

Università di Ferrara
Insegnamento di
Sicurezza nei luoghi di lavoro
A.A. 2015-2016



**Rischi da Agenti Fisici:
Radiazioni Ottiche Artificiali**

Dott. Salvatore Minisci



Art. 180 DLgs 81/08 - Definizioni e campo di applicazione

1. ... per **agenti fisici** si intendono il rumore, gli ultrasuoni, gli infrasuoni, le vibrazioni meccaniche, i campi elettromagnetici, le radiazioni ottiche di origine artificiale, il microclima e le atmosfere iperbariche
2. ...
3. La protezione dei lavoratori dalle **radiazioni ionizzanti** è disciplinata unicamente dal D. Lgs. n. 230/95, e sue successive modificazioni.

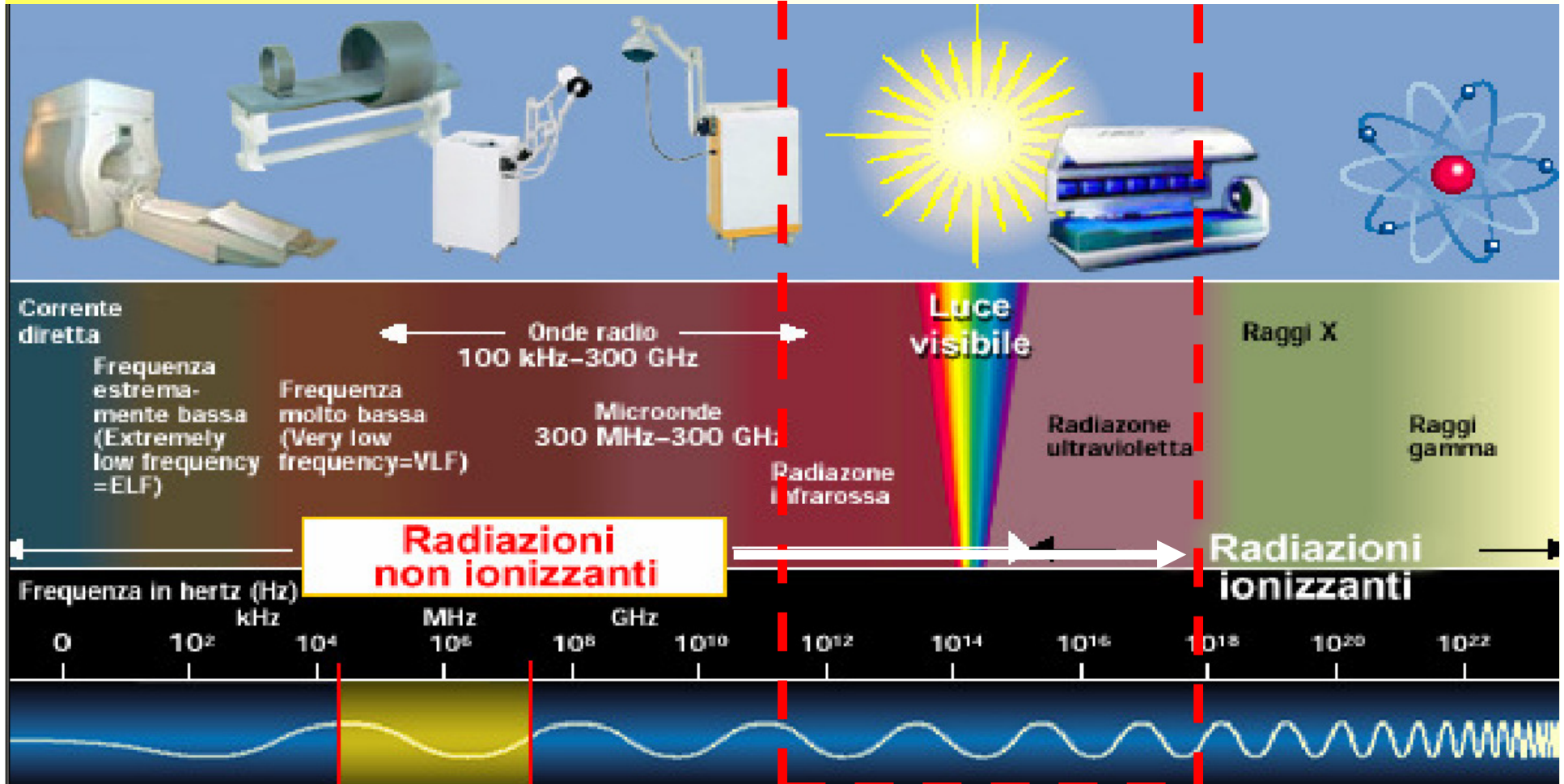
Agenti fisici rilevanti in ospedale

- campi elettromagnetici
- radiazioni ottiche di origine artificiale
- radiazioni ionizzanti

- Le radiazioni elettromagnetiche sono costituite da *energia* che si propaga senza bisogno di un supporto materiale, e sono caratterizzate da una *lunghezza d'onda* e da una *frequenza*.
- L'energia è proporzionale alla frequenza e inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda.

Spettro delle radiazioni elettromagnetiche

[ROA]



Convenzionalmente si considerano ionizzanti le radiazioni con frequenza maggiore di 3×10^{15} Hertz ed energia > 12 eV

Radiazioni ottiche artificiali (ROA)

lunghezza d'onda compresa
tra 1 mm e 100 nm

- R. **Ultraviolette (UV)**

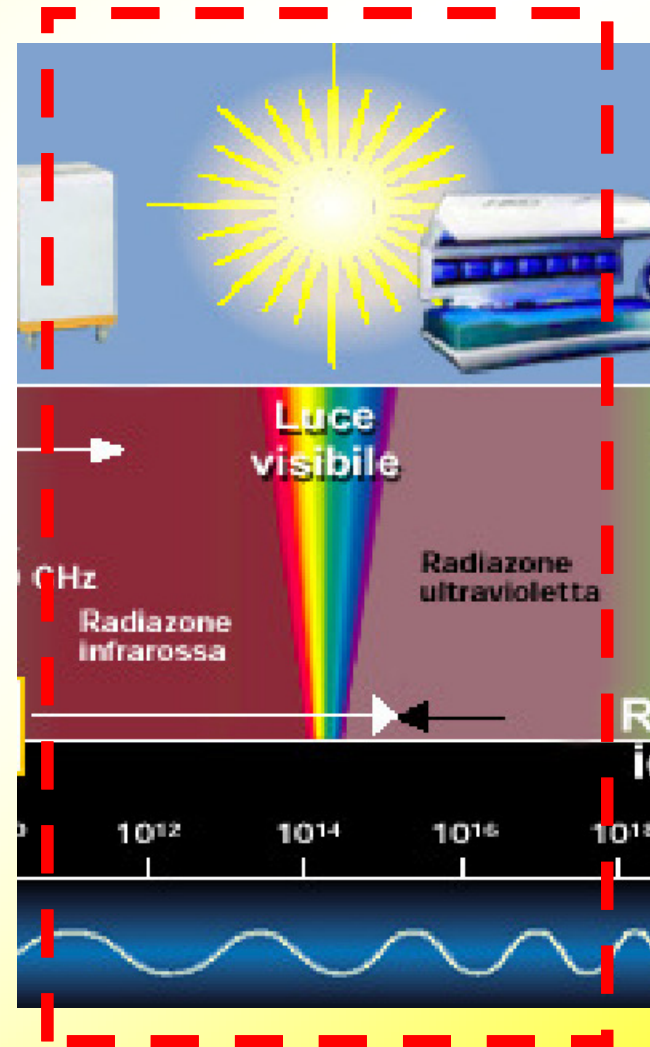
tra 100 e 400 nm

- R. **Visibili**

tra 400 e 780 nm

- R. **Infrarosse (IR)**

tra 780 nm e 1 mm



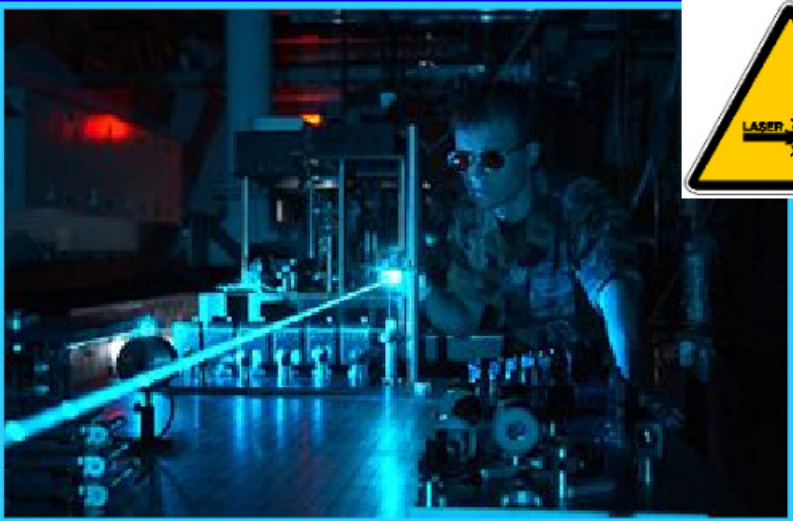



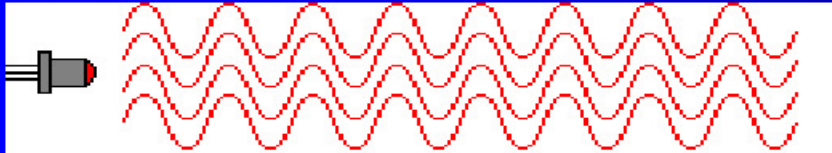
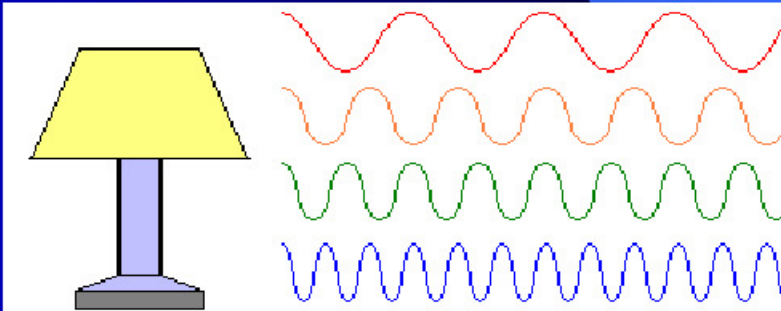
Spettro delle radiazioni ottiche

Radiazione		Lunghezza d'onda	Regione
Ultravioletta	UV-C	100 - 280 nm	Germicida
	UV-B	280 - 315 nm	Eritemale
	UV-A	315 - 400 nm	Luce nera
Visibile		400 - 780 nm	
Infrarossa	IR-A	780 - 1400 nm	IR-A
	IR-B	1400 - 3000 nm	IR-B
	IR-C	3000 nm - 1 mm	IR-C

Radiazioni ottiche artificiali (ROA)

- Possono essere emesse in modo:
 - "coerente" o "incoerente"
 - continuo o pulsato
- Sono "**coerenti**" (e monocromatiche) le radiazioni ottiche emesse da una sorgente **LASER** (*amplificazione di luce mediante emissione stimolata di radiazione*). La "coerenza" è una caratteristica legata alla "fase" dell'onda durante la propagazione. In particolare nelle sorgenti coerenti gli atomi si diseccitano tutti in fase tra loro.
- Sono "**incoerenti**" (e policromatiche) le radiazioni ottiche emesse dal sole o dalle lampadine a incandescenza o a scarica di gas.

Confronto fra laser e luce policromatica

			
 <p>LASER LUCE MONOCROMATICA E COERENTE</p>	 <p>LAMPADA A INCANDESCENZA</p> <p>LUCE POLICROMATICA E INCOERENTE</p>		

Esempi di sorgenti di radiazioni ottiche artificiali di uso sanitario

NON COERENTI

- lampade scialitiche
- lampade germicide
- lampade o L.E.D. per fototerapia
- lampade per luce pulsata, abbronzatura
- ...

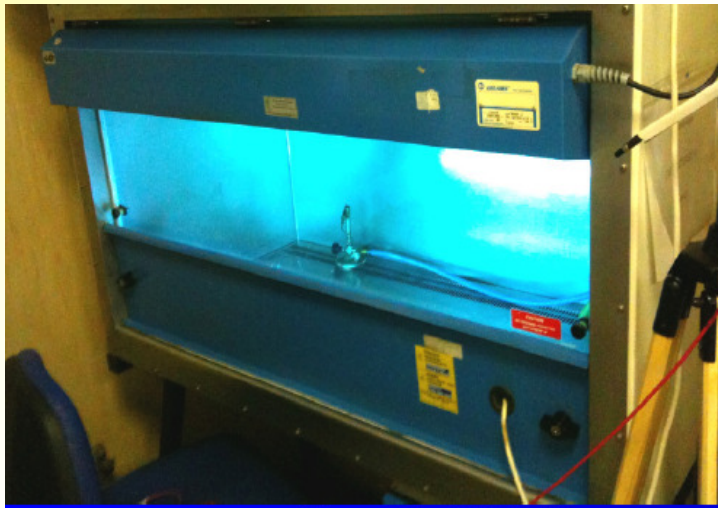
COERENTI

- qualsiasi tipo di LASER

Esempi di sorgenti ROA non coerenti



Lampada UV germicida
a vapori di mercurio



Cappa biologica con sorgente
UV germicida



13

Lampade germicide UV-C

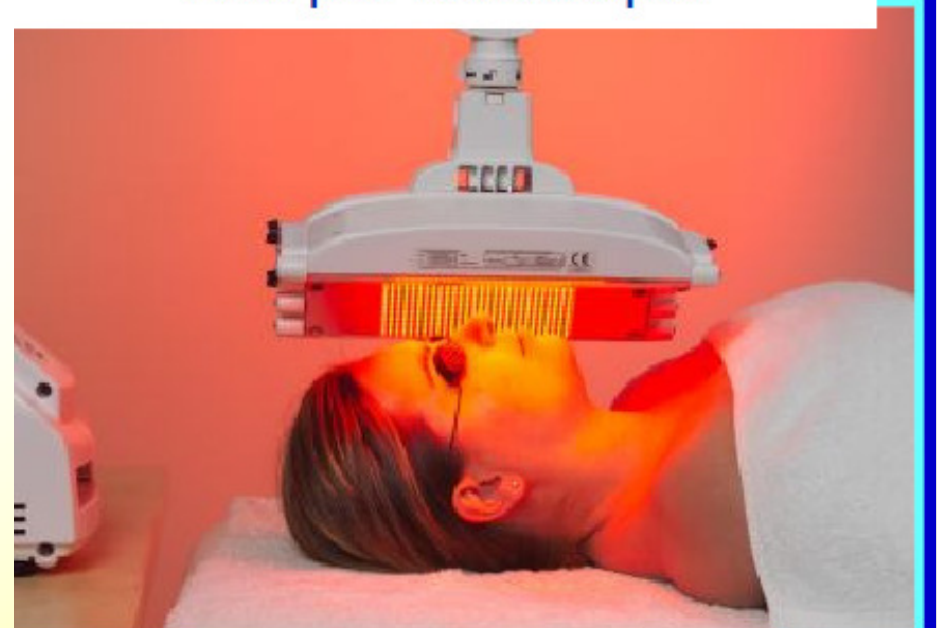
- Una lampada germicida è un tipo particolare di lampada (a vapori di mercurio) che produce la luce ultravioletta **UV-C**.
- I raggi **UV-C** a lunghezza d'onda corta agiscono sul DNA, creando dei dimeri di timina, e portano a morte la cellula.
- È efficace contro una grandissima quantità di virus, batteri e altri microorganismi.

Esempi di sorgenti ROA non coerenti



Lampade UV per fototerapia

LED per fototerapia



Esempi di sorgenti ROA non coerenti



Cabina con lampade UV per fototerapia



Fototerapia con UV-B in dermatologia (psoriasi, vitiligo, acne, dermatite seborroica ...)

- La maggior efficacia terapeutica si raggiunge con la lunghezza d'onda di **311 nm** (banda stretta, o Narrow Band), in pieno campo **UV-B**: con questo tipo di emissione, molto superficiale rispetto ad UV-A e ristretta rispetto ai tradizionali UV-B, si limitano i rischi per il paziente al minimo.
- Anche gli **UV-A** possono essere terapeutici ma richiedono fluenze nettamente superiori rispetto agli UV-B (anche di 1000 volte), per cui vengono **associati con psoraleni (PUVA)**

Esempi di sorgenti ROA non coerenti

Lampade per fototerapia dell'ittero neonatale
Lunghezza d'onda 400-550 nm (picco: 450 nm)



Fototerapia in neonatologia

Per la terapia dell'ittero neonatale:

- Si può usare la radiazione luminosa **visibile** bianca, quella **verde** e quella **blu** (picco di 450 nm),
- La **luce blu** è sempre più usata per la sua efficacia (assorbita facilmente dalla bilirubina gialla), ma può provocare **danni all'occhio** (danni **retinici** di natura termica e fotochimica).

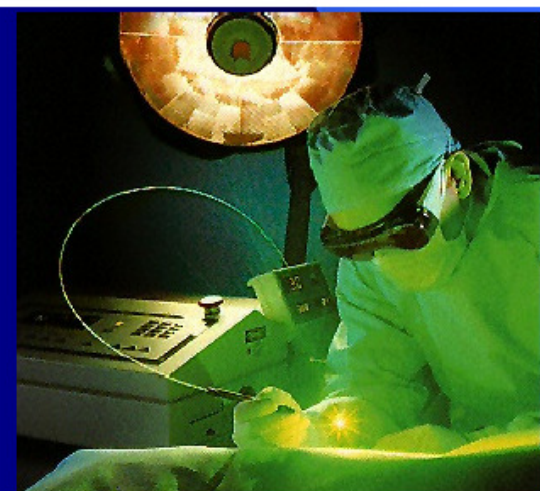
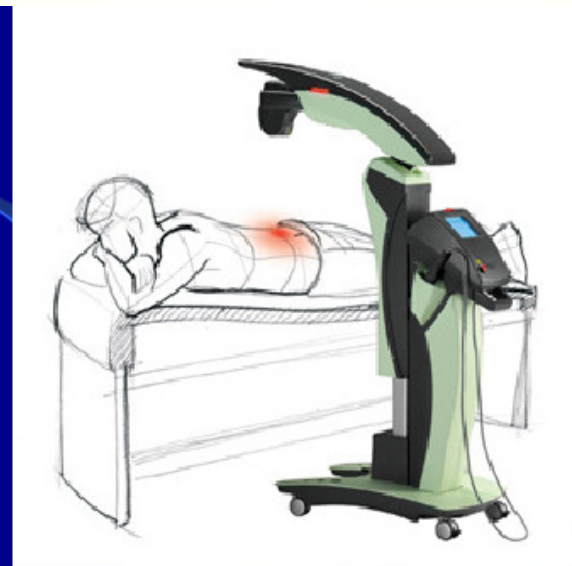
Esempi di sorgenti ROA non coerenti



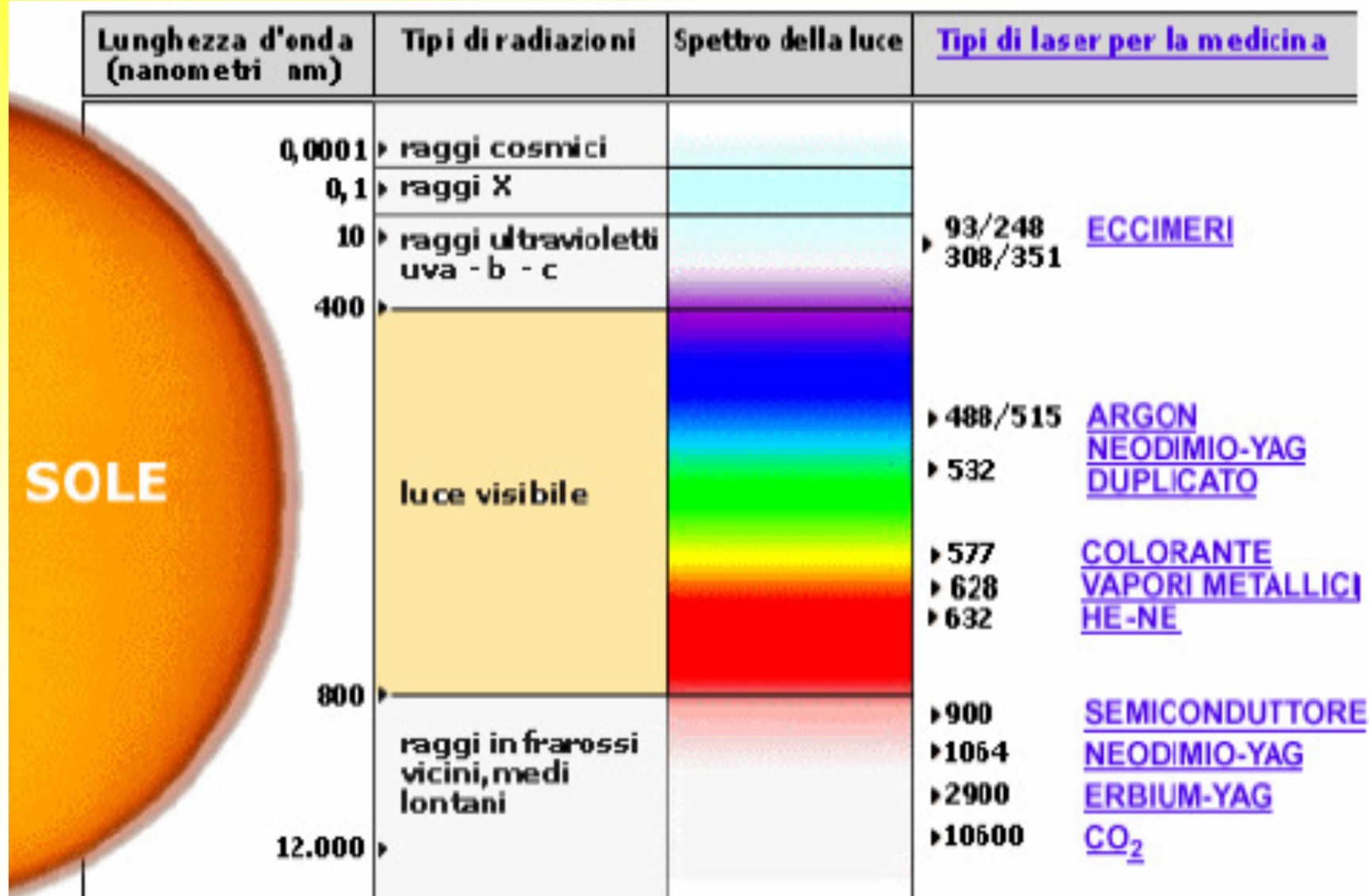
La **Luce pulsata intensa** (*IPL*), o terapia flashlamp, è un trattamento non invasivo che utilizza impulsi di luce ad alta intensità per migliorare l'aspetto della pelle: epilazione, macchie, rughe, acne, smagliature ...

Esempi di sorgenti ROA coerenti (LASER)

LASER medicali



Lo spettro delle emissioni laser



Il laser in medicina

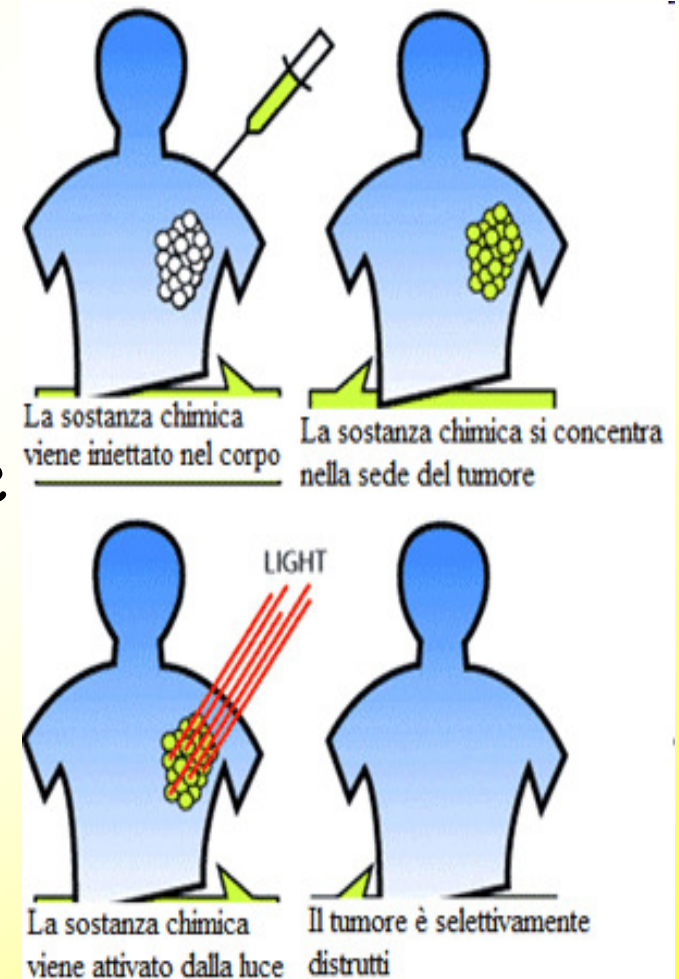
- La risposta terapeutica dipende da:
 - lunghezza d'onda,
 - durata di irradiazione
 - potenza del laser.
- Combinazioni diverse di questi parametri sono impiegate per trasformare l'energia luminosa in energia:
 - Meccanica
 - Termica
 - Chimica
- Generalmente gli effetti meccanici sono prodotti dall'applicazione di brevi impulsi (dell'ordine dei nanosecondi) ed alte energie.

Il laser in medicina

- Onde di stress meccanico si usano per disintegrare calcoli urinari.
- Effetti termici si ottengono abbassando la potenza del laser. Brevi impulsi laser vengono usati in **chirurgia oculistica** per ablatare sottili strati di cornea e correggere i difetti rifrattivi o per fissare la retina.
- La **coagulazione selettiva delle vene varicose in chirurgia estetica** usa luce laser assorbita selettivamente dall'emoglobina.
- Con la **criolaserforesi** si ha invece l'immissione di principi attivi per via cutanea.

Terapia fotodinamica contro alcuni tumori

- Tecnica non invasiva per la rimozione di tumori allo stadio iniziale e per il controllo delle metastasi.
- Si inietta un farmaco inattivo **sensibile alla luce**, che riconosce e si lega alle sole cellule malate. Al passaggio di un fascio di luce ad una determinata lunghezza d'onda, il farmaco attiva una reazione che distrugge le sole cellule tumorali.



Effetti sulla salute e sulla sicurezza

- La pericolosità delle sorgenti ROA è relativa a:
 - energia emessa dalla sorgente
 - energia ricevuta dal lavoratore
 - lunghezza d'onda (o frequenza)
 - modalità di impiego
 - tempo di esposizione.

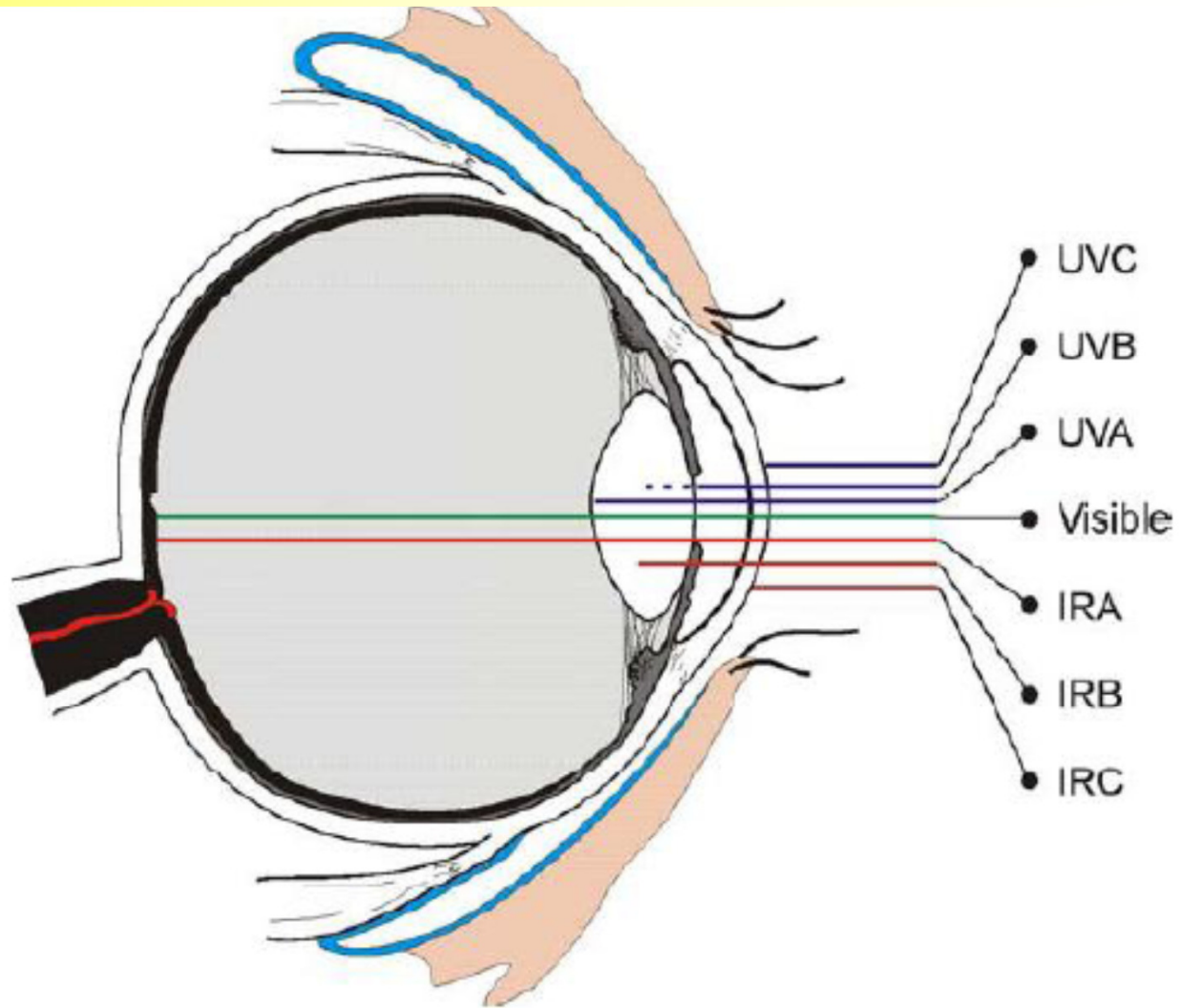
Meccanismi degli effetti biologici delle ROA

Termico	Fotochimico
<p>Accumulo di calore -> aumento della T° -> ustione</p> <p>Aggravato da scarsa vascolarizzazione.</p>	<p>Assorbimento di fotoni -> reazioni chimiche -> alterazioni molecolari (anche del DNA).</p> <p>Aggravate da fotosensibilizzanti</p>
IR e visibile	UV e visibile

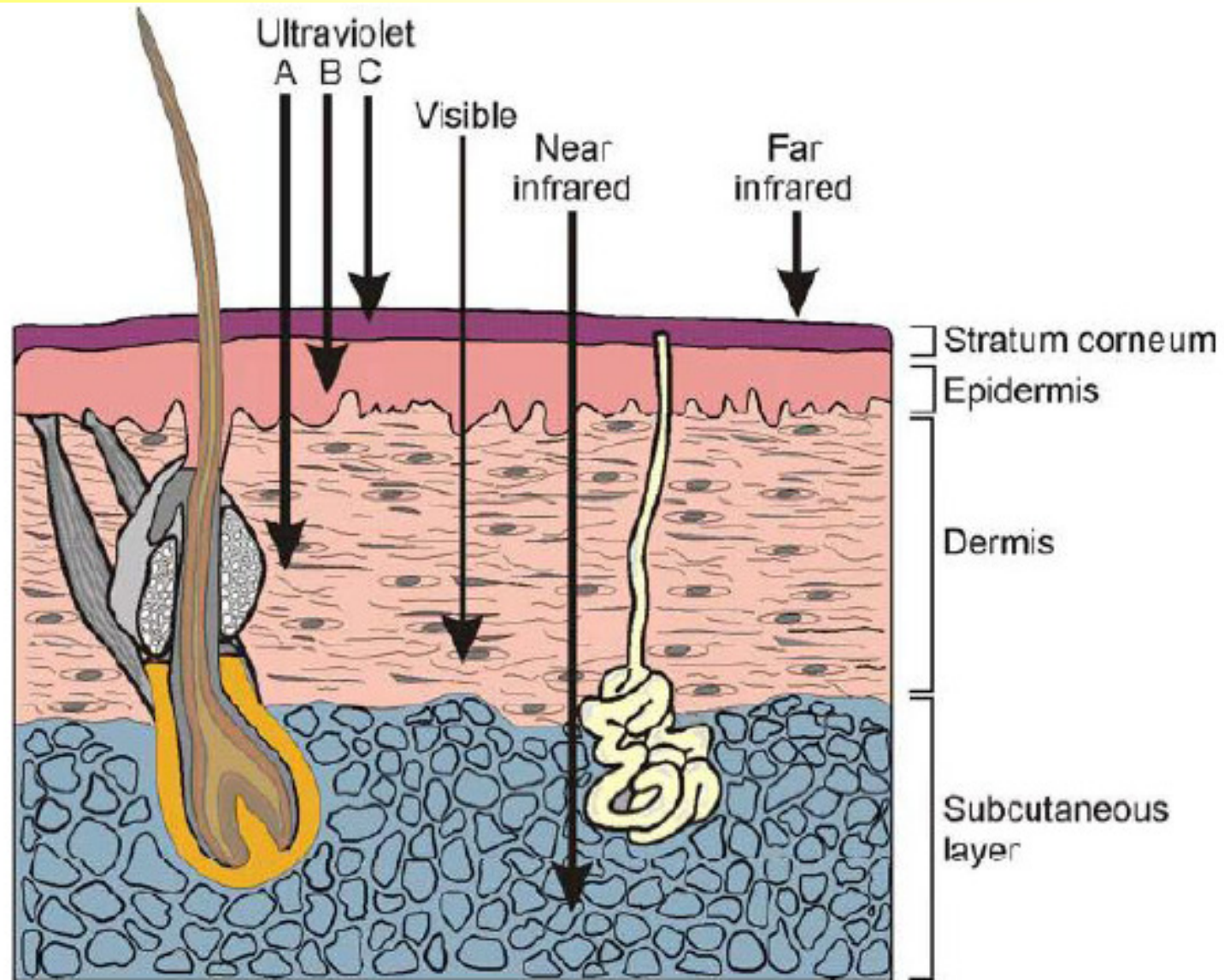
Meccanismo della radiazione UV

- La radiazione UV altera le molecole di DNA delle cellule della pelle, inducendo basi adiacenti di **timina** a formare legami covalenti.
- Due basi adiacenti di timina non si legano in modo normale, ma causano una **distorsione dell'elica del DNA**, interferiscono con i meccanismi di copia e in generale con il funzionamento del DNA.
- Il tutto porta facilmente a delle **mutazioni**, che possono sfociare in episodi di **cancro**. Questo effetto degli UV può essere facilmente osservato in colture batteriche.

Penetrazione delle ROA nell'occhio



Penetrazione delle ROA nella cute



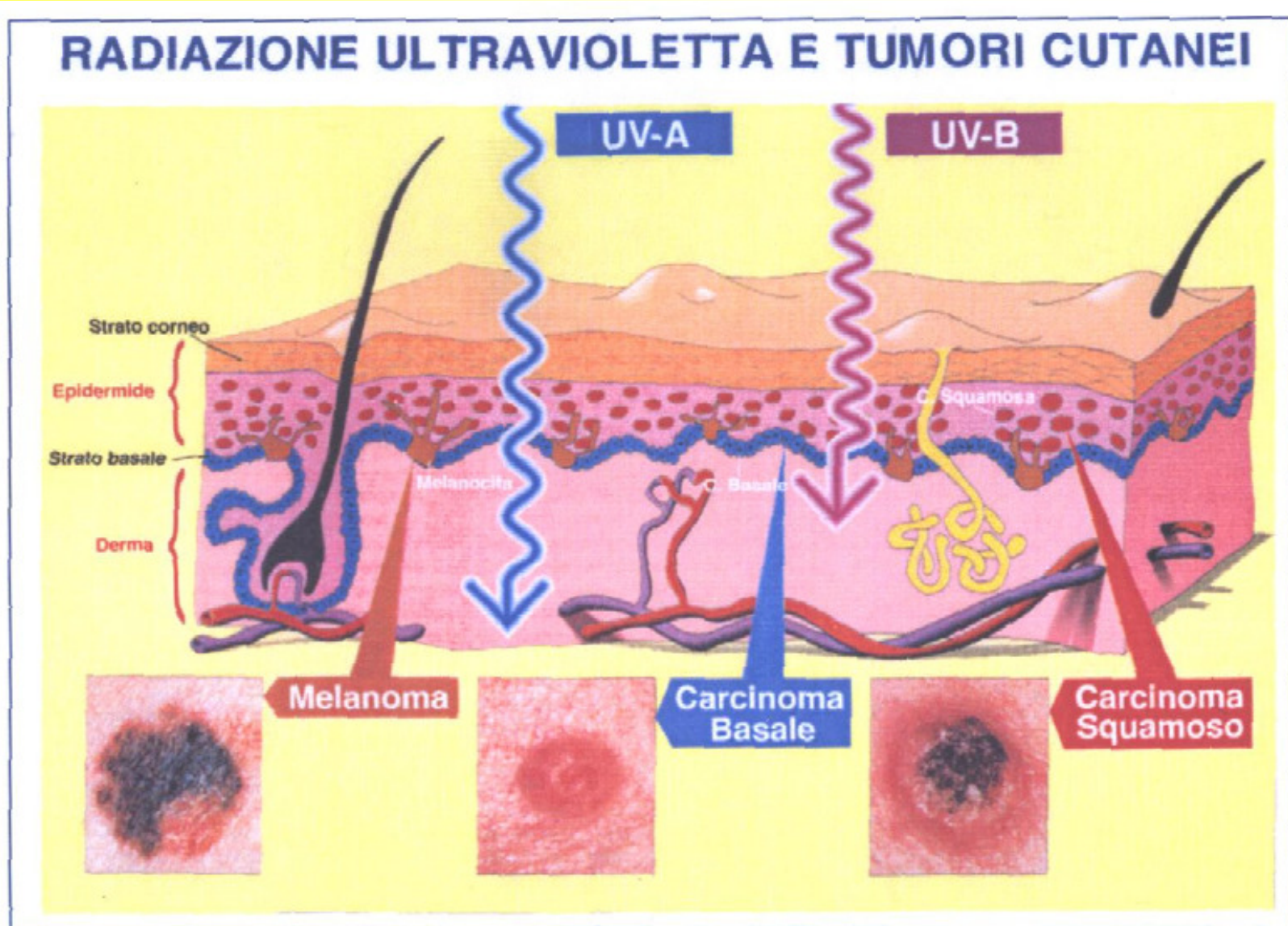
Effetti sulla salute e sulla sicurezza

Regione spettrale	Occhio	Pelle	
Ultravioletto C (da 100 nm a 280 nm)	Fotocheratite Fotocongiuntivite	Eritema (scottatura della pelle)	Tumori cutanei Processo accelerato di invecchiamento della pelle (elastosi)
Ultravioletto B (da 280 nm a 315 nm)			
Ultravioletto A (da 315 nm a 400 nm)	Cataratta fotochimica	Reazione di fotosensibilità	
Visibile (da 400 nm a 780 nm)	Lesione fotochimica e termica della retina		
Infrarosso A (da 780 nm a 1400 nm)	Cataratta bruciatura della retina	Bruciatura della pelle	
Infrarosso B (da 1400 nm a 3000 nm)	Cataratta, bruciatura della cornea		
Infrarosso C (da 3000 nm a 1 mm)	Bruciatura della cornea		

Effetti dell'esposizione a UV

Effetti deterministici	Effetti probabilistici
<ul style="list-style-type: none">•Esiste una soglia per il fenomeno•La gravità aumenta con la dose assorbita	<ul style="list-style-type: none">•Non esiste soglia•La probabilità aumenta con la dose assorbita
<ul style="list-style-type: none">•Eritema•Fotocheratite e fotocongiuntivite•Cataratta	<ul style="list-style-type: none">•Tumori cutanei (UV=gruppo 1 IARC)•Fotoelastosi

Radiazione UV e tumori cutanei



Effetti "indiretti" delle ROA

- Sorgenti molto intense possono causare:
 - Abbagliamento
 - Disorientamento
 - Incendi o esplosioni
- Reazioni di fotosensibilità
- La valutazione del rischio deve tenere conto dei **soggetti "particolarmente sensibili"**.

Soggetti particolarmente sensibili

- Donne in gravidanza e minori
- Albini ed individui del fototipo 1 (UV)
- Portatori di malattie del collagene (UV)
- Soggetti in trattamento con farmaci fotosensibilizzanti
- Soggetti affetti da alterazione dell'iride o della pupilla
- Soggetti portatori di drusen (Luce Blu)
- Soggetti affetti da patologie cutanee fotoindotte (UV e IR)
- Soggetti affetti da xeroderma pigmentosus (UV)
- Soggetti epilettici per esposizione a luce visibile intermittente
- Soggetti portatori di impianto IOL (cristallino artificiale)

Prevenzione

- Valutazione dei rischi
- Eliminazione del fattore di rischio
- Schermatura delle sorgenti
- Eliminazione delle superfici riflettenti
- Delimitazione delle zone e limitazione dell'accesso
- Procedure e segnaletica di sicurezza
- Dispositivi di Protezione Individuale
- Informazione e formazione
- Sorveglianza sanitaria

Misure di prevenzione e protezione

- **Contenimento della sorgente** all'interno di idonei alloggiamenti schermanti completamente ciechi oppure di attenuazione nota; ad esempio, la radiazione UV si può schermare con finestre di vetro o materiali plastici trasparenti nel visibile;
- Adozione di **schermi** ciechi o inattinici a ridosso delle sorgenti;
- **Separazione** fisica degli ambienti con ROA potenzialmente nocive dagli altri ambienti o postazioni di lavoro vicini;

Misure di prevenzione e protezione

- Impiego di automatismi (**interblocchi**) per disattivare le sorgenti ROA potenzialmente nocive (es.: lampade germicide a raggi UV) sugli accessi ai locali nei quali queste sono utilizzate;
- Definizione di "**zone ad accesso limitato**", con idonea segnaletica di sicurezza, ove chiunque acceda deve essere informato e formato sui rischi e sulle appropriate misure di protezione.

Obblighi del costruttore

- DLgs. 17/2010: se una macchina emette ROA potenzialmente nocive, il costruttore deve riportare nel manuale di istruzioni le relative informazioni.
- se la categoria di emissione è 1 o 2, il fabbricante deve marcare le macchine con:
 - il segnale di sicurezza
 - la categoria
 - la norma di riferimento

NORME UNI EN 12198-1-2-3:2009

- Trattano le macchine che possono emettere **radiazioni non ionizzanti**: CEM e ROA
- Classificano la macchina in una categoria in funzione del livello di radiazione secondo valori assegnati dalla norma stessa:

Cat.	Livelli emissione	Restrizione e misure di protezione	Informazione - addestramento
0	< livelli di riferimento per la popolazione	Nessuna	Nessuna
1	> livelli di riferimento per la popolazione raccom. europea 1999/519/CE	Possono essere necessarie Limitazione accesso e misure di protezione	Informazioni su pericoli, rischi ed effetti indiretti
2	> livelli azione DLgs.81/2008 -titolo VIII capo IV	Restrizioni speciali e misure di protezione obbligatorie	Come sopra, in più necessario l'addestramento

NORMA CEI EN 62471:2010

Sicurezza fotobiologica delle lampade e dei sistemi di lampade

- Le lampade e i sistemi di lampade sono classificate in 4 gruppi.
- Non sono definiti vincoli specifici per la marcatura

Gruppo	Stima del Rischio
<i>Esente</i>	Nessun rischio fotobiologico
<i>Gruppo 1</i>	Nessun rischio fotobiologico nelle normali condizioni di impiego
<i>Gruppo 2</i>	Non presenta rischio in condizioni di riflesso naturale di avversione alla luce o effetti termici
<i>Gruppo 3</i>	Pericoloso anche per esposizioni momentanee

Marcatura specifica per apparecchiatura di categoria 1 (o 2) (rad. non coerente)



Emissione di radiazione ottica
Categoria 1 (o 2)
EN 12198

Classificazione della pericolosità dei Laser (IEC 60825-1)

La pericolosità degli apparecchi LASER è definita attraverso delle "classi" crescenti in funzione dei rischi che generano:

- classe 1 - 1M
- classe 2 - 2M
- classe 3A - 3R - 3B
- classe 4



Classi di pericolo dei laser

- **Classe 1**; (potenza $< 0,04$ mW): intrinsecamente **innocui**.
- **Classe 2**; (< 1 mW): normalmente **non sono in grado di arrecare danni alla vista** (per es. stampanti laser e alcuni puntatori con emissione di luce rossa).
- **Classe 3a**; (< 5 mW): **possono danneggiare la vista se usati con dispositivi ottici** che riducono il diametro del raggio aumentandone la potenza specifica (per es. puntatori laser con emissione di luce azzurrina).

Classi di pericolo dei laser

- **Classe 3b; (tra 5 e 500 mW): possono danneggiare la vista se il raggio entra nell'occhio direttamente;** i raggi diffusi non sono pericolosi ma le riflessioni speculari sono pericolose come il raggio diretto (per es. alcuni tipi di puntatori laser con luce verde).
- **Classe 4; (>500 mW): è pericolosa l'esposizione anche al raggio diffuso** (laser industriali usati per il taglio dei metalli).

Obblighi del costruttore di LASER

Apporre su ogni apparecchio una o più targhette
Sul pittogramma del laser associare, tranne che
per la classe 1, una ulteriore **targhetta**
contenente:

- avvertimenti relativi all'utilizzo in sicurezza
- classe del LASER
- potenza max. della radiazione emessa
- lunghezze d'onda emesse
- durata dell'impulso, se presente
- norma usata per la classificazione

Segnaletica LASER

- In caso di **Zona Laser Controllata (ZLC)** la **CEI EN 60825-1:2009** richiede che agli accessi delle aree con laser di **Classe 3B e 4** siano indicati:
 - Presenza del laser
 - Classe di appartenenza
 - Obbligo di occhiali di protezione

