

# Attività di ricerca in fisica nucleare a Firenze

G.Pasquali ([pasquali@fi.infn.it](mailto:pasquali@fi.infn.it)) tel.2253

<http://hep.fi.infn.it/Gruppo3/gruppotre.html>

Z: numero di protoni  
(=numero atomico)

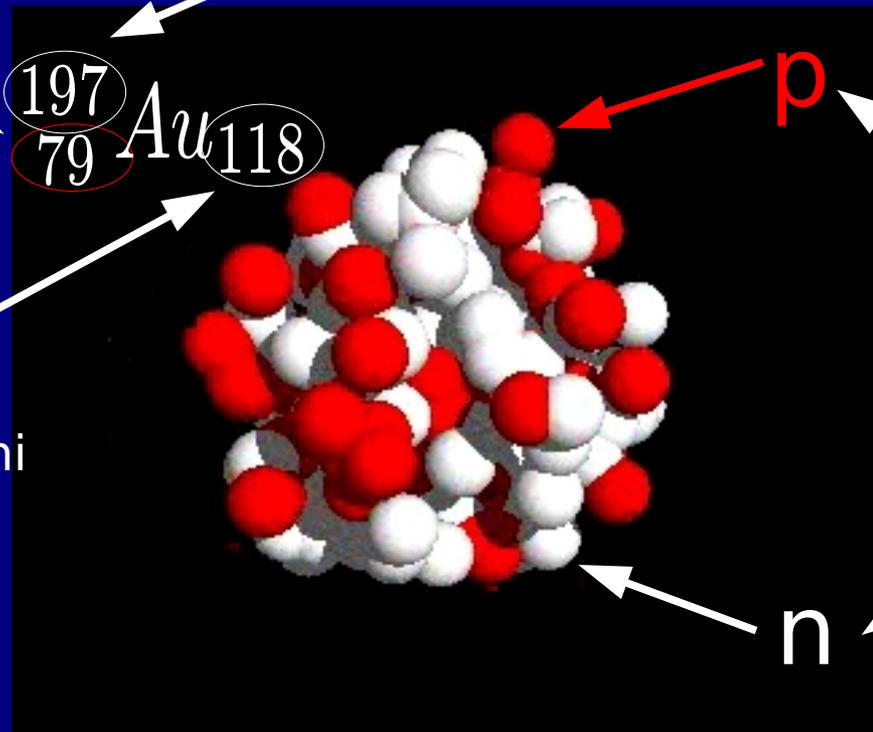
Z=79

A=197

A: numero di massa (=Z+N)

N=118

N: numero di neutroni

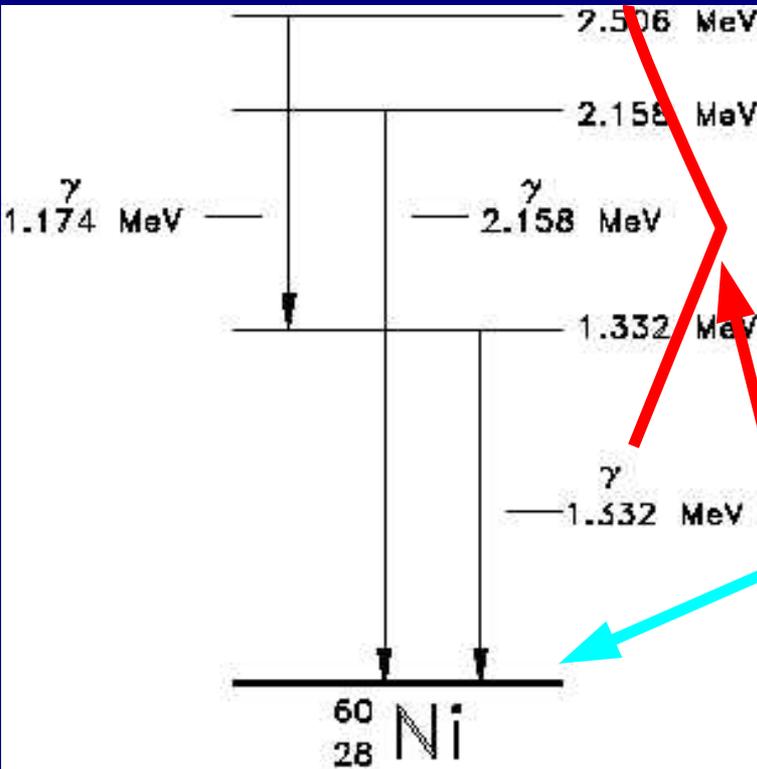


NUCLEONI



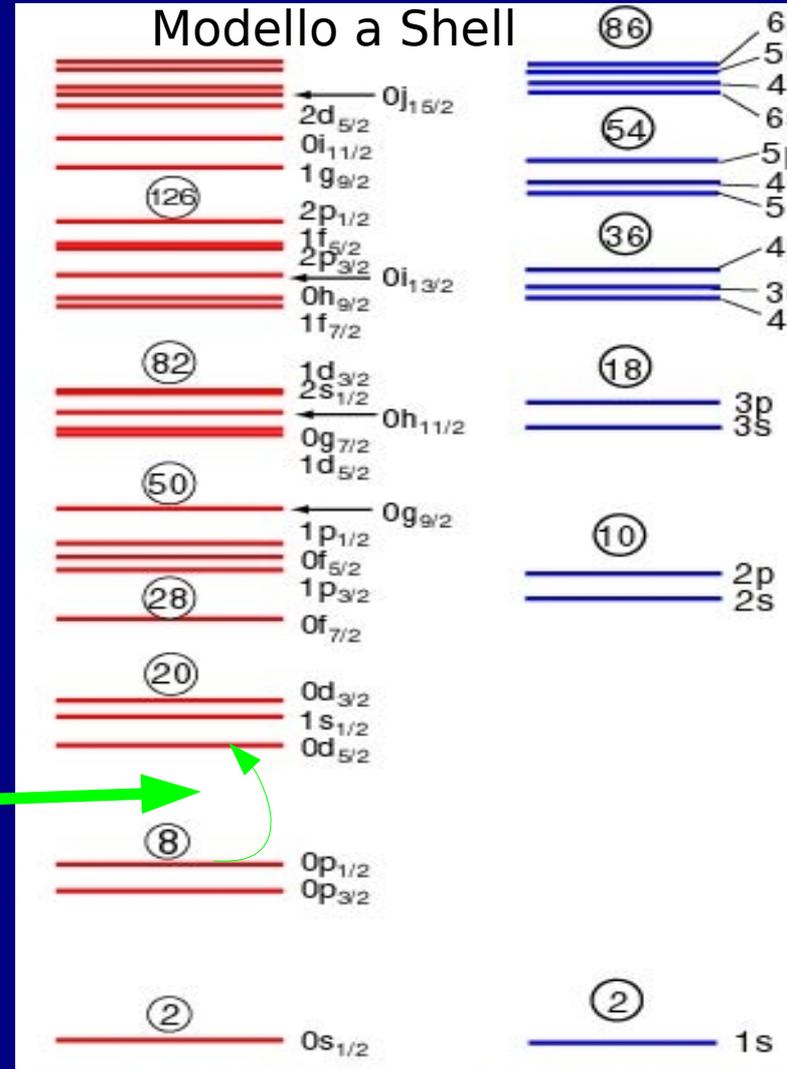
# I - Spettroscopia nucleare

Come un atomo, o una molecola, un nucleo si può trovare in diversi stati caratterizzati da un'energia diversa (e da altre proprietà, ad es. momento angolare).

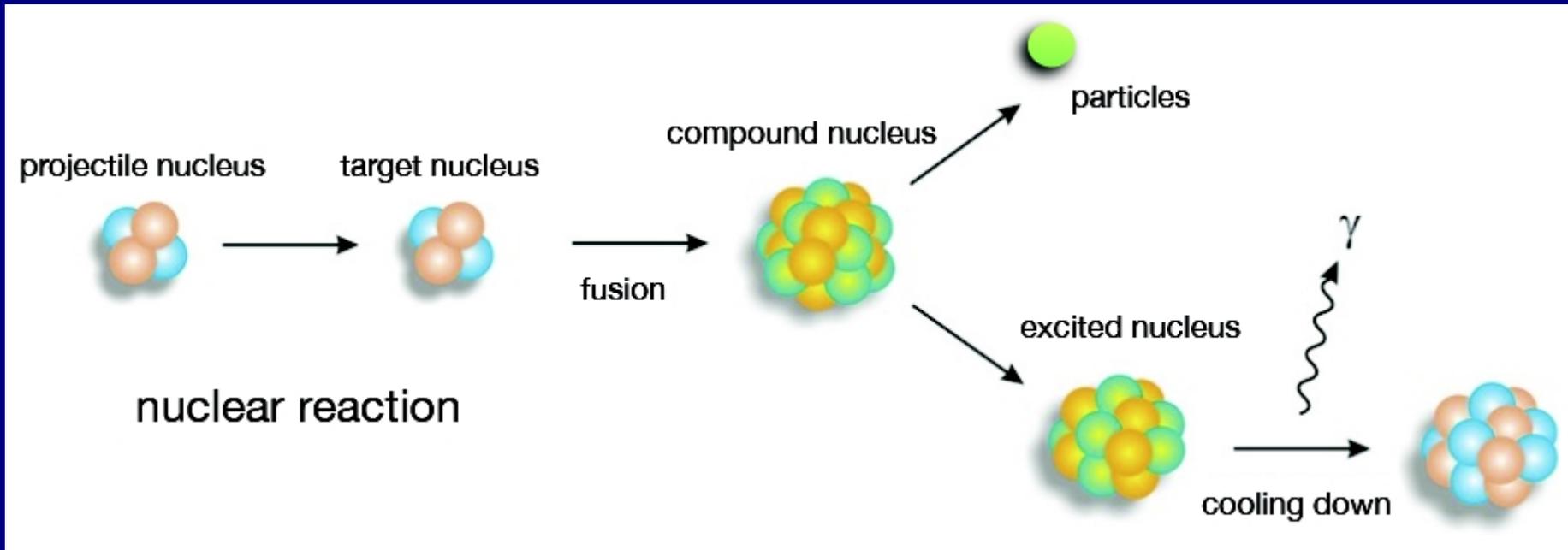


Lo stato di energia più bassa è detto "fondamentale", gli altri sono detti "eccitati".

Lo studio dei livelli nucleari e dei loro modi di decadimento costituisce la "spettroscopia nucleare": studio dei meccanismi di eccitazione del nucleo. Alcuni stati eccitati sono spiegati con "salto" di un singolo nucleone altri sono associati a moti di tipo "collettivo" dei nucleoni (vibrazioni, rotazioni).



# I - Spettroscopia nucleare

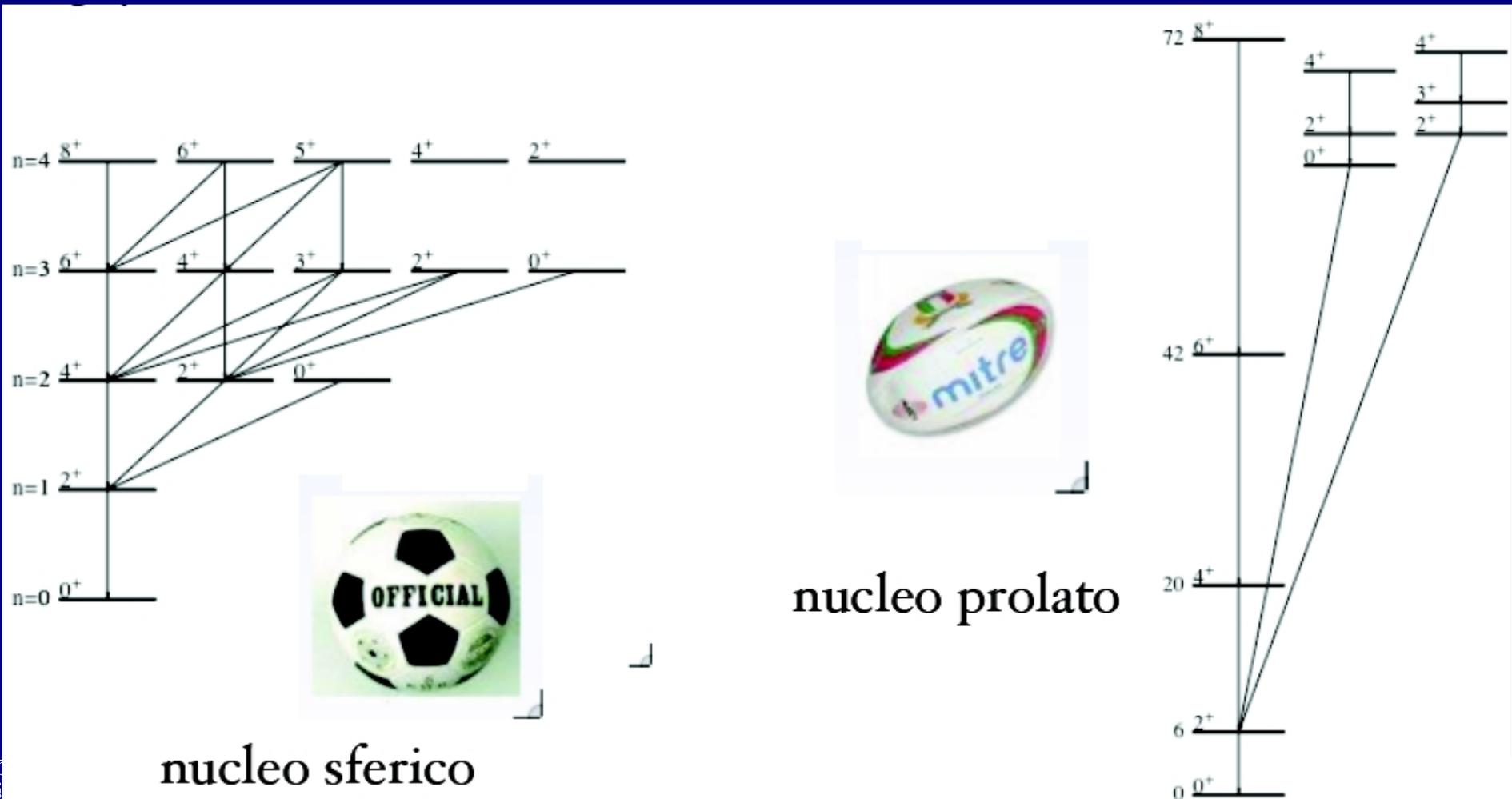


Dopo una reazione nucleare il nucleo risultante si trova spesso in uno stato eccitato e decade allo stato fondamentale in uno o più passi, emettendo energia sotto forma di radiazione gamma (fotoni di radiazione e.m. con energie dell'ordine dei keV o MeV)



# I - Spettroscopia nucleare

Attraverso lo studio dei raggi gamma è stato possibile mettere in evidenza, ad esempio, che per certi valori di Z ed N si ottengono nuclei di forma non sferica ma allungata (simile a un “pallone da rugby”)

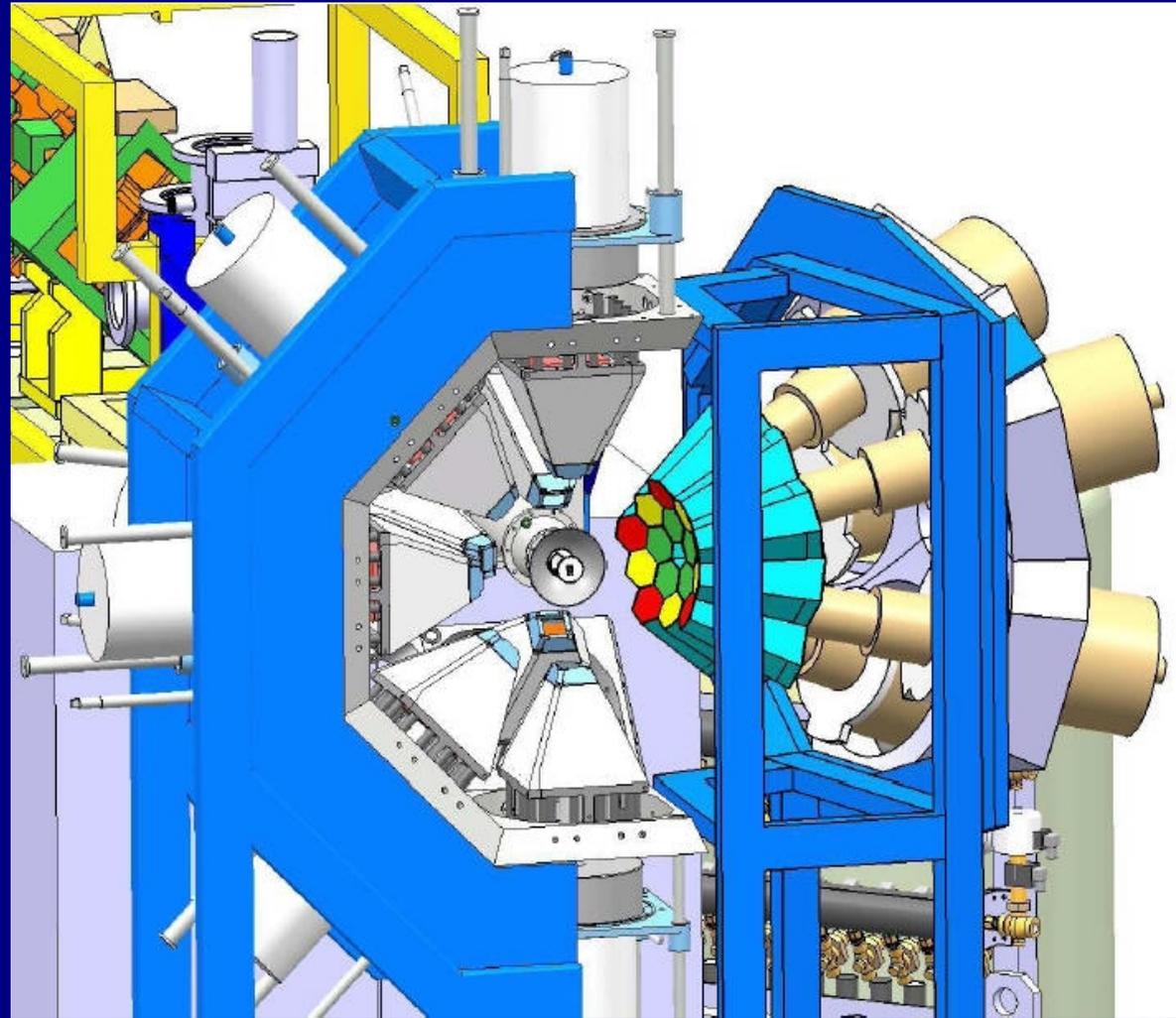




# ADVANCED GAMMA TRACKING ARRAY

Elemento fondamentale per misurare i raggi gamma è il **rivelatore al germanio**

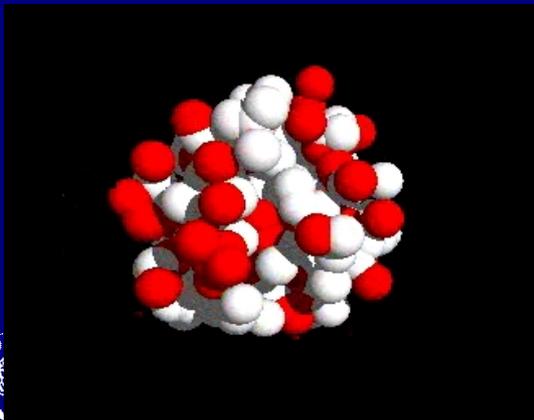
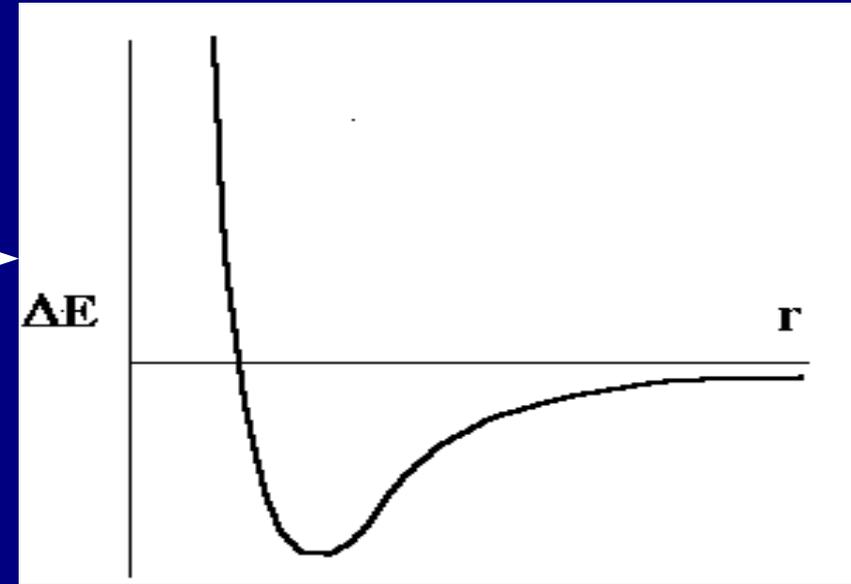
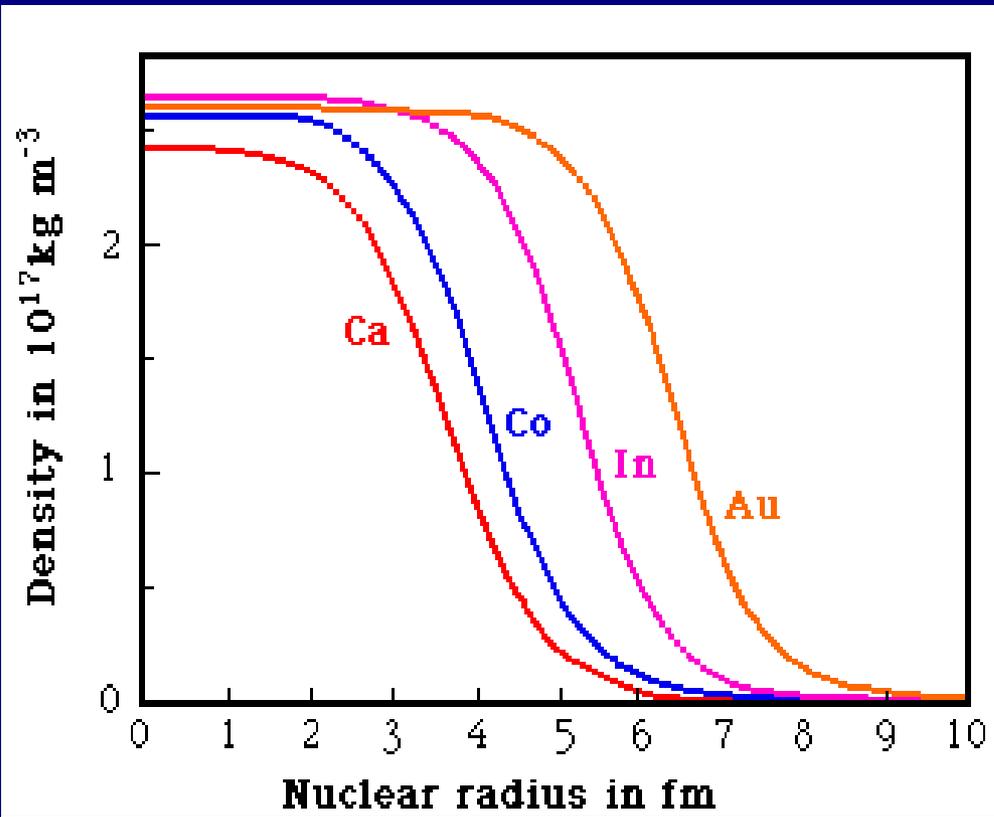
- Il gran numero di raggi gamma emessi da un nucleo, rende necessario un gran numero di rivelatori
- Il gruppo che a Firenze si occupa di spettroscopia nucleare utilizza **AGATA**, un apparato di nuova generazione che sfrutta rivelatori al germanio sensibili alla posizione (collaborazione internazionale GAMMA)



<http://www-win.gsi.de/agata>



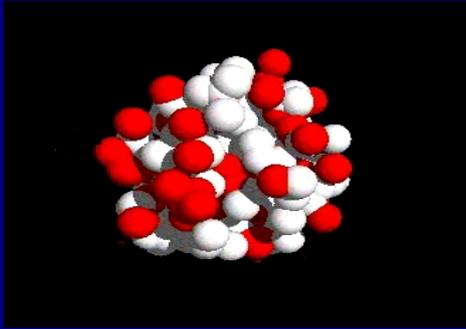
# II - (Termo)dinamica delle reazioni



nucleo  $\equiv$  goccia liquido



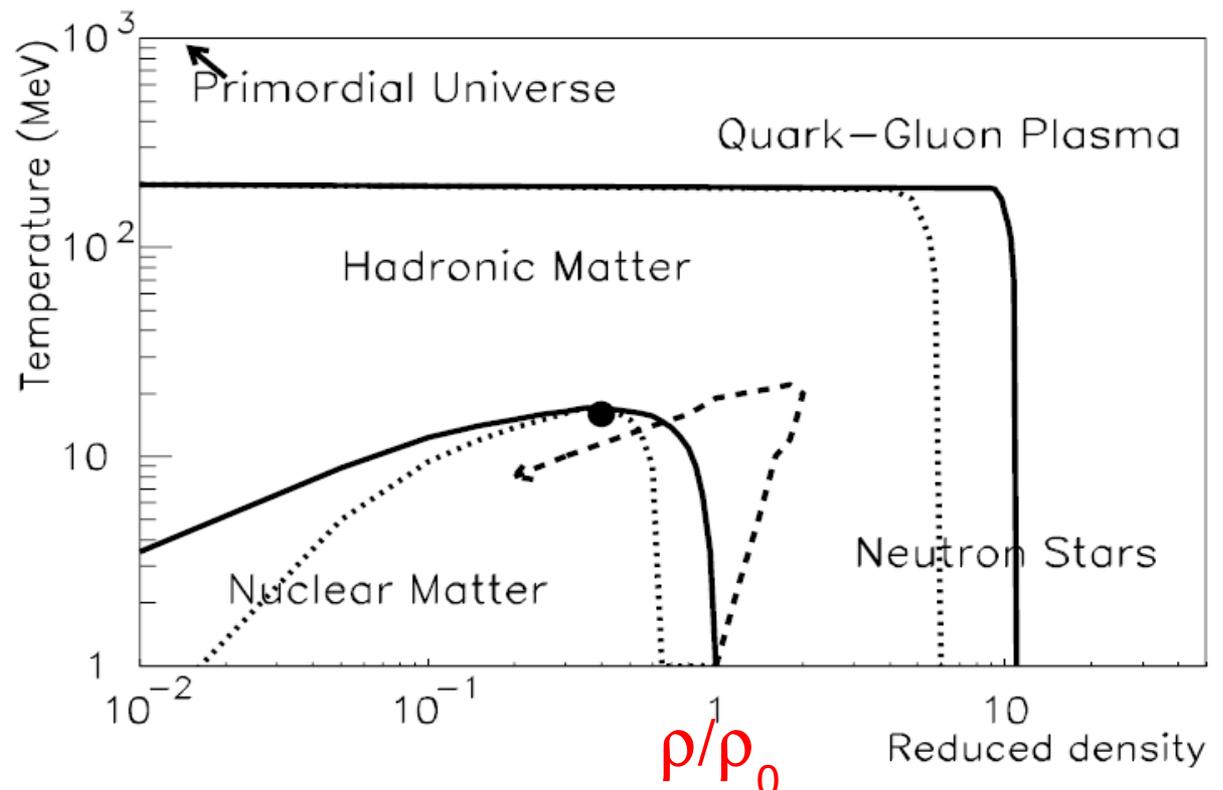
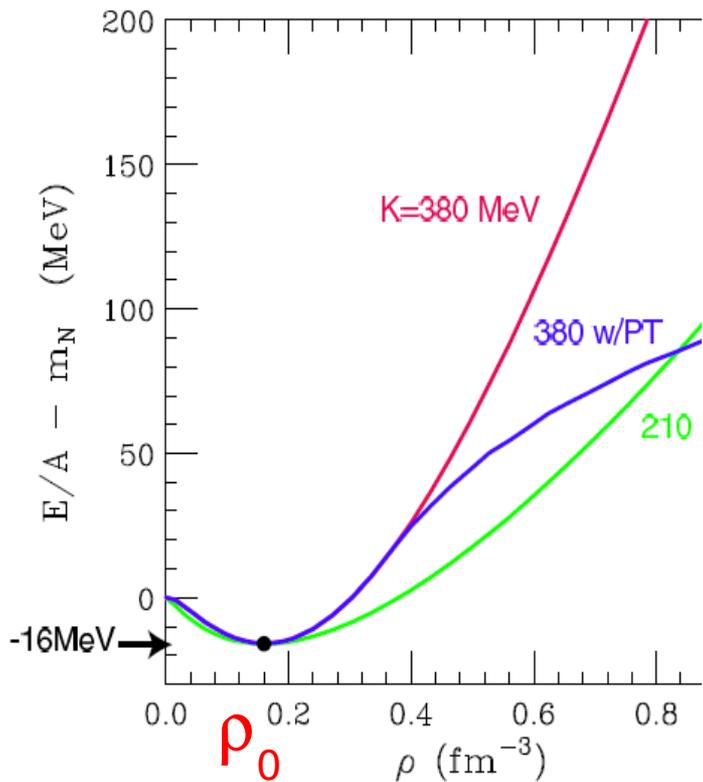
# II - (Termo)dinamica delle reazioni



nucleo  $\equiv$  goccia liquido



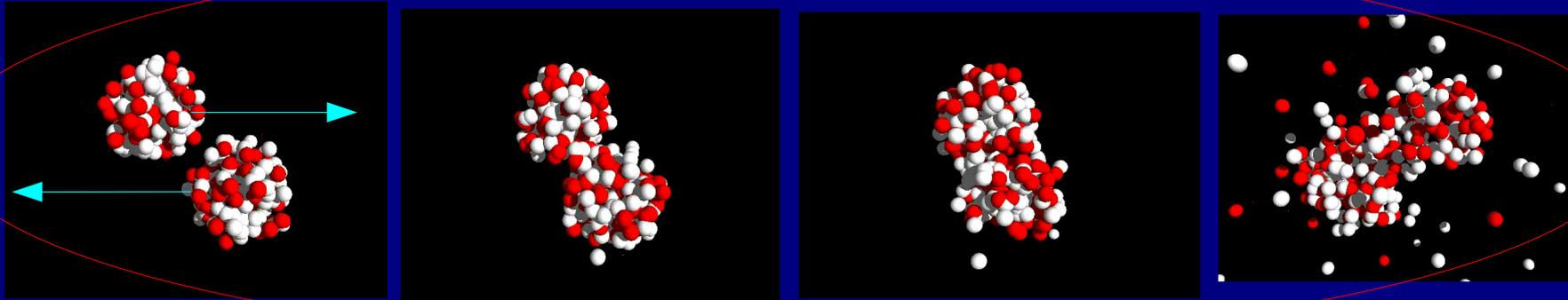
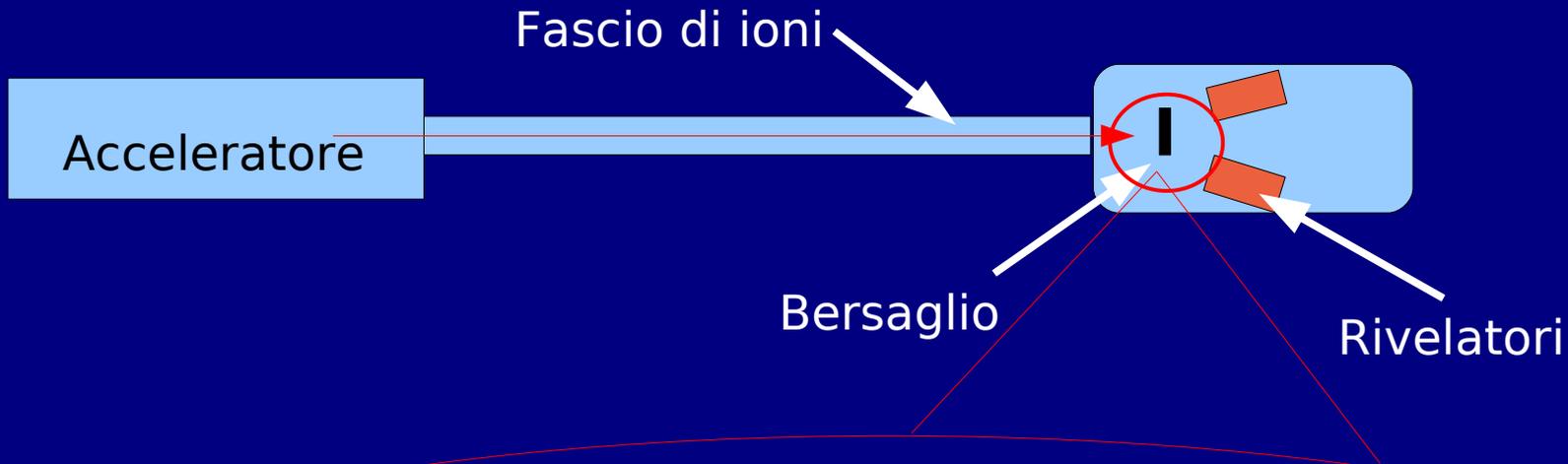
Nucleo come fluido: Equazione di stato? Diagramma di Fase?



**N.B. : Estrapolazione a materia nucleare infinitamente estesa!**

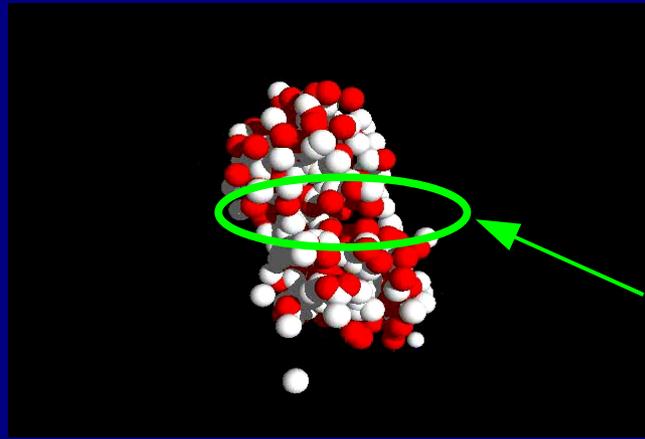


## II - (Termo)dinamica delle reazioni

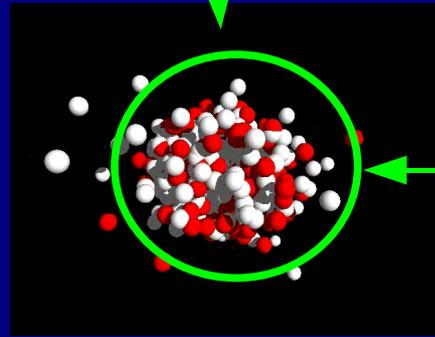
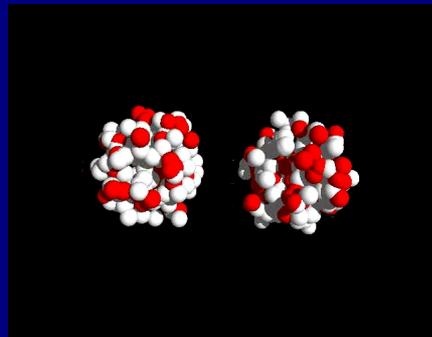
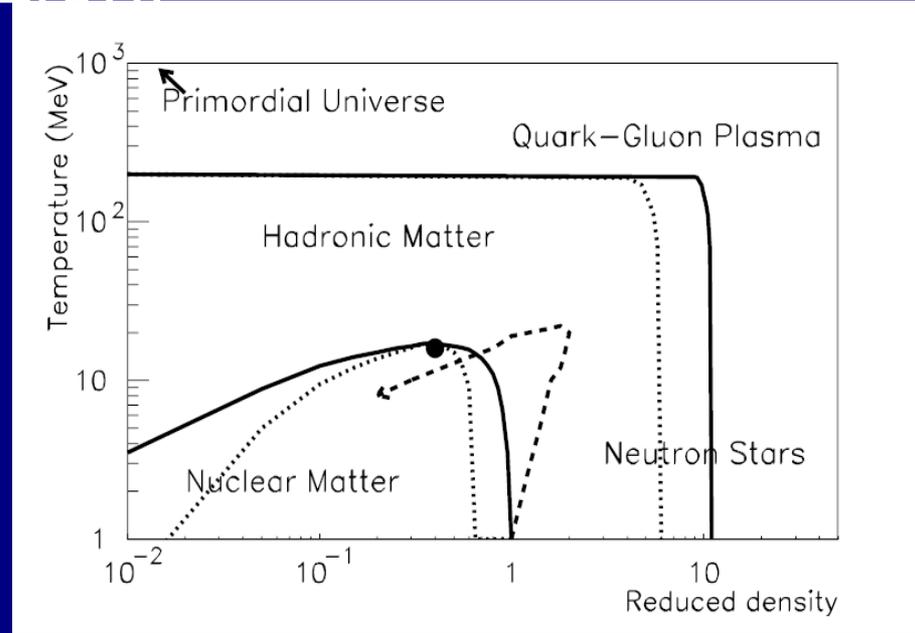


- I frammenti emessi sono anch'essi nuclei (p, d, t, He, etc.)
- I rivelatori devono determinare velocità e/o energia dei frammenti
- Devono anche identificare i frammenti in Z ed A

# II - (Termo)dinamica delle reazioni

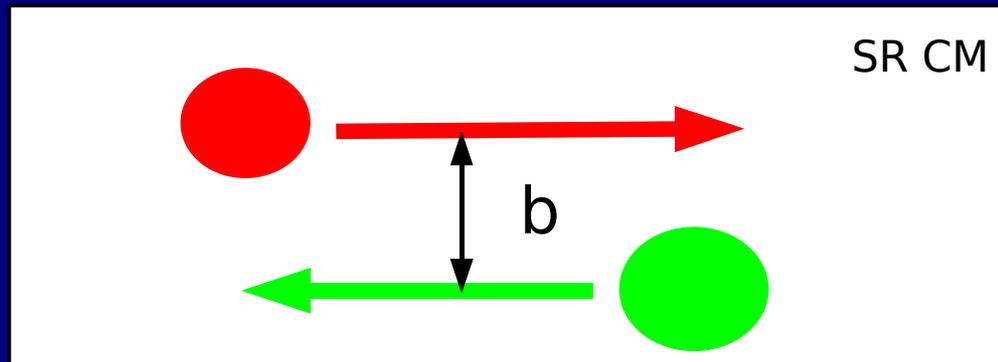


equilibrio

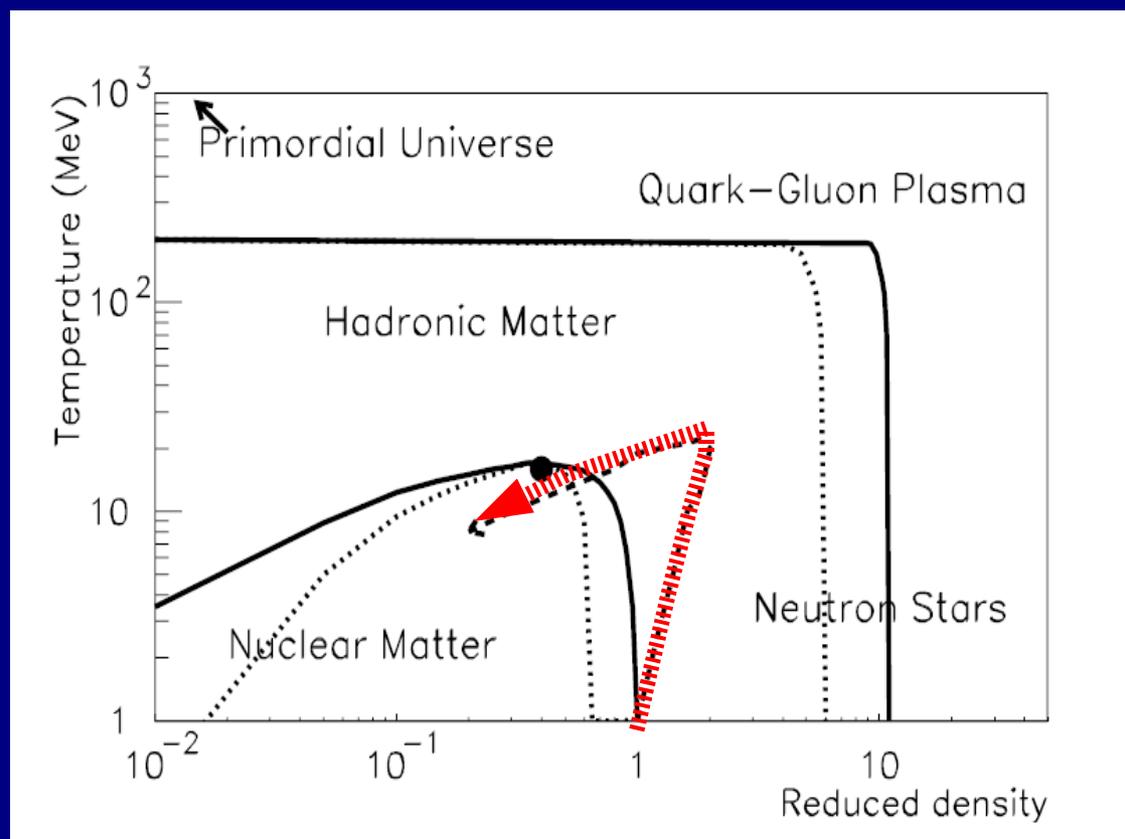


Sarebbe meglio! Ma...

Il parametro d'urto "b" non è osservabile



- Scelta di osservabili correlate a “b” (modelli)
- Quali segnali di raggiunto equilibrio?
- Informazione sull'evoluzione temporale (in che fase è stato emesso un dato frammento?)...come?
- Abbiamo una traiettoria nel diagramma di fase



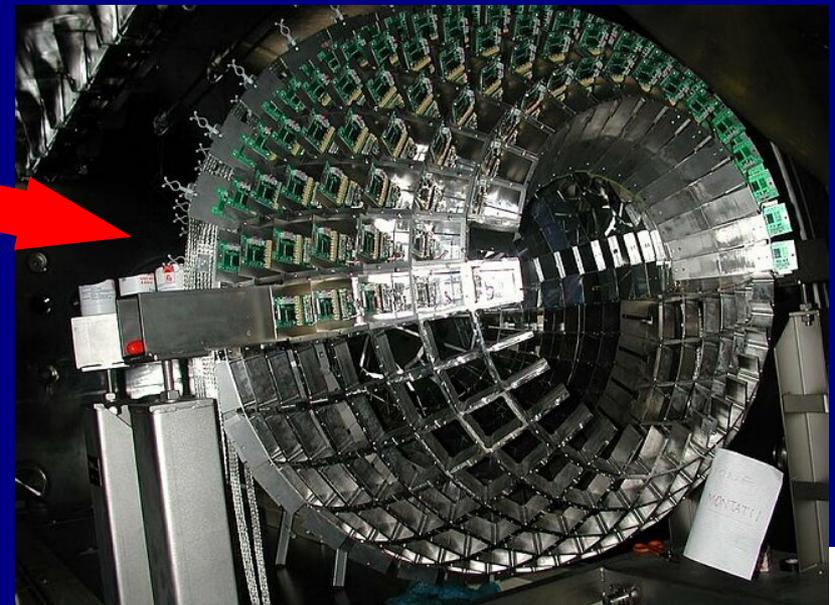
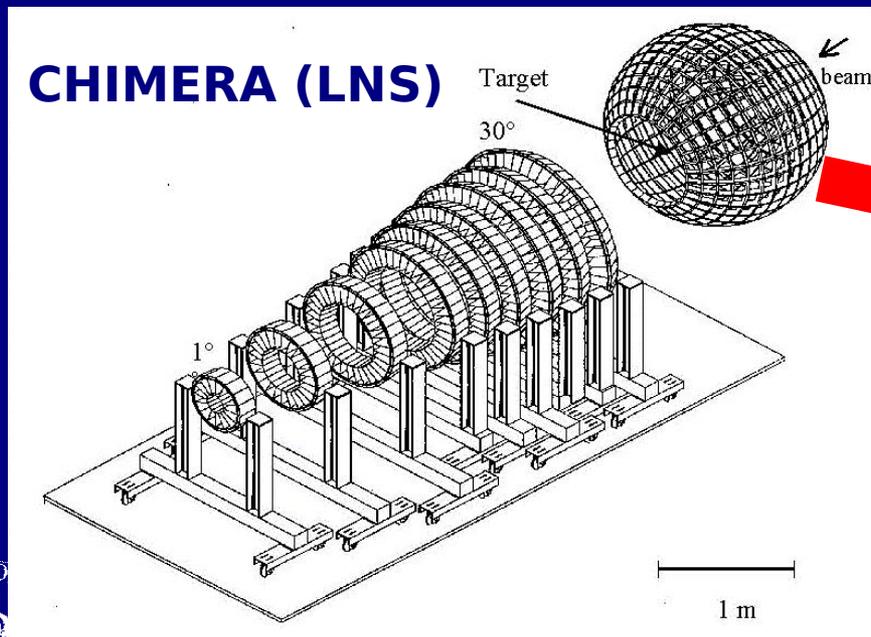
Parametro d'urto non osservabile (osservabili correlate)

Quale segnale di equilibrio termodinamico raggiunto?

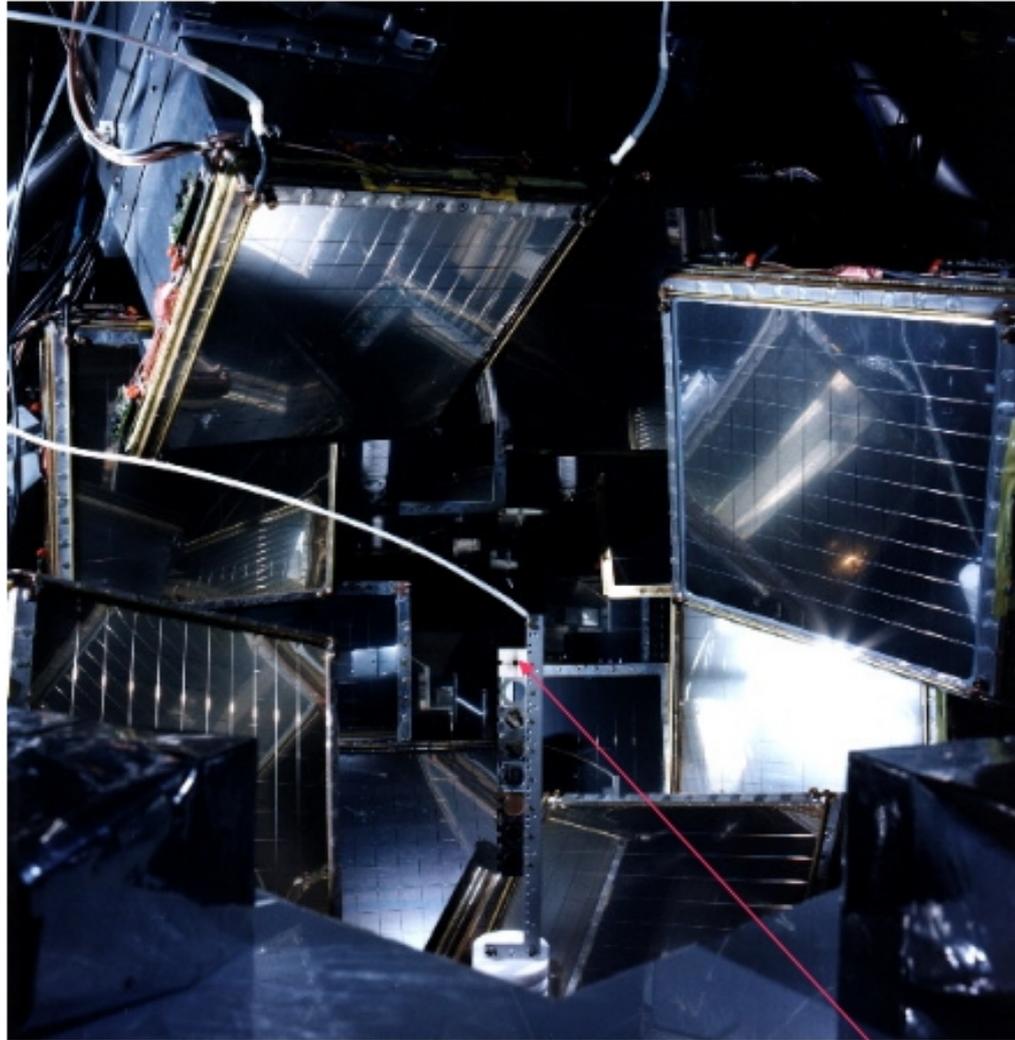
Problema di ricostruire l'evoluzione temporale (in che fase è stato emesso un dato frammento?)

Una traiettoria e non un punto nel diagramma di fase

Necessità di caratterizzare gli eventi di collisione in modo il più possibile completo (analisi statistica dei dati)



## The FIASCO setup (1999)



View of the setup from the beam line: in foreground are the target ladder and the gas-detectors around it; in the background the most forward detectors

<http://hep.fi.infn.it/Gruppo3/fiasco.html>

15 ottobre 2009

G.Pasquali - Ricerca in Fisica Nucleare a  
Firenze

pag. 12



# FASI DI UN ESPERIMENTO

Preparazione del progetto



Messa a punto del dispositivo sperimentale



Raccolta dati (turni di misura)



Analisi dati / Interpretazione

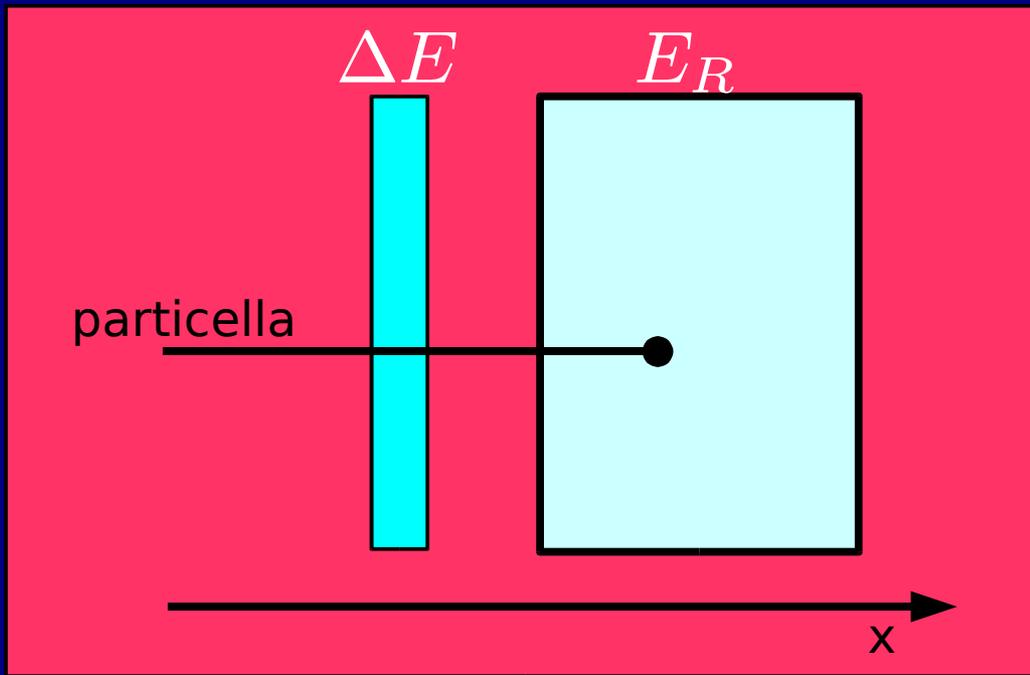


Relazione conclusiva ("paper")

Pagina tesi triennali: <http://www1.unifi.it/clfisi/CMpro-v-p-128.html>



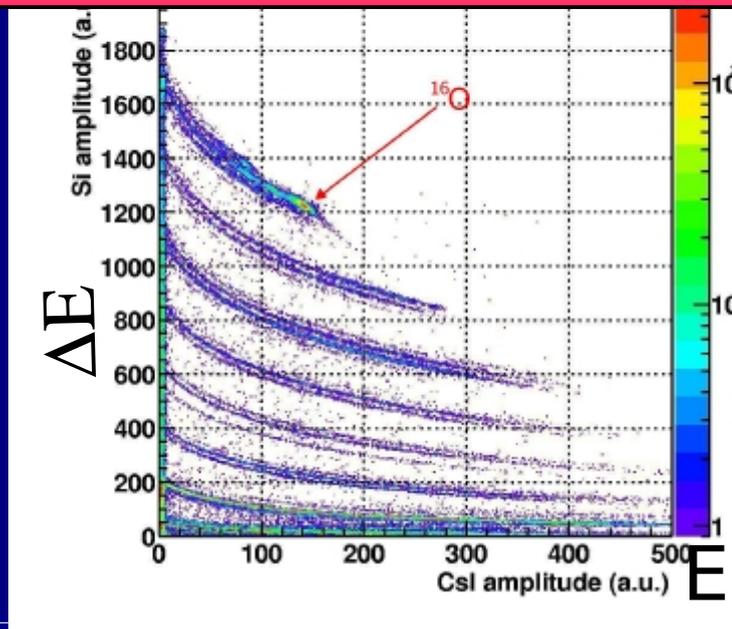
# Telescopi $\Delta E-E$



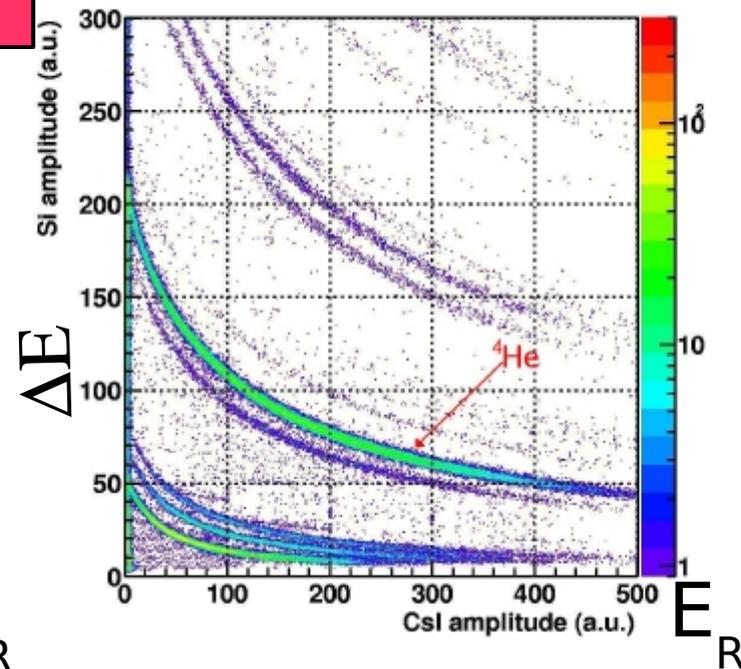
$$-\frac{dE}{dx} \propto \frac{Z^2 A}{E}$$



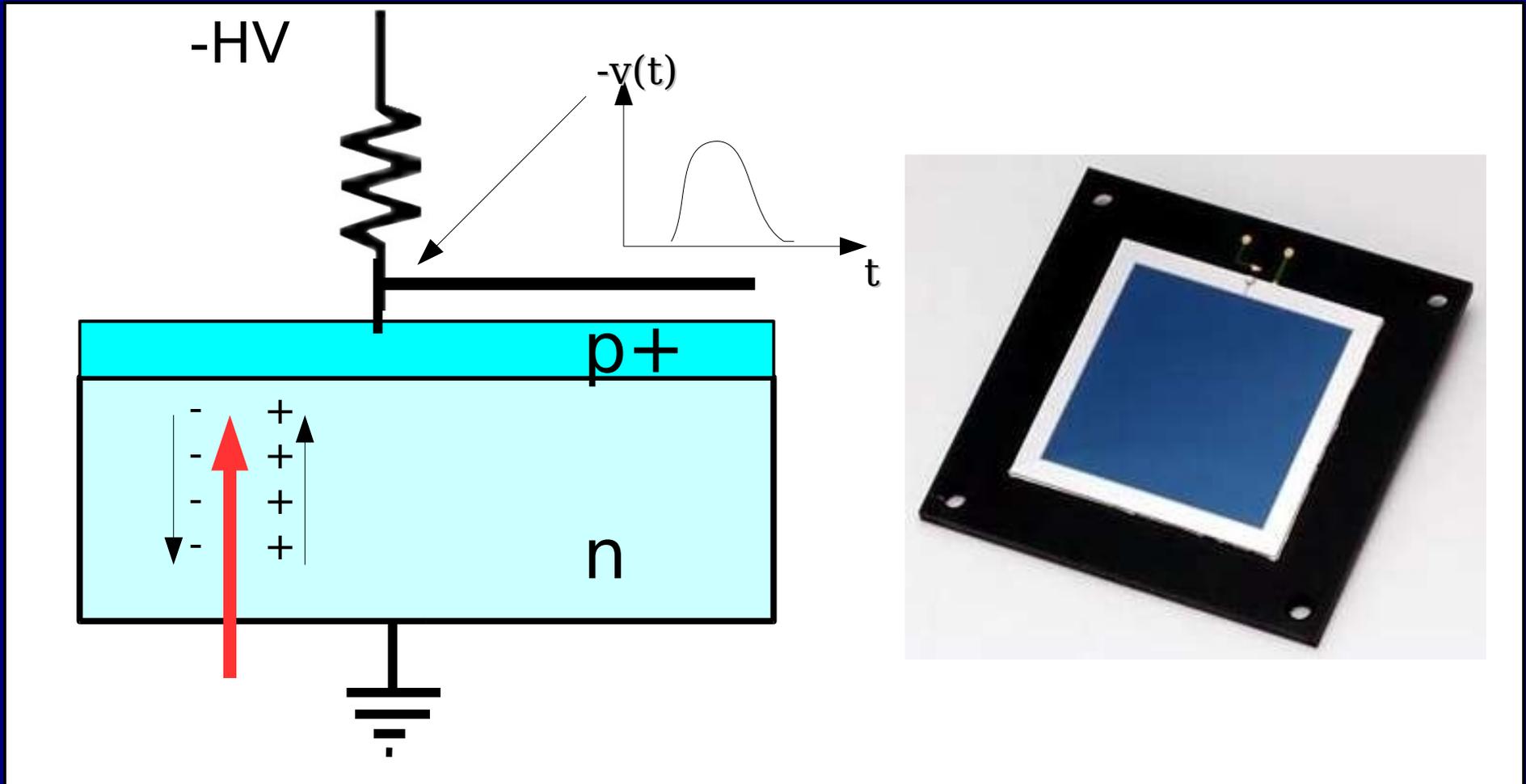
$$\Delta E \times (\Delta E + E_R) \propto Z^2 A$$



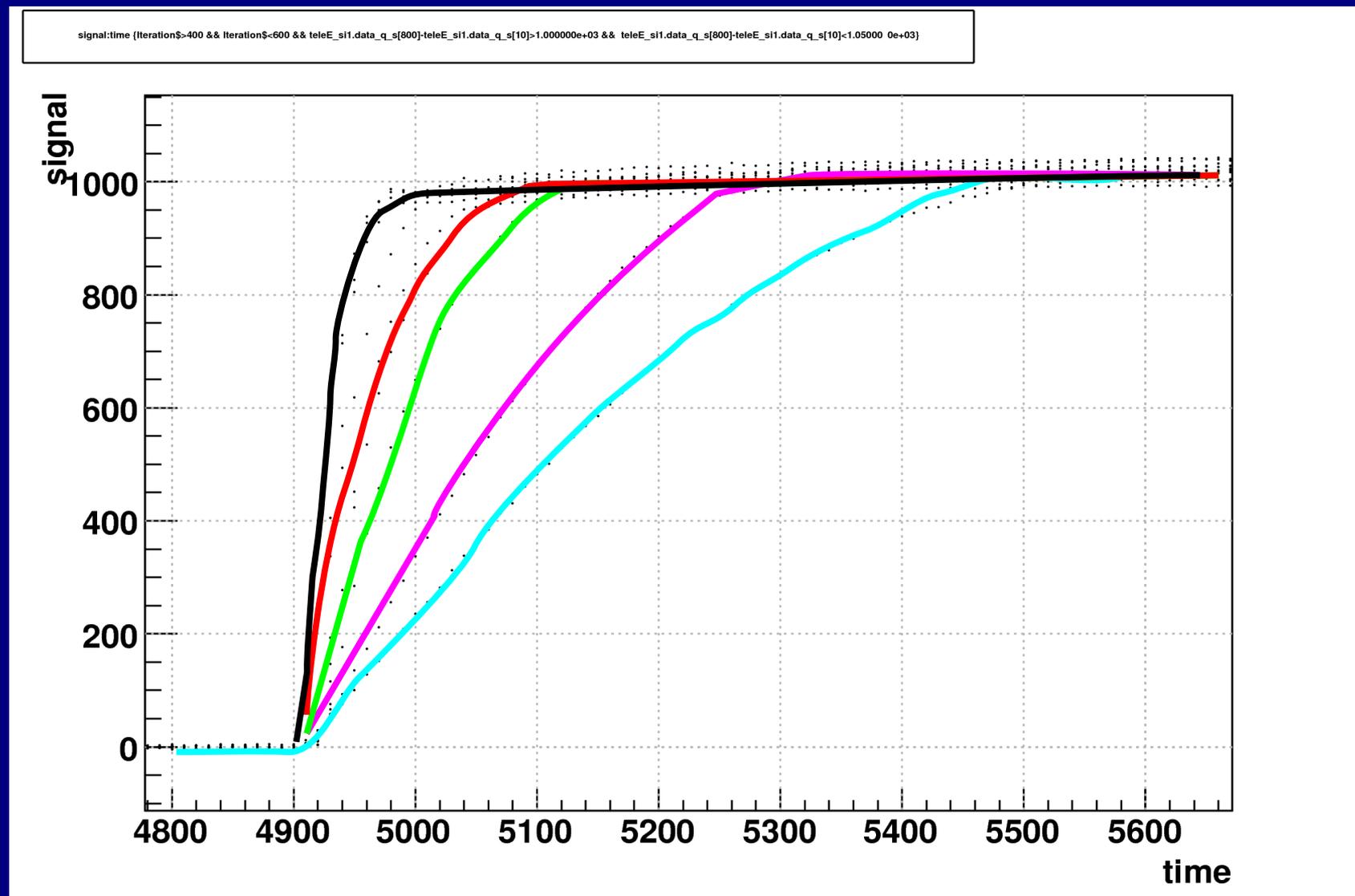
Digitized data: expanded view



# Studi sui rivelatori a Silicio

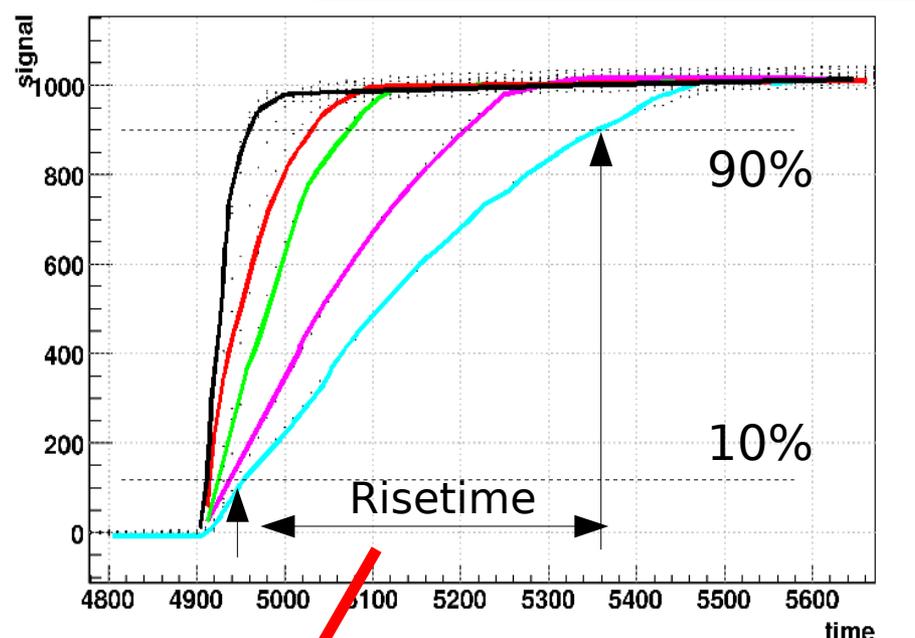
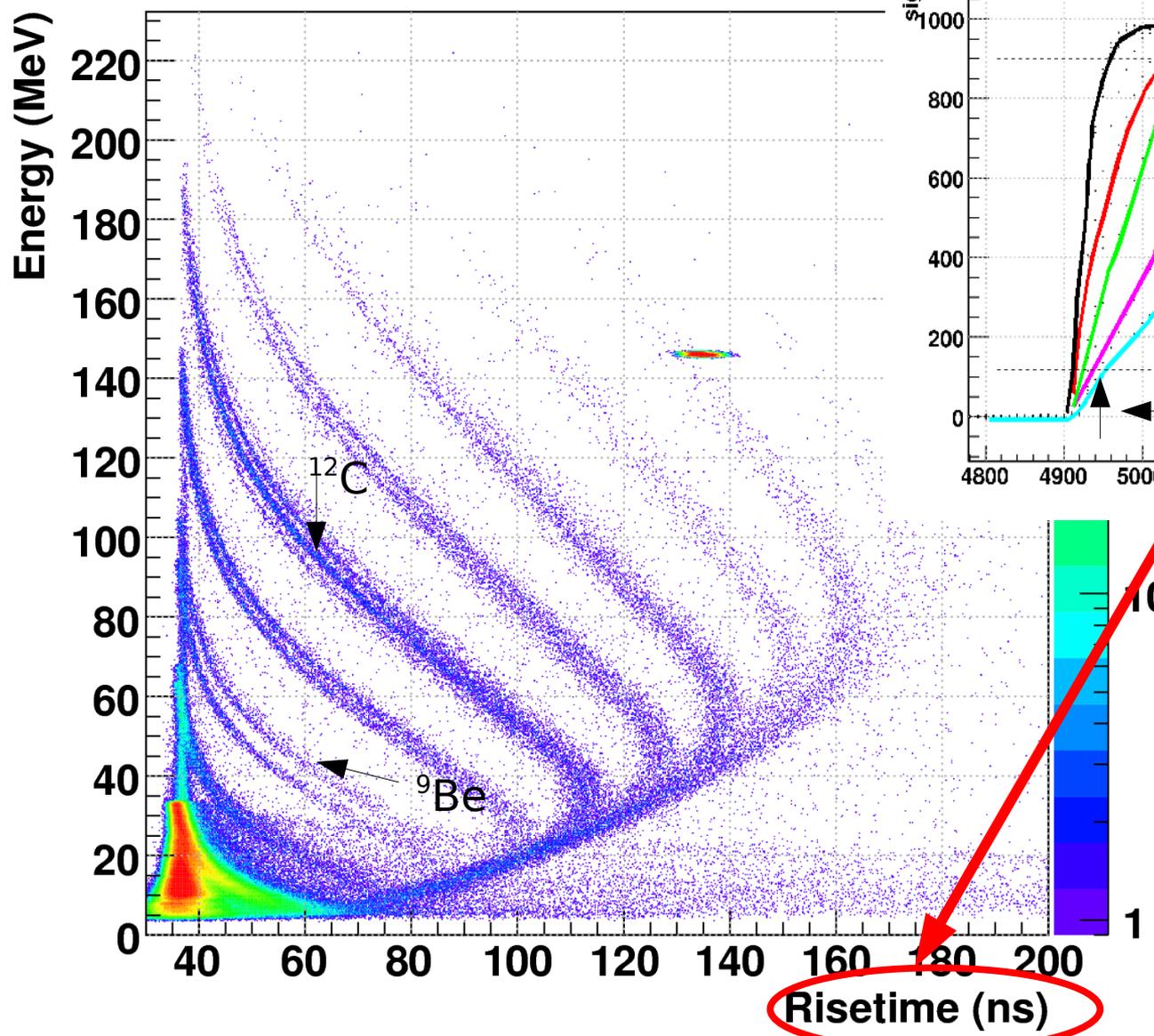


# Silicio: Integrale della corrente (normalizzato) per alcuni ioni di diverso (Z,A)



# Discriminazione di forma in Silicio

Energy vs risetime (det.G-E) - random configuration

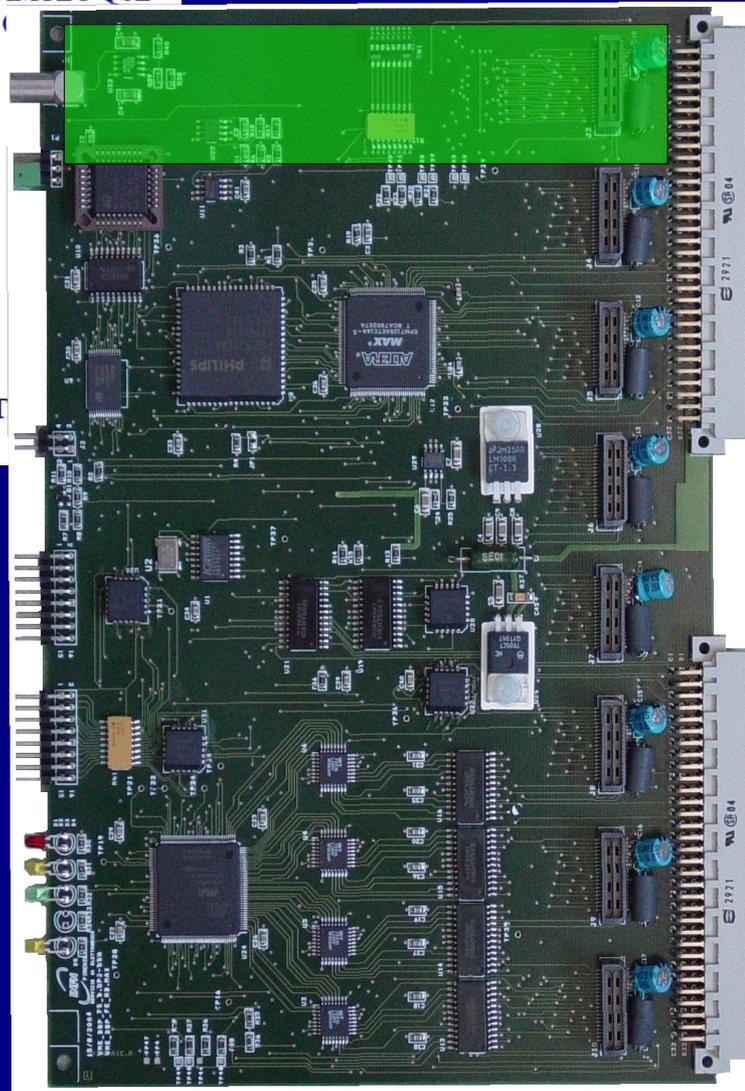
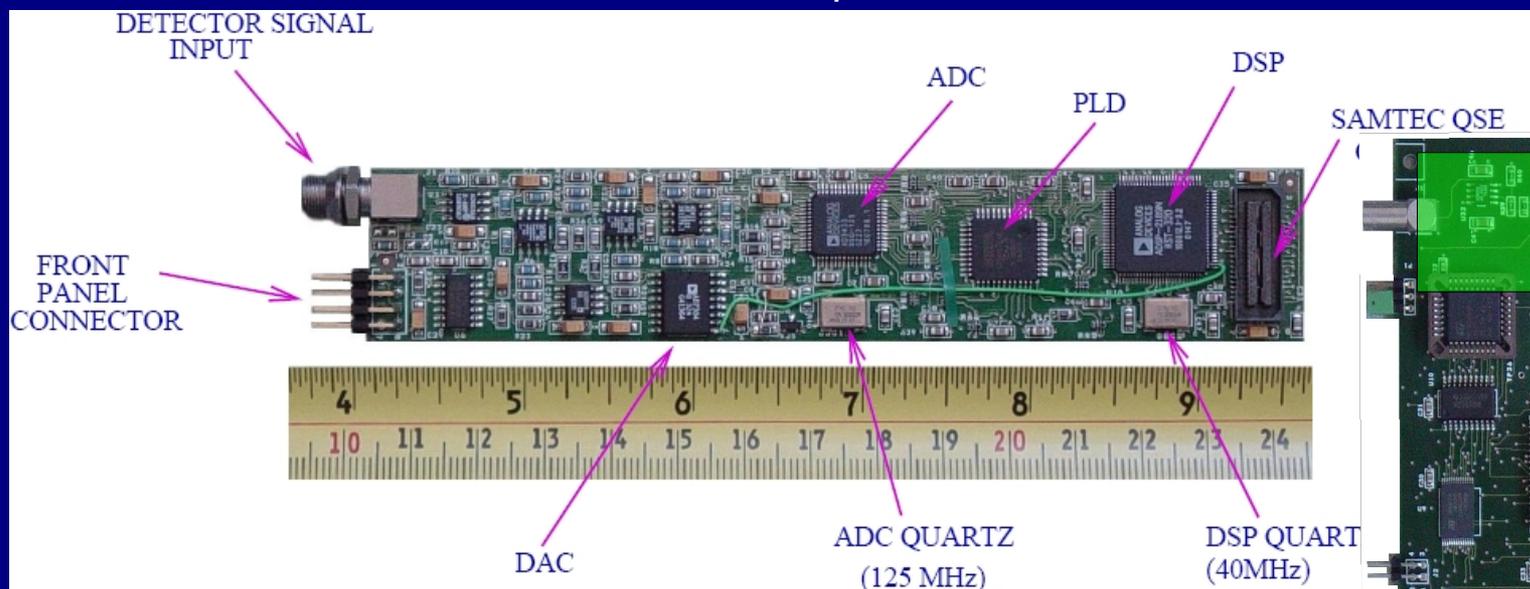


$$\text{Risettime} = t(90\%) - t(10\%)$$



# Sviluppi di elettronica digitale

G.Pasquali et al. Nucl. Instr. and Meth. A 570 (2007) 126-132



- Programmazione algoritmi DSP
- Studio nuovi algoritmi
- Ottimizzazione elettronica analogica
- Programmazione logiche programmabili (FPGA)
- Nuova elettronica per apparato FAZIA:  
<http://fazia.in2p3.fr/>



15 ottobre 2009

G.Pasquali - Ricerca in Fisica Nucleare a  
Firenze

pag. 18



# INDIRIZZO NUCLEARE SPERIMENTALE

**Tabella studi: 24cfu(base)+36cfu(curr)+9cfu(liberi)+6cfu(non fis) = 75 cfu**

Anno-Sem.	Corsi di base, fondamentali o curr.	CFU	Corsi Suggestiti	CFU
1-I	Fisica Teorica - Compl (M.Ciafaloni) Fisica Nucleare e Subnucleare 2. (E.Iacopini) Astrofisica (Chiuderi) Metodi sper. Fisica nucleare (A.Giannatiempo)	6 6 6 6,3	Elettronica gen. I (R.D'Alessandro)	6
1-II	Fisica della materia 2 (A.Rettori) Laboratorio Nucleare e Subnucleare (N.Taccetti/A.Stefanini) Fisica Nucleare I (P.Sona/P.G.Bizzeti) Fisica subnucleare (E.Iacopini) Radioattività (M.Bini)	6 6 6 6 3	Elettronica gen. II (M.Carlà) Metodi Matem. Compl.(R.Giachetti) Fisica Part. Elem. (E. Celeghini) Fisica sanitaria (M.Bucciolini) Materia nucleare A (A. Dellafiore) Metodi sper. Fis. Subn. (G.Barbagli) Tecniche di analisi con fasci di ioni	6 6 6,3 6,3 3 6,3 6,3
2-I	Laboratorio Nucleare I (A.Giannatiempo/G.Casini) Fisica Nucleare II (-) Collisioni tra ioni pesanti A (A. Olmi)	6 6 3	Fisica degli acceleratori (E.Focardi)	6,3
2-II			Sistemi acquisiz. dati (M.Carlà) Appl. Mediche Fisica Nucleare (A.Pupi)	6 3

# *Memברי del gruppo di fis.nucl. sperimentale*

BARDELLI Luigi

BARLINI Sandro

BIZZETI Piergiorgio

BLASI Paolo

CASINI Giovanni

CHIARI Massimo

GELLI Nicla

GIANNATIEMPO Angela

LUCARELLI Franco

MAURENZIG Paolo

NANNINI Adriana

OLMI Alessandro

PASQUALI Gabriele

PEREGO Andrea

PIANTELLI Silvia

POGGI Giacomo

SONA Pietro

STEFANINI Andrea

TACCETTI Nello

TINO Guglielmo

TECHNICAL STAFF:

CARCASSI Umberto

OTTANELLI Marco

TOBIA Giampaolo

