

Università degli studi di Ferrara  
Dipartimento di Fisica

Metodologie ottiche per la diagnostica di fasci  
atomici polarizzati intensi di idrogeno e deuterio

*Luca Barion*



15/07/2005

# Proprietà del protone (attualmente conosciute)

## Caratteristiche:

- Massa  $1.67262158 \times 10^{-27}$  kg (938 MeV/c<sup>2</sup>)
- Carica elettrica +e ( $1.602 \times 10^{-19}$  C)
- Spin  $\frac{1}{2}$
- Eccezionalmente stabile ( $\tau > 10^{32}$  anni)
- Non è puntiforme

## Struttura interna:

- Composto da 3 quark di valenza
- Quarks/anti-quarks del mare
- Forze di colore (gluoni)

**Gli esperimenti di scattering profondamente inelastico (DIS) rivestono grande importanza nello studio della struttura interna del protone**

**Per lo studio delle funzioni di struttura sono necessari bersagli e fasci polarizzati**

**Solidi (alta densità, ma diluiti)**

**Gassosi (bassa densità, ma puri)**

**Idrogeno atomico polarizzato (nucleare)**

Limite è la densità  
(problema della ricombinazione)

Due strade per migliorare:

a) **Bersagli molecolari polarizzati**

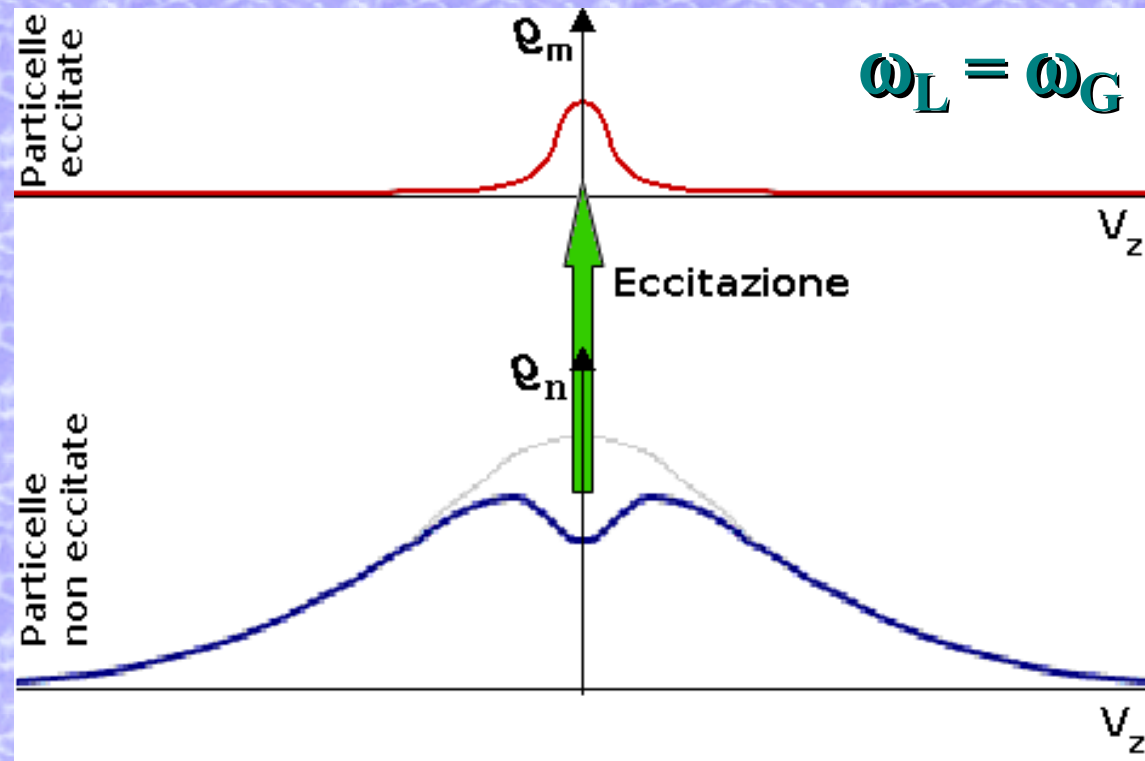
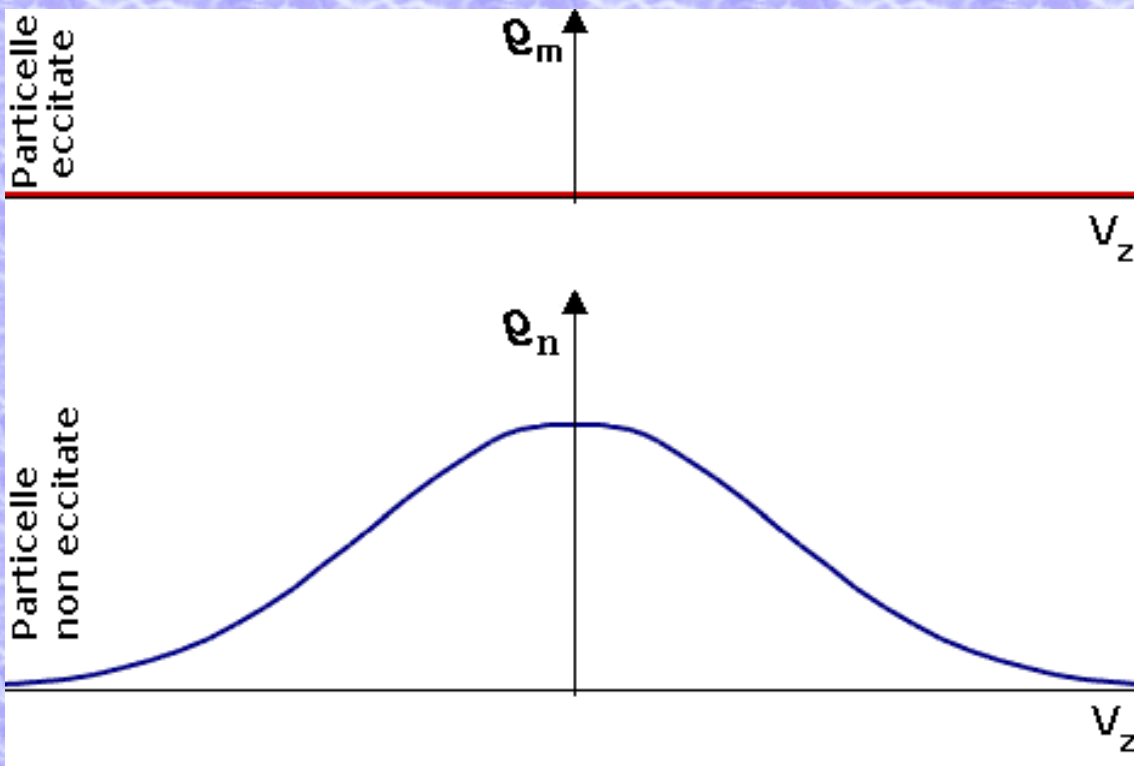
b) **Incrementare la densità, mantenendo  
contenuta la ricombinazione**



- **Light Induced Drift (LID)**
- **Laser a CO<sub>2</sub>**
- **Sistema di diagnostica ottica (OptMon)**

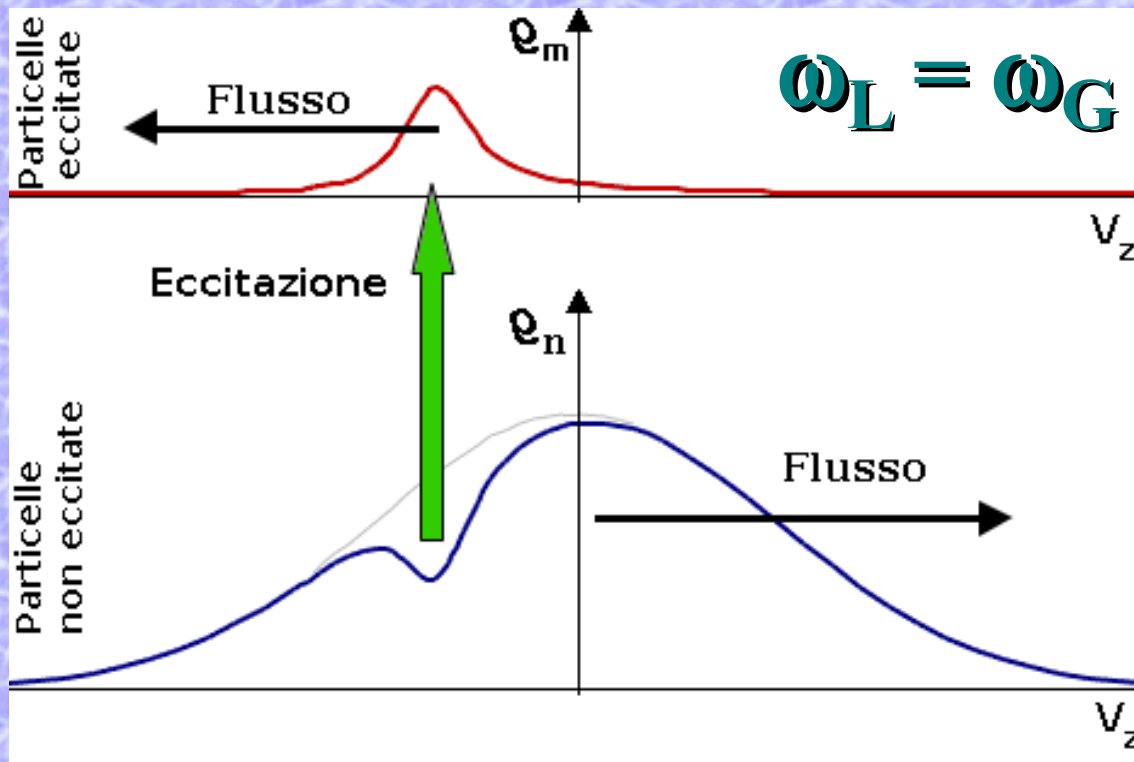
# **Light Induced Drift (LID)**

# Distribuzione in velocità di particelle all'interno di una "sottile" cella tubolare

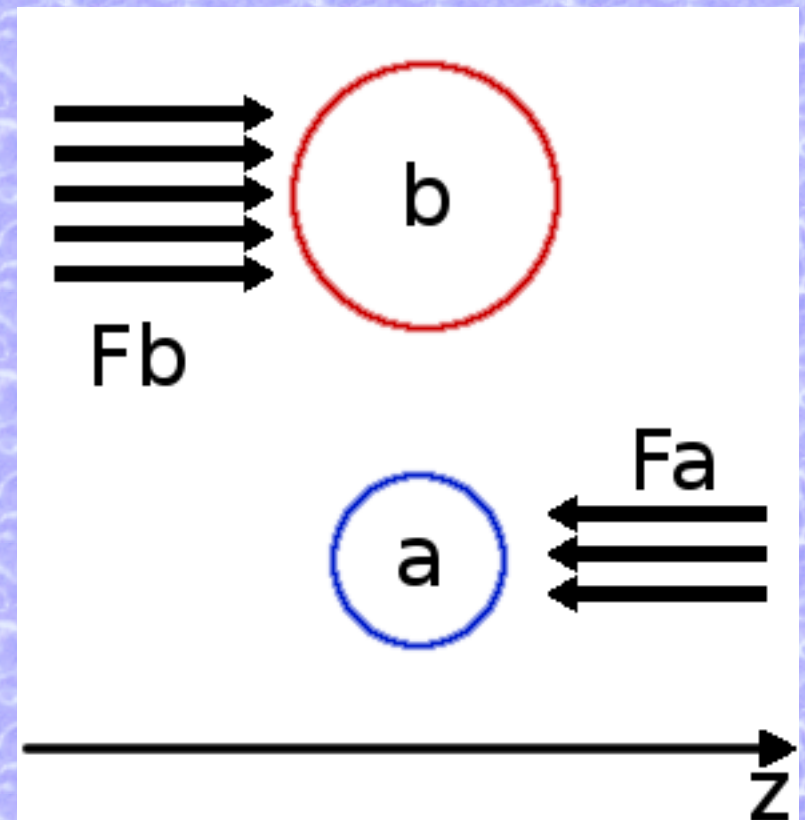


$\omega_L$  Frequenza dei fotoni

$\omega_G$  Freq. di assorbimento gas

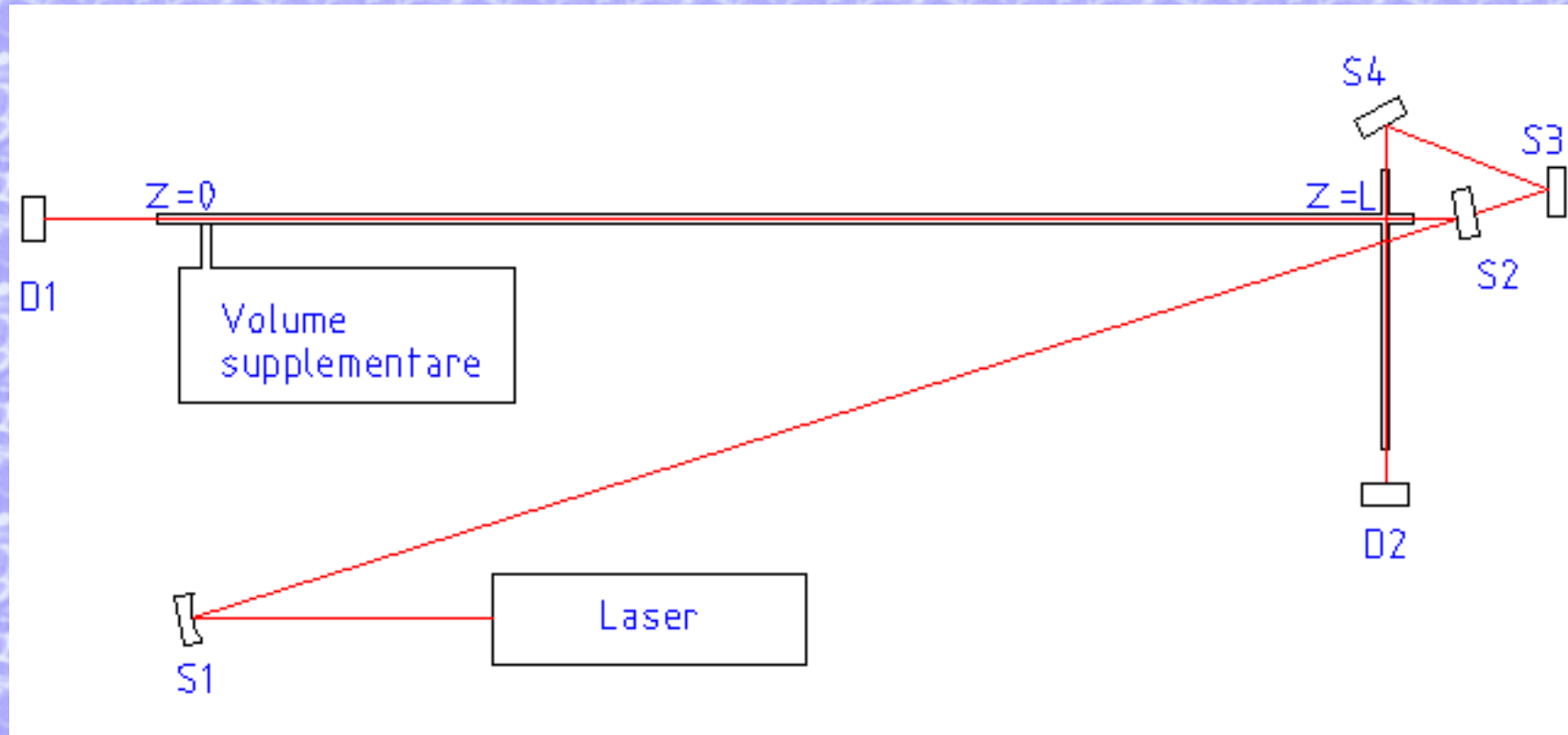


## Attrito con gas di buffer



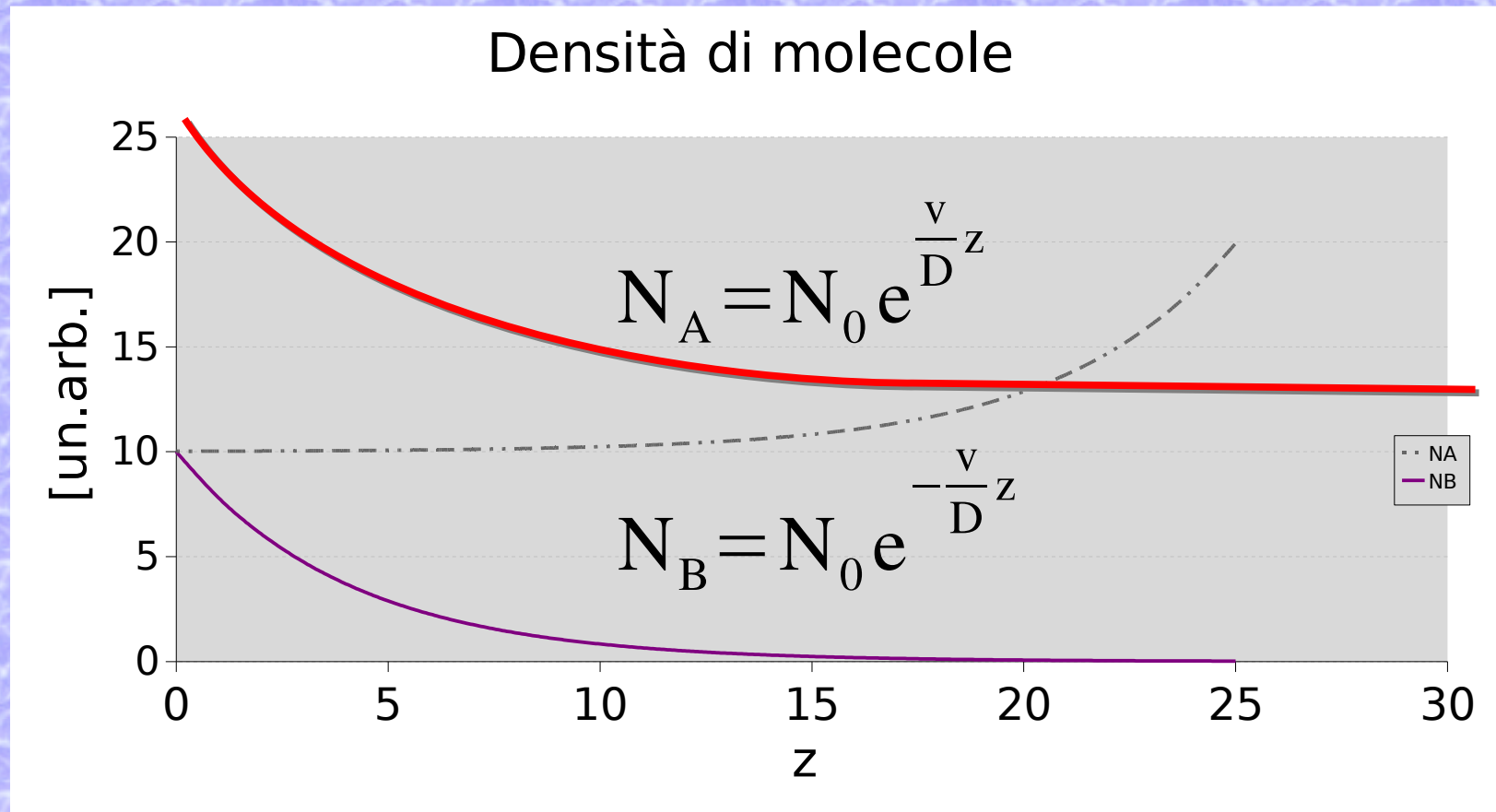


# Schema setup sperimentale



- S1 Specchio sferico ( 10 m CC)
- S2 Specchio piano parzialmente trasparente
- S3, S4 Specchi piani
- D1, D2 Detectors

# Distribuzione della densità delle molecole attive

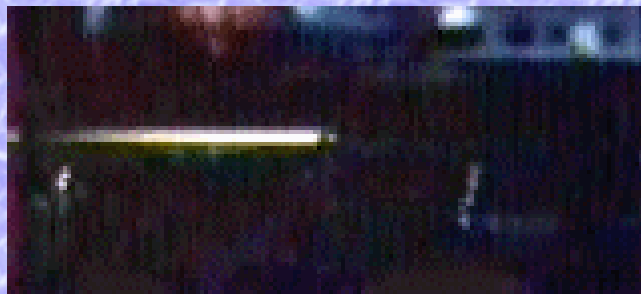
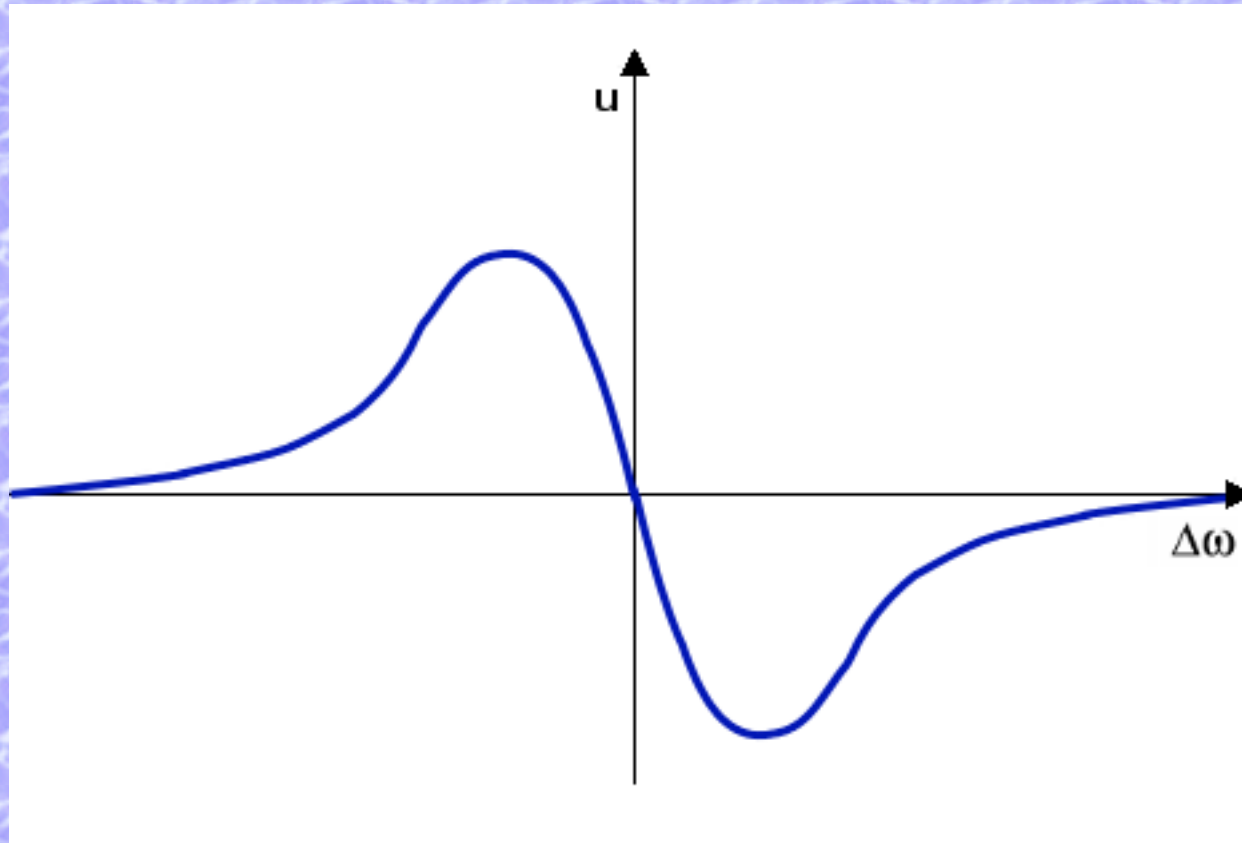


$N_A, N_B$  densità molecole attive

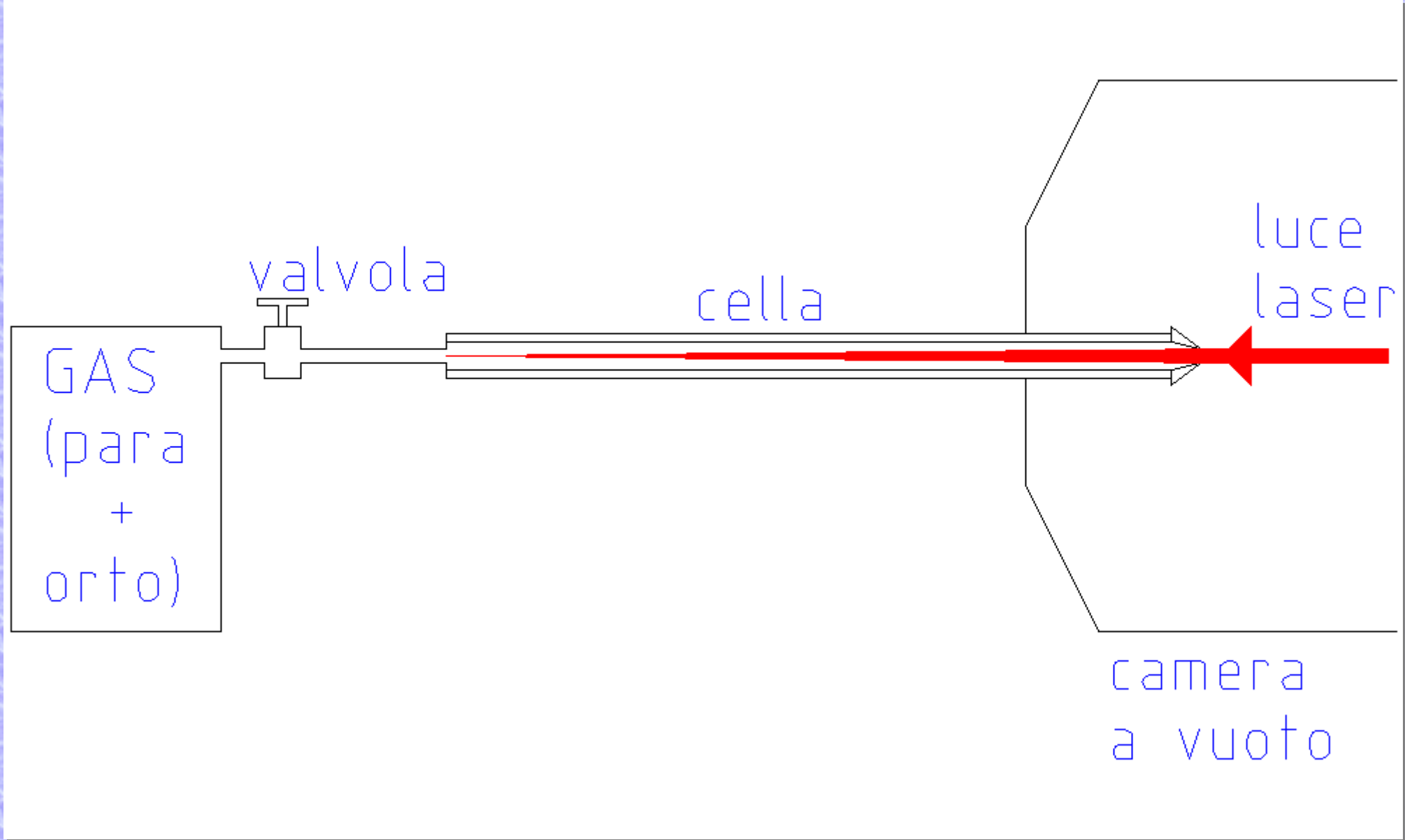
$D$  coefficiente di diffusione

$v = |u|$  (modulo della velocità di deriva)

# Velocità di deriva in funzione del detuning



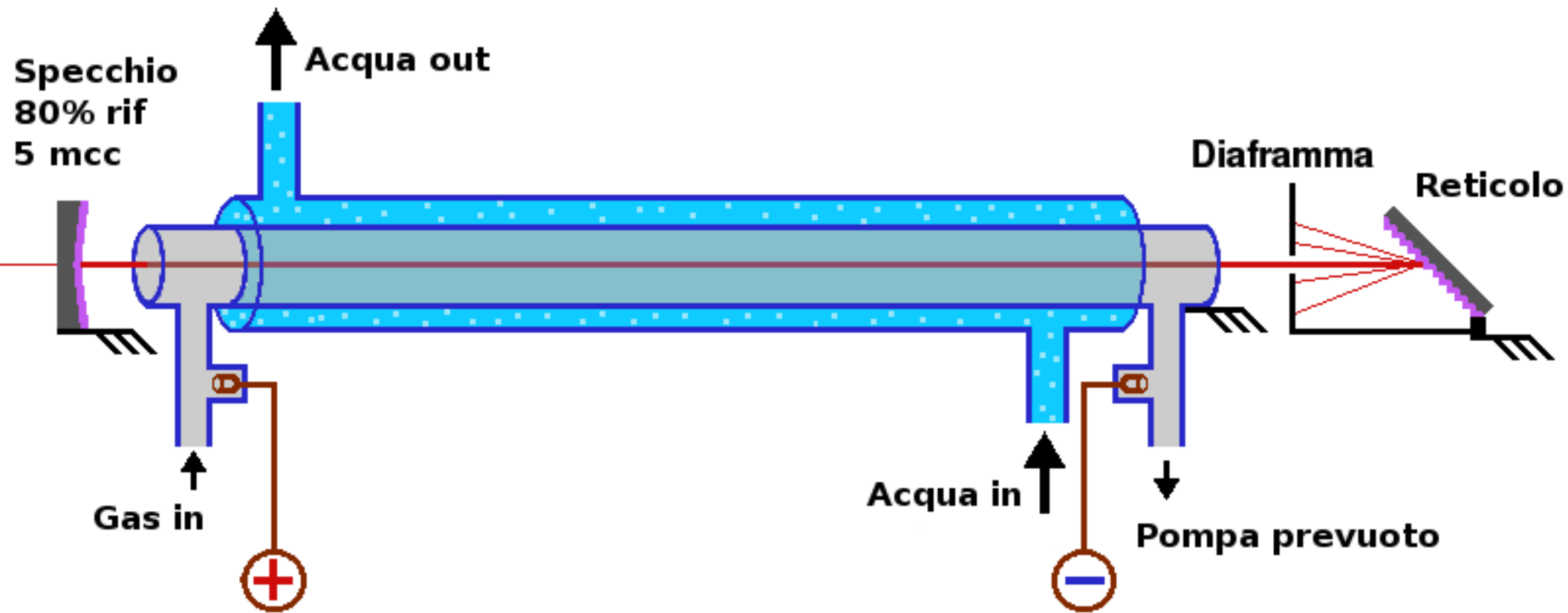
# Ipotesi di setup per ottenere un getto molecolare

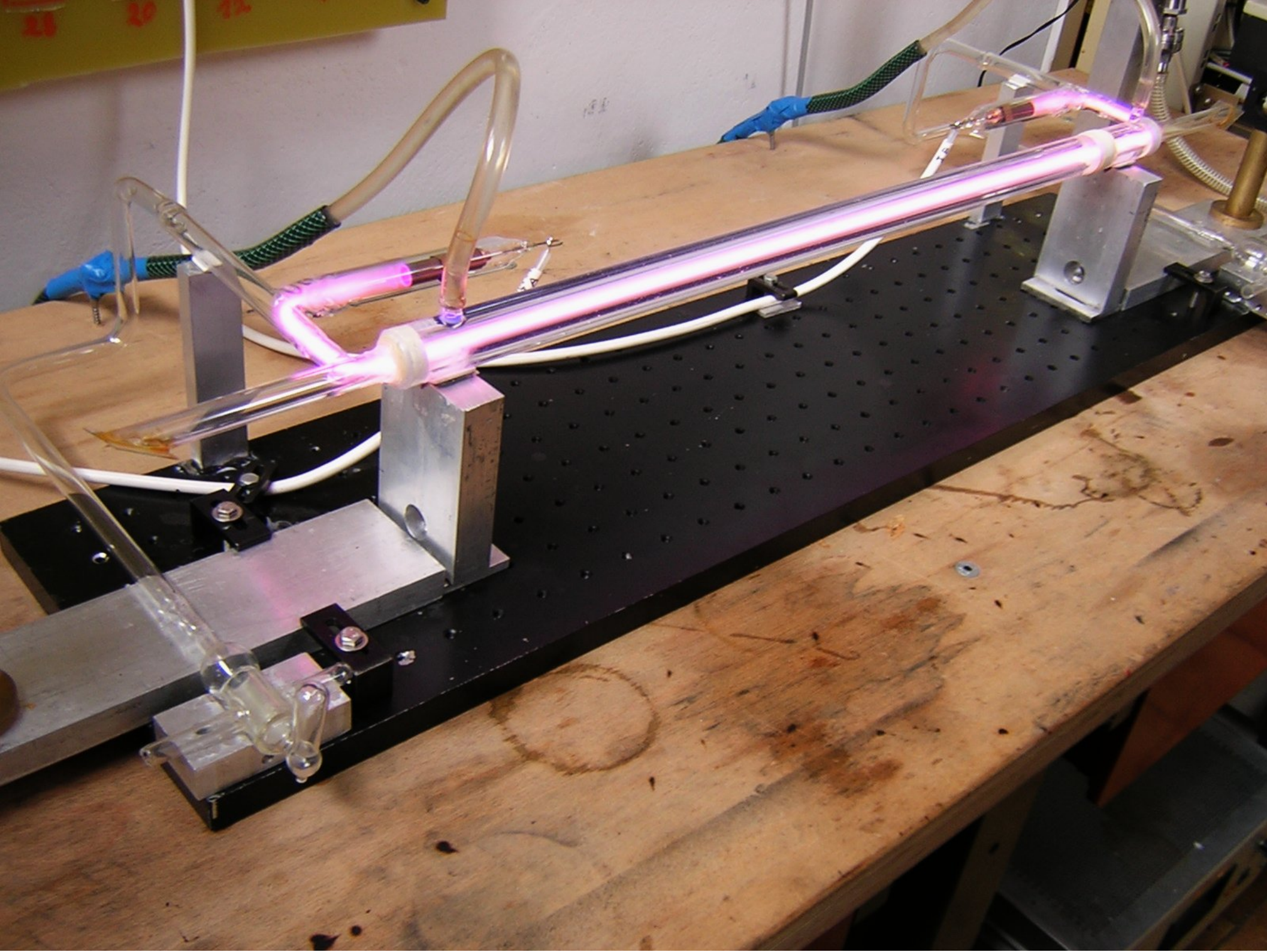


**Laser a CO<sub>2</sub>**



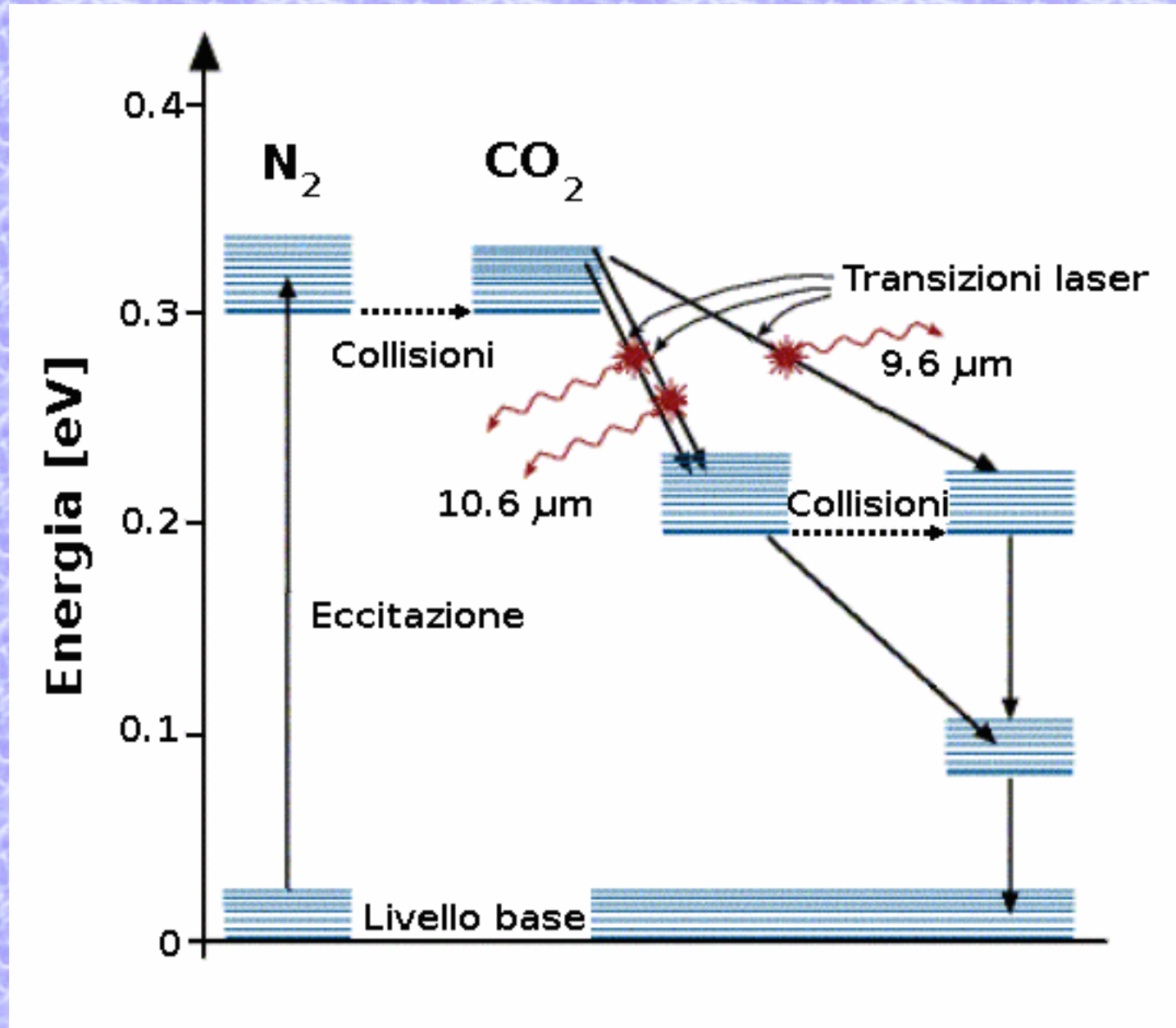
# Schema Laser a CO<sub>2</sub>



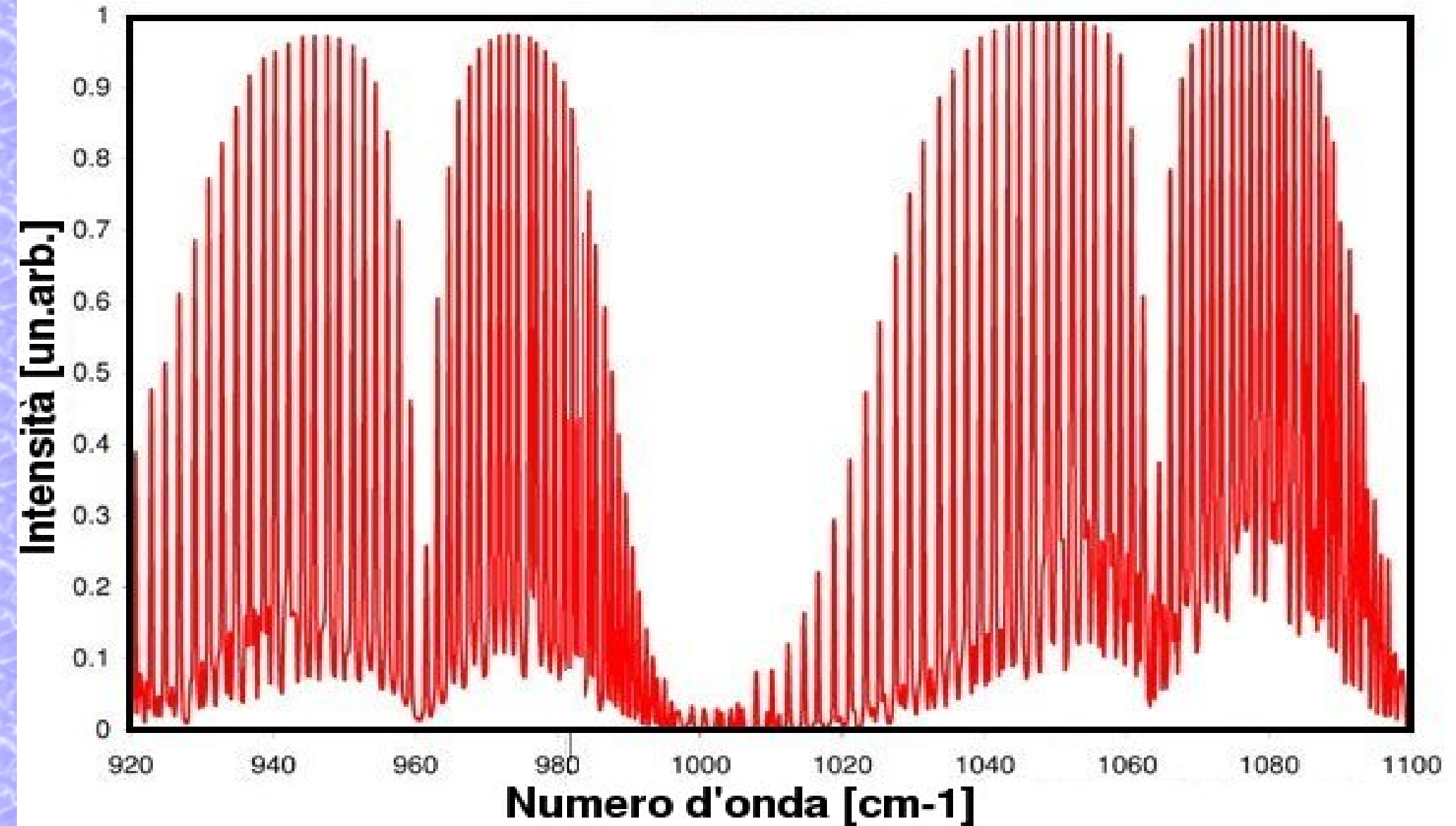




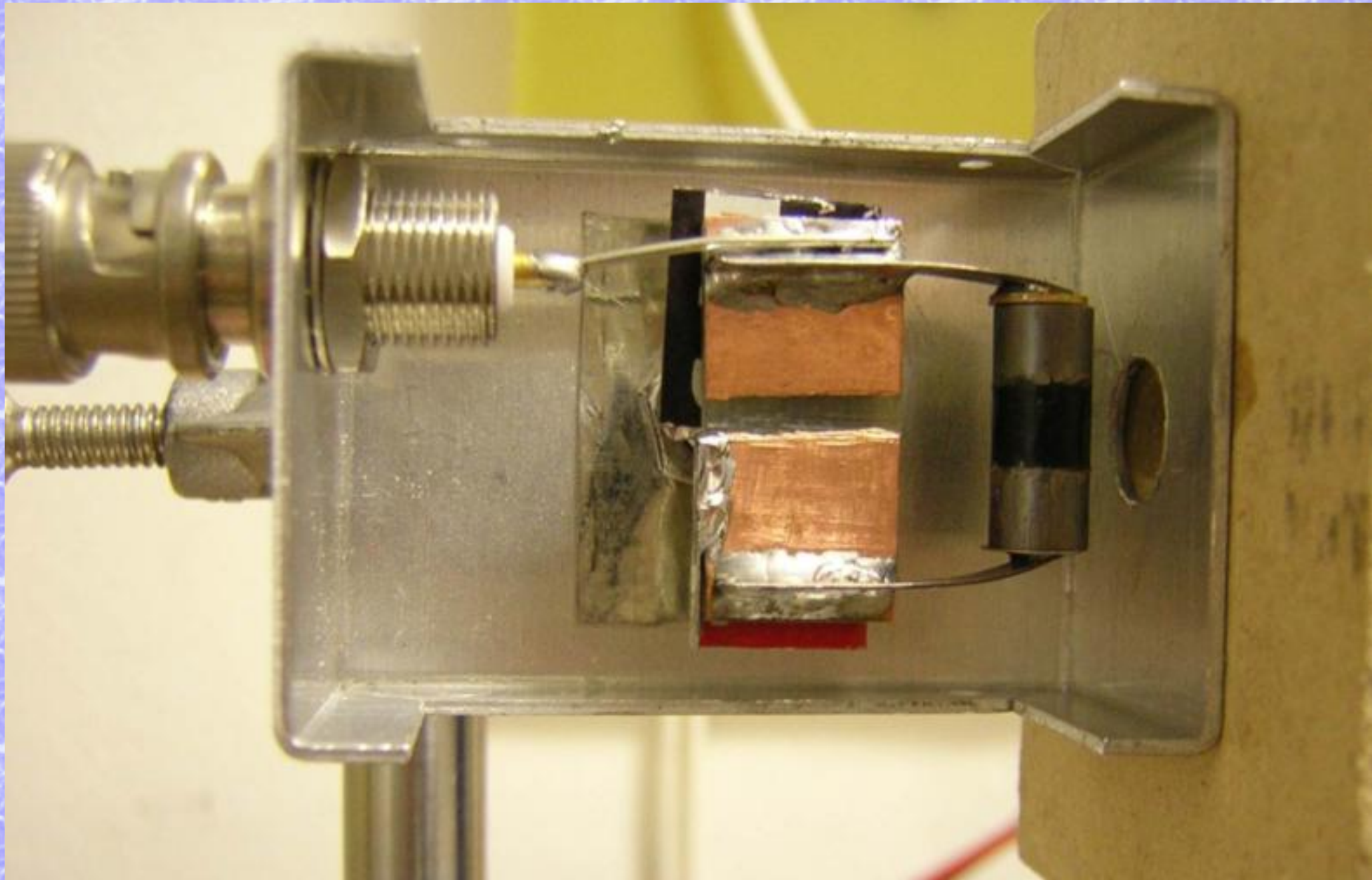
# Livelli energetici Azoto ed Anidride carbonica (principio di eccitazione)



# Spettro del laser a CO<sub>2</sub>

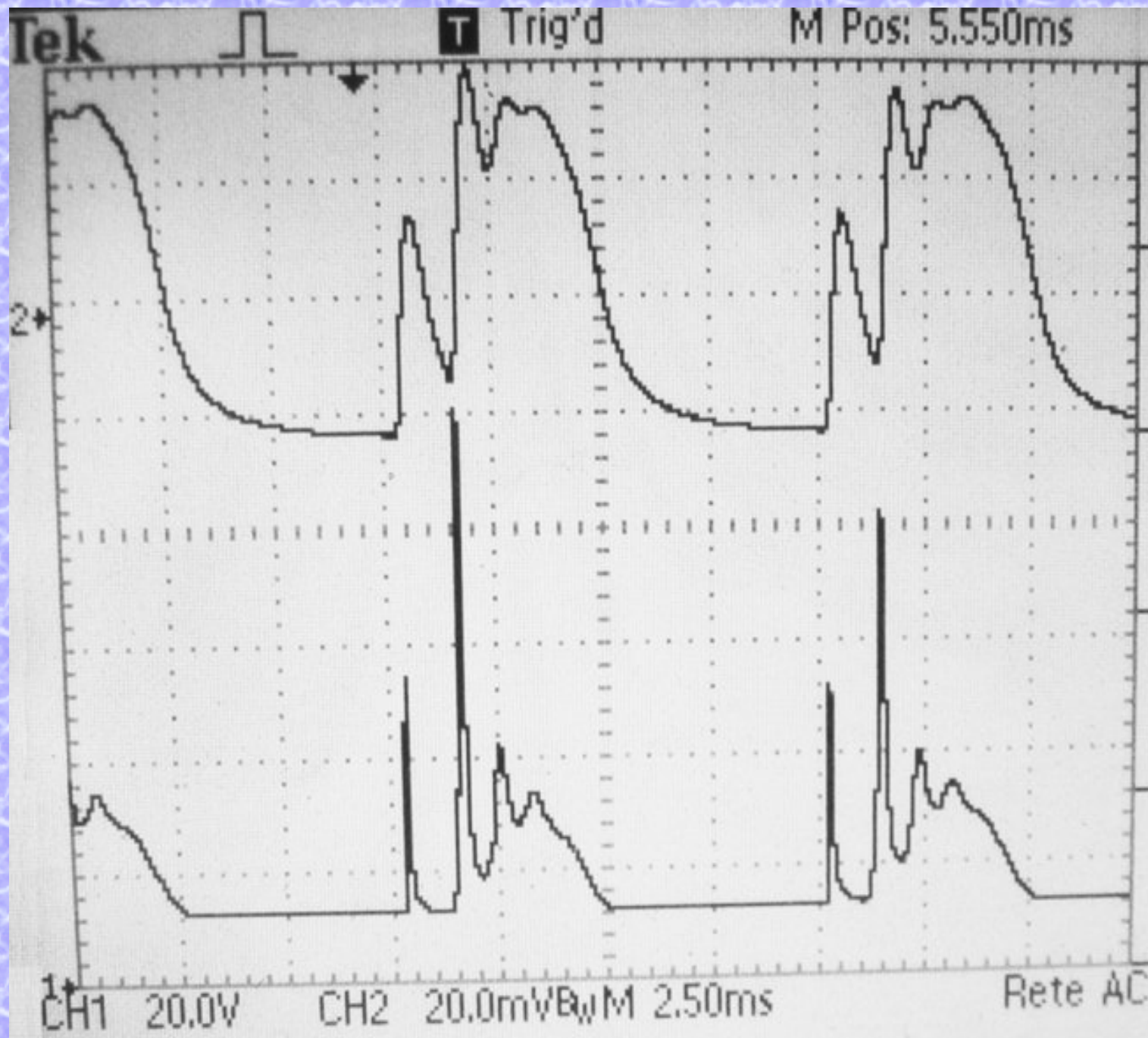


# Detector piezoelettrico





# Tempo di risposta del detector piezoelettrico



# Caratteristiche Laser CO<sub>2</sub>

## Consumi

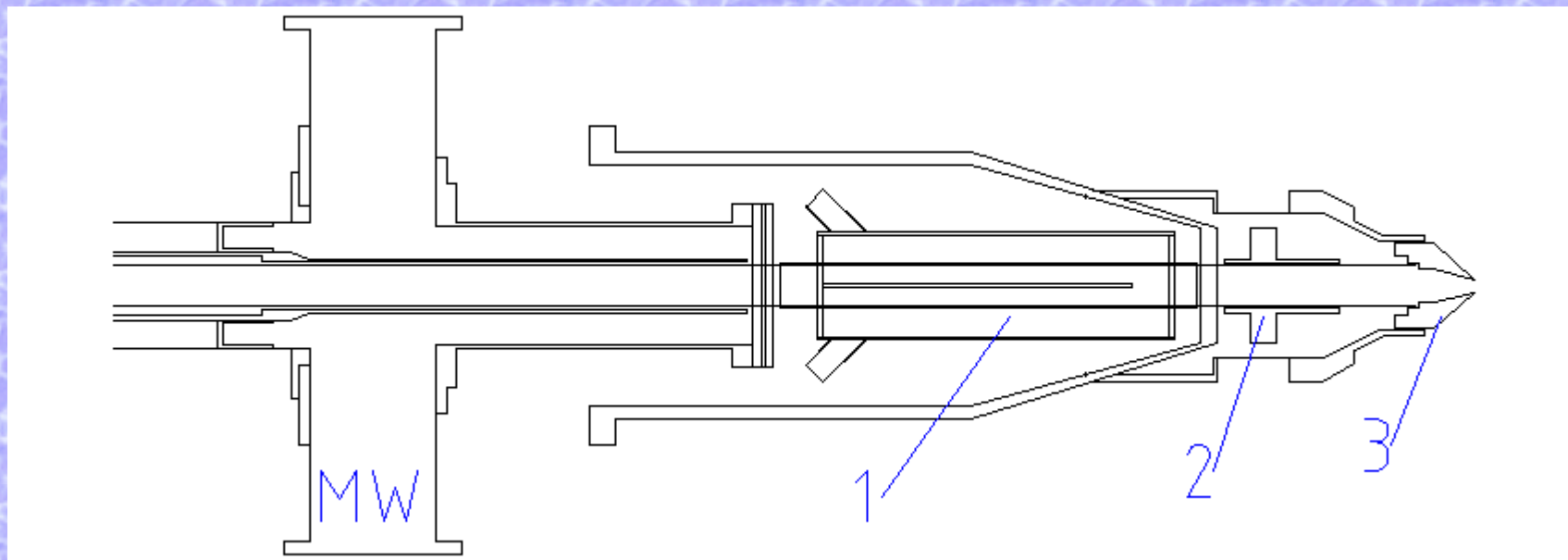
- Elettrico 1 KW
- Gas:
  - Anidride carbonica sccm
  - Azoto sccm
  - Elio sccm
- Acqua 50 l/ora
- Vuoto pompa previsto

## Caratteristiche ottiche

- Potenza luminosa 7 W
- Diametro fascio 3 mm
- Lunghezza d'onda 9.6 – 10.6  $\mu\text{m}$

# **Sistema di diagnostica ottica (OptMon)**

# Schema Atomic Beam Source



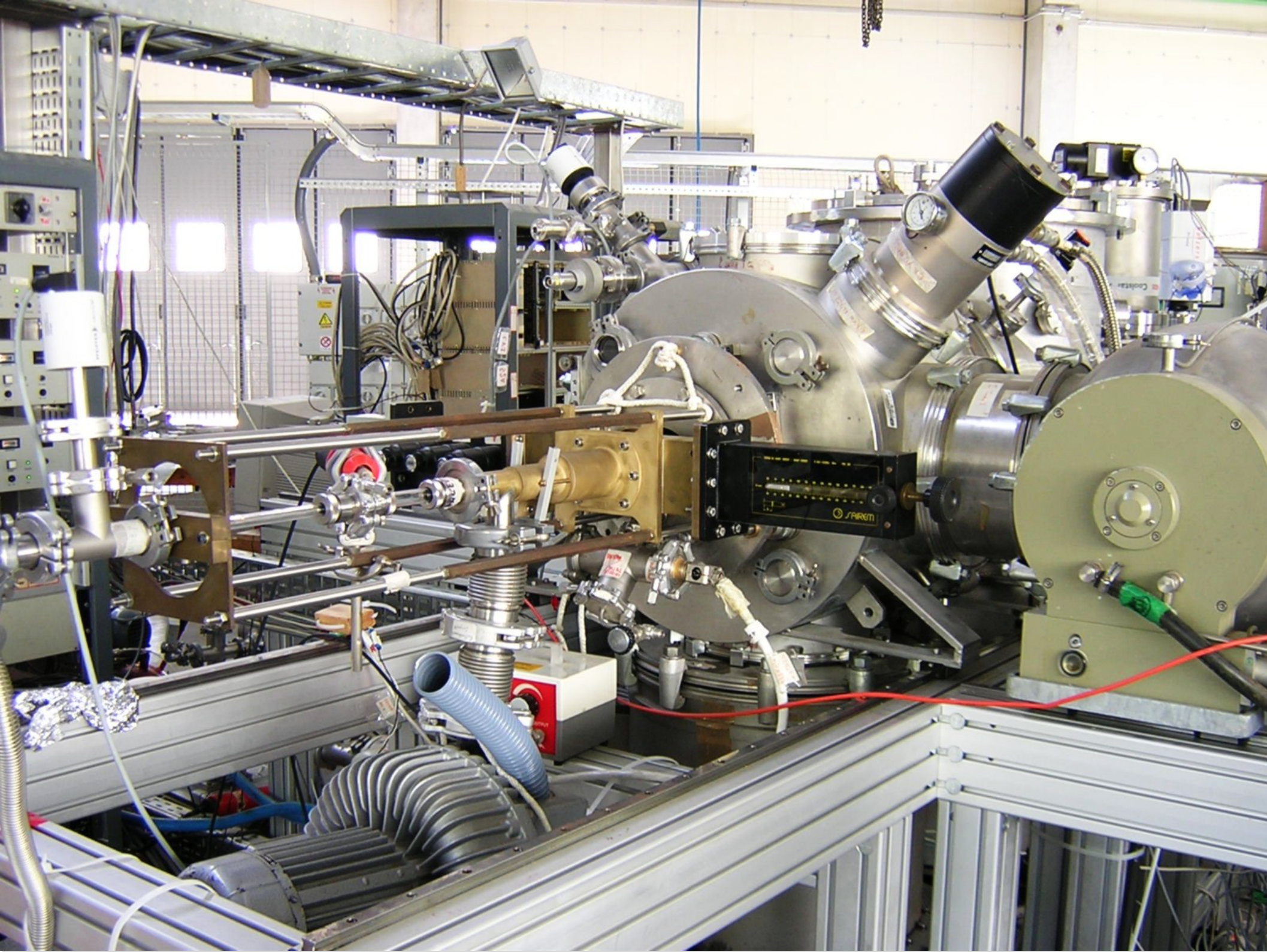
**MW:** dissociatore a microonde

**1:** primo stadio di raffreddamento ad acqua ( $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

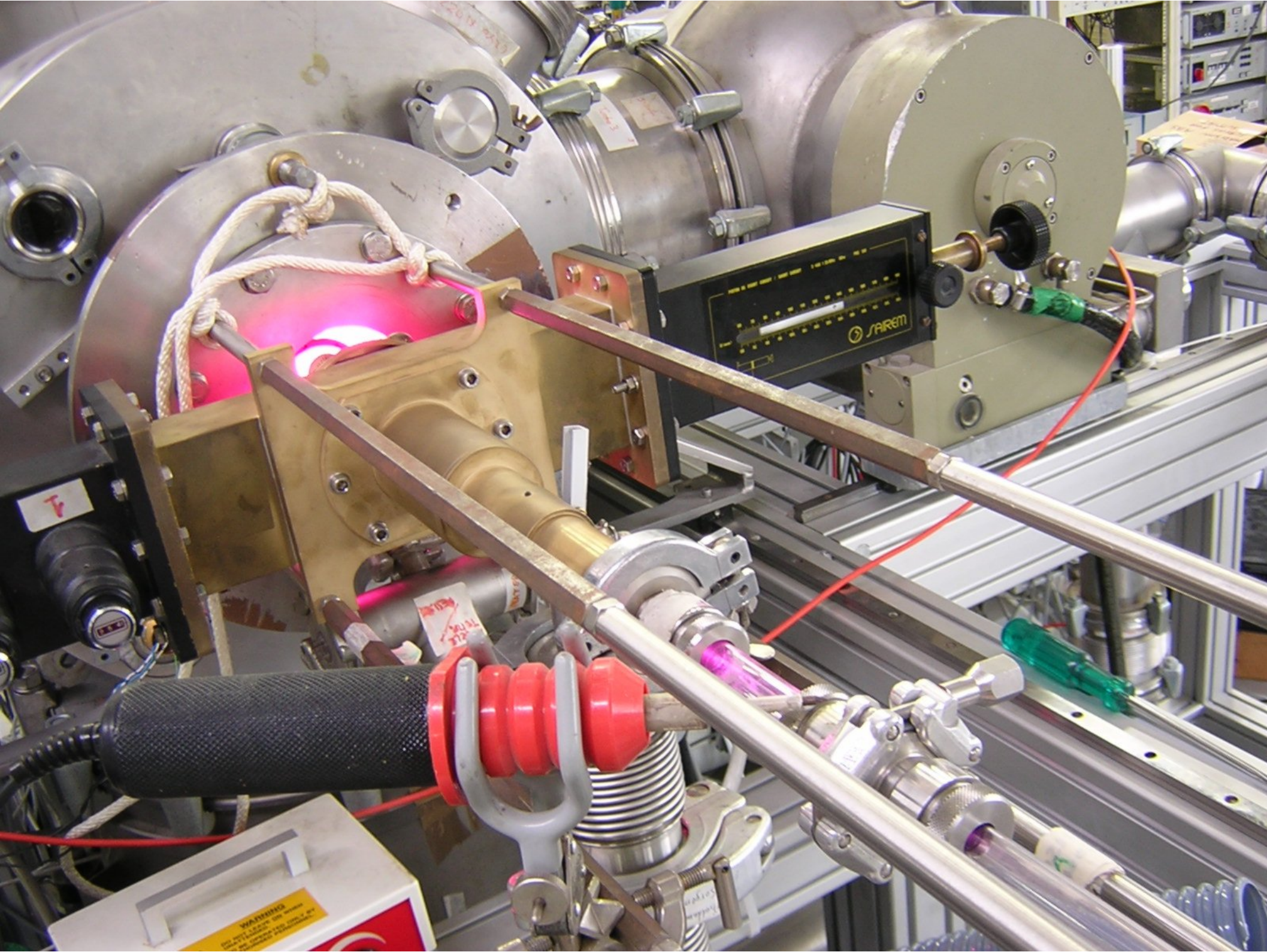
**2:** secondo stadio di raffreddamento – collar ( $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

**3:** terzo stadio di raffreddamento – nozzle ( $75\text{ K}$ )



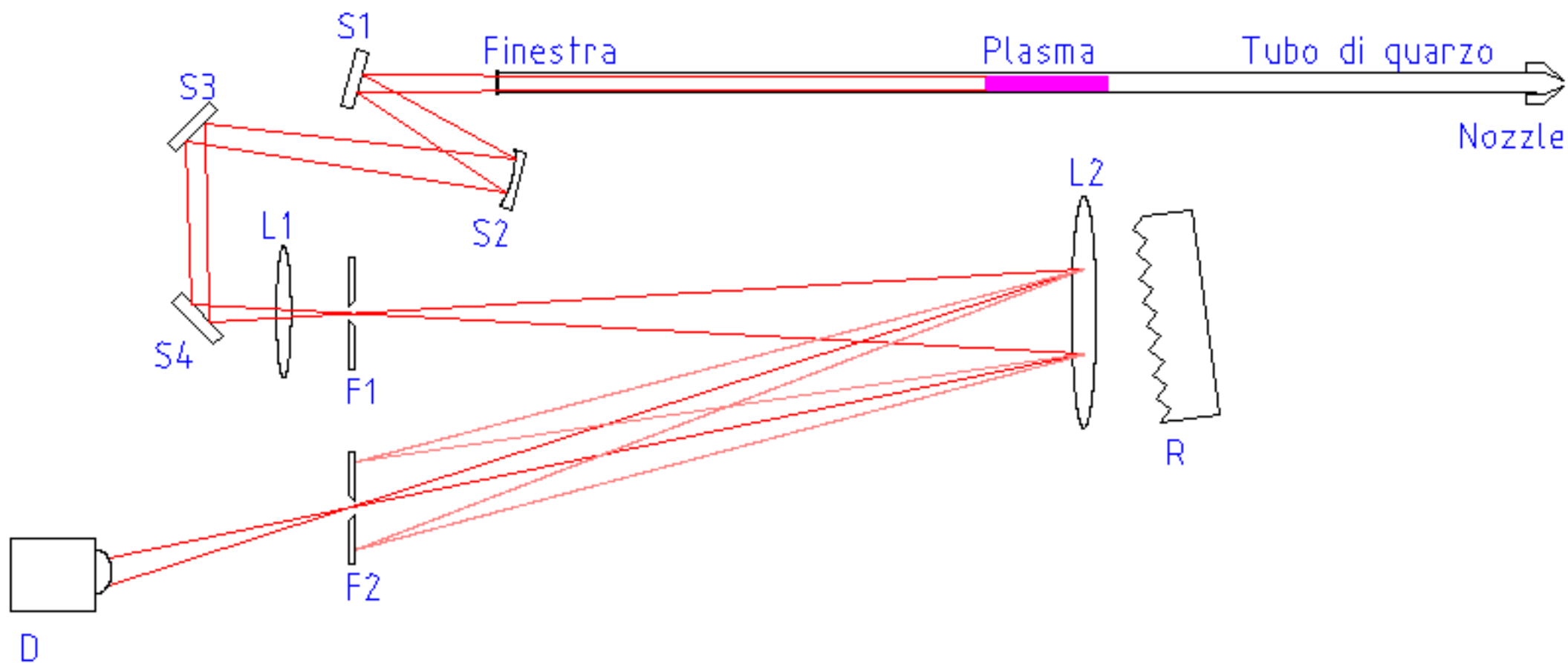






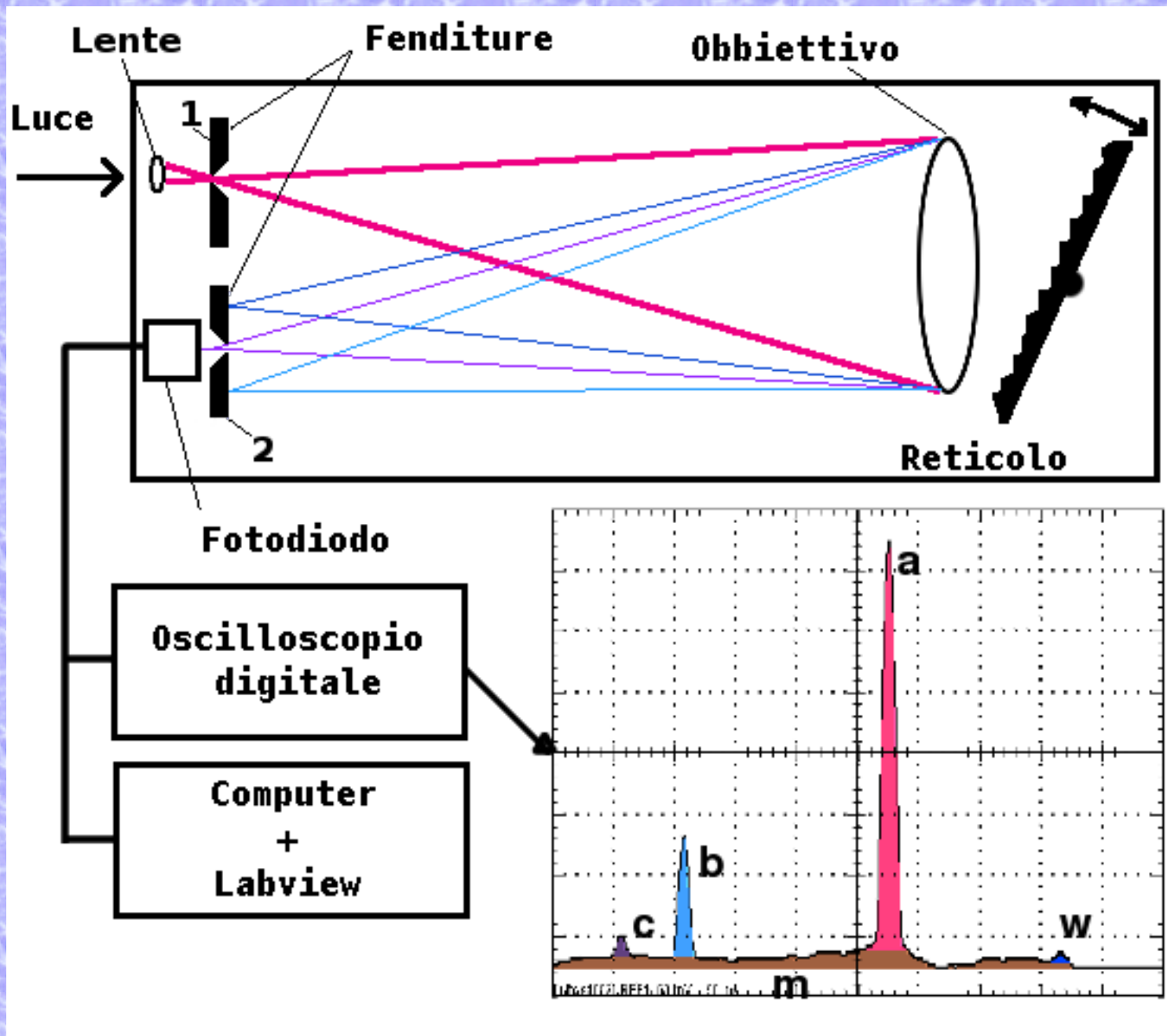


# Schema di estrazione della luce dall'ABS



- |                   |                                 |
|-------------------|---------------------------------|
| <b>D</b>          | <b>Detector</b>                 |
| <b>F1, F2</b>     | <b>Fenditure</b>                |
| <b>L1, L2</b>     | <b>Lenti convergenti</b>        |
| <b>R</b>          | <b>Reticolo di diffrazione</b>  |
| <b>S1, S3, S4</b> | <b>Specchi piani</b>            |
| <b>S2</b>         | <b>Specchio sferico concavo</b> |

# Schema del sistema di diagnostica ottica (OptMon)



# Sistema di diagnostica ottica

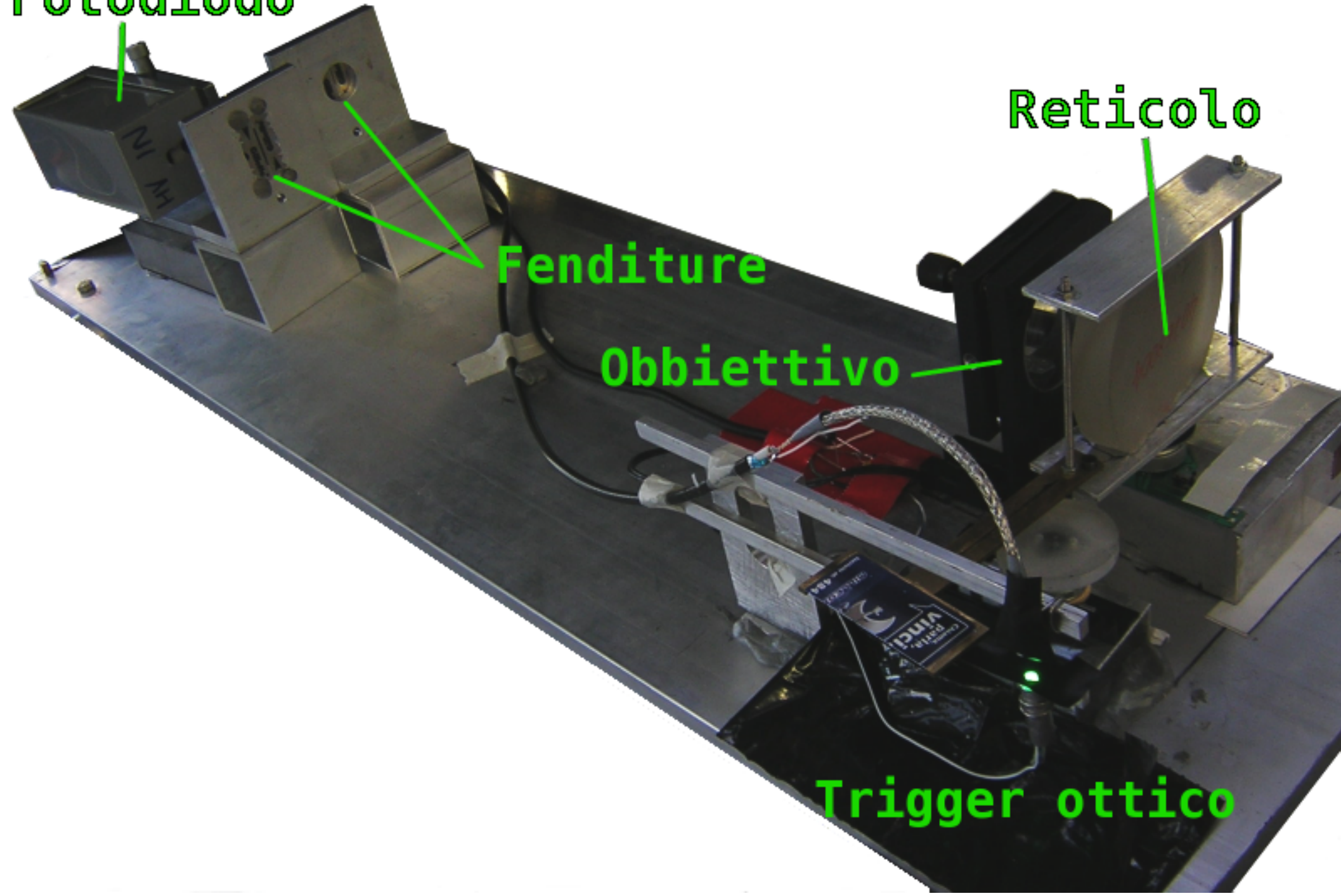
Fotodiodo

Reticolo

Fenditure

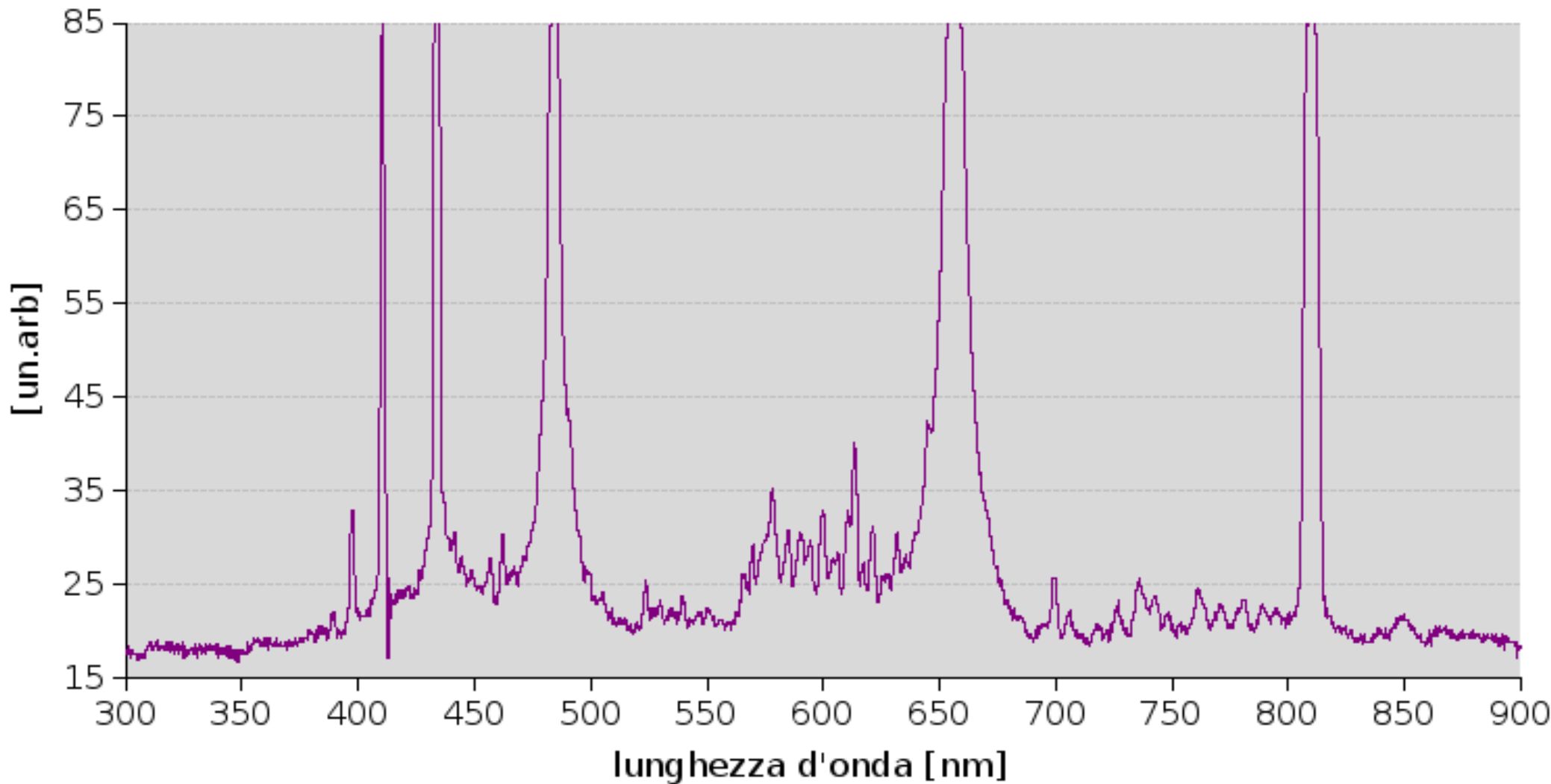
Obiettivo

Trigger ottico

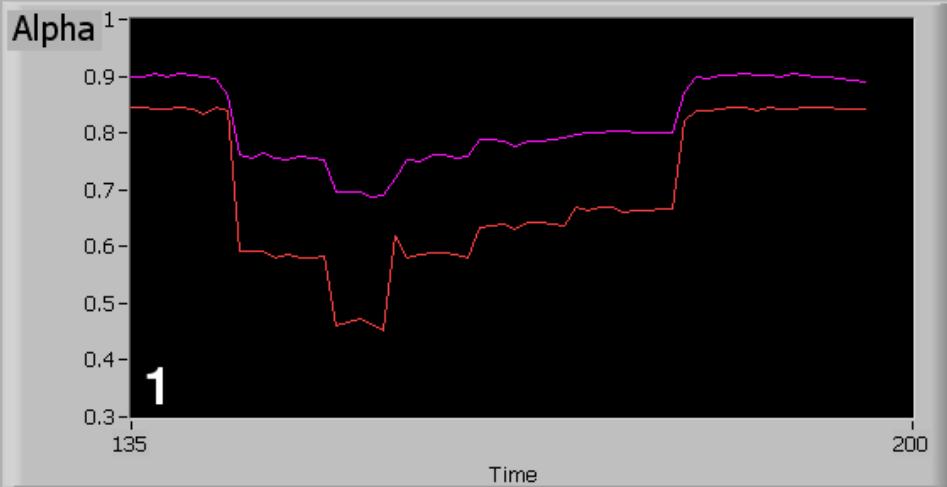


# Esempio di spettro acquisito dall'OptMon

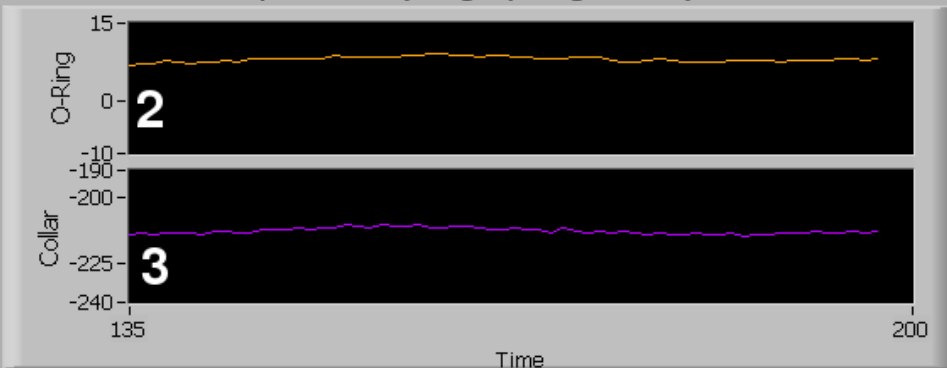
## Spettro OptMon



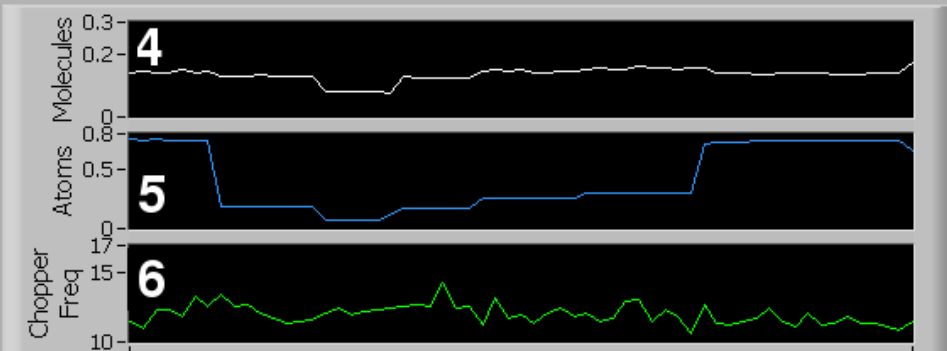




**1**  $\alpha$  dall'OptMon(viola) e dal QMA(rosso)



**2** Temp. O-ring [°C] **3** Temp. collar [°C]

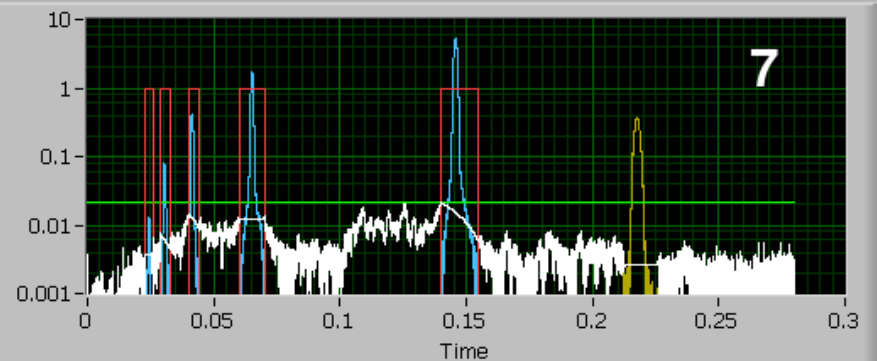


**4** Segnale molec. QMA **5** Segnale atom. QMA  
**6** Frequenza del chopper in camera 3 [Hz]

OptMon  
QMA

Latest OptMon Spectrum

Alpha QMA  
0.796  
Alpha OptMon  
0.889



**7** Ultimo spettro acquisito

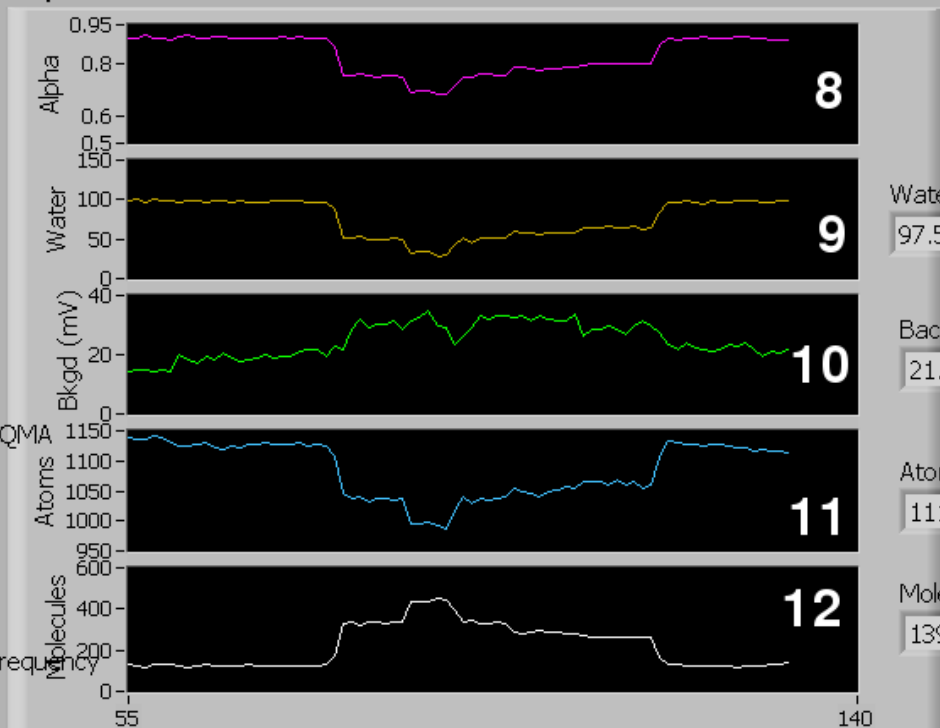
O-Ring  
8.10

Collar  
-213.4

Molecules QMA  
0.17

Atoms  
0.663

Chopper Frequency  
11.4233



Water  
97.5

Background  
21.8

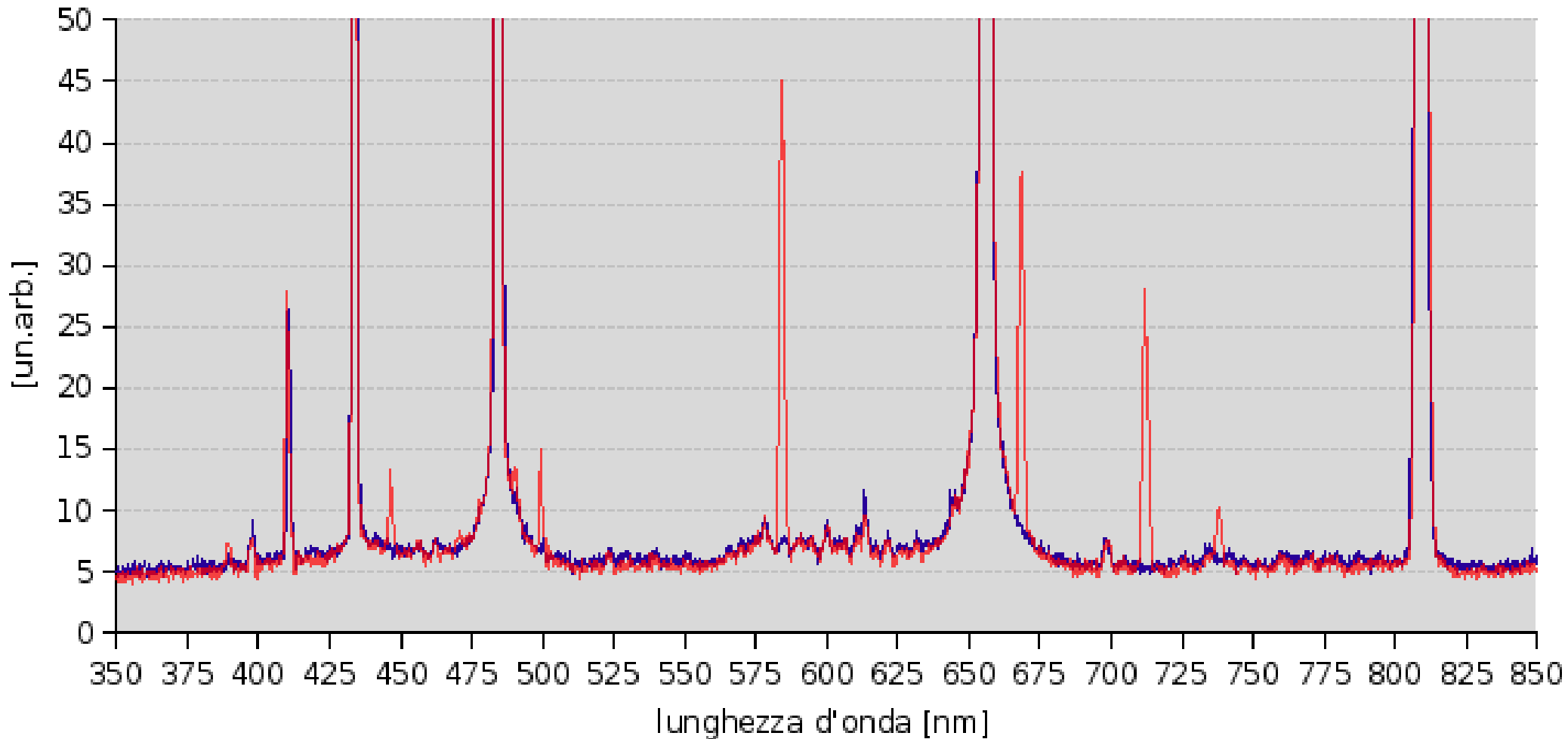
Atoms  
1110

Molecules  
139

**8** Grafico di  $\alpha$   
**9** Picco dell'acqua [un. arb.]  
**10** Livello base [mV]  
**11** Segnale atom. [un. arb.] **12** molecolare [mV]

# Rilevazione di gas estranei (He)

Spettro standard & Spettro He (100 cc/min)



**Flusso H<sub>2</sub>: 75 sccm**

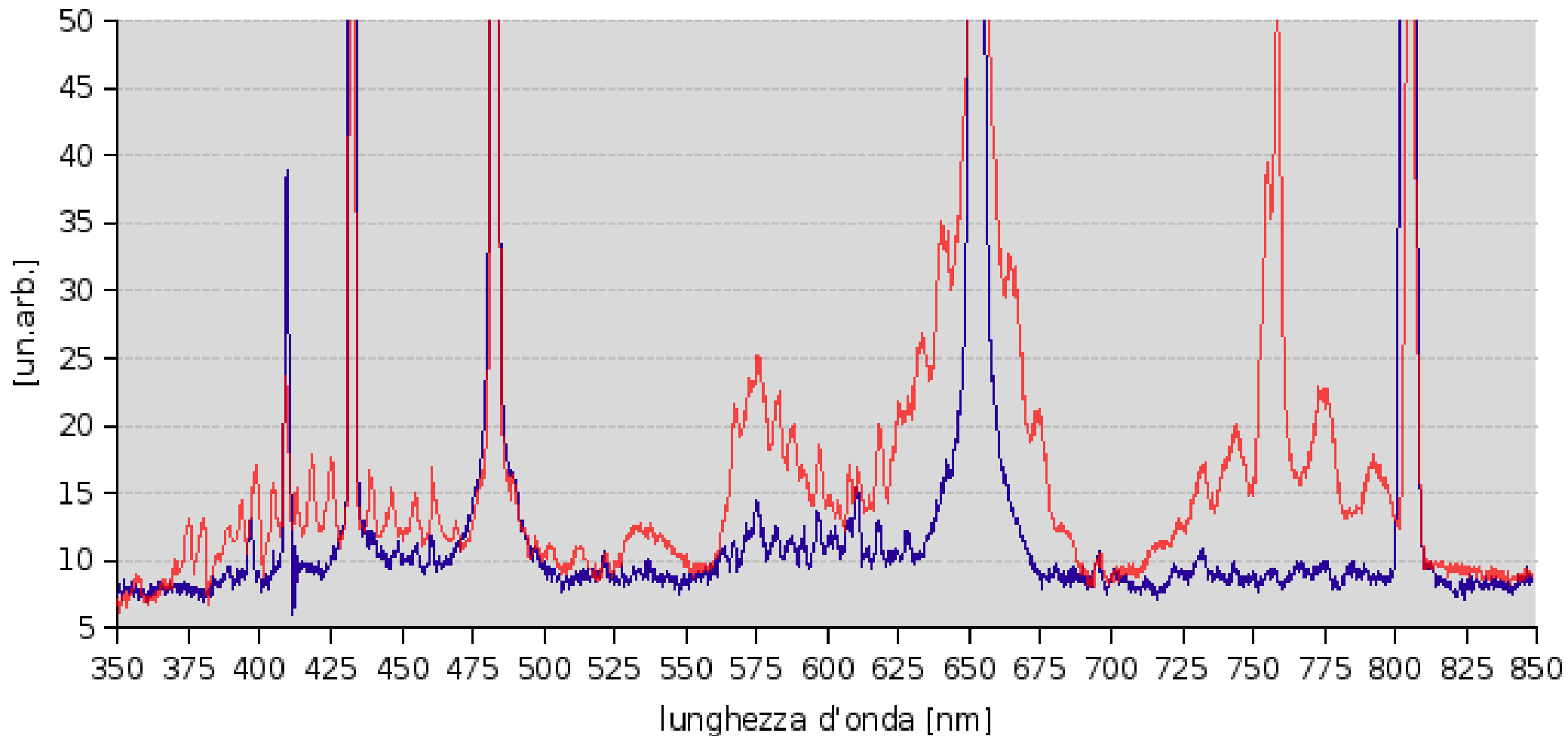
**Flusso O<sub>2</sub>: 2 sccm**

**Flusso He: 100 sccm**

**Potenza microonde: 800W**

# Rilevazione di gas estranei (N<sub>2</sub>)

Spettro standard & Spettro N<sub>2</sub> (12.5 cc/min)



**Flusso H<sub>2</sub>: 75 sccm**

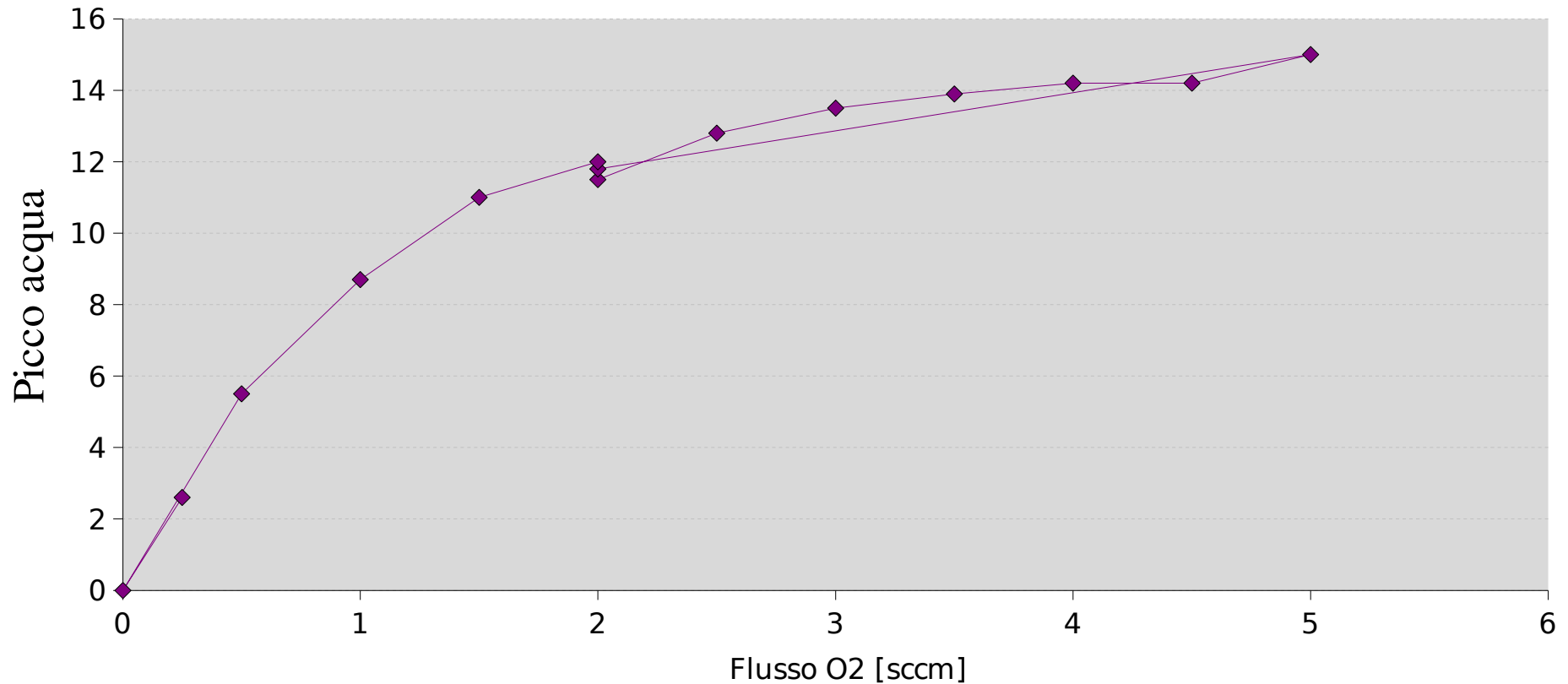
**Flusso O<sub>2</sub>: 2 sccm**

**Flusso N<sub>2</sub>: 12.5 sccm**

**Potenza microonde: 800W**

# Scansione con ossigeno

Acqua OptMon vs O2

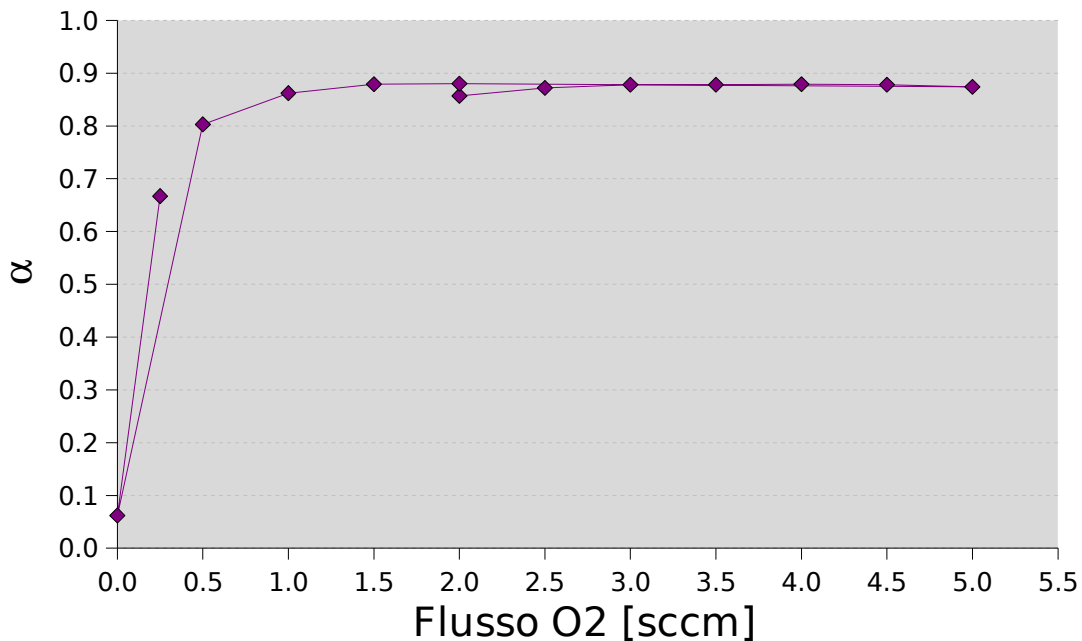


**Flusso H<sub>2</sub>:** 75 sccm

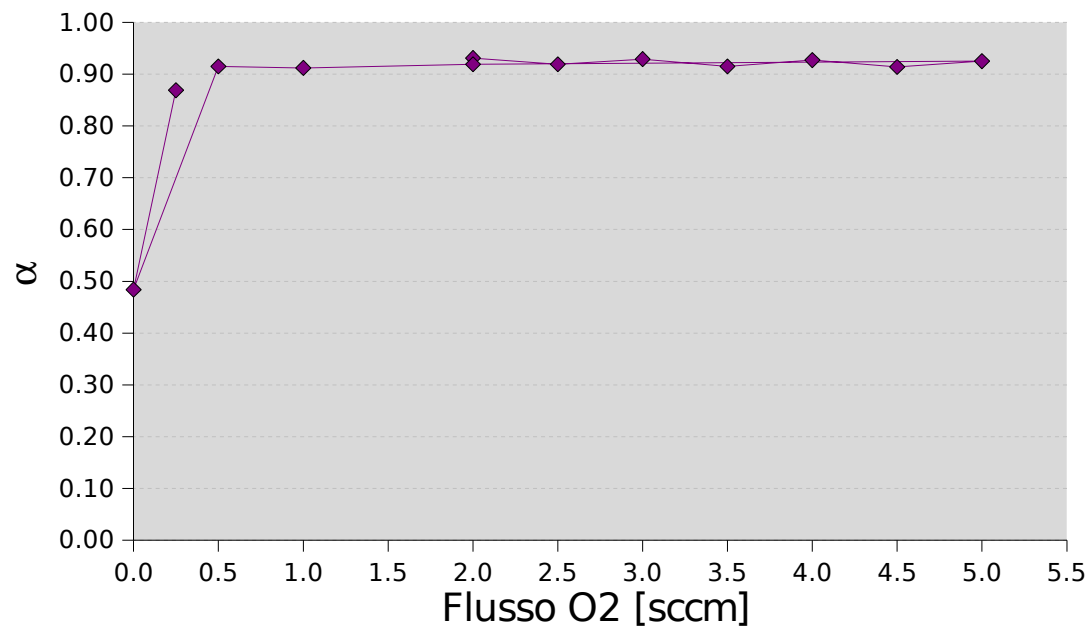
**Potenza microonde:** 800W

# Confronto tra QMA ed OptMon

## Alpha QMA vs O2



## Alpha OptMon vs O2





**Fine**