

ROTEIRO DO EXPERIMENTO 1

Medida do tempo de queda de uma esfera

Profs. Antonio Vilela, Bruno Mintz, Jim Skea,
Leticia Palhares, Marcia Begalli, Maria de Fátima

Introdução

Este experimento deve levar três aulas para terminar. Para acompanhar o experimento, além de ler este roteiro, o aluno é fortemente aconselhado a assistir aos vídeos Aula 3, Aula 4 e Aula 5, bem como todas as partes do vídeo aula E2, que descreve a primeira parte do experimento. Os vídeos estão disponíveis no canal do curso: Laboratório de Física 1 - UERJ, cujo link é: https://www.youtube.com/channel/UCss-ju5N_IFivGoMzYbojzA. Embora os vídeos foram gravados para o conteúdo do semestre passado, boa parte de seu conteúdo, particularmente a parte sobre cronometragem manual, se aplica a este experimento.

Objetivos:

medir o tempo de queda de uma altura fixa de uma esfera usando um cronômetro manual e um cronômetro eletrônico, determinando a melhor estimativa do tempo de queda nos dois casos, com suas incertezas. Construir histogramas dos dados obtidos usando cada método. Verificar se os tempos de queda são compatíveis com o calculado usando o valor de referência para g no Rio de Janeiro.

Material:

- cronômetro manual (pode ser o do seu celular) precisão a ser determinada;
- cronômetro eletrônico, marca PASCO -(precisão ± 1 ms);
- hastes metálicas;
- equipamento de solda;
- trena ou metro (milimetrados);
- uma esfera de plástico;
- uma esfera metálica;
- bloco de anotações.

Introdução teórica

A queda vertical de um objeto perto da superfície da Terra, desprezando atrito e empuxo, pode ser descrita pela equação horária

$$y(t) = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2,$$

onde y_0 é a posição inicial (em $t = 0$) do objeto em relação ao nível de referência $y = 0$, v_0 é a velocidade nesse mesmo instante de tempo e a é a aceleração do objeto. No caso do movimento de queda livre, sob as condições dadas aqui, se escolhermos a orientação do eixo y tal que ele aponte para o centro da Terra e, considerando que o objeto é largado do repouso ($v_0 = 0$) e que percorrerá uma distância h , podemos reescrever a equação acima adaptada para o nosso experimento como $h = \frac{1}{2} g t^2$, ou seja, $t = \sqrt{2h/g}$. Portanto, se conhecermos a altura da queda, medida com boa precisão, e tivermos o valor de referência da aceleração da gravidade, g , podemos determinar o tempo de queda previsto pela teoria.

Procedimento Experimental I (cronometragem manual)

1. estabeleça, com o máximo de precisão possível, uma altura de 0,9 m em relação a um nível de referência (por exemplo o tampo da bancada ou o chão da sala). Encontre alguma forma de registrar esse ponto de partida, com o intuito de reproduzir o melhor possível as mesmas condições para cada repetição da soltura.
2. largue a esfera de plástico (apenas largue-a, sem introduzir qualquer impulso e tomando o cuidado de manter a sua base alinhada com a altura de soltura) desse ponto de partida, acionando o cronômetro simultaneamente, e travando o quando a esfera chegar no nível de referência. Registre o tempo que você mediu no bloco de anotações;
3. repita o procedimento anterior até atingir o total de 60 medidas, realizadas com os cuidados necessários
4. de posse das 60 medidas, construa uma tabela apresentando as diferentes medidas e suas respectivas frequências de ocorrência (o modelo de construção dessa tabela é exemplificado no vídeo: Experimento 2 - Parte II, link <https://youtu.be/Qs6vvhGtOZQ>, para uma situação mais simples, com um número bem menor de medidas);

Procedimento Experimental II (cronometragem eletrônica)

O equipamento de queda livre do laboratório funciona na base de um cronômetro eletrônico que é acionado quando uma esfera metálica é solta de um mecanismo mecânico (veja figura 1), e trava quando a esfera atinge um sensor de impacto. Repare que a distância de queda, h , é do ponto inferior da esfera até a superfície do sensor.

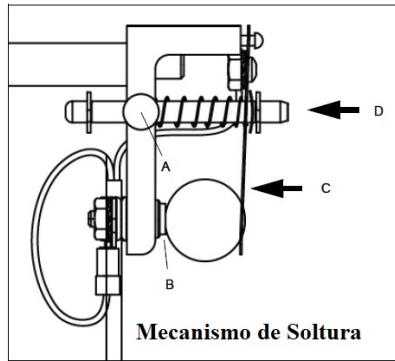


Figura 1: A: Parafuso B: Contato C: Placa de Soltura D: Pino-guia com Mola

O mecanismo de soltura segura uma esfera de metal entre a placa de soltura (C) e o parafuso de contato (B). O pino-guia (D) é empurrado para segurar a placa de soltura. Um parafuso (A) é apertado manualmente para manter o pino-guia no lugar. Uma mola no pino-guia empurra a placa de soltura para longe da esfera quando o parafuso (A) é afrouxado.

1. com o sensor de impacto na bancada, prenda ou segure a esfera no mecanismo de soltura, e ajuste a altura do mecanismo até que o ponto inferior da esfera esteja a 0,90 m da superfície do sensor. Verifique que o mecanismo está bem preso na haste antes de iniciar as medidas. Se for julgado necessário, é possível fazer um ajuste fino da distância da queda colocando folhas de papel, ou outros objetos finos entre o sensor e a bancada. Tome cuidado para que o sensor esteja diretamente em baixo do ponto de soltura.
2. depois de prender a esfera entre o parafuso de contato (B) e a placa de soltura (C), solte a esfera abrindo o parafuso (A) e anote o tempo de queda que aparece no painel do cronômetro. Caso a mola não funcione corretamente, segure a esfera no lugar entre a placa e o contato como os dedos, e libere a placa abrindo os dedos.
3. repita o procedimento anterior até atingir o total de 60 medidas, realizadas com os cuidados necessários
4. construa uma segunda tabela apresentando as diferentes medidas e suas respectivas frequências de ocorrência

Análise dos dados

1. separe seus dados em classes usando a Regra de Sturges (como mostrado no vídeo no link https://youtu.be/_Jjn2PUK7Nk);
2. monte histogramas de frequências com as classes para cada conjunto de dados (isto é para cada método de cronometragem). Os histogramas devem ser elaborados **EM PAPEL MILIMETRADO**, que pode ser encontrado na loja do CAFIS no 3º andar, perto da escadaria central. Histogramas desenhados com programas ou aplicativos **não serão aceitos**.
3. determine o valor médio do tempo de queda da esfera nos dois casos e indique as incertezas instrumentais dos cronômetros utilizados.
4. nos dois casos, calcule o desvio-padrão amostral e, a partir dele, a incerteza estatística ou incerteza do tempo médio de queda da esfera.
5. apresente os dois valores para o tempo de queda da esfera na forma correta: isto é, o tempo médio com sua incerteza total¹ (isto é a incerteza composta com a incerteza instrumental, de tipo B, e a incerteza estatística da média, de tipo A), não esquecendo colocar as unidades de medida. Para detalhes sobre como calcular a incerteza total, sugerimos assistir à vídeoaula 5 (<https://youtu.be/3vxsZL57FPo>) ou ao final do vídeo http://youtu.be/_Jjn2PUK7Nk.
6. verifique se os dois valores (com incertezas) são compatíveis no nível de 2 erros padrão.
7. usando o valor de referência para g no Rio de Janeiro² ($g_{\text{ref}} = 9,787899 \text{ ms}^{-2}$), calcule o tempo previsto de uma queda de 0,90 m.
8. verifique se os dois tempos que você determinou são compatíveis no nível de dois erros padrão com o tempo calculado no item anterior.

¹às vezes chamada o *erro padrão*

²para mais detalhes vejam o link <http://lilith.fisica.ufmg.br/~dsoares/g/gleigo.htm>