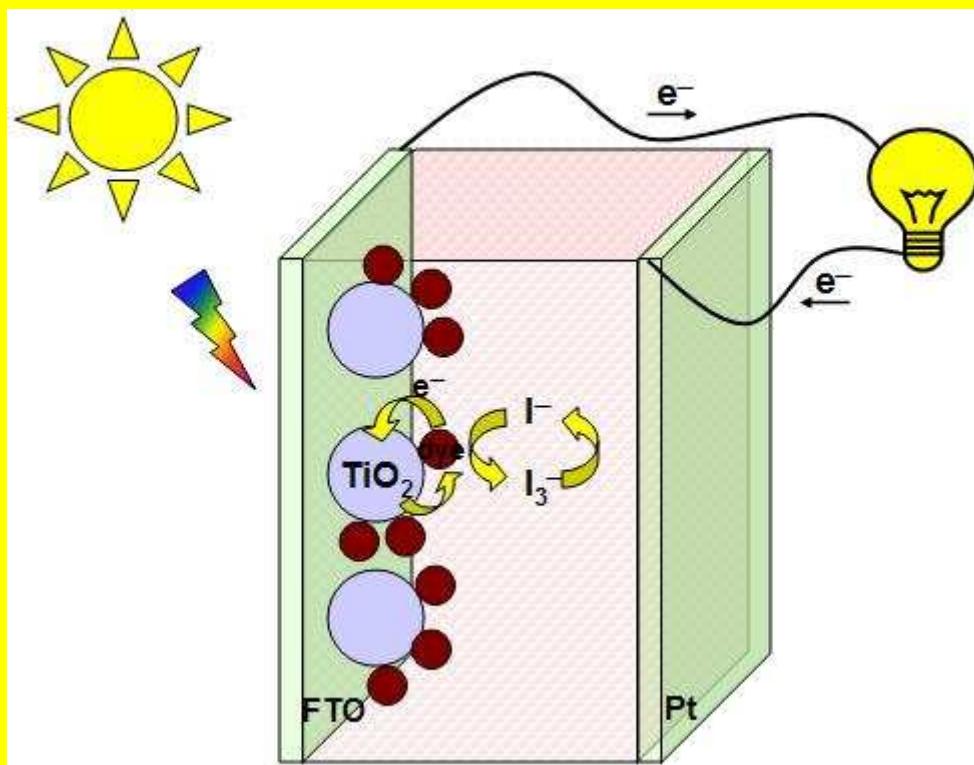


CHIMICA DELLE CELLE FOTOVOLTAICHE DYE-SENSITIZED SOLAR CELL

Progetto Lauree Scientifiche

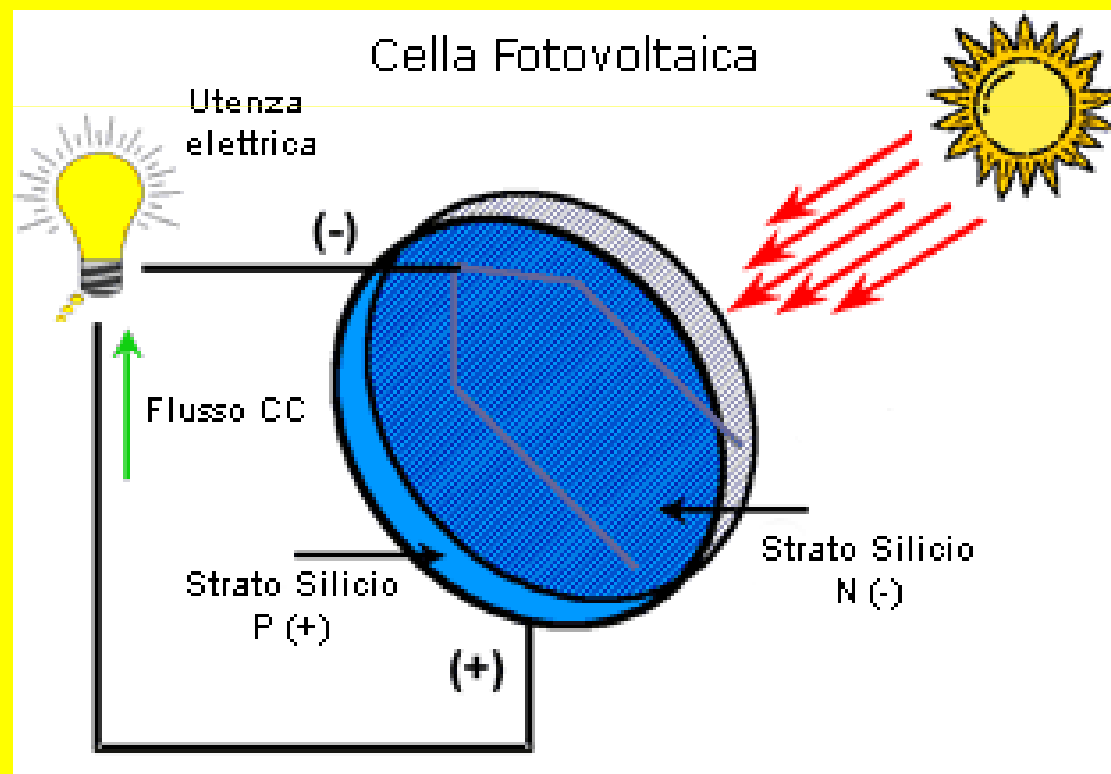
Liceo Scientifico F. D'Assisi



prof.A. Cardilli; F. De Collibus; R. Riccitelli 26 Aprile 2010

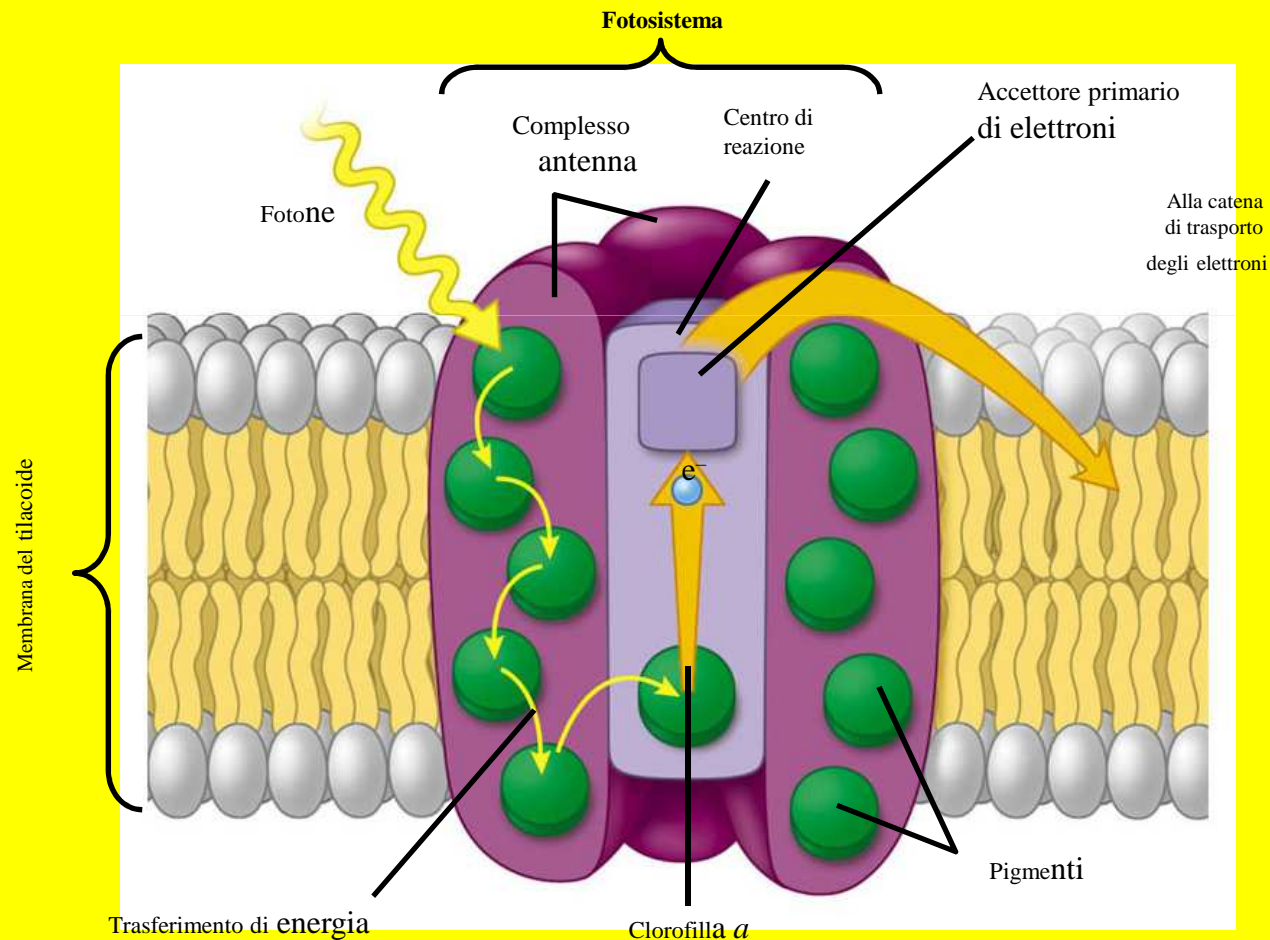
Principio di funzionamento di una cella fotovoltaica

Le celle fotovoltaiche convertono l'energia solare in energia elettrica: i fotoni presenti nella luce solare colpiscono la cella e sotto determinate condizioni vengono assorbiti dal materiale semiconduttore presente nel suo interno. L'energia dei fotoni viene ceduta agli elettroni presenti nel materiale permettendogli di separarsi dai loro atomi e fluire liberamente producendo energia elettrica



Una cella DSSC è un dispositivo 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.

Nella fotosintesi la luce viene assorbita da molecole di clorofilla disposte vicino a centri di reazione che agiscono da antenne per raccogliere la radiazione luminosa.



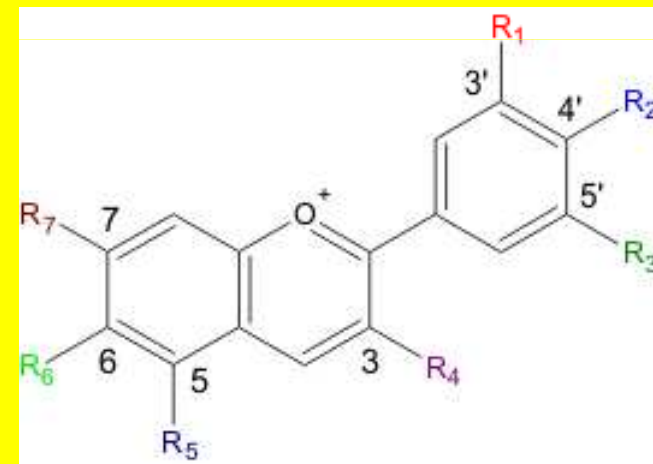
Nella cella solare DSSC la funzione della clorofilla viene svolta dal colorante “antocianine”; la luce produce il salto dell’elettrone dallo stato fondamentale a quello eccitato del colorante:



Le antocianine (dal greco anthos = fiore, kyáneos = blu) sono tra i più importanti gruppi di pigmenti presenti nei vegetali, e si ritrovano nei fiori e nei frutti.

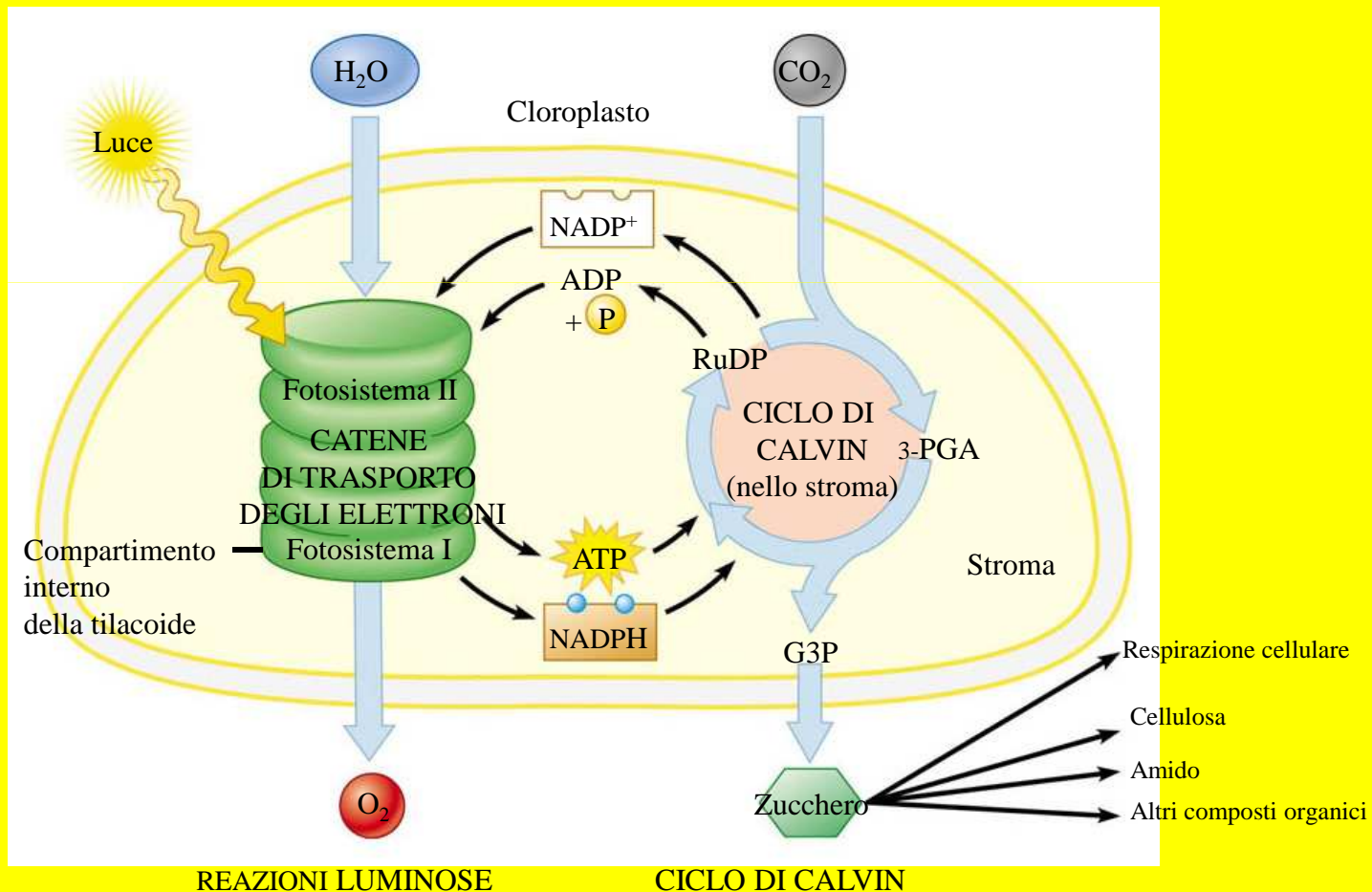
Le antocianine appartengono alla famiglia dei flavonoidi. Queste molecole sono costituite da una molecola di benzene fusa con una di pirano (anello eterociclico contenente ossigeno), collegata a sua volta con un gruppo fenilico che può essere a sua volta legato a diversi sostituenti. Questa molecola complessa prende il nome di catione flavilio che è la struttura di base di tutte le antocianine.

Le antocianine derivano dai rispettivi agliconi (antocianidine), da cui si differenziano per l'aggiunta di un gruppo glicosidico (uno zucchero), di norma in posizione R3 e/o R4 (vedi figura). In natura esistono circa una ventina di agliconi, mentre il numero dei derivati è fino a 15-20 volte maggiore. Tra i primi, più frequenti in natura vi sono: delphinidina, petunidina, cianidina, malvidina, peonidina e pelargonidina, i cui nomi derivano dalle piante di cui sono ricche.

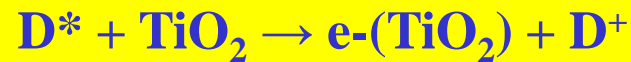


Confronto tra Fotosintesi e cella fotovoltaica DSSC

Nella fotosintesi, attraverso una serie di ossidoriduzioni, si verifica la seguente reazione



Nella **cella** l'elettrone viene trasferito dal colorante al titanio (**semiconduttore**):



La funzione del titanio nella **fotosintesi** viene svolta dai **trasportatori di e-** presenti nella **membrana** del tilacoide all'interno del cloroplasto.

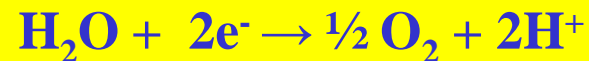
Gli ioni H^+ attraversano la membrana del tilacoide per permettere la reazione:



il NADPH reagisce con il biossido di carbonio (CO_2) per la sintesi dei carboidrati.

L'assorbimento di fotoni eccita la clorofilla che innesca il trasferimento di **elettroni** **dall'acqua al $NADP^+$** .

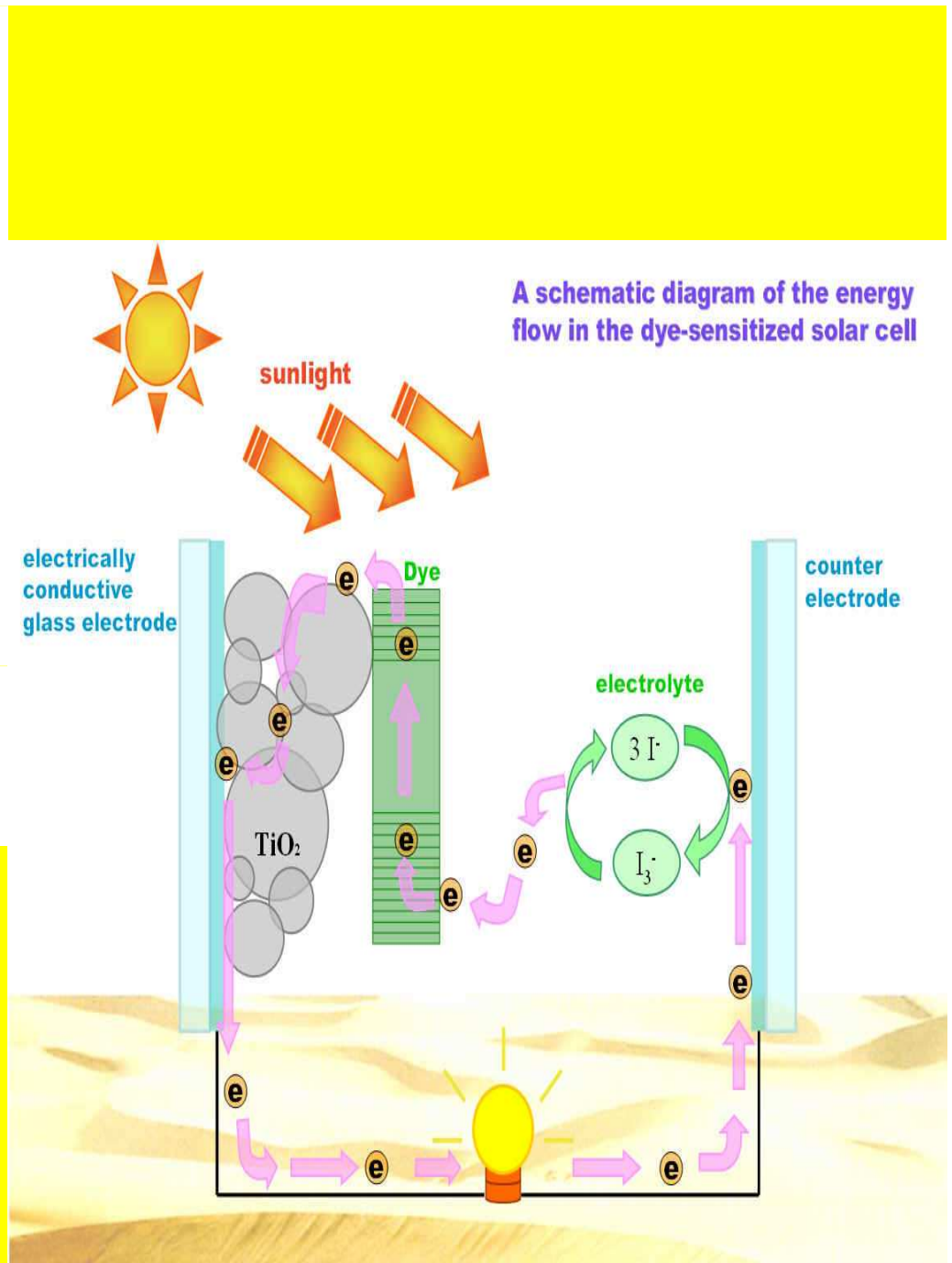
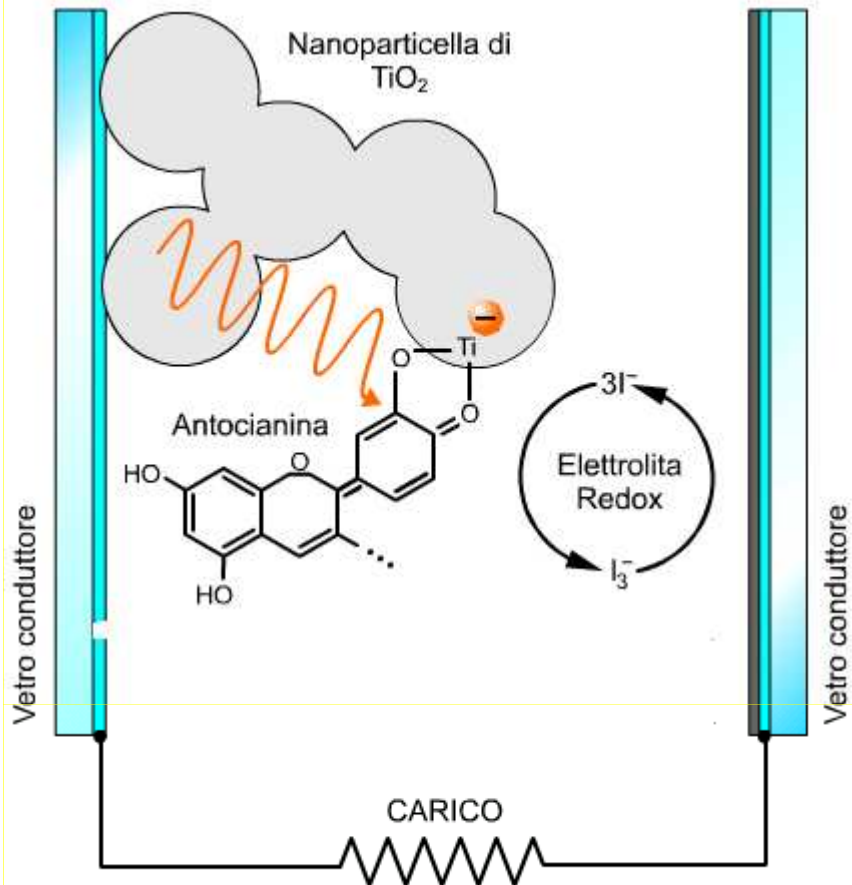
In pratica l'acqua si ossida:



E l' $NADP^+$ si riduce.

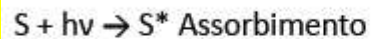
Allo stesso modo nella cella lo Ioduro si ossida a Iodio e il colorante si riduce.



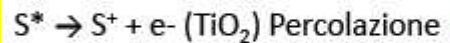


L'intero ciclo operativo è riassunto dalle seguenti reazioni chimiche:

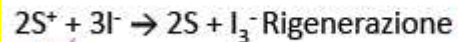
- **Anodo** (elettrodo di lavoro):



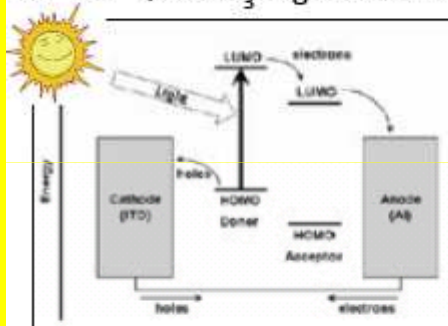
Colorante + Luce \rightarrow Colorante eccitato



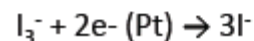
Colorante eccitato + $\text{TiO}_2 \rightarrow e^-(\text{TiO}_2) + \text{Colorante ossidato}$



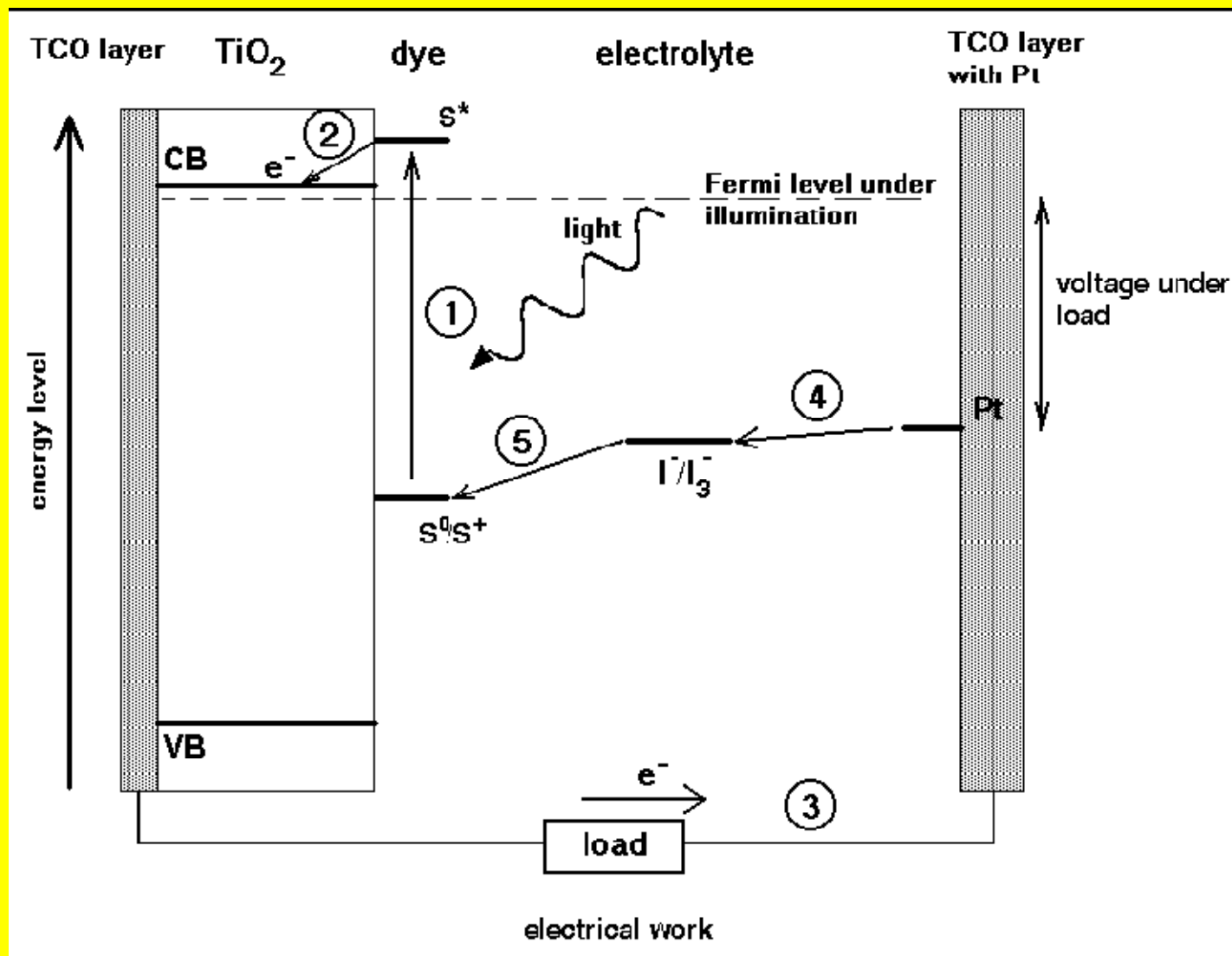
Colorante ossidato + $3I^- \rightarrow \text{Colorante} + I_3^-$



- **Catodo** (contro-elettrodo):



Il colorante fotosensibile viene eccitato dalla radiazione luminosa tramite l'assorbimento di un fotone, corrispondentemente sia ha che l'elettrone compie un salto in energia, passando da un orbitale molecolare di tipo Homo ad uno Lumo. L'elettrone eccitato in banda di conduzione del colorante viene catturato dal vicino semiconduttore (TiO_2) la cui banda di conduzione è appena più bassa dell'orbitale Lumo del colorante (0,2÷0,3V). Ciò permette una facile cattura da parte del TiO_2 dell'elettrone eccitato.



Nella scelta dei materiali della cella bisogna tener presente che le loro molecole devono presentare degli orbitali con valori di energia opportuni in modo tale che il ciclo degli elettroni possa avvenire senza troppa resistenza (e quindi senza troppa dissipazione di energia).

All'inizio l'elettrone si trova nel colorante S occupando l'orbitale meno energetico di tutto il ciclo (che si può chiamare "stato 0").

La luce solare lo eccita aumentando la sua energia, sufficiente per entrare nella banda di conduzione (CB) del semiconduttore; da qui è poi immesso nel circuito dove compie lavoro elettrico dissipando energia.

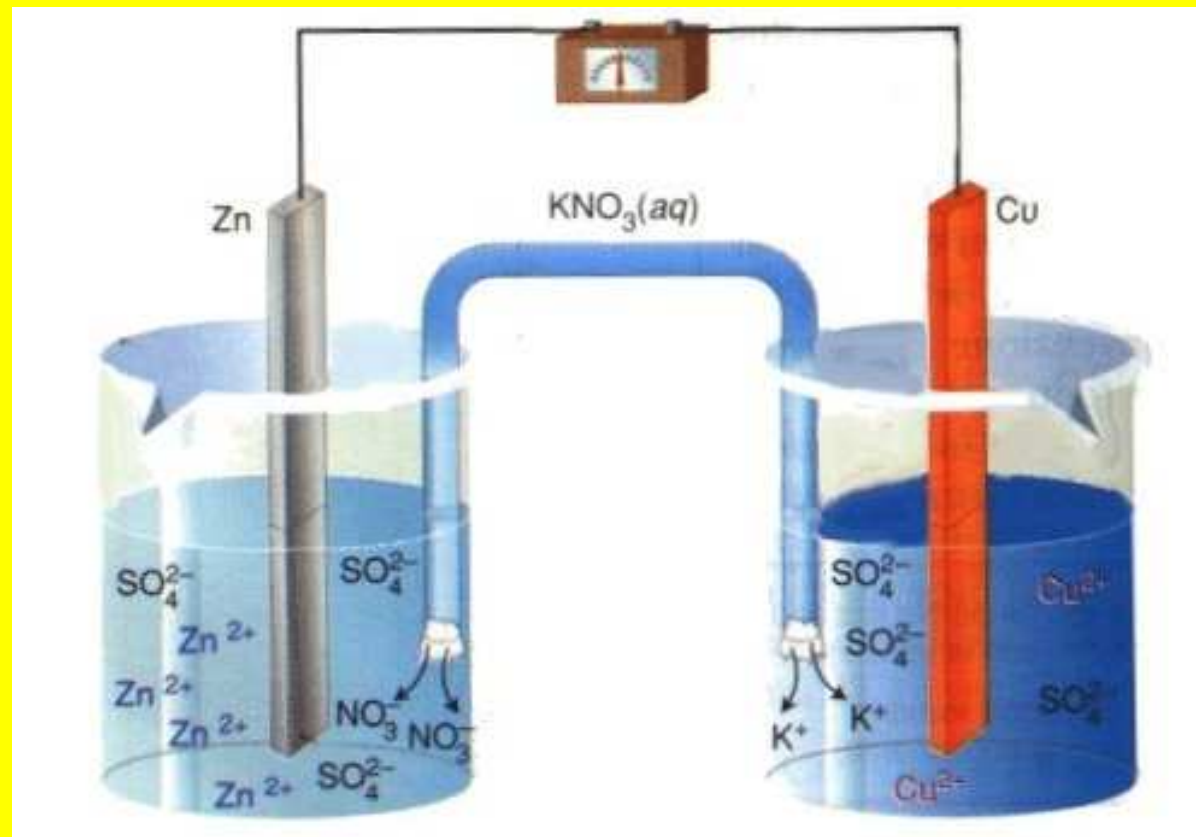
Una volta sul catalizzatore, occupa un orbitale del carbonio ad una certa energia, minore di quella posseduta sul primo elettrodo, poi viene ceduto allo iodio, dove occupa un orbitale ancora meno energetico e alla fine ritorna allo "stato 0" del colorante.

Questo schema è utile per capire le necessità di trovare dei set di molecole che possiedano orbitali ad energie compatibili: se infatti il colorante avesse uno stato eccitato energeticamente minore della banda di conduzione del semiconduttore, il meccanismo non potrebbe funzionare perché non avverrebbe il trasferimento di elettroni. Inoltre, è necessario che ogni orbitale abbia un po' meno energia (ma non troppa di meno) di quello dove l'elettrone si trovava precedentemente in modo tale che il meccanismo sia spontaneo e abbastanza veloce.

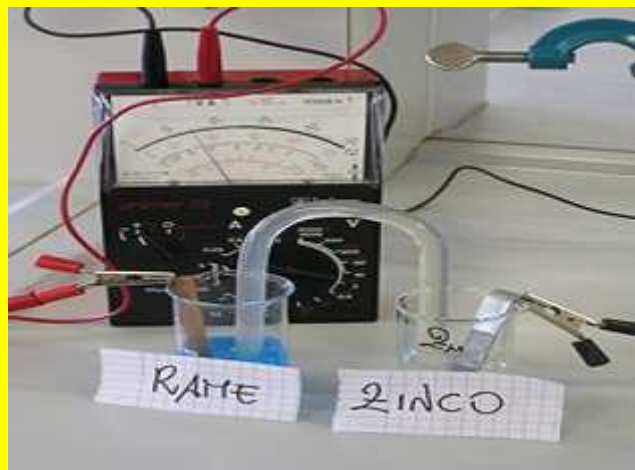
Può essere utile fare un paragone con il campo gravitazionale paragonando l'elettrone ad una boccia da bowling che allo stato 0 si trova a terra. L'energia della luce solare lo porta poi ad una certa altezza h dalla quale man mano ridiscende compiendo prima il lavoro (analogo a quello elettrico svolto nel circuito) e poi dissipando una certa energia nel passare da un gradino all'altro (il catalizzatore di Pt, lo iodio) fino di nuovo a terra, ossia alla molecola di colorante.

Confronto tra celle elettrochimiche e le celle fotoelettrochimiche

Le pile producono energia elettrica da una reazione di ossidoriduzione. Una lamina di Zn è immersa in una soluzione di Zn^{2+} , ed una di Cu in una soluzione di Cu^{2+} . Le due lamine sono collegate mediante un circuito elettrico che comprende una resistenza per ridurre e controllare la velocità di passaggio degli elettroni.



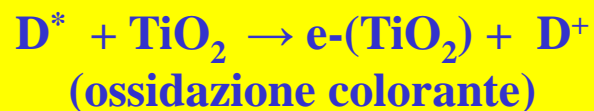
Le soluzioni sono collegate da un ponte salino (KCl, NH₄Cl supportata su agar-agar) che permette il loro riequilibrio elettrico quando avviene la reazione redox.



Nelle pile il passaggio di elettroni avviene per ossidazione di uno dei due metalli e la riduzione dell'altro:

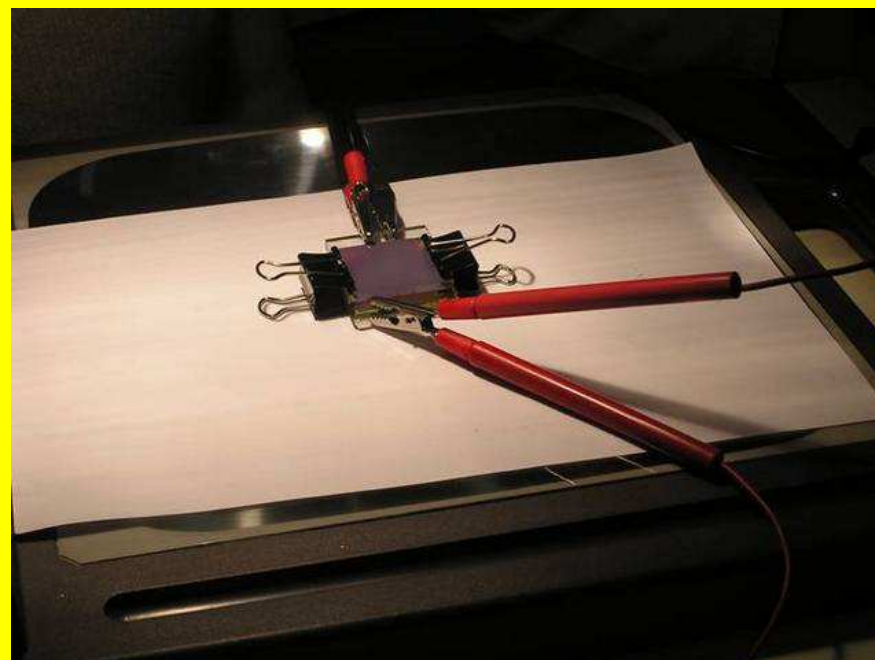
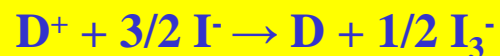


Nella cella le reazioni sono:



(elettrodo grafite)

Il colorante ossidato ritorna allo stato neutro quando acquista un elettrone dall'elettrolita



Fonti:

http://www.bassignana.net/mediawiki/index.php?title=Celle_fotovoltaiche_di_Graetzel

http://www.scienzattiva.eu/files/risposte/C_foglie_fotovoltaiche.pdf

D:\Celle Fotovoltaiche2\Antociano - Wikipedia.mht