

DIPARTIMENTO
DI CHIMICA

Seminari di Natale 2021

WellChem: CHIèaMICA del Futuro

lunedì 20 dicembre 2021



PLS



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

La magia della catalisi

di Ida Pettiti

Seminari di Natale 2021 del Dipartimento di Chimica
<https://www.chem.uniroma1.it/Seminari%20di%20Natale>
canale YouTube [Wellchem Chimica](#)



Seminari di Natale 2021

WellChem: CHIèaMICA del Futuro

lunedì 20 dicembre 2021



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Nel seminario verrà illustrato, in modo semplice, il fenomeno della catalisi, secondo il quale la velocità di una reazione chimica, ossia un processo che consiste nella trasformazione chimica della materia sotto forma di "reagenti" nei "prodotti", può essere influenzata dalla presenza di una piccola quantità di catalizzatore. Il catalizzatore è una sostanza che, pur partecipando alla reazione, non viene consumata durante il processo e si ritrova inalterata alla fine dello stesso. Tale catalizzatore è in grado di decidere il destino di una certa reazione chimica, pilotando il modo in cui questa avviene e privilegiando percorsi che la natura, con il solo uso dei reagenti, non riesce a seguire. Saranno illustrati esempi di fenomeni catalitici comuni e ben noti in natura e verrà spiegata, brevemente, la strategia che un ricercatore chimico può adottare per poter sfruttare la magia della catalisi, al fine di trasformare in prodotti delle sostanze che la natura non produrrebbe oppure produce, ma in tempi assai lunghi.

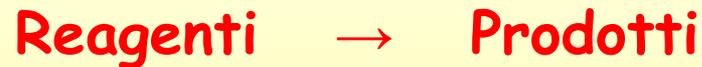


PLS



Cosa si intende con il termine "catalizzatore"?

- In una reazione chimica:



la velocità con cui il processo avviene può essere influenzata dalla presenza di una piccola quantità di catalizzatore.

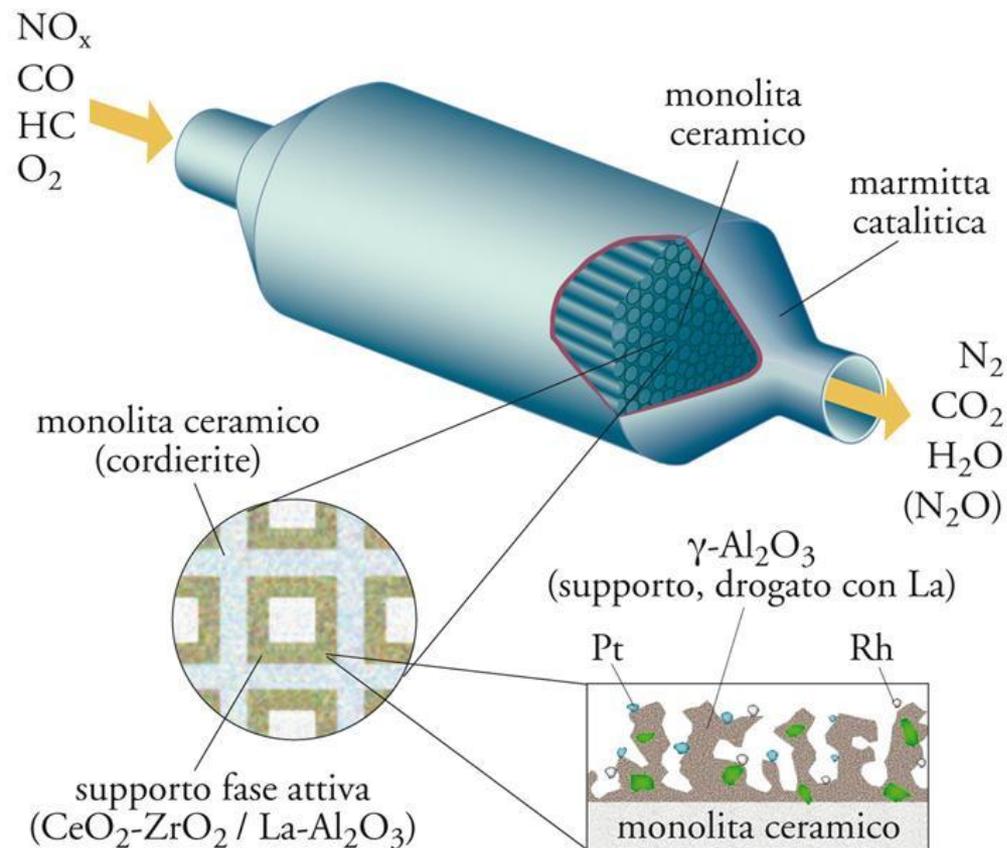
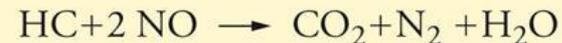
- Il **catalizzatore** è una sostanza che, pur partecipando alla reazione, non viene consumata durante il processo e si ritrova inalterata alla fine dello stesso.
- Il **catalizzatore** è in grado di decidere il destino di una certa reazione chimica, pilotando il modo in cui questa avviene e privilegiando percorsi che la natura, con il solo uso dei reagenti, non riesce a seguire.

Il termine
"catalizzatore" fu
 coniato nel 1836 dal
 chimico svedese
 Berzelius che osservò
 che talune reazioni
 avvenivano più
 velocemente in presenza
 di un'ulteriore sostanza
 che rimaneva inalterata.
 Sugerì che tale
 sostanza esercitasse
 quella che egli definì una
 "forza catalitica".

reazioni di ossidazione



reazioni di riduzione



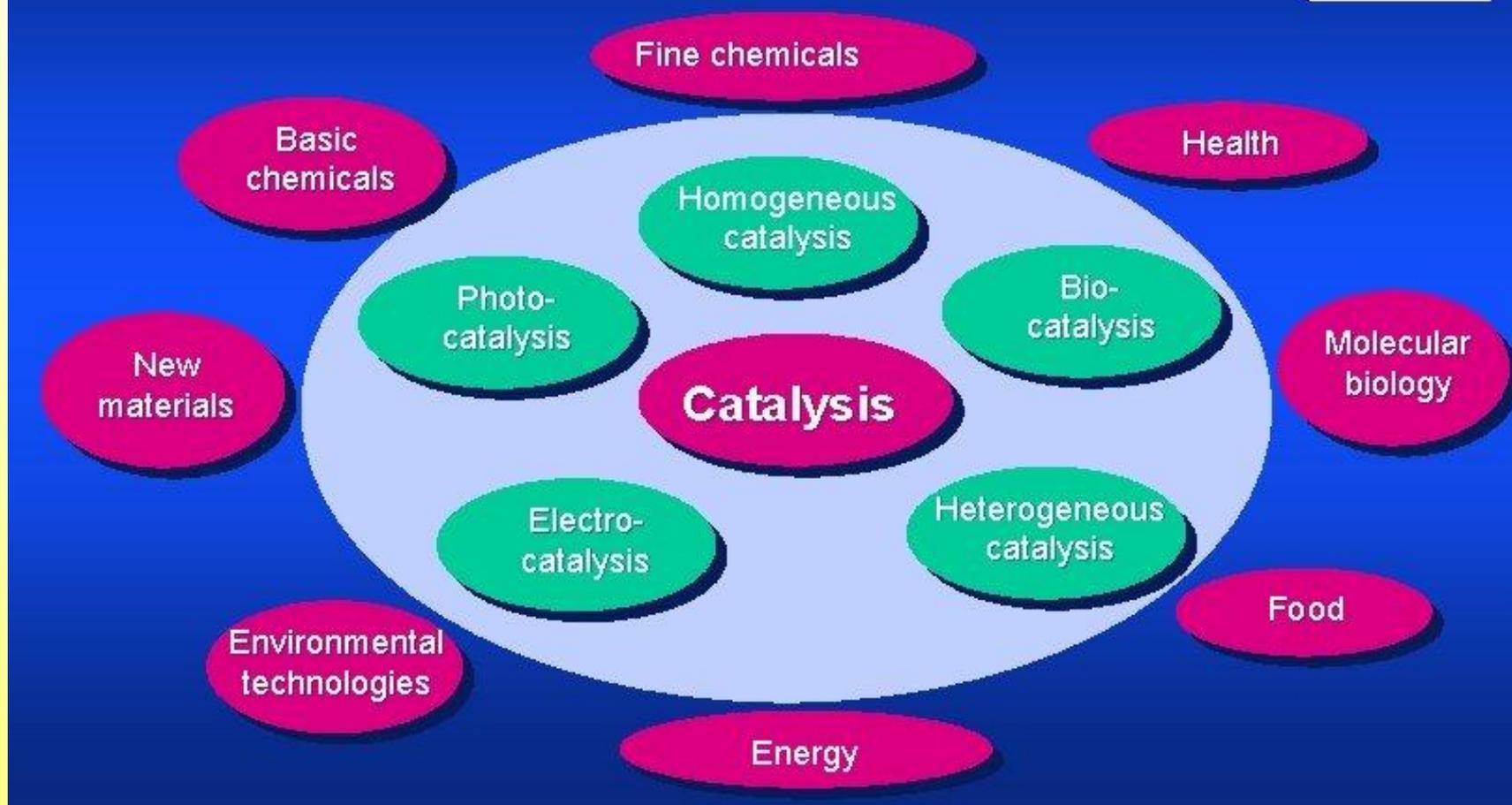
Marmitta catalitica (catalisi eterogenea)

Importanza mondiale della Catalisi

- Quasi tutti i processi chimici industriali utilizzano la catalisi.
- Industria del petrolio, settore energia, prodotti chimici, prodotti farmaceutici, nuovi materiali.
- Catalisi ambientale per il controllo degli agenti inquinanti, sviluppo sostenibile.
- Nel 2020 il Mercato della Catalisi Industriale Globale era di 11.640 milioni di dollari e stimato ad arrivare a 13.990 milioni di dollari nel 2027, con un tasso di crescita annuale (CAGR) del 2,6% tra il 2021 e 2027.



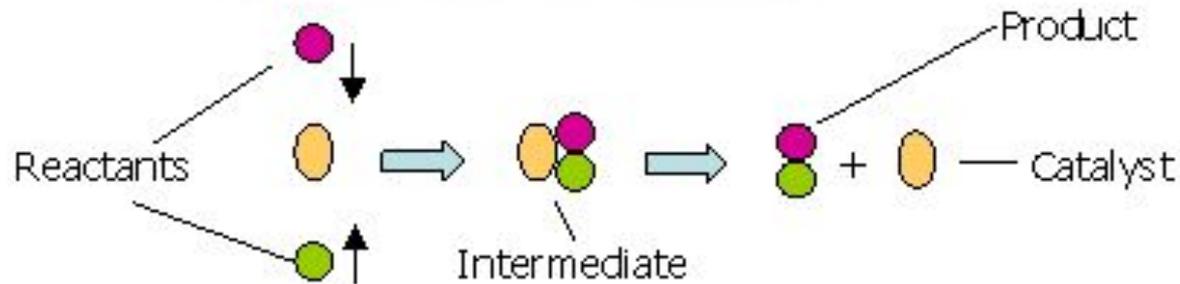
Catalysis - Research for the 21th Century



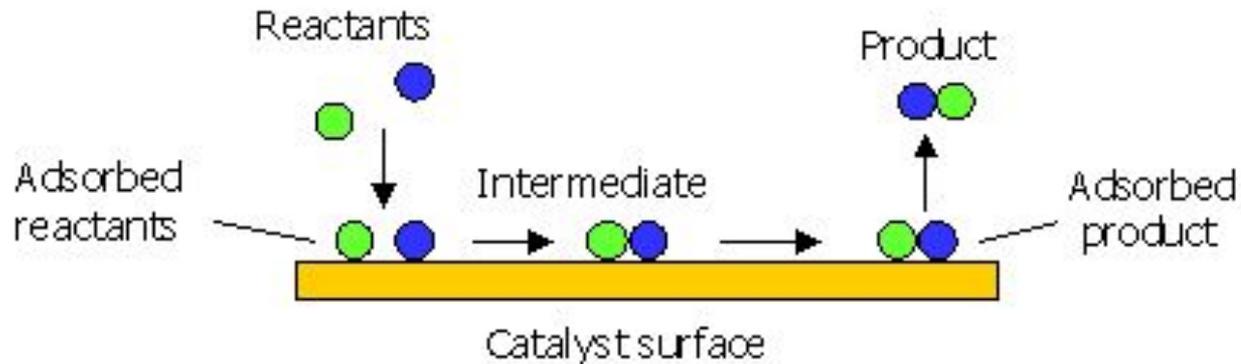
Matthias Beller (2003)

Catalisi omogenea ed eterogenea

Homogeneous catalysis



Heterogeneous catalysis

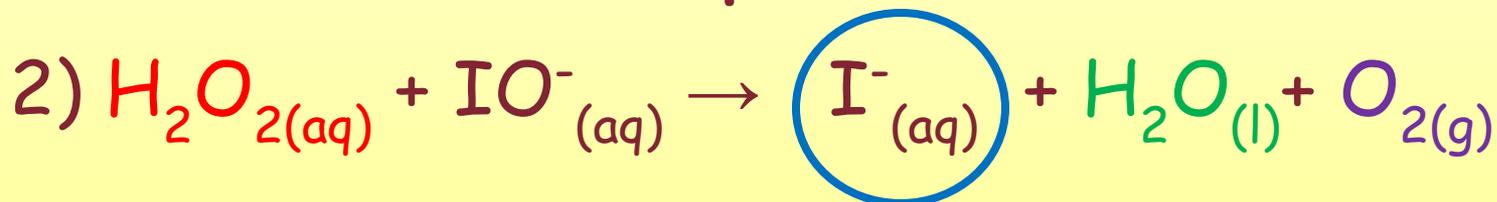
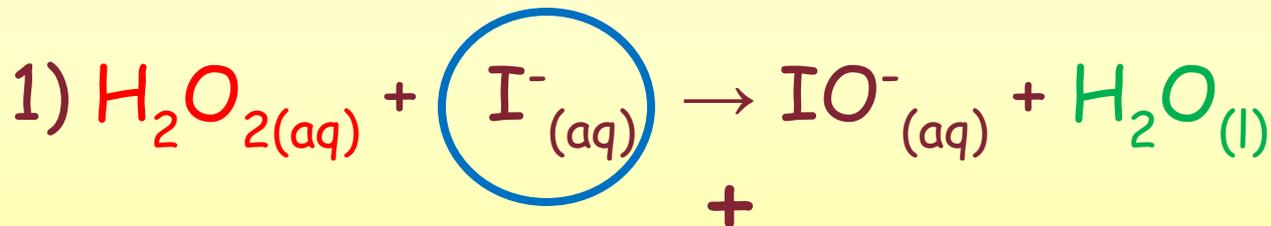
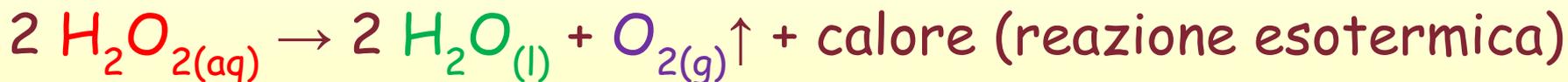


Acqua ossigenata o perossido di idrogeno H_2O_2

- È una sostanza comunemente nota per le proprietà disinfettanti delle sue soluzioni acquose.
- Il prodotto commerciale contiene acqua ossigenata sciolta in acqua, in rapporto di 3 grammi di acqua ossigenata per ogni 100 grammi di soluzione. Talvolta la sua concentrazione è espressa in "volumi": per esempio l'acqua ossigenata commerciale a "10 volumi" è una soluzione che ne contiene tanta da liberare 10 litri di ossigeno per litro di prodotto.



Decomposizione del perossido di idrogeno



Lo ione ioduro (I^-) è il catalizzatore, cioè partecipa alla reazione rendendola più veloce, ma non viene consumato: nel secondo stadio se ne forma una quantità uguale a quella consumata nel primo. È un esempio di **catalisi omogenea**.



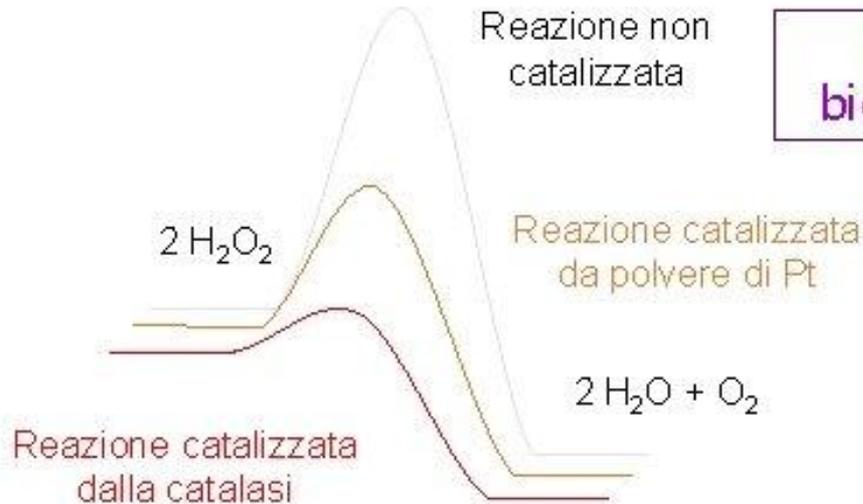
Come agisce il catalizzatore?

- Agisce sulla velocità della reazione intervenendo sulla formazione di uno **stato di transizione**.
- Determina un **cammino di reazione alternativo** che prevede una energia di attivazione minore.
- Rimane **inalterato** alla fine del ciclo catalitico.

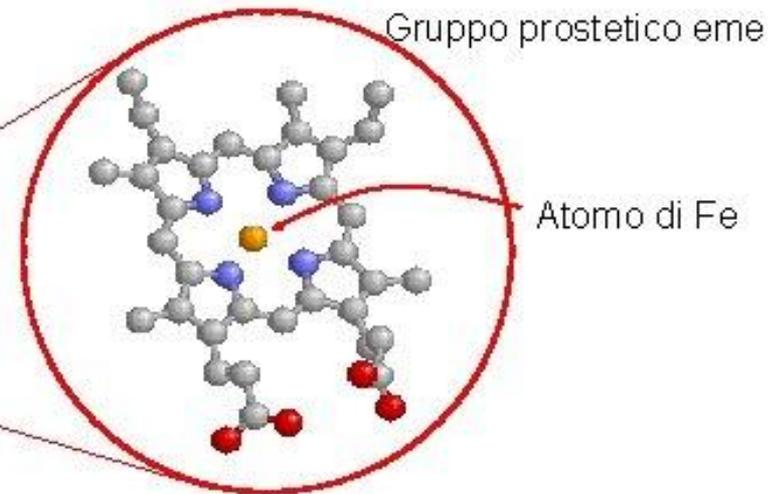


Esistono anche catalizzatori che riducono la velocità di un processo chimico

Gli enzimi sono catalizzatori biologici estremamente efficienti

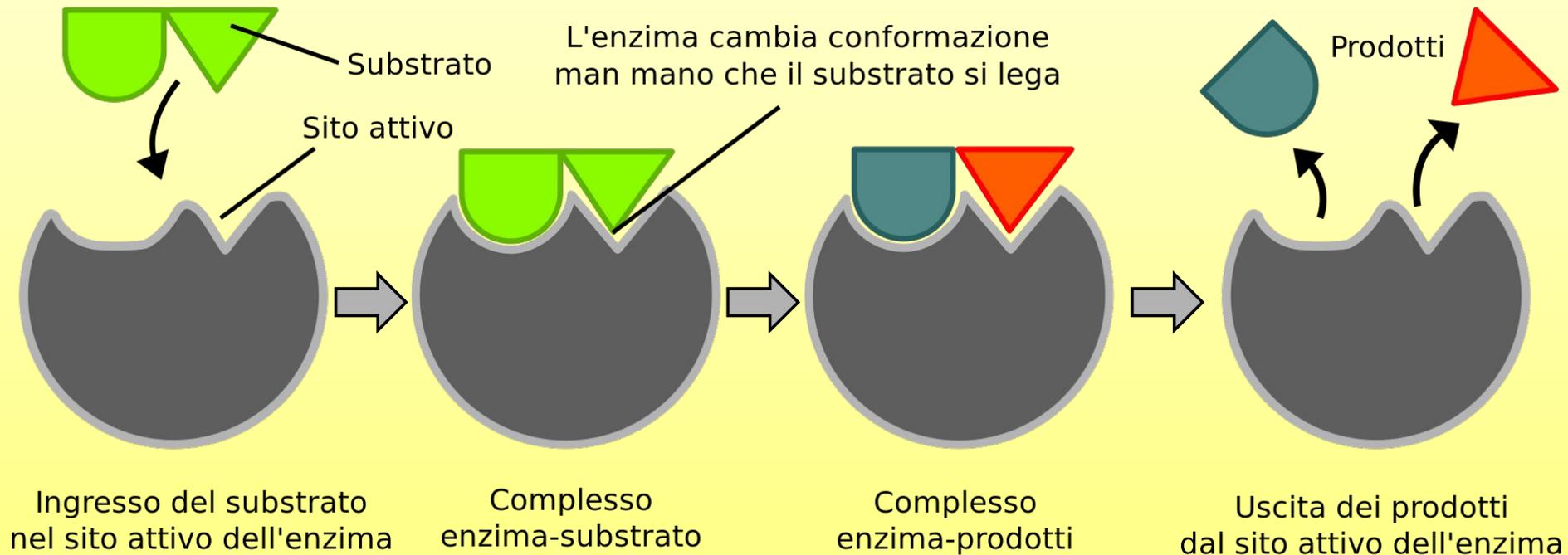


Struttura tridimensionale della catalasi di eritrocita umano

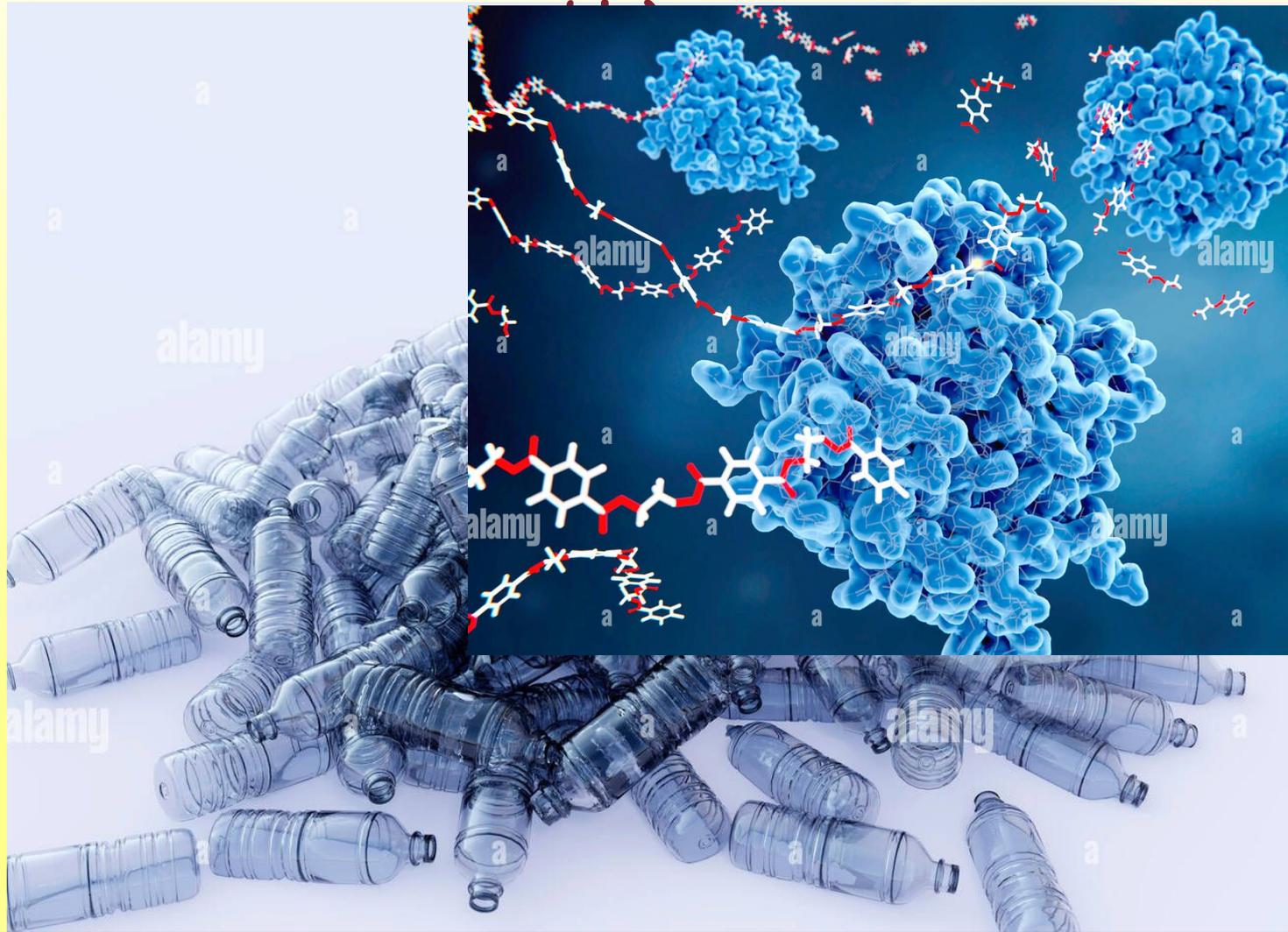


Processi catalitici in natura: **gli enzimi**

Gli enzimi sono dei catalizzatori proteici presenti in tutte le reazioni biochimiche e sono **altamente specifici**.

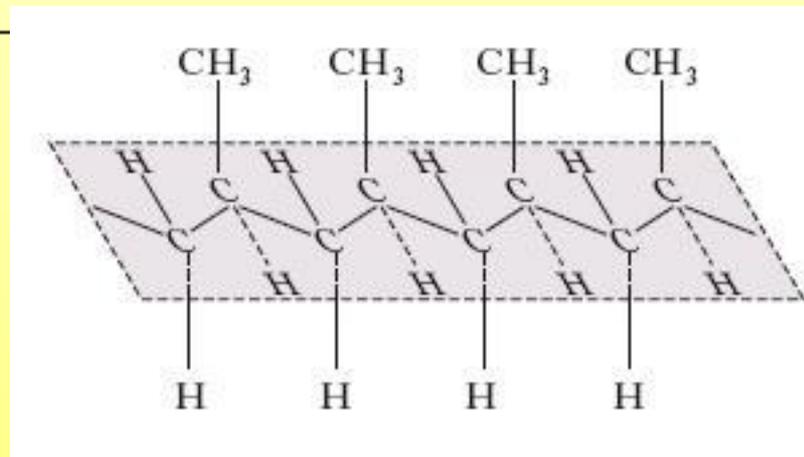
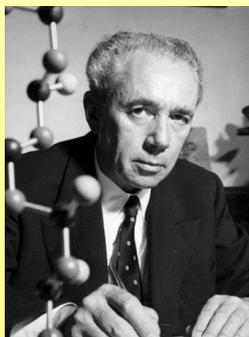
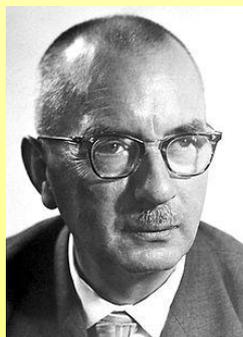


Degradazione batterica (*ideonella sakaiensis*) della plastica (bianco e rosso) da parte degli enzimi PETase (in



Esempi di processi catalitici

Tra le tante reazioni catalitiche che sono realizzate quotidianamente nelle industrie quella che è più cara ai chimici italiani è sicuramente quella del **polipropilene (PP) isotattico**.



Catalizzatore Ziegler-Natta (Premio Nobel 1963): TiCl_3 (solido) con $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Cl}$.

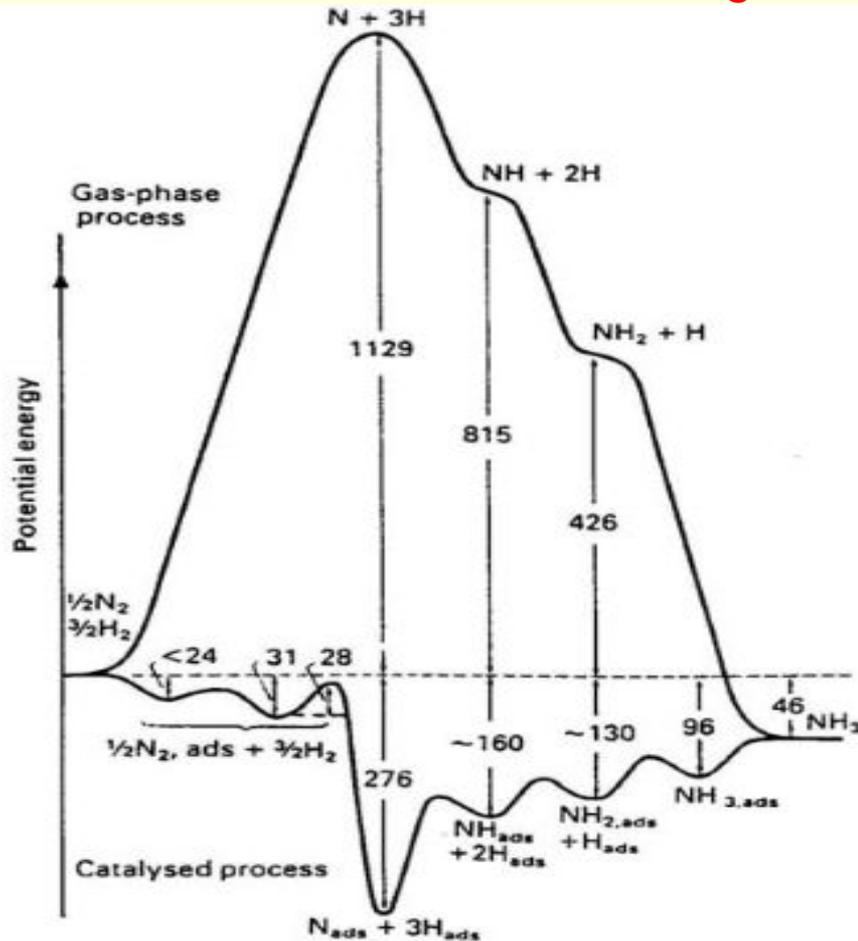
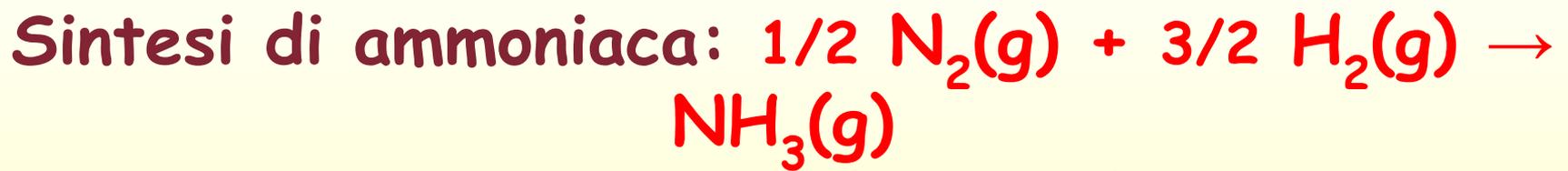
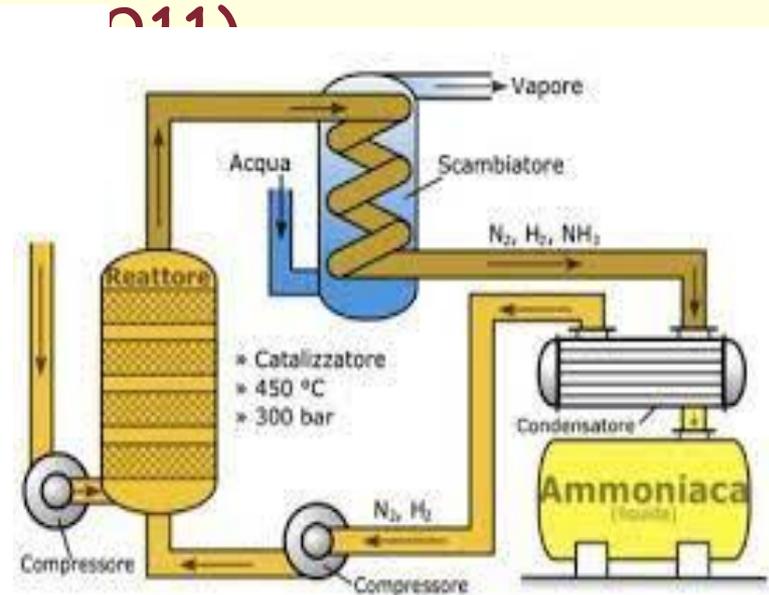


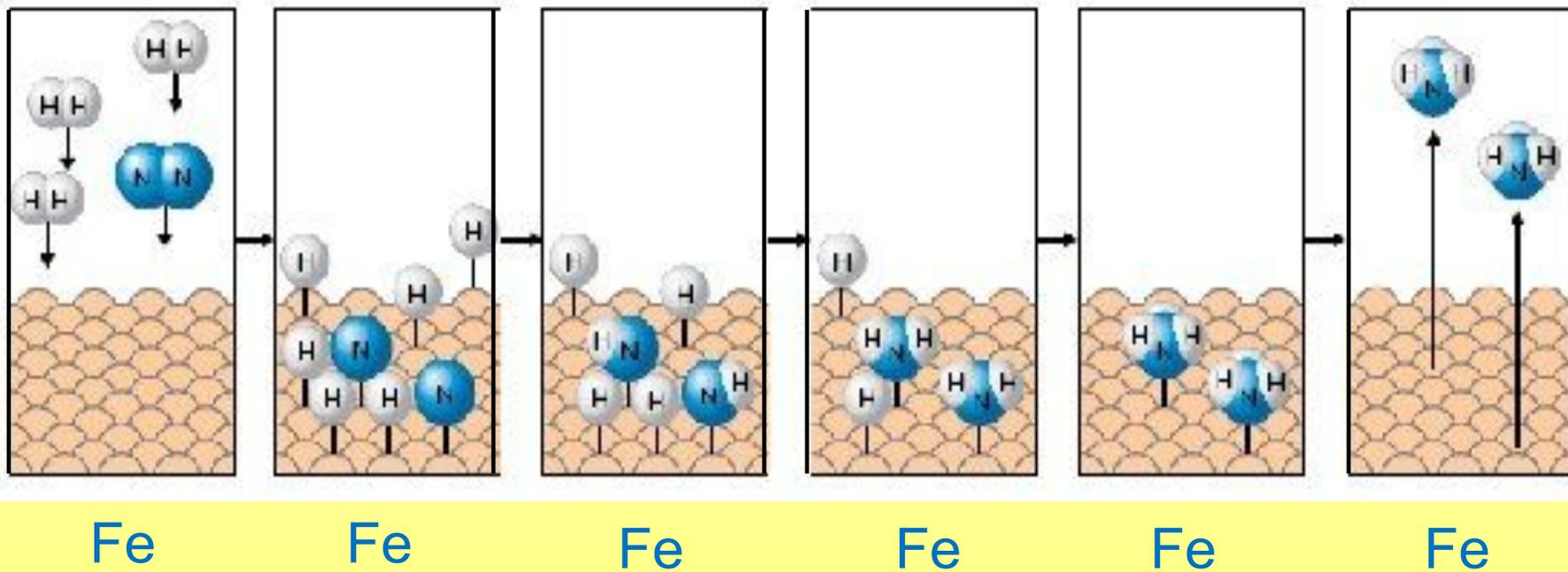
Figure 1.3. Energy profiles for the series of reaction steps to make ammonia from nitrogen and hydrogen by both homogeneous gas-phase and iron-catalysed reactions. The role of the catalyst in decreasing the energy barrier to reaction can be seen (numerical values are kJ mol^{-1}).



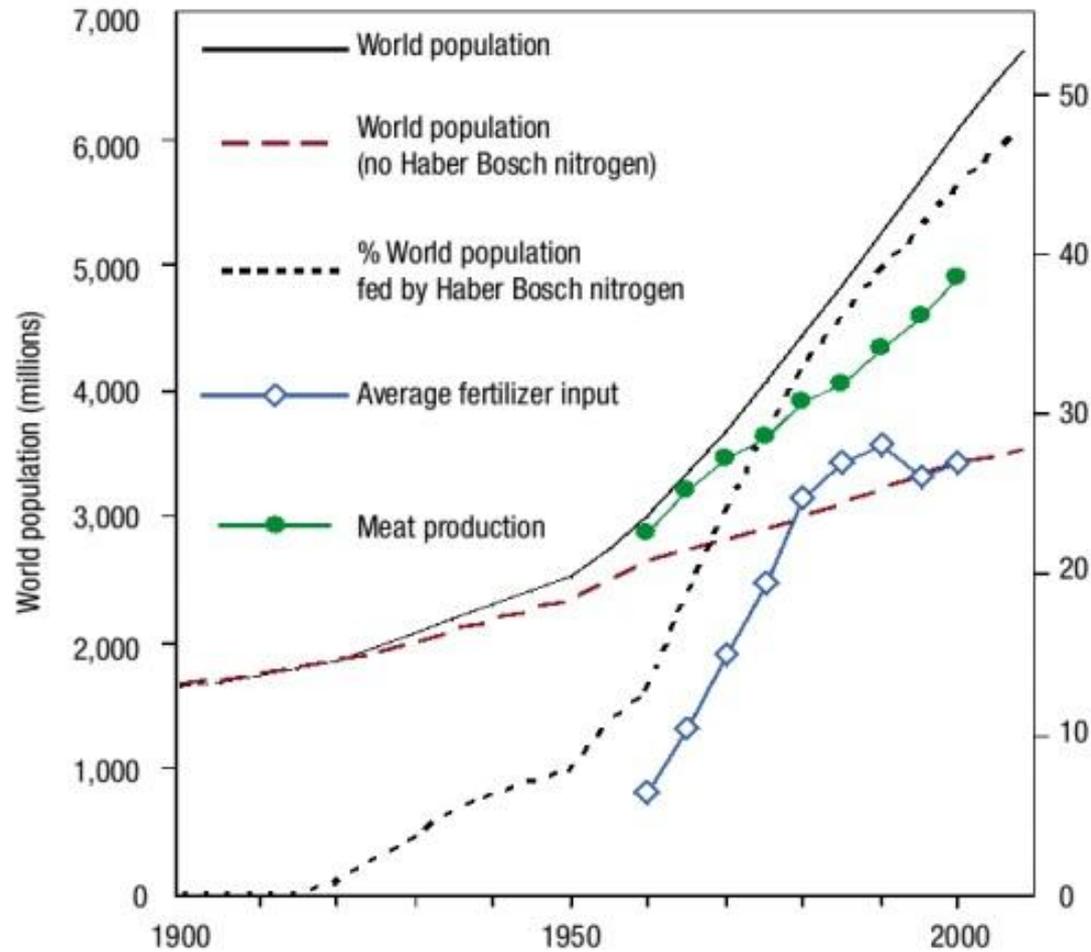
Catalizzatore a base di ferro (Fe_3O_4)

Ertl G. Catal. Rev. Sci Eng., 21(2) (1980) 201-223.

Formazione di molecole di ammoniaca da azoto e idrogeno sulla superficie del catalizzatore di ferro



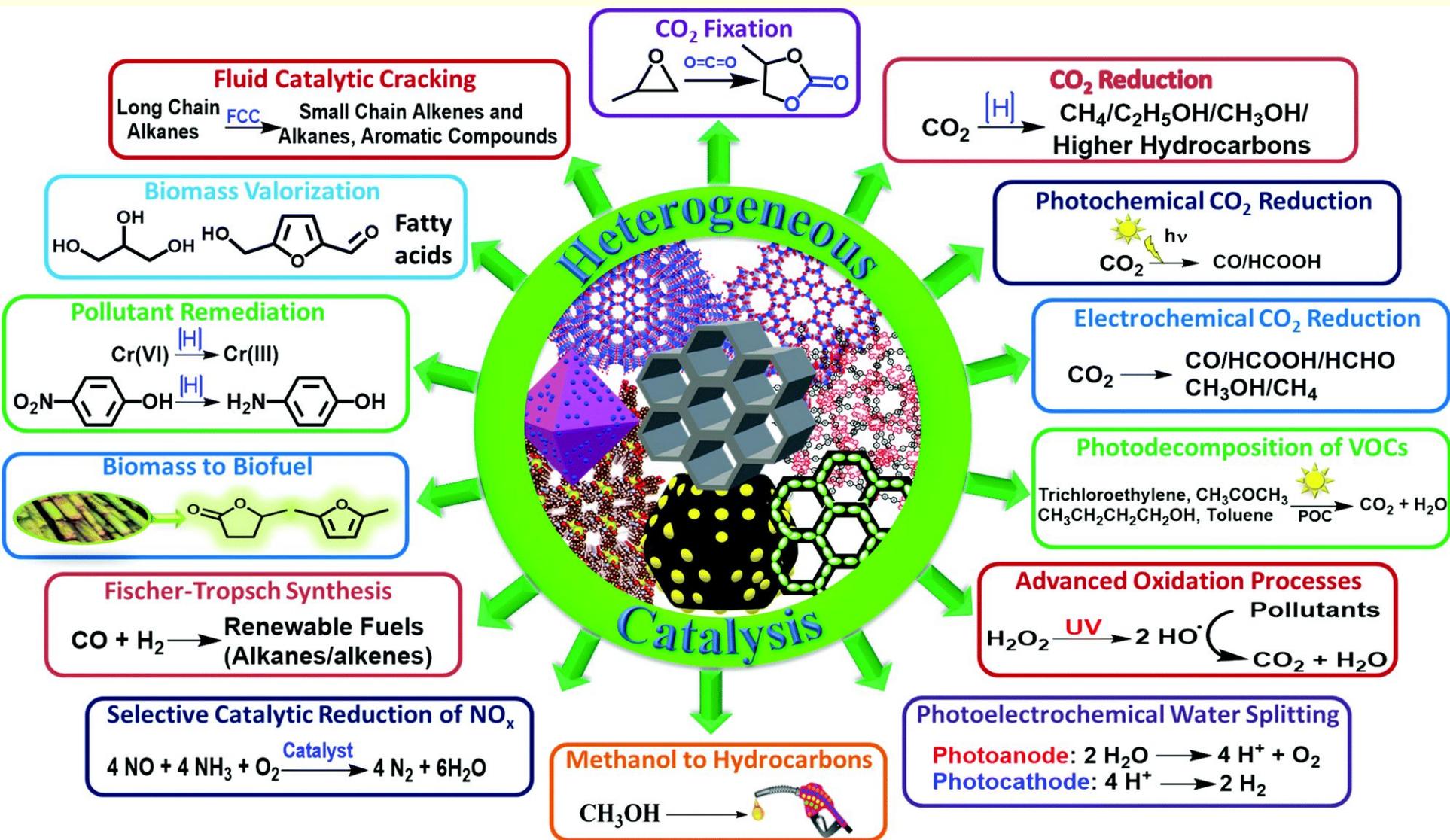
Produzione industriale di ammoniaca: NH_3



“Quando viaggi nello Jiangsu o nel delta del Nilo, ricordati che le proteine dei bambini che vedrai correre, derivano dall’urea che i loro genitori hanno usato per fertilizzare i campi e, di conseguenza, dalla sintesi dell’ammoniaca del processo Haber”
(Vaclav Smil, *Nature* 400, 415 (1999)).

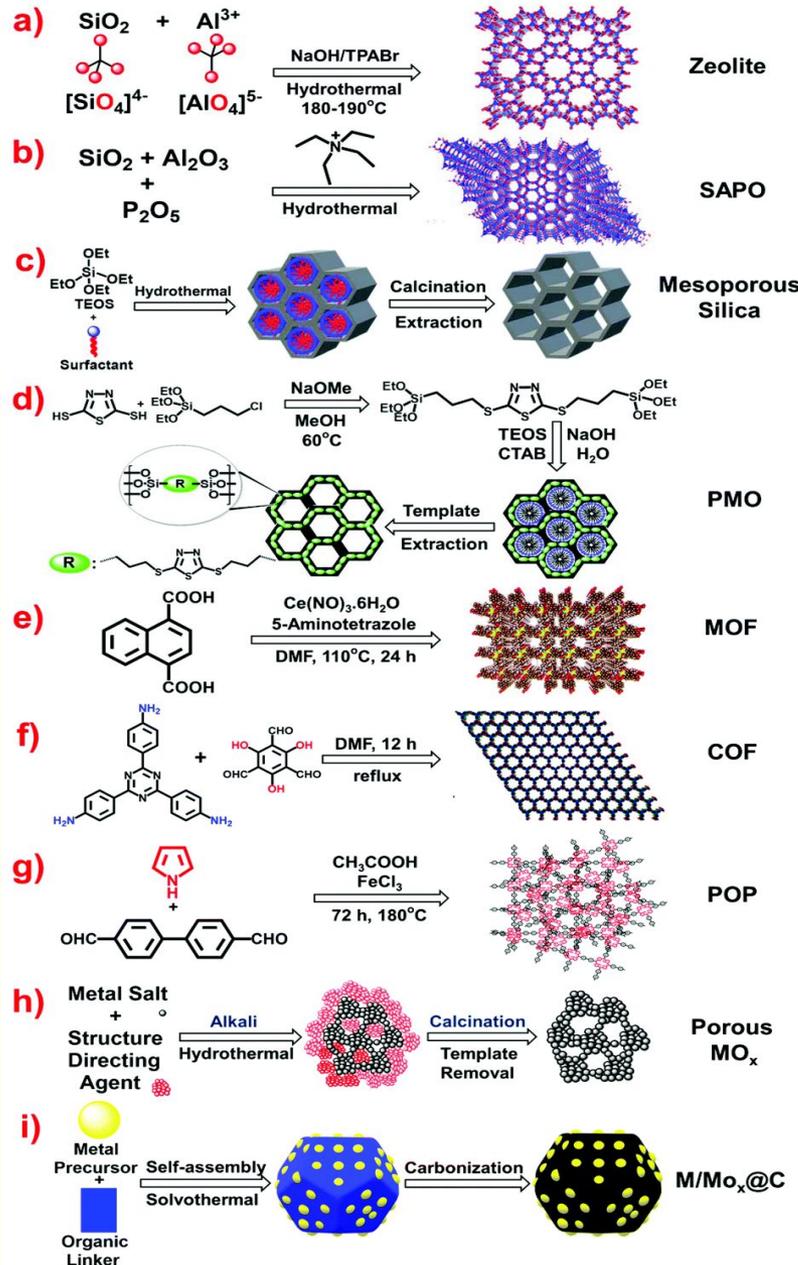
- Crescita della popolazione in assenza del processo Haber
- Crescita della popolazione effettiva (Erisman et al., 2008)

Catalisi eterogenea



Progettazione e sintesi di catalizzatori per catalisi eterogenea

I catalizzatori devono essere attivi, selettivi e stabili



In conclusione

- **Il Premio Nobel per la Chimica 2021 è stato insignito a Benjamin List e David MacMillan** perché nel 2000 hanno sviluppato un terzo tipo di catalisi, la **organocatalisi asimmetrica**, che utilizza come catalizzatore molecole organiche di piccole dimensioni.
- In definitiva la catalisi è dentro di noi, fuori di noi e ovunque ci siano dei processi chimici.

Grazie per l'attenzione!



***Dott.ssa Ida Pettiti
Dip. di Chimica***

Seminari di Natale
Roma, 20 dicembre 2021



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



©2021 – Ida Pettiti – Dipartimento di Chimica Sapienza

Salvo diversa indicazione, tutti i contenuti pubblicati sono soggetti alla licenza Creative Commons - Attribuzione - versione 3.0

<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/>

È dunque possibile riprodurre, distribuire, trasmettere e adattare liberamente ma non a scopi commerciali, a condizione che venga riconosciuta una menzione di paternità adeguata

