

## **Física Experimental 1- 2023.2 - IF-UFRJ**

### **Experimento 5**

#### **Movimento de um corpo rígido em um plano inclinado**

Neste experimento, estudaremos o movimento de um corpo rígido que se desloca por uma canaleta com dois trechos, um inclinado e outro horizontal. Ao atingir o final da canaleta, o corpo rígido realiza um movimento balístico até tocar o chão.

O corpo rígido utilizado nesse experimento é uma esfera de aço com diâmetro maior que a largura interna da canaleta. Avaliaremos o alcance da esfera ao tocar o chão em função da altura de lançamento da canaleta.

Analise a ilustração do experimento na Figura 5.1 e pense sobre o seu planejamento. O alcance do corpo rígido pode ser medido diretamente? Quais são as grandezas relevantes nesse estudo?

Os dados experimentais serão comparados com dois modelos teóricos: Deslizamento sem Rolamento e Rolamento sem Deslizamento. No final de seu trabalho você deverá se posicionar quanto a qual dos modelos descreve melhor seus resultados experimentais.

Siga o roteiro abaixo e as orientações do professor para fazer o experimento em sala de aula. Faça anotações no seu caderno de laboratório.

#### **PLANEJAMENTO DO EXPERIMENTO**

- Qual é o objetivo desse experimento?
- Basta fazer um lançamento da esfera na canaleta para determinarmos o alcance desta ao tocar o chão? Como podemos melhorar a precisão da medida?
- O movimento da esfera, conforme ilustrado na Fig. 5.1, pode ser estudado dividindo-o em duas etapas:
  - i- Movimento da esfera pela canaleta;
  - ii- Movimento balístico.

A primeira etapa do movimento da esfera pode ser descrita considerando-se dois modelos teóricos:

- Modelo A: Deslizamento sem rolamento;
- Modelo B: Rolamento sem deslizamento.

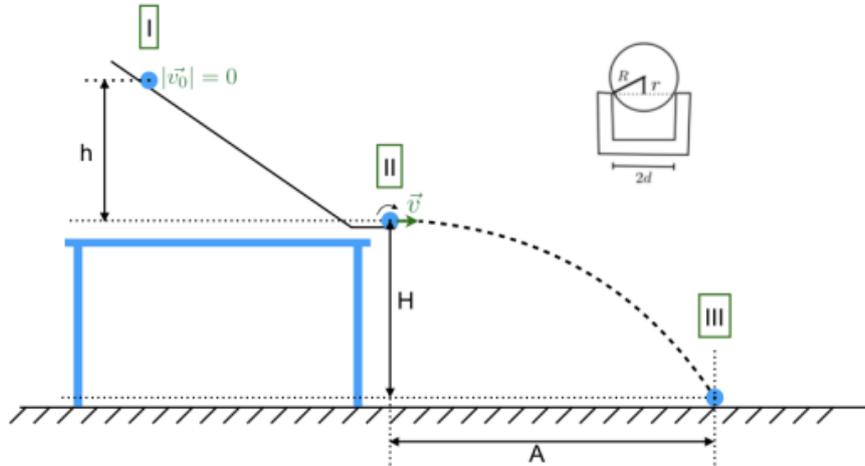


Figura 5.1: Esquema experimental.

- Para cada modelo, mostre, usando conservação da energia, que a velocidade ( $v$ ) da esfera antes de abandonar a canaleta é dada por:

$$\text{Modelo A: } v^2 = 2g h \quad (5.1)$$

$$\text{Modelo B: } v^2 = \frac{2g}{1 + \frac{I_{CM}}{mr^2}} h \quad (5.2)$$

Considere que o diâmetro da esfera de aço é maior que a largura interna da canaleta, conforme mostrado no esquema da Figura 5.1. Descreva claramente todas as grandezas envolvidas no experimento.

- A partir da expressão para a velocidade da esfera  $v$ , obtida no item anterior, e utilizando as equações de movimento balístico, mostre que o alcance ( $A$ ) da esfera é dado por:

$$\text{Modelo A: } A^2 = 4H h, \quad (5.3)$$

$$\text{Modelo B: } A^2 = \frac{4H}{1 + \frac{I_{CM}}{mr^2}} h, \quad (5.4)$$

onde  $I_{CM}$  é o momento de inércia da esfera de massa  $m$  em relação ao eixo que passa pelo seu centro de massa e a distância  $r$  está ilustrada na Fig. 5.1. Considerando que a esfera de massa  $m$  e raio  $R$  é ideal, o momento de inércia em relação ao eixo que passa pelo centro de massa da mesma é dado por:

$$I_{CM} = \frac{2}{5} mR^2 \quad (5.5)$$

Note que os dois modelos preveem dependências lineares para  $A^2$  em função de  $h$ , mas com coeficientes angulares diferentes.

### PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

1. Escolha uma esfera e meça as características da canaleta e da esfera que são relevantes para o experimento.
2. Faça todas as medidas diretas necessárias para determinar numericamente os coeficientes angulares para os modelos teóricos A e B. (dica: você precisa da massa da esfera como parâmetro para os modelos?) Tome cuidado para adaptar a definição teórica das grandezas  $H$  e  $h$  à situação experimental do laboratório.
3. Antes de começar o lançamento da esfera para determinação do alcance, pense em:
  - como determinar o alcance da esfera no chão?
  - como determinar no chão a projeção do ponto onde a esfera abandona a canaleta (ponto II na Figura 5.1)? Ajuda: utilize um fio de prumo.
  - Quantos lançamentos deverão ser feitos da mesma altura  $h$  para a determinação do alcance e da sua incerteza?
4. Abandone a esfera de uma altura ( $h$ ) determinada e meça seu alcance ( $A$ ). Anote seus resultados na Tabela 5.1, para 5 diferentes valores de  $h$ .

Tabela 5.1: Medidas de alcance em função da altura.

$h$ ( )	$\delta h$ ( )	$A$ ( )	$\delta A$ ( )	$A^2$ ( )	$\delta A^2$ ( )

### ANÁLISE DE DADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

1. Faça um gráfico em papel milimetrado para  $A^2 \times h$  contendo (i) seus dados experimentais, com barras de erro, e (ii) as retas correspondentes aos dois modelos teóricos. Identifique claramente no gráfico cada um dos modelos.
2. Ajuste aos seus dados uma reta ( $y=ax+b$ ). Obtenha a partir do ajuste os coeficientes linear ( $b$ ) e angular ( $a$ ) para os dados experimentais (não se esqueça das unidades).

3. O coeficiente linear obtido está de acordo com o previsto pelos modelos teóricos?

Discuta o resultado.

4. Calcule os coeficientes angulares para os modelos A e B (não se esqueça das unidades).

Assuma 1 % de incerteza para o modelo A e 10 % de erro para o modelo B.

5. Como se comparam os dados experimentais com o previsto por cada modelo teórico?

A partir desta análise, o que se pode dizer sobre o movimento realizado pela esfera?