

UNA NUOVA LUCE DA SCOPRIRE

Ecco la seconda puntata dell'approfondimento su come è cambiata e sta cambiando l'illuminazione nelle nostre case, negli spazi urbani e in ambito professionale. Argomento quanto mai d'attualità in quanto si interfaccia con l'energia, oggi un aspetto cruciale che impatta sui costi aziendali e sulla nostra vita di tutti i giorni. E soprattutto, quanto sta cambiando la percezione del colore con queste nuove luci? Per chi lavora con il colore un vero dilemma, tutto da scoprire!

La prima parte di questo articolo si fermava alle sorgenti di luce artificiali già disponibili qualche decennio fa, e che ancora trovano grande impiego. Notavamo che i fenomeni fisici da cui deriva l'emissione di luce sono sostanzialmente di tre tipi: l'incandescenza (e quindi la famosa emissione di corpo nero) nelle candele o nella lampadine a filamento di tungsteno, la scarica elettrica nei gas (nelle vecchie lampade al neon per la segnaletica o nei grossi proiettori stradali), la fluorescenza (nei lunghi tubi ancora comuni nei luoghi di lavoro e negli spazi pubblici, magari avvolti su sé stessi come nelle le lampade a risparmio energetico di una ventina d'anni fa).

EFFICIENZA ENERGETICA

Se il problema è quello della quantità di luce disponibile, e ovviamente del suo costo, una sorgente può essere descritta dalla sua efficienza energetica, il rapporto tra la quantità di energia emessa come luce ed il totale dell'energia assorbita. Tenendo presente le curve di sensibilità dei nostri occhi, il massimo lo avrebbe una lampada che emetta tutta la sua energia a 555 nm, nel giallo-verde. Secondo la definizione della candela, l'unità di intensità luminosa nel Sistema Internazionale, e della grandezza derivata (il lumen) che misura il flusso luminoso, il limite massimo teorico dell'efficienza energetica, in quelle condizioni, è di 683 lm/W (lumen per watt).



RISPARMIO = PROGRESSO

Possiamo stimare quanto sia meravigliosamente diminuito il costo dell'energia nei secoli: una lampada a stoppino ha una efficienza di meno di un lumen per watt, bruciando risorse (oli, grassi, cere) che sarebbero invece preziose per l'alimentazione o come materie prime. Pensiamo a che grosso problema sia stato per centinaia di generazioni dei nostri antenati, e quanto lo sia ancora dove non è disponibile la luce elettrica. I progressi nell'illuminotecnica sono tra i principali ma più misconosciuti segnali del progresso umano.

IERI E OGGI

Le lampadine ad incandescenza erano intorno ai 15 lm/W, che salgono a circa 20 nelle versioni alogene. I tubi fluorescenti stanno oltre i 60 lm/W, permettendoci così di risparmiare

parecchio; inoltre devono disperdere molta meno energia termica e la durata della singola lampadina è come minimo dieci volte superiore; d'altro canto, sono decisamente più ingombranti. Le lampade stradali o industriali hanno delle efficienze energetiche ancora superiori, con il vantaggio di essere molto più compatte e longeve, riducendo i costi di installazione e manutenzione. Con le lampadine ad incandescenza eravamo abituati a correlare la quantità di luce emessa alla potenza assorbita (in watt). Cambiando tipo di lampada, si dovrebbero rifare tutti i calcoli, perciò da alcuni anni esse vengono distinte proprio in base al flusso luminoso (con i dati precedenti, una vecchia lampada da 100W emetteva circa 1500 lm).

MA QUANTO MI ILLUMINI?

Quando una luce raggiunge una superficie che si trova ad una certa distanza, vi produce un illuminamento che viene misurato in lux: questo è il parametro tipico per la progettazione di un impianto di illuminazione, poiché in base a determinate tabelle si sa che, p. es., in un corridoio industriale può essere sufficiente avere 100 lx, vicino ad una macchina di tintura servono almeno 300 lx mentre per il controllo di una pezza ne servono almeno 1000.

QUALITÀ DI LUCE

Passando dalla quantità di luce alla sua qualità, accennavamo alla temperatura di colore, T_c , che per un corpo nero, p. es. il filamento di una lampadina, equivale alla sua reale temperatura (in kelvin). Per le altre sorgenti, la CIE, Commissione Internazionale di Illuminotecnica, stabilisce come misurare una temperatura di colore correlata, che rappresenta la T_c del corpo nero che somiglia di più al colore della lampada in questione.

INDICE DI RESA CROMATICA

Per descrivere gli effetti visivi di una sorgente luminosa dobbiamo però introdurre un altro parametro, l'indice di resa cromatica (CRI), che già dal nome mostra la sua importanza per noi del mondo tessile. Un CRI superiore al 90% è considerato molto buono, uno tra 80 e 90% abbastanza buono, ma scendendo si arriva a livelli inaccettabili se si tratta di valutare i colori; per ragioni pratiche si cerca un compromesso tra potenza, costo e resa cromatica.

ILLUMINANTI STANDARD

Dato che all'interno di un apparecchio di misura è difficile o impossibile avere una reale sorgente di luce a caratteristiche prestabilite, viene introdotto il concetto di illuminante standard, che non è un oggetto materiale ma una curva, stabilita convenzionalmente con modelli fisico-matematici che descrive lo spettro che ha una sorgente "ottimale" di quel certo tipo, e che viene poi impiegata nei calcoli.

A partire dal 1931, la CIE ha definito una serie di illuminanti standard. Oggi sono praticamente in uso:

- l'illuminante A, che rappresenta lo spettro del corpo nero a 2856 K e quindi descrive esattamente la luce di una grossa lampadina del tempo che fu, con CRI = 100.
- la "serie diurna" D, che simula lo spettro dell'illuminazione solare a diverse ore del giorno e diverse latitudini; somiglia

molto a un corpo nero ad una determinata temperatura, ma presenta anche piccole anomalie a causa delle lunghezze d'onda che vengono "filtrate" dall'atmosfera. D50 e D65 (cioè, queste curve particolari rapportate a 5000 e 6500 K) sono le luci di riferimento rispettivamente nel settore delle arti grafiche e del tessile. En passant, per chi usa campioni Pantone® sia per grafica (a base di pigmenti) sia per tessuti (a base di coloranti) questo è uno dei più comuni fra parecchi elementi di confusione, su cui magari torneremo una prossima volta. Tenendo conto che i vetri delle finestre filtrano la luce rispetto all'esterno, alcuni anni fa la CIE ha introdotto anche varianti "indoor" come ID50 e ID65 che sono più poveri di UV.

È importante notare che non esistono lampade che riproducano con totale esattezza gli spettri di questi illuminanti D, ma vi si avvicinano quasi alla perfezione alcune lampade a fluorescenza speciali usate nelle cabine colori.

- la "serie fluorescente" F, che è stata sviluppata per descrivere gli spettri di emissione di alcuni gruppi di lampade fluorescenti commerciali, diverse per la composizione dello strato di pigmenti emettitori. Ce ne sono più gruppi che hanno diversi CRI, fra cui le più rappresentative sono la F2, la F7 e la F11.

- dal 2018, la "serie LED", anch'essa definita in base alle caratteristiche di alcuni tipi di processi produttivi, su cui torneremo più avanti.

LA PERCEZIONE DELLA LUCE

Avevamo detto che il nostro occhio, quando c'è abbastanza luce (visione fotopica) è sensibile a tutte le radiazioni che vanno dal viola al rosso, tra 400 e 700 nm circa di lunghezza d'onda. E infatti le luci che ci sembrano veramente naturali sono quelle dovute ad incandescenza, le uniche ad avere un andamento continuo ed omogeneo su tutto l'intervallo, senza picchi o sbalzi. O, al massimo, con minime discontinuità come quelle causate alla luce solare da alcuni componenti dell'atmosfera. L'adattamento cromatico operato dalla nostra corteccia cerebrale si è evoluto con sorgenti di questo tipo, e quindi, inconsciamente, riusciamo a valutare i colori sia con i 2800 K delle lampadine meno potenti, con i 5500 K della luce solare filtrata dall'atmosfera, fino ai 9000 K e oltre della luce diffusa da un banco di nebbia.

FREDDA, CALDA O NATURALE?

Una domanda ragionevole è quella sul colore della luce da preferire nelle diverse situazioni, genericamente detta calda (<3000K), naturale (4-5000K) o fredda (>6500K). Per rispondere si devono tenere in considerazione molti fattori, oggetto di svariati studi fisiologici e psicologici, ma a volte anche abitudini consolidate in un certo settore tecnico-commerciale. Chi fotografa su pellicola sa per esempio che quelle a colori sono calibrate su 5500 K per la luce naturale e per i flash elettronici allo xeno, o su 3200 K per l'illuminazione al tungsteno. Dato che l'emissione spettrale delle luci di corpo nero è continua ed omogenea, è anche facile produrre dei filtri colorati, ambrati o azzurri, che permettono di adattare le riprese alle condizioni reali. Nelle fotocamere digitali questi effetti possono essere gestiti elettronicamente, anche in modo automatico, facendo il bilanciamento del bianco.

Le lampade a scarica, al contrario delle precedenti, hanno l'emissione concentrata in alcune strettissime bande, con CRI da nulli a mediocri, mentre nelle lampade a fluorescenza a questa emissione primaria si somma quella dei pigmenti che rivestono il vetro. In nessun caso tuttavia si raggiunge una distribuzione che vari in modo omogeneo su tutto lo spettro.

Nella lunga stagione delle lampade fluorescenti, a seconda della ricetta con cui erano formulati i pigmenti, le prime lampade a diffondersi nelle aziende o nei negozi potevano vagamente simulare delle temperature di colore dai 2000 ai 4000 K, come le vecchie cool white (tipo F2) che avevano un CRI intorno al 60%. Buone per il lavoro d'ufficio, non per valutare i colori correttamente. L'effetto "vado a controllare in strada" era del tutto inevitabile e portava a grosse sorprese.

Una generazione successiva aveva permesso di arrivare oltre l'80%, così le grandi catene di distribuzione vi avevano orientato il mercato dei fornitori: Marks&Spencer aveva adottato in Europa le lampade TL84 della Philips, a circa 4000 K e 84% di CRI, rendendole uno degli standard più diffusi (corrispondono a F11), mentre per esempio la catena Sears negli USA aveva scelto lampade a 3000 K di Tc e 85% di CRI; anche qui, però, la valutazione delle tinte non è ancora ottimale. Le migliori lampade fluorescenti commerciali di ampio impiego (tipo F7) simulano discretamente l'illuminante D65, avendo Tc a 6500 K ma soprattutto CRI intorno al 93%, e queste sorgenti le troviamo spesso negli studi di disegno o di valutazione dei tessuti.

Per metà del XX secolo si erano creati degli "ecosistemi" per cui incandescenza e fluorescenza potevano convivere nelle case e negli ambienti di lavoro, delegando alle lampade a scarica il lavoro pesante dei grandissimi ambienti e degli spazi esterni. The dark side of the LED.

La vera rivoluzione nelle sorgenti di luce artificiale sono i LED, Light Emitting Diodes. I primi ad essere commercialmente disponibili compiono giusto 60 anni, ma inizialmente erano molto inefficienti: tipici quelli rossi, gialli o verdi che troviamo su qualsiasi apparecchio elettronico; o quelli delle prime calcolatrici scientifiche come la TI30 che qualcuno di noi poteva già usare a scuola. Per ottenere un LED a luce blu servirono altri tre decenni, ma la scoperta fu così determinante che nel 2014 venne premiata con il Nobel per la fisica a Nakamura, Akasaki ed Amano. La ragione è ovvia: solo potendo coprire tutto lo spettro visibile i LED potevano diventare autentiche sorgenti di illuminazione, ed al tempo stesso le innovazioni tecnologiche avevano portato sia ad abbattere i costi, sia ad aumentare enormemente la loro efficienza energetica. Una caratteristica comune è che l'elemento emettitore non è mai grande come le altre lampade, ma piccolo o piccolissimo: da qualche millimetro a pochi micrometri. Quindi tipicamente se ne collegano dei grandissimi numeri e richiedono soluzioni ottiche ed impiantistiche nuove.

I LED a luce bianca possono inglobare tre LED RGB (o quattro, con un giallo), o al contrario usare un solo diodo blu come sorgente di eccitazione e coprirlo con uno strato fluorescente, che però va usato a milligrammi e non a cucchiainate come nelle lampade tradizionali.

LED E OLED

Rapido inciso tecnico. Un LED è - appunto - un diodo allo stato solido, cioè il tipo più semplice di semiconduttore a giunzione. Se le due zone drogate N e P sono realizzate con determinate composizioni chimiche, al passaggio della corrente l'energia che separa le bande viene emessa sotto forma di luce. Nell'ultima evoluzione i materiali usati non sono solo inorganici (incluso gli elementi di almeno mezza tavola periodica) ma organici, quindi potenzialmente molto più agevoli da gestire e, tra l'altro, più sostenibili: si hanno così gli OLED. Non vado avanti perché sono concetti familiari a chi ha dei ricordi di fisica o chimica inorganica, mentre è un po' laborioso spiegarlo a chi debba ripartire da zero, e mi concentro sugli aspetti pratici, che riguardano due ambiti ormai insostituibili nel nostro modo di vivere.

CIRCUITI DIGITALI

Il primo è quello delle immagini ottenute da circuiti digitali. Usando milioni di microscopici LED nei tre colori separati è possibile costruire gli schermi su cui oggi trascorriamo le nostre vite, TV, monitor e cellulari. Se le microscopiche lampadine a LED che tappezzano uno schermo emettono bande abbastanza ristrette nella terna RGB, questo permette di avere immagini molto sature ed al tempo stesso sgargianti. Non è un caso che in pochi anni siano stati costruiti miliardi di display LED, e sappiamo con che frenesia molti aspettano l'ultimo modello di device.

È appena il caso di ricordare che un eccesso di luce blu, per tante ore al giorno, potrebbe danneggiare la vista (e non solo): in attesa di certezze, meglio evitarlo - magari impostando sullo schermo l'apposita funzione filtro.

LAMPADE

Il secondo è quello delle lampade vere e proprie, ed è qui che una splendida idea mostra alcuni aspetti negativi per noi che ci occupiamo di colore.

L'efficienza luminosa dei LED in questi decenni è cresciuta oltre diecimila volte, la riduzione del costo ha avuto una escursione analoga, e l'andamento non sembra rallentare. Siamo arrivati a elementi LED che costano meno di qualche centesimo e che dai 100 lm/W stanno superando la soglia dei 200, cioè dieci volte di più rispetto alle alogene. Ottenere una dignitosa resa cromatica è più semplice che con i tubi a fluorescenza, e non è strano che nel giro di pochissimi anni le lampade a LED abbiano invaso la nostra vita. Soppiantando "per necessità" quelle ad incandescenza, così energivore che la produzione è stata vietata o fortemente limitata in tutti i paesi occidentali, e facendo quasi estinguere le fluorescenti compatte "a risparmio energetico", che penso nessuno rimpianga. Resistono ancora, ma cominciano ad incassare i colpi, le fluorescenti a tubo lineare.

COMPLESSITÀ VS EFFICIENZA

Eppure il cambio portato dalla luce LED non sta solo nello svitare un bulbo E27 o E14 ed avvitare uno nuovo, che fa una bella luce, consuma molto meno e si accende subito, o nel poter inserire nell'arredo elementi illuminanti di forme originali.

È il modo di generare luce che diventa molto complesso, in parte ancora da capire nelle sue potenzialità. Il meccanismo di funzionamento ottimale di un LED richiede / consente il controllo di una marea di parametri, regolabili elettronicamente, inclusa la possibilità di far variare il colore della luce in base ai ritmi circadiani e regolare il ritmo sonno-veglia. D'altro canto, la tecnologia è ancora in piena evoluzione, per cui banalmente la standardizzazione, che è così importante per chi lavora in campo tecnico, solo ora sta faticosamente iniziando. E quindi, direbbe il più prosaico dei coloristi, bisogna gettar via e rifare tutto quello che abbiamo studiato sugli abbinamenti cromatici, o peggio sul metamerismo delle tinte? D65 vs. F11, o vs. A, o vs. cosa, se nel momento in cui sono stati introdotti i primi standard CIE la ricerca è già andata avanti esplorando soluzioni nuove?

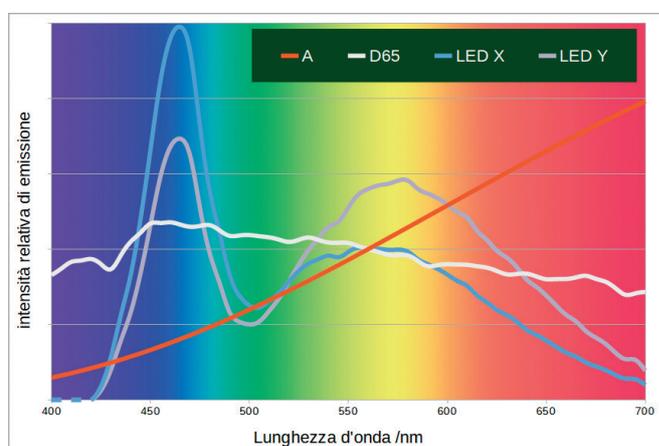
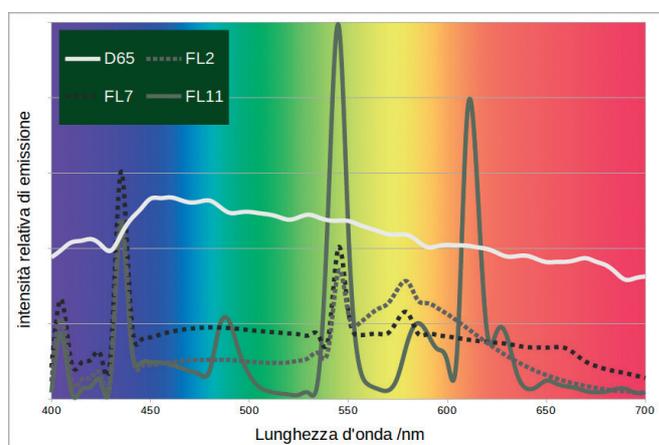
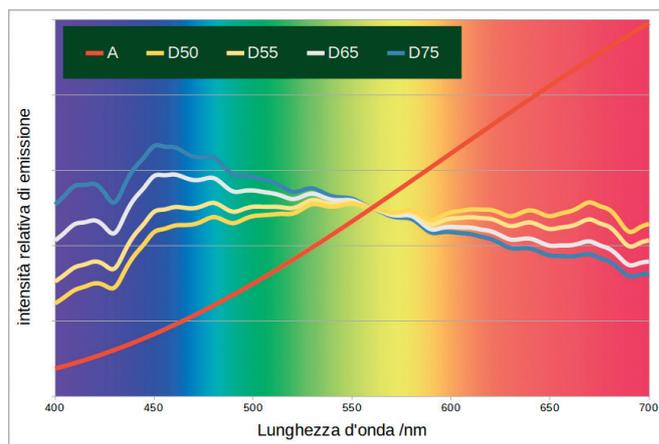
Dato che una "luce bianca" a LED può essere con una molteplicità di incroci tra le sorgenti di eccitazione e le miscele di pigmenti fluorescenti, cui si aggiungono i LED a colore variabile, ci si trova di fronte al problema a suo tempo posto dai tubi fluorescenti tradizionali, però moltiplicato per cento o mille volte visto il gran numero di produttori che vanno, in buona parte, per conto proprio. Curve spettrali che hanno pendenze imprevedibili, con ampi picchi in differenti posizioni...

COME PROCEDERE?

Un tentativo di sciogliere il nodo in maniera drastica viene dalla stessa CIE, dove è allo studio la sostituzione con una specifica sorgente LED dell'illuminante A (ormai persino difficile da trovare), come strumento per la calibrazione degli apparecchi di misura. Se la cosa è interessante per i laboratori metrologici, resta il fatto che il nostro occhio ed il nostro cervello rimangono evolutivamente legati alla monotonia delle luci che esistevano fin dalla Creazione, con i relativi meccanismi di adattamento cromatico, non hanno la capacità di un computer di bilanciare a piacere una determinata curva spettrale. E senza punti di riferimento fissi, a meno di mettere in magazzino una buona scorta di lampade alogene da usare quando serve un confronto.

LAVORI IN CORSO... ATTENZIONE!

Come non-conclusione potremmo dire che questo periodo rivoluzionario è davvero stimolante, ma che chi si occupa di colore e pensa di farlo in un futuro a medio termine potrebbe aver bisogno di rinfrescare spesso le sue conoscenze sull'illuminotecnica e la colorimetria ■



LUCI A



LUCI D65



LUCI TL84



LUCI UV