

La costante di Planck e il nuovo Sistema Internazionale di misura



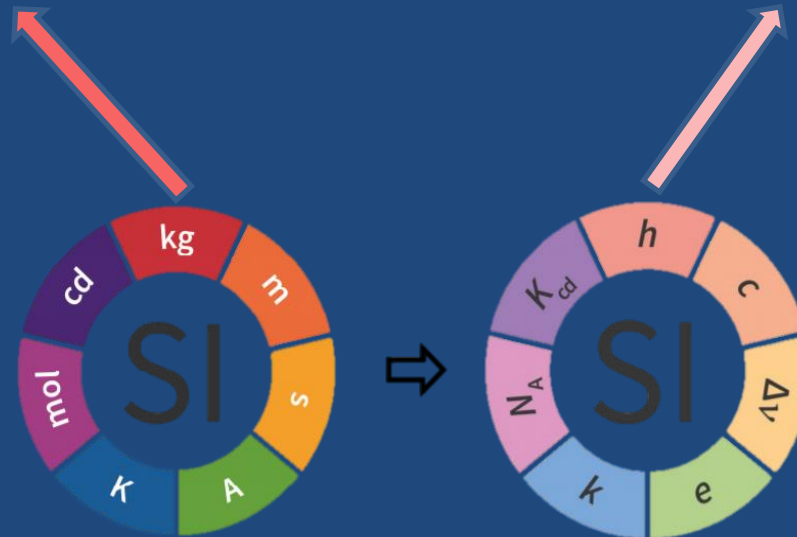
Laura Bodini e Simona Falabino

Due «tavoli» dello stage «la Fisica in gioco» - Torgnon (Ao)

Nuova definizione del chilogrammo

1899-2019

Il chilogrammo era definito tramite il Prototipo Internazionale: un cilindro di platino/iridio, con altezza e diametro di 39 mm



20 maggio 2019

Il chilogrammo è definito utilizzando la costante di Planck e altre costanti della fisica

"Se si vogliono ottenere campioni di lunghezza, tempo e massa che siano assolutamente permanenti, dobbiamo cercarli non nelle dimensioni o nel movimento, o nella massa del nostro pianeta, ma nella lunghezza d'onda, nel periodo di vibrazione e nella massa assoluta, imperituri, inalterabili e perfettamente simili delle molecole". J. C. Maxwell - 1870

Nuova definizione del chilogrammo

COME?

$$E = mc^2$$



$$m = \frac{E}{c^2} = \frac{h\nu}{c^2}$$

Adoperando come frequenza quella associata alla transizione fra due livelli iperfini del cesio 133 ($\Delta\nu_{Cs}$), si ricava:

$$m_0 = \frac{h\Delta\nu_{Cs}}{c^2} = \frac{6,62607015 \cdot 10^{-34} \cdot 9192631770}{299792458^2} = 6,7772663 \cdot 10^{-41} \text{ kg}$$

Nuova definizione del chilogrammo

$$1kg = nm_0$$

$$n = \frac{1}{m_0} = 1.4755214 \cdot 10^{40}$$

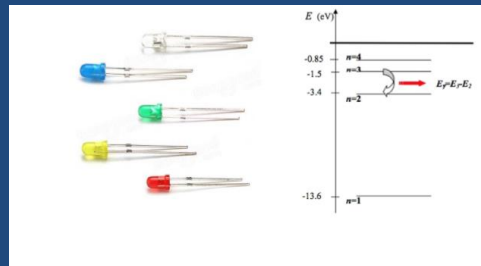
Quindi:

$$1kg = 1.4755214 \cdot 10^{40} \cdot \frac{h\Delta\nu_{Cs}}{c^2}$$

Misura della costante di Planck

Data l'importanza che la costante di Planck riveste nella fisica, è interessante ricavarne sperimentalmente il valore

Si può ottenere un risultato quantitativamente significativo utilizzando i led



Stage *La Fisica in gioco* – Torgnon (AO)
AIF, sezione di Settimo Torinese

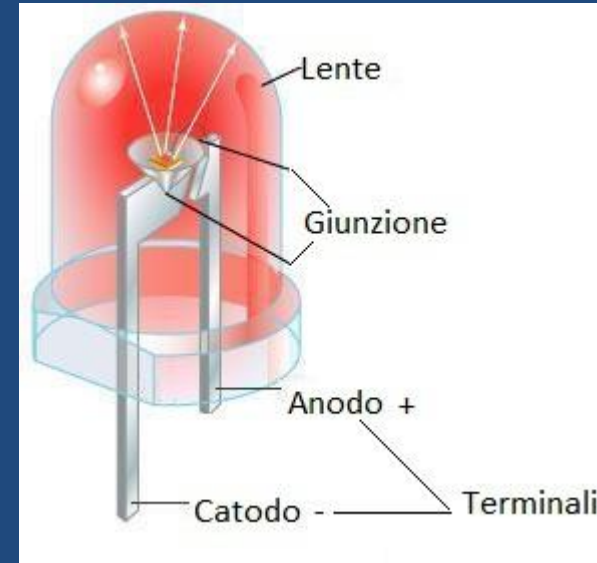
Misura della costante di Planck

Perché utilizzare i led?

Perché per i led vale la relazione:

$$E = eV_0 = h\nu$$

l'energia elettrica «persa»
dall'elettrone è uguale all'energia
radiante dei fotoni emessi

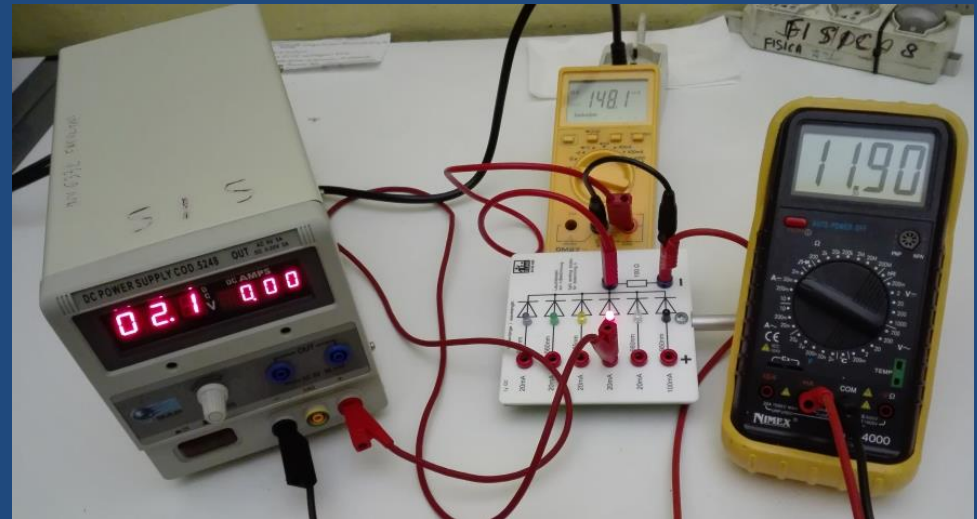
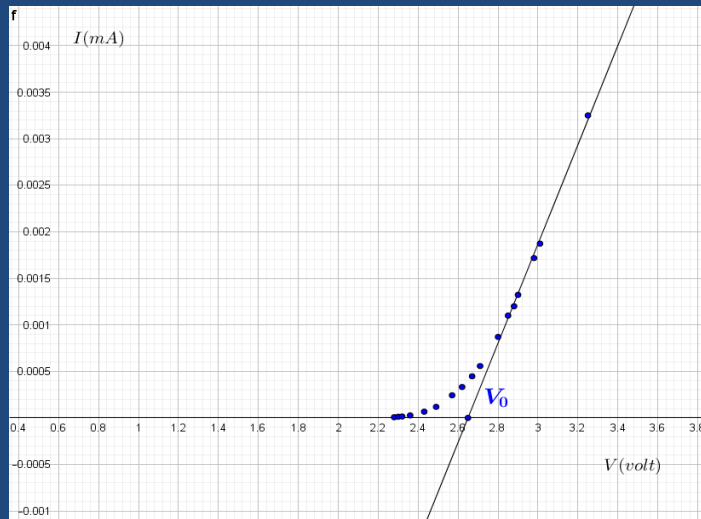


$$h = \frac{eV_0}{\nu}$$

Si ottiene «h» misurando separatamente V_0 e ν

Misura della costante di Planck

Per ricavare V_0 si costruisce la curva tensione/ corrente di alcuni led: il valore cercato è l'intersezione della linea colorata con l'asse delle ascisse



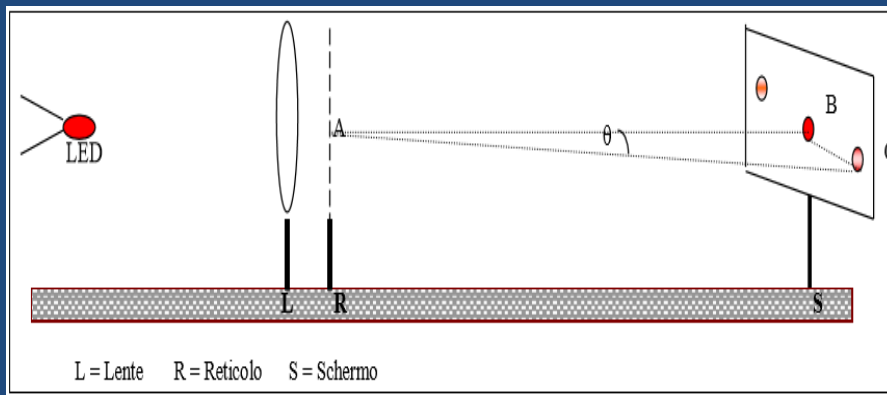
La linea colorata approssima la parte di curva in cui la relazione tensione/corrente è lineare

Misura della costante di Planck

La frequenza si ricava determinando sperimentalmente la lunghezza d'onda dei led, utilizzando un reticolo di diffrazione

$$n\lambda = d \sin \theta \quad \vartheta = \arctan \left(\frac{BC}{RS} \right)$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$



Misura della costante di Planck



Valore ricavato
sperimentalmente a Torgnon
nello stage di marzo 2019

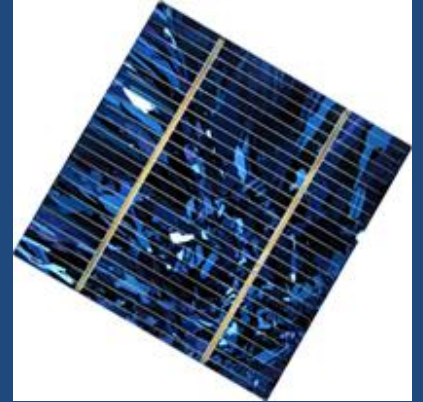
$$h = 6,65 \pm 0,06 \cdot 10^{-34} J \cdot s$$

La costante di Planck nell'interazione tra luce e materia

Proposta di un percorso sperimentale con **celle fotovoltaiche**

Stage *La Fisica in gioco* – Torgnon (AO)
AIF, sezione di Settimo Torinese

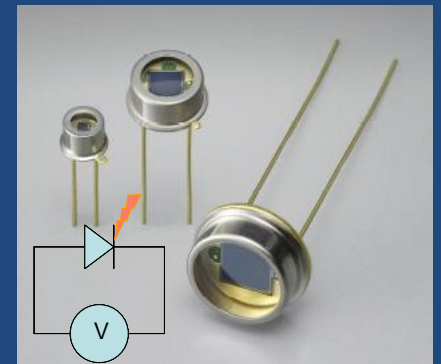
La costante di Planck nell'interazione tra luce e materia



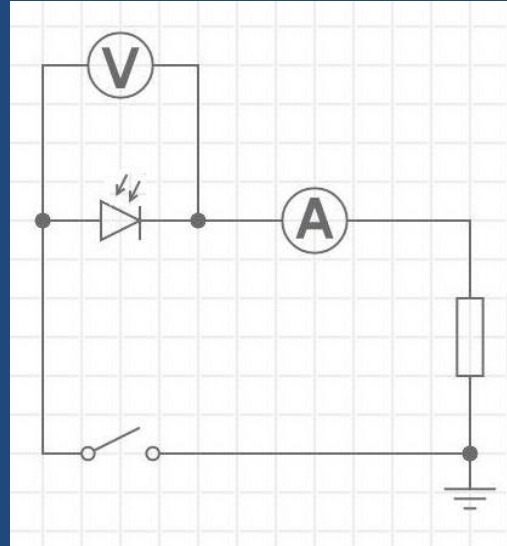
Approfondimento sulle **trasformazioni di energia**
(da energia luminosa ad energia elettrica e viceversa)

La tecnologia del fotovoltaico ci permette di capire come avvengano tali trasformazioni e quali leggi le governano:

- Relazione di Planck $E=hf$
- Semiconduttori e bande di energia nei solidi

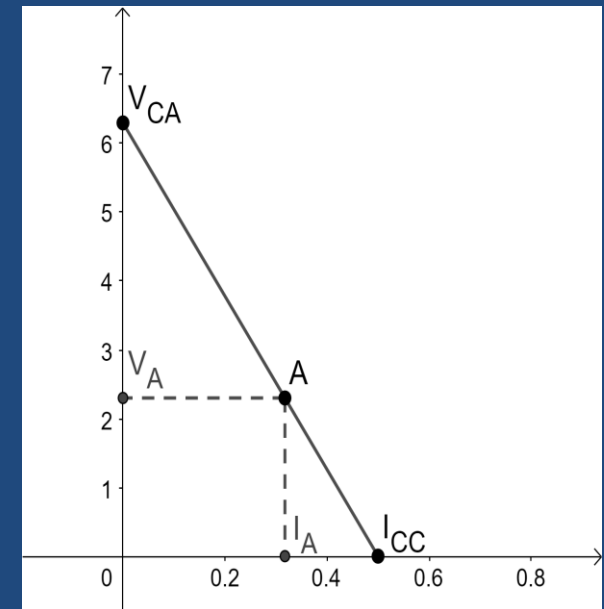


Caratteristiche elettriche di una cella fotovoltaica

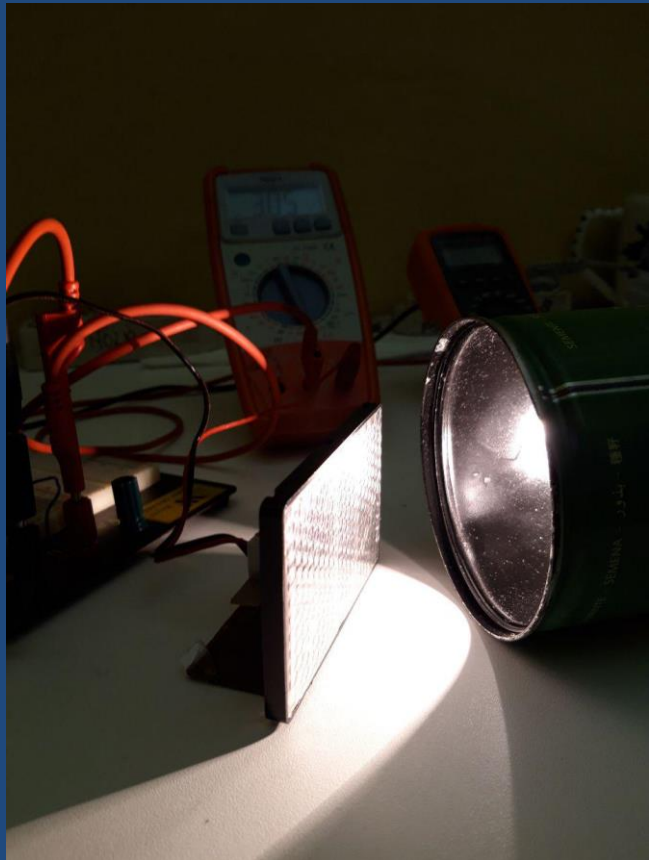


Costruiamo un circuito elettrico intorno alla cella fotovoltaica per studiare, usando opportunamente multimetri elettrici in modalità *voltmetro* o *amperometro*, il comportamento quando la cella viene esposta all'illuminazione solare o di una lampada.

Esaminiamo la potenza fornita dal pannello fotovoltaico al variare della resistenza di carico.



Rendimento di conversione della cella fotovoltaica



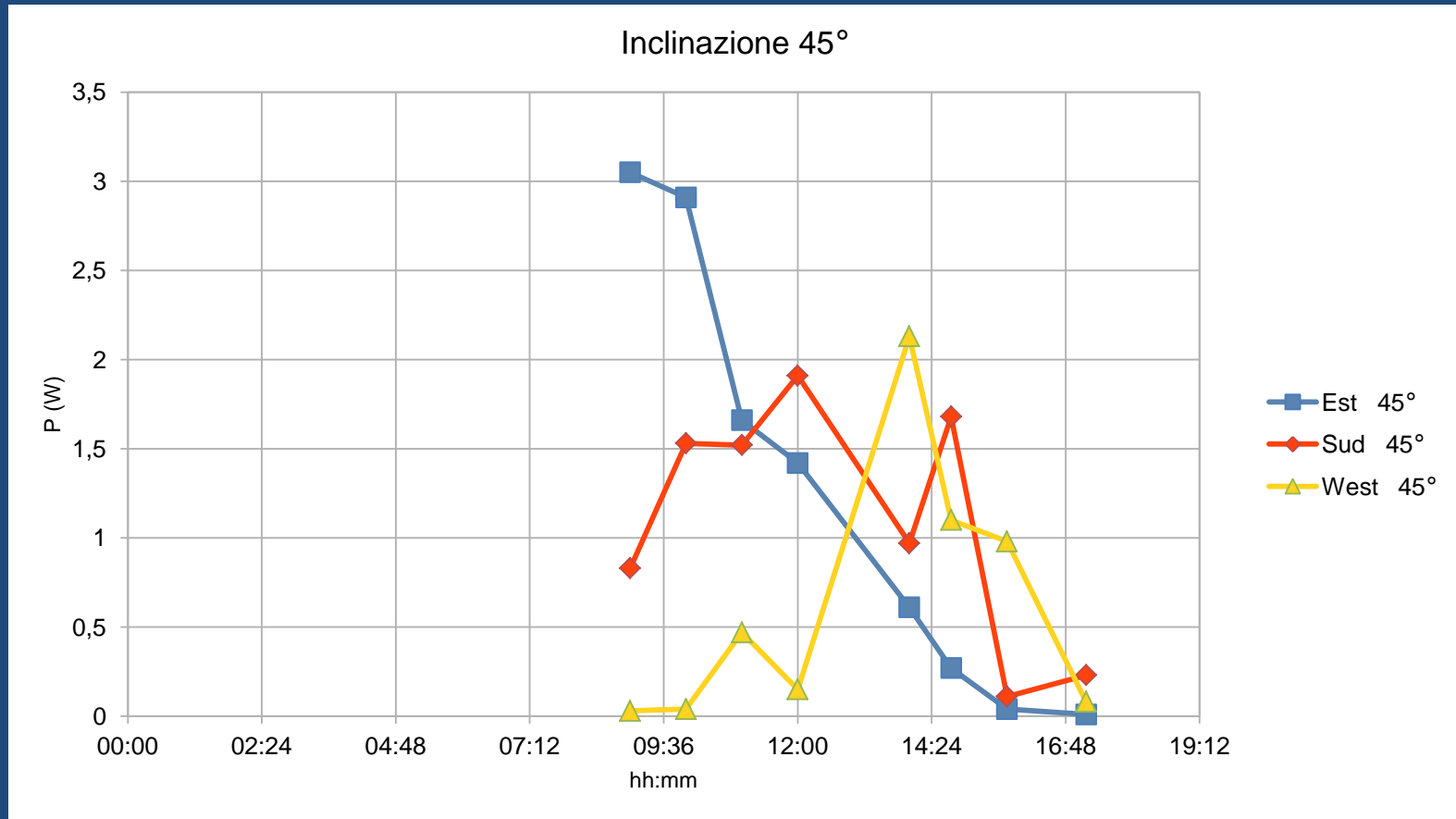
Misuriamo il rendimento di conversione dell'energia luminosa emessa da una lampada in energia elettrica mediante una cella fotovoltaica.

La frazione di potenza luminosa intercettata dalla cella è proporzionale a

$$f_{geom} = S/4\pi d^2$$

Pannello solare in azione

(misure all'aperto in diverse condizioni di esposizione)



Energia nei fenomeni luminosi

Usiamo la relazione di Planck

$$E = h f$$

per stimare il numero di fotoni coinvolti in un fenomeno luminoso: l'emissione di luce di un LED colorato.

Eseguiamo la misura della lunghezza d'onda della luce emessa con un apparato a bassissimo costo. (D. Buongiorno, M. Michelini, Proposte di percorsi didattici di spettroscopia ottica e analisi dei risultati sull'apprendimento degli studenti, La Fisica nella Scuola, anno LI – n. 3-4, luglio-dicembre 2018)

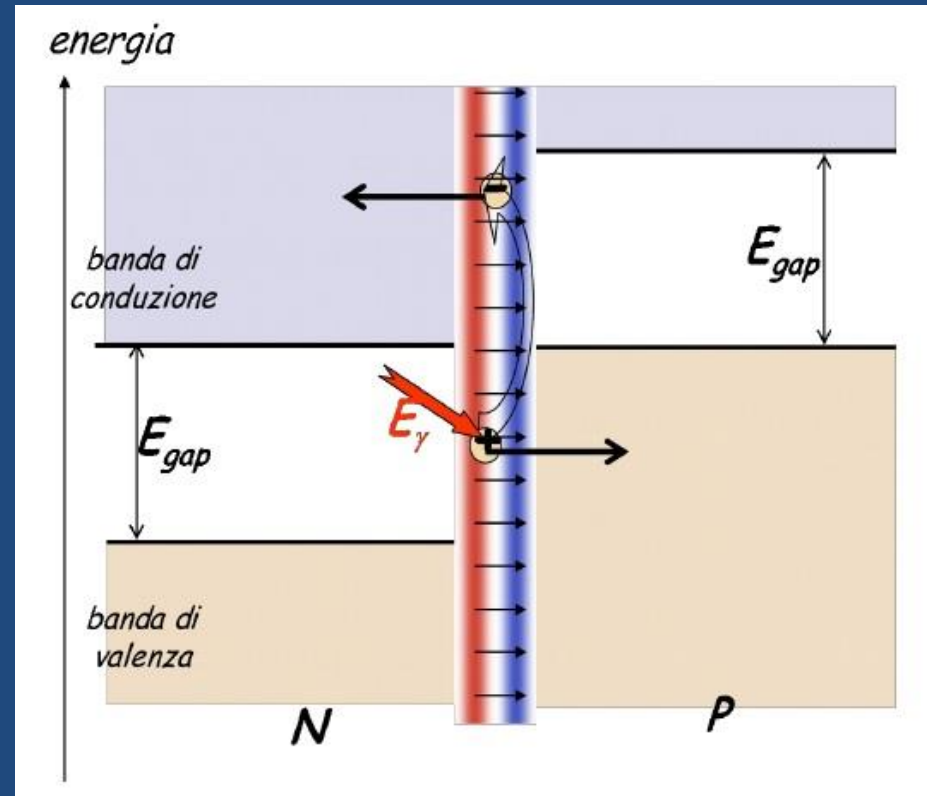
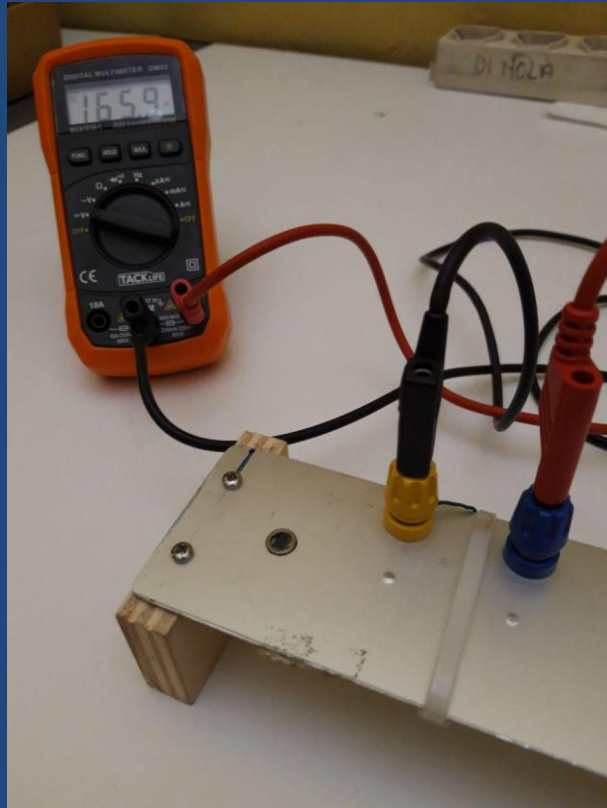
Meccanismo di conduzione nei semiconduttori

Facciamo circolare la corrente elettrica in un materiale semiconduttore (una *fotoresistenza*) e ne misuriamo la variazione in presenza di luce.

Eeguire semplici calcoli per correlare il numero di fotoni catturati dalla fotoresistenza con l'aumento di corrente elettrica.



Giunzione n-p: il LED ed il fotodiode



Il principio di funzionamento della cella fotovoltaica è quello del fotodiode che, come il diodo LED, è costituito da un semiconduttore con giunzione n-p.

Questo percorso ci ha permesso di entrare nel dettaglio delle trasformazioni di energia che avvengono in una cella fotovoltaica e di darne una modellizzazione fisica coerente.



Link e sitografia

Appunti dello stage *La Fisica in Gioco*:

http://www.iapht.unito.it/stagefisica/2019/Tavolo4_2019.pdf

http://www.iapht.unito.it/stagefisica/2019/Tavolo9_2019.pdf

Altre fonti:

<https://www.inrim.it/ricerca-sviluppo/le-unita-di-misura>

https://www.inrim.it/sites/default/files/mediaroot/unita_di_misura/dispensa_3_si_3.pdf

<http://arduinoproject.it/2011/08/02/led>