

ZANICHELLI

Valitutti, Taddei, Maga, Macario

Carbonio, metabolismo, biotech

**Biochimica, biotecnologie
e tettonica delle placche**

con elementi di chimica organica

ZANICHELLI

Capitolo A1

Chimica organica: un'introduzione

ZANICHELLI

Sommario

1. Una breve storia della chimica organica
2. Le caratteristiche peculiari dell'atomo di carbonio
3. Gli idrocarburi
4. Gli alcani
5. Come si rappresentano le formule di struttura
6. L'isomeria nei composti organici
7. La nomenclatura dei composti organici
8. Gli alcheni e gli alchini
9. La nomenclatura degli alcheni e degli alchini
10. L'isomeria geometrica degli alcheni
11. Il benzene
12. La nomenclatura dei composti aromatici

Sommario

13. I gruppi funzionali nei composti organici
14. Gli alogenuri alchilici
15. Gli alcoli e i fenoli
16. La nomenclatura degli alcoli
17. Gli eteri
18. La nomenclatura degli eteri
19. Le aldeidi e i chetoni
20. La nomenclatura di aldeidi e chetoni
21. Gli acidi carbossilici
22. La nomenclatura degli acidi carbossilici
23. Gli esteri
24. La nomenclatura degli esteri

Sommario

- 25. Le ammidi
- 26. La nomenclatura delle ammidi
- 27. Le ammine
- 28. La nomenclatura delle ammine
- 29. I polimeri
- 30. Prevedere la reattività delle molecole organiche
- 31. Come si classificano le reazioni organiche
- 32. Le reazioni di ossidoriduzione nelle molecole organiche

Chimica organica: un'introduzione

La **chimica organica** si occupa di indagare la composizione e l'organizzazione della materia vivente. Tutti i composti contenenti carbonio sono, con poche eccezioni, da considerarsi composti organici.

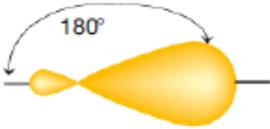
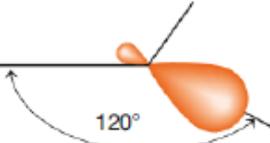
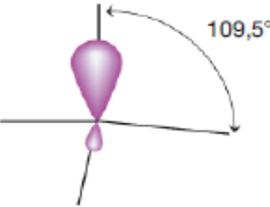
Tutte le molecole organiche contengono, oltre al carbonio, pochi altri elementi, tra cui idrogeno, ossigeno e azoto, seguiti poi da zolfo, fosforo e pochi altri ancora.

Le caratteristiche peculiari dell'atomo di carbonio

Il carbonio origina una grande varietà di composti organici:

- Il valore intermedio di **elettronegatività** (2,5) permette all'atomo di formare legami covalenti forti e stabili.
- Il carbonio presenta diversi tipi di **ibridazione**.

L'atomo con ibridazione sp^3 è detto *carbonio saturo*.

Ibrido	Numero di orbitali ibridi	Forma della superficie limite	Disposizione reciproca
sp	2	lineare	
sp^2	3	triangolare piana	
sp^3	4	tetraedrica	

Le caratteristiche peculiari dell'atomo di carbonio

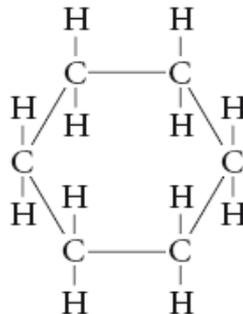
Il carbonio forma delle **concatenazioni** di atomi C. La struttura di una molecola organica è lo **scheletro carbonioso**.

Le catene che il carbonio tende per natura a costituire sono:

• lineare aperta $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

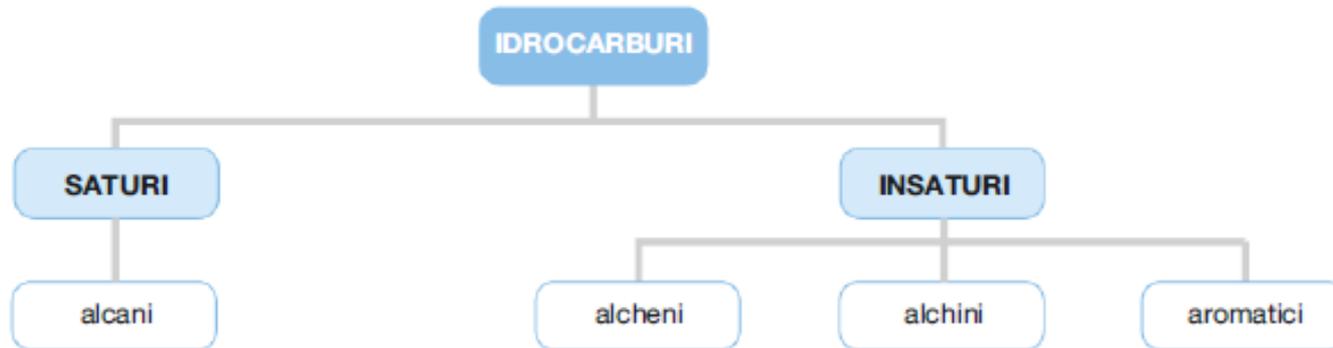
• ramificata aperta $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$

• ciclica o chiusa



Gli idrocarburi

Gli **idrocarburi** sono composti binari formati solo da carbonio e idrogeno.



- Gli idrocarburi **saturi** sono costituiti da catene di atomi di carbonio uniti soltanto da legami semplici
- Gli idrocarburi **insaturi** presentano catene di atomi di carbonio contenenti legami multipli

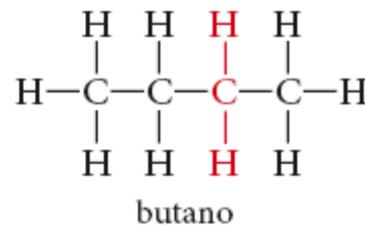
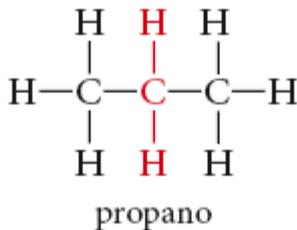
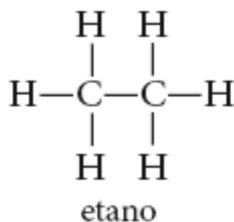
Gli alcani

Una **serie omologa** è una serie di composti in cui ciascun termine differisce dal precedente di una unità costante (CH_2).

La formula generale della serie omologa degli **alcani** è

$\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$, dove n rappresenta un numero intero.

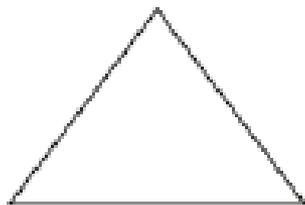
Il più semplice degli alcani è il metano, CH_4 . Seguono etano, propano e butano.



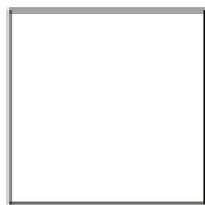
Gli alcani

I **cicloalcani** sono alcani ciclici, cioè con struttura ad anello. La formula generale è C_nH_{2n} . Per esempio, il cicloesano, con sei atomi di carbonio, ha formula C_6H_{12} .

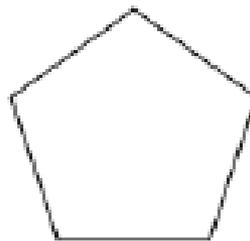
Per i composti ciclici si usano particolari formule di struttura: gli anelli vengono rappresentati con un **poligono** che ha tanti vertici quanti sono gli atomi di carbonio dell'anello.



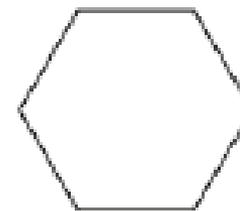
cicopropano



ciclobutano



ciclopentano

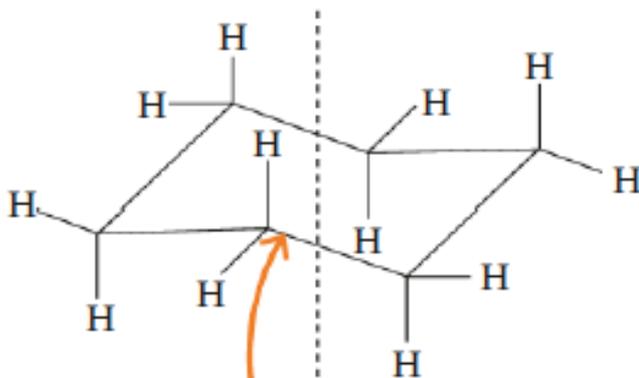


cicloesano

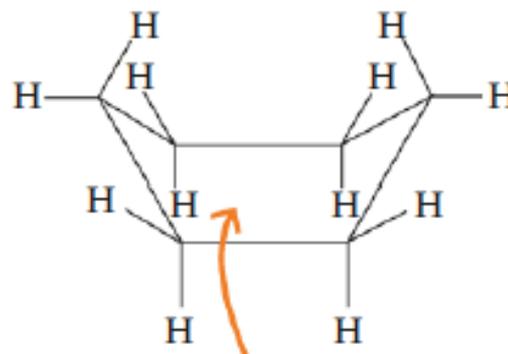
Gli alcani

A parte il ciclopropano, i cicloalcani non sono planari ma hanno **conformazioni ripiegate**.

Il **cicloesano** ha due importanti conformazioni, a sedia e a barca. A temperatura ambiente, le molecole del cicloesano passano continuamente da una forma all'altra.



La conformazione a sedia è più stabile.

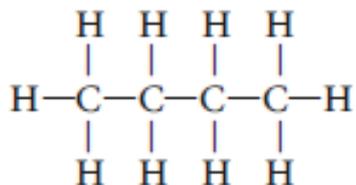


La conformazione a barca ha maggiore energia.

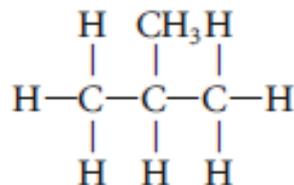
Come si rappresentano le formule di struttura

Le proprietà delle sostanze organiche dipendono dalla loro **struttura molecolare**, cioè dal modo in cui gli atomi sono legati all'interno della molecola.

Formule di struttura bidimensionali



n-butano



2-metilpropano

Nel caso del **butano**, che contiene quattro atomi di carbonio, si possono scrivere due formule di struttura. Alla stessa formula molecolare corrispondono due alcani diversi, con proprietà fisiche differenti.

L'isomeria nei composti organici

Gli **isomeri** sono composti che, pur presentando la stessa formula bruta, mostrano una formula di struttura diversa o una diversa disposizione degli atomi nello spazio; possiedono in genere specifiche proprietà chimico-fisiche.

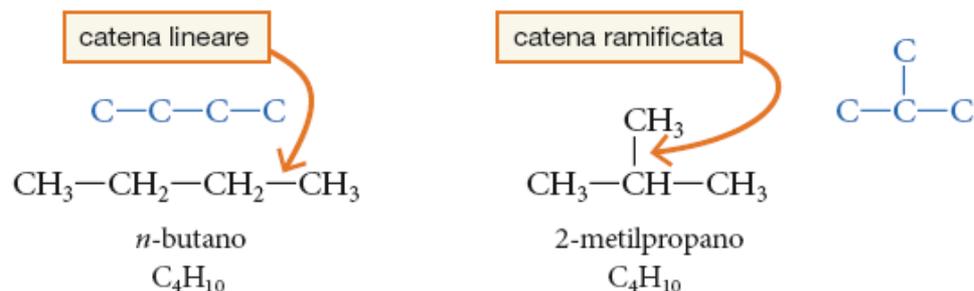
Si possono individuare due tipi fondamentali di isomeria:

- l'**isomeria di struttura** (o isomeria costituzionale), in cui gli atomi si trovano concatenati in modo differente
- la **stereoisomeria** (o isomeria spaziale), in cui cambia l'organizzazione spaziale complessiva

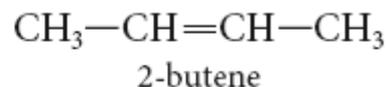
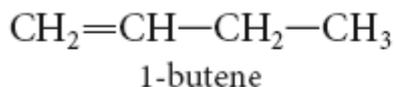
L'isomeria nei composti organici

L'isomeria di struttura si suddivide in:

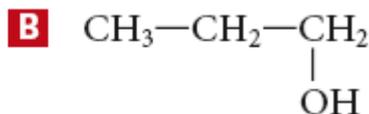
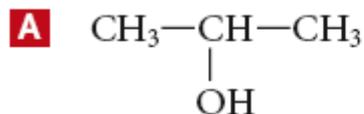
- isomeria di catena



- isomeria di posizione



Per il composto C₃H₈O, si ha:



- isomeria di gruppo funzionale. **C** ne è un esempio

L'isomeria nei composti organici

La **stereoisomeria** si suddivide in:

- **isomeria conformazionale**, in cui gli isomeri sono interconvertibili per rotazione attorno a legami semplici
- **isomeria configurazionale**, in cui ciò non è possibile ed è necessario rompere legami

L'**isomeria configurazionale** si suddivide, a sua volta, in:

- **enantiomeria**, quando i due isomeri sono uno l'immagine speculare dell'altro
- **diastereoisomeria** quando invece non lo sono

La nomenclatura dei composti organici

Nella nomenclatura IUPAC, a parte i primi quattro termini, il **nome** degli **alcani** è costituito da un prefisso numerico seguito dal suffisso *-ano*.

Per assegnare il nome a un alcano ramificato:

1. si trova l'idrocarburo corrispondente
2. si numerano gli atomi della catena principale
3. si identificano e si numerano i sostituenti
4. si scrive il nome seguendo le regole della punteggiatura

La nomenclatura dei composti organici

I sostituenti saturi che presentano solo atomi di carbonio e idrogeno vengono chiamati **radicali alchilici** e indicati, in genere, con il simbolo R— .

Il loro nome si ottiene sostituendo il suffisso *-ano* con *-ile*.

Per la nomenclatura dei **cicloalcani**, si seguono le stesse regole generali enunciate per gli alcani.

Gli alcheni e gli alchini

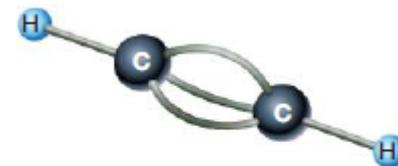
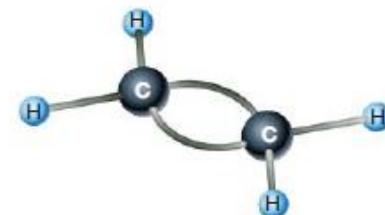
Gli alcheni e gli alchini sono idrocarburi **insaturi**.

- Gli **alcheni** contengono un **doppio legame** fra atomi di carbonio adiacenti e quindi hanno due atomi di idrogeno in meno rispetto ai corrispondenti alcani.

La formula generale degli **alcheni** è C_nH_{2n}

- Gli **alchini** contengono un **triplo legame** e quindi possiedono quattro atomi di idrogeno in meno rispetto ai corrispondenti alcani.

La formula generale degli **alchini** è C_nH_{2n-2}



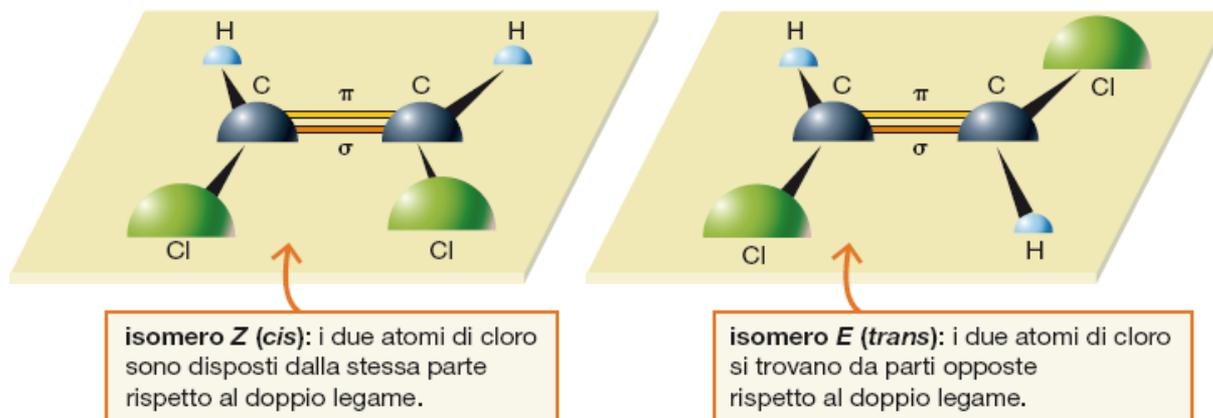
La nomenclatura degli alcheni e degli alchini

Regole per assegnare il **nome** a un **idrocarburo insaturo**:

1. si individua la catena di atomi di carbonio più lunga
2. la si numera in modo da attribuire il numero più basso possibile ai doppi e ai tripli legami
3. si nomina la catena principale indicando il numero di atomi di carbonio e sostituendo *-ano* con *-ene* o *-ino*
4. se sono presenti delle ramificazioni, si procede come per gli alcani

L'isomeria geometrica degli alcheni

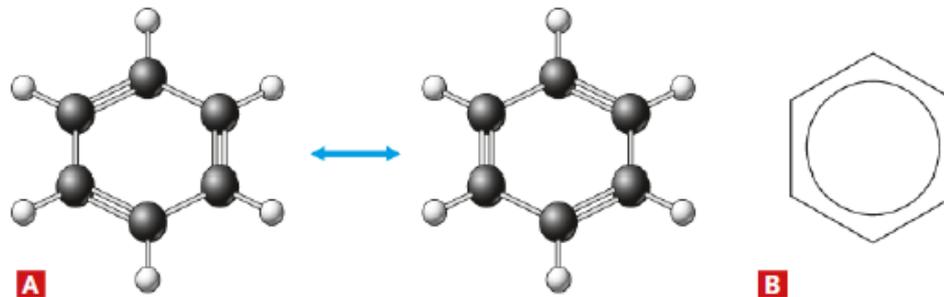
L'**isomeria geometrica** è un particolare tipo di isomeria configurazionale in cui gli isomeri differiscono per la posizione di sostituenti rispetto a legami rigidi, come doppi legami o legami semplici all'interno di composti ciclici.



Il benzene

Il benzene e tutte le sostanze a esso simili come proprietà e struttura appartengono alla famiglia dei **composti aromatici**.

- Secondo la teoria della risonanza, la molecola di benzene è un **ibrido di risonanza** delle due strutture di Kekulé (**A**)
- La rappresentazione **B** invece è la struttura del benzene secondo la **teoria degli orbitali molecolari**



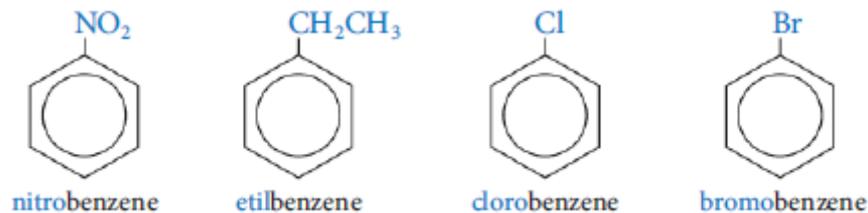
Il cerchio interno all'esagono indica che tutti i legami carbonio-carbonio sono tra loro equivalenti.

La nomenclatura dei composti aromatici

Secondo la recente nomenclatura, gli idrocarburi aromatici sono anche detti **areni**.

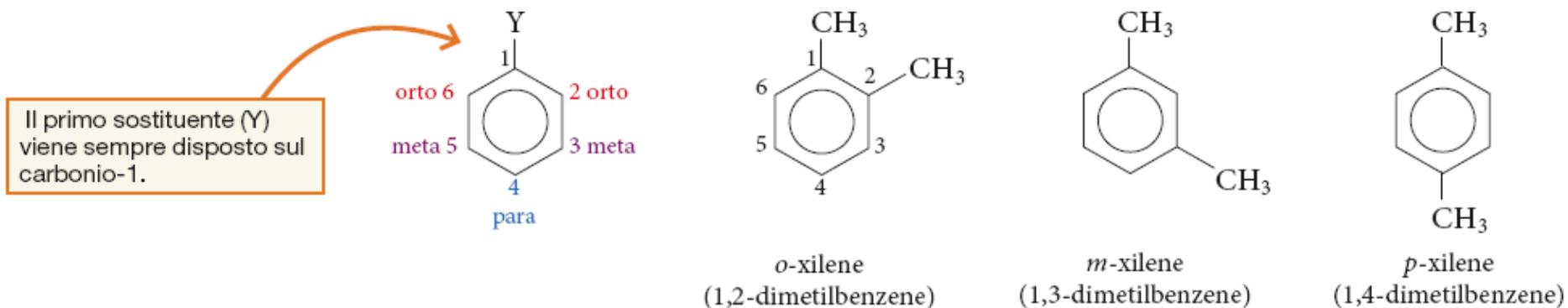
I derivati del benzene si ottengono sostituendo uno o più atomi di idrogeno dell'anello benzenico con un atomo o con un gruppo di atomi diversi.

Per assegnare il nome ai **benzeni monosostituiti** si aggiunge il nome del sostituente come prefisso alla parola benzene.



La nomenclatura dei composti aromatici

Per assegnare il nome ai **benzeni disostituiti** si ricorre alla numerazione degli atomi di carbonio o ai prefissi *orto-*, *meta-* e *para-*.



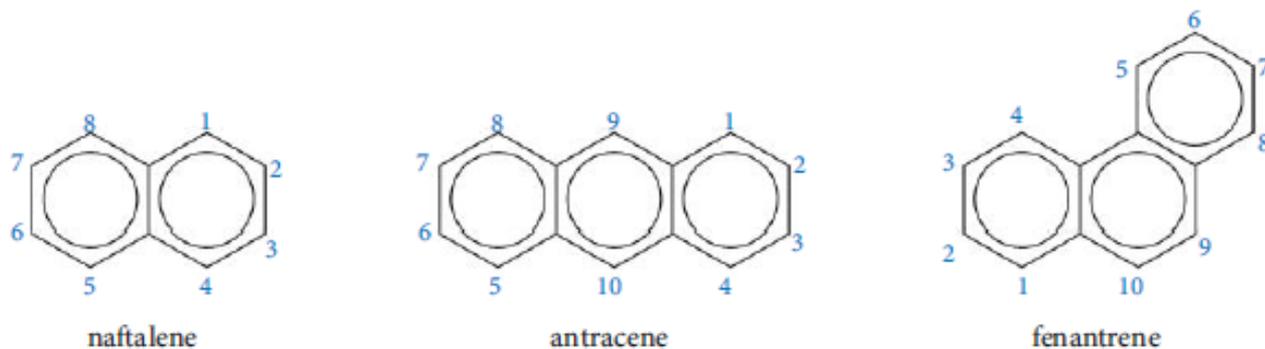
Per i **benzeni tri- e polisostituiti** è indispensabile numerare gli atomi dell'anello.

La numerazione inizia da un atomo di carbonio sostituito e procede in senso orario o antiorario, in modo che i sostituenti abbiano il minor numero d'ordine possibile.

La nomenclatura dei composti aromatici

La «fusione» di due o più anelli benzenici genera una classe di composti detti **idrocarburi policiclici aromatici (IPA)**.

Il composto formato da due anelli saldati insieme è il **naftalene** ($C_{10}H_8$), che non presenta isomeri. Esistono, invece, due modi diversi per saldare tre anelli ($C_{14}H_{10}$); in un caso sono tutti e tre allineati e la molecola si chiama **antracene**, mentre nell'altro formano un angolo e si ottiene il **fenantrene**.



I gruppi funzionali nei composti organici

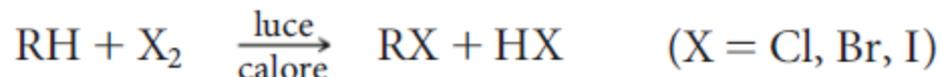
Gli atomi o i gruppi atomici che caratterizzano ciascuna classe di composti organici sono detti **gruppi funzionali**.

Classe	Formula generale	Struttura del gruppo funzionale	Esempio di formula di struttura	Nome IUPAC	Nome comune
alogenuri alchilici	RX*	$\begin{array}{c} -X \\ (X = F, Cl, Br, I) \end{array}$	CH ₃ Cl	clorometano	cloruro di metile
			CH ₃ CH ₂ Cl	cloroetano	cloruro di etile
alcoli	ROH	-OH	CH ₃ OH	metanolo	alcol metilico
			CH ₃ CH ₂ OH	etanolo	alcol etilico
eteri	ROR	-O-	CH ₃ -O-CH ₃	metossimetano	dimetiletere
			CH ₃ CH ₂ -O-CH ₂ CH ₃	etossietano	dietiletere
aldeidi	R-CHO	$\begin{array}{c} -C=O \\ \\ H \end{array}$	$\begin{array}{c} H-C=O \\ \\ H \end{array}$	metanale	formaldeide
			$\begin{array}{c} CH_3-C=O \\ \\ H \end{array}$	etanale	acetaldeide
chetoni	R-CO-R	$\begin{array}{c} -C- \\ \\ O \end{array}$	$\begin{array}{c} CH_3-C=CH_3 \\ \\ O \end{array}$	2-propanone	acetone
			$\begin{array}{c} CH_3-C-CH_2CH_3 \\ \\ O \end{array}$	2-butanone	etilmetilchetone
acidi carbossilici	R-COOH	$\begin{array}{c} -C=O \\ \\ OH \end{array}$	HCOOH	acido metanoico	acido formico
			CH ₃ COOH	acido etanoico	acido acetico
esteri	R-COOR	$\begin{array}{c} -C=O \\ \\ O- \end{array}$	HCOOCH ₃	metanoato di metile	formiato di metile
			CH ₃ COOCH ₃	etanoato di metile	acetato di metile

Gli alogenuri alchilici

Gli alcani reagiscono con gli alogeni per produrre **alogenuri alchilici**, la cui formula generale è **R—X**.

Di seguito, una generica **reazione di alogenazione** (a seconda dell'alogeno utilizzato si parla di clorurazione, bromurazione o iodurazione):



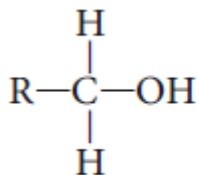
In base alle regole IUPAC, i nomi degli alogenuri organici si ricavano da quelli degli alcani, considerando ciascun atomo di alogeno come un sostituente e quindi aggiungendo il suo nome come prefisso a quello dell'alcano (per esempio, CH_3Cl si chiama clorometano).

Gli alcoli e i fenoli

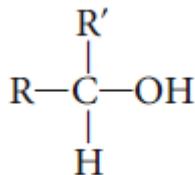
Gli **alcoli** sono composti organici che contengono un gruppo ossidrile (—OH) legato in modo covalente a un atomo di carbonio saturo.

La formula generale degli alcoli è **ROH**, dove R è un gruppo alchilico o un gruppo alchilico sostituito.

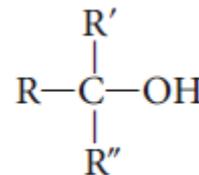
Gli alcoli sono classificati come **primari**, **secondari** o **terziari**, in base alla natura dell'atomo di carbonio a cui è unito il gruppo —OH .



alcol primario



alcol secondario

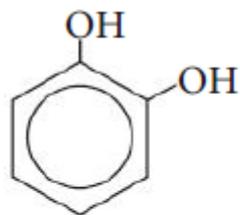


alcol terziario

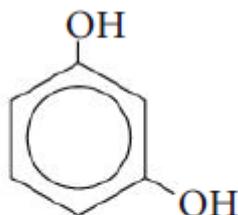
Gli alcoli e i fenoli

I **fenoli** sono derivati del benzene in cui uno o più gruppi —OH sono direttamente legati a un carbonio dell'anello aromatico. Se il gruppo —OH è legato a una catena laterale si parla, invece, di **alcoli aromatici**.

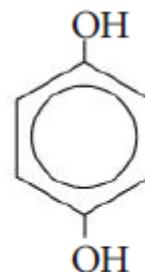
I fenoli hanno spesso nomi comuni; per esempio, i tre isomeri orto, meta e para con due gruppi —OH sull'anello, sono più noti, rispettivamente, come catecolo, resorcinolo e idrochinone.



1,2-diidrossibenzene
(catecolo)



1,3-diidrossibenzene
(resorcinolo)



1,4-diidrossibenzene
(idrochinone)

La nomenclatura degli alcoli

Il nome comune degli alcoli si forma facendo precedere la parola *alcol* al nome del gruppo alchilico legato all'ossidrile. Il nome IUPAC, invece, si ottiene applicando queste regole.

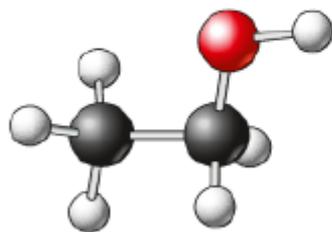
1. Si individua la più lunga catena di atomi di carbonio che contiene il gruppo ossidrile
2. Si numerano gli atomi di carbonio della catena in modo che quello legato al gruppo —OH abbia il numero d'ordine più piccolo possibile
3. Si individua il nome dell'alcano corrispondente e si sostituisce la -o finale con il suffisso -o/o
4. Si assegna il nome a ciascun sostituito (catena laterale alchilica o altro gruppo funzionale) e si specifica la sua posizione con un numero

Gli eteri

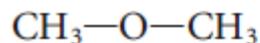
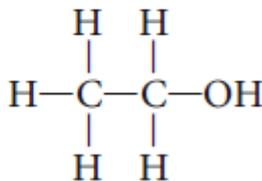
La formula generale degli **eteri** è ROR'.

I gruppi R e R' possono essere uguali o diversi fra loro, e possono derivare da idrocarburi saturi, insaturi o aromatici.

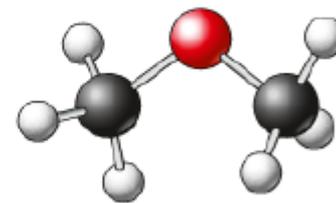
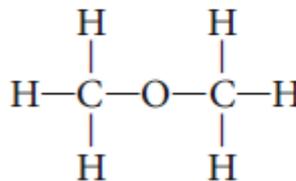
Gli alcoli e gli eteri possono essere tra loro isomeri di struttura. Per esempio, la formula molecolare dell'etanolo e del dimetiletere è la stessa: C₂H₆O, ma le loro formule di struttura sono diverse.



etanolo



dimetiletere



La nomenclatura degli eteri

I **nomi comuni** degli eteri si formano disponendo in ordine alfabetico i nomi dei gruppi legati all'atomo di ossigeno, seguiti dalla parola *etere*.



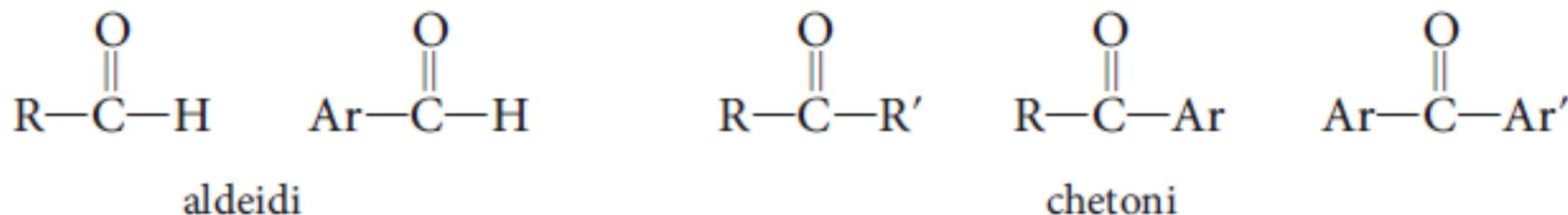
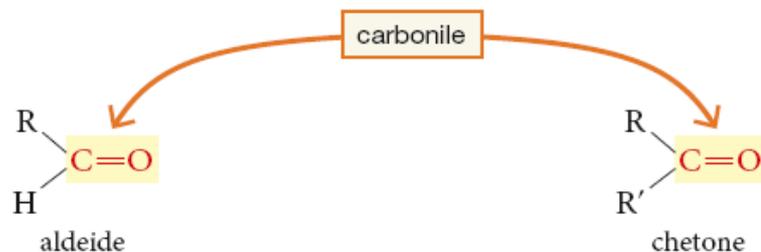
Per la nomenclatura **IUPAC**:

1. si identifica l'alcano corrispondente
2. si sostituisce *-ossi* al suffisso *-ile* del gruppo alchilico più corto (per esempio, il nome di $\text{CH}_3\text{O—}$, che contiene il gruppo metile, diventa metossi)
3. Si forma il nome dell'etere unendo il nome del sostituente alcossi al nome dell'alcano.

Per esempio, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$ è l'etossietano.

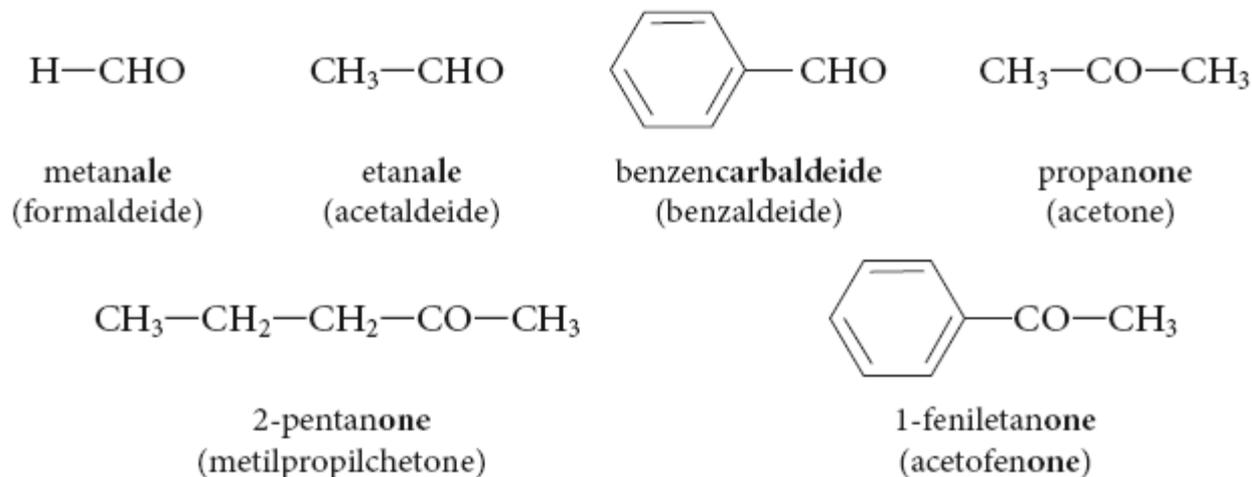
Le aldeidi e i chetoni

Il gruppo funzionale caratteristico delle **aldeidi** e dei **chetoni** è il **carbonile**. Nelle aldeidi lega un atomo di idrogeno e un residuo R (o Ar), mentre nei chetoni lega due residui R (o Ar).



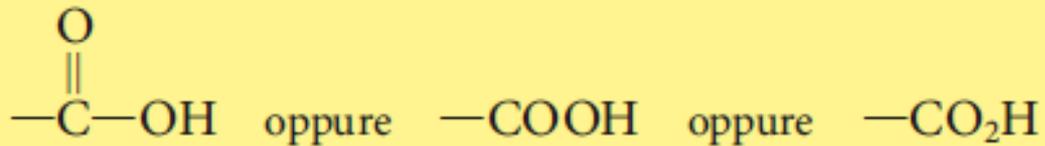
La nomenclatura di aldeidi e chetoni

- Il nome delle **aldeidi** deriva da quello dell'alcano a cui corrispondono sostituendo alla -o finale il suffisso *-ale*.
- Nei **chetoni** il suffisso è *-one*.
- Se il gruppo —CHO è legato a un anello, si aggiunge il suffisso *-carbaldeide* al nome dell'anello.

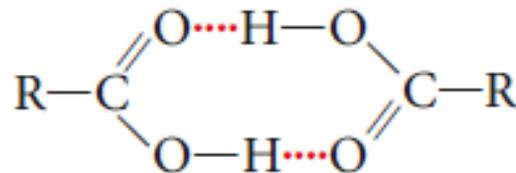


Gli acidi carbossilici

I più importanti acidi organici sono gli **acidi carbossilici**, caratterizzati dalla presenza del gruppo carbossilico:



La presenza del gruppo ossidrile —OH conferisce agli acidi carbossilici la possibilità di formare legami a idrogeno intermolecolari: per questo motivo, i **punti di ebollizione** degli acidi carbossilici sono più alti di quelli degli idrocarburi e degli alcoli aventi massa molecolare corrispondente.

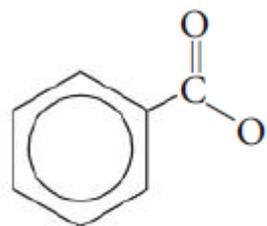


La nomenclatura degli acidi carbossilici

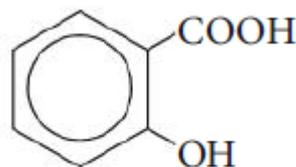
I nomi **IUPAC** derivano da quello dell'alcano corrispondente in cui si sostituisce alla -o finale il suffisso *-oico*.

CH_4	metano	HCOOH	acido metanoico
CH_3CH_3	etano	CH_3COOH	acido etanoico
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	propano	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	acido propanoico

Il più semplice **acido aromatico** è l'acido benzoico.
L'acido 2-idrossibenzoico si chiama anche acido salicilico, alla base di molti farmaci contenenti salicilati, come l'aspirina.



acido benzoico

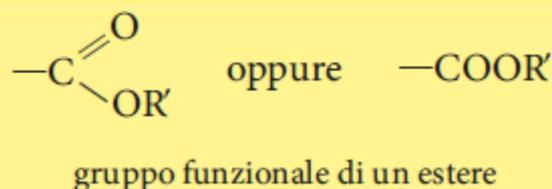
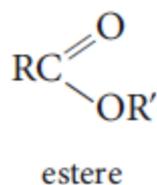


acido salicilico

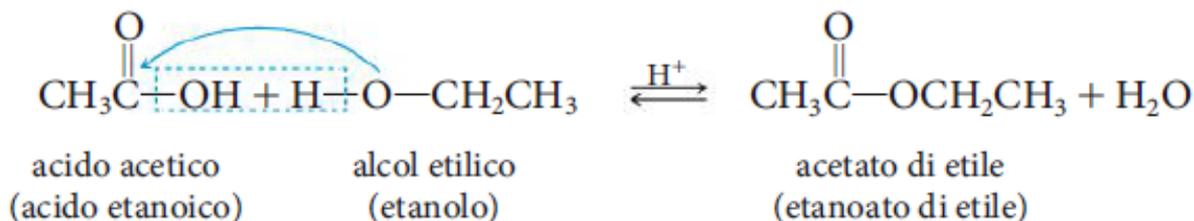
Gli esteri

Gli acidi carbossilici reagiscono con gli alcoli in ambiente acido per formare gli **esteri**.

La formula generale degli **esteri** è RCOOR' , in cui R' è un generico gruppo idrocarburico (saturato, insaturo o aromatico).



La reazione fra l'acido acetico e l'etanolo è una tipica reazione di esterificazione:

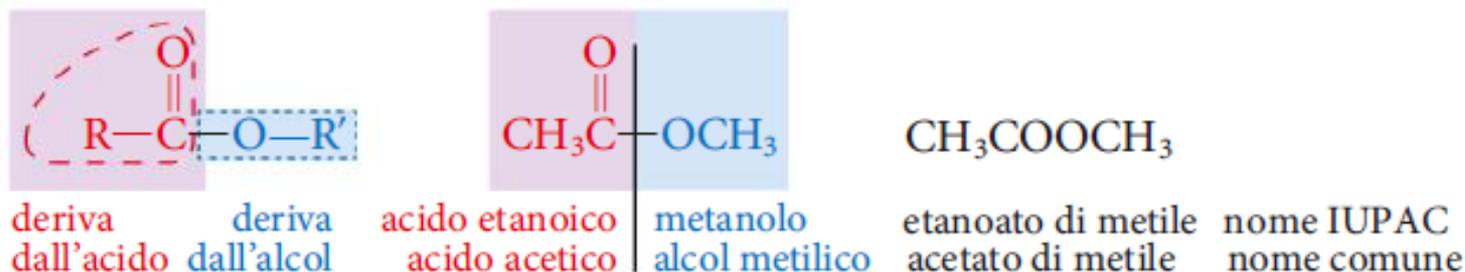


La nomenclatura degli esteri

Per assegnare il nome **IUPAC** a un estere:

1. distinguere la parte della molecola che deriva dall'acido (gruppo C=O legato a un carbonio della catena) da quella che proviene dall'alcol (gruppo R' unito con legame semplice a un atomo di ossigeno)
2. sostituire il suffisso *-oico* con *-ato*
3. aggiungere la preposizione *di* e riportare il nome del gruppo R' che deriva dall'alcol.

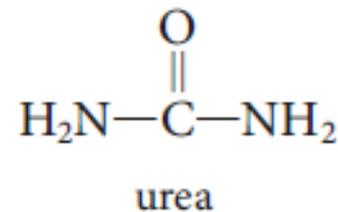
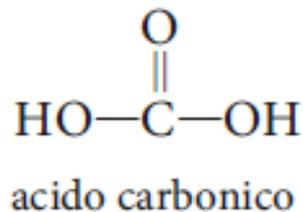
Il **nome comune** di un estere si ottiene partendo dal nome comune dell'acido, anziché da quello IUPAC.



Le ammidi

Le ammidi sono derivati degli acidi carbossilici in cui, al posto del gruppo —OH dell'acido, compare un sostituyente azotato, come —NH₂, —NHR o —NR₂.

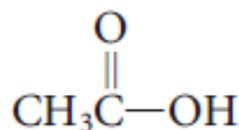
L'**urea**, il principale componente delle urine, è una diammide derivata dall'acido carbonico:



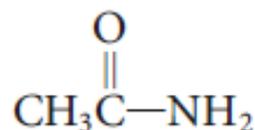
Le ammidi costituiscono polimeri naturali (come le proteine) e di sintesi (come il nylon). Molte molecole di uso farmaceutico sono ammidi; un esempio è il paracetamolo, un diffuso farmaco antipiretico.

La nomenclatura delle ammidi

Il nome **IUPAC** delle ammidi viene formato a partire dal nome del corrispondente alcano sostituendo la -o finale con il suffisso *-ammide*.

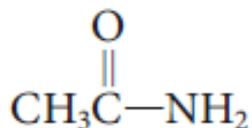


acido etanoico
(acido acetico)

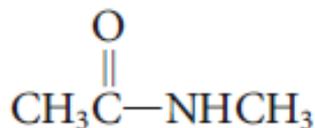


etanammide
(acetammide)

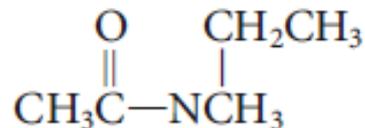
Le ammidi sono classificate come **primarie**, **secondarie**, **terziarie** a seconda dei legami instaurati dall'atomo di azoto:



etanammide
(ammide primaria)



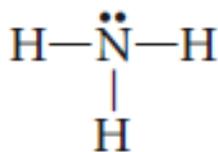
N-metiletanammide
(ammide secondaria)



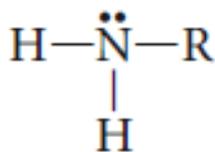
N-etil-*N*-metiletanammide
(ammide terziaria)

Le ammine

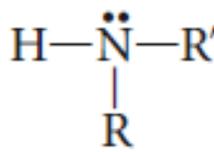
Le **ammine** possono essere considerate come derivati dell'ammoniaca, NH_3 , in cui uno, due o tre atomi di idrogeno sono sostituiti da altrettanti gruppi alchilici o arilici.



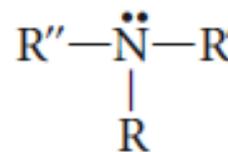
ammoniaca



ammina primaria

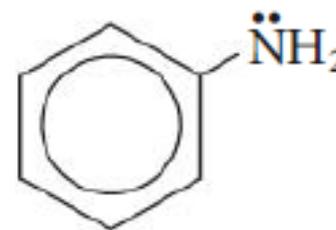


ammina secondaria



ammina terziaria

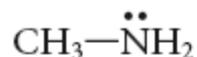
La più semplice **ammina aromatica**, $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$, è comunemente chiamata anilina.



anilina

La nomenclatura delle ammine

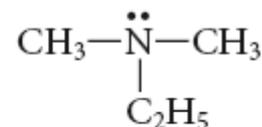
Nella nomenclatura **tradizionale** si indicano i nomi dei gruppi organici legati all'azoto e si aggiunge la desinenza *-ammina*; se i gruppi sono uguali si usano i prefissi *di-* o *tri-*.



metilammina
p.e. = -6,5 °C

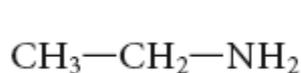


dietilammina
p.e. = +56 °C

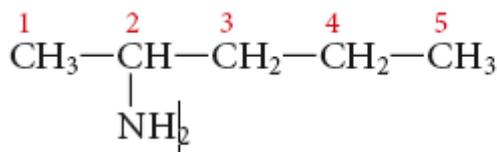


etildimetilammina
p.e. = +37 °C

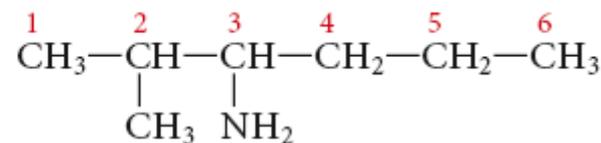
Per le ammine alifatiche primarie la **IUPAC** prevede l'uso del prefisso *ammino-*.



amminoetano



2-amminopentano



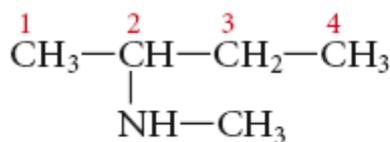
2-metil-3-amminocsano

La nomenclatura delle ammine

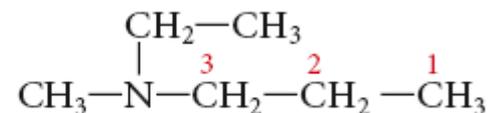
Nelle **ammine alifatiche** secondarie e terziarie, si antepone la lettera *N* al nome del gruppo o dei gruppi alchilici legati all'azoto:



N-metilamminopropano

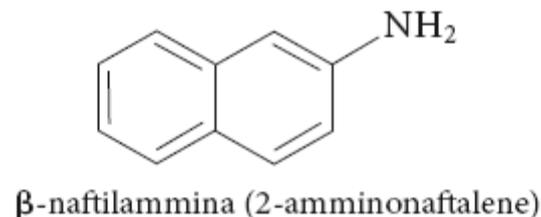
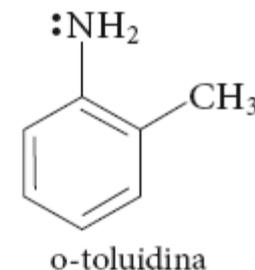
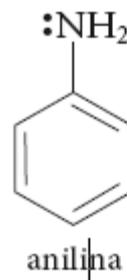


2-*N*-metilamminobutano



N-etil-*N*-amminopropano

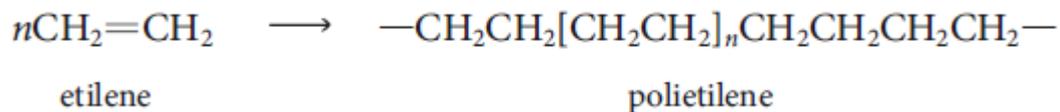
Le **ammine aromatiche** sono considerate derivati dell'anilina e spesso indicate con nomi comuni.



I polimeri

Il termine **polimero** indica una molecola di massa molecolare elevata costituita da una unità strutturali, uguali o diverse, che si ripetono concatenandosi (**monomeri**).

In presenza di opportuni catalizzatori, le molecole di molti alcheni sono in grado di congiungersi l'una all'altra tramite una reazione di addizione al doppio legame. L'esempio più semplice di **polimero di addizione** è il **polietilene**.



Prevedere la reattività delle molecole organiche

L'analisi della reattività delle molecole organiche è un processo che prevede le seguenti operazioni.

- 1. Osservare:** si analizza la molecola da prendere in esame, individuando i gruppi funzionali, la catena principale, i centri chirali e i legami multipli
- 2. Definire** a quale classe di composti appartiene
- 3. Comprendere:** si ragiona sulla reattività dei gruppi funzionali per capire come potrà comportarsi la molecola
- 4. Prevedere:** con tutti gli elementi raccolti è possibile prevedere come reagirà la molecola e quali saranno i prodotti attesi.

Come si classificano le reazioni organiche

Classificazione sulla base del **meccanismo di reazione**:

- Reazioni di **addizione**
- Reazioni di **eliminazione**
- Reazioni di **sostituzione**
- Reazioni di **riarrangiamento**

I reagenti organici possono essere:

- **nucleofili**, se si comportano da basi di Lewis (donatori di elettroni)
- **elettrofili**, se si comportano da acido di Lewis (accettori di elettroni)

Le reazioni di ossidoriduzione nelle molecole organiche

Le reazioni di ossidoriduzione coinvolgono anche le molecole organiche e hanno un ruolo molto importante nel **metabolismo cellulare** dei sistemi viventi.

Gli atomi di carbonio possono cambiare il loro stato di ossidazione a seconda degli atomi a cui sono legati.

Per determinare se il carbonio è stato ridotto o ossidato a seguito di una reazione, bisogna stabilire il suo **numero di ossidazione** (n.o.).

Ogni atomo di carbonio può fare quattro legami, quindi lo stato maggiormente ridotto è -4 e quello maggiormente ossidato è +4.