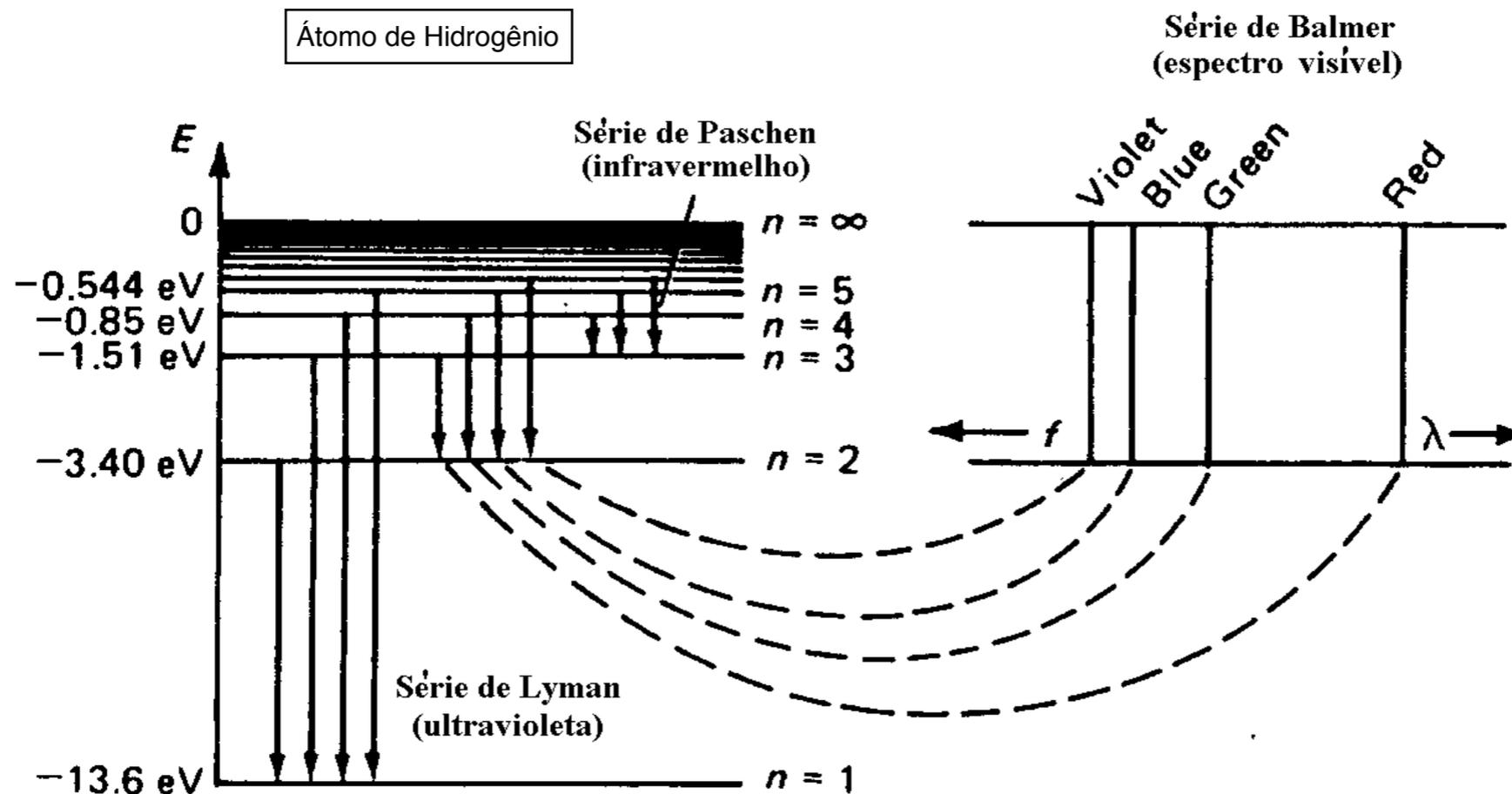


# Espectroscopia

# Espectroscopia

- Um gás monoatômico, quando tem seus átomos excitados, **emite luz** numa cor característica do elemento químico que o compõe.
  - O **gás neon**, por exemplo, emite **luz vermelho-alaranjada**,
  - o **mercúrio** emite **luz azul-esverdeada**
  - e o **hidrogênio**, **azul-violeta**.
- Ao **dispersar a luz emitida pelo gás**, fazendo-a passar por um prisma ou por uma **rede de difração**, observa-se um espectro de linhas cujo padrão é característico do respectivo elemento químico.

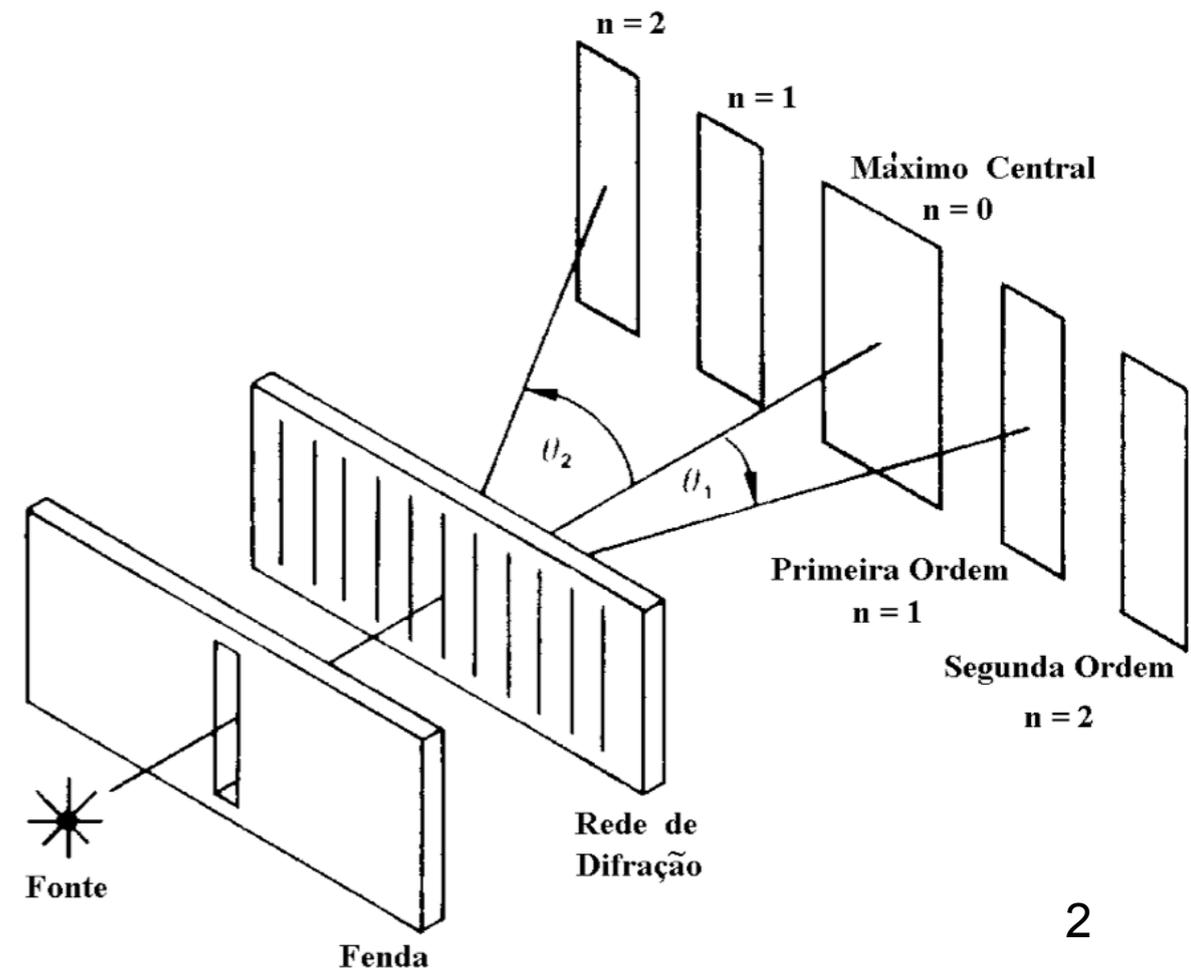
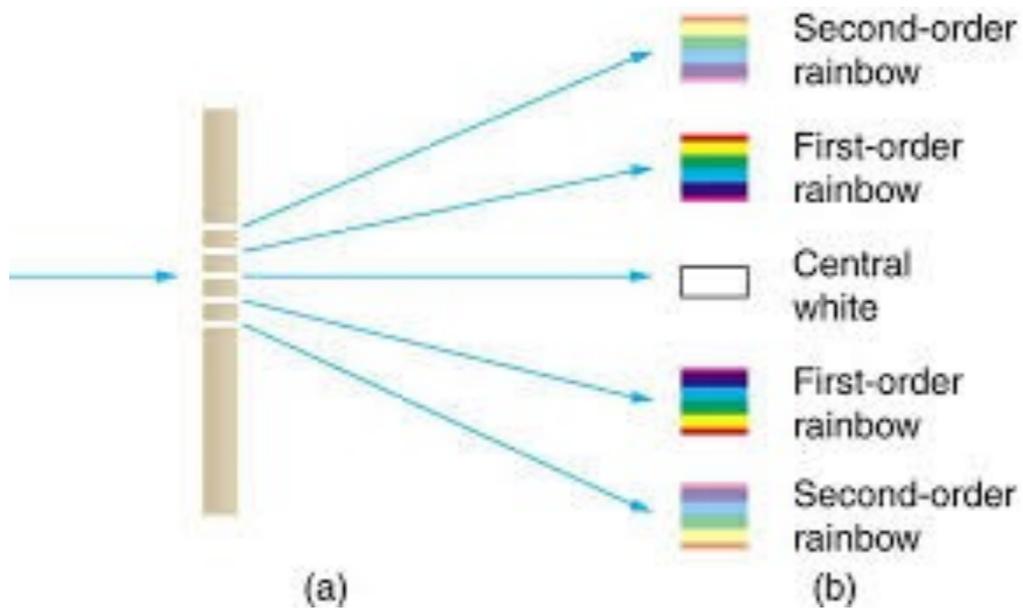


# Espectroscopia

A rede de difração é o elemento analisador do espectro.

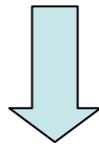
Ao incidir sobre a rede de difração, o feixe de luz policromática se decompõe para  $\theta \neq 0$ .

O espectroscópio usa esse princípio.



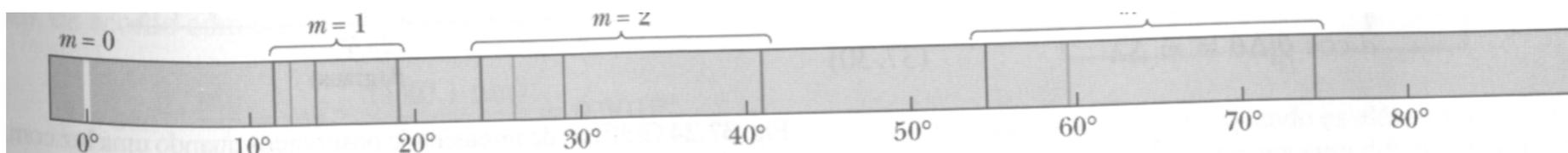
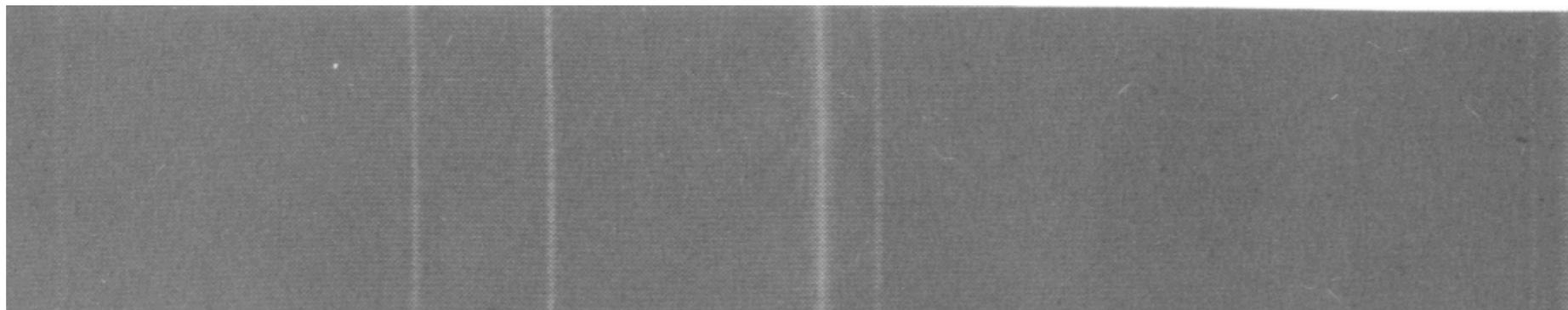
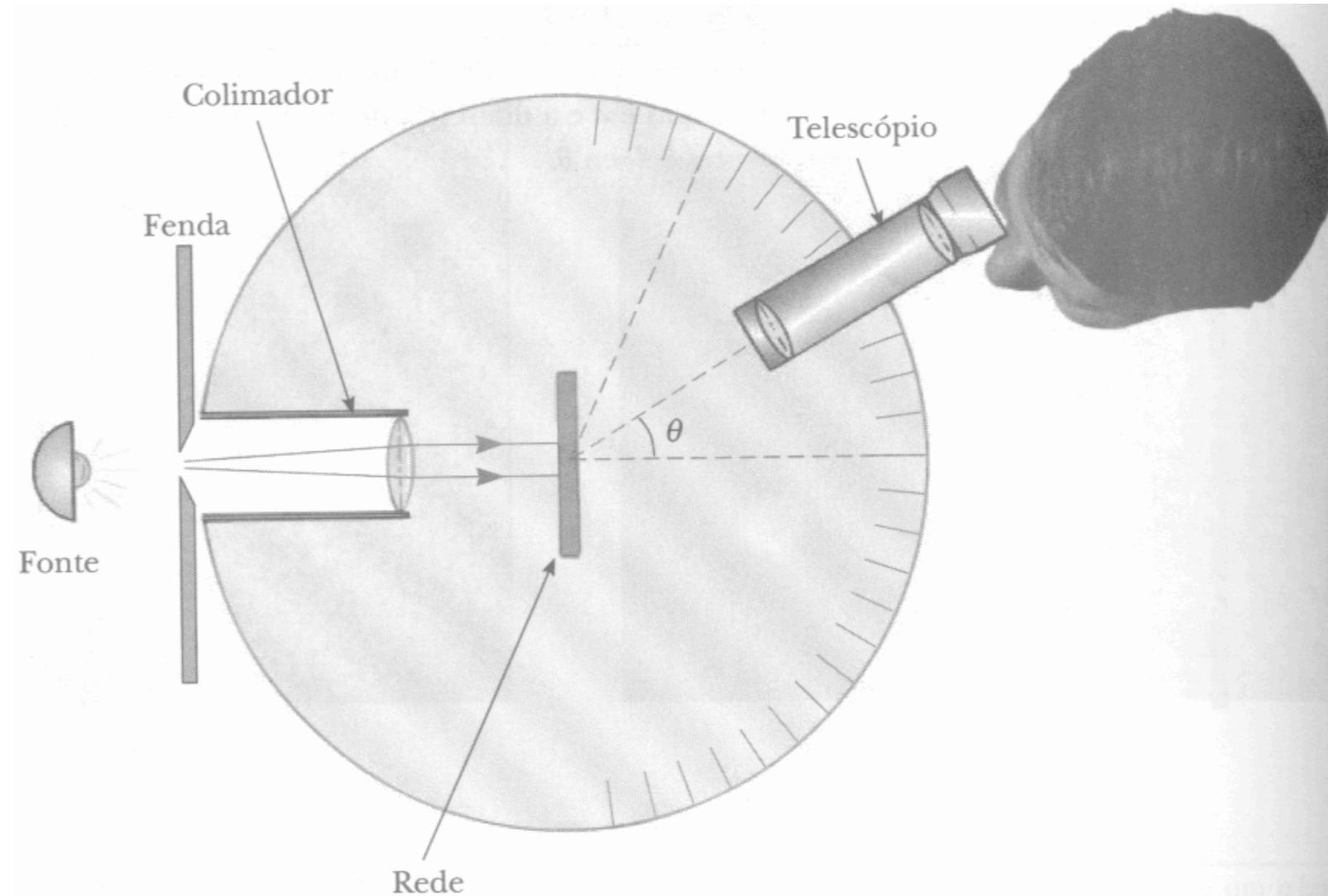
Pode ser utilizada para determinar um  $\lambda$  desconhecido a partir do  $\theta$  :

$$d \operatorname{sen}\theta = m\lambda$$



$$\theta = \operatorname{arcsen}\left(\frac{m\lambda}{d}\right)$$

## Espectrômetro de Rede de Difração



37.22 Linhas de emissão do hidrogênio na faixa da luz visível, até a quarta ordem. Observe que as linhas são mais afastadas para g

# Objetivo

- Estudar o funcionamento de um espectroscópio e calibrá-lo.
- Obter a **curva de calibração** do espectroscópio.

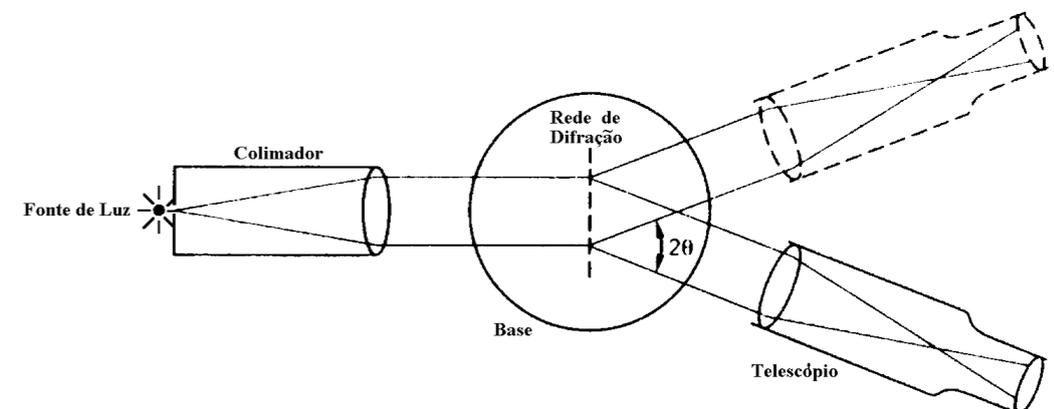
# Procedimento

- **O espectroscópio faz medidas relativas dos ângulos de difração.** Portanto, antes de começar as medidas estabeleça um ponto de referência (a imagem direta da fenda, por exemplo) na escala vernier;
- Variando a posição angular do telescópio, encontre as raiais do espectro do mercúrio e associe as cores aos respectivos ângulos de difração;
- Antes de começar suas medidas, verifique se o espectroscópio está corretamente alinhado:
  1. Meça o ângulo de difração da primeira raia de cor nítida de um lado espectro;
  2. Meça a mesma raia de cor do outro lado do espectro ==> os ângulos devem ser iguais;
  3. O espectroscópio pode ser considerado alinhado se  $|\theta_1 - \theta_2| \leq 0,2$ ;

## Caso o espectroscópio não esteja alinhado:

1. Determine a diferença entre os ângulos da mesma raia de cor de cada lado do espectro (item 3 acima);
2. Gire a mesa giratória da rede de difração de um ângulo igual à diferença mencionada acima, **na direção do ângulo de maior valor**;
3. Verifique o alinhamento do espectroscópio novamente.

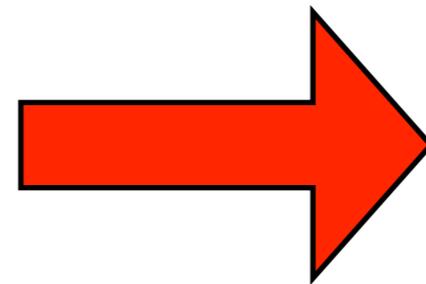
cor	$\theta$	$\lambda$



# Procedimento

- Substitua a lâmpada de mercúrio por uma de hélio e meça os ângulos de difração das raias espectrais;
- Usando os valores tabelados do comprimento de onda (v. Tabs. 9.1 e 9.2) e os correspondentes valores de  $\theta$  medidos, construa um **gráfico**. Este gráfico característico do espectroscópio utilizado, é chamado de reta de calibração.

Reta de calibração



$$\lambda \times \sin(\theta)$$

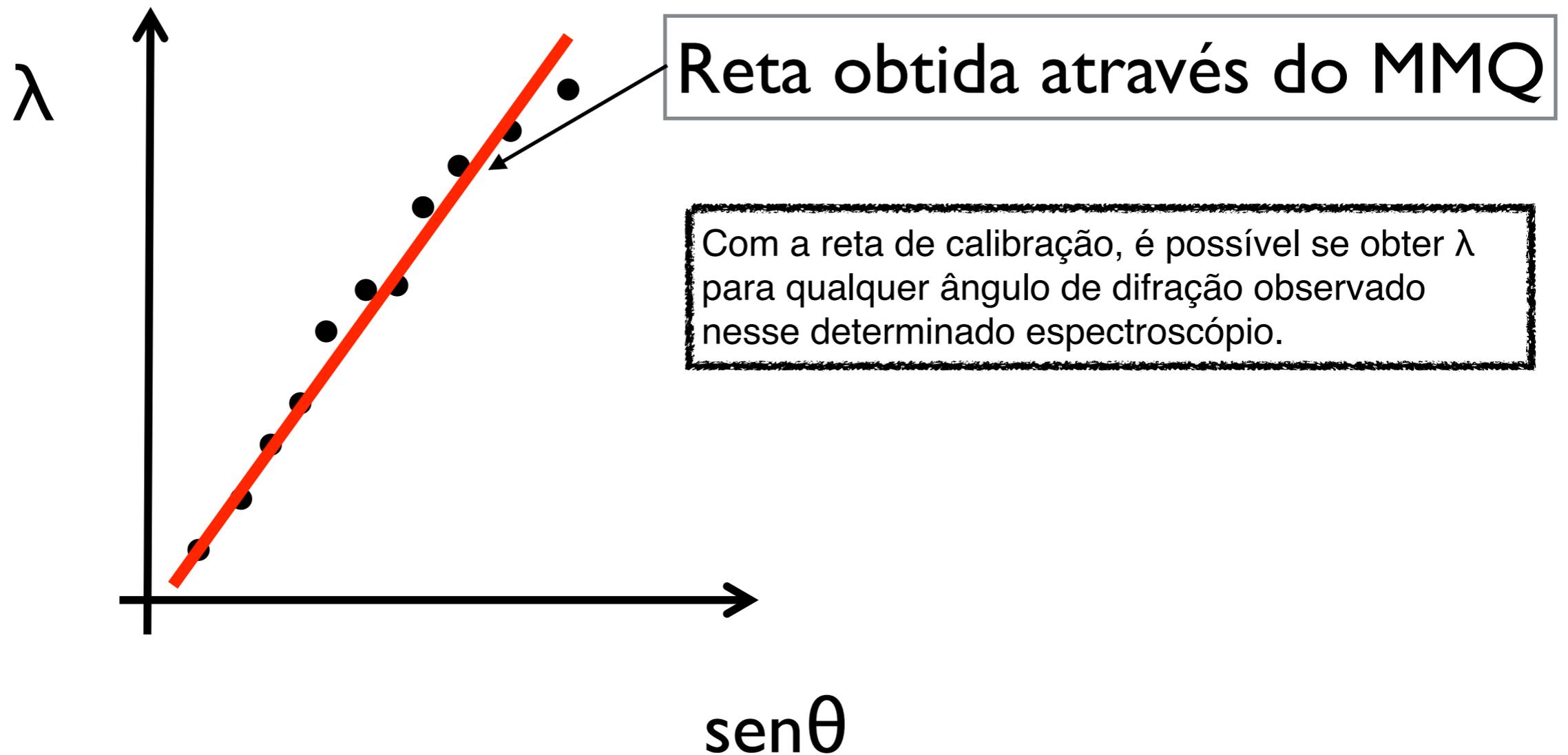
Raia	$\lambda$ (Å)	Intensidade Relativa
violeta	4046,6	média
violeta	4077,8	fraca
azul-violeta	4358,3	forte
turqueza	4916,0	fraca
verde	5460,7	forte
amarela	5769,6	forte
amarela	5790,7	forte

Tabela 9.1: Comprimentos de onda para algumas raias espectrais do mercúrio.

Raia	$\lambda$ (Å)	Intensidade Relativa
violeta	3889	fraca
violeta	3965	fraca
violeta	4026	fraca
azul-violeta	4388	fraca
azul-escura	4471	forte
azul	4713	média
azul-esverdeada	4922	média
verde	5015	forte
amarela	5876	forte
vermelha	6678	forte
vermelha	7065	fraca

Tabela 9.2: Comprimentos de onda para algumas raias espectrais do hélio. Algumas raias não são visíveis a olho nu.

# Reta de calibração



# Determinação da constante de Rydberg

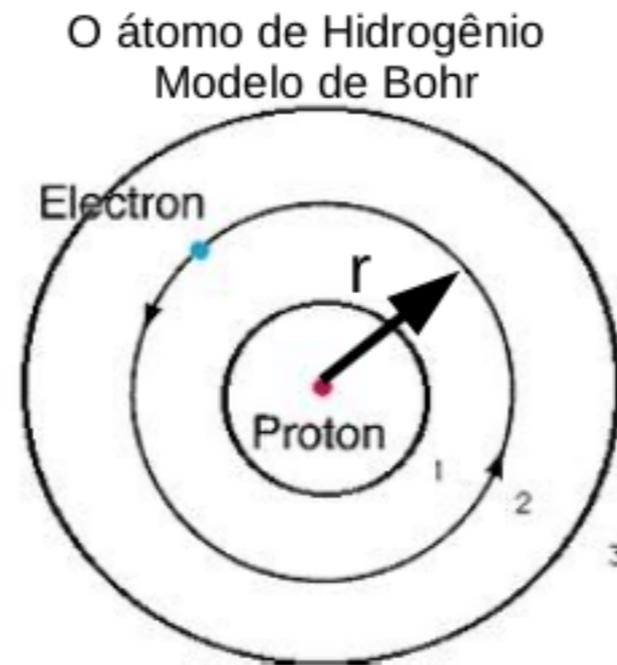
# O átomo de Hidrogênio

- modelo de Bohr para o átomo de Hidrogênio → primórdios da Física quântica!
- O que se sabia na época (~1900):
  - O átomo de Hidrogênio só emite e absorve alguns comprimentos de onda específicos;
  - Esses comprimentos de onda podem ser calculados a partir da equação de Balmer:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad \text{para } n=3, 4, 5 \text{ e } 6$$

Onde R é uma constante.

- Por que o átomo de hidrogênio não emitia e absorvia luz em qualquer comprimento de onda?  
==> formulação começou com Bohr em 1913, com o modelo do átomo de hidrogênio.



# O átomo de Hidrogênio

→ Segundo o modelo de Bohr:

→ o raio orbital do elétron,  $r$ , é quantizado;

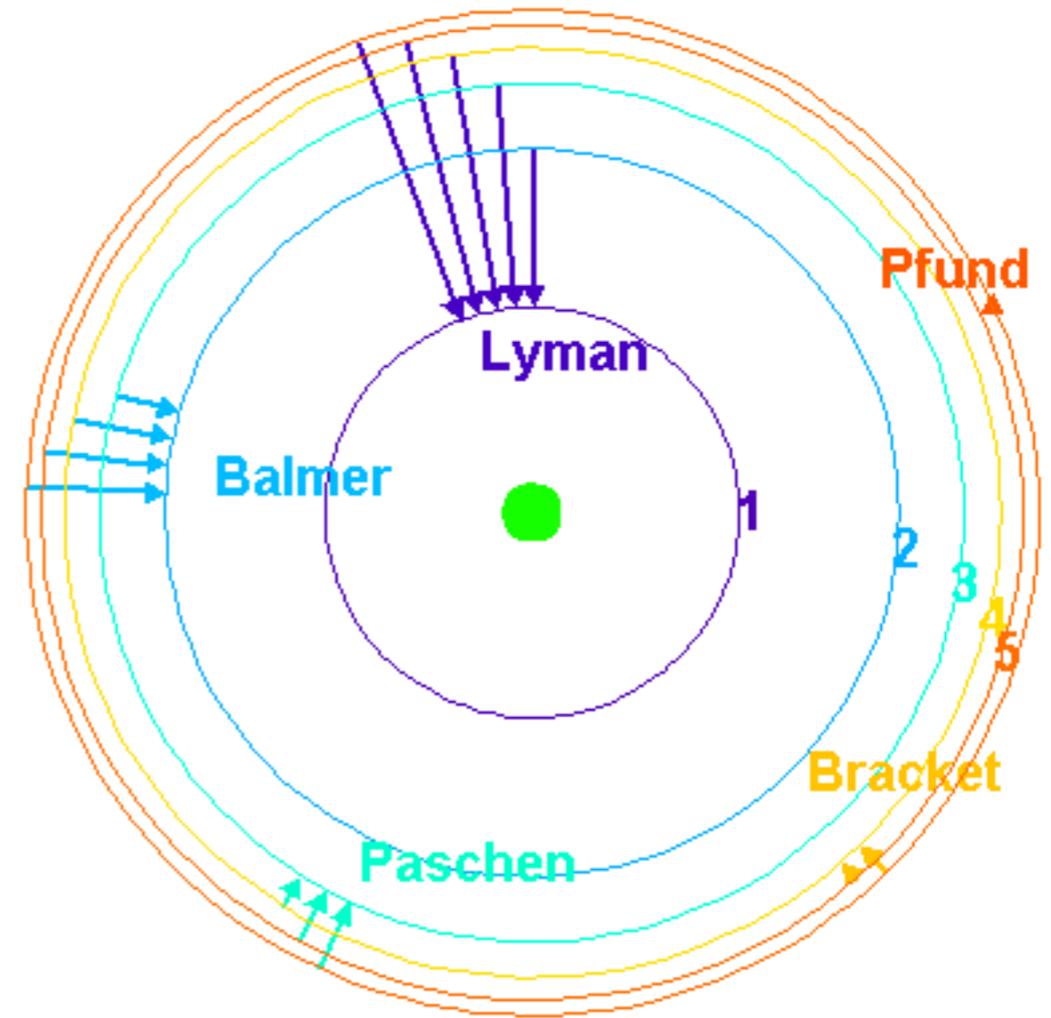
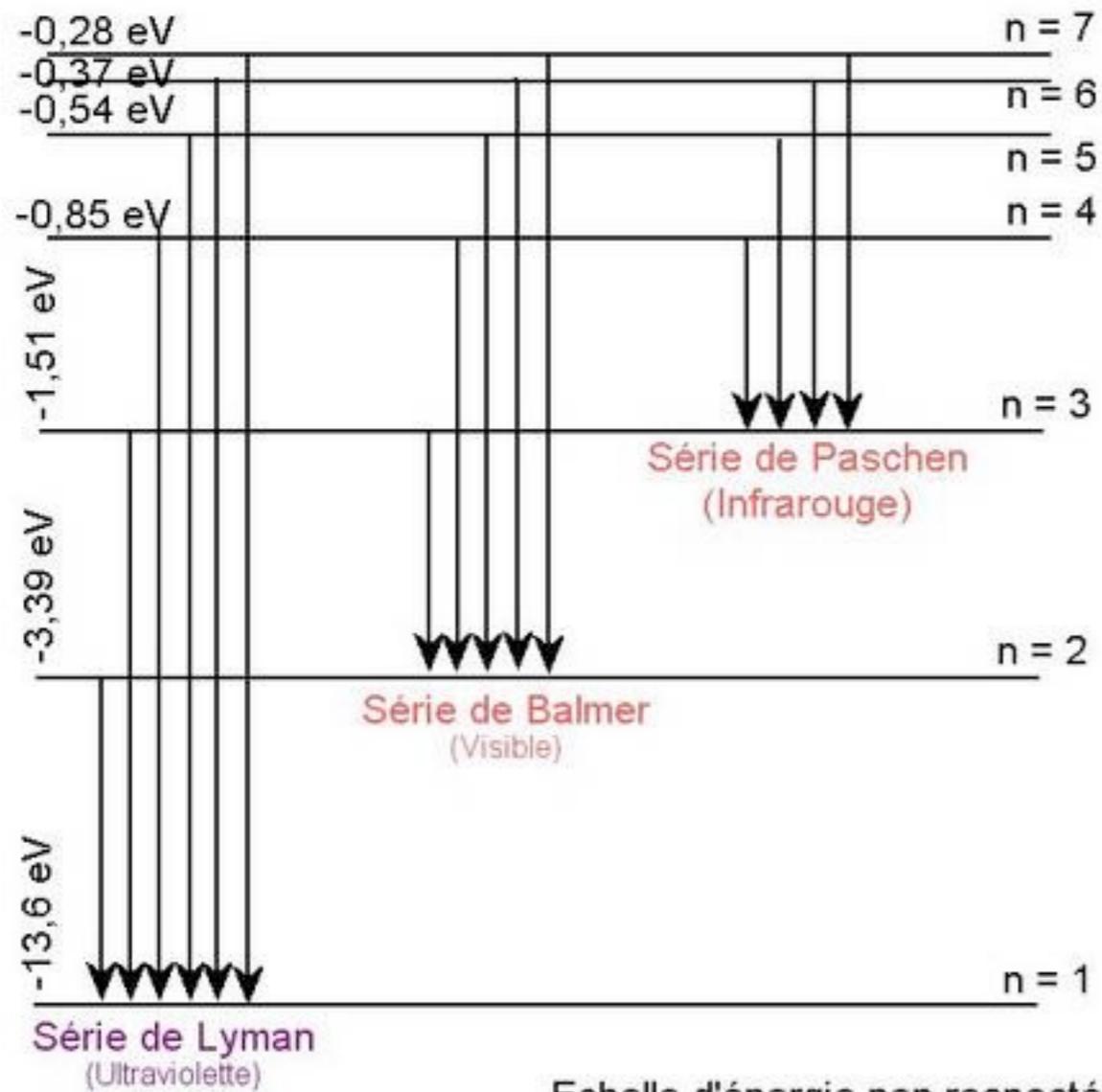
→ O menor raio orbital possível é igual a  $a$  → **raio de Bohr**;

→ O elétron não pode se aproximar do núcleo a uma distância menor que o raio de Bohr.

**a energia do átomo do Hidrogênio do Modelo de Bohr é quantizada.**

$$E_n = -\frac{me^4}{8\pi\epsilon_0^2 h^2} \frac{1}{n^2}, \quad E_n = -\frac{13,61 \text{ eV}}{n^2}, \quad \text{para } n=1,2,3,\dots$$

# Átomo de Hidrogênio

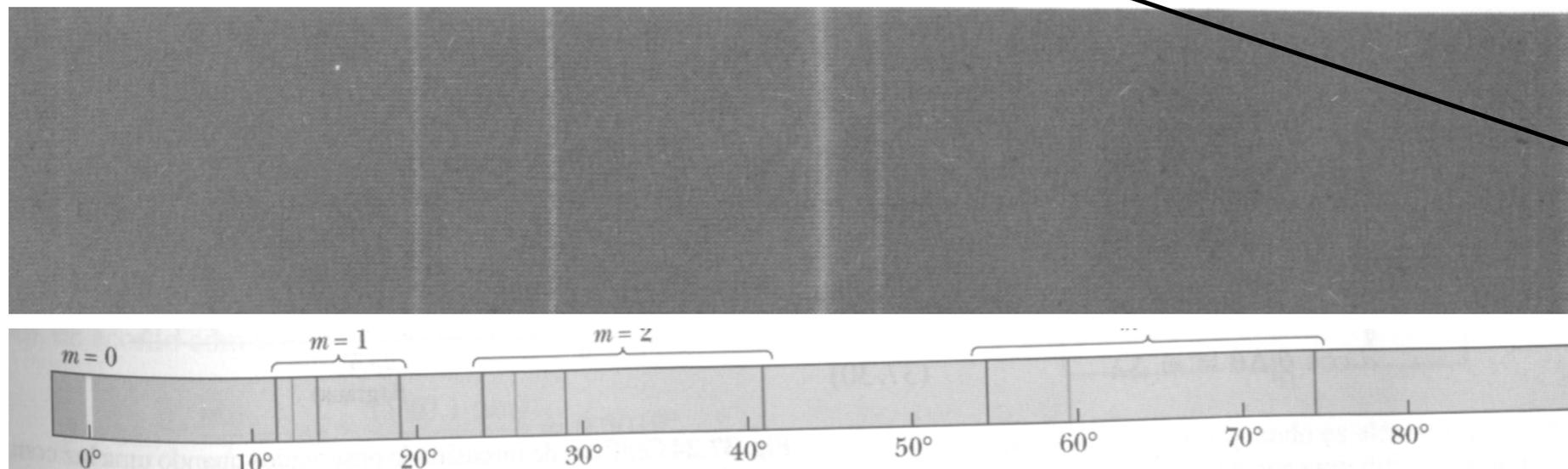


## Constante de Rydberg

Fórmula generalizada de Balmer

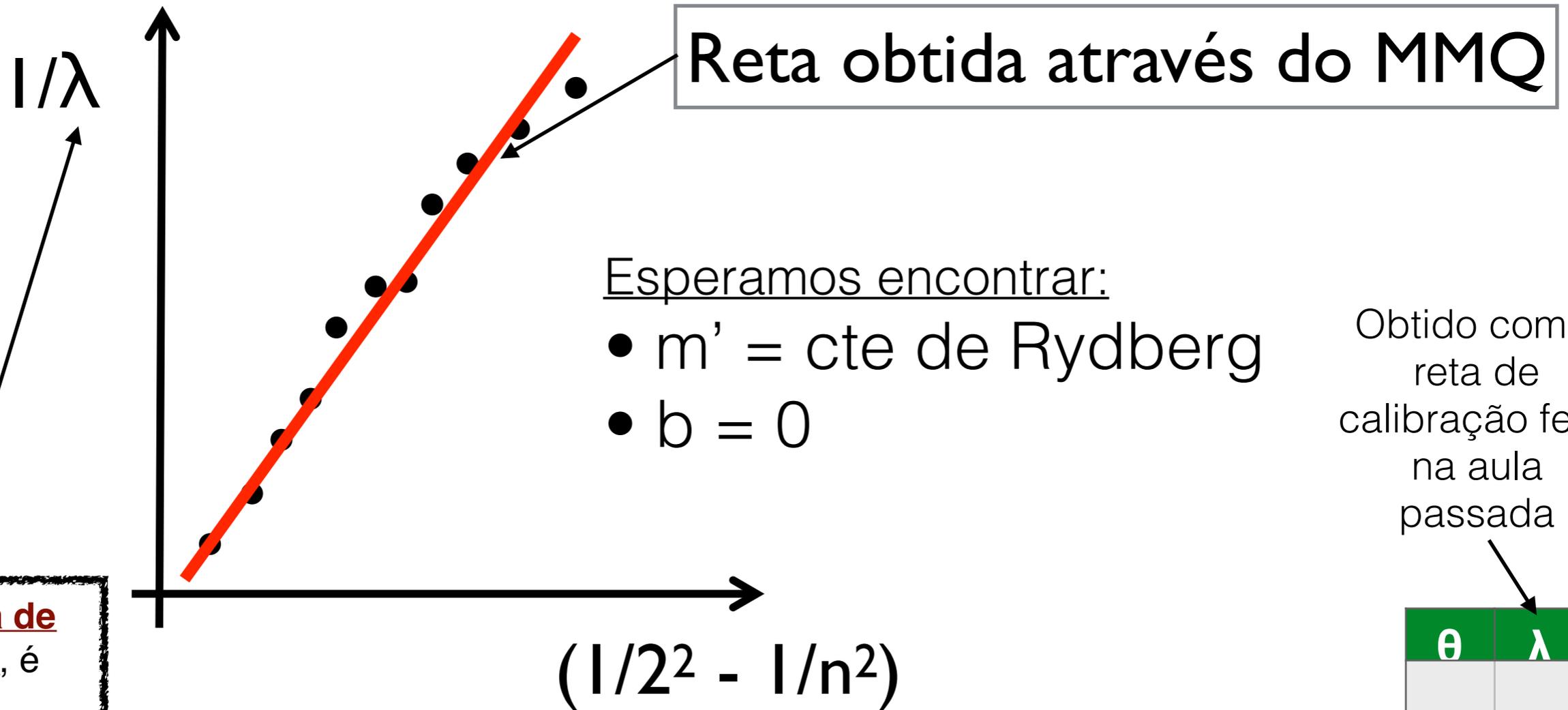
$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right),$$

$$R = 1,097373155 \times 10^{-3} \text{Å}^{-1}$$



37.22 Linhas de emissão do hidrogênio na faixa da luz visível, até a quarta ordem. Observe que as linhas são mais afastadas para g

# Determinação da constante de Rydberg



Obtido com a  
reta de  
calibração feita  
na aula  
passada

$\theta$	$\lambda$

Com a **reta de calibração**, é possível se obter  $\lambda$  para qualquer ângulo de difração observado nesse determinado espectroscópio.

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right),$$

$$R = 1,097373155 \times 10^{-3} \text{Å}^{-1}$$

# Material Utilizado

- Espectroscópio
- Rede de Difração
- Lâmpadas a vapor (Hg, He, H<sub>2</sub>)

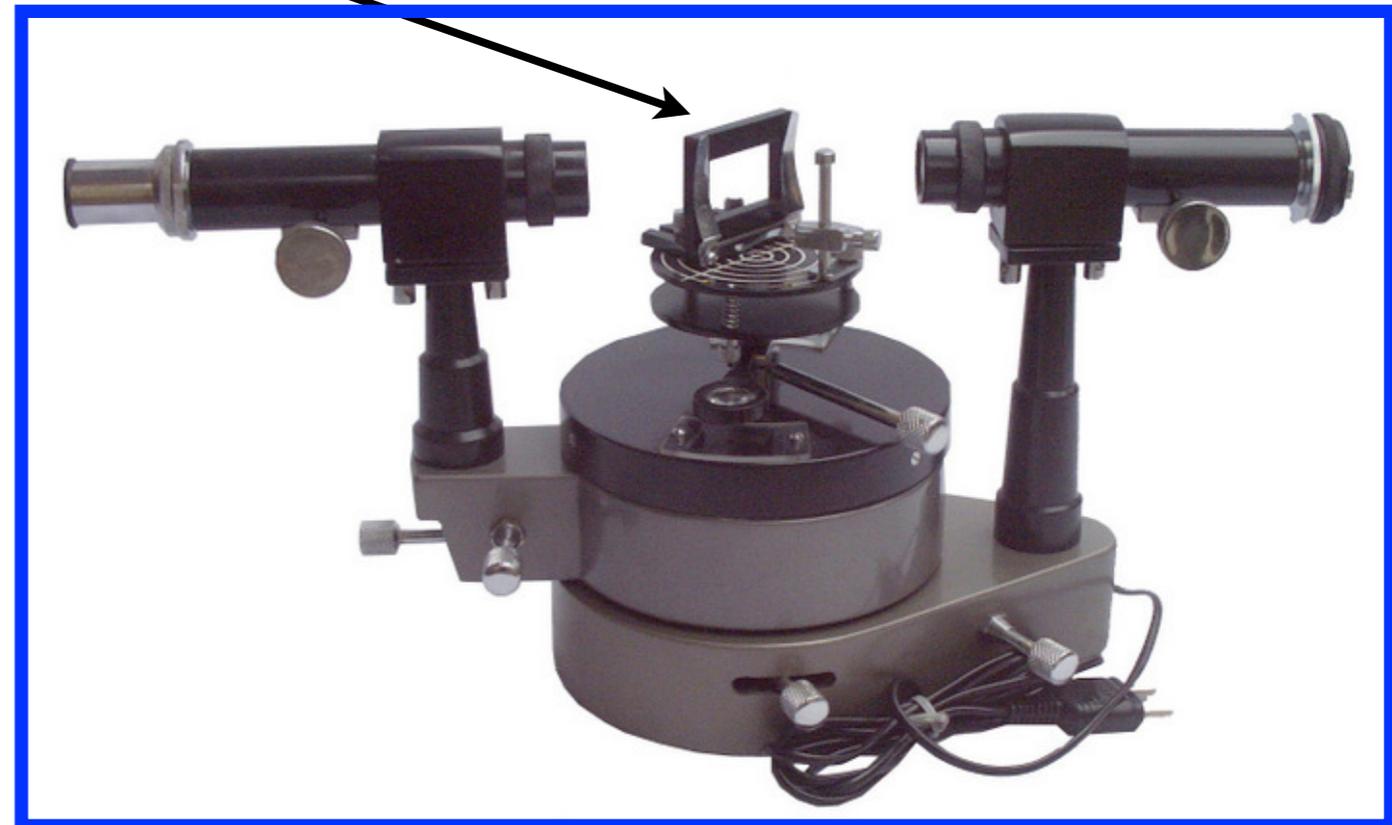
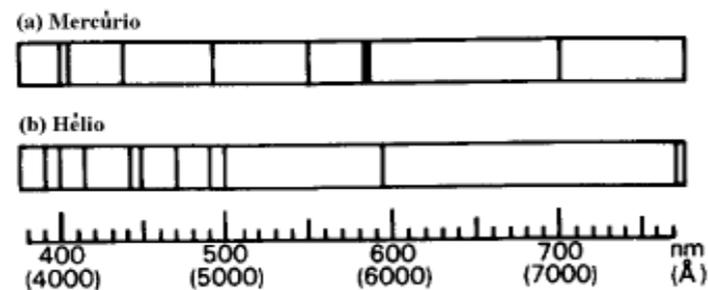


Figura 9.4: Espectros visíveis para (a) mercúrio e (b) hélio.

# Procedimento

1. Antes de colocar a rede de difração sobre a mesa giratória do espectroscópio, aponte o telescópio para um objeto distante e ajuste o foco (manipulando a ocular e a objetiva) de forma que os fios capilares possam ser vistos com nitidez;
2. Posicione a rede de difração;
3. Coloque a lâmpada de **hidrogênio** em frente ao colimador e ajuste a fenda até obter uma imagem estreita e nítida.
  - Posicione o telescópio alinhado com o colimador.
  - Olhando através do telescópio, ajuste o foco do colimador intervindo na lente da objetiva;
4. Posicione um dos fios capilares na vertical sobre a imagem da fenda (use o parafuso de ajuste fino);
5. Fixe o suporte da rede de difração sobre a mesa giratória.
  - Faça o alinhamento de forma que a rede fique na **perpendicular** da linha de visada.
6. Verifique se o espectroscópio está **alinhado**:
  - isso pode ser feito observando-se duas raias correspondentes do espectro, uma de cada lado da imagem direta da fenda;

# Procedimento

- **O espectroscópio faz medidas relativas dos ângulos de difração.** Portanto, antes de começar as medidas estabeleça um ponto de referência (a imagem direta da fenda, por exemplo) na escala vernier;
- Variando a posição angular do telescópio, encontre as raiais do espectro do hidrogênio e associe as cores aos respectivos ângulos de difração;
- Antes de começar suas medidas, verifique se o espectroscópio está corretamente alinhado:
  1. Meça o ângulo de difração da primeira raia de cor nítida de um lado espectro;
  2. Meça a mesma raia de cor do outro lado do espectro ==> os ângulos devem ser iguais;
  3. O espectroscópio pode ser considerado alinhado se  $|\theta_1 - \theta_2| \leq 0,2$ ;

## Caso o espectroscópio não esteja alinhado:

1. Determine a diferença entre os ângulos da mesma raia de cor de cada lado do espectro (item 3 acima);
2. Gire a mesa giratória da rede de difração de um ângulo igual à diferença mencionada acima, **na direção do ângulo de maior valor**;
3. Verifique o alinhamento do espectroscópio novamente.

$\theta$	$\lambda$

