



Experimento III

Estudo do movimento

Parte I, aula 7

Alexandre Suaide

O estudo do movimento

Cinemática



© Scharf/Omniscia 2003

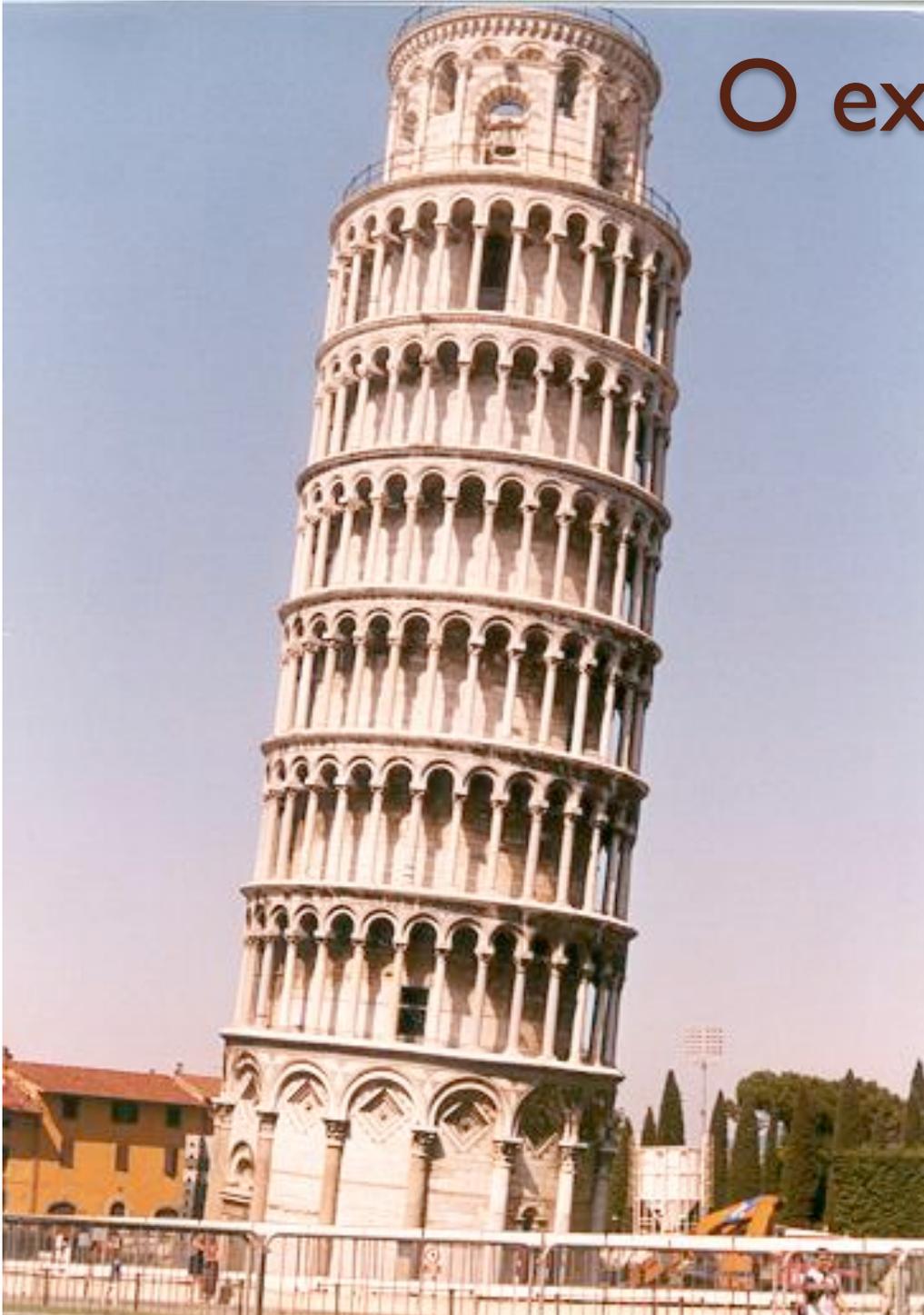
Motion Study 1093





Três aulas

- Primeira aula
 - Estudo de grandezas médias e como extrair informações destas grandezas
- Segunda e terceira aula
 - Estudo de grandezas instantâneas
- Assuntos abordados
 - Cinemática de movimentos diversos
 - Formulação de hipóteses
 - Noções básicas de estatística (médias e variâncias)



O experimento de hoje

- Experimento de Galileo na Torre de Pisa
- Só que não vamos viajar até a Itália



○ experimento de hoje

- Lançamento de objetos do alto da torre do Pelletron
 - $L = 39 \pm 1$ m

Procedimento

- Lançaremos balões de água do alto da torre
- Cada aluno deve medir o intervalo de tempo de queda
 - Disparo do cronômetro – auditivo (vamos gritar)
 - Parar o cronômetro quando o balão estourar no chão
- 15 balões (5 de treino + 10 de medidas)
- Na volta → **anotar tempo de queda do sétimo balão na lousa.**

Média

- Se forem realizadas n medidas de uma mesma grandeza de forma idêntica, o valor médio deste conjunto de medidas é dado pela média aritmética simples, ou seja:

A Lei dos Grandes Números estabelece que, quando $n \rightarrow$ infinito, o valor médio converge ao valor verdadeiro. Isso indica que, quanto maior n , mais preciso torna-se o valor médio da amostra.

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

$$\text{se } n \rightarrow \infty, \bar{y} \rightarrow \tilde{y}$$

Desvio médio de um conjunto de medidas

- O desvio é definido como a diferença entre a medida e o valor verdadeiro:

$$d_i = y_i - \tilde{y}$$

- O desvio médio tende a zero:

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \tilde{y})}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} - \frac{n\tilde{y}}{n} = \bar{y} - \tilde{y} \rightarrow 0$$

- Então, o desvio não fornece informação relevante

Desvio padrão

- Utiliza-se o desvio quadrático

$$d_i^2 = (y_i - \tilde{y})^2$$

- O desvio padrão (σ), ou desvio quadrático médio de uma medida é dado por:

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

Qual o significado do desvio padrão?

- Pode-se entender como sendo a “distância” média que qualquer medida tem em relação ao valor médio.
- O desvio padrão é o correspondente à incerteza estatística de uma única medida realizada. Cada medida, além da incerteza instrumental, possui uma incerteza estatística dada pelo desvio padrão.



Organização dos dados

- Agrupar os dados no caderno de dados
- Também organizar os dados em um arquivo (um valor de tempo por linha) e disponibilizar no site da disciplina.



O que podemos obter dos dados?

- O que medimos?
 - Distância e intervalo de queda.
- O que podemos obter a partir destes dados?
 - Somente a velocidade média de queda.
- E se quisermos obter algo a mais para estudar?
 - Precisamos formular hipóteses sobre a natureza do movimento.

Formulando hipóteses

- Supondo que o movimento seja do tipo MUV, e a bola tenha sido lançada com velocidade vertical nula, **deduza uma expressão para a aceleração do corpo.**
- É possível, com os dados e esta formulação, obter experimentalmente esta aceleração?

Análise estatística dos dados

- Cada grupo deve:
 - Para cada intervalo de tempo, calcular
 - A velocidade média de queda
 - A aceleração do corpo com base no modelo
 - Calcular os valores médios e desvios padrão:
 - Do tempo de queda
 - Da velocidade média
 - Da aceleração do corpo
 - Discuta os desvio padrões em termos das incertezas do experimento realizado.
 - **Colocar na lousa o valor do tempo médio obtido e seu desvio padrão.**

Qual a incerteza estatística do valor médio?

- De um conjunto de medidas, obtemos o seu valor médio
- Agora suponha que possamos repetir esse conjunto de medidas k vezes e, em cada caso, obtem-se um valor médio

$$\bar{y}_1, \bar{y}_2, \bar{y}_3, \bar{y}_4, \dots, \bar{y}_k$$

- O desvio padrão dos valores médios corresponde à incerteza estatística de cada valor médio da amostra

Qual a incerteza estatística do valor médio?

- Desvio padrão dos valores médios

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (\bar{y}_i - \tilde{y})^2}$$

- Substituindo a expressão para o valor médio na expressão acima, pode-se deduzir que o desvio padrão do valor médio vale:

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

Incerteza estatística do valor médio de uma medida

Análise estatística

- Calcule a velocidade média a partir do tempo médio e compare com a média das velocidades médias.
- Calcule a aceleração média a partir do tempo médio e compare com a média das acelerações.
- Determine a aceleração média e sua incerteza
 - Compare a aceleração média obtida com a aceleração da gravidade local.
 - São compatíveis? Discuta com base nas hipóteses efetuadas.
 - Há problemas de acurácia no experimento? Se sim, é possível elimina-los? Se sim, faça até o final do experimento!

Com quantos algarismos significativos?

- O número de algarismos significativos está relacionado à precisão da medida
 - Ou seja, com a incerteza
- Regras simples
 - A incerteza deve ser representada com no máximo 2 algarismos significativos
 - A grandeza deve acompanhar a precisão da incerteza
 - Ou seja, se eu conheço a incerteza, não preciso mais me preocupar com regras de operações com algarismos significativos.

Exemplo

- Obtive estes valores na calculadora
 - Tempo médio = 2,8764536952 s
 - Incerteza = 0,0456485323 s
- Como eu escrevo?
 - Incerteza com no máximo 2 algarismos significativos, ou seja, **0,046 s**
 - Valor acompanha precisão da incerteza
 - Resposta:
 - **Tempo médio = $(2,876 \pm 0,046)$ s**

É suficiente conhecer somente a média e o desvio padrão?

- Como os dados se distribuem em relação ao seu valor médio? Conhecer essa distribuição é importante?
- Exemplo: Joga-se um dado de 6 faces 200 vezes e obtem-se o número de ocorrências para cada uma das faces:
 - 1 = 35; 2 = 31; 3 = 37; 4 = 39; 5 = 27; 6 = 31
 - Qual a probabilidade de sortear o número 1? E o número 4?
 - $P(1) = 35/200 = 17.5\%$; $P(4) = 39/200 = 19.5\%$

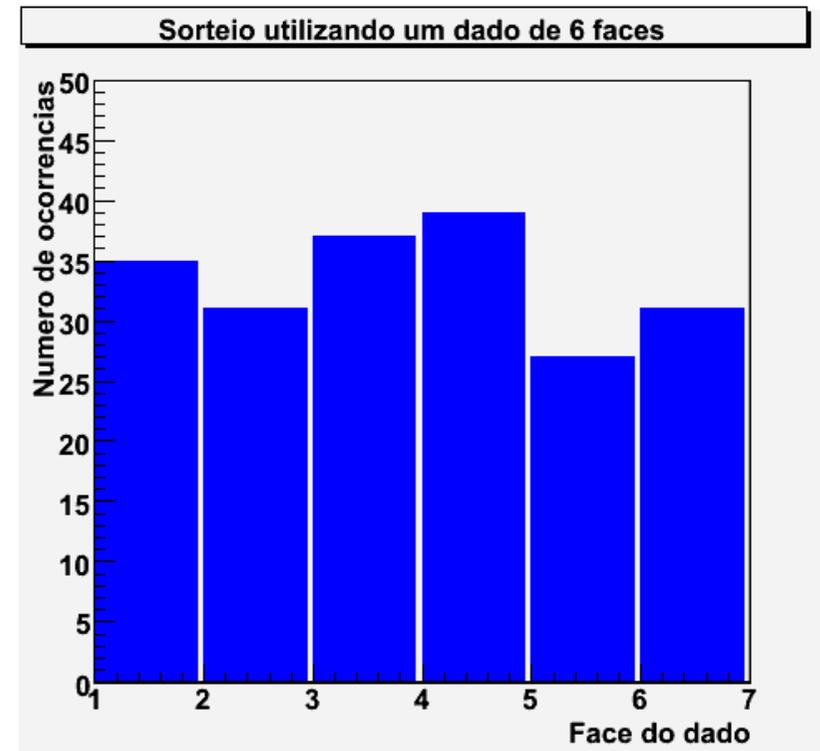


Distribuição dos dados

- Saber avaliar a distribuição estatística dos dados é tão importante quanto obter a média e desvio padrão.
 - No caso dos dados, a distribuição tende a ser uniforme, ou seja, todos os valores têm igual probabilidade de ocorrerem.
 - E no no seu experimento?

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 (canais)
- No eixo-y coloca-se uma variável cuja amplitude reflita a probabilidade de realizar essa medida em um determinado intervalo de resultados

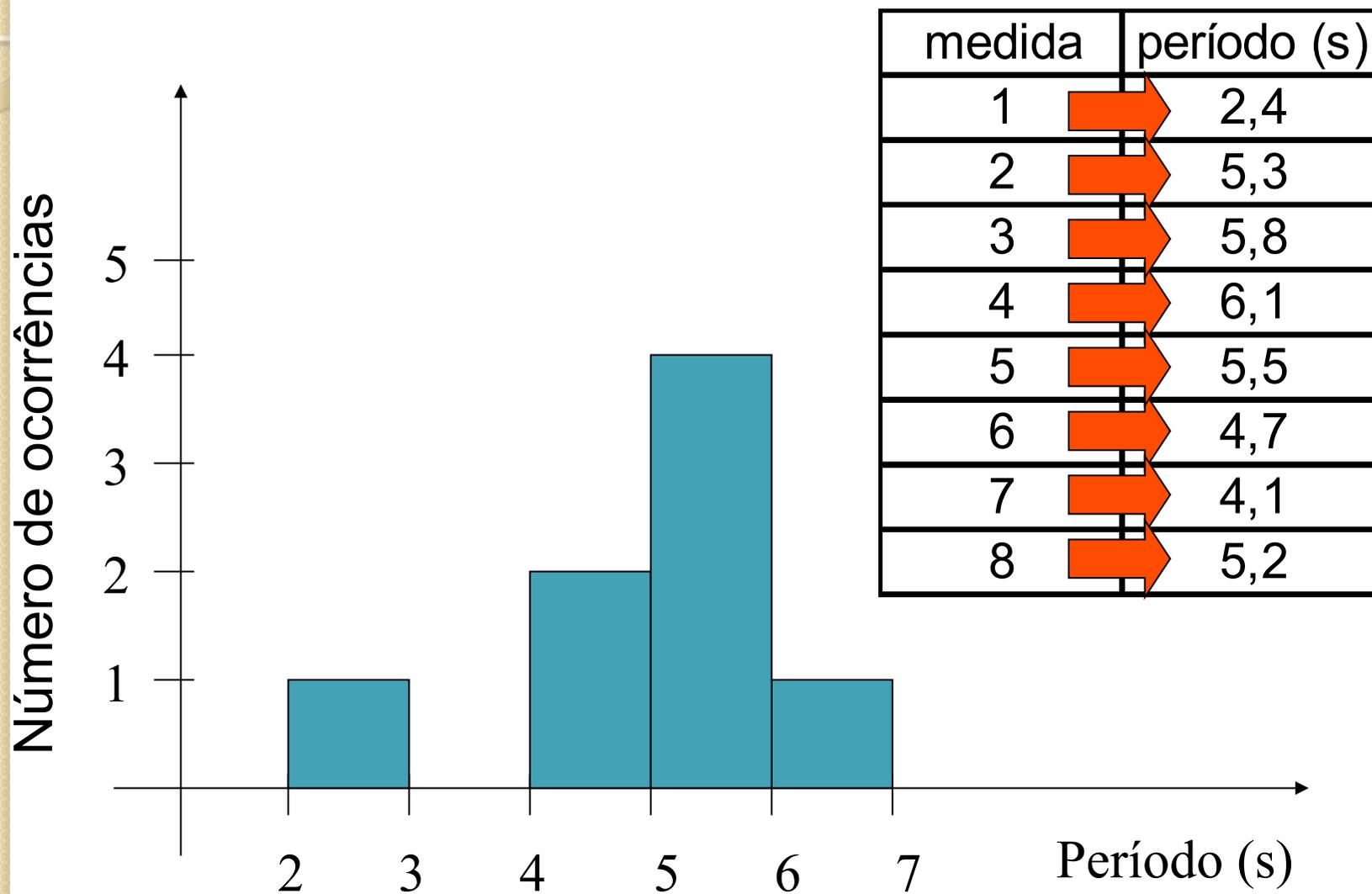




Como fazer um histograma

- Definir os intervalos de cada canal
 - Escolher o limite inferior e superior do histograma
 - Escolher quantos canais terá o histograma
- Desenhar o histograma
 - Contar o número de ocorrência para cada canal
 - Desenhar o histograma em papel gráfico adequado (milimetrado, em geral)

Exemplo



Histograma

- Cada grupo deve fazer o histograma:
 - Dos tempos de queda
 - Das velocidades médias de queda
 - Das acelerações
- Use o WebROOT
 - Fiquem atentos para os limites e número de canais (bins)
 - Como os dados estão distribuídos? Identifique, nos histogramas, a média e desvio padrão dos dados. Discuta no seu caderno de dados.



Continuação da análise

- Os dados dos grupos serão organizados em um arquivo e disponibilizado no site.
- Cada aluno (individual) deve realizar uma análise com estes dados
 - A proposta de análise será disponibilizada até o dia 9 no site.



Para saber mais

- Estudar texto sobre média, desvio padrão e desvio padrão da média no site
- Fundamentos da Teoria de Erros – J. H. Vuolo, Ed. Edgard Blücher