

# DISTANZA E ILLUMINAMENTO

## INTRODUZIONE TEORICA

Il nostro studio sul comportamento della luce al variare della distanza necessita di un approfondimento sulle grandezze ottiche che individuano gli aspetti fisiologici delle radiazioni luminose. Per grandezze ottiche di tipo fisiologico, intendiamo delle grandezze fisiche che non tengano conto solo della sorgente luminosa (intesa come una fonte energetica) ma anche di come i nostri occhi reagiscono alla stimolazione luminosa (per es., percepiamo come più luminosa una fonte di luce gialla piuttosto che una fonte di luce rossa). Le grandezze ottiche che abbiamo esaminato, chiamate anche “Grandezze Fotometriche”, sono tre: l'intensità luminosa (I), il flusso luminoso ( $\Phi$ ) e l'illuminamento (E).

**Intensità luminosa** - L'intensità luminosa (I) rappresenta l'energia luminosa che viene emessa da sorgente puntiforme. L'unità di misura è la candela internazionale (cd), che è l'intensità luminosa emessa da una sorgente monocromatica ( $\nu = 540 \cdot 10^{12}$  Hz) di intensità energetica pari a 1/683 W/sr.

**Flusso luminoso** - Il flusso luminoso ( $\Phi$ ) è il prodotto tra l'intensità luminosa e l'angolo solido ( $\Phi = I \cdot \Omega$ ), e rappresenta l'energia luminosa che viene emessa da una sorgente luminosa puntiforme, tenendo conto dell'ampiezza del raggio. Si chiama angolo solido  $\Omega$  di un cono di vertice V il rapporto tra l'area S della porzione di superficie sferica di centro V intersecata dal cono stesso e il quadrato del raggio R di tale superficie sferica:  $\Omega = S/R^2$ . L'angolo solido è un numero puro ma può essere espresso in steradiani (sr), essendo 1 sr l'angolo solido tale che  $S = R^2$ . Il flusso luminoso si misurerà perciò in candele·steradiani, unità di misura che viene anche chiamata lumen (lm).

**Illuminamento** - L'illuminamento di una superficie (E) è il rapporto tra il flusso luminoso e l'area S della superficie considerata; l'unità di misura è il lux (lx) uguale ad 1 lumen al m<sup>2</sup>. Segue che  $E = \Phi/R^2 = I \cdot \Omega / R^2$  (Legge di Lambert).

## VERIFICA SPERIMENTALE DELLA LEGGE DI LAMBERT

E' possibile verificare la legge che lega l'illuminamento con la distanza dalla sorgente attraverso un esperimento.

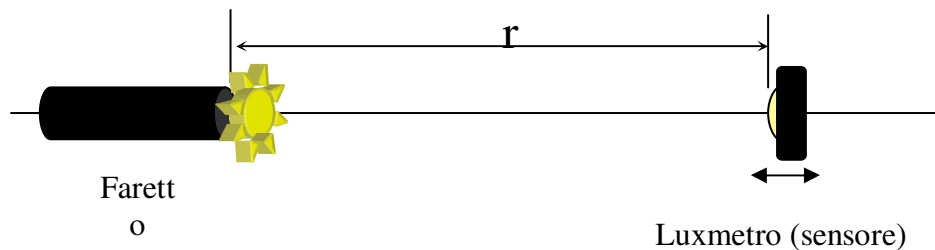
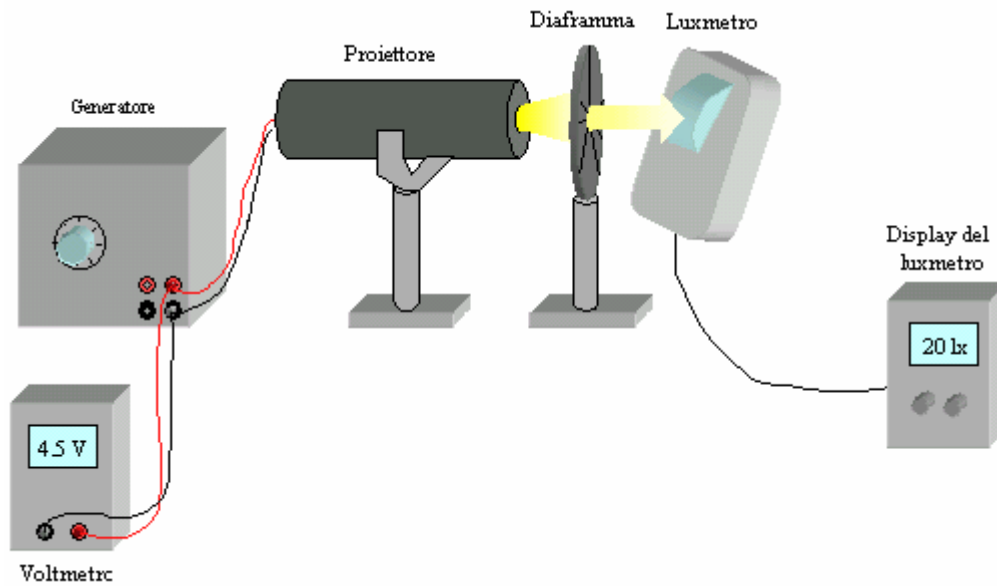
## MATERIALI E METODO

Abbiamo utilizzato un apparato costituito da una sorgente luminosa, una lente convergente, un diaframma e un luxmetro, uno strumento cioè in grado di misurare l'intensità luminosa attraverso una sonda. Come sorgente luminosa utilizziamo un proiettore con lampadina ad incandescenza da 6V in alternata da cui esce, con buona approssimazione, un fascio di luce conico. Questo viene quindi focalizzato, attraverso una lente convergente (avente focale di 5 cm nel nostro caso), sul foro di un diaframma posto alla distanza cui la lente produce un'immagine nitida e pressoché puntiforme del filamento della lampadina. Potremo allora considerare questo punto come assimilabile ad una sorgente luminosa puntiforme da cui esce un cono di luce.

Ora si può procedere avvicinando o allontanando la sonda del luxmetro dalla sorgente e annotando di volta in volta il valore rilevato dalla sonda e visualizzato sul display del luxmetro

stesso. Proiettore, lente, diaframma e sensore erano inoltre stati posti su stativi e cavalieri fissati sullo stesso banco ottico.

## DISEGNO DEL SISTEMA



## RISULTATI E LORO ANALISI

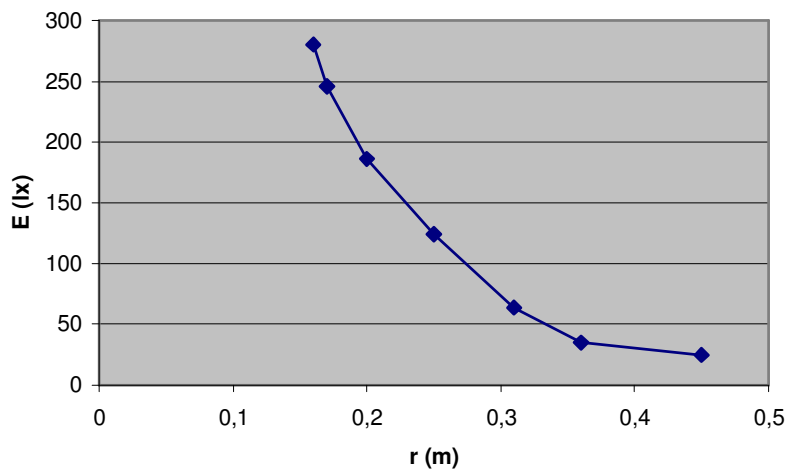
E' possibile osservare dai dati che sono stati rilevati (vedi tabella sotto) che, al variare delle distanza, varia anche l'intensità luminosa (vedremo in seguito in che rapporto).

### I<sup>a</sup> PROVA

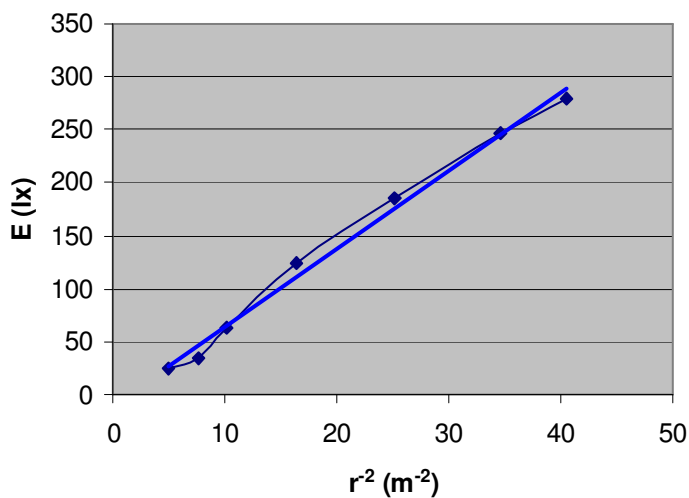
E (lx)	r (m)	$1/r^2$ (m <sup>-2</sup> )
$25 \pm 1$	$0,45 \pm 0,01$	$4,9 \pm 0,2$
$35 \pm 1$	$0,36 \pm 0,01$	$7,7 \pm 0,4$
$64 \pm 1$	$0,31 \pm 0,01$	$10,4 \pm 0,7$
$124 \pm 1$	$0,25 \pm 0,01$	$16 \pm 1$
$186 \pm 1$	$0,20 \pm 0,01$	$25 \pm 3$
$246 \pm 1$	$0,17 \pm 0,01$	$34 \pm 4$
$280 \pm 1$	$0,16 \pm 0,01$	$39 \pm 5$

Come è possibile osservare dalla tabella e dal grafico sotto riportato, l'illuminamento e il quadrato della distanza risultano essere inversamente proporzionali. Il grafico di E in funzione di  $r^{-2}$  è infatti risultato essere una retta e il loro rapporto, entro gli errori, costante.

**E (lx) in funzione di r (m)**



**Illuminamento e Distanza**



*Il grafico accanto, come è possibile vedere, è assimilabile ad una retta (esclusi un paio di valori) avente pendenza  $(7,3 \pm 0,2) \text{ lx} \cdot \text{m}^2$  e passante per l'origine.*

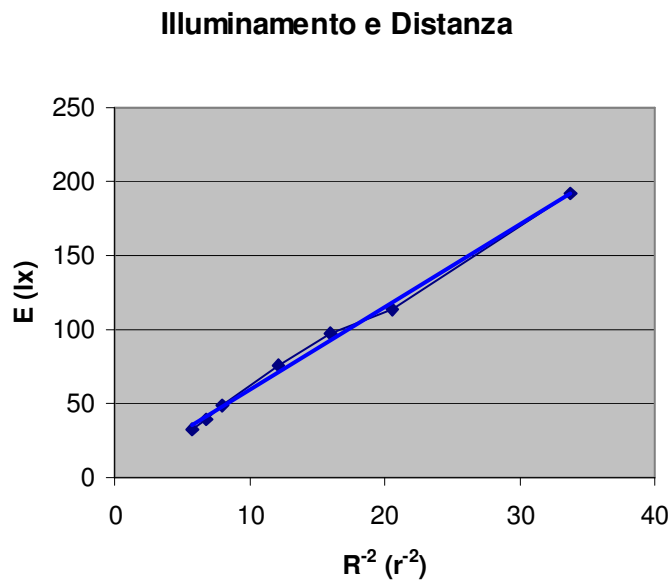
## II<sup>a</sup> PROVA

Abbiamo effettuato una secondo prova variando la tensione della lampadina, portandola dai precedenti 6 V a 3,8V. Come era facilmente prevedibile, l'intensità è diminuita ma abbiamo comunque verificato che E rimane inversamente proporzionale al quadrato della distanza.

E (lx)	r (m)	$1/r^2 \text{ (m}^{-2}\text{)}$
$33 \pm 1$	$0,42 \pm 0,01$	$5,7 \pm 0,3$
$39 \pm 1$	$0,38 \pm 0,01$	$6,9 \pm 0,4$
$48 \pm 1$	$0,35 \pm 0,01$	$8,2 \pm 0,5$
$76 \pm 1$	$0,29 \pm 0,01$	$11,9 \pm 0,8$
$97 \pm 1$	$0,25 \pm 0,01$	$16 \pm 1$
$113 \pm 1$	$0,22 \pm 0,01$	$21 \pm 2$

192 ± 1	0,17 ± 0,01	35±4
---------	-------------	------

*Il grafico accanto ha un andamento decisamente lineare e i valori sono decisamente coerenti; la pendenza è di  $(5,9 \pm 0,2)$   $\text{lx} \cdot \text{m}^2$ .*



### CAUSE DI ERRORE ED ACCORGIMENTI ADOTTATI

Le varie esperienze effettuate hanno fornito risultati mediamente attendibili. Si sono dovuti però adottare alcuni accorgimenti per non ottenere misurazioni che scartassero troppo dai valori teorici. In primo luogo, la sonda è dotata di un sensore piuttosto piccolo e si è dovuta prestare la massima attenzione nel cercare di far passare l'asse del cono di luce per la zona centrale del sensore del luxmetro. Inoltre si è dovuta mantenere intorno a valori medi la distanza sonda-sorgente (in una gamma tra i 15 e i 45 cm) poiché a distanze inferiori o superiori i valori risultavano falsati; infatti il sensore rischiava di non intercettare tutto il cono luminoso. Infine tutta l'apparecchiatura è stata posta in una stanza buia così da evitare errori nelle misurazioni dovuti a sorgenti esterne non desiderate (ad esempio la luce solare proveniente dall'esterno).

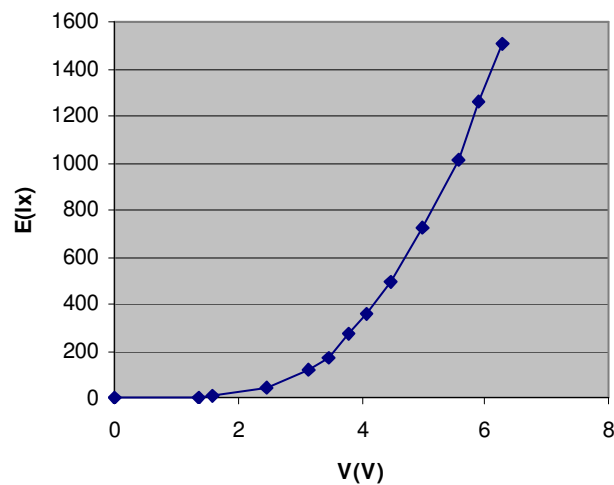
## APPROFONDIMENTO: ILLUMINAMENTO E TENSIONE

Una volta verificata la legge che lega l'illuminamento di una superficie in maniera inversamente proporzionale al quadrato della distanza, può risultare interessante studiare la *relazione esistente tra l'illuminamento di una superficie e la tensione* ai capi della sorgente. La strumentazione è da disporre come nell'esperienza precedente, ma in questo caso non si dovrà variare la distanza sorgente-sensore del luxmetro bensì la tensione della lampadina.

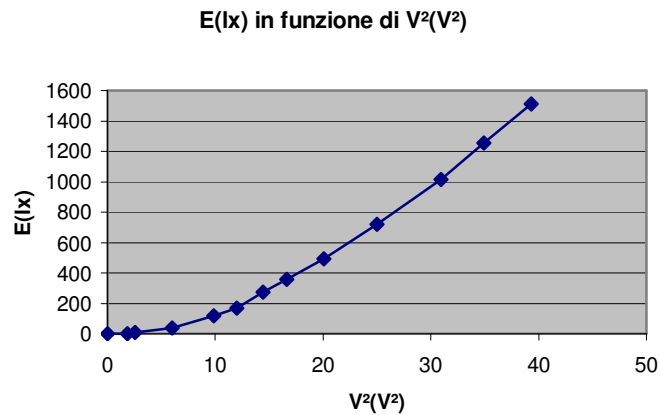
I dati sperimentali ottenuti, elaborati in prima istanza con un grafico dell'illuminamento in funzione della d.d.p., portano a presupporre che esista una forma di proporzionalità di tipo potenza, infatti il grafico ha le sembianze di un ramo di parabola.

V (V)	E (lx)
0,00±0,05	0,0±0,2
1,35±0,05	1,7±0,2
1,60±0,05	8,2±0,4
2,45±0,05	39±2
3,14±0,05	116±4
3,46±0,05	168±4
3,80±0,05	275±5
4,08±0,05	360±5
4,48±0,05	494±5
5,00±0,05	720±5
5,56±0,05	(102±1)·10
5,91±0,05	(126±1)·10
6,27±0,05	(151±1)·10

E(lx) in funzione di V(V)



Si è quindi proceduto graficando l'illuminamento in funzione del quadrato del voltaggio, tuttavia, seppur la linea si rettifichi notevolmente, resta comunque una concavità verso l'alto.



L'illuminamento in funzione del cubo del voltaggio è rappresentato da una linea che si può ritenere, con buona approssimazione, assimilabile ad una retta, mentre l'illuminamento in funzione di  $V^4$  presenta una concavità verso il basso. E' dunque evidente che l'esponente al quale elevare il voltaggio è compreso tra 3 e 4. Abbiamo individuato come miglior esponente non un numero naturale bensì un razionale:  $10/3$ . La linea risulta infatti una retta, tant'è vero che aggiungendo al grafico una linea di tendenza di regressione lineare, si sovrappone quasi interamente alla linea che congiunge i punti determinati sperimentalmente.

$V^{10/3} (V^{10/3})$	$E(lx)$
$0 \pm 0,05$	$0,0 \pm 0,2$
$2,72 \pm 0,3$	$1,7 \pm 0,2$
$4,79 \pm 0,5$	$8,2 \pm 0,4$
$20 \pm 1$	$39 \pm 2$
$45 \pm 2$	$116 \pm 4$
$63 \pm 3$	$168 \pm 4$
$86 \pm 4$	$275 \pm 5$
$109 \pm 4$	$360 \pm 5$
$148 \pm 6$	$494 \pm 5$
$214 \pm 7$	$720 \pm 5$
$305 \pm 9$	$(102 \pm 1) \cdot 10$
$(37 \pm 1) \cdot 10$	$(126 \pm 1) \cdot 10$
$(46 \pm 1) \cdot 10$	$(151 \pm 1) \cdot 10$

