

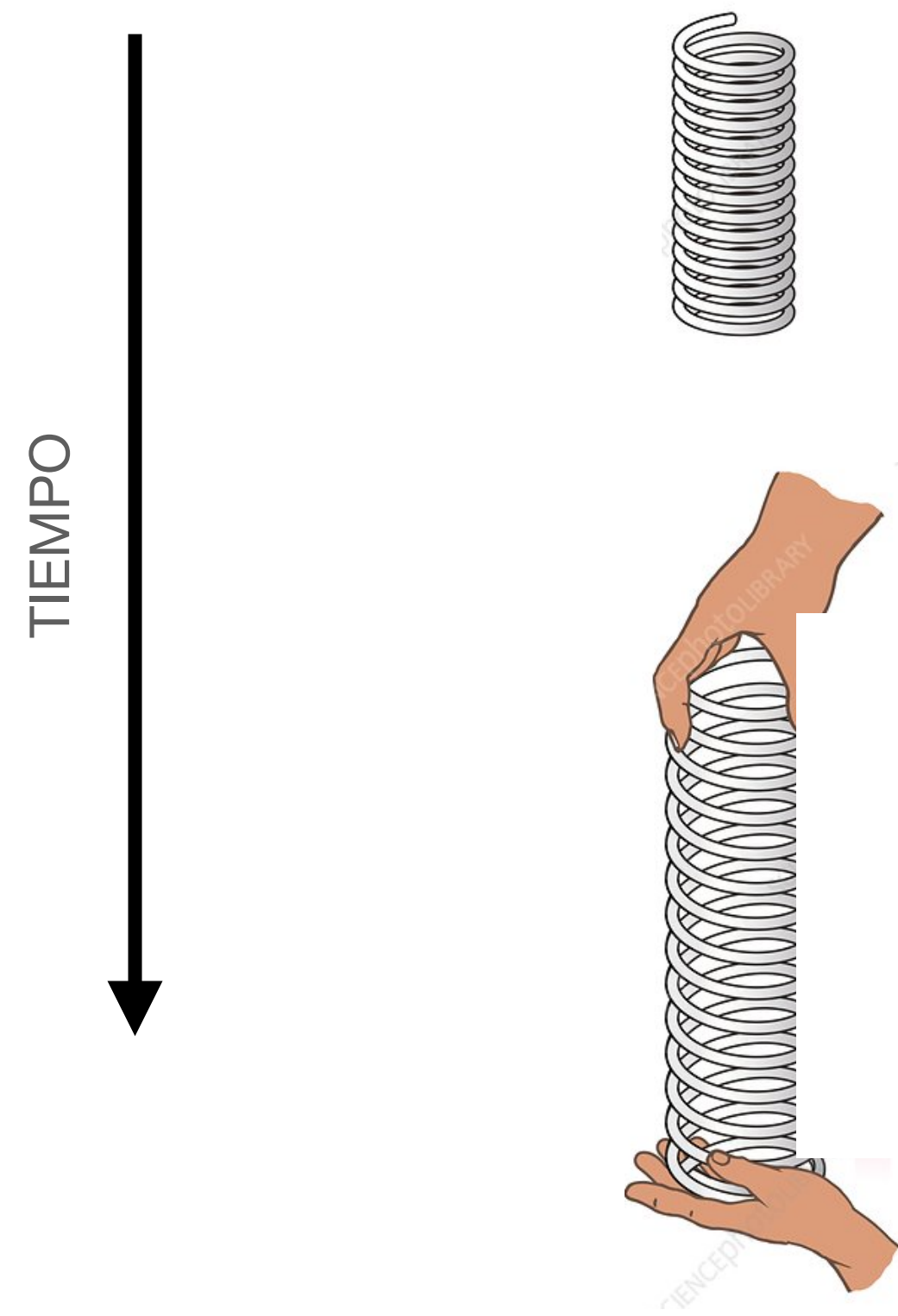
El pasado aún “existe”?

*Analisis de las consecuencias de la relatividad especial en nuestra
comprension del universo*

El tiempo según Aristoteles (384 - 322 a.c)

TIEMPO = MEDIDA DEL “MOVIMIENTO” = CAMBIO

CAMBIO CUANTITATIVO



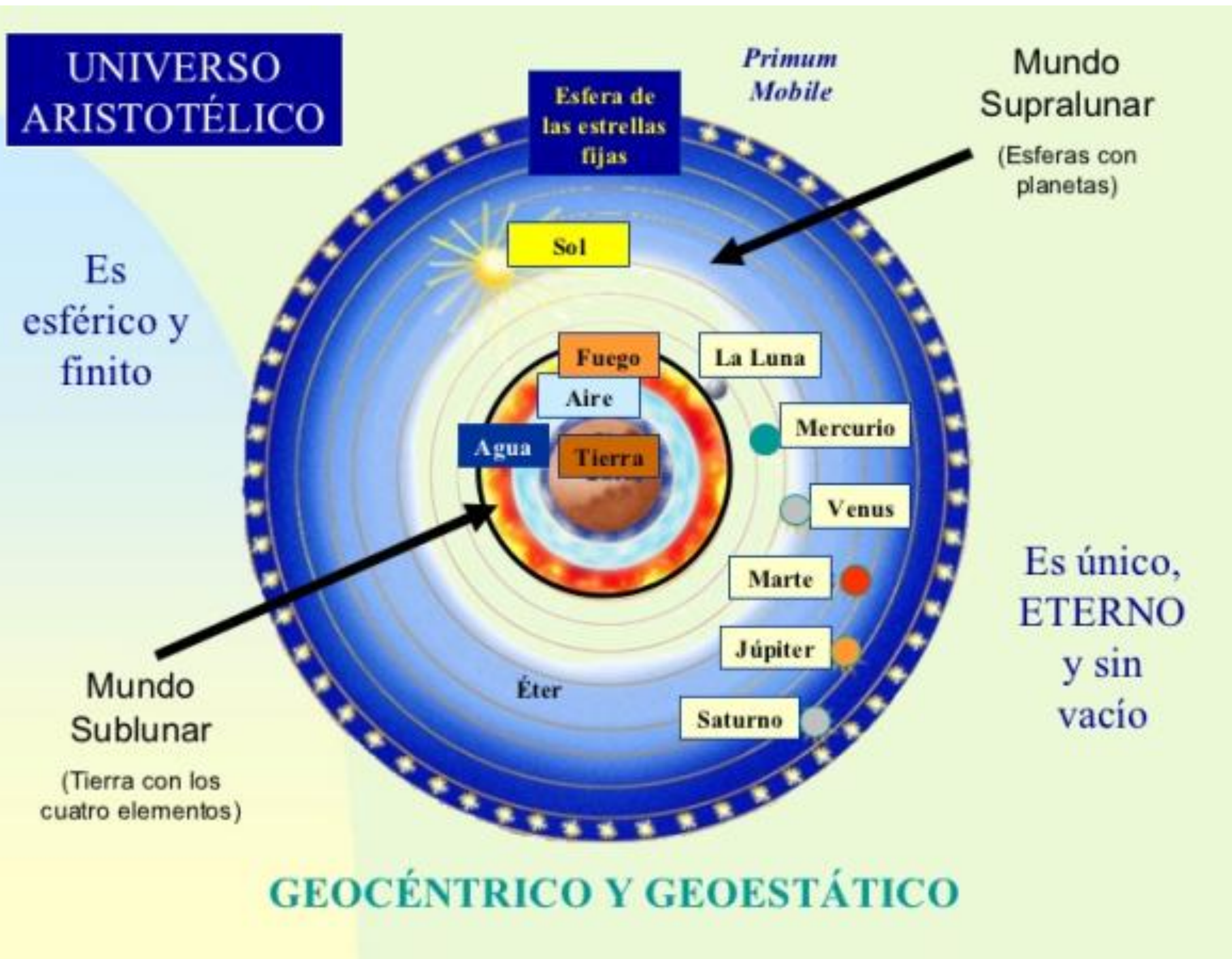
CAMBIO CUALITATIVO



CAMBIO DE SUBSTANCIA



El tiempo segun Aristoteles (384 - 322 a.c)

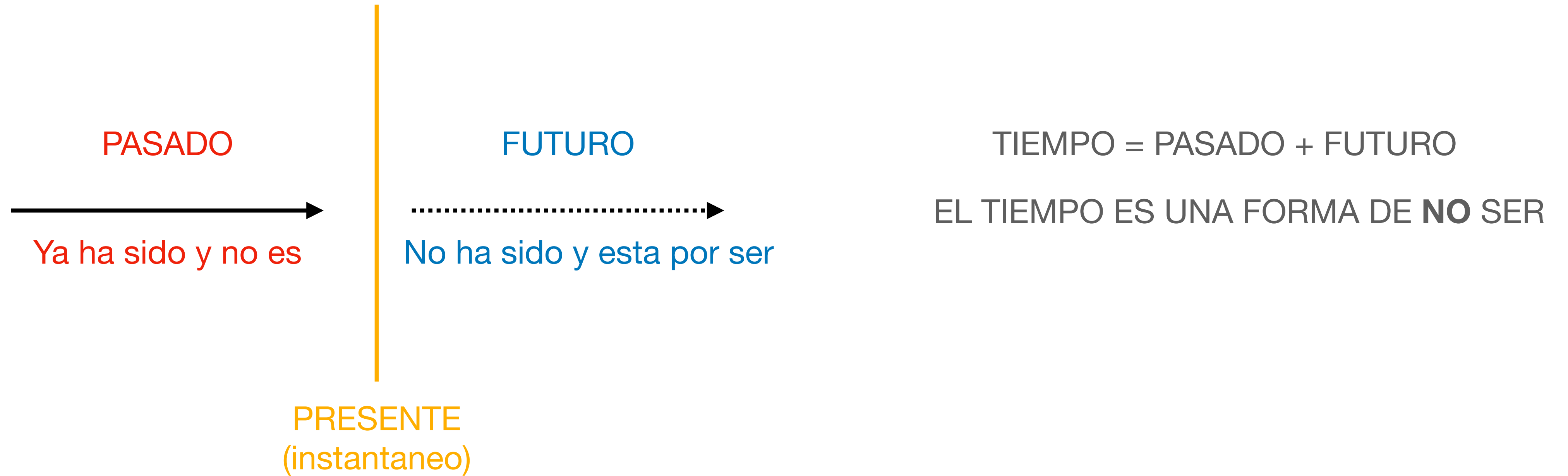


Para definir la uniformidad del tiempo, Aristoteles se baso en el tiempo astronomico, el de las estrellas fijas

Cielo: orden, regularidad, medida del tiempo

Tierra: diversidad y cambio

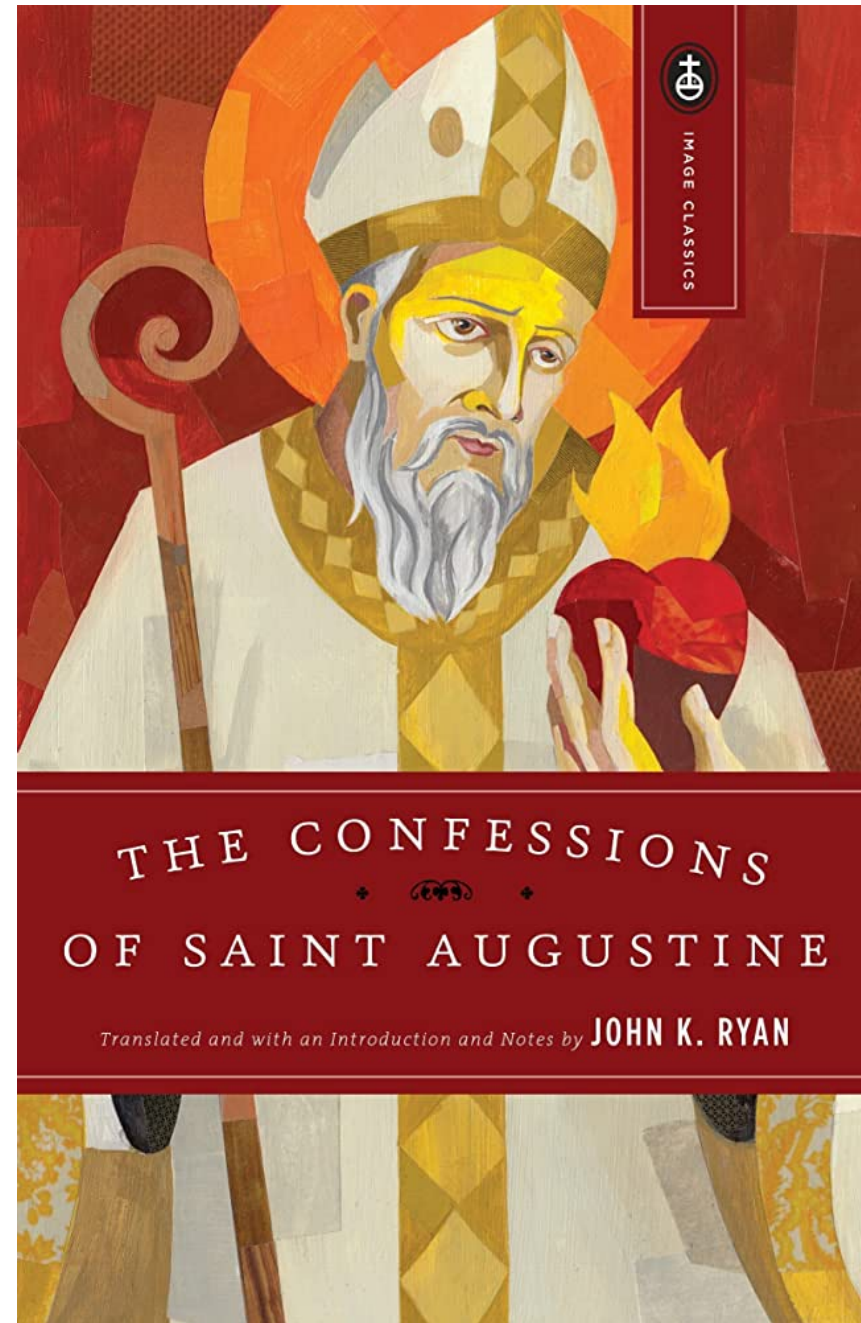
El tiempo segun Aristoteles (384 - 322 a.c)



Hay un unico y mismo "AHORA" o existen diversos AHORAS?

Presentismo y el universo 3D

Que el presente sea instantaneo, implica que vivimos en 3 dimensiones



354 - 430 d.c



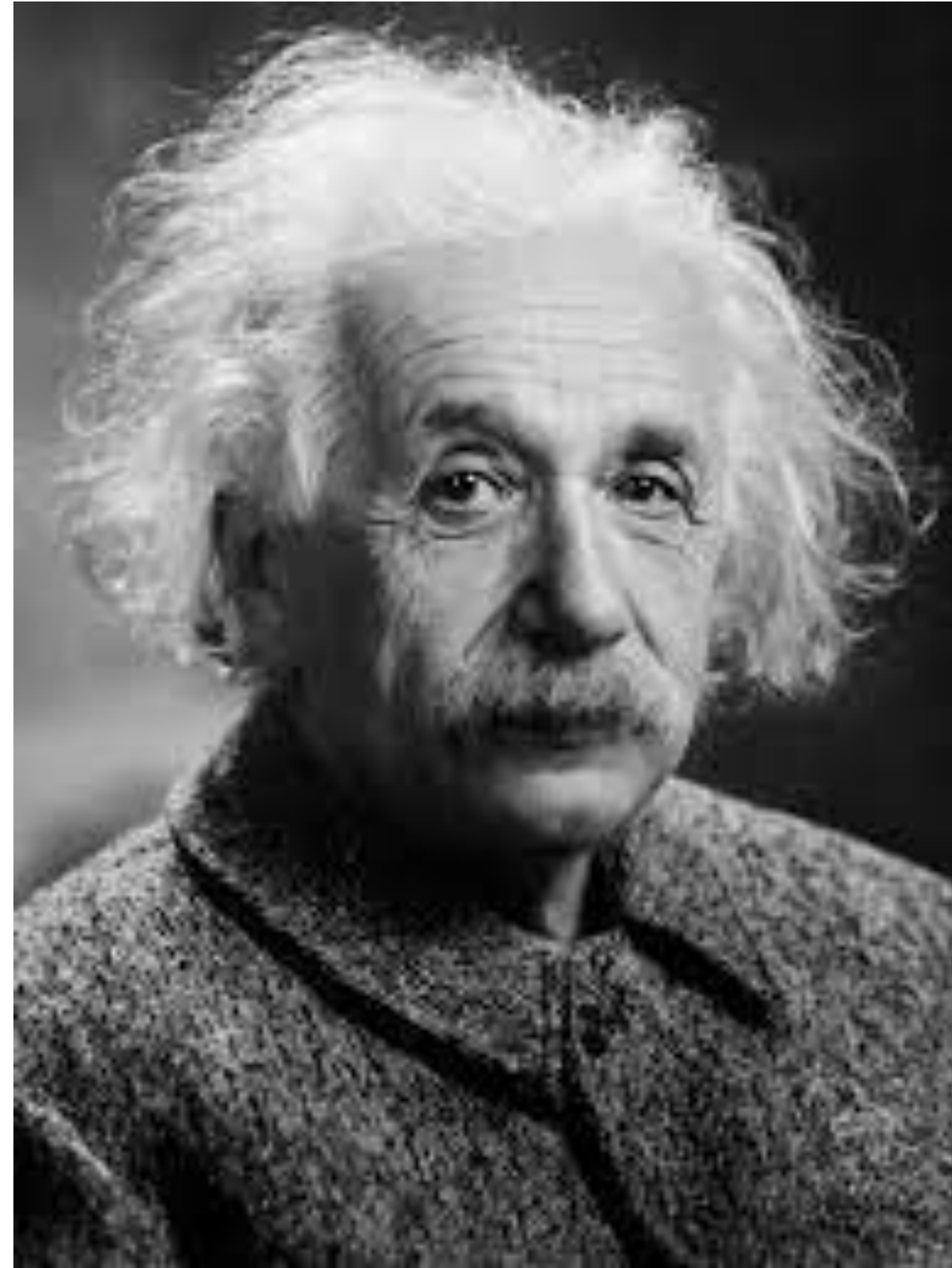
Si el presente tuviera una duracion finita, un objeto estaria extendido en el tiempo,
y seria 4 dimensional

Centre for Time (Sydney)

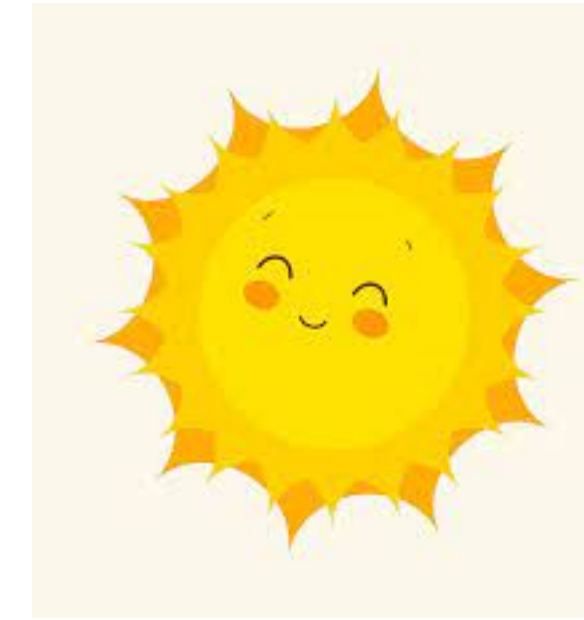


El tiempo es un elemento central de la vida humana y, sin embargo, sigue siendo profundamente misterioso. Como señaló San Agustín, al analizar el tiempo, se nos escapa de las manos. Realizamos investigaciones multidisciplinares que nos ayudan a estrecharlo.

La teoria de la relatividad especial (1905)

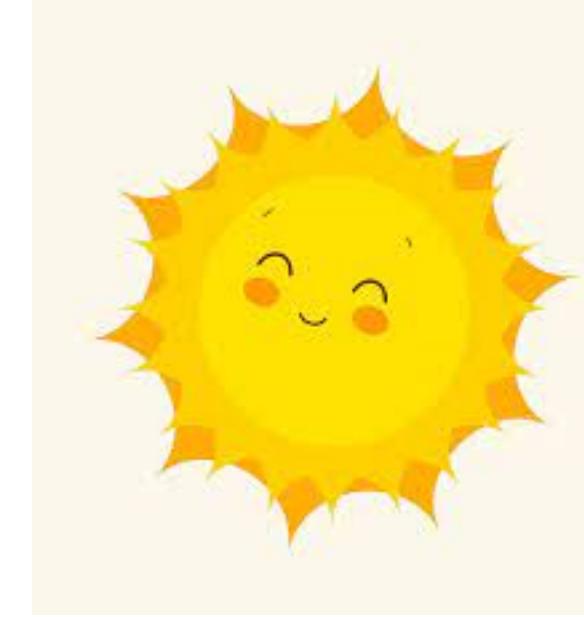


La teoria de la relatividad especial



Que impide hacer que el sol explote en un instante?
Que impide dar una falsa impresion de mi poder?

La teoria de la relatividad especial



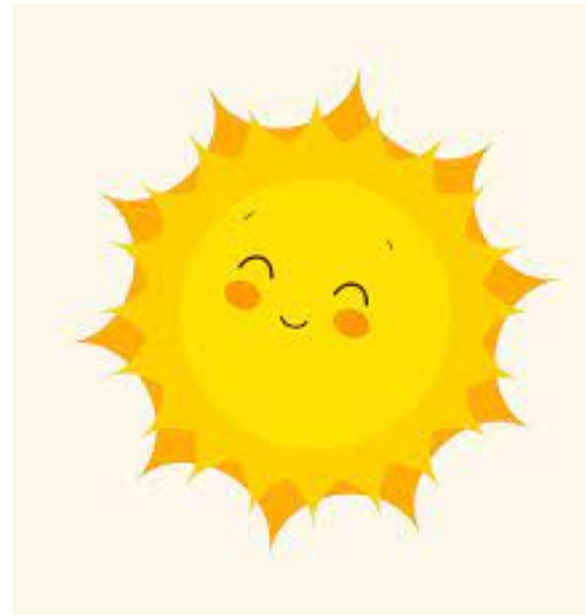
Que impide hacer que el sol explote en un instante?
Que impide dar una falsa impresion de mi poder?

La velocidad de la luz! (Tarda 8 min y 20 seg Sol - Tierra)

- Existe una velocidad limite en las interacciones, la velocidad de la luz. \longrightarrow **Postulado 1 de la relatividad.**
- La velocidad de la luz impone un limite en la **CAUSALIDAD.**

La teoria de la relatividad especial

Teoria de la gravedad de Newton (pre relatividad):

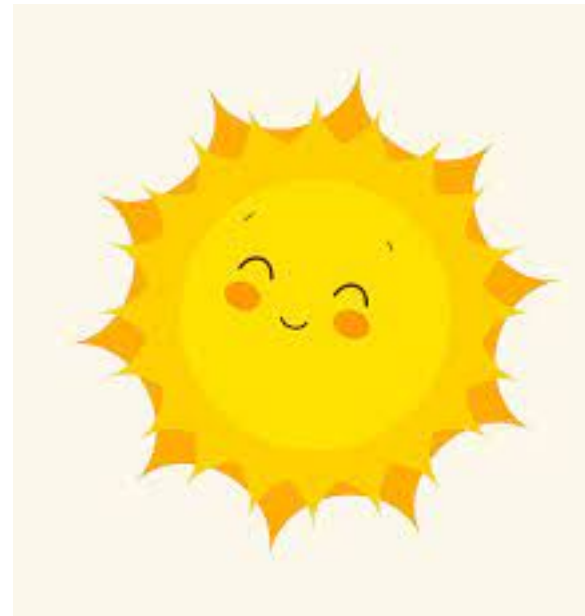


Atraccion gravitatoria instantanea a
distancia



La teoria de la relatividad especial

Teoria de la gravedad de Newton (pre relatividad):



Atraccion gravitatoria instantanea a distancia



Postulado 1 de la relatividad:

- Existe una velocidad limite en las interacciones causales, la velocidad de la luz.

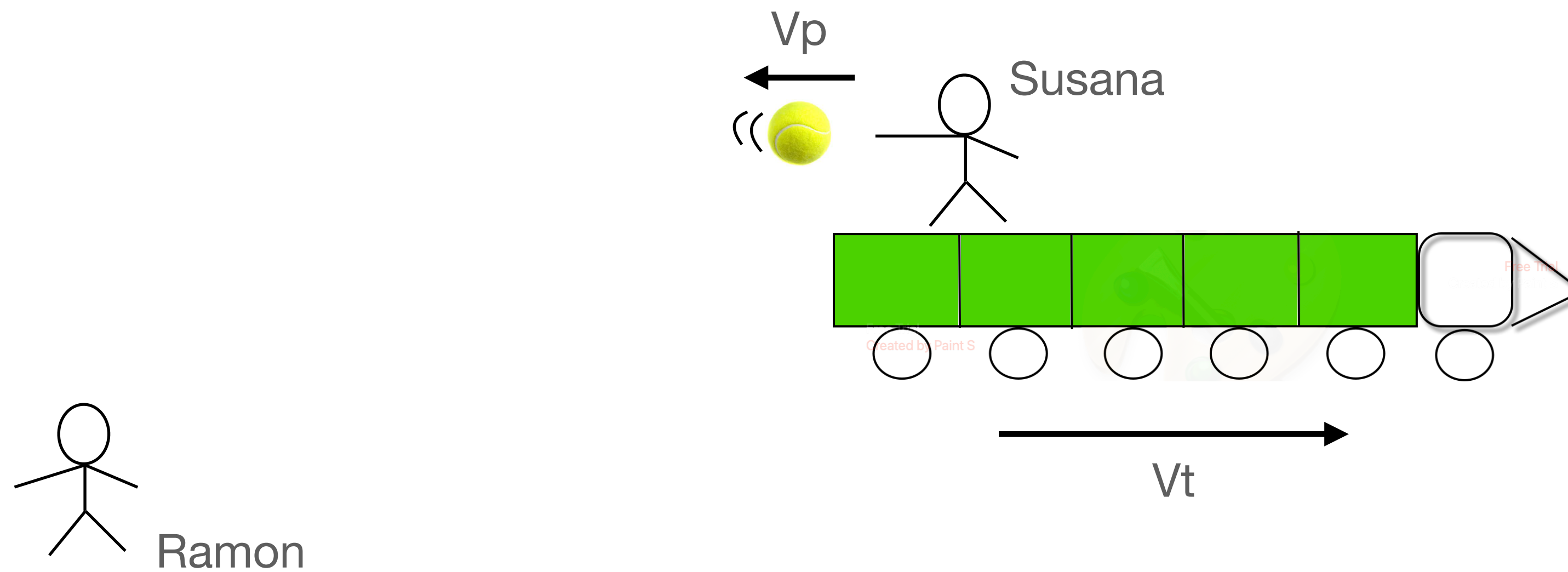


Puedo asegurar que mi perro este conmigo en “este momento”?

La teoria de la relatividad especial

Postulado 2 de la relatividad:

- La velocidad de la luz en el vacio tiene el mismo valor para todos los observadores

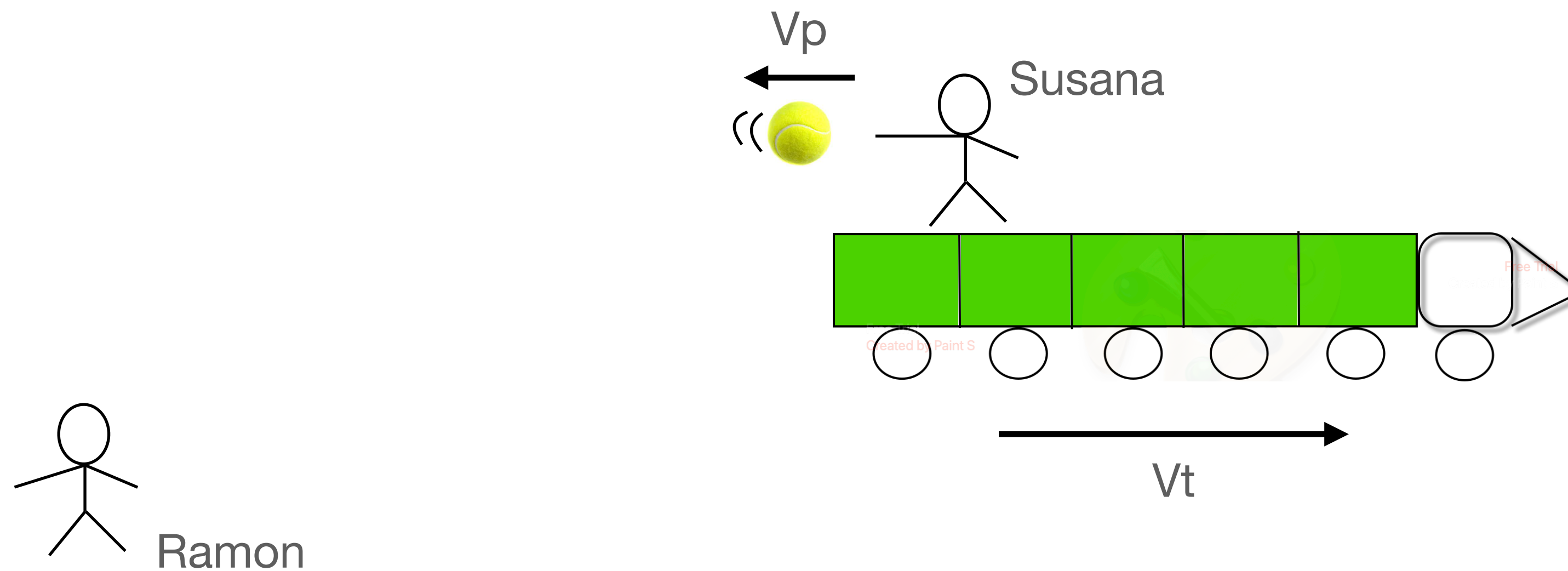


Cual es la velocidad de la pelota respecto a Bob?

La teoria de la relatividad especial

Postulado 2 de la relatividad:

- La velocidad de la luz en el vacio tiene el mismo valor para todos los observadores



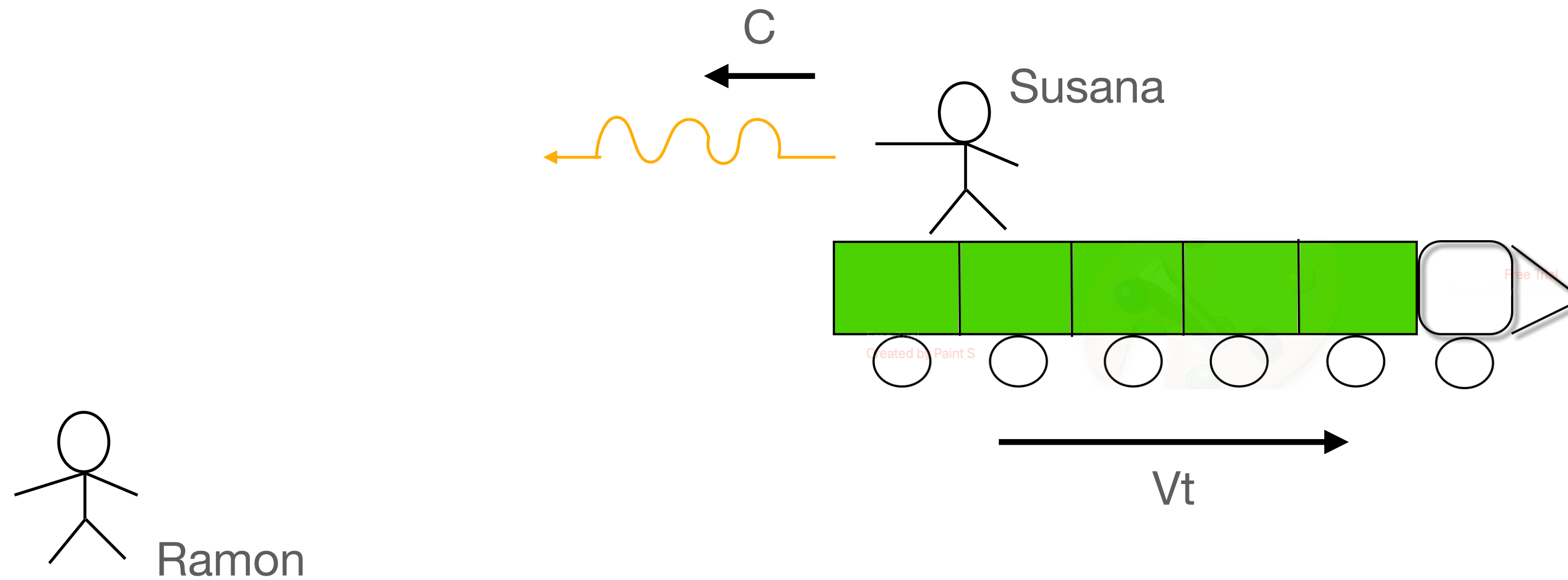
Cual es la velocidad de la pelota respecto a Bob?

Rta: $V_p - V_t$

La teoria de la relatividad especial

Postulado 2 de la relatividad:

- La velocidad de la luz en el vacio tiene el mismo valor para todos los observadores

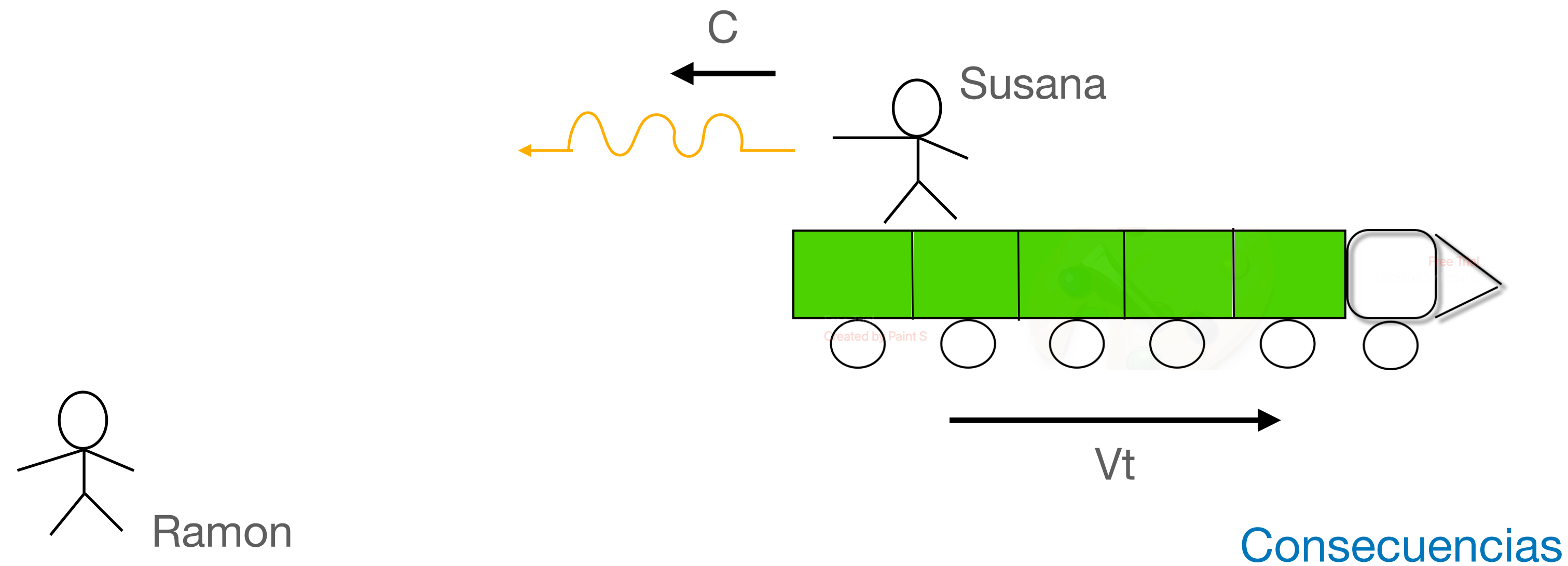


Cual es la velocidad de la luz respecto a Bob?

La teoria de la relatividad especial

Postulado 2 de la relatividad:

- La velocidad de la luz en el vacio tiene el mismo valor para todos los observadores



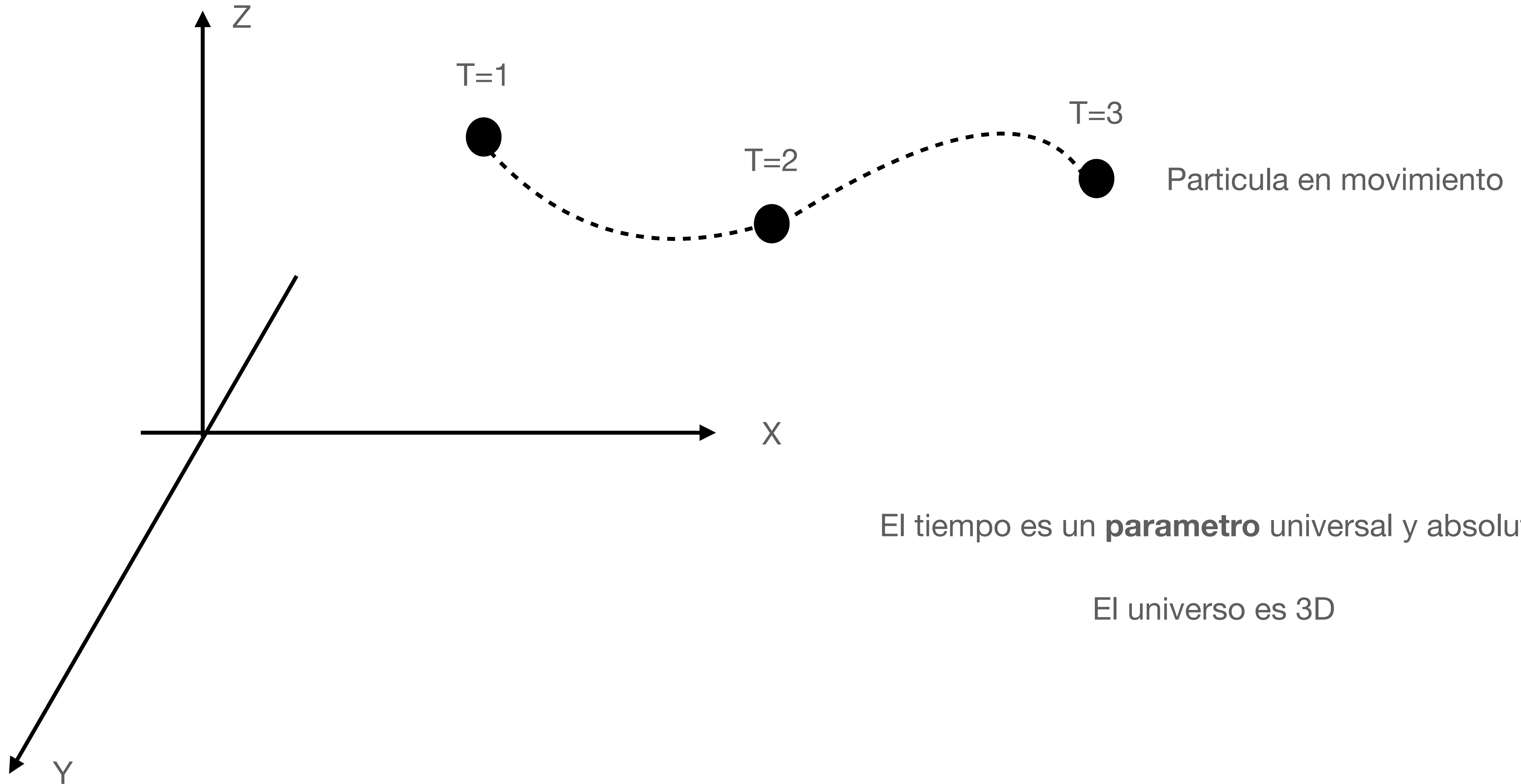
Cual es la velocidad de la luz respecto a Bob?

Rta: La misma que Alice, C!

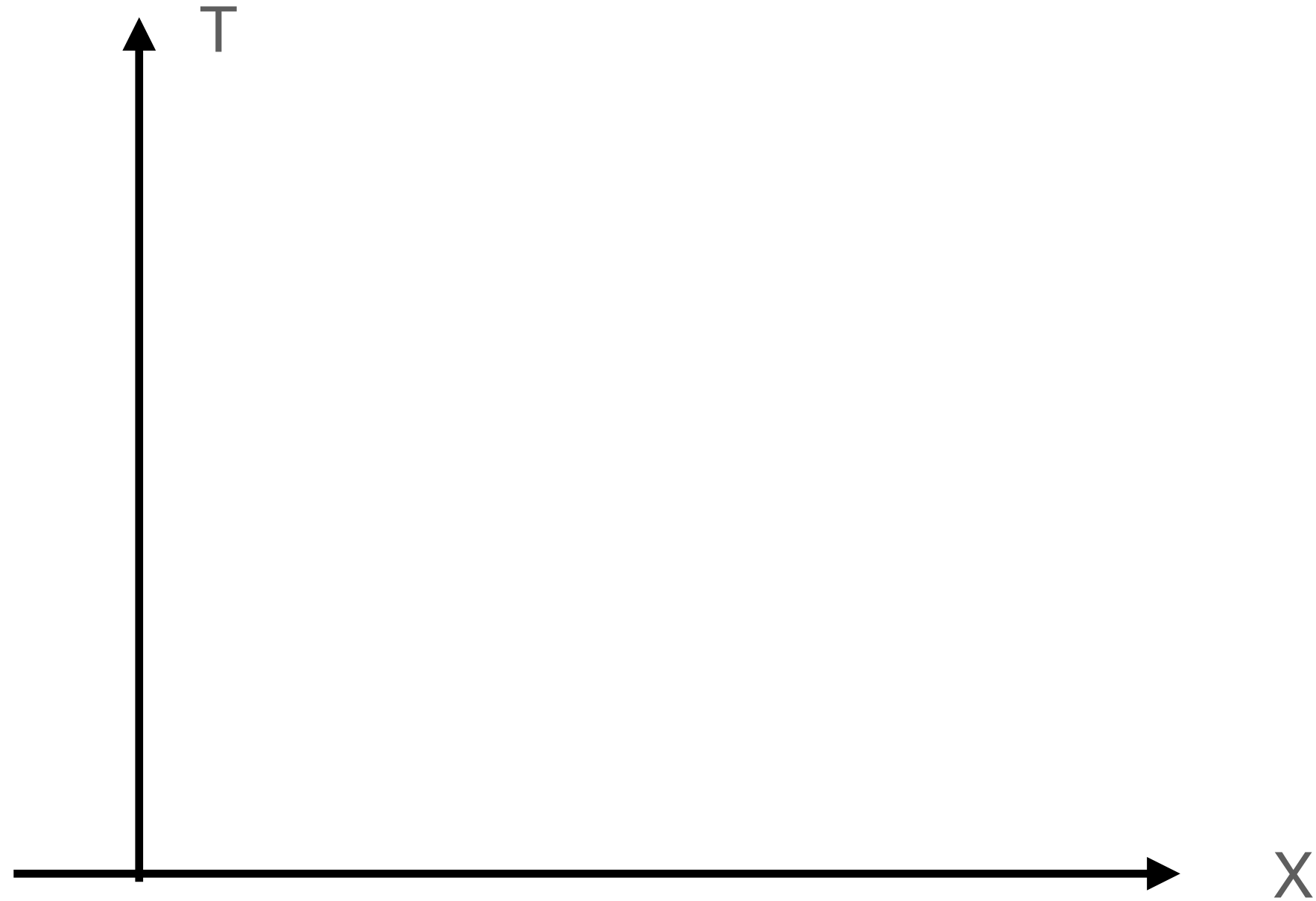


$$E = mc^2$$

El espacio y el tiempo pre-relatividad

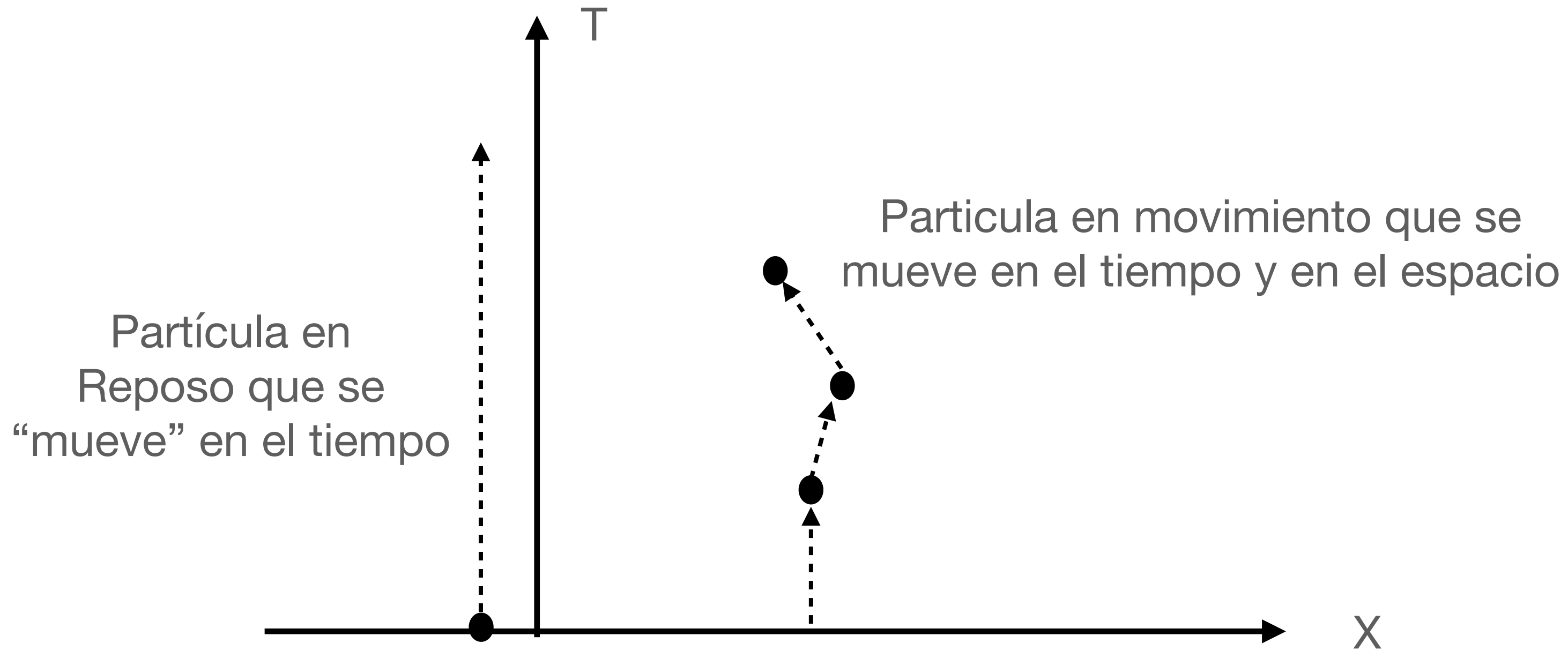


La relatividad y el espacio-tiempo



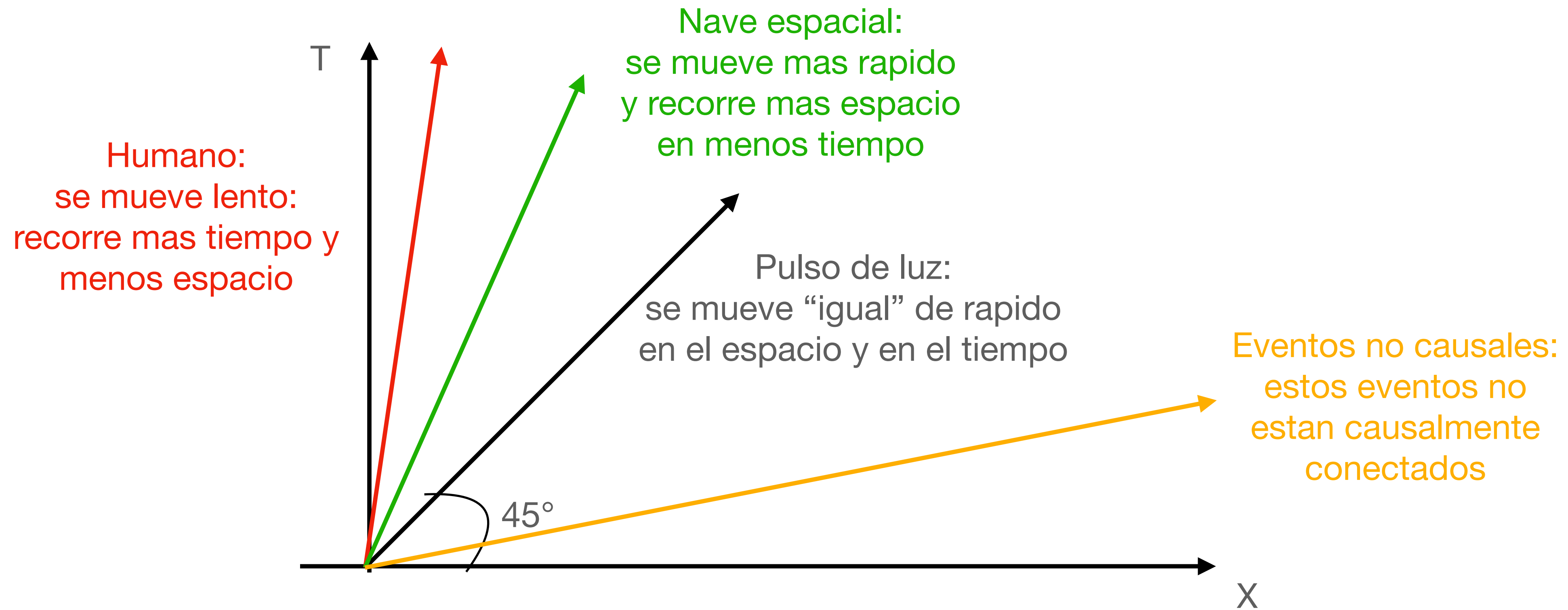
El tiempo es una **coordenada (dimension)**, relativo a cada observador

La relatividad y el espacio-tiempo



El tiempo es una **coordenada (dimension)**, relativo a cada observador

La relatividad y el espacio-tiempo



El tiempo es una **coordenada (dimension)**, relativo a cada observador

El espacio-tiempo de Minkowski



Hermann Minkowski
(1864-1909)

- Fue el primero que propuso considerar al tiempo como una dimension.
- Fue el que le dio un sentido geometrico a la teoria de Einstein y una re-interpretacion de la misma en terminos de una nueva concepcion del espacio y tiempo.

El espacio-tiempo de Minkowski



Hermann Minkowski
(1864-1909)

- Fue el primero que propuso considerar al tiempo como una dimension.
- Fue el que le dio un sentido geometrico a la teoria de Einstein y una re-interpretacion de la misma en terminos de una nueva concepcion del espacio y tiempo.

“Los puntos de vista sobre el espacio y el tiempo que deseo exponer ante ustedes han brotado del suelo de la física experimental, y ahí radica su fuerza. Son radicales. A partir de ahora, el espacio por sí mismo y el tiempo por sí mismo están condenados a desvanecerse en meras sombras, y sólo una especie de unión de ambos preservará una realidad independiente”

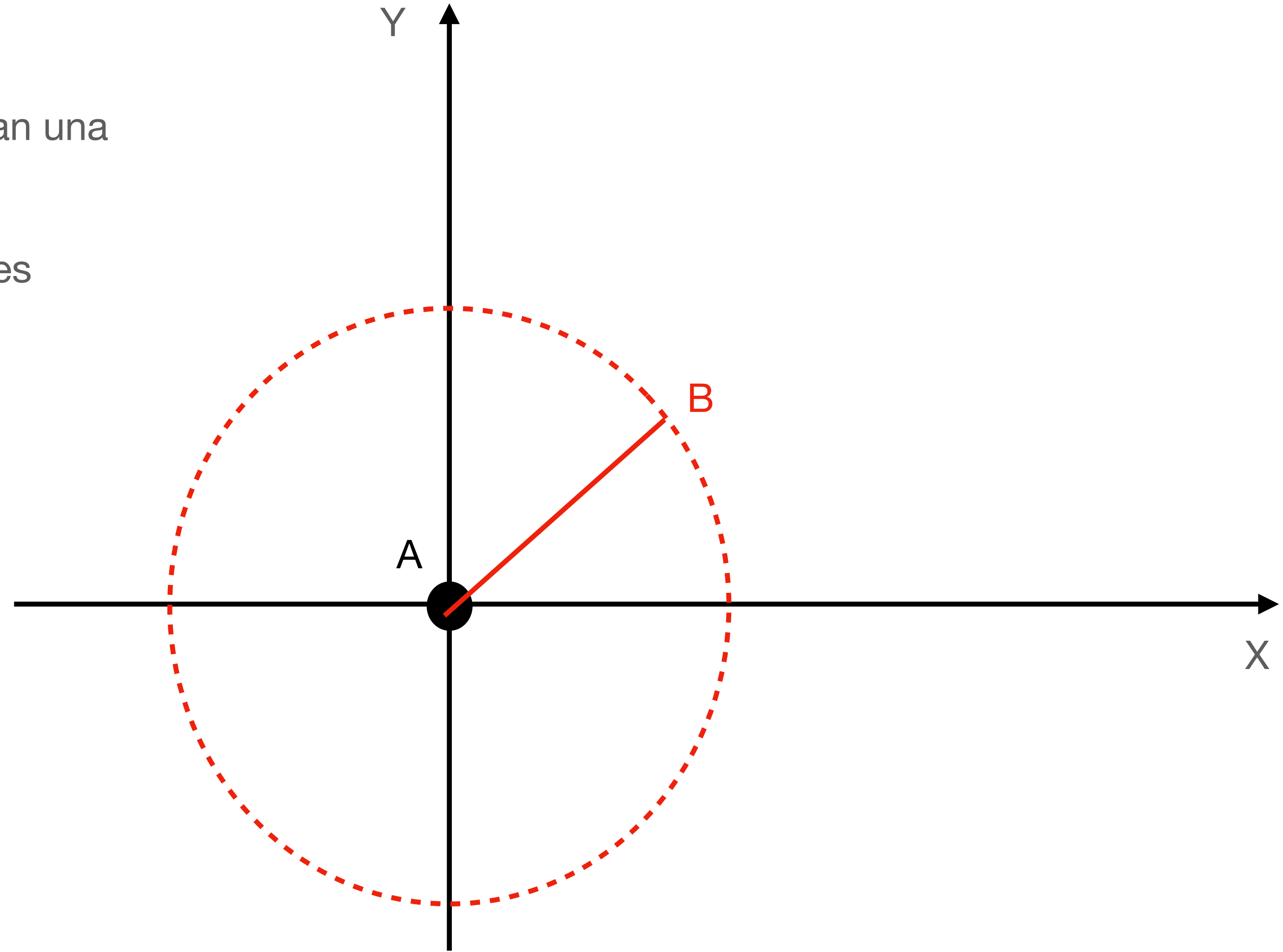
Introduccion en la 80va asamblea de Científicos y Médicos Naturistas Alemanes
Cologne, 21 de Septiembre 1908

Geometria de Euclides (pre-relatividad)

- Los puntos equidistantes de A son aquellos que forman una **circunferencia** alrededor de A.
- Esta distancia es la misma para todos los observadores independiente de su movimiento.



Euclides
(325 a.c -265 a.c)



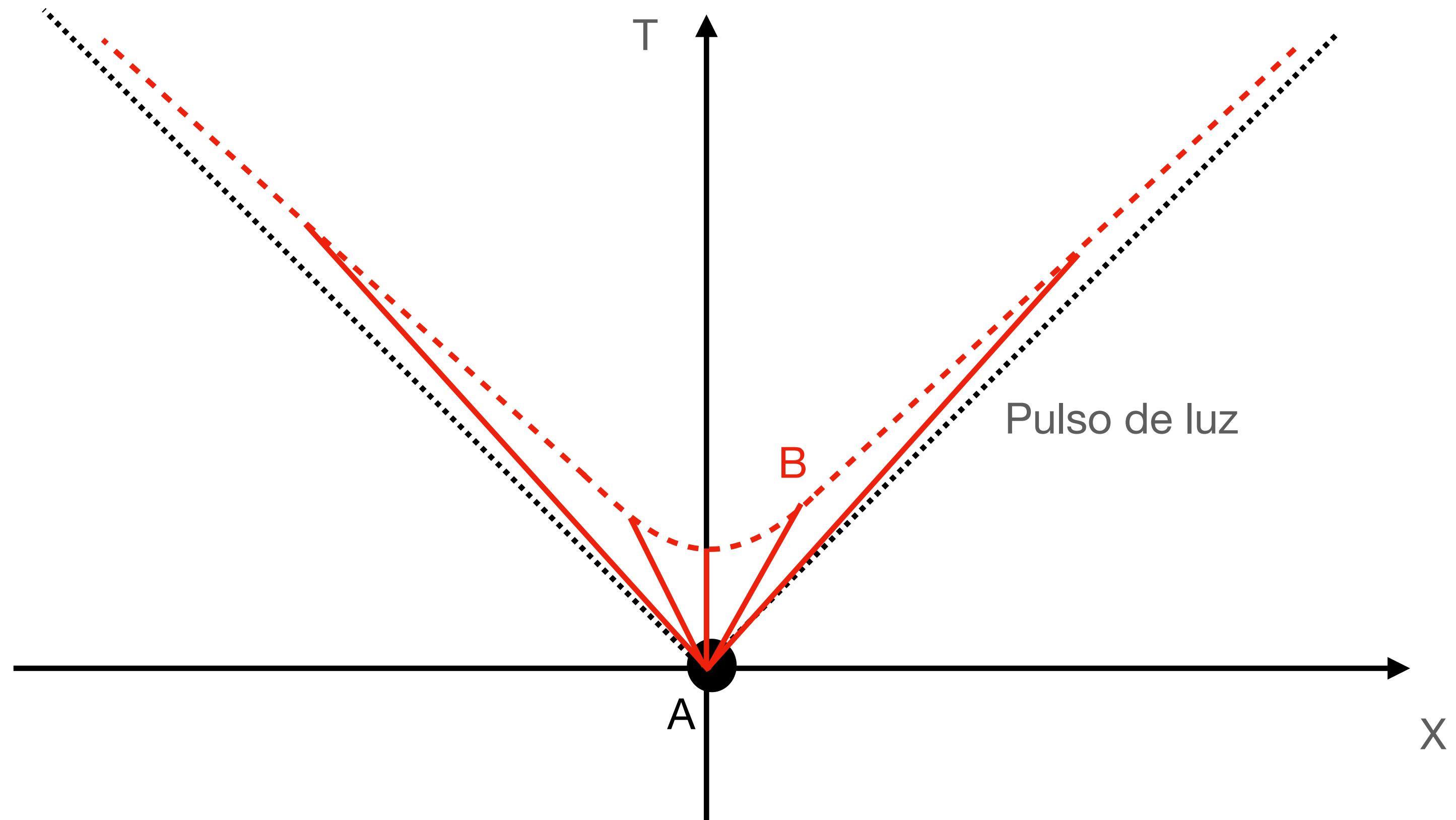
Euclides no representaba las distancias como números, y la conexión entre el teorema de Pitágoras y el cálculo de distancias no se estableció hasta el siglo 18.

Geometria de Minkowski (relatividad)

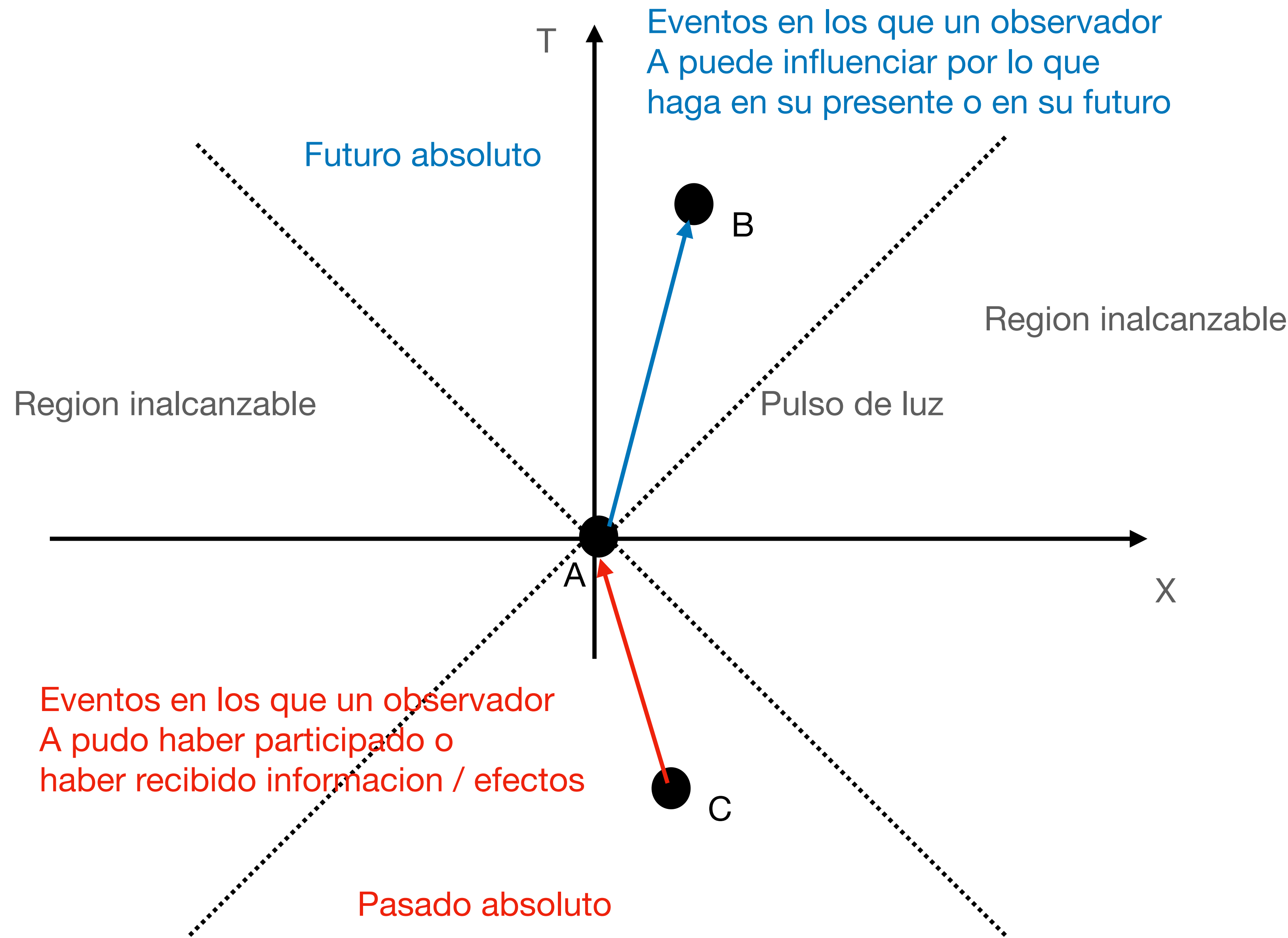
- Surge un nuevo concepto de distancia, el cual mezcla el espacio y el tiempo: **el intervalo**
- Los puntos equidistantes de A son aquellos que forman una **hiperbola**.
- Esta distancia es la misma para todos los observadores independiente de su movimiento.



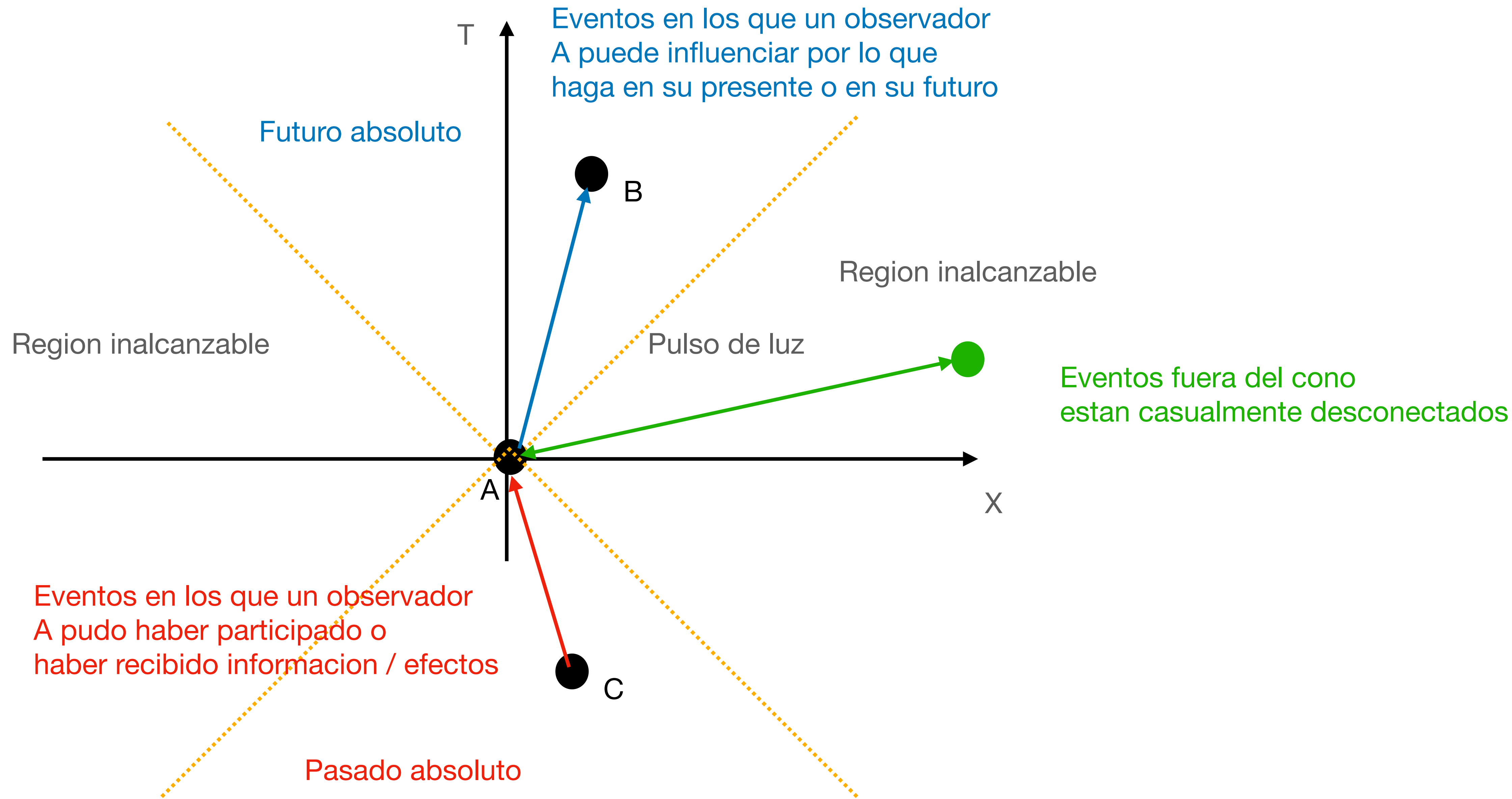
Hermann Minkowski
(1864-1909)



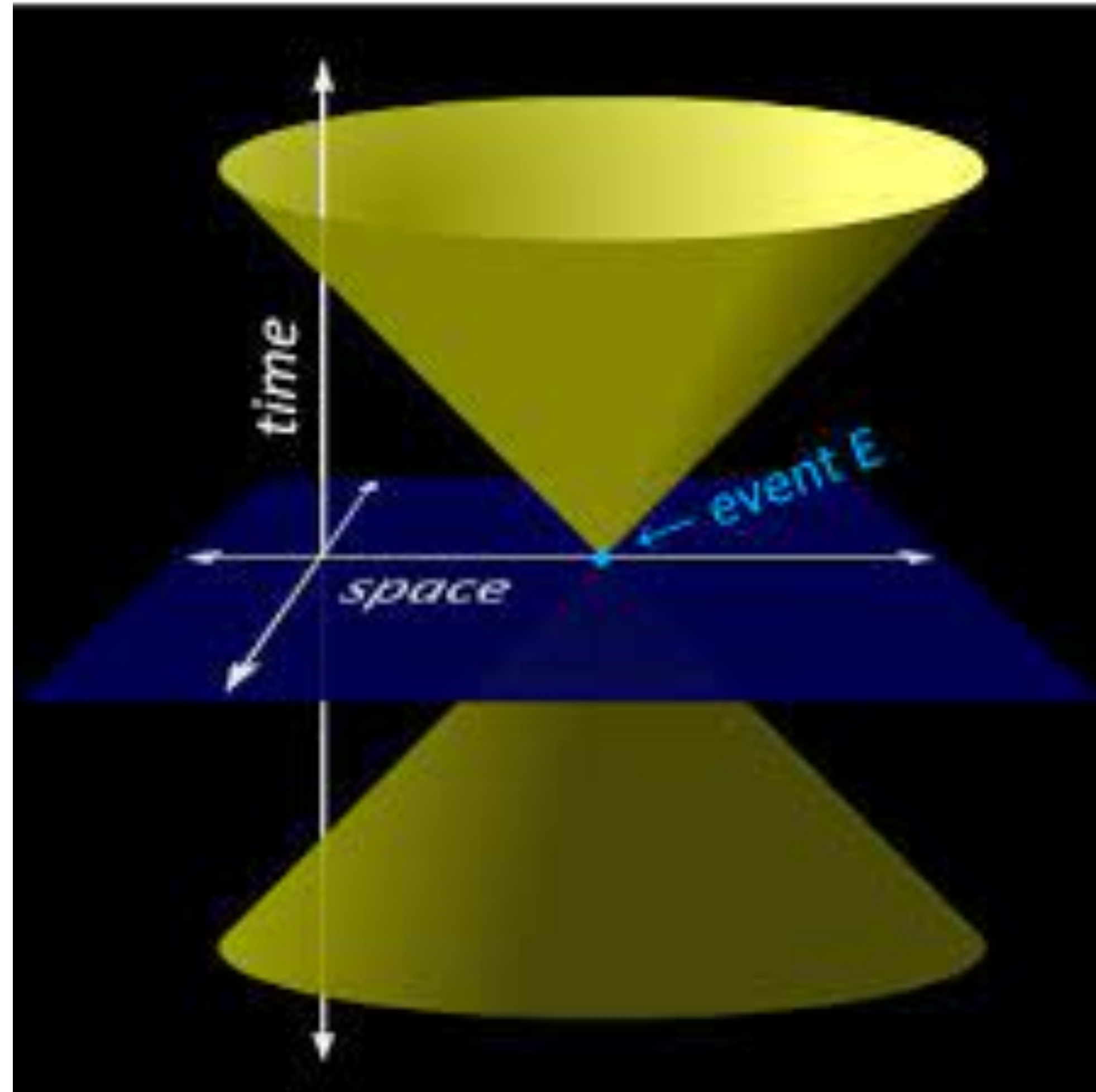
El cono de luz: particion absoluta del espacio-tiempo



El cono de luz: particion absoluta del espacio-tiempo



El cono de luz: particion absoluta del espacio-tiempo



Que es el presente?



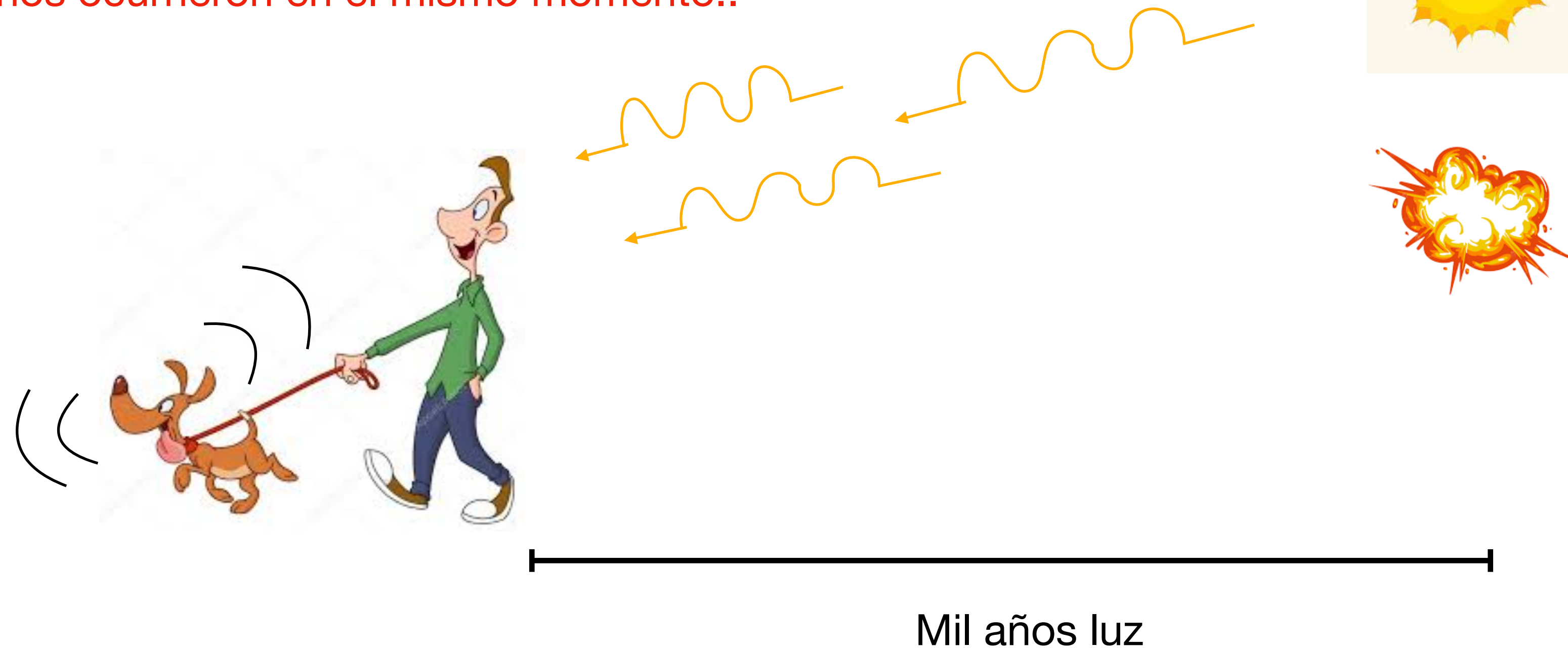
Puedo asegurar que mi perro este conmigo en “este momento”?

Que significa “en este momento” (“ahora”)?

Que es el presente?

El uso del “ahora” en nuestra vida cotidiana se basa erroneamente en la **percepcion**

Percibir una supernova al mismo tiempo en que escucho ladrar al perro, no implica que ambos fenomenos ocurrieron en el mismo momento..

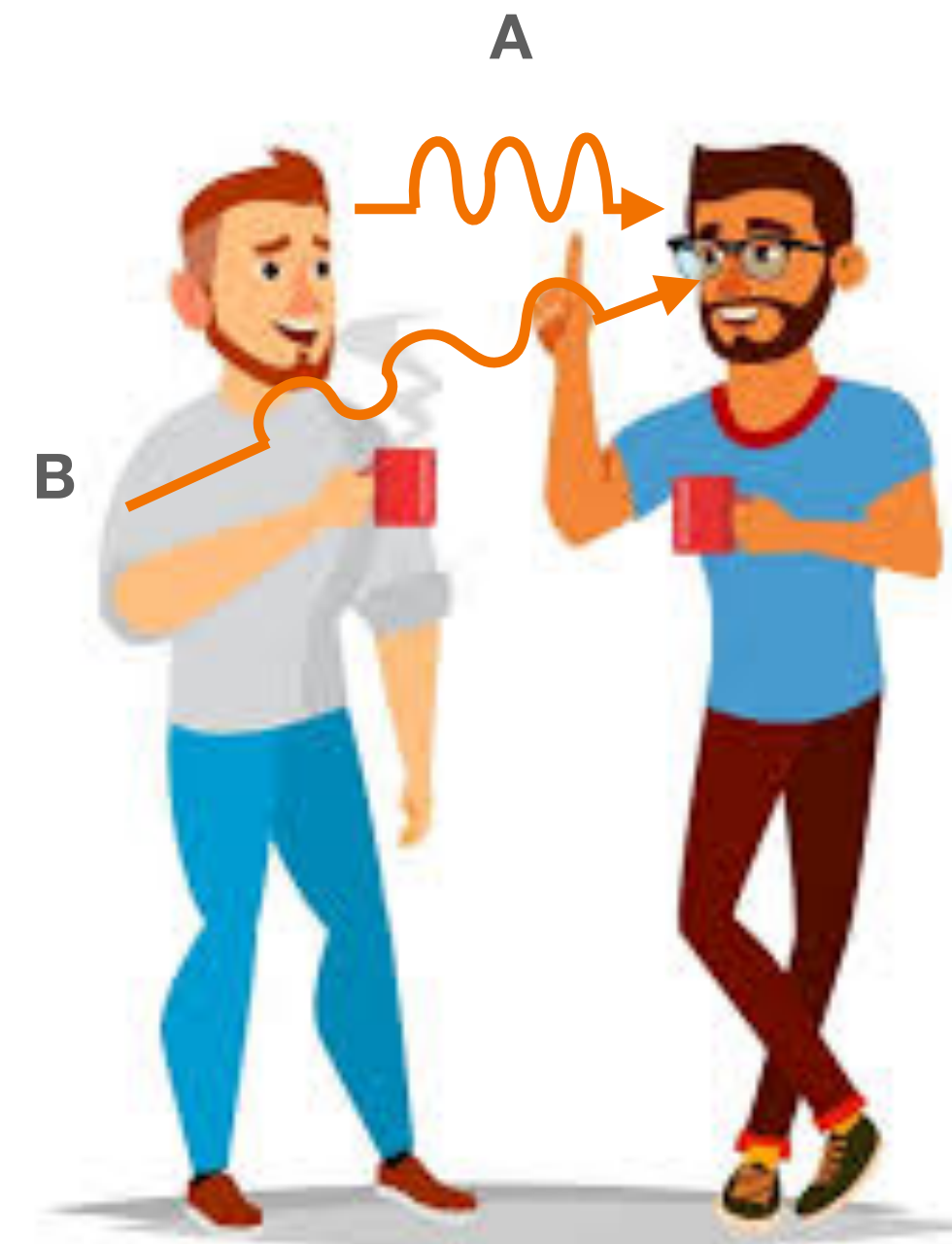


Que es el presente?

El uso del “ahora” en nuestra vida cotidiana se basa erroneamente en la **percepcion**

Las imagenes que vemos de los objetos no corresponden al mismo presente

Para ver la imagen formada por los rayos A y B, B tuvo que haber salido antes



El momento presente pre-relatividad



Era especial...

Universal y absoluto

Uno se recibía de médico al mismo momento en que una supernova explotaba a mil años luz y todos coincidían con eso

El momento presente era único e irrepetible, correspondiendo a una **determinada y única** distribución del Universo

El momento presente pre-relatividad



Era especial...

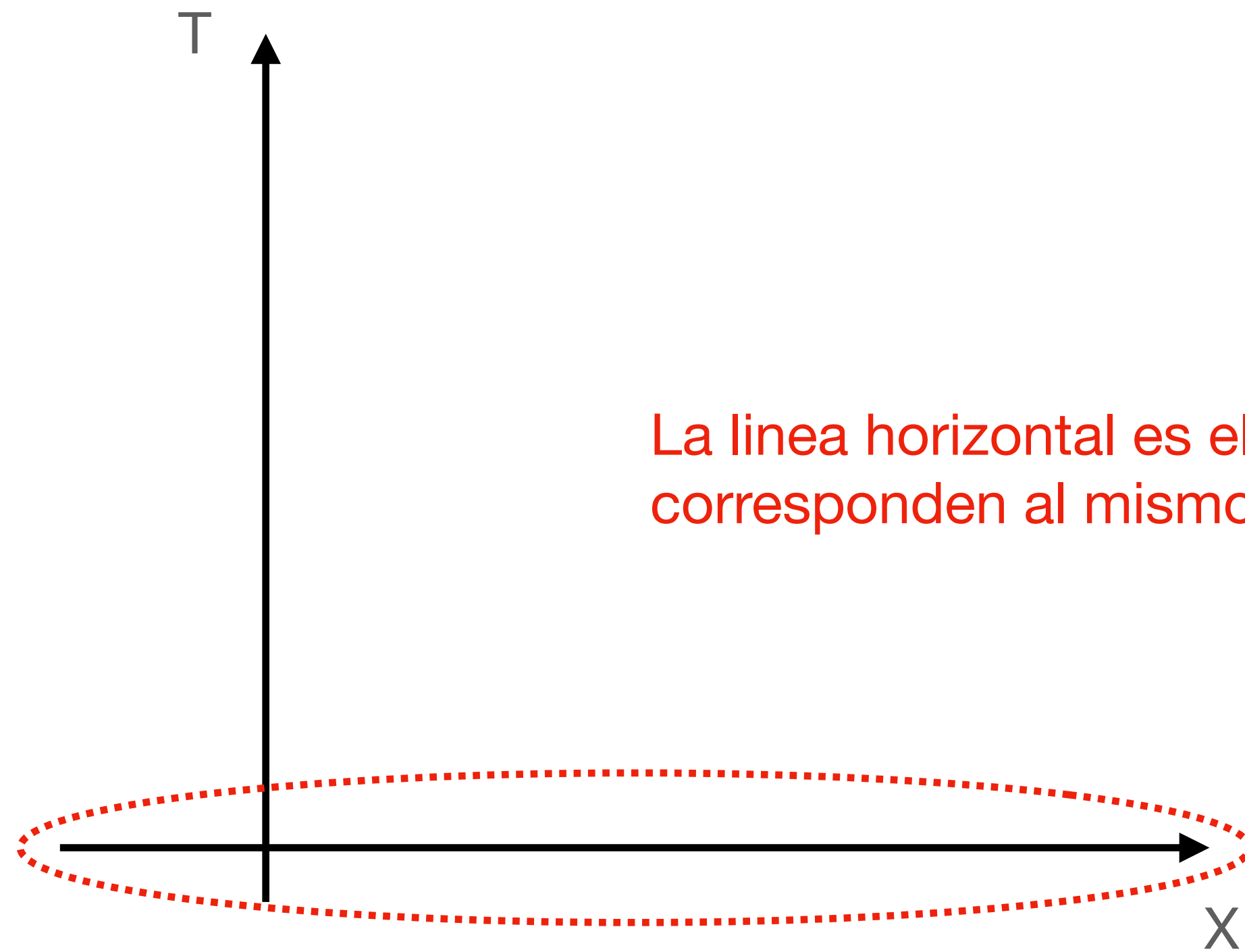
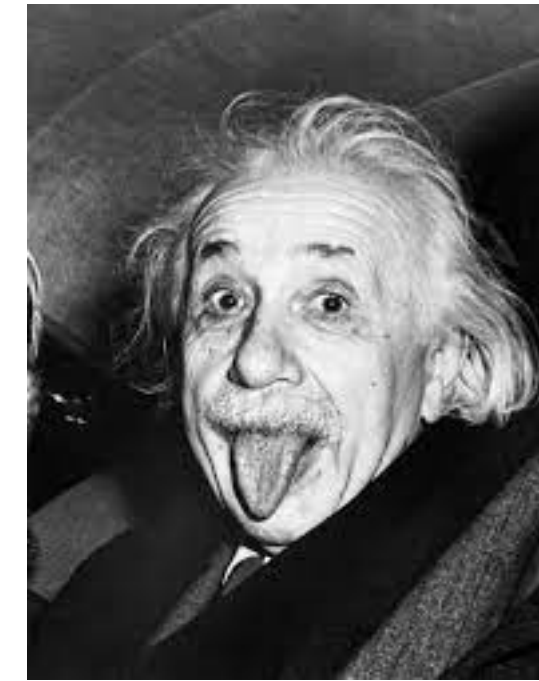
Universal y absoluto

Uno cumplía años al mismo momento en que una supernova explotaba a mil años luz y todos coincidían con eso

El momento presente era único e irrepetible, correspondiendo a una **determinada y única** distribución del Universo

El momento presente en relatividad

Einstein intento construir una nocion del “ahora” que sea universal y absoluta bajo su teoria de la relatividad pero “fracaso”..

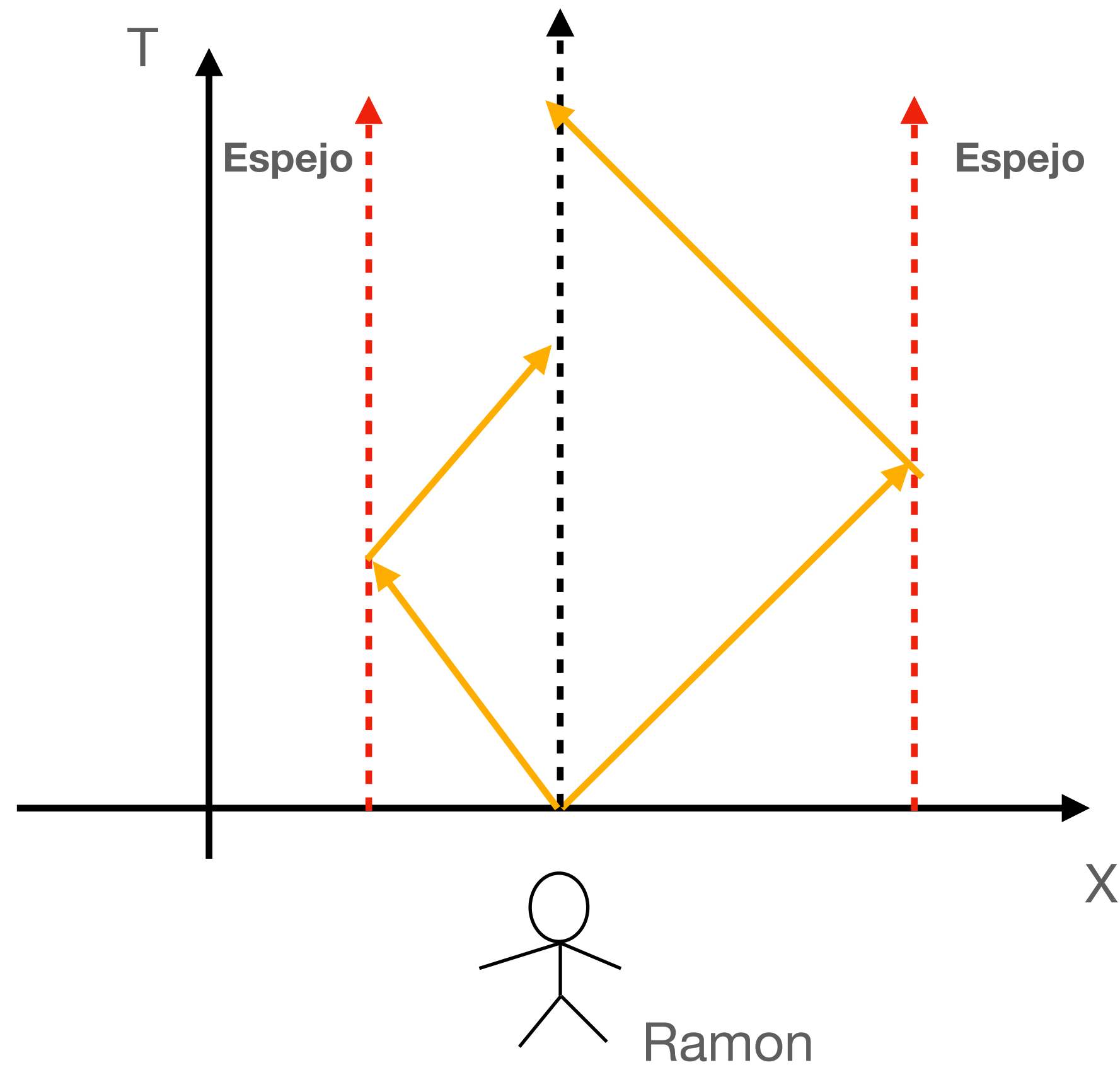


La linea horizontal es el ahora ya que todos estos eventos corresponden al mismo tiempo

El momento presente en relatividad

Cual es el procedimiento fisico para construir una nocion del ahora?, como lo medimos?

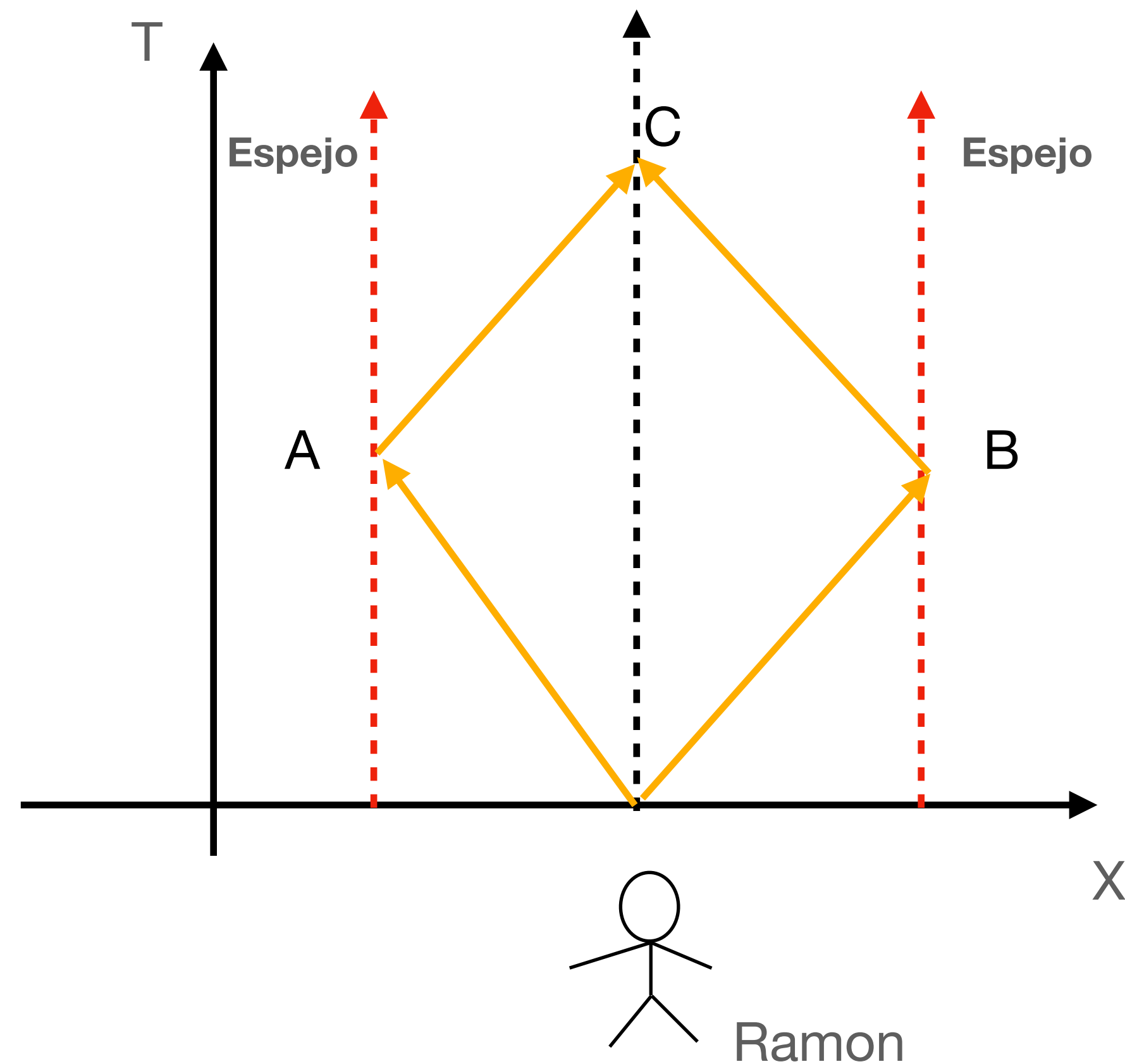
Einstein gedankenexperiment (thought experiment)



El momento presente en relatividad

Cual es el procedimiento fisico para construir una nocion del ahora?, como lo medimos?

Einstein gedankenexperiment (thought experiment)

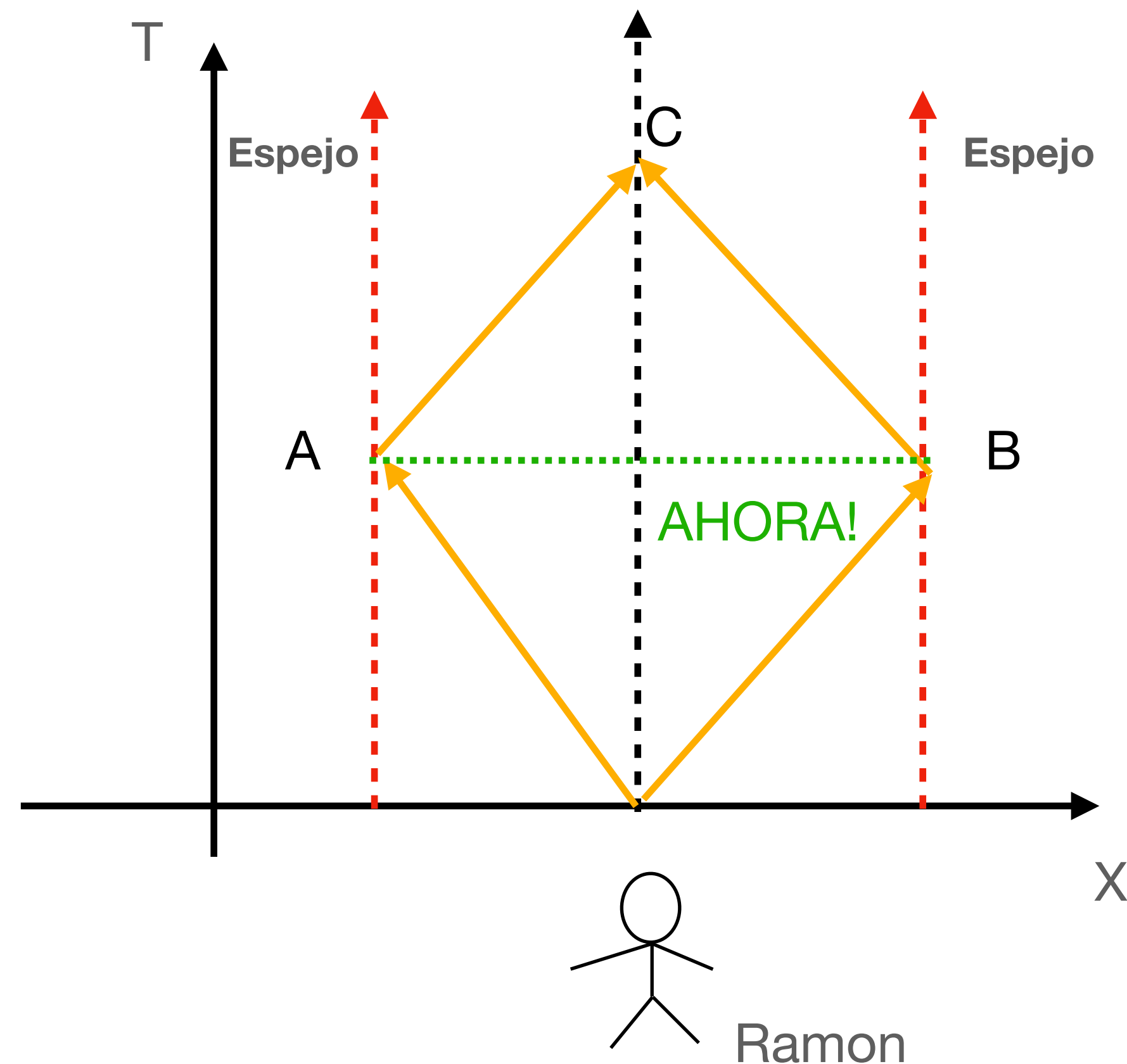


Si los rayos llegan a la vez a C puedo decir entonces que estoy en el medio de los espejos

El momento presente en relatividad

Cual es el procedimiento fisico para construir una nocion del ahora?, como lo medimos?

Einstein gedankenexperiment (thought experiment)



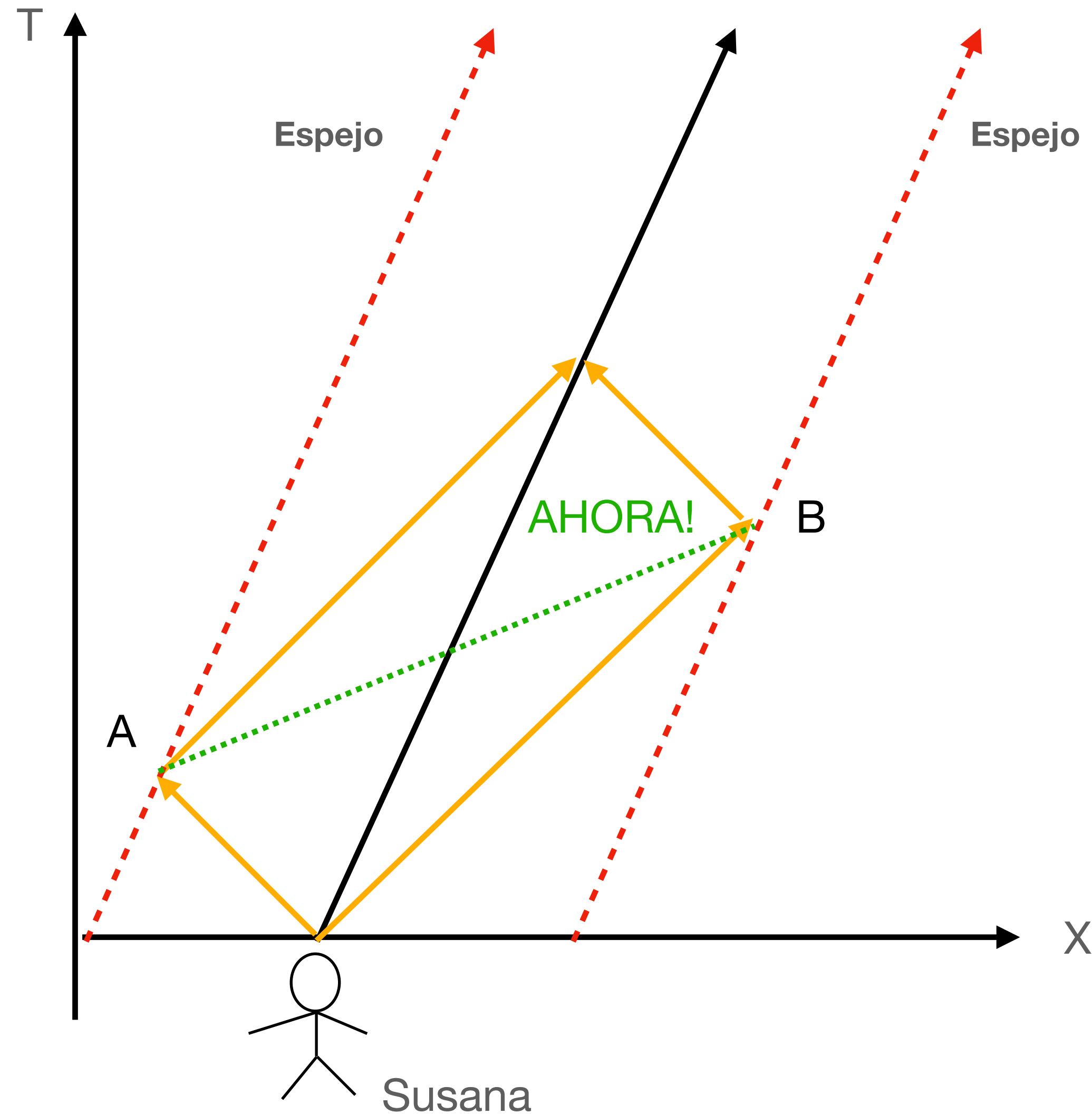
Tambien puedo asegurar que a la mitad del tiempo, los rayos A y B partieron de forma **simultanea** para llegar a C.

Puedo definir de esta forma el “ahora” incluso si los eventos A y B aun no llegaron a C

El momento presente en relatividad

Pero esta construccion del “ahora” resulta ser relativa para cada observador!

Claramente el “ahora” segun
Susana no es el mismo
“ahora” segun Ramon

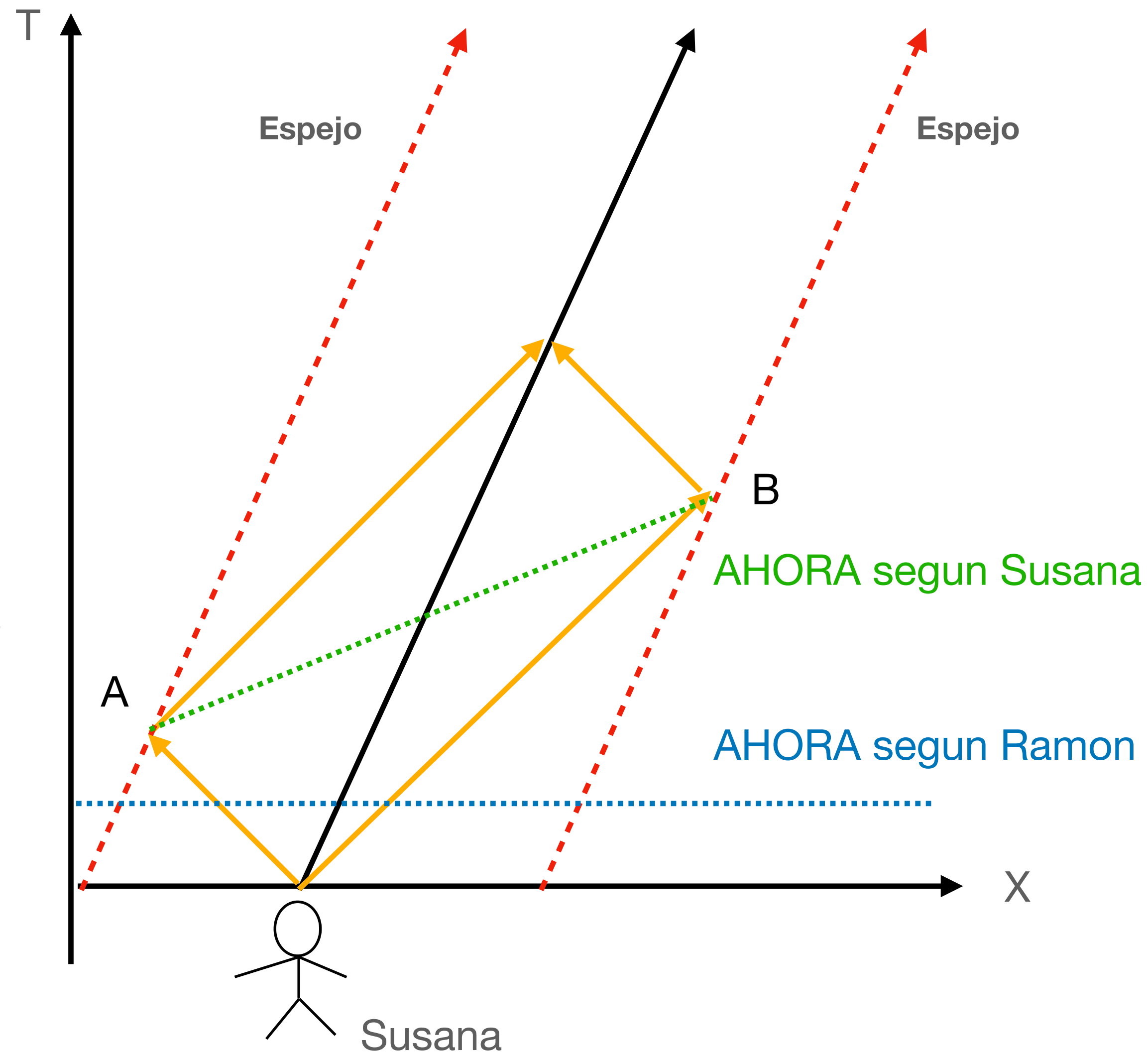


El momento presente en relatividad

Pero esta construccion del “ahora” resulta ser relativa para cada observador!

Claramente el “ahora” segun
Susana no es el mismo
“ahora” segun Ramon

Quien tiene razon, Ramon o Susana?



El momento presente en relatividad

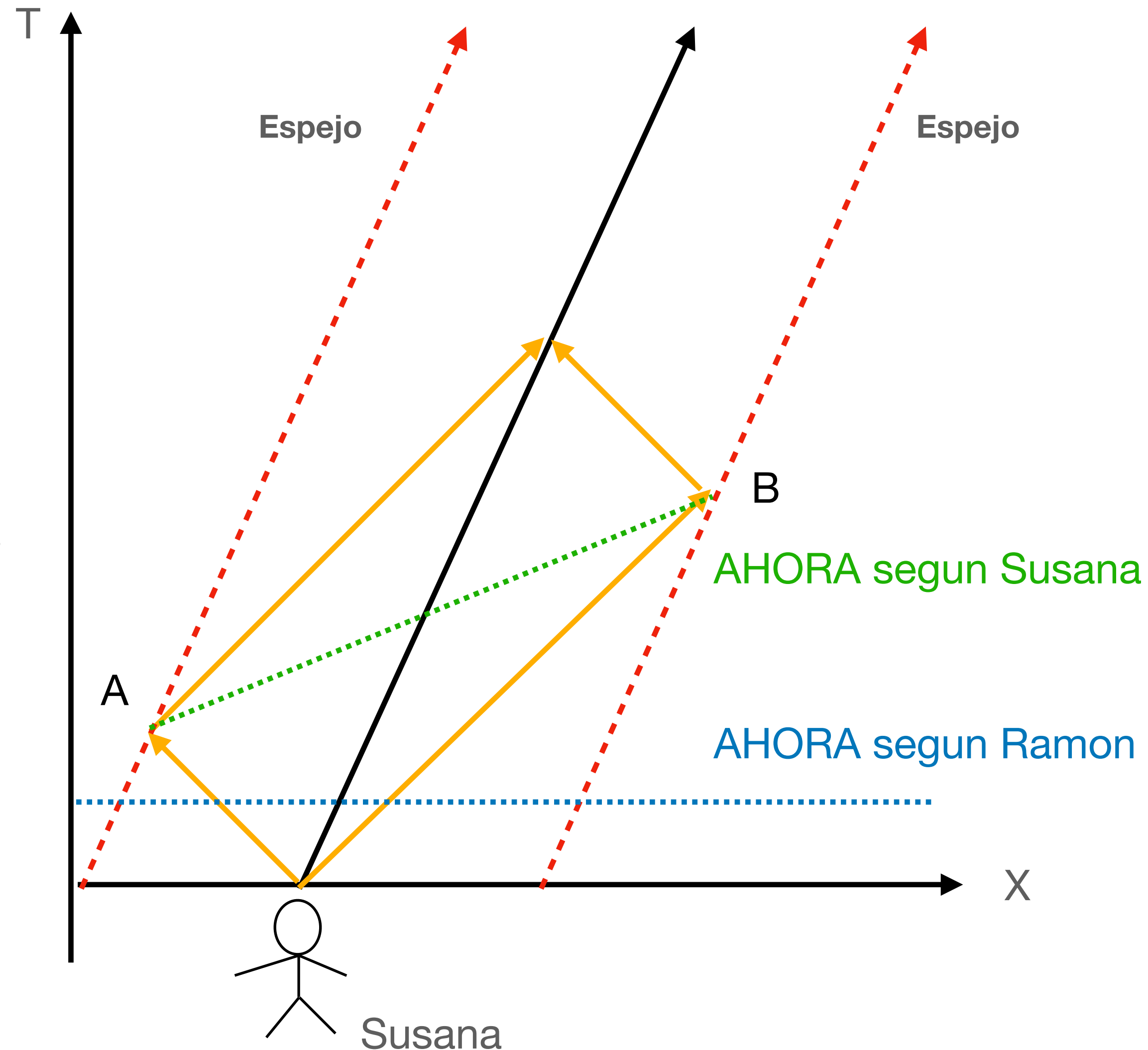
Pero esta construccion del “ahora” resulta ser relativa para cada observador!

Claramente el “ahora” segun
Susana no es el mismo
“ahora” segun Ramon

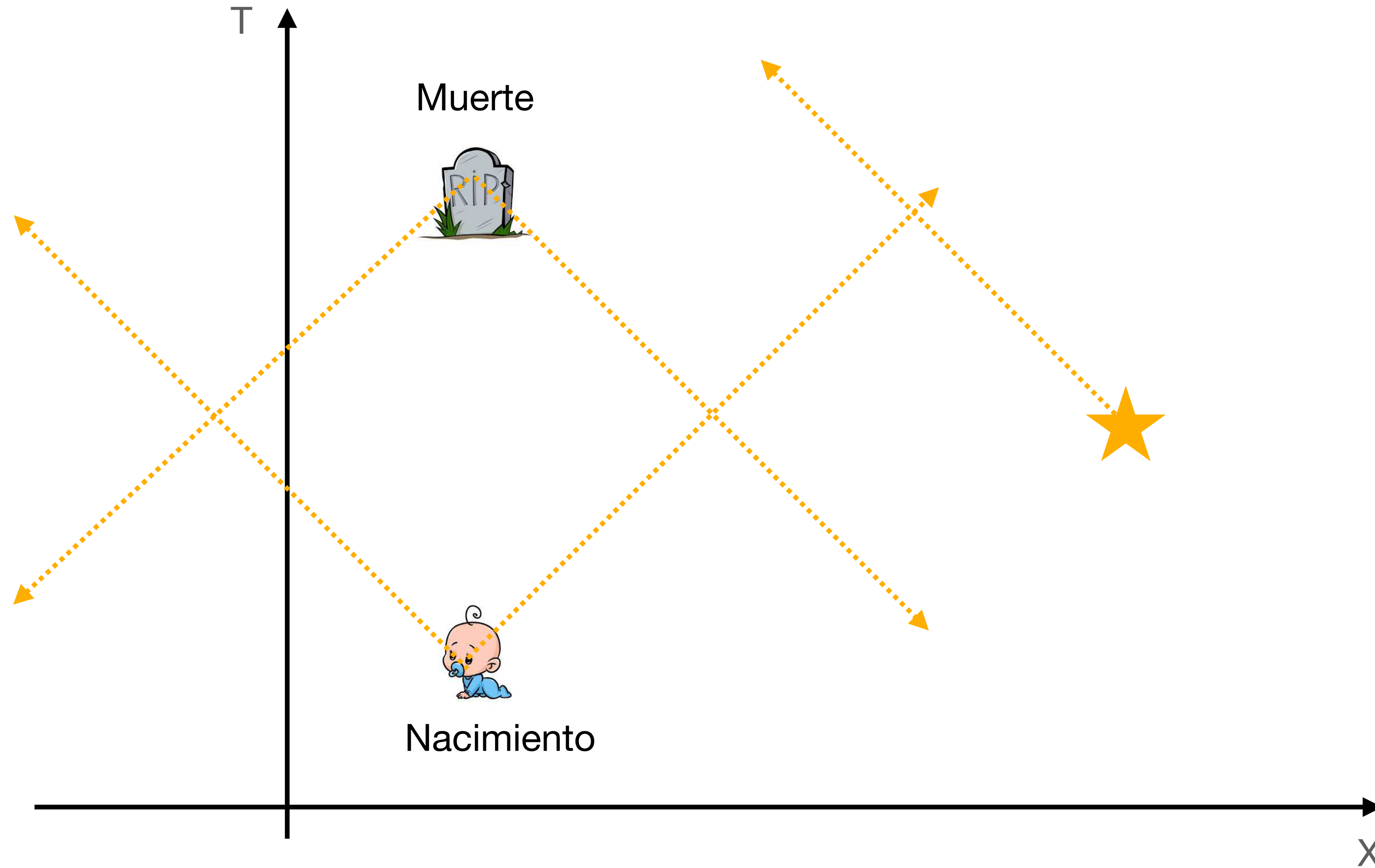
Quien tiene razon, Ramon o Susana?

RTA: ambos!, la nocion del ahora
es dependiente del observador,
es relativo!

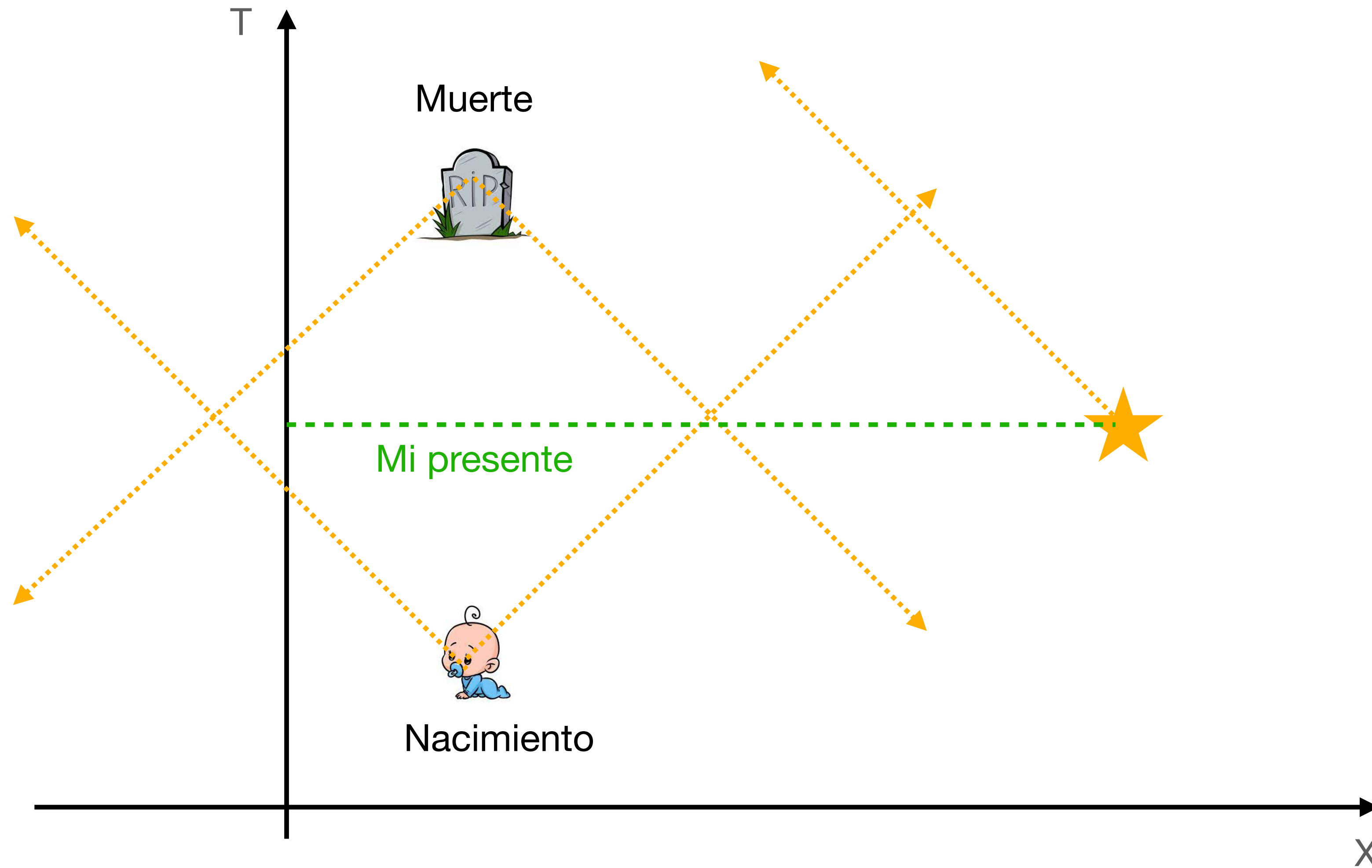
Simultaneidad relativa



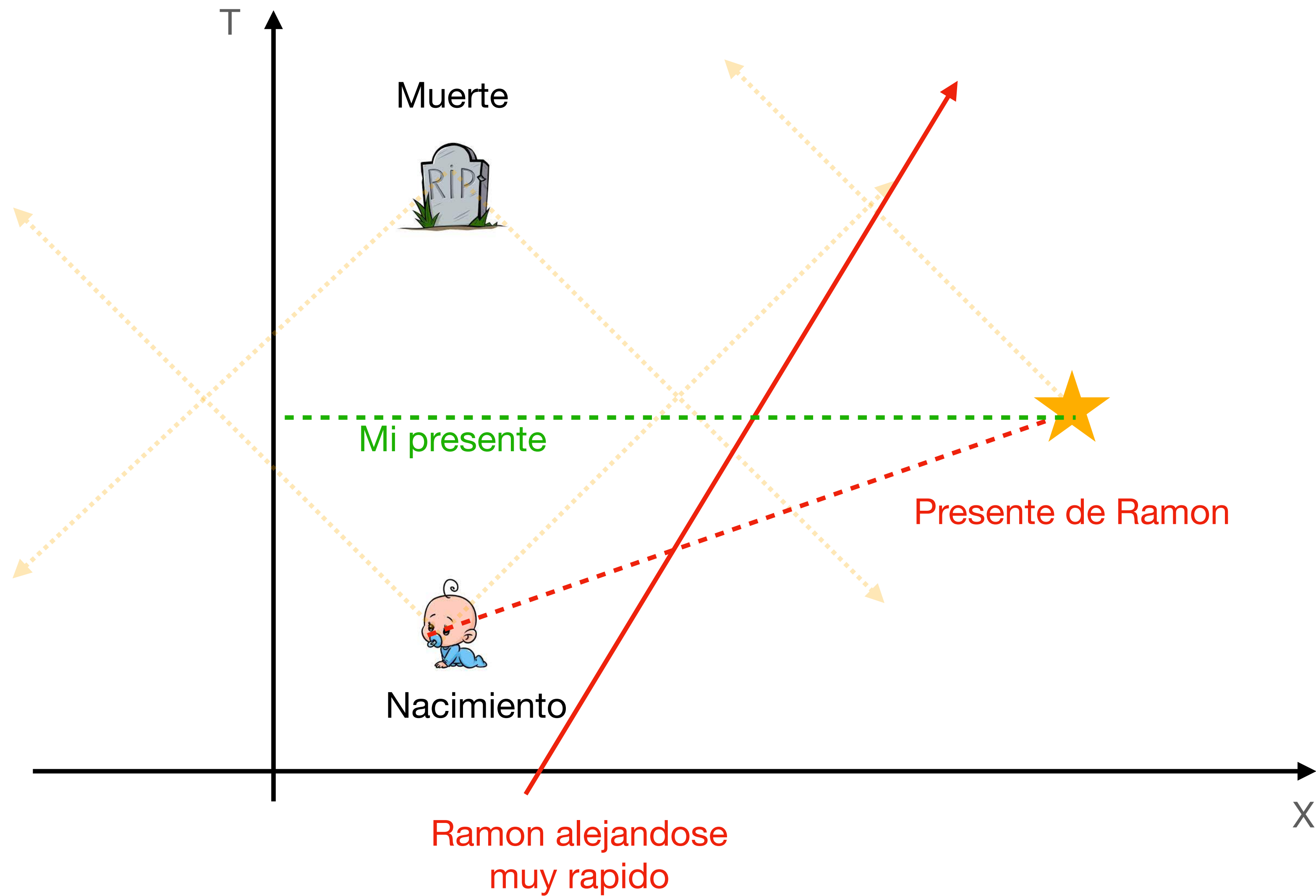
Que implica la simultaneidad relativa en nuestra noción del tiempo?



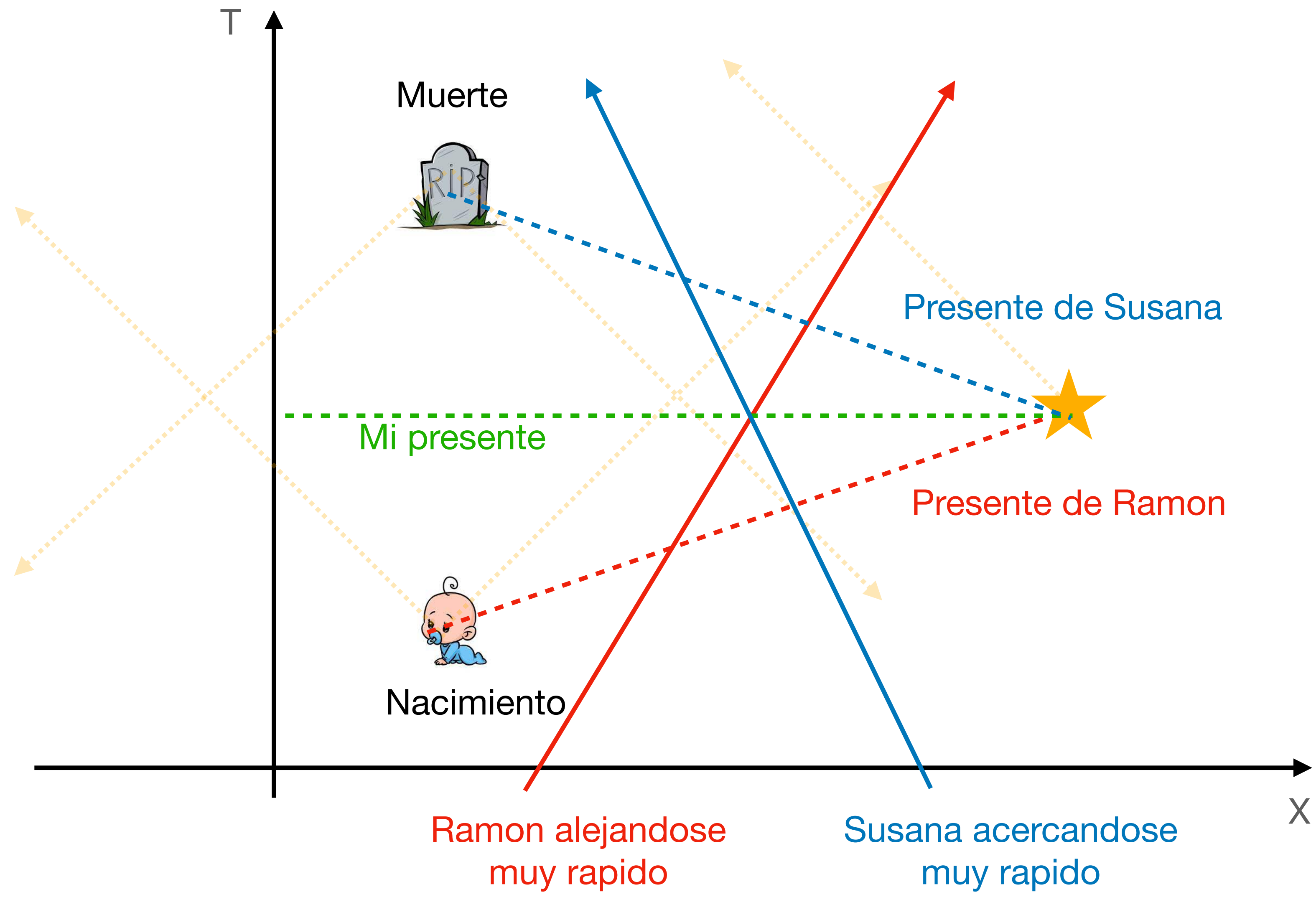
Que implica la simultaneidad relativa en nuestra noción del tiempo?



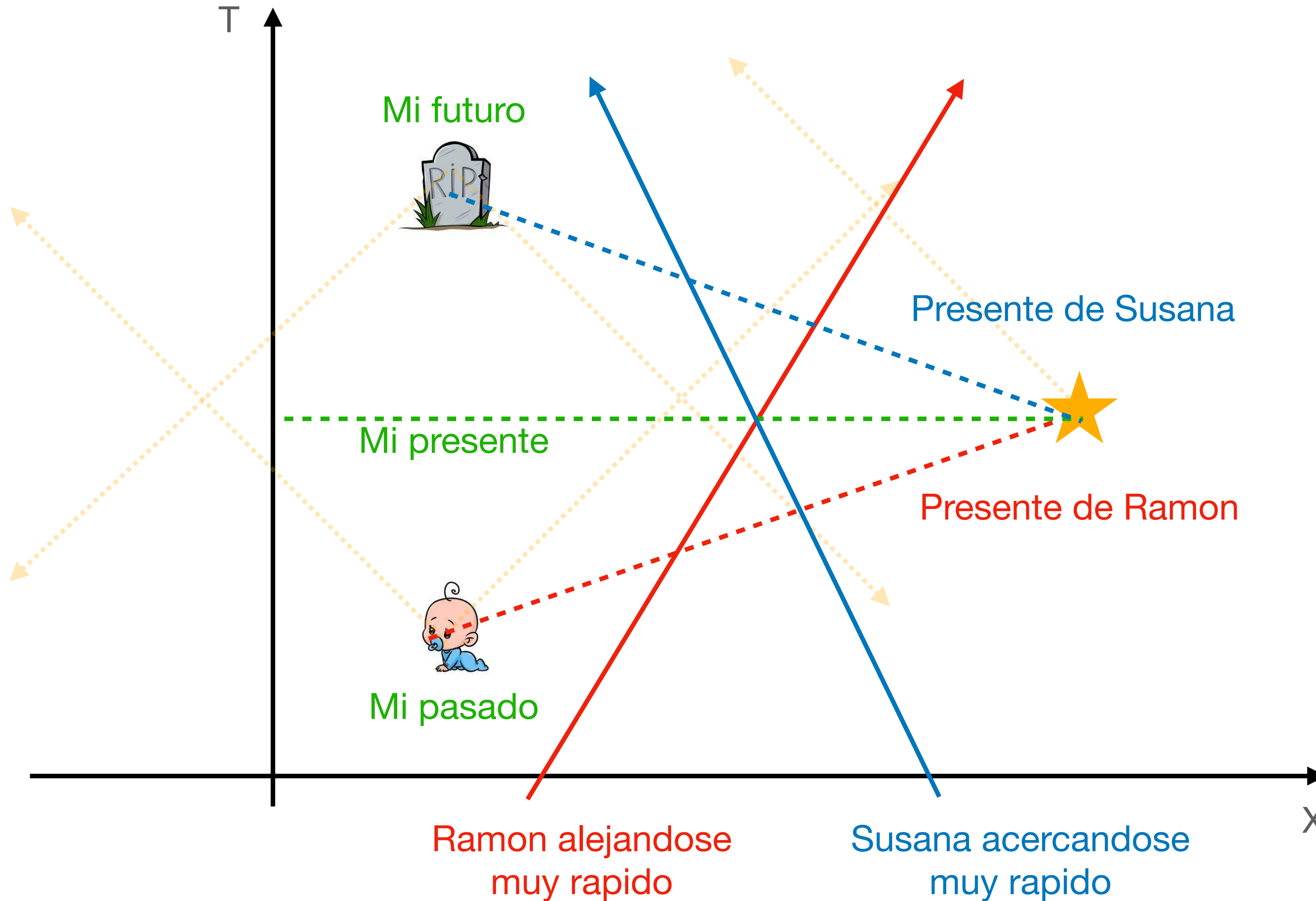
Que implica la simultaneidad relativa en nuestra noción del tiempo?



Que implica la simultaneidad relativa en nuestra noción del tiempo?



Existe el pasado al igual que el presente y el futuro?



Si creemos en la existencia de las cosas que están sucediendo en este momento y fuera de este lugar, la relatividad implica que pasado, presente y futuro, todo existe a la vez.

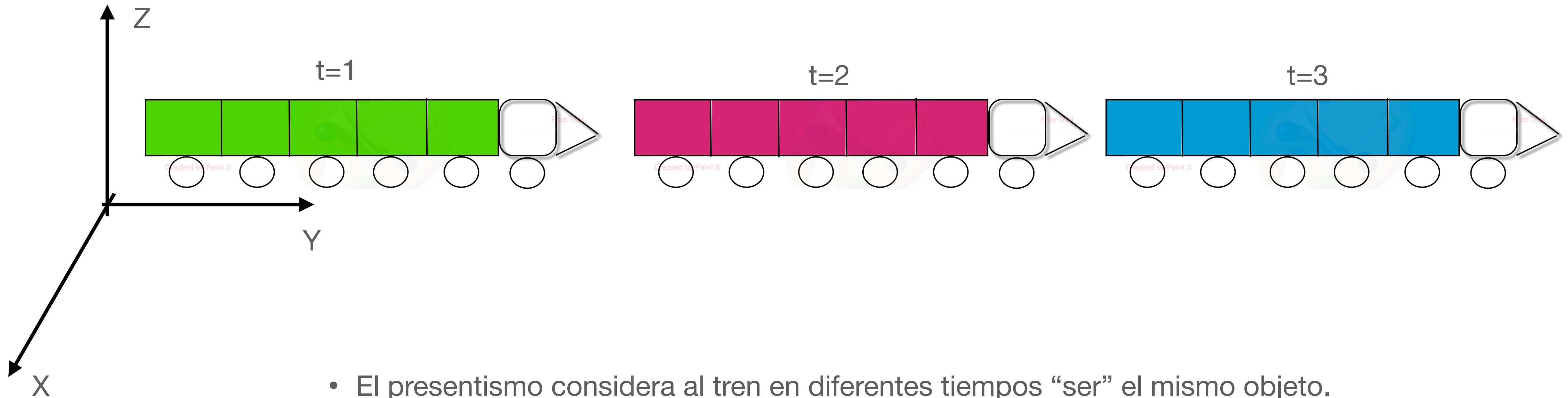
Todo en el universo existe ahora.

Nuestras versiones pasadas, o parientes fallecidos, están vivos de la misma forma que nuestro presente lo está.

Están todos en el espacio-tiempo 4D, siempre han estado allí y siempre lo estarán.

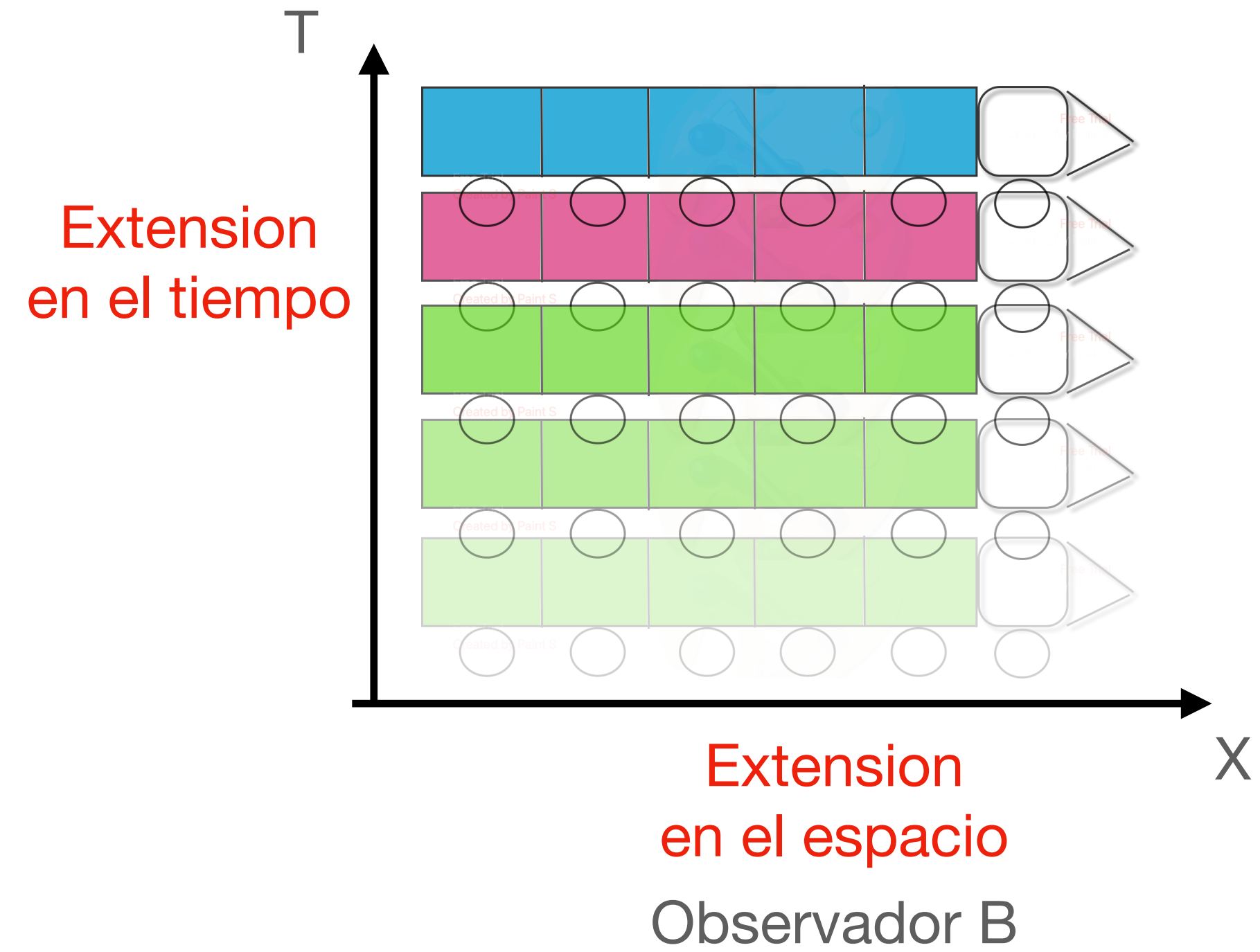
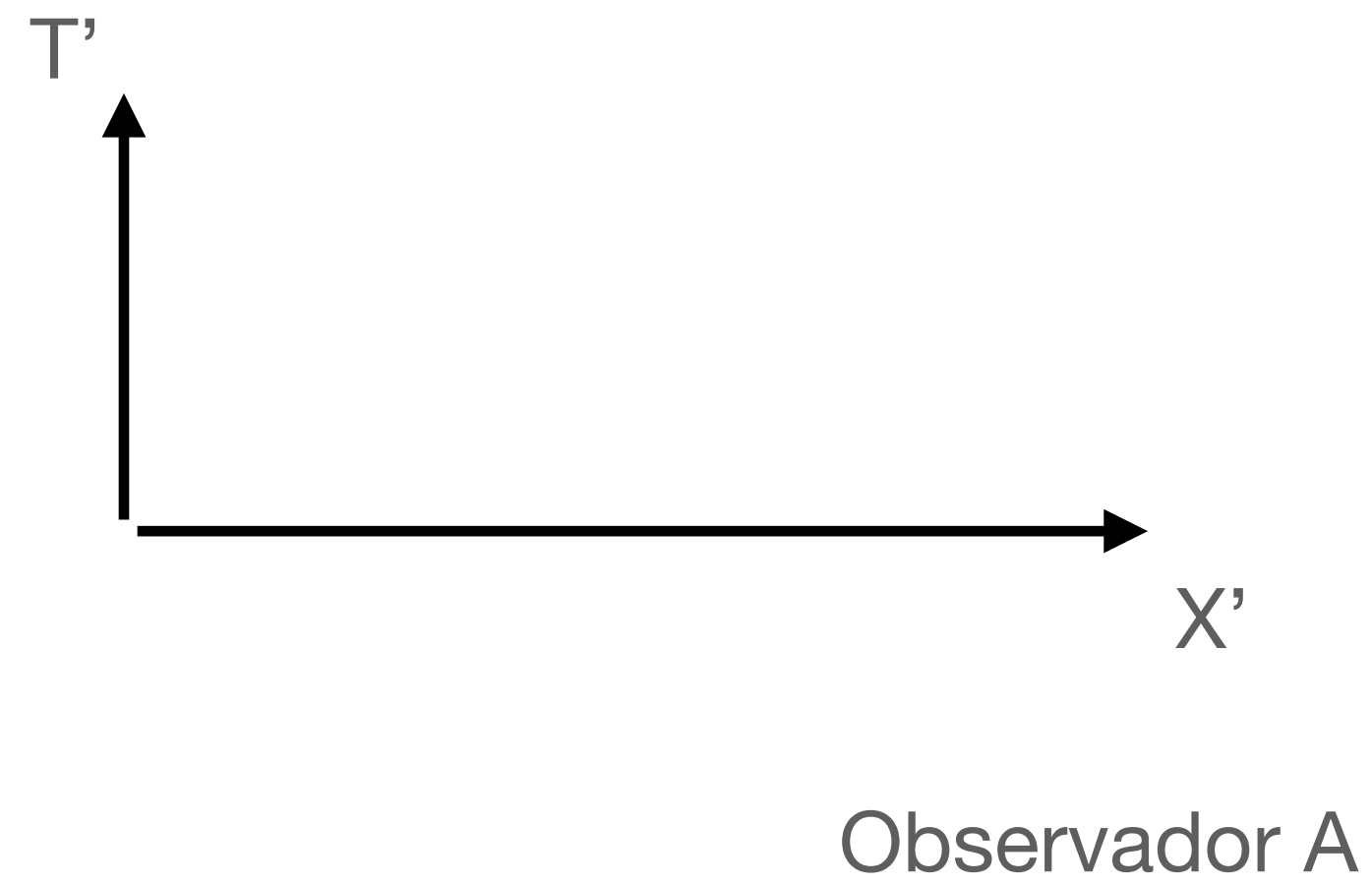
Universo bloque

Presentismo y el universo 3D

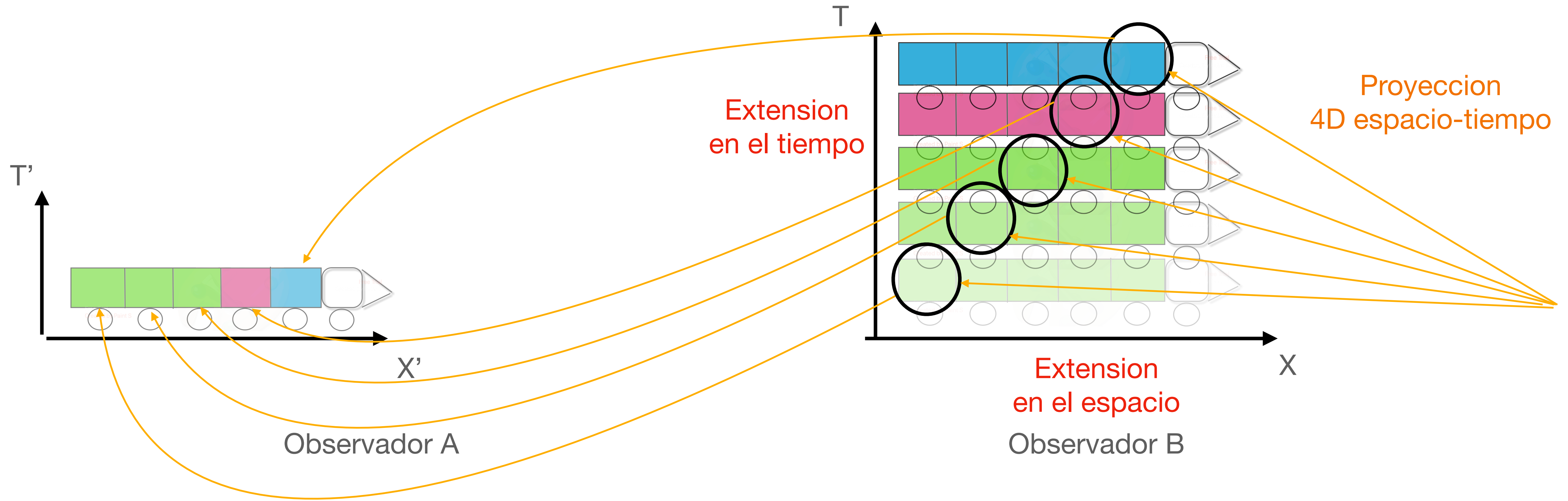


- El presentismo considera al tren en diferentes tiempos “ser” el mismo objeto.
- Pre-relativismo: Todos los observadores coinciden en el tren que “observan”

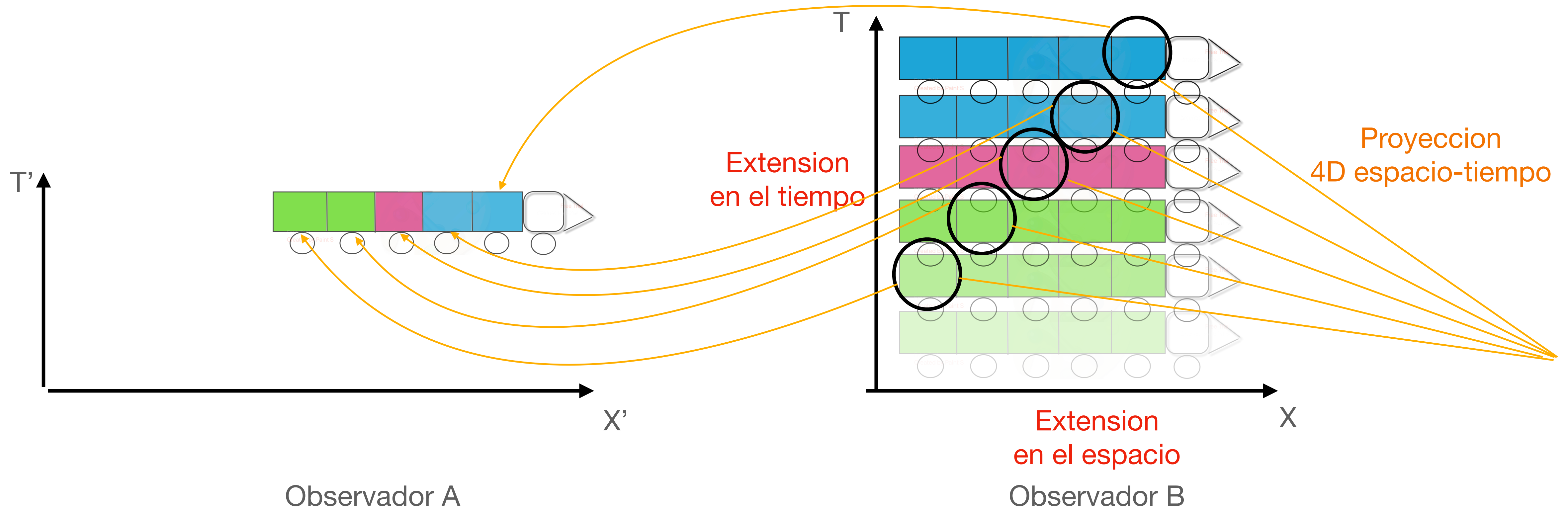
Relativismo y el universo 4D



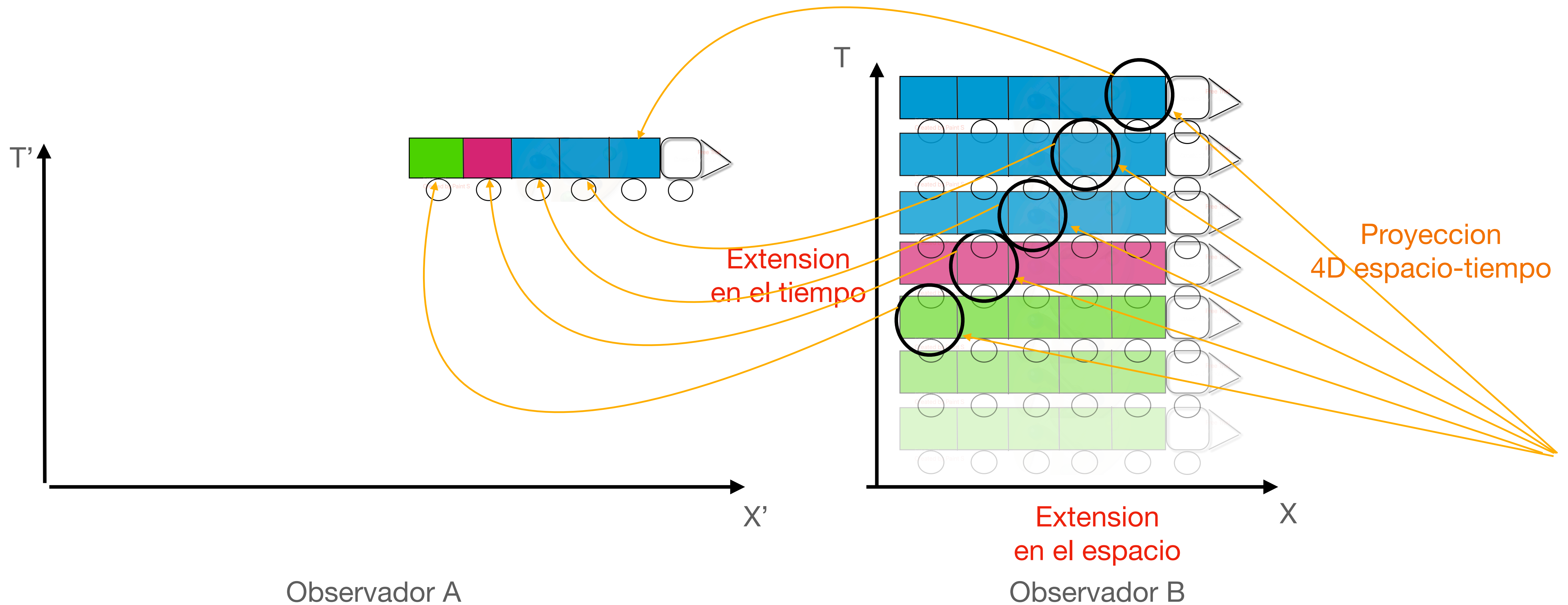
Relativismo y el universo 4D



Relativismo y el universo 4D



Relativismo y el universo 4D

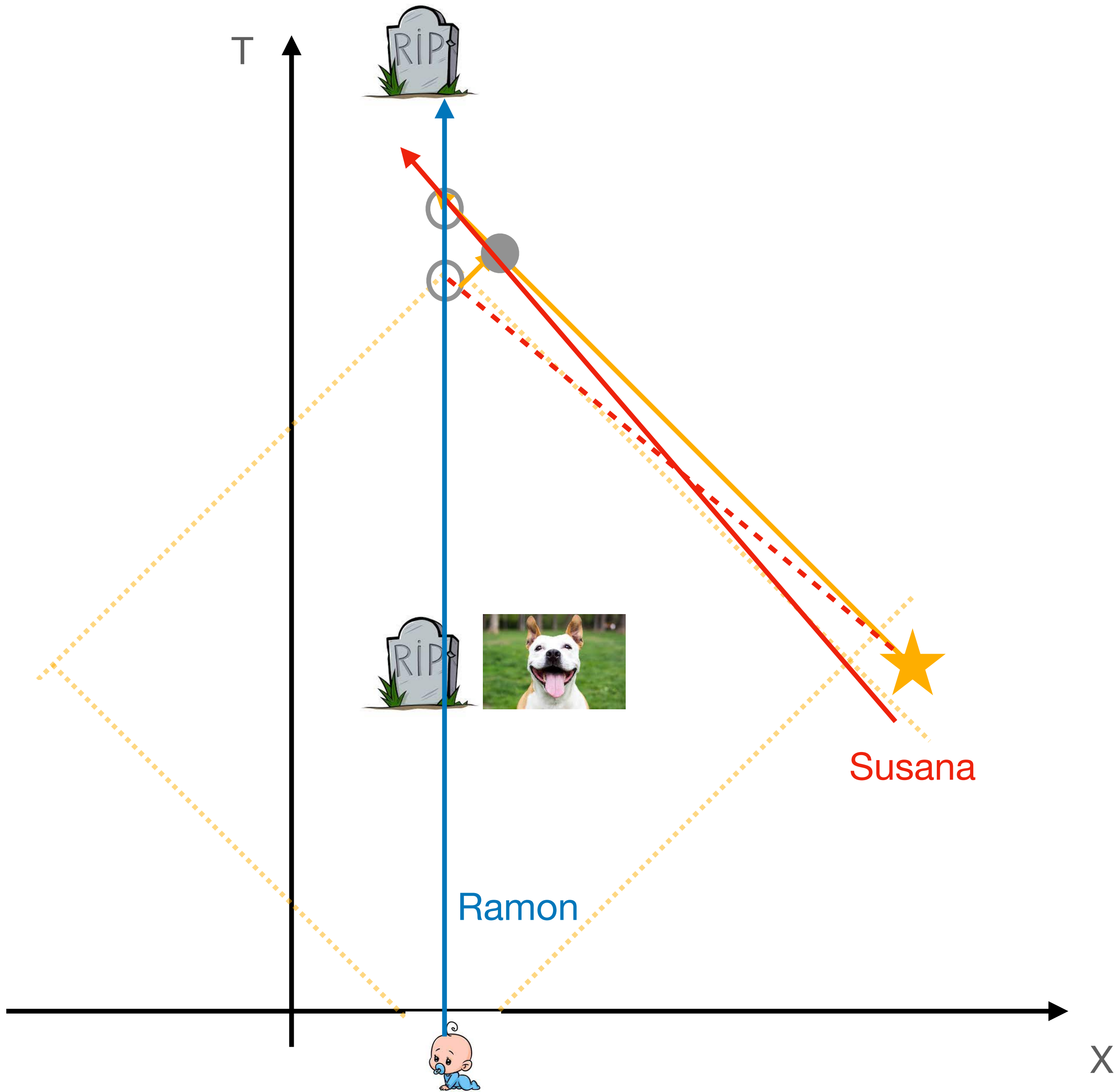


- En relatividad el tren en diferentes tiempos **NO** es el mismo objeto, sino que una proyeccion 3D de un objeto 4D.
- El tren resultante para un observador A es una combinacion entre el pasado, presente y futuro de otro observador B.

- Postulados de la teoría de la relatividad especial:
 - La velocidad máxima de las interacciones es finita y es igual a la velocidad de la luz.
 - La velocidad de la luz en el vacío es la misma para todos los observadores.
 - Las conclusiones físicas de distintos observadores en movimiento relativo son igualmente válidas (relativismo).
- Algunas de sus consecuencias:
 - Vivimos en un universo 4D donde el tiempo es una coordenada como el espacio.
Igualdad de condiciones, sí; misma naturaleza, no! [Wheeler and Taylor]
 - El pasado, como el presente y el futuro existen a la vez.



- Does the Past Still Exist? (Sabine Hossenfelder)
- Is There an Alternative to the Block Universe View? (Vesselin Petkov, 2005)
- Spacetime physics (Wheeler and Taylor Chapter 6)
- On Einstein--Minkowski Space—Time (Howard Stein, 1968)



Existe el pasado al igual que el presente y el futuro?

