



IEVFITA

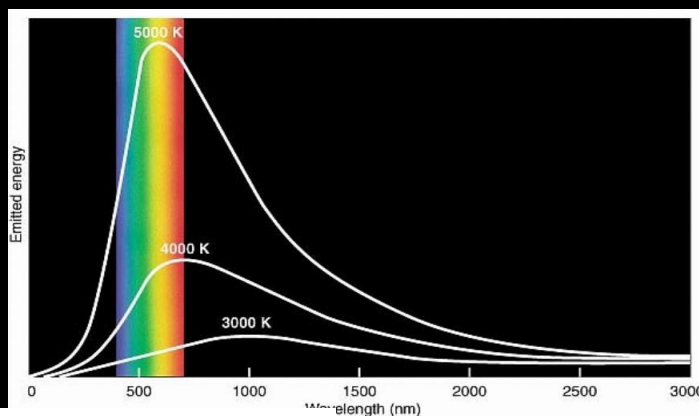
Óptica Quântica

Nicolau A.S. Rodrigues
Instituto de Estudos Avançados – IEAv

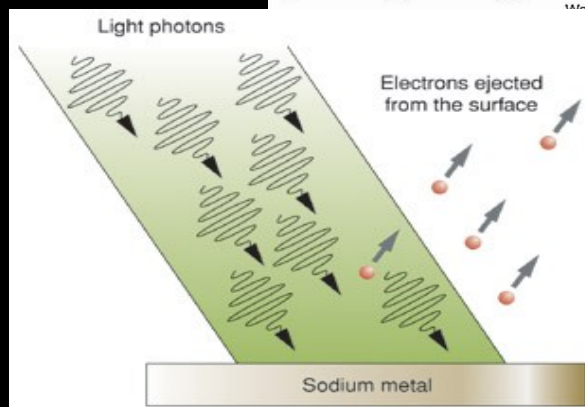


Primórdios da Quântica

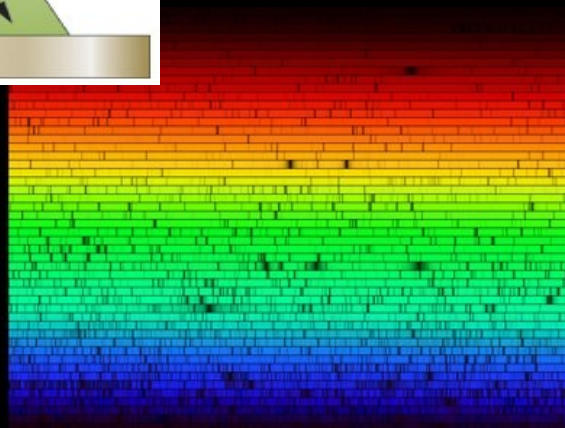
Radiação de Corpo Negro



Efeito Fotoelétrico



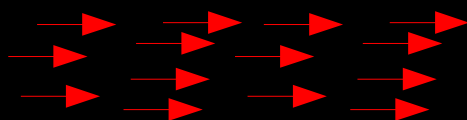
Espectro Solar



Fenômenos

Ópticos

Interação radiação-matéria



Quantização da luz

A luz é formada por “glóbulos” com energia $E = h\nu$ cada um, onde ν é a frequência da luz e $h = 6,6 \times 10^{-34}$ J s é a constante de Planck.



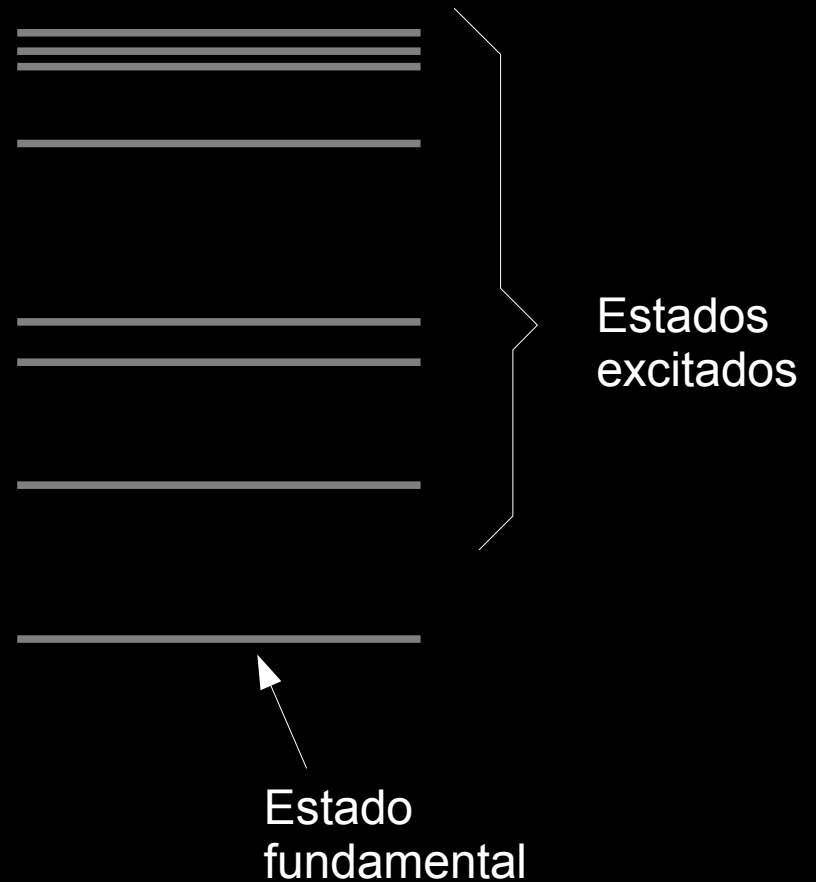
Quantização da matéria

Cada sistema microscópico possui um conjunto muito bem definido de níveis de energia. Só há um conjunto de níveis possíveis para cada sistema em particular.

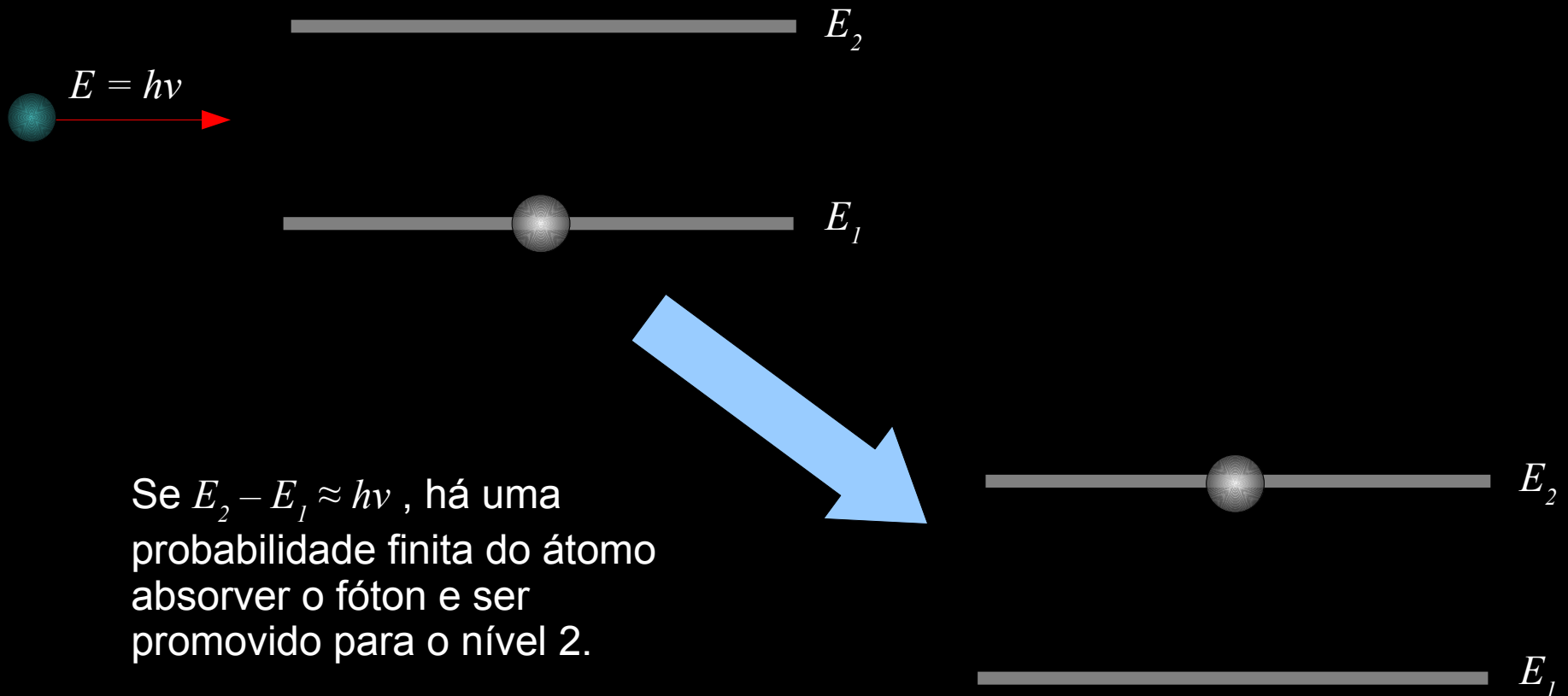
Representação por níveis de energia



Os estados possíveis de uma dada partícula são representados pelos níveis de energia correspondentes.



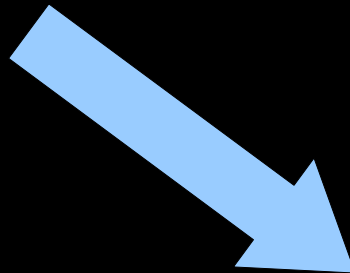
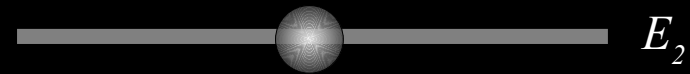
Absorção de radiação



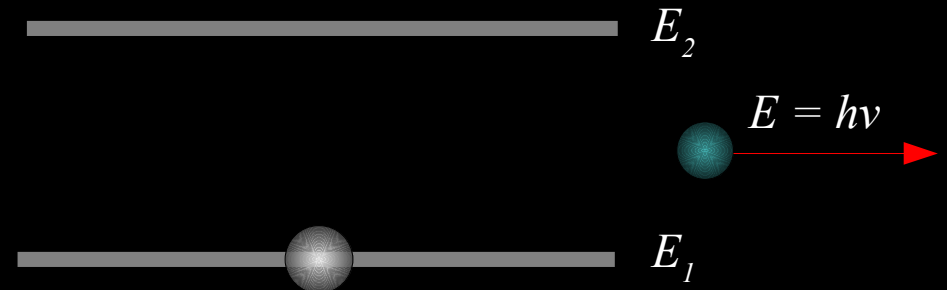
Se $E_2 - E_1 \approx h\nu$, há uma probabilidade finita do átomo absorver o fóton e ser promovido para o nível 2.

==> Daí as “raias negras” no espectro solar!

Emissão espontânea



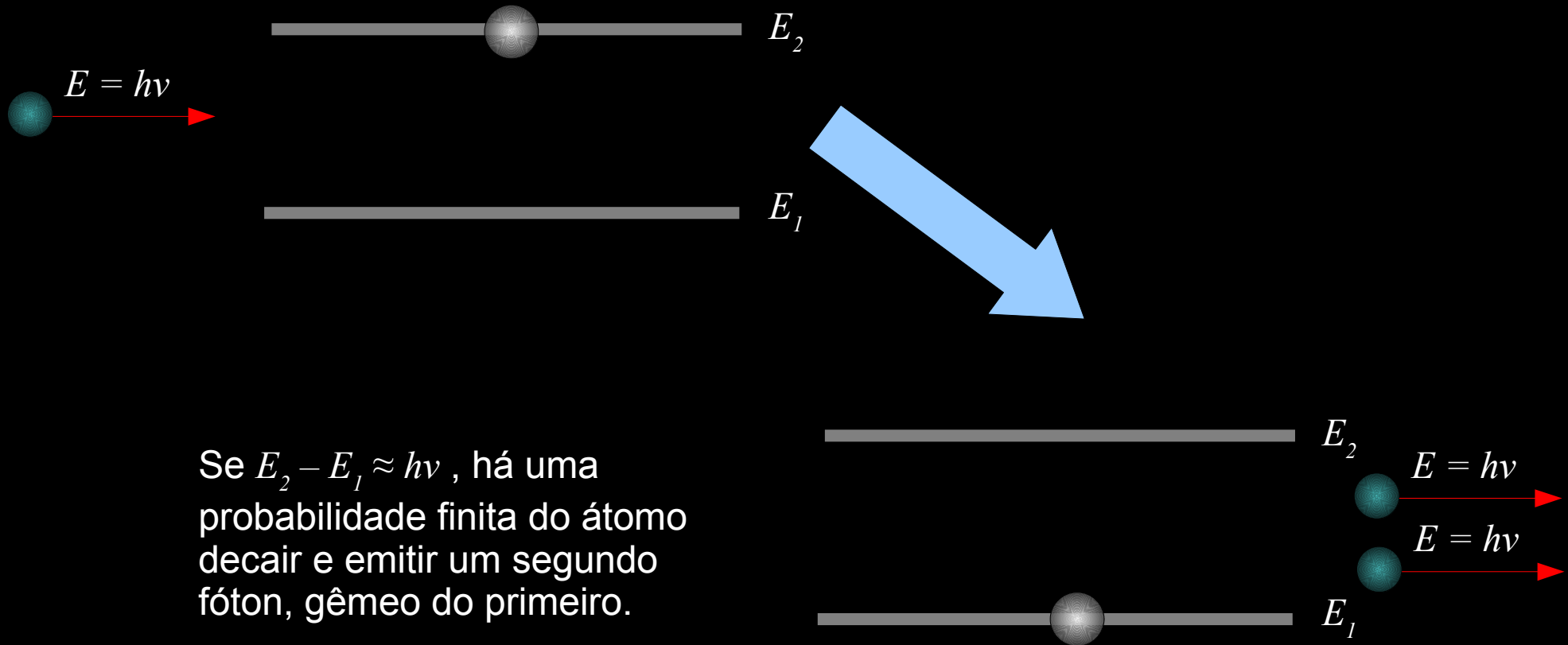
Há uma probabilidade finita do átomo decair para o nível 1 e emitir um fóton com energia $E = E_2 - E_1 = h\nu$,



==> Daí os espectros de emissão característicos de cada substância!

Emissão Estimulada

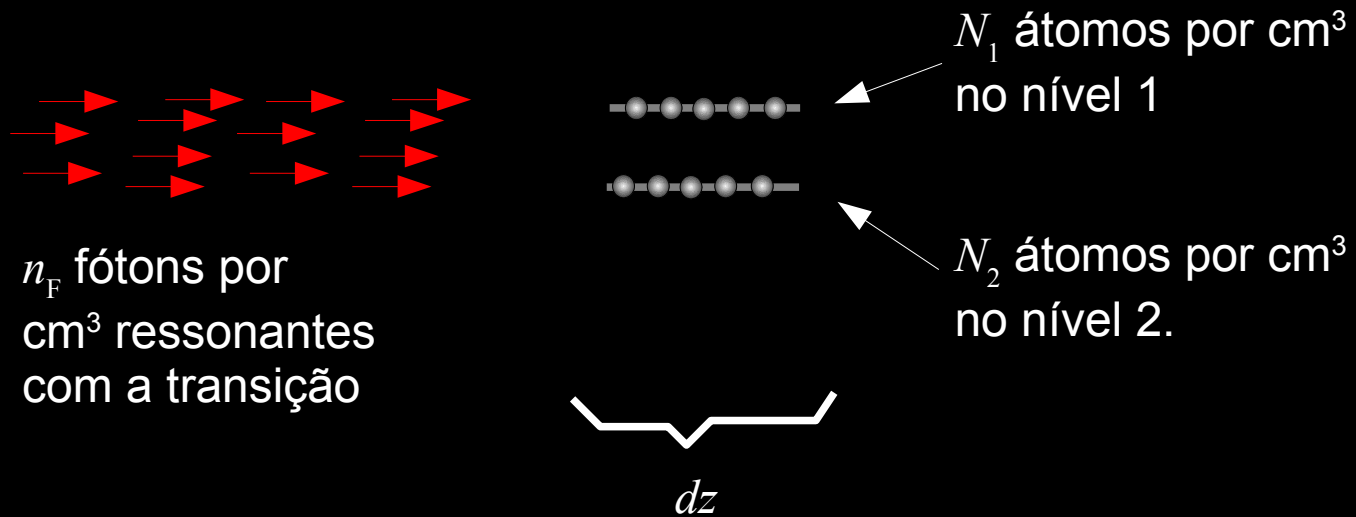
Einsten, 1917.



Se $E_2 - E_1 \approx h\nu$, há uma probabilidade finita do átomo decair e emitir um segundo fóton, gêmeo do primeiro.

==> Daí o Laser !!!???

Em um sistema macroscópico...

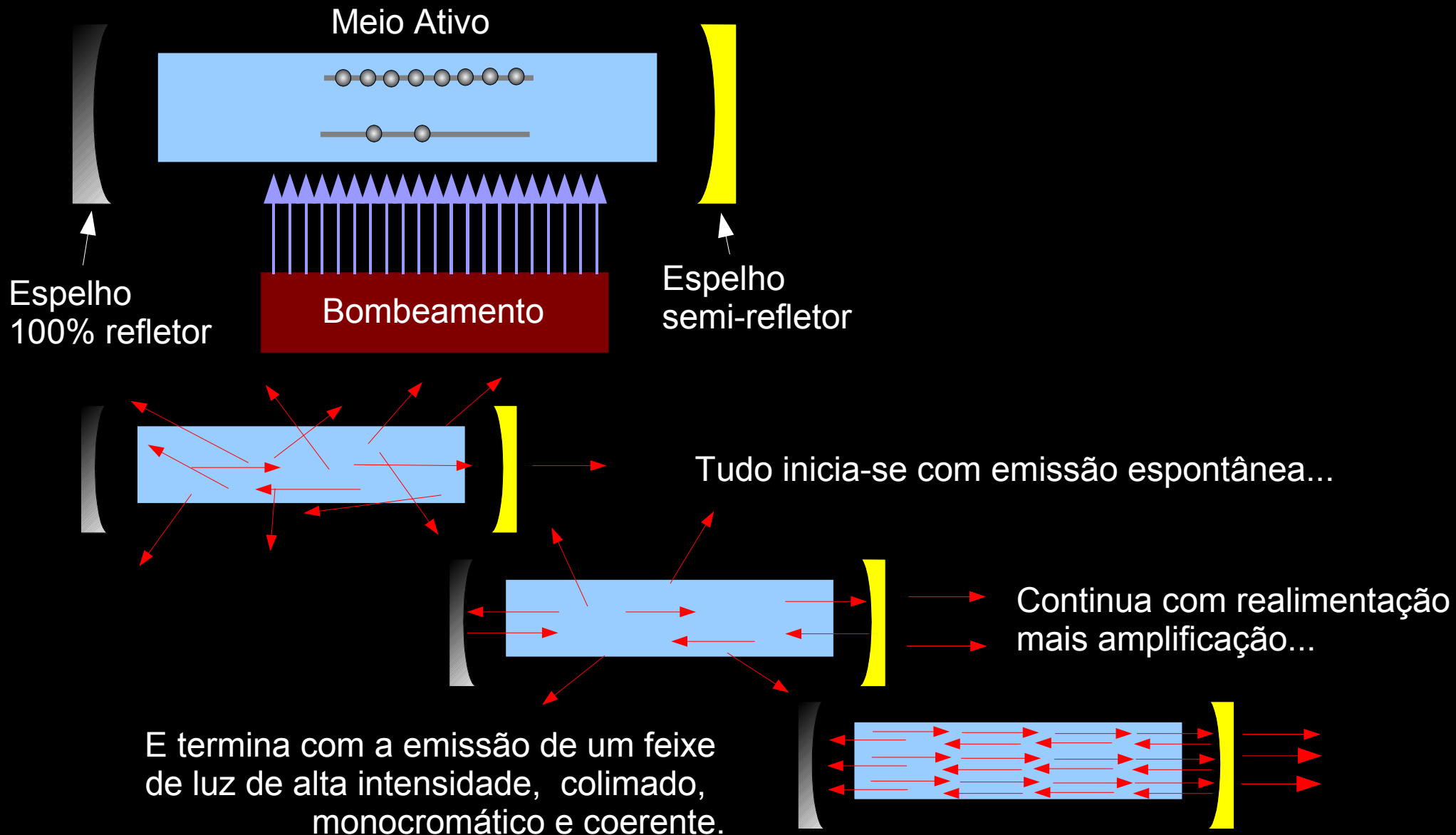


$$n_F = n_{F0} + B n_F (N_2 - N_1) dz$$

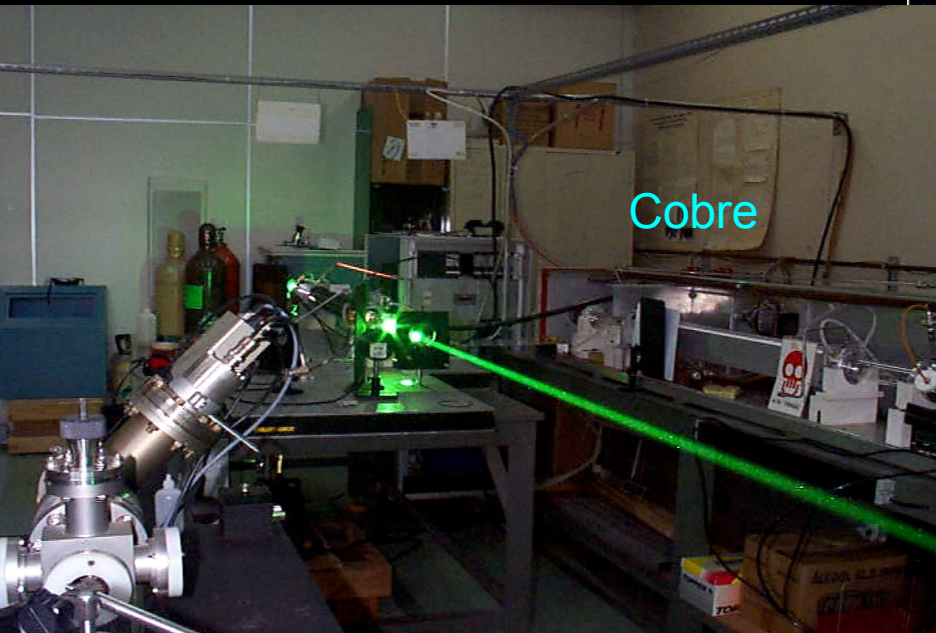
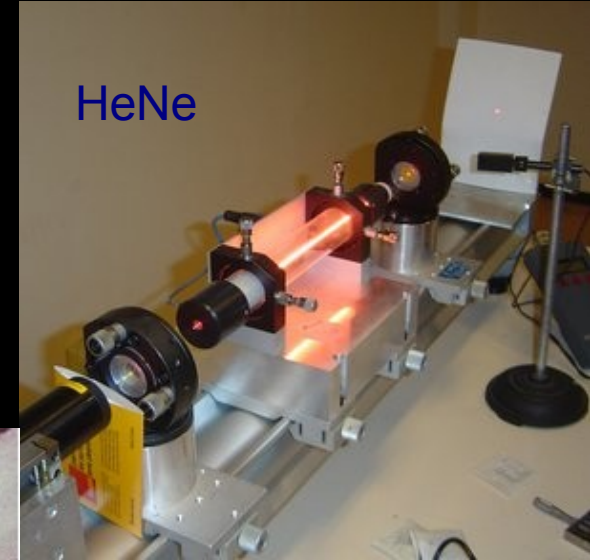
Se $N_2 < N_1$, absorção

Se $N_2 > N_1$, amplificação.

A idéia LASER.



Tipos de lasers

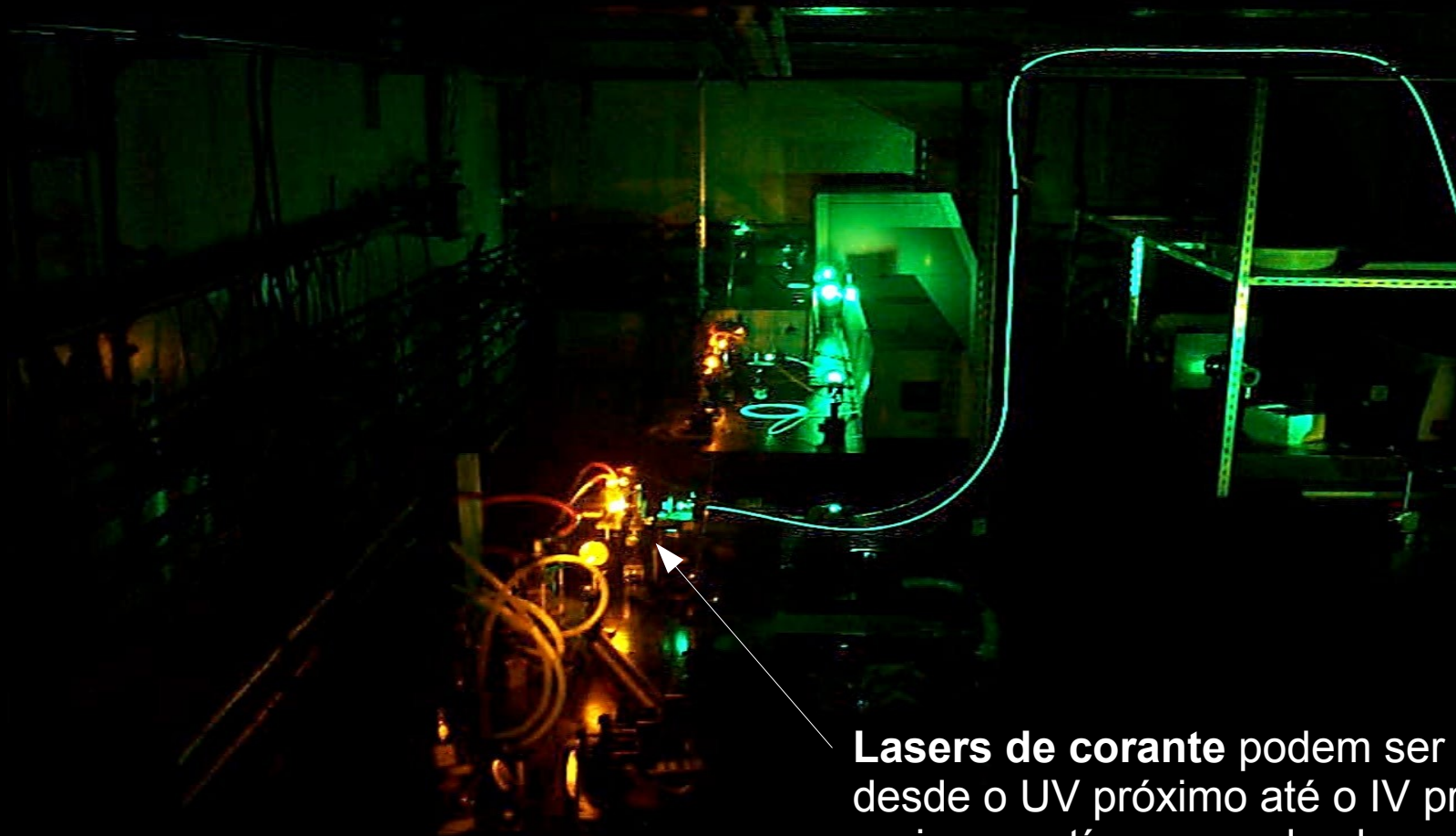


Com o laser inicia-se de fato a Óptica Quântica

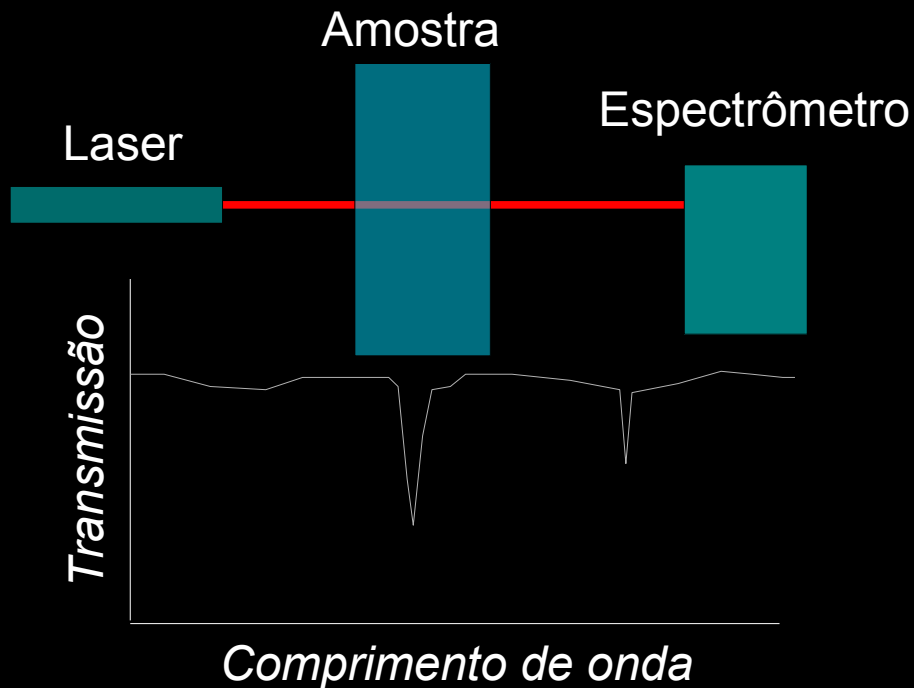
- Campos elétricos comparáveis com o campo de interação elétron-núcleo no átomos.
- Densidades espectrais elevadas.
- Pequenas larguras de linha
- Pulsos curtos
- Densidades de potência altas

- óptica não linear
- monitoramento ambiental
- aprisionamento de átomos
- “squeezed states”;
- sensores ópticos;
- **espectroscopia a laser**
- **separação isotópica**
- **ablação a laser**
- **espalhamentos estimulados**
- **terapias fotodinâmicas**
- **processamento de materiais**
-

Espectroscopia a laser

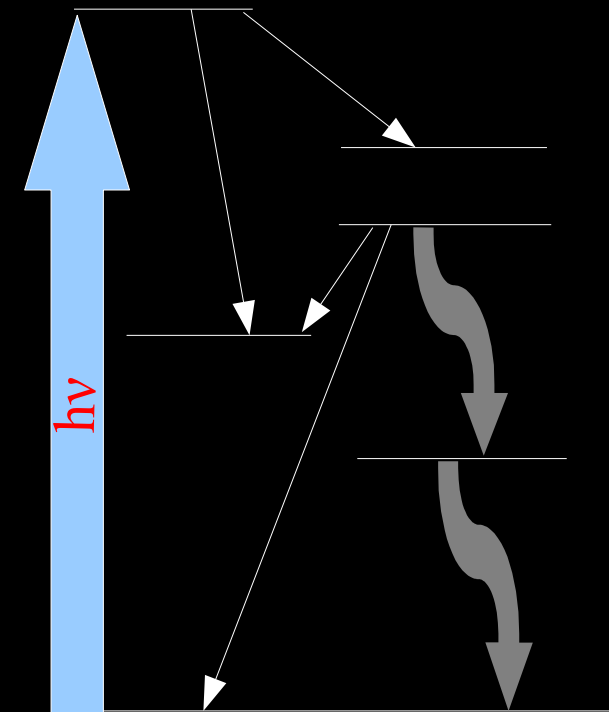
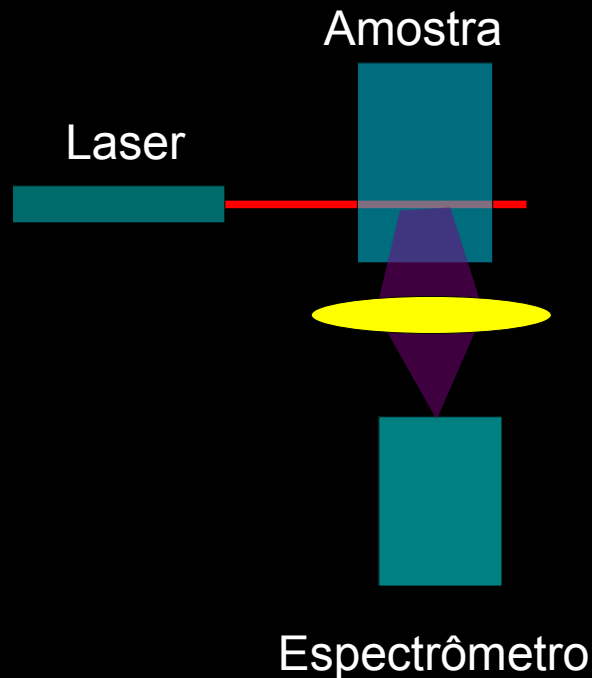


Lasers de corante podem ser sintonizados desde o UV próximo até o IV próximo, em regime contínuo ou pulsado, com larguras de linha “ajustáveis”.

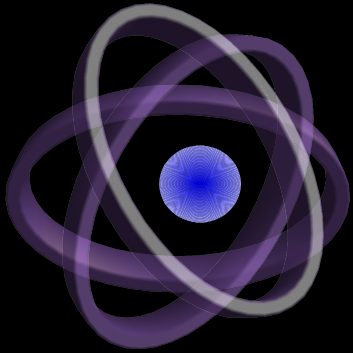


- Medindo-se a transmissão de feixes de lasers em função do comprimento de onda pode-se medir propriedades microscópicas dos materiais

- Materiais excitados por feixes de laser, ao decair, emitem radiação que fornecem informações sobre níveis excitados, tempos de vida, rotas de relaxação, etc...

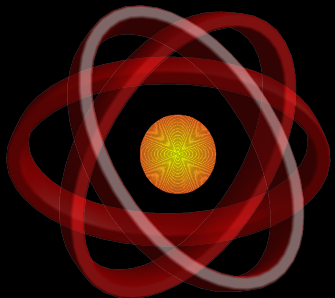
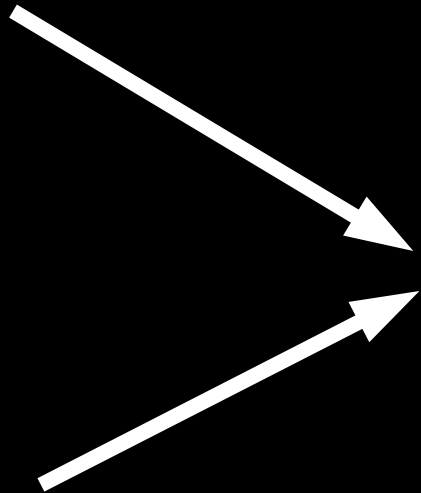


Separação isotópica



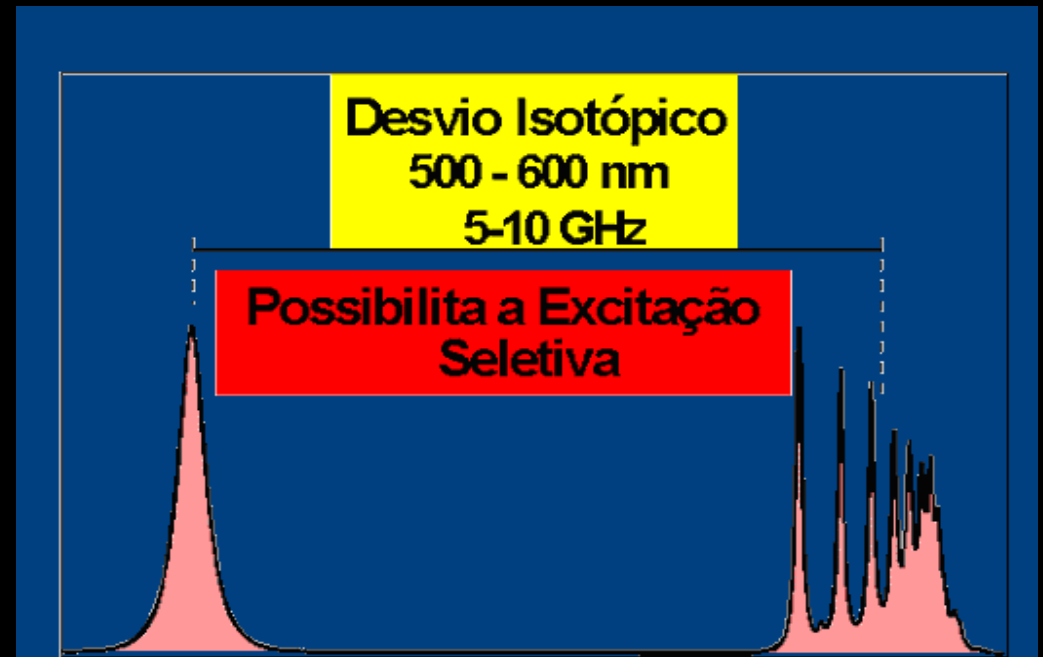
^{238}U

- 92 prótons;
- 146 neutrons;
- spin nuclear = 0

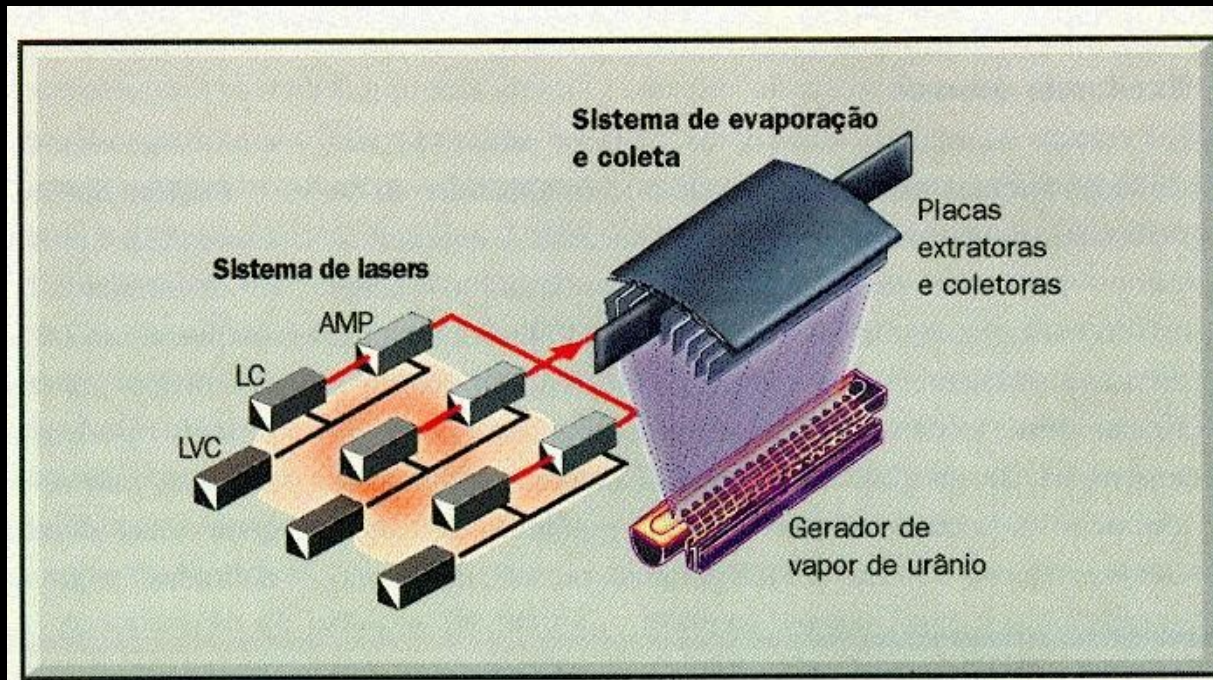
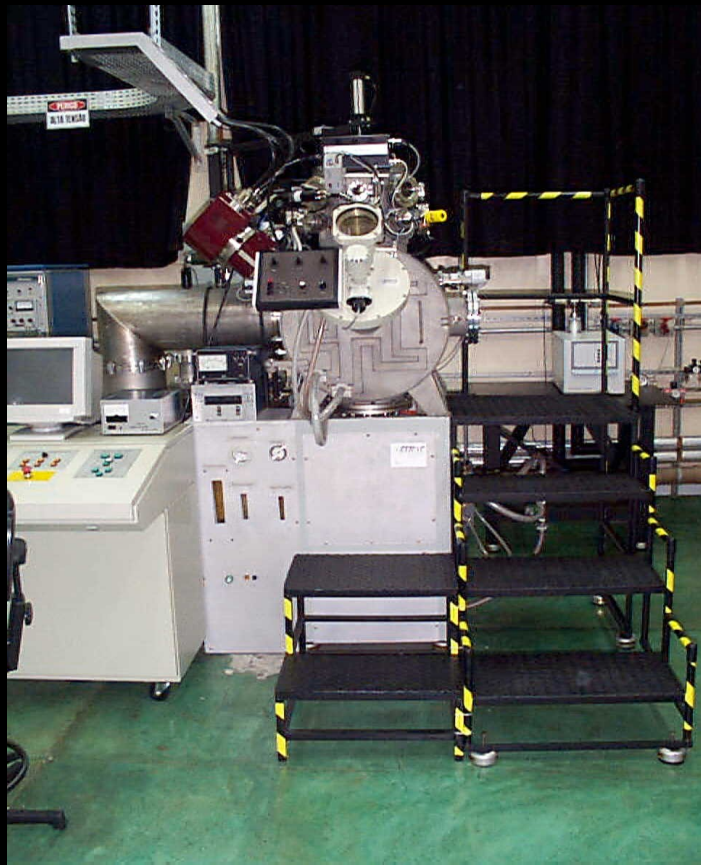
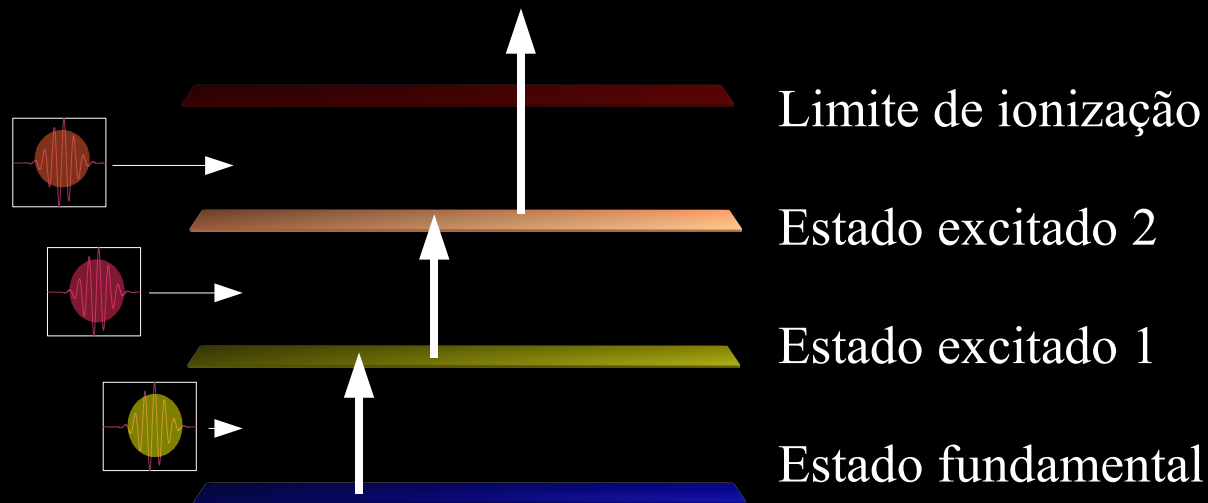


^{235}U

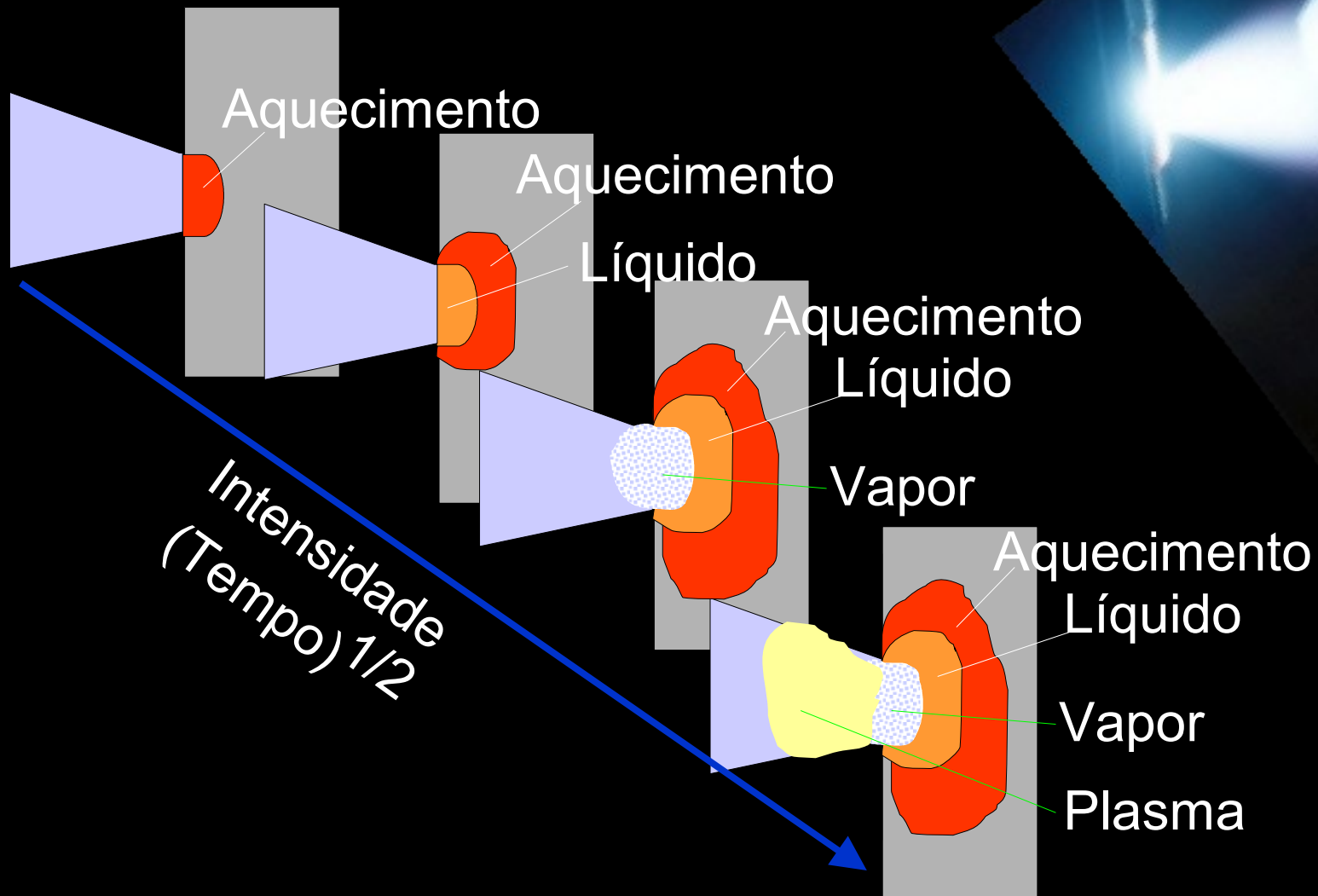
- 92 prótons;
- 143 neutrons;
- spin nuclear = $7/2$
- fissil!

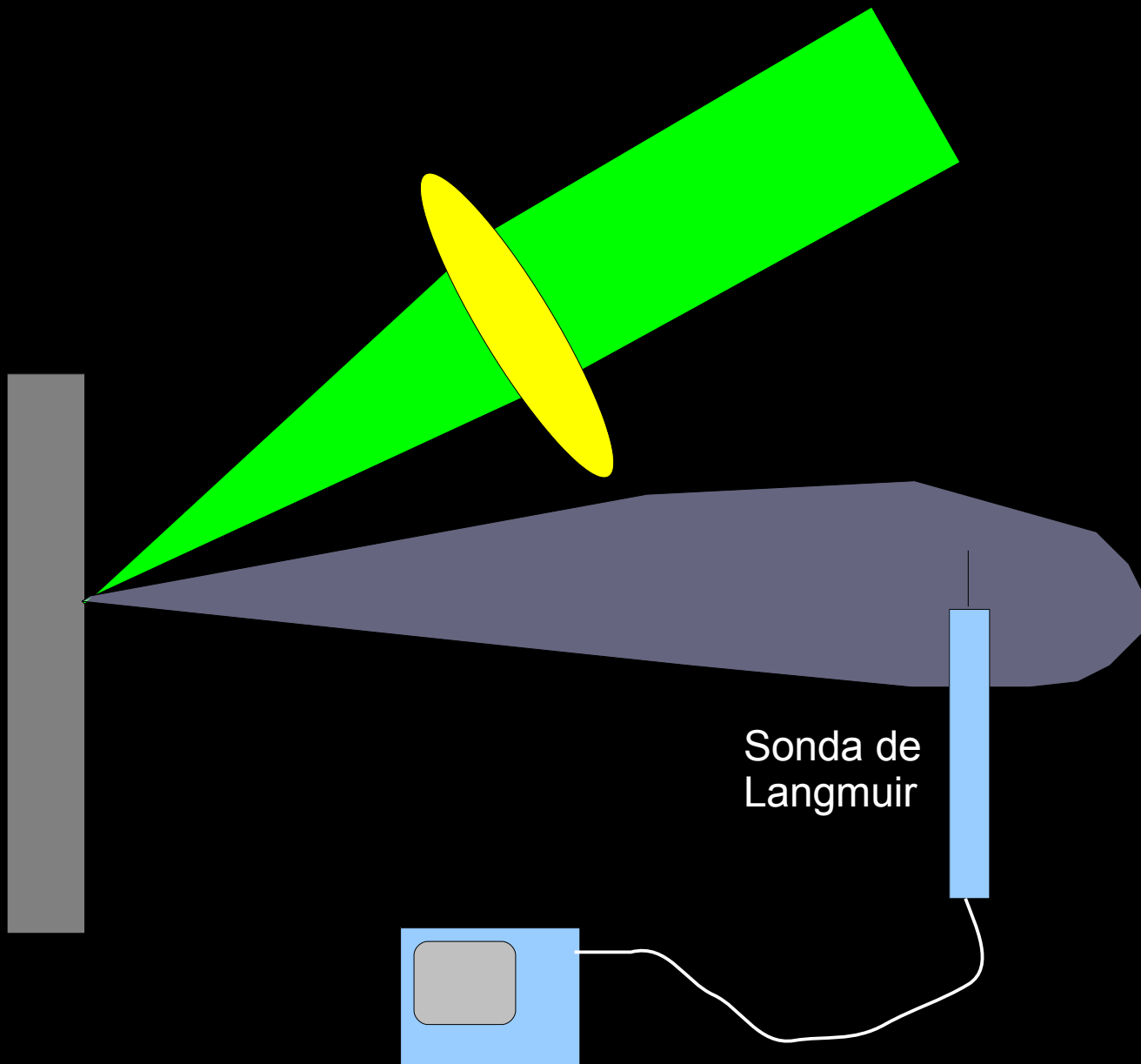


Fotoionização a múltiplos passos



Ablação a laser





Alvo – tungstênio
Feixe basicamente
monoatômico, uma
vez ionizado.

$$n_e \sim 10^9 \text{ cm}^{-3}$$

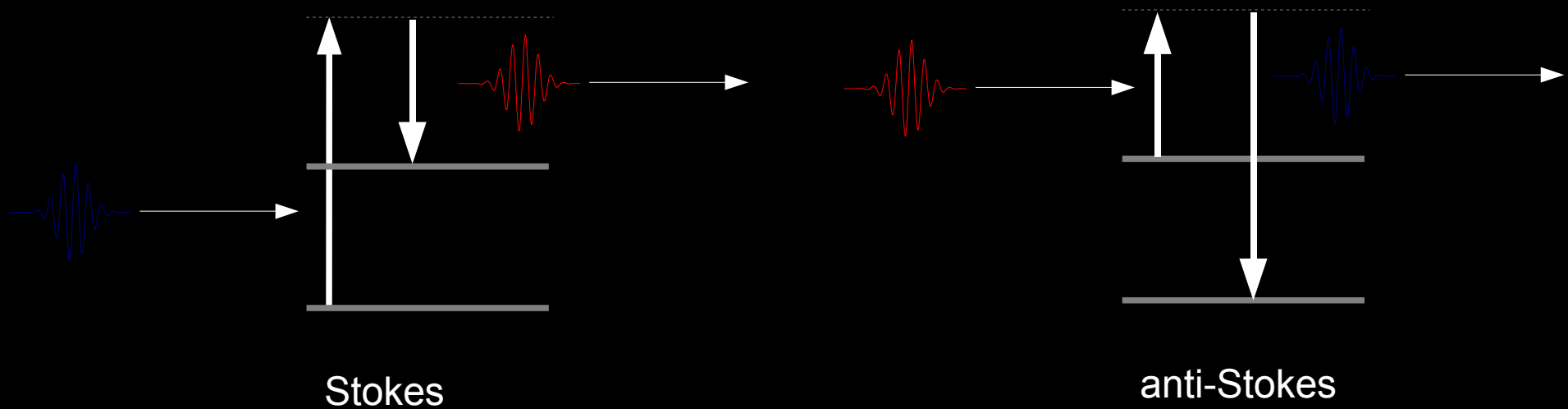
$$n_i \sim 3 \times 10^9 \text{ cm}^{-3}$$

$$T_e \sim 30 \text{ eV}$$

$$v_D \sim 5 \text{ km/s}$$

$$T_T \sim 90.000 \text{ K}$$

Espalhamento estimulado



Ex: Laser de para-H₂
Bombeamento com
laser de CO₂ ($\lambda = 10,6 \mu\text{m}$)
emissão em $\lambda = 16 \mu\text{m}$



Terapia Fotodinâmica



Hemangioma tratado com laser de cobre.

Processamento de materiais

