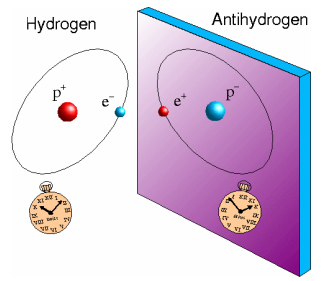


Anti-atomi freddi (anti-H) @ CERN: unica sorgente Pbar bassa energia 5 esperimenti, >100 Istituti. Comunita' in crescita



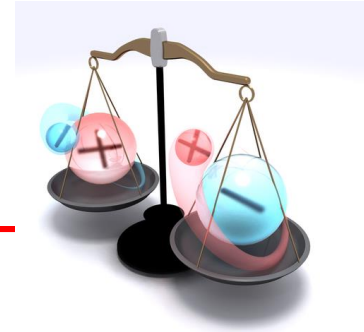
Quale fisica?

Verifica accurata della validita' di simmetrie sulle quali si fonda la descrizione delle interazioni fondamentali

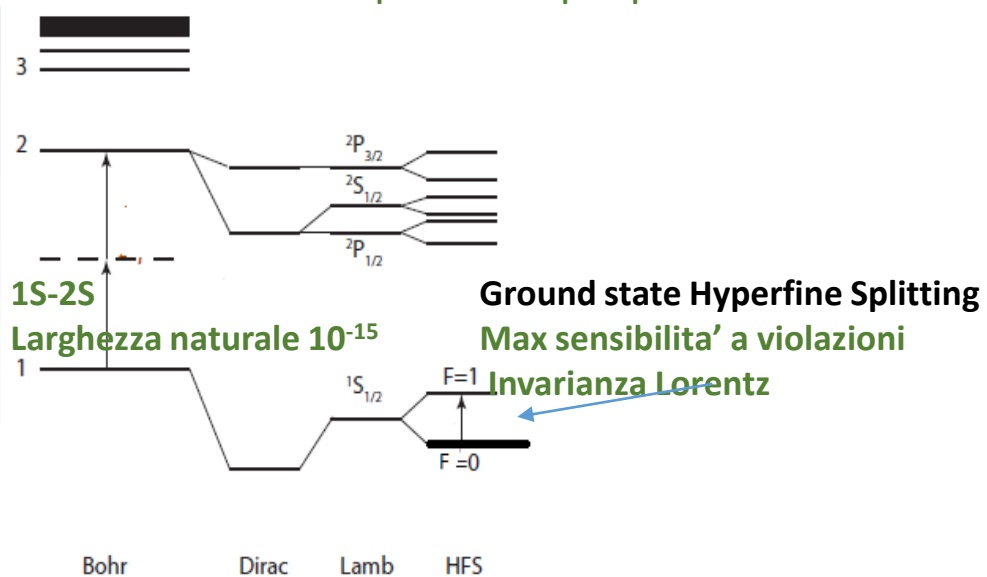
- 1) **CPT** attraverso spettroscopia
- 2) **WEP** attraverso misure dirette o spettroscopia

Perche'?

- a) Verifica di **fondamenti**
- b) Ricerca di **segnali oltre la fisica standard** (CPT violation- Lorentz Violation con o senza possibili violazioni di WEP)
Complementare rispetto ad altri settori



Spettroscopia per verifica CPT:



Misura diretta accelerazione gravita' terrestre g

- Verifica validita' WEP per antimateria
- assenza misure dirette per antimateria
- validita' per antimateria e' estrapolazione
- Limiti indiretti (dipendenti da modelli, controversi)

$$\frac{g_H - g_{\bar{H}}}{g_H} < 10^{-6}, 10^{-7}, 10^{-8} \quad \text{a seconda delle ipotesi}$$

g_H ?

Spettroscopia e WEP

$$\frac{\Delta f}{f} = (1 + \alpha_{\bar{H}}) \frac{\Delta U}{c^2} \rightarrow \text{Variazione annuale distanza Terra Sole}$$

WEP $\rightarrow \alpha_{\bar{H}} = 0$

$$\frac{f_{1S-2S}^{\bar{H}} - f_{1S-2S}^{\bar{H}}}{f_{1S-2S}^{\bar{H}}} \approx 10^{-15} \Rightarrow (\alpha_{\bar{H}} - 1) \approx 3 \cdot 10^{-6}$$

Gap sperimentale tra atomi freddi e anti-atomi freddi

Obiettivi a medio-lungo termine: **alta precisione**

- applicare a antiH le metodologie sviluppate per atomi
- Interferometria atomica su antiH: misure di g
- Spettroscopia 1S-2S come su idrogeno
- Fasci di antiH per misure GHFS

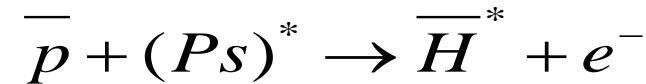
In cosa consiste la gap

- 1) **Numero** di atomi e anti-atomi utilizzabili per la misura
- 2) **Temperatura** degli atomi (< μk..) e anti-atomi (K, decine di K)

Bridging the gap.....

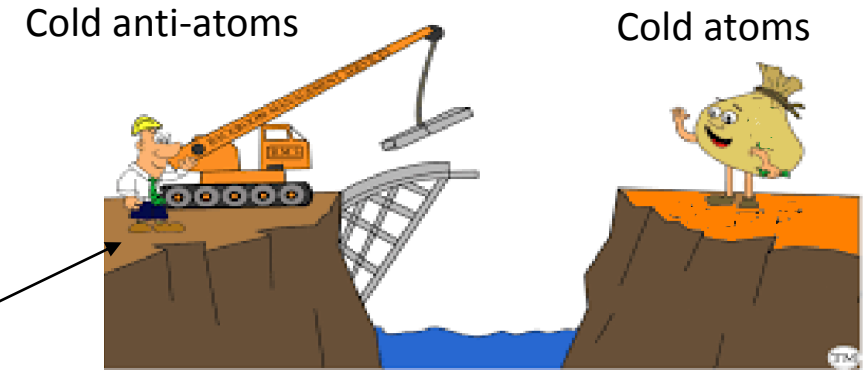
→ cooling e ultracooling di particelle cariche confinate in trappole elettromagnetiche
 confinamento simultaneo di pbar e ioni negativi (o molecole negative) raffreddabili attraverso laser cooling
 cooling simpatico di pbar

formazione di Hbar con scambio carica



laser cooling di antiH (Ly α impulsata a disposizione di diversi gruppi)

cooling di antiH via Stark forces

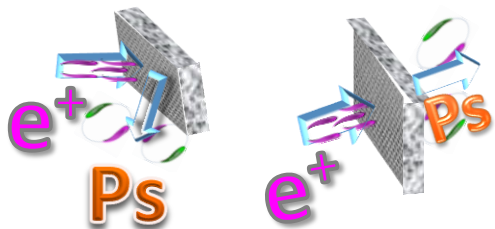


→ ottimizzazione delle condizioni di formazione del Ps (sviluppo di convertitori e+ in Ps)

laser cooling di Ps

eccitazione laser del Ps

→ Potenziamento di AD: fascio da 5 MeV a 100 KeV
 Numero antiprotoni disponibili X 100
 dal 2017 -2018



rapida evoluzione

2002: formazione Hbar via ricombinazione 3 body pbar e+ in trappole nested

2004 Primi atomi formati con doppio scambio carica

2011-2012 antiH confinato in trappola magnetica. $T < 0.5$ K

2010 antiH formato in cusp trap

2013 Primo beam di antiH

2015 Ps eccitato $n=3 \rightarrow n=15$ base formazione Hbar via scambio carica

Inoltre:

- Interesse verso il Positronio (fenomeni di interferenza quantistica e misure di g su Ps)
- AD@CERN : 2 nuovi esperimenti per misura g su antiH sul floor a partire dal 2017

Forza e debolezza di questa linea scientifica

High gain



High risk

Violazione CPT o WEP sarebbe un segnale rivoluzionario

Il segnale di violazione non e' affatto garantito

Elementi di forza

- Misura accurata di validita' CPT e WEP e' comunque rilevante (anche senza violazione)
- Settore estremamente multidisciplinare e ricco di fisica e tecnica intermedia molto interessante

Elementi di debolezza

- Molto sviluppo ancora da fare (in progress)
- Settore esageratamente competitivo
- Auspicabile piu' collaborazione e meno frammentazione nella comunita' scientifica (italiana e non italiana)

