



Grupo:

Número	Nome	Rubrica
26246	Aleida Tavares	Aleida Tavares.
26043	Pedro Varela	Pedro Varela
26051	Ana Sofia Miranda	Ana Sofia Miranda
26026	Francisco Nobre	f
26059	Jéssica Gomes	Jéssica Gomes

1. Procedimento:

O dispositivo experimental é constituído por uma rampa inclinada e um corpo de massa  $m_c$ , tracionado por um cabo ligado, através de uma roldana, a uma massa  $m_2$ .

A fotocélula foi colocada numa posição X no meio do trilho.

Para valores de  $m_2$  iguais ou inferiores 35g, o corpo  $m_c$  desce a rampa, então o corpo é colocado em repouso na parte superior da rampa em  $X_{0d}$  a uma distância de 0.475 m da fotocélula em X. O corpo é largado, desce a rampa e mede-se a sua velocidade ao atravessar o portal de medição.

Para valores de  $m_2$  iguais ou superiores a 195g, o corpo  $m_c$  sobe a rampa. O corpo é colocado em repouso na parte inferior da rampa em  $X_{0s}$  a uma distância de 0.500 m da fotocélula em X. O corpo é largado, sobe a rampa e mede-se a sua velocidade ao atravessar o portal de medição.

Tabela 1 – Resultados experimentais

Para 195 g > $m_2$ > 35 g, o corpo permanece em repouso. (O menor valor de massas disponível era 5 g).			
Corpo desce a rampa		Corpo sobe a rampa	
$X - X_{0d} = 0,475$ m		$X - X_{0s} = 0,475$ m	
$m_c = 0,350$ kg		$m_c = 0,350$ kg	
$\varnothing_p = 9,5$ mm		$\varnothing_p = 9,5$ mm	
$m_2$ (g)	$\Delta t$ (ms)	$m_2$ (g)	$\Delta t$ (ms)
30	13,6	200	15,5
20	10,5	210	12,5
15	9,2	230	9,6

2. Diagrama de forças:

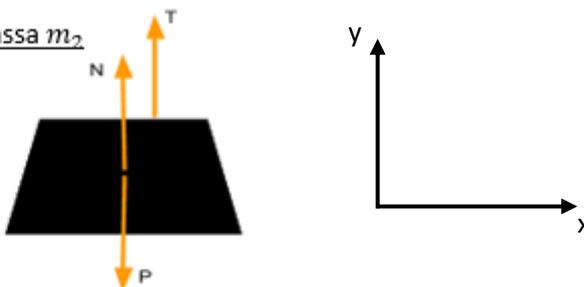
Fig. 1 Corpo de massa  $m_2$

Legenda:

T- tensão do fio

N- normal

P- peso do corpo



Legenda:

T - tensão do fio  
P - peso do corpo  
N - normal  
Fa - força de atrito  
a - vetor aceleração

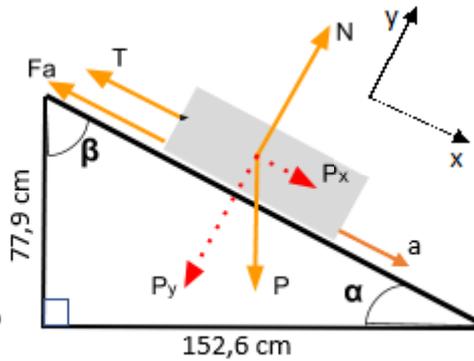


Fig. 2 Corpo de massa  $m_c$  quando desce a rampa

Cálculo do ângulos  $\alpha$ :

$$\tan \alpha = \frac{77,9}{152,6} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \alpha = \tan^{-1}\left(\frac{77,9}{152,6}\right) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \alpha \approx 27^\circ$$

Cálculo do ângulos  $\beta$ :

$$180^\circ = \alpha + \beta + 90^\circ \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \beta = 180^\circ - \alpha - 90^\circ \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \beta \approx 63^\circ$$

Legenda:

T - tensão do fio  
P - peso do corpo  
N - normal  
Fa - força de atrito  
a - vetor aceleração

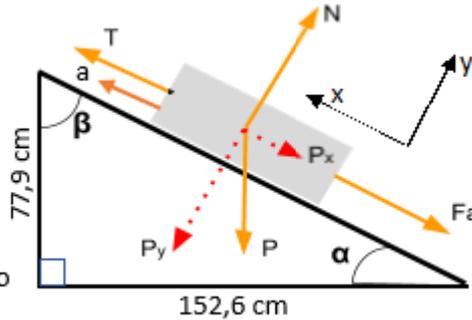


Fig. 3 Corpo de massa  $m_c$  quando sobe a rampa

### 3. Tratamento de dados

A força de atrito estático ocorre quando o corpo está em repouso, com aceleração nula e tendo em conta a 2ª lei de Newton:  $\sum \vec{F}_i = 0$  (1)

A força de atrito cinético ocorre quando o corpo está em movimento, com uma velocidade constante ou variável. Estando o corpo sujeito uma aceleração  $\vec{a}$ , a 2ª lei de Newton é:  $\sum \vec{F}_i = m * \vec{a}$  (2)

Assim, tendo em conta o diagrama de forças da fig.2, temos:

$$\begin{cases} \sum \vec{F}_x = -T \cos 0^\circ - Fa \cos 0^\circ + N \cos 90^\circ + P_c \cos(90 - \alpha) \\ \sum \vec{F}_y = N \cos 0^\circ - P_c \cos 30^\circ \end{cases} \quad (3), \quad \text{onde} \quad \sum \vec{F}_x =$$

0 e  $\sum \vec{F}_y = 0$ , para quando o corpo está em repouso e  $\sum \vec{F}_x = m * a \cos 0^\circ$  e  $\sum \vec{F}_y = m * a \cos 90^\circ$ , quando o corpo está em movimento.

Assim, tendo em conta o diagrama de forças da fig.3, temos:

$$\begin{cases} \sum \vec{F}_x = T \cos 0^\circ - Fa \cos 0^\circ - N \cos 90^\circ - P_c \cos(90 - \alpha) \\ \sum \vec{F}_y = N \cos 0^\circ - P_c \cos 30^\circ \end{cases} \quad (4), \quad \text{onde} \quad \sum \vec{F}_x = 0 \text{ e } \sum \vec{F}_y =$$

0, para quando o corpo está em repouso e  $\sum \vec{F}_x = m * a \cos 0^\circ$  e  $\sum \vec{F}_y = m * a \cos 90^\circ$ , quando o corpo está em movimento.

Para calcularmos a aceleração a incluir nas equações (3) e (4):

- A velocidade instantânea expressa em (m/s) foi calculada para cada m2 e correspondente  $\Delta t$ , através da expressão:  $v = \frac{\Delta p}{\Delta t}$  (5)

- A equação cartesiana que relaciona o quadrado da velocidade instantânea  $v^2$ , a aceleração e o deslocamento ( $x-x_0$ ) do carrinho entre a posição inicial e a posição da fotocélula é:  $v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$  (6)

Nas equações (4) e (5) para descobrir o peso dos corpos, P (N), temos:  $P = m * g$  (7), com m(Kg) e g ( $m/s^2$ ), a força da tensão do fio pode ser calculada tendo em conta o diagrama de

forças da fig.1: 
$$\begin{cases} \sum \vec{F}_x = 0 \\ \sum \vec{F}_y = N \cos 0^\circ + T \cos 0^\circ - P_{m_2} \cos 0^\circ \end{cases} \quad (8)$$

Para calcular os coeficientes de atrito,  $\mu$ , temos:  $\vec{F}_a = \mu \times N$  (9)

#### 4. Cálculo do valor da força de atrito:

Tabela 2 – Cálculo do valor da força de atrito

Para 195 g > m2 > 35 g, o corpo permanece em repouso. (O menor valor de massas disponível era 5 g).					
Corpo desce a rampa X-X0d = 0,475 m mc = 0,350 kg Øp = 9,5 mm $Px \vec{x} - T \vec{x} - Fa \vec{x} = mc \times a \vec{x}$			Corpo sobe a rampa X-X0s = 0,475 m mc = 0,350 kg Øp = 9,5 mm $-Px \vec{x} + T \vec{x} - Fa \vec{x} = mc \times a \vec{x}$		
m2 (g)	Δt (ms)	Fa (N)	m2 (g)	Δt (ms)	Fa (N)
30	13,6	1,08	200	15,5	0,271
20	10,5	1,06	210	12,5	0,299
15	9,2	1,02	230	9,6	0,354

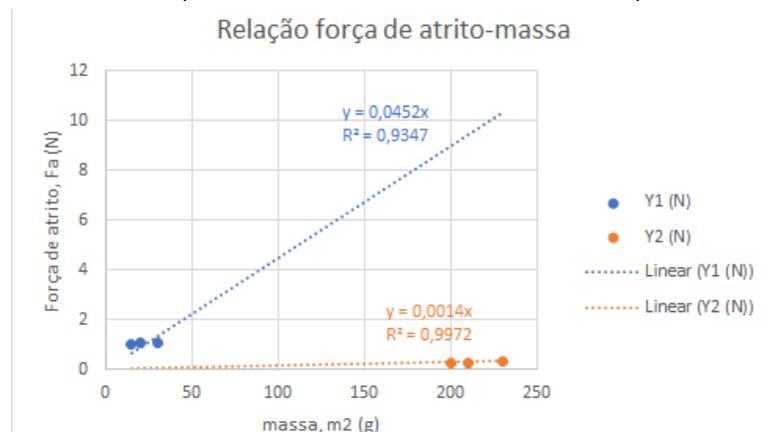
Considerando que a Força de atrito tem sentido contrário ao movimento e que o sentido positivo dos referenciais é coincidente com o sentido do movimento em cada situação, foi calculado o valor absoluto da Força de atrito, como está apresentado na tabela 2.

#### 5. Relação entre a força de atrito, Fa (N) e a massa, m2 (g)

Gráfico 1 – Relação força de atrito – massa  
(tendo em conta os dados da Tabela 3)

Tabela 3 – Relação força de atrito - massa

m2 (g)	Y1 (N)	Y2 (N)
15	1,02	—
20	1,06	—
30	1,08	—
200	—	0,271
210	—	0,299
230	—	0,354



Analisando o gráfico 1, quando o corpo desce a rampa, à medida que a massa, m2 (g) vai diminuindo a força de atrito, Fa (N) diminui. Em relação a quando o corpo sobe a rampa, à medida que a massa, m2 (g), aumenta a força de atrito aumenta, revelando-se, assim, como grandezas diretamente proporcionais.

#### 6. Cálculo dos coeficientes de atrito entre o corpo e o plano

Fa (N)	$\mu_c$	Fa (N)	$\mu_c$
1,08	0,353	0,271	0,089
1,06	0,347	0,299	0,098
1,02	0,334	0,354	0,116

Tabela 4 – Cálculo dos coeficientes de atrito entre o corpo e o plano tendo em conta a equação (9)