



CONVEGNO  
NAZIONALE E  
SEMINARIO  
RESIDENZIALE

L'INSEGNAMENTO DELLA FISICA  
E DELLE SCIENZE IN UNA  
PROSPETTIVA SISTEMATICA,  
STORICA E CRITICA

BOLOGNA / 27-29 GENNAIO 2022

# Celle di Grätzel

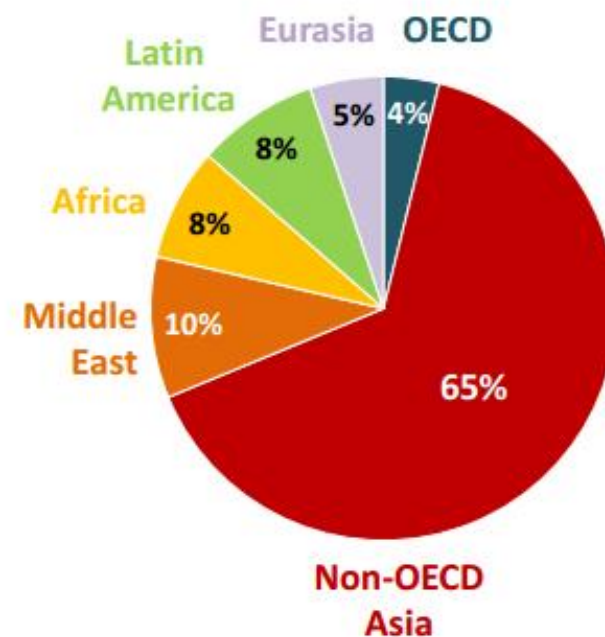


# FABBISOGNO ENERGETICO MONDIALE

Primary energy demand, 2035 (Mtoe)

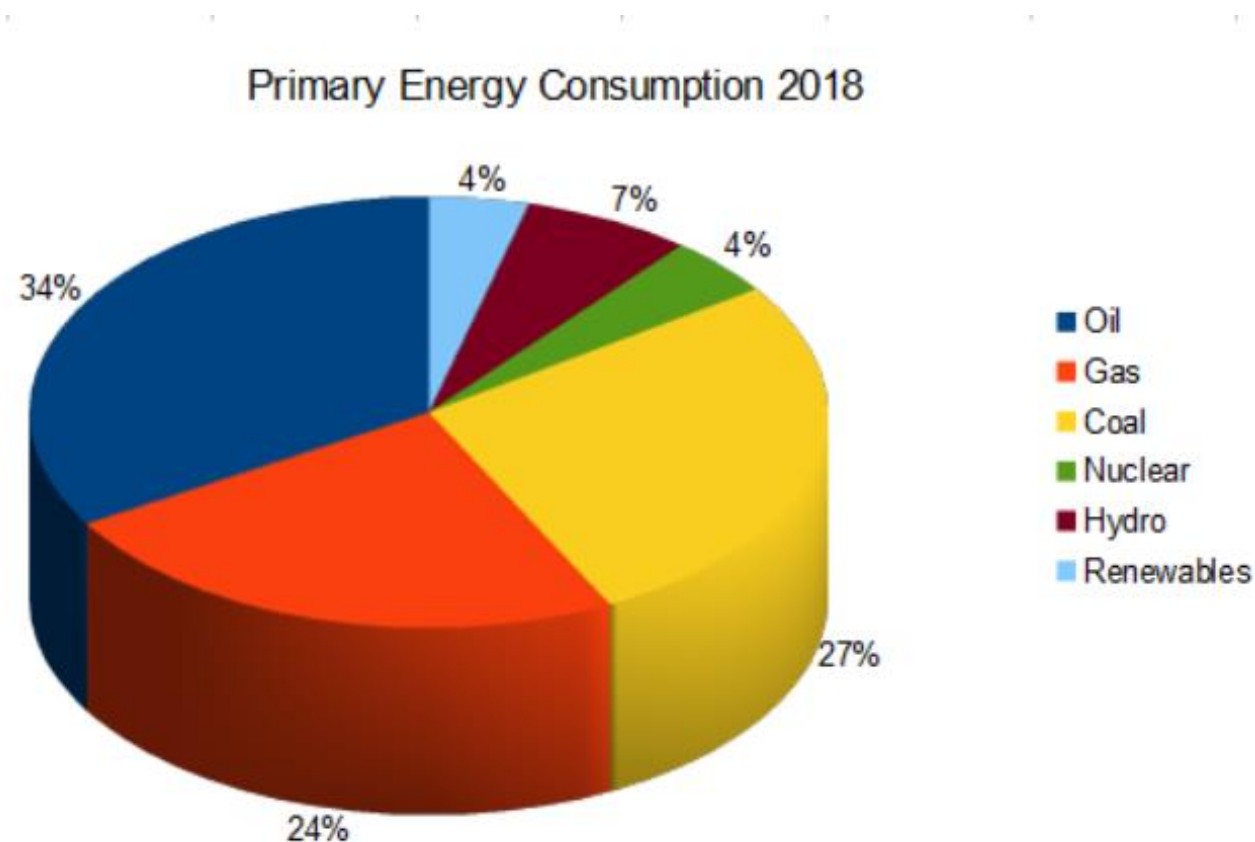


Share of global growth  
2012-2035



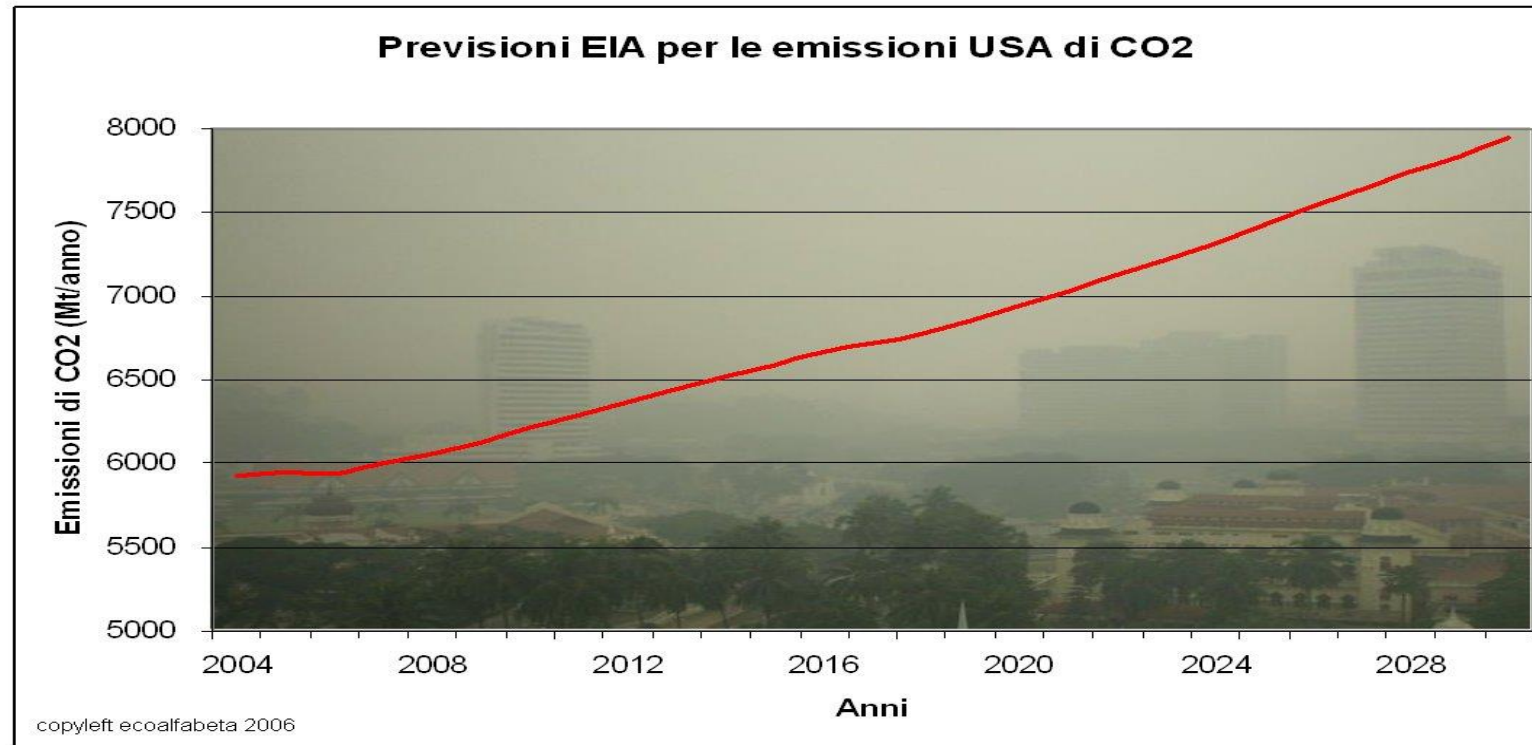
Mtoe = Million Tonnes of Oil Equivalent

Circa il 75% dell'energia mondiale deriva da combustibili fossili (gas, carbone e petrolio)  
(fonte 2018)



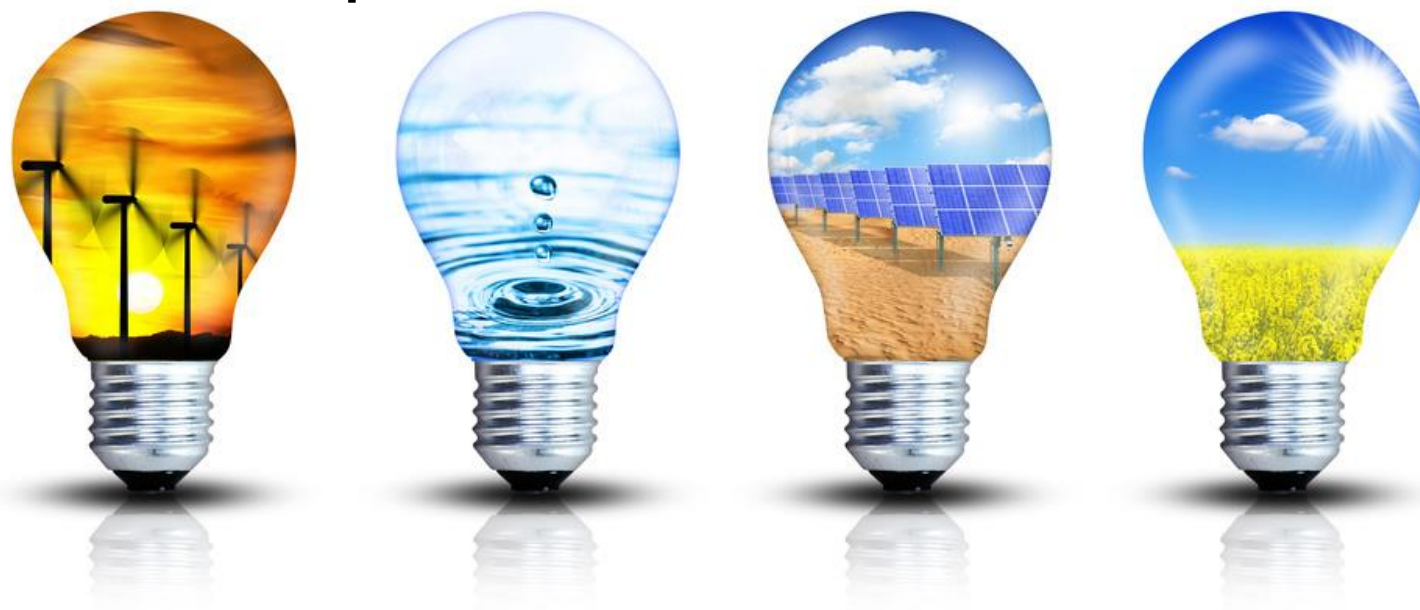
# INQUINAMENTO ATMOSFERICO

Con la crescita della domanda di energia si registra anche un aumento della produzione di gas serra (CO<sub>2</sub>)



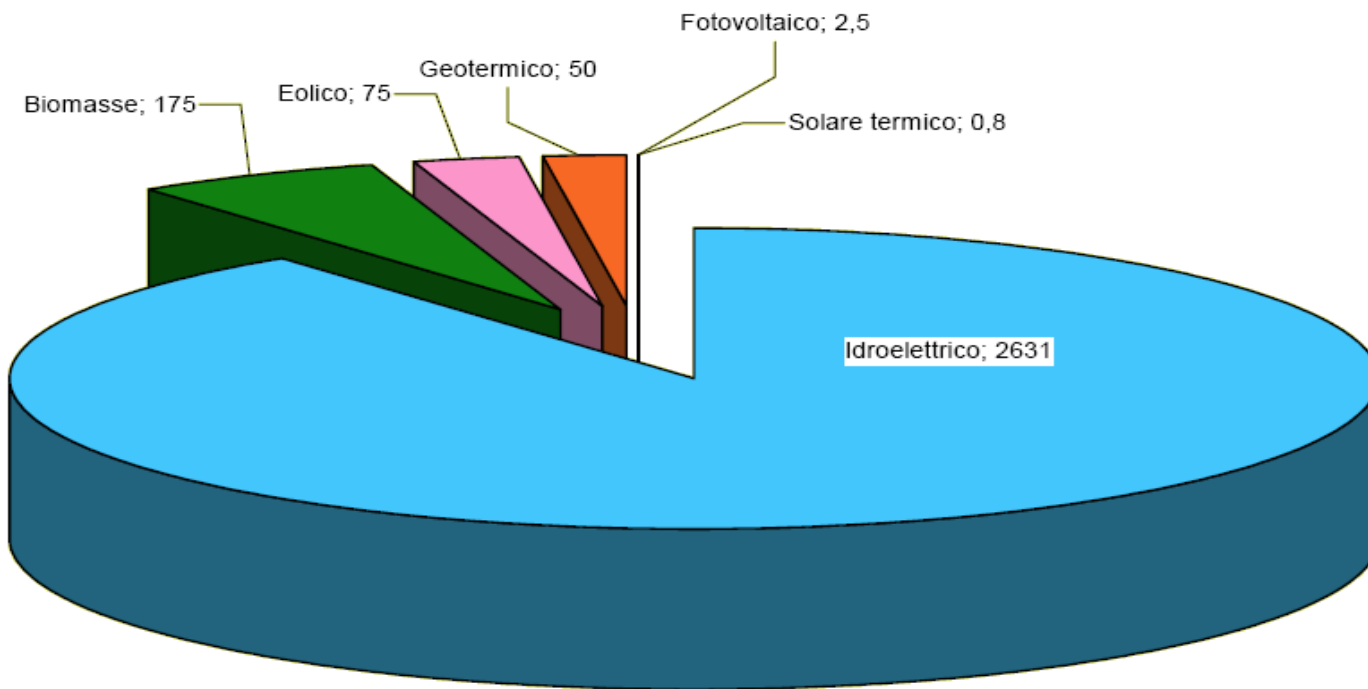
# ENERGIE RINNOVABILI

Le energie rinnovabili sono quelle fonti energetiche infinite e “pulite”, ovvero con scarso inquinamento e sempre presenti nella terra che rappresentano metodi naturali alternativi al petrolio.



# ENERGIE RINNOVABILI

**PRODUZIONE MONDIALE ELETTRICITA' DA FR - 2003**  
(Totale = circa 3.000 TWh)

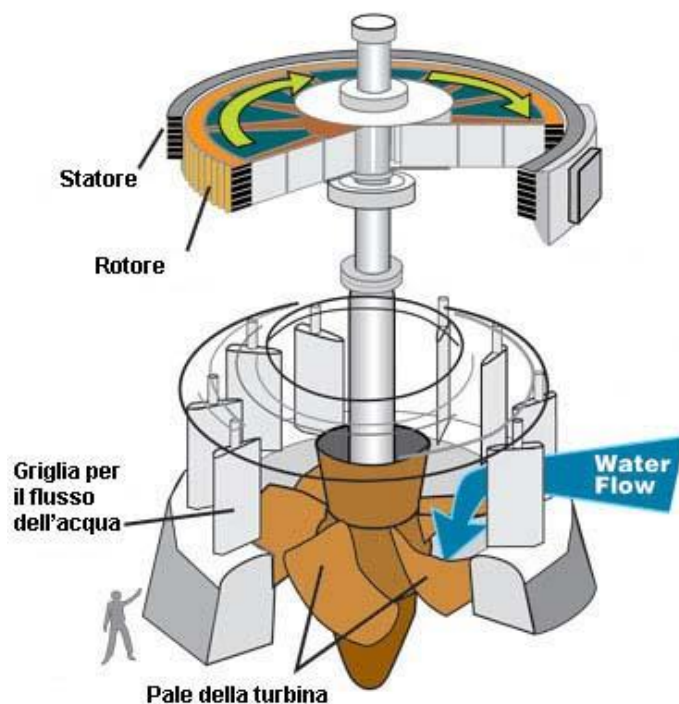




# Energia idroelettrica

L'acqua viene convogliata in una turbina che ruota grazie alla spinta di essa.

Ad ogni turbina è accoppiato un alternatore che trasforma il movimento di rotazione in energia elettrica.



# Energia eolica

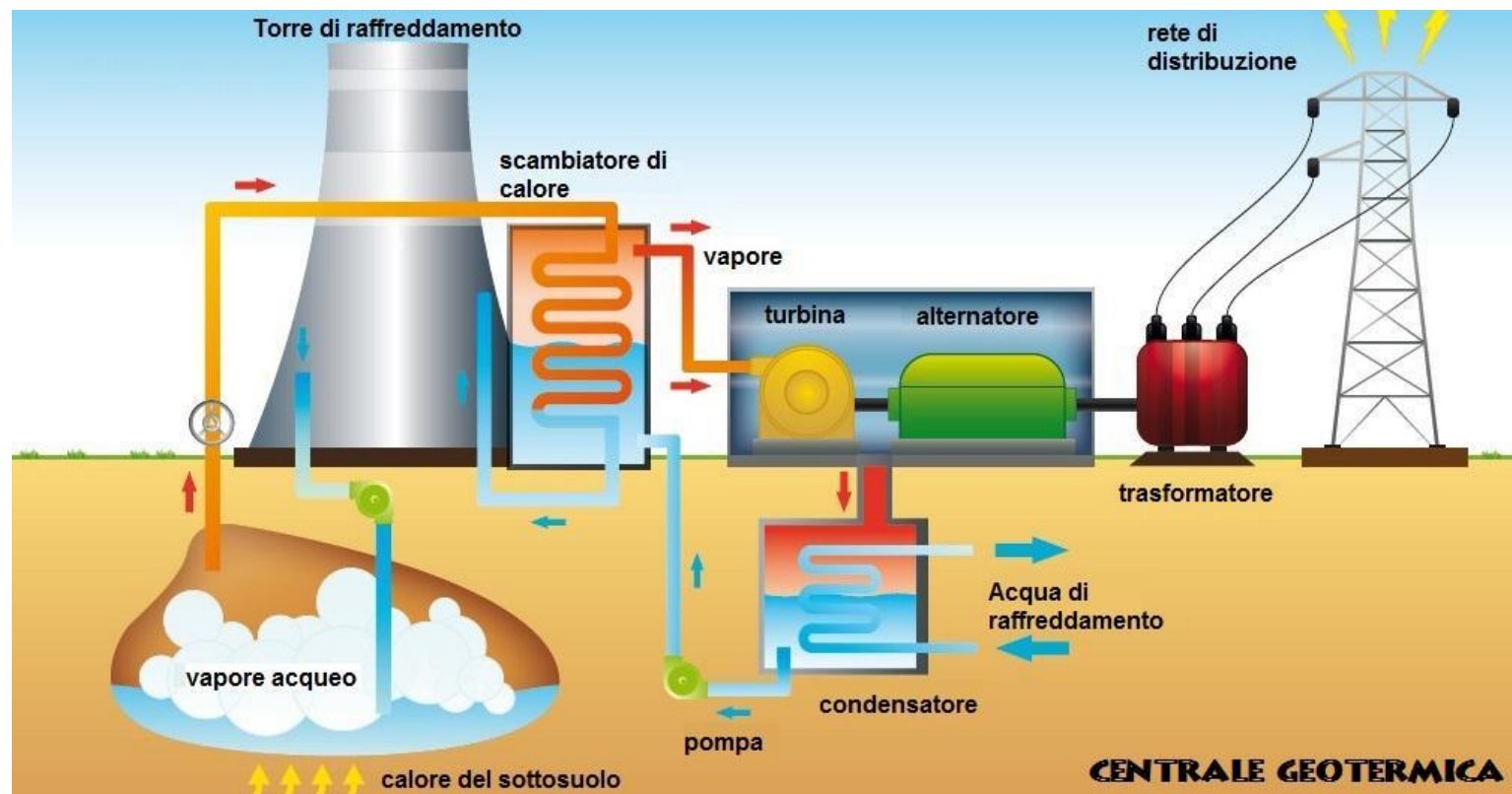
Per energia eolica si intende la capacità del vento di mettere in movimento una pala, trasformando così l'energia cinetica in energia elettrica.





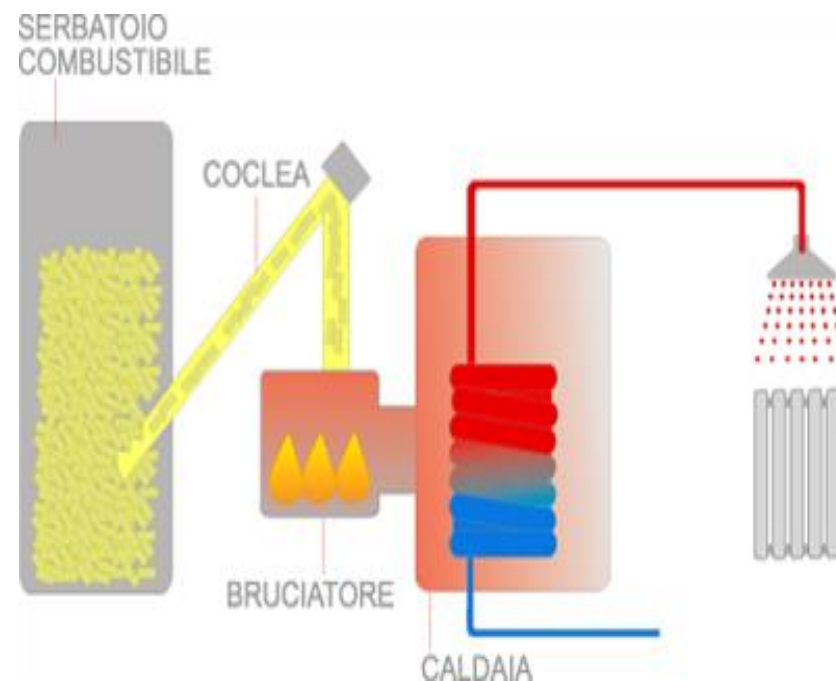
# Energia geotermica

La centrale geotermica sfrutta il calore della terra per portare l'acqua allo stato di vapore e mettendo così in moto una turbina.



# Energia da biomasse

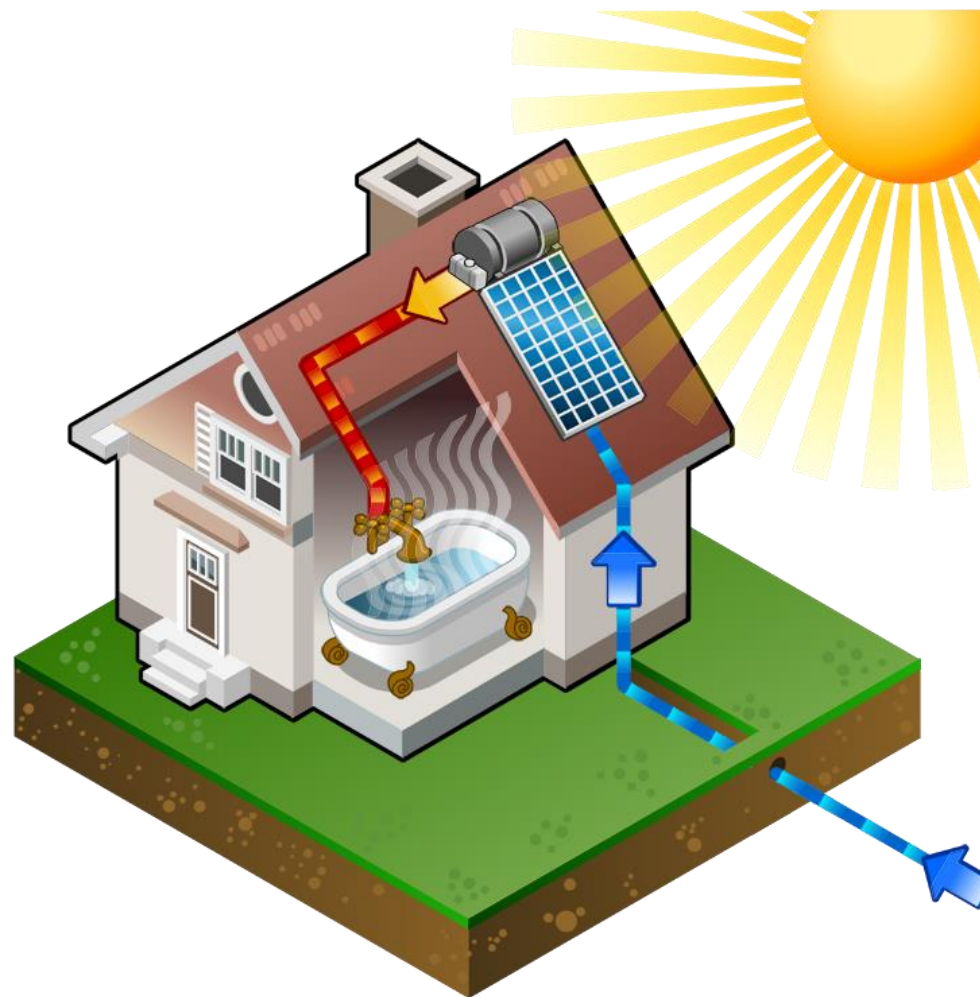
Le fonti di energia da biomassa sono costituite dalle sostanze di origine animale e vegetale, non fossili, che possono essere usate, direttamente o dopo opportune trasformazioni, come combustibili.



# Energia solare termica



L'energia solare termica utilizza il calore del sole per la produzione di acqua calda.



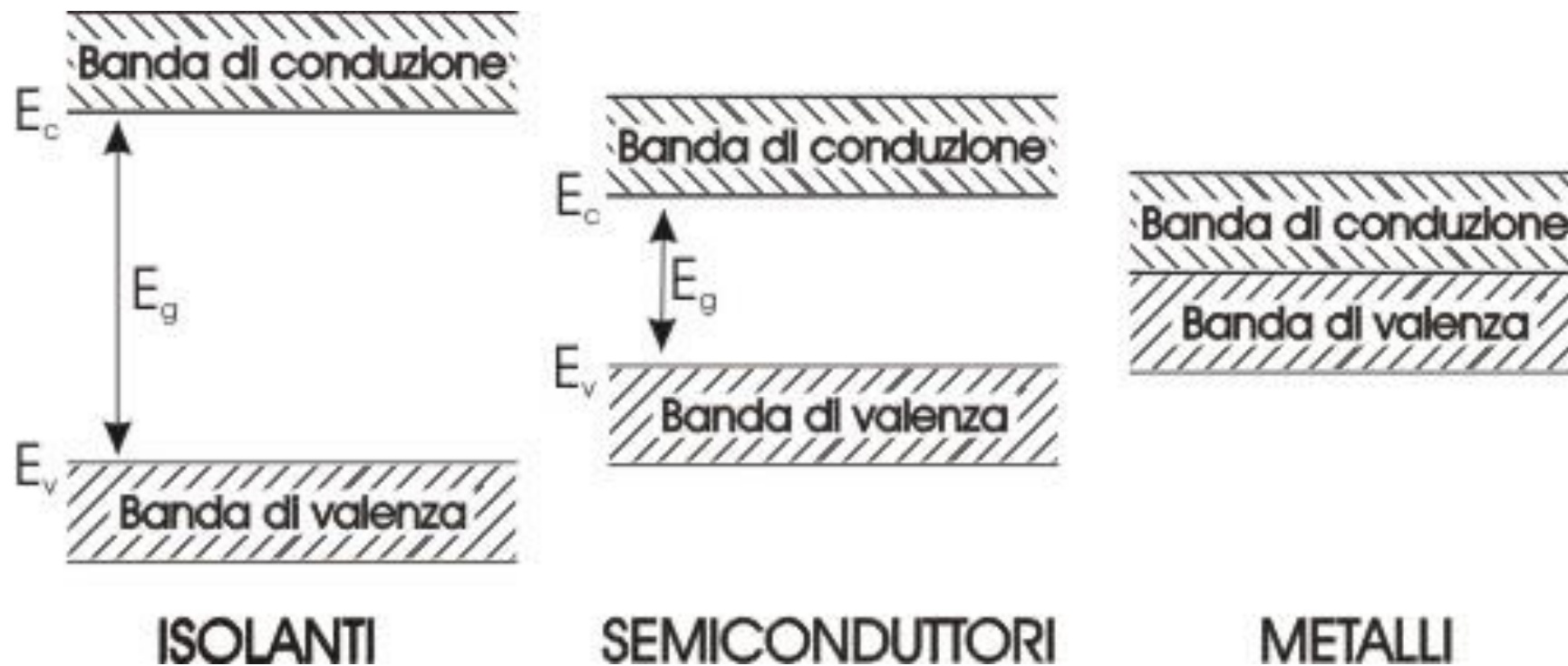


# Energia fotovoltaica

L'energia fotovoltaica sfrutta le speciali proprietà di alcuni materiali come il silicio, opportunamente lavorati, per convertire la radiazione solare in corrente elettrica.



# Come funziona la cella fotovoltaica?





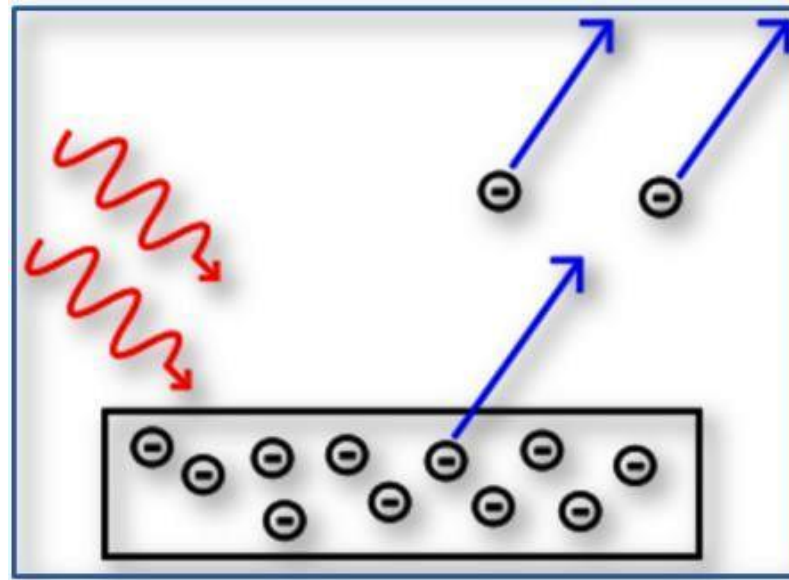
# Come funziona la cella fotovoltaica?



**Effetto FOTOELETTRICO:** emissione da parte di una superficie metallica di particelle in seguito a radiazione elettromagnetica

1887 **Hertz:** emissione di particelle da parte di un metallo colpito da UV

1899 **Conrad:** queste particelle sono in realtà elettroni



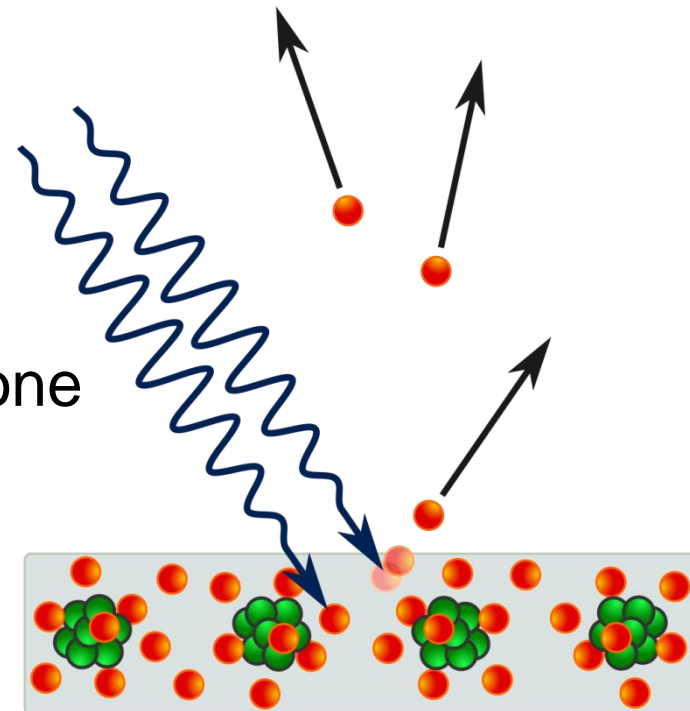
# Come funziona la cella fotovoltaica?

All'aumentare dell'intensità della luce:

- Non aumenta l'energia degli elettroni
- Aumenta la corrente (quantità di elettroni)

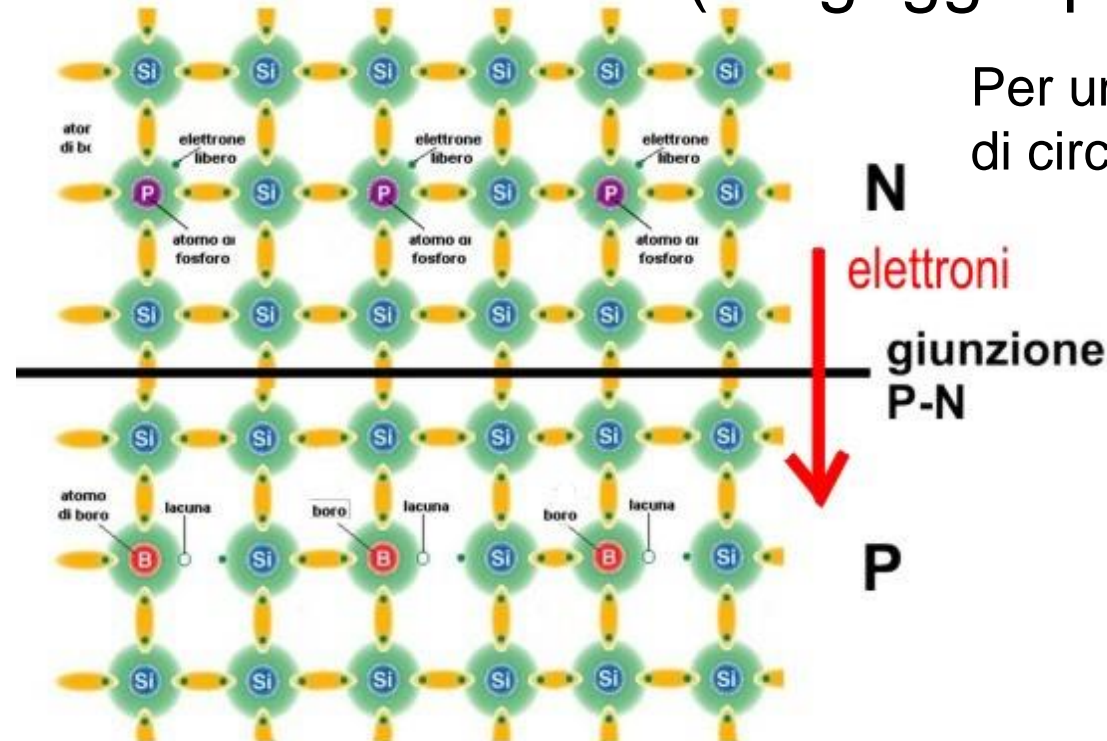
1900 **Max Planck**:  $E = h f$

1905 **Albert Einstein**: quantizzazione dell'energia in pacchetti



# Come funziona la cella fotovoltaica?

E' in grado di trasformare la radiazione solare in energia elettrica grazie all'**effetto fotovoltaico**, presente nei **semiconduttori**, come il **Silicio** sottoposto a **drogaggio** con Boro e Fosforo (drogaggio p-n).



Per una cella il costo è di circa 400 €/m<sup>2</sup>

# PROSPETTIVE PER IL FUTURO

L'energia solare è quella che ha più prospettive per il futuro, in quanto le odierne celle hanno un rendimento massimo di circa 20%, mentre le altre fonti di energia sono arrivate quasi al massimo della loro capacità.



# L'elettricità

---

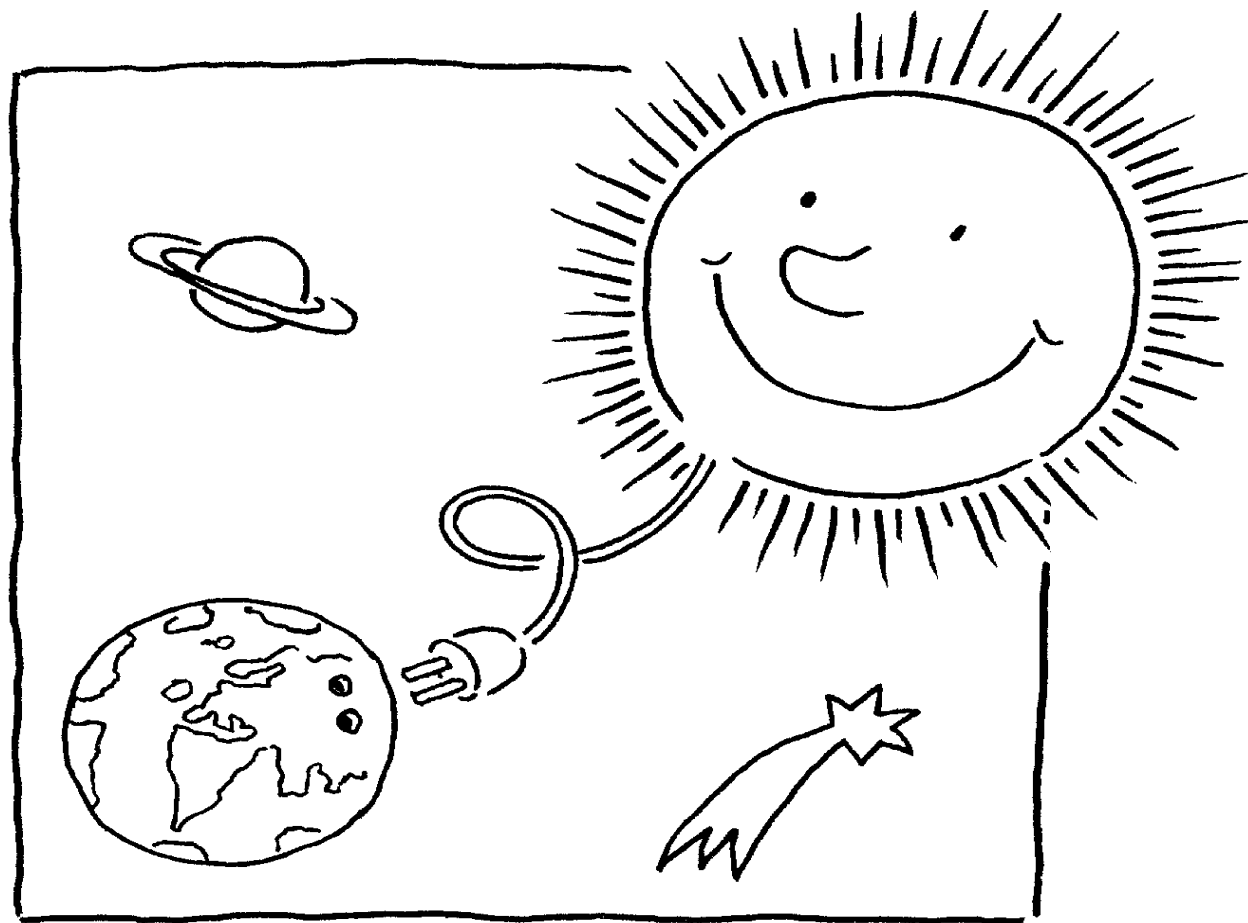
$$V = RI$$

Voltaggio

Resistenza

Intensità



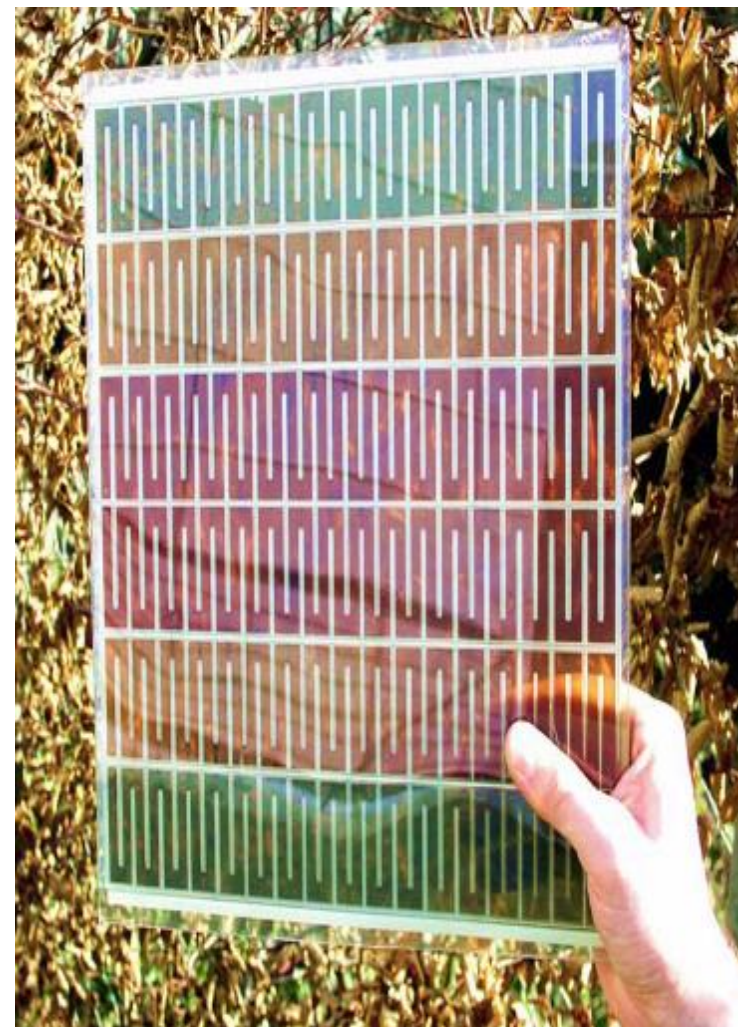


# CELLE A COLORANTE ORGANICO

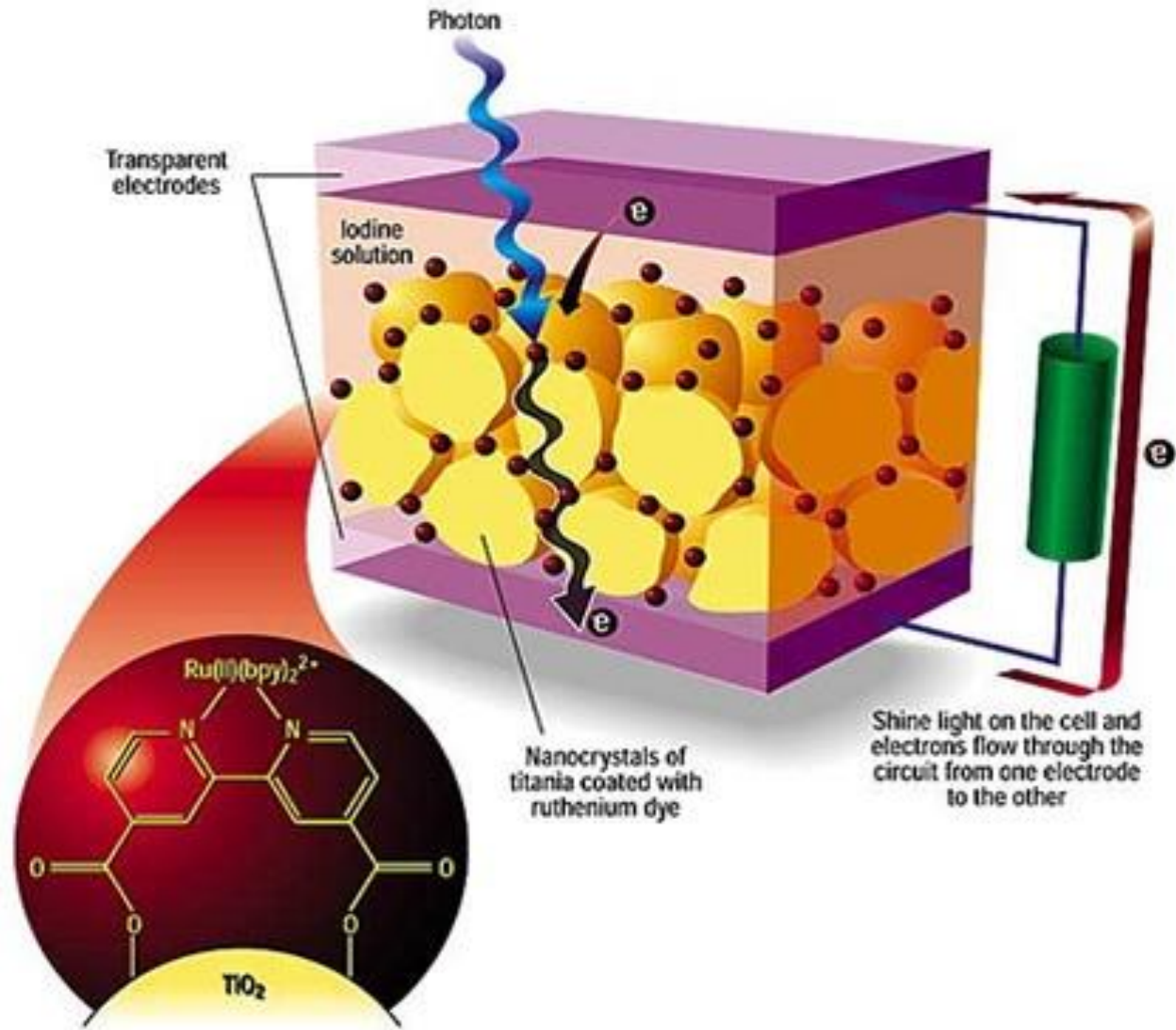
# CELLA DI GRAETZEL



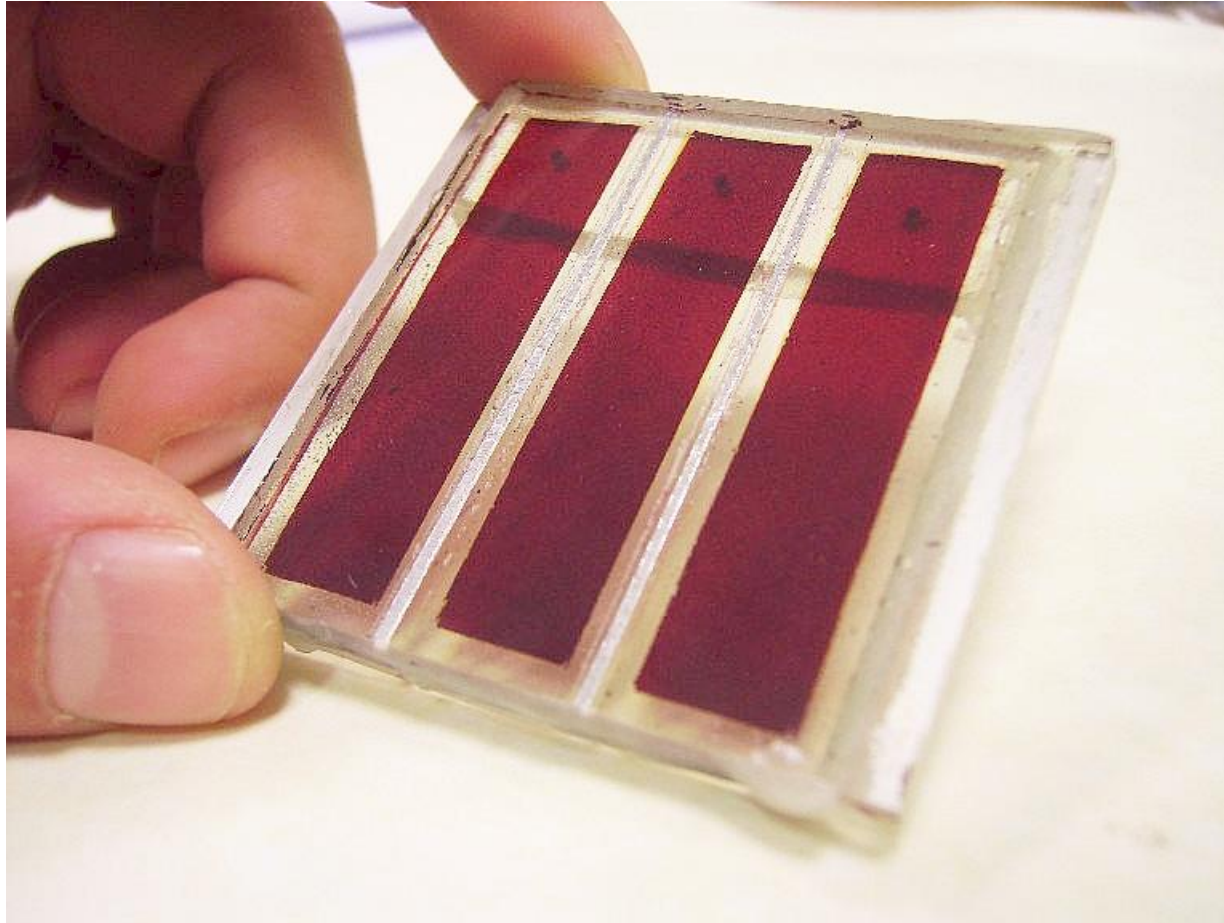
Nel 1991 **Michael Graetzel** presenta la cella fotovoltaica organica, che sfrutta le proprietà di alcuni coloranti organici di generare una corrente di elettroni quando vengono colpiti dalla radiazione solare, ovvero l'analogo della fotosintesi Clorofilliana.



# CELLA DI GRAETZEL



# CELLA DI GRAETZEL



# Applicazioni e tossicità Biossido di Titanio





Il biossido di titanio ( $\text{TiO}_2$ ) è un composto chimico di origine naturale, largamente usato come pigmento bianco in campo industriale. Si presenta in forma di polvere bianca amorfa, insolubile in acqua.

Viene sfruttato per rendere più bianchi molti prodotti alimentari, oltre a prodotti cosmetici, vernici, inchiostri, plastiche e carta.



## Campo alimentare

Nella codifica europea degli additivi alimentari è indicato con la sigla **E171**.

## Ritiro dal mercato

l'Agenzia Europea per la Sicurezza Alimentare (EFSA), a maggio 2021 ha concluso che il **biossido di titanio non può più essere considerato sicuro come additivo alimentare**. Sulla base degli studi disponibili, infatti, l'Autorità non aveva potuto escludere problemi di genotossicità - ovvero capacità di danneggiare il DNA - dopo il consumo di particelle di biossido di titanio contenute negli alimenti.



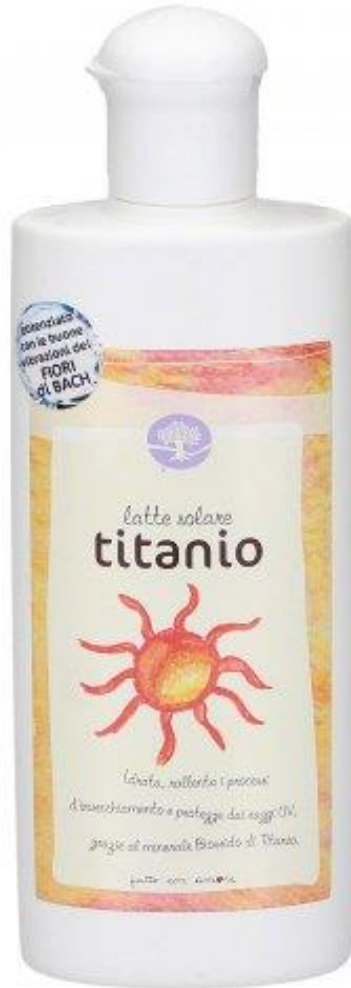
## Campo cosmesi

Il  $\text{TiO}_2$  è utilizzato nell'ambito del make-up, per conferire al prodotto una colorazione bianca e aumentarne l'opacità, e soprattutto nei prodotti solari.

In cosmesi di solito viene usato sottoforma di nanoparticelle (biossido di nano-titanio 1-100 nm), che sono molto più piccole di quelle utilizzate per uso alimentare.

Ci sono preoccupazioni che il  $\text{TiO}_2$  applicato sottoforma di nanoparticelle possa essere ingerito (rossetti, dentifrici) o assorbito attraverso la pelle.

Nei cosmetici è indicato "*titanium dioxide*" o con la sigla "**C.I. 77891**"



## Campo cosmesi

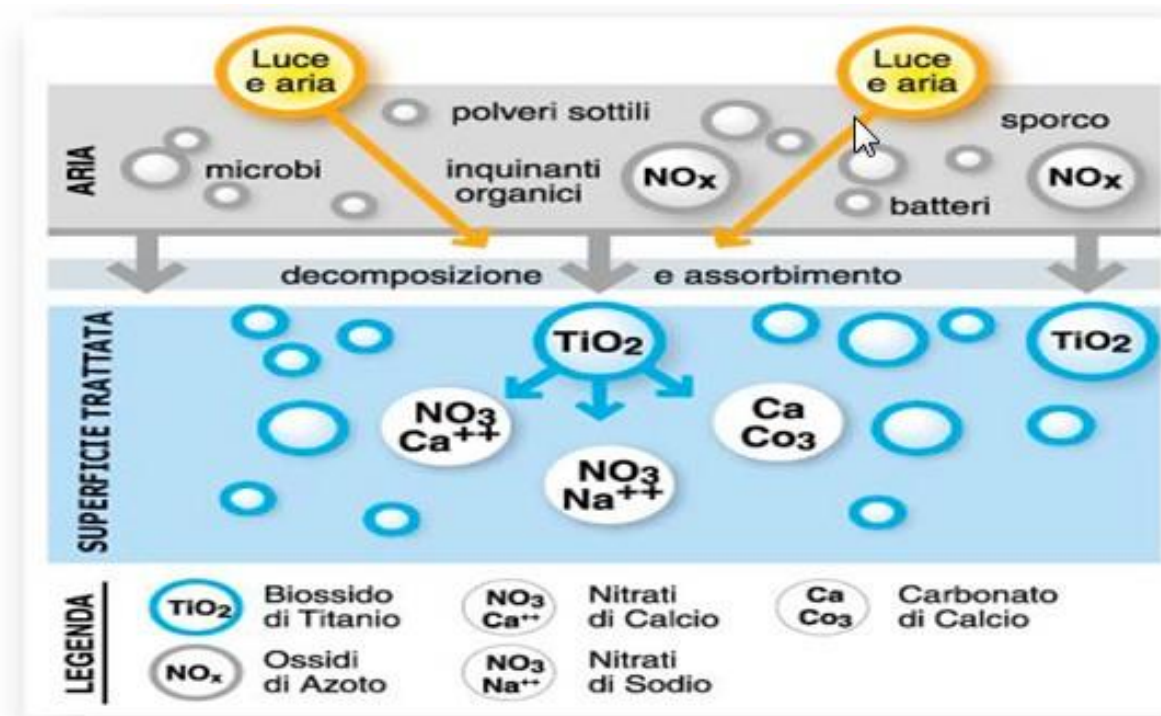
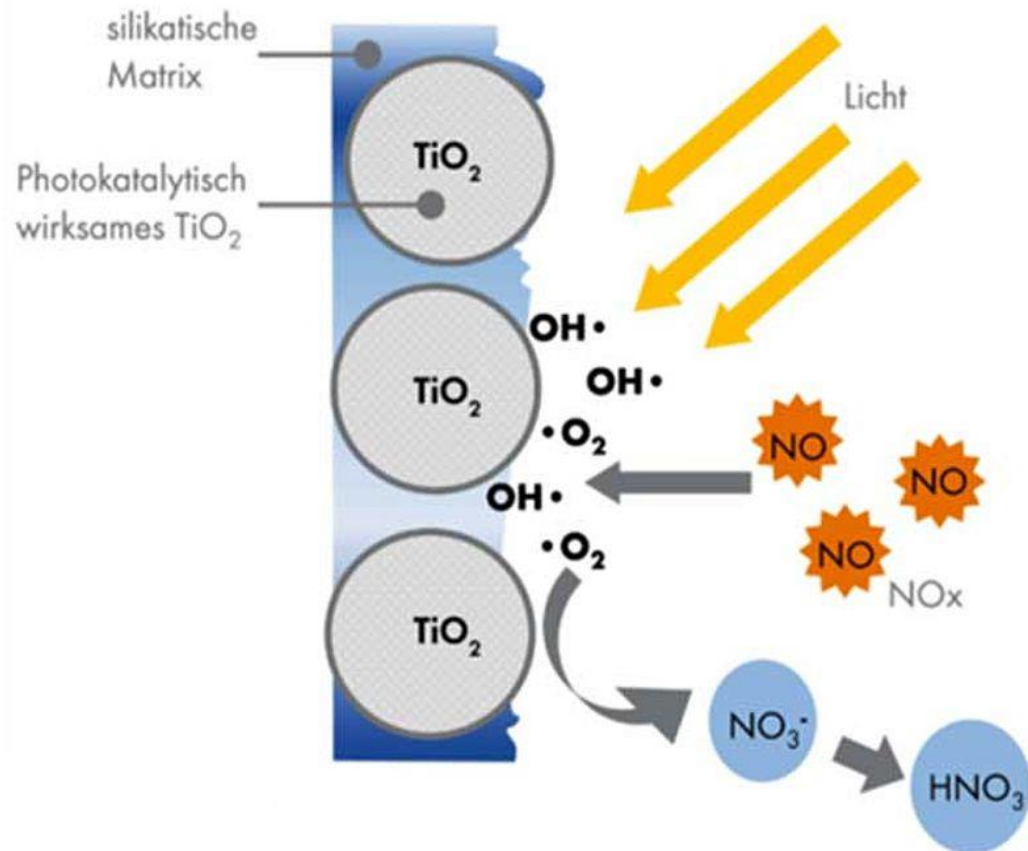
Nei prodotti solari, il  $\text{TiO}_2$  viene utilizzato per le sue capacità filtranti, spesso in associazione all'ossido di zinco e ai filtri chimici, con cui lavora in sinergia.

È particolarmente utile nella protezione solare in quanto impedisce ai raggi UVA e UVB del sole di danneggiare la pelle.

Tuttavia è fotosensibile – può stimolare la produzione di radicali liberi che danneggerebbero la pelle – e quindi di solito è ricoperto di silice o allumina per prevenire potenziali danni cellulari senza ridurre le sue proprietà di protezione dai raggi UV.

L'uso nei solari è consentito con una concentrazione limite del **25%**.

## Campo vernici e rivestimenti





## Campo energie rinnovabili

Expo 2015 padiglione Austria





## TiO<sub>2</sub>: cancerogenicità

è stato osservato che il pericolo di cancerogenicità della sostanza sorge quando il quantitativo di polveri respirabili inalato è tale da compromettere in misura significativa i meccanismi polmonari di espulsione delle particelle.

- la classificazione come cancerogeno per inalazione si applica unicamente alle miscele sotto forma di polveri contenenti  $\geq 1\%$  di particelle di TiO<sub>2</sub> sotto forma di, o incorporato in, particelle con diametro aerodinamico  $\leq 10 \mu\text{m}$ .

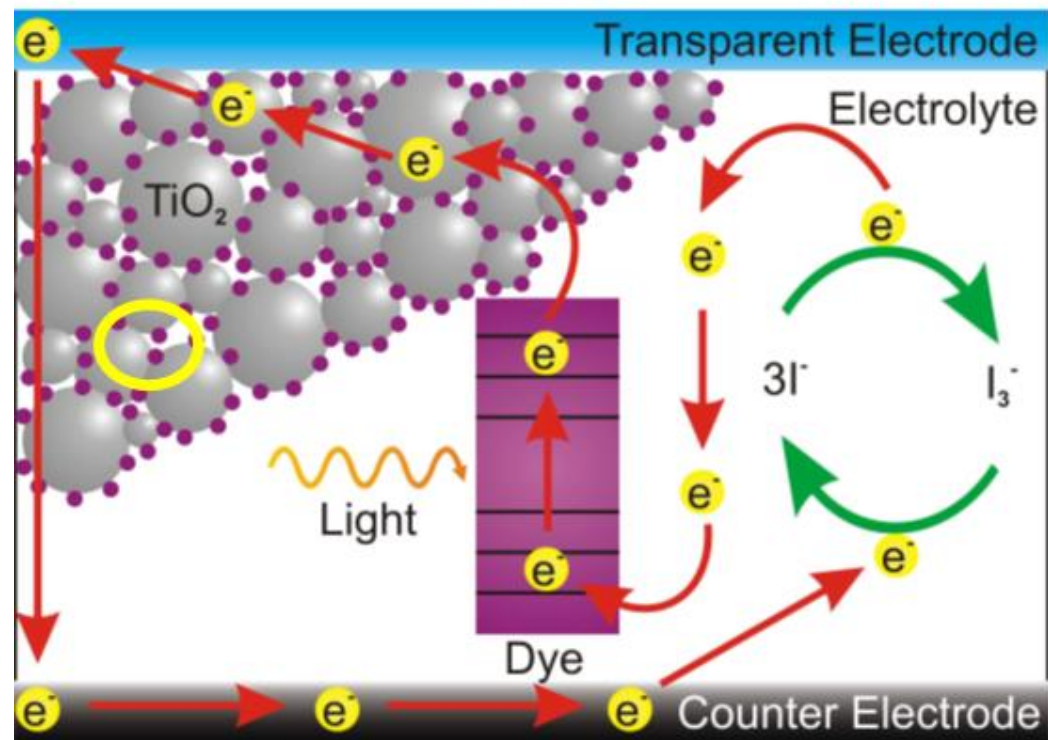
Pertanto, la sostanza TiO<sub>2</sub> è classificata di Categ. 2  H351 se:

- è in forma di polvere;
- contiene l'1% o più di particelle con diametro aerodinamico  $\leq 10 \mu\text{m}$ . Per contro, se le particelle con diametro aerodinamico  $\leq 10 \mu\text{m}$  sono inferiori all'1%, la classificazione come H351 non si applica.

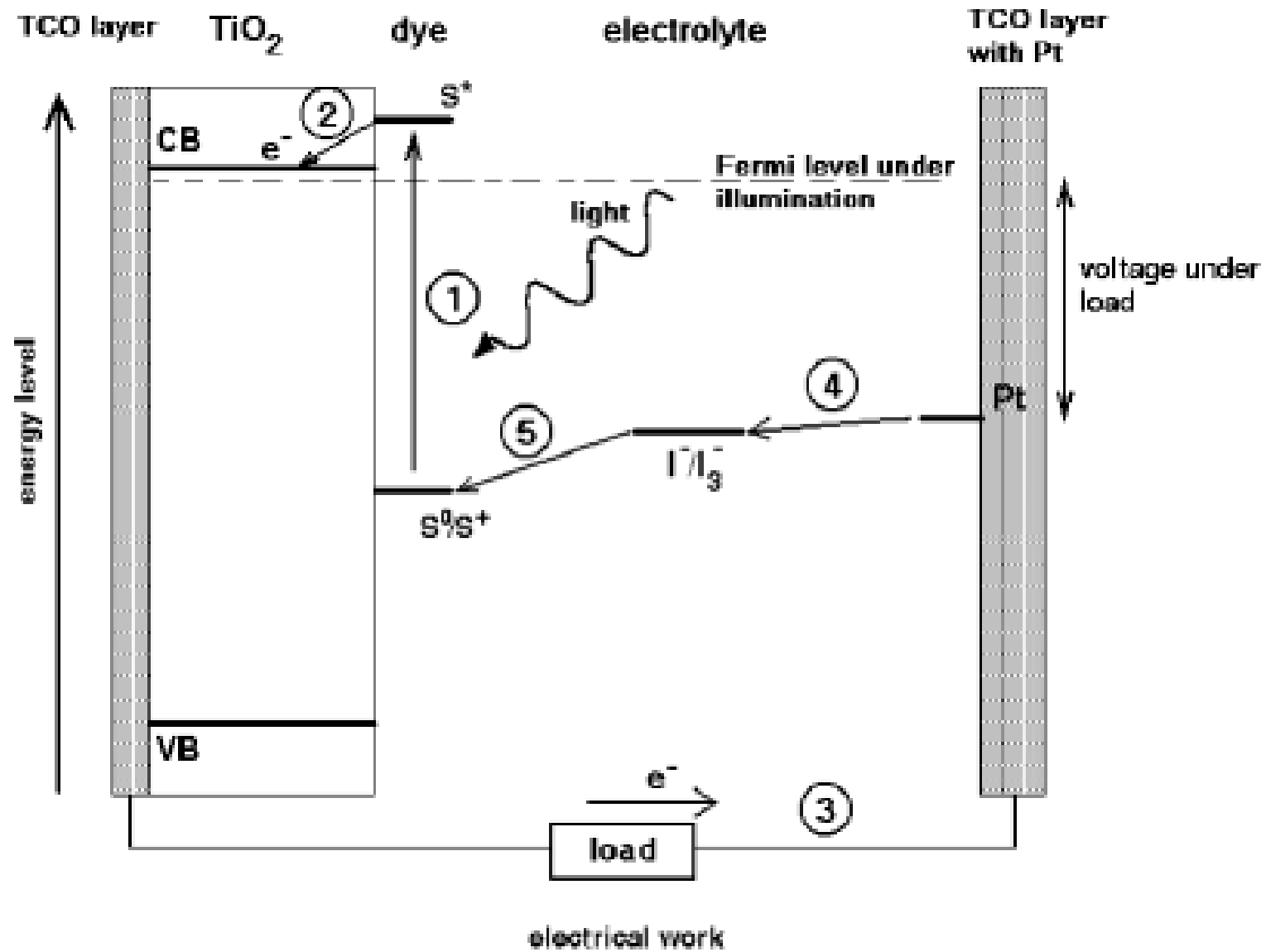
# Prepariamo una cella di Graetzel



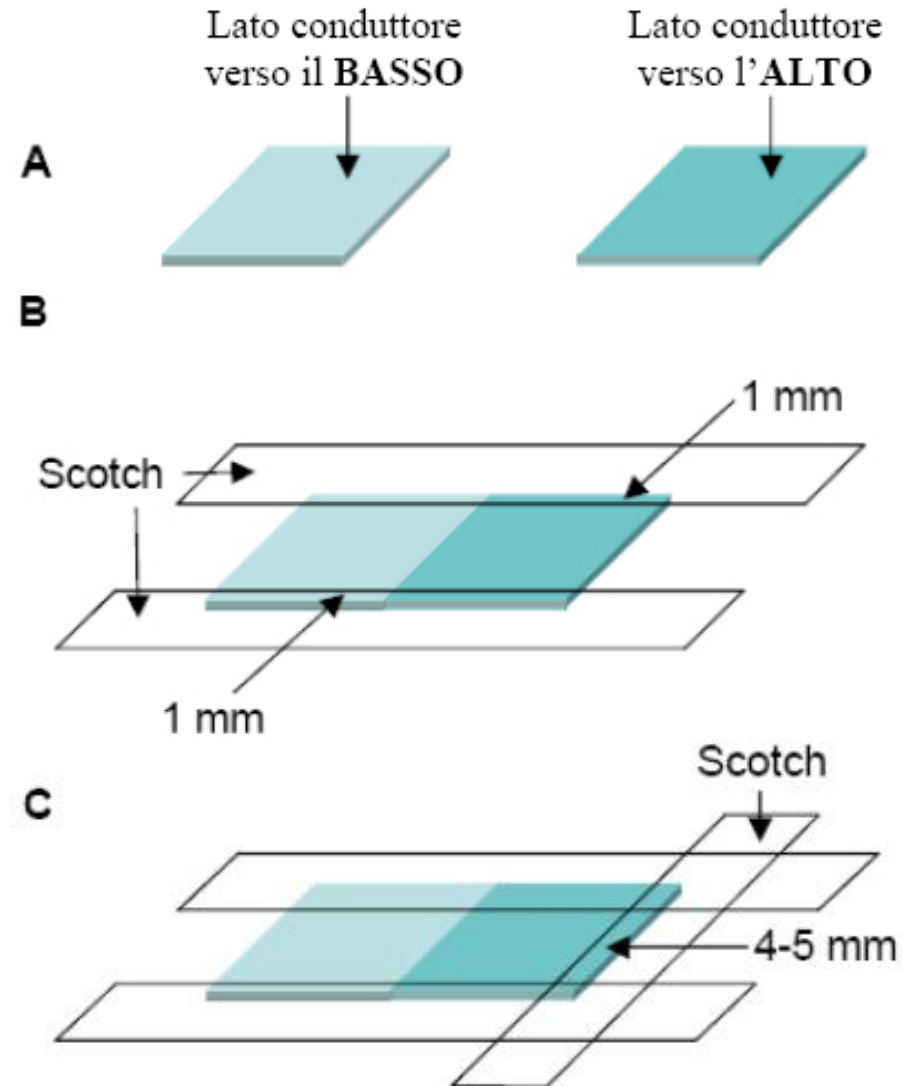
# SCHEMA FUNZIONAMENTO





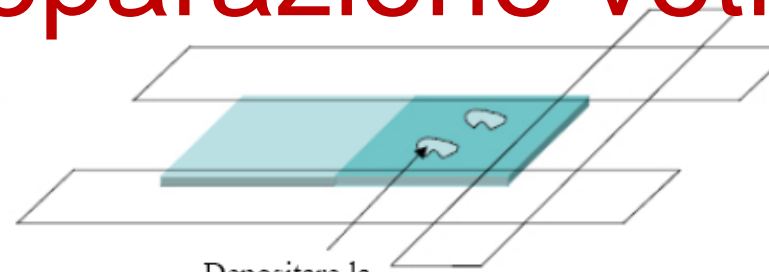


# Preparazione vetrini

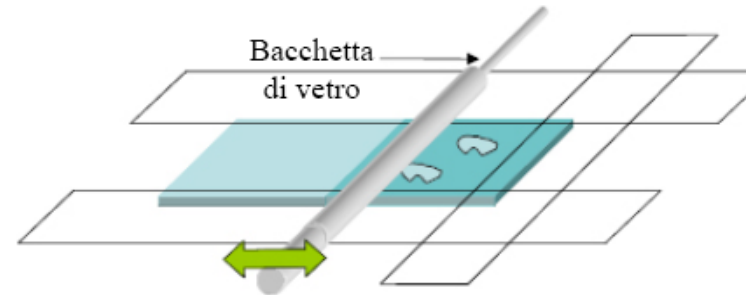


# Preparazione vetrini

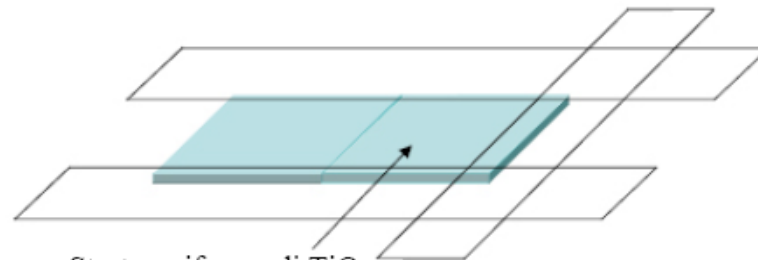
A



Depositare la  
sospensione di  $\text{TiO}_2$



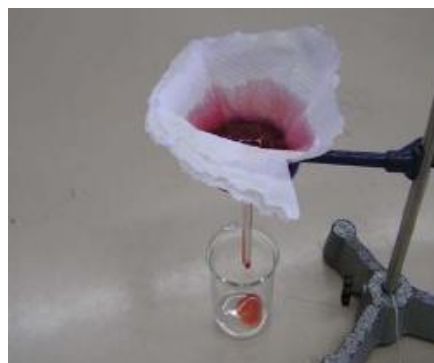
B



Strato uniforme di  $\text{TiO}_2$

# Preparazione vetrini

1. Pestare i frutti di bosco nel mortaio in etanolo e filtrarli.
2. Imbibire lo strato di  $\text{TiO}_2$  col succo di frutti di bosco usando la pipetta pasteur.



# Preparazione contro-elettrodo

1. Determinare il lato conduttore col multimetro.



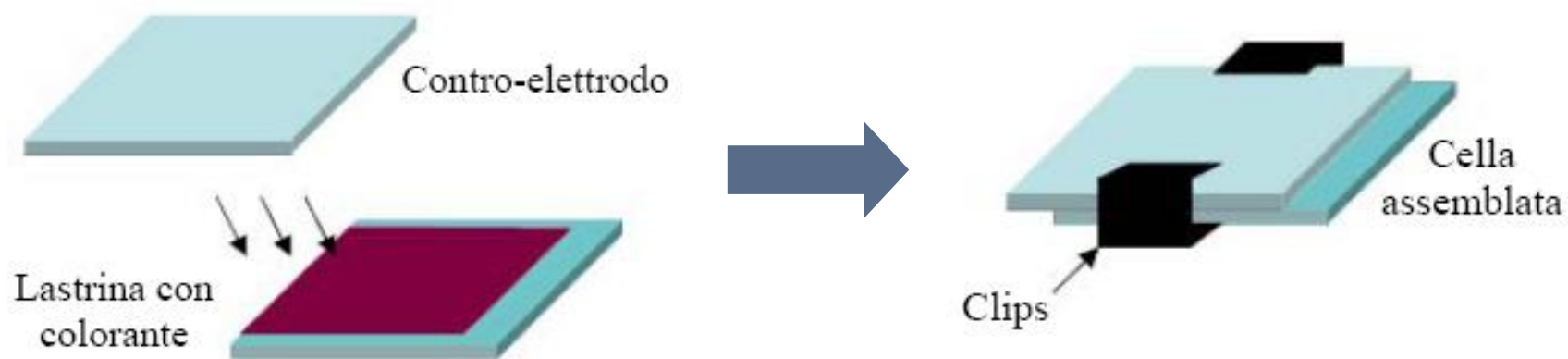
2. Coprire il lato conduttore con uno strato di carbonio, usando la matita.





# Assemblaggio della cella

Depositare 2 o 3 gocce di soluzione elettrolitica ( $I_2/KI$ ) sullo strato di  $TiO_2$ . Appoggiare il primo vetrino su una superficie piana con il lato con lo strato di ossido/colorante/elettrolita rivolto verso l'alto e adagiare delicatamente sopra di esso il contro-elettrodo con lo strato di carbonio rivolto verso il basso, lievemente sfalsato. Le due estremità libere, di 4-5 mm serviranno come contatti elettrici.



# Misurazione voltaggio

Collegare la cella al **multimetro** con i coccodrilli: l'elettrodo negativo è il vetrino coperto di  $\text{TiO}_2$  (cavo nero), mentre quello positivo è il contro-elettrodo (cavo rosso). Misurare la differenza di tensione e/o la corrente massima prodotta, con e senza illuminazione.

