

Experimento “Velocidad Relativa (Locomotor)” Guia de la 1ª Parte – Sistema de referencia del Laboratorio

A) Introducción

Una locomotora de madera parte del reposo y gana velocidad al ser suelta desde la parte superior de una rampa. En un cierto lugar de su trayecto hay un túnel y, justo antes de atravesarlo, una esfera es lanzada hacia arriba, desde la chimenea. La esfera contornea el túnel, mientras que locomotora pasa por dentro e instantes después la esfera cae dentro de la chimenea siguiendo ambos, locomotora y esfera, la trayectoria sobre la vía. El experimento consiste en estudiar los movimientos de la locomotora, de la esfera, así como el vínculo que existe entre ambos.

El experimento tendrá dos etapas, el objetivo de esta primera consiste en analizar los movimientos de la locomotora y de la esfera desde el *sistema de referencia del laboratorio*, buscando comprender porque la esfera cae dentro de la chimenea después de contornear el túnel.

B) Procedimiento de análisis

B1. Observa atentamente el video del experimento; presta especial atención a los movimientos tanto de la locomotora como de la esfera. Reflexiona sobre los siguientes puntos:

- i. ¿Qué tipo de movimiento tienen en común la locomotora y la esfera?
- ii. ¿A alguno de esos movimientos se le puede atribuir el efecto de una aceleración? En caso afirmativo, identifica cual es y describe el vector aceleración.

B2. Observa los cuadros de la situación que te fue atribuida. El cuadriculado de fondo posee líneas horizontales y verticales de color rojo, formando cuadrados de 2 cm de lado y otras de color azul, formando cuadrados de 10 cm de lado, para facilitar y agilizar el proceso de medida. Adopta un punto del cuadriculado como origen del sistema de coordenadas cartesianas.

Elige algún punto del *borde de la esfera* para adoptar como referencia al medir sus posiciones; confecciona una tabla, asociando a cada cuadro i el instante de tiempo t_i las posiciones horizontal $x_{(e,L)}(t_i)$ y vertical $y_{(e,L)}(t_i)$ de la esfera (e) para el sistema de referencia del laboratorio (L).

Elige un punto del *borde de la chimenea de la locomotora* para adoptar como referencia, en la medida de sus posiciones. Adiciona una columna a la tabla donde será registrada cada posición horizontal $x_{(T,L)}(t_i)$ de la locomotora (T) en el sistema de referencia del laboratorio (L) asociados a los respectivos instantes de tiempo t_i .

Adopta 2 mm como incerteza para las posiciones horizontal y vertical, $\sigma_x = \sigma_y = 0,2 \text{ cm}$ y desprecia la incerteza del tiempo.

B3. Construye, en un *único sistema de ejes cartesianos ortogonales*, los gráficos de las posiciones horizontales de la esfera y de la locomotora en función del tiempo, e interpreta su comportamiento. Construye un nuevo gráfico, con la posición vertical de la esfera en función del tiempo e interpretalo. No te olvides de adicionar las respectivas barras de error de cada punto.

B4. A partir de la tabla del ítem B2, calcula las componentes de la velocidad media de la esfera y de la locomotora para los intervalos de tiempo $[t_{i-1}; t_{i+1}]$, en el *sistema de referencia del laboratorio*, que son dadas por:

$$\bar{v}_{x[t_{i-1};t_{i+1}]} = \frac{x(t_{i+1}) - x(t_{i-1})}{t_{i+1} - t_{i-1}} \quad (1)$$

$$\bar{v}_{y[t_{i-1};t_{i+1}]} = \frac{y(t_{i+1}) - y(t_{i-1})}{t_{i+1} - t_{i-1}} \quad (2)$$

donde x , y y t corresponden, respectivamente, a las posiciones horizontal ($x_{(e,L)}$ o $x_{(T,L)}$), vertical ($y_{(e,L)}$) y al instante de tiempo, mientras que \bar{v} simboliza a velocidad media lineal e i el número del cuadro en cuestión. Nota que no poseemos datos para calcular la velocidad vertical de la locomotora, ya ella se mueve apenas en forma horizontal.

Atención: ¡La notación $x(t_{i+1})$ en la fórmula, expresa la posición horizontal de la esfera o de la locomotora en el instante de tiempo t_{i+1} , y no el producto de la posición por el instante de tiempo!

B5. Como el intervalo de tiempo $[t_{i-1}; t_{i+1}]$ es pequeño, suponemos:

$$v_x(t'_i) \approx \bar{v}_{x[t_{i-1}; t_{i+1}]} \quad (3)$$

$$v_y(t'_i) \approx \bar{v}_{y[t_{i-1}; t_{i+1}]} \quad (4)$$

La velocidad media en ese intervalo de tiempo es, con buena aproximación, igual a la velocidad instantánea en el instante medio t'_i , dado por:

$$t'_i = \frac{t_{i-1} + t_{i+1}}{2} \quad (5)$$

Observa que como los instantes de tiempo demarcados en los cuadros son equidistantes entre si, $t'_i = t_i$ para todos os i posibles (no es posible estimar la velocidad en el primero ni en no último cuadro).

B6. Construye un gráfico con os valores de las velocidades instantáneas deducidas en los ítems B4 y B5 en función de los instantes medios. Interpreta esos gráficos. No te olvides de incluir las respectivas barras de error, acuérdate que las incertezas de las componentes de la velocidad son dadas por:

$$\sigma_{v_x} = \frac{\sqrt{2} \sigma_x}{t_{i+1} - t_{i-1}} \quad (6)$$

$$\sigma_{v_y} = \frac{\sqrt{2} \sigma_y}{t_{i+1} - t_{i-1}} \quad (7)$$

Dado que $\sigma_x = \sigma_y = 0,2 \text{ cm}$ y $t_{i+1} - t_{i-1}$ s es constante, ya que los cuadros son equidistantes entre si, todos los puntos de velocidad tendrán un mismo valor de error asociado.

Hasta aquí debes haber construido una tabla *semejante* a esta:

Tabla 1. Modelo de tabla para el análisis del problema en el sistema de referencia del laboratorio.
 La columna del instante medio fue omitida, ya que $t'_i = t_i$ para todo i .

t (s)	Esfera					Locomotora		Incertezas		
	$x_{(b,L)}$ (cm)	$y_{(b,L)}$ (cm)	$v_{x(b,L)}$ (cm/s)	$v_{y(b,L)}$ (cm/s)		$x_{(T,L)}$ (cm)	$v_{x(T,L)}$ (cm/s)	σ_t (s)	$\sigma_x = \sigma_y$ (cm)	$\sigma_{v_x} = \sigma_{v_y}$ (cm/s)
###	###	###				###		0	###	###
###	###	###	###	###		###	###			
###	###	###	###	###		###	###			
###	###	###	###	###		###	###			
###	###	###				###				

B7. Ajusta una línea de tendencia al gráfico de velocidad vertical de la esfera en función del instante medio, construido en el ítem B6, y a partir da ecuación de la recta dada por el programa utilizado, identifica e

interpreta su coeficiente angular α . Calcula la incerteza de ese coeficiente angular α a partir de la siguiente ecuación:

$$\sigma_{\alpha} = \frac{\sigma_{v_y}}{T} \sqrt{\frac{12}{N}} \quad (8)$$

donde σ_{v_y} fue calculada en el ítem B6 (Ecuación 7), T es el intervalo de tiempo total del gráfico de velocidad vertical de la esfera y N es el número de puntos de dicho gráfico.

De las Ecuaciones 6 y 7 se deduce la Ecuación 8 que está en la guía [Roteiro de Cálculo de Incertezas](#), secciones 3.3 y 4.6.

B8. Calcula la media de las velocidades horizontales de la esfera y de la locomotora, así como sus incertezas, a partir de las siguientes ecuaciones:

$$\langle v_x \rangle = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (v_x)_j \quad (9)$$

$$\sigma_{\langle v_x \rangle} = \frac{\sigma_{v_x}}{\sqrt{N}} \quad (10)$$

donde v_x fue calculada en el ítem B5, Ecuación 3, σ_{v_x} calculada en el ítem B6, Ecuación 6 y N es el número de puntos de cada uno de los gráficos de velocidad horizontal construidos en el ítem B6.

Compara os resultados obtenidos de $\langle v_x \rangle_{(e,L)}$ y $\langle v_x \rangle_{(T,L)}$, reflexiona si los mismos eran los esperados y trata de encontrar una explicación al hecho de la esfera caer dentro de la chimenea después de contornear el túnel.

C) Procedimiento de elaboración de informe

En esta etapa de análisis del experimento debes determinar las componentes de las velocidades de la esfera y de la locomotora, construir los gráficos e interpretarlos. Debes entregar un informe sintético con los resultados experimentales. Un informe final será hecho a partir de lo obtenido con la 2ª Parte del experimento, cuando haremos un análisis más amplio del sistema estudiado.

Sugerimos que el informe de esta primera parte contenga las secciones indicadas abajo:

C1. Identificación: incluye nombre, grupo e identifica el conjunto de datos (situación) que te fue asignada.

C2. Datos Obtenidos: transcribe la tabla solicitada en el ítem B2, diseña los gráficos del ítem B3 e interpreta los resultados. Verifica si has expresado los valores de las diferentes magnitudes en las unidades apropiadas, así como si el número de cifras significativas es el adecuado, incluye las barras de error en todos los gráficos.

C3. Análisis de Datos: transcribe la tabla que has obtenido de el ítem B2 al ítem B6, tomando como ejemplo la Tabla 1. Incluye también los gráficos solicitados en el ítem B6, e interpreta los resultados. Verifica si has expresado los valores de las diferentes magnitudes en las unidades apropiadas, así como si el número de cifras significativas es el adecuado, incluye las barras de error en todos los gráficos.

C4. Discusión y Conclusión: incluye el gráfico con el ajuste descrito en el ítem B7, el valor encontrado del coeficiente angular de la recta ajustada, así como su error; interpreta esos resultados. Expresa los valores medios de velocidad horizontal y sus respectivos errores, obtenidos en el ítem B8; interpreta esos resultados. Responde las preguntas de reflexión enunciadas en el ítem B1.