GABARITO

M'PEKO

Segunda Prova de Laboratório de Física Geral I (7600109)

06/07/2022

Nome:..

Nº USP:...

Professor:...

Turma:...

- Não está autorizada a saída da sala durante a realização da prova.
- Leia atentamente os enunciados e faça uma prova organizada.
- Não está autorizado o uso de celular durante a prova.

FÓRMULAS PARA CÁLCULOS DE PROPAGAÇÃO DE ERRO

Adição: $Z \pm \Delta Z = (x \pm \Delta x) + (y \pm \Delta y) = (x + y) \pm (\Delta x + \Delta y)$

Subtração: $Z \pm \Delta Z = (x \pm \Delta x) - (y \pm \Delta y) = (x - y) \pm (\Delta x + \Delta y)$

Multiplicação: $Z \pm \Delta Z = (x \pm \Delta x).(y \pm \Delta y) = (x.y) \pm (x\Delta y + y\Delta x)$

Multiplicação por uma constante: $Z \pm \Delta Z = c(x \pm \Delta x) = cx \pm c\Delta x$

Potência: $Z \pm \Delta Z = (x \pm \Delta x)^n = x^n \pm nx^{n-1}\,\Delta x$

Divisão: $Z \pm \Delta Z = \dfrac{x \pm \Delta x}{y \pm \Delta y} = \dfrac{x}{y} \pm \dfrac{1}{y^2}(x\Delta y + y\Delta x)$

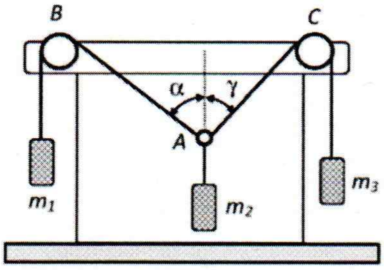
M'PEKO

1ª Questão [4,0 pontos] (Não inclui propagação de erros/incertezas)

Considere três corpos suspensos em um sistema de polias, como mostrado na **Figura abaixo.** No equilíbrio, os valores medidos para os dois ângulos indicados são: $\alpha = 72^o$ e $\gamma = 35^o$.

(a) [1,0 ponto] Desenhe (a.1) o *diagrama de corpo livre* para o ponto **A** e (**a.2**) o *triângulo de forças* nessa configuração, respeitando a posição dos ângulos.

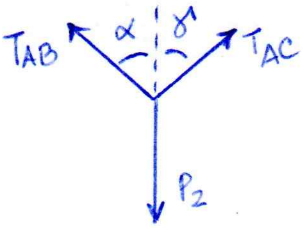
(b) [3,0 pontos] Determine os valores de m_1 e m_3, supondo conhecido o valor de m_2 = **100 g.** (Considere g = **9,81 m / s²**).

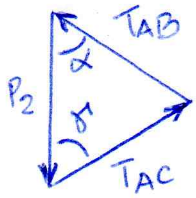


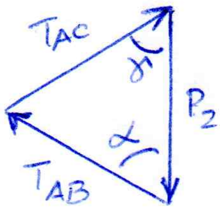
Ângulos a serem indicados:
α entre P_2 e T_{AB}, e
γ entre P_2 e T_{AC}.

(a.1) (a.2) ou (a.2)

(a)







(b) → Pela lei dos senos, tem-se que:

$$\frac{T_{AB}}{\operatorname{sen}\gamma} = \frac{T_{AC}}{\operatorname{sen}\alpha} = \frac{P_2}{\operatorname{sen}\beta} \quad (1), \text{ onde}$$

$$T_{AB} = m_1 g \ (2), \quad T_{AC} = m_3 g \ (3), \quad P_2 = m_2 g = 981 \ g\,m/s^2 \cong 0{,}981 \text{ N}$$

$$\text{e } \beta = 180^\circ - (\alpha + \gamma) = 180^\circ - 107^\circ \cong 73^\circ$$

→ A expressão (1) implica:

$$T_{AB} = P_2 \frac{\operatorname{sen}\gamma}{\operatorname{sen}\beta} = 0{,}981\text{ N}\cdot\frac{\operatorname{sen}35^\circ}{\operatorname{sen}73^\circ} = 0{,}981\text{ N}\cdot\frac{0{,}5735}{0{,}9563} \Rightarrow T_{AB} = 0{,}5883\text{ N}$$

$$\text{e } T_{AC} = P_2 \frac{\operatorname{sen}\alpha}{\operatorname{sen}\beta} = 0{,}981\text{ N}\cdot\frac{\operatorname{sen}72^\circ}{\operatorname{sen}73^\circ} = 0{,}981\text{ N}\cdot\frac{0{,}9511}{0{,}9563} \Rightarrow T_{AC} = 0{,}9757\text{ N}$$

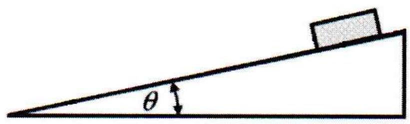
→ A expressão (2) $\Rightarrow m_1 = \frac{T_{AB}}{g} = \frac{0{,}5883\text{ N}}{9{,}81\text{ m/s}^2} = 0{,}0600 \text{ Kg}$ ou $\boxed{m_1 = 60{,}0\text{ g}}$

e a expressão (3) $\Rightarrow m_3 = \frac{T_{AC}}{g} = \frac{0{,}9757\text{ N}}{9{,}81\text{ m/s}^2} = 0{,}0995 \text{ Kg}$ ou $\boxed{m_3 = 99{,}5\text{ g}}$

M'PEKO

2ª Questão [3,5 pontos] (Inclui cálculo de incerteza: desvio médio)

Um bloco de peso $\boldsymbol{P}$, colocado num plano inclinado (vide **Figura abaixo**), está na iminência de se mover quando o ângulo $\boldsymbol{\theta}$ atinge o valor crítico $\boldsymbol{\theta} = \boldsymbol{\theta_c}$. Para uma avaliação do atrito no sistema, o experimento foi repetido 5 vezes, e na **Tabela abaixo** são listados os valores de $\boldsymbol{\theta_c}$ finalmente medidos. A partir dessa situação:



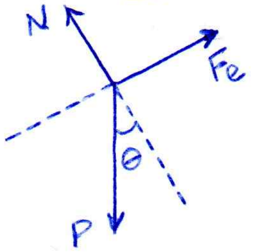
i	θ (º)	μ_e	$\mu_e - \bar{\mu}_e$
1	22,25	0,40911	- 0,00316
2	22,00	0,40426	- 0,00801
3	22,75	0,41933	+ 0,00706
4	22,60	0,41626	+ 0,00399
5	22,41	0,41237	+ 0,00010

(a) [1,0 ponto] Desenhe (a.1) o *diagrama de corpo livre* considerando as três forças em ação ($\boldsymbol{P}$: peso, $\boldsymbol{N}$: reação da superfície e $\boldsymbol{F_e}$: força de atrito estático), assim como **(a.2)** o *triângulo de forças* (indicando claramente, a exemplo de $\boldsymbol{\theta}$, qualquer outro ângulo conhecido).

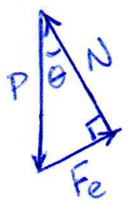
(b) [2,5 pontos] Determine o valor médio do *coeficiente de atrito estático* ($\bar{\mu}_e$) e seu *desvio médio absoluto* ($\Delta\mu_e$). **Expresse corretamente** (isto é, levando em conta os **algarismos significativos**) **o resultado final** na forma $\mu_e = \bar{\mu}_e \pm \Delta\mu_e$.

(a)

(a.1)

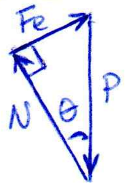


(a.2)



ou

(a.2) ← Ângulos a serem indicados: θ entre N e P, e o ângulo reto, entre N e Fe.



(b) Pode ser demonstrado, usando a decomposição de forças em (a.1) ou diretamente a lei dos senos em (a.2), que:

$F_e = mg\,\text{sen}\,\theta$ (1) e $N = mg\cos\theta$ (2)

Lembrando que $F_e = \mu_e N$ quando $\theta = \theta_c$, chega-se a que:

$\boxed{\mu_e = \tan(\theta_c)}$ ← Essa é a fórmula a ser usada.

Conclui-se que:

$\bar{\mu}_e = \dfrac{\sum \mu_{ei}}{N} = 0{,}41227$ e $\Delta\mu_e = \dfrac{\sum |\mu_{ei} - \bar{\mu}_e|}{N} = 0{,}00446$

ou seja: $\boxed{\mu_e = (0{,}412 \pm 0{,}004)}$

M'PEKO

3ª Questão [2,5 pontos] **(Inclui propagação de erros/incertezas)**

Considere um experimento de choque unidimensional em que um corpo de massa **m_1=(180,00 ± 0,01) g** colide com outro corpo de igual massa, **m_2=(180,00 ± 0,01) g**, que está inicialmente em repouso. Após o choque, o corpo com massa **m_1** permanece em repouso enquanto que o corpo com massa **m_2** passa a se movimentar. Os valores medidos de distância percorrida versus tempo são: **Δx_1=(10,5 ± 0,1) cm** e **Δt_1=(0,12 ± 0,01) s**, implicando **v_1=(88 ± 8) cm/s** antes do choque, e **Δx_2=(10,5 ± 0,1) cm** e **Δt_2=(0,13 ± 0,01) s**, implicando **v_2=(81 ± 7) cm/s** após o choque.

(a) [1,6 pontos] **Calcule** o *momento linear inicial* (***P_i***) e o *momento linear final* (***P_f***). **Considere o erro propagado** e diga se houve ou não conservação do momento linear.

(b) [0,9 pontos] Responda **Verdadeiro** (marcando com **V**) ou **Falso** (marcando com **F**) às seguintes afirmações:

__V__ Na ausência de forças externas no sistema, um choque elástico irá implicar conservação do momento linear e da energia cinética.

__F__ Mesmo na ausência de forças externas no sistema, um choque plástico irá implicar não conservação do momento linear assim como (não conservação) da energia cinética.

__V__ Num choque entre dois corpos pode-se dar o caso do momento linear se conservar e, porém, a energia cinética não se conservar.

(a) 1. $P_i = m_1 v_1 = 180\,g \times 88\,cm/s \Rightarrow P_i = 15.840\,cm/s$, e

$$\delta P_i = \Delta m_1 v_1 + m_1 \Delta v_1 = \underbrace{(0{,}01\,g \times 88\,cm/s)}_{0{,}88} + \underbrace{(180\,g \times 8\,cm/s)}_{1.440} \Rightarrow \delta P_i = 1.440{,}88\ g\,cm/s$$

Ou seja: $P_i = (16.000 \pm 1.000)\,g\,cm/s = \underline{\underline{(0{,}16 \pm 0{,}01)\,kg\,m/s}}$

2. $P_f = m_2 v_2 = 180\,g \times 81\,cm/s \Rightarrow P_f = 14.580\,g\,cm/s$, e

$$\delta P_f = \Delta m_2 v_2 + m_2 \Delta v_2 = \underbrace{(0{,}01\,g \times 81\,cm/s)}_{0{,}81} + \underbrace{(180\,g \times 7\,cm/s)}_{1.260} \Rightarrow \delta P_f = 1.260{,}81\ g\,cm/s$$

Ou seja: $P_f = (15.000 \pm 1.000)\,g\,cm/s = \underline{\underline{(0{,}15 \pm 0{,}01)\,kg\,m/s}}$

3. Desses resultados, conclui-se que <u>houve conservação de P</u>, uma vez que um resultado (o de P_i, por exemplo) inclui o outro (o de P_f).

4. <u>Opcional</u>: $\Delta P(\%) = 100 \times \frac{|P_i - P_f|}{P_i} = 100 \times 0{,}0625 \Rightarrow \Delta P = 6{,}25\,\%$, e

$$\delta(\Delta P) = 100 \times \frac{(\delta P_i + \delta P_f)P_i + |P_i - P_f|\,\delta P_i}{P_i^2} = 100 \times 0{,}1289 \Rightarrow \delta(\Delta P) = 12{,}9\,\%$$

$\therefore \Delta P = (6 \pm 10)\,\% \Rightarrow$ Conservação de P.