

Trabajos Prácticos de Física 1

Relatividad

- 1) Con qué velocidad debe moverse Pedro respecto de Juan para que el ritmo de avance del reloj de Pedro sea la mitad que el ritmo de avance del reloj de Juan? Cuanto tiempo transcurre para Juan entre dos eventos que están separados por 1 segundo para Pedro?
- 2) Juan lleva una regla en su mano y se mueve a una cierta velocidad V respecto de Pedro (la dirección del movimiento coincide con la dirección en la que apunta la regla). Con qué velocidad debe moverse Juan para que la longitud de la regla medida por Pedro sea la mitad que la longitud de la regla medida por Juan. Cual de las dos longitudes es la "longitud en reposo de la barra"?
- 3) Juan lleva una regla en su mano y se mueve a una cierta velocidad V respecto de Pedro (la dirección del movimiento forma un ángulo θ con la dirección en la que apunta la regla). Si la longitud de la regla medida por Juan es L , calcule cual es la longitud de la regla para Pedro y cual es el ángulo que forma la regla con la dirección de su movimiento desde el punto de vista de Pedro.
- 4) Considere un reloj que viaja dentro de un cohete que se mueve respecto de la tierra. El reloj atrasa 1 segundo por día respecto a otro reloj que permanece en la tierra. Cuál es la velocidad del cohete?
- 5) Considere un sistema de referencia S' que se mueve con velocidad V respecto de otro sistema de referencia S (considere esta velocidad en la dirección del eje x y elija el origen de tiempos de modo tal que los orígenes de ambos sistemas coincidan en el instante $t=t'=0$). Considere los siguientes eventos: (A) en $t=0$ una partícula pasa por la posición $x=0$, (B) en $t=T$ una partícula pasa por la posición $x=L$.
 - a. Usando las transformaciones de Lorentz calcule las coordenadas espaciales y temporales de los eventos (A) y (B) desde el sistema S' .

- b. Diga bajo que condiciones es físicamente posible que la partícula del evento A sea la misma que la del evento B.
- c. Si $T > 0$ para el observador S el evento B es posterior al A. Diga si en ese caso existen sistemas de referencias tales que los eventos A y B sean i) Simultáneos, ii) B sea anterior a A.

6) Un tren pasa frente a un andén de longitud L moviéndose a velocidad V . Suponga que la longitud del tren vista por el observador fijo al andén también es L (diga cuál es la longitud propia del tren?). Considere las siguientes situaciones:

- a. En el instante en que el punto medio del tren pasa por el punto medio del andén, dos haces de luz que fueron emitidos desde los dos extremos del tren llegan a dicho punto medio. Determine cual de los dos haces fue emitido primero (responda a esta pregunta tanto desde el punto de vista del observador fijo al tren como del observador fijo al andén y discuta las diferencias).
- b. En el instante en que el punto medio del tren pasa por el punto medio del andén, dos haces de luz son emitidos desde los dos extremos del andén en dirección a su centro. i) Diga cual de los dos haces llega primero al punto medio del tren. ii) Calcule el tiempo de llegada de cada pulso en el sistema de referencia fijo al tren y en el sistema de referencia fijo al andén. iii) Encuentre el orden cronológico de los eventos relevantes del problema (emisión de ambos pulsos, etc) desde el sistema de referencia fijo al tren y al andén.

7) Un colectivo de longitud propia $L = 20\text{m}$ se mueve a una velocidad $v = \sqrt{3}c/2$ respecto de un observador fijo a un garaje de longitud propia $D = 10\text{m}$. El garaje tiene dos puertas, una delantera y otra trasera, que están abiertas.

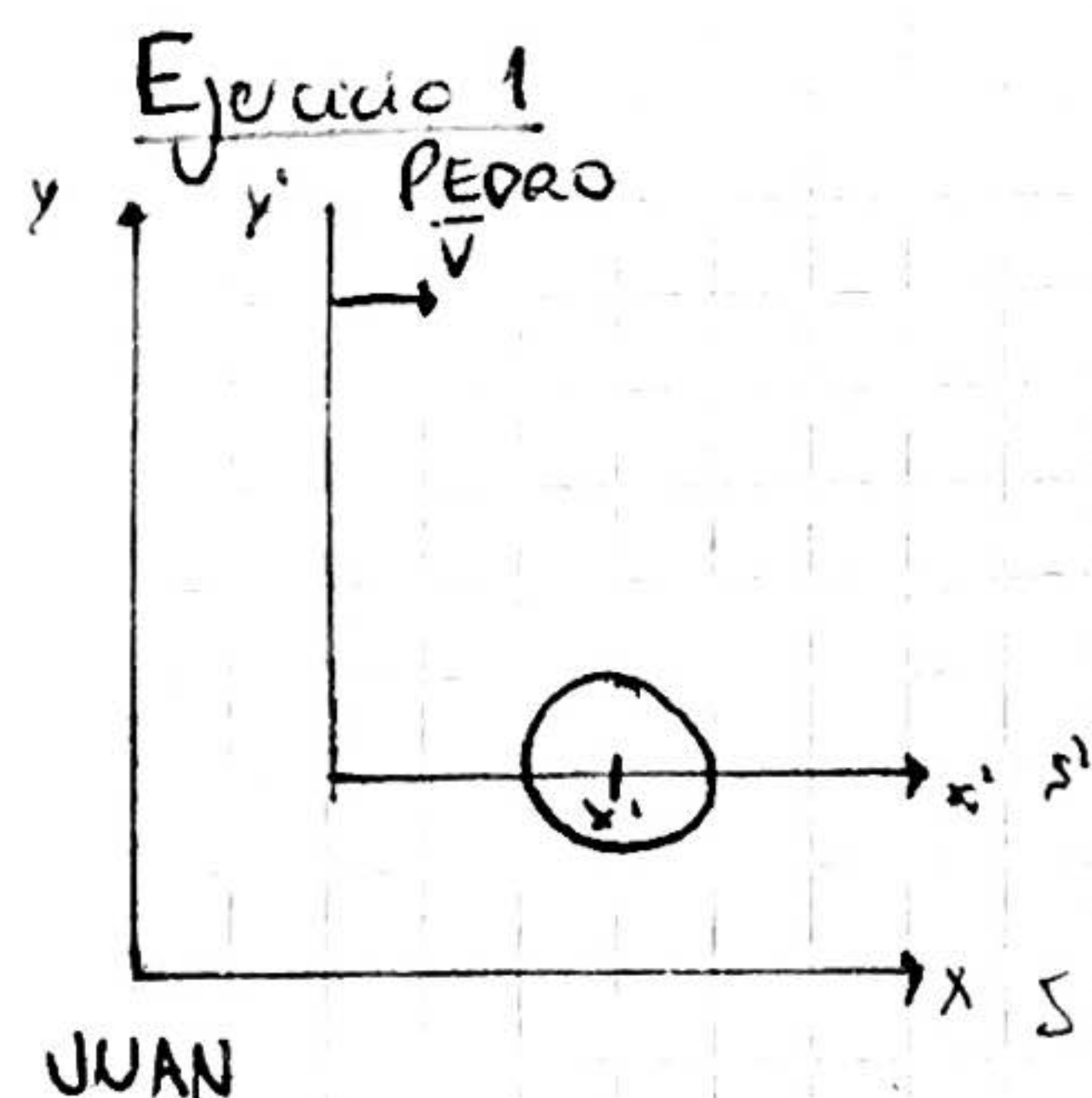
- a. Diga si el colectivo puede quedar completamente contenido dentro del garaje? (ayuda: tenga en cuenta la contracción de Lorentz).
- b. Si su respuesta anterior fue afirmativa, considere la siguiente "paradoja": Desde el sistema de referencia del colectivo, la longitud del garaje aparece contraída y por lo tanto es claramente menor que la del colectivo. Cómo puede ser que un colectivo de 20m de longitud quepa

en un garaje de longitud menor? Es esta una verdadera paradoja?

- c. Considere todos los eventos relevantes de este problema (A: Llegada del frente del colectivo a la puerta delantera del garaje, B: Llegada del frente del colectivo a la puerta trasera del garaje, etc) y ordénelos cronológicamente en los sistemas de referencia fijos al colectivo y al garaje. De ejemplos de eventos que son simultáneos en el sistema de referencia del garaje pero que no lo son en el sistema de referencia del colectivo.
- 8) La vida media de los piones en reposo es $T=26\text{nseg}$. Cuál es la distancia promedio recorrida por piones que se mueven a velocidad $V=c/2$?
- 9) Desde un cohete que se aleja de la tierra a velocidad $c/2$ se emiten pulsos de luz con un período de un año. Cuál es el tiempo que transcurre en la tierra entre el arribo de dos pulsos sucesivos? Qué sucede si la nave se acerca a la tierra en lugar de alejarse?
- 10) Un tren de longitud propia L se mueve con velocidad V respecto de un observador fijo a un andén.
- a. En un dado instante, dos pasajeros comienzan a caminar en direcciones contrarias desde el centro del tren hacia sus extremos. El módulo de la velocidad de cada pasajero respecto del tren es $v'=c/2$. Cual es la velocidad de cada pasajero respecto del andén? En qué instante llega cada pasajero al extremo del tren? (diga si la llegada de ambos es simultanea respecto del tren y del andén).
 - b. Calcule la velocidad del pasajero que viaja hacia un extremo respecto del pasajero que se mueve en la dirección contraria.
 - c. En un dado instante ($t'=0$ respecto del observador fijo al tren) dos pasajeros parten desde ambos extremos del tren en dirección hacia el centro. Ambos se mueven respecto del tren con una velocidad v' cuyo módulo es $c/2$. Diga cual es la velocidad de ambos pasajeros respecto del andén. Diga en que instante llegan ambos pasajeros al centro del tren (tanto para un observador fijo al tren como para otro fijo al andén).

d. Calcule la velocidad del pasajero que parte desde un extremo respecto del pasajero que parte desde el otro.

- 11) Suponga que en un sistema de referencia S un objeto se mueve con una velocidad cuyas componentes cartesianas son $v_x = c \cos(\theta)$ y $v_y = c \sin(\theta)$. Calcule las componentes del vector velocidad de ese objeto visto desde un sistema S' que se mueve con velocidad V (en la dirección del eje x) respecto de S .



$v = ?$

quiero que $\tau_{\text{juan}} = \tau_j = 2\tau_p = 2\tau_{\text{pedro}}$

$$\tau_p = t'_2 - t'_1$$

$$\tau_j = t_2 - t_1 = \gamma(t'_2 + x'\beta/c) - \gamma(t'_1 + x'\beta/c) = \gamma(t'_2 - t'_1) = \gamma \tau_p$$

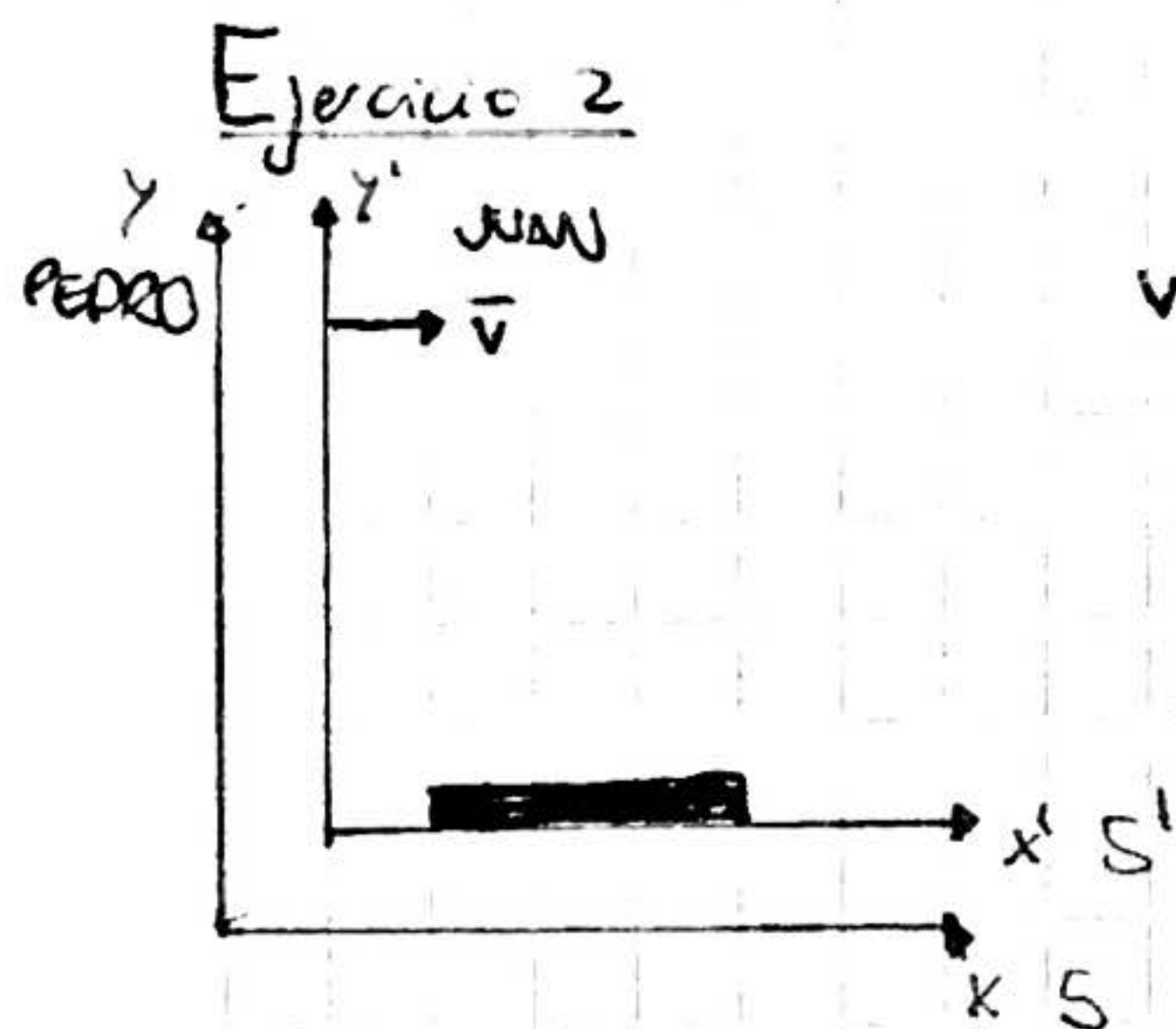
es decir quiero $\gamma = 2 = \frac{1}{(1 - \frac{v^2}{c^2})^{1/2}}$ es $\gamma = \frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

$$\Rightarrow 1 - \frac{v^2}{c^2} = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{v^2}{c^2} = \frac{3}{4}$$

$$\Rightarrow V = \frac{\sqrt{3}}{2} c$$

si $\tau_p = 1s$

$\tau_j = 2s$



$v / L = \frac{1}{2} L_0$ con L long de Pedro, L_0 long en reposo de Juan

$$L_0 = x'_2 - x'_1 \quad t'_2 = t'_1 = t'$$

$$L = x_2 - x_1$$

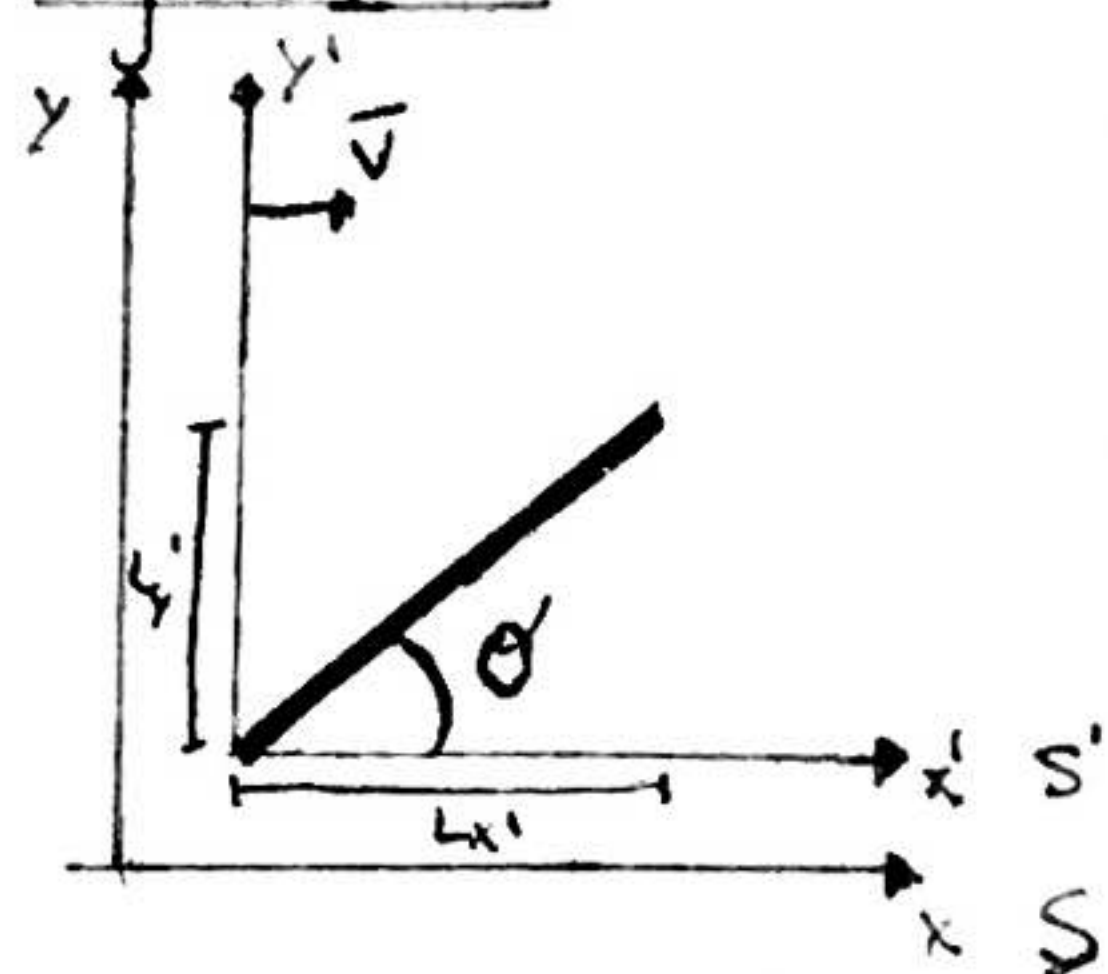
$$x'_2 = \gamma(x_2 - vt)$$

$$x'_1 = \gamma(x_1 - vt) \Rightarrow L_0 = \gamma(x_2 - vt) - \gamma(x_1 - vt) = \gamma L$$

t simultaneos

$$\Rightarrow L = \frac{L_0}{\gamma} \Rightarrow \gamma = 2, \text{ luego } V = \frac{\sqrt{3}}{2} c$$

Ejercicio 3



Juan mide $L = L_j$

→ la longitud en x' en reposo sea

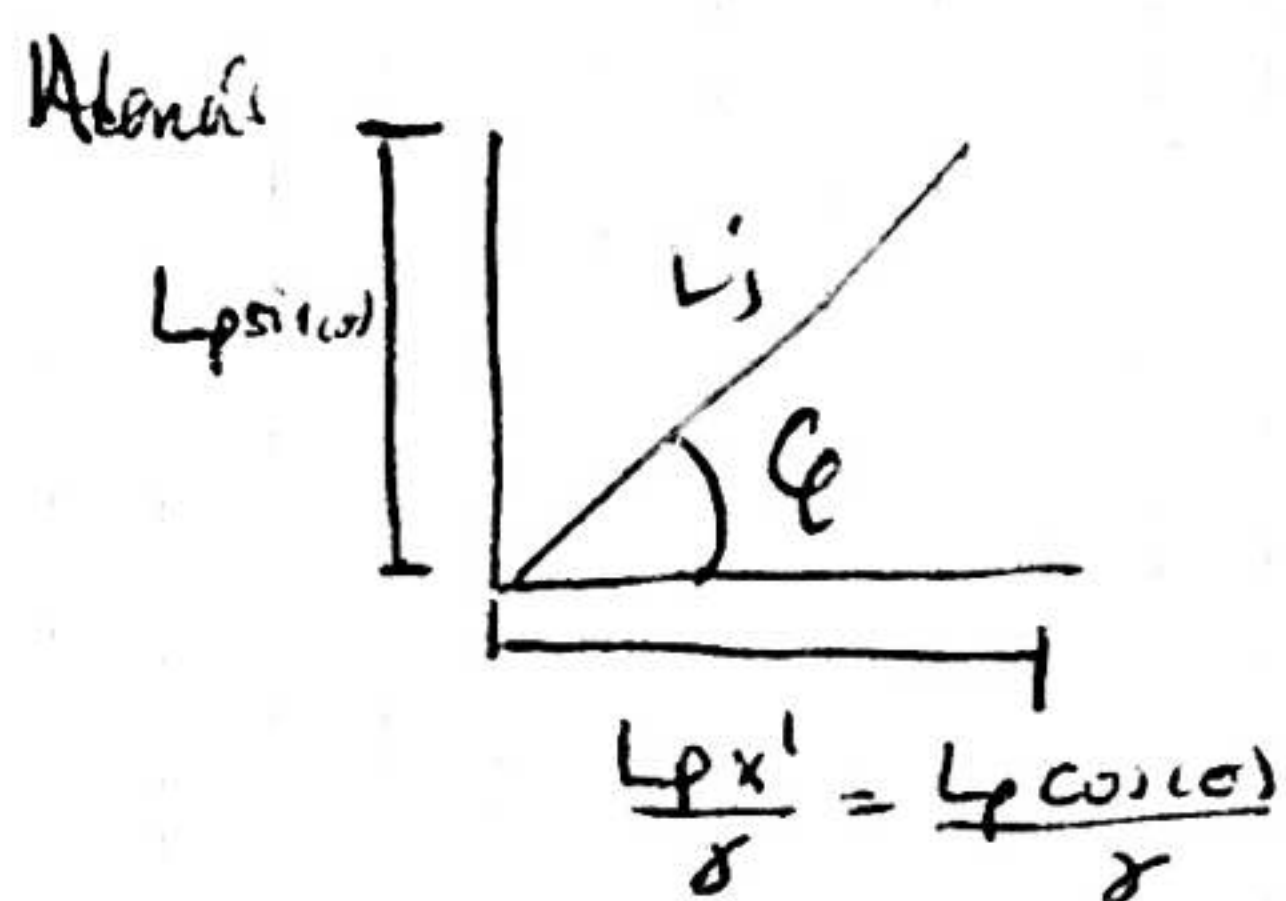
$$L_{x'} = L \cos(\theta) = L_p \cos(\theta)$$

$$L_{y'} = L_y = L \sin(\theta) = L_p \sin(\theta) = L_j \sin(\theta)$$

¿Cuál es la longitud de la regla para Pedro y su ángulo ϕ ?

Sabemos que $L_{jx} = \frac{L_p x'}{\gamma}$ → $L_{jx} = \frac{L_p x'}{\gamma}$

$$L_j = \sqrt{\left(\frac{L_p \cos(\theta)}{\gamma}\right)^2 + L_p^2 \sin^2(\theta)}$$



Bueno ϕ / $L_j \sin(\phi) = L_p \sin(\theta)$

y $\frac{L_p \cos(\theta)}{\gamma} = L_j \cos(\phi)$

Ejercicio 4

digamos

24hs

entonces que desde tierra $t_2 - t_1 = (86400s)$

el tiempo propio del cohete es $\tau_0 = t_2' - t_1'$ que es $86400s - 1s$

desde tierra $t_2 - t_1 = \gamma \tau_0$

$$\Rightarrow 86400s = \gamma 86399s$$

Luego $\gamma = \frac{86400}{86399} = \frac{1}{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{1/2}}$

$$\Rightarrow \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) = \left(\frac{86399}{86400}\right)^2 \Rightarrow \frac{v^2}{c^2} \approx 2.319801418 \times 10^{-5}$$

Luego $v \approx \sqrt{2.319801418 \times 10^{-5}} \cdot c$

Ejercicio 5

$$x(t_0=0) = 0$$

$$x(t=T) = L$$

$$x'(t_0=0) = 0$$

$$x'(t')$$

$$x' = \gamma(x - vt)$$

$$x = \gamma(x' + vt')$$

$$t' = \left(t - \frac{\beta x}{c}\right) \gamma$$

$$t = \gamma\left(t' + \frac{\beta}{c} x'\right)$$

en A $x = x' = t = t' = 0$

en B $x = L, t = T$

$$x' = \gamma(L - vT)$$

$$t' = \left(T - \frac{\beta L}{c}\right) \gamma$$

$$\gamma = \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-1/2}$$

$$L = \gamma(x' + vt') \Rightarrow x' = \frac{L - vt'}{\gamma}$$

$$T = \gamma\left(t' + \frac{\beta}{c} x'\right)$$

$$\Rightarrow T = \gamma t' + \frac{\beta}{c} (L - vt') \gamma$$

$$t' = \left(T - \frac{\beta L}{c}\right) \gamma$$

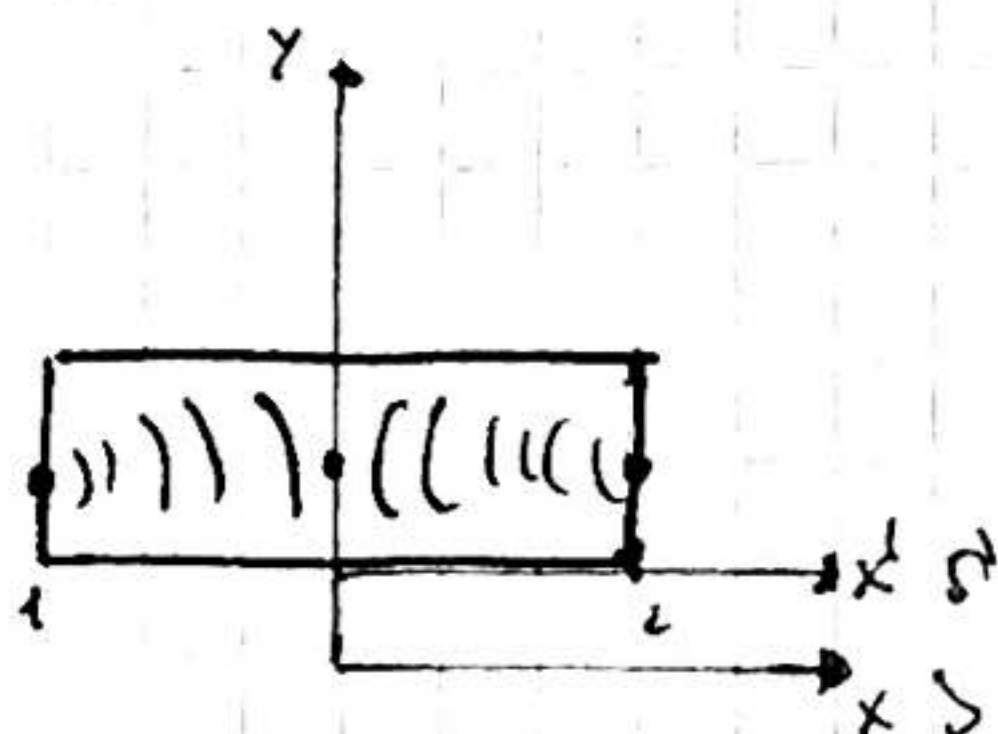
c) Si $T > 0$, para S el evento B es posterior a A

existe S'' / los eventos A y B son simultáneos? (c) B anterior a A

Ejercicio 6.

$$L_0 = L\gamma$$

a) Resuélvese de dos formas a ver si los resultados son consistentes



Para S, en $t_0 = 0$ (cuando se encuentra en el medio del orden)

(extremo izquierdo)

$$x_1(0) = -L_0/2$$

(extremo derecho)

$$x_2(0) = L_0/2$$

$$\text{además } t_0 = t'_0 = 0$$

$$\Rightarrow x'_1(0) = -\frac{L_0}{2}\gamma = -\frac{L_0}{2}$$

$$x'_2(0) = \frac{L_0}{2}\gamma = \frac{L_0}{2}$$

La luz en el sistema de ref S'

$$x'_{L1}(0) = 0 \Rightarrow x'_{L1}(t') = ct'$$

$$\text{si buscamos } x'_{L1} = -L_0/2 \Rightarrow t' = -\frac{L_0}{2c}$$

$$x'_{L2}(0) = 0 \Rightarrow x'_{L2}(t') = -ct'$$

$$\text{si buscamos } x'_{L2} = L_0/2 \Rightarrow t' = -\frac{L_0}{2c}$$

La luz se propaga de manera simultánea para S' (era de esperar)

$$t_1 = (t' + \frac{\beta}{c} x'_1) \gamma \quad \text{en } t' \quad t_2 = (t' + \frac{\beta}{c} x'_2) \gamma$$

$$t_2 = (t' + \frac{\beta}{c} x'_2) \gamma \quad t_2 = (t' + \frac{\beta}{c} \frac{L_0}{2}) \gamma$$

$$t_1 = -\frac{L_0}{2c} \gamma (1 + \beta)$$

$t_1 < t_2 \Rightarrow$ se prende primero la de la izquierda y luego la de la derecha.

$$t_2 = -\frac{L_0}{2c} \gamma (1 - \beta)$$

b) Cuando el mismo SR de orden

$$x_1(0) = -L_0/2 \quad x'_1(0) = -L_0/2$$

$$x_2(0) = L_0/2 \quad x'_2(0) = L_0/2$$

$$x'_{L1}(0) = -L_0/2$$

$$x'_{L1} = -L_0/2 + ct'$$

$$x'_{L2}(0) = L_0/2$$

$$x'_{L2} = L_0/2 - ct'$$

Para encontrar en el medio $t' = \frac{L_0}{2c}$

$$x'_1 = -\frac{L_0}{2} + ct'$$

$$x'_2 = \frac{L_0}{2} - ct'$$

$$x_{L1} = \gamma(x'_1 - vt'_1) = \gamma(-\frac{L_0}{2} + t'(c-v))$$

$$x_{L2} = \gamma(x'_2 - vt'_2) = \gamma(\frac{L_0}{2} + t'(c+v))$$

a) Según yo, llega primero el x_{L2}

$$b) \quad x_{L1} = 0 \Rightarrow \frac{L_0}{2} = \gamma t'(c-v) \Rightarrow t'_1 = \frac{L_0}{2(c-v)}$$

$$x_{L2} = 0 \Rightarrow \frac{L_0}{2(c+v)} = t'_2$$

el segundo hace llegar antes ✓

$$t' \text{ para } S' = \frac{L_0}{2c}$$

c) Se prende ambos en $t_0 = 0$.

$$t_2 = (t'_2) \gamma c \Rightarrow t_2 = \gamma \frac{L_0}{2(c+v)}$$

$$t_1 = \gamma \frac{L_0}{2(c-v)} \quad t' = \frac{L_0}{2c}$$

$$\gamma = \frac{1}{(1 - \frac{v^2}{c^2})^{1/2}} = \frac{1}{\frac{1}{c} (c^2 - v^2)^{1/2}} = \frac{c}{[(c+v)(c-v)]^{1/2}}$$

L10