



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE,
FISICHE E NATURALI

ENERGIA 'VERDE': DAL MIRTILLO ALLA CORRENTE ELETTRICA

Sfruttiamo l'energia del sole con le celle fotovoltaiche di Grätzel

SUMMER SCHOOL "MARINELLA FERRARI" 2014



9-13 GIUGNO 2014

Energia e vita

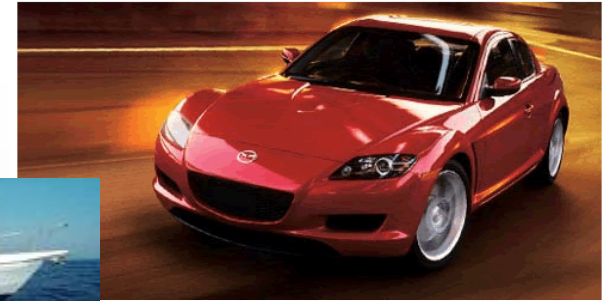


Qualunque organismo ha bisogno di energia per vivere, per muoversi, per pensare...



Energia e attività' umane

L'energia è legata a tutte le attività umane: tutti gli oggetti che ci circondano e che usiamo hanno bisogno di energia per funzionare e ne hanno avuto bisogno per essere costruiti



IL SOLE

La principale fonte di energia **PULITA** dell'umanità'

Energia eolica



Energia idrica

Energia delle onde
e delle maree



Energia chimica dei
combustibili fossili

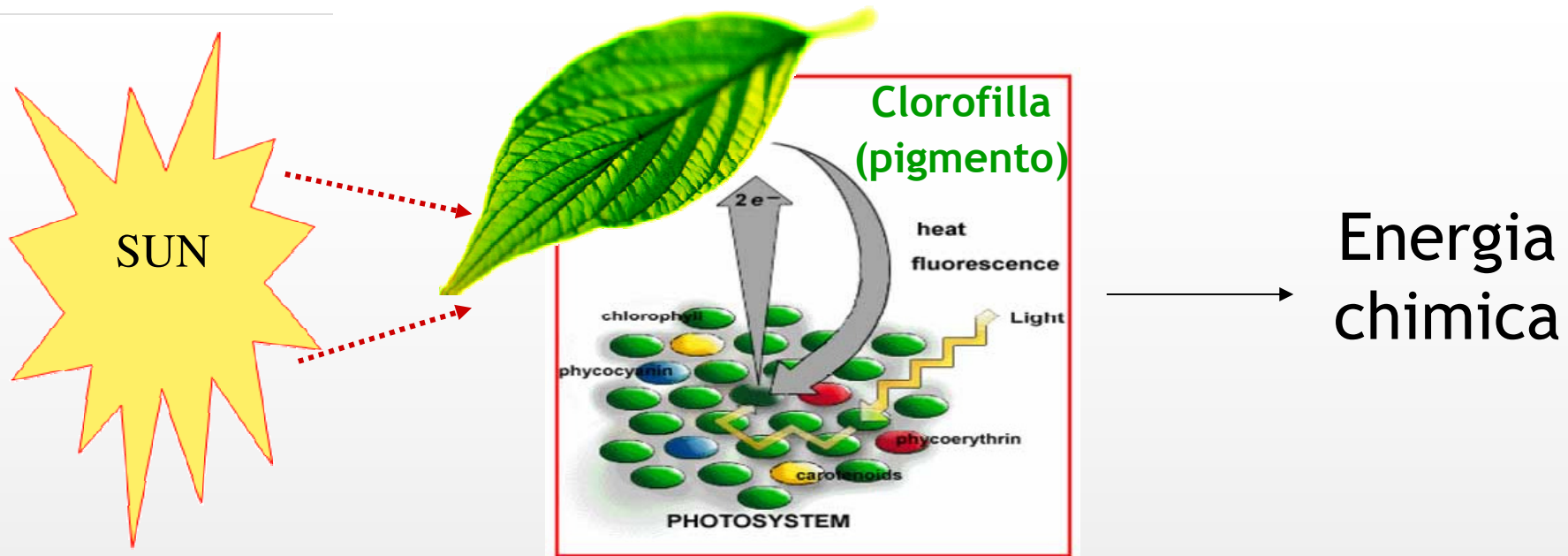


Energia
dalle
biomasse



La fotosintesi clorofilliana

La cella di Grätzel si ispira ai principi della fotosintesi che avviene tramite la luce assorbita da molecole di clorofilla disposte attorno a centri di reazione che agiscono da antenne per raccogliere la radiazione luminosa.

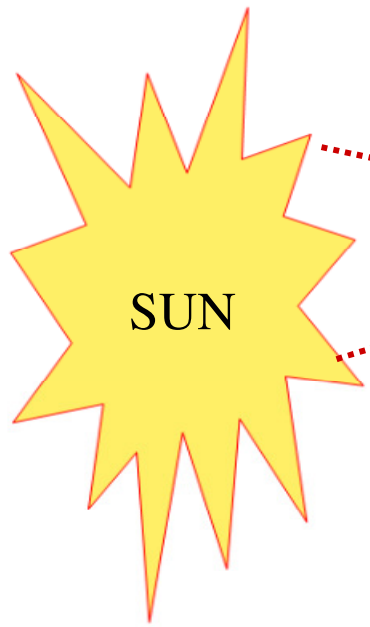


Nella cella di Grätzel la funzione della clorofilla viene svolta dal colorante (antocianine); la radiazione produce il salto dell'elettrone dallo stato fondamentale a quello eccitato



La cella solare di Grätzel

Una scoperta del 1991



Energia
elettrica

Infuso di fiori di Hybiscus

Cella foto-elettrochimica a biossido di titanio (TiO_2)
sensibilizzata con un pigmento S,
converte l'energia solare in energia elettrica

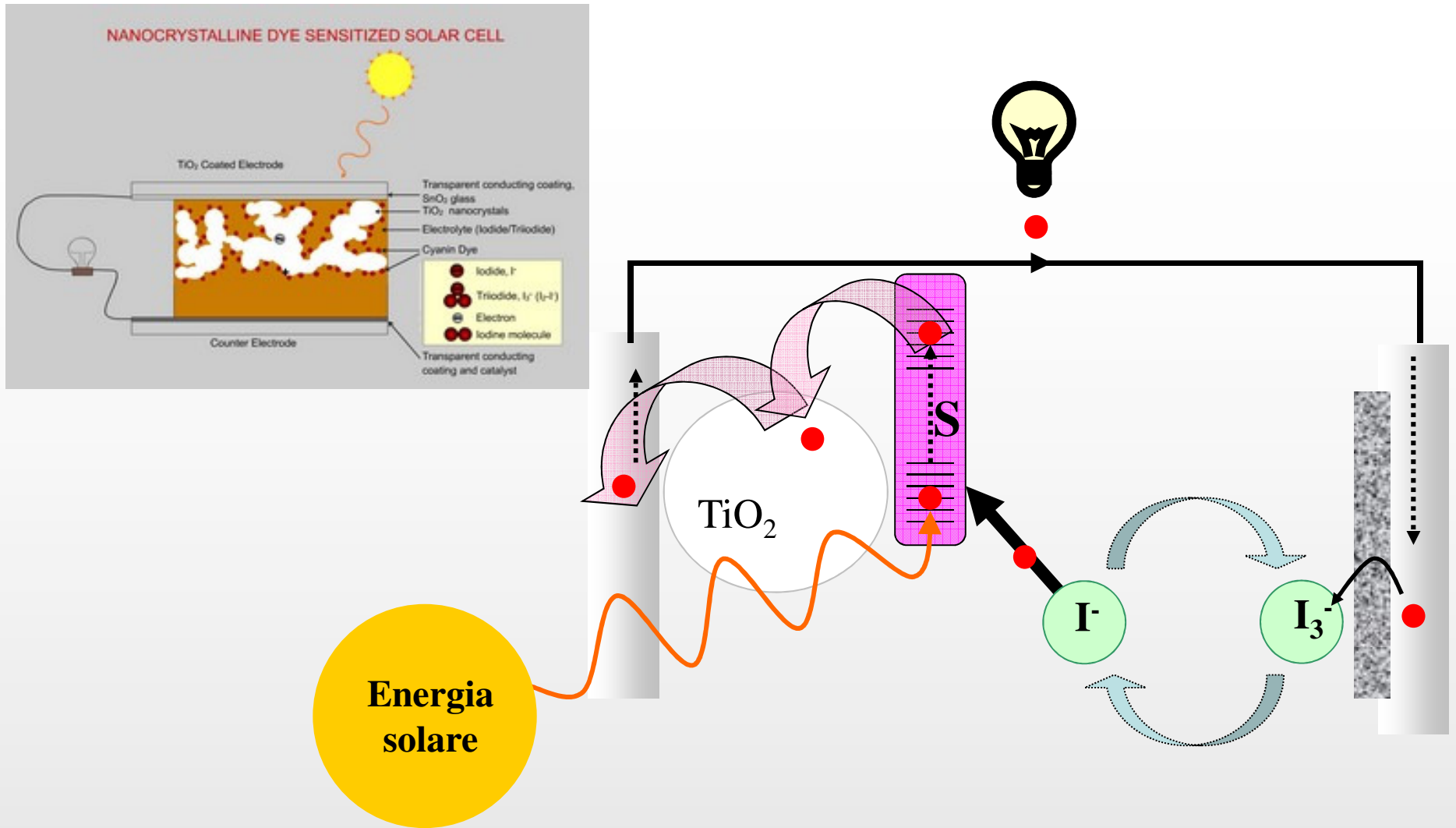


Brian O' Regan & Michael Grätzel

A low cost, high-efficiency solar cell based on dye sensitised colloidal TiO_2 films
Nature (1991)

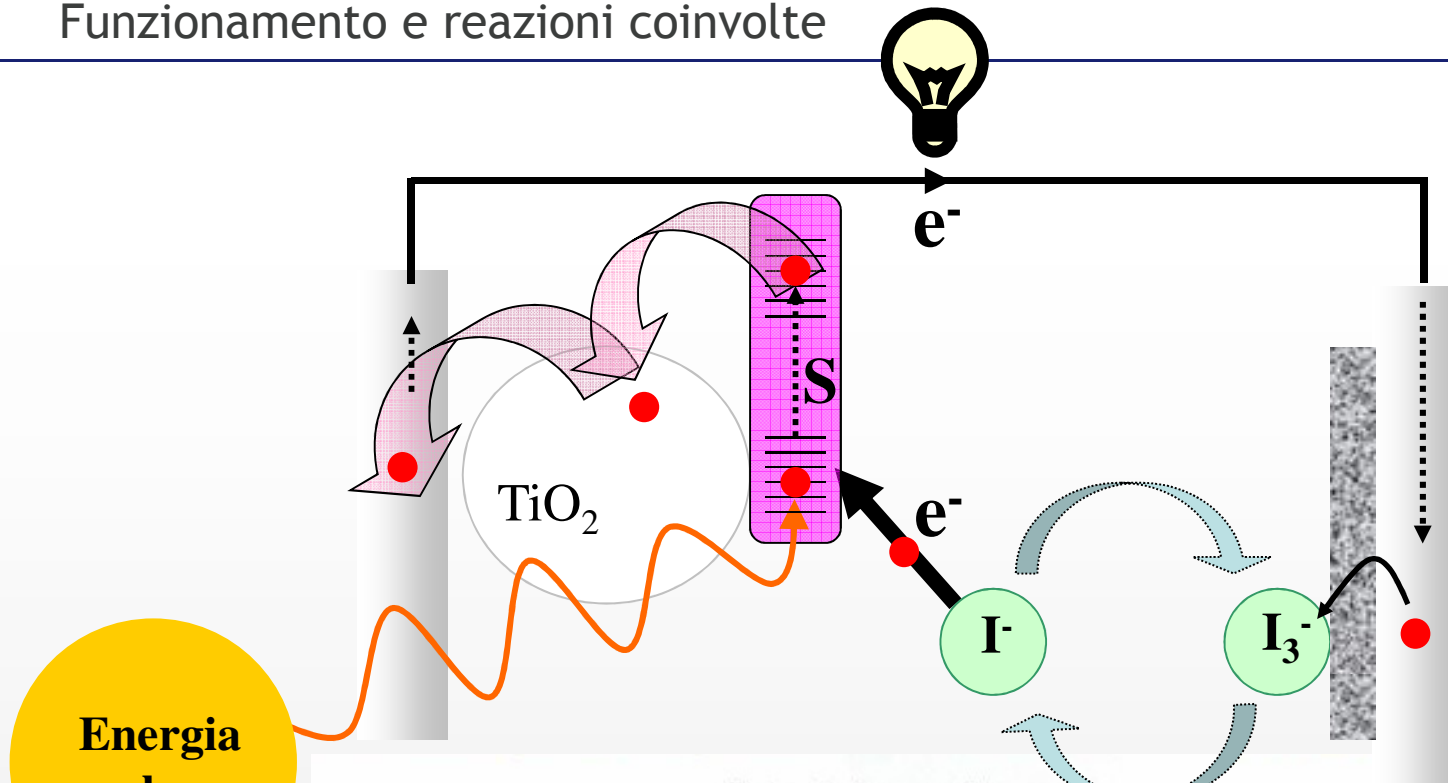
Cella di Grätzel

Funzionamento

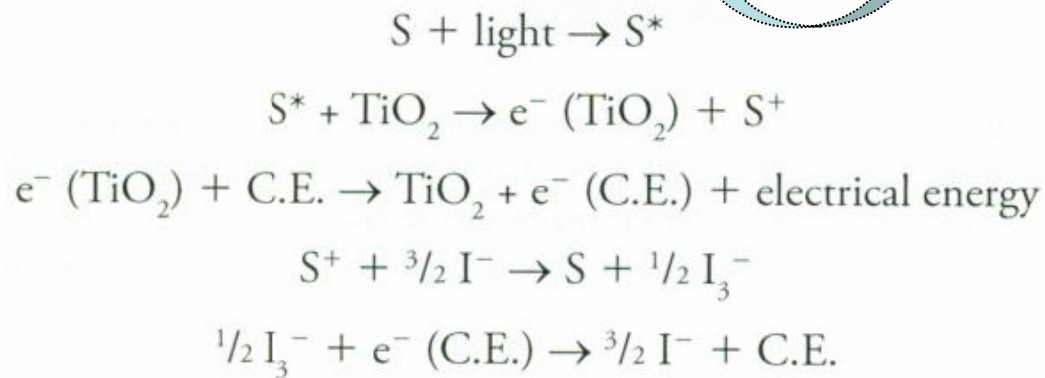


Cella di Grätzel

Funzionamento e reazioni coinvolte



**Energia
solare**



...in laboratorio

PRIMO GIORNO

Ritrovo in atrio centrale e trasferimento in aula per la presentazione dell'esperienza

Estrazione e purificazione delle antocianine dai mirtilli (Lab. Chimica Organica)

Pausa pranzo

Estrazione e purificazione delle antocianine dai mirtilli (Lab. Chimica Organica)

Pigmenti coloranti organici

Infuso di Hybiscus

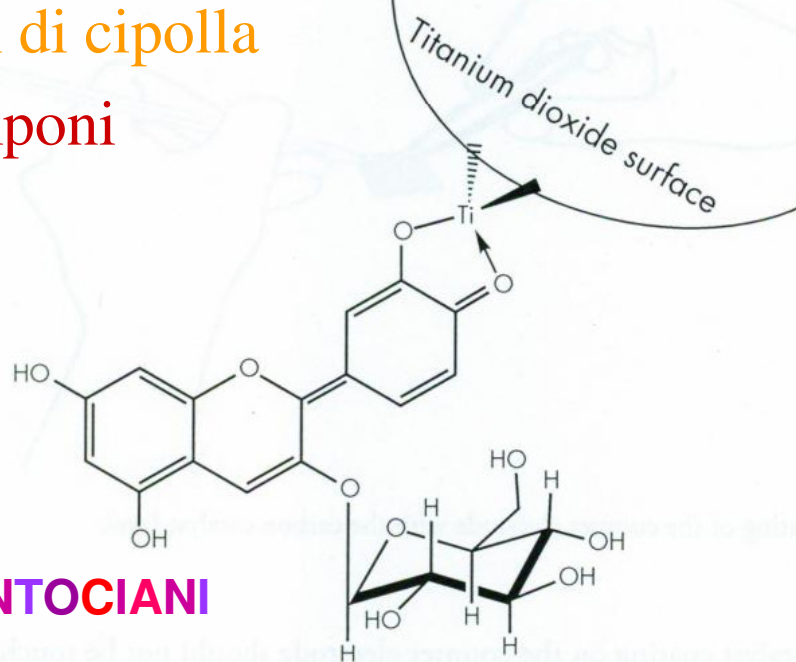
Ribena

Polvere Turmerica

Mirtilli rossi e neri

Pelli di cipolla

Lamponi



...in laboratorio

PRIMO GIORNO: estrazione delle Antocianine del mirtillo con acetone e partizione con diclorometano

- ❑ tramite questo metodo l'acetone estrae le antocianine dal materiale vegetale, e la partizione con diclorometano purifica parzialmente i pigmenti
- ❑ L'aggiunta di acqua e diclorometano all'estratto acetone produce una separazione di fase. Nella porzione acquosa sono contenute **antocianine**, altri fenoli, zuccheri, acidi organici e altri composti idrosolubili mentre la fase organica contiene lipidi, carotenoidi, pigmenti della clorofilla e altri composti apolari
- ❑ Questo metodo ha il vantaggio di produrre un estratto senza contaminanti lipofili; inoltre l'assenza di un passaggio nel quale si concentra l'estratto minimizza il rischio di degradazione del pigmento.

...in laboratorio

PRIMO GIORNO: estrazione delle Antocianine del mirtillo con acetone e partizione con diclorometano

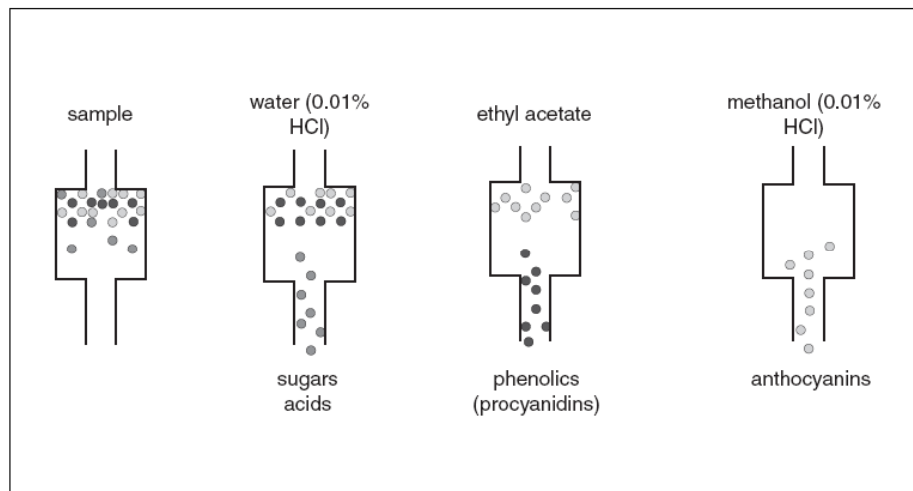
Procedura sperimentale:

- si frantumano in piccoli pezzi 5 g di mirtilli liofilizzati;
- si lasciano sotto agitazione con 30 ml di acetone per 5’;
- si decanta su filtro a pieghe in un imbuto separatore;
- si continua l’estrazione con acetone/acqua 70:30 (70 ml) a porzioni, decantando nell’imbuto fino a completa decolorazione dei mirtilli;
- si aggiungono all’imbuto 70 ml di diclorometano/acetone 70:30 e si estrae (aggiungere 20 ml di acqua). Si separano le fasi e si recupera la fase superiore (acquosa);
- con l’evaporatore rotante si fanno evaporare i solventi organici contenuti in questa fase ad una temperatura non superiore ai 40° C;
- l’estratto può ora essere utilizzato nel passaggio successivo

...in laboratorio

Purificazione dell'estratto:

L'estratto contenente **antocianine** può essere purificato tramite mini-colonne impaccate con silice derivatizzata con catene a 18 carboni (RP 18). Si utilizzano cartucce Sep-Pak RP-18



- si condiziona la cartuccia con il passaggio di 3 ml di metanolo;
- si eluiscono 3 ml di acqua acida (acqua distillata e HCl 0,01% v/v);
- si caricano 0,1 ml di estratto
- si eluiscono 3 ml di acqua acidulata (sono rimossi zuccheri acidi ecc.)
- si eluiscono 3 ml di acetato d'etile (sono rimossi acidi fenolici e flavonoli);
- si eluiscono le antocianine con 3 ml di metanolo acidificato con HCl (0,01% v/v)

...in laboratorio

SECONDO GIORNO (mattina):

Ritrovo in atrio centrale e trasferimento nei laboratori di Chimica Fisica e Chimica Analitica

- Caratterizzazione UV-vis, HPLC dell'estratto (Lab. Chimica Analitica)
- Caratterizzazione SEM-EDX, BET, XRD e bagnabilità del TiO_2 (Lab. Chimica Fisica e Chimica Analitica)
- Pausa pranzo

...in laboratorio

SECONDO GIORNO (pomeriggio):

Sintesi del TiO_2 nanocristallino (Lab. Chimica Fisica)

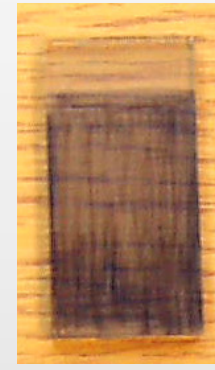
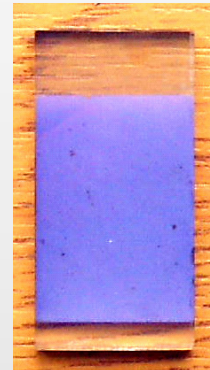
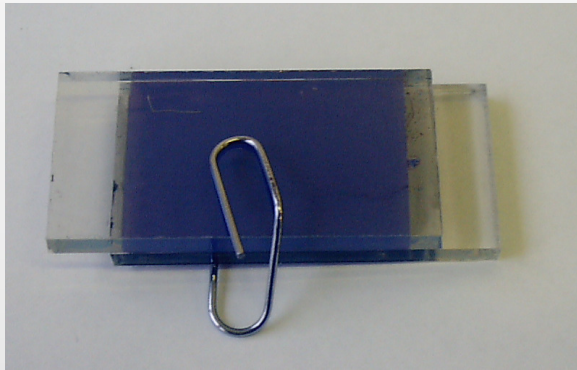
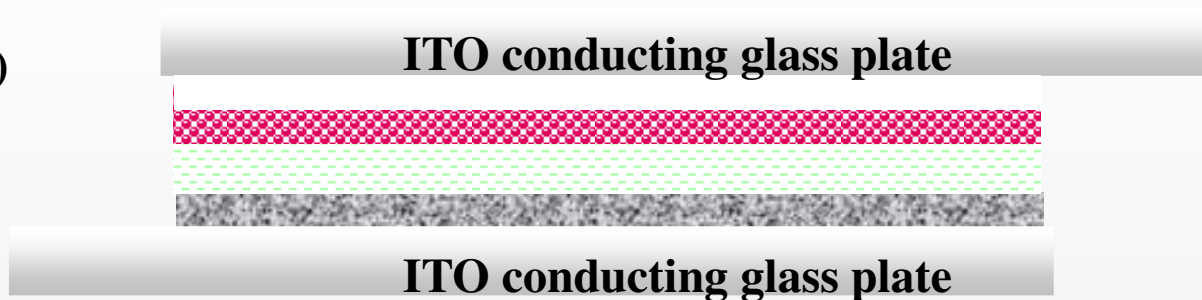
- ❑ in un pallone a 3 colli, inserire 0.054 mol di $\text{Ti}(\text{OC}_3\text{H}_7)_4$ (densità 0.955 g/ml, purezza 97%) e successivamente 0.26 mol di $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$, lasciando sotto agitazione per 10 minuti a temperatura ambiente;
- ❑ In due dei tre colli inserire ricadere a bolle ed imbuto gocciolatore. Nel pallone mettere un'ancoretta magnetica per favorire l'agitazione;
- ❑ aggiungere lentamente, mediante imbuto gocciolatore, H_2O Milli Q in modo che il rapporto molare H_2O /alcossido sia pari a 100;
- ❑ lasciare idrolizzare per circa un'ora;
- ❑ al termine della sintesi, versare il prodotto della reazione in un cristallizzatore e posizionarlo in stufa a 80°C ; il prodotto essiccato sarà poi calcinato a 400°C e depositato su ITO.

...in laboratorio

TERZO GIORNO (mattina):

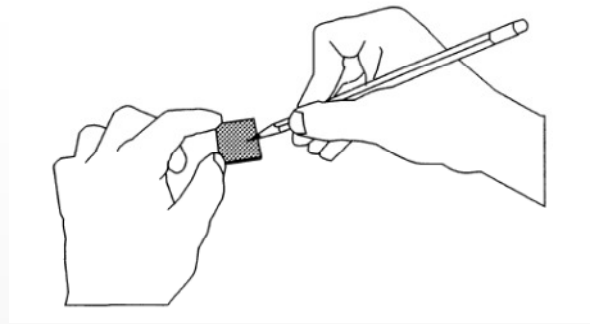
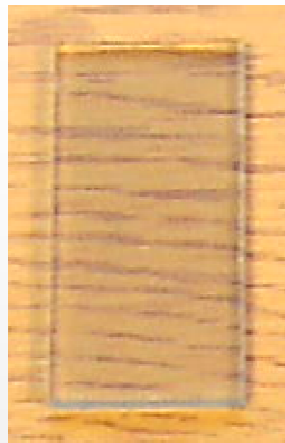
Ritrovo in atrio centrale e trasferimento nei laboratori di Chimica Fisica
Preparazione della cella di Graetzel (Lab. Chimica Fisica)

ITO (Indium Tin Oxide)
elettrodo conduttivo
trasparente

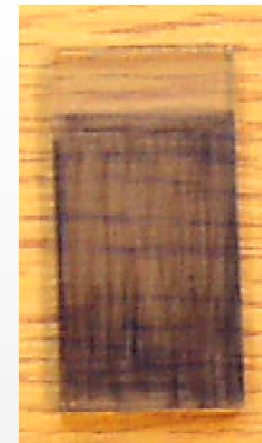


Costruzione cella di Grätzel

Step 1: l'elettrodo positivo di grafite



MATITA

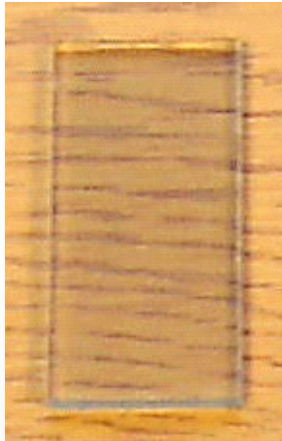


**ITO (Indium Tin Oxide),
elettrodo conduttivo trasparente**

**ITO ricoperto di
grafite**

Costruzione cella di Grätzel

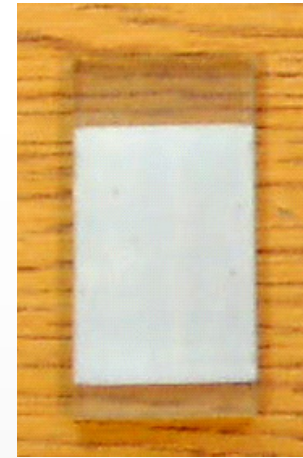
Step 2: l'elettrodo negativo a biossido di titanio (TiO_2)



1) Pasta di polvere di biossido di titanio

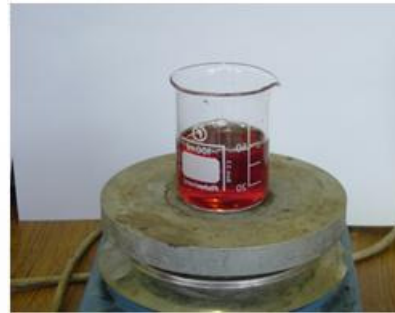
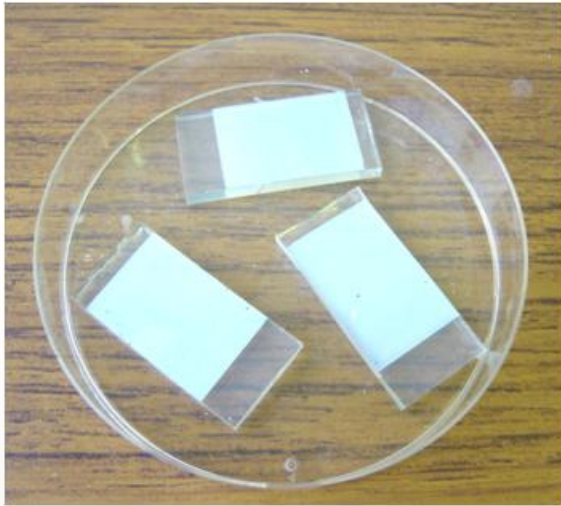


2) Sinterizzazione a $450\text{ }^\circ\text{C}$ per 30 minuti



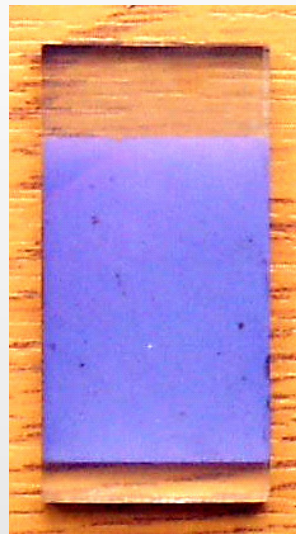
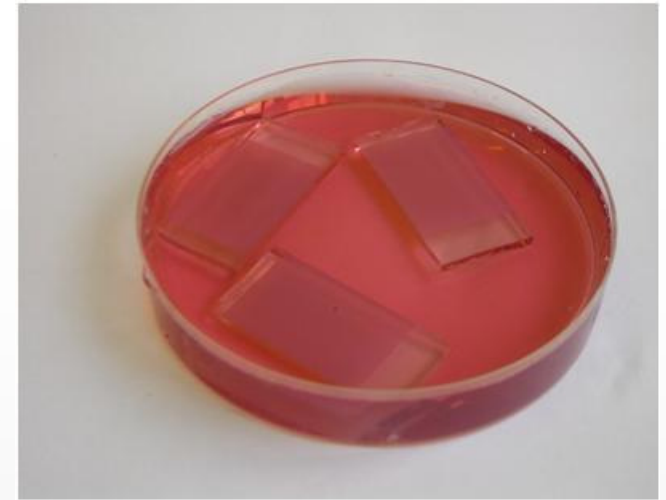
Costruzione cella di Grätzel

Step 3: assorbimento del pigmento sull'elettrodo negativo a TiO_2



1) estratto mirtillo

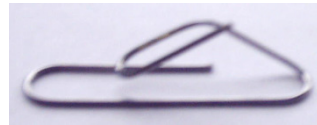
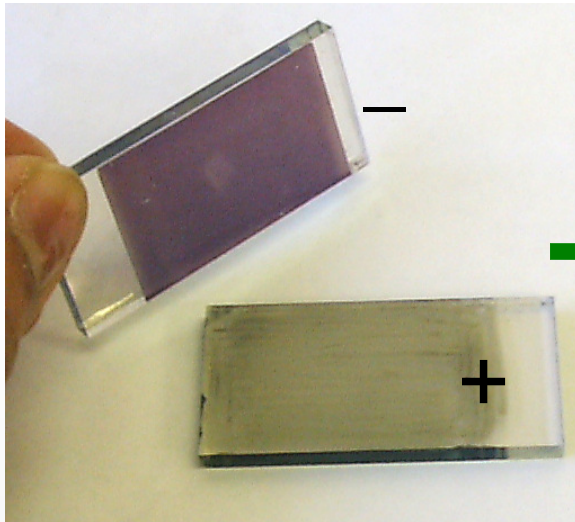
2) tè / tisane



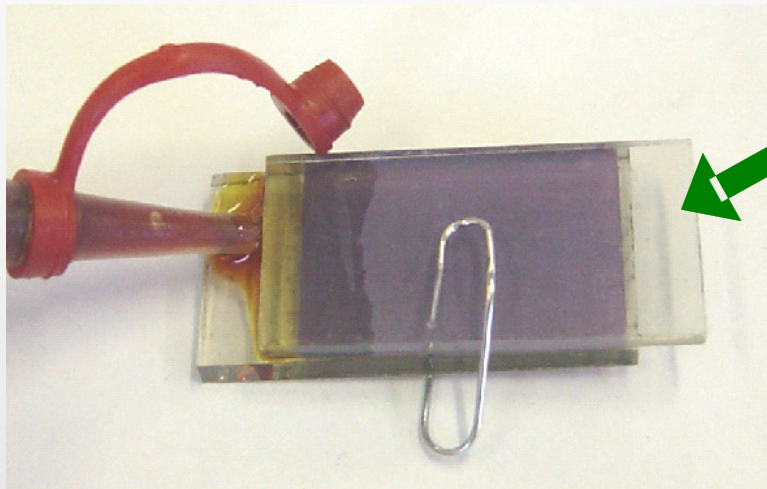
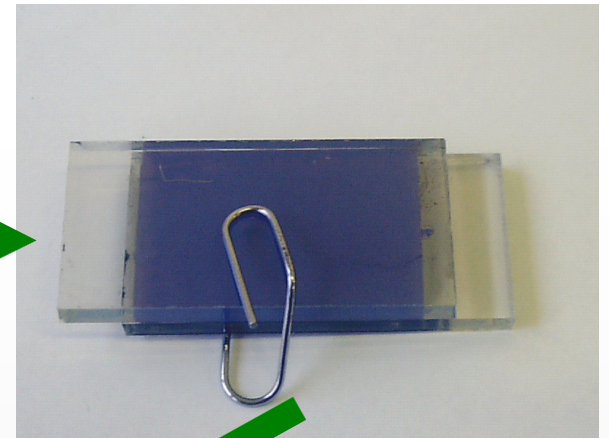
10 minuti

Costruzione cella di Grätzel

Step 4: assemblaggio



Graffetta



Elettrolita a base di ioduro

Costruzione cella di Grätzel

Step 4: assemblaggio

Ogni gruppo preparerà **3 celle**:

- con estratto di mirtillo;
- due tipologie tra: infusi/tè e succhi di frutta a base di frutti rossi (mirtillo, lamponi, etc.)

Come sorgente luminosa sono state utilizzate una **lampadina ad incandescenza** (150W) e una **lampada UV** (500W).

I risultati, in termini di differenza di potenziale (distanza diversa dalla sorgente luminosa), per ogni singola cella, sono riportati in **TABELLA**

Fonte pigmento	ΔV (mV)	ΔV (mV)
	Lampadina 150 W	Sorgente UV 500W
Estratto di mirtillo		
Infuso lampone ed echinacea		
Tè al karkadè		
Tè ai frutti di bosco		
Tentazioni al mirtillo		

Utilizzo delle celle di Grätzel

Celle in SERIE

