

Misure con Germani

Chiara Ghiano

PID-LNGS Programma INFN per Docenti

Laboratori Nazionali del Gran Sasso

8-12 Aprile 2024

Nuclidi, decadimenti e radioattività

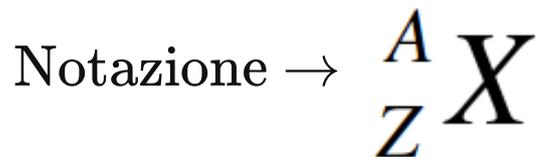
Notazione isotopica dei nuclidi

Nuclide: ben definito nucleo costituito da un determinato numero di protoni e di neutroni

Per discutere il comportamento di un nuclide soggetto ad un qualsiasi decadimento, risulta utile introdurre le grandezze:

- **Numero atomico, Z :** numero di protoni nel nucleo
- **Numero neutronico, N :** numero di neutroni nel nucleo
- **Numero di massa, A :** numero totale di nucleoni (neutroni + protoni)

$$A = Z + N$$

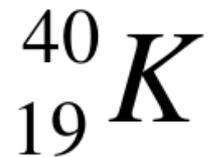


Esempio: $\gg A$ è 40

$\gg Z$ è 19

\gg contiene 19 protoni

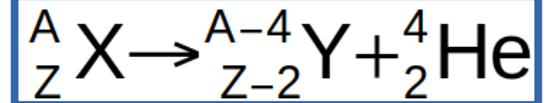
\gg contiene $21 = (40 - 19)$ N neutroni



Radioattività

Radioattività, o decadimento radioattivo, è la trasformazione di un atomo in un altro con emissione di particelle e/o di radiazione elettromagnetica.

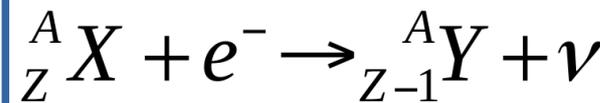
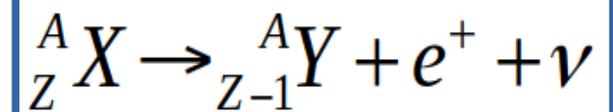
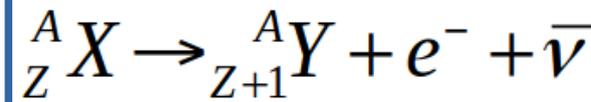
Decadimento alfa → emissione di particelle alfa (nuclei di elio)



Decadimento beta

→ emissione di elettroni/positroni (β^+, β^-)

→ cattura elettronica



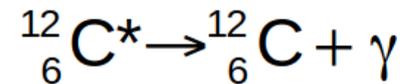
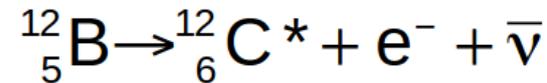
Emissione di raggi gamma

→ emissione raggi gamma da livelli nucleari eccitati o meta-stabili durante il processo di diseccitazione. Gli stati nucleari eccitati sono normalmente prodotti o in un decadimento radioattivo o in una reazione nucleare.

Sequenza di un decadimento:

→ Prima avviene il decadimento beta

→ Poi c'è l'emissione del raggio gamma



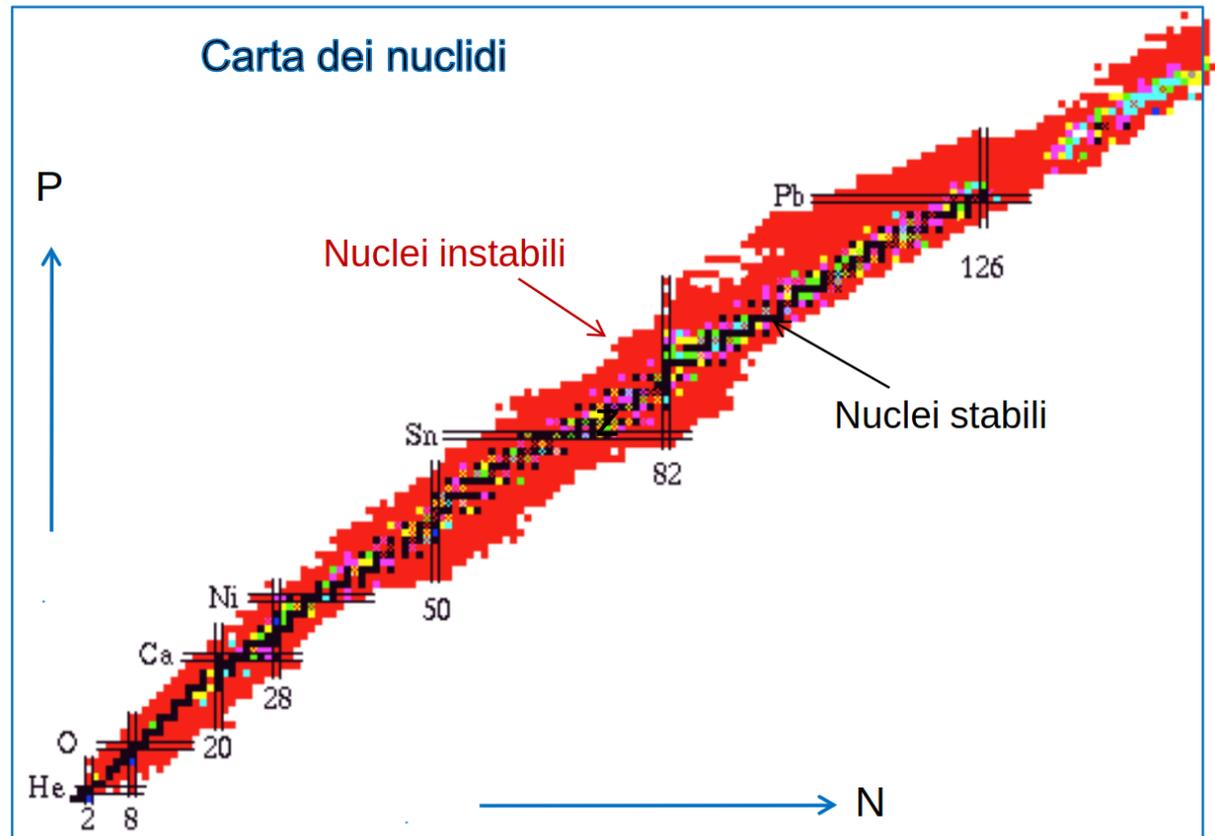
Carta dei nuclidi

Oggi giorno son noti moltissimi nuclidi piu o meno stabili

→ **plottati** con numero di **neutroni N** in ascissa e di **protoni Z** in ordinata

→ gli elementi stabili giacciono lungo una stretta fascia nel piano Z-N

→ Tutti gli altri son instabili e decadono spontaneamente con decadimento alfa e/o beta e/o cattura elettronica e/o altro



<https://www-nds.iaea.org/relnsd/vcharthtml/VChartHTML.html>

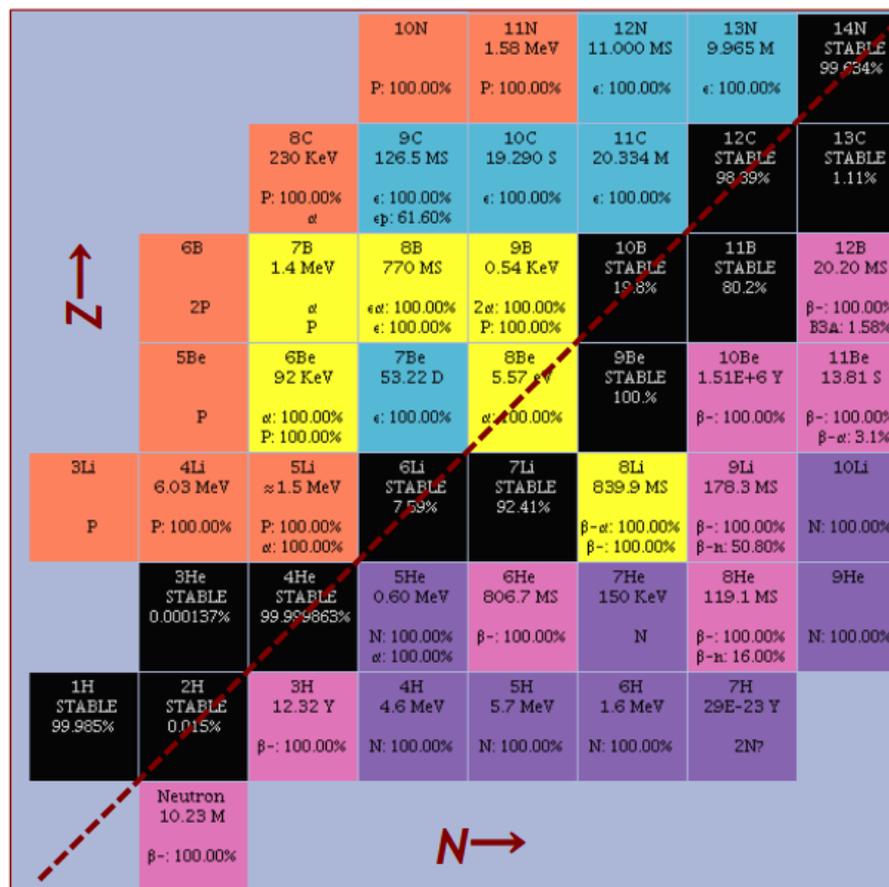
Carta dei nuclidi

Oggi giorno son noti moltissimi nuclidi piu o meno stabili

→ plottati con numero di **neutroni N** in ascissa e di **protoni Z** in ordinata

→ gli elementi stabili giacciono lungo una stretta fascia nel piano Z-N

→ Tutti gli altri son instabili e decadono spontaneamente con decadimento alfa e/o beta e/o cattura elettronica e/o altro



<http://www.nndc.bnl.gov/nudat2/>

Proprietà dei nuclei

Isotopi

Nuclei di un elemento con lo stesso numero atomico (protoni), ma numero di massa (protoni+neutroni) differente.

[^{14}C , ^{13}C , ^{12}C] [^{193}Pt , ^{194}Pt , ^{195}Pt]

Isobari

Nuclei con lo stesso numero di massa (protoni+neutroni)

[^{60}Ni , ^{60}Co] [^{196}Hg , ^{196}Au]

Isotoni

Nuclei con lo stesso numero neutronico, ma numero di massa (protoni+neutroni) differente

[^{59}Fe , ^{60}Co , ^{61}Ni] [^{198}Hg , ^{197}Au , ^{196}Pt]

		115	116	117	118	119	120	121
82	^{197}Pb 8 min	^{198}Pb 2.4 h	^{199}Pb 1.5 h	^{200}Pb 21.5 h	^{201}Pb 9.42 h	^{202}Pb 5250 y	^{203}Pb 52.0 h	
81	^{196}Tl 1.84 h	^{197}Tl 2.83 h	^{198}Tl 5.3 h	^{199}Tl 7.4 h	^{200}Tl 26.1 h	^{201}Tl 73.6 h	^{202}Tl 12.2 d	
80	^{195}Hg 9.5 h	^{196}Hg 0.15 %	^{197}Hg 64.1 h	^{198}Hg 10.0 %	^{199}Hg 16.9 %	^{200}Hg 23.1 %	^{201}Hg 16.2 %	
79	^{194}Au 39.5 h	^{195}Au 183 d	^{196}Au 6.18 d	^{197}Au 100 %	^{198}Au 2.70 d	^{199}Au 3.14 d	^{200}Au 48.4 min	
78	^{193}Pt 50 y	^{194}Pt 32.9 %	^{195}Pt 33.8 %	^{196}Pt 25.3 %	^{197}Pt 18.3 h	^{198}Pt 7.2 %	^{199}Pt 30.8 min	
77	^{192}Ir 74.2 d	^{193}Ir 62.7 %	^{194}Ir 19.2 h	^{195}Ir 2.5 h	^{196}Ir 52 s	^{197}Ir 5.8 min	^{198}Ir 8 s	
76	^{191}Os 15.4 d	^{192}Os 41.0 %	^{193}Os 30.5 h	^{194}Os 6.0 y	^{195}Os 6.5 min	^{196}Os 35 min		
		115	116	117	118	119	120	121
		Neutron number, N						

Proton number, Z

Radioattività naturale e artificiale

Radioattività naturale

Nuclei instabili presenti in natura

Radionuclidi primordiali

aventi una emivita sufficientemente lunga da essere ancora presenti oggi dopo 4.5×10^9 anni dalla formazione della terra [Th, U, ^{40}K , ^{87}Rb]

Radionuclidi cosmogenici

prodotti continuamente in seguito a bombardamento da parte dei raggi cosmici di nuclidi stabili presenti in atmosfera

Radioattività artificiale

Nuclei instabili prodotti in laboratori o altrove

Produzione antropogenica: è incrementata o prodotta dall'uomo (quantità minore di quella naturale)

In natura ci sono quattro catene di decadimento.

- ^{238}U
- ^{235}U
- ^{232}Th
- ^{237}Np

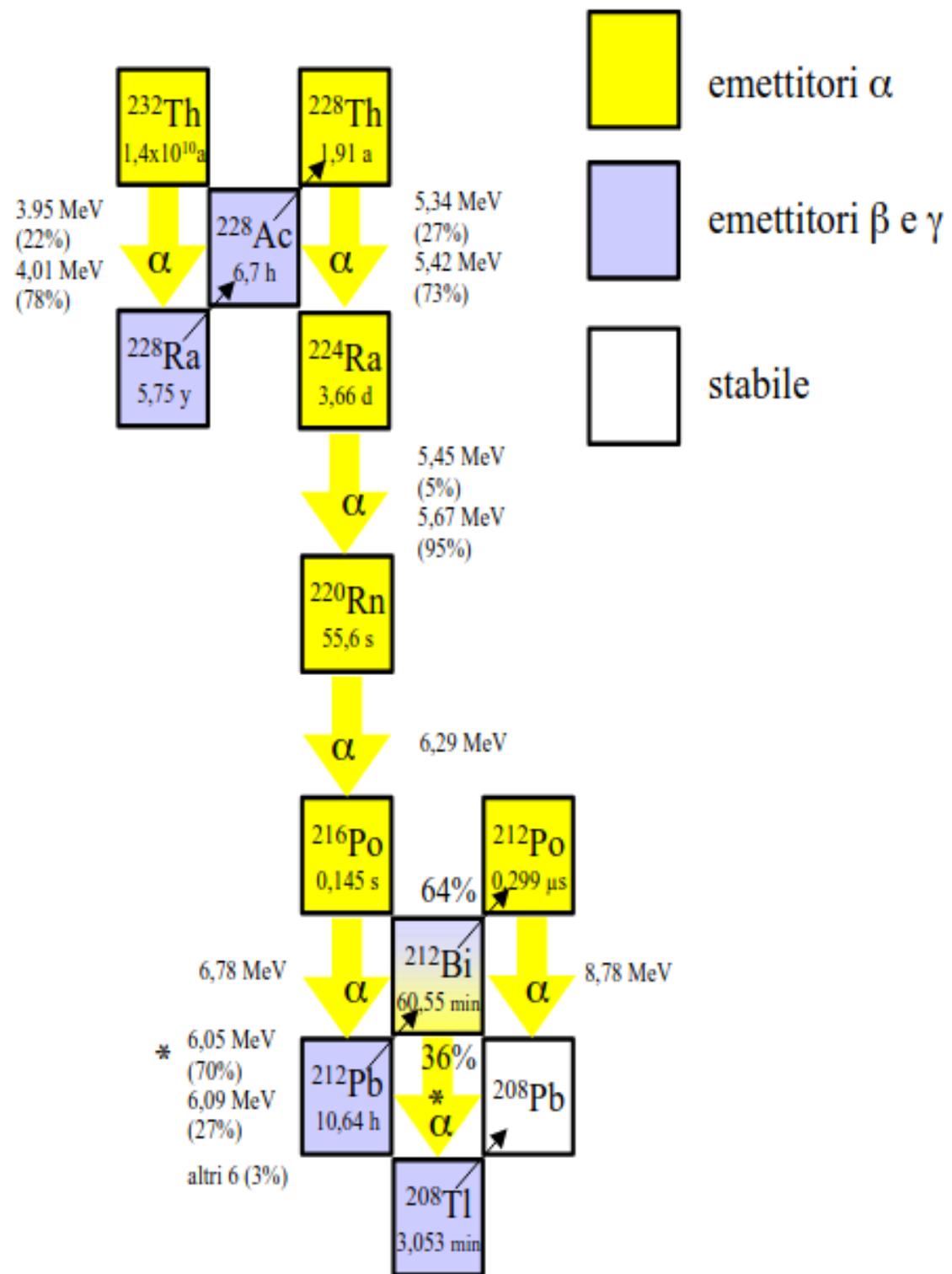
[$t_{1/2} = 2.144 \cdot 10^6$ anni,
è rimasto solo il ^{209}Bi]

$T_{1/2}$ = Emivita o Tempo di dimezzamento di un nuclide: il periodo di tempo occorrente affinché la metà degli atomi di un campione radioattivo puro decadano.

Radionuclidi primordiali

Catena del ^{232}Th

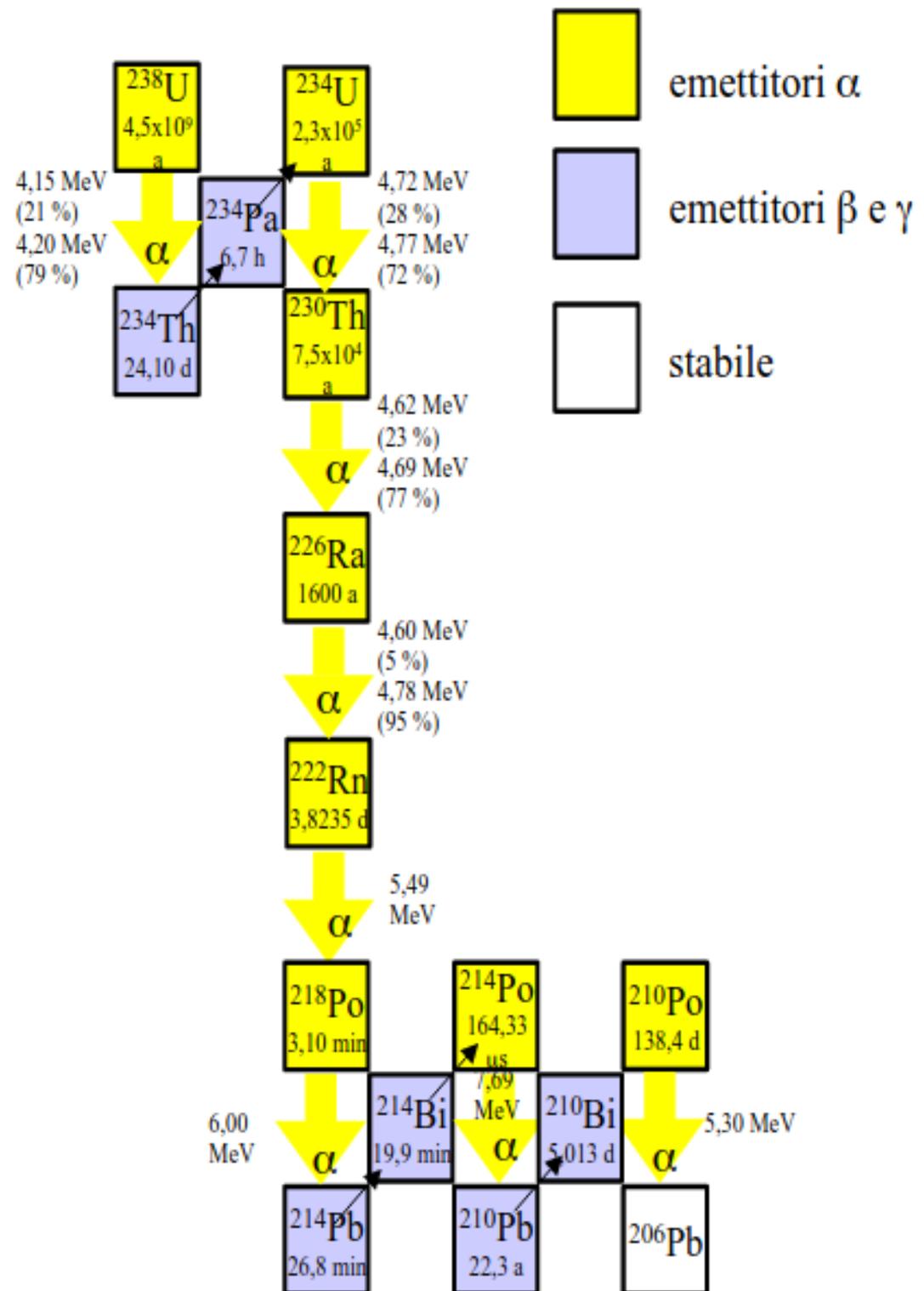
- $T_{1/2} = 1.405 \times 10^{10}$ anni
- Serie di decadimenti alfa e beta
- Finisce con un isotopo stabile del piombo: ^{208}Pb



Radionuclidi primordiali

Catene dell' ^{238}U

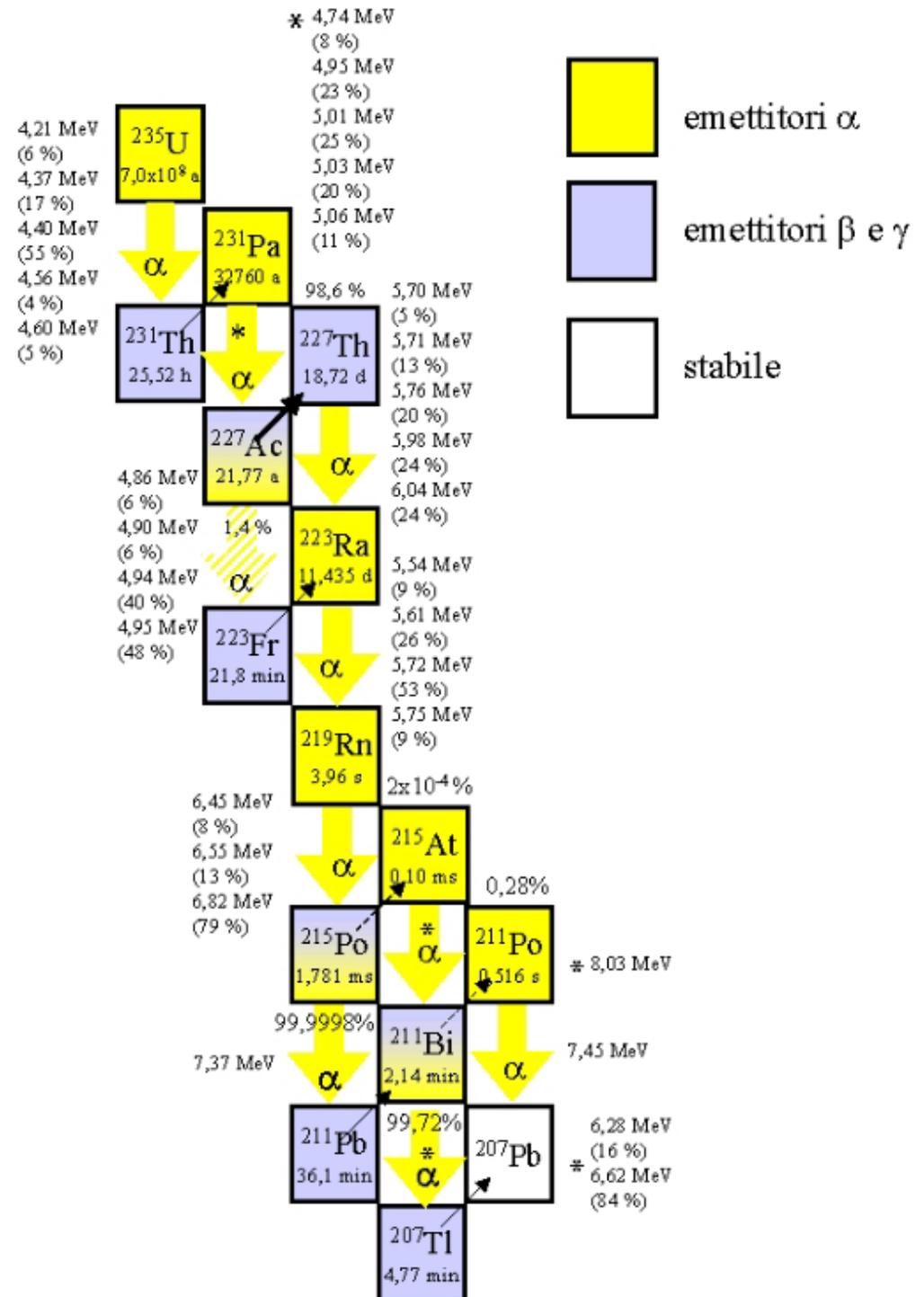
- $T_{1/2} = 4.468 \times 10^9$ anni
- Serie di decadimenti alfa e beta
- Finisce con un isotopo stabile del piombo: ^{206}Pb
- 99.28% di tutto l'uranio



Radionuclidi primordiali

Catena dell' ^{235}U

- $T_{1/2} = 7.038 \times 10^8$ anni
- Serie di decadimenti alfa e beta
- Finisce con un isotopo stabile del piombo: ^{207}Pb
- 0.72% di tutto l'uranio



Radionuclidi cosmogenici

Radionuclidi prodotti dall'interazione dei raggi cosmici nell'atmosfera attraverso processi di spallazione o cattura neutronica

Radiazione cosmica primaria + atmosfera

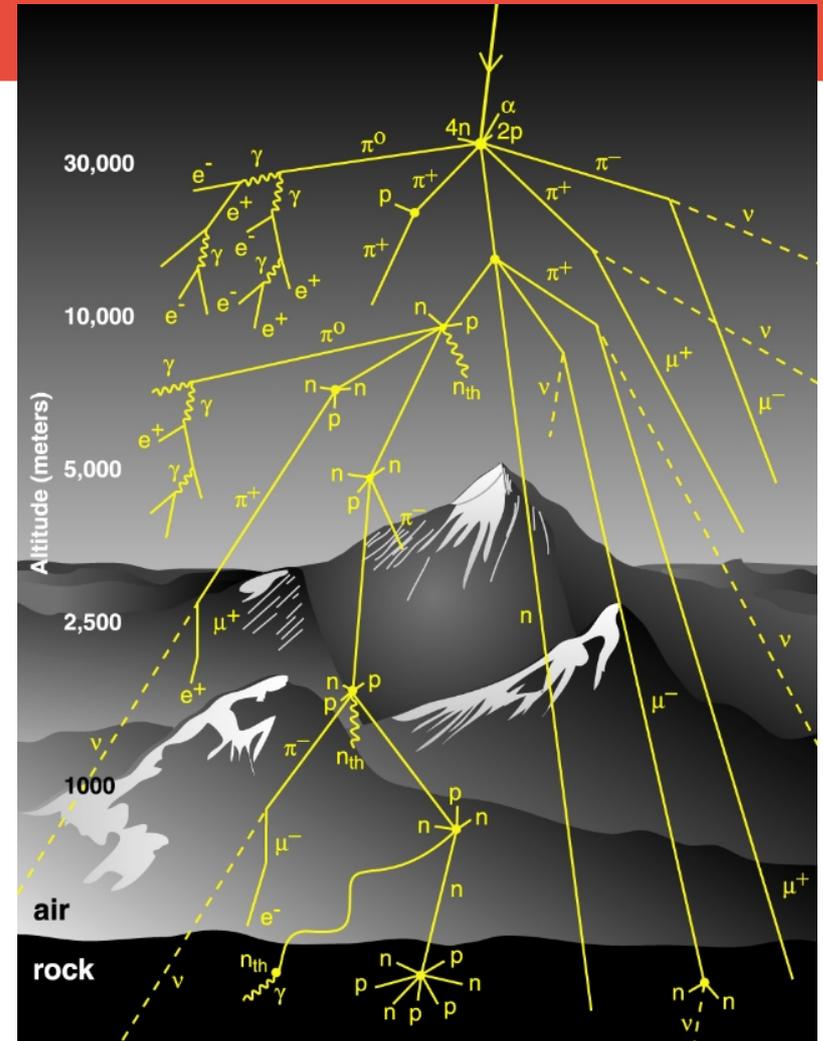
→ radiazione cosmica secondaria

(1 particella di radiazione primaria produce ~ 10^8 particelle di radiazione secondaria)

A livello di mare c'è una componente hard (μ), una soft (e, γ) una nucleonica (p, n).

Passando nel terreno rimangono solo muoni e neutrini.

I muoni possono creare ulteriori neutroni, ma vengono comunque attenuati più si va sottoterra.



Sciame esteso di raggi cosmici (cascata)

Spettrometria gamma a basso fondo

Tecniche di misura di bassa radioattività

La spettrometria gamma a basso fondo è una tecnica radiometrica utilizzata per la determinazione della concentrazione dei radionuclidi



- Selezione dei materiali per esperimenti di fisica degli eventi rari
- Astrofisica
- Studi di carattere ambientale (contaminazioni in aria, acqua, cibo, sottosuolo...)

→ Possibili applicazioni delle tecniche di bassa radioattività a vari campi interdisciplinari

Identificazione isotopo ⇔ Raggi gamma emessi

Analisi di tipo qualitativo e quantitativo del campione in esame

Necessità di misurare attività sempre minori
→ studio e comprensione delle sorgenti di fondo ambientale e strumentale
→ sviluppo di tecniche adeguate per la loro riduzione

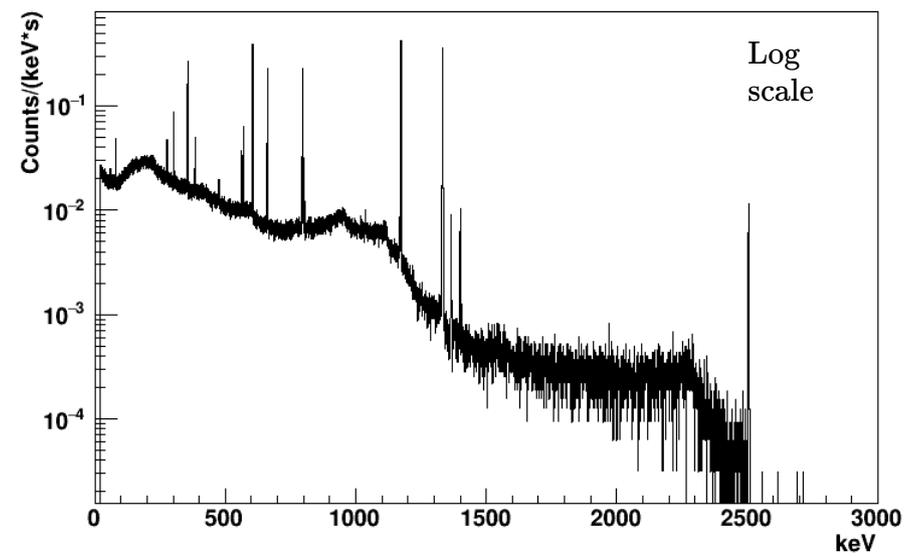
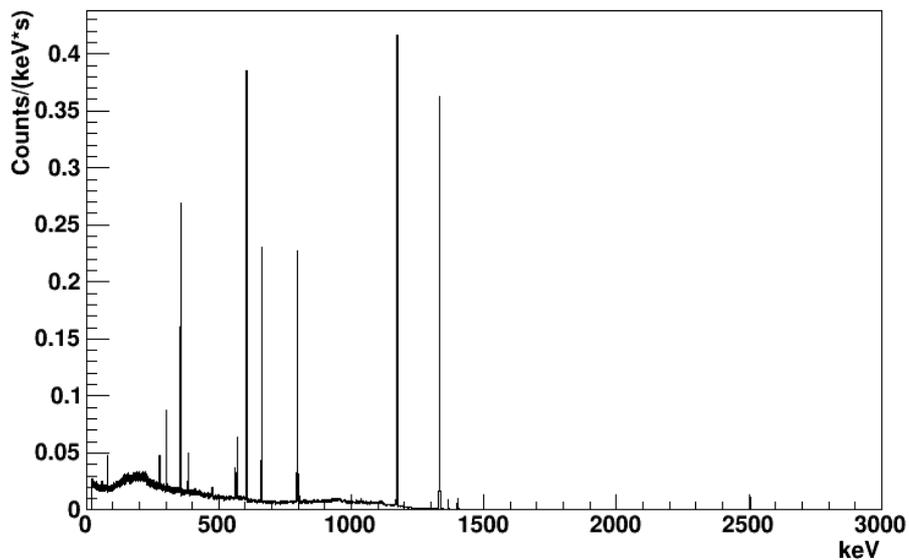


miglioramento limiti di rivelabilità della spettrometria gamma con rivelatori al Germanio

Spettrometria gamma

Uno spettrometro gamma è un sistema strumentale in grado di determinare la distribuzione energetica dei fotoni

Spettro gamma → frequenza impulsi vs energia radiazioni gamma



L'interpretazione e l'analisi di uno spettro gamma forniscono le informazioni necessarie alla determinazione quantitativa e qualitativa dei radionuclidi che originano lo spettro stesso.

Spettrometria gamma con Germani

I rivelatori al Germanio iperpuro sono particolarmente adatti a misure di spettroscopia gamma

- alta risoluzione energetica
- fondo intrinseco basso

Germanio

$Z = 32$

Semiconduttore

$\rho = 5.3 \text{g/cm}^3$

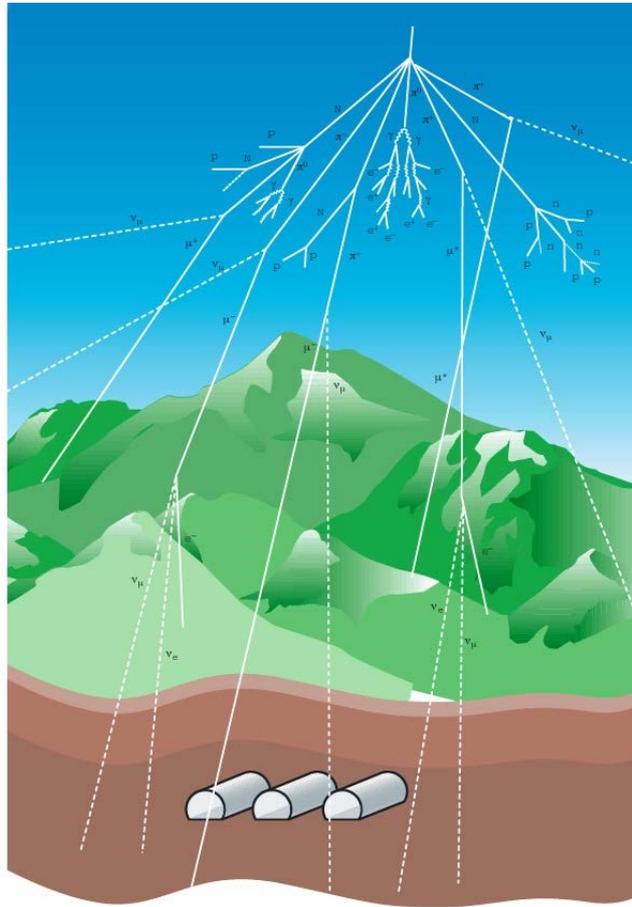
$E_{\text{coppia e-h}} @77\text{K} = 2.96 \text{eV}$

- Sistema di rivelazione
→ rivelatore e schermatura
- Catena elettronica
→ preamplificatore, amplificatore, ADC e analizzatore MCA
→ misura della distribuzione delle altezze degli impulsi che escono dall'amplificatore
- Sistema di registrazione e trattamento dati



Il laboratorio STELLA

STELLA = **S**ub**T**erranean **L**ow **L**evel **A**ssay

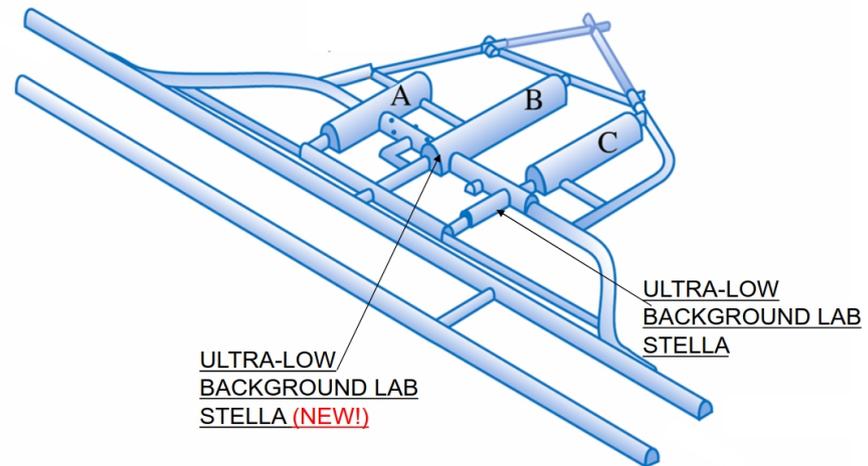


profondità media: 3800 m.w.e.

I rivelatori devono essere schermati per ridurre il più possibile il fondo che ha origini di natura varia:

- radiazione cosmica
- decadimenti nucleari
- radioattività naturale

⇒ **Spettrometria γ @ LNGS**
15 rivelatori al Germanio HPGe



STELLA @ LNGS

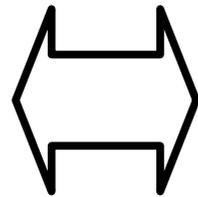


- Sviluppo di rivelatori a basso fondo ad alta sensibilità per misure di radioattività
- Selezione dei materiali per esperimenti di fisica degli eventi rari
- Analisi del contenuto radioattivo di campioni ambientali

Componenti di fondo nella spettroscopia con Germanio

conteggi di fondo

fondo di un rivelatore = il suo rate di conteggio in assenza di un campione da misurare



limite rivelabilità

minimo numero di conteggi necessario per discriminare picco da fondo e rivelare la presenza di un radionuclide

Radioattività ambientale e schermatura

Radioattività primordiale contenuta nelle strutture circostanti il rivelatore

Radioattività intrinseca

Eventi generati dalla radioattività U/Th/K contenuta nei materiali del rivelatore

Nuclei di origine cosmogenica

Prodotta dall'interazione dei raggi cosmici con i materiali del laboratorio

Rivelatore

Raggi cosmici

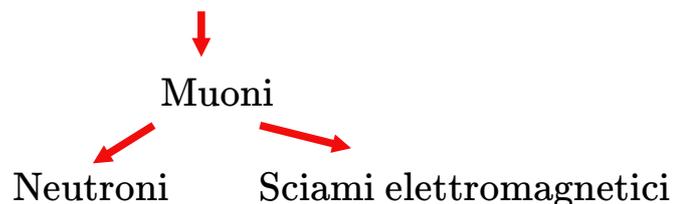
Radon ($^{222}\text{Rn}; ^{224}\text{Rn}$)

Rumore dovuto alla catena elettronica

E' necessario applicare tecniche di riduzione del fondo: PASSIVE e ATTIVE

Tecniche passive di riduzione del fondo

Raggi cosmici



Radioattività intrinseca

Radioattività ambientale

Radon

Laboratorio sotterraneo

- La copertura di un edificio permette di ridurre la componente adronica, ma non i muoni
- underground @ LNGS
- riduzione dei muoni $\sim 10^6$
- riduzione dei neutroni $\sim 10^3$

Selezione materiali

- alta “radio-purezza”
- (quasi) nessuna attivazione

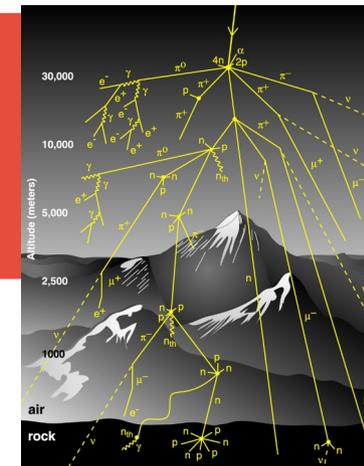
Elettronica separata

Schermatura

- 20 cm piombo bassa attività ($^{210}\text{Pb} < 20 \text{ Bq kg}^{-1}$)
- 5 cm rame elettrolitico, privo di ossigeno
- 5 cm acrilico (sul fondo)

Radon box

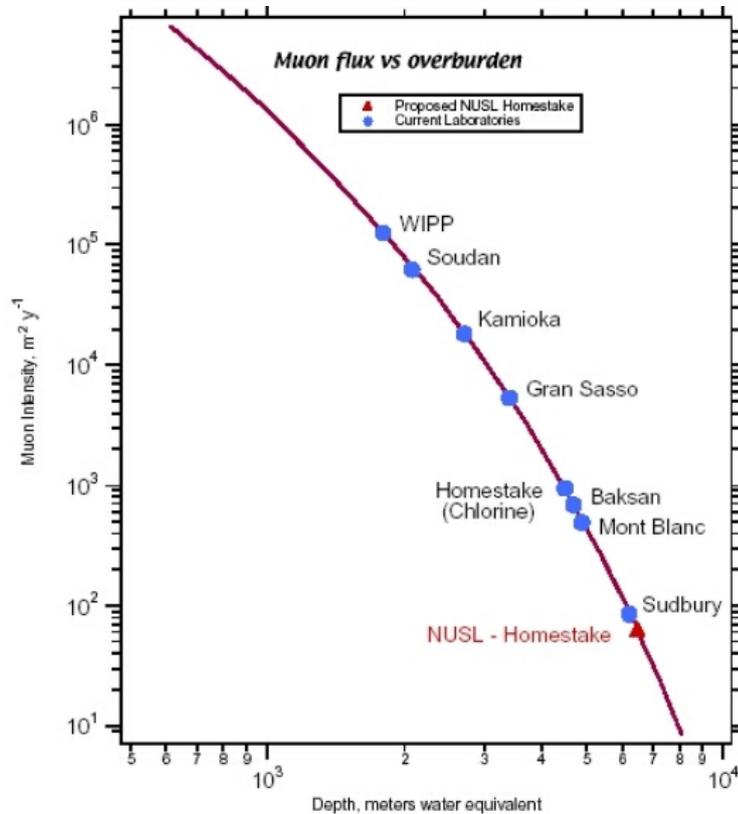
- 1 cm box acrilico con flussaggio continuo N_2



Muoni e Neutroni

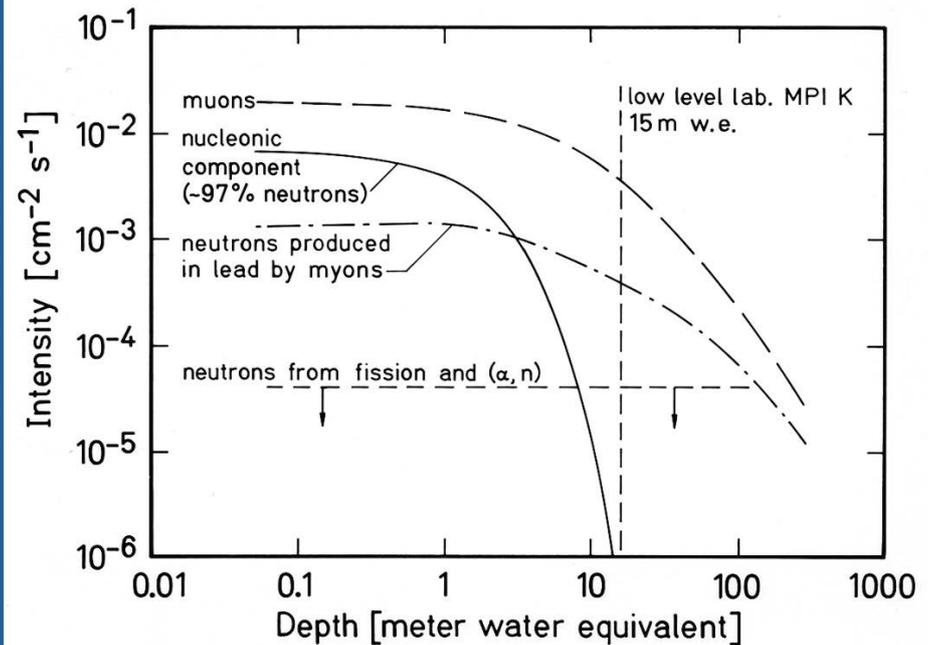
Flusso muoni $\approx 1 \mu / (\text{m}^2 \cdot \text{h})$
(10^6 riduzione rispetto alla superficie)

$[E_\mu > 1 \text{ TeV}]$



Flusso neutroni $\approx 3 \times 10^{-6} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
(10^3 riduzione)

Provengono da fissione e (α, n)



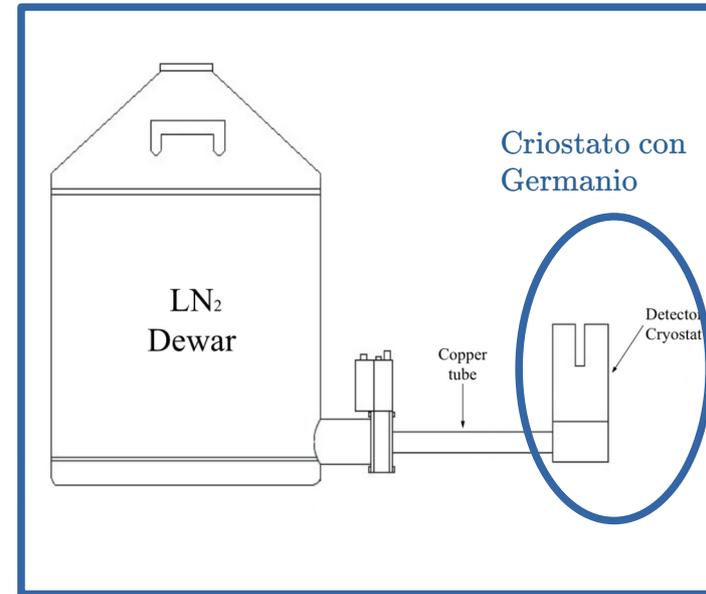
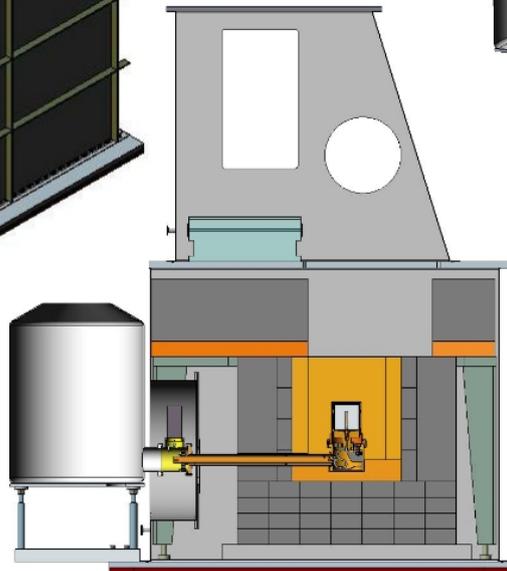
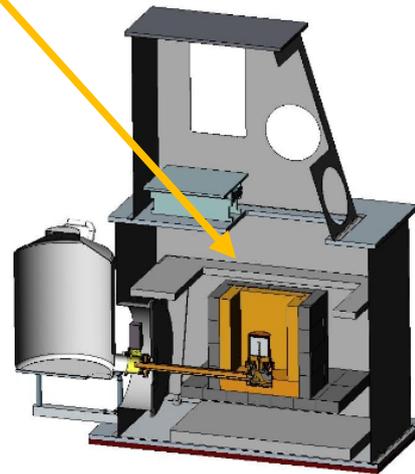
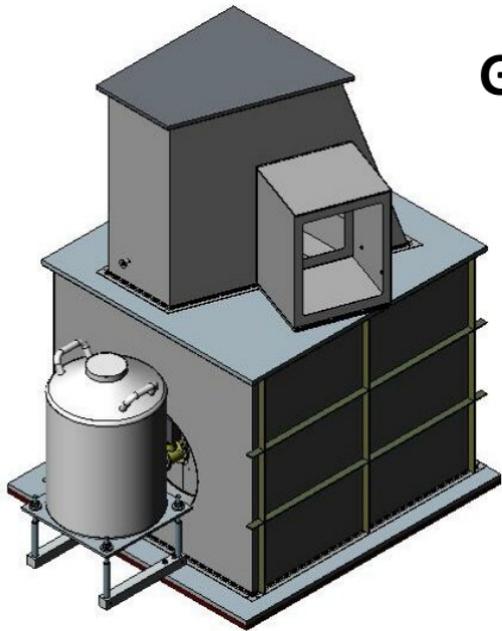
by courtesy of Dr. G. Heusser

Rivelatore GeMPI @ STELLA

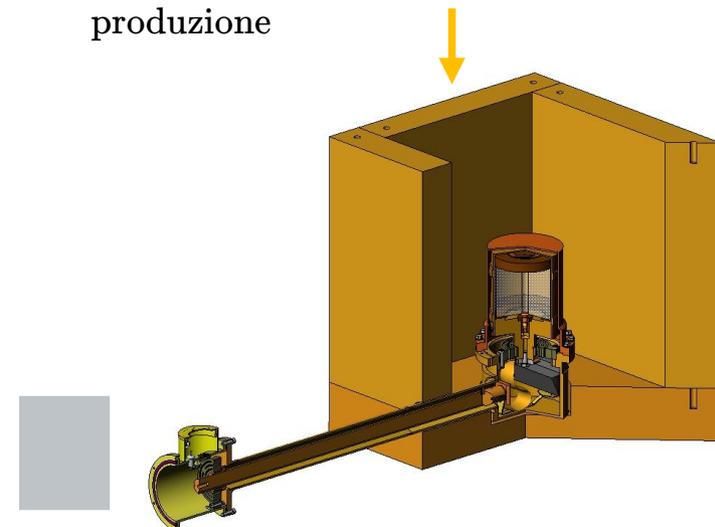
Volume effettivo della camera campioni ~ 15 litri

GeMPI type

MPI-K detectors operated at LNGS (3800 m w.e.)

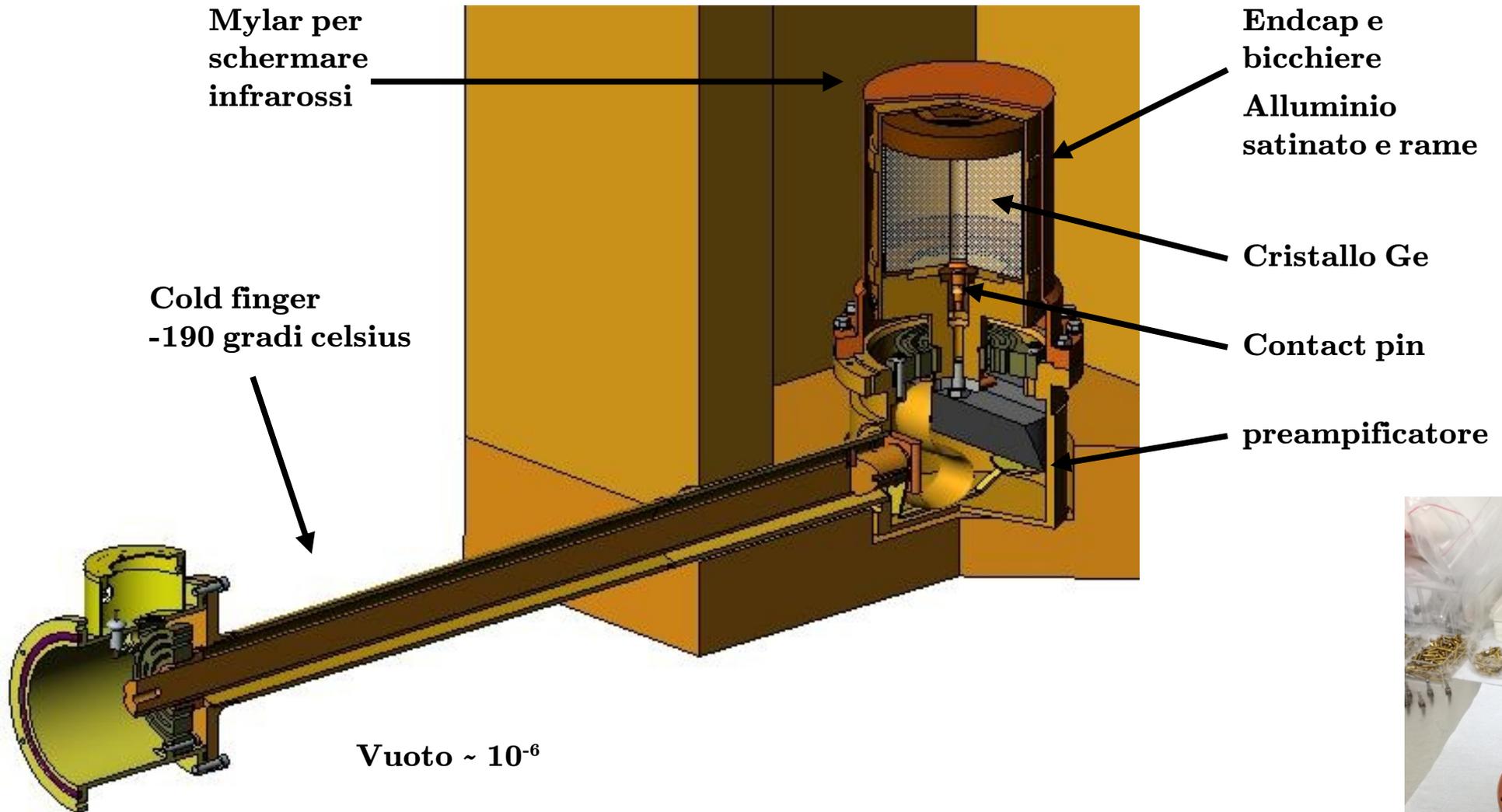


Rame di alta purezza stoccato in sotterraneo subito dopo la produzione



G. Heusser
B. Prokosch
H. Neder
M. Laubenstein

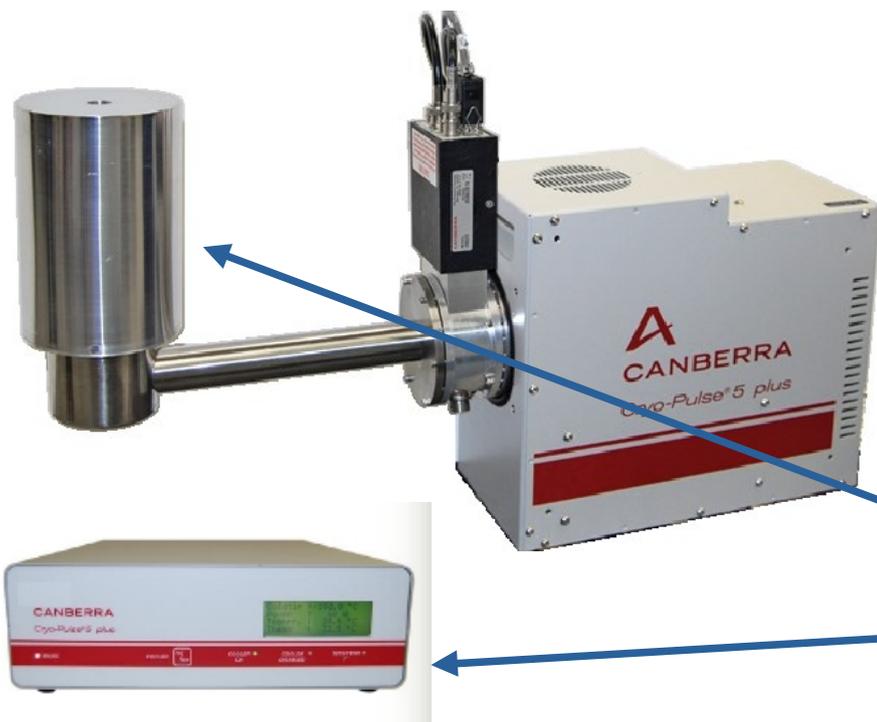
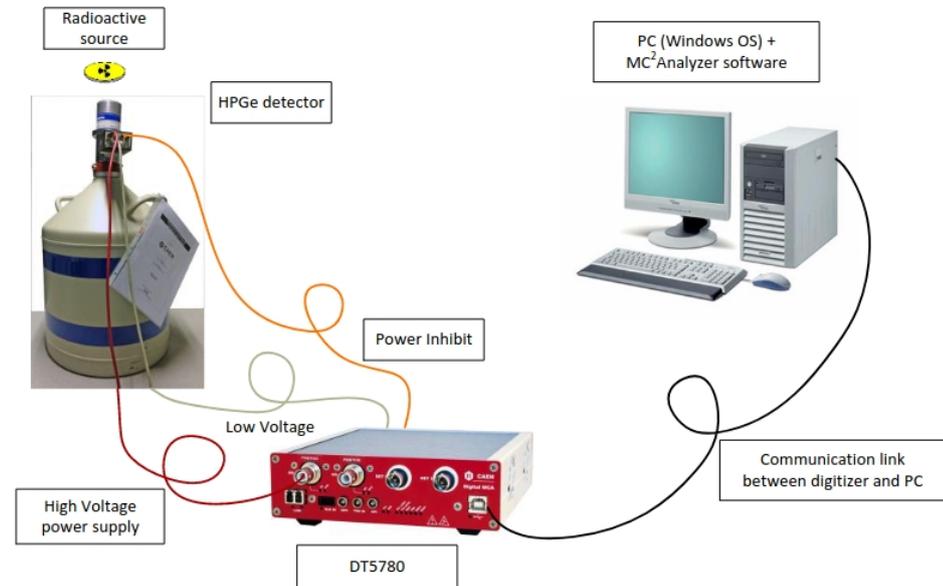
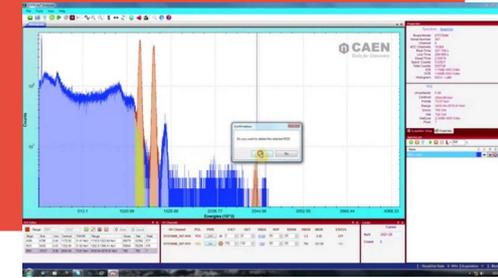
Rivelatore: Criostato con il Germanio



Spettrometria gamma con rivelatore al Germanio portatile

Attività con il rivelatore

- Sistema di rivelazione → rivelatore e schermatura
- Catena elettronica → preamplificatore, amplificatore, ADC e analizzatore MCA
- Sistema di registrazione e trattamento dati



Rivelatore a Germanio portatile raffreddato elettricamente

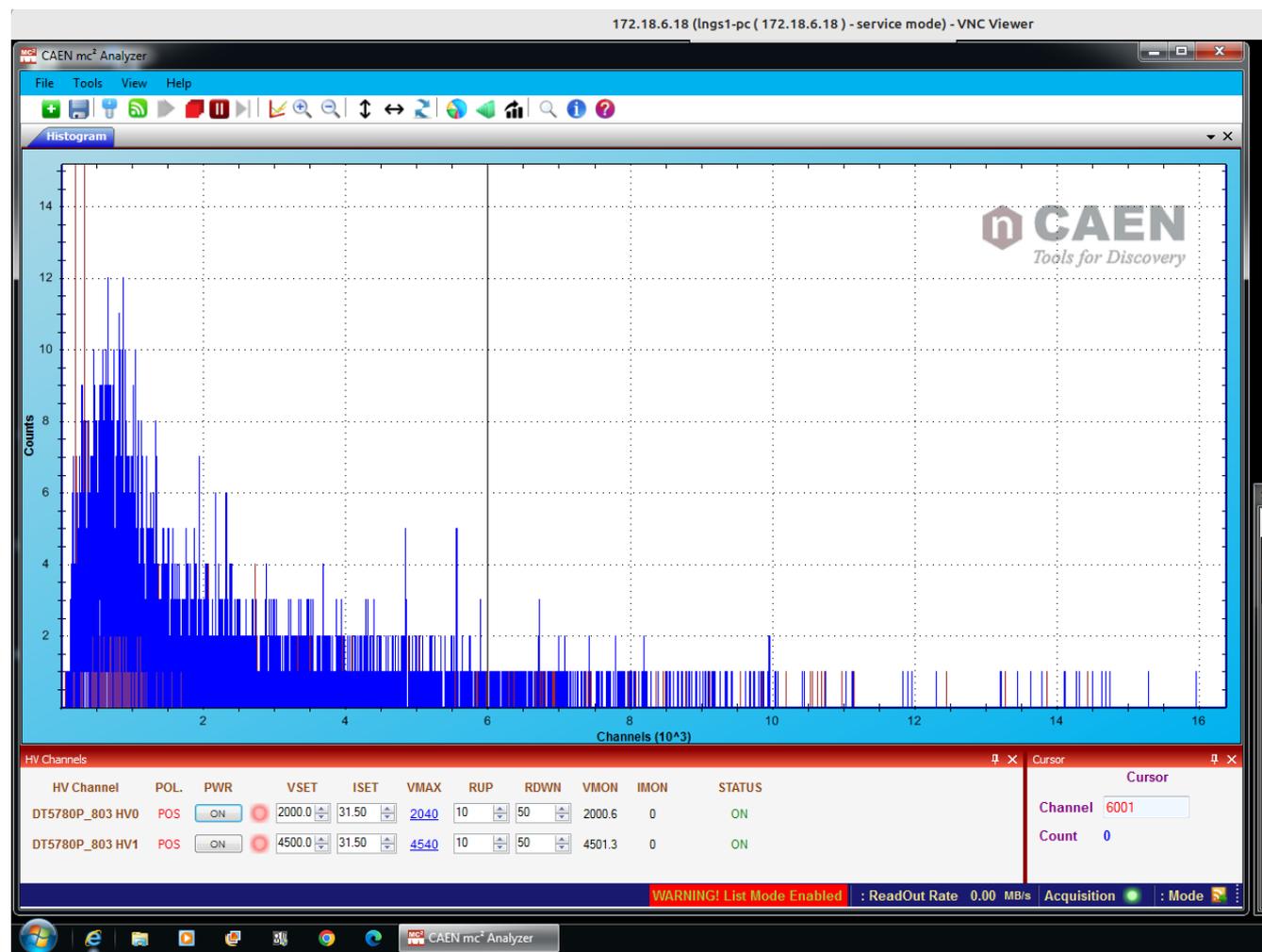
- è costituito da un gruppo testa fredda
- a cui è collegato il rivelatore
- e un controller di alimentazione esterno

(1) Spettro gamma con nuclidi noti

Acquisire uno spettro gamma con un campione con alcuni nuclidi noti

→ calibrare in energia

(corrispondenza tra segnale raccolto ed energia del fotone incidente)



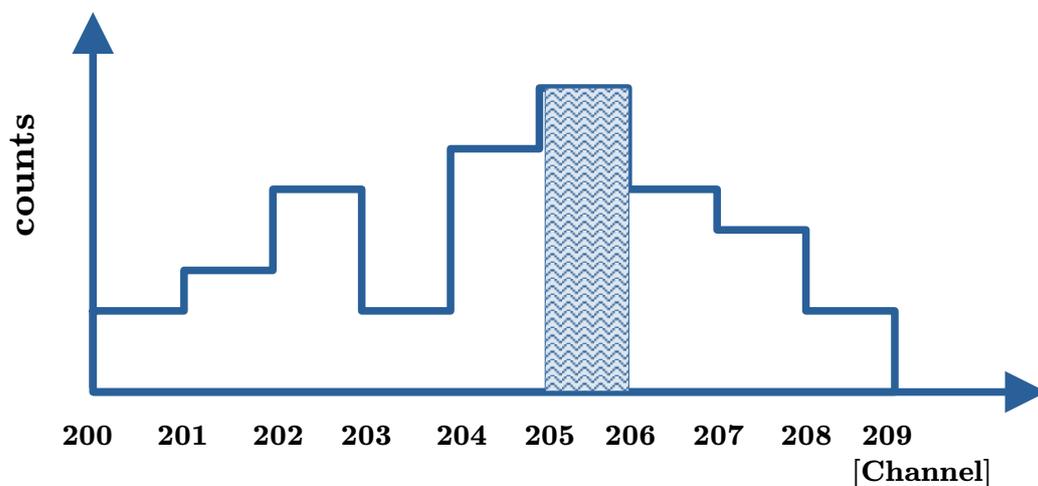
(2) Calibrazione spettro in energia

Spettro gamma
[conteggi vs numero
canale ADC]

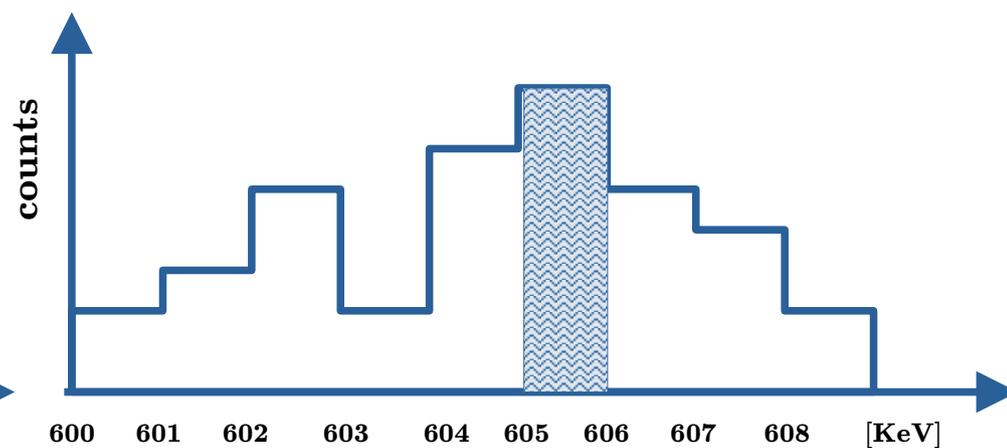
Calibrazione in energia

Spettro gamma
[conteggi vs energia del
fotone incidente]

Nel tempo di misura ho rivelato N
fotoni (counts) nel canale 205



Nel tempo di misura ho rivelato N fotoni
(counts) con energia $604 \text{ KeV} < E_\gamma < 605 \text{ KeV}$

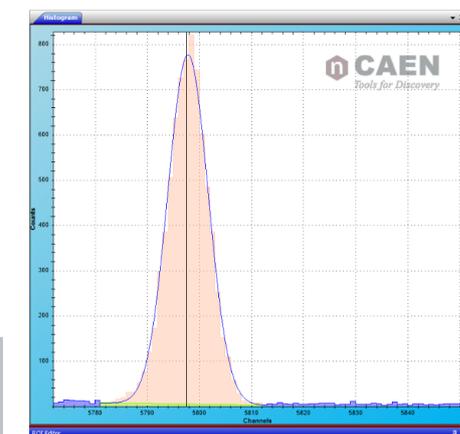
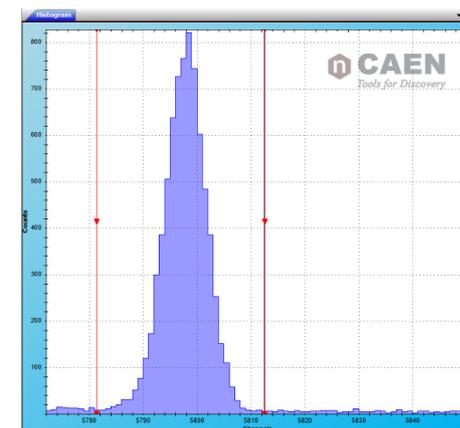
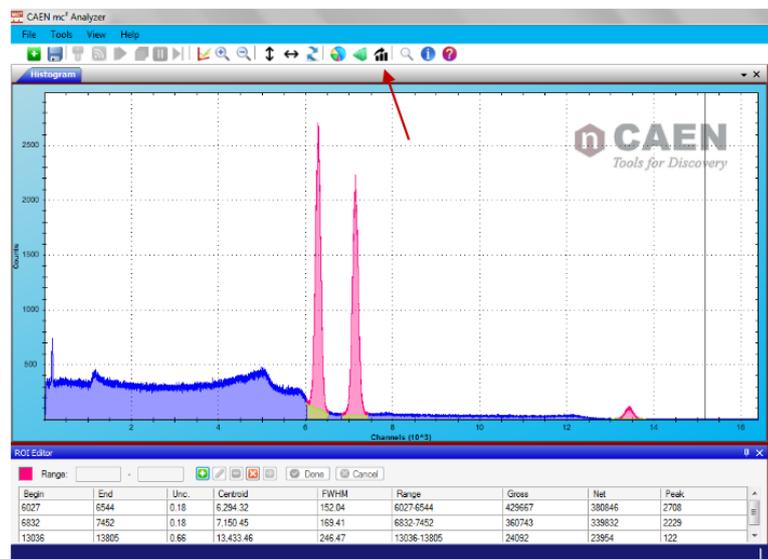
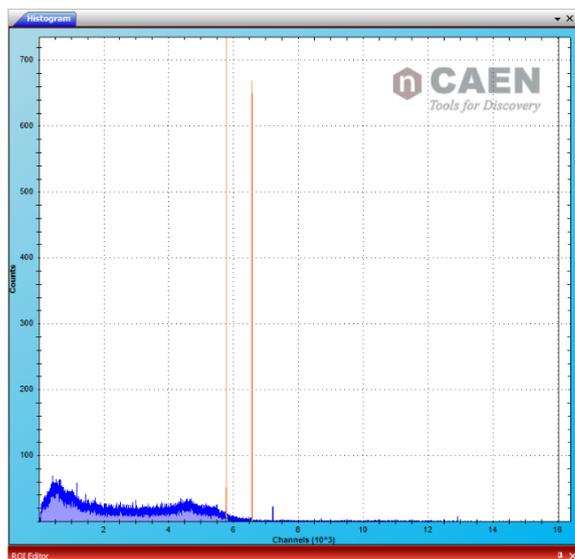


(2) Calibrazione spettro in energia

Spettro
[conteggi vs numero canale]

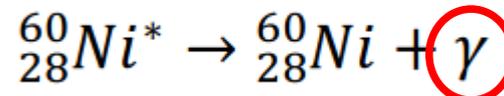
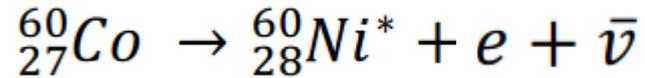
Selezione i
picchi noti

Fit del picco
per ottenere
il valor medio



(3) Spettro gamma calibrato in energia

Esempio: calibrare con Cobalto 60

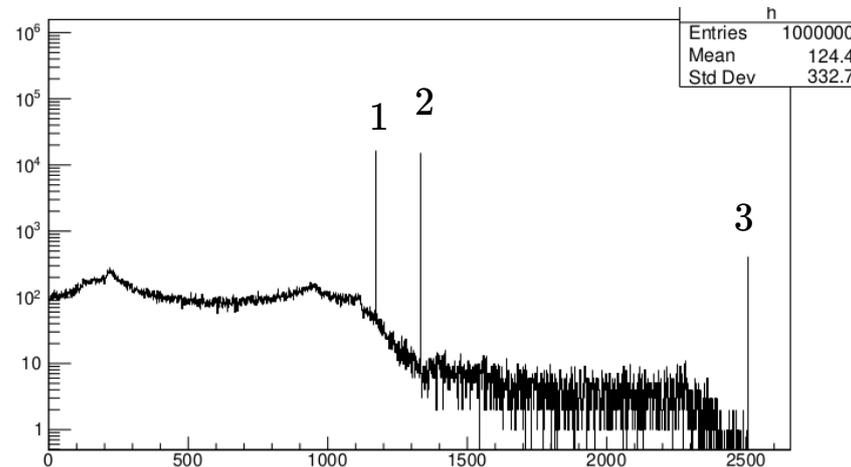


3 gamma per calibrare:

→ 1332.49 KeV

→ 1173.23 KeV

→ 2506.69 KeV (somma)



	Energy [KeV]
Ac228	338.32
	463.002
	794.942
	911.196
	964.786
	968.96
Ag108m	433.938
	614.276
	722.907
Bi212	727.33
	1620.738
Bi214	609.312
	768.356
	1120.287
	1238.111
	1764.494
	2204.21
Co60	1173.23
	1332.49
	2506.69

	Energy [KeV]
Cr51	320.08
K40	1460.8
Pb210	46.54
Pb212	238.632
Pb214	241.997
	295.224
	351.932
Ra224	240.896
Ra226	186.211
Tl208	277.37
	510.74
	583.187
	860.53
	2614.511

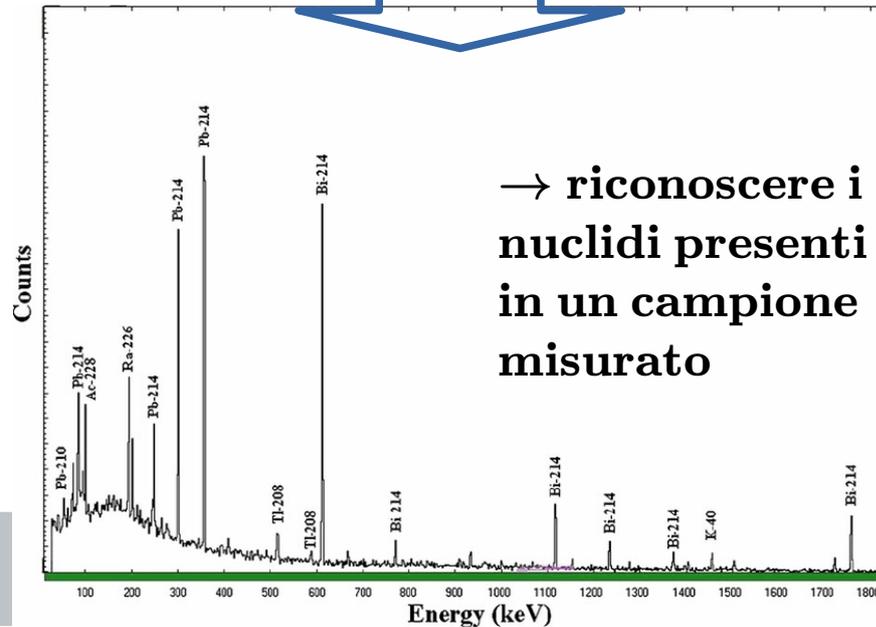
(3) Spettro gamma calibrato in energia

	Energy [KeV]
Ac228	338.32
	463.002
	794.942
	911.196
	964.786
968.96	
Ag108m	433.938
	614.276
	722.907
Bi212	727.33
	1620.738
Bi214	609.312
	768.356
	1120.287
	1238.111
	1764.494
2204.21	
Co60	1173.23
	1332.49
	2506.69

Valori ottenuti con i picchi noti

Numero canale ADC	Energia [KeV]
xxx	1173.23
xxx	1332.49
xxx	2506.69

Spettro calibrato
[conteggi vs energia]



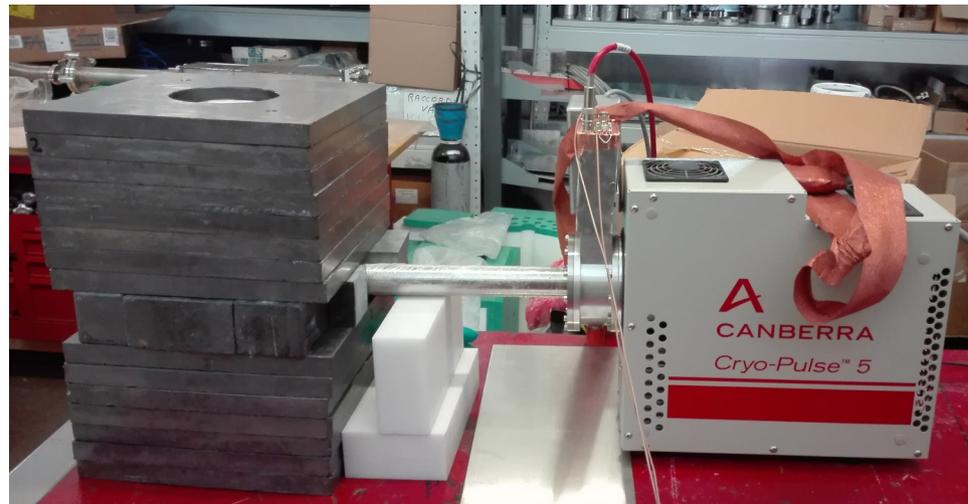
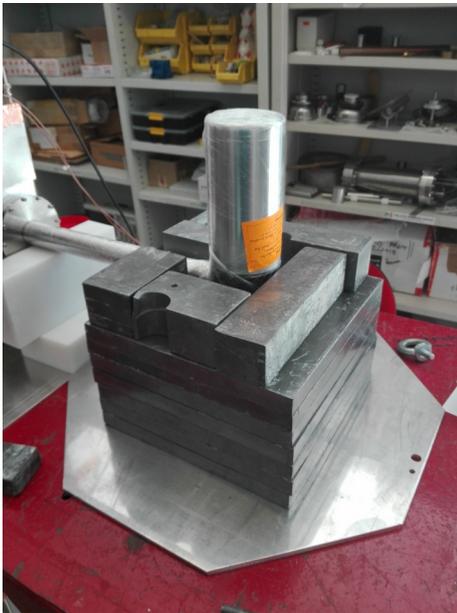
	Energy [KeV]
Cr51	320.08
K40	1460.8
Pb210	46.54
Pb212	238.632
Pb214	241.997
	295.224
	351.932
Ra224	240.896
Ra226	186.211
Tl208	277.37
	510.74
	583.187
	860.53
	2614.511

(4) Schermare il rivelatore dal fondo

Schermare il rivelatore con diversi materiali per vedere come cambia lo spettro

→ Piombo

→ Plexiglass



Backup

1 H idrogeno 1 -259 -253 1312 2,20 1,008 0,0899 ±1 1s ¹	2 II
3 Li litio 3 181 1342 513 6,941 +1 [He]2s ¹	4 Be berillio 4 1288 2471 899 9,012 +2 [He]2s ²
11 Na sodio 11 98 883 496 22,99 +1 [Ne]3s ¹	12 Mg magnesio 12 650 1090 738 24,31 +2 [Ne]3s ²

idrogeno

nome: idrogeno

numero atomico: 1

simbolo: H

massa atomica (u)⁽¹⁾: 1,008

±1
1s¹

temperatura di fusione (°C): -259

temperatura di ebollizione (°C): -253

energia di prima ionizzazione (kJ/mol): 1312

elettronegatività (secondo Pauling): 2,20

densità⁽²⁾: 0,0899

numeri di ossidazione: ±1

configurazione elettronica: 1s¹

(1) Per gli elementi radioattivi che non hanno isotopi stabili, il valore della massa atomica è quello dell'isotopo a vita più lunga e viene riportato tra parentesi quadre [].

(2) Per i solidi e i liquidi la densità è espressa in g/ml a 20 °C; per i gas in g/L a 0 °C e a 1 atm.

13 B boro 13 2300 3650 801 10,81 +3 [He]2s ² 2p ¹	14 C carbonio 14 3550 1086 12,01 2,47 +2+4 [He]2s ² 2p ²	15 N azoto 15 -210 -196 1402 14,01 +2+3+4+5 [He]2s ² 2p ³	16 O ossigeno 16 -219 -183 1314 16,00 -2 [He]2s ² 2p ⁴	17 F fluoro 17 -220 -188 1681 19,00 -1 [He]2s ² 2p ⁵	18 Ne neon 18 -249 -246 2081 20,18 0,90 [He]2s ² 2p ⁶
31 Al alluminio 31 660 2519 578 26,98 +3 [Ne]3s ² 3p ¹	32 Si silicio 32 1414 3280 786 28,09 +2+4 [Ne]3s ² 3p ²	33 P fosforo 33 44 280 30,97 +3+5 [Ne]3s ² 3p ³	34 S zolfo 34 115 445 32,07 +2+4+6 [Ne]3s ² 3p ⁴	35 Cl cloro 35 -101 -35 35,45 +1 [Ne]3s ² 3p ⁵	36 Ar argon 36 -189 -186 39,95 [Ne]3s ² 3p ⁶
49 In indio 49 157 2072 114,8 +3 [Kr]4d ¹⁰ 5s ¹ 5p ¹	50 Sn stagno 50 232 2602 118,7 +2+4 [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ²	51 Sb antimonio 51 631 1587 121,8 +3+5 [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ³	52 Te tellurio 52 450 988 127,6 -2+4+6 [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁴	53 I iodio 53 114 104 126,9 ±1+5+7 [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁵	54 Xe xenon 54 -112 -107 131,3 [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁶

PERIODI 4

5

6

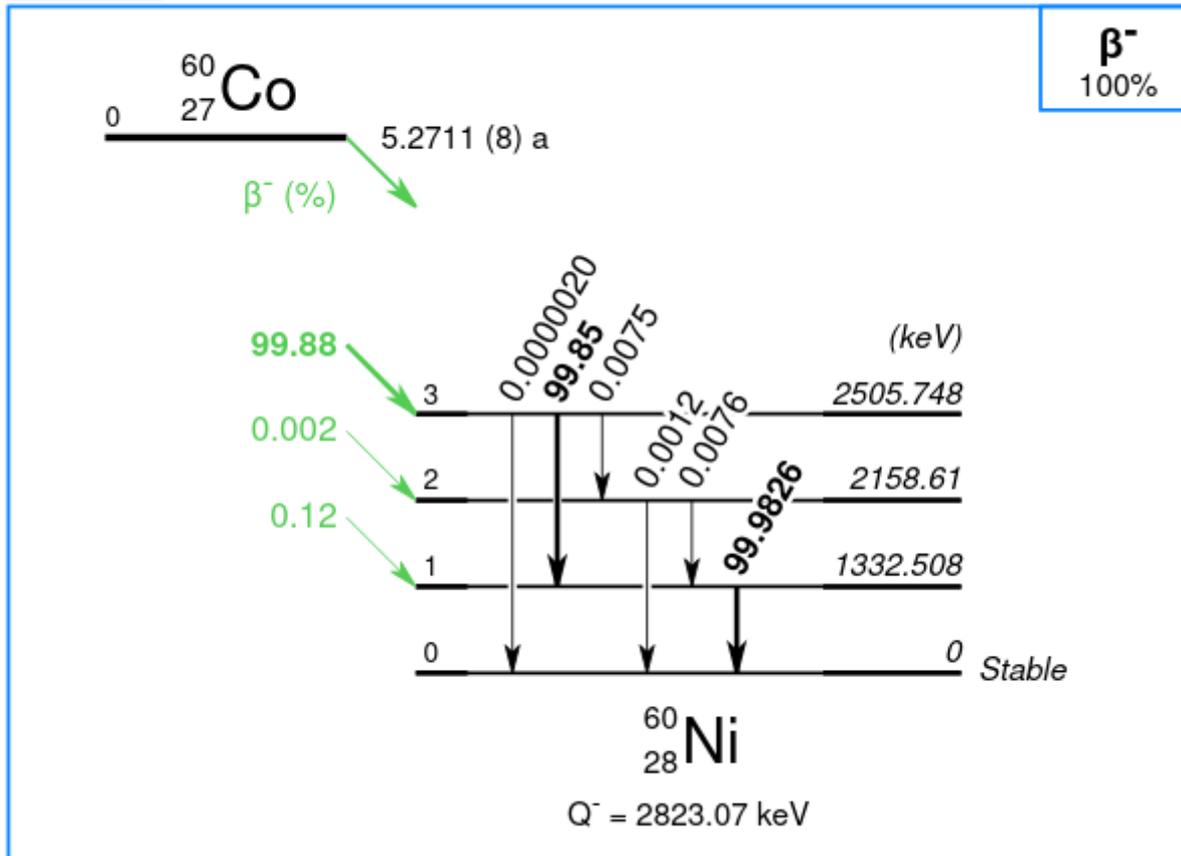
7

57 La lantano 57 920 3454 138,9 +3 [Xe]5d ¹ 6s ²	58 Ce cerio 58 790 3424 140,1 +3+4 [Xe]4f ¹ 5d ¹ 6s ²	59 Pr praseodimio 59 931 3520 140,9 +3 [Xe]4f ³ 6s ²	60 Nd neodimio 60 1010 3074 144,2 +3 [Xe]4f ⁴ 6s ²	61 Pm promezio 61 1080 523 [145] +3 [Xe]4f ⁵ 6s ²	62 Sm samario 62 1072 543 150,4 +2+3 [Xe]4f ⁶ 6s ²	63 Eu europio 63 822 547 152,0 +2+3 [Xe]4f ⁷ 6s ²	64 Gd gadolinio 64 1311 3273 157,3 +3 [Xe]4f ⁷ 5d ¹ 6s ²	65 Tb terbio 65 1356 3230 158,9 +3 [Xe]4f ⁹ 6s ²	66 Dy disprozio 66 1409 2567 162,5 +3 [Xe]4f ¹⁰ 6s ²	67 Ho olmio 67 1470 2720 164,9 +3 [Xe]4f ¹¹ 6s ²	68 Er erbio 68 1522 2868 167,3 +3 [Xe]4f ¹² 6s ²	69 Tm tulio 69 1545 1950 168,9 +2+3 [Xe]4f ¹³ 6s ²	70 Yb itterbio 70 824 1427 173,0 +2+3 [Xe]4f ¹⁴ 6s ²	71 Lu lutezio 71 1636 524 175,0 +3 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²
89 Ac attinio 89 1051 3159 [227] +3 [Rn]5f ¹ 7s ²	90 Th torio 90 1750 4788 232,0 +4 [Rn]6d ² 7s ²	91 Pa protoattinio 91 1572 3756 231,0 +4+5 [Rn]5f ² 6d ¹ 7s ²	92 U uranio 92 1135 4131 238,0 +3+4+5+6 [Rn]5f ³ 6d ¹ 7s ²	93 Np nettunio 93 640 3902 [237] +3+4+5+6 [Rn]5f ⁴ 6d ¹ 7s ²	94 Pu plutonio 94 641 3228 [244] +3+4+5+6 [Rn]5f ⁶ 7s ²	95 Am americio 95 1176 2011 [243] +3+4+5+6 [Rn]5f ⁷ 7s ²	96 Cm curio 96 1345 601 [247] +3 [Rn]5f ⁸ 6d ¹ 7s ²	97 Bk berkelio 97 1050 601 [247] +3+4 [Rn]5f ⁹ 7s ²	98 Cf californio 98 1060 608 [251] +3 [Rn]5f ¹⁰ 7s ²	99 Es einsteinio 99 860 619 [252] +3 [Rn]5f ¹¹ 7s ²	100 Fm fermio 100 1527 627 [257] +3 [Rn]5f ¹² 7s ²	101 Md mendelevio 101 827 637 [258] +2+3 [Rn]5f ¹³ 7s ²	102 No nobelio 102 -- 642 [259] +2+3 [Rn]5f ¹⁴ 7s ²	103 Lr laurenzio 103 -- 642 [262] +3 [Rn]5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ²

LANTANIDI
ATTINIDI

^{60}Co schema decadimento

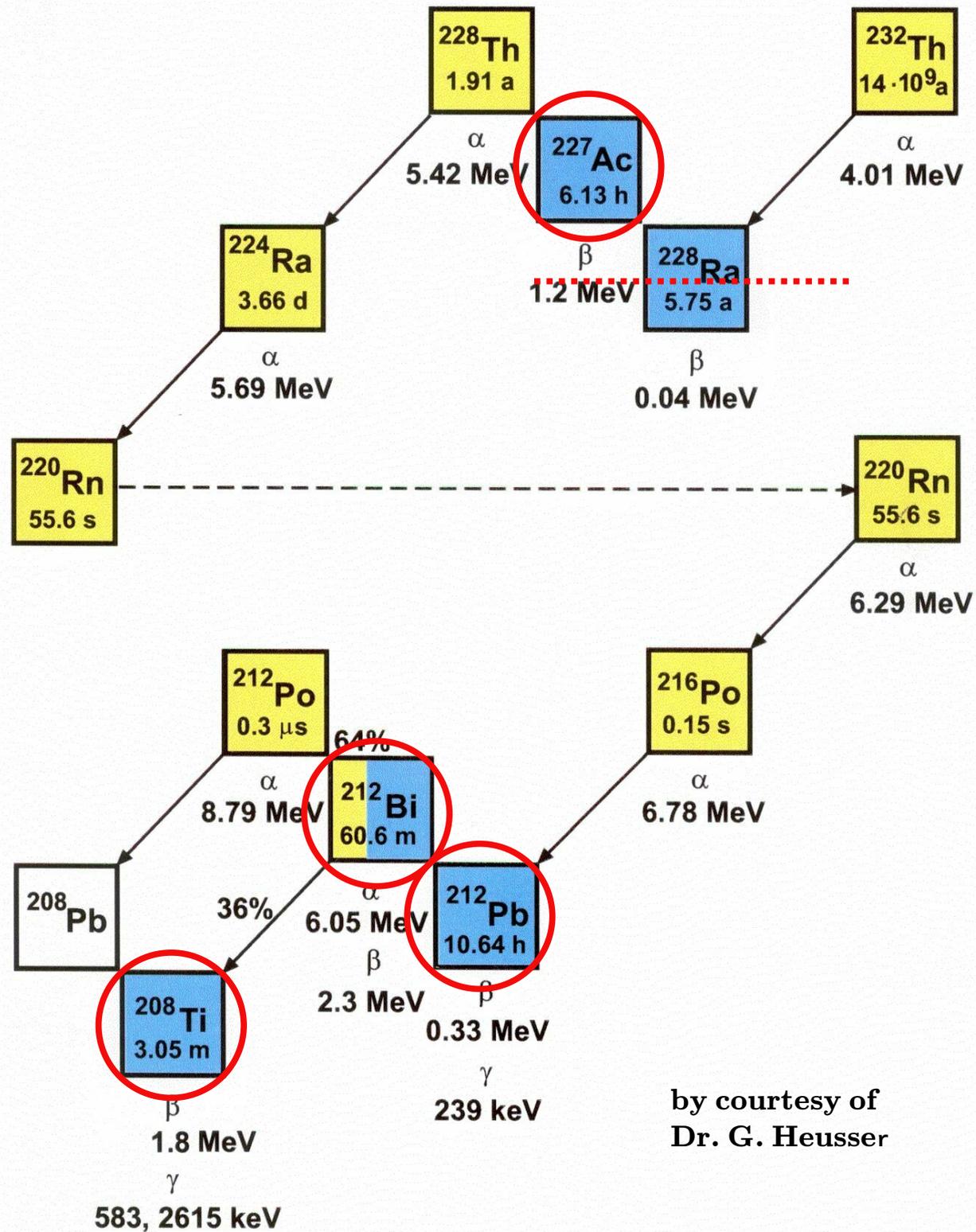
Scheme



Catena del ^{232}Th



Radionuclidi con
emissione gamma



by courtesy of
Dr. G. Heusser

Componenti di fondo nella spettroscopia con Germanio

Gamma esterni

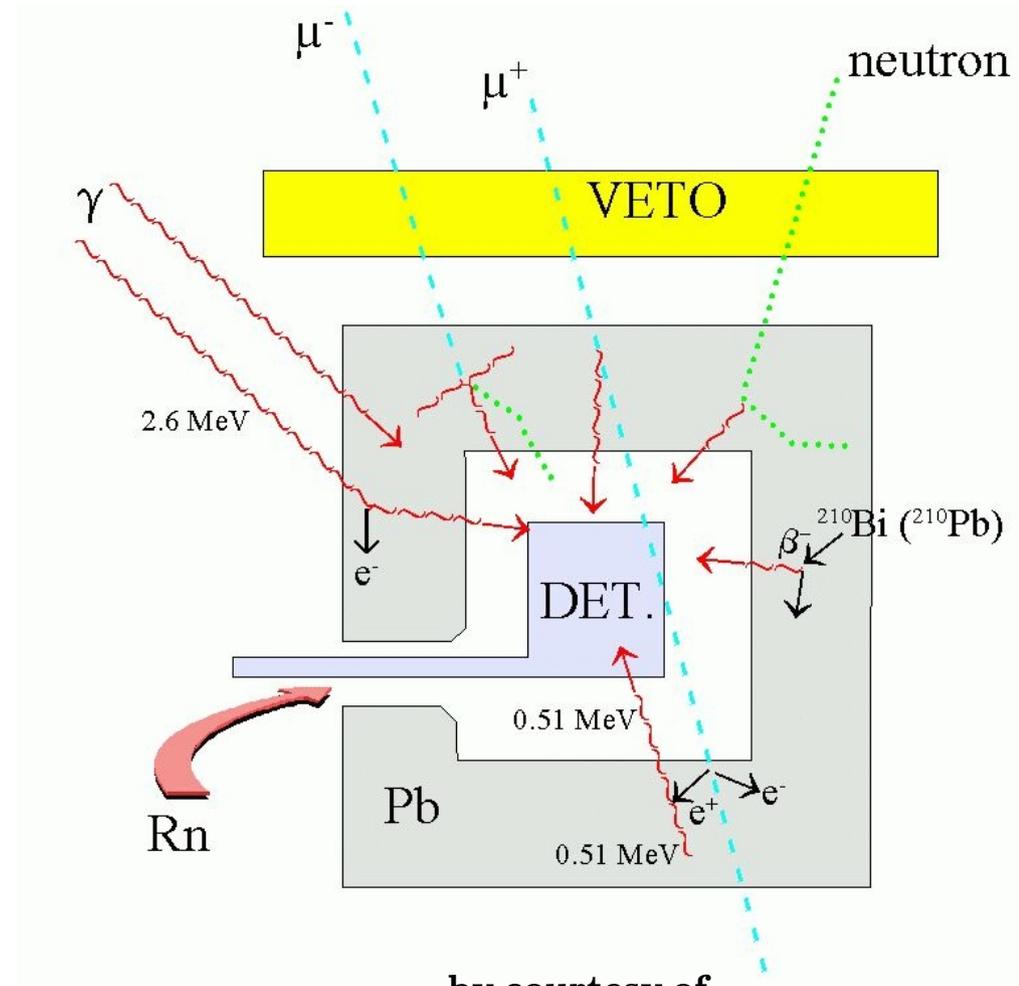
($2.6 \text{ MeV } ^{208}\text{Tl}$, {fino a $3.2 \text{ MeV } ^{214}\text{Bi}$ })

Radioimpurezze vicine al cristallo
(primordiali, antropogeniche)

Radon e figli

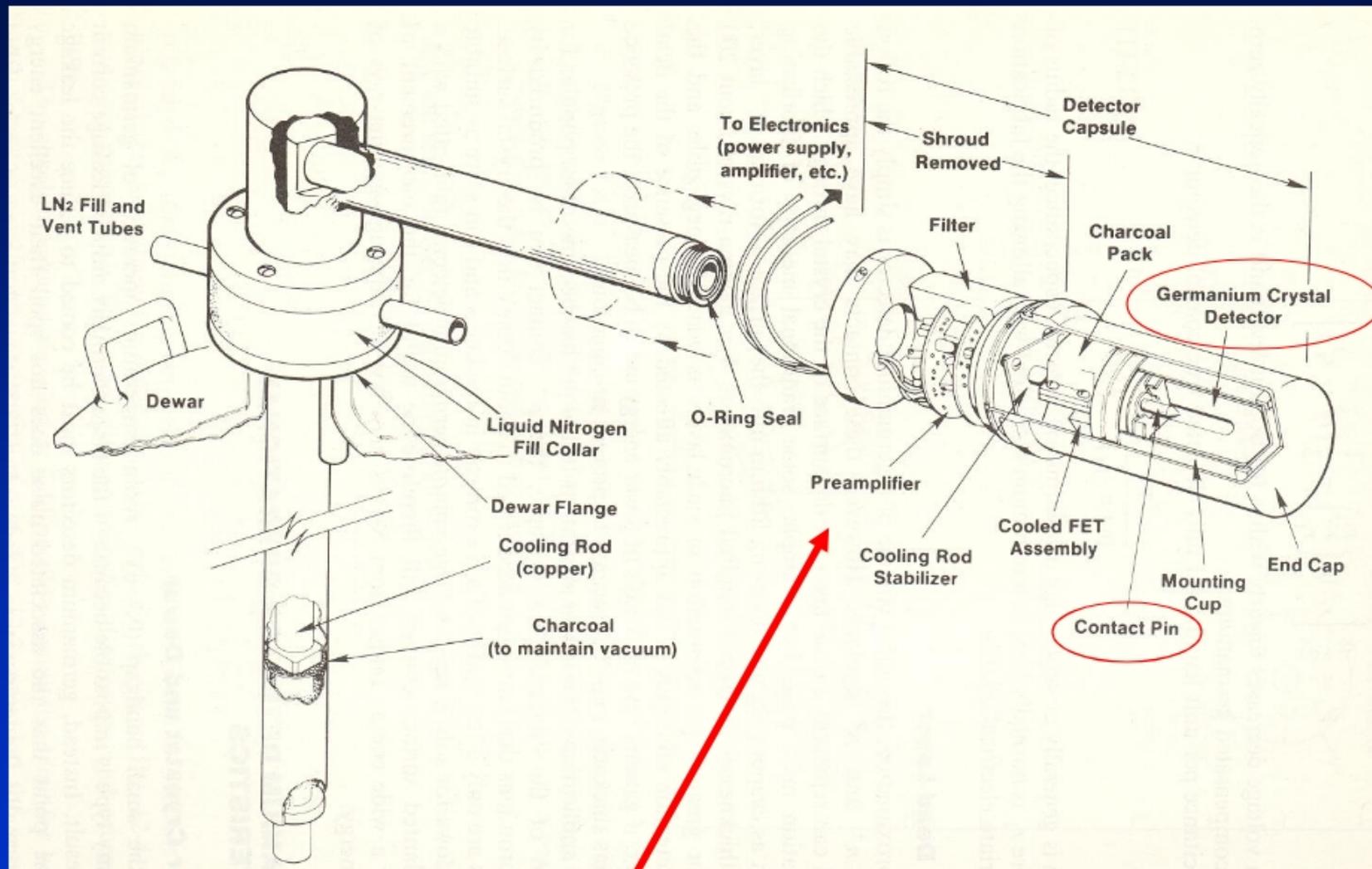
Raggi cosmici
(neutroni, muoni and activation)

Neutroni da fissione e reazioni (α, n)



by courtesy of
Dr. G. Heusser

Rivelatori al germanio: struttura tipica



Per minimizzare il rumore elettronico il circuito RC che integra l'impulso di corrente (preamplificatore) è ospitato nel criostato a 77 K

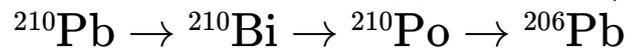
Radioattività ambientale e schermatura

**Schermare il rivelatore
con materiali selezionati**

- alto numero atomico
- bassa attività intrinseca
- costi ragionevoli
- buone proprietà meccaniche

● **Piombo**

(alta densità, alto numero atomico, bassa sezione d'urto per neutroni, bassa probabilità di interazione con raggi cosmici)



MA radiazione intrinseca non trascurabile → Piombo antico!

● **Rame**

materiale puro a bassissimo contenuto di radioattività, usato sia per componenti rivelatore che per le parti più interne delle schermature

● **Ferro/Acciaio**

dove Piombo troppo costoso o non possibile

Radon

Gas radioattivo i cui figli possono attaccarsi al particolato atmosferico, e si introducono nelle schermature despoitandosi al loro interno e sul rivelatore.

^{222}Rn → concentrazione varia a seconda del materiale di cui è costituito il luogo di misura, dalle condizioni climatiche e dalla ventilazione

Metodi riduzione:

→ buona ventilazione nel laboratorio

→ ventilare la schermatura con gas inerte: si pone il rivelatore schermato all'interno di una campana di

plexiglass e si flussa Azoto evaporato dal dewar



Rumore elettronico

Il rivelatore stesso e la catena elettronica (preamplificatore, amplificatore, ADC e PC) possono essere affetti da emissioni di radiofrequenze, rumore acustico e microfonismo che son principalmente dovuti a vibrazioni meccaniche provenienti dal pavimento e pareti

- regione a basse energie ne risente di piu
- piccolo contributo al fondo
- ma incide sulla risoluzione energetica

Scopo della catena elettronica è:

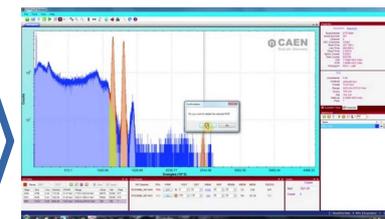
- amplificare il segnale uscente dal rivelatore
- non aggiungere rumore o introdurre distorsioni
- memorizzare il segnale su computer per l'analisi successiva

Rivelatore

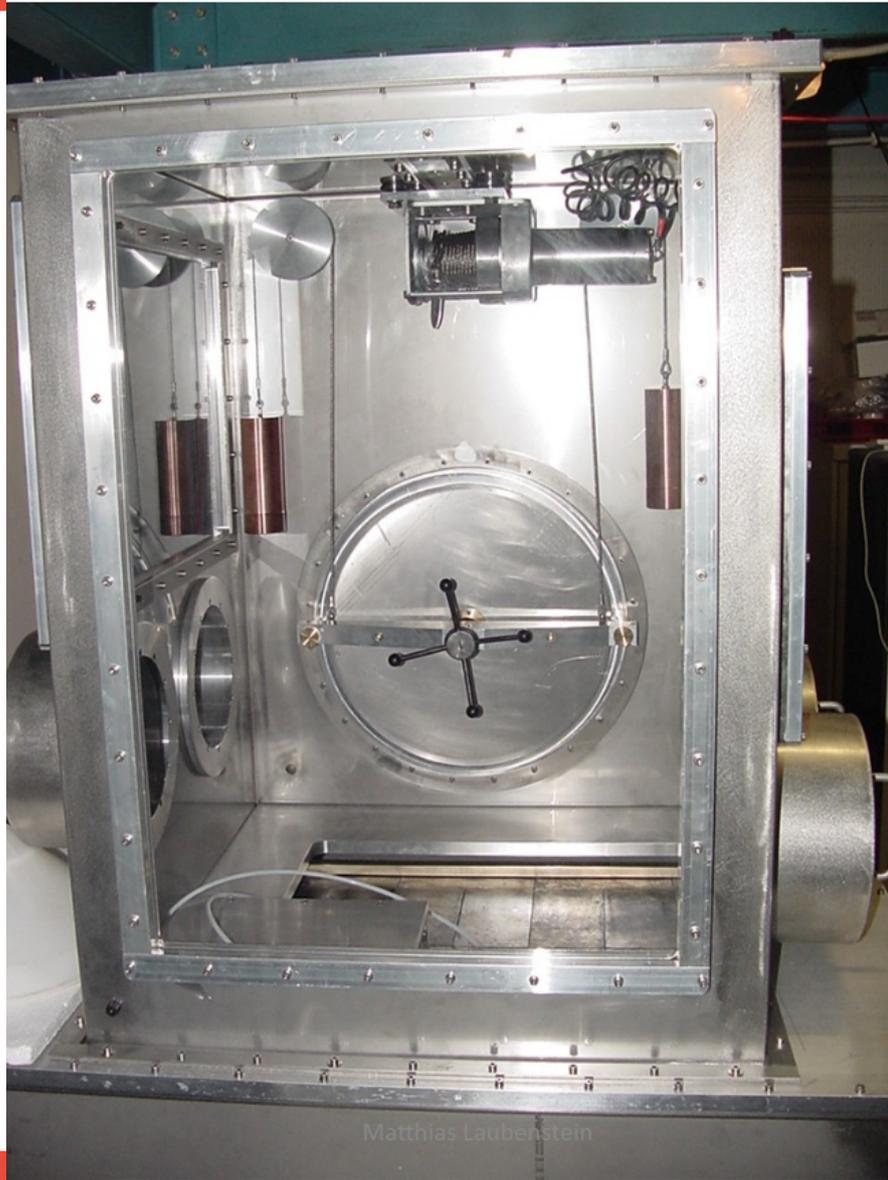
Preamp

Amplificatore

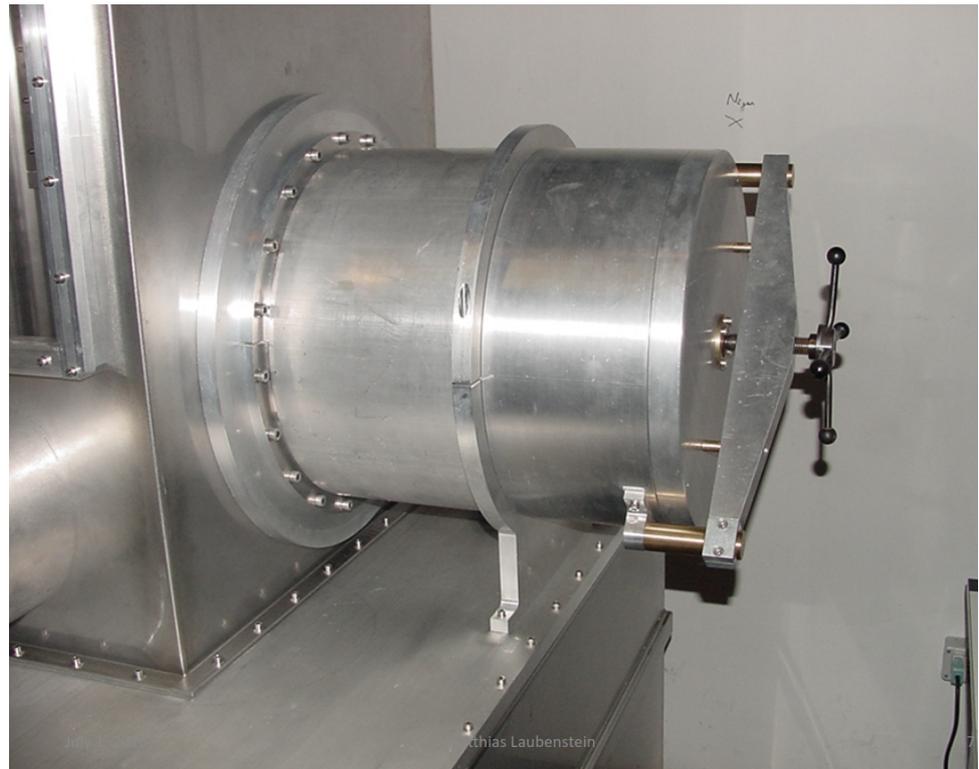
ADC
MCA



PC



Matthias Laubenstein



July 2017

Matthias Laubenstein

Unità di misura

- L'unità di misura storica è il Curie, Ci (attività di 1 g di ^{226}Ra)

$$1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ decadimenti/secondo}$$

- L'unità SI dell'attività è il Becquerel, Bq

$$1 \text{ Bq} = 1 \text{ decadimento/secondo}$$

$$\rightarrow \text{per cui, } 1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

- Le unità più usate sono MBq (prima mCi) e kBq (prima μCi).

Radioattività naturale e concentrazioni

Radionuclidi si trovano ovunque in natura, in aria, acqua e terreno. Anche noi conteniamo dei radionuclidi, perché siamo prodotti del ambiente circostante. Ogni giorno ingeriamo, inaliamo radionuclidi tramite cibo, acqua ed aria. La radioattività è comune anche in rocce e terreni, acque dolci e marine, e anche nei materiali edilizi delle nostre case.

Uranio	Torio	Radon
<ul style="list-style-type: none">✓ (6-60) Bq/kg in tipi di roccia comuni✓ ~15 Bq/kg nei terreni✓ 33 mBq/kg in acqua	<ul style="list-style-type: none">✓ (7 - 90) Bq/kg in tipi di roccia comuni (media crosta terrestre 45 Bq/kg). Nelle rocce c'è 3-4 volte di più rispetto all'uranio.✓ ~ 40 Bq/kg nei terreni✓ < 1 mBq/kg in acqua	<ul style="list-style-type: none">✓ contribuisce alla radioattività in aria, (0.6-30) Bq/m³✓ I figli si attaccano all'aerosol ed ai vapori.

Radionuclidi primordiali

nuclide	Abbondanza [%]	$T_{1/2}$ [anni]	decadimento
^{40}K	0.0117	1.277×10^9	β^- EC
^{50}V	0.250	1.4×10^{17}	EC β^+ β^-
^{87}Rb	27.835	4.75×10^{10}	β^-
^{100}Mo	9.63	1.00×10^{19}	β^- β^+
^{113}Cd	12.22	7.7×10^{15}	β^-
^{115}In	95.7	4.41×10^{14}	β^-
^{123}Te	0.908	1.24×10^{13}	EC
^{138}La	0.0902	1.05×10^{11}	EC β^+ β^-
^{142}Ce	11.8	$> 5 \times 10^{16}$	(α)
^{144}Nd	23.8	2.29×10^{15}	α
^{147}Sm	15.0	1.06×10^{11}	α

Radionuclidi primordiali

nuclide	Abbondanza [%]	$T_{1/2}$ [anni]	decadimento
^{148}Sm	11.3	7×10^{15}	α
^{149}Sm	13.8	$> 2 \times 10^{15}$	-
^{152}Gd	0.20	1.08×10^{14}	α
^{156}Dy	0.06	$> 1 \times 10^{18}$	-
^{174}Hf	0.162	2.0×10^{15}	α
^{176}Lu	2.59	3.78×10^{10}	β^-
$^{180\text{m}}\text{Ta}$	0.012	$> 1.2 \times 10^{15}$	EC β^-
^{186}Os	1.58	2.0×10^{15}	α
^{187}Re	62.60	4.35×10^{10}	$\alpha \beta^-$
^{190}Pt	0.01	6.5×10^{11}	α
^{204}Pb	1.4	$> 1.4 \times 10^{17}$	α