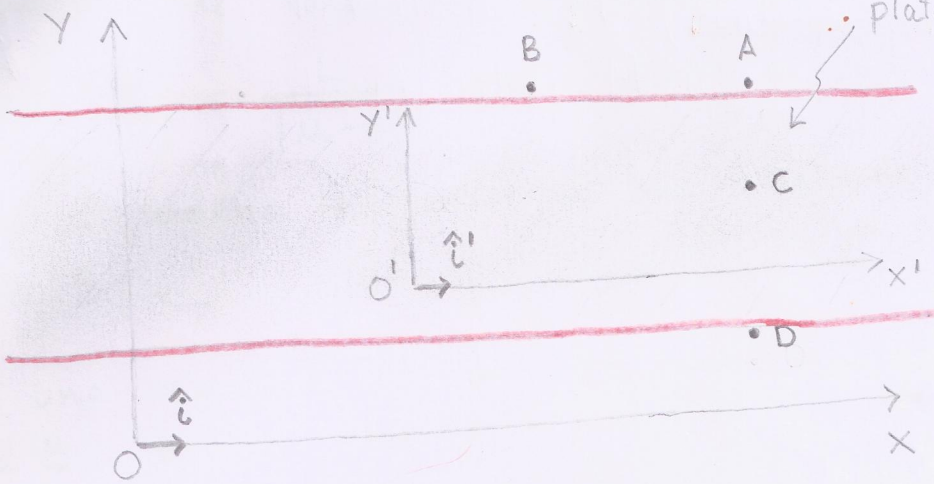
Ejemplo 2.3. Krane Modern Physics, pag. 28, Ed. 3

Una introducción al experimento de Michelson - Morley




plataforma móvil de aeropuerto que se mueve a velocidad $\vec{u} = u\hat{i}$ (1) con respecto al observador O fijo al piso del aeropuerto.

El observador O' está fijo a la plataforma móvil.

Los ptos. A y B están fijos al piso del aeropuerto por lo tanto están en reposo con respecto al observador O.

En el instante que se muestra en la figura, el punto C, que está fijo a la plataforma móvil, está "frente" al pto. A y se mueve hacia la derecha.

En ese mismo instante, sale una persona desde C, caminando sobre la plataforma hacia la izquierda, con una velocidad relativa a la plataforma, es decir, relativa a O', dada por $\vec{v}' = -c\hat{i}' = -c\hat{i}$ (2). Ya que el observador O' está fijo a la plataforma y, por lo tanto se mueve con una velocidad $\vec{u}$ relativa a O, entonces la persona que sale de C tendrá una velocidad con respecto a O igual a $\vec{v} = \vec{u} + \vec{v}'$ (3).

$\vec{v}$ es la velocidad que el observador O dice que tiene la persona que camina sobre la plataforma. El observador O también dice que la distancia entre los ptos. A y B es L. Estos ptos. están en reposo con respecto al observador O.

Si la persona que camina sobre la plataforma recorre la distancia L (según el observador O), entonces el tiempo que tarda en recorrer esa distancia es

$$t_{A\to B} = \frac{L}{|\vec{v}|} = \frac{L}{|\mu - c|} \quad (4)$$

, donde el sub-índice $A\to B$ quiere decir que la persona ha recorrido la distancia $L$ en sentido de $A$ a $B$.

Si una vez que la persona que recorre la distancia $L$ de $A$ a $B$, decide revertir el sentido de su movimiento para recorrer otra distancia $L$ pero esta vez en sentido $B\to A$, su velocidad respecto a $O'$ será $\vec{v}\,' = c\hat{i}$ y entonces su velocidad con respecto a $O$ será $\vec{v} = \mu\hat{i} + c\hat{i}$. En este "viaje de vuelta" el tiempo $t_{B\to A} = \dfrac{L}{\mu + c}$ (5).

Según el observador $O$, la persona tardaría en hacer el "viaje de ida y vuelta" un tiempo igual a

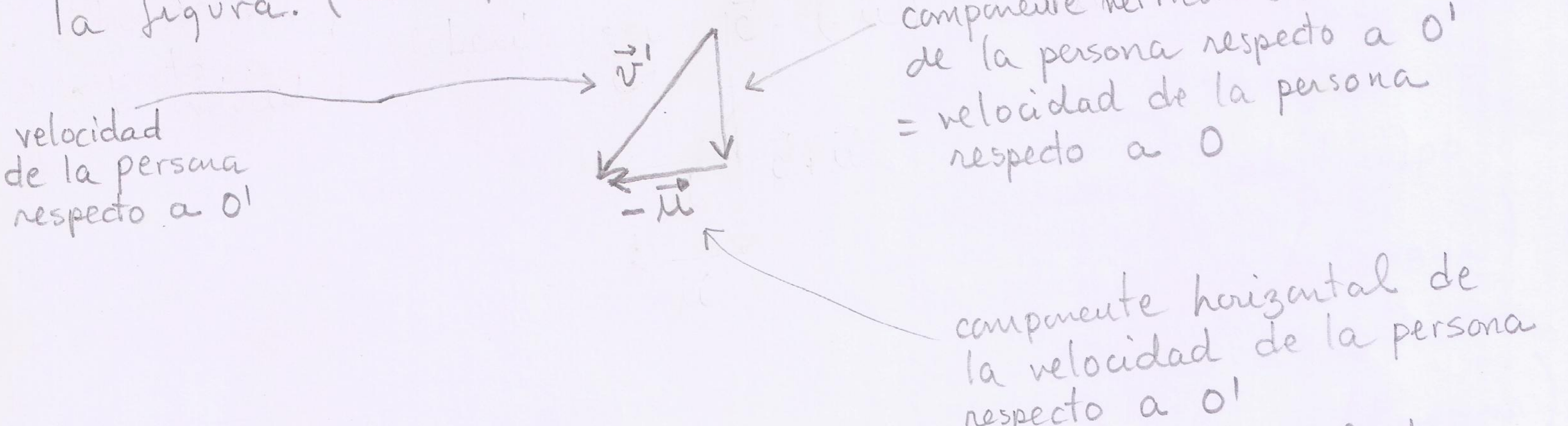
$$t = \frac{L}{|\mu - c|} + \frac{L}{\mu + c} \quad (6)$$

(la magnitud de $\vec{v}\,'$)

Para que efectivamente la persona haga la primera trayectoria de su viaje (en sentido $A\to B$), $c$ debe ser mayor que $|\vec{\mu}| = \mu$. Si $c$ fuese igual a $\mu$, la persona se quedaría en reposo según $O$. Si $c$ fuese menor que $\mu$, la plataforma "arrastraría" a la persona hacia la derecha (según $O$). Por lo tanto, en este caso $c > \mu$ y el tiempo que dura el viaje completo $A\to B\to A$ es

$$t_{A\to B\to A} = \frac{L}{c-\mu} + \frac{L}{c+\mu} = \frac{L(c+\mu) + L(c-\mu)}{c^2 - \mu^2} = \frac{2Lc}{c^2-\mu^2} = \frac{2L}{c}\,\frac{1}{1-(\mu/c)^2} \quad (7)$$

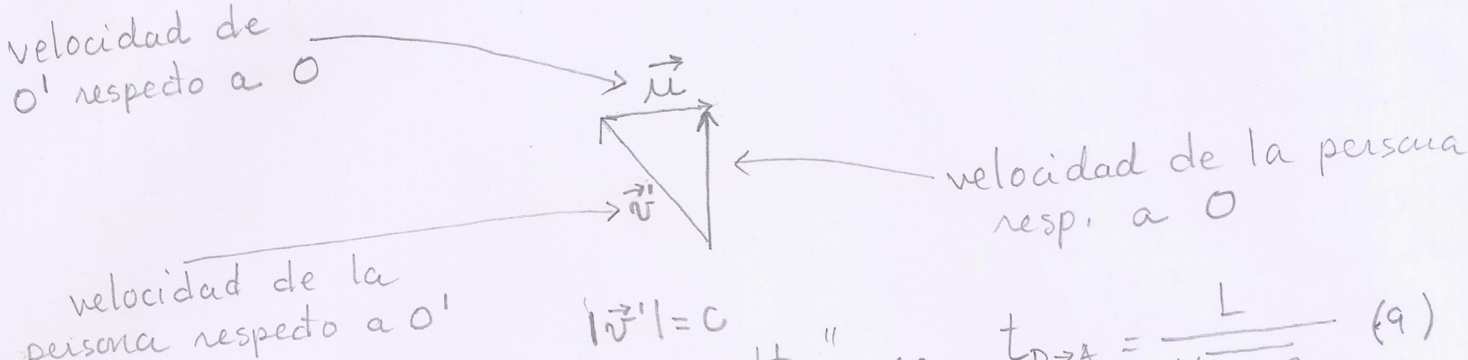
En la figura también se muestra un pto. D fijo al piso
del aeropuerto que según O está a una distancia L
del pto. A. Si una persona quiere ir caminando sobre
la plataforma móvil en una trayectoria vertical (según
el observador O) de A a D, ¿Qué tiene que hacer
para no dejarse arrastrar (hacia la derecha) por la
plataforma móvil? Debe compensar la velocidad
de "arrastre" $\vec{\mu}$ de la plataforma. ¿Cómo? Teniendo
una componente horizontal de su velocidad (respecto a O)
igual a cero. ¿Cómo puede hacer esto? Caminando
hacia la izquierda (con respecto a O') con una velocidad $\vec{v}'$ cuya
componente horizontal sea igual a $-\vec{\mu}$, como se muestra en
la figura. (La magnitud de $\vec{v}'$ "sigue siendo" igual a $c$)




De la figura se concluye que la componente vertical de
la velocidad de la persona resp. a O' es igual a la
velocidad de la persona respecto a O. No existe componente
horizontal de la velocidad medida por O, porque O "ve"
a la persona moviéndose a lo largo de una trayectoria
vertical. La magnitud de la velocidad de la persona
respecto de O es $\sqrt{c^2-\mu^2}$ y el tiempo que tarda en
atravesar la plataforma en sentido $A \to D$ es $t_{A\to D} = \dfrac{L}{\sqrt{c^2-\mu^2}}$

(8)

Para el "viaje de regreso" de D a A, la composición de velocidades es como se muestra




$|\vec{v}'| = c$

De nuevo, el "tiempo de vuelta" (medido por O) es $t_{D\to A} = \dfrac{L}{\sqrt{c^2-\mu^2}}$ (9)

El tiempo de "ida y vuelta" atravesando la plataforma móvil es

$$t_{A\to D\to A} = \frac{2L}{\sqrt{c^2-\mu^2}} = \frac{2L}{c}\,\frac{1}{\sqrt{1-(\mu/c)^2}} \qquad (10).$$

Un resultado importante de este problema, es que basados en las transformaciones Galileanas, el tiempo de ida y vuelta a lo largo del recorrido paralelo a la plataforma ($t_{A\to B\to A}$) es distinto que el tiempo de ida y vuelta a lo largo del recorrido perpendicular a la plataforma ($t_{A\to D\to A}$).

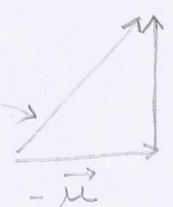
Variante del Ejemplo 2.3. Krane


← $\vec{u}$ = velocidad de la plataforma respecto al observador O

Puntos A, B y C fijos con resp. al observador O.

Caminata A→B→A vista por el observador O' (fijo a la plataforma móvil; fijo al "éter"):

✓ Se supone que O' se encuentra frente al pto. A al comienzo de la caminata y por lo tanto ve a A moverse hacia su derecha con una componente horizontal de velocidad $-\vec{u}$




comp. vertical de la velocidad de la persona con resp. a O'

velocidad de la persona con respecto a O' = $\vec{C}$ = "velocidad de la luz con resp. al eter"

comp. horiz. de la velocidad de la persona con resp. a O'

Trayectoria medida por O'