

APL 2.1 – ENERGIA CINÉTICA AO LONGO DE UM PLANO INCLINADO

Questão – Problema: Um carro encontra-se parado no cimo de uma rampa. Acidentalmente, é destravado e começa a descer a rampa.

Como se relaciona a energia cinética do centro de massa do carrinho com a distância percorrida ao longo da rampa?

Objecto de ensino

- Velocidade instantânea
- Energia cinética

Objectivos

- Determinar a velocidade instantânea de um carrinho em diferentes pontos de uma rampa, quando abandonado no extremo superior, sempre da mesma posição.
- Relacionar a energia cinética do CM do carrinho com a velocidade.
- Relacionar a energia cinética do CM do carrinho com a distância percorrida ao longo da rampa.
- Relacionar a energia cinética do CM do carrinho com a inclinação do plano.

Questões pré-laboratoriais

1. Que tipo de movimento é que o carrinho vai adquirir?
2. Qual o significado de velocidade instantânea? Justifica.
3. Quais as grandezas que determinam a inclinação de um rampa?
4. A maior ou menor inclinação de uma rampa, terá influência na velocidade com que o carrinho chega ao fim da rampa?
5. De que grandezas depende a energia cinética?

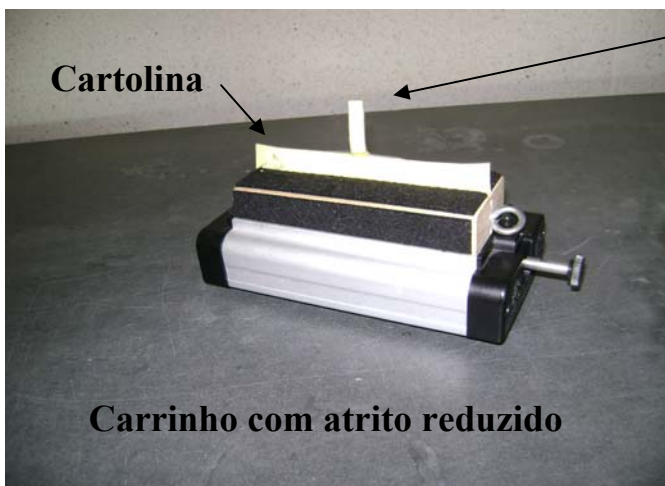
6. Identifica a força responsável pelo movimento do carrinho. Justifica.
7. Como se designa o trabalho realizado por esta força?
8. Qual a relação entre o trabalho realizado por esta força e a variação de energia cinética?

Respostas às questões pré-laboratoriais

Trabalho laboratorial

Para observar o movimento do carrinho na calha utiliza o seguinte material:

- Balança electrónica
- Régua metálica graduada (calha)
- Digitímetro
- Célula fotoeléctrica
- Fios de ligação
- Carrinho com rodas e uma cartolina
- Suporte universal, noz e garras
- Régua



**Medir o comprimento da cartolina
que atravessa o feixe de luz**

**O carrinho é sempre colocado no topo da
calha, marcando a posição aproximada do
seu CM**

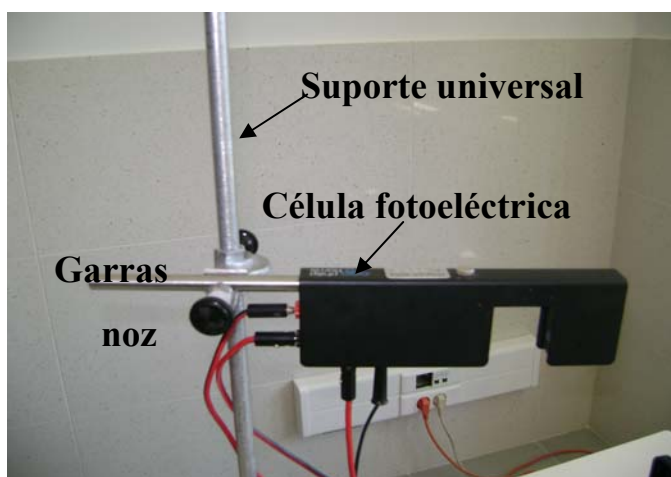


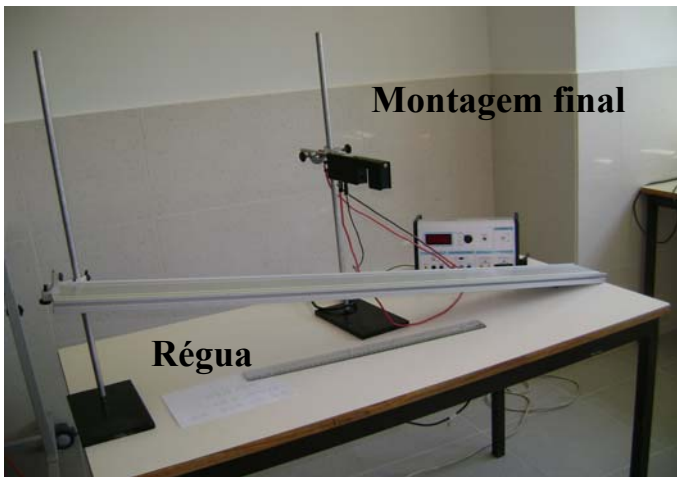
Cronómetro digital (Digitímetro)



O digitímetro mede o intervalo de tempo em que o feixe de luz esteve interrompido.

Cuidado com as unidades!!!





Para minimizar os erros experimentais, realizar três medições para a mesma posição da célula fotoelétrica - carrinho.

Fazer medições para quatro posições diferentes da célula fotoelétrica - carrinho.

1. Com o material referido, planeia a actividade experimental que permita lançar um carrinho ao longo de uma rampa com uma inclinação predefinida, com a finalidade de determinar a velocidade instantânea, em diferentes posições, indicando:

1.1. todos os procedimentos a seguir;

1.2. Após efectuares a montagem, mede e regista numa tabela:

- a) as distâncias percorrida pelo CM do carrinho;
- b) as grandezas necessárias ao cálculo da velocidade instantânea,
- c) as grandezas necessárias ao cálculo da energia cinética.

Respostas

1.2. Tabela de registo de dados

m_{carrinho}	$d_{\text{cartolina}}$	$\Delta x = x_f - x_i$	Δt (s)

Questões pós-laboratoriais

1. Descreve de forma sucinta, indicando todas as etapas, que conduziram à resolução do problema proposto inicialmente.
2. Como se relaciona a energia cinética do centro de massa do carrinho com:
 - 2.1. a velocidade adquirida pelo carrinho ao longo da rampa;
 - 2.2. a distância percorrida ao longo da rampa.
3. Apresenta a tabela de registos de dados, as medidas efectuadas e os cálculos realizados.
4. Obtém, na calculadora, (ou no MSExcel) o gráfico da variação da energia cinética em função da distância, determinando a equação da linha recta que melhor se ajusta ao conjunto de pontos experimentais.
5. Interpreta a equação que obtiveste.
6. Compara o valor da massa que calculaste por regressão linear com o valor da massa determinado na balança, discutindo a aproximação feita de o sistema ser conservativo.

Respostas às Questões pós-laboratoriais

Tabela de registo de dados

$\Delta x = x_f - x_i$	Δt (s)	Δt_{medio} (s)	v ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	E_c (J)

Ex: cálculo do valor da energia cinética do CM do carrinho para a posição $\Delta x = 30$ cm

Sugestões de avaliação

- Deverá ser feita a avaliação do trabalho laboratorial executado pelos alunos através do preenchimento de uma grelha própria.
- Será também avaliado o relatório feito pelos alunos de que constem:
 - as respostas às questões pré-laboratoriais;
 - justificação das grandezas escolhidas para determinação da velocidade instantânea;
 - interpretação do gráfico da energia cinética em função da distância;
 - interpretação do declive da recta obtida no gráfico
 - as respostas às questões pós-laboratoriais.
- Discussão dos resultados obtidos pelos vários grupos em que podem ser utilizadas inclinações diferentes.
- Pode ainda ser utilizada uma ficha para auto-avaliação dos alunos.

*A professora
Celeste da Queija*

APL 2.1 – ENERGIA CINÉTICA AO LONGO DE UM PLANO INCLINADO

Questão – Problema: Um carro encontra-se parado no cimo de uma rampa. Acidentalmente, é destravado e começa a descer a rampa.

Como se relaciona a energia cinética do centro de massa do carrinho com a distância percorrida ao longo da rampa?

Objecto de ensino

- Velocidade instantânea
- Energia cinética

Objectivos

- Determinar a velocidade instantânea de um carrinho em diferentes pontos de uma rampa, quando abandonado no extremo superior, sempre da mesma posição.
- Relacionar a energia cinética do CM do carrinho com a velocidade.
- Relacionar a energia cinética do CM do carrinho com a distância percorrida ao longo da rampa.
- Relacionar a energia cinética do CM do carrinho com a inclinação do plano.

Questões pré-laboratoriais

1. Que tipo de movimento é que o carrinho vai adquirir?
2. Qual o significado de velocidade instantânea? Justifica.
3. Quais as grandezas que determinam a inclinação de um rampa?
4. A maior ou menor inclinação de uma rampa, terá influência na velocidade com que o carrinho chega ao fim da rampa?
5. De que grandezas depende a energia cinética?

6. Identifica a força responsável pelo movimento do carrinho. Justifica.
7. Como se designa o trabalho realizado por esta força?
8. Qual a relação entre o trabalho realizado por esta força e a variação de energia cinética?

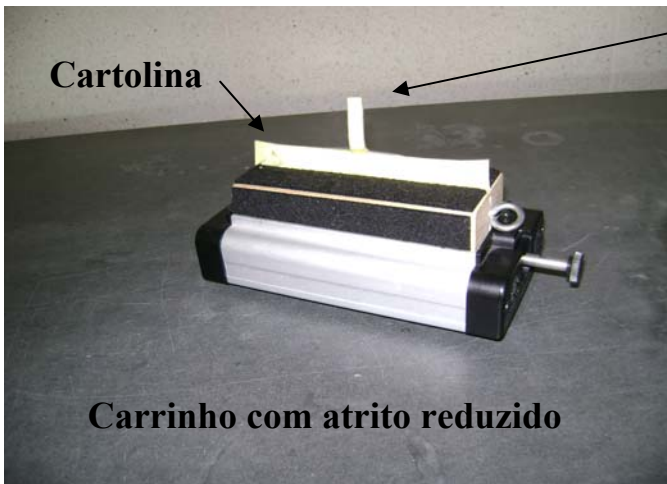
Respostas

1. Vai adquirir um movimento uniformemente acelerado.
2. É a velocidade que o carrinho possui num determinado instante. Neste caso particular, quando passa na célula fotoelétrica.
3. A altura e o comprimento da rampa, que se reflecte no ângulo que a rampa forma com o plano horizontal.
4. Sim, quanto maior for a inclinação de uma rampa, maior será a velocidade com que com do carrinho chega ao fim da rampa.
5. Depende da massa do corpo e da velocidade adquirida.
6. A força responsável pelo movimento do carrinho é o peso. Terá de ser desdobrado nas suas componentes P_x e P_y , sendo que a componente P_y com R_n (reação normal do plano sobre o corpo) têm resultante nula, ficando apenas a componente P_x , que será a força resultante ou força eficaz (sistema conservativo).
7. Trabalho positivo ou motor ou potente.
8. $W_{Fr} = \Delta E_c$ (O trabalho realizado pela resultante das forças é igual à variação de energia cinética sofrida pelo carrinho – Teorema da Energia Cinética)

Trabalho laboratorial

Para observar o movimento do carrinho na calha utiliza o seguinte material:

- Balança electrónica
- Régua metálica graduada (calha)
- Digitímetro
- Célula fotoelétrica
- Fios de ligação
- Carrinho com rodas e uma cartolina
- Suporte universal, noz e garras
- Régua



Medir o comprimento da cartolina que atravessa o feixe de luz

O carrinho é sempre colocado no topo da calha, marcando a posição aproximada do seu CM

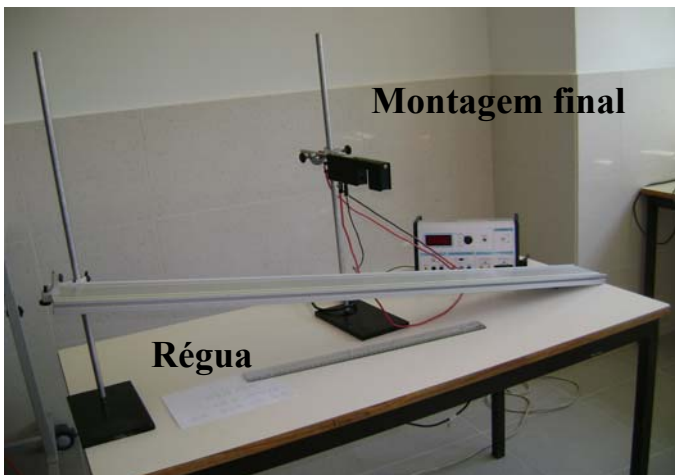


O digitímetro mede o intervalo de tempo em que o feixe de luz esteve interrompido.

Cuidado com as unidades!!!



Suporte universal
 ↓
Célula fotoelétrica
 ↓
Garras
noz



Para minimizar os erros experimentais, realizar três medições para a mesma posição da célula fotoelétrica - carrinho.

Fazer medições para quatro posições diferentes da célula fotoelétrica - carrinho.

- 1. Com o material referido, planeia a actividade experimental que permita lançar um carrinho ao longo de uma rampa com uma inclinação predefinida, com a finalidade de determinar a velocidade instantânea, indicando:**

1.1. todos os procedimentos a seguir;

1.2. Após efectuares a montagem, mede e regista numa tabela:

- a) as distâncias percorrida pelo CM do carrinho;
- b) as grandezas necessárias ao cálculo da velocidade instantânea,
- c) as grandezas necessárias ao cálculo da energia cinética.

Respostas

1.1.

- Faz-se a montagem de acordo com o esquema apresentado.
- Pesa-se o carrinho, numa balança electrónica ($m = 0,63694 \text{ g}$)
- Com uma régua mede-se a parte superior da cartolina que se encontra encaixada no carrinho, que irá interromper o feixe de luz na célula fotoelétrica, aquando da passagem do carrinho ($d = 0,7\text{cm}$).
- Com uma régua mede-se a altura do plano num determinado ponto e o correspondente comprimento, para se determinar a inclinação. ($h = 25 \text{ cm}$ e $l = 130 \text{ cm}$).
- Coloca-se o carrinho no topo da rampa, assinala-se o seu CM e regista-se a posição correspondente. ($x_{\text{CM}} = 10 \text{ cm}$).
- Um aluno deixa cair o carrinho e outro ligou o digitímetro, que registou o tempo em que o feixe de luz foi interrompido pela passagem do carrinho.
- Fazem-se três medições para a mesma posição do carrinho.
- Fazer medições para quatro posições diferentes da célula fotoelétrica - carrinho

1.2. Tabela de registo de dados

m_{carrinho}	$d_{\text{cartolina}}$	$\Delta x = x_f - x_i$	Δt (s)
0,63694 g	0,7cm	40-10 = 30 cm	6,6 x 10 ⁻³ 6,6 x 10 ⁻³ 6,5 x 10 ⁻³
		50-10 = 40 cm	5,8 x 10 ⁻³ 5,9 x 10 ⁻³ 6,1 x 10 ⁻³
		60-10 = 50 cm	5,3 x 10 ⁻³ 5,2 x 10 ⁻³ 5,2 x 10 ⁻³
		70-10 = 60 cm	4,4 x 10 ⁻³ 4,4 x 10 ⁻³ 4,4 x 10 ⁻³

Questões pós-laboratoriais

1. Descreve de forma sucinta, indicando todas as etapas, que conduziram à resolução do problema proposto inicialmente.
2. Como se relaciona a energia cinética do centro de massa do carrinho com:
 - 2.1. a velocidade adquirida pelo carrinho ao longo da rampa;
 - 2.2. a distância percorrida ao longo da rampa.
3. Apresenta a tabela de registos de dados, as medidas efectuadas e os cálculos realizados.
4. Obtém, na calculadora, (ou no MSExcel) o gráfico da variação da energia cinética em função da distância, determinando a equação da linha recta que melhor se ajusta ao conjunto de pontos experimentais.
5. Interpreta a equação que obtiveste.
6. Compara o valor da massa que calculaste por regressão linear com o valor da massa determinado na balança, discutindo a aproximação feita de o sistema ser conservativo.

Respostas

1. Descrição sucinta das etapas para a resolução do problema proposto

- Foi calculado o valor da velocidade instantânea do CM do carrinho nas diferentes posições, a partir da $d_{\text{cartolina}} = 0,7 \text{ cm} = 0,007 \text{ m}$ e o intervalo de tempo registado no digitímetro, para cada posição, ($v = d / \Delta t$).
- De seguida, calculou-se o valor da energia cinética do CM do carrinho, sabendo o valor da massa e da velocidade instantânea, ($E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$).

2.1. A energia cinética do centro de massa do carrinho aumenta com o valor da velocidade adquirida ao longo da rampa.

2.2. A energia cinética do centro de massa do carrinho aumenta com o valor a distância percorrida ao longo da rampa.

3. Tabela de registo de dados

$\Delta x = x_f - x_i$	Δt (s)	Δt_{medio} (s)	v ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	E_c (J)
10-10 = 0 cm	0	0	0	0,000
40-10 = 30 cm 0,30 m	$6,60 \times 10^{-3}$ $6,60 \times 10^{-3}$ $6,50 \times 10^{-3}$	$6,57 \times 10^{-3}$	1,065	0,3615
50-10 = 40 cm 0,40 m	$5,8 \times 10^{-3}$ $5,9 \times 10^{-3}$ $6,1 \times 10^{-3}$	$5,93 \times 10^{-3}$	1,180	0,4434
60-10 = 50 cm 0,50 m	$5,3 \times 10^{-3}$ $5,2 \times 10^{-3}$ $5,2 \times 10^{-3}$	$5,23 \times 10^{-3}$	1,338	0,5705
70-10 = 60 cm 0,60 m	$4,8 \times 10^{-3}$ $4,9 \times 10^{-3}$ $4,7 \times 10^{-3}$	$4,80 \times 10^{-3}$	1,458	0,6773
80-10 = 70 cm 0,70 m	$4,4 \times 10^{-3}$ $4,4 \times 10^{-3}$ $4,4 \times 10^{-3}$	$4,40 \times 10^{-3}$	1,591	0,8060

Ex: cálculo do valor da energia cinética do CM do carrinho para a posição $\Delta x = 30 \text{ cm}$

Dados: $\Delta x = 0,30 \text{ m}$

$$\Delta t_{\text{medio}} = 6,5 \times 10^{-3} \text{ s}$$

$$m = 0,63694 \text{ g}$$

Cálculos:

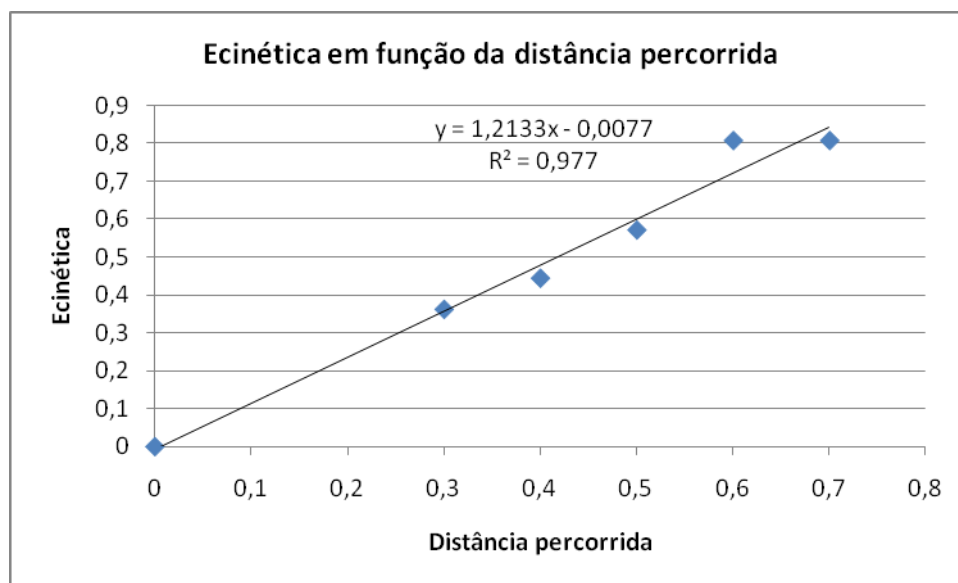
- **Da velocidade instantânea**

$$v = d / \Delta t \quad \Rightarrow \quad v = 0,007 / 6,57 \times 10^{-3} \quad \Rightarrow \quad v = 1,065 \text{ m.s}^{-1}$$

- **do valor da energia cinética do CM do carrinho**

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \quad E_c = \frac{1}{2} \cdot 0,63694 \cdot 1,065^2 \quad E_c = 0,3615 \text{ J}$$

4. Gráfico da Energia cinética em função da distância percorrida pelo carrinho



5. A equação da linha recta ($y = 1,2133x - 0,0077$) que melhor se ajusta ao conjunto de pontos experimentais informa que o declive dessa recta é o valor de P_x , isto porque, aplicando o Teorema da Energia Cinética, $\Delta E_c = W_{Fr} \Rightarrow$ como $F_r = P_x \Rightarrow E_c = P_x \cdot d \cdot \cos \alpha \Rightarrow$ declive = $P_x = 1,2133$

6. Pode-se determinar o valor da massa a partir do declive da recta, assim:

$$P_x = m \cdot g \cdot \text{sen}\alpha \quad \text{sen}\alpha = h/l \quad \Rightarrow \quad \text{sen}\alpha = 25/130=0,192$$

$$1,213 = m \cdot 9,8 \cdot 0,192 \quad \Rightarrow \quad m = 0,6446\text{g (valor experimental)}$$

$$m(\text{balança}) = 0,63694\text{g}$$

$$\% \text{ de erro} = \{ |x_{\text{real}} - x_{\text{exp}}| / x_{\text{real}} \} \cdot 100\%$$

$$\% \text{ de erro} = |0,63694 - 0,64466| / 0,63694$$

$$\% \text{ de erro} = 0,012 \cdot 100\% \quad \Rightarrow \quad \% \text{ de erro} = 1,2126\%$$

A percentagem de erro é insignificante, partindo do pressuposto que o sistema é conservativo, não estamos a ter em conta eventuais perdas por atrito entre o carrinho e a superfície, por isso a força resultante, ou força eficaz é apenas o peso do carrinho.