

BRUNO P. RITTER  
20180043 - GRUPO 1-PL3

## TRABALHO 4A

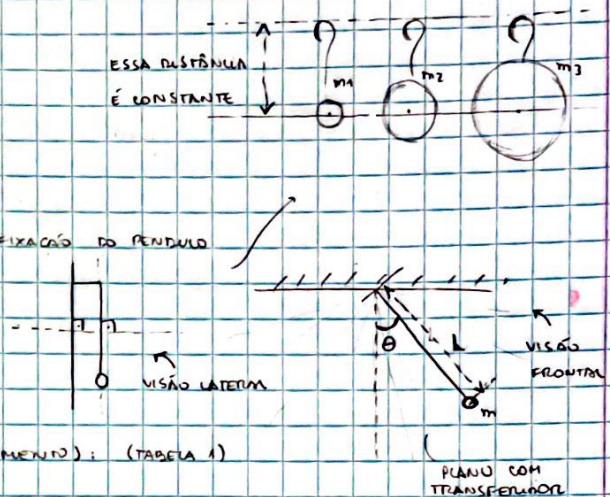
## ESTUDO DO MOVIMENTO PENDULAR

## OBJETIVOS:

- ESTUDO EXPERIMENTAL DO MOVIMENTO PENDULAR
- DETERMINAÇÃO DA ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE

## MATERIAL UTILIZADO:

- PLANO VERTICAL COM TRANSFERIDOR E SISTEMA DE FIXAÇÃO DO PENDULO
- VÁRIAS ESFERAS DE DIFERENTES MASSAS
- FIO DE NYLON
- CRONÔMETRO
- BALANÇA DIGITAL



## PREPARAÇÃO (MEDIDAS USADAS AO LONGO DO EXPERIMENTO): (TABELA 1)

## - PESAGEM DAS ESFERAS:

$$m_1 = (43,9 \pm 0,1) \text{ g}, \quad m_2 = (68,4 \pm 0,1) \text{ g}, \quad m_3 = (225,4 \pm 0,1) \text{ g}$$

## - COMPRIMENTO DO FIO:

$$L_1 = (0,43356 \pm 0,0005) \text{ m}, \quad L_2 = (0,36356 \pm 0,0005) \text{ m}, \quad L_3 = (0,50356 \pm 0,0005) \text{ m}$$

## - ÂNGULOS:

$$\theta_1 = (30,0 \pm 0,5)^\circ, \quad \theta_2 = (35,0 \pm 0,5)^\circ, \quad \theta_3 = (25,0 \pm 0,5)^\circ, \quad \theta_4 = 15^\circ$$

## EXECUÇÃO:

VALORES UTILIZADOS

I) VARIAÇÃO DAS MASSAS ( $m_1, m_2, m_3, L_1$  E  $\theta_1$ )

- PRENDEREMOS A PRIMEIRA ESFERA NO FIO
- SIMULTANEAMENTE À ATIVAÇÃO DO CRONÔMETRO, SOLTAMOS A ESFERA COM ÂNGULO  $\theta_1$  ( $30^\circ$ ) E  $L = 43,3 \text{ cm}$
- AO FINAL DO 10º PERÍODO PAUSAMOS O CRONÔMETRO.
- REPETIMOS ESSE PROCESSO 3 VEZES PARA CADA UMA DAS MASSAS.

$$T_i = \frac{t_i}{10} \quad \bar{T}_i: \text{MÉDIA } T_i$$

$$\Delta \bar{T}_i = \frac{\Delta T_i}{\sqrt{3}} \quad \Delta T_i: \text{INCERTEZA } T_i$$

$$\Delta \bar{T}_i = \sqrt{T_i^2 \cdot u_{T_i}^2}$$

II) VARIAÇÃO DOS ÂNGULOS ( $\theta_1, \theta_2, \theta_3, m_1, L_1$ )

- REPETIMOS O MESMO PROCESSO DA PARTE I), PORÉM, AO VÉZ DE VARIAR A MASSA, VARIAMOS O ÂNGULO E ANOTAMOS OS VALORES.

III) VARIAÇÃO DO COMPRIMENTO DO FIO ( $L_1, L_2, L_3, m_1, \theta = 5^\circ$ )

- REPETIMOS O PROCEDIMENTO I), MAS NESTA VEZ COM A MASSA E O ÂNGULO FIXOS, VARIANDO O  $L$ .
- MONTAMOS O GRÁFICO  $T^2(L)$ , EM QUE  $\Delta(T^2(L)) = \sqrt{2 \left( \frac{\Delta T_i}{T_i} \right)^2} (T_i^2)$
- FAZENDO O AJUSTE LINEAR ENCONTRAMOS:

$$T^2(L) = (3,9 \pm 0,2) L + (-9,03 \pm 0,07)$$

## ANÁLISE:

## I) (TABELA 2)

- COMO ESPERADO, NÃO HOUVE VARIAÇÃO DO PERÍODO COM A VARIAÇÃO DAS MASSAS DAS ESFERAS TÁ QUE O PERÍODO É DADO POR  $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ , OU SEJA, NÃO DEPENDE DA MASSA
- $$T = (1,30 \pm 0,01) \text{ s}$$

## II) (TABELA 3, GRÁFICO 1)

- ASSIM COMO EM I), NÃO HOUVE GRANDE VARIAÇÕES NO PERÍODO, PARA AS TRÊS AMPLITUDES USADAS, O PERÍODO É  $T = (1,30 \pm 0,01) \text{ s}$ .

→ HÁ UMA PEQUENA INCLINAÇÃO NA RETA DO GRÁFICO, INFERIOR À INCERTEZA ASSOCIADA ÀS MEDIDAS

 $L \cdot 10^{-4}$ 
 $L \cdot 10^{-2}$



### III (TABELA 3, GRÁFICO 2)

- AGORA JÁ É PERCEPTÍVEL A MUDANÇA DO PERÍODO, ISSO PORQUE ELE DEPENDE DE  $L$  E  $g$ :  $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$
- PARA CADA  $L$  TEREAMOS UM PERÍODO.
- TENDO OS VALORES DE  $L$  E OS RESPECTIVOS PERÍODOS, CALCULAMOS  $T^2$  E FAZEMOS NO EXCEL UM AJUSTE LINEAR PARA  $T^2 = a \cdot L + b$ . O DECLIVE DA RETA É  $(3,9 \pm 0,2)$ , A ORDEMADA NA ORIGEM É  $(-0,07 \pm 0,07)$  E O COEFICIENTE DE REGRESSÃO LINEAR É 0,994.

$$\therefore T^2 = (3,9 \pm 0,2)L + (-0,07 \pm 0,07)$$

- É POSSÍVEL DETERMINAR A GRAVIDADE A PARTIR DO DECLIVE DE  $T^2(L)$ , ISSO PORQUE  $a = \frac{4\pi^2}{g}$ .

$$\therefore g = \frac{4\pi^2}{(3,9 \pm 0,2)} = 10,1 \text{ m/s}^2 \quad \Delta g = g \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta a}{a}\right)^2} = 0,4$$

$$\therefore g = (10,1 \pm 0,4) \text{ m/s}^2$$

### CONCLUSÃO:

- COM ESSE EXPERIMENTO VERIFICAMOS QUE O PERÍODO DO PÊNDULO NÃO DEPENDE DE SUA MASSA NEM DA AMPLITUDE DO MOVIMENTO.
- O QUE REALMENTE INFLUENCIA É A ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE E O COMPRIMENTO DO PÊNDULO.
- SE A AMPLITUDE FOR MENOR OU IGUAL A  $5^\circ$ , CONSEGUIMOS ESTIMAR A ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE QUE ATUA SOBRE O PÊNDULO.

7. 02/05

Bom +

7/6 (17) 7.

- Deve ser uma gama mais alargada para verificar onde se quebra a independência do ângulo.
- Deve também ter gama mais alargada para verificar efeito do comprimento: 3 pontos é o mínimo para verificar relação linear.
- A independência da massa e do ângulo não são do mesmo natureza: um é fundamental, o outro é aproximado.

→ AS CONCLUSÕES FEITAS A RESPEITO DA RELAÇÃO ENTRE O PERÍODO DO PÊNDULO E A VARIAÇÃO DAS MASSAS, DO ÂNGULO E DO COMPRIMENTO FORAM, EM PARTE, FUNDAMENTAIS.

• SADEMOUS QUE PARA ÂNGULOS PEQUENOS, HÁ UMA VARIAÇÃO MUITO PEQUENA DO PERÍODO. POR APROXIMAÇÃO, DIZEMOS QUE HÁ CERTA INDEPENDÊNCIA ENTRE  $\theta$  E O PERÍODO EM SITUAÇÕES COMO ESSA. ADÉSAR DE TERNOS VERIFICAR ESSE COMPORTAMENTO NOS ENSAIOS FEITOS, 3 ENSAIOS PARA CADA UM DOS 3 ÂNGULOS NÃO É SUFICIENTE PARA COMPROVAR EXPERIMENTALMENTE ESSA RELAÇÃO.

• O MESMO ETILO FOI COMETIDO NA ANÁLISE DO COMPRIMENTO. OS DADOS EXPERIMENTAIS CUMPRIAM COM A RELAÇÃO ESPERADA ENTRE OS DADOS, MAS O NÚMERO DE ENSAIOS NÃO É O SUFICIENTE PARA COMPROVAR ESSA DEPENDÊNCIA. COM ESSES 3 PONTOS, PODERÍAMOS APENAS ESTIMAR A ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE A PARTIR DO DECLIVE DA RETA DE AJUSTE PARA ESSES 3 PONTOS ( $R^2 = 0,9942$ ).

→ COMPLETAMOS TAMBÉM A REPRESENTAÇÃO DO EXPERIMENTO, QUANTO DESTACAR, NOS PROBLEMAS, A UNIDADE E VALORES QUE DEVEM SER VERIFICADOS DURANTE A REALIZAÇÃO.

- O MOVIMENTO DEVE SER PARALELO AO PLANO COM TRANSFERÊNCIA.
- A DISTÂNCIA ENTRE O PONTO DE SUSTENTAÇÃO ENTRE O BARRIL DA ESFERA E O CENTRO DE MASSA É CONSIDERADA PARA TODAS AS ESFERAS E ESSE VALOR É SOMADO AO COMPRIMENTO DO EIO PARA OBTENHAMOS O REAL COMPRIMENTO  $L$  DO PÊNDULO.