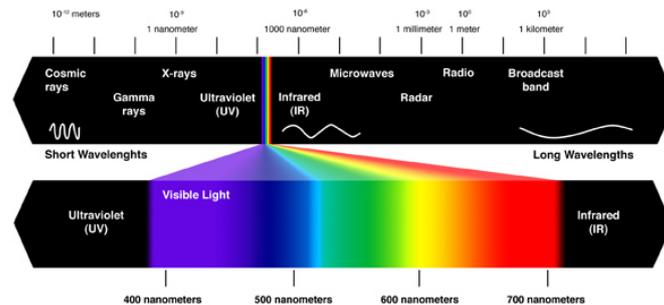


# Illuminamento e intensità luminosa

Giuseppe Sottile

18 maggio 2021



## 1 Abstract

Si descrive il comportamento di diverse sorgenti luminose. Si studia l'illuminamento relativamente ad ogni sorgente in base alla tipologia ed alla potenza - in una "stanza isolata da un punto di vista illuminotecnico" (o al buio) attraverso un luxmetro. Infine si mostra come il flusso luminoso gode della legge dell'inverso del quadrato come accade per altre entità fisiche come i campi elettrici, gravitazionali ecc.

## 2 Keywords

Luce, Lux, Luminanza, Lumen, Luxmetro, Lampade, Lights, Waves

◇

## 3 Materiale

- Smartphone Mate 10 Pro BLA-L09 con Sistema operativo Android 10 - 6Gb RAM, Processore HiSilicon Kirin 970.
- Applicazione PhyPhox con funzione luxmetro
- Programma Excel/Scidavis
- Lampade di vario genere (alogene, led, laser, neon...)
- Metro per distanze

## 4 Introduzione

### 4.1 Alcune grandezze illuminotecniche

Prima di entrare nel vivo delle misurazioni, diamo qualche cenno delle principali grandezze illuminotecniche fondamentali, la più importante delle quali è certamente l'intensità luminosa che nel sistema internazionale è una delle 7 grandezze fondamentali e si misura in candele (cd). Una candela (1 cd) è l'intensità luminosa di una sorgente che emette radiazione monocromatica alla frequenza di  $540 \cdot 10^{12} Hz$  con intensità radiante pari a  $\frac{1}{683}$  watt per steradiante.

#### 4.1.1 Angolo solido e flusso luminoso

Il dispositivo "luxmetro", misura in sostanza una grandezza denominata "Intensità luminosa", la cui unità di misura è il "lux". Per capire di cosa si tratta bisogna però dapprima accennare anzitutto al concetto fondamentale di flusso luminoso, il quale è correlato altresì al concetto geometrico di angolo solido. Un angolo solido è la versione tridimensionale di un angolo piano. Un angolo piano misura il rapporto tra l'arco di circonferenza ed il raggio. In un angolo solido si aumentano il numero di dimensioni, e si definisce il rapporto tra la superficie individuata da un cono ed il raggio al quadrato -  $d\Omega = \frac{dA}{R^2}$ , la cui unità di misura è lo steradiante abbr. "sr".

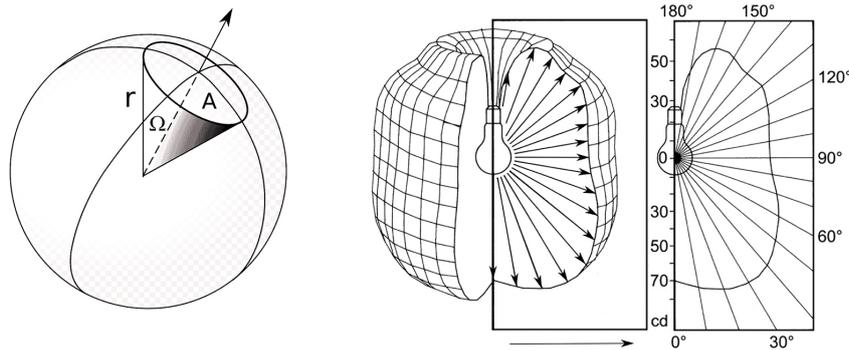


Figura 1: Angolo solido e Solido fotometrico

Supponendo ad esempio, di voler misurare l'angolo solido sferico completo, secondo la definizione, dobbiamo dividere la superficie di tutta la sfera, per il quadrato del raggio ottenendo in sostanza:

$$\Omega = \frac{4\pi R^2}{R^2} = 4\pi sr$$

#### 4.1.2 Lumen

Il flusso luminoso in (watt) esprime in sostanza quanta energia luminosa è emessa per unità di tempo:  $\Phi = \frac{dE}{dt}$ , tuttavia esiste una definizione speciale del flusso (in lumen) correlata alla banda della luce attraverso il seguente integrale esteso all'intervallo del visibile

$$\Phi_{lm} = 683 \int_{380nm}^{780nm} \Phi_{\lambda} V(\lambda) d\lambda$$

Il primo termine all'interno dell'integrale esprime la radiazione emessa per ciascuna lunghezza d'onda (espressa in Watt), il secondo invece è un fattore di visibilità relativa (che rende conto di come l'occhio umano reagisce ai vari "colori"). Per la visibilità diurna il massimo valore (pari a

1) ad esempio corrisponde alla lunghezza d'onda di 555nm come riportato nel grafico in basso. Il fattore  $1/683$  esprime la costante di conversione da lumen a Watt. Perciò si può definire un lumen come il flusso luminoso emesso da una sorgente di luce puntiforme di intensità pari ad una candela ed uscente dalla superficie di un metro quadrato di sfera con raggio pari a un metro (steradiante). Il vantaggio della misura del flusso luminoso in lumen è che a differenza di quella in candele, non dipende dall'angolo di emissione; inoltre il flusso esprime solo quanto una sorgente è potente da un punto di vista luminoso e non fornisce alcuna informazione sulla qualità o sul tipo della luce emessa, sulla sua composizione spettrale, sulla sua tonalità di colore, temperatura ecc.

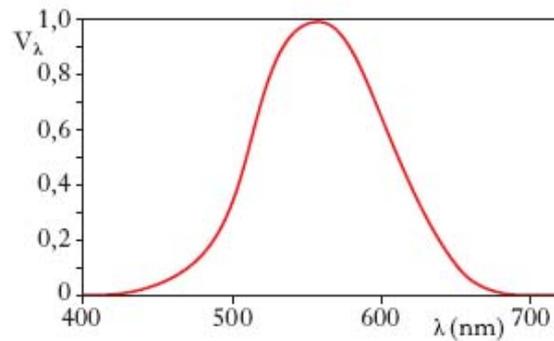


Figura 2: Curva di sensibilità (fotopica) dell'occhio umano

#### 4.1.3 Illuminamento e Lux

L'applicazione phyphox sfrutta il sensore del dispositivo per misurare in sostanza, l'illuminamento di una sorgente posizionata ad una certa distanza. I dati estratti dal dispositivo sono misurati in lux. Il lux è l'unità di misura dell'illuminamento, ossia della quantità di luce che investe una superficie  $E = \frac{d\Phi}{dS}$ . Ad esempio  $1lux$  corrisponde ad 1lumen su una superficie di  $1(m^2)$  (metro quadro).

$$1lux = \frac{1lm}{1m^2}$$

In base a questa definizione l'illuminamento varia con l'inverso del quadrato della distanza dalla sorgente luminosa, come verrà mostrato più avanti.

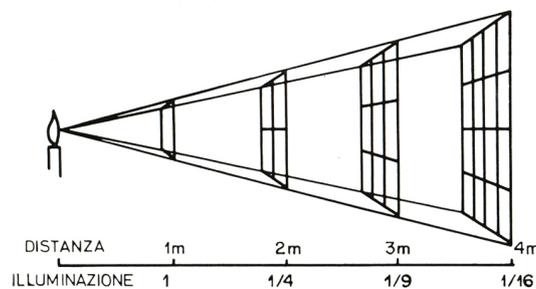


Figura 3: Legge dell'inverso del quadrato



## 5.2 Misura del flusso luminoso di una Valvola termoionica

Una valvola termoionica presenta un filamento che surriscaldandosi provoca il cosiddetto **Effetto Termoionico**, come scoprì Edison ed altri. E' interessante misurare il flusso luminoso emesso dalla valvola quando essa è in funzionamento.

Inviando una tensione pari a  $5V$  si è misurato il valore in lux della valvola ad una distanza inferiore a circa  $0.1m$ , per via della debolissima luce presente nel bulbo. Le prove sono state effettuate al buio dopo aver atteso pochi secondi in quanto la valvola necessita di un tempo  $\Delta t$  di regime in cui si ha la massima luminosità sul catodo.

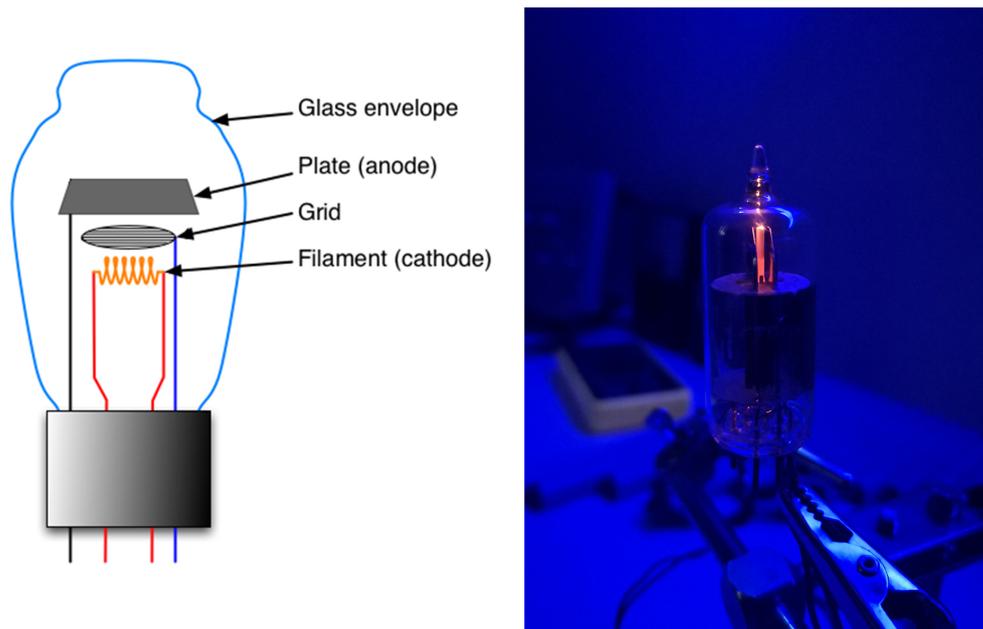


Figura 6: Valvola termoionica a regime

## 5.3 Misura del flusso luminoso di un diodo laser

Per la misura del diodo laser, si è impiegato un puntatore astronomico per osservazioni da telescopio, posizionato ad una distanza di  $0.5m$ . Ed un diodo laser (rosso) tradizionale.

## 6 Risultati

Di seguito i risultati relativi alle misurazioni. La tabella riporta, alcuni parametri nominali e le relative incertezze. Per la determinazione della potenza, delle sorgenti spurie (senza parametri) si è applicato un certo valore di tensione mediante l'alimentatore stabilizzato, si è letto il valore di corrente e si è impiegata la relazione  $P = VI$ . La stima della propagazione dell'errore relativo nella formula è data da

$$\frac{\delta P}{|\delta P|} = \frac{\delta VI}{|\delta VI|} = \frac{\delta I}{|\delta I|} + \frac{\delta V}{|\delta V|}$$

### Misura parametri elettrici sorgenti luminose

	Led	Filamento	Alogena
Potenza El.[W]	$1.85 \pm 0.01$	$2.00 \pm 0.01$	$5.00 \pm 0.01$
Flusso nominale [lm]	n.d.	n.d.	n.d.
<b>Distanza [m]</b>	$0.50 \pm 0.01$	$0.50 \pm 0.01$	$0.50 \pm 0.01$
<b>Illuminamento [lx]</b>	$12.79 \pm 3.06$	$3.71 \pm 0.84$	$4.14 \pm 1.70$
<i>Flusso reale [lm]</i>	$20.09 \pm 0.01$	$5.82 \pm 0.01$	$6.50 \pm 0.01$
<i>Potenza luminosa [W]</i>	$3.42 \pm 0.01$	$3.5 \pm 0.1$	$1.62 \pm 0.01$

	Laser green	Valvola termoionica
Potenza El.[W]	$0.72 \pm 0.01$	$5.25 \pm 0.01$
Flusso nominale [lm]	n.d.	n.d.
<b>Distanza [m]</b>	$0.50 \pm 0.01$	$0.10 \pm 0.01$
<b>Illuminamento [lx]</b>	$130.51 \pm 0$	$0.22 \pm 0.36$
<i>Flusso reale [lm]</i>	$251.16 \pm 0.01$	$0.34 \pm 0.01$
<i>Potenza luminosa [W]</i>	$2.5 \pm 0.1$	$2.62 \pm 0.01$

### Risultati misura del flusso luminoso

al variare della distanza per una sorgente a led

d - Distanza [m]	$\frac{1}{d^2} [m^{-2}]$	I - Illuminamento [lx]
$0.1 \pm 0.01$	$20 \pm 1$	$4055.06 \pm 64.80$
$0.2 \pm 0.01$	$20 \pm 1$	$1687.10 \pm 19.17$
$0.3 \pm 0.01$	$20 \pm 1$	$875.99 \pm 8.30$
$0.4 \pm 0.01$	$20 \pm 1$	$486.14 \pm 3.73$
$0.5 \pm 0.01$	$20 \pm 1$	$386.93 \pm 11.61$
$0.6 \pm 0.01$	$20 \pm 1$	$229.31 \pm 1.85$
$0.7 \pm 0.01$	$20 \pm 1$	$180.74 \pm 1.52$
$0.8 \pm 0.01$	$20 \pm 1$	$143.23 \pm 1.26$
$0.9 \pm 0.01$	$20 \pm 1$	$118.81 \pm 1.26$
$1 \pm 0.01$	$20 \pm 1$	$100.97 \pm 1.54$
$1.1 \pm 0.01$	$20 \pm 1$	$88.64 \pm 1.09$
$2.7 \pm 0.02$	$20 \pm 1$	$20.24 \pm 0.58$
$4.5 \pm 0.02$	$20 \pm 1$	$9.19 \pm 0.67$

◇

## 7 Discussione

### 7.1 Valvola termoionica

Il grafico di illuminamento della valvola termoionica presenta una forma simile ad un'onda triangolare. Essendo debolissimo, il bagliore luminoso emesso dal filamento (catodo) il sensore ha estratto delle informazioni con un'incertezza superiore al dato in esame. Provando a diverse distanze, anche ravvicinate (es:  $0.05m - 0.03m$ ), l'effetto è rimasto tale. Anche oscurando la stanza al massimo, la luce emessa dalla valvola veniva disturbata da piccolissime variazioni o spostamenti di pochi millimetri.

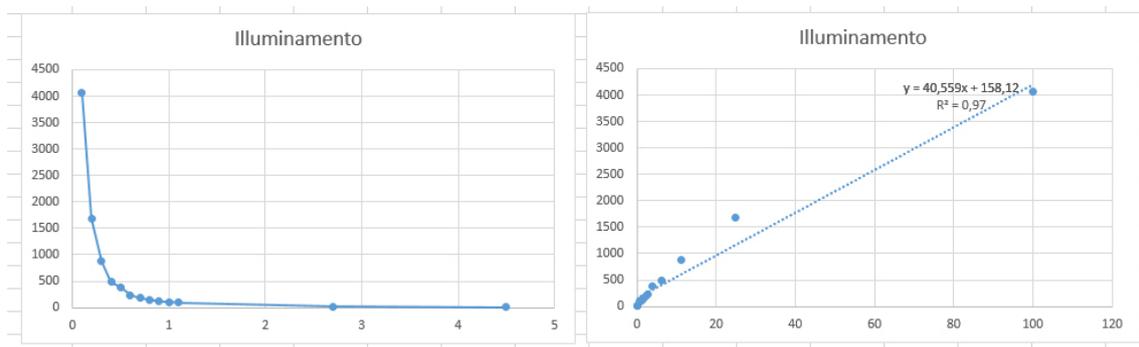


Figura 7: Grafici di  $I(1/d^2)$  e retta di regressione lineare

### 7.2 Laser

I dati relativi al laser, mostrano una curva perfettamente lineare. Rispetto alle altre sorgenti, si è misurato un valore più grande di circa due ordini di grandezza (i.e.  $130.71lux$ ); relativamente al fatto che il laser presenta un flusso luminoso concentrato in una piccola regione, rispetto a tutte le altre sorgenti omnidirezionali. <sup>1</sup> La linearità è dovuta principalmente al fatto che il sensore non distingue le piccole variazioni in fase di campionamento quando il flusso è così elevato.

## 8 Conclusioni e note

Si è mostrato come la misura dei parametri illuminotecnici dipende da diversi fattori e come una diversa tipologia di lampada sia più o meno efficiente di un'altra, anche a parità di potenza. La caratteristica della legge dell'inverso del quadrato inoltre ha messo in evidenza come l'intensità luminosa si comporti come altre grandezze fondamentali (i.e campi elettrici e gravitazionali) essendo definita a partire dal concetto di flusso.

## 9 Bibliografia

- Manuale di illuminazione, Pietro Palladino, Tecniche Nuove 2005
- Wikipedia

<sup>1</sup>Il dispositivo ha aumentato al massimo la luminosità del display, quando investito dal laser