

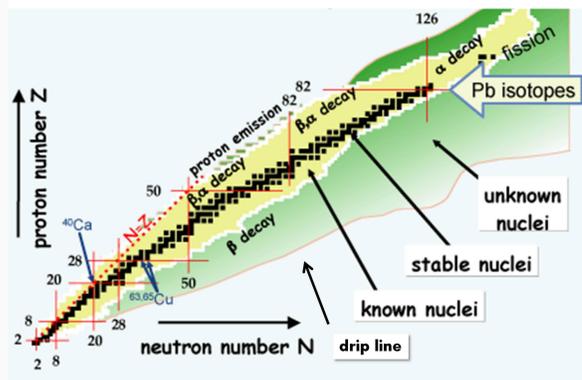
Radioattività naturale

Un esame della **carta dei nuclidi** mostra che attualmente sono noti circa 2700 nuclei atomici, ma che solo il 10% di essi è stabile: la radioattività è quindi un fenomeno naturale molto comune che riguarda tutti gli oggetti che ci circondano. Il decadimento può avvenire secondo 3 distinte modalità: α con emissione di un nucleo di He, β^\pm con emissione di elettroni o positroni e γ con emissione di un fotone di alta energia (>10 keV). I primi due decadimenti sono vere e proprie trasmutazioni nucleari con variazione di Z, il decadimento γ è una diseccitazione del nucleo di natura elettromagnetica.

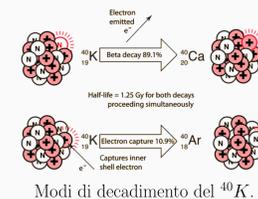
L'origine dei nuclei radioattivi è diversa e gli isotopi possono essere così classificati:

- **primordiali**: creati nella sintesi degli elementi costituenti della terra.
 - hanno vita media paragonabile alla vita della terra (4.5×10^9 anni)
 - sono in equilibrio secolare con un genitore appartenente a una delle famiglie di ^{232}Th , ^{238}U e ^{235}U . Il principale è il ^{40}K presente nelle rocce, nella sabbia e di conseguenza nel cemento di tutti gli edifici moderni.
- **cosmogenici**: sono prodotti nella stratosfera dai raggi cosmici. I principali sono ^3H e ^{14}C .
- **artificiali**: sono prodotti in laboratorio bombardando nuclei con particelle quali neutroni, protoni o particelle α . Si manifestano nell'ambiente in seguito a incidenti nucleari.

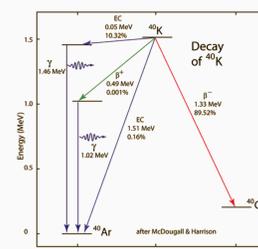
Quali radiazioni troviamo nell'ambiente? Per una sorgente naturale (non gassosa, come il Radon) posta in aria, a causa del corto range delle radiazioni α e β , in pratica solo le radiazioni γ sono di interesse in una misura ambientale. Gli spettri γ corrispondono a transizioni tra livelli nucleari e hanno energia ben determinata, presentandosi quindi come "righe" definite.



Carta dei nuclidi.



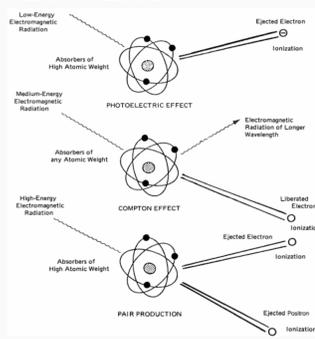
Modi di decadimento del ^{40}K .



Schema di decadimento del ^{40}K .

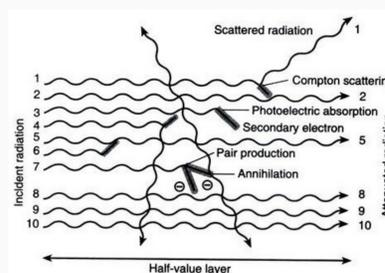
Rivelatori di radiazione γ

L'interazione tra i raggi γ e la materia è descritta molto bene dalla teoria detta Quantum Electro Dynamics (QED) ed è studiata sperimentalmente da quasi un secolo. Gli spettri γ dei vari nuclei possono essere calcolati e misurati con grande accuratezza con diversi rivelatori, per esempio scintillatori o rivelatori a stato solido. I raggi γ , interagendo con gli atomi della materia, sono soggetti a 3 tipi di interazione: **effetto fotoelettrico**, **scattering Compton** e **produzione di coppie**, con probabilità dipendenti dall'energia e dal materiale considerato.

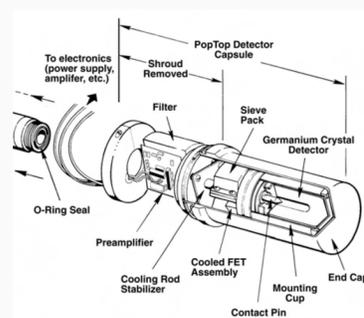


In un fascio di raggi γ ogni particella è soggetta ad uno di questi processi, tra loro indipendenti, in maniera statistica secondo una probabilità legata alle diverse sezioni d'urto elementari. Un esempio di interazioni è mostrato a destra:

- γ #1, 4: **Compton scattering**
- γ #3, 6: **assorbimento fotoelettrico**
- γ #7: annichilazione, seguita da **produzione di coppie** e annichilazione del positrone in due γ da 511 keV.
- γ #2, 5, 8, 9, 10: assenza di interazioni

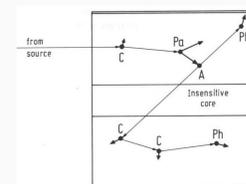


Un cristallo **HPGE** (High Purity GERmanium) è costituito da un cilindro di materiale semiconduttore cavo, raffreddato a temperatura criogenica ($T = 100\text{K}$) con un frigorifero speciale. I γ , interagendo con il cristallo, provocano l'emissione di elettroni che, raccolti dal campo elettrico, generano un segnale in uscita. La catena di acquisizione permette di digitalizzare il segnale ed è costituita da un preamplificatore (montato sul cristallo), da un amplificatore e da un analizzatore multicanale e sottoposto a una d.d.p. di alcuni kV tra le superfici interna ed esterna.

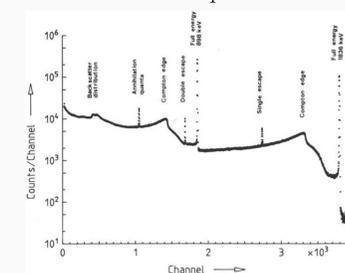


Il parametro caratteristico dei rivelatori a stato solido come i cristalli HPGE è la **risoluzione in energia** (FWHM). Rispetto ai tradizionali scintillatori, come i cristalli di NaI, che si basano sulla rivelazione della luce emessa dalle molecole del cristallo esposte alla radiazione γ e che hanno risoluzione di qualche %, un cristallo HPGE raggiunge risoluzioni di qualche %.

Struttura dello spettro

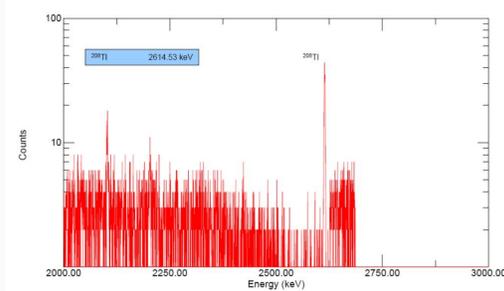
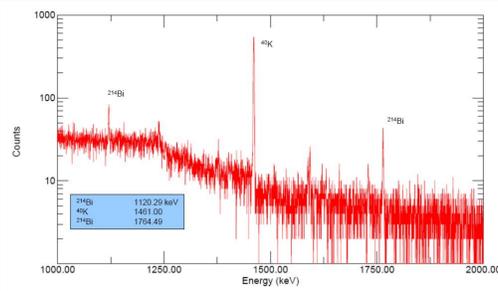
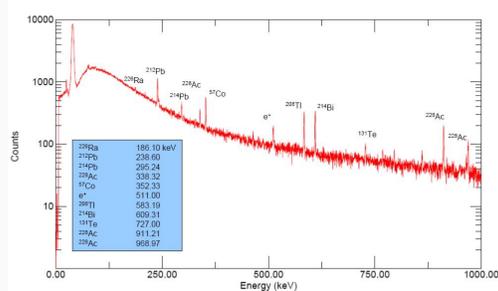


Lo spettro γ è determinato dai processi descritti e dalle dimensioni del cristallo. In alto è mostrata una possibile sequenza di eventi. Se il cristallo avesse dimensione infinita tutti i processi sarebbero equivalenti ad un unico evento fotoelettrico con la raccolta di tutte le cariche generate e il **contenimento** totale dell'energia depositata. Nel caso reale compaiono "spalle" Compton e picchi di fuga, dovuti al non completo contenimento dell'energia a causa della radiazione uscente dal cristallo. In basso lo spettro dello ^{88}Y .



Descrizione dell'esperienza

Obiettivo dell'esperienza è identificare i principali picchi del fondo naturale di radiazione γ attraverso il confronto tra lo spettro misurato dal cristallo HPGE, opportunamente calibrato con una o più sorgenti, e i database presenti in letteratura o in rete e studiare in dettaglio il picco più prominente dello spettro associato al ^{40}K in corrispondenza di un'energia di 1461 keV.



La natura statistica dei processi di interazione emerge dalla forma gaussiana del picco che viene ben descritto da una funzione di Gauss sovrapposta ad un fondo lineare:

$$G(E; A, E_0, \sigma, a, b) = A * e^{-\frac{1}{2} \frac{(E-E_0)^2}{\sigma^2}} + a * E + b$$

I parametri vengono determinati da una procedura di **best fit** secondo il metodo dei minimi quadrati, confrontando il modello proposto con i dati sperimentali e minimizzando lo scarto quadratico tra i due al variare dei parametri. I valori ottenuti sono riportati con gli errori in legenda e mostrano una risoluzione in energia di circa il 3% (FWHM=2.35* σ), come atteso.

