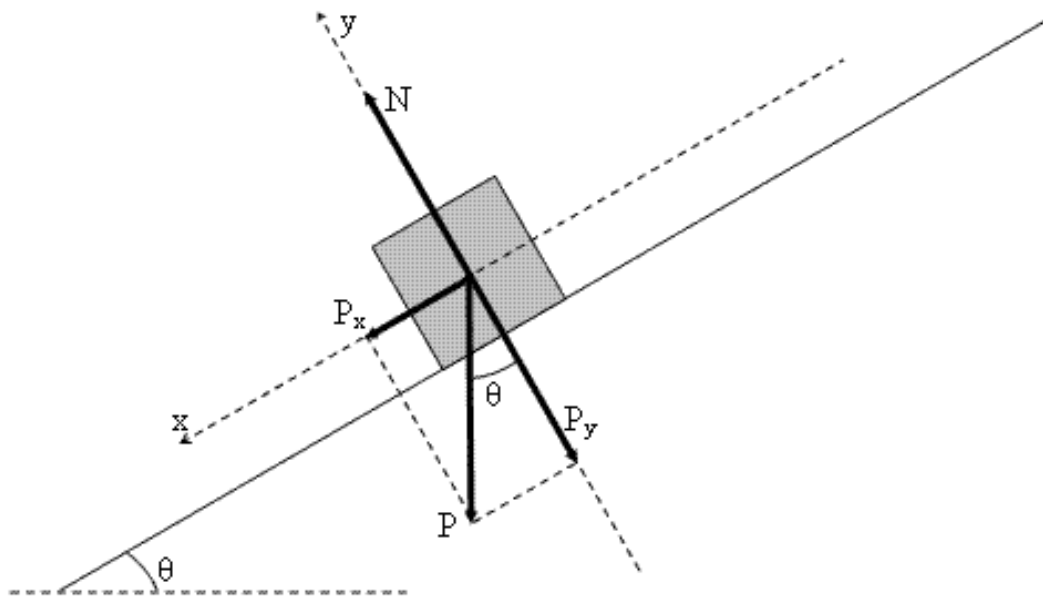


# Escola Secundária Eça de Queirós

*Física 12º Ano*

## TL I.2 – Atrito Estático e Cinético



Relatório realizado por:

→ Luís Rita | Nº16 | 12ºC3 | Grupo 1

23 de novembro de 2012

Ano letivo 2012-2013

# Índice

• Objetivos	3
• Introdução Teórica	4
• Materiais Utilizados	6
• Procedimentos Experimentais	7
• Resultados Experimentais	8
• Discussão de Resultados	11
• Bibliografia	13

# Objetivos

Como principais objetivos temos a identificação das forças que atuam num corpo, quer quando está parado e é solicitado a mover-se, quer depois de entrar em movimento; determinar experimentalmente que o coeficiente de atrito cinético é inferior ao estático e o relacionamento das forças de atrito cinético e estático com:

- A força de compressão entre o corpo e a superfície de apoio, para o mesmo par de superfícies em contato;
- A área aparente da superfície de contato para o mesmo corpo e material da superfície de apoio;
- Os materiais constituintes das superfícies em contato para o mesmo corpo e área das superfícies de contato.

# Introdução Teórica

Em Física, o atrito é a componente horizontal da força de contato que atua sempre que dois corpos entram em choque ou há tendência ao movimento. As forças de atrito são sempre paralelas às superfícies em contacto, tendo sentido oposto ao da velocidade se o corpo estiver em movimento, ou sentido oposto ao sentido em que o corpo tende a movimentar-se se este ainda continuar em repouso.

Apesar de sempre paralelo às superfícies em interação, o atrito entre estas superfícies depende da força normal, a componente vertical da força de contato; quanto maior for a força normal maior será o atrito. Passar um dedo pelo tampo de uma mesa pode ser usado como exemplo prático: ao pressionar-se com força o dedo sobre o tampo, o atrito aumenta e é mais difícil manter o dedo a movimentar-se pela superfície. Entretanto, ao contrário do que se poderia imaginar, mantidas as demais variáveis constantes, a força de atrito não depende da área de contato entre as superfícies, apenas da natureza destas superfícies e da força normal que tende a fazer uma superfície "penetrar" na outra.

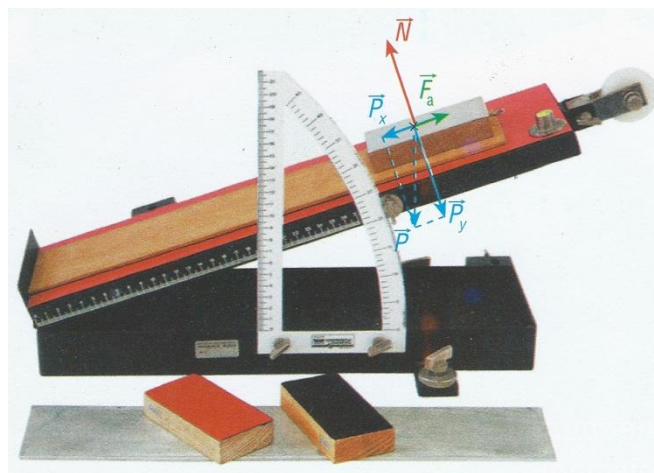
A energia dissipada pelo atrito é, geralmente, convertida em energia térmica e/ou quebra de ligações entre moléculas.

Sendo esta uma força que se opõe ao movimento ou à tendência de um corpo para se mover, pode-se manifestar de duas formas:

→ **Força de atrito estática:** que é a força que se opõe a uma outra força aplicada sobre um corpo e que anula esta última força até o corpo começar a entrar em movimento (a força aplicada superou a força de atrito estática máxima).

De acordo com a figura 2 e atendendo a que o corpo ainda está em repouso,

$$\sum \vec{F} = \vec{0}:$$



$$P_x = F_a \leftrightarrow mgsin\theta_{m\acute{a}x} = \mu_e N \leftrightarrow N = \frac{mgsin\theta_{m\acute{a}x}}{\mu_e}$$

$$N = P_y \leftrightarrow N = mgcos\theta_{m\acute{a}x} \leftrightarrow \frac{mgsin\theta_{m\acute{a}x}}{\mu_e} = mgcos\theta_{m\acute{a}x} \leftrightarrow \mu_e = tg\theta_{m\acute{a}x}$$

→ **Força de atrito cinética:** aparece quando a força aplicada sobre o corpo excede em intensidade as forças de atrito cinético. Sendo esta a força que se opõe a qualquer movimento, quer seja entre duas superfícies ou entre uma superfície e um meio líquido ou gasoso.

A intensidade da força de atrito (cinético) é agora:

$$|\vec{F}_a| = \mu_c |\vec{N}|$$

onde  $\mu_c$  é o coeficiente de atrito cinético.

De notar que a força de atrito estática é geralmente superior à força de atrito cinético, sendo que esta última depende do módulo da velocidade com que o corpo se desloca.

## Vantagens e desvantagens da força de atrito

A existência de atrito tem muitas vantagens, nomeadamente: permite o caminhar de uma pessoa ou animal; a escrita e o movimento de comboios e aviões. Contudo também tem algumas desvantagens, exemplificando: depois de um determinado tempo de funcionamento de uma máquina ou motor, há um desgaste dos seus constituintes tornando necessária a substituição das suas peças; o uso constante do lápis provoca o desgaste do bico a ponto de termos de adquirir outro e por vezes a força de atrito é tão grande que quando queremos mover algum objeto não conseguimos.

# Materiais Utilizados

- Digitímetro | Precisão =  $1 \times 10^{-6} \text{ s}$
- Blocos paralelepípedicos com faces revestidas de materiais diferentes (madeira polida, cortiça e metal)
- Plano inclinado de regulação variável, com transferidor acoplado | Precisão =  $0,5^\circ$
- Fitas métricas | Precisão =  $5 \times 10^{-4} \text{ m}$
- FOTOSSENSORES
- Suporte universal
- Noz
- Garra
- Balança digital | Precisão =  $1 \times 10^{-4} \text{ kg}$
- Roldana
- Fio de ligação inextensível
- Massas marcadas de:  $3,00 \times 10^{-1} \text{ kg}$ ;  $3,30 \times 10^{-1} \text{ kg}$ ;  $3,65 \times 10^{-1} \text{ kg}$ ;  $5 \times 10^{-3} \text{ kg}$ ;  $1,0 \times 10^{-2} \text{ kg}$ ;  $2,0 \times 10^{-2} \text{ kg}$ ;  $5,0 \times 10^{-2} \text{ kg}$ ;  $2,00 \times 10^{-1} \text{ kg}$

# Procedimentos Experimentais

## Atividade Experimental nº 1 - Medição do ângulo de escorregamento de um bloco num plano inclinado:

1. Apoiámos o bloco por uma face, sobre o plano inclinado.
2. Aumentámos de modo contínuo, o ângulo de inclinação que o plano faz com o plano horizontal.
3. Registámos o valor máximo do ângulo  $\theta$  correspondente à situação de o bloco se encontrar na iminência de descer.

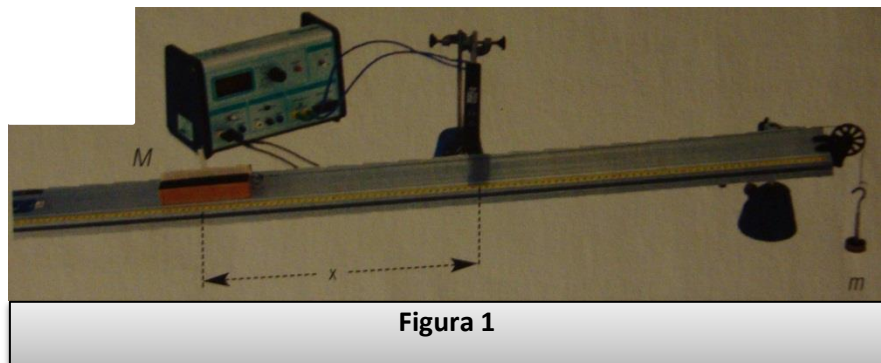
## Atividade Experimental nº 2 (Utilização do digitímetro – Atrito Cinético):

1. Determinámos as massas de  $m$  e  $M$ .
2. Montámos o material conforme o esquematizado na figura 1.
3. Limpámos o melhor possível a superfície de apoio (mesa com tampo plastificado) para que o nosso coeficiente de atrito estático fosse o menos possível influenciado por impurezas.
4. Realizámos alguns ensaios prévios, largando o sistema.
5. Aumentámos (ou variaríamos) a massa de  $m$  até que o sistema começasse a deslizar.
6. Repetimos cinco vezes os ensaios definitivos, para:

$$M = 3 \times 10^{-1} \text{ kg}$$

$$M = 3,3 \times 10^{-1} \text{ kg}$$

$$M = 3,65 \times 10^{-1} \text{ kg}$$



## Resultados Experimentais

### Atividade Experimental nº 1 - Medição do ângulo de escorregamento de um bloco num plano inclinado:

Bloco nº	$m_{\text{bloco}} / \text{kg}$	$\theta / ^\circ$	$\mu = \tan \theta$	$\bar{\mu}$	$F_a / \text{N}$	$\bar{F}_a / \text{N}$
1*	$7,56 \times 10^{-2}$	23,0	0,424	0,439	0,289	0,298
		25,5	0,477		0,319	
		22,0	0,404		0,278	
		23,0	0,424		0,289	
		25,0	0,466		0,313	
2*	$7,67 \times 10^{-2}$	48,0	1,11	1,16	0,56	0,57
		48,0	1,11		0,56	
		50,0	1,192		0,58	
		51,0	1,235		0,58	
		49,0	1,15		0,57	
3*	$8,35 \times 10^{-2}$	18,0	0,325	0,339	0,253	0,262
		18,0	0,325		0,253	
		20,5	0,374		0,286	
		19,5	0,354		0,273	
		17,5	0,315		0,246	

$$P_x = F_a \leftrightarrow F_a = mg \sin \theta_{\text{máx}} (\text{SI})$$

$$\bar{\mu}(\text{bloco } n^{\circ}1) = \frac{0,424 + 0,477 + 0,404 + 0,424 + 0,466}{5} = 0,439$$

$$\begin{aligned} \bar{\mu}(\text{bloco } n^{\circ}2) &= \frac{1,11 + 1,11 + 1,192 + 1,235 + 1,15}{5} \\ &= 1,16 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{\mu}(\text{bloco } n^{\circ}3) &= \frac{0,325 + 0,325 + 0,374 + 0,354 + 0,315}{5} \\ &= 0,339 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{F}_a(\text{bloco } n^{\circ}1) &= \frac{0,289 + 0,319 + 0,278 + 0,289 + 0,313}{5} \\ &= 0,298 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{F}_a(\text{bloco } n^{\circ}2) &= \frac{0,56 + 0,56 + 0,58 + 0,58 + 0,57}{5} \\ &= 0,57 \text{ N} \end{aligned}$$

Bloco nº1: Bloco paralelepípedo com a face de contato revestida de madeira polida.

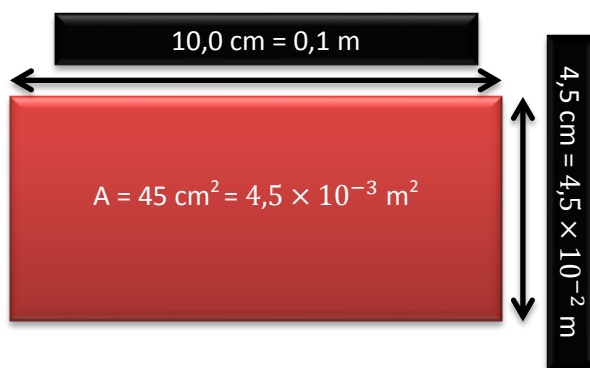
Bloco nº2: Bloco paralelepípedo com a face de contato revestida de cortiça.

Bloco nº3: Bloco paralelepípedo com a face de contato revestida de um metal.



$$\bar{F}_a(\text{bloco } n^{\circ}3) = \frac{0,253+0,253+0,286+0,273+0,246}{5} = 0,262 \text{ N}$$

**Superfície de apoio de todos os corpos anteriores:**



**Atividade Experimental nº 2 - (Utilização do digitímetro – Atrito Cinético):**

Bloco nº	$m_{\text{bloco}} / \text{kg}$	$\Delta t / \text{s}$	$a_{\text{exp}} / \text{ms}^{-2}$	$\mu$	$\bar{\mu}$	$\delta \mu$	$F_a / \text{N}$	$\bar{F}_a / \text{N}$	$\delta F_a / \text{N}$
<b>1</b>	$3 \times 10^{-1}$	$6,2658 \times 10^{-2}$	0,55	0,76	0,75	0,01	2,58	2,54	0,04
		$5,7498 \times 10^{-2}$	0,66	0,74		0,01	2,51		0,03
		$6,3188 \times 10^{-2}$	0,54	0,76		0,01	2,58		0,04
		$5,8143 \times 10^{-2}$	0,65	0,74		0,01	2,51		0,03
		$5,9139 \times 10^{-2}$	0,62	0,75		0,00	2,54		0,00
<b>2</b>	$3,3 \times 10^{-1}$	$4,5467 \times 10^{-2}$	1,06	0,74	0,72	0,02	2,51	2,45	0,06
		$4,3584 \times 10^{-2}$	1,16	0,72		0,00	2,44		0,01
		$4,3385 \times 10^{-2}$	1,16	0,72		0,00	2,44		0,01
		$4,2783 \times 10^{-2}$	1,19	0,72		0,00	2,44		0,01
		$4,2874 \times 10^{-2}$	1,19	0,72		0,00	2,44		0,01
<b>3</b>	$3,65 \times 10^{-1}$	$3,5860 \times 10^{-2}$	1,68	0,70	0,70	0	2,37	2,38	0,01
		$3,6868 \times 10^{-2}$	1,60	0,72		0,02	2,44		0,06
		$3,5871 \times 10^{-2}$	1,68	0,70		0	2,37		0,01
		$3,5499 \times 10^{-2}$	1,72	0,69		0,01	2,34		0,04
		$3,5877 \times 10^{-2}$	1,68	0,70		0	2,37		0,01

Largura da fita =  $2,95 \text{ cm} = 2,95 \times 10^{-2} \text{ m}$

$x = 20,0 \text{ cm} = 2,00 \times 10^{-1} \text{ m}$

$$v = \frac{\text{Largura da fita}}{\Delta t} \text{ (SI)}$$

*Os materiais que se encontram ao longo dos nossos 15 ensaios sempre em contato foram: o tampo da mesa plastificado e a superfície de cortiça do bloco (M).*

$$x = 0,5a_{exp}t^2 \leftrightarrow t^2 = \frac{x}{0,5a_{exp}} \text{ (SI)}$$

$$v = a_{exp}t \leftrightarrow v^2 = a_{exp}^2 \times t^2 \leftrightarrow v^2 = a_{exp}^2 \times \frac{x}{0,5a_{exp}} \leftrightarrow v^2 = 2a_{exp}x \leftrightarrow a_{exp} = \frac{v^2}{2x} \text{ (SI)}$$

$$F_a = \mu Mg \text{ (SI)}$$

$$mg - F_a = (M + m)a \leftrightarrow mg - \mu Mg = (M + m)a \leftrightarrow \mu = \frac{mg - (M + m)a}{Mg} \text{ (SI)}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\bar{\mu}(\text{bloco nº1}) = \frac{0,76 + 0,74 + 0,76 + 0,74 + 0,75}{5} = 0,75$$

$$\bar{\mu}(\text{bloco nº2}) = \frac{0,74 + 0,72 + 0,72 + 0,72 + 0,72}{5} = 0,72$$

$$\bar{\mu}(\text{bloco nº3}) = \frac{0,70 + 0,72 + 0,70 + 0,69 + 0,70}{5} = 0,70$$

$$\bar{F}_a(\text{bloco nº1}) = \frac{2,58 + 2,51 + 2,58 + 2,51 + 2,54}{5} = 2,54 \text{ N}$$

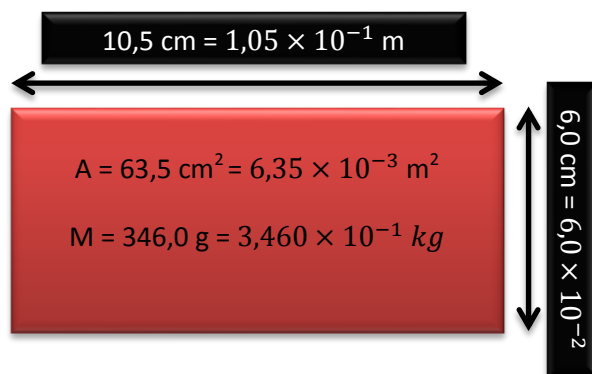
$$\bar{F}_a(\text{bloco nº2}) = \frac{2,51 + 2,44 + 2,44 + 2,44 + 2,44}{5} = 2,45 \text{ N}$$

$$\bar{F}_a(\text{bloco nº3}) = \frac{2,37 + 2,44 + 2,37 + 2,34 + 2,37}{5} = 2,38 \text{ N}$$

$$\delta \mu = |\mu - \bar{\mu}|$$

$$\delta F_a = |F_a - \bar{F}_a|$$

## Superfície de apoio do corpo M:



# Discussão de Resultados

Antes de mais importa salientar a inexistência de quaisquer problemas significativos aquando da medição dos resultados apresentados anteriormente. Contudo erros sistemáticos bem como acidentais podem ter afetado as nossas medições, exemplificando: as superfícies por onde se deslocavam os nossos blocos poderiam não estar devidamente limpas (afetando assim os nossos valores dos coeficientes de atrito), o próprio digitímetro poderia não estar nas suas melhores condições, entre muitos outros.

Certo é que após o desfecho desta atividade experimental e através de uma análise, interpretação e posterior discussão dos resultados obtidos pudemos chegar a algumas conclusões que eram o objetivo destas mesmas atividades.

No que diz respeito à primeira atividade ...

Apesar de experimentalmente não o termos comprovado, verificamos que existe uma relação direta entre o peso do bloco e a força de atrito existente entre este e a superfície de apoio.

A cerca dos diferentes valores do coeficiente de atrito obtidos experimentalmente verificamos que estes aumentam proporcionalmente com o ângulo descrito com a horizontal ( $\theta$ ). Assim sendo um elevado coeficiente de atrito significa uma maior força de atrito a vencer, resultando numa maior amplitude angular para que o corpo seja posto em movimento. Sabendo que a área é independente da força de atrito concluímos que por ordem crescente de coeficientes de atrito se encontram: metal < madeira polida < cortiça ( $0,262 < 0,298 < 0,57$ ). Estes resultados acabam por vir ao encontro daquilo que é o senso comum em que o metal (sendo o que tem uma superfície mais homogénea) oferece menor resistência ao atrito, já a cortiça pelo contrário é bastante porosa e portante tem um coeficiente de atrito estático elevado.

No que diz respeito à segunda atividade ...

Comparando os coeficientes do atrito cinético e estático dos dois blocos com uma base paralelepípedica de cortiça (mesmo tendo uma base cuja área difere de um bloco para o outro, não é importante pois esta é uma característica que não é levada em conta no cálculo dos coeficientes de atrito) verificamos como já estávamos à espera que o coeficiente de atrito cinético (0,75) é inferior ao de atrito estático (1,16). Escolhemos utilizar o bloco da segunda atividade sendo puxado por um total de massas de 300 gramas para comparar com o único com uma base de cortiça da primeira atividade pois eram os que estavam sujeitos a forças com intensidades mais parecidas.

# Bibliografia

## Internet:

- <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAmfMAH/determinacao-coeficiente-atrito>
- <http://tiagogala.no.sapo.pt/FQ/index12.html>
- [http://www.adorofisica.com.br/comprove/mecanica/mec\\_atrito.html](http://www.adorofisica.com.br/comprove/mecanica/mec_atrito.html)
- <http://pt.wikipedia.org/wiki/Atrito>

## Livros:

- CALDEIRA, Helena; BELLO, Adelaide; GOMES, João. Caderno de Laboratório, Ontem e Hoje 12º ano, Porto Editora.

(Assinatura)

---

(Data de Realização)

---