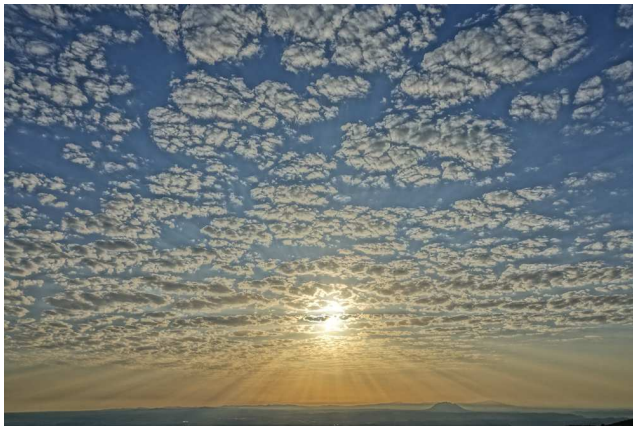


Misurare la luce

(Da un webinar per LAB2Go)

Giulio D'Agostini

Università di Roma La Sapienza



Sole: luce e calore



Sole: luce e calore



► Quanto ci illumina?

Sole: luce e calore



- ▶ Quanto ci illumina?
- ▶ Quanto ci scalda?

Sole: luce e calore



- ▶ Quanto ci illumina?
- ▶ Quanto ci scalda? → Quanta **energia** ci fornisce?

Energia

L'energia appare in tante forme

Energia

L'energia appare in tante forme e passa da una forma all'altra

Energia

L'energia appare in tante forme e passa da una forma all'altra

Ma cosa è l'energia?

Energia

L'energia appare in tante forme e passa da una forma all'altra

Ma cosa è l'energia?

“È ciò che scalda una pentola d'acqua”



(Giorgio Salvini)

Energia

L'energia appare in tante forme e passa da una forma all'altra

Ma cosa è l'energia?

“È ciò che scalda una pentola d'acqua”



(Giorgio Salvini)

→ 'degradazione dell'energia'

Energia

L'energia appare in tante forme e passa da una forma all'altra

Ma cosa è l'energia?

“È ciò che scalda una pentola d'acqua”



(Giorgio Salvini)

→ 'degradazione dell'energia'

“Se ti cade il tappo del tubetto del dentifricio, non cercare di riprenderlo mentre rimbalza nel lavello. Aspettalo in fondo!” (G.S.)

Energia

L'energia appare in tante forme e passa da una forma all'altra

Ma cosa è l'energia?

“È ciò che scalda una pentola d'acqua”



(Giorgio Salvini)

→ 'degradazione dell'energia'

“Se ti cade il tappo del tubetto del dentifricio, non cercare di riprenderlo mentre rimbalza nel lavello. Aspettalo in fondo!” (G.S.)

→ **Calorimetria**

Calorimetria

Non è roba antica accantonata in qualche scantinato.

Calorimetria

Non è roba antica accantonata in qualche scantinato.

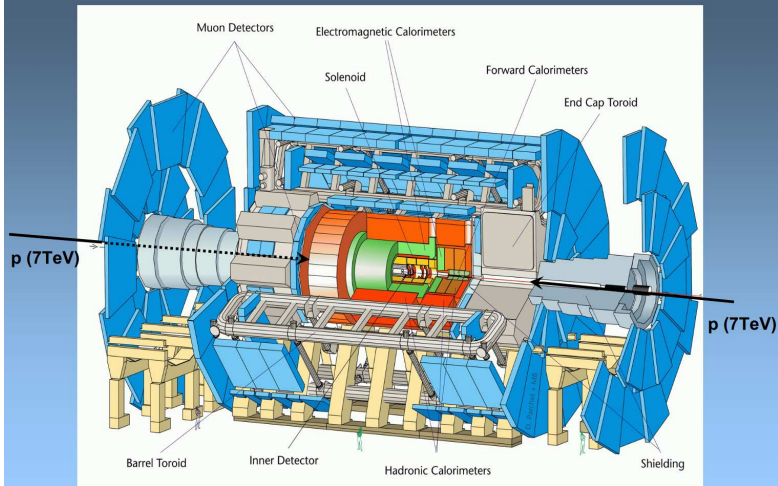
Importante il **concetto**, anche se sono mutate le tecniche

Calorimetria

Non è roba antica accantonata in qualche scantinato.

Importante il **concetto**, anche se sono mutate le tecniche

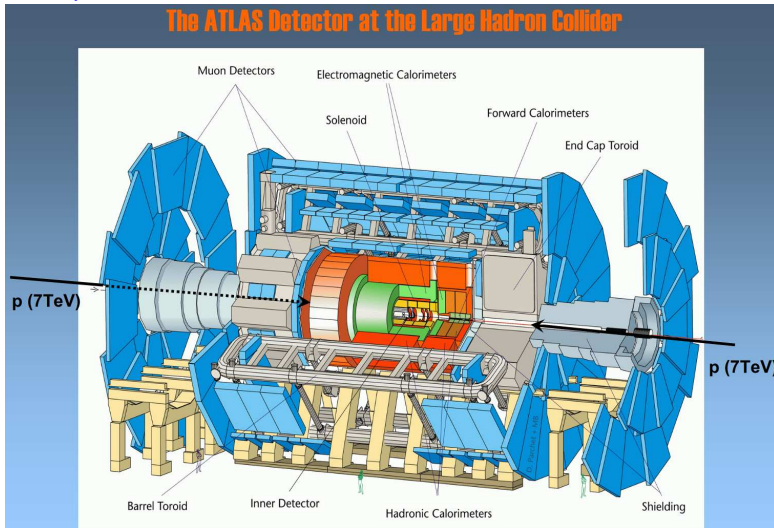
The ATLAS Detector at the Large Hadron Collider



Calorimetria

Non è roba antica accantonata in qualche scantinato.

Importante il **concetto**, anche se sono mutate le tecniche



→ Output proporzionale a energia totale rilasciata

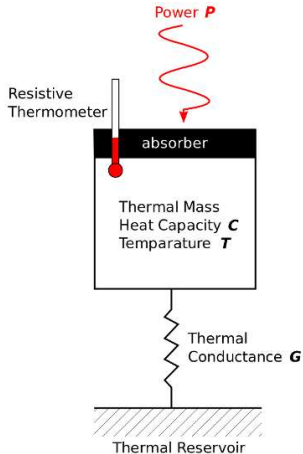
Misurare energia radiante (\rightarrow 'radiometria')

Pentola un po' più raffinata di quelle per cuocere la pasta...

Misurare energia radiante (\rightarrow 'radiometria')

Pentola un po' piú raffinata di quelle per cuocere la pasta...

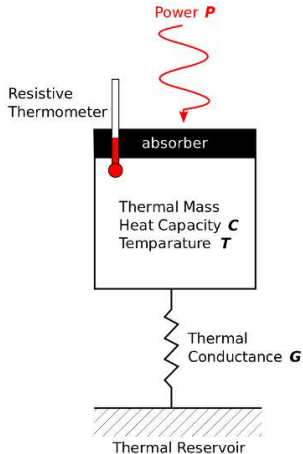
\rightarrow Bolometro



Misurare energia radiante (\rightarrow 'radiometria')

Pentola un po' piú raffinata di quelle per cuocere la pasta...

\rightarrow Bolometro



$$\Rightarrow \Delta T \propto P \times \Delta t$$

Quanto ci scalda il Sole?

Costante solare (fuori dell'atmosfera):

$$\approx 1.36 \text{ kW/m}^2$$

Quanto ci scalda il Sole?

Costante solare (fuori dell'atmosfera):

$$\approx 1.36 \text{ kW/m}^2 \rightarrow \approx 1.4 \text{ kW/m}^2$$

Quanto ci scalda il Sole?

Costante solare (fuori dell'atmosfera):

$$\approx 1.36 \text{ kW/m}^2 \rightarrow \approx 1.4 \text{ kW/m}^2$$

Al suolo (in condizioni ottimali):

$$\approx 1.00 \text{ kW/m}^2$$

Quanto ci scalda il Sole?

Costante solare (fuori dell'atmosfera):

$$\approx 1.36 \text{ kW/m}^2 \rightarrow \approx 1.4 \text{ kW/m}^2$$

Al suolo (in condizioni ottimali):

$$\approx 1.00 \text{ kW/m}^2 \rightarrow \approx 1.0 \text{ kW/m}^2$$

Quanto ci scalda il Sole?

Costante solare (fuori dell'atmosfera):

$$\approx 1.36 \text{ kW/m}^2 \rightarrow \approx 1.4 \text{ kW/m}^2$$

Al suolo (in condizioni ottimali):

$$\approx 1.00 \text{ kW/m}^2 \rightarrow \approx 1.0 \text{ kW/m}^2$$

(pannello ortogonale ai raggi del sole)

Quanto ci scalda il Sole?

Costante solare (fuori dell'atmosfera):

$$\approx 1.36 \text{ kW/m}^2 \rightarrow \approx 1.4 \text{ kW/m}^2$$

Al suolo (in condizioni ottimali):

$$\approx 1.00 \text{ kW/m}^2 \rightarrow \approx 1.0 \text{ kW/m}^2$$

(pannello ortogonale ai raggi del sole)

Esercizi:

1. Quanta potenza (media) incide sul pianeta Terra?

Quanto ci scalda il Sole?

Costante solare (fuori dell'atmosfera):

$$\approx 1.36 \text{ kW/m}^2 \rightarrow \approx 1.4 \text{ kW/m}^2$$

Al suolo (in condizioni ottimali):

$$\approx 1.00 \text{ kW/m}^2 \rightarrow \approx 1.0 \text{ kW/m}^2$$

(pannello ortogonale ai raggi del sole)

Esercizi:

1. Quanta potenza (media) incide sul pianeta Terra?
2. Quanta potenza totale emette il Sole?

Quanto ci scalda il Sole?

Costante solare (fuori dell'atmosfera):

$$\approx 1.36 \text{ kW/m}^2 \rightarrow \approx 1.4 \text{ kW/m}^2$$

Al suolo (in condizioni ottimali):

$$\approx 1.00 \text{ kW/m}^2 \rightarrow \approx 1.0 \text{ kW/m}^2$$

(pannello ortogonale ai raggi del sole)

Esercizi:

1. Quanta potenza (media) incide sul pianeta Terra?
2. Quanta potenza totale emette il Sole?
3. Quanta ne emette per m^2 di superficie?

Quanto ci scalda il Sole?

Costante solare (fuori dell'atmosfera):

$$\approx 1.36 \text{ kW/m}^2 \rightarrow \approx 1.4 \text{ kW/m}^2$$

Al suolo (in condizioni ottimali):

$$\approx 1.00 \text{ kW/m}^2 \rightarrow \approx 1.0 \text{ kW/m}^2$$

(pannello ortogonale ai raggi del sole)

Esercizi:

1. Quanta potenza (media) incide sul pianeta Terra?
2. Quanta potenza totale emette il Sole?
3. Quanta ne emette per m^2 di superficie?
4. Ricordando la famosa $E = m c^2$,
→ massa è 'bruciata' al secondo

Quanto ci scalda il Sole?

Costante solare (fuori dell'atmosfera):

$$\approx 1.36 \text{ kW/m}^2 \rightarrow \approx 1.4 \text{ kW/m}^2$$

Al suolo (in condizioni ottimali):

$$\approx 1.00 \text{ kW/m}^2 \rightarrow \approx 1.0 \text{ kW/m}^2$$

(pannello ortogonale ai raggi del sole)

Esercizi:

1. Quanta potenza (media) incide sul pianeta Terra?
2. Quanta potenza totale emette il Sole?
3. Quanta ne emette per m^2 di superficie?
4. Ricordando la famosa $E = m c^2$,
→ massa è 'bruciata' al secondo
5. Quanta potenza arriva su un pannello di 10 m^2 posto orizzontalmente, se il sole è inclinato di 30, 60 o 90 gradi rispetto al piano orizzontale?

E quanto ci illumina?

E quanto ci illumina?

radiometria → **fotometria**

E quanto ci illumina?

radiometria → **fotometria**

- ▶ Il sole emette **radiazione elettromagnetica** su un ampio **spettro di frequenze**.

E quanto ci illumina?

radiometria → **fotometria**

- ▶ Il sole emette **radiazione elettromagnetica** su un ampio **spettro di frequenze**.
- ▶ Ma l'**occhio umano è sensibile solo a un intervallo limitato di frequenze**

E quanto ci illumina?

radiometria → **fotometria**

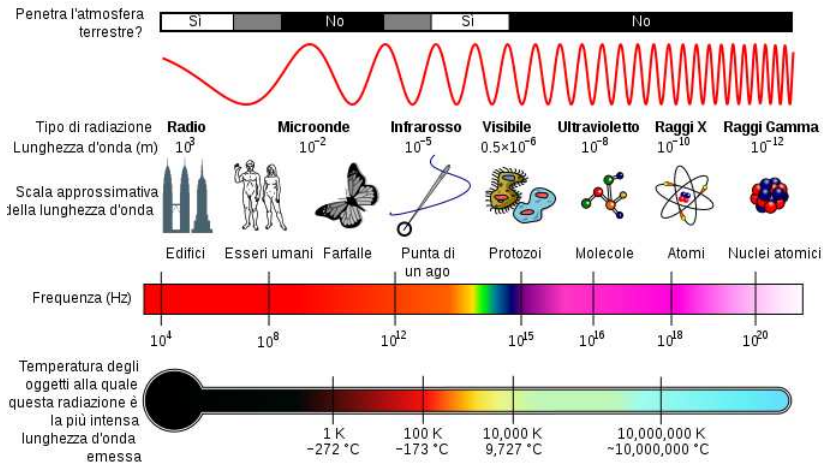
- ▶ Il sole emette **radiazione elettromagnetica** su un ampio **spettro di frequenze**.
- ▶ Ma l'occhio umano è sensibile solo a un intervallo limitato di frequenze
⇒ **luce visibile**

E quanto ci illumina?

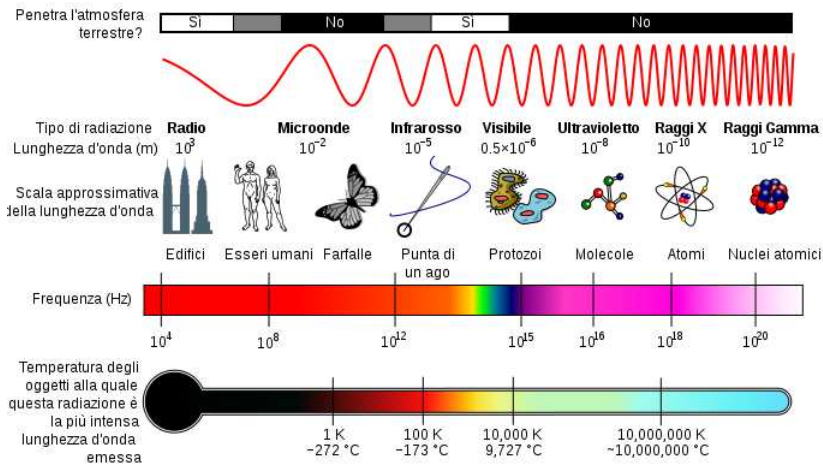
radiometria → **fotometria**

- ▶ Il sole emette **radiazione elettromagnetica** su un ampio **spettro di frequenze**.
- ▶ Ma l'occhio umano è sensibile solo a un intervallo limitato di frequenze
⇒ **luce visibile**
- ▶ E *il visibile non è tutto ugualmente visibile*.

Radiazione elettromagnetica

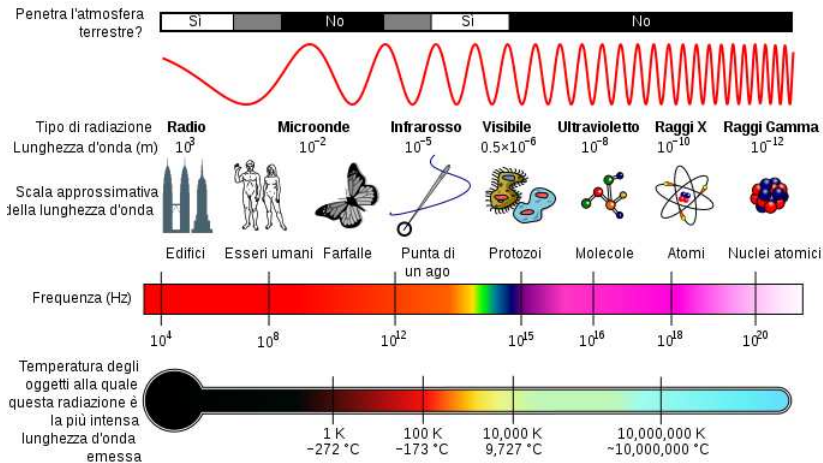


Radiazione elettromagnetica



► relazione fra frequenza (ν) e lunghezza d'onda (λ): $\lambda \cdot \nu = c$.

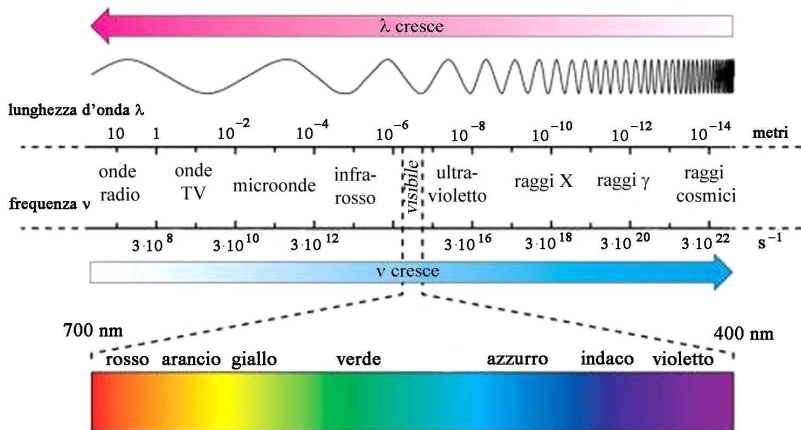
Radiazione elettromagnetica



- ▶ relazione fra frequenza (ν) e lunghezza d'onda (λ): $\lambda \cdot \nu = c$.
- ▶ Della **temperatura** parleremo dopo, ricollegandoci all'**esercizio nr. 3**.

Radiazione elettromagnetica

Zoom nel visibile:



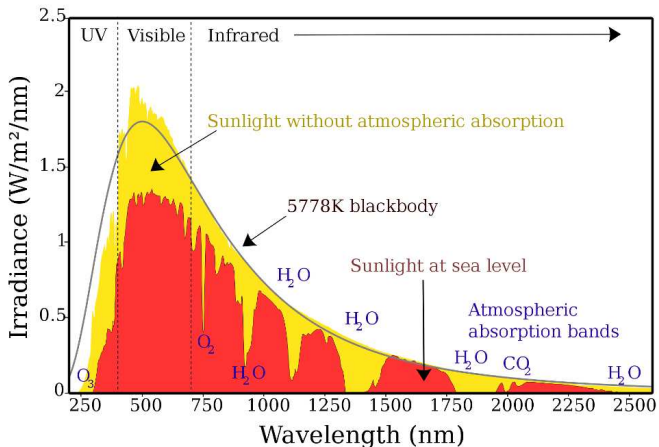
⇐ Infrarosso

Ultravioletto ⇒

Spettro di emissione del Sole

Potenza al m^2 per unità di lunghezza d'onda ([wiki/Sunlight](#))

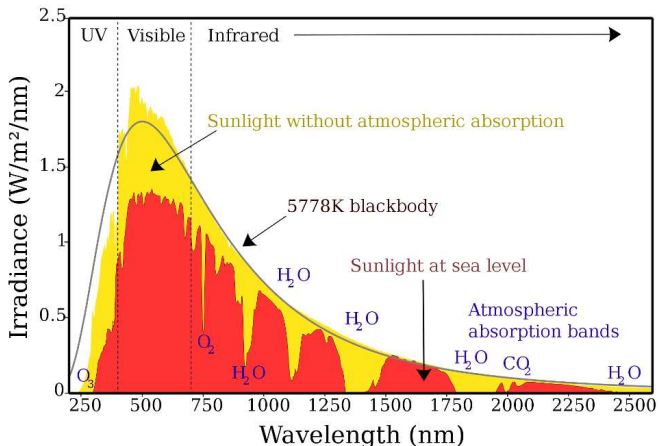
Spectrum of Solar Radiation (Earth)



Spettro di emissione del Sole

Potenza al m^2 per unità di lunghezza d'onda ([wiki/Sunlight](https://it.wikipedia.org/wiki/Sunlight))

Spectrum of Solar Radiation (Earth)

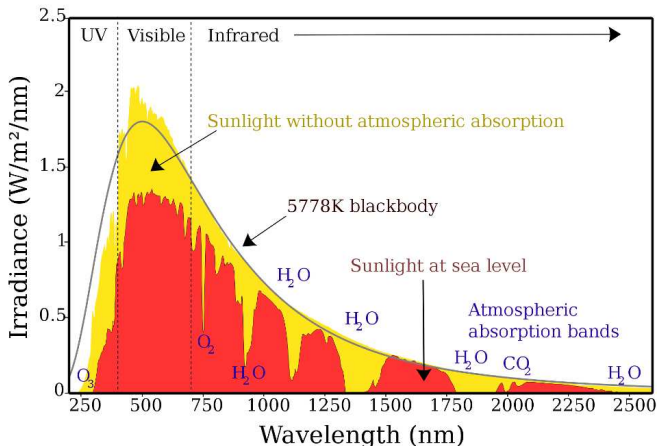


- L'area degli spettri ci dà i W/m^2 .

Spettro di emissione del Sole

Potenza al m^2 per unità di lunghezza d'onda ([wiki/Sunlight](#))

Spectrum of Solar Radiation (Earth)

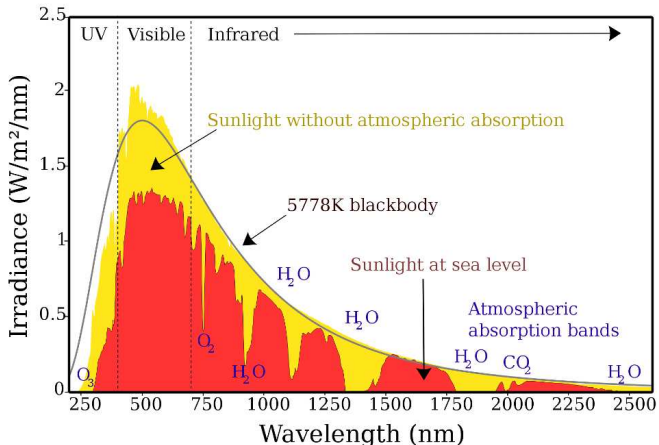


- ▶ L'area degli spettri ci dà i W/m^2 .
- ▶ Della curva continua parleremo dopo.

Spettro di emissione del Sole

Potenza al m^2 per unità di lunghezza d'onda ([wiki/Sunlight](#))

Spectrum of Solar Radiation (Earth)

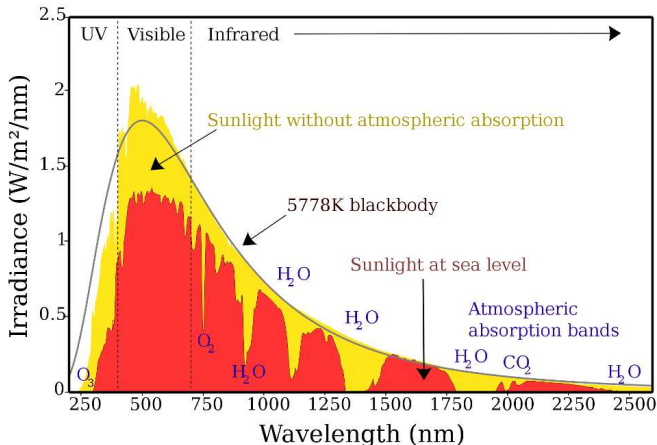


► Solo una frazione della potenza emessa è nel visibile

Spettro di emissione del Sole

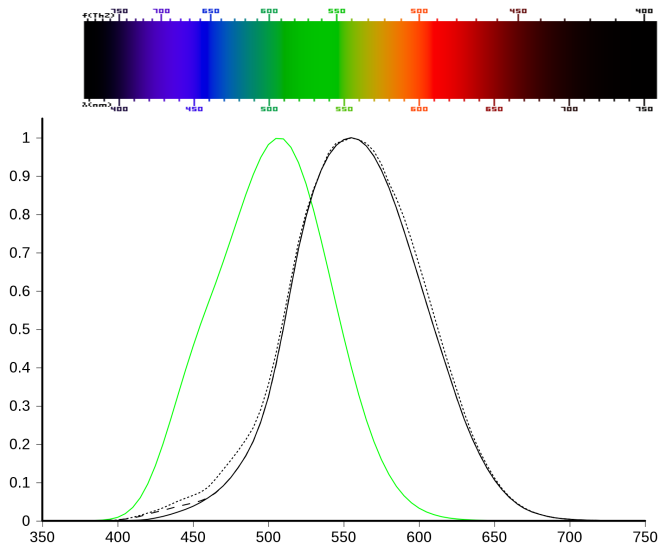
Potenza al m^2 per unità di lunghezza d'onda ([wiki/Sunlight](#))

Spectrum of Solar Radiation (Earth)

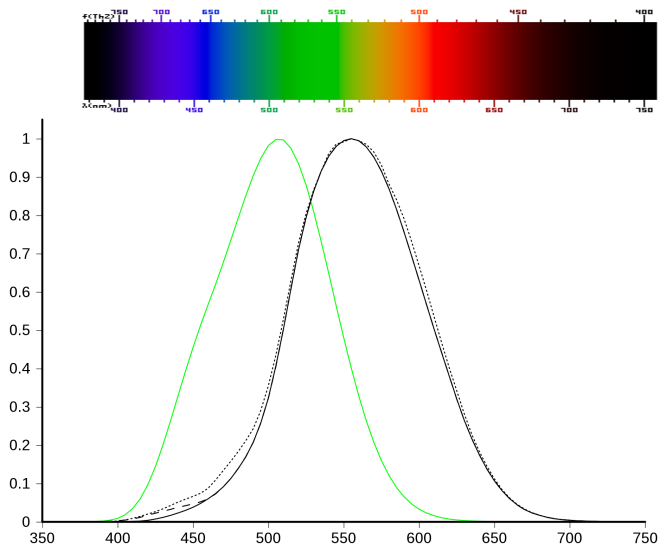


- Solo una frazione della potenza emessa è nel visibile e i nostri occhi non la vedono tutta nello stesso modo!

Sensibilità dei nostri occhi alla 'luce visibile'

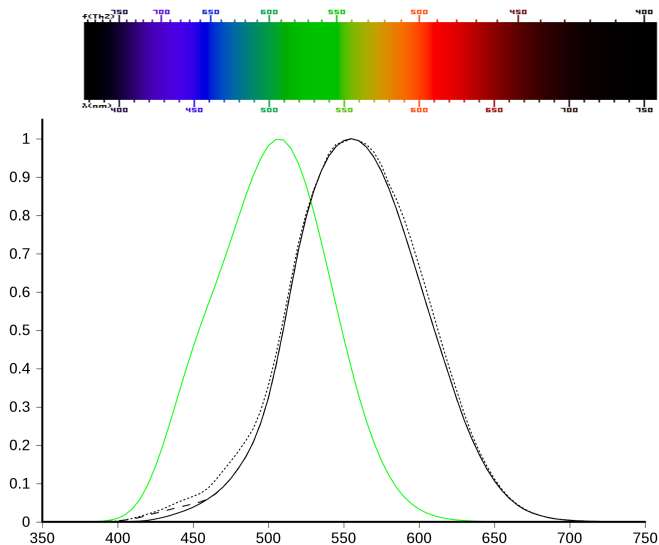


Sensibilità dei nostri occhi alla 'luce visibile'



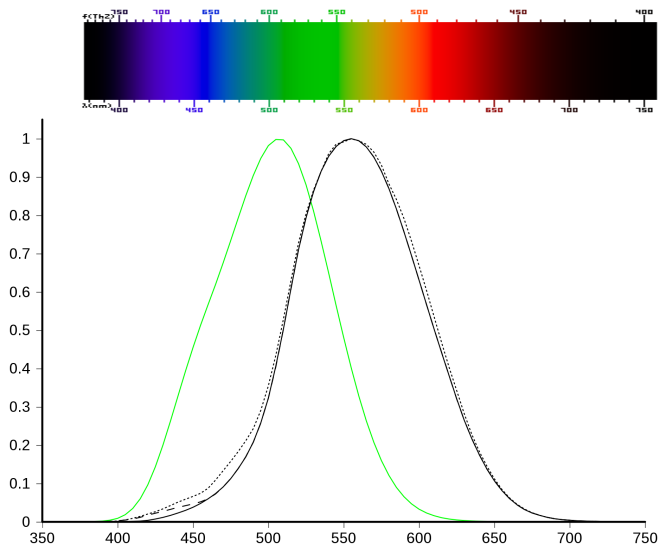
– Curva verde: 'bassa illuminazione' → vediamo **azzurrognolo!**

Sensibilità dei nostri occhi alla 'luce visibile'



- Curva verde: 'bassa illuminazione' → vediamo **azzurrognolo!**
- Normalmente: max \approx **550 nm**

Sensibilità dei nostri occhi alla 'luce visibile'



- Curva verde: 'bassa illuminazione' → vediamo **azzurrognolo!**
- Normalmente: max \approx **550 nm** (adattamento evolutivo!)

Grandezze fotometriche

Note preliminari

Grandezze fotometriche

Note preliminari

- ▶ Sono 'complicate' (quando le si vogliono definire esattamente) per i motivi detti (serve un 'occhio umano di riferimento').

Grandezze fotometriche

Note preliminari

- ▶ Sono 'complicate' (quando le si vogliono definire esattamente) per i motivi detti (serve un 'occhio umano di riferimento').
- ▶ Conviene introdurle per analogia.

Grandezze fotometriche

Note preliminari

- ▶ Sono 'complicate' (quando le si vogliono definire esattamente) per i motivi detti (serve un 'occhio umano di riferimento').
- ▶ Conviene introdurle per analogia.
- ▶ Successivamente possono essere definite tramite degli standard (e assumendo una curva media di sensibilità).

Grandezze fotometriche

Note preliminari

- ▶ Sono '**complicate**' (quando le si vogliono definire esattamente) per i motivi detti (serve un 'occhio umano di riferimento').
- ▶ Conviene introdurre **per analogia**.
- ▶ Successivamente possono essere definite tramite degli standard (e assumendo una curva media di sensibilità).

Cominciamo dal **flusso luminoso**, ovvero, con riferimento alla **Wiki inglese** (con precisazioni):

Grandezze fotometriche

Note preliminari

- ▶ Sono '**complicate**' (quando le si vogliono definire esattamente) per i motivi detti (serve un 'occhio umano di riferimento').
- ▶ Conviene introdurle **per analogia**.
- ▶ Successivamente possono essere definite tramite degli standard (e assumendo una curva media di sensibilità).

Cominciamo dal **flusso luminoso**, ovvero, con riferimento alla

Wiki inglese (con precisazioni):

- ▶ "total quantity of visible light emitted by a source per unit of time".

Grandezze fotometriche

Note preliminari

- ▶ Sono **'complicate'** (quando le si vogliono definire esattamente) per i motivi detti (serve un 'occhio umano di riferimento').
- ▶ Conviene introdurle **per analogia**.
- ▶ Successivamente possono essere definite tramite degli standard (e assumendo una curva media di sensibilità).

Cominciamo dal **flusso luminoso**, ovvero, con riferimento alla **Wiki inglese** (con precisazioni):

- ▶ "total quantity of visible light emitted by a source per unit of time".
⇒ in realtà non necessariamente luce 'emessa da una sorgente'

Grandezze fotometriche

Note preliminari

- ▶ Sono **'complicate'** (quando le si vogliono definire esattamente) per i motivi detti (serve un 'occhio umano di riferimento').
- ▶ Conviene introdurle **per analogia**.
- ▶ Successivamente possono essere definite tramite degli standard (e assumendo una curva media di sensibilità).

Cominciamo dal **flusso luminoso**, ovvero, con riferimento alla **Wiki inglese** (con precisazioni):

- ▶ "total quantity of visible light emitted by a source per unit of time".
⇒ in realtà non necessariamente luce 'emessa da una sorgente'
→ è la **quantità di luce per unità di tempo**

Grandezze fotometriche

Note preliminari

- ▶ Sono **'complicate'** (quando le si vogliono definire esattamente) per i motivi detti (serve un 'occhio umano di riferimento').
- ▶ Conviene introdurle **per analogia**.
- ▶ Successivamente possono essere definite tramite degli standard (e assumendo una curva media di sensibilità).

Cominciamo dal **flusso luminoso**, ovvero, con riferimento alla **Wiki inglese** (con precisazioni):

- ▶ "total quantity of visible light emitted by a source per unit of time".
⇒ in realtà non necessariamente luce 'emessa da una sorgente'
→ è la **quantità di luce per unità di tempo** e basta:

Grandezze fotometriche

Note preliminari

- ▶ Sono **'complicate'** (quando le si vogliono definire esattamente) per i motivi detti (serve un 'occhio umano di riferimento').
- ▶ Conviene introdurle **per analogia**.
- ▶ Successivamente possono essere definite tramite degli standard (e assumendo una curva media di sensibilità).

Cominciamo dal **flusso luminoso**, ovvero, con riferimento alla **Wiki inglese** (con precisazioni):

- ▶ "total quantity of visible light emitted by a source per unit of time".
⇒ in realtà non necessariamente luce 'emessa da una sorgente'
→ è la **quantità di luce per unità di tempo** e basta:
 - ▶ ad esempio **quantità di luce che entra da una finestra nell'unità di tempo**.

Grandezze fotometriche

Note preliminari

- ▶ Sono **'complicate'** (quando le si vogliono definire esattamente) per i motivi detti (serve un 'occhio umano di riferimento').
- ▶ Conviene introdurre **per analogia**.
- ▶ Successivamente possono essere definite tramite degli standard (e assumendo una curva media di sensibilità).

Cominciamo dal **flusso luminoso**, ovvero, con riferimento alla **Wiki inglese** (con precisazioni):

- ▶ "total quantity of visible light emitted by a source per unit of time".
⇒ in realtà non necessariamente luce 'emessa da una sorgente'
→ è la **quantità di luce per unità di tempo** e basta:
 - ▶ ad esempio **quantità di luce che entra da una finestra nell'unità di tempo**.

Analogia ai m^3 di aria al secondo che entrano da una porta

Grandezze fotometriche

Note preliminari

- ▶ Sono **'complicate'** (quando le si vogliono definire esattamente) per i motivi detti (serve un 'occhio umano di riferimento').
- ▶ Conviene introdurle **per analogia**.
- ▶ Successivamente possono essere definite tramite degli standard (e assumendo una curva media di sensibilità).

Cominciamo dal **flusso luminoso**, ovvero, con riferimento alla **Wiki inglese** (con precisazioni):

- ▶ "total quantity of visible light emitted by a source per unit of time".
⇒ in realtà non necessariamente luce 'emessa da una sorgente'
→ è la **quantità di luce per unità di tempo** e basta:
 - ▶ ad esempio **quantità di luce che entra da una finestra nell'unità di tempo**.

Analogia ai **m³ di aria al secondo** che entrano da una porta, ai **litri d'acqua al minuto** che fluiscono da un rubinetto

Grandezze fotometriche

Note preliminari

- ▶ Sono **'complicate'** (quando le si vogliono definire esattamente) per i motivi detti (serve un 'occhio umano di riferimento').
- ▶ Conviene introdurle **per analogia**.
- ▶ Successivamente possono essere definite tramite degli standard (e assumendo una curva media di sensibilità).

Cominciamo dal **flusso luminoso**, ovvero, con riferimento alla **Wiki inglese** (con precisazioni):

- ▶ "total quantity of visible light emitted by a source per unit of time".

⇒ in realtà non necessariamente luce 'emessa da una sorgente'

→ è la **quantità di luce per unità di tempo** e basta:

- ▶ ad esempio **quantità di luce che entra da una finestra nell'unità di tempo**.

Analogia ai **m³ di aria al secondo** che entrano da una porta, ai **litri d'acqua al minuto** che fluiscono da un rubinetto o ai **Joule/s di calore** che 'fluiscono' da un radiatore.

Lumen

Wiki inglese:

*The **lumen** (symbol: **lm**) is the SI derived unit of luminous flux,*

Lumen

Wiki inglese:

*The **lumen** (symbol: **lm**) is the SI derived unit of **luminous flux**, a measure of the total quantity of visible light emitted by a source per unit of time.*

Lumen

Wiki inglese:

*The **lumen** (symbol: **lm**) is the SI derived unit of **luminous flux**, a measure of the total quantity of visible light emitted by a source per unit of time.*

Luminous flux differs from power ([radiant flux](#))

Lumen

Wiki inglese:

*The **lumen** (symbol: **lm**) is the SI derived unit of **luminous flux**, a measure of the total quantity of visible light emitted by a source per unit of time.*

*Luminous flux differs from power (**radiant flux**) in that radiant flux includes all electromagnetic waves emitted,*

Lumen

Wiki inglese:

*The **lumen** (symbol: **lm**) is the SI derived unit of **luminous flux**, a measure of the total quantity of visible light emitted by a source per unit of time.*

*Luminous flux differs from power (**radiant flux**) in that radiant flux includes all electromagnetic waves emitted,*

*while luminous flux is **weighted** according to a model (a 'luminosity function') of the human eye's sensitivity to various wavelengths.*

Lumen

Wiki inglese:

*The **lumen** (symbol: **lm**) is the SI derived unit of **luminous flux**, a measure of the total quantity of visible light emitted by a source per unit of time.*

*Luminous flux differs from power (**radiant flux**) in that radiant flux includes all electromagnetic waves emitted,*

*while luminous flux is **weighted** according to a model (a 'luminosity function') of the human eye's sensitivity to various wavelengths.*

$$\Rightarrow \Phi_V \propto P$$

Lumen

Wiki inglese:

*The **lumen** (symbol: **lm**) is the SI derived unit of **luminous flux**, a measure of the total quantity of visible light emitted by a source per unit of time.*

*Luminous flux differs from power (**radiant flux**) in that radiant flux includes all electromagnetic waves emitted,*

*while luminous flux is **weighted** according to a model (a 'luminosity function') of the human eye's sensitivity to various wavelengths.*

$$\Rightarrow \Phi_V \propto P$$

- ▶ Sorgente che emette solo nel visibile (es. LED)
→ alta **efficienza luminosa**.

Lumen

Wiki inglese:

*The **lumen** (symbol: **lm**) is the SI derived unit of **luminous flux**, a measure of the total quantity of visible light emitted by a source per unit of time.*

*Luminous flux differs from power (**radiant flux**) in that radiant flux includes all electromagnetic waves emitted,*

*while luminous flux is **weighted** according to a model (a 'luminosity function') of the human eye's sensitivity to various wavelengths.*

$$\Rightarrow \Phi_V \propto P$$

- ▶ Sorgente che emette solo nel visibile (es. LED)
→ alta **efficienza luminosa**.
- ▶ Sorgente con **emissione marginale** nel visibile (**stufetta**)
→ **bassissima** **efficienza luminosa**

Lumen

Wiki inglese:

*The **lumen** (symbol: **lm**) is the SI derived unit of **luminous flux**, a measure of the total quantity of visible light emitted by a source per unit of time.*

*Luminous flux differs from power (**radiant flux**) in that radiant flux includes all electromagnetic waves emitted,*

*while luminous flux is **weighted** according to a model (a 'luminosity function') of the human eye's sensitivity to various wavelengths.*

$$\Rightarrow \Phi_V \propto P$$

- ▶ Sorgente che emette solo nel visibile (es. LED)
→ alta **efficienza luminosa**.
- ▶ Sorgente con **emissione marginale** nel visibile (**stufetta**)
→ **bassissima** efficienza luminosa

→ **lm/W**.

Storia dell'efficienza luminosa

J. Phys. D: Appl. Phys. **43** (2010) 354002

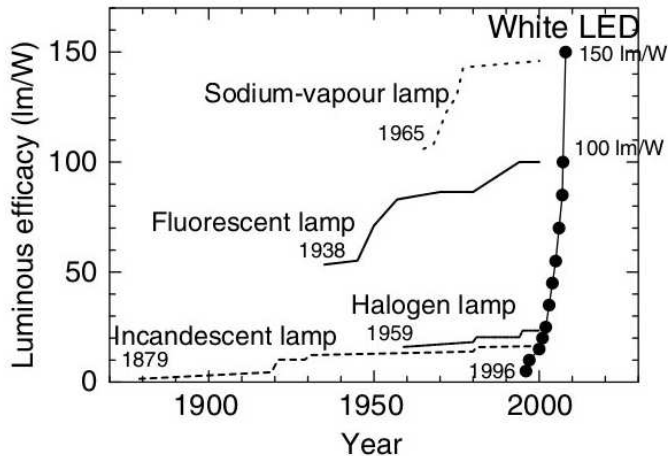


Figure 4. The history of η_L in incandescent lamps, halogen lamps, fluorescent lamps, sodium-vapour lamps and commercial white LEDs. The development years of white light sources are also shown.

Efficienza luminosa (Luminous efficacy)

Alcuni valori, per avere un'idea (da [wiki/Efficienza_luminosa](#))

- ▶ Sole: 93 lm/W.

Efficienza luminosa (Luminous efficacy)

Alcuni valori, per avere un'idea (da [wiki/Efficienza_luminosa](#))

- ▶ Sole: 93 lm/W.
- ▶ Lampadina incandescente da 100 W: 14 lm/W.

Efficienza luminosa (Luminous efficacy)

Alcuni valori, per avere un'idea (da [wiki/Efficienza_luminosa](#))

- ▶ Sole: 93 lm/W .
- ▶ Lampadina incandescente da 100 W: 14 lm/W .
- ▶ Lampade a LED bianche: $\approx 100\text{-}200 \text{ lm/W}$ (e oltre!).

Efficienza luminosa (Luminous efficacy)

Alcuni valori, per avere un'idea (da [wiki/Efficienza_luminosa](#))

- ▶ Sole: 93 lm/W .
- ▶ Lampadina incandescente da 100 W: 14 lm/W .
- ▶ Lampade a LED bianche: $\approx 100\text{-}200 \text{ lm/W}$ (e oltre!).
- ▶ Candela (tipica di cera): $\approx 0.3 \text{ lm/W}$

Efficienza luminosa (Luminous efficacy)

Alcuni valori, per avere un'idea (da [wiki/Efficienza_luminosa](#))

- ▶ Sole: 93 lm/W .
- ▶ Lampadina incandescente da 100 W: 14 lm/W .
- ▶ Lampade a LED bianche: $\approx 100\text{-}200 \text{ lm/W}$ (e oltre!).
- ▶ Candela (tipica di cera): $\approx 0.3 \text{ lm/W}$
⇒ Non molto ecologica!!

Efficienza luminosa (Luminous efficacy)

Alcuni valori, per avere un'idea (da [wiki/Efficienza_luminosa](#))

- ▶ Sole: 93 lm/W .
- ▶ Lampadina incandescente da 100 W: 14 lm/W .
- ▶ Lampade a LED bianche: $\approx 100\text{-}200 \text{ lm/W}$ (e oltre!).
- ▶ Candela (tipica di cera): $\approx 0.3 \text{ lm/W}$
⇒ Non molto ecologica!!

Ma l'efficienza luminosa non è il solo parametro di interesse

Efficienza luminosa (Luminous efficacy)

Alcuni valori, per avere un'idea (da [wiki/Efficienza_luminosa](#))

- ▶ Sole: 93 lm/W .
- ▶ Lampadina incandescente da 100 W: 14 lm/W .
- ▶ Lampade a LED bianche: $\approx 100\text{-}200 \text{ lm/W}$ (e oltre!).
- ▶ Candela (tipica di cera): $\approx 0.3 \text{ lm/W}$
⇒ Non molto ecologica!!

Ma l'efficienza luminosa non è il solo parametro di interesse:

- ▶ **Qualità** della luce.

Efficienza luminosa (Luminous efficacy)

Alcuni valori, per avere un'idea (da [wiki/Efficienza_luminosa](#))

- ▶ Sole: 93 lm/W .
- ▶ Lampadina incandescente da 100 W: 14 lm/W .
- ▶ Lampade a LED bianche: $\approx 100\text{-}200 \text{ lm/W}$ (e oltre!).
- ▶ Candela (tipica di cera): $\approx 0.3 \text{ lm/W}$
⇒ Non molto ecologica!!

Ma l'efficienza luminosa non è il solo parametro di interessa:

- ▶ **Qualità** della luce.
- Idealmente una sorgente che nel visibile abbia lo stesso spettro di emissione della luce solare.

Efficienza luminosa (Luminous efficacy)

Alcuni valori, per avere un'idea (da [wiki/Efficienza_luminosa](#))

- ▶ Sole: 93 lm/W .
- ▶ Lampadina incandescente da 100 W: 14 lm/W .
- ▶ Lampade a LED bianche: $\approx 100\text{-}200 \text{ lm/W}$ (e oltre!).
- ▶ Candela (tipica di cera): $\approx 0.3 \text{ lm/W}$
⇒ Non molto ecologica!!

Ma l'efficienza luminosa non è il solo parametro di interessa:

- ▶ **Qualità** della luce.
- Idealmente una sorgente che nel visibile abbia lo stesso spettro di emissione della luce solare.
(I nostri occhi si sono adattati alla luce solare!)

Efficienza luminosa (Luminous efficacy)

Alcuni valori, per avere un'idea (da [wiki/Efficienza_luminosa](#))

- ▶ Sole: 93 lm/W .
- ▶ Lampadina incandescente da 100 W: 14 lm/W .
- ▶ Lampade a LED bianche: $\approx 100\text{-}200 \text{ lm/W}$ (e oltre!).
- ▶ Candela (tipica di cera): $\approx 0.3 \text{ lm/W}$
⇒ Non molto ecologica!!

Ma l'efficienza luminosa non è il solo parametro di interesse:

- ▶ **Qualità** della luce.
- Idealmente una sorgente che nel visibile abbia lo stesso spettro di emissione della luce solare.
(I nostri occhi si sono adattati alla luce solare!)

Ad esempio, il **massimo teorico** corrisponde a una sorgente di **luce monocromatica in corrispondenza del massimo** della **funzione di efficienza luminosa** ('*luminosity function*');

Efficienza luminosa (Luminous efficacy)

Alcuni valori, per avere un'idea (da [wiki/Efficienza_luminosa](#))

- ▶ Sole: 93 lm/W .
- ▶ Lampadina incandescente da 100 W: 14 lm/W .
- ▶ Lampade a LED bianche: $\approx 100\text{-}200 \text{ lm/W}$ (e oltre!).
- ▶ Candela (tipica di cera): $\approx 0.3 \text{ lm/W}$
⇒ Non molto ecologica!!

Ma l'efficienza luminosa non è il solo parametro di interesse:

- ▶ **Qualità** della luce.
- Idealmente una sorgente che nel visibile abbia lo stesso spettro di emissione della luce solare.
(I nostri occhi si sono adattati alla luce solare!)

Ad esempio, il **massimo teorico** corrisponde a una sorgente di **luce monocromatica in corrispondenza del massimo** della **funzione di efficienza luminosa** ('luminosity function'):

⇒ **683 lm/W**

Efficienza luminosa (Luminous efficacy)

Alcuni valori, per avere un'idea (da [wiki/Efficienza_luminosa](#))

- ▶ Sole: 93 lm/W .
- ▶ Lampadina incandescente da 100 W: 14 lm/W .
- ▶ Lampade a LED bianche: $\approx 100\text{-}200 \text{ lm/W}$ (e oltre!).
- ▶ Candela (tipica di cera): $\approx 0.3 \text{ lm/W}$
⇒ Non molto ecologica!!

Ma l'efficienza luminosa non è il solo parametro di interesse:

- ▶ **Qualità** della luce.
- Idealmente una sorgente che nel visibile abbia lo stesso spettro di emissione della luce solare.
(I nostri occhi si sono adattati alla luce solare!)

Ad esempio, il **massimo teorico** corrisponde a una sorgente di **luce monocromatica in corrispondenza del massimo** della **funzione di efficienza luminosa** ('luminosity function'):

⇒ **683 lm/W** , ma non è la lampada che ci piacerebbe avere. . .

Efficienza luminosa (Luminous efficacy)

Alcuni valori, per avere un'idea (da [wiki/Efficienza_luminosa](#))

- ▶ Sole: 93 lm/W .
- ▶ Lampadina incandescente da 100 W: 14 lm/W .
- ▶ Lampade a LED bianche: $\approx 100\text{-}200 \text{ lm/W}$ (e oltre!).
- ▶ Candela (tipica di cera): $\approx 0.3 \text{ lm/W}$
⇒ Non molto ecologica!!

Ma l'efficienza luminosa non è il solo parametro di interesse:

- ▶ **Qualità** della luce.
- Idealmente una sorgente che nel visibile abbia lo stesso spettro di emissione della luce solare.
(I nostri occhi si sono adattati alla luce solare!)

Ad esempio, il **massimo teorico** corrisponde a una sorgente di **luce monocromatica in corrispondenza del massimo** della **funzione di efficienza luminosa** ('luminosity function'):

⇒ **683 lm/W**, ma non è la lampada che ci piacerebbe avere...
683?

Efficienza luminosa (Luminous efficacy)

Alcuni valori, per avere un'idea (da [wiki/Efficienza_luminosa](#))

- ▶ Sole: 93 lm/W .
- ▶ Lampadina incandescente da 100 W: 14 lm/W .
- ▶ Lampade a LED bianche: $\approx 100\text{-}200 \text{ lm/W}$ (e oltre!).
- ▶ Candela (tipica di cera): $\approx 0.3 \text{ lm/W}$
⇒ Non molto ecologica!!

Ma l'efficienza luminosa non è il solo parametro di interesse:

- ▶ **Qualità** della luce.

→ Idealmente una sorgente che nel visibile abbia lo stesso spettro di emissione della luce solare.
(I nostri occhi si sono adattati alla luce solare!)

Ad esempio, il **massimo teorico** corrisponde a una sorgente di **luce monocromatica in corrispondenza del massimo** della **funzione di efficienza luminosa** ('luminosity function'):

⇒ **683 lm/W**, ma non è la lampada che ci piacerebbe avere. . .

683? 'Tautologico' (questione metrologica, che per ora non ci interessa)

Flusso luminoso e quantità di luce

Un'ultima precisazione sul concetto di flusso luminoso:

Flusso luminoso e quantità di luce

Un'ultima precisazione sul concetto di flusso luminoso:

Potenza	\longleftrightarrow	Flusso luminoso
Energia nell'unità di tempo	\longleftrightarrow	quant. di luce nell'unità di tempo

Flusso luminoso e quantità di luce

Un'ultima precisazione sul concetto di flusso luminoso:

Potenza	↔	Flusso luminoso
Energia nell'unità di tempo	↔	quant. di luce nell'unità di tempo
watt (W)	↔	lumen (lm)

Flusso luminoso e quantità di luce

Un'ultima precisazione sul concetto di flusso luminoso:

Potenza	\longleftrightarrow	Flusso luminoso
Energia nell'unità di tempo watt (W)	\longleftrightarrow \longleftrightarrow	quant. di luce nell'unità di tempo lumen (lm)
Energia	\longleftrightarrow	Quantità di luce

Flusso luminoso e quantità di luce

Un'ultima precisazione sul concetto di flusso luminoso:

Potenza	\longleftrightarrow	Flusso luminoso
Energia nell'unità di tempo	\longleftrightarrow	quant. di luce nell'unità di tempo
watt (W)	\longleftrightarrow	lumen (lm)

Energia	\longleftrightarrow	Quantità di luce
Potenza $\times \Delta t$	\longleftrightarrow	Flusso luminoso $\times \Delta t$
joule (J)	\longleftrightarrow	lumen second (lm·s) (<i>'talbot'</i>)

Flusso luminoso e quantità di luce

Un'ultima precisazione sul concetto di flusso luminoso:

Potenza	\longleftrightarrow	Flusso luminoso
Energia nell'unità di tempo	\longleftrightarrow	quant. di luce nell'unità di tempo
watt (W)	\longleftrightarrow	lumen (lm)
Energia	\longleftrightarrow	Quantità di luce
Potenza $\times \Delta t$	\longleftrightarrow	Flusso luminoso $\times \Delta t$
joule (J)	\longleftrightarrow	lumen second (lm·s) (<i>'talbot'</i>)
<i>irradiance (flux density)</i>	\longleftrightarrow	<i>illuminance</i>
Potenza / unità di superficie	\longleftrightarrow	Flusso luminoso / unità di sup.
W/m^2	\longleftrightarrow	lm/m^2

Flusso luminoso e quantità di luce

Un'ultima precisazione sul concetto di flusso luminoso:

Potenza	\longleftrightarrow	Flusso luminoso
Energia nell'unità di tempo	\longleftrightarrow	quant. di luce nell'unità di tempo
watt (W)	\longleftrightarrow	lumen (lm)
Energia	\longleftrightarrow	Quantità di luce
Potenza $\times \Delta t$	\longleftrightarrow	Flusso luminoso $\times \Delta t$
joule (J)	\longleftrightarrow	lumen second (lm·s) (<i>'talbot'</i>)
<i>irradiance (flux density)</i>	\longleftrightarrow	<i>illuminance</i>
Potenza / unità di superficie	\longleftrightarrow	Flusso luminoso / unità di sup.
W/m^2	\longleftrightarrow	$lm/m^2 \rightarrow$ lux (lx)

Flusso luminoso e quantità di luce

Un'ultima precisazione sul concetto di flusso luminoso:

Potenza	\longleftrightarrow	Flusso luminoso
Energia nell'unità di tempo	\longleftrightarrow	quant. di luce nell'unità di tempo
watt (W)	\longleftrightarrow	lumen (lm)
Energia	\longleftrightarrow	Quantità di luce
Potenza $\times \Delta t$	\longleftrightarrow	Flusso luminoso $\times \Delta t$
joule (J)	\longleftrightarrow	lumen second (lm·s) (<i>'talbot'</i>)
<i>irradiance (flux density)</i>	\longleftrightarrow	<i>illuminance</i>
Potenza / unità di superficie	\longleftrightarrow	Flusso luminoso / unità di sup.
W/m^2	\longleftrightarrow	$lm/m^2 \rightarrow$ lux (lx)

I lux sono quelli che si misurano in pratica!

Flusso luminoso e quantità di luce

Un'ultima precisazione sul concetto di flusso luminoso:

Potenza	\longleftrightarrow	Flusso luminoso
Energia nell'unità di tempo	\longleftrightarrow	quant. di luce nell'unità di tempo
watt (W)	\longleftrightarrow	lumen (lm)

Energia	\longleftrightarrow	Quantità di luce
Potenza $\times \Delta t$	\longleftrightarrow	Flusso luminoso $\times \Delta t$
joule (J)	\longleftrightarrow	lumen second (lm·s) (<i>'talbot'</i>)

<i>irradiance (flux density)</i>	\longleftrightarrow	<i>illuminance</i>
Potenza / unità di superficie	\longleftrightarrow	Flusso luminoso / unità di sup.
W/m ²	\longleftrightarrow	lm/m ² \rightarrow lux (lx)

I lux sono quelli che si misurano in pratica!

\rightarrow Strumenti professionali (**luxmetri**)

Flusso luminoso e quantità di luce

Un'ultima precisazione sul concetto di flusso luminoso:

Potenza	\longleftrightarrow	Flusso luminoso
Energia nell'unità di tempo	\longleftrightarrow	quant. di luce nell'unità di tempo
watt (W)	\longleftrightarrow	lumen (lm)









































Energia	\longleftrightarrow	Quantità di luce
Potenza $\times \Delta t$	\longleftrightarrow	Flusso luminoso $\times \Delta t$
joule (J)	\longleftrightarrow	lumen second (lm·s) (<i>'talbot'</i>)

<i>irradiance (flux density)</i>	\longleftrightarrow	<i>illuminance</i>
Potenza / unità di superficie	\longleftrightarrow	Flusso luminoso / unità di sup.
W/m^2	\longleftrightarrow	$lm/m^2 \rightarrow$ lux (lx)

I lux sono quelli che si misurano in pratica!

→ Strumenti professionali (**luxmetri**) ... e **app!**

Luxmetri Android (solo alcuni!)

							
Luxmetro - Smart Light Meter Smart Tools co. ★★★★☆	Lux Light Meter Doggio Apps ★★★★★	luxmetro KHTSR ★★★★☆	Lux Meter Crunchy ByteBox ★★★★☆	Lux Light Meter Przemek Pardiel ★★★★★	esposimetro My Mobile Tools Dev ★★★★☆	Lux Meter gratis waldau.webdesign.de ★★★★☆	Lux Light Meter waldau.webdesign.de ★★★★☆
							
Luxmetro Simone Clotta ★★★★☆	Lux Meter SpaceRocket ★★★★☆	Luxmetro semplice Maqar Acekpos ★★★★☆	Luxmetro. Maqar Acekpos ★★★★☆	Calcoli illuminotec Ettore Galina ★★★★☆	Illuminance: lux light Aylin Studios ★★★★☆	LuxMeter Ponica Media ★★★★☆	Esposimetro - misuratore Nextappgen ★★★★☆
							
Lux Meter Yakubov Vitaly ★★★★☆	Premium Lux Meter Emanax World ★★★★☆	Misuratore luminoso Virtuainment ★★★★☆	Light Meter Trajkovski Labs ★★★★☆	Light Meter knuwsoft ★★★★☆	Light Meter - Free WBPhoto ★★★★☆	Lux Lite Vito Casali ★★★★☆	Lux Meter Not Quite Them ★★★★☆
							
Lux Meter (Light Meter) Fundroid3000 ★★★★☆	Lux Meter INEX ★★★★☆	Light Meter (Scientific) 99Developer ★★★★☆	Illuminometro parlatore maruar ★★★★☆	Light Meter: Measurement Creative apps.co ★★★★☆	Physics Toolbox Science Vieyra Software ★★★★☆	LxMeter Optivelox ★★★★☆	Lumen Lux Illuminance APPY ★★★★☆
							

Confronto con strumento dedicato



Confronto con strumento dedicato



Flusso di luce incidente sul foglio A4: $\approx 300 \text{ lx} \times 0.062 \text{ m}^2 \approx 19 \text{ lm}$.

App Android usata



Lux Light Meter

waldau-webdesign.de Strumenti

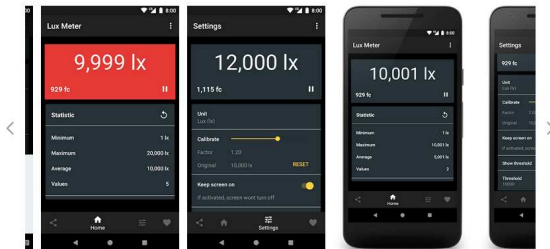
1 PEGI 3

★★★★☆ 1.600

Contiene annunci

L'app è compatibile con tutti i tuoi dispositivi.

Installata



App Android usata



Lux Light Meter

waldau-webdesign.de Strumenti

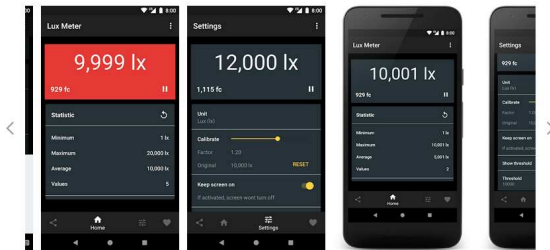
1 PEGI 3

Contiene annunci

L'app è compatibile con tutti i tuoi dispositivi.

★★★★☆ 1.600

Installata



(Ma ce ne saranno sicuramente di migliori,
specialmente per uso fotografico)

App Android usata



Lux Light Meter

waldau-webdesign.de Strumenti

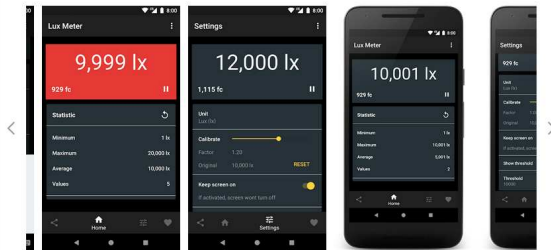
1 PEGI 3

Contiene annunci

L'app è compatibile con tutti i tuoi dispositivi.

★★★★☆ 1.600

Installata



(Ma ce ne saranno sicuramente di migliori,
specialmente per uso fotografico)

Non è stato necessario calibrarla (ma può dipendere dallo smart)

Luce emessa dalla lampada

Dati ('ipotesi'):

Luce emessa dalla lampada

Dati ('ipotesi'):

- ▶ **distanza** lampada-sensore: **50 cm**;

Luce emessa dalla lampada

Dati ('ipotesi'):

- ▶ distanza lampada-sensore: 50 cm;
- ▶ emissione isotropa;

Luce emessa dalla lampada

Dati ('ipotesi'):

- ▶ distanza lampada-sensore: 50 cm;
- ▶ emissione isotropa;
- ▶ solo luce direttamente dalla lampada.

Luce emessa dalla lampada

Dati ('ipotesi'):

- ▶ distanza lampada-sensore: 50 cm;
- ▶ emissione isotropa;
- ▶ solo luce direttamente dalla lampada.

$$\approx 300 \text{ lx} \times 4 \pi \times (0.50 \text{ m})^2 \approx 940 \text{ lm}$$

Luce emessa dalla lampada

Dati ('ipotesi'):

- ▶ distanza lampada-sensore: 50 cm;
- ▶ emissione isotropa;
- ▶ solo luce direttamente dalla lampada.

$$\approx 300 \text{ lx} \times 4 \pi \times (0.50 \text{ m})^2 \approx 940 \text{ lm}$$

Ma...

Luce emessa dalla lampada

Dati ('ipotesi'):

- ▶ distanza lampada-sensore: 50 cm;
- ▶ emissione isotropa;
- ▶ solo luce direttamente dalla lampada.

$$\approx 300 \text{ lx} \times 4 \pi \times (0.50 \text{ m})^2 \approx 940 \text{ lm}$$

Ma...

- ▶ si trattava di una lampada da tavolo e quindi *avremmo dovuto* considerare solo una porzione di angolo solido;

Luce emessa dalla lampada

Dati ('ipotesi'):

- ▶ distanza lampada-sensore: 50 cm;
- ▶ emissione isotropa;
- ▶ solo luce direttamente dalla lampada.

$$\approx 300 \text{ lx} \times 4 \pi \times (0.50 \text{ m})^2 \approx 940 \text{ lm}$$

Ma...

- ▶ si trattava di una lampada da tavolo e quindi *avremmo dovuto* considerare solo una porzione di angolo solido;
- ▶ inevitabili riflessioni multiple

Luce emessa dalla lampada

Dati ('ipotesi'):

- ▶ distanza lampada-sensore: 50 cm;
- ▶ emissione isotropa;
- ▶ solo luce direttamente dalla lampada.

$$\approx 300 \text{ lx} \times 4 \pi \times (0.50 \text{ m})^2 \approx 940 \text{ lm}$$

Ma...

- ▶ si trattava di una lampada da tavolo e quindi *avremmo dovuto* considerare solo una porzione di angolo solido;
- ▶ inevitabili riflessioni multiple (foglio, oggetti sul tavolo e tavolo stesso → soffitto e pareti)

Luce emessa dalla lampada

Dati ('ipotesi'):

- ▶ distanza lampada-sensore: 50 cm;
- ▶ emissione isotropa;
- ▶ solo luce direttamente dalla lampada.

$$\approx 300 \text{ lx} \times 4 \pi \times (0.50 \text{ m})^2 \approx 940 \text{ lm}$$

Ma...

- ▶ si trattava di una lampada da tavolo e quindi *avremmo dovuto* considerare solo una porzione di angolo solido;
- ▶ inevitabili riflessioni multiple (foglio, oggetti sul tavolo e tavolo stesso → soffitto e pareti)
 - ▶ È abbastanza noto l'influenza di soffitto e pareti nell'illuminazione di una stanza;

Luce emessa dalla lampada

Dati ('ipotesi'):

- ▶ distanza lampada-sensore: 50 cm;
- ▶ emissione isotropa;
- ▶ solo luce direttamente dalla lampada.

$$\approx 300 \text{ lx} \times 4 \pi \times (0.50 \text{ m})^2 \approx 940 \text{ lm}$$

Ma...

- ▶ si trattava di una lampada da tavolo e quindi *avremmo dovuto* considerare solo una porzione di angolo solido;
- ▶ inevitabili riflessioni multiple (foglio, oggetti sul tavolo e tavolo stesso → soffitto e pareti)
 - ▶ È abbastanza noto l'influenza di soffitto e pareti nell'illuminazione di una stanza;
 - ▶ Misure di fotometria *andrebbero* effettuate evitando questi effetti 'secondari'.

Luce emessa dalla lampada

Dati ('ipotesi'):

- ▶ distanza lampada-sensore: 50 cm;
- ▶ emissione isotropa;
- ▶ solo luce direttamente dalla lampada.

$$\approx 300 \text{ lx} \times 4 \pi \times (0.50 \text{ m})^2 \approx 940 \text{ lm}$$

Ma...

- ▶ si trattava di una lampada da tavolo e quindi *avremmo dovuto* considerare solo una porzione di angolo solido;
- ▶ inevitabili riflessioni multiple (foglio, oggetti sul tavolo e tavolo stesso → soffitto e pareti)
 - ▶ È abbastanza noto l'influenza di soffitto e pareti nell'illuminazione di una stanza;
 - ▶ Misure di fotometria *andrebbero* effettuate evitando questi effetti 'secondari'.
- ▶ E inoltre c'erano altre sorgenti di luce (monitor PC, luce lontana dal tavolo)

Luce emessa dalla lampada

Dati ('ipotesi'):

- ▶ distanza lampada-sensore: 50 cm;
- ▶ emissione isotropa;
- ▶ solo luce direttamente dalla lampada.

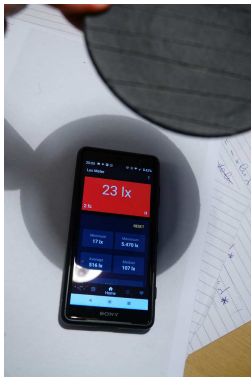
$$\approx 300 \text{ lx} \times 4 \pi \times (0.50 \text{ m})^2 \approx 940 \text{ lm}$$

Ma...

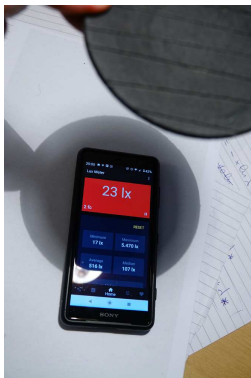
- ▶ si trattava di una lampada da tavolo e quindi *avremmo dovuto* considerare solo una porzione di angolo solido;
- ▶ inevitabili riflessioni multiple (foglio, oggetti sul tavolo e tavolo stesso → soffitto e pareti)
 - ▶ È abbastanza noto l'influenza di soffitto e pareti nell'illuminazione di una stanza;
 - ▶ Misure di fotometria *andrebbero* effettuate evitando questi effetti 'secondari'.
- ▶ E inoltre c'erano altre sorgenti di luce (monitor PC, luce lontana dal tavolo):
 - ⇒ volutamente condizioni non ideali (visto che comunque non potevo eliminare le riflessioni. . .)

Stima grossolana della luce non diretta (e di fondo)

Stima grossolana della luce non diretta (e di fondo)

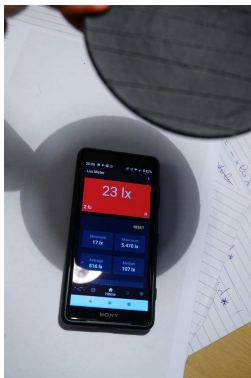


Stima grossolana della luce non diretta (e di fondo)



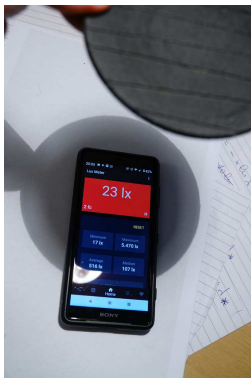
Immagino possibili obiezioni

Stima grossolana della luce non diretta (e di fondo)



Immagino possibili **obiezioni**, che *condivido a priori*...

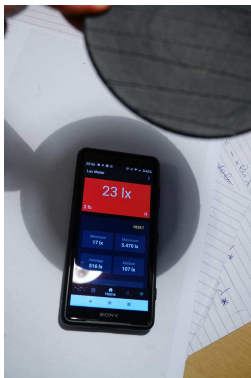
Stima grossolana della luce non diretta (e di fondo)



Immagino possibili **obiezioni**, che *condivido a priori*...

Intento:

Stima grossolana della luce non diretta (e di fondo)

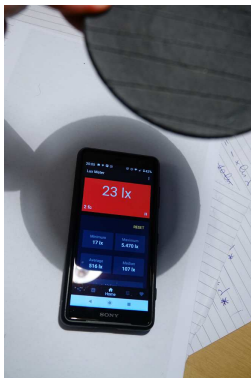


Immagino possibili **obiezioni**, che *condivido a priori*...

Intento:

- ▶ stimare l'**ordine di grandezza**;

Stima grossolana della luce non diretta (e di fondo)

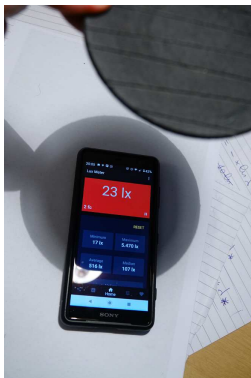


Immagino possibili **obiezioni**, che *condivido a priori*...

Intento:

- ▶ stimare l'**ordine di grandezza**;
- ▶ capire **se gli effetti sono critici** per ulteriori misure.

Stima grossolana della luce non diretta (e di fondo)



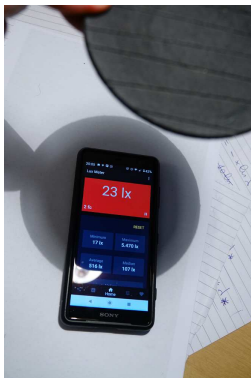
Immagino possibili obiezioni, che *condivido a priori*...

Intento:

- ▶ stimare l'**ordine di grandezza**;
- ▶ capire **se gli effetti sono critici** per ulteriori misure.

Ovviamente, cercare di organizzarsi per fare le cose al meglio

Stima grossolana della luce non diretta (e di fondo)



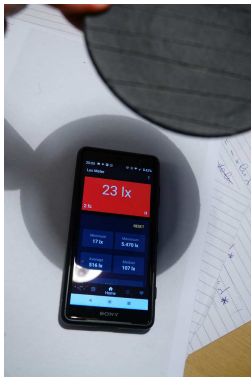
Immagino possibili **obiezioni**, che *condivido a priori*...

Intento:

- ▶ stimare l'**ordine di grandezza**;
- ▶ capire **se gli effetti sono critici** per ulteriori misure.

Ovviamente, cercare di organizzarsi per fare le cose al meglio... ma in un tempo finito

Stima grossolana della luce non diretta (e di fondo)



Immagino possibili **obiezioni**, che *condivido a priori*...

Intento:

- ▶ stimare l'**ordine di grandezza**;
- ▶ capire **se gli effetti sono critici** per ulteriori misure.

Ovviamente, cercare di organizzarsi per fare le cose al meglio... ma in un tempo finito

⇒ "In the long run we are all dead."

Qualche attività

- ▶ Provare a fare *misure in diversi ambienti*:

Qualche attività

- ▶ Provare a fare *misure in diversi ambienti*:
 - ▶ si scoprirà che **l'occhio umano si adatta** a condizioni di illuminamento che possono differire di **vari ordini di grandezza!**

Qualche attività

- ▶ Provare a fare *misure in diversi ambienti*:
 - ▶ si scoprirà che **l'occhio umano si adatta** a condizioni di illuminamento che possono differire di **vari ordini di grandezza!**
(**300 lx erano tanti** perché sotto una lampada da tavolo!)

Qualche attività

- ▶ Provare a fare *misure in diversi ambienti*:
 - ▶ si scoprirà che **l'occhio umano si adatta** a condizioni di illuminamento che possono differire di **vari ordini di grandezza!**
(300 lx erano tanti perché sotto una lampada da tavolo!)
 - ▶ **Dipendenza logaritmica** della percezione della luce!

Qualche attività

- ▶ Provare a fare *misure in diversi ambienti*:
 - ▶ si scoprirà che **l'occhio umano si adatta** a condizioni di illuminamento che possono differire di **vari ordini di grandezza!**
(300 lx erano tanti perché sotto una lampada da tavolo!)
 - ▶ **Dipendenza logaritmica** della percezione della luce!
(Chi si intende un po' di fotografia sa che un **raddoppio/dimezzamento** dell'illuminazione,

Qualche attività

- ▶ Provare a fare *misure in diversi ambienti*:
 - ▶ si scoprirà che **l'occhio umano si adatta** a condizioni di illuminamento che possono differire di **vari ordini di grandezza!**
(300 lx erano tanti perché sotto una lampada da tavolo!)
 - ▶ **Dipendenza logaritmica** della percezione della luce!
(Chi si intende un po' di fotografia sa che un **raddoppio/dimezzamento** dell'illuminazione, ovvero **± 1 diaframma**, è **difficilmente percepibile** dall'occhio umano, il quale si adatta rapidamente)

Qualche attività

- ▶ Provare a fare *misure in diversi ambienti*:
 - ▶ si scoprirà che **l'occhio umano si adatta** a condizioni di illuminamento che possono differire di **vari ordini di grandezza!**
(300 lx erano tanti perché sotto una lampada da tavolo!)
 - ▶ **Dipendenza logaritmica** della percezione della luce!
(Chi si intende un po' di fotografia sa che un **raddoppio/dimezzamento** dell'illuminazione, ovvero **± 1 diaframma**, è **difficilmente percepibile** dall'occhio umano, il quale si adatta rapidamente)
 - ▶ Analoga alla percezione del suono:

Qualche attività

- ▶ Provare a fare *misure in diversi ambienti*:
 - ▶ si scoprirà che **l'occhio umano si adatta** a condizioni di illuminamento che possono differire di **vari ordini di grandezza!**
(300 lx erano tanti perché sotto una lampada da tavolo!)
 - ▶ **Dipendenza logaritmica** della percezione della luce!
(Chi si intende un po' di fotografia sa che un **raddoppio/dimezzamento** dell'illuminazione, ovvero **± 1 diaframma**, è **difficilmente percepibile** dall'occhio umano, il quale si adatta rapidamente)
 - ▶ Analoga alla percezione del suono:
⇒ i **decibel** sono logaritmi della pressione sonora.

Qualche attività

- ▶ Provare a fare *misure in diversi ambienti*:
 - ▶ si scoprirà che **l'occhio umano si adatta** a condizioni di illuminamento che possono differire di **vari ordini di grandezza!**
(300 lx erano tanti perché sotto una lampada da tavolo!)
 - ▶ **Dipendenza logaritmica** della percezione della luce!
(Chi si intende un po' di fotografia sa che un **raddoppio/dimezzamento** dell'illuminazione, ovvero **± 1 diaframma**, è **difficilmente percepibile** dall'occhio umano, il quale si adatta rapidamente)
 - ▶ Analoga alla percezione del suono:
⇒ i **decibel** sono logaritmi della pressione sonora.
 - ▶ **Grande adattabilità all'ambiente!**

Qualche attività

- ▶ Provare a fare *misure in diversi ambienti*:
 - ▶ si scoprirà che **l'occhio umano si adatta** a condizioni di illuminamento che possono differire di **vari ordini di grandezza!**
(300 lx erano tanti perché sotto una lampada da tavolo!)
 - ▶ **Dipendenza logaritmica** della percezione della luce!
(Chi si intende un po' di fotografia sa che un **raddoppio/dimezzamento** dell'illuminazione, ovvero **± 1 diaframma**, è **difficilmente percepibile** dall'occhio umano, il quale si adatta rapidamente)
 - ▶ Analoga alla percezione del suono:
⇒ i **decibel** sono logaritmi della pressione sonora.
 - ▶ **Grande adattabilità all'ambiente!**
- ▶ **Dipendenza dalla distanza della sorgente**

Qualche attività

- ▶ Provare a fare *misure in diversi ambienti*:
 - ▶ si scoprirà che **l'occhio umano si adatta** a condizioni di illuminamento che possono differire di **vari ordini di grandezza!**
(300 lx erano tanti perché sotto una lampada da tavolo!)
 - ▶ **Dipendenza logaritmica** della percezione della luce!
(Chi si intende un po' di fotografia sa che un **raddoppio/dimezzamento** dell'illuminazione, ovvero **± 1 diaframma**, è **difficilmente percepibile** dall'occhio umano, il quale si adatta rapidamente)
 - ▶ Analoga alla percezione del suono:
⇒ i **decibel** sono logaritmi della pressione sonora.
 - ▶ **Grande adattabilità all'ambiente!**
- ▶ **Dipendenza dalla distanza della sorgente**:
→ organizzarsi a fare le misure!

Qualche attività

- ▶ Provare a fare *misure in diversi ambienti*:
 - ▶ si scoprirà che **l'occhio umano si adatta** a condizioni di illuminamento che possono differire di **vari ordini di grandezza!** (*)
(300 lx erano tanti perché sotto una lampada da tavolo!)
 - ▶ **Dipendenza logaritmica** della percezione della luce!
(Chi si intende un po' di fotografia sa che un **raddoppio/dimezzamento** dell'illuminazione, ovvero **± 1 diaframma**, è **difficilmente percepibile** dall'occhio umano, il quale si adatta rapidamente)
 - ▶ Analoga alla percezione del suono:
⇒ i **decibel** sono logaritmi della pressione sonora.
 - ▶ **Grande adattabilità all'ambiente!**
 - ▶ **Dipendenza dalla distanza della sorgente**:
→ organizzarsi a fare le misure!
- (*) A proposito, **quanti lux** si misurano **alla luce diretta del sole?**

Qualche attività

- ▶ Provare a fare *misure in diversi ambienti*:
 - ▶ si scoprirà che **l'occhio umano si adatta** a condizioni di illuminamento che possono differire di **vari ordini di grandezza!** (*)
(300 lx erano tanti perché sotto una lampada da tavolo!)
 - ▶ **Dipendenza logaritmica** della percezione della luce!
(Chi si intende un po' di fotografia sa che un **raddoppio/dimezzamento** dell'illuminazione, ovvero **± 1 diaframma**, è **difficilmente percepibile** dall'occhio umano, il quale si adatta rapidamente)
 - ▶ Analoga alla percezione del suono:
⇒ i **decibel** sono logaritmi della pressione sonora.
 - ▶ **Grande adattabilità all'ambiente!**
 - ▶ **Dipendenza dalla distanza della sorgente**:
→ organizzarsi a fare le misure!
- (*) A proposito, **quanti lux** si misurano **alla luce diretta del sole**?
→ Avete tutte le informazioni: provare a fare l'**esercizio!**