

Trabalho 3 – Estudo de choques num sistema de atrito reduzido

1. Objetivos teóricos

- Estudo de choques a uma dimensão: conservação da quantidade de movimento.
- Classificação dos choques em função do seu carácter elástico.

2. Objetivos técnicos

- Utilização de uma calha de ar: nivelamento da calha e do cavaleiro.
- Determinação do centro de massa de um corpo.
- Medição de velocidades com fotocélulas.

3. Introdução à experiência

A utilização de uma calha de ar apresenta duas vantagens importantes no estudo de choques : (i) serve para alinhar o movimento dos corpos de forma a que os choques se deem nas condições pretendidas de forma reprodutível e (ii) compensando o peso sem introduzir atrito apreciável garante que o movimento dos corpos se faz com velocidade constante antes e após o choque numa extensão suficiente para que as medidas da velocidade dos corpos sejam fáceis e precisas.

Há três aspetos técnicos importantes nesta experiência : nivelar a calha e o cavaleiro de forma a compensar o peso deste ; determinar a posição do centro de massa dos cavaletes para poder regular a posição dos batentes de forma a evitar que o choque provoque movimento de rotação dos cavaleiros ; melhorar a precisão da medição das velocidades.

O nivelamento da calha faz-se por meio de dois parafusos. É importante que a distribuição de massas do cavaleiro seja simétrica para que este se mantenha horizontal. Com efeito a força de pressão do ar sob o cavaleiro que vai compensar o peso deste é perpendicular à sua superfície inferior. Se o cavaleiro estiver inclinado, devido a uma má distribuição das massas, esta força deixa de ser vertical e a sua soma com o peso não é nula mas tem uma resultante horizontal que acelera o cavaleiro (faça a experiência : o sentido desta aceleração é o que esperava ?).

Os centros de massa de cada cavaleiro no momento do choque definem uma reta que deve incluir o ponto de contacto (central) do choque para que os cavaleiros não ganhem movimento de rotação. Nota : as possibilidades de regulação da posição dos batentes nos cavaleiros são grosseiras.

A velocidade do cavaleiro é determinada indiretamente medindo uma distância (comprimento da bandeira) e o tempo que o cavaleiro demora a percorrer essa distância. O sinal de sincronismo que inicia e para o cronómetro é gerado em função da bandeira do cavaleiro interromper ou não um feixe de luz (Figura 1).

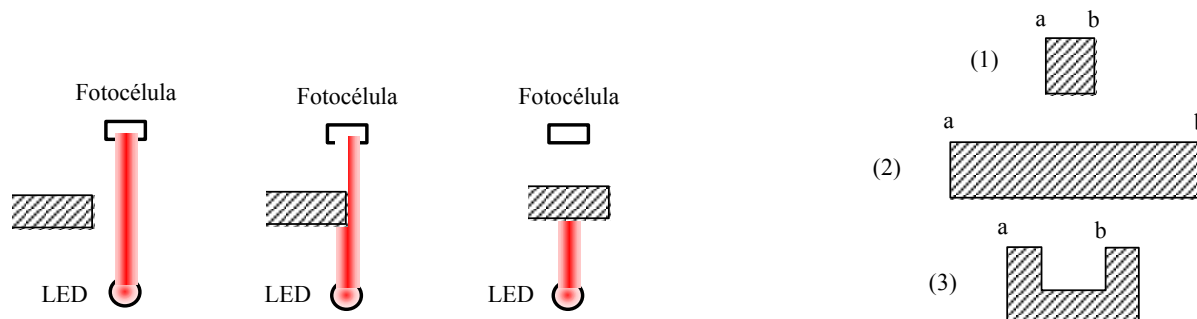


Figura 1

Devido à largura do feixe de luz não ser desprezável o sinal elétrico gerado pela fotocélula não é uma onda quadrada (ver Figura 2), mas apresenta uma rampa inicial e final. Os circuitos eletrônicos deverão decidir, analisando este sinal, a partir de que instante a bandeira já interrompeu / deixou de interromper o feixe de luz. O sincronismo da cronometragem nem sempre se efetua a meio da rampa, podendo ter lugar numa zona da rampa mais para baixo ou para cima do centro, introduzindo-se assim um erro na distância percorrida.

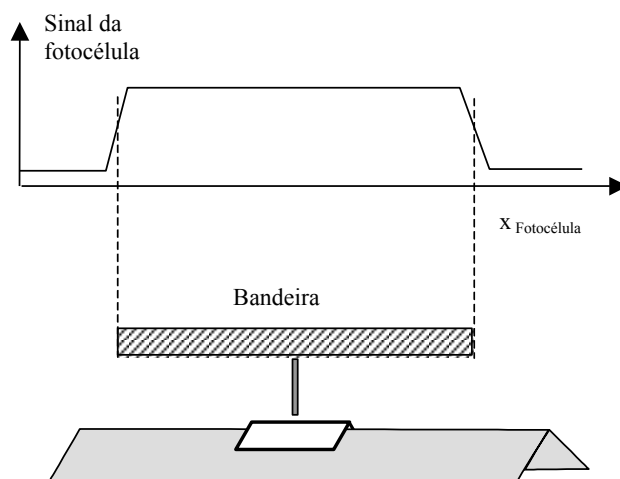


Figura 2

Para reduzir o erro de sincronismo (ver figura 1), pode usar-se uma bandeira mais comprida, (2) em lugar de (1), diminuindo o erro relativo (mas não o erro absoluto) ou então usar-se a bandeira dupla, (3) em lugar da (1), neste caso a cronometragem faz-se em duas

rampas a subir (ou a descer), cancelando o erro de sincronizar demasiado em baixo ou em cima.

4. Conhecimentos teóricos

Um choque é uma interação de pequena duração entre dois ou mais corpos e durante a qual atuam forças (muito) intensas. Supondo as forças externas desprezáveis, face a estas, verifica-se a conservação da quantidade de movimento total dos corpos que chocam:

$$\sum_i m_i \vec{v}_i = \text{constante} \quad (1)$$

Parte da energia cinética inicial pode ser convertida em deformação, calor, etc., sendo a restante redistribuída pelos corpos por forma a não violar (1):

$$\sum_i \frac{1}{2} m_i v_i^2 = \sum_i \frac{1}{2} m_i v_i'^2 + E_{\text{deformação}} \quad (2)$$

Para dois corpos A e B que se movem antes e após o choque segundo o eixo dos xx estas equações tomam a forma :

$$\begin{cases} m_A v_{xA} + m_B v_{xB} = m_A v'_{xA} + m_B v'_{xB} \\ \frac{1}{2} m_A v_{xA}^2 + \frac{1}{2} m_B v_{xB}^2 = \frac{1}{2} m_A v_{xA}'^2 + \frac{1}{2} m_B v_{xB}'^2 + E_{\text{deformação}} \end{cases} \quad (3)$$

Os choques podem classificar-se em função do valor da energia de deformação. Analisando um choque de dois corpos no referencial do centro de massa, os corpos aproximam-se um do outro antes do choque e, após este, ou ficam parados ou se afastam com uma velocidade relativa menor ou igual à inicial. Assim o parâmetro e , chamado coeficiente de restituição e definido como segue,

$$e = \frac{v'_{xB} - v'_{xA}}{v_{xA} - v_{xB}} \quad (4)$$

está compreendido entre 0 e 1 (verifique que o seu valor não se altera se chamarmos A ao corpo B e vice-versa). A classificação dos choques é a seguinte :

Choque perfeitamente elástico ($e = 1$)	Choque parcialmente elástico/inelástico ($0 < e < 1$)	Choque perfeitamente inelástico ($e = 0$)
$E_{\text{Cinicial}} = E_{\text{Cfinal}}$	$E_{\text{Cinicial}} \neq E_{\text{Cfinal}}$	$E_{\text{Cinicial}} \neq E_{\text{Cfinal}}$
$v_{\text{relativainicial}} = v_{\text{relativafinal}}$	$v_{\text{relativainicial}} \neq v_{\text{relativafinal}} \neq 0$	$v_{\text{relativafinal}} = 0$

5. Procedimento experimental

Existem adaptadores com elásticos que se fixam nos cavaleiros e permitem realizar choques quase elásticos. Existem igualmente adaptadores que prendem e não se soltam permitindo simular choques perfeitamente inelásticos. É igualmente possível realizar choques parcialmente elásticos/inelásticos.

A dificuldade principal reside na escolha da posição das fotocélulas por forma a poder medir quer as velocidades dos corpos antes do choque quer as velocidades destes após o choque. Em todas as situações (sem exceção : porquê ?) o choque deve ter lugar com os dois cavaleiros na zona entre as fotocélulas e durante toda a duração do choque nenhuma bandeira pode estar a intercepar os feixes de luz. Atenção também ao retorno dos cavaleiros após o choque com o limitador do fim da calha.

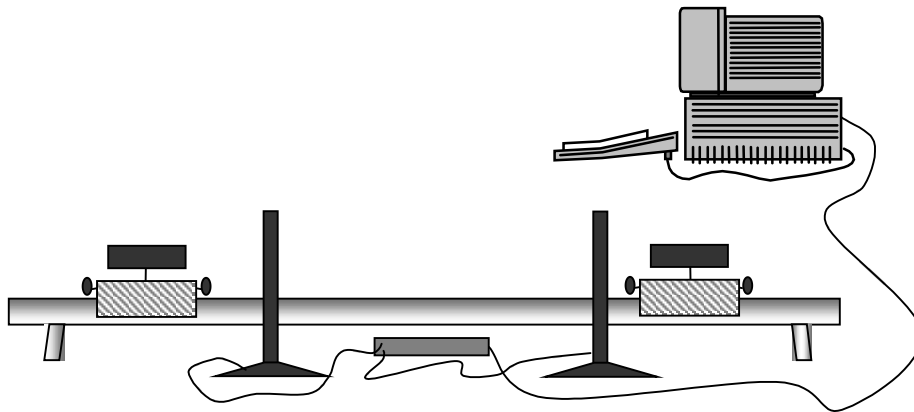


Figura 3

Escolha um conjunto de choques que permita fazer o seu estudo em função de:

- 1- massa dos cavaleiros (mesma massa ou massas diferentes)
- 2- velocidades iniciais (um parado, os dois a moverem-se em sentidos opostos, os dois a moverem-se no mesmo sentido)
- 3- Caráter elástico do choque (choques quase elásticos, choques perfeitamente inelásticos, choques parcialmente elásticos/inelásticos)

6. Tratamento dos dados e resultados da experiência

Analise os resultados que obteve nos choques estudados, comparando a quantidade de movimento e a energia cinética antes e depois do choque.