



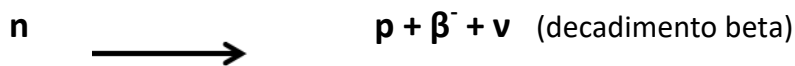
Da un'idea del Dr. Michael Iwatschenko-Borho, Thermo Fisher Scientific

Introduzione

La calibrazione (o la semplice verifica di buon funzionamento) di un rivelatore di neutroni spesso pone problemi di carattere logistico dovute alla difficoltà di avere una sorgente adeguata. In Italia la difficoltà aumenta perché non ci sono abbastanza siti attrezzati per questo tipo di radiazione. Spesso l'approccio consiste nell'accendere lo strumento e verificare che conti "quasi zero" (zero, o un colpo "di tanto in tanto"), lasciando un dubbio irrisolto: conta zero perché funziona, o conta zero perché non funziona? Quest'articolo descrive un metodo basato su una sorgente disponibile a chiunque e ovunque: i neutroni di origine cosmica.

Neutroni cosmici

I neutroni decadono con una vita media di circa 10 minuti secondo la reazione:



I neutroni cosmici sono prodotti nell'atmosfera tramite spallazione - l'impatto di protoni cosmici di alta energia (tipicamente ~ 1 GeV) con nuclei (tipicamente N e O) che produce uno sciame di radiazione secondaria. Il flusso di neutroni cosmici in un punto dipende dalla latitudine magnetica e dall'altitudine secondo la formula:

$$\Phi(z, \lambda) = 0.0178 k_{\varphi}(\lambda) \text{Exp}[0.00084 z] \quad (1)$$

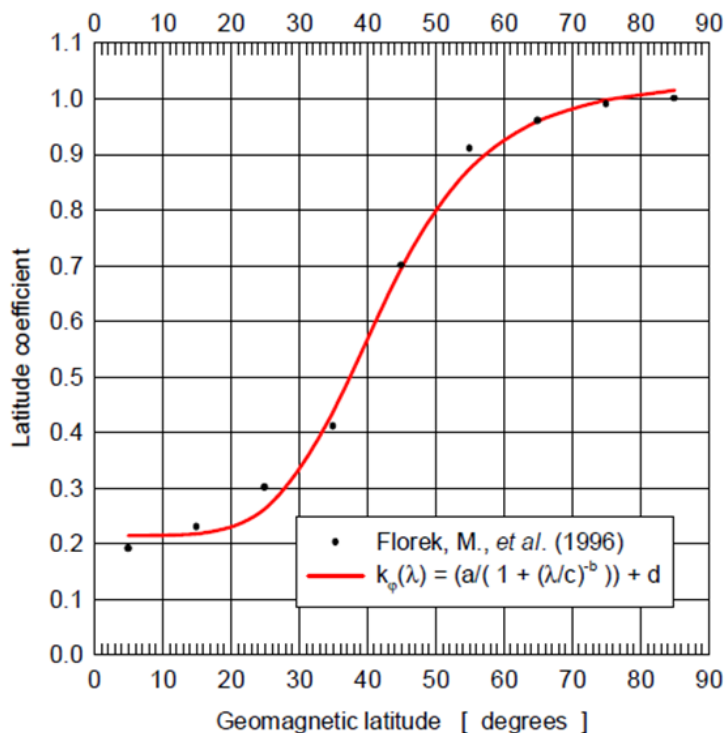
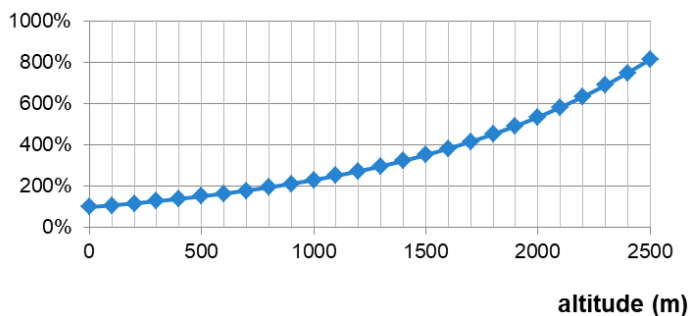
in cui z rappresenta l'altitudine in metri. Per una valutazione più accurata, la funzione esponenziale può essere sostituita da (2)

$$\text{Exp}-(0,0721p)$$

in cui p è la profondità atmosferica in g cm^{-2}

Il rateo di equivalente di dose da neutroni cosmici è tipicamente dell'ordine di 10 nSv/h.

Neutron Flux relative to Sea Level



Curva rossa: andamento del coefficiente λ in funzione della latitudine

Curva blu: variazione del flusso con la quota, espresso in rapporto rispetto al flusso sul livello del mare.

Lo scarto tra latitudine geografica e latitudine magnetica varia nel tempo perché la posizione dei poli magnetici, a differenza dei poli geografici, varia nel tempo. Il World Data Center for Geomagnetism di Kyoto mette online un trasformatore di coordinate [qui](http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/igrf/gggm/) (<http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/igrf/gggm/>).

Il metodo

La procedura consiste in una "calibrazione inversa": i neutroni cosmici (che in una calibrazione tradizionale rappresenterebbero il fondo) sono invece usati come "sorgente", e il confronto viene fatto con lo stesso rivelatore opportunamente schermato in modo da ridurre notevolmente la lettura. Dati i valori in gioco, l'acquisizione di dati statisticamente significativi richiede tempi piuttosto lunghi, dell'ordine del giorno.

Misura numero 1 - rivelatore non schermato

Supponiamo di volere un'accuratezza del 5% (quindi 400 conteggi) e di volerli ottenere "di notte" (tempo di conteggio 15 ore = 54.000 sec), occorre un rateo di conteggio pari almeno a 0,0074 cps (= 0,44 cpm = 26 cph).

Per assicurare un rateo di conteggio più alto possibile bisogna posizionare il rivelatore "sotto al tetto". E' buona pratica eseguire contemporaneamente la misura con due rivelatori, che si verificano a vicenda.

Se il rivelatore in questione non ha impiego dosimetrico ma solo di conteggio, lo si può circondare con un opportuno moderatore (acqua, PE, ecc.) in modo da aumentare il rateo di conteggio.

Misura numero 2 - rivelatore schermato

Per un rem counter (rivelatore di neutroni a scopo dosimetrico) occorre scegliere un luogo con tanta schermatura - idealmente diversi metri di suolo o cemento - come per esempio un tunnel o un piano sotterraneo.

Per un contatore di neutroni che non abbia scopo dosimetrico, la misura nr. 2 può essere eseguita nello stesso luogo della misura nr. 1, avendo cura però di schermare il rivelatore con materiale assorbente (Li, B, Cd, Sm).

Misura numero 3 - rateo di dose equivalente

Una volta determinato il flusso di neutroni con la formula (1), il rateo di dose equivalente può essere calcolato:

$$ED = 720 \text{ nSv h}^{-1} \Phi \text{ (in neutroni s}^{-1} \text{ cm}^{-2}) \quad (2)$$

Applicazione pratica

Il RadEye SPRD-GN è uno strumento portatile prodotto dalla Thermo Fisher Scientific che utilizza un rivelatore a stato solido "CLYC" ($\text{Cs}_2\text{LiYCl}_6$) per misure simultanee di conteggio neutroni e spettrometria gamma. Un circuito PSD (Pulse Shape Discrimination) consente di discriminare i gamma dai neutroni. Le prestazioni di questo strumento sono paragonabili a quelle di strumenti molto più voluminosi e complessi, che utilizzano uno scintillatore e un tubo ^3He . Le misure 1 e 2 vengono fatte con o senza moderatore:



Il kit consente di verificare:

- risposta assoluta ($\pm 4,4\%$)
- assenza di rumore
- assenza di cross-over tra gamma e neutroni



Conclusioni

La calibrazione inversa è una tecnica eccellente per verificare il buon funzionamento di rivelatori di neutroni, e presenta numerosi vantaggi:

- non richiede sorgenti (e relativi permessi di detenzione)
- nessun pericolo di perdere la sorgente
- nessuna dose agli operatori
- nessun rischio di utilizzare uno strumento guasto
- nessun costo
- nessun fermo strumento per verifica e calibrazione presso terzi

(2) *Journal of Maps - Giorgia Cinelli et al. European annual cosmic-ray dose: estimation of population exposure*