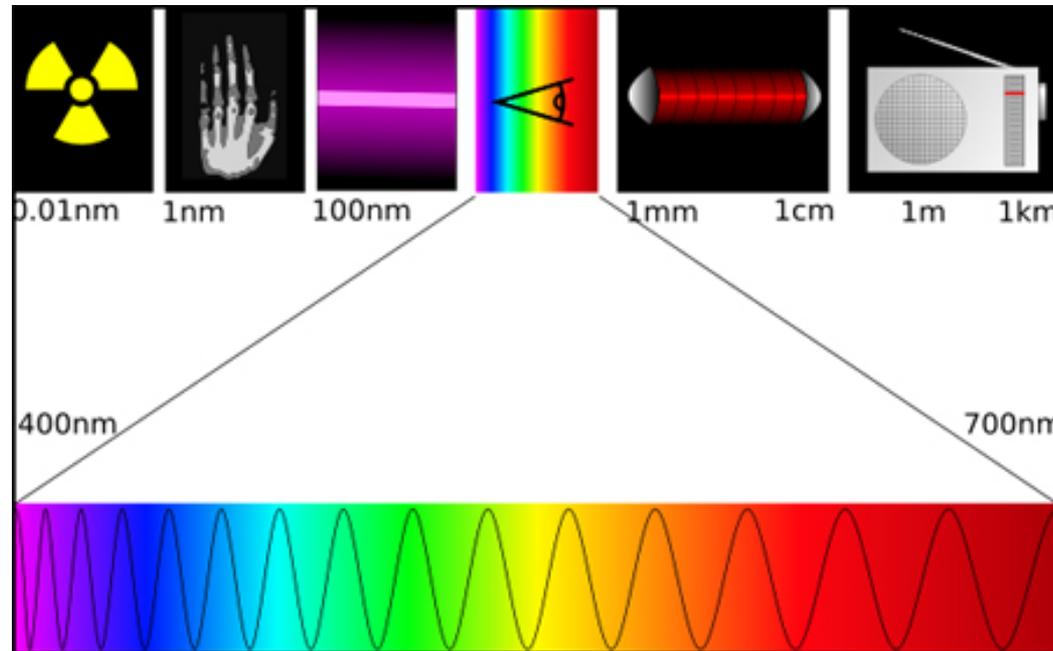


# **RADIAZIONI OTTICHE ARTIFICIALI**

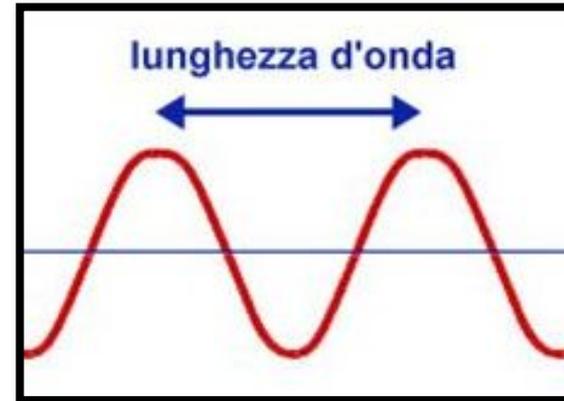
# Radiazioni ottiche

Radiazioni elettromagnetiche nella gamma di lunghezza d'onda compresa tra 100 nm e 1 mm.



# Radiazioni ottiche

Lunghezza d'onda  
distanza tra due  
picchi successivi di  
un'oscillazione



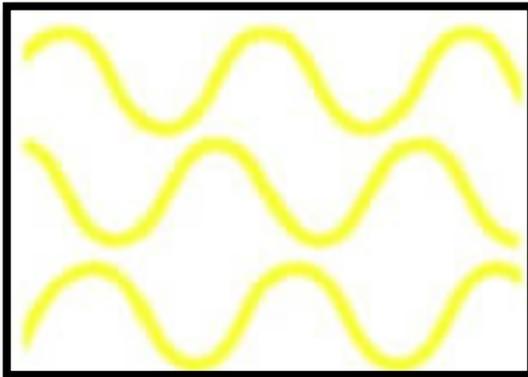
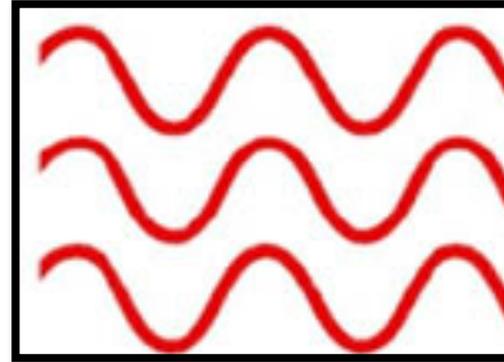
Lo spettro delle radiazioni ottiche si divide in:

Radiazioni	Lunghezza d'onda
Ultraviolette	100 – 400 nm
Visibili	380 – 780 nm
Infrarosse	780 nm – 1 mm

# Radiazioni ottiche artificiali

–

Coerenti  
laser



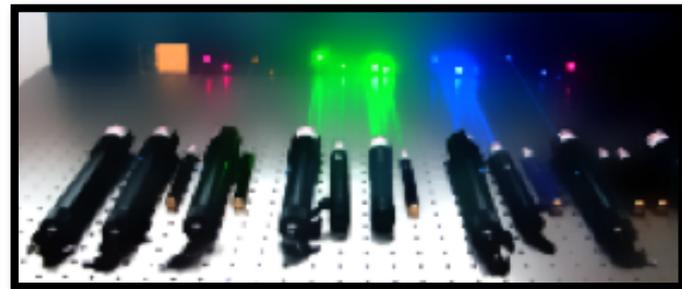
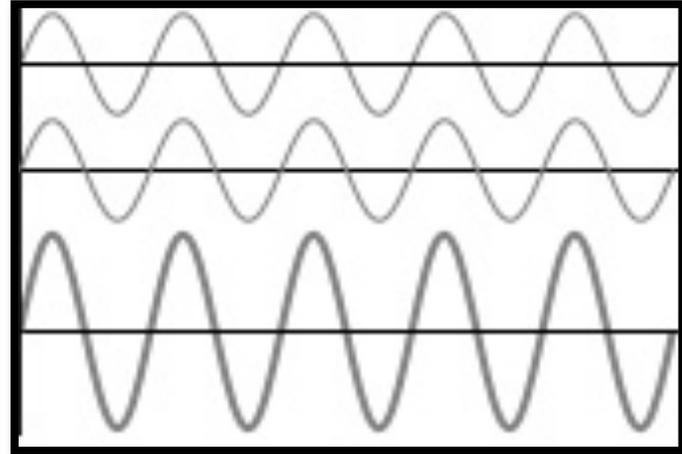
Incoerenti

- a incandescenza
- a scarica
- a fluorescenza
- LED

# ROA - Coerenti

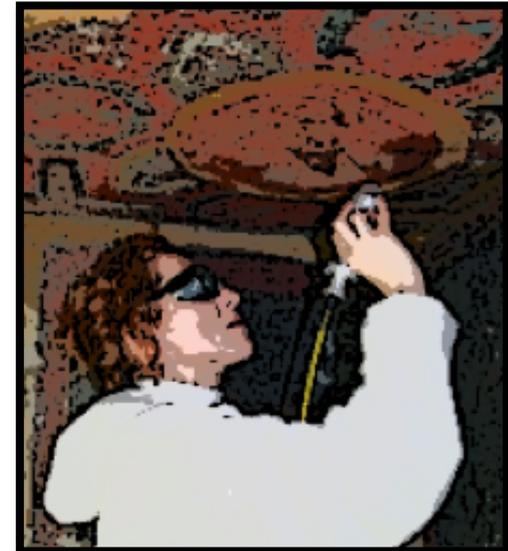
Radiazioni ottiche generate da una **sorgente laser**.

- Si dicono coerenti poiché le onde elettromagnetiche viaggiano in fase nella stessa direzione.
- Gli atomi si diseccitano tutti in fase tra loro.
- Il risultato è che la radiazione è costituita da un'unica lunghezza d'onda.



# Coerenti - principali applicazioni

- Medicina (uso chirurgico; diagnostico; radioterapia; fisioterapia; ..);
- Apparecchiatura estetica;
- Saldatura;
- Marcatura;
- Foratura;
- Abrasione;
- Telecomunicazioni;
- Telemetria;
- Spettacolo;
- Restauro.



# Coerenti - classificazione

- La classificazione è **attribuita dal costruttore**;
- è lo strumento previsto per indicare il grado di **pericolosità** di una sorgente;
- pericolosità in base al **LEA**: Livello di Emissione Accessibile

Classe	Pericolosità del laser
1	Innocui
1M	Normalmente sicuri. Possono essere pericolosi se vengono utilizzate ottiche di osservazione all'interno del fascio (es. lenti d'ingrandimento)
2	Normalmente non sono in grado di arrecare danni alla vista

# Coerenti - classificazione

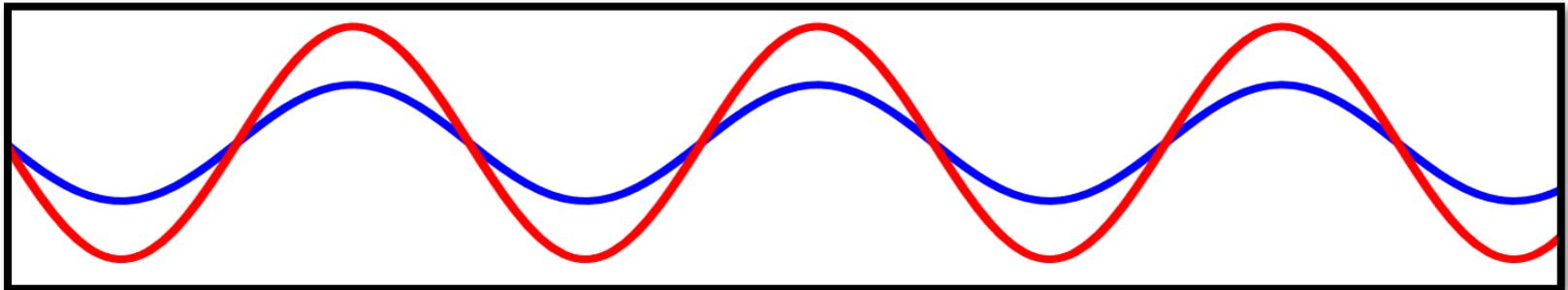
Classe	Pericolosità del laser
2M	Normalmente non sono in grado di arrecare danni alla vista. Possono essere pericolosi se vengono utilizzate ottiche di osservazione all'interno del fascio (es. lenti d'ingrandimento)
3R	Visione del fascio potenzialmente pericolosa
3B	Normalmente pericolosi nel caso di esposizione diretta del fascio
4	Possono anche produrre riflessioni diffuse pericolose. Possono causare lesioni alla pelle. Possono costituire rischio di incendio.

# ROA - Incoerenti

Radiazioni generate da tutte le altre **sorgenti artificiali non LASER**.

Le sorgenti incoerenti emettono in un insieme di lunghezze d'onda diverse, chiamato spettro.

Le onde elettromagnetiche sono fuori fase.



# Incoerenti - esempi di sorgenti

IR	Riscaldatori radianti Forni di fusione metalli e vetro Cementerie Lampade per riscaldamento a incandescenza Dispositivi militari per la visione notturna
Visibile	Sorgenti di illuminazione artificiale (lampade ad alogenuri metallici, al mercurio, sistemi LED ...) Lampade per uso medico (fototerapia neonatale e dermatologica) / estetico Luce pulsata (Intense Pulsed Light) Saldatura
UV	Sterilizzazione Essiccazione inchiostri, vernici Fotoincisione Controlli difetti di fabbricazione Lampade per uso medico (es.: fototerapia dermatologica) e/o estetico (abbronzatura) e/o di laboratorio Luce pulsata Saldatura ad arco / al laser

# Incoerenti - tipologie

---

## A incandescenza

La luce viene prodotta dal riscaldamento di un filamento di tungsteno attraverso cui passa la corrente elettrica.



# Incoerenti - tipologie

## A scarica

Lampade basate sull'emissione di radiazione elettromagnetica da parte di un plasma di gas ionizzato.

La ionizzazione del gas è ottenuta per mezzo di una scarica elettrica (da cui il nome) attraverso il gas stesso.



# Incoerenti - tipologie

## LED

### (Light Emitting Diode)

- Componenti elettronici (diodi);
- si basano sulle proprietà di materiale semiconduttore che emette fotoni a varie lunghezze d'onda.

Sono caratterizzati da un basso consumo di corrente e da una elevata luminosità.



Impiegati per la terapia dell'ittero neonatale

# Incoerenti - classificazione del rischio

La classificazione della pericolosità delle sorgenti si basa su:

- l'energia emessa dalla sorgente,
- lunghezza d'onda,
- alla modalità di impiego,
- al tempo di esposizione.



# Incoerenti – classificazione del rischio

## Sorgenti giustificabili/ Rischio trascurabile

- se l'esposizione alla sorgente di ROA incoerenti è minima,
- dunque non vengono superati i limiti di esposizione.

## Sorgenti non giustificabili/ Rischio non trascurabile

- se le emissioni di ROA incoerenti sono significative,
- e/o se la l'esposizione è prolungata.

### Esempi

Giustificabili	Non giustificabili
<ul style="list-style-type: none"><li>• Monitor</li><li>• Fotocopiatrici</li><li>• Illuminazione per uso domestico o ufficio</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Saldatrici ad arco</li><li>• Lampade per la sterilizzazione</li><li>• Lampade per fototerapia</li></ul>

# Incoerenti – classificazione del rischio

Scala di valutazione del rischio ROA incoerenti		
Entità del rischio	% del valore limite	Classe di rischio
Rischio basso	Il valore misurato (ovvero i valori calcolati con l'utilizzo dei risultati delle misurazioni), è <b>&lt; 50%</b> del rispettivo valore limite di esposizione.	Rischio trascurabile
Rischio medio	Il valore misurato (ovvero i valori calcolati con l'utilizzo dei risultati delle misurazioni), è <b>≥ 50%</b> e <b>&lt; 100%</b> del rispettivo valore limite di esposizione.	Rischio non trascurabile
Rischio alto	Il valore misurato (ovvero i valori calcolati con l'utilizzo dei risultati delle misurazioni), è <b>≥ 100%</b> e <b>&lt; 200%</b> del rispettivo valore limite di esposizione.	
Rischio molto alto	Il valore misurato (ovvero i valori calcolati con l'utilizzo dei risultati delle misurazioni), è <b>≥ 200%</b> del rispettivo valore limite di esposizione.	

# Classificazione macchine

Le macchine che producono radiazioni ottiche sono classificate in base al livello di radiazioni emesse.

Categoria	Restrizioni e misure di protezione	Informazioni e addestramento
0	Nessuna restrizione.	Nessuna informazione necessaria
1	Possono essere necessarie la limitazione dell'accesso e misure di protezione.	Informazioni su pericoli, rischi ed effetti secondari.
2	Restrizioni speciali e misure di protezione sono essenziali.	Informazioni su pericoli, rischi ed effetti secondari; l'addestramento può essere necessario.

# Classificazione delle lampade

Le lampade e i sistemi di lampade sono classificate in quattro gruppi di rischio

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

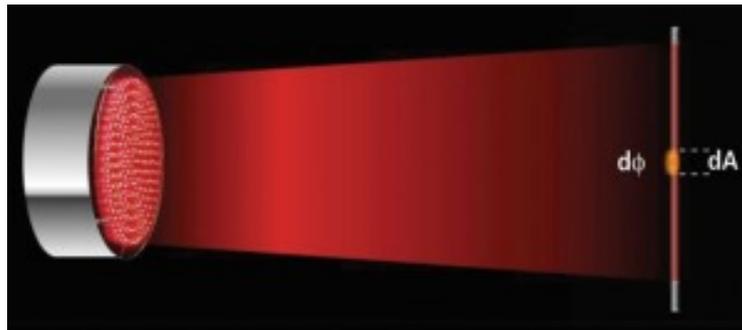
# Valori limite di esposizione

I limiti sono definiti per:

- irradianza,
- esposizione radiante,
- radianza.

**Irradianza (E)  $d\Phi/dA$**

È il flusso radiante che incide su un'area unitaria. Dipende dalla distanza dalla sorgente secondo la legge dell'inverso del quadrato.



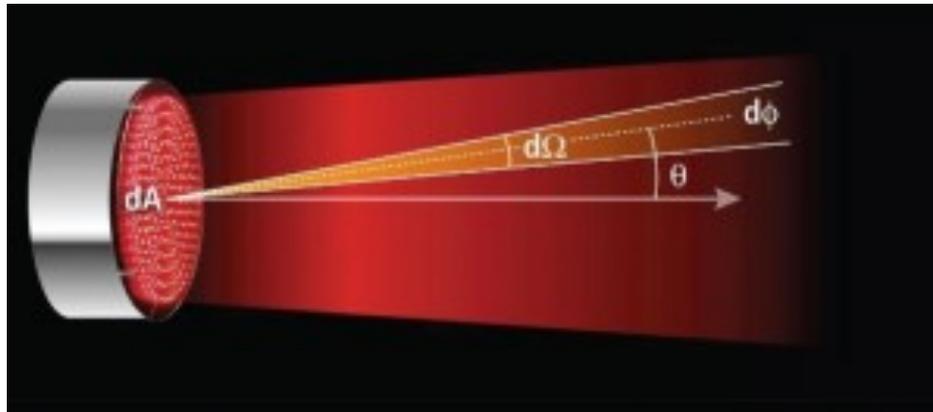
# Valori limite di esposizione

**Esposizione radiante (H)  $dQ/dA$**

Si ottiene integrando nel tempo l'irradianza. Consente di quantificare l'effetto dell'esposizione integrata nel tempo.

**Radianza (L)  $d\Phi/d\Omega \cdot dA$**

Indica la quantità di luce emessa o riflessa da una superficie.



# Limite di esposizione - sorgenti coerenti

Lunghezza d'onda (nm) $\lambda$	Campo di radiazione	Organo interessato	Rischio	Tabella dei valori limite di esposizione
Da 180 a 400	UV	Occhio	Danno fotochimico e danno termico	2.2, 2.3
Da 180 a 400	UV	Cute	Eritema	2.4
Da 400 a 700	Visibile	Occhio	Danno alla retina	2.2
Da 400 a 600	Visibile	Occhio	Danno fotochimico	2.3
Da 400 a 700	Visibile	Cute	Danno termico	2.4
Da 700 a 1.400	IRA	Occhio	Danno termico	2.2, 2.3

# Limite di esposizione - sorgenti incoerenti

Lunghezza d'onda nm	Valori limite di esposizione	Unità	Commenti	Parte del corpo	Rischio
180-400 (UVA,UVB, UVC)	$H_{\text{eff}} = 30$ Valore giornaliero 8 ore	$[J m^{-2}]$		Occhio: cornea congiuntiva cristallino  Cute	Fotocheratite Congiuntivite Catarattogenesi Eritema Elastosi Tumore della cute
315-400 (UVA)	$H_{\text{UVA}} = 10^4$ Valore giornaliero 8 ore	$[J m^{-2}]$		Occhio: cristallino	Catarattogenesi
300-700 (luce blu)	$L_B = \frac{10^6}{t}$ per $t \leq 10000$ s	$L_B [W m^{-2} sr^{-1}]$ t [secondi]	per $a \geq 11$ mrad	Occhio: retina	Fotoretinite
300-700 (luce blu)	$L_B = 100$ per $t > 10000$ s	$[W m^{-2} sr^{-1}]$			
300-700 (luce blu)	$E_B = \frac{100}{t}$ per $t \leq 10000$ s	$E_B [W m^{-2}]$ t [secondi]	per $a < 11$		
300-700 (luce blu)	$E_B = 0.01$ per $t > 10000$ s	$[W m^{-2}]$			

# Bersagli delle ROA

---

Occhi



Pelle



# Effetti delle ROA

---

## Effetti diretti

### Occhi

- fotocheratocongiuntivite;
- cataratta;
- lesioni della retina.

### Pelle

- invecchiamento cutaneo;
- eritema;
- reazioni fototossiche;
- immunosoppressione;
- fotocancerogenesi cutanea.

## Effetti indiretti

- abbagliamento,
- accecamento temporaneo,
- incendi o esplosioni.

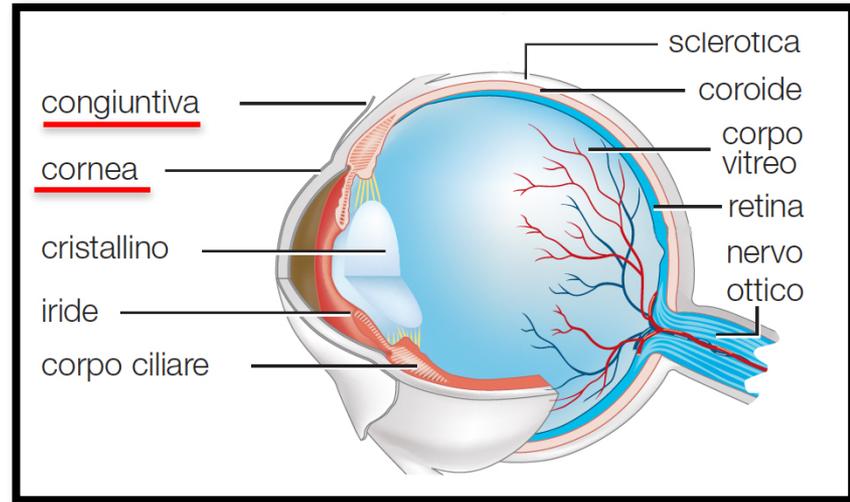
# Effetti delle ROA - Occhi

## Fotocheratocongiuntivite

Stato infiammatorio caratterizzato da **lesioni superficiali** della congiuntiva e la cornea, dovute alla morte e progressiva perdita di cellule epiteliali.

### Sintomi:

- dolore,
- fotofobia,
- sensazione di sabbia negli occhi

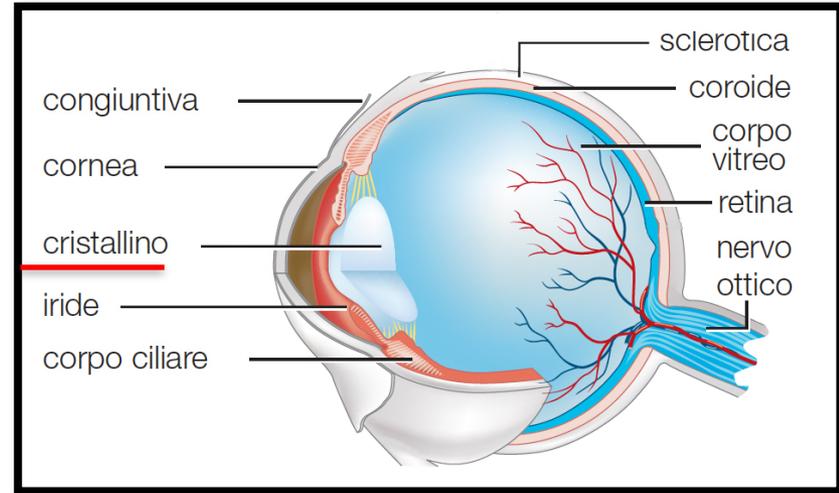


# Effetti delle ROA - Occhi

## Cataratta

Opacità del cristallino (lente naturale dell'occhio).

Effetto: offuscamento visivo.



Occhio normale



Cataratta

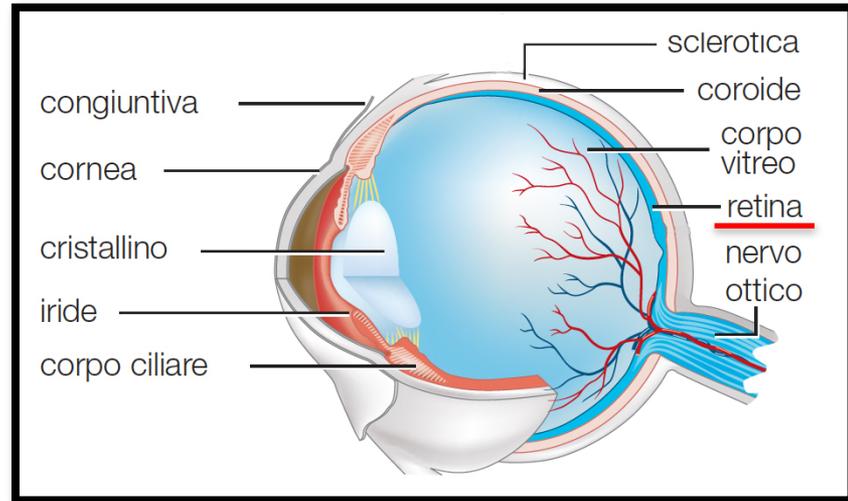


# Effetti delle ROA - Occhi

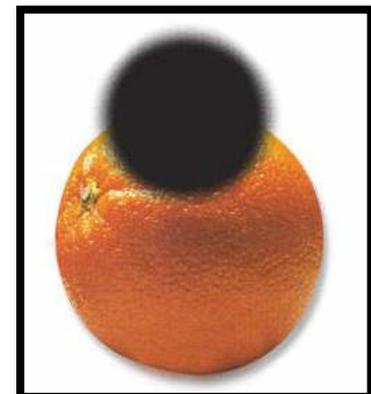
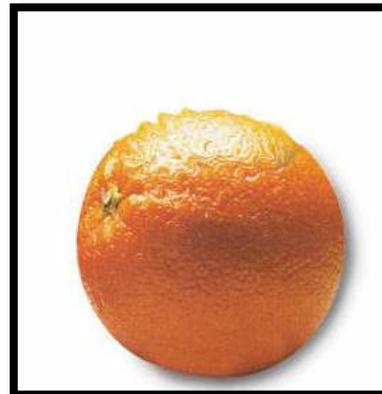
## Lesione della retina

La retina è l'equivalente di una pellicola fotografica che riveste la superficie interna dell'occhio.

Effetto: riduzione del campo visivo.



Vista con la lesione della retina



# Effetti delle ROA - Pelle

## Invecchiamento cutaneo

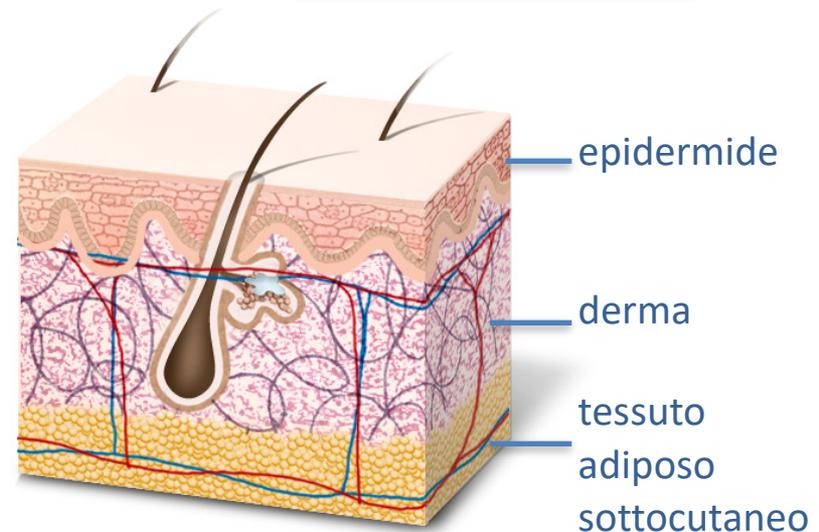
Si manifesta nelle aree maggiormente esposte.

È espressione del danneggiamento delle fibre presenti nel derma cutaneo.



## Eritema

Arrossamento della pelle, solitamente reversibile.



# Effetti delle ROA - Pelle

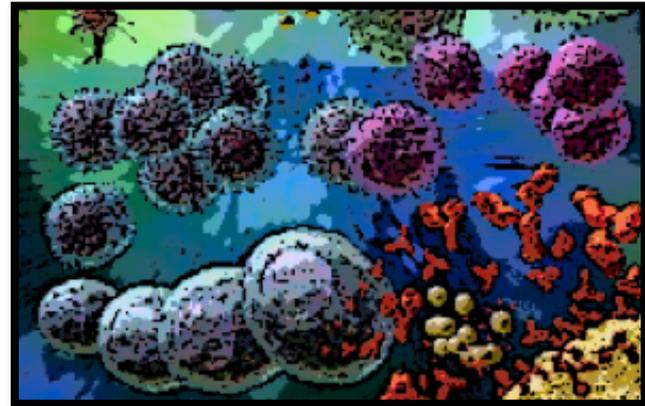
## Reazioni fototossiche

Scatenate dall'assunzione di prodotti chimici (farmaci), associate all'esposizione a ROA.



## Immunosoppressione

L'esposizione alle ROA può alterare la risposta immunitaria a livello locale (cute) e sistemico (generale).



# Effetti delle ROA - Pelle

---

## Fotocancerogenesi cutanea

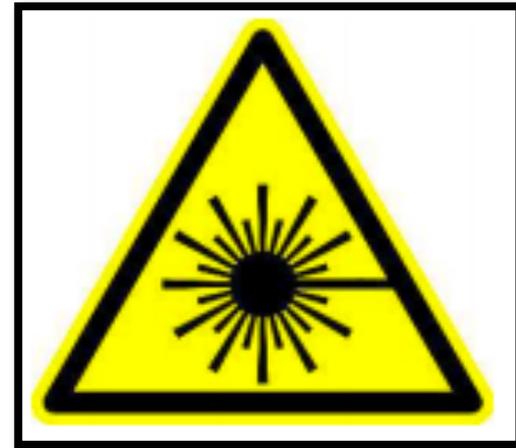
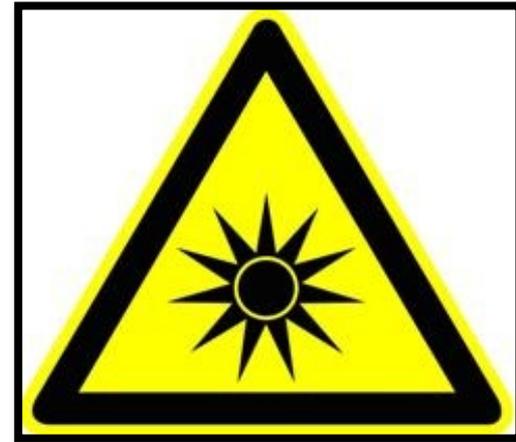
I tumori cutanei sono molto frequenti nell'uomo e si manifestano soprattutto in età avanzata e nelle aree maggiormente fotoesposte.

L'incidenza è legata all'esposizione di radiazioni ottiche.



# Segnaletica

Nei luoghi di lavoro dove i lavoratori potrebbero essere esposti a livelli di radiazioni ottiche superiori ai valori limite di esposizione, deve essere presente l'apposita segnaletica.



# DPI - ROA Incoerenti

## Occhiali, maschere o ripari facciali (se previsti)

- Caratteristiche idonee a filtrare le lunghezze d'onda delle radiazioni ottiche emesse dalla sorgente;
- possibilità di distinguere i colori;
- non ostacolare il campo visivo;
- non devono perdere le proprietà per effetto dell'irraggiamento.



## Protezione della pelle

Possono essere necessari indumenti idonei a schermare le radiazioni ottiche (cotone).

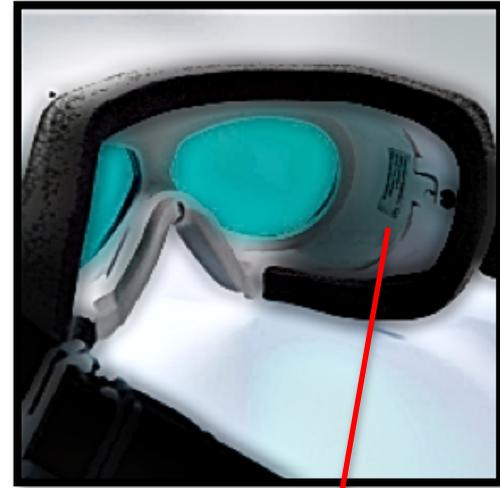
Guanti, maschere, copricapo, grembiule...



# DPI -ROA Coerenti

## Occhiali, maschere o ripari facciali (se previsti)

- Caratteristiche idonee a filtrare le lunghezze d'onda delle radiazioni laser;
- livelli protettivi, indicati da un numero di graduazione espresso con il simbolo L, seguito da un numero da 1 a 10;
- trasmissione luminosa adatta (visione nitida);
- riconoscimento dei colori;
- campo visivo vasto;
- aderenti al volto ma ventilati;
- montatura e ripari laterali devono garantire la stessa protezione delle lenti;
- non fissare il raggio.



L5

# Sorveglianza sanitaria

---

La sorveglianza sanitaria si rende necessaria in tutti i casi in cui il lavoratore deve utilizzare DPI o altri accorgimenti per non essere esposto a ROA vicine o superiori ai Limiti di Esposizione.



# Informazione e formazione

---

I lavoratori che per uso diretto o indiretto possono essere esposti a ROA devono ricevere adeguate informazioni e formazione anche nel caso di esposizioni inferiori ai Limiti di Esposizione.

