

Roteiro do experimento “Colisões bidimensionais” – Parte 1

A) Introdução ao Experimento

Acompanharemos o movimento de discos que deslizam sem atrito sobre uma mesa de ar e colidem. O experimento será analisado em duas partes. Nesta primeira parte, mediremos a evolução da posição dos discos ao longo do tempo e analisaremos o comportamento da quantidade de movimento linear total e o do centro de massa dos discos.

B) Procedimento de análise

B1. Escolha **um ponto**, O , do quadriculado demarcado na superfície da mesa como origem do seu sistema de referências em coordenadas cartesianas e defina seu sistema de eixos ortogonais xOy . Esse sistema de referência não poderá ser mudado ao longo de toda a análise.

B2. Construa uma tabela com as posições $(x_e, y_e)_i$ e $(x_d, y_d)_i$ dos centros geométricos dos dois discos (os subscritos “ e ” e “ d ” identificam o disco que se vê nos quadros iniciais à esquerda e à direita, respectivamente) a cada instante t_i demarcado nas fotos. O quadriculado da mesa é composto por pequenos quadrados de 0,5 cm de lado e, portanto, a incerteza nas posições pode ser avaliada em 0,2 cm. A incerteza no tempo pode ser ignorada.

B3. Considerando que o centro geométrico dos discos são seus centros de massa, adicione duas colunas à tabela, relativas às posições $(x_{CM}, y_{CM})_i$ do centro de massa do sistema a cada instante t_i marcado nas fotos. Obtenha também as incertezas nas coordenadas do centro de massa a partir da propagação de incertezas. A abscissa e a ordenada do centro de massa são dadas por:

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

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

em que m_e e m_d são as massas dos discos que inicialmente aparecem à esquerda e à direita dos quadros, respectivamente, x_{e_i} e x_{d_i} são as abscissas e y_{e_i} e y_{d_i} as ordenadas nos instantes t_i .

B4. Quando se calcula numericamente a derivada de uma função, é muito mais preciso considerar dois instantes diferentes daquele de interesse, um antes e outro depois. Por isso, precisaremos adicionar uma coluna à tabela relativa ao instante médio entre os quadros escolhidos para determinar a velocidade instantânea. Para um intervalo de tempo cujos extremos são os instantes t_{i+1} e t_{i-1} , o tempo médio será

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

Observe que utilizamos um índice i para os instantes médios, entretanto, pela expressão acima, teremos um instante médio para cada par de instantes não consecutivos. Ao final, obteremos, das n fotos da sua situação, $n-1$ instantes médios definidos.

B5. Construa um gráfico com eixos x e y relativos às coordenadas de posição, e inclua no mesmo as trajetórias dos dois corpos envolvidos na colisão (conjuntos de n pontos $(x_e, y_e)_{[1,n]}$ e $(x_d, y_d)_{[1,n]}$) e a trajetória do centro de massa (conjunto de n pontos $(x_{CM}, y_{CM})_{[1,n]}$), não esquecendo das barras de incerteza relativas a ambas as coordenadas em cada caso.

B6. Considerando a velocidade média \bar{v} de cada um dos discos no intervalo de tempo $[t_{i+1}; t_{i-1}]$ como sendo a sua própria velocidade instantânea no instante médio deste intervalo, adicione dois pares de colunas à tabela ($[(v_x, v_y)_e]_{[1,n]}$ e $[(v_x, v_y)_d]_{[1,n]}$), relativas às componentes das velocidades instantâneas de cada disco nas direções x e y , que são dadas, então, 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. Adotando a velocidade média \bar{v}_{CM} do centro de massa do sistema no intervalo de tempo $[t_{i+1}; t_{i-1}]$ como a velocidade instantânea no instante médio deste intervalo, adicione duas colunas à tabela, relativas às componentes da velocidade nas direções x e y , 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. Tendo as componentes das velocidades instantâneas do centro de massa do sistema em mãos, adicione uma coluna à tabela relativa ao módulo \bar{v}_{CM} da velocidade do centro de massa e calcule-o para todos os instantes médios. Obtenha também a incerteza em \bar{v}_{CM} a partir da propagação de incertezas.

B9. Construa um gráfico do módulo da velocidade instantânea do centro de massa do sistema em função do tempo (isto é, $(\bar{v}_{CM})_i$ em função de $< t >_i$), não esquecendo das barras de incerteza relativas à velocidade. Uma vez plotado o gráfico, adicione ao mesmo uma linha de tendência, para análise do comportamento temporal da velocidade do centro de massa do sistema.

C) Procedimento de elaboração do relatório

Entregue um relatório com os seguintes itens:

C1. *Introdução*: apresente uma introdução resumida contendo o objetivo do experimento.

C2. *Descrição do experimento*: descreva o arranjo experimental de forma sucinta, não deixando de mencionar os principais dispositivos e componentes utilizados assim como suas características.

Ao longo do desenvolvimento do relatório procure responder às seguintes questões:

a) Considerando o experimento no intervalo de tempo compreendido entre o lançamento e a colisão dos discos, mas sem incluir os extremos, responda às questões a seguir, do ponto de vista de um observador no laboratório.

- i. Quais são as forças que agem nos discos?
- ii. Qual a natureza dessas forças? (eletromagnética, gravitacional, etc.)
- iii. Quais são os sentidos e as direções delas?
- iv. O que podemos afirmar sobre seus módulos?
- v. Qual a resultante de forças nas direções vertical e horizontal (isto é, nas direções perpendicular e paralela ao plano do movimento, respectivamente)?
- vi. O que podemos concluir sobre o movimento a partir destes resultados?

b) Durante a colisão entre os discos, sabemos que forças internas agem de modo que o resultado da interação dos discos seja o que se vê nos vídeos. Em relação ao momento da colisão:

- i. As forças que agiam nos discos anteriormente à colisão deixam de agir?
- ii. Quais as consequências cinemática e dinâmica da colisão sobre o movimento dos discos?

c) Após a colisão, o movimento dos discos é parecido com o que acontecia antes da colisão? Ou é diferente? De que maneira? Por quê?

C3. *Análise de dados e resultados obtidos*: apresente os dados brutos extraídos da análise inicial do conjunto de fotos (tabela do item B2). Posteriormente, exiba as tabelas construídas nos itens B3, B6, B7 e B8 e todos os gráficos construídos.

C4. *Conclusão*: volte para a introdução e atente para o objetivo do experimento. Escreva uma análise retrospectiva do experimento, no sentido de responder se o mesmo atingiu de forma satisfatória aos objetivos enunciados na Introdução. Lembre-se de apresentar as respostas do item C2.