Flávia Polati Ferreira nº USP 5866270 & Jimmy Lescano nº USP 7580136 Turma Diurno

Relatório 1: Roda de Inércia

(situação B4 - virtual)

1 – **Introdução:**

Neste experimento estudaremos o movimento de uma roda acelerada pela queda de corpos. A ideia e objetivo deste experimento consistem em observar, entender, analisar e sintetizar os acontecimentos físicos deste fenômeno e, mais do que isso, caracterizar as grandezas a ele envolvidas.

Buscamos calcular a aceleração angular a partir dos tempos e variação do ângulo, o momento de inércia da rota e o torque do peso, a partir dos parâmetros da polia e comparar o valor teórico do experimental.

2 – Descrição do experimento:

Este experimento consiste principalmente de um disco cilíndrico com 2 (dois) diferentes materiais. Um de acrílico (raio menor) e um de aço/ferro (raio maior). Soltamos um peso que fica preso ao raio menor que faz com que o disco (preso a um eixo no centro de ambas as circunferências) gire através do atrito.

O experimento teve como dados as medidas dos intervalos de tempo e posição angular do movimento de uma roda. O arranjo experimental consistiu em uma roda composta por uma roda de acrílico, de massa m_a e raio R_a, outra de aço de massa m_a e raio R_f. Enrolado na roda de alumínio, um fio com um peso (m_p) infere no movimento acelerado da roda.

Em intervalos de tempo entre 0,1s, foram medidos as posições angulares de iniciando no tempo 6,206 s. Para a medição deste ângulo, utilizamos uma linha de referência e um transferidor, que obtinha o ângulo em graus. Mediu-se o valor do raio vetor com referência o lado exterior.

3 – Parâmetros do experimento:

Disco de Aço:
Diâmetro ➔ 25,49 ± 0,01 (cm)
Raio ➔ 12,745 ± 0,005 (cm)
Massa ➔ 3600 ± 1% (g)

Disco de Acrílico:
Diâmetro ➔ 7,940 ± 0,002 (cm)
Raio ➔ 3,97 ± 0,001 (cm)
Massa ➔ 65,0 ± 1% (g)

G (gravidade) ➔ 9,98 (m/s²)
D (braço de alavanca) ➔ 3,97 ± 0,001 (cm)
Mo (massa do objeto) ➔ 151,90 ± 0,05 (g)

3.1 – Dados obtidos com a observação dos vídeos / fotos:

No total foram medidos 16 pontos experimentais para os respectivos tempos (Ti) e ângulos (θi) extraídos a partir da análise inicial do conjunto de fotos disponíveis no experimento B4. Apresentamos na tabela 1 valores medidos. Foi considerado como erro da medição do ângulo σ_θ = 0,5 graus.

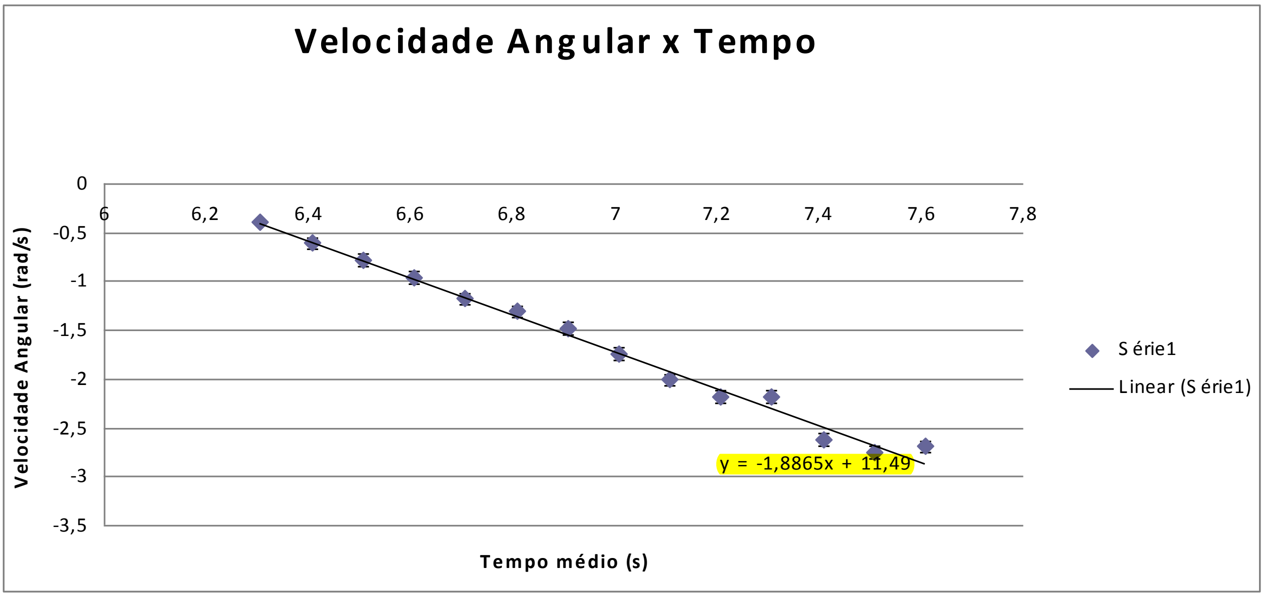
Tabela 2: Dados brutos extraídos da análise inicial do conjunto de fotos e calculados obtidos através dos dados brutos do conjunto de fotos

x	Ti	Ɵi (Graus)	Ɵi (rad)	T médio	w1	σw1	σw1medio	σα1 geral
1	6,206	158,5	2,766346864	-	-	-		
2	6,306	157	2,740166926	6,306	-0,392699	0,061707		
3	6,406	154	2,687807048	6,4065	-0,607826	0,061400		
4	6,507	150	2,617993878	6,5065	-0,781491	0,061400		
5	6,607	145	2,530727415	6,607	-0,959931	0,061707		
6	6,707	139	2,42600766	6,707	-1,178097	0,061707		
7	6,807	131,5	2,295107966	6,807	-1,308997	0,061707		
8	6,907	124	2,164208272	6,907	-1,483530	0,061707	0,061659	0,043848
9	7,007	114,5	1,998401994	7,007	-1,745329	0,061707		
10	7,107	104	1,815142422	7,107	-2,007129	0,061707		
11	7,207	91,5	1,596976266	7,207	-2,181662	0,061707		
12	7,307	79	1,378810109	7,307	-2,181662	0,061707		
13	7,407	66,5	1,160643953	7,407	-2,617994	0,061707		
14	7,507	49	0,855211333	7,507	-2,748894	0,061707		
15	7,607	35	0,610865238	7,6075	-2,691801	0,061400		
16	7,708	18	0,314159265					

Em que Ti = Tempo (s); Ɵ = Ângulo (rad); Tmédio = Tempo Médio (s); w1 = Velocidade Ângular (rad/s); σw1medio = Erro da velocidade ângular médio (rad/s); σα1 geral = Incerteza da Aceleração Ângular Geral (rad/s²).

Com todos os dados experimentais e a tabela, já podemos ter a aceleração angular do disco (experimental):

Gráfico 1 – Relação entre a Velocidade angular e o tempo médio do movimento de uma roldana



$$\boxed{\alpha = -1{,}886 \pm 0{,}044\ (rad/s^2)}$$

4 – Cálculos Teóricos dos valores da aceleração e incertezas:

Precisamos aqui da seguinte equação:

$$\alpha' = \frac{\tau}{I_{total}} = \frac{mgd}{\dfrac{m_{Ac}R_{Ac}^{2}}{2} + \dfrac{m_{Fe}R_{Fe}^{2}}{2}}$$

Com isso, temos todos os dados:

$$\alpha' = \frac{(151{,}90 \times 10^{-3}) \times (-9{,}98) \times (3{,}97 \times 10^{-2})}{[(65{,}0 \times 10^{-3}) \times (3{,}97 \times 10^{-2})^2 + (3600 \times 10^{-3}) \times (12{,}745 \times 10^{-2})^2] \times 0{,}5}$$

$$\boxed{\alpha' = 2{,}054\ (rad/s^2).}$$

Agora basta calcular o erro em α'. No entanto, para isso, precisamos saber os erros (incertezas) no Torque e no momento de inércia, temos também que calcular:

$$\sigma_\tau = \tau\sqrt{\left(\frac{\sigma_M}{M}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_d}{d}\right)^2}$$

e

$$\sigma_{I_{total}} = I_{total}\sqrt{\left(\frac{\sigma_{I_{Ac}}}{I_{Ac}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{I_{Fe}}}{I_{Fe}}\right)^2}$$

Em que: :

$$I_{total} = I_{Ac} + I_{Fe}$$

$$\frac{m_{Ac}R_{Ac}^2}{2} + \frac{m_{Fe}R_{Fe}^2}{2}$$

I_{total} **= 0,0292 (Kg.m²)**

Calcula-se também o erro em cada momento de inércia:=

$$\sigma_I = I\sqrt{\left(\frac{\sigma_m}{m}\right)^2 + \left(\frac{2\sigma_R}{R}\right)^2}$$

$\sigma_{I_{Ac}}$ **= 5,129 x 10^{-7} (Kg.m²)** e $\sigma_{I_{Fe}}$ **= 2,932 x 10^{-4} (Kg.m²)**

Por consequência, conseguimos agora o Momento de Inércia total:

$\sigma_{I_{total}}$ = ± 2,940 x 10^{-4} (Kg.m²)

O último cálculo parcial antes de a incerteza da aceleração teórica é o da incerteza do torque. Assim temos que:

σ_τ = ± 2,494 x 10^{-5} (N.m)

Assim podemos calcular o valor de σ_α:

$$\sigma_\alpha = \alpha\sqrt{\left(\frac{\sigma_\tau}{\tau}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_I}{I_{Total}}\right)^2} \Rightarrow$$

σ_α **= ± 0,021 (rad/s²)**

Desta maneira, a relação entre o valor das acelerações angulares calculada experimentalmente e teórica é:

$$\boxed{\kappa = \frac{\alpha}{\alpha'}} \Rightarrow \boxed{\mathbf{K = 0{,}918}}$$

Em que α = - 1,886 ± 0,044 (rad/s²) ; α' = - 2,054 ± 0,021 (rad/s²).

Torna-se

$$\boxed{\sigma_{\kappa} = \kappa\sqrt{\left(\frac{\sigma_{\alpha}}{\alpha}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{\alpha'}}{\alpha'}\right)^2}} \Rightarrow \boxed{\sigma_{\kappa} = 0{,}169}$$

Portanto:

$$\boxed{\mathbf{K = 0{,}918 \pm 0{,}169}}$$

5 – Resposta à pergunta B10:

Compare os valores das acelerações obtidas. O que é possível concluir a partir de sua comparação? O atrito exerceu um torque significativo na rotação da polia?

Sabendo que o atrito é uma força que se opõe a direção da tendência de movimento, sabemos que ele quem fez a polia girar, já que o Peso exerce uma ação que o atrito, ao reagir, faz o movimento.

O Torque dado pelo atrito é determinante para que ocorra o movimento. Percebemos isso com a simples lubrificação da linha presa ao objeto e percebemos que, ela, ao deslizar, não produz o movimento na polia, já que não há atrito no disco interior.

6 – Conclusão:

Voltando para a questão inicial, posta na introdução do trabalho, nós percebemos que sim, o objetivo foi alcançado.

Isso porque o aluno facilmente consegue perceber algo de extremo valor ao realizar o cálculo do torque: O sentido do torque indica o sentido da aceleração angular. Esta indica, por sua vez, o sentido da velocidade angular e por fim, conseguimos determinar o sentido do movimento. Aquele clássico comparativo com o movimento de translação pode ser aplicado para auxiliar nessa interpretação.

Pois bem, o parâmetro K, ao final, nos mostra, ainda, que a experimentação aproximou-se muito (até se igualou) ao valor teórico. Considerando a incerteza, teríamos, neste intervalo, o valor de K = 1. Com isso, percebe-se que as leis de momento de inércia de uma roda para este estudo, podem ser aplicadas.