

Introdução às Medidas em Física

4ª Aula

<http://www.dfn.if.usp.br/~suaide/>

Alexandre Suaide

Ed. Oscar Sala

sala 246

ramal 7072

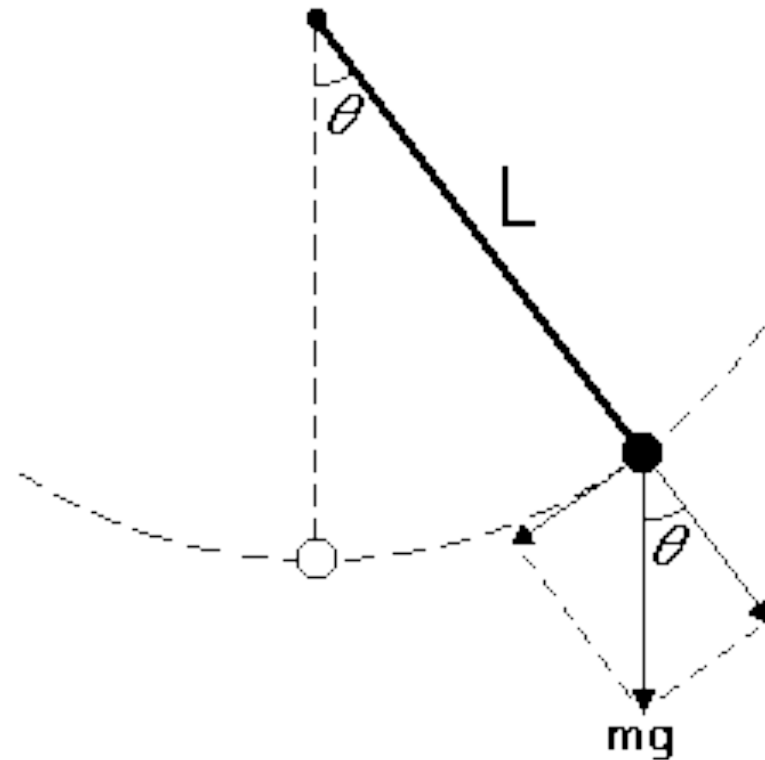
Objetivos

- Medidas de tempo
 - Pêndulo simples (parte I)
- Noções de estatística
 - Média e desvio padrão
 - Incerteza de um valor médio
 - Análise gráfica: histogramas

Medidas de tempo: pêndulo simples

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

Período não depende
da massa nem da
amplitude de oscilação
(estudos de Galileu)



Determinando o intervalo de tempo a partir de dois instantes

- Quer-se medir o intervalo de tempo
- Porém, os tempos de cada evento são registrados em instantes diferentes àqueles onde ocorreram os eventos.
- Os valores de X_0 e X_1 podem ser positivos (sinal é registrado após a ocorrência do evento) ou negativo (sinal é registrado antes da ocorrência do evento)

$$T = t_{evento1} - t_{evento0}$$

$$t_{evento0}^{medido} = t_{evento0} + \Delta T_0$$

$$t_{evento1}^{medido} = t_{evento1} + \Delta T_1$$

$$\begin{aligned} T^{medido} &= T + (\Delta T_1 - \Delta T_0) \\ &= T + \Delta T \end{aligned}$$

Conceitos importantes

- Média de um conjunto de medidas
- Desvio padrão de um conjunto de medidas
 - Grandeza que caracteriza a amplitude as flutuações estatísticas observadas. É também a incerteza estatística associada a uma única medida efetuada.
- Incerteza do valor médio
 - Também denominado “desvio padrão da média”, é a incerteza estatística do valor médio obtido.
- Ver apostila de erros, capítulo 4.

Média, desvio padrão e desvio padrão da média

- Média

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$$

- Desvio padrão

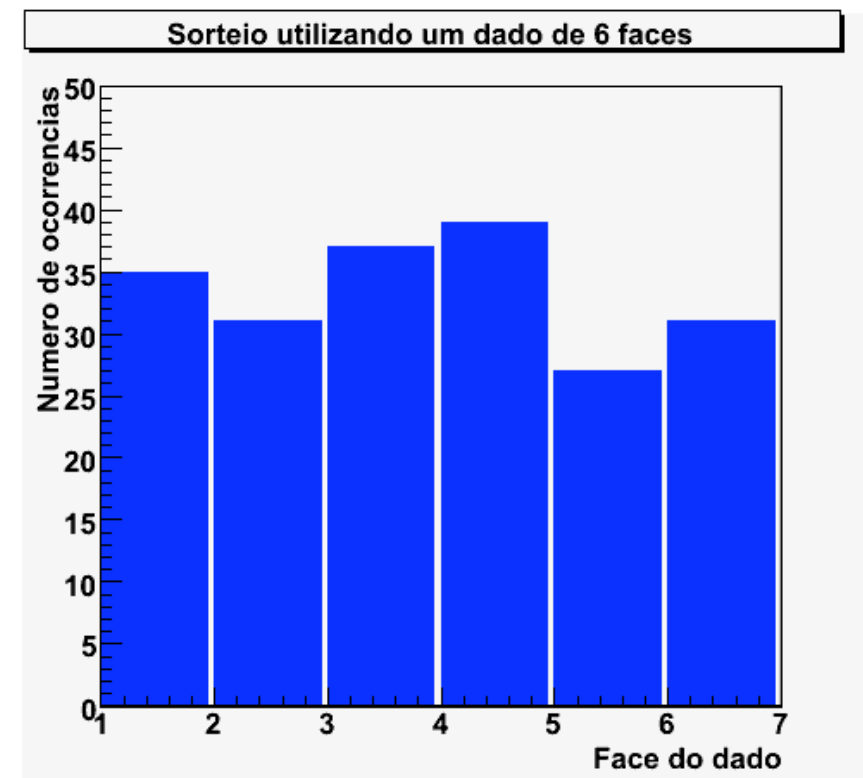
$$\sigma \sim \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

- Desvio padrão da média

$$\sigma_M = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Histogramas

- Histogramas são gráficos nos quais pode-se visualizar a distribuição dos dados obtidos
- No eixo-x coloca-se intervalos de ocorrência das medidas efetuadas
- No eixo-y coloca-se uma variável cuja amplitude reflita a probabilidade de realizar essa medida em um determinado intervalo de resultados (canais)



Tipos de histogramas

- Número de ocorrências
 - Simplesmente conta-se o número de ocorrências em cada intervalo (canal) para um determinado evento.
 - Mais simples e rápido de ser obtido
- Probabilidades ou frequências
 - Determina-se a probabilidade de medir um evento em um certo intervalo. A probabilidade é o número de ocorrências no intervalo dividido pelo número total de medidas.
 - O histograma é independente do número de medidas efetuada
- Densidade de probabilidades
 - O valor graficado corresponde à razão entre a probabilidade de ocorrência para um dado intervalo e o tamanho desse intervalo.
 - Muito útil, pois o histograma é totalmente independente da escolha do intervalo e do número de medidas efetuada.

Como fazer um histograma

- Escolher a largura dos canais do histograma
- Escolher o centro de cada canal (tomar cuidado para não sobrar espaços vazios)
- Contar o número de ocorrência para cada canal
- Obter a frequência para cada canal e/ou a densidade de probabilidade
 - Depende do tipo de histograma
- Desenhar o histograma em papel gráfico adequado (milimetrado, em geral)

Exemplo

Número de ocorrências

5

4

3

2

1

2

3

4

5

6

7

Período (s)

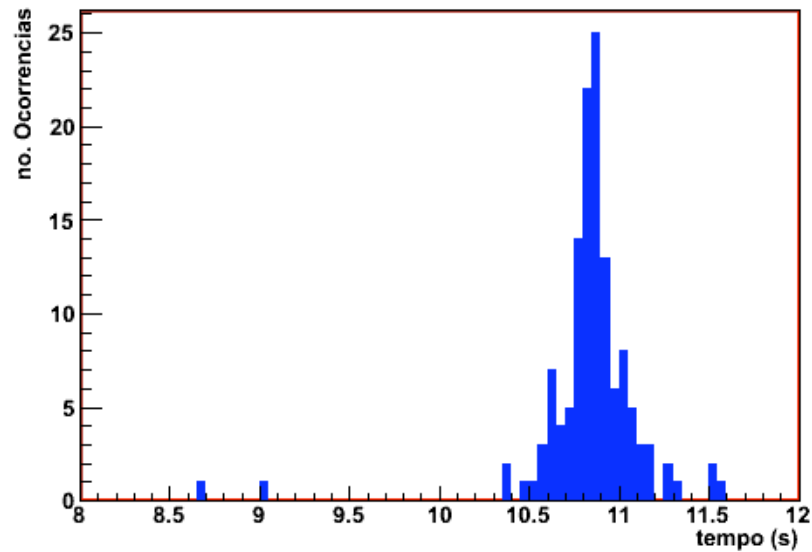
medida	período (s)
1	2,4
2	5,3
3	5,8
4	6,1
5	5,5
6	4,7
7	4,1
8	5,2

Tabela de dados exemplo

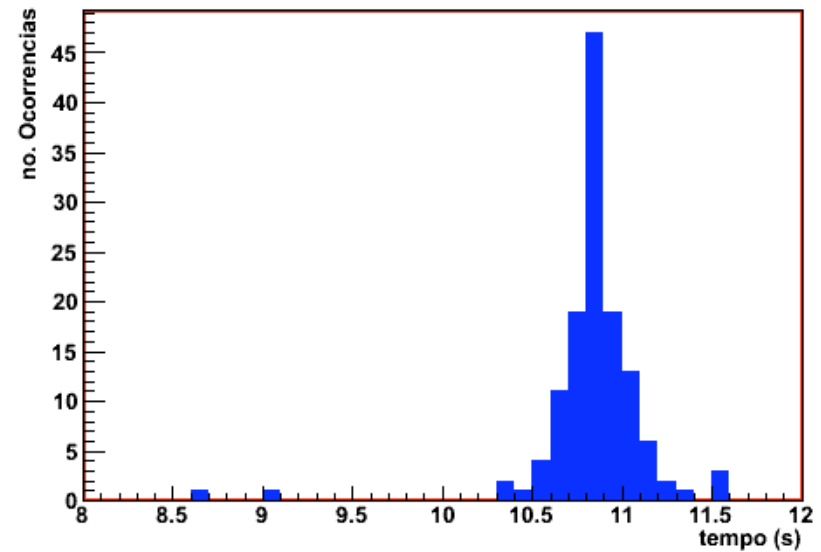
10,69	8,66	9,04	11,25	10,90	10,35	11,50	10,72	10,53	10,84
10,96	10,84	10,75	10,78	10,84	10,82	10,97	10,87	10,94	11,18
10,88	10,88	10,75	10,80	11,00	11,07	10,75	11,13	11,30	10,89
11,09	10,94	10,86	10,63	10,85	10,81	10,75	10,87	11,03	10,71
10,80	10,57	10,75	10,97	11,16	10,75	10,78	10,81	11,28	10,86
10,63	10,78	10,87	10,77	10,88	11,00	11,06	10,81	10,95	10,84
10,63	10,94	10,47	10,84	10,90	10,69	11,19	10,73	10,72	10,86
10,91	11,05	11,00	10,84	10,91	10,91	10,60	11,15	10,75	10,88
10,75	10,72	10,81	10,97	10,63	10,84	11,03	10,94	10,84	10,84
10,87	10,85	10,85	11,02	10,78	10,63	10,65	10,88	10,85	10,56
10,88	11,00	10,81	10,35	10,99	10,81	10,91	10,83	10,66	10,75
10,91	11,13	10,80	10,68	10,99	10,91	11,05	10,85	10,84	10,93
10,90	10,83	11,53	10,87	11,03	10,94	10,87	10,90	10,56	11,59

Importância do tamanho do canal

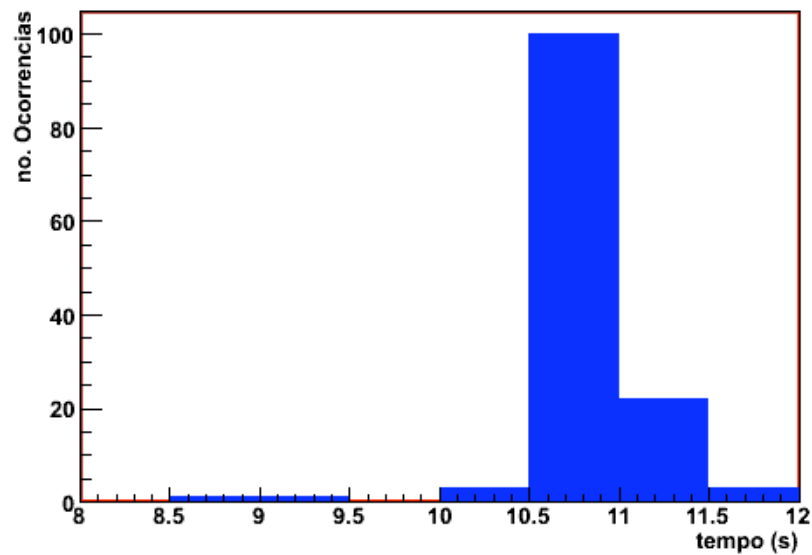
Tempo de 5 oscilações de um pendulo



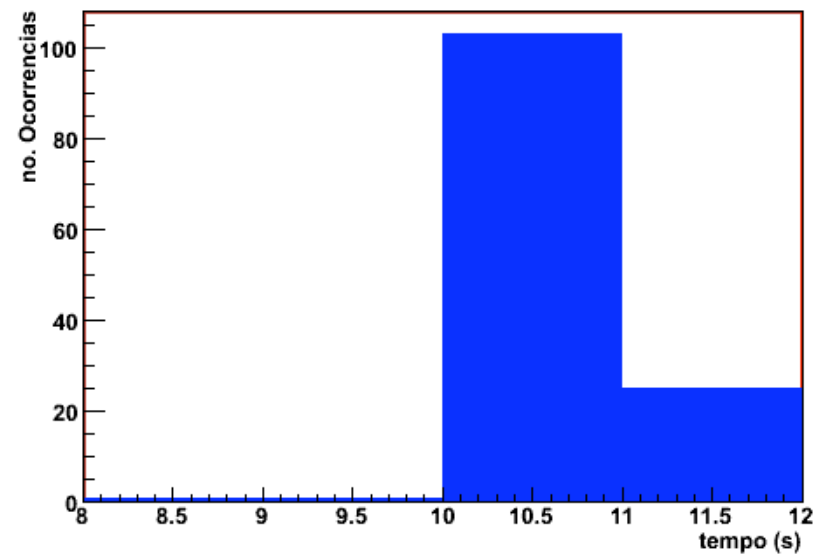
Tempo de 5 oscilações de um pendulo



Tempo de 5 oscilações de um pendulo

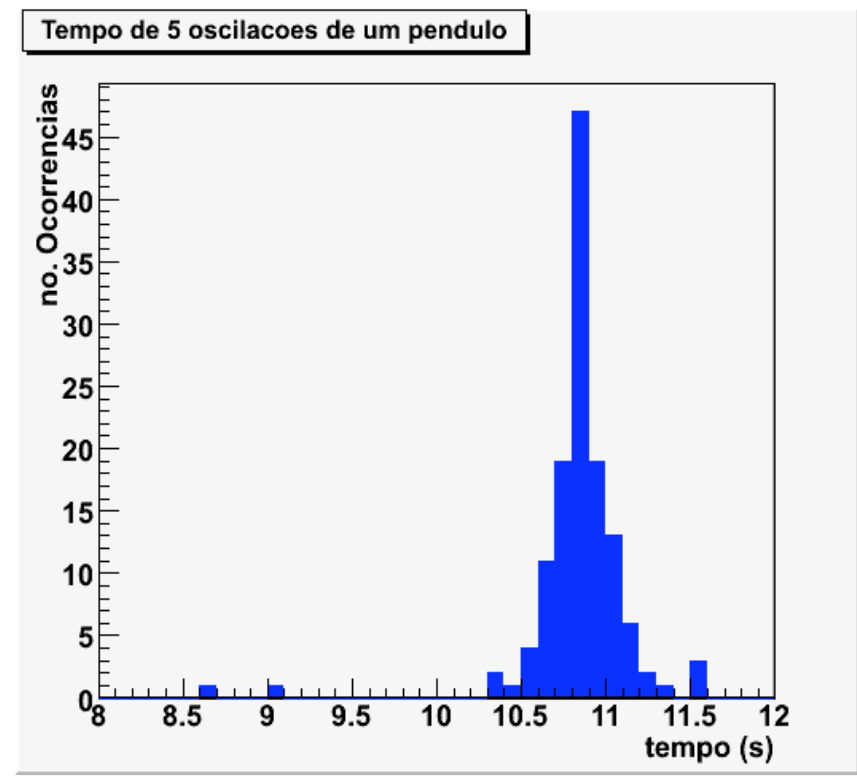


Tempo de 5 oscilações de um pendulo



Forma do histograma

- Depende da distribuição de probabilidades de um evento ocorrer.
 - No caso do dado, da aula passada, a distribuição era uniforme.
 - No período do pêndulo, os dados se concentram em torno do valor médio



Descrevendo os dados

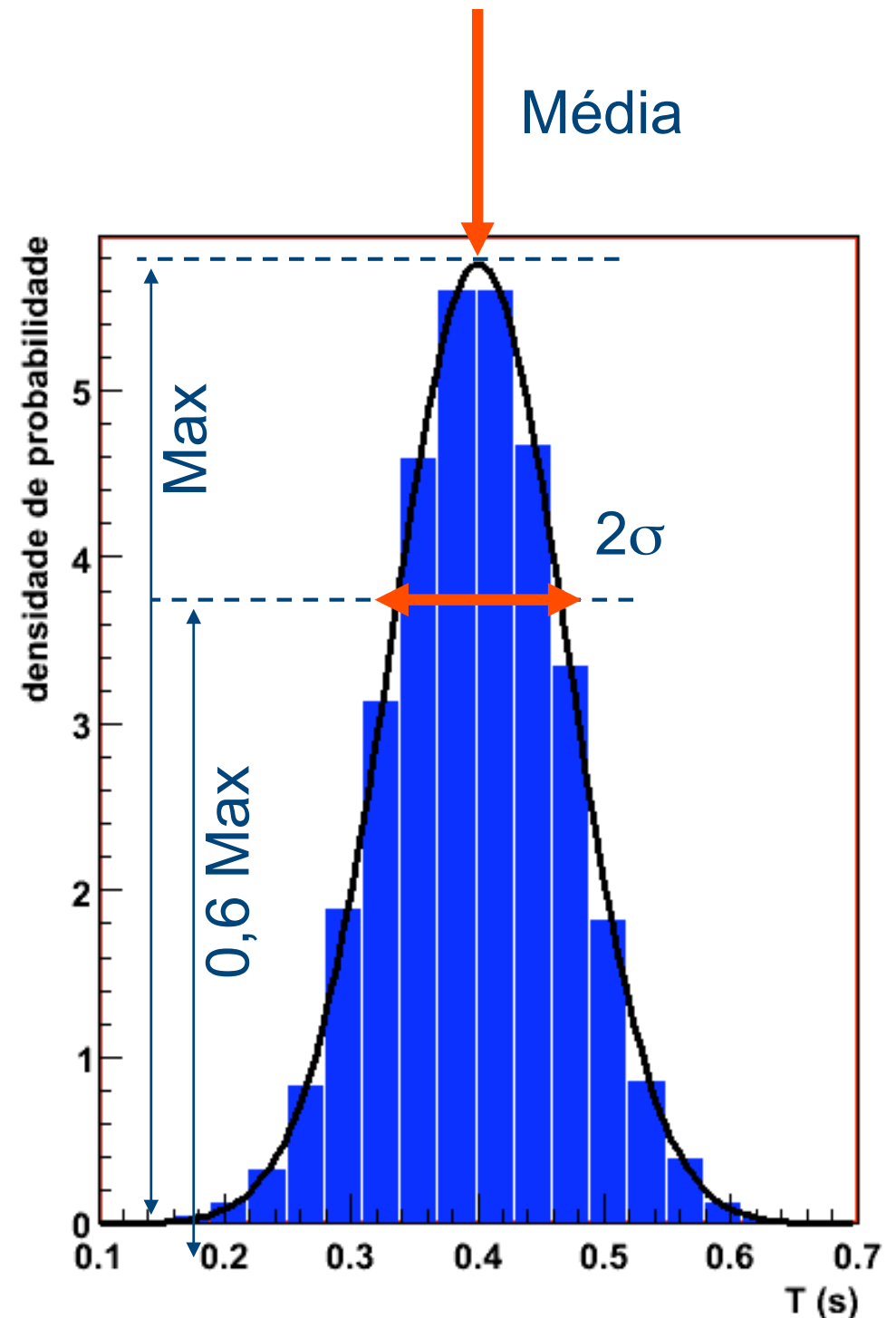
- Em muitas situações físicas, a distribuição de probabilidades pode ser descrita através da função Gaussiana, ou distribuição normal de incertezas

$$G(y) = G_0 e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{y - \bar{y}}{\sigma} \right)^2}$$

Distribuição Normal de erros

$$G(y) = G_0 e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{y - \bar{y}}{\sigma} \right)^2}$$

- Média
 - Posição de maior probabilidade
- Desvio padrão
 - Aprox. Metade da largura a 0,6 da altura máxima



Objetivos da aula de hoje

- Entender os dados tomados na aula passada.
 - De onde vem a flutuação (desvio padrão) observada na medida do período de oscilação do pêndulo? Quais fatores afetam essas medidas?
 - Tempo de reação humana
 - Precisão do instrumento
 - Comparar o valor experimental ao esperado teoricamente

Medidas do tempo de reação (parte II)

- Dois tempos de reação: visual e auditivo
 - Em geral nós reagimos de maneira diferente nos casos acima
- Uso do computador
 - Medida de tempo com elevada precisão
 - Programas **AUDIO** e **VISUAL** (ver apostila)
- Realizar 5 medidas para cada pessoa do grupo
 - Calcular tempo de reação média, desvio padrão e desvio padrão da média, em cada caso.
 - Como os resultados variam para cada membro do grupo? E na sala? Compare com os resultados da aula passada

Medidas do período de oscilação de um pêndulo (parte III)

- Cada grupo tem um pêndulo a sua disposição.
 - Medir o comprimento do pêndulo (e incerteza)
- Medir 30 vezes o tempo de 5 oscilações do pêndulo.
 - Utilizando um relógio de pulso
 - Utilizando um cronômetro digital
- Para casa:
 - Calcular as médias, desvios padrões e desvios padrões da média, em cada caso
 - Calcular na mão e obter através do histograma de dados
 - Fazer os histogramas dos dados
 - Como o instrumento afeta os resultados?
 - Obter, usando a fórmula do slide 3, a aceleração da gravidade local e comparar com o valor tabelado.
 - Como você expressaria a incerteza da gravidade, sabendo que tanto o comprimento do pêndulo e seu período possuem incertezas?