

## Guía do experimento “Colisiones bidimensionales” – Parte 1

### A) Introducción

Observaremos el movimiento de discos que chocan al deslizar sin rozamiento sobre una mesa de aire. La experiencia será analizada en dos partes. En la primera mediremos la evolución de la posición de los discos a lo largo del tiempo y analizaremos el comportamiento de la cantidad de movimiento lineal total y la del centro de masa del sistema de dos discos.

### B) Procedimiento de análisis

B1. Elige **un punto**,  $O$ , del cuadrículado, que represente el origen del sistema de referencia y define tu sistema de ejes cartesianos ortogonales  $xOy$ . Ese sistema de referencia no deberá ser alterado a lo largo de todo el análisis.

B2. Construye una tabla con las posiciones  $(x_i, y_i)_i$  y  $(x_d, y_d)_i$  de los centros geométricos de los dos discos (donde los subíndices “ $i$ ” y “ $d$ ” identifican el disco que se ve en los cuadros a la izquierda y a la derecha, respectivamente) y el instante  $t_i$  de los cuadros analizados. El cuadrículado de la mesa posee líneas de 0,5 cm de lado, por lo tanto, la incerteza en las posiciones puede ser evaluada en 0,2 cm. La incerteza del tiempo puede ser ignorada.

B3. Considerando que el centro geométrico de los discos son sus centros de masa, adiciona dos columnas a la tabla, para las posiciones  $(x_{CM}, y_{CM})_i$  del centro de masa del sistema a cada instante  $t_i$ . Obtén también las incertezas de las coordenadas del centro de masa a partir de propagación de incertezas. La abscisa y la ordenada del centro de masa pueden obtenerse con:

$$x_{CM}(t_i) = \frac{m_e \cdot x_{e_i} + m_d \cdot x_{d_i}}{m_e + m_d} \quad (1)$$

$$y_{CM}(t_i) = \frac{m_e \cdot y_{e_i} + m_d \cdot y_{d_i}}{m_e + m_d} \quad (2)$$

donde  $m_i$  y  $m_d$  son las masas de los discos a la izquierda y a la derecha en los cuadros, respectivamente,  $x_{ii}$  y  $x_{di}$  son las abscisas y finalmente  $y_{ii}$  y  $y_{di}$  las ordenadas en los instantes  $t_i$ .

B4. Cuando se calcula numéricamente la derivada de una función, es más preciso considerar dos instantes diferentes de aquel de interés, uno antes y otro después. Por eso, precisaremos adicionar una columna a la tabla para el instante medio entre los cuadros elegidos para determinar a velocidad instantánea. Para un intervalo de tiempo cuyos extremos son los instantes  $t_{i+1}$  y  $t_{i-1}$ , o tempo medio será

$$\langle t \rangle_i = \frac{t_{i+1} + t_{i-1}}{2} \quad (3)$$

Observa que utilizamos un índice  $i$  para los instantes medios, mas, por la expresión anterior, tendremos un instante medio para cada par de instantes no consecutivos. Al final, obtendremos, a partir de  $n$  fotos de la situación analizada,  $n-1$  instantes medios definidos.

B5. Construye un gráfico con ejes  $x$  e  $y$  relacionados a las coordenadas de posición, incluye en el mismo las trayectorias de los dos cuerpos que chocan (conjuntos de  $n$  puntos  $(x_i, y_i)_{[1,n]}$  y  $(x_d, y_d)_{[1,n]}$ ) y la trayectoria del centro de masa (conjunto de  $n$  puntos  $(x_{CM}, y_{CM})_{[1,n]}$ ), no te olvides de graficar las barras de errores de cada coordenada para todos los casos.

B6. Considerando la velocidad media  $\bar{v}$  de cada uno de los discos en el intervalo de tempo  $[t_{i+1}; t_{i-1}]$  como siendo su propia velocidad instantánea en el instante medio de ese intervalo, adiciona dos pares de columnas a tabla ( $[(v_x, v_y)_i]_{[1,n]}$  e  $[(v_x, v_y)_d]_{[1,n]}$ ), de las componentes de las velocidades instantáneas de cada disco en las direcciones  $x$  e  $y$ , que son dadas por:

$$v_x(< t >_i) \approx \bar{v}_{x[t_{i+1}+t_{i-1}]} = \frac{x(t_{i+1}) - x(t_{i-1})}{t_{i+1} - t_{i-1}} \quad (4)$$

$$v_y(< t >_i) \approx \bar{v}_{y[t_{i+1}+t_{i-1}]} = \frac{y(t_{i+1}) - y(t_{i-1})}{t_{i+1} - t_{i-1}} \quad (5)$$

B7. Adoptando la velocidad media  $\bar{v}_{CM}$  del centro de masa del sistema en el intervalo de tiempo  $[t_{i+1}; t_{i-1}]$  como la velocidad instantánea en el instante medio de ese intervalo, adiciona dos columnas a la tabla, para las componentes de la velocidad en las direcciones  $x$  e  $y$ , que son dadas por:

$$v_{CM_x}(< t >_i) \approx \bar{v}_{CM_x[t_{i+1}+t_{i-1}]} = \frac{x_{CM}(t_{i+1}) - x_{CM}(t_{i-1})}{t_{i+1} - t_{i-1}} \quad (6)$$

$$v_{CM_y}(< t >_i) \approx \bar{v}_{CM_y[t_{i+1}+t_{i-1}]} = \frac{y_{CM}(t_{i+1}) - y_{CM}(t_{i-1})}{t_{i+1} - t_{i-1}} \quad (7)$$

B8. Con las componentes de las velocidades instantáneas del centro de masa del sistema, adiciona una columna a la tabla para el módulo de  $\bar{v}_{CM}$ ,  $|\bar{v}_{CM}|$ , de la velocidad del centro de masa para todos los instantes medios. Obtén también la incerteza en  $\bar{v}_{CM}$  a partir de la propagación de incertezas.

B9. Construye un gráfico del módulo de la velocidad instantánea del centro de masa del sistema en función del tiempo (o sea,  $(\bar{v}_{CM})_i$  en función de  $<t>_i$ ), no te olvides de las barras de errores de la velocidad. Una vez construido el gráfico, adiciona al mismo una línea de tendencias, para analizar el comportamiento temporal de la velocidad del centro de masa del sistema.

### C) Procedimiento de elaboración del informe

Entrega un informe con los siguientes ítems:

C1. *Introducción*: Elabora una introducción resumida que contenga el objetivo del experimento.

C2. *Descripción del experimento*: describe el aparato experimental de forma sintética; no dejes de mencionar los principales dispositivos e componentes utilizados así como sus características.

A lo largo del informe procura responder las siguientes preguntas:

<http://www.fep.if.usp.br/~fisfoto/>

a) Considerando el intervalo de tiempo comprendido entre el lanzamiento y la colisión de los discos, responda las siguientes preguntas, desde el punto de vista de un observador en el referencial laboratorio.

- i. ¿Cuáles son las fuerzas que actúan sobre los discos?
- ii. ¿Cuál es la naturaleza de esas fuerzas? (electromagnética, gravitacional, etc.)
- iii. ¿Cuáles son sus sentidos y direcciones?
- iv. ¿Qué podemos afirmar sobre sus módulos?
- v. ¿Cuál es la resultante de las fuerzas para las direcciones vertical y horizontal (esto es, en las direcciones paralela y perpendicular al sentido de desplazamiento de los discos)?
- vi. ¿Qué podemos concluir sobre el movimiento a partir de esas características?

b) Responda las siguientes preguntas, analizando la experiencia que durante el choque:

- i. ¿Qué tipo de fuerzas actúan?
- ii. ¿Aquellas que actuaban sobre los discos antes del choque dejaron de actuar, surgieron otras?
- iii. ¿Qué consecuencias cinemática y dinámica sobre el movimiento de los discos podemos extraer a partir de la colisión?

c) Después del choque,

- i. ¿El movimiento de los discos es parecido al que tenían previamente?
- ii. ¿Qué es diferente?
- iii. ¿Podrías elaborar una explicación sobre lo que ocurre?

**C3. Análisis de datos y resultados obtenidos:** Presenta los valores brutos extraídos del análisis inicial del conjunto de cuadros (tabla del ítem B2). Luego, exhibe las tablas construidas en los ítems B3, B6, B7 y B8 así como todos los gráficos construidos.

**C4. Conclusión:** vuelve a la introducción y trata de analizar el objetivo del experimento. Elabora un análisis retrospectivo del experimento, tratando de responder si el mismo alcanzó de forma satisfactoria los objetivos enunciados en la Introducción. Acuérdate de presentar las respuestas del ítem C2.