

■ L'atomo di carbonio (numero atomico 6) ha 6 elettroni, 2 nel primo livello e quattro nel secondo. La sua configurazione elettronica è  $1s^2 2s^2 2p^2$ . È tetravalente e può formare 4 legami covalenti (mette a disposizione gli elettroni del suo livello più esterno).

## La Chimica organica di base

### 1. I composti organici

La **Chimica organica** studia i composti organici, costituiti prevalentemente da carbonio, distinti dai composti inorganici perché si riteneva che potessero essere elaborati solamente dagli organismi viventi (animali e vegetali).

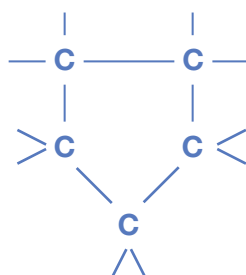
Anche se le industrie chimiche sono in grado di sintetizzare molti composti organici, il termine "organico" è rimasto nell'uso corrente per definire la maggior parte dei composti del carbonio, ad esclusione di quelli presenti in natura al di fuori degli organismi viventi e perciò considerati inorganici: anidride carbonica, monossido di carbonio, acido carbonico, carbonati e bicarbonati.

Due proprietà dell'atomo di carbonio consentono a questo elemento, e solo a questo, di formare un'enorme varietà di composti organici:

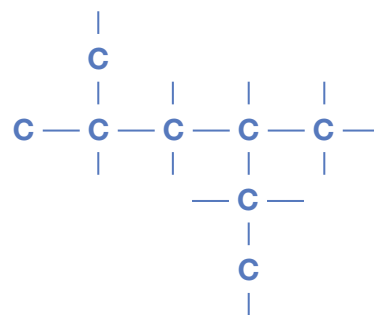
- la capacità di formare **quattro legami covalenti** con altrettanti atomi (di carbonio o di altri elementi);
- la capacità di formare molecole costituite da **lunghe catene**, lineari o ramificate, più o meno complesse, legandosi (mediante legami stabili, covalenti) con altri atomi di carbonio.



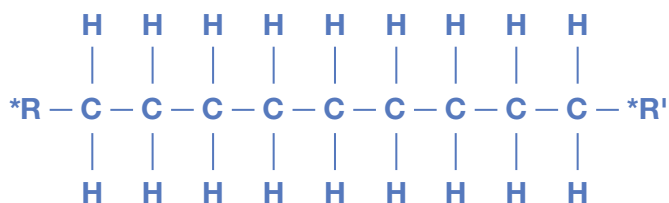
Catena lineare



Catena ciclica



Catena ramificata



\* R e R' indicano che la catena di carbonio può continuare

Il carbonio puro è presente in natura, come elemento chimico, in due forme principali:

- la grafite, un minerale utilizzato per costruire la mina delle matite;
- il diamante, la sostanza più dura che si conosca, formata da carbonio purissimo: è raro e perciò prezioso.

■ Grafite e diamante: pur essendo costituiti entrambi da carbonio puro, questi due minerali presentano notevoli differenze che dipendono dal diverso modo in cui gli atomi di carbonio sono collegati tra loro.



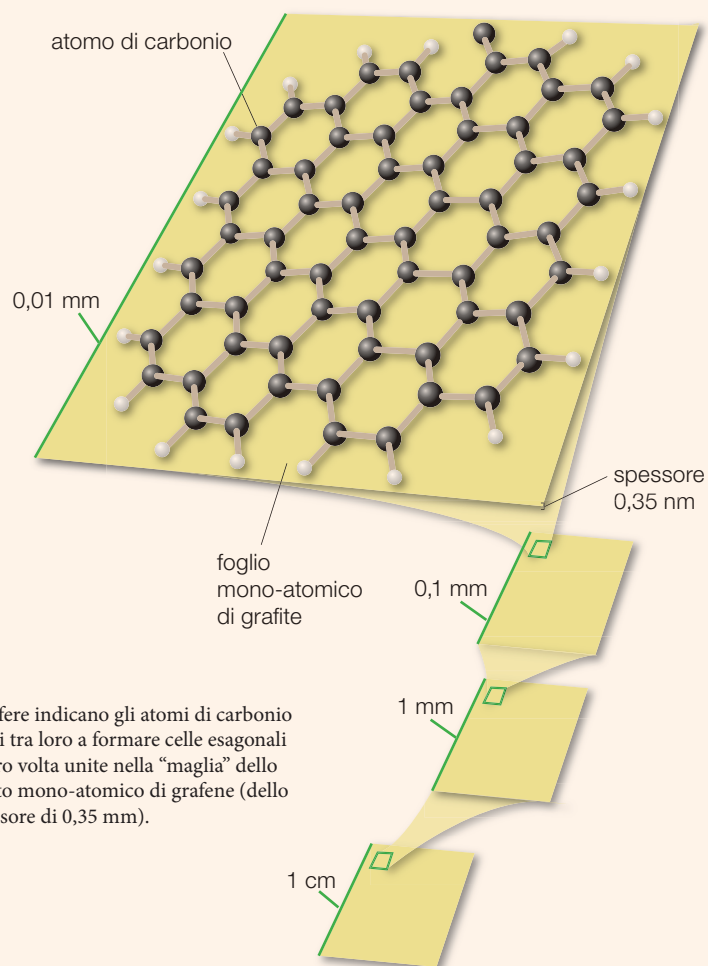
## Il premio Nobel per il grafene

A due scienziati russi, **A. Geim** e **K. Novoselov**, è stato conferito il premio Nobel 2010 per la Fisica per la scoperta di un nuovo materiale, che hanno battezzato **grafene**.

Il grafene è un sottilissimo foglio di grafite, formato da un solo strato di atomi di carbonio, disposti a formare esagoni, come le celle di un alveare.

Lo spessore del foglio di grafene è di soli 0,35 nanometri: è incredibilmente **sottile**, ma per questo anche **leggero**, **flessibile** e **trasparente**; la sua struttura chimica ordinata lo rende, inoltre, estremamente forte (molto più dell'acciaio!) e **impermeabile** ai gas per la sua compattezza (non lascia passare neanche gli atomi di elio, il più leggero dei gas); infine è un buon **conduttore** di elettricità e calore.

Per tutte queste straordinarie proprietà si prospettano per questo materiale innumerevoli applicazioni: dai microchip per i computer, a schermi televisivi e monitor per computer ultrasottili, pieghevoli e trasparenti, a sensori per le sostanze inquinanti (le cui molecole rimangono impigliate nelle strette maglie del grafene), all'industria aeronautica e automobilistica, per la resistenza e leggerezza del materiale. In prospettiva, il grafene potrebbe avere la stessa diffusione della plastica di oggi ("il grafene, la plastica del futuro").





Quali composti del carbonio sono composti inorganici?

### Composti inorganici e organici del carbonio

La maggior parte dei **composti del carbonio** presenti in natura deriva da **organismi viventi**. Fanno eccezione alcuni composti del carbonio che sono **presenti nell'aria** e **nel mondo minerale** e che vengono perciò considerati **sostanze inorganiche**, in particolare: gli **ossidi del carbonio** (monossido di carbonio e diossido di carbonio, quest'ultimo noto con il nome comune di **anidride carbonica** e presente nell'aria), i **bicarbonati** (idrogeno-carbonati) e i **carbonati**, minerali molto diffusi, costituenti i calcari, il gesso, il travertino e il marmo.

Tutti gli altri composti del carbonio presenti in natura sono composti organici. Per la loro composizione chimica e per la loro struttura, oltre ai composti naturali, rientrano nella definizione di "composti organici" i milioni di composti organici prodotti dall'**industria chimica**, in gran parte come derivati del **petrolio**.

I composti organici vengono distinti in:

- **composti binari** che contengono solo **due tipi di atomi**: carbonio e idrogeno;
- **composti ternari** che contengono **tre tipi di atomi**: carbonio, idrogeno e ossigeno;
- **composti quaternari** che contengono **quattro tipi di atomi**: carbonio, idrogeno, ossigeno e azoto.

## Il carbone

Il carbone è un **minerale fossile** a elevato contenuto di carbonio estratto da miniere sotterranee o a cielo aperto. Deriva dalla lenta decomposizione, in assenza di ossigeno, di piante sepolte milioni di anni fa in ambienti paludosi: la maggior parte dei giacimenti di carbone risale al periodo detto per questo Carbonifero (compreso tra i 280 e i 345 milioni di anni fa).

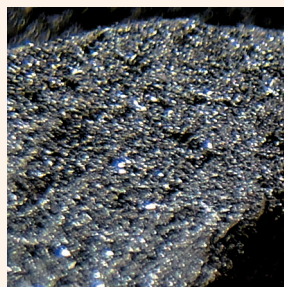
Utilizzato come **combustibile**, viene distinto in:

- **antracite**, il carbone più antico, risale a circa 400 milioni di anni fa, ha un'elevata percentuale di carbonio, fino al 90%, ma è poco utilizzato, pur avendo il più elevato potere calorifico, perché molto costoso;

- **litantrace**, il più diffuso in natura e il più utilizzato; dal litantrace viene ricavato il coke, attraverso un processo di cottura in forno a 1000 °C, che consente di eliminare residui volatili migliorando la qualità del combustibile;

- **lignite**, risale a circa 80 milioni di anni fa, ha minor potere calorifico del litantrace; in esso si riconosce ancora la struttura del legno da cui deriva;

- **torba**, con percentuali di carbonio più basse, non è un vero carbone fossile, perché le piante da cui deriva hanno subito solo una parziale fossilizzazione; si trova in giacimenti superficiali, chiamati torbiere, dai quali viene estratta per essere utilizzata soprattutto in agricoltura, per arricchire il terreno.



Antracite



Litantrace



Lignite



Torba



■ Il gas metano è comunemente usato nelle cucine.

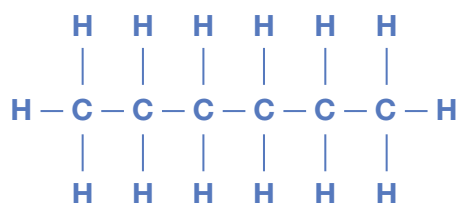
## 2. Gli idrocarburi

Gli **idrocarburi** sono i più semplici composti organici. Sono **composti binari**, essendo costituiti solamente da atomi di **carbonio** e atomi di **idrogeno**.

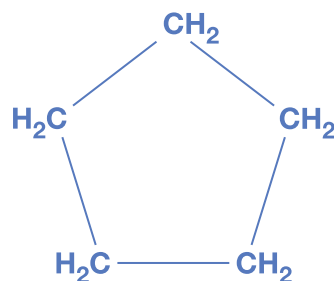
Tra questi composti, il più semplice è il **metano**, un gas naturale utilizzato nelle nostre case come combustibile per cucinare, negli impianti di riscaldamento e nelle centrali termoelettriche; è meno inquinante degli altri combustibili. La sua formula chimica bruta è:



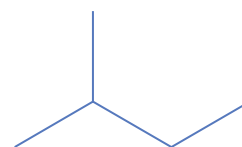
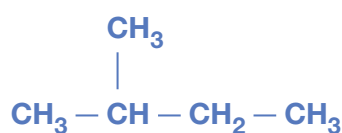
Gli atomi di carbonio di tutti gli idrocarburi si legano tra loro per mezzo di **legami covalenti** (semplici, doppi o tripli) per costituire lo scheletro della molecola, formando catene lineari o ramificate o anche anelli. Dallo scheletro carbonioso sporgono gli atomi di idrogeno:



**molecola lineare**  
(per la spiegazione dei diversi modi di rappresentare le formule chimiche dei composti organici vedi box "La rappresentazione dei composti organici: le formule" e on line)



**molecola ciclica, ad anello**



**molecola ramificata**  
(due diversi modi di rappresentare la sua struttura)



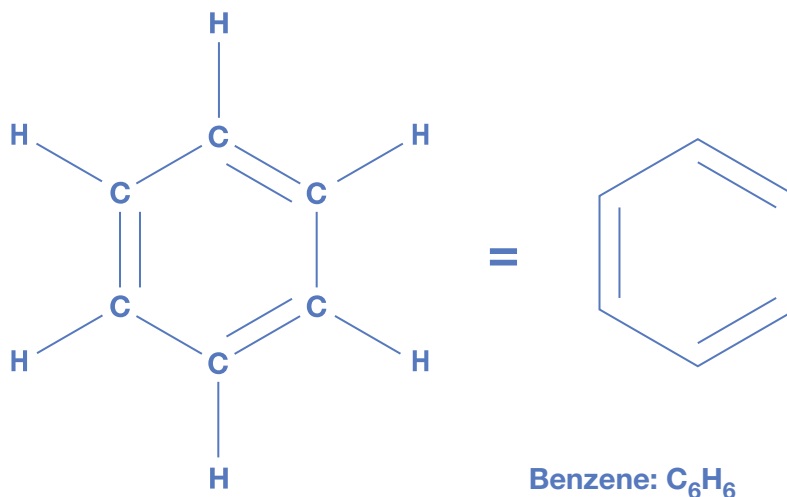
### Navigazione

#### Espansione:

- Idrocarburi aromatici

Gli **idrocarburi** vengono distinti in **due classi** principali:

- gli **idrocarburi aromatici**, caratterizzati dalla presenza di un particolare anello a 6 atomi di carbonio, detto **anello benzenico**, che conferisce particolari proprietà alle molecole che lo contengono:

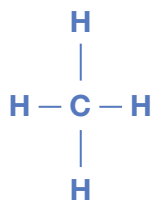


### Navigazione

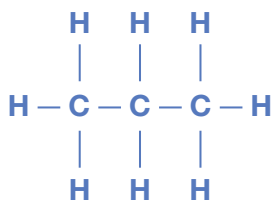
#### Espansioni:

- Alcani e cicloalcani
- Alcheni
- Alchini

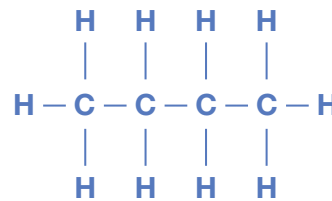
- gli **idrocarburi alifatici** nei quali non è presente l'anello benzenico e gli atomi di carbonio formano catene lineari, ramificate e anche anelli (diversi però dall'anello benzenico).



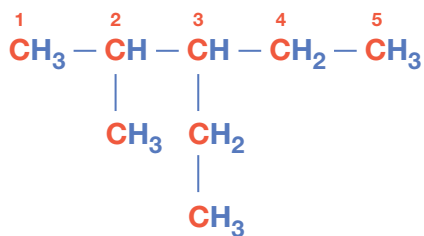
**Metano**



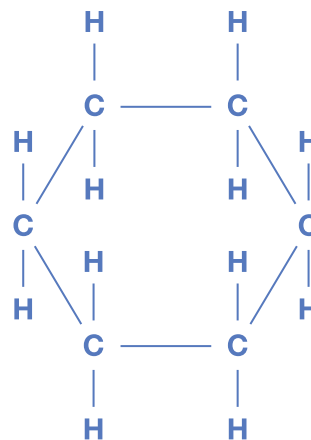
**Propano**



**Butano**



**3-etil-2-metilpentano**



**Cicloesano**

La **principale fonte** degli idrocarburi è il **petrolio**, che deriva dalla decomposizione e dall'azione del tempo che, attraverso milioni di anni, hanno trasformato i complessi composti presenti negli organismi viventi in una **miscela di idrocarburi**. Tale miscela può essere costituita da molecole a un atomo di carbonio fino a molecole contenenti da 30 a 40 atomi di carbonio e talvolta anche fino a 100.

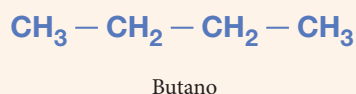
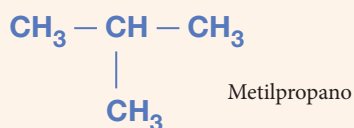
Gli idrocarburi presenti nel petrolio sono alcune centinaia, mediamente rappresentati, per l'80%, da idrocarburi alifatici e, per il 20%, da idrocarburi aromatici.

## La rappresentazione dei composti organici: le formule

La **formula bruta** o **grezza** di una sostanza è un insieme di simboli e numeri che ne indica la composizione: l'elenco degli atomi presenti nel composto. È detta bruta poiché non fornisce informazioni su come gli atomi sono disposti né come sono legati tra loro.

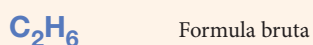
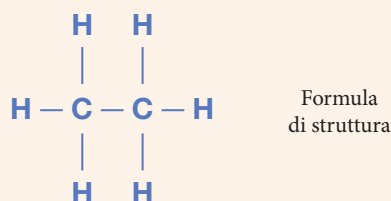
Nella **formula di struttura** (per esempio quelle dell'atomo qui a fianco) vengono rappresentati anche i **legami** che uniscono tra loro gli atomi, dando così un'idea della disposizione degli atomi all'interno della molecola. Le formule di struttura permettono di distinguere molecole che possiedono identica formula bruta ma hanno proprietà diverse proprio perché hanno una diversa disposizione degli atomi (gli atomi di carbonio si legano tra loro in maniera diversa).

Queste molecole vengono definite **isomeri**. Per esempio, hanno stessa formula bruta ( $C_4H_{10}$ ), ma struttura diversa il metilpropano e il butano:



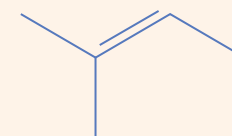
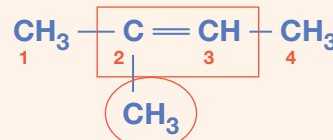
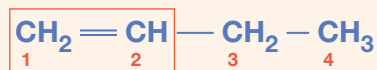
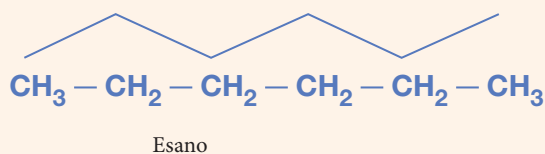
Nella Chimica organica si fa spesso ricorso a una notazione diversa dalla formula bruta e dalla formula di struttura, chiamata **formula razionale** o **condensata**. La formula razionale utilizza la formula bruta per quei gruppi di atomi sulla cui disposizione non vi possono essere

dubbi, e la formula di struttura laddove sia essenziale. Per esempio, l'etano può essere così rappresentato:



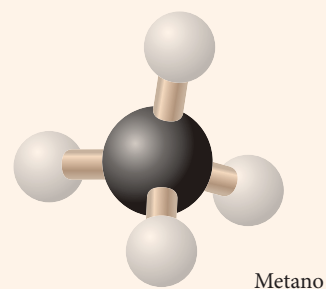
La formula razionale mette in evidenza i **gruppi funzionali**, permette di scrivere in maniera più breve la formula del composto e fornisce una più facile lettura.

Un'altra rappresentazione grafica delle formule di struttura è il **modello a stecche**, nel quale i legami tra gli atomi di carbonio sono rappresentati da linee, alle cui estremità (o agli angoli con un altro segmento) si considera posto un atomo di carbonio (non indicato); gli atomi di idrogeno non sono indicati (se sono presenti linee semplici, gli atomi di idrogeno sono 3 alle estremità e 2 agli angoli; una linea doppia, che indica un doppio legame, riduce di 1 il numero di atomi di idrogeno legati a entrambi gli atomi del doppio legame):



Le formule di struttura sono una rappresentazione sul piano del foglio (bidimensionale) di una disposizione degli atomi tridimensionale.

**Modelli molecolari** più complessi (come il modello a sfere) possono dare un'idea più precisa della reale forma tridimensionale della molecola:









### Navigazione

#### Espansione:

- Alcani e cicloalcani

A partire da molecole a 4 atomi di carbonio, oltre alle molecole lineari, esistono molecole ramificate che sono isomeri delle lineari (hanno la stessa formula bruta, ma la formula di struttura è diversa). Per dare il nome alle molecole ramificate occorre utilizzare i **gruppi alchilici**.

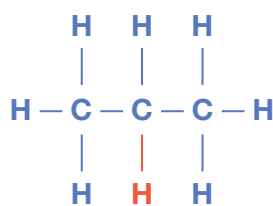
**Un gruppo alchilico corrisponde a un alcano a cui è stato tolto un atomo di idrogeno.**

Il nome del gruppo alchilico ha lo stesso prefisso dell'alcano da cui deriva e il suffisso **-ile**.

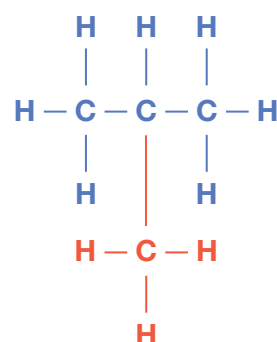
**Tabella 2 - Nomi dei primi quattro gruppi alchilici**

N. atomi C	Prefisso	Suffisso	Nome	Formula razionale
1	Met-	-ile	Metile	- CH <sub>3</sub>
2	Et-		Etile	- CH <sub>3</sub> - CH <sub>2</sub>
3	Prop-		Propile	- CH <sub>3</sub> - CH <sub>2</sub> - CH <sub>2</sub>
4	But-		Butile	- CH <sub>3</sub> - CH <sub>2</sub> - CH <sub>2</sub> - CH <sub>2</sub>

Così, per esempio, la più piccola molecola ramificata, a 4 atomi di carbonio (isomero del butano) ha la seguente formula:



**Propano**



**Metilpropano (isobutano)**

1 atomo di H del propano viene sostituito da un gruppo metile:  
si forma il metilpropano

che si può considerare derivata dalla formula del propano sostituendo un atomo di idrogeno legato al carbonio centrale con un gruppo metile (- CH<sub>3</sub>).


Il nome di questo composto sarà **metilpropano**.



 Navigazione

## Espansioni:

- Alcheni
- Alchini

 **Dieni, trieni e polieni**

Se sono presenti due doppi legami si hanno i dieni, i trieni con tre doppi legami e polieni quando sono presenti molti doppi legami.

## Alcheni e alchini: idrocarburi insaturi

Alcheni e alchini sono **idrocarburi** caratterizzati dalla presenza di un doppio (alcheni) o un triplo (alchini) legame tra due atomi di carbonio, legame che impedisce agli atomi di carbonio coinvolti di legare il numero massimo possibile di atomi di idrogeno: sono perciò chiamati anche **idrocarburi insaturi**.

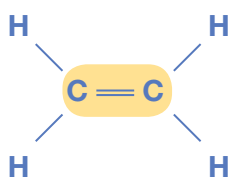
**!** Gli **alcheni** sono **idrocarburi alifatici** nei quali è presente un **doppio legame** tra due atomi di carbonio.

Il più semplice degli alcheni è l'**etene** o **etilene** (formula bruta  $C_2H_4$ ): nella formula sono presenti 2 atomi di idrogeno in meno rispetto al corrispondente alcano (etano). La formula generale degli alcheni è perciò:

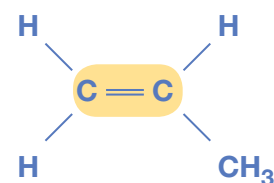


La nomenclatura prevede gli stessi prefissi degli alcani, seguiti dal suffisso **-ene**:

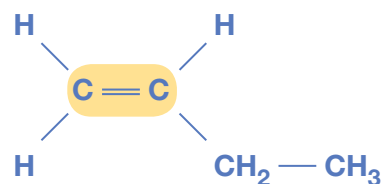
Etene  $C_2H_4$



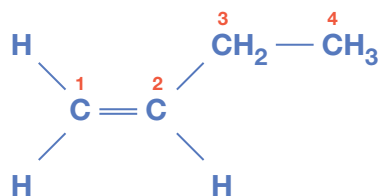
Propene  $C_3H_6$



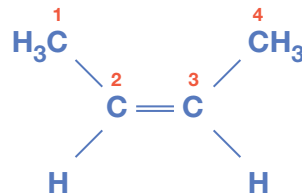
Butene  $C_4H_8$



A partire dal butene, la posizione del doppio legame nella molecola può cambiare, per cui si possono avere diversi composti con stessa formula bruta ma diversa posizione del doppio legame (e diverse proprietà fisiche, come il punto di fusione e di ebollizione) ossia diversi **isomeri** (di posizione):



1-butene

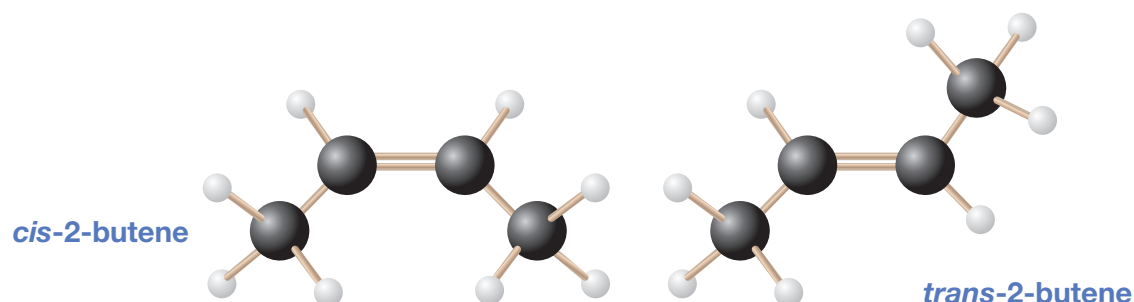


2-butene



**Espansione:**  
• Isomeria

Inoltre la presenza di un doppio legame rende la molecola più rigida (gli atomi di carbonio del doppio legame non possono ruotare) e questo determina la formazione di altri tipi di isomeri:



! **Gli alchini sono idrocarburi alifatici nei quali due atomi di carbonio sono uniti per mezzo di un triplo legame.**

Il più semplice degli alchini è l'**etino** (nome IUPAC) o **acetilene** (nome comune).



■ L'acetilene (o etino) è un gas incolore estremamente infiammabile. È usato per saldatura e taglio dei metalli (ossiacetilene), dato che la sua combustione con l'ossigeno produce una fiamma la cui temperatura arriva a circa 3300 °C.



Rispetto agli alcani corrispondenti la formula bruta prevede 4 atomi di idrogeno in meno:



Il nome degli alchini prevede il suffisso **-ino**: etino, propino, butino ecc. Anche per gli alchini sono presenti isomeri di posizione e stereoisomeri.



### Navigazione

#### Espansione:

- Idrocarburi aromatici



### Glossario

**Idrocarburi aromatici:** il termine "aromatico" deriva dai primi composti identificati, caratterizzati da odori intensi, ma è ora attribuito a tutti i composti con anelli benzenici, perché la presenza dell'anello è responsabile della particolare reattività degli idrocarburi aromatici.

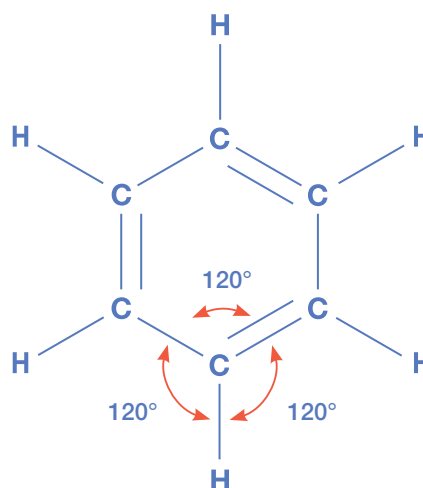
## Idrocarburi aromatici

! **Gli idrocarburi aromatici sono composti caratterizzati dalla presenza di un anello benzenico (assente negli alifatici).**

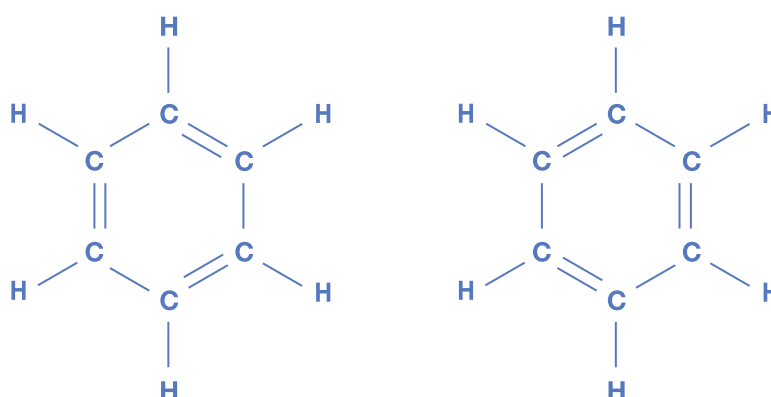
Il più semplice di questi composti è il **benzene**, che ha formula bruta:



Gli atomi di carbonio che lo compongono si trovano ai vertici di un esagono regolare. La molecola è planare, ha angoli di legame di  $120^\circ$  e possiede **3 doppi legami**.



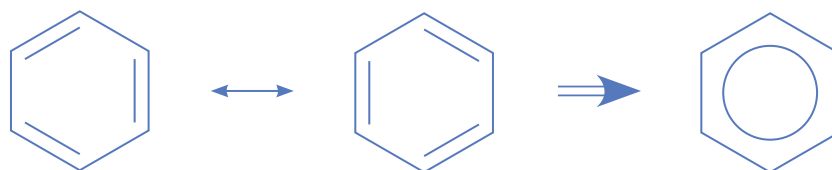
Rappresentando l'**anello benzenico** con i **doppi legami** possiamo ottenere due diverse formule di struttura:



Nessuna delle due rappresenta la realtà: la presenza dei doppi legami renderebbe la molecola un esagono irregolare, perché la lunghezza dei legami doppi (la distanza tra gli atomi) è minore della lunghezza dei legami singoli. Invece, l'anello benzenico è un esagono regolare, perciò i 6 atomi di carbonio ai vertici dell'esagono si trovano a una distanza intermedia tra quella di un legame semplice o di un doppio legame carbonio-carbonio.

**Formule di Kekulé**

Le strutture utilizzate per rappresentare il benzene sono dette formule di Kekulé, dal nome del chimico tedesco che le propose nel 1858.



Gli **elettroni** sono **delocalizzati**, ovvero, distribuiti in modo uguale tra tutti gli atomi di carbonio.

La formula semplificata della molecola del benzene rappresenta bene questa situazione di **delocalizzazione elettronica**.

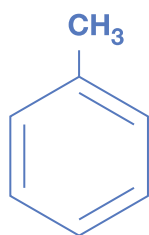
Gli atomi di idrogeno dell'anello benzenico possono essere sostituiti da altri atomi o gruppi di atomi, ottenendo moltissimi composti appartenenti alla classe degli idrocarburi aromatici, alcuni esistenti in natura, altri prodotti industrialmente.

**Alchilbenzeni e xileni**

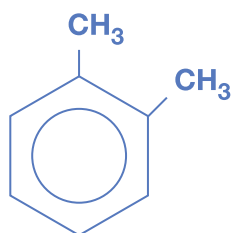
! Gli **alchilbenzeni** sono composti formati da un **anello benzenico** e un **gruppo alchilico**.

Inserendo un **gruppo metile** al posto di un atomo di idrogeno del benzene otteniamo il **metil-benzene** o **toluene**, il più semplice degli **alchilbenzeni**.

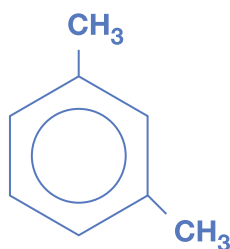
Se i gruppi metilici legati al benzene sono due si formano gli **xileni**, dei quali esistono 3 diversi isomeri di posizione, chiamati **orto-**, **meta-** e **para-xilene**, a seconda della posizione dei due gruppi metilici legati all'anello benzenico.



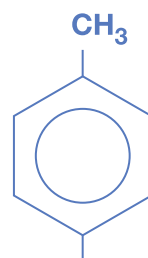
**Metil-benzene**  
(toluene)



**1,2-dimetilbenzene**  
(orto-toluene)

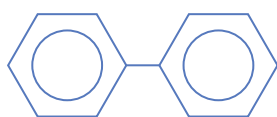


**1,3-dimetilbenzene**  
(meta-toluene)



**1,4-dimetilbenzene**  
(para-toluene)

■ Gli xileni sono componenti della benzina e vengono anche utilizzati come solventi per vernici.



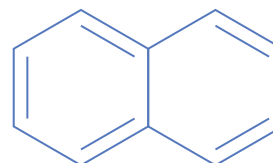
**Difenile**

**Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)**

Se togliamo un atomo di idrogeno al benzene (da  $C_6H_6$  passa a  $C_6H_5$ ) si ottiene un gruppo chiamato **fenile** ( $-C_6H_5$ ). Unendo due gruppi fenile si ottiene il **difenile**, composto da due anelli benzenici e perciò appartenente alla classe degli **idrocarburi policiclici aromatici**.

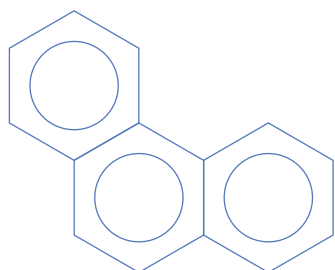
A questa classe appartengono anche gli **idrocarburi aromatici condensati**, nei quali 2 o più anelli benzenici sono uniti per **una coppia di atomi di carbonio in comune**. Il **naftalene** è il più semplice di questi composti, essendo costituito da 2 anelli benzenici condensati:

■ Noto anche come naftalina, il naftalene è il tipico solido che sublima (passa cioè direttamente allo stato gassoso); ha azione tarmicida, ma è cancerogeno ed è perciò stato sostituito da altri prodotti meno tossici, come la canfora.



Naftalene

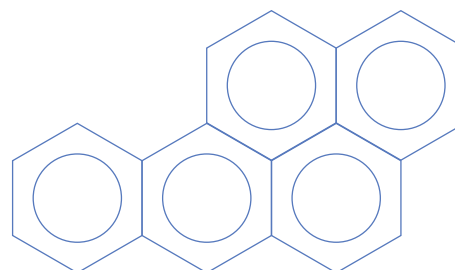
Altri idrocarburi aromatici policiclici condensati sono l'**antracene** e il **fenantrene** (a 3 anelli benzenici) e il **benzopirene** (costituito da 5 anelli benzenici condensati). Gli IPA hanno in comune una triste proprietà: sono cancerogeni, possono cioè causare il cancro. In particolare, il 3,4-benzopirene è contenuto nel fumo di sigaretta e la sua presenza spiega la pericolosità del fumo per la salute.



Fenantrene ( $C_{14}H_{10}$ )



Antracene ( $C_{14}H_{10}$ )



3,4-benzopirene ( $C_{20}H_{12}$ )

### 3. I gruppi funzionali e i derivati degli idrocarburi

Tutti i composti organici possono essere considerati derivati dagli idrocarburi, mediante sostituzione di uno o più atomi di idrogeno con un atomo o gruppi di atomi che vengono definiti **gruppi funzionali**.

■ Un **gruppo funzionale** è un atomo o un gruppo di atomi che caratterizzano l'appartenenza di una molecola a una particolare **classe** di composti organici, perché conferisce proprietà particolari al composto di cui fa parte.



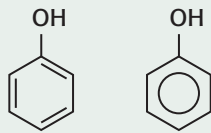
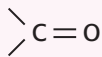
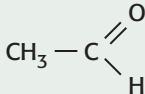
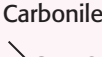
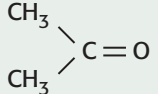
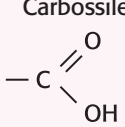
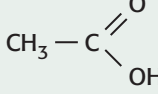
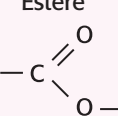
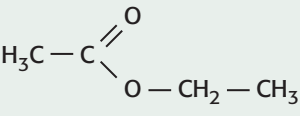
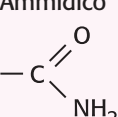
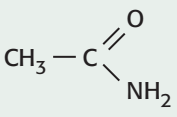
#### Navigazione

##### Espansione:

- Gruppi funzionali e classi di composti organici

I principali gruppi funzionali sono riassunti nella tabella seguente. Per la nomenclatura e le proprietà dei composti nei quali sono presenti i diversi gruppi funzionali si rimanda agli approfondimenti on line di Chimica organica.

Tabella 3 - Gruppi funzionali dei composti organici

Gruppo funzionale	Formula generale	Classe di composti	Esempi (formule)	Nome *
Alogenuro (—X)	R — X**	Alogenuri (o idrocarburi alogenati)	CH <sub>3</sub> F	Fluorometano
Ossidrile —OH	R — OH	Alcoli	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	Etanolo (alcol etilico)
Ossidrile —OH	Ar — OH	Fenoli		Fenolo
Etere —O—	R — O — R	Eteri	CH <sub>3</sub> — CH <sub>2</sub> — O — CH <sub>2</sub> — CH <sub>3</sub>	Etere dietilico
Carbonile 	(R — CHO)	Aldeidi		Etanale (acetaldeide)
Carbonile 	(R — CO — R')	Chetoni		Propanone (acetone)
Carbossile 	(R — COOH)	Acidi carbossilici		Acido etanoico (acido acetico)
Etere 	R — COO — R'	Esteri		Etanoato di etile (acetato di etile)
Ammidico 	(R — CO — NH <sub>2</sub> )	Ammidi		Etanammide (acetammide)
Amminico —NH <sub>2</sub>	R — NH <sub>2</sub>	Ammine	CH <sub>3</sub> — NH <sub>2</sub>	Metilammia

\* In colore è indicato il suffisso IUPAC; in parentesi il nome tradizionale.

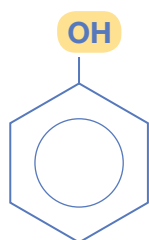
\*\* X: è un atomo di un alogeno (F, Cl, Br o I).

Il **gruppo funzionale** può essere collegato a un **gruppo alifatico** o a un **gruppo aromatico** (detto anche arilico), indicati genericamente con **R** (il gruppo aromatico può essere indicato con **Ar**).

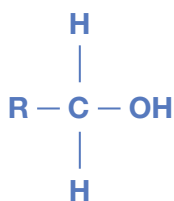
Da questo legame risultano diverse **classi** di composti organici, che elenchiamo di seguito.



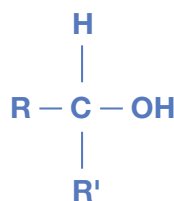
■ L'alcol etilico, chiamato anche etanolo, è l'alcol presente nelle bevande alcoliche: vino, birra, superalcolici. Viene prodotto per fermentazione alcolica, operata da alcuni lieviti del genere *Saccharomyces*, in particolare il *S. cerevisiae*, presente sulla buccia dell'uva e nel lievito di birra.



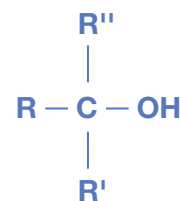
Fenolo



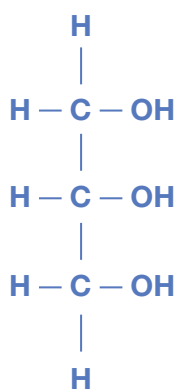
Alcol primario



Alcol secondario



Alcol terziario

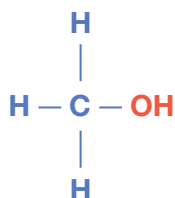
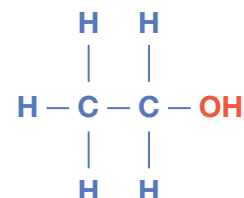


Glicerolo

## Alcoli e fenoli

Il **gruppo OH** (ossidrile), legato a un gruppo alchilico, forma gli **alcoli** (metanolo o alcol metilico; etanolo o alcol etilico ecc.); legato all'anello benzenico forma i **fenoli**.

Il nome degli alcoli prende il suffisso **-olo**.

Metanolo  
o alcol metilicoEtanolo  
o alcol etilico

Possiamo distinguere alcoli primari, secondari e terziari: negli alcoli primari il carbonio che lega il gruppo OH lega anche 2 atomi di idrogeno e un gruppo alchilico (che nel metanolo è solo un atomo di idrogeno); negli alcoli secondari lega un atomo di idrogeno e due gruppi alchilici e negli alcoli terziari tre gruppi alchilici e nessun atomo di idrogeno:

Se sono presenti più gruppi ossidrilici si formano i polialcoli (e i polifenoli), il cui nome prende il suffisso **-diolo** se sono presenti due gruppi OH e **-triolo** se sono tre. Tra questi va ricordato il **propantriolo** (1,2,3-propantriolo), noto col nome comune di **glicerolo** o **glicerina**, un componente degli acidi grassi.

Tra i dioli va ricordato il **glicole etilenico** (1,2-etandiolo), da cui si ottiene un polimero sintetico, il polietilene, noto con la sua sigla PET:



I **gruppi OH** sono molto diffusi in natura e si ritrovano in molte molecole organiche complesse (zuccheri, acidi nucleici ecc.).



### + Reazioni di condensazione

Le reazioni di condensazione sono reazioni in cui due molecole si uniscono per eliminazione di una (o più) molecole di acqua.

### Navigazione

#### Espansioni:

- Alcoli
- Fenoli
- Eteri
- Aldeidi
- Chetoni

## Eteri

Gli **eteri** derivano dalla **condensazione** di due molecole di alcol:



Molto noto è l'etere dietilico, utilizzato in passato come anestetico:



Etere dietilico

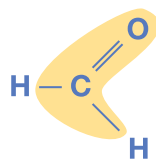
## Aldeidi e chetoni

Il **gruppo carbonile**  $\text{>C=O}$  è presente sia nelle aldeidi che nei chetoni (questi ultimi hanno un secondo gruppo R al posto di un atomo di idrogeno dell'aldeide corrispondente).

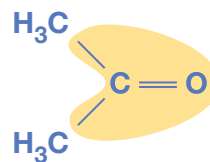
Le **aldeidi** prendono il suffisso **-ale**, mentre i **chetoni** il suffisso **-one**.

La più semplice aldeide è l'**aldeide formica**, nome IUPAC metanale.

Il più semplice dei chetoni è l'**acetone**, nome IUPAC propanone.



Aldeide formica

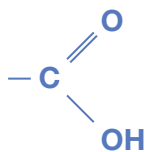


Acetone

Aldeidi e chetoni sono molto diffusi in natura e sono presenti all'interno di molecole complesse come gli zuccheri, che vengono classificati in **chetosi** e **aldosi** a seconda del gruppo funzionale presente.

## Acidi carbossilici e acidi grassi

Il gruppo carbossile può essere considerato l'unione del gruppo **-OH** (ossidrilico) con il gruppo carbonile  $\text{>C=O}$ ; è presente negli acidi carbossilici (formula generale **R-COOH**), il cui nome prende il suffisso **-oico**.

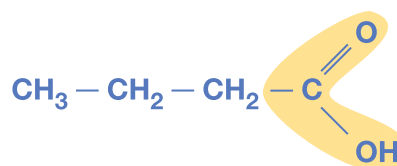


Gruppo carbossile

Tabella 4 - Gli acidi carbossilici più semplici

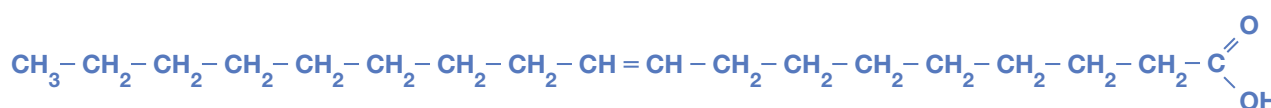
Nome IUPAC	Nome tradizionale	Formula generale: R-COOH
Acido metanoico	Acido formico	HCOOH
Acido etanoico	Acido acetico	CH <sub>3</sub> COOH
Acido propanoico	Acido propionico	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH

Gli **acidi carbossilici** a lunga catena sono detti **acidi grassi**, perché untuosi al tatto e vengono distinti in **acidi grassi saturi** (contenenti solo legami semplici tra gli atomi di carbonio) e **insaturi** (contenenti doppi legami), a loro volta suddivisi in **monoinsaturi** (un solo doppio legame) e **polinsaturi** (due o più doppi legami).



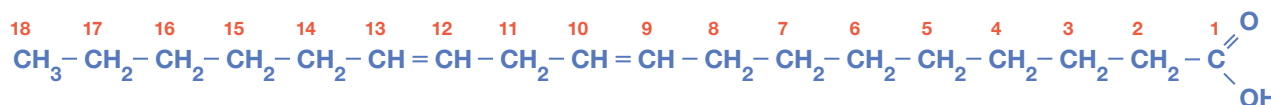
Saturato

acido butirrico o acido butanoico



Monoinsaturo

acido oleico o acido cis-9-ottadecenoico



Polinsaturo

acido linoleico o acido 9,12-ottadecadienoico

Alcuni acidi grassi hanno un nome tradizionale che deriva dalla fonte principale in natura (butirrico dal burro, oleico dall'olio di oliva ecc.); il nome IUPAC prende il suffisso **-oico** per i saturi, **-enoico** per i monoinsaturi e **di-, tri-, tetra-, penta-** **-enoico** per i polinsaturi; precisa, inoltre, la posizione dei doppi legami e il tipo di isomeria (cis o trans), essendo gli acidi grassi insaturi naturali prevalentemente isomeri **cis**.

Per le regole di nomenclatura e per gli acidi policarbossilici (che contengono più di un gruppo carbossilico) si rimanda all'approfondimento on line.

## Esteri

Gli **esteri** derivano dalla **condensazione** di un acido carbossilico e un alcol:



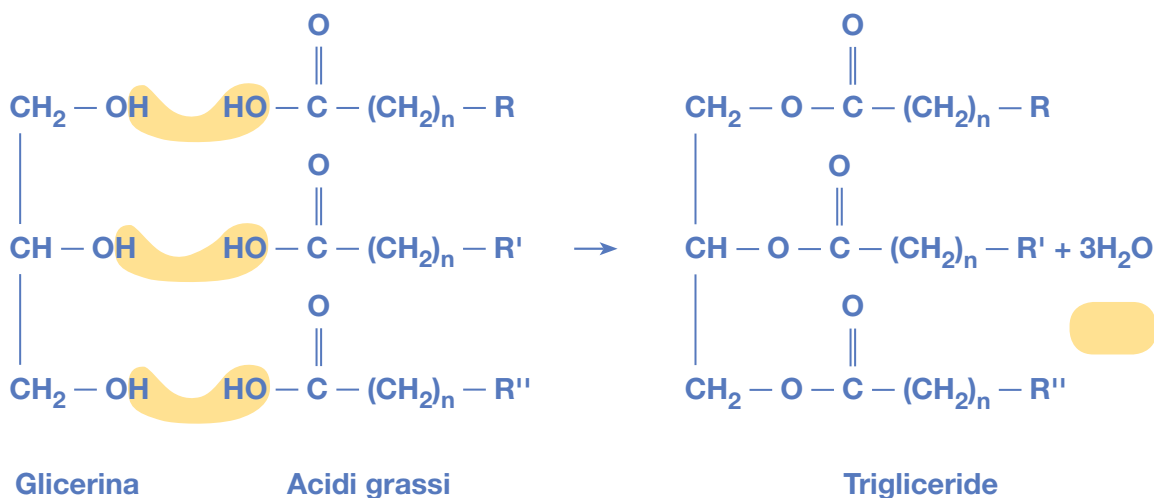
Sono caratterizzati dalla presenza del gruppo estere **-COO-** legato a due residui alchilici (R) o aromatici (Ar).


**Navigazione**
**Espansione:**

- Esteri

Rispetto agli acidi da cui derivano, gli esteri presentano odori piacevoli. Per la nomenclatura si rimanda all'approfondimento on line.

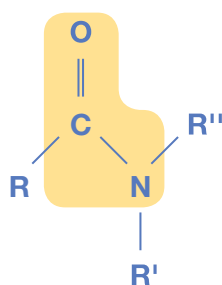
Particolare importanza hanno gli esteri di un polialcol, il glicerolo o glicerina, con tre molecole di acidi grassi, che formano i **trigliceridi**, i principali grassi della nostra alimentazione:



### Ammidi e ammine

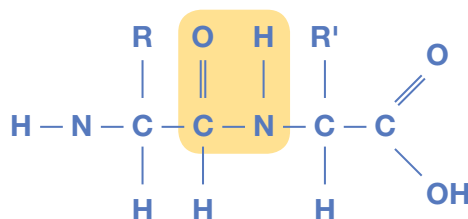
I **gruppi ammidici** e **amminici**, contenenti azoto, sono presenti nei composti organici **quaternari** (che sono formati da 4 diversi tipi di atomi: C, O, H e N).

Le **ammidi** prendono il suffisso **-ammide**, al posto del suffisso **-ico** o **-oico** del corrispondente acido carbossilico.



■ Se R' e R'' sono entrambi idrogeni l'ammide è primaria; se solo uno è H l'ammide è secondaria e se nessuno dei due è un atomo di H l'ammide è terziaria.

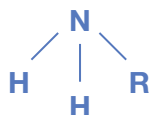
Il gruppo ammidico è presente (ammidi secondarie) nelle proteine, formando il legame peptidico che unisce due amminoacidi:



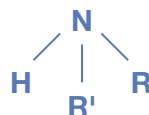
Le **ammine** sono composti che contengono un gruppo amminico  $\text{NH}_2$  di azoto legato a 1 atomo di carbonio (**ammine primarie**).

Nelle **ammine secondarie** uno dei due atomi di H legati all'azoto N è sostituito da un gruppo R.

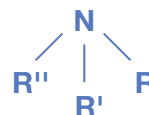
Nelle **ammine terziarie** entrambi gli atomi di H sono sostituiti da gruppi R:



Ammina primaria



Ammina secondaria



Ammina terziaria

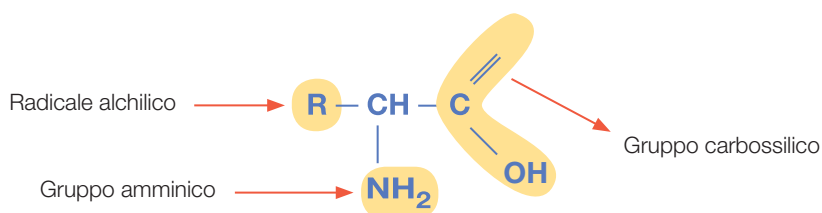
Gli atomi di carbonio a cui si lega l'azoto appartengono a gruppi alchilici o anelli aromatici e il nome dell'ammina prende il suffisso **-ammina** dopo il nome del gruppo legato agli atomi di azoto.

La più semplice ammina è la **metilammina**, un gas dal tipico odore di pesce (ammoniaca). La sua formula è:

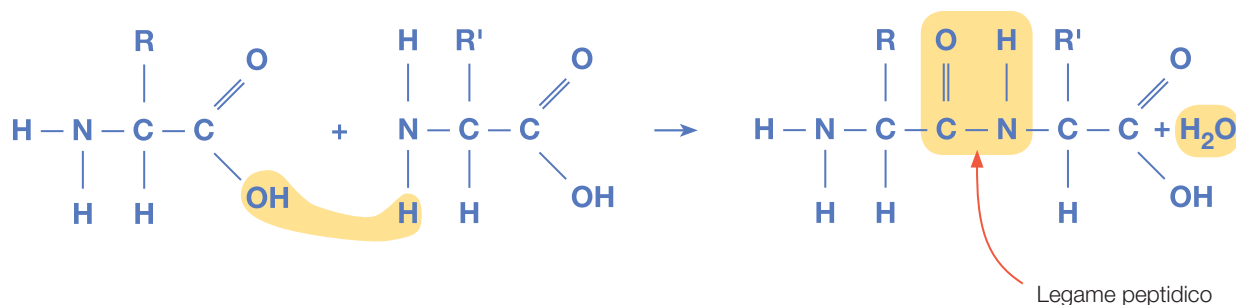


### Amminoacidi e peptidi

Un gruppo amminico è presente nella molecola di tutti gli **amminoacidi**; allo stesso atomo di carbonio è legato anche un gruppo carbossilico, per cui la formula generale degli amminoacidi è:



La reazione di condensazione tra il gruppo amminico di un amminoacido e il gruppo carbossilico di un altro amminoacido porta alla formazione di un **legame** tra due amminoacidi detto **legame peptidico**. La molecola così formata è perciò detta **dipeptide**:



Le estremità libere del dipeptide formato possono legare altri amminoacidi (teoricamente all'infinito), costituendo una lunga catena di amminoacidi, legati da legami peptidici, che viene chiamata **polipeptide**.

Le **proteine**, importanti macromolecole costituenti fondamentali di tutti gli organismi viventi, sono formate da una o più catene polipeptidiche.

### Polimeri naturali e sintetici

Le **proteine** e gli **acidi nucleici** (DNA e RNA) sono macromolecole formate dall'unione di unità più piccole saldate insieme: le **unità** che formano le proteine sono gli **amminoacidi**, quelle che formano gli acidi nucleici sono i **nucleotidi**.

**In generale, un polimero è una macromolecola costituita da una serie di unità più piccole dette monomeri.**

Anche i **polisaccaridi** (amido, glicogeno e cellulosa) sono polimeri, essendo formati da una continua ripetizione di **monosaccaridi** (glucosio).

### Polimeri sintetici

L'industria chimica è in grado di produrre una varietà enorme di **polimeri sintetici**, che costituiscono la **plastica**, in tutte le sue forme.

La plastica, come dice il nome, è un **materiale** che può essere **facilmente modellato**, perché con il calore (a soli 100 °C) si ammorbidisce e può assumere la forma desiderata.

Anche i metalli sono plastici, ma fondono a temperature più elevate (dai 250 °C dello stagno ai 1500 °C del ferro), per cui la loro lavorazione è più costosa.

Al contrario, le materie plastiche sono **facili da produrre**, sono economiche, resistenti e inalterabili, non possono cioè essere degradate, distrutte dall'aria (mentre il ferro, per esempio, all'aria arrugginisce), dall'acqua, dai batteri.

Tuttavia, **non** essendo **biodegradabili**, proprio perché sono inattaccabili dai batteri, le materie plastiche, come rifiuti, restano per molti anni nell'ambiente, costituendo un serio problema di inquinamento.



■ A sinistra, bottiglie in PET e, a destra, posate in polistirene cristallo.



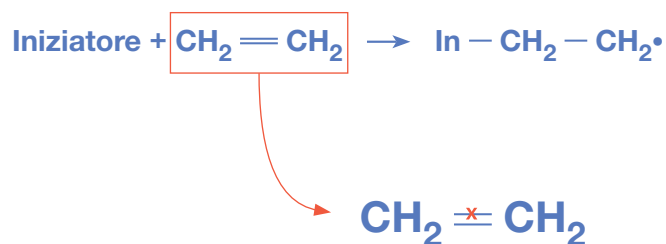
## Glossario

**Iniziatore:** è una molecola che si decompone mediante rottura di un legame, con la formazione di un radicale molto reattivo, che può legarsi a un monomero e iniziare così la polimerizzazione.

Le materie plastiche sono costituite da molecole di enormi dimensioni (**macromolecole, polimeri**) formate da unità più piccole (**monomeri**), legate insieme mediante un processo di **polimerizzazione**.

In base al tipo di reazione di **polimerizzazione** distinguiamo **polimeri di addizione** e **polimeri di condensazione**, a seconda che dalla reazione si produca solo il polimero (addizione) o anche una molecola a basso peso molecolare, come l'acqua (condensazione).

Il più semplice polimero di addizione è il **polietilene**, che si ottiene dall'**etilene**, mediante rottura del doppio legame (operata da un **iniziatore**), con formazione di un radicale:



Questo radicale ha un atomo di carbonio con un elettrone spaiato (libero), pronto a reagire con un'altra molecola di etilene:

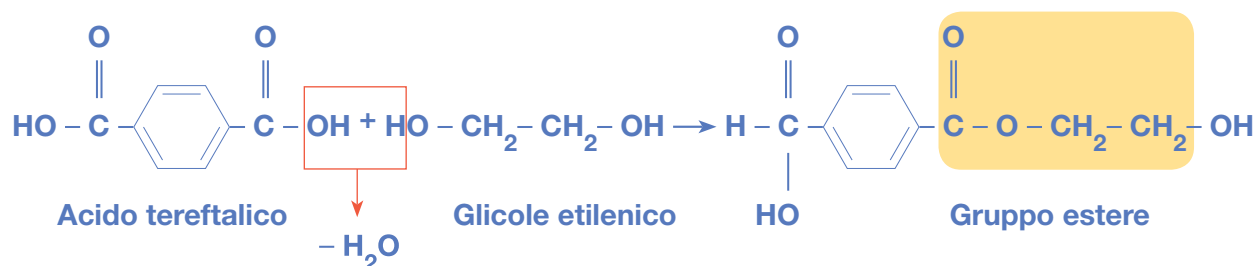


## Navigazione

Per avere un'idea, anche visiva, della diffusione dei polimeri visita il sito

<http://pslc.ws/italian/index.htm>

Tutti gli atomi presenti nel monomero etilene rimangono nel polimero, mentre nei polimeri di condensazione l'unione dei monomeri avviene mediante espulsione di 2 atomi di idrogeno e 1 di ossigeno che formano una molecola di acqua, come nella formazione del PET (PoliEtilenTereftalato), un polimero (**poliestere**) che si ottiene unendo due monomeri diversi, il **glicole etilenico** e l'**acido tereftalico**:



Tra i polimeri ricordiamo i più noti, rinviando all'approfondimento on line per una più dettagliata descrizione.

Tabella 5 - Polimeri naturali e artificiali (sintetici)

NATURALI		ARTIFICIALI		
Monomeri	Polimeri	Monomeri	Polimeri	Sigla
Glucosio	Amido/glicogeno	Etilene	Polietilene	PE**
Glucosio	Cellulosa	Cloruro di vinile	Polivinilcloruro	PVC
Aminoacidi	Proteine (copolimeri)*	Stirene	Polistirene (polistirolo)	PS
Nucleotidi	Acidi nucleici: DNA e RNA (copolimeri)*	Propilene	Polipropilene	PP
Isoprene	Caucciù (gomma)	Tetrafluoroetilene	Politetrafluoroetilene (teflon)	PTFE
<p>* Sono copolimeri i polimeri costituiti da due o più monomeri diversi. Se è presente un solo monomero si chiamano omopolimeri.</p> <p>** Distinto in HDPE (o PEHD), polietilene ad alta densità e LDPE (PELD), polietilene a bassa densità.</p> <p>*** È un poliesteri (polimero di condensazione di un glicole, contenente due gruppi OH e un acido bicarbossilico).</p> <p>**** Le poliammidi derivano dalla condensazione di un acido bicarbossilico e una diammina.</p>		Glicole etilenico + acido tereftalico	PoliEtilenTereftalato***	PET
		Acido bicarbossilico + diammina	Poliammidi (nylon, Kevlar, Nomex)****	PA
		Acrolonitrile	Poliacrolonitrile (orlon, acrilan)	PAN
		Acido carbonico + bisfenolo	Policarbonato	PC
		Acetato di vinile	Polivinilacetato	PVA
		Propilene	Polipropilene	PP



A



B



C



D

■ La plastica, chimicamente costituita da diversi tipi di polimeri, trova impiego in qualunque settore:

A) sacchetti di polietilene (PE) per alimenti;

B) tessuto in polipropilene (PP) su telaio;

C) polistirolo (PS) per edilizia (isolante termico);

D) gomitoli di nylon (poliammide, PA).