplificada



# Sistema de Referencia

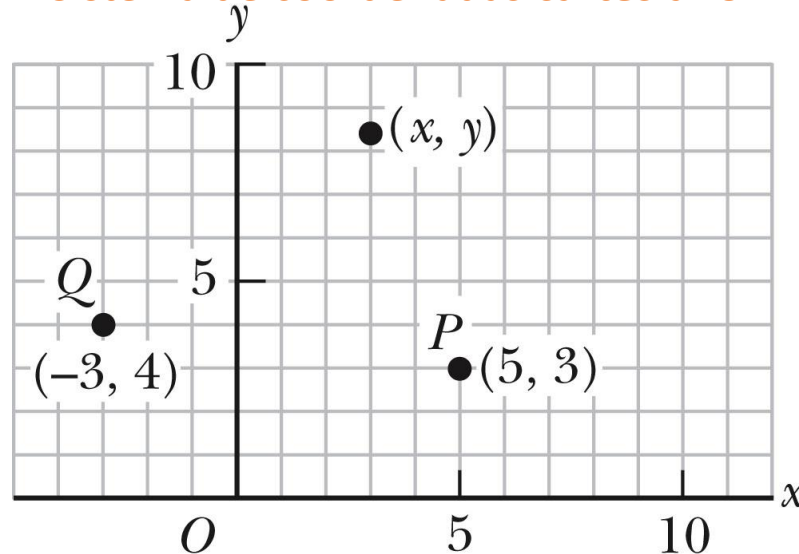
Movimiento en 3 Dimensiones  $\Rightarrow$  Representación simplificada



# Sistema de Referencia

- ❖ Construcción de un sistema de referencia:
  - ❖ Habrá tantos ejes como dimensiones
  - ❖ El observador se encuentra en el punto de referencia (donde se cruzan los ejes)
  - ❖ Los ejes se dividen en espacios regulares que representan una distancia en la dirección de ese eje

Sistema de coordenadas **cartesiano**



# Sistema de Referencia

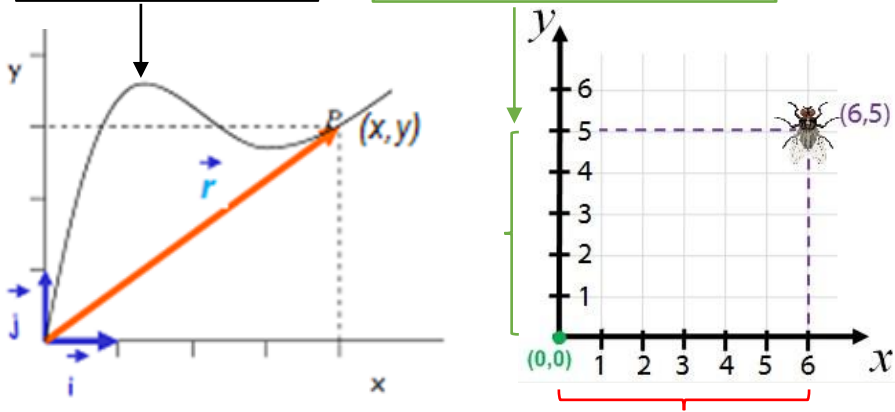
❖ Vector de posición  $\vec{r}$ :

❖ Es la línea que une el origen (donde está el observador), con el punto P donde se encuentra el objeto

## 2 Dimensiones: ejes xy

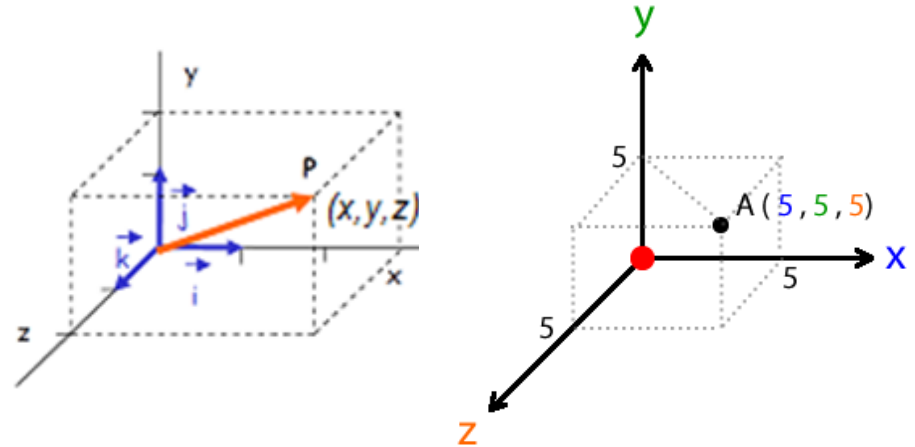
Trayectoria:  
distancia recorrida

Desplazamiento en el eje y:  
 $\Delta y = (y_f - y_0) = 5$



Desplazamiento en el eje x:  
 $\Delta x = (x_f - x_0) = 6$

## 3 Dimensiones: ejes xyz





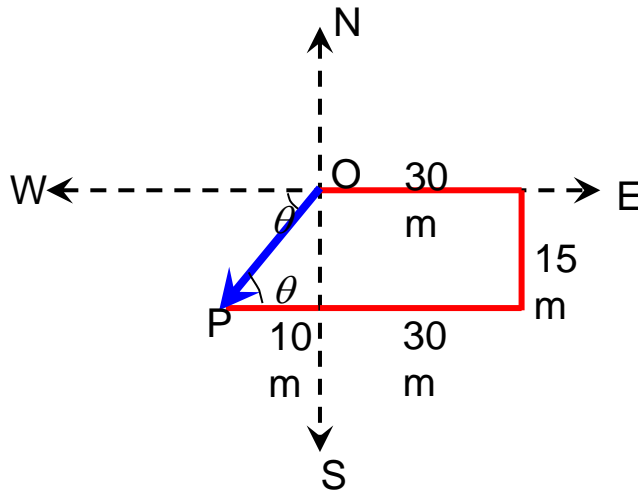
# Sistema de Referencia

## ❖ Ejemplo:

### ❖ Un objeto P se mueve:

1. 30m hacia el este (sentido positivo del eje x)
2. 15m al sur (sentido negativo del eje y)
3. 40m al oeste (sentido negativo del eje x)

### ❖ Determinar el desplazamiento de P relativo al origen de coordenadas



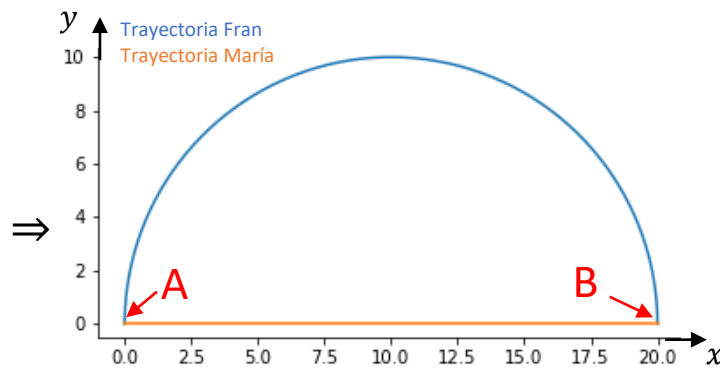
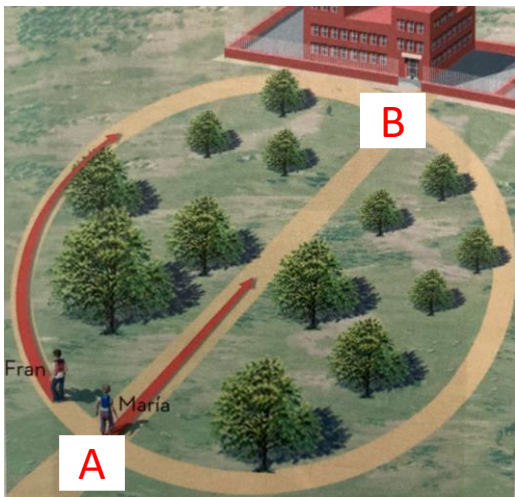
La magnitud del desplazamiento viene dada por:

$$OP = \sqrt{15^2 + 10^2} = 18 \text{ m}$$

# Magnitudes físicas – Posición $x$

## ❖ Posición $x$ :

- ❖ Nos dice en que punto del espacio está situado un objeto
- ❖  $\Delta x = (x_f - x_0)$  es el desplazamiento, y NO depende de la trayectoria
- ❖ La distancia recorrida SÍ que depende de la trayectoria
- ❖ Para describir este punto del espacio se define un sistema de referencia  
(construcción matemática que simplifica la descripción del problema)



## ❖ Situamos un Origen de coordenadas:

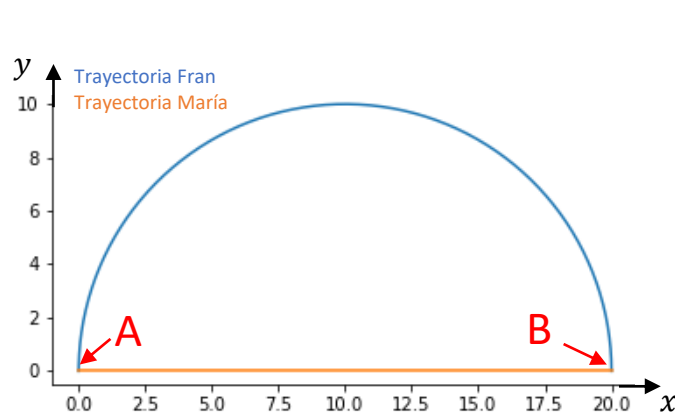
- ❖ Lo situamos en A por simplicidad
- ❖ Fran y María se mueven con respecto a A
- ❖ El observador con respecto al cual nos movemos siempre está en el origen

Fran recorre más distancia que María, aunque ambos se han desplazado lo mismo (desde A hasta B  $\Rightarrow \Delta x = (x_f - x_0)$ )

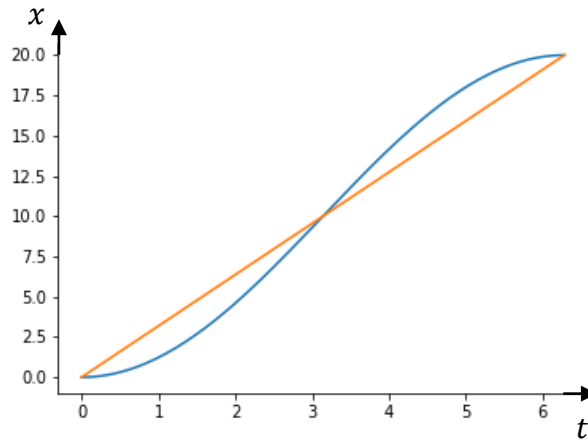
# Magnitudes físicas – Tiempo $t$

## ❖ Tiempo $t$ :

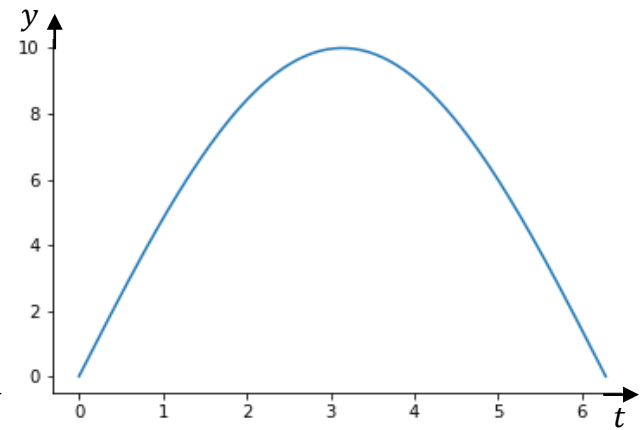
- ❖ Instante en el que nos encontramos
- ❖  $\Delta t = (t_f - t_0)$  es la cantidad de tiempo que tarda un móvil en desplazarse un  $\Delta x$
- ❖ Las trayectorias cambian a lo largo del tiempo



$$\Delta t = (t_f - t_0) = (6 - 0) = 6s$$



Componente  $x$  de la trayectoria de Fran con respecto al tiempo  
Componente  $x$  de la trayectoria de María con respecto al tiempo

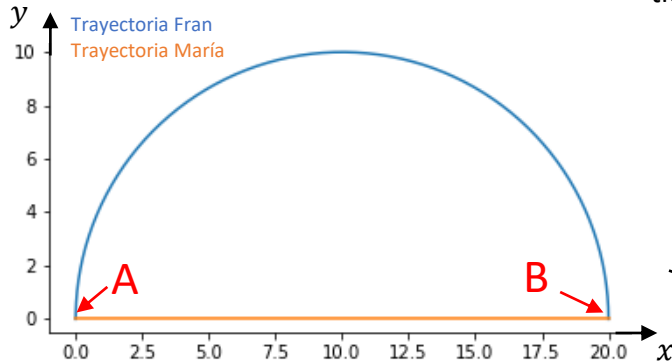


Componente  $y$  de la trayectoria de Fran con respecto al tiempo  
María no se mueve en la dirección  $y$

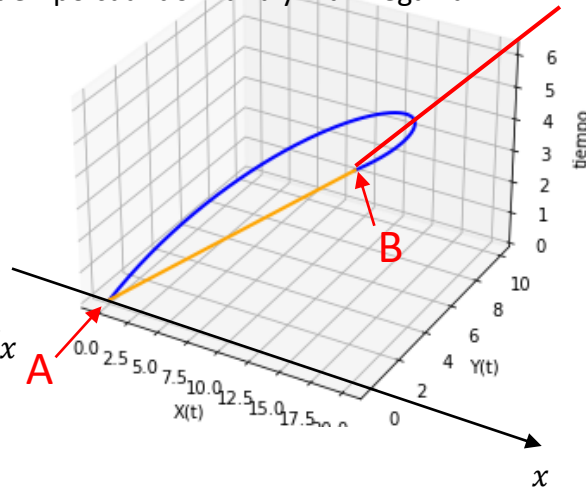
# Magnitudes físicas – Tiempo $t$

## ❖ Tiempo $t$ :

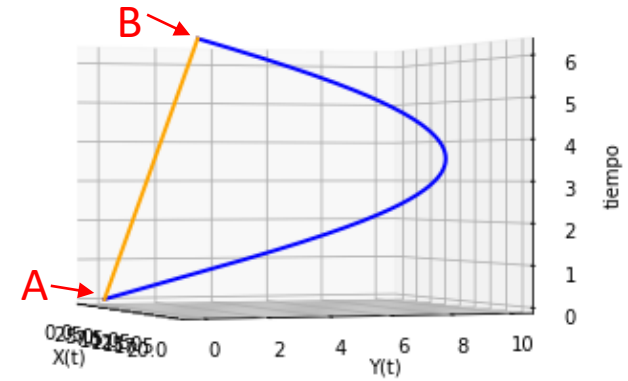
- ❖ Instante en el que nos encontramos
- ❖  $\Delta t$  es la cantidad de tiempo que tarda un móvil en desplazarse un  $\Delta x$
- ❖ Las trayectorias cambian a lo largo del tiempo



La línea roja corta al plano del tiempo en el 6, indicando que han pasado 6 unidades de tiempo cuando María y Fran llegan a B



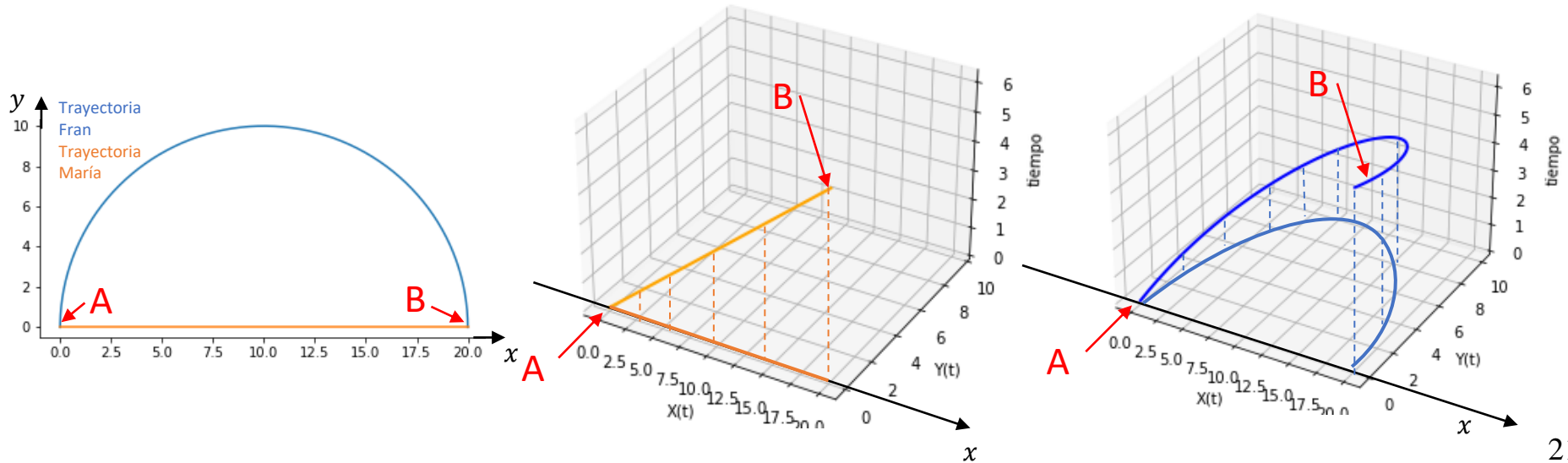
Visto desde otra perspectiva no parece que Fran avance más en el tiempo y luego retroceda (eso sería imposible)



# Magnitudes físicas – Tiempo $t$

## ❖ Tiempo $t$ :

- ❖ Instante en el que nos encontramos
- ❖  $\Delta t$  es la cantidad de tiempo que tarda un móvil en desplazarse un  $\Delta x$
- ❖ Las trayectorias cambian a lo largo del tiempo

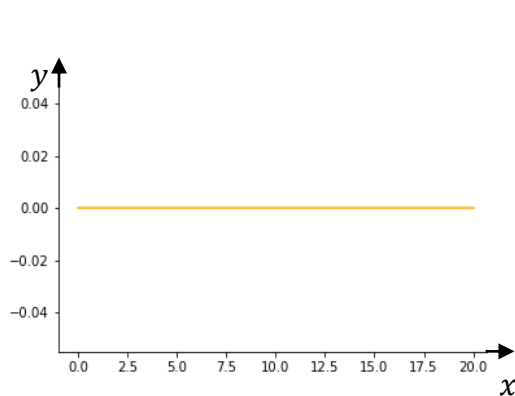


# Magnitudes físicas – Velocidad $v$

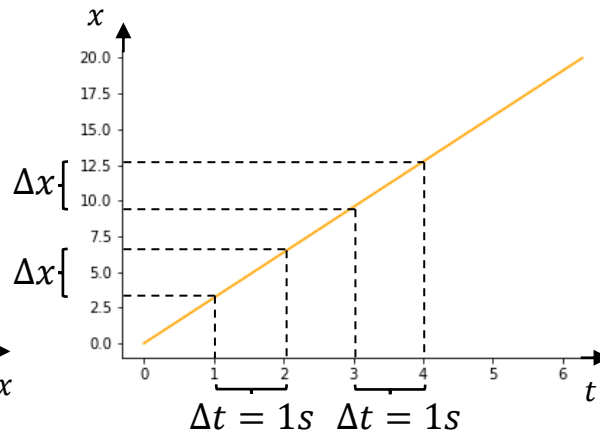
## ❖ Velocidad $v$ :

- ❖ Cómo cambia la posición de un objeto con el tiempo:  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_0}{t_f - t_0}$
- ❖ Velocidad instantánea: velocidad que nos da el velocímetro del coche o velocidad a la que nos movemos en ese PRECISO momento
- ❖ Para explicarlo de forma sencilla  $\Rightarrow$  **Dirección de movimiento: eje  $x$**  (Como María)

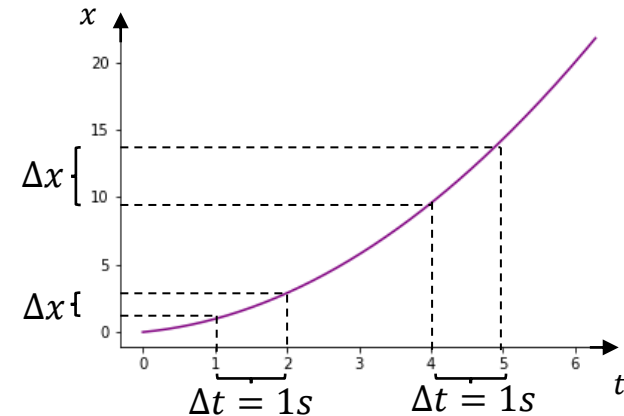
## Velocidad media



Trayectoria de María



María siguiendo la trayectoria con velocidad constante



María siguiendo la trayectoria con velocidad no constante

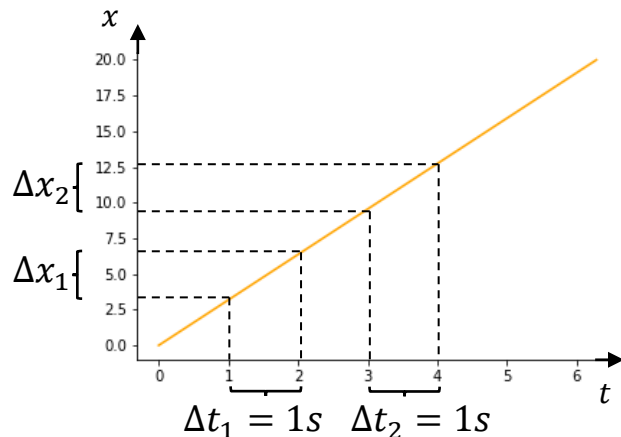
# Magnitudes físicas – Velocidad $v$

❖ Velocidad  $v$ :

❖ Cómo cambia la posición de un objeto con el tiempo:  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_0}{t_f - t_0}$

❖ Velocidad constante:

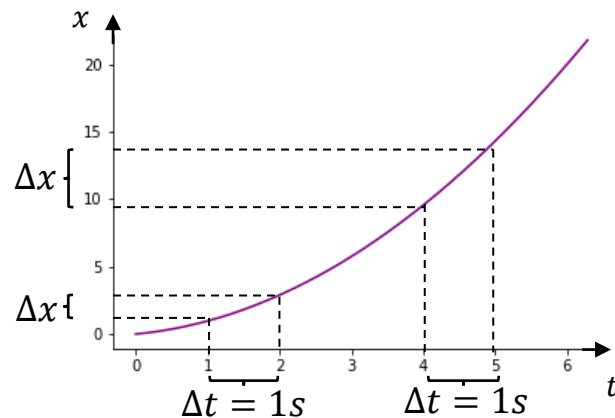
❖ **Una misma** variación de tiempo  $\Delta t$  produce **una misma** variación en el espacio  $\Delta x$



María siguiendo la trayectoria  
con velocidad constante

❖ Velocidad no constante:

❖ **Una misma** variación de tiempo  $\Delta t$  produce **distinta** variación en el espacio  $\Delta x$



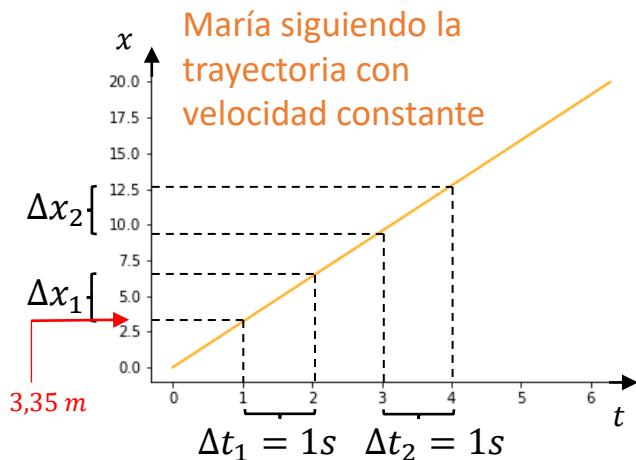
María siguiendo la trayectoria  
con velocidad no constante

# Magnitudes físicas – Velocidad $v$

❖ Cómo cambia la posición de un objeto con el tiempo:  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_0}{t_f - t_0}$

❖ Velocidad constante:

❖ **Una misma** variación de tiempo  $\Delta t$  produce **una misma** variación en el espacio  $\Delta x \Rightarrow \frac{\Delta x_1}{\Delta t_1} = \frac{\Delta x_2}{\Delta t_2}$

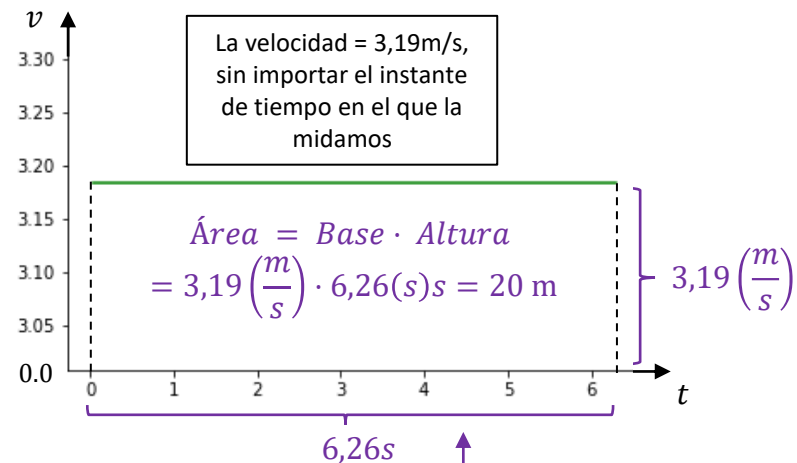


Entre  $t_1 = 1s$  y  $t_2 = 2s$  la velocidad es:

$$v_1 = \frac{\Delta x_1}{\Delta t_1} = \frac{6'54 - 3'35}{1} = 3,19m/s$$

Entre  $t_3 = 3s$  y  $t_4 = 4s$  la velocidad es:

$$v_2 = \frac{\Delta x_2}{\Delta t_2} = \frac{12'75 - 9'56}{1} = 3,19m/s$$



Hemos definido la velocidad media como la relación que existe entre espacio recorrido (desplazamiento) y tiempo, por lo tanto, si conocemos la velocidad, es posible obtener el espacio recorrido:

$$v_{\text{media}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow \Delta x = v \Delta t = 3,19 \left(\frac{m}{s}\right) (6,26 - 0)(s) = 20 \text{ m}$$

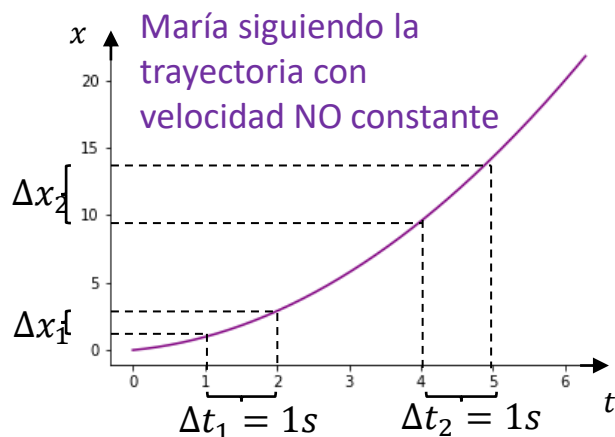


# Magnitudes físicas – Velocidad $v$

❖ Cómo cambia la posición de un objeto con el tiempo:  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_0}{t_f - t_0}$

❖ Velocidad no constante:

❖ **Una misma** variación de tiempo  $\Delta t$  produce **distinta** variación en el espacio  $\Delta x \Rightarrow \frac{\Delta x_1}{\Delta t_1} \neq \frac{\Delta x_2}{\Delta t_2}$

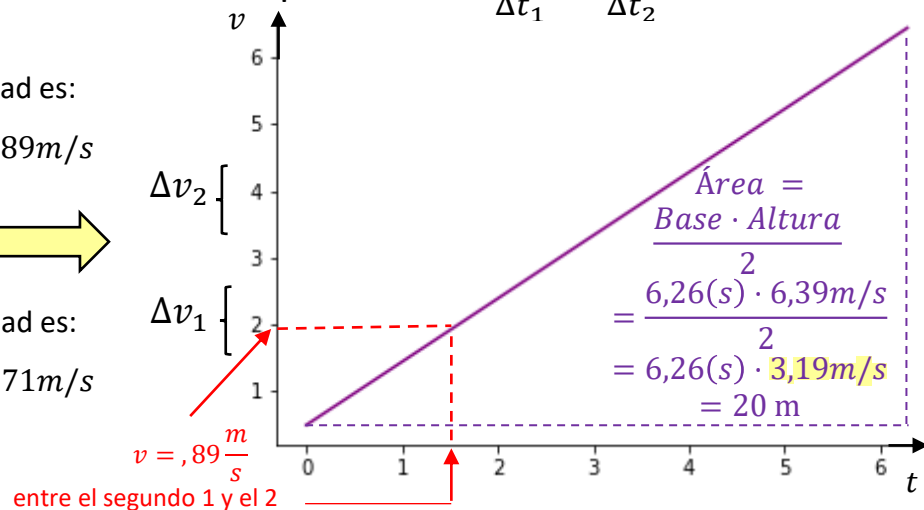


Entre  $t_1 = 1s$  y  $t_2 = 2s$  la velocidad es:

$$v_1 = \frac{\Delta x_1}{\Delta t_1} = \frac{2,94 - 1,05}{2 - 1} = 1,89m/s$$

Entre  $t_3 = 3s$  y  $t_4 = 4s$  la velocidad es:

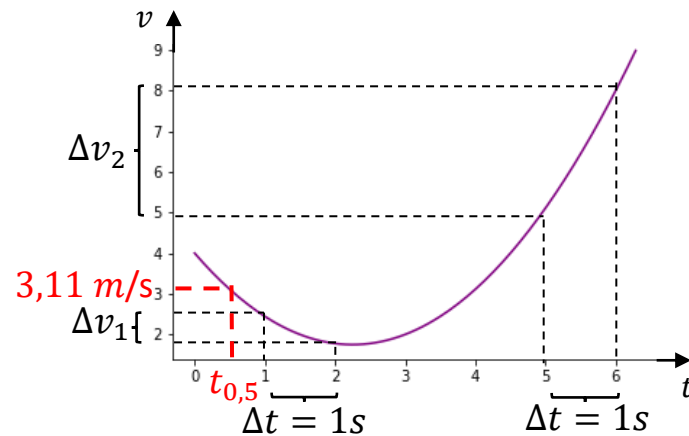
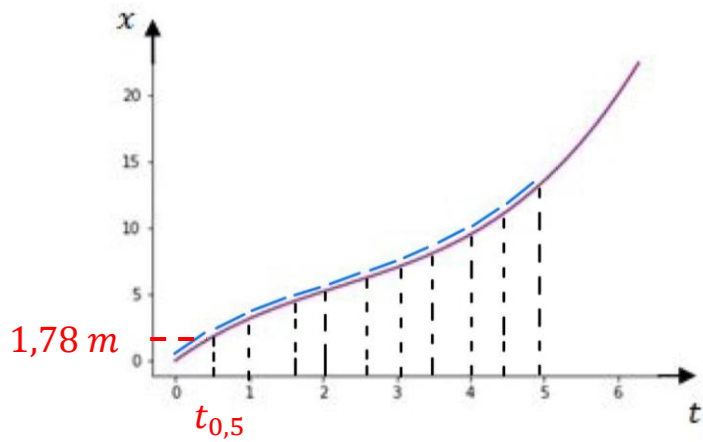
$$v_2 = \frac{\Delta x_2}{\Delta t_2} = \frac{9,58 - 5,87}{4 - 3} = 3,71m/s$$



Hemos definido la velocidad media como la relación que existe entre espacio recorrido (desplazamiento) y tiempo, por lo tanto, si conocemos la velocidad, es posible obtener el espacio recorrido.

$$v_{media} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{20m}{6,26s} = 3,19 \frac{m}{s} \Rightarrow \Delta x = v_{media} \cdot \Delta t = 3,19 \left( \frac{m}{s} \right) \cdot 6,26(s) = 19,96m \approx 20m$$

# Magnitudes físicas – Velocidad $v$ – Construcción de gráficas



Velocidad (cambio de posición con el tiempo):

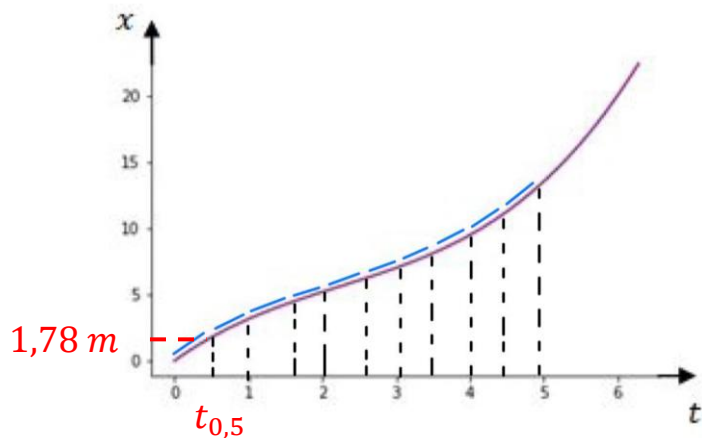
❖ Interpretamos la gráfica de posición para construir la de velocidad  $\Rightarrow$  analizamos como cambia la posición cada medio segundo:

❖ María empieza a moverse en  $t_0$  a una velocidad de 4 m/s

❖ Pasado medio segundo:  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x(t_{0,5}) - x(t_0)}{t_{0,5} - t_0} = \frac{1,78 - 0}{0,5 - 0} = 3,11 \text{ m/s}$  es la velocidad de María en  $t_{0,5}$

❖ Así sucesivamente

# Magnitudes físicas – Velocidad $v$ – Construcción de gráficas



Velocidad (cambio de posición con el tiempo):

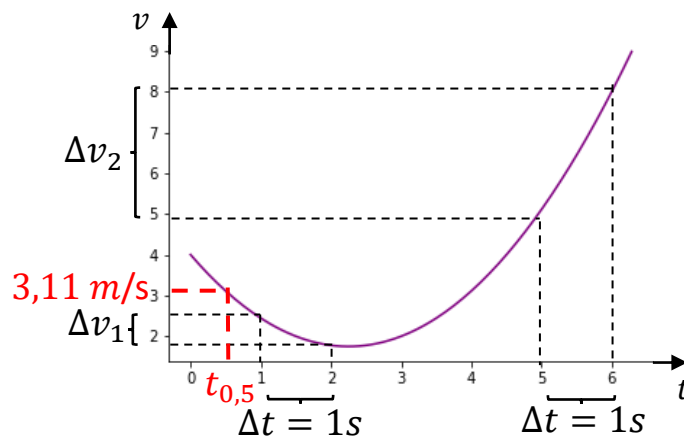
❖ Ahora hacemos una interpretación gráfica:

❖ Las líneas azules me dan la “velocidad instantánea” de María en ese medio segundo:

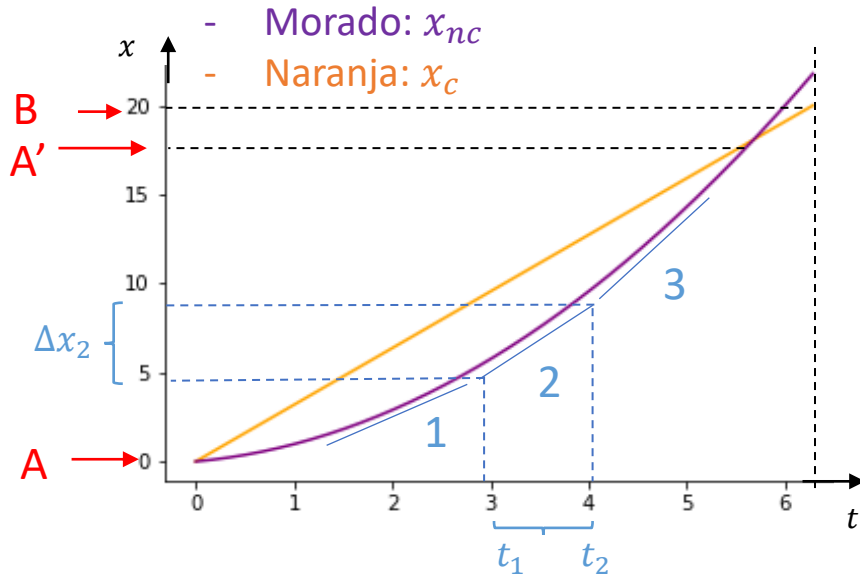
❖ La línea azul que va desde  $t_0$  hasta  $t_{0,5}$  tiene por tanto una pendiente de 3,11 (m/s) (maría se ha movido 3,11 metros en ese medio segundo)

❖ Si nos fijamos, hasta  $t_2$  la pendiente de las líneas azules va disminuyendo, por eso en la gráfica de la velocidad entre  $t_0$  y  $t_2$  la velocidad va disminuyendo

❖ A partir de  $t_2$  las líneas azules de la gráfica de posición van aumentando su inclinación, por lo que aumenta la velocidad “instantánea” en ese medio segundo, y es por eso que en la gráfica de velocidad a partir de  $t_2$  vemos como la velocidad aumenta



# Magnitudes físicas – Velocidad $v$

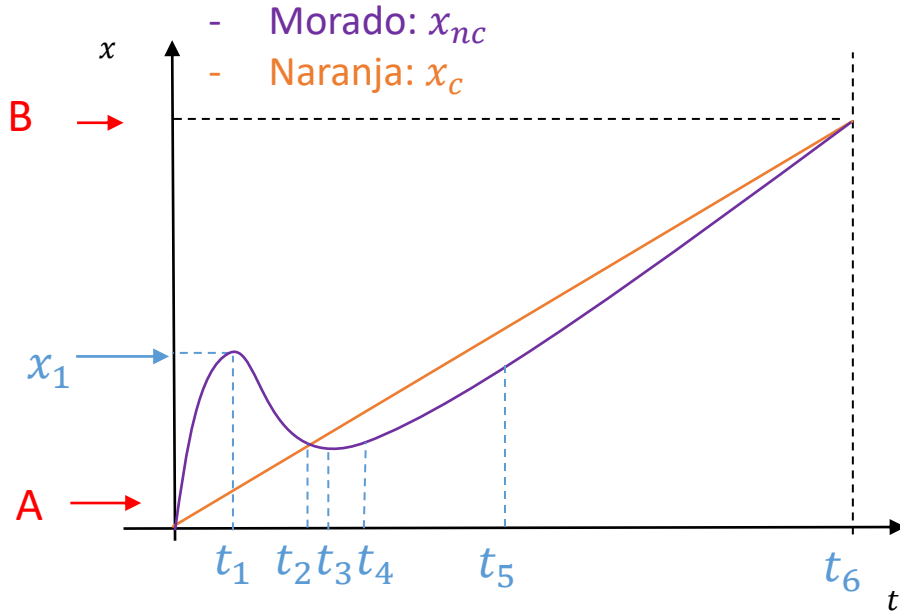


En el mismo tiempo, el morado recorrió un poco más de distancia: la velocidad media no es la misma

## ❖ Conclusiones:

- ❖ Hasta  $t_1$   $v_c < v_{nc}$ 
  - ❖ La pendiente de la línea azul 1 es menor a la de la naranja
- ❖ Entre  $t_1$  y  $t_2$   $v_c$  y  $v_{nc}$  se igualan:
  - ❖ La pendiente de la línea azul 2 es igual a la de la naranja
  - ❖ O lo que es lo mismo, línea azul 2 y línea naranja son paralelas
- ❖ A partir de  $t_2$   $v_c > v_{nc}$ 
  - ❖ La pendiente de la línea azul 1 es mayor a la de la naranja

# Magnitudes físicas – Velocidad $v$



A pesar de que  $v_{nc}$  no es constante y  $v_c$  si, en el mismo tiempo ( $t_6$ )  $x_{nc}$  y  $x_c$  recorren la misma distancia  $\Rightarrow$  la velocidad media es la misma para ambos

## ❖ Conclusiones:

- ❖ Hasta  $t_1$   $v_c < v_{nc}$
- ❖ Entre  $t_1$  y  $t_2$   $v_c > v_{nc}$  y  $x_{nc}$  está decelerando
- ❖ En  $t_2$   $x_c$  alcanza a  $x_{nc}$
- ❖ Entre  $t_2$  y  $t_3$   $x_{nc}$  sigue decelerando
- ❖ Entre  $t_3$  y  $t_4$   $x_{nc}$  empieza a acelerar y  $v_c > v_{nc}$
- ❖ Entre  $t_4$  y  $t_5$   $x_{nc}$  sigue acelerando y  $v_c \approx v_{nc}$
- ❖ A partir de  $t_5$   $v_c < v_{nc}$
- ❖ En  $t_6$   $x_{nc}$  alcanza a  $x_c$

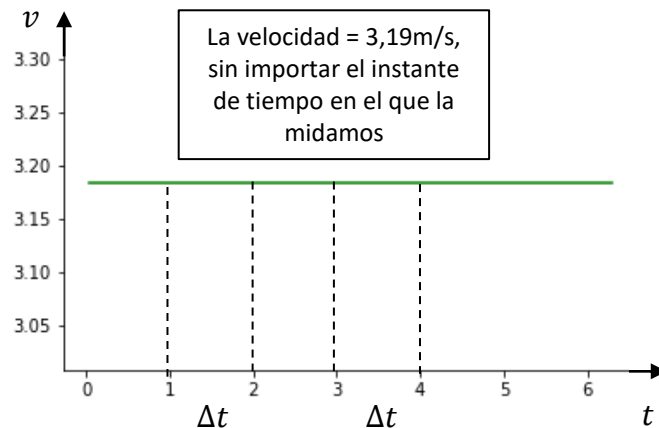
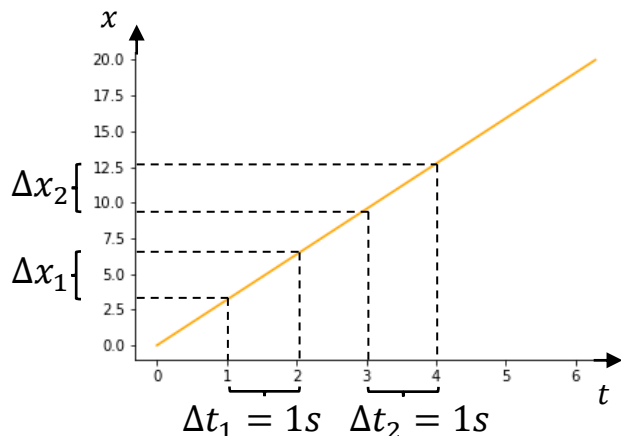
# Magnitudes físicas – Aceleración $a$

## ❖ Aceleración $a$ :

## Aceleración media

- ❖ Cómo cambia la velocidad de un objeto con el tiempo:  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_0}{t_f - t_0}$
- ❖ Aceleración instantánea: aceleración a la que nos movemos en ese PRECISO momento
- ❖ Para explicarlo de forma sencilla  $\Rightarrow$  **Dirección de movimiento: eje  $x$**  (Como María)

- ❖ 1. Cuando la **velocidad es constante NO** hay cambio en la velocidad con el tiempo  $\Rightarrow$  **NO** hay aceleración



# Magnitudes físicas – Aceleración $a$

## ❖ Aceleración $a$ :

❖ Cómo cambia la velocidad de un objeto con el tiempo:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_0}{t_f - t_0} = \frac{\Delta x^2}{\Delta t^2} = \frac{(x_f - x_0)^2}{(t_f - t_0)^2} = \frac{x_f^2 + x_0^2 - 2x_f x_0}{t_f^2 + t_0^2 - 2t_f t_0}$$

❖ Aceleración instantánea: aceleración a la que nos movemos en ese PRECISO momento

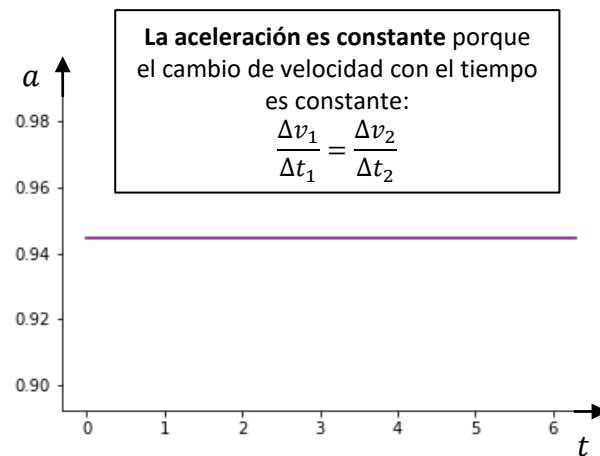
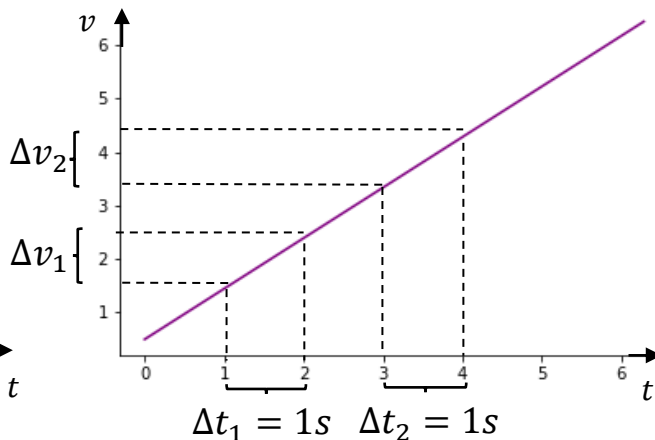
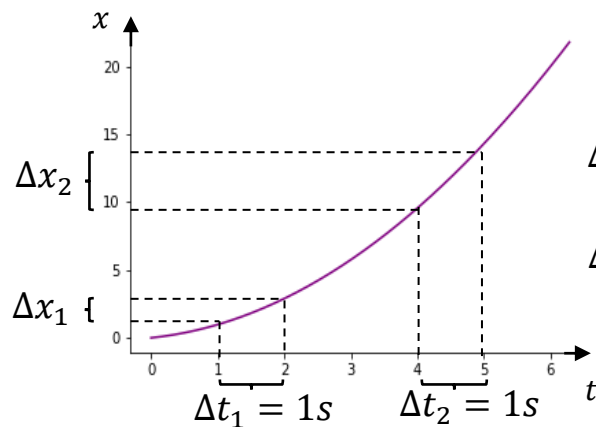
❖ Para explicarlo de forma sencilla  $\Rightarrow$  **Dirección de movimiento: eje  $x$**  (Como María)

# Magnitudes físicas – Aceleración $a$

❖ Aceleración  $a$ :

❖ Cómo cambia la velocidad de un objeto con el tiempo:  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta(\frac{\Delta x}{\Delta t})}{\Delta t} = \frac{\Delta x^2}{\Delta t^2}$

❖ 2. Cuando la **velocidad NO es constante** hay cambio en la velocidad con el tiempo  $\Rightarrow$  **HAY aceleración**



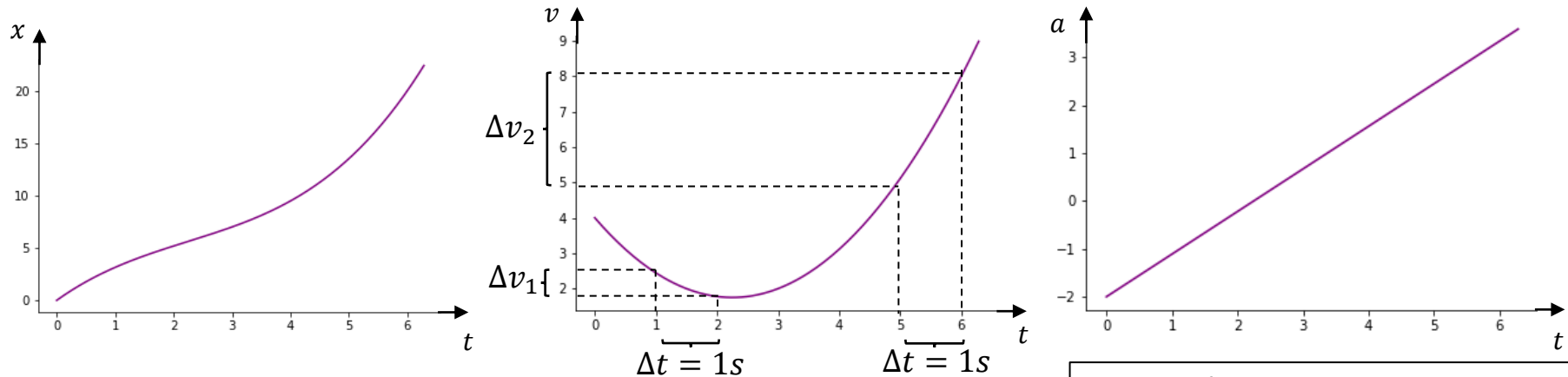


# Magnitudes físicas – Aceleración a

❖ Aceleración a:

❖ Cómo cambia la velocidad de un objeto con el tiempo:  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta(\frac{\Delta x}{\Delta t})}{\Delta t} = \frac{\Delta x^2}{\Delta t^2}$

❖ 2. Cuando la **velocidad NO es constante** hay cambio en la velocidad con el tiempo  $\Rightarrow$  **HAY aceleración**



La **aceleración NO** es constante porque el cambio de velocidad con el tiempo **NO** es constante:

$$\frac{\Delta v_1}{\Delta t_1} \neq \frac{\Delta v_2}{\Delta t_2}$$

GRACIAS POR SU ATENCIÓN