
Metodologie sintetiche ed analitiche
in chimica farmaceutica

**GREEN
CHEMISTRY**

Anno accademico 2025/2026

GREEN CHEMISTRY

La chimica è una disciplina che contribuisce in modo significativo al miglioramento della qualità di vita e al benessere delle persone

Fornisce soluzioni in diversi settori: farmaceutico, alimentare, agricoltura, produzione materiali

Nonostante questo la percezione della chimica nella società è molto spesso negativa: chimico è sinonimo di pericoloso, dannoso, negativo

La Green Chemistry ha come obiettivo quello di utilizzare dei processi che riducano o eliminino l'uso o la produzione di sostanze chimiche pericolose e/o tossiche per l'uomo e per l'ambiente

Non deve essere considerata una branca della chimica ma un codice di condotta con l'obiettivo di ridurre l'impatto di qualsiasi processo chimico

Sinonimo di Chimica Sostenibile o Chimica a basso impatto ambientale

- Utilizzo di materie prime alternative, meno tossiche e derivanti da processi produttivi a basso impatto ambientale
- Sviluppo di reagenti sicuri per rimpiazzare reagenti tossici o pericolosi
- Sostituzione di solventi pericolosi con solventi il cui uso/manipolazione sia più sicuro
- Sviluppo di condizioni di reazione alternative per minor utilizzo di energia, ridurre i tempi di reazione, semplificare purificazione e isolamento dei prodotti

GREEN CHEMISTRY

Paul Anastas: *Theory and Practice*, 12 PRINCIPI DELLA GREEN CHEMISTRY

1. Prevenzione: meglio prevenire la produzione di materiale di scarto piuttosto che eliminarlo
2. Atom economy: progettare una procedura sintetica in modo da incorporare nel prodotto finale il massimo numero di materiali di partenza utilizzati minimizzando la formazione di sottoprodotti
3. Usare metodiche che producano sostanze poco o affatto tossiche per l'uomo e per l'ambiente
4. Sintetizzare prodotti efficaci ma non tossici
5. Ridurre utilizzo di sostanze ausiliarie: sostanze non essenziali (solventi, reagenti per effettuare separazioni)
6. Ridurre consumo di energia: minor impatto ambientale ed economico (reazioni a T.A. e a pressione atmosferica)
7. Utilizzare materiali da fonti rinnovabili
8. Evitare derivatizzazioni non necessarie: es gruppi protettori
9. Catalisi efficiente: utilizzo di catalizzatori il più selettivi possibile, quantità catalitiche vs stechiometriche
10. Produrre materiali biodegradabili
11. Sviluppo di metodologie analitiche per monitoraggio in real time: prevenire e monitorare la formazione di sostanze/sottoprodotti pericolosi
12. Minimizzare i rischi di incidente chimico: la scelta dei reattivi viene fatta in base al loro profilo di sicurezza

GREEN CHEMISTRY

L'impatto ambientale di una reazione viene quantificato utilizzando diversi parametri: "E factor" "atom economy"

E factor

Misura la produzione di materiale di scarto associato ad un processo produttivo chimico

Materiale di scarto: tutto quello che non è il prodotto desiderato

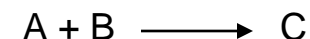
$$E \text{ factor} = \frac{\text{Massa totale scarto (Kg)}}{\text{Massa prodotto desiderato (Kg)}}$$

Industria petrolifera: 10^6 - 10^8 tons E factor: 0.1

Industria farmaceutica: 10 - 10^3 tons E factor: da 25 a 100

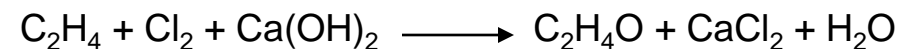
Atom economy

Quantifica l'utilizzo di ciascun atomo dei reagenti utilizzati indicando quanti e quali atomi vengono incorporati nel prodotto di reazione



$$AE = \frac{PM \text{ di } C}{\sum PM \text{ reagenti } (A + B)}$$

Es: produzione di etilene ossido (ossirano)



$$AE = \frac{44.05}{28.05 + 70.91 + 74.09} * 100 = 25.46\%$$