

Istruzioni generali

Ti consigliamo di leggere attentamente tutto il testo seguente prima di iniziare a lavorare con i materiali.

Non ti si chiede una relazione di laboratorio, ma solamente una serie di risposte.

Ogni risposta deve avere una sua giustificazione sintetica e chiara, anche se non è chiesto esplicitamente nella domanda.

Se, per migliorare una misurazione, adotti accorgimenti significativi, registrati nel corrispondente foglio risposte.

Al termine della prova inserisci i fogli con le risposte e la minuta nell'apposita busta da consegnare.

P_{sp}

Una lampadina reversibile

Punti 200

Premessa

Il LED, Diodo ad Emissione di Luce, consiste in una “giunzione p-n” di due lati di un semiconduttore, dei quali almeno uno è arricchito con “portatori di carica elettrica” di segno positivo (lato p) o negativo (lato n). Nella Figura 1 puoi vedere un’immagine schematica del LED.

Un LED alimentato, p. es. con una pila, è sorgente di radiazioni la cui frequenza corrisponde all’energia dei fotoni emessi.

Se invece, il LED riceve energia luminosa di frequenze opportune, si genera nella giunzione una differenza di potenziale elettrico, che chiameremo brevemente “voltage”. In altre parole, il dispositivo collegato ad un voltmetro, può fungere da sensore di luce.

A seconda della sua funzione, chiameremo il LED “sorgente” o “sensore” rispettivamente.

Avrai a disposizione quattro LED, a due a due uguali tra loro. La coppia che si presenta con una lente incolore, ed è montata su connettori bianchi, produce luce gialla. L’altra coppia, la cui lente è azzurrina, montata su connettori neri, produce radiazione infrarossa. Li chiameremo “LED giallo” e “LED IR” rispettivamente. In ciascuna coppia, ciascun LED è già predisposto a fungere da sorgente oppure da sensore.

Il LED che funge da sorgente è posto in serie con un resistore da 470 Ω , che serve per limitare la corrente quando lo si collega alla batteria da 4.5 V: dal connettore sporgono un filo rosso e il resistore.

Il LED sensore è invece collegato direttamente ai due fili di colore rosso e nero rispettivamente che sporgono dal connettore.

ATTENZIONE! Il collegamento diretto alla batteria del LED sensore, che non ha il resistore di protezione, lo distruggerebbe in pochi secondi. I LED di ricambio sono in numero limitato. C’è dunque il rischio di non poter completare la prova. Inoltre la sostituzione di un LED in corso d’opera, implica la ripetizione delle misure, perché, come sensori, i LED a disposizione si comportano in modo molto diverso l’uno dall’altro.

Prova subito a collegare un LED giallo sensore al voltmetro per renderti conto del suo comportamento. Seleziona la portata di 2 V di tensione continua. Accendi lo strumento con l’interruttore (tasto POWER), osserva la sua indicazione quando orienti il LED verso la luce della finestra, e quando poi lo schermi dalla luce con la mano. Spegni lo strumento dopo l’uso.

Non collegare nulla alla batteria prima di aver letto tutto il testo.

Le figure nel testo indicano una possibile sistemazione dei materiali, che però puoi disporre come meglio ritieni.

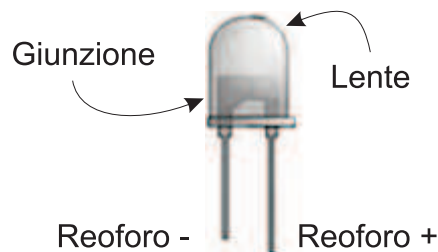


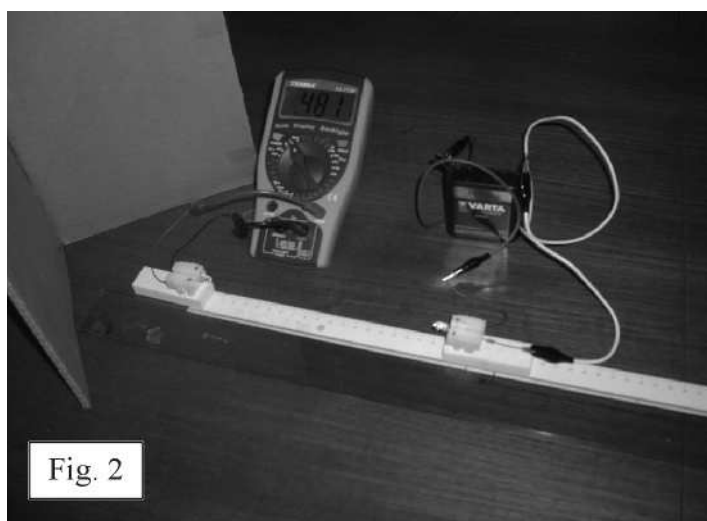
Fig. 1

PARTE 1. Voltaggio e flusso di energia radiante**(60 punti)**

Materiali: 2 LED gialli su connettori bianchi, resistore da $470\,\Omega$, voltmetro, batteria da 4.5 V, cavetti di collegamento, nastro metrico di carta, riga millimetrata, 2 gomme per cancellare come supporti per connettori con LED, puntine da disegno, foglio bianco A4, 3 fogli di cartone, nastro adesivo, nastro biadesivo, etichetta per contrassegnare la sorgente.

Il flusso di energia radiante sul sensore, chiamato più brevemente “*flusso radiante*”, è la quantità di energia della radiazione in arrivo nell’unità di tempo sulla superficie esposta del sensore stesso. La sua unità di misura è il watt (W).

Perché il LED sorgente emetta luce, il filo rosso connesso al reoforo più lungo, che corrisponde alla zona “p”, va collegato al polo positivo della batteria. Incolla l’etichetta sul filo rosso della sorgente. Il resistore, a contatto con il reoforo più corto, va collegato al polo negativo. I poli positivo e negativo della batteria sono chiaramente indicati in rilievo sull’involucro della batteria stessa con i simboli + e –.



Realizza i collegamenti di sorgente e sensore come indicato nella Figura 2. Nella figura il LED sensore si trova a sinistra, e il LED sorgente a destra. Tu disponili come meglio credi. Quando non fai misurazioni interrompi il contatto alla batteria e spegni il voltmetro.

Fissa il foglio bianco ad un cartone con puntine da disegno, e mettilo davanti alla sorgente accesa, perpendicolarmente all’asse longitudinale della lente del LED, in modo da intercettare il fascio di luce proveniente dalla giunzione. Aumenta la distanza tra cartone e LED senza cambiarne il reciproco orientamento fino a che puoi notare nella sezione centrale del fascio, un cerchio in cui l’illuminamento appare uniforme.

Si può allora supporre che in una piccola sezione centrale del fascio conico emesso dalla sorgente, come quella intercettata dal sensore posto sull’asse del cono, arrivi luce come se provenisse da una sorgente isotropa, cioè da una sorgente che invia luce di uguale intensità in tutte le direzioni.

Al crescere della distanza dalla giunzione del LED sorgente, cresce il diametro del cerchio e il flusso radiante che arriverà al sensore posto sull’asse del cono sarà inversamente proporzionale al quadrato della sua distanza dalla sorgente stessa.

Però, fa’ attenzione! Il flusso radiante intercettato dal sensore dipende sensibilmente anche dal suo orientamento rispetto all’asse del fascio conico, inoltre al sensore arriva luce anche dall’ambiente.

Controlla che sia selezionata la portata di 2 V di tensione continua nel voltmetro collegato al sensore.

Qualora i valori sul visore dello strumento risultassero negativi, inverti il collegamento del sensore al voltmetro.

L’incertezza strumentale vale: 0.5 % della lettura +0.001 V.

Può capitare che il voltmetro in dotazione si spenga automaticamente dopo qualche minuto dall’accensione. Se capita ciò, riaccendilo premendo due volte sul tasto POWER.

Poni i due LED affacciati, con le lenti sullo stesso asse longitudinale (v. Figura 2). Conviene fissare ciascun connettore ad una gomma di supporto con un pezzetto di nastro biadesivo. Le gomme vanno poste sopra il metro di carta. Varia la distanza tra sorgente e sensore entro un massimo di 40 cm. Il bordo della riga millimetrata ti può servire da guida per le gomme di supporto negli spostamenti. Usa i due fogli di cartone uniti ad angolo con nastro adesivo, come schermo dalla luce dell’ambiente. Posizionali dove ritieni più opportuno.

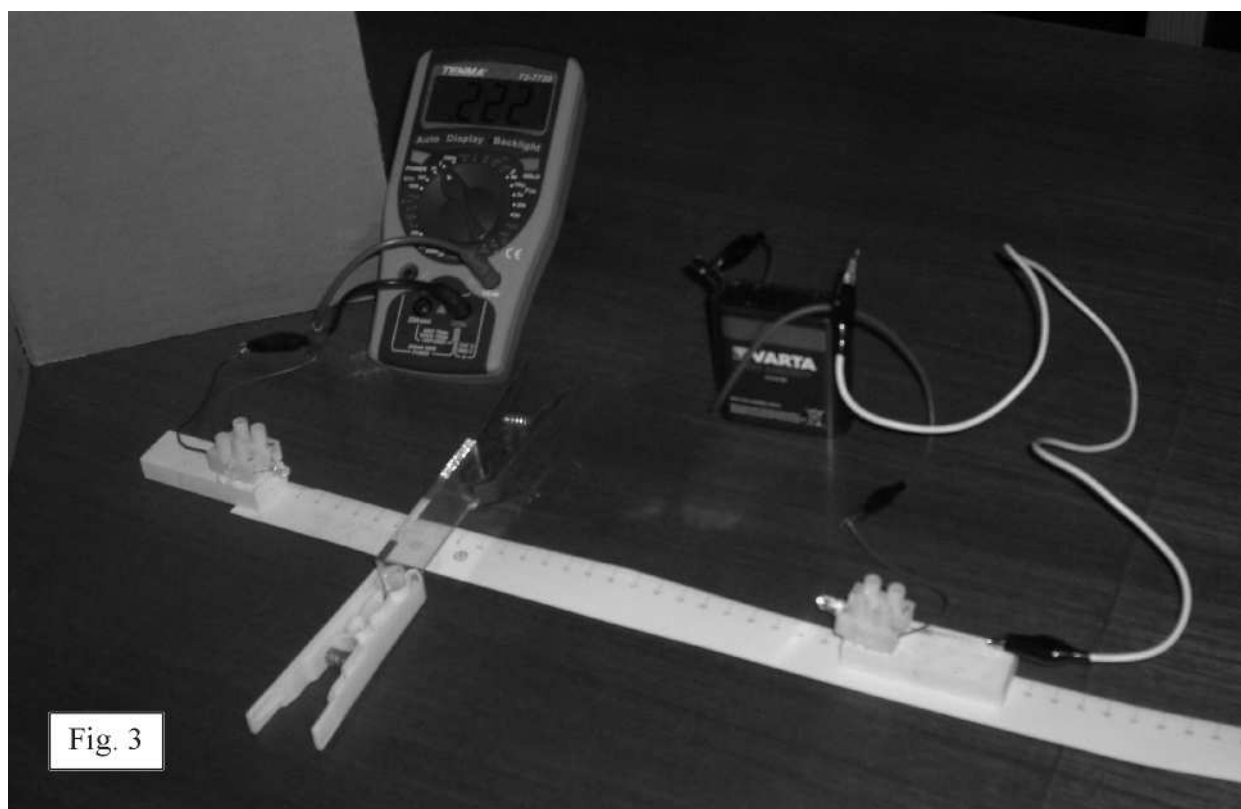
- 1.1 – Misura le distanze da giunzione a giunzione di sorgente e sensore e registrale insieme con i voltaggi corrispondenti. Esponi sinteticamente il procedimento.
- 1.2 – Analizzando l’andamento del voltaggio in funzione dell’inverso del quadrato della distanza, determina un intervallo di valori della distanza tra sensore e sorgente in cui ci si avvicina maggiormente ad una relazione di dipendenza lineare tra voltaggio V e flusso radiante Φ . L’intervallo

deve avere un'ampiezza di almeno 10 cm. Quale intervallo scegli? Esponi sinteticamente il criterio di scelta.

PARTE 2. Flusso di energia attraverso il vetro

(70 punti)

Materiali: 2 LED gialli su connettori bianchi, resistore da $470\,\Omega$, voltmetro, batteria da 4.5 V, cavetti di collegamento, nastro metrico di carta, riga millimetrata, 10 vetrini porta oggetto da microscopio, 2 mollette da bucato, coppia di cartoni per schermaggio.



Poni sorgente e sensore affacciati, ad una distanza compresa nell'intervallo di linearità trovato al punto 1.

I supporti di sorgente e sensore vanno posti sopra il metro di carta e/o lungo la riga millimetrata. Inserisci tra sorgente e sensore un numero variabile di vetrini, con gli spigoli di 2 cm verticali. Mantienili perpendicolari all'asse tra i due LED per mezzo delle due mollette da bucato, come in Figura 3. Anche la distanza dei vetrini dalla sorgente deve essere compresa nell'intervallo di linearità.

Usa i due fogli di cartone uniti ad angolo, come schermo dalla luce dell'ambiente, e sistemali dove meglio credi.

- 2.1 – Registra le posizioni delle giunzioni di sorgente e sensore, e della prima faccia del primo vetrino, cioè di quello rivolto verso la sorgente, leggendole sulla riga o sul nastro millimetrato.
- 2.2 – Effettua e registra le misure di voltaggio ai capi del sensore in funzione del numero N , da 0 a 10, di vetrini interposti tra sorgente e sensore (vedi figura 3).

Come puoi notare, la presenza dei vetrini influisce sul voltaggio del sensore, e quindi sul flusso di energia radiante sul sensore stesso. Riflessione, rifrazione e assorbimento, sono i tre fenomeni principali correlati al passaggio della luce nei vetrini.

- 2.3 – Per incidenza quasi normale della luce, come in questo caso, ciascuna faccia di ciascun vetrino riflette il 4 % del flusso radiante incidente. In base a questa informazione e nell'ipotesi che si verifichi solamente il fenomeno della riflessione, esprimi con una formula il voltaggio al sensore $V = V(N)$ in funzione del numero N di vetrini.

Indica il procedimento seguito, precisa significato e valore della costante o delle costanti che compaiono nella formula.

- 2.4 – Confronta i valori di V calcolati attraverso la formula $V = V(N)$ con quelli misurati al punto 2.2. Da questo confronto, deduci se l'effetto complessivo di rifrazione e assorbimento sul flusso di energia radiante sul sensore, è o non è significativo, tenuto conto delle incertezze di misura.

PARTE 3. Lunghezza d'onda della radiazione IR

(70 punti)

Materiali: 2 LED gialli su connettori bianchi, 2 LED IR su connettori neri, 2 resistori da $470\ \Omega$, Voltmetro, Batteria, cavetti di collegamento, foglio con goniometro, settore di CD spellato (reticolo trasparente), settore di CD a specchio (reticolo riflettente), striscia di acetato, puntina da disegno, cartoni, gomma + due puntine come supporto per reticolo, 5 spilli, cartoncino nero, forbici, etichetta per contrassegnare la sorgente IR, nastro biadesivo.

Nella Figura 4a è rappresentato l'apparato di misura, relativo al punto 3.1, in cui viene usato il LED giallo sorgente.

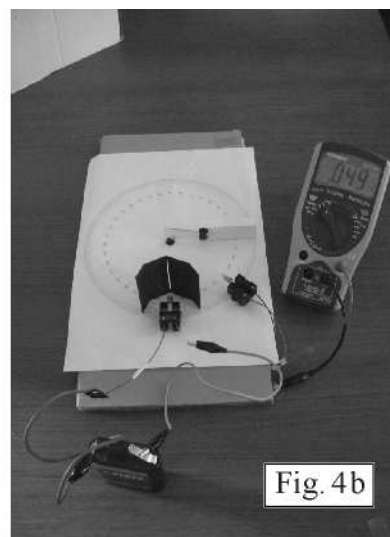
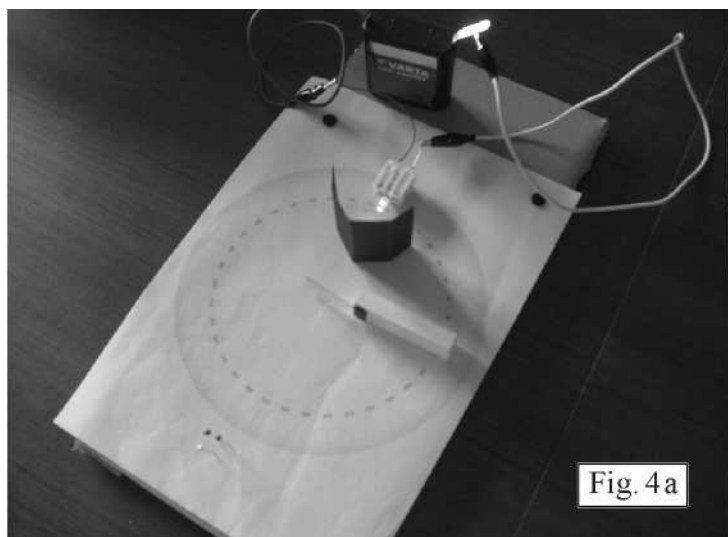
Il reticolo di diffrazione consiste in un piccolo settore di un CD. Sulla superficie del settore di CD è incisa una serie di solchi⁽¹⁾, che si possono considerare archi di circonferenze, con una distanza p dall'uno all'altro, estremamente piccola, che si chiama "passo" del reticolo. Date le piccole dimensioni del settore di CD i solchi non troppo vicini alla punta si possono ritenere rettilinei e paralleli tra loro.

Ti consigliamo di usare il reticolo trasparente per la luce gialla e quello a specchio per la radiazione IR. Ciascun reticolo va fissato alla gomma inserendo la punta del settore di CD tra le due puntine da disegno.

Piega il cartoncino a metà e ritaglia sulla piega una strisciolina di circa mezzo millimetro, in modo che vi risulti una fenditura di circa un millimetro. Aggiusta la larghezza della fenditura per mezzo di nastro isolante nero. Disponi il cartoncino come nella figura 4a e 4b, con la fenditura verticale.

I massimi di luce di ordine n ($n = 0, 1, 2, \dots$) sono nelle direzioni formanti angoli θ con la normale al reticolo. Per questi angoli vale la relazione $n\lambda = p \sin(\theta)$, sia per il reticolo trasparente che per quello a specchio. Questi sono stati tagliati dallo stesso CD ed hanno lo stesso passo p .

La lunghezza d'onda centrale λ_g della banda emessa dal LED giallo vale $\lambda_g = (5.90 \pm 0.05) \times 10^{-7}$ m.



Poni il foglio con il goniometro sopra i due cartoni sovrapposti l'uno sull'altro. Con visuale radente al foglio, traggarda verso il reticolo attraverso gli spilli e piantali sul goniometro per segnare le posizioni dei massimi.

⁽¹⁾ Nell'intero CD vi è un'unica lunghissima serie di piccolissimi solchi disposti lungo una spirale.

Questi ti appaiono come rettangolini gialli luminosi corrispondenti all'immagine della fenditura interposta tra sorgente e reticolo.

- 3.1 – Dalle posizioni sul goniometro dei massimi di luce gialla ricava il passo p del reticolo. Descrivi brevemente il procedimento seguito.**

Sostituisci il reticolo trasparente con quello a specchio, il LED giallo sorgente con il LED IR sorgente, cioè quello con il resistore. Invece dei tuoi occhi, vi sarà ora il LED IR sensore per rilevare i massimi di radiazione. Incolla l'etichetta sul filo rosso del LED IR sorgente per riconoscerlo. **Un errore potrebbe compromettere questa parte della prova.**

Realizza l'apparato di misura come indicato nella Figura 4b, con sorgente e sensore dalla stessa parte rispetto al reticolo. La striscia di acetato va fissata con una puntina nel centro del goniometro, e serve come appoggio girevole per il supporto del sensore.

Dirigi la radiazione della sorgente sul reticolo attraverso la fenditura, e osserva che anche in questo caso il sensore rileva il flusso di energia in arrivo. Per la ricerca dei massimi di flusso di energia che si formeranno per diffrazione, puoi supporre che a maggior voltaggio corrisponda maggior flusso radiante.

- 3.2 – Dalle angolazioni dei massimi della radiazione IR, ricava la lunghezza d'onda centrale della banda di radiazioni emessa dal LED IR. Descrivi brevemente il procedimento seguito.**

Materiali sul tavolo di servizio: cacciavite, nastro adesivo, nastro isolante, carta millimetrata.

Materiale elaborato dal Gruppo

	<p>PROGETTO OLIMPIADI <i>Segreteria Olimpiadi Italiane della Fisica</i> e-mail: segreteria@olifis.it - Tel. 0732 1966045 WEB: www.olifis.it</p>
---	---

NOTA BENE

È possibile utilizzare, riprodurre, distribuire, comunicare al pubblico questo materiale alle due seguenti condizioni: citare la fonte; non usare il materiale, nemmeno parzialmente, per fini commerciali.