

TEMPO DE QUEDA NA PRESSÃO ATMOSFÉRICA E NO VÁCUO

Aluno: Raphaël Antoine de Góes Bezerra Cambas
Orientador: Sergio Leal Braga

1. Introdução

Esse projeto foi montado com a idéia de mostrar a diferença do tempo de queda livre de vários objetos quando submetidos à resistência do ar, com a pressão atmosférica, e no vácuo. Com o material utilizado, fizemos varias medições que depois foram analisadas.

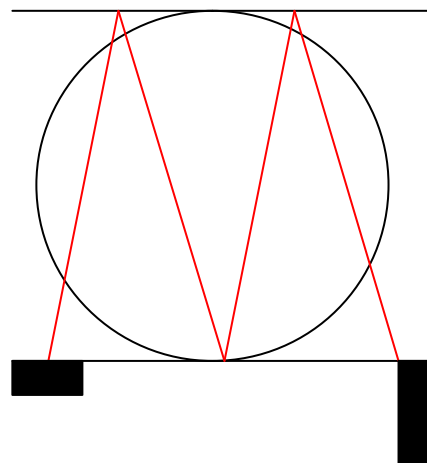
2. Aparato e procedimento experimental

Para realizar esse experimento, disponhamos de um cilindro [fig. 1.a] com uma tampa que pode ser aberta e com uma saída onde podemos ligar uma bomba de vácuo [fig. 1.b]. A tampa dispõe de um sistema para que o objeto possa ser solto com o cilindro fechado [fig. 1.c], o que essencial para a parte da experiência no vácuo. Para que a medida do tempo seja feita de uma maneira muito precisa, usamos três dispositivos no cilindro ligados a um computador por uma caixa USB do National Instruments [fig. 1.d] funcionando com o LabView, programa utilizado para a aquisição de dados. Usamos dois tipos de dispositivos: o primeiro é uma chave de fim de curso [fig. 1.e] que inicia o cronômetro quando o objeto é solto. O segundo dispositivo [fig. 1.f], criado no laboratório, é composto por um laser, dois espelhos, uma cela fotossensível, um circuito com um resistor para aumentar a sensibilidade da cela e um suporte para que ele possa segurar na altura desejada no cilindro. A cela recebe o feixe do lazer após ele ter passado quatro vezes pelo meio do cilindro formando assim um W [fig. 1.g]. Assim, quando o objeto passa pelo feixe, isso é notado e o tempo intermediário é marcado na interface do programa. A mesma coisa acontece na parte inferior do cilindro e temos assim o tempo do segundo trecho e o tempo total da queda livre do objeto dentro do cilindro. Usamos também uma bomba de vácuo [fig. 1.h] para a segunda parte do experimento.

Usamos quatro objetos a serem testados na pressão atmosférica e no vácuo: um papel tipo cartão de visita, uma bola [fig. 1.i], um copo de plástico [fig. 1.j] e uma flha de árvore. É importante notar que o copo é solto de cabeça pra baixo (como na foto) o que aumenta consideravelmente sua força de arraste porque o ar tem maior dificuldade de passar entre o copo e as paredes do tubo.



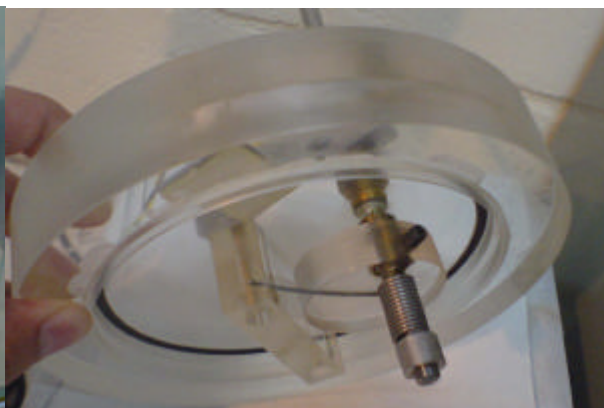
(a)



(g)



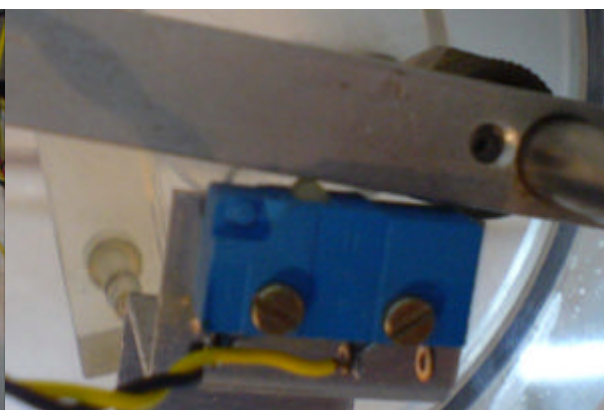
(b)



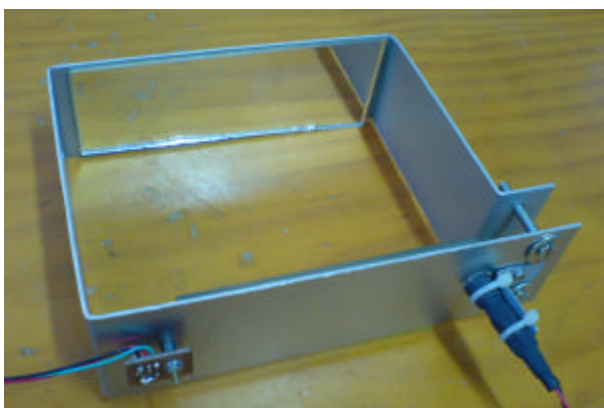
(c)



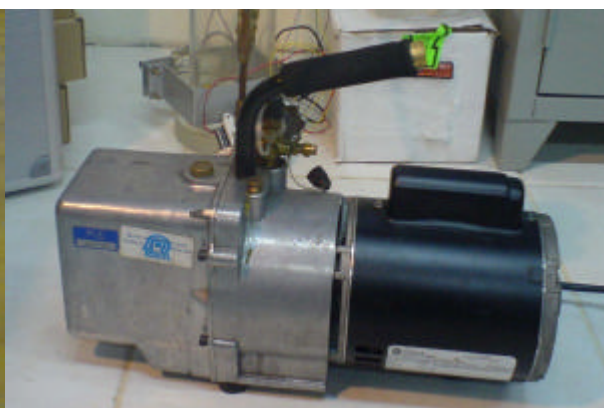
(d)



(e)



(f)



(h)



(i)



(j)

Figura 1

3. Análise dos resultados

3.1 Na pressão atmosférica

Os resultados obtidos na pressão atmosférica foram os seguintes:

Tabela I

	t1 (s)	t2 (s)	t final (s)
papel	0,25	0,22	0,470
	0,24	0,19	0,433
	0,24	0,20	0,444
t médio	0,243	0,2033	0,4490
desvio pad.	0,006	0,02	0,0190

Tabela II

	t1 (s)	t2 (s)	t final (s)
bola	0,28	0,19	0,47
	0,28	0,18	0,467
	0,28	0,20	0,473
t médio	0,28	0,190	0,470
desvio pad.	0,0	0,010	0,0030

Tabela III

	t1 (s)	t2 (s)	t final (s)
copo	0,47	0,42	0,883
	0,43	0,42	0,852
	0,45	0,42	0,873
t médio	0,450	0,420	0,8693
desvio pad.	0,020	0,0000	0,0158

Tabela IV

	t1 (s)	t2 (s)	t final (s)
folha (árvore)	0,27	0,29	0,567
	0,26	0,32	0,577
	0,28	0,30	0,579
t médio	0,27	0,303	0,5743
desvio pad.	0,010	0,0153	0,0064

Cada medida foi feita três vezes e o tempo médio foi usado no cálculo da aceleração pela fórmula:

$$\Delta S = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

Mas sabemos que $v_0 = 0$, logo,

$$\Delta S = \frac{at^2}{2}$$

3.2 No vácuo

Na segunda parte do experimento, realizamos as mesmas medidas, mas agora depois de fechar o cilindro, ligamos a bomba de vácuo a ele até atingir uma pressão muito próxima do vácuo absoluto. Os resultados obtidos foram os seguintes:

Tabela V

	T1 (s)	t2 (s)	t final (s)
papel	0,26	0,19	0,453
	0,25	0,18	0,435
	0,25	0,20	0,449
T médio	0,253	0,19	0,4457
desvio pad.	0,006	0,01	0,0095

Tabela VI

	t1 (s)	t2 (s)	t final (s)
bola	0,23	0,18	0,412
	0,24	0,18	0,423
	0,24	0,19	0,434
t médio	0,237	0,183	0,4230
desvio pad.	0,006	0,0058	0,0110

Tabela VII

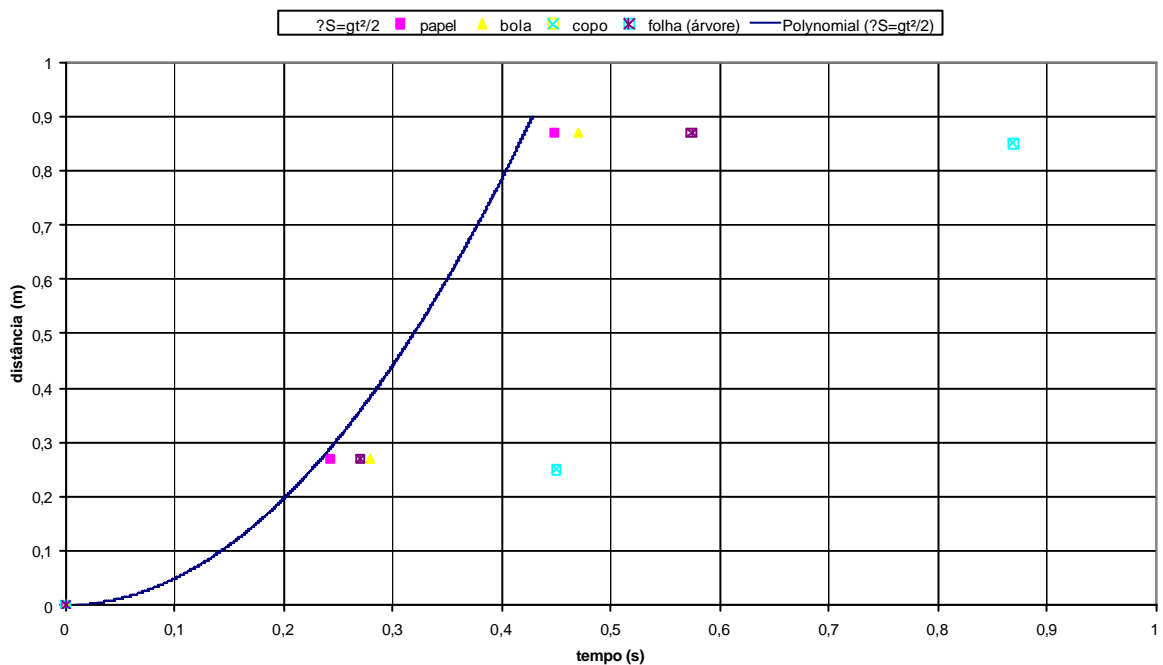
	t1 (s)	t2 (s)	t final (s)
copo	0,24	0,23	0,478
	0,26	0,22	0,483
	0,27	0,22	0,494
T médio	0,257	0,223	0,4850
desvio pad.	0,015	0,0058	0,0082

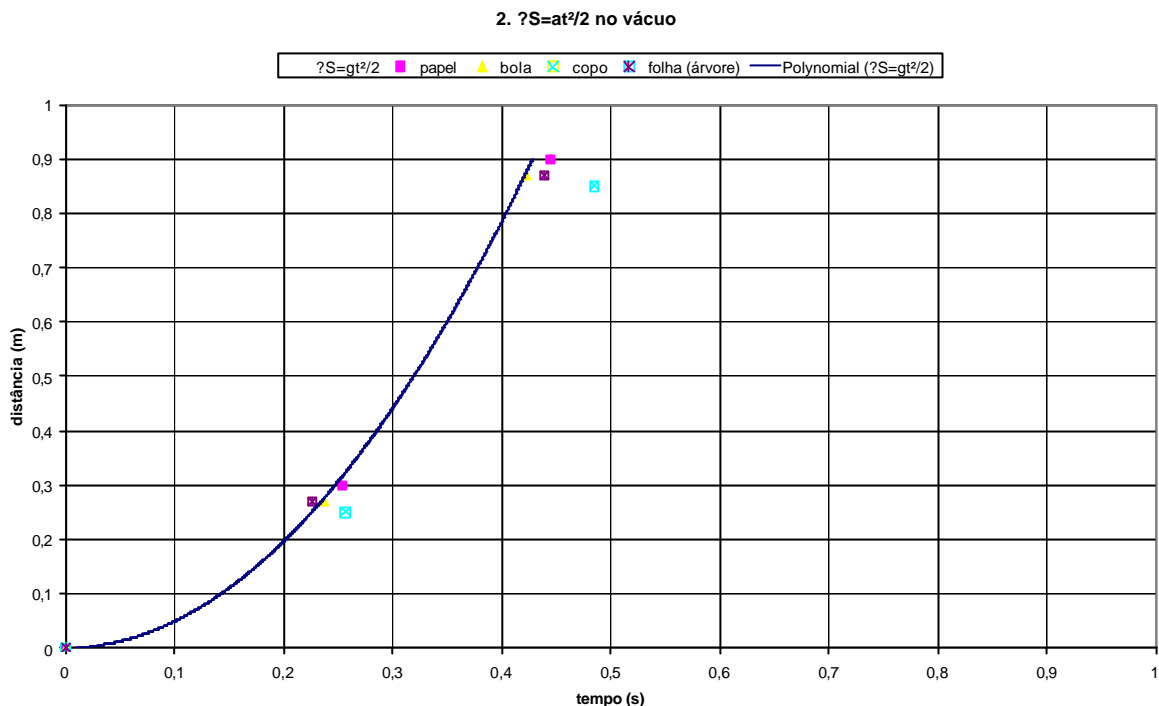
Tabela VIII

	t1 (s)	t2 (s)	t final (s)
folha (árvore)	0,22	0,21	0,437
	0,23	0,20	0,434
	0,23	0,21	0,447
t médio	0,227	0,207	0,4393
desvio pad.	0,006	0,0058	0,0068

3.3 Comparação dos resultados

1. $S=at^2/2$ na pressão atmosférica





Nos dois gráficos observamos uma curva polinomial de grau dois (azul escuro) que mostra a aceleração da gravidade e dois pontos de cada objeto da distância percorrida em função do tempo de queda livre. Podemos claramente notar no gráfico 1 que a força de arraste do copo (azul claro) é muito maior que a do pedaço de papel que cai verticalmente quase sem resistência ao ar. Por isso os pontos do papel (rosa) se aproximam muito mais da curva polinomial. Observamos no gráfico 2 que a maioria dos pontos está muito próxima à curva polinomial representando a queda livre sem nenhum atrito. Os pontos do copo (azul claro) são os mais distantes mas a diferença é de 0,05 s o que é muito pouco e não pode ser notado se não tiver instrumentos medindo. A nuvem de pontos está muito mais próxima à polinomial no gráfico 2, isto é no vácuo, do que no gráfico 1. Isto era o esperado. Os resultados que melhor mostram a diferença do tempo de queda são os do copo onde observamos entre a tabela III e a tabela VII uma queda duas vezes mais rápida.

As distâncias utilizadas para as contas são mesma que na primeira parte e são encontradas na tabela 1.5. O que também deve ser observado no gráfico é que a distância do primeiro trecho (d1) é diferente dependendo do tamanho dos objetos. Já no segundo trecho (d2), eles percorrem a mesma distância.

objeto	d1 (m)	d2 (m)	d final (m)
papel	0,3	0,6	0,9
bola	0,27	0,6	0,87
copo	0,25	0,6	0,85
folha (árvore)	0,27	0,6	0,87

4. Análise dos erros

Um erro pode ser observado no gráfico 2 onde o primeiro ponto t1 da folha de árvore aparece com um tempo de queda menor que se ela não estivesse submetida a nenhum atrito ou força de arraste. Esses erros experimentais nas medidas podem ter várias origens:

- O programa LabView funciona com o sistema operacional Windows. Então quando um dado entra no computador ele tem que ser tratado pelo sistema operacional antes do programa. Nesse ponto, temos uma imprecisão nos milésimos de segundo ou mais.
- Certamente não atingimos o vácuo absoluto dentro do cilindro. Isso pode ser notado porque o copo, objeto que no experimento mais sofre da força de arraste, é quem tem a maior diferença de tempo de queda em relação a polinomial. Mas a agulha do manômetro ficou oscilando perto da marca do 0 durante o experimento.
- Durante a sua queda, o objeto pode ter tocado numa das paredes do cilindro mudando o tempo final. Por isso fizemos três medidas mas mesmo assim, ainda existe um pequeno erro.

5. Conclusão

Os resultados encontrados nesse experimento foram muito satisfatórios porque os tempos de queda para os objetos que tem maior coeficiente de arraste diminuíram consideravelmente no vácuo. Ademais, podemos ver que a diferença entre os tempos de queda de todos os objetos também diminui muito e esses tempos se aproximaram do tempo de queda livre teórico de um objeto submetido somente à força da gravidade.