

Didattica della Chimica per i materiali

POLIMERI E GEL

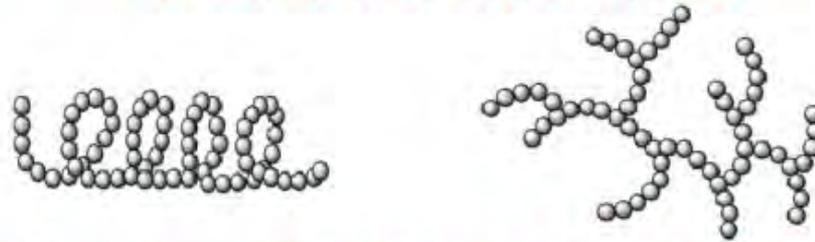
A059
Pinalysa Cosma

I polimeri sono macromolecole

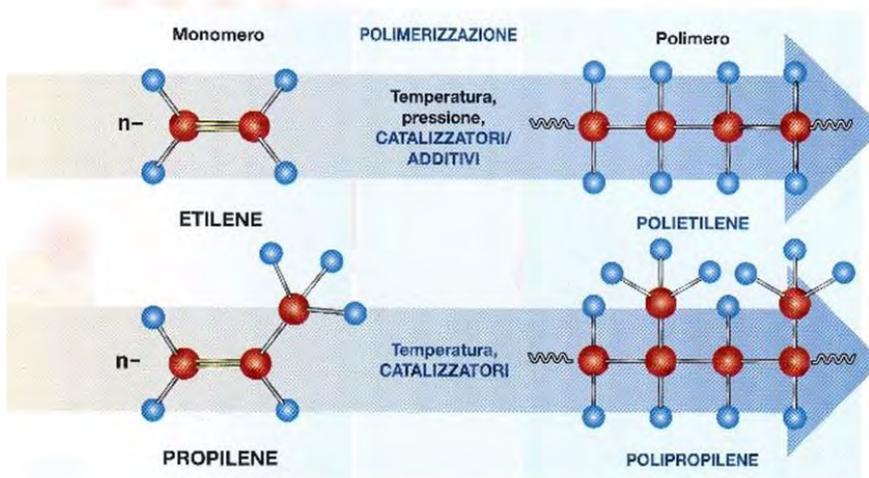
I polimeri sono fatti di tante molecole (monomeri) legate in sequenza per formare lunghe catene:



o, talvolta, strutture più complicate:



I polimeri hanno caratteristiche macroscopiche e proprietà completamente diverse dai monomeri da cui derivano



POLIMERI

Sono sostanze ad altissimo peso molecolare. Si producono industrialmente per sintesi, ma non mancano in natura polimeri naturali, quali: cellulosa, proteine, o ottenuti modificando polimeri naturali, in questo caso sono detti artificiali o semi sintetici.



Chitina



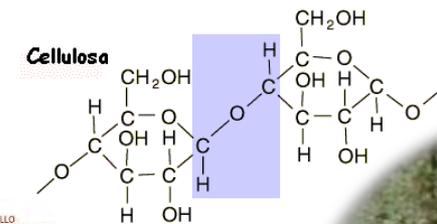
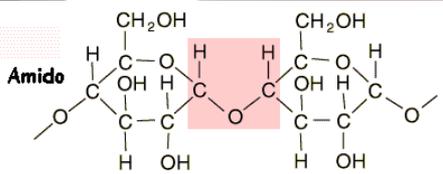
Ambra



Seta



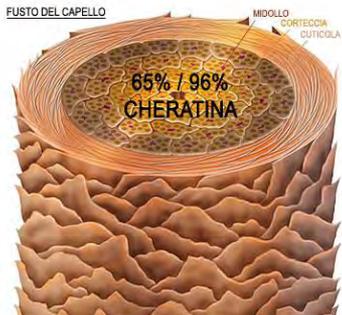
Amido



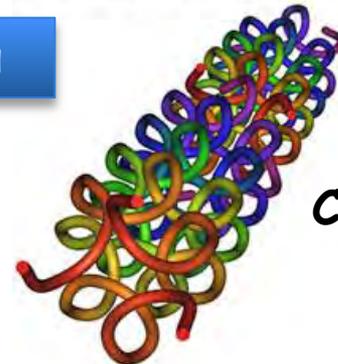
Cellulosa



DNA



Caucciù



Collagene

ABS	Copolimero	Acrilonitrile 4- butadiene + stirene
EPDM	Gomme etilene- propilene-dieni	Etilene + propilene + 1,4- esadiene
EP	Resine epossidiche	Bisfenolo A + epicloridina
ÈVA	Copolimero	Acetato di vinile + etilene
HDPE	Polietilene ad alta densità	Etilene
LDPE	Polietilene a bassa densità	Etilene
LLDPE	Polietilene a bassa densità, lineare	Etilene + 1-butene, 1-esene o 1-ottene
MF	Resine melamminiche	Formaldeide + melamina
PAH	Nylon 11	Acido 11-amminoundecanoico
PA6	Nylon 6	ε - Caprolattame
PA6.6	Nylon 6.6	Acido adipico + esametildiammina
PAA	Acido poliacrilico	Acido acrilico

PAN	Poliacrilonitrile	Acrilonitrile
PARA	Poliarammidi	Acido tereftalico + 1,4-benzenediammina
PC	Policarbonato	Bisfenolo A + fosgene
PE	Polietilene	Etilene
PEG	Polietilenglicol	Glicol etilenico
PEEK	Polietereterechetone	4,4'-Difluorobenzofenone + idrochinone
PEO	Polietilenossido	Ossido d'etilene (ossirano)
PET	Polietilenetereftalato	Glicol etilenico + acido tereftali
PF	Resine fenoliche	Formaldeide + fenolo
PIB	Poliisobutene	Isobutene
PMM A	Polimetilmetacrilato	Metilmetacrilato
POM	Resine poliacetaliche	Formaldeide
PP	Polipropilene	Propilene
PS	Polistirene	Stirene

PTFE	Politetrafluoroetilene	Tetrafluoroetilene
PUR	Poliuretani	2,4-Toluendiisocianato + dioli
PVA	Polivinilacetato	Acetato di vinile
PVAL	Alcol polivinilico	Per idrolisi dell'acetato di polivinile
PVB	Polivinilbutirrale	Alcol polivinilico + aldeide butirrica
PVC	Cloruro di polivinile	Cloruro di vinile
PVD F	Polivinilidenefluoruro	Fluoruro di vinilidene (1,1-difluoroetilene)
PVP	Polivinilpirrolidone	N-vinilpirrolidone
SAN	Copolimero	Acrilonitrile 4- stirene
SB	Gomme stirene-butadiene	1,3-Butadiene + stirene
UP	Resine poliestere insature	Glicol etilenico + anidride maleica



Questa scarpa da jogging ha le parti laterali fatte di **pele** e di **nylon**. La suola è fatta di una gomma resistente detta gomma **SBS**.



I lacci delle scarpe sono fatti di **nylon** e **cotone**.



Le scarpe da donna più costose sono normalmente in cuoio, ma quelle più economiche sono spesso fatte di **PVC**.



Le scarpe a becco d'anatra sono ideali per mantenere i piedi asciutti in un giorno di pioggia poiché sono fatte in gomma naturale, il **poliisoprene**.



Queste notevoli scarpe ad arcobaleno sono fatte di **polietilene**.



Le calze sono fatte con polimeri naturali come il **cotone** e sintetici come il **poliestere** ed il **nylon**. In più stanno su con l'ausilio di fibre elastiche che contengono gomma naturale.



Questi zoccoli olandesi sono fatti di legno, che è un'altra forma della **cellulosa**.

I polimeri possono essere classificati sia in relazione alla loro struttura chimica sia in base al metodo di preparazione.

Struttura dei polimeri

- **Omopolimero:**

è un polimero ottenuto da un solo monomero;

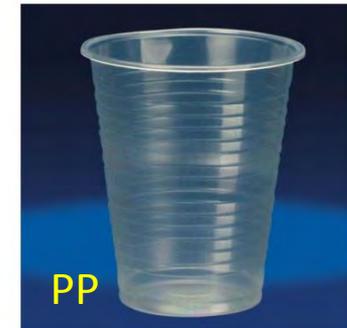
- **Copolimero:**

se sono coinvolti più monomeri;

I polimeri possono presentare strutture casualmente ramificate o a ramificazione a stella (le catene si dipartono da un punto) .

Esempi di omopolimeri:

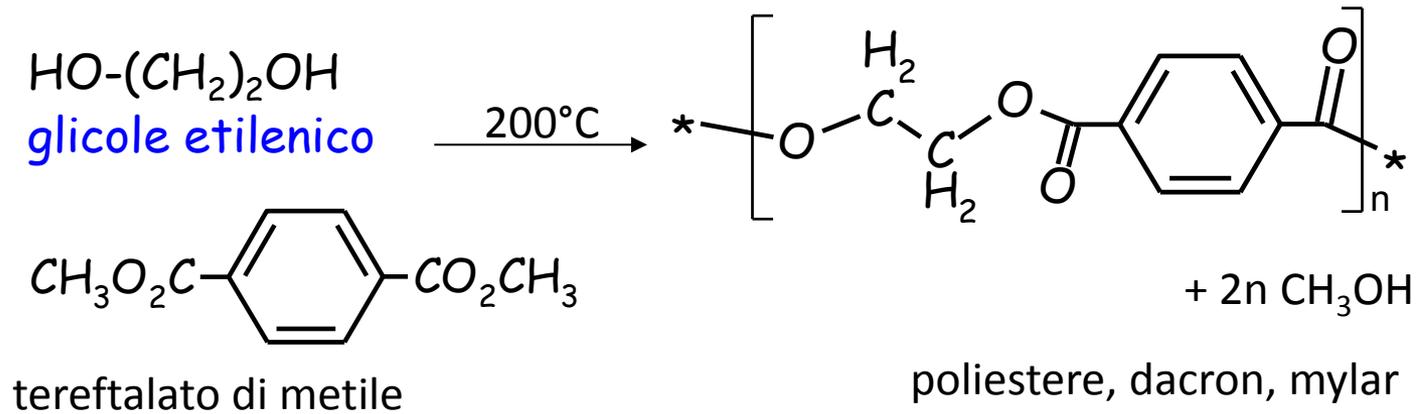
Nome del polimero	Monomero di partenza	Unità ripetitiva del polimero
PVC (PoliVinil Cloruro)	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 = \text{CH} \\ \\ \text{Cl} \end{array}$	$\text{--- CH}_2 \text{--- CH ---}$ $\phantom{\text{---}} \phantom{\text{---}} \phantom{\text{---}} \phantom{\text{---}}$ $\phantom{\text{---}} \phantom{\text{---}} \text{Cl} \phantom{\text{---}} \phantom{\text{---}}$
PE (PoliEtilene)	$\text{CH}_2 = \text{CH}_2$	$\text{--- CH}_2 \text{--- CH}_2 \text{---}$
PS (PoliStirene)	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 = \text{CH} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	$\text{--- CH}_2 \text{--- CH ---}$ $\phantom{\text{---}} \phantom{\text{---}} \phantom{\text{---}} \phantom{\text{---}}$ $\phantom{\text{---}} \phantom{\text{---}} \text{C}_6\text{H}_5 \phantom{\text{---}} \phantom{\text{---}}$
PP (PoliPropilene)	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 = \text{CH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\text{--- CH}_2 \text{--- CH ---}$ $\phantom{\text{---}} \phantom{\text{---}} \phantom{\text{---}} \phantom{\text{---}}$ $\phantom{\text{---}} \phantom{\text{---}} \text{CH}_3 \phantom{\text{---}} \phantom{\text{---}}$
PAN (PoliAcriloNitrile)	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 = \text{CH} \\ \\ \text{C} \equiv \text{N} \end{array}$	$\text{--- CH}_2 \text{--- CH ---}$ $\phantom{\text{---}} \phantom{\text{---}} \phantom{\text{---}} \phantom{\text{---}}$ $\phantom{\text{---}} \phantom{\text{---}} \text{C} \equiv \text{N} \phantom{\text{---}} \phantom{\text{---}}$



PMMA (PoliMetilMetacrilato)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 = \text{C} \\ \\ \text{O} = \text{C-O-CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{---CH}_2 \text{--- C ---} \\ \\ \text{O} = \text{C-O-CH}_3 \end{array}$
PTFE (PoliTetraFluoroEtilene)	$\begin{array}{c} \text{F} \quad \text{F} \\ \quad \\ \text{C} = \text{C} \\ \quad \\ \text{F} \quad \text{F} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{F} \quad \text{F} \\ \quad \\ \text{--- C --- C ---} \\ \quad \\ \text{F} \quad \text{F} \end{array}$

I copolimeri:

Per reazione tra alcoli ed esteri si ottengono i poliesteri:



- Copolimeri e terpolimeri

Copolimero statistico

La distribuzione segue leggi statistiche note.

Copolimero random

....-A-A-B-A-B-B-B-A-B-A-B-A-A-B-B-A-A-A-.....

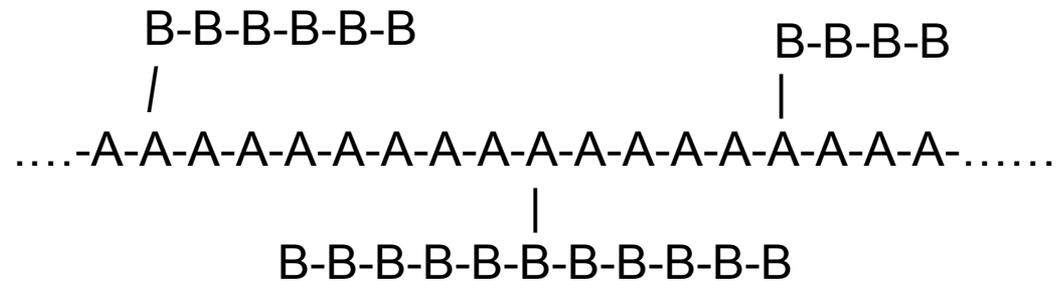
Copolimero alternato

....-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-.....

Copolimero a blocchi

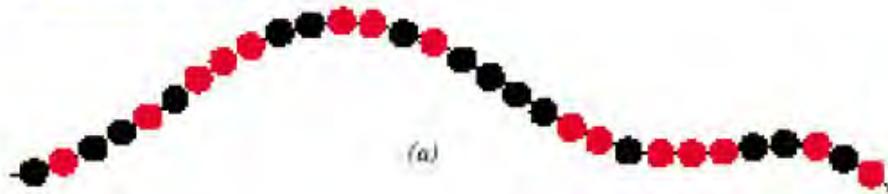
....-A-A-A-B-B-B-B-B-A-A-A-A-A-B-B-B-B-A-.....

Copolimero aggraffato o a innesto



STRUTTURA DEI POLIMERI

Copolimeri:



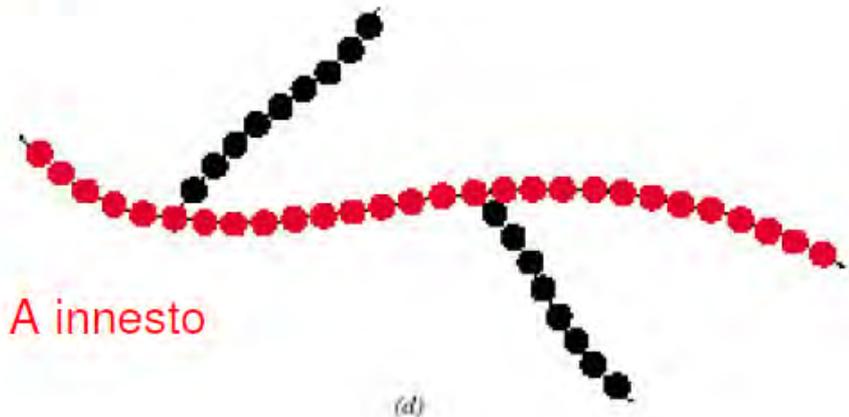
Random



A blocchi



Alternato



A innesto

STRUTTURA DEI POLIMERI

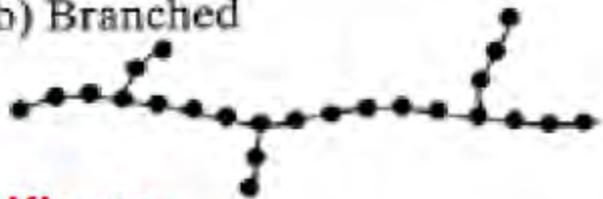
Omopolimeri:

Lineare

(a) Linear



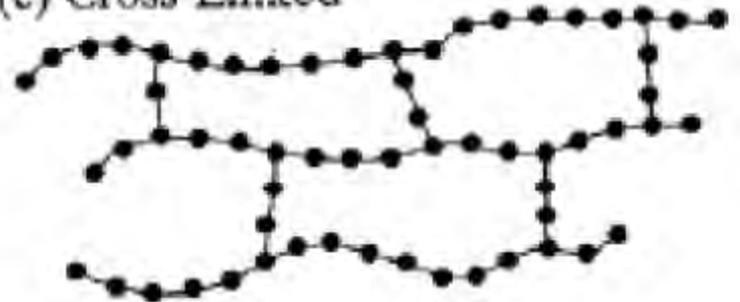
(b) Branched



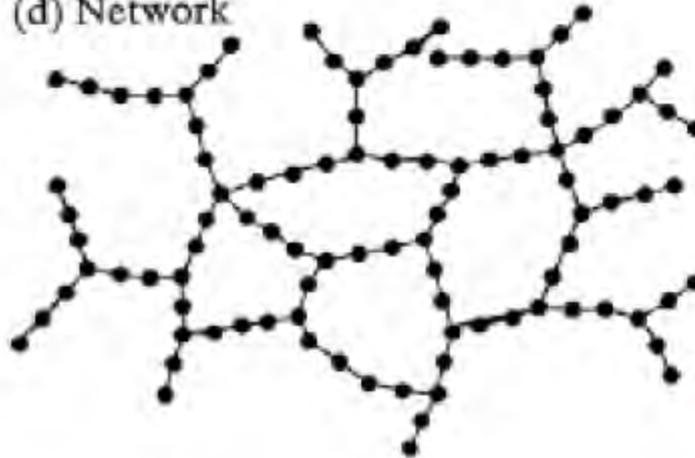
Ramificato

Reticolato

(c) Cross-Linked



(d) Network



**Reticolato
a network**

Modelli di polimeri



**POLIMERO
(OMOPOLIMERO)**

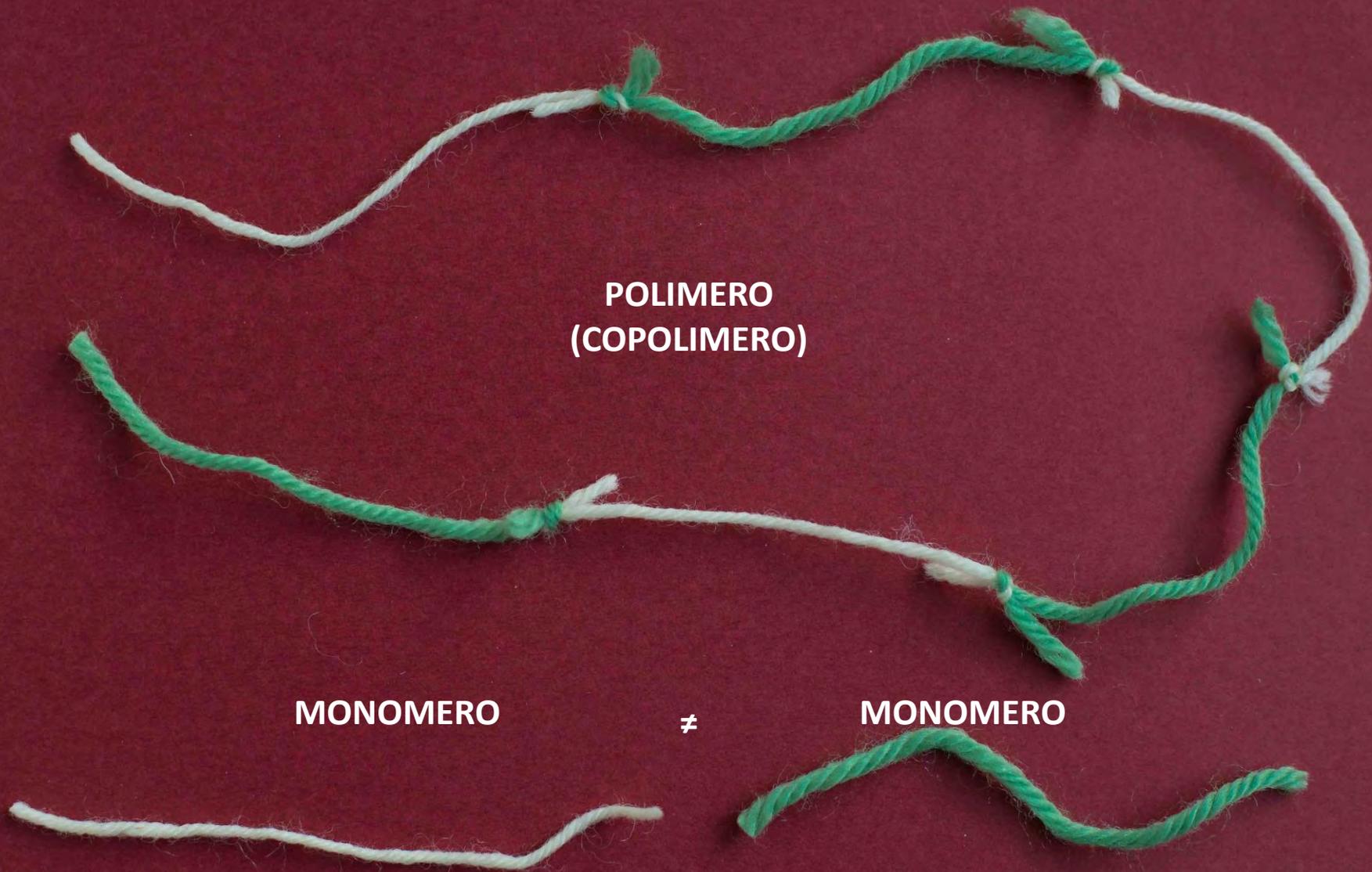


MONOMERO

=



MONOMERO



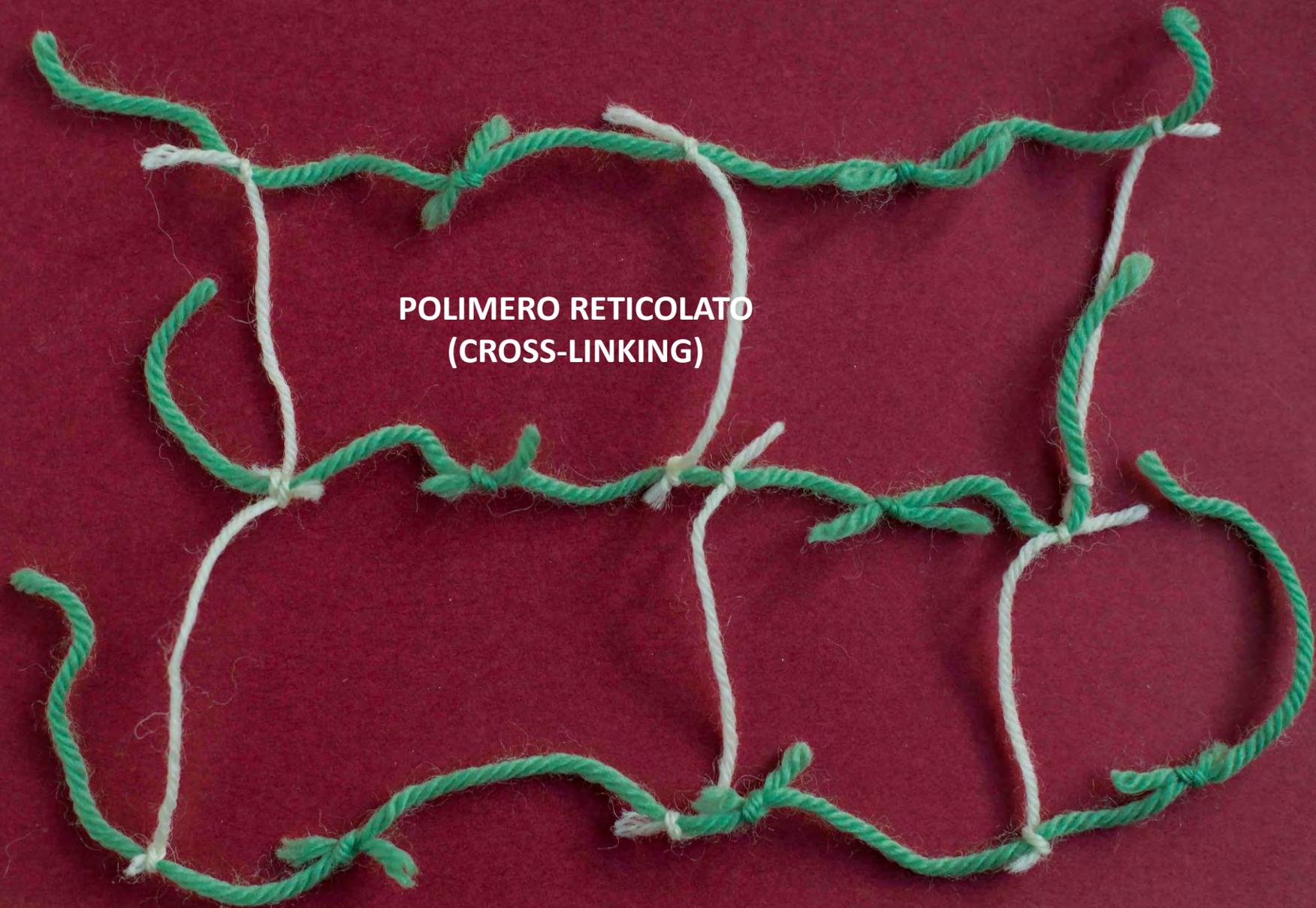
**POLIMERO
(COPOLIMERO)**

MONOMERO

≠

MONOMERO

**POLIMERO RETICOLATO
(CROSS-LINKING)**





**POLIMERO
(OMOPOLIMERO)**



MONOMERO

=



MONOMERO

**POLIMERO
(COPOLIMERO)**



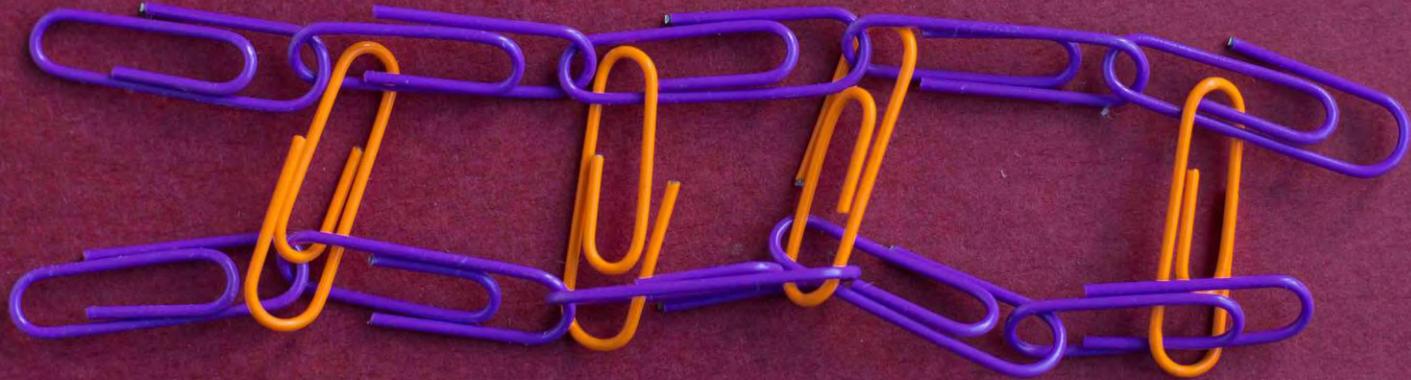
MONOMERO

≠



MONOMERO

**POLIMERO RETICOLATO
(CROSS-LINKING)**



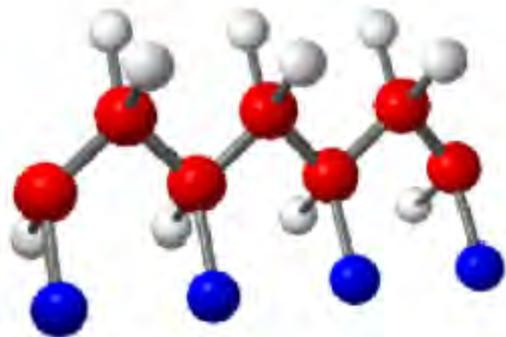
CONFIGURAZIONE E CONFORMAZIONE

- La "configurazione" rappresenta la disposizione degli atomi determinata dai legami chimici.
- La "conformazione" rappresenta una delle disposizioni spaziali che può assumere la molecola per effetto della libera rotazione degli atomi attorno ai legami semplici. Le diverse configurazioni sono dovute ai diversi modi di disporsi dei monomeri. Il polimero si chiama isotattico se presenta struttura ripetitiva regolare es: $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{R}$ vinile può unirsi in modo regolare testa-testa, coda - coda, testa - coda o in modo alternato, si ha così il sindiotattico, oppure atattico se i monomeri si susseguono irregolarmente.

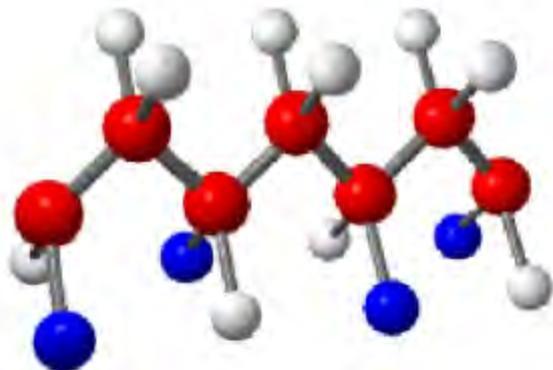
STRUTTURA DEI POLIMERI

Isomeria Sterica:

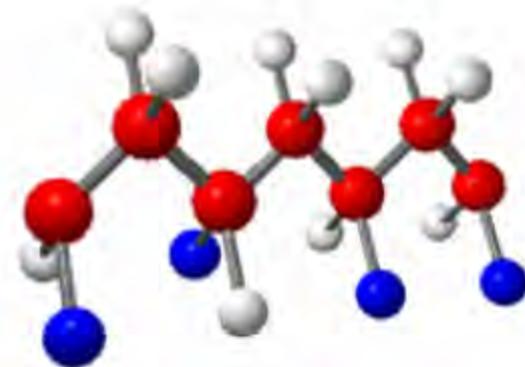
Si verifica se un atomo di carbonio del mer è legato a gruppi chimici diversi. La sequenza di ripetizione della posizione di tali gruppi può essere regolare o casuale. Si possono avere 3 diverse isomerie.



**Isomeria
isotattica**



**Isomeria
sindiotattica**



**Isomeria
atattica**

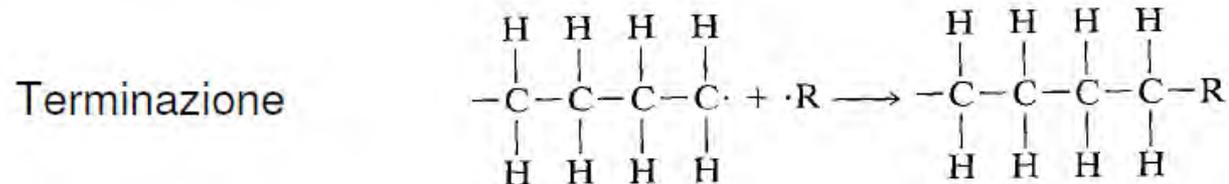
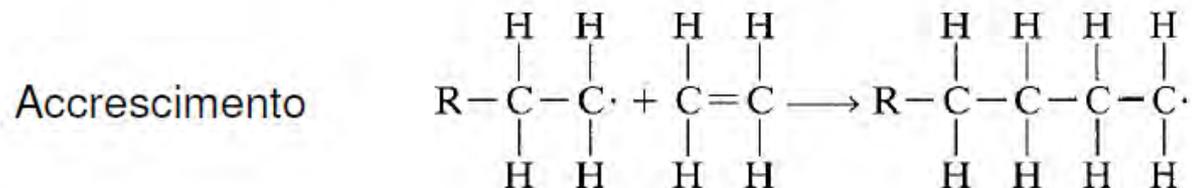
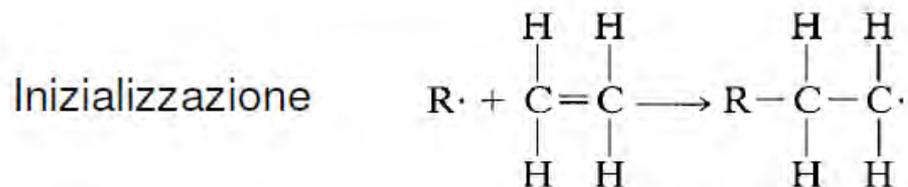
I polimeri atattici non possono essere cristallizzati. Esempi: LDPE, PMMA.

Classificazione in base alle reazioni di polimerizzazione:

REAZIONI DI POLIMERIZZAZIONE

Possono avvenire con meccanismo a stadi (un esempio è quando si formano esteri: policondensazione), o con reazione a catena (con apertura di doppi legami e formazione delle catene: Poliaddizione). **Quest'ultima può essere: radicalica, cationica o anionica.**

Polimerizzazione per addizione



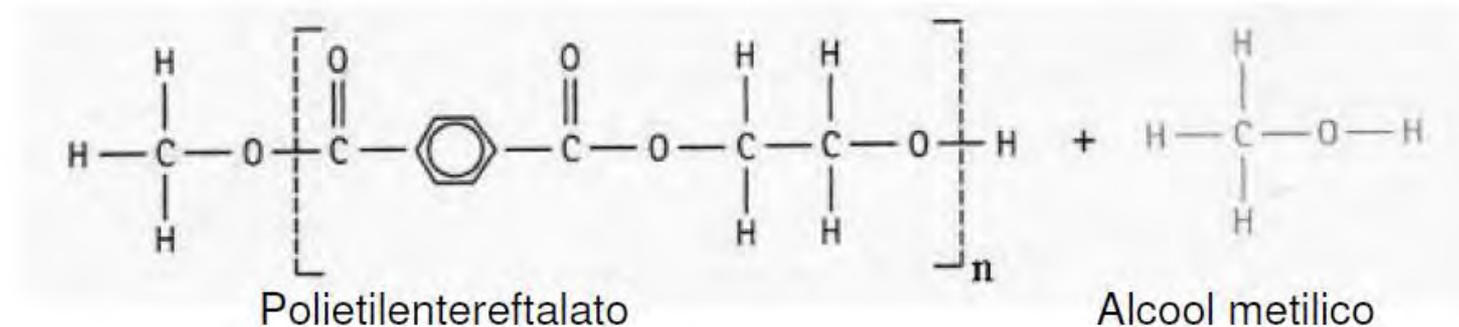
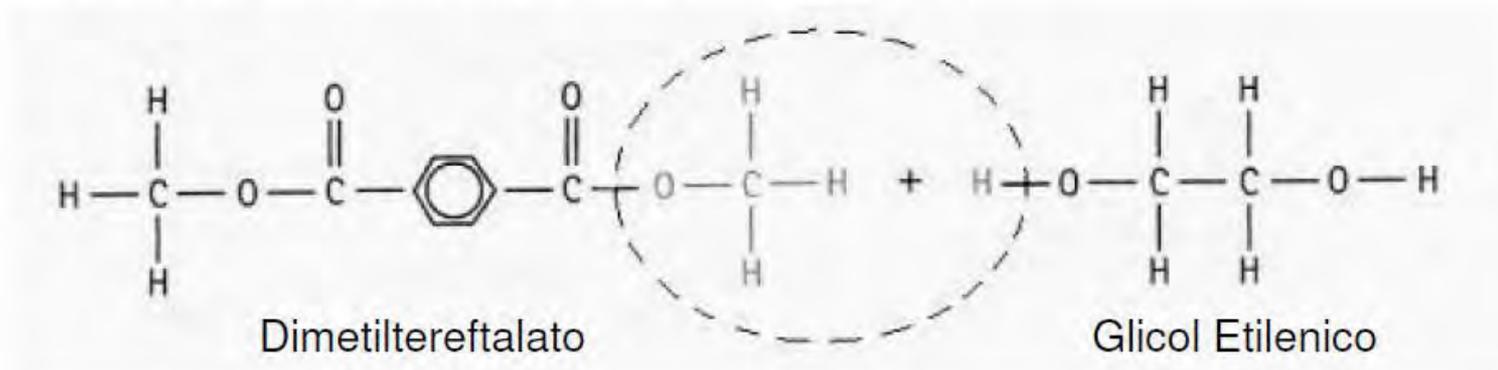
Può essere un processo molto veloce, (**1000 mer in $10^{-2} \div 10^{-3}s$**)

Tipo di legame	Energia di legame [KJ(g · mole) ⁻¹]
C-C	369
C=C	721
C≡C	964

Polimerizzazione per condensazione

I reagenti non hanno la stessa formula chimica del mer del polimero

ES: formazione del Polietilentereftalato (PET)



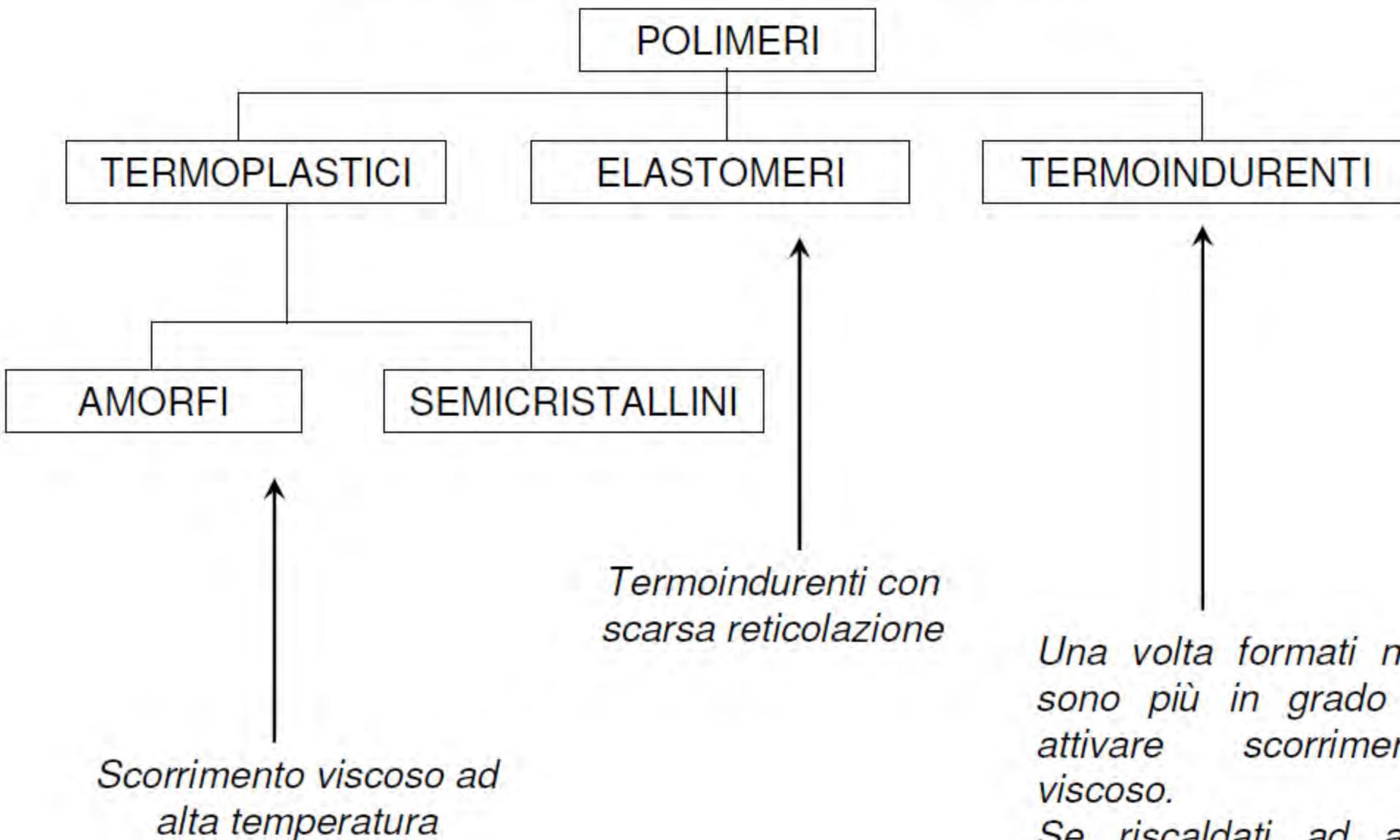
Formazione di prodotti di reazione che devono essere allontanati per mantenere elevata la velocità di reazione

Grado di polimerizzazione:

Indica il numero di mer che hanno preso parte alla formazione di una molecola di polimero.

Fornisce un'indicazione sulla lunghezza e quindi sulla massa delle molecole del polimero.

POLIMERI INGEGNERISTICI



POLIMERI INGEGNERISTICI

Le differenze principali fra le classi di polimeri sono principalmente **strutturali**:

Termoplastici:

catene non reticolate

Elastomeri:

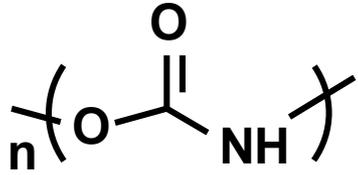
basso grado di reticolazione

Termoindurenti:

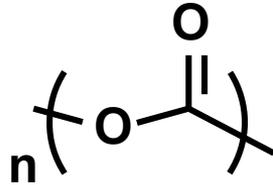
elevato grado di reticolazione

I POLIMERI TRADIZIONALI

TERMOINDURENTI



Poliuretani



Polesteri

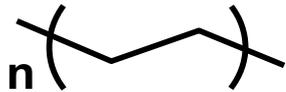


Resine fenoliche

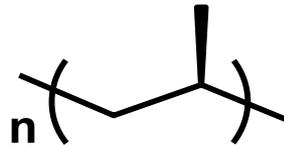


Resine amminiche

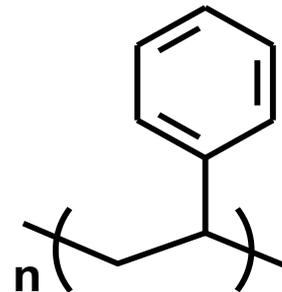
TERMOPLASTICI



HDPE
LDPE



PP



PS

Nylon-6,6

PMMA

Termoplastici

Formati da catene libere, non reticolate.

La formatura avviene ad alta temperatura in condizioni di bassa viscosità.

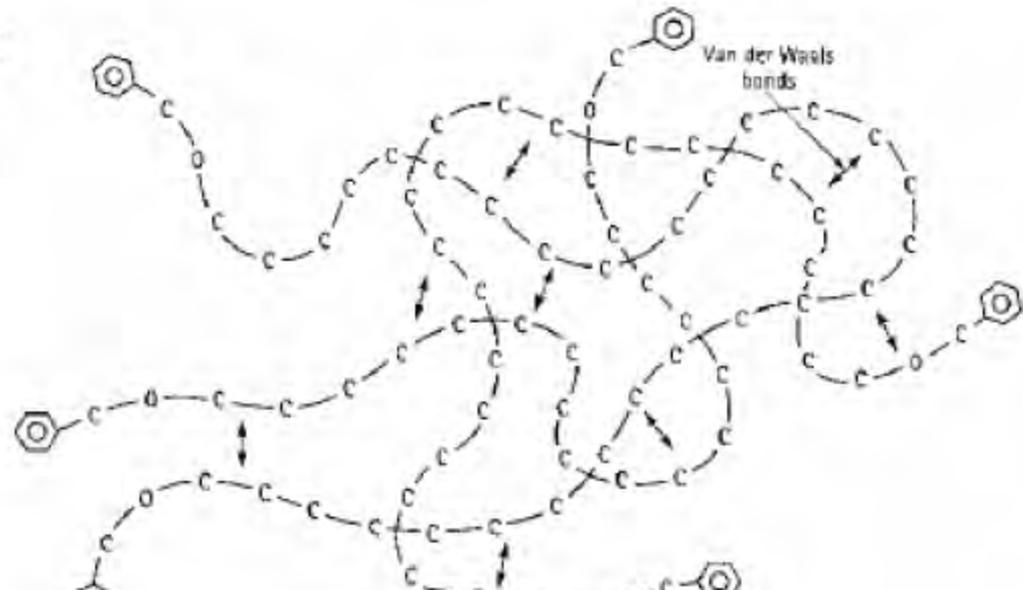
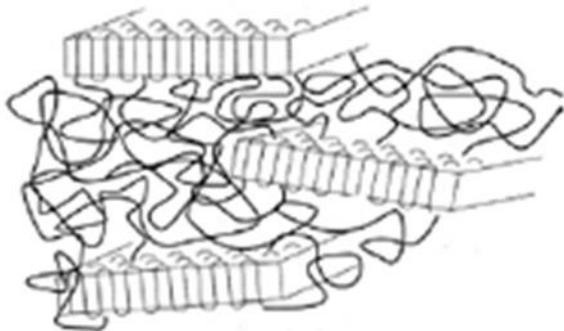
I polimeri termoplastici possono essere *amorfi* o *semicristallini*.

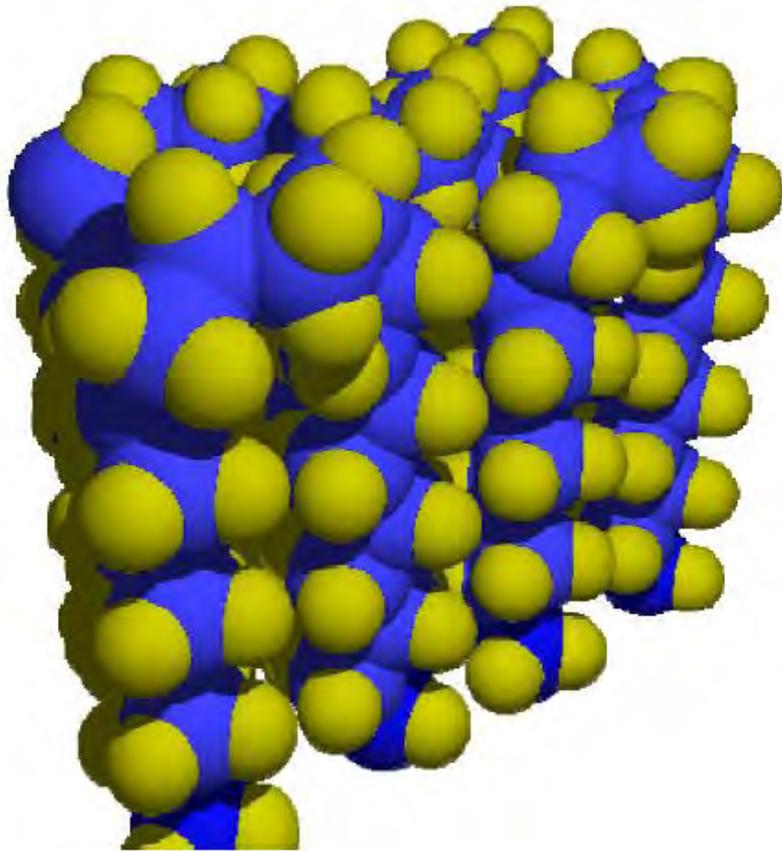
Esempi di termoplastici *amorfi*:

- il policarbonato usato per i materiali delle moto.
- il plexiglas materiale rigido e fragile.

Esempi di termoplastici *semicristallini*:

- polietilene ad alta densità.





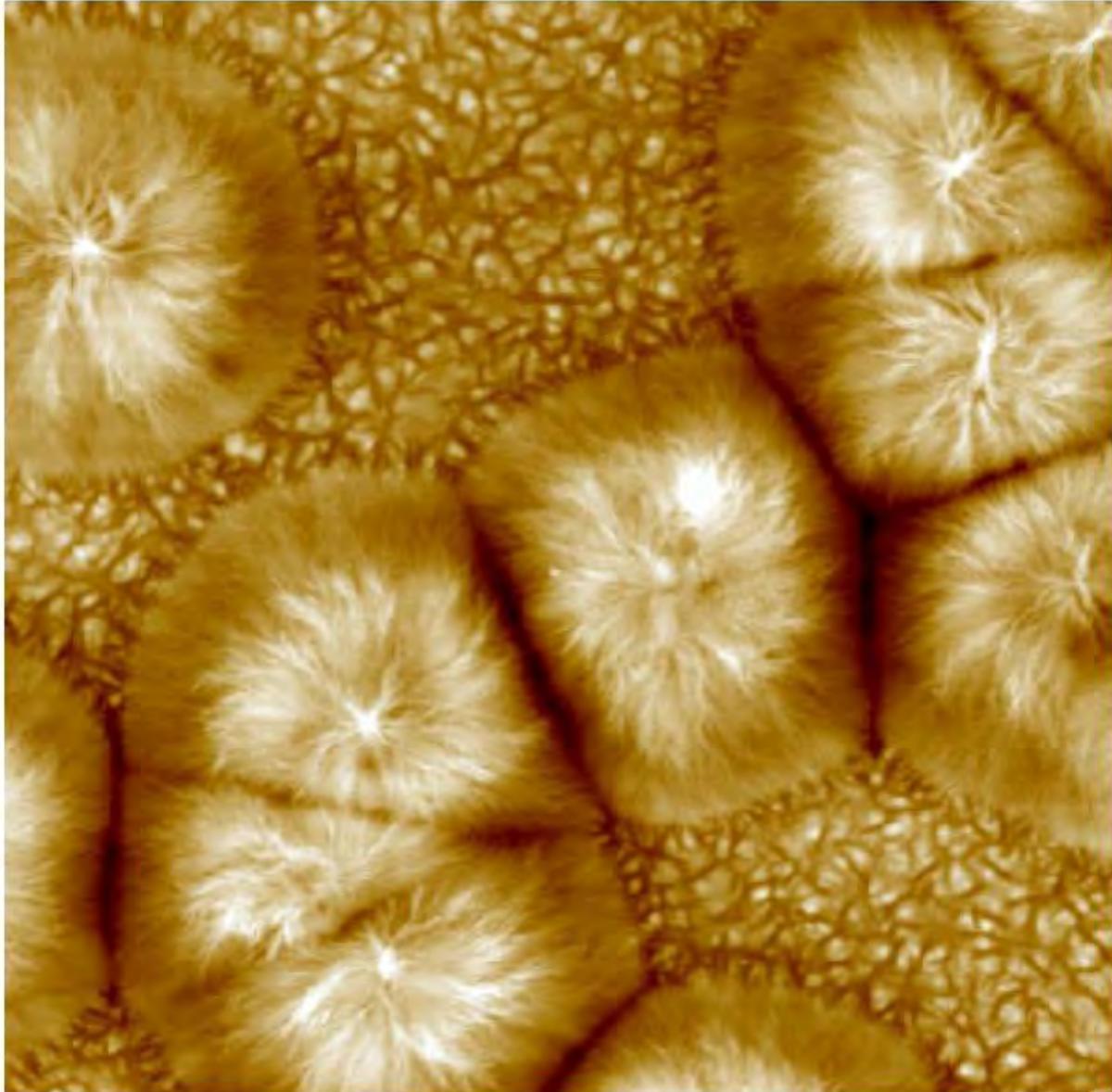
Cristallinità nei polimeri:

Presenza di regolarità nell'arrangiamento delle molecole.

Es: polietilene

E' comunque diverso dal caso di materiali cristallini come i metalli:
I legami sono comunque di natura intermolecolare (secondari)!!

Modelli morfologici Termoplastici Semicristallini



LA COSCIENZA ECOLOGICA

I **polimeri sintetici** hanno sostituito i metalli, i vetri, le ceramiche e il legno in molti prodotti, specialmente nel settore dell'imballaggio.

Non essendo biodegradabili, in tempi ragionevoli, l'unica possibile soluzione è il **RICICLAGGIO**.

TERMOINDURENTI

Una volta iniettati in uno stampo la loro forma non può essere ulteriormente modificata attraverso processi termici.

TERMOPLASTICI

Rammolliscono per effetto del calore



***“La terra, non l’abbiamo ereditata dai nostri padri,
ma l’abbiamo presa a prestito dai nostri figli,
ai quali, un giorno, dovremo restituirla”***

Indiani Sioux

I paradigmi sullo sviluppo sostenibile o Economia Verde (Green Economy)

- L’acqua che berrai oggi è la stessa che si è formata con la terra e che berrai domani, la luce del Sole non è quella di ieri ne sarà quella di domani;
- L’energia che arriva in un’ora di sole sulla terra equivale al fabbisogno di energia necessario per un anno;
- Consumare quanto un paese del terzo mondo mantenendo stile di vita all’occidentale, per permettere il rinnovarsi delle risorse;
- Non vi è contrasto tra ciò che ricerca un’Industria moderna e la tutela dell’ambiente;
- Non puoi raggiungere chi è più avanzato di te percorrendo la sua stessa strada.

Che cos'è...

- La parola “**verde**” nelle lingue latine è soprattutto un colore, nella lingua russa assume la caratteristica “acerbo”, nella lingua tedesca ha soprattutto una caratteristica politica e solo nella lingua anglosassone assume un significato operativo di azioni che vanno verso un obiettivo.
- Sono state proposte anche parole diverse, come “**sostenibile**” e quindi “**chimica sostenibile**” per ovviare a queste difficoltà di significato; ma “sostenibile” ha un linguaggio molto ampio che manca della incisività necessaria per indicare una sfida
- Un esempio della difficoltà etimologica risiede nella confusione fra **Chimica Verde** e chimica dei prodotti derivati dall'agricoltura (che è per inciso parte della Chimica Verde)
- Si preferisce adottare, insieme a **Chimica Verde**, le parole **Green Chemistry** anche se ciò comporta l'aggiunta di una nuova parola anglosassone, in attesa che l'uso comune dia dei significati a parole che prima non avevano un contenuto preciso.



I Primi Passi della Green Chemistry

Nel XVII secolo per iniziativa di un medico di Ulm (Germania), Eberhard Gockel, che attribuì all'avvelenamento di piombo coliche e altre malattie spesso fatali

Avvelenamento da mercurio che si riscontrò nell'immediato dopoguerra in Giappone nella Baia Minamata quando l'alto tasso di mortalità fu attribuito al mercurio (metilmercurio usato per la sintesi dell'acido acetico)! Il caso venne portato all'attenzione internazionale scientifica, la fabbrica (Chisso) fu chiusa!! Nuovi processi industriali per la sintesi dell'acido acetico vennero messi a punto.



Il problema del buco dell'ozono causato dalla presenza nella stratosfera di composti clorurati (CFC). Questo fenomeno fu chiarito a livello di meccanismo di reazione da Paul Crutzen, (Mario Molina e Sherwood Rowland furono insigniti del premio Nobel per la chimica 1995).

Solo recentemente tuttavia il carattere etico della protezione dell'ambiente e della salute è entrato nei concetti di sviluppo sostenibile

DEFINITION OF GREEN CHEMISTRY

IUPAC, [Working Party on Synthetic Pathways and Processes in Green Chemistry](#), 2000

“The invention, design and application of chemical products and processes to reduce or to eliminate the use and generation of hazardous substances”

EU, [COST Action D29 on Sustainable/Green Chemistry and Chemical Technology](#), 2003

“Design of products for sustainable applications, and their production by molecular transformations that are energy efficient, minimise or preferably eliminate the formation of waste and the use of toxic and/or hazardous solvents and reagents and utilize renewable raw materials where possible”

Sostenibilità dell'industria chimica:



Dove siamo...



...dove vorremmo andare

Jenck, J.; Agterberg, F.; Driescher, M., Green Chem., 2004, **6**, 544



Giacomo Ciamician

Trieste 1857 - Bologna 1922

*Father of Organic
Photochemistry*

*Precursor
of Green Chemistry*

VIII Congresso Internazionale di Chimica Applicata

Siamo all'inizio di una nuova accelerazione della rivoluzione industriale. E la domanda di energia è crescente. Non si bada tanto né alla fonte, esauribile, né all'efficienza. L'industria cresce senza curarsi degli sprechi. Noi uomini, sostiene il chimico italiano, utilizziamo il carbon fossile «con crescente avidità e spensierata prodigalità». Ma la risorsa non è infinita. Invece dovremmo chiederci, continua il chimico italiano, se questa «energia solare fossile» sia l'unica forma di energia solare utile per lo sviluppo della civiltà. La domanda è retorica... **L'energia solare «diretta» è una fonte illimitata e molto più utile.** Il Sole, infatti, invia sulla Terra sotto forma di luce una quantità di energia che è di gran lunga superiore a quella necessaria all'uomo per alimentare la sua economia. **La gran parte di questa energia illimitata e gratuita va semplicemente dispersa.** Solo una quota parte viene intercettata dalle piante e dagli altri organismi capaci di fotosintesi e trasformata nell'energia biochimica che alimenta l'intera biosfera. **Ecco, dunque, quali sono i due compiti principali per noi chimici nel XX secolo in ordine di importanza crescente: primo, dobbiamo imparare a utilizzare l'energia posseduta dalle piante; secondo, dobbiamo imparare a catturare e a trasformare l'energia che ci regala il Sole con i suoi raggi luminosi.** Dobbiamo creare un'industria fondata sulla fotosintesi: **«Quando un tale sogno fosse realizzato le industrie sarebbero ricondotte ad un ciclo perfetto, a macchine che produrrebbero lavoro colla forza della luce del giorno, che non costa nulla e non paga tasse!».**

New York, 11 settembre 1912.

“La chimica verde non è una branca della chimica, non è una specializzazione e neppure una disciplina di settore.

La Chimica Verde è un approccio etico fatto di criteri, di priorità e di obiettivi, quindi a suo modo una filosofia, che attinge dalla conoscenza scientifica della chimica per guidare le applicazioni di questa disciplina, ad iniziare da quelle industriali, verso modalità sostenibili dal punto di vista ambientale ed economico.

Non è una branca della chimica, quindi, proprio perché è trasversale e pervasiva di tutti gli altri settori di questa stessa disciplina, da molti dei quali essa attinge conoscenze di base e teoriche, restituendo a beneficio di molti altri nuovi criteri e modalità operative.”

(da <http://www.chimicare.org/blog/filosofia/la-chimica-verde-principi-e-criteri-etici-nonche-economici-applicati-alla-produzione-industriale/>).

Sviluppo sostenibile

•La sostenibilità ha una parte cruciale della presente e futura tecnologia:

“...soddisfare le necessità del presente senza compromettere le possibilità' delle future generazioni di soddisfare le loro necessità' ”

Commissione delle Nazioni Unite sull'Ambiente e lo Sviluppo (1987)

- Non si deve sistematicamente alterare la distribuzione naturale dei componenti della crosta terrestre (es. Metalli pesanti)
- Non si devono sistematicamente incrementare le sostanze persistenti prodotte dalla società (DDT, CO₂, CFC, ecc.)
- Non si devono sistematicamente deteriorare le basi fisiche dei cicli naturali produttivi della terra
- Bisogna realizzare un uso oculato ed efficiente delle risorse rispettando il soddisfacimento delle necessità' umane

Sviluppo sostenibile = bilancio tra 3 requisiti primari

1. I bisogni della società (**obiettivo sociale**)
2. L'impiego efficiente delle scarse risorse (**obiettivo economico**)
3. La necessità di ridurre la pressione sull'eco-sistema al fine di mantenere le basi naturali per la vita (**obiettivo ambientale**)

Principali problemi da affrontare

- Sostenibilità delle risorse chimiche (inorganiche ed organiche)
- Sostenibilità delle risorse energetiche
- Eliminazione degli scarti e dei rifiuti
- Riduzione dell'impatto ambientale
- Produzioni integrate ed eco-compatibili
- Progettazione di prodotti, processi e servizi per la sostenibilità e per l'ambiente

Che cos'è la chimica verde

- Invenzione, progettazione e applicazione di processi e prodotti chimici per ridurre o eliminare l'uso e la generazione di sostanze pericolose
- Un approccio alla sintesi, processi ed uso di prodotti chimici che riducano i rischi per l'uomo e per l'ambiente

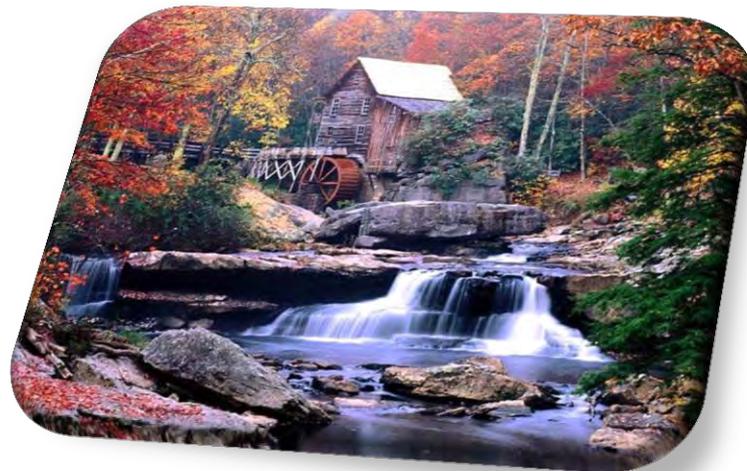
AREE DI RICERCA, SVILUPPO E COMMERCIO DELLA CHIMICA VERDE

- Natura dei composti di partenza
- Natura dei reagenti e delle trasformazioni
- Natura delle condizioni di reazione
- Natura del prodotto finale



LA SINTESI IDEALE

IL SOGNO



- ▣ **SELETTIVITA' 100%**
- ▣ **NESSUN COPRODOTTO**
- ▣ **NESSUN SOLVENTE**
- ▣ **REAGENTI ED INTERMEDI ATOSSICI E NON PERICOLOSI**
- ▣ **SINTESI A BASSE TEMPERATURE E BASSE PRESSIONI**
- ▣ **NESSUN PROBLEMA DI SEPARAZIONE DEL CATALIZZATORE DAI REAGENTI E DAI PRODOTTI**
- ▣ **TURNOVER NUMBER (TON) MOLTO ALTO (PICCOLE QUANTITA' DI CATALIZZATORE)**

I 12 principi della Green Chemistry (1-6)

1. Prevenzione

E' meglio prevenire gli scarti che trattarli o bonificarli una volta creati

2. Economia atomica

I metodi sintetici devono essere progettati in modo da massimizzare l'incorporazione di tutti i materiali usati nel prodotto finale

3. Sintesi chimica meno pericolosa

Quando possibile, i metodi sintetici devono essere progettati per usare e generare sostanze poco o per nulla tossiche verso l'uomo e l'ambiente

4. Progettazione di composti chimici salubri

Si devono progettare prodotti chimici per assolvere la funzione attesa minimizzandone nel contempo la tossicità

5. Solventi e ausiliari più salubri

Quando possibile, l'uso di sostanze ausiliarie (solventi e agenti di separazione) deve essere evitato; se usati, devono essere innocui

6. Progettazione per l'efficienza energetica

I requisiti energetici dei processi chimici devono essere valutati per il loro impatto ambientale ed economico e minimizzati. Se possibile, i metodi sintetici devono essere realizzati a temperatura e pressione ambiente

I 12 principi della Green Chemistry (7-12)

7. Uso di materie prime rinnovabili

Una materia prima o precursore deve essere rinnovabile per quanto tecnicamente ed economicamente fattibile

8. Limitare i derivati

Si devono eliminare o minimizzare le derivatizzazioni non necessarie (gruppi bloccanti, protezioni/de-protezioni...), in quanto questi stadi necessitano di ulteriori reagenti e possono produrre scarti

9. Catalisi

I reagenti catalitici (i più selettivi possibile) sono superiori ai reagenti stechiometrici

10. Progettazione per la degradazione

Si devono progettare prodotti chimici in modo che alla fine del loro ciclo di vita possano decomporsi in prodotti innocui e non persistano nell'ambiente

11. Analisi in tempo reale della prevenzione dell'inquinamento

Si devono sviluppare metodologie analitiche che consentano il monitoraggio e controllo in tempo reale e all'interno del processo prima della formazione di sostanze pericolose

12. Chimica intrinsecamente più sicura per prevenire incidenti

Si devono scegliere le sostanze e le formulazioni usate in un processo in modo tale da minimizzare il rischio di incidente chimico (rilasci, esplosioni, incendi)

IL RICICLAGGIO RINNOVABILE

UNA NUOVA ECONOMIA:

- Agricoltura non destinata al cibo
- Industria



BIO – DEGRADAZIONE:

Risolve il problema di concime, discariche e inceneritori

LA FONTE RINNOVABILE

DEFINIZIONI

MATERIALE BIODEGRADABILE

“Un materiale è **biodegradabile** se viene **DISINTEGRATO COMPLETAMENTE** durante la fase di fermentazione, senza effetti negativi sulla qualità del concime e in particolare senza effetti tossici sugli organismi terrestri e acquatici” **ASTM D5338-92, ISO/DCI14855.**

GREEN POLYMERIC MATERIAL

“E’ un materiale biodegradabile (polimerico, composito o blend) ottenuto da fonti rinnovabili”.

LA BIODEGRADAZIONE

“E’ quell’evento associato alla decomposizione chimica o enzimatica, ad opera degli organismi viventi, che termina con i prodotti di secrezione.”.

plastiche degradabili, biodegradabili e compostabili: chi sono?

Plastiche degradabili

plastiche che degradano per cause sia fisiche che biologiche (luce del sole, calore o azione microbica), possono causare problemi ambientali, perchè si formano piccoli frammenti che inquinano il compost, il terreno o l'ambiente marino.

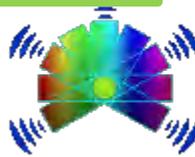
Plastiche biodegradabili

plastiche che vengono completamente assimilate dai microrganismi presenti nel sistema di smaltimento come cibo per la loro energia (entrano nella catena alimentare microbica). Questa completa assimilazione microbica è misurata dalla conversione totale del carbonio presente in anidride carbonica (CO₂).

Plastiche compostabili

Oltre ad essere biodegradabili per effetto di microrganismi, le plastiche compostabili devono anche obbedire a un fattore tempo. Questi materiali biodegradano in una compostiera industriale in meno di 180 giorni.

Compostiera industriale significa: temperatura costante di 60°C, umidità controllata e presenza di microrganismi. Le plastiche compostabili non rilasciano frammenti che persistono oltre le 12 settimane nel residuo, non contengono metalli pesanti né tossine e sostengono la vita delle piante.



Biodegradabile o compostabile?

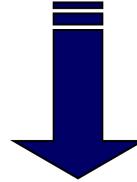
Le plastiche compostabili sono un sottoinsieme delle plastiche biodegradabili e si decompongono biologicamente alle condizioni di compostaggio entro il tempo relativamente breve di un ciclo di compostaggio.

- ❑ Compostabile significa sempre biodegradabile
- ❑ Biodegradabile non necessariamente significa compostabile

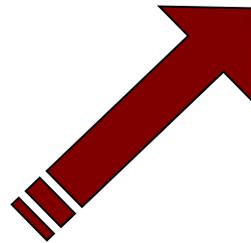


I TIPI DI DEGRADAZIONE

ENZIMI



*La **BIODEGRADAZIONE**
non è funzione dell'origine
bensì dei gruppi funzionali*

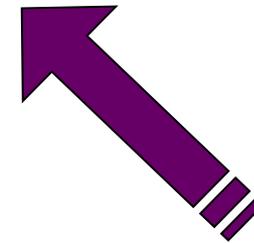


FOTODEGRADAZIONE
(Raggi UV)



UMIDITA'

(Legami instabili e idrolizzabili)



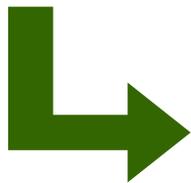
TERMODEGRADAZIONE

EVOLUZIONE DEL CONCETTO DI MATERIALE BIODEGRADABILE

**BIOSINTETICI
SEMI-BIOSINTETICI
CHEMOSINTETICI**

Bioaceta (acetato di cellulosa)
Ecoflex (Copoliestere)
Enviroplastic-C (Policaprolattone)
BAK 1095 (Poliestere-amide)
Biomax (PET-modificato)
PHA (Poliidrossialchenoato)
Aquadro (Polivinil alcol)
Paragon (Blend a base di amido)

Materiale tal quale



Blend

- *Biodegradabile + non biodegradabile;*
- *Biodegradabile + biodegradabile.*



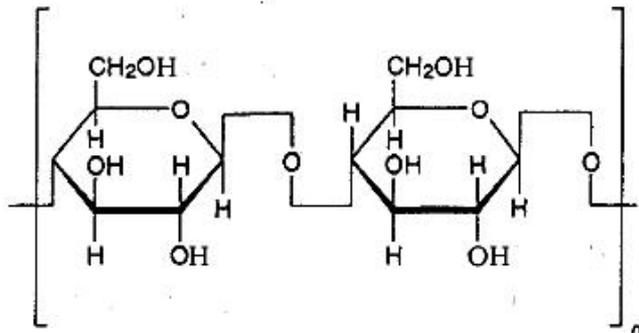
Polimeri ingegnerizzati

- *Nanocompositi⁽¹⁸⁾;*
- *Graft copolymer;*
- *Cross-linked polymer;*
- *Biocompositi^(1,5,13).*

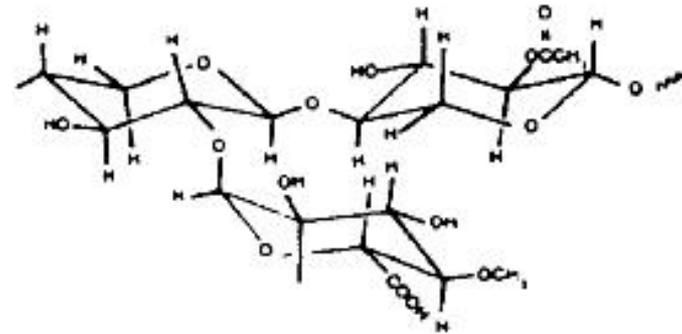
I POLIMERI BIODEGRADABILI NATURALI: Le fibre^(1,5)

Distribuite nella biosfera come alberi e messi, le fibre sono costituite da **CELLULOSA EMI-CELLULOSA** e **LIGNINA**, unite in un unico complesso reticolato dotato dei seguenti gruppi funzionali attivi: *eteri, idrossili, esteri, carbonili e acetalì.*

CELLULOSA



EMICELLULOSA

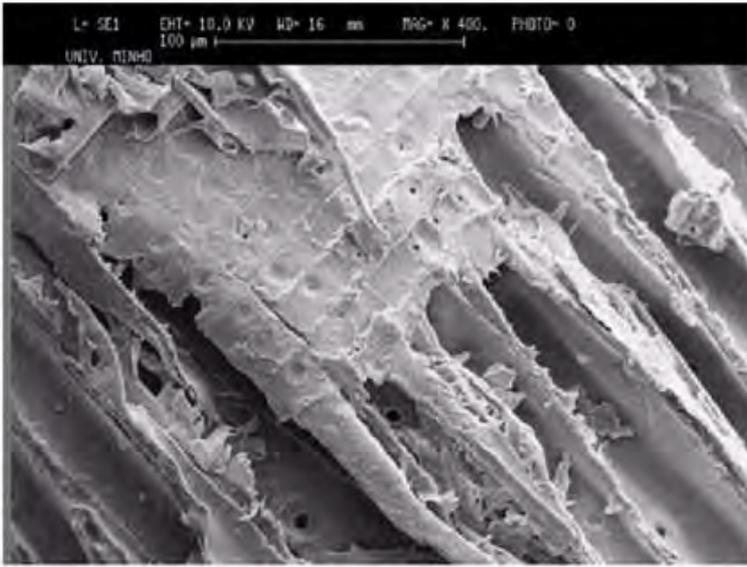


LIGNINA: è un composto fenolico, resistente alla degradazione microbica.

Dove sono le fibre?

- **Foglie**: agavi, ananas;
- **Tronco**: lino, canapa, iuta;
- **Semi**: cotone;
- **Frutti**: noce di cocco.

I POLIMERI BIODEGRADABILI NATURALI: Le fibre



**RESISTONO AL TAGLIO,
ALLA TRAZIONE E
CEMENTANO IL BLEND IN
CUI SONO MISCELATE**

Le proprietà e la qualità della fibra dipendono da fattori quali maturazione, dimensione e metodi utilizzati per l'estrazione.

Le proprietà dipendono inoltre dal contenuto in cellulosa, dalla forma e dall'angolo di orientazione delle microfibrille.

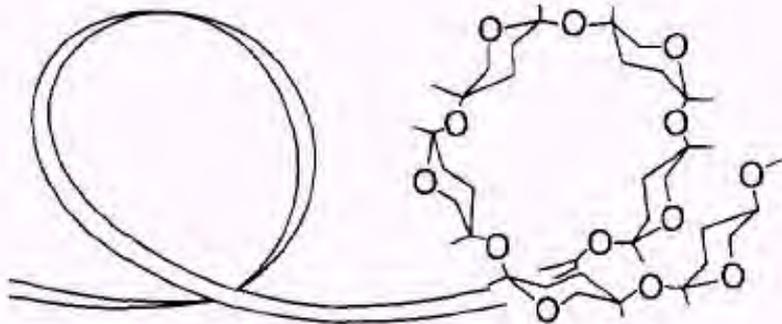
Il contenuto in lignina, invece, influenza struttura, proprietà e morfologia finale della fibra.

I POLIMERI BIODEGRADABILI NATURALI: Amido e Soia

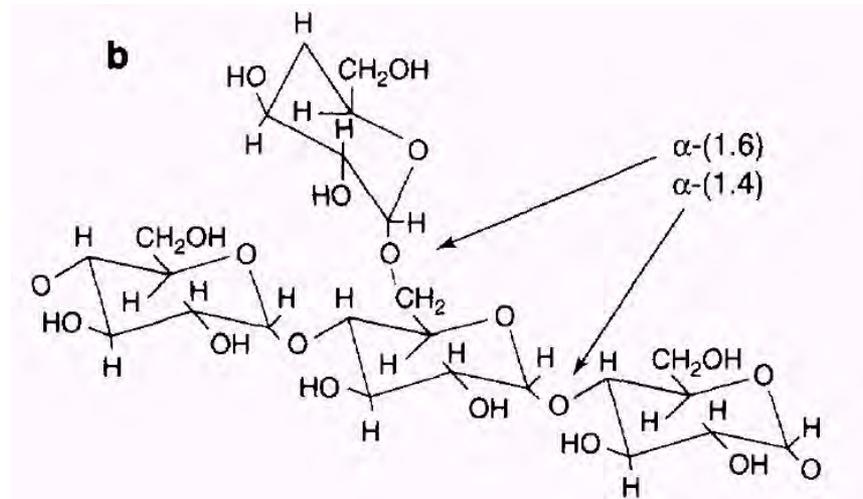
L'**AMIDO** è un polisaccaride che contiene circa il 20% di **AMILOSIO** e l'80% di **AMILOPECTINA**⁽⁴⁾

Si trova nei semi e nei tuberi di molte piante, da cui si estrae sotto forma di granuli.

AMILOSIO



AMILOPECTINA



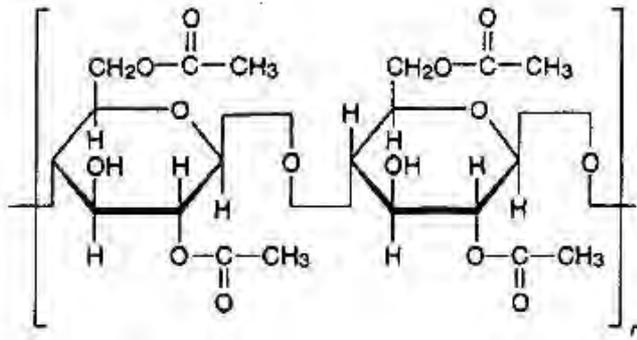
La **SOIA** è un polipetide ad alto peso molecolare, dotato di funzionalità amino-acidiche reattive e di inusuali proprietà adesive.

E' utilizzata dalla Ford in alcune parti delle automobili.

I DERIVATI ARTIFICIALI (1)

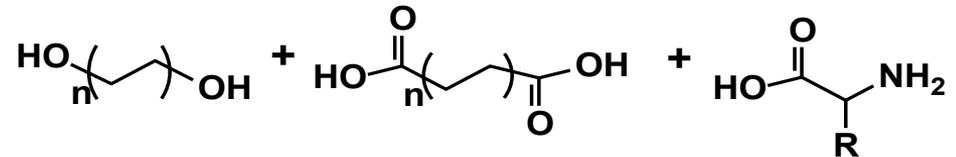
Imitano quelle funzionalità che in natura hanno dimostrato di essere *digeribili* dagli organismi viventi.

DIACETATO DI CELLULOSA

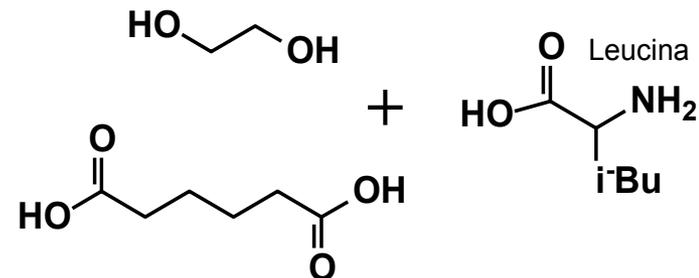


Si ottiene per reazione tra l'anidride acetica e la cellulosa del cotone o della polpa di legno. E' utilizzato in tubi, confezioni, film, contenitori per olii e polveri.

POLIAMIDO ESTERI



I copolimeri ottenuti da dioli e diacidi aa alto numero di metileni hanno il giusto PM per fornire sia le proprietà tipiche di una fibra sia alta filmabilità. Trovano utilizzo in film agricoli, decorazioni per cimiteri, piatti usa e getta, sacchi della spazzatura, etc...



DOVE SONO ARRIVATI I MATERIALI BIODEGRADABILI?

La sintesi chimica è in grado di **ritardare** o **accelerare** il tempo necessario alla biodegradazione, **funzionalizzando** opportunamente la struttura del Bio-polimero. Si apre quindi un ventaglio di possibili applicazioni tecnologiche, ad alto e basso valore aggiunto

Materiali strutturali^(5,13)
Strutture per tessuti ossei⁽¹⁷⁾
Sacchetti⁽⁴⁾
Food Packaging
Capsule farmaceutiche⁽¹⁴⁾
Suture⁽¹⁴⁾
Schiume (loose fillers)⁽¹⁶⁾
Posate, piatti, bicchieri e vasi
Etc. etc.

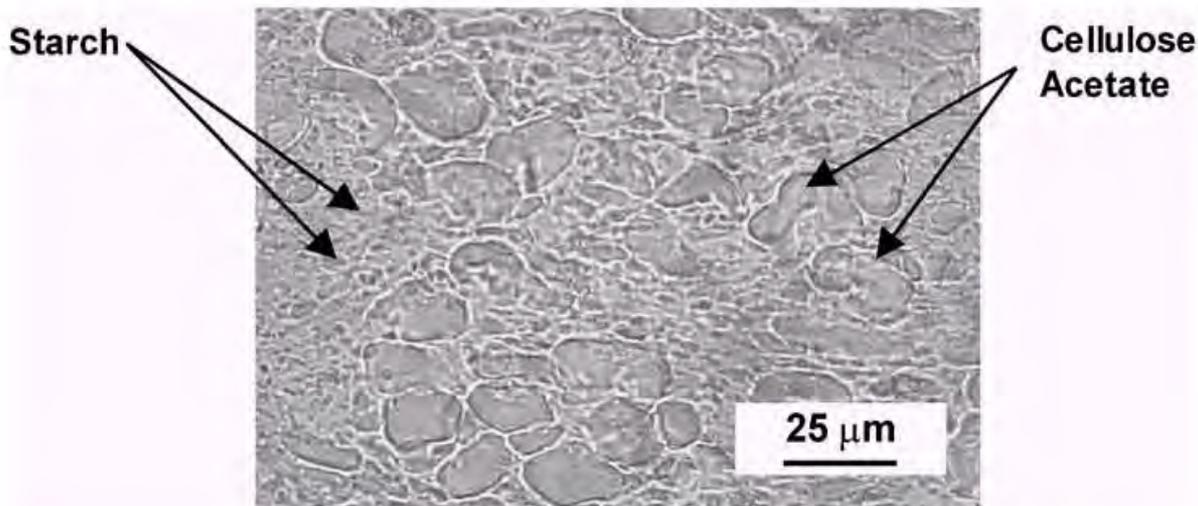
UN ESEMPIO.....

LE PLASTICHE A BASE DI AMIDO

L'amido è costituito da **domini cristallini** di amilopectina, dispersi in una **matrice amorfa** di amilosio.

Riscaldando ad elevata T, i domini cristallini scompaiono, rendendo l'amido trasparente e filmabile.

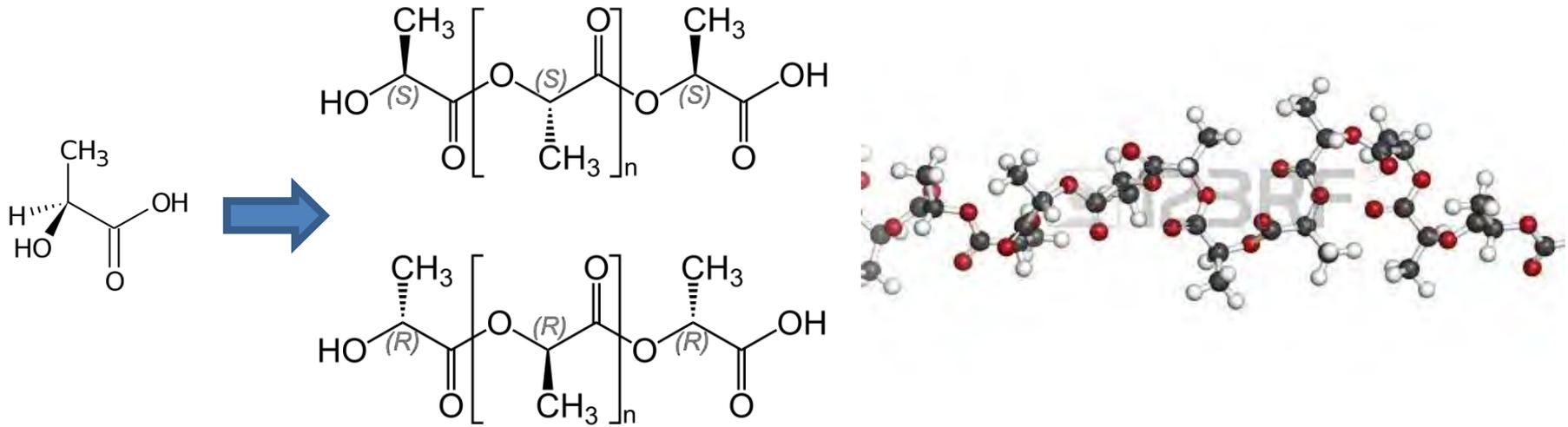
I plasticizzanti più usati mostrano funzionalità idrossiliche (glicerolo, fruttosio, acqua, polioli) che interagiscono con le catene, separandole.



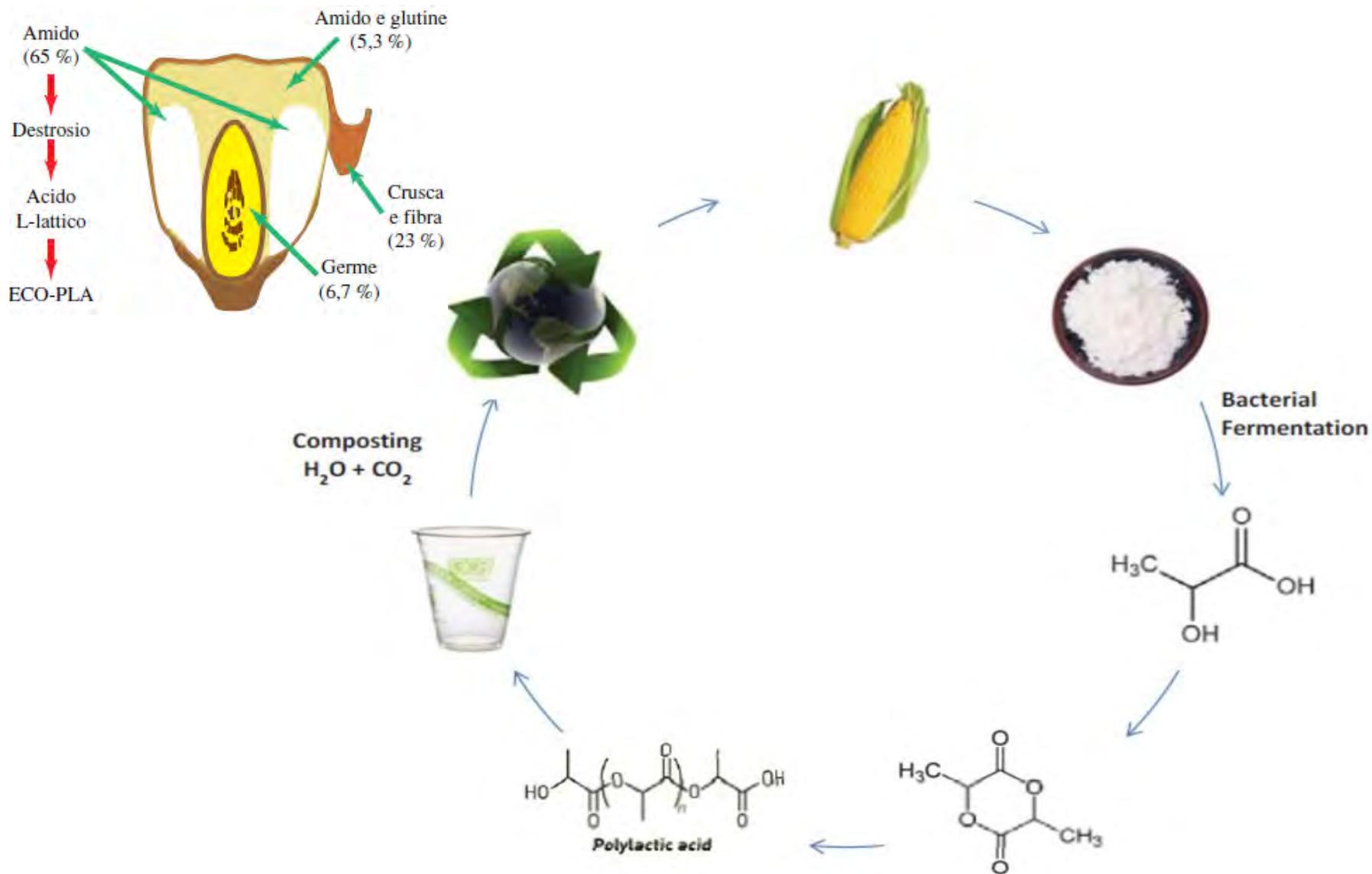
L'amido destrutturato è compatibile con

- Copolimeri idrofobi (alcol-vinilico, poliestere-uretani, etilene-acidi acrilici)
- Polimeri incompatibili (poliesteri alifatici, cellulose)

L'acido polilattico (PLA) è un polimero costituito da unità monomeriche di acido lattico.



Si ottiene da risorse rinnovabili ed in particolare da mais o altri cereali, tramite un processo di fermentazione batterica e polimerizzazione. Non solo deriva da materiali naturali, ma è completamente biodegradabile, ossia può essere convertito naturalmente in CO_2 e H_2O grazie ad alcuni microorganismi.



Sintesi di una bio-plastica da amido di patata, mais, frumento e tapioca.

Materiale necessario per l'estrazione dell'amido dalle patate:

- Patate sbucciate, 100 g
- Mortaio e pestello
- Grattugia

L'estrazione dell'amido dalle patate richiede circa 15–20 min e la sintesi del film plastico circa 20 min.

Chemicals per la produzione della plastica (per ogni gruppo):

- 10 mL acido cloridrico (HCl) diluito, 0.1 M;
- 10 mL sodio idrossido diluito, 0.1 M (IRRITANTE);
- Acqua distillata circa 500 mL
- Amido di patate, frumento, mais, tapioca 2.5 g
- Coloranti vari per alimenti
- Glicerolo 2 mL o 2.5 g

- Beaker da 400 mL e da 250 mL
- Vetrino da orologio
- Piastra scaldante
- Colino per il the
- Agitatore
- Capsule di Petri
- Cartina al tornasole
- Cilidri graduati da 10 mL e da 25 mL
- Pipette

Procedura preliminare se si sceglie di partire dalle patate:

ESTRAZIONE DELL'AMIDO

- Grattugiare circa 100 g di patata sbucciata. Mettere la patata grattugiata nel mortaio;
- Aggiungere 100 mL di acqua distillata e tritare la patata con il pestello;
- Filtrare il liquido con il colino per il the in un beaker e rimettere la patata nel mortaio;
- Ripetere i passaggi a e b due volte.
- Lasciare decantare la miscela estratta dalla patata per 5-10 min nel beaker.
- Eliminare l'acqua, lasciando l'amido bianco sul fondo del beaker. Aggiungere 100 mL di acqua distillata all'amido ed agitare gentilmente. Lasciare decantare nuovamente ed eliminare l'acqua.

FORMAZIONE DEL FILM PLASTICO

- 1) Pesare in un beaker 2.5 g di amido e aggiungere 22-25 mL di acqua (nel caso dell'amido estratto dalle patate, la quantità di sospensione a mase di amido estratta, deve essere maggiore circa 4g)
- 2) Mescolare e aggiungere, sotto agitazione, 3 mL di acido cloridrico e 2 mL di propane-1,2,3-triolo (glicerolo).
- 3) Coprire il beaker con un vetrino da orologio e mettere a riscaldare fino all'ebollizione su piastra scaldante. (Fare attenzione all'ebollizione: non deve essere vivace).
- 4) Lasciare bollire gentilmente per 15 mins. **NON DEVE ANDARE A SECCO**, se dovesse sembrare che il solvente stia per evaporare tutto, bloccare il riscaldamento.
- 5) Lasciare raffreddare parzialmente e aggiungere soluzione di NaOH 0.1 M fino a neutralizzazione, controllare con la cartina al tornasole dopo ogni aggiunta (Probabilmente si dovrà aggiungere un volume di NaOH 0.1 M più o meno uguale al volume di acido aggiunto, circa 3 mL!)

- 6) A questo stadio è possibile aggiungere una goccia di colorante (per esempio di tipo alimentare) e mescolare attentamente per colorare la bioplastica finale.
- 7) Versare la miscela in una capsula di Petri in uno strato non molto spesso, aiutandosi eventualmente con una bacchetta di vetro.
- 8) Ripetere la procedura (punti 1-7) **in assenza di glicerolo**
- 9) Lasciare essiccare le soluzioni. In generale si può lasciare essiccare a temperatura ambiente (circa 1-2 giorni) o su un termosifone o fonte di calore (circa 1 giorno). Alternativamente, avendo a disposizione una stufa bastano 90 minuti a 100°C.

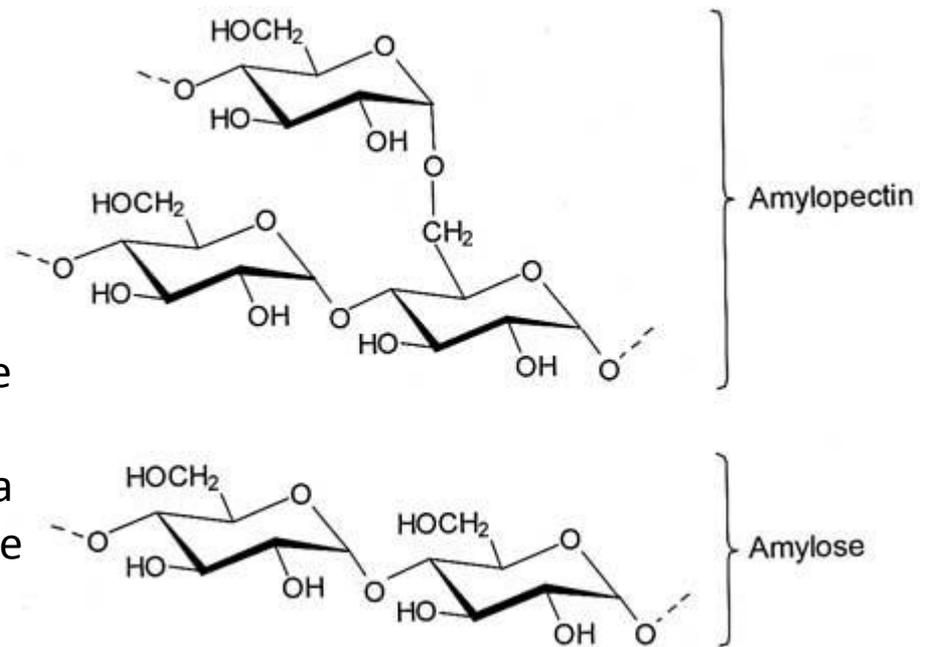
L'amido è costituito da due tipi di lunghe catene di molecole di glucosio legate tra loro:

- a) una catena lineare chiamata AMILOSIO
- b) una catena ramificata chiamata AMILOPECTINA

Quando una soluzione acquosa di amido viene portata a secco, facendo evaporare buona parte dell'acqua, l'amido forma un film a causa della formazione di legami idrogeno tra le varie catene di polimero. L'amilopectina in parte inibisce la formazione del film a causa delle sue ramificazioni che rendono difficile il contatto tra le catene.

Tale difficoltà può essere superata trattando l'amido con dell'acido cloridrico che frammenta l'amilopectina e quindi elimina gli impedimenti alla formazione del film. In tal modo si ottiene un film dotato di un buon grado di cristallinità che ne determina una certa fragilità.

E' possibile migliorare le proprietà del film aggiungendo un plastificante quale ad esempio il glicerolo. Questa molecola è igroscopica, lega a sé un certo numero di molecole d'acqua e disponendosi tra le catene di polimero ne impedisce la disposizione ordinata e quindi ne riduce il grado di cristallinità.



COLLA O PLASTICA "ECOLOGICA"

Materiale:

- 125 ml di latte scremato
- 25 ml di acido acetico al 5% (o di aceto)
- bicarbonato di sodio
- un recipiente di vetro resistente al calore
- un cucchiaino in plastica
- imbuto e carta da cucina

Metodica:

- Mescolare il latte e l'aceto nel recipiente, scaldare a lieve calore agitando frequentemente fino a quando cominciano a formarsi dei grumi (se non si dispone di un fornellino elettrico, si può utilizzare del latte tiepido trasportato in un termos ed aggiungere l'aceto a scuola).
- Sospendere il riscaldamento e fuori dalla fonte di calore continuare ad agitare fino a quando non si osserva più la formazione di grumi.
- Lasciare decantare, filtrare su carta con un imbuto. Pressare lievemente la massa per eliminare l'eccesso di liquido di cui è impregnata.
- Eliminare il liquido filtrato (siero).
- La massa filtrata si presenta con una consistenza gommosa e può essere modellata. Usare circa metà della massa ottenuta per modellare un oggettino.
- L'oggetto ottenuto, una volta asciugato, indurisce e può essere colorato....

....Porre la seconda metà della massa separata nel recipiente vuoto, aggiungere 15 ml di acqua ed agitare.

Neutralizzare l'acidità residua con bicarbonato di sodio (aggiungerlo fino a quando si osserva la formazione di bolle di gas (CO₂)).

La sostanza ottenuta è collosa. Provare le proprietà adesive con differenti materiali.

La variazione del pH (aggiunta di aceto) induce modifiche permanenti nella struttura di una proteina del latte, la caseina, che si denatura irreversibilmente, raggrumandosi e precipitando. Un processo analogo porta alla produzione di formaggio.

La massa che si separa per filtrazione può essere modellata e, successivamente, colorata.

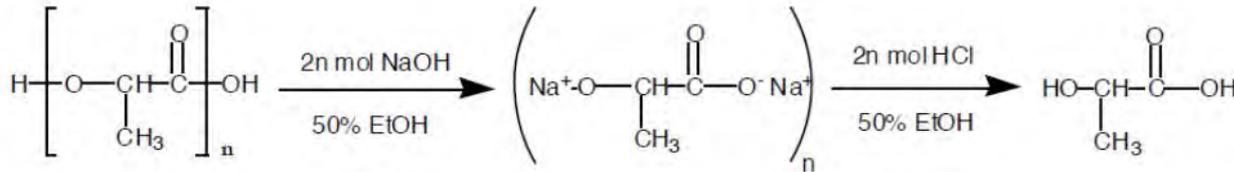
La parziale neutralizzazione dell'ambiente acido (aggiunta di NaHCO₃) rende più fluida la massa, che ha proprietà adesive.

Per adesivo si può intendere, nel linguaggio tecnico, una sostanza capace di legare tra loro materiali uguali o diversi per semplice contatto superficiale.

I termini colla e collante, che in origine erano riservati agli adesivi di origine vegetale od animale, sono diventati praticamente sinonimi di adesivo.

Molte teorie sono state elaborate per spiegare il meccanismo dell'adesione, ma fino ad oggi nessuna è pienamente soddisfacente. Un ruolo determinante è attribuito alle forze di natura chimica e fisica che si stabiliscono fra adesivo e aderendo (cioè i materiali su cui l'adesivo deve esercitare l'azione di collegamento) simili a quelle che tengono uniti fra loro gli atomi e le molecole di una stessa sostanza.

Il processo di degradazione proposto è una versione in scala ridotta di uno dei possibili metodi di smaltimento del PLA (riciclo chimico). Si tratta di una reazione di idrolisi basica in un solvente misto (acqua/etanolo):



Materiali:

- Guanti
- Plastica PLA
- Piastra scaldante
- Bacchette di vetro
- Termometro (fino a 150°C)
- Beuta da 250 mL in vetro PIREX
- Cilindro graduato 100 mL
- Vetrino da orologio
- Imbuto
- Pipette di Plastica
- ancoretta magnetica
- cartina al tornasole
- Mattonella o superficie sporca da pulire
- Spruzzetta o nebulizzatore
- Forbici
- Navicelle per pesata

Chemicals

- 10 mL di 6 M HCl
- 100 mL di 1.4 M NaOH in 1:1 etanolo/acqua

Procedimento:

1. Tagliare la bioplastica in pezzi piccoli con le forbici. Più piccoli sono i pezzi, più veloce è la reazione.
2. Pesare 5 g di pezzi di PLA e metterli nella beuta da 250 mL
3. Misurare, utilizzando il cilindro, 100 mL della soluzione di NaOH 1.4 M in etanolo/acqua 1:1 e aggiungerli alla plastica nella beuta. Aggiungere l'ancoretta magnetica ed mettere ad agitare la soluzione sulla piastra scaldante.
4. Accendere il riscaldamento e riscaldare fino circa 90°C (ridurre il calore se comincia a bollire troppo vigorosamente). Riscaldare e agitare la soluzione fino a completa scomparsa dei pezzetti di PLA. La temperatura dovrebbe essere 80°C – 90°C.
5. Una volta solubilizzati i pezzetti di plastica rimuovere la beuta dalla piastra e metterla in un bagno di ghiaccio fino a raggiungere circa 60°C. La miscela ottenuta è il "PLA idrolizzato".
6. Usando la cartina al tornasole valutare il pH della miscela.
7. Aggiungere lentamente 50 gocce di HCl 6 M nella beuta. **Mescolare bene.**
8. Ricontrollare il valore del pH mediante la cartina al tornasole. Il pH finale deve essere compreso tra 4 e 5. Ripetere gli steps 7-8 fino al raggiungimento del valore di pH giusto.

Al valore di pH compreso tra 4 e 5 nella soluzione c'è NaCl e acido lattico. Usando un imbuto trasferire la soluzione in una spruzzetta. Spruzzare la soluzione su una mattonella o una superficie sporca e pulire con un foglio di carta.

POLIMERI e GEL

I gel sono strutture del tutto particolari costituiti da un reticolo tridimensionale, generalmente polimerico, all'interno del quale sono intrappolate grandi quantità di liquido (molto spesso acqua).

Il reticolo tridimensionale può essere formato da catene polimeriche 'reticolate' ovvero legate insieme da legami covalenti inter-molecolari: in questo caso si parla di **gel chimico**.

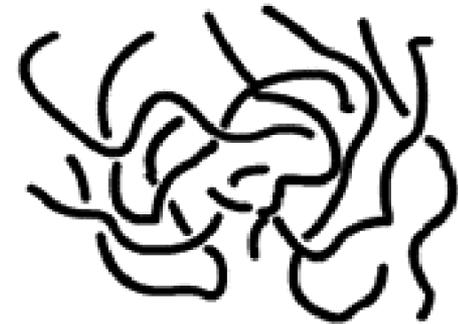
Oppure può essere formato da catene polimeriche legate insieme da interazioni inter-molecolari più o meno forti (legami a idrogeno, forze di Van Der Waals..): in questo caso si parla di **gel fisico**.

Quando sciogliamo un polimero in un solvente, il sistema che si ottiene (soluzione) è costituito da macromolecole singole completamente contornate da molecole di solvente (solvatate) con il quale si stabiliscono delle interazioni più o meno forti.

La soluzione è molto più viscosa del solvente a causa delle numerose interazioni polimero-solvente e all'ingombro sterico delle macromolecole. Tanto più concentrata è la soluzione, tanto più viscosa essa risulta.

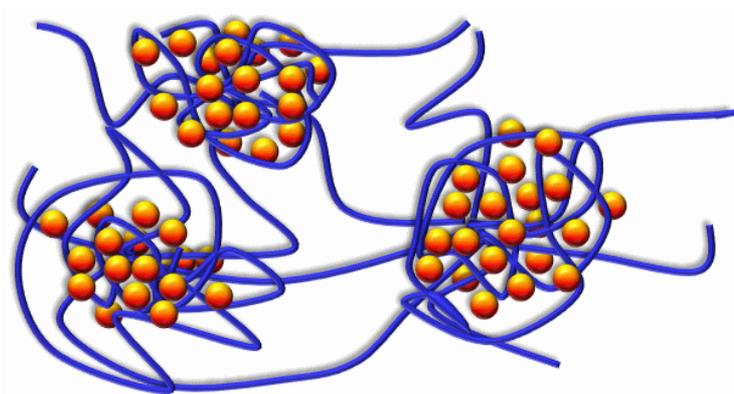


Soluzione diluita



Soluzione concentrata

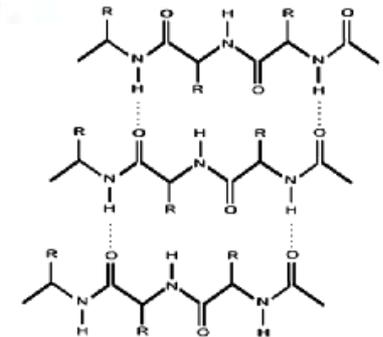
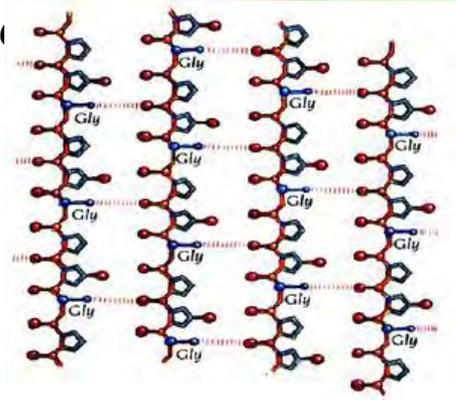
Qualora le catene di polimero siano legate da forti interazioni inter-molecolari (es. legami a idrogeno), l'aggiunta di un solvente provoca facilmente la formazione di un gel fisico: le interazioni inter-molecolari tengono infatti legate le catene polimeriche in un reticolo tridimensionale che lascia penetrare il solvente. Come risultato il polimero rigonfia per progressiva penetrazione del solvente, da opaco e rigido diventa morbido e trasparente



Un esempio tipico di gel fisico è la **gelatina**, che è formata principalmente da collagene proteico, un polimero naturale. Tra le catene di collagene si stabiliscono forze inter-molecolari forti: *i legami a idrogeno*, responsabili del differente comportamento del collagene in acqua in funzione della temperatura.

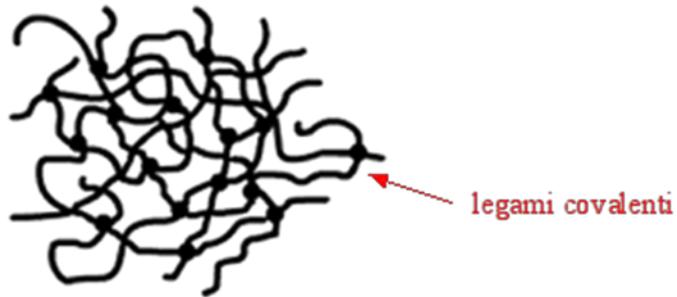
L'**acqua calda**, in grado di rompere i legami a idrogeno, scioglie il polimero, mentre l'**acqua fredda** penetra nel reticolo rigonfiandolo.

Inoltre, raffreddando una soluzione di collagene, il ripristino dei legami a idrogeno provoca la gelatinizzazione del sistema: l'acqua rimane intrappolata nel reticolo.



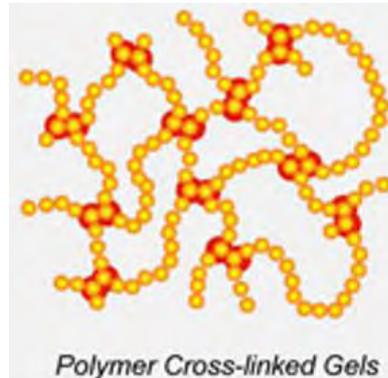
legami a idrogeno tra le catene proteiche di collagene

Nel caso infine in cui i polimeri siano reticolati, ovvero i vincoli intermolecolari siano costituiti da legami covalenti, la penetrazione di un liquido affine porta nuovamente alla formazione di un gel, ma questa volta la struttura è irreversibile: i legami tra le catene non possono essere rotti e la soluzione non si può formare.

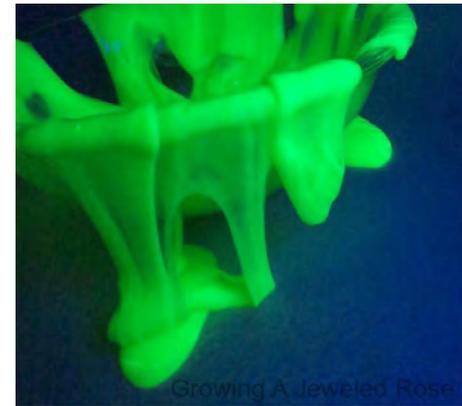


macromolecole in un gel chimico

Le lenti a contatto, ad esempio, sono gel chimici, costituiti da polimeri sintetici reticolati



Dalla soluzione al gel:



PVA in soluzione: Il PVA è un polimero solubile in acqua. Quando si forma la soluzione le catene di PVA si disperdono nel solvente e sono libere di muoversi le une rispetto alle altre: abbiamo un liquido viscoso



Aggiungiamo borace: PVA si reticola. Le catene polimeriche non sono più libere di muoversi le une rispetto alle altre, ma sono vincolate le une alle altre, a formare una sorta di rete tridimensionale (o reticolo) che intrappola l'acqua



Come trasformare della colla nello Skifidol

Tempo medio per svolgere l'attività in classe: 2 h

Ambiente: l'attività dovrebbe essere svolta in un laboratorio ma può essere svolta anche in aula.

Materiale:

- ❖ due contenitori di vetro (beaker o ciotole),
- ❖ alcuni cilindri graduati della capacità di 10 mL,
- ❖ una bilancia in grado di apprezzare 0.01 g,
- ❖ bacchette di vetro per mescolare o cucchiaini di plastica,
- ❖ colla trasparente utilizzata per il modellismo (in molte ferramenta è in vendita a pochi euro un prodotto della GUBRA chiamato Colla Rapida),
- ❖ $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (borace),
- ❖ acqua,
- ❖ colorante alimentare,
- ❖ carta assorbente

Procedimento:

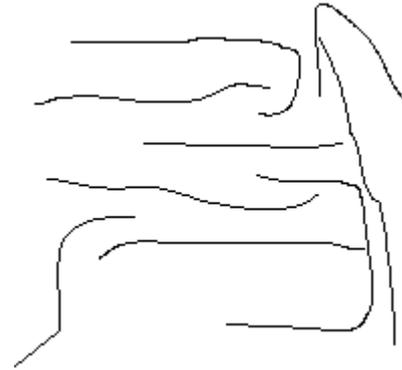
- 1) Pesare 0.2 g di borace, metterli in uno dei contenitori di vetro ed aggiungere, utilizzando il cilindro graduato, 10 mL di acqua.
- 2) Mescolare il tutto facendo attenzione ad evitare la formazione di grumi.
- 3) Nell'altro contenitore pesare 20 g di colla, aggiungere 10 mL di acqua, sempre utilizzando il cilindro graduato, e qualche goccia di un colorante alimentare.
- 4) Mescolare bene il tutto con una bacchetta di vetro o un cucchiaino.
- 5) Versare il contenuto del primo contenitore nel secondo e mescolare bene.

Nel giro di pochi minuti si verrà a formare una massa gelatinosa.

- 6) Rimuovere delicatamente l'acqua in eccesso presente nel contenitore, prendere la massa gelatinosa in mano, asciugarla tamponandola con un po' di carta assorbente ed osservare cosa succede.

Comportamento reopressivo o anti-tissotropico del vinavil reticolato

Prima della Reticolazione il Vinavil è un'emulsione acquosa: piccolissime goccioline contenenti catene polimeriche e disperse in acqua. Le catene polimeriche non sono vincolate le une alle altre, si comporta da liquido viscoso.



Dopo la Reticolazione lo 'slime' ottenuto contiene catene polimeriche non più libere bensì vincolate le une alle altre a formare una sorta di rete.



Il cambiamento di struttura si traduce anche in un cambiamento di proprietà: questo materiale ha infatti un comportamento denominato **reopressivo**, intermedio tra il solido e il liquido

Comportamento reopressivo o anti-tissotropico: consiste nell'aumento di viscosità di un fluido quando questo viene sottoposto a una sollecitazione veloce.

La reticolazione del Vinavil, essendo dovuta a legami deboli (in particolare legami a idrogeno) può essere distrutta con l'aggiunta di una sostanza acida: si forma acido bórico, le catene sono nuovamente libere da vincoli e il materiale ritorna allo stato liquido

REALIZZARE UNA PALLA MAGICA!!!

La colla vinilica (VINAVID), un polimero industriale (acetato di polivinile) con note proprietà adesive, può essere trasformato, in pochi secondi, in una plastica rigida con proprietà completamente differenti.

Materiale

- Colla vinilica
- Perborato (tetraborato sodico decaidrato o borace, in vendita nel reparto detersivi e sbiancanti)
- Acqua
- Coloranti alimentari
- Bicchierini di plastica trasparente
- Cucchiaini in plastica



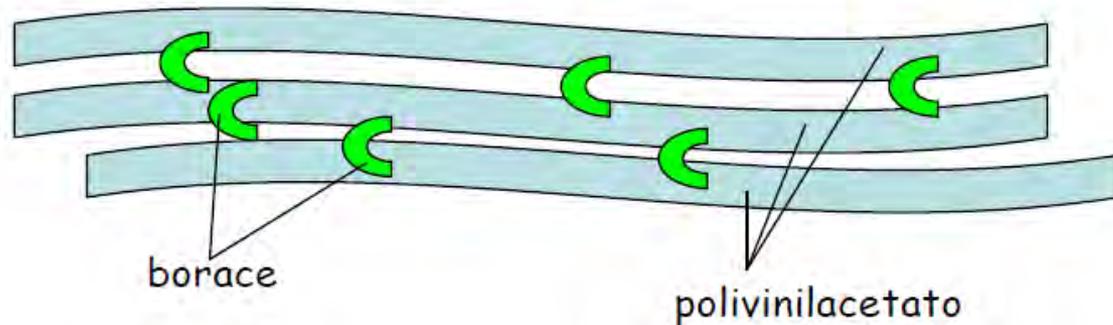
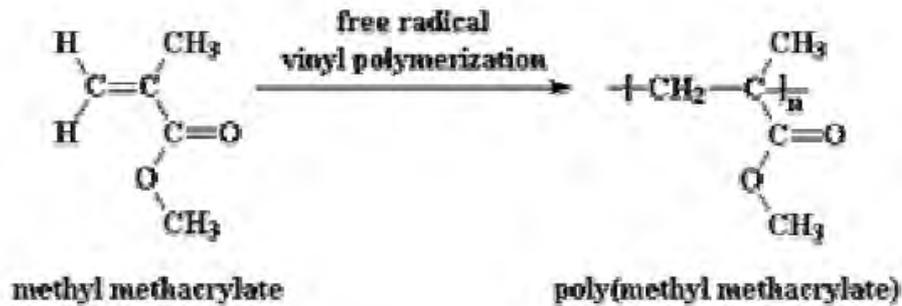
Metodica:

- In un bicchierino di plastica, preparare una soluzione con un cucchiaino di perborato e 4 cucchiaini di acqua. Mescolare bene.
- Porre un cucchiaino di colla vinilica in un altro bicchierino e diluirla con un cucchiaino di acqua (eventualmente colorata). Mescolare bene.
- Aggiungere alla colla diluita un cucchiaino di soluzione di perborato e mescolare velocemente.
- Il contenuto del bicchierino, immediatamente, si raggruma.
- Prelevare il grumo con l'aiuto del cucchiaino e spremerlo su un tovagliolo di carta da cucina per eliminare l'eccesso di acqua.
- Modellarlo velocemente e dare una forma sferica. Lasciare cadere la pallina ottenuta sul pavimento. Rimbalza!



La colla vinilica è costituita da lunghe e flessibili molecole di un polimero, il polivinilacetato, in sospensione acquosa. Quando si aggiunge la soluzione di borace, questo reattivo lega tra loro le catene di polimero, che non sono più libere di muoversi e si irrigidiscono.

Se il reattivo è in quantità sufficiente, la soluzione di colla cambia radicalmente il suo aspetto e le sue proprietà, trasformandosi in plastica.



...ma non è tutto!

Il polimero polivinilacetato, con qualche variazione negli ingredienti e nella procedura, può essere trasformato in materiale elastico!

Materiale

- Colla vinilica
- Perborato (tetraborato sodico decaidrato o borace, in vendita nel reparto detersivi e sbiancanti)
- Amido di mais
- Acqua
- Coloranti alimentari
- Bicchierini di plastica trasparente
- Cucchiaini in plastica

Cosa fare

Per una morbida pallina...

- In un bicchierino di plastica, preparare una soluzione con un cucchiaino di perborato e 2 cucchiaini di acqua. Mescolare bene.
- Porre un cucchiaino di colla vinilica in un bicchierino.
- Aggiungere alla colla un cucchiaino di soluzione di perborato e non mescolare.
- Aggiungere 1 cucchiaino di amido di mais ed aspetta 10-15 secondi prima di mescolare tutto con un cucchiaino di plastica.
- Mescolare a lungo. Il contenuto del bicchierino si raggruma.
- Prelevare il grumo con l'aiuto del cucchiaino e lavorarlo tra le mani. Inizialmente è appiccicoso, ma man mano che si lavora diviene meno appiccicoso e più malleabile.
- Modellarlo e dare una forma sferica. **Adesso puoi giocare!**

...o per un materiale elastico?

Ripetere il procedimento precedente, ma aggiungere due cucchiaini di amido alla colla prima di mescolare.

Si otterrà un materiale che si può modellare, tirare, piegare e più si lavora, più diventa elastico.

Conservare entrambi i materiali ottenuti in un sacchetto di plastica ben chiuso.

Infatti, all'aria asciugano diventando assolutamente rigidi.

In questo caso la reazione tra le lunghe e flessibili molecole del polimero (polivinilacetato), di cui è costituita la colla vinilica ed il borace viene in gran parte impedita quando si aggiunge amido di mais, una miscela di polimeri naturali del glucosio. La massa, pertanto, non può irrigidirsi e mantiene caratteristiche di elasticità più o meno spiccata in funzione della quantità di amido usata.

E' un composto ionico o covalente?

Tempo medio per svolgere l'attività in classe 4 h

Ambiente l'attività dovrebbe essere svolta in un laboratorio, ma tenendo conto dell'esigua quantità di sostanze utilizzate e della relativa non pericolosità della maggior parte di esse, è possibile svolgere l'attività anche in un aula.

Materiale:

- strisce o palline di sodio poliacrilato (si acquistano da un fioraio o possono essere prese da un pannolino della Pampers di cui costituiscono lo strato assorbente),
- alcune piccole ciotole in plastica o vetro (si possono usare le ciotole di plastica o piatti fondi di plastica),
- carta da forno,
- un coltello,
- acqua,
- cucchiaio,
- alcuni composti, di cui si vuole accertare la presenza di legami covalenti o ionici.

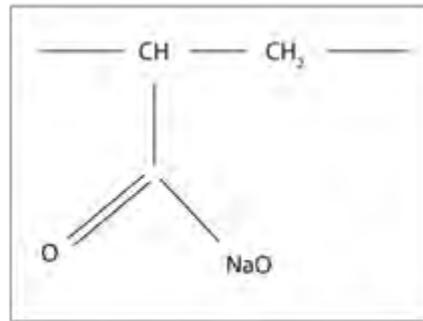
Chemicals:

- NaCl (cloruro di sodio noto come sale da cucina),
- $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ (saccarosio, lo zucchero usato in cucina),
- $\text{MgSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (solfato di magnesio anche noto come sale inglese e reperibile nei negozi di giardinaggio o in farmacia),
- $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (carbonato di sodio anche noto come soda solvay, acquistabile nei supermercati),
- SiO_2 (diossido di silicio, si può utilizzare la sabbia),
- NH_2CONH_2 (urea, acquistabile nei negozi di giardinaggio),
- CuSO_4 (solfato di rame acquistabile nei negozi di giardinaggio), etc

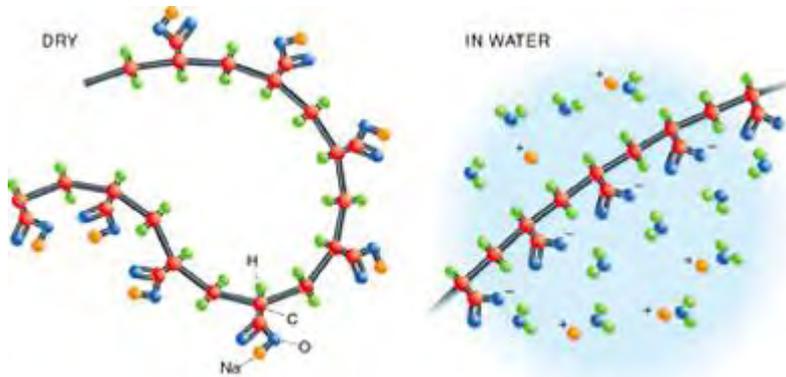
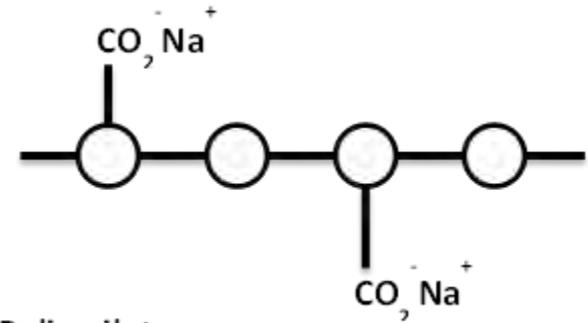
Procedimento:

- 1) Prendi un po' di sodio poliacrilato e poggialo in una coppetta di plastica.
- 2) Un po' alla volta versa varie cucchiariate di acqua sul gel e osserva cosa succede.
- 3) Quando avrai versato un quantitativo di acqua corrispondente a circa 25 volte il volume iniziale del polimero, preleva con cucchiaino il gel e poggialo su un foglio di carta da forno.
- 4) Aiutandoti con un coltello, suddividi il gel in tante porzioni quanti sono i composti di cui vuoi testare la presenza di legami ionici e di legami covalenti.
- 5) Versa, utilizzando per ogni sostanza un cucchiaino pulito, una punta di cucchiaino di ogni composto su una porzione di gel ed osserva che cosa succede.
- 6) Quando hai completato tutte le osservazioni ripiega su se stesso il foglio di carta da forno, senza far fuoriuscire nulla e butta tutto nella spazzatura.

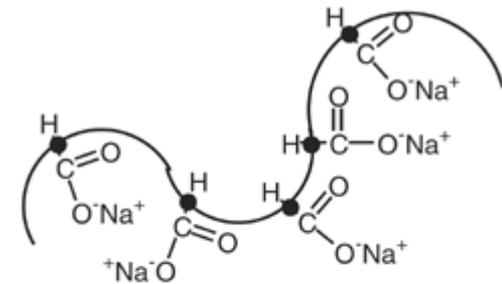
Il sodio poliacrilato è un polimero superassorbente, che posto a contatto con l'acqua aumenta di volume e si trasforma in un gel trasparente, soffice e umido



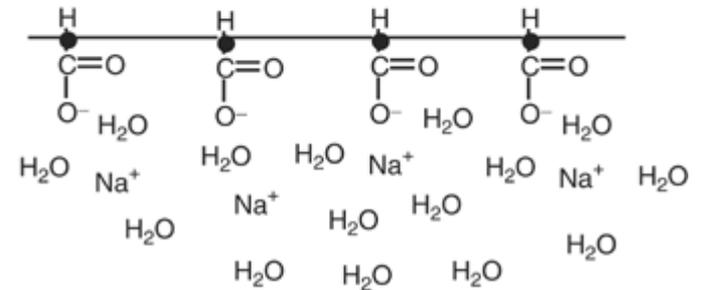
Sodio Poliacrilato



Dry



in Water



Il contatto di questo sistema colloidale con composti costituiti esclusivamente da legami covalenti non produce alcun effetto.

Il contatto invece dello stesso con composti ionici, dà luogo alle alterazioni visibili nella stabilità e nella morfologia del gel che nel giro di pochi secondi collassa.

La presenza del legame ionico è quindi resa visivamente manifesta dalle alterazioni che si osservano sul gel.

L'effetto ottenuto e la sua reversibilità o irreversibilità dipendono dal tipo di sale utilizzato, se si tratta di sale di uno ione metallico monovalente o bivalente.