

## AL 2.3 – Atrito e variação de Energia Mecânica

Autora : Fernanda Neri

TI-Nspire™

### Palavras-chave:

Energia Cinética; Energia Potencial; Transferência de energia; Transformação de energia; Energia Mecânica; Forças conservativas; Forças dissipativas; trabalho de uma Força e Dissipação de energia.

### Ficheiros associados:

atrito\_e\_variação\_da\_em\_actividade\_professor; atrito\_e\_variação\_da\_em\_actividade\_aluno; atrito\_e\_variação\_da\_em.tns

## 1. Objetivos

Medir valores de velocidades instantâneas;

Relacionar a variação de energia mecânica de um sistema com o trabalho realizado por forças de atrito;

Explicar as forças de atrito como o resultado de interações entre as superfícies em contacto;

Identificar o coeficiente de atrito cinético como sendo uma característica de dois materiais em contacto e em movimento relativo;

Relacionar a força de atrito com o coeficiente de atrito cinético e a compressão exercida na superfície de deslizamento;

Identificar situações do dia-a-dia em que o atrito seja vantajoso ou prejudicial.

## 2. Introdução teórica

Quando fazemos um corpo deslizar através de uma rampa ocorrem transferências de energia entre o corpo e a superfície da rampa. Esta transferência de energia conduzirá a uma variação da energia mecânica do sistema.

A variação da energia mecânica de um sistema é devida à existência de forças dissipativas a atuar sobre o sistema. A força de atrito é um exemplo de uma força dissipativa.

Estas forças dependem dos materiais em contacto.

O coeficiente de atrito cinético é uma propriedade característica de dois materiais em contacto e em movimento relativo.

O valor de coeficiente de atrito cinético é tanto maior quanto maior for o valor da força de atrito. Na tabela abaixo estão alguns exemplos de valores de Coeficiente de atrito cinético ( $\mu_c$ ) para diferentes superfícies.

Material	Coeficiente de atrito cinético
Vidro com vidro	0,40
Madeira com madeira	0,73
Aço com Aço	0,57

O trabalho realizado pela resultante das forças que atuam no centro de massa de um bloco pode ser calculado pela variação da energia cinética:

$$W_{FR} = \Delta E_c$$

$$\Delta E_c = W_{FC} + W_{FNC}$$

$$W_{FC} = -\Delta E_p$$

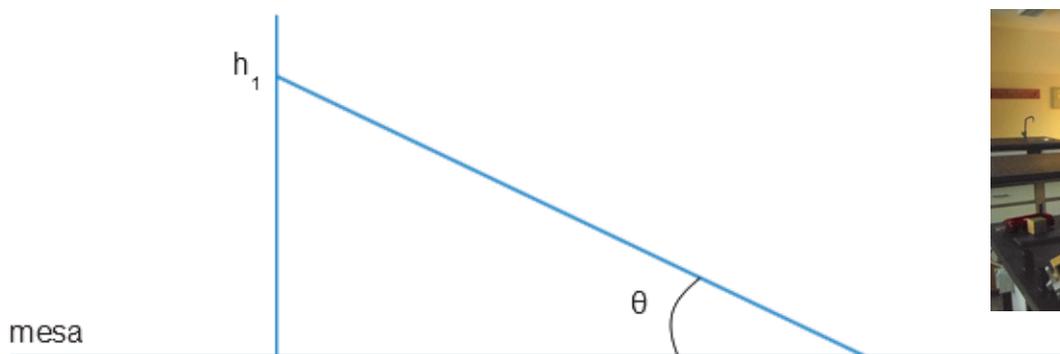
$$W_{FNC} = \Delta E_c + \Delta E_p$$

Como  $\Delta E_c + \Delta E_p = \Delta Em$

Então

$$W_{F_{NC}} = \Delta E_m$$

Para determinar a intensidade da força de atrito basta então conhecer o trabalho realizado pela força de atrito.



$$W_{F_{NC}} = F_a \cdot \Delta x \cdot \cos 180^\circ$$

O atrito cinético é dado pela expressão  $\mu_c = \tan \theta$

### 3. Comentários

Divida os alunos em grupos de modo que dois façam o estudo com a mesma inclinação e diferentes superfícies de contacto e dois usando o mesmo material mas colocando a rampa com inclinações diferentes.

Quando testar a variação do coeficiente de atrito cinético com a alteração da inclinação da rampa deverá ter o cuidado para que as amplitudes difiram entre si pelo menos 10º para que a diferenças das intensidades das forças de atrito não sejam muito próximas e permitam assim tirar conclusões.

O documento atrito\_e\_variação\_da\_em.tns serve para o professor por os alunos a explorar dados de uma experiência já realizada e fazer uma avaliação dos conceitos adquiridos nesta atividade.

### 4. Material

Unidade portátil TI-Nspire ou computador com software TI-Nspire

Lab Cradle

Célula fotoelétrica/Photogate

Calha

Blocos de madeira com superfícies diferentes

### 5. Procedimento

Montar o plano inclinado de forma a que os blocos deslizem.

Registrar o ângulo  $\theta$  utilizado e a altura da rampa  $h_1$ .

Montar a célula fotoelétrica numa determinada posição da rampa

Medir a massa do bloco

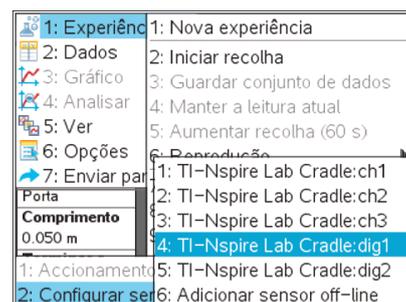
Colocar a unidade portátil no Lab Cradle ou ligar o Lab Cradle ao PC

Ligar Photogate a um dos dois canais digitais do Lab Cradle.

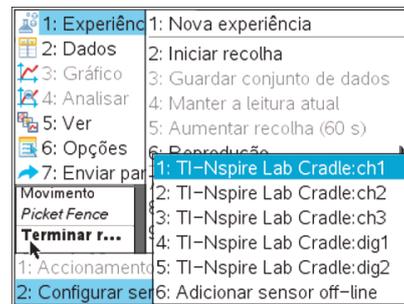
Abra o Vernier Data Quest

Normalmente este sensor não é logo reconhecido por isso proceda do seguinte modo:

→ [1]: Experiência → A: Configuração avançada → [3]: Configurar sensor



Selecione o canal onde tem ligado o sensor para proceder à configuração

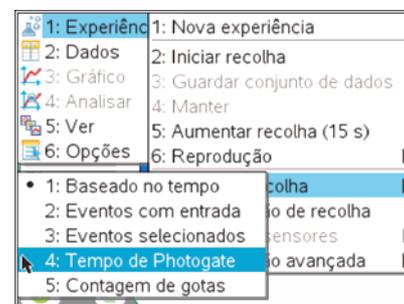


Procure o sensor Photogate e faça OK



Para recolher apenas o tempo que o objeto demora a atravessar a célula tem também de configurar o tipo de experiência que pretende realizar com a Photogate.

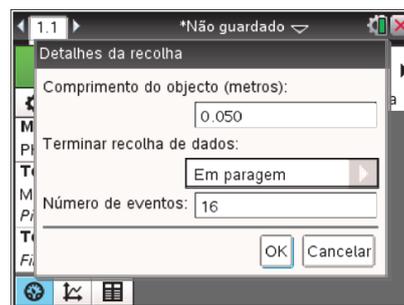
[menu] → [1]: Experiência → [7]: modo de recolha → [4]: Tempo de Photogate



Selecione Porta e OK



Registe o comprimento do objeto que vai atravessar a célula e coloque a recolha de dados em paragem. O número de eventos não é muito importante pois quando tiver dados suficientes pode parar. Faça OK e está pronto a iniciar a recolha de dados.



Os valores que a célula vai ler são os seguintes:

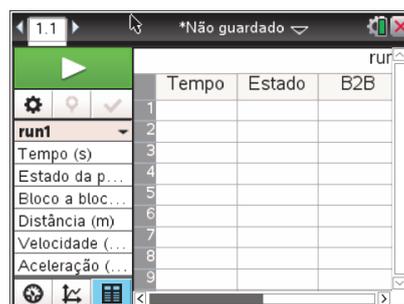
Tempo (lê o tempo decorrido entre a primeira leitura e as seguintes)

Estado (se está bloqueada ou desbloqueada)

B2U (tempo do objeto atravessar a célula)

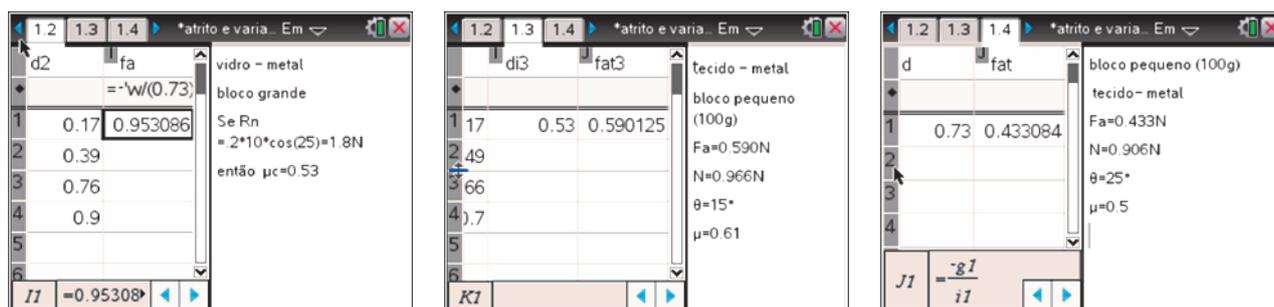
V (velocidade com que atravessa a célula)

Inicie a recolha pressionando o botão iniciar recolha (verde - canto superior esquerdo).



Vá mudando a posição da célula e registre no caderno a altura da mesa à posição da rampa onde a célula se encontra.

## 6. Resultados



Nesta experiência foi apenas testada a variação do coeficiente de atrito cinético usando a parte de vidro e de tecido pois verificava-se que o atrito noutras superfícies era muito grande e o bloco não deslizava

Verificava-se também que o bloco (especialmente o grande) bate nas extremidades da calha alterando os resultados pretendidos.

Para além destes erros foram ainda cometidos erros de paralaxe nas leituras das alturas, do comprimento do plano de deslizamento e na medição dos ângulos.

Há ainda erros associados aos aparelhos de medida.

## 7. Conclusões

A partir dos resultados obtidos podemos concluir que superfícies diferentes têm forças de atrito diferentes.

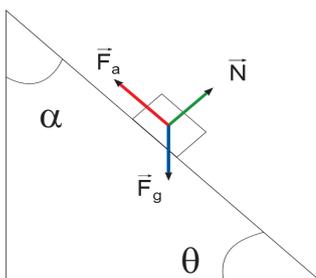
Da análise dos resultados apresentados nas últimas duas figuras acima podemos concluir que quando se faz deslizar o mesmo corpo sobre a mesma superfície de contacto, sobre planos inclinados com diferentes inclinações, quanto menor for essa inclinação maior é a intensidade da força de atrito.

## 8. Questões

atrito\_e\_variação\_da\_em\_actividade\_aluno

Preparação da experiência

1.



2. Força conservativa  $F_g$

Força dissipativa.  $F_a$

3. Segundo a componente x

$$P_x - F_a = 0$$

Segundo a componente y

$$N - P_y = 0$$

Como  $P_x = P \sin \theta$  e

$$P_y = P \cos \theta$$

$$P \sin \theta - F_a = 0$$

$$P \cos \theta = N$$

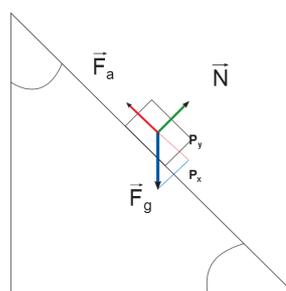
$$\sin \theta = \frac{F_a}{P}$$

$$\cos \theta = \frac{N}{P}$$

$$\text{Se } \operatorname{tg} \theta = \mu \text{ e se } \operatorname{tg} \theta = \frac{\sin \theta}{\cos \theta}$$

$$\text{então } \mu = \frac{F_a}{N}$$

$$\text{logo } \mu = \frac{F_a}{N}$$



4. Para determinar a  $E_c$  tem de se conhecer a massa do bloco e a velocidade com que atravessa a célula.  $E_c = \frac{1}{2}mv^2$
5. Para determinar a  $E_p$  tem de se conhecer a massa e a altura em relação ao nível de referência.

$$E_p = mgh$$

6. Devido ao facto das superfícies possuírem uma certa rugosidade
7. Se mantivermos a mesma inclinação da rampa a força de atrito será maior na situação em que o corpo tiver maior massa. Pois  $F_a = P \sin \theta$  e  $P = mg$ , logo maior massa maior força de atrito.
8. Se variarmos a inclinação da rampa a compressão de um corpo exercida sobre a superfície será maior quanto menor a inclinação.  $P \cos \theta = N$

### Resultados

A relação existente entre a energia dissipada e o trabalho realizado pela força de atrito é  $W_{F_{NC}} = \Delta E_m$  sendo

$$\Delta E_m = E_{(dissipada)}$$

O módulo da força de atrito será tanto maior quanto maior for o trabalho realizado pela força de atrito pois

$$W_{F_{NC}} = F_a \cdot \Delta x \cdot \cos 180^\circ$$

O atrito é prejudicial quando queremos fazer deslizar um objecto sem grande esforço. Os materiais mais adequados devem ter baixos valores de coeficientes de atrito cinético.

O atrito é vantajoso quando queremos que o movimento seja controlado, por exemplo uma rampa de um passeio que utilizamos.