



**REGIONE LAZIO**  
**AZIENDA SANITARIA LOCALE VITERBO**

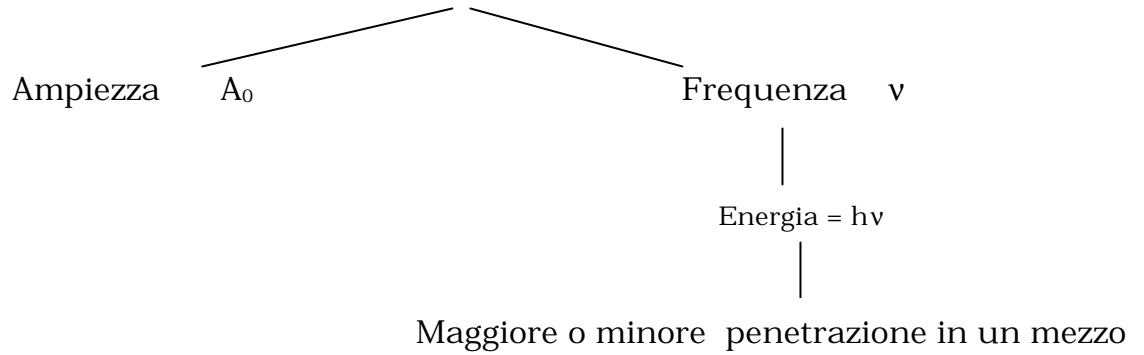
---

**U.O. FISICA SANITARIA**

**RADIAZIONI IONIZZANTI E LASER**  
**IN AMBIENTE MEDICALE**

(Informazioni a cura del Dott. L. Chiatti)

Parametri caratteristici della radiazione e.m.:

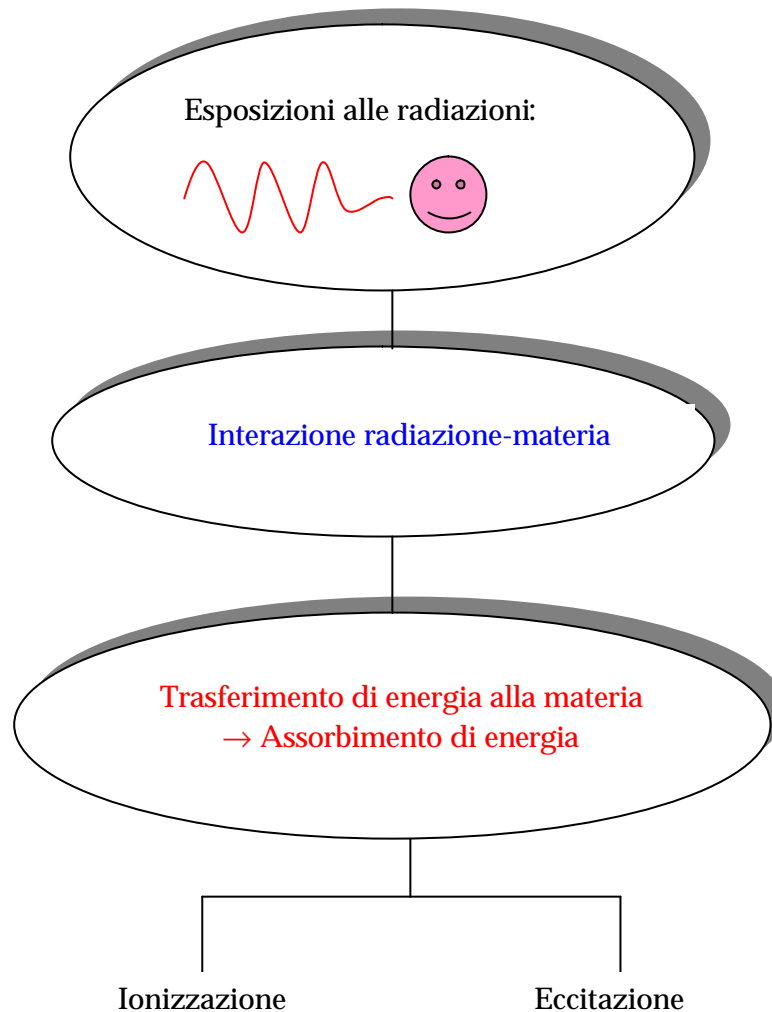


ALTA FREQUENZA = ALTA ENERGIA = PENETRAZIONE IN PROFONDITÀ NEI TESSUTI

BASSA FREQUENZA = BASSA ENERGIA = PENETRAZIONE LIMITATA AGLI STRATI  
SUPERFICIALI

Cosa succede quando si viene esposti, accidentalmente o intenzionalmente, ad un fascio di radiazioni?

## EVENTI SUCCESSIVI ALL'ESPOSIZIONE ALLE RADIAZIONI



Quando una radiazione è in grado di produrre la ionizzazione degli atomi, allora si definisce radiazione ionizzante.

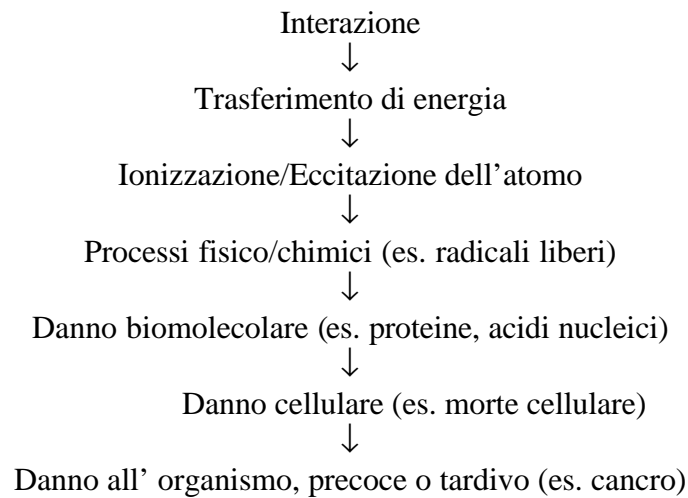
Se può produrre solo eccitazione degli atomi, allora è radiazione non ionizzante.

Come possono la ionizzazione e/o eccitazione determinare il danno biologico finale? In altre parole, che cosa centra la capacità di ionizzare e/o eccitare gli atomi con il fatto che le radiazioni fanno male e come possiamo proteggerci?

La questione va affrontata separatamente per le ionizzanti e non ionizzanti.

## RADIAZIONI IONIZZANTI (raggi X)

### Effetti biologici



L'effetto biologico è quindi la conclusione di una serie di processi che partono da un assorbimento iniziale di energia. La grandezza fondamentale è pertanto l'energia assorbita per unità di massa di tessuto ovvero la

$$\text{DOSE ASSORBITA (Gy)} = \text{ENERGIA (J)} / \text{MASSA (Kg)}$$

La grandezza usata in radioprotezione del personale è la DOSE EQUIVALENTE (Sv) . L'unità di dose equivalente usata per basse esposizioni è il micro-Sievert ( $\mu\text{Sv}$ ).

In generale, si distingue fra due categorie di effetti:

- 1) effetti non stocastici (o deterministici)
- 2) effetti stocastici (o probabilistici)

Nel seguito, sono riportati due esempi dell'una e dell'altra categoria:

Gli effetti si manifestano solo al disopra di una certa dose "soglia" e la loro entità cresce con la dose

1) Effetti non stocastici → cataratta **ALTE DOSI; EFFETTI A SOGLIA**

2) Effetti stocastici → cancro **BASSE DOSI, NESSUNA SOGLIA, MA PROBABILITÀ DI MANIFESTARSI**

Gli effetti si manifestano a qualsiasi dose, ma con probabilità crescente con la dose

**AD ESEMPIO, CONSIDERANDO UNA RADIOLOGIA CONVENZIONALE:**

Bassi livelli di dose prodotti ( $\approx \mu\text{Sv}$ )

Il rischio associato alla normale attività lavorativa è l'insorgenza degli effetti stocastici

Gli effetti non stocastici si possono escludere

**3 PRINCIPI FONDAMENTALI DELLA  
RADIOPROTEZIONE**

1. Giustificazione della esposizione
2. Ottimizzazione della radioprotezione
3. Rispetto dei limiti di dose

**IN GENERALE IL SISTEMA DI PROTEZIONE CONTRO LE RADIAZIONI IONIZZANTI HA  
COME OBIETTIVO:**

- 1) PREVENIRE L'INSORGENZA DI EFFETTI NON STOCASTICI
- 2) RIDURRE AD UN LIVELLO ACCETTABILE LA FREQUENZA DEGLI EFFETTI STOCASTICI

Tutto ciò attraverso

- a) Definizione di corrette modalità di lavoro → norme operative adatte a garantire il rispetto dei limiti di dose per i singoli organi (rispetto del punto 1) e per l'esposizione globale (rispetto del punto 2). In generale si possono riassumere in:
  - a1) appropriate schermature
  - a2) appropriati indumenti protettivi
  - a3) adeguata distanza dalla sorgente di radiazioni e dal paziente
  - a4) limitare quanto possibile il tempo passato vicino alla sorgente ed al paziente
- b) Monitoraggio delle dosi assorbite (dosimetri personali)

A titolo di esempio, si riportano delle norme operative generali da osservarsi in Sala Operatoria:

#### NORME OPERATIVE PER L'ESECUZIONE DI ESAMI RX IN S.O.

- I) Non reggere il paziente durante l'esame, ma, finché possibile, usare i dispositivi di immobilizzazione. In mancanza di alternative, non designare a tale scopo donne incinte e persone minori di anni 18. Non designare inoltre un singolo lavoratore, ma dividere il compito fra più persone.
- II) Deve essere evitata l'esposizione delle mani al fascio diretto; in caso di dimostrata necessità (ad es. per reggere il paziente), indossare guanti piombati.
- III) Se il tubo RX è usato in modalità grafia, mantenersi ad una distanza dal tubo di almeno 2 m
- IV) Durante gli esami radiografici non reggere la cassetta portapellicola con le mani
- V) Nessuna persona, ad eccezione dei membri dello staff, deve essere presente in S.O. durante l'esecuzione dell'esame RX
- VI) Informare immediatamente il personale addetto alla radioprotezione del personale di situazioni anomale o di emergenza
- VII) Le lavoratrici devono notificare al Responsabile di S.O. il proprio stato di gestazione, non appena accertato
- VIII) Indossare il dosimetro personale ogni volta che si opera con la sorgente radiogena

#### USO DEL DOSIMETRO PERSONALE

Il **dosimetro** è lo strumento con cui si misura la dose equivalente assorbita dal singolo lavoratore.

I lavoratori della Sala Operatoria sono in genere dotati di un dosimetro adatto a misurare la dose globalmente assorbita, cioè un **dosimetro corpo intero**.

I membri dello staff che potrebbero trovarsi con le mani sotto o molto vicino al fascio diretto, sono dotati anche di un dosimetro per misurare la dose alle mani, cioè un **dosimetro per estremità**; sono disponibili di due tipi, ad anello e a bracciale.

Vale la pena elencare alcune raccomandazioni particolari sull'uso del dosimetro personale.

Il dosimetro assegnato ad ogni lavoratore è strettamente personale ed è responsabilità di ogni singolo operatore sia la sua conservazione che l'uso corretto.

Non manomettere il proprio dosimetro e conservarlo al riparo da fonti di calore e di radiazioni ionizzanti.

Non utilizzare il dosimetro personale al di fuori dell'ambiente lavorativo di questo Ente, né cederlo o prestarlo ad altre persone.

Non esporre volontariamente il dosimetro a sorgenti di radiazioni.

## RIFERIMENTI NORMATIVI

Decreto Legislativo 230/1995 e successive modificazioni ed integrazioni

**LAVORATORI ESPOSTI CAT. B :**  $1 \div 6$  mSv /anno per esposizione globale

**LAVORATORI ESPOSTI CAT. A :**  $6 \div 20$  mSv /anno per esposizione globale

**LAVORATORI NON ESPOSTI :**  $< 1$  mSv /anno per esposizione globale

## RADIAZIONI NON IONIZZANTI (LASER)

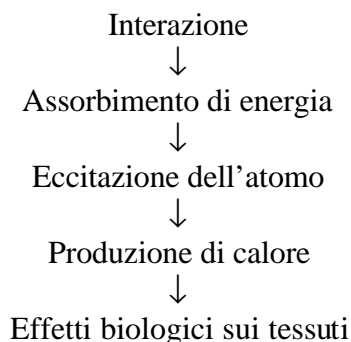
LUCE LASER: può essere luce visibile, infrarossa (IR) o UV. Questa luce differisce da quella normale delle lampade per la modalità di produzione (emissione stimolata, anziché luce termica). La luce emessa da una lampada si propaga in tutte le direzioni e contiene diversi colori (frequenze); la luce laser viene invece emessa in un'unica direzione e contiene praticamente un solo colore (monocromatica). Pertanto l'energia della radiazione, che nel caso della normale luce è sparpagliata su tutte le direzioni e su molte frequenze, nel caso del laser è invece concentrata in una unica direzione e in una unica frequenza. Si ha quindi un fascio di luce estremamente direzionato con una densità di energia che può essere anche molto elevata (bisturi laser).

CLASSIFICAZIONE : la classificazione in quattro classi (che verrà modificata nel corso del 2003) è essenzialmente determinata dalla potenza del laser.

- CLASSE 1 → meno pericolosa, laser intrinsecamente sicuri
- CLASSE 2
- CLASSE 3/A
- CLASSE 3/B
- CLASSE 4 → più pericolosa, laser di potenza

Ad esempio, questi sono i laser usati in S.O. come bisturi

### Effetti biologici



La capacità di penetrazione, e quindi i suoi effetti biologici, sono limitati agli organi superficiali → Occhi  
Cute

- Quattro tipi di effetti:
- 1) effetti termici
  - 2) effetti fotochimici
  - 3) effetti meccanici
  - 4) effetti biostimolanti



- 1) effetti termici → ustioni a carico della cute e dell'occhio.  
La radiazione laser è sempre prodotta in fasci molto collimati, quindi la lesione è sempre circoscritta ad un'area limitata del tessuto colpito.
- 2) effetti fotochimici → fotosensibilizzazione, effetto mutageno ed oncogeno.  
Effetto mutageno più accentuato per il tessuto cutaneo.
- 3) effetti meccanici → dovuti alla pressione esercitata dalla radiazione laser sui substrati materiale, includono distacco della retina e rottura dei vasi retinici e corioidei  
Effetto maggiormente accentuato per i laser ad impulsi.
- 4) effetti biostimolanti → stimolazione del metabolismo cellulare dei tessuti irradiati  
Effetto che si manifesta solo per i laser a emissione continua (soft laser).

I primi tre effetti sono quelli responsabili di un eventuale danno agli operatori + rischi accessori

### RIASSUNTO DEGLI EFFETTI BIOLOGICI

<u>Regione dello spettro</u>	<u>Occhi</u>	<u>Pelle</u>
UV da 200 nm a 280 nm (C)	Fotocheratite	Eritema Accelerazione del processo di invecchiamento della pelle
UV da 280 nm a 315 nm (B)		Aumento della pigmentazione
UV da 315 nm a 400 nm (A)	Cataratta fotochimica	Annerimento del pigmento
Visibile da 400 nm a 780 nm	Lesione fotochimica e termica della retina	Reazioni fotosensitive
IR da 780 nm a 1400 nm (A)	Cataratta, bruciatura della retina	Bruciatura della pelle
IR da 1,4 µm a 3,0 µm (B)	Infiammazione acquosa, cataratta, bruciatura della retina	
IR da 3,0 µm a 1 mm (C)	Bruciatura della sola cornea	

### RIASSUNTO DEI RISCHI ACCESSORI

- 1) CONTAMINAZIONE ATMOSFERICA da gas provenienti dai laser (per i sistemi laser a circolazione di gas) e dalla vaporizzazione dei tessuti.
- 2) RADIAZIONE COLLATERALE UV, visibile o IR emessa da vari componenti del sistema e la RADIAZIONE DIFFUSA (particolarmente pericolosa per laser IR).
- 3) PERICOLI ELETTRICI
- 4) AGENTI CRIOGENI
- 5) PERICOLO DI INCENDIO da gas anestetici, resine metacrilate e plastiche

## MISURE DI SICUREZZA

Classi 2 e 3A	Impedire visione diretta Eventuale uso di DIP
Classi 3B e 4	Impedire visione diretta e riflessioni speculari Uso di protezioni oculari e indumenti protettivi Uso del laser solo in zone controllate Uso di un “tappo” sul tragitto del fascio laser quando non in uso, installato in modo permanente sull'apparecchio Connettore di blocco a distanza Comando a chiave Segnali di avvertimento sonori e visivi

**NB:**

Per laser di classi 3B e 4 il pericolo può estendersi anche a distanza considerevole

Si definiscono:

Distanza Nominale di Rischio Oculare (DNRO)

Zona Nominale di Rischio Oculare (ZNRO)

## NORMATIVA TECNICA

### NORME CEI

76 – 1

76 – 1284 G

76 - 2