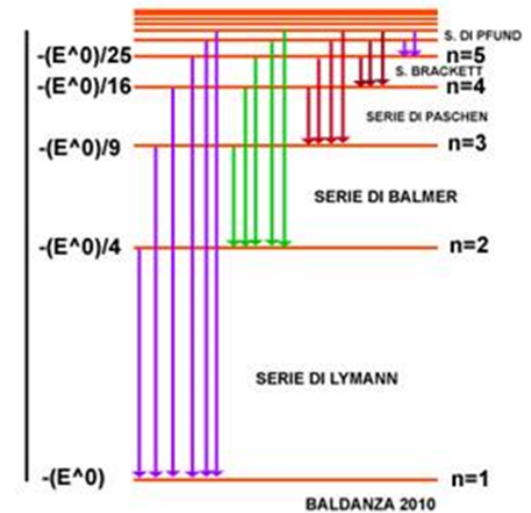
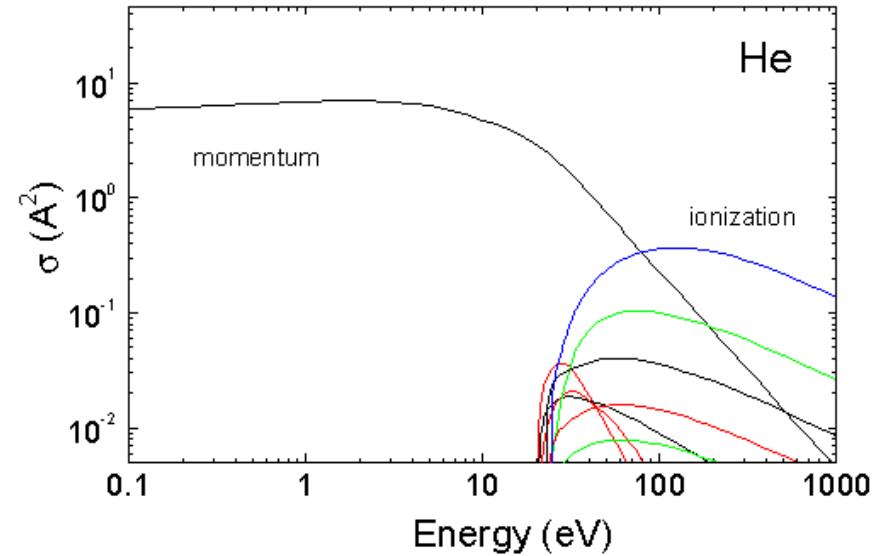
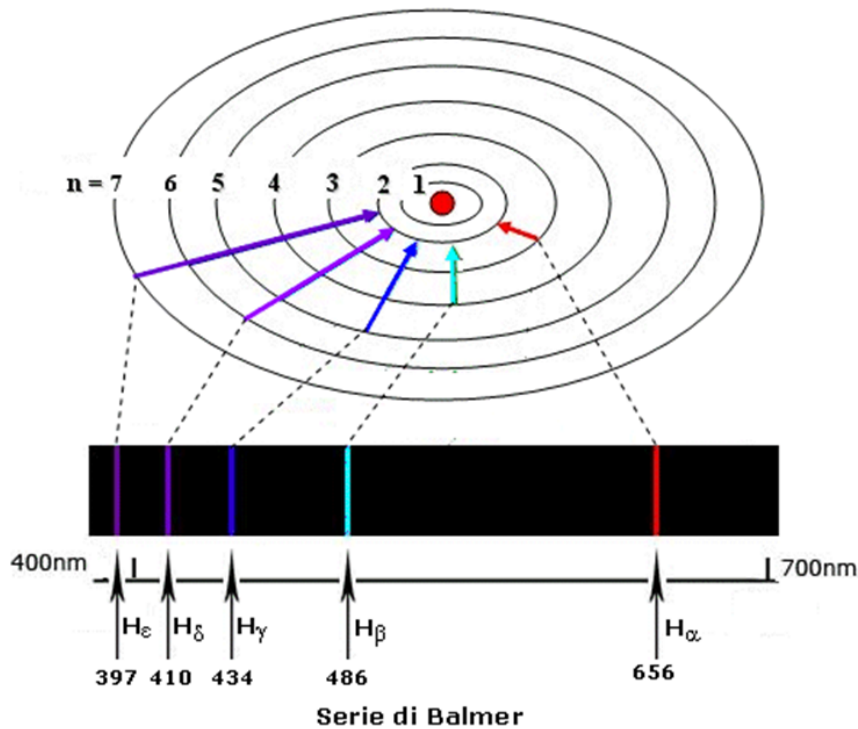
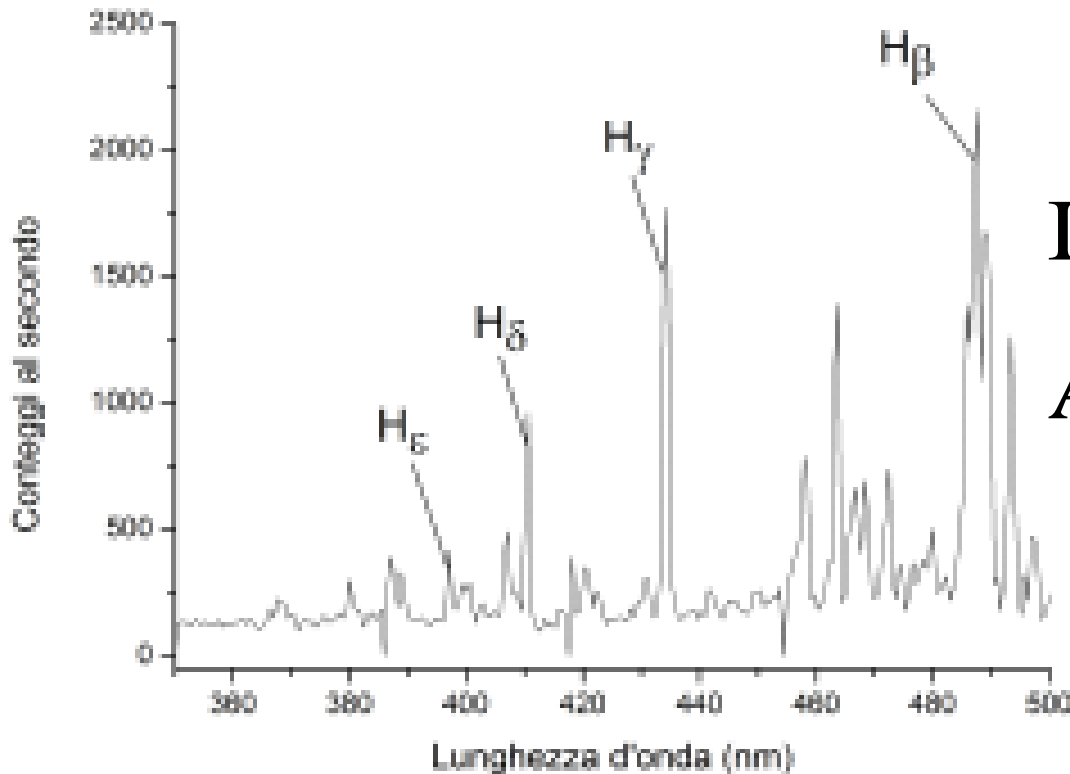


# Spettroscopia di emissione (OES) nei plasmi freddi magnetizzati

Electron impact excitation  
Radiative decay (UV-Vis)



# Spettroscopia di emissione (OES)



$$I \propto \frac{dN[H^*]}{dt} = A_{H^* \rightarrow H^{**}} \cdot N[H^*]$$

**I(t)** è una variabile  
(statistica)  
perché funzione delle  
fluttuazioni di plasma  
(come Isat o Vfloat)

Nome linea	Transizione	$\lambda$ misurata (nm)	$\lambda$ tabulata (nm)
H <sub>α</sub>	3→2	656,173	656,285
H <sub>β</sub>	4→2	487,589	486,133
H <sub>γ</sub>	5→2	433,964	434,047
H <sub>δ</sub>	6→2	410,551	410,174
H <sub>ε</sub>	7→2	397,063	397,007
H <sub>ζ</sub>	8→2	388,843	388,906

# Spettroscopia di emissione

## Serie di Paschen:

$H_\alpha/H_\beta/H_\gamma/H_\delta/H_\epsilon \dots$

$$I_{Hn} = A \cdot N_{H^*}$$

$$dN_{H^*}/dt \approx 0 \Rightarrow A \cdot N_{H^*} \approx K(T_e) \cdot N_e \cdot N_H$$

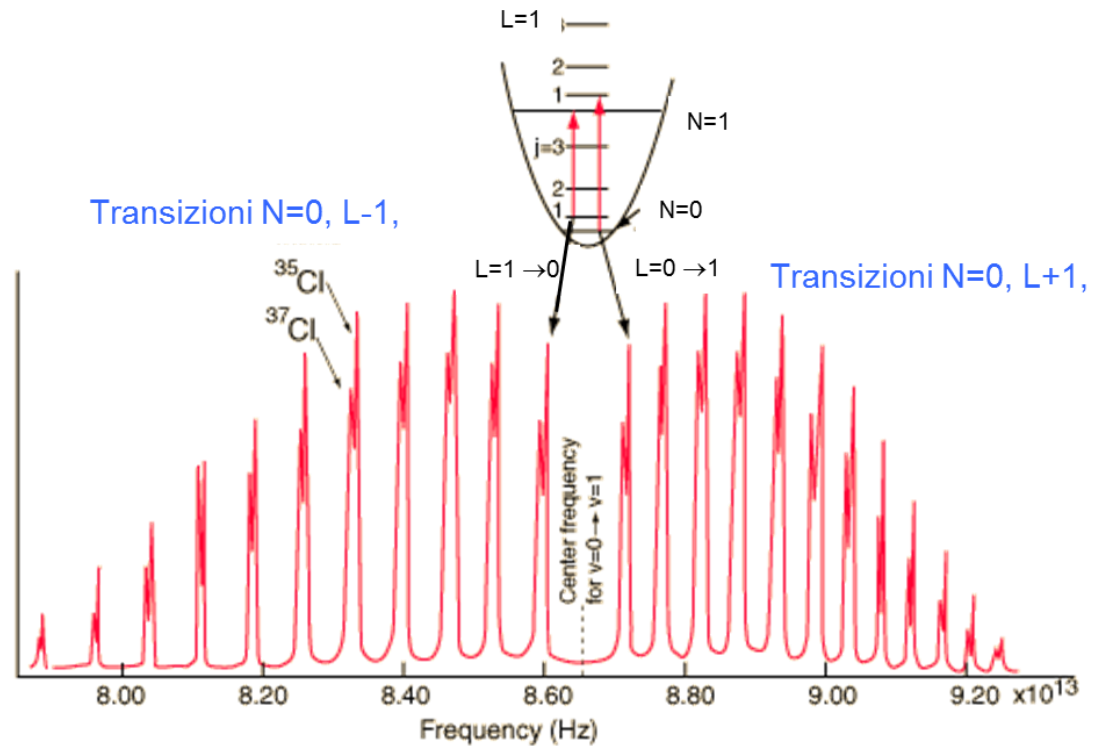
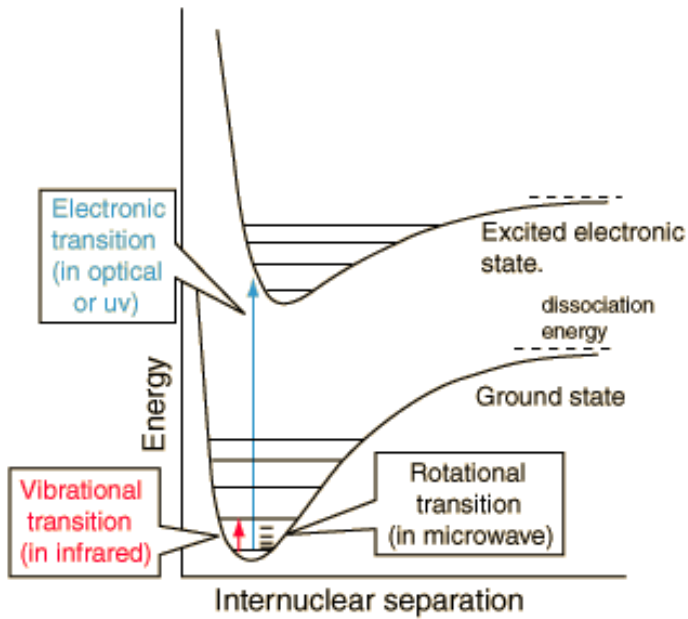
$$N_H \approx K'(T_e) \cdot N_e \cdot P$$

$$I_{Hn} \approx F(T_e) \cdot P \cdot N_e^2$$

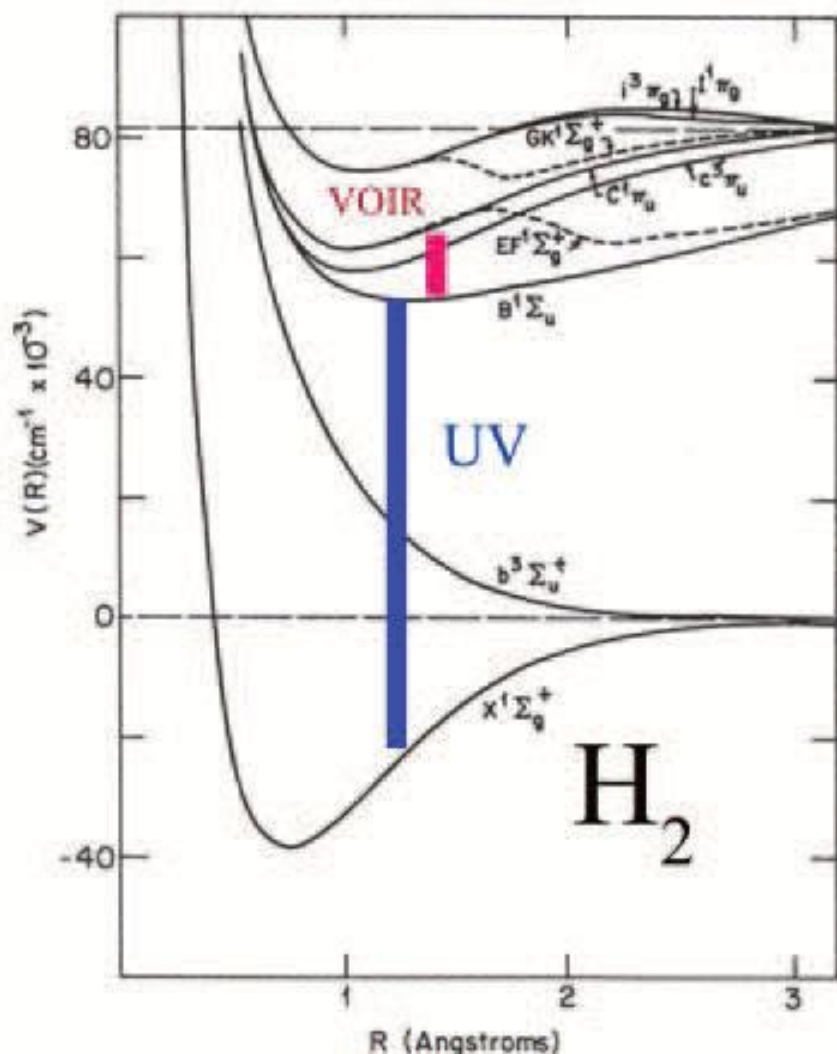
$$I_{Hn} / I_{Hm} \approx F1(T_e) / F2(T_e)$$

# SPETTRI MOLECOLARI

## Struttura ROTO-VIBRAZIONALE



# Spettroscopia di emissione



H<sub>2</sub> singlet/triplet series:

H<sub>2</sub>s: 463/493 nm (3D)/  
458 nm (3E)

H<sub>2</sub>t: 602/613/  
623/633 nm (3c)

$\Rightarrow N_H/N_{H_2} ; T_{vibr}$

$$N_{H_2(3c,v)} \approx K(T_e) \cdot P \cdot N_e$$

$$I_{H_2(3c,v=n)} / I_{H_2(3c,0)} \approx \exp(-n \Delta E / (T_{vibr}))$$

# Spettroscopia di emissione

Modello collisionale radiativo:

$$\frac{dn_i}{dt} = n_e n_{gs} k_{gs,i}(T_e) + \sum_{ms=2S^1, 2S^3} n_e n_{ms} k_{ms,i}(T_e) - \sum_j n_i A_{i \rightarrow j}$$

Studio la densità di popolazione di un certo stato  $i$  (quanti atomi eccitati ho per esempio nello stato  $4f$ ).

Aumenta grazie ad eccitazioni per impatto elettronico, proporzionali ai rate di eccitazione  $k(T_e)$ , dalla densità di elettroni liberi nel plasma ( $n_e$ ) e dalla densità di atomi in configurazione di ground state o metastabile ( $gs$  e  $ms$ )

$$k = \sqrt{\frac{8}{\pi m (kT)^3}} \int_0^\infty \sigma(E) E e^{-\frac{E}{kT}} dE$$

Diminuisce con le diseccitazione spontanee regolate dai coefficienti di einstein  $A$ , che determinano il rate di decadimenti su altri stati  $j$ .  
L'intensità di una riga (che misuro con lo spettrometro) dipende da questo parametro e dalla popolazione dello stato  $i$ esimo

$$I_{i \rightarrow l} = C \frac{n_i A_{i \rightarrow l}}{\lambda_{i \rightarrow l}}$$

# Spettroscopia di emissione

## Modello collisionale radiativo:

Posso supporre di essere in uno stato stazionario in cui la derivata della popolazione di uno stato si annulla e risolvere per la densità elettronica

$$Cn_e = \frac{I_{i \rightarrow l} \lambda_{i \rightarrow l} \frac{\sum_j A_{i \rightarrow j}}{A_{i \rightarrow l}}}{n_{gs} k_{gs,i}(T_e) + \sum_{ms} n_{ms} k_{ms,i}(T_e)}$$

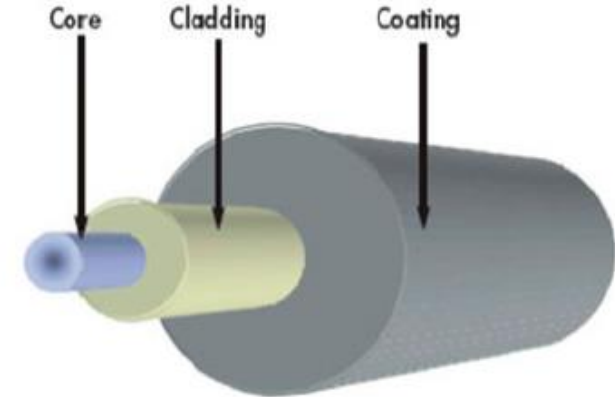
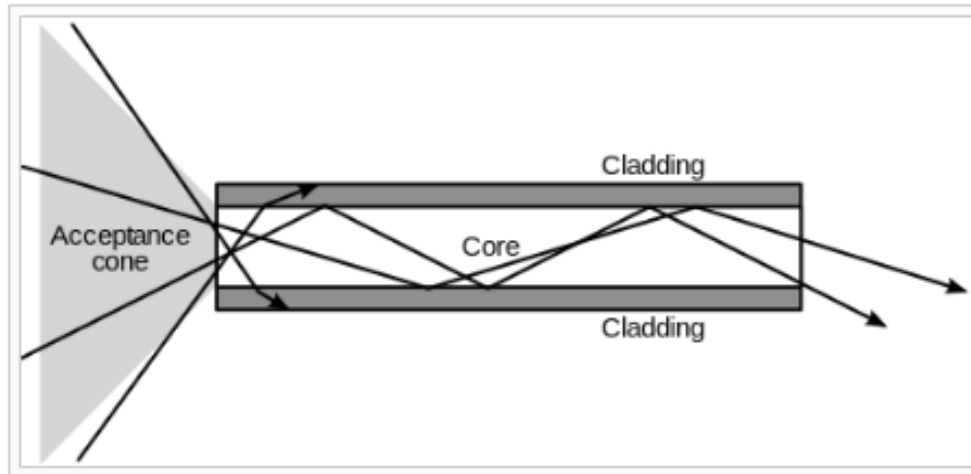
Studiando il rapporto tra due righe posso quindi eliminare il parametro C (che dipende da fattori geometrici sperimentali) e la densità elettronica ottenendo un'espressione tipo

$$1 = R_i(I_{ij}, T_e, n_{gs}, n_{ms}) / R_k(I_{kj}, T_e, n_{gs}, n_{ms})$$

Posso considerare N coppie di righe e risolvere il sistema con un metodo "max likelihood", cercando quindi il minimo di una funzione chiquadro al variare dei parametri  $T_e, n_{gs}, n_{ms}$ , determinando i valori più probabili di temperatura, date le intensità delle righe I.

$$\chi^2 = \sum_{k=1}^N \left( \left( \frac{R_k}{R_{k+1}} - 1 \right)^2 + \left( \frac{R_{k+1}}{R_k} - 1 \right)^2 \right)$$

# Fibre ottiche



	Diameter
Core	9 $\mu\text{m}$ , 50 $\mu\text{m}$ , or 62.5 $\mu\text{m}$
Cladding	125 $\mu\text{m}$
Coating	250 $\mu\text{m}$

Nota: cono d'accettazione è ampio

$$n_1 > n_2$$

Le fibre raccolgono segnale integrato. Bassa risoluzione spaziale (servirebbe una lente, e un sistema ottico per diminuire il cono di vista).

All'opposto, con una sfera integratrice si può raccogliere completamente il segnale.



## Tubi fotomoltiplicatori (PMT)

Perché i rivelatori che si basano sul principio di scintillazione possano funzionare, è necessario che i (pochi) fotoni emessi vengano rivelati da “occhi” sensibilissimi, i TUBI FOTOMOLTIPLICATORI;

Questi strumenti sono sensibili anche al singolo fotone;

Grazie a un meccanismo di moltiplicazione a valanga, l'output di un PMT è un segnale elettrico di ampiezza sufficientemente grande;

Il fotone che incide sul fotocatodo porta all'emissione di un fotoelettrone per effetto fotoelettrico (la probabilità di emissione è detta Quantum Efficiency e dipende dalla lunghezza d'onda del fotone; Q.E. (max)  $\sim 30\%$ );

Il fotoelettrone prodotto viene accelerato da un campo elettrico di qualche centinaio di Volts fra il fotocatodo e il primo dinodo;

Il processo di moltiplicazione a valanga avviene grazie a una serie di 8-10 dinodi posti a una differenza di potenziale 100-150 V l'uno dall'altro;

- Ogni volta che un elettrone arriva su un dinodo, produce  $\delta$  elettroni ( $\delta > 1$ ; tipicamente 3-4) i quali vengono a loro volta accelerati;

