

# ESCOLA BÁSICA E SECUNDÁRIA DA CALHETA

## Física e Química A – 11.º Ano

### RELATÓRIO SIMPLIFICADO AE 2 – Atrito estático e atrito cinético

#### Unidade 1 / 1.1. Cinemática e dinâmica da partícula a duas dimensões

Nome dos membros do grupo:

Data de realização  
do trabalho:

Avaliação:

#### OBJETIVO:

Concluir que as forças de atrito entre sólidos dependem dos materiais das superfícies em contacto e do seu polimento, mas não da área (aparente) dessas superfícies; obter os coeficientes de atrito estático e cinético de um par de superfícies em contacto.

#### Objetivos específicos:

- Investigar a dependência da força de atrito estático com a área da superfície de contacto, para o mesmo corpo e material da superfície de apoio, concluindo que são independentes.
- Concluir sobre a dependência da força de atrito estático dos materiais das superfícies em contacto, para o mesmo corpo e a mesma área das superfícies de contacto.
- Determinar os coeficientes de atrito estático e cinético para um par de materiais.
- Comparar os coeficientes de atrito estático e cinético para o mesmo par de materiais.
- Avaliar os resultados experimentais confrontando-os com as leis do atrito.
- Justificar por que é mais fácil manter um corpo em movimento do que retirá-lo do repouso.

#### FUNDAMENTO TEÓRICO

O objetivo da atividade prática é determinar os coeficientes de atrito estático ( $\mu_e$ )

e cinético ( $\mu_c$ ) entre um bloco e uma superfície horizontal. A experiência utiliza um sistema com uma superfície horizontal, um corpo suspenso por uma roldana e um bloco sujeito ao atrito.

**Força de atrito estático ( $F_{a'e}$ ):** Ocorre quando não há movimento relativo entre as superfícies em contato. É a força necessária para iniciar o movimento do bloco. O máximo da força de atrito estático é dado por:

$$F_{a,e,m\acute{a}x} = \mu_e N$$

Onde  $\mu_e$  é o coeficiente de atrito estático e  $N$  é a força de reação normal (numa superfície horizontal e com a força atuar paralelamente à superfície, é igual ao peso)  $N = m g$

**Força de atrito cinético ( $F_{a'c}$ ):** Ocorre quando há movimento relativo entre as superfícies:

$$F_{a'c} = \mu_c N$$

Sendo  $\mu_c$  o coeficiente de atrito cinético e  $N$  a força de reação normal.

**Determinação do coeficiente de atrito estático,  $\mu_e$ :**

O sistema está em equilíbrio enquanto o peso suspenso,  $P_s = m_s g$ , for menor que a força máxima de atrito estático:  $F_{a'e,m\acute{a}x} = \mu_e N$ .

Como  $F_{r'tangencial} = P_s - T + T - F_{a'e,m\acute{a}x} = 0 \Rightarrow$  temos  $F_{a'e,m\acute{a}x} = P_s \Leftrightarrow \mu_e m_B g = m_s g$

$$\mu_e = \frac{m_s}{m_B}$$

Medir  $m_B$  e  $m_s$ , massa do bloco e massa do peso suspenso, respetivamente, no instante em que o bloco começa a se mover. Fazer um gráfico de  $F_{a'e}$  em função da força de reação normal do bloco.

**Determinação do coeficiente de atrito cinético,  $\mu_c$ :**

Após o movimento iniciar, o atrito cinético passa a atuar no bloco. A aceleração do sistema pode ser medida (usando cronómetro e a distância percorrida pelo bloco, ou sensores de movimento).

A força resultante no sistema é:

$$F_{r'tangencial} = P_s - T + T - F_{a'c} = (m_B + m_s)a$$

$$F_{a'c} = m_s g - (m_B + m_s)a$$

Calcular a aceleração e fazer um gráfico com valores de  $F_{a,c}$  em função da Força normal de reação do bloco.

### **QUESTÕES INICIAIS:**

1. Observe a figura, em que se mostra um bloco de madeira, A, assente num plano horizontal, ligado por um fio, que passa numa roldana fixa e de baixo atrito, a um pequeno copo de plástico, B, no qual se vão colocando pequenas esferas de cobre, até que o bloco de madeira fique prestes a deslizar.



- 1.1. Antes de o bloco A deslizar, que forças atuam nos corpos A e B?

---



---



---

- 1.2. Como varia a intensidade da força de atrito com a intensidade da força de tensão do fio,  $\vec{T}_A$ , até ao instante em que o corpo entra em movimento?

---



---



---

- 1.3. Quando o bloco está na iminência de deslizar, qual é o valor da força de atrito?

---



---



---

- 1.4. Que forças atuam no bloco quando este entra em movimento?

---



---



---

- 1.5. Como se relaciona o coeficiente de atrito estático,  $\mu_e$ , com as massas dos corpos A e B?

---



---



---

- 1.6. Indique, justificando, o que acontecerá à intensidade da força de atrito estático no bloco A, se sobre este for colocado outro bloco de madeira, e à intensidade da força de atrito cinético.

---



---



---

### **MATERIAL:**

- Blocos paralelepípedicos com faces de áreas iguais revestidas de diferentes materiais e com o mesmo revestimento em faces de áreas diferentes
- Suporte para colocação da areia ou massas marcadas.
- Balança
- Massas marcadas

- Roldana de baixo atrito
  - Fio inextensível
  - Placas de diferentes materiais
  - Régua
- Cronómetro /sensor de movimento
  - Plano inclinado como base horizontal

**PROCEDIMENTO:****Preparar a montagem como se indica na figura:**

- Colocar o bloco numa superfície horizontal elevada, ligado por um fio inextensível a um recipiente suspenso.

**I - Determinar o coeficiente de atrito estático**

- Medir a massa do bloco,  $m_A$  e a área da base do bloco A
- Adicionar lentamente areia ao recipiente suspenso, até que o bloco fique na iminência de deslizar.
- Registar a massa do recipiente.
- Repetir, mais 4 vezes, os passos 1, 2 e 3 com massas marcadas sobre o bloco, aumentando assim o seu peso e respetiva normal.
- Determinar o coeficiente de atrito estático através de um gráfico de **Força de atrito estático** em função da **Normal**.
- Repetir o procedimento anterior para outra face do bloco, de diferente área, e registar a sua área.

**II - Relacionar a força de atrito com outros materiais em contacto**

- Repetir o procedimento anterior, mas com uma face do bloco revestida com um material diferente apoiada no plano.

**III - Determinar o coeficiente de atrito cinético**

- Medir a massa do bloco.
- Segurar o bloco e adicionar areia ao recipiente, de forma que, assim que o largarmos, haja movimento.
- Medir a distância e o tempo que o bloco se desloca, fazer 3 ensaios, e posteriormente usar a média dos valores. Determinar a aceleração do bloco. (Uma alternativa é usar um sensor de movimento e calcular a aceleração através do gráfico velocidade-tempo)
- Registar a massa do recipiente.
- Repetir, mais 4 vezes, os passos 1, 2 e 3 com massas marcadas sobre o bloco, aumentando assim o seu peso e respetiva normal.
- Determinar o coeficiente de atrito estático através de um gráfico de Força de atrito cinético em função da Normal.

**RESULTADOS/OBSERVAÇÕES:**

| Instrumentos de medida | Incerteza de leitura |
|------------------------|----------------------|
| Cronómetro             |                      |
| Balança                |                      |
| Régua                  |                      |

**I - Determinar o coeficiente de atrito estático**

Par de materiais em contato: \_\_\_\_\_

Área da superfície apoiada: \_\_\_\_\_

| Ensaio                                                  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|
| <b>Massa bloco (A)</b><br>$M / \pm \text{ } g$          |   |   |   |   |   |
| <b>Massa corpo suspenso (B)</b><br>$m / \pm \text{ } g$ |   |   |   |   |   |

**I - Determinar o coeficiente de atrito estático (outra área)**

Par de materiais em contato: \_\_\_\_\_

Área da superfície apoiada: \_\_\_\_\_

| Ensaio                                                  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|
| <b>Massa bloco (A)</b><br>$M / \pm \text{ } g$          |   |   |   |   |   |
| <b>Massa corpo suspenso (B)</b><br>$m / \pm \text{ } g$ |   |   |   |   |   |
|                                                         |   |   |   |   |   |
|                                                         |   |   |   |   |   |

**II - Relacionar a força de atrito com outros materiais em contacto**Massa do bloco (B): \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_

Área da superfície apoiada = \_\_\_\_\_

| Par de materiais | Massa corpo suspenso (B)<br>$m / \pm \text{ } g$ |
|------------------|--------------------------------------------------|
|                  |                                                  |
|                  |                                                  |
|                  |                                                  |
|                  |                                                  |

| Par de materiais | Massa corpo suspenso (B)<br>$m / \pm \text{ } g$ |
|------------------|--------------------------------------------------|
|                  |                                                  |
|                  |                                                  |
|                  |                                                  |
|                  |                                                  |

| Par de materiais | Massa corpo suspenso (B)<br>$m / \pm \text{ } g$ |
|------------------|--------------------------------------------------|
|                  |                                                  |
|                  |                                                  |
|                  |                                                  |
|                  |                                                  |

**III - Determinar o coeficiente de atrito cinético**

Área da superfície apoiada: \_\_\_\_\_

Material em contacto: \_\_\_\_\_

Distância percorrida (d): \_\_\_\_\_

| Ensaio                                                                 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|
| <b>Massa bloco (A)</b><br>$M / \pm \text{ } g$                         |   |   |   |   |   |
| <b>Massa corpo suspenso (B)</b><br>$m / \pm \text{ } g$                |   |   |   |   |   |
| <b>Tempo para percorrer distância d</b><br>$\Delta t / \pm \text{ } s$ |   |   |   |   |   |
|                                                                        |   |   |   |   |   |
|                                                                        |   |   |   |   |   |

**TRATAMENTOS DOS RESULTADOS****I - Determinar o coeficiente de atrito estático**

Par de materiais em contato: \_\_\_\_\_

Área da superfície apoiada: \_\_\_\_\_

Considerar  $g = 9,80 \text{ m s}^{-2}$

| Ensaio | Massa bloco (A)<br>$M / \pm \text{ } g$ | Massa corpo suspenso (B) (média)<br>$m / \pm \text{ } g$ | $F_{a,e \text{ máx}} / N$ | $N / N$ |
|--------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------|---------|
| 1      |                                         |                                                          |                           |         |
| 2      |                                         |                                                          |                           |         |
| 3      |                                         |                                                          |                           |         |
| 4      |                                         |                                                          |                           |         |
| 5      |                                         |                                                          |                           |         |

Gráfico de  $F_{a,e \text{ máx}}$  em função de N



# **I - Determinar o coeficiente de atrito estático (outra área)**

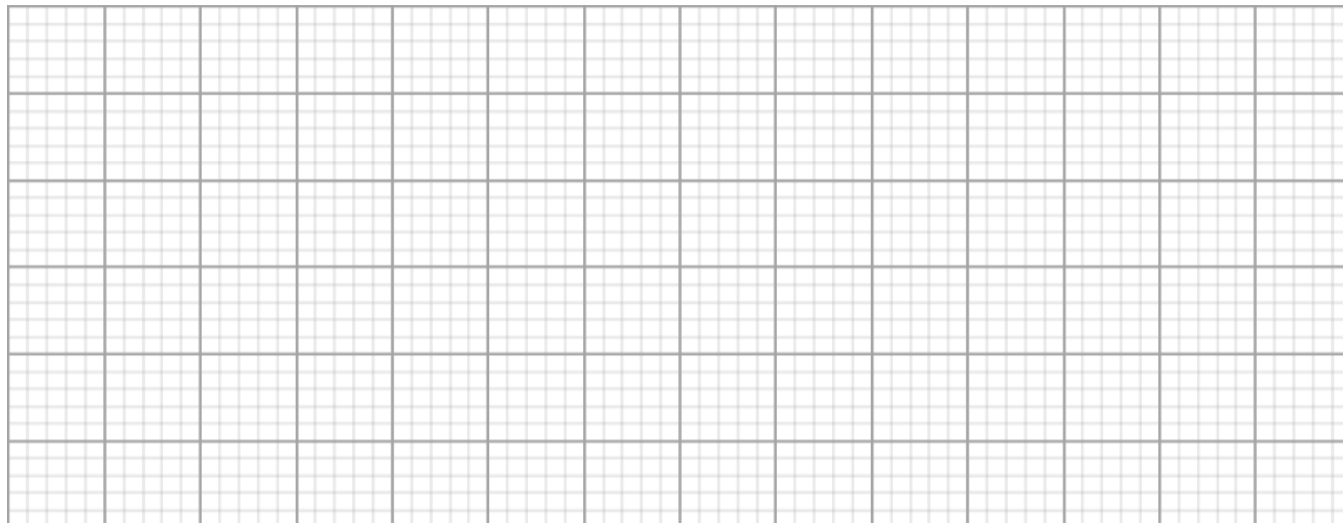
Par de materiais em contato: \_\_\_\_\_

Área da superfície apoiada: \_\_\_\_\_

Considerar  $g = 9,80 \text{ m s}^{-2}$

| Ensaio | Massa bloco (A)<br>$M / \pm \text{ } g$ | Massa corpo suspenso (B) (média)<br>$m / \pm \text{ } g$ | $F_{a,e \text{ máx}} / N$ | $N / N$ |
|--------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------|---------|
| 1      |                                         |                                                          |                           |         |
| 2      |                                         |                                                          |                           |         |
| 3      |                                         |                                                          |                           |         |
| 4      |                                         |                                                          |                           |         |
| 5      |                                         |                                                          |                           |         |

Gráfico de  $F_{a,e \text{ máx}}$  em função de N



## II - Relacionar a força de atrito com outros materiais em contacto

Massa do bloco (B): \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_

Área da superfície apoiada = \_\_\_\_\_

| Par de materiais | Massa bloco (A)<br>$M / \pm \text{_____ } g$ | Massa corpo suspenso (B) (média)<br>$m / \pm \text{_____ } g$ | $F_{a,e \text{ máx}} / N$ | $N / N$ | $\mu_e = \frac{F_{a,e \text{ máx}}}{N}$ |
|------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------|---------|-----------------------------------------|
|                  |                                              |                                                               |                           |         |                                         |
|                  |                                              |                                                               |                           |         |                                         |
|                  |                                              |                                                               |                           |         |                                         |

## III - Determinar o coeficiente de atrito cinético

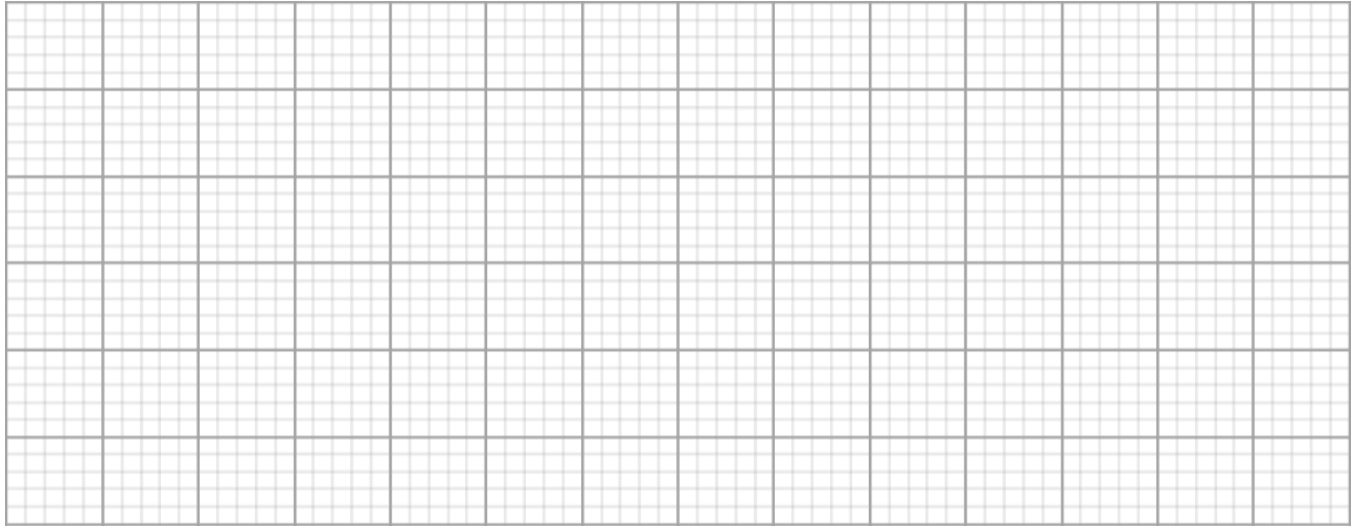
Área da superfície apoiada: \_\_\_\_\_

Material em contacto: \_\_\_\_\_

Distância percorrida: \_\_\_\_\_

| Ensaio | Massa bloco (A)<br>$M / \pm \text{_____ } g$ | Massa corpo suspenso (B)<br>$m / \pm \text{_____ } g$ | $\Delta t$ (média) /<br>$\pm \text{_____ } s$ | $F_{a,c} / N$ | $N / N$ |
|--------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------|---------|
| 1      |                                              |                                                       |                                               |               |         |
| 2      |                                              |                                                       |                                               |               |         |
| 3      |                                              |                                                       |                                               |               |         |
| 4      |                                              |                                                       |                                               |               |         |
| 5      |                                              |                                                       |                                               |               |         |

Gráfico de  $F_{a,c}$  em função de N



## ANÁLISE DOS RESULTADOS/CONCLUSÃO

---

---

---

---

---

---

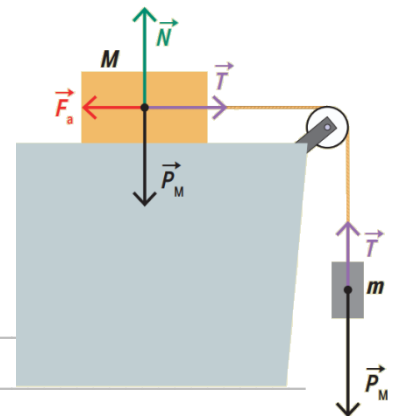
---

---

## QUESTÕES FINAIS

1. Na figura está representada uma montagem experimental que permite calcular o valor do coeficiente de atrito cinético,  $\mu_c$ . Prove que, nestas condições, o coeficiente de atrito cinético,  $\mu_c$ , pode ser calculado pela expressão:

$$\mu_c = \frac{m}{M} - \frac{m+M}{M} \times \frac{a}{g}$$




---

---

---

---

---

---

---

---

2. Para o mesmo corpo, como variam as forças de atrito estático e de atrito cinético com a área da superfície de contacto e com o material da superfície de apoio?

---

---

---

---

---

---

---

---



3. Explique porque será mais fácil empurrar um caixote depois de ele entrar em movimento do que quando está parado.

---

---

---

---

---

---

---

---

**Bibliografia**

MACIEL, Noémia; MARQUES, M. Céu; AZEVEDO, Carlos; CAÇÃO, Alice; MAGALHÃES, Andreia; FOLHAS, Álvaro; (2023) *Física 12.º ano*, 1.ª ed. Porto: Porto Editora.

---

---