

## Guía del experimento "Cinemática en un sistema de referencia inercial"

### A) Introducción al experimento

Dos carros están parados (sin movimiento) y apoyados uno contra el otro, pero no conectados entre sí. Pueden moverse sobre un riel de aire, lo que minimiza la fricción entre las superficies de contacto. En un momento dado, los carros se lanzan juntos por medio de una banda elástica unida al riel. A uno de ellos se le amarra una cuerda (considerada sin masa), que pasa por una polea y tiene un peso atado en el otro extremo, con el fin de acelerar este carro en la dirección opuesta a su movimiento inicial. Por lo tanto, después del lanzamiento, solo el otro carro continúa con movimiento uniforme.

El objetivo de este experimento es determinar las aceleraciones del carro con la cuerda y peso desde diferentes sistemas de referencia -el del laboratorio y el del carro que se mueve a velocidad constante- e investigar cómo se relacionan entre sí.

### B) Procedimiento de análisis

**B1.** Vea los vídeos del experimento en la pestaña <http://www.fep.if.usp.br/~fisfoto/traducción/cinRefIn/filmesequadros.php>. Observe que el carro rojo lleva una regla, y el carro amarillo, con la cuerda y el peso unidos, hace un movimiento de ida y vuelta. Preste atención al movimiento del carro amarillo y trate de describir como lo vería desde una cámara fija en el carro rojo.

Imagina el siguiente experimento. Estas en un autobús en movimiento uniforme cuando un automóvil, que se movía a la misma velocidad y en la misma dirección, comienza a frenar lentamente, sin girar. Un peatón, que está parado en la acera, también ve al automóvil y al autobús exactamente frente a él. Cuando el coche comienza a frenar, se aleja de ti con más lentitud que la velocidad con la que lo ve el peatón. Además, tú lo ves moverse hacia atrás, mientras que el peatón lo ve avanzar. Ambos participantes de la experiencia miden la aceleración de este automóvil al frenar, en relación con los lugares donde se encuentran: el autobús y la acera, respectivamente. Reflexiona sobre los valores de esta aceleración medidos en los dos sistemas de referencia y ***pregúntate si serán iguales o diferentes, y si las aceleraciones tendrán la misma dirección o no***. Esta pregunta no necesita ser respondida inmediatamente, pero se espera que induzca a la reflexión sobre el objetivo del experimento y sobre los resultados, a medida que se obtengan.

**B2.** Lee, en las imágenes del conjunto que se te ha asignado, las posiciones ( $x$ ) de los carros en cada instante ( $t$ ). Utiliza las letras I y D para identificar los carros que aparecen en la imagen en los lados izquierdo y derecho, respectivamente, y las letras L y D escritas entre paréntesis para los sistemas de referencia fijados al Laboratorio y al carro D. Construye una tabla con estos datos, en ambos sistemas de referencia, mide  $x_{I(L)}$ ,  $x_{D(L)}$ , y  $x_{I(D)}$ . Para ello, se recomienda seguir la posición del carro I en relación al Laboratorio,  $x_{I(L)}$ , por su esquina inferior derecha y, en relación al carro D,  $x_{I(D)}$ , por la aguja de la regla que está unida a I. La posición del carro D en relación con el laboratorio,  $x_{D(L)}$ , debe medirse por su esquina izquierda. Ignora la incertidumbre en el tiempo y evalúa  $\sigma_x$  como la mitad de la menor división que se puede leer con certeza en el instrumento de medida

de la posición. Ten en cuenta que  $\sigma_x$  es diferente para cada una de las referencias: la lectura en la cinta métrica es más precisa que en la regla adjunta al carro D. Anota las desviaciones estándar de las posiciones en la tabla.

Hay que tener en cuenta que el objetivo del estudio es relacionar el movimiento del carro I en dos sistemas de referencia: el del laboratorio  $x_{I(L)}$ , descrito por la coordenada medida en la cinta métrica del carril, y el fijo en el carro de la derecha  $x_{I(D)}$ , medido en la regla.

**B3.** Haz los gráficos de la posición en función del tiempo con los valores obtenidos en el ítem **B2**: las planillas de cálculo llaman a este tipo de gráfico, diagrama de *dispersión*. Los puntos deben sugerir curvas suaves. Si observas discrepancias, vuelve a leer esos puntos para confirmar o corregir los valores.

**B4.** La velocidad media en un intervalo de tiempo  $[t_{i-1}; t_{i+1}]$  es una buena aproximación de la velocidad en el instante medio  $t'_i = \frac{t_{i-1} + t_{i+1}}{2}$ . En este experimento, el intervalo de tiempo entre imágenes consecutivas es siempre el mismo, de modo que el instante promedio  $t'_i = t_i$ . Por lo tanto, calcula las velocidades de los carros con respecto al laboratorio,  $v_{I(L)}$  y  $v_{D(L)}$ , así como la velocidad del carro I con respecto al carro D,  $v_{I(D)}$ , con la fórmula genérica:

$$v(t_i) = \frac{x(t_{i+1}) - x(t_{i-1})}{t_{i+1} - t_{i-1}}$$

La notación  $x(t_i)$  corresponde a la posición en el momento  $t_i$ , únicamente, y no al producto de la posición por tiempo, así como  $x$  debe ser reemplazada por  $x_{I(L)}$ ,  $x_{D(L)}$  o  $x_{I(D)}$  según el caso de interés.

**B5.** Calcula la desviación estándar de cada una de las velocidades en el ítem anterior mediante la fórmula:

$$\sigma_v = \frac{\sqrt{2} \sigma_x}{t_{i+1} - t_{i-1}}$$

Con la misma expresión para todos los tiempos, ya que los intervalos entre imágenes sucesivas son los mismos para todos los instantes.

**B6.** Elaborar los gráficos de velocidad en función del tiempo con los valores obtenidos en el ítem **B4**. Agrega también las barras de incertidumbre (que Excel llama barras de error), cuyos tamaños deben coincidir con las desviaciones estándar del elemento anterior.

**B7.** Las líneas de tendencia se ajustan a los tres conjuntos de datos de velocidad por tiempo. Evalúa las desviaciones estándar de las aceleraciones como

$$\sigma_a = \frac{\sigma_v}{T} \sqrt{\frac{12}{N}}$$

donde  $N$  es el número de datos y  $T$  es la diferencia de tiempo entre la última y la primera imagen analizada. En el ítem 4.6 de la Guía de incertidumbre se explica el origen de esta

fórmula ([http://www.fep.if.usp.br/~fisfoto/guias/roteiro\\_incertezas\\_2015.pdf](http://www.fep.if.usp.br/~fisfoto/guias/roteiro_incertezas_2015.pdf)), pero en este informe no se centra en ello.

**B8.** Compara las aceleraciones del carro izquierdo en los dos sistemas de referencia y verifica que la aceleración del carro que transporta la regla móvil sea, dentro de las incertidumbres, compatible con cero.

### **C) Procedimiento para la elaboración del Informe**

**C1. Identificación:** incluye los nombres de todos los miembros del equipo, la clase y la identificación del conjunto de datos que han analizado.

**C2. Descripción experimental:** describe, con tus propias palabras, el aparato experimental: carros, cinta métrica, peso, etc., y sus respectivas características. Identifica los elementos del aparato experimental que corresponden a los componentes de interés del sistema. Comenta cómo se lanzaron los carros. Cuéntanos cómo los carros se mueven de la manera que ves en los videos e imágenes. Explica qué objetos y propiedades del conjunto de elementos permitieron obtener datos sobre las magnitudes físicas en las que se basó el análisis.

**C3. Valores obtenidos:** presenta una tabla con todas las cantidades medidas y calculadas (el tiempo, la posición de cada carro y sus velocidades en los dos sistemas de referencia). Presenta los gráficos en el ítem **B3** y escribe si la curva insinuada por cada conjunto de puntos es una línea, una parábola u otro tipo de curva.

**C4. Resultados obtenidos.** Presenta los gráficos del ítem **B6**. Destaca los resultados obtenidos para las aceleraciones en los dos sistemas de referencia, de los ítems **B7** y **B8**. Verifica que las cantidades estén en las unidades correctas y representadas con un número apropiado de dígitos significativos.

**C5. Discusión:** Explica cómo una aceleración siempre en la misma dirección, produce el movimiento de ida y vuelta del carro I. Compara los gráficos obtenidos y, en base a esto, responde la pregunta motivadora del ítem **B1**. Confirma la interpretación de estos gráficos comparando las aceleraciones medidas en los dos sistemas de referencia usados (Laboratorio y carro D). ¿Podrías llegar a esta conclusión analizando los gráficos de posición por de tiempo y siguiendo el mismo razonamiento que en el ítem **B8**?

**C6. Conclusión.** ¿Cuál es el concepto, la ley física o el tema que se aborda en la teoría que se pretende demostrar con este experimento?