

Atividade 4: Período do Pêndulo Simples e Incerteza

Objetivos:

- 1) Dominar as funcionalidades básicas de planilhas eletrônicas para uso em C&T.
- 2) Estimar a incerteza de uma medida.
- 3) Medir o período (T) de oscilação do pêndulo simples.
- 4) Investigar se há relação entre a massa M e o período (T) do pêndulo simples.

Materiais: pêndulo (hastes de metal e fixadores para a bancada, fio, discos de metal), régua, trena.

Introdução

Se você cronometrar um evento qualquer, como o tempo de uma pedra cair até o solo, ao repetir o experimento, sob as mesmas condições (altura, velocidade inicial, etc), você provavelmente não irá obter o mesmo resultado. Isso se deve às incertezas experimentais. Quanto mais preciso for o seu equipamento, mais próximas suas medidas serão umas das outras. Isso quer dizer que a incerteza também será menor. É possível reduzir as incertezas sofisticando o experimento. No caso do lançamento da pedra, poderíamos automatizar o lançamento da pedra e a marcação do cronômetro com dispositivos eletrônicos, por exemplo. As incertezas certamente iriam reduzir, mas nunca serão nulas. A própria eletrônica do sistema introduziria incertezas, ainda que pequenas. Em suma, qualquer medida que seja feita, está sujeita a incertezas, e precisamos estimá-las.

Parte 1. Incerteza no Período de oscilação do pêndulo

Usando o material disponível nas bancadas, monte um pêndulo simples na borda da mesa. **Use um comprimento do cordão em torno de 1,0 metro.**

Coloque o pêndulo para realizar pequenas oscilações ($\theta < 15^\circ$ com a vertical). **Usando o cronômetro do seu celular, meça o 30 vezes consecutivas o período de oscilação do pêndulo (o botão “volta”/”lap” poderá ser útil). PS: Período é o tempo para o pêndulo completar uma oscilação (ir e voltar à mesma posição).**

Abra uma planilha do Google e compartilhe com seus colegas de bancada. Na primeira coluna (chame-a de “N”), disponha números entre 1 e 30. Na segunda coluna (“T (s)”), anote os valores dos 30 períodos medidos.

- a) **Histograma.** Você deve ter reparado que há variações entre suas medidas. Uma maneira prática de visualizar seus dados é através de um gráfico chamado “histograma”. Selecione a coluna dos períodos e, na aba “inserir”, clique em “gráfico” e selecione a opção “histograma”. Personalize seu gráfico para que fique com boa apresentação. Se necessário, edite a propriedade “tamanho do intervalo”

O seu histograma deverá ficar com o formato parecido com um sino. Para o caso em que o número de medidas (N) é muito grande, sua distribuição se aproxima de uma função Gaussiana (ou Normal). Esse tipo de curva será abordado mais detalhadamente na segunda unidade do curso.

Dado que houve uma grande variedade de valores para as medidas, qual deles devemos usar para representar o período do pêndulo?

O valor esperado (ou seja, o que melhor representa a grandeza sendo medida) é a **média** aritmética dos valores:

$$\bar{x} = \mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

onde N é o número de medidas realizadas. A função na planilha que determina a média de um conjunto de valores se chama “MÉDIA” (na célula, escreva “=MÉDIA(...)” e substitua “...” pelo intervalo dos dados). Não confundir com a função “MED”, que determina a mediana do conjunto de valores.

Agora, é preciso quantificar a incerteza da medida, que é uma estimativa de quanto suas medidas se afastam da média. Definiremos a INCERTEZA de uma medida através do **desvio padrão da média**:

$$\sigma_{\mu} = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

A planilha não possui uma função que o determine diretamente, mas é possível usar o desvio padrão como um atalho: “=DESVPAD(...)/RAIZ(N)”. Na célula, substitua “...” pelo intervalo dos dados e N pelo número de medidas.

Escreva abaixo seus resultados para a média e incerteza da sua medida do período.

Média	Incerteza

A maneira correta de se escrever o resultado da sua medida é

$$x = (\bar{x} \pm \sigma_{\bar{x}}) \text{ unidades.}$$

Este é conhecido como “**relato de uma medida**”. O relato da medida deve seguir as seguintes regras:

- a incerteza deverá ser escrita até a casa decimal do primeiro algarismo diferente de zero (1 algarismo significativo);
- o valor mais provável (média) deverá ser escrito com o mesmo número de casas decimais que a incerteza;

- arredondamento: quando o algarismo a ser desprezado for inferior a 5, mantém-se o algarismo à sua esquerda inalterado. Quando for superior a 5 (ou igual a 5 seguido por um algarismo diferente de zero), soma-se uma unidade ao algarismo anterior.

Faça abaixo o relato da medida do período do pêndulo.

Relato da medida

Em resumo, uma única medida não é confiável. Por este motivo foi solicitado realizar várias medidas para, então, calcular o valor mais provável (média) e sua incerteza (desvio padrão da média).

Parte 2. Período de oscilação do pêndulo.

Na Parte 1 deste roteiro, você percebeu que existe uma incerteza associada a cada medida. Na determinação do período do pêndulo, uma maneira de reduzir esta incerteza é, ao invés de medir o período de uma oscilação, medir o tempo para ele realizar várias oscilações (10, por exemplo). Assim, a incerteza da sua medição estará diluída em 10 períodos.

1) Coloque o pêndulo para oscilar ($\theta < 15^\circ$ com a vertical) e determine seu período de oscilação. Repita este procedimento três (3) vezes.

Medida	Período T (s)

Obtenha a média e o desvio padrão da média dessas medidas e, com eles, escreva o relato da medida do período do pêndulo obtida a partir deste procedimento.

Relato da medida

Parte 3. Relação entre a massa M e o período T do pêndulo simples

Nesta parte você irá estudar a relação entre a massa M do pêndulo simples e seu período T. Para isto, utilize o procedimento da parte 2, para medir o período T para $M = 1$ e 3 vezes a massa do disco de metal. Preencha a tabela a seguir:

massa M	Período T (s)	Incerteza σ (s)

- 1) Observando os valores da tabela acima, ou seja, os valores dos períodos T para valores diferentes de massa M, o que você pode concluir?

Parte 4. O tempo de reação de Usain Bolt

Para medir o período do pêndulo, você teve de reagir à passagem do pêndulo pelo ponto de referência e pressionar o botão do cronômetro. Essa medida é afetada pelo seu *tempo de reação*.

O tempo de reação de Usain Bolt na competição da final dos 100 metros livre, no Rio de Janeiro, em 2016, foi de 0,155 segundo.

Qual foi o seu tempo de reação? Menor, maior ou igual ao do Usain Bolt?

Faça o teste do seu tempo de reação (se seu desktop possuir caixa de som), [aqui](#). Você saberia avaliar o quanto seu tempo de reação se afastou do valor mais provável?.

Habilidades trabalhadas

h2.2 Reconhecer nas situações quem faz papel de variável dependente e variável independente.

h2.8 Construir gráficos em planilhas no computador a partir de uma tabela de dados, reconhecendo o melhor tipo de gráfico e observando aspectos estéticos.

h3.3 Reconhecer as principais funções e suas propriedades em contextos em que se empregam diferentes notações para as variáveis e parâmetros das funções, não ficando preso a $y(x)$ ou $f(x)$.

hb7.3 Identificar as quantidades relevantes para a análise em problemas práticos simples, bem como a diferente complexidade da análise das diferentes quantidades.

hb7.4 Desenvolver atitude ativa na operação de instrumentos de medida.

hb7.7 Estimar a incerteza em medidas com efeitos sistemáticos, calcular a incerteza em medidas com efeitos aleatórios e relatar o resultado da medida segundo as normas.