

*Corso*  
*di*  
***FORMAZIONE***  
*sui Laser*

---

*A cura di*

*Dr. Rolando Milani*

# L'energia della luce

Una persona sdraiata al sole è investita da un flusso di circa	200	W/m <sup>2</sup>
la Superficie corporea media è circa	0,5	m <sup>2</sup>
La massa corporea è mediamente	75	kg
Il flusso $W$ sulla superficie corporea è, quindi, $200 \times 0,5$	100	W
Se consideriamo che l'energia di $1J = 1W \times 1s$		
l'energia assorbita in un ora da un corpo steso al sole, senza raffreddamento, è pari a	360.000	J
$360.000J / 75000g$ di massa corporea danno l'energia assorbita da un grammo di massa →	4,8	J/g
Poiché per aumentare la temperature di 1g di acqua ci vogliono	4,18	J
In 1h la temperatura corporea aumenta di	~ 1°C	

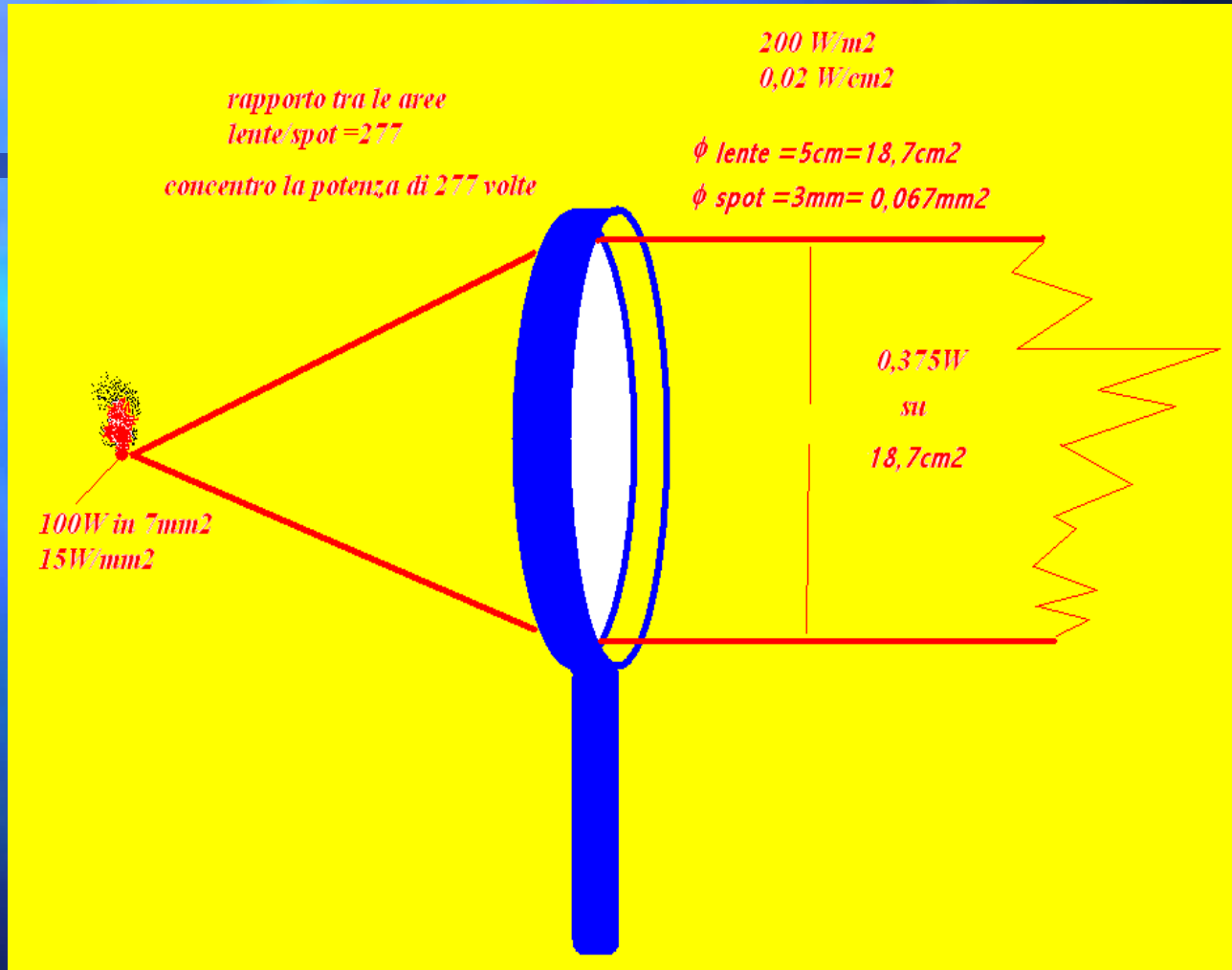
*rapporto tra le aree  
lente/spot = 277  
concentro la potenza di 277 volte*

*200 W/m<sup>2</sup>  
0,02 W/cm<sup>2</sup>*

*$\phi$  lente = 5cm = 18,7cm<sup>2</sup>  
 $\phi$  spot = 3mm = 0,067mm<sup>2</sup>*

*100W in 5mm<sup>2</sup>  
15W/mm<sup>2</sup>*

*0,375W  
su  
18,7cm<sup>2</sup>*



# Onda luminosa

- La luce si propaga tramite onde e le onde si caratterizzano per la loro lunghezza.
- Come si misura la lunghezza di un'onda?
- La lunghezza di un'onda è la distanza tra due creste



# Unità di misura

---

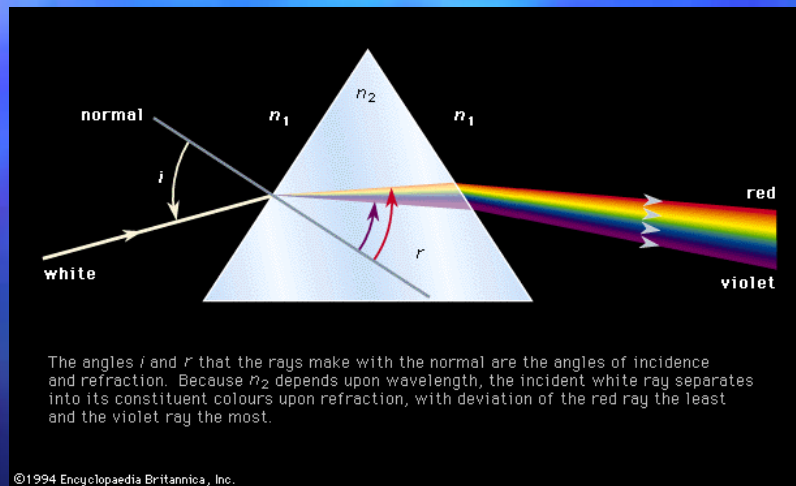
- Metro=1 unità fondamentale di lunghezza
- Millimetro=1/1.000 di metro
- Microm (μ )=1/1.000.000 di metro
- Nanometro (nm)= 1/1.000.000.000

# Perché la luce è bianca?

---

- La luce è fatta da un insieme di tanti colori, ma il nostro occhio li vede tutti uniti, sommati e la loro somma viene percepita dal nostro occhio come bianca, ma in realtà è la somma di tanti colori che vanno dal rosso a viola

# Sì, ma in pratica come si misura la lunghezza d'onda?

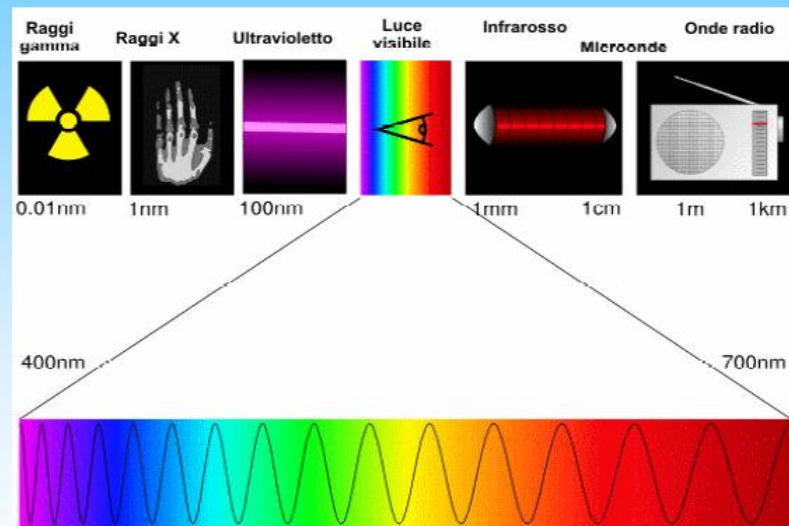


- La luce bianca è fatta di diversi colori e ogni colore ha una sua lunghezza d'onda
- Il viola è fatto da onde più corte
- Il rosso è fatto da onde più lunghe

Un prisma deflette la luce a seconda della lunghezza d'onda. Deflette meno se l'onda è lunga. Deflette di più se l'onda è corta, quindi la luce si scompone nei suoi colori, cioè nelle sue lunghezze d'onda e misurando l'angolo di deviazione posso misurare la lunghezza d'onda.

# Spettro Elettromagnetico

Spettro elettromagnetico: ionizzante e non



$\lambda$   
(nm)

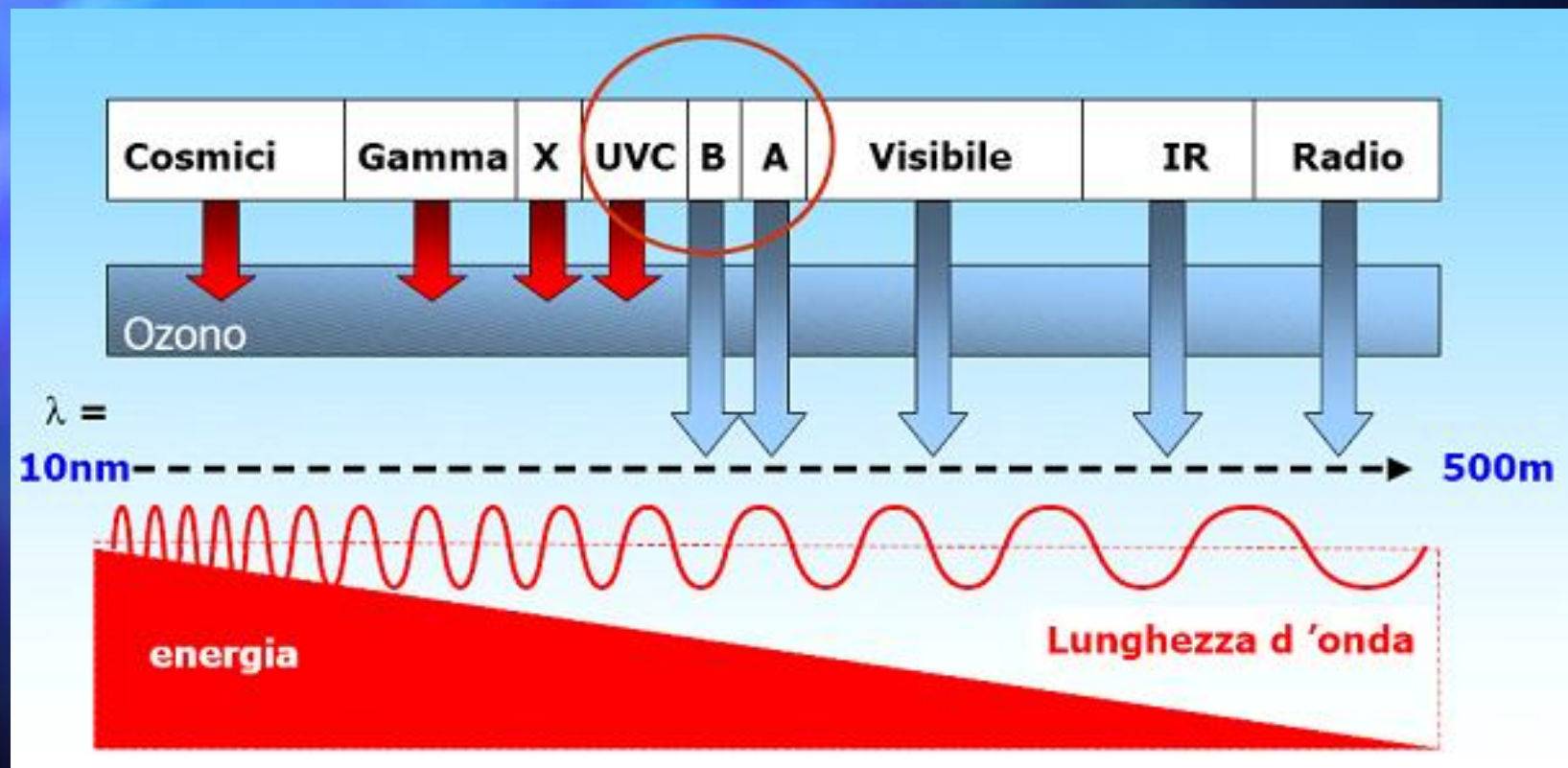
UV-C	UV-B	UV-A	VIS	IR-A	IR-B	IR-C
100-280	280-315	315-380	380-780	780-1400	1400-3000	3000-10 <sup>6</sup>

# Energia e lunghezza d'onda della luce sono legate?

---

Si, sono legate da una formula matematica che dice « più la lunghezza d'onda è piccola maggiore è la sua energia», quindi, a parità potenza della sorgente, il viola ha più energia del rosso

# Energia e lunghezza d'onda



# Radiazioni Ottiche

CEM - NIR

Radiazioni ottiche

Le radiazioni ottiche sono quella parte dello spettro elettromagnetico che comprende, in ordine crescente di energia:

**INFRAROSSO (IR) VISIBILE (VIS) ULTRAVIOLETTO (UV)**

Le sorgenti di radiazioni ottiche sono  
sia **naturali** che **artificiali**

# Cosa succede alla luce quando passa attraverso un mezzo?

---

- Rifratta (da un corpo trasparente come vetro o acqua) quando il suo percorso è deviato, ma la sua energia praticamente non cambia
- Riflessa (specchio) quando viene rimandata indietro e la sua energia praticamente non cambia
- Assorbita quando il mezzo la assorbe e la converte (generalmente in calore)

- 
- Sulla cute si possono avere tutti e tre i fenomeni assorbimento, riflessione, rifrazione
  - L'occhio umano raccoglie solo l'energia che passa attraverso la pupilla

# Quali sono gli Effetti Biologici della luce che entra nell'occhio?

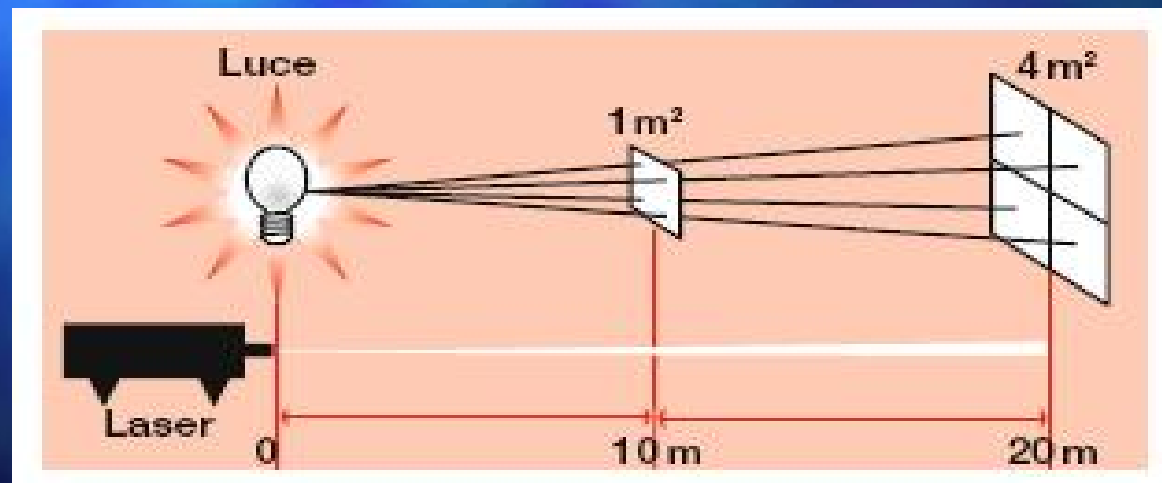
## Effetti biologici dell'esposizione

Gli effetti a livello dei tessuti oculari e cutanei dovuti all'assorbimento di fotoni determinano, in funzione della lunghezza d'onda, un duplice meccanismo:

- 1) **fotochimico**, tipico della radiazione **UV** e **VIS** (reazione chimica che può essere diretta oppure mediata dalla presenza di sostanze fotosensibilizzanti),
- 2) **termico**, caratteristico di **IR** e **VIS** (aumento di temperatura)

Oltre alla lunghezza d'onda gli effetti dipendono dalla "dose": il superamento di determinate **soglie** può comportare l'induzione di alterazioni patologiche più o meno reversibili.

- Le sorgenti di luce irradiano normalmente in tutte le direzioni.
- La quantità di energia che investe un oggetto diminuisce con l'aumentare della distanza tra l'oggetto e la sorgente.
- La luce generata dal laser è invece diretta assialmente e concentrata già alla sua origine.
- Quando un raggio laser colpisce un oggetto, l'intera energia del raggio si concentra nel minuscolo punto d'impatto.



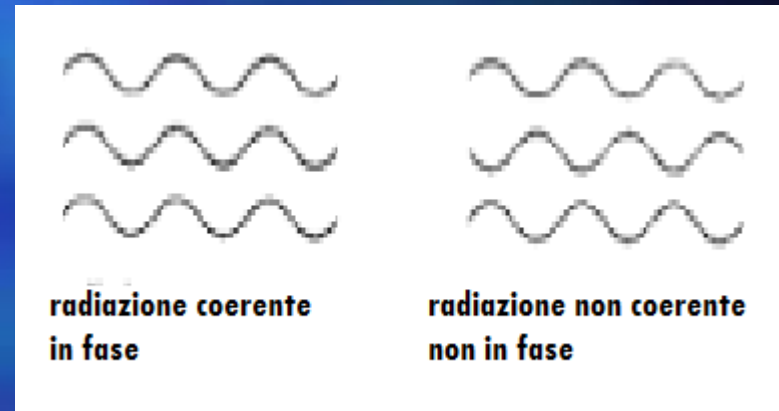
# L A S E R

---

- **Dispositivo che emette radiazioni elettromagnetiche coerenti**
- **Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation**

# Cosa significa luce coerente o in fase?

- Significa che le onde luminose presentano creste e valli nello stesso istante perché hanno la stessa lunghezza d'onda e partono contemporaneamente, come dei soldati che marciano partendo assieme e con lo stesso passo



# LASER \*

- I **laser** rappresentano un tipo peculiare di sorgenti ottiche, in quanto emettono fasci di radiazione **coerente** (*in fase*) **direzionale, monocromatica**, in continuo o sotto forma di impulsi discreti.
- La radiazione coerente, a differenza della radiazione diffusa, può essere raccolta dalle strutture diottiche dell'occhio (cristallino) e focalizzata sulla retina con **raggiungimento di densità di energia molto elevate in piccole aree della retina, causa rapide e irreversibili lesioni di natura fotochimica (laser visibili) o termica (laser che emettono nell'infrarosso vicino)**
- **Impulsi di radiazione coerente di breve durata e forte intensità possono indurre danni di tipo meccanico alla retina e ad altre strutture dell'occhio**

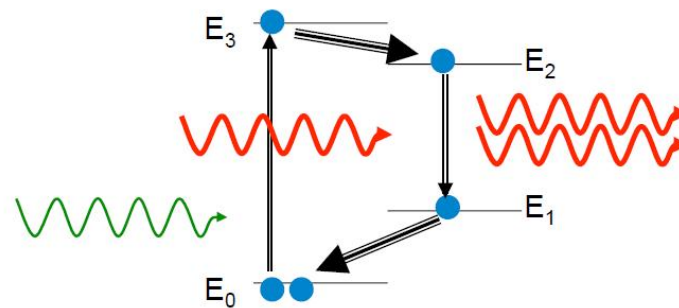
# Principio di funzionamento

da Tomaselli

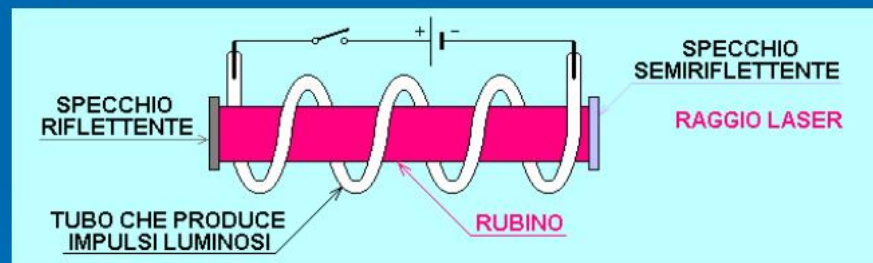
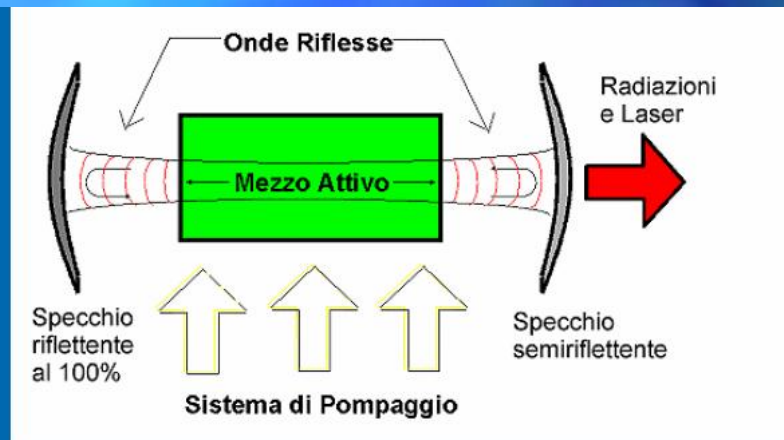


## Principio di funzionamento

Amplificazione ottica efficiente

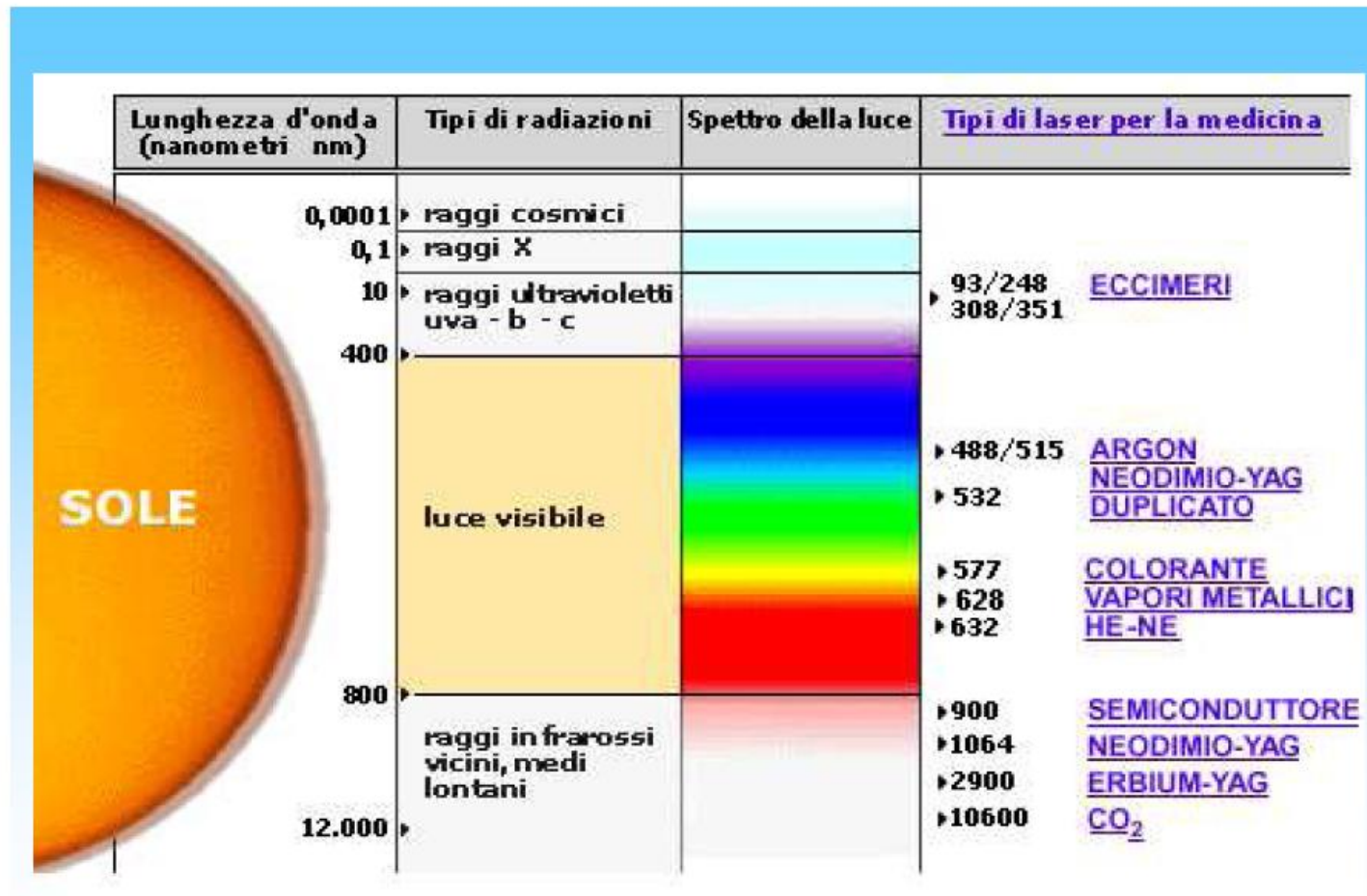


Schema a 4 livelli per ottenere L'INVERSIONE DI POPOLAZIONE  
ovvero la maggior parte degli atomi allo stato eccitato



Principali mezzi attivi dei laser :  
 CO<sup>2</sup> – Nd:YAG – Er:YAG – Ho:YAG -  
 Argon – Diodo – Eccimeri -Fibra

# TIPI DI LASER



## Intervalli di $\lambda$ (lunghezza d'onda) d'interesse

- Ultravioletto C (UV-C) da 180 nm a 280 nm
- Ultravioletto B (UV-B) da 280 nm a 315 nm
- Ultravioletto A (UV-A) da 315 nm a 400 nm
- Visibile da 400 nm a 780 nm
- Infrarosso A (IR-A) da 780 nm a 1400 nm
- Infrarosso B (IR-B) da 1400 nm a 3000 nm
- Infrarosso C (IR-C) da 3000 nm a 1 mm

Dalla lunghezza d'onda dipendono gli effetti sui tessuti.

# Principali applicazioni

## Principali applicazioni industriali e civili



- *Taglio*
- *Saldatura*
- *Marcatura*
- *Foratura*
- *Abrasione*
- *Telecomunicazioni*
- *Telemetria*
- *Spettacolo*



# RICERCA

## Principali applicazioni di ricerca

- *Restauro e pulitura di opere d'arte*
- *Generazione di plasmi*
- *Spettrometria*

# CLASSIFICAZIONE

## Classificazione 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 3R – 3B\*
  - classe 4 \*



# CLASSIFICAZIONE DEI LASER \*

La grande varietà di lunghezze d'onda, energie, caratteristiche d'impulso, sistemi che li includono, applicazioni e modi di impiego di tali sistemi, rendono indispensabile, ai fini della sicurezza, il loro raggruppamento in categorie, o classi, di pericolosità. E' risultato molto utile pertanto l'introduzione di un nuovo parametro chiamato

## Limite di Emissione Accettabile (LEA)

Esso descrive i livelli di radiazione emergente da un sistema laser, la cui valutazione permette la collocazione dell'apparecchio nell'opportuna categoria di rischio.

La determinazione del LEA deve essere effettuata nelle condizioni più sfavorevoli ai fini della sicurezza.

Si sono individuate 5 classi: 1, 2, 3A, 3B e 4, con indice di pericolosità crescente con il numero di classe.

# Sorgenti laser: la classificazione

<u>Classe</u>	<u>Definizione</u>	<u>Esempio</u>
1	Laser sicuri nelle condizioni di funzionamento ragionevolmente prevedibili	Stampanti laser, lettori CD, strumentazione per laboratorio
1 M	Come per la classe 1, ad eccezione che può essere pericolosa se l'utilizzatore usa ottiche	
2	Bassa potenza: la protezione dell'occhio è normalmente assicurata dalle reazioni di difesa	Puntatori luminosi, misuratori di distanza, lettori di codici a barre
2 M	Come per la classe 1, ad eccezione che può essere pericolosa se l'utilizzatore usa ottiche	
3 R	La visione diretta del fascio può essere pericolosa	Apparecchi per spettrometria, fotolitografia, giochi di luce
3 B	La visione diretta del fascio è normalmente pericolosa	
4	Potenza elevata: anche le riflessioni diffuse possono essere pericolose	Applicazioni mediche e industriali

## ■ Classificazione dei LASER (IEC 60825-1:2009-07-03)

- Classe 1: intrinsecamente sicuri (bassa potenza 1 mW) anche per visione diretta e prolungata del fascio (VS: possibile abbagliamento temporaneo ¼ sec)
- Classe 1M: 302,5-4000 nm; sono sicuri nelle condizioni di funzionamento ragionevolmente prevedibili, ma possono essere pericolosi (superamento EMP e danni oculari) se l'utilizzatore impiega ottiche per la visione diretta del fascio (*strumenti ottici: binocolo, microscopio*)

# Classificazione dei LASER

## (IEC 60825-1:2009-07-03)

- Classe 2: 400-700 nm (VS); non sono intrinsecamente sicuri, ma la protezione dell'occhio è normalmente assicurata dal riflesso di difesa compreso il riflesso palpebrale (abbagliamento/accecamento da luce intensa con possibili conseguenze sul lavoro in casi critici). Bisogna evitare di guardare nel fascio (*luce V.S. ammiccamento*)
- Classe 2M: 400-700 nm; sono sicuri solo per brevi esposizioni, la protezione dell'occhio è normalmente assicurata dal riflesso di difesa compreso il riflesso palpebrale (abbagliamento/accecamento da luce intensa con possibili conseguenze sul lavoro in casi critici). Tuttavia l'osservazione dell'emissione può risultare pericolosa se l'utilizzatore impiega ottiche per la visione diretta del fascio (*luce V.S. ammiccamento*)

- Classe 3R: 302,5-106nm; la visione diretta del fascio è potenzialmente pericolosa, ma il rischio è inferiore alla classe 3B (*da U.V. a I.R., vis. incluso*)
- Classe 3B: la visione diretta del fascio, anche accidentale e breve o di sue riflessioni speculari, è sempre pericolosa mentre non è a rischio la visione di radiazioni diffuse. Nel Vis. la visione riflessa o rifratta non è normalmente a rischio se la distanza minima di visione è non inferiore a 13 cm e il tempo di visione non è superiore a 10 s
- Classe 4: pericolosa l'esposizione sia diretta al fascio o alle sue riflessioni speculari sia alla radiazione diffusa (attenzione agli oggetti specchiati!) con o senza strumenti ottici. Sono pericolosi per occhio e pelle. Presentano anche un rischio di incendio (*per energia elevata*)

# Classe 3R (attenzione)

---

- I laser di classe 3R possono emettere raggi di potenza fino a 5 mW (5 volte il limite di emissione per la classe 2) nel campo di lunghezza d'onda visibile (400 –700 nm). Rispetto alla classe 3B non c'è bisogno di un interruttore a chiave, di collegamenti per il circuito di sicurezza esterno e non c'è alcuna limitazione di accesso.

# Attenzione

---

I laser di classe 3R possono danneggiare la retina dopo una breve esposizione anche senza l'uso di strumenti ottici. La targhetta di avvertimento deve recare la scritta:

*« Evitare l'esposizione diretta degli occhi ».*

# Classe 3B

I laser di classe 3B hanno una potenza massima di 0,5 watt in emissione continua. Il punto in cui il raggio laser incide su una parete non riflettente può essere osservato senza danni agli occhi se, la distanza dal riflesso diffuso è superiore a 13 cm e il tempo di osservazione non supera i 10 secondi.

Attenzione: guardare direttamente il fascio, diretto o riflesso, può causare danni agli occhi anche per una breve esposizione.

La targhetta di avvertimento deve recare la scritta :

*«Evitare l'esposizione al raggio»*

# Classe 4

---

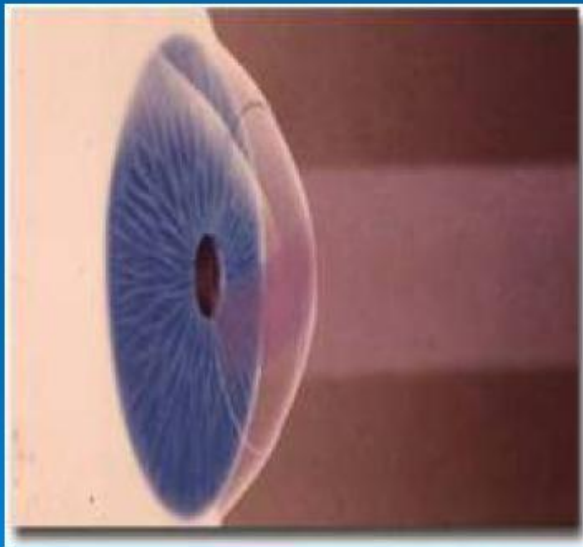
Tutti i laser che non soddisfano le condizioni delle classi 1, 1M, 2, 2M, 3R o 3B rientrano nella classe 4. Per i laser di classe 4 non esiste un limite superiore di potenza.

# ORGANI CRITICI

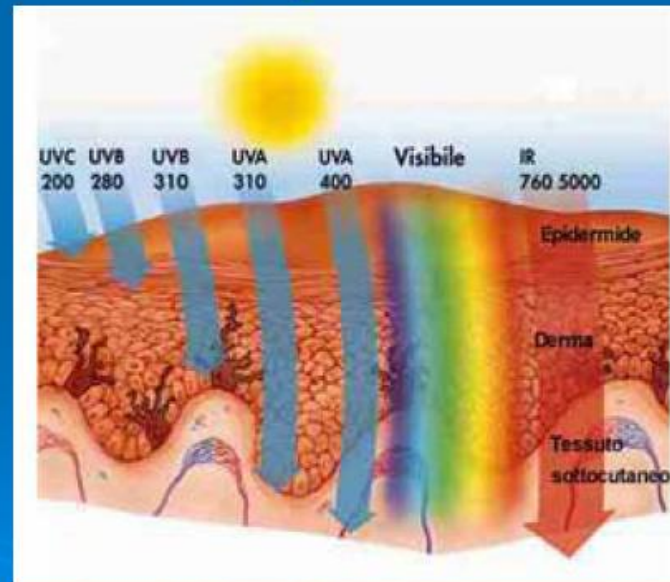
Nei luoghi di lavoro in cui esiste  
il rischio di esposizione a ROA  
(radiazioni ottiche artificiali)

ROA

occhi



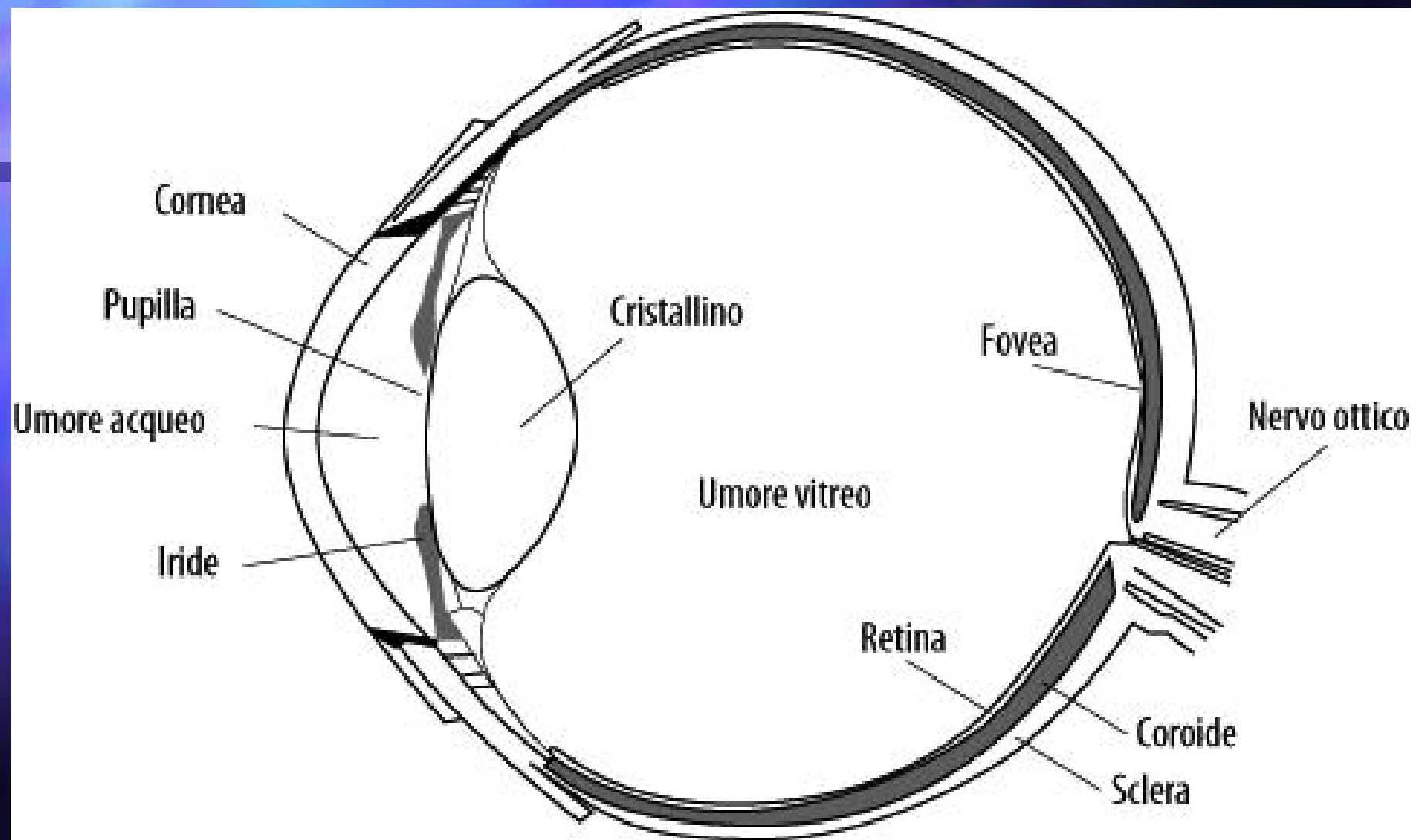
pelle



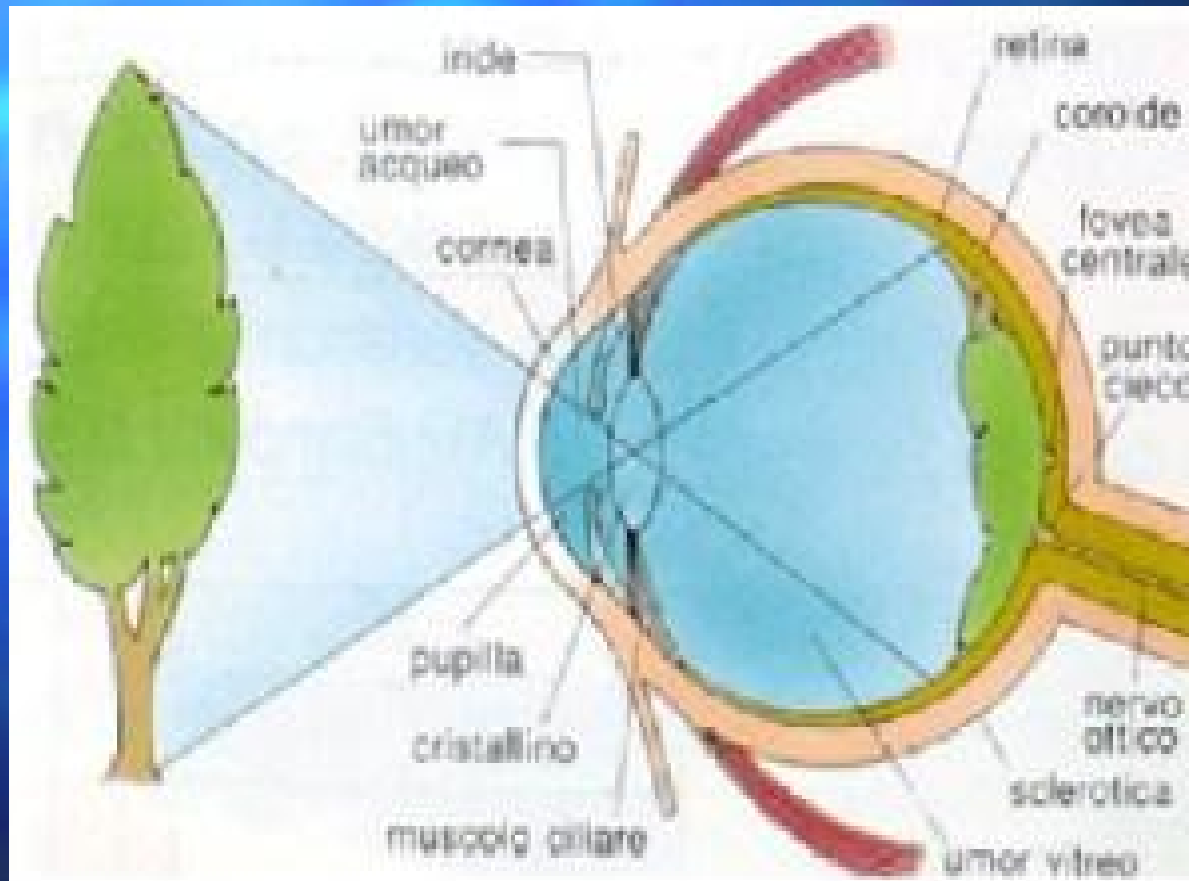
# ORGANI CRITICI \*

## Bersagli biologici delle R.O. e danni

- Gli organi biologici più sensibili ai rischi di elevate esposizioni a radiazioni ottiche sono l'**occhio** in tutte le sue parti (cornea, cristallino, retina) e la **cute**.
- I danni, reversibili o irreversibili, come possibili effetti dell'esposizione di questi organi bersaglio sono funzione del tipo di radiazione ottica ossia:
  - lunghezza d'onda** e quindi dell'energia associata alla radiazione ottica, sia coerente che incoerente
  - forma d'onda**
  - composizione del tessuto: sensibilità individuale**
  - dose**

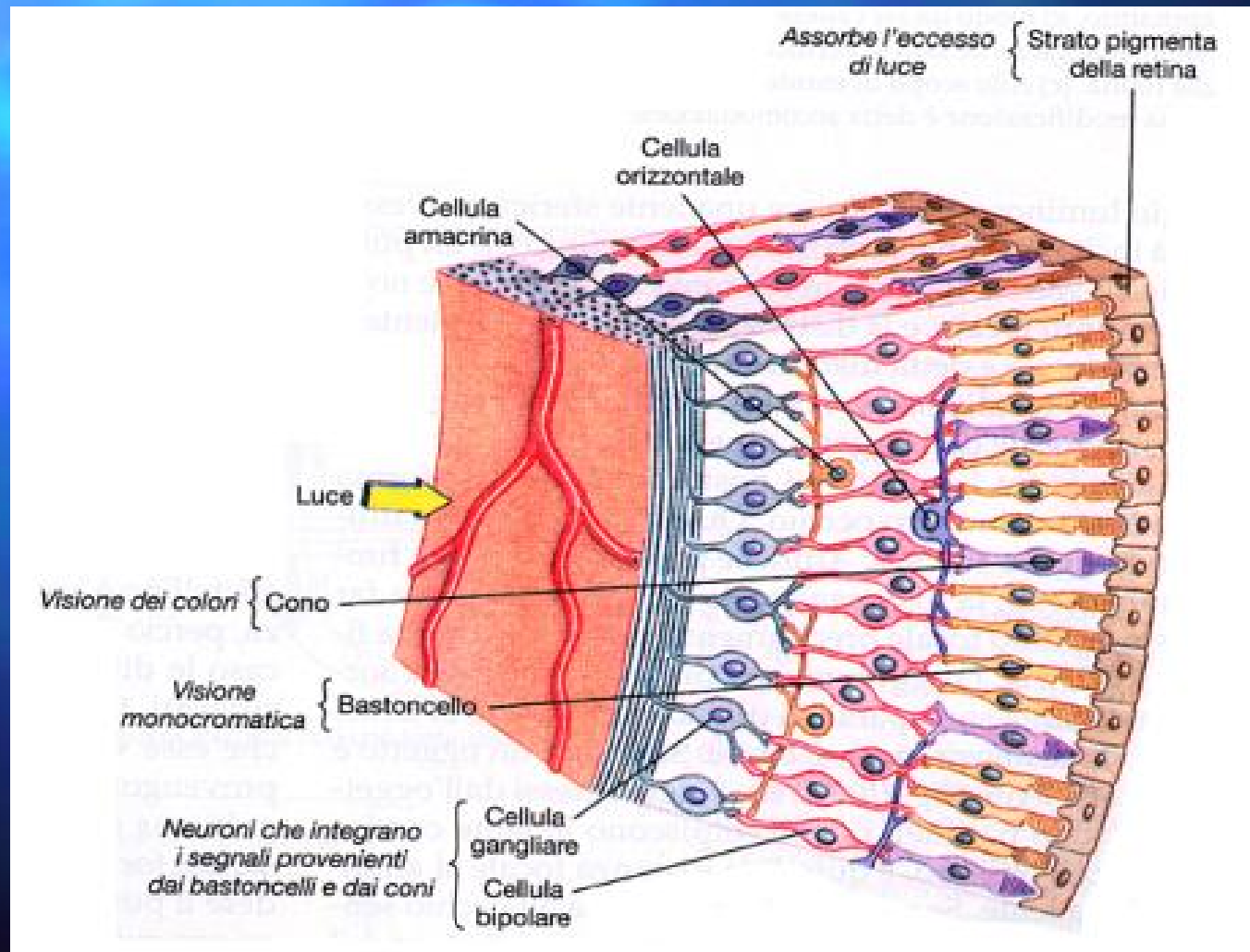


# Sistema di visualizzazione

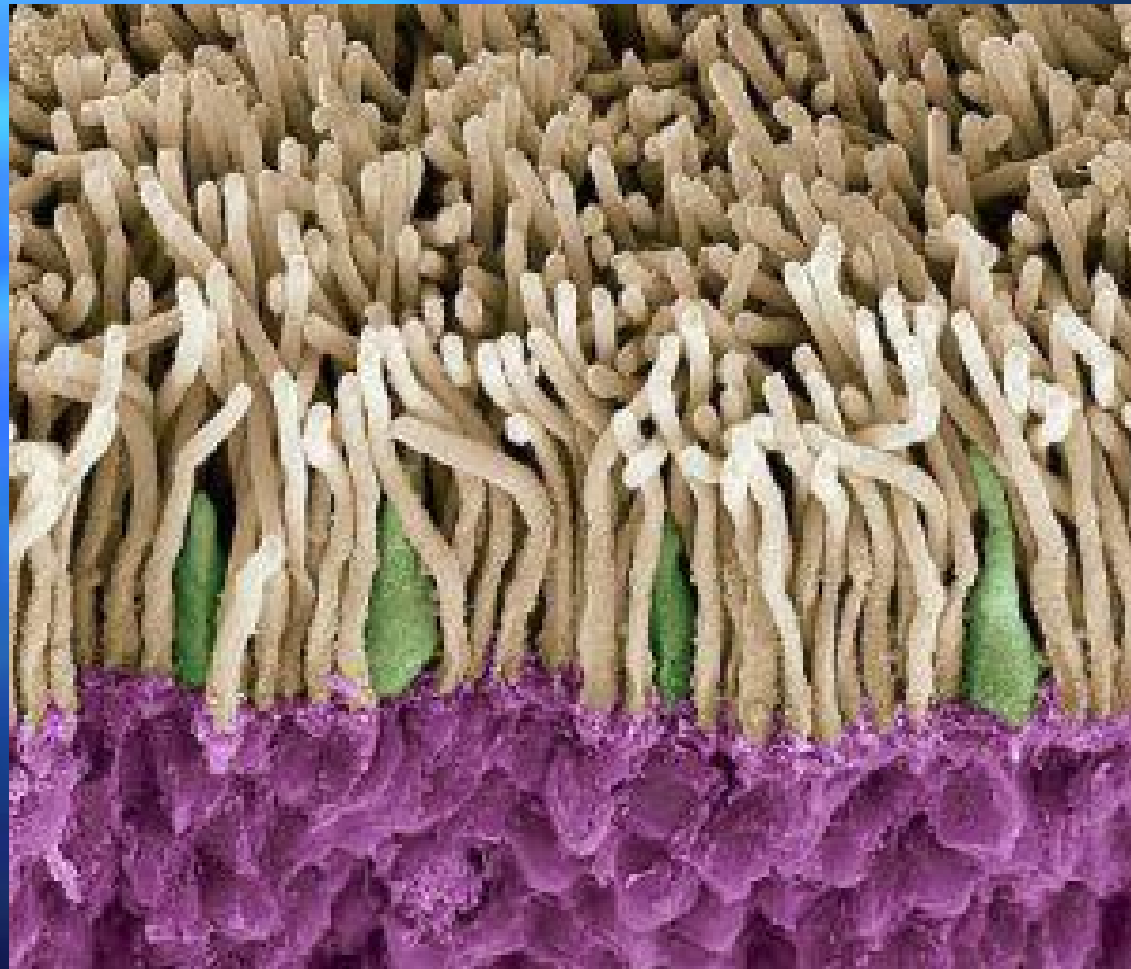


*Matteo Seraceni*

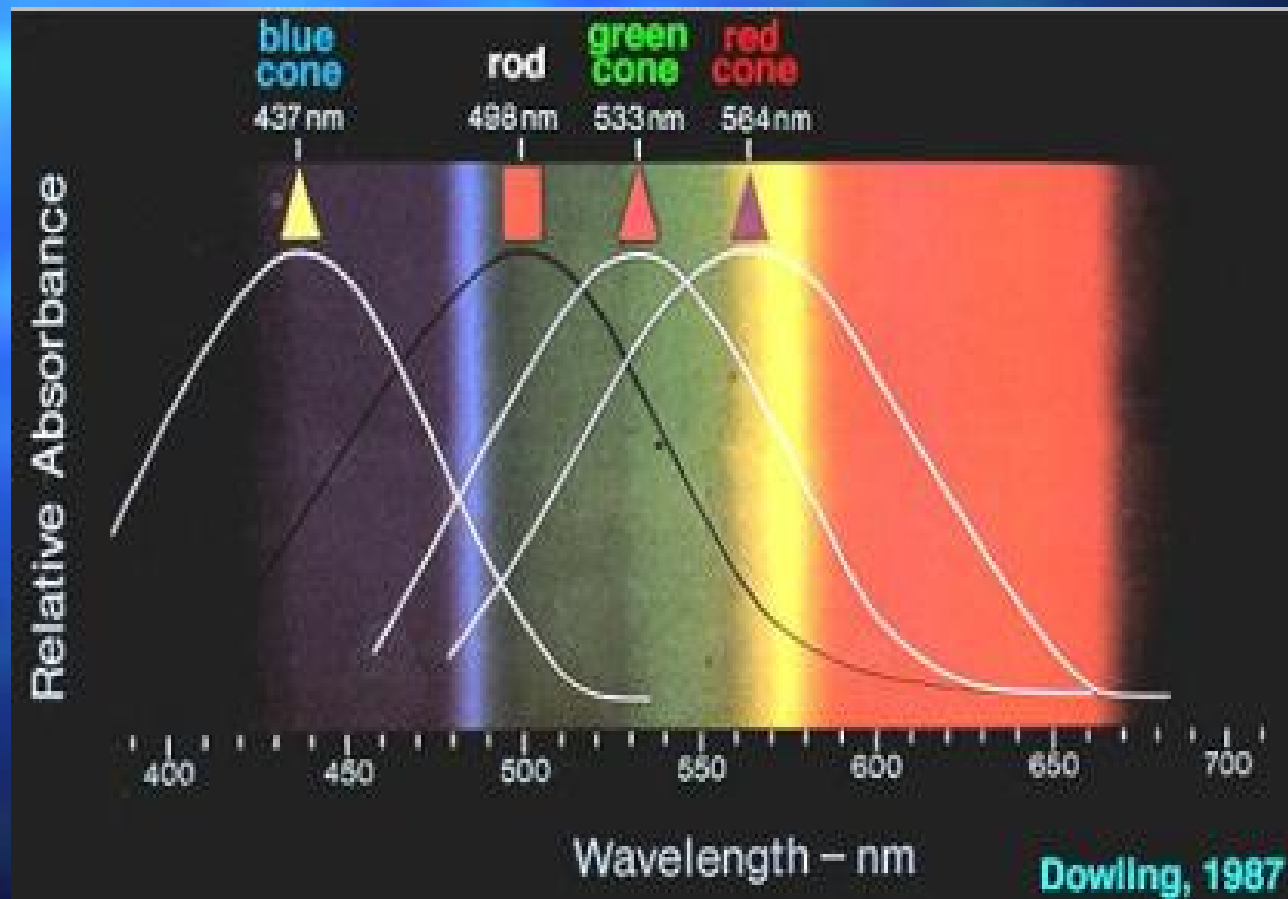
# LA RETINA



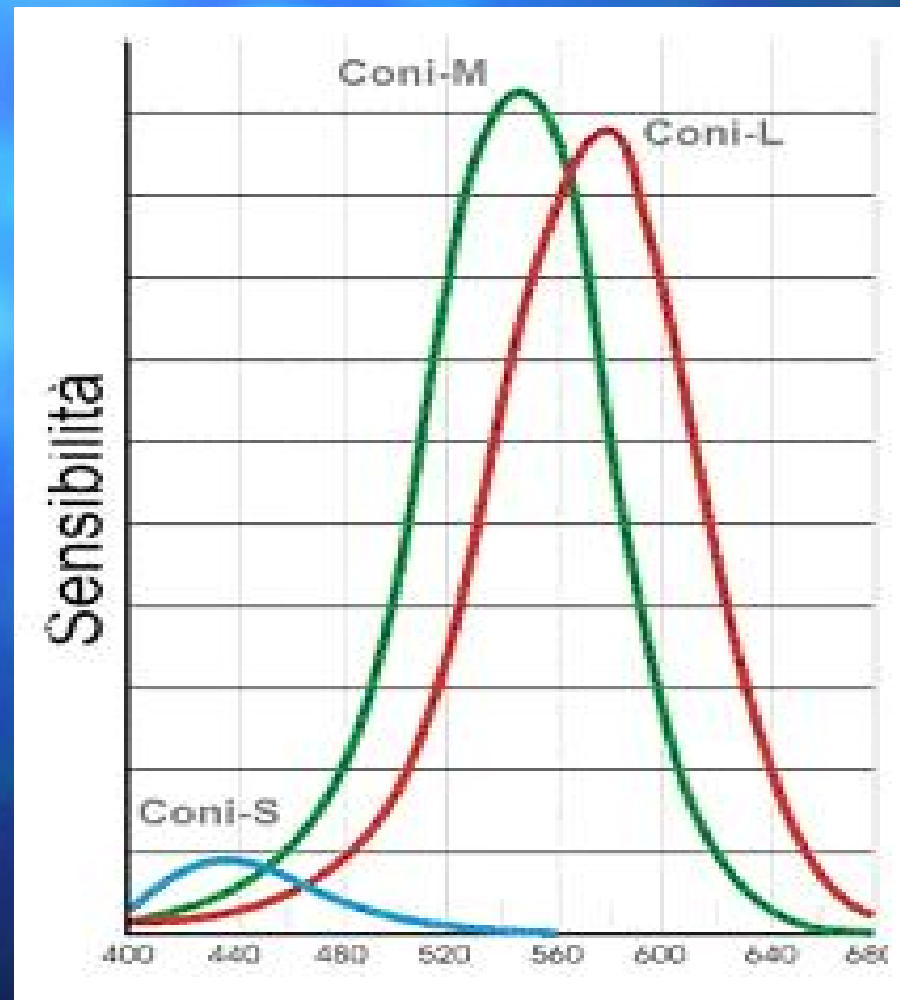
# Coni (verdi) e bastoncelli (bianchi)



# Risposta cromatica dei coni



# Sensibilità dei coni ai 3 colori

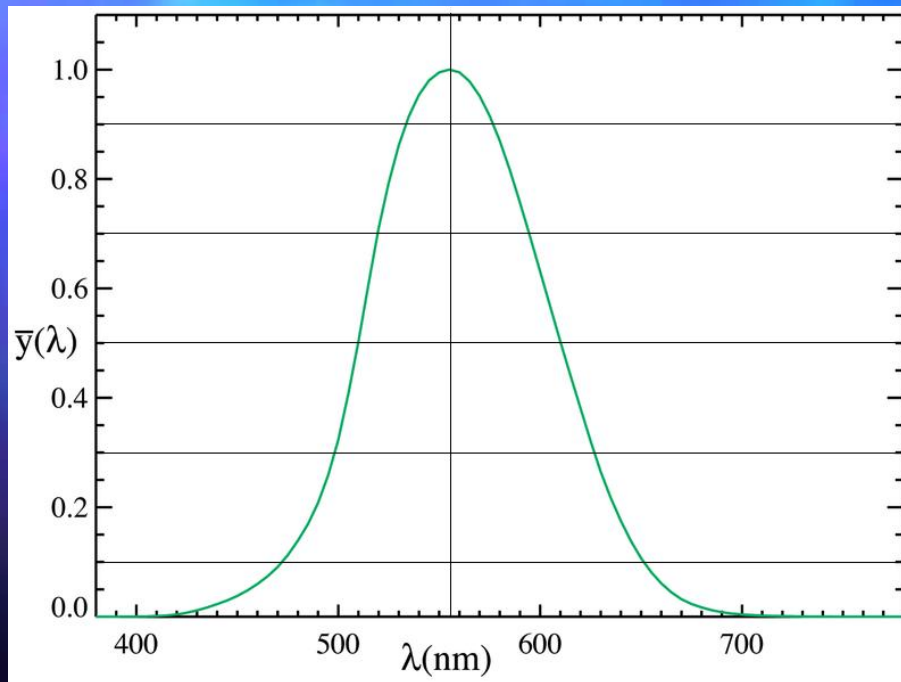


# Riassumendo

## RELAZIONI FRA LA VISIONE FOTOPICA E SCOTOPICA

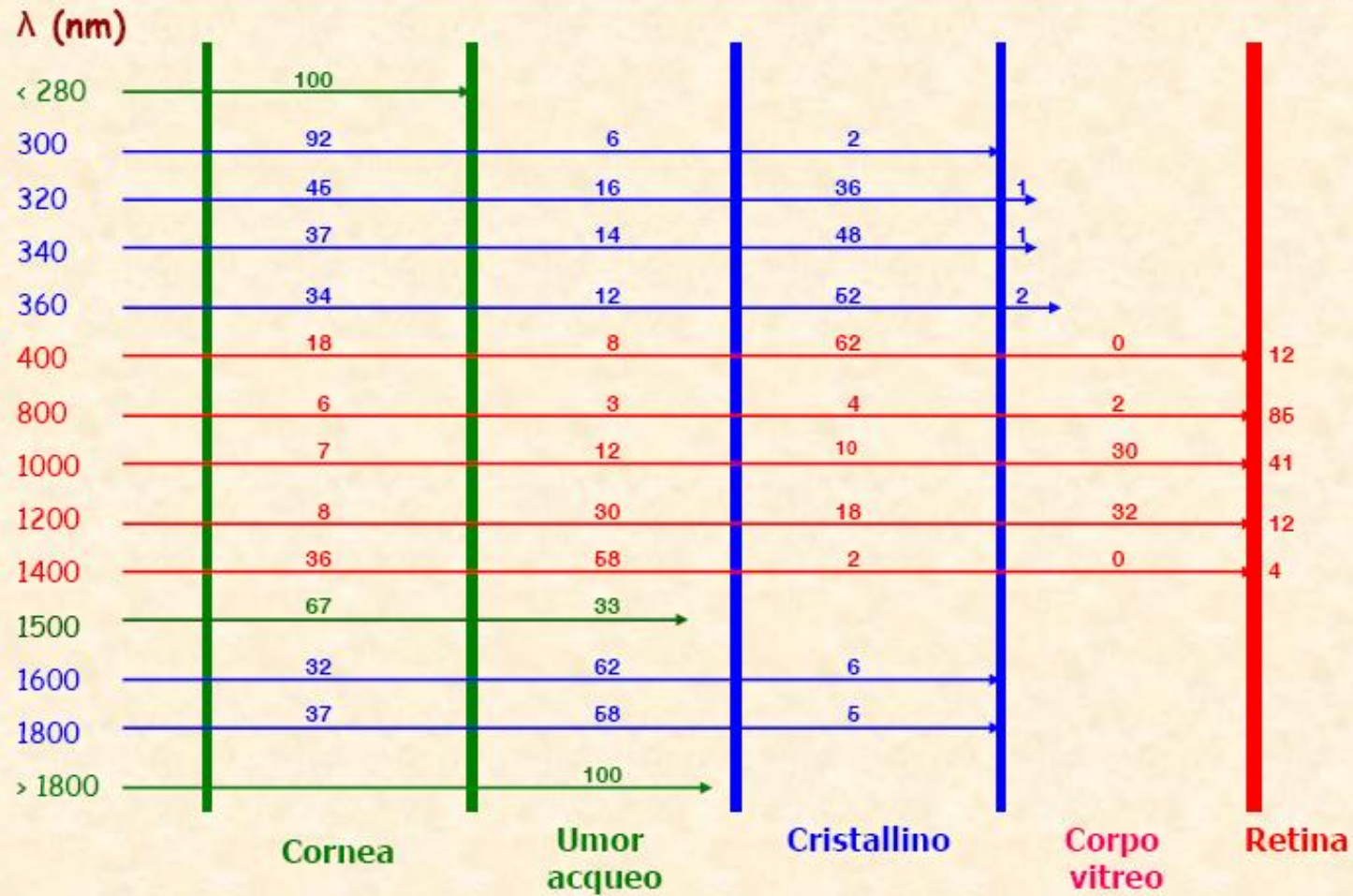
Caratteristica	Visione fotopica	Visione scotopica
Sostanza sensibile alla luce	pigmenti dei coni	rodopsina
tipo di cellule sensoriali	coni	bastoncelli
tempo di adattamento	rapido (meno di 8 min)	lento (30 min)
discriminazione colori	si	no
acutezza visiva	alta	bassa
numero di fotorecettori	7 000 000	120 000 000
massima sensibilità spettrale	555 nm	505 nm

# Risposta oculare a differenti lunghezze d'onda



- A 555 nm (verde) la risposta oculare è massima. Sul rosso 650 nm e sul blu 470 nm la risposta è solo il 10%, ma l'energia che colpisce l'occhio è sempre 90 volte maggiore

## Assorbimento % della radiazione ottica da parte delle diverse strutture oculari *(da Campurra, 2001 – modificato)*



# EFFETTI BIOLOGICI

**Effetti biologici dovuti all'assorbimento di energia**



***Meccanismo fotochimico***

**(reazioni chimiche catalizzate dall'assorbimento di fotoni, mediate o meno da sostanze fotosensibilizzanti)**

***Radiazione UV e visibile***



***Meccanismo termico***

**(aumento di temperatura)**

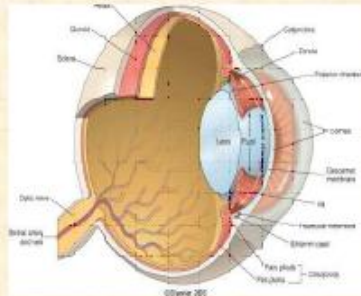
***Radiazione IR e visibile***

# Meccanismi di azione \*

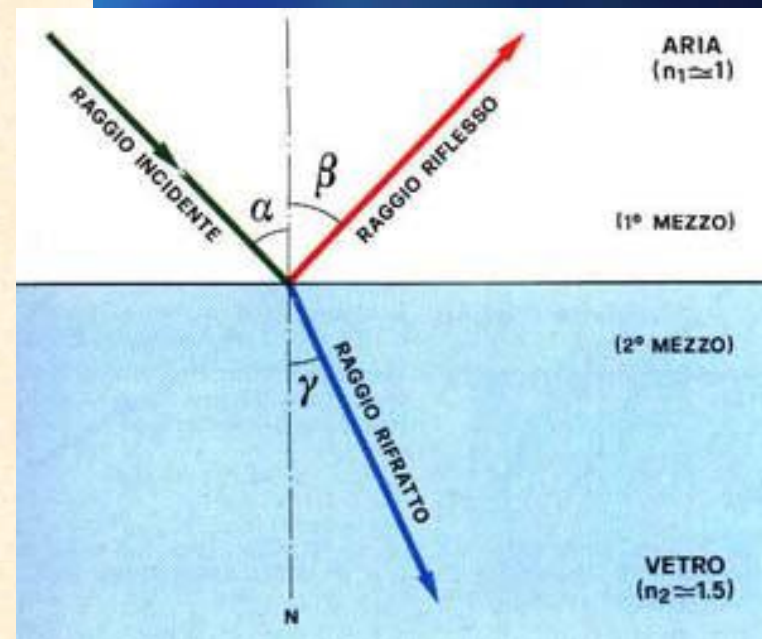
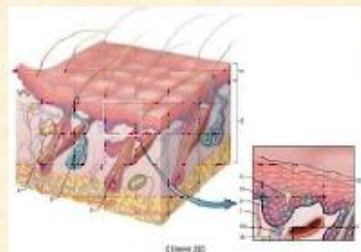
La radiazione ottica può essere **trasmessa**, **riflessa** o **assorbita** dai tessuti biologici

Limitata capacità di penetrazione: assorbimento di energia e potenziali effetti conseguenti circoscritti a:

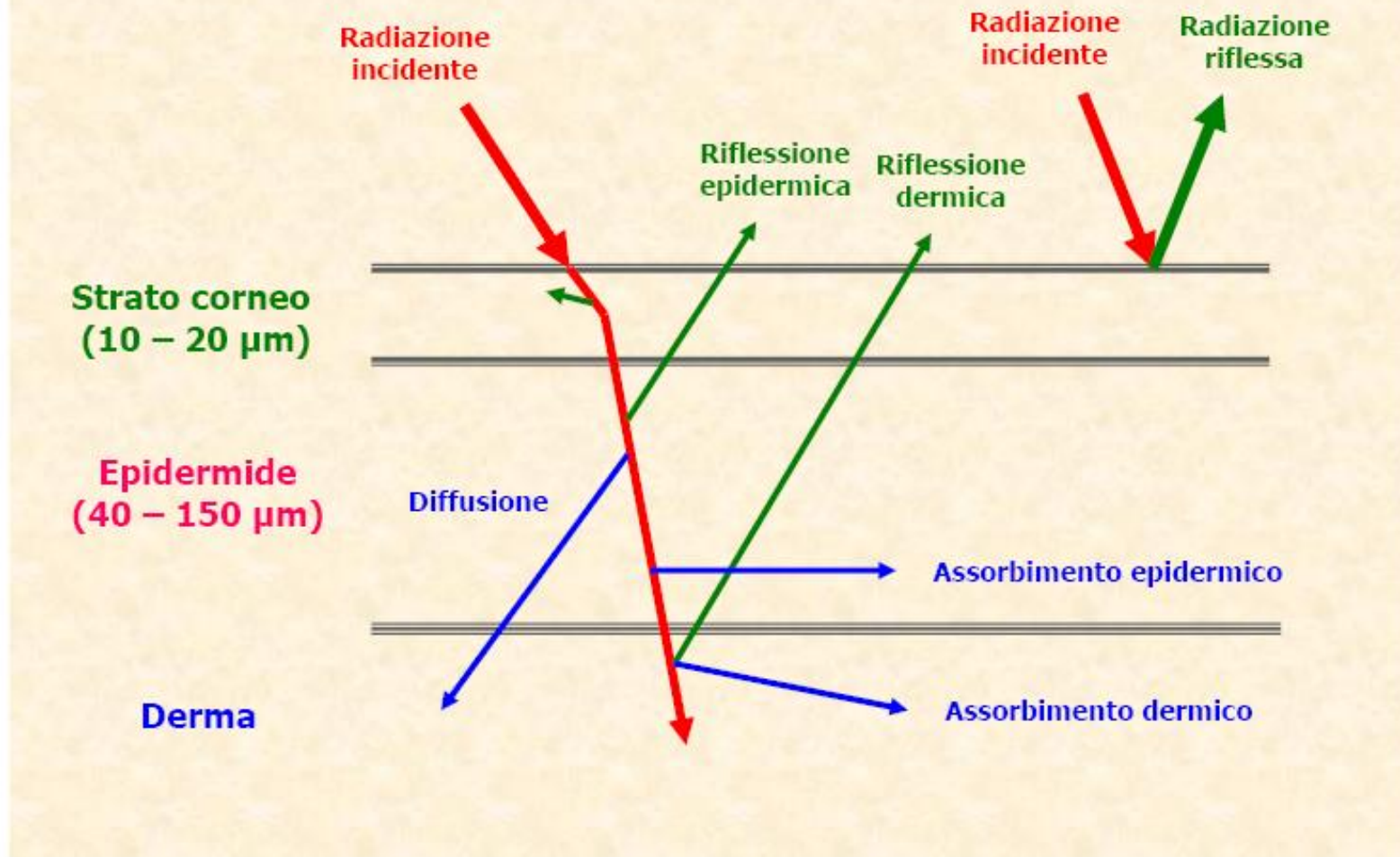
**Occhio**



**cute**

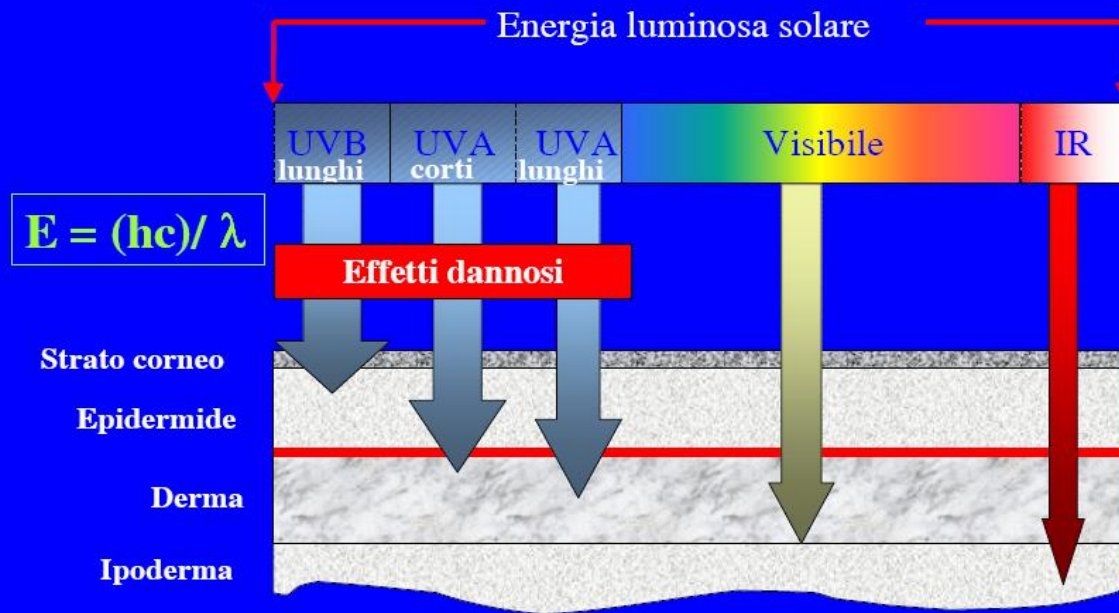


## Interazione della radiazione ottica con la cute (da Campurra, 2001 – modificato)

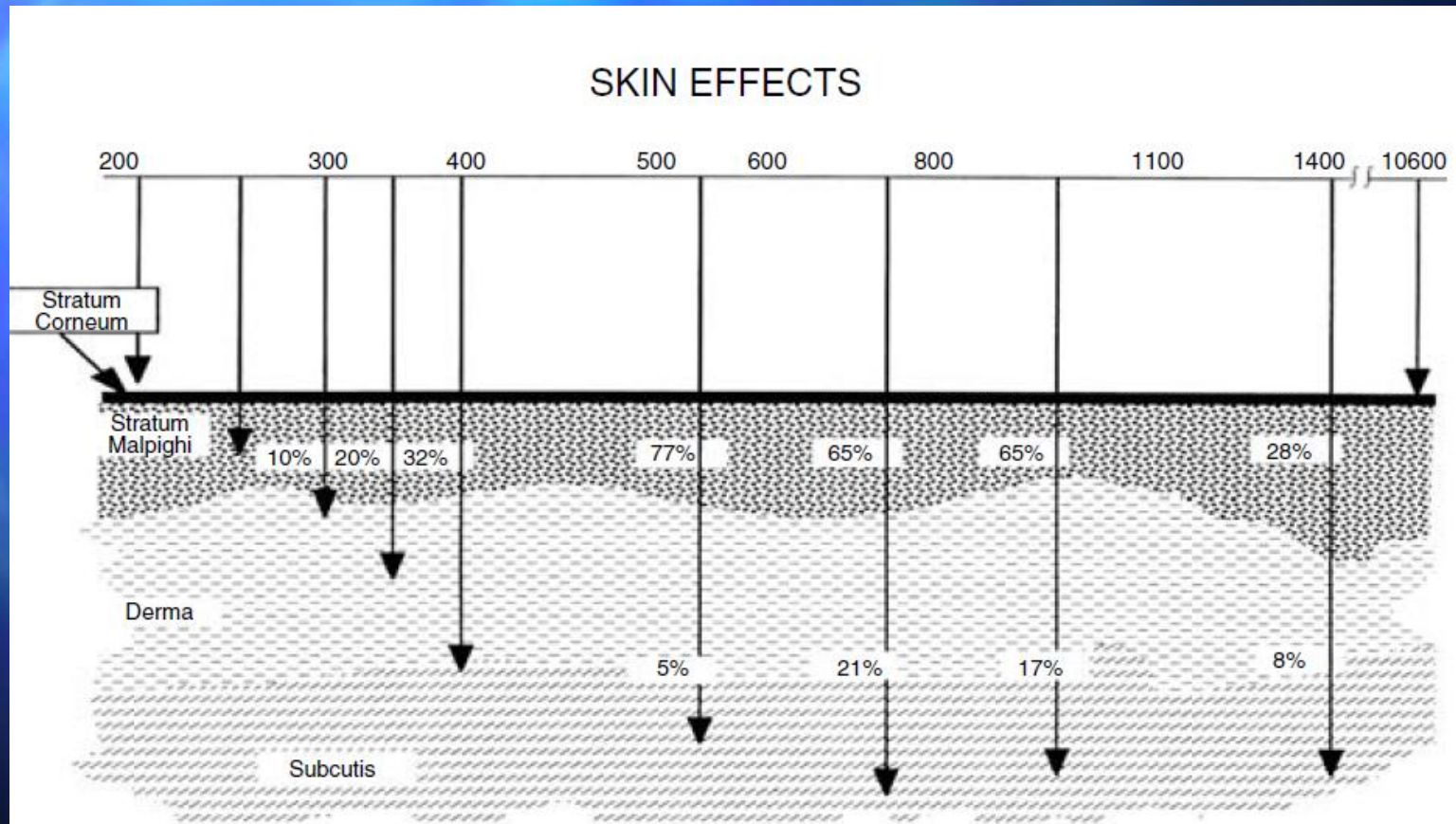


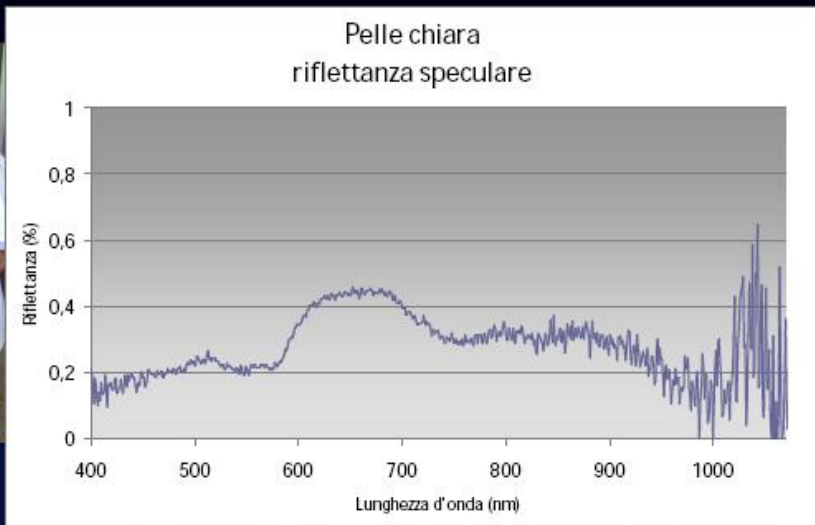
# Nella pelle

## La trasmissione



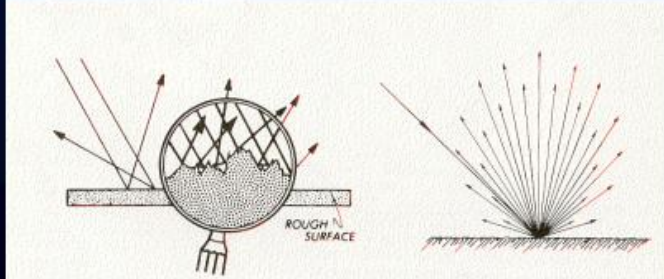
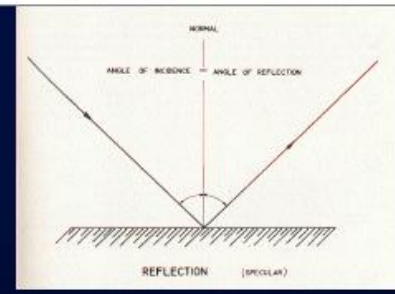
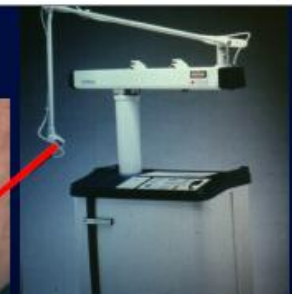
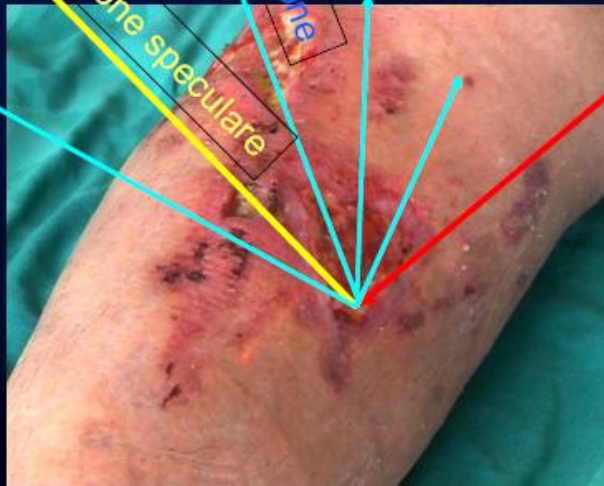
# Sulla pelle





Riflessione speculare

Diffusione



# Manifestazioni tardive \*

## Fotocheratocongiuntivite

**Latenza: 0,5 – 24 h (di solito 6 – 12 h),  
inversamente proporzionale alla dose**

- danni retinici di natura fotochimica,
- alterazioni retiniche caratterizz. da piccoli addensamenti di pigmento,
- discromie,
- effetti catarattogeni di origine fotochimica e termica,
- fotocheratocongiuntivite,
- ustioni corneali

**Impulsi di radiazione coerente di breve durata e forte intensità possono indurre danni di tipo meccanico alla retina e ad altre strutture dell'occhio**



**Onda d'urto che accompagna l'impulso di energia**

# Raggi laser invisibili \*

---

In molte applicazioni si fa ricorso a radiazione laser nel campo dell'infrarosso ( invisibile )

Particolarmente pericolosa è la radiazione laser compresa tra 700 e 1400 nm, perché è focalizzata dal cristallino sulla retina al pari di quella visibile.

# Concludendo :

L'effetto biologico può tradursi in

**Manifestazioni di tipo clinico**

**Reversibili**

**Irreversibili**

In funzione di

**Lunghezza  
d'onda**

**Dose**

**Forma d'onda**

**Suscettibilità individuale**

# E.M.P. (Esposizione Massima Permessa)

- Definisce la massima esposizione per cui questa non è pericolosa.
- **DNRO** (Distanza Nominale Rischio Oculare)
- dipende da  $\lambda$ , dalla *durata* dell'impulso, dalle *caratteristiche* della sorgente (puntiforme, estesa...)
- Definisce la distanza minima di sicurezza per l'operatore

# DEFINIZIONI (CEI EN 60825-1:2009)

L'Esposizione Massima Permissa (EMP) è il livello della radiazione laser alla quale, nelle normali condizioni, possono essere esposte le persone senza subire effetti dannosi.

Distanza nominale di rischio oculare (DNRO) è la distanza dall'apertura di emissione per la quale l'irradiazione o l'esposizione energetica del fascio è uguale alla EMP per la cornea.

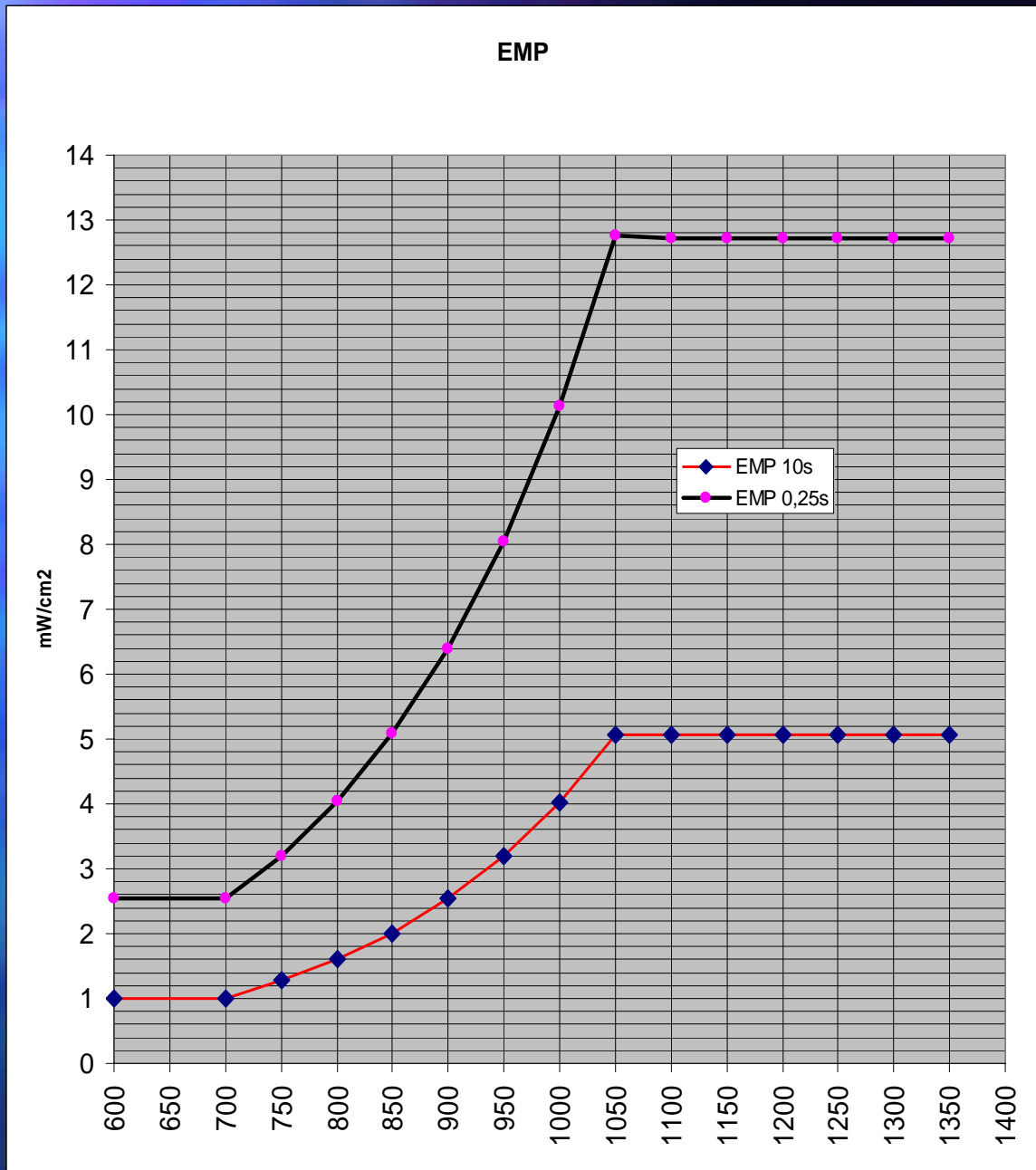
Se la DNRO comprende la possibilità di visione assistita otticamente, viene denominata "DNRO estesa" (DNROE).

La DNRO dovrebbe essere tenuta in considerazione nel definire i confini della zona laser controllata.

# MPE di varie tipologie di laser

Laser type	Wave-length ( $\mu\text{m}$ )	----- MPE level ( $\text{W}/\text{cm}^2$ ) -----			
		0.25 sec	10 sec	600 sec	30,000 sec
CO2 (CW)	10.6	---	$100.0 \times 10^{-3}$	---	$100.0 \times 10^{-3}$
Nd: YAG (CW)	1.33	---	$5.1 \times 10^{-3}$	---	$1.6 \times 10^{-3}$
Nd: YAG (CW)	1.064	---	$5.1 \times 10^{-3}$	---	$1.6 \times 10^{-3}$
Nd: YAG (Q-switched)	1.064	---	$17.0 \times 10^{-6}$	---	$2.3 \times 10^{-6}$
GaAs (Diode/CW)	0.840	---	$1.9 \times 10^{-3}$	---	$610.0 \times 10^{-6}$
HeNe (CW)	0.633	$2.5 \times 10^{-3}$	---	$293.0 \times 10^{-6}$	$17.6 \times 10^{-6}$
Krypton (CW)	0.647	$2.5 \times 10^{-3}$	---	$364.0 \times 10^{-6}$	$28.5 \times 10^{-6}$
	0.568	$31.0 \times 10^{-6}$	---	$10^{-6}$	$18.6 \times 10^{-6}$
	0.530	$16.7 \times 10^{-6}$	---	$2.5 \times 10^{-3}$ $2.5 \times 10^{-3}$	$1.0 \times 10^{-6}$
Argon (CW)	0.514	$2.5 \times 10^{-3}$	---	$16.7 \times 10^{-6}$	$1.0 \times 10^{-6}$
XeFl (Excimer/ CW)	0.351	---	---	---	$33.3 \times 10^{-6}$
XeCl (Excimer/ CW)	0.308	---	---	---	$1.3 \times 10^{-6}$

$\lambda$	mW/cm <sup>2</sup>	
	EMP 10s	EMP 0,25s
600	1,01	2,54
700	1,01	2,54
750	1,274	3,205
800	1,604	4,034
850	2,002	5,079
900	2,543	6,394
950	3,201	8,05
1000	4,03	10,13
1050	5,073	12,758
1100	5,061	12,728
1150	5,061	12,728
1200	5,061	12,728
1250	5,061	12,728
1300	5,061	12,728
1350	5,061	12,728



# EFFETTI BIOLOGICI DELLA RADIAZIONE LASER

L'occhio, per la sua configurazione, è l'organo più vulnerabile quindi è l'organo "critico" per eccellenza.

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

- danni retinici di natura fotochimica,
- alterazioni retiniche caratterizz. da piccoli addensamenti di pigmento,
- discromie,
- effetti catarattogeni di origine fotochimica e termica,
- fotocheratocongiuntivite,
- ustioni corneali.

Di minore importanza è l'eventuale danno a carico della cute e i più comuni sono

- Eritemi, ustioni cutanee superficiali e profonde. La gravità è in rapporto, all'energia calorica incidente, al grado di pigmentazione, all'efficienza dei fenomeni locali di termoregolazione, alla capacità di penetrazione nei vari strati delle radiazioni incidenti. (*Laser di potenza notevolmente elevata possono danneggiare seriamente anche gli organi interni*)

# La Normativa

---

D. Lgs. 81/2008 - Capo V- art. 213

Stabilisce prescrizioni minime per la protezione dei lavoratori contro i rischi per la salute e la sicurezza che possono derivare dalla esposizione alle ROA durante il lavoro, con particolare riguardo ai rischi dovuti agli effetti nocivi sugli occhi e sulla cute.

# Attenzione:

---

- *Una sorgente **visibile** può essere meno pericolosa di una sorgente **invisibile** prevedendo il riflesso oculare che dura  $\frac{1}{4}$  di secondo:*

# L.E.A.

---

- Limite Emissione Accettabile
- Limite massimo di emissione accettabile per una determinata classe di laser
- definisce la classe laser in funzione del tipo e modo di emissione, *a valle* dei dispositivi di schermatura intrinseci

# Mezzi di Protezione

---

- Distanza → D.N.R.O
- Rispetto delle Norme e cartelli
- Occhiali

# Zona Laser Controllata \*

## DEFINIZIONI

La Zona Laser Controllata è la zona dove la presenza e l'attività delle persone al suo interno sono regolate da apposite procedure di controllo e sottoposte a sorveglianza al fine della protezione dei rischi da radiazione.



CEI EN 60825-1:2009

# Normativa dispositivi e segnaletica

Il cartello giallo deve - per legge - riportare:

i dati di emissione del laser : $\lambda$ , potenza e/o energia per impulso, dati della luce pilota



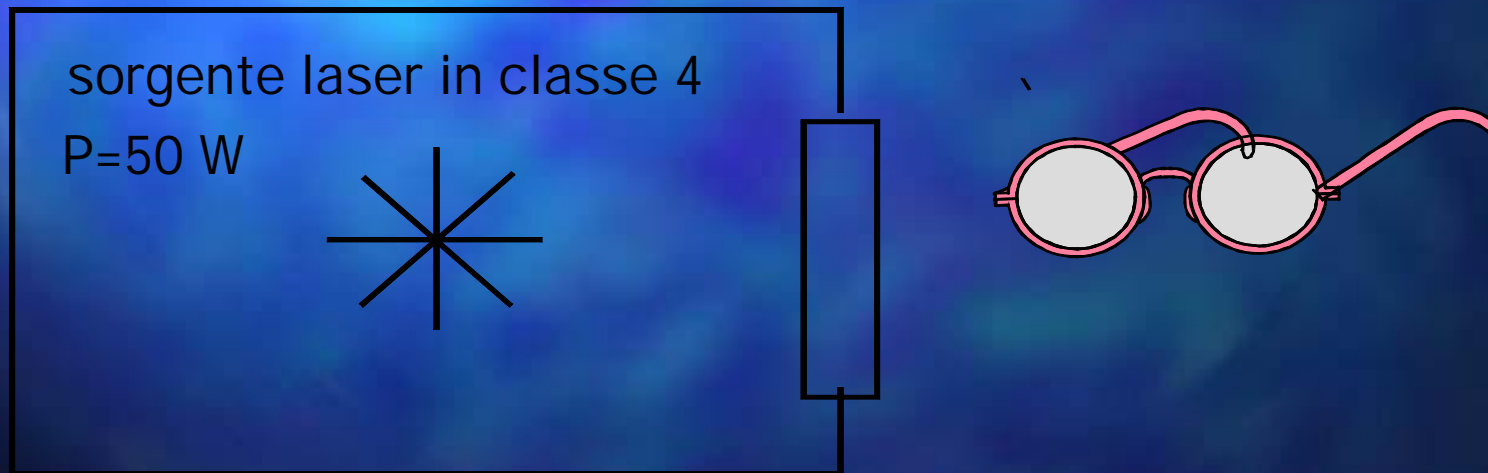
tali cartelli vanno replicati su OGNI ACCESSO al locale (locale strumentazione, entrate secondarie etc.) ad altezza viso.

# Segnaletica sul laser

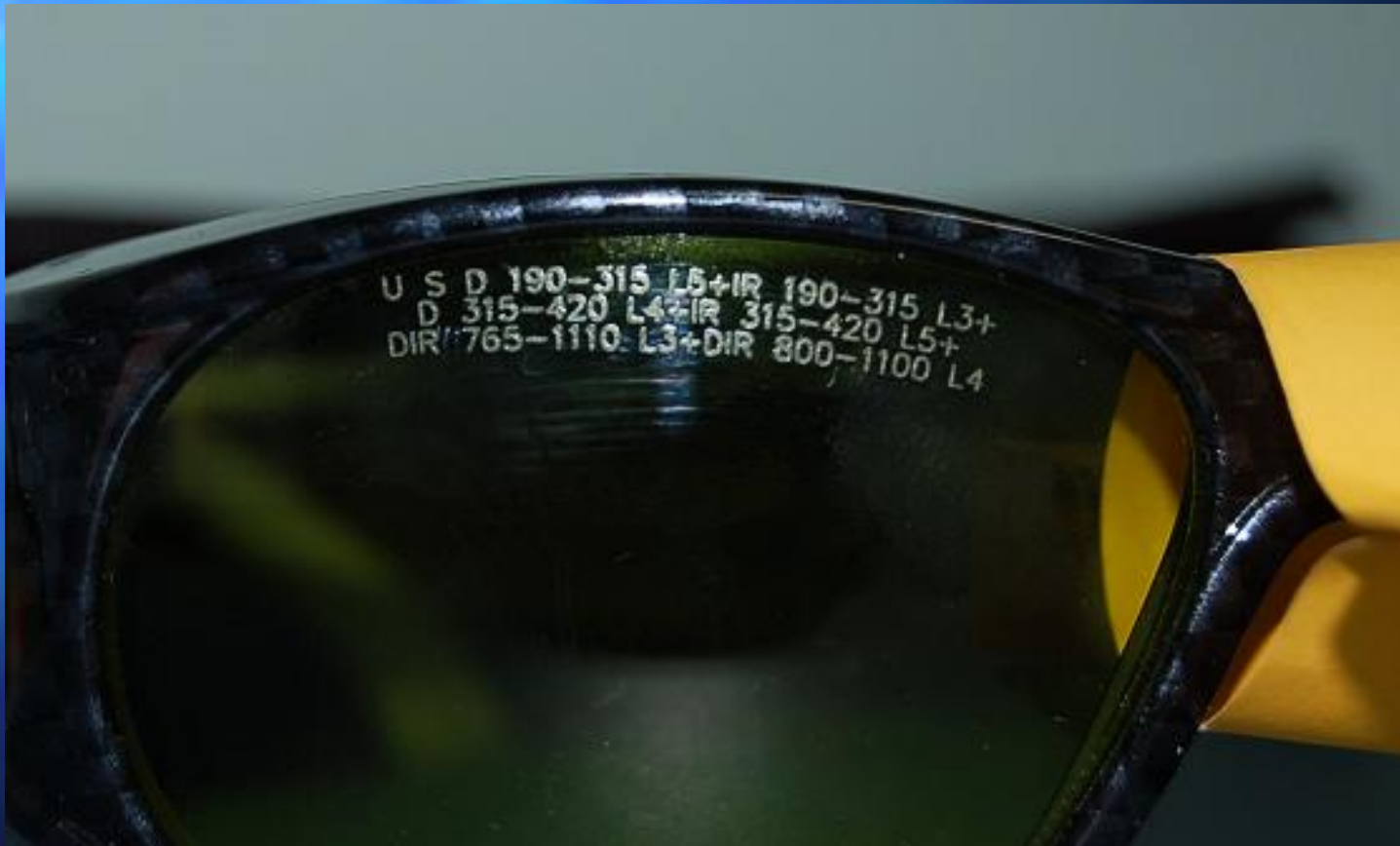


# Gli occhiali di sicurezza \*

- Hanno la funzione di *garantire il mantenimento delle EMP quando l'esposizione supererebbe, per le caratteristiche della sorgente e/o operative, tale valore.*



# Marchiatura occhiali laser



## Esempio di marcatura di un occhiale

### **D 980-1400 L5 + IR 650-1000 L6 X ZZ S**

- D condizione di prova secondo il prospetto 4-Norma UNI EN 207 (laser a onda continua 1 impulso di 10 secondi)
- 980-1400 intervallo di  $\lambda$  in nm in cui il filtro garantisce la protezione con il numero di graduazione seguente
- L5 numero di graduazione ossia il fattore spettrale massimo di trasmissione del filtro pari a  $10^{-5}$  nel suddetto intervallo di  $\lambda$
- IR sono altre due condizioni di prova cui sono stati testati i filtri:  
I = laser a impulsi; R= laser a impulsi giganti (Q-switched)
- 650-1000 altro intervallo di  $\lambda$  in nm in cui il filtro garantisce la protezione con il numero di graduazione seguente
- L6 numero massimo di graduazione ossia il fattore spettrale massimo di trasmissione del filtro pari a  $10^{-6}$  nel suddetto intervallo di  $\lambda$
- X marchio di identificazione del fabbricante
- ZZ marchio di certificazione se applicabile (EN, ecc)

*Per il calcolo del numero di graduazione: CEI EN 60825-1 e UNI EN 207*

# La sicurezza

---

- Gli occhiali "R" offrono una esposizione in classe 2
- gli occhiali "L" offrono una protezione totale (classe 1), in ogni condizione di emissione

# Le sicurezze

---

- Uno strumento laser deve essere utilizzato **SOLO** in una *sala laser*, opportunamente attrezzata
- gli *inter-lock* sono interruttori applicabili alle porte, per bloccare il laser quando queste siano aperte (solo in alcuni casi)

I punti essenziali



MISURE NECESSARIE PER LA SICUREZZA

Responsabilità  
figure coinvolte

Formazione

Dispositivi di  
sicurezza

Norme  
procedurali

## ■ NORME OPERATIVE DI SICUREZZA PER L'UTILIZZO DEL LASER

- 0. Indossare gli occhiali protettivi prima di connettere il laser alla rete; rimuoverli dopo aver scollegato il laser dalla rete
- 1. Evitare sempre la visione diretta della luce laser.
- 2. Evitare sempre di direzionare il manipolo laser ad altezza occhi.
- 3. Evitare sempre di transitare o sostare nelle zone potenzialmente intercettabili dal raggio diretto.
- 4. Disinserire le chiavi del blocco comandi dopo ogni sessione di lavoro e comunque quando non ci sia continuità tra trattamenti successivi e riporle nell'apposito alloggiamento accessibile soltanto al personale autorizzato.
- 5. Evitare con cura i riflessi non controllati ed accidentali (non indossare orologi, bracciali, catenine, ...).
- 6. Coprire eventuali superfici riflettenti che possano intercettare il raggio diretto, utilizzando un telo ignifugo di adeguate dimensioni.
- 7. Non introdurre nel locale laser materiali infiammabili.
- 8. Indossare e fare indossare sempre gli occhiali protettivi.
- 9. Prima di ogni uso, verificare lo stato delle lenti degli occhiali protettivi.
- 10. Effettuare giornalmente il test di calibrazione dell'emissione laser,
- 11. Mettere in funzione l'apparecchiatura solo dopo che il laser sia stato correttamente direzionato.
- 12. Chiudere accuratamente la porta d'accesso al locale prima di ogni trattamento.
- 13. Non consentire l'accesso a visitatori / accompagnatori.
- 14. Evitare sempre accensioni non necessarie dell'apparecchiatura.
- 15. Non rimuovere né modificare i dispositivi di protezione e la segnaletica, verificarne l'integrità e la completezza, segnalare eventuali non conformità.
- 16. Non compiere manovre che possano compromettere la sicurezza.
- 1.7. Comunicare tempestivamente ogni incidente o situazione di pericolo.
- 18. Comunicare tempestivamente qualsiasi malfunzionamento accertato o presunto dell'apparecchiatura, ivi compresa la presenza di elettricità statica.
- 19. Registrare gli eventuali guasti o malfunzionamenti e gli interventi di manutenzione richiesti.
- 20. Non compiere operazioni che non siano state preventivamente autorizzate dall'Addetto Sicurezza Laser o dal Tecnico Sicurezza Laser e dal Responsabile dell'impiego.
- 21. Il Manuale d'Uso dell'apparecchio deve essere sempre presente nel locale laser, a disposizione per la consultazione.
- *L' Addetto Sicurezza Laser* *Il Responsabile Apparecchiatura Laser*

*Grazie per l'attenzione*

---

■ *Dr. R. Milani A.S.L.*