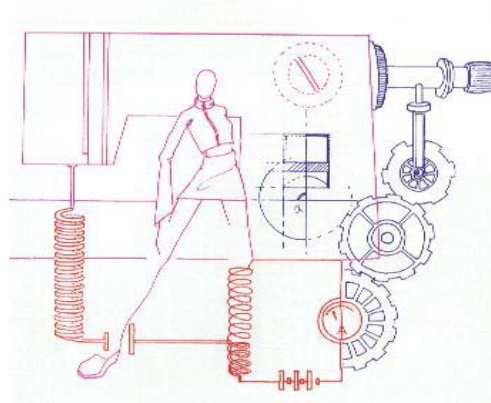


IPIA C.A. DALLA CHIESA – OMEGNA
PROGETTO ALTERNANZA SCUOLA – LAVORO
classi 4° e 5° TIEL – TIM a.s. 2011/2012



PRODUZIONE DI ENERGIA DA
FONTI RINNOVABILI

RISPARMIO ENERGETICO

prof. Massimo M. Bonini

ILUMINAZIONE A BASSO CONSUMO



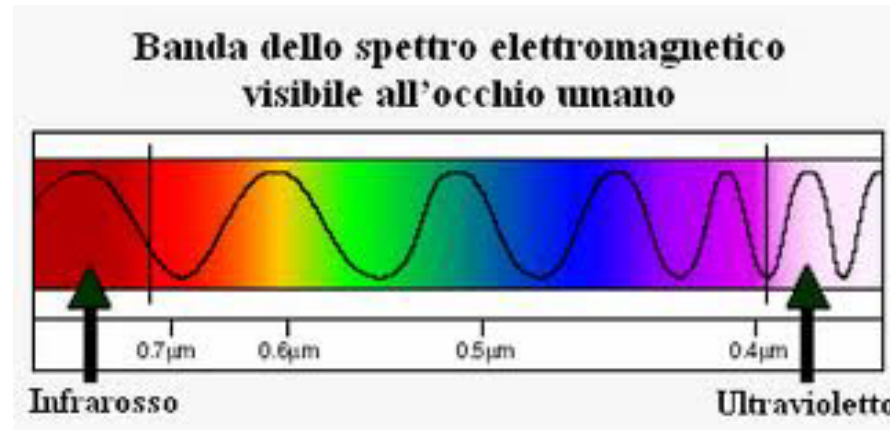
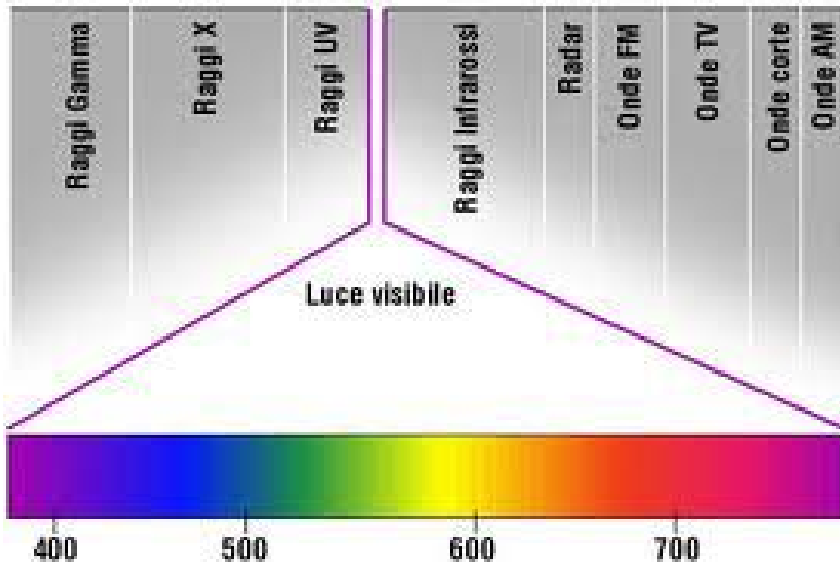
Illuminazione a basso consumo

- la luce e le sue caratteristiche
- lampade a scarica
- lampade a LED
- valutazione del risparmio
- soluzioni solari

LA LUCE

La luce è una forma di energia valutabile come radiazione elettromagnetica. In quanto tale è caratterizzata da valori tipici di frequenza e di lunghezza d'onda.

La luce percepibile dall'occhio umano ha lunghezza d'onda compresa tra 400 e 800 nm (nano metri = 10^{-9} m) e frequenza compresa tra 800 e 400 THz



MISURA DELLA LUCE

La quantità di luce emessa da una sorgente luminosa si definisce flusso luminoso, simbolo Φ (fi) e si misura in lumen, simbolo lm.

Le moderne sorgenti luminose sono a funzionamento elettrico; ogni lampada ha un valore tipico di potenza assorbita, indicata con P e misurata in watt (simbolo W), e di tensione di alimentazione, indicata con V (o U) e misurata in volt (simbolo V).

Le normative tecniche prevedono che i costruttori rendano noto il valore dell'emissione, della tensione di funzionamento e della potenza assorbita per ogni apparecchio messo in commercio.

EFFICIENZA LUMINOSA

Si definisce efficienza luminosa di una lampada il rapporto tra il flusso emesso e la potenza assorbita

$$\text{efficienza luminosa} = \Phi / P$$

$$\text{lm} / \text{W}$$

Costituisce il “rendimento” del processo di trasformazione energetica da elettricità a luce. Va da sé che tanto più alto è il suo valore, tanto migliore, dal punto di vista del risparmio energetico, è da considerarsi la lampada.

QUALITA' DELLA LUCE

La luce “migliore” è quella naturale, prodotta dal sole.

La luce artificiale è tanto migliore quanto la sua qualità si avvicina a quella della luce naturale.

La qualità della luce prodotta da una sorgente artificiale si valuta attraverso due parametri:

- Indice di Resa Cromatica (IRC), espresso in percentuale
- Temperatura di colore, misurata in gradi Kelvin ($^{\circ}\text{K}$)

INDICE DI RESA CROMATICA

L'IRC, indicato con Ra, serve a valutare quanto i colori di un oggetto visto sotto la luce artificiale siano fedeli, cioè assomiglino agli stessi colori visti sotto la luce naturale.

La norma UNI 10380 suddivide l'insieme dei possibili valori dell'indice di resa cromatica in cinque gruppi e fornisce anche qualche indicazione su quale IRC utilizzare a seconda degli ambienti da illuminare:

1A: Ra > 90% abitazioni, musei, studi grafici, ospedali, studi medici, ecc.

1B: Ra 80% - 90% uffici, scuole, negozi, palestre, teatri, industrie tessili e dei colori, ecc.

2: Ra 60% - 80% locali di passaggio, corridoi, scale ascensori, palestre, aree servizio, ecc.

3: Ra 40% - 60% interni industriali, officine, magazzini depositi, ecc.

4: Ra 20% - 40% parcheggi, banchine, cantieri, scavi, aree di carico e scarico, ecc.

Lampade		IRC
Ad incandescenza		100
Ad incandescenza con alogeni		100
Fluorescenti normali		70 + 85
A vapore di mercurio	bassa pressione	70 + 95
	alta pressione	< 70
	a luce miscelata	> 70
	ad alogenuri	70 + 90
A vapore di sodio	alta pressione	< 60
	bassa pressione	> 20

TEMPERATURA DI COLORE

Si definisce temperatura di colore di una data radiazione luminosa la temperatura che dovrebbe avere un corpo nero affinché la radiazione luminosa emessa da quest'ultimo appaia cromaticamente la più vicina possibile alla radiazione considerata.

Una temperatura bassa corrisponde ad un colore giallo-arancio. Scendendo in lunghezza d'onda si passa al rosso ed all'infrarosso, non più visibile, mentre salendo la luce si fa prima più bianca, quindi azzurra, violetta ed ultravioletta. Quando si dice che una luce è *calda*, questa corrisponde ad una temperatura di colore bassa, viceversa una temperatura maggiore produce una luce definita *fredda*. Tale definizione ha una motivazione psicologica, poiché la nostra mente tende ad associare a colori come il rosso o il giallo-arancio l'idea di *caldo* ed a colori come il bianco o l'azzurro l'idea di *freddo*.

Per le l'illuminazione artificiale si parla, secondo la norma UNI 12464, di:

- *bianco caldo* se la temperatura di colore è minore di 3300 K,
- *bianco neutro* se la temperatura di colore è tra i 3300 e i 5300 K,
- *bianco freddo* se la temperatura di colore è superiore ai 5300 K.

Nelle lampade a scarica non fluorescenti il colore è determinato dallo spettro di emissione del gas alla pressione a cui si trova. Nelle lampade fluorescenti, anch'esse lampade a scarica ma che producono luce attraverso un procedimento elettrochimico diverso, dove la vera e propria scarica elettrica provoca l'eccitazione, e perciò la luminescenza, delle polveri fluorescenti depositate uniformemente all'interno della lampada stessa, la tonalità della luce dipende dalla scelta del materiale fluorescente utilizzato (per questo si possono avere lampade a fluorescenza di colori differenti. Si noti che il fenomeno della fluorescenza differisce da quello della fosforescenza: nel primo caso, al cessare dell'eccitazione causante la luminescenza, l'emissione di luce è pressoché istantanea, nel secondo caso può durare a lungo.

INDIVIDUAZIONE DELLE CARATTERISTICHE SULLE LAMPADE



Indice di resa dei colori

La prima cifra del codice colore internazionale indica l'indice di resa dei colori:

8 = indice di resa dei colori $R_a = 80-89$

9 = indice di resa dei colori $R_a = 90-100$

fonte Osram

Tonalità di luce / Temperatura di colore

Le cifre successive del codice colore internazionale indicano la tonalità di luce o la temperatura di colore:

27 = 2.700 K | **30** = 3.000 K | **35** = 3.500 K | **40** = 4.000 K

54 = 5.400 K | **65** = 6.500 K | **80** = 8.000 K

QUALITA' DELLA LUCE RICHIESTA PER OGNI AMBIENTE

Ambiente	Tonalità di luce	Resa cromatica	Temperat. di colore (K)
•Abitazioni •Alberghi, bar, ristoranti •Negozi generi alimentari (carne e salumi) •Oreficerie •Locali di pubblico spettacolo •Ospedali (corsie)	calda	alta	< 3 000
•Scuole •Ospedali (illum. generale) •Uffici •Negozi vari •Grandi magazzini •Supermercati •Complessi sportivi	bianca	buona	4 000
•Officine - Industrie •Fabbriche generiche •Esterni	bianchissima	bassa	> 4 000
•Negozi di tessuti •Industrie tessili •Industrie grafiche •Studi fotografici •Laboratori	diurna	alta	> 5 000

La ricerca scientifica ha portato a determinare il valori migliori di IRC e Temperatura di Colore da garantire in ogni tipo di ambiente

QUANTITA' DI LUCE RICHIESTA PER OGNI AMBIENTE

Per illuminare correttamente un ambiente occorre fornire la giusta quantità di luce (flusso luminoso); questa viene valutata sulla base di una grandezza definita

ILLUMINAMENTO MEDIO

indicata con il simbolo E e misurata in lux (simbolo lx)

I valori ottimali d'illuminamento medio vengono determinati attraverso complesse considerazioni di ordine tecnico e fisiologico; si possono reperire nei manuali tecnici.

Illuminamento, temperatura di colore e indice di resa cromatica consigliati per vari tipi di ambiente e attività

	Illumin. E (lux)	Temperatura colore (K)	Indice resa cromatica
ABITAZIONI			
Soggiorni e salotti:			
- generale	100	3000	85
- locale	300-500	3000	85
Camere letto:			
- generale	50	3000	85
- locale	200	3000	85
Cucine:			
- generale	200	3000	85
- locale	500	3000	85
AREE GENERALI DI EDIFICI			
Atri, locali d'aspetto	200	4000	80
Corridoi, scale, ascensori	100	4000	80
Scale mobili, nastri trasportatori	150	4000	80
Cucine	500	3000-4000	85
Depositi di cibo, frigoriferi	150	4500	70
Toilettes, guardaroba	100	4000	85
TEATRI, CINEMA E SALE DA CONCERTO			
Foyer, ridotto	200	4000	85
Auditorio	100	4000	85

	Illumin. E (lux)	Temperatura colore (K)	Indice resa cromatica
CHIESE			
Navata	150	4000	85
Pulpito	300	4000	85
Coro	200	4000	85
Altare	150	4000	85
BIBLIOTECHE			
Sale lettura	300	4000	85
Tavoli di lettura	300	4000	85
Generale	200	4000	85
Scaffali	150	4000	85
Riparazione e rilegatura libri	500	4000	85
MUSEI E GALLERIE D'ARTE			
Oggetti insensibili alla luce	300	4000	85
Oggetti sensibili alla luce (oli, tempere, avori, legno ecc.)	150	3000-4000	85
Oggetti molto sensibili alla luce (acquarelli, costumi, arazzi, manoscritti, disegni ecc.)	50	3000-4000	85

Una volta determinato, attraverso le tabelle, l'illuminamento richiesto, si può procedere a calcolare il flusso luminoso necessario con la formula

$$\Phi_{\text{tot}} = \frac{E \cdot S}{f \cdot m} \quad (\text{lm})$$

Dove

- S è la superficie in pianta del locale misurata in m^2
- f è un fattore di forma che tiene conto dell'altezza del locale e dei piani di lavoro, nonché del colore del soffitto e delle pareti (elementi che influiscono sul rapporto tra luce riflessa e luce assorbita)
- m è un coefficiente di manutenzione che tiene conto della pulizia dell'ambiente (la polvere e l'unto che si depositano sulle lampade ostacolo l'emissione luminosa)

Il flusso totale così ricavato andrà poi rapportato all'emissione tipica di ogni lampada (valore fornito dal costruttore) per ricavare il numero di lampade da installare

$$N_L = \frac{\Phi_{\text{tot}}}{\Phi_L}$$

arrotondando naturalmente il risultato all'intero e aggiustandolo in base alle esigenze geometriche dell'installazione.

FONTI LUMINOSE TRADIZIONALI

lampade a incandescenza

Sono gli apparecchi di più antica concezione, inventati da Edison nella seconda metà dell '800. Forniscono luce di ottima qualità, ma presentano efficienza estremamente bassa, tanto che dovranno essere messe fuori produzione entro pochi anni secondo le indicazioni UE.

LAMPADE A INCANDESCENZA			
I.R.C. 100 % durata media 1000 h			
P (W)	Ø (cm)	h (cm)	lm/W
25	220	8.8	
40	350	8.8	
60	630	10.5	
100	1250	12.5	
150	2090	14	
200	2920	14.6	
300	4610	15.3	
500	8300	16.6	
1000	18600	18.6	
1500	29000	19.5	



Recentemente si è iniziato a produrre lampade a incandescenza di maggior efficienza rispetto a quelle tradizionali



EcoClassic30 Standard

- Stessa forma e qualità della luce ad incandescenza
- Straordinaria qualità di luce
- Lunga durata - 2 anni*

Standard	40W	60W	75W	100W	150W
EcoClassic30	28W	42W	53W	70W	105W

Lampade alogene

Hanno lo stesso principio di funzionamento di quelle a incandescenza e quindi gli stessi problemi energetici; la presenza di gas alogeno (fluoro o iodio) all'interno del bulbo permette di correggere la qualità della luce emessa, intervenendo in particolare sulla temperatura di colore.



Vengono particolarmente utilizzate nella “illuminazione ornamentale” o “illuminazione d’ambiente”.

La ricerca scientifica ha permesso negli ultimi anni di migliorare notevolmente l’efficienza luminosa.

Lampade a scarica: tubi fluorescenti

Sfruttano la luminescenza generata dal passaggio di una scarica elettrica nel gas inerte (neon). Hanno efficienza media e qualità luminosa minore rispetto alle incandescenza. Richiedono la presenza di dispositivi di accensione che presentano a loro volta delle perdite e possono ritardare l'accensione.

Anche in questo campo si sono fatti grandi passi avanti negli ultimi anni.

<u>TUBI FLUORESCENTI</u>			
I.R.C. 66 - 86 %			
durata media 6000 - 8000 h			
P (W)	 (lm)	lm/W	
18	1050 - 1450	37.5 - 51.9	
36	2600 - 3450	56.5 - 75	
58	4100 - 5400	58.6 - 77.1	



SCELTA DEI TUBI FLUORESCENTI

											
Campi di impiego	SKYWHITE	Cool Daylight		Daylight	Cool White		White	Warm White		INTERNA®	NATURA®
	880 8.000 K	865 6.500 K	965 6.500 K	954 5.400 K	840 4.000 K	940 4.000 K	835 3.500 K	830 3.000 K	930 3.000 K	827 2.700 K	76 3.500 K
Uffici e amministrazioni											
Uffici, corridoi	●				●		●	●			
Sale riunioni	●						●	●		●	
Industria, artigianato, commercio											
Elettrotecnica		●			●						
Industria tessile		●	●	●							
Lavorazione legno		●	○	○	●						
Industria grafica, laboratori		○	●	●	○						
Controllo dei colori			●	●		●					
Magazzini					●						
Locali scolastici e aule											
Auditori, aule scolastiche, scuole materne	●		○	○	●		●	●		●	
Biblioteche, sale di lettura					○		●	●		●	

Lampade a vapori di mercurio

Hanno efficienza elevata, ma emettono luce di scarsa qualità, con una forte componente azzurra.

Vengono utilizzate tipicamente per l'illuminazione esterna (strade, piazzali) o di grandi spazi (magazzini, reparti per lavorazioni grossolane, passaggi coperti) dove non ha importanza la qualità della luce, ma la sua quantità.

Anch'esse richiedono la presenza di accenditori.

LAMPADE A VAPORI DI MERCURIO		
I.R.C. 50 - 70 %		
durata media 8000 - 10000 h		
P (W)	Φ (lm)	lm/W
50	2000	34
80	3800	43
125	6300	46
250	13700	52
400	23100	54
700	40000	55
1000	55000	53
2000	130000	63



Lampade a vapori di sodio

a bassa pressione

Con funzionamento simile a quelle a vapori di mercurio, hanno efficienza altissima, ma emettono luce con una spiccata componente gialla, quindi con qualità luminosa molto scadente. Vengono in genere utilizzate per l'illuminazione di grandi superfici esterne (svincoli autostradali, grandi parcheggi, snodi ferroviari) dove il riconoscimento dei colori non ha importanza.



Lampade a vapori di sodio

ad alta pressione

Emettono luce con tonalità bianco – oro, quindi con componente gialla attenuata rispetto a quelle a bassa pressione. Vengono utilizzate per illuminazione “artistica” di complessi monumentali e centri storici.

Sono prodotte per potenze elevate e hanno costi sostenuti, a fronte di altrettanto elevate prestazioni in termini di efficienza.



ACCENDITORI



Tutte le lampade a scarica necessitano di particolari accessori detti genericamente accenditori (o reattori). Questi possono essere di tipo elettromagnetico o elettronico. Questi ultimi, più moderni, presentano costi e consumi minori, a fronte di una maggiore delicatezza soprattutto nei confronti delle sovratensioni di origine atmosferica.

LAMPADE DI NUOVA GENERAZIONE

lampade fluorescenti compatte

Le fluorescenti compatte (note soprattutto come lampade a risparmio energetico) non sono in fondo che dei tubi fluorescenti di nuova generazione, di piccolo diametro e ripiegati più volte in modo da occupare uno spazio ridotto. L'accenditore è un circuito elettronico miniaturizzato, in genere contenuto nello zoccolo e quest'ultimo è del tipo a virola (attacco con filetto Edison) adatto ai vecchi portalampada per le incandescenza.



Esistono anche modelli adatti agli attacchi per lampade alogene lineari e altri con accenditore separato (PL)



Le lampade fluorescenti compatte vengono prodotte in una vasta gamma di potenze e di solito commercializzate in termini di confronto con le lampadine a incandescenza.



Genie

- Eccezionale rapporto qualità/prezzo
- Dimensioni compatte
- Buona qualità della luce
- Lunga durata - 8 anni*

Standard 25W 40W 60W 75W 100W

Genie 5W 8W 11W 14W 18W

A tubi: gamme OSRAM DULUX® INTELLIGENT LONGLIFE, OSRAM DULUX® SUPERSTAR e OSRAM DULUXSTAR®

INCANDESCENZA		DULUX® INTELLIGENT		DULUX® SUPERSTAR		DULUXSTAR®
	25 W		5 W		5 W	
	40 W		7 W		7 W	
	60 W		11 W		11 W	
	75 W		14 W		14 W	
	100 W		18 W		18 W	
	120 W		22 W		22 W	
	150 W		30 W		30 W	

A spirale: OSRAM DULUX® SUPERSTAR MICROTWIST e OSRAM DULUXSTAR® MINI TWIST/TWIST

INCANDESCENZA		DULUX® SUPERSTAR		DULUXSTAR®
	25 W		-	
	40 W		7 W	5 W
	60 W		11 W	8 W
	75 W		14 W	11 W
	100 W		18 W	13 W
	120 W		23 W	18 W
				23 W

Globe: gamme OSRAM DULUX® SUPERSTAR e OSRAM DULUXSTAR®

INCANDESCENZA		DULUX® SUPERSTAR e DULUXSTAR®
	75 W	
	100 W	14 W
		18 W

Mini globe: gamme OSRAM DULUX® SUPERSTAR e OSRAM DULUXSTAR®

INCANDESCENZA		DULUX® SUPERSTAR e DULUXSTAR®
	25 W	
	40 W	5 W
	60 W	7 W
	75 W	11 W
	100 W	15 W
		20 W

Mini ball: gamme OSRAM DULUX® SUPERSTAR e OSRAM DULUXSTAR®

INCANDESCENZA		DULUX® SUPERSTAR e DULUXSTAR®
	25 W	
	40 W	5 W
	60 W	7 W
	75 W	11 W
	100 W	15 W
		20 W

Mini candle: gamme OSRAM DULUX® SUPERSTAR e OSRAM DULUXSTAR®

INCANDESCENZA		DULUX® SUPERSTAR e DULUXSTAR®
	25 W	
	40 W	5 W
	50 W	7 W
		10 W



Figura	Potenza (W)	Flusso lum. (lm)	Dimensioni d x l (mm)	EAN	Codice ordinazione	Unità di imballo	Energy Label
--------	-------------	------------------	-----------------------	-----	--------------------	------------------	--------------

DULUX INTELLIGENT LONGLIFE - Durata media 20.000 ore

Luce calda Warm Comfort Light (2.500 K)

Attacco E27

DI 5 W 825 E27	1	5	270	36x116	4050300357430	DI5825	10	A
DI 7 W 825 E27	1	7	380	36x116	4050300288819	DI7825	10	A
DI 11 W 825 E27	1	11	640	45x120	4050300811598	DI11825	10	A
DI 14 W 825 E27	2	14	820	45x131	4008321394965	DI14825	10	A
DI 18 W 825 E27	2	18	1.140	45x148	4008321394989	DI18825	10	A
DI 22 W 825 E27	3	22	1.440	58x176	4008321953469	DI22825	10	A
DI 30 W 825 E27	3	30	1.940	58x195	4008321935939	DI30825	10	A

Attacco E14

DI 5 W 825 E14	4	5	270	36x120	4050300314747	DI5825E1	10	A
DI 7 W 825 E14	4	7	380	36x122	4050300315157	DI7825E1	10	A
DI 11 W 825 E14	5	11	640	45x129	4050300811451	DI11825E1	10	A

Luce fredda Cool White (4.000 K)

Attacco E27

DI 5 W 840 E27	1	5	270	36x116	4008321394149	DI5840	10	A
DI 7 W 840 E27	1	7	380	36x116	4050300292373	DI7840	10	A
DI 11 W 840 E27	1	11	640	45x120	4050300811727	DI11840	10	A
DI 14 W 840 E27	2	14	820	45x131	4008321394200	DI14840	10	A
DI 18 W 840 E27	2	18	1.140	45x148	4008321394224	DI18840	10	A
DI 22 W 840 E27	3	22	1.440	58x176	4008321953476	DI22840	10	A
DI 30 W 840 E27	3	30	1.940	58x195	4050300856841	DI30840	10	A

Attacco E14

DI 5 W 840 E14	4	5	270	36x120	4008321395436	DI5840E1	10	A
DI 7 W 840 E14	4	7	380	36x122	4008321395498	DI7840E1	10	A
DI 11 W 840 E14	5	11	640	45x129	4008321395535	DI11840E1	10	A

SMALTIMENTO DELLE LAMPADE A SCARICA ESAURITE

A differenza delle lampadine a incandescenza, costruite essenzialmente con vetro e metallo, le lampade a scarica contengono alte percentuali di sostanze fortemente dannose per l'ambiente e la salute (mercurio, alogenuri etc.)

Questo comporta che, una volta esaurito il loro compito, questi apparecchi debbano essere raccolti in modo differenziato e conferiti ad operatori specializzati che li smaltiscano in modo sicuro, recuperando almeno una parte dei componenti da avviare al riciclo.



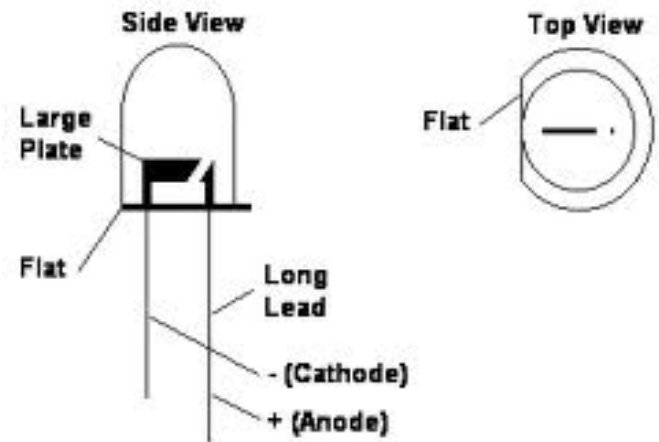
LA TECNOLOGIA L.E.D.

Light Emitter Diode
diodo a emissione luminosa

Il diodo è un componente elettronico bipolare (cioè dotato di due terminali) allo stato solido. Al suo interno è presente del materiale semiconduttore (normalmente silicio) chimicamente alterato (drogato) diviso in due zone separate dalla cosiddetta giunzione. Questa permette il passaggio della corrente elettrica in un solo senso.

Particolari drogaggi del semiconduttore possono fare in modo che, al passaggio della corrente tra i due terminali (detti catodo e anodo) la giunzione emetta un fascio luminoso il cui colore può cambiare in base al drogaggio stesso.

Tale fenomeno è sfruttato da tempo per costruire piccole spie e visualizzatori luminosi (display) per apparecchiature elettroniche.

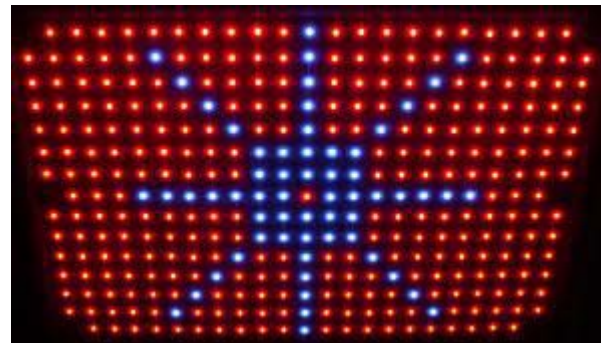


Il LED classico richiede per il suo funzionamento una corrente di circa 15 mA (0,015 A) e presenta ai sui capi una caduta di tensione di circa 2 V; pertanto la potenza consumata è pari a

$$P = V \cdot I = 2 \cdot 0,015 = 0,03 \text{ W} = 30 \text{ mW}$$

L'emissione luminosa corrispondente è di pochi lm.

Negli ultimi anni si è però riusciti a costruire LED ad alta efficienza che assorbono correnti relativamente elevate, dell'ordine di 350 mA, ed emettono un fascio di luce da oltre 160 lm; la dimensione del componente è di circa 1 mm². Assemblandone diversi in uno stesso apparecchio è quindi possibile costruire delle lampade con emissioni anche molto elevate e consumi estremamente ridotti.



PROBLEMI DI ALIMENTAZIONE

I LED funzionano a bassa tensione quindi per essere alimentati a valori di rete debbono essere collegati, a gruppi, in serie tra loro e/o essere dotati di particolari circuiti accenditori.

In corrente alternata conducono soltanto durante un semiperiodo della forma d'onda sinusoidale, quindi, per sfruttare a pieno la potenza fornita dalla rete, occorre "recuperare" le semionde negative.

Per contro funzionano correttamente in corrente continua e quindi sono particolarmente adatti ad essere alimentati da pannelli fotovoltaici.



FORME COSTRUTTIVE DELLE LAMPADE A LED





Anche le lampade a LED vengono commercializzate in termini di confronto con le lampadine a incandescenza tradizionali.



LED Eonic

- Stato dell'arte nella tecnologia LED
- Regolabile (nella versione 7W)
- Lunga durata – fino a 25 anni*

Standard 25W 40W

Eonic 5W 7W

STIMA DEI COSTI DI ESERCIZIO IN UN IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE UTILIZZANTE ALTERNATIVAMENTE LAMPADE A INCANDESCENZA, FLUORESCENTI COMPATTE E A LED

	tempo di funzion.	8 ore/giorno	25 gg/mese		costo energia	0,18 €/kWh						
lampade a incandescenza				lampade fluorescenti compatte				lampade a LED				
	n.	potenza unitaria W	potenza totale W	costo esercizio €	n.	potenza unitaria W	potenza totale W	costo esercizio €	n.	potenza unitaria W	potenza totale W	costo esercizio €
giornaliero	50	40	2000	2,88	50	8	400	0,58	50	7	350	0,50
mensile				72,00				14,40				12,60
annuale				864,00				172,80				151,20
risparmio %								80 %				82,5 %
COSTO D'INSTALLAZIONE												
costo unitario				3,00				9,00				15,00
costo totale				150,00				450,00				750,00

Il sole dove non arriva



tunnel solare

