



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI ROMA "LA SAPIENZA"
INGEGNERIA DELLE NANOTECNOLOGIE**

***Aspetti generali sulle
Tecnologie di produzione di Nanoparticelle***

PROF. MARCO STOLLER

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CHIMICA MATERIALI AMBIENTE

PIANO 2 - UFFICIO 204b

TEL: +390644585580

MARCO.STOLLER@UNIROMA1.IT

LE STRATEGIE DI SINTESI

- ❑ Possono essere di natura diversa, cioè basate su:
- ❑ **Approccio metodologico**: strategia Top-Down e Bottom-Up.
- ❑ **Natura** del processo impiegato: fisica, chimica, chimico-biologica o una combinazione tra loro.
- ❑ **Sorgente energetica**
- ❑ **Mezzo utilizzato**: fase gas, liquida o solida

APPROCCIO METODOLOGICO TOP-DOWN

- ❑ Un materiale solido grezzo viene modificato nella forma e nelle dimensioni sino a farlo pervenire al prodotto desiderato. Ciò spesso implica rimuovere una parte del materiale che diviene scarto.
- ❑ Questa strategia è applicata al caso di produzione tradizionale delle nanoparticelle, basate sulla rottura graduale di materiale solido di dimensioni maggiore.
- ❑ La polvere di $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ può essere trattata in questo modo per la produzione di nanoparticelle cristalline con elevata superficie specifica sino a $100\text{ m}^2/\text{g}$, in dipendenza del tipo di atmosfera che si adotta nei mulini (aria o inerte).

APPROCCIO METODOLOGICO BOTTOM-UP

- La strategia bottom-up consiste nel costruire un prodotto partendo dai singoli componenti. In linea di principio, questa seconda strategia non dovrebbe comportare scarti, che però potrebbero derivare da lavorazioni con componenti estranei al prodotto finale.
- Questa strategia è quella maggiormente applicata nelle tecnologie che conducono alla produzione di nanoparticelle per via chimica, cioè costruendole atomo dopo atomo e molecola dopo molecola.
- Ad esempio per la produzione di particelle di TiO₂ si hanno i seguenti stadi in sequenza:
 - reazione che avviene in una fiamma tra TiCl₄ gassoso ed ossigeno per produrre TiO₂ :
$$\text{TiCl}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{TiO}_2 + 2 \text{Cl}_2$$
 - fenomeni di nucleazione ed accrescimento che determinano le particelle primarie nanometriche nella loro forma finale.

APPROCCIO METODOLOGICO

	TOP-DOWN	BOTTOM-UP
VANTAGGI	<ul style="list-style-type: none">• Basso costo	<ul style="list-style-type: none">• Elevata purezza• Assenza di inclusioni• Assenza di inquinanti• Se presenti, distribuiti omogeneamente• Controllo del PSD• Assenza di scarti
SVANTAGGI	<ul style="list-style-type: none">• Modesta purezza• Presenza di inclusioni• Presenza di inquinanti• Se presenti, distribuiti eterogeneamente• Basso controllo del PSD• Presenza di scarti	<ul style="list-style-type: none">• Elevato costo

NATURA DEL PROCESSO DI SINTESI: METODI FISICI

- Un processo fisico è quello che porta alla formazione del prodotto solo attraverso una modifica dello stato fisico, quale la dimensione, la forma o lo stato della materia.
- A questa categoria appartengono i seguenti processi che conducono alla produzione di nanoparticelle :
 - frantumazione del materiale che porta ad una riduzione della sua dimensione e della forma è un processo di tipo fisico;
 - produzione di materiale solido per condensazione del vapore del materiale stesso mediante l'uso di una camera fredda o di un inerte.

NATURA DEL PROCESSO DI SINTESI: METODI CHIMICI

- I metodi chimici sono quelli che conducono alla produzione di un materiale attraverso una reazione chimica.
- Esempi di metodi di sintesi chimica in fase liquida sono:
 - precipitazione chimica
 - processi sol-gel
 - processi idrotermali
- Esempi di metodi di sintesi chimica in fase gassosa:
 - processo a fiamma
 - processo con l'uso di un laser
 - sintesi da aerosol

NATURA DEL PROCESSO DI SINTESI: METODI BIOLOGICI

- In natura le nano strutture sono realizzate mediante un processo noto come biomineralizzazione, cioè la formazione in vivo di cristalli inorganici o particelle amorfe in sistemi biologici controllata da membrane biologiche.
- Analogamente agisce la tecnologia chiamata “membrane crystallization” che può condurre alla produzione di cristalli di dimensioni e forme ben controllate .
- Vi sono metodi detti biomimetici che fanno uso di micelle o vesciche polimeriche in grado di produrre nanocristalli di Ag_2O e particelle monodisperse inferiori a 10 nm di Pt, Pd, Rh ed Ir.

CLASSIFICAZIONE BASATE SU **SORGENTI ENERGETICHE**

La produzione di nanoparticelle passa sempre attraverso un consumo energetico.

- Le principali sorgenti energetiche che vengono utilizzate per produrre nanoparticelle sono:
 - laser
 - plasma
 - riscaldamento per effetto joule
 - fascio di elettroni
 - microonde
 - trattamenti idrotermali
 - essiccazione per raffreddamento (“freeze drying”)
 - macinazione con mulini a palle
 - combustione
 - fiamma
 - fluidi supercritici

DISTINZIONE BASATA SUL MEZZO DI PRODUZIONE

- Le nanoparticelle possono essere prodotte in **fase gassosa, liquida o solida**.
- Questa è la distinzione che più di altre viene utilizzata per classificare le diverse tecnologie .
- Le tecnologie in **fase liquida** sono quelle che garantiscono una maggiore purezza dei prodotti ed una maggiore flessibilità del processo.