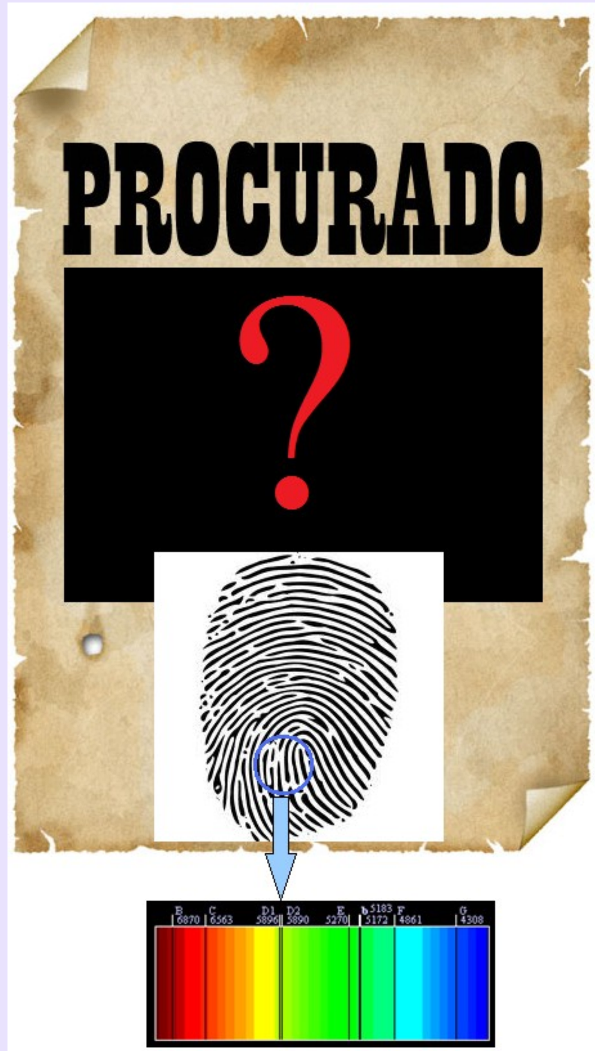
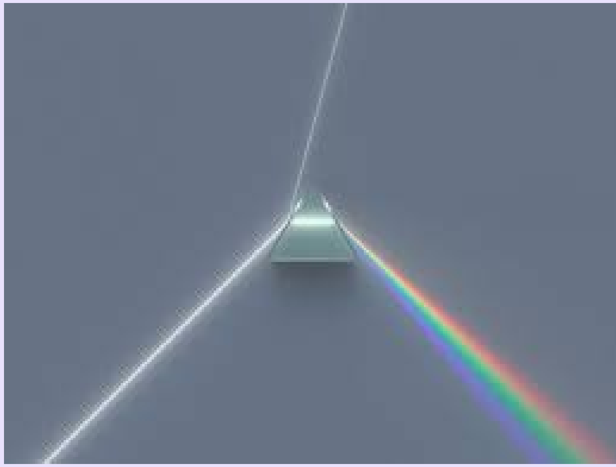
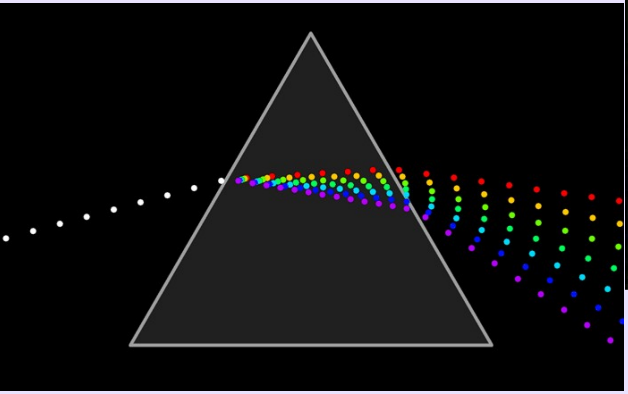
A “Impressão Digital” do Átomo



Newton e a Dispersão da Luz



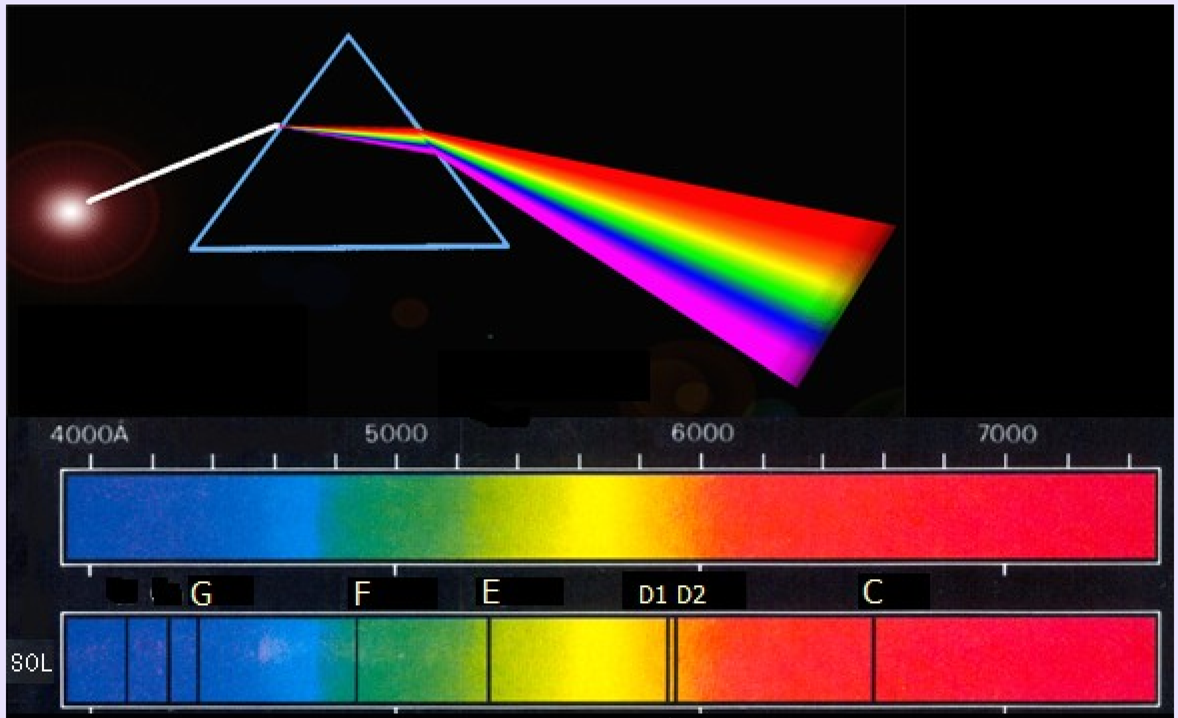


Espectro Solar e as Linhas de Fraunhofer

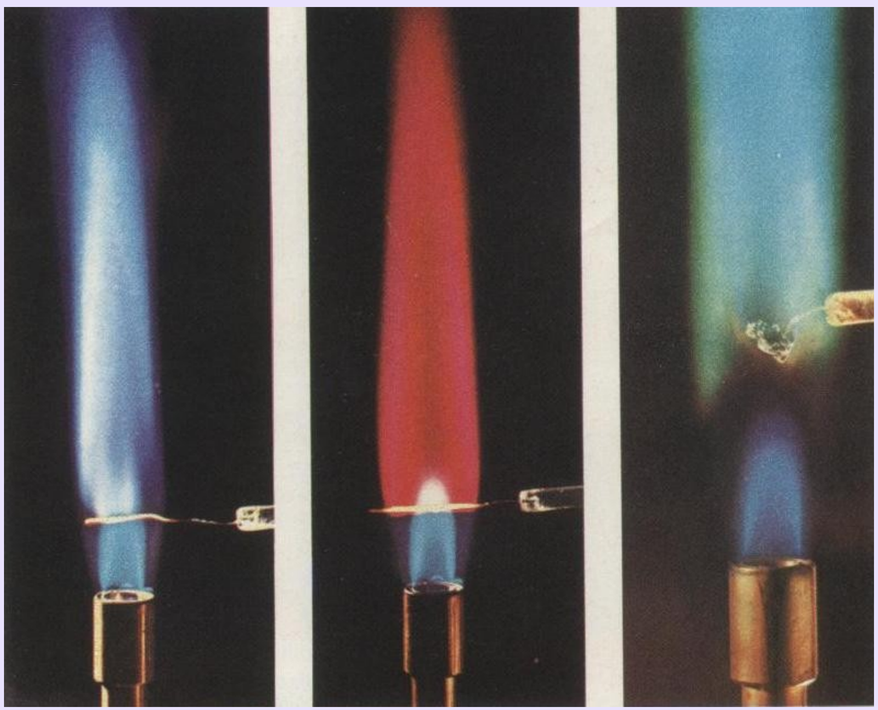
- D1 = 5890 Å
- D2 = 5896 Å

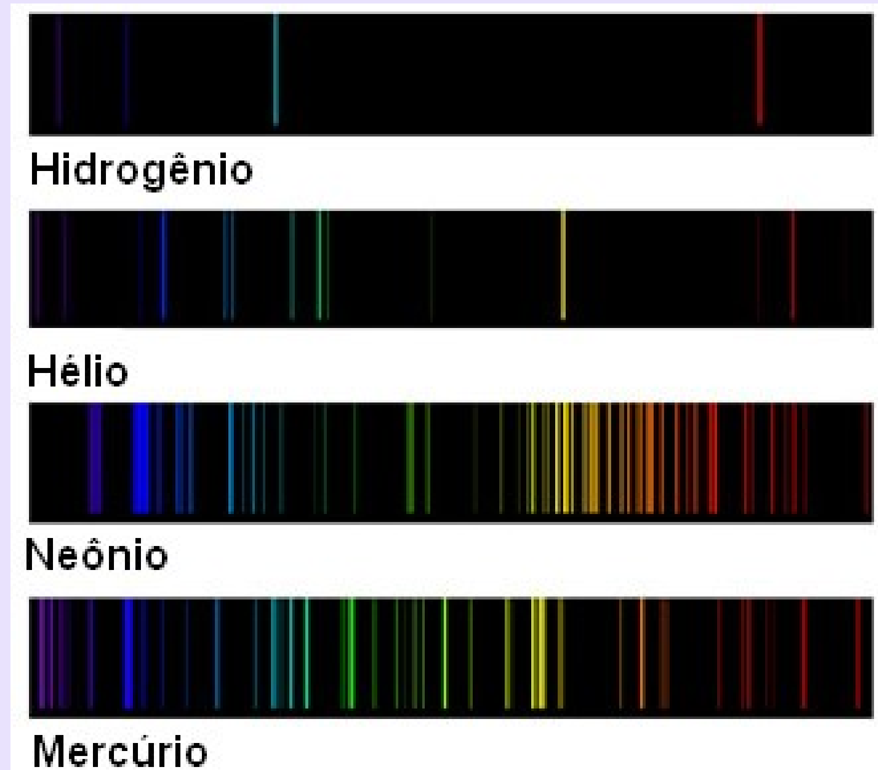
Espectro:

Vênus = Sol
Sirius ≠ Sol

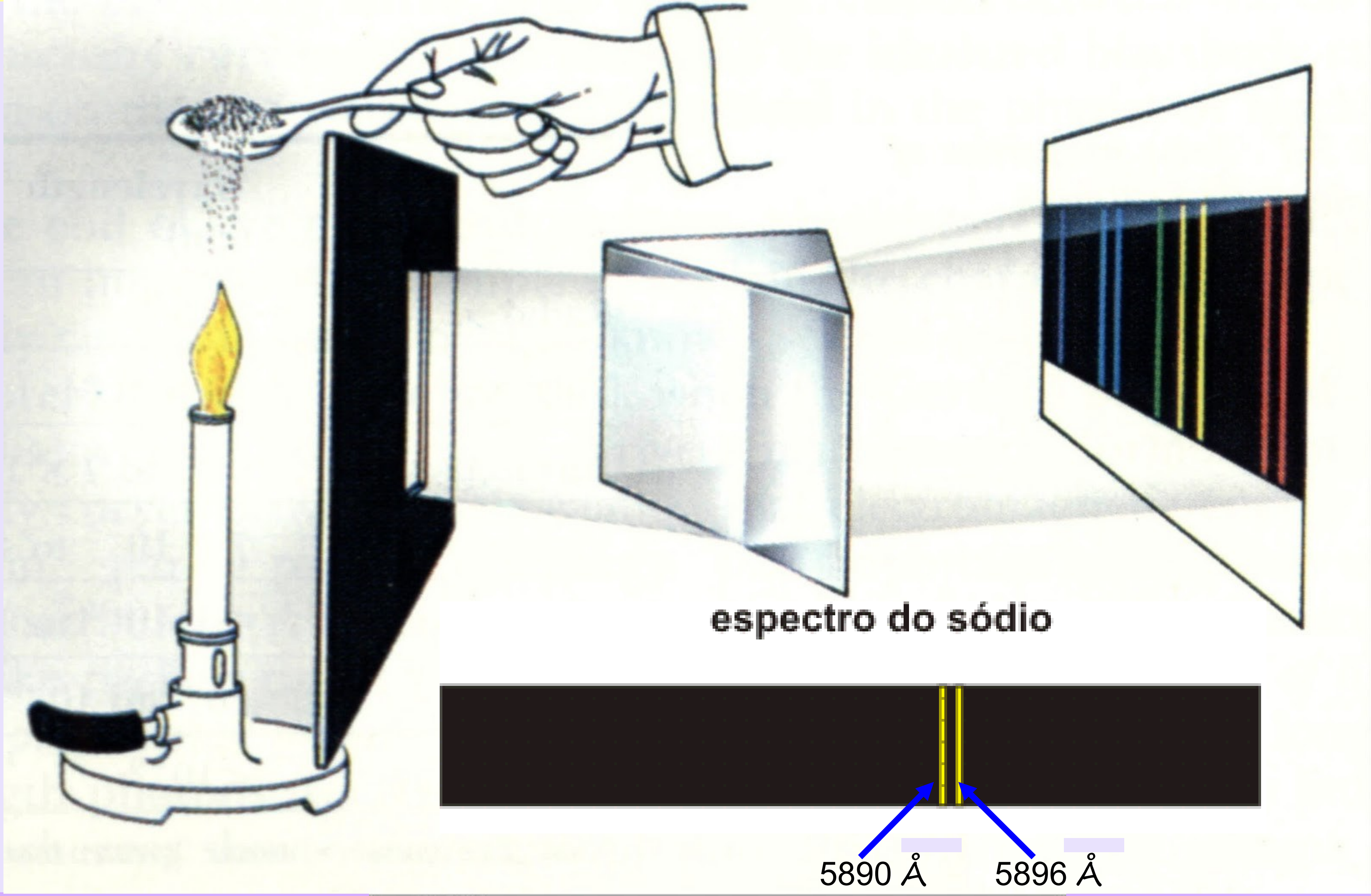


Análise Espectral: Kirchhoff e Bunsen

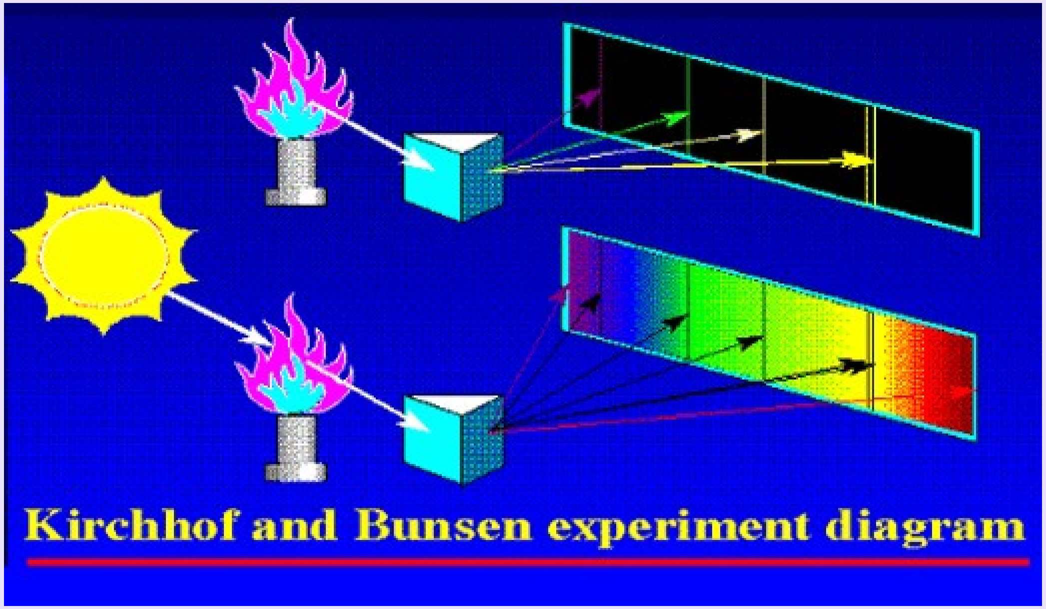




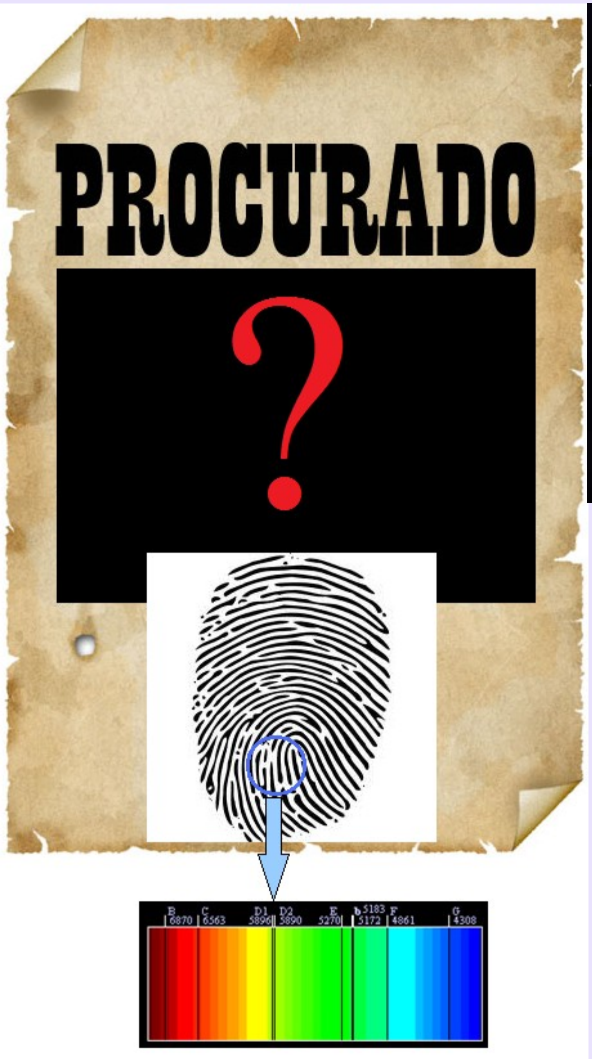
Análise Espectral: Dubleto de Sódio

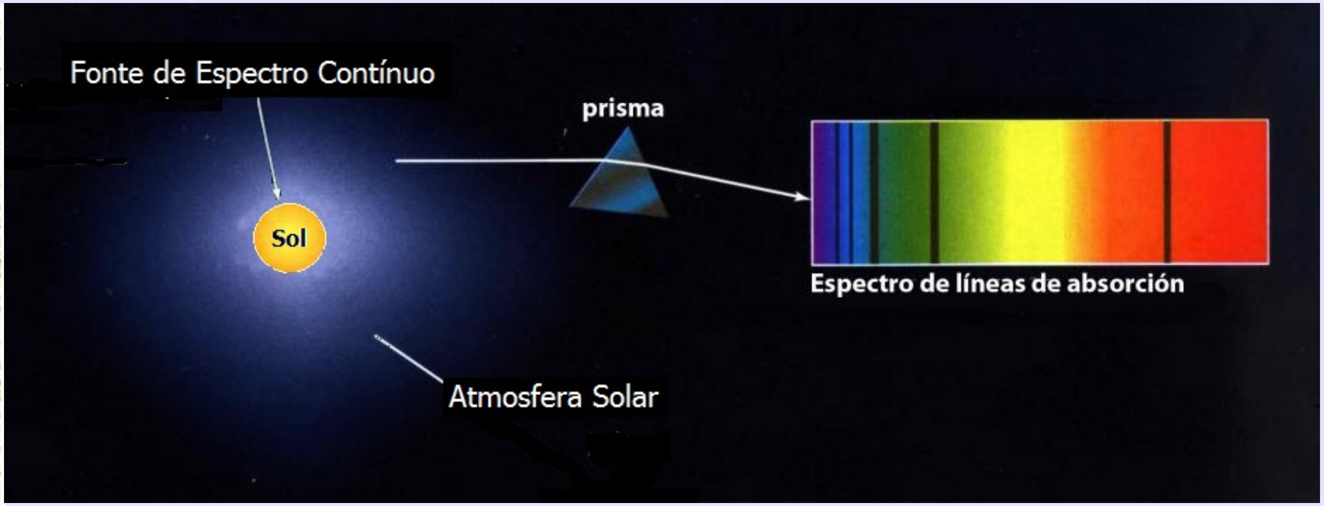


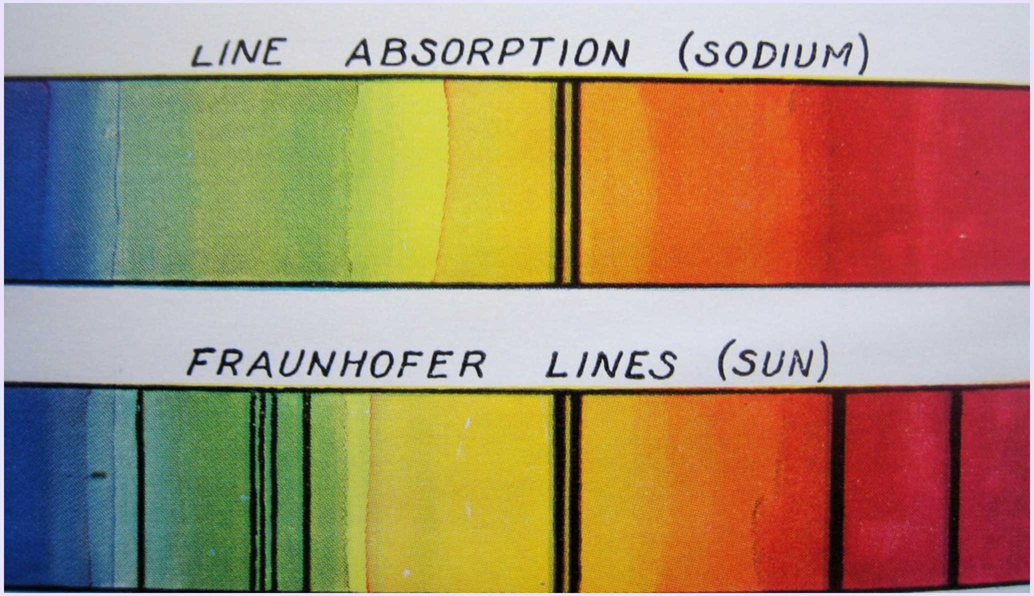
Análise Espectral: Absorção



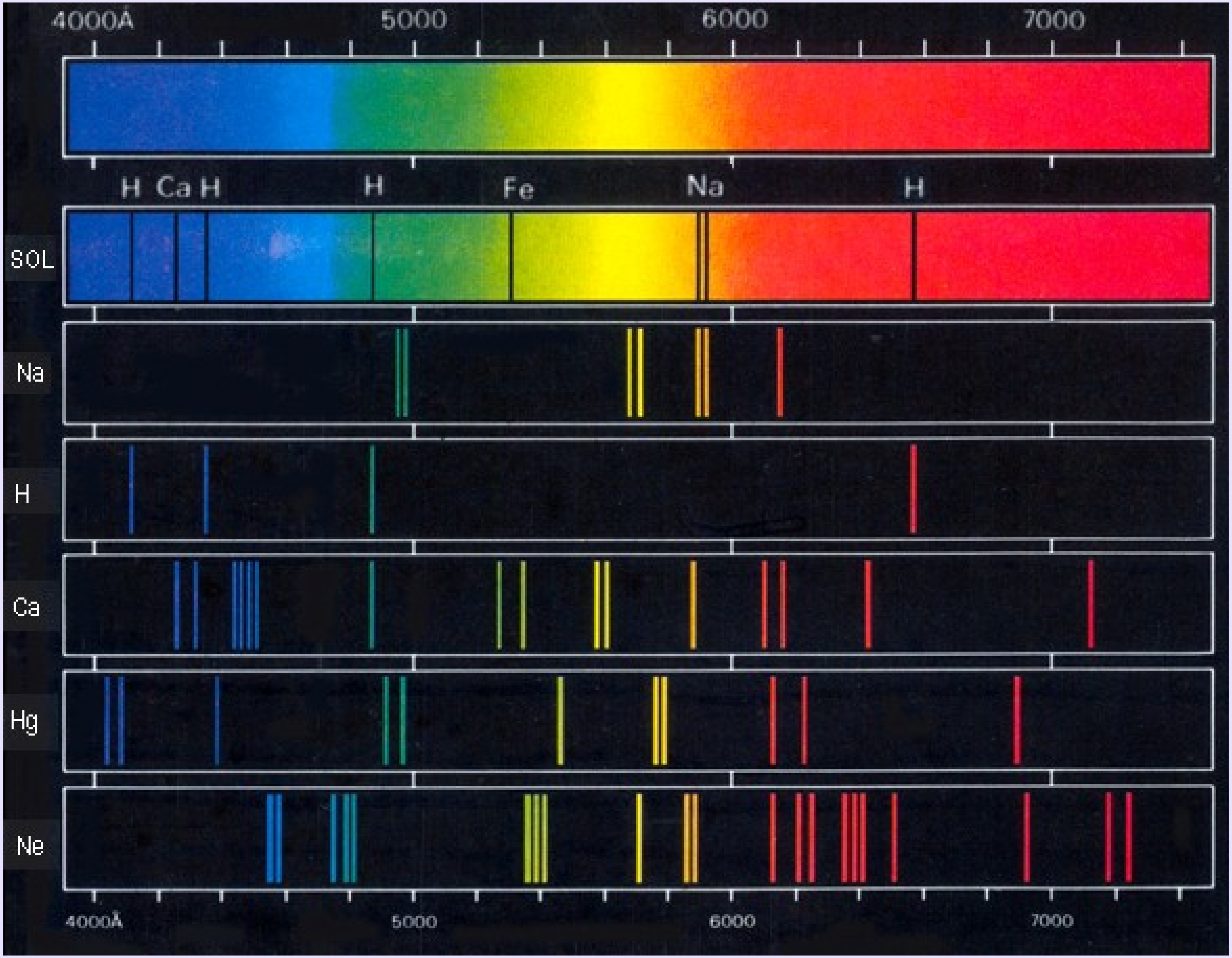
Encontrado


PROCURADO
?
B 6870
C 6563
D1 5896
D2 5890
E 5270
b 5183 5172
F 4861
G 4308


Fonte de Espectro Contínuo
prisma
Sol
Espectro de líneas de absorción
Atmosfera Solar


LINE ABSORPTION (SODIUM)
FRAUNHOFER LINES (SUN)

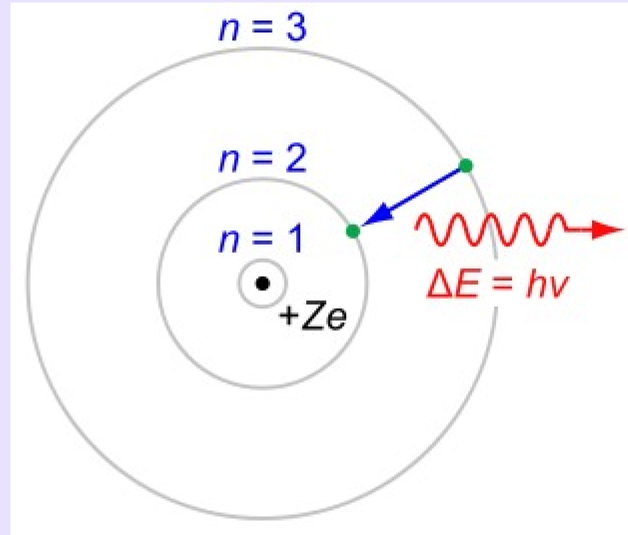
O nascimento da Astrofísica

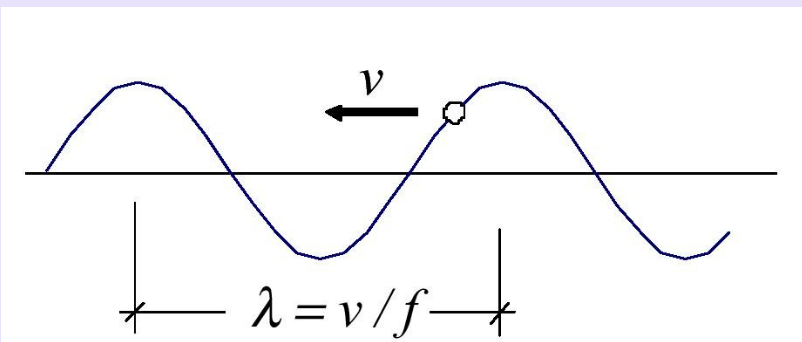


INSTITUTO DE FÍSICA
Universidade Federal Fluminense

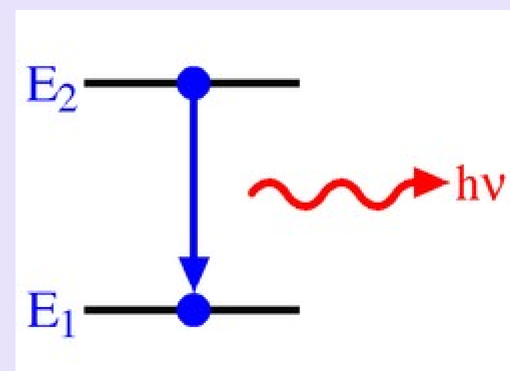
Modelo Atômico de Bohr

- 1913
- quantização
- freqüência proporcional à diferença de energia

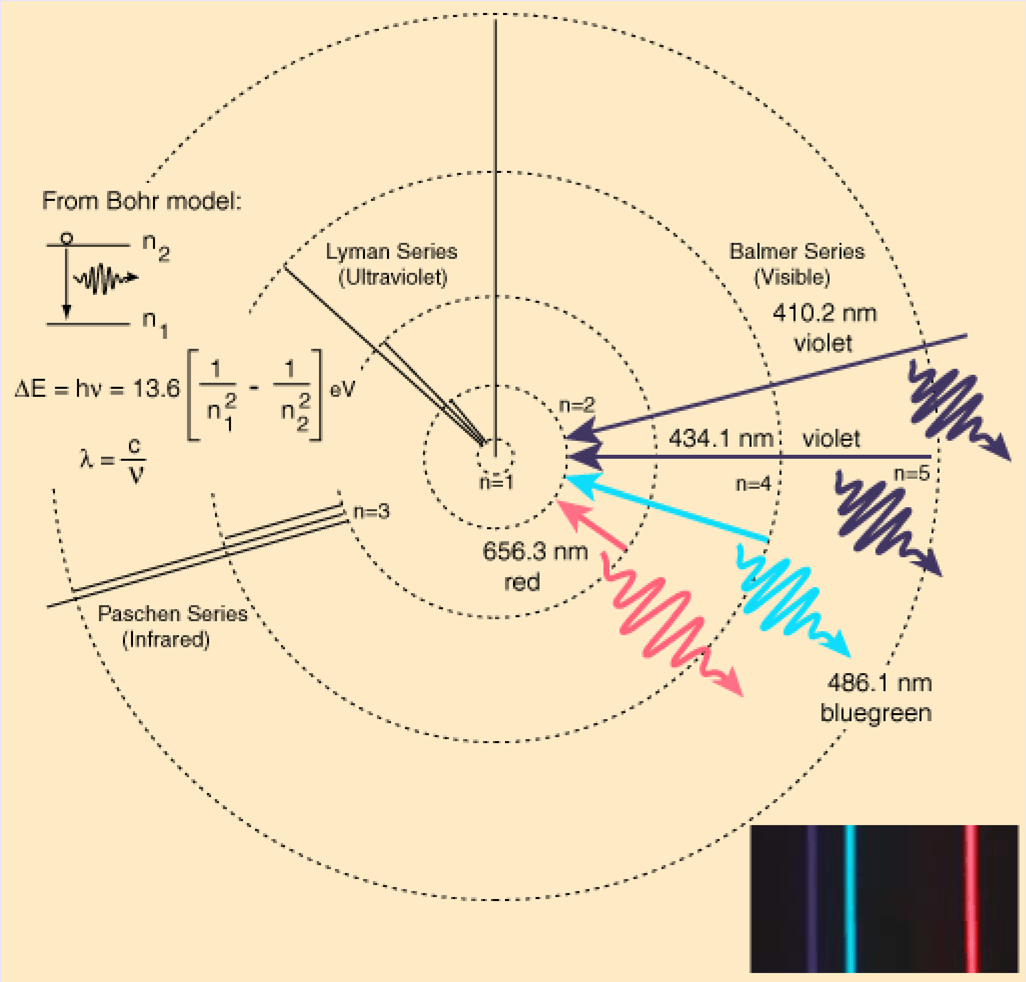




$$\Delta E = E_2 - E_1 = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

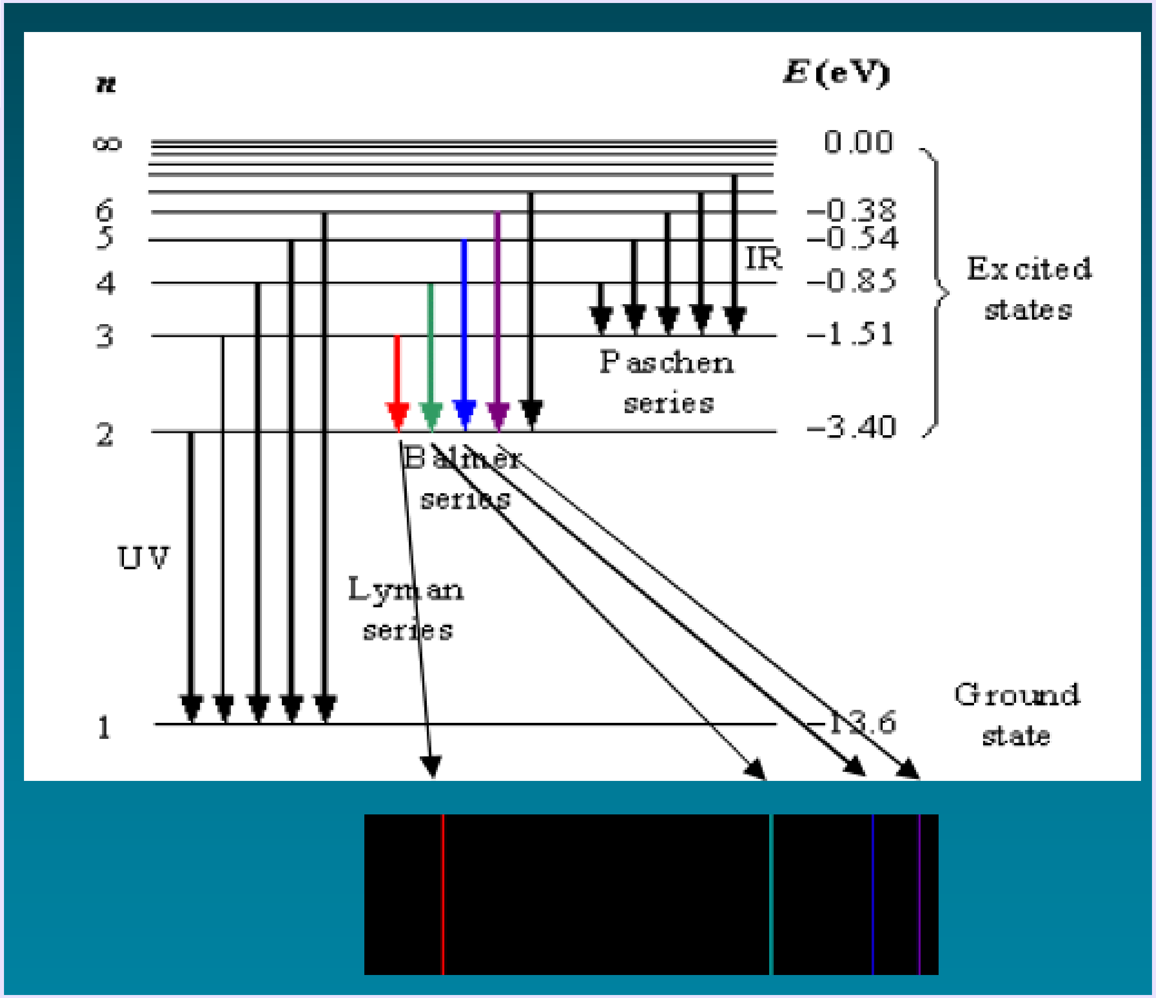


A Interpretação do Espectro Atômico



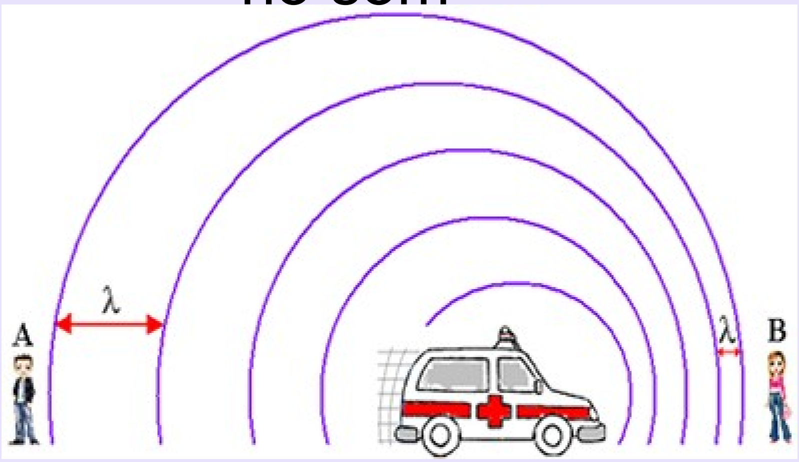
A Interpretação do Espectro Atômico

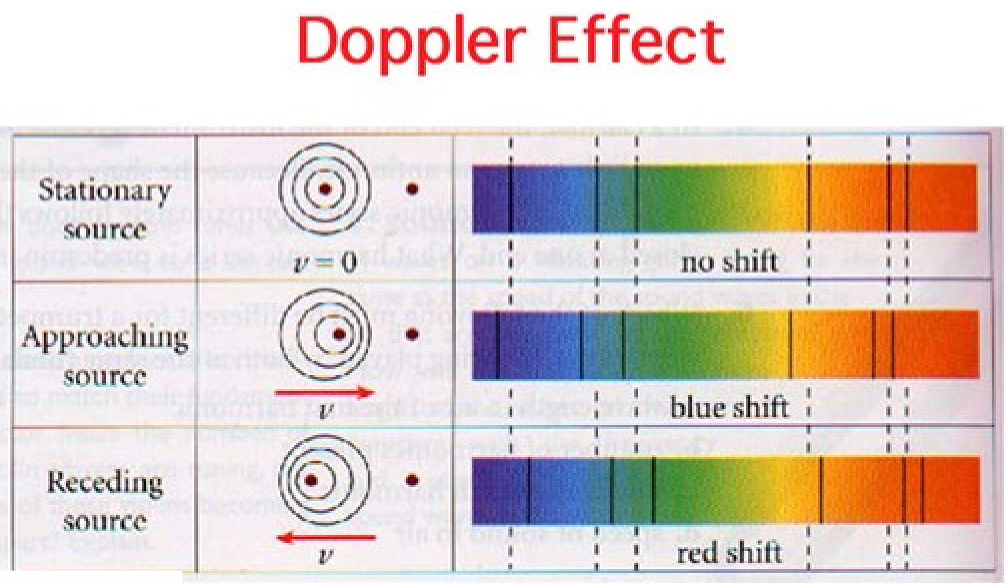
$$\frac{1}{\lambda} = R_{\mathrm{H}}\left(\frac{1}{n_{\mathrm{f}}^2} - \frac{1}{n_{\mathrm{i}}^2}\right)$$



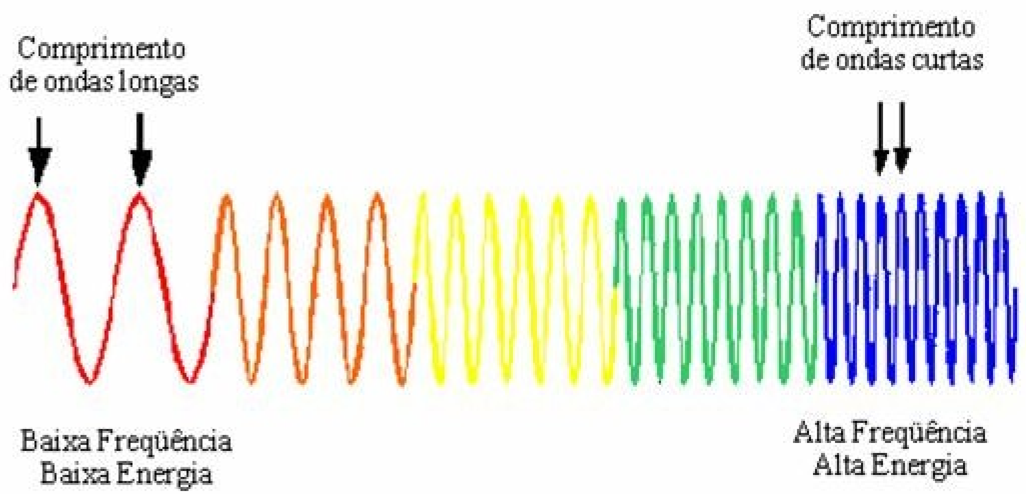
O Efeito Doppler e o Rotação do Sol

no som





asuring the relative velocities of stars by the Doppler shift.



O Efeito Doppler e o Rotação do Sol

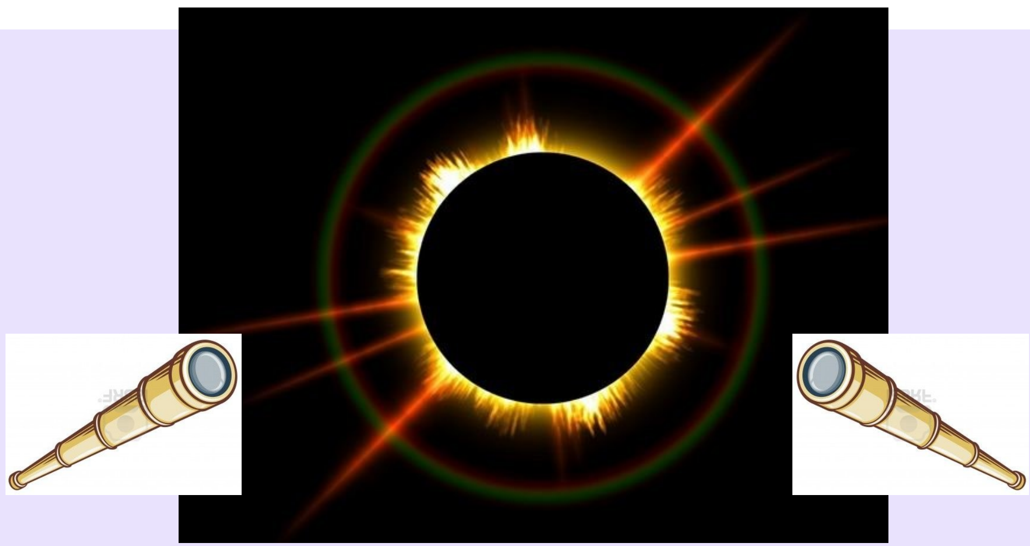
$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{v}{c}$$

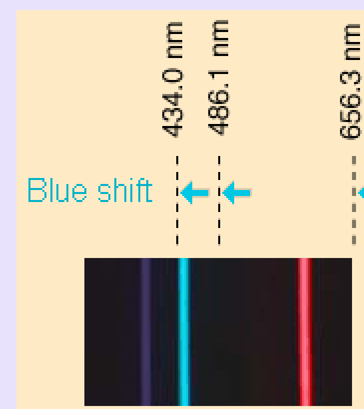
$\Delta\lambda =$ desvio no comprimento de onda

$\lambda_0 =$ comprimento de onda da fonte parada

$v =$ velocidade relativa da fonte

$c =$ velocidade da luz

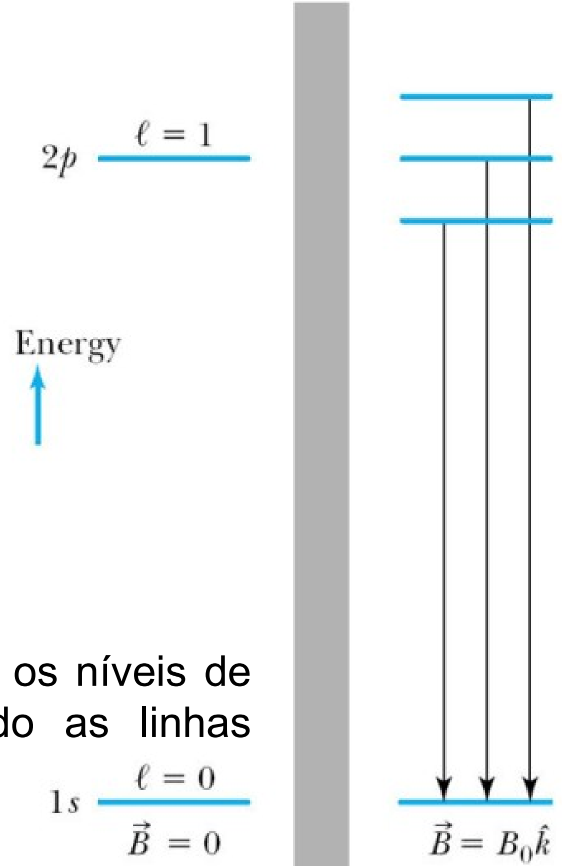




O Efeito Zeeman e o Campo Magnético das Estrelas

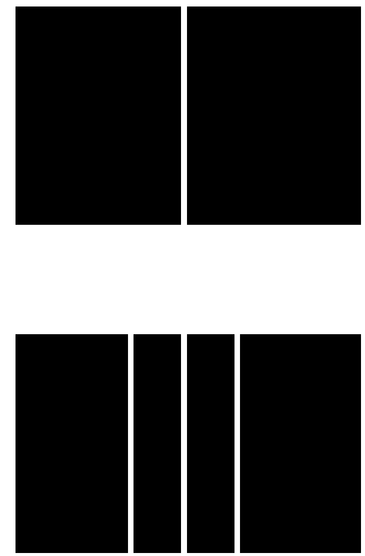
O Efeito Zeeman

A transição de 2*p* para 1*s*, separada pelo campo magnético.



O campo magnético altera os níveis de energia atômicos, dividindo as linhas espectrais.

Átomo de Hidrogênio

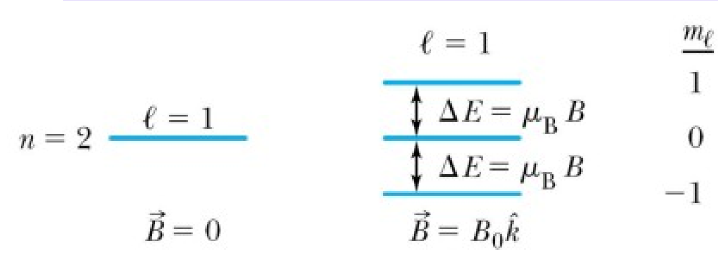


Sem campo magnético

Com campo magnético

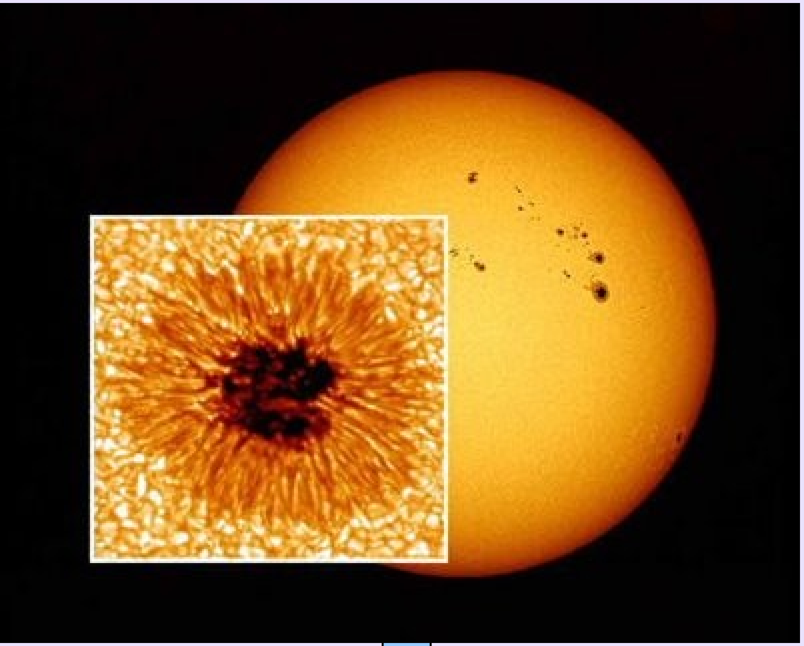
A separação entre as linhas é proporcional à intensidade do campo. Isto permite verificar a presença de campo magnético e determinar sua intensidade.

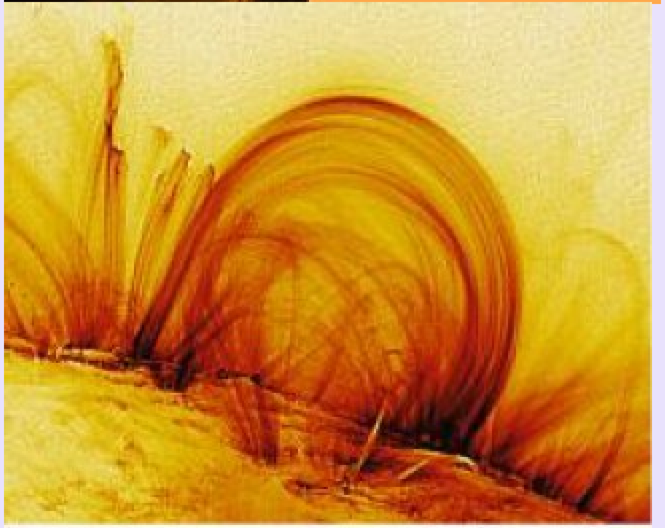
m_ℓ	Energy
1	$E_0 + \mu_B B$
0	E_0
–1	$E_0 - \mu_B B$



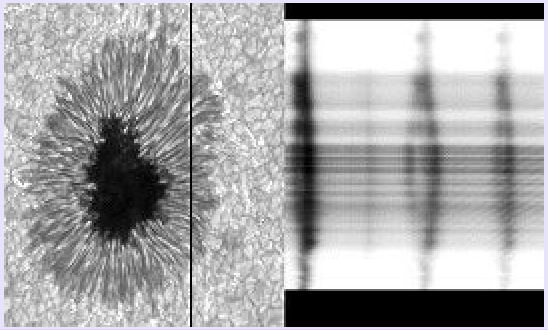
O Efeito Zeeman e o Campo Magnético das Estrelas

Manchas Solares





$$\Delta E = \mu_B B = \frac{hc\,\Delta\lambda}{\lambda_s \lambda_c}$$



A Técnica “LIBS”

Laser Induced Breakdown Spectroscopy

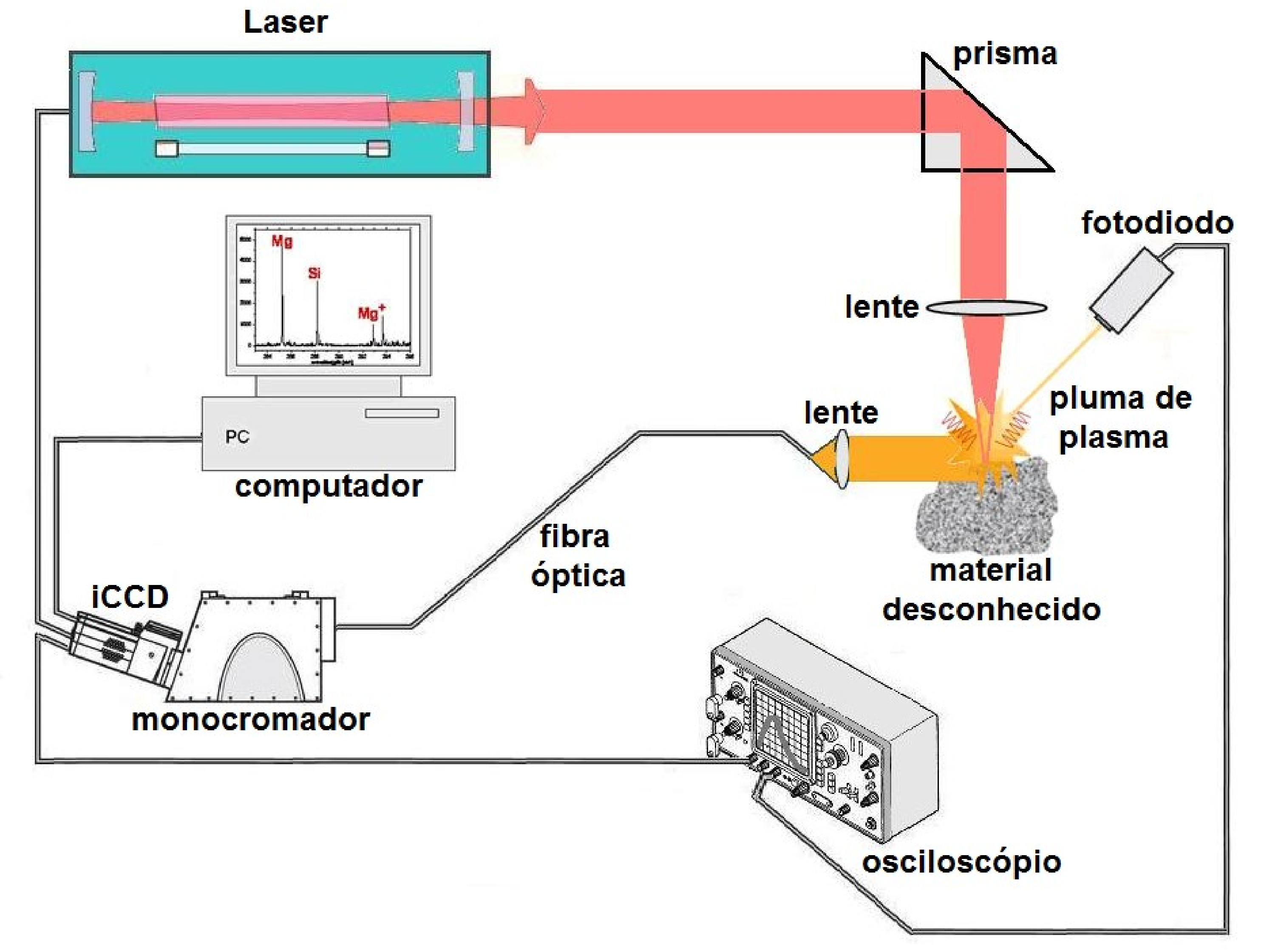
Fábio de Oliveira Borges

Laboratório de Plasma e Espectroscopia Atômica

Instituto de Física, Universidade Federal Fluminense

INSTITUTO DE FÍSICA
Universidade Federal Fluminense

EXPERIMENTO



HIPÓTESES

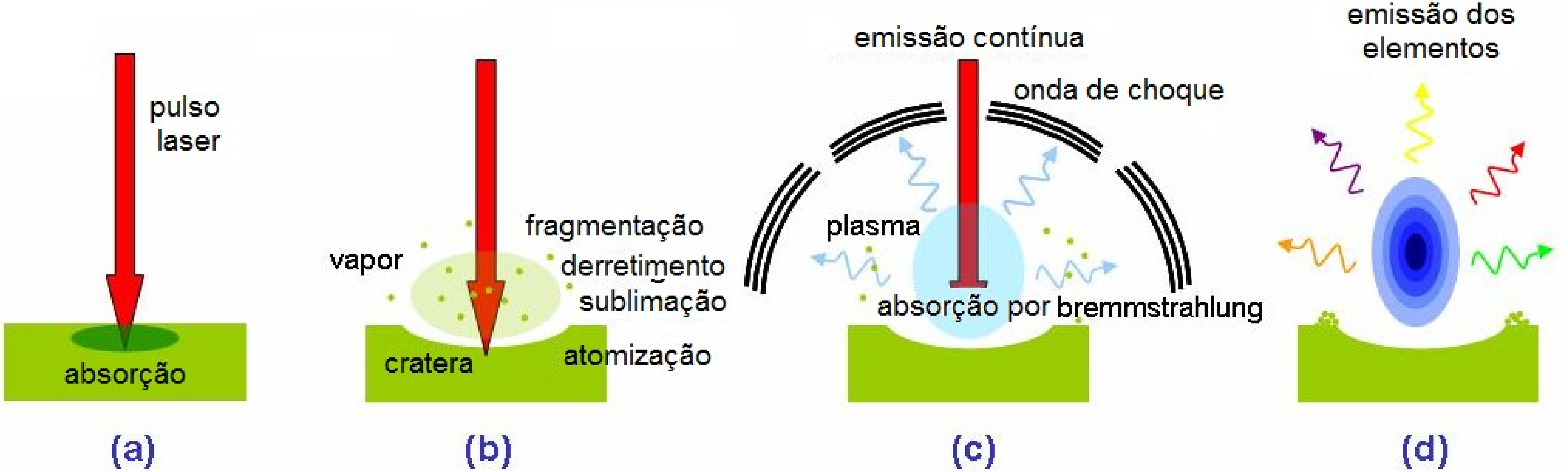
- **A composição do volume do plasma sob exame deve representar a composição da amostra (Ablação Estequiométrica)**

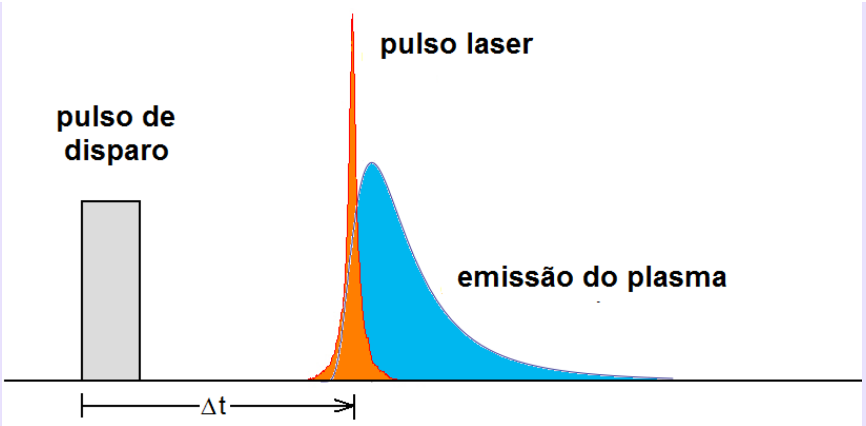
- **O volume do plasma em observação tem que estar em Equilíbrio Termodinâmico Local**

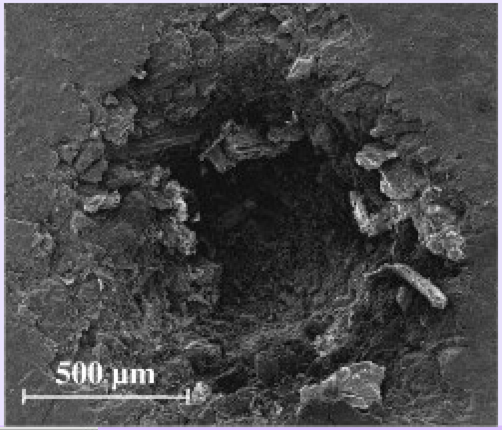
- **As linhas espectrais observadas tem que ser opticamente finas (plasma transparente a radiação observada)**

ABLAÇÃO ESTEQUIOMÉTRICA

Pulsos de nanosegundos ⟹ *10^9 W/cm^2*







EQUILÍBRIO TERMODINÂMICO LOCAL

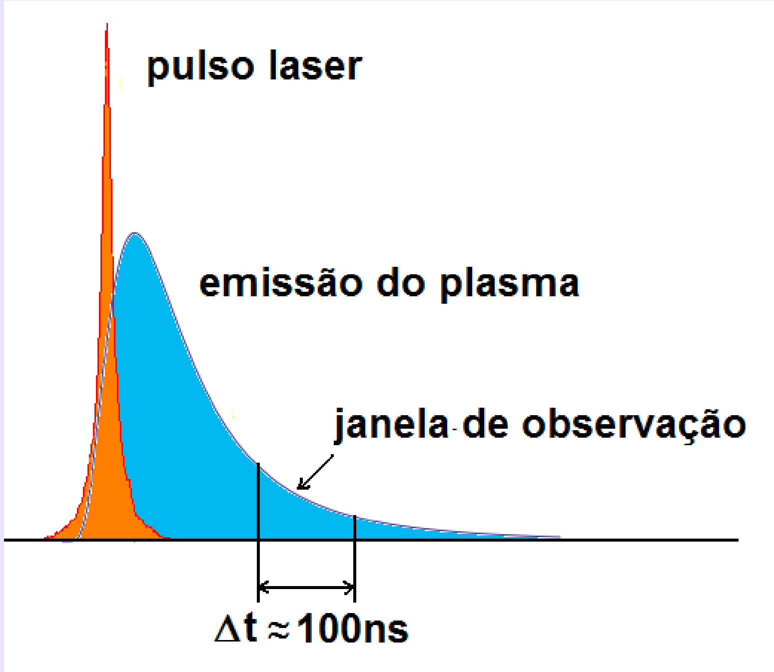
Leis de equilíbrio em um plasma

- *Energia Cinética (velocidades de e^-, íons, átomos neutros)*
  → *distribuição de Maxwell*

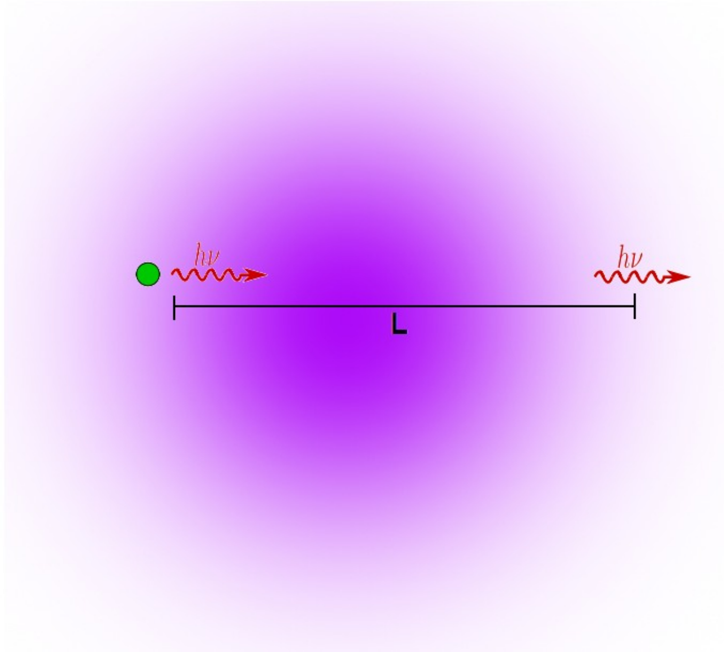
- *Energia Interna (população dos níveis de energia)*
  → *distribuição de Boltzmann*

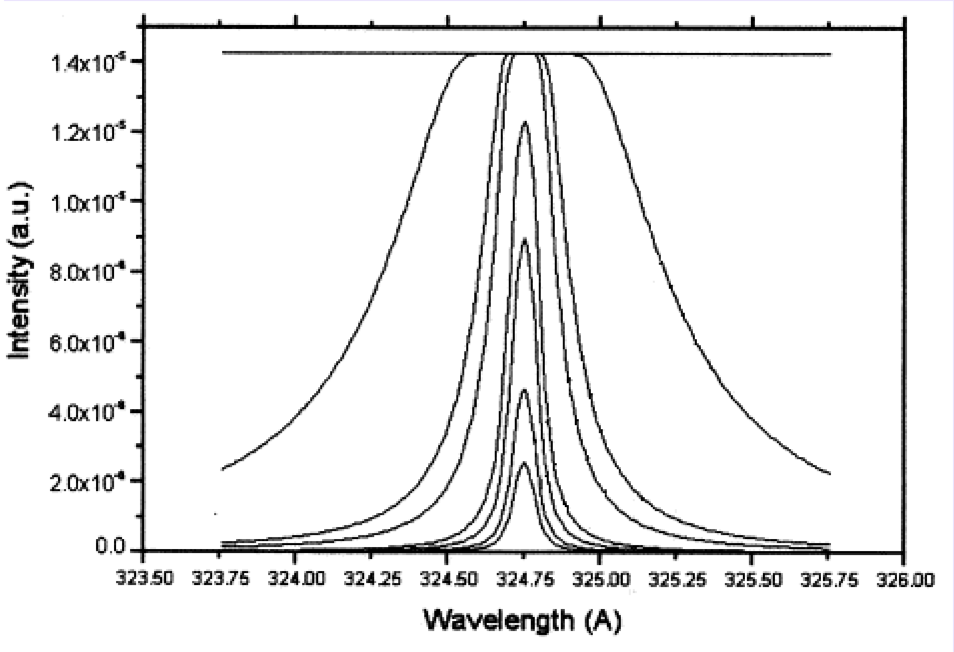
- *Químico (A+B ⟺ AB)*
  → *equação de Saha (ionização)*

- ~~*Radiação (corpo negro)*~~
  ~~→ *equação de Planck*~~



AUTO-ABSORÇÃO





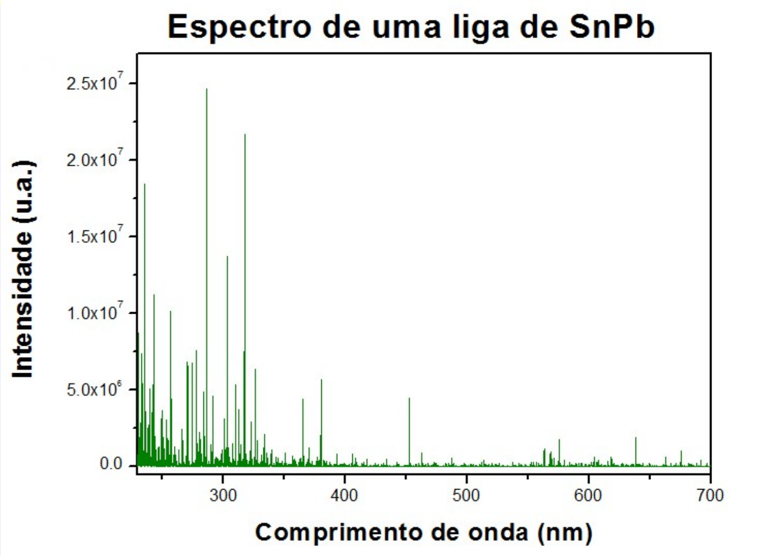
Bulajic D et al, Spectrochimica Acta Part B 57 (2002) 339

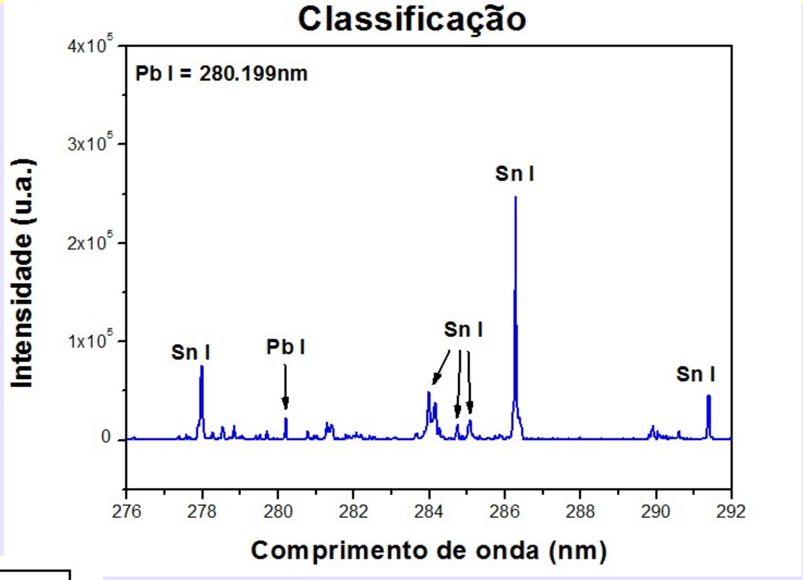
$$I(\nu,l)=\frac{8\pi hc}{\lambda_{ij}^3}\frac{n_i}{n_j}\frac{g_i}{g_j}\frac{(1-e^{-\kappa(\nu)l})}{(1-g_i n_i/g_j n_j)}$$

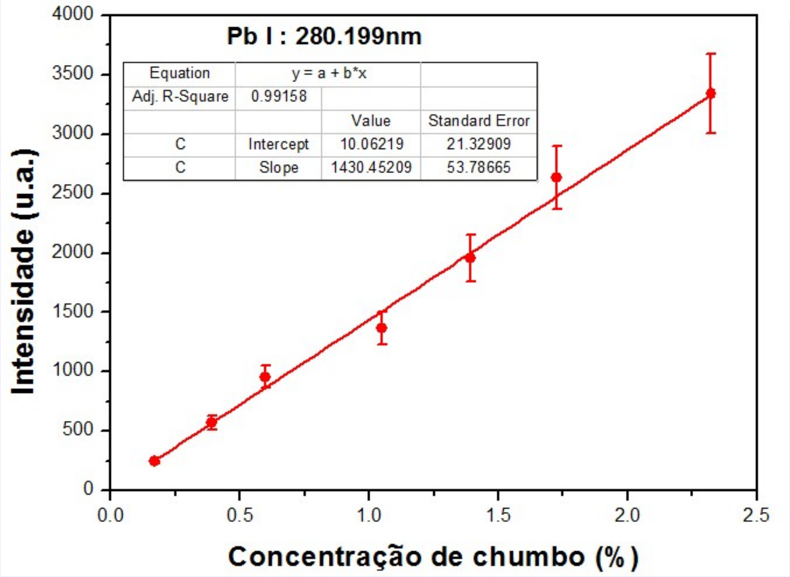
$\kappa(\nu)l \ll 1 \Rightarrow I(\nu,l)=h\nu_{ij}A_{ij}n_i g(\nu)l\frac{d\Omega}{4\pi}$

$\kappa(\nu)l \gg 1 \Rightarrow I(\nu,l)=\frac{8\pi h\nu^3}{c^2}\frac{1}{e^{h\nu/k_B T}-1}$

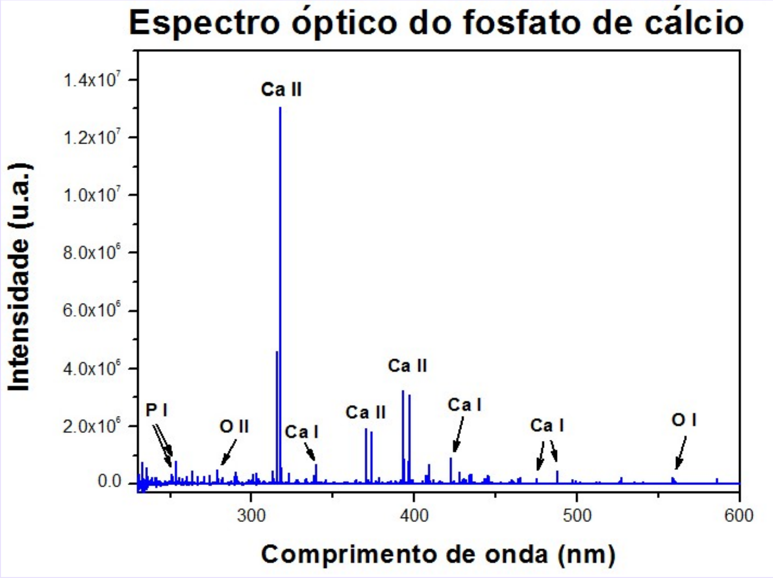
CURVA DE CALIBRAÇÃO

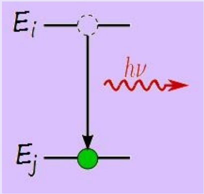






CF-LIBS

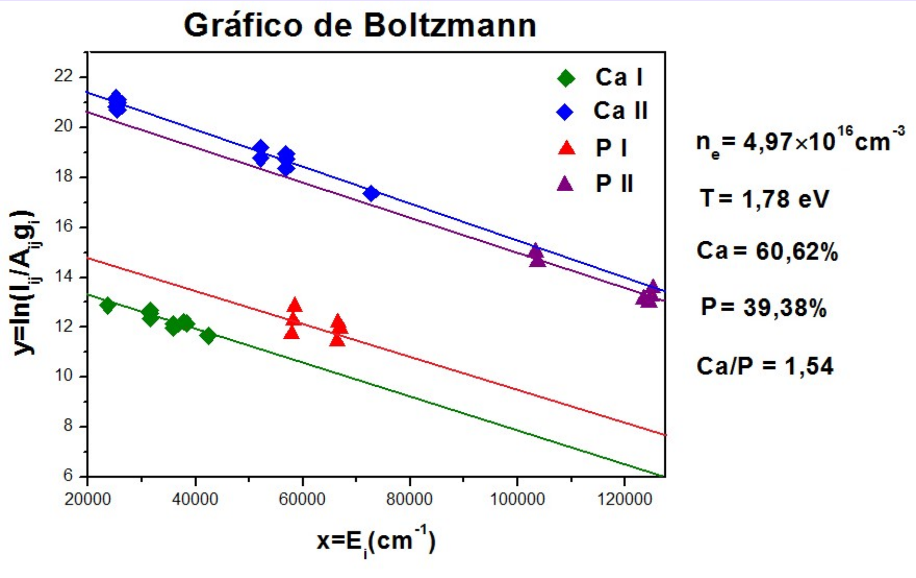




$$I_{ij}=FC_sA_{ij}g_i\frac{e^{-(E_i/K_BT)}}{Qs(T)}$$

$$y=ax+b$$

$$\ln\frac{I_{ij}}{g_iA_{ij}}=-\frac{1}{K_BT}E_i+\ln\frac{C_sF}{Q_s(T)}$$



$$C_s=\frac{Q_s(T)}{F}e^{b_s}$$

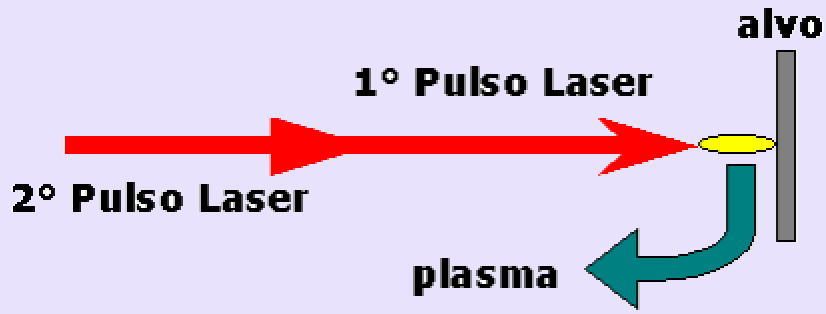
$$\sum C_s=\frac{1}{F}\sum Q_s(T)e^{b_s}=100$$

$$C_M^T=C_M^{(I)}+C_M^{(II)}$$

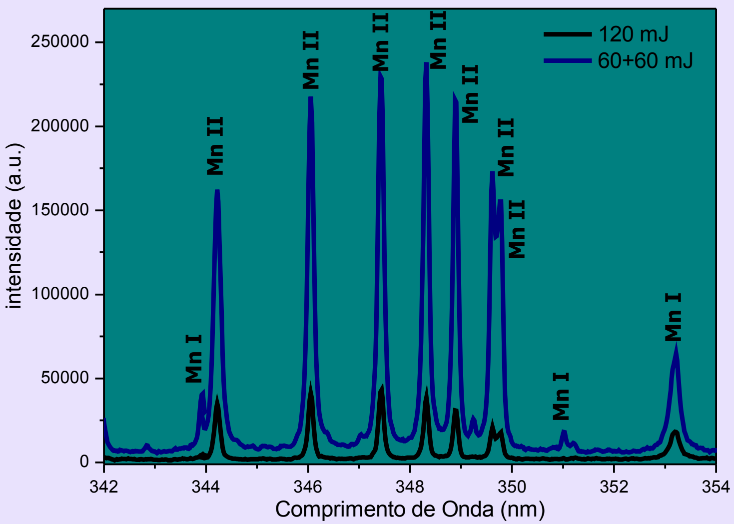
INSTITUTO DE FÍSICA

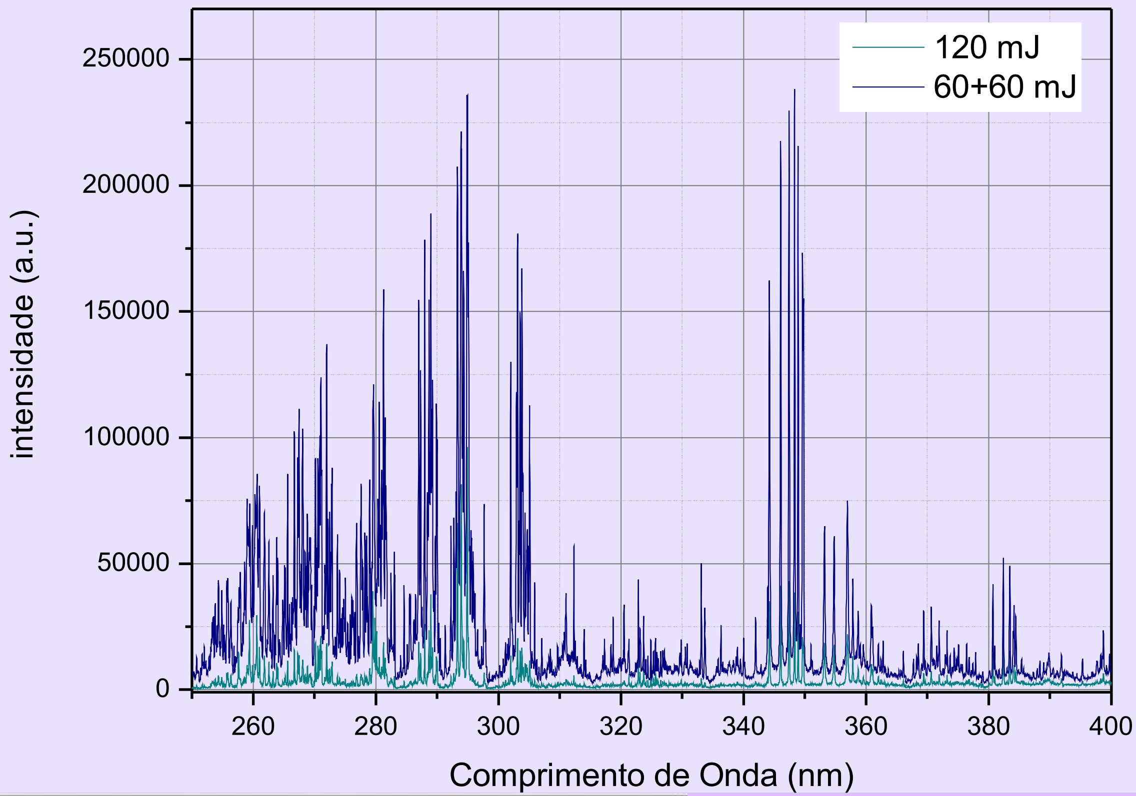
Universidade Federal Fluminense

DP-LIBS



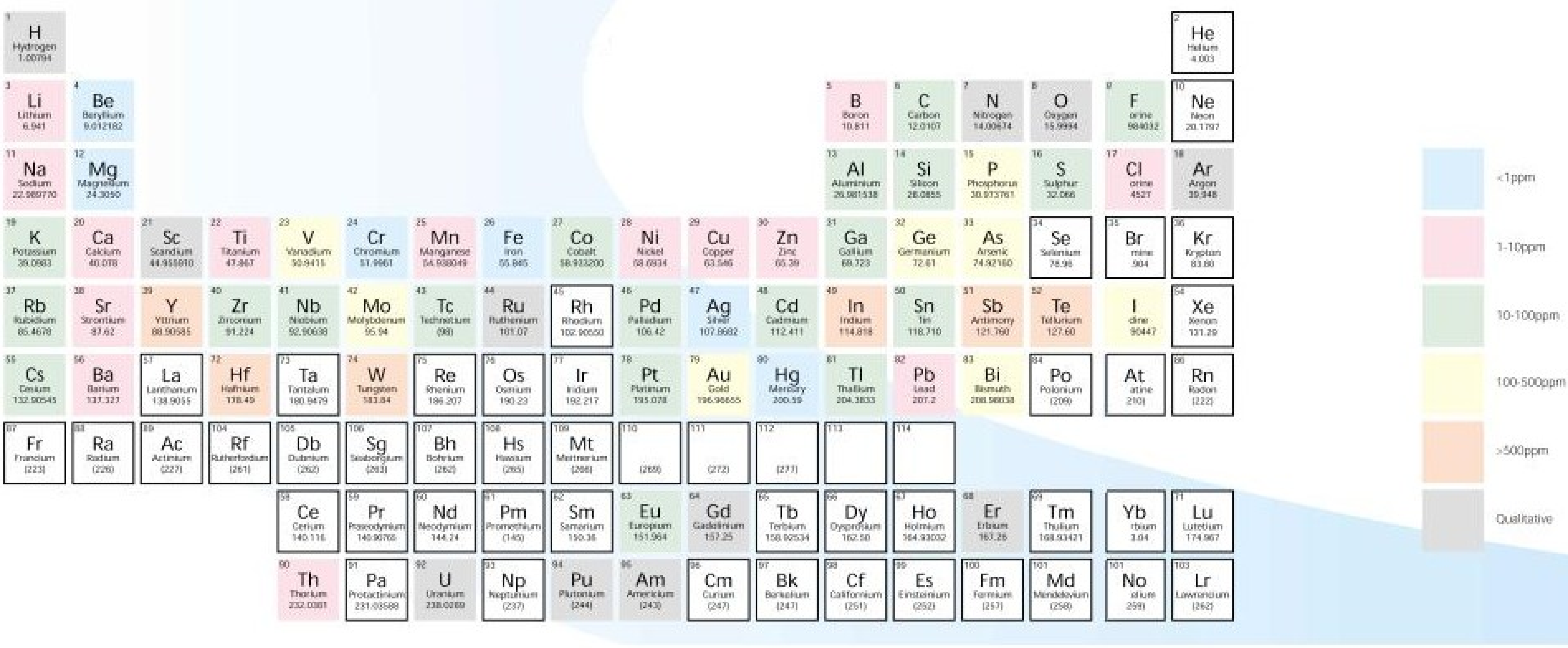
Tempo de retardo: 2μs
Tempo de aquisição: 500ns





Instituto de Física
Universidade Federal Fluminense

LIMITE DE DETECÇÃO



FIM

MUITO OBRIGADO POR SUA ATENÇÃO !

Niterói

INSTITUTO DE FÍSICA
Universidade Federal Fluminense