



Ciências  
ULisboa

Departamento de Física

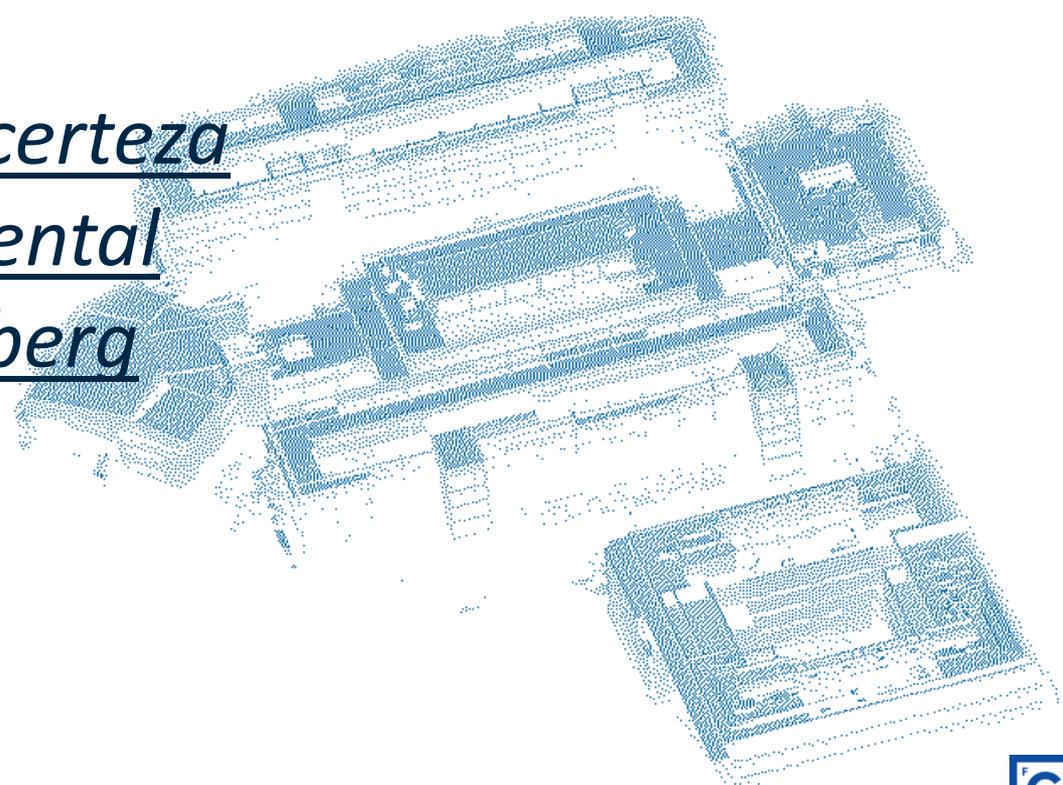
# Engenharia de Medida

**Trabalho Prático:**

**Caracterização da Incerteza**

**Na medição experimental**

**da Constante de Rydberg**



**Alexandre Cabral**

Alexandre.Cabral@fc.ul.pt



# Trabalho Prático – Constante de Rydberg

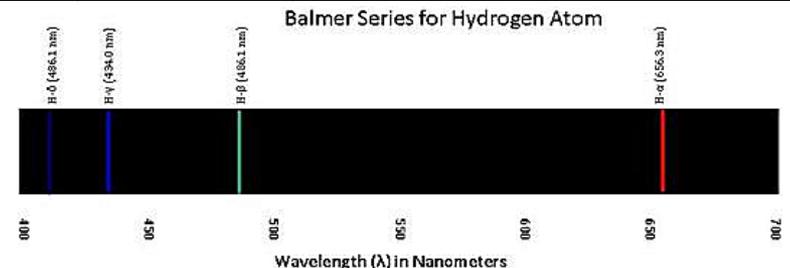
- Neste trabalho deverá caracterizar os diversos aspetos relacionados com a incerteza na medição da constante de Rydberg a partir das observações do espectro de uma lâmpada de Balmer com um espectrómetro (uma das experiências de Fis.Experimental III).
- Através da observação do espectro contínuo produzido por uma lâmpada de incandescência, determina-se o comprimento de onda das riscas  $H\alpha$ ,  $H\beta$  e  $H\gamma$  do espectro visível do hidrogénio atómico e, a partir desses dados, o valor da constante de Rydberg.
- A constante de Rydberg ( $R$ ) é considerada como uma das mais bem definidas constantes físicas. Para uma série de linhas espectrais discretas, emitidas por um átomo de hidrogénio, temos ( $n_{final} = 2$ ):

$$R = \frac{1}{\lambda \left( \frac{1}{n_{final}^2} - \frac{1}{n_{inicial}^2} \right)}$$

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n_{final}^2} - \frac{1}{n_{inicial}^2} \right)$$

$n_{inicial}$	risca	Comprimento de Onda
3	$H\alpha$	656,28 nm (vermelho)
4	$H\beta$	486,13 nm (azul turquesa)
5	$H\gamma$	434,05 nm (azul arroxado)

- A constante de Rydberg para massa nuclear infinita é (de acordo com resultados de 2010 do Committee on Data for Science and Technology)  
 $R = 1.097\,373\,156\,853\,9(55) \times 10^7 \text{ m}^{-1}$



# Trabalho Prático – Constante de Rydberg

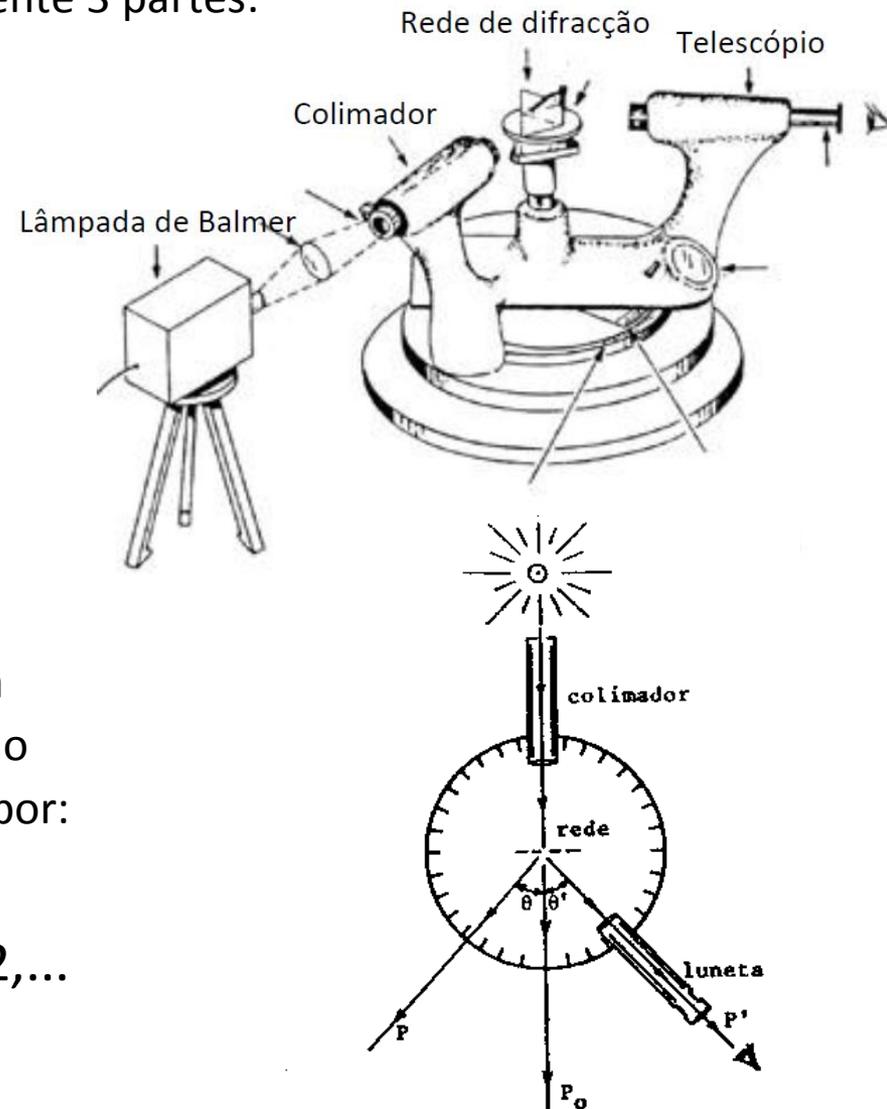
- Um espectrómetro compreende essencialmente 3 partes:

- um dispositivo de iluminação
- um elemento dispersor (neste caso rede de difracção);
- um sistema óptico de observação do feixe dispersado,

- Um espectrograma é essencialmente uma sucessão de imagens da fenda de entrada, designada por risca espectral.

- Para uma rede de difracção cuja incidência da luz é perpendicular, os ângulos de observação dos máximos de interferência são definidos por:

$$d \cdot \sin(\theta) = m \cdot \lambda \quad \text{com } m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$



# Trabalho Prático – Constante de Rydberg

- A rastreabilidade será garantida a partir da calibração do período da rede de difração ( $d$ ) com um laser de HeNe e um distanciómetro laser previamente calibrados em comprimento de onda e distância, respetivamente.
- A calibração da rede de difração não será realizada com o espectrómetro de forma a garantir que não há correlação entre a calibração da rede e a sua utilização no espectrómetro.
- Sugere-se que o tratamento matemático seja feito considerando três passos na determinação da incerteza final da constante de Rydberg:
  1. Determinação da incerteza do período da rede (calibração da rede de difração);
  2. Determinação da incerteza de cada constante  $R$  obtida para cada um dos comprimentos de onda das 3 riscas ( $H\alpha$ ,  $H\beta$  e  $H\gamma$ ) e cada uma das 4 ordens de difração observadas (+2,+1, -1 e -2);
  3. Determinação da incerteza da constante  $R$  obtida através da média das 12 medições (obtidas no passo anterior)

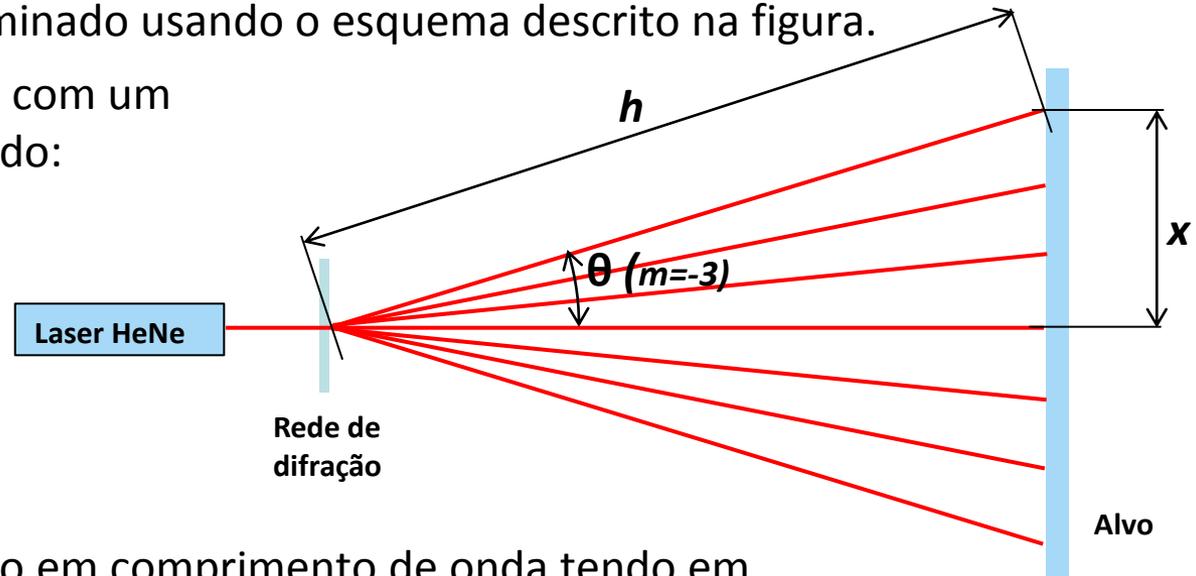


# Trabalho Prático – Constante de Rydberg

## Calibração da rede de difração:

$$d \cdot \sin(\theta) = m \cdot \lambda \quad \text{com } m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

- O período da rede foi determinado usando o esquema descrito na figura.
- As distâncias foram medidas com um distanciómetro laser, calibrado:  
resolução 0,1 mm  
incerteza (95%,  $k=2$ )  
0 m – 1 m,  $U = 1,5$  mm  
1 m – 2 m,  $U = 2,0$  mm  
2 m – 3 m,  $U = 3,0$  mm
- O Laser de HeNe foi calibrado em comprimento de onda tendo em consideração a sua utilização para as seguintes condições ambientais:  
 $t = (20 \pm 5)^\circ\text{C}$ ,  $P_a = (101 \pm 10)$  kPa (qualquer HR)  
 $\lambda = (632,82 \pm 0,02)$  nm (95%,  $k=2$ )
- Foram feitas medidas de  $x$  e  $h$  para a 3ª ordem de difração (disponível em formato excel)
- Os valores de  $x$  e  $h$  correspondem a medições sucessivas da ordem  $m = +3$  e  $-3$ , de forma a garantir a perpendicularidade do alvo



# Trabalho Prático – Constante de Rydberg

## Medições com o espectrómetro:

$$d \cdot \sin(\theta) = m \cdot \lambda \quad \text{com } m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

- O espectrómetro foi alinhado de forma a garantir que a rede esteja colocada no centro de rotação do mesmo. Foi feito o zero do ângulo de difração (tão bem quanto o equipamento o permitia).
- Os ângulos de difração são obtidos colocando uma cruz no meio da imagem da fenda.
- A partir do espectro de ordem zero, cuja posição foi previamente registada, deslocou-se o telescópio do espectrógrafo para a esquerda e para a direita até levar cada uma das riscas  $H\alpha$ ,  $H\beta$  e  $H\gamma$  (vermelha, azul turquesa, azul arroxeadado) do espectro visível do hidrogénio, observadas em 1ª e 2ª ordem de difração, sendo registada a posição das mesmas.
- A observação das ordens de difração positivas e negativas permite uma determinação mais exata do zero angular.
- Foi utilizado o nónio que permite obter uma **resolução 0,1°** (a exatidão angular do espectrómetro é dominada pela resolução)
- A largura da fenda foi ajustada para ter **0,4°**.
- Os dados obtidos para as 3 riscas e 4 ordens de difração estão disponíveis em formato excel.

