

E: Fisica dell'illuminazione

Una lampadina a incandescenza produce luce riscaldando un filamento di tungsteno a una temperatura sufficientemente alta da emettere radiazioni di corpo nero nella parte visibile dello spettro, ma molta energia viene comunque sprecata nella parte a infrarossi.

Per quantificare la luce percepita dalla visione umana, utilizziamo unità fotometriche, che tengono conto della sensibilità dell'occhio umano alla luce di diverse lunghezze d'onda. La quantità totale di luce visibile emessa da una sorgente in tutte le direzioni è chiamata **flusso luminoso**, misurato in lumen [lm]. La quantità di luce visibile ricevuta da una superficie per unità della sua area è chiamata **illuminamento**, in lux [$\text{lx} = \text{lm}/\text{m}^2$], e può essere misurata con un esposimetro.

Quando si misurano quantità di luce basate esclusivamente sull'energia che trasporta, utilizziamo unità radiometriche, che sono espresse con unità di potenza convenzionali. La controparte radiometrica del flusso luminoso è il **flusso radiante**, misurato in watt [W], e l'**irradianza** [W/m^2] è la controparte dell'illuminamento.

Oggi studierai le proprietà termiche e di illuminazione delle sorgenti luminose. I tre compiti sono per lo più indipendenti l'uno dall'altro. Disegna la tua configurazione per ogni attività. Non è richiesta alcuna analisi degli errori per le attività 1 & 2.

Materiali (vadi anche la Fig. 1)

- A Due dischi in plastica, uno bianco e uno nero, di 3 mm di spessore con supporto. Entrambe i dischi sono buoni assorbitori di luce infrarossa.
- B Esposimetro con supporto. L'esposimetro si spegne automaticamente dopo 6 minuti - puoi riaccenderlo con una lunga pressione sul pulsante di accensione/spegnimento. Presta attenzione alle unità (lx, non fc). Puoi usare il pulsante HOLD per bloccare il valore visualizzato. Puoi usare degli stuzzicadenti per incastrarli i moduli in atto. Viene fornita carta nera proteggersi gli occhi durante la lettura degli strumenti.
- C Un supporto leggero con base rotonda, un peso per la stabilità e due moduli luminosi intercambiabili: una lampadina ad incandescenza (**tensione massima 12 V**) e un LED (**tensione massima 3.0 V, non superare 400 mA di intensità di corrente**). Puoi usare degli stuzzicadenti per incastrare i moduli posizione. Viene fornita carta nera proteggersi gli occhi durante la lettura degli strumenti.
- D Termometro a infrarossi. Il valore della misurazione viene mantenuto dopo un breve intervallo di tempo dopo aver *released* il grilletto. Le misurazioni possono presentare un consistente, ma costante, errore sistematico.
- E Tappetino di lavoro in carta con griglie angolare e di distanza.
- F Goniometro.
- G Filtri di luce rossa, verde e blu in una busta. Se hai difficoltà a distinguere i colori, solleva la carta di aiuto per ricevere assistenza

I filtri sono sensibili al calore. Tienili lontani dalla fonte di luce.

H Alimentazione elettrica. Premere la manopola tensione/corrente *più volte* per selezionare quale cifra regolare (indicata dal lampeggio sotto la cifra) e ruotare la manopola per modificare la cifra. Dopo alcuni secondi, la spia smette di lampeggiare e il display inizia a visualizzare la tensione/corrente effettiva. Variare la corrente per controllare la sorgente luminosa. Se la corrente richiesta non può essere raggiunta senza superare la tensione massima, il generatore passerà alla modalità a tensione costante e limiterà la corrente. Collegare i fili alle prese negative (nere) e positive (rosse) corrispondenti dell'alimentatore. Non utilizzare la presa verde.

Per evitare di danneggiare le sorgenti luminose, impostare la tensione al massimo consentito e impostare la corrente a zero prima di collegare i cavi!
Se la tua fonte di luce si brucia, puoi chiedere una sostituzione. Si noti che è disponibile solo un numero limitato di sorgenti luminose di riserva.

Domanda 1 - Colore e temperatura (4 punti)

The colour of the black body radiation depends on its temperature. In astronomy, the temperature of stars is determined from their colour index, the ratio of illuminances measured through two different colour filters.

Il colore della radiazione di corpo nero dipende dalla sua temperatura. In astronomia, la temperatura delle stelle è determinata dal loro indice di colore, il rapporto degli illuminamenti misurati attraverso due diversi filtri colorati.

(a) Table 1 contains the illuminances measured through the red, green and blue filter for a standard incandescent light source at known temperatures. Choose suitable light filters and construct a calibration curve that relates the chosen colour index to the temperature.

La tavola 1 contiene gli illuminamenti misurati attraverso il filtro rosso, verde e blu per una sorgente luminosa a incandescenza standard a temperature note. Scegli filtri luce adatti e costruisci una curva di calibrazione che metta in relazione l'indice di colore scelto con la temperatura

(b) Measure the relationship between the electrical input power and the tungsten filament temperature. Plot the result over a relevant range.

Misura la relazione tra la potenza elettrica in ingresso e la temperatura del filamento di tungsteno. Traccia il risultato su un intervallo adeguato, pertinente.

Domanda 2 - Efficacia luminosa (8 punti)

The e of light sources is quantified by their **luminous efficacy**, measured in lumens per watt, as the ratio between the luminous flux and the consumed power. As a point of reference, the sun has luminous efficacy of $93 \text{ lm}/\text{W}$.

Il rendimento delle sorgenti luminose si misura tramite l' **efficacia luminosa**, una grandezza misurata in lumen al watt, data dal rapporto tra il flusso luminoso e la potenza consumata. Come punto di riferimento, il sole ha un'efficacia luminosa di 93 lm/W.

Measure the dependence of luminous efficacy on the electrical input power for both light sources across the range with detectable light output. Plot the results, one plot per light source. State all steps of the calculation procedure and present all the measured data.

Misura l'efficienza luminosa in funzione della potenza elettrica in ingresso per entrambe le sorgenti luminose nell'intervallo di luce rilevabile. Traccia un grafico delle misurazioni per ciascuna sorgente luminosa. Indica tutte le fasi della procedura di calcolo e presenta tutti i dati misurati.

Domanda 3 - Riscaldamento radiativo (8 punti)

The following task may be time consuming, plan your work accordingly.

When light hits an object, some of it is absorbed. At moderate temperature differences between the object and the environment, we can model heat dissipation into the surroundings with the **heat transfer coefficient** h , in the form $P/A = h(T - T_0)$, where T is the temperature of the surface, T_0 the temperature of the surroundings, and P/A denotes the power lost to the environment due to dissipation, per unit area.

L'attività che segue potrebbe richiedere molto tempo, perciò pianifica bene il tuo lavoro.

Quando la luce colpisce un oggetto, parte di essa viene assorbita. Per piccole differenze di temperatura tra l'oggetto e l'ambiente, possiamo modellizzare la dispersione del calore nell'ambiente con il **coefficiente di scambio termico** h , nella forma seguente $P/A = h(T - T_0)$, dove T è la temperatura della superficie, T_0 la temperatura dell'ambiente e P/A indica la potenza dispersa nell'ambiente, per unità di superficie.

(a) Determine the heat transfer coefficient h and the thermal conductivity λ for the black plastic, and perform error analysis. Assume the material absorbs all received light and the incandescent light bulb emits all power in the form of electromagnetic radiation.

Determina il coefficiente di scambio termico h e la conducibilità termica λ per la plastica nera e fai l'analisi degli errori. Supponi che il materiale assorba tutta la luce ricevuta e che la lampadina a incandescenza emetta tutta la potenza sotto forma di radiazione elettromagnetica.

(b) Estimate the albedo (the fraction of the irradiance that is reflected instead of absorbed) of the white plastic and perform error analysis.

Stima l'albedo (cioè la frazione dell'irraggiamento che viene riflessa anziché assorbita) della plastica bianca e svolgi l'analisi degli errori.

Useful relations: An area of a segment of a sphere with radius r between polar angles θ_1 and θ_2 with $0 \leq \theta_1 \leq \theta_2 \leq \pi$ is $\Delta A = 2\pi r^2(\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$.

Relazioni utili: La superficie di una calotta sferica di raggio r compresa tra gli angoli (polari) θ_1 e θ_2 con $0 \leq \theta_1 \leq \theta_2 \leq \pi$ è $\Delta A = 2\pi r^2(\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$.

Foto del kit sperimentale

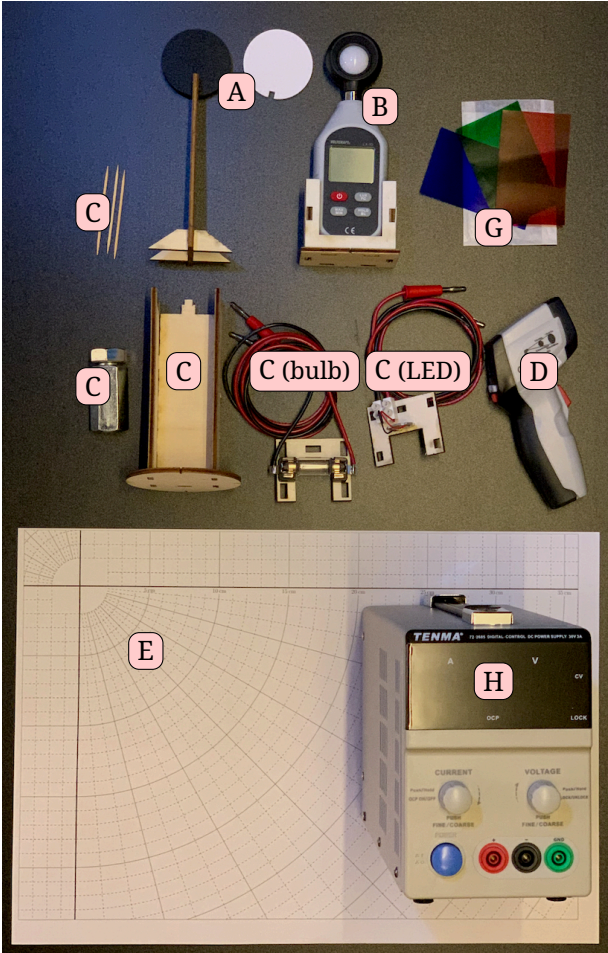


Figure 1: Immagine del kit sperimentale (il goniometro e lo schermo di carta nera non sono mostrati).

Illuminance table

<i>T</i> [K]	Red [lx]	Green [lx]	Blue [lx]
1570	2	0	0
1600	4	0	0
1610	5	1	0
1620	6	2	0
1630	8	3	0
1640	10	4	0
1660	12	5	0
1670	14	6	0
1700	18	9	1
1730	24	14	3
1780	37	23	7
1820	51	34	11
1880	80	57	21
1940	120	91	36
2000	165	130	53
2060	230	194	80
2120	310	274	118
2160	379	348	155
2220	484	460	210
2260	586	570	264
2310	753	748	348
2350	888	929	440
2390	1032	1107	527
2460	1292	1452	697
2500	1577	1826	879
2540	1811	2198	1078

Table 1: Illuminances by an incandescent light source of a known temperature, measured through three colour filters at a fixed position of the light source and the light meter. The accuracy of the measurements is ± 2 lx. Illuminamenti di una sorgente luminosa a incandescenza di temperatura nota, misurati attraverso tre filtri colorati mantenendo fissa la posizione della sorgente luminosa e dell'esposimetro. La precisione delle misurazioni è ± 2 lx.

Istruzioni per l'alimentatore

La portata dell'alimentatore è definita dal limite di corrente e dal limite di tensione impostati. Se viene raggiunto per primo il limite di corrente, l'alimentatore funziona come una sorgente di corrente costante; se viene raggiunto prima il limite di tensione, l'alimentatore funziona come una sorgente di tensione costante, indicata dalle spie CC e CV.

Non collegare la fonte di luce prima di aver impostato l'alimentazione! Notare che il filo rosso nell'immagine non è collegato, quindi il circuito è interrotto.



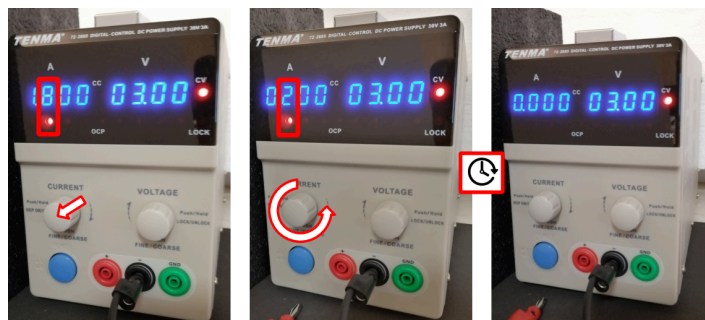
Nella figura si vedono due display: display di corrente a sinistra e display di tensione a destra. La foto mostra la lettura di corrente e di tensione in un certo istante (a circuito aperto): la corrente è zero e la tensione è uguale al limite di tensione scelto. L'indicatore CV accanto al display della tensione si illuminerà, indicando che il limite di tensione è stato raggiunto.



Premere la manopola della tensione per impostare il limite di tensione. Il display mostrerà ora il limite di tensione invece della tensione effettiva e la luce al di sotto di una delle cifre della tensione si illuminerà. Ruotando la manopola si imposta la cifra scelta e premendola si scorreranno tutte le cifre. Usalo per impostare la tensione sulla tensione massima consentita della sorgente luminosa, ad es. 3.00 V per il LED

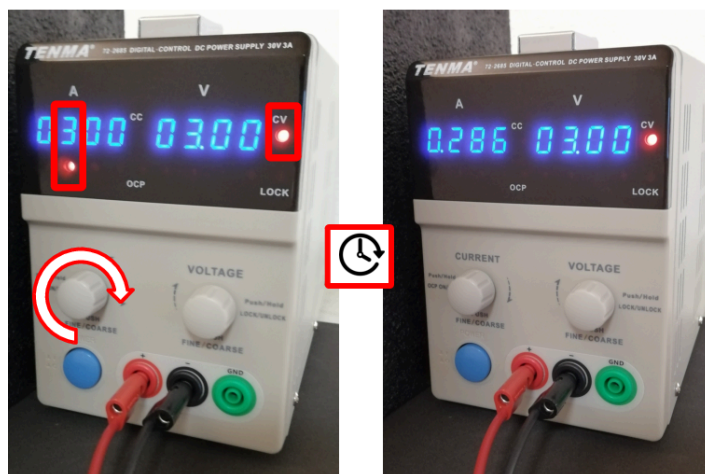
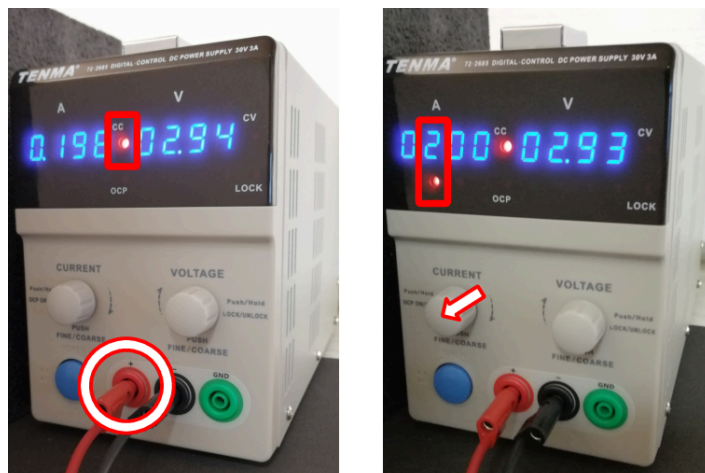
Dopo 4 secondi il display torna a visualizzare la tensione effettiva e la spia sotto le cifre della tensione si spegne.

Ripetere la procedura con la manopola di corrente (sinistra), per impostare il limite di corrente.



L'esempio mostra il limite 0.200 A. Dopo 4 secondi, il display torna a visualizzare la corrente effettiva (ancora zero) e la spia del selettore cifre si spegne.

Ora che entrambi i limiti sono impostati correttamente, collegare la sorgente luminosa. Nell'esempio illustrato nelle foto è riportata la condizione per cui viene raggiunto il limite di corrente impostato. Ciò è indicato dalla spia CC (corrente costante) accesa. La tensione effettiva è comunque inferiore a quella impostata. La sorgente di luce in questo esempio non è la stessa dell'esperimento, quindi i tuoi valori saranno diversi. In tali condizioni, prova ad aumentare il limite di corrente con la manopola sinistra.



Quando la corrente viene aumentata troppo, viene raggiunto il limite di tensione (indicatore CV acceso), che protegge la sorgente luminosa. Utilizzare l'impostazione corrente per controllare le sorgenti luminose.