

ROAD SHOW ACCADEMICO 2010 / 2011



ENERGIA  
**FUTURO**  
RICERCA



LA TECNOLOGIA NUCLEARE



MILANO, 3 MAGGIO 2011  
POLITECNICO DI MILANO, CAMPUS BOVISA, VIA LA MASA 34, AULA L.01

**ENERGIA  
FUTURO  
RICERCA**



LA TECNOLOGIA NUCLEARE

 POLITECNICO DI MILANO



# Uomo, ambiente e radiazioni



Le radiazioni di cui si tratta parlando di tecnologia nucleare sono le

***radiazioni ionizzanti***



## Cosa sono le *radiazioni ionizzanti*?

Sono quelle radiazioni o particelle in grado di provocare la ionizzazione degli atomi del mezzo con cui interagiscono.

Si distinguono in:

***DIRETTAMENTE IONIZZANTI***

(particelle  $\alpha$ ,  $\beta$ , elettroni, protoni, ioni, ecc)

e

***INDIRETTAMENTE IONIZZANTI***

(radiazione X e  $\gamma$ , neutroni)



## Quando le radiazioni sono ionizzanti?

Le **particelle cariche** sono “*ionizzanti*” solo quando possiedono una energia cinetica (ovvero velocità) sufficiente. In funzione del tipo di particella, le velocità sono dell'ordine di  $10^4$ - $10^5$  km/s.

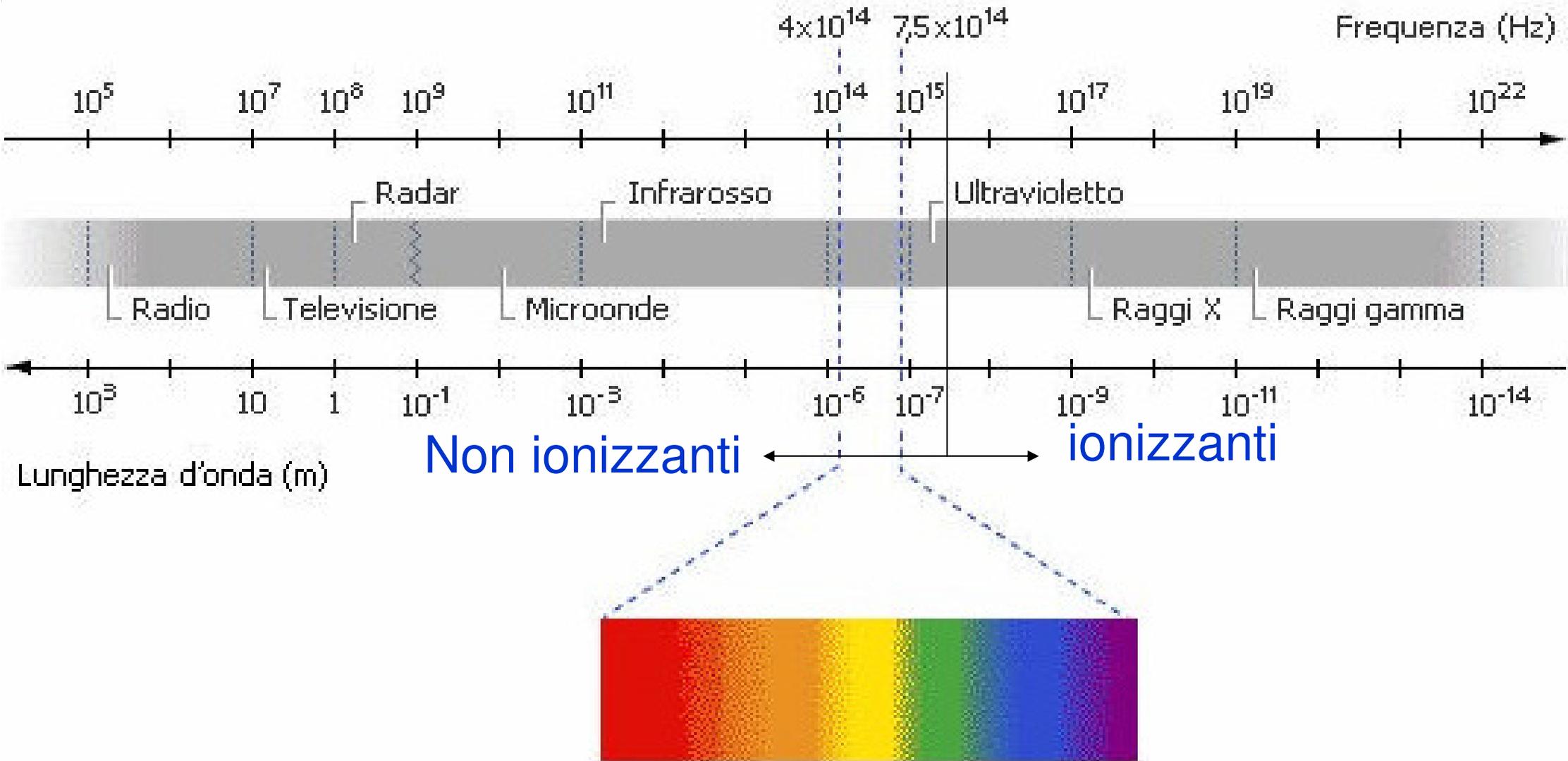
Le **radiazioni elettromagnetiche** sono “*ionizzanti*” solo quando possiedono una energia (ovvero frequenza) sufficiente (almeno  $3 \times 10^{15}$  Hz).

Le onde radio, micro-onde, le radiazioni emesse da radar e cellulari ***non sono ionizzanti*** perché la loro frequenza è inferiore a quella necessaria per ionizzare la materia.



# Natura delle radiazioni

Milano 3 maggio 2011





- **Radiazione cosmica**, prevalentemente protoni (85% p, 12%  $\alpha$ , 1,5% nuclei pesanti, ...) provenienti dal sole e dalla galassia;
- Radiazione da **sostanze radioattive naturali**, principalmente uranio, torio e potassio;
- Radiazione da **macchine radiogene**, generatori X e acceleratori di particelle per uso medicale e industriale;
- Radiazione da **radionuclidi artificiali** prodotti dall'uomo: prodotti di fissione, di attivazione e radionuclidi transuranici.



## *particelle cariche:*

hanno un percorso massimo nella materia, funzione della loro energia e del materiale.

## *Radiazione X, $\gamma$ :*

è caratterizzata da un'attenuazione nella materia di tipo esponenziale, non si parla quindi di “percorso massimo”, ma di spessori di dimezzamento.

## *I neutroni:*

diffondono nella materia come un gas e per essere “fermati” devono essere assorbiti con reazioni di cattura  $(n, \gamma)$ ,  $(n, \alpha)$ .



indicativamente, con riferimento alle energie delle radiazioni emesse dai radionuclidi più comuni, avremo:

RADIAZIONE	PERCORSO IN ARIA	PERCORSO IN ACQUA
ALFA	1-5 cm	Decine di $\mu\text{m}$
BETA	20 cm - 7 m	1 mm – 1 cm
GAMMA	SEV: Decine di metri	SEV: 1 – 10 cm

SEV : spessore di dimezzamento



Per proteggersi dalle radiazioni ionizzanti più penetranti (X e gamma) si possono utilizzare tre diverse tecniche:

*1. Distanza:* l'intensità della radiazione diminuisce allontanandosi dalla sorgente in proporzione all'inverso del quadrato della distanza:

$$\div \frac{1}{r^2}$$



2. *Tempo*: la dose assorbita in un campo di radiazioni ionizzanti è proporzionale al tempo trascorso in quel campo. Ridurre i tempi richiesti per un intervento significa ridurre proporzionalmente le dosi.
3. *Schermature*: ove possibile, l'intensità di un campo di radiazioni può essere diminuita utilizzando schermi di materiale adeguato nello spessore necessario. Per la radiazione X e gamma l'attenuazione nel materiale schermante segue una legge esponenziale:

$$I = I_0 * e^{-\mu x}$$



Per quanto detto è possibile individuare **spessori di materiale schermante** che:

• arrestino completamente le particelle cariche,

oppure

• abbattano l'intensità del campo di radiazione  $X, \gamma$  del fattore desiderato.



Per quanto concerne la scelta dei materiali da utilizzare per tali schermature, si ricorda che:

- per le particelle cariche sono da privilegiare i materiali a *basso numero atomico* (minimizzano l'emissione X );
- per radiazione X e gamma invece risulta più efficiente (a parità di dimensioni) un materiale ad *alto numero atomico*.
- per i neutroni veloci è necessario utilizzare *materiali fortemente idrogenati* (acqua, polietilene), associati a nuclidi ad *elevata sezione d'urto di cattura nella regione termica* (boro, cadmio).



E' possibile classificare i danni da radiazioni ionizzanti in:

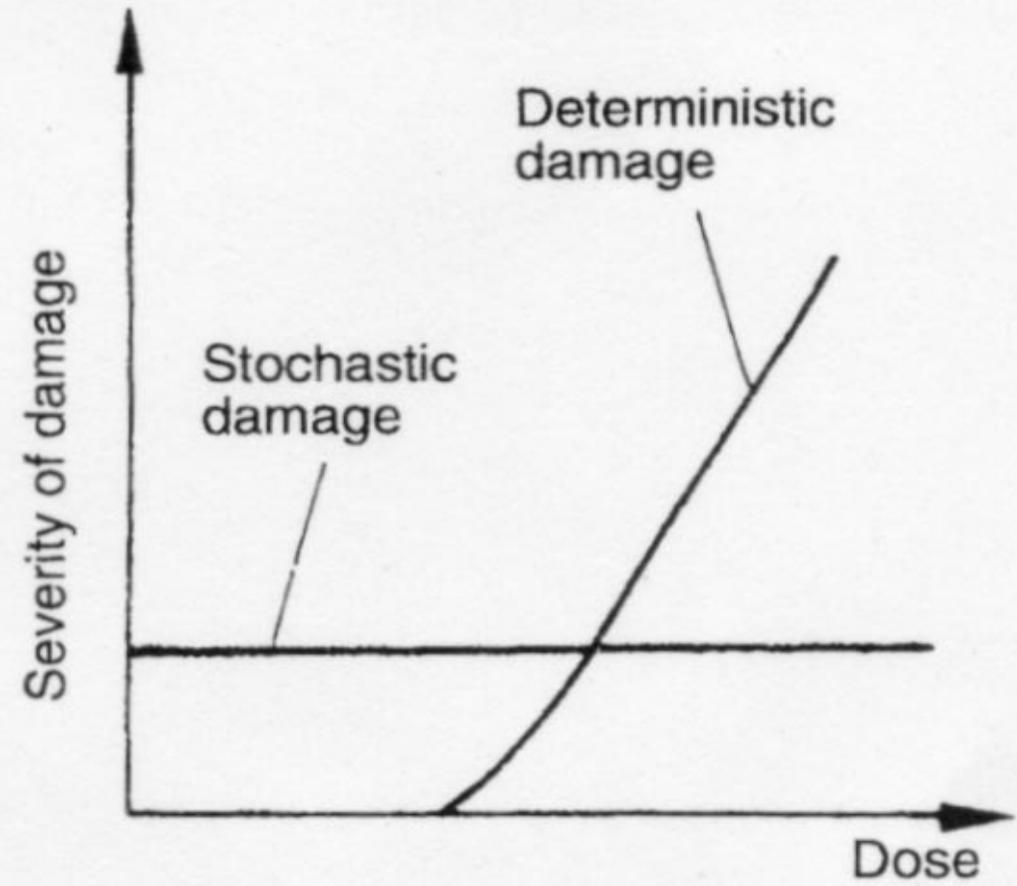
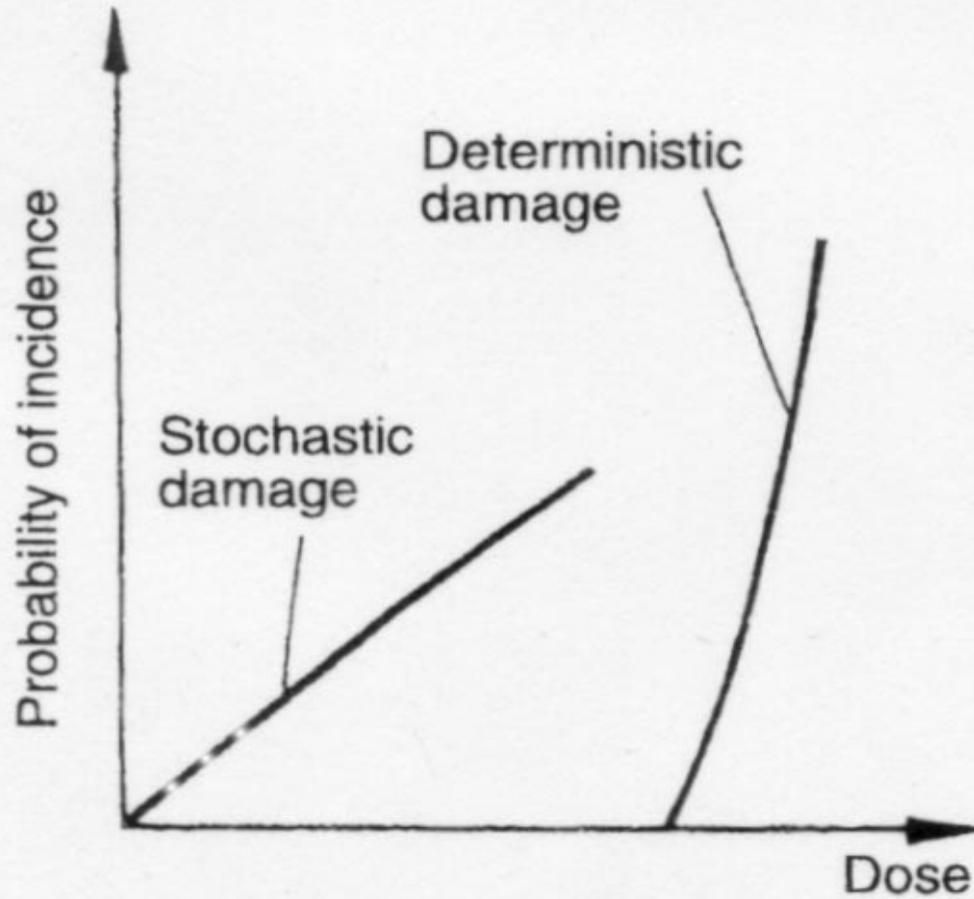
- A** *danni somatici non stocastici* (o deterministici), si manifestano subito dopo un irraggiamento acuto e presentano:
1. una relazione tra **dose impartita** e la **gravità** del danno;
  2. una **soglia** di dose sotto la quale il danno non si manifesta.
- B** *danni somatici stocastici*, sono effetti ritardati e possono manifestarsi numerosi anni dopo l'esposizione alle radiazioni. Per essi si individua:
1. una relazione tra **dose impartita** e **probabilità** che il danno si manifesti (tipicamente i tumori).



# Relazione probabilità/dose e severità/dose per le radiazioni ionizzanti

88

Milano 3 maggio 2011





	Categoria A	Categoria B	Pubblico
<b>Corpo intero</b>	20 mSv/anno	6 mSv/anno	1 mSv/anno
<b>Cristallino</b>	150 mSv/anno	50 mSv/anno	15 mSv/anno
<b>Pelle</b>	500 mSv/anno	150 mSv/anno	50 mSv/anno
<b>Mani, avambracci, piedi e caviglie</b>	500 mSv/anno	150 mSv/anno	

- Nel calcolo delle dosi per il confronto con i limiti *non si deve tenere conto delle dosi derivanti da pratiche mediche* (diagnostica o terapia).
- Come paragone, si consideri che *la dose da fondo ambientale (radiazione cosmica, radiazione dal suolo e gas radon) in Lombardia è di circa 2,8 mSv/anno.*



La legge specifica i *livelli operativi* di dose entro cui contenere l'esposizione dei soggetti (classificati in cat. A) che fanno parte delle *squadre speciali di intervento nelle emergenze*.

DOSE	LIVELLO OPERATIVO
Dose efficace	100 mSv
Dose equivalente al cristallino	300 mSv
Dose equivalente a mani, avambracci piedi e caviglie	1 Sv
Dose equivalente alla pelle	1Sv

*Un'esposizione al di sopra di tali livelli è ammessa, in via eccezionale, soltanto allo scopo di salvare vite umane* per volontari scelti tra le squadre speciali che siano, comunque, informati dei rischi connessi all'intervento specifico da effettuare. ( da allegato VI, D. Lgs. 241/00)



## Comparazione – esempi di dosi (singole, orarie/annuali):

▪ raggi X radiografia dentale		0.01	mSv
▪ raggi X radiografia polmonare	0.1	mSv	
▪ fondo naturale (annuale)	1-10	mSv/anno	
▪ fondo naturale (orario)	0.001	mSv/h	
▪ voli aerei		0.003	mSv/h
▪ tomografia computerizzata		20	mSv
▪ limite per lavoratori profess.esposti	20	mSv/anno	
▪ limite per evidenza oggettiva effetti		250	mSv
▪ limite per effetti avvertiti dal soggetto		500	mSv
▪ dose letale al 50%		4000	mSv
▪ morte certa (dosi da radioterapia a organi specifici)	6000	mSv	