

# La radioattività

- La **radioattività** è il fenomeno per cui alcuni nuclei si trasformano in altri emettendo particelle e/ radiazioni elettromagnetiche.

# La radioattività: isotopi

- .
- Il numero totale di protoni nel nucleo viene chiamato “**numero atomico**” e si indica con la lettera **Z**.  
L'elemento chimico con 8 protoni è l'ossigeno (O), quello con 26 p è il ferro, quello con 79 p è l'oro, quello con 92 p è l'uranio.
- Poiché in un nucleo di una data specie sono presenti anche N neutroni, la somma  $A=N+Z$  viene chiamata **numero di massa**.
- I nuclei con lo stesso valore di Z ma diverso valore di A (ossia, con un numero diverso di neutroni) vengono chiamati **isotopi**.

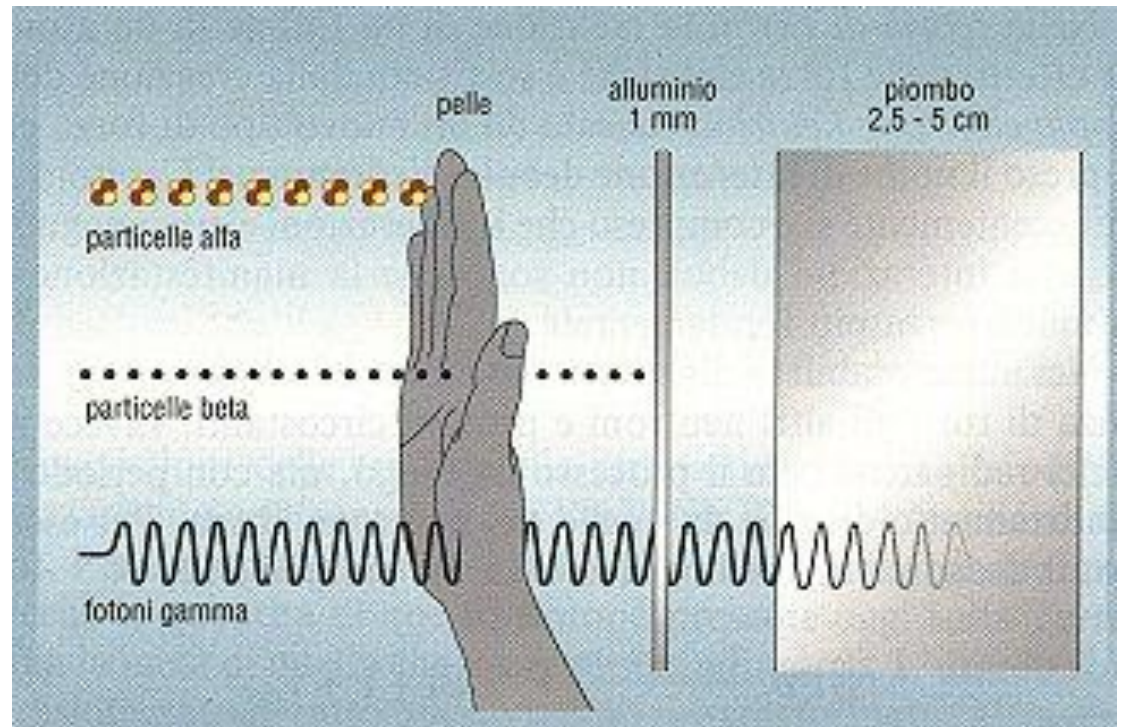
# La radioattività: i decadimenti

- Gli **isotopi** presenti in natura sono quasi tutti stabili. Alcuni isotopi naturali, e quasi tutti gli isotopi artificiali, sono instabili, a causa di un eccesso di protoni e/o di neutroni. Tale instabilità provoca la **trasformazione spontanea** in altri isotopi accompagnata dall'emissione di particelle. Questi isotopi sono detti **isotopi radioattivi**.
- La trasformazione di un nucleo radioattivo porta alla produzione di un altro nucleo, che può essere anch'esso radioattivo oppure stabile. Essa è chiamata **decadimento radioattivo**.

# Radiazioni alfa, beta e gamma

- Esistono tre diversi tipi di decadimenti radioattivi, che si differenziano dal tipo di particella emessa a seguito del decadimento. Le particelle emesse vengono indicate col nome generico di radiazioni.

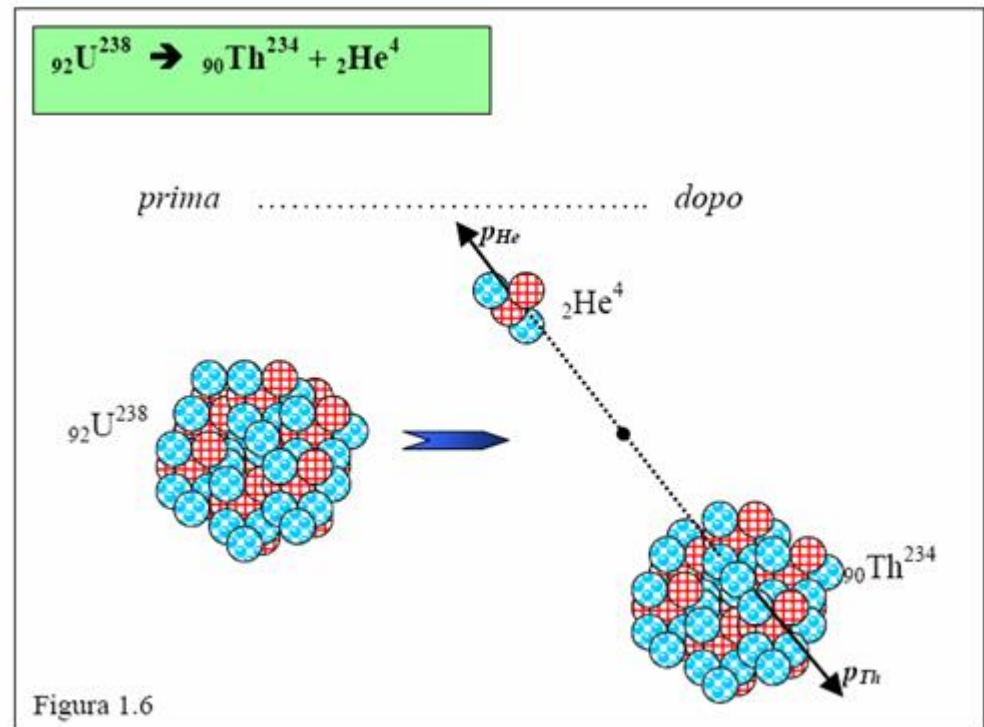
- alfa
- beta
- gamma



# La radioattività – Decadimento $\alpha$

- In seguito ad un decadimento alfa, il nucleo ( $Z, A$ ) emette una particella  $\alpha$  (= un nucleo di elio = 2 protoni+ 2 neutroni) e si trasforma in un nucleo diverso, con numero atomico ( $Z - 2$ ) e numero di massa ( $A - 4$ ).

- Le radiazioni  $\alpha$  sono poco penetranti e possono essere completamente bloccate da un semplice foglio di carta



# La radioattività – Decadimento $\beta$

- Decadimento  $\beta$ : Il nucleo emette un  $e^-$  si trasforma in un nucleo con carica  $(Z+1)$ , ma stesso numero di massa  $A$ .

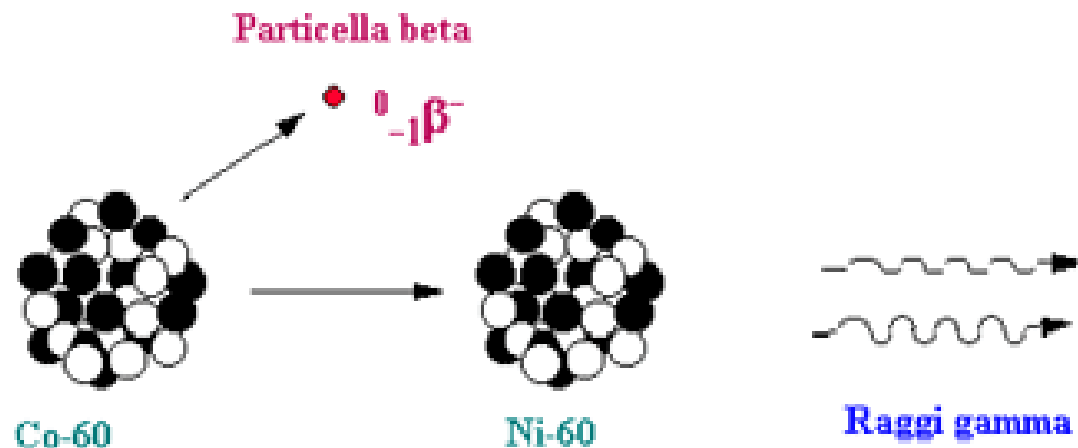


- Le radiazioni beta sono più penetranti di quelle  $\alpha$ , ma sono bloccate da piccoli spessori di materiali metallici

# La radioattività – Decadimento $\gamma$

- Decadimento  $\gamma$ : i raggi gamma sono radiazioni elettromagnetiche. Il nucleo passa ad uno stato di energia inferiore ed emette un fotone; la radiazione gamma accompagna spesso quella  $\alpha$  o  $\beta$ .
- Al contrario delle radiazioni  $\alpha$  e  $\beta$ , le radiazioni  $\gamma$  sono molto penetranti, e per bloccarle occorrono materiali ad elevata densità come il piombo.

• **Utilizzo:**  
terapie  
oncologiche



# Velocità del decadimento radioattivo

Il decadimento radioattivo è un processo spontaneo che avviene ad una velocità caratteristica per ciascun isotopo

La velocità segue una legge esponenziale

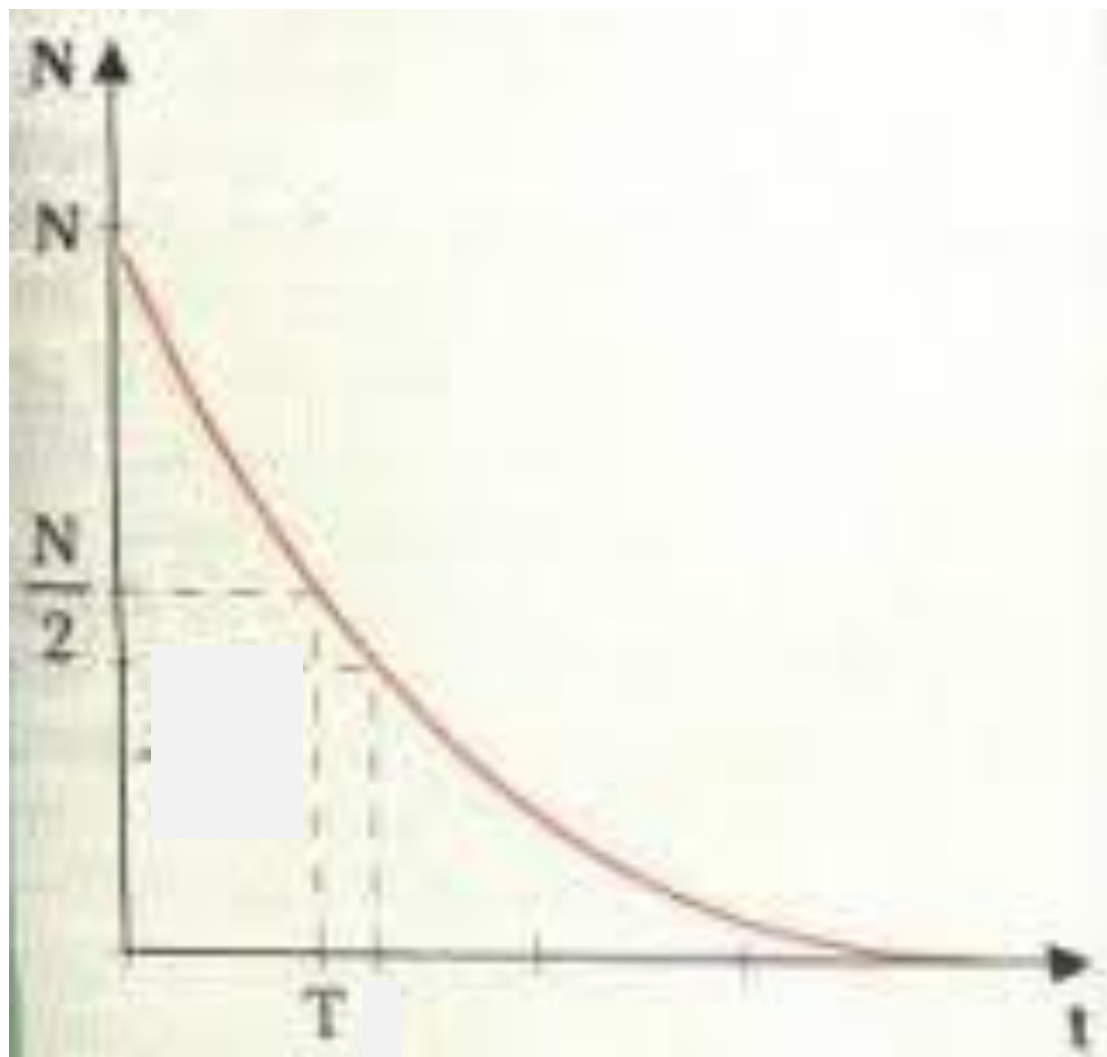
$$dN/dt = -\lambda N$$

dove  $\lambda$  è la costante di decadimento caratteristica dell'isotopo definita come la frazione di isotopo che decade nell'unità di tempo

Integrando

$$\ln N_t/N_0 = -\lambda t$$





# Radioattività: la vita media

- Il tempo medio che occorre aspettare (che può essere estremamente breve o estremamente lungo) viene detto “**vita media**” del radioisotopo e può variare da frazioni di secondo a miliardi di anni.

L' *attività* di una sorgente radioattiva è definita come il numero di decadimenti nell'unità di tempo.

Essa si misura in Bequerel (Bq)  
che equivale ad un decadimento al secondo.(1dps)

1 Ci Curie = numero disintegrazioni nucleari per secondo che ha un grammo di radio

$$1\text{Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bequerel}$$

Negli esperimento con isotopi radioattivi si aggiunge un carrier costituito dall'isotopo stabile dello stesso elemento

$$\text{Attività specifica} = \text{mCi/moli}$$

## Come misuriamo la radioattività?

Esistono diversi tipi di rivelatori di particelle che sfruttano diversi meccanismi: alcuni sono elettronici (sfruttano un segnale elettrico indotto dalla particella) altri sono basati sull'eccitazione

Le particelle alfa e beta possono essere rivelate mediante metodi basati sulla ionizzazione di un gas.

Capacità di indurre ionizzazione

$$\alpha > \beta > \gamma$$

Se la ionizzazione avviene tra una coppia di elettrodi si avrà passaggio di corrente la cui intensità dipende dal potenziale applicato

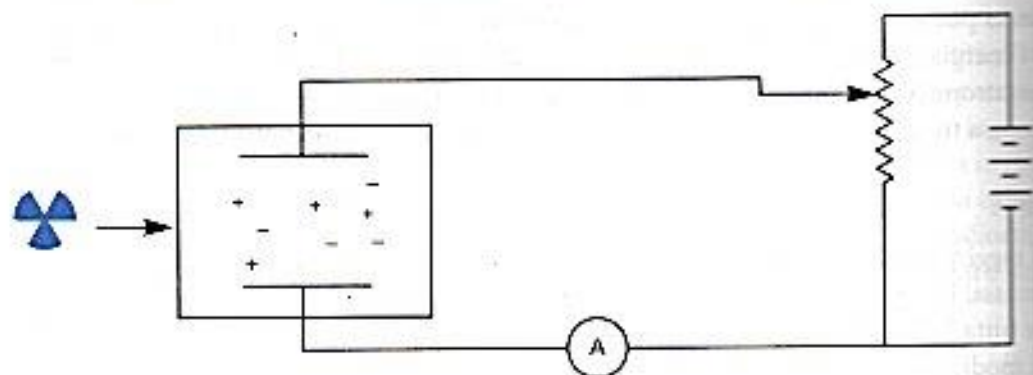


Figura 14.2 Sistema di rivelazione basato sulla ionizzazione.

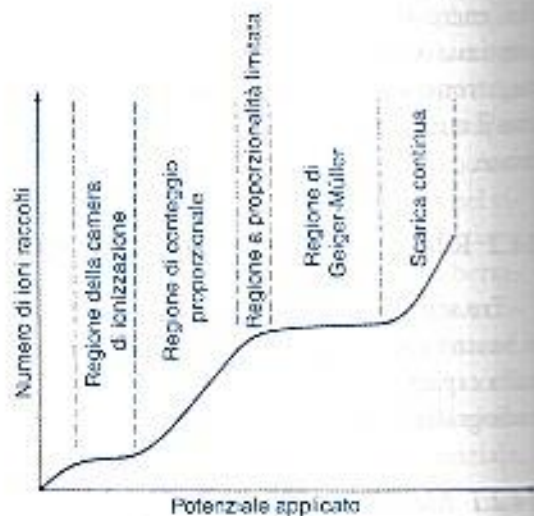
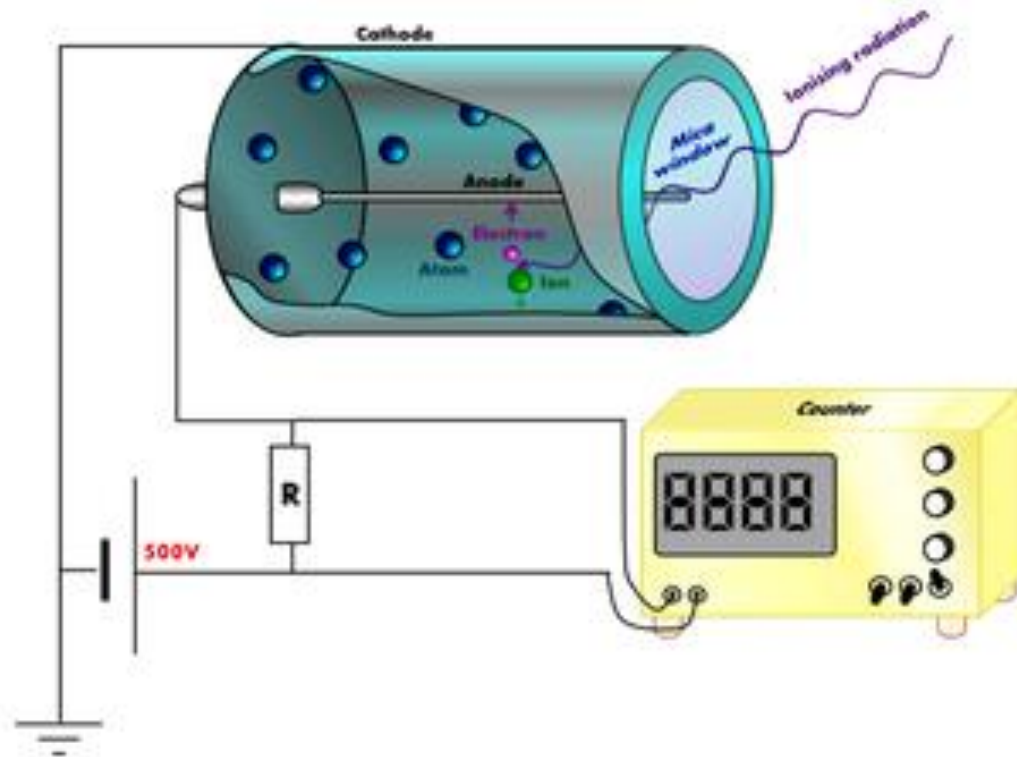


Figura 14.3 Effetto del voltaggio sul flusso di corrente.

# Contatore Geiger Muller



Con questo sistema si misurano il numero di eventi radioattivi e non la loro energia  
I contatori Geiger possono rivelare radiazioni  $\beta$  ad alta energia  $^{32}\text{P}$  o  $^{14}\text{C}$  mentre non sono in grado di misurare il  $^3\text{H}$

Metodi basati sull'eccitazione : **Scintillatori**

Gli isotopi radioattivi interagiscono con la materia provocando ionizzazione o eccitazione  
L'eccitazione comporta l'emissione di fotoni da parte dei composti eccitati

Nello scintillatore la luce emessa viene rivelata da un fotomoltiplicatore

L'impulso elettrico è direttamente proporzionale all'energia dell'evento radioattivo originale

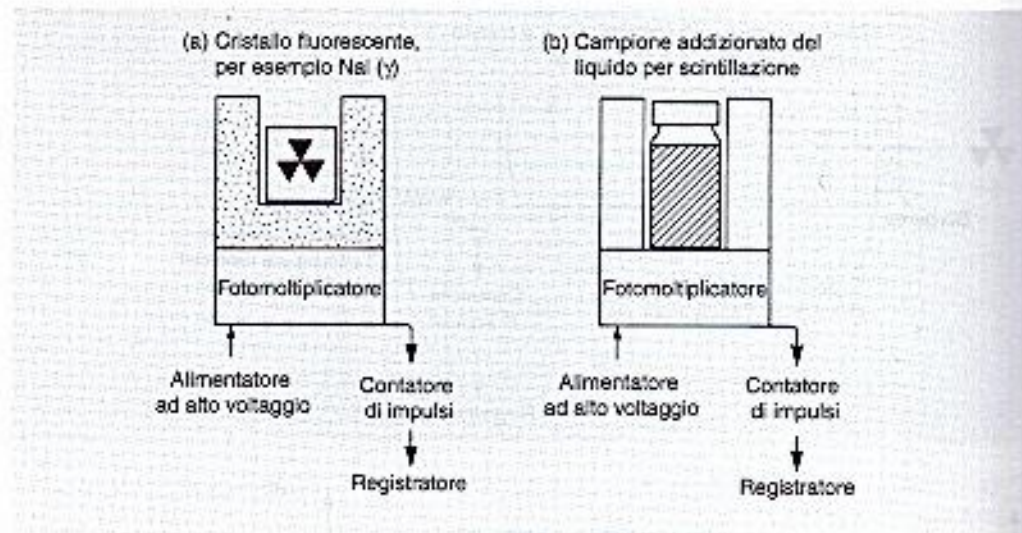


Figura 14.6 Schema dei metodi di conteggio (a) a scintillazione solida e (b) a scintillazione liquida



Metodi basati sull'eccitazione : **Scintillatori**

Gli isotopi radioattivi interagiscono con la materia provocando ionizzazione o eccitazione

L'eccitazione comporta l'emissione di fotoni da parte dei composti eccitati

Nello scintillatore la luce emessa viene rivelata da un fotomoltiplicatore

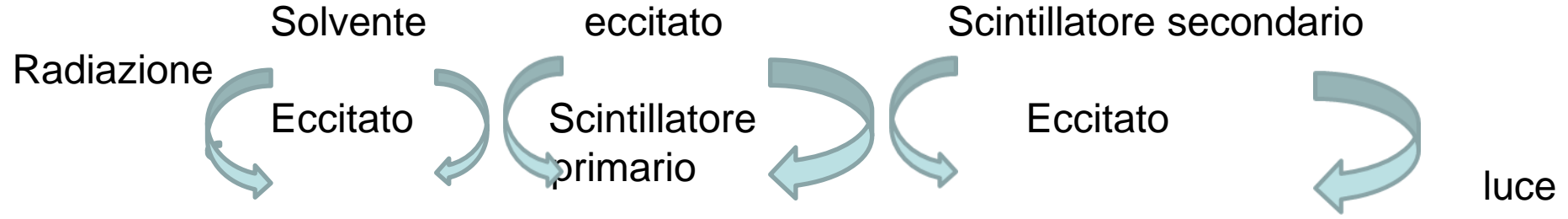
L'impulso elettrico è direttamente proporzionale all'energia dell'evento radioattivo originale

**Scintillatori solidi:**

il campione radioattivo è posto vicino ad un cristallo di materiale fluorescente (ioduro di sodio, solfuro di zinco) il quale a sua volta è vicino ad un fotomoltiplicatore (adatto per emettitori gamma

**Scintillatori liquidi:**

Il campione radioattivo viene aggiunto ad una solvente che contiene uno o più scintillatori



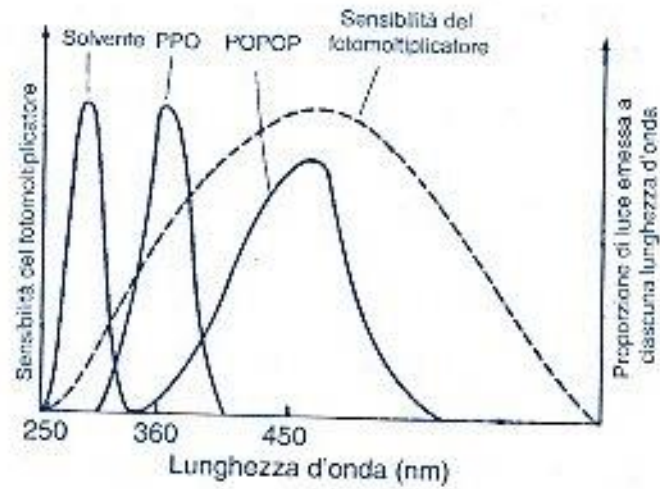


Figura 14.7 Spettri di emissione di alcuni scintillatori e sensibilità dei fotomoltiplicatori.

PPO 2,5 difenilosazolo

POPOP 1,4 bis (2-(5-fenilosazolil)-benzene

## Vantaggi dei contatori a scintillazione

- Elevata efficienza
- Possibilità di contare separatamente diversi isotopi
- Possibilità di misurare molti campioni automaticamente

## Svantaggi

- Quenching
- Chemiluminescenza

## Possibilità di contare contemporaneamente due isotopi

L'intensità dell'impulso elettrico prodotto dalla trasformazione dell'energia luminosa nel fotomoltiplicatore è direttamente proporzionale all'energia associata all'evento radioattivo. Poiché i diversi emettitori beta hanno diversi spettri di energia è possibile determinare separatamente due isotopi tarando l'analizzatore di ampiezza in modo da registrare l'energia compresa in determinati valori canali

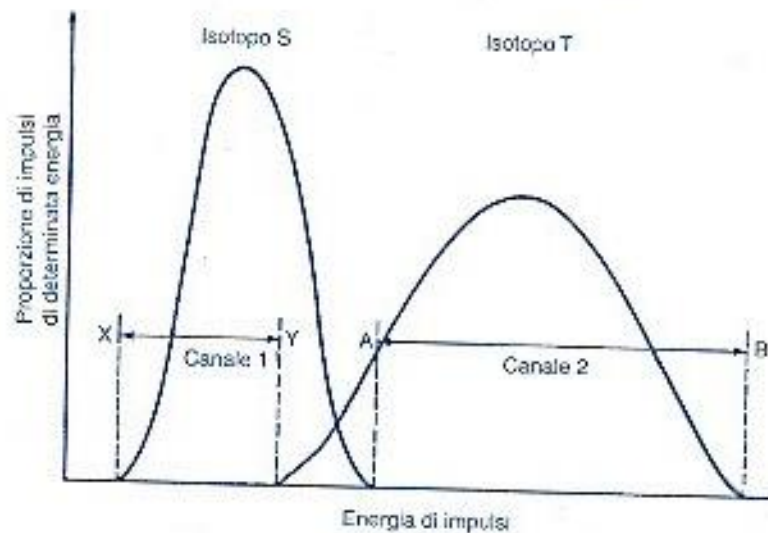


Figura 14.8 Schema del conteggio di campioni contenenti due radioisotopi.

## Determinazione dell'efficienza di conteggio

- **Standardizzazione interna**

Il campione viene contato (A in cpm) a questo campione viene aggiunto una sostanza radioattiva standard con valore di disintegrazioni per secondo (dps) noto , Il campione viene poi ricontato (C in cpm)

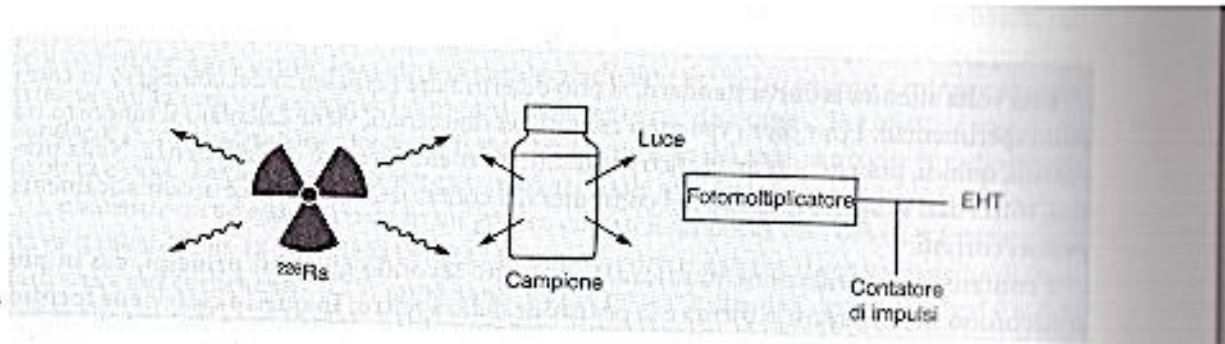
$$\text{Efficienza} = [ 100 \times (C - A) / B ] \%$$

- **Rapporto tra i canali.**

Si prepara una curva di calibrazione basata sulle conte in due canali di standard che coprono regioni diverse dello spettro ma in parte sovrapponibili

I campioni vengono contati e valori corretti secondo la curva standard

- **Standardizzazione esterna**
- Questo metodo utilizza come standard esterno un emettitore gamma ogni campione di cui si deve effettuare il conteggio viene esposto a questa fonte radioattiva esterna, la radiazione penetra all'interno del campione eccita il liquido di scintillazione



Si costruisce una retta di taratura