

# Margherita Venturi

Dipartimento di Chimica "G. Ciamician"

Università di Bologna

E-mail: [margherita.venturi@unibo.it](mailto:margherita.venturi@unibo.it)



2030 AGENDA

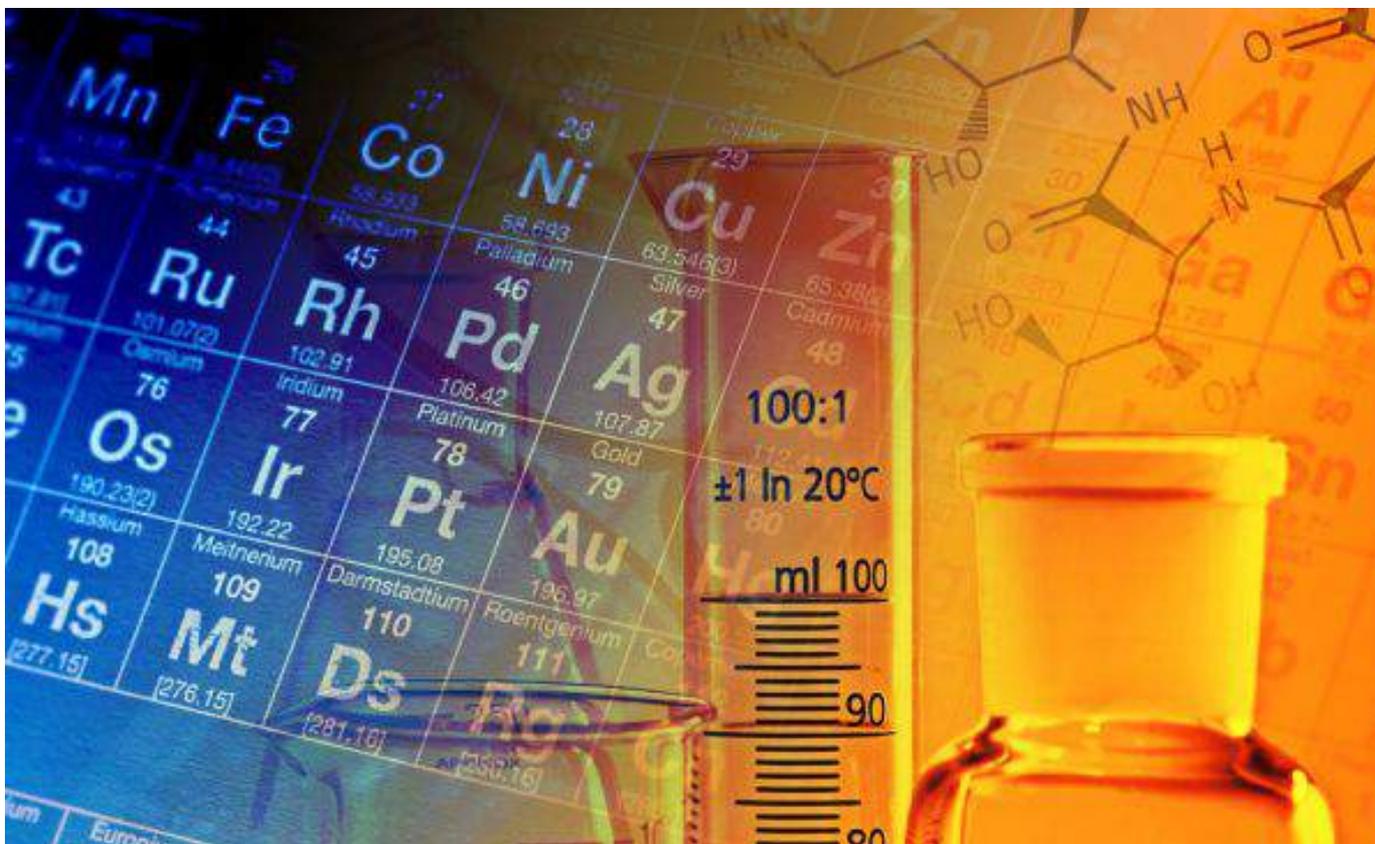


FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

CyberLink  
by PowerDirector

**Il ruolo della Chimica per  
uno sviluppo sostenibile**

# Come viene percepita la Chimica



ATTUALITÀ



di Giorgio Nubbis  
nubbis@equipe.it

CHIMICA È  
PAROLACCIA?

Parlare di chimica è spesso come presentarsi nella buca della  
lettera con la sigla "anonimo". "Chimico" è parola sgradevole  
per molti orecchi, soprattutto poco attenti, per vari motivi  
accademici e letterari contestati.

La parola Chimica è associata all'inquinamento, alla contaminazione dei cibi, agli incidenti industriali, ...

chimico = artificiale  
naturale = buono

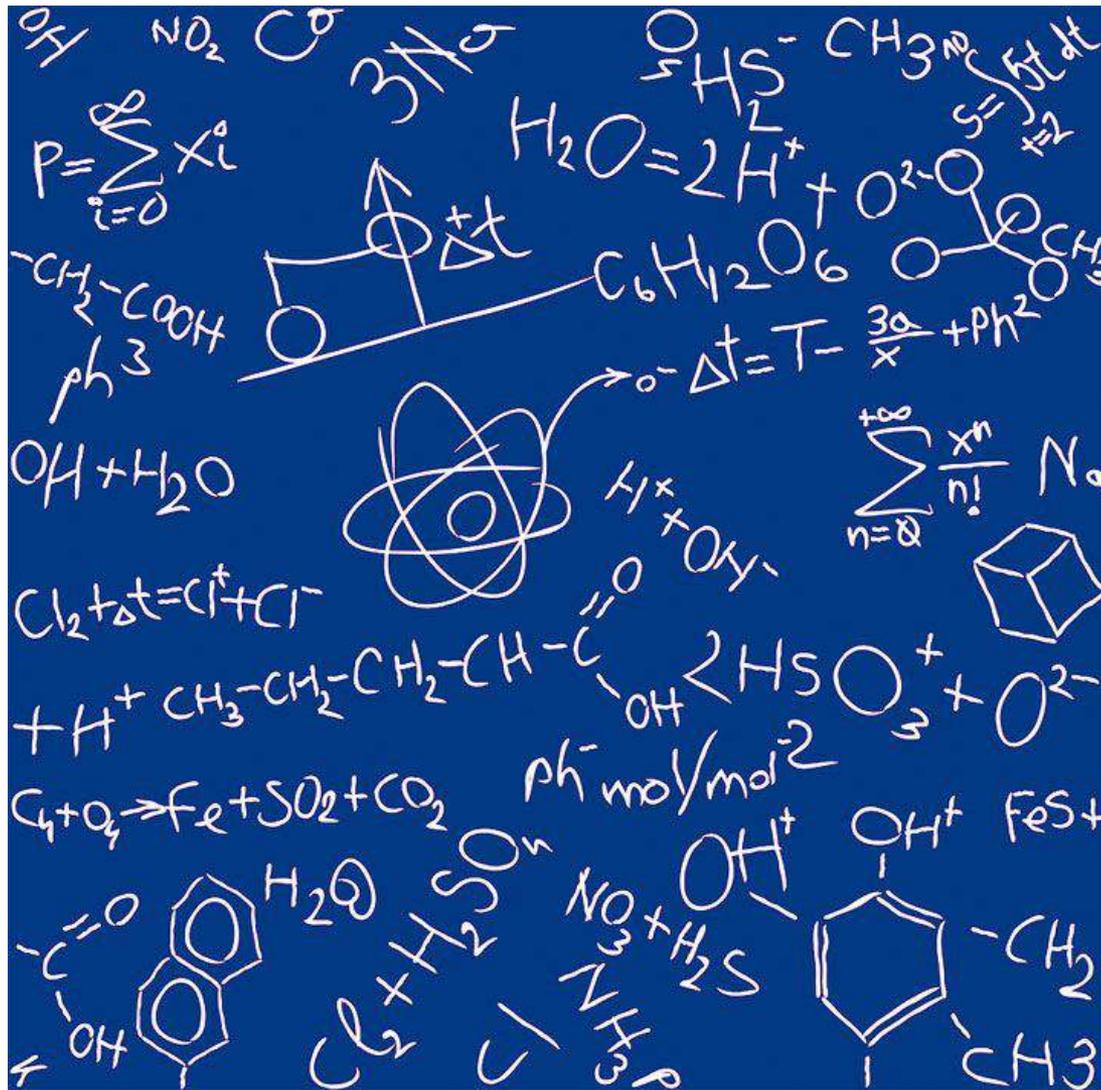


chimico = cattivo





**In Italia è un peccato mortale non conoscere la Divina Commedia, mentre gli intellettuali possono dichiarare pubblicamente di non sapere cosa sia una molecola**

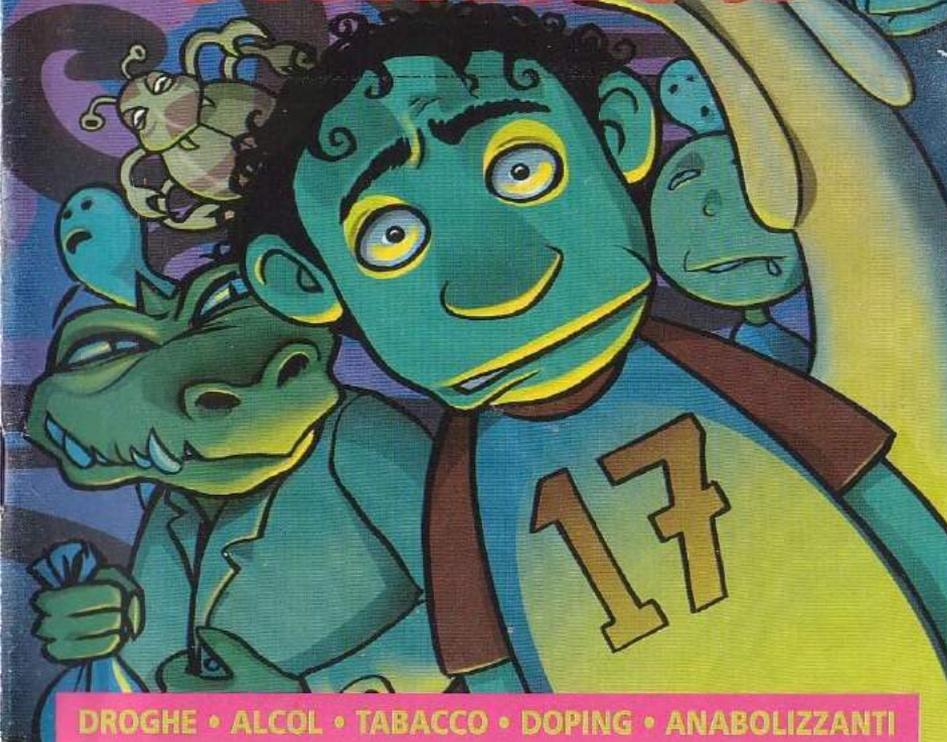


La Chimica è la disciplina meno amata dagli studenti della scuola superiore

MISSIONE  
SALUTE

Fatti, misfatti, incubi e testimonianze

# La trappola chimica



DROGHE • ALCOL • TABACCO • DOPING • ANABOLIZZANTI

Traiettorie tossiche



## Chimica!

Qualcuno gioca a dadi con la morte

**Drug designer.**

L'uomo è contento. Non vi diciamo il nome e il suo paese, non è questa la cosa che ci importa. L'uomo è contento: ha un mestiere, produce. Il suo lavoro l'ha imparato in strada, da un tipo che gli ha detto: "fatti furbo". Il suo lavoro è fuori dalla legge, ma cosa importa? **Girano soldi.** È questo quel che conta.

L'uomo è contento e mischia le sostanze: liquidi e polveri. Una busta gli si rompe fra le mani. Il pavimento è come una discarica: **un mix di chimica e sporcizia.** Raccoglie quel che trova e ricomincia.

Chi vuoi che se ne accorga! Va avanti e non ferma il suo lavoro: pasticche colorate, per stare allegri, per non dormire mai.

L'uomo è contento, ha inventato un marchio: una faccina con la bocca a cuore. "Sweet Love" la chiama: è **come una promessa.** L'uomo è contento, di certo avrà successo.

Qualcuno, a mille miglia di distanza, aspetta seduto in autogrill, su di un muretto, davanti ad un locale.

**Sono mille i posti per lo spaccio.**

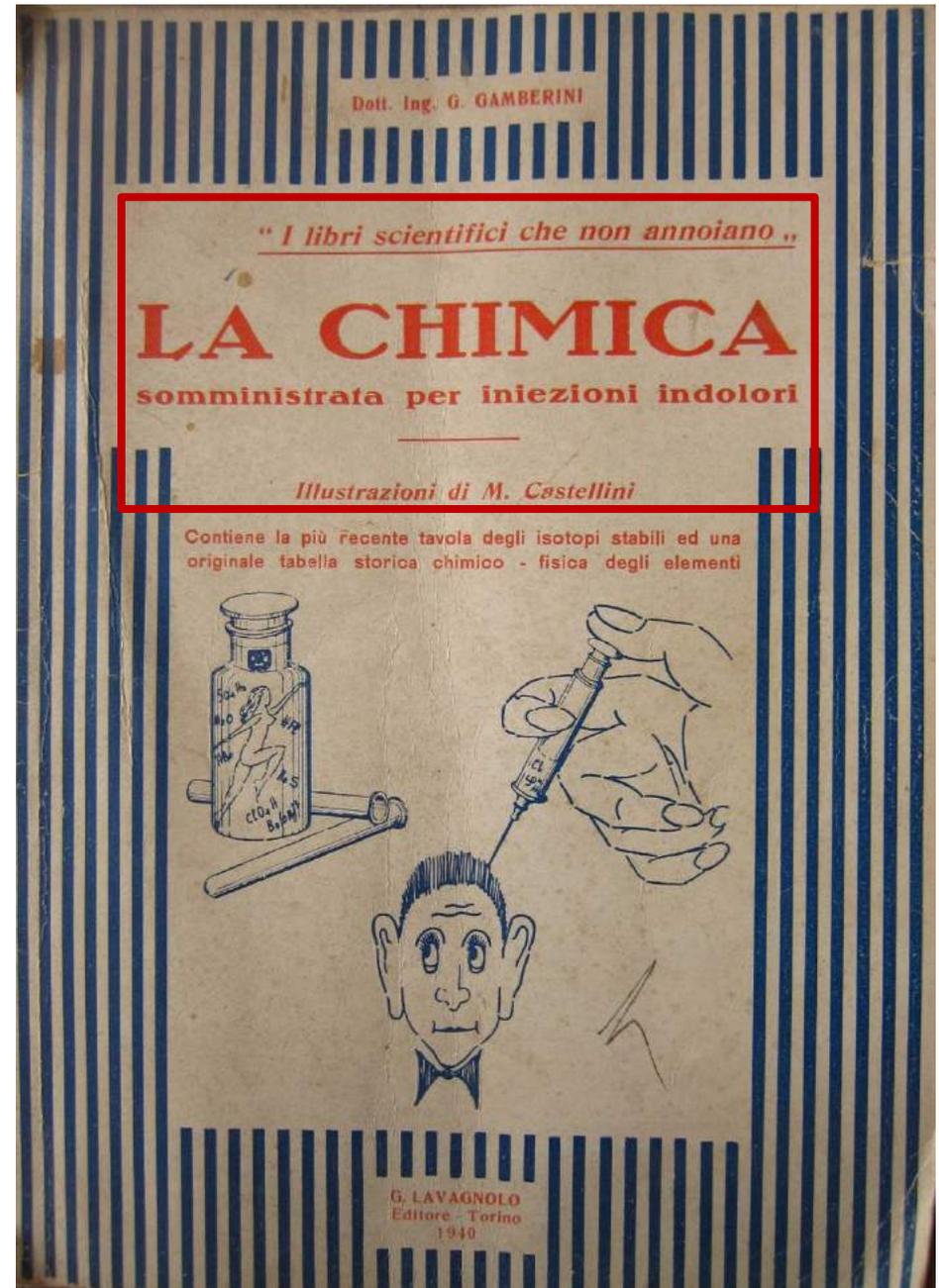
Qualcuno aspetta e questo non va bene. L'uomo fa in fretta.

"Quelli" per cui lavora non stanno lì a pensare: se sei in ritardo finisci fuori gioco e allora addio guadagni, soldi facili.

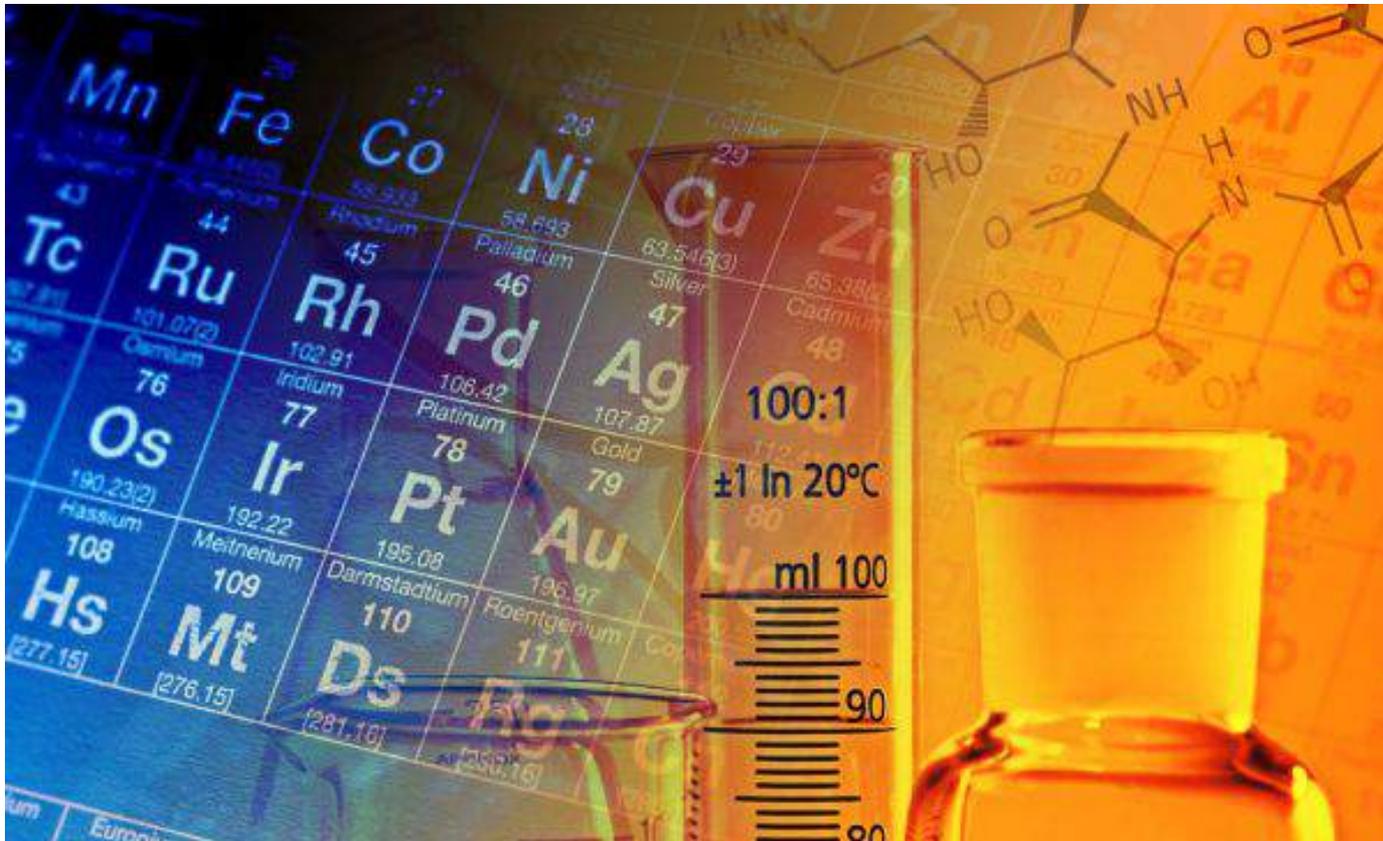


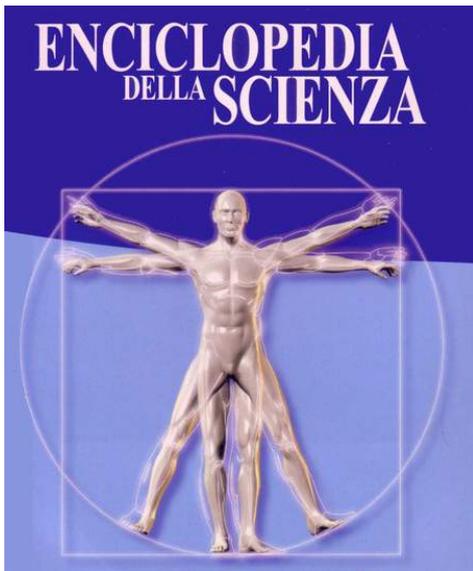
Far conoscere e  
accettare  
positivamente la  
chimica è un  
problema che  
va indietro nel  
tempo

Già nel 1940 ...



# Definizione di Chimica



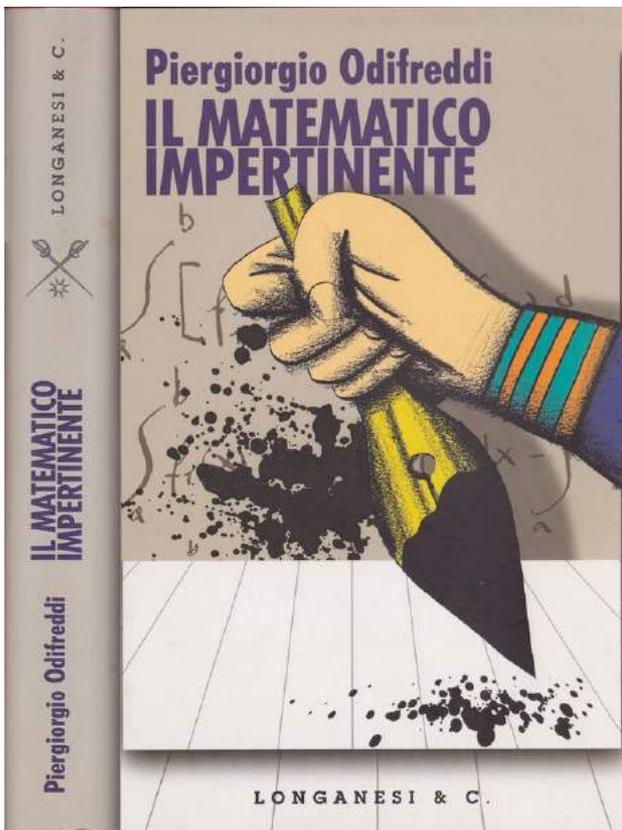


# Chimica



Scienza che studia le proprietà, la composizione, l'identificazione, la preparazione, la capacità e il modo di reagire delle sostanze naturali e artificiali del regno inorganico e di quello organico

Questa definizione non rende certamente giustizia alla Chimica



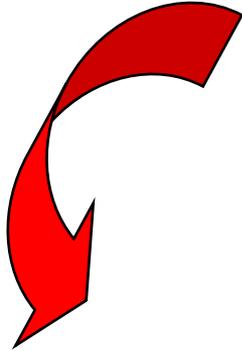
Piergiorgio Odifreddi  
*Il matematico impertinente*  
Longanesi, 2005, p. 299

Nel 1926 Schroedinger ha  
condensato tutta la chimica in  
un'unica equazione di soli sei simboli

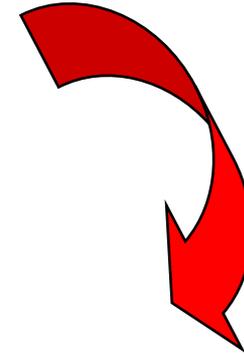
Dire che la Chimica può essere sintetizzata da un'unica equazione significa non aver capito la bellezza, la complessità di questa disciplina e, soprattutto, la sua peculiarità di scienza che lavora a tre livelli

# La chimica: una disciplina che lavora a tre livelli

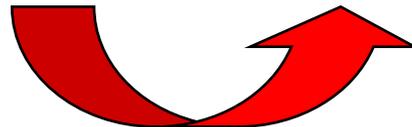
macroscopico:  
i fatti tangibili



ultramicroscopico:  
atomi e **molecole**  
dimensioni del nanometro



simbolico:  
linguaggio chimico



**Le molecole sono piccole:  
dimensione del miliardesimo di metro (nm)**

**Le molecole d'acqua presenti in  
18 g di acqua**

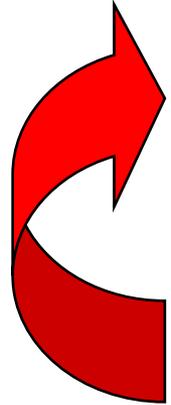


**sono  $6 \times 10^{23}$**

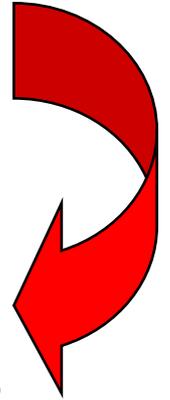
**(molte di più delle stelle dell'Universo)**

Abilità del  
chimico

mondo macroscopico



mondo invisibile



**Creatività**

La creatività consiste nel vedere  
ciò che tutti hanno visto e nel pensare  
ciò a cui nessuno ha mai pensato

Albert Szent-Gyorgyi

# L'abilità del chimico

Scoprire l'invisibile osservando le  
caratteristiche del visibile:  
**il chimico esploratore della natura**

Operare a livello invisibile per  
ottenere materiali con proprietà  
nuove e interessanti:  
**il chimico inventore di molecole e  
processi artificiali**

## Definizione di Chimica

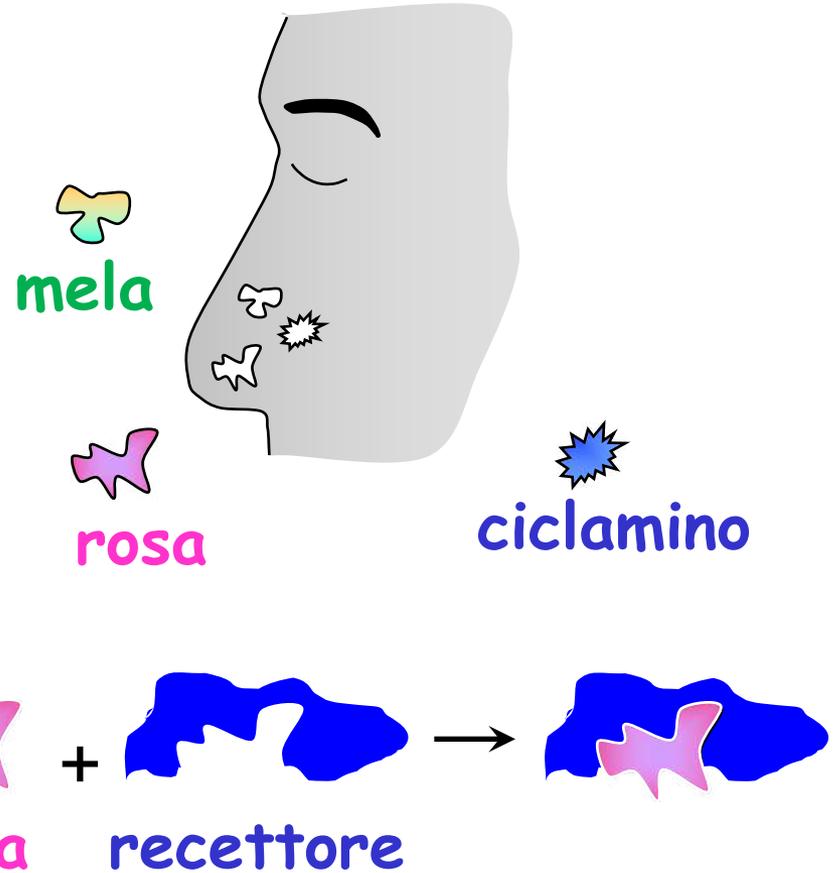
**la Chimica è il nostro  
vivere quotidiano**

**La Chimica è in noi**

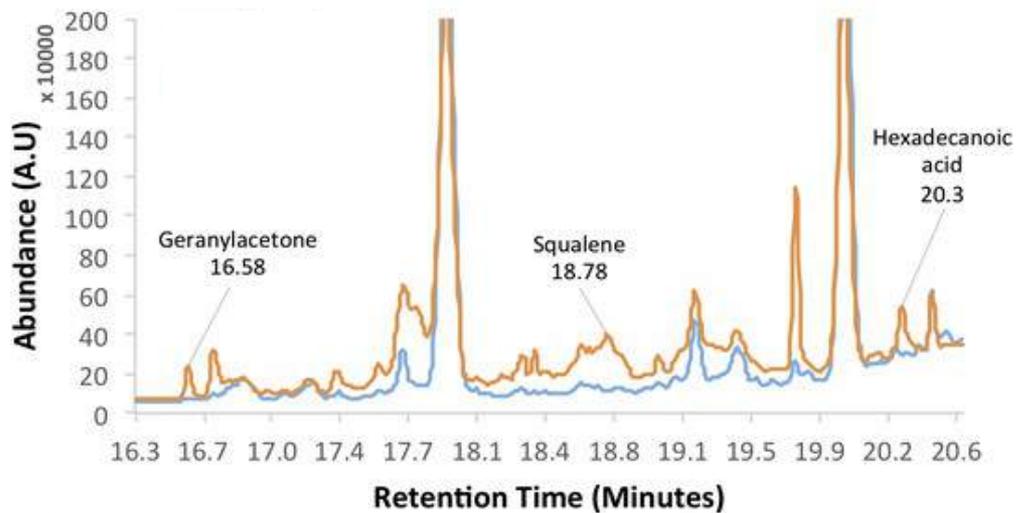
**concepimento, nascita,  
crescita, morte, memoria,  
pensiero, l'esperienza,  
emozioni, .....**

**I nostri sensi si basano su  
processi chimici**

# La capacità di sentire gli odori, ma anche i sapori



# La chimica della "stretta di mano"



# La Chimica è attorno a noi

nei processi naturali come  
la fotosintesi, la formazione della ruggine,  
la fermentazione dell'uva, la lievitazione  
del pane, la combustione, .....

in tutto ciò che i chimici hanno creato e  
continuamente creano per rendere la  
nostra vita più facile, migliore e  
piacevole

# La Chimica è una disciplina scientifica importante

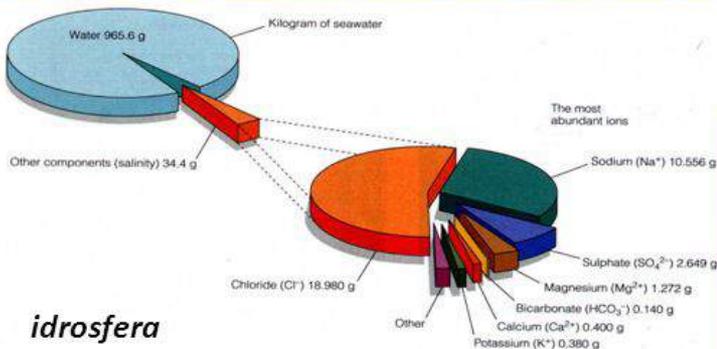
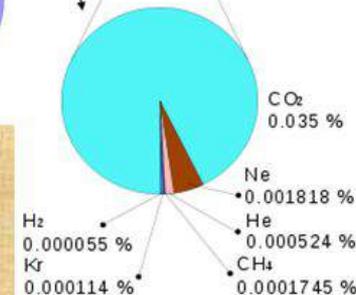
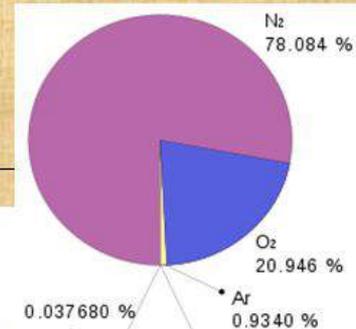
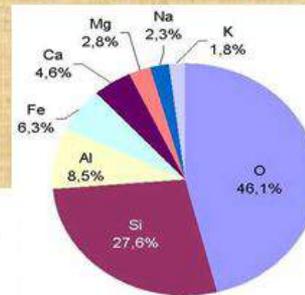
% in massa degli elementi sulla terra

	LITOSFERA	IDROSFERA	ATMOSFERA	BIOSFERA
Idrogeno	2.92	66.4		49.8
Ossigeno	60.4	33	21	24.9
Carbonio	0.16	0.0014	0.03	24.9
Azoto			78.3	0.27
Calcio	1.88	0.006		0.073
Potassio	1.37	0.006		0.046
Silicio	20.5			0.033
Magnesio	1.77	0.034		0.031
Fosforo	0.08			0.030
Zolfo	0.04	0.017		0.017
Alluminio	6.2			0.016
Sodio	2.49	0.28		
Ferro	1.90			
Tallio	2.92			
Cloro		0.33		
Boro		0.0002		
Argon			0.93	
Neon			0.0018	

% in massa degli elementi presenti nel corpo umano

Elemento	O	C	H	N	Ca	P	K	S	Cl	Na	Mg	Fe	Co	Cu	Zn	I	Se	F
%	65	18	10	3	1.5	1.2	0.2	0.1	0.05			< 0.05					< 0.01	

Tabella sulle quantità relative degli elementi presenti nella biosfera, litosfera, idrosfera e atmosfera espresse come numero di atomi su 100 atomi.

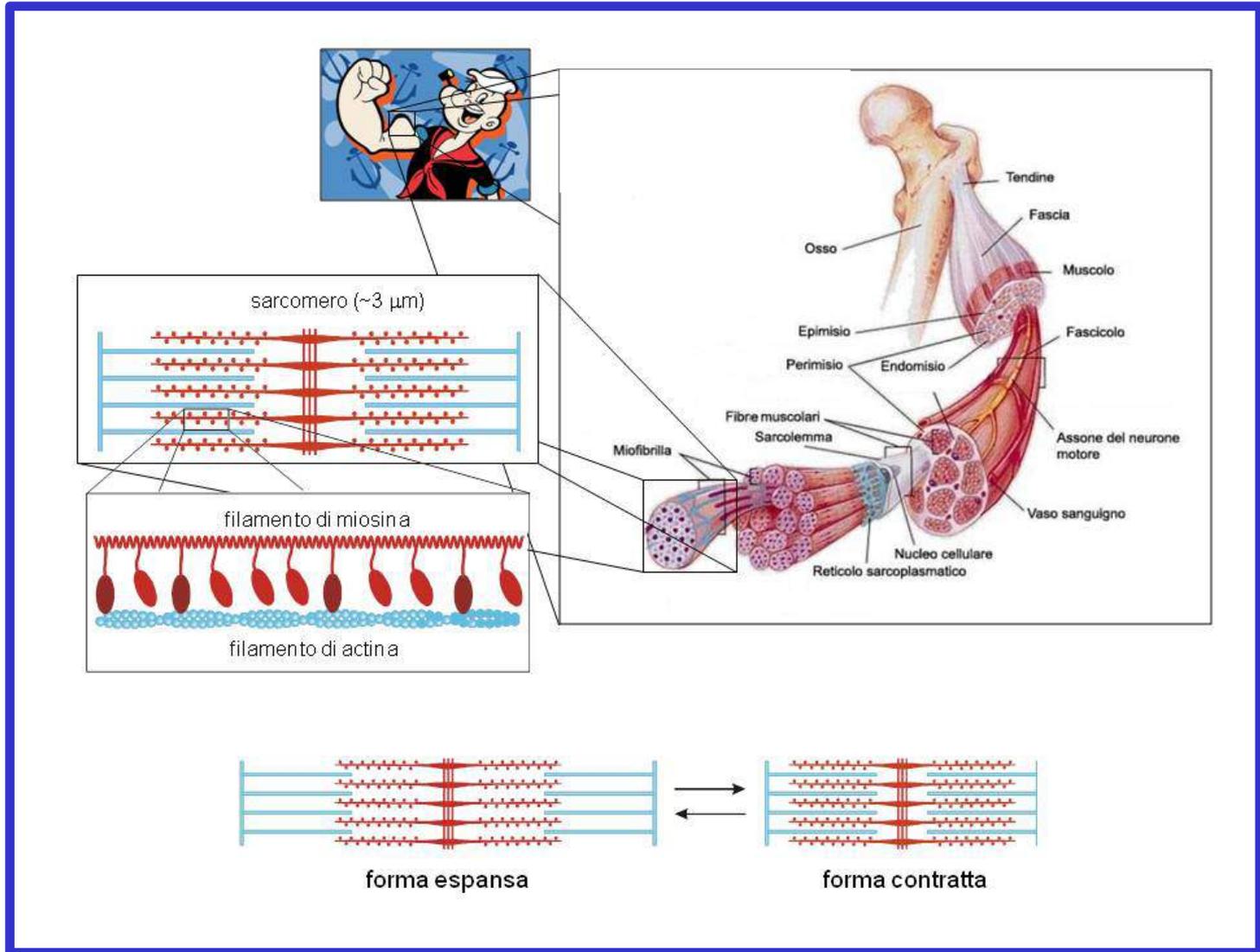


litosfera,

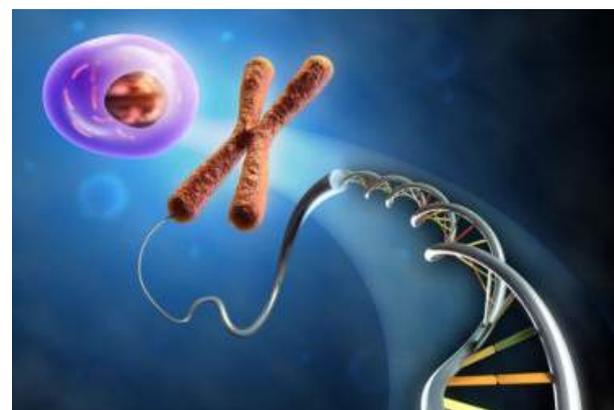
atmosfera

idrosfera

# La Chimica è una disciplina scientifica **bella**



# La Chimica è una disciplina scientifica **utile**



Lo sviluppo scientifico e tecnologico  
ha portato molti benefici

Nell'ultimo secolo la grande  
accelerazione dello sviluppo  
tecnologico ha creato danni al pianeta  
e all'umanità, spesso senza volerlo e  
a volte addirittura senza saperlo

Oggi conosciamo la situazione e  
abbiamo il dovere di riparare ai danni  
fatti: ripensare al significato di  
sviluppo

# Sviluppo sostenibile

Per sviluppo sostenibile si intende uno sviluppo in grado di assicurare "il soddisfacimento dei bisogni della generazione presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di realizzare i propri"

Definizione proposta nel rapporto "Our Common Future" pubblicato nel 1987 dalla Commissione mondiale per l'ambiente e lo sviluppo (Commissione Bruntland)

# Lo sviluppo sostenibile riguarda:

- **Ambiente** (situazione delle risorse, inquinamento, biodiversità)
- **Economia** (consumi, povertà, nord e sud del mondo)
- **Società** (diritti, pace, salute, diversità culturali)

Lo sviluppo sostenibile tocca tutti  
gli aspetti della vita e i valori  
comuni di equità e rispetto per  
gli altri, per le generazioni  
future, per la diversità, per  
l'ambiente, per le risorse della  
Terra

Il contributo della Chimica è e  
sarà fondamentale



**Il problema della crisi energetica**

# Energia

la risorsa più importante

Tutti gli aspetti della nostra vita  
materiale dipendono dall'energia

# Una giornata senza energia

Ambienti freddi d'inverno e caldi d'estate

Buio negli edifici e nelle strade

Niente acqua calda

Frigorifero non funzionante e fornelli spenti

Niente forno a microonde

Niente auto, autobus, treni e aerei

Niente cellulare, computer, audiovisivi

.....

# L'energia nascosta e beni di consumo

**Automobile:** per la costruzione di un'automobile sono necessari circa 20 quintali di petrolio, quantità corrispondente a quella che l'automobile consumerà per percorrere circa 30.000 km

**Computer:** per la costruzione di un computer sono necessari circa 2,4 quintali di petrolio, uno dei quali è "incorporato" nei suoi microchips

## L'energia nascosta e cibo

# Disponibilità di cibo, acqua, e materie prime dipende dall'energia



Cibo e acqua pulita necessitano di molta energia

Per estrarre le materie prime si consuma molta energia



# Salute ed energia sono strettamente correlate



Per avere assistenza sanitaria occorre molta energia

**L'energia è il fattore chiave per lo  
sviluppo economico e sociale di ogni  
nazione**

**L'energia è il vero potere che governa  
il mondo; più della politica,  
dell'economia, della finanza e  
dell'industria**

**L'energia è la risorsa delle risorse**

# I combustibili fossili

(petrolio, carbone, metano)

oltre 80% del consumo energetico mondiale

2019: consumi mondiali  
al secondo



1.000 barili di petrolio

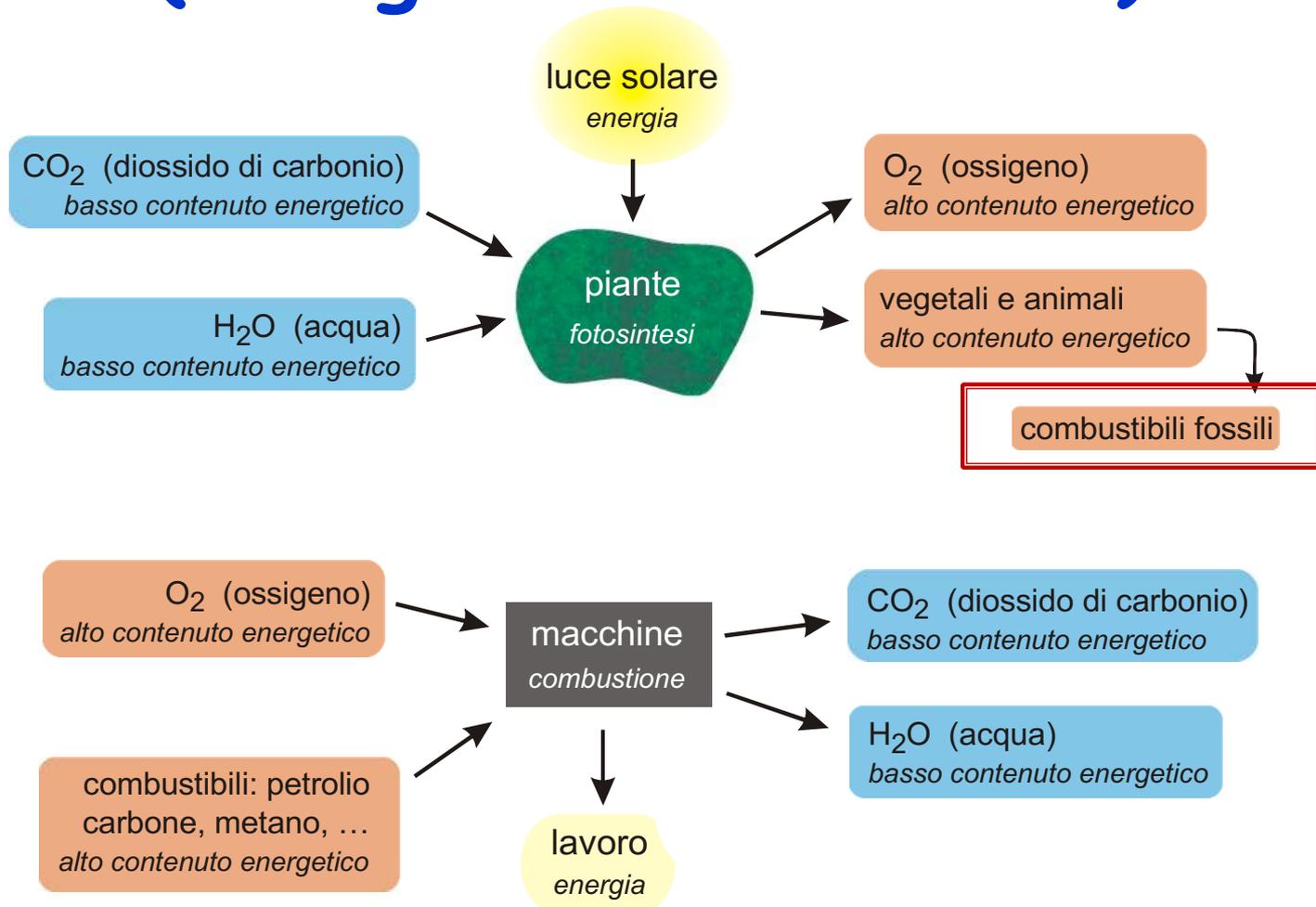


105.000 m<sup>3</sup> di gas



250 tonnellate di carbone

# I combustibili fossili sono un grande regalo ci ha fatto il Sole (energia solare fossile)



I combustibili fossili, regalo "una tantum" della natura, si stanno esaurendo molto rapidamente

*Mio padre cavalcava un cammello,  
io guido un'auto,  
mio figlio pilota un aereo a reazione,  
suo figlio cavalcherà un cammello*

Proverbio saudita

**Il loro uso crea danni  
all'ambiente e all'uomo  
influeno pesantemente su  
altre risorse naturali di  
primaria importanza**

# L'uso dei combustibili fossili crea danni alla salute dell'uomo



Smog in Val Padana  
aprile 2019



Smog a Pechino  
febbraio 2019

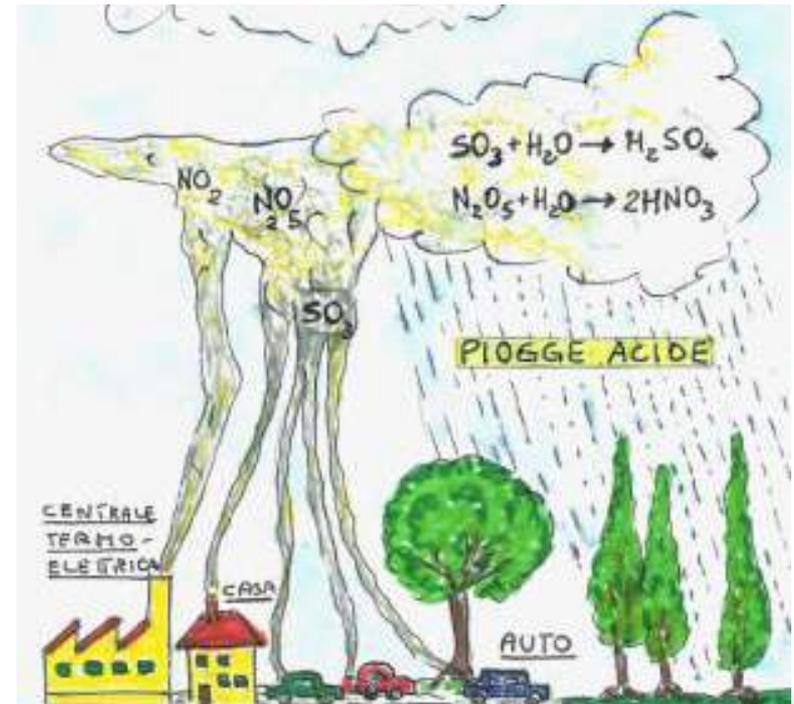
L'aria viene inquinata da sostanze organiche volatili e polveri sottili che creano serie patologie: oltre 80.000 morti premature solo nel 2018 e solo in Italia

# L'uso dei combustibili fossili crea danni all'ambiente



L'aria viene inquinata da ossidi di azoto e zolfo

Questi ossidi reagendo con il vapor acqueo dell'aria formano acido nitrico ( $\text{HNO}_3$ ) e acido solforico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) che rendendo acida la pioggia



# Effetti sull'ambiente



**Deforestazione**



**Corrosione dei monumenti in marmo**

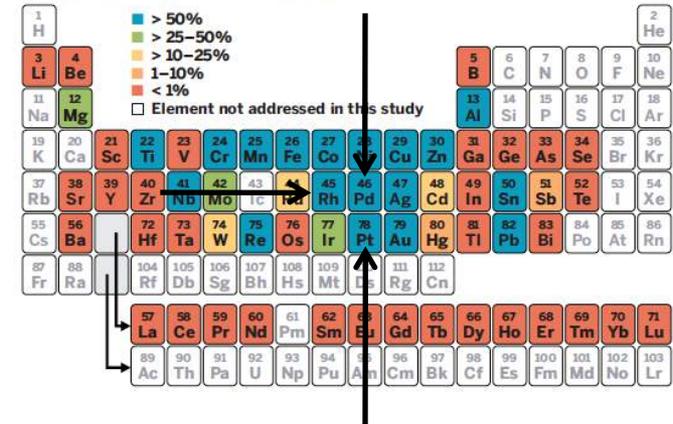


**Diminuzione della biodiversità marina**

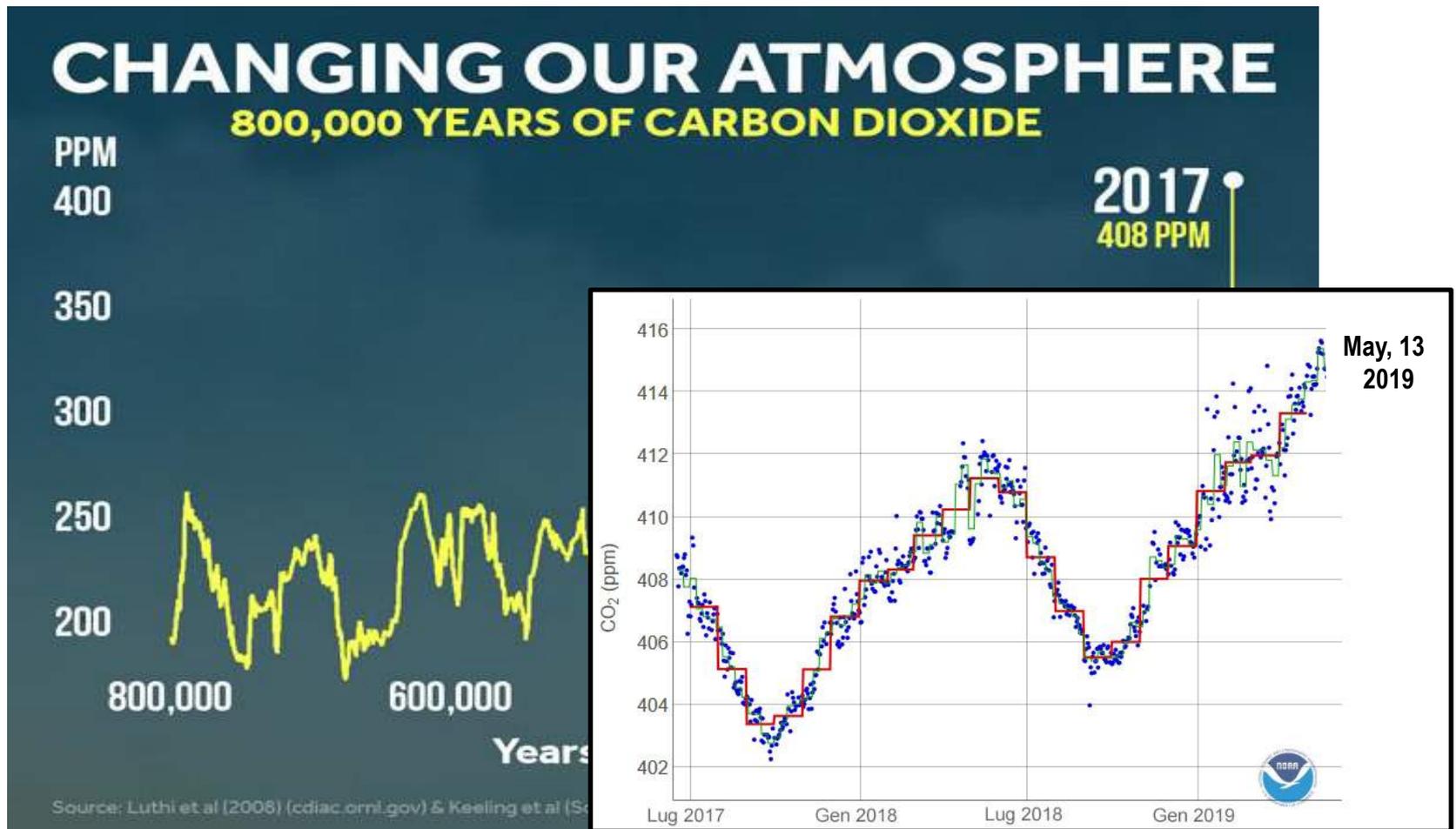
# Interventi

- Uso delle marmitte catalitiche a base di rodio, palladio, platino
- Motori di nuova generazione (ibridi o elettrici)
- Uso di catalizzatori anche nelle centrali termoelettriche e siderurgiche
- Altre strategie più sofisticate

**REUSE STATS** Global postconsumer recycling rates for many metals show lots of room for improvement.



L'uso dei combustibili fossili causa ogni anno l'immissione nell'atmosfera di quantità enormi di  $CO_2$ : 37 miliardi di tonnellate (circa di 1200 tonnellate al secondo)



# CO<sub>2</sub> è un gas serra: il maggior responsabile del cambiamento climatico



<http://climate.nasa.gov/sof/>



## ARCTIC SEA ICE

### Observed Arctic sea-ice loss directly follows anthropogenic CO<sub>2</sub> emission

Dirk Notz<sup>1\*</sup> and Julienne Stroeve<sup>2,3</sup>

Arctic sea ice is retreating rapidly, raising prospects of a future ice-free Arctic Ocean during summer. Because climate-model simulations of the sea-ice loss differ substantially, we used a robust linear relationship between monthly-mean September sea-ice area and cumulative carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions to infer the future evolution of Arctic summer sea ice directly from the observational record. The observed linear relationship implies a sustained loss of  $3 \pm 0.3$  square meters of September sea-ice area per metric ton of CO<sub>2</sub> emission. On the basis of this sensitivity, Arctic sea ice will be lost throughout September for an additional 1000 gigatons of CO<sub>2</sub> emissions. Most models show a lower sensitivity, which is possibly linked to an underestimation of the modeled increase in incoming longwave radiation and of the modeled transient climate response.



**Le delegazioni delle 195 nazioni**



**Il cambiamento climatico è il problema più preoccupante per l'umanità**

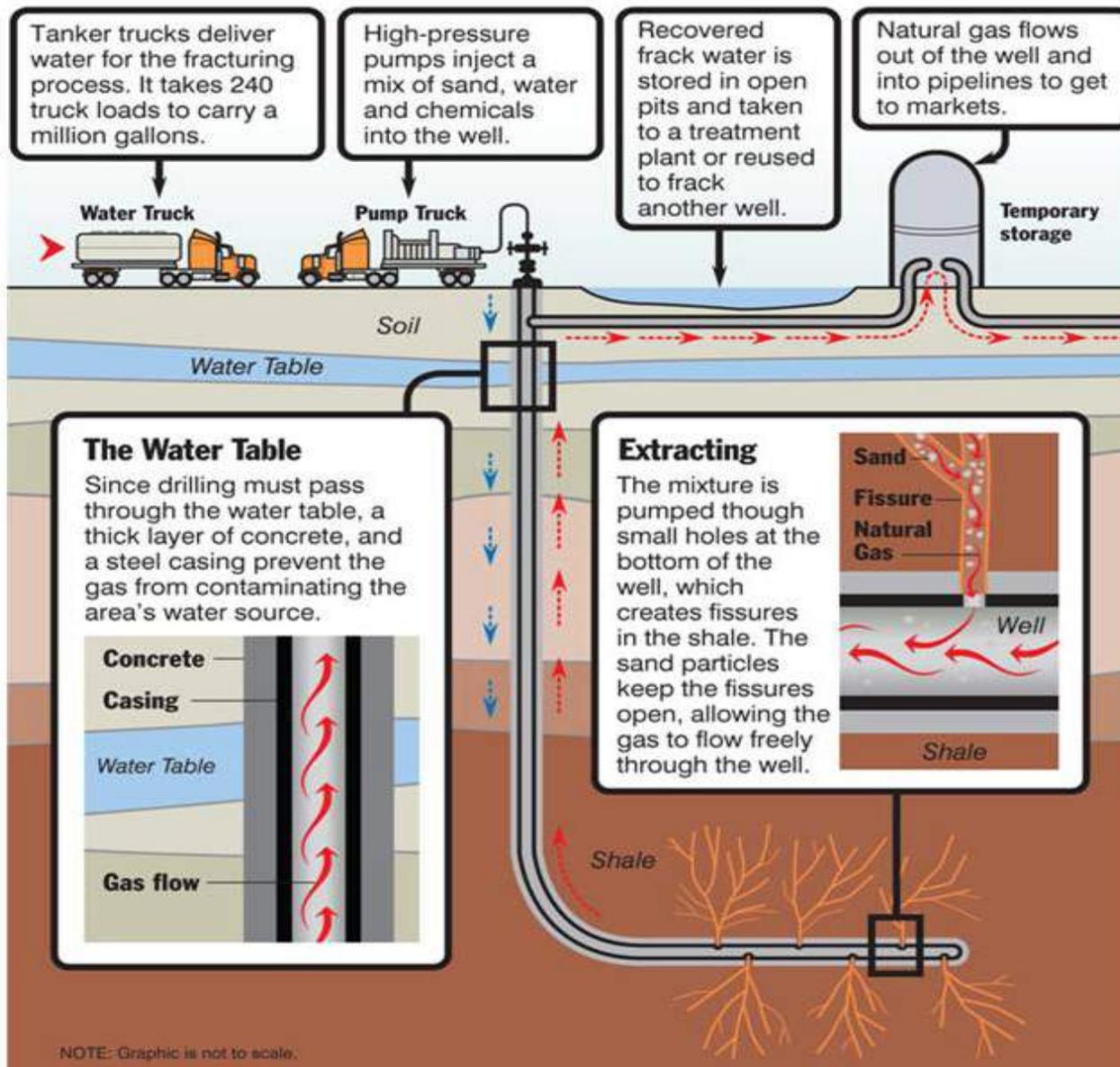


**Il segretario dell'ONU Guterres ha dichiarato che "il mondo è fuori rotta": è l'ultima chiamata per far qualcosa**

**Nonostante ciò ...**



**Alla ricerca delle ultime gocce di petrolio  
(petrolio non convenzionale dalle sabbie bituminose)**



Atta ricerca del metano intrappolato nelle rocce (metodo del fracking)

# International Panel on Climate Change (IPCC)

(organismo creato dalle Nazioni Unite)  
ha ricevuto il premio Nobel per la Pace nel  
2007 assieme ad Al Gore

Se la concentrazione della  $CO_2$  arrivasse a  
550 ppm la temperatura del pianeta  
aumenterebbe di circa  $3^\circ C$

Conseguenze devastanti sul  
pianeta

- Scioglimento dei ghiacci (Mar Artico)
- Ritiro e scomparsa dei ghiacciai delle montagne
- Aumento del livello dei mari



- Estensione della siccità (bacino del Mediterraneo)
- Aumento dell'acidità dei mari
- Eventi climatici estremi



Con l'uso indiscriminato dei combustibili fossili (e con lo sviluppo dell'attuale società), abbiamo influito pesantemente, oltre che sulle risorse energetiche, anche su altre importanti risorse naturali: aria, acqua e suolo

Tutto ciò ha un'influenza negativa sulla disponibilità di cibo, altra fondamentale risorsa, che dipende da energia, aria, acqua e suolo



Climate Action

# Interventi

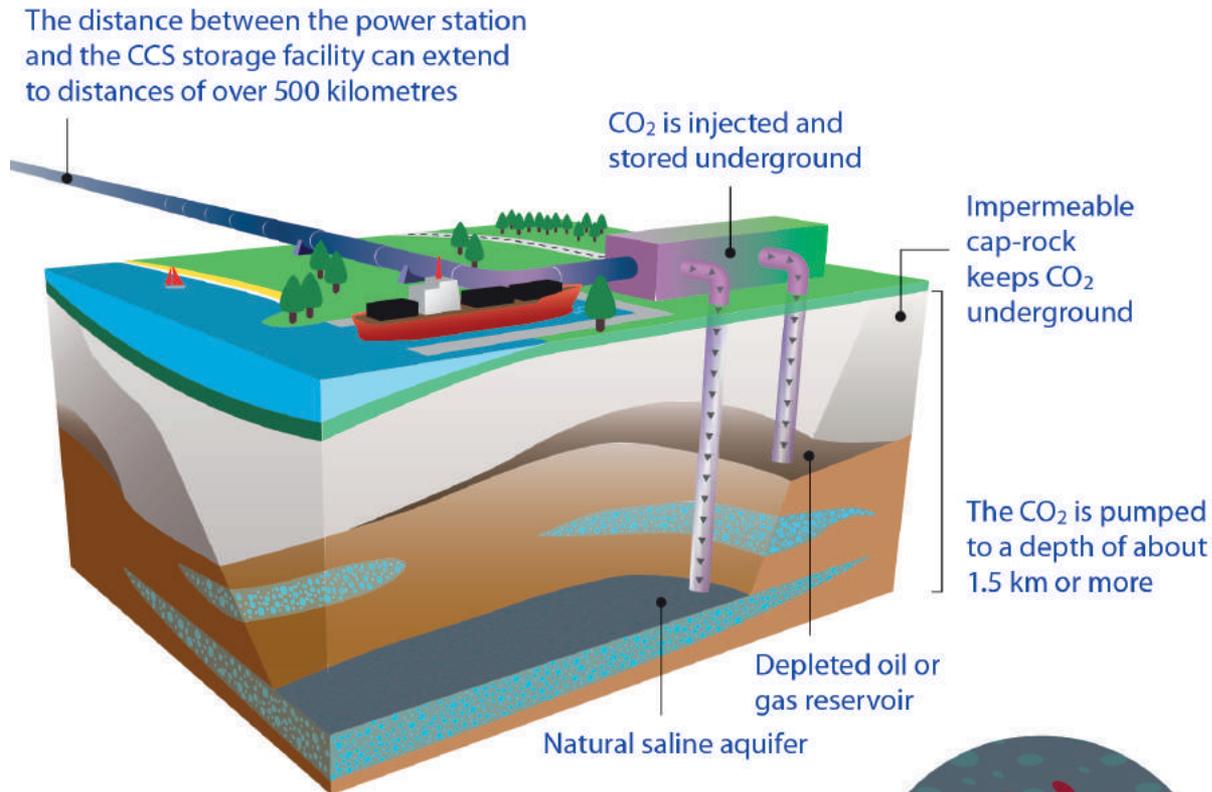
**Roadmap for moving to a low-carbon economy in 2050**

**L'Unione Europea ha deciso di ridurre le emissioni di  $CO_2$ , rispetto al 1990, del 20% entro il 2020 e dell'80% entro il 2050**

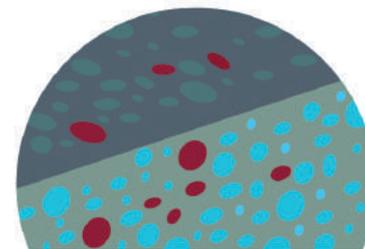
- Progressivo abbandono dei combustibili fossili**
- Risparmio energetico**
- Sviluppo delle energie alternative**

# Altre nazioni (fra le quali gli USA) pensano ad altre soluzioni

## Carbon Capture and Storage (CCS)



Inset right:  
CO<sub>2</sub> becomes stabilised within the porous rock as it forms natural compounds with the surrounding brine and minerals



# Soluzioni (fantascientifiche)

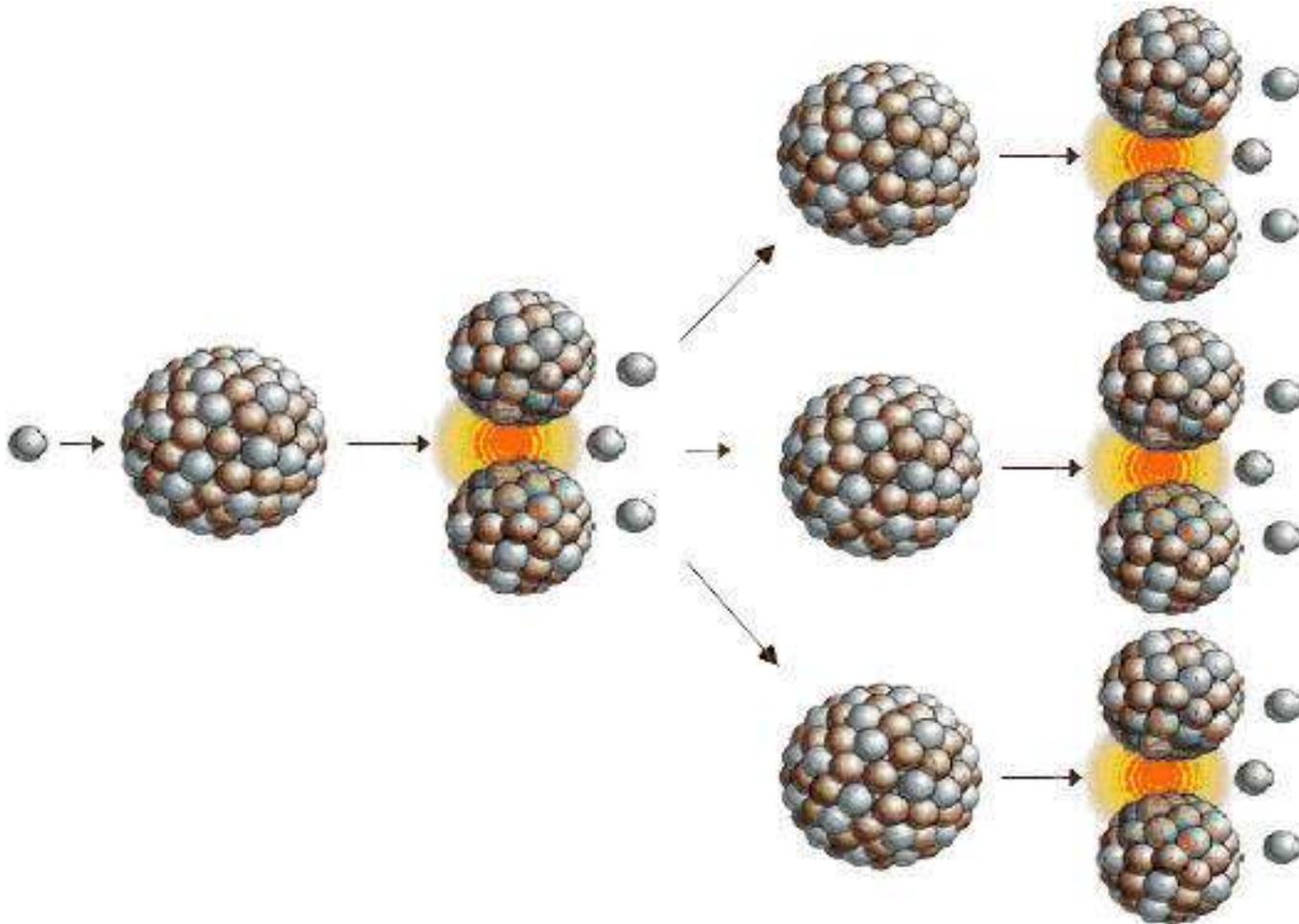
- Messa in orbita di schermi per limitare l'insolazione del pianeta
- Immissione in atmosfera di sostanze in grado di modificare le proprietà delle nuvole e degli aerosoli



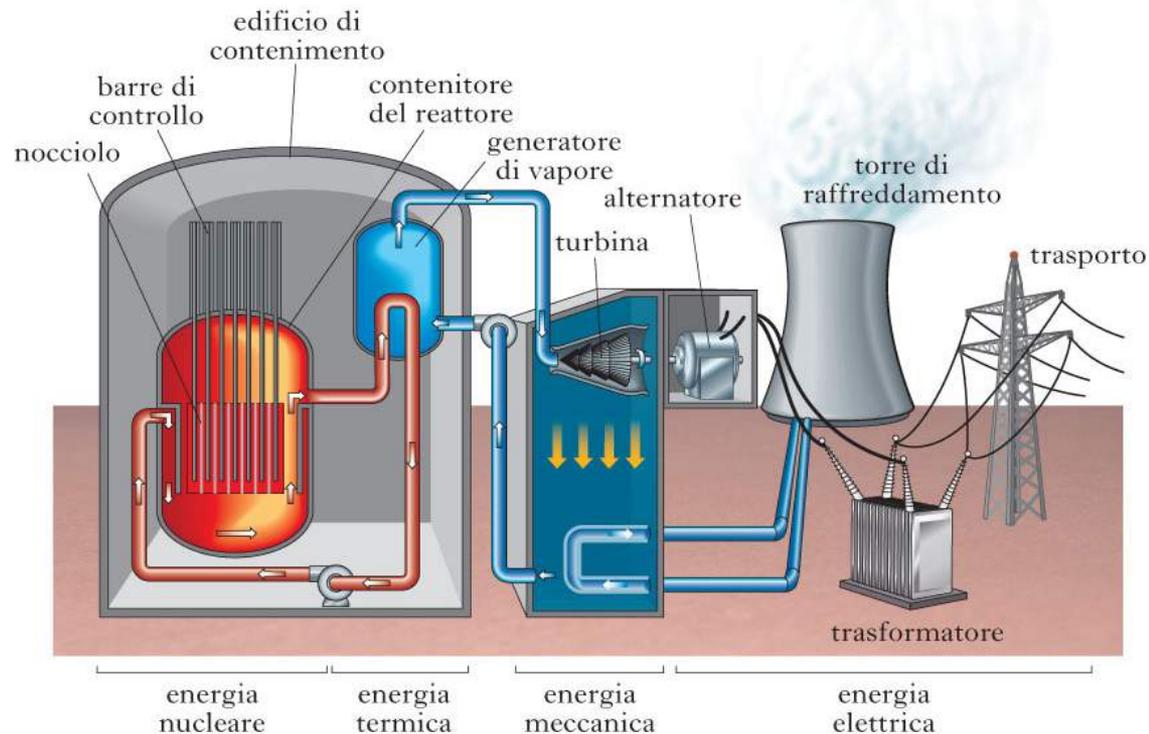
**In accordo con quanto ci dice  
l'Unione Europea**

**Necessaria una transizione  
dai combustibili fossili alle  
fonti energetiche alternative**

# Energia dall'atomo: fissione dell'uranio 235



# Il controllo della reazione di fissione dell'uranio (evitare la fase esplosiva) è alla base del funzionamento delle centrali nucleari

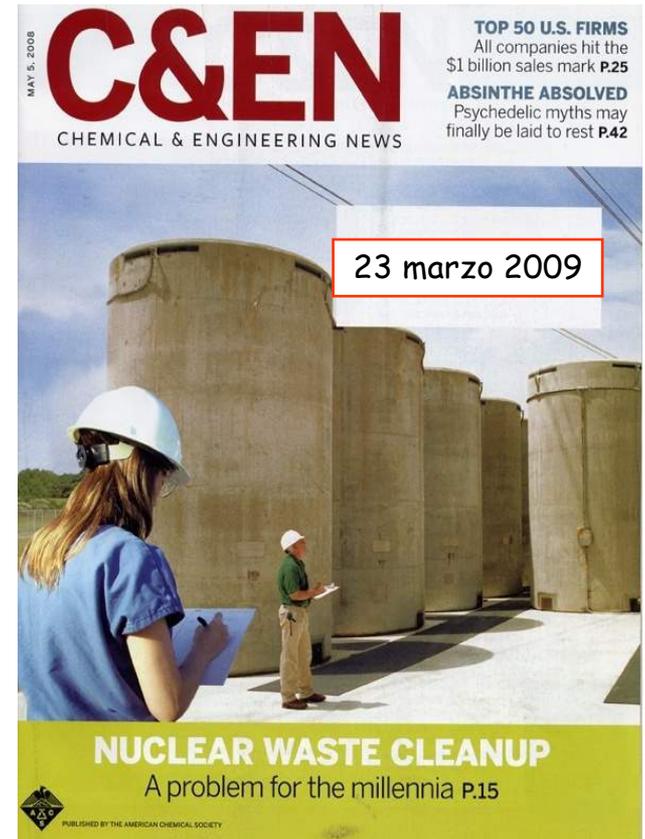


# Perplexità sull'uso dell'energia nucleare

Il nucleare richiede una tecnologia molto sofisticata e costosa

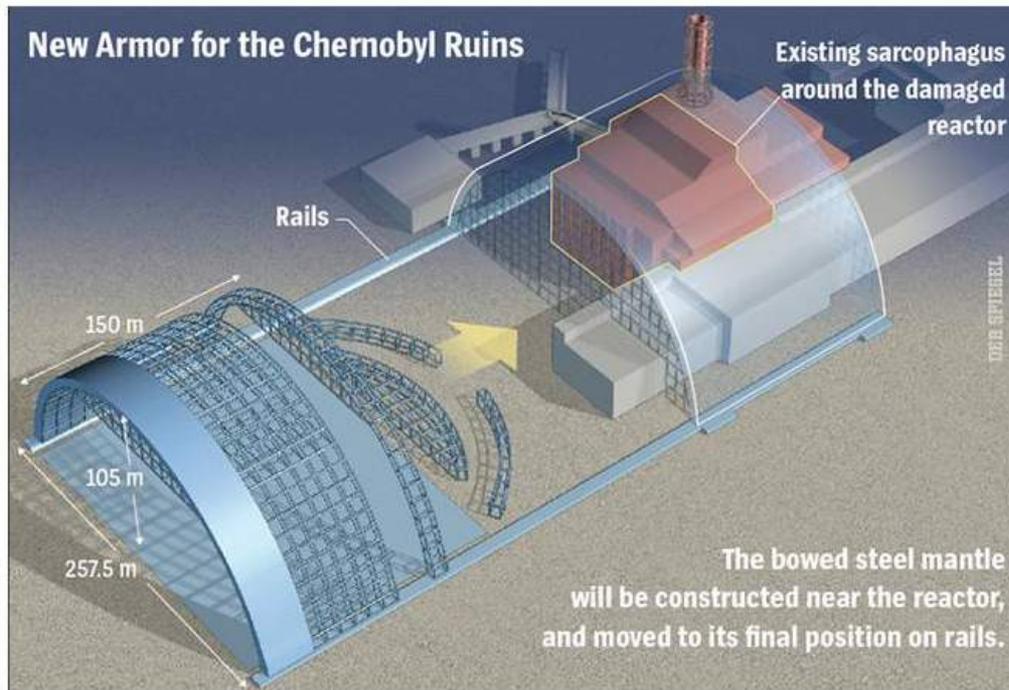
Il problema delle scorie non è stato ancora risolto

Problemi legati allo smantellamento delle centrali nucleari a fine vita



# Perplessità sull'uso dell'energia nucleare

Non siamo in grado di gestire i gravi incidenti alle centrali nucleari



Costo €  
1.500.000.000  
(Comunità Europea)

Il combustibile usato è una risorsa limitata e non rinnovabile

Dovremmo smettere di usare i combustibili fossili e l'energia nucleare perché sono fonti energetiche non adatte per attuare

## Sviluppo sostenibile

Uno sviluppo in grado di assicurare  
“il soddisfacimento dei bisogni della generazione presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di realizzare i propri”

Definizione proposta nel rapporto “Our Common Future” pubblicato nel 1987 dalla Commissione Mondiale per l'Ambiente e lo Sviluppo (Commissione Bruntland)

Poiché dell'energia non ne  
possiamo fare a meno  
dobbiamo cercare alternative  
ai combustibili fossile e  
all'energia nucleare che siano  
più sostenibili

# Risorse energetiche alternative ai combustibili fossili e all'energia nucleare



Energia idroelettrica



Energia eolica



Energia geotermica



Energia dal mare e dagli oceani

**Fonti energetiche rinnovabili e poco inquinanti**

# L'energia che ci manda il Sole: energia solare



L'energia solare è **abbondante**:  
in meno di un'ora la Terra riceve dal  
Sole una quantità di energia pari  
all'intero consumo mondiale di un anno

L'energia solare è **inesauribile**:  
il Sole continuerà a brillare per almeno  
altri 4,5 miliardi di anni

L'energia solare è **gratuita e  
ben distribuita** sul nostro pianeta

# Giacomo Ciamician (1857-1922)



padre della fotochimica  
profeta dell'energia solare

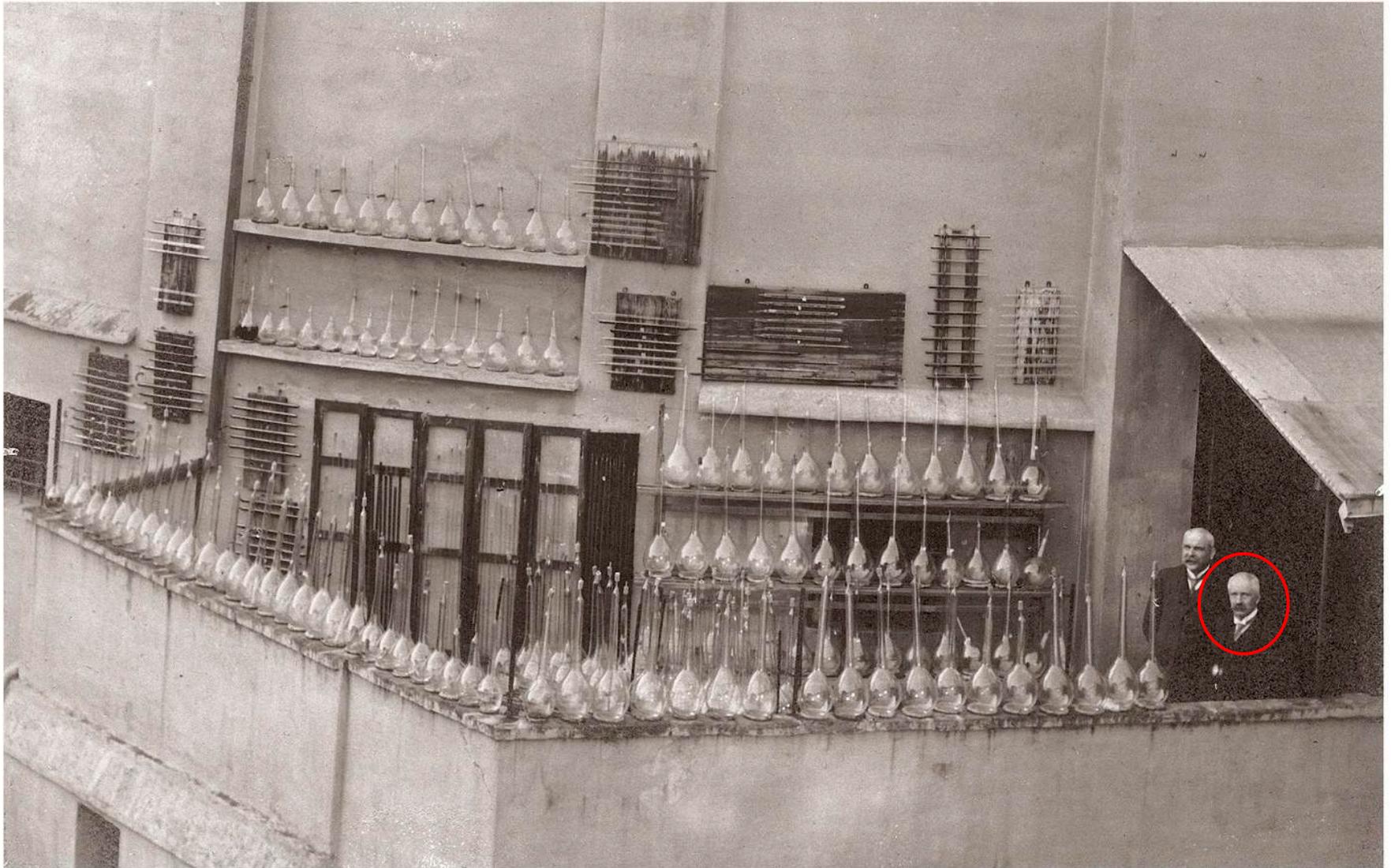
# Ciamician e la chimica delle piante

Ciamician si interessò all'energia solare studiando la chimica delle piante:

*“ ... la coscienza delle piante è una coscienza chimica! ... C'è un agente che ha un profondo effetto sui processi delle piante ... e che merita di essere studiato a fondo: è la luce”*

Questa fu la scoperta più importante di Ciamician che decise di studiare in modo sistematico “l'azione chimica della luce” su varie sostanze

# Ciamician padre della fotochimica



Ciamician nel suo "laboratorio" di fotochimica

# Ciamician profeta dell'energia solare

In una celebre conferenza "La Fotochimica dell'Avvenire", tenuta a New York nel 1912 durante l'VIII International Congress of Applied Chemistry,

Ciamician dice:

*"E se alla civiltà del carbone, nera e nervosa dell'epoca nostra, dovesse far seguito quella forse più tranquilla dell'energia solare, non ne verrebbe un gran male per il progresso e la felicità umana ... la vita e la civiltà dureranno finché splende il Sole!"*

L'energia solare, così come tutte le altre fonti rinnovabili, per essere sfruttata va convertita in forme di energia utile: calore, elettricità e combustibili

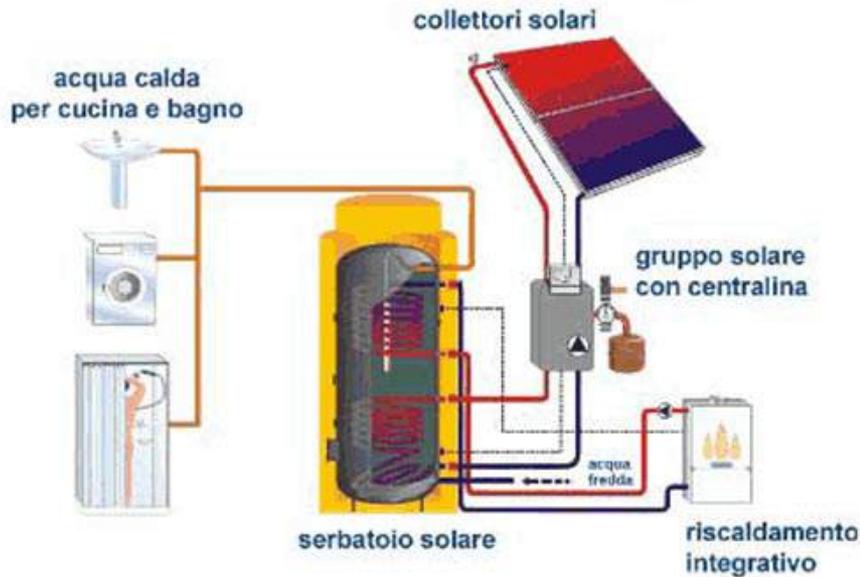
L'energia solare, rispetto alle altre fonti rinnovabili, è la più versatile

Il contributo fondamentale della  
Chimica

# Conversione dell'energia solare



**Calore**



**Pannelli termici**

**Forni solari**

# Conversione dell'energia solare



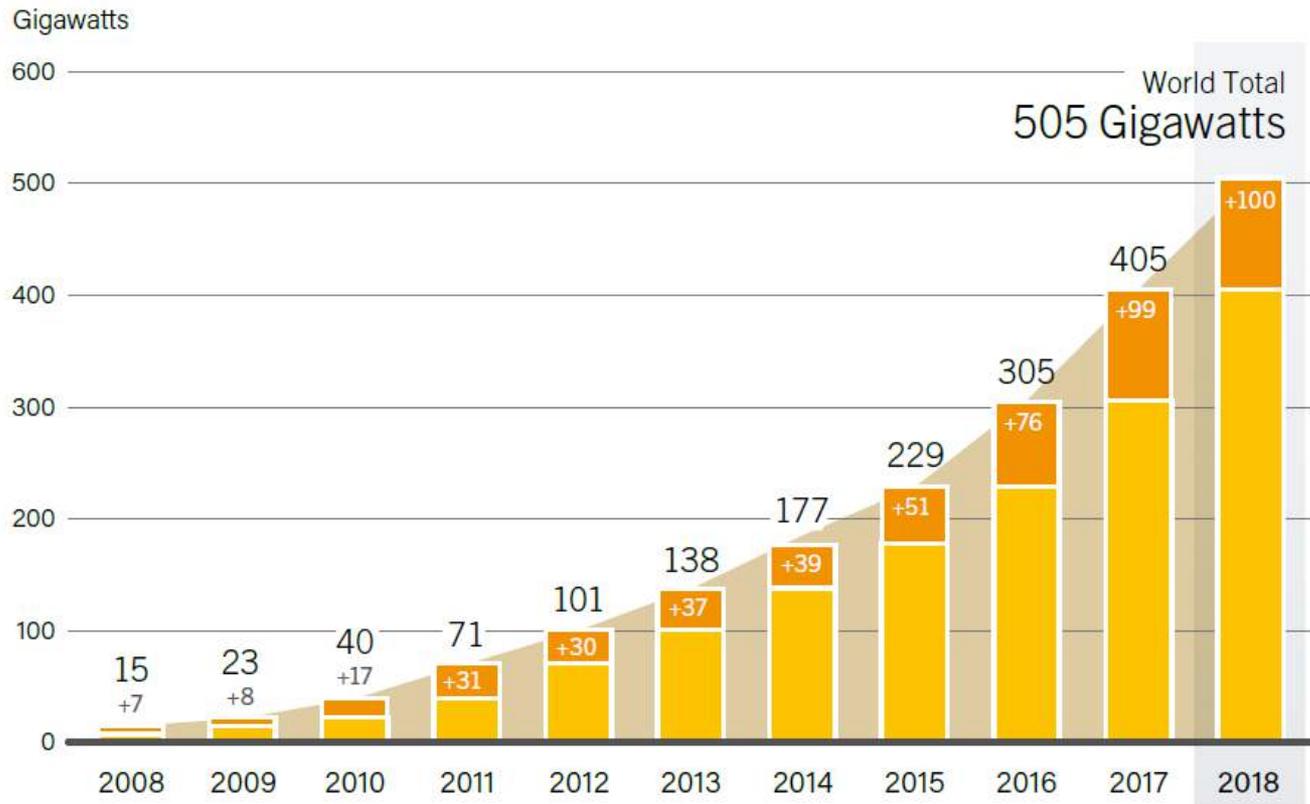
**Elettricità**



**Pannelli fotovoltaici**

Nelle celle solari  
l'assorbimento di luce da  
parte di un materiale  
semiconduttore origina  
una corrente elettrica  
Tante celle vengono  
collegate per formare  
i pannelli fotovoltaici

# Sviluppo mondiale del fotovoltaico 2008-2018



Energia generata da  
100 centrali nucleari  
da 1000 MW



*REN21 Report, 2019*

Nel 2015, l'Italia ha coperto il 7,3%  
dei suoi consumi di elettricità con il fotovoltaico

# Il fotovoltaico: impianti enormi



Apple Park in California





# Il fotovoltaico: piccoli impianti

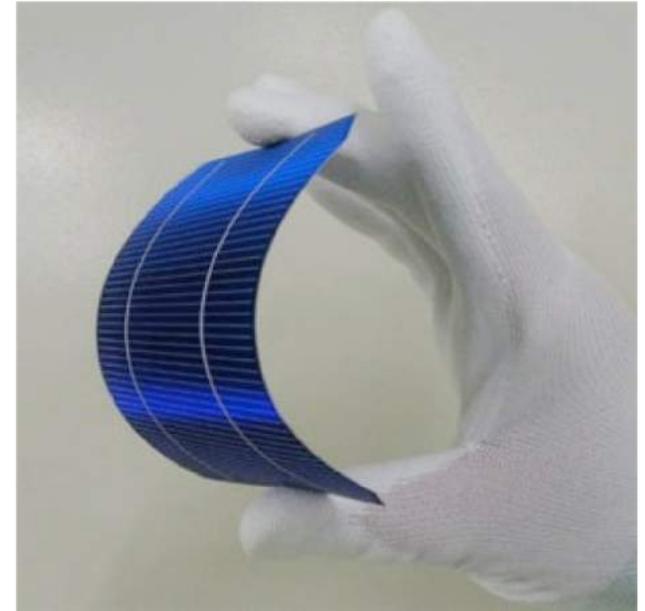
Nei paesi del Terzo Mondo, dove manca un'infrastruttura per produrre e distribuire l'elettricità, i pannelli fotovoltaici sono una soluzione, almeno parziale, al fabbisogno di energia elettrica di due miliardi di persone

SANYO solar ark, Gifu (Japan), 315 m





**Solar Impulse è un velivolo ultraleggero alimentato da energia solare**



- Nuovi materiali
- Nuovi metodi di fabbricazione
- Nuove architetture

# Nuove tecnologie fotovoltaiche



# Conversione dell'energia solare



**Elettricità**

## Concentratori solari

Impianti, anche di grandissima dimensione, in cui sono prodotti fluidi ad alta temperatura, mediante l'uso di specchi o lenti, per la generazione di energia elettrica



L'impianto solare a concentrazione più grande al mondo (Ivanpah, California, 2014)

# Conversione dell'energia solare



**Combustibili**

**Biocombustibili**

**Combustibili da scarti  
dell'agricoltura**



**Bioetanolo** da granturco, barbabietola,  
canna da zucchero, ... per motori a benzina

**Biodisel** da oli vegetali (colza, girasole,  
soia, palma, ...) per motori a gasolio

**Colture Dedicare**

# Conversione dell'energia solare



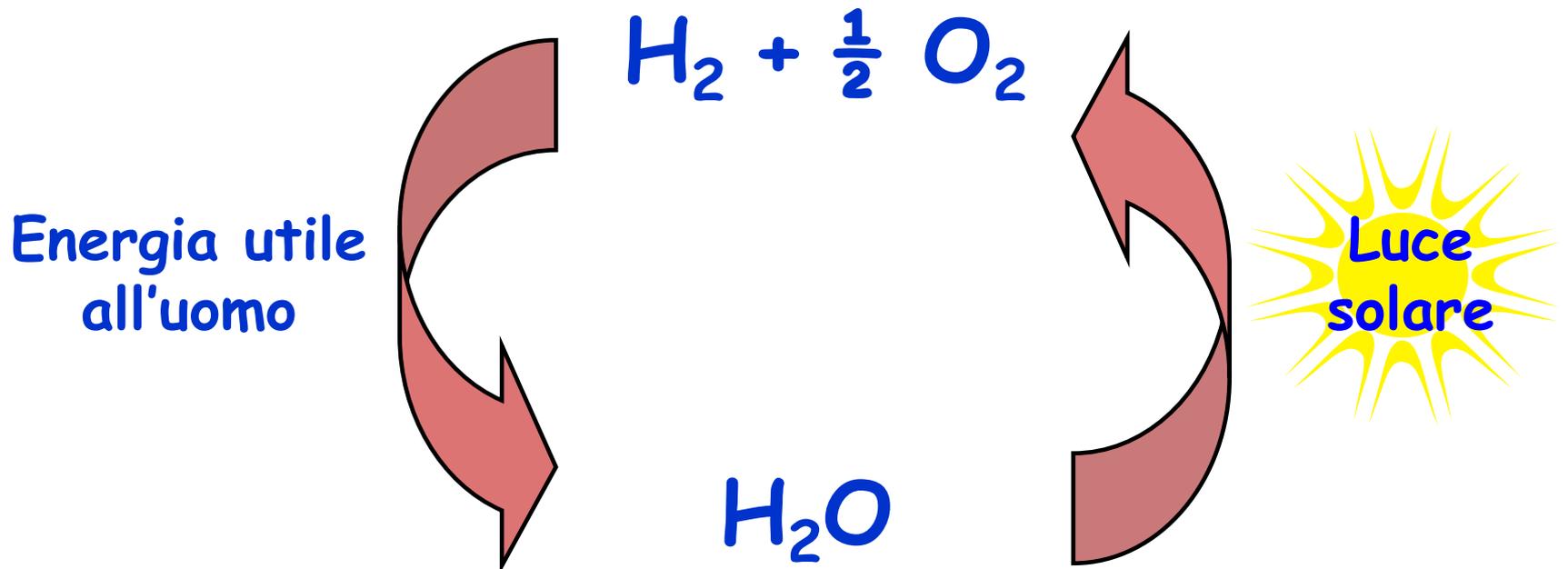
**Combustibili**

**Approccio dei chimici:  
realizzazione di una fotosintesi artificiale**

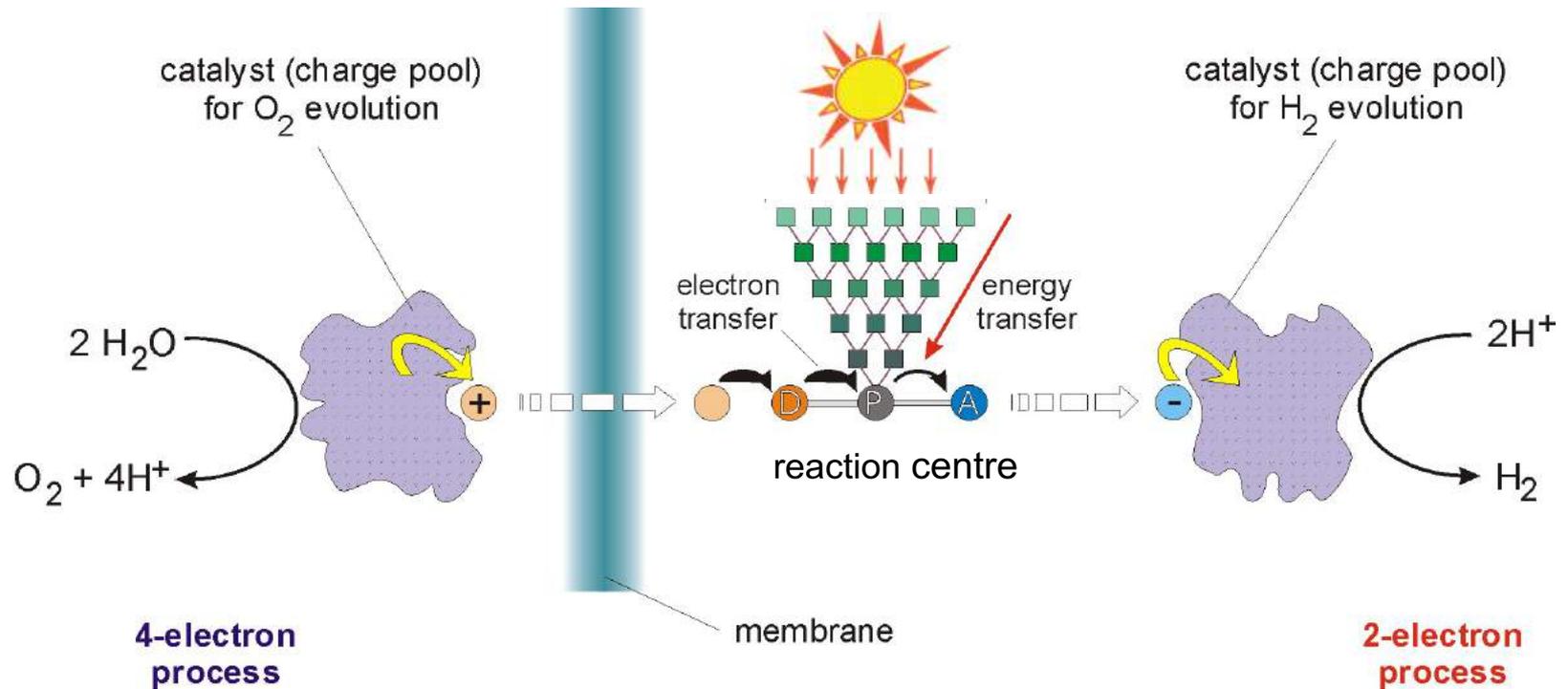
**Obiettivo:**

**ottenere un combustibile sfruttando il  
meccanismo usato dalla fotosintesi naturale**

Le ricerche sono attualmente concentrate sulla scissione dell'acqua in idrogeno e ossigeno, un processo che permette di creare un ciclo chiuso per la produzione di energia senza causare inquinamento



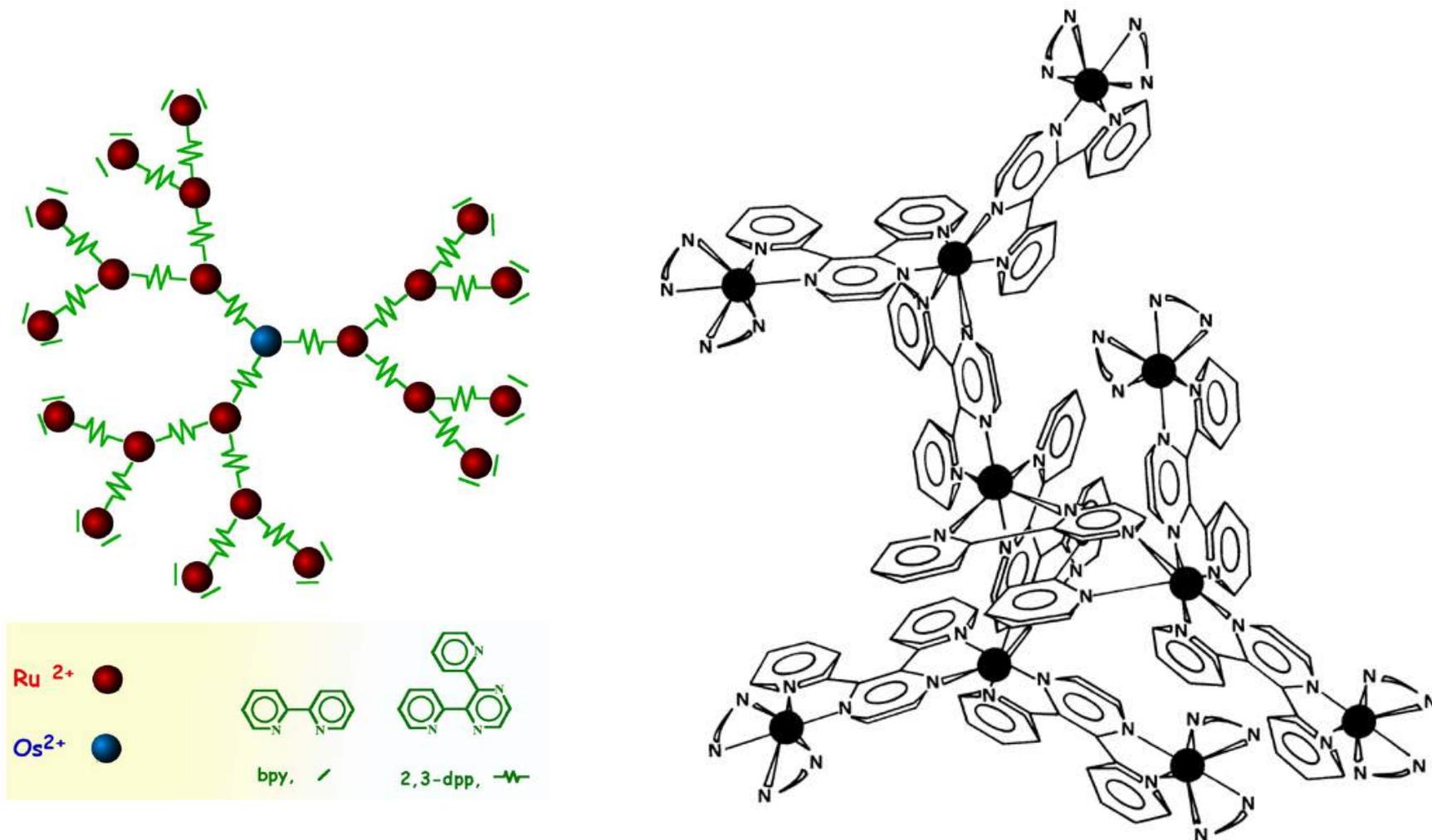
L'acqua però non assorbe la luce solare e, allora, il sistema da sviluppare è più complesso (mimare la fotosintesi naturale)

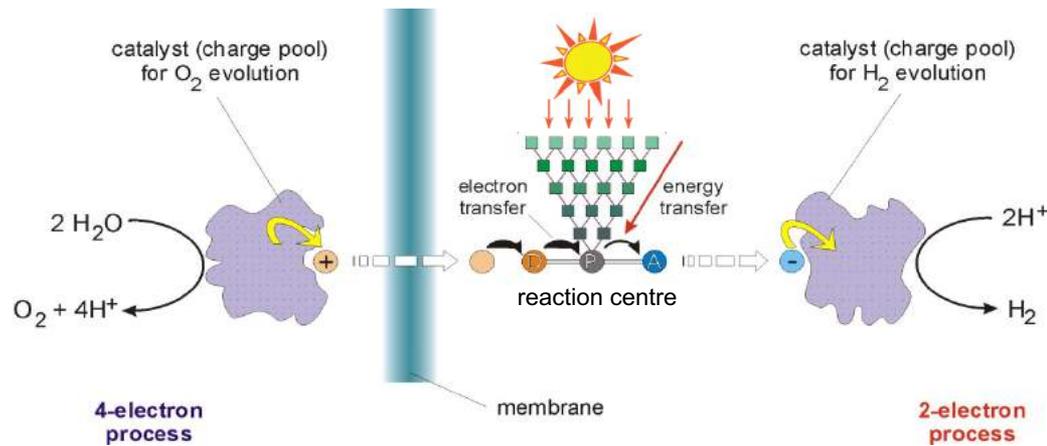


Per realizzare un sistema del genere c'è tanta chimica!

# Sistema antenna per l'assorbimento e la raccolta della luce solare

sintesi di molecole ramificate (dendrimeri) basati su complessi di metalli di transizione

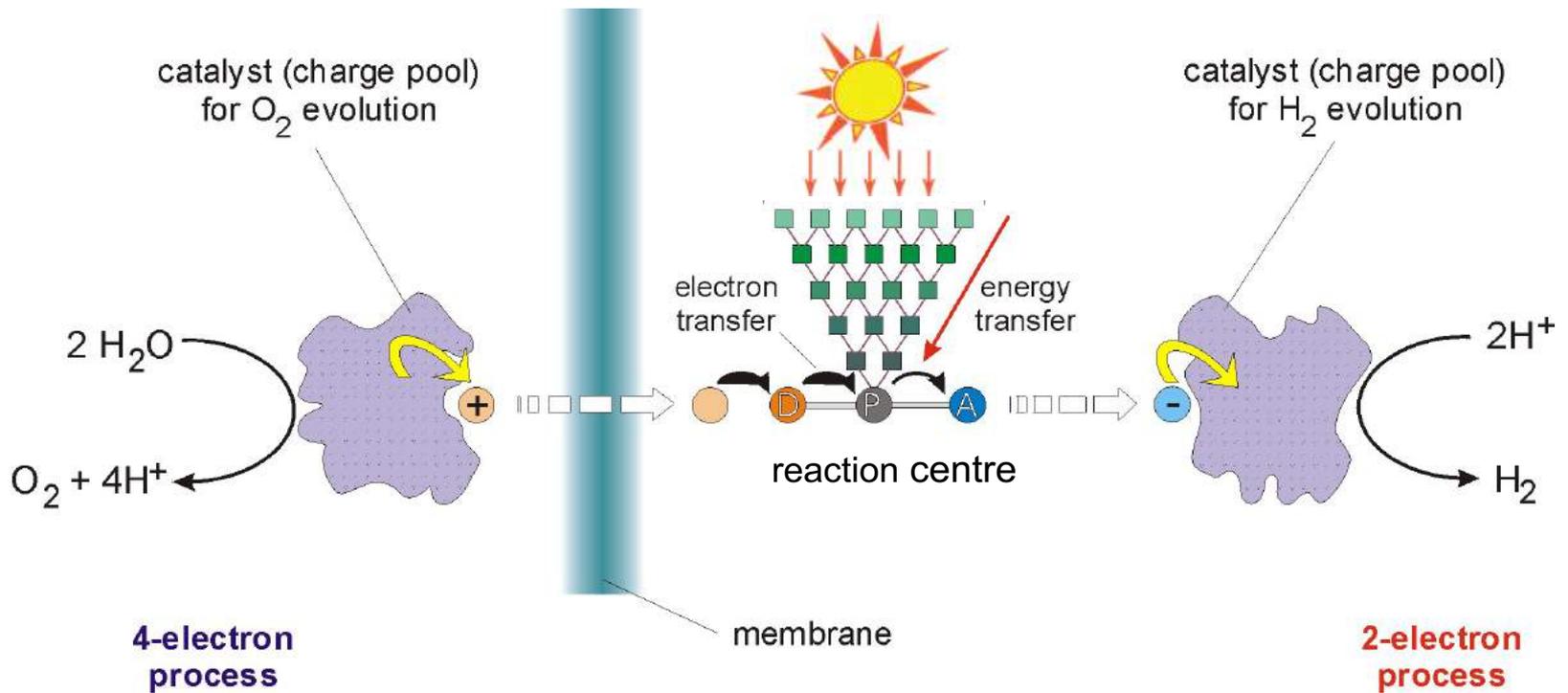




## Oltre alla sintesi di sistemi antenna

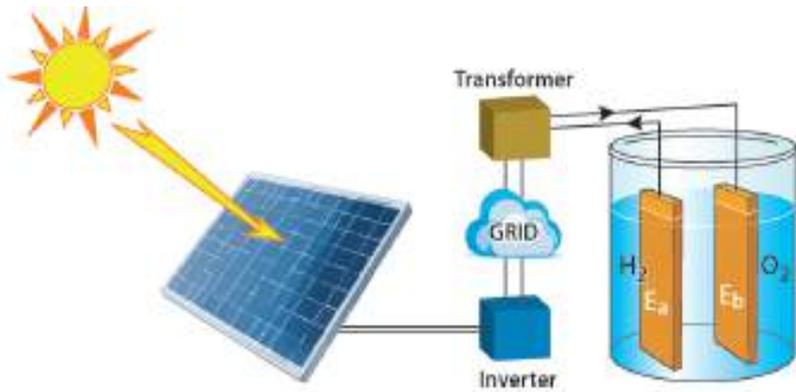
- Sintesi del sistema D-P-A (centro di reazione) per ottenere il processo di separazione di carica
- Uso/sviluppo di catalizzatori per la produzione di ossigeno e idrogeno
- Utilizzo/sviluppo di una membrana in grado di separare le zone di produzione dei due gas e di permettere il veloce trasporto di protoni

**Integrazione di tutti i componenti**

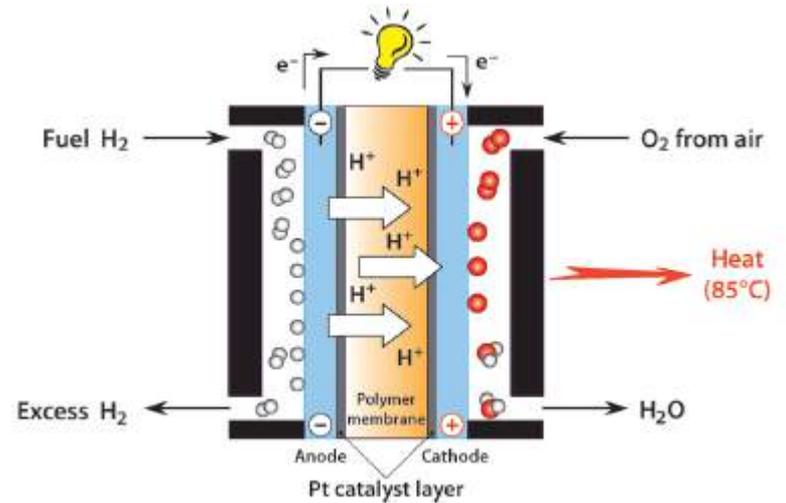


**Il sistema è molto complesso e le ricerche sono ancora in corso!**

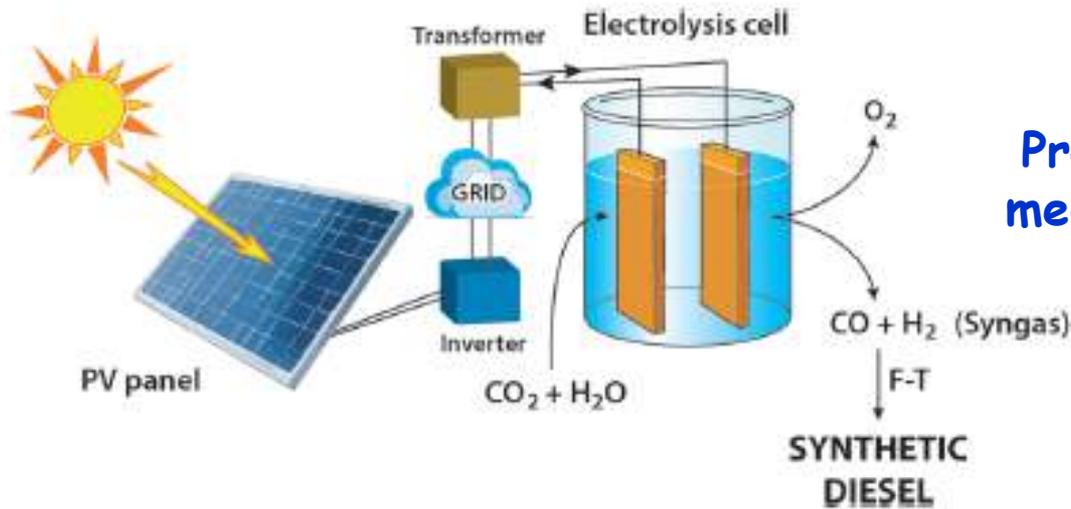
**È però possibile ottenere la scissione dell'acqua mediante l'elettrolisi sfruttando l'energia elettrica ottenuta con i pannelli fotovoltaici**



Produzione di idrogeno e ossigeno mediante fotoelettrolisi dell'acqua (si sta esplorando la possibilità di usare acqua di mare)



L'idrogeno e l'ossigeno possono essere riconvertiti in elettricità nelle celle a combustibile



Produzione di syngas ( $\text{CO} + \text{H}_2$ ) mediante fotoelettrolisi di acqua e  $\text{CO}_2$

Come appena visto, le energie rinnovabili vanno convertite in energie per uso finale (calore, elettricità e combustibili) e questo processo richiede l'uso di materiali

**energie rinnovabili**



sole, vento,  
acqua, mare

**energia per usi finali**

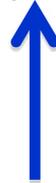


elettricità, calore,  
combustibili



**dispositivi, congegni, apparati**

(celle FV, turbine eoliche, pompe, batterie,  
catalizzatori, membrane, ecc.)

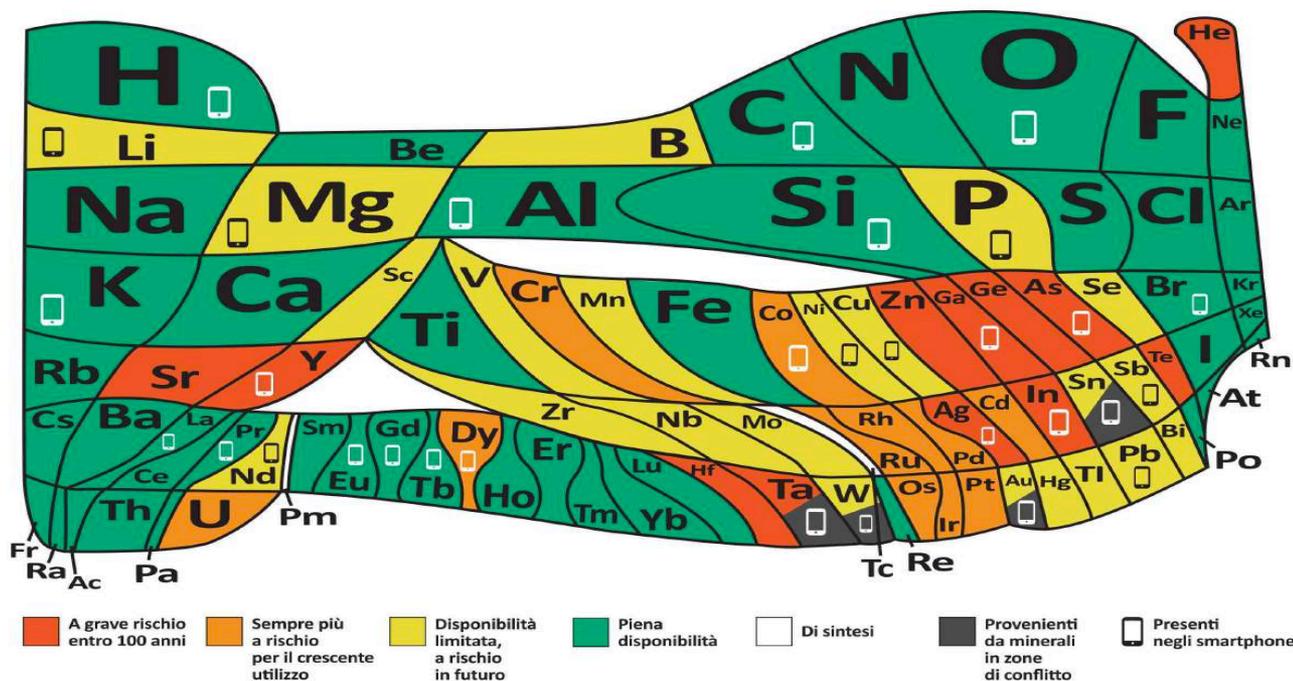


metalli e altri materiali  
che si trovano sulla Terra

# Per la conversione delle energie rinnovabili servono in particolare metalli ed elementi che sono scarsi sulla Terra



## 90 elementi chimici e la loro disponibilità relativa sulla Terra. Ci basteranno?



Noi però non ci preoccupiamo e  
usiamo con un ritmo sempre più  
crescente ciò che il pianeta ci  
mette a disposizione

# Quanti elementi usiamo

Una casa prima del 1950



Una casa del 1990: ca. 20 elementi chimici

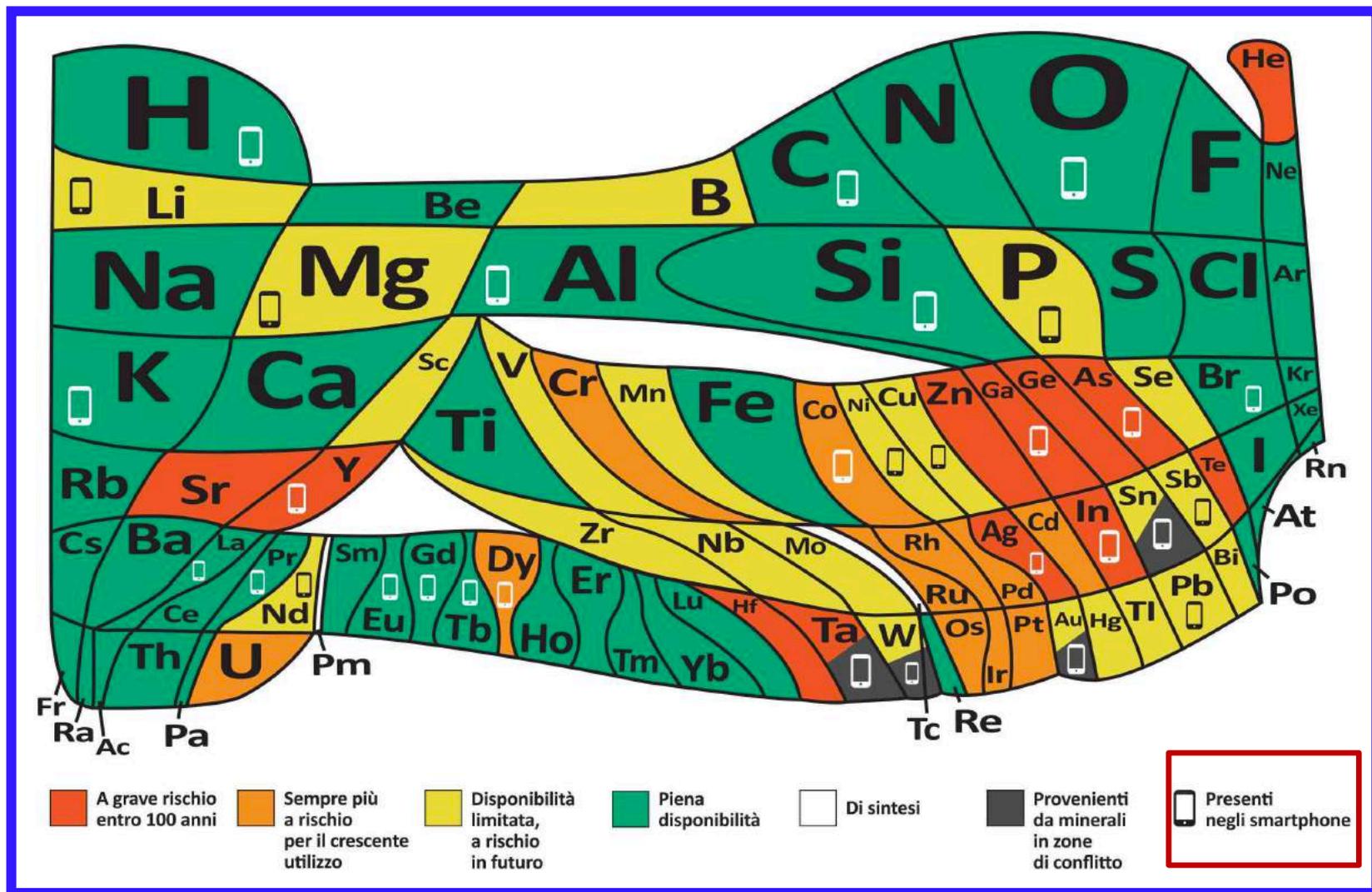


2019: ca. 40 elementi chimici sul palmo di una mano



Grande  
intensificazione  
materiale

<http://www.rareelementresources.com>



Uno smartphone è una sorta di campionario ambulante della Tavola Periodica

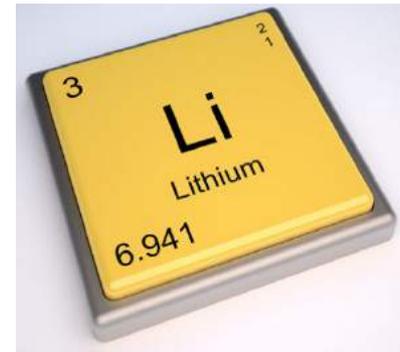
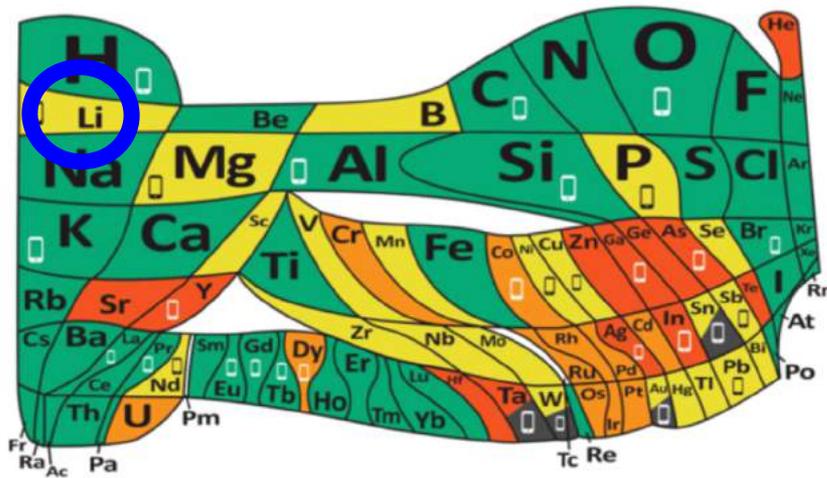
**Una grande intensificazione materiale  
caratterizza il nostro attuale sviluppo**

**150 anni per  
"apparecchiare" la  
Tavola Periodica**



**Forse molti meno  
per "sparecchiarla"**

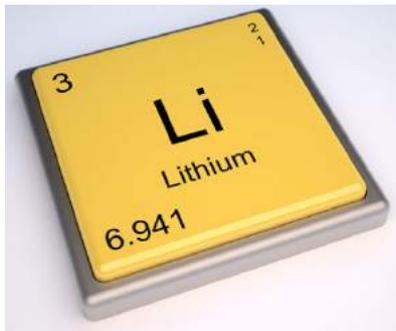




**Maggiori produttori: Australia, Cile, Argentina**

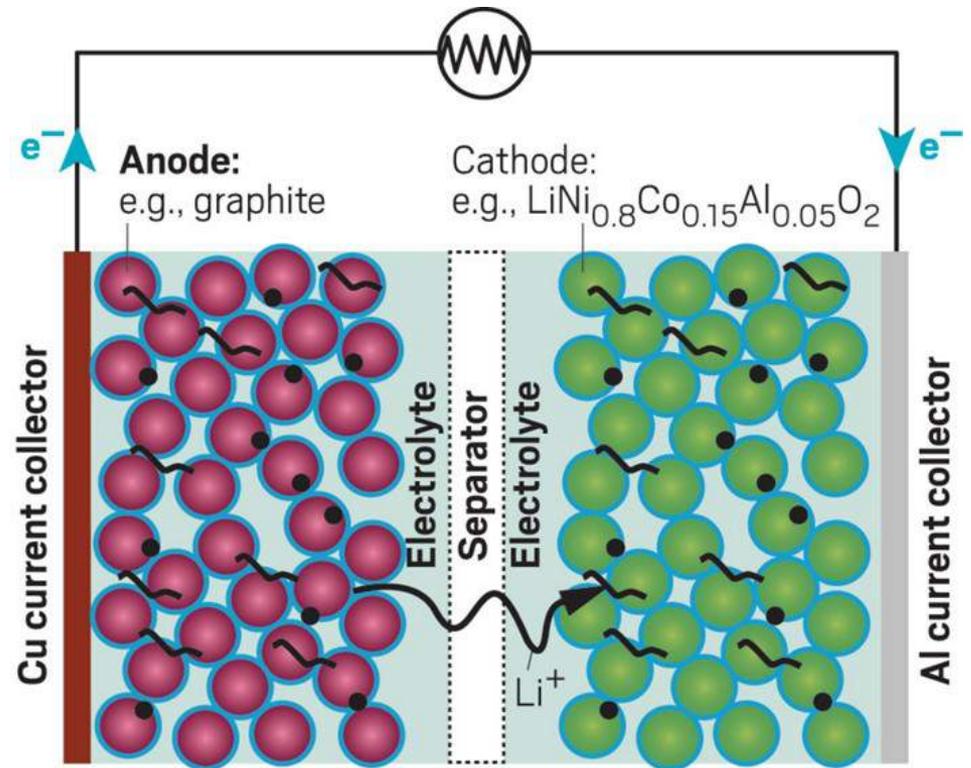
**La più grande riserva mondiale: Salar de Uyuni in Bolivia (10.000 km<sup>2</sup>)**





Il metallo più leggero e più piccolo e con uno dei più elevati potenziali elettrochimici

Ideale per le batterie



Batterie agli ioni litio

# Premio Nobel per la Chimica 2019



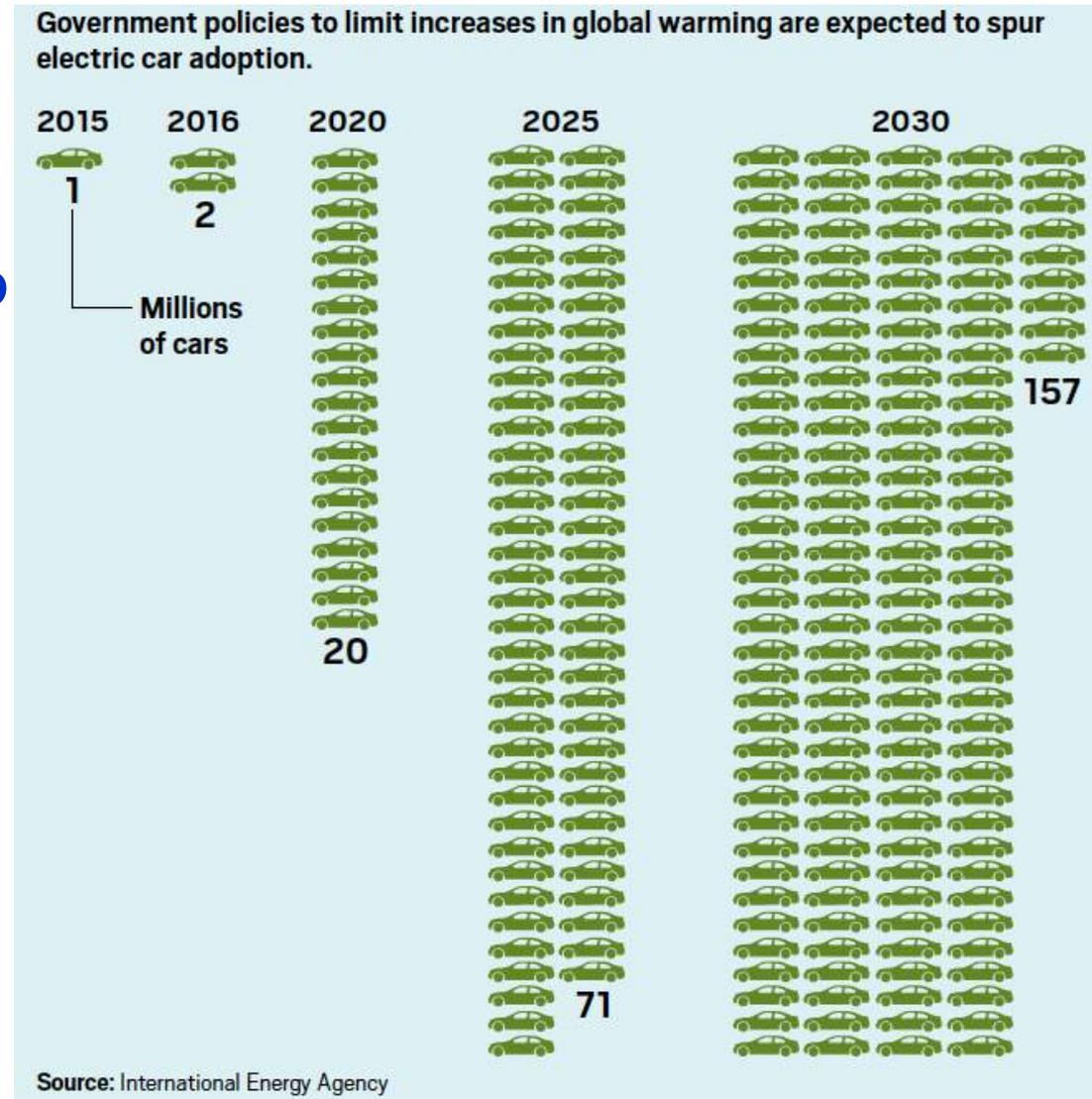
John B. Goodenough (sinistra), M. Stanley Whittingham e Akira Yoshino

Motivazione della Reale Accademia Svedese per le Scienze:  
Con il loro lavoro, i vincitori hanno reso possibile un mondo  
ricaricabile e hanno creato le condizioni per una società  
senza fili. Questo tipo di batteria è leggera, ricaricabile e  
potente: può immagazzinare quantità importanti di energia  
eolica e solare, aprendo la strada a una società libera dai  
combustibili fossili

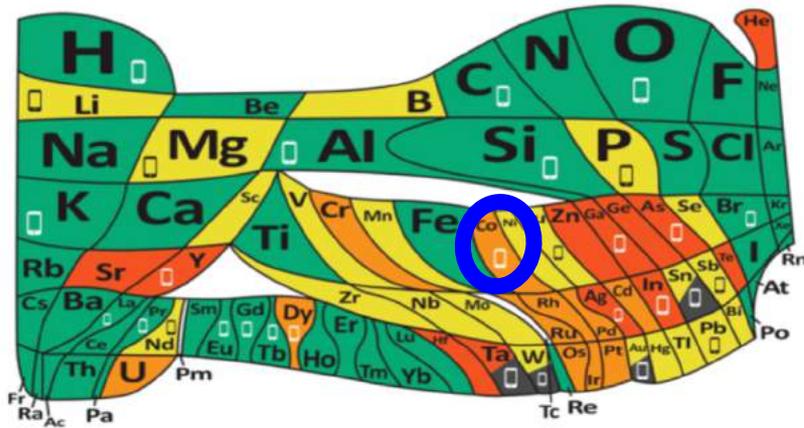
# Produzione mondiale di litio: 43.000 t/anno

Occorrono 10 kg di litio  
per un'auto elettrica

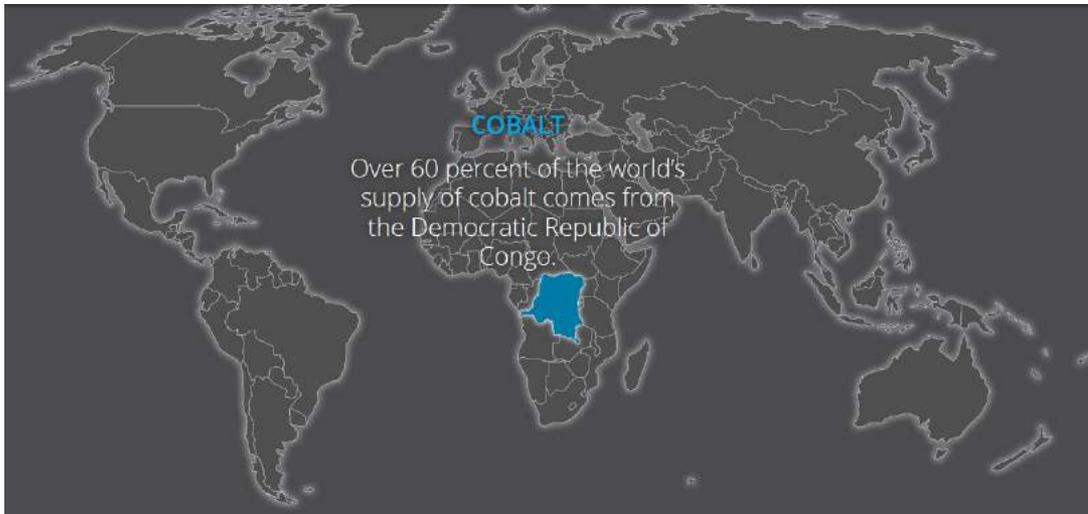
Altri usi del litio:  
industria ceramica e  
metallurgica, purificazione  
dell'aria nelle cabine dei  
veicoli spaziali e  
sottomarini, in medicina ...



Potremo fare tutto ciò?



**Maggiori produttori: Repubblica democratica del Congo, Russia, Australia, Canada, Zambia**



**Produzione mondiale:  
123.000 t/anno**

# Utilizzi

Fin dall'antichità i sali di cobalto sono stati usati come pigmenti

Produzione di:

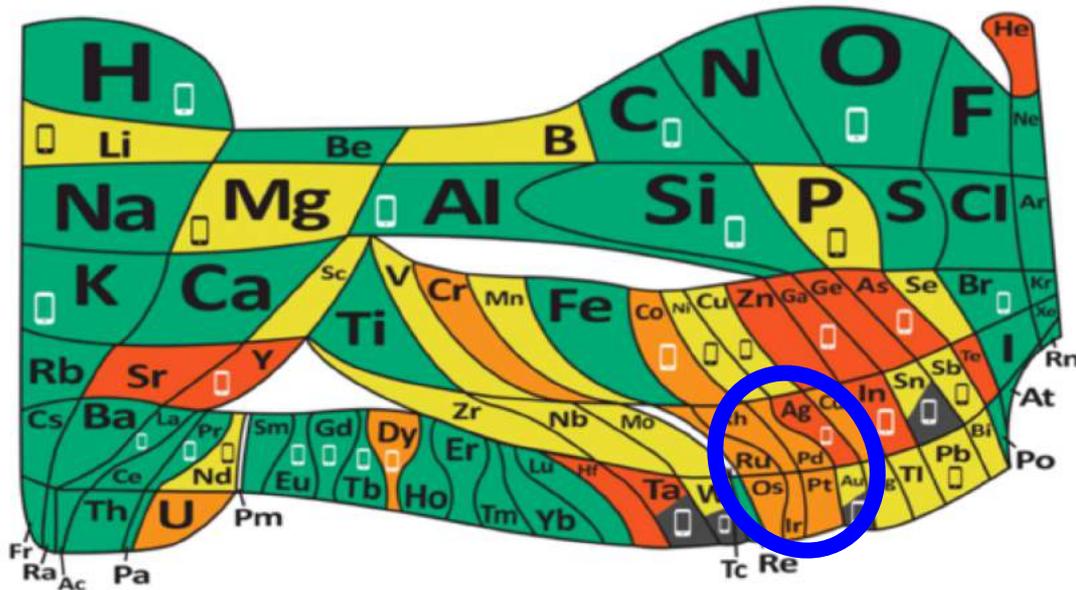
- ✓ acciai speciali
- ✓ superleghe
- ✓ leghe per impianti ortopedici e dentali



Il cobalto è contenuto nel catodo delle batterie agli ioni litio

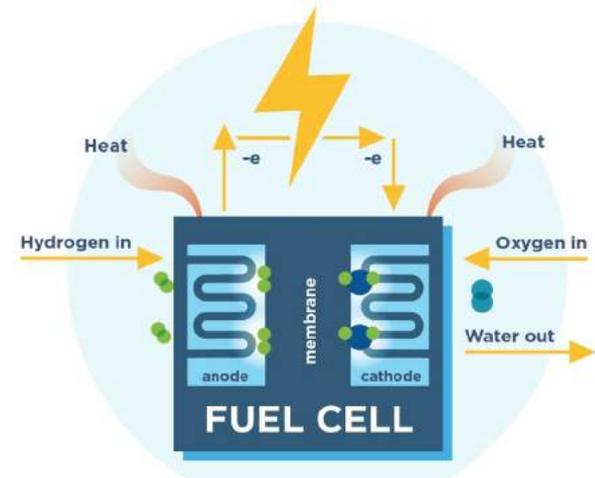
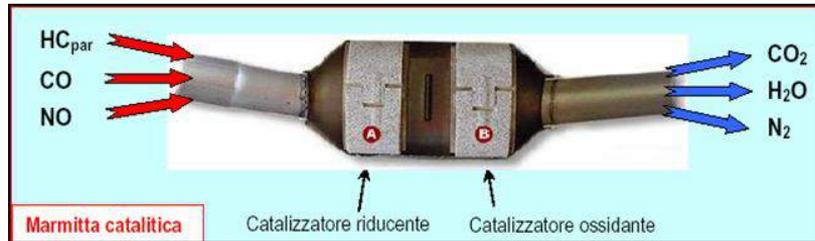
La richiesta di cobalto è quintuplicata e si prevede che continui a crescere con la diffusione dei veicoli elettrici

# Metalli di transizione

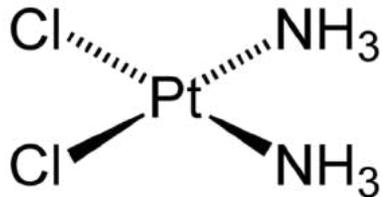


Alcuni metalli di transizione hanno proprietà uniche fra tutti i metalli: Pt è uno dei migliori conduttori elettrici, Ir è il metallo più resistente alla corrosione, Os è il metallo più denso, Au è il metallo più duttile e malleabile, Ag è il migliore conduttore di calore

# Proprietà catalitiche speciali



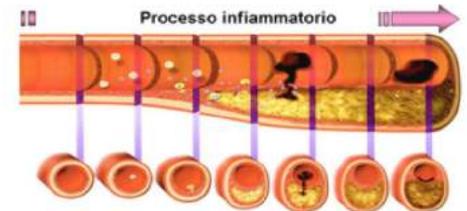
## Ambito medico



Cis-platino: chemioterapico

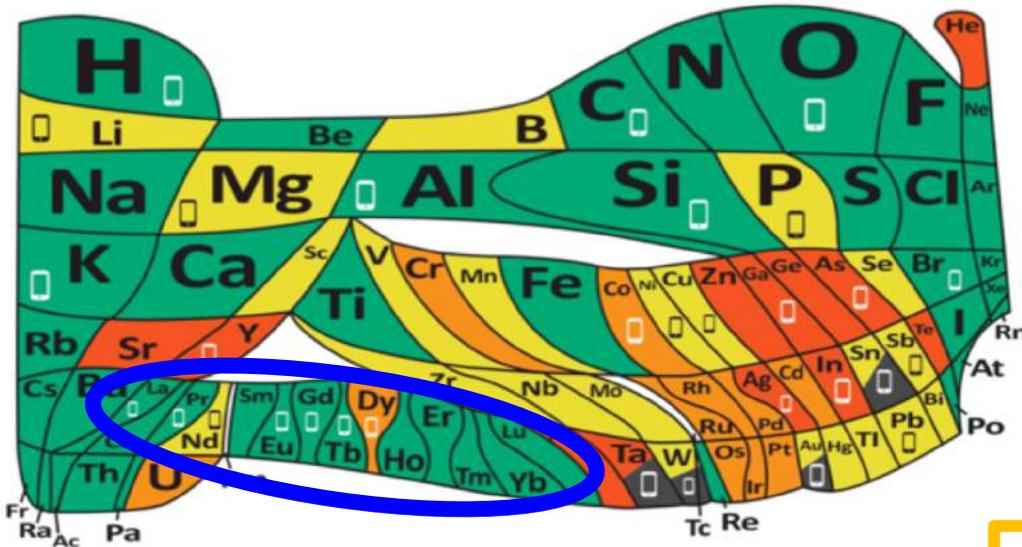


Ag colloidale: antibatterico



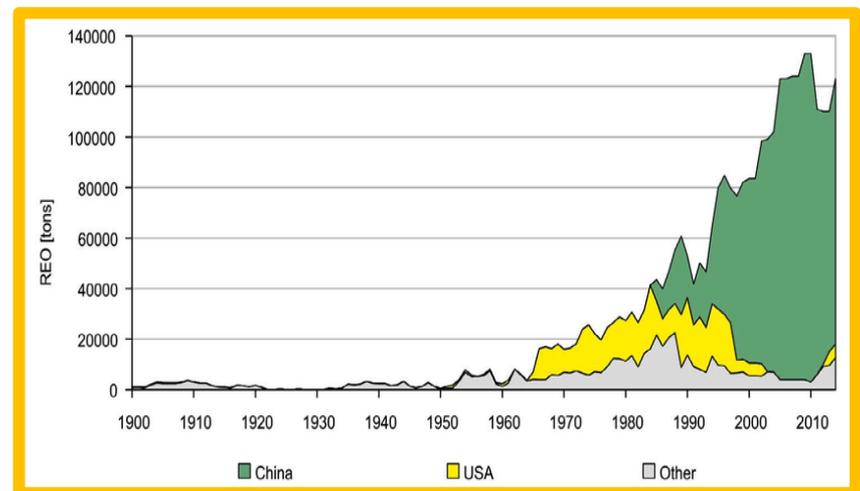
Au colloidale: antinfiammatorio

# Elementi delle Terre Rare

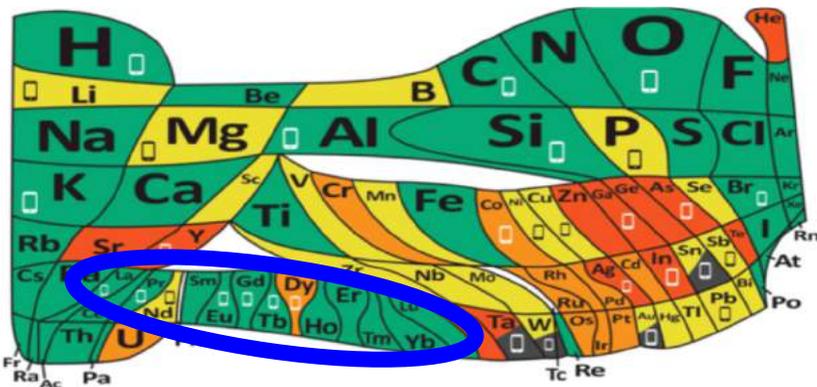


**Cina: maggior produttore mondiale di Terre Rare (circa il 90%)**

In realtà non sono così rari come direbbe il loro nome, sono invece raramente concentrati ad un livello che ne permetta uno sfruttamento economicamente conveniente



[https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rare\\_earths/](https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rare_earths/)



## Elementi delle Terre Rare

Monumento alle Terre Rare nel campo eolico di Damao



Proprietà ottiche, magnetiche, catalitiche e luminescenti speciali per la presenza di elettroni "spaiati"

# The Many Uses of Rare Earths



## Magnetics

Nd Tb, Dy Pr

Computer Hard Drives  
Disk Drive Motors  
Anti-Lock Brakes  
Automotive Parts  
Frictionless Bearings  
Magnetic Refrigeration  
Microwave Power Tubes  
Power Generation  
Microphones & Speakers  
Communication Systems  
MRI



## Phosphors

Nd, Eu, Tb, Y Er, Gd Ce, Pr

Display phosphors - CRT, LPD, LCD  
Fluorescent Lighting  
Medical Imaging  
Lasers  
Fibre Optics



## Metal Alloys

Nd, Y La, Ce, Pr

NimH Batteries  
Fuel Cells  
Steel  
Super Alloys  
Aluminium / Magnesium



## Catalysts

Nd La, Ce, Pr

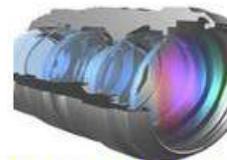
Petroleum Refining  
Catalytic Converter  
Fuel Additives  
Chemical Processing  
Air Pollution Controls



## Ceramics

Nd, Y, Eu Gd, Lu, Dy La, Ce, Pr

Capacitors  
Sensors  
Colorants  
Scintillators  
Refractories



## Glass & Polishing

Nd Gd, Er, Ho La, Ce, Pr

Polishing Compounds  
Pigments & Coatings  
UV Resistant Glass  
Photo-Optical Glass  
X-Ray Imaging



## Defense

Nd, Eu, Tb, Dy, Y Lu, Sm Pr, La

Satellite Communications  
Guidance Systems  
Aircraft Structures  
Fly-by-Wire  
Smart Missiles



# Oro, stagno, tungsteno e tantalio, ma anche **cobalto**, estratti nelle miniere della Repubblica democratica del Congo



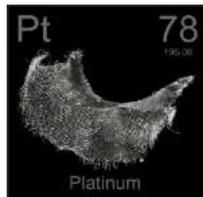
Questi elementi sono essenziali per produrre dispositivi elettrici ed elettronici: si stima che la produzione degli smartphone finora sia costata la vita di almeno 11.000.000 persone

**Cosa si può fare per arginare il problema della scarsa disponibilità degli elementi?**

**Si tratta di un problema che non riguarda solo il settore energetico, ma tutto lo sviluppo tecnologico**

# Asteroidi come miniere?

Concentrazione (ppb)  
Terra      asteroidi



5

1400



1

760



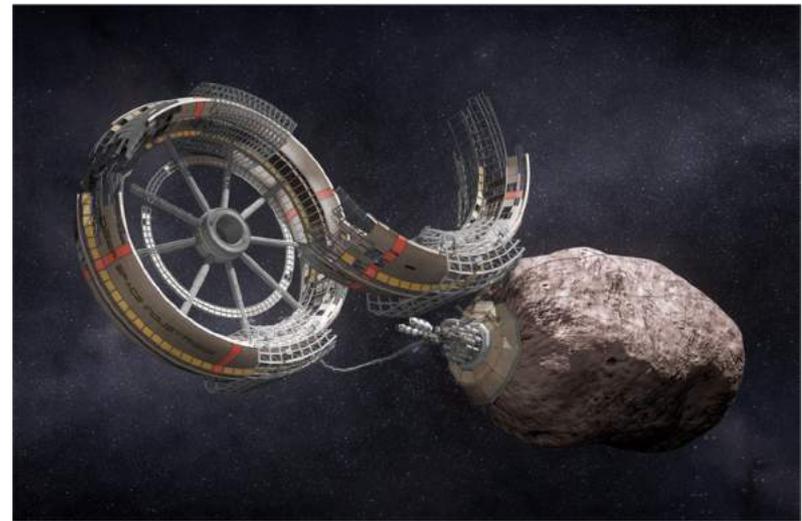
15

870



4

215

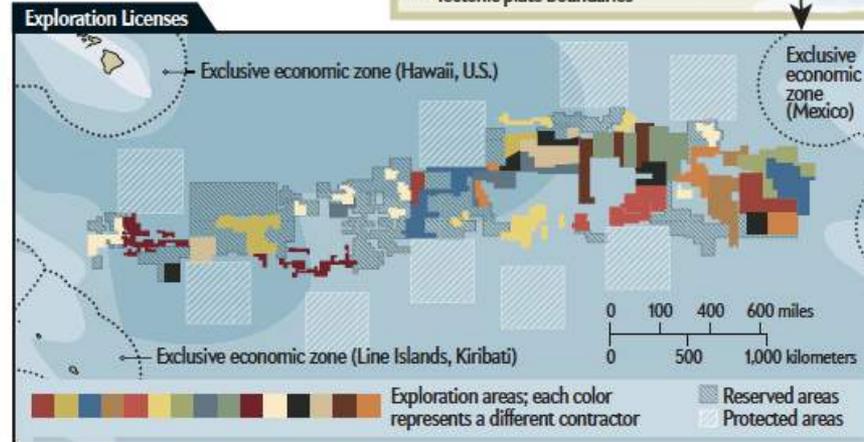
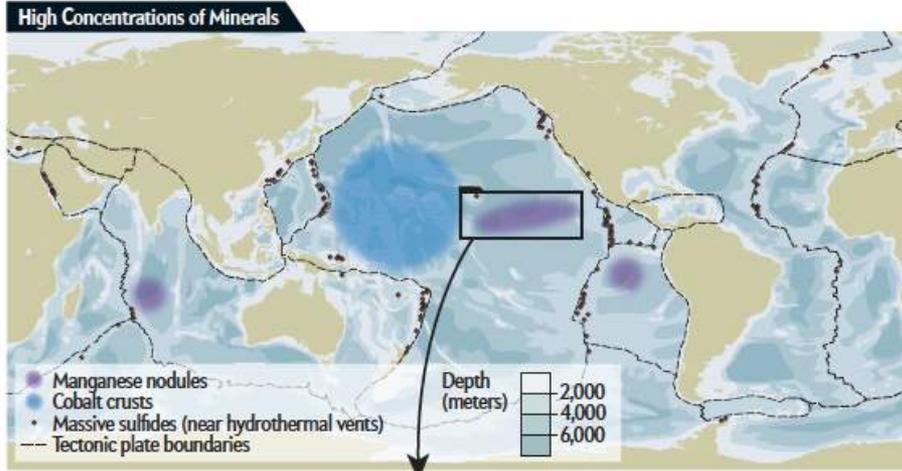


**Non è una opzione  
realistica!**

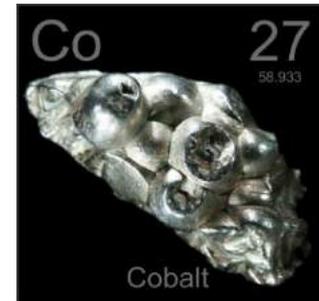
# Mare profondo come miniera?

## Treasure Hunt

Many countries and companies mine the shallow ocean floor for oil, sand and diamonds. Now they are exploring the deep seabed for critical metals such as nickel and cobalt. Researchers have mapped three types of deposits in international waters that seem particularly promising (colored regions). Manganese nodules may be the most economical to extract.



The International Seabed Authority, which regulates mining in international waters, has issued 16 exploration licenses (colors) for manganese nodules in the Clarion-Clipperton Fracture Zone, a region of the Pacific Ocean seafloor about the size of Europe. Most of the rocks lie in water deeper than 4,000 meters. As the authority grants permits, it designates reserved areas for possible future exploitation by developing countries, as well as protected areas where no mining can occur. Some countries are also searching within their exclusive economic zone—their national waters.



Un'opzione futuribile (?), ma con un grosso impatto ambientale

**Il problema della limitata  
disponibilità di materiali fa  
affrontato subito e nell'ottica  
dello sviluppo sostenibile**

**I passi da fare sono quindi ...**

# Abbandonare l'attuale economia lineare

## Economia Lineare

Le risorse naturali sono "infinite"



Risorse naturali



Estrarre



Usare



Gettare

Rifiuti

Energia ottenuta da combustibili fossili

# Passare all'economia circolare

Le risorse naturali sono limitate

Seguire l'insegnamento della natura che da sempre usa l'economia circolare



Energia ottenuta da fonti rinnovabili

# Economia circolare

Questa economia è  
basata su alcune  
parole chiave

Le risorse  
naturali  
sono limitate



Energia ottenuta da fonti rinnovabili

Le parole chiave si riferiscono ad azioni ormai ineludibili per attuale le quale la Chimica gioca un ruolo fondamentale



# Sostituire

Sostituire i combustibili fossili con  
fonti energetiche rinnovabili

fonti energetiche *prevaricatrici* →  
fonti energetiche *gentili*

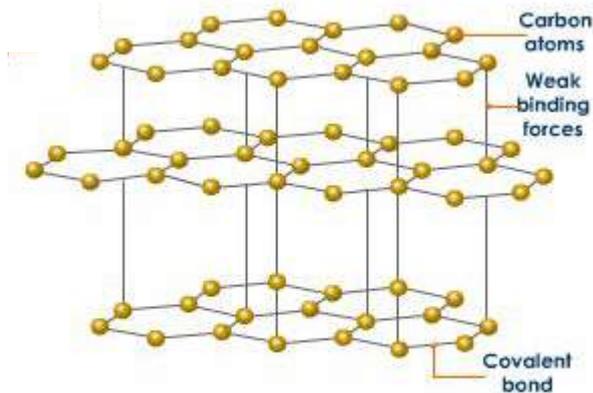
Energia solare



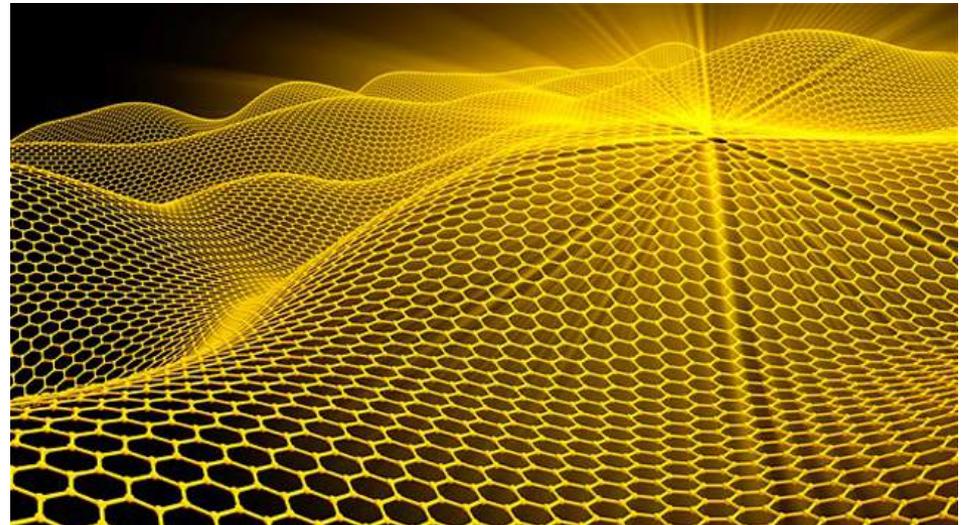
# Sostituire

Sostituire elementi scarsi o dannosi con elementi più abbondanti e non tossici

Il platino, elemento critico molto usato come catalizzatore, ad es. nelle celle a combustibile, potrebbe essere sostituito dal grafene



Structure of Graphite



# Sostituire

L'indio, difficile da estrarre e scarso, come composto ternario con ossigeno e stagno (ITO) trova svariate applicazioni per le ottime proprietà ottiche e conduttometriche

Flat panel displays



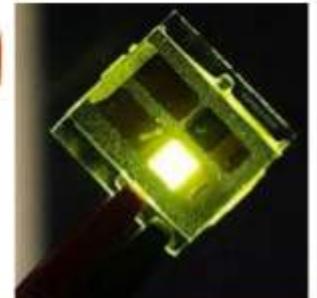
Solar Cells



Touch panels



OLED



Valida alternativa: un ossido di calcio e alluminio, due elementi abbondanti sulla crosta terrestre

# Sostituire

non sempre è possibile per altri problemi

La sostituzione del rame con l'alluminio, più abbondante, come conduttore di elettricità comporta un costo energetico troppo alto

	kWh/kg	Mton/anno	TWh/anno
Acciaio	6.1	1100	6600
Alluminio	61.4	33	1920
Rame	13.3	15	200
Zinco	11.7	10	100
Nichel	44.4	1.4	60
Piombo	7.2	3	0.8

# Sostituire

Sostituire prodotti ad alto impatto ambientale con altri ecosostenibili

- Acqua minerale ➡ acqua del "rubinetto"
- Dieta a base di carne ➡ dieta mediterranea
- Prodotti "esotici" e di serra ➡ prodotti locali e di stagione

# Sostituire

## Materiali plastici

**Sostituire i prodotti plastici tradizionali (ad es. polipropilene, polietilene, cloruro di polivinile, polietilene tereftalato, polistirene) con plastiche biodegradabili o compostabili**

### **Biodegradabile o compostabile?**

Le plastiche compostabili sono un sottoinsieme delle plastiche biodegradabili e si decompongono biologicamente alle condizioni di compostaggio entro il tempo relativamente breve di un ciclo di compostaggio.

- ◇ **Compostabile significa sempre biodegradabile**
- ◇ **Biodegradabile non necessariamente significa compostabile**

# La bioplastica compostabile



La bioplastica compostabile è un tipo di plastica derivante da materie prime vegetali rinnovabili annualmente (farina o amido di mais, o altri cereali) capace di decomporsi per compostaggio in qualche mese, contro centinaia di anni richiesti per le materie plastiche tradizionali e decine di anni per quelle biodegradabili

# Sostituire

Sostituire i processi industriali inquinanti con processi più rispettosi per l'ambiente e la salute dell'uomo usando i principi della "Green Chemistry"

Sarebbe più giusto parlare di un uso verde della chimica, perché chimica verde suppone che ci sia una chimica "non verde"



# Sostituire

Sostituire i processi industriali inquinanti con processi più rispettosi per l'uomo e l'ambiente



Principles of Green Chemistry.

La chimica connessa all'estrazione dei minerali e alla lavorazione dei metalli ha molte criticità: uso di sostanze pericolose (cianuri, mercurio e/o miscele di acidi), sviluppo di gas tossici e inquinanti; contatto con sostanze radioattive

# Sostituire

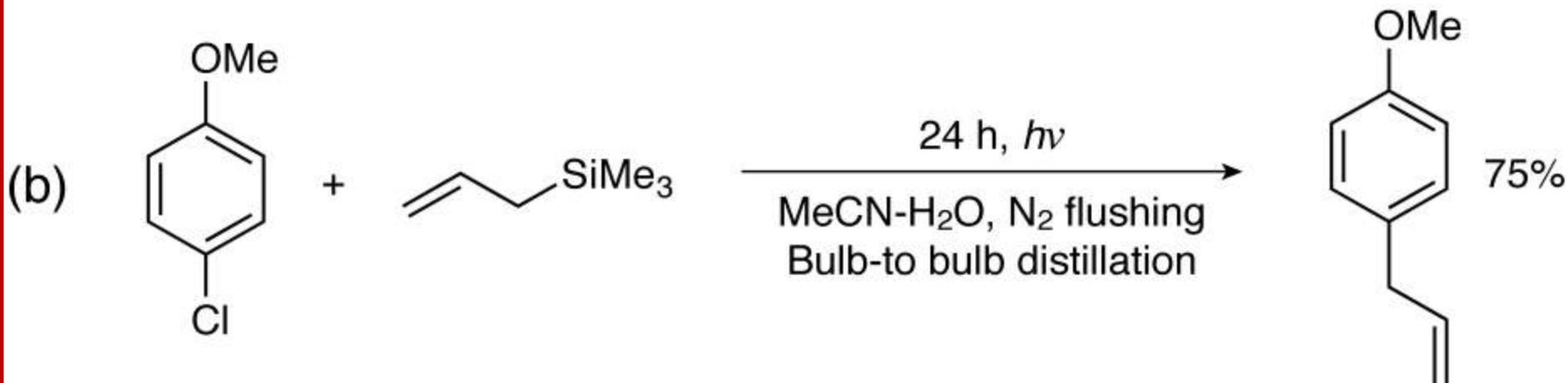
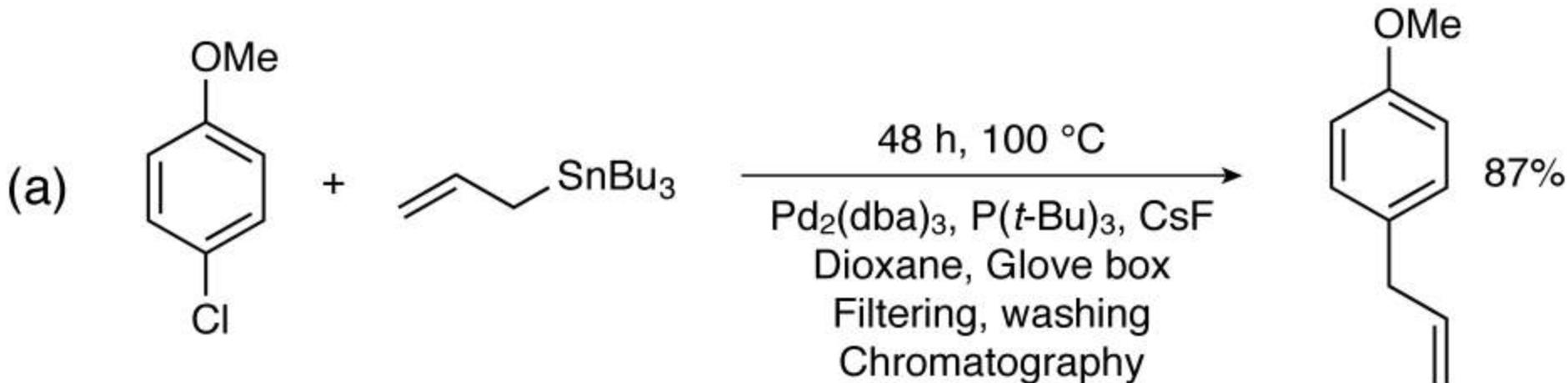
Sostituire i processi industriali inquinanti con processi più rispettosi per l'uomo e l'ambiente



Figure 3. Principles of Green Chemistry.

I processi fotochimici (la luce fornisce ai reagenti l'energia necessaria affinché il processo avvenga) sono molto rispettosi dell'ambiente perché non richiedono condizioni drastiche (alte temperature, solventi dannosi, catalizzatori basati su metalli pesanti) e minimizzano la formazione di prodotti di scarto

# Sintesi tradizionale (a) e fotochimica (b) dell'estragolo (4-allilanisolo) usato in profumeria e come additivo alimentare



# Riciclare

È nata una disciplina chiamata Garbology, che si interessa della gestione e del trattamento dei rifiuti



Per far questo è fondamentale che a monte ci sia la raccolta differenziata

Tutti i metalli, ad esempio, possono essere riciclati con ottimi risultati, anche in termini di recupero di energetico (produrre un metallo puro dal minerale è un ciclo di produzione altamente energivoro)



# Riciclare

Le apparecchiature elettriche ed elettroniche dismesse costituiscono una grossa parte dei rifiuti: ogni anno nel mondo 42.000.000 t (di cui 7.000.000 t in Europa, pari a 15 kg pro capite)



**Si tratta di una  
risorsa di metalli  
preziosi**



**Da un solo cellulare si possono  
recuperare:**

- ✓ 0,024 g di oro
- ✓ 0,25 g di argento
- ✓ 9 g di rame
- ✓ 1 g di terre rare



# Riciclare

Nel 2017 a livello europeo solo il 45% dei rifiuti elettrici ed elettronici è finito in sistemi di raccolta e di riciclaggio ufficiali, il restante 55% è stato esportato in paesi dove non c'è un'adeguata tutela del lavoratore, riciclato in condizioni non conformi, o semplicemente gettato in discarica



# Esempi importanti



**Le 5.000 medaglie che dovevano essere assegnate agli atleti sono state ottenute riciclando 6.000.000 di smartphone ed altri rifiuti di apparecchiature elettriche**

# Esempi importanti

## Vernici, pitture e coloranti per tessuti da scarti alimentari

Pitture e vernici ecosostenibili - le green paints - sono state ottenute da scarti di arancia, pomodoro, cacao e da amido di mais: un progetto tutto italiano



Colori per i tessuti dalla buccia delle cipolle

# Esempi importanti

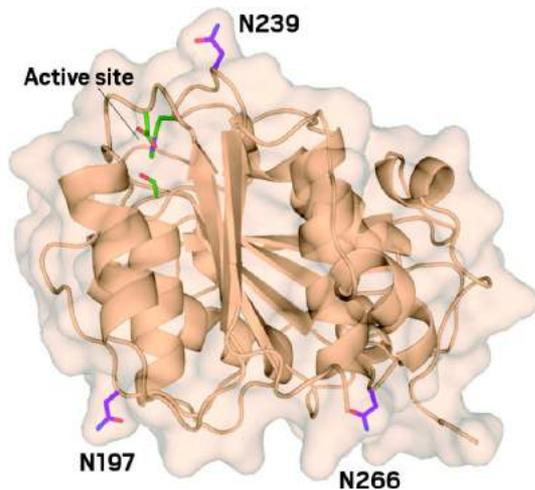
## Tessuti dagli scarti di arance e limoni



I sottoprodotti dell'industria agrumicola si trasformano in materiale tessile innovativo e sostenibile, simile alla seta e alla viscosa, riducendo l'impatto ambientale non solo dell'industria alimentare, ma anche di quello della moda. Progetto di due giovani ricercatrici siciliane

# Esempi importanti

## Un enzima per la degradazione e il riciclaggio del PET



Un enzima della famiglia delle cutinasi, opportunamente modificato, è capace di degradare il polietilene tereftalato (PET), favorendone un ripetuto riciclo ed evitando quindi che finisca in discarica. Questo approccio consente di risolvere il problema sempre crescente dei rifiuti di plastica.

# Progettare a moduli per riparare, riutilizzare e recuperare (riciclo)



# Fare con meno

Strategia della miniaturizzazione:  
risparmio di atomi



# Nanotecnologia

Tecnologia sulla scala dei nanometri



*Progettazione e realizzazione  
di materiali e congegni*



*Nanometro:  
un miliardesimo di metro*

Capello

100.000 nm (spessore)

Atomo di idrogeno 0,1 nm

Molecola d'acqua 0,2 nm

Molecola dell'emoglobina 3,5 nm

# Definizione di nanotecnologia

❖ *Wikipedia*

Il termine nanotecnologia indica genericamente la manipolazione della materia a livello atomico e molecolare (dimensione del miliardesimo di metro)

# Chi è stato il primo a parlare di nanotecnologia?



**Richard Feynman**

Nobel per la Fisica 1965

**There is plenty of room at  
the bottom**

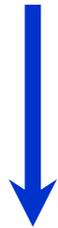
Address to the American Physical Society  
December 1959

**Quello di cui voglio parlare è  
il problema di manipolare e  
controllare le cose su una  
scala piccolissima: atomi e  
molecole**

Si comincia veramente a parlare di nanotecnologia e ad utilizzarla solo dopo il 1980

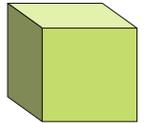
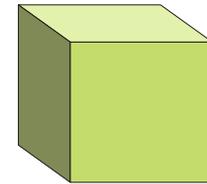
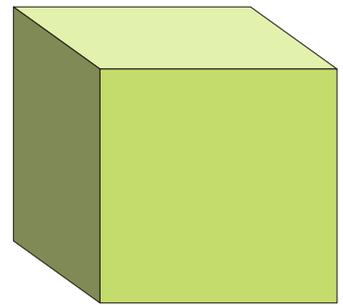
Per sviluppare questa tecnologia occorre un cambio di paradigma

materiali macroscopici

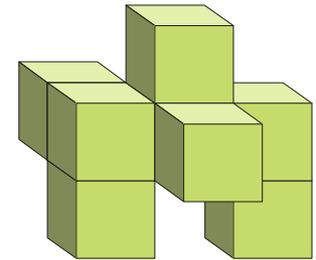


approccio  
"dall'alto"

microstrutture ( $\sim 1 \times 10^{-6}$  m;  $\mu\text{m}$ )

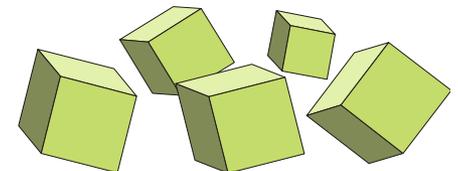


nanostrutture (1-100 nm)



approccio  
"dal basso"

atomi e molecole

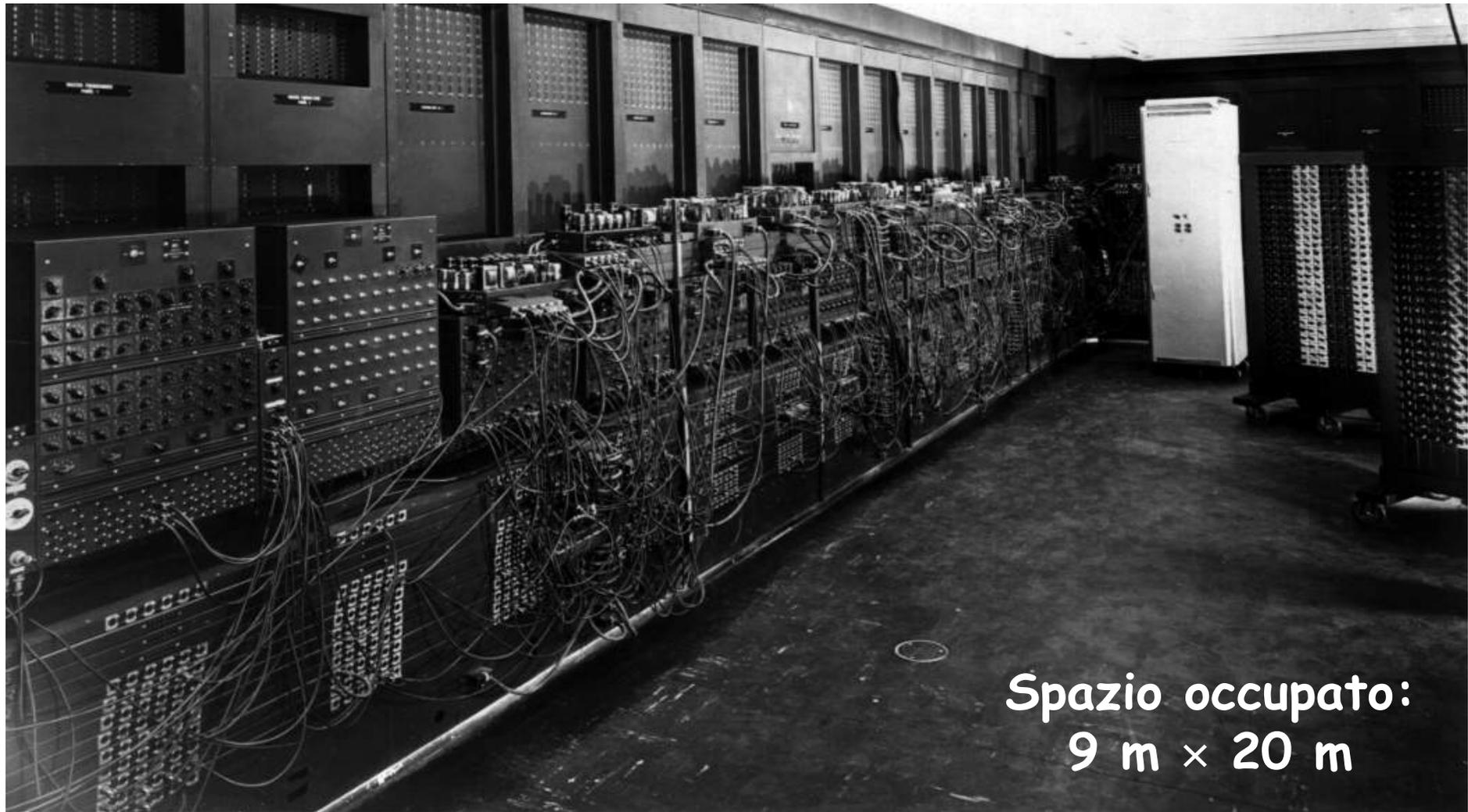


**Perché è importante  
sviluppare questo tipo di  
tecnologia?**

**Un aspetto importante dell'attuale  
progresso è la miniaturizzazione  
(obiettivo della nanotecnologia)**

**Un esempio eclatante riguarda il  
settore informatico**

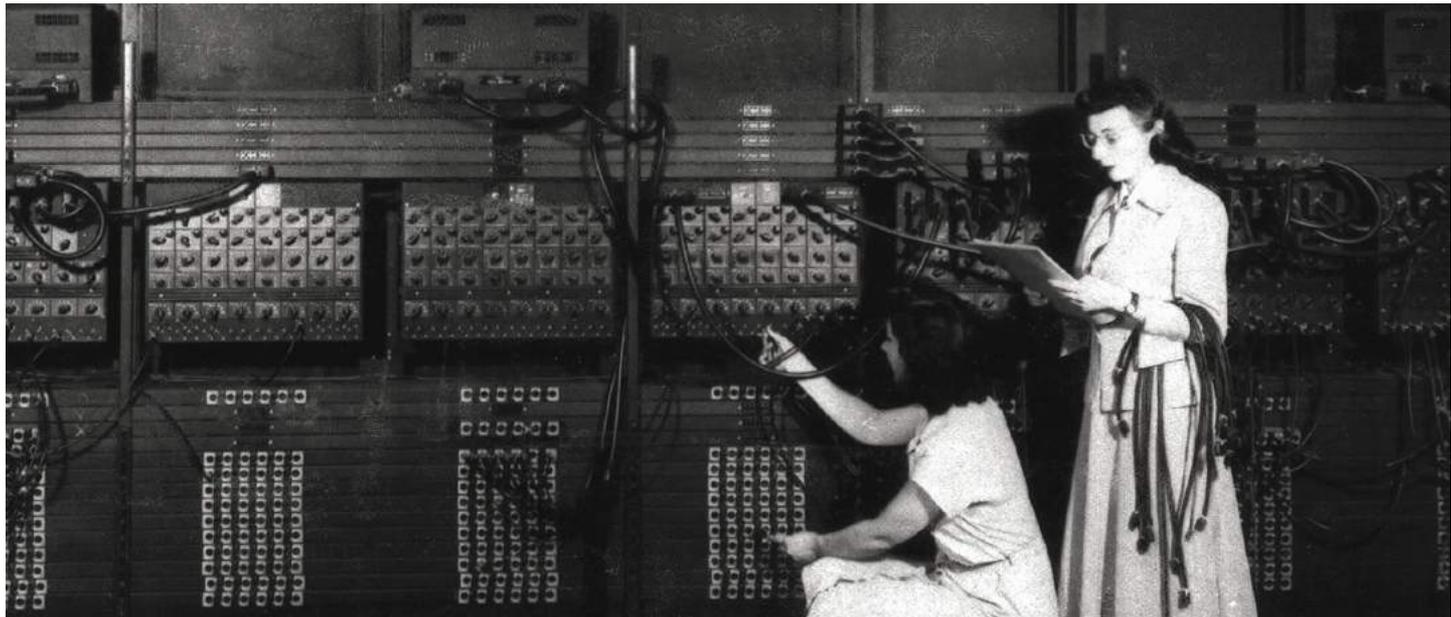
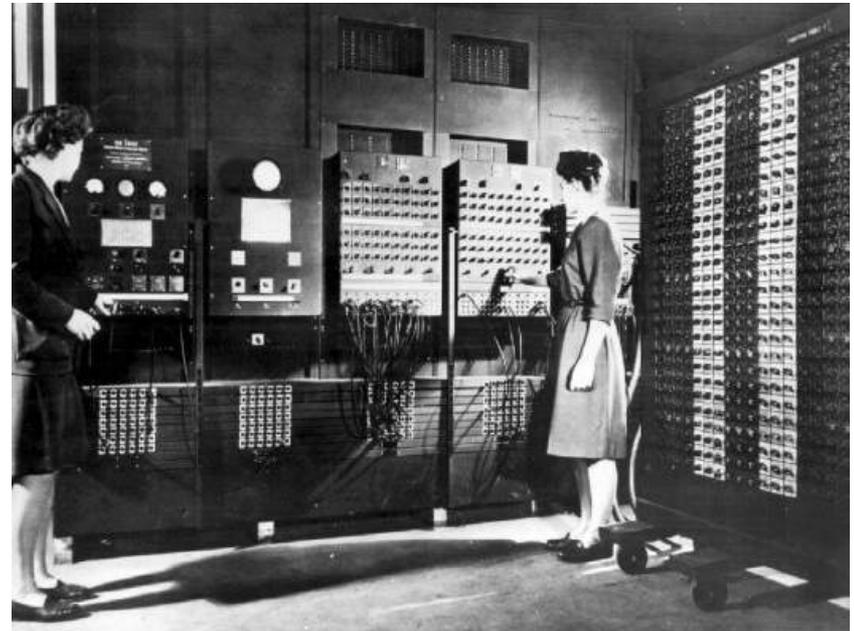
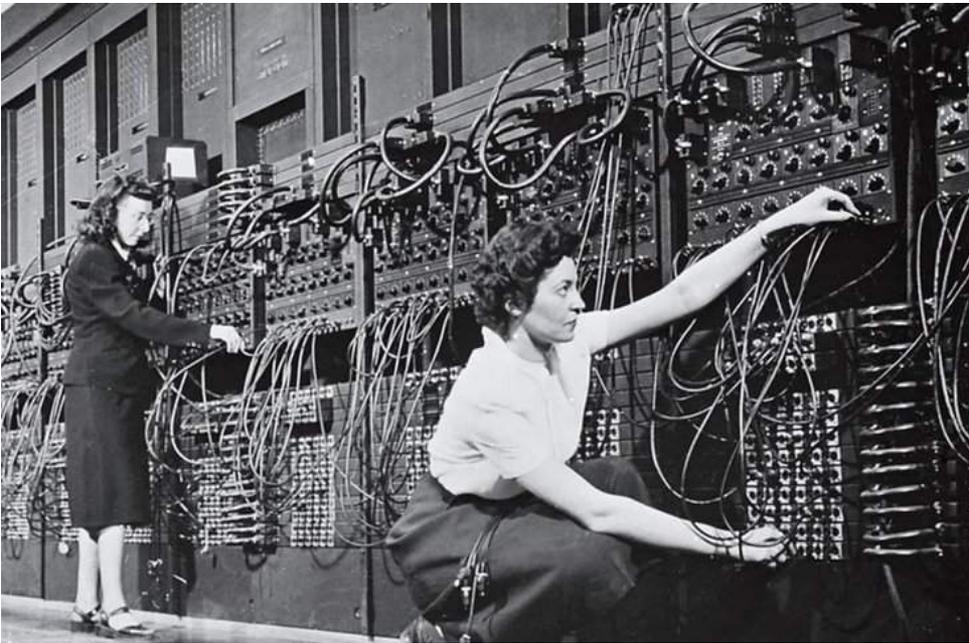
# ENIAC: il primo computer elettronico (1946)



Spazio occupato:  
9 m × 20 m

*Peso: ca. 30 t   Elementi: 18000 valvole   Consumo: 200 kW*

# The ENIAC Girls



# Gli attuali computer elettronici sono basati su transistor e circuiti integrati estremamente miniaturizzati



*Peso: ~ 2 kg*  
*Consumo: 100W*



**Pentium J4205**

*Elementi: decine di milioni di transistor*  
*Dimensione elementi: 14 nm*

**IBM ha annunciato la messa a punto di una nuova generazione di transistor della dimensione di 7 nm**

# Su questa rivoluzione tecnologica si basa anche lo sviluppo di internet e l'attuale *Information and Communication Technology*



# Esempi di nanotecnologia dal passato

Si tratta però di un uso non consapevole della nanotecnologia

# Coppa di Licurgo (arte romana, IV sec)

Il vetro, contenente piccole proporzioni di nanoparticelle di oro e argento (70 nm) disperse in forma colloidale, cambia colorazione a seconda della direzione della luce che lo illumina



# Ceramiche di Deruta del Rinascimento

I colori iridescenti e traslucidi di queste ceramiche si devono a nanoparticelle di rame (che danno il colore rosso) e di argento (responsabili delle colorazioni dorate) disperse in forma colloidale nel materiale ceramico



**Molte perplessità hanno  
riguardato la nascita della  
nanotecnologia**

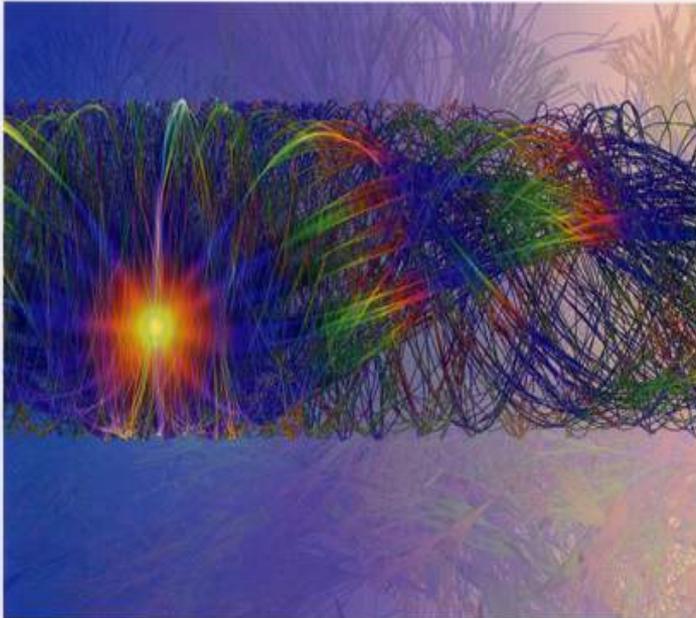
2006

WILEY-VCH

Steven A. Edwards

# The Nanotech Pioneers

Where Are They Taking Us?



**Nanotechnology**

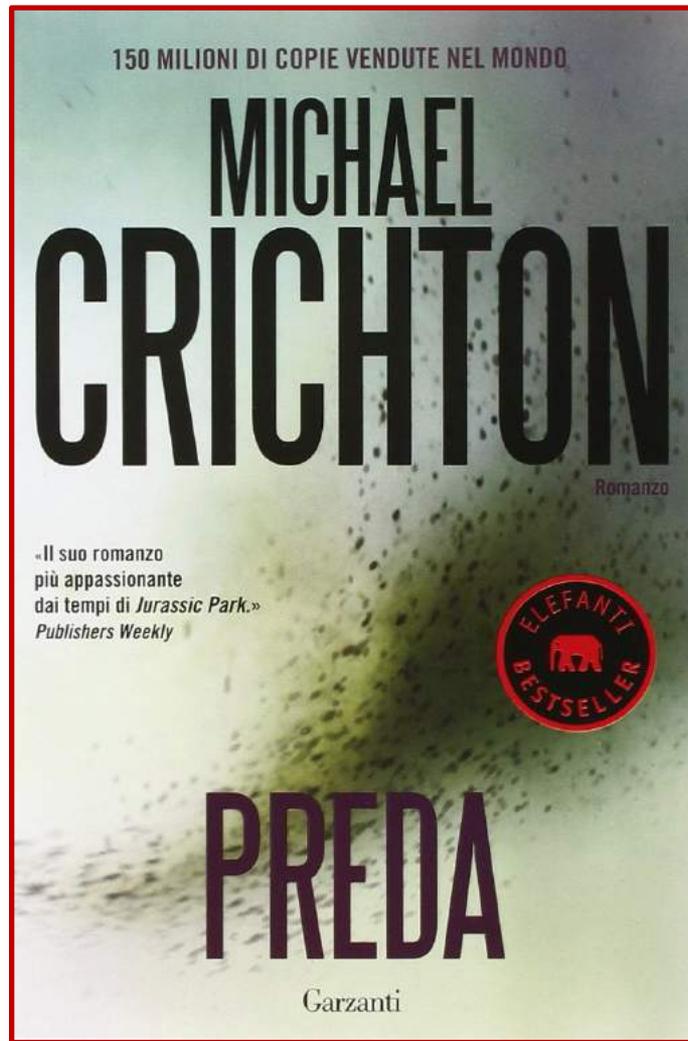
**The design of  
very tiny platforms  
upon which to raise  
enormous amounts  
of money**

# Nanotechnology

Nanotechnology has become a favorite, and successful, term among America's most fraudulent stock promoters

Chem. Eng. News  
2004, 82(April 19), 8

# Nanotecnologia



**BBC NEWS** WORLD EDITION

Last Updated: Sunday, 11 July, 2004, 15:18 GMT 16:18 UK

[E-mail this to a friend](#) [Printable version](#)

## Prince warns of science 'risks'

The Prince of Wales has warned of the possible risks of nanotechnology and called for the cutting edge science to be used "wisely and appropriately".



In the Independent on Sunday he quotes a retired university professor saying it would be "surprising" if it did not "offer similar upsets" to thalidomide.

Charles does acknowledge nanotechnology's possible benefits

Recentemente si è capito che la nanotecnologia può offrire tantissimi benefici e non solo in ambito elettronico

# Lo sviluppo della nanotecnologia e il sogno dei chimici

Con la nanotecnologia è possibile analizzare la materia sempre più nel piccolo fino a visualizzare singoli atomi e singole molecole

Goethe si opponeva all'uso del  
microscopio affermando:

“Non è giusto cercare di vedere ciò  
che non si può vedere ad occhio  
nudo, perché evidentemente è  
nascosto per qualche buona ragione”

# "Vedere" singoli atomi e molecole!

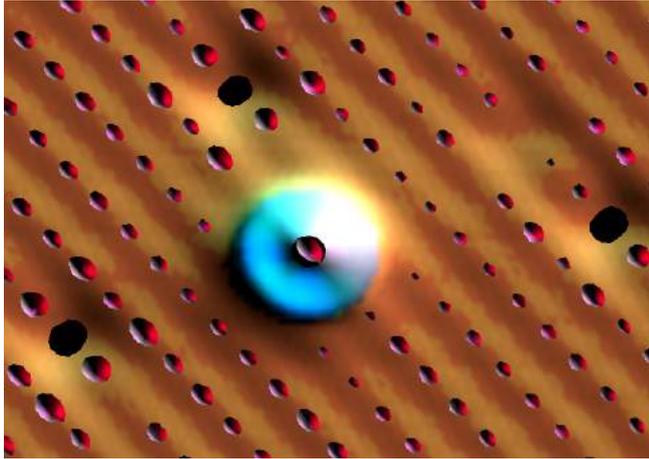
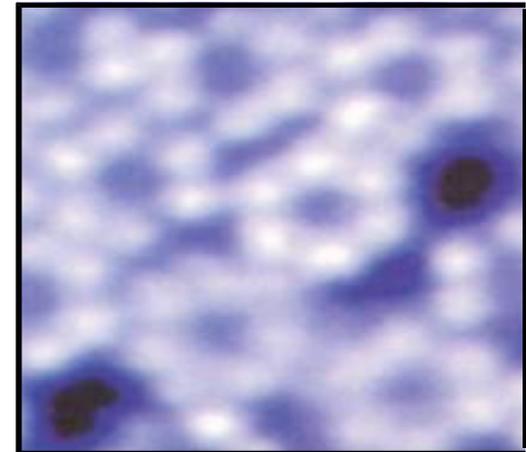
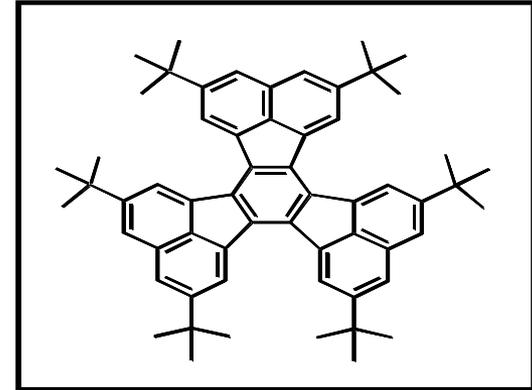


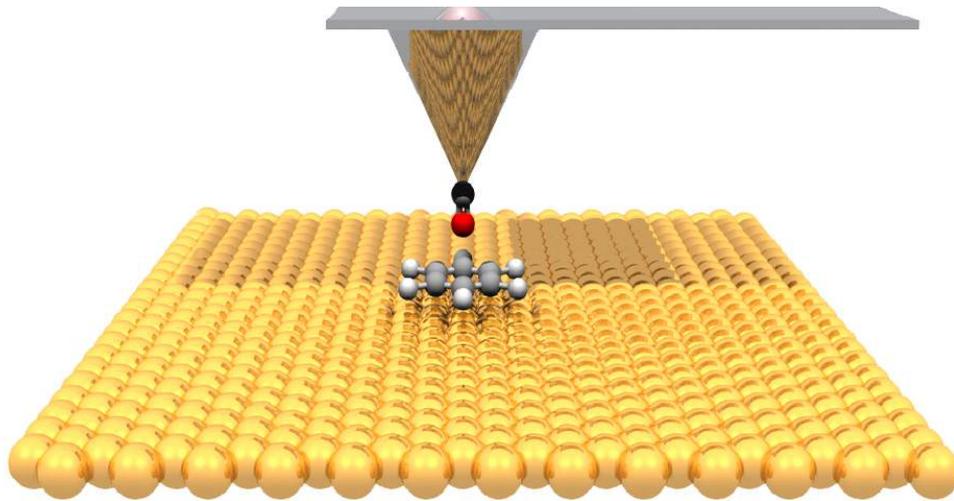
Immagine ottenuta con un microscopio a scansione a effetto tunnel (STM) di un singolo atomo di Xenon depositato su una superficie di Nickel(110)

IBM Research Labs, Almaden  
[www.almaden.ibm.com](http://www.almaden.ibm.com)

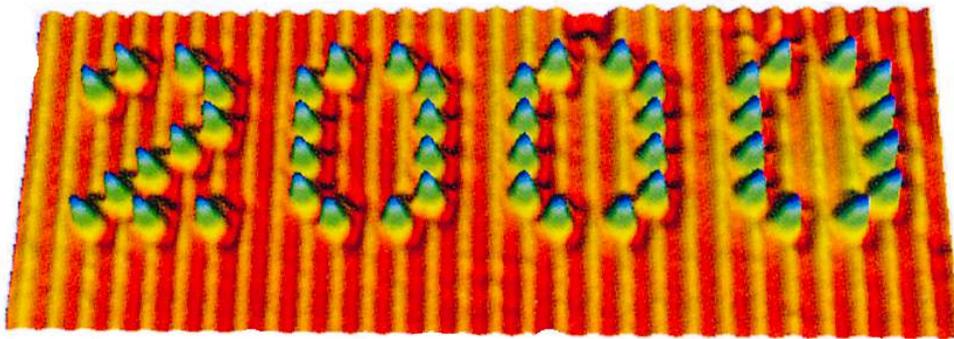


*Science*, 1998, 281, 531

# “Manipolare” singoli atomi e molecole!



Una “gru”  
nanometrica



16.3 nm

Data celebrativa del nuovo  
millennio ottenuta posizionando  
47 molecole di ossido di  
carbonio,  $CO$ , su una superficie  
di rame, mediante tecniche di  
microscopia a sonda

*ChemPhysChem*, 2001, 2, 362

**I chimici sono riusciti finalmente  
a dimostrare che il mondo della  
Chimica non è fatto di idee, ma  
di "oggetti concreti"**

**La nanotecnologia ha molti utilizzi pratici oltre al campo dell'elettronica**

**È importante per preparare nuovi materiali che, contenendo componenti ultraminiaturizzati, sono più leggeri, più resistenti e hanno prestazioni eccezionali**

# Prodotti "nanotecnologici"

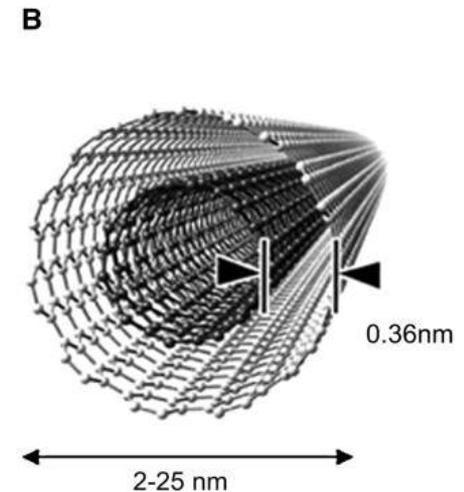
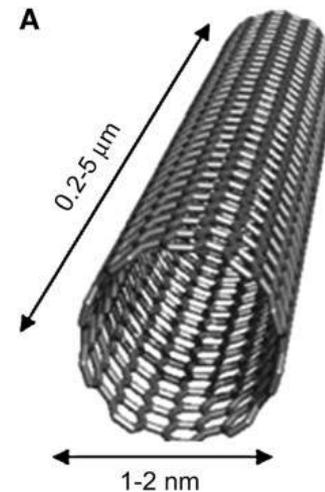


Lab-on-a-chip HIV tests

Estrema  
miniaturizzazione  
dei componenti

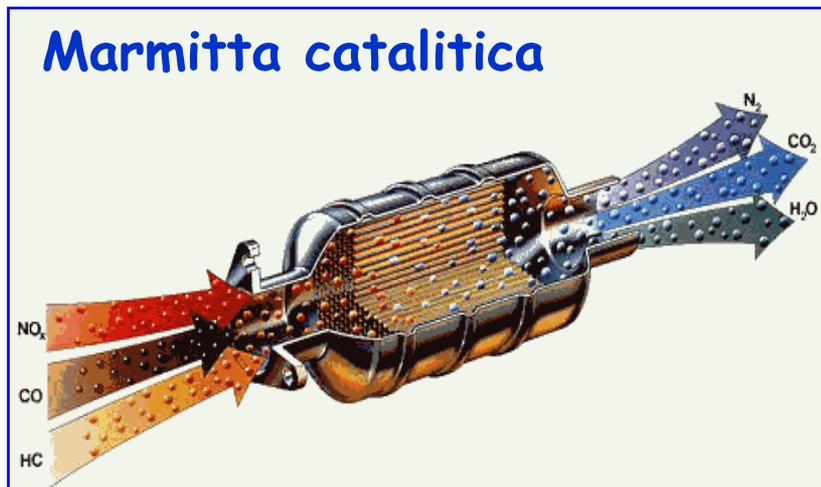


## Materiali nanostrutturati



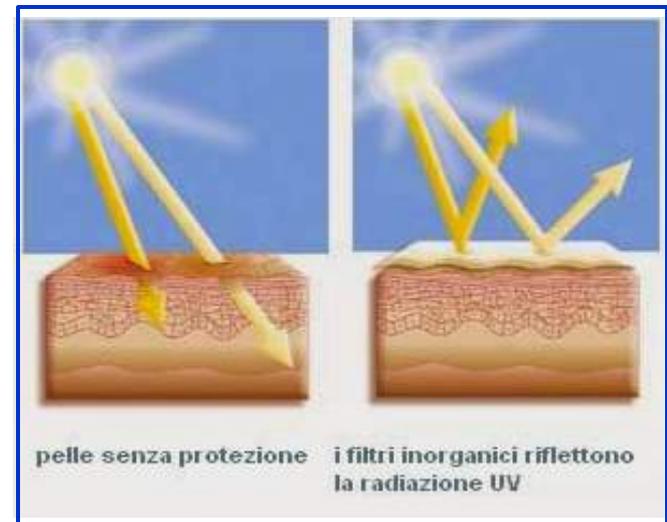
# Prodotti "nanotecnologici"

*Nanoparticelle:* aggregati atomici o molecolari con un diametro compreso indicativamente fra 2 e 100 nm

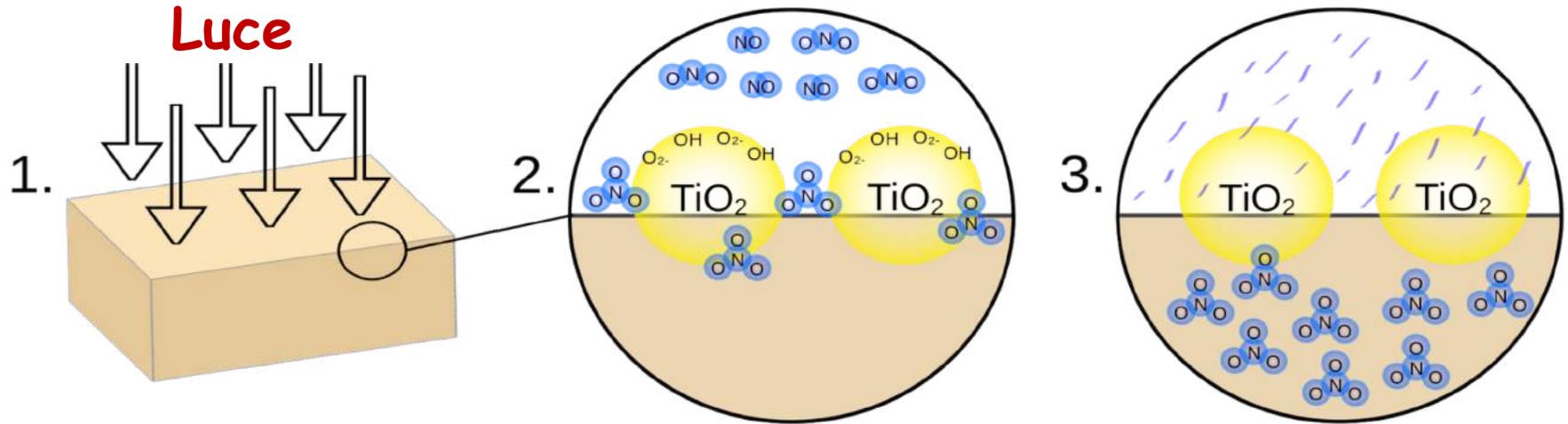


Nanoparticelle di rodio, palladio e platino disperse su allumina

Creme solari con nanoparticelle di TiO<sub>2</sub>



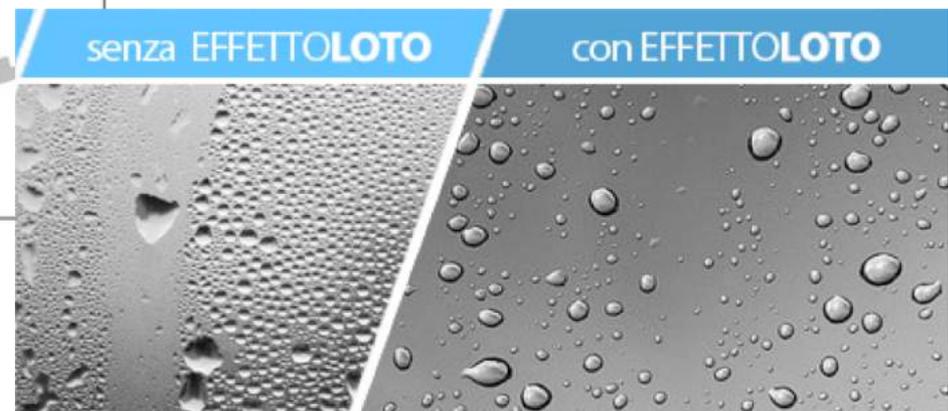
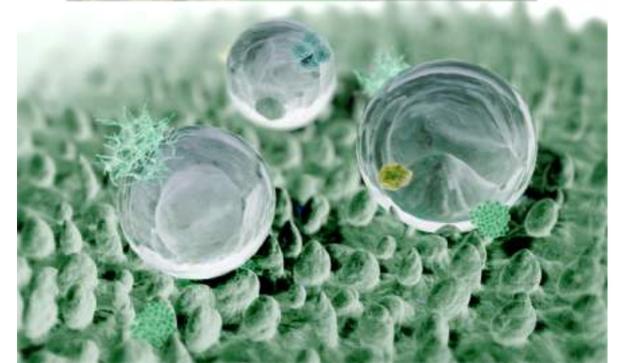
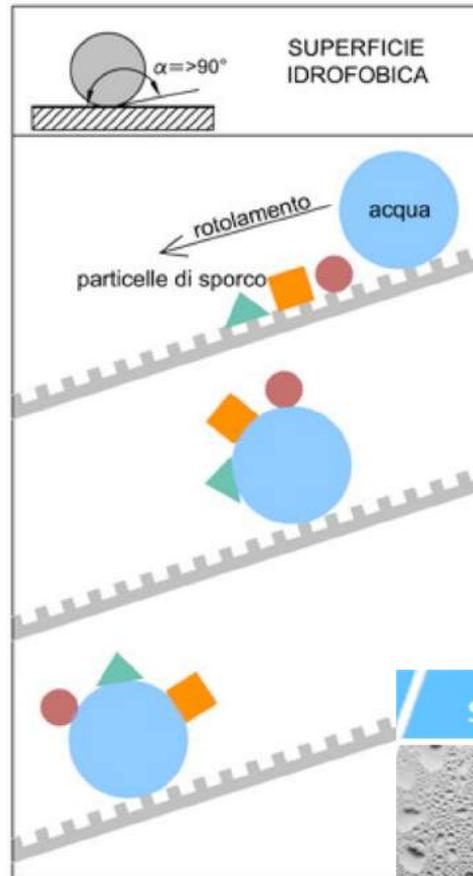
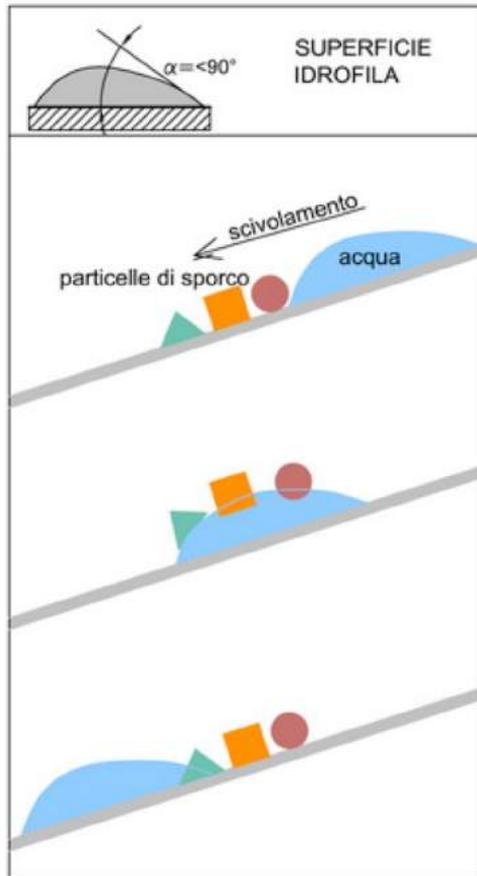
# Cemento che assorbe lo smog per la presenza di nanoparticelle di $\text{TiO}_2$



Padiglione Italia  
Expo 2015



# Vetri autopulenti: rivestiti con uno strato nanometrico di un materiale idrofobico



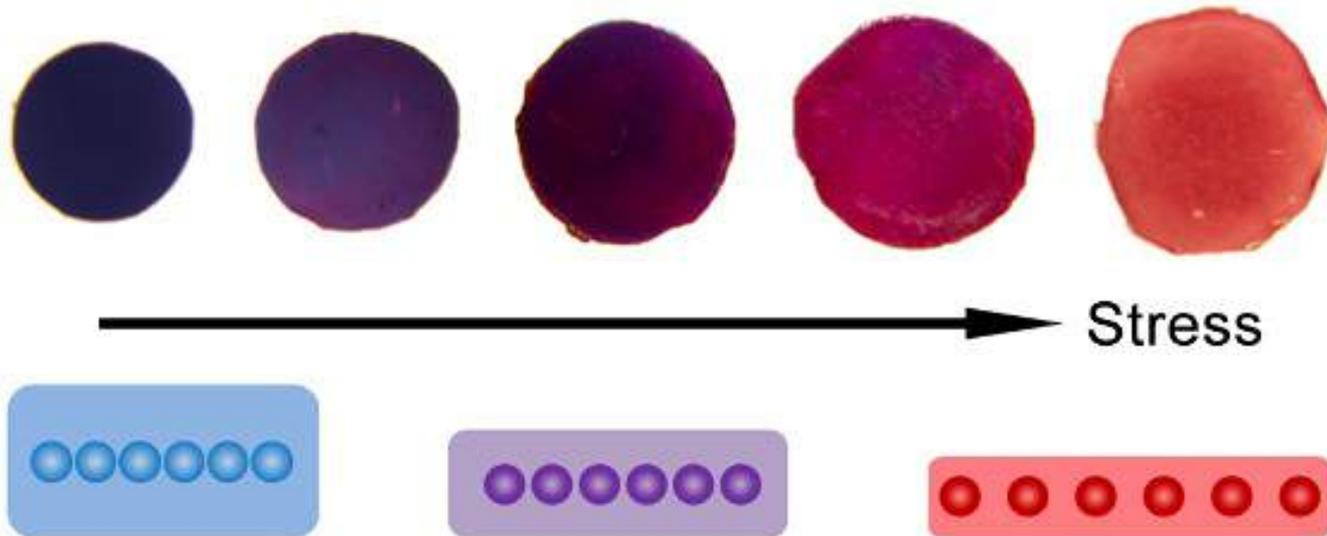
# Materiali a memoria di forma



**La nanotecnologia ha molti utilizzi pratici oltre al campo dell'elettronica**

**È importante per preparare nuovi materiali che sono capaci di comunicare con l'uomo attraverso opportuni segnali. In altre parole, per ottenere materiali "intelligenti"**

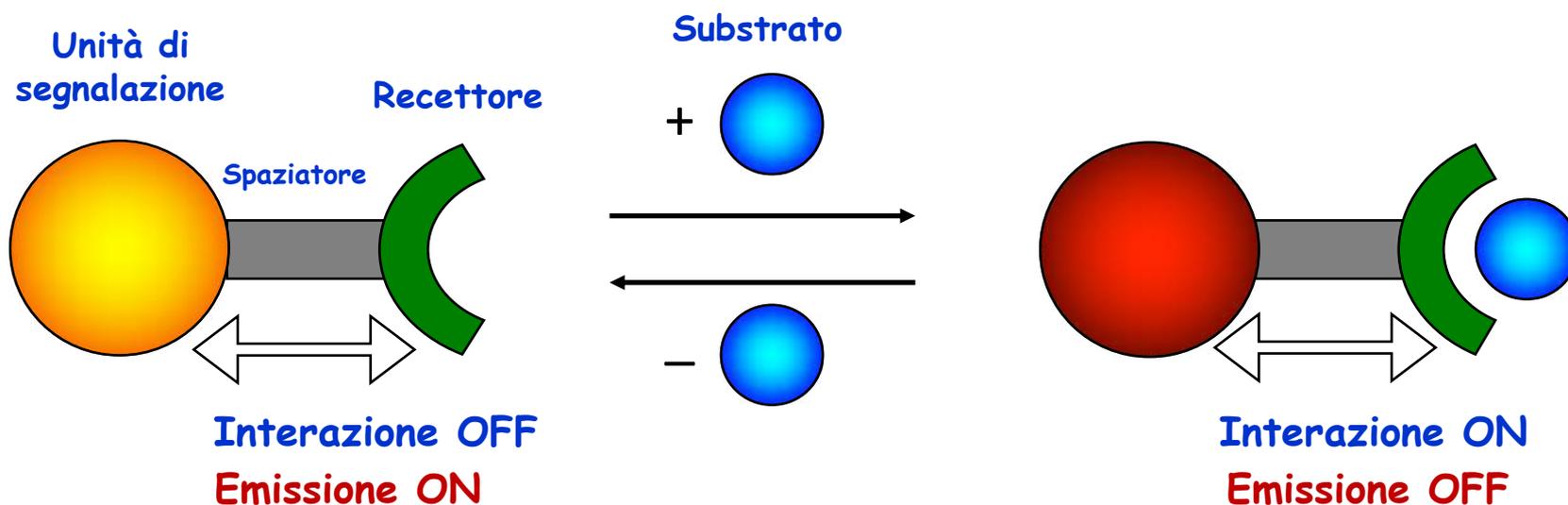
# Sensori colorimetrici



**Sensori per crash test  
segnalano un cambio di pressione**

# Sensori luminescenti

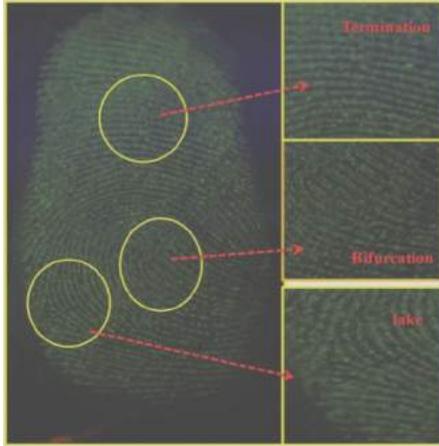
Sistemi la cui emissione di luce può essere spenta e accesa (o viceversa) in presenza di una specifica sostanza



Applicazioni in moltissimi ambiti

# Ambito forense

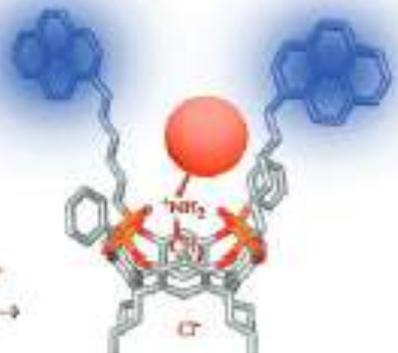
## Impronte digitali latenti



## Droghe nei fluidi biologici

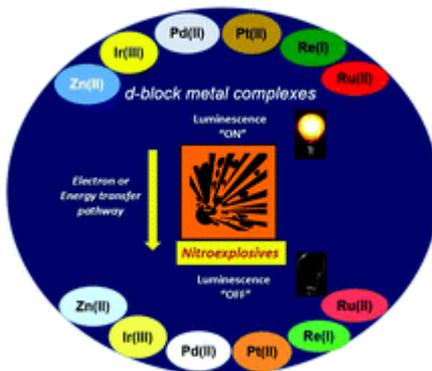


*excimer emission*

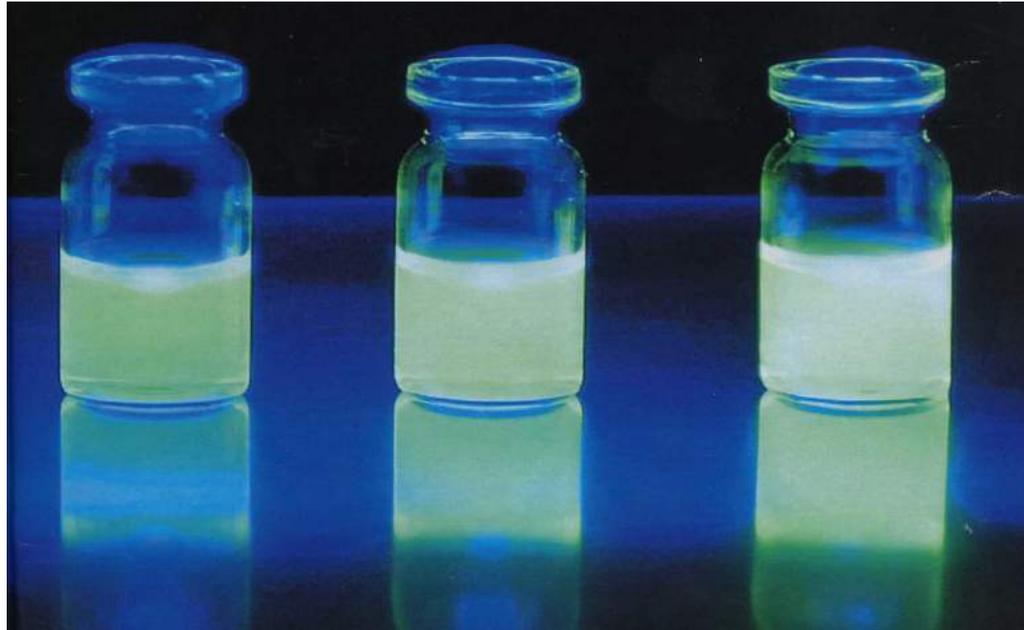


*monomer emission*

## Tracce di esplosivi



# Campo ambientale



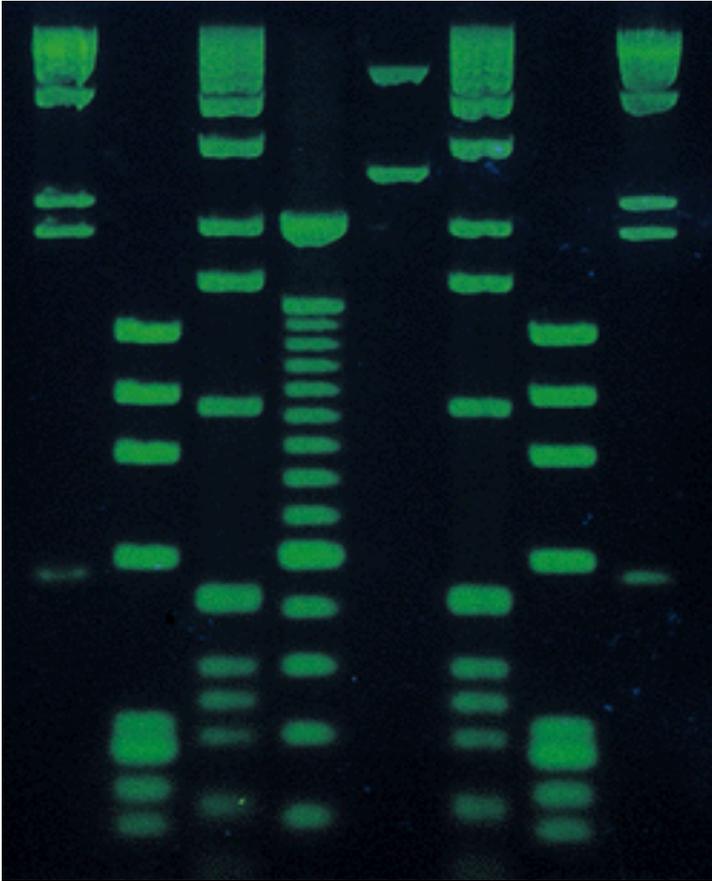
I sensori luminescenti possono essere usati per la determinazione quali- e quantitativa di inquinanti, come ad esempio il mercurio nelle acque

# Ambito tecnologico

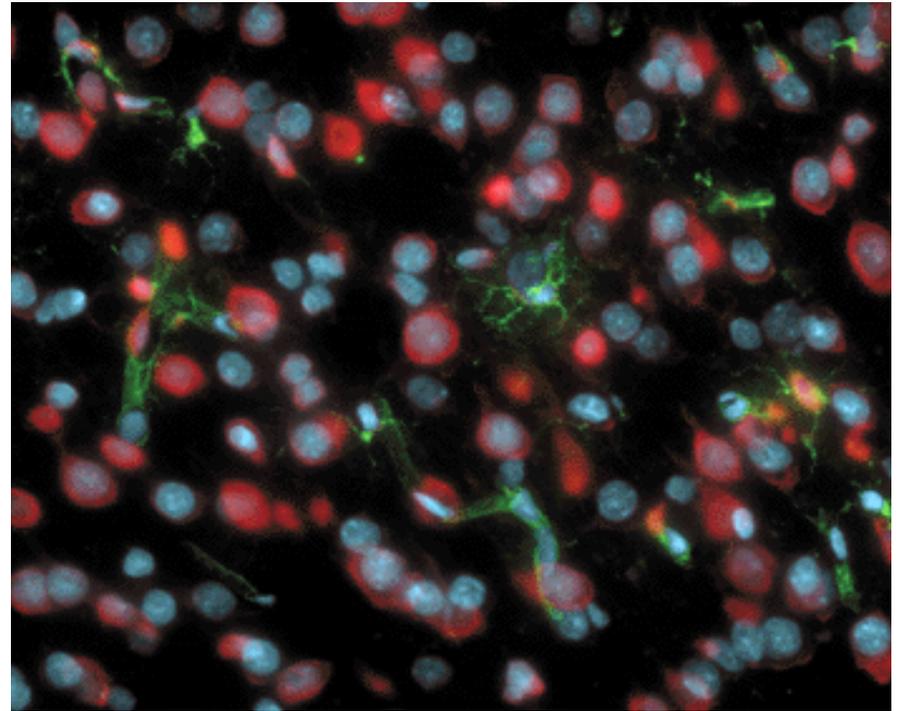


Sensori di ossigeno

# Ambito medico: diagnostica



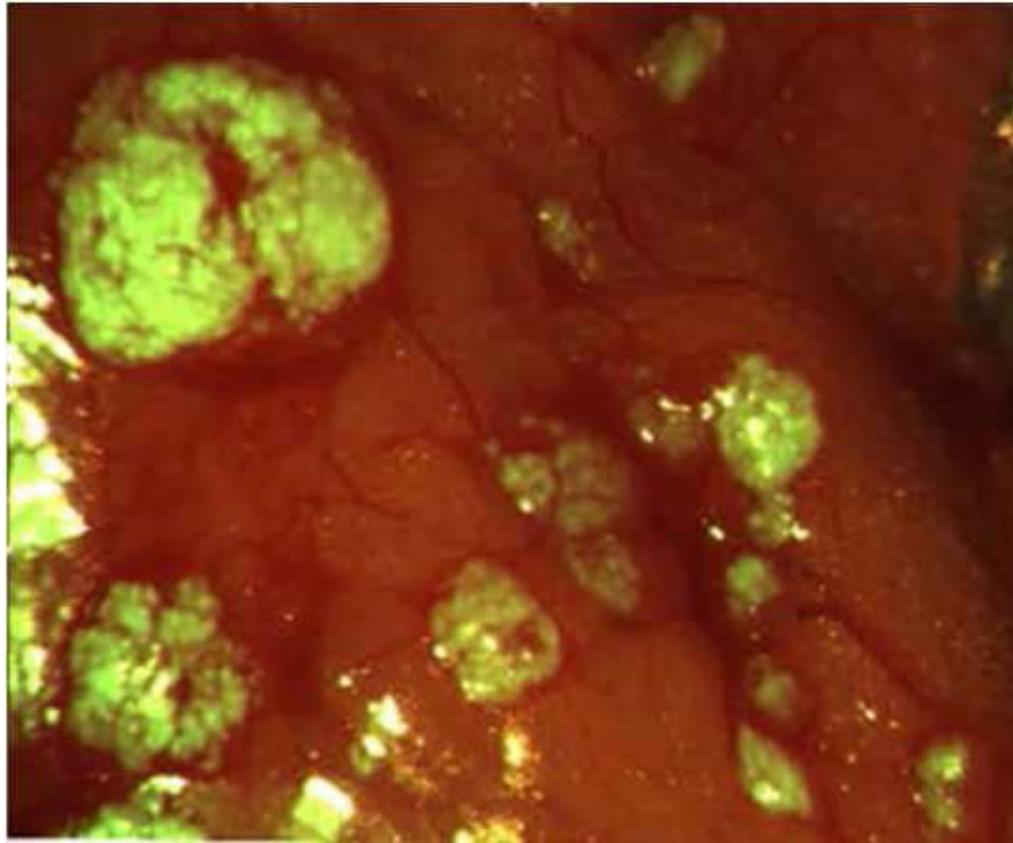
riconoscere sequenze  
del DNA



distinguere cellule sane  
da quelle malate

# Ambito medico: terapia

Utilizzo di sensori la cui emissione di luce è accesa solo all'interno di cellule malate



chirurgia guidata dalla luce

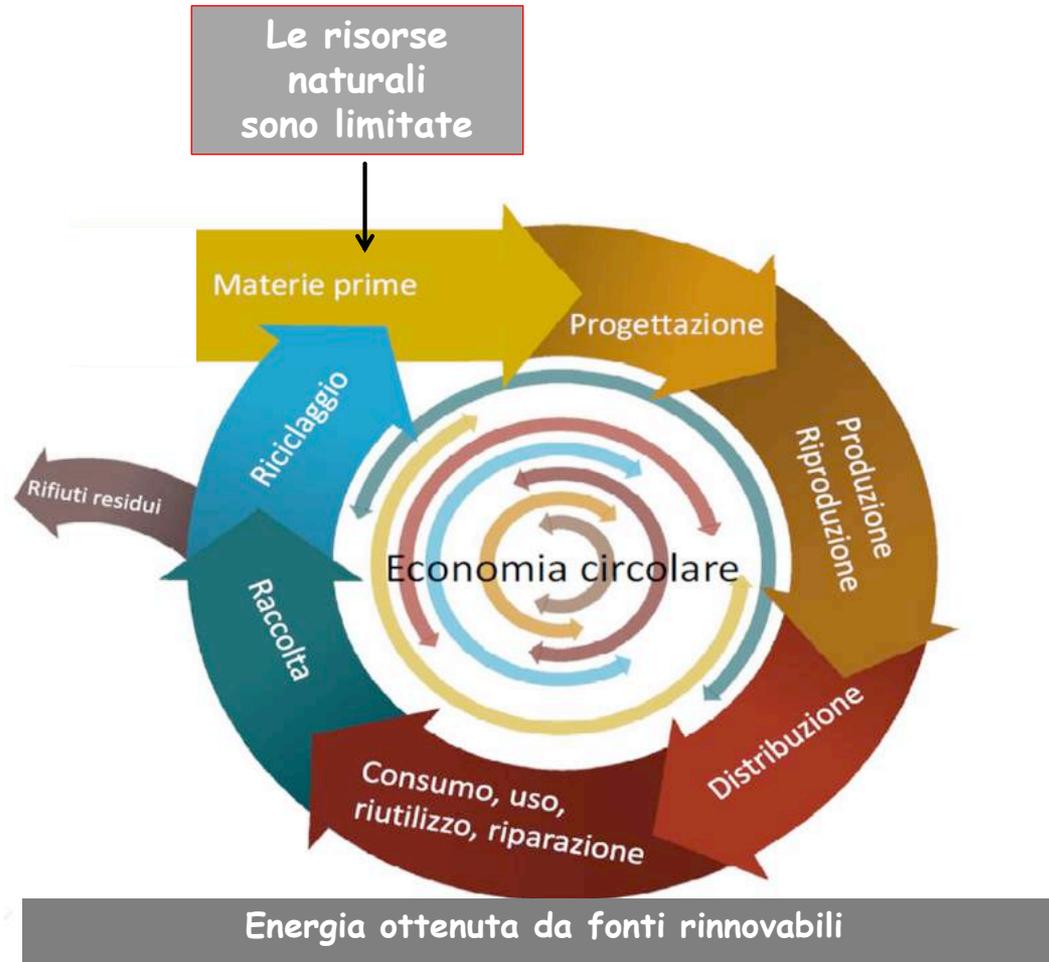
**Il rovescio della medaglia  
nell'uso della nanotecnologia**

**C'è veramente un risparmio  
di atomi?**

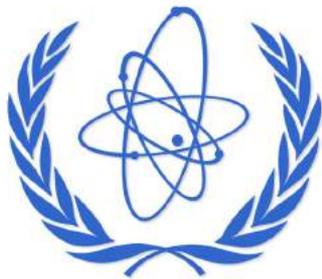
# La nanotecnologia applicata al settore informatico

Se nel 1946 c'era un solo computer,  
oggi ce ne sono centinaia di milioni,  
per cui complessivamente nel  
settore informatico non c'è stata  
una vera dematerializzazione  
(risparmio di atomi)

# Motivo per cui l'economia mondiale è circolare solo al 9%



**Un altro settore  
"inaspettato" di sostenibilità**



**IAEA**

International Atomic Energy Agency

*Atoms For Peace*

**Applicazioni tecnologiche che si basano sull'uso di sostanze radioattive e radiazioni ad alta energia (raggi X, raggi  $\gamma$ , particelle  $e^-$ ,  $\alpha$ , n,  $\beta$ )**

**Il contributo della Chimica è fondamentale: Chimica delle Radiazioni**

**Le sostanze radioattive e  
radiazioni ad alta energia non  
vanno demonizzate**

**sono una componente  
ineludibile della nostra vita**

Natural radiation is everywhere.

Cosmic Rays

Plants

Our Bodies

Radioactive Soil and Rocks

Radon

Noi viviamo  
immersi in un  
fondo naturale di  
radioattività e di  
radiazioni ad alta  
energia

**Ci siamo evoluti in questo ambiente**

Fonti naturali

radiazione cosmica, terreno, materiali da  
costruzione, acqua, aria, cibo e noi stessi

# Altre cause di convivenza con la radioattività naturale

Oltre a questo fondo di radioattività esterna siamo anche soggetti ad un irradiamento interno causato dal cibo che consumiamo poiché tutti gli alimenti contengono isotopi radioattivi

Il più importante è l'isotopo 40 del potassio,  $^{40}\text{K}$ , che, fra l'altro, va ad accumularsi nei nostri muscoli

0,1  $\mu\text{Sv}$ : Mangiare una banana, ricca di potassio



# Altre cause di convivenza con la radioattività naturale

## Tipo di alimentazione

I popoli nordici che si cibano di renne e caribù, che loro volta mangiano licheni in cui si accumulano Pb-210 e Po-210, sono esposti ad una radioattività interna quindici volte superiore alla media mondiale

## Stile di vita

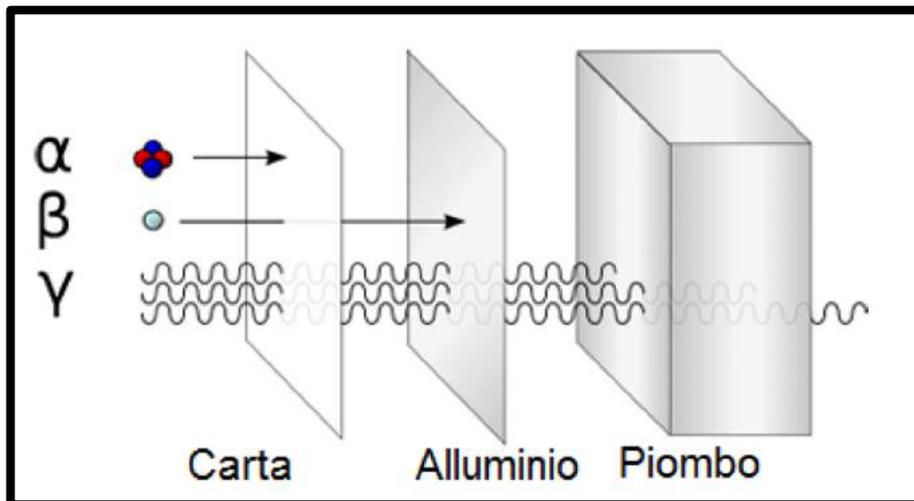


Viaggi in aereo

Effective dose during air travel	Cities	Effective Dose ( $\mu\text{Sv}$ )
<i>Source: Exposure of Aircraft Crew to Cosmic Radiation, a report of the EURADOS Working Group 5 to the Group of Experts established under Article 31 of the Euratom Treaty. European Commission</i>	Vancouver ➤ Honolulu	14.2
	Frankfurt ➤ Dakar	16.0
	Madrid ➤ Johannesburg	17.7
	Madrid ➤ Santiago de Chile	27.5
	Copenhagen ➤ Bangkok	30.2
	Montreal ➤ London	47.8
	Helsinki ➤ New York (JFK)	49.7
	Frankfurt ➤ Fairbanks, Alaska	50.8
	London ➤ Tokyo	67.0
	Paris ➤ San Francisco	84.9

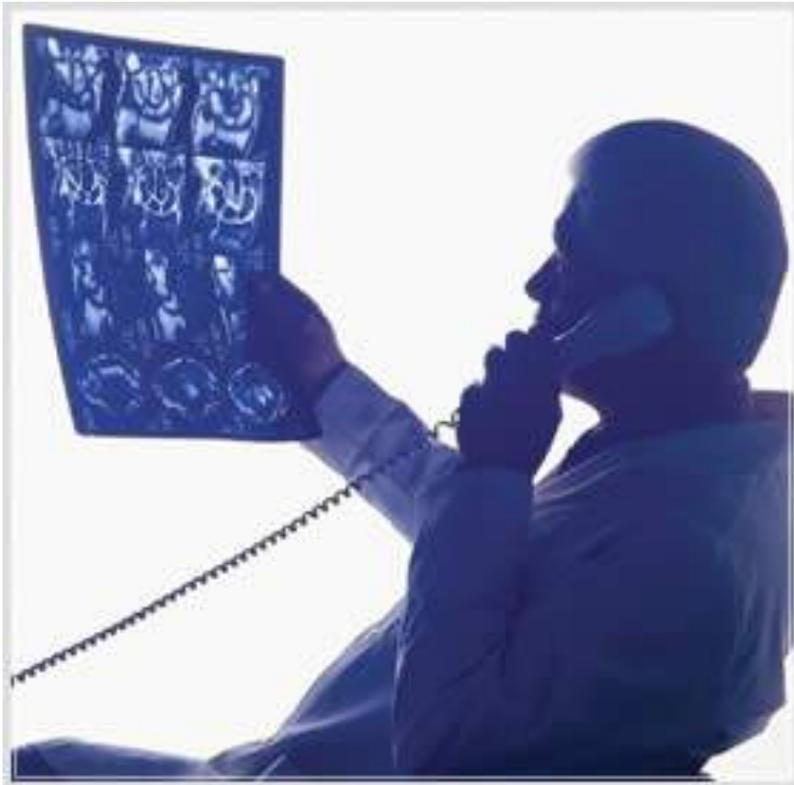
Ignaro di tutto ciò il cittadino teme la radioattività, le radiazioni ad alta energia ed è contrario a qualsiasi applicazione

Sostanze radioattive e radiazioni ad alta energia, se trattate con la dovuta cautela, hanno molte benefiche e utili applicazioni

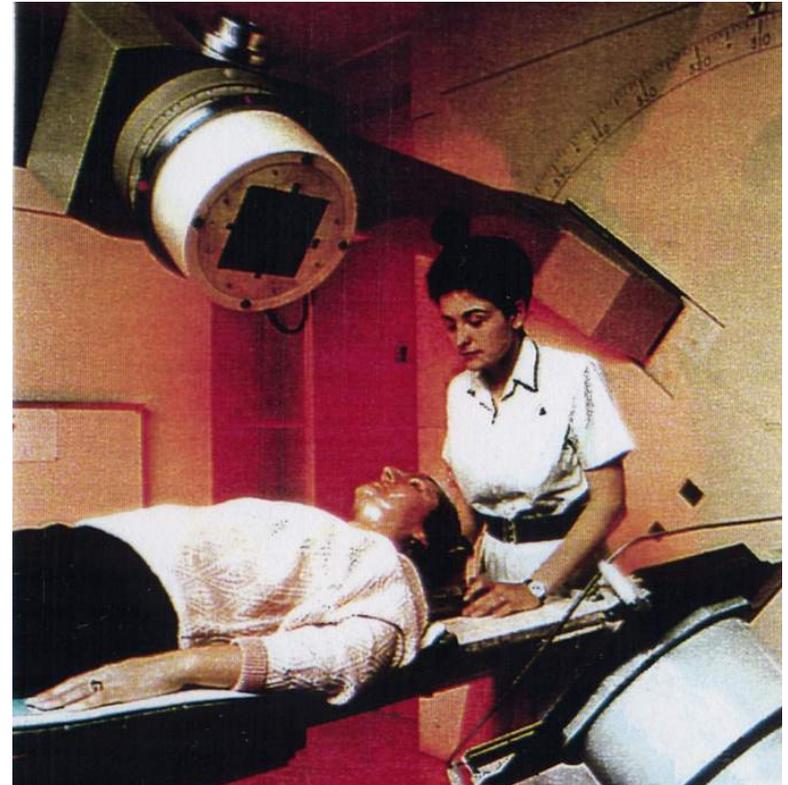


# Applicazioni in campo medico

Diagnostica

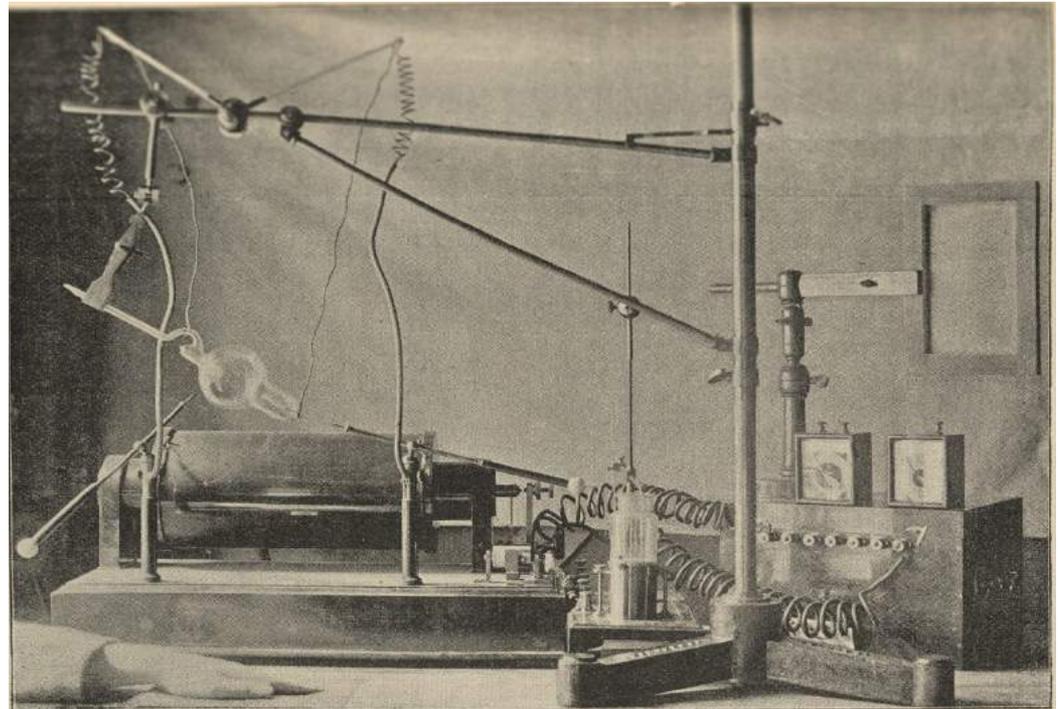


Terapia

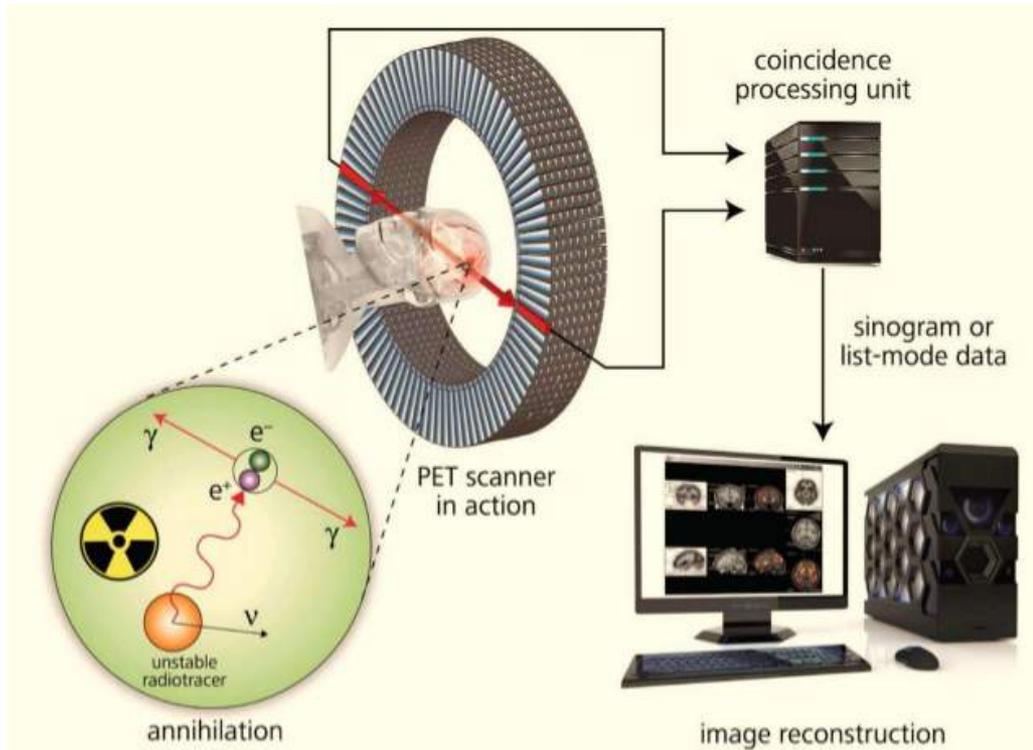


# Diagnostica medica

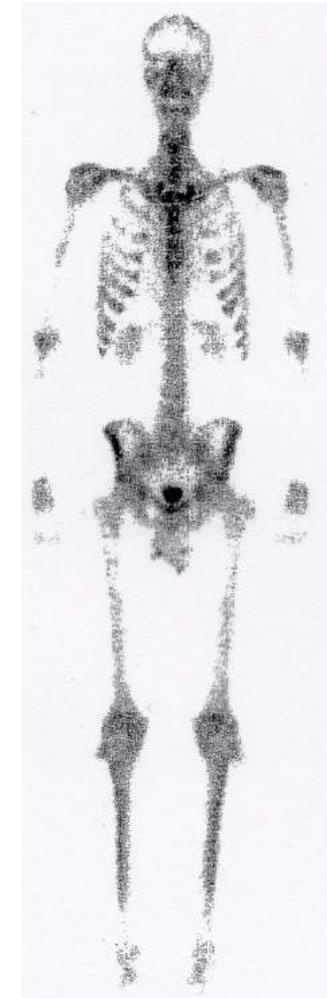
1895 - Wilhelm Conrad Röntgen  
scopre i raggi X



# Diagnostica medica



Tomografia a emissione di positroni, PET



Scintigrafia ossea con  $^{99}\text{Tc}$

# Terapia medica



**Cobaltoterapia**



**Tomoterapia (IRST di Meldola)**



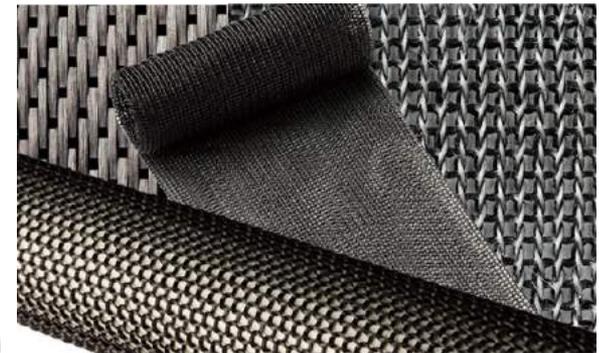
**Adroterapia (CNAO di Pavia)**



# Applicazioni in campo industriale

## Produzione e modifica di polimeri

Non sono richiesti solventi, iniziatori e additivi, sostanze tossiche per l'uomo e dannose per l'ambiente



# Applicazioni in campo industriale

Sterilizzazione di prodotti medicali monouso e di materie prime in ambito farmaceutico e cosmetico

Alternativa all'uso dell'ossido di etilene, gas tossico, inquinante e pericoloso

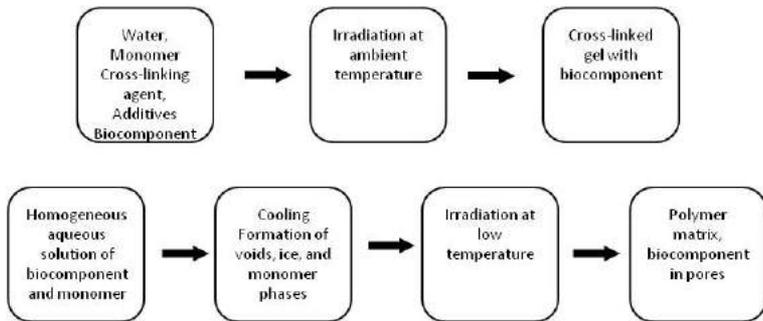


# Applicazioni in biotecnologia

- ✓ **Materiale biocompatibile per innesti o trapianti**



- ✓ **Idrogeli e matrici per rilascio controllato di farmaci, ormoni**

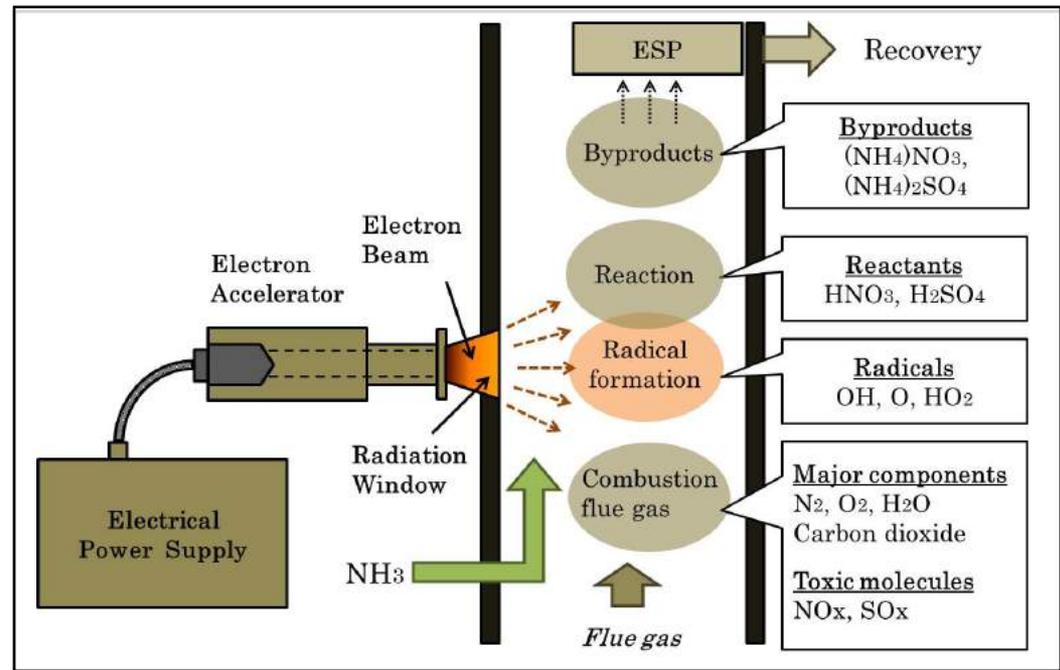
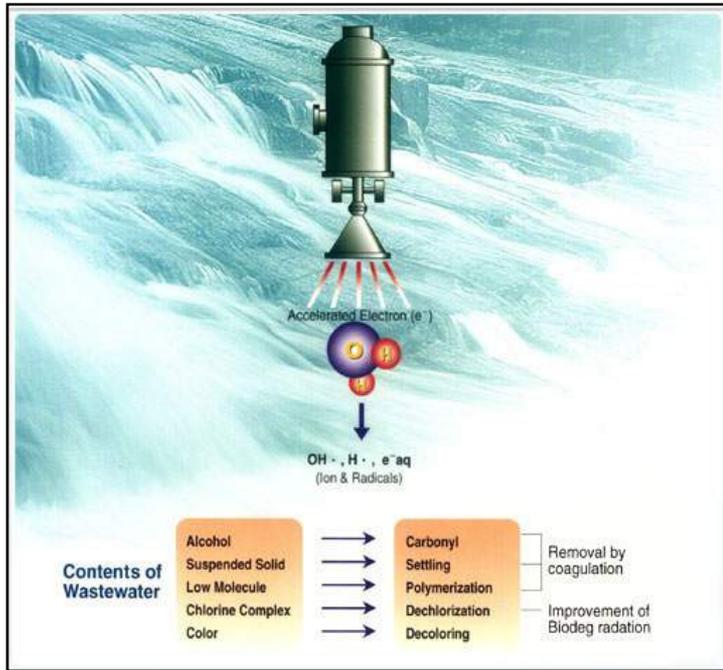


**Prodotto già sterilizzato**

# Applicazioni in campo ambientale

## Trattamento dei rifiuti urbani

### Abbattimento di inquinanti nelle acque, nei fanghi e nei fumi industriali



# Applicazioni per i beni culturali

7 GENNAIO 2005 CRONACA LA REPUBBLICA 27

...laur, quattro ore di suspense per l'esame digitale sulla mummia. Si guasta il ventilatore del computer e subito qualcuno grida alla maledizione del faraone

**IL PERSONAGGIO**  
Il faraone fantasma regnò circa dieci anni, tra il 1324 e il 1325 a.C. e non è in circolazione scientifica tra il 10 e i 20 anni.  
Misteriosa è anche la sua origine o la sua ascendenza al trono. Alla morte di Akhenaton, il faraone eretico che regnò all'apice di un'epoca di crisi in Egitto, il potere passò al suo figlio, Amenhotep IV.

**LA TAC**  
Finalizzata con una sofisticata apparecchiatura mobile montata su un container rinascimentale, donata da Siemens e National Geographic al Supreme Council of Antiquities d'Egitto, la pochi ore, la mummia è stata fatta del suo sarcofago, analizzata e rimessa al suo posto.  
I risultati saranno esaminati da tre radiologi, due egiziani e un Massimo. Tra qualche settimana il responso.

**CHE COSA SI SCOPRIRÀ**  
L'età di Tut al momento della morte, attraverso la datazione della ossa e dei denti.  
**LE MALATTIE MORTALI**  
Tutankhamon era malato? Sindrome di Alzheimer? Qualche patologia che impedisse la sua discesa al regno?  
**Mistero di Merneptah?**  
Merneptah, da cui Tutankhamon, nella tomba c'è una 120 bustine di passaggio.  
**IPOTESI SULLA MORTE L'ASSASSINO**  
Fu ucciso? Da un colpo alla testa? La radiografia, svolta dal dottor Ronald Harlan nel 1968, mostra una frattura orizzontale alla base del cranio; è un'arma di guerra, grande del colpo, e semplicemente visto del mummificatore?  
**L'INCIDENTE**  
Da oggi si vede che mancava lo stesso e c'è un'uscita, caduta da cavallo durante una battuta di caccia, e forse avrebbe fuggi architetto?

**Tutankhamon rivive in 3D una Tac anche per Nefertiti**

**INIZIA DAL MAGO**  
L'ANCORA — Ancora la maledizione del faraone? Forse. È il nuovo cretolo in quella, ma c'è da dire che la Valle dei Re a Luxor, mentre la mummia di Tutankhamon è analizzata, il sistema del laboratorio mobile della Tac, che Siemens National Geographic hanno donato al Consiglio Superiore delle Antichità.

**tesori**

**L'emozione degli archeologi egiziani: 1700 immagini digitali per svelare un mistero**  
Spostato perduto. Il grande e prezioso lavoro dei tecnici della Siemens è ancora oggi, conservato alla perfezione dalla splendida mummia di Tutankhamon. Il grande faraone si rivela, insieme a

**Spotrà finalmente risolvere l'enigma della morte improvvisa del bambino**  
simo ancora oggi, conservato alla perfezione dalla splendida mummia di Tutankhamon. Il grande faraone si rivela, insieme a

**Spina dorsale e del corpo, si vedrà se soffriva davvero di quello ma-**



Mummie regali vengono esaminate con i raggi X e sono state salvate dal degrado per trattamento con radiazioni ad alta energia

Le statue dell'esercito cinese in terracotta verranno consolidate da resine polimerizzate con le radiazioni ad alta energia

# Applicazioni in campo alimentare

Decontaminazione da agenti patogeni e parassiti  
Prolungamento della conservazione



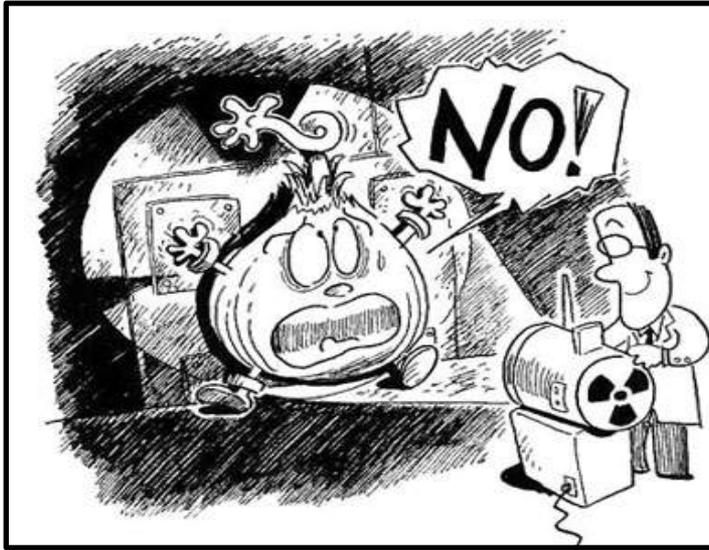
Alternativa all'uso di pesticidi, insetticidi e fumiganti

# Le paure del consumatore

## Gli alimenti irradiati:

- diventano radioattivi e cancerogeni (la scienza dimostra che non è vero)
- subiscono modifiche chimiche (veramente minime)
- perdono il loro contenuto nutrizionale (in analogia con gli altri metodi di conservazione)
- contengono radicali liberi (quantità minore rispetto ad altri metodi di trattamento degli alimenti)

Recupero di alimenti avariati (le radiazioni ad alta energia non fanno miracoli!)



## Publicità denigratorie



Si usano i raggi gamma, quelli che trasformano Bruce Banner in Hulk

Questo tipo di tecnologie sono più rispettose per l'ambiente e meno dannose per l'uomo se confrontate con quelle tradizionali e, quindi, sono adatte per uno sviluppo sostenibile

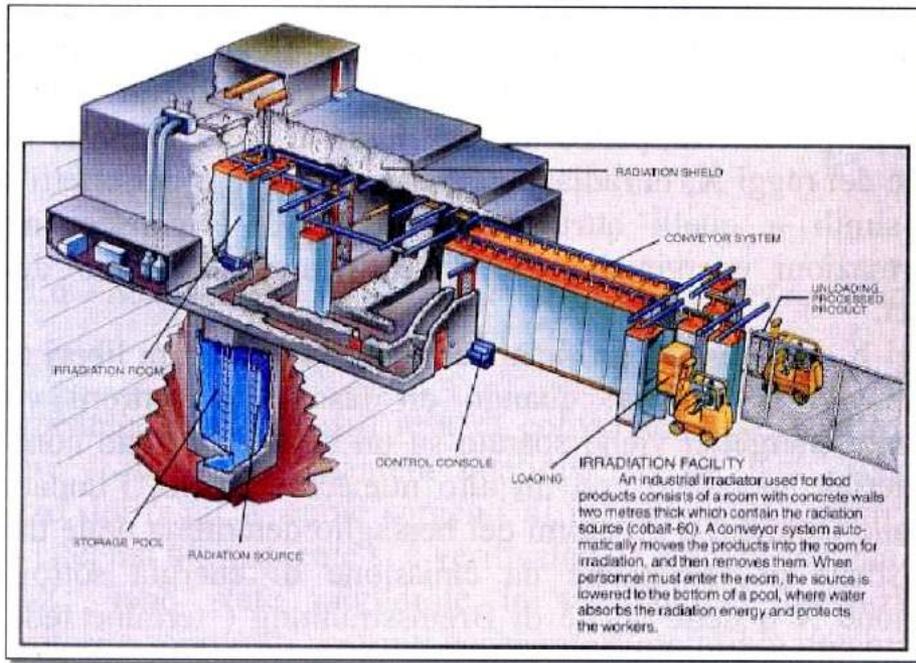
## Obiezione

Inquinamento di tipo nucleare

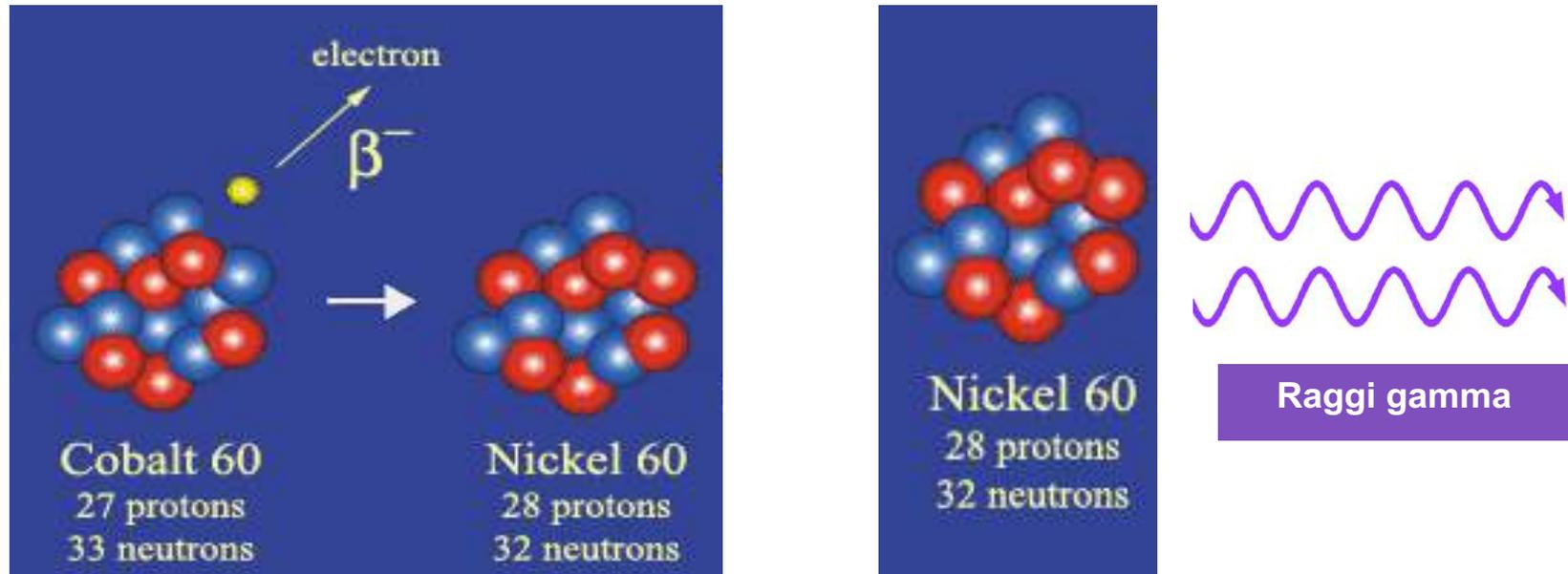
Non è vero per due motivi

# Sorgenti comunemente usate

Sorgenti radioattive per produrre raggi  $\gamma$ :  $^{60}\text{Co}$



# Produzione in reattore dell'isotopo 60 del Cobalto



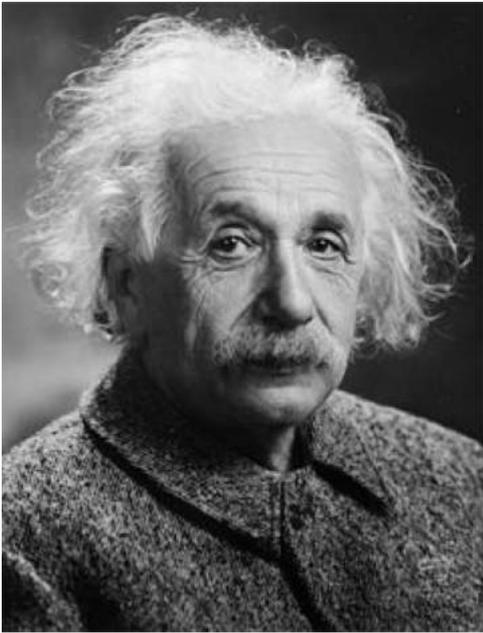
$^{60}\text{Ni}$  è un isotopo stabile e, quindi, non si formano scorie

# Sorgenti comunemente usate

Acceleratori di particelle che possono essere accesi e spenti e non contengono sostanze radioattive



Nonostante i molti benefici che queste tecnologie offrono, il cittadino continua ad essere ostile



*A. Einstein*

*È più facile spezzare  
un atomo che un  
pregiudizio*

La Chimica può fare molto  
per muovere i primi e  
fondamentali passi verso  
uno sviluppo sostenibile

Ma forse questo non basta,  
perchè come ha scritto  
Edward O. Wilson



**Dovremmo destinare  
metà del globo a riserva  
protetta dove l'attività  
degli uomini è  
assolutamente interdetta**

**L'unico modo per  
scongiurare la prefigurata  
sesta estinzione di massa  
che potrebbe mettere a  
rischio la stessa esistenza  
dell'uomo sul pianeta**

# Trasposizione scolastica: Educazione Ambientale

L'educazione ambientale si propone di insegnare la struttura e l'organizzazione dell'ambiente naturale

# L'educazione ambientale significa anche educare allo sviluppo sostenibile:

- **Ambiente** (situazione delle risorse, inquinamento, la biodiversità)
- **Economia** (consumi, povertà, nord e sud del mondo)
- **Società** (diritti, pace, salute, diversità culturali)



same  
world

SUSTAINABILITY  
AWARENESS  
MOBILIZATION  
ENVIRONMENT

In the Global Education  
for the Eyd 2015

**Si tratta di un progetto educativo europeo che si pone l'obiettivo di incoraggiare una riflessione critica sull'attuale modello di sviluppo e sulle conseguenze dei nostri stili di vita**

**Mette a disposizione un kit didattico multimediale, online e gratuito disponibile in 11 lingue, lezioni online rivolte agli insegnanti di scuola media inferiore e superiore e laboratori didattici**

L'educazione ambientale è una grande opportunità che la scuola non può perdere

Il compito prioritario di ogni docente è quello di formare i propri studenti aiutandoli a diventare dei cittadini consapevoli

L'educazione ambientale è un importante e ineludibile passo in questa direzione

**I temi alla base dell'educazione  
ambientale sono di grande  
complessità e possono essere  
affrontati solo con un approccio  
inter- e trans-disciplinare**

**L'integrazione dei vari aspetti  
permette di vedere il  
problema nella sua globalità**

Tutto ciò a scuola è possibile e lo  
dimostra la realizzazione del  
progetto europeo



*L'avventura del progetto Irresistibile*, a cura di  
M. Venturi, edito da BUP, Bologna, 2018

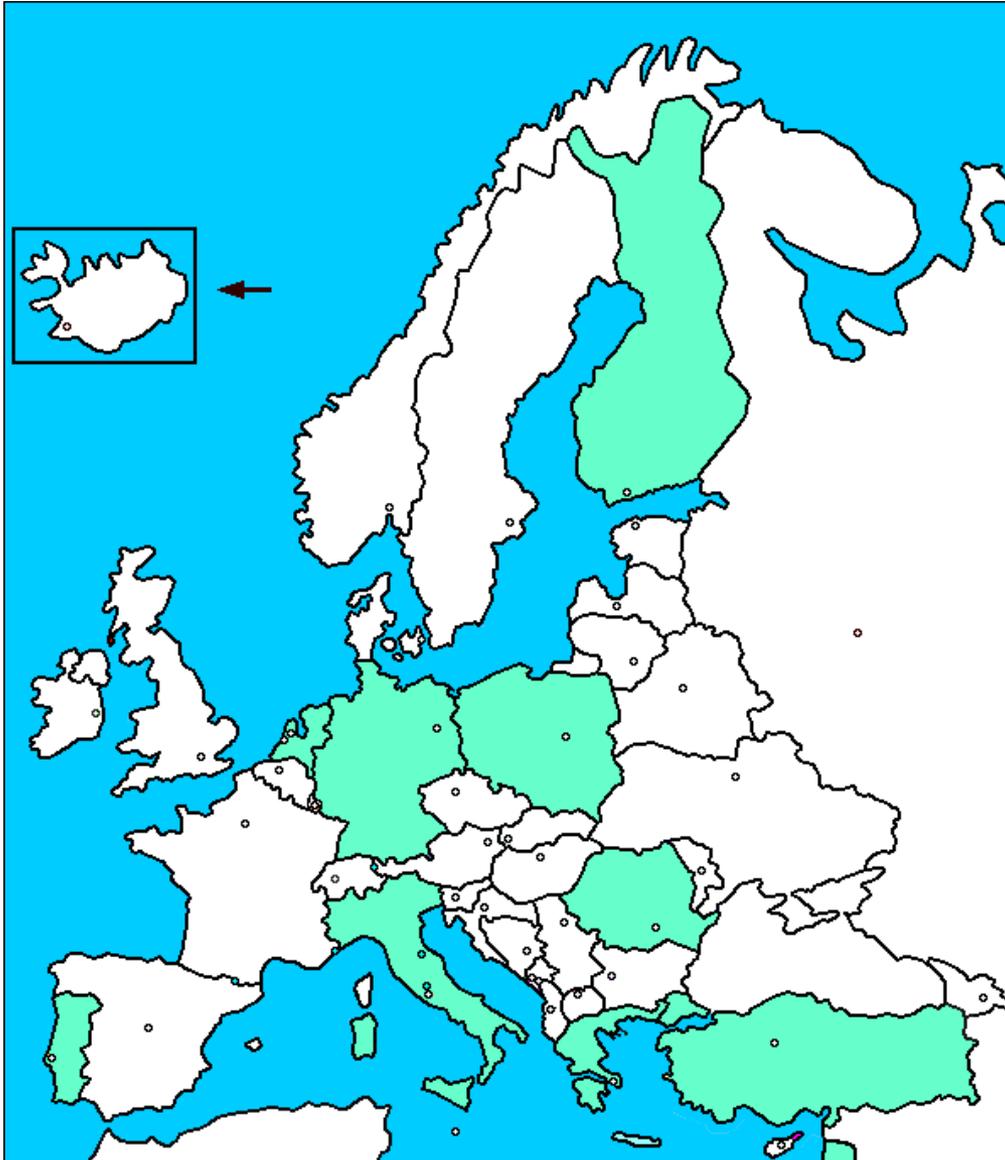
# EU FP7 SCIENCE-IN-SOCIETY 2013



**Irresistible — Including Responsible Research and innovation in cutting Edge Science and Inquiry-based Learning to improve Teacher's Ability of Bridging Learning Environments**

<http://www.irresistible-project.eu/index.php/en/>

# 10 Countries involved



Netherlands (Coordinator)  
Israel  
Germany  
Turkey  
Portugal  
Italy  
Finland  
Greece  
Poland  
Romania

**Coordinator:**  
**Jan Apotheker, University of Groningen, Netherlands**

**+ 13 partners**

<b>Finland</b>	<b>University of Jyväskylä University of Helsinki</b>
<b>Germany</b>	<b>Leibniz Institute Science and Mathematics Education Deutsches Museum</b>
<b>Greece</b>	<b>University of Crete Eugenides Foundation</b>
<b>Israel</b>	<b>Weizmann Institute of Science</b>
<b>Italy</b>	<b>University of Palermo University of Bologna (Coord. Margherita Venturi)</b>
<b>Poland</b>	<b>Jagiellonian University</b>
<b>Portugal</b>	<b>Universidade de Lisboa</b>
<b>Romania</b>	<b>Valahia University Targoviste</b>
<b>Turkey</b>	<b>Bogazici University</b>

The project started in November 2013 and  
it ended in November 2016



The first meeting of the Irresistible  
partners at Groningen (April 2014)

# Goals of the project



1. To design activities that bring cutting edge research into school (from primary to secondary) programs using the Inquiry-based Learning (IBL) approach

To motivate students, improve their science learning and change their science perception

# Goals of the project



This goal was reached by establishing Communities of Learners (CoLs) in which school teachers were supported by university researchers expert in science education and the scientific topics addressed

A bridge between universities and schools was established

The research topics selected by the project were very complex from the scientific point of view

Healthy Ageing

Oceanography

Nanotechnology

Renewable Energies

Genomics

Climate Change

Nanoscience

These topics have also a high societal relevance necessary to reach the second goal of the project

# Goals of the project



2. To design activities that foster the involvement of students in the process of Responsible Research and Innovation (RRI)



Responsible Research and  
Innovation in Science Education

# RRI: six key issues

**Engagement:** joint participation of researchers, industry and civil society in the research and innovation process

**Gender equality:** unlocking the full potential of society

**Science education:** creative education to foster the future needs of society

**Ethics:** including societal relevance and acceptability of research and innovation outcomes

**Open access:** free, online access to the results of publicly funded research

**Governance:** the responsibility of policy makers to develop harmonious models for RRI

# Goals of the project



3. To design activities that combine formal (school) and informal (science center, museum, or festival) learning

For this reason museum experts were involved in the project establishing a strong bridge among scientific museums, universities and schools

# Goals of the project



This goal was very ambitious because:

- The students had to construct exhibits to spread what they learned
- The exhibits had to underline the RRI aspects relevant to the research topic addressed

# By constructing the exhibits students

- ✓ increase their motivation for learning
- ✓ develop new skills and abilities
- ✓ improve their awareness of the ethical/societal relevance of the research activity



# Italy: UNIBO

## Nanotechnology

- **The CoL coordinator:** Margherita Venturi
- **Researchers in Science Education:** Barbara Pecori; Olivia Levrini; Eugenio Bertozzi; Giulia Tasquier
- **Researchers in Nanotechnology:** Daniela Cavalcoli; Martina Perani; Alberto Credi; Margherita Venturi
- **Researcher in History of Science and Techniques:** Paola Govoni
- **Museum expert:** Michelangelo Rocchetti of the Museum of Bali

# The International Year of Light and Light-based Technologies

## 2015



INTERNATIONAL  
YEAR OF LIGHT  
2015

**Nanotechnology to exploit light as  
energy source and tool to obtain  
information on the world**



# Italy: UNIBO

Two teaching modules have been developed to be tested in classrooms of secondary school level

Nanotechnology in the reformed Italian school-curriculum (2010) can be addressed at secondary school level

The discussion on the RRI dimensions  
was the part of the project most  
exciting

Initially it was challenging because  
RRI is a concept completely new and  
never addressed in the Italian  
school

This fact worried some teachers,  
while others considered it as an  
important opportunity



*The RRI invites to make reflections  
that were never made before at  
school, at least not in such a  
structured manner*

On the contrary, it was very easy to involve students (although younger students needed a careful explanation of some RRI terms)

All the students, including the low-performing ones, showed interests and sensitivity toward the RRI aspects

All the students worked with enthusiasm and showed great maturity in facing the complex aspects of RRI





*Open access is the most important RRI issue, since having access to important technologies can improve life. Beyond the open access to discoveries, science education makes us understand what they are.*

*Governance is the most important RRI issue since, if we do not have funds, how can we provide people with these things?*

The results we obtained in the frame of the project clearly show that RRI aspects should be permanently introduced in science teaching because of several positive consequences

# First: RRI enables to link school subjects to real world



*We must be able to apply what we learn in school in our lives*

*It is a very interesting and valuable project. It provided knowledge of what we can find in everyday life*

**Second: RRI promotes a human and cultural growth of the students; it triggers also the motivation of students not usually interested in science**



*The project made me realize that physics and chemistry are not just studying and doing exercises but have also a vital role in society and this fascinated me*

Third: To face RRI issues, the involvement of several disciplines, sciences and humanities is needed, offering an unusual approach to learning and evidencing that there is not a scientific culture and a humanistic culture



*It is a scientific work but not only ...  
the goal is not only to learn science or  
to make a laboratory activity but is  
strongly intertwined with the social  
aspects.*

*Maybe the project could include also  
teachers of other subjects and maybe  
not only use the time of scientific  
matters*

The exhibit construction focusing on the RRI dimensions relevant to the topic addressed was also very exciting for the students

*It was the first time we did a project to convey our ideas to other people. For me the exhibit creation has been a stimulus to study*



At the end the teachers too  
recognized the importance of this  
aspect of the project



*The exhibit was certainly one of the most original aspects of the project and most challenging for students. When we, as teachers, became aware that students can work "with their hands", we discover unexpected skills from them and we became convinced that we should leave them more autonomy*



*The exhibit has been the most important of the whole experience even though I had the perception of "losing my students". I had no contact with them individually. There was this object that was growing and on which they worked a lot. I had not the complete control and at a certain point I had the perception of losing them completely*

**During the project, the students prepared a lot of exhibits with the help of the museum expert**

# Exhibits

- ✓ power-point (also interactive) presentations
- ✓ videos
- ✓ an interactive virtual book



## Benvenuti in quest'avventura testuale!

Sarete Vugryz, un alieno che a seguito di uno sfortunato incidente si è ritrovato sulla Terra, devastata dalla guerra, nell'anno 2057.

L'obiettivo non è tanto arrivare alla fine, ma trovare le parti della storia sparse per il mondo di gioco.

Per muovervi cliccate sulle parole evidenziate.

Attenzione: molte scelte sono unidirezionali. Se sceglierete di procedere, non potrete tornare indietro! (assicuratevi comunque di esplorare il più possibile il mondo di gioco)

Potete ricominciare dall'inizio in qualsiasi momento cliccando su "Ricomincia da capo" in basso a destra.

Quest'avventura vi introdurrà al concetto di ricerca responsabile, un nuovo modo di concepire la scienza e l'innovazione tecnologica.

Abbiamo scelto di creare quest'avventura testuale perché crediamo che compiere scelte in prima persona possa trasmettere efficacemente il loro valore, in quanto molte di esse influenzeranno la storia: ci sono 8 possibili finali... quale otterrete voi?

P.S:

-I terminali sono ottime fonti per capire la storia, consultateli quando potete!

-Gli 8 finali sono contraddistinti da un colore specifico a seconda di quanto siano positivi o negativi, perciò i loro titoli avranno questi colori, in ordine dal migliore al peggiore: **Blu**, **Azzurro**, **Verde**, **Giallo**, **Arancione**, **Rosso**, **Viola** e **Nero**.

-Se non ci sono parole evidenziate, cliccate in un punto qualsiasi dello schermo per procedere.

# Exhibits

- ✓ various kinds of gameboards

*E<sup>C</sup>QUOLOPOLY*

Equo and Ecologic game



- ✓ a revised version of the soccer table

All these exhibits were exhibited at the  
Museum of Bali (May-June 2016)



They had a great success!





# AGENDA 2030 DI BOLOGNA

Some students involved in the project participated in the  
Workshop "Educazione e formazione per la salvaguardia  
ambientale e lo sviluppo sostenibile"  
Area della Ricerca del CNR, 20 maggio 2016





The final meeting of the project was held in Kiel (29 September - 1 October, 2016) with the participation not only of the Irresistible partners, but also of some teachers and students involved in the project (42 teachers and 72 students of different countries)

During the European Researchers Night (30 September 2016) the students illustrated their exhibits to more than 2000 visitors



The Bologna corner

In conclusion, the Irresistible project shows the importance to introduce RRI in science teaching and it also indicates how this goal can be reached

To bring in class relevant and current research topics



To use Inquiry-based Learning approach



To establish  
Community of Learners  
to help teachers



To involve students  
in the exhibit  
construction



**More information on the  
teaching modules developed by  
the Bologna group**



# Italy: UNIBO

During the three years of the project the work has been organized in two stages with involvement of different teachers and students

# 1° Round - Bologna CoL

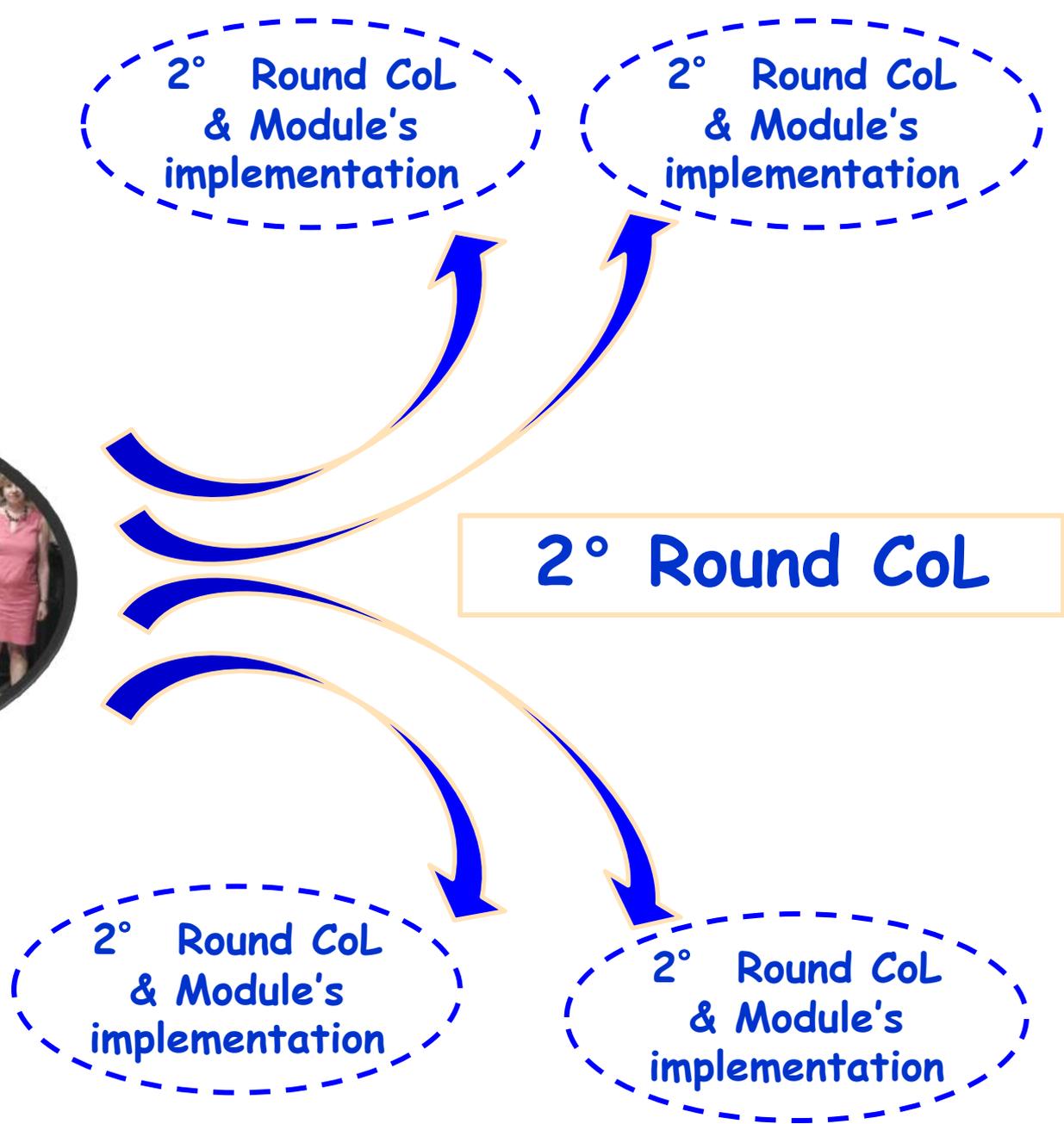


- **Teachers:**  
Paola Ambrogi  
(Chemistry), Maria  
Grazia Fabbri  
(Physics), Fabio Filippi  
(Physics); Elisabetta  
Bonfatti (Natural  
Sciences)

**4 schools (3 Scientific Lyceum, 1 technical Institute)  
for a total of 139 (101 M; 38 F) students**



Each teacher of the first round was able to involve other teachers to carry out the second round of the project



## 2° Round - Bologna CoL

**6 schools:** 3 Scientific Lyceum; 3 Technical and Professional Institutes

**11 classes:** 6 grade 10<sup>th</sup>; 2 grade 11<sup>th</sup>; 3 grade 12<sup>th</sup>

**257 students:** 206 M; 51 F

**20 teachers:** 18 science teachers (Chemistry, Physics, Natural Sciences, Technology); 2 teachers in other disciplines (Italian literature, English language)

**Modules have developed for  
students 14-16 years old**

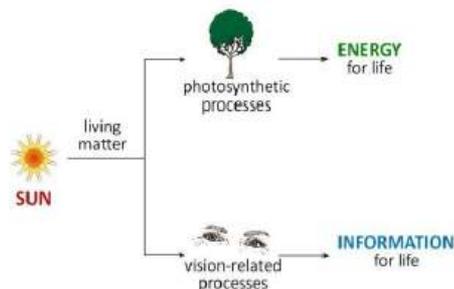
Time spent (including the home-  
work): 27-30 hours depending on  
the type of the involved schools



The project bringing  
Responsible Research  
and Innovation into  
the classroom

## Nanotechnology for information

"How can we use  
light to get  
information about  
the world?"



In nature photons are employed both as  
energy quanta and as information elements

This central question is answered in an educational module focused on the nanotechnology studies carried out to get information from the interaction light/matter and on the RRI aspects relevant to this specific research field. The module is suitable for upper level high-school and comprises many topics from the curriculum of both physics and chemistry.

### Why use this module in class?

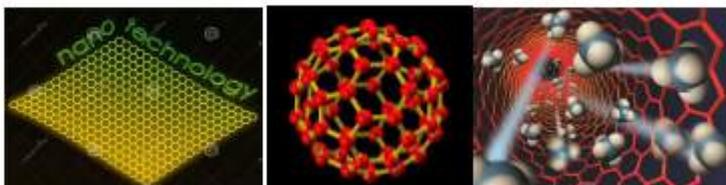
- It is an interdisciplinary module combining physics and chemistry in a scientific context, but also technological application in everyday life
- It combines many active learning approaches
- It evolves many academic skills
- It includes the relation of the scientific topic with societal issues by using Responsible Research and Innovation (RRI)
- It involves students in making an exhibition on the science & the ethical issues as wind-up of the module

## Engage

The module starts with a lesson during which the relations between the fundamental laws of chemistry and innovative technologies, i.e. nanotechnology, are stressed. After the lesson the students see a video by Harold Kroto: *Lavoisier and Mendeleev. Between atoms and molecules modern chemistry is born*

Some students decided to contact Kroto by e-mail. His answer arrived very soon!

To make students realize that the properties of matter depend on its size and to introduce nanotechnology a practical activity can be performed



The aims of this activity are:

1. to convey the idea that it is impossible to create things as small as you want and that the top-down approach, commonly used in technology, is not applicable below certain sizes;
2. to demonstrate that the total surface area of an object increases by cutting it in smaller and smaller pieces, while the total volume remains constant.

Divisions of the cube-side	Number of cubes
$2 \times 2 \times 2$	$2^3 = 8$
$3 \times 3 \times 3$	$3^3 = 27$
$4 \times 4 \times 4$	$4^3 = 64$
$5 \times 5 \times 5$	$5^3 = 125$
$6 \times 6 \times 6$	$6^3 = 216$
$7 \times 7 \times 7$	$7^3 = 343$
$8 \times 8 \times 8$	$8^3 = 512$
$9 \times 9 \times 9$	$9^3 = 729$
$10 \times 10 \times 10$	$10^3 = 1000$



Figure 1: The number of cubes increases splitting the side of the original cube

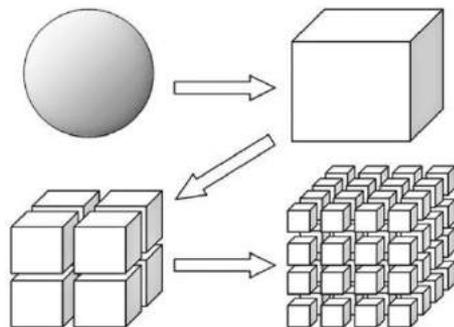


Figure 2: The surface area changes when the same volume has different shapes

## A simple way to introduce the concepts of atom and molecule to the students

There is a close parallelism between language and chemistry. Atoms are the letters of chemistry, and the periodic table is the chemistry alphabet.

A combination of letters according to the rules of language forms a word, a combination of atoms according to Nature's laws forms a molecule.

Atoms, like letters, are indispensable, but they do not have much meaning by themselves. As in a language words are the smallest units with a meaning, in chemistry molecules are the smallest entities that can play a function: they are indeed the smallest entities of matter that have distinct shapes, sizes and properties.



PERIODIC SYSTEM OF ELEMENTS																	
D.M. MENDELEEV																	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII									
1	H																
2	He	Li	Be	B	C	N	O	F									
3	Ne	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl									
4	Ar	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Cu	Zn						
5																	
6	Kr	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd						
7																	
8	Xe	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er		
9																	
10	Rn	Ra	Ac	Th	Pa	U											
11																	
12																	
	R	R'	RD	R'D'	R''D''	R'''D'''	R''''D''''	R''''''D''''''									

# Confronto fra linguaggio e materia

LINGUAGGIO	MATERIA
lettere (a,b,c,...)	atomi (C,H,O,...)
alfabeto	tavola periodica

**Gli atomi sono le lettere della materia**

## LINGUAGGIO

lettere (a,b,c,...)

alfabeto

insieme di lettere  
(uqaac)

*logica umana*

parole  
(acqua)

## MATERIA

atomi (C,H,O,...)

tavola periodica

insieme di atomi  
(HHO)

*logica naturale*

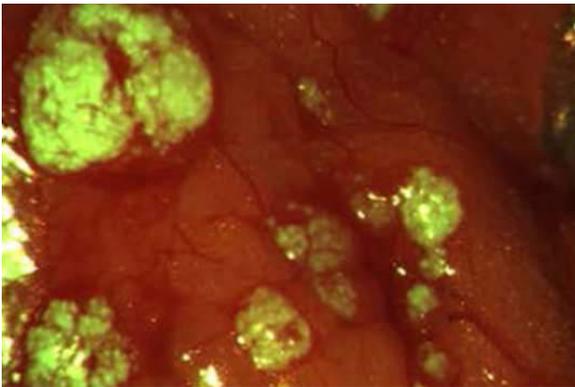
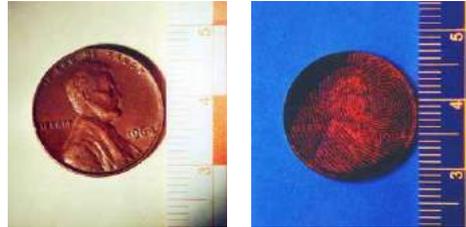
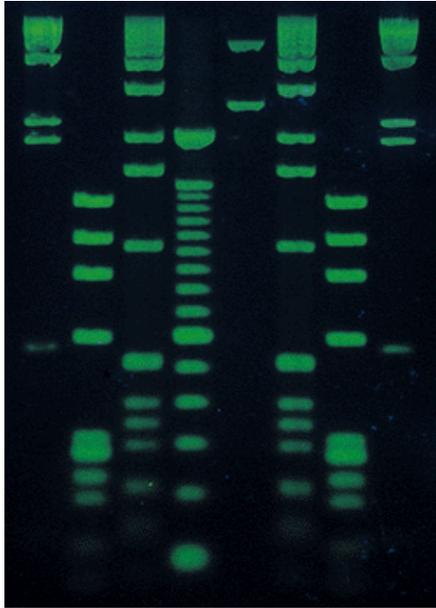
molecole  
(H<sub>2</sub>O)

**Le molecole sono le parole della  
materia**



Explore

# How use light to get information





## Explore

# How use light to get information

## SCHWEPPE'S AND UV-LIGHT

The practical work is carried out in small group; each group-mate has a role: *coordinator* (responsible for the coordination of all the different roles and of the respect of the time), *secretary* (responsible to keep records of all the information and observations), *technician* (responsible to take care of all the operations needed for the sample preparation and apparatus use), or *ambassador* (responsible for communication within the group, with other groups and with the teacher).

### Materials and reactants

A glass beacker; a bottle of Schweppes; Wood lamp; Ba(OH)<sub>2</sub> saturated solution with dropper.

### Procedure

In a dark room put 50 mL of Schweppes into the glass beacker. Illuminate the bottom of the beacker with the Wood lamp light: the solution emits a blue light.



Such an emission, however, disappears upon addition of about 10 mL of Ba(OH)<sub>2</sub> saturated solution to the Schweppes contained in the glass beacker.

## Explanation

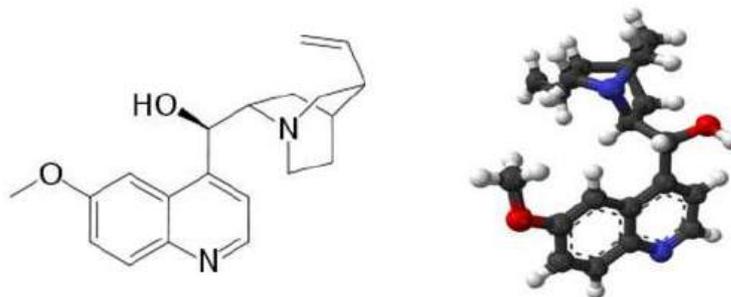
Schweppes contains quinine that, besides its medicinal properties, is used as a fluorescent standard: UV absorption peak at 350 nm, emission peak at 460 nm (blue). It means that when Schweppes is illuminated by a ultraviolet “black light” the quinine absorbs the UV light giving rise to an electronically excited state. This state is unstable and immediately deactivates emitting the blue light.

When the  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  saturated solution is added to Schweppes, the blue emission disappears because the hydroxide behaves as a quencher: it absorbs the energy from the electronically excited quinine and dissipates the energy as *heat*.

## Some information on quinine

Quinine is a white crystalline alkaloid having antipyretic (fever-reducing), antimalarial, analgesic (painkilling), and anti-inflammatory properties and a bitter taste. Quinine occurs naturally in the bark of the cinchona tree, though it has also been synthesized in the laboratory. The medicinal properties of the cinchona tree were originally discovered by the Quechua, who are indigenous to Peru and Bolivia.

Quinine was the first effective Western treatment for malaria caused by *Plasmodium falciparum*, appearing in therapeutics in the 17th century. It remained the antimalarial drug of choice until the 1940s, when other drugs, that have fewer unpleasant side effects, replaced it.



Note of Caution

Do not look at the light emitted by  
the Wood lamp

Handle with care the  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  saturated solution

## LUMINOL AND FORENSIC ANALYSIS

The practical work is carried out in small group; each group-mate has a role: *coordinator* (responsible for the coordination of all the different roles and of the respect of the time), *secretary* (responsible to keep records of all the information and observations), *technician* (responsible to take care of all the operations needed for the sample preparation and apparatus use), or *ambassador* (responsible for communication within the group, with other groups and with the teacher).

### Materials and reactants

Animal blood bought at the butcher's shop; disposable rubber gloves; a torch; a glass stick; filter paper; 100 mL glass beaker, 150 mL round-bottomed flask; balance; two graduate pipettes; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3% solution; NaOH 10% solution; luminol powder; distilled water.

*Preparation of the luminol solution:* weight 0.10 g of luminol, add 3 mL of NaOH 10% solution and then bring the volume to 150 mL by using distilled water.

### Procedure

Wear the disposable gloves and with the glass stick deposit traces of blood on the filter paper that will be put into the solution of luminol contained in the beaker; darken the room and switch on the torch. Add 4-5 mL of hydrogen peroxide and switch off the torch. After a short period of time a blue light (luminescence) emission appears that persists for a few minutes.

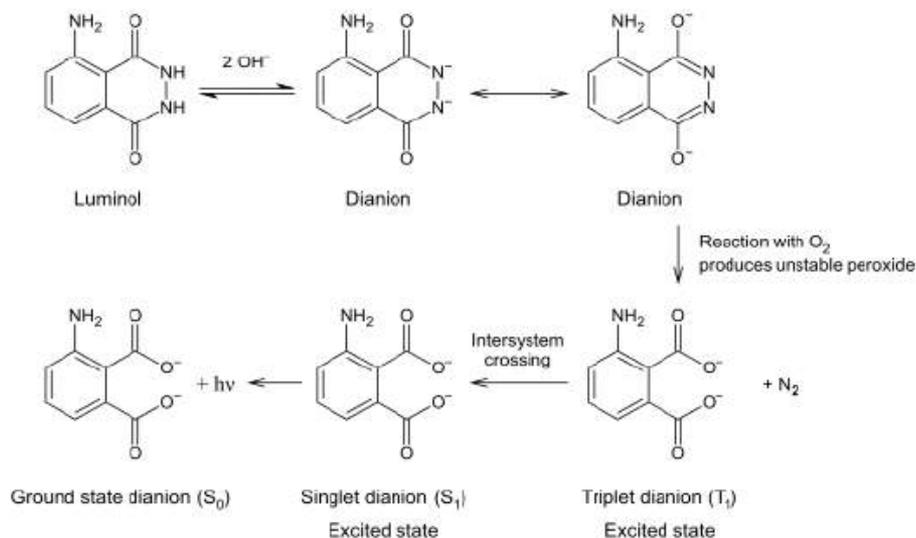
Remember to carry out a control test using a "stain" of water.

## Explanation

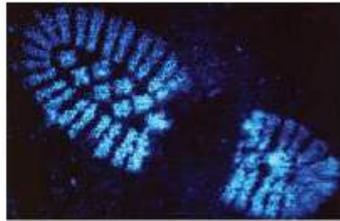
To exhibit its luminescence, the luminol must be activated with an oxidant. Usually, a solution containing hydrogen peroxide ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) and hydroxide ions in water is used as the activator. In the presence of a catalyst such as an iron compound, the hydrogen peroxide is decomposed to form oxygen and water:



When luminol reacts with the hydroxide ion, a dianion is formed that reacts with the oxygen obtained by the decomposition of hydrogen peroxide giving, by the loss of a nitrogen molecule, an organic peroxide in the electronically excited state. This species is very unstable and deactivates to the ground state emitting blue light.



This reaction occurs in the presence of blood because it contains hemoglobin in which a iron ion is present and acts as a catalyst for the hydrogen peroxide decomposition. For this reason the luminol emission is commonly used in forensic test to reveal blood stains.



*Luminol at work at the crime scenes*

**Interferences?**



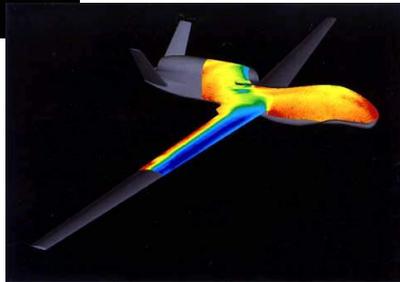
Do not look at the light emitted by the Wood lamp

Wear the safety goggles, the white coat and disposable rubber gloves while using the animal blood

To avoid dangerous situation for students, all the needed solutions are prepared by the laboratory technicians



## Explain



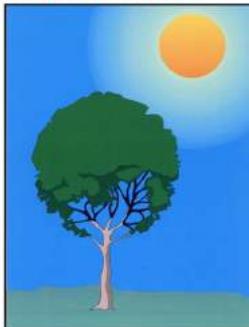
A presentation is given to the students by an expert on the importance of light in our life and from the technological point of view.

- Light absorption is responsible of the color of the things
- Artificial sources of light
- Light absorption is responsible of the light emission exhibited by some substances
- Characteristics of the luminescent nanosensors
- Possible applications of luminescent nanosensors
- Light absorption can induce changes in the shape of appropriate molecules
- Light absorption can cause in specific substances a color change: photochromic substances
- Light emission can be a consequence of chemical reactions: chemiluminescent reactions
- Light absorption can cause the occurrence of reactions that in the dark cannot take place: photochemical reactions
- The importance of the photochemical reactions in nature and in the technological field
- Some considerations on the technological development

### Photochemical reactions



Photography



Photosynthesis

## Nanotechnology for solar energy

"Why do we have to use renewable energy sources, in particular solar energy?"



The solar-powered aircraft Solar Impulse

This central question is answered in an educational module focused on the nanotechnology studies carried out to convert sunlight into electric energy and on the RRI aspects relevant to this specific research field. The module is suitable for upper level high-school and comprises many topics from the curriculum of both physics and chemistry.

### Why use this module in class?

- It is an interdisciplinary module combining physics and chemistry in a scientific context, but also economic and technological aspects
- It combines many active learning approaches
- It evolves many academic skills
- It includes the relation of the scientific topic with societal issues by using Responsible Research and Innovation (RRI)
- It involves students in making an exhibition on the science & the ethical issues as wind-up of the module

## Engage

The project, in general and in the module in particular, are introduced to the students. The topic of the importance of solar energy for producing electricity is put forward by presenting the video of the TED lecture "My solar powered adventure" by Bertrand Piccard, where the challenge of getting rid of our dependency on fossil energy is addressed

## A SUMMARY OF THE TED CONFERENCE “MY SOLAR POWERED ADVENTURE”

1) *The conduction of a balloon through the atmosphere as metaphor of living.* In the balloon, like in life, we must go often in unforeseen directions: we want to go in a direction, but the winds push us in another direction. As long as we fight against the winds horizontally, life is a nightmare.

For steering a balloon we understand that the atmosphere is made out of several different layers of wind which all have different directions; so, for changing our trajectory, in life, or in the balloon, we have to change altitude and raising to another psychological, philosophical and spiritual level.

2) *The pioneering spirit.* Pioneers are not people who have new ideas; rather, they are people who help us to explore this vertical axis, that means to explore all the different ways to do, all the different ways to behave, all the different ways to think, before finding the one that goes in the direction we wish.

3) *How to perpetrate the pioneering spirit today and to make the most incredible thing possible?* It is not a matter of conquering the planets or space since it has already been done. The question, today, is to improve the quality of life by getting rid of our dependency on fossil energy. For example, the Solar Impulse project, flying around the world in a solar powered airplane, can be seen as a right answer to the above question.

4) *The Solar Impulse project is a symbol.* It shows that it is not anymore completely stupid to think about getting rid of the dependency on fossil fuels.

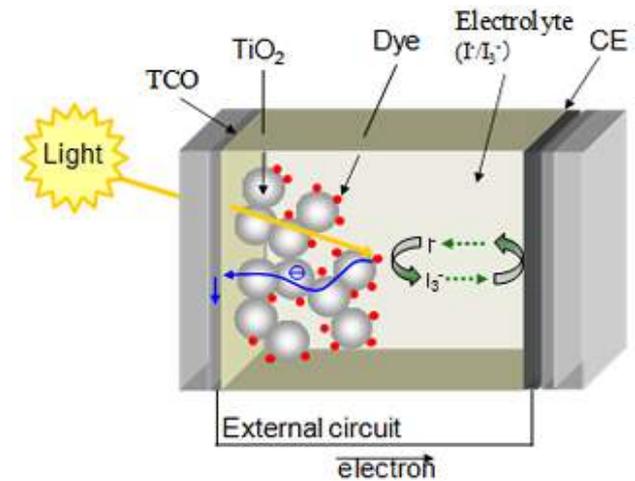
However, if our airplane is too heavy, and if the pilot wastes energy, we will never fly until the next sunrise. At the same way, if we keep on wasting our energy resources, and if we keep on building things that consume so much energy that most of the companies now go bankrupt, we will leave several problems that should be solved by the next generations.

5) *The wings of the future.* When Charles Lindbergh crossed the Atlantic for the first time, the payload of his airplane was also just sufficient for one person and some fuel. Twenty years later there were 200 people in every airplane crossing the Atlantic. Let's go for it, for an excellent adventure in the wings of the future!



Explore

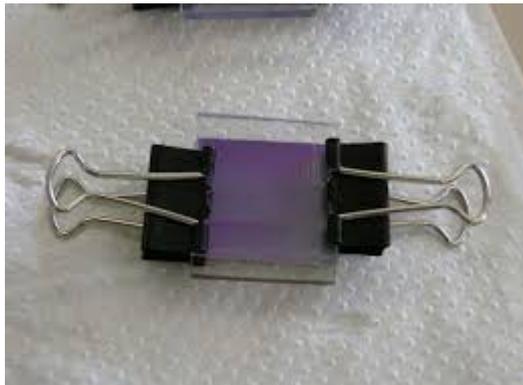
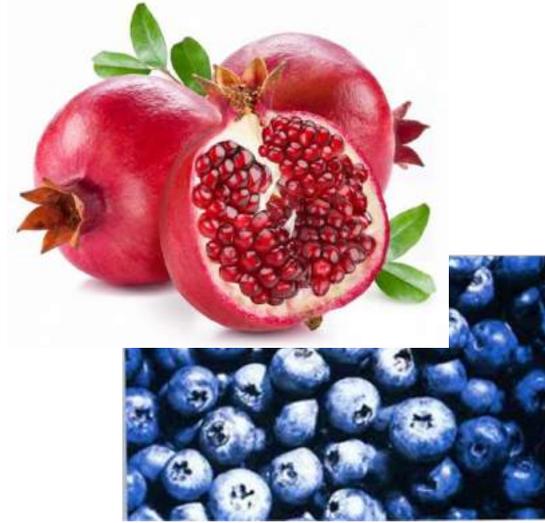
# The ways to convert sunlight into electric energy



The Graetzel cell



# The Graetzel cell can be realized by using natural dyes!

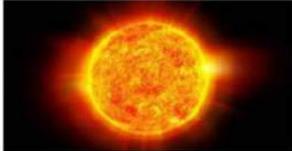


How can we verify the importance of light and dye on the performance of the cell?



## Explain

The teacher and/or the university expert give a lecture about the photovoltaic technology.



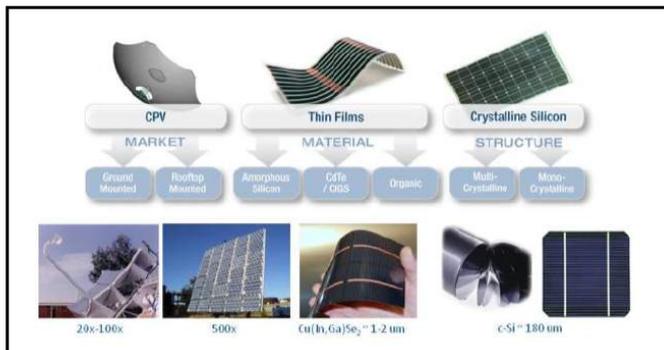
Petrol: the ultimate source of petrol available would provide  $1.7 \times 10^{22}$  joule

*G.W. Crabtree and N.S. Lewis, Physics Today, March 2007*

The quantity of energy that humans consume in **1 year** is  $4.6 \times 10^{20}$  joule

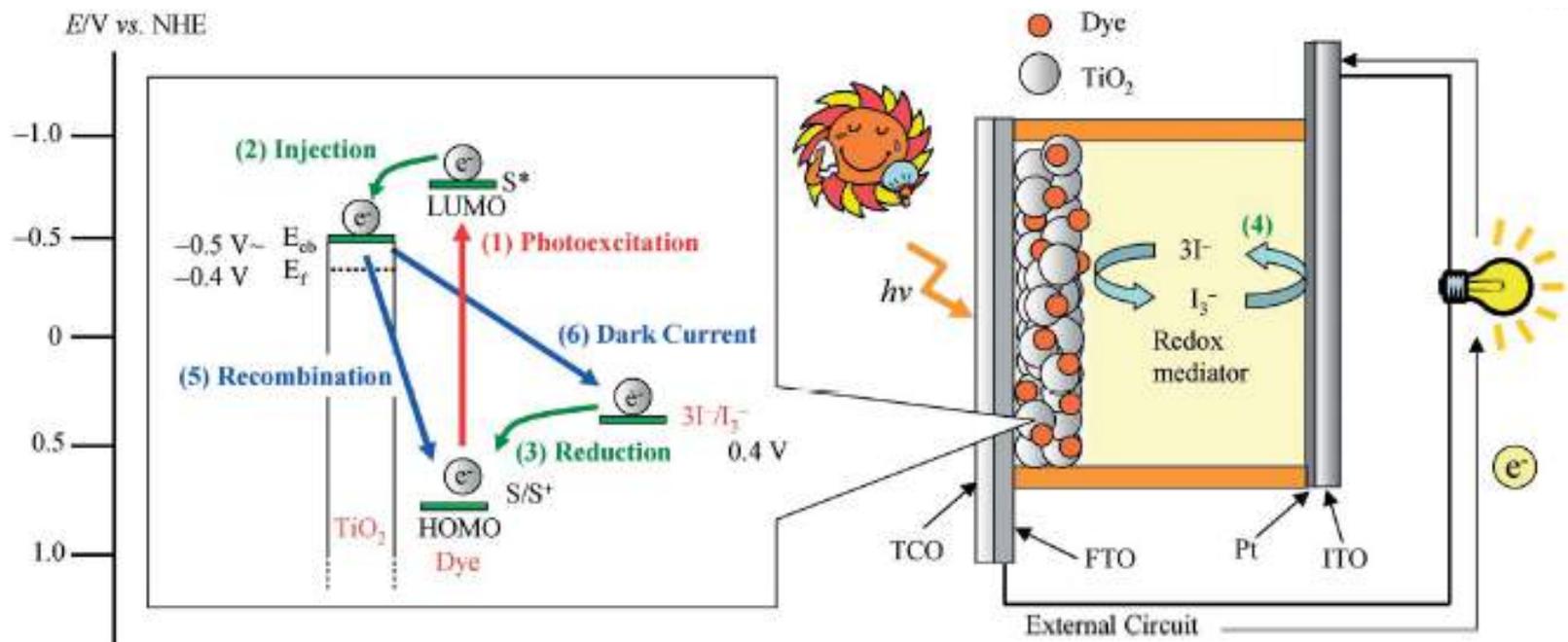
This quantity is provided by the Sun in **1 hour**

- Is solar energy a good idea and why? Some motivations
- How much energy comes from the sun?
- How much does it cost?
- The grid parity concept
- Which countries produce solar converters and where are they installed?
- Solar photovoltaic industries bankrupt. Solutions?
- The research concerning development of new solar cells, new materials, low cost or high efficiencies. Some examples/solutions are tandem cells, new generations of solar cells based on quantum dots
- How can we select the “perfect material” for solar cells? As an example the life cycle assessment (LCA) can be discussed



# This module has been improved for students 17-18 years old

The improvement concerns mainly an extension the experimental work



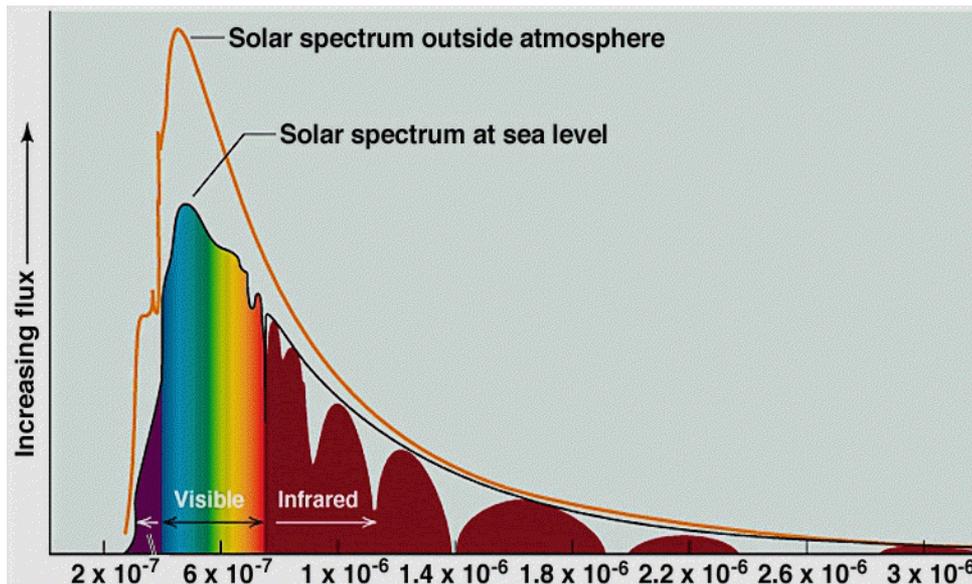
# Students try to understand the mechanism that occurs in the Graetzel cell



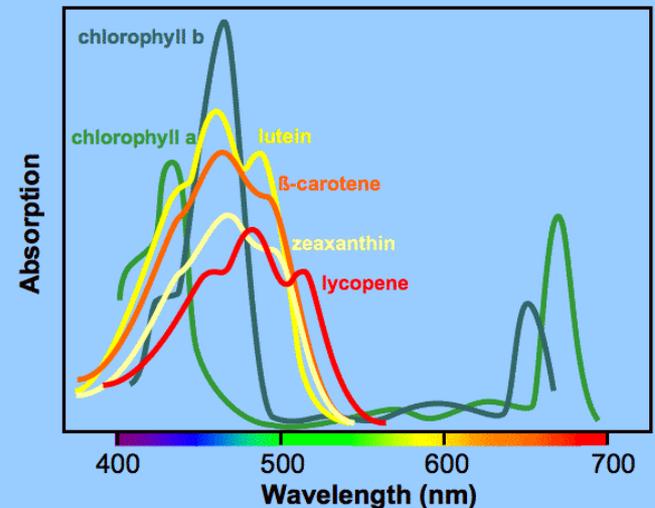
Analysis of the  $\text{TiO}_2$  electrode with the Atomic Force Microscopy (AFM)

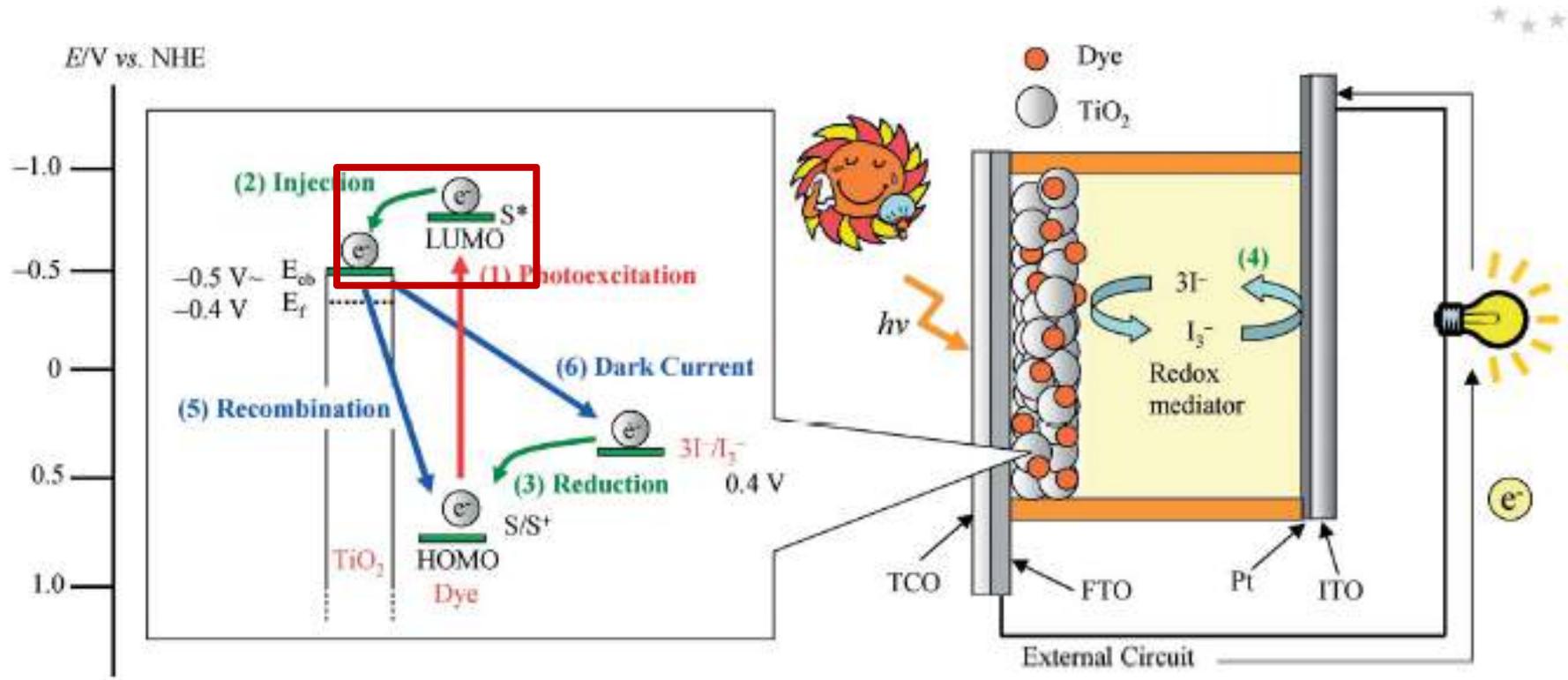
Educational AFM

# Correlation of the dye absorption properties and the cell efficiency



The photosynthetic pigments absorb much of the spectrum



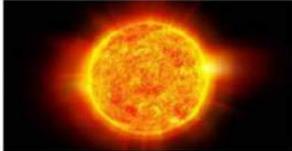


Not only the absorption properties of the dyes are important, but also their ability to transfer an electron to the electrode plays a fundamental role



## Explain

The teacher and/or the university expert give a lecture about the photovoltaic technology.



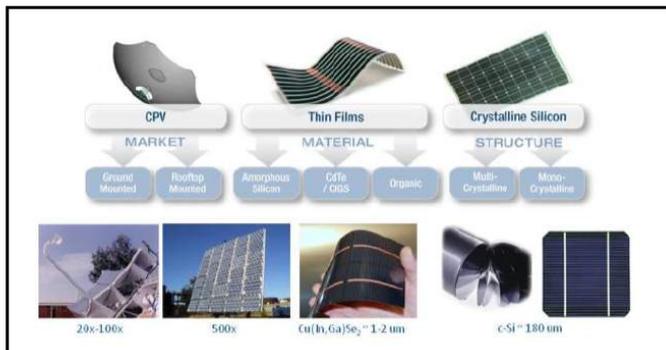
Petrol: the ultimate source of petrol available would provide  $1.7 \times 10^{22}$  joule

*G.W. Crabtree and N.S. Lewis, Physics Today, March 2007*

The quantity of energy that humans consume in **1 year** is  $4.6 \times 10^{20}$  joule

This quantity is provided by the Sun in **1 hour**

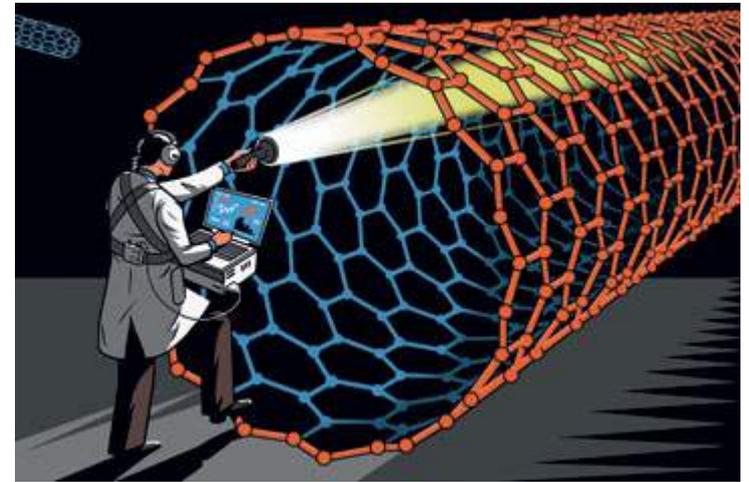
- Is solar energy a good idea and why? Some motivations
- How much energy comes from the sun?
- How much does it cost?
- The grid parity concept
- Which countries produce solar converters and where are they installed?
- Solar photovoltaic industries bankrupt. Solutions?
- The research concerning development of new solar cells, new materials, low cost or high efficiencies. Some examples/solutions are tandem cells, new generations of solar cells based on quantum dots
- How can we select the “perfect material” for solar cells? As an example the life cycle assessment (LCA) can be discussed



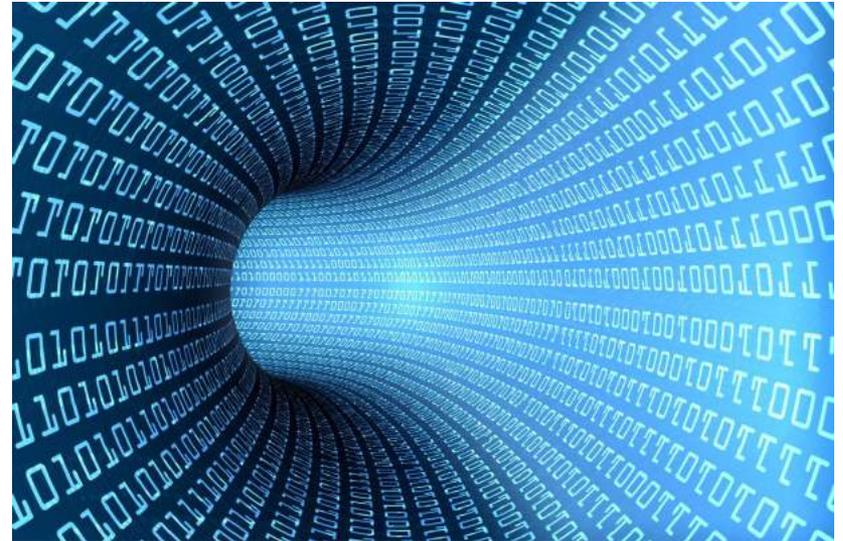
After the explore and explain phases (unavoidable because of the IBL approach) the project required that students started to discuss on the RRI dimensions, selecting those particularly suitable for the topic addressed (elaborate phase)

Such a kind of discussion was fundamental for the construction of the exhibits

The very good results we obtained are surely the consequences of the scientific topics addressed that combine nanotechnology, energy need, and information need



# Energy need and information need are two big challenges for the today research



Addressing these themes the RRI  
issues emerge spontaneously and  
necessarily