

Dott. Rocco Di Girolamo

Email : [rocco.digirolamo@unina.it](mailto:rocco.digirolamo@unina.it)

Tel: 081674307

Studio 2P26 Dipartimento di Scienze Chimiche

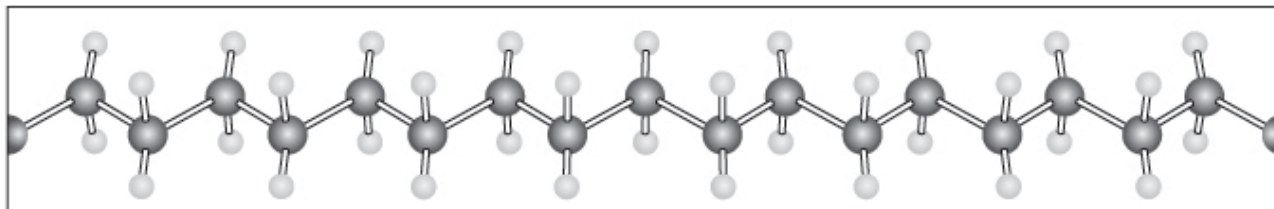
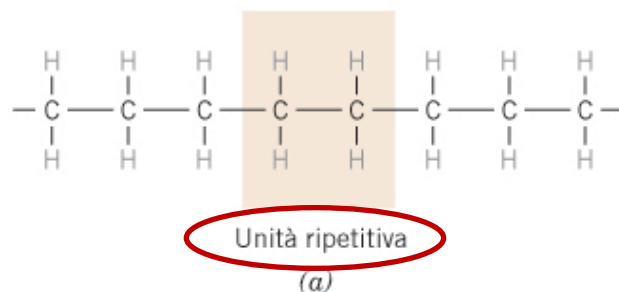
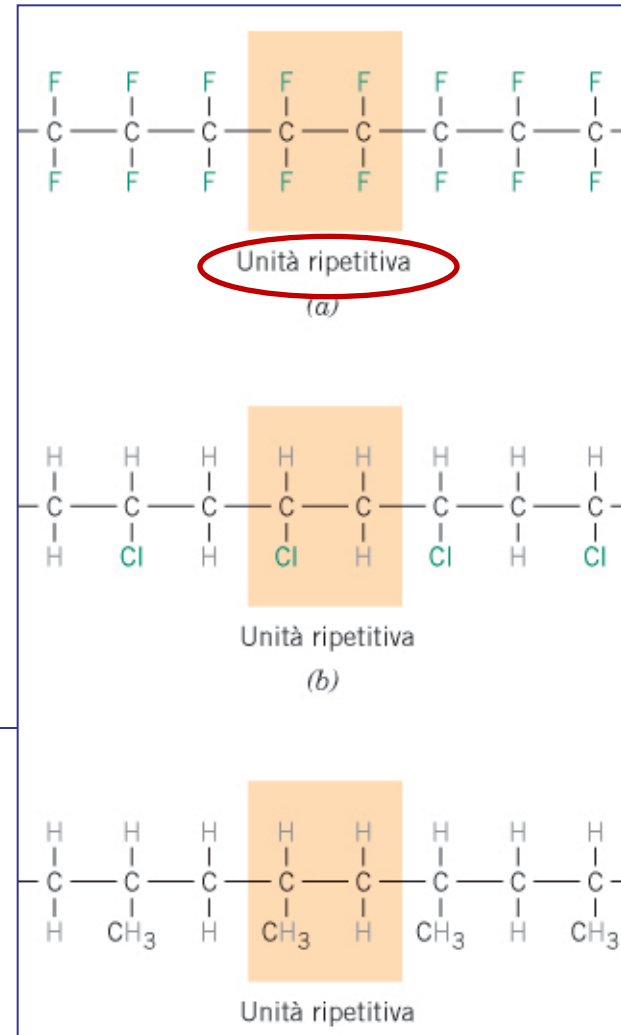
# I polimeri come materiali

- Celluloide (1868), bakelite (1905), ...
- Sostanze difficili da maneggiare (purificare, sciogliere, ...)
- Proprietà
  - “Inspiegabili” (per l’epoca) ma estremamente interessanti
    - ✦ Basso peso
    - ✦ Buone proprietà meccaniche
    - ✦ Facile lavorabilità
    - ✦ ...

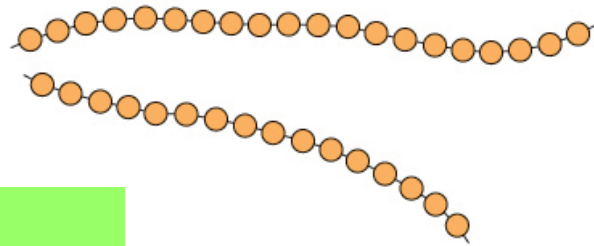
# Macromolecole

- Le macromolecole sono costituite da unità strutturali collegate tra di loro in maniera ripetitiva da legami (generalmente) covalenti.
- L'unità strutturale (unità ripetente) è strettamente correlata al monomero (tipicamente molecole organiche semplici e reattive) dal quale il polimero viene preparato

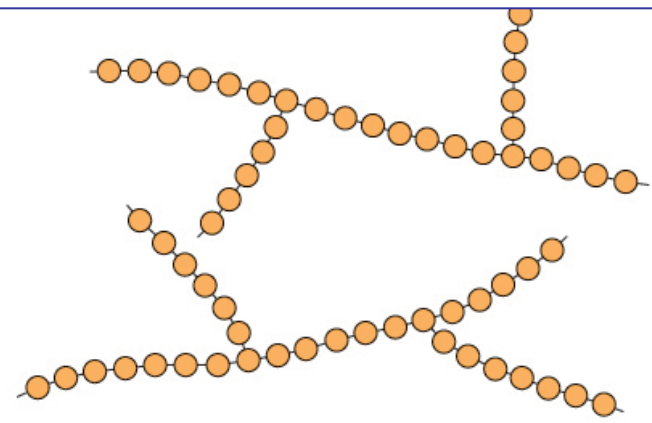
- Una **molecola** per poter essere (considerata) un **monomero** deve possedere due (o più) siti capaci di formare legami con altri monomeri.
- Il numero di tali siti, e quindi di legami formati dalla corrispondente unità strutturale, viene definito **funzionalità del monomero**
  - Es. un monomero vinilico è capace di formare due legami.



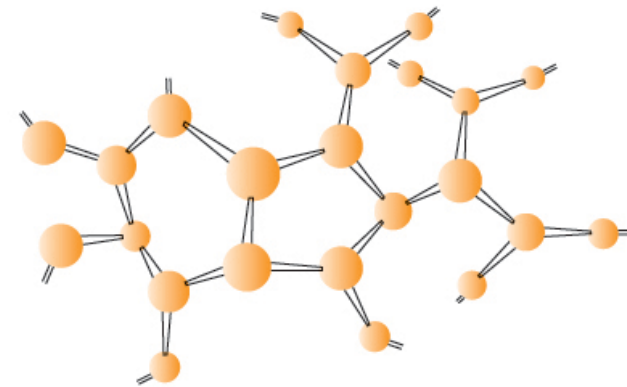
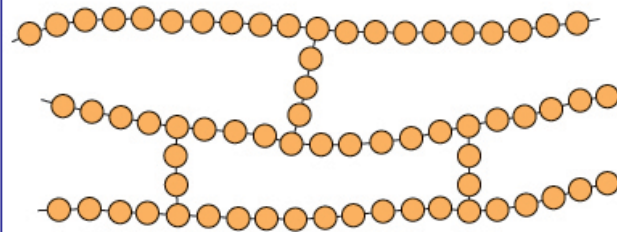
# Struttura molecolare



(a)



(b)



- Monomeri bifunzionali danno origine ad unità strutturali bifunzionali e le macromolecole corrispondenti sono lineari.
- Macromolecole ramificate e reticolate si formano da monomeri con funzionalità superiore a 2.
- Gruppi “monofunzionali” costituiscono i gruppi terminali della macromolecola.

# Omopolimeri e copolimeri

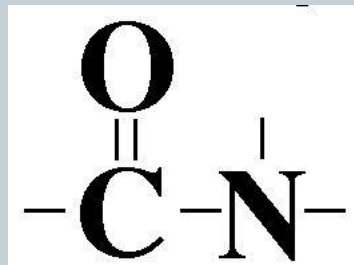
La reazione di formazione di un polimero, a partire dal monomero, si dice reazione di **polimerizzazione**.

- **Omopolimero**
  - le **unità strutturali** che costituiscono le macromolecole sono **tutte uguali**
- **Copolimero**
  - ottenuti per polimerizzazione contemporanea di due (o più) **monomeri diversi**
- Tra monomero e unità strutturale esistono differenze:
  - Circa il legame tra gli atomi in conseguenza del riarrangiamento degli elettroni che ha luogo nella conversione del monomero dell'unità strutturale → **Polimeri di addizione**
  - Circa il numero degli atomi stessi quando la formazione del legame tra unità strutturali comporta la formazione di un composto a basso peso molecolare → **Polimeri di condensazione**

# Le poliammidi



Le poliammidi sono polimeri lineari caratterizzati dalla presenza del gruppo ammidico —NH-CO- .

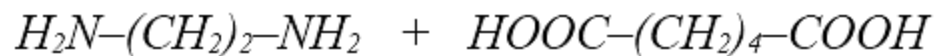


L'applicazione più studiata è la fibra, l'impianto industriale Du Pont iniziò la sua attività di produzione di **nylon** 6,6 nel 1939 negli Stati Uniti (calze e derivati).



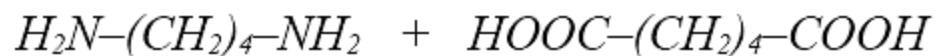
*Nylon 4,6 (PA 4,6)*

*tetrametilendiammina e acido adipico*



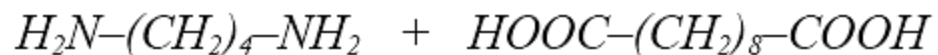
*Nylon 6,6 (PA 6,6)*

*esametilendiammina e acido adipico*



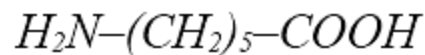
*Nylon 6,10 (PA 6,10)*

*esametilendiammina e acido sebacico*



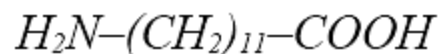
*Nylon 6 (PA 6)*

*acido  $\omega$ -amminocaproico*



*Nylon 12 (PA 12)*

*acido  $\omega$ -amminolaurico*



# TECNOPOLIMERI

La definizione di tecnopolimero è abbastanza arbitraria; un termoplastico viene considerato tale **se possiede il giusto equilibrio di proprietà che lo rendono particolarmente adatto per le applicazioni ingegneristiche.**

Sono stati scelti come appartenenti a questa famiglia :

- ❖ **Poliammidi,**
- ❖ **policarbonati,**
- ❖ **resine a base di fenilenossido,**
- ❖ **resine acetaliche,**
- ❖ **poliesteri termoplastici,**
- ❖ **polisolfoni,**
- ❖ **polifenilesolfuro,**
- ❖ **polietereimmidi.**

## TECNOPOLIMERI

Materiale	Densità (g/cm <sup>3</sup> )	Resistenza alla Trazione (MPa)	Resistenza all'Impatto (J/m)	Rigidità dielettrica (V/m)	Max temperatura di utilizzo (°C)
Nylon 6,6	1.13 – 1.15	62 – 83	220	15200	82 – 150
Poliacetale	1.42	69	75	12600	90
Policarbonato	1.2	62	640 – 840	15000	120
PET	1.37	72	43	-	80
PBT	1.31	55 – 57	64 – 70	23200 – 27600	80
Polifenilenoossido	1.06 – 1.10	54 – 66	270	15800 – 19700	80 – 105
Polisolfone	1.24	70	64	16700	150
Polifenilesolfuro	1.34	69	16	23400	260

- Le **densità** dei tecnopolimeri sono **relativamente basse** e variano da 1,06 a 1,42 g/cm<sup>3</sup>
- La **resistenza a trazione è relativamente bassa** (55 - 83 MPa)
- La **resistenza agli urti invece dipende molto dal composto in esame** e va dagli alti valori del policarbonato (640 - 850 J/m) ai bassi del polifenilesolfuro (16 J/m)
- La **capacità d'isolamento elettrica è alta** come la maggior parte delle materie plastiche e varia da 12,6 a 27,7 V/mm
- Le massime **temperature di utilizzo variano da 82 - 260 °C**

I tecnopolimeri hanno una **buona resistenza alla corrosione in molti ambienti**. In alcuni casi i tecnopolimeri **hanno una resistenza eccellente agli agenti chimici molto aggressivi**; non sono noti ad esempio solventi per il polifenilesolfuro al di sotto di 200 °C

## ALCUNE APPLICAZIONI DEL NYLON:



Fettucce in nylon ripstop



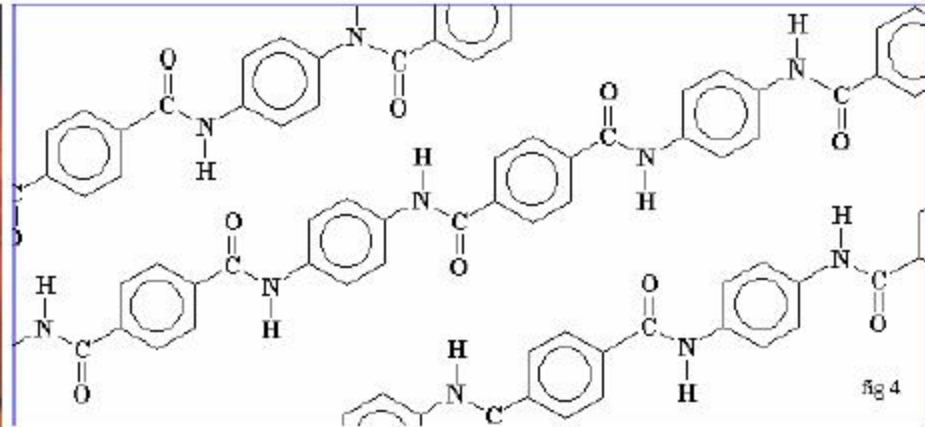
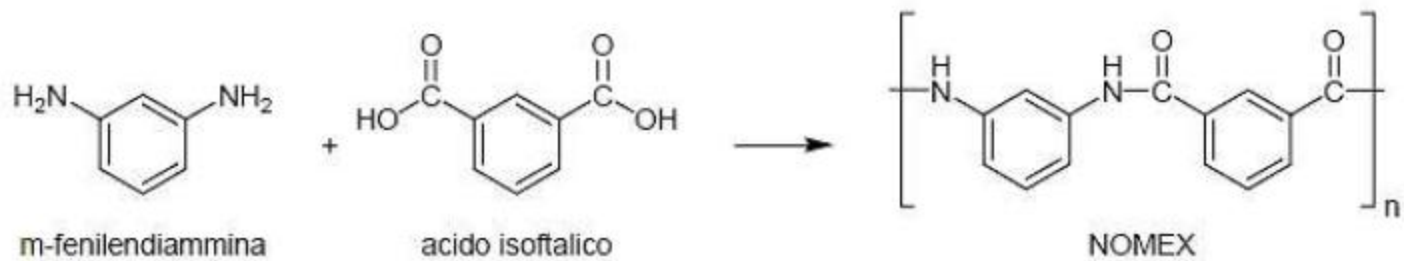
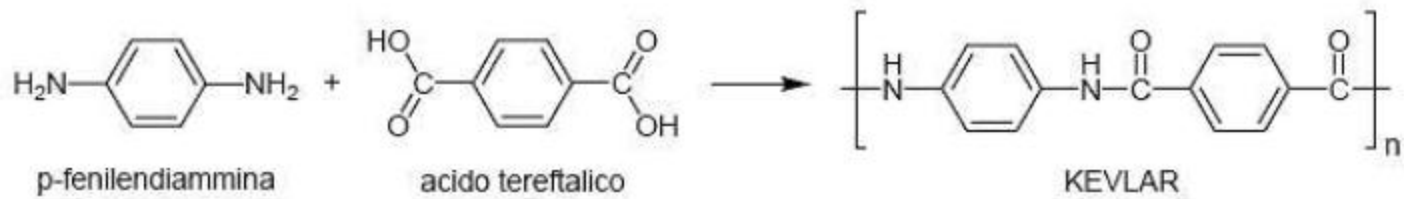
Filo Di Nylon

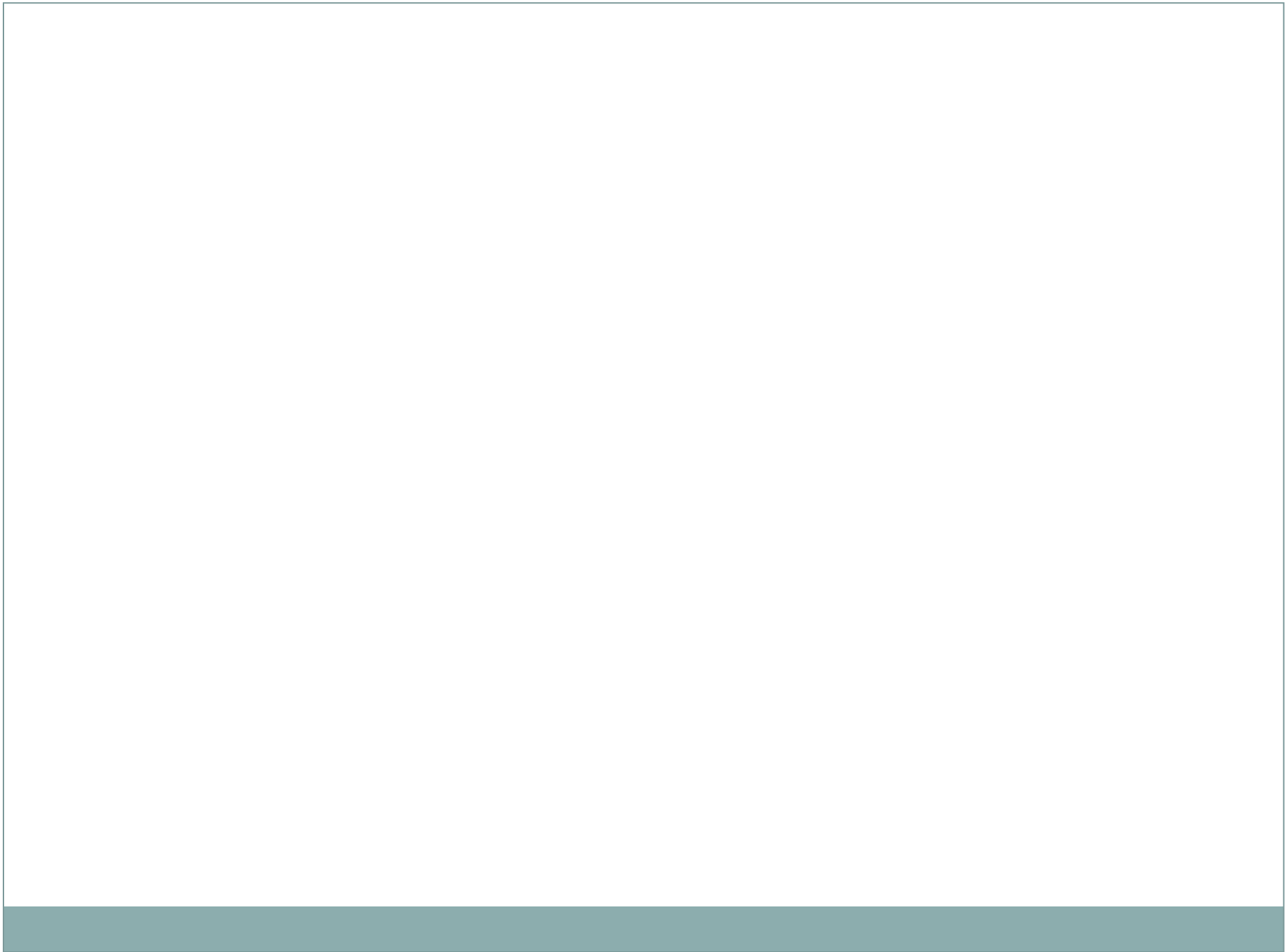


Fascette di nylon:



# Aramidi





## **PROPRIETA' CHIMICO-FISICHE:**

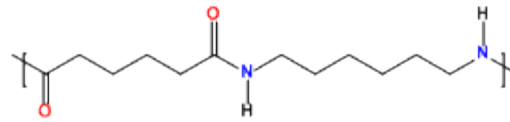
**-pregi:** P. lineare, termoplastico, struttura ad elevata cristallinità; T fusione 270°C; resistente a solventi, grassi ,colorabile;

**-difetti:** sensibile a UV; la presenza del gruppo ammidico rende però sensibili i nylon all'umidità che assorbono dall'ambiente; mentre presentano una buona resistenza ai solventi, lo sono meno alle sostanze polari e agli acidi.

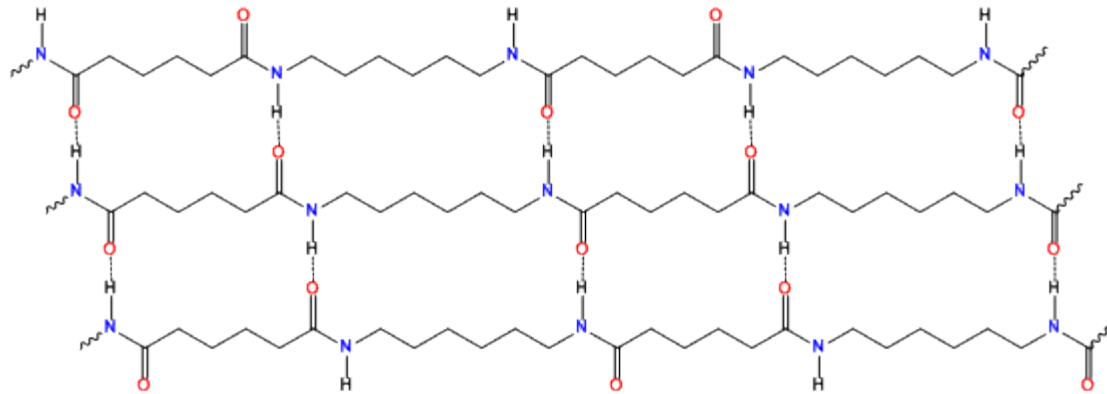
## **PROPRIETÀ MECCANICHE:**

materiali ad elevata versatilità, resistenza, elasticità, robustezza, ottima resistenza a trazione, abrasione, usura, resilienza, autolubrificante

**USI:** fibre, filati, oggetti stampati, cuscinetti, tubicini, fili di sutura, fascette di fissaggio,... si producono cuscinetti e le loro gabbie, camme, ingranaggi silenziosi, nastri da rinforzo, anime di bobine, selettori, pulsanti ed altri manufatti a servizio della meccanica e dell'elettrotecnica.



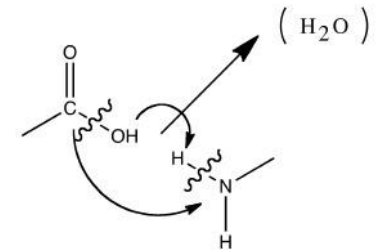
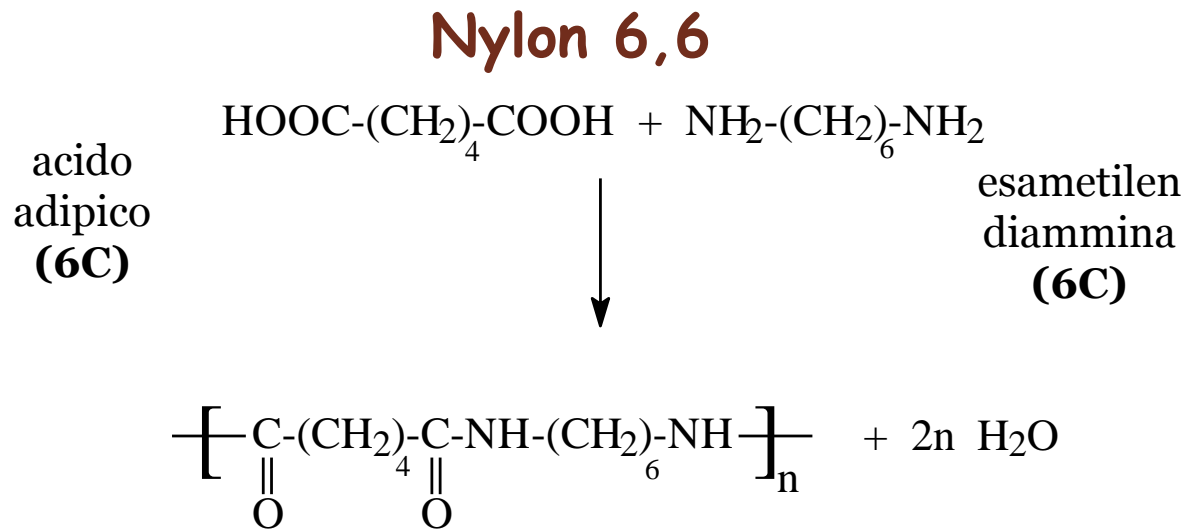
**Repeating Unit**  
Nylon 6,6



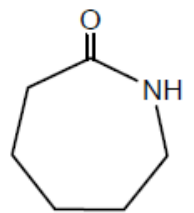
# POLIMERIZZAZIONE A STADI

Nella polimerizzazione a stadi di solito il polimero si prepara attraverso una reazione di *policondensazione intermolecolare* che procede con eliminazione di molecole piccole ( $H_2O$ ,  $N_2$ ,  $H_2$ , ecc.)

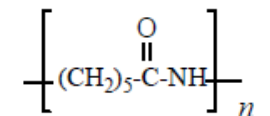
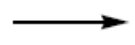
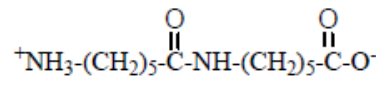
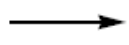
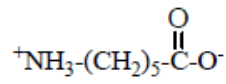
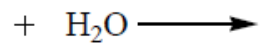
Esempi:



In generale: le polimerizzazioni a stadi sono processi nei quali sono coinvolti *monomeri funzionali* che reagendo tra loro e con gli oligomeri già formati completano ad ogni stadio la reazione **in esame**.



**Caprolattame**



**Nylon 6**

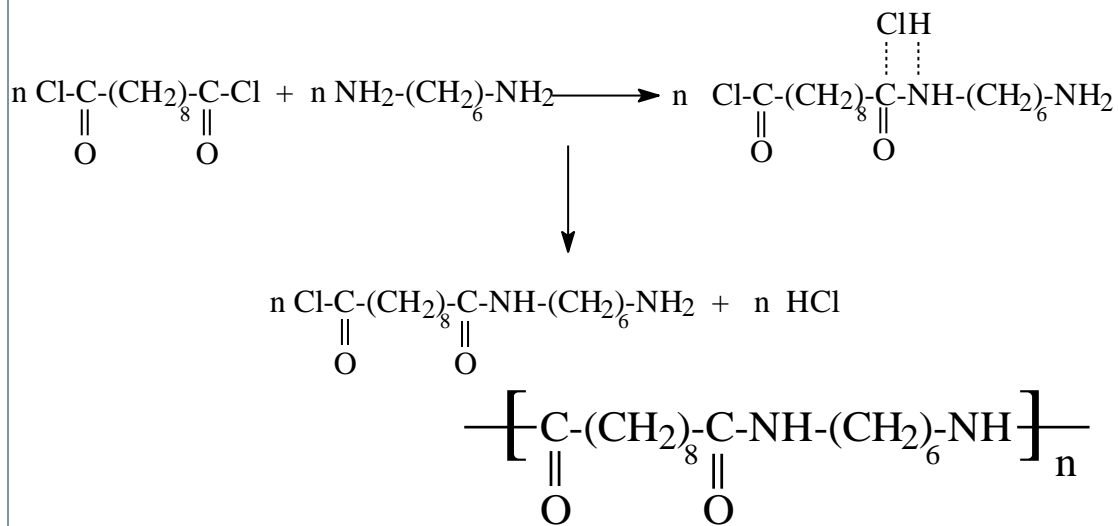
# POLIMERIZZAZIONE A STADI

Le polimerizzazioni a stadi sono generalmente *processi lenti* rispetto alle reazioni a catena.

Inoltre, nelle polimerizzazioni a stadi *il peso molecolare aumenta al crescere della conversione*.

Affinché si abbia una polimerizzazione a stadi i monomeri di partenza devono possedere **almeno 2 centri attivi** nella stessa molecole, ovvero devono essere almeno *bifunzionali*.

Ad esempio cloruro di sebacoile + esametilendiammina:



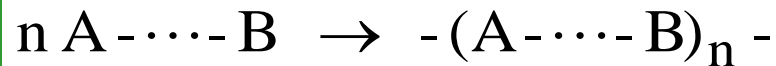
Il prodotto che si forma è ancora bifunzionale e può reagire attraverso lo stesso meccanismo per formare una *poliammide*

Nylon 6,10

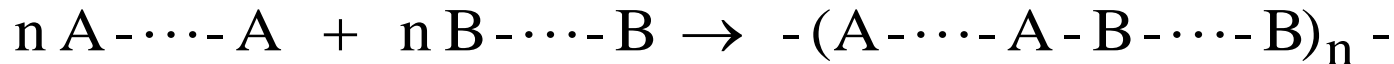
# POLIMERIZZAZIONE A STADI

In generale possiamo definire la polimerizzazione a stadi come una polimerizzazione il cui stadio di propagazione è caratterizzato dalla reazione tra 2 gruppi funzionali appartenenti a due molecole con funzionalità  $\geq 2$  con scomparsa di un sito attivo.

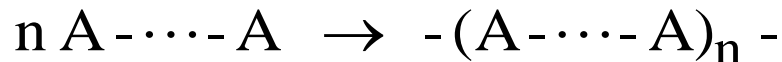
La reazione può avvenire con un solo monomero che possiede entrambi i gruppi funzionali reattivi:

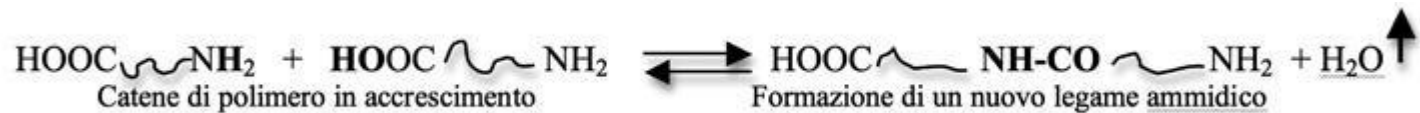
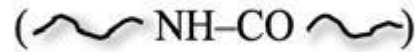


con due reagenti ognuno avente una coppia di gruppi funzionali:



o con un solo monomero avente una coppia di un solo tipo di gruppi funzionali reattivi tra di loro:





$$K_{eq} = \frac{[-\text{NH}-\text{CO}-][\text{H}_2\text{O}]}{[-\text{NH}_2][-\text{COOH}]}$$





# POLIMERIZZAZIONE A STADI

$$\bar{x}_n = \frac{1+r}{1+r-2pr}$$

$$\text{per } r = 1 \quad \bar{x}_n = \frac{1}{1-p} \quad \text{Equazione di Carothers}$$

Per  $p = 0.98$  si ricava  $\bar{x}_n = 50$ , valore troppo basso per avere poliammidi o poliesteri cristallini tali da poter essere trasformati in fibre.

**Per ottenere polimeri con alti gradi di polimerizzazione è necessario spingere la reazione fino a conversione quasi totale, cioè  $p \approx 1$ .**

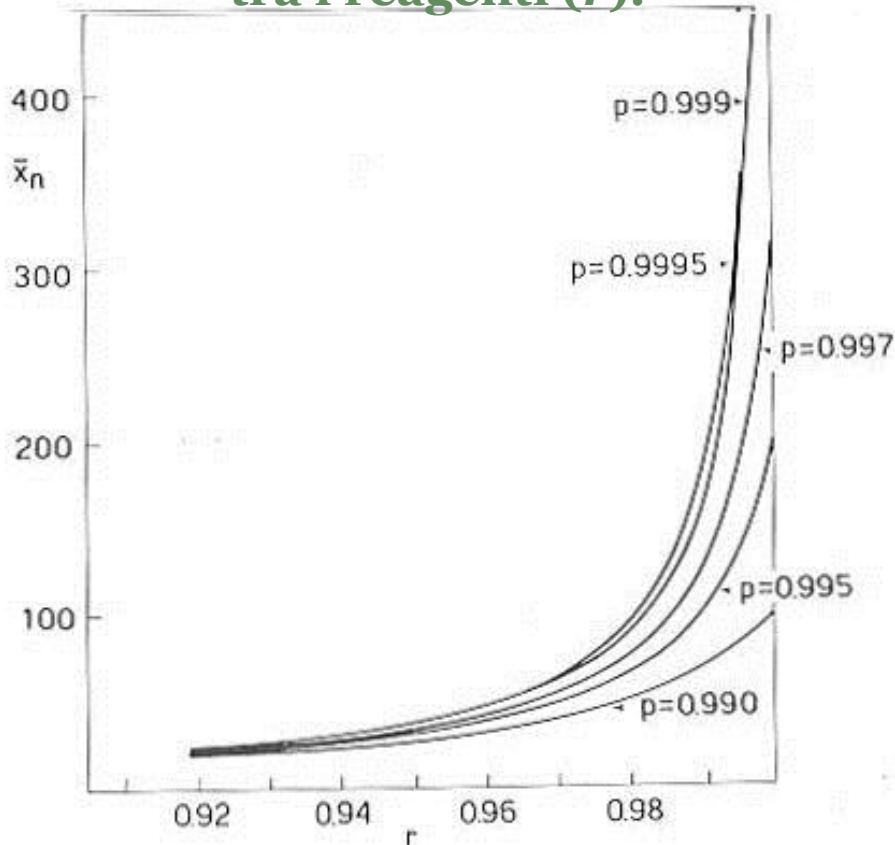
Se si può operare al limite a conversione pressoché totale ( $p=1$ ):

$$\bar{x}_n(\text{max}) = \frac{1+r}{1-r}$$

Impiegando ad es. un eccesso di solo il 2% di reagente di tipo BB ( $r \approx 0.98$ ) si ha  $\bar{x}_n(\text{max}) = 99$  (basso per fibre)

# POLIMERIZZAZIONE A STADI

Dipendenza del grado di polimerizzazione dal grado di avanzamento della reazione ( $p$ ) e dal rapporto tra i reagenti ( $r$ ).



In pratica non è sempre facile operare sino a conversioni prossime al 100% o con valori di  $r$  vicini all'unità.

In alcuni casi, ad es. resine fenoliche, ureiche, è sufficiente raggiungere valori di  $x_n$  pari a circa 10-20, per cui la conduzione della reazione è facile.

Nel caso di poliesteri e poliammidi (per la produzione di fibre) occorre giungere a valori di superiori a 100 ( $p > 0.9$  con  $r=1$ ). La reazione viene condotta a partire da un solo monomero a temperature mano a mano crescenti e sotto vuoto per facilitare l'allontanamento del sotto prodotto e quindi lo spostamento dell'equilibrio.

# POLIMERIZZAZIONE A STADI

Consideriamo ora il caso di un solo reagente di tipo A-B (es. un amminoacido).

$N^0$  = numeri di moli iniziali del reagente AB

ponendo  $N_{AA}^0 = N_{BB}^0 = \frac{N^0}{2}$

e  $N_A = N_B = N$

$$p = \frac{2N_{AA}^0 - N_A}{2N_{AA}^0} = \frac{N^0 - N}{N^0}$$

$$\bar{x}_n = \frac{N_{AA}^0 + N_{BB}^0}{(N_A + N_B)/2} = \frac{N^0}{N} = \frac{1}{1-p}$$

Introducendo il concetto di funzionalità  $f$ , definita come numero medio di gruppi reattivi per molecola di monomero:

$N^0$  = numeri di moli iniziali e  $N$  = numeri di moli al tempo  $t$

$$p = \frac{\text{numero di funzioni reagite al tempo } t}{\text{numero di funzioni iniziali}} = \frac{2(N^0 - N)}{f N^0}$$

poiché  $\bar{x}_n = N^0/N$  si ha:

$$p = \frac{2}{f} \left( 1 - \frac{1}{\bar{x}_n} \right) \quad \text{e} \quad \bar{x}_n = \frac{2}{2 - p f}$$

# Fattori che influenzano la velocità di POLIMERIZZAZIONE A STADI

L'andamento cinetico di una polimerizzazione a stadi, in virtù del principio della uguale reattività dei gruppi funzionali, è generalmente analogo a quello prevedibile per la semplice reazione che coinvolge l'interazione tra le funzionalità chimiche in questione.

**Reazioni non governate dalla diffusione**  
*polimerizzazioni in soluzione e allo stato fuso*  
**poliesteri-poliammidi-policarbonati**

- temperatura
- concentrazione dei reagenti
- solvente
- catalizzatore

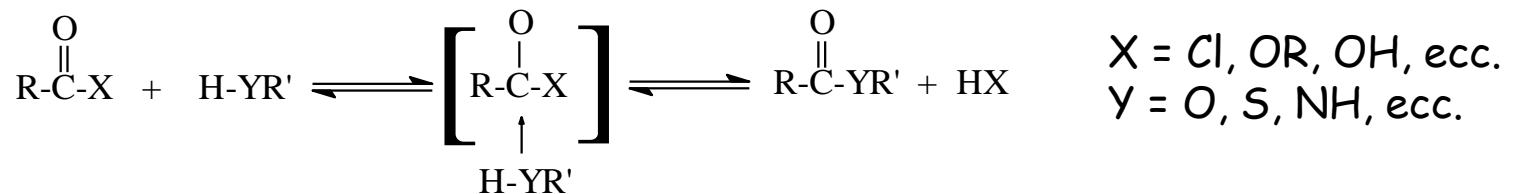
# Fattori che influenzano la velocità di POLIMERIZZAZIONE A STADI

## Reazioni governate dalla diffusione

*polimerizzazioni interfacciali ed alcune allo stato fuso  
poliammidi e poliesteri aromatici*

- tensione superficiale
- coefficiente di ripartizione del monomero tra le due fasi
- velocità di trasferimento del monomero tra una fase e l'altra
- viscosità del sistema

### 1. Reazioni concernenti il carbonile:



La  $v$  di reazione aumenta *all'aumentare del carattere nucleofilo della molecola H-YR' e al diminuire della densità elettronica sul carbonile.*

## CONDUZIONE DELLA POLIMERIZZAZIONE A STADI

Vengono usati essenzialmente **3 processi**:

- in massa
- in soluzione
- in sistemi polifasici

La scelta del tipo di processo dipende da:

- disponibilità dei monomeri
- purezza dei monomeri
- proprietà chimiche e fisiche dei monomeri
- natura della reazione chimica

# 1 - POLIMERIZZAZIONE IN MASSA

**E' la tecnica più semplice e la prima ad essere stata usata.**

**I monomeri vengono riscaldati gradualmente fino a T superiori di 10-30°C rispetto al punto di fusione del polimero (150-350°C) e la reazione avviene allo stato fuso.**

**Utilizzata soprattutto per poliesteri e poliammidi che presentano buona stabilità allo stato fuso.**

**Sono reazioni di equilibrio per cui è necessario rimuovere i prodotti volatili di reazione per avere alte conversioni e alti pesi molecolari. Si opera oltre che ad alte T, che consentono anche di aumentare la velocità di reazione, sotto vuoto o in corrente di gas inerti.**

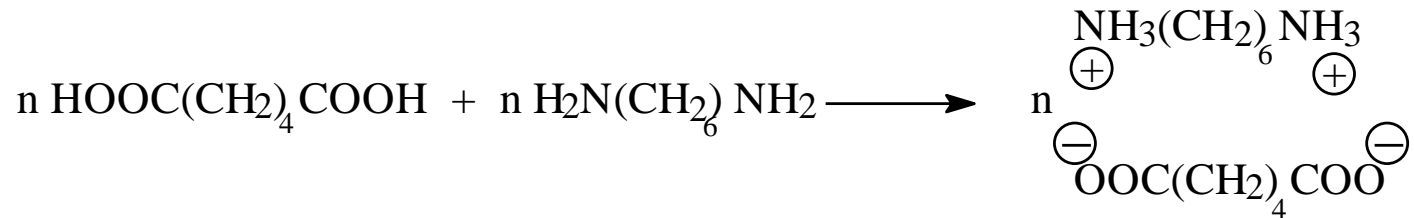
Si usano spesso **catalizzatori**:

- per l'ottenimento di poliammidi  
acidi inorganici forti

Per evitare l'arresto della catena polimerica e per ottenere polimeri ad alto peso molecolare è molto importante **mantenere l'equivalenza stechiometrica** dei reagenti e **evitare la presenza di impurezze** (ad es. composti monofunzionali, tracce di solventi, ecc.).

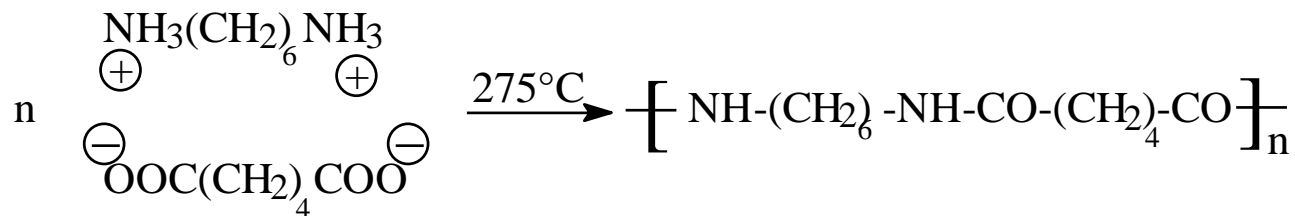
Nella pratica industriale per mantenere  $r = 1$  si ricorre alla reazione di monomeri che contengono nella molecola entrambe le funzionalità (es. sale interno, amminoacidi, ossiacidi, ecc.).

Il **nylon 6,6** viene preparato con la tecnica del **sale interno**, ovvero dal sale formato dalla reazione dell'acido adipico con l'esametildiammina (adipato di esametildiammina, sale AH).

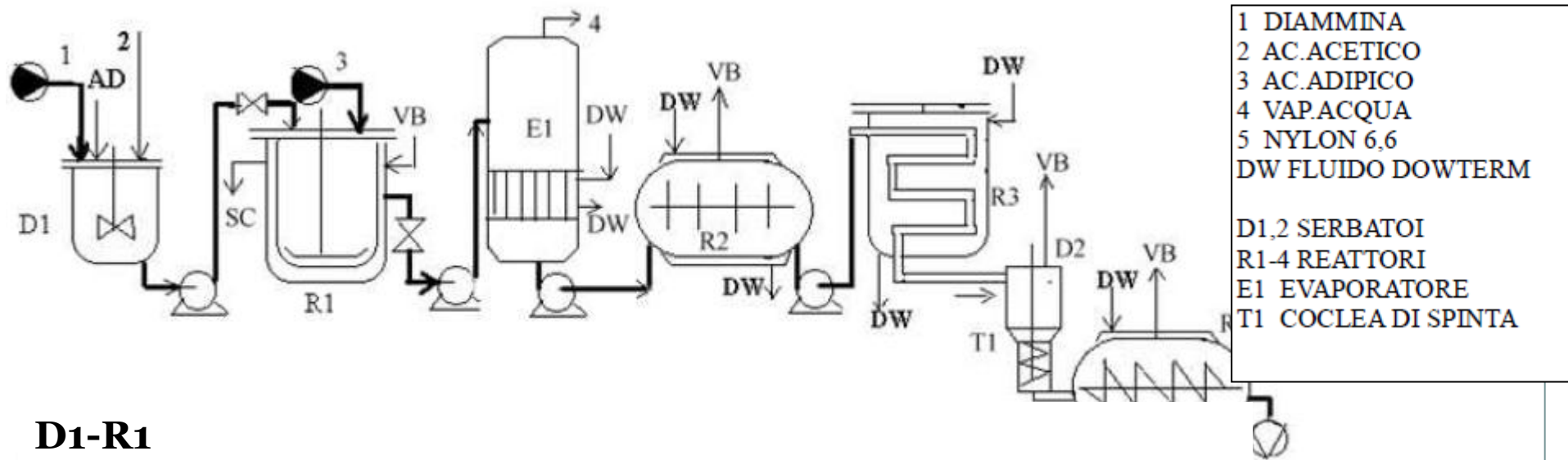


La salificazione avviene mescolando le soluzioni acquose dei due monomeri presenti in quantità equimolecolari.

A questo punto avviene la polimerizzazione del sale allo stato fuso.

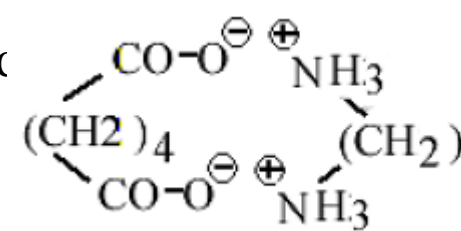


**NYLON 6,6**



### D1-R1

- a) Raggiungimento dell'esatta equivalenza stechiometrica reagenti e per fare ciò prima della polimerizzazione si procede con la preparazione, isolamento e purificazione del sale interno
- b) La soluzione, detta sale di Nylon, viene concentrata al 60-80 %



### R2

Avviene la reazione di policondensazione a 275°C e 15 bar. Si forma un basso polimero con sviluppo di acqua e vapore

### R3 R4

Nei successivi reattori si completa la reazione a 300°C sotto vuoto, eliminando altra acqua,

Prima nel reattore tubolare riscaldato R3 che sbocca nel separatore D2 dove si allontana il vapor d'acqua poi il polimero fuso viene spinto nel reattore R4 dove la polimerizzazione procede ulteriormente.

## **2- POLIMERIZZAZIONE IN SOLUZIONE**

**Impiegata per polimeri che non sono stabili alle alte T.**

I monomeri e l'accettore dei prodotti di eliminazione vengono sciolti in un solvente inerte. Può avvenire in **fase omogenea** e in **fase eterogenea**.

**Fase omogenea:** il polimero che si forma resta in soluzione

**Fase eterogenea:** il polimero precipita

E' necessario avere:

- solvente a elevata purezza
- energica agitazione
- accurato controllo della temperatura
- reagenti con alto grado di purezza
- rapporto rigorosamente stechiometrico dei reagenti

I solventi più utilizzati sono **composti alifatici e aromatici alogenati** ( $\text{CHCl}_3$ ,  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ , clorobenzeni, ecc.).

Il solvente deve:

- sciogliere i monomeri
- mantenere in soluzione il polimero fino al completamento della reazione (alti PM)
- assorbire l'eventuale calore di reazione favorendo lo scambio termico

La **velocità delle reazioni** sono abbastanza **alte** per cui conviene scegliere la più **bassa T** di reazione in modo da evitare reazioni secondarie ed ottenere alti PM.

## Vantaggi:

- T abbastanza basse (inferiori a 100°C)
- assenza di fenomeni di degradazione e di reazioni secondarie
- facilità della rimozione dal sistema del prodotto di reazione

La polimerizzazione a stadi in soluzione può essere utilizzata per produrre copolimeri alternati e a blocchi, a differenza di quanto avviene nel processo allo stato fuso dove le alte T causano reazioni di scambio con produzione di copolimeri statistici.

## Svantaggio:

l'impiego di solventi provoca una serie di problemi economici, tecnologici ed ecologici connessi alla separazione del polimero per evaporazione del solvente e al recupero del solvente stesso.

## POLIMERIZZAZIONE IN SISTEMI POLIFASICI

I casi più frequenti sono la **polimerizzazione interfacciale** e la **polimerizzazione in dispersione**.

### 3.1- POLIMERIZZAZIONE INTERFACCIALE

Si impiegano **due solventi tra loro immiscibili** (es. acqua e dicloroetano).

La fase acquosa serve per sciogliere il monomero idrofilo (ammina, alcol tiolo, ecc.) e l'eventuale base che si utilizza per eliminare l'acido formato nel corso della reazione(es. nella preparazione delle poliammidi).

La fase organica tiene in soluzione il monomero idrofobo (es. il cloruro dell'acido) e il polimero formato, se è solubile nel sovente usato.

La reazione avviene all'interfaccia tra le due fasi, è **molto veloce** ed è governata dalla diffusione dei monomeri da una fase all'altra. Si opera di solito a **T ambiente**.

### Vantaggi:

- non è necessaria un'eccessiva purezza dei reagenti
- non è necessario un rapporto rigorosamente stechiometrico dei monomeri
- alte velocità di reazione (pochi minuti vs. ore delle polimerizzazioni in massa)
- basse T di reazione
- facilità della rimozione dei prodotti di reazione

### Svantaggi:

è necessario recuperare il solvente organico  
bisogna maneggiare grossi volumi di liquidi  
con monomeri molto reattivi la resa può essere bassa a causa di  
fenomeni di idrolisi

**Le polimerizzazioni interfacciali possono essere condotte in  
assenza di agitazione e in presenza di vigorosa agitazione.**

### 3.1a- Polimerizzazioni interfacciali in assenza di agitazione

Il solvente organico è un *non* solvente del polimero che, formatosi all'interfaccia può essere rimosso in continuo sotto forma di **film sottile**.

La velocità di polimerizzazione all'interfaccia è molto alta, lo **stadio lento** del processo è la **diffusione dei monomeri** attraverso le due fasi.

Per avere **alti PM** è necessario **ripristinare rapidamente il monomero** che ha già reagito all'interfaccia.

Quindi PM e resa in polimero dipendono dalla velocità con cui si allontana il polimero dall'interfaccia.

La velocità di reazione dipende anche dalla **tensione superficiale dei solventi**; l'impiego di un **detergente** (es. lauril solfonato sodico nella preparazione dei nylon) consente di innalzare il PM in quanto facilita il trasferimento della diammina attraverso l'interfaccia.

### Svantaggi

Rese globali solitamente più basse e tempi di polimerizzazione più lunghi rispetto al processo agitato. Utilizzabile solo per polimeri che formano film coerenti (nylon).

### 3.1b- Polimerizzazioni interfacciali in sistemi agitati

Stesso principio e stesse reazioni delle polimerizzazioni interfacciali in assenza di agitazione con l'unica differenza che viene fatta avvenire in presenza di una **vigorosa agitazione**.

*La velocità di polimerizzazione è molto alta.*

#### Vantaggi

Non è necessario che il polimero formi un film e che precipiti dal solvente, ma può restare in soluzione. La scelta del solvente organico non è pertanto così limitativa come nel caso dei sistemi non agitati

## Svantaggi

Alta purezza dei monomeri e rapporto stechiometrico dei reagenti ora è molto più importante per avere alti PM.

La **velocità di agitazione** gioca un ruolo importante sulla resa in polimero e sul PM. E' importante minimizzare la velocità di formazione dei sottoprodotti rispetto a quella di accrescimento delle catene, in modo che la polimerizzazione sia completa prima che il polimero precipiti allontanandosi dal sistema.

La prassi migliore è quella di **aggiungere molto velocemente** il monomero idrofobo, sciolto nella fase organica, alla fase acquosa già mantenuta in agitazione.

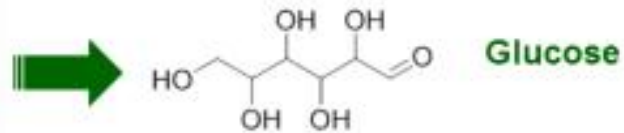
### Vantaggi

processo molto versatile ed applicabile a molte reazioni  
permette la sintesi di copolimeri a differente struttura (da statistici a blocchi) variando l'ordine di aggiunta al sistema dei comonomeri

### Svantaggi:

necessita l'impiego di notevoli quantità di solventi

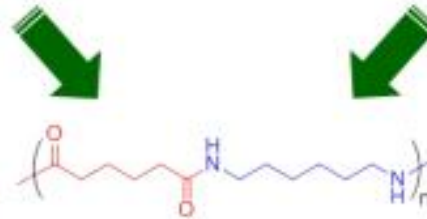
## Rennovia Bio-Based Adipic Acid and HMD for Nylon-6,6



**Adipic Acid**



NCCCCCCCN **HMD**

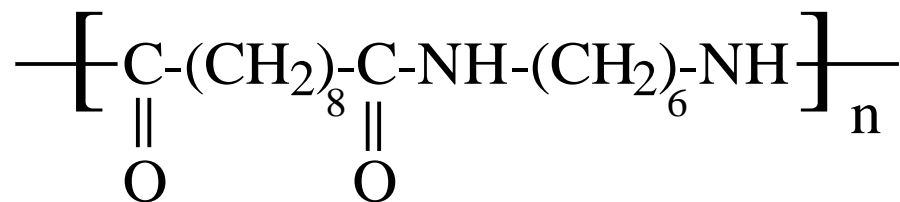
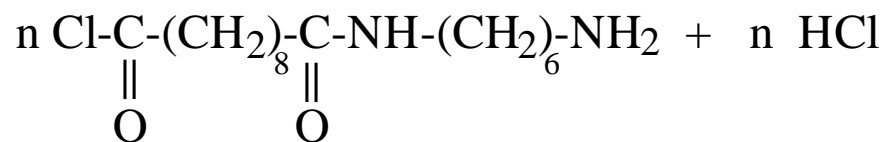
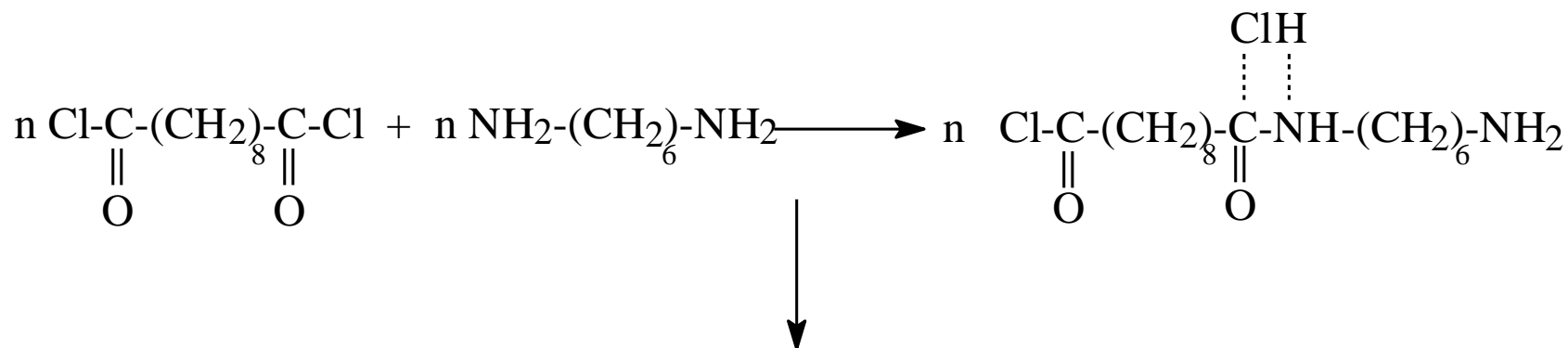


**100% Bio-Based  
Nylon-6,6**



**Rennovia** a new path for sustainability

Preparazione del Nylon 6-10 per policondensazione interfacciale di esametildiammina con cloruro di sebacile in un sistema non agitato

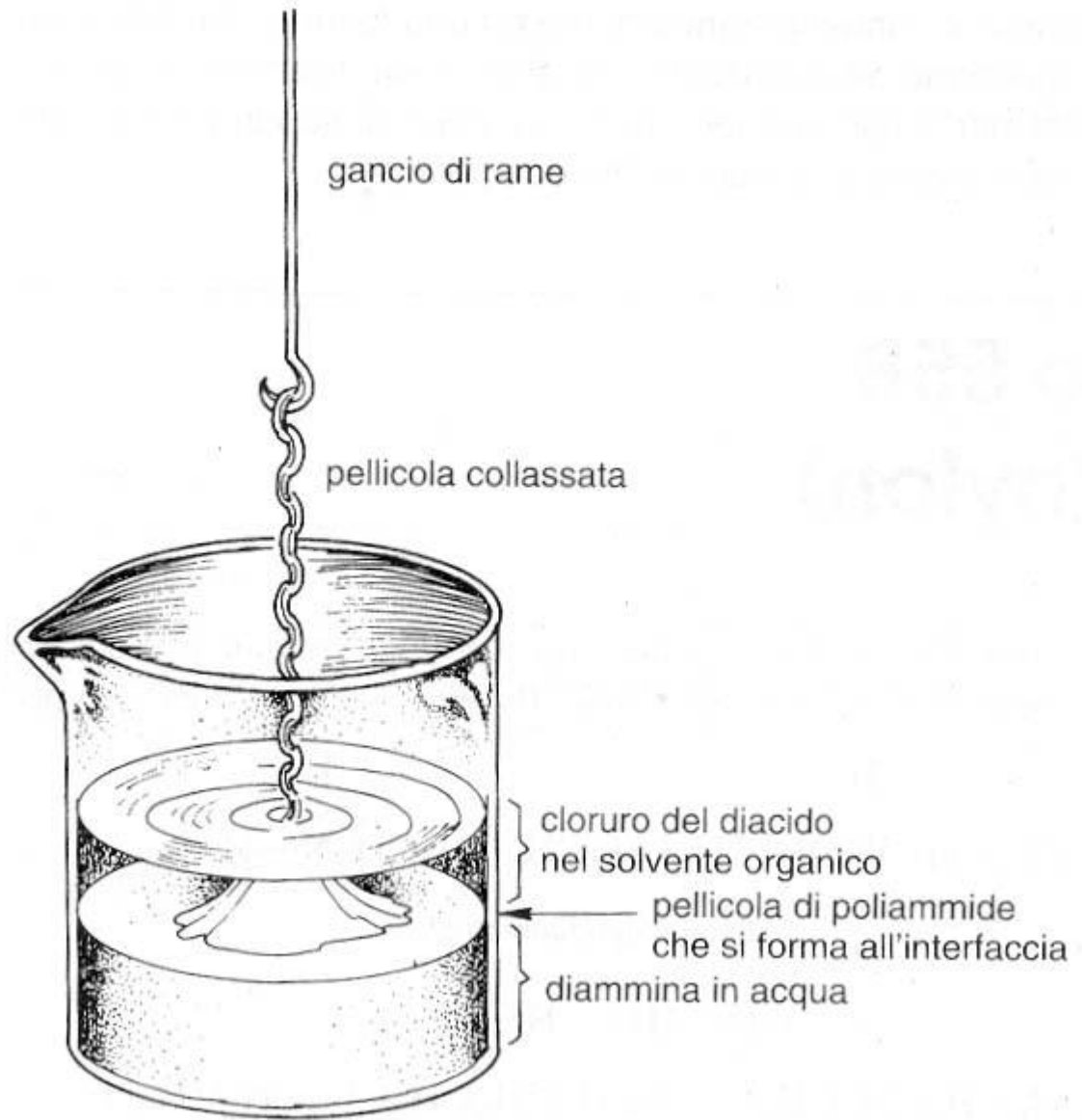


**Nylon 6,10**

## Preparazione del Nylon 6-10 per policondensazione interfacciale di esametildiammina con cloruro di sebacoile in un sistema non agitato

1. Una fase organica contenente 1.00 mL di cloruro di sebacoile (cloruro dell'acido 1,10-decandioico;  $d = 1.12 \text{ g/ml}$ ;  $M = 239 \text{ g/mol}$ ;  $4.69 \times 10^{-3} \text{ mol}$ ) in 158 mL di esano, è posta in un becker da 400 mL.
2. In un secondo becker si preparano 94 mL di una soluzione acquosa contenente 544 mg di esametildiammina ( $M = 116 \text{ g/mol}$ ;  $4.69 \times 10^{-3} \text{ mol}$ ) e 750 mg di idrossido di sodio (preventivamente sminuzzato in una polvere fine).
3. Aggiungere con grande cautela e lentamente, facendola scorrere lungo la parete del becker o lungo una bacchetta di vetro, la soluzione preparata al punto 1) alla soluzione preparata al punto 2). Le due soluzioni **NON si devono mescolare!**

Si hanno due fasi: la polimerizzazione avviene all'interfaccia. Si immerge una pinzetta nell'interfase pizzicando il velo formatosi e lo si estrae lentamente ottenendo un filo che viene avvolto su di una bacchetta di vetro. Lo si lava con un po' di acido cloridrico all'1%. L'acido neutralizza la diammina e assicura la fine della polimerizzazione. Il polimero va lavato con acqua distillata e quindi seccato in vuoto a 80-100°C. Le acque madri vanno recuperate negli appositi contenitori.



## Preparazione del Nylon 6-10 per policondensazione interfacciale di esametildiammina con cloruro di sebacoile in un sistema agitato.

1. In un becher da 400 mL, sciogliere 580 mg (0.005 mol) di esametildiammina e 0.4 g (0.01 mol) di idrossido di sodio in 82.5 mL di acqua distillata.
2. Sciogliere 1.00 mL di cloruro di sebacoile (0.005 mol) in 63 mL di esano e mettere la soluzione in una beuta da 300 mL.
3. Versare entrambe le soluzioni nel blender e accendere alla massima velocità. Continuare l'agitazione per circa 10 minuti.
4. Fermare l'agitazione. Aggiungere 100 mL di HCl all'1% per fermare la polimerizzazione (l'aggiunta non va fatta nel blender: le lame sono di metallo).
5. Filtrare con pompa da vuoto e raccogliere il polimero su un buckner con carta da filtro.
6. Lavare con acqua e con una soluzione 1:1 acqua-acetone.
7. Se necessario (qualora non raccogliate nulla sul filtro) lasciare coagulare il polimero in una soluzione acqua -metanolo 1:1 per qualche minuto sotto agitazione e ripetere la filtrazione.
8. Seccare il polimero sotto vuoto per 24 ore a 80°C.
9. Le acque madri vanno recuperate negli appositi contenitori.

Nome	Formula	Rischi e precauzioni
Acido Cloridrico 37% (sol. Acq. 200 mL 1%)	HCl	Irritante per gli occhi, le vie respiratorie e la pelle. In caso di contatto con gli occhi, lavare immediatamente e abbondantemente con acqua.
Esano	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	Fraasi R: 11-48/20 Facilmente infiammabile. Nocivo: pericolo di gravi danni per la salute in caso di esposizione prolungata per inalazione. Fraasi S: 9-16-24/25-29-51 Conservare il recipiente in luogo ben ventilato. Conservare lontano da fiamme e scintille - Non fumare. Evitare il contatto con gli occhi e con la pelle. Non gettare i residui nelle fognature. Usare soltanto in luogo ben ventilato.
Esametildiammina	H <sub>2</sub> N(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> NH <sub>2</sub>	Nocivo a contatto con la pelle e per ingestione. Provoca ustioni. Irritante per le vie respiratorie. Non respirare le polveri. In caso di contatto con gli occhi, lavare immediatamente e abbondantemente con acqua.
Cloruro di sebacoile	ClCO(CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> COCl	--
Sodio idrossido gocce	NaOH	Provoca gravi ustioni. Fraasi S: 26-37/39-45 In caso di contatto con gli occhi, lavare immediatamente e abbondantemente con acqua e consultare un medico. Usare guanti adatti e proteggersi gli occhi/ la faccia.

-effettuare la sintesi del Nylon 6,10 con una tecnica di polimerizzazione interfacciale

- preparare e utilizzare diverse soluzioni in maniera da acquisire anche una certa manualità in laboratorio
- utilizzare bilance, matracci tarati, pipette tarate, etc.
- La struttura del nylon
- Differenze tra diversi tipi di nylon
- Reazioni coinvolte nella sintesi del nylon
- Quali variabili influiscono sulle caratteristiche del prodotto