

Experimento 5

Colisões Bidimensionais

A dinâmica da colisão entre dois corpos em um plano aplica-se a fenômenos físicos que ocorrem constantemente à nossa volta, como os choques entre as moléculas do ar, e pode ser utilizada em interpretações simplificadas de alguns esportes como bilhar, golfe, tênis, voleibol, futebol, etc.

Os conceitos desenvolvidos neste experimento são muito importantes, pois se verificam as consequências das leis de conservação da quantidade de movimento linear total e da energia mecânica em sistemas físicos *reais*.

A partir da análise da energia cinética total dos corpos que colidem, é possível estabelecer se a colisão foi *elástica* ou *inelástica*, conforme a energia cinética do sistema seja ou não conservada, respectivamente, uma vez que a energia cinética de translação pode ser convertida em energia cinética de rotação ou vibração, energia térmica e, também, dissipada por deformações.

Os movimentos dos corpos em colisão são descritos frequentemente em um sistema de coordenadas fixo no centro de massa do sistema (CM). Uma das atividades, então, será a localização do CM e o estudo de algumas de suas propriedades.

Introdução

Nesta experiência, dois corpos deslizam quase sem atrito após um impulso inicial e colidem entre si. As trajetórias dos corpos são registradas com um faiscador ($\Delta t = 1/60$ s) em uma folha de papel presa em uma placa paralela ao plano do movimento dos corpos. As Figuras 1 e 2 ilustram o arranjo experimental. As grandezas de interesse são a energia cinética e a quantidade de movimento linear.

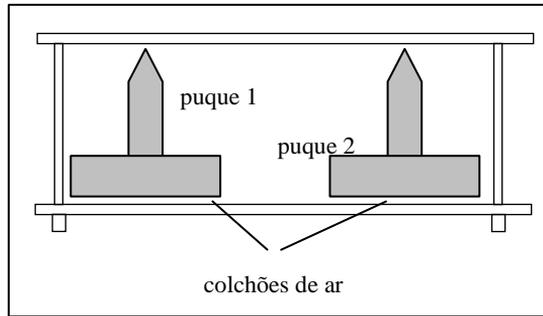


Figura 1: Puques sobre colchões de ar em mesa de vidro. Vista lateral.

Se o movimento ocorrer em um plano horizontal, isto é, se a mesa estiver perfeitamente nivelada, o peso do pique será compensado pela força normal, de modo que as forças resultantes nos dois puques serão iguais às forças de interação durante a colisão. No *sistema* formado pelos *dois* puques, a energia em jogo é a do movimento de translação, que pode ou não se conservar, conforme o tipo da colisão. Já a *quantidade de movimento linear* total do *sistema* se conserva, porque a resultante das forças externa é sempre nula.

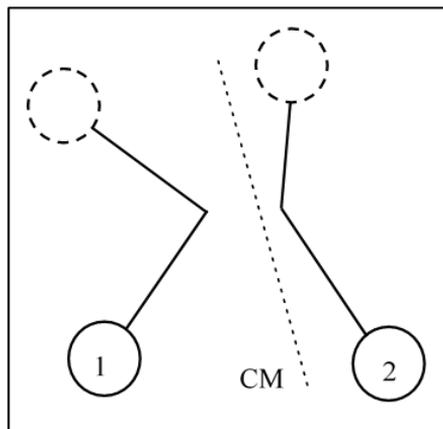


Figura 2: Colisão bidimensional e trajetória do centro de massa.

O *centro de massa* de um conjunto de pontos materiais é a coordenada (X_{CM} , Y_{CM} , Z_{CM}). Cada componente dessa coordenada é calculada por:

$$X_{CM} = \frac{\sum_i m_i X_i}{\sum_i m_i}$$

Definições análogas são feitas para os outros dois eixos. Ressalte-se que no cálculo de CM é necessário utilizar as coordenadas dos pontos materiais simultaneamente, isto é, no mesmo instante de tempo. O centro de massa move-se conforme as partículas que compõem o sistema se movem.

Procedimento Experimental

Neste experimento, representaremos grandezas físicas em uma folha de papel, de modo que necessitaremos um *lápiz* bem apontado ou uma lapiseira, além de uma *calculadora*, para efetuar as transformações de escala necessárias – não se esqueça de trazê-los para o laboratório.

1. Monte o arranjo experimental mostrado na Figura 1. Anote as massas dos puques, que já estão marcadas em cada um deles. Teste o arranjo algumas vezes *antes* de colocar (e desperdiçar!) o papel sensível, que deve ser preso *muito bem esticado*, com o lado sensível para fora. Arme o disparador dos puques e lance-os, mantendo o faiscador funcionando até que o primeiro deles bata na moldura da mesa.
2. Marque as direções iniciais dos movimentos dos puques no papel, bem como suas massas, de modo a identificar de quem é cada uma das trajetórias.

3. Transfira o registro das trajetórias para papel semitransparente vegetal, que aceita desenhos a lápis. *Todo o trabalho de análise deverá ser feito graficamente nessa folha semitransparente*, uma vez que o papel sensível não é adequado para esse tipo de tarefa, porque marca muito facilmente.
4. Identifique o par de marcas de faíscas mais próximo do ponto em que ocorreu a colisão. Calcule e desenhe a trajetória do centro de massa para os 13 instantes *antes* da colisão e mais outros 13, *depois*¹; não inclua o instante mais próximo da colisão em nenhum dos dois grupos (antes e depois). Note que cada par de marcas de faíscas, feitas simultaneamente pelos dois puques, pode ser ligada por uma reta, que serve de sistema de referência para as posições e o centro de massa. Quando a posição de um dos puques nessa reta é definida como a origem do sistema, sua coordenada vale 0, e fica mais fácil calcular o centro de massa pela equação citada no texto. Mesmo assim, você precisará usar a calculadora para determinar a posição do centro de massa ao longo dessa reta que une as posições dos dois puques.
5. Determine a velocidade de cada puke e do seu centro de massa imediatamente antes e imediatamente após a colisão; se você calcular a distância percorrida pela diferença de posição Δs relativa a 13 pontos (correspondente a 12 intervalos), a velocidade será dada pela expressão abaixo em cm/s quando Δs está em cm (não confunda s de espaço com s de segundo).

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{\Delta s}{12 \times \frac{1}{60} \text{ s}} = 5\Delta s$$

¹ O movimento mais longe do ponto da colisão tem mais chance de estar afetado pelos tubos de ar comprimido ou pelas forças de atrito, que *não* estamos levando em conta na análise e que podem desviar as trajetórias dos puques, que são supostas retilíneas e uniformes

6. Represente no papel os seis vetores velocidades (determinados no item anterior), numa escala em que 1 cm corresponde a 5 cm/s, de modo que os tamanhos das flechas que representam a velocidade e o deslocamento serão iguais.
7. Calcule as energias cinéticas dos dois puques e a energia cinética total antes e depois da colisão; a unidade mais conveniente neste caso é o joule.
8. Determine os vetores quantidade de movimento linear de cada puke depois e antes da colisão e represente-os por flechas no papel, em uma escala em que 1 cm corresponde a 0,05 kg·m/s. Some graficamente esses vetores para determinar as quantidades de movimento total antes e depois da colisão, e subtraia-os, para determinar os impulsos sobre os puques.
9. Determine os vetores quantidade de movimento linear do centro de massa antes e depois da colisão e represente-os por flechas, na mesma escala usada na etapa anterior.

Síntese

- a. Especificar os objetivos do trabalho prático.
- b. Descrever resumidamente com suas palavras o procedimento experimental.
- c. Especificar os resultados experimentais na folha de papel milimetrado – indique valores e incertezas dos deslocamentos, velocidades e quantidades de movimento.
- d. Discutir, com base nos *seus* dados e respectivas incertezas, tanto nos módulos das velocidades quanto nas direções dos vetores, se, na colisão:
 - i. houve conservação da quantidade de movimento total.
 - ii. os impulsos são opostos.
 - iii. há ou não conservação da energia cinética.
 - iv. a velocidade do centro de massa se mantém constante.
 - v. a quantidade de movimento do centro de massa (Mv_{CM}) é igual à soma das quantidades de movimento dos dois puques.
- e. Verifique que a quantidade de movimento vetorial total é zero no CM antes e depois da colisão. Note que, para um observador fixo no referencial do centro de massa, os dois puques devem se aproximar até o choque e depois se afastar, em trajetórias retilíneas.
- f. Verifique se seus dados experimentais estão de acordo com a previsão teórica que mostra que a energia cinética no sistema de laboratório é a soma da energia cinética de translação do centro de massa com as energias cinéticas dos corpos em relação ao sistema de centro de massa.