MODULO V

Argomento 1

Sommario

Titolo della lezione	
L'efficienza delle celle solari	
Durata	90 min
Fascia d'età	10 – 14

Riassunto della lezione

L'obiettivo è testare quanta energia del sole una cella solare può catturare. Verrà posizionata sotto la luce del sole e saranno effettuate misurazioni di tensione e corrente per calcolare la potenza massima e la potenza fornita a un piccolo ventilatore.

Risultati dell'apprendimento

Scopo/obiettivo didattico

- Gli studenti imparano come l'energia solare viene trasformata in elettricità.
- Comprendere il concetto di efficienza delle celle solari e come misurarla.
- Verificare come le celle solari vengono disposte per aumentare la potenza che forniscono.

Obiettivi trasversali

- Comprendere il funzionamento dei moduli fotovoltaici
- Imparare a misurare tensioni e correnti in un circuito elettrico

Collegamento con gli OSS (Obiettivi di Sviluppo Sostenibile)

Questa lezione è allineata con l'Obiettivo di Sviluppo Sostenibile 7: "Si tratta di garantire l'accesso a un'energia pulita e conveniente, fondamentale per lo sviluppo dell'agricoltura, del commercio, delle comunicazioni, dell'istruzione, della sanità e dei trasporti." - Obiettivo 7.2: Entro il 2030, aumentare in modo significativo la quota di energia rinnovabile nel complesso delle fonti energetiche.

Implementazione

Facilitazione

- Bisogna scegliere una giornata con cielo sereno e molto soleggiato e svolgere l'attività nelle ore centrali (con il sole allo zenit) oppure utilizzare lampade a incandescenza da 100 Watt per le attività al chiuso.
- Si consiglia di formare gruppi di 4 o 5 studenti per svolgere questa attività.
- È importante assicurarsi che tutto il materiale sia pronto prima della lezione (celle solari, ventilatori con fili e connettori a banana, ecc. Potrebbe essere necessario usare un saldatore per collegare i terminali ai cavi).
- All'esterno, saranno necessari tavoli o un luogo adatto per sistemare tutto il materiale e poter effettuare le misurazioni.

Materiali necessari

Materiali per ogni gruppo di studenti (vedi Figura V.1.1):

- Due celle solari (preferibilmente con fili già predisposti) (tipo questa)
- Un multimetro per misurare volt e ampere (DC)
- Luce solare o un'altra fonte di luce intensa, come una lampadina a incandescenza da 100 watt
- Un piccolo ventilatore USB (funzionante a 5 volt) o un qualsiasi piccolo motore DC da 5 volt utilizzato con Arduino, con fili rosso e nero per il collegamento (potrebbe essere necessaria la saldatura)
- Connettori a banana o clip a coccodrillo (tre rosse e tre nere) per i fili delle celle solari e del ventilatore
- Righello metrico
- Calcolatrice, carta e penna.

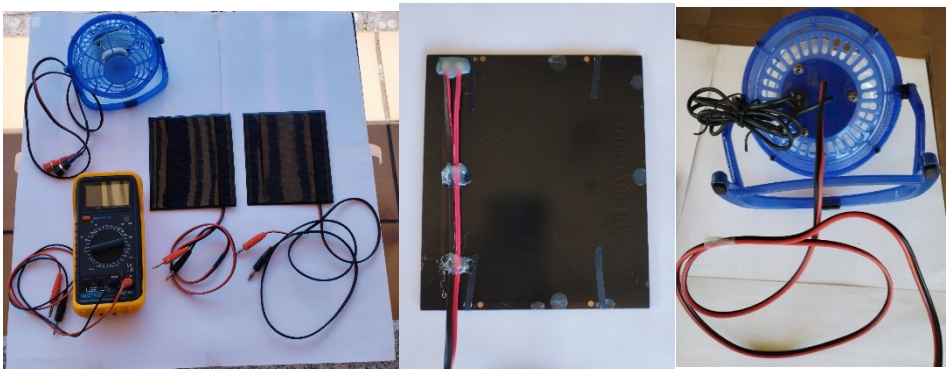


Figura V.1.1. Materiali per ogni gruppo di studenti

Idee per continuare

- Verificare l'effetto delle ombre sulle celle solari, misurando la tensione e la corrente con diverse porzioni delle celle ombreggiate
- Visitare un impianto fotovoltaico e verificare quanta elettricità produce.

Fonti / Materiali e preparazione della classe

- Questa attività si basa su https://www.exploratorium.edu/snacks/output-solar-cell, dall'Exploratorium Teacher Institute, con licenza Creative Commons Attribution-Noncommercial-ShareAlike 4.0. (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Per imparare sui pannelli fotovoltaici solari

- Energy Kids è un sito web rivolto agli studenti ospitato dal Dipartimento dell'Energia degli Stati Uniti, Energy Information Administration (EIA). Il sito include una varietà di informazioni e attività sull'energia.

Per imparare sulla tensione e la corrente

- BBC Bitesize è una risorsa di supporto allo studio online gratuita progettata per aiutare con l'apprendimento, la revisione e i compiti. Bitesize fornisce supporto per gli studenti dai 5 ai 16 anni e oltre, in una vasta gamma di materie scolastiche

Schema della lezione

Durata	Istruzioni passo-passo
20 min	**Introduzione** Cos'è una cella solare, come funziona, cosa sono la tensione e la corrente e come misurarle.
15 min	**Misurazioni di tensione e corrente (Voc ,Isc)** Posiziona una cella solare alla luce diretta del sole, misura la tensione (V) e la corrente (I) con il multimetro. Posiziona la cella solare capovolta (evitando la luce solare) e misura la tensione e la corrente. Orientare la cella solare finché non ottieni il valore massimo di tensione, momento in cui i raggi del sole colpiscono la superficie della cella perpendicolarmente. Ora misura il valore della tensione, questo valore è chiamato Voc. Ripeti la stessa procedura per misurare la corrente, questo valore è chiamato Isc. Calcola la potenza massima (Voc x Isc)
15 min	**Misurazioni di tensione e corrente con un carico (Vload, Iload)** Collega i due fili della cella solare ai due fili del ventilatore. Capovolgi la cella solare e nota come il ventilatore gira quando è esposto al sole. Inclina la cella solare per massimizzare la velocità del motore. Misura la tensione attraverso il motore mentre funziona alla massima velocità. Imposta il multimetro per misurare la corrente e collegalo in un unico circuito con il motore e la cella solare. Calcola la potenza fornita al carico (Pload=Vload x Iload)
10 min	**Calcola l'efficienza della cella solare** Usa un righello per misurare l'area attiva, A, della tua cella solare. Calcola la potenza solare che arriva alla cella solare moltiplicando l'intensità del sole (1000 W/m^2) per l'area della cella solare. Calcola l'efficienza massima e l'efficienza effettiva con il ventilatore collegato.
15 min	**Massimizzare la potenza. Due celle in serie** Collega il terminale positivo di una cella al terminale negativo dell'altra. Misura la tensione usando gli altri due terminali delle celle. La tensione totale dovrebbe essere approssimativamente la somma delle tensioni di ciascuna cella. Con questa disposizione cambia i terminali del multimetro per misurare la corrente. La corrente della serie dovrebbe essere approssimativamente uguale alla corrente di una cella.

	Con questa disposizione otterrai il doppio della potenza, perché ottieni il doppio della tensione.
15 min	**Massimizzare la potenza. Due celle in parallelo** Collega il terminale positivo di una cella al terminale positivo dell'altra, fai lo stesso con i terminali negativi. Poi collega il multimetro in parallelo per misurare la tensione. La tensione del parallelo dovrebbe essere approssimativamente lo stesso valore che avevamo con una sola cella. Con questa disposizione cambia i terminali del multimetro per misurare la corrente. La corrente del parallelo dovrebbe essere la somma della corrente delle due celle. Con questa disposizione otterrai il doppio della potenza, perché ottieni il doppio della corrente.

Valutazione formativa

Metodologie da utilizzare: Osservazioni in aula e questionari.

Feedback

Il Net Promoter Score (NPS) è una metrica ampiamente utilizzata per misurare la lealtà e la soddisfazione dei clienti o, in un contesto educativo, degli studenti. Misura la probabilità che gli studenti raccomandino la lezione o il corso ad altri. Ecco come puoi descrivere e implementare l'NPS:

Sviluppare la domanda NPS:

- Domanda principale: "Su una scala da 0 a 10, quanto è probabile che tu raccomandi questa lezione ad altri studenti?"
- Domande di follow-up: "Perché hai scelto quel punteggio?" e "Come possiamo migliorare questa lezione?"

Raccolta delle risposte:

- Sondaggi digitali: Usa strumenti online come Google Forms, SurveyMonkey o Typeform per distribuire la domanda NPS agli studenti.
- Sondaggi cartacei: Distribuisci questionari cartacei alla fine della lezione affinché gli studenti li compilino. Un modello per raccogliere i feedback tramite questionari cartacei è mostrato negli Allegati.
- Applicazioni interattive: Utilizza app interattive come Quizziz, Mentimeter o Kahoot! per raccogliere risposte in tempo reale.

Classificazione delle risposte:

- Promotori (punteggio 9-10): Studenti molto soddisfatti e che probabilmente raccomanderanno la lezione.
- Passivi (punteggio 7-8): Studenti soddisfatti ma non entusiasti; potrebbero facilmente cambiare opinione.

- Detrattori (punteggio 0-6): Studenti insoddisfatti e poco inclini a raccomandare la lezione; potrebbero fornire critiche costruttive.

Calcolo dell'NPS:

- Formula: NPS = % di promotori - % di detrattori.
- Interpretazione del punteggio: L'NPS varia da -100 a +100. Un punteggio positivo (superiore a 0) è generalmente buono, e un punteggio superiore a 50 è eccellente.

Analizzare e utilizzare i feedback:

- Rivedere i commenti aggiuntivi per comprendere le ragioni dietro i punteggi.
- Identificare pattern e aree specifiche di miglioramento dai detrattori e passivi.
- Utilizzare il feedback positivo dei promotori per rafforzare gli aspetti di successo della lezione.

Allegati

Questa sezione include tutte le risorse che devono essere utilizzate/stampate/impiegate durante lo sviluppo dell'argomento (incluso la valutazione). Esempi: Planimetrie, Mappe, Tabelle, Questionari, Grafici, ecc.

QUESTIONARIO PER RACCOGLIERE I FEEDBACK SULLA LEZIONE

Su una scala da 0 a 10, quanto è probabile che raccomanderai questa lezione ad altri studenti?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Per nulla probabile — Estremamente probabile

Perché hai scelto questo punteggio?

Come possiamo migliorare questa lezione?

QUESTIONARIO PER RACCOGLIERE LE MISURAZIONI DELLE CELLE SOLARI

Compila la Tabella V.1.1 con le misurazioni di tensione e corrente su una cella.

	Piena luce solare	Scarsa luce
Voc		
Isc		

Tabella V.1.1. Misure di tensione e corrente in una cella

Compilare la tabella V1.2. con le misure di tensione e di corrente su una cella collegata al ventilatore.

	Piena luce solare
Vload	
Iload	

Tabella V.1.2. Misure di tensione e corrente su una cella collegata al ventilatore

Compilare la Tabella V.1.3 con i calcoli della potenza

$$Potenza = VxI$$

	V	I	Potenza
Potenza max			
P effettiva			

Tabella V.1.3. Risultati dei calcoli di potenza

Compilare la Tabella V.1.4 con i calcoli di efficienza.

$$Efficienza(\%) = \frac{Pout}{Psun} x100$$

	Area (A)	Psun	Pout	Efficienza (%)
Efficienza max				
Efficienza effettiva				

Tabella V.1.4. Risultati dei calcoli di efficienza

Compilare la tabella V.1.5 con le misure di tensione e corrente su due celle in serie e in parallelo.

	Voc	Isc	Potenza
Serie			
Parallelo			

Tabella V.1.5. Risultati delle misure di tensione e corrente su due celle in serie e in parallelo

Misurazione della tensione

Misura la tensione a circuito aperto (Voc) attraverso la cella solare. Questa è la tensione quando non scorre corrente attraverso la cella. Poiché non scorre corrente, un voltmetro misura la tensione a circuito aperto.

Imposta il multimetro sulla scala della tensione DC (V ⎓) in modo che possa misurare qualche volt. Collega il terminale comune (COM) del multimetro al terminale negativo della cella solare. Poi collega il terminale positivo del multimetro al terminale positivo della cella solare.

Inclina e orienta la cella solare finché non ottieni il valore massimo possibile di tensione. La Figura V.1.2 mostra come collegare il multimetro; in questo caso, ad esempio, abbiamo ottenuto una tensione di V = 5,68 volt.

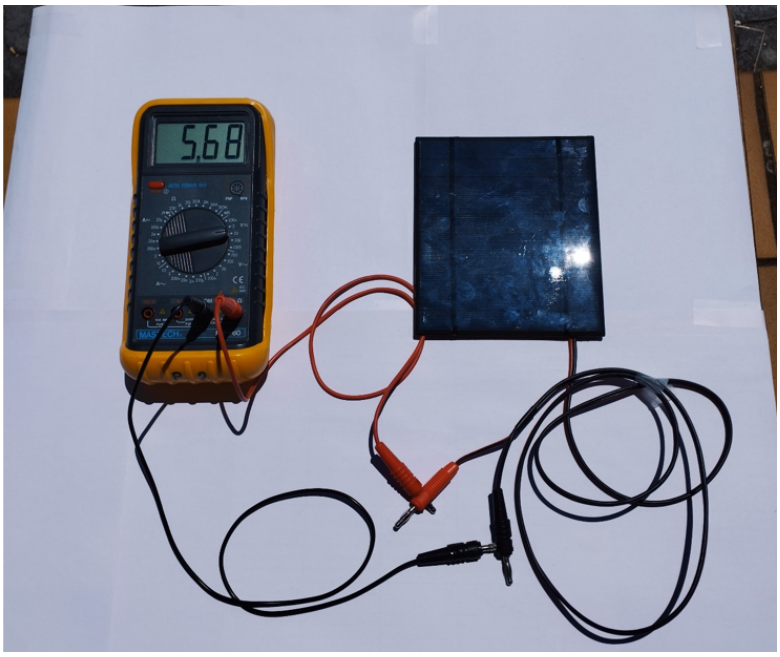


Figura V.1.2. Misura della tensione Voc

Se posizioniamo la cella capovolta, quando riceve pochissima luce solare, la tensione misurata nel nostro caso è di 3,80 volt (Figura V.1.3)

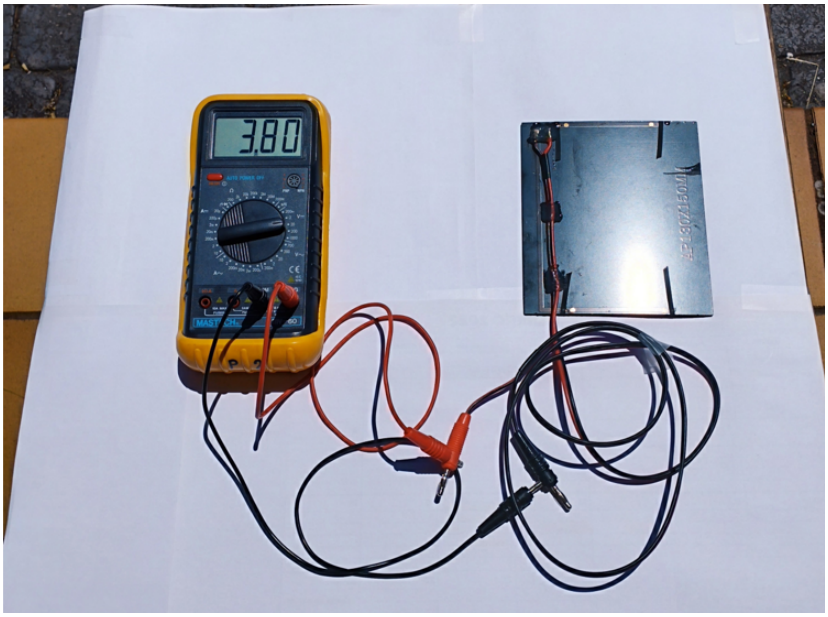


Figura V.1.3. Misura della tensione in condizioni di scarsa illuminazione

Misurazione della corrente

Capovolgi di nuovo la cella solare in modo che la luce la colpisca direttamente e imposta il multimetro su "amperometri DC" su una scala che possa misurare qualche ampere di corrente elettrica. Collega il terminale comune (COM) del multimetro al terminale negativo della cella solare. Poi collega il terminale positivo del multimetro al terminale positivo della cella solare. Nota che dobbiamo spostare il terminale positivo del multimetro su un terminale separato per misurare gli ampere.

La corrente massima che una cella solare può produrre si verifica quando un filo è collegato attraverso i terminali. Questo è chiamato corrente di cortocircuito, o Isc. Come un cavo, un amperometro ha una resistenza molto bassa, quindi registrerà una misurazione come un cortocircuito.

Vedi la Figura V.1.4 per l'Isc attraverso la cella solare. Nella nostra configurazione, la cella solare ha misurato Isc = 0,508 ampere in pieno sole (i tuoi risultati potrebbero variare).

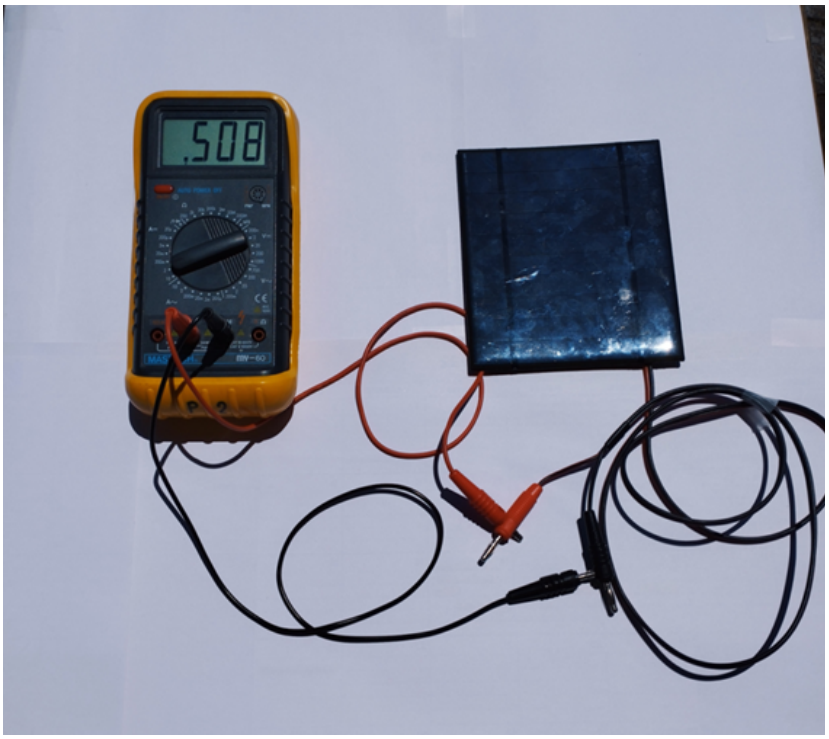


Figura V.1.4. Misura della corrente Isc

Prova a inclinare la cella solare. Come cambia la corrente? Vedi la Figura V.1.5.

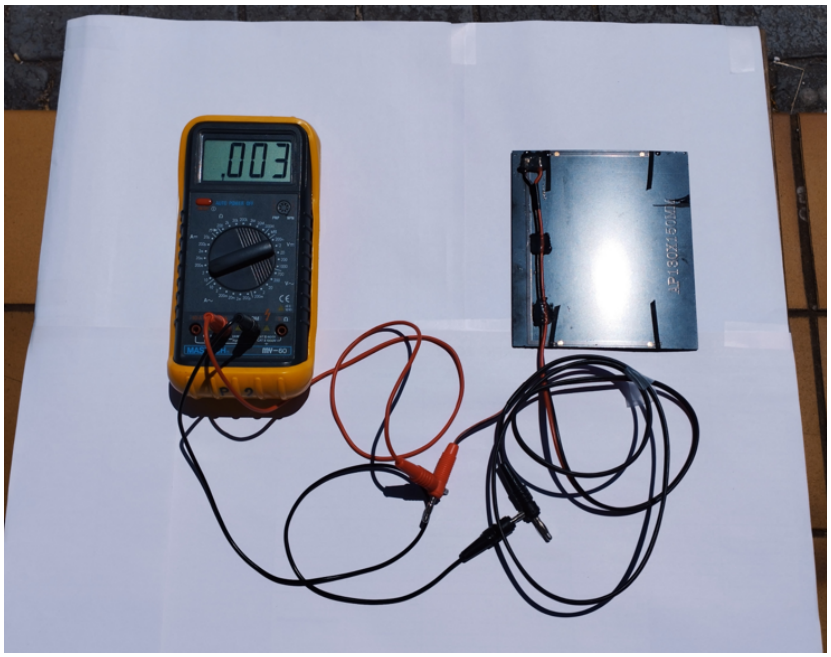


Figura V.1.5. Misura della corrente Isc in condizioni di scarsa illuminazione

Calcolo della potenza

Collega i due terminali della cella solare ai due terminali del ventilatore come mostrato nella Figura V.1.6. Capovolgi la cella solare e nota come il ventilatore gira quando è al sole. Inclina la cella solare per massimizzare la velocità del ventilatore, quindi inclinati lontano dalla sua orientazione massima. (Fai attenzione a non fare ombra sulla cella solare mentre la tieni). Nota che la velocità del ventilatore è massima quando la cella solare è orientata perpendicolarmente a una linea che va dal sole e alla cella solare.

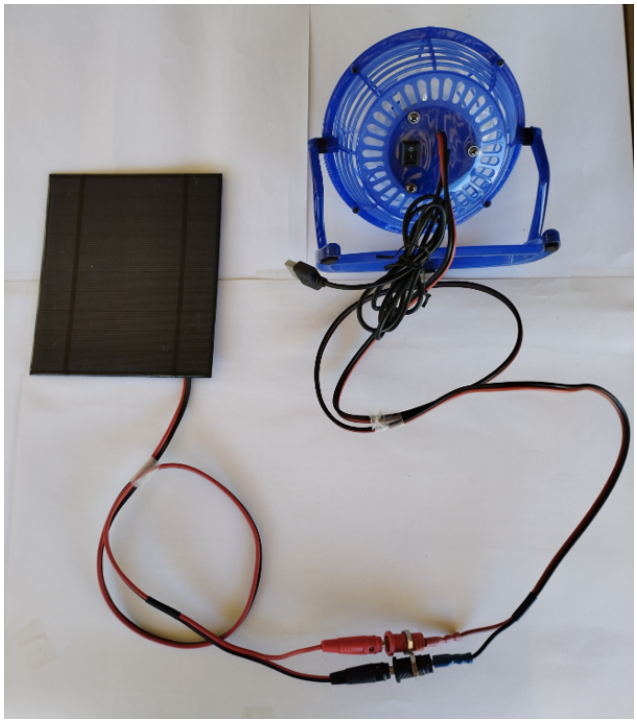


Figura V.1.6. Collegamento della cella al ventilatore

Misura la tensione sul motore mentre funziona alla velocità massima collegando il multimetro come hai fatto per misurare la tensione Voc. Questa configurazione è chiamata "misurazione in parallelo", come mostrato nella Figura V.1.7.

Poi imposta il multimetro per misurare la corrente e collegalo in un unico circuito con il ventilatore e la cella solare. Questa configurazione è chiamata "misurazione in serie" (vedi Figura V.1.8.)

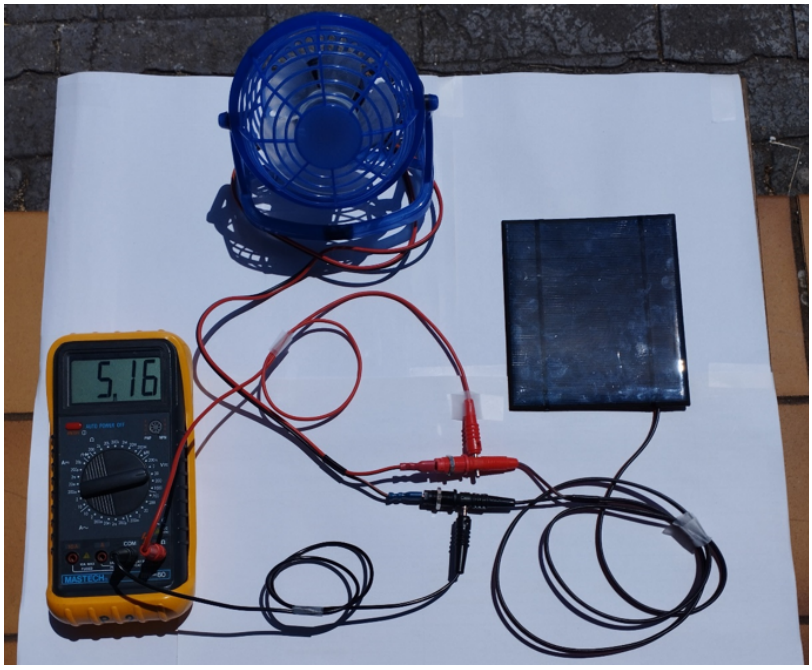


Figura V.1.7. Tensione V con la cella collegata al ventilatore

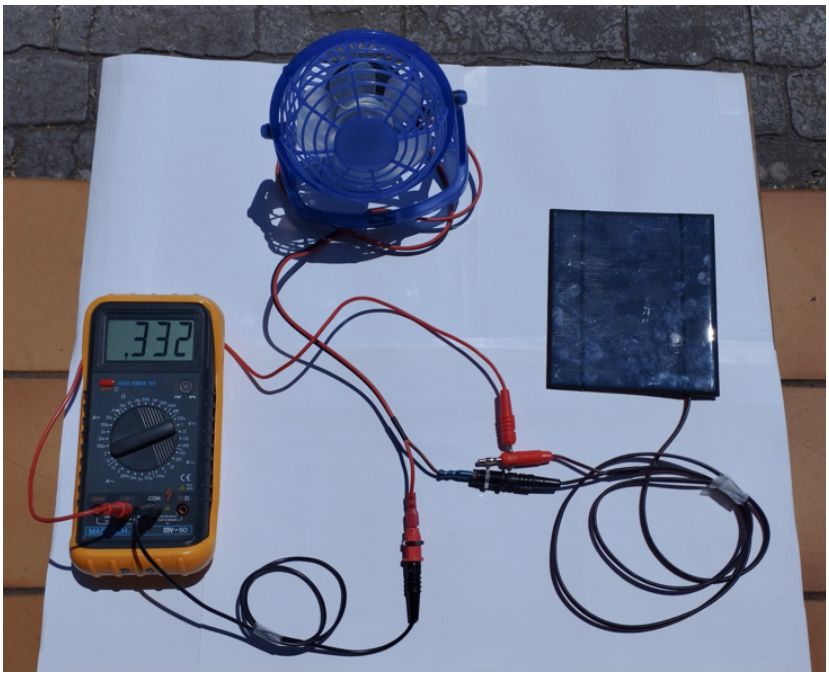


Figura V.1.8. Corrente I con la cella collegata al ventilatore

Calcoli della potenza

La potenza di una cella solare è il prodotto della tensione sulla cella solare per la corrente che scorre attraverso la cella solare.

$$Potenza = VxI$$

La potenza massima teorica dalla nostra cella solare, Pmax, è il prodotto di Voc e Isc.

Pmax = 5,68 x 0,508 = 2,9 W

La potenza effettiva, Pactual, fornita dalla cella solare al ventilatore, in pratica, è uguale alla tensione sul ventilatore, Vload, per la corrente che scorre attraverso il ventilatore, Iload.

Pactual = 5,16 x 0,332 =1,7 W

Calcola l'efficienza della cella solare

L'efficienza della cella solare è il rapporto tra la potenza elettrica ottenuta in uscita e la potenza solare ricevuta in ingresso.

$$Efficienza(\%) = \frac{Pout}{Ps} x100$$

Ecco come calcolare l'efficienza della cella solare:
Per prima cosa, calcola la potenza solare che arriva alla cella solare moltiplicando l'intensità del sole per l'area della cella solare.

L'intensità solare del sole, Si, su una data area della superficie terrestre varia a seconda dell'orario e dello stato del cielo. Nelle ore centrali della giornata con cielo sereno, può essere di circa 1000 watt/m2. E questo è il valore utilizzato per definire l'efficienza e la potenza dei moduli solari.

Usa un righello per misurare l'area attiva, A, della tua cella solare (vedi Figura V.1.9).

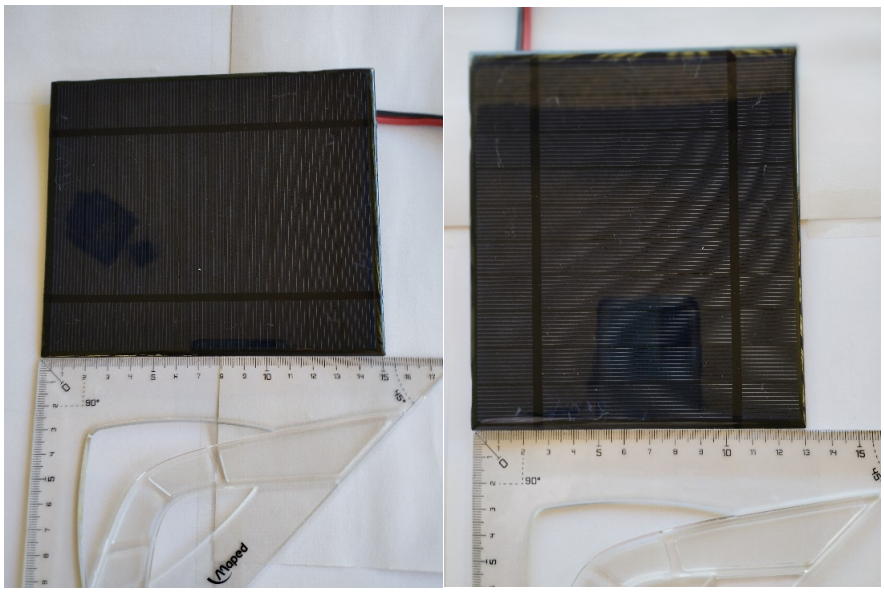


Figura V.1.9. Dimensioni delle celle solari

La cella in questo esperimento misurava 13 cm per 15 cm.

$$A = 13\ cm \times 15\ cm = 195\ cm^2 = 0{,}0195\ m^2$$

La potenza solare, P_s, intercettata da una cella di queste dimensioni è

Ps = 1000 W/m^2 x A (m^2) = 1000 x 0,0195 = 19,5 W

L'efficienza teorica massima della cella solare è stimata essere

$$Efficienza(\%) = \frac{Pmax}{Ps} x100 = \frac{2,9}{19,5} x100 = 14,9\%$$

L'efficienza effettiva della cella solare quando fornisce energia al ventilatore è stata:

$$Efficienza(\%) = \frac{Pactual}{Ps} x100 = \frac{1,7}{19,5} x100 = 8,7\%$$

Massimizzare la potenza

Una sfida importante in ingegneria è cercare di massimizzare la potenza fornita al ventilatore utilizzando energia solare. Un modo per farlo è combinare due celle solari in serie o in parallelo. Questo è ciò che si fa in un modulo solare, combinando più celle per ottenere più potenza.

Due celle in serie

Collega il terminale positivo di una cella al terminale negativo dell'altra. Misura la tensione utilizzando gli altri due terminali delle celle (vedi Figura V.1.10).

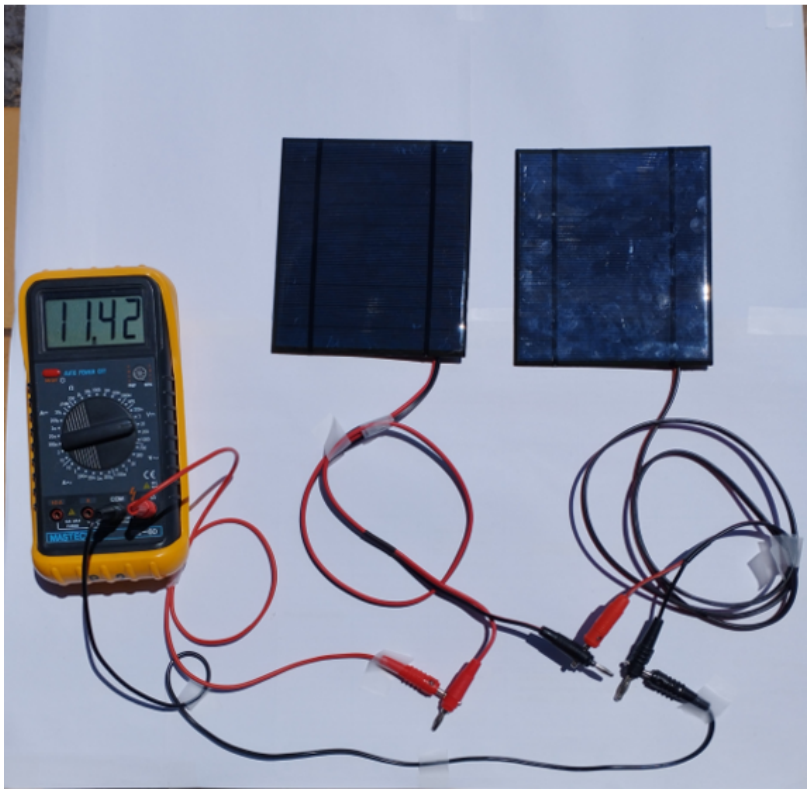


Figura V.1.10. Misura della tensione di 2 celle collegate in serie

La tensione totale è la somma delle tensioni di ciascuna cella, in questo caso abbiamo ottenuto 11,42 volt. Ricorda che la tensione misurata prima da una cella era di 5,68 volt.

Con questa configurazione, cambia i terminali del multimetro per misurare la corrente. La corrente della serie è uguale alla corrente di una sola cella. In questo esperimento abbiamo ottenuto 0,527 ampere, solo un po' più della corrente Isc, a causa di condizioni di sole migliori (Figura V.1.11).

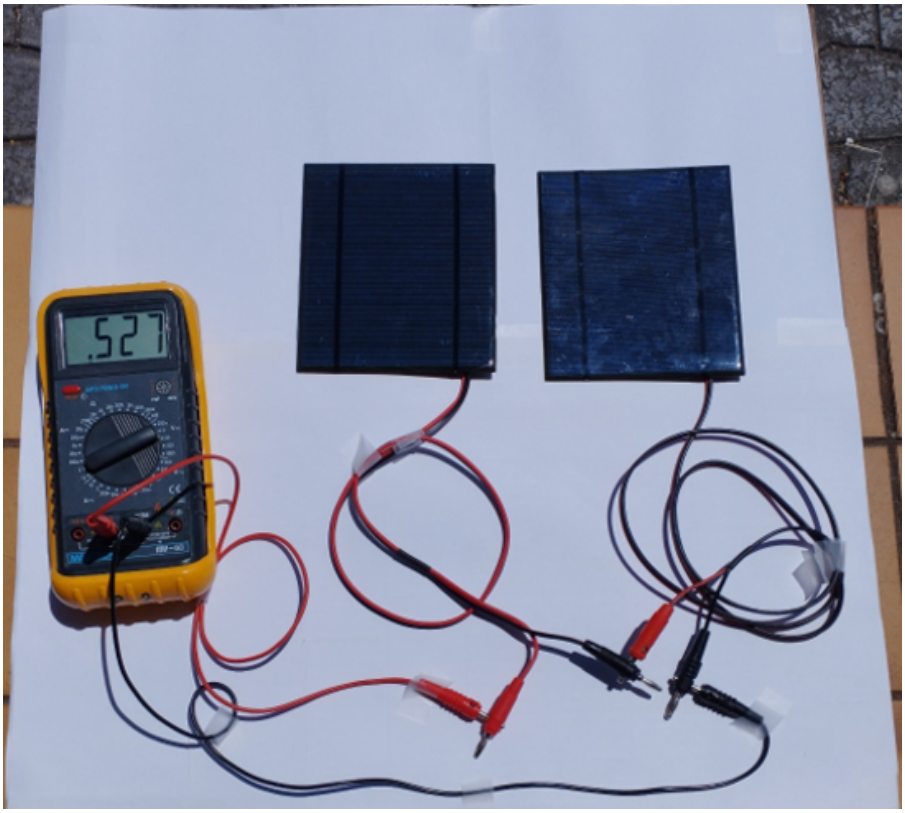


Figura V.1.11. Misura della corrente di 2 celle collegate in serie

La potenza delle 2 celle collegate in serie era quindi:

Power series = 11,42 x 0,527 = 6 W

Poiché abbiamo il doppio della tensione, otteniamo il doppio della potenza.

Due celle in parallelo

Collega il terminale positivo di una cella al terminale positivo dell'altra e collega il terminale negativo di una al terminale negativo dell'altra. Poi collega il multimetro in parallelo per misurare la tensione (vedi Figura V.1.12).

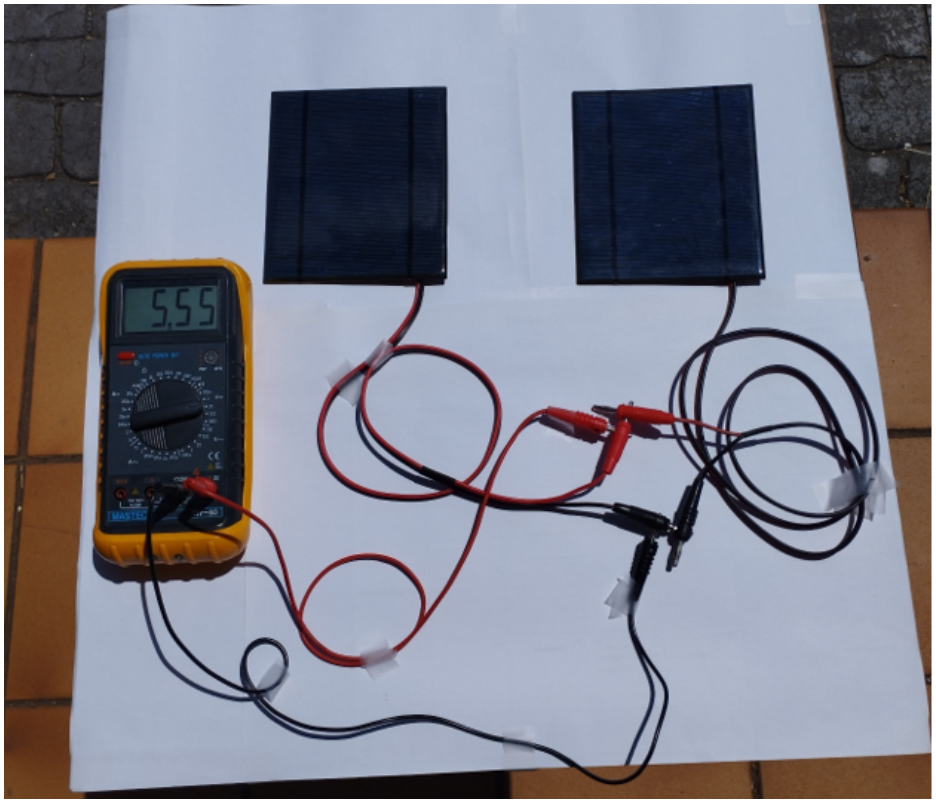


Figura V.1.12. Misura della tensione di 2 celle collegate in parallelo

La tensione del parallelo era di 5,55 volt, approssimativamente lo stesso valore che avevamo con una sola cella.

Con questa configurazione, cambia i terminali del multimetro per misurare la corrente. La corrente del parallelo è la somma della corrente delle due celle. In questo esperimento abbiamo ottenuto 1,1 ampere (Figura V.1.13).

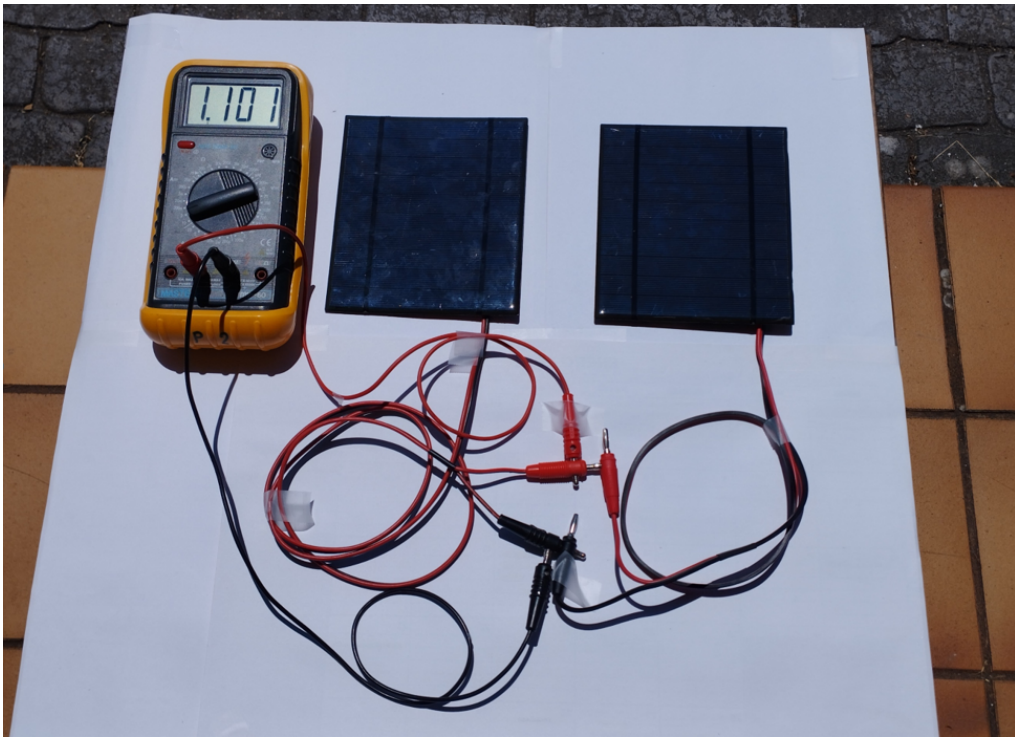


Figura V.1.13. Misura della corrente di 2 celle collegate in parallelo

La potenza delle 2 celle collegate in parallelo era quindi:

Potenza parallelo = 5,55 x 1,1 = 6,1 W

Con questa configurazione otterrai di nuovo il doppio della potenza.