INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SÃO PAULO

Engenharia de Controle e Automação
Física Experimental para Engenharia 1 (N1FE1)
Professor Osvaldo Canato Júnior e Wilson Elmer

Avaliação individual

Formulário:

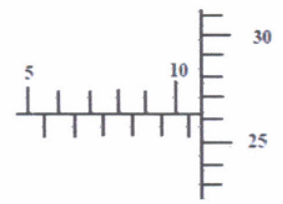
$v_m=\frac{\Delta s}{\Delta t}$; $a_m=\frac{\Delta v}{\Delta t}$; $s=s_0+vt$; $s=s_0+v_0t+\frac{1}{2}at^2$; $v=v_0+at$; $v^2={v_0}^2+2a\Delta s$; $F_R=ma$; $p=mv$; $F_{el}=kx$; $Ec=\frac{1}{2}mv^2$; $Ec_{rotação}=\frac{1}{2}I\omega^2$; $Ep=mgh$;

$T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$; $v=\omega R$; $\omega=\frac{2\pi}{T}$; $T=Fr$; $L=pr$; $I=\frac{2}{5}mr^2$; $F_{Rc}=m\frac{v^2}{r}$; $P=mg$; $Fat_{máx}=\mu_e.N$; $Fat_c=\mu_c.N$; $\Delta(\%)=\frac{|x_{teo}-x_{exp}|}{x_{teo}}\times 100$

Questões:

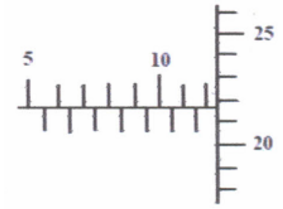
1) Apresente a leitura completa correspondente a cada uma das medidas abaixo ilustradas:

a) Medida realizada com micrômetro de precisão 0,01 mm



Resultado da medida:
(10,76 ± 0,01) mm

b) Medida realizada com micrômetro de precisão 0,01 mm



Resultado da medida:
(12,21 ± 0,01) mm

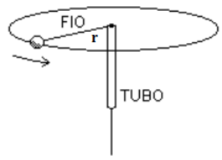
c) Medida realizada com paquímetro de precisão 0,05 mm

Resultado da medida:
(8,65 ± 0,05) mm

d) Medida realizada com paquímetro de precisão 0,05 mm

Resultado da medida:
(10,95 ± 0,05) mm

2) Em um experimento sobre o momento angular de um objeto de 50 g realizando movimento circular uniforme de raio r (ver figura ao lado), determinado grupo organizou os dados experimentais de acordo com a seguinte tabela:



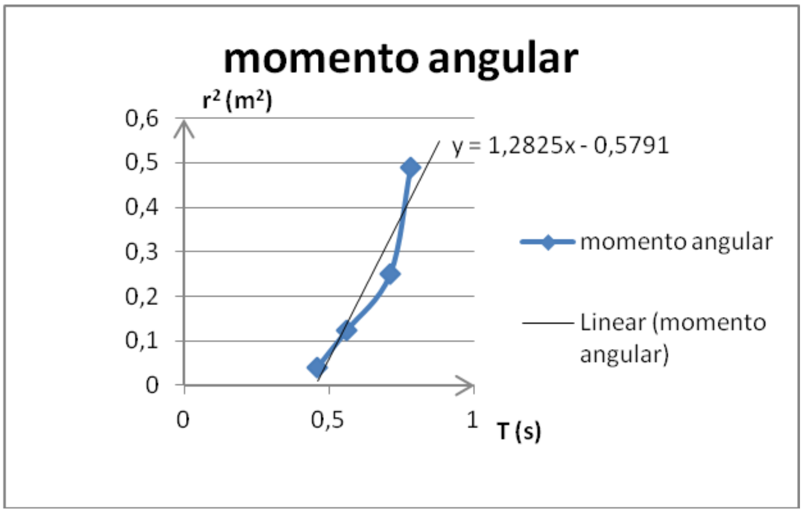
r (m)	0,20	0,35	0,50	0,70
T (s)	0,46	0,56	0,71	0,78

Com base nestes dados:
a) represente no quadriculado abaixo o gráfico de uma função linearizada cujo coeficiente angular permita o cálculo experimental do momento angular do referido objeto;
b) a partir da reta média traçada, calcule o valor deste momento angular.

Resolução:

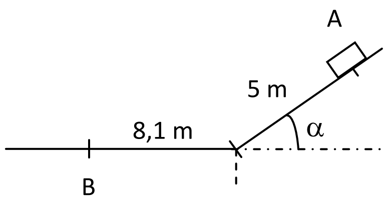
a)

T (s)	0,46	0,56	0,71	0,78
r^2 (m^2)	0,04	0,1225	0,25	0,49



b) Como $L = pr = mvr = m\omega r^2 = m\dfrac{2\pi}{T}r^2 \Rightarrow r^2 = \dfrac{L}{2\pi m}T \Rightarrow \dfrac{L}{2\pi m} = 1,2825 \Rightarrow L = 0,4\ \text{kgm}^2/\text{s}$

3) Quer-se determinar os coeficientes de atrito cinético e estático entre duas superfícies. Para tanto, utiliza-se uma rampa montada de forma a se poder variar o ângulo de inclinação α de uma de uma de suas partes (ver figura). Sabendo que com α = 26,5^0 um objeto colocado no ponto A fica na iminência de movimento e que abandonado desse mesmo ponto sob α = 30^0 o mesmo objeto passa a ganhar velocidade deslizando plano inclinado para, em seguida, frear em solo horizontal entrando novamente em repouso no ponto B, calcule o valor dos dois coeficientes de atrito citados.



Resolução:

- Para descobrir μe, basta impor a condição de iminência de movimento:

$$\mu_e = tg\alpha \text{ (iminência de movimento)} = tg26,5 = 0,498$$

- Para descobrir μc, pode-se considerar que o ganho de energia devido ao trabalho da força peso é compensada pela perda de energia devido ao atrito:

$$\tau_{Peso} + \tau_{Fat} = 0$$
$$\tau_{Peso} = mgh = mg\Delta s_{horizontal}.\cos\alpha = mg.5.sen30 = 2,5mg$$
$$\tau_{Fat} = \tau_{Fat\,Horizontal} + \tau_{Fat\,PlanoInclinado} = -\mu_c.mg.\Delta s_{horizontal} - \mu_c.mg.\cos\alpha.\Delta s_{PlanoInclinado} \Rightarrow$$
$$\tau_{Fat} = -\mu_c.mg(8,1+\cos 30.5) = -12,43\mu_c.mg$$
$$\therefore \quad 2,5mg = 12,43\mu_c.mg \Rightarrow \mu_c = 0,2$$

Resolução alternativa para o encontro de μc:

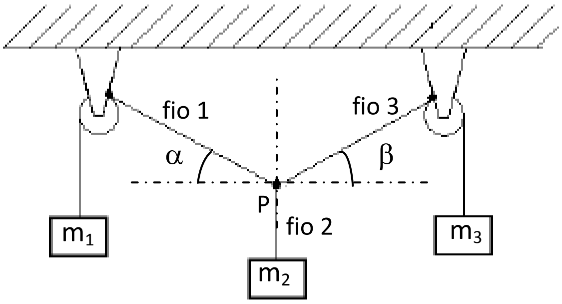
- Descida da rampa:

$$v^2_{\text{final da rampa}} = v_0^{\,2} + 2a\Delta s \Rightarrow v^2_{\text{final da rampa}} = 2\cdot(gsen\alpha - g\cos\alpha\mu_c)\cdot 5 = 10g(sen30 - \cos 30\mu_c) \Rightarrow$$
$$\Rightarrow v^2_{\text{final da rampa}} = 10g(0,5 - 0,866\mu_c)$$

- Deslizamento no plano horizontal:

$$v^2_{\text{final do movimento}} = v^2_{\text{final da rampa}} + 2a_{horizontal}\Delta s_{horizontal} \Rightarrow$$
$$0^2 = v^2_{\text{final da rampa}} + 2\cdot a_{horizontal}\Delta s_{horizontal} \Rightarrow$$
$$v^2_{\text{final da rampa}} = -2\cdot a_{horizontal}\Delta s_{horizontal} = -2(-g\mu_c)\cdot 8,1 = 16,2g\mu_c \Rightarrow$$
$$\Rightarrow 10g(0,5 - 0,866\mu_c) = 16,2g\mu_c \Rightarrow 5 - 8,66\mu_c = 16,2\mu_c \Rightarrow \mu_c = \frac{5}{24,86} = 0,2$$

4) Em uma experiência realizada sobre o equilíbrio de um ponto material P suspenso por fios e polias ideais que sustentam os três massores indicados na figura ao lado, um grupo de alunos registrou os seguintes valores para determinada posição de equilíbrio:



m_1 (g)	m_2 (g)	m_3 (g)	α	β
200	400	300	45º	60º

Adotando como padrão o fio 2 (considerando sua força tensora exatamente igual ao peso do massor de massa m_2), calcule:

a) os valores das forças tensoras que caracterizam os outros dois fios;

b) o desvio percentual dos dois valores encontrados para com os valores teoricamente para eles esperados.

<u>Resolução:</u>

a)

$$T_{x1} = T_{x3} \Rightarrow T_1.\cos\alpha = T_3.\cos\beta \Rightarrow T_1.\cos 45 = T_3.\cos 60 \Rightarrow T_1 = T_3.\frac{0,5}{0,707} \Rightarrow T_1 = T_3.0,707$$

$$T_2 = T_{y1} + T_{y3} = T_1.sen\alpha + T_3.sen\beta = (T_3.0,707).sen45 + T_3.sen60 = (T_3.0,707).0,707 + T_3.0,866 \Rightarrow$$

$$T_2 = 0,5T_3 + 0,866T_3 = 1,366T_3 \Rightarrow$$

$$T_3 = \frac{T_2}{1,366} = \frac{400}{1,366} = 292{,}8\ gf \Rightarrow$$

$$T_1 = 292{,}8.0,707 = 207\ gf$$

b)

$$\Delta(\%)F_1 = \frac{|200 - 207|}{200} \times 100 = 3,5\%$$

$$\Delta(\%)F_3 = \frac{|300 - 292,8|}{300} \times 100 = 2,4\%$$

5) Em um experimento sobre colisões analisadas com uso de um trilho de ar munido dos 4 sensores indicados na figura ao lado, um grupo de alunos registrou os seguintes valores para determinada colisão inelástica observada a partir da configuração inicial do carrinho 2 em repouso:

m_1 (g)	m_2 (g)	Δs_1 (cm)	Δt_1 (s)	Δs_2 (cm)	Δt_2 (s)
257	348	15	0,359	15	0,881

Em vista destas informações, calcule:

a) as quantidades de movimento do sistema formado pelos dois carrinhos antes e após a colisão;

b) o desvio percentual entre os dois valores encontrados;

c) as energias cinéticas antes e depois da colisão;

d) o percentual de energia cinética perdida devido à colisão

(e) o coeficiente de restituição que caracteriza o choque.

a)

$$p_{s\text{ antes}} = p_{1i} + p_{2i} = p_{1i} + 0 = m_1 v_{1i} = m_1 \frac{\Delta s}{\Delta t_1} = 0,257.\frac{0,15}{0,359} = 0,257.0,418 \Rightarrow$$

$p_{s\text{ antes}}$ = 0,107 kgm/s

$$p_{s\text{ depois}} = p_{1f} + p_{2f} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f} = (m_1 + m_2) v_f = (0,257 + 0,348).\frac{\Delta s}{\Delta t_2} = 0,605.\frac{0,15}{0,881} = 0,605.0,17 \Rightarrow$$

$p_{s\text{ depois}}$ = 0,103 kg.m/s

b)

$$\Delta(\%)\, p_s = \frac{|0,107 - 0,103|}{0,107} \times 100 = 3,74\%$$

c)

$$Ec_{s\text{ antes}} = Ec_{1i} + Ec_{2i} = Ec_{1i} + 0 = \frac{1}{2} m_1 v^2{}_{1i} = \frac{1}{2} 0,257.0,418^2 = 0,022 \text{ J}$$

$$Ec_{s\text{ depois}} = Ec_{1f} + Ec_{2f} = \frac{1}{2} m_1 v^2{}_{1f} + \frac{1}{2} m_2 v^2{}_{2f} = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) v^2{}_f = \frac{1}{2} 0,605.0,17^2 = 0,0087 \text{ J}$$

d)

$$\Delta(\%) Ec \text{ perdida} = \frac{|0,022 - 0,0087|}{0,022} \times 100 = 60,45\%$$

e)

colisão inelástica -> e = 0

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA SÃO PAULO

Engenharia de Controle e Automação
Física Experimental para Engenharia 1 (N1FE1)
Professor Osvaldo Canato Júnior e Wilson Elmer

Avaliação individual

Formulário:

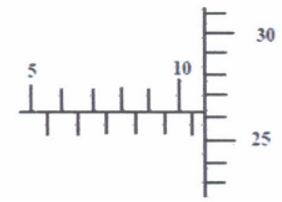
$$v_m=\frac{\Delta s}{\Delta t};\quad a_m=\frac{\Delta v}{\Delta t};\quad s=s_0+vt;\quad s=s_0+v_0t+\frac{1}{2}at^2;\quad v=v_0+at;\quad v^2=v_0{}^2+2a\Delta s;\quad F_R=ma;\quad p=mv;\quad F_{el}=kx;\quad Ec=\frac{1}{2}mv^2;\quad Ec_{rotação}=\frac{1}{2}I\omega^2;\quad Ep=mgh;$$

$$T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}};\quad v=\omega R;\quad \omega=\frac{2\pi}{T};\quad T=Fr;\quad L=pr;\quad I=\frac{2}{5}mr^2;\quad F_{Rc}=m\frac{v^2}{r};\quad P=mg;\quad Fat_{máx}=\mu_e.N;\quad Fat_c=\mu_c.N;\quad \Delta(\%)=\frac{|x_{teo}-x_{exp}|}{x_{teo}}\times 100$$

Questões:

1) Apresente a leitura completa correspondente a cada uma das medidas abaixo ilustradas:

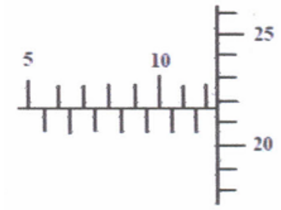
a) Medida realizada com micrômetro de precisão 0,01 mm



Resultado da medida:

(10,76 ± 0,01) mm

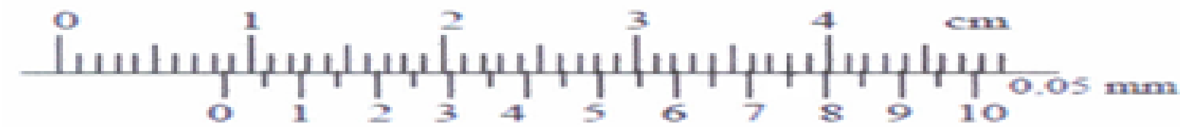
b) Medida realizada com micrômetro de precisão 0,01 mm



Resultado da medida:

(12,21 ± 0,01) mm

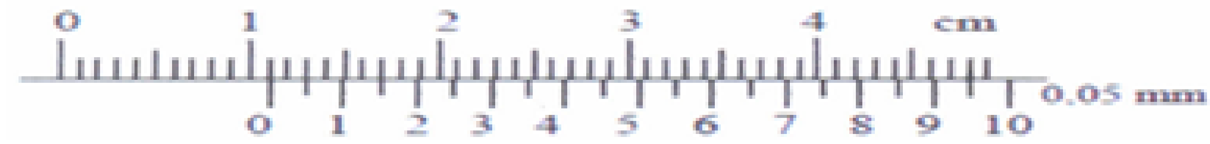
c) Medida realizada com paquímetro de precisão 0,05 mm



Resultado da medida:

(8,65 ± 0,05) mm

d) Medida realizada com paquímetro de precisão 0,05 mm



Resultado da medida:

(10,95 ± 0,05) mm

2) Utilizando um pêndulo simples, certo grupo de alunos obteve os resultados organizados na tabela aqui apresentada, referentes ao período do pêndulo (T) em função do seu comprimento (L). Com base nos resultados da tabela, pede-se:

T (s)	0,88	1,28	1,57	1,82	2,05
ℓ (cm)	20	40	60	80	100

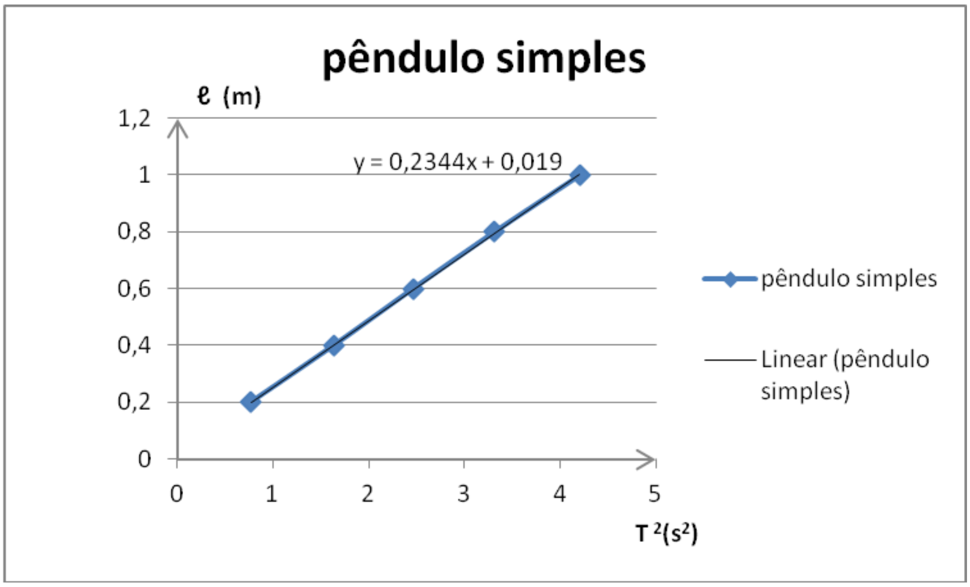
(a) representar no quadriculado abaixo o gráfico de uma função linearizada cujo coeficiente angular permita o cálculo experimental da gravidade local (g_{exp});

(b) calcular o desvio percentual (Δ%) relativo do experimento para com o valor teórico g_{SP} = 9,786 m/s^2.

Resolução:

a)

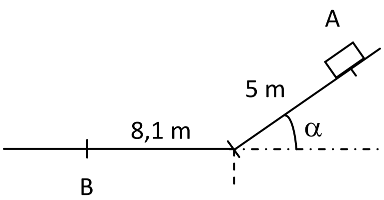
$T^2(s^2)$	0,7744	1,6384	2,4649	3,3124	4,2025
ℓ (m)	0,2	0,4	0,6	0,8	1



$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \Rightarrow T^2 = 4\pi^2\frac{L}{g} \Rightarrow L = \frac{g}{4\pi^2}T^2 \Rightarrow \frac{g}{4\pi^2} = 0,2344 \Rightarrow g = 9,25\ \text{m/s}^2$$

b) $\Delta(\%)g = \dfrac{|9,786 - 9,25|}{9,786} \times 100 = 5,48\%$

3) Quer-se determinar os coeficientes de atrito cinético e estático entre duas superfícies. Para tanto, utiliza-se uma rampa montada de forma a se poder variar o ângulo de inclinação α de uma de uma de suas partes (ver figura). Sabendo que com α = 26,5^0 um objeto colocado no ponto A fica na iminência de movimento e que abandonado desse mesmo ponto sob α = 30^0 o mesmo objeto passa a ganhar velocidade deslizando plano inclinado para, em seguida, frear em solo horizontal entrando novamente em repouso no ponto B, calcule o valor dos dois coeficientes de atrito citados.



Resolução:

- Para descobrir μe, basta impor a condição de iminência de movimento:

$$\mu_e = tg\alpha \text{ (iminência de movimento)} = tg26,5 = 0,498$$

- Para descobrir μc, pode-se considerar que o ganho de energia devido ao trabalho da força peso é compensada pela perda de energia devido ao atrito:

$$\tau_{Peso} + \tau_{Fat} = 0$$
$$\tau_{Peso} = mgh = mg\Delta s_{horizontal}.\cos\alpha = mg.5.sen30 = 2,5mg$$
$$\tau_{Fat} = \tau_{Fat\,Horizontal} + \tau_{Fat\,PlanoInclinado} = -\mu_c.mg.\Delta s_{horizontal} - \mu_c.mg.\cos\alpha.\Delta s_{PlanoInclinado} \Rightarrow$$
$$\tau_{Fat} = -\mu_c.mg(8,1 + \cos 30.5) = -12,43\mu_c.mg$$
$$\therefore \quad 2,5mg = 12,43\mu_c.mg \Rightarrow \mu_c = 0,2$$

Resolução alternativa para o encontro de μc:

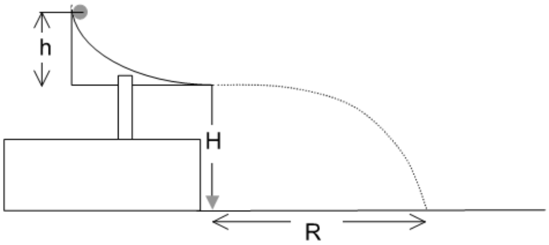
- Descida da rampa:

$$v^2_{\text{final da rampa}} = v_0^{\,2} + 2a\Delta s \Rightarrow v^2_{\text{final da rampa}} = 2\cdot(gsen\alpha - g\cos\alpha\mu_c)\cdot 5 = 10g(sen30 - \cos 30\mu_c) \Rightarrow$$
$$\Rightarrow v^2_{\text{final da rampa}} = 10g(0,5 - 0,866\mu_c)$$

- Deslizamento no plano horizontal:

$$v^2_{\text{final do movimento}} = v^2_{\text{final da rampa}} + 2a_{horizontal}\Delta s_{horizontal} \Rightarrow$$
$$0^2 = v^2_{\text{final da rampa}} + 2\cdot a_{horizontal}\Delta s_{horizontal} \Rightarrow$$
$$v^2_{\text{final da rampa}} = -2\cdot a_{horizontal}\Delta s_{horizontal} = -2(-g\mu_c)\cdot 8,1 = 16,2g\mu_c \Rightarrow$$
$$\Rightarrow 10g(0,5 - 0,866\mu_c) = 16,2g\mu_c \Rightarrow 5 - 8,66\mu_c = 16,2\mu_c \Rightarrow \mu_c = \frac{5}{24,86} = 0,2$$

4) Em um experimento sobre lançamento horizontal montado conforme o esquema aqui apresentado, determinado grupo de aluno encontrou os seguintes valores: H = 0,710 m; h = 0,253 m; R = 0,631m. Com base nestes dados e considerando g_{SP} = 9,786m/s^2, calcule:



a) o valor experimental, v_{exp}, da velocidade da esfera ao final da rampa;

b) o valor teoricamente esperado para a velocidade da esfera ao final da rampa, considerando que, devido ao atrito, ela role conforme se movimente sobre a rampa;

c) o desvio percentual (Δ%) relativo entre os valores experimental e teórico.

Resolução:

a)

Após sair da rampa:

$$H = \frac{1}{2}gt^2 \quad e \quad R = v_{0x}t \Rightarrow R^2 = v_{0x}{}^2\frac{2H}{g} \Rightarrow v_{0x} = R\sqrt{\frac{g}{2H}} = 0,631\sqrt{\frac{9,786}{2.0,710}} = 1,656 \text{ m/s}$$

b)

Na rampa:

$$Epi = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}\frac{2mr^2}{5}\left(\frac{v}{r}\right)^2 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{5}mv^2 = \frac{7}{10}mv^2 \Rightarrow$$

$$mgh = \frac{7}{10}mv^2 \Rightarrow v^2 = \frac{10}{7}gh \Rightarrow v = \sqrt{\frac{10}{7}gh} = \sqrt{\frac{10}{7}9,786.0,253} = 1,88 \text{ m/s}$$

c)

$$\Delta(\%)v = \frac{|1,88 - 1,656|}{1,88} \times 100 = 11,91\%$$

5) Em um experimento sobre colisões analisadas com uso de um trilho de ar munido dos 4 sensores indicados na figura ao lado, um grupo de alunos registrou os seguintes valores para determinada colisão inelástica observada a partir da configuração inicial do carrinho 2 em repouso:

m_1 (g)	m_2 (g)	Δs_1 (cm)	Δt_1 (s)	Δs_2 (cm)	Δt_2 (s)
257	348	15	0,359	15	0,881

Em vista destas informações, calcule:

a) as quantidades de movimento do sistema formado pelos dois carrinhos antes e após a colisão;

b) o desvio percentual entre os dois valores encontrados;

c) as energias cinéticas antes e depois da colisão;

d) o percentual de energia cinética perdida devido à colisão

(e) o coeficiente de restituição que caracteriza o choque.

Resolução:

- Para descobrir μe, basta impor a condição de iminência de movimento:

$$\mu_e = tg\alpha \text{ (iminência de movimento)} = tg26,5 = 0,498$$

- Para descobrir μc, pode-se considerar que o ganho de energia devido ao trabalho da força peso é compensada pela perda de energia devido ao atrito:

$$\tau_{Peso} + \tau_{Fat} = 0$$
$$\tau_{Peso} = mgh = mg\Delta s_{horizontal}.\cos\alpha = mg.5.sen30 = 2,5mg$$
$$\tau_{Fat} = \tau_{Fat\,Horizontal} + \tau_{Fat\,PlanoInclinado} = -\mu_c.mg.\Delta s_{horizontal} - \mu_c.mg.\cos\alpha.\Delta s_{PlanoInclinado} \Rightarrow$$
$$\tau_{Fat} = -\mu_c.mg(8,1+\cos 30.5) = -12,43\mu_c.mg$$
$$\therefore \quad 2,5mg = 12,43\mu_c.mg \Rightarrow \mu_c = 0,2$$

Resolução alternativa para o encontro de μc:

- Descida da rampa:

$$v^2_{\text{final da rampa}} = v_0^2 + 2a\Delta s \Rightarrow v^2_{\text{final da rampa}} = 2\cdot(gsen\alpha - g\cos\alpha\mu_c)\cdot 5 = 10g(sen30 - \cos 30\mu_c) \Rightarrow$$
$$\Rightarrow v^2_{\text{final da rampa}} = 10g(0,5 - 0,866\mu_c)$$

- Deslizamento no plano horizontal:

$$v^2_{\text{final do movimento}} = v^2_{\text{final da rampa}} + 2a_{horizontal}\Delta s_{horizontal} \Rightarrow$$
$$0^2 = v^2_{\text{final da rampa}} + 2\cdot a_{horizontal}\Delta s_{horizontal} \Rightarrow$$
$$v^2_{\text{final da rampa}} = -2\cdot a_{horizontal}\Delta s_{horizontal} = -2(-g\mu_c)\cdot 8,1 = 16,2g\mu_c \Rightarrow$$
$$\Rightarrow 10g(0,5 - 0,866\mu_c) = 16,2g\mu_c \Rightarrow 5 - 8,66\mu_c = 16,2\mu_c \Rightarrow \mu_c = \frac{5}{24,86} = 0,2$$