Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Departamento de Física

FI34A-03 Física Contemporánea

Pauta Ejercicio 1

Profesor: **Sebastián López**
Auxiliares: Andrés Guzmán
Pablo Castellanos

3 de Agosto de 2007

1. En el experimento de Michelson & Morley, calcule la diferencia de tiempo Δt en el arribo de la señal luminosa que uno esperaría entre la trayectoria paralela y la transversal al movimiento del observador, si se cumpliese la suma de velocidades de Galileo (es decir, el mismo cálculo hecho en clases en la analogía de los nadadores, pero esta vez los nadadores son haces de luz, y la corriente se produce por el movimiento de la Tierra con respecto a un sistema de referencia cualquiera).

   (a) **(3 puntos)** Use w como la distancia entre a y b, y entre a y c (ver figura), v como velocidad del observador, y c como la velocidad de la luz, para determinar una expresión para Δt a primer orden en $(v/c)^2$. [Hint: $(1+x)^\alpha \approx (1+\alpha x)$]

   ——— ∘ ———

   Asumiendo que una de las trayectorias es paralela al movimento del éter y la otra perpendicular, más el hecho de que la luz se mueve a velocidad constante c con respecto al éter, tenemos que:

   i. Paralela (Trayectoria asumida $s-a-c$): La velocidad de los rayos de luz es $c-v$ cuando van en la misma dirección que el observador; y $c+v$ cuando van en la dirección opuesta. El tiempo total ida y vuelta será:

   $$t_{||} = \frac{\omega}{c+v} + \frac{\omega}{c-v} = \frac{2\omega c}{c^2-v^2} \quad (1)$$

   ii. Perpendicular $(d-a-b)$: Los rayos tuvieron que ser enviados de manera oblicua para que siguieran la trayectoria $d-a-b$, pues si no el movimiento del éter los desviaría. La velocidad con la cual viajan en la trayectoria perpendicular a la "corriente " de éter es entonces $\sqrt{c^2-v^2}$, tanto de ida como de vuelta:

   $$t_{\perp} = 2\frac{\omega}{\sqrt{c^2-v^2}} \quad (2)$$

Entonces:

$$\begin{aligned}
\Delta t = \frac{2\omega c}{c^2 - v^2} - \frac{2\omega}{\sqrt{c^2 - v^2}} &= \frac{2\omega}{c}\left(\frac{1}{1-(v/c)^2} - \frac{1}{\sqrt{1-(v/c)^2}}\right) \\
&\approx \frac{2\omega}{c}\left(\left(\frac{v}{c}\right)^2 - \frac{1}{2}\left(\frac{v}{c}\right)^2\right) \\
&= \frac{\omega}{c}\left(\frac{v}{c}\right)^2
\end{aligned} \tag{3}$$

(b) **(1.5 puntos)** Evalúe Δt numéricamente (en segundos) si el sistema de referencia es uno de los satélites del sistema *GPS*, y el observador está dentro de un avión a punto de despegar desde un aeropuerto en la Tierra. Use $w = 300$ km como distancia entre el avión y el satélite y $v = 30$ km s^{-1} como la velocidad de la Tierra con respecto al satélite.

——— o ———

Como se vio en la parte a), las erróneas diferencias de tiempo derivadas de considerar correcciones clásicas (no relativistas) en la velocidad de la luz lleva en este caso , con $w = 300$ km y $v = 30$ km s^{-1} a:

$$\Delta t \approx \frac{\omega}{c}\left(\frac{v}{c}\right)^2 = 10^{-11}\,[\text{seg}] \tag{4}$$

(c) **(1.5 puntos)** En base al resultado anterior, comente *en un máximo de tres líneas* por qué sería tan riesgoso en aeronáutica el no hacer correcciones relativistas.

——— o ———

La luz alcanza a recorrer 3 mm en el Δt calculado, que corresponden a 3 mm de error en la determinacion de la posición por un GPS. Este retraso (o adelanto) sistemático se sumará cada vez que una aeronave consulte el satélite, pudiendo generar a la larga errores globales peligrosos. Más aún, se trata de un límite inferior puesto que las distancias típicas a los satélites geoestacionarios pueden ser del orden de 30000 kms.