

Tutti i **rischi** compresi quelli **fisici** possono essere divisi in due grandi categorie:

- ***Rischi per la sicurezza:*** possono causare danni immediati (infortuni) sono tipici degli impianti elettrici, apparecchi a pressione dei gas compressi, gas/liquidi criogeni,ect...

- ***Rischi per la salute:*** possono produrre effetti negativi sulla salute dell'individuo esposto (malattie professionali), per alcuni agenti anche per la progenie, per effetto genotossico e teratogeno. Sono le radiazioni ionizzanti, le non ionizzanti, ventilazione e climatizzazione dei locali, illuminazione, rumore e vibrazioni. I danni per la salute sono posticipati nel tempo.

# Rischi di incendio

La combustione di una sostanza è una ossidazione in cui l'energia calorica sprigionata, quando è visibile, costituisce il FUOCO. Quest'ultimo proviene anche da reazioni tra certi ossidanti e riducenti o tra certi composti e l'acqua.

## Elementi indispensabili

- Combustibile
- Comburente
- Innesco (sorgente di accensione)

## Caratteristiche di infiammabilità

- Punto di infiammabilità (flash point)
- Temperatura di autoaccensione

L'esplosione può essere provocata da:

- Decomposizione di sostanze a carattere esplosivo
- Incendio di miscele di aria con gas infiammabili o di polveri di prodotti combustibili, in presenza di sorgenti di innesco.



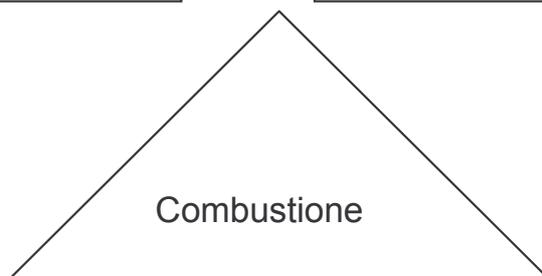
Lancia antincendio



estintore

comburente

combustibile



energia



Idrante a muro

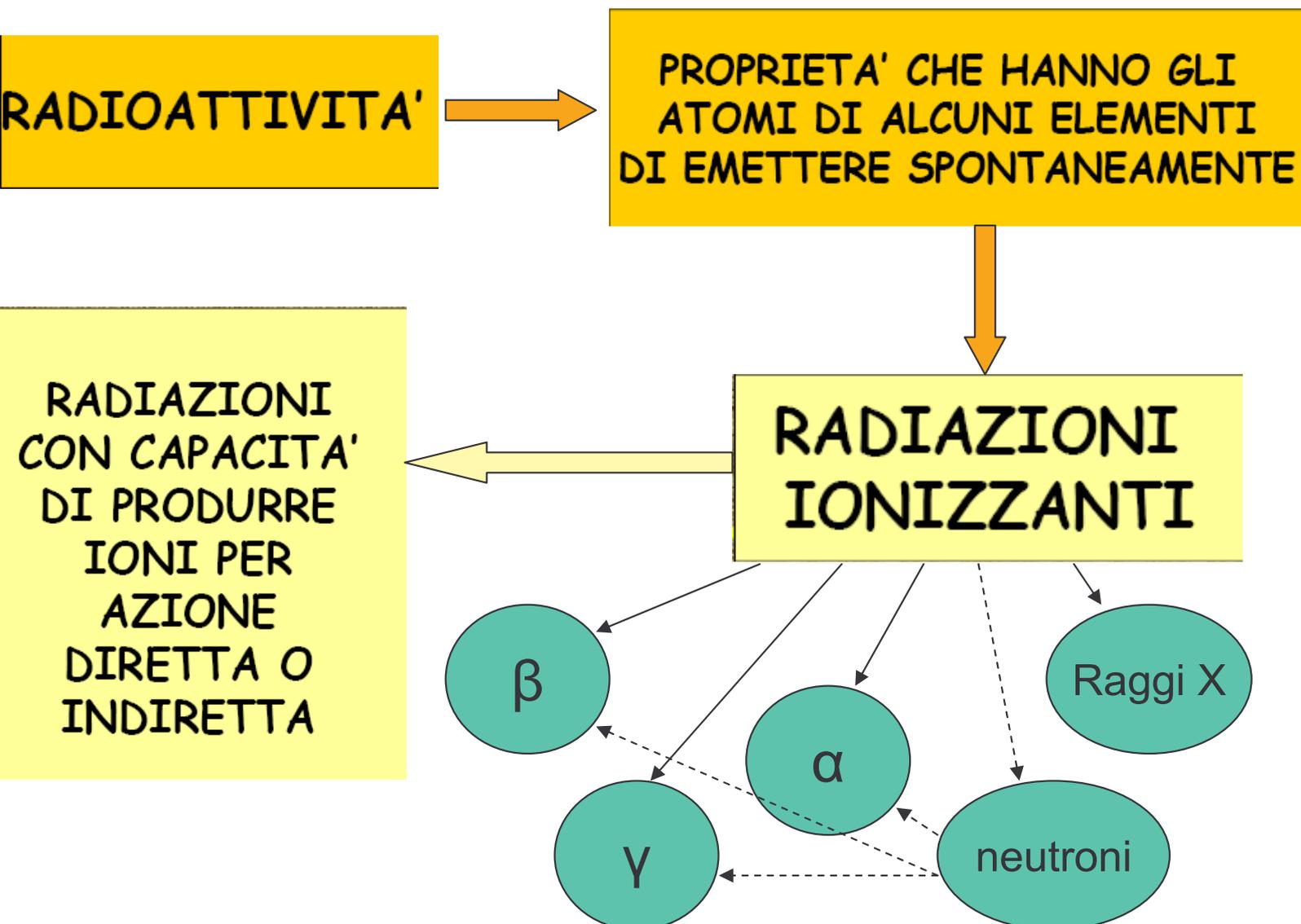


allarme antincendio

## Le radiazioni ionizzanti

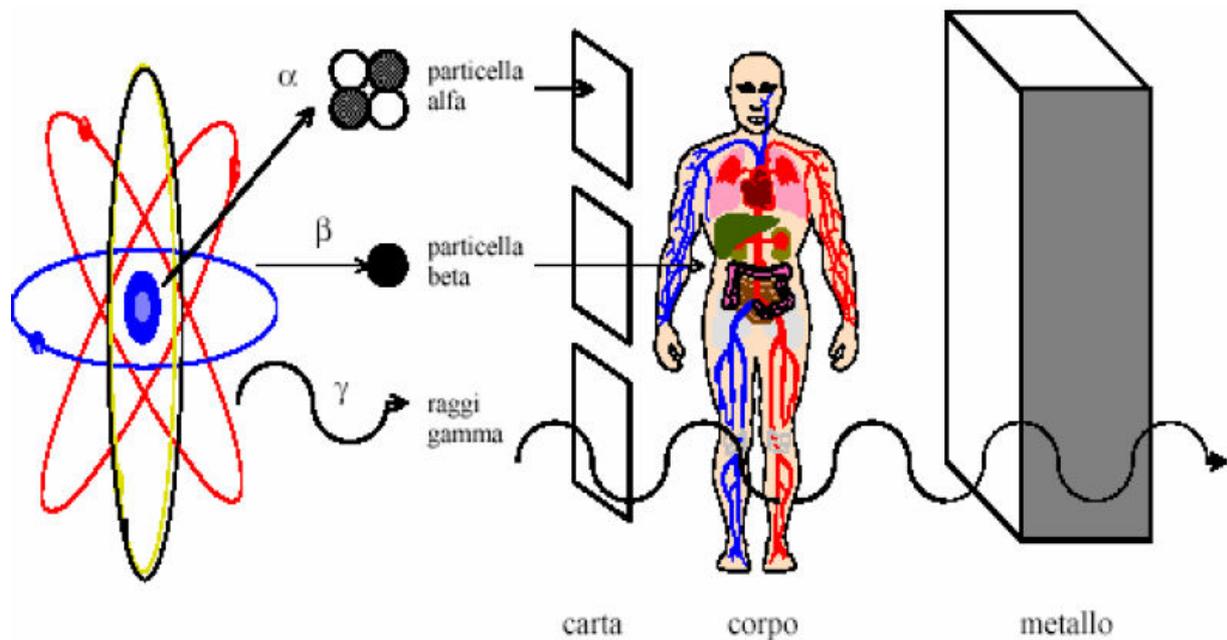
Con il termine radiazioni ci si riferisce a tutti i tipi di emissione (luce di una lampada, calore di una fiamma, sorgente radioattiva).

Caratteristica comune è il trasporto di energia che viene ceduta quando la radiazione attraversa la materia



Radiazione direttamente ionizzanti  
(particelle cariche: elettroni, particelle alfa e beta)

Radiazioni indirettamente ionizzanti (fotoni:raggi X e raggi  $\gamma$  )



**Particelle alfa:** penetrazione molto limitata nell'aria. Un semplice foglio di carta è sufficiente per fermarle

**Particelle beta:** penetrazione limitata. Percorrono qualche metro nell'aria. Un foglio di alluminio di alcuni mm è sufficiente ad arrestarle

**Raggi X o gamma:** penetrazione molto elevata.. In funzione dell'energia possono arrivare a centinaia di metri nell'aria. Alcuni cm di piombo permettono di schermarle

## Gli effetti

Aumento della temperatura

Eccitazione

**Ionizzazione**

# RISCHI NELL'USO DI MATERIALE RADIOATTIVO

L'UOMO PUÒ ESSERE ESPOSTO ALLA RADIOATTIVITÀ IN DUE MODI



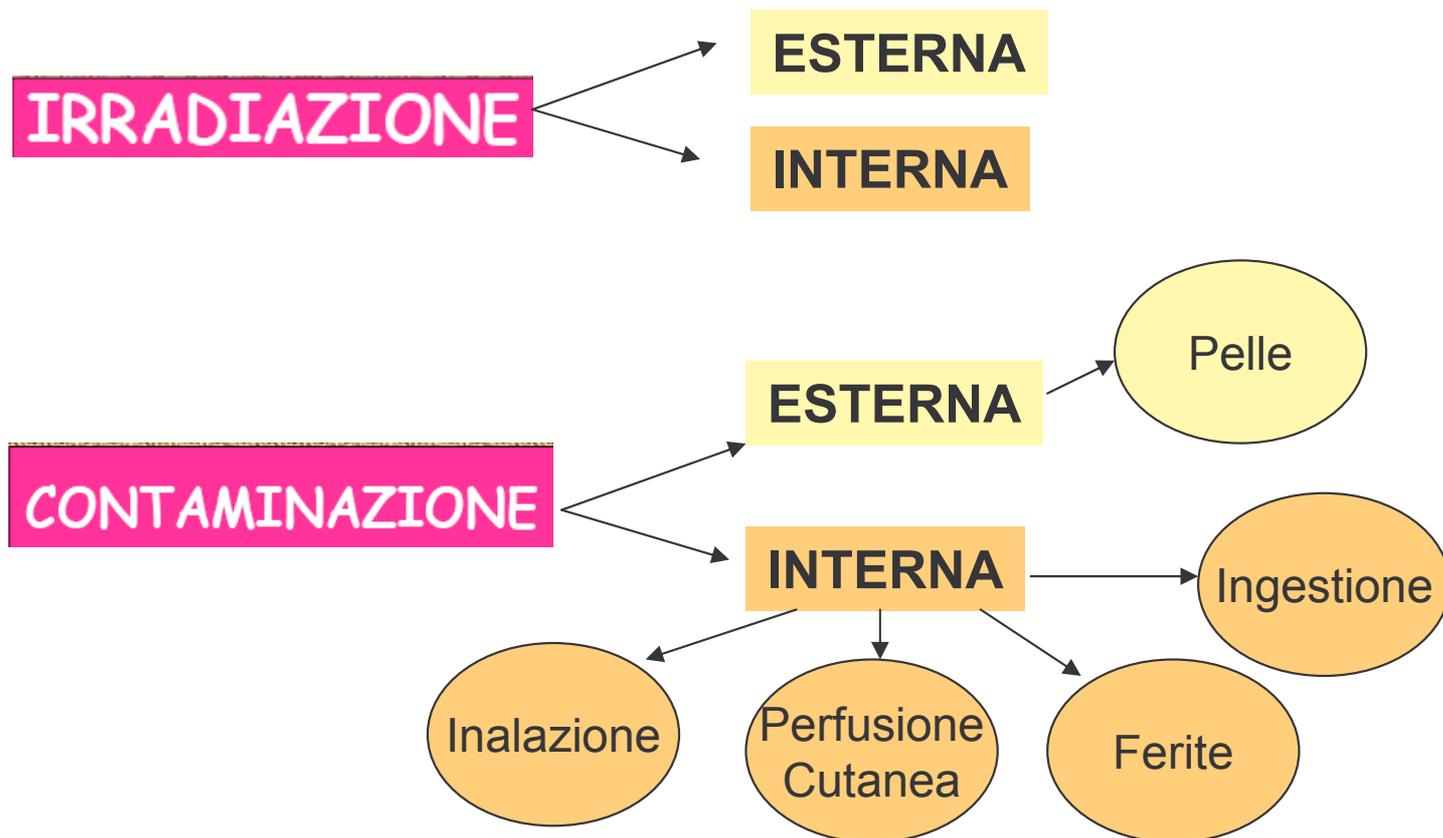
## ESPOSIZIONE ESTERNA

quando l'individuo si trova sulla traiettoria delle radiazioni emesse da una sorgente radioattiva situata all'esterno dell'organismo



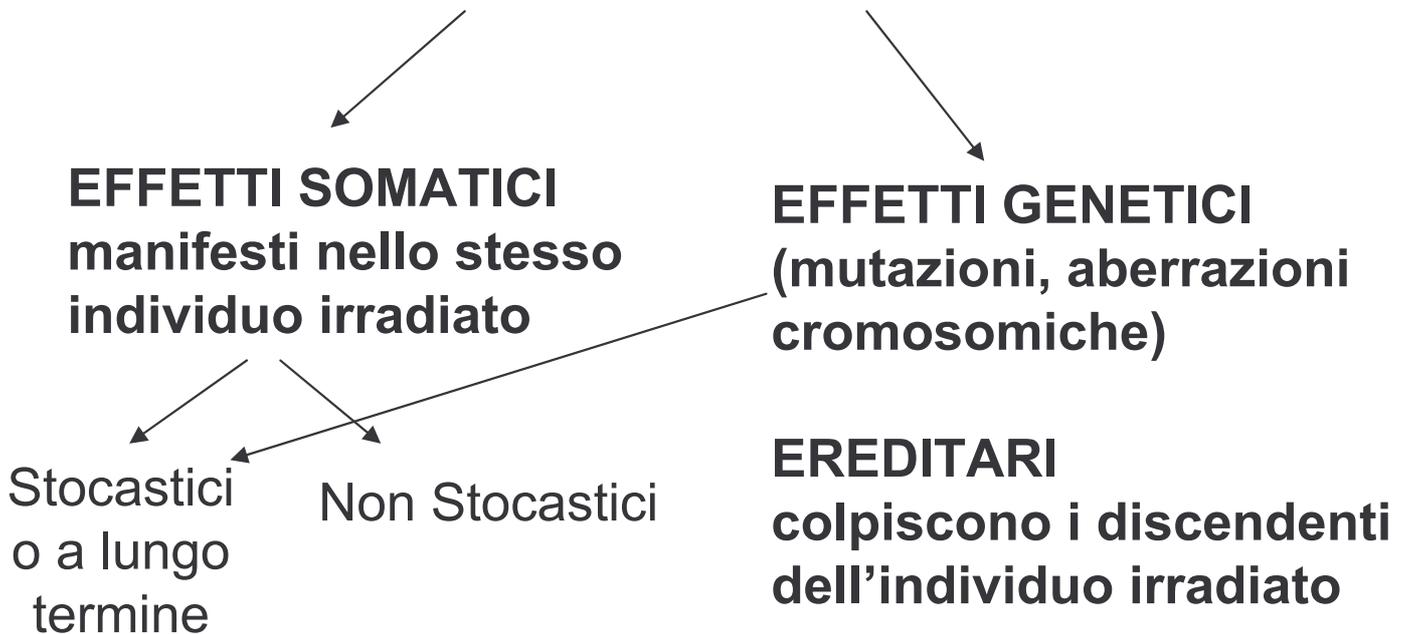
## ESPOSIZIONE INTERNA

quando la sorgente radioattiva si trova all'interno dell'organismo a causa di inalazione e/o ingestione o per introduzione attraverso una ferita



# EFFETTI DELLE RADIAZIONI IONIZZANTI

## EFFETTI PATOLOGICI



Per comodità di esposizione, possono essere raggruppati in 4 classi di differenti caratteristiche cliniche e di diverso significato sanitario generale

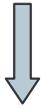
**EFFETTI IMMEDIATI** → **Sull'individuo irradiato**

**EFFETTI TARDIVI** → **Sull'individuo irradiato**

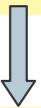
**EFFETTI EREDITARI** → **Sulla progenie  
dell'individuo irradiato**

**EFFETTI** → **Sulla prima generazione  
dell'individuo irradiato**

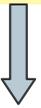
**DANNI IMMEDIATI**



**FREQUENZA e  
GRAVITA'  
VARIANO CON  
LA DOSE**

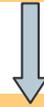


**DOSE SOGLIA  
INDIVIDUABILE**

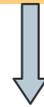


**RADIODERMITE  
CATARATTA  
STERILITA'  
SINDROME ACUTA  
DA RAGGI**

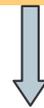
**DANNI STOCASTICI  
SOMATICI e GENETICI**



**PROBABILITA' DI  
ACCADIMENTO  
PROPORZIONALE  
ALLA DOSE**



**NON ESISTE UNA  
DOSE SOGLIA**



**DISTRIBUZIONE  
CASUALE  
COMPARSA DOPO  
ANNI**



**LEUCEMIE  
TUMORI  
MALATTIE  
EREDITARIE NELLA  
PROGENIE**

# SENSIBILITÀ dei DIVERSI TESSUTI o LINEE CELLULARI

LEGGE di BERGONIE' e TRIBONDEAU

la radiosensibilità di un tessuto è direttamente proporzionale all'attività mitotica e inversamente proporzionale al grado di differenziazione delle sue cellule

ORGANO/TESSUTO	CELLULE	SENSIBILITA'
Linfoghiandole milza timo	Linfociti	ELEVATA
Testicolo	Spermatogoni	
Ovaio	Cellule uovo follicoli immaturi	
Midollo osseo	Eritroblasti, mielociti, mieloblasti, megacariociti,	
Intestino tenue	Cellule epiteliali	
Cute	Cellule strato germinativo	MEDIA
Annessi cutanei	Cellule follicolo pilifero, Ghiandole sebacee sudoripare	
Occhio	Epitelio del cristallino	
Vasi	Endoteli	
Osso in accrescimento	Cellule cartilaginee, osteoblasti	
Fegato, rene, polmone	Epatociti, endoteli alveolari	SCARSA
Sistema nervoso	Cellule nervose	
Muscolatura	Cellule muscolari	
Connettivo	Cellule connettivali	

# Isotopi

L'isotopo sono atomi di uno stesso elemento che pur avendo lo stesso numero di protoni e quindi di elettroni ( $Z =$  Numero atomico) hanno un diverso numero di neutroni ( $N$ ).

Alcuni ISOTOPI NATURALI e quasi tutti gli ISOTOPI ARTIFICIALI hanno nuclei instabili cioè posseggono un eccesso di energia

L'eccesso di energia viene liberata sottoforma di particelle e/o di radiazioni elettromagnetiche con un processo detto **DECADIMENTO** o **DISINTEGRAZIONE**

Il decadimento può completarsi in tempi assai brevi o molto lunghi. La misura di tale tempo è detta **TEMPO DI DIMEZZAMENTO** o **TEMPO DI VITA MEDIA** cioè il tempo alla fine del quale la metà degli atomi radioattivi inizialmente presenti ha subito una trasformazione spontanea



# Unità di misura delle radiazioni

**becquerel (Bq):** Unità di attività. Corrisponde ad una disintegrazione al secondo;  $1 \text{ Bq} = 27 \text{ pCi}$ .

**curie (Ci):** Questa prima unità era stata usata per descrivere l'intensità di radioattività in un campione di materiale. Un curie è uguale a trentasette miliardi di disintegrazioni al secondo, o approssimativamente alla radioattività di un grammo di radio. Non fa più parte delle unità del Sistema Internazionale. È stata sostituita dal becquerel.

**gray (Gy):** Unità di dose assorbita dovuta a qualsiasi tipo di radiazione. Un'esposizione a 1 gray corrisponde ad una radiazione che deposita un joule per chilogrammo di tessuto animale o di altro elemento.

**rem (röntgen equivalent, man):** Una misura della dose depositata nel tessuto corporeo, mediata in tutto il corpo. Un rem è approssimativamente la dose da qualsiasi radiazione che corrisponde all'esposizione ad un röntgen di radiazione g. Non fa più parte delle unità del Sistema Internazionale. Un rem corrisponde a 10 mSv.

**röntgen or roentgen (R):** Unità di esposizione che misura la capacità di ionizzazione g. Un röntgen produce una carica elettrica (un  $1.6 \times 10^{-19}$  Coulomb ) per  $10^6 \text{ m}^3$  di aria secca a  $0^\circ\text{C}$  e pressione atmosferica. Non fa più parte delle unità del Sistema Internazionale

**sievert (Sv):** Misura di dose (tecnicamente, dose equivalente) depositata nel tessuto corporeo, mediata in tutto il corpo. Corrisponde ad una dose causata da ionizzazione per esposizione a raggi x o gamma che comporta una perdita di energia di 1 joule per chilogrammo di tessuto corporeo (1 gray). Un sievert è equivalente a 100 rem.

# Utilizzo delle radiazioni ionizzanti:

- lab. di radiochimica,
- lab. di radiobiologia e radioimmunologia,
- reparti radiodiagnostici,
- radioterapeutici,
- lab. di fisica,
- microscopi elettronici e a fluorescenza,
- gascromatografi

## SOSTANZE RADIOATTIVE NEI LABORATORI

Sulla base della normativa di radioprotezione,  
i laboratori dove si utilizzano sostanze radioattive

- sono classificati e sorvegliati da **ESPERTI QUALIFICATI** (i lavoratori classificati “esposti” sono soggetti a sorveglianza sanitaria, a seconda della categoria, da parte del **MEDICO COMPETENTE** o del **MEDICO AUTORIZZATO**)

- sono realizzati in ottemperanza a quanto previsto dalla normativa vigente al fine di:

- minimizzare le dosi di R.I. assorbibili dagli operatori
- rendere remota o trascurabile la contaminazione all'esterno che possa implicare rischi per altri lavoratori e per la popolazione

# Radiazioni Ionizzanti

## D.Lgs 230/95 D. Lgs 241/2000

**LAVORATORE ESPOSTO:** Chiunque sia suscettibile, durante l'attività lavorativa, di una esposizione alle radiazioni ionizzanti superiore ad uno qualsiasi dei limiti fissati per le persone del pubblico (1 mSv; 15mSv cristallino; 50mSv pelle)

**LAVORATORE ESPOSTO CATEGORIA A:** suscettibile di un'esposizione superiore in un anno solare a uno dei seguenti valori:

- 6 mSv di dose efficace

- i tre decimi di uno qualsiasi dei limiti di dose equivalente:

per il cristallino (150 mSv/anno solare); per pelle, mani, avambracci, piedi e caviglie (500 mSv/anno solare)

**LAVORATORE ESPOSTO CATEGORIA B:** Lavoratore esposto non classificato in categoria A

**LAVORATORE NON ESPOSTO:** Lavoratori che non sono suscettibili ad una esposizione alle radiazioni ionizzanti superiore a detti limiti



Tab. n.1: limiti e livelli di riferimento di dose per il personale e la popolazione

Classificazione (categoria di rischio individuale)	Limiti dose [mSv/anno]	Sorv. fisica individuale	Visita medica periodica
Lavoratori/trici e studen. Esposti, categ. A	20	Obbligatoria (⊗)	Semestrale (⊕)
Lavoratori/trici e studen. Esposti, categ. B	20 - 6 (*)	A seconda dei casi	Annuale
Lavoratrici e studentesse esposte, cat. A o B	13 mSv in 13 settimane all'addome (§)		
Lavoratori/trici e studenti <b>non esposti</b> *	1	Non obbligatoria	Nessuna
Lavoratori esterni, categoria A	20	Obbligatoria (⊗)	Semestrale (⊕)
Gruppi particolari della popolazione	1	—	—

Fonte: DLgs 230/95 ; Note: (\*) un lavoratore è classificato esposto di categ. B se non è suscettibile di superare 6 mSv/anno, mentre il limite di dose rimane 20; (⊗) per esposizione esterna ed interna, ove il caso; (§) questo limite è aggiuntivo per le donne in età fertile; (⊕) da effettuarsi solo da parte del medico autorizzato.

\* Rischio irrilevante: limite di esposizione uguale a quello della popolazione in generale

*I limiti per i lavoratori non esposti  
coincidono con quelli della popolazione  
e sono 1/10 di quelli degli esposti di cat. A*

**In ogni caso non devono essere superati per anno solare i seguenti limiti:**

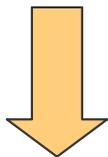
Dose al corpo intero: 50 mSv/anno e 100 mSv in 5 anni;

Dose alle estremità: 500 mSv/anno;

Dose al cristallino: 150 mSv/anno

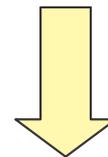
**La normativa (D. Lgs 230/1995 D. Lgs 241/2000) prescrive al datore di lavoro di classificare e segnalare gli ambienti in cui è presente il rischio da esposizione alle radiazioni ionizzanti e regolamentarne l'accesso**

**ZONA  
CONTROLLATA**



**ambiente di lavoro in cui sussistono per i lavoratori in essa operanti le condizioni per la classificazione di lavoratori esposti di classe A**

**ZONA SORVEGLIATA**

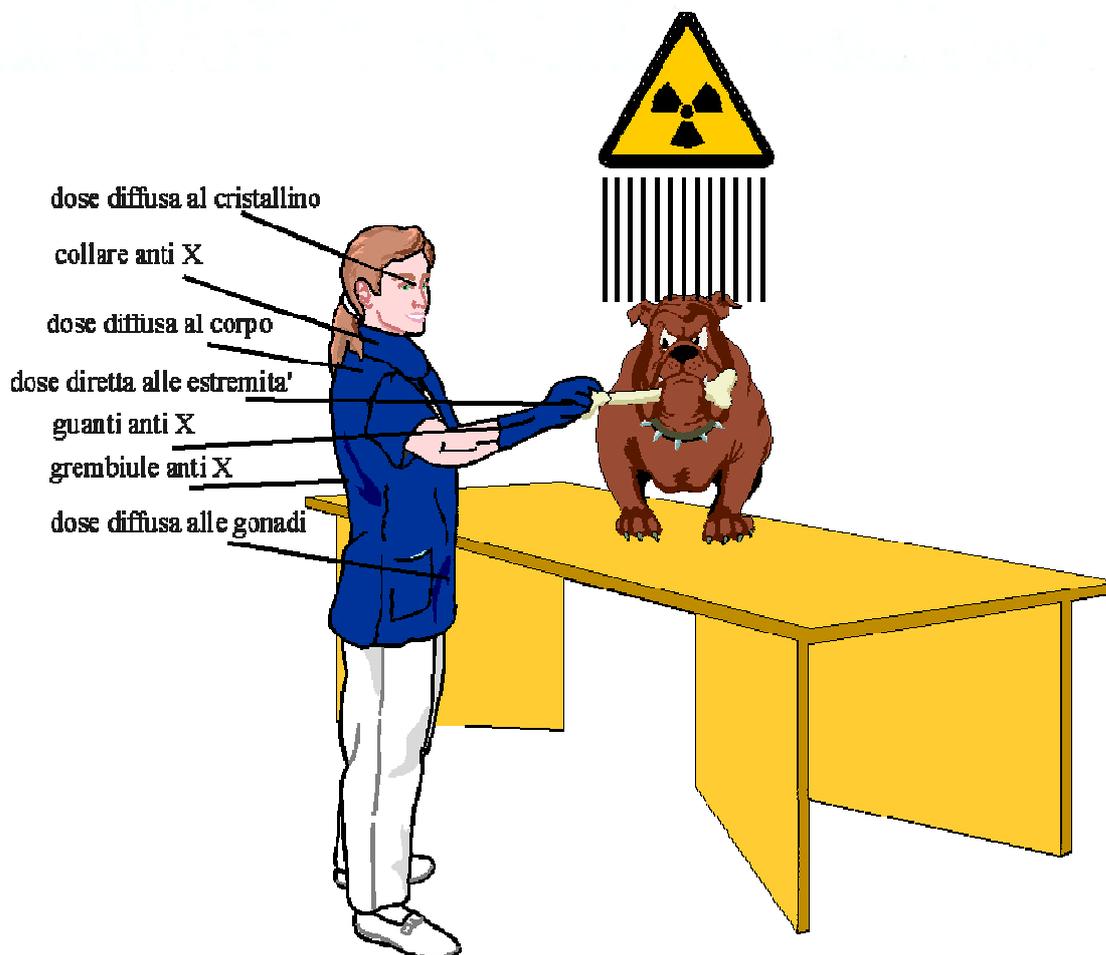


**ambiente di lavoro in cui puo' essere superato in un anno solare uno dei pertinenti limiti fissati per le persone del pubblico e che non e' zona controllata**

# PREVENZIONE

Le principali misure di tutela, che devono essere valutate preventivamente dall'esperto qualificato, si basano sostanzialmente sulla combinazione di tre fattori:

- *adozione di dispositivi fissi o mobili*: schermature, difese contro le contaminazioni, sistemi di ventilazione, segnali di presenza di radiazioni o sostanze radioattive, uso di indumenti protettivi;
- *riduzione del tempo di esposizione*: la dose assorbita è proporzionale al tempo;
- *aumento della distanza dalla sorgente*: la dose assorbita è inversamente proporzionale al quadrato della distanza tra operatore e sorgente  $\gamma$ -emittente; questo fattore riveste particolare rilevanza alle piccole distanze quando l'operatore manipola direttamente le sorgenti di irradiazione (es. provette contenenti sostanze marcate).



## NORME DI RADIOPROTEZIONE

- ✓ E' vietato fumare, bere, mangiare nelle zone sorvegliate;
- ✓ la manipolazione deve avvenire nelle zone protette e su superfici con materiale assorbente da trattare eventualmente come rifiuto radioattivo;
- ✓ usare dpi e solo nelle zone protette evitando di toccare con i guanti telefoni, libri ed altri oggetti;
- ✓ è vietato pipettare soluzioni radioattive con la bocca, utilizzare propipette automatiche;
- ✓ le operazioni che comportano rilascio di vapori, polveri o gas radioattivi vanno fatte sotto cappa;
- ✓ nell'utilizzare materiali radioattivi liquidi usare vassoi o altro per contenere eventuali sversamenti, fare uso di materiale monouso oppure decontaminare prima del riutilizzo;
- ✓ al termine del lavoro effettuare misure di contaminazione personale e del luogo di lavoro in caso di risposta positiva avvisare il preposto;
- ✓ conservare i rifiuti e smaltirli secondo le indicazioni dell'Esperto Qualificato;
- ✓ Effettuare le eventuali decontaminazioni limitando al massimo l'uso di liquidi e l'estensione della zona;
- ✓ in caso di contaminazione persistente rivolgersi al medico competente

# Contenitori in Piombo utilizzati per il trasporto di materiale radioattivo impiegato in diagnostica o terapia

I prodotti radioattivi utilizzati per diagnosi o terapia devono essere trasportati in contenitori in piombo e stivati temporaneamente in un deposito dedicato a cura del personale sanitario addetto



## METODI E SMALTIMENTO

I contenitori in piombo devono essere privati delle fiale in loro contenuti e quindi introdotti nel contenitore metallico utilizzato per lo stivaggio e il successivo trasporto.

Le fiale devono essere introdotte negli appositi contenitori utilizzati per lo smaltimento del materiale radioattivo.

Il simbolo di pericolo radioattivo **deve essere cancellato** con un pennarello indelebile

## LUOGO DI RACCOLTA

Deposito temporaneo autorizzato, in un apposito locale.

Al fine di poter consegnare il piombo ad un'azienda autorizzata, il medico esperto qualificato in fisica sanitaria, certifica che il materiale non è contaminato da sostanze radioattive e quindi la "non pericolosità" dello stesso e la possibilità di riutilizzo



Fig. 2 - Contenitore in Pb di fiale di Iodio 131 in utilizzo

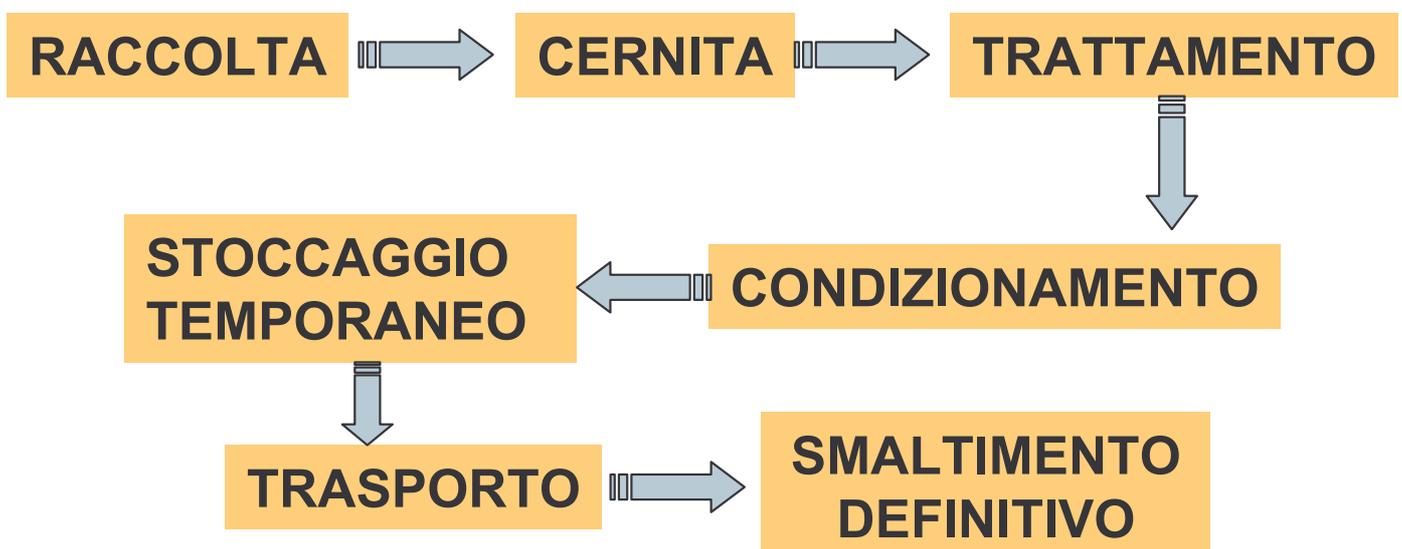


Fig.2 - Contenitore in Pb di fiale di Iodio 131 smaltito

# Rifiuti radioattivi

I rifiuti radioattivi possono essere classificati in tre categorie, sulla base del loro tempo di decadimento:

1. **PRIMA CATEGORIA:** in questa categoria sono classificati i rifiuti radioattivi che, per decadere a concentrazioni di radioattività inferiori ai valori di cui ai commi b) e c) del punto 2 dell'art. 6 del D.M. 14 luglio 19709, richiedono tempi dell'ordine di **mesi**, sino ad un tempo di alcuni **anni**. Questi rifiuti provengono essenzialmente dagli impieghi medici, industriali e di ricerca, che utilizzano generalmente radionuclidi caratterizzati da tempi di decadimento relativamente brevi (tranne alcuni casi specifici quali quelli del  $^3\text{H}$  e de  $^{14}\text{C}$ ) e, nella maggior parte dei casi, inferiori ai 2 mesi.
2. **SECONDA CATEGORIA:** appartengono a questa categoria i rifiuti che richiedono tempi variabili **da qualche decina fino ad alcune centinaia di anni** per raggiungere concentrazioni di radioattività di trascurabile rilevanza (ordine delle centinaia di Bq/g). Questi rifiuti, che necessitano di tempi di confinamento più lunghi dei precedenti, derivano da impianti nucleari e da particolari impieghi medici, industriali e di ricerca.
3. **TERZA CATEGORIA:** rientrano in questa categoria i rifiuti che richiedono tempi di confinamento di alcune **migliaia di anni** per raggiungere concentrazioni dell'ordine di alcune centinaia di Bq/g. In particolare si tratta delle scorie provenienti dagli impianti di trattamento del combustibile irraggiato, dagli impianti di fabbricazione degli elementi dei combustibili e dei rifiuti contenenti emettitori alfa provenienti da laboratori di ricerca scientifica.



**I rifiuti radioattivi ospedalieri**, generalmente appartenenti alla prima categoria, possono essere così schematizzati:

## **1. RIFIUTI LIQUIDI**

1.1. residui di soluzioni somministrate: sono in genere costituiti da piccoli volumi contenuti in flaconi con tappo a tenuta per cui non appare opportuno estrarre il liquido dai contenitori. Si considerano quindi i contenitori stessi come rifiuti solidi da smaltire come tali.

1.2. acque di lavaggio: nella pratica attuale non si esegue un vero e proprio lavaggio della vetreria ma vengono ampiamente impiegati siringhe, provette ed altro materiale a perdere. Tale materiale, anche se contenente piccole quantità di liquido va trattato come rifiuto solido. Nel caso di lavaggio di vetreria od altro materiale contaminato è opportuno immettere le acque di lavaggio nel sistema di vasche di decadimento. I residui di lavaggio dei laboratori di Radioimmunologia vanno trattati come rifiuti radioattivi liquidi e quindi immessi in opportuni contenitori (doppio contenimento: primo contenitore stagno, materiale di assorbimento con capacità pari al volume del rifiuto, secondo contenitore metallico).

1.3. siero o liquido biologico marcato: in genere viene rimosso con l'aspirazione del surnatante nelle operazioni di laboratorio e va considerato come rifiuto liquido.

## 2. RIFIUTI SOLIDI:

2.1. rifiuti solidi di cui sopra (flaconi; provette; ecc.);

2.2. rifiuti solidi derivanti dall'uso di sorgenti radioattive non sigillate: sono per la maggior parte costituiti da guanti monouso, siringhe, provette, flaconi, materiale di decontaminazione e materiale contaminato;

2.3. colonne di resina e scambio ionico: i generatori utilizzati per l'eluizione di radionuclidi non più utilizzabili per l'impiego medico sono da considerarsi come rifiuto radioattivo solido;

2.4. sorgenti radioattive sigillate fuori uso: possono essere comprese in questa classe di rifiuti le sorgenti terapeutiche decadute e le sorgenti utilizzate per la calibrazione di strumenti.

Tale categoria di rifiuti sono in genere costituite da radionuclidi ed emivita media e lunga per cui il rifiuto va considerato di seconda categoria ed allontanato seguendo le idonee procedure. A proposito di tali rifiuti occorre rilevare che spesso sorgenti in disuso sono conservate per lunghi periodi anche se definitivamente poste fuori uso, con un conseguente inaccettabile rischio legato alla detenzione senza utilizzo.

Nel caso di rifiuti radioattivi provenienti da strutture sanitarie è, inoltre, indispensabile tenere conto dei rischi di ordine infettivo per cui i rifiuti radioattivi che contengono o sono contaminati da materiale biologico con presenza di agenti patogeni, possono essere sottoposti ad un trattamento di disinfezione prima delle successive fasi gestionali.

Eventuali procedimenti di sterilizzazione, condotti sotto il controllo dell'esperto qualificato, andranno effettuati qualora ritenuti strettamente necessari e giustificati, tenuto conto anche del rischio di contaminazione radioattiva e di esposizione per i lavoratori che detti procedimenti comporterebbero.



I rifiuti radioattivi devono essere **registrati in carico e scarico** con l'indicazione della sostanza marcata e dei solventi, l'eventuale pericolosità (anche batterica o virale) delle sostanze immesse nei contenitori, stato fisico, gruppo di radiotossicità.

Inoltre ai contenitori dovrà essere applicata apposita **etichettatura**.



I rifiuti radioattivi devono essere conferiti a terzi autorizzati alle attività di raccolta, trasporto, deposito e trattamento dei rifiuti radioattivi.

## SEGNALETICA DI SICUREZZA



**DIVIETO DI ACCESSO  
ALLE PERSONE NON  
AUTORIZZATE**



**VIETATO FUMARE O  
USARE FIAMME LIBERE**



**RADIAZIONI  
IONIZZANTI**



**ATTENZIONE  
MATERIALE  
RADIOATTIVO**



**ATTENZIONE  
RIFIUTI  
RADIOATTIVI  
SOLIDI**

# PERDITE E SVERSAMENTI DI SOSTANZE RADIOATTIVE

## RISCHIO RADIOATTIVO MINORE

- Notificare l'accaduto subito a tutte le altre persone presenti nell'area
- Impiegare pochi soggetti per gli interventi da effettuare
- Contenere il versamento immediatamente

### s. liquidi

- Indossare guanti protettivi
- Asciugare con carta assorbente

### s. solidi

- Indossare guanti protettivi
- Inumidire il versamento senza diffondere la contaminazione

# PERDITE E SVERSAMENTI DI SOSTANZE RADIOATTIVE

## RISCHIO RADIOATTIVO MAGGIORE

- Notificare l'accaduto subito a tutte le altre persone presenti nell'area
- Se si tratta di liquido raddrizzare il recipiente
- Se è stata contaminata della cute sciacquare abbondantemente la parte
- Se sono stati contaminati abiti liberarsene subito
- Bloccare flussi d'aria provenienti da sistemi di condizionamento
- Evacuare l'area
- Notificare l'accaduto
- Seguire le procedure di decontaminazione del personale esposto e dell'ambiente se necessarie (gli operatori coinvolti devono indossare i DPI)
- Non riprendere l'attività lavorativa
- Elaborare una completa storia dell'incidente e dell'attività praticata

## **Incidenti rilevanti con sostanze radioattive (gas, vapori, polveri, nebbie...)**

- Evacuare l'area
- Notificare l'accaduto
- Spegnerne il sistema di condizionamento
- Accertarsi che gli accessi all'area contaminata siano chiusi
- Non riprendere l'attività lavorativa
- Elaborare una completa storia dell'incidente e dell'attività praticata
- Identificare la causa
- Monitorare tutti coloro che risultano coinvolti

## **Lesioni provocate a personale che operava con sostanze radioattive**

- Lavare abbondantemente con acqua corrente pulita la parte
- Notificare l'accaduto (ferita, ingestione, inalazione...)
- Avvertire il medico
- Non riprendere l'attività lavorativa prima che sia stata autorizzata
- Elaborare una completa storia dell'incidente e dell'attività praticata

# RADIAZIONI NON IONIZZANTI



Tutte quelle forme di radiazioni elettromagnetiche il cui meccanismo di interazione con gli organismi viventi è diverso da quello delle radiazioni ionizzanti. Comprendono gran parte dello spettro elettromagnetico:

- Campi elettrici e magnetici statici
- Radiazione elettromagnetica
- Extremely low frequency (ELF)
- Radiofrequenze (RF): onde radio, microonde
- Radiazione ottica: infrarosso (IR), ottica visibile, ultravioletti, laser
- Ultrasuoni e infrasuoni

*Non esiste per queste radiazioni una norma organica, ad eccezione di alcuni decreti specifici, in particolare, per gli ambienti di vita (livelli di campo per gli elettrodotti, impianti radio-base, ecc.)*

# RADIAZIONI NON IONIZZANTI

Tab n.4: Principali impieghi delle radiazioni non ionizzanti

Sigla	Frequenza [v]	Applicazioni	Produzione e potenziali esposti
→ Ultrasuoni	0,15 – 15 MHz	Medicina, ricerca, industria alimentare	ricerca biologica
ELF	0 – 3 kHz	Telefonia	-
VLF	3 – 30 kHz	-	-
LF + MF	30 kHz 3 MHz	Saldatura, fusione, sterilizzazione, emissioni radio, telecomunicazioni	Industria legno, gomma, alimentare e automobile
HF	3 – 30 MHz	Riscaldamento, essiccamento, incollaggio, saldatura, polimerizzazione, sterilizzazione, medicina, emissioni radio, radioastronomia	Ingegneri e tecnici elettronici, addetti ai radar e alla manutenzione, forni a radiofrequenza – personale medico e paramedico in diatermia a onde corte
VHF	30 – 300 MHz	v. sopra, TV, traffico aereo, radar	ricerca, ingegneri e tecnici elettronici
UHF	300 MHz – 3 GHz	TV, radar meteorologici, ponti radio, telemetria, medicina, forni MW,	ricerca, ingegneri e tecnici elettronici, personale medico e paramedico, addetti alla manutenzione
SHF	3 – 30 GHz	Radar, comunicazioni satellitari, ponti radio a microonde	Operatori dei trasmettitori radio, TV e radar
EHF	30 – 300 GHz	Radioastronomia, radiometria, spettroscopia a MW	Guardia costiera e ricerche meteorologiche, operatori della ricerca
→ IR	0,3 – 385 THz	-	ricerca biologica

Sigla	Frequenza [v]	Applicazioni	Produzione e potenziali esposti
Visibile	385 – 750 THz	-	-
→ UV	750 – 3.000 THz	Sterilizzazione, studi sui danni delle cellule e materiali	ricerca biologica e medica

fonte: AAW, Medicina del lavoro, ed. Monduzzi, 1996

Le interazioni delle radiazioni elettromagnetiche con la materia non sono riconducibili ad un unico processo elementare. Diversi sono i meccanismi di interazione ed i conseguenti effetti determinati dalle radiazioni sulle strutture biologiche.

Vanno tenuti ben distinti 3 livelli di azione con diverso significato

1	Strutture biologiche elementari risultano perturbate senza che ciò si traduca in effetto clinicamente o soggettivamente apprezzabile
2	Effetto biologico, reversibile, in strutture superiori rispetto a quelle molecolari, evidenziabili strumentalmente o anche clinicamente o percepito dal soggetto
3	Danno biologico manifesto sul piano clinico, che persiste per tempi lunghi o permanentemente dopo la cessazione dello stimolo; si manifesta con modificazioni morfologiche o funzionali se l'effetto biologico supera i limiti di efficacia dei meccanismi di adattamento e di compenso dell'organismo

# Effetti delle microonde sull'uomo

L'energia assorbita dai tessuti biologici può produrre, superati taluni livelli di esposizione, effetti a breve termine di:

- **natura termica**: opacità del cristallino, con una soglia:  $>100-150 \text{ mW/cm}^2$  e potenziale effetto cumulativo; lesioni testicolari, in discussione con soglia:  $> 0,5 \text{ kW/m}^2$ .
- **natura non termica** (ruolo concasuale) - **stimolazione di organi eccitabili elettricamente**: s. astenica; s. astenico-vegetativa vascolare; s. diencefalica;
- **elettrocuzione e bruciature**, in caso di contatto, correnti  $>50 \text{ mA}$ ;
- **altri effetti a lungo termine** (non dimostrati): insorgenza di **tumori e neoplasie cerebrali**.

## MICROONDE (MW) E A RADIOFREQUENZE (RF) EFFETTI SANITARI ACCERTATI O IPOTIZZATI

EFFETTI  
TERMICI

EFFETTI  
STOCASTICI

EFFETTI  
NON TERMICI

Caratterizzati da trasformazione in calore nei tessuti biologici di parte dell'energia associata ad un'onda elettromagnetica

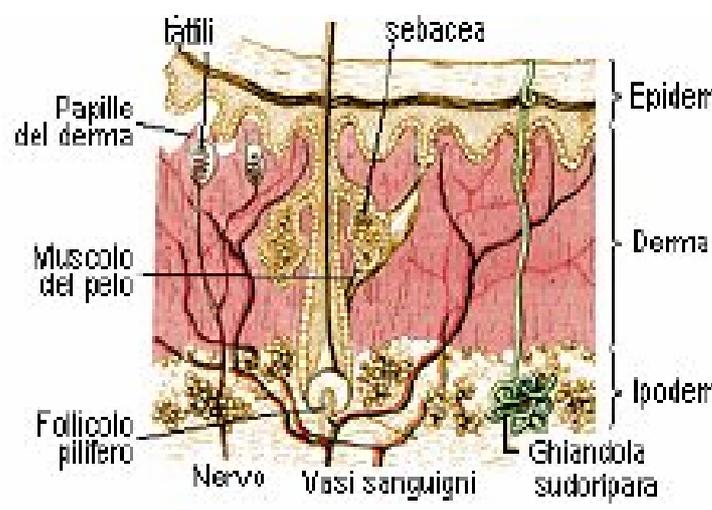
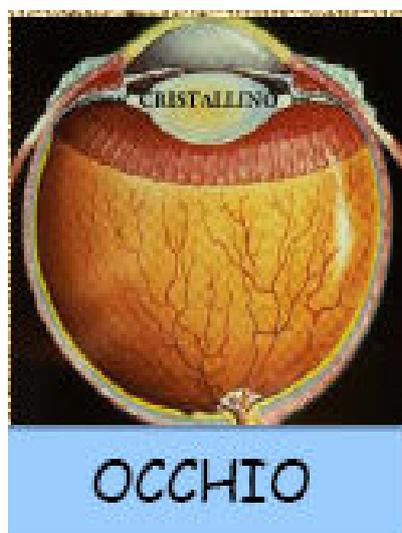
Si manifestano anche per valori di potenza dissipata molto più bassi ed in genere collegati a disturbi soggettivi

# Effetti delle radiazioni U.V., ottiche e IR sull'uomo

Tab. n.8: Effetti biologici delle radiazioni UV, ottiche e IR

$\lambda$ (nm)	Spettro	occhio	pelle
100-400	UV	Interessano cornea e cristallino, dove sono assorbiti; Fotocheratiti e Cataratta	Eritema; Invecchiamento precoce; Cancro; Abbronzatura
400-480	Blu	Si concentra sulla retina, che è molto sensibile al blu	--
400-780	Visibile	--	--
780-2000	IR	Retina, cornea e cristallino	Bruciate

Fonte: Health Physics Radiation Handbook, B. Shleien, 1992



## SORGENTI DI RADIAZIONE ULTRAVIOioletta NEI LABORATORI

Area di utilizzo	Sorgente
Chimica	<ul style="list-style-type: none"><li>•Girello 4 lampade fluorescenti verticali</li><li>•Lampada ad alta pressione di Hg</li><li>•Visore lastrine 254nm</li></ul>
Genetica e Microbiologia	<ul style="list-style-type: none"><li>•Transilluminatore (lampadaa fluorescenza)</li><li>•Transilluminatore con apparato fotografico</li><li>•Cappa germicida</li><li>•Cappa sterile</li></ul>
Biologia	<ul style="list-style-type: none"><li>•Lampada stabulario</li></ul>

### CAPPA STERILE-LAMPADA GERMICIDA

largamente utilizzate nei laboratori installate su cappe a flusso laminare o cappe biologiche. Lo scopo è quello di sterilizzare ambienti confinati, in genere superfici.

POSSIBILE  
ESPOSIZIONE



MANI-OCCHI-VISO

### GIRELLO CON 4 LAMPADe VERTICALI FLUORESCENTI

per indurre reazioni fotochimiche analitiche; l'operatore si limita a predisporre nel girello il campione da utilizzare e ad accendere le lampade

POSSIBILE  
ESPOSIZIONE



MANI-OCCHI-VISO

**LA RADIAZIONE LASER**, per le peculiari caratteristiche di elevata collimazione del fascio può cedere una notevole quantità di energia all'ostacolo intercettato lungo il proprio percorso anche se il sistema ha una potenza media

L'IMPIEGO DI SISTEMI LASER è ampiamente diffuso in ambito industriale, sanitario e di ricerca.

## **SISTEMI LASER IN LABORATORI DI RICERCA**

### **APPLICAZIONI DI TIPO FISICO:**

per ricerche di ottica o spettroscopia per le quali è necessario che il fascio libero, con eventuali sistemi di focalizzazione si propaghi sul banco ottico

### **ATTIVITA' DI TIPO BIOLOGICO:**

LASER spesso accoppiato ad ottiche di ingresso per ricerche in microscopia di tessuti biologici

### **ATTIVITA' DI TIPO INGEGNERISTICO:**

l'attività di ricerca può consistere nell'assemblare sistemi prototipo anche di elevata potenza



La grande varietà di lunghezze d'onda, energie e caratteristiche d'impulso dei laser e sistemi che includono laser e delle applicazioni e dei modi di impiego di tali sistemi, rendono indispensabili, ai fini della sicurezza, il loro raggruppamento in categorie o classi di pericolosità

È stato introdotto un nuovo parametro chiamato **LIMITE di EMISSIONE ACCETTABILE (LEA)** che descrive i livelli di radiazione emergente da un sistema laser, la cui valutazione permette la collocazione dell'apparecchio nell'opportuna categoria di rischio

Sono state individuate le seguenti classi:

1, 2, 3A, 3B e 4

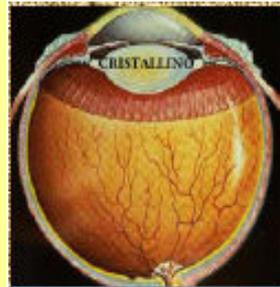
con indice di pericolosità crescente con il numero di classe

# EFFETTI BIOLOGICI DELLA RADIAZIONE LASER

L'OCCHIO per la sua configurazione anatomofunzionale e per il suo comportamento ottico è l'organo più vulnerabile nei confronti della luce laser e rappresenta pertanto l'organo critico per eccellenza.

A seconda della radiazione ottica (ultravioletto 100-400nm, visibile 400-760nm, infrarosso 760 nm-1 mm) e dell'intensità di dose si possono avere diversi tipi di danno a carico di questo organo:

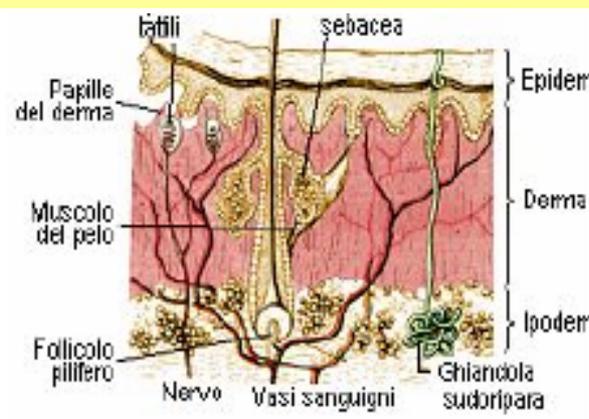
- Danni retinici di natura fotochimica
- Alterazioni retiniche caratterizzate da piccoli addensamenti di pigmento
- Discromie
- Effetti catarattogeni di origine fotochimica e termica
- Fotocheratocongiuntivite
- Ustioni corneali



OCCHIO

eventuale danno a carico della cute:

eritemi, ustioni superficiali e profonde la cui gravità sarà in rapporto oltre che alla energia calorica incidente, al grado di pigmentazione, all'efficienza dei fenomeni locali di termoregolazione, alla capacità di penetrazione nei vari strati



# Il Rumore

✓ *RUMORE: SUONO CHE RISULTA SGRADITO ALLA NOSTRA PERCEZIONE*

Grandezze fondamentali del fenomeno sonoro

**LIVELLO DI PRESSIONE SONORA**

$$L_p = 10 \lg (p^2 / p_{\text{rif.}}^2)$$

**dB**



Valore efficace  
della pressione  
sonora Pa



Pressione di riferimento  
 $20 \times 10^{-6}$  Pa

✓ Misura della pressione sonora  
(e quindi indirettamente del livello):

**FONOMETRO**

NEGLI AMBIENTI DI LAVORO LE MISURE SI FANNO  
SEMPRE IN MODALITA'

$L_{EQ}$



## LIVELLO SONORO CONTINUO EQUIVALENTE

Valore medio in termini energetici della pressione sonora

- Quello che interessa è misurare l'energia associata al rumore ovvero la **dose**
- Tale dose viene normalizzata alle **8 ore** lavorative giornaliere

## LIVELLO DI ESPOSIZIONE PERSONALE QUOTIDIANA AL RUMORE

Il livello sonoro continuo equivalente che persistendo per le 8 ore di lavoro convenzionali trasmette al lavoratore esposto la stessa quantità di energia che il medesimo lavoratore ha assorbito nel tempo reale di esposizione  $T_e$ .

Nel caso il soggetto sia sottoposto a livelli di esposizione molto variabili nelle diverse giornate della settimana si definisce il:

## LIVELLO DI ESPOSIZIONE PERSONALE SETTIMANALE AL RUMORE

## Il Rumore

*Tabella n.12: Esempi di livelli di rumore presenti nelle aree universitarie*

Area ovvero macchina monitorata	Leq,d [dB(A)]	Istant. [dB]
Officina meccanica, sega circol. con lama impropria	89,9 / 77,8(*)	90
Officina meccanica	81,8 – 79 – 70,6 59,2 – 60,3 – 51,5	90
Officina meccanica ed elettronica	74,7 – 68,9	
Falegnameria	83,1 – 72	90
Laboratorio tagliarocce	>80	90
Centro stampa	79,9 – 77,5	
Centro calcolo	78,7 – 69,2	
Uffici	70,5	
Biblioteca	63,7	
Laboratorio biochimico	64 – 69,2 – 68,5	
Microscopio elettronico (sist. Raffreddamento)	57,8	
Lab. Assorbimento atomico	64,2	
Spettrometro di massa	64,6	
Laboratorio qualitativa (cappe motore interno)	68,9	

Nota: (\*) dopo sostituzione della lama; la precedente era usata impropriamente

## Effetti del rumore sull'uomo

- *Fatica uditiva*: innalzamento temporaneo e reversibile della soglia uditiva (di solito entro 10-20 gg);
- *Ipoacusia da rumore percettiva*: spostamento permanente della soglia uditiva, che avviene in modo lento e graduale;
- *Sordità professionale*: deficit uditivo manifesto; IV fase della fatica uditiva, danno irreversibile;
- *Effetti extrauditivi*: di solito legati ad un evento traumatico acustico acuto (ma anche per esposizione cronica), a carico dell'apparato cardiovascolare, sistema nervoso centrale, sistema endocrino e apparato gastrointestinale. Si manifestano a partire da circa 70 dB(A)

### Rumore continuo o intermittente

sono proposti limiti di intensità variabile in funzione della durata di esposizione.

8 h	85 dB
4 h	88 dB
2 h	91 dB
1 h	94 dB
30 '	97 dB
15 '	100 dB

%	Livello di esposizione dB(A)
0	75
1	80
6	85
15	90
34	95
62	100

Livelli accettabili

Livelli  
non accettabili

✓ Livelli sonori compresi fra 80 e 85 dB(A) possono quindi essere considerati accettabili purchè venga attuato un programma di controlli audiometrici finalizzato alla individuazione dei soggetti suscettibili di contrarre il danno e al conseguente loro allontanamento dall'ambiente rumoroso

✓ **LA RIDUZIONE DEI RISCHI DERIVANTI DALL'ESPOSIZIONE AL RUMORE DEVE ESSERE ATTUATA A PRESCINDERE DAL SUPERAMENTO DEI LIVELLI STABILITI DAL DECRETO (80, 85, 90 dB(A))**

### Esempi:

Misure tecniche: - sostituzione di un macchinario rumoroso o suo confinamento in cabina fonoisolante

Misure organizzative-procedurali: -rotazione degli addetti ad una lavorazione particolarmente rumorosa, variazioni nell'organizzazione del lavoro

## RIDUZIONE DEL RISCHIO: INTERVENTI DI CONTROLLO DEL RUMORE

Interventi:

1. Sulla sorgente
2. Sul percorso di propagazione
3. Sul lavoratore esposto



P  
R  
I  
O  
R  
I  
T  
À

### DPI

1. Cuffie
2. Inserti auricolari
3. Archetti
4. Personalizzati

Non rientrano tra gli  
interventi di bonifica del  
rumore

### USO DEI DPI

Per valori > **valori inferiori di azione**  
Il datore di lavoro mette a disposizione i DPI

Per valori > **valori superiori di azione**  
Il datore di lavoro fa tutto il possibile per assicurare che  
vengano indossati i DPI

Il datore di lavoro:

- nella scelta dei DPI consulta i lavoratori
- verifica l'efficacia dei DPI

• **IL DATORE DI LAVORO TIENE CONTO  
DELL'ATTENUAZIONE PRODOTTA DAI DISPOSITIVI DI  
PROTEZIONE INDIVIDUALE DELL'UDITO INDOSSATI DAL  
LAVORATORE SOLO AI FINI DI VALUTARE IL RISPETTO  
DEI VALORI LIMITE DI ESPOSIZIONE.**

Livelli di esposizione giornaliera superiori a 80 dB(A)

OBBLIGHI del datore di lavoro

**1) Misurazioni dei livelli ai sensi dell'Allegato VI**

**2) Informazioni da fornire ai lavoratori:**

Sui rischi per l'udito

Sulle misure di protezione

Sui DPI

Sul controllo sanitario

Sulla valutazione del rumore

**3) Controllo sanitario**

I lavoratori vanno sottoposti a visita medica e a esame audiometrico qualora ne facciano richiesta e il medico competente ne confermi l'opportunità

## Livelli di esposizione giornaliera superiori a **85 dB(A)**

Oltre agli obblighi visti

### **4) DPI**

il datore di lavoro deve mettere a disposizione dei lavoratori mezzi individuali di protezione adeguati

### **5) Informazioni da fornire ai lavoratori**

Sull'impiego corretto sia dei DPI sia delle macchine che costituiscono le sorgenti di rumore

### **6) Controllo sanitario**

I lavoratori vanno sottoposti a:

- Visita medica preventiva per accertare l'assenza di controindicazioni alla mansione a cui sono destinati
- visite mediche periodiche per controllare il loro stato di salute

Le visite vanno integrate dall'esame della funzione uditiva

### **7) Informazioni a corredo delle macchine**

Macchine apparecchiature e utensili il cui utilizzo può comportare un livello di esposizione superiore a 85 dB(A) vanno corredate da adeguate informazioni relative al rumore prodotto nelle normali condizioni d'uso e ai rischi connessi

**Livelli di esposizione giornaliera superiori a 90 dB(A)**

Oltre agli obblighi visti

### **8) DPI**

I lavoratori devono impiegare i DPI e il datore di lavoro deve ovviare ai rischi di incidente con mezzi appropriati

### **9) Comunicazione da inoltrare agli organi di vigilanza**

Art. 45 Superamento dei valori limite di esposizione

Se comunque rimane il superamento di 90 dBA come esposizione quotidiana personale di un lavoratore, o di 140 dB come valore della pressione acustica istantanea non ponderata (lin)



**Il datore ne deve dare comunicazione all'organo di vigilanza**



**DETERRENTE!!**

### **10) Controllo sanitario**

I lavoratori vanno sottoposti almeno una volta all'anno a visita medica periodica integrata da esame audiometrico

### **11) Segnalazione delle aree a rischio**

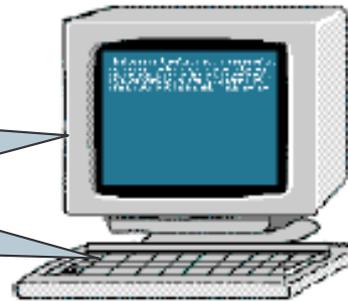
Il datore di lavoro deve segnalare e perimetrare le aree di lavoro in cui si superano i 90 dB(A). L'accesso a tali aree va, se possibile, limitato.

# Uso di Attrezzature munite di VIDEOTERMINALI

Titolo VI - D.Lgs 626/94 e successive modifiche ed integrazioni

ART. 51

Pausa 15 min  
ogni 2 ore  
continuative



ANALIZZARE

Obblighi del Datore  
di lavoro

I posti di lavoro muniti di videoterminali, con particolare riguardo ai rischi per la vista e per gli occhi, ai problemi legati all'affaticamento, alle condizioni ergonomiche e di igiene ambientale.

ADOTTARE



per ovviare ai rischi riscontrati, misure appropriate, tenendo conto della combinazione di incidenza di tali rischi.

# SEGNALETICA

## CARTELLI DI DIVIETO



**Vietato fumare o usare fiamme libere**



**Divieto di spegnere con acqua**



**Divieto di accesso alle persone non autorizzate**



**Vietato fumare**

# SEGNALETICA

## CARTELLI DI AVVERTIMENTO



**Materiale infiammabile o alta temperatura**



**Pericolo generico**



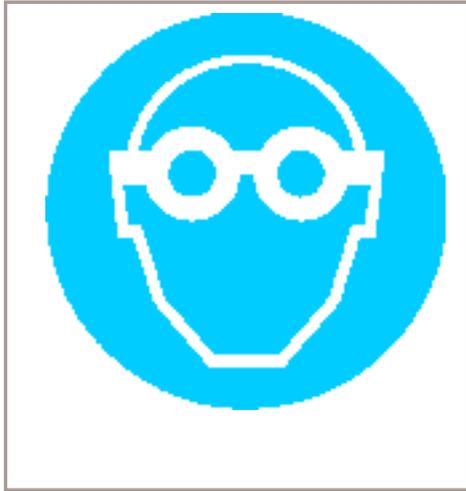
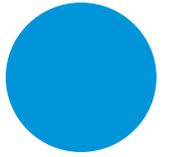
**Sostanze corrosive**



**Sostanze velenose**

# SEGNALETICA

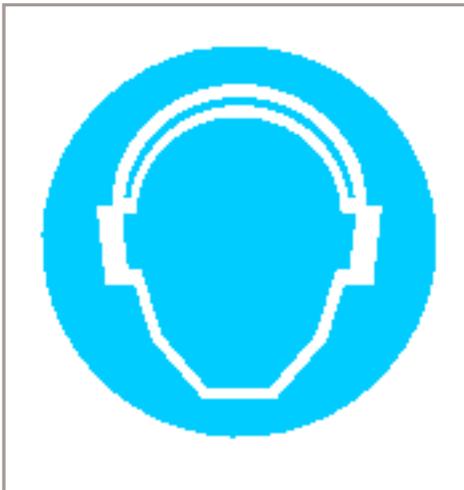
## CARTELLI DI PRESCRIZIONE



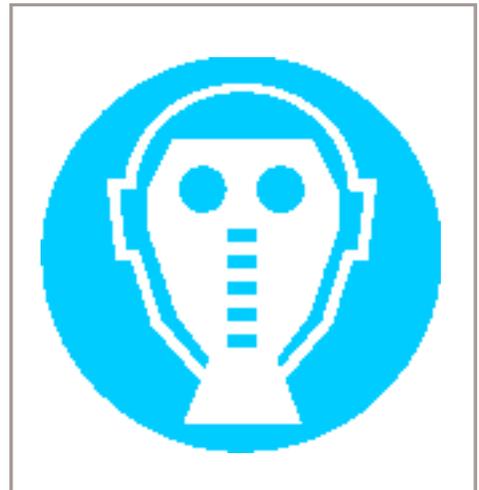
**Protezione obbligatoria degli occhi**



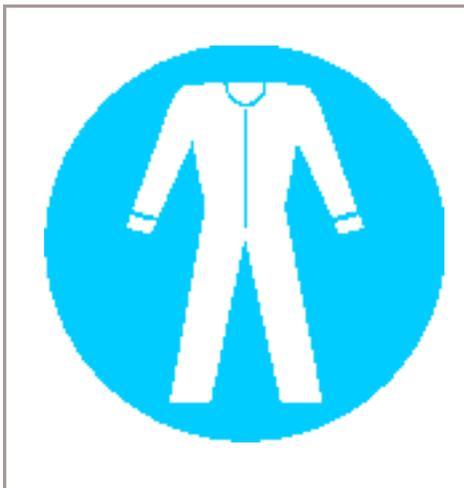
**Guanti di protezione obbligatoria**



**Protezione obbligatoria dell'udito**



**Protezione obbligatoria delle vie respiratorie**



**Protezione obbligatorie del corpo**

# SEGNALETICA

## CARTELLI DI SALVATAGGIO



Percorso / Uscita di emergenza



Direzione da seguire  
(Segnali di informazione aggiuntivi  
ai pannelli che seguono)

Pronto soccorso

Telefono



Barella



Doccia di sicurezza



Lavaggio degli occhi

# VALUTAZIONE DEL RISCHIO



## **Epidemiologia**

Stima statistica  
di probabilità

## **Studio delle procedure di lavoro**

Individuazione  
delle vie e  
veicoli di  
infezioni

## **Analisi microbiologiche ambientali**

Verifica delle vie e  
dei veicoli di  
infezione

Verifica della  
sanificazione

Monitoraggio

# CONTROLLO DEL RISCHIO



## MISURE COLLETTIVE

- Tecnologie a minore dispersione
- Processi a ciclo chiuso
- Automazione
- Procedure di lavoro a minore rischio di esposizione

## MISURE INDIVIDUALI

Dispositivi di protezione:

- Guanti
- Mascherine
- Schermi
- Indumenti

# **SCHEMA DI RICOGNIZIONE DEI PERICOLI PER LA VERIFICA DI EVENTUALI ESPOSIZIONI DEI LAVORATORI A RISCHI LAVORATIVI SPECIFICI**

## **RISCHI FISICI**

### **1. Meccanici**

- cadute dall'alto
- urti, colpi impatti, compressioni
- punture, tagli, abrasioni
- scivolamenti, cadute a livello
- vibrazioni

### **2. Termici**

- calore radiante, fiamme libere
- freddo
- microclima

### **3. Elettrici e/o magnetici**

- contatto con elementi in tensione
- rischi da campi statici
- campi a frequenza industriale
- campi a frequenze superiori

### **4. Radiazioni**

- non ionizzanti
  - ultravioletti, radiofrequenze
  - laser
- ionizzanti
  - raggi X
  - radioisotopi
  - microscopi elettronici

### **5. Rumore**

### **6. Altri rischi fisici non individuati sopra**

# **RISCHI CHIMICI**

## **1. aerodispersi**

- **polveri, fibre**
- **fumi**
- **nebbie**

## **2. liquidi**

- **immersioni**
- **aerosol, schizzi**

## **3. gas, vapori**

## **4. sostanze irritanti e/o sensibilizzanti**

## **5. sostanze corrosive**

## **6. sostanze tossiche e/o nocive**

- **sostanze cancerogene**
- **sostanze mutagene**
- **sostanze tossiche per il ciclo riproduttivo**
- **sostanze pericolose per l'ambiente**
- **piombo, amianto**
- **fitofarmaci**
- **farmaci**
- **farmaci antiblastici**
- **altri rischi chimici non individuati sopra**

# **RISCHI BIOLOGICI**

- 1. batteri**
- 2. virus**
- 3. funghi**
- 4. endoparassiti umani**
- 5. altri parassiti**
- 6. colture cellulari**
- 7. agenti biologici**
  - **gruppo 1**
  - **gruppo 2**
  - **gruppo 3**
  - **gruppo 4**
- 8. microrganismi geneticamente modificati**
  - **gruppo 1**
  - **gruppo 2**
- 9. attività particolari con rischio biologico**
- 10. altri rischi biologici non individuati sopra**

## **ALTRI RISCHI**

- 1. videoterminali**
  - **> = 4h continuative al giorno per tutto l'anno**
  
- 2. movimentazione manuale dei carichi**
  - **da 20 a 30 Kg**
  - **da 3 a 20 Kg**
  
- 3. rischi d'incendio**
  - **sostanze combustibili**
  - **sostanze infiammabili**
  - **sostanze esplosive**
  - **sostanze comburenti**
  
- 4. locali particolari**
  
- 5. altri rischi non individuati sopra**