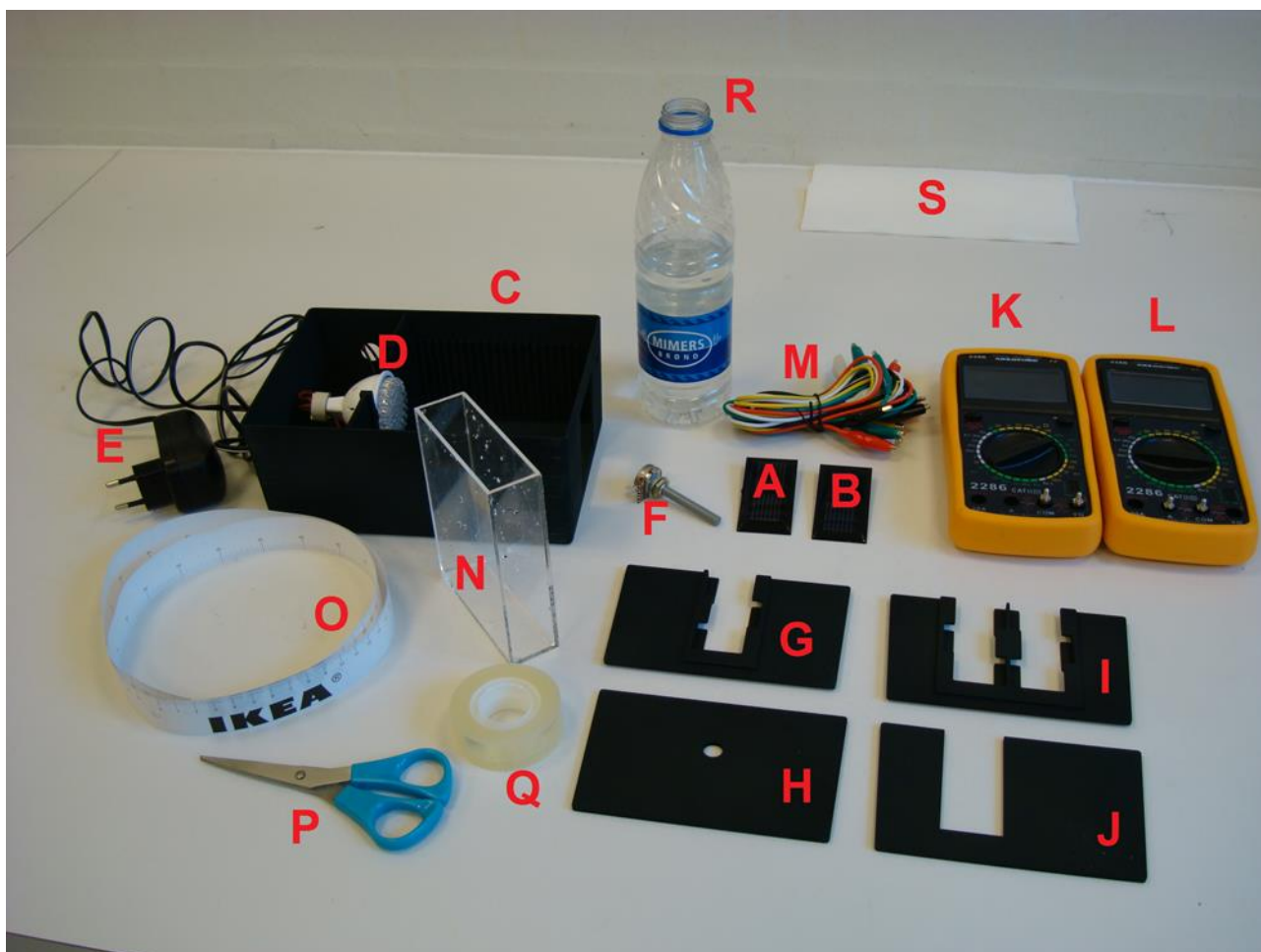


## 2.0 Introduzione

La strumentazione a disposizione per l'esecuzione dell'esperimento è illustrata in Fig. 2.1.



**Figura 2.1** Strumentazione usata per l'esperimento E2.

Lista della strumentazione (vedi Fig. 2.1):

**A:** cella solare

**B:** cella solare

**C:** scatola con delle guide per montare la sorgente di luce, le celle solari e tutto il resto

**D:** sorgente di luce a LED montata in un portalampada

**E:** alimentatore per la sorgente di luce D

**F:** resistore variabile

**G:** sostegno per montare una cella solare singola nella scatola C

**H:** apertura circolare da usare nella scatola C

**I:** sostegno per montare due celle solari nella scatola C

**J:** schermo piatto da usare nella scatola C

**K:** multimetro digitale

**L:** multimetro digitale

**M:** fili elettrici con coccodrilli

**N:** recipiente ottico (cuvette)

**O:** metro di carta

**P:** forbici

**Q:** nastro adesivo

**R:** acqua per riempire il recipiente ottico N

**S:** fazzoletto di carta per asciugare l'acqua caduta

**T:** recipiente di plastica per svuotare l'acqua dal recipiente ottico N (non si vede nella Fig. 2.1)

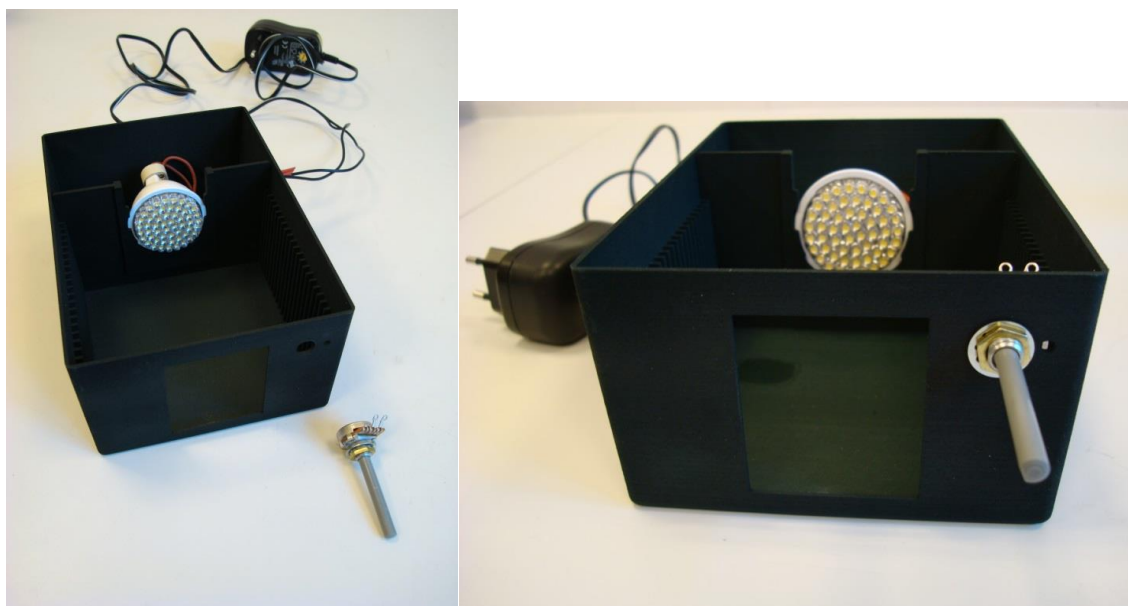
**U:** pipetta di plastica (non si vede nella Fig. 2.1)

**V:** coperchio della scatola C (non si vede nella Fig. 2.1)

## Data sheet: tabella di costanti fondamentali

Velocità della luce nel vuoto	$c$	$2.998 \times 10^8 \text{ms}^{-1}$
Carica elementare	$e$	$1.602 \times 10^{-19} \text{C}$
Costante di Boltzmann	$k_B$	$1.381 \times 10^{-23} \text{JK}^{-1}$

Una cella solare trasforma parte dell'energia elettromagnetica della luce incidente in energia elettrica separando le cariche elettriche nell'interno della cella solare stessa. In questo modo si può generare una corrente elettrica. L'esperimento E2 consente di studiare delle celle solari usando la strumentazione fornita. La strumentazione è formata da una scatola con dei sostegni per una sorgente luminosa e per alcune celle solari e da un coperchio. Il resistore variabile dovrà essere installato nella scatola, come si vede nella Fig. 2.2. Uno dei tre terminali del resistore variabile è stato eliminato perché non serve. Vengono forniti anche dei fili elettrici con coccodrilli e due celle solari con i terminali sul retro (contrassegnate da un numero di serie e dalle lettere A o B). Le due celle solari sono simili, potendo avere anche leggere differenze. I due multimetri hanno i terminali già predisposti per essere adoperati uno come amperometro e l'altro come voltmetro (vedi la Fig. 2.3). Infine, nell'esperimento farai uso di un recipiente ottico da riempire con l'acqua di una bottiglia di plastica.



**Figura 2.2** (a) Scatola con la sorgente luminosa e il resistore da montare. (b) Il resistore è stato montato nella scatola. Attento che il piccolo perno metallico sul resistore serve da ancoraggio e deve essere inserito nel piccolo forellino sulla parete della scatola, situato a destra di quello dove passa il resistore.



**Figura 2.3** Multimetri con i terminali predisposti per usarli, rispettivamente, come amperometro (a sinistra) e come voltmetro (a destra). Si accende ciascuno dei due strumenti premendo il pulsante “POWER” nell'angolo in alto a sinistra. Gli strumenti si spengono automaticamente dopo un certo tempo in cui non funzionano. Si possono misurare sia la corrente che il voltaggio continui (=) sia la corrente che il voltaggio alternati (~). La resistenza interna del voltmetro è di  $10\text{ M}\Omega$  per qualunque

fondo scala (range) di misurazione. La differenza di potenziale sull'amperometro è 200 mV al massimo della scala, qualunque sia il fondo scala (range) usato. In caso di overflow, il display mostra “I” e bisogna selezionare un range di misura più alto. Il pulsante “HOLD” (nell'angolo in alto a destra) non deve essere mai premuto, tranne quando vuoi mantenere una rilevazione.

**ATTENZIONE:** *Non usare i multimetri come ohmetri sulla cella solare poiché la corrente di misurazione potrebbe danneggiare la cella. Quando si cambia il fondo scala dei multimetri, per favore gira la manopola con cautela: la lettura può essere instabile e la manopola potrebbe rompersi. Controlla sempre, perciò, che ci sia un numero sotto il punto decimale corrispondente al fondo scala quando effettui una misurazione – se il commutatore di scala non fosse completamente a posto, il multimetro non misurerebbe nulla anche se ci fossero delle cifre sul display.*

**Nota:** non cambiare mai il voltaggio dell'alimentatore. Deve essere sempre mantenuto a 12 V per tutto l'esperimento. (L'alimentatore della sorgente luminosa deve essere connesso alla presa di rete (230 V ~) che c'è sul tuo banco di lavoro.)

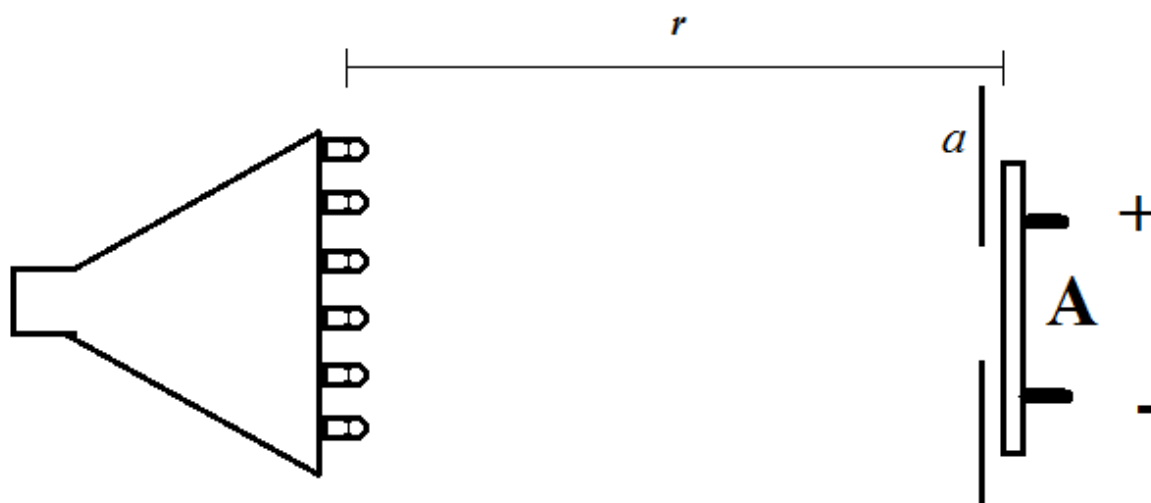
**Nota:** le considerazioni sulle incertezze di misura vanno fatte soltanto quando viene esplicitamente richiesto.

**Nota:** tutte le grandezze misurate e calcolate vanno espresse con le unità del Sistema Internazionale.

**Nota:** in ogni misurazione di corrente e di voltaggio la luce a LED deve essere accesa.

## 2.1 La dipendenza della corrente della cella solare dalla distanza dalla sorgente luminosa

Per questa parte, dovrai misurare la corrente  $I$  generata dalla cella solare collegata in un circuito elettrico con un amperometro e determinare come essa dipende dalla distanza  $r$  tra la cella e la sorgente luminosa. La luce è prodotta *dentro* i singoli diodi luminosi e  $r$  deve quindi essere misurato come mostrato in Fig. 2.4.



**Figura 2.4** Vista dall'alto della disposizione per la domanda 2.1. Nota che l'apertura  $a$  si trova subito davanti alla cella solare A. La distanza è misurata dall'interno del diodo luminoso alla superficie della cella solare.

Non cambiare il fondo scala dell'amperometro durante questo esperimento: la resistenza interna dell'amperometro dipende dall'intervallo di misura e influenza la corrente che può essere ricavata dalla cella solare.

Riporta il numero di serie della sorgente luminosa e della cella solare A sul foglio risposte. Posiziona la sorgente di luce nel sostegno ad U. La sorgente luminosa si adatta molto bene al suo sostegno per cui presta attenzione quando la monti. Posiziona la cella solare A nel sostegno per cella solare singola e poni lo schermo circolare nell'alloggiamento immediatamente di fronte alla cella solare stessa. La corrente  $I$  come funzione della distanza  $r$  dalla sorgente luminosa può, quando  $r$  non è troppo piccolo, essere approssimata dall'espressione

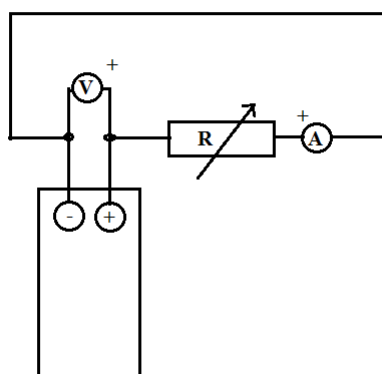
$$I(r) = \frac{I_a}{1 + \frac{r^2}{a^2}}$$

dove  $I_a$  e  $a$  sono costanti.

2.1a	Misura $I$ in funzione di $r$ , e riporta in una tabella le tue misure.	1.0
2.1b	Determina i valori di $I_a$ e $a$ utilizzando un opportuno metodo grafico.	1.0

## 2.2 Caratteristica della cella solare

Togli l'apertura circolare. Monta il resistore variabile nella scatola come mostrato in Fig. 2.2. Posiziona la sorgente luminosa nell'alloggiamento numero 0, il più lontano dal resistore. Monta la cella solare A nel sostegno per cella solare singola *senza l'apertura circolare* nell'alloggiamento 10. Costruisci un circuito come mostrato in Fig. 2.5 per misurare la caratteristica della cella solare, cioè la differenza di potenziale  $U$  ai capi della cella solare in funzione della corrente  $I$  nel circuito formato dalla cella solare, resistenza e amperometro.



**Figura 2.5** Schema elettrico per misurare la caratteristica della domanda 2.2

2.2a	Costruisci una tabella delle misure di $U$ e $I$ .	0.6
2.2b	Con questi dati riporta in grafico la differenza di potenziale in funzione della corrente.	0.8

## 2.3 Caratteristica teorica della cella solare

Per la cella solare in questo esperimento la corrente in funzione della differenza di potenziale è data dall'espressione

$$I = I_{\max} - I_0 \left( \exp \left( \frac{eU}{\eta k_B T} \right) - 1 \right)$$

dove i parametri  $I_{\max}$ ,  $I_0$  e  $\eta$  sono costanti per una data illuminazione. Supponiamo che sia  $T = 300$  K. Le costanti fondamentali  $e$  e  $k_B$  sono rispettivamente la carica elementare e la costante di Boltzmann.

2.3a	Utilizza il grafico della domanda 2.2b per determinare $I_{\max}$ .	0.4
------	---	-----

Si suppone che, in questo caso, il parametro  $\eta$  abbia un valore compreso tra 1 e 4. Per alcuni valori della differenza di potenziale  $U$ , la formula può essere approssimata come

$$I \approx I_{\max} - I_0 \exp \left( \frac{eU}{\eta k_B T} \right)$$

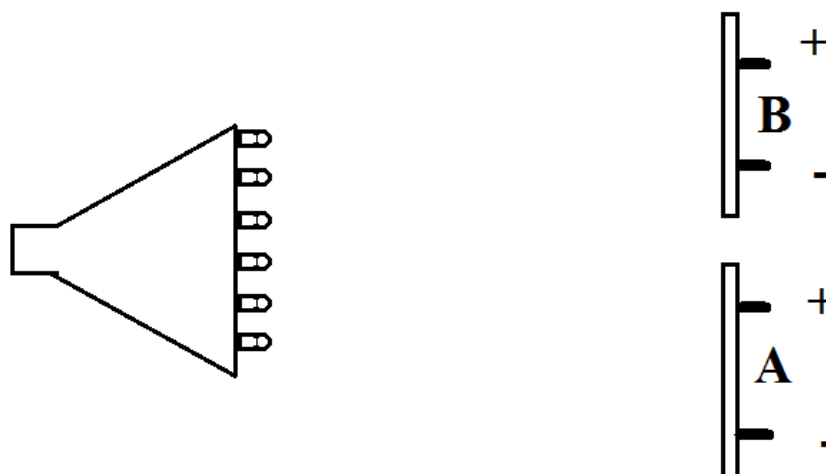
2.3b	Stima i possibili valori di $U$ per i quali questa approssimazione è corretta. Determina graficamente i valori di $I_0$ e $\eta$ per la tua cella.	1.2
------	--	-----

## 2.4 Potenza massima di una cella solare

2.4a	La potenza massima che la cella solare può fornire al circuito esterno è indicata con $P_{\max}$ . Determina $P_{\max}$ per la tua cella solare utilizzando alcune opportune misure. (Puoi utilizzare alcune misure della domanda 2.2. )	0.5
2.4b	Stima la resistenza ottimale di carico $R_{\text{opt}}$ , cioè la resistenza totale esterna per la quale la cella solare fornisce la sua massima potenza a $R_{\text{opt}}$ . Scrivi i risultati con l'incertezza e giustificali mediante opportune formule e calcoli.	0.5

## 2.5 Confronto tra celle solari

Monta entrambe le celle solari (A e B) nel sostegno per due celle e inseriscilo nell'alloggiamento numero 15, vedi Fig. 2.6.



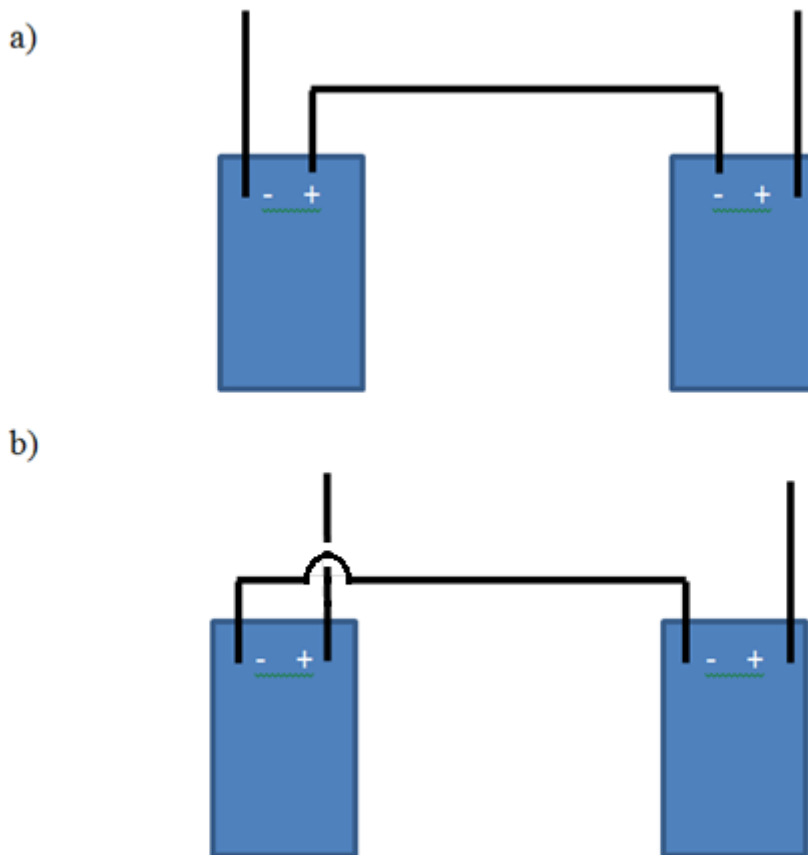
**Figura 2.6** Vista dall'alto della sorgente luminosa e delle celle solari della domanda 2.5.

2.5a	Misura, per una data illuminazione: - la differenza di potenziale massima $U_A$ che può essere misurata ai capi della cella solare A. - la massima corrente $I_A$ che può essere misurata sulla cella solare A. Misura le stesse quantità anche per la cella solare B.	0.5
2.5b	Disegna lo schema elettrico del circuito, riportando le connessioni elettriche delle celle solari e degli strumenti di misura.	0.3



## 2.6 Celle solari collegate fra loro

Le due celle solari possono essere collegate in serie in due modi diversi come si vede nella Fig. 2.7. Ci sono anche due modi per collegarle in parallelo (non mostrati nella figura).



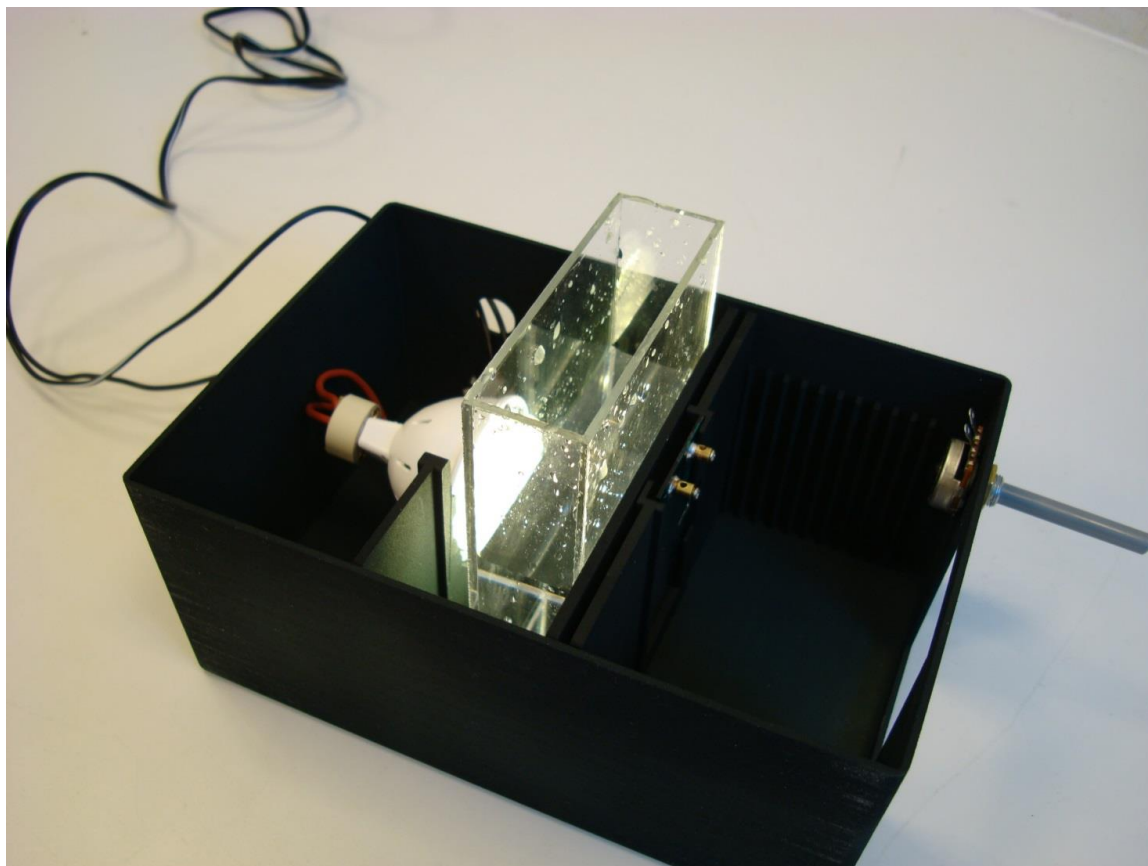
**Figura 2.7** Due modi per collegare le celle in serie per svolgere il quesito 2.6. I due modi per collegarle in parallelo non vengono mostrati.

2.6	Determina a quale dei quattro collegamenti delle due celle solari corrisponde la più alta potenza possibile in un circuito esterno quando una cella è oscurata con lo schermo J della Fig. 2.1. Suggerimento: puoi stimare questa potenza abbastanza bene calcolandola dalla misura della tensione massima e della corrente massima per ciascuna configurazione. Disegna lo schema elettrico del circuito individuato.	1.0
-----	--	-----

## 2.7 L'effetto del recipiente ottico (cuvette) sulla corrente della cella solare

Monta la sorgente luminosa nella scatola e poni la cella solare A nel sostegno per la cella singola posizionando l'apertura circolare proprio davanti alla cella e facendo in modo che ci siano circa 50 mm tra la cella solare e la sorgente di luce. Sistema il recipiente ottico immediatamente davanti all'apertura circolare come si vede in Fig. 2.8.





**Figura 2.8** Montaggio dell'apparato sperimentale per la domanda 2.7.

2.7a	Misura la corrente $I$ , ora in funzione dell'altezza $h$ dell'acqua nel recipiente, come si vede nella Fig. 2.8. Costruisci una tabella delle misurazioni e disegna un grafico dei risultati.	1.0
2.7b	Spiega, ma adoperando solo degli schemi, dei disegni e dei simboli, perché il grafico che hai ottenuto ha proprio quell'andamento.	1.0

Monta nella scatola la sorgente luminosa e sistema la cella solare A nel sostegno per celle singole facendo in modo che la distanza tra la cella solare e la sorgente luminosa sia massima. Sistema l'apertura circolare immediatamente di fronte alla cella.

2.7c	Per questa sistemazione sperimentale risolvi le questioni seguenti: - misura la distanza $r_1$ tra la sorgente luminosa e la cella solare e la corrente $I_1$ - posiziona il recipiente vuoto immediatamente davanti all'apertura circolare e misura la corrente $I_2$ - riempi di acqua il recipiente ottico fin quasi in cima e misura la corrente $I_3$	0.6
2.7d	Usa le misurazioni del punto 2.7c per trovare un valore dell'indice di rifrazione, $n_w$ , dell'acqua. Spiega il metodo che hai usato per trovare l'indice di rifrazione con opportuni schemi ed equazioni.	1.6