



Attività a Roma Tor Vergata

Valentina Vegna
Annalisa D'Angelo, Alessia Fantini, Carlo Schaerf

Università di Roma Tor Vergata e INFN Roma Tor Vergata

Roma - 10 Giugno 2010

Indice

- Progressi nella tecnica Raman di analisi della concentrazione di orto- e para- H_2 e D_2 in HD.
- Condensazione del bersaglio di HD e misura della polarizzazione tramite NMR.
- Caratterizzazione dell'elettronica KLOE per Si PM.
- Attività future.

Vantaggi dei bersagli polarizzati di HD a spin congelato

- La frazione di protoni liberi polarizzati è superiore a quella di qualunque altro bersaglio polarizzato:

Fattore di diluizione molto elevato

- I nuclei di H e D possono essere polarizzati indipendentemente ed è relativamente semplice cambiare la direzione di polarizzazione → **protoni e neutroni** polarizzati in un solo set-up

- H e D possono raggiungere un grado elevato di polarizzazione:

95 % per H

70% per D

- In condizioni di spin congelato i bersagli polarizzati possono essere **trasportati a freddo** per essere utilizzati in condizioni sperimentali *semplici*:

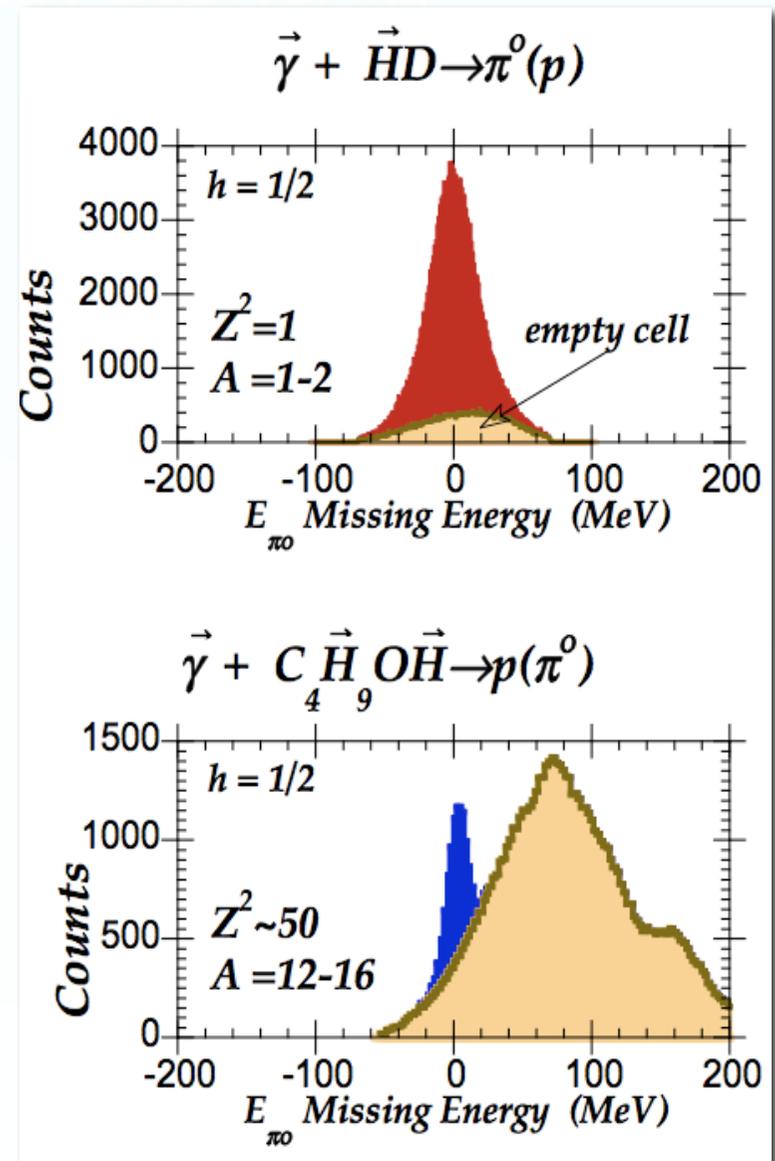
(B = 7 Tesla , T=4k

conservazione

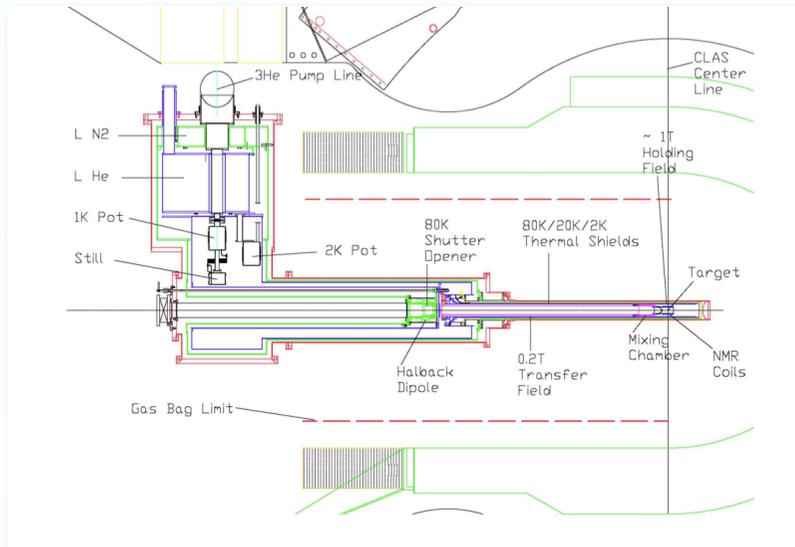
Valentina Vegna - Roma- 10 Giugno 2010

B=1 Tesla , T=0.5K)

esperimento

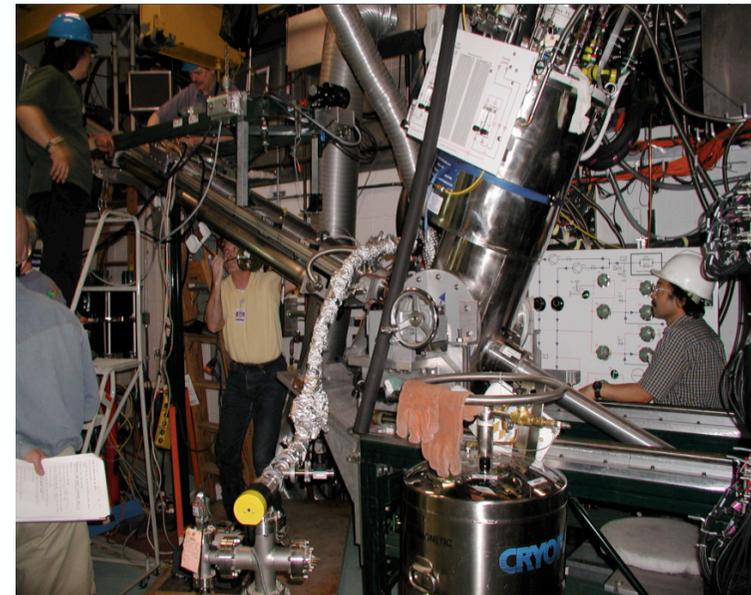


Bersaglio di HD a spin congelato



Tempi di rilassamento: > 1 anno
Procedura di polarizzazione \approx 3 mesi
Presi dati: \approx mesi

Contronidicazioni:
Procedure ed apparati molto complessi



Tempi di rilassamento e concentrazione di orto-H₂

Il tempo di rilassamento longitudinale ${}^H T_1$ dei nuclei di H nell'HD dipende fortemente dalla concentrazione di orto-H₂ nel gas di HD ($c\text{-oH}_2$):

$c\text{-oH}_2 = 0$	→	${}^H T_1 \approx \infty$
$c\text{-oH}_2 = 10^{-6}$	→	${}^H T_1 \approx$ mesi
$c\text{-oH}_2 = 10^{-5}$	→	${}^H T_1 \approx$ settimane
$c\text{-oH}_2 = 10^{-4}$	→	${}^H T_1 \approx$ giorni
$c\text{-oH}_2 = 10^{-3}$	→	${}^H T_1 \approx$ secondi

L'orto-H₂ decade in para-H₂ se la temperatura è inferiore a 176 K con un tempo caratteristico di 6,8 giorni.

1. Partendo da una concentrazione di $c\text{-oH}_2 = 10^{-4}$ in HD si polarizza il bersaglio.
2. Si attende che tale concentrazione si riduca di 2 ordini di grandezza per decadimento naturale (invecchiamento del bersaglio)
Si ottiene un bersaglio polarizzato a spin congelato.

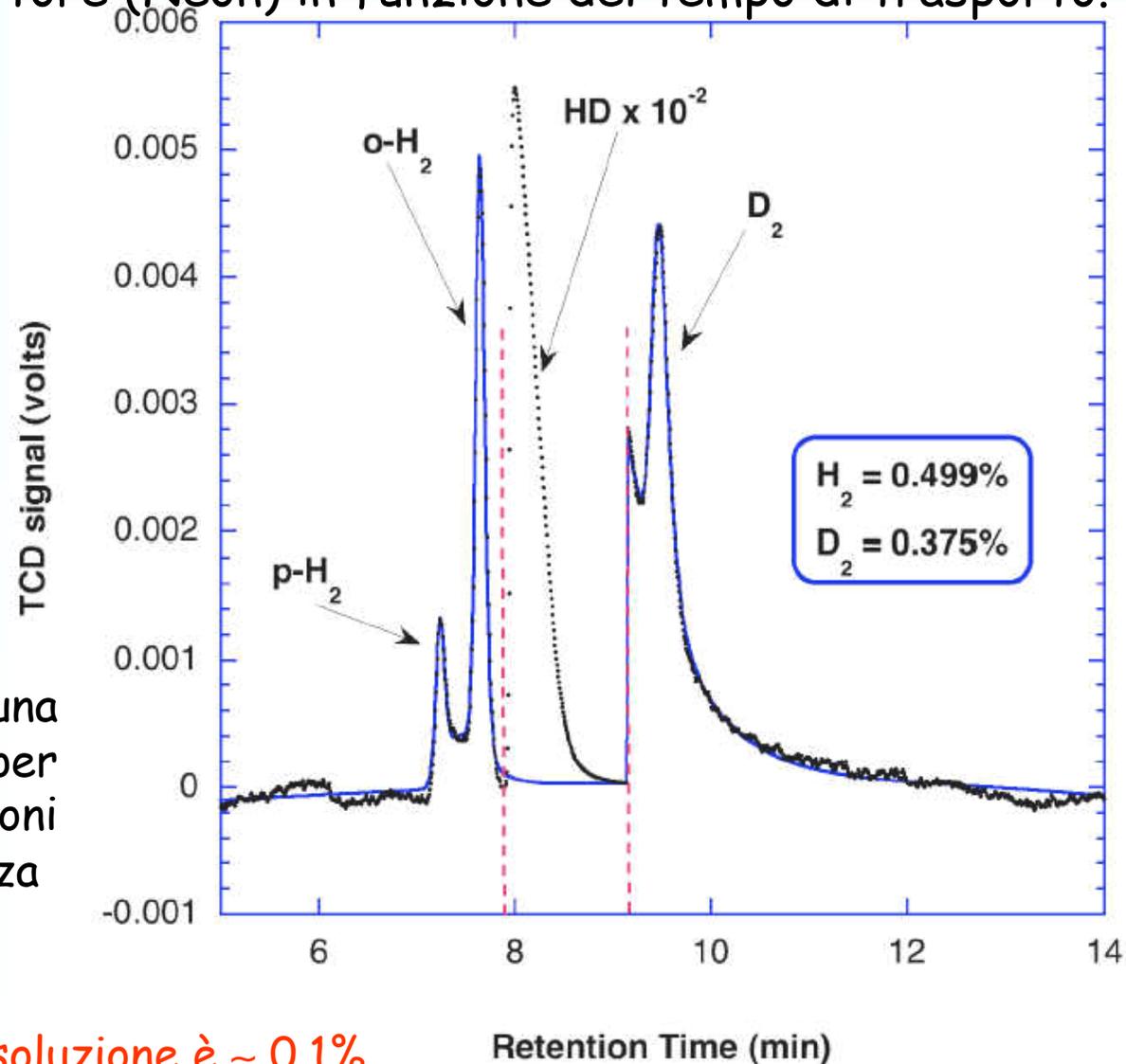
E' necessario conoscere bene la composizione del gas di HD

Gas cromatografia: misura della differenza della conducibilità termica rispetto ad un gas vettore (Neon) in funzione del tempo di trasporto.

Varian CP-3800 GC

Il tempo di trasporto è funzione della massa delle molecole

E' necessaria una distillazione doppia per ridurre le contaminazioni di due ordini di grandezza

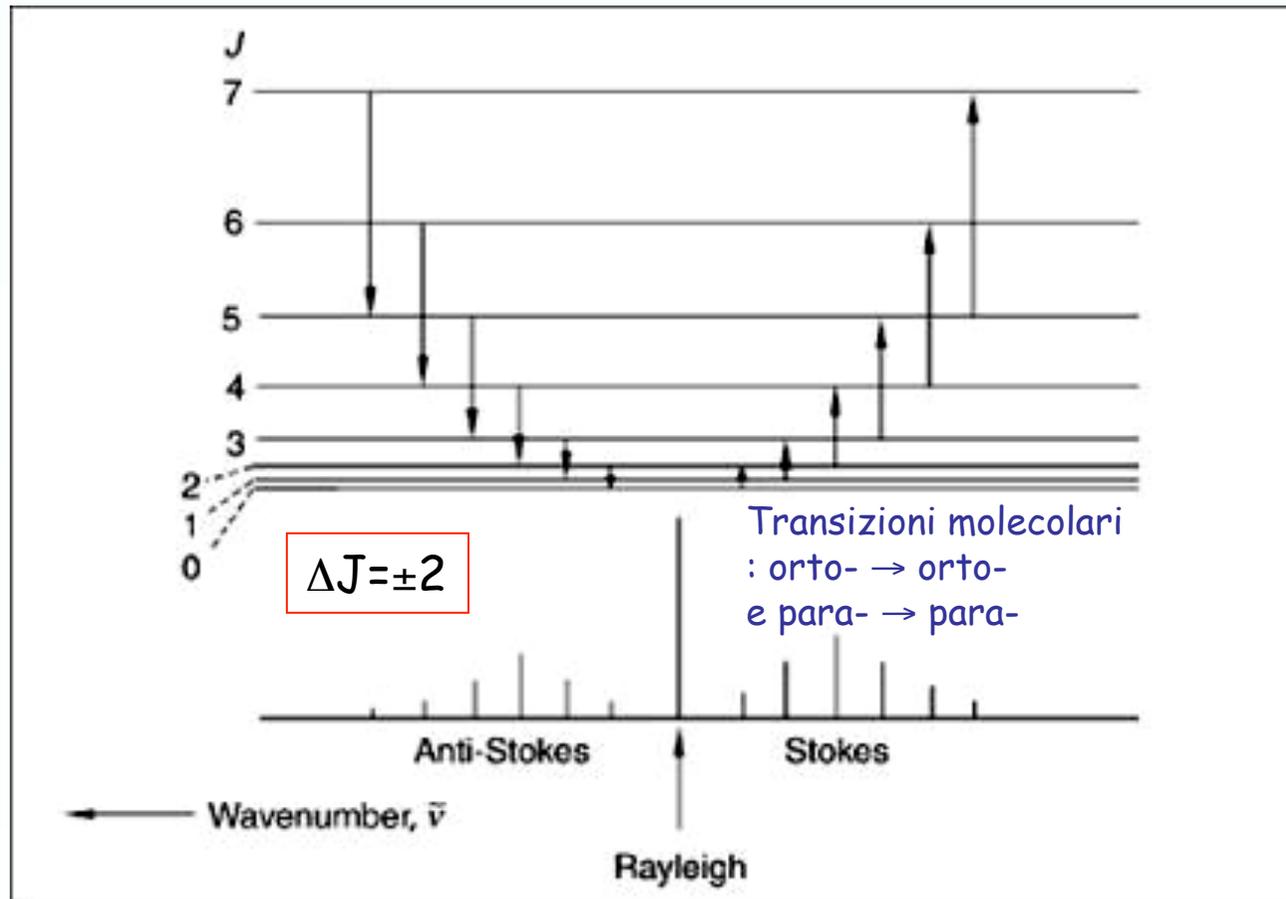


Il limite della risoluzione è ~ 0.1%

By Steve Whinsnant @ USC

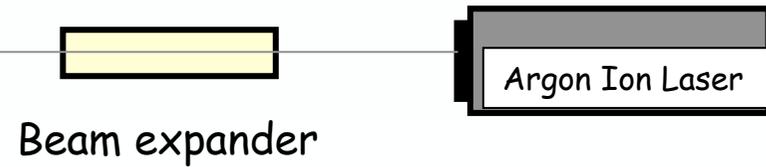
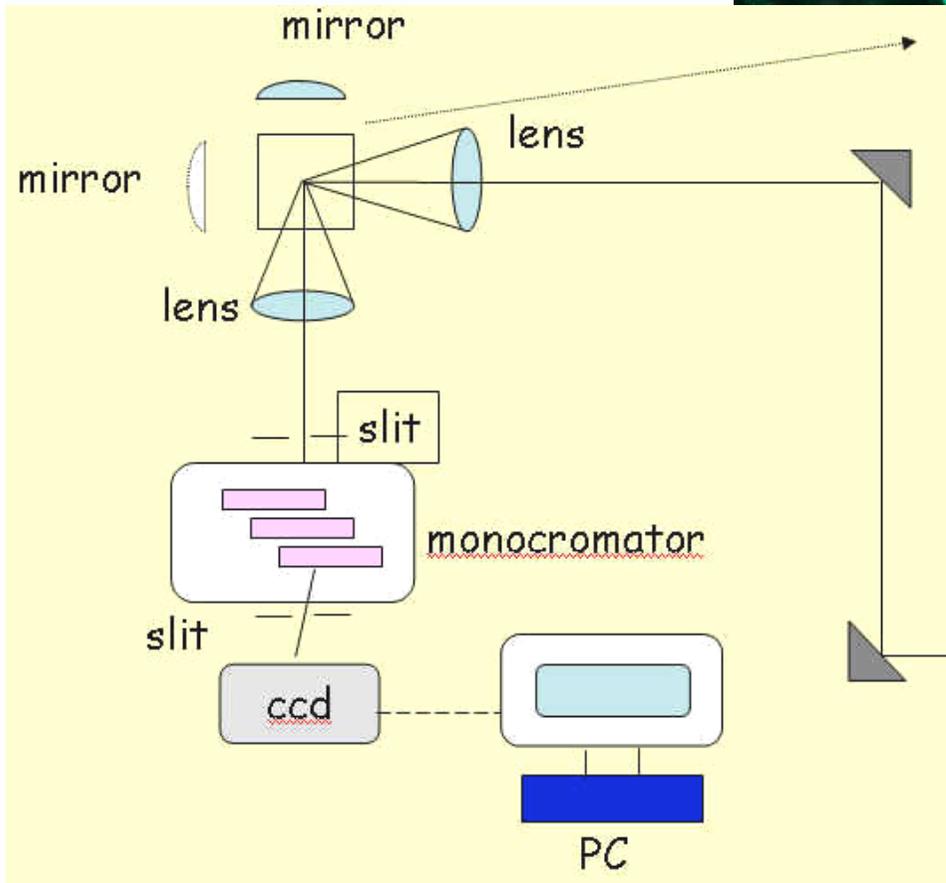
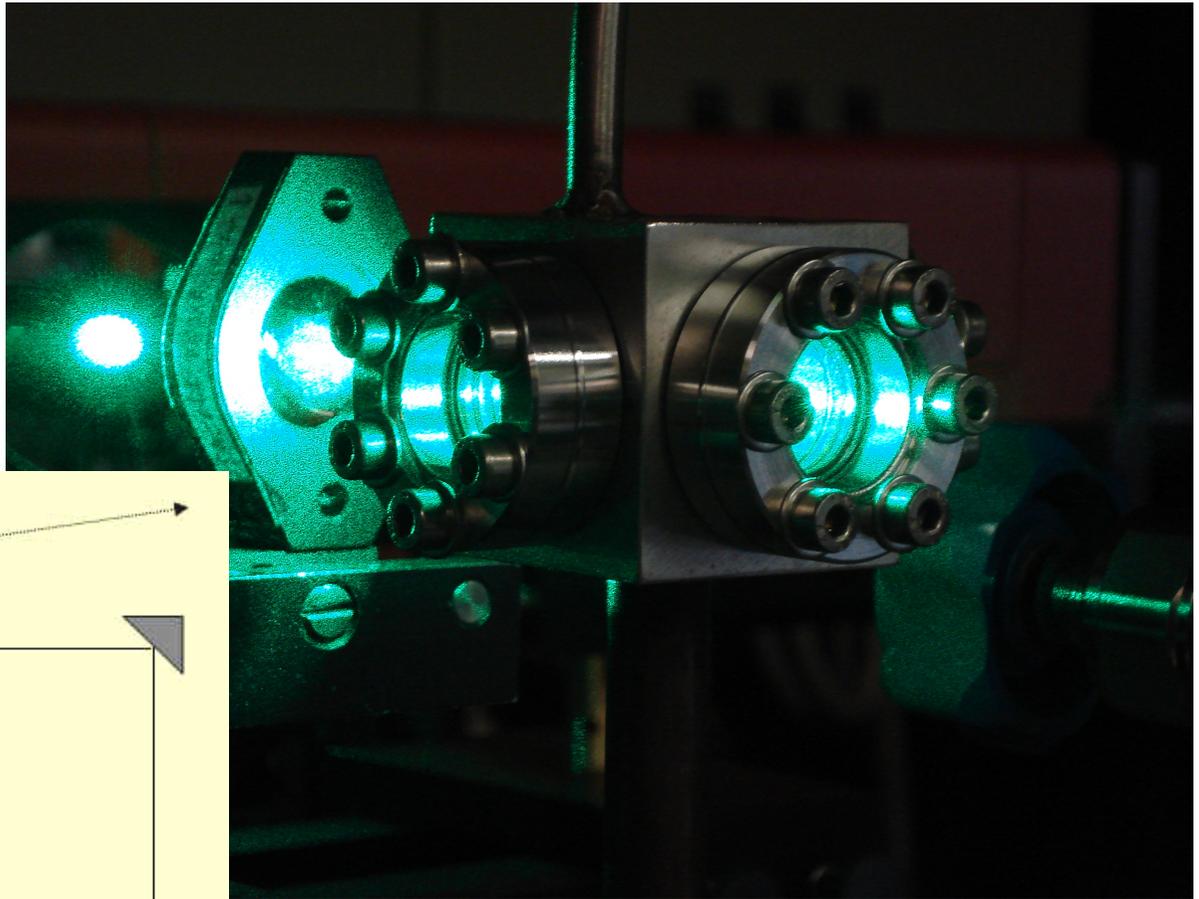
Spettroscopia Raman: diffusione di luce laser dagli stati rotazionali

$$E_R = h^2 \frac{J^2}{2I} = hcb_0 J(J + 1) \qquad b_0 = \frac{h}{8\pi^2 I}$$

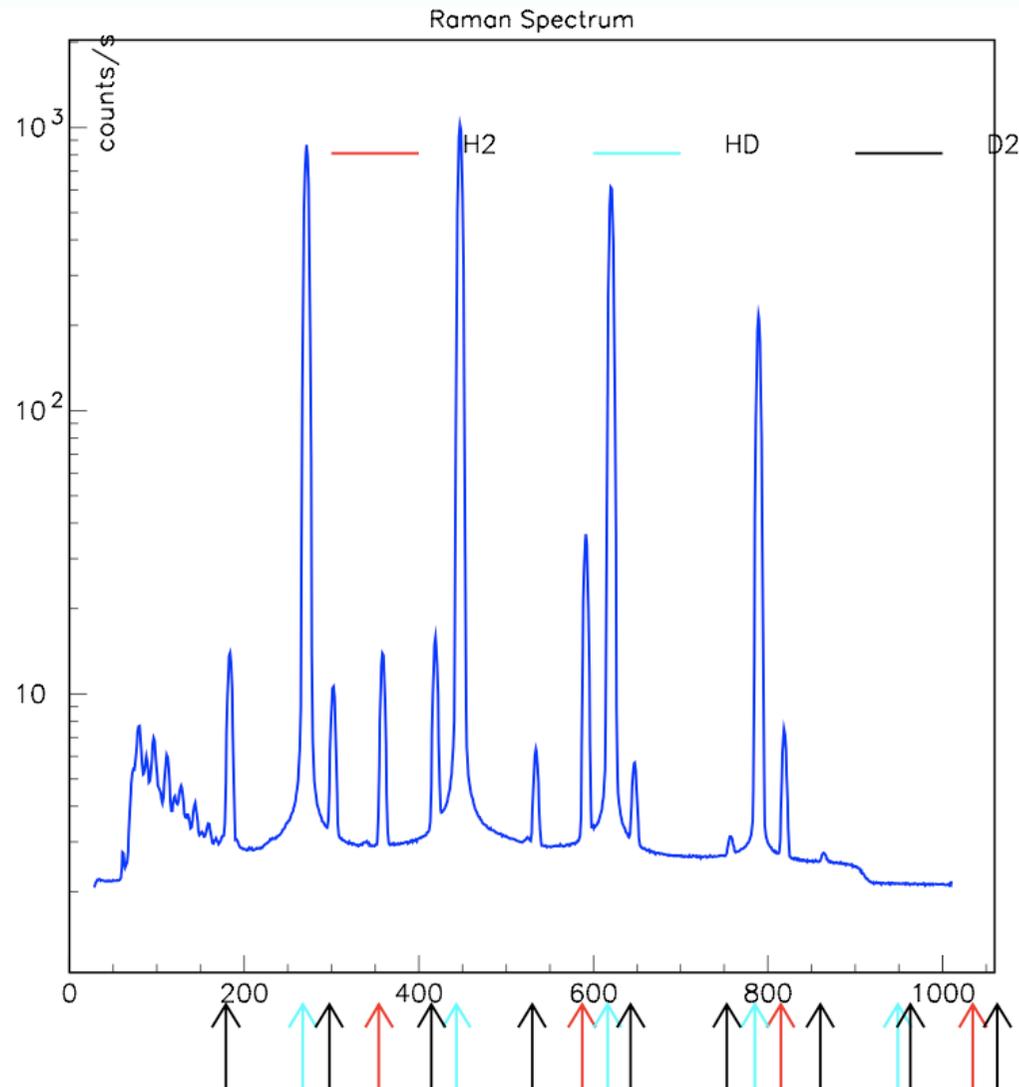


$$\Delta E = hcb_0(J + 2)(J + 3) - hcb_0 J(J + 1) = hcb_0(4J + 6)$$

Set-up Raman



Analisi di un campione di gas di HD (JMU-I)



Set-up finale.

Media di 30 spettri da
60 s ciascuno:

Minimizzato il rumore di
fondo ed ottimizzato il
range dinamico

Intensità delle righe Raman : dipendenza dalla temperatura

$$I(J, T) = I_0 A(\nu) \nu^3 f(J) \gamma^2 \frac{45\pi^4}{7} \frac{N}{Q(T)} g_s(J) (2J+1) \frac{3(J+1)(J+2)}{2(2J+1)(2J+3)} \exp\left(-\frac{hcb_0 J(J+1)}{KT}\right)$$

I_0 = Intensità del Laser
 $A(\nu)$ = funzione di risposta spettrale
 $f(J)$ = correzione di anarmonicità
 γ = elementi di matrice anisotropi

↓
 Costante C

$$I(J, T) = C \frac{N}{Q(T)} h(J) \exp\left(-\frac{hcb_0 J(J+1)}{KT}\right)$$

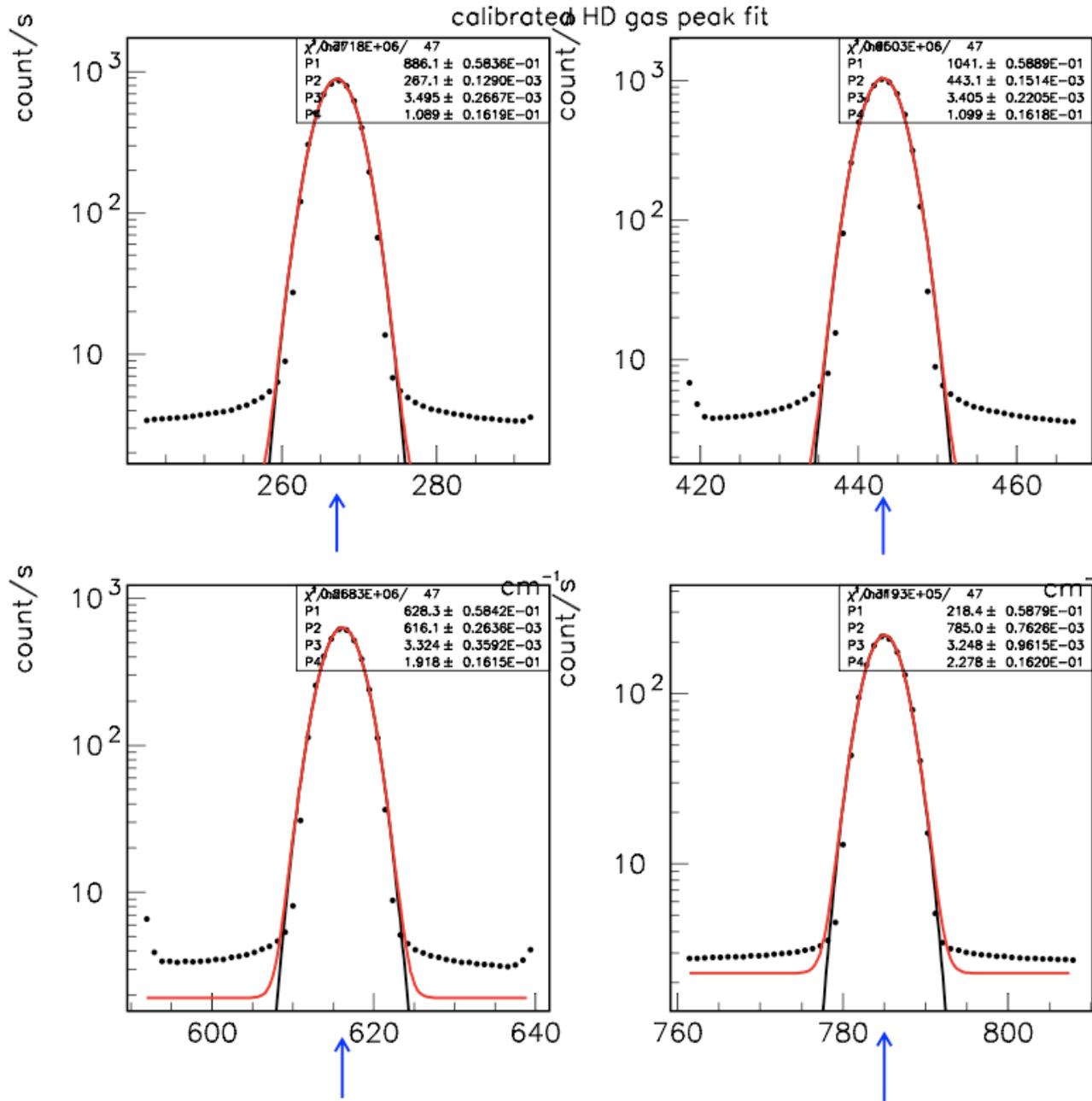
dove $h(J) = g_s(J) (2J+1) \frac{3(J+1)(J+2)}{2(2J+1)(2J+3)}$

$$\frac{I_{\text{exp}}(J)}{h(j)} = \frac{CN}{Q} \exp\left(-\frac{hcb_0 J(J+1)}{KT}\right)$$

Dipendenza esponenziale da:
1/Temperatura



CN e T possono essere determinate da un fit dei dati

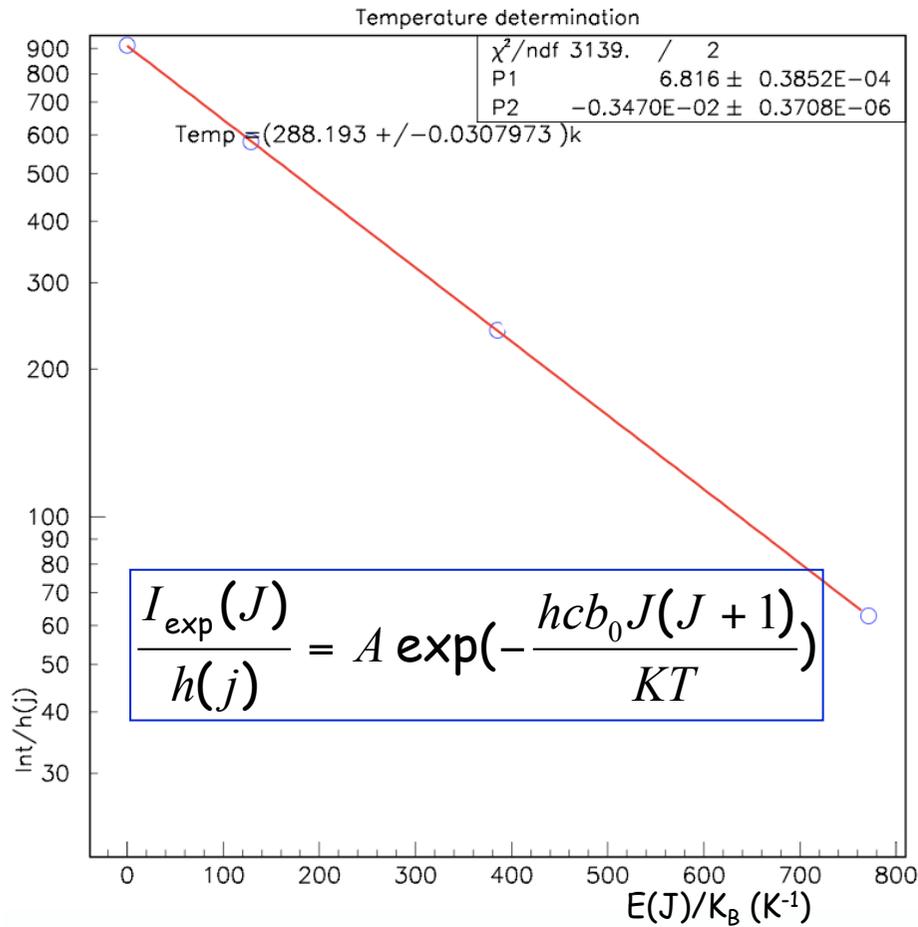


HD

Problema:

i picchi di alta intensità (HD) presentano delle code dovute al drift della carica verso i pixel adiacenti

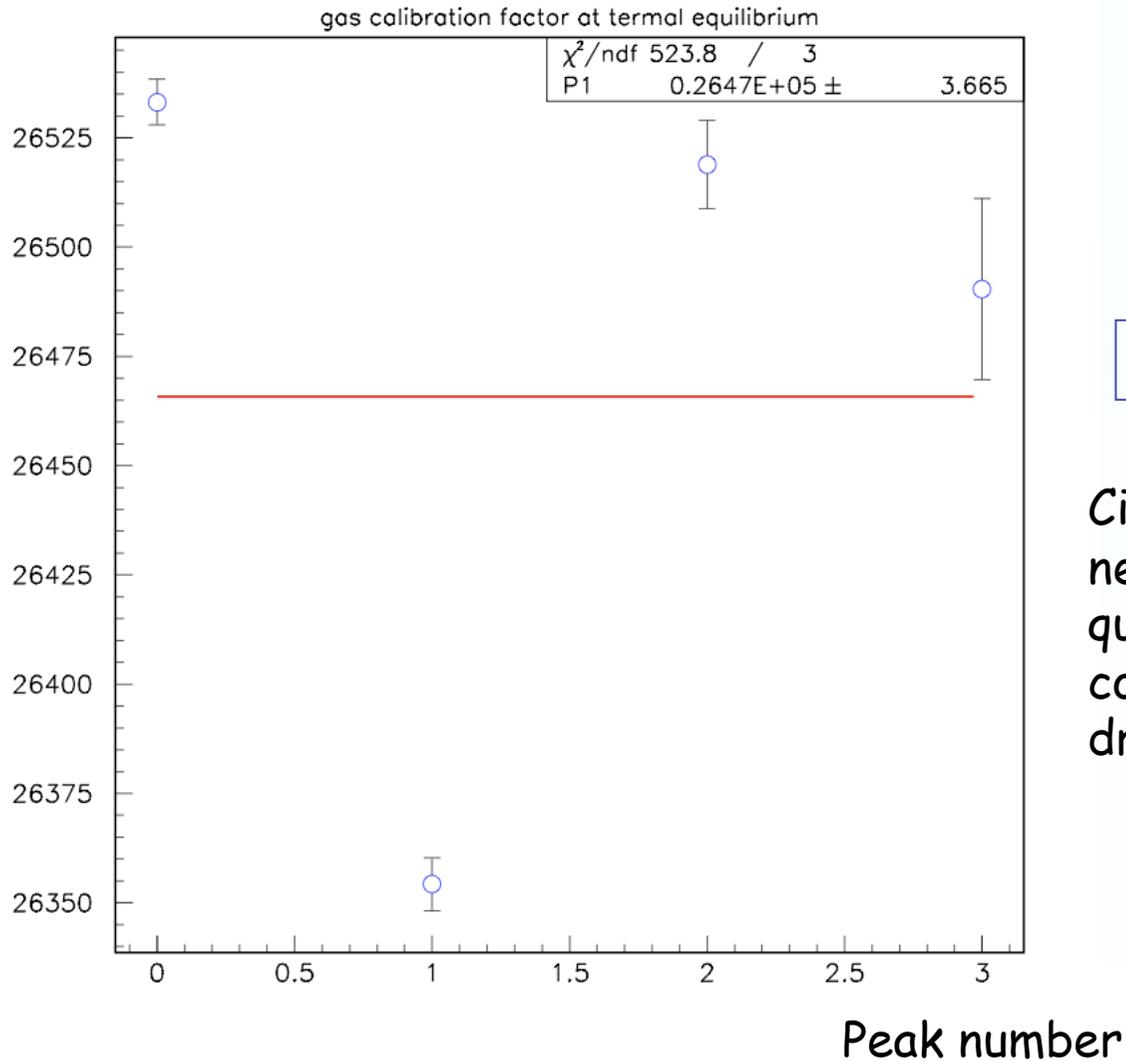
sottostima della intensità totale dei picchi più intensi



Contenuto dei picchi di gas HD

J	$I_{\text{exp}}(J) \pm \Delta I_{\text{exp}}$ (counts/s)	$I_{\text{fit}}(J) \pm \Delta I_{\text{exp}}(J)$ (counts/s)
0	5490.1 \pm 0.5	5471.8 \pm 0.2
1	6283.7 \pm 0.5	6305.4 \pm 0.2
2	3702.4 \pm 0.5	3691.7 \pm 0.14
3	125715 \pm 0.5	1255.60 \pm 0.04
4	-	258.84 \pm 0.009
5	-	32.973 \pm 0.001
6	-	2.6230 \pm 0.0001
7	-	0.13114 \pm 0.00005

Counts/s

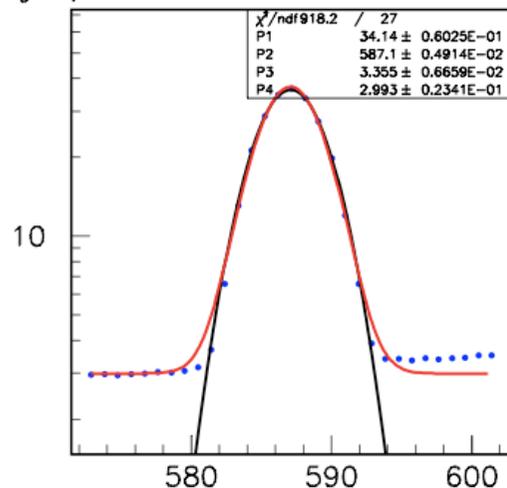
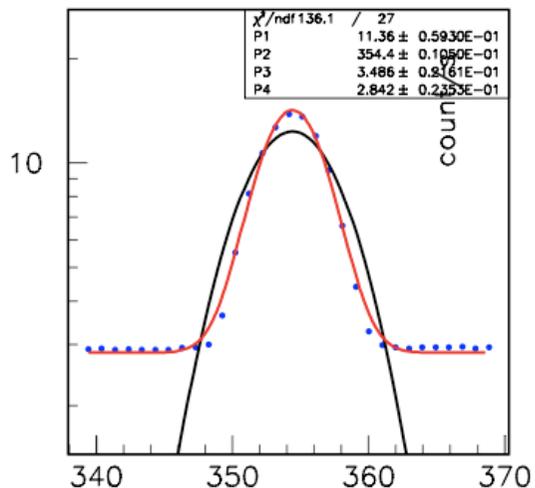


Estrazione del prodotto
CN per il gas di HD

$$\text{CN} = (26467 \pm 3) \text{ count/s}$$

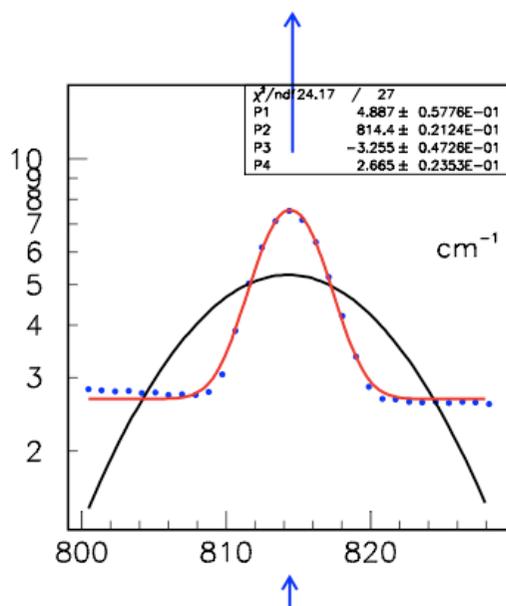
Ci aspettiamo miglioramenti
nelle fluttuazioni di CN
qualora si tenesse conto del
contributo della carica di
drift.

calibrated H2 gas peak fits

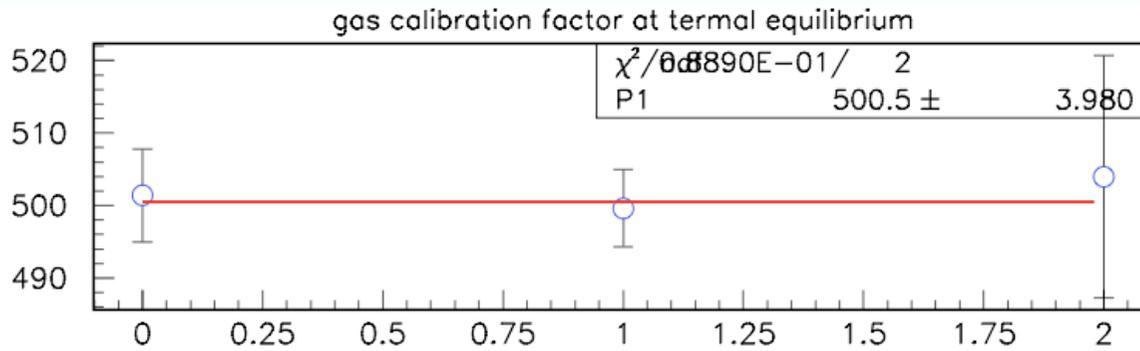


H2

Tre picchi:
Fit con una buona
discriminazione
del fondo

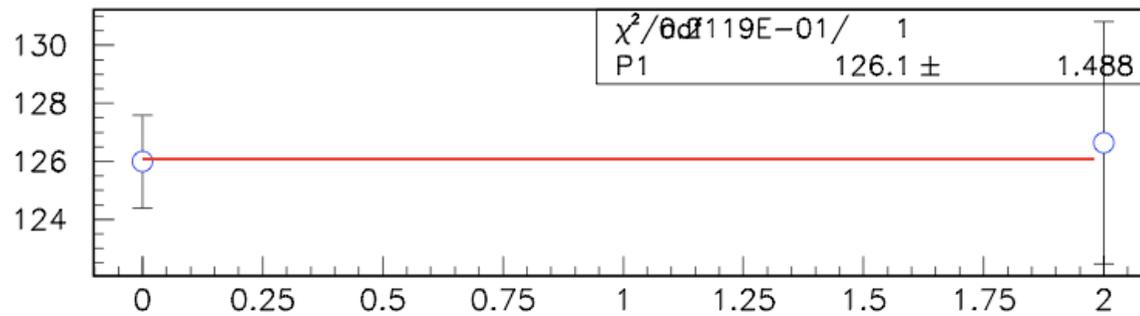


J	$I_{\text{exp}}(J) \pm \Delta I_{\text{exp}}$ (counts/s)	$I_{\text{fit}}(J) \pm \Delta I_{\text{exp}}(J)$ (counts/s)
0	70.2 ± 0.6	70.0 ± 0.1
1	203.0 ± 0.5	203.1 ± 0.3
2	28.2 ± 0.5	27.97 ± 0.04
3	-	16.91 ± 0.02
4	-	0.5782 ± 0.0008



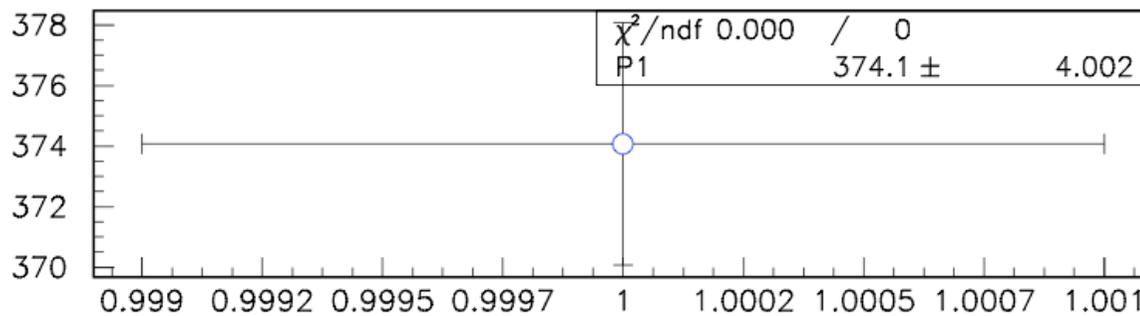
Determinazione del prodotto CN per il gas di H2

H2 totale : CN=500±4



Para-H2: CN=126±1

$N_{\text{para}}/N_{\text{to}} = 0,25 \pm 0,01$

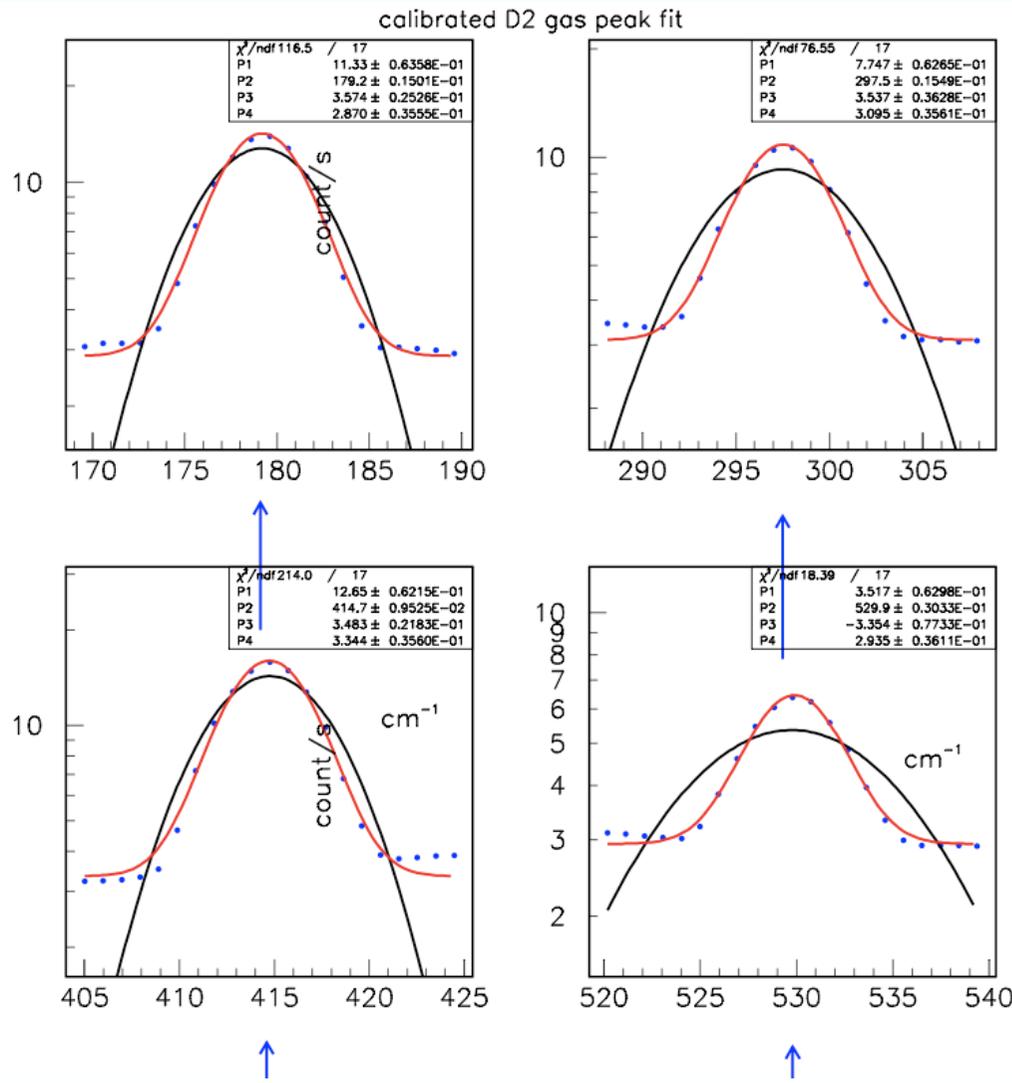


orto-H2: CN=374±4

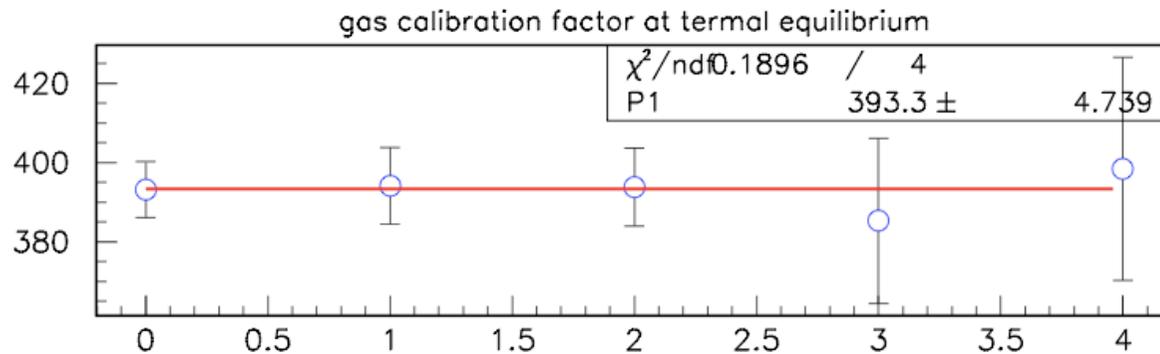
$N_{\text{orto}}/N_{\text{to}} = 0,75 \pm 0,01$

D2

Cinque picchi:
Fit con una buona
discriminazione
del fondo

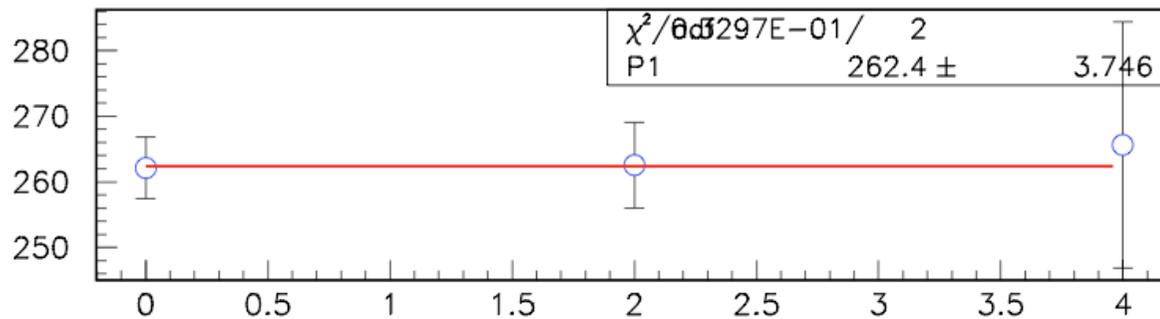


J	$I_{\text{exp}}(J) \pm \Delta I_{\text{exp}}$ (counts/s)	$I_{\text{fit}}(J) \pm \Delta I_{\text{exp}}(J)$ (counts/s)
0	71.7 ± 0.6	71.8 ± 0.5
1	48.6 ± 0.6	48.5 ± 0.4
2	78.41 ± 0.6	78.0 ± 0.6
3	20.9 ± 0.6	21.3 ± 0.1
4	16.8 ± 0.6	16.6 ± 0.1
5	-	2.33 ± 0.01
6	-	0.963 ± 0.007
7	-	0.0731 ± 0.0005



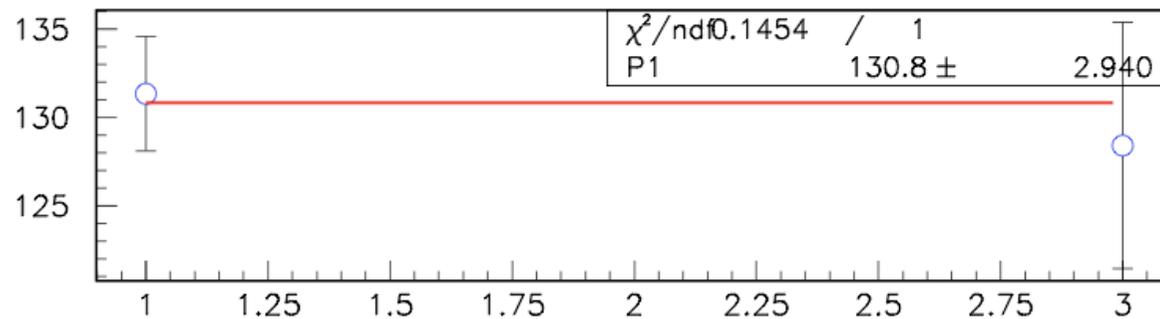
Determinazione del prodotto CN per il gas di D2

D2 totale : CN=393 \pm 5



Orto-D2: CN=262 \pm 4

$N_{orto}/N_{to} = 0,66 \pm 0,02$



Para-D2: CN=131 \pm 3

$N_{odd}/N_{to} = 0,33 \pm 0,03$

Determinazione delle concentrazioni : 2 metodi di normalizzazione

In letteratura sono riportati i seguenti rapporti tra le intensità dei picchi dei diversi isotopi, di pari pressione parziale:

$$\text{HD (J=1)/H}_2\text{(J=1)} = 0.58$$

$$\text{D}_2\text{(J=2)/H}_2\text{(J=1)} = 0.47$$

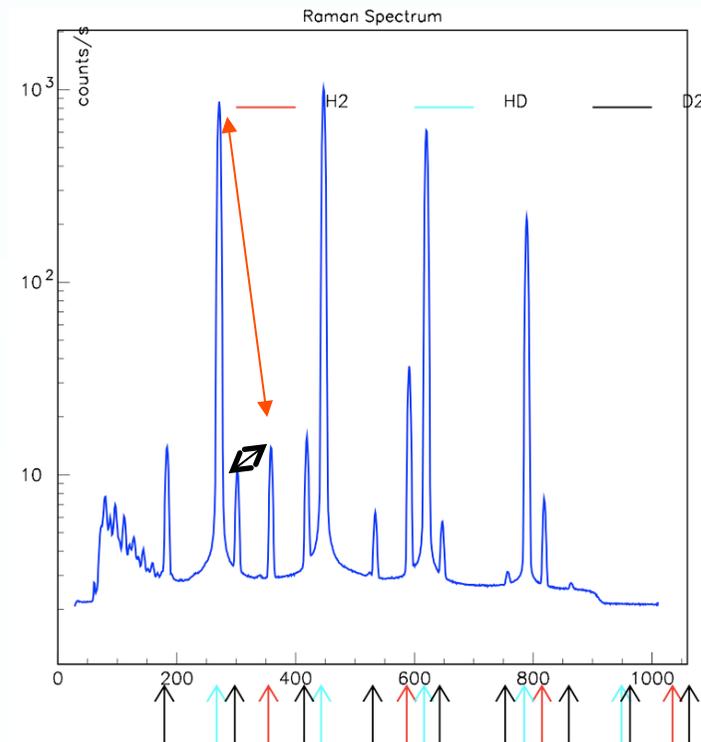
1)-fit- Nota la temperatura è possibile calcolare i rapporti tra le costanti:

$$\text{CN}_{\text{HD}} / \text{CN}_{\text{H}_2} = C_{\text{HD}} / C_{\text{H}_2} = 0.98756$$

$$\text{CN}_{\text{D}_2} / \text{CN}_{\text{HD}} = C_{\text{D}_2} / C_{\text{HD}} = 1.0343$$

$$\text{CN}_{\text{D}_2} / \text{CN}_{\text{H}_2} = C_{\text{D}_2} / C_{\text{H}_2} = 0.95484$$

da utilizzare per estrarre le concentrazioni relative dei gas a partire dai valori del prodotto CN dato dal fit.



2) peak- Il rapporto tra le intensità sperimentali dei picchi, normalizzato a rapporto teorico per uguali pressioni parziali, fornisce il rapporto tra le molecole dei gas, nell'ipotesi di equilibrio termico tra le varie specie.

HD commerciale

Misura	CN _{HD}	CN _{H2}	CN _{D2}	H2/HD fit	H2/HD peak	D2/HD fit	D2/ HD peak
5 W-ott	6581 ± 3	234 ± 4	258 ± 6	0.038 ± 0.002	0.0384 ± 0.0002	0.036 ± 0.003	0.0372 ± 0.0004
10 W-ott	10437 ± 2	403 ± 4	378 ± 4	0.0381 ± 0.0008	0.0373 ± 0.0002	0.037 ± 0.002	0.0373 ± 0.0002
15 W-ott	14085 ± 3	536 ± 4	517 ± 4	0.0378 ± 0.0006	0.0380 ± 0.0004	0.037 ± 0.002	0.0371 ± 0.0002
11 W-dec				0.0391 ± 0.0006	0.03884 ± 0.00005	0.038 ± 0.001	0.0382 ± 0.0001
12 W-dec				0.0386 ± 0.0004	0.03884 ± 0.00005	0.038 ± 0.001	0.0382 ± 0.0001

Le due tecniche forniscono risultati compatibili entro l'errore

HD JMU I

Misura	H2/HD fit	H2/HD peak	D2/HD fit	D2/HD peak
14 W-dec	0.0175 ± 0.001	0.0176 ± 0.0001	0.0135 ± 0.003	0.0137 ± 0.0003
14 W-dec	0.017 ± 0.001	0.0175 ± 0.0001	0.0135 ± 0.003	0.0138 ± 0.0003
14 W-dec	0.0175 ± 0.001	0.0176 ± 0.0001	0.0135 ± 0.003	0.0138 ± 0.0003
4.5 W-jan	0.018 ± 0.003	0.0182 ± 0.0003	0.014 ± 0.006	0.0145 ± 0.0006
14 W-feb 30x60s	0.0187 ± 0.0003	0.01874 ± 0.00005	0.0152 ± 0.0007	0.0153 ± 0.0001

La sensibilità ottenuta è pari a 5×10^{-5} utile per misurare concentrazioni dell'ordine di 10^{-4}

Si osserva un rateo di dissociazione $\approx 0,07\%/mese$

Conclusioni

La tecnica di misura è stata ottimizzata fino ad una sensibilità di 10^{-5}

I risultati ottenuti sul gas commerciale e su quello inviato per il test sono coerenti ed indicano un rateo di ricombinazione inferiore allo 0.1 %/mese.

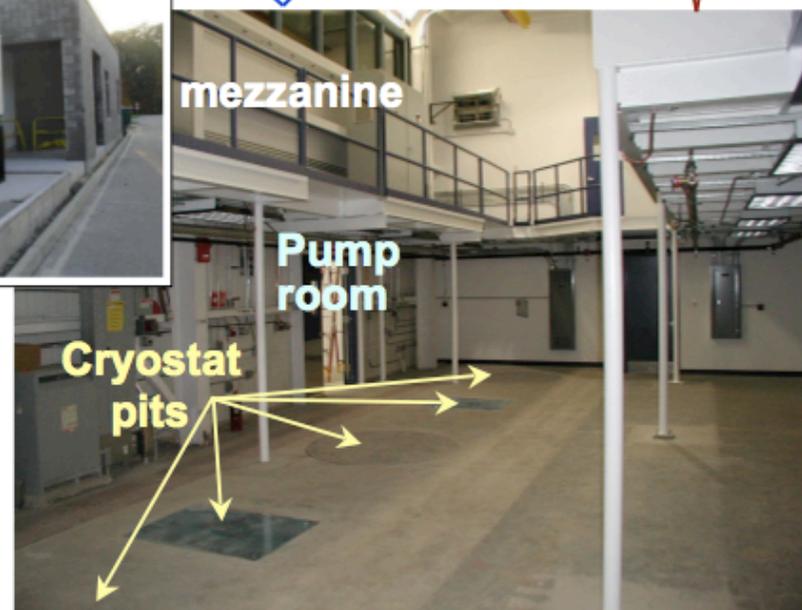
Siamo pronti per le misure sistematiche. L'arrivo del gas è previsto per i mesi di giugno e luglio.

Upgrade completati: 

- Nuovo Laser → 15 W
- Nuovo espansore del fascio
- Secondo specchio
- Test con il PM al posto della CCD (non migliora)

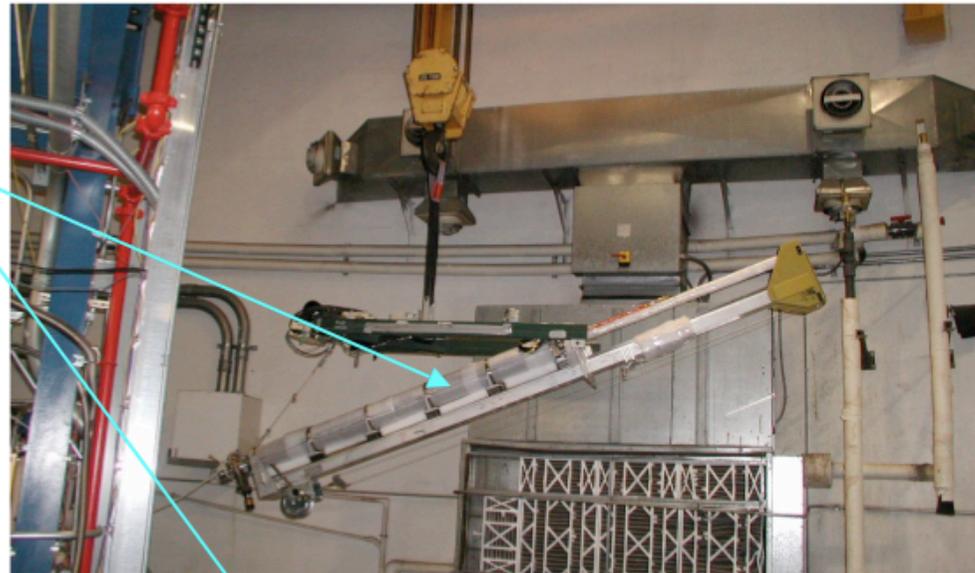
$\vec{H}\vec{D}$ ice production

- **Renovation of building space to create HDice polarizing Lab - Feb 12/10**
 - North-Annex of Test-Lab
 - pits for cryostats/dilution refrigerators and high-field magnets
 - high-bay for transferring targets
 - UPS & diesel generator backups
 - polarize to frozen-spin at 15 tesla / 0.012 K
 - move to Hall B in 0.1 tesla / 2 K *Transfer Cryostat*
 - hold in CLAS at ~ 1 tesla / 0.1 K with *In-Beam Cryostat*



**Dry run (warm) with
Transfer Cryostat**

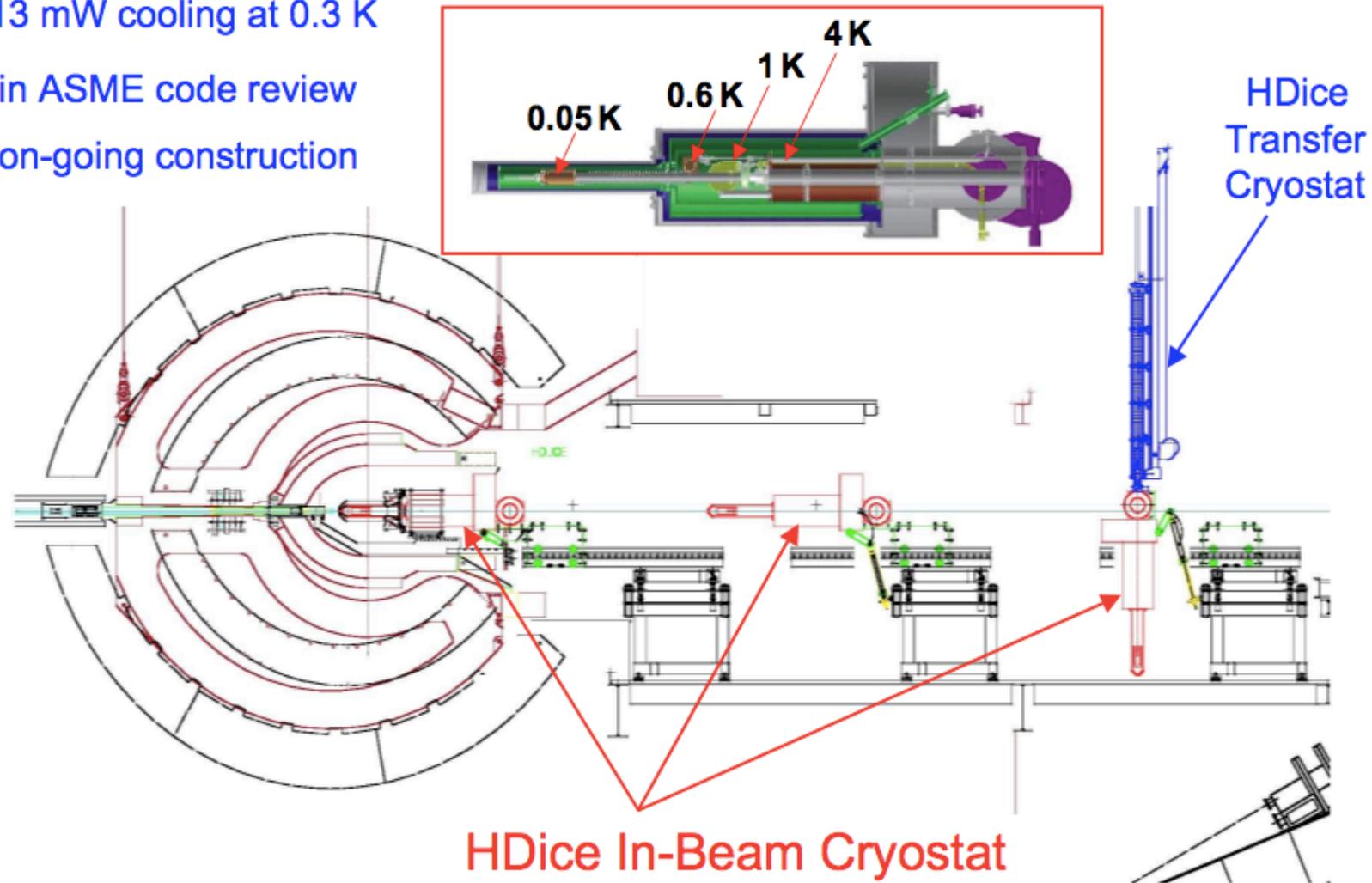
- HDice Lab to CLAS



TC dry run to CLAS - Feb 12'10

HDice In-Beam Cryostat for CLAS

- designed for both γ (w Start Counter) and e^- (w mini-Torus) running
- 13 mW cooling at 0.3 K
- in ASME code review
- on-going construction



HDice IBC-CLAS loading

Nuovo progetto: criostato per misure di NMR

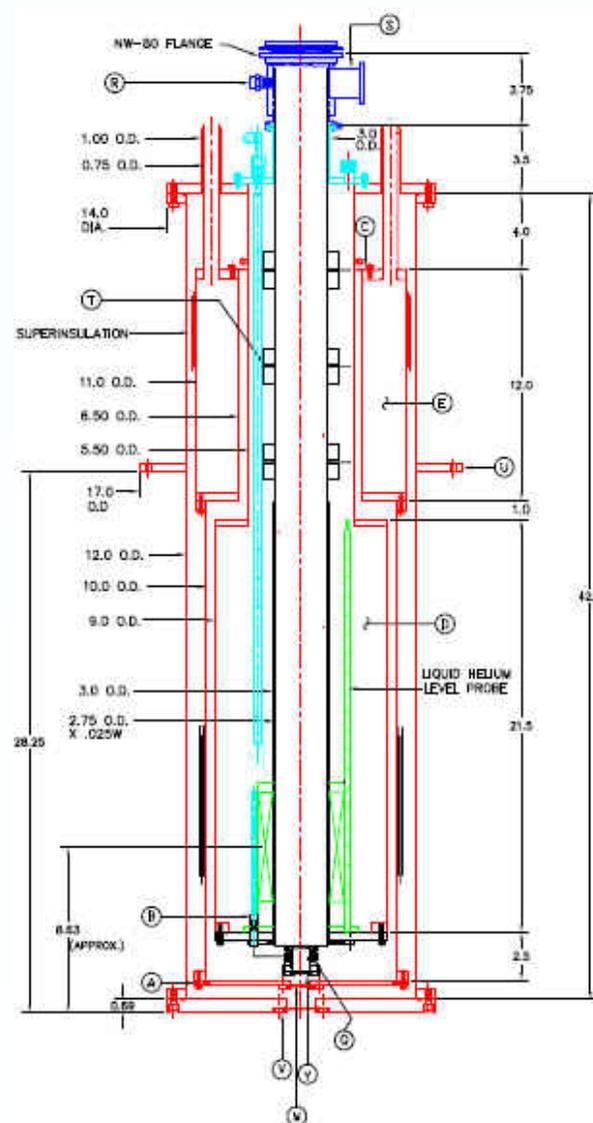


Nuovo progetto: criostato per misure di NMR

Acquistato nuovo criostato con magnete ad elevata uniformità ed elevata stabilità incluso:

verrà consegnato direttamente al JLAB.

Dobbiamo realizzare il nuovo inserto per condensare HD ad alta pressione.



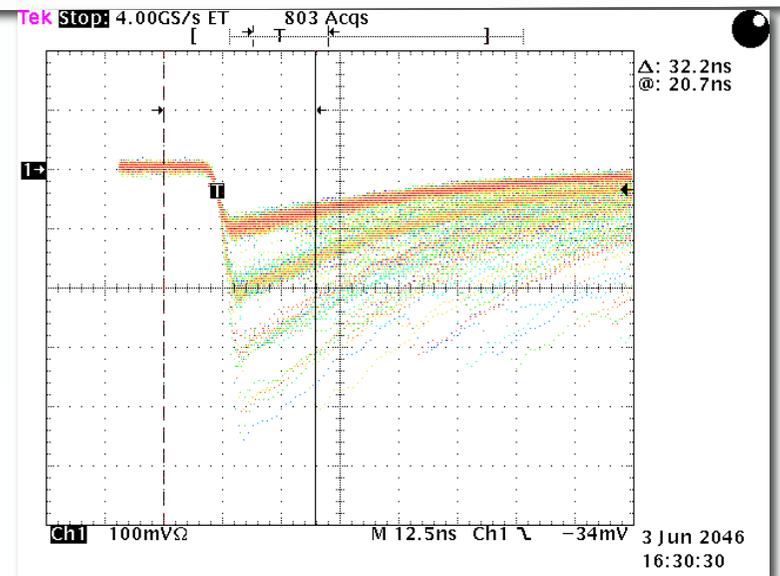
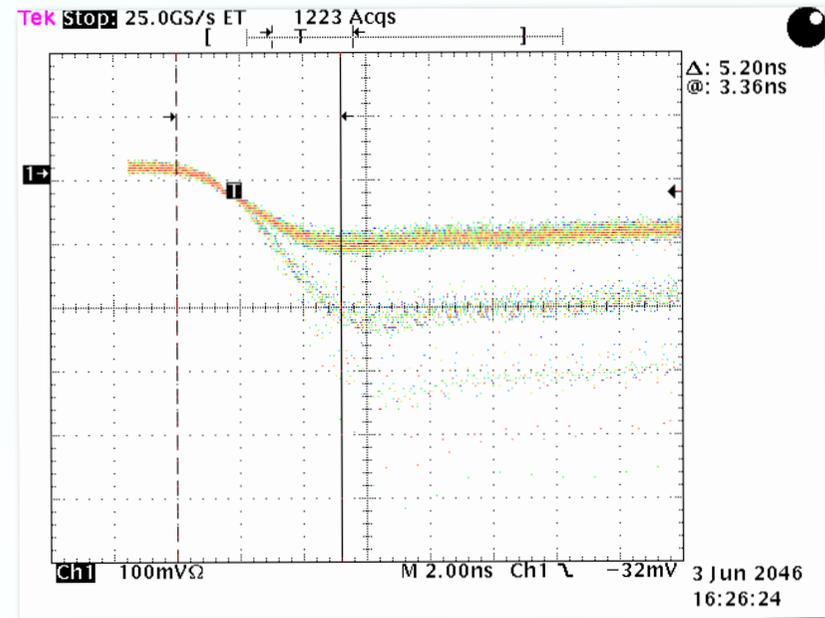
Misure preliminari sull'elettronica di Kloe per i SiPM

HV=70V
Segnale di fondo

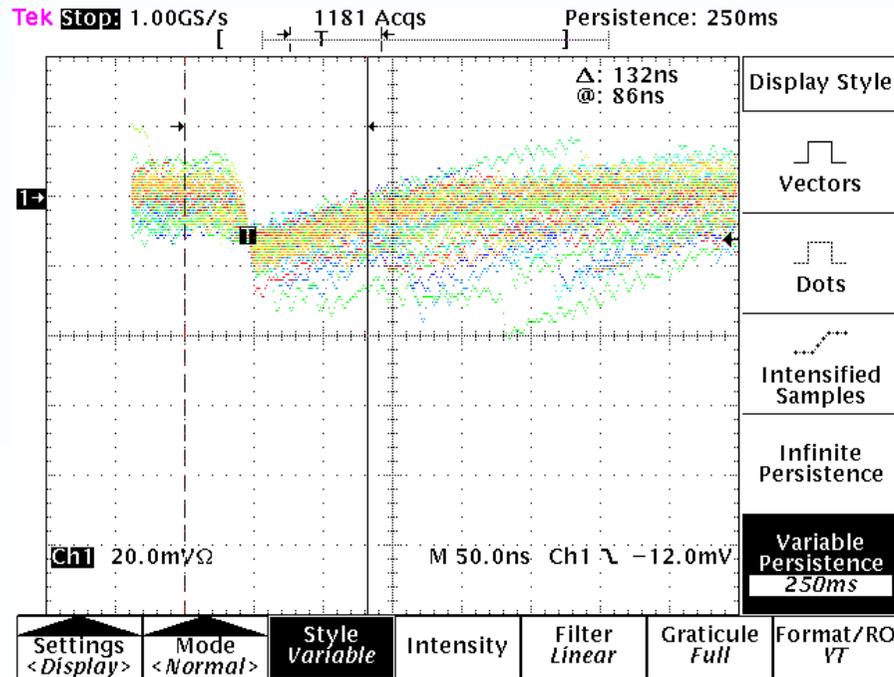
1x1 mm²

Guadagno preamplificatore: x50

HV=70.5V
Segnale di fondo



Misure preliminari sull'elettronica di Kloe per i SiPM



3x3 mm²

Guadagno preamplificatore: x50

Preamplificatore modificato per adattarlo alla capacità del rivelatore 3x3
Test da completare.



Attività future

Annalisa → Jlab per un anno a partire da Agosto 2010

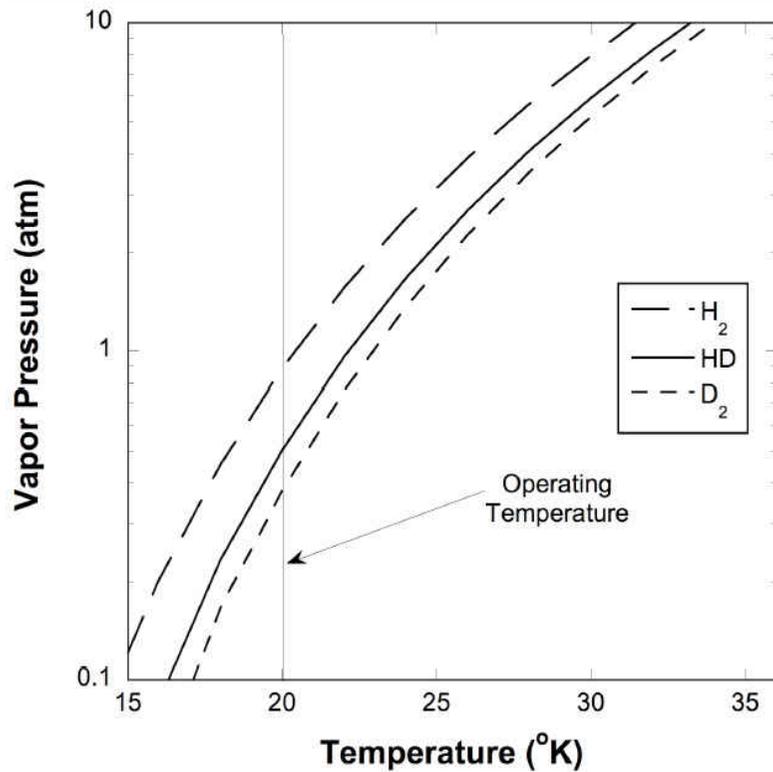
Valentina → Forward tagger in collaborazione con Genova
HD-ice - analisi Raman

Irene → Concorso per accedere alla scuola di dottorato.

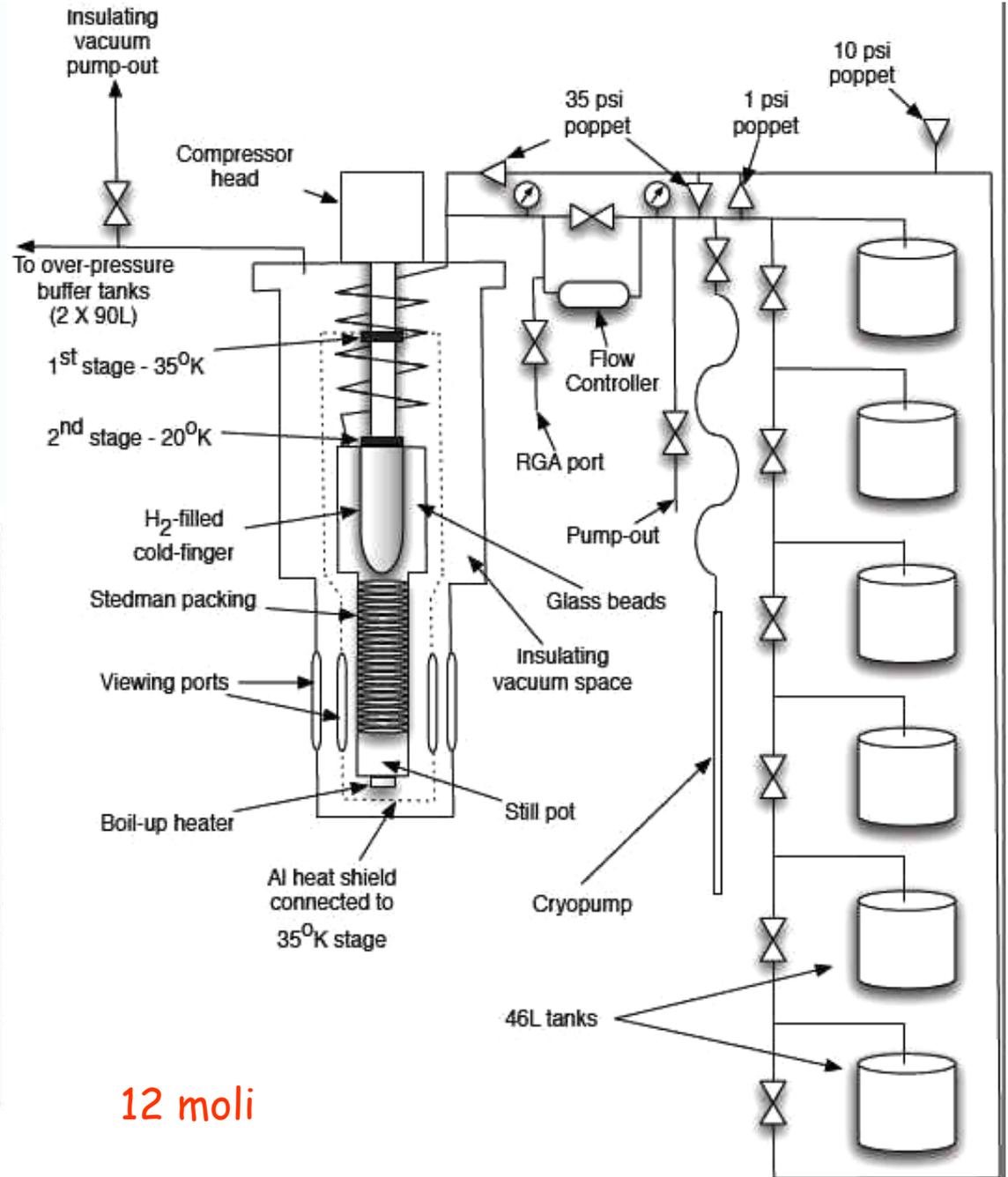
Distillazione dell'HD

HD commerciale contiene
 ~ 98% HD ~1.5% H₂ ≤0.5% D₂

Processo di distillazione
 Steve Whinsnant @ USC

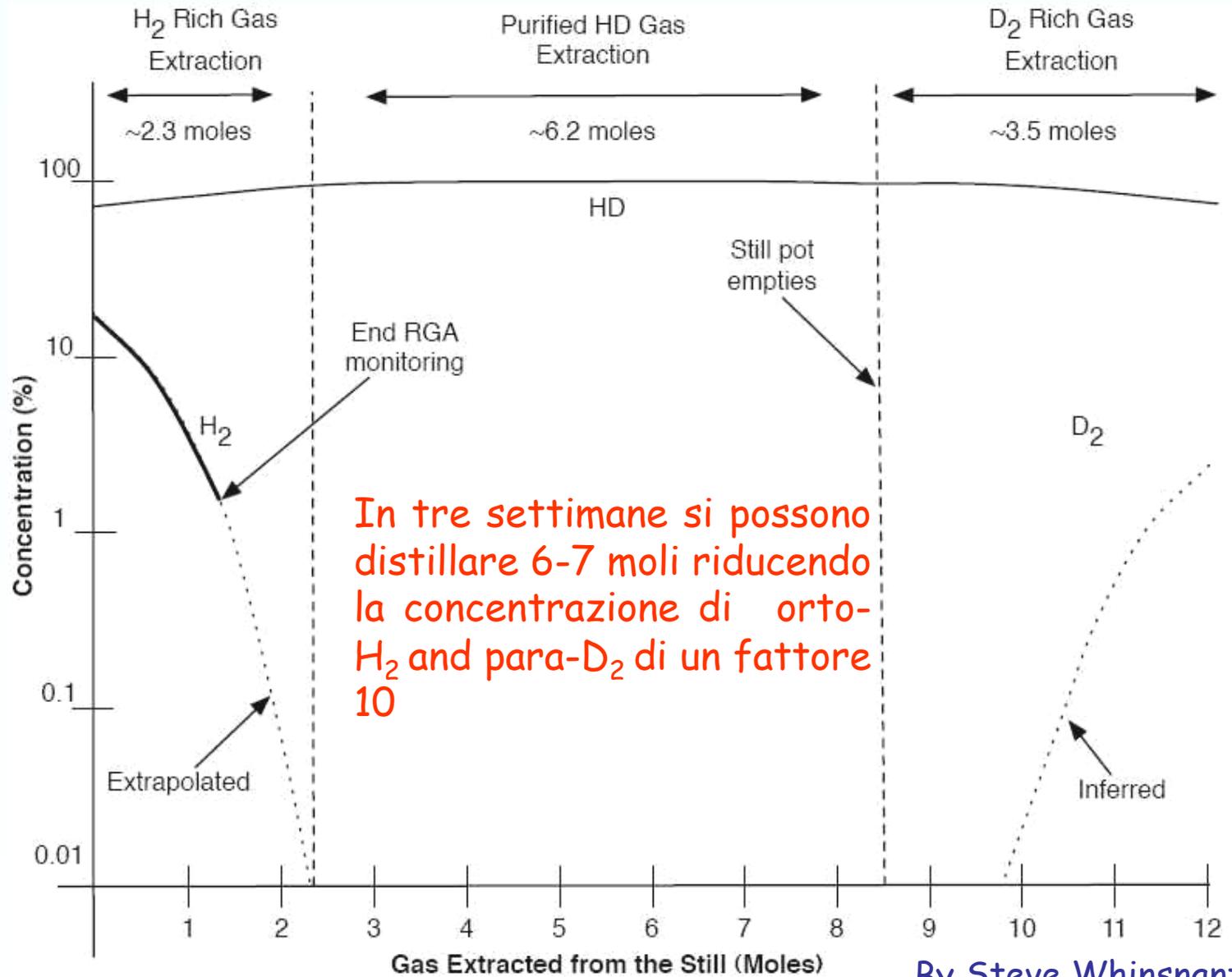


Valentina Vegna - Roma- 10 Giugno 2010



12 moli

Distillazione dell'HD



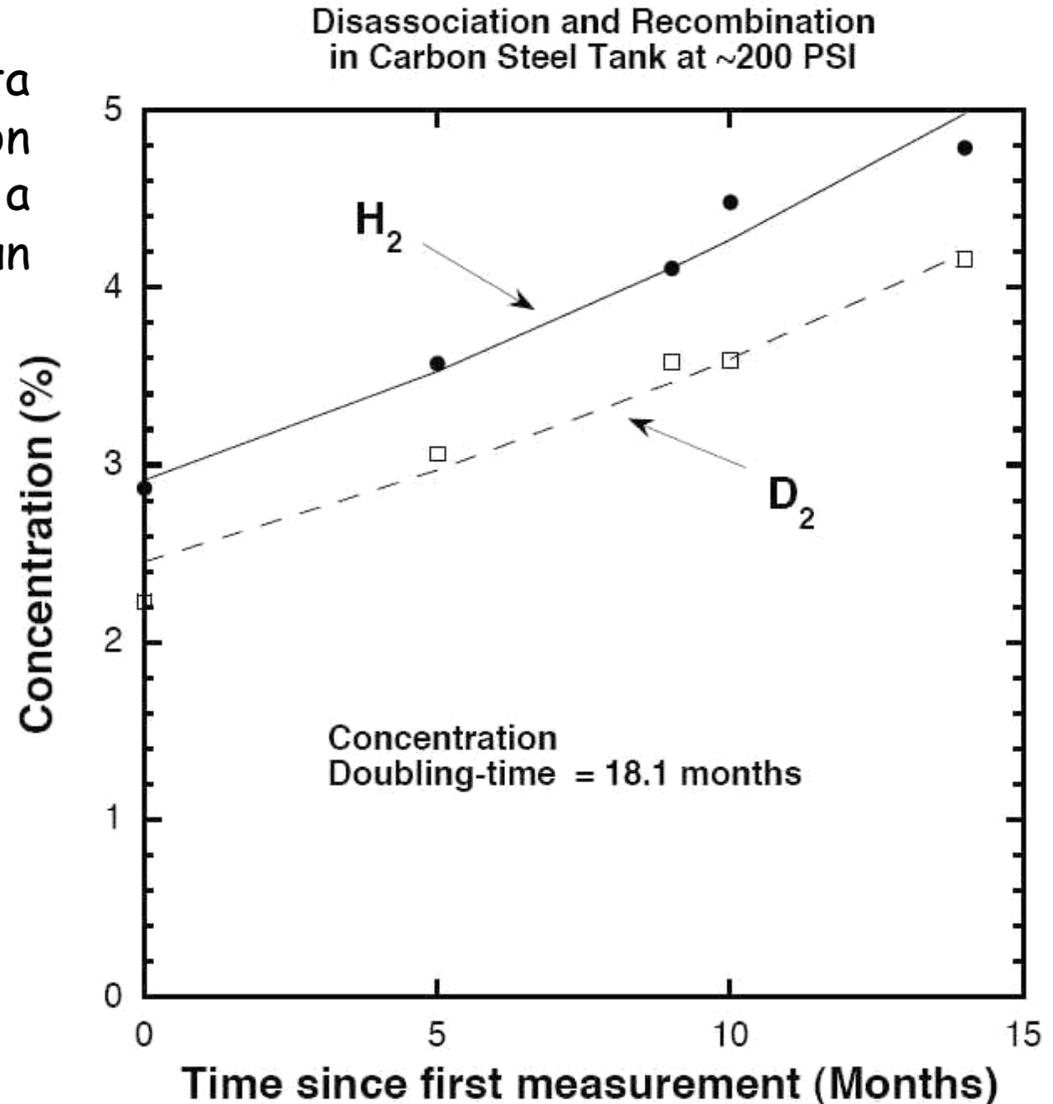
By Steve Whinsnant @ USC

Problemi

Il gas di HD conservato ad alta pressione in recipienti non trattati tende a dissociarsi e a ricombinarsi in H_2 e D_2 , ad un rateo misurato di 0.14% /mese

Ci sono indicazioni che la conversione inversa para- $H_2 \rightarrow$ orto- H_2 si verifichi con tempi caratteristici molto lunghi, in condizioni normali.

Misure accurate del contenuto di orto- H_2 e para- D_2 in HD è altamente desiderabile



Optics configuration

