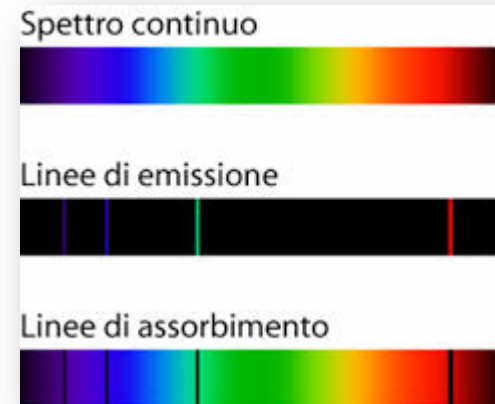
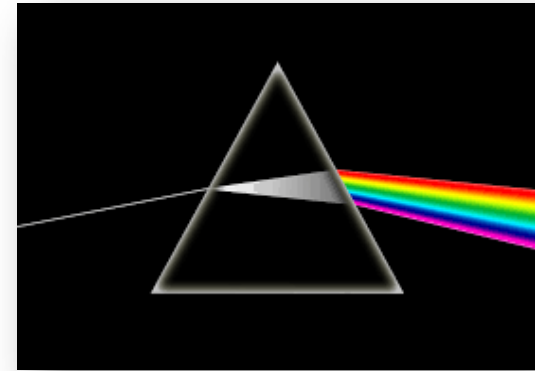


- **Le Radiazioni Elettromagnetiche e lo Spettro del Visibile**
- **Lenti Filtranti e Filtri Selettivi**

Riccardo Curia

Le radiazioni elettromagnetiche: cenni storici

- ✓ 1666 Isaac Newton scoprì lo spettro ottico definendolo come l'immagine della scomposizione della luce solare rifratta da un prisma nelle sue componenti cromatiche
- ✓ 1800 William Herschel, studiando gli effetti termici dei colori dello spettro, osservò un aumento del potere termico dal violetto verso il rosso ed anche oltre (infrarosso)
- ✓ 1801 Johan Wilhelm Ritter realizzò che lo spettro ottico aveva un'estensione non visibile al di là del violetto (ultravioletto)



Dalla teoria ondulatoria della luce a quella corpuscolare

- ✓ Nell'800, il fisico-matematico Maxwell, partendo dalla definizione di luce come "onda" elaborata da Huygens, mise a punto la teoria secondo cui la luce fosse un'onda elettromagnetica, generata dall'oscillazione di una carica che crea un **campo elettrico** e un **campo magnetico** ortogonali tra loro.
- ✓ Nel 1900 Max Planck osservò che un **metallo** riscaldato emette radiazione elettromagnetica con lunghezze d'onda che dipendono dalla temperatura e propose un'idea rivoluzionaria: quando un oggetto emette una radiazione, lo fa in forma quantizzata e definì *quanti* questi pacchetti di energia
- ✓ Dobbiamo infine ad Einstein la definizione moderna della natura della luce: egli stabilì che la luce possiede non soltanto proprietà tipiche delle onde ma anche proprietà tipiche delle particelle che lui chiamò *fotoni*.

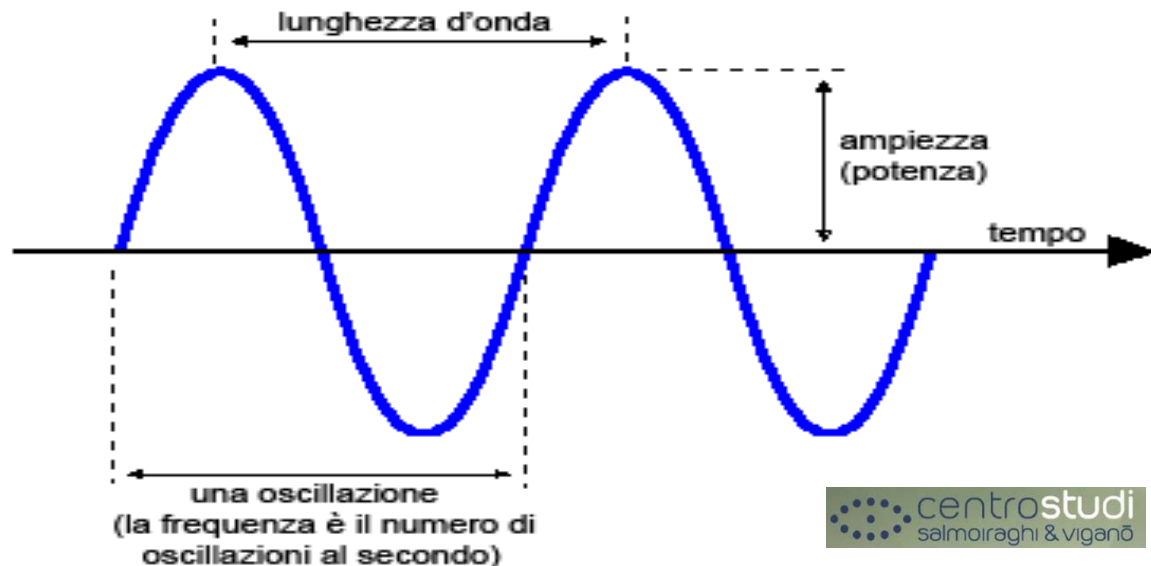
Caratteristiche fisiche

Le onde elettromagnetiche sono caratterizzate da:

- ✓ Lunghezza d'onda (λ): lo spazio percorso da un'onda per compiere un'oscillazione completa. Definita anche come la distanza tra due creste o tra due ventri vicini; si esprime in metri
- ✓ Frequenza (ν): il numero di oscillazioni dell'onda in un punto, in un unità di tempo; si esprime in Hertz
- ✓ Velocità di propagazione nel vuoto (c): la distanza percorsa da un'oscillazione nell'unità di tempo; essa assume valori diversi a seconda del mezzo in cui l'onda si propaga. Nel caso della luce che si propaga nel vuoto $c = 3 \times 10^8$ m/s ovvero 300000 Km/s.

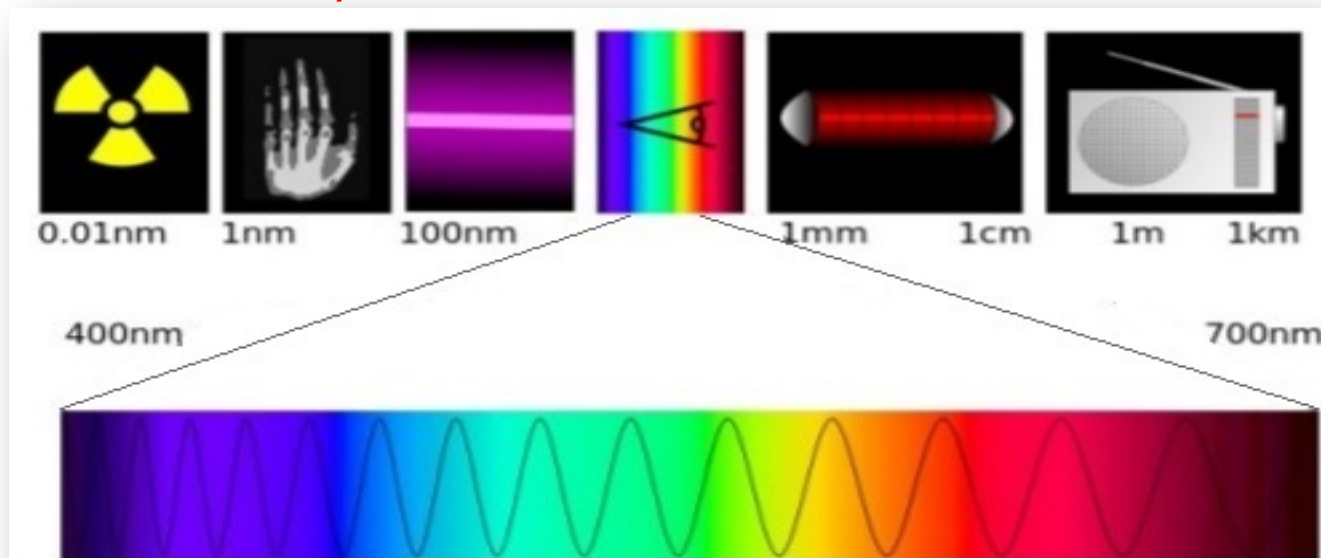
$$c = \lambda \nu$$

Lunghezza d'onda e frequenza sono grandezze inversamente proporzionali.

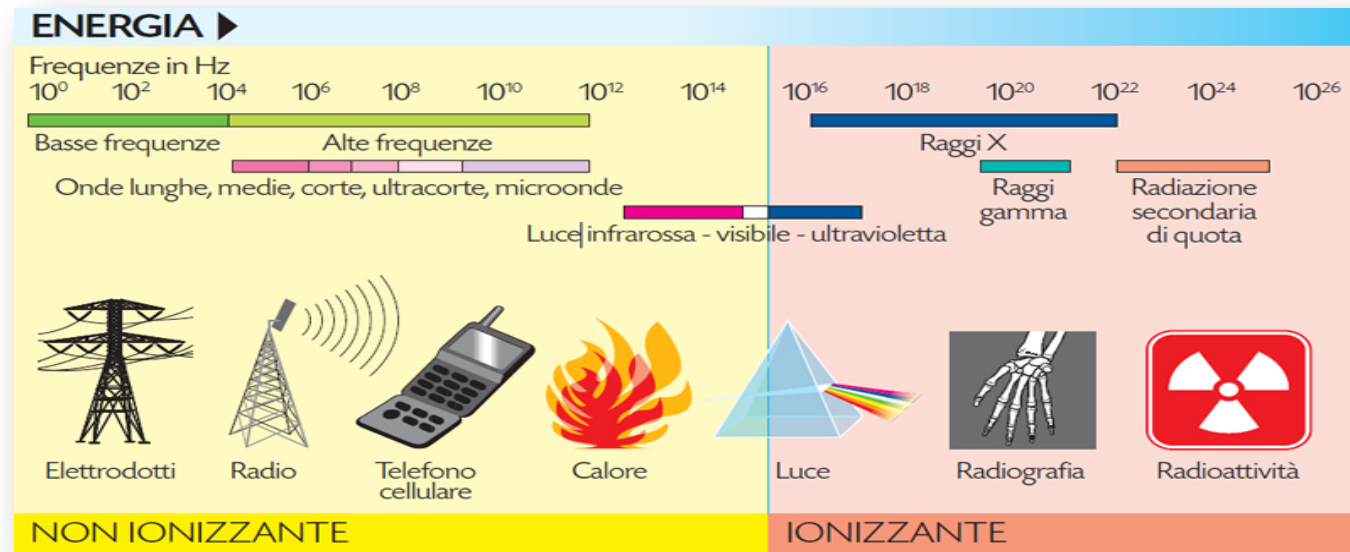


Lo spettro delle radiazioni elettromagnetiche

- ✓ L'insieme delle onde elettromagnetiche di differente frequenza è detto *spettro elettromagnetico*, in cui si colloca la luce, l'unica visibile, che occupa una minima parte dell'intero spettro. Fa parte delle onde elettromagnetiche un'ampia gamma di altre onde, che sono sempre generate da campi elettrici e magnetici vibranti e si propagano con la medesima velocità, a parità di mezzo attraversato.
- ✓ Le radiazioni elettromagnetiche sono classificate secondo l'intensità della loro frequenza (energia) da cui essenzialmente ne dipende l'effetto biologico. Di conseguenza lo spettro elettromagnetico può essere suddiviso in due tipologie principali: *le radiazioni non ionizzanti e quelle ionizzanti*

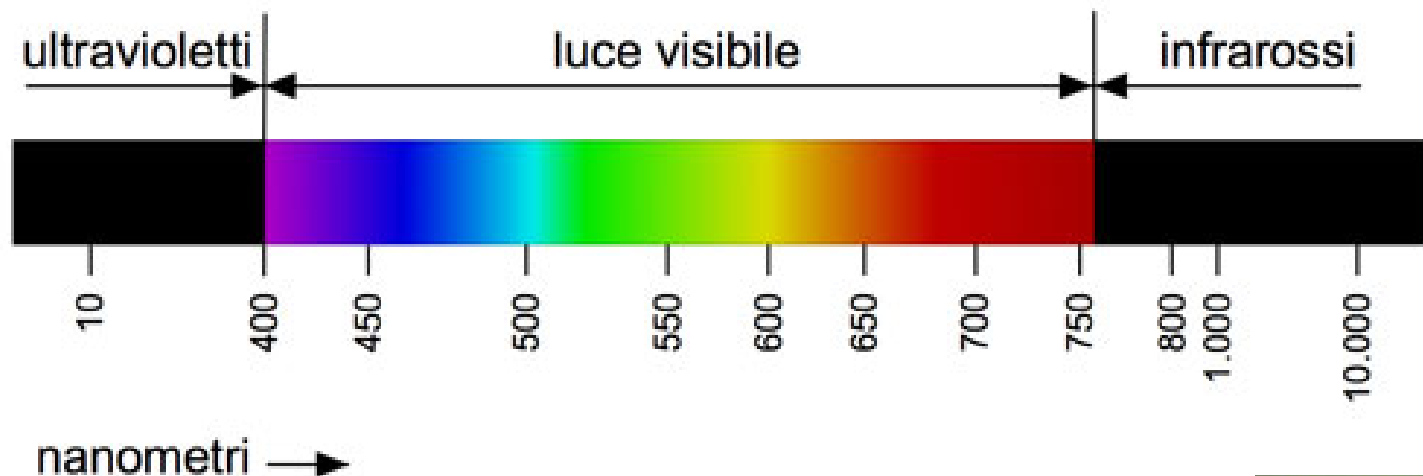


- ✓ Le radiazioni si differenziano fra loro per la diversa capacità che hanno di interagire con gli atomi e le molecole che compongono la materia.
- ✓ Le radiazioni *non ionizzanti*, sono dotati di livelli energetici bassi pertanto non alterano la materia, ma riescono solo a creare una oscillazione delle molecole producendo attrito e di conseguenza calore (radiazione visibile, radiazioni infrarosse, microonde e onde radio)
- ✓ Le radiazioni *ionizzanti*, ad alta energia, sono in grado di interagire con la materia a livello molecolare spezzandone i legami chimici (radiazioni UVA, UVB, UVC, raggi X, raggi Y e nucleare)

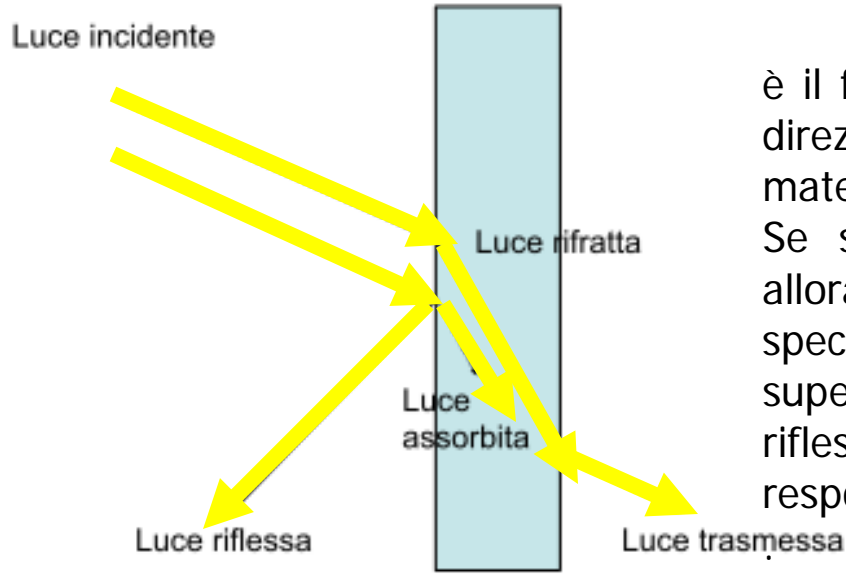


La radiazione del visibile

- ✓ Le radiazioni del visibile comprendono un intervallo di lunghezze d'onda che, a parte differenze individuali, va in media da **400nm** **750nm**. Si tratta del range di lunghezze d'onda a cui è sensibile l'occhio e che è alla base della percezione dei colori: alla lunghezza d'onda **minore** corrisponde il **blu-violetto**, alla lunghezza d'onda **maggiore** invece il **rosso**. In quanto onda elettromagnetica anche la luce in qualche modo interagisce con la materia dando luogo a fenomeni di **riflessione rifrazione diffrazione e assorbimento**



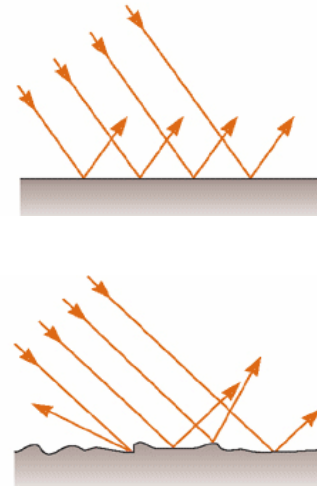
Ottica geometrica



RIFLESSIONE

è il fenomeno per cui un'onda cambia di direzione a causa dell' impatto con un materiale riflettente.

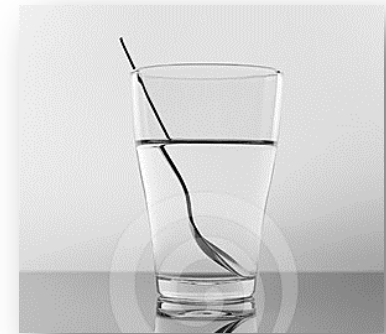
Se si tratta di una superficie levigata allora sarà una riflessione lineare (effetto specchio) se al contrario si tratta di una superficie scabra allora si parlerà di riflessione diffusa (o diffusione) responsabile dell'abbagliamento



ASSORBIMENTO

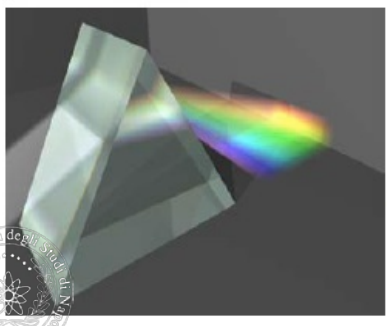
RIFRAZIONE

deviazione subita da un'onda che ha luogo quando questa passa da un mezzo ad un altro nel quale la sua velocità di propagazione cambia (distorsioni ottiche)



DISPERSIONE

separazione di un'onda in componenti spettrali con diverse lunghezze d'onda, a causa della interazione con il mezzo attraversato



Ottica fisiopatologica

Lineare = Nitidezza



RIFLESSIONE

Diffusa = Abbagliamento



RIFRAZIONE



distorsioni

DISPERSIONE



percezione cromatica

Radiazione elettromagnetiche e occhio

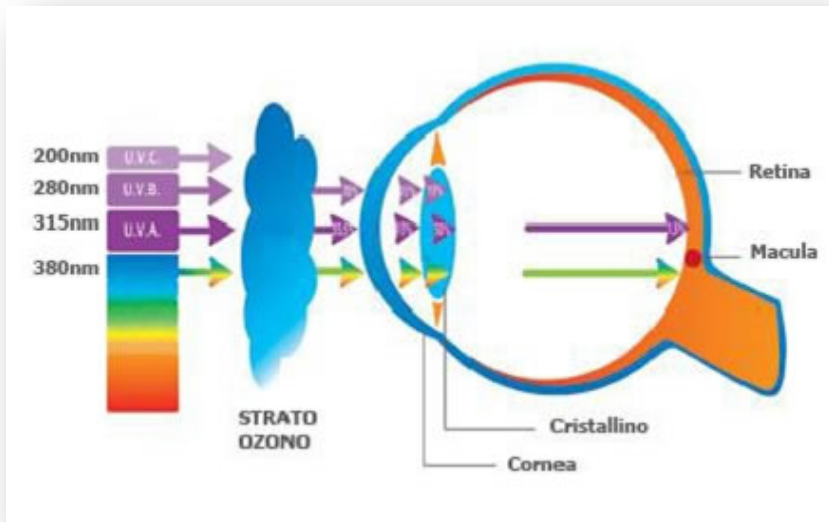
La cute palpebrale ed i tessuti del bulbo oculare assorbono, con diverse modalità, le radiazioni elettromagnetiche manifestando effetti diversi a seconda della radiazione assorbita. I danni oculari si possono classificare secondo due categorie

- ✓ *Danni termici*: dipendono dalla quantità di energia assorbita e dalla velocità con cui avviene l'assorbimento
- ✓ *Danni fotochimici*: avviene quando l'energia del fotone è sufficiente a mutare la molecola colpita provocandone la rottura dei legami chimici, produzione di radicali liberi, denaturazione delle proteine ecc

Gli effetti fotochimici e termici non sono nettamente separati tra di loro, spesso l'energia assorbita da un tessuto crea un danno fotochimico e degenera in energia termica.

Clinicamente i danni da radiazioni elettromagnetiche possono essere distinti in **acuti e cronici** a seconda del rapporto tra tempo di esposizione alla radiazione e tempo di insorgenza del danno

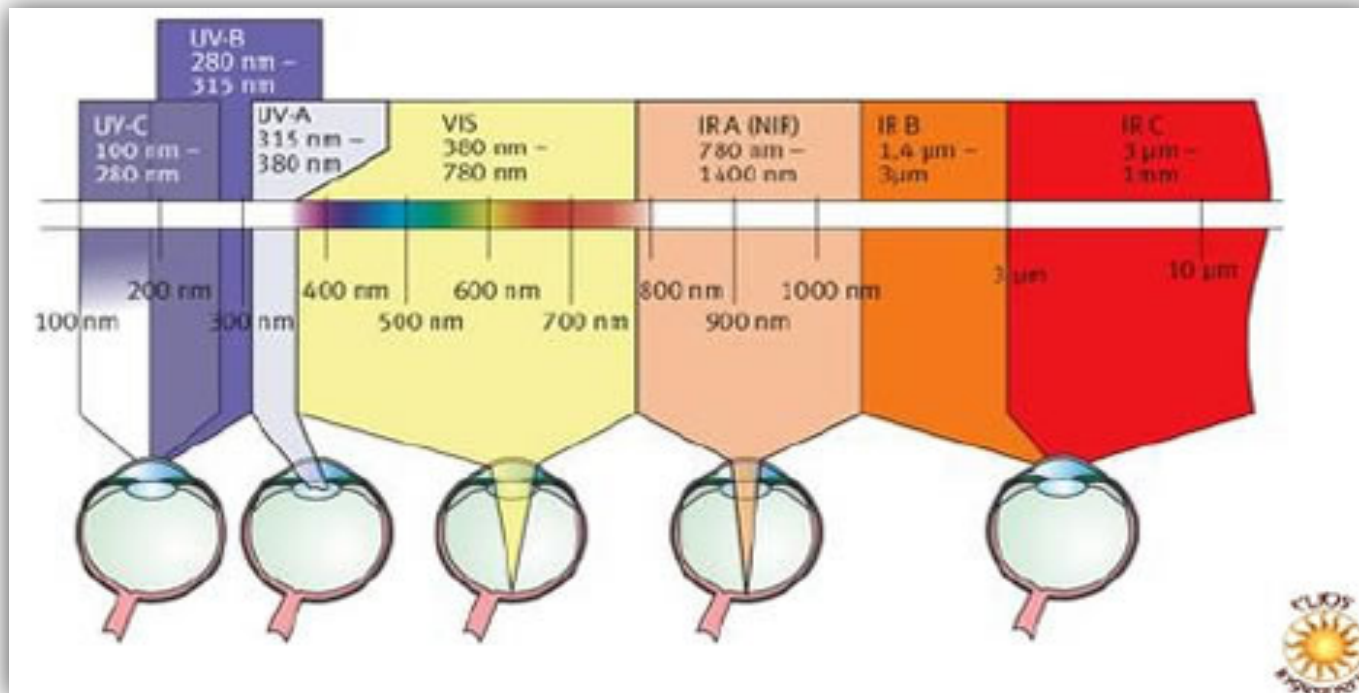
Interazione tra onde elettromagnetiche e occhio



✓ *Radiazioni infrarosse (IR)*: danno termico più spesso a carico degli impiegati negli **altiforni** e nella lavorazione del vetro. Per $\lambda > 1,4\mu\text{m}$ vengono assorbite a livello delle palpebre causando eritema e vasodilatazione, flettene corneale e dry eye secondario, a **frequenze superiori** vengono assorbite anche dal cristallino e in parte dalla retina determinando rispettivamente opacità polare anteriore (detta cataratta del vetraio) e lievi alterazioni maculari

✓ *Radiazioni del visibile*: danno fotochimico a carico dei lavoratori in luoghi aperti e fortemente illuminati. Il picco massimo di assorbimento retinico si ha per λ compresa tra 560nm e 490nm, causando una fotoretinite prima (effetto eclisse) e una alterazione maculare irreversibile poi.

- ✓ **Radiazioni Ultraviolette:** danno fotochimico a carico di lavoratori in luoghi aperti e degli appassionati di abbronzatura.
- **I raggi UV-A** hanno picco massimo di assorbimento nel film lacrimale e creano solo dry eye
 - **I raggi UV-B** hanno massimo assorbimento nella cornea e congiuntiva determinando cheratocongiuntivite attinica a breve termine e Pterigio a lungo termine; entrambi i raggi UV-A e UV-B vengono assorbiti dalla cute delle palpebre causando eritema, fotopigmentazione e neoplasie
 - **I raggi UV-C** assorbiti dal cristallino danno origine a cataratta dopo prolungata esposizione



Patologie oculari correlate a radiazioni elettromagnetiche

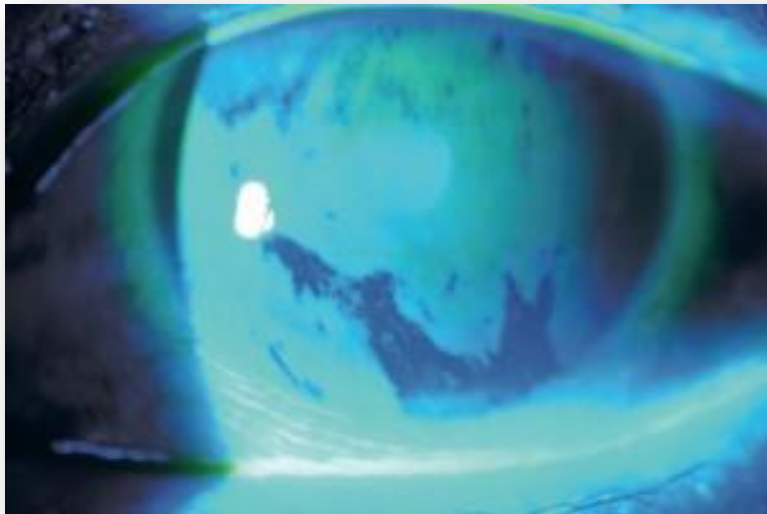
PALPEBRE



L'assorbimento di radiazioni elettromagnetiche da parte della cute palpebrale da origine a una dermatite fotoallergica in soggetti predisposti in cui l'allergene viene fotoattivato per scatenare una risposta allergica caratterizzata da rash cutaneo. A lungo andare l'esposizione non protetta della cute palpebrale alle **radiazioni ultraviolette**, può provocare dermatiti attiniche fino a quadri di vera degenerazione neoplastica

Patologie oculari correlate a radiazioni elettromagnetiche

FILM LACRIMALE



Il danno termico degli **infrarossi** e dei raggi **UV** si traduce in dry eye. La repentina evaporazione del film lacrimale causa la riduzione del BUT (Break Up Time) e la formazione di Dry Spot con conseguente esposizione dell'epitelio corneale e della congiuntiva. L'epitelio no più protetto e lubrificato va incontro a micro ulcere

Patologie oculari correlate a radiazioni elettromagnetiche

CONGIUNTIVA



La pinguecola è una formazione degenerativa a carico della congiuntiva bulbare. Clinicamente appare di colorito dapprima bianco poi giallastro, a localizzazione principalmente paralimbare e nel versante nasale . Tale manifestazione è indotta dalle azioni delle **radiazioni ultraviolette**. Diffusa soprattutto nelle zone tropicali, tra le persone solite a trascorrere molto tempo al sole. Generalmente non dà grossa manifestazione di sé, se non un eventuale problema estetico. Può diventare sintomatica, tendendo ad infiammarsi e in casi estremi può evolvere in Pterigion.

Patologie oculari correlate a radiazioni elettromagnetiche

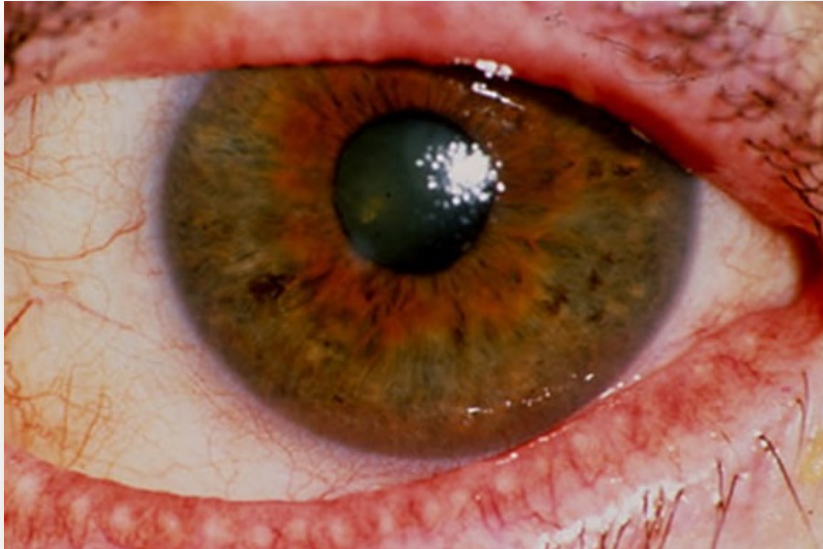
CONGIUNTIVA



Lo pterigion è anch'essa una malattia della congiuntiva bulbare, caratterizzata da una crescita anomala della congiuntiva sulla cornea. La causa va ricercata nell'esposizione prolungata ad agenti atmosferici, sole e vento (contadini, marinai). Spesso bilaterale, anatomicamente è formata da una testa, un collo e un corpo. Nelle fasi iniziali la testa si innesta al livello del limbus, avanza sulla cornea fino ad invadere la zona ottica determinando una riduzione dell'acuità visiva secondaria ad un astigmatismo irregolare.

Patologie oculari correlate a radiazioni elettromagnetiche

CORNEA E CONGIUNTIVA



La cheratocongiuntivite attinica è una condizione patologica caratterizzata dalla simultanea infiammazione di cornea (cheratite) e congiuntiva (congiuntivite), determinata dalla prolungata esposizione alle **radiazioni ultraviolette**. Tale manifestazione morbosa è più frequente al mare, sulla neve e dopo l'esposizione a lampade abbronzanti proprio a causa dell'esposizione prolungata e intensa della superficie oculare alle radiazioni UV e infrarosse. Le ulcere congiuntivali sono visualizzabili con la colorazione rosa bengala. La sintomatologia tipica comincia con il bruciore e sensazione di corpo estraneo, successivamente dolore bulbare associato a fotofobia lacrimazione ed iperemia, e in casi gravi deficit visivo

Patologie oculari correlate a radiazioni elettromagnetiche

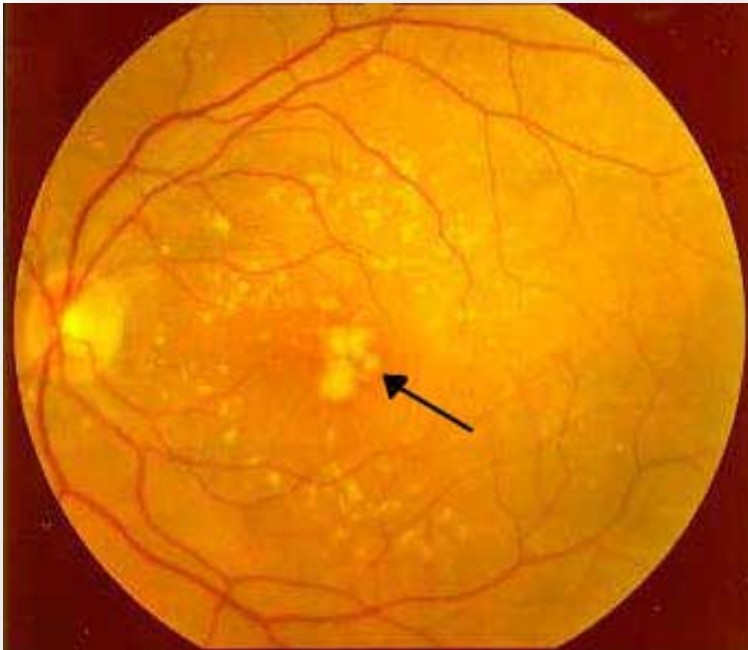
CRISTALLINO



La cataratta è un processo caratterizzato da una progressiva perdita di trasparenza del cristallino con conseguente calo visivo. Questa patologia rappresenta ancora oggi la prima causa di cecità nel mondo, in particolare la cataratta da **radiazioni ultraviolette**, molto frequente nei paesi tropicali. Le radiazioni ultraviolette ed infrarosse modificano la struttura delle proteine del cristallino con conseguente opacizzazione e progressiva perdita del visus. La cataratta da infrarossi, prevalentemente polare anteriore, è definita anche cataratta dei “vetrai”, quella da UVB cataratta corticale anteriore

Patologie oculari correlate a radiazioni elettromagnetiche

LA RETINA

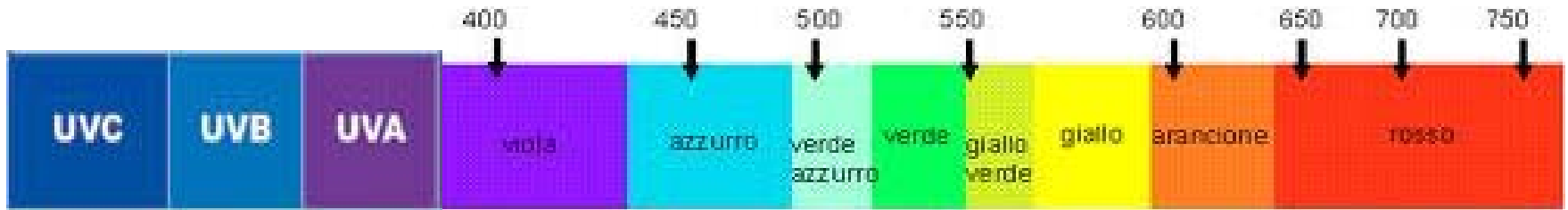


Il termine maculopatia identifica qualsiasi malattia che colpisce la macula, la zona della retina deputata alla visione distinta. Le radiazioni del visibile e gli infrarossi che penetrano i diottri oculari fino a giungere alla retina, interagiscono con l'ossigeno formando radicali liberi con conseguente perossidazione lipidica della membrana dei coni, ne provocano la morte. I sintomi principali che il paziente lamenta sono rappresentati dalla riduzione della acuità visiva centrale, metamorfopsie, discromatopsie e scotomi centrali.

Le lenti filtranti

Per quasi tutte le patologie correlate alle onde elettromagnetiche esiste la possibilità di intervenire con terapie **farmacologiche e/o chirurgiche** . Ma , soprattutto per i pazienti che ne sono predisposti a causa della loro attività lavorativa, l'unico approccio possibile è quello della **prevenzione** attraverso l'uso di lenti filtranti: si tratta di presidi ottici atti a modulare l'arrivo della luce sulle strutture oculari attraverso il **taglio** di una o più lunghezze d'onda che costituiscono lo spettro del visibile. In alcuni casi le lenti filtranti sono di ausilio per migliorare la qualità visiva (aumentando il contrasto e riducendo l'abbagliamento) in patologie maculari, retinopatie, afachie, aniridie.

Le lenti filtranti: classificazione



FILTRI SOLARI



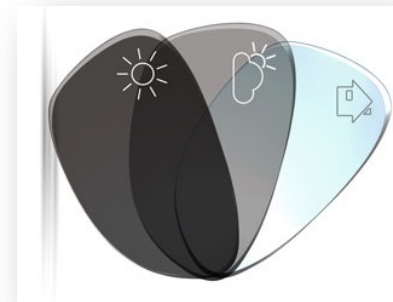
FILTRI SELETTIVI



FILTRI POLARIZZANTI



FILTRI FOTOCROMATICI



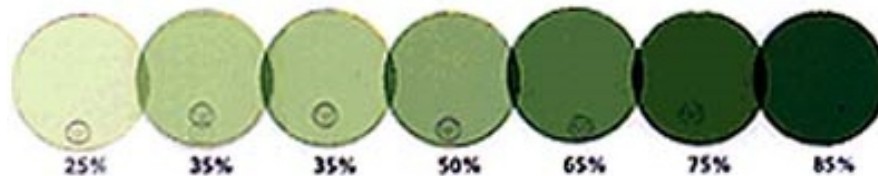
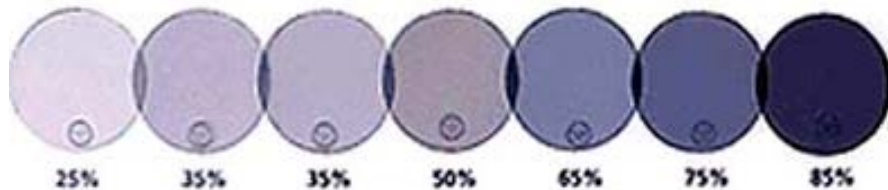
Filtri solari

Abbattono tutte le lunghezze d'onda medio basse
Un buon filtro solare è in grado di assorbire completamente le radiazioni UV (tra 300nm e 400nm) e di assorbire progressivamente le radiazioni del visibile ad alta energia denominate luce blu. Possono avere diverse colorazioni la cui scelta può dipendere da motivazioni sia estetiche che refrattive



Filtri solari

- ✓ Emmetropi: si possono utilizzare tutte le tipologie cromatiche , considerando che il grigio ha la proprietà di attenuare in modo più uniforme le radiazioni luminose di tutte le lunghezze d'onda
- ✓ Ipermetropi: è consigliabile l'uso di filtri di colorazione verde, in quanto enfatizza la luce di lunghezza d'onda più vicina al blu, a cui sono più sensibili.
- ✓ Miopi: è consigliabile l'uso di filtri di colorazione marrone, in quanto li porta ad aumentare la focalizzazione delle componenti "rosse" a cui sono più sensibili



Filtri solari

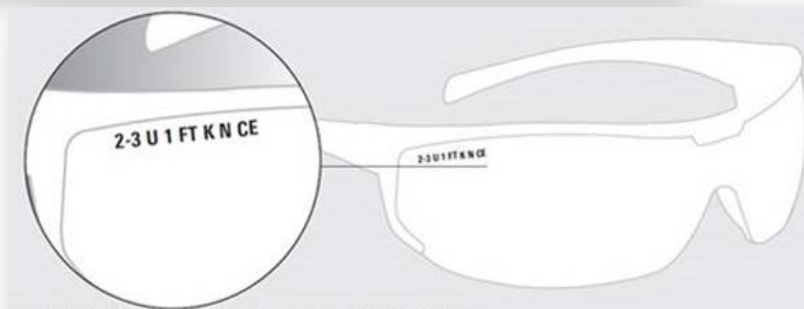
Colore filtro	Protezione UV	Visibilità	Percezione colori
verde	100%	scarsa in ambienti scuri	normale
grigio	100%	inversamente proporzionale alla tinta	inversamente proporzionale alla tinta
marrone	100%	inversamente proporzionale alla tinta	inversamente proporzionale alla tinta
specchio	100%	buona in ambienti scuri	normale

Quale scegliere

Categoria	Tipologia di lente	Percentuale di luce trasmessa	Utilizzo
0	Lenti bianche o leggermente colorate. Lenti fotocromatiche allo stato più chiaro.	80-100%	Luoghi chiusi, cielo coperto
1	Lenti leggermente colorate	43-79%	Luce solare attenuata
2	Lenti mediamente colorate	18-42%	Luce solare media
3	Lenti scure. Lenti fotocromatiche allo stato più scuro.	8-17%	Luce solare forte
4	Lenti molto scure	3-7%	Luce solare molto intensa (alta montagna, neve, ghiacciaio)



Categoria	Indicaz. d'uso	Guida diurna	Guida notturna
0		SI	SI
1		SI	SI/NO
2		SI	NO
3		SI	NO
4		NO	NO



Filtri selettivi



si lasciano attraversare solo da una o più radiazioni elettromagnetiche di lunghezza medio alta. Sono caratterizzate da una colorazione rossa, gialla, ambra o blu

Colore filtro	Protezione UV	Visibilità	Percezione colori
rosso	100%	buona in ambienti scuri	normale
giallo	100%	buona in ambienti scuri	normale
ambra	100%	buona in ambienti scuri	normale
blu	90%	buona in ambienti scuri	elevata influenza

Filtri medicali

Detti anche a nanometri controllati in quanto bloccano solo una radiazione del visibile lasciando passare tutte le altre. Sono utilizzati in caso di patologie a carico della retina al fine di migliorare la percezione dei colori e la sensibilità al contrasto

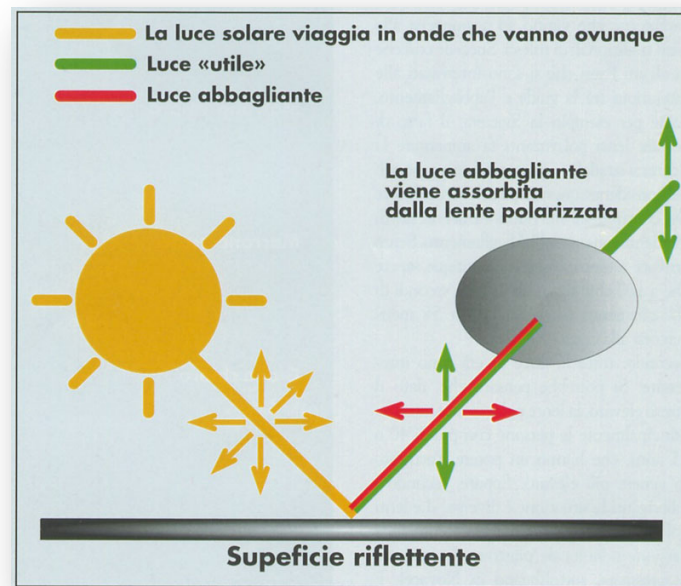
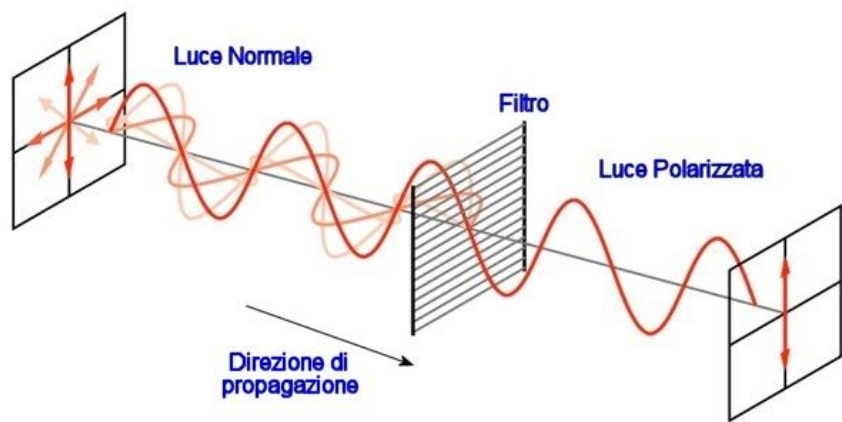


450 nm	Macular Degeneration, Optical Nerve Atrophy
511 nm	Macular Degeneration, Optical Nerve Atrophy, Glaucoma, Cataract, Retinitis pigmentosa
527 nm	Glaucoma, Cataract, Retinitis pigmentosa
550 nm	Retinitis pigmentosa
585 nm	Retinitis pigmentosa

Filtri polarizzanti

La luce riflessa da una superficie arriva sulla retina non solo perpendicolarmente (**luce lineare**) ma anche lateralmente obliquamente ed ortogonalmente (**luce non lineare**). Mentre la luce lineare, rende merito di una visione distinta, quella non lineare genera riflessi e abbagliamento.

Le lenti polarizzate garantiscono il passaggio solo della luce lineare, bloccando quella non lineare, abolendo, quindi, tutti i riflessi provenienti dalle superfici riflettenti quali acqua, neve o asfalto, con conseguente riduzione del riverbero e miglioramento del contrasto. L'utilizzo di una lente polarizzata quindi è particolarmente indicata nella guida negli sport e per i **bambini** riducendo notevolmente l'affaticamento visivo.



Filtri polarizzanti

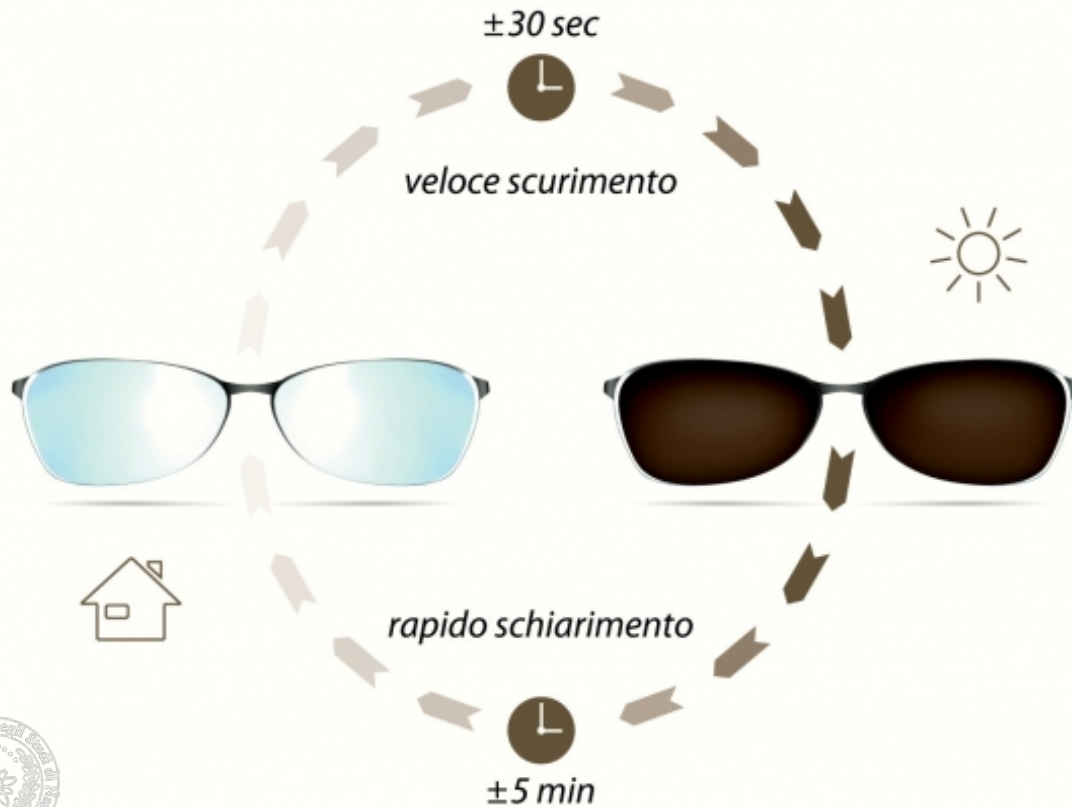
Le lenti polarizzate di ultima generazione hanno quindi la caratteristica di:

- ✓ Migliorare la visione poiché eliminano il riverbero garantendo una visione nitida, confortevole ed una sensazione di massimo benessere e confort
- ✓ Garantiscono migliori prestazioni visive poiché, eliminando l'abbagliamento, permettono una elevata definizione delle immagini
- ✓ Proteggono al 100% dai raggi UVA e UVB particolarmente dannosi per gli occhi
- ✓ Aumentano la sicurezza in situazioni potenzialmente pericolose come la guida di un mezzo, consentendo il miglior svolgimento di attività sportive quali il ciclismo, lo sci e gli sport acquatici



Filtri fotocromatici

Sono costituiti da pigmenti fotocromatici (Alogenuro di argento, Spirossazina, Indolinospironaftossazina) che hanno la caratteristica di modificare la loro colorazione (*stato cromatico*) a seconda della radiazione elettromagnetica incidente attraverso un processo chimico reversibile in presenza di calore. La trasmittanza si modifica a seconda del grado di scurimento. La colorazione potrà essere grigia marrone o verde.





Quattro fate e quattro maghi
fan le lenti a Salmoraghi
per vedere chiaro e tondo
quel che accade in questo mondo.

Attraverso quei cristalli
verdi * rossi * neri * gialli *
puoi scrutare nettamente
sia le cose che la gente
contemplandoti il creato
nel colore che ti è grato

Trilussa



Grazie
per la
cortese
attenzione