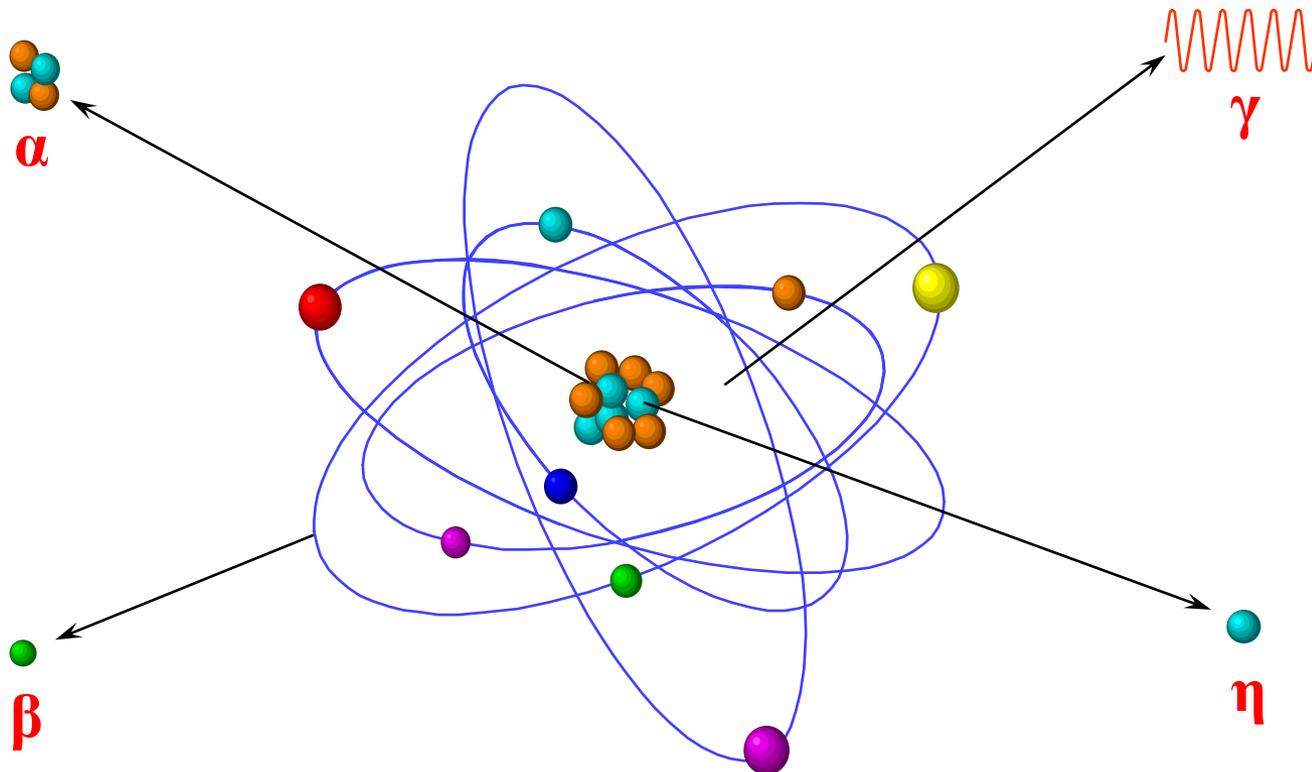


detect and identify

Principi fisici per le misure di livello e densità con strumentazione radiometrica Sicurezza e radioprotezione

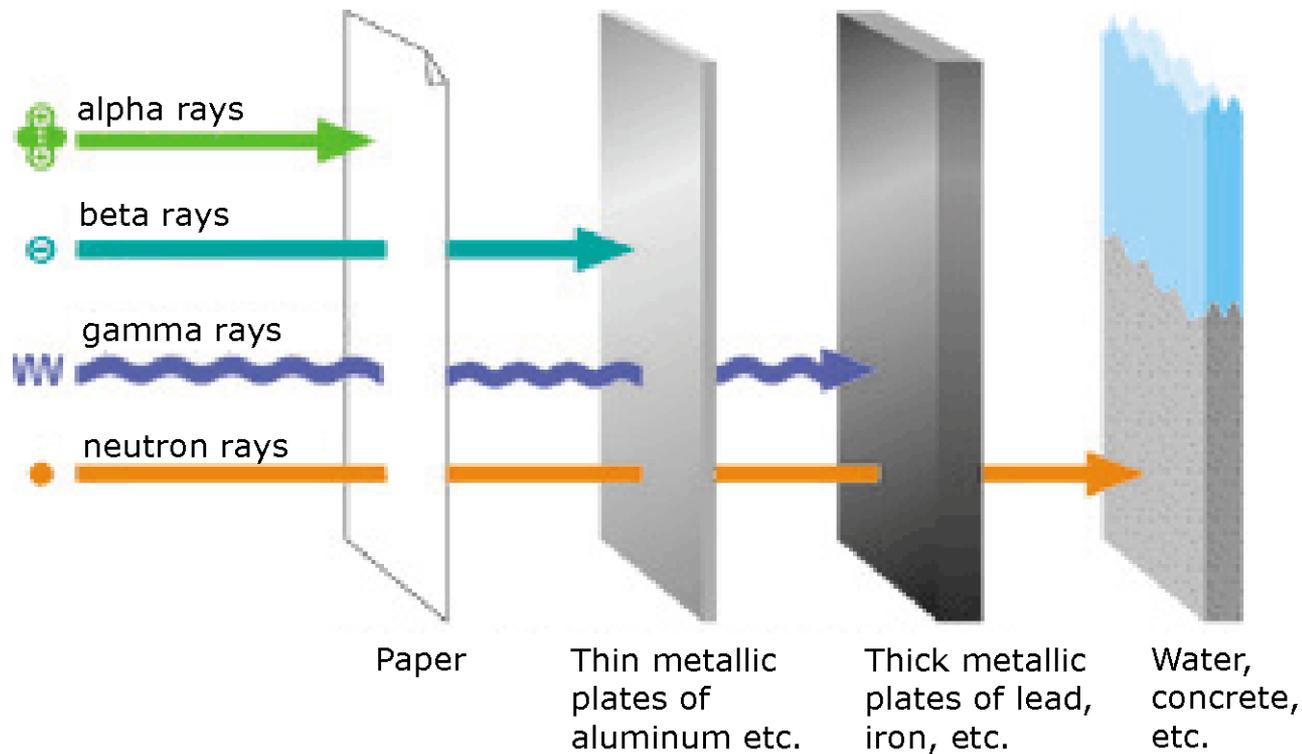
Dr. Davide Redaelli

Breve introduzione sulla radioattività



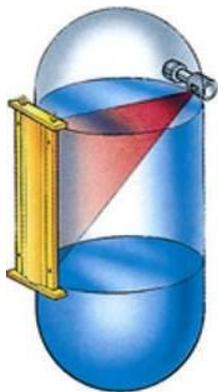
Abbiamo vari tipi di radiazione nucleare

Che penetrano nei materiali in modo diverso

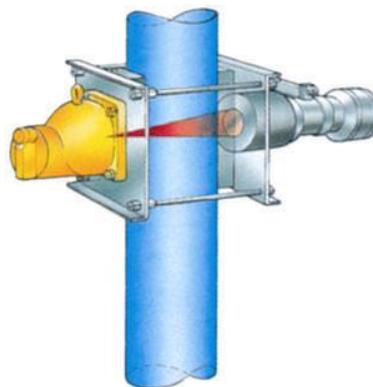


Nelle applicazioni petrolchimiche si usano quasi esclusivamente I raggi gamma

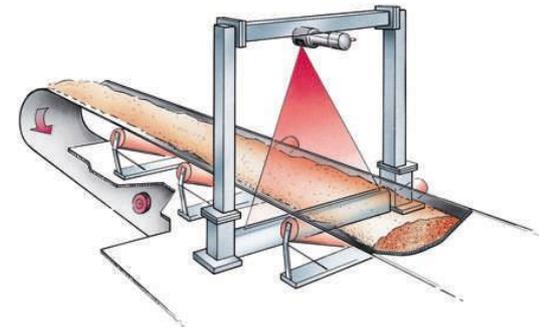
I radioisotopi usati sono principalmente il Cs-137 e il Co-60



Livello



Densità



Portata

Grandezze fisiche per le Radiazioni

Attività

Dose

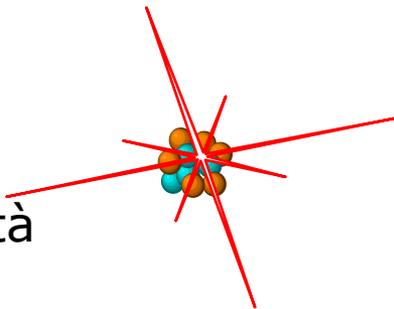
Rateo di dose



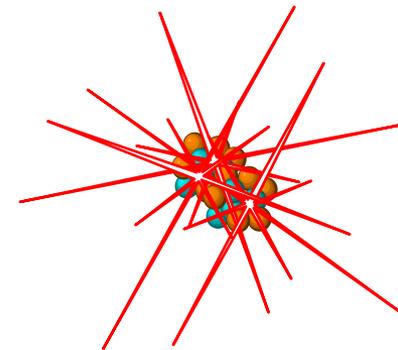
Attività

- ▶ **Un decadimento nucleare** comporta l'emissione di energia in forma di radiazioni
- ▶ **attività** = radiazioni emesse per unità di tempo

Sorgente a
Bassa attività

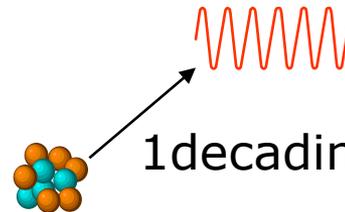


Sorgente ad
alta attività



▶ L'unità di misura per l'attività è il Becquerel (Bq)
un decadimento nucleare per secondo

▶ 1 Becquerel (Bq)



1 decadimento in un 1s = 1Bq

▶ Normalmente si usa: $1\text{MBq} = 10^6 \text{ Bq}$

▶ Un'unità ancora molto usata è il Curie

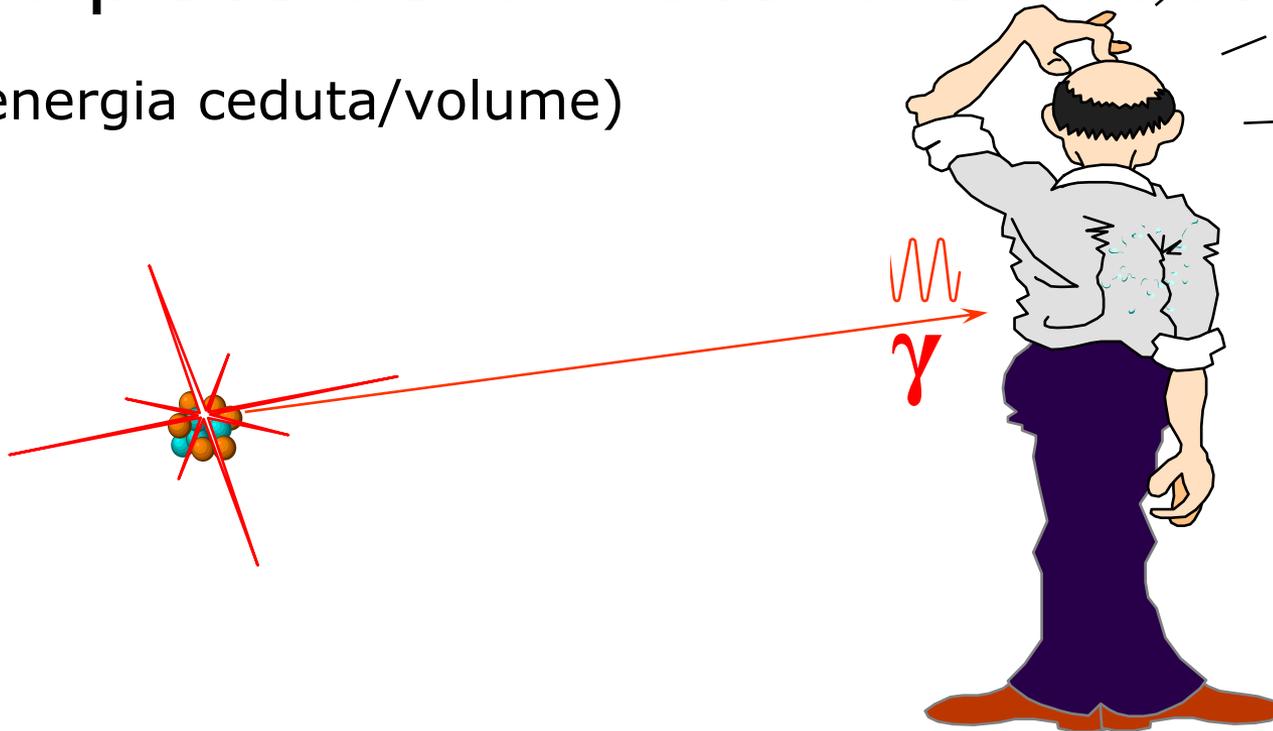
▶ $1 \text{ mCi} = 37 \text{ MBq}$



dose

► Gli effetti della radiazione quando colpisce della materia è la dose

(energia ceduta/volume)

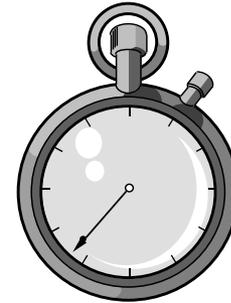


La dose dipende da:

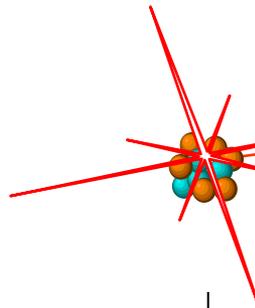
$$\left. \begin{array}{l} \text{Co-60} = 0,35 \\ \text{Cs-137} = 0,09 \end{array} \right\} \frac{\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2}{\text{h} \cdot \text{MBq}}$$

▸ tempo d'esposizione (t)

$$\text{Dose } (\mu\text{Sv}) = \frac{A \times k \times t}{a^2}$$



▸ attività della sorgente (A)



▸ distanza dalla sorgente (a)



Dose equivalente

- Unità di misura per **dose equivalente**:
 - 1 Sv (Sievert) = 1 Joule/kg
 - 1 rem = 10^{-2} Sv (vecchia unità)
 - 1 mrem = $10\mu\text{S}$

Rateo di Dose (dose/tempo)

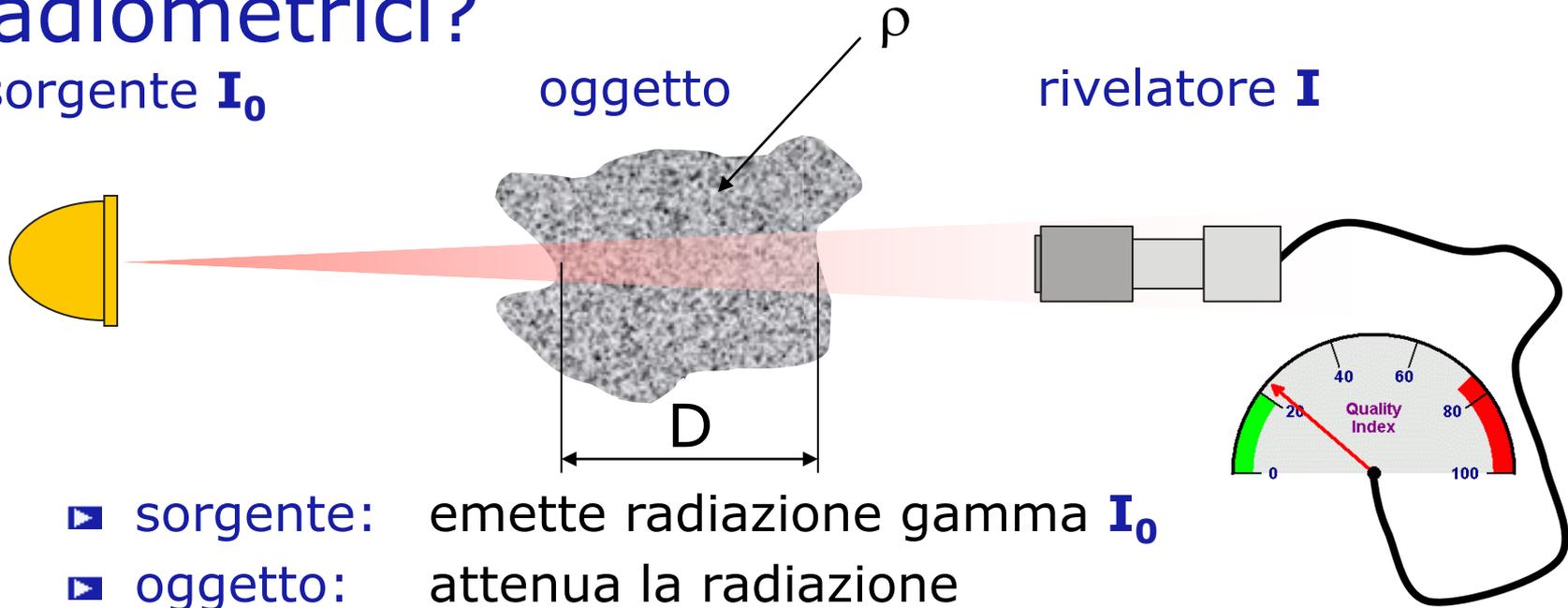
- Unità di misura per **Rateo di dose**: $\mu\text{Sv/h}$

Come lavorano gli strumenti radiometrici?

sorgente I_0

oggetto

rivelatore I

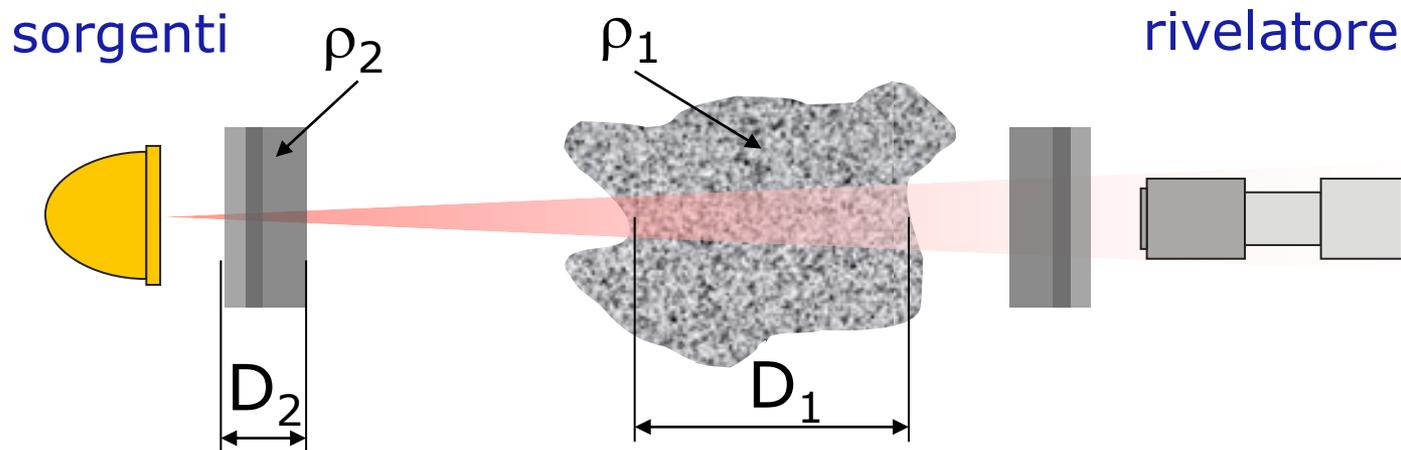


- ▶ sorgente: emette radiazione gamma I_0
- ▶ oggetto: attenua la radiazione
- ▶ rivelatore: misura l'intensità trasmessa I

$$I = I_0 \cdot \text{Exp}(-\mu \cdot \rho \cdot D)$$

„costante” densità spessore

Considerazioni generali



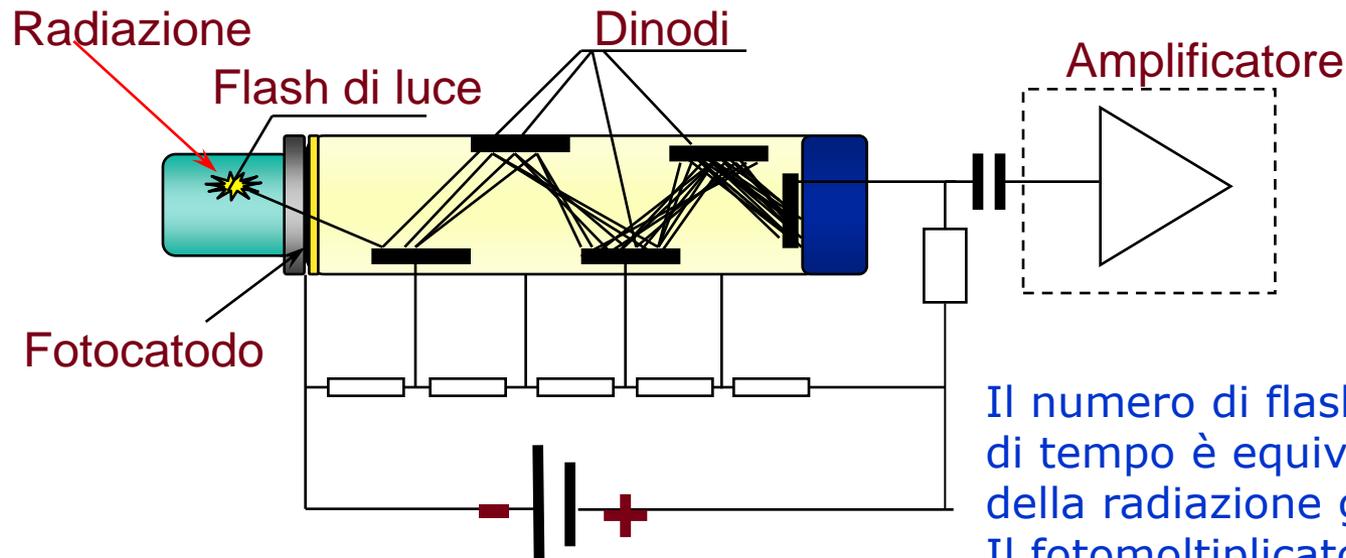
- ▶ E le pareti?
 - ▶ Alcune volte sono molto spesse
 - ▶ Richiedono alta attività per passare attraverso

$$I = I_0 \cdot \text{Exp}(-\mu \cdot (\rho_1 + \rho_2) \cdot (D_1 + D_2))$$



Contatori a scintillazione

Sono sistemi ad alta sensibilità usati per la radiazione gamma

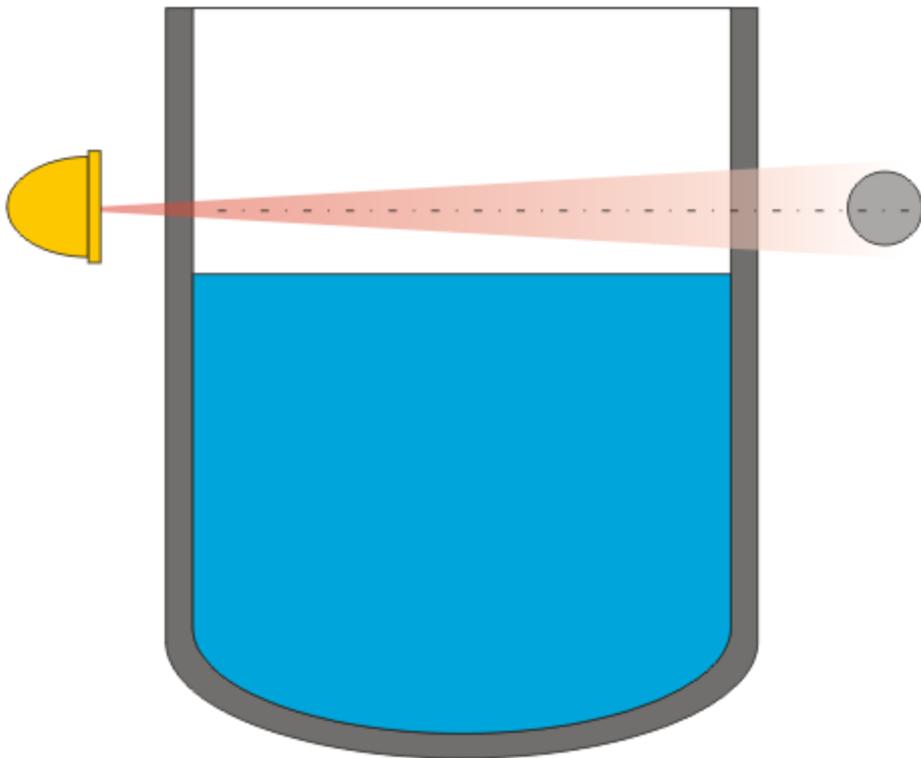


Il numero di flash di luce per unità di tempo è equivalente all'intensità della radiazione gamma incidente. Il fotomoltiplicatore converte la Luce in segnali elettrici.

Un buon detector deve avere:

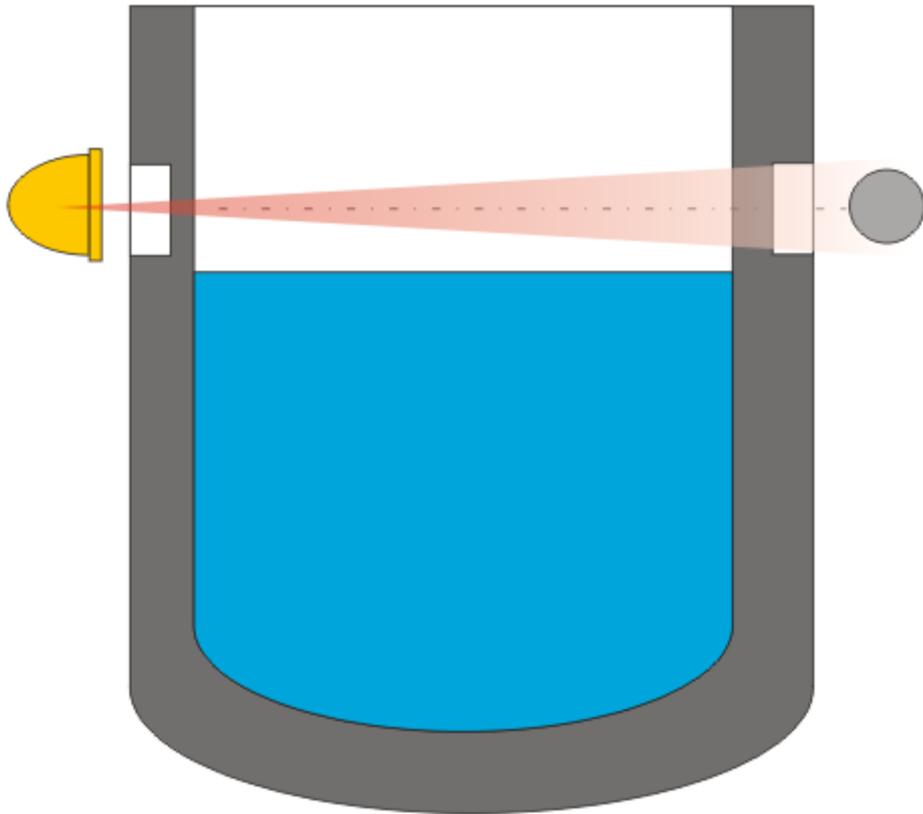
- ▶ Molti conteggi ⇒ "sensibilità"
- ▶ Piccoli errori nel range di misura ⇒ "linearità"
- ▶ Segnale stabile nel tempo (temperatura & invecchiamento) ⇒ "stabilità"

Installazione: Standard



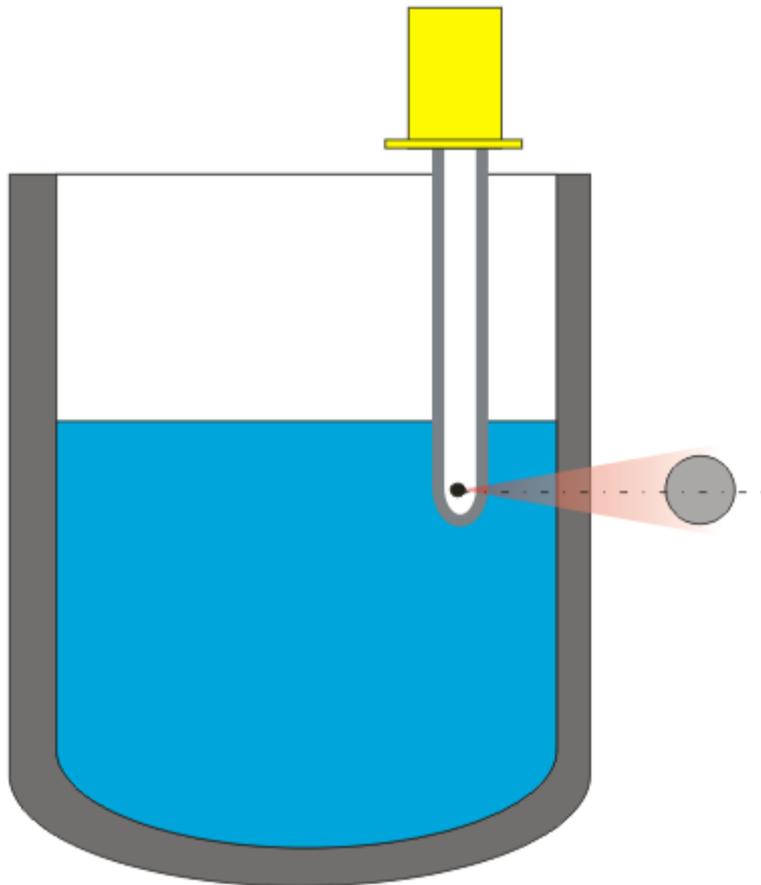
- ▶ Sorgente e detector sono esterni
- ▶ Richiedono un'alta attività
- ▶ Accesso facile
- ▶ Installazione economica
- ▶ Standard

Installazione: Windows



- ▶ Sorgente e detector sono esterni
- ▶ Finestre su uno o entrambi i lati
- ▶ Attività ridotta
- ▶ Accesso facile
- ▶ Richiede modifica del vessel

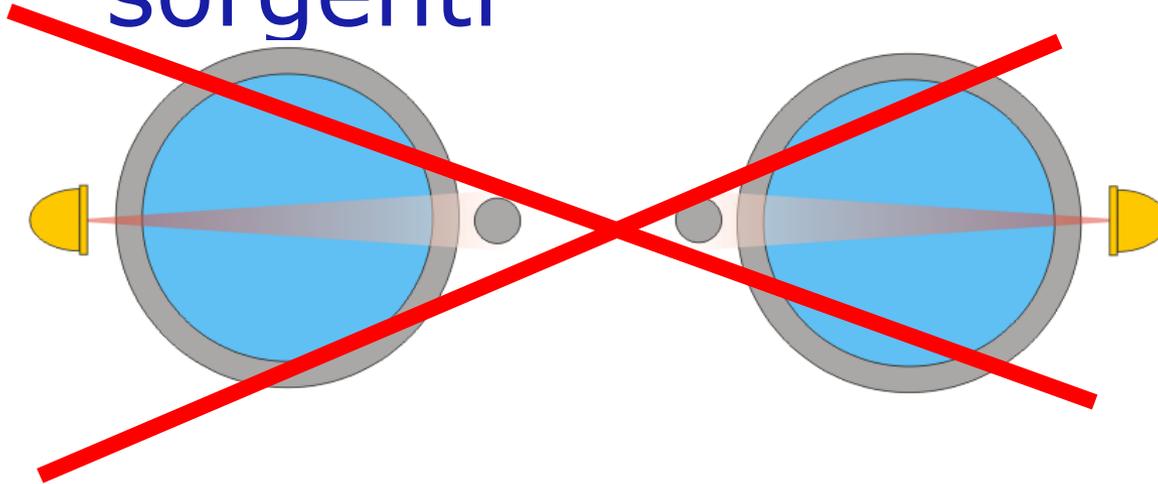
Installazione: Dip pipe



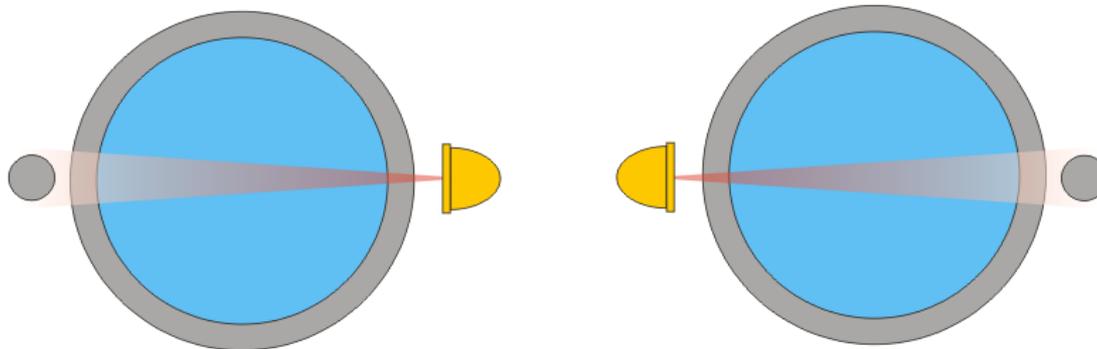
- ▶ Sorgente e/o il detector sono all'interno
- ▶ Attività ridotta
- ▶ Per alcune applicazioni una migliore misura
- ▶ Richiede modifica del vessel



Da evitare!! Interferenza tra sorgenti



- ▣ Vessel vicini
- ▣ „sovrapposizione“
- ▣ NOT GOOD



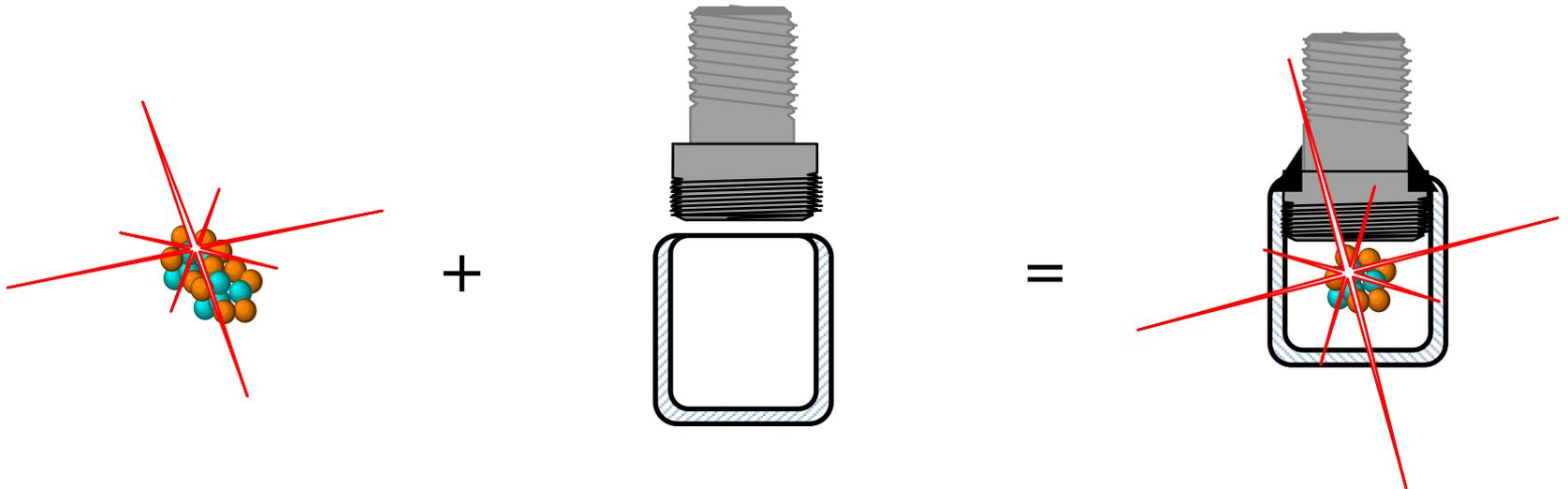
- ▣ Vessel vicini
- ▣ Non c'è „sovrapposizione“
- ▣ GOOD



Introduzione alla Sicurezza nell'uso di sorgenti Radioattive



Sorgenti sigillate



Il materiale Radioattivo
(Metallo o granuli in
ceramica)
Radiazione
Contaminazione possibile

Capsula in acciaio
inossidabile e/o
Titanio a doppio o
triplo
incapsulamento

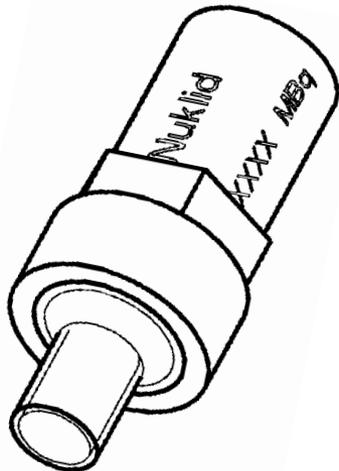
Sorgente sigillata
Saldature testate
- Radiazione
- Nessuna
contaminazione



Riassumendo abbiamo due tipi di sorgenti

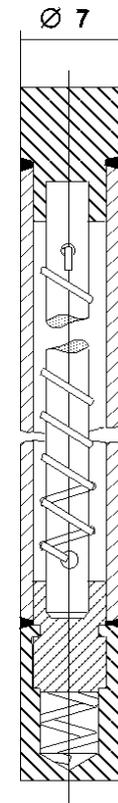
Point Source

Nuclide: Cs-137 / Co-60



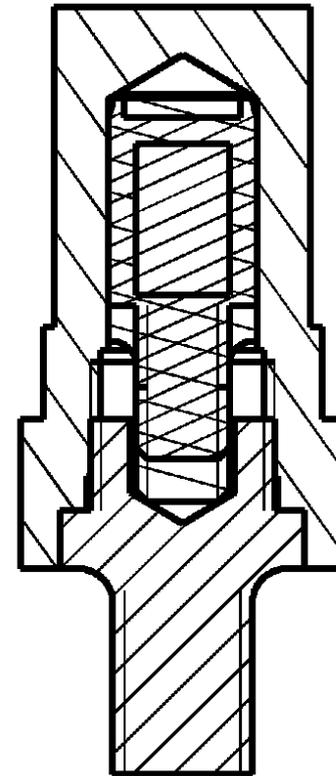
Rod Source

Nuclide: Co-60



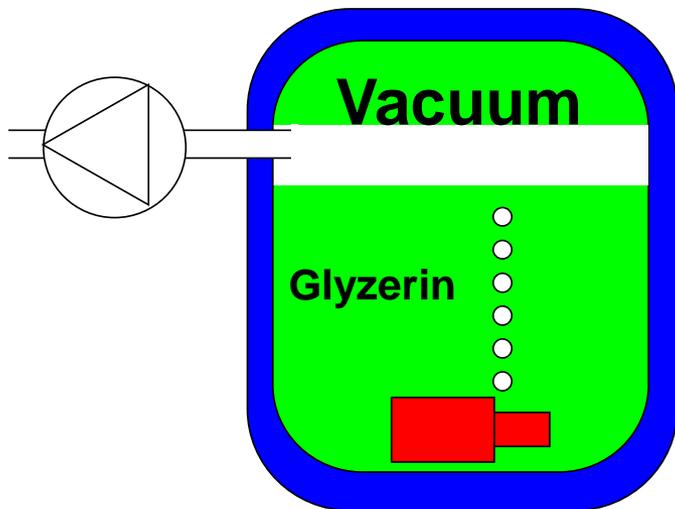
Entrambe devono rispettare – Calssificazione ISO-2919

- ▶ Una sorgente ha la massima classificazione se è:
 - ▶ ISO/C 66646
- ▶ Ogni numero corrisponde alle capacità di resistenza agli urti, temp. Ecc.



Test sulla sorgente radioattiva

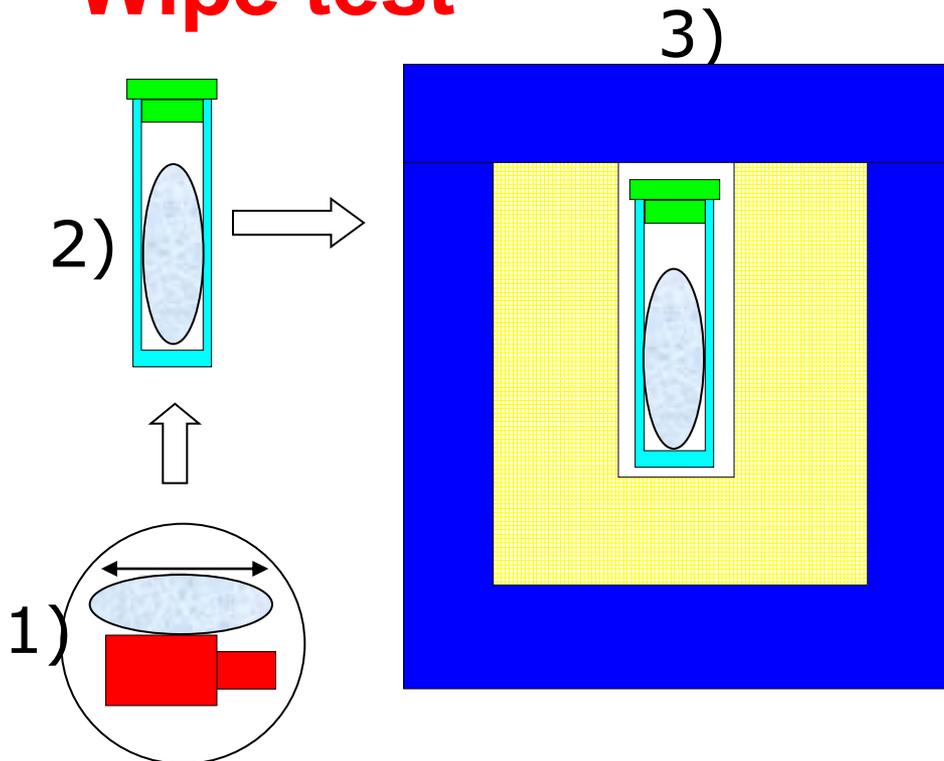
Bubble test



1. La sorgente radioattiva viene completamente sommersa nella glicerina.
2. Viene prodotto del vuoto sulla testa del contenitore.
3. In caso di perdita dalla sorgente l'aria della capsula viene risucchiata verso l'alto

Test sulla sorgente radioattiva

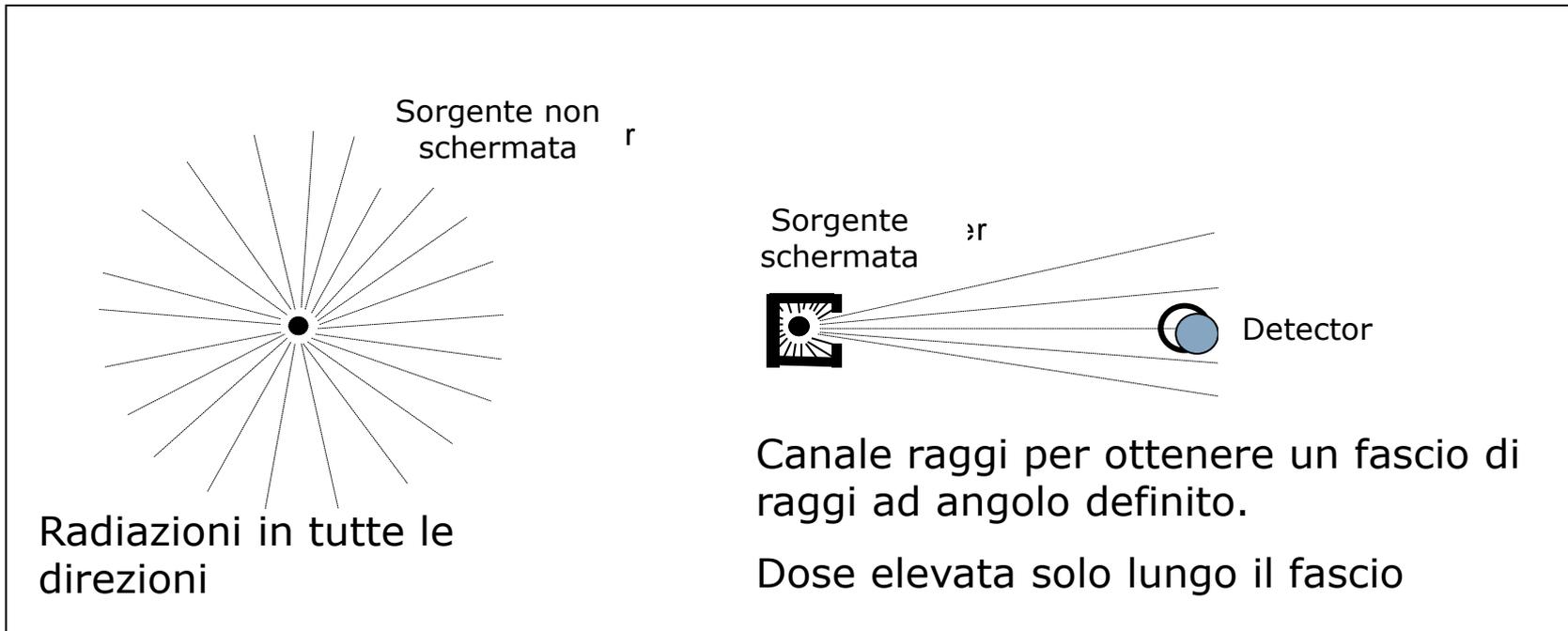
Wipe test



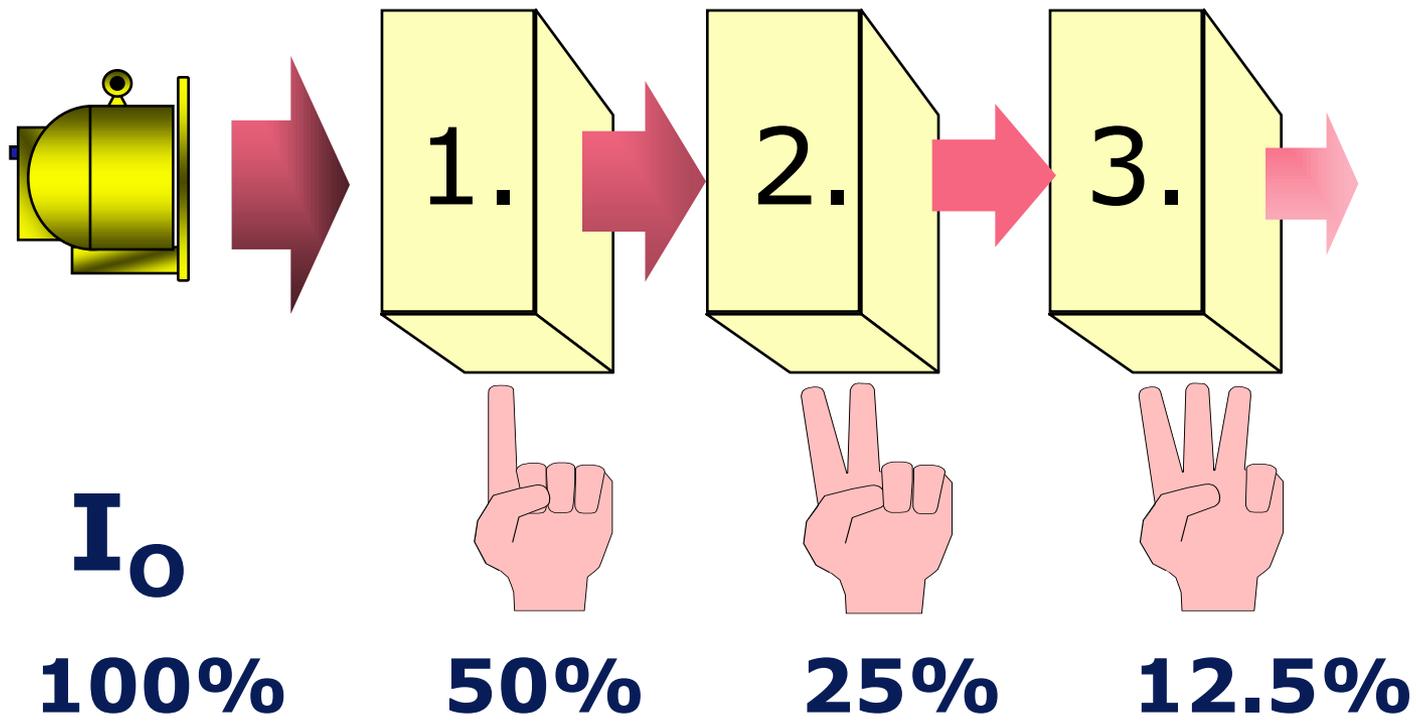
- 1) Passare un batuffolo di cotone imbevuto di alcool sulla sorgente.
- 2) Mettere il batuffolo in un pozzetto contatore.
- 3) Misurare il batuffolo tramiite un contatore a scintillazione.



La protezione dalle radiazioni è effettuata con un contenitore schermante, Source Shielding.

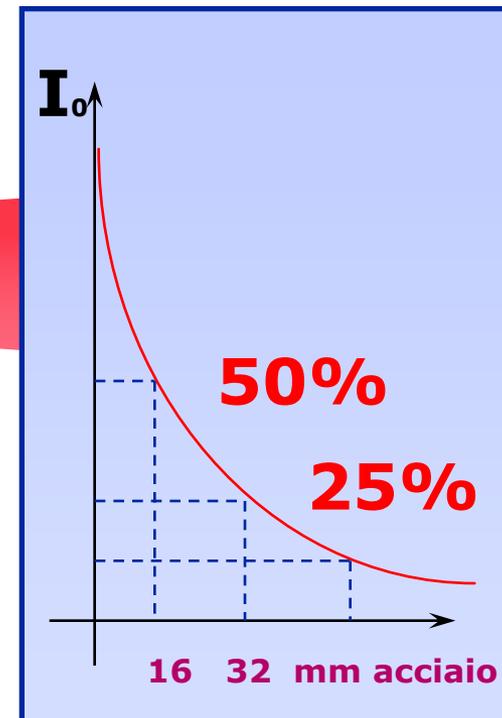
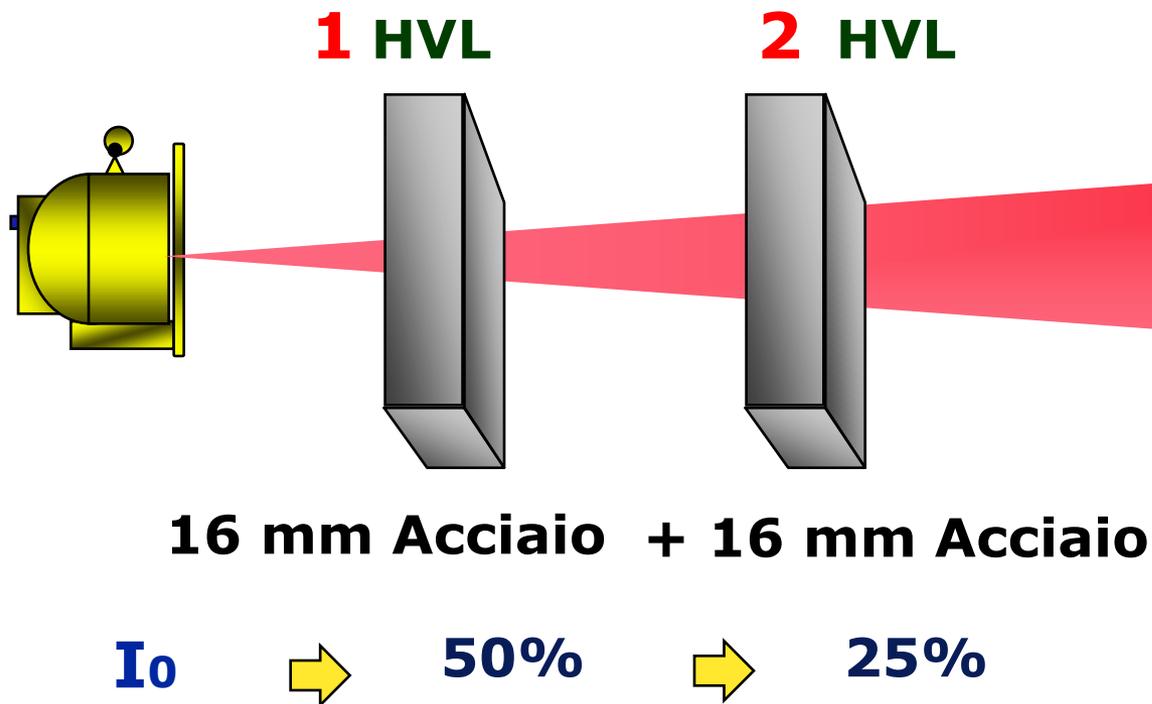


Spessore di dimezzamento (Emispessore)



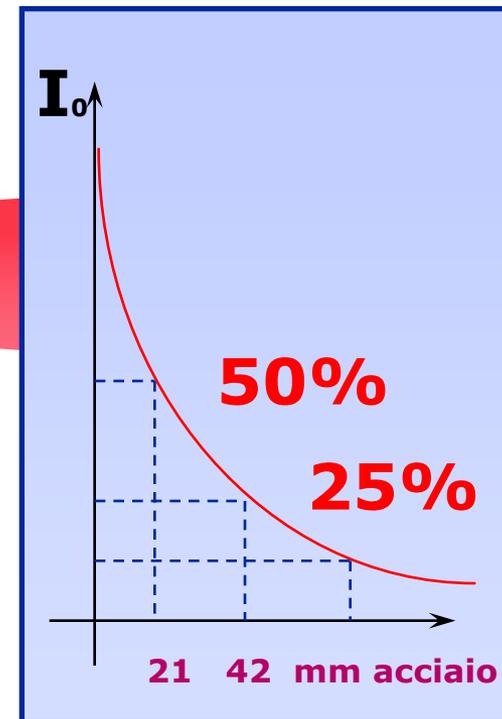
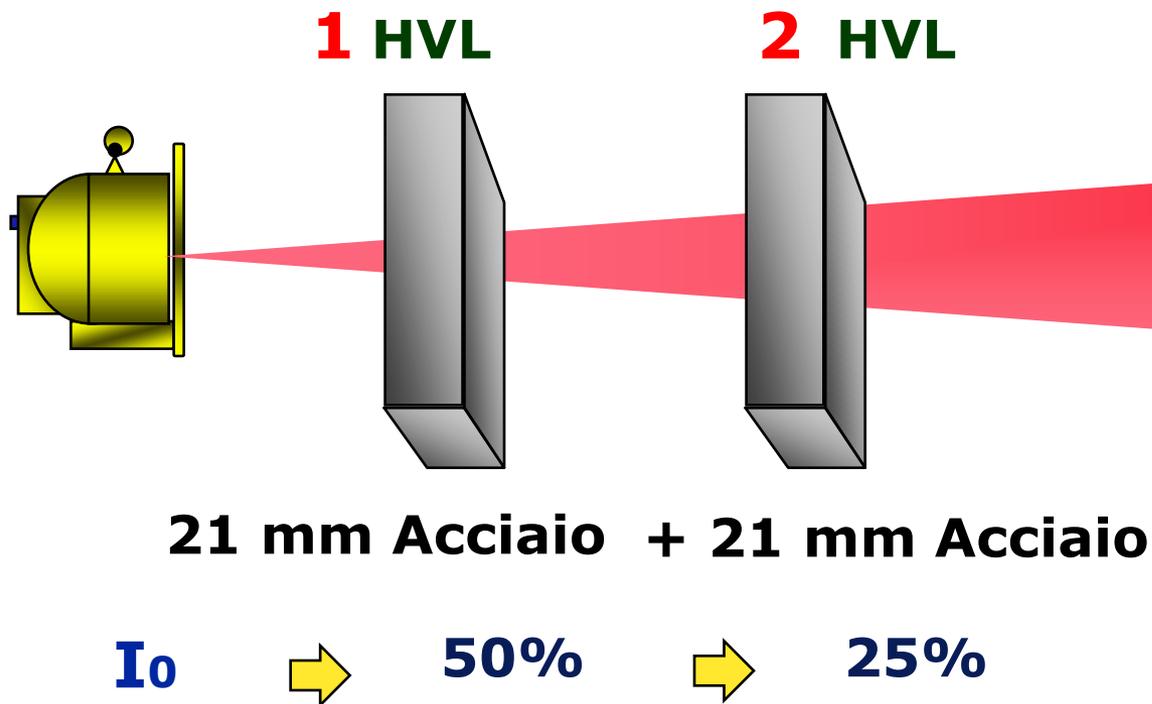
Spessore di dimezzamento (Emispessore)

Esempio: Cs-137:

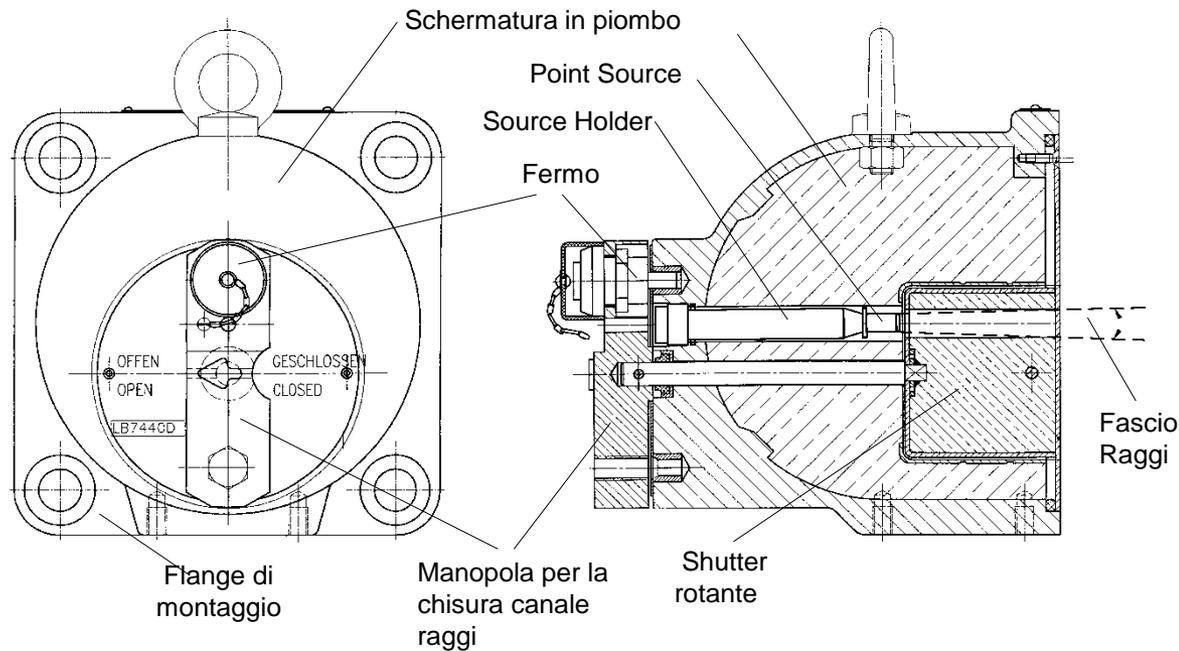


Spessore di dimezzamento (Emispessore)

Esempio: Co-60:



Source Shielding (Esempio) Contenitore in piombo/acciaio





Etichetta Sorgente

Strahler Nr.: 1234 - 11 - 94

400 MBq Co-60

Datum 12.11.94

Abschirmung
67 mm Pb

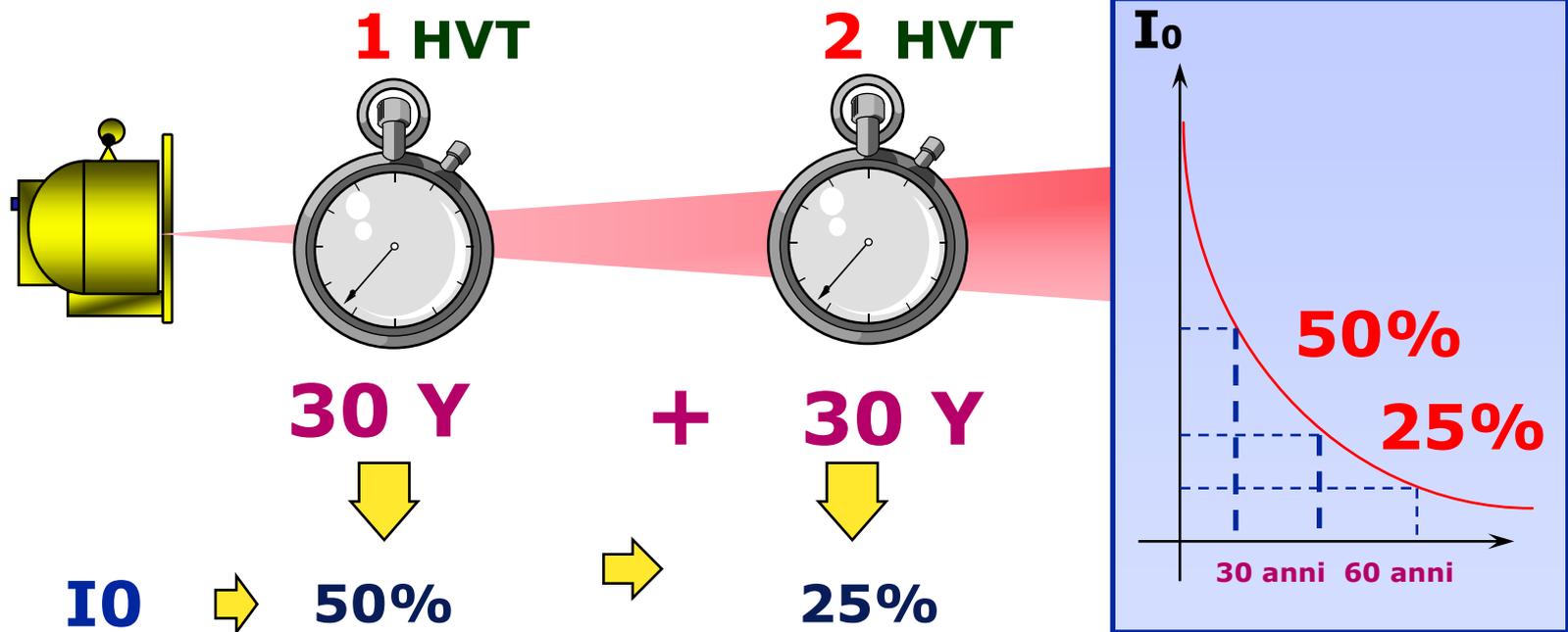
Dosisleistung in 1m Abstand
5 μ Sv/h Typ LB 7440

BERTHOLD Techn.
D-75323 Bad Wildbad



Tempo di Dimezzamento (Emivita)

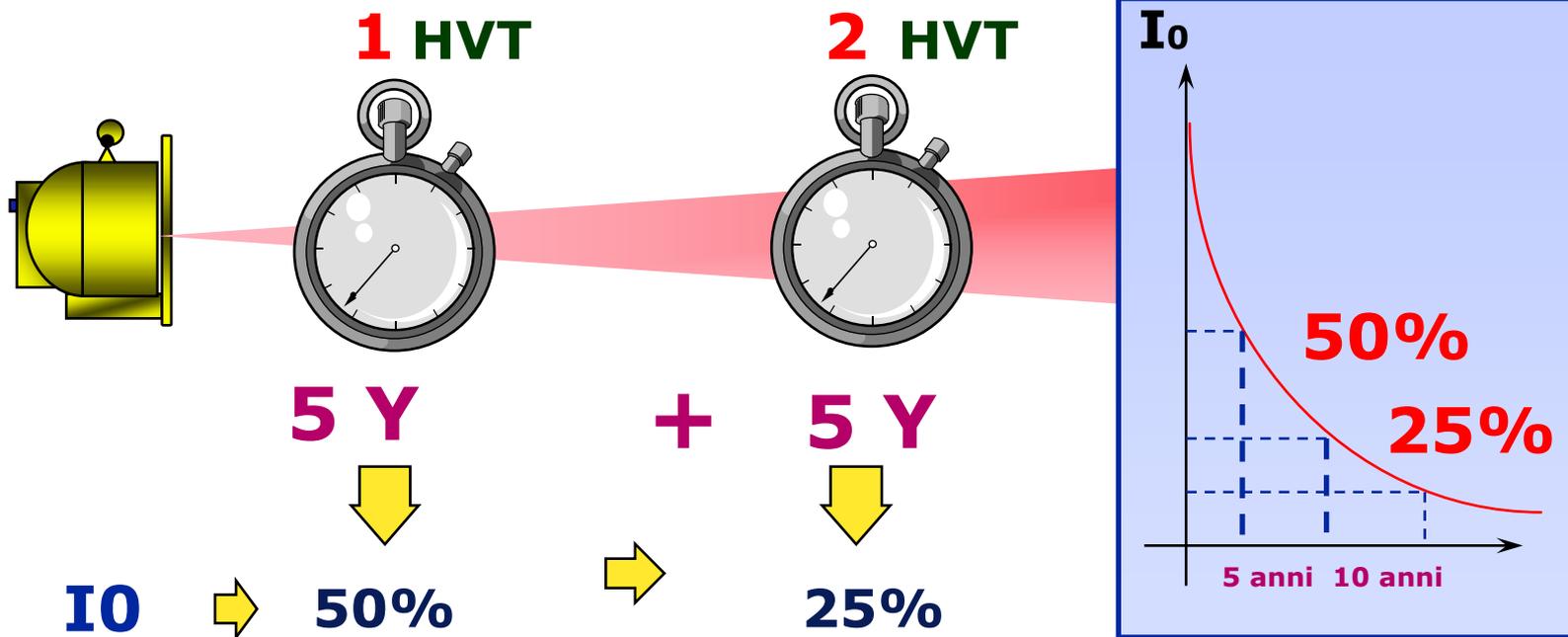
Esempio: Cs-137:





Tempo di Dimezzamento (Emivita)

Esempio: Co-60:



VITA UTILE SORGENTE

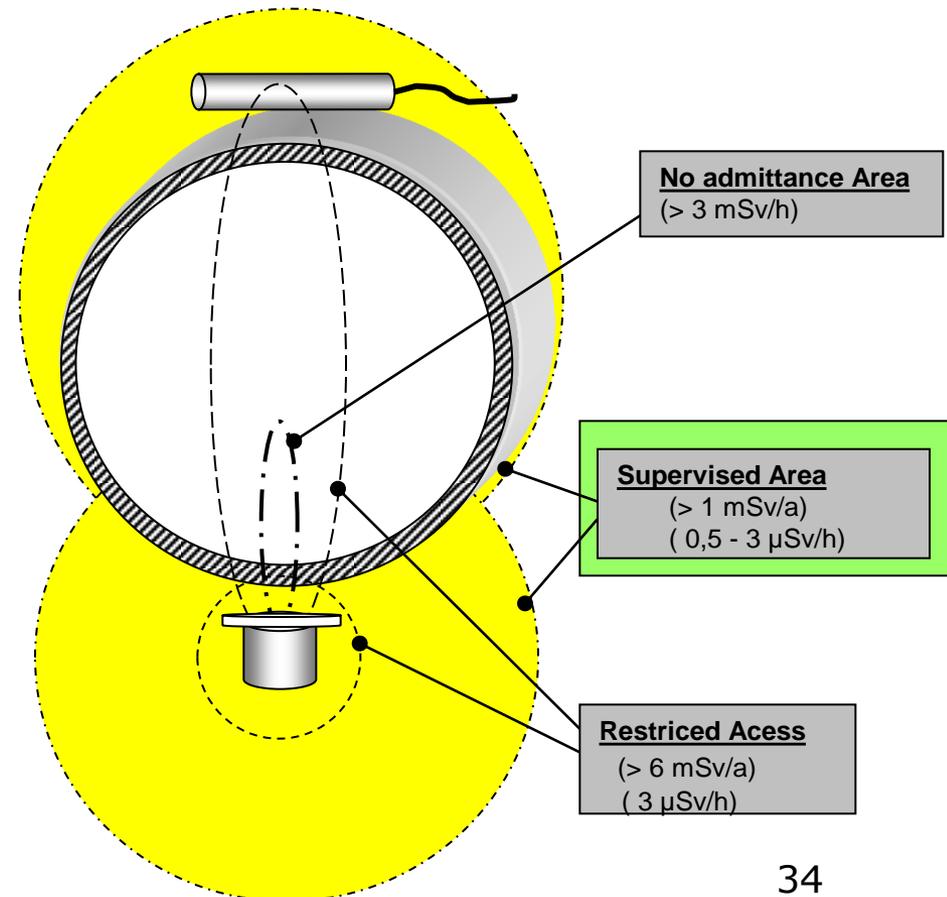
E' da tenere presente che se pur il tempo di dimezzamento tra CS-137 e Co-60 è ben diverso, i costruttori delle sorgenti sigillate consigliano di sostituire la sorgente dopo circa 10/15 anni dalla sua costruzione per garantirne l'integrità.
Comer richiesto dalla norma ISO

In alcuni paesi (ad es. Francia) è obbligatorio effettuare il cambio sorgente dopo 10 anni.



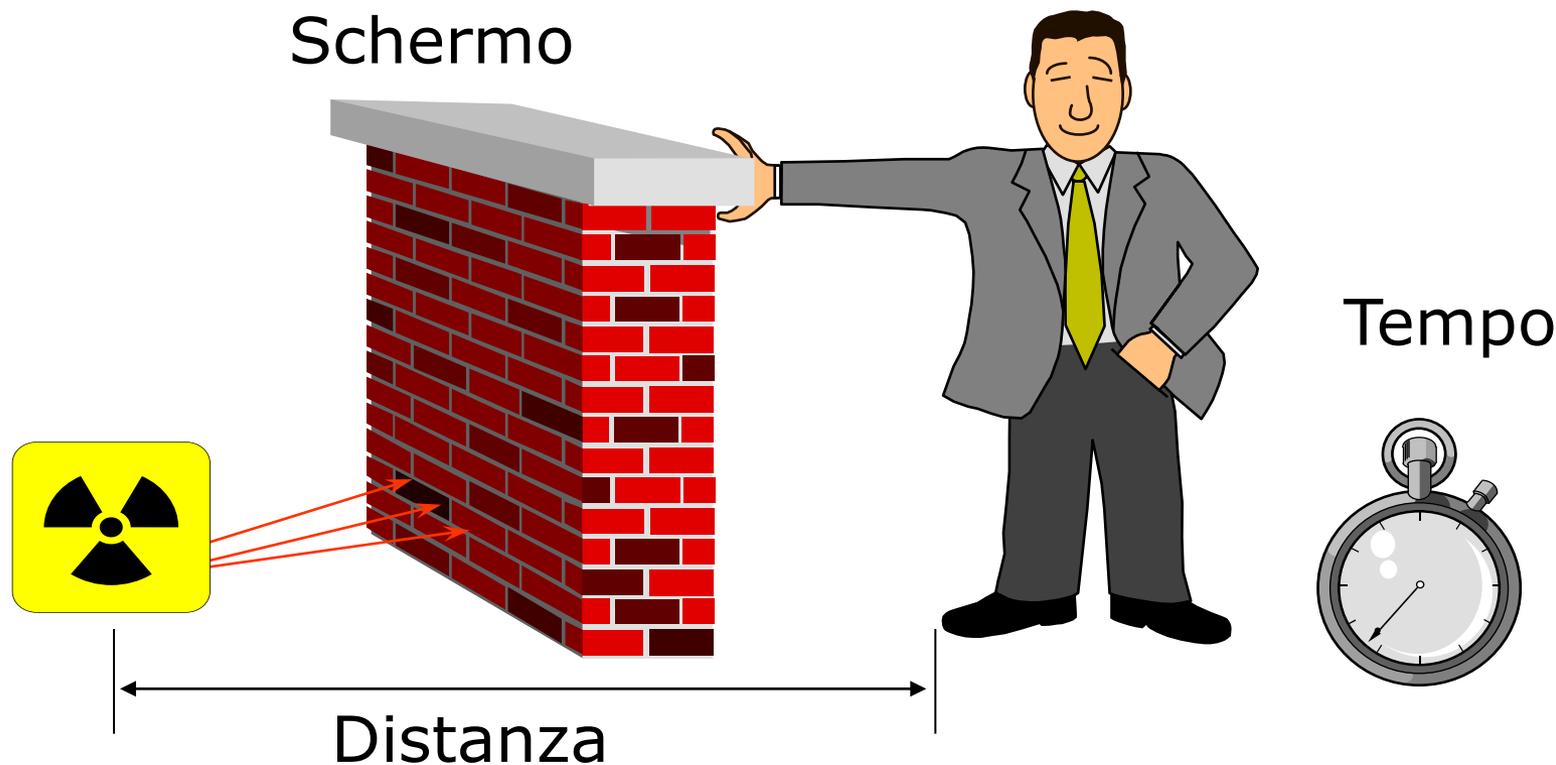
Area di rispetto

- ▶ La zona da valutare con particolare attenzione è quella lato detector. Non solo dietro allo shielding!
- ▶ Con strumenti particolarmente sensibili si riduce il rateo di dose su questa parte!!



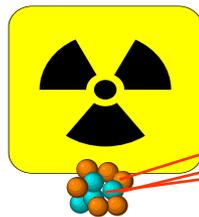


L'esposizione alle radiazioni dipende da:



Esposizione alle Radiazioni

- ▶ Raggi cosmici
- ▶ Radiazioni terrestri
- ▶ Radon
- ▶ ...



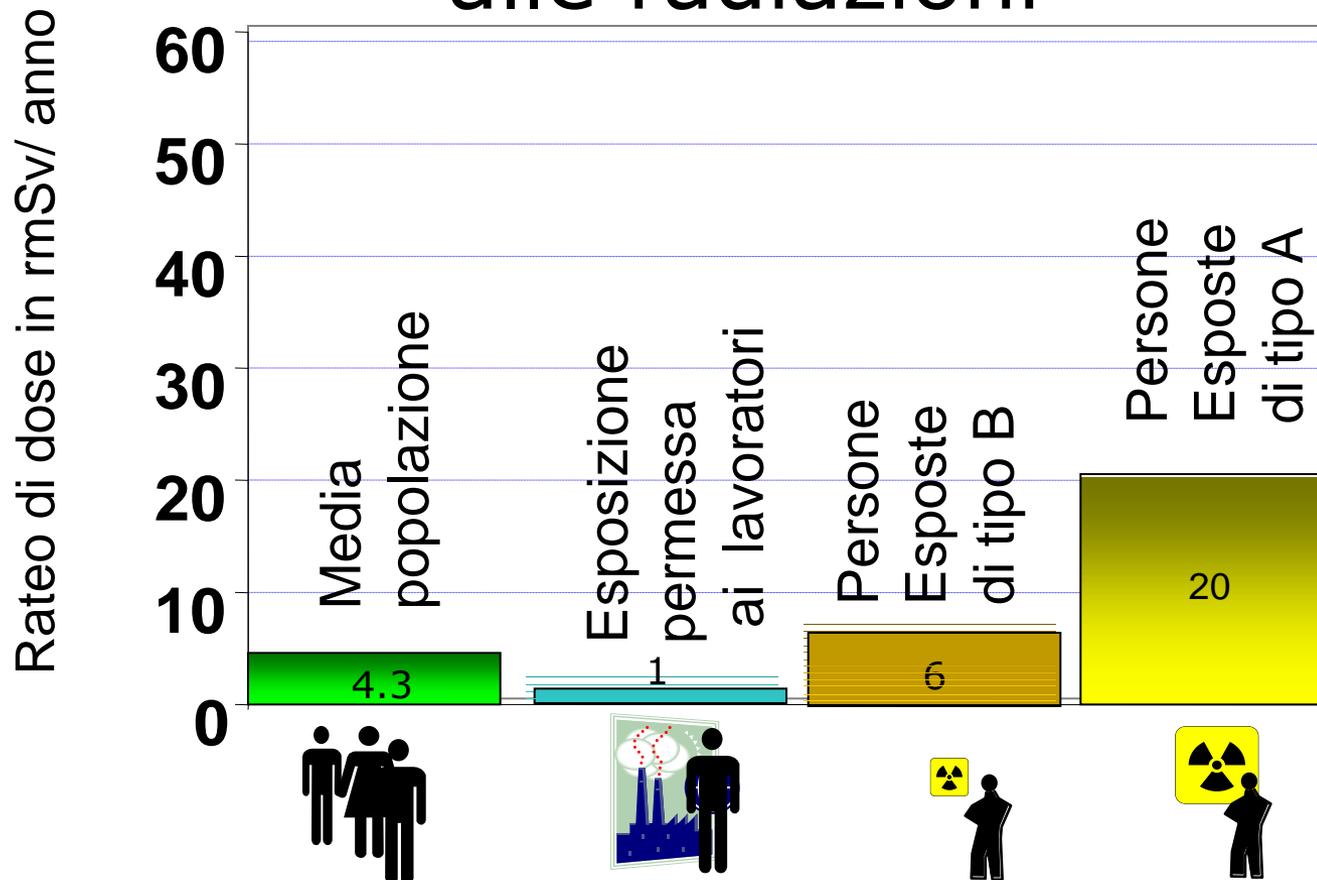
β

γ

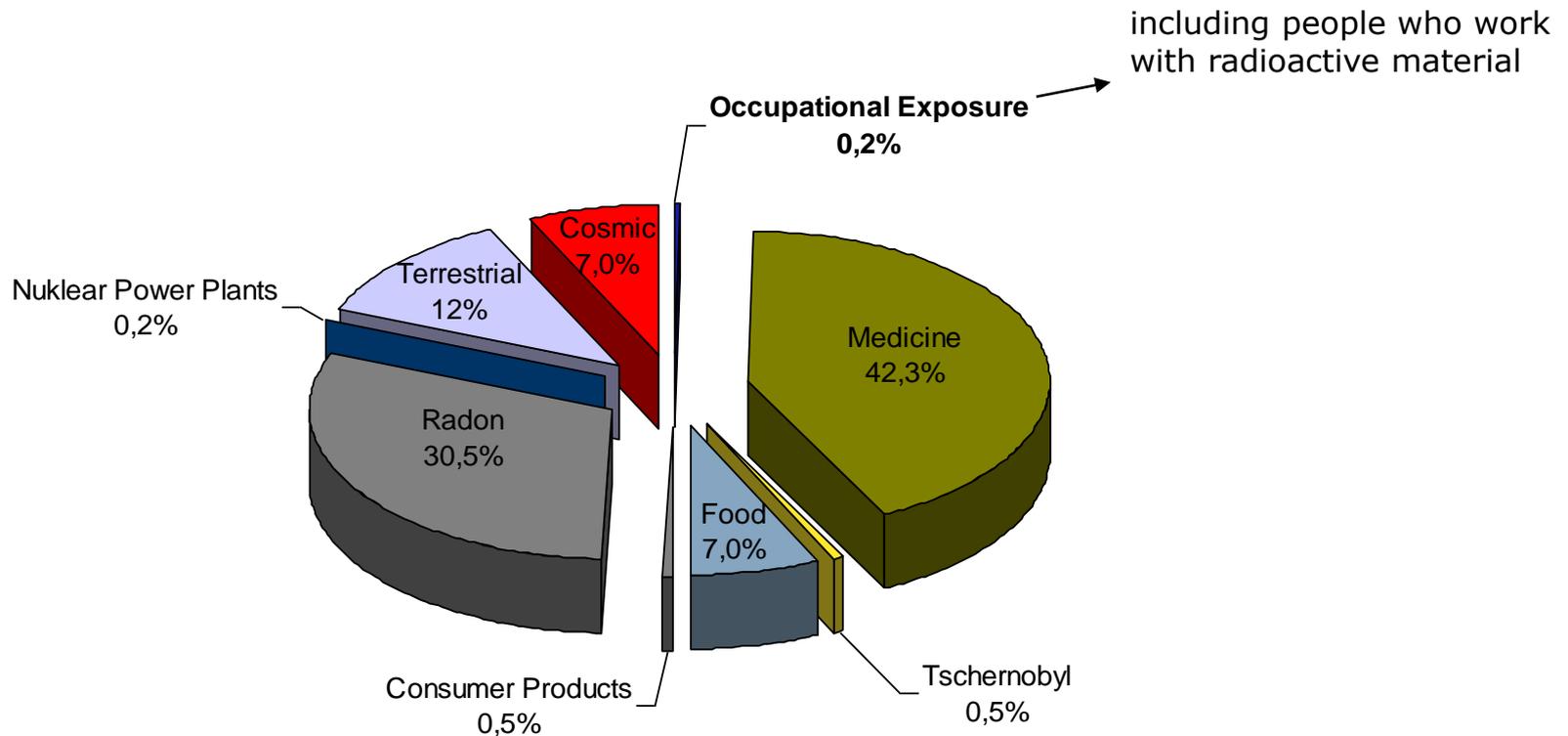




Confronto tra le diverse esposizioni alle radiazioni



Confronto tra le diverse esposizioni



Media totale di esposizione per persona: 4,3mSv/a

Misure di Prevenzione

- ▶ **ALARA As Low As Reasonable** (più basse possibili)
 - ▶ Manutenzione dispositivi di sicurezza
 - ▶ Controllo dispositivo di chiusura
 - ▶ Utilizzo dispositivi di sicurezza
 - ▶ Distanza, tempo , schermatura
 - ▶ Dispositivo di interblocco contenitore
 - ▶ Dispositivo di emergenza con chiusura automatica
 - ▶ Dispositivo di interblocco contenitore
 - ▶ Lucchetto di chiusura
 - ▶ Riduzione tempi di esposizione
 - ▶ Preparazione lavoro



Effetti con **Alte** Dosi in **Brevi** Periodi

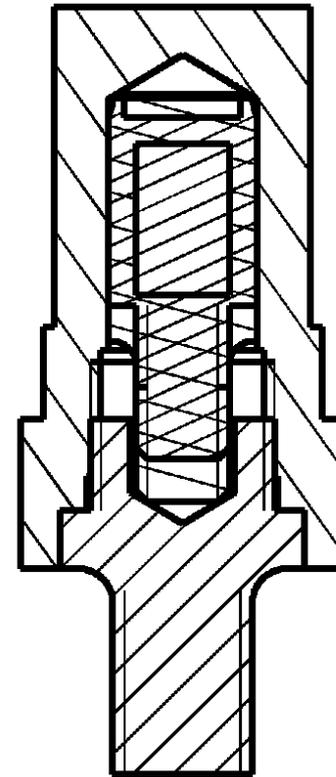
Dose	Effetti
Fino a 0,2 Sv	Nessun effetto evidente
0,2 a 1 Sv	Lievi effetti nel sangue Nessun danno permanente
1 a 2 Sv	Irritazioni nervose Possibili danni pesanti Buona possibilità di recupero
2 a 6 Sv	Aumento del tasso di mortalità
Più di 6 Sv	Nessuna possibilità di sopravvivere

1 Sv = 1.000.000 μ Sv !!!

Burocrazia!!

Per usare delle sorgenti radioattive bisogna avere:

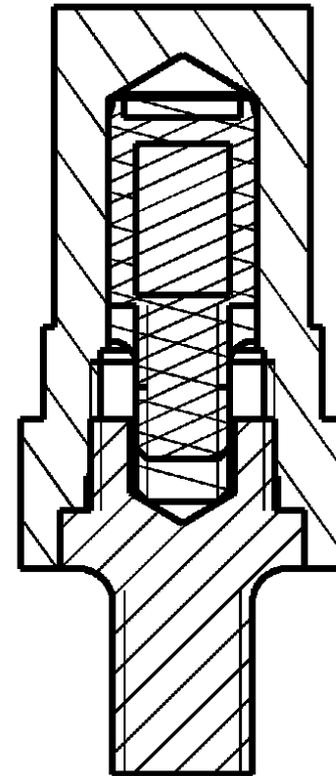
- ▶ Una licenza d'utilizzo (richiesta dall'utilizzatore finale) emessa dal ente locale preposto (in Italia prefettura)



Burocrazia!!

**Per spedire delle
sorgenti radioattive
bisogna avere:**

- ▶ In Europa il modello Euratom (compilato e firmato dall'utizzatore finale) vidimato dal ente locale preposto (in Italia prefettura)
- ▶ Extra EU il modello Form I (compilato e firmato dall'utizzatore finale)



Grazie per l'attenzione!

www.Berthold.com