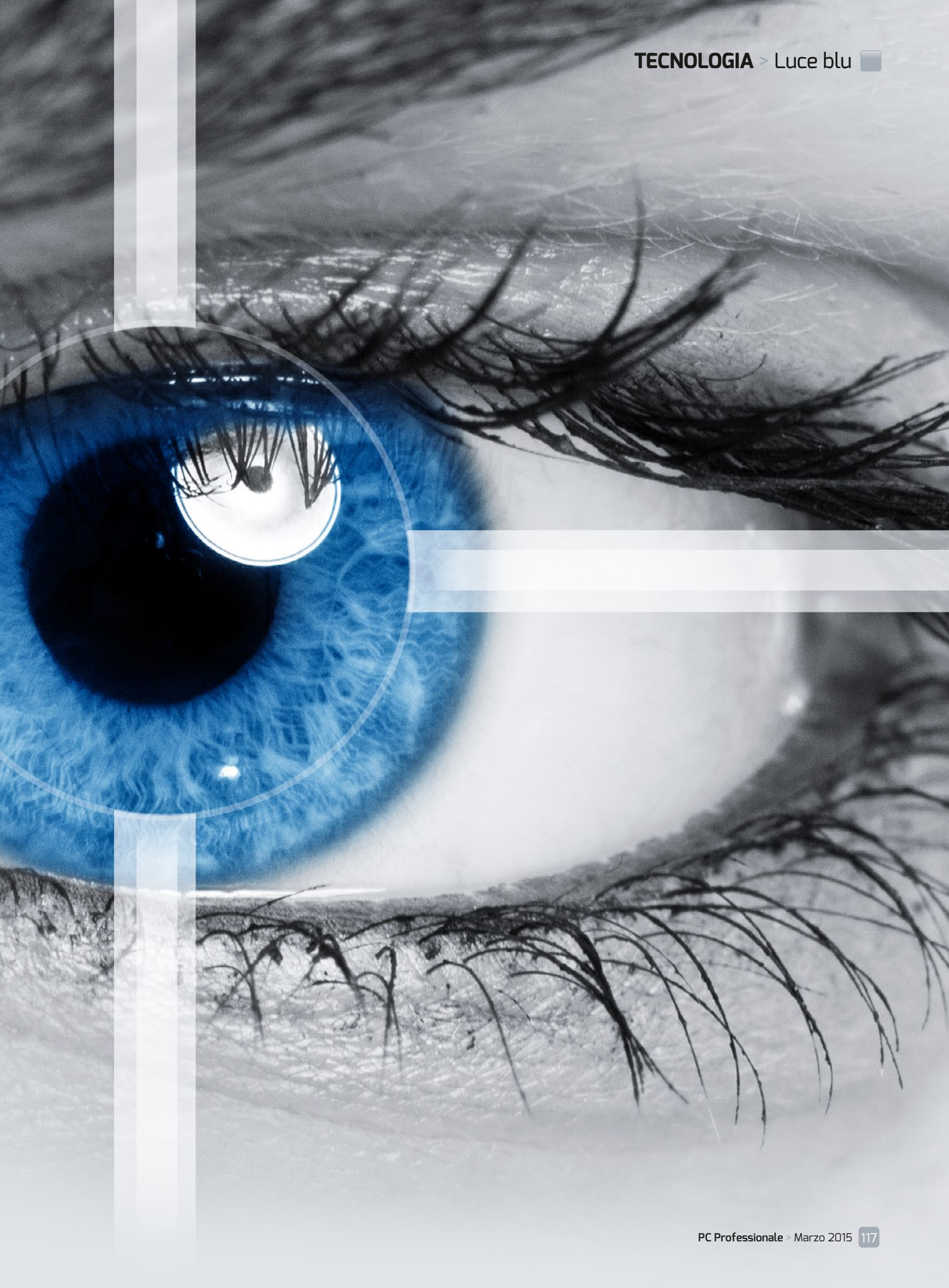


Ricercatori e medici lanciano l'allarme sulla dannosità della luce blu emessa dai led bianchi. E passare lunghe ore davanti al monitor potrebbe creare gravi problemi alla vista. Ma è un rischio reale o semplice allarmismo?

Di Nicola Martello

# IL PERICOLO È BLU





**I led bianchi ad alta luminosità, grazie alla loro elevata efficienza energetica, longevità e compattezza, si stanno diffondendo a macchia d'olio nei dispositivi elettronici che ci circondano. Non solo sono già parte integrante dei display Lcd dei nostri computer, tablet e smartphone, ma stanno velocemente entrando negli ambienti in cui viviamo anche sotto forma di lampadine e di sistemi di illuminazione a stato solido. In realtà i led bianchi sono costituiti da led blu InGaN (*nitruro di gallio e indio*), ricoperti da fosforo Yag (*granato di alluminio e ittrio*) che emette luce gialla quando illuminato da fotoni con frequenza nel blu. I colori giallo e blu sommati appaiono ai nostri occhi come bianco, che può avere una dominante calda (tendente al giallo) o fredda (verso il blu) a seconda della quantità di fosforo Yag impiegato.**

Un'occhiata allo spettrogramma di un tipico led bianco permette di capire facilmente la distribuzione dell'intensità dei colori emessi. Il picco sul blu è chiaramente visibile e, procedendo verso il rosso, si nota un profondo avvallamento sul verde, poi un ampio rilievo centrato sul giallo. Di seguito la luce emessa cala molto velocemente man mano che ci si sposta verso la lunghezza d'onda del rosso.

**A causa del crescente impiego** di questi led bianchi, i nostri occhi sono sempre più esposti a una forte componente di luce blu (prodotta anche dai tubi fluorescenti e dalle lampade a scarica di gas), che, secondo molti (ma non tutti) ricercatori e medici, alla lunga può essere una delle cause della *degenerazione maculare legata all'età*, una malattia della retina che è in forte aumento tra le persone con età di 55 – 65

anni e che hanno trascorso buona parte del loro periodo lavorativo in ufficio. Già adesso la degenerazione maculare (la macula è la parte centrale della retina) è tra le principali cause di cecità nei paesi occidentali. Questo danno non avviene in poche ore di esposizione ma dopo parecchie migliaia, un effetto cumulativo che è facilmente raggiungibile da una persona che lavora quotidianamente in un ambiente illuminato da luci fluorescenti o led, sta spesso davanti al monitor di un computer e fissa di frequente tablet e smartphone. Il pericolo è ancora maggiore per i bambini che usano spesso i dispositivi portatili con display a led, dato che il loro cristallino è molto più trasparente di quello di un adulto e quindi lascia

arrivare alla retina una quantità maggiore di luce blu.

In passato si riteneva che i nostri occhi fossero messi in pericolo solo dalla luce ultravioletta (Uv) e da quella molto intensa (laser, il sole guardato senza protezioni adeguate), ma ricerche più recenti, svolte principalmente sui topi, hanno evidenziato il legame tra il progressivo deterioramento della retina e la prolungata esposizione alla luce blu prodotta dalle luci fluorescenti e soprattutto dai led bianchi. Il nostro occhio è particolarmente vulnerabile alla luce con lunghezza d'onda compresa tra 420 nm e 470 nm, un intervallo che coincide molto bene con il picco sul blu emesso dai led usati per illuminare i display e sempre

### Luce visibile

Le lunghezze d'onda dello spettro visibile variano dai 380 nm del blu/violetto ai 720 nm del rosso

### LE LENTI FANNO DA FILTRO

Una soluzione molto semplice (e relativamente economica) per impedire alle lunghezze d'onda pericolose di giungere agli occhi consiste nell'indossare occhiali specifici, dotati di lenti dal leggero colore giallo.

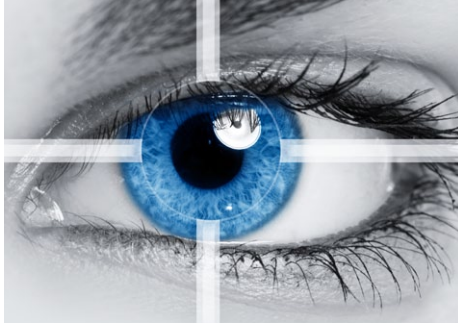


### COLORI PERFETTI, OCCHI SICURI

Proteggere gli occhi, senza alterare la percezione dei colori: le lenti sono ricoperte da un filtro diecrico, che riflette solo la luce blu dannosa.







## I BENEFICI DELLA LUCE BLU

**S**ebbene la luce blu in grandi quantità possa essere dannosa con il passare degli anni, è anche vero che svolge un ruolo importante e benefico nella regolazione dei nostri ritmi biologici. La luce blu meno energetica, con una lunghezza d'onda di 480 nm ( $\pm 15$  nm), infatti, regola il ciclo circadiano di sonno/veglia e stimola il nostro metabolismo, attivando la memoria e migliorando sia il processo di apprendimento sia la reattività fisica.



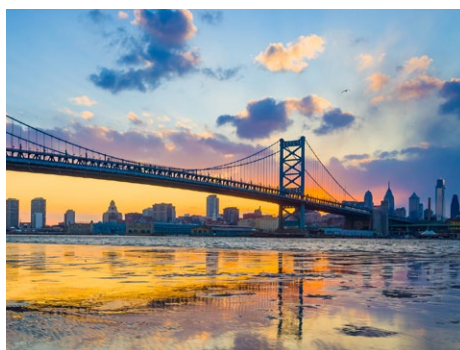
Spostando il picco da 450 a 460 nm, Aoc riduce di oltre il 90% la dannosità della luce blu senza l'impiego di filtri particolari o di speciali algoritmi software.

più ambienti in cui viviamo. Sebbene meno intenso, questo picco sul blu esiste anche con le luci fluorescenti e con quelle a scarica di gas, mentre non c'è con le tradizionali lampadine a incandescenza, che hanno uno spettro di emissione molto più costante e soprattutto spostato verso il rosso e gli infrarossi. Giusto per dare qualche

cifra, le lampade a incandescenza irradiano meno del 5% di luce blu, mentre con i led bianchi questo valore sale a 10% (bianco caldo, 2.700 K – 3.000 K), per balzare a 30% nel caso dei led bianchi impiegati nei display Lcd (monitor, tablet, smartphone).

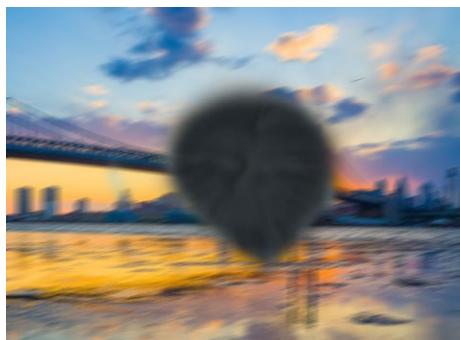
A livello dell'occhio, i raggi Uv provocano infiammazioni alla cornea e alla

congiuntiva, proprio come alla pelle. In questi casi si tratta di irritazioni superficiali, mentre è più profondo il danno inferto al cristallino, che può sviluppare una cataratta da Uv (la cataratta può nascere anche per una prolungata esposizione agli infrarossi). Le radiazioni Uv sono suddivise in tre classi a seconda della loro lunghezza



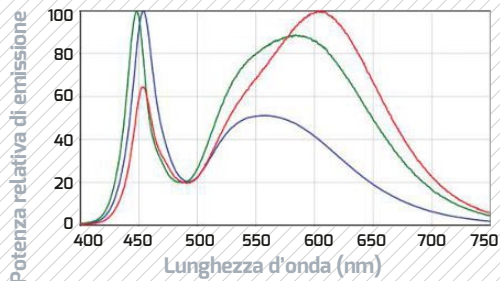
## DEGENERAZIONE MACULARE

È percepita come una macchia scura che copre progressivamente il centro del campo visivo.



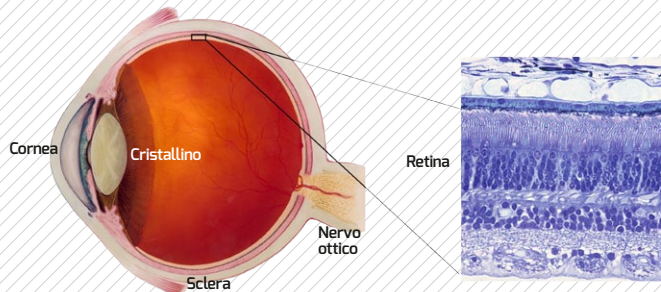
I diodi luminosi blu ad alta efficienza sono stati inventati nel 1993 da Shuji Nakamura, Hiroshi Amano e Isamu Akasaki, invenzione che nel 2014 è valsa loro l'assegnazione del premio Nobel per la fisica.

## SPETTRO LED BIANCHI



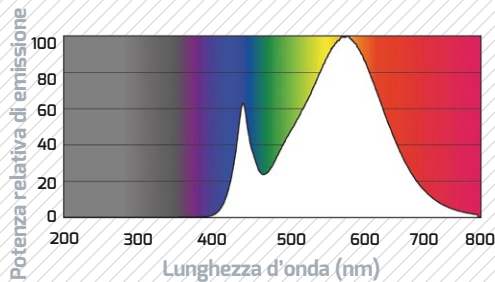
Lo spettro della luce emessa da una lampadina led cambia con il variare della sua temperatura colore: la curva blu a 5.000K, verde a 4.100K, rossa a 3.100K.

## STRUTTURA OCCHIO



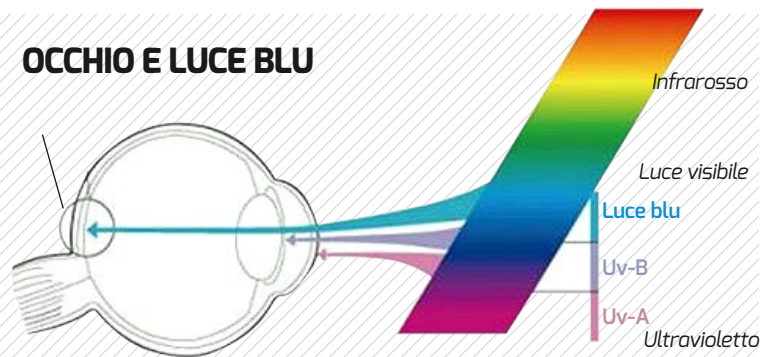
La luce entra nell'occhio umano superando la cornea, passa attraverso il cristallino e colpisce la retina, che ricopre quasi completamente la superficie sferica interna dell'occhio.

## RESA CROMATICA



Una lampadina classificata come "calda" (2.700K) ha un ridotto picco sul blu e un ampio rilievo centrato sul giallo.

## OCCHIO E LUCE BLU



La cornea blocca gli ultravioletti con lunghezza d'onda inferiore a 300 nm, mentre il cristallino ferma la maggior parte dei raggi Uv-B tra 300 e 400 nm. I fotoni tra 415 e 455 nm (blu-violetto) riescono quindi a passare e raggiungono la retina.

d'onda. I raggi Uv-A (320 - 400 nm) rappresentano il 75 % degli Uv che arrivano dal sole e determinano l'abbronzatura e alcune reazioni fotosensibili, gli Uv-B (290 - 320 nm, 19 %) provocano scottature e sono implicati in alcune forme di tumore della pelle, Uv-C (200 - 290 nm, 6 % circa) sono in assoluto i più pericolosi e sono assorbiti dallo strato di ozono che circonda il nostro pianeta.

In sintesi, l'effetto dannoso della luce dipende dalla sua lunghezza d'onda ovvero dal suo contenuto energetico: le lunghezze d'onda più corte sono più energetiche e quindi più pericolose.

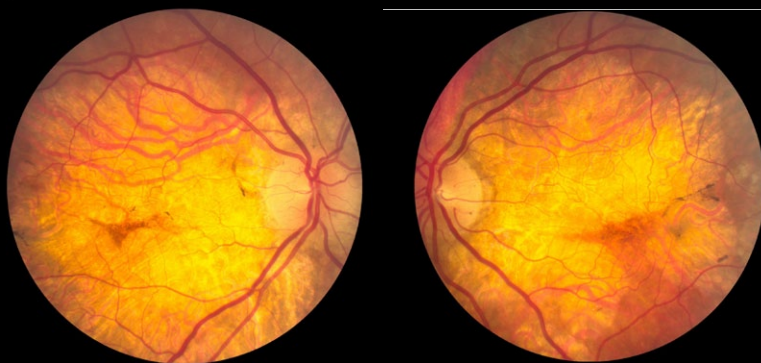
## COSA SUCCEDDE NEI NOSTRI OCCHI

Il nostro occhio è un organo delicato e complesso, in grado di percepire la luce con lunghezze d'onda che vanno da 380 nm (blu) a 780 nm (rosso). Per evitare danni dovuti a una luce troppo intensa, l'occhio è protetto

Acer riduce l'emissione di fotoni pericolosi con un parametro nel menu (variazione dell'intensità della componente blu) e con una composizione diversa del fosforo giallo applicato sui led blu, che sposta il picco del blu da 444 a 460 - 470 nm.







### OCCHIO AFFETTO DA DEGENERAZIONE MACULARE

La degenerazione maculare legata all'età è visibile sotto forma di zone gialle nella parte centrale della retina. Le piccole aree rosse sono parti ancora sane della retina.



*L'occhio è particolarmente vulnerabile alla luce con lunghezza d'onda compresa tra 420 e 470 nm, intervallo che coincide con il picco sul blu emesso dai led bianchi ad alta intensità*

da alcune reazioni automatiche: il restringimento dell'iride, lo spostamento dello sguardo e della testa in una direzione diversa, la chiusura delle palpebre. La cornea blocca le radiazioni ultraviolette con lunghezza d'onda inferiore a 300 nm, mentre il cristallino ferma la maggior parte dei raggi Uv tra 300 e 400 nm. I fotoni con lunghezza d'onda tra 415 e 455 nm (blu-violetto) riescono quindi a passare e raggiungono la retina, dove con il tempo possono produrre gravi danni, disattivando e anche distruggendo le cellule sensibili alla luce.

La quantità di radiazioni assorbite dall'occhio varia in funzione dell'età, dato che il cristallino invecchiando diventa meno trasparente e quindi più efficace nell'assorbire le radiazioni. Nei bambini la quantità di luce dannosa che raggiunge la retina è maggiore:

al di sotto dei 10 anni più del 75% delle radiazioni ultraviolette (Uv-A e Uv-B) arriva fino alla retina, mentre a 25 anni questa percentuale è scesa al 10%. La situazione cambia ulteriormente dai 50 anni in poi, quando in seguito al naturale processo di invecchiamento il cristallino assorbe in maniera molto più netta le radiazioni nocive.

La retina è costellata da due tipi di cellule sensibili alla luce (fotorecettori): i *bastoncelli* e i *coni*. I bastoncelli si attivano quando la luce è scarsa (*visione scotopica*) e reagiscono ai fotoni con una lunghezza d'onda tra i 400 nm (blu) e i 600 nm (giallo), con un picco centrato su 498 nm (verde). Siccome esiste un solo tipo di bastoncello, i segnali visivi prodotti da queste cellule sono esclusivamente monocromatici. Quando la luce è più intensa

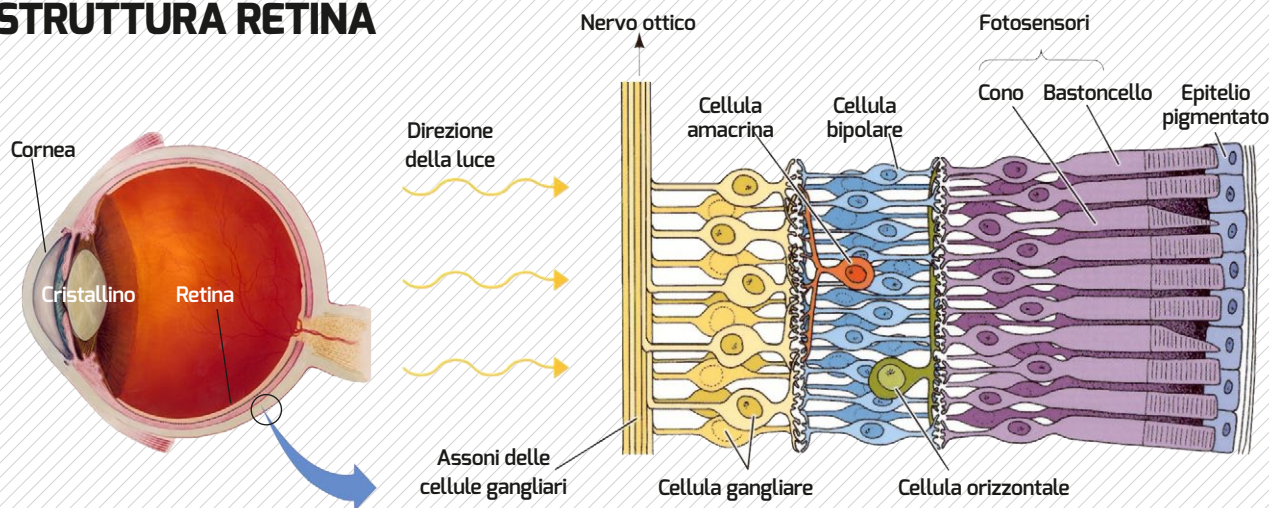
i bastoncelli vanno in saturazione ed entrano in azione i coni (*visione fotopica*), che sono cento volte meno sensibili dei bastoncelli.

Esistono tre tipi di coni, ciascuno sensibile a una lunghezza d'onda diversa: S (picco a 420 nm, blu), M (picco a 534 nm, verde), L (picco a 564 nm, giallo). I coni L reagiscono fino a 700 nm circa e sono quelli che ci permettono di vedere le tinte rosse.

La combinazione dei segnali prodotti da questi tre tipi di coni ci consente di percepire i vari colori quando la luce è sufficientemente intensa. L'esposizione alla luce comporta uno stress per i fotorecettori, stress localizzato nella loro estremità conica o cilindrica (Pos, *photoreceptor outer segment*).

I fotoni infatti provocano cambiamenti nelle molecole sensibili alla luce

## STRUTTURA RETINA



La retina è fittamente popolata da coni e bastoncelli, che inviano i segnali al nervo ottico tramite un complesso sistema di cellule nervose.

## LE CATEGORIE DI RISCHIO



**S**econdo la normativa En 62471, le sorgenti luminose, tra cui i led, sono divise in quattro categorie: Esente o Rg0 (Gruppo di Rischio 0), Rg1, Rg2, Rg3. Per essere classificata in uno di questi quattro gruppi ogni luce artificiale è sottoposta a misure della sua potenza luminosa da una distanza di 20 cm. Questa distanza è considerata il minimo nell'uso reale della lampada, dato che una distanza minore comporterebbe per il nostro occhio una visione sfocata della sorgente luminosa, quindi l'immagine riprodotta sulla retina sarebbe più diffusa e meno dannosa.

### Esente

Nella categoria Esente rientrano le fonti luminose di bassa intensità e che emettono fotoni con lunghezza d'onda lontana dagli Uv, come i led di segnalazione inseriti nei pannelli delle apparecchiature elettroniche. Queste luci possono essere osservate senza alcun pericolo anche per un periodo di tempo prolungato.

### Rg1

Rg1 contempla i casi di lampade anche forti che però nell'uso normale non rimangono al centro del campo visivo per più di 10 secondi, proprio perché a causa della loro intensità nessuno le fisserebbe per un tempo maggiore. Le lampade Rg1 possono essere usate quasi ovunque, tranne nelle sale operatorie o dentistiche ad esempio, dove il paziente anestetizzato potrebbe avere le pupille dilatate ed essere incapace di esercitare un controllo cosciente sulla direzione dello sguardo.

### Rg2

Nel gruppo Rg2 sono raccolte le luci molto intense, così vivide da costringere un osservatore a chiudere le palpebre o a distogliere lo sguardo entro 0,25 secondi. Lampade di questo tipo non sono mai poste vicino al pavimento, dove potrebbe cadere lo sguardo di una persona, e sono sconsigliate negli asili e nelle scuole primarie, dato che i bambini tendono a fissare a lungo le luci particolarmente brillanti. I led bianchi ad alta luminosità con una luce molto fredda rientrano in questo gruppo.

### Rg3

Rg3 raccoglie le fonti luminose estremamente intense come i laser e le lampade a scarica di gas. Sono luci che devono essere maneggiate da personale specializzato e installate sempre in posizioni tali da illuminare l'osservatore con una intensità ridotta dalla distanza o da schermi, come i fari in cima ai piloni di uno stadio o la lampada di un proiettore per cinema.

(opsine) contenute nei Pos dei coni e dei bastoncelli.

Normalmente, la biochimica delle cellule riporta al loro stato originale i Pos, ma se l'esposizione alla luce è stata lunga e intensa, aggravata dall'elevata energia dei fotoni (come è il caso della luce blu) e dall'età della persona, i Pos si ossidano in maniera irreversibile e sulla loro superficie si sviluppano e si accumulano granuli di molecole polimeriche non degradabili (lipofusina).

**La lipofusina è sensibile alla luce blu** vicina al violetto e quando è colpita da questo tipo di fotoni produce molecole di ossigeno chimicamente molto reattive (Ros, *reactive oxygen species*), che portano alla morte le cellule che compongono l'epitelio pigmentato della retina. Privati di queste cellule di supporto, i fotorecettori si deteriorano, con conseguente perdita della capacità visiva nella zona centrale della retina (macula).

Le patologie retiniche per le quali è stato dimostrato un coinvolgimento delle radiazioni Uv e della luce blu nell'induzione o nella progressione del danno retinico sono l'edema maculare cistoidale, la retinopatia solare, i melanomi oculari e naturalmente la degenerazione maculare legata all'età.

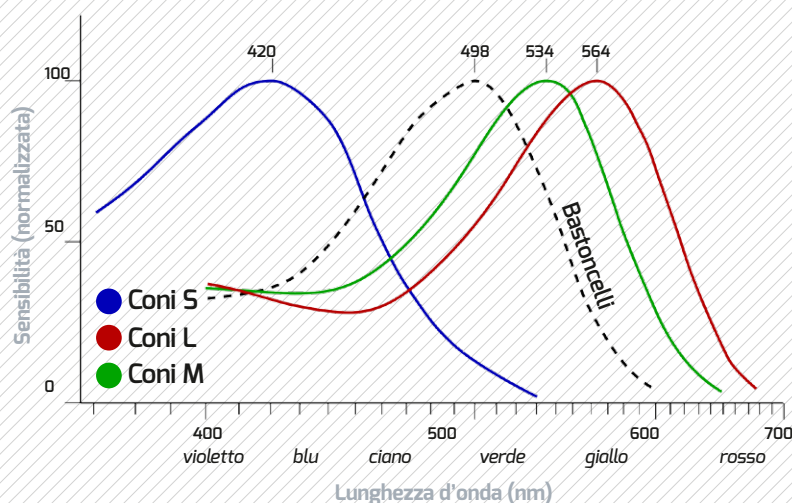
## GLI SPAZI COLORE E LA LUCE BLU

**P**er andare sul sicuro bisogna eliminare il più possibile la luce blu, sostengono le persone che più temono per la salute dei propri occhi. Ma la soppressione di un'ampia porzione di questo colore comprometterebbe il bilanciamento e le prestazioni cromatiche dei display che usano i led come fonte di illuminazione, le immagini apparirebbero giallastre, con i blu molto smorzati e poco profondi. Bisogna quindi raggiungere un compromesso, ma per farlo è utile conoscere quali sono le specifiche degli spazi colore di riferimento: Rec 2020, Adobe Rgb, sRgb, Rec 709.

Rec 2020 è il più ampio di tutti (copre il 75,8 % dello spazio colore Cie 1921), è stato elaborato dall'organizzazione Itu (*International Telecommunication Union*) per il nuovo standard Ultra Hd/4K e con ogni



## LA SENSIBILITÀ DEI CONI



## I SISTEMI CORRETTIVI PER LIMITARE I DANNI

Per ridurre i rischi da esposizione a luce blu, sono stati sviluppati diodi luminosi blu con picco di emissione spostato verso il rosso di circa 10 nm, così da ridurre in maniera sensibile la generazione dei fotoni più energetici, di lunghezza d'onda inferiore. Questo cambiamento non comporta alcuna variazione nella

resa cromatica complessiva, dato che i fosfori Yag che li ricoprono producono la consueta luce gialla, che sommata a quella blu appare bianca ai nostri occhi. Un'altra possibile soluzione consiste nel porre un filtro a valle, che blocca parte della luce blu prodotta dai led bianchi di retroilluminazione. Il range di lavoro del filtro va di solito da 400 nm a 450 nm, ma in alcuni casi si arriva a 470 nm. Ovviamente più è ampia la

zona di intervento del filtro maggiore è la possibilità che la resa cromatica del display ne risenta, costringendo il costruttore a usare led bianchi con meno fosforo Yag, quindi dalla luce più fredda (azzurrina), così da compensare la tonalità gialla indotta dal filtro.

Questo stesso approccio (eliminare le lunghezze d'onda più pericolose) può essere applicato anche agli occhiali, montando speciali lenti protettive filtrate (anche graduate).

**Da notare, infine, che è possibile irrobustire il proprio corpo per sopportare meglio i danni indotti da un'esposizione prolungata alla luce blu.** La retina, infatti, è protetta da pigmenti oculari (luteina, zeaxantina e melanina) che filtrano la luce proteggendo le cellule nervose dai danni causati dai fotoni più energetici.

In particolare la luteina è in grado di filtrare la luce blu e quindi protegge i punti più delicati della retina dagli effetti nocivi delle radiazioni luminose. Il nostro organismo non sintetizza direttamente questi pigmenti, ma li assume attraverso l'alimentazione (spinaci, insalata verde, porri, piselli). Quando l'apporto dietetico non è sufficiente, è possibile aumentarne l'acquisizione assumendo integratori alimentari. •

probabilità diventerà lo spazio colore di riferimento assoluto in poco tempo, in anticipo rispetto al programmato anno 2020. A differenza degli altri standard, Rec 2020 prevede l'impiego di tre colori primari puri, monocromatici, che hanno lunghezza d'onda di 630 nm per il rosso, 532 nm per il verde e 467 nm per il blu. Quest'ultimo valore è quello che ci interessa di più ed è importante notare che è in "zona di sicurezza" per i nostri occhi, sebbene sia vicino al limite minimo.

Adobe Rgb e sRgb sono gli standard di riferimento per i monitor dei computer, il primo in particolare per la grafica professionale, dato che, rispetto a sRgb, sottende un'area molto più ampia nella regione del verde. Rec 709 è lo standard formalizzato da Itu per la Tv ad Alta Definizione e per quanto riguarda primari ed estensione cromatica coincide con sRgb. Confrontati con Rec 2020, Adobe Rgb e sRgb/Rec 709 coprono un'area minore nel grafico Cie 1931 (52,1 % e 35,9 %, rispettivamente) e hanno colori primari non puri, che nel diagramma Cie

giacciono all'interno dell'area racchiusa dalla curva a ferro di cavallo. I riferimenti per il rosso e il blu sono gli stessi per Adobe Rgb e sRgb/Rec 709, con il blu posizionato vicino alle lunghezze d'onda 465 - 470 nm, quindi non distante dai 467 nm del primario di Rec 2020.

A vedere queste cifre sembra quindi che non ci sia nulla di cui preoccuparsi, perché è possibile filtrare tranquillamente il blu al di sotto di 467 nm senza cambiare la resa cromatica del display. In realtà le cose non sono così semplici, dato che il picco blu dei led bianchi ha la classica forma a campana (curva di Gauss), quindi, anche se centrato su una lunghezza d'onda sicura, emette comunque fotoni che possono essere pericolosi. Un discorso simile va fatto per i filtri: pure il loro range di intervento segue la curva di Gauss, quindi finiscono con l'abbattere anche lunghezze d'onda innocue. I costruttori di display devono perciò cercare un compromesso tra la resa cromatica e il blocco delle radiazioni luminose nocive.