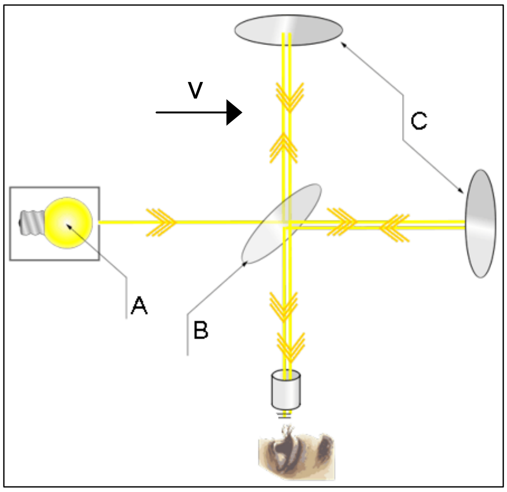
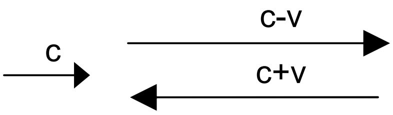


El interferómetro de Michelson consta de un espejo semiplateado B (que deja pasar la mitad de la luz y refleja la otra mitad), sobre el que incide un haz de luz procedente de A. La mitad de la luz atraviesa el espejo sin desviarse, llega al espejo superior C, se refleja en él y, tras llegar nuevamente al espejo semiplateado, se refleja y llega al ojo del observador.

La otra mitad del rayo incidente se refleja en el espejo semiplateado y alcanza el espejo de la derecha, reflejándose. Tras atravesar el espejo central llega al ojo del observador produciéndose la superposición de ambos rayos. Como consecuencia, se observará una figura de interferencia que variará dependiendo del desfase de los rayos incidentes.

Si suponemos que la luz procede de una estrella y que el eje horizontal del aparato coincide con la dirección del movimiento de la Tierra alrededor del Sol cuando está alejándose de la estrella ($v = 3\ 10^{4}$ m/s), según la física clásica la luz se mueve respecto del éter con una velocidad c, por tanto deberíamos de observar que cuando la luz va hacia el espejo C (eje horizontal) viaja con una velocidad c -v y cuando regresa lo hace con una velocidad c+v:



Por tanto podemos calcular el tiempo invertido en llegar al espejo C y volver al espejo B (que llamaremos t_H) que están separados una distancia L:

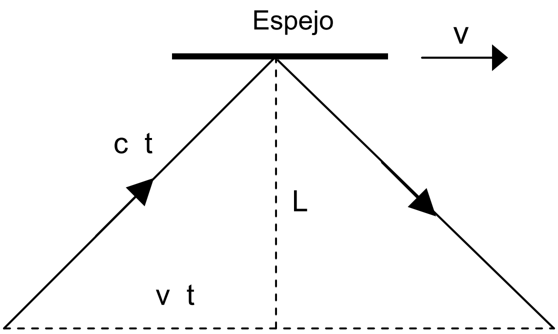
$$\left.\begin{aligned} t_{ida} &= \frac{L}{c-v} \\ t_{vuelta} &= \frac{L}{c+v} \end{aligned}\right\} t_H = \frac{L}{c-v} + \frac{L}{c+v} = \frac{2Lc}{c^2-v^2} = \frac{2L\cancel{c}}{c^{\cancel{2}}\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)} = \frac{2L}{c\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)} = \frac{2L}{c}\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{-1}$$

Teniendo en cuenta que: $(1+x)^n \approx 1+nx \quad \text{para } x << 1$

Podemos escribir:

$$\boxed{t_H = \frac{2L}{c}\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{-1} \approx \frac{2L}{c}\left(1+\frac{v^2}{c^2}\right)}$$

Considerando ahora lo que sucede en el eje perpendicular al movimiento, vemod que la luz tarda en ir y regresar al espejo C un tiempo t_V:



$$c^2t^2 = L^2 + v^2t^2 \; ; \; t^2(c^2-v^2) = L^2 \; ; \; t = \frac{L}{\sqrt{c^2-v^2}}$$

$$t_v = 2t = \frac{2L}{\sqrt{c^2-v^2}}$$

$$t_v = \frac{2L}{\sqrt{c^2-v^2}} = \frac{2L}{c\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{2L}{c}\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}}$$

Teniendo en cuenta que: $(1+x)^n \approx 1+nx \quad \text{para } x << 1$

$$\boxed{t_V = \frac{2\,L}{c}\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}} \approx \frac{2\,L}{c}\left(1+\frac{v^2}{2c^2}\right)}$$

Llegamos a la conclusión de ***que el tiempo invertido no es el mismo*** y la luz que realiza el recorrido según el eje horizontal invierte más tiempo que la luz que se refleja en el espejo situado en el eje vertical. La diferencia en tiempo es:

$$\Delta t = t_H - t_V = \frac{2\,L}{c}\left(1+\frac{v^2}{c^2}-1-\frac{v^2}{2c^2}\right) = \frac{2\,Lv^2}{c^3}$$

$$\boxed{\Delta t = \frac{2\,Lv^2}{c^3}}$$

Como el rayo que se propaga según el eje horizontal se "retrasa" respecto del que viaja según el eje vertical llegarán a la ojo del observador con una fase diferente lo que provocará la aparición de una figura de interferencia.

Debemos de ser conscientes de que la diferencia en tiempo es muy pequeña. Por ejemplo para el interferómetro original de Michelson (L = 1,2 m), tendríamos:

$$\Delta t = \frac{2\,Lv^2}{c^3} = \frac{2\,.1{,}2\,m\ \ (3\,10^4)^2\,\frac{m^2}{s^2}}{(3\,10^8)^3\,\frac{m_3}{s^3}} = 4\,10^{-17}\,s$$

En el experimento, llevado a cabo por Michelson en 1881, no se observó figura de interferencia alguna por lo que habría de concluirse que la velocidad de la luz no dependía del movimiento del observador respecto de la fuente, a pesar de lo que establecía la física clásica.

En 1887 Michelson repitió el experimento con Morley mejorando algunos aspectos, entre ellos el aumento del trayecto seguido por la luz que ahora llegaba a ser de unos 11 m gracias a una serie de reflexiones múltiples. En este nuevo intento tampoco se observó la figura de interferencia esperada. Desde entonces el experimento ha sido repetido varias veces dando siempre resultados negativos.