

Síntese 3

Rolamento

Gabriel Xavier Luz nºUSP 11223931
Giovani Melendes Salvador nºUSP 11223952
Universidade de São Paulo

7,4



Conteúdo

1	Introdução	3
2	Descrição Experimental	5
3	Dados Experimentais	6
4	Resultados	7
5	Discussão	11
6	Conclusão	13

1 Introdução

O rolamento de um cilindro de raio R em um plano inclinado ocorre por conta que a força peso, que age sobre o objeto, tendo uma componente contrária ao atrito que acabam gerando uma força resultante no sentido de declínio do plano. Normalmente as forças normal e peso se anulam, assim o objeto não tem nenhum movimento no eixo Y .

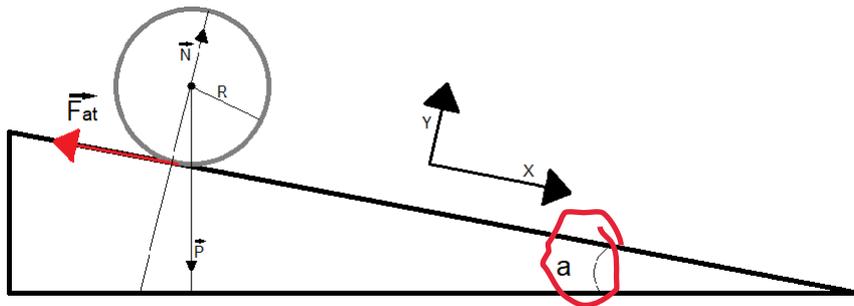


Figura 1: Caption

Em busca do melhor entendimento sobre a distribuição de massa dos corpos, devemos achar seu momento de inércia, para isso usaremos metade de cada diâmetro (raio) e suas massas, seguindo a equação para cilindro oco que pode se aplicar ao homogêneo também quando o r é igual a 0:

$$I = \frac{1}{2} M(R^2 + r^2) \quad (1)$$

É importante mencionar que o atrito que aparece no sentido de subida do plano inclinado, sendo ele relevante para a compreensão do torque no experimento, uma vez que a força normal e peso não atuam no torque do corpo pois elas atuam diretamente no centro de massa. Assim conseguimos a seguinte expressão para o atrito. Lembrando que a aceleração angular é igual a linear como a expressão $\alpha = \frac{a}{R}$, se e somente se não houver escorregamento do corpo sobre o plano inclinado:

$$\sum \tau = F_{\text{atrito}} R = I \alpha \rightarrow F_{\text{atrito}} = \frac{I a}{R^2}$$

importante definir
parâmetros

Agora iremos pensar no movimento de translação, onde o cilindro rola pelo plano inclinado, as forças que atuam no eixo x da figura anterior é o peso com o seno da rampa e o atrito, implicando na formação da força resultante que é dada a partir da segunda lei de Newton:

$$M g \sin \alpha - \frac{I a}{R^2} = M a$$

Conseguimos, dessa maneira, isolar a aceleração do corpo no decorrer da trajetória.

$$a \left(M + \frac{I}{R^2} \right) = M g \sin \alpha$$

$$a = \frac{Mg \operatorname{sen} \alpha}{M + \left(\frac{I}{R^2}\right)}$$

Como no caso o corpo estudado neste experimento é um cilindro, iremos substituir o momento de inércia da equação 1.

$$a = \frac{g \operatorname{sen} \alpha}{\frac{3}{2} + \frac{1}{2} \left(\frac{r^2}{R^2}\right)} \quad (2)$$

Assim podemos chamar o denominador da expressão 2 como K e atribuímos valores dependentes do r e R, sendo r o raio interno caso tenha um espaço oco. Se o corpo for maciço o valor de K deverá ser $\frac{3}{2}$, pois o r seria igual a 0, já se for oco e considerarmos que o objeto for uma casca cilíndrica, podemos dizer que r é aproximadamente R, fazendo com que o K seja 2.

Agora iremos pensar no tempo da trajetória do corpo, uma vez que temos a expressão (2) para aceleração do corpo e medimos o tamanho da trajetória percorrida conseguimos relacionar com o tempo.

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2K} g \operatorname{sen}(\alpha) t^2 \quad \boxed{\text{a cte..}} \quad (3)$$

Sendo que a posição e velocidade inicial do corpo será 0, podemos escrever que o tempo do percurso é:

$$t = \sqrt{\frac{2Kx}{g \operatorname{sen}(\alpha)}} \quad (4)$$

Ainda temos que considerar um possível desnivelamento da mesa, que é o suporte do experimento, onde influencia totalmente o seno ligado à aceleração. Para corrigirmos isso iremos lançar o objeto tanto da esquerda para direita, como da direita para a esquerda, assim descrevemos os seguintes senos:

invertendo o calço...

$$\operatorname{sen}(a + \beta) = \operatorname{sen}(a)\cos(\beta) + \operatorname{sen}(\beta)\cos(a) \quad e \quad \operatorname{sen}(a - \beta) = \operatorname{sen}(a)\cos(\beta) - \operatorname{sen}(\beta)\cos(a)$$

Por questões matemáticas, somamos essas duas relações para determinar algo que relacione com o seno do plano inclinado somente, para depois substituir na equação 3.

$$\operatorname{sen}(a + \beta) + \operatorname{sen}(a - \beta) = \operatorname{sen}(a) + \operatorname{sen}(\beta)\cos(a) + \operatorname{sen}(a) - \operatorname{sen}(\beta)\cos(a)$$

assumiu cos beta = 1

$$(\operatorname{sen}(a + \beta) + \operatorname{sen}(a - \beta)) = 2\operatorname{sen}(a)$$

$$\operatorname{sen}(a) = \frac{(\operatorname{sen}(a + \beta) + \operatorname{sen}(a - \beta))}{2}$$

$$\therefore x = \frac{1}{4K}(g(\text{sen}(a + \beta) + \text{sen}(a - \beta))t^2) \quad (5)$$

Se pensarmos nos casos individuais de cada rolamento, por conta dos desnivelamento o tempo encontrado não pode ser o mesmo que em uma mesa sem desnivelamento, entretanto o espaço percorrido continua sendo o mesmo.

$$x = \frac{1}{2K}(g\text{sen}(a + \beta)t_d^2) \quad x = \frac{1}{2K}(g\text{sen}(a - \beta)t_e^2)$$

Assim podemos isolar o valor desses senos relacionados com o desnivelamento da mesa e substituir na equação 5.

$$x = \frac{g\left(\frac{x2K}{gt_d^2} + \frac{x2K}{gt_e^2}\right)t^2}{4K}$$

Por fim, se isolarmos o tempo que o objeto leva para percorrer a trajetória, podemos assimilar o tempo com o desnivelamento da mesa que fica da seguinte maneira:

$$1 = \frac{t^2}{2} \left(\frac{t_e^2 + t_d^2}{t_e^2 t_d^2} \right)$$

$$\therefore t = \sqrt{\frac{2t_d^2 t_e^2}{t_d^2 + t_e^2}} \quad (6)$$

2 Descrição Experimental

Para a realização do experimento foi utilizado uma tábua como rampa que foi colocada com um calço de madeira (cujo a altura foi medida através de um paquímetro durante toda sua extensão) de um lado, formando um ângulo de aproximadamente 15 mrad ou 1º com relação à mesa horizontal. Utilizamos de um ângulo pequeno para evitar o deslizamento dos cilindros e aumentar seu tempo de rolamento.

Foi usado também 3 cilindros metálicos, Cada um deles era diferente: Um de alumínio maciço, um de latão maciço e um de latão oco. Para determinar o diâmetro e a massa dos cilindros utilizando um paquímetro e uma balança digital, respectivamente.

Os dados foram retirados a partir de vídeos e fotos feitos pelo professor por conta da suspensão das aulas presenciais causada pela pandemia de COVID-19.

O experimento em si foi feito em 2 partes: primeiro cronometramos o rolamento dos 3 cilindros metálicos na tábua inclinada em diferentes direções (da direita para a esquerda e da esquerda para a direita) durante a mesma trajetória; depois cronometramos o rolamento dos cilindros de latão maciço e oco em diferentes distâncias de trajeto, mas mantendo a direção (da direita para a esquerda). Assim buscamos observar o tempo de rolamento dos cilindros e, a partir disso, entender mais sobre seu centro de massa.

Cronometramos o tempo de rolamento a partir dos cronômetros digitais de nossos celulares.

o que mudou?

No plano inclinado foi marcado pelo professor as medidas que utilizamos no experimento para saber a distância percorrida, para isso ele utilizou uma trena.

Para o caso da mesa, superfície de apoio para o experimento, não ser perfeitamente horizontal, coletamos os dados do rolamento dos cilindros para a direita e para a esquerda, a fim de reduzir o erro sistemático.

3 Dados Experimentais

Nas tabelas abaixo explicitamos as medidas feitas dos cilindros, do calço e da rampa usados no experimento, coletados com os instrumentos citados anteriormente, além do seno da inclinação que é obtido diretamente a partir da divisão da altura do calço pelo comprimento da rampa (cateto oposto dividido pela hipotenusa) tudo em metros para obter o valor de ~~seno em radianos~~. Para a incerteza da massa e do diâmetro utilizamos a incerteza instrumental da balança e do paquímetro, respectivamente.

Agora a incerteza da altura média do calço da rampa foi obtido da seguinte relação para várias medidas relacionadas:

$$\sigma_h = \frac{\sigma_{Desvpad}}{\sqrt{N}} \quad (7)$$

Tabela 1: Tabela das massas, diâmetros e suas incertezas relacionados aos cilindros.

	massa (kg)	inc m	Diâmetro (m)	inc D
Al maciço	0,2657	0,0001	0,05000	0,00005
Latão oco	0,2651	0,0001	0,05000	0,00005
Latão maciço	0,8298	0,0001	0,05000	0,00005

Tabela 2: Tabela das alturas do calço de madeira e sua média mais incerteza.

h1 (mm)	h2 (mm)	h3 (mm)	h4 (mm)	h5 (mm)	h médio (mm)	inc h
39,00	38,75	38,50	38,30	38,20	38,55	0,15

Para a determinação da incerteza da rampa (que foi medida a partir de uma trena) adotamos a menor medida que pode ser tirada em centímetros e assim calculamos a incerteza do seno com o cálculo usual de incerteza de dois parâmetros que se dividem, ficando da seguinte maneira:

$$\sigma_{sen} = sen(\alpha) \sqrt{\left(\frac{\sigma_{Comp}}{Comp}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_h}{h}\right)^2}$$

Na tabela seguinte acrescentamos também a distância que na mesa que a rampa é posicionada, o que seria o cateto adjacente em relação ao ângulo.

??

Tabela 3: Tabela do comprimento da tábua, seno do ângulo de inclinação do plano, distância percorrida pelos cilindros e suas incertezas.

Comprimento (m)	inc comp	sen alfa (rad)	inc sen	Distância (m)	inc Dist
1,20	0,01	0,0321	0,0003	1,000	0,005

A seguir teremos os dados dos tempos obtidos com o cronômetro digital para diferentes cilindros rolando na rampa começando na esquerda, e a outra tabela o rolamento começa na direita, isso para conseguir reduzir o erro sistemático do possível desnivelamento da mesa. Também ~~omitimos~~ a incerteza instrumental de cada uma dessas medidas que seria 0,01 segundos por conta de trabalharmos com a média desses dados e não com cada um em si.

Tabela 4: Tabela dos tempos cronometrados dos rolamentos dos cilindros para a esquerda.

		t1(1) (s)	t1(2) (s)	t1(3) (s)	t1(4) (s)	t1(5) (s)	t1(6) (s)	t1(7) (s)	t1(8) (s)	t1(9) (s)	t1(10) (s)
Esquerdo	Al maciço	3,25	3,16	3,90	3,19	3,38	3,00	3,24	3,00	3,29	2,93
	Latão oco	3,45	3,35	3,18	3,11	3,16	3,31	3,22	3,11	3,12	3,01
	Latão maciço	3,04	3,01	3,09	3,06	3,08	3,06	3,10	2,95	3,06	3,09

Tabela 5: Tabela dos tempos cronometrados dos rolamentos dos cilindros para a direita.

		t1(1) (s)	t1(2) (s)	t1(3) (s)	t1(4) (s)	t1(5) (s)	t1(6) (s)	t1(7) (s)	t1(8) (s)	t1(9) (s)	t1(10) (s)
Direito	Al maciço	3,21	3,17	3,29	3,14	3,32	3,12	3,12	3,24	3,29	3,15
	Latão oco	3,74	3,42	3,42	3,82	3,50	3,54	3,37	3,78	3,32	3,44
	Latão maciço	3,11	3,15	3,09	3,00	3,24	3,04	3,04	3,05	3,17	3,12

Por fim, na última coleta dos dados variamos o tanto que os cilindros de latão percorreram na rampa para obter a relação dessa distância com o tempo. A incerteza da distância percorrida foi adotada como 0,01 metros pois foi instruído pelo professor que executou o experimento.

Tabela 6: Tabela dos tempos de rolamento do cilindro de latão maciço em diferentes distâncias.

	Distância + inc (m)	t1(1) (s)	t1(2) (s)	t1(3) (s)	t1(4) (s)	t1(5) (s)	t1(6) (s)	t1(7) (s)	t1(8) (s)	t1(9) (s)	t1(10) (s)
latão maciço	0,40 +ou- 0,01	1,78	2,00	2,02	2,12	1,90	1,80	2,07	2,00	2,07	1,95
	0,60 +ou- 0,01	2,17	2,45	2,44	2,25	2,29	2,34	2,54	2,52	2,35	2,33
	0,80 +ou- 0,01	2,72	2,57	2,81	2,72	2,59	2,60	2,69	2,80	2,85	2,97
	1,00 +ou- 0,01	3,11	3,24	3,07	3,19	3,11	3,04	3,19	3,09	3,04	3,19

Tabela 7: Tabela dos tempos de rolamento do cilindro de latão oco em diferentes distâncias.

	Distância + inc (m)	t1(1) (s)	t1(2) (s)	t1(3) (s)	t1(4) (s)	t1(5) (s)	t1(6) (s)	t1(7) (s)	t1(8) (s)	t1(9) (s)	t1(10) (s)
latão oco	0,40 +ou- 0,01	2,02	2,07	1,92	1,70	1,93	1,97	1,86	1,99	1,94	1,93
	0,60 +ou- 0,01	2,44	2,50	2,48	2,40	2,43	2,36	2,34	2,31	2,47	2,43
	0,80 +ou- 0,01	2,86	2,84	2,90	2,89	3,00	2,92	2,96	2,78	2,86	2,83
	1,00 +ou- 0,01	3,28	3,29	3,35	3,10	3,48	3,25	3,33	3,23	3,03	3,33

4 Resultados

A partir dos dados experimentais acima, pudemos calcular outros dados importantes para a continuidade do experimento. O momento de inércia foi calculado com a equação 1 e sua

incerteza foi calculada com a incerteza da massa do cilindro e seu raio, foi feito da seguinte maneira:

$$\sigma_I = I \sqrt{\left(\frac{\sigma_M}{M}\right)^2 + \left(\frac{2\sigma_R}{R}\right)^2} \quad (8)$$

Tabela 8: Tabela do momento de inércia e sua incerteza

	I (Kg.m²)	inc I
Al maciço	0,0000830	0,0000002
Latão oco	0,0001664	0,0000003
Latão maciço	0,0002604	0,0000005

Ao final da cronometragem do tempo de rolamento dos 3 cilindros na rampa, tanto da direita para esquerda quanto da esquerda para a direita, calculados o tempo médio baseado nos dados da tabela 4 e tabela 5.

Suas incertezas foram feitas a partir do erro padrão das medidas que seria igual a equação 7.

análoga

Tabela 9: Tabela do tempo médio do rolamento da esquerda para a direita referente aos dados da tabela 4 e sua incerteza.

t1 médio (s)	inc t1
3,23	0,09
3,20	0,04
3,05	0,01

Tabela 10: Tabela do tempo médio do rolamento da direita para a esquerda referente aos dados da tabela 5 e sua incerteza.

t1 médio (s)	inc t2
3,21	0,08
3,54	0,18
3,10	0,07

1 significativo...

Com isso nós podemos calcular um tempo médio relacionando o tempo com o cilindro rolando da esquerda e da direita, com a fórmula 6 demonstrada na introdução. Sua incerteza foi feita da maneira usual, sendo t_1 o tempo médio da esquerda e t_2 o da direita:

~~$$\sigma_t = t \sqrt{\left(\frac{\sigma_{t_1}}{t_1}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{t_2}}{t_2}\right)^2}$$~~

Tabela 11: Tabela do tempo médio final relacionando o tempo da direita e esquerda do rolamento dos 3 cilindros e sua incerteza.

Tempo médio		t (s)	inc t
	Al maciço	3,22	0,12
	Latão oco	3,36	0,18
	Latão maciço	3,08	0,07

deveria calcular aqui o valor de k

Nas tabelas a seguir teremos o tempo médio dos rolamentos dos cilindros de latão, o maciço e o oco respectivamente. Calculamos a incerteza do tempo médio com a equação 7.

Para a realização do gráfico enquanto reta, colocamos os valores dos tempos médios e suas incertezas ao quadrado, no entanto para elevarmos sua incerteza ao quadrado fizemos da seguinte maneira:

$$\sigma_{t^2} = t^2 \left(2 \frac{\sigma_t}{t} \right)$$

Tabela 12: Tabela do tempo médio referentes aos rolamentos da tabela 6 e suas incertezas, junto aos mesmos valores elevados ao quadrado.

t1 médio (s)	inc t	t^2 (s)	inc t^2
1,97	0,04	3,88	0,14
2,37	0,04	5,61	0,18
2,73	0,04	7,46	0,22
3,13	0,02	9,78	0,14

incerteza com 1 significativo...

Tabela 13: Tabela do tempo médio referentes aos rolamentos da tabela 7 e suas incertezas, junto aos mesmos valores elevados ao quadrado.

t1 médio (s)	inc t	t^2 (s)	inc t^2
1,93	0,03	3,74	0,12
2,42	0,02	5,84	0,10
2,88	0,02	8,32	0,12
3,27	0,04	10,67	0,26

A partir dos dados obtidos nas tabelas 12 e 13 construímos 2 gráficos do rolamento dos cilindros de latão. Utilizamos o tempo ao quadrado para definir o gráfico enquanto uma reta, assim facilitando sua interpretação. O ajuste da reta foi feito através de MMQ onde seus coeficientes angulares foram de: $0,102 \pm 0,002$ e $0,086 \pm 0,002$, respectivamente; e os coeficientes lineares foram de: $0,019 \pm 0,016$ e $0,087 \pm 0,015$, respectivamente. A análise dos gráficos será feita na discussão.

valor de k correspondente?

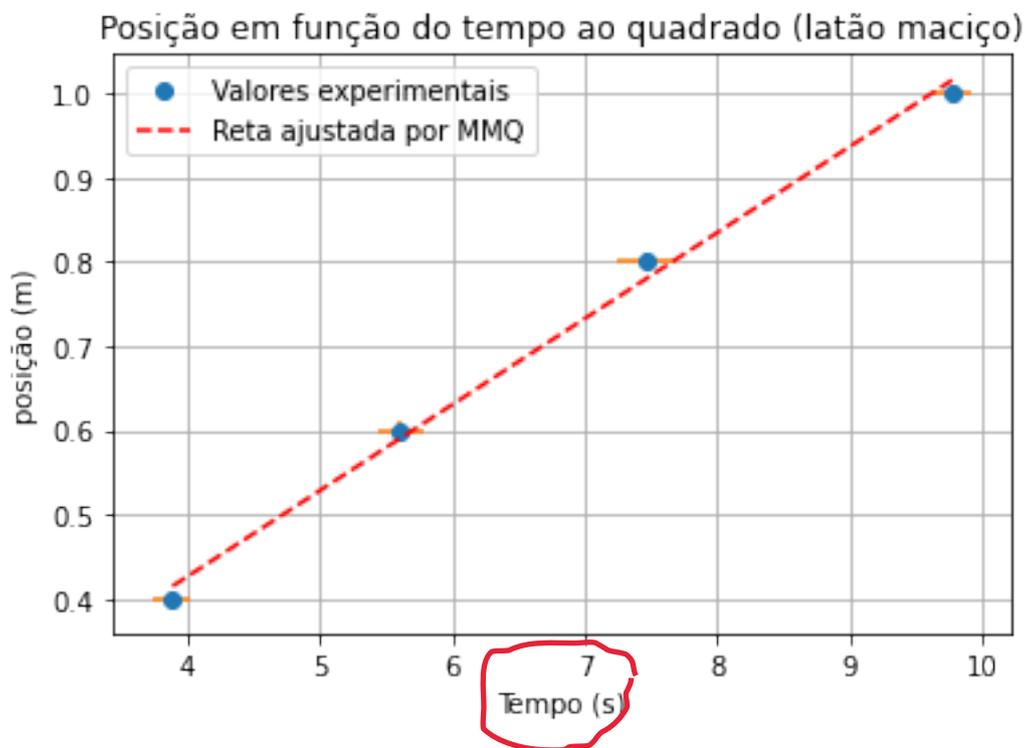


Figura 2: Gráfico ajustado por MMQ, sendo os coeficientes angulares e lineares iguais a 0,102 e 0,019 respectivamente, entre a posição e o tempo ao quadrado do cilindro de latão maciço.

gráfico a mão?

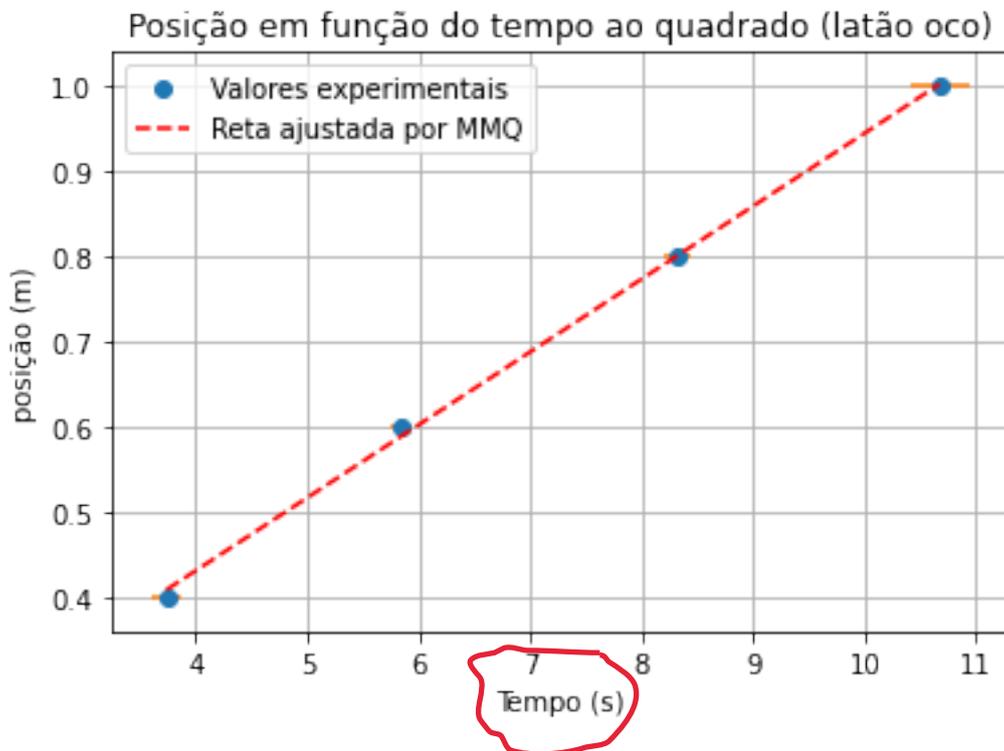


Figura 3: Gráfico ajustado por MMQ, sendo os coeficientes angulares e lineares iguais a 0,086 e 0,087 respectivamente entre a posição e o tempo ao quadrado do cilindro de latão oco.

5 Discussão

Tendo em vista todos os dados já expostos nesta síntese, e com o intuito de investigar a eficácia da teoria com o experimento em si, iremos discutir alguns temas centrais.

Começando com a comparação entre os dois métodos experimentais que utilizamos, sendo o primeiro o que cronometrarmos o tempo dos 3 cilindros tanto para a direita quanto para a esquerda e o segundo sendo o que cronometrarmos o tempo do rolamento dos 2 cilindros de latão em diferentes tamanhos de trajetórias. Para comparar os resultados obtidos em ambos os métodos, calcularemos o K utilizando seus respectivos valores, assim, no final, compararemos com o valor teórico.

Abaixo está descrito a fórmula usada para o cálculo de K dos 3 cilindros nas rolagens da direita e da esquerda, essa fórmula foi retirada a partir da equação 4, abaixo se encontra também a maneira a qual encontramos sua incerteza:

$$K = \frac{t^2 g \sin(a)}{2x}$$

pq desprezou g e x?

$$\sigma_K = K \sqrt{\left(\frac{2\sigma_t}{t}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{\sin(a)}}{\sin(a)}\right)^2}$$

Portanto obtivemos os valores de K e suas incertezas para os 3 cilindros sendo iguais a:

Tabela 14: Tabela do valor de K dos 3 cilindros para as rolagens da direita e da esquerda, e suas incertezas.

	K	Inc K
Al maciço	1,36	0,10
Latão oco	1,48	0,16
Latão maciço	1,24	0,06

x = 1,0 me não 1,2m...
se tivesse usado certo:
1,63
1,77
1,49

Agora com os valores de K para a primeira parte do experimento obtido podemos comparar com o valor de K teórico, que é igual a 1,5 para corpos maciços e 2 para corpos ocos em que r seja próximo de R, o que significa que a sua massa está concentrada como se fosse uma casca cilíndrica.

Então visto que os 2 cilindros maciços deram $1,36 \pm 0,10$ e $1,24 \pm 0,06$, então considerando a incerteza máxima, o valor do alumínio maciço chegou próximo do valor teórico (com uma diferença de 0,04), enquanto que o valor do latão maciço teve uma diferença de 0,2 mostrando que esse método de determinação de K não bate exatamente com o valor teórico.

fator z

Analisando o valor do cilindro de latão oco, que é igual a $1,48 \pm 0,16$, podemos admitir que a diferença entre o valor máximo da incerteza e o valor teórico é de 0,36, assim mostrando que esse método de determinação de K não bate exatamente com o valor teórico.

Se olharmos agora para os gráficos, é possível observar que os pontos dos valores experimentais coincidem com o que era esperado teoricamente, pois é possível traçar uma reta com esses pontos. Essa reta foi colocada a partir do MMQ de uma maneira mais exata. Além disso, chama a atenção o fato do coeficiente linear desta reta não ser 0, o que experimentalmente é difícil pois mantemos o cilindro parado até um certo momento, mas a causa deste fato pode ser explicada com o erro sistemático do humano, que neste caso foi do tempo de iniciar o cronômetro junto ao tempo que o cilindro foi solto, assim o instante 0 o corpo não estaria mais no ponto inicial do percurso.

Analisando o coeficiente angular que seria o da equação 3, usando os valores teóricos de K descritos na introdução ($k=2$ para cilindros ocos e $k=1,5$ para cilindros maciços) e o coeficiente que acompanha t^2 , temos os seguintes valores para o coeficiente angular do latão maciço e oco, respectivamente: 0,104 e 0,08, o que é ótimo pois é muito próximo do valor teórico graficamente (os valores se encontram no tópico anterior).

era para derivar o valor de k do coeficiente angular...

A seguir explicitamos a equação usada para a determinação de K a partir das figuras 2 e 3, sendo elas os gráficos obtidos com os dados da segunda parte do experimento (cronometragem do tempo de rolamento dos cilindros de latão em diferentes distâncias) e da equação 3. Abaixo também se encontrará a maneira a qual achamos sua incerteza:

$$K = \frac{g \operatorname{sen}(a)}{2m}$$

m é o coeficiente angular?

$$\sigma K = K \sqrt{\left(\frac{\sigma_m}{m}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{\operatorname{sen}(a)}}{\operatorname{sen}(a)}\right)^2}$$

A seguir explicitaremos os resultados de K e sua incerteza que achamos:

Tabela 15: Tabela do valor de K para os cilindros de Latão a partir dos dados experimentais dos rolamentos variando a distância, e suas incertezas.

	K	inc K
Maciço	1,55	0,05
Oco	1,84	0,04

Em luz dos valores de K obtidos da segunda parte do experimento e do K teórico anteriormente citado, podemos observar que:

Se tratando do cilindro de Latão maciço, podemos observar que seu valor de K é igual a $1,55 \pm 0,05$, assim considerando o valor mínimo da sua incerteza, podemos concluir que ele resulta no mesmo valor teórico.

Observando o valor de K para o cilindro de latão oco, que é igual a $1,84 \pm 0,04$, podemos o comparar com o valor teórico de 2. Então, para sua incerteza máxima, a diferença entre ele e o valor teórico fica de 0,12. Portanto consideramos esse método de calcular o K para corpos ocos mais eficaz do que o descrito na primeira parte do experimento (acima da tabela 14), mas ainda não tão eficaz se comparado aos resultados obtidos nas comparações anteriores de corpos maciços, tendo em vista o valor teórico como o ideal.

k = 2 é para uma casa cilíndrica,
que não é o seu caso...

Para esclarecer a diferença entre os tempos de rolamento entre os cilindros de latão maciço e oco, analisaremos seu momento de inércia como base. Na teoria teríamos que o corpo com um momento de inércia maior deveria ter o maior tempo de percurso, porém, nossos dados (tabela 8 para o momento de inércia e tabela 11 para o tempo e) demonstram que o corpo com maior tempo seria o latão oco invés do latão maciço, o que mostra a incompatibilidade com a teoria.

Por fim, admitimos que o valor de K pode ter sofrido variações pequenas por consequência da não homogeneidade dos cilindros e da aproximação de r ser R, demonstrando ser uma casca homogênea da massa, não sendo totalmente válida neste corpo oco. Esses fatos são fundamentais para o valor do momento de inércia do corpo que age diretamente no experimento inteiro, explicando essa diferença de tempo entre os corpos no percurso.

6 Conclusão

Considerando que os valores teóricos da introdução representam estes experimentos, com os dados apresentados e discutidos anteriormente explicitadas, podemos concluir que entre os 2 métodos apresentados para a determinação de K, o mais eficaz é o segundo (o que usamos para a tabela 15), pois o valor de K para corpos maciços foi igual, considerando a incerteza, ao valor teórico previamente calculado, e para valores de K para corpos ocos foi mais eficaz do que a do primeiro método, tendo o valor teórico como ideal.

Observando a consolidação dos dados obtidos experimentalmente e a teoria aplicada vimos que houve uma discrepância entre o esperado e o cronometrado. O tempo de rolamento entre o os cilindros de latão maciço e oco deveria seguir a teoria que diz que quem possui o maior momento de inércia deve ser mais lento, contudo o corpo com maior tempo apresentou o menor

????

incertezas?

valor no momento de inércia. ~~Concluimos que isso se deve ao fato dos objetos não serem ideais~~ em sua distribuição de massa.

Visto essa diferença entre teoria e prática, aconselhamos que para um melhor desenvolvimento do experimento, deve-se verificar e garantir que o cilindro oco tenha sua massa mais concentrada na casca e que todos os corpos sejam mais homogêneos, para a determinação dos instantes poderíamos usar sensores no instante que se inicia e termina o movimento para melhor aceitação.

Referências

- [1] HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de Física. 10. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2016. 327 p.
- [2] H. Moysés Nussenzveig, Curso de Física Básica 1: Mecânica, 4a edição, Editora Edgard Blücher, 2002.