LAB Fotovoltaico

CLUSTER Energie rinnovabili in Sardegna

L'effetto Fotovoltaico

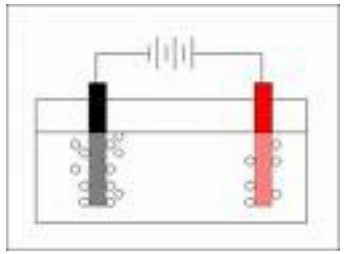
Carla sanna

sanna@sardegnaricerche.it
lab.fotovoltaico@sardegnaricerche.it

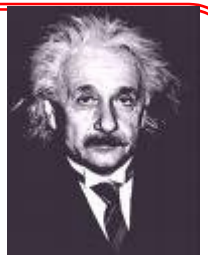
Un po' di storia….

Becquerel nel 1839 osservò per la prima volta l'effetto fotovoltaico mentre effettuava degli esperimenti con delle celle elettrolitiche con elettrodi in platino

A seconda dei materiali che costituivano gli elettrodi in seguito all'esposizione degli stessi alla radiazione solare si osservava un aumento della corrente.



1905: Einstein teorizza scientificamente l'effetto fotoelettrico che gli vale il premio nobel del 1921



1876: Gli studi sull'effetto fotovoltaico proseguono con Smith, Adams e Day

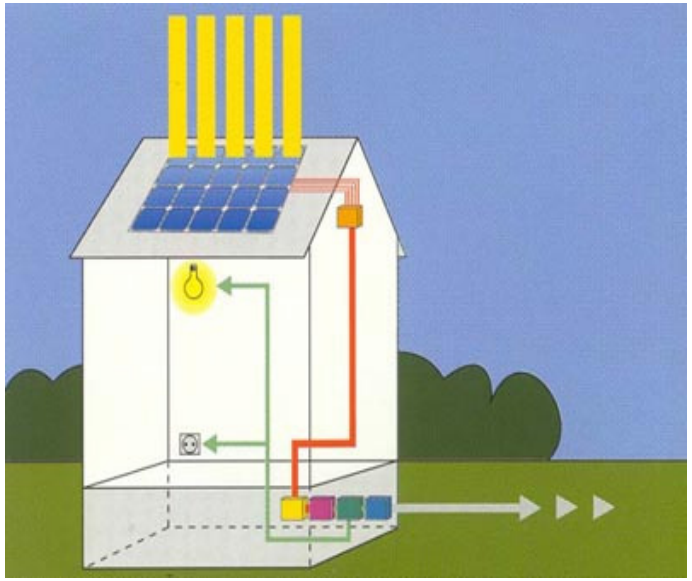
1954:Viene realizzata la prima cella FV sperimenta nei Bell Labs da Chapin, Fuller, Person.

1963:Inizia la commercializzazione dei primi Moduli FV.

Photovoltaic
- photo = luce
- volt = tensione

→ **L'energia luminosa genera una differenza di potenziale (tensione) che può essere usata per generare corrente elettrica**

Grazie all'effetto fotovoltaico la luce del sole viene sfruttata per produrre energia elettrica utilizzabile



Conversione diretta di energia solare in energia elettrica

↓

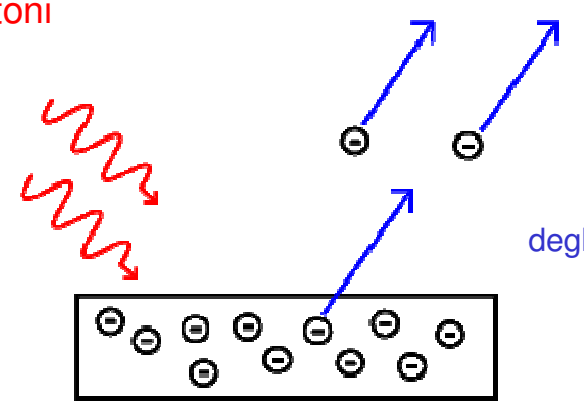
si sfrutta l'interazione della radiazione luminosa con gli elettroni di valenza di una particolare classe di materiali

Effetto fotoelettrico:

emissione di cariche negative da una superficie, solitamente metallica, quando questa viene colpita da una radiazione luminosa).

Energia dei fotoni incidenti

$E = h\nu$



E_{cin}

Energia cinetica degli elettroni fotoemessi

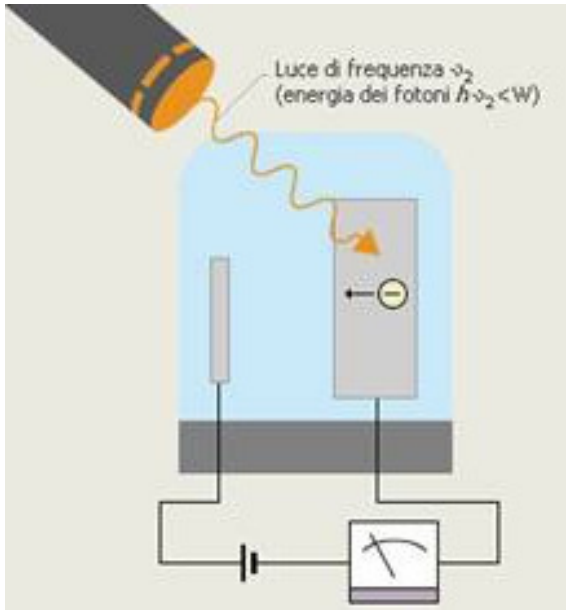
$$E_{cin} = h\nu - W_0 > 0$$

Effetto di soglia: si ha effetto fotoelettrico solo se la frequenza della radiazione luminosa incidente è superiore al valore della soglia fotoelettronica

$h\nu > W_0$

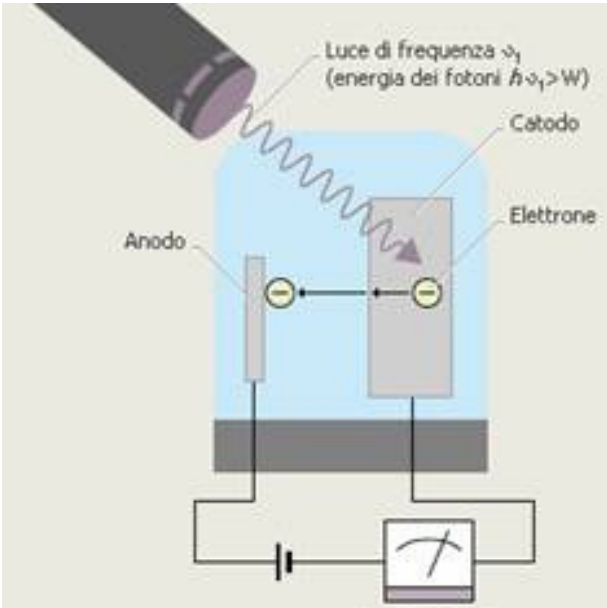
$h = 6.6 \times 10^{-34}$ Joule sec

W_0 lavoro di estrazione del materiale



Energia del fotone minore del lavoro di estrazione

No effetto fotoelettrico



Energia del fotone minore del lavoro di estrazione

effetto fotoelettrico

La caratteristica importante dell'effetto fotoelettrico è di dipendere dalla frequenza della radiazione, che determina l'energia del fotone, e non dall'intensità della luce.

La Conversione Fotovoltaica

La conversione diretta dell'energia solare in energia elettrica, utilizza il fenomeno fisico dell'interazione della radiazione luminosa con gli elettroni di valenza nei materiali semiconduttori, denominato *Effetto Fotovoltaico*

L'effetto fotovoltaico non è altro che un effetto fotoelettrico interno

↓

Le cariche elettriche che vengono liberato rimangono all'interno del materiale e possono contribuire alla conduzione

Nell'effetto fotovoltaico vengono create coppie elettrone-buca, ovvero portatori di carica negativi e positivi all'interno del semiconduttore che opportunamente incanalati portano alla conduzione elettrica.

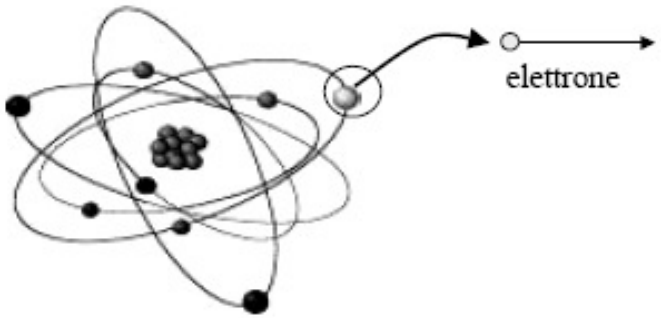
Comportamento elettrico dei materiali:

comportamento degli elettroni degli atomi che costituiscono il materiale

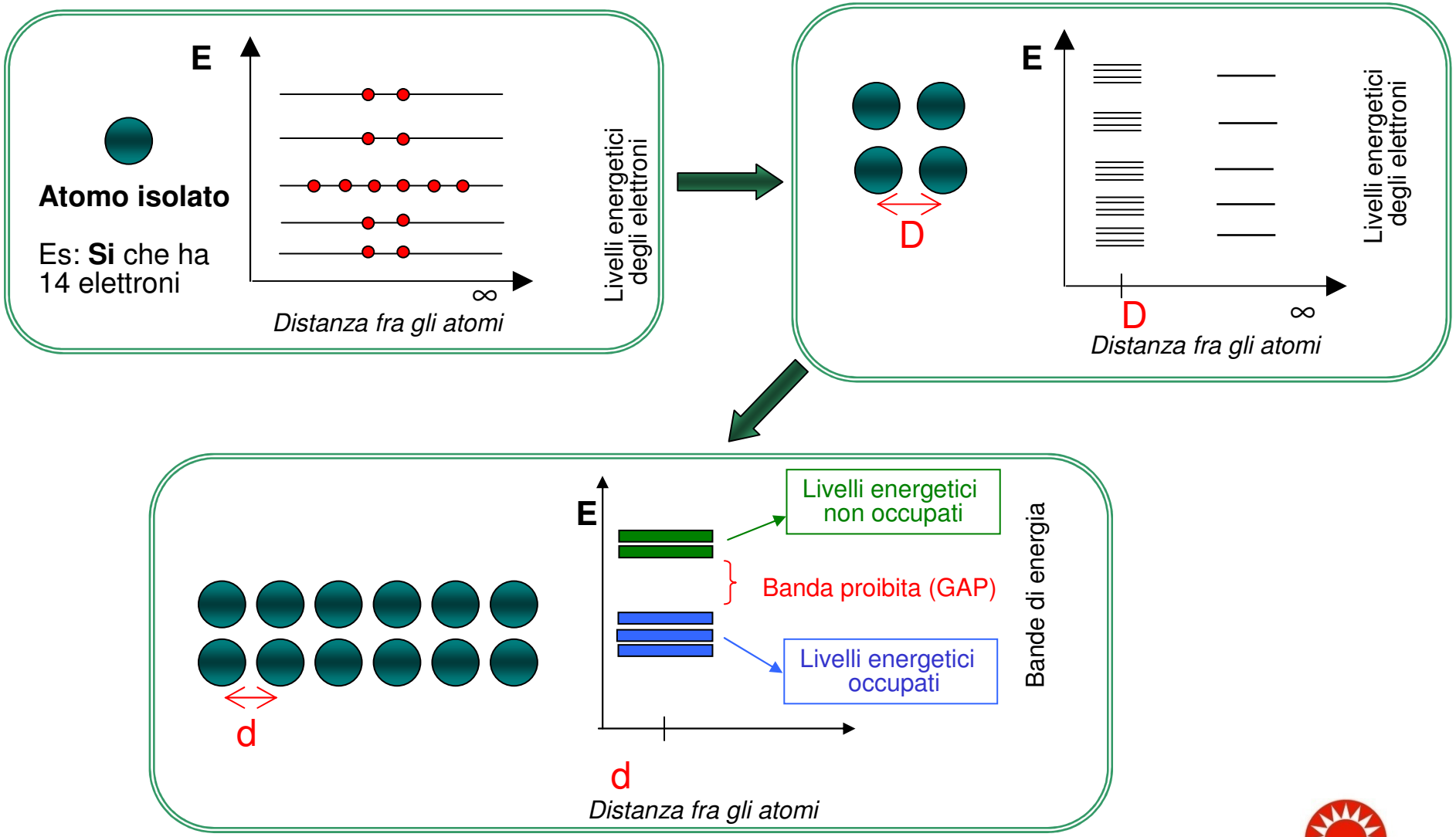
isolanti
Gli elettroni non si possono muovere
Non c'è conduzione elettrica

semiconduttori
Hanno proprietà intermedie tra
quelle degli isolanti e quelle dei conduttori

conduttori
Gli elettroni sono mobili
C'è conduzione elettrica



Formazione delle bande di energia

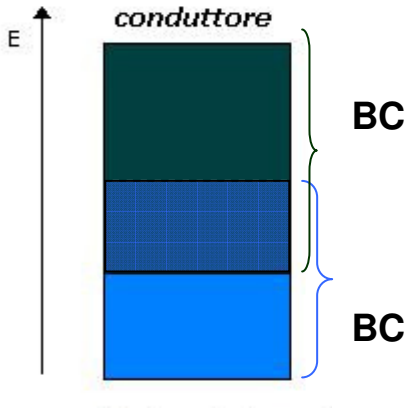


Formazione delle bande di energia

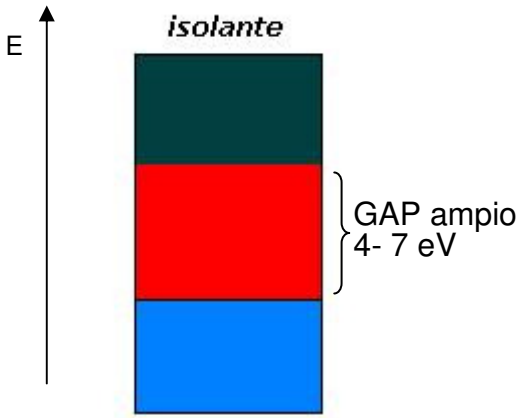
Esistono tre tipologie di bande di energia entro le quali si possono posizionare gli elettroni:

Banda di valenza
Banda di conduzione
Banda proibita (GAP)

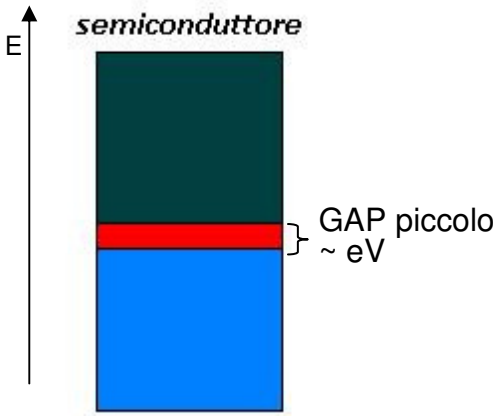
- banda di conduzione → livelli energetici liberi
- banda proibita → GAP
- banda di valenza → livelli energetici occupati



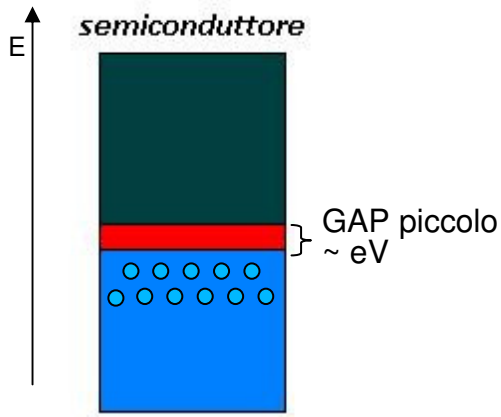
Sovrapposizione della banda di Conduzione e della banda di valenza



Banda di valenza e di conduzione Separate da un grande GAP



Banda di valenza e di conduzione separate da un piccolo GAP

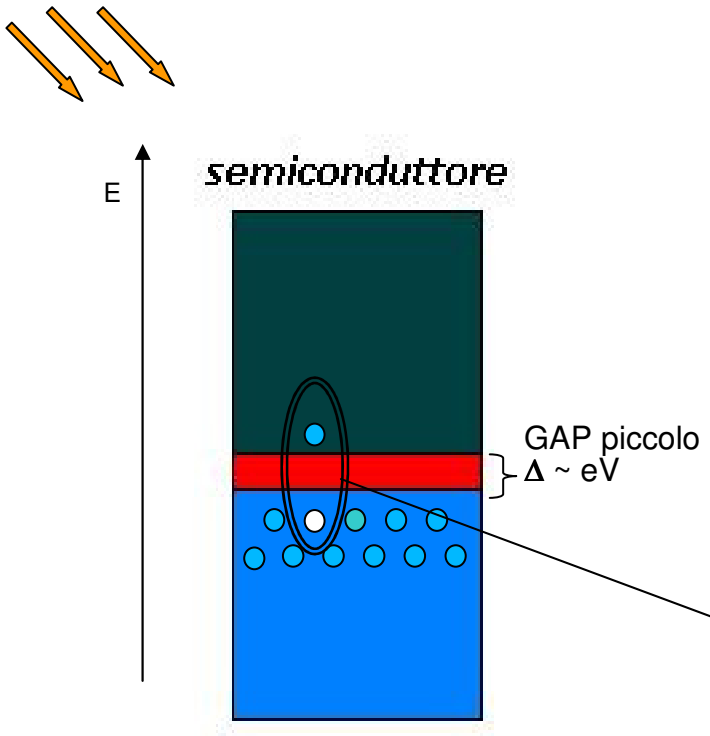


Banda di valenza e di conduzione separate da un piccolo GAP

Fornendo al materiale semiconduttore una quantità di energia superiore al gap gli elettroni hanno la possibilità dii passare dalla banda di valenza (BV) alla banda di conduzione (BC) contribuire dunque alla conducibilità elettrica.

- Elettroni di valenza

semiconduttori



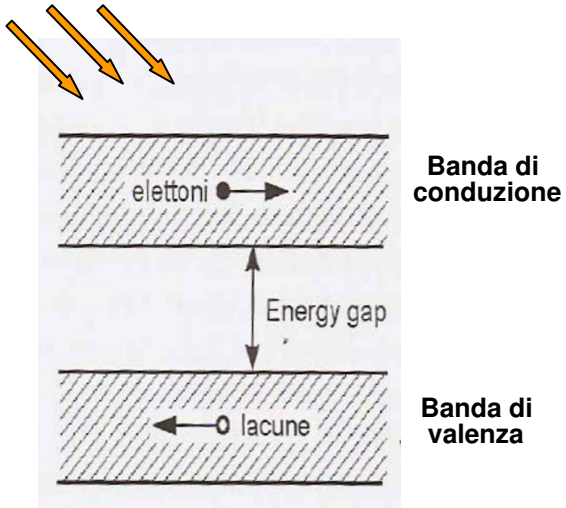
Fornendo al materiale semiconduttore una quantità di energia superiore al gap di energia, gli elettroni hanno la possibilità di passare dalla banda di valenza (BV) alla banda di conduzione (BC) e contribuire dunque alla conducibilità elettrica.

$h\nu > \Delta$

Per ogni elettrone che passa dalla banda di valenza alla banda di conduzione una buca (mancanza di elettrone) si forma in banda di valenza

Banda di valenza e di conduzione separate da un piccolo GAP

Nel semiconduttore la conduzione è dovuta dunque a due tipi di portatori di carica:
Elettroni (cariche negative)
Buche o lacuna (cariche positive)



Serve dell'energia perché un elettrone possa passare dalla banda di valenza alla banda di conduzione

L'energia deve essere superiore al valore del GAP di energia della banda proibita

Non tutta la radiazione è in grado di produrre coppie elettrone -buca

Es:

Silicio GAP : $\Delta = 1.12$ eV

quindi l'energia del fotone $\varepsilon = h\nu$
deve essere > del GAP Δ

L'energia del fotone ε si può esprimere in funzione delle Lunghezza d'onda della radiazione incidente:

$$\varepsilon = \frac{c}{\lambda} h \qquad \Delta = 1.12 \text{ eV}$$

$$\varepsilon > \Delta$$

$$\lambda_{max} = \frac{hc}{\Delta} = \frac{(6.6\times10^{-34}\, Joule\cdot \sec)\times(3\times10^{8}\, m/\sec)}{(1.12)\times(1.6\times10^{-19}\, Joule)}$$

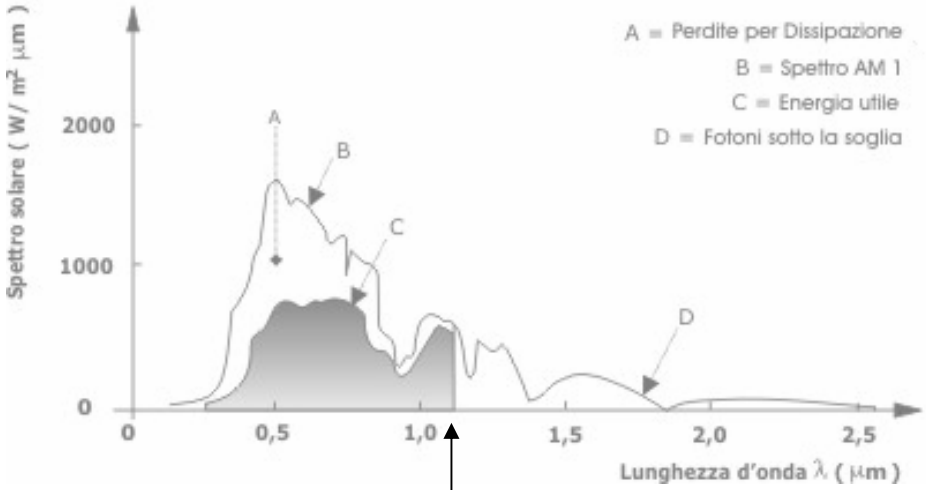
$$\lambda_{max} \cong 1.11\times10^{-6}\, m = 1.11\,\mu m$$

$c = 3 \times 10^{8}$ m/s

$h = 6.6\times10^{-34}$ Joule sec

1 eV = $1.60217646 \times 10^{-19}$ joule

Per il silicio $\lambda_{max} \cong 1.11 \times 10^{-6} m = 1.11 \mu m$



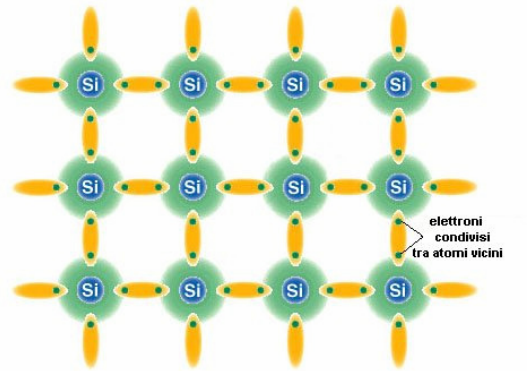
Radiazione di lunghezza d'onda maggiori
non producono effetto fotovoltaico

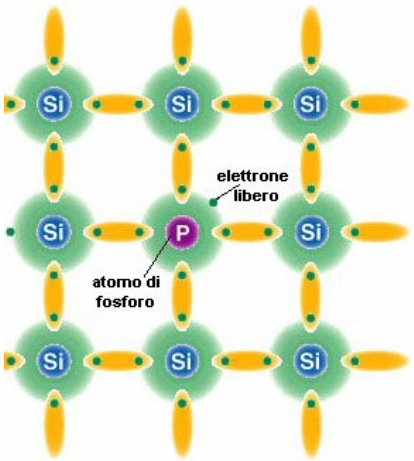
Cos'è il drogaggio di un semiconduttore?

Per migliorare il comportamento elettrico di un semiconduttore si effettua
Il <u>drogaggio</u> dello stesso

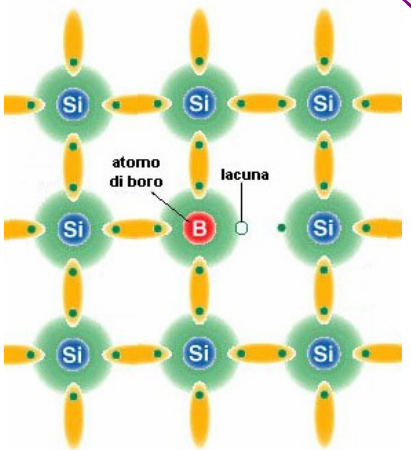
Es: Silicio puro (tetravalente)

Ogni atomo ha 4 elettroni di valenza
Che si legano covalentemente ad altri 4 atomi





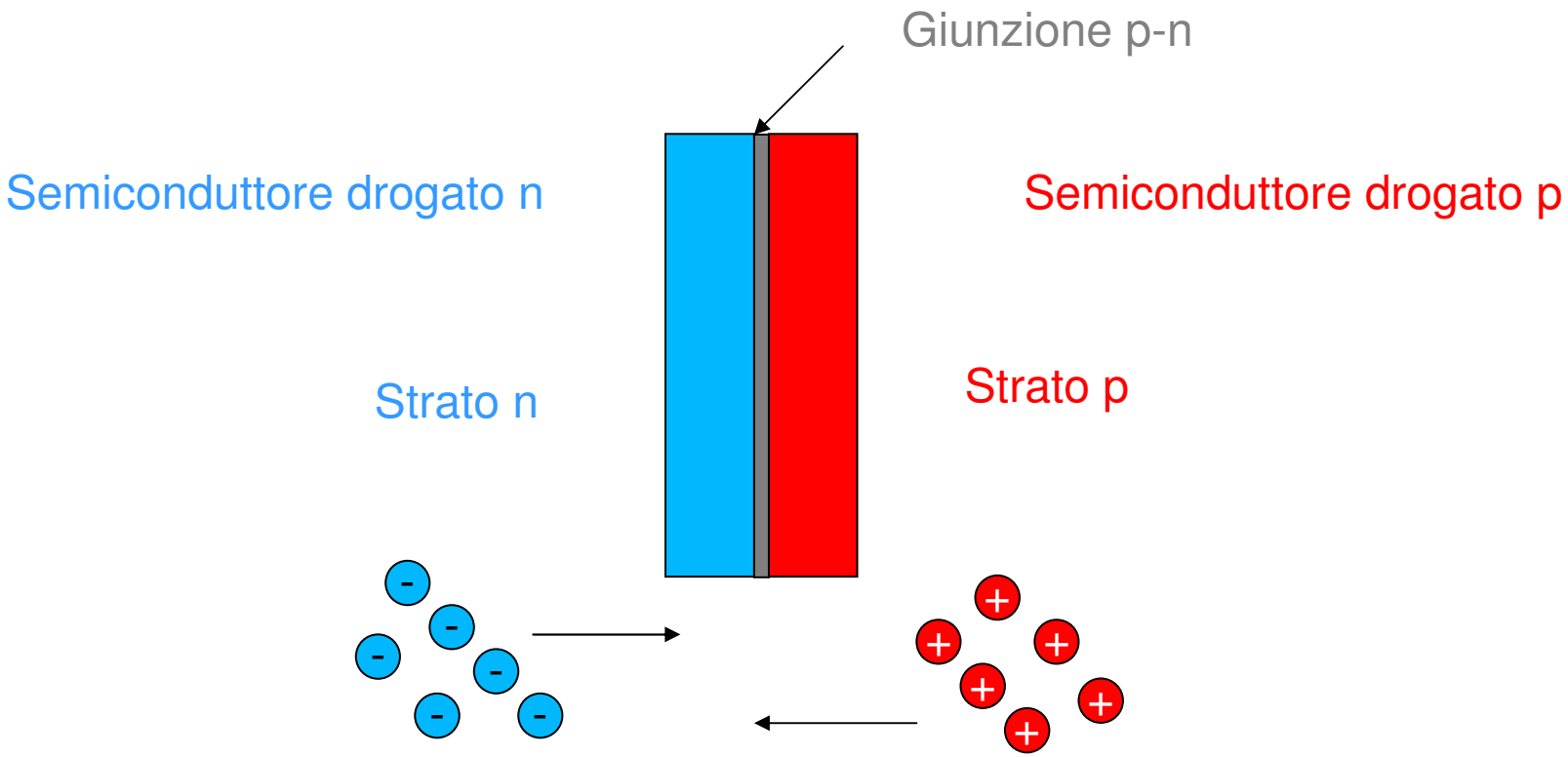
Drogato n: atomo pentavalente
in matrice tetravalente



Drogatop: atomo trivalente
in matrice tetravalente

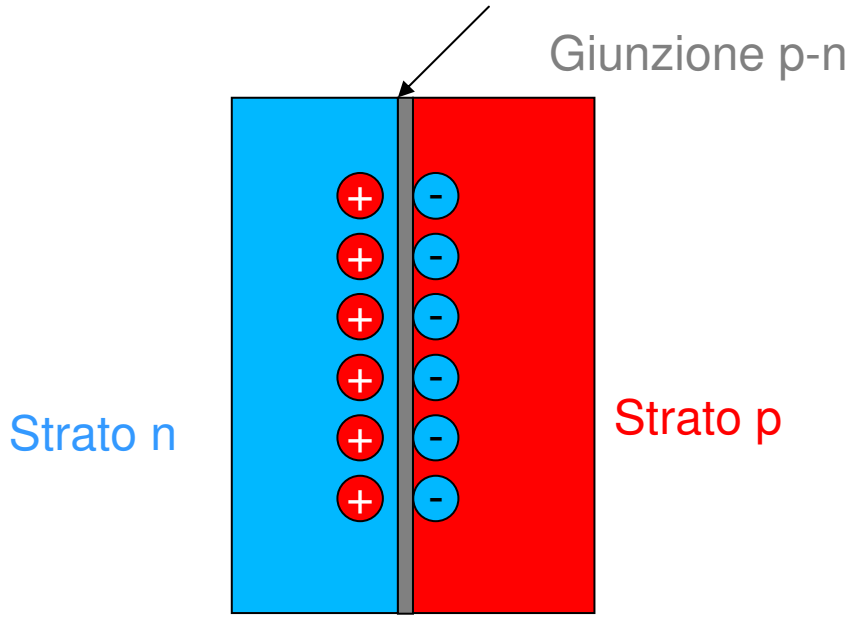
La giunzione p-n

Cristallo semiconduttore costituito da due strati di semiconduttore che abbiano rispettivamente un eccesso di cariche negative (strato n) e un eccesso di cariche positive (strato p)



La giunzione p-n

Cristallo semiconduttore costituito da due strati di semiconduttore che abbiano rispettivamente un eccesso di cariche negative (strato n) e un eccesso di cariche positive (strato p)

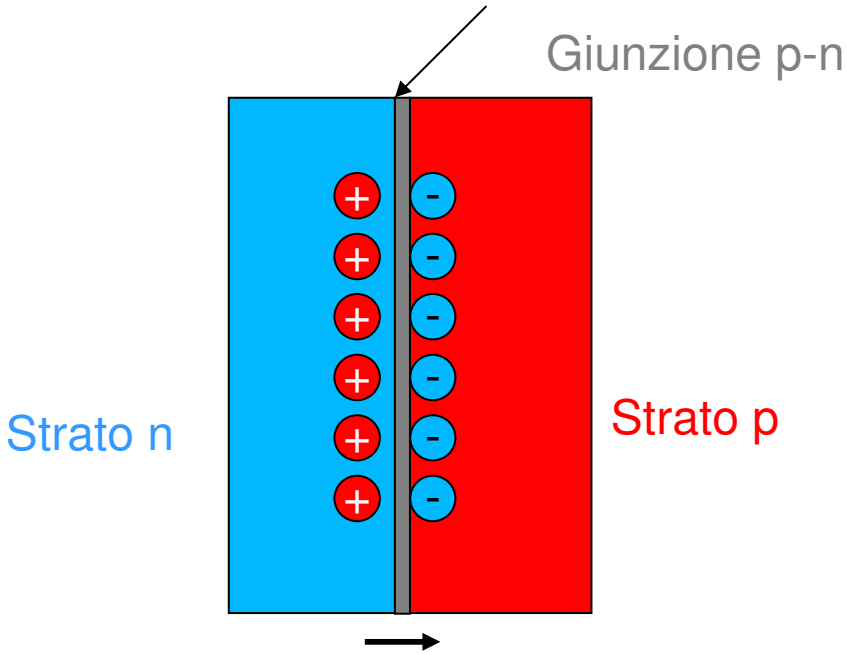


Le cariche + in eccesso migrano dallo strato p allo strato n

Le cariche - in eccesso migrano dallo strato n allo strato p

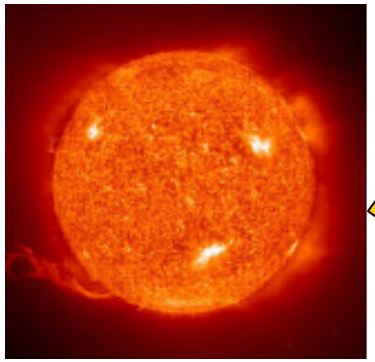
La giunzione p-n

Cristallo semiconduttore costituito da due strati di semiconduttore che abbiano rispettivamente un eccesso di cariche negative (strato n) e un eccesso di cariche positive (strato p)

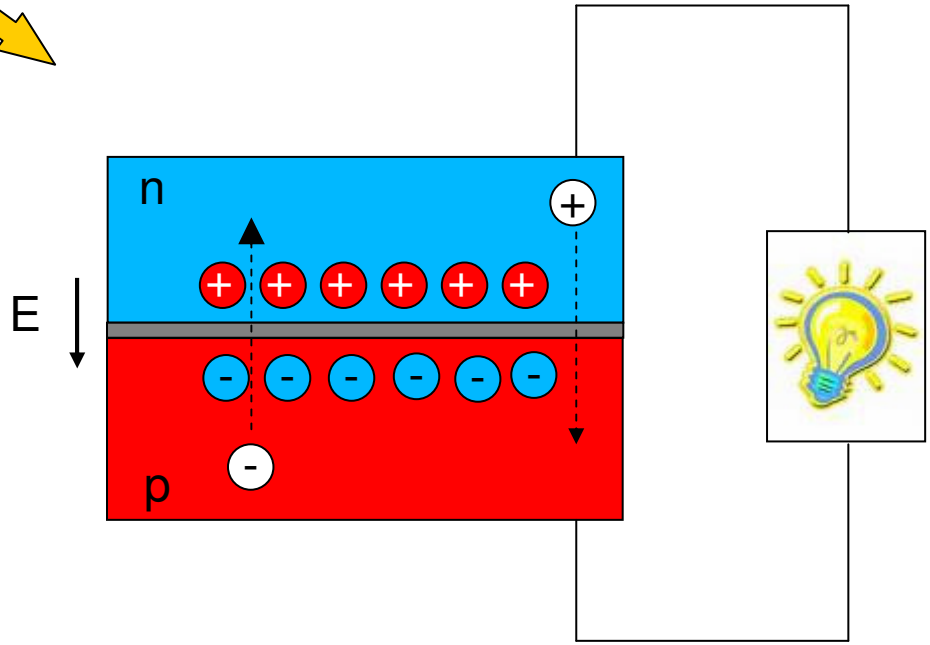


La migrazione continua sino a che non si raggiunge una situazione di equilibrio e in corrispondenza della giunzione si genera un campo elettrico E che si oppone al passaggio di ulteriori portatori carica attraverso la giunzione

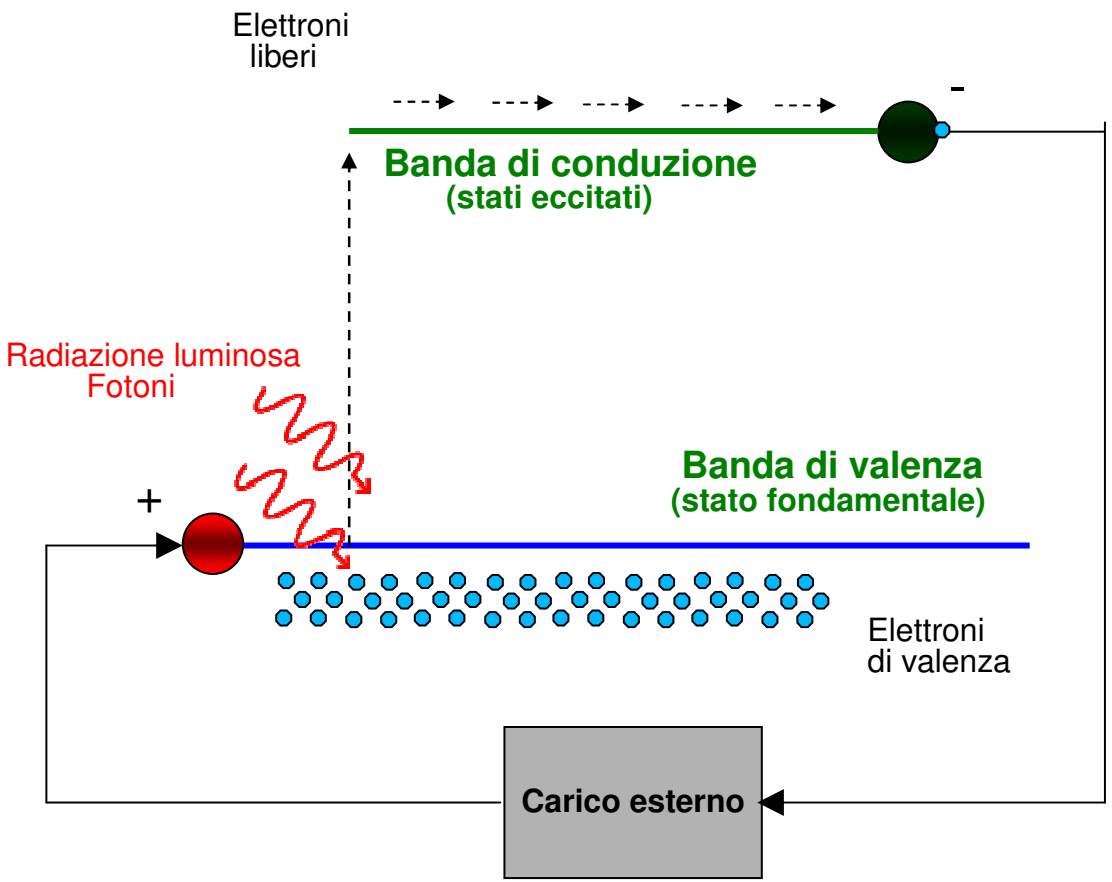
La giunzione p-n

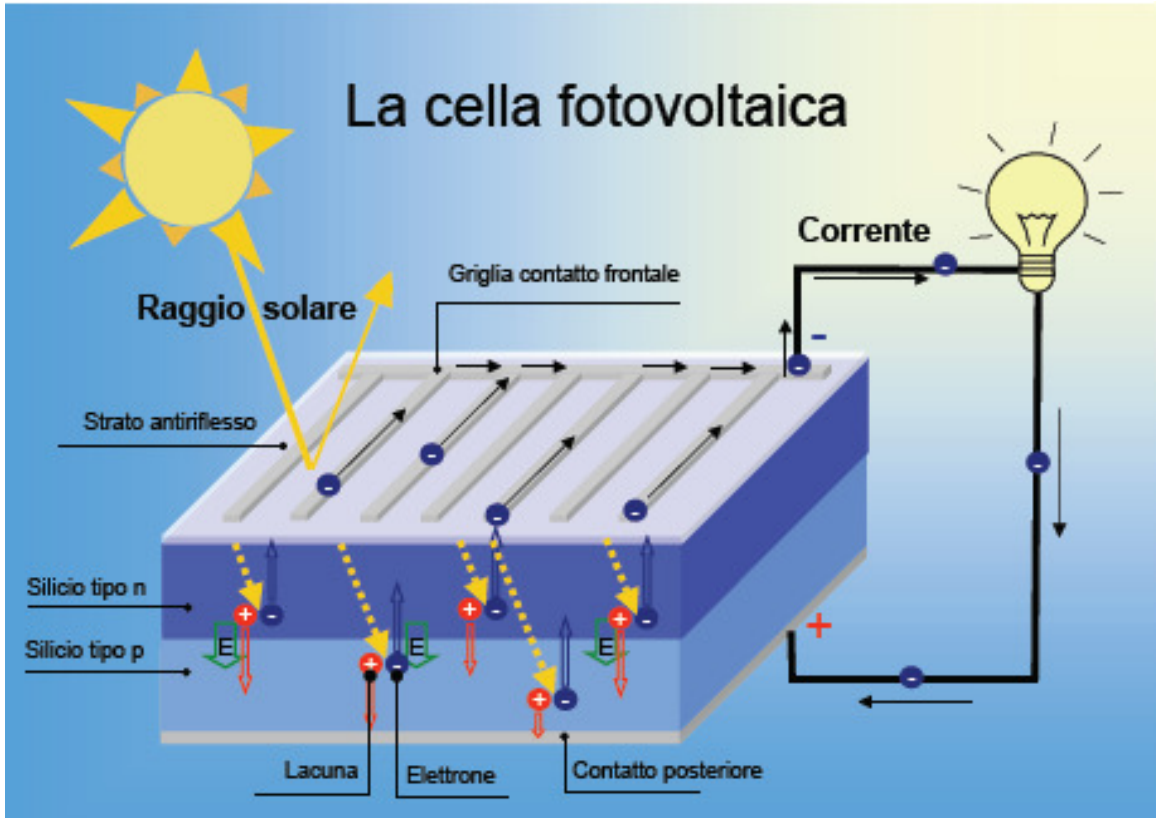


Illuminando la giunzione p-n, si formano delle coppie elettrone buca, che a causa del campo elettrico vengono separate.

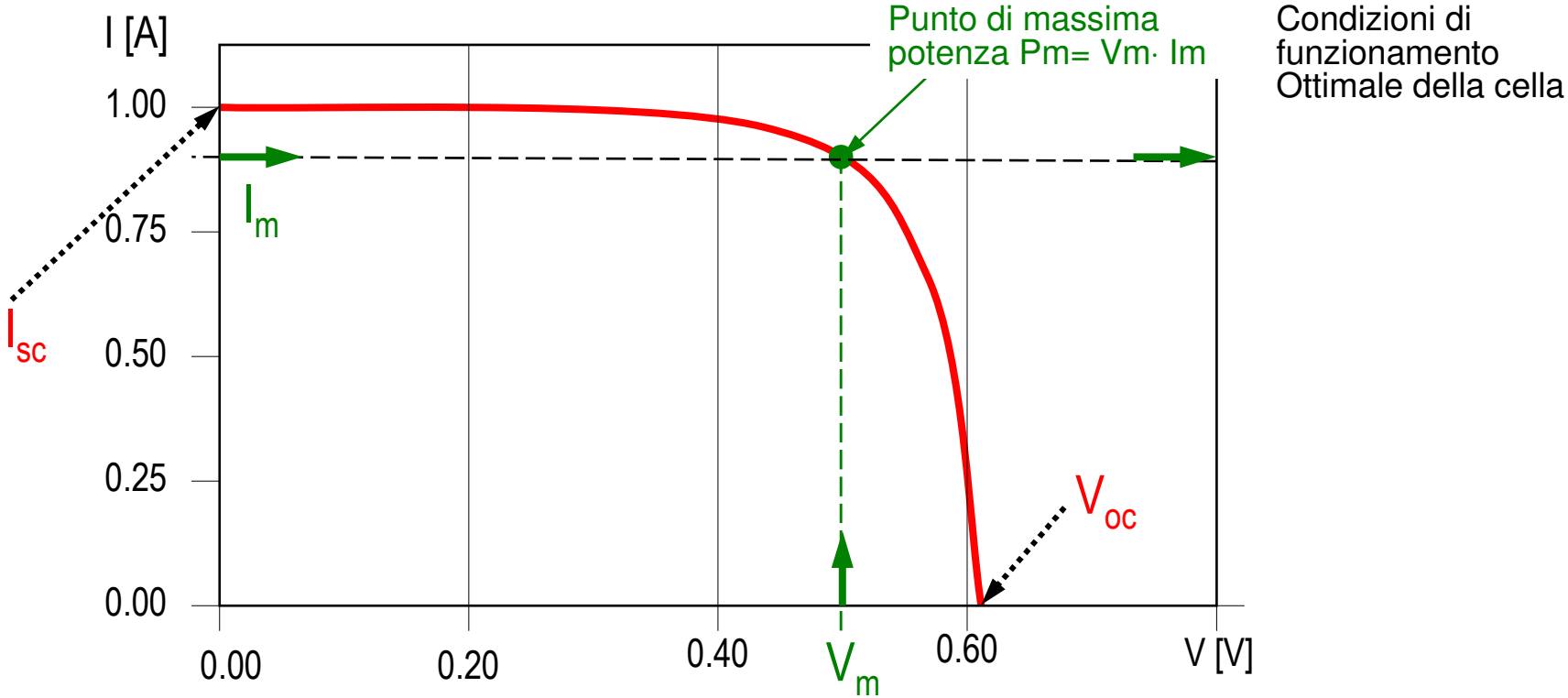


Schema di una cella solare




La cella fotovoltaica
Corrente
Griglia contatto frontale
Raggio solare
Strato antiriflesso
Silicio tipo n
Silicio tipo p
E
Lacuna
Elettrone
Contatto posteriore

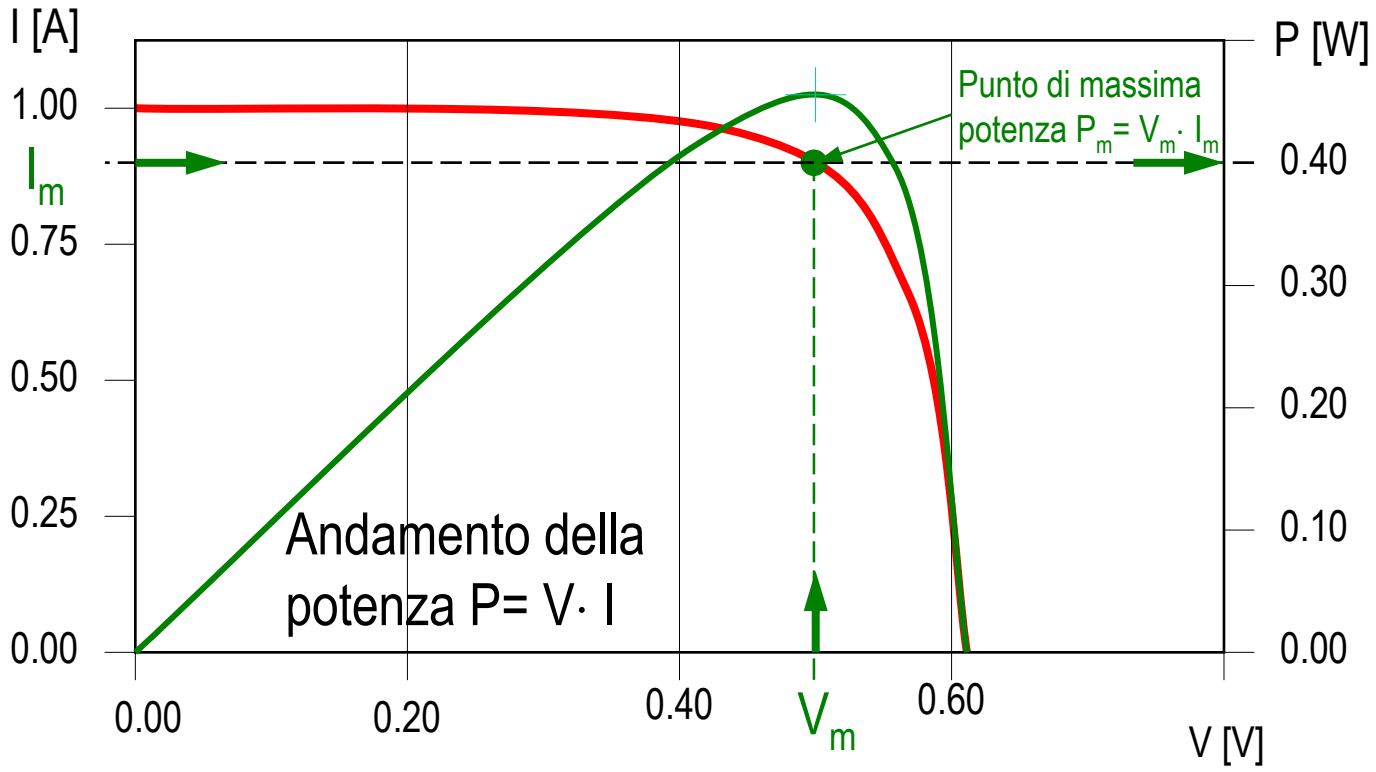
Caratteristica I-V di una Cella Solare



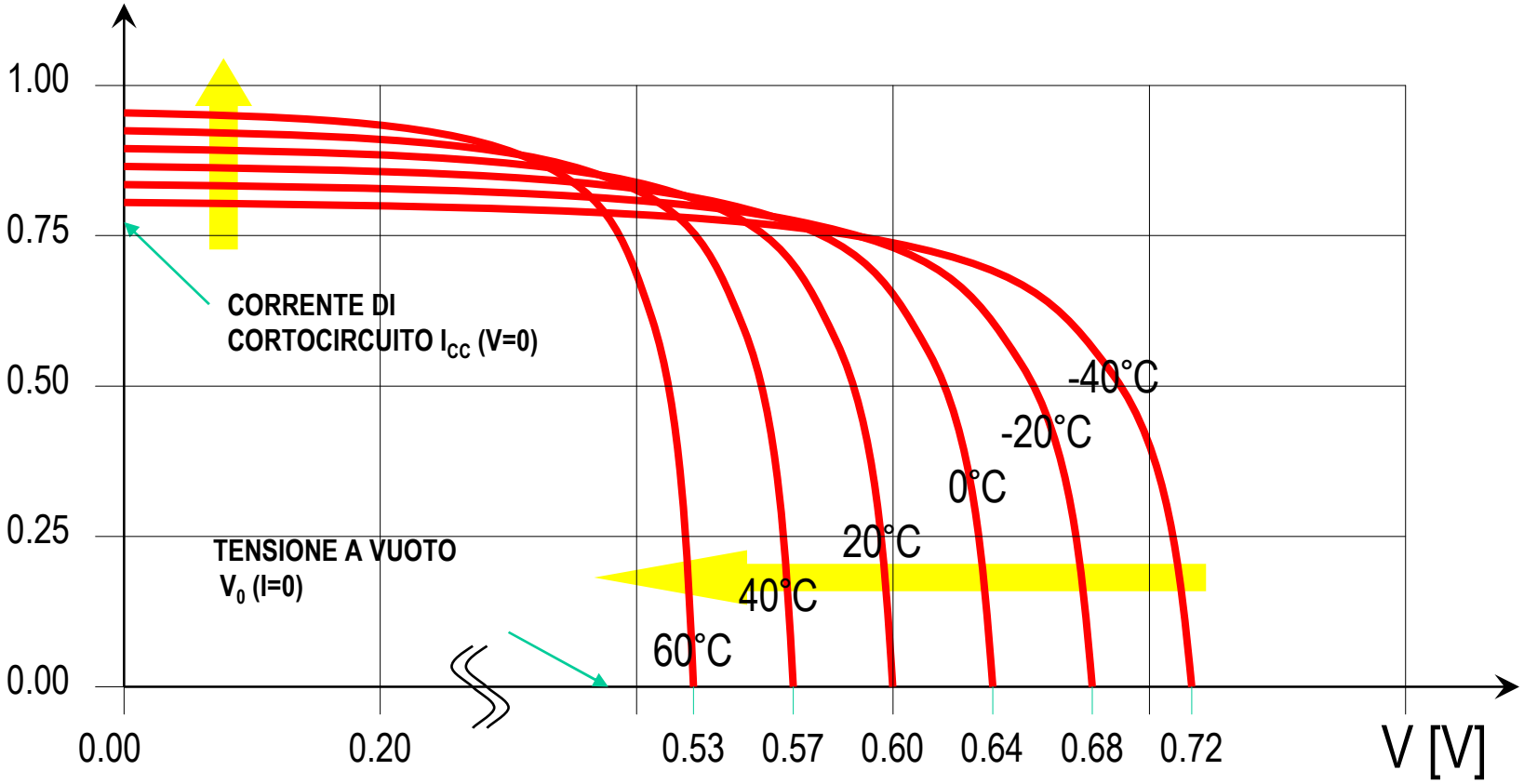
Isc → CORRENTE DI CORTOCIRCUITO (V=0)

Voc → TENSIONE A VUOTO (I=0)

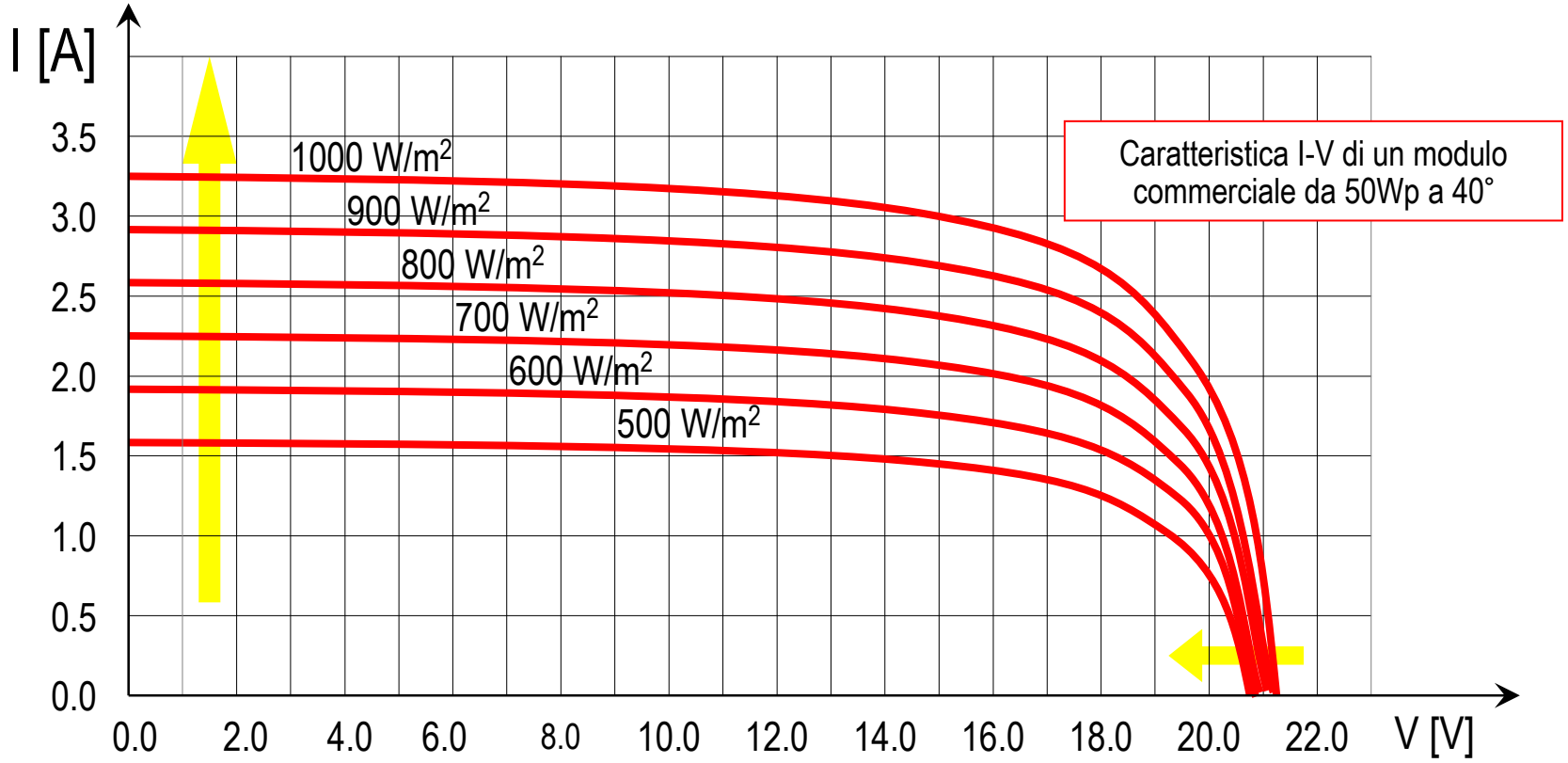
Caratteristica I-V di una Cella Solare ed andamento della Potenza

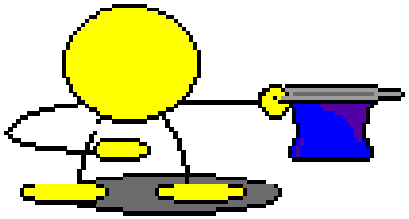


Variazione della caratteristica I-V al variare della temperatura di lavoro della cella



Caratteristica Elettrica (I-V) in funzione della Radiazione Solare





Grazie per l'attenzione