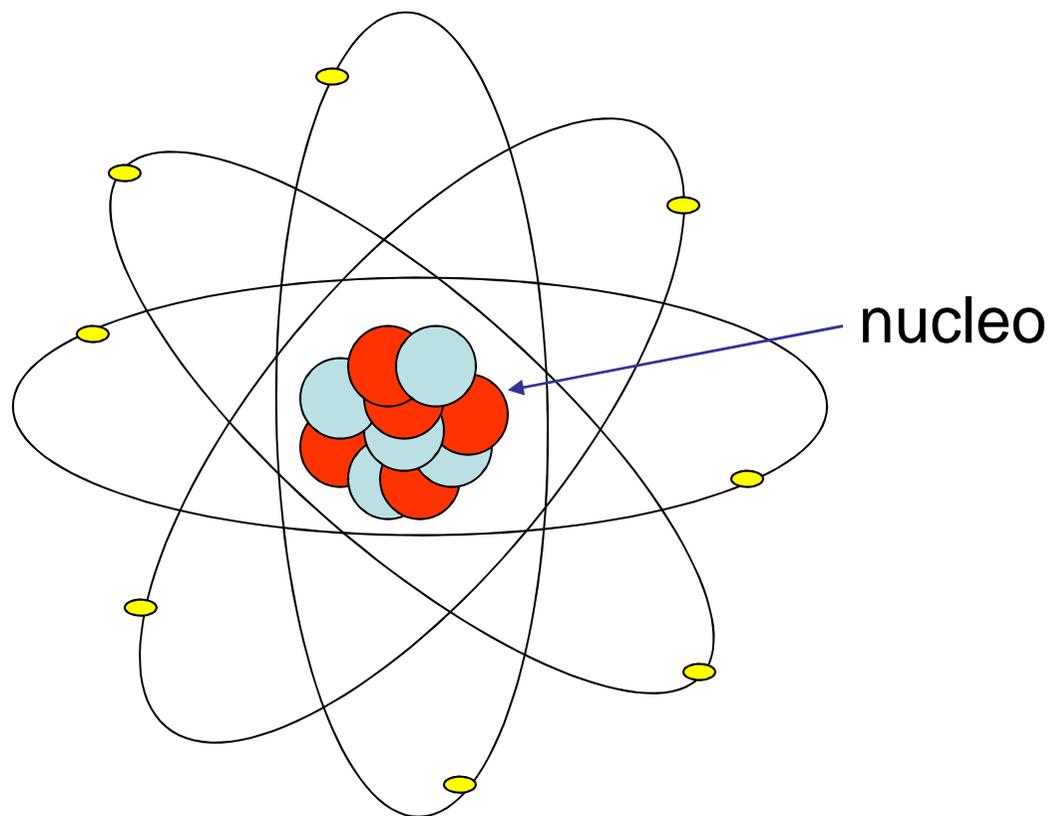


RADIAZIONI IONIZZANTI

Origine, prevenzione dai rischi e impieghi

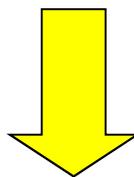
RADIAZIONI IONIZZANTI e rischi connessi

La struttura dell'atomo



-  elettrone
-  protone
-  neutrone

Numero di protoni (e di elettroni) =
NUMERO ATOMICO (Z)



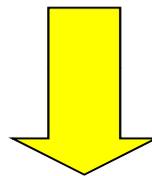
ELEMENTO CHIMICO

es. 1 idrogeno, 6 carbonio, 7 azoto, 8 ossigeno, 26 ferro,
92 uranio

In natura 92 elementi

Numero di protoni + numero di neutroni =
NUMERO DI MASSA (A)

Numero di neutroni nel nucleo è variabile



ISOTOPI

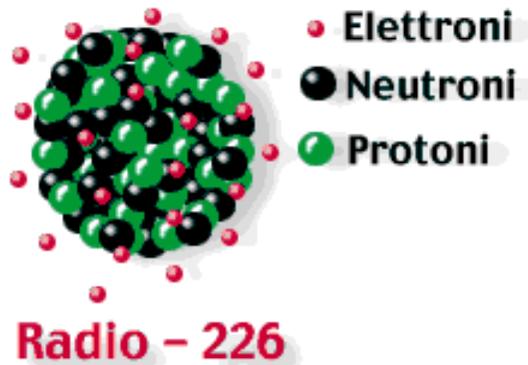
In natura circa 280 isotopi

Alcuni elementi hanno un isotopo (es. oro, 79 p, 118 n)

altri molti isotopi (es. stagno ne ha 10, 50 p, tra 62 e 74 n)

Decadimento Radioattivo

Il decadimento nucleare



Se il numero dei neutroni e dei protoni del nucleo è ben bilanciato l'atomo è stabile

Se vi è uno sbilanciamento nel numero dei neutroni e dei protoni l'atomo è instabile e tende a **decadere**, cioè a modificare il loro numero trasformandosi in un nuovo atomo e comunque ad emettere energia

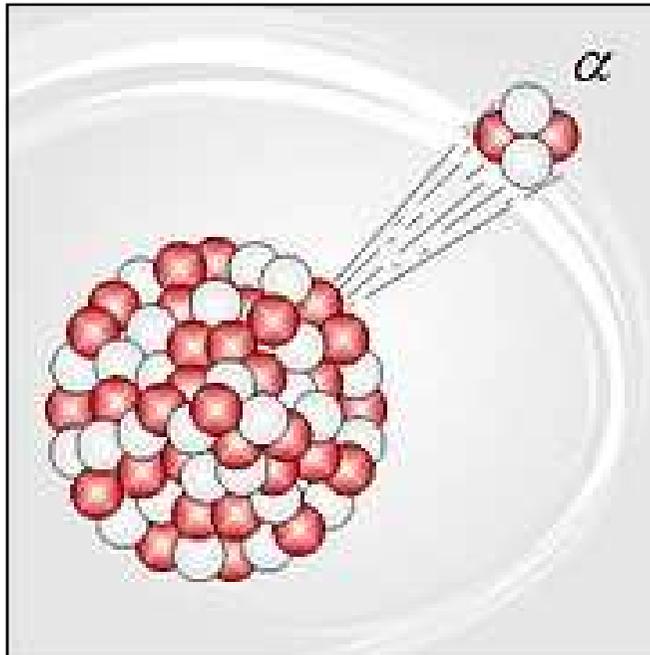
Massa dei protoni + Massa dei neutroni > Massa dell'atomo

La differenza (Δm = difetto di massa) è trasformata in energia:

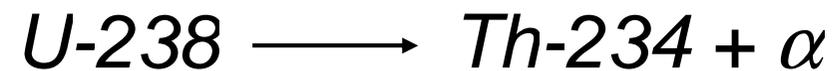
$$E = \Delta m \cdot c^2$$

- ❑ **Gli isotopi presenti in natura sono quasi tutti stabili**
- ❑ **Isotopi artificiali** vengono prodotti nei reattori nucleari o in laboratorio
- ❑ **Esistono molte centinaia di isotopi artificiali tutti instabili**

Decadimento Alfa

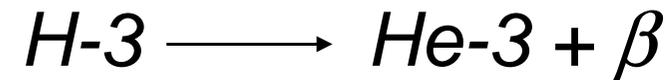
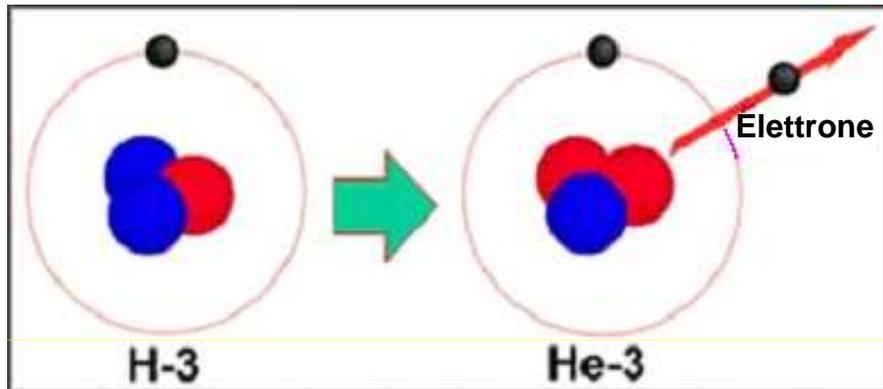


Particella Alfa = Nucleo di Elio



**Schermate da un foglio di carta, dai vestiti
o anche da pochi cm di aria**

Decadimento Beta

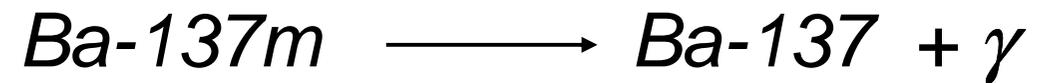
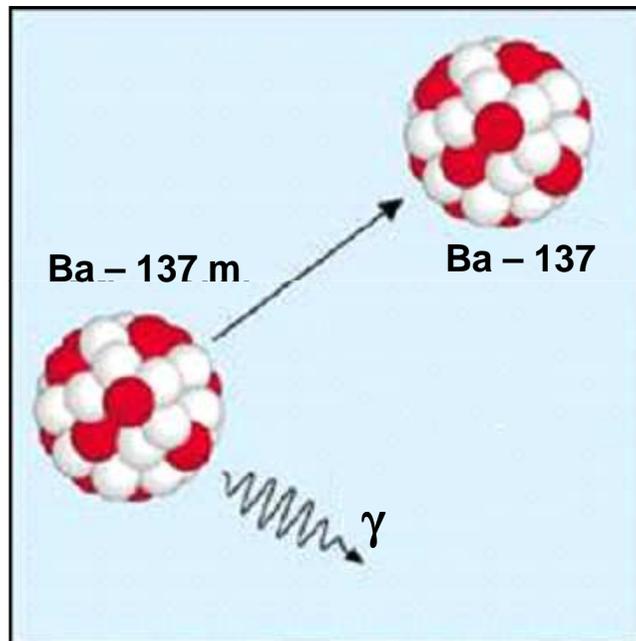


Particelle Beta (-) = Elettroni

Particelle Beta (+) = Positroni

Schermate da una lamiera metallica o da alcuni millimetri di calcestruzzo o da qualche metro di aria

Decadimento Gamma



**Radiazione gamma = onde
elettromagnetiche**

**Schermate solo da grossi spessori
di metallo o di calcestruzzo**

Tempo di dimezzamento

Il decadimento può avvenire in un tempo più o meno lungo

Ogni radioisotopo è caratterizzato da un tempo di dimezzamento:

tempo necessario affinché il numero di atomi di un radioisotopo si riduca della metà

A seconda del radioisotopo, il tempo di dimezzamento può andare da frazioni di secondo a miliardi di anni

(es. Uranio 238: 4,47 miliardi di anni)

Radiazioni ionizzanti

Le particelle alfa e beta e le radiazioni gamma sono

radiazioni ionizzanti

la loro energia è sufficientemente alta da produrre la **ionizzazione** degli atomi della materia circostante con la quale interagiscono

Ionizzazione è la separazione di uno o di più elettroni dagli atomi o dalle molecole di cui fanno parte, che restano di conseguenza carichi positivamente

La **radioattività** è pertanto il fenomeno per cui i nuclei non stabili decadono trasformandosi in altri ed **emettendo radiazioni ionizzanti**

L'unità di misura

La radioattività presente di una determinata quantità di materia si misura in **Becquerel (Bq)**

Un Becquerel corrisponde ad un decadimento nell'unità di tempo (secondo)

La concentrazione di radioattività in un solido si misura in genere in Becquerel per unità di massa (Bq / g)

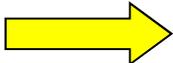
La concentrazione di radioattività in un liquido, in aria o in altro gas si misura in genere in Becquerel per unità di volume (Bq / m³; Bq / l)

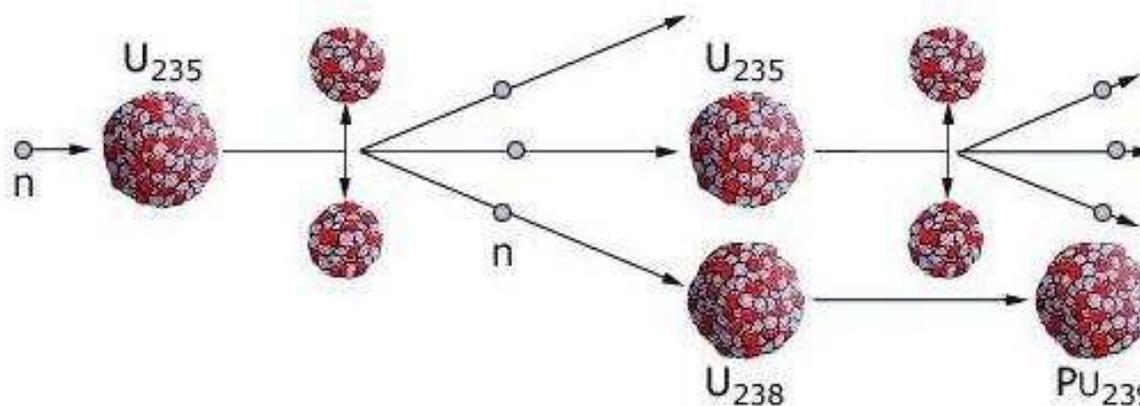


Antoine-Henri Becquerel (1852-1908)

Fissione

La **fissione nucleare** consiste nella rottura del nucleo di un elemento pesante in due nuclei di elementi più leggeri, a seguito della collisione con un neutrone

Nella fissione si producono due o tre neutroni che a loro volta possono produrre nuove fissioni  **reazione a catena**

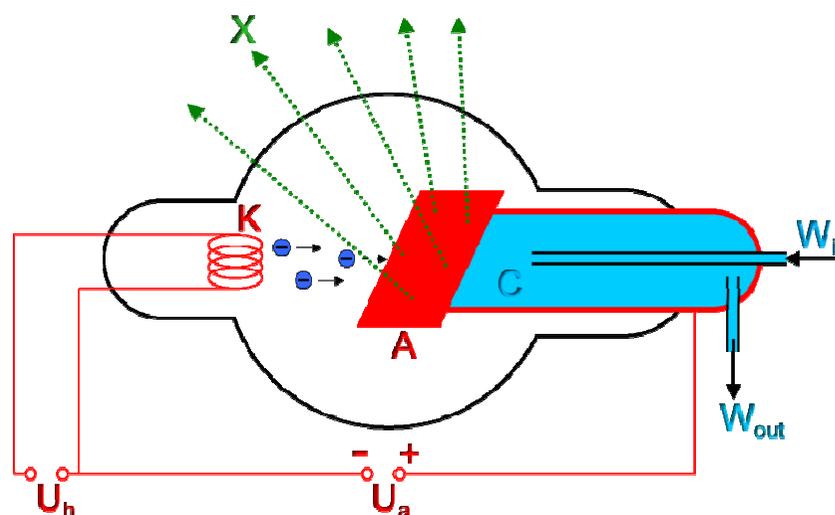


Anche i neutroni prodotti dalla reazione a catena costituiscono una radiazione ionizzante

Sorgenti radiogene – raggi x

Radiazioni ionizzanti (**raggi x**) possono essere emesse, oltre che dalle sostanze radioattive, anche da apparecchi nei quali particelle elettricamente cariche (es. elettroni) subiscono variazioni di velocità, cioè vengono accelerate o frenate

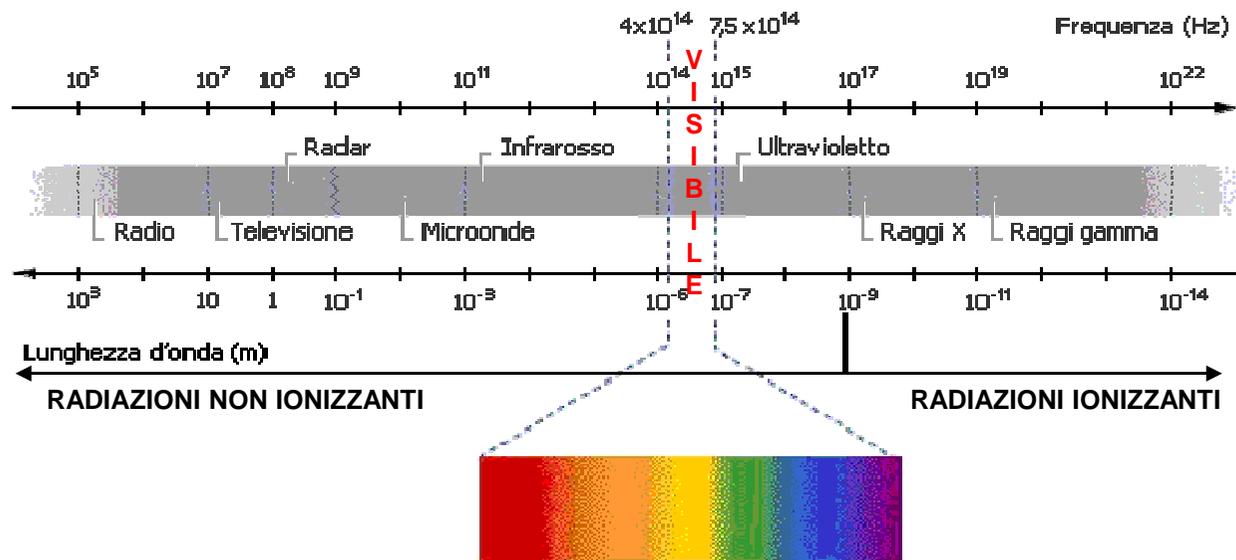
I **raggi x** hanno la stessa natura delle radiazioni gamma (onde elettromagnetiche)



Radiazioni ionizzanti e radiazioni non ionizzanti

Raggi x e raggi gamma sono onde elettromagnetiche come la luce, le onde radio o quelle prodotte da qualsiasi dispositivo in cui passi corrente elettrica variabile.

La differenza è nella frequenza e nell'energia: l'energia della luce o delle onde radio riscalda la materia ma non è sufficiente per ionizzare



Dose di radiazioni

Dose efficace: grandezza nella quale si combinano **l'energia assorbita** dai diversi organi o tessuti colpiti dalle radiazioni ionizzanti e alcuni fattori che tengono conto della **pericolosità dello specifico tipo di radiazione** della **sensibilità di ciascuno degli organi o tessuti**

Sievert (Sv): unità di misura della dose efficace.

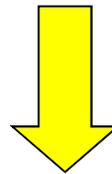
Vengono normalmente impiegati i suoi sottomultipli, il **mSv** (un millesimo di sievert) e il **μSv** (un milionesimo di sievert).



Rolf Maximilian Sievert (1896 – 1966)

Effetti delle radiazioni ionizzanti

Tossicità dei radicali prodotti dalla ionizzazione
Interazione delle radiazioni con il DNA



danni somatici o genetici

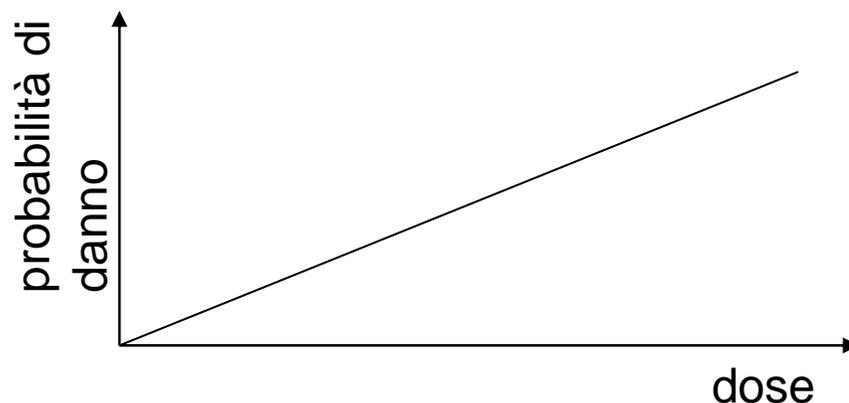
Danni somatici: interessano le cellule dei diversi tessuti dell'organismo della persona irraggiata – una cellula sana può trasformarsi in una cellula di tipo canceroso

Danni genetici: interessano le cellule degli organi riproduttivi della persona irraggiata causando alterazioni nei discendenti

Effetti delle radiazioni ionizzanti

A seconda della **dose** di radiazioni ricevuta gli effetti possono essere **probabilistici** o **deterministici**

- Effetti probabilistici** (o stocastici): insorgenza di tumori e danni genetici possono verificarsi o meno, con probabilità crescente al crescere della dose (ipotesi di linearità senza soglia)



Effetti delle radiazioni ionizzanti

Perché al danno a una cellula non fa sempre seguito un danno all'organismo?

Perché la cellula danneggiata muore o in essa intervengono **meccanismi di riparazione** che ripristinano l'integrità del DNA

Grazie ai **meccanismi di riparazione cellulare**, molto raramente piccole dosi producono effetti

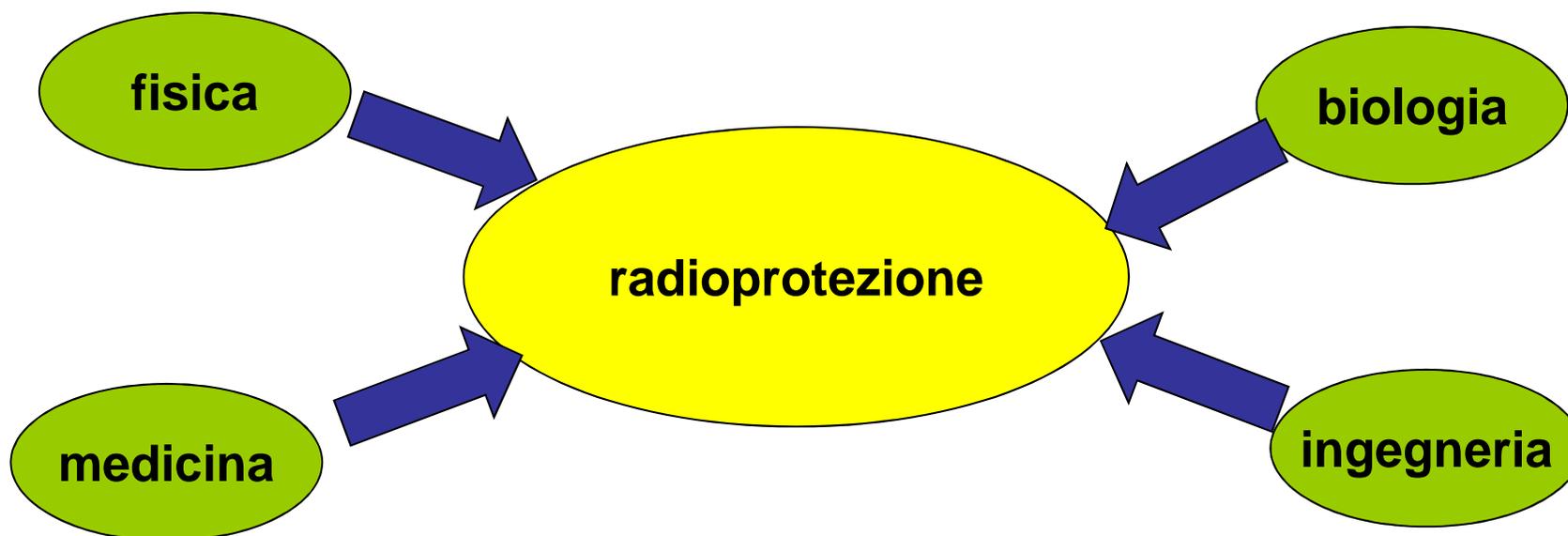


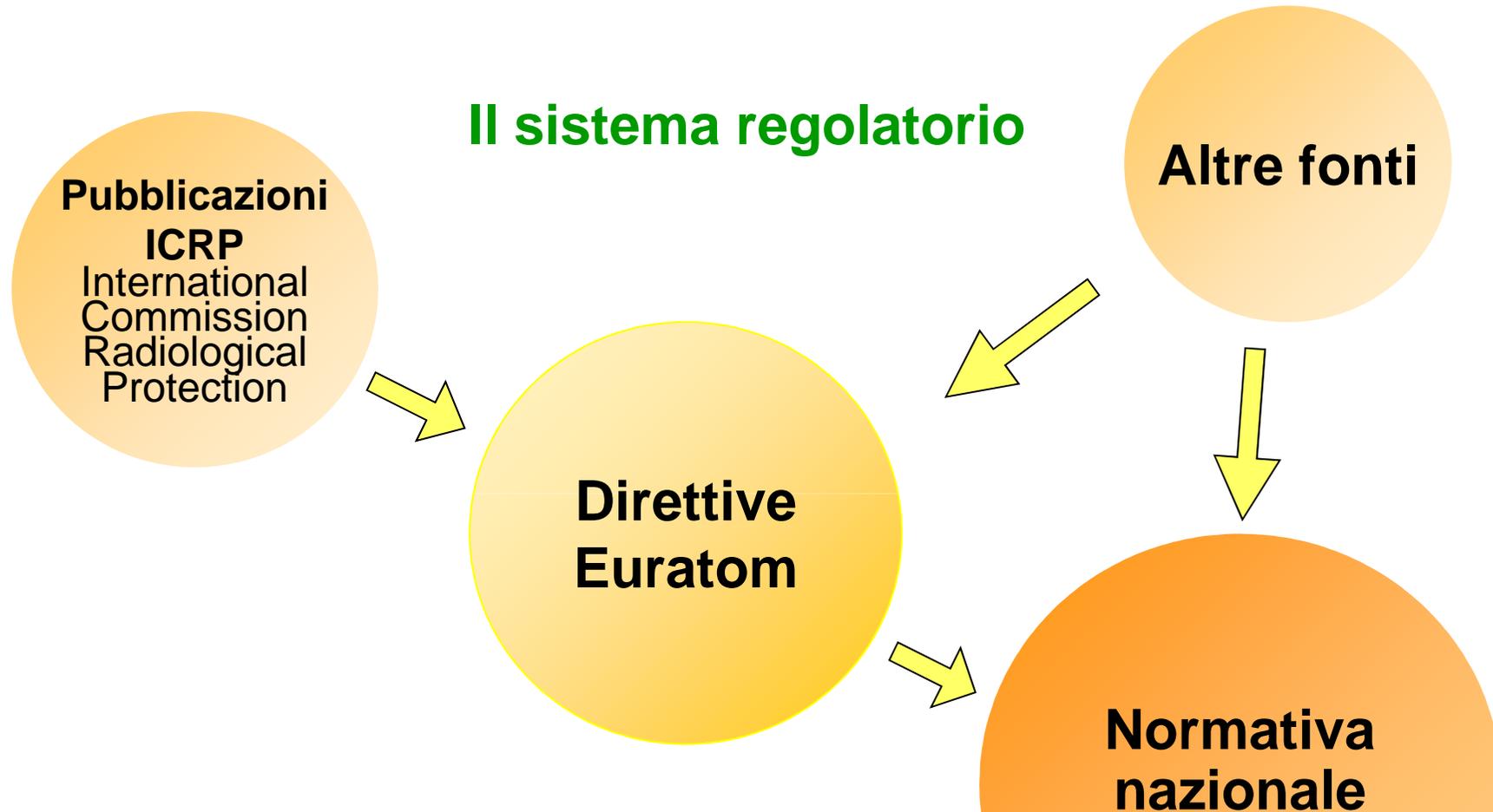
Effetti delle radiazioni ionizzanti

- ❑ **Effetti deterministici:** danni immediati (es. eritemi, opacizzazione del cristallino, cataratta, sterilità temporanea o permanente) di gravità crescente con la dose, sino alla morte.
- ❑ Gli effetti deterministici si manifestano al di sopra di determinati valori di dose, a partire da dosi dell'ordine di 1 Sv

La radioprotezione

La **radioprotezione** è una disciplina il cui obiettivo è tutelare la salute dei lavoratori e della popolazione e l'ambiente dai rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti, attraverso la prevenzione o la riduzione di tali rischi.





I principi della radioprotezione

Giustificazione: ogni esposizione deve essere giustificata in base ai benefici che ne possono derivare

Ottimizzazione: le esposizioni devono essere mantenute al livello più basso ragionevolmente ottenibile

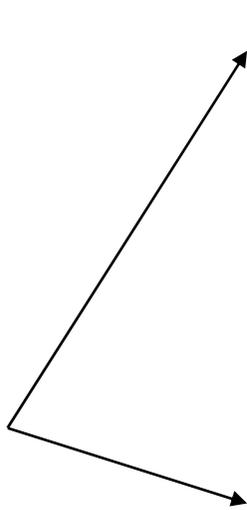
Limiti di dose: le dosi non devono superare i limiti prescritti dalla legge

individui della popolazione	1 mSv/anno
lavoratori esposti	20 mSv/anno

Le sorgenti naturali di radiazioni

- ❑ **Raggi cosmici:** provengono dallo spazio (supernovae) – costituiti da particelle di vario tipo e con differenti energie. Possono dare dosi significative a chi effettua frequenti voli ad alta quota

- ❑ **Radionuclidi naturali**



Primordiali: esistenti dalla formazione della terra e ancora presenti per il loro lunghissimo tempo di dimezzamento (U-238, U-235, Th-232 e loro figli, K-40)

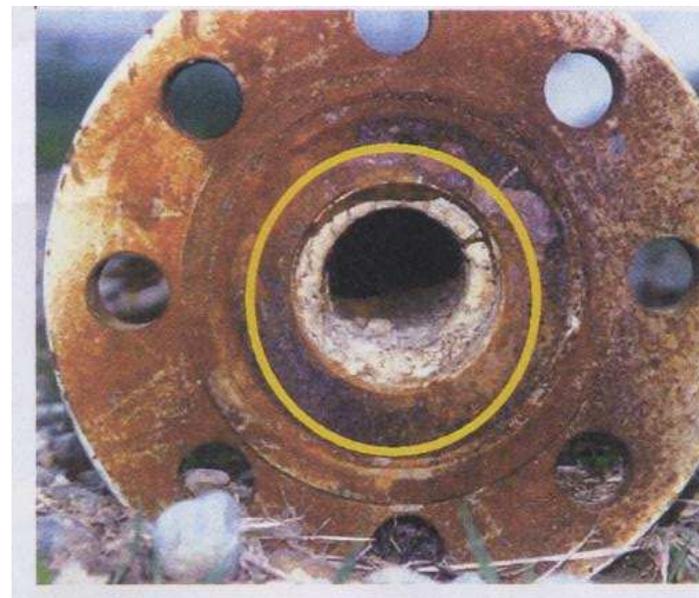
Cosmogenici: prodotti dalla interazione dei raggi cosmici con l'atmosfera (C-14, Be-7, H-3)

Dove si trovano i radionuclidi naturali?

- Nel terreno, nelle rocce, nel magma
- Nell'aria
- Nel corpo degli esseri viventi
- Negli alimenti
-
- Concentrati in alcuni tipi di materiali a seguito di lavorazioni
(**NORM**: Naturally Occurring Radionuclide Materials)

Esempi di NORM:

- residui della produzione di fertilizzanti fosfatici o di acido fosforico
- polveri prodotte dalle acciaierie
- incrostazioni nelle tubazioni nell'estrazione e raffinazione di petrolio e gas



Dosi da sorgenti naturali in Italia – ambiente esterno

	NORD			CENTRO			SUD		
anno	min	max	medio	min	max	medio	min	max	medio
2005	0,46	1,25	0,88	0,46	2,88	0,90	0,58	2,25	0,89
2006	0,57	1,77	0,92	0,48	3,44	0,96	0,35	2,13	0,94
2007	0,58	1,84	0,90	0,46	3,84	1,00	0,55	1,78	0,92

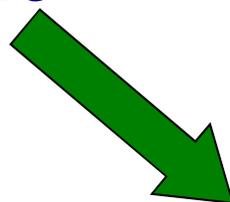
Le dosi sono espresse in mSv/anno

Esposizione al Radon

U-238



Ra-226



Rn-222

radon (Rn-222)
Gas nobile radioattivo
incolore e
inodore, prodotto di
decadimento dell'U-238

Esposizione al Radon

**Proviene dal suolo,
soprattutto quello di natura
vulcanica**

**Può essere rilasciato da certi
materiali da costruzione (tufo
vulcanico)**

**Solubile in acqua,
da dove viene liberato in aria**

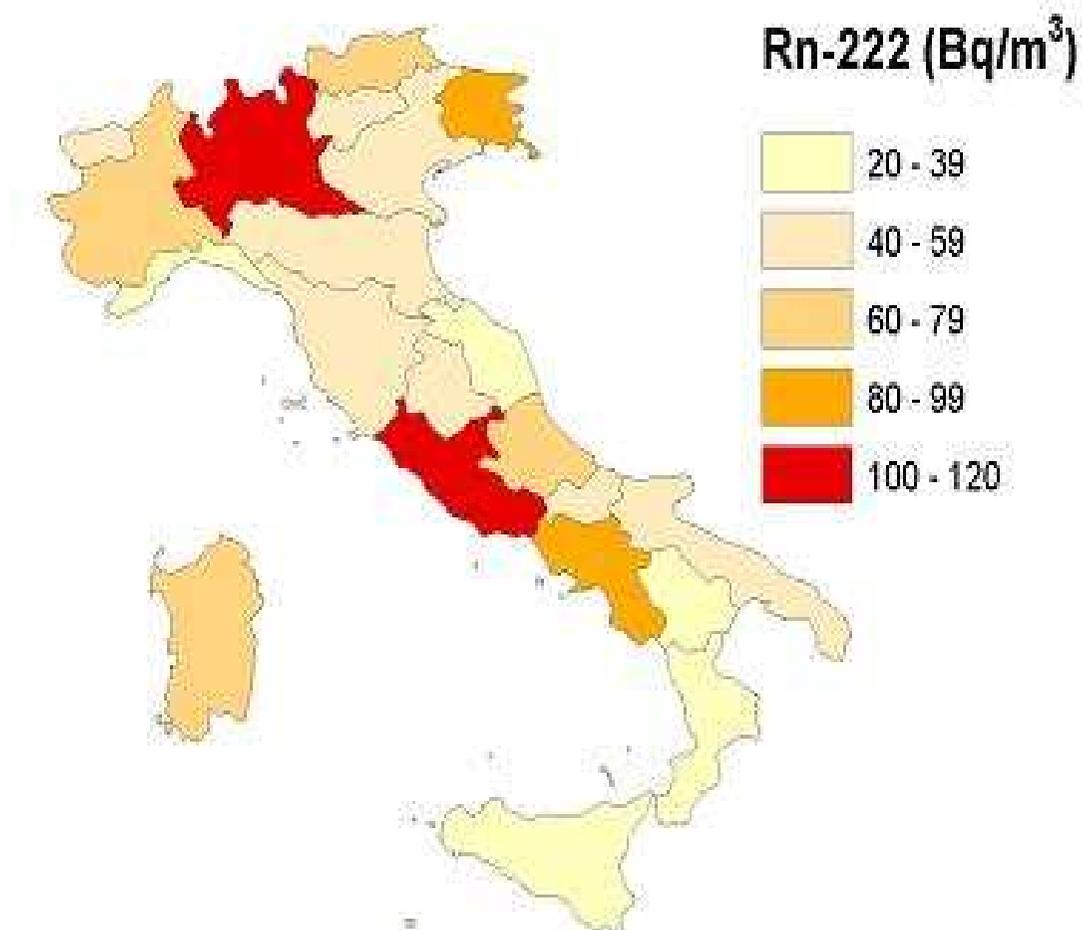
**Tende ad accumularsi
negli ambienti chiusi
dove viene inalato**



É considerato una delle maggiori cause di tumore polmonare

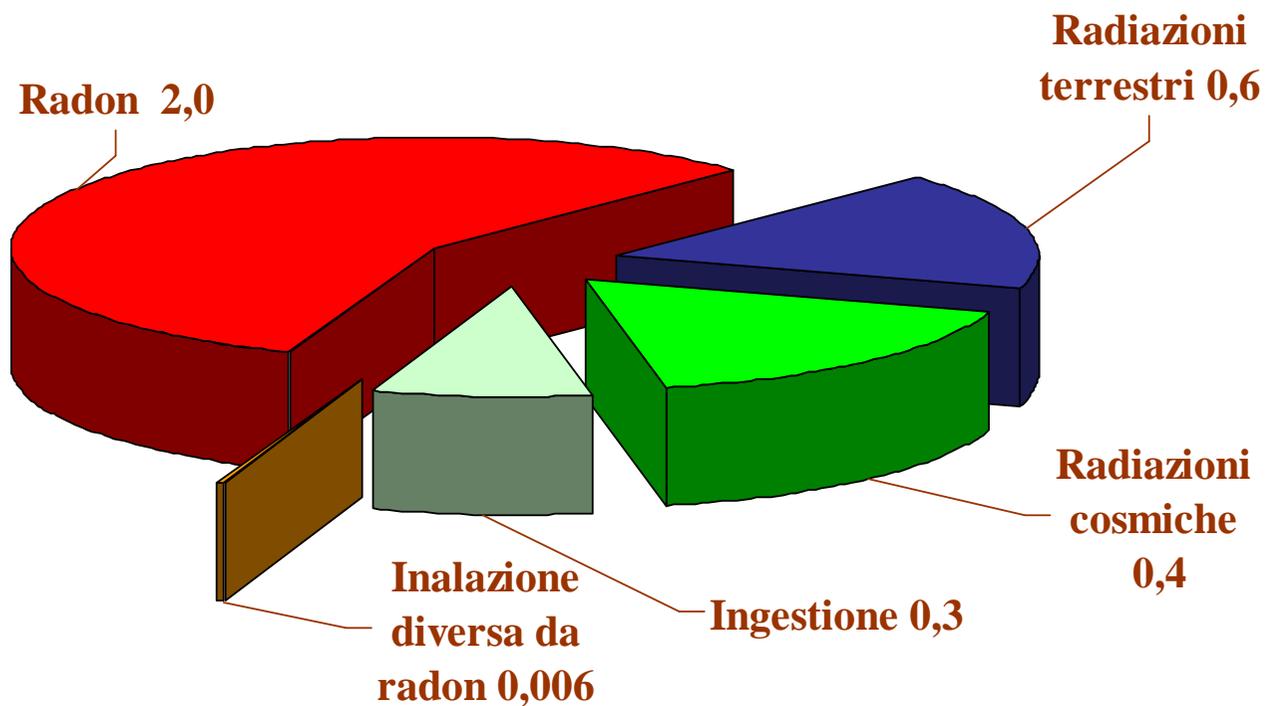
Il radon in Italia Indagine nazionale(1989 -1997)

N. di edifici	5361
N. di città	232
Max (Bq/m³)	1036
Media aritm. (Bq m⁻³)	70



Nuove campagne svolte, in corso o previste da parte delle Regioni

Principali contributi delle sorgenti naturali



Dosi in mSv/anno

Cosa fare

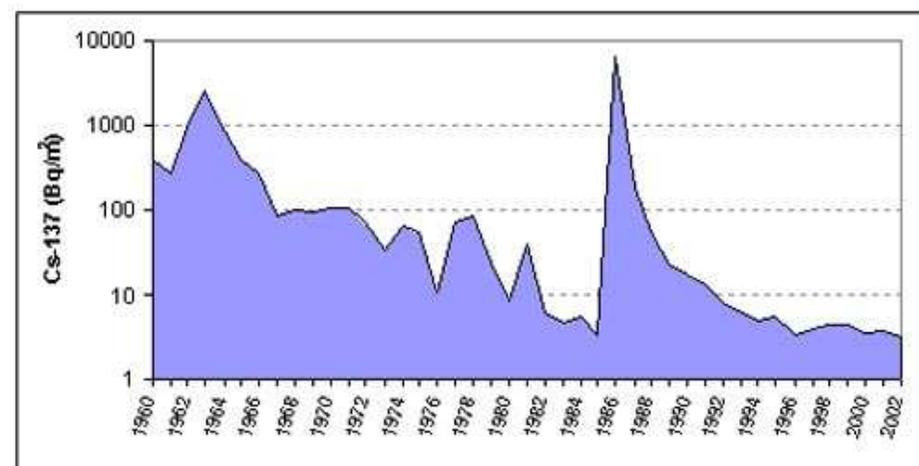
- La **concentrazione** di radon è per solito maggiore negli ambienti a contatto con il suolo
- La Commissione Europea ha raccomandato **concentrazioni massime di 400 Bq/m³** per le costruzioni esistenti e **200 Bq/m³** per le nuove costruzioni
- Ventilare i locali
- In caso di ristrutturazioni sono possibili interventi efficaci con una spesa limitata
- Tenere presente che il **fumo** e il **radon** hanno effetti sinergici

La radioattività ambientale

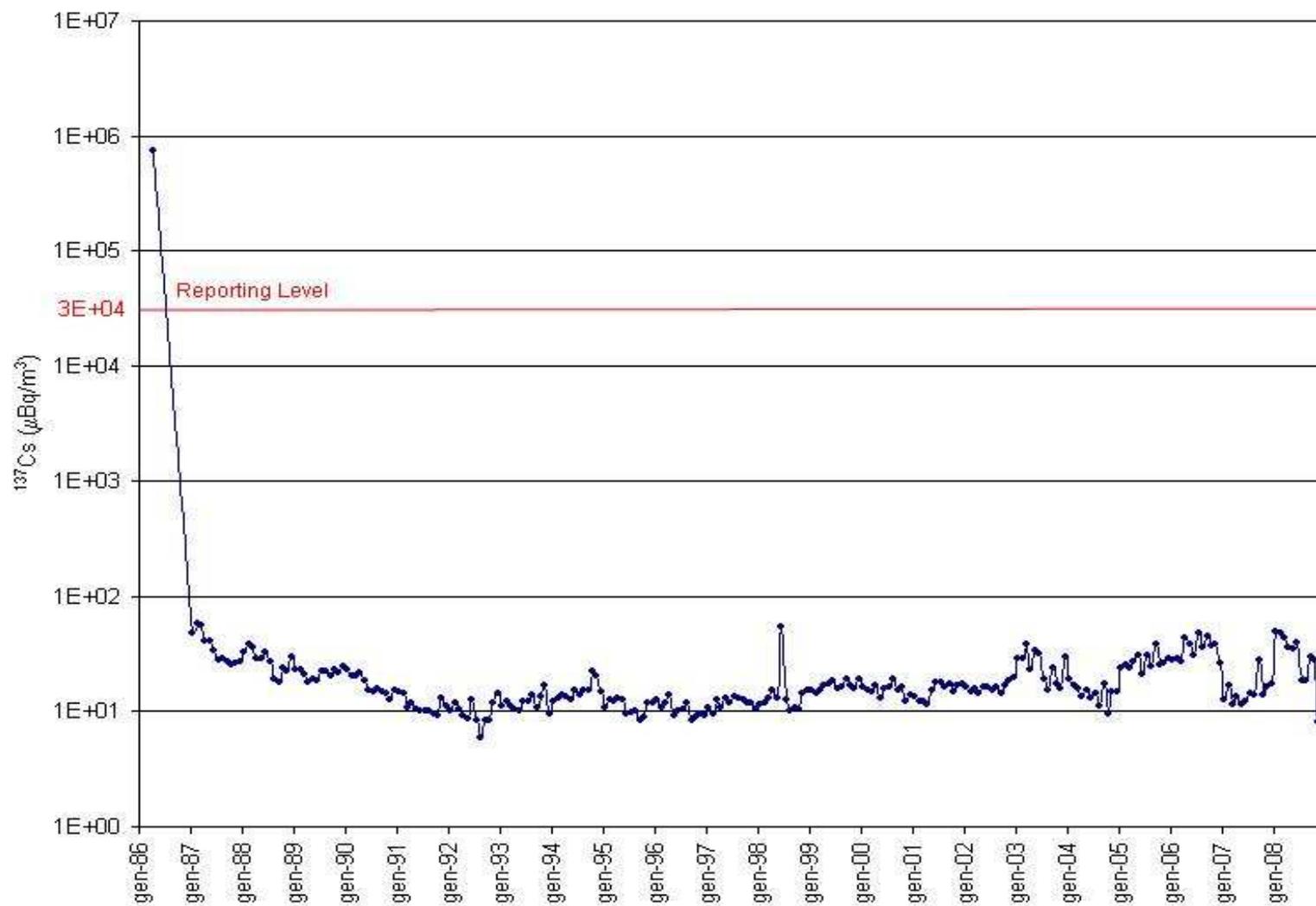
Nell'ambiente si trovano anche tracce di **radionuclidi artificiali** derivanti dagli esperimenti nucleari in atmosfera effettuati in passato (*fallout*) e dall'incidente di Chernobyl

La loro presenza è normalmente priva di rilevanza sanitaria, ma viene comunque tenuta sotto costante controllo mediante **reti di monitoraggio** a livello nazionale e regionale

I **campionamenti** riguardano l'aria e le altre componenti ambientali e gli alimenti



Andamento della concentrazione di Cs-137 in aria in Italia



IMPIEGHI delle RADIAZIONI IONIZZANTI

Le radiazioni ionizzanti sono ampiamente utilizzate

in medicina ...



nell'industria ...



nella ricerca ...



per la sicurezza



Impieghi medici

Diagnostica tramite raggi x

- ❑ **Radiografia:** acquisizione di immagine su pellicola fotografica o su supporto digitale
- ❑ **Tomografia computerizzata:** elaborazione tramite computer di una serie di immagini radiografiche acquisite mediante rotazione dell'emettitore del fascio di raggi x e traslazione del lettino del paziente. Si ottengono immagini di sezioni o ricostruzioni tridimensionali

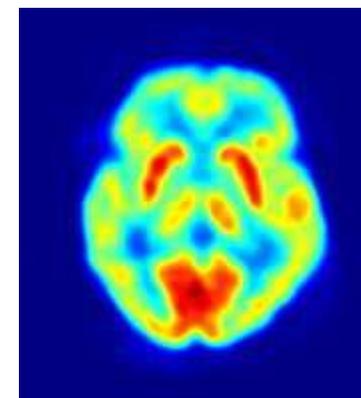
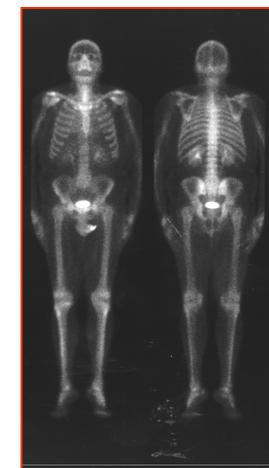


Impieghi medici

Diagnostica con somministrazione di radioisotopi

- Scintigrafia
- PET (Positron Emission Tomography)

Viene iniettato un tracciante radioattivo (radioisotopi a vita breve) che si concentra nel tessuto che si vuole esaminare. Le radiazioni emesse vengono rivelate all'esterno mediante dispositivi che consentono la ricostruzione dell'immagine



Impieghi medici

Radioterapia

Trattamento dei tumori tramite il bombardamento delle cellule cancerogene con radiazioni ionizzanti ad alta energia che ne causano la morte

Le tecniche attuali consentono di somministrare alte dosi ai tessuti da trattare (ordine del Sv), limitando la dose ai tessuti sani circostanti

Principali tipi di trattamento:

- Radioterapia esterna**
- Brachiterapia**
- Radioterapia metabolica**

Impieghi medici

Radioterapia esterna

Utilizza un fascio di radiazioni (gamma, beta o x) prodotto da una sorgente esterna al paziente e concentrato sulla zona da trattare tramite appositi collimatori.

In passato per produrre il fascio di radiazioni si utilizzava una sorgente radioattiva (cobaltoterapia)

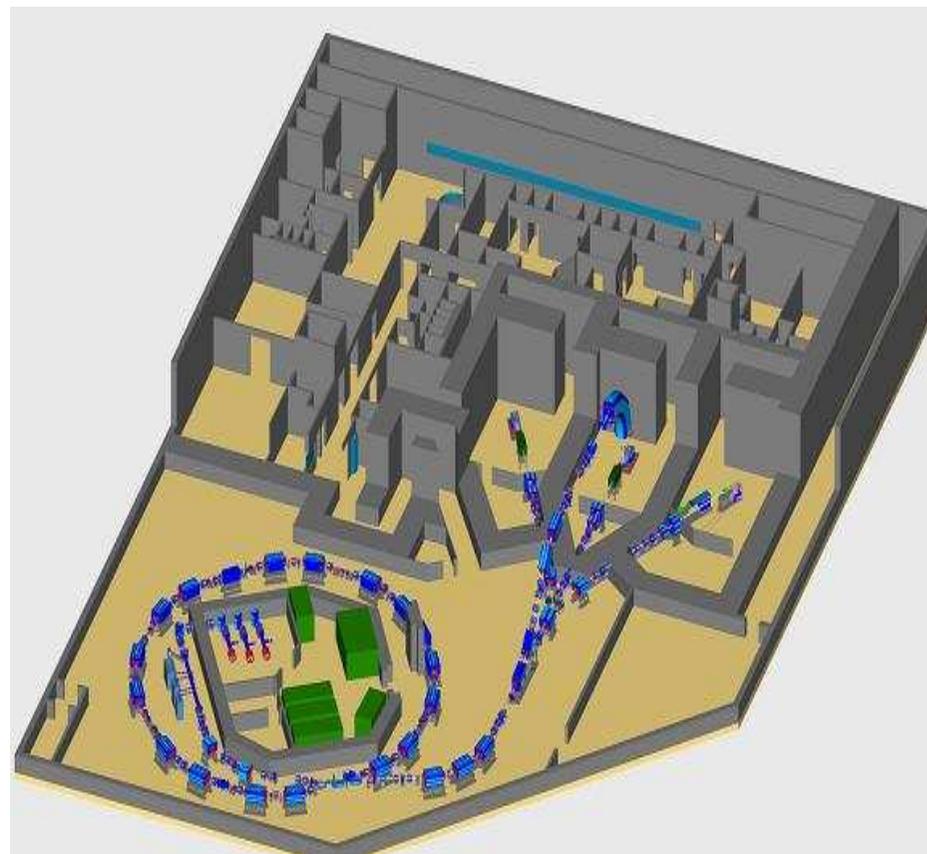
Oggi si usano quasi esclusivamente acceleratori lineari



Impieghi medici

Adroterapia

È la più avanzata forma di radioterapia esterna. Un fascio di protoni, ioni carbonio e neutroni ad alta energia consente di raggiungere tumori anche profondi con elevata precisione. Sono necessari grandi acceleratori.



Impieghi medici

Brachiterapia

Una sorgente “sigillata” viene introdotta nel corpo del paziente e posta a diretto contatto con il tumore o al suo interno

Radioterapia metabolica

Si utilizza la capacità di alcuni tessuti di captare selettivamente determinati radioisotopi (es. tiroide – iodio).

Il radiofarmaco viene somministrato al paziente in forma “**non sigillata**”

Impieghi industriali

Radiografia industriale

Impiego di intensi fasci di raggi X

o raggi gamma per:

- ❑ radiografare componenti meccanici
- ❑ assicurare la qualità delle fusioni e delle saldature
- ❑ verificare l'integrità di componenti impiantistici di elevato spessore



Radiografia industriale



Impieghi industriali

Impianti di sterilizzazione con raggi gamma

La sterilizzazione di strumenti chirurgici o di materiale sanitario in genere può essere ottenuta somministrando al materiale da sterilizzare elevate dosi di radiazioni (dosi che sarebbero mortali se ricevute da una persona)

