



# Experimento III

## Estudo do movimento

Aula 9

# 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)

# Vamos rever um pouco os resultados da aula passada

Tem erros de contas aqui. VERIFIQUEM!!!!

grupo	$\bar{E}$	bola grande			$a$	$\sigma_a$
		$\sigma_T$	$v_n$	$\sigma_v$		
1	3,20	0,30	10,65	0,35	6,68	0,44
2	3,14	0,16	10,89	0,59	6,94	0,77
3	3,02	0,11	11,24	0,42	7,07	0,68
4	3,15	0,15	10,83	0,54	6,92	0,71
5	3,06	0,16	11,14	0,58	7,32	0,76
6	3,03	0,12	11,12	0,31	7,38	0,61

$\sigma_T$	bola PEQUENA		$a$	$\sigma_a$
	$v_n$	$\sigma_v$		
0,12	12,90	0,63	9,82	0,92
0,15	13,06	0,85	11,3	1,14
0,15	14,15	0,54	11,79	0,95
0,12	13,92	0,61	9,99	0,96
0,13	13,96	0,74	11,50	1,20
0,09	13,22	0,49	10,79	0,80

# Os movimentos são iguais para as duas bolas?

- O grupo I, por exemplo, obteve que a aceleração média da bola grande é de  $6.68 \text{ m/s}^2$  e, a da bola pequena,  $9.82 \text{ m/s}^2$ .
  - Esses números são estatisticamente compatíveis entre si?
  - Qual a precisão desses valores médios?
    - Como estimar a incerteza nesse valor médio?



## Incerteza no valor médio: desvio padrão da média

- Lembrando que, em uma amostra de dados, o desvio padrão é uma avaliação da flutuação dos dados da amostra
  - Pode ser associado à incerteza estatística de cada um dos valores da amostra
- Então, se soubermos calcular a flutuação dos valores médios, temos como estimar a sua incerteza
  - Desvio padrão da média

# 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:

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

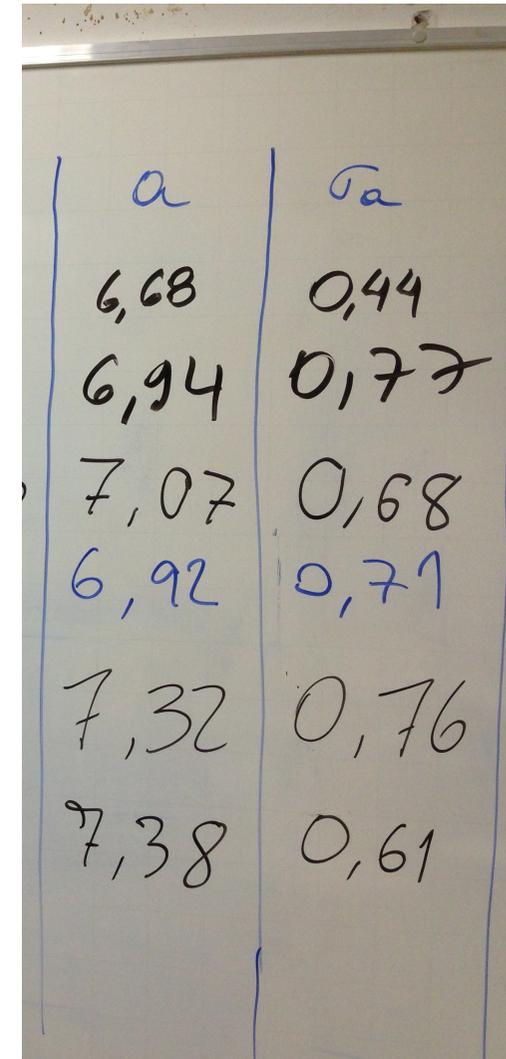
Incerteza estatística do valor médio de uma medida

# Exemplo: bola grande

- Desvio padrão dos valores médios das acelerações obtidas

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{\underbrace{6-1}_{N-1}} \sum_{i=1}^6 (a_i - \bar{a})^2} = 0.26 \text{ m/s}^2$$

- Ou seja, a precisão das acelerações médias é da ordem de  $0.26 \text{ m/s}^2$ .
  - Menor que os desvios padrões de cada grupo
    - Ok, médias são mais precisas que valores individuais



$a$	$\sigma_a$
6,68	0,44
6,94	0,77
7,07	0,68
6,92	0,71
7,32	0,76
7,38	0,61

# 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?
    - $P(1) = 35/200 = 17.5\%$ ;  $P(4) = 39/200 = 19.5\%$

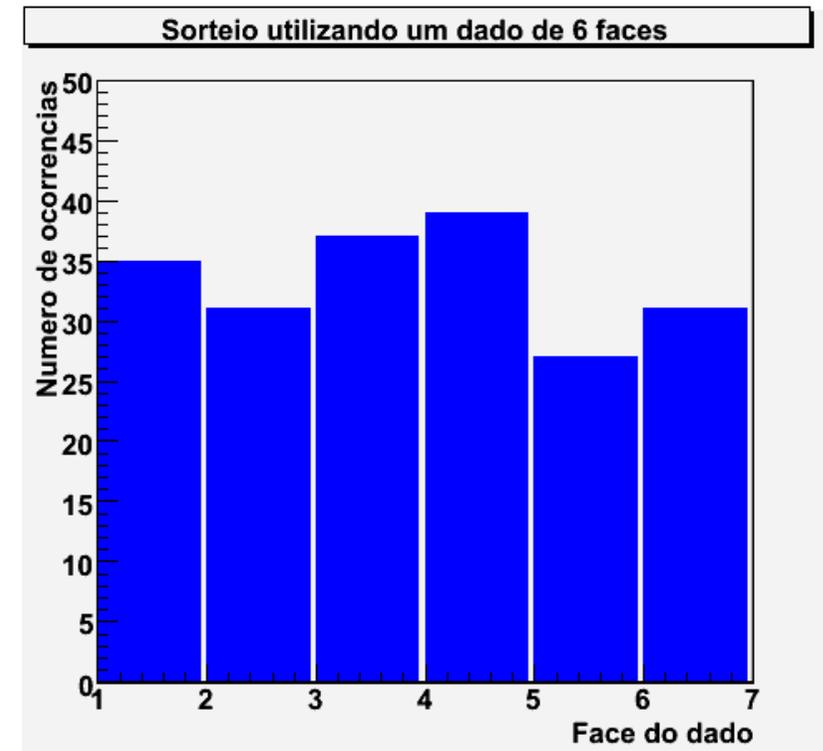


# Distribuição dos dados

- 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



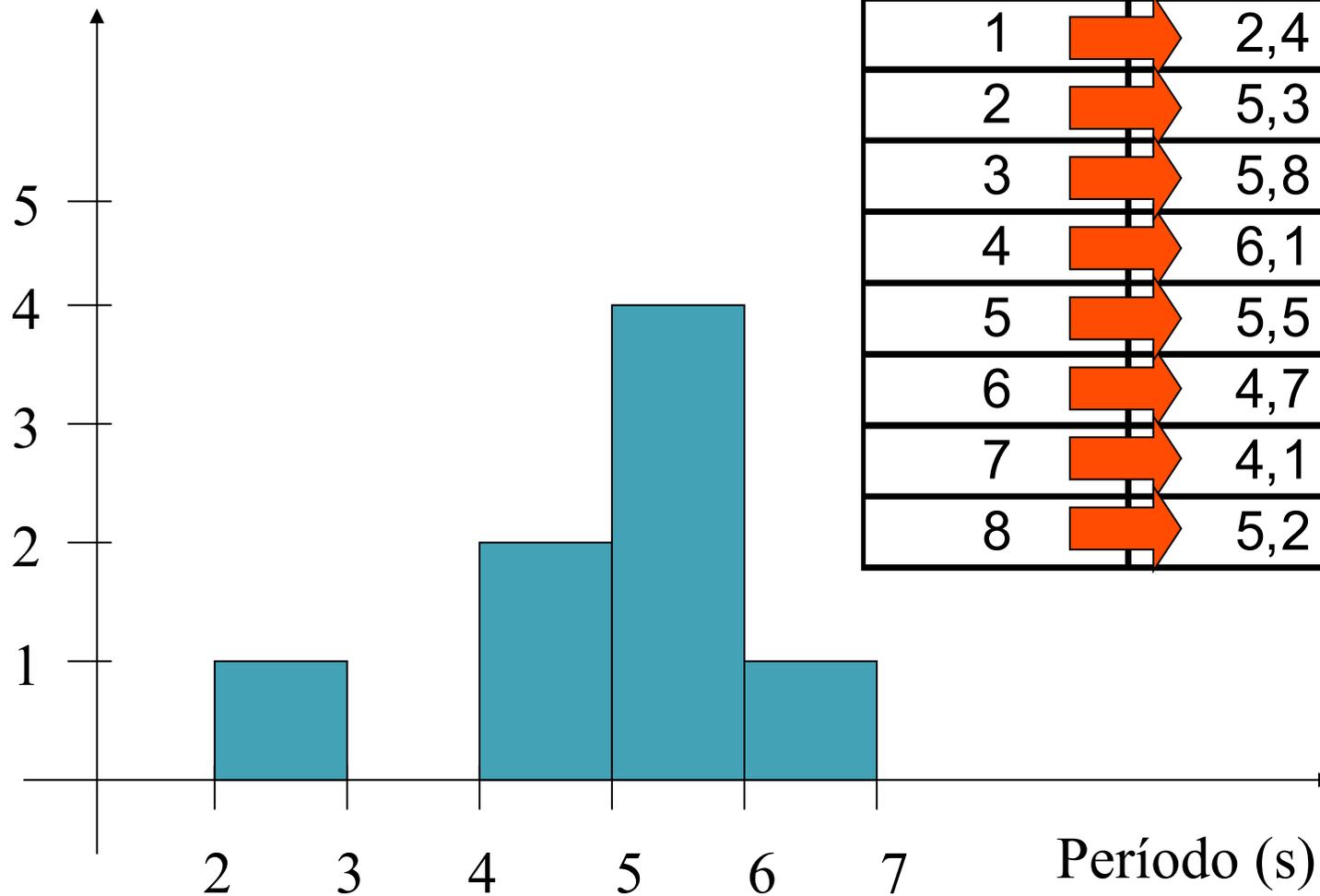


# Como fazer um histograma

- 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

Número de ocorrências

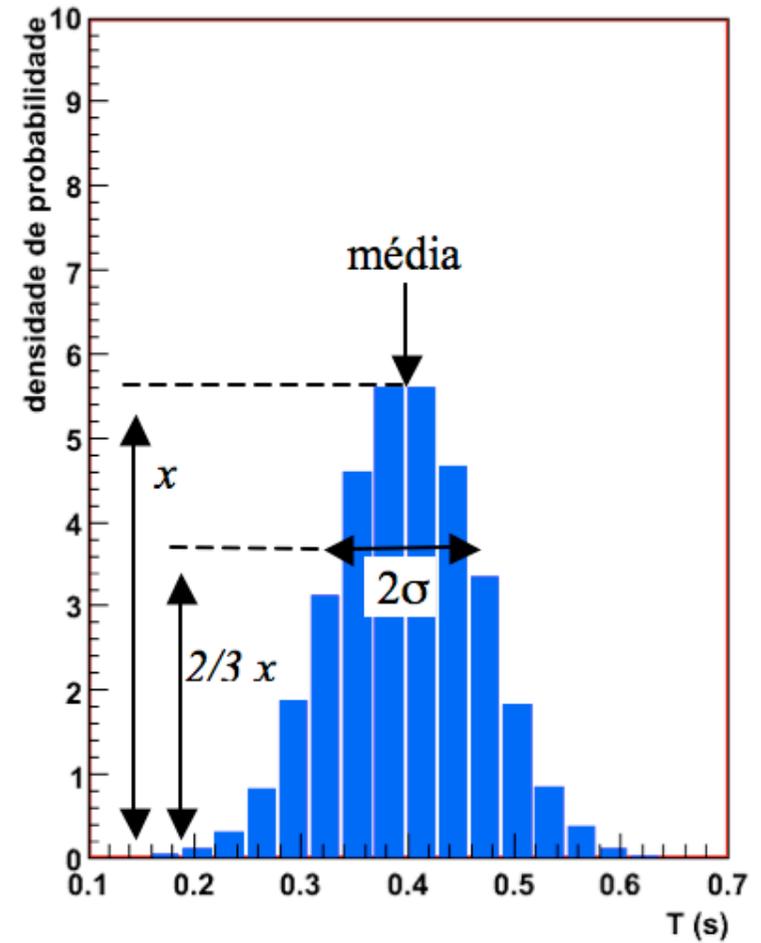
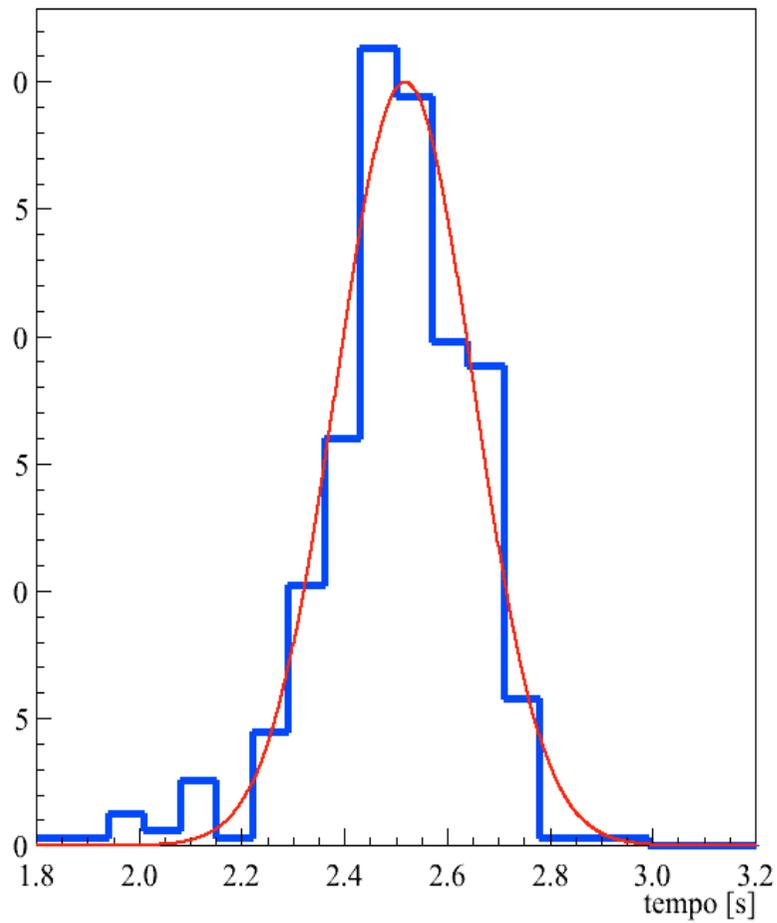


medida	período (s)
1	2,4
2	5,3
3	5,8
4	6,1
5	5,5
6	4,7
7	4,1
8	5,2

# A distribuição normal ou gaussiana

- Distribuição de probabilidade bastante comum em medidas experimentais.
  - Formato de um “sino”
  - O valor médio e desvio padrão são fáceis de serem extraídos visualmente
- Probabilidade alta de encontrar um valor próximo ao valor médio
- Probabilidade decresce na medida em que o valor se afasta da média.
- Vamos estudar bastante a gaussiana em física experimental II

# A gaussiana



# 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.

# Outras atividades

- Calcule, para os dados do seu grupo, a aceleração média com sua respectiva incerteza (desvio padrão da média).
- Discuta:
  - As acelerações dos dois balões são estatisticamente compatíveis?
  - Alguma delas é estatisticamente compatível com a aceleração medida pelo IAG?
    - Se não, porque? DICA: Verifique as hipóteses do modelo aplicado aos dados e discuta suas limitações.
    - Há problemas de acurácia? DICA: som!!!



# Experimento de hoje

- O estudo do movimento com tempos médios impõe várias limitações
  - Será que o movimento é sempre do mesmo tipo?
- Estudo de grandezas instantâneas
  - Permite determinar a posição, velocidade e aceleração em cada instante de tempo.
  - Como fazer isso?

# Método experimental

- Determinar a posição do corpo em cada instante de tempo
  - Função horária
- A partir da função horária pode-se determinar a velocidade e aceleração instantânea do corpo

$$v = \frac{dx}{dt} \approx \frac{\Delta x}{\Delta t} \qquad a = \frac{dv}{dt} \approx \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

# Arranjos experimentais

- Dois conjuntos
  - Conjunto 1: suporte de madeira com tubo contendo líquido
    - Dois corpos dentro do tubo: bolha de ar e bola de metal
  - Conjunto 2: trilho inclinado onde rola uma bola de bilhar

# Arranjos experimentais

Conjunto I



Conjunto 2



# Procedimento

- Medir, em cada conjunto a posição dos corpos (bolha, esfera e bola de bilhar) em função do tempo.
  - Medir **pelo menos** 10 posições e tempo ao longo da trajetória.
    - Discuta a melhor forma de fazer isso. Deixe bem claro no caderno como o experimento foi feito.
  - Cada grupo deve fazer pelo menos 5 medidas de tempo/posição.
    - Cada membro do grupo deve medir **pelo menos** uma vez.
    - A posição (ou tempo) final deve ser dado pela **análise estatística dos dados**. Obtenha as incertezas.
- Mais detalhes no roteiro de aula.
  - Dica: não esqueçam de medir a inclinação dos planos.

# Análise

- Através de gráficos obtenha:
  - As trajetórias dos corpos (posição em função do tempo)
  - Classifique os movimentos dos corpos
    - Uniforme, uniformemente variado, etc.
- Mais perguntas sobre os movimentos no roteiro de aula.
  - Ex: Determine a aceleração da bola de bilhar e compare à aceleração da gravidade local.

# Alguns conselhos

- Este é um experimento do grupo
  - Não há método de medida e procedimento pré-definido.
    - Discuta o experimento com os seus colegas de grupo, tendo em vista como os dados serão tomados e como eles serão analisados, com base nos objetivos que vocês querem atingir.
  - Planejem suas atividades. Vocês são os cientistas!