



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** .....

#### 1. Come usare il contatore Geiger (modello B)

a) Il contatore ha un tubo geiger posto sul lato destro all'altezza della *finestra di lettura* a cristalli liquidi. Il passaggio attraverso il contatore di una particella ionizzante, che deposita nel materiale sensibile del tubo una energia superiore alla soglia, produce un segnale elettrico che viene "contato" dall'elettronica associata al tubo. Posizionando la levetta "beep on" / "beep off" su "on" si può sentire in corrispondenza un breve segnale acustico. Il dato che si legge nella finestra di lettura non corrisponde però al numero di conteggi, ma è la misura dell'*esposizione equivalente*,  $E$ , espressa in milliroentgen/ora (**mR/h**; la definizione di questa unità dosimetrica è data alla sezione 7).

Il valore è calcolato sulla base dei conteggi registrati in 10 secondi, quindi il dato viene aggiornato ogni 10 s. Il fattore di conversione dal dato in mR/h al numero di conteggi in 10 s è circa pari a 0,0014 mR/h per conteggio. Dividendo per 10, si può quindi calcolare l'*attività* registrata dal contatore, la cui unità di misura è il bequerel (**Bq**), che corrisponde a 1 conteggio per secondo.

b) Per eseguire la misura, collocare il contatore in un posto preciso e non muoverlo per tutta la durata della misura. Leggere i dati e registrarli ogni 10 s, badando di registrare il dato anche se il valore non cambia (significa che sono stati registrati gli stessi conteggi che nei 10 secondi precedenti). Registrare per almeno 5 minuti (il che significa raccogliere 30 misure). Alla fine calcolare la media  $\langle E \rangle$  dei valori dell'esposizione  $E$ .

c) Conviene calcolare anche il numero medio  $\langle n \rangle$  di conteggi nell'intervallo di 10 s che corrisponde alla singola registrazione, perché questo è il dato statisticamente significativo. Si ottiene da  $\langle E \rangle$  dividendo per 1,4:  $\langle n \rangle = \langle E \rangle / 1,4$ . Dividendo per 10, si calcola l'attività media,  $\langle a \rangle$ :

$$\langle n \rangle = \langle E \rangle / 1,4 \quad ; \quad \langle a \rangle = \langle n \rangle / 10$$

d) L'*incertezza*  $\sigma_{\langle n \rangle}$  sul numero medio di conteggi nei 10 s è data da  $\langle n \rangle$  diviso la radice quadrata del numero di misure fatte. Ad esempio, se si sono registrati 30 valori, l'incertezza è pari a  $\langle n \rangle / \sqrt{30}$ . Se il numero di misure fatte è  $N$  si dividerà ovviamente per  $N$  anziché per 30. Di qui si possono calcolare le incertezze sull'esposizione media e sull'attività media per semplice propagazione dell'errore:

$$\sigma_{\langle n \rangle} = \langle n \rangle / \sqrt{N} \quad ; \quad \sigma_{\langle E \rangle} = \sigma_{\langle n \rangle} * 1,4 \quad ; \quad \sigma_{\langle a \rangle} = \sigma_{\langle n \rangle} / 10$$

## **2. Misura della radiazione di fondo in due diversi posti**

### a) *Prima posizione*

- breve descrizione della locazione .....
- Numero di misure  $N$  .....
- Esposizione media  $\langle E \rangle$  .....mR/h
- Conteggi medi in 10 s .....  $\pm$  .....
- Attività .....  $\pm$  ..... Bq

### b) *Seconda posizione*

- breve descrizione della locazione .....
- Numero di misure  $N$  .....
- Esposizione media  $\langle E \rangle$  .....mR/h
- Conteggi medi in 10 s .....  $\pm$  .....
- 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.

### **3. Misura dell'attività di un "campione" di materiale da esaminare**

- a) Disporre il campione da esaminare accanto o sopra il contatore a destra della finestra di lettura avviare il conteggio con le modalità della misura precedente. Lasciar andare avanti il conteggio per una decina di minuti badando a non spostare né il rivelatore né il campione. Calcolare l'esposizione media  $\langle E \rangle$  e l'attività media  $\langle a \rangle$ .

Tale attività 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)

- Numero di misure  $N$  .....
- Esposizione media  $\langle E \rangle$  .....mR/h
- Conteggi medi in 10 s .....  $\pm$  .....
- 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.

- Numero di misure  $N$  .....
- Esposizione media  $\langle E \rangle$  .....mR/h
- Conteggi medi in 10 s .....  $\pm$  .....
- 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.

### 3. Sorgenti di radiazione e unità di misura dosimetriche

*Sorgenti naturali di radiazione:*

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

*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

Se, con i contatori geiger che verranno usati in questo esperimento, si contano i singoli eventi in base al beep 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 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 →  $10^{-13} \text{J}/10^{-3}\text{g} = 10^{-10} \text{Sv}$

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

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