Introducción a la Física Moderna - Edición 2024

Práctico 1: Relatividad Galileana

Ejercicio 1. Una persona corre paralelamente a la vía del tren a $5\,\mathrm{m/s}$ cuando los frentes de dos trenes se cruzan frente a él. Uno de ellos viaja a $20\,\mathrm{m/s}$ en el mismo sentido, y el otro a $38\,\mathrm{m/s}$ en sentido opuesto. ¿A qué velocidades percibe que viajan cada uno de los trenes? ¿Qué velocidades miden para el corredor y para el otro tren pasajeros que viajan en ellos en reposo? ¿A qué velocidad debería correr para verlos pasar con velocidades opuestas?

Ejercicio 2. Obtenga la ley Galileana de adición de velocidades mostrando que la composición de dos transformaciones de Galileo (TG) es otra transformación de Galileo.

Ejercicio 3. Se dice que una magnitud física es *invariante* ante una transformación si su valor se mantiene incambiado al aplicar dicha trasformación. En particular, denominaremos *invariantes Galileanos* a aquellas cantidades que, en el marco de la física clásica, adoptan el mismo valor en todos los referenciales inerciales (es decir, al aplicar transformaciones de Galileo con velocidades arbitrarias a un referencial inercial). La hipótesis de partida de la mecánica de Newton es que la masa y el tiempo son invariantes Galileanos. Asumiendo lo anterior, investigue cuáles de las siguientes cantidades también lo son, justificando claramente su respuesta: i) posición; ii) distancia entre dos puntos; iii) intervalo temporal; iv) velocidad; v) aceleración; vi) fuerza; vii) torque de una fuerza; viii) momento lineal; ix) momento angular; x) energía cinética.

Ejercicio 4. El principio de relatividad de Galileo establece que las leyes de la Física (concepto que, en épocas de Galileo, abarcaba sólo la mecánica pre-Newtoniana) son las mismas en todos los referenciales inerciales. Por extensión del concepto de *cantidad invariante* definido en el ejercicio anterior, diremos que el principio afirma que las leyes de la física son invariantes respecto a TG.

(a) Reflexione sobre los dos sentidos en los que se utiliza la palabra *invariante* en el texto anterior. ¿Son las cantidades que figuran en una ley invariante necesariamente invariantes? Justifique.

(b) Demuestre que la ley de conservación del momento lineal es invariante ante TG.

(c) Demuestre que el teorema de la energía: $P_{\vec{F}_{neta}} = dK/dt$, donde K es la energía cinética, es invariante ante TG.

Nota: Formalmente, se dice que las ecuaciones son *covariantes*, reservándose el término *invariante* para las cantidades físicas.

Ejercicio 5. Considere un bloque de masa m que se mueve sobre un plano horizontal liso bajo la acción de un resorte lineal de constante k y longitud natural nula. El otro extremo del resorte está unido a un punto P que permanece fijo en el referencial S. Todo el sistema se encuentra inmerso en un medio viscoso tal que el coeficiente de viscosidad para la masa es b (se asume que la fuerza viscosa es proporcional a la velocidad relativa al medio viscoso).

(a) Obtenga la ecuación de movimiento de la masa en el referencial S.

(b) Muestre que dicha ecuación permanece invariante ante TG cuya velocidad es paralela al plano del movimiento.

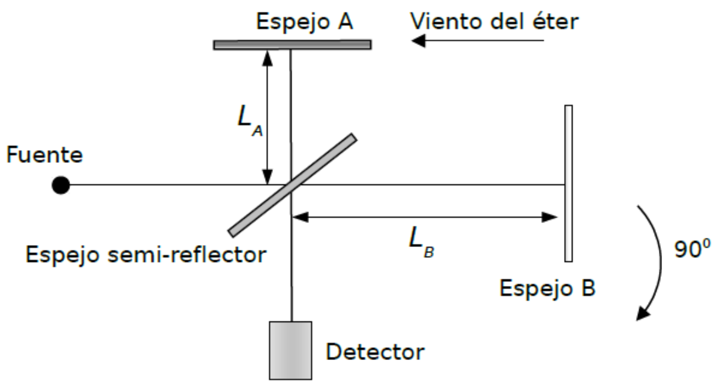
Ejercicio 6. Muestre que la ecuación de las ondas electromagnéticas no es invariante ante TG. Explique cómo este hecho condujo a los científicos de la época a adoptar la hipótesis sobre la existencia del éter.

Ejercicio 7. La figura muestra un interferómetro de Michelson orientado con un brazo paralelo al supuesto viento de éter.

(a) Mostrar que si el aparato es rotado 90º, el corrimiento de franjas asociado al patrón de interferencia observado corresponde, a primer orden en $(v/c)^2$, a

$$\Delta N = \frac{v^2}{\lambda c^2}\,(L_A + L_B)$$

(b) En el experimento original, los brazos del interferómetro medían 11m y se utilizó luz de sodio ($\lambda = 590\text{nm}$). El interferómetro podía revelar un corrimiento mínimo de 0.005 franjas. ¿Qué rango de velocidades de la Tierra respecto al éter arrojarían un resultado nulo en el experimento? Compare con la velocidad orbital de la Tierra, $v_{orbital} = 3 \times 10^4\text{m/s}$, y extraiga conclusiones.

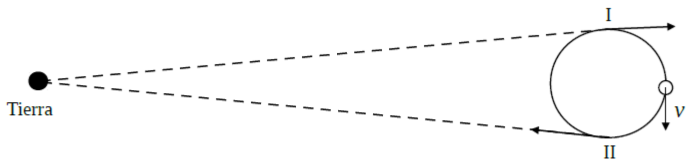


Ejercicio 8. La *teoría de emisión*, o también denominada *teoría balística de la luz* es una teoría que compitió con la relatividad de Einstein en brindar una explicación sobre el resultado negativo del experimento de Michelson- Morley. La teoría asume también el Principio de Relatividad, pero propone que la luz en cierto marco de referencia es emitida con velocidad c *relativa a la fuente que la produce*.

(a) Argumente cómo esta hipótesis explicaría el resultado negativo observado en el experimento de Michelson - Morley.

Una estrella de un sistema binario se desplaza en una trayectoria circular con rapidez uniforme v. Considere dos posiciones: en (I), la estrella se aleja de la Tierra a lo largo de la recta que las une, y en (II), la estrella se acerca a la Tierra a lo largo de la recta que las une (ver figura). El período orbital de la estrella es T y su distancia a la Tierra es l. Supongamos que l es lo suficientemente grande de modo que las posiciones (I) y (II) pueden considerarse diametralmente opuestas.

de la órbita.



(b) Asumiendo que la teoría de emisión es correcta, calcule el tiempo $\Delta t_{I\to II}$ transcurrido para un observador en la Tierra desde que ve a la estrella en la posición (I) hasta que la percibe en la posición (II). ¿Cuánto vale $\Delta t_{II\to I}$?

(c) Explique qué se observaría desde la Tierra si $\frac{T}{2} = \frac{2lv}{c^2 - v^2}$

Nota: Si bien en un principio esta teoría recibió más atención que la relatividad Einsteniana, ni el efecto analizado en este problema ni otras predicciones de la teoría balística han sido observados en la práctica, por lo que finalmente fue descartada.