



2005
Anno Mondiale della Fisica

Il nucleare non è il diavolo

*Progetto di monitoraggio della radioattività ambientale nelle scuole
Sezione di Torino dell'INFN e Dipartimenti di Fisica dell'Università di Torino*

Scheda di rilevamento dati

GRUPPO

Come usare il contatore Geiger (modello A)

- a) Osservare attentamente il rivelatore. Aiutandosi con le figure, individuare
- la *finestra di lettura*: riporta il numero di conteggi. Per scegliere le unità, in cui si vuole che i conteggi siano espressi, occorre usare il “bottono di selezione”: la modalità da utilizzare è quella di conteggi totali, “TOT”, come in figura;
 - la *levetta di posizione*: in posizione “OFF” il rivelatore è spento e i conteggi vengono azzerati; per avviare i conteggi portarla in posizione “2” e far partire contemporaneamente il contasecondi;
 - il *bottono di selezione*: pigiando il bottone, si attivano le varie unità in cui esprimere i conteggi; premere più volte finché nella finestra di lettura compare la modalità “TOT”, come in figura;
 - la *finestra di ingresso*: il tubo geiger è posto dietro questa finestra.
- b) Per eseguire la misura, collocare il contatore in un posto preciso e non muoverlo per tutta la durata della misura. Per avviare la registrazione dei conteggi, spostare la levetta di posizione sul “2” e contemporaneamente far partire il contasecondi. Pigiare poi il bottone di selezione fino a quando nella finestra di lettura compare la modalità “TOT”. Si consiglia di lasciar andare avanti i conteggi per una decina di minuti.



1. Conteggi: unità di misura e incertezza

a) L'unità di misura dell'*attività* è il "bequerel" (simbolo Bq), che è il numero di conteggi per secondo. Per calcolare l'attività occorre quindi dividere il numero di conteggi effettuati per la durata dell'intervallo di tempo espressa in secondi. Se, ad esempio, contando per 5 minuti si sono registrati 95 conteggi, i *conteggi medi* in 1s sono $95/300=0,32$: questo valore è una misura dell'*attività*. Come si vede, il numero medio di conteggi e quindi anche l'attività non è in generale un numero intero: infatti non rappresenta un numero effettivamente registrato dal rivelatore (che può essere solo intero!), ma un numero ottenuto facendo la media sui conteggi registrati in molti secondi (in questo esempio i secondi di registrazione sono 300).

b) L'*incertezza* sul numero di conteggi è data dalla radice quadrata del numero stesso. Ad esempio, se si sono registrati 164 conteggi, l'incertezza è pari a $\sqrt{164}=12,8$, che si può arrotondare a 13. Il numero N di conteggi si esprimerà perciò come:

$$N = 164 \pm 13$$

c) Come *propagare* l'incertezza. Supponete di aver ottenuto il conteggio N sopra riportato misurando per 9 minuti. Se volete calcolare il conteggio medio N_{1s} in un intervallo di tempo di un secondo, dovete dividere N_{9m} per $9*60=540$.

Quanto varrà l'incertezza su N_{1s} ? E' semplice: basterà dividere anche l'incertezza per 540. Ad esempio, se $N_{9m} = 164 \pm 13$, $N_{1s}=0,31 \pm 0,02$: nell'arrotondare i numeri si dovrà usare un po' di buon senso!

3. Misura della radiazione di fondo in due diversi posti

a) *Prima posizione*

- breve descrizione della locazione
- *conteggi* \pm ; *intervallo di tempo* min = s
- *attività* \pm Bq

b) *Seconda posizione*

- breve descrizione della locazione
- *conteggi* \pm ; *intervallo di tempo* min = s
- *attività* \pm Bq

c) *Confronto fra le misure fatte nelle due posizioni*

- *trovate un criterio* che vi permetta di stabilire se la differenza fra i conteggi fatti nelle due diverse posizioni è "significativa",
- *suggerite altre prove* che converrebbe fare per essere più sicuri circa le conclusioni tratte in base al criterio sopra descritto.

4. Misura dell'attività di un "campione" di materiale da esaminare

- a) Disporre il rivelatore con la finestra di ingresso vicino al campione da esaminare e avviare il conteggio. Lasciar andare avanti il conteggio per una decina di minuti badando a non spostare né il rivelatore né il campione. Mentre il conteggio prosegue, registrare anche, ogni 10 secondi, tutti i valori intermedi utilizzando la tabella predisposta per l'attività 5, in modo da poter riutilizzare i dati per l'analisi temporale proposta in quella attività.

Alla fine calcolare l'attività totale registrata, che è la somma dell'attività del campione più quella "ambientale" dovuta alla radiazione di fondo. Per ottenere la sola attività del campione, occorre sottrarre il valore di quest'ultima, usando il valore determinato nelle misure precedenti (fare la media dei due valori) .



- *conteggi* \pm ; *intervallo di tempo* min = s

- *attività totale* \pm Bq

- *attività del campione* \pm Bq

- b) Ripetere la misura e i calcoli dopo aver allontanato il rivelatore di una ventina di centimetri dal campione.

- *conteggi* \pm ; *intervallo di tempo* min = s

- *attività totale* \pm Bq

- *attività del campione* \pm Bq

- c) Confronto fra le due misure

- *trovate un criterio* che vi permetta di stabilire se la differenza fra i conteggi fatti nelle due diverse posizioni è "significativa",

- *suggerite altre prove* che converrebbe fare per essere più sicuri circa le conclusioni tratte in base al criterio sopra descritto.

Minuti	s	Numero totale di conteggi	Numero di conteggi ogni 10 s
0	0		
	10		
	20		
	30		
	40		
	50		
1	0		
	10		
	20		
	30		
	40		
	50		
2	0		
	10		
	20		
	30		
	40		
	50		
3	0		
	10		
	20		
	30		
	40		
	50		
4	0		
	10		
	20		
	30		
	40		
	50		
5	0		
	10		
	20		
	30		
	40		
	50		
6	0		
	10		
	20		
	30		
	40		
	50		
7	0		

6. Misura della distribuzione temporale

Per misurare la distribuzione temporale degli eventi occorre registrare quanti conteggi si verificano in un dato intervallo di tempo. L'intervallo che si suggerisce è di 10 secondi. Per acquisire i dati, basta registrare i conteggi totali a intervalli di 10 s come predisposto nella tabella a fianco leggendoli "al volo" mentre il conteggio prosegue. Nella colonna accanto si calcolano poi le differenze fra i conteggi registrati in intervalli successivi. Per costruire la distribuzione, utilizzare la tabella sottostante nel seguente modo: se, ad esempio, nel primo intervallo di 10 s si sono registrati 3 conteggi, segnare un x nella prima casella libera, partendo dal basso, della colonna che corrisponde al "3", se nell'intervallo successivo si sono verificati 2 conteggi, segnare x nella cella sopra il "2", e così via. In questo modo alla fine si otterrà la distribuzione delle frequenze.

Il conto può anche essere impostato direttamente sul foglio excel "dati-10s" del file "esperimento".

- Calcolate il valore medio dei conteggi registrati in intervalli di 10 s.
- Quali sono stati i conteggi più frequenti ("moda")?
- Trovate un criterio per individuare la dispersione dei conteggi.
- Calcolate i conteggi per minuto (potete segnarli nella prima colonna, nella cella sopra quella che indica il minuto).
- Calcolate il valore medio dei conteggi per minuto, confrontatelo con il valore più frequente e stimate la dispersione dei valori.

7. Sorgenti di radiazione e unità di misura dosimetriche

Sorgenti naturali di radiazione:

- raggi cosmici
- radionuclidi presenti nell'ambiente (uranio, radon)
- radionuclidi presenti nel corpo (^{40}K , ^{14}C)

Unità dosimetriche

Sono state introdotte per valutare gli effetti sul un corpo dell'assorbimento di energia dovuta alle radiazioni di origine nucleare ("ionizzanti").

Unità di misura:

- "attività" → bequerel (Bq): numero di particelle ionizzanti emesse dalla sorgente al secondo; l'unità storica, peraltro ancora usata, è il curie (Ci), che è pari a $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq
- "dose assorbita" → gray (Gy): energia depositata per kg di peso; $1\text{Gy} = 1\text{J/kg}$
- "dose equivalente" → sievert (Sv): dose assorbita per il "fattore di qualità" della radiazione (alto per neutroni e nuclei pesanti, =1 per elettroni e gamma);
- "esposizione" → roentgen (R): è una unità di misura storica, peraltro ancora usata, ed è determinata in base alla carica elettrica, di ambo i segni, che si sviluppa al passaggio in aria di una certa quantità di radiazione ionizzante ($1\text{R} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{C/kg} \approx 9,3 \text{mGy}$; $1\mu\text{R/h} \approx 0,9 \text{mSv/a}$).

Tipicamente

- la radiazione cosmica è circa 0,3 mSv/anno al livello del mare (circa il doppio a 1000 m)
- i radionuclidi presenti nel corpo umano producono una dose di circa 0,3 mSv/anno
- la radioattività ambientale varia molto da zona a zona

Radioattività ambientale in alcune città italiane

Ancona	0.85	Napoli	2.13
Aosta	0.49	Palermo	0.90
Bari	0.83	Perugia	0.86
Bologna	0.80	Potenza	1.31
Cagliari	0.86	Reggio Cal.	1.28
Campobasso	0.69	Roma	1.58
Firenze	0.77	Torino	0.86
Genova	0.75	Trento	0.84
L'Aquila	0.82	Trieste	0.76
Milano	0.82	Venezia	0.77

Limite raccomandato di esposizione: 15 mSv/anno

Dose "letale": 2,5 - 3 Sv

Per i contatori geiger che verranno usati in questo esperimento si può stimare:

- una massa di circa 1 g nella zona sensibile
- energia media depositata dalla singola particella circa 10^{-13} J (0,5 MeV)
- fattore di qualità circa 1 (i nuclei pesanti vengono bloccati dalla finestra di protezione del tubo geiger)

Per passare da Bq (conteggio medio al secondo) a mSv/anno:

$1 \text{Bq} \approx 10^7$ conteggi/anno (1 anno = 365 giorni * 24 h/giorno * 3600 s/h)

1 conteggio nel contatore → $10^{-13} \text{J}/10^{-3} \text{kg} = 10^{-10} \text{Sv}$

10^7 conteggi/anno → $10^{-3} \text{Sv/anno} = 1 \text{mSv/anno}$

quindi un conteggio/secondo è ben al di sotto del limite raccomandato!