

Física Experimental A, Atrito

Clebson Abati Graeff

20 de março de 2025

UTFPR-PB

Teoria

Regressão quadrática

- No experimento de MRUV, verificamos que era essencial que a velocidade inicial pudesse ser considerada como nula para que pudessemos fazer uma linearização dos dados;
- Uma vez feita a linearização, pudemos fazer uma regressão linear para encontrar os coeficientes da equação de movimento;
- No caso do aparato que usaremos para realizar o experimento de atrito cinético, não é possível eliminar a velocidade inicial;
- Isso nos obriga a fazer uma **regressão quadrática**.

Regressão quadrática

Para o caso especial de polinômios de grau dois, isto é, para curvas com a forma

$$y = A + Bx + Cx^2, \quad (1)$$

os coeficientes podem ser calculados através de

$$\begin{pmatrix} \sum x_i^4 & \sum x_i^3 & \sum x_i^2 \\ \sum x_i^3 & \sum x_i^2 & \sum x_i \\ \sum_i^2 & \sum x_i & n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} C \\ B \\ A \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum x_i^2 y_i \\ \sum x_i y_i \\ \sum y_i \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Tal equação tem que ser resolvida para determinar o vetor $\vec{v} = (C, B, A)$

Coeficiente de correlação

Podemos calcular o coeficiente de correlação r através da expressão

$$r^2 = 1 - \frac{\sum (y_i - Cx_i^2 - Bx_i - A)^2}{\sum (y_i - \langle y \rangle)^2}. \quad (3)$$

Coefficiente de correlação

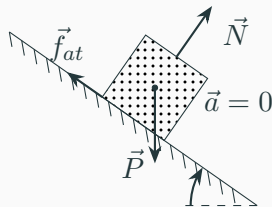
- O cálculo dos coeficientes A , B e C é bastante trabalhoso;
- Felizmente, calculadoras e softwares de análise de dados fazem isso automaticamente;
- Verifiquem na documentação da calculadora/software que vocês estão usando como fazer isso;
- O processo é muito similar ao que fizemos para a regressão linear.

Atrito

- Verificamos na disciplina de Física Teórica 1 que existem dois regimes para o atrito, o cinético e o estático;
- Consequentemente, faremos esse experimento em duas etapas, uma para cada regime.

Atrito estático

- O atrito estático é o atrito que se opõe ao movimento de um corpo que está em repouso;
- O atrito estático é sempre maior que o atrito cinético;
- O atrito estático é o responsável por fazer com que um corpo em repouso comece a se mover.

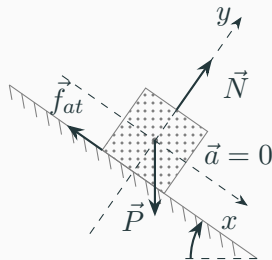


Atrito estático

- Aplicando a segunda lei de Newton a ambos os eixos, é possível obter a expressão

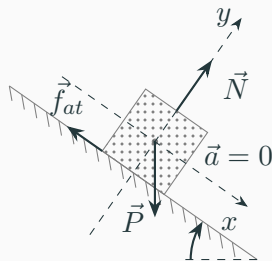
$$\mu_e = \tan \theta_c, \quad (4)$$

onde μ_e é o coeficiente de atrito estático e θ_c é o ângulo formado entre a o plano inclinado e a horizontal quando o bloco está na iminência de se mover;



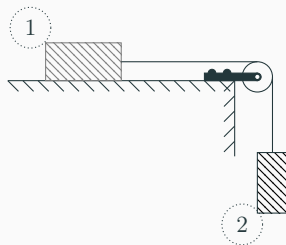
Atrito estático

- Experimentalmente é difícil determinar o ângulo θ_c , uma vez que qualquer pequena perturbação quando estamos próximos da iminência de movimento fará com que o corpo passe a se mover;
- Para buscar obter uma boa estimativa para o valor de μ_e , podemos fazer uma série de medidas de θ_c e fazer uma média.



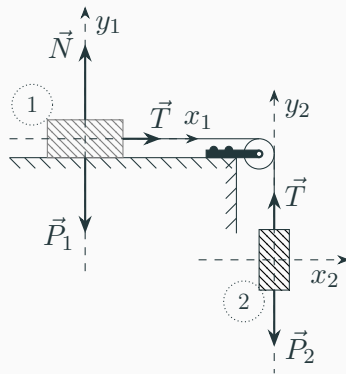
Atrito cinético

- Para determinarmos o coeficiente de atrito cinético, utilizaremos um aparato similar ao empregado no experimento de Leis de Newton
- O bloco superior está ligado ao bloco inferior por uma corda que passa por uma roldana;
- Ao deslizar, o bloco superior estará sujeito a uma força de atrito no sentido oposto à tensão exercida pelo fio;



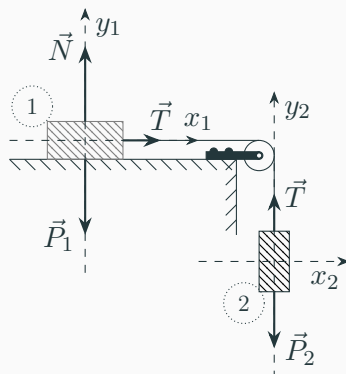
- Ao aplicarmos a segunda lei de Newton a ambos os blocos, obtemos para o coeficiente de atrito cinético a expressão

$$\mu_c = \frac{m_2}{m_1} - \frac{m_1 + m_2}{m_1} \cdot \frac{a}{g}. \quad (5)$$



Atrito cinético

- Notem que precisamos conhecer a aceleração do bloco superior para determinar o coeficiente de atrito cinético.
- Para isso, basta utilizarmos sensores de passagem para determinar o tempo necessário para o bloco superior percorrer uma série de distâncias conhecidas.
- Devido a características do aparato, não é possível eliminar a velocidade inicial, o que nos obriga a fazer uma regressão quadrática.



Experimento

Experimento

- O experimento será realizado em duas etapas, uma para o atrito estático e outra para o atrito cinético;
- Para o atrito estático, utilizaremos um plano inclinado e um bloco de madeira;
 - O bloco será colocado sobre o plano inclinado e inclinado até que esteja na iminência de se mover;
 - Mediremos o ângulo formado entre o plano inclinado e a horizontal através dos catetos do triângulo retângulo formado;
 - Repetiremos o procedimento algumas vezes para um mesmo par de superfícies visando eliminar erros.

- Para o atrito cinético, utilizaremos um aparato similar ao empregado no experimento de Leis de Newton (máquina de Atwood).
 - Para cada par de superfícies, faremos uma série de medidas de tempo para diferentes distâncias;
 - Notem que precisamos garantir que o valor de velocidade inicial seja o mesmo para todas as medidas, para isso **devemos liberar o bloco sempre da mesma posição**. A posição inicial mais fácil de ser estabelecida com precisão é alinharmos o bloco a início da superfície horizontal.

Mãos à obra!