

Dai valore al Futuro

Questo Manuale di Illuminotecnica di base è pubblicato da Philips Lighting Academy, la struttura di formazione professionale di Philips Lighting, che si propone di condividere con voi conoscenze, competenze e strumenti per promuovere professionalità, innovazione e valore aggiunto nell'illuminazione.

L'offerta formativa di Philips Lighting Academy è modulare e consente la personalizzazione dei Corsi in base alle specifiche esigenze del cliente.

Il titolo di questo manual si riferisce ai corsi fondamentali di base dell'offerta Professional. Tuttavia la gamma completa dei corsi è molto più ampia ed approfondita spaziando dalle applicazioni della luce, alle normative, al risparmio energetico e rispetto ambientale: In tutti i corsi i partecipanti imparano a riconoscere e spiegare come la luce può diventare un beneficio e fonte di risparmio per i propri clienti.

Conoscere per migliorare il Business

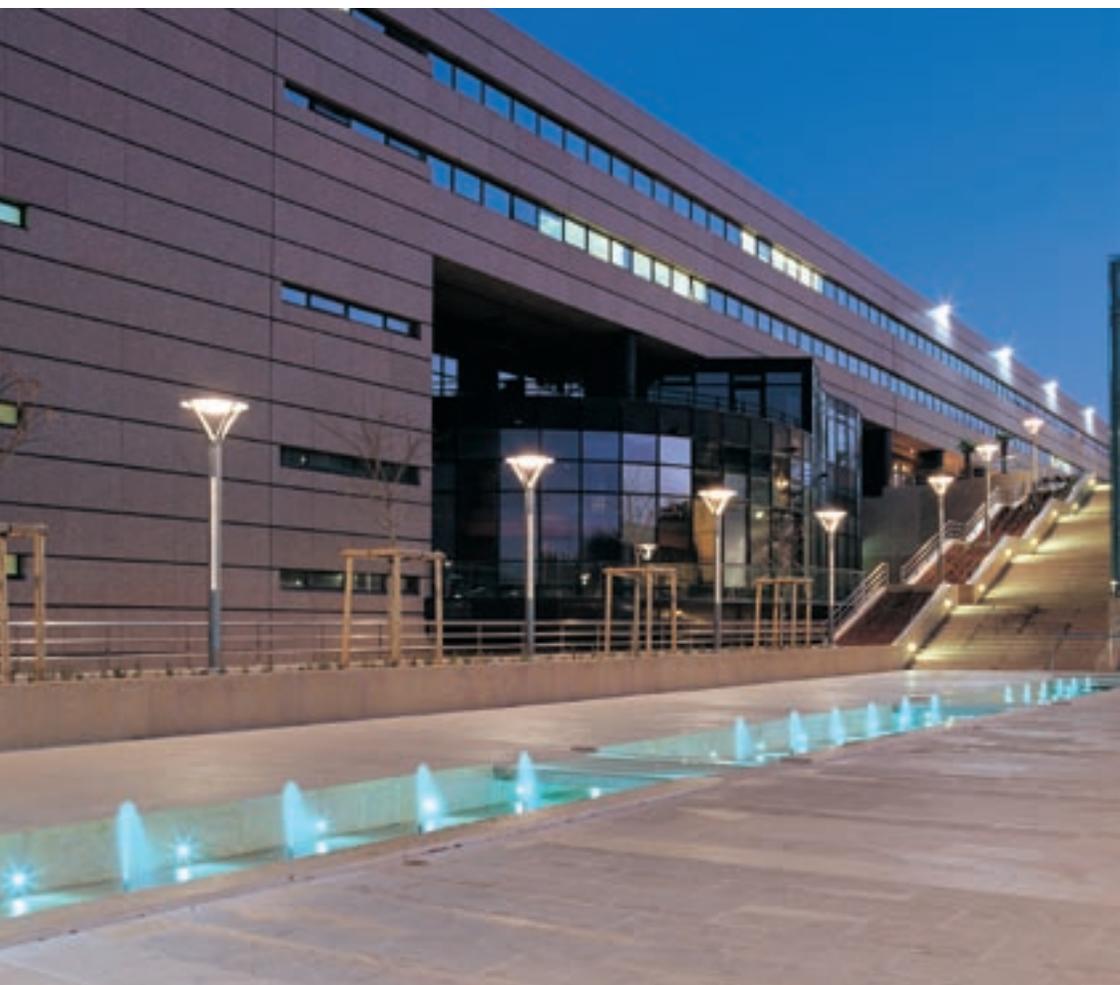
Con il know-how necessario per vendere soluzioni di illuminazione a valore aggiunto e di qualità elevata, è possibile fatturare e guadagnare di più. I costi iniziali per il cliente possono essere marginalmente più elevati, ma nel giro di alcuni mesi il maggior costo viene compensato dai risparmi energetici e dalle migliori prestazioni dell'impianto.

Inoltre, grazie alle conoscenze, alle competenze e agli strumenti messi a disposizione dalla Philips Lighting Academy, è possibile spiegare in modo più consapevole ai clienti e agli utenti finali i notevoli vantaggi di una buona illuminazione, dimostrando loro come sia possibile guadagnare di più e migliorare l'umore e la produttività degli utilizzatori.

Ma non solo: la giusta illuminazione consente persino di ridurre gli incidenti sul lavoro, aumentare le vendite nei negozi e consentire un lavoro di gruppo più efficace negli uffici. Tutto ciò vi aiuterà a consolidare le relazioni con i vostri clienti che riconosceranno in voi un consulente competente e affidabile.

I vantaggi sono per tutta la filiera; voi perché fatturate e vendete di più, i vostri clienti perché dispongono di soluzioni di illuminazione ottimizzate e Philips perché trasferisce sul mercato le innovazioni tecnologiche create come leader dell'illuminazione.





Indice

6 **Prefazione – Illuminare bene**

8 **Parte A: Luce**

10 1. La Luce

12 2. Propagazione della Luce

14 3. Colore

20 4. Sorgenti Luminose

28 5. Grandezze Illuminotecniche

30 **Parte B: Illuminare**

32 1. Visione

36 2. Qualità dell'illuminazione

44 3. Sistemi di illuminazione

46 4. Apparecchi

48 5. Illuminazione e rispetto ambientale

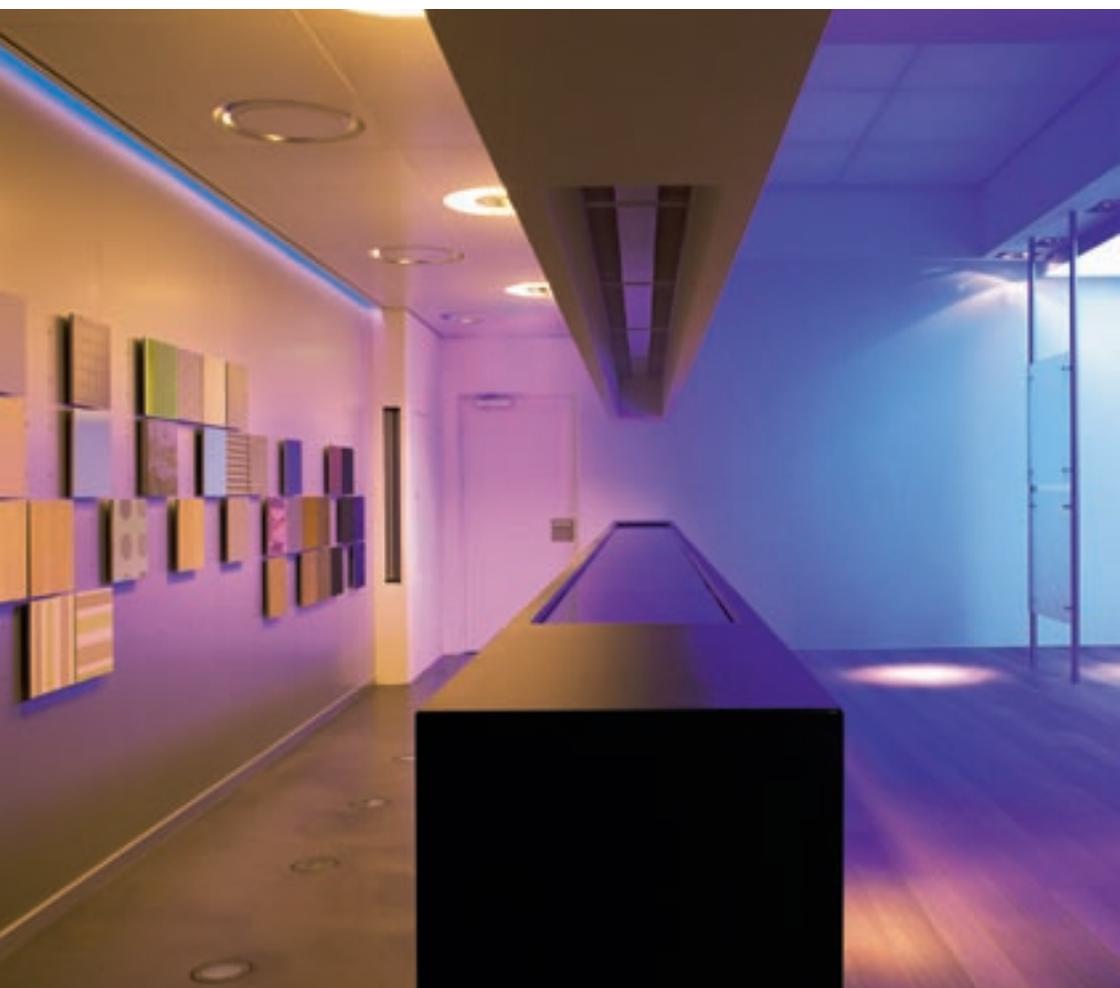
52 **Philips e La Luce**





Illuminare bene

Le innovazioni tecnologiche ad alta efficienza introdotte nel mercato dell'illuminazione – realizzate per soddisfare esigenze specifiche degli utilizzatori – utilizzano la qualità della luce come leva, non solo per realizzare impianti di illuminazione confortevoli, ma anche per migliorare la produttività delle persone ed aiutarle a vivere in un ambiente gradevole e piacevole. Ad esempio per l'illuminazione stradale combiniamo risparmio energetico e sicurezza e comfort; per gli uffici e le industrie la luce può garantire sicurezza, soddisfazione attenzione e comfort; nei negozi e negli edifici pubblici l'illuminazione agisce sia sulla percezione architettonica dell'ambiente che sullo stato d'animo delle persone; infine l'illuminazione domestica si trasforma da semplice fonte di luce necessaria per svolgere determinate attività a strumento d'arredamento che rende l'ambiente piacevole ed attraente.



Parte A: La luce



1. La Luce

La luce è energia che si manifesta sotto forma di radiazione elettromagnetica. Dal punto di vista fisico la luce è un fenomeno assolutamente paragonabile ad altre forme di radiazione elettromagnetica comunemente conosciute quali le onde radio, le microonde, i raggi infrarossi ed ultravioletti ed i raggi X.



L'arcobaleno rivela i colori che compongono la luce diurna.



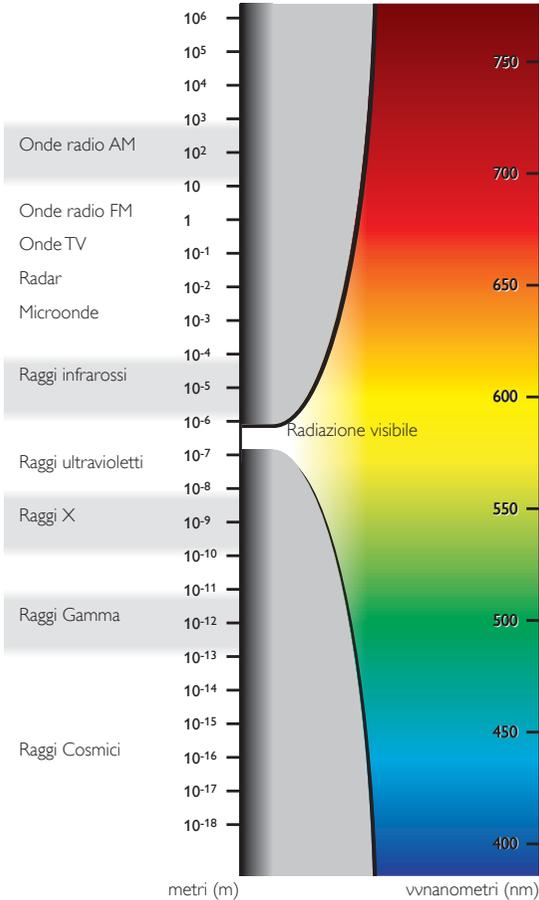
I radiotelescopi catturano onde elettromagnetiche con lunghezza compresa tra 3 cm e 6 m.

Lunghezza d'onda e colore

La differenza tra le diverse manifestazioni delle radiazioni elettromagnetiche dipende dalla lunghezza d'onda. Radiazioni con lunghezza d'onda compresa tra 380 e 780 nanometri* rappresentano lo spettro visibile che viene comunemente chiamato luce. L'occhio interpreta le differenti lunghezze d'onda come diversi colori. Riducendo la lunghezza d'onda si passa quindi dal rosso al violetto, passando attraverso l'arancione, il verde e il blu. Oltre il rosso si entra nel campo degli infrarossi che sono invisibili ma vengono percepiti come fonte di calore. Per radiazioni al di sotto del violetto si parla di raggi ultravioletti, anch'essi invisibili, che possono risultare dannosi per l'occhio stesso e la pelle. Sono queste le radiazioni che provocano l'abbronzatura. La luce bianca non è altro che la miscelazione di radiazioni con diverse lunghezze d'onda dello spettro visibile. La dimostrazione tipica di questo fenomeno è la scomposizione della luce bianca nei colori che la compongono tramite un prisma.

* Il nanometro è la milionesima parte del millimetro.

Spettro delle radiazioni elettromagnetiche



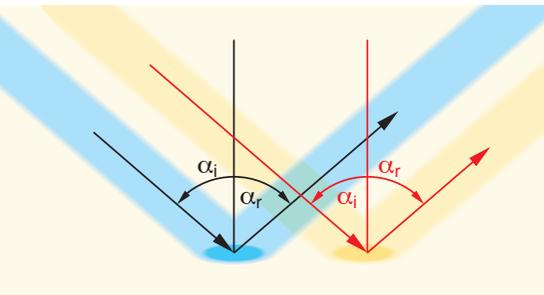
La duplice natura della Luce

La teoria elettromagnetica della luce riesce a spiegarne solo alcune caratteristiche e comportamenti, come la riflessione e la rifrazione. Tuttavia altri fenomeni, come gli effetti fotoelettrici, si possono interpretare solo facendo riferimento alla teoria quantica, che descrive la luce come pacchetti energetici invisibili che si comportano come particelle.

2. Propagazione della Luce

Riflessione

Quando la luce colpisce una superficie si possono verificare tre fenomeni diversi: riflessione, assorbimento o trasmissione. Spesso si verifica una combinazione di questi tre fenomeni. La quantità di luce riflessa dipende dalla natura del materiale colpito, dall'angolo di incidenza e dalla composizione spettrale della luce incidente. La riflessione può essere minima, nell'ordine di qualche punto percentuale, per il velluto nero, o massima, quasi fino al 90%, per una superficie verniciata lucida bianca. La modalità di riflessione dipende anche dalla struttura superficiale della superficie illuminata. Materiali ruvidi o opachi riflettono la luce in tutte le direzioni. Superfici lisce, come l'acqua o il vetro riflettono la luce in una direzione ben precisa, diventando così elementi speculari. Un raggio di luce incidente una superficie speculare con un certo angolo ai viene riflesso nella direzione opposta con lo stesso angolo α_r , rispetto alla perpendicolare sulla superficie.



angolo di incidenza α_i = angolo di riflessione α_r

Tale fenomeno è conosciuto come legge di riflessione per cui:
angolo di incidenza = angolo di riflessione.

Le superfici speculari sono normalmente utilizzate nell'illuminazione per direzionare fasci di luce in modo opportuno. Sfruttando la legge di riflessione, infatti, i riflettori speculari (ottiche) sono utilizzati negli apparecchi di illuminazione per generare luce direzionale o diffusa, fasci larghi o stretti.

Assorbimento

Se la superficie del materiale non è perfettamente riflettente o il materiale stesso non è un perfetto trasmettitore, parte della luce viene assorbita. La luce assorbita, "scompare" e viene generalmente trasformata in calore. La percentuale di luce assorbita da un materiale (assorbimento) dipende sia dall'angolo di incidenza che dalla lunghezza d'onda. L'assorbimento rende un oggetto scuro. Il legno risulta opaco alla luce, altri materiali sono invece opachi solo a determinate lunghezze d'onda, ma rimangono trasparenti per altre. Il vetro, ad esempio, è opaco alla radiazione ultravioletta al di sotto di una certa lunghezza d'onda ma è trasparente alla radiazione visibile.

Trasmissione

Materiali trasparenti trasmettono parte della luce incidente; la percentuale di luce trasmessa viene definita come coefficiente di trasmissione. L'acqua o il vetro, ad esempio, trasmettono quasi totalmente la luce che non riflettono. La carta invece trasmette solo una bassa percentuale di luce.



La coda del pavone risulta iridescente grazie al fenomeno dell'interferenza e non per effetto di particolari pigmentazioni delle piume, come si potrebbe supporre.

Rifrazione

Quando il raggio luminoso nel suo moto passa da un materiale ad un altro con diversa densità ottica (con un angolo di incidenza non perpendicolare), viene deviato. Tale comportamento si chiama diffrazione ed è causato dalla diversa velocità di attraversamento della luce nei due mezzi.

Interferenza

La luce in quanto radiazione elettromagnetica è soggetta anche al fenomeno dell'interferenza. Questa proprietà è facilmente riconoscibile quando una pellicola d'olio copre la superficie dell'acqua. In alcuni casi l'olio assume colori brillanti o riproduce l'arcobaleno in miniatura,

anche se illuminato con luce bianca. Ciò che si verifica è che differenti parti della pellicola d'olio provocano l'interferenza tra le diverse lunghezze d'onda (colori) che compongono la luce bianca incidente. Vengono quindi generati colori diversi in funzione dello spessore della pellicola in cui si verifica l'interferenza. E' proprio l'interferenza che produce effetti simili sulle bolle di sapone o sulla superficie dei CD.

3. Colore

L'occhio percepisce le diverse lunghezze d'onda della luce visibile come colori differenti. Parlare di colore implica non solo la conoscenza delle diverse lunghezze d'onda della luce ma anche di fenomeni quali la composizione spettrale della luce stessa, la riflessione spettrale del materiale illuminato e le caratteristiche percettive dell'osservatore.

Il colore di una sorgente luminosa dipende dalla composizione spettrale della luce emessa. Il colore apparente della superficie illuminata, d'altro canto, dipende da due caratteristiche: dalla composizione spettrale della luce incidente e dalla tipologia del materiale riflettente. Una superficie è colorata perché riflette solo alcune lunghezze d'onda della luce illuminante. Una oggetto rosso, ad esempio, riflette molto bene le lunghezze d'onda del rosso e pochissimo quelle del verde e del blu. Tuttavia un oggetto rosso viene visto rosso solo se la luce che illumina contiene un'adeguata quantità di luce con lunghezze d'onda nel rosso, in modo da consentirne la riflessione. Se viene illuminato con una luce senza componenti rosse apparirà semplicemente scuro ovvero di una tonalità grigia.

Miscelare la luce

Quando misceliamo raggi di luce di colori diversi, il risultato è generalmente un colore più brillante di quelli componenti e, se nel giusto rapporto, la luce risultante è bianca. Questo fenomeno è chiamato miscelazione aggiuntiva di colori. I tre colori base sono il rosso, il verde e il blu. Questi vengono chiamati colori primari e miscelandoli opportunamente si ottengono tutti i colori dello spettro visibile.

In particolare:

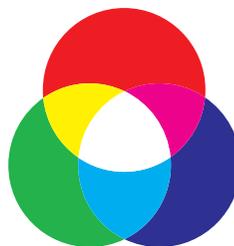
rosso + verde = giallo

rosso + blu = magenta (rosso porpora)

verde + blu = ciano (azzurro brillante)

rosso + verde + blu = bianco

I colori giallo, magenta e ciano sono chiamati colori secondari o complementari perché composti dalla combinazione dei colori primari.



La televisione a colori è un esempio della miscelazione aggiuntiva dei colori. Infatti la combinazione della luce emessa dai fosfori rossi, verdi e blu presenti sullo schermo, produce tutti i colori visibili e il bianco.

Miscelazione dei colori sottrattivi

La miscelazione sottrattiva si verifica quando gli inchiostri o le vernici sono miscelate su una superficie o tavolozza. Lo combinazione di più colori produce sempre un colore più scuro di quelli componenti e, se nel giusto rapporto, il colore risultante è il nero. La miscelazione sottrattiva dei colori primari produce sempre nero, mentre la miscelazione sottrattiva dei colori secondari produce tutti gli altri colori dello spettro. In particolare:

giallo + magenta = rosso
giallo + ciano = verde
magenta + ciano = blu
giallo + magenta + ciano = nero



Un esempio della miscelazione sottrattiva dei colori si ha nella stampa. Infatti le cartucce delle stampanti utilizzano i colori secondari e il nero per stampare tutti i colori dello spettro visibile.

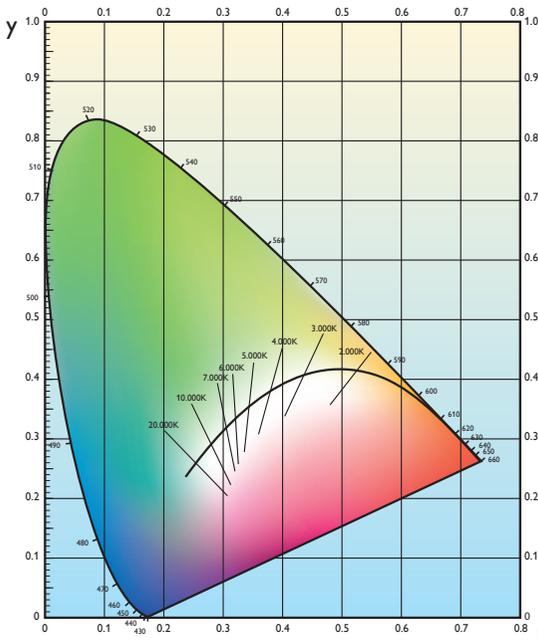


Diagramma di cromatico CIE

La CIE* fornisce un metodo per la rappresentazione grafica di tutti i colori visibili dall'occhio umano: il diagramma cromatico CIE. I colori saturi rosso, verde e blu sono posizionati agli estremi della curva triangolare, mentre i colori intermedi sui lati e il magenta sulla base. Muovendosi verso l'interno i colori diventano sempre più chiari e diluiti. Il centro dell'area, dove si incontrano tutti i colori, è bianco. I valori degli assi X e Y identificano numericamente tutti i colori. Tali valori sono definiti coordinate cromatiche o punti di colore.

La curva al centro dell'area del diagramma è chiamata luogo plankiano ed ogni suo elemento rappresenta i punti di colore emessi da un corpo nero a differenti temperature (K). Ad esempio, il punto di colore a 1.000K equivale al rosso con lunghezza d'onda pari a 610 nm.

* CIE = Commission Internationale d'Eclairage

Resa Cromatica

Anche se diverse sorgenti luminose sembrano emettere luce dello stesso colore, i materiali illuminati potrebbero assumere tonalità di colore diverse. La luce bianca emessa da due diverse sorgenti luminose può essere ottenuta tramite la miscelazione di componenti con lunghezze d'onda differenti. Visto che le superfici illuminate possono riflettere in modo diverso le lunghezze d'onda costituenti la luce incidente, anche la percezione del loro colore può differire. Ad esempio una superficie di colore rosso vivo viene percepita del colore reale quando illuminata con una sorgente che emette luce bianca composta da uno spettro continuo. Se viene invece illuminata con luce bianca equivalente ma composta da lunghezze d'onda nel campo del giallo e del blu, appare di un marrone grigiastro. Infatti a causa della mancanza di lunghezze d'onda nel rosso la superficie non riesce a riflettere il colore rosso in modo adeguato.

La Resa Cromatica è quindi un aspetto importante dell'illuminazione artificiale. In molti casi i colori dovrebbero essere resi esattamente come vengono percepiti se illuminati dalla luce solare, mentre in altri casi potrebbe essere

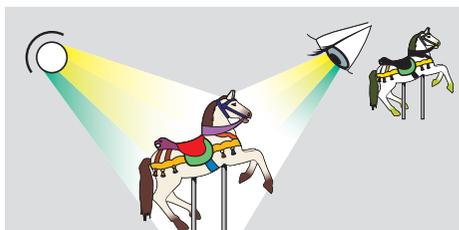
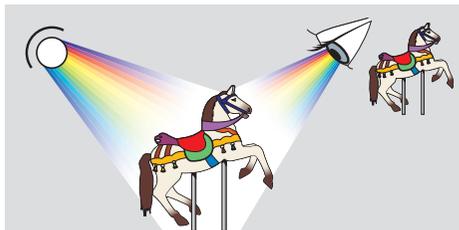
necessario esaltare alcuni colori per creare una determinata atmosfera. In altri casi ancora non è importante percepire i colori nelle loro giuste tonalità quanto essere in grado di vedere un oggetto correttamente e velocemente oppure con il minor consumo di energia possibile. L'illuminazione stradale è uno di questi casi: è importante vedere velocemente un pedone che attraversa la strada piuttosto che distinguere i colori del suo abbigliamento. Allora la Resa Cromatica è un importante fattore da considerare nella scelta della sorgente luminosa.

Per classificare le sorgenti luminose in base alla loro resa Cromatica è stato introdotto l'indice di Resa Cromatica (CRI o R_a). R_a è compreso tra 50 e 100; nella tabella sottostante vengono ripostate le classi di R_a ed il loro significato.

Ra = 90 - 100	Resa Cromatica eccellente
Ra = 80 - 90	Resa Cromatica buona
Ra = 60 - 80	Resa Cromatica mediocre
Ra < 60	Resa Cromatica bassa

Metamerismo

Il metamerismo è la proprietà di alcune superfici colorate di apparire di colori diversi a seconda della sorgente con cui vengono illuminate. Tale fenomeno deriva dalle diverse proprietà di riflessione del materiale a specifiche lunghezze d'onda. Ad esempio una vernice di un colore specifico si può ottenere attraverso formule diverse di miscelazione dei colori base. Anche se il colore ottenuto è lo stesso, la vernice illuminata da sorgenti diverse può apparire di colori completamente differenti. Infatti le sostanze miscelate dei colori base possono avere comportamenti cromatici notevolmente differenti tra di loro a specifiche lunghezze d'onda illuminanti. I produttori di tinte per tessuti o vernici tendono a ridurre il numero dei componenti base utilizzati per ottenere il colore desiderato al fine di ridurre la possibilità della comparsa del metamerismo.



Le due figure a lato illustrano il principio della Resa Cromatica. Nella figura in alto una sorgente contenente tutti i colori illumina il cavallo di una giostra. La luce rossa riflessa dalla sella del cavallo viene percepita dall'occhio e l'immagine che si forma nel cervello è equiparabile al disegno riportato in alto a destra.

Il cervello in questo caso percepisce un'immagine paragonabile a quella nell'angolo in alto a destra. Gli esempi riportati mostrano quanto sia importante la conoscenza dello spettro cromatico costituente la luce emessa da una sorgente luminosa relativamente alla Resa Cromatica.

Nella figura sotto, invece, la sorgente utilizzata emette luce bianca composta da radiazione gialla e verde-blu, quindi senza componente rossa. Questo significa che nessun rosso viene riflesso dal cavallo che viene percepita da un osservatore di un marrone grigiastro.



Lampada ad incandescenza/alogeni



Lampada al sodio a bassa pressione



Lampada agli ioduri metallici

Temperatura di Colore

Sebbene la luce bianca sia ottenuta dalla composizione di diverse lunghezze d'onda, non tutte le luci bianche vengono percepite allo stesso modo dato che le componenti costituenti ne influenzano anche la tonalità. Pertanto una luce bianca con una forte componente nel rosso viene percepita più calda di un'altra luce bianca con una componente di blu maggiore, la quale viene percepita più fredda. Per classificare la tonalità di diverse sorgenti di luce bianca viene introdotto il concetto di Temperatura di Colore, associato alla temperatura raggiunta da un perfetto corpo nero irradiante. Il concetto può essere spiegato meglio utilizzando un filamento o una barra di metallo in sostituzione del perfetto corpo nero. Riscaldando la barra di metallo questa si riscalda ed emette a sua volta calore. Alzando la temperatura di riscaldamento comincia ad emettere luce prima rossastra (intorno ai 1.000 K), poi giallastra (tra i 2.000 e i 3.000 K), poi bianca neutra (intorno ai 4.000 K) ed infine bluastra (oltre i 5.000 – 7.000 K). In altre parole aumentando la temperatura di riscaldamento e conseguentemente la Temperatura di Colore, la luce bianca assume tonalità sempre più fredde.

La Temperatura di Colore è un fattore importante nella scelta della sorgente di illuminazione. La scelta di una tonalità più calda o più fredda dipende dai seguenti fattori:

- *Atmosfera*: tonalità calde creano un ambiente più familiare, più accogliente e facilitano la socializzazione, mentre tonalità fredde fanno percepire l'ambiente come funzionale, efficiente, pulito, formale.
- *Clima*: gli abitanti di regioni fredde preferiscono tonalità calde, mentre gli abitanti di zone temperate preferiscono generalmente tonalità fredde.
- *Livello di illuminamento*: inconsciamente l'uomo utilizza la luce naturale come riferimento. Le tonalità calde, con la luce solare, si hanno all'alba e al tramonto quando anche i livelli sono più bassi. Viceversa le tonalità fredde si hanno a mezzogiorno quanto la quantità di luce raggiunge il suo massimo. Pertanto nell'illuminazione artificiale di ambienti interni, le tonalità calde sono preferite per livelli di illuminazione bassi. Livelli di illuminazione molto alti invece sono meglio accettati se con tonalità fredde.

Esempi di Temperature di Colore

Luce	Temperatura di Colore (K)
Candela	1.900 – 2.500
Lampada a filamento di tungsteno	2.700 – 3.200
Lampada fluorescente	2.700 – 6.500
Sodio ad alta pressione (SON)	2.000 – 2.500
Ioduri Metallici	3.000 – 5.600
Mercurio ad alta pressione	3.400 – 4.000
Luce lunare	4.100
Luce solare	5.000 - 5.800
Luce naturale in una giornata limpida	5.800 - 6.500
Luce naturale in una giornata nuvolosa	6.000 - 6.900

Spettro continuo e discontinuo

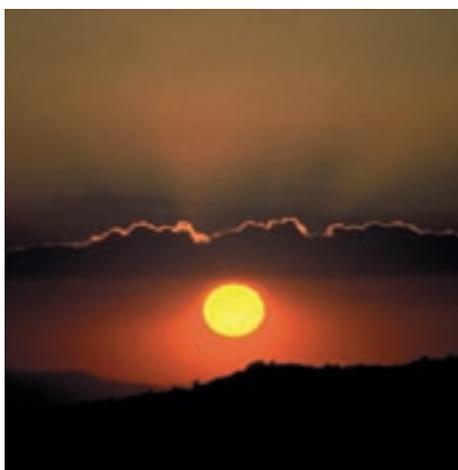
Uno spettro in cui tutte le lunghezze d'onda, dal rosso, all'arancione, al giallo, al verde, al blu e al violetto, sono presenti si definisce continuo. La luce solare e le sorgenti che si basano sul riscaldamento, come le candele o le lampade ad incandescenza, hanno uno spettro continuo. La luce bianca può però anche essere ottenuta miscelando due o più lunghezze d'onda con altre lunghezze d'onda completamente assenti. Sorgenti con spettro discontinuo sono ad esempio le lampade a scarica.

- *Colorazione degli ambienti:* rosso e arancione vengono percepiti più naturalmente se illuminati con tonalità calde, mentre i blu e i verdi risultano più saturi se illuminati con tonalità fredde.

Luce Naturale a mezzogiorno: circa 6.000 K



Luce Naturale al tramonto: circa 2.000 K



4. Sorgenti luminose

Lo sviluppo dell'energia elettrica oltre un secolo fa, ha completamente rivoluzionato l'illuminazione artificiale. Da allora la luce ottenuta dalla fiamma è stata sostituita con altre forme di illuminazione alimentate elettricamente. Nell'ultimo secolo la storia dell'illuminazione artificiale è stata un'evoluzione continua di nuove tecnologie. Al termine del 19esimo secolo è comparsa la lampada ad incandescenza con un rendimento* pari a 3 lm/W; oggi le lampade ad incandescenza raggiungono 14 lm/W. Negli anni 30 e 40, grazie all'introduzione di lampade a scarica e fluorescenti, sono stati raggiunti rendimenti dell'ordine di 30 – 35 lm/W. Ancora oggi le lampade fluorescenti sono tra le sorgenti con migliore resa cromatica ma raggiungono rendimenti fino a 100 lm/W.

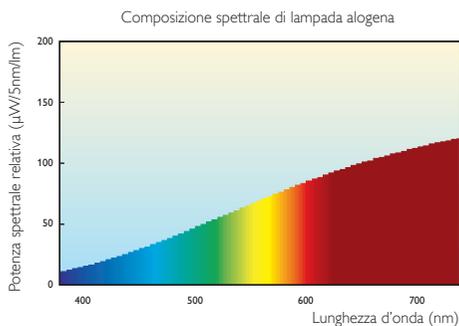
Recentemente sono state introdotte lampade ad induzione e l'illuminazione chiamata allo stato solido, ottenuta cioè con diodi (LED).

Lampade ad incandescenza

Nelle lampade con tecnologia più vecchia, la corrente elettrica attraversa un filamento di tungsteno estremamente sottile e con elevata resistenza elettrica, che lo riscalda fino all'incandescenza. Per ridurre il fenomeno dell'ossidazione del filamento durante il riscaldamento lo si pone in un bulbo di vetro in cui è stato fatto il vuoto o in cui vengono immessi gas inerti (normalmente una miscela di nitrogeno e argon). Con il passare del tempo l'evaporazione superficiale degli atomi di tungsteno che si depositano sul vetro anneriscono il bulbo e provocano l'assottigliamento del filamento fino a portarlo a rottura.



Lampade ad incandescenza



* rendimento = flusso luminoso emesso per watt di potenza elettrica utilizzata dalla sorgente (lm/W)

Lampada alogena

Sono state sviluppate diverse tecniche per ridurre l'evaporazione del filamento di tungsteno nelle lampade ad incandescenza in modo da allungare il funzionamento della lampada. Il più utilizzato è la rigenerazione alogena. All'interno delle lampade comunemente chiamate alogene è presente un gas alogeno che si lega agli atomi di tungsteno evaporati, catturandoli. Il gas alogeno legato alle particelle di tungsteno evaporate non si condensa sul vetro perché la temperatura non scende mai sotto i 250°C. La miscela circola quindi per convezione all'interno del bulbo fino a quando non colpisce il filamento. A quel punto, dato che il filamento raggiunge i 2.800-300°C, il composto si dissocia in tungsteno che ricompone il filamento e gas alogeno che viene liberato nell'atmosfera interna. Il quarzo contenuto nel vetro consente di raggiungere pressioni elevate internamente garantendo il funzionamento del ciclo alogeno per molto tempo. Prevenendo la fusione del filamento è quindi possibile raggiungere temperature più elevate che consentono un maggiore flusso luminoso (45% in più rispetto alle lampade ad incandescenza) ed una temperatura di colore meno calda e più neutra (intorno ai 300 K).

Lampade a scarica

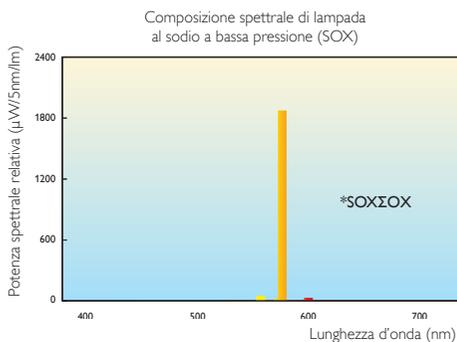
In una lampada a scarica, la corrente passa all'interno del gas tramite due elettrodi posti alle estremità di un involucro di vetro chiuso. La collisione tra gli elettroni liberi e gli atomi del gas spostano gli elettroni all'interno degli atomi ad un livello energetico superiore instabile. Ritornando allo stato stabile gli elettroni emettono energia sotto forma di luce.

Lampade al sodio a bassa pressione

Nelle lampade al sodio a bassa pressione la radiazione visibile è direttamente prodotta nel tubo di scarica. La luce emessa è quasi tutta compresa tra 589 e 589.6 nm di lunghezza d'onda (caratteristica luce gialla). Prima dell'andata a regime del processo queste lampade emettono una luce rossastra. Tale fenomeno è dovuto alla presenza di neon, all'interno della miscela del gas di scarica, la cui funzione è essenzialmente quella di iniziare il processo. Il rendimento è molto elevato.

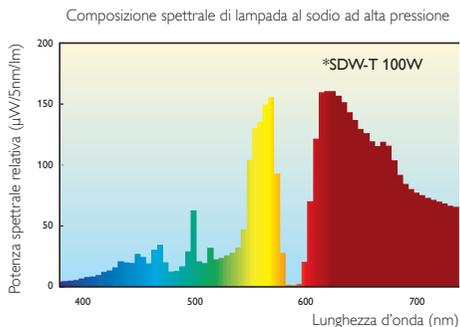


Lampade al sodio a bassa pressione





Lampade al sodio ad alta pressione



Lampade al sodio ad alta pressione

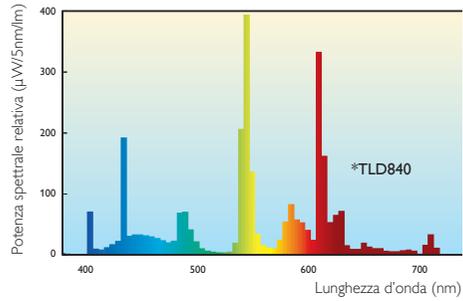
Le lampade al sodio ad alta pressione funzionano con lo stesso principio e, in linea generale con la stessa miscela di scarica, di quelle al sodio a bassa pressione. La differenza principale è la maggiore pressione del gas di scarica che produce una maggiore interazione tra gli atomi che consente di ottenere una più ampia distribuzione spettrale della luce emessa. La pressione è ancora maggiore nelle lampade White SON (SDW-T) per cui scompare la tipica componente giallastra della luce emessa che diventa così bianco-calda con un'elevata resa cromatica ed in particolare un'esaltazione della componente rossa.

Lampade Fluorescenti

Le lampade fluorescenti, lineari o compatte, non sono altro che lampade a scarica a vapori di mercurio in cui il bulbo in vetro viene ricoperto da polveri fluorescenti –chiamate fosfori- che hanno lo scopo di convertire in luce visibile la radiazione ultravioletta emessa. La composizione delle polveri fluorescenti, bifosfori, trifosfori o pentaosfori, determina la resa cromatica e la temperatura di colore della luce emessa. Si ottengono così numerose soluzioni diverse che ne consentono l'applicazione come illuminazione generale in un'ampia gamma di situazioni.



Composizione spettrale di lampada fluorescente



Lampade fluorescenti



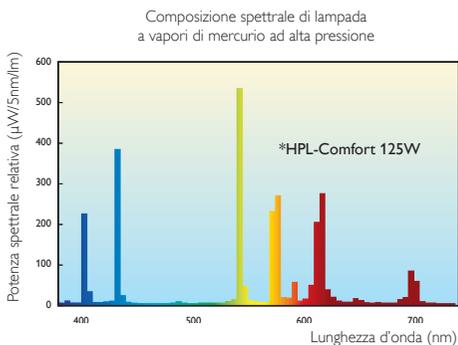
Lampade fluorescenti compatte

Rivestimento di polveri fluorescenti

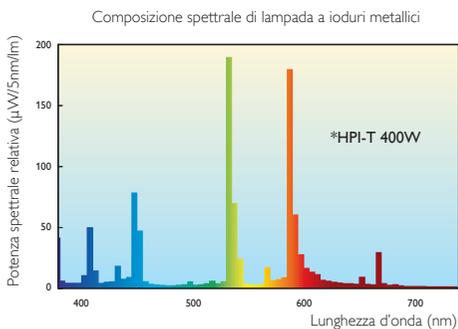
Le lampade fluorescenti sono lampade a scarica ai vapori di mercurio a bassa pressione il cui tubo di scarica è rivestito con polveri fluorescenti. Le radiazioni ultraviolette emesse dal processo di scarica eccitano i fosfori provocando il salto degli atomi dei fosfori stessi ad un livello energetico superiore. Ritornando al livello energetico di equilibrio questi atomi emettono energia sotto forma di onde elettromagnetiche con lunghezza d'onda superiore rispetto alla radiazione ultravioletta eccitante, direttamente nello spettro visibile. I fattori principali che determinano la tipologia della luce emessa sono il tipo e la miscela delle polveri fluorescenti utilizzate. In base a tali fattori derivano la resa cromatica, la temperatura di colore ed il rendimento della lampada fluorescente. Determinati fosfori coprono sufficientemente bene lo spettro visibile da generare una luce bianca. Più spesso invece viene usata una miscela di fosfori con caratteristiche cromatiche diverse, meno ampie, ma complementari. In tal modo si ottengono caratteristiche cromatiche elevate (fino a Ra = 98).



Lampade a vapori di mercurio ad alta pressione



Lampade a ioduri metallici



Lampade a vapori di mercurio ad alta pressione

In queste lampade i vapori di mercurio sono contenuti in un'ampolla di quarzo (bruciatore) ad una pressione compresa tra 200 e 1.500 Kpa. A queste pressioni il processo di scarica emette gran parte delle radiazioni elettromagnetiche nello spettro visibile, a differenza di quanto avviene con pressioni basse in cui le radiazioni sono prevalentemente ultraviolette.

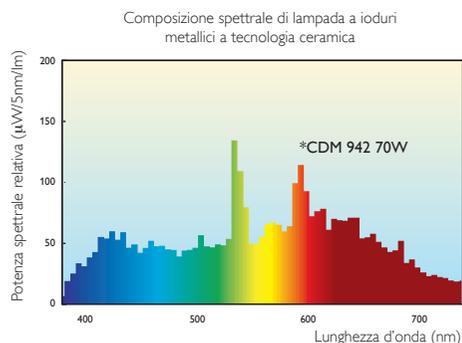
Il tubo di scarica, che emette una luce bianco fredda, è inserito in un bulbo di vetro che può essere ricoperto di polveri fluorescenti, emittenti essenzialmente nello spettro del rosso, per aumentarne la resa cromatica e il flusso luminoso totale emesso di circa il 10%.



Lampade a ioduri metallici a tecnologia ceramica

Lampade a ioduri metallici

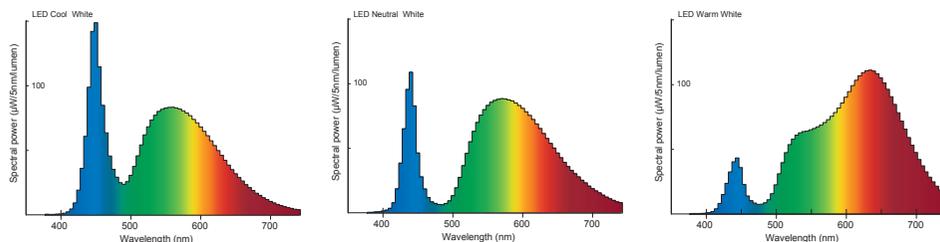
Le lampade a ioduri metallici sono derivate dalle lampade a vapori di mercurio ad alta pressione aggiungendo altri metalli sotto forma di ioduri alla miscela presente nel bruciatore. Ogni metallo aggiunto, avendo una propria caratteristica distribuzione spettrale, consente di migliorare sostanzialmente il rendimento e la resa cromatica della sorgente.



Lampade a ioduri metallici a tecnologia ceramica

Un ulteriore sviluppo tecnologico ha consentito la realizzazione di lampade ancora più evolute grazie all'utilizzo di materiali ceramici, invece del tradizionale quarzo, per la costruzione del tubo di scarica in cui sono contenuti i vapori. L'utilizzo dei materiali ceramici consente il funzionamento a temperature di scarica superiori e la realizzazione del bruciatore in forme geometriche ottimali. Il vantaggio complessivo è una migliore resa cromatica.

Philips Rebel LEDs

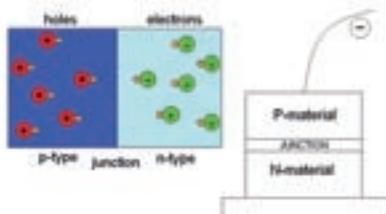


Illuminazione allo stato solido (LED)

L'innovazione più recente in ambito illuminotecnica è la cosiddetta illuminazione allo stato solido basata sulla tecnologia LED (diodi ad emissione luminosa). Concettualmente il principio di funzionamento è simile a quello delle lampade a scarica con la differenza che la scarica avviene in un materiale solido. Anche in questo caso, la luce emessa è dovuta all'energia rilasciata da elettroni, precedentemente eccitati, tornano al livello energetico di equilibrio.

Questa tecnologia era già disponibile da parecchi anni ma la limitata efficienza, la ridotta emissione luminosa e la componente essenzialmente monocromatica, ne avevano confinato

l'utilizzo come luci di segnalazione in pannelli di controllo o apparecchiature elettroniche. Grazie all'introduzione del LED blu, dal 1998 in poi le prestazioni dei LED sono aumentate enormemente. Negli ultimi 5 anni i LED si sono sviluppati fino ad essere usati per l'illuminazione generale, raggiungendo efficienze pari a 90 lm/W e rese cromatiche superiori a 85. L'emissione luminosa è così aumentata che oggi una superficie di 1m² può fornire fino a 250 lm. Oggi i LED possono essere usati in moltissime applicazioni, dall'illuminazione d'accento all'illuminazione decorativa e stanno diventando una soluzione praticabile anche per l'illuminazione generale e stradale.



Caratteristiche delle principali sorgenti di illuminazione

Tipo di lampada	Flusso Luminoso (lm) (lm)	Rendimento (lm/W)	Temperatura di colore (K)	Resa Cromatica (Ra)	Potenza (W)
Ad incandescenza / alogena	60 – 48.400	5 – 27	2.700 – 3.200	100	5 – 2.000
Sodio bassa pressione	1.800 – 32.500	100 – 203	1.700		18 – 180
Sodio alta pressione	1.300 – 90.000	50 – 130	2.000, 2.200, 2.500	10 – 80	35 – 1.000
Mercurio alta pressione	1.700 – 59.000	35 – 60	3.400, 4.000, 4.200	40 – 60	50 – 1.000
Fluorescente	200 – 8.000	60 – 105	2.700, 3.000, 4.000, 6.500	60 – 95	5 - 80
Fluorescente compatta	200 – 12.000	50 – 85	2.700, 3.000, 4.000, 6.500	80	5 – 165
Ioduri Metallici	5.300 – 220.000	75 – 140	3.000, 4.000, 5.600	65 – 95	70 – 2.000
Ioduri metallici a tecnologia ceramica	1.500 – 23.000	68 – 95	3.000 – 4.200	80 – 95	20, 35, 70, 150, 250
Stato solido	10 – 170	Up to 50	3.000 – 8.000	up to 90	0,1 – (x)3W

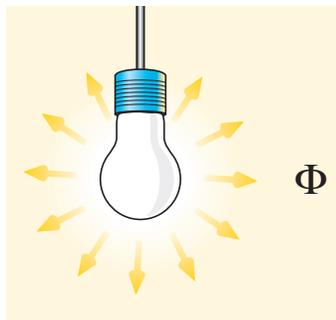


Luce bianca prodotta da LED

Per la sua natura intrinseca il LED emette luce monocromatica. Pertanto per ottenere luce bianca occorre miscelare la luce emessa da LED monocromatici di colori diversi. Una soluzione è utilizzare chip di semiconduttori rosso, verde e blu in un unico LED. Un'altra possibilità consiste nell'utilizzo di LED rossi, verdi o blu molto vicini la cui luce emessa viene miscelata da speciali lenti. Infine si può anche utilizzare un LED blu e coprirlo con fosfori che convertono una parte della luce blu in luce gialla generando luce bianca. Questi LED hanno una temperatura di colore compresa tra 4.500K e 8.000K. L'utilizzo dei fosfori converte parte della luce blu negli altri colori permettendo di raggiungere rese cromatiche superiori a 80.

5. Grandezze Illuminotecniche

Quattro sono le grandezze e unità di misura che vengono utilizzate in ambito illuminotecnico:

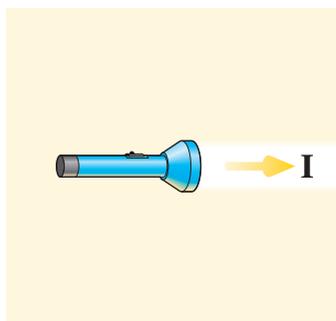


Flusso luminoso

Esprime la quantità totale di luce emessa in un secondo da una sorgente luminosa. L'unità di misura corrispondente è il *lumen (lm)*.

Esempi:

- | | |
|--------------------------------------------|------------|
| • Lampada ad incandescenza 75W: | 900 lm |
| • Lampada fluorescente 39W: | 3.500 lm |
| • Lampada al sodio ad alta pressione 250W: | 30.000 lm |
| • Lampada a ioduri metallici 2.000W: | 200.000 lm |



Intensità luminosa

Definisce il flusso luminoso emesso in una determinata direzione. L'unità di misura corrispondente è la *candela (cd)*.

Esempi:

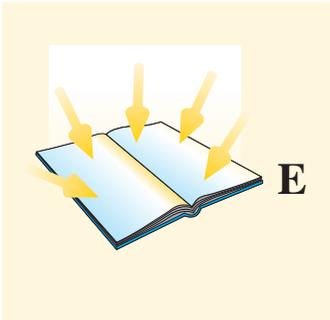
- | | |
|-------------------------------------------------|--------------|
| • Lampadina da bicicletta senza riflettore 5W: | 2,5 cd |
| • Lampadina da bicicletta con riflettore 5W: | 250 cd |
| • Lampada ad incandescenza con riflettore 120W: | 10.000 cd |
| • Faro: | 2.000.000 cd |

Metodo di misura del flusso luminoso

Il flusso luminoso viene misurato in laboratori tramite uno strumento chiamato sfera di Ulbricht. E' una sfera cava verniciata bianca internamente per renderla perfettamente riflettente, al cui centro viene posta la sorgente luminosa al centro. L'illuminamento di ogni parte interna della sfera è proporzionale al flusso luminoso che viene misurato tramite una finestrella posta sulla superficie.



Per gentile concessione YFU

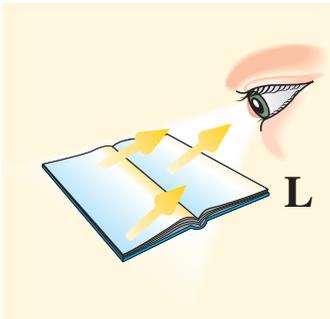


Illuminamento

Rappresenta la quantità di luce incidente su una superficie unitaria. L'unità di misura corrispondente è il *lux* (*lx*).

Esempi:

- Sole estivo a mezzogiorno all'equatore: 100.000 lux
- Cielo nuvoloso: 5.000 lux
- Ufficio illuminato con luce artificiale: 800 lux
- Luna piena in una notte limpida: 0,25 lux



Luminanza

E' la luce emessa da una superficie unitaria in una direzione specifica. L'unità di misura corrispondente è espressa in cd/m^2 (superficie apparente).

Esempi:

- Superficie del Sole: 1.650.000.000 cd/m^2
- Filamento di una lampada ad incandescenza trasparente: 7.000.000 cd/m^2
- Lampada fluorescente: 5.000 – 150.000 cd/m^2
- Superficie stradale illuminata artificialmente: 0,5 – 2 cd/m^2

Metodo di misura dell'illuminamento

Strumenti chiamati fotometri visuali sono stati utilizzati negli ultimi secoli per misurare l'illuminamento tramite una comparazione visiva dell'illuminamento creato su uno schermo da due sorgenti luminose. Ultimamente questi strumenti sono stati sostituiti da fotometri che utilizzano le proprietà elettriche di elementi fotosensibili (fotoemittenti, fotovoltaici o fotoconduttivi). Questi elementi, se illuminati, generano corrente o tensione elettrica facilmente misurabili.



Per gentile concessione
OPAL



Parte B: Illuminare



L'occhio si è evoluto per reagire a stimoli di radiazioni elettromagnetiche con lunghezza d'onda compresa tra 380 e 780 nm. Questo spettro rappresenta ciò che identifichiamo con il termine "luce". All'interno di questo limitato intervallo di lunghezze d'onda sperimentiamo tutte le percezioni visive. La vista è il senso più potente e vitale dell'essere umano e la conoscenza del comportamento dell'occhio e di come il sistema nervoso ed il cervello reagiscono agli stimoli visivi è fondamentale per comprendere l'impatto dell'illuminazione sull'attività quotidiana.

1. Visione

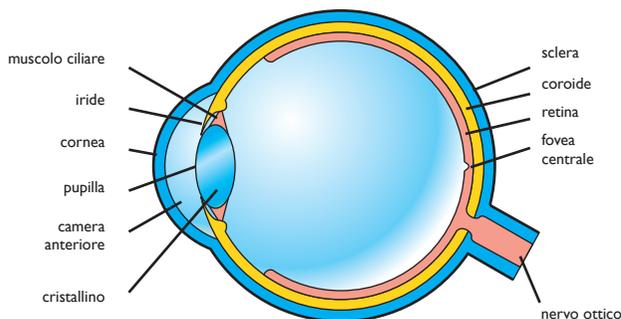
L'occhio è un organo sferico capace di muoversi, tramite controllo muscolare, all'interno del cavo oculare. Funziona approssimativamente come una macchina fotocamera tradizionale, utilizzando una lente che proietta l'immagine rovesciata di una scena sulla parete interna. Questa superficie è chiamata retina ed è formata da più di un milione di terminali nervosi fotosensibili. Questi trasmettono impulsi elettrici al cervello che li percepisce come informazione visiva. Per mettere a fuoco un'immagine sulla retina la lente, chiamata cristallino, si deforma per effetto muscolare variando di convessità. Tale fenomeno è noto come accomodamento. Davanti al cristallino, l'iride si comporta come il diaframma di una macchina fotografica, aprendosi o chiudendosi e regolando così la quantità di luce che entra nell'occhio. Il foro al centro dell'iride che consente il passaggio della luce si chiama pupilla.

La struttura della retina: coni, bastoncelli e gangli fotosensibili

I terminali nervosi che formano la retina sono di due tipologie: coni e bastoncelli. I bastoncelli sono molto più numerosi dei coni e sono distribuiti abbastanza uniformemente sul fondo dell'occhio tranne che sulla fovea che rappresenta la zona in corrispondenza dell'asse di simmetria del globo oculare. I bastoncelli sono collegati al cervello a gruppi di circa un centinaio di unità e sono estremamente sensibili alla luce e al movimento. Pertanto sono proprio i bastoncelli che garantiscono l'elevata sensibilità dell'occhio umano alla luce. Tuttavia non sono in grado di percepire le differenze cromatiche.

Anche i coni sono distribuiti sul fondo del globo oculare ma sono molto più concentrati in prossimità della fovea che delle zone periferiche.

Sezione dell'occhio



A differenza dei bastoncelli i coni sono connessi individualmente al cervello e pertanto sono meno sensibili, in termini di intensità, alla luce. Viceversa sono molto sensibili a differenti lunghezze d'onda della luce. Infatti esistono tre tipologie di coni: quelli sensibili al rosso, quelli sensibili al verde e quelli sensibili al blu. Sono pertanto i coni che ci consentono di percepire le differenze cromatiche. Persone con disfunzioni a coni o gruppi di coni presentano parziale cecità (cecità cromatica): non riescono a distinguere accuratamente i colori. Se presentano problemi a due delle tre tipologie dei coni non riescono a distinguere nessun colore ma percepiscono solo sfumature di grigio.

Oltre ai coni e ai bastoncelli, la retina contiene anche cellule gangliari sensibili alla luce. Questi elementi influenzano il nostro orologio biologico che regola i ritmi sonno-veglia ed in generali i bioritmi personali. Tramite la percezione della luce di queste cellule viene regolata la produzione di un gran numero di ormoni. In particolare la luce delle prime ore del giorno sincronizza il nostro corpo al ciclo giornaliero delle 24 ore.



Contrasto di luminanza in galleria: l'uscita sembra più luminosa che in realtà a causa dell'ambiente circostante molto buio. Questo fenomeno può causare pericolosi problemi di adattamento nei guidatori. Per tale ragione l'ingresso e l'uscita delle gallerie prevedono livelli di illuminazione elevati e descrescenti/crescenti per favorire l'adattamento.

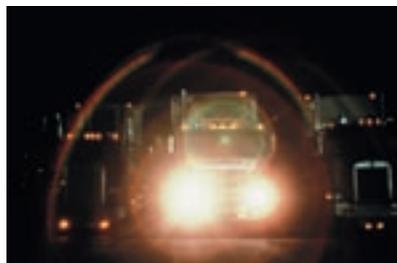
In assenza di luce l'orologio biologico interno non avrebbe riferimenti e devierebbe dal ritmo siderale giornaliero provocando numerosi sintomi di malessere. Parzialmente questo fenomeno si verifica quando subiamo variazioni di fuso orario e si manifestano come jetlag.

Adattamento

L'adattamento è il meccanismo per cui l'occhio cambia la sensibilità alla quantità di luce. Tre sono le fasi del fenomeno dell'adattamento: regolazione dell'iride che varia le dimensioni della pupilla, variazione della sensibilità del nervo ottico che termina nella retina e cambiamento della composizione chimica dei pigmenti fotosensibili presenti nei coni e nei bastoncelli. L'adattamento dal buio alla luce si realizza in pochi minuti mentre il completo adattamento dalla luce al buio può richiedere tra 10 e 30 minuti.

Contrasto

Il contrasto rappresenta la differenza tra le luminanze di diverse superfici vicine tra loro nel campo visivo. Il contrasto si manifesta in due modalità che molto spesso si verificano



L'abbagliamento, ad esempio causato dai fari di un veicolo, può causare fastidio, dolore agli occhi e in alcuni casi anche abbagliamento di velo.



Ridotta capacità di adattamento dovuta all'età.

contemporaneamente: contrasto di colore e contrasto di luminanza. L'ultimo viene comunemente calcolato come il rapporto tra la luminanza dell'oggetto e la luminanza del fondo. La capacità di cogliere il contrasto dipende dallo stato di adattamento dell'occhio che è controllato dalla luminanza media generale dell'ambiente. Così, ad esempio, una superficie bianca su fondo scuro appare ancora più brillante, mentre una galleria non troppo buia ma vista dall'esterno sembra ancora più scura. Gli effetti del contrasto derivano dall'incapacità dell'occhio di adattarsi contemporaneamente a luminanze fortemente diverse. L'abbagliamento è il fenomeno provocato da livelli di luminanza nel campo visivo che sono considerevolmente più elevate della luminanza a cui l'occhio si è adattato. Elevati livelli di abbagliamento causano fastidio e in casi estremi anche incapacità di percezione e sensazioni di malessere.

I contrasti di colore sono tra loro interdipendenti. Infatti, in generale, guardando una superficie di un solo colore molto saturo si manifesta il fenomeno per cui le altre superfici presenti nel campo visivo assumono tonalità complementari al colore dominante. Ad esempio, fiori gialli su un fondo blu sembrano più brillanti che su fondo grigio. Un oggetto rosso sembra più brillante su fondo verde; questo fenomeno viene utilizzato dagli oculisti nelle prove della vista o dai macellai che

ripongono la carne su un letto di foglie di lattuga. Il fenomeno di contrasto di colore vengono utilizzati in particolare nella decorazione di interni e dai lighting designer per creare giochi ed effetti di luce per esaltare la percezione di forme o superfici.

Difetti della vista dovuti all'età

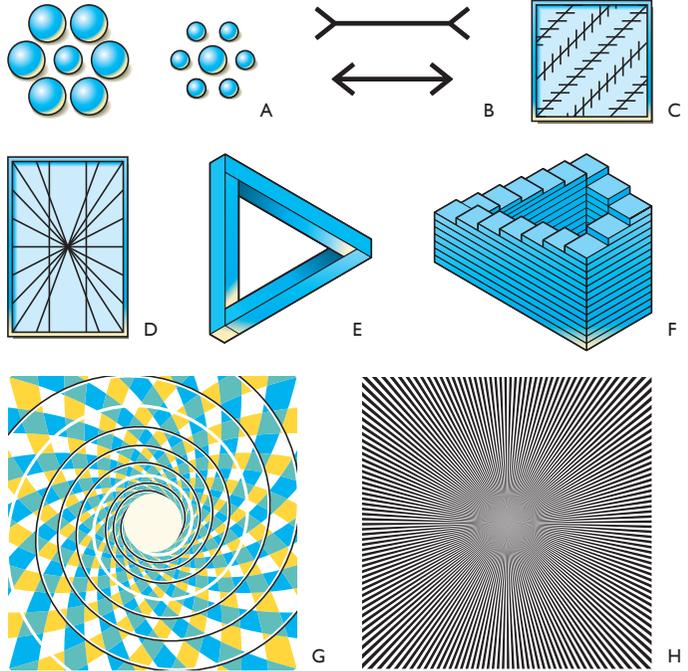
La vista peggiora con l'età; prima lievemente e poi molto più velocemente a causa dell'invecchiamento dei tessuti che compongono gli organi atti alla vista. Tra questi fenomeni c'è la perdita di trasparenza del liquido dell'occhio, la perdita di elasticità e l'ingiallimento del cristallino. In particolare la perdita di elasticità del cristallino produce la presbiopia cioè l'incapacità di mettere a fuoco oggetti di piccole dimensioni a distanza ravvicinata. Per correggere questo difetto vengono utilizzate lenti convesse correttive. L'ingiallimento del cristallino genera invece una riduzione della sensibilità, dell'acuità visiva e di percezione dei contrasti. La somma di questi effetti determina un progressivo peggioramento della vista per cui a 60 anni serve mediamente 15 volte più luce che a 10 anni per svolgere lo stesso compito visivo nelle stesse condizioni.

Effetti ottici

Il nostro cervello interpreta gli stimoli visivi che giungono dall'occhio per interpretare la realtà che ci circonda. Il cervello corregge, in

alcuni casi, l'immagine ricevuta. Ad esempio, al tramonto nonostante la luce solare sia rossastra il mondo circostante viene percepito nei suoi colori "naturalisti" a meno che non si presti particolare attenzione alle tonalità di colore degli oggetti osservati. Una superficie grigia a mezzogiorno può essere più brillante di una bianca al tramonto, ma il cervello non ha difficoltà

nell'interpretazione dei colori grigio e bianco, nel caso specifico, perché viene considerata l'impressione cromatica e di luminosità della scena nel suo complesso. D'altro canto, in particolari condizioni, l'immagine percepita può giocare strani scherzi al nostro cervello. E' questo il caso degli effetti ottici.



A e B Illusioni di dimensioni,
 C e D Illusioni di parallelismo,
 E e F Illusioni di prospettiva,
 G Illusione di profondità,
 H Illusione di movimento e
 I Illusione di percezione della
 luminosità

2. Qualità dell'Illuminazione

Una buona qualità dell'illuminazione è un fattore cruciale che influenza la capacità di svolgere un determinato compito visivo. La qualità agisce anche sull'umore e, come dimostrato da alcune recenti ricerche sperimentali, anche su benessere e salute. Per valutare la qualità di un impianto di illuminazione si devono considerare una serie di caratteristiche, quali il livello di illuminamento, il contrasto di luminanza, l'abbagliamento e la distribuzione spaziale delle sorgenti, la resa cromatica e la temperatura di colore.

a. Livello di illuminamento

Il livello di illuminamento deve essere tale da garantire sempre una prestazione visiva adeguata del compito. Esperimenti hanno dimostrato che aumentando il livello di illuminamento da valori bassi o moderati ad alti, aumentano notevolmente la velocità e l'accuratezza di percezione del compito visivo. L'abilità visiva di una persona in un ufficio o in una fabbrica dipende sia dal livello di illuminamento che dalle proprie abilità visive. Come detto prima l'età, ad esempio, è un fattore determinante la capacità visiva di un soggetto. Inoltre il livello di illuminamento necessario è tanto maggiore quanto maggiore è la velocità del

compito visivo, se in movimento, o la velocità con la quale ci viene presentato. I livelli di illuminamento sono inversamente proporzionali invece alle dimensioni del compito visivo stesso. Ad esempio, una pallina da tennis è più piccola e si muove più velocemente di un pallone da calcio, e di conseguenza i livelli di illuminamento necessari per giocare a tennis sono superiori a quelli richiesti per giocare a calcio. Ancora, un processo produttivo con parti piccole e in movimento richiede livelli sicuramente elevati per essere svolto correttamente.

b. Contrasto di Luminanza

Il contrasto di luminanza, o meglio la distribuzione delle luminanze nel campo visivo, è un fattore estremamente importante nella definizione della qualità di un impianto. Se i contrasti sono troppo bassi, l'ambiente apparirà piatto, insignificante senza punti di attenzione. Viceversa livelli di contrasto troppo elevati sono fastidiosi, distraggono e causano problemi di adattamento per un continuo lavoro muscolare nel passaggio da un compito visivo ad un altro. Livelli adeguati garantiscono una scena visiva armoniosa, confortevole e piacevole.

Lo squash richiede elevati livelli di illuminamento.



In generale, per ambienti interni, si può considerare un ambiente soddisfacente se i livelli di contrasto sono compresi tra 1/3 e 3.

c. Abbagliamento

L'abbagliamento è la sensazione prodotta da livelli di luminanza, direttamente nel campo visivo, estremamente più elevati di quelli a cui l'occhio è adattato. Questo fenomeno causa malessere e fastidio riducendo la prestazione visiva. Talvolta livelli di abbagliamento elevati possono provocare dolori, problemi visivi e abbagliamento di velo. E' quindi importante limitare l'abbagliamento onde evitare errori, affaticamento e fastidio. La qualità delle ottiche degli apparecchi, in combinazione con la tipologia di lampada usate, influenzano enormemente il grado di abbagliamento percepito. Le lampade fluorescenti lineari, grazie alla loro lunghezza e all'elevata superficie apparente, hanno livelli di luminanza inferiori, e quindi più facilmente controllabili, rispetto a lampade a scarica ad alta intensità.



Gli scacchi non necessitano di elevati livelli di illuminamento.



Contrasti ridotti appiattiscono l'ambiente.



Contrasti elevati generano problemi di adattamento.



Contrasti adeguati producono ambienti piacevoli visivamente.

d. Distribuzione spaziale della luce

Un aspetto qualitativo importante è la distribuzione delle sorgenti di illuminazione che produce la distribuzione spaziale della luce. Nell'illuminazione di ambienti interni si possono avere impianti di illuminazione distribuiti uniformemente per avere una illuminazione generale costante, oppure si possono utilizzare dei proiettori o dei punti spot per avere illuminazione d'accento. Le due tecniche possono poi essere utilizzate contemporaneamente per un corretto bilanciamento di uniformità e accento.

e. Resa cromatica e temperatura di colore

Un oggetto ci appare colorato perchè riflette solo alcune lunghezze d'onda della luce incidente. Pertanto la resa dei colori nell'ambiente dipende dalla composizione spettrale della luce incidente. E' importante scegliere le giuste sorgenti per percepire correttamente i colori degli oggetti illuminati. In alcuni casi invece la resa dei colori non è molto importante quanto la percezione degli oggetti stessi o il rendimento energetico della sorgente utilizzata. Ad esempio nell'illuminazione stradale la resa cromatica non è importante quanto adeguati contrasti tra pedone/veicolo e fondo stradale.

Illuminazione e aspetti economici

L'aspetto qualitativo dell'impianto di illuminazione deve essere preso in considerazione fin dall'inizio della progettazione. Spesso capita di imbattersi in ambienti notevoli dal punto di vista dell'arredamento e architettonico ma scadenti o qualitativamente inadeguati da quello illuminotecnico. L'effetto generale è quindi scadente nel suo complesso visto l'elevato impatto che l'illuminazione ha nella percezione del mondo che ci circonda.

Cercare una soluzione illuminotecnica economica raramente genera risparmio. Il consumo energetico nella vita dell'impianto o i costi di manutenzioni spesso risultano molto più elevati del relativamente contenuto maggiore investimento iniziale. Nel lungo termine bisogna sempre considerare i costi generali d'impianto totali onde evitare cattivi investimenti in fase di realizzazione iniziale. Una valutazione consapevole, accurata e completa è fondamentale anche dal punto di vista economico. Infatti, coniugare illuminazione generale adeguata e giusti accenti in un negozio può aumentarne la clientela e quindi i benefici economici totali. Viceversa, scegliere una lampada a resa cromatica superiore a 90 quando non necessario, ad esempio in applicazioni industriali pesanti, non ripaga nel tempo e risulta in uno spreco. Quindi non esiste la soluzione illuminotecnica ideale ma ogni volta bisogna valutare l'ambiente, gli utilizzatori, il compito visivo, le risorse disponibili per fare la scelta corretta.

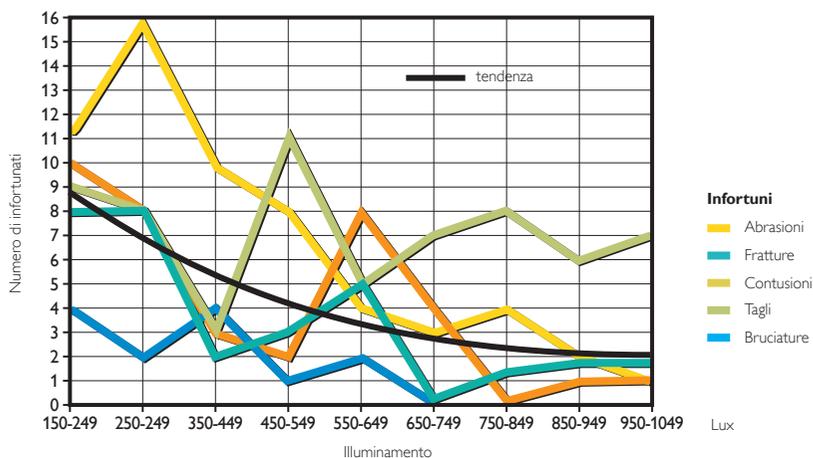
Flicker o sfarfallio

Un parametro qualitativo troppo spesso trascurato è la frequenza di funzionamento delle lampade. In alcuni individui compaiono fastidiosi mal di testa a causa del flicker generato da lampade fluorescenti alimentate con reattori tradizionali ferro-rame (50Hz). Utilizzando reattori elettronici ad alta frequenza (intorno ai 30 kHz), questo fenomeno non compare e gli individui che presentano tali sintomi sono estremamente rari. I reattori elettronici sono anche preferibili perché consentono di risparmiare energia e allungano la durata delle lampade fluorescenti.

Illuminazione dei posti di lavoro

Un buon impianto di illuminazione su uno specifico compito visivo in ambiente lavorativo è essenziale per una prestazione visiva ottimale, specialmente tenendo conto dell'invecchiamento progressivo della popolazione attiva. Ricerche sulla qualità e quantità di illuminazione negli ultimi decenni hanno mostrato un miglioramento qualitativo dell'illuminazione che ha comportando una maggiore velocità ed accuratezza di percezione.

Gli incidenti sono stati ridotti grazie a campagne di informazione sulla pericolosità di certe situazioni ma anche grazie ad una maggiore sicurezza, attitudine, prontezza e salubrità dell'ambiente lavorativo ottenute grazie a impianti di illuminazione ben fatti. Malessere, cattiva percezione, affaticamento sono tra le cause più importanti di incidenti sul lavoro. La luce gioca anche un ruolo fondamentale sull'atteggiamento e lo stato d'animo del lavoratore. Livelli adeguati di illuminamento, ambienti confortevoli dal punto di vista visivo, giusta resa cromatica e assenza di abbagliamenti hanno contribuito a rendere i posti di lavoro più accoglienti.



Numero di infortuni in differenti attività industriali in funzione dei livelli di illuminamento (347 incidenti totali).

Ricerca effettuata da Volker, S. Ruschenschmidt, Gall) -1995-

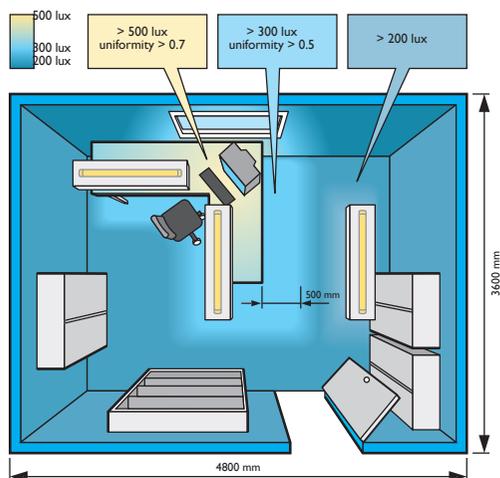
Normative

La CEN (Ente Normativo Europeo) e la UNI (Ente Unificatore Italiano) hanno introdotto norme specifiche per l'illuminazione di ambienti interni (EN 12464-1) nelle quali si fa riferimento ad aspetti quantitativi dell'impianto di illuminazione ma anche agli aspetti qualitativi, al risparmio energetico, all'utilizzo della luce naturale e alla combinazione di questa con quella artificiale ponendosi come obiettivo il comfort ed il benessere dell'utilizzatore.

Per ogni categoria di ambiente di lavoro vengono espressi valori da rispettare per diverse grandezze illuminotecniche.

Ad esempio la norma EN12464-1 specifica chiaramente 4 grandezze da considerare nell'illuminazione degli uffici: livello di illuminamento mantenuto (E_m), uniformità (E_{min}/E_{med}), abbagliamento (UGR) e resa cromatica (R_a). La figura sottostante riporta un breve estratto dei requisiti in un caso specifico di edificio adibito ad uffici.

INDUSTRIA ELETTRICA		
Tipo di ambiente/attività	Illuminamento medio (Lux)	Limitazione dell'abbagliamento (UGR)
Cavi	300	19
- grande	500	19
- medio	750	19
- piccola	500	16
Conference and meeting rooms	500	19
Galvanizzazione	300	22





Numerosissime sono le applicazioni industriali e di conseguenza quasi altrettanto numerose sono le esigenze di illuminazione diverse. Solo per darne un esempio nella tabella sottostante vengono riportate le specifiche definite dalla norma EN12464-1 nell'industria elettrica. Per ogni altra tipologia applicativa la norma riporta tabelle come questa.

INDUSTRIA ELETTRICA			
Tipo di ambiente/attività Illuminamento medio (Lux)	Illuminamento medio (Lux)	Limitazione dell'abbagliamento (UGR)	Resa Cromatica (Ra)
Cavi	300	25	80
Bobinatura:			
- grande	300	25	80
- medio	500	22	80
- piccola	750	19	80
Trattamenti	300	25	80
Galvanizzazione	300	25	80
Assemblaggio:			
- grande	300	25	80
- medio	500	22	80
- piccola	750	19	80
- di precisione	1.000	16	80
Lavorazioni elettroniche	1.500	16	80



3. Sistemi di illuminazione

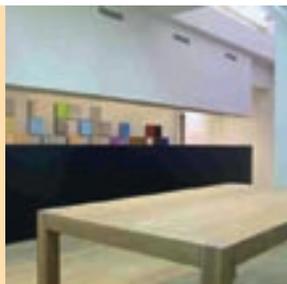
Un impianto di illuminazione fa molto più che svelarci l'ambiente che ci circonda e consentirci di svolgere la nostra attività efficientemente e in piena sicurezza. Oggi più che mai la luce viene utilizzata per creare un'atmosfera piacevole integrandosi con l'architettura e l'arredamento. Diventa quindi uno strumento per creare condizioni confortevoli per vivere e lavorare. L'illuminazione accentua le qualità funzionali e decorative dello spazio e le sue proporzioni. La luce non serve solo per permettere la visione ma anche per creare un'atmosfera che agisce sulle nostre emozioni;

l'ambiente può diventare intimo o formale, piacevole o produttivo, accogliente o imponente semplicemente cambiando l'illuminazione. Questo è proprio il compito del Lighting Designer: creare con la luce un'emozione. Possiamo identificare, nell'illuminazione di interni, alcune tipologie di illuminazione.



Illuminazione generale

L'illuminazione generale garantisce un livello di illuminazione piuttosto uniforme su un'area ampia. In alcuni ambienti, come ad esempio toilette, locali di servizio, garage o aree di passaggio, un insieme di apparecchi genera la luce necessaria. In questo tipo di locali normalmente lo stile o l'aspetto sono elementi di poca importanza rispetto agli oggetti da illuminare e pertanto il costo dell'impianto è il fattore decisionale principale. Si richiede quindi un'illuminazione adeguata e uniforme in tutto l'ambiente evitando ombre e contrasti.



Illuminazione architettonica

L'illuminazione architettonica cerca di accentuare le caratteristiche di determinati elementi dell'ambiente, muri, soffitti, pavimenti, o dello spazio stesso. Poca importanza è rivolta invece agli oggetti presenti. In genere i livelli di illuminamento sono piuttosto bassi e si esaltano i contrasti e le ombre per percepire la tridimensionalità dell'ambiente. Gli apparecchi utilizzati vengono scelti anche per la loro forma ed aspetto e l'illuminazione principale viene integrata con apparecchi funzionali che garantiscono i livelli adeguati a svolgere compiti essenziali.

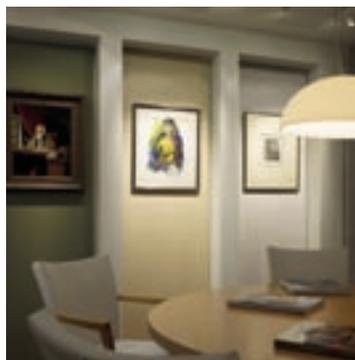
Illuminazione localizzata

Come suggerisce il nome, in questo caso si illuminano aree o zone di particolare interesse come scrivanie o banconi di reception. L'illuminazione generale viene qui trascurata a favore di una concentrata ed ottimizzata per il compito visivo specifico da svolgere. Gran parte degli apparecchi sono direzionali e ben posizionati.



Illuminazione d'accento

Per focalizzare l'attenzione su oggetti di particolare interesse, ad esempio su opere d'arte in un museo o su prodotti particolari nei negozi, si cerca di creare livelli di illuminamento molto più elevati di quelli prodotti dall'illuminazione generale dell'ambiente.



Illuminazione d'atmosfera

Questo tipo di illuminazione serve a creare stati d'animo o atmosfere particolari in ambienti di lavoro o abitazioni. In genere si tratta di una combinazione di illuminazione generale, d'accento e architettonica in base al tipo di attività svolta o di emozioni che si vogliono provocare nelle persone.



4. Apparecchi

La lampada è la sorgente di luce, ma l'apparecchio, con i suoi schermi, le sue ottiche e le sue lamelle, è l'elemento necessario per dirigere la luce dove effettivamente serve. L'apparecchio funge anche da sistema di limitazione dell'abbagliamento nascondendo alla vista la lampada o limitandone la sua luminanza. L'apparecchio svolge anche la funzione di protezione della sorgente luminosa. L'apparecchio è quindi composto da elementi che distribuiscono, filtrano e trasformano la luce emessa dalla sorgente e da quei componenti meccanici che consentono il montaggio, il fissaggio e l'alimentazione.

Gli apparecchi per lampade a scarica contengono anche il reattore e lo starter (se necessario). Con l'evoluzione dai reattori elettromagnetici a quelli elettronici il peso degli apparecchi e le loro dimensioni si riducono apportando ulteriori vantaggi in termini di peso, dimensioni e quantità di materia prima utilizzata.

Gli apparecchi possono essere classificati in base alla loro applicazione in:

- Incasso
- Plafone
- Sospensione
- Uplighter
- Downlighter
- Spot
- Proiettori
- Decorativi
- Piantane
- Sistemi



Apparecchi ad incasso (sinistra) o a sospensione (destra).

La forma e le dimensioni di un apparecchio in genere dipendono dalla funzionalità per la quale sono stati progettati anche se lo stile ed il design stanno diventando sempre più importanti anche per apparecchi puramente tecnici (come ad esempio i riflettori industriali).

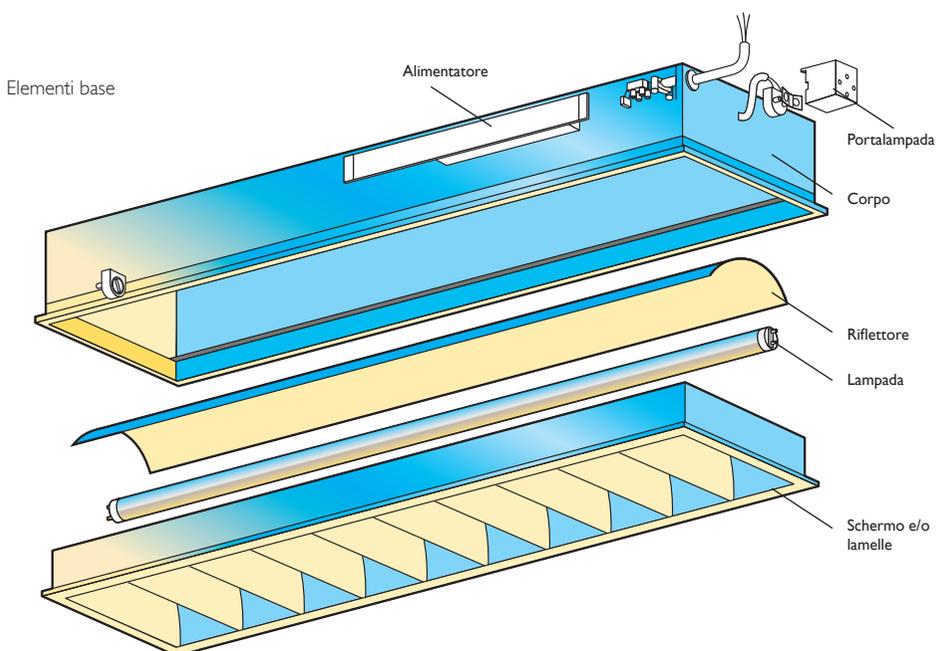
Sicurezza

Anche gli apparecchi, così come le lampade e gli ausiliari elettrici devono soddisfare specifiche norme europee in termini di sicurezza. Queste definiscono per ogni tipologia di apparecchio specifiche caratteristiche per quanto riguarda la sicurezza elettrica, l'interferenza elettromagnetica, la protezione dal contatto, la resistenza al fuoco,

la limitazione delle radiazioni UV, etc.

Il produttore dell'apparecchio deve rilasciare una dichiarazione di conformità alle norme e deve far certificare da enti terzi riconosciuti (come ad esempio l'IMQ o ENEC) il prodotto come rispondente alle normative in vigore.

Il produttore è infatti responsabile dei danni provocati dalla non conformità dell'apparecchio.



5. Illuminazione e ambiente

Sempre maggiore attenzione, a livello globale, è rivolta agli effetti dei cambiamenti climatici. Ciò comporta l'aumento dei costi energetici e la necessità di ridurre le emissioni di CO₂. Philips ha deciso di dedicare molte energie alla ricerca della sostenibilità – mettendola al centro delle attività e dei processi. Il nostro obiettivo consiste nel migliorare la qualità della vita delle persone, rispettando l'ambiente in cui viviamo. Ciò può essere fatto in molti modi – ad esempio riducendo l'impatto ambientale dei nostri prodotti e processi. Come leader del settore ci impegniamo a promuovere e fornire nuove tecnologie efficienti, che riducano i costi operativi aiutando così a proteggere l'ambiente.

Talvolta andando ben oltre le norme ed i regolamenti, siamo alla continua ricerca dell'efficienza energetica, dell'affidabilità dei prodotti e della riduzione nell'uso delle sostanze pericolose e della smaltibilità.

Sempre più cerchiamo di focalizzare l'attenzione dei nostri clienti professionali, dagli installatori ai prescrittori, dagli architetti agli utilizzatori finali e progettisti illuminotecnici, sui benefici derivanti dall'impiego di soluzioni ad alta efficienza. Per creare questa consapevolezza i Corsi di formazione Philips Lighting Academy sono una via privilegiata e diretta. Cambiare l'illuminazione a favore di soluzioni efficienti consente a tutti gli elementi della filiera di trarre benefici. L'utilizzatore risparmia energia, rispetta l'ambiente e riduce i costi totali dell'impianto



Philips è inclusa negli Indici di Sostenibilità Dow Jones dal 2000.

Illuminazione e ambiente

L'illuminazione consuma il 19% dell'energia elettrica mondiale e di questo consumo il 75% è dato dall'illuminazione non residenziale e stradale. Semplicemente utilizzando le ultime tecnologie già disponibili si potrebbe risparmiare fino al 70%, migliorando contemporaneamente il benessere delle persone e la qualità della vita degli operatori. Infatti le ultime ricerche dimostrano che fino all'80% dei sistemi di illuminazione oggi presenti usano tecnologia obsoleta. Se tutta l'illuminazione del pianeta venisse convertita in illuminazione efficiente potremmo risparmiare 120 miliardi di euro di energia e ridurre le emissioni di CO₂ di 630 milioni di tonnellate. Tutto ciò equivale all'emissione di 600 centrali elettriche di medie dimensioni o all'utilizzo di 1.8 miliardi di barili di petrolio all'anno.

Chiaramente questa è una importante e significativa opportunità. Investendo in tecnologia efficiente negli edifici e nelle strade, aziende e municipalità, potrebbero risparmiare enormi quantità di denaro riducendo l'impatto ambientale ed aiutando di conseguenza a ridurre gli effetti dei cambiamenti climatici.

Nell'illuminazione domestica (che vale il 25% dei consumi energetici per l'illuminazione) i consumatori potrebbero risparmiare fino a 10 euro per ogni punto luce all'anno. Considerando una media di 20 punti luce per ogni abitazione il risparmio diventa impressionante. Utilizzando soluzioni Philips è poi possibile avere contemporaneamente al risparmio energetico una buona qualità di luce. Tuttavia è necessario accelerare i tempi di rinnovamento degli impianti per raggiungere gli obiettivi globali di riduzione dell'impatto ambientale. Le soluzioni Philips sono già al passo con le richieste normative di riduzioni dei consumi e delle emissioni dei gas serra, come indicato dalle normative e leggi vigenti in materia (EuP). Ad esempio, con riferimento alla normativa RoHS sull'uso delle sostanze pericolose le nostre lampade fluorescenti sono indiscutibilmente le migliori nell'impiego di mercurio. Utilizzando poi le sorgenti a lunga durata si abbatte anche l'impatto del contributo RAEE per la raccolta ed il riciclo delle lampade.

Prodotti “Verdi”

Seguendo il programma EcoDesign utilizzato per i processi prodotti e non, Philips assicura una nuova generazione di prodotti a basso impatto ambientale per tutto il suo ciclo di vita.

Per maggiori informazioni su questi prodotti potete visitare il sito www.asimpleswitch.com.

Minima esposizione alle sostanze nocive

La direttiva RoHS, in vigore dall'1-7-2006 regola l'utilizzo di sostanze pericolose utilizzate per i prodotti. Philips è leader assoluto nell'aver ridotto ai valori minimi il contenuto di mercurio delle lampade. Le sostanze interessate dalla normativa sono:

- Piombo (Pb)
- Cromo esavalente (Cr +6)
- Mercurio (Hg)
- Bifenil polibromurato (PBB)
- Cadmio (Cd)
- Etere di difenile polibromurato (PBDE)



asimpleswitch.com

Philips logo

Il logo con la foglia verde aiuta i consumatori ad identificare i prodotti più rispettosi dell'ambiente.

EcoDesign

È il programma che regola tutti gli aspetti della produzione dei nostri prodotti. Introdotta nel 1994, le procedure di controllo EcoDesign assicurano una costante attenzione al rispetto ambientale.

I prodotti Green Flagship sono per il cliente la garanzia di scelta del prodotto a minor impatto ambientale a disposizione.

asimpleswitch.com

Green Products

Un prodotto Green Flagship è migliore del prodotto concorrente equivalente, del suo predecessore o di un prodotto equivalente dal punto di vista applicativo, in almeno tre aree di intervento ambientale (riportate a fianco) ed è equivalente nelle rimanenti.



Efficienza energetica

Riduzione del 10% nell'utilizzo di energia (ad esempio: efficienza, rendimento ottico o consumo totale)



Imballaggio

Riduzione del 10% dell'imballo in peso o volume



Sostanze nocive

Riduzione del 10% di almeno una sostanza nociva (per tutto il ciclo di vita del prodotto)
Riduzione del 10% della dose di radiazione



Peso

Riduzione del 10% del peso del prodotto



Riciclabilità

Incremento del 10% di materiali che possono essere riciclati; i prodotti contengono almeno il 30% di prodotti riciclabili



Durata di vita e affidabilità

Incremento del 10% della vita del prodotto

Lampade e apparecchi di illuminazione sono soggetti alla normativa RoHS, tuttavia ci sono alcune eccezioni ai parametri prescritti.

Sostanze nocive	Applicazione	Valore limite
Mercurio		
	Lampade a risparmio energetico	< 5 mg
	Lampade fluorescenti lineari per illuminazione generale	
	• Resa cromatica standard	< 10 mg
	• Elevata resa cromatica a durata normale	< 5 mg
	• Elevata resa cromatica a durata elevata	< 8 mg
	Lampade fluorescenti per applicazioni speciali	esente
	Lampade a scarica ad alta intensità	esente
Piombo		
	Vetro in componenti elettronici (es. starter)	esente
	Vetro per tubi fluorescenti	esente
	Saldature ad alta temperatura di fusione (leghe con Pb > 85%)	esente
	Componenti elettroniche ceramiche	esente

Philips ha sempre mirato alla riduzione di mercurio nelle lampade fluorescenti. Tutte le nostre lampade soddisfano i requisiti della normativa RoHS, mentre i prodotti MASTER addirittura li migliorano. Inoltre, nonostante alcuni componenti in certe applicazioni siano esentati, i nostri prodotti non contengono materiale radioattivo e piombo nel vetro degli starter.

E' possibile identificare i prodotti migliori dai seguenti loghi:



Philips e La Luce

Philips è un'azienda focalizzata sul benessere e la salute delle persone e si pone l'obiettivo di migliorare la qualità della vita attraverso l'innovazione.

Leader mondiale in healthcare, lifestyle e illuminazione, Philips è un'azienda assolutamente incentrata sulla persona attorno alla promessa di "sense and simplicity".

Il quartier generale è nei Paesi Bassi e a livello mondiale impiega 121000 persone in più di 60 paesi. Con un fatturato di 27 miliardi di Euro nel 2007, è leader di mercato nel settore dei servizi di diagnostica per immagini e monitoraggio dei pazienti, nell'illuminazione, ed in soluzioni di consumer lifestyle per il benessere delle persone.

Philips ha sempre puntato sull'innovazione e ha registrato ben 60.000 brevetti tecnologici tra cui pietre miliari come l'audiocassetta e il compact disc. In un mondo dove la tecnologia entra sempre di più in ogni aspetto della nostra vita, vogliamo portare "sense and simplicity" ai consumatori con prodotti tecnologicamente avanzati, facili da usare e creati specificatamente per incontrare le loro necessità, ovunque e in ogni momento.

Guidati dalla nostra promessa al mercato di "Sense & Simplicity" e sulla base delle esigenze del consumatore, Philips Consumer Lifestyle offre nuove e ricche esperienze di consumo che rispondono alle esigenze di una migliore qualità di vita di ciascuno.

Ci proponiamo di rispondere al bisogno sotteso al desiderio di condurre uno stile di vita sano ed al benessere di ogni individuo: abbiamo identificato questo approccio guardando agli interessi di ogni persona in relazione al proprio Corpo, Spazio, Mente e Aspetto.

Leader di mercato nell'illuminazione, Philips sta passando alla realizzazione di soluzioni efficienti dal punto di vista energetico. Considerando che i sistemi di illuminazione impiegano il 19% di tutto il consumo energetico, l'uso di soluzioni efficienti consentirà di ridurre il consumo energetico mondiale, e quindi ridurre le emissioni di CO₂. Philips fornisce soluzioni avanzate che ottimizzano l'impiego di energia in ogni segmento: illuminazione stradale, industriale, domestica e nel settore dell'hospitality. Ci occupiamo inoltre di sviluppare ed esplorare nuove applicazioni per le tecnologie di illuminazione quali ad esempio la tecnologia LED, che consente applicazioni mai viste prima.



