

## Chimica organica

Nel 1806, il chimico svedese J.J. Berzelius, aveva proposto di chiamare **sostanze organiche** quelle prodotte dagli organismi viventi per distinguerle dalle **sostanze inorganiche**, tutte le altre.

I chimici pensavano che le sostanze organiche potessero avere soltanto un'origine naturale ed essere quindi i prodotti dell'attività biologica degli organismi animali e vegetali.

Nel 1828, il chimico tedesco F. Wöhler, partendo dal cianato d'ammonio, un composto inorganico, sintetizzò l'urea, una sostanza organica già nota come costituente dell'urina dei mammiferi.

## Chimica organica

Il nome **chimica organica** indica attualmente la chimica dei **composti del carbonio** (esclusi gli ossidi e alcuni acidi e sali).

La combinazione del carbonio con pochi altri elementi (tra cui l'azoto, l'ossigeno, lo zolfo e il fosforo) forma un enorme numero di composti differenti per struttura e proprietà.

Si conoscono milioni di composti organici e ogni anno ne vengono preparati di nuovi che trovano impiego per gli usi più disparati in moltissimi campi delle attività umane (stoffe e tessuti, medicinali, alimenti, plastiche, gomme eccetera).

**Il termine chimica organica è giustificato dall'alto numero di composti del carbonio.**

**Le leggi della chimica valgono per tutti i tipi di sostanze sia organiche sia inorganiche.**

## Carbonio

Gruppo 14 (4A)     $Z = 6$      $1s^2 2s^2 2p^2$

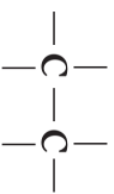
Il carbonio grazie ai suoi elettroni di valenza è in grado di formare quattro legami covalenti stabili completando il suo ottetto.

A seconda del tipo di ibridazione il carbonio può formare legami semplici (ibridazione  $sp^3$ , legame  $\sigma$ ), doppi (ibridazione  $sp^2$ , legame  $\sigma$  e  $\pi$ ) o tripli (ibridazione  $sp$ , un legame  $\sigma$  e due  $\pi$ ).

Il carbonio ha la tendenza a legarsi con altri atomi di carbonio. La stabilità del legame C-C consente la formazione di strutture di notevoli dimensioni.

Il carbonio è in grado di formare legami covalenti con l'ossigeno, l'azoto, lo zolfo, il fosforo e gli alogeni.

Caratteristica particolare del carbonio è la sua tendenza a legarsi con se stesso formando catene molecolari più o meno lunghe e complesse.



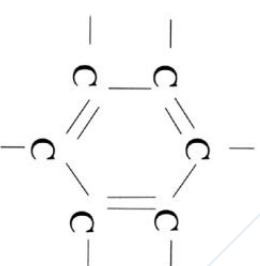
Legame semplice



Legame doppio



Legame triplo



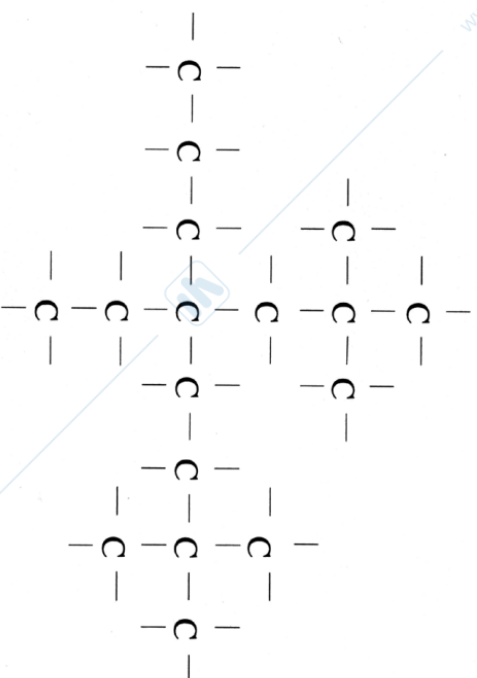
Catena ciclica



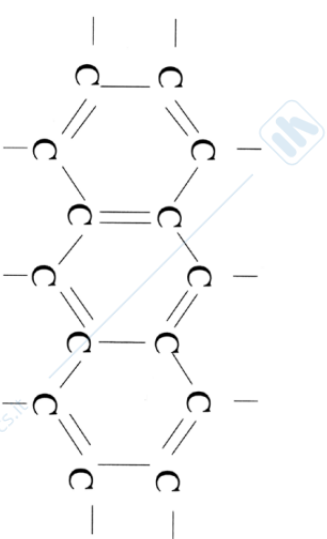
Catena lineare



Catena con doppi e tripli legami



Catena ramificata



Cicli condensati



Gli elementi più prossimi al carbonio non sono in grado di formare molecole complesse stabili.

Il boro da composti elettrone deficienti o comunque instabili .

L'azoto ha una coppia elettronica solitaria (nucleofilo, comportamento basico).

Il maggiore raggio atomico del silicio indebolisce i suoi legami.

## Gruppo

13 (3A)

14 (4A)

15 (5A)

2° periodo

**B**

**C**

**N**

3° periodo

**Si**

## Borani

La molecola di borano  $BH_3$  **non esiste come composto stabile.**

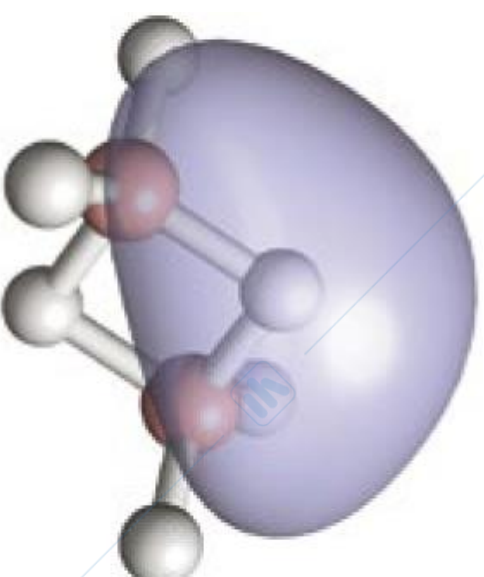
I borani esistono come multipli di unità di  $BH_3$ .

Il più semplice è il diborano.

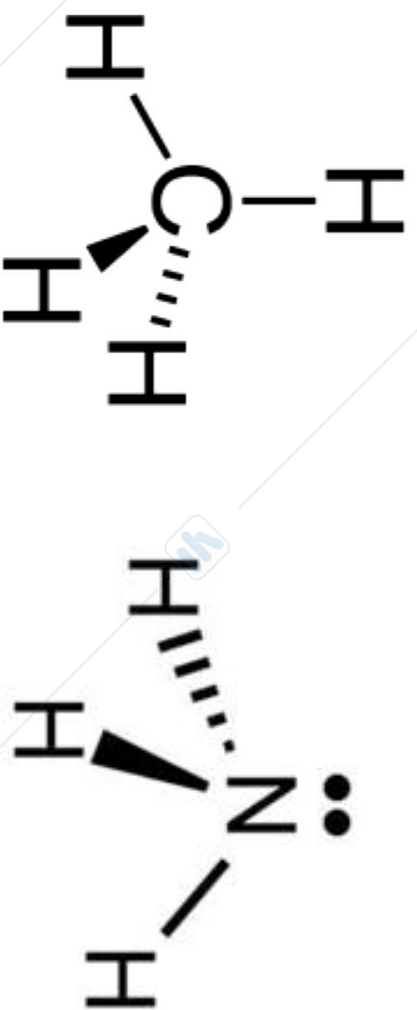
## Diborano, $B_2H_6$



## Legame a tre centri



Ammoniaca e metano hanno entrambi una struttura simile.  
L'ammoniaca è una base e un forte nucleofilo a causa della coppia elettronica solitaria presente nell'atomo di azoto.



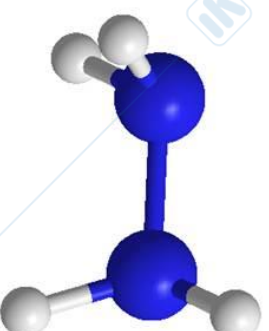
**Idrazina** (diazano, diammina, idruro di azoto)

L'idrazina è una **base e un forte nucleofilo** a causa delle coppie solitarie degli atomi di azoto.

A temperatura ambiente è liquida (forma legami a idrogeno).

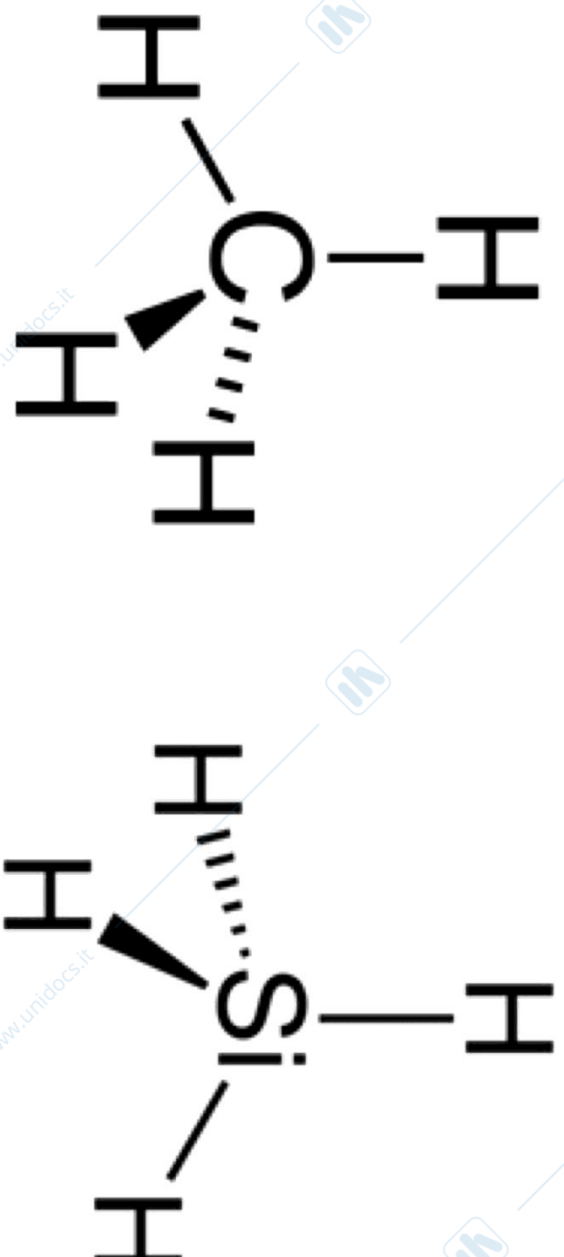
Reagisce violentemente con altri ossidanti, con molti metalli e ossidi.

Miscela di aria-vapori di idrazina possono raggiungere concentrazioni tali da essere esplosive.



Silano e metano hanno entrambi una struttura tetraedrica.  
La lunghezza di legame nel silano è circa il 40% maggiore di quella del metano.

Il legame Si-H è meno stabile del legame C-H.



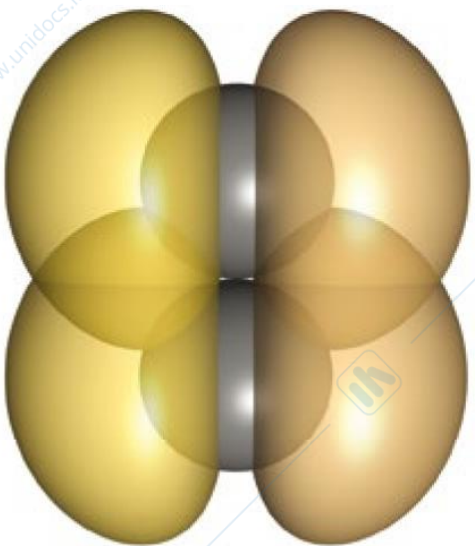
## Silicio e silani

I silani sono costituiti da atomi di silicio e di idrogeno legati covalentemente.

La formula generale di un silano è  $Si_n H_{2n+2}$ .

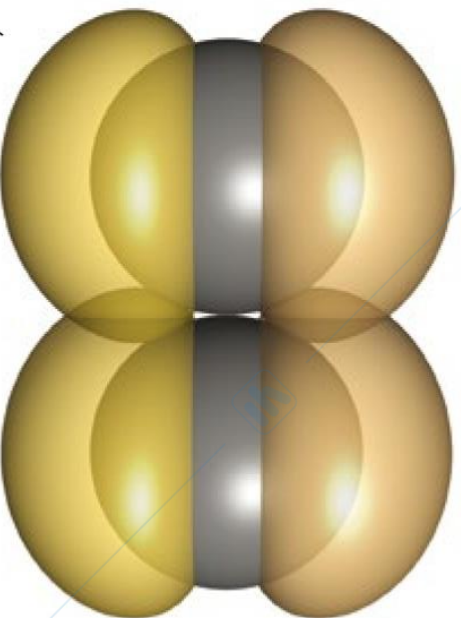
***I silani sono meno stabili dei loro corrispondenti idrocarburi perché a causa della maggiori dimensioni del silicio, il legame Si-Si è meno forte del legame di C-C.***

L'ossigeno decompone facilmente i silani, perché il legame tra silicio e ossigeno è abbastanza stabile.



## **Il carbonio forma doppi legami stabili.**

Gli atomi degli elementi del periodo 2 sono piccoli, i loro orbitali p si possono sovrapporre efficacemente tra loro e con quelli degli elementi dei periodi successivi.



## **Il silicio non è in grado di formare doppi legami stabili.**

Gli orbitali p degli elementi del periodo 3 e quelli successivi sono tenuti separati dai nuclei degli atomi quindi si sovrappongono molto poco tra loro.

## Idrocarburi saturi

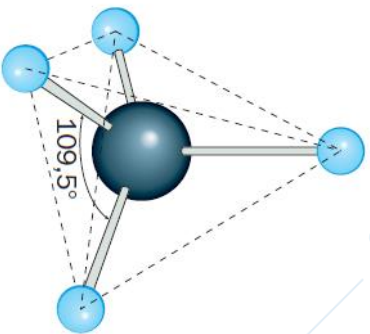
Negli **idrocarburi saturi** l'atomo di carbonio è sempre legato ad altri quattro atomi, cioè forma quattro legami covalenti semplici.

Il metano è l'idrocarburo saturo più semplice: l'atomo di carbonio è legato a quattro atomi di idrogeno e la molecola presenta una geometria tetraedrica.

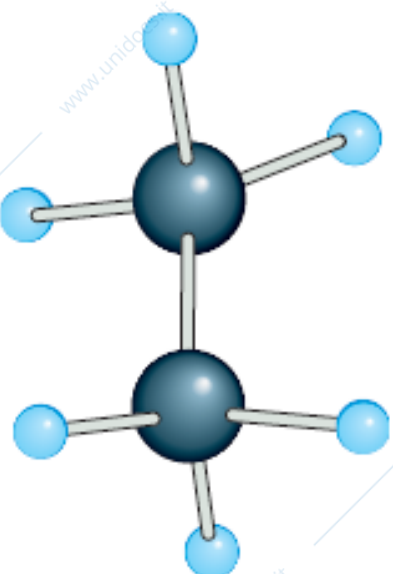
Negli idrocarburi saturi di solito ogni atomo di carbonio forma **quattro legami covalenti** con altri quattro atomi rispettando la **geometria tetraedrica**.

## Idrocarburi saturi – alcani più semplici

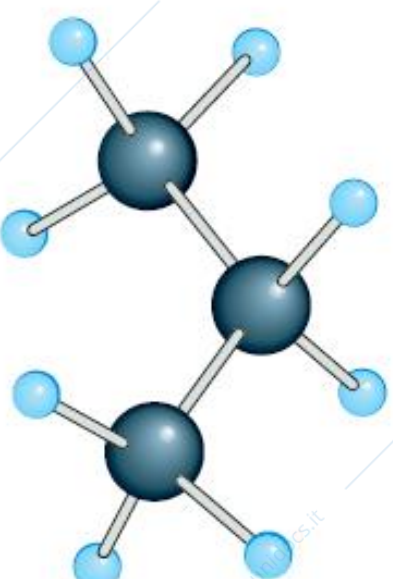
Metano



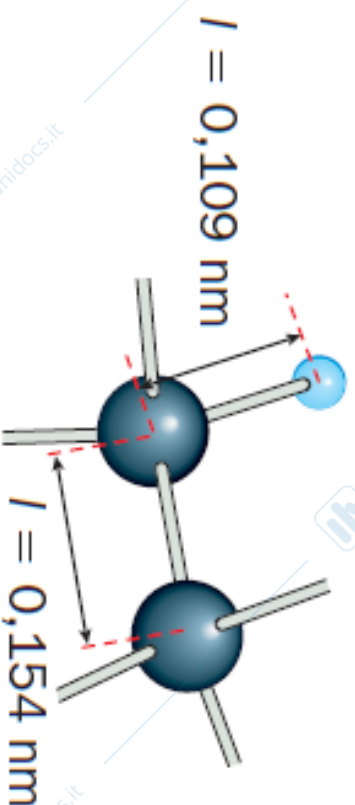
Etano









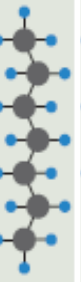



Propano

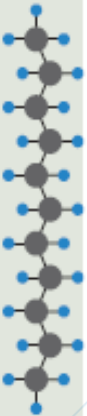
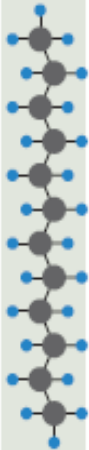
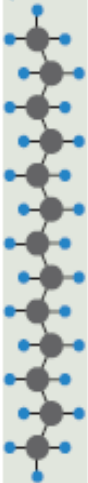

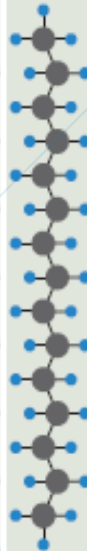



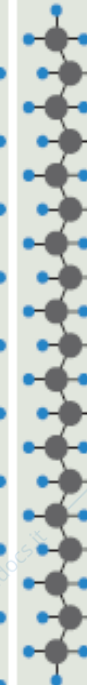



Gli atomi di carbonio che costituiscono la catena dell'idrocarburo distano tra loro 0,154 nm e la lunghezza del legame C — H vale invece 0,109 nm.



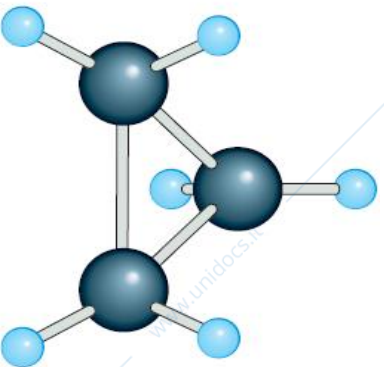
Se si continua ad allungare la catena aggiungendo atomi di carbonio, si ottengono gli idrocarburi che costituiscono la famiglia degli **alcani**.

Nome	Formula molecolare	Struttura
metano	$\text{CH}_4$	
etano	$\text{C}_2\text{H}_6$	
propano	$\text{C}_3\text{H}_8$	
butano	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	
pentano	$\text{C}_5\text{H}_{12}$	
esano	$\text{C}_6\text{H}_{14}$	
eptano	$\text{C}_7\text{H}_{16}$	
ottano	$\text{C}_8\text{H}_{18}$	
nonano	$\text{C}_9\text{H}_{20}$	
decano	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	

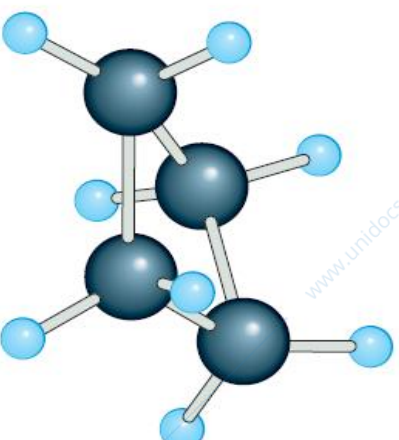
Nome	Formula molecolare	Struttura
undecano	$C_{11}H_{24}$	
dodecano	$C_{12}H_{26}$	
tridecano	$C_{13}H_{28}$	
tetradecano	$C_{14}H_{30}$	
pentadecano	$C_{15}H_{32}$	
esadecano	$C_{16}H_{34}$	
eptadecano	$C_{17}H_{36}$	
ottadecano	$C_{18}H_{38}$	
nonadecano	$C_{19}H_{40}$	
eicosano	$C_{20}H_{42}$	

Gli **idrocarburi saturi ciclici** o **cicloalcani** sono composti in cui gli atomi di carbonio si legano in modo da formare una **catena chiusa**.

Ciclopropano



Ciclobutano

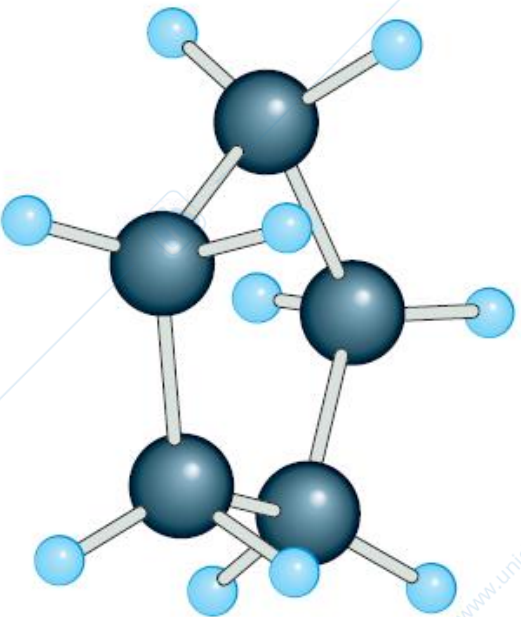


Gli atomi di carbonio in una struttura ciclica hanno posizioni che corrispondono ad **angoli di legame minori di 109,5°**.

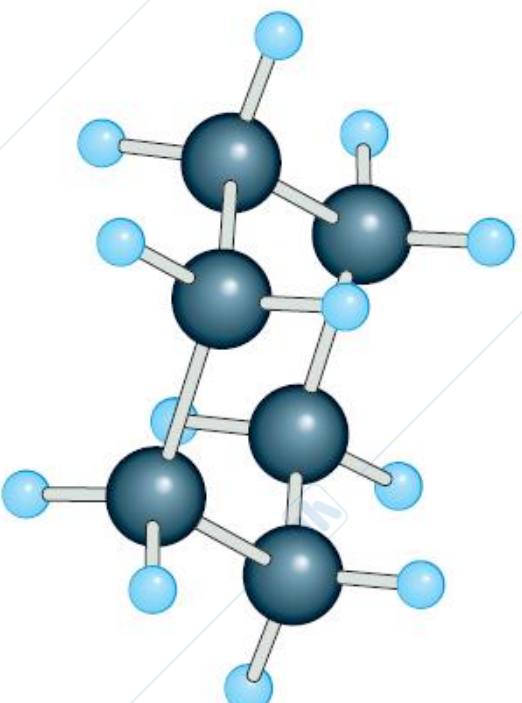
Nel **ciclopropano** e nel **ciclobutano** è molto accentuata la differenza tra l'angolo di legame teorico e quello reale: questi composti sono **poco stabili**.

I cicloalcani con **cinque, sei e sette** atomi di carbonio hanno gli angoli di legame che più si avvicinano a quelli teorici. Sono quelli che hanno **maggiore stabilità**.

Ciclopentano



Cicloesano



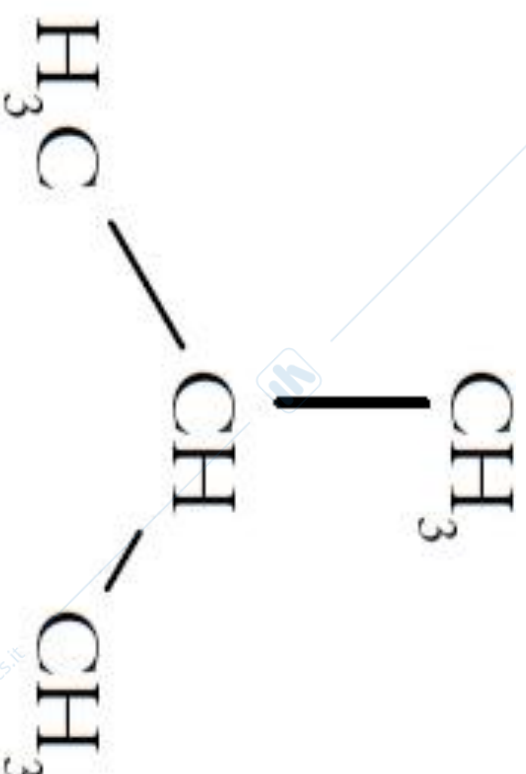
## Idrocarburi saturi a catena ramificata

Quando gli atomi di carbonio sono quattro ci sono *due modi di legarli tra loro*.

n-butano



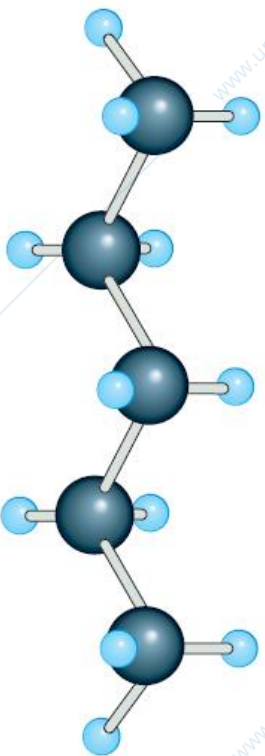
Isobutano (metilpropano)



## Idrocarburi saturi a catena ramificata

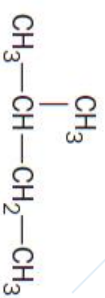
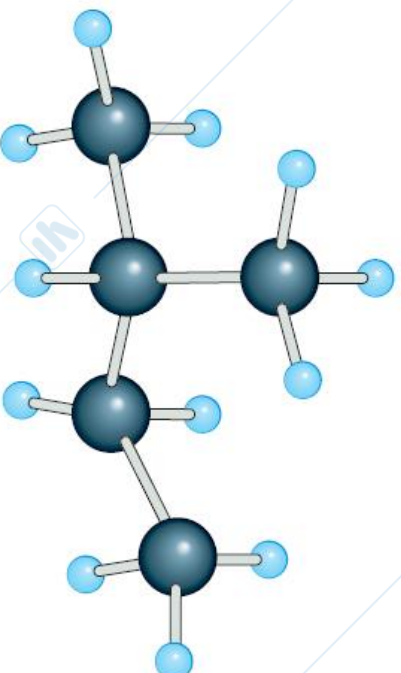
Se gli atomi di carbonio diventano cinque, le possibili catene diventano tre.

n-pentano



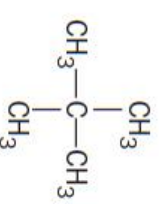
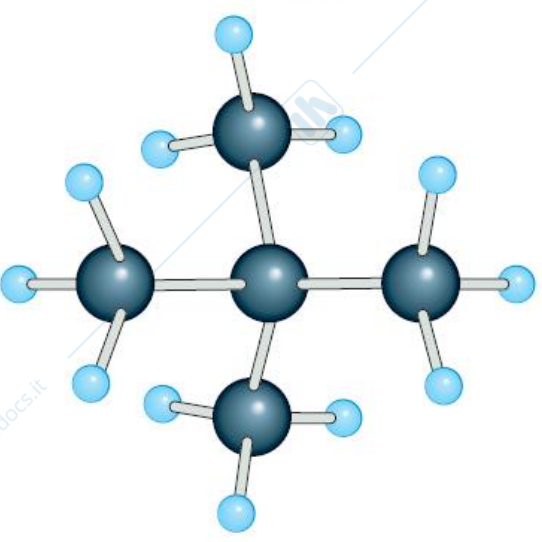
isopentano

(2-metilbutano)



neopentano

(dimetilpropano)



## Isomeria strutturale

Gli isomeri sono composti che hanno la stessa formula molecolare ma proprietà diverse a causa della diversa disposizione reciproca degli atomi.

I due isomeri del butano e i tre isomeri del pentano sono detti isomeri di struttura (o di catena).

Al crescere del numero di atomi di carbonio, aumenta il numero di isomeri di struttura possibili.

L'esano ha cinque isomeri, ma il decano ne ha 75.

Con 20 atomi di carbonio si hanno 366319 isomeri.

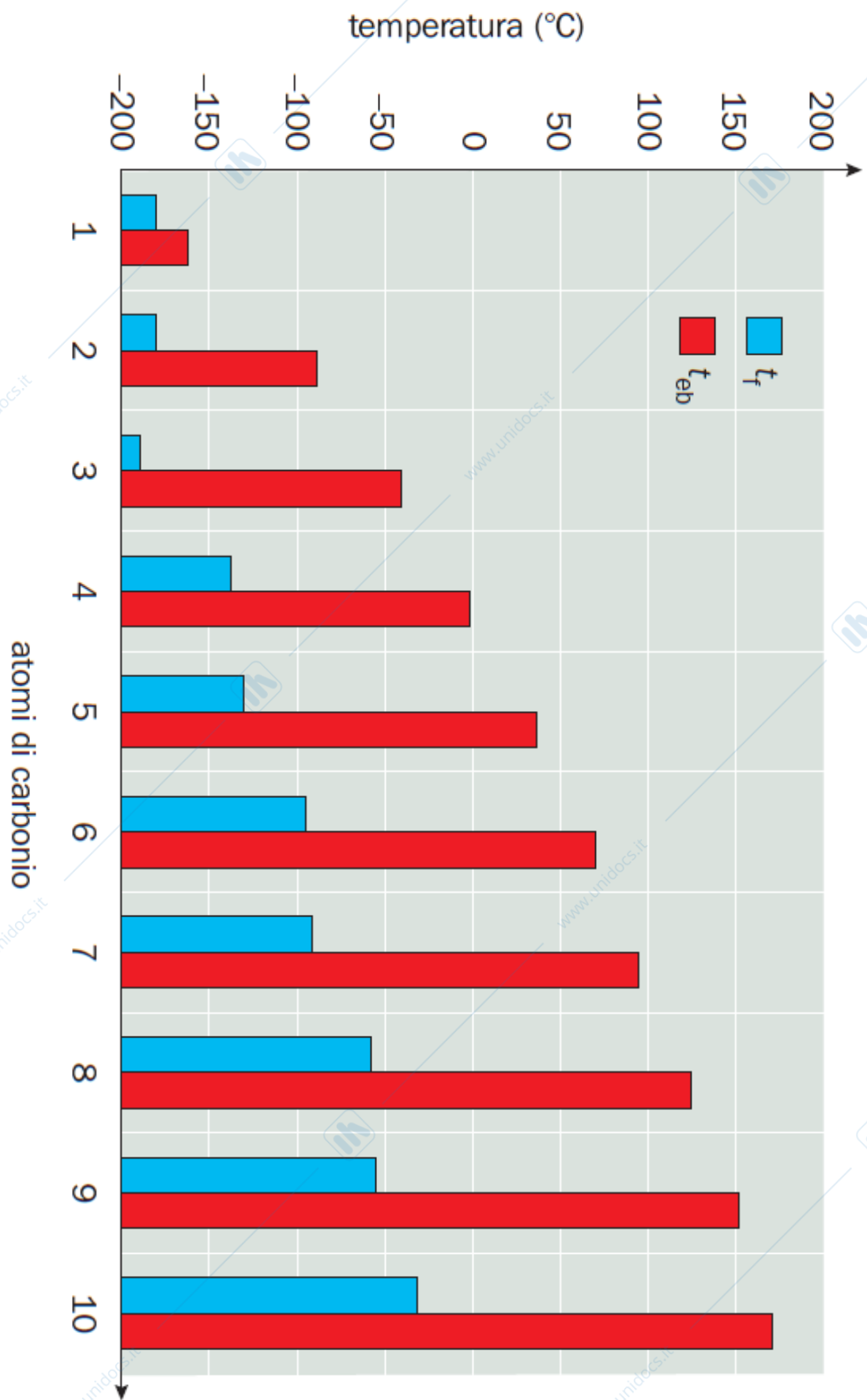
## Le proprietà fisiche degli idrocarburi saturi

In quasi tutti gli idrocarburi saturi gli atomi di carbonio presentano una **struttura tetraedrica**.

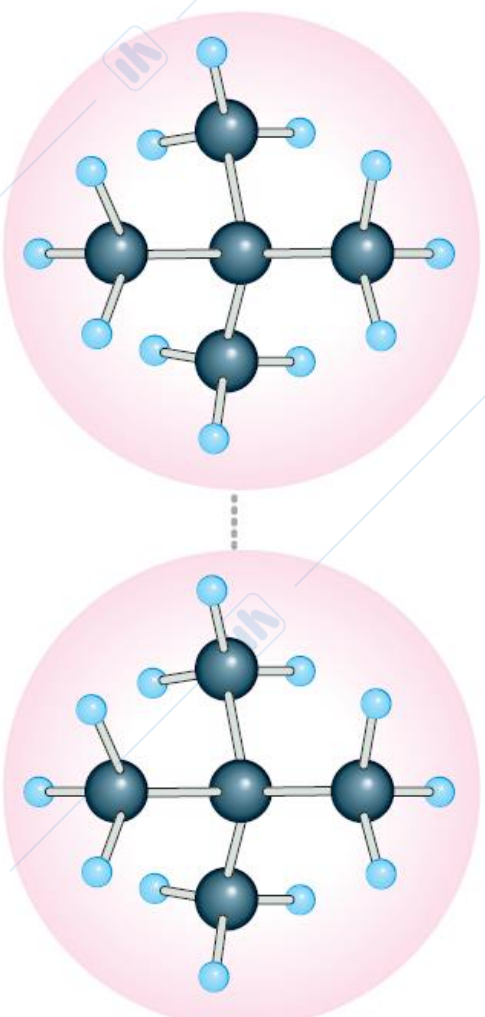
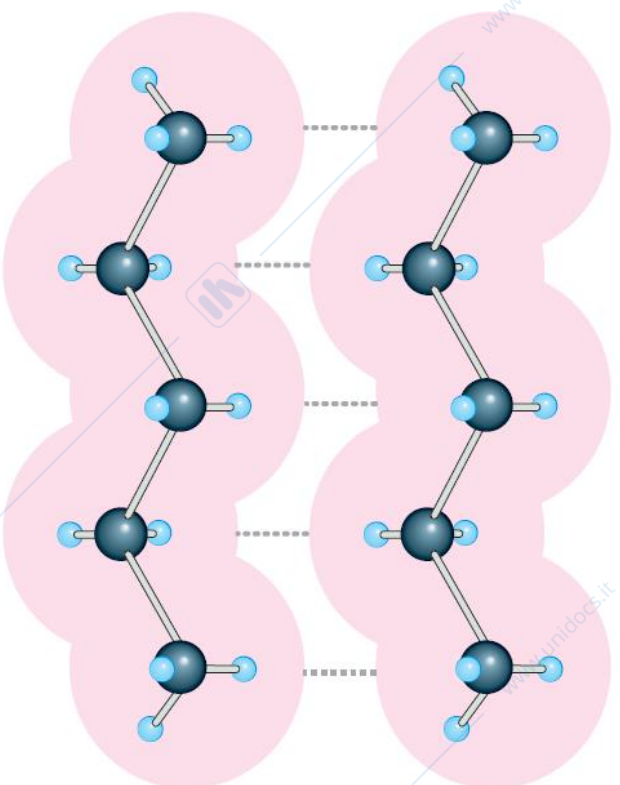
Il legame C — H è debolmente polare, ma la distribuzione della carica elettrica è complessivamente simmetrica: **gli idrocarburi saturi sono sostanze apolari**.

Le forze intermolecolari sono **forze di dispersione di London**: aumentano al cresce del numero di atomi e quindi delle dimensioni delle molecole.

Gli alcani e i cicloalcani sono praticamente insolubili in acqua, mentre si sciolgono in solventi apolari.



**Le ramificazioni della catena comportano una diminuzione della superficie di interazione tra le molecole e di conseguenza una diminuzione delle forze di dispersione intermolecolari.**





## **Le formule degli idrocarburi**

L'esistenza di composti isomeri richiede rappresentazioni che mettano in evidenza le diverse strutture delle molecole.

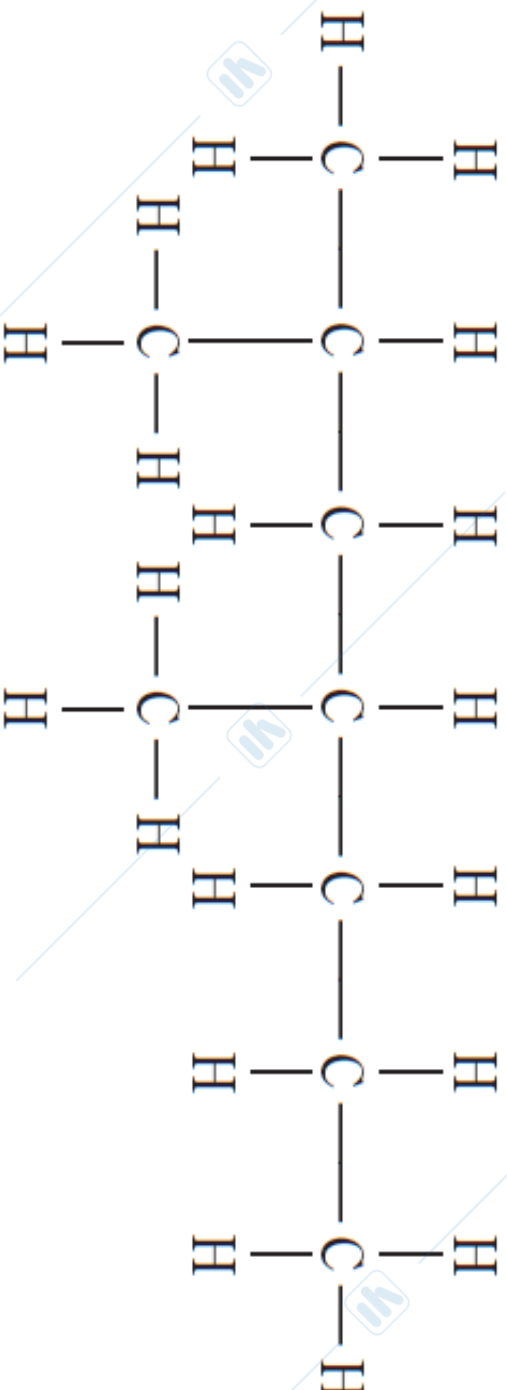
La rappresentazione sul piano risulta complicata dal fatto che la struttura molecolare degli alcani si sviluppa nello spazio secondo la geometria tetraedrica.

Esistono alcuni modi codificati e la scelta di una rappresentazione piuttosto che di un'altra dipende da quante e quali informazioni si desidera comunicare.

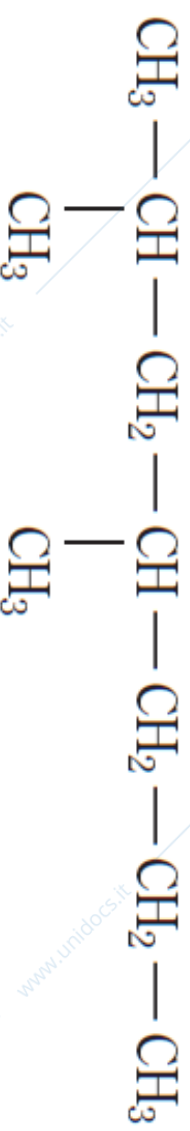
La **formula molecolare**, detta anche *formula bruta* o *grezza*, indica solamente quanti e quali atomi sono presenti nella molecola.



La **formula di struttura** mostra tutti gli atomi e i legami tra gli stessi:



Nella *formula condensata* sono rappresentati tutti gli atomi di carbonio e si dà rilievo ai soli legami tra questi, che definiscono la struttura della catena:



La parentesi indica che il gruppo  $-\text{CH}_3$  è legato al carbonio a sinistra



I gruppi che si ripetono possono essere raccolti tra parentesi



## Nomenclatura degli idrocarburi saturi

La necessità di dare un nome a milioni di composti ha portato la IUPAC a sviluppare una serie di regole specifiche per la chimica organica.

Le regole relative agli alcani sono molto importanti poiché in base a esse è costruita la nomenclatura di tutti gli altri composti della chimica del carbonio.

**Metano, etano, propano e butano** sono i nomi degli idrocarburi che hanno rispettivamente uno, due, tre e quattro atomi di carbonio.

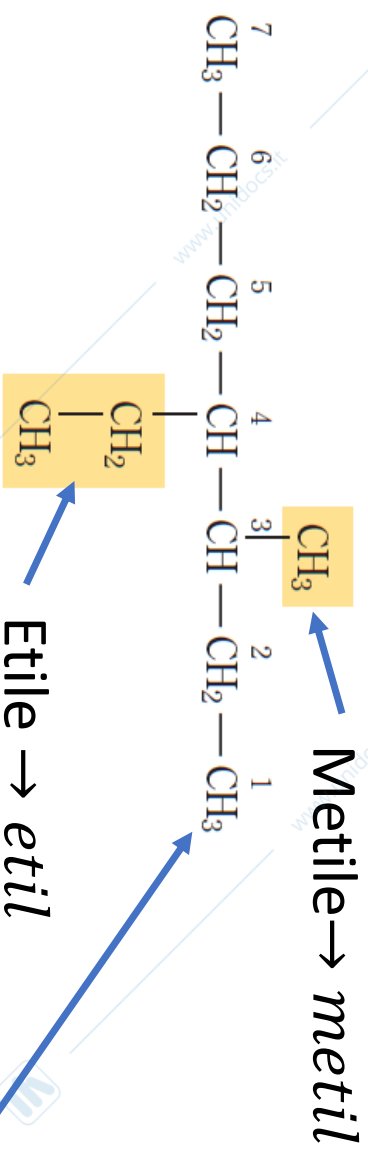
Il nome degli altri composti è formato da **un prefisso**, che indica il **numero di atomi di carbonio**, seguito dalla **desinenza ano**.

I prefissi sono *pent, es, ept, ott, non* eccetera.



Le ramificazioni sono considerate come un alcano a cui è stato sottratto un atomo di idrogeno (gruppo alchilico).

Il nome del gruppo si ricava dal nome del corrispondente alcano sostituendo la desinenza *ano* con la desinenza *ile*. I nomi dei gruppi alchili vanno riportati privi della *e* finale.



Gli atomi di carbonio della catena principale sono numerati iniziando da un'estremità della catena.

**La numerazione parte dall'estremità che consente attribuire i numeri più bassi possibile agli atomi di carbonio a cui sono legati i gruppi alchilici.**

La **posizione dei gruppi alchilici** è individuata dal **numero dell'atomo di carbonio** della catena principale a cui sono legati.

Nome	Formula di struttura condensata	Nome	Formula di struttura condensata
<b>Metil (Me)</b>	—CH <sub>3</sub>	<b>1,1-Dimetiletil (terz-butil, t-Bu)</b>	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{—CCH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$
<b>Etil (Et)</b>	—CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	<b>Pentil</b>	—CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>
<b>Propil (Pr)</b>	—CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	<b>3-Metilbutil (isopentil)</b>	$\begin{array}{c} \text{—CH}_2\text{CH}_2\text{CHCH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$
<b>1-Metiletil (isopropil, iPr)</b>	$\begin{array}{c} \text{—CHCH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	<b>2-Metilbutil</b>	$\begin{array}{c} \text{—CH}_2\text{CHCH}_2\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$
<b>Butil (Bu)</b>	—CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	<b>2,2-Dimetilpropil (neopentil)</b>	$\begin{array}{c} \text{—CH}_2\text{CCH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$
<b>2-Metilpropil (isobutil, iBu)</b>	$\begin{array}{c} \text{—CH}_2\text{CHCH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	<b>2,2-Dimetilpropil (neopentil)</b>	$\begin{array}{c} \text{—CH}_2\text{CCH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$
<b>1-Metilpropil (sec-butil, s-Bu)</b>	$\begin{array}{c} \text{—CHCH}_2\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	<b>2,2-Dimetilpropil (neopentil)</b>	$\begin{array}{c} \text{—CH}_2\text{CCH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$





## Alcheni

I composti in cui almeno due atomi di carbonio non sono legati a quattro altri atomi sono chiamati **idrocarburi insaturi**.

Gli idrocarburi insaturi a catena aperta che presentano un **doppio legame** sono chiamati **alcheni**.

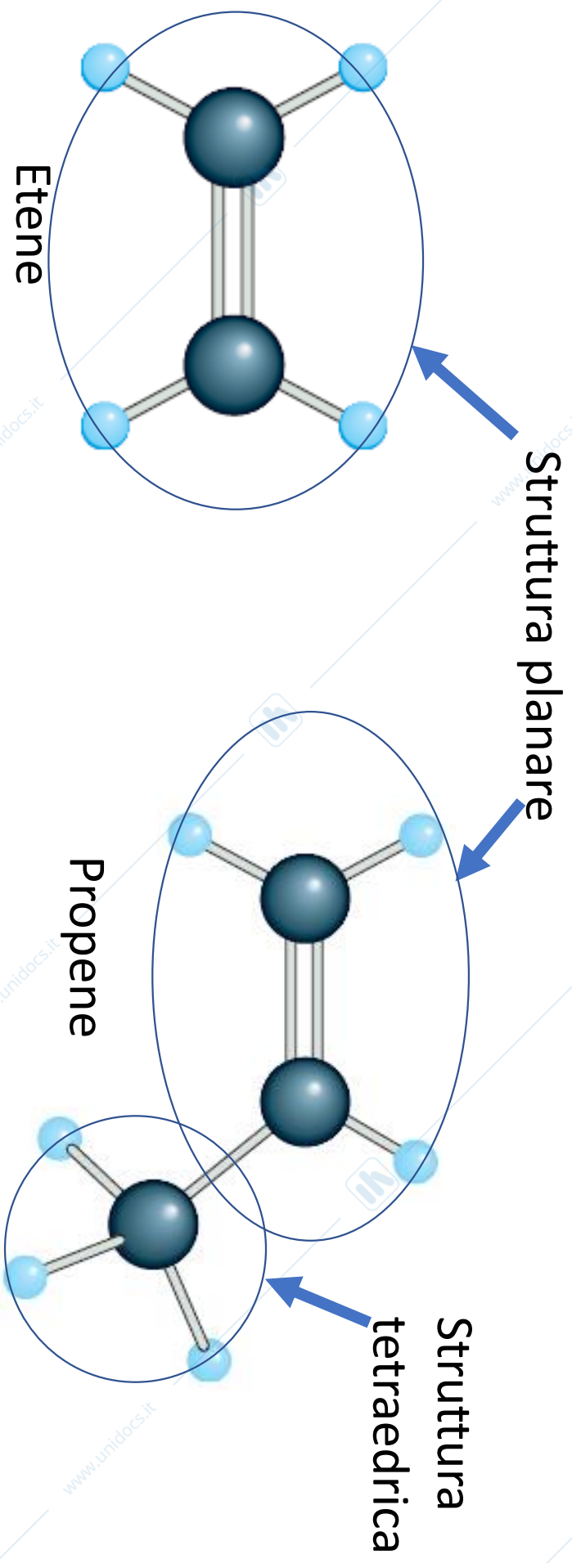
La formula generale degli alcheni a catena aperta è



Il loro nome è caratterizzato dalla desinenza **ene**.

La lunghezza di un doppio legame C-C (0,134 nm) è minore di quella di un legame semplice (0,154 nm).

I due atomi di carbonio coinvolti in un doppio legame hanno legami disposti con **geometria triangolare piana** (ibridazione  $sp^2$ ).



Gli alcheni sono composti apolari, le forze di dispersione tra le loro molecole aumentano incrementando il numero di atomi di carbonio.

La temperatura di ebollizione degli alcheni a catena lineare aumenta all'aumentare della lunghezza della catena.

Nome	Formula molecolare	Formula condensata	$T_{eb}$ ( $^{\circ}C$ )
etene	$C_2H_4$	$CH_2 = CH_2$	-104
propene	$C_3H_6$	$CH_2 = CH - CH_3$	-47
1-butene	$C_4H_8$	$CH_2 = CH - CH_2 - CH_3$	-6
1-pentene	$C_5H_{10}$	$CH_2 = CH - CH_2 - CH_2 - CH_3$	30

## Nomenclatura degli alcheni

Le regole per gli alcheni sono molto simili a quelle per gli alcani.

La **catena principale non è la più lunga in assoluto**, ma quella più lunga **dove si trova il doppio legame**.

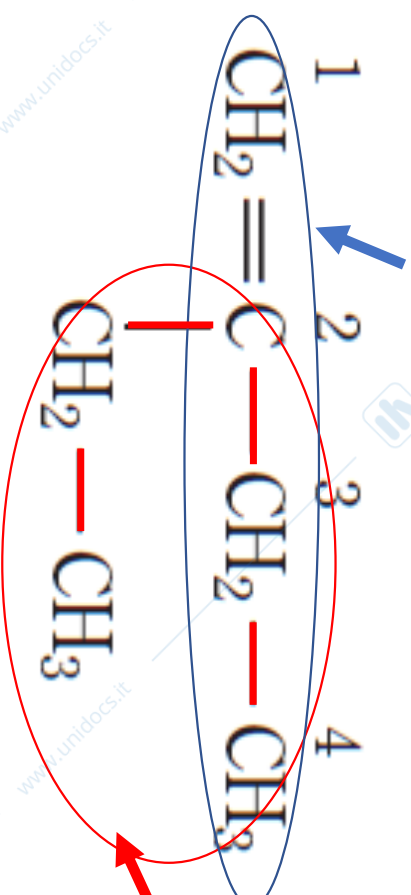
Gli **atomi di carbonio sono numerati partendo dall'estremità più vicina al doppio legame**.

2-esene



Catena principale

2-etil-1-butene



Catena più lunga

## Isomeria di posizione e doppio legame

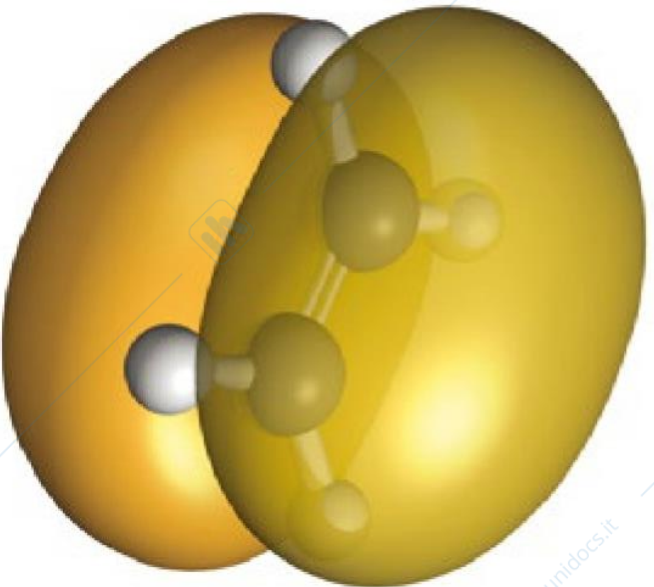
La diversa posizione del doppio legame in una catena formata dallo stesso numero di atomi di carbonio rende possibile l'esistenza di due o più composti isomeri.

Per esempio, ci sono tre alcheni lineari isomeri di posizione che corrispondono alla formula  $C_6H_{12}$ : 1-esene, 2-esene e 3-esene.



Si tratta di **isomeri di posizione** proprio perché nelle loro molecole il doppio legame è presente in una posizione diversa nella catena.

La presenza di un doppio legame porta a una nuova forma di isomeria distinta da quella di struttura (di catena o di posizione).



**Il legame  $\pi$  di una molecola di alchene impedisce la rotazione intorno al doppio legame.**

**La rotazione è possibile quando il legame è semplice.**

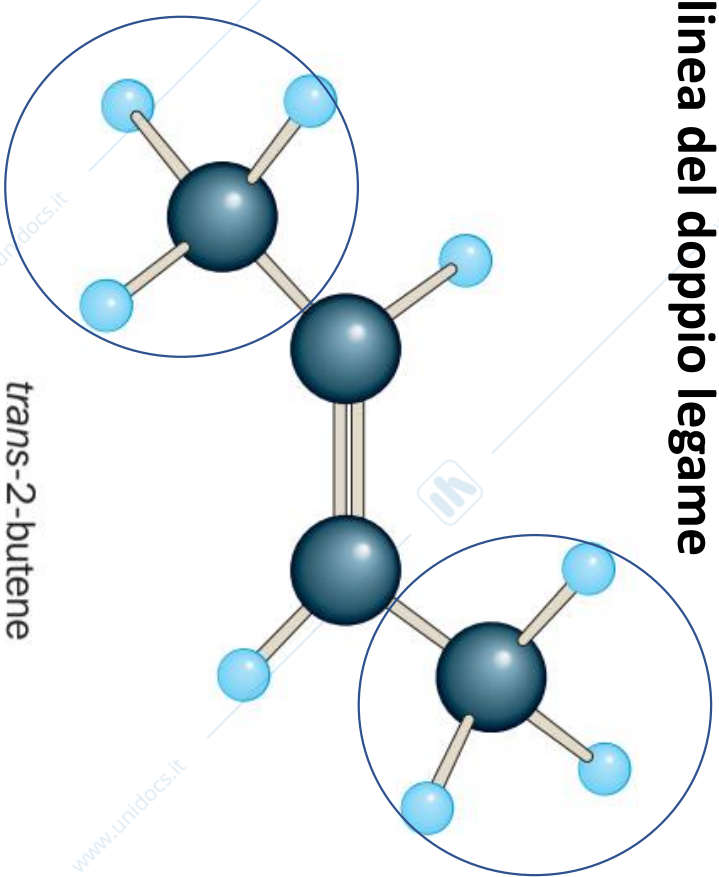
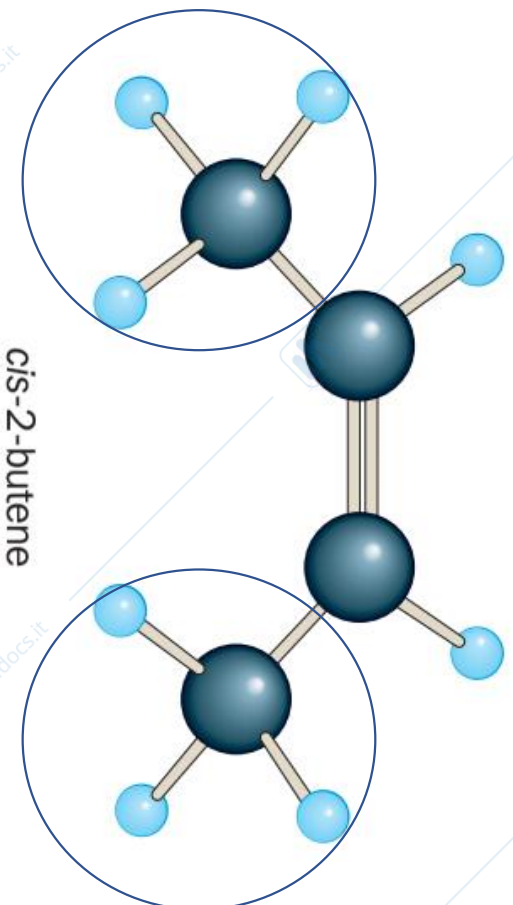
**Tutti e sei gli atomi (2 di C e 4 di H) giacciono sul medesimo piano.**

## Isomeria cis e trans

La mancata rotazione intorno al doppio legame determina due differenti isomeri a seconda di come sono disposti gli atomi intorno al doppio legame.

Nel 2-butene, i due gruppi  $-CH_3$  si possono trovare:

- **dalla stessa parte (cis-2-butene) rispetto la linea del doppio legame**
- **da parti opposte (trans-2-butene).**



## Isomeria geometrica

L'isomeria geometrica è diversa dall'isomeria di catena e da quella di posizione.

Gli **isomeri geometrici** differiscono per la **diversa disposizione spaziale** degli atomi.

Gli **isomeri cis e trans sono isomeri geometrici**, i legami reciproci tra gli atomi sono esattamente gli stessi, cambia solo la disposizione spaziale degli atomi.

## Cicloalcheni

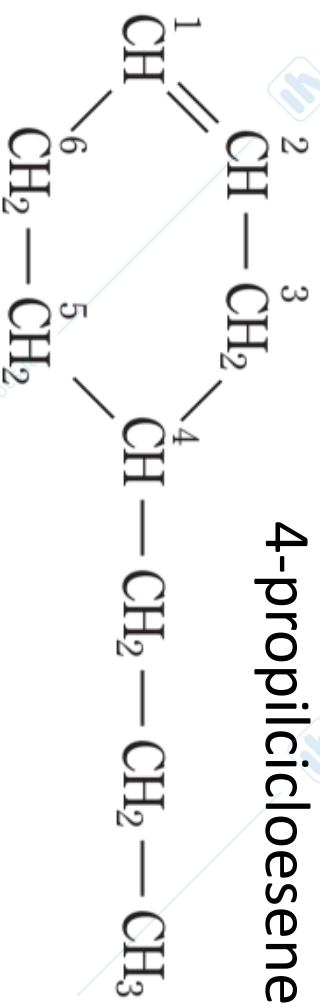
I cicloalcheni sono alcheni con una struttura ciclica.

La formula generale di un cicloalchene è  $C_nH_{2n-2}$

### *Catene cicliche ramificate*

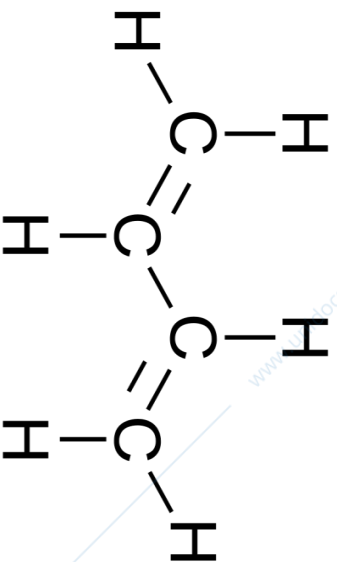
La posizione di un gruppo alchilico è individuata dal numero dell'atomo di carbonio della catena ciclica a cui è legato.

La catena ciclica è numerata partendo da uno dei due atomi legati da un doppio legame in modo da assegnare il numero inferiore.



## Dieni

Gli idrocarburi che presentano due doppi legami sono chiamati dieni  
( $C_nH_{2n-2}$ ).



## Trieni

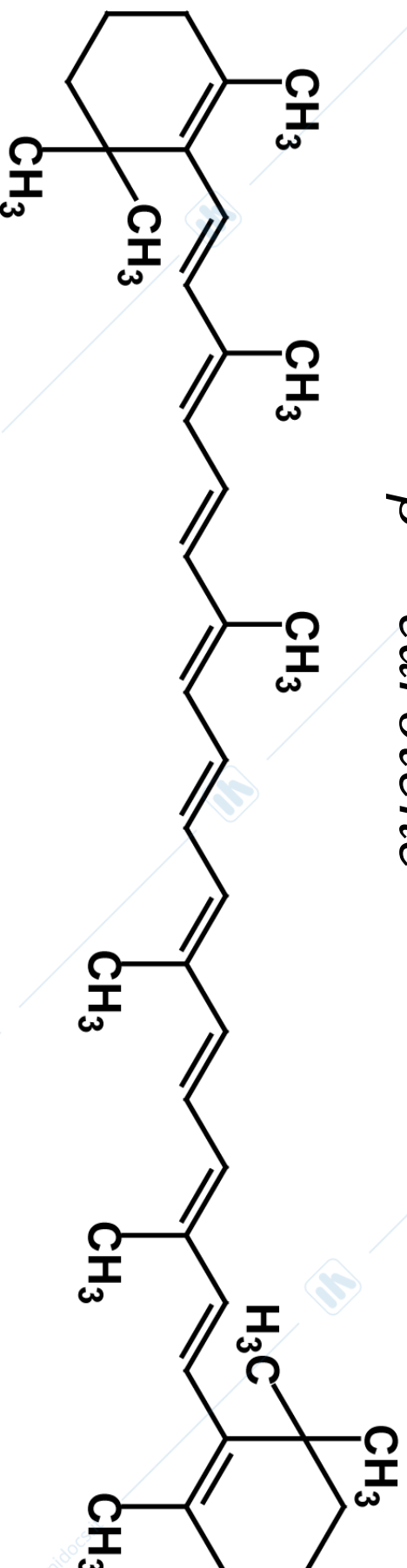
Gli idrocarburi che presentano tre doppi legami sono chiamati trieni  
( $C_nH_{2n-4}$ ).

## Polieni coniugati

I composti nella cui struttura molecolare si alternano regolarmente legami semplici a doppi legami prendono il nome di polieni coniugati.

I polieni coniugati hanno grande importanza in alcuni processi biologici.

### *$\beta$ – carotene*



## Alchini

Gli idrocarburi insaturi a catena aperta che presentano un **triplo legame** sono chiamati **alchini**.

La formula generale degli alcheni a catena aperta è  $C_nH_{2n-2}$

Il loro nome è caratterizzato dalla desinenza **ino**.

Il più semplice degli alchini è l'etino (acetilene).

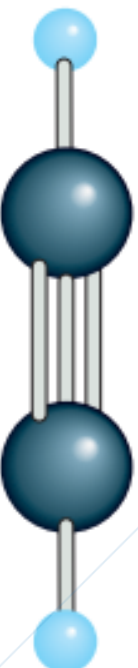


## Triplo legame

La lunghezza di triplo legame C-C è 0,120 nm (doppi legame 0,134 nm, singolo 0,154 nm).

Gli atomi di carbonio che partecipano al triplo legame forniscono legami disposti con geometria lineare (ibridazione  $sp$ ).

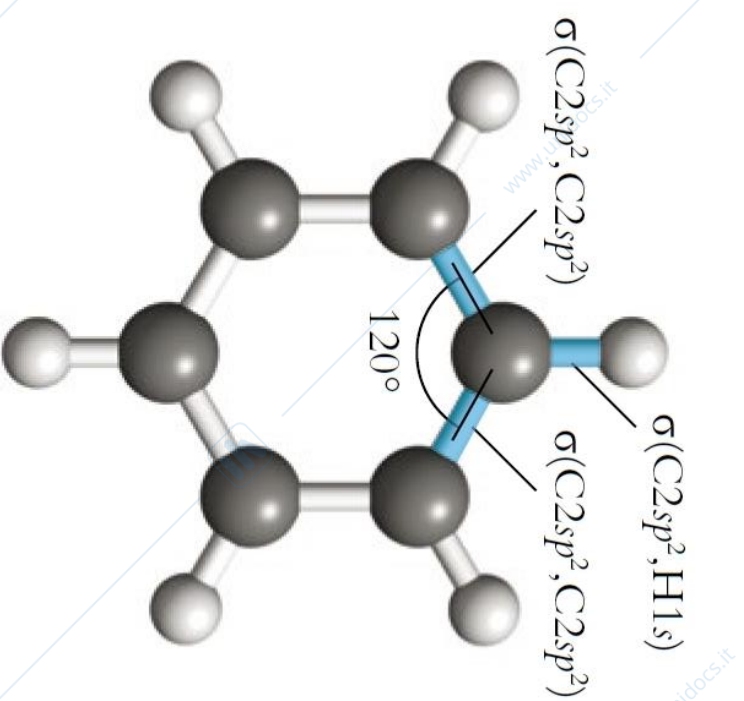
L'acetilene (etino) presenta geometria lineare.





## Benzene

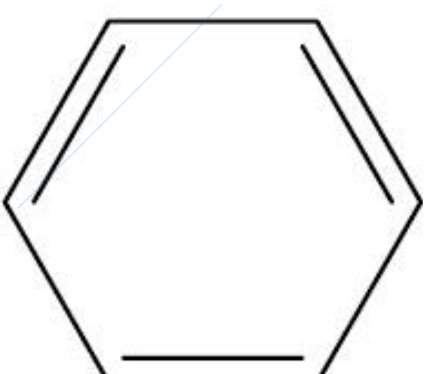
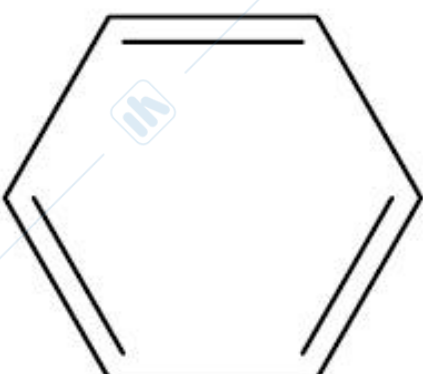
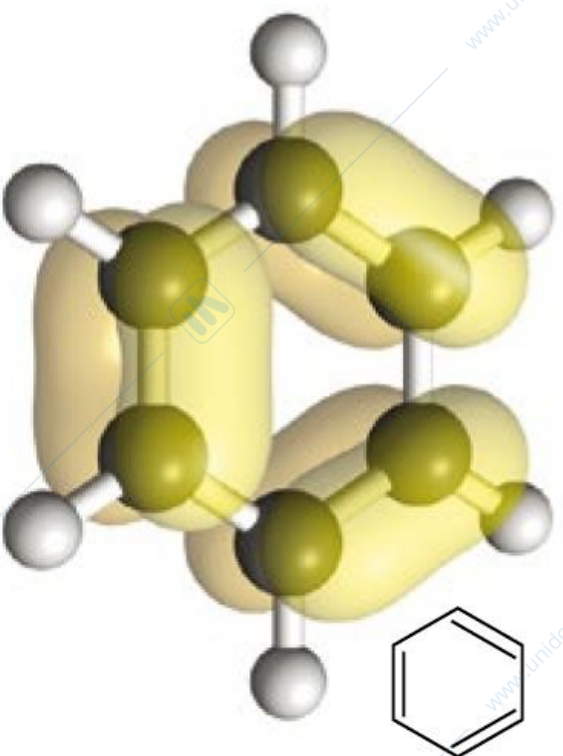
L'anello esagonale del benzene è costituito da sei legami  $\sigma$  tra gli atomi di carbonio con ibridazione  $sp^2$ .



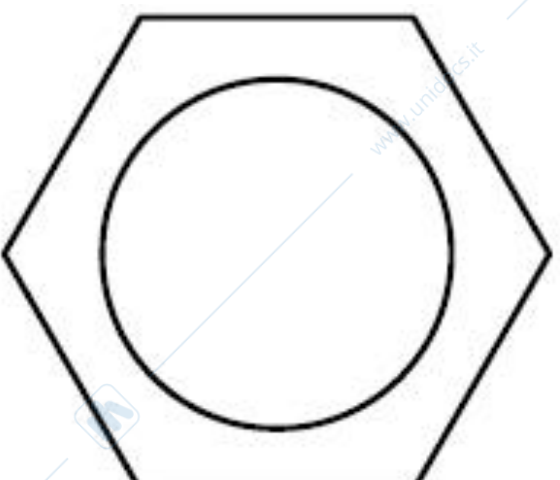
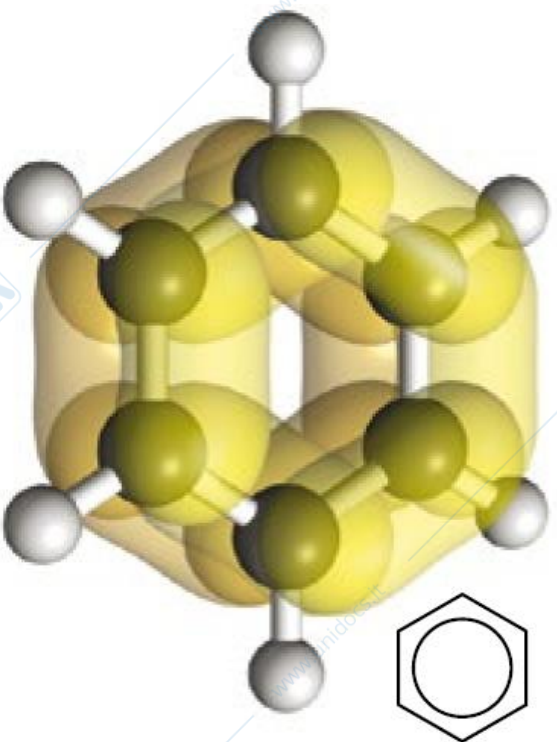
Gli orbitali  $2p$  del carbonio non ibridizzati possono formare un legame  $\pi$  con uno o con l'altro degli atomi contigui.

Sono possibili due disposizioni ciascuna corrispondente a una struttura di Kekulé.

Si ha risonanza tra le due strutture



A causa della risonanza tra le due strutture di Kekulé, gli elettroni  $2p$  formano nell'ibrido di risonanza una nube a forma di doppia ciambella sopra e sotto l'anello esagonale.



Analogo risultato si ottiene con la teoria degli orbitali molecolari.

L'orbitale molecolare legante  $\pi$  più stabile ha lobi esagonali di densità elettronica al di sopra e al disotto del piano  $\sigma$  dei sei atomi di carbonio.

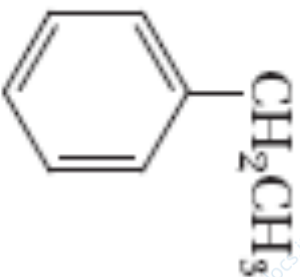
## Idrocarburi aromatici o areni

Un anello con una struttura analoga a quella del benzene è detto aromatico.

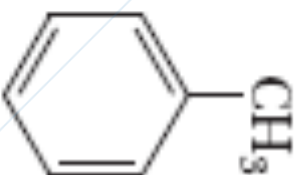
Il benzene e tutti gli idrocarburi con uno o più anelli aromatici sono detti **idrocarburi aromatici o areni**.



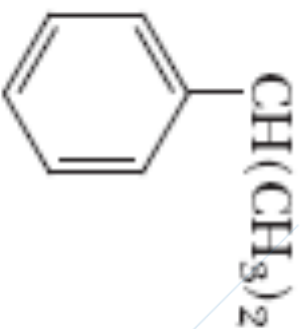
Benzene



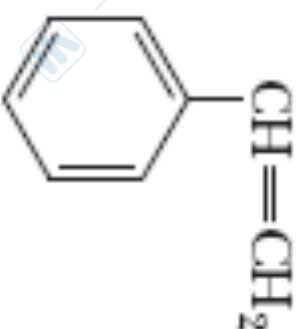
Etilbenzene



Toluene



Cumene



Stirene

Gli idrocarburi aromatici costituiti da un anello aromatico legato a un gruppo alchilico sono detti **alchilbenzeni**.

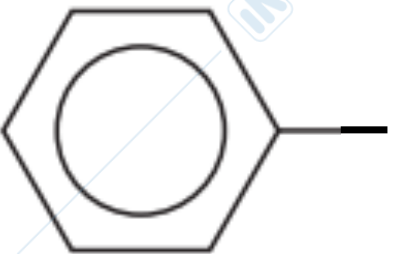
## Arile

Un **gruppo radicale** ottenuto da un idrocarburo aromatico per eliminazione di un atomo di idrogeno è detto **arile**.

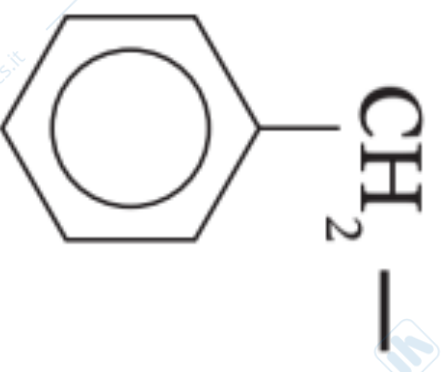
Nel caso del benzene, il gruppo radicale  $C_6H_5-$  (*Ph* -) è detto **fenile**.

Nel caso del toluene, il gruppo radicale  $C_6H_5CH_2-$  (*Bn* -) è detto **benzile**.

Fenile,  $C_6H_5-$

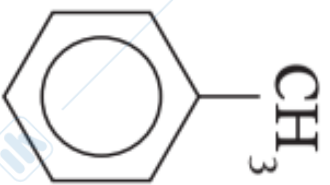


Benzile,  $C_6H_5CH_2-$

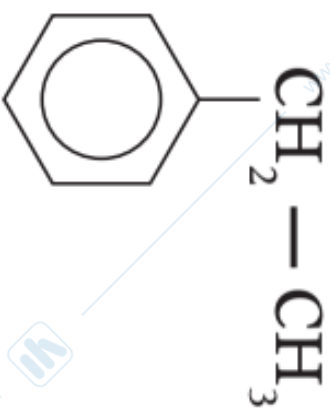


Per la nomenclatura dei derivati aromatici è molto diffuso l'uso dei nomi comuni.

Nel caso di un singolo sostituente la nomenclatura IUPAC prevede il nome del sostituente seguito del termine benzene.



Metilbenzene (toluene)

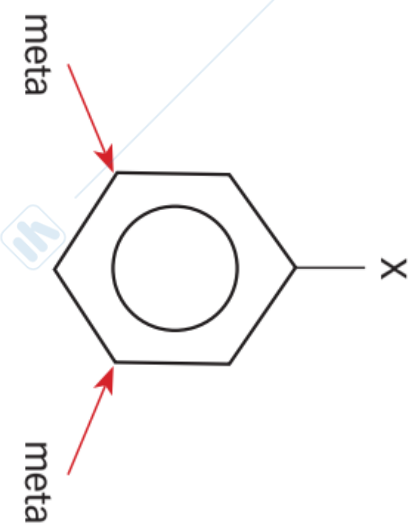
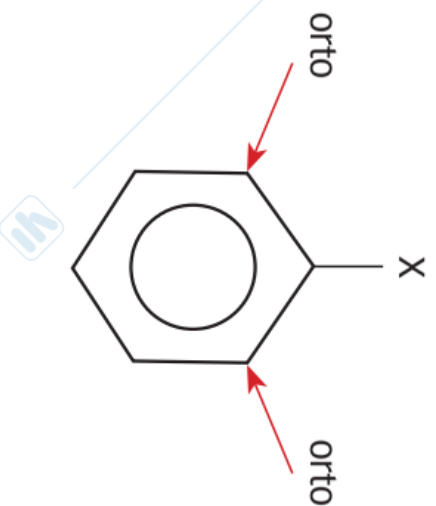


Etilbenzene

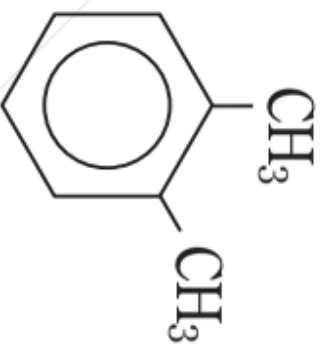


Propilbenzene

Nel caso in cui i sostituenti siano due si utilizzano spesso le diciture orto (o-), meta (m-) e para (p-) a seconda che rispettivamente i due gruppi siano su atomi di carbonio adiacenti, separati da un carbonio o frontali.

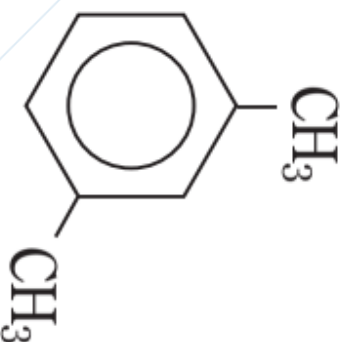


Nel caso di due o più sostituenti le regole IUPAC prevedono ricorrere alla numerazione, seguendo le regole valide per gli idrocarburi alifatici (numerazione più bassa, ordine alfabetico, eccetera).



o-xilene

1,2 dimetilbenzene



m-xilene

1,3 dimetilbenzene



p-xilene

1,4 dimetilbenzene

## Difenile

Due anelli benzenici legati tra loro con un unico legame C – C formano un molecola chiamata difenile.

Difenile,  $C_{12}H_{10}$



## Idrocarburi aromatici condensati

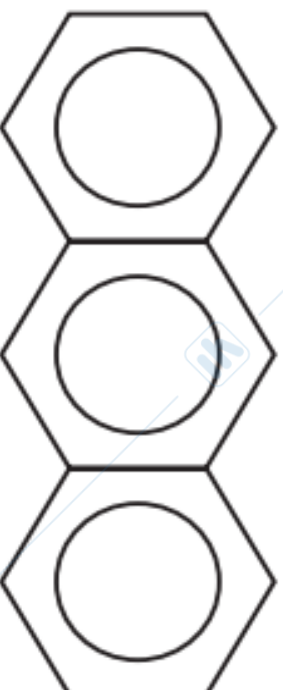
Gli **idrocarburi aromatici condensati** contengono due o più anelli benzenici uniti tra loro per effetto di una o più coppie di atomi carbonio in comune (nuclei condensati).

Gli **idrocarburi aromatici condensati** sono detti anche **idrocarburi policiclici aromatici**.

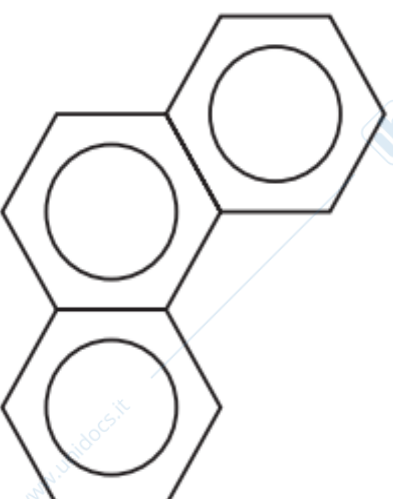
Naftalene,  $C_{10}H_8$

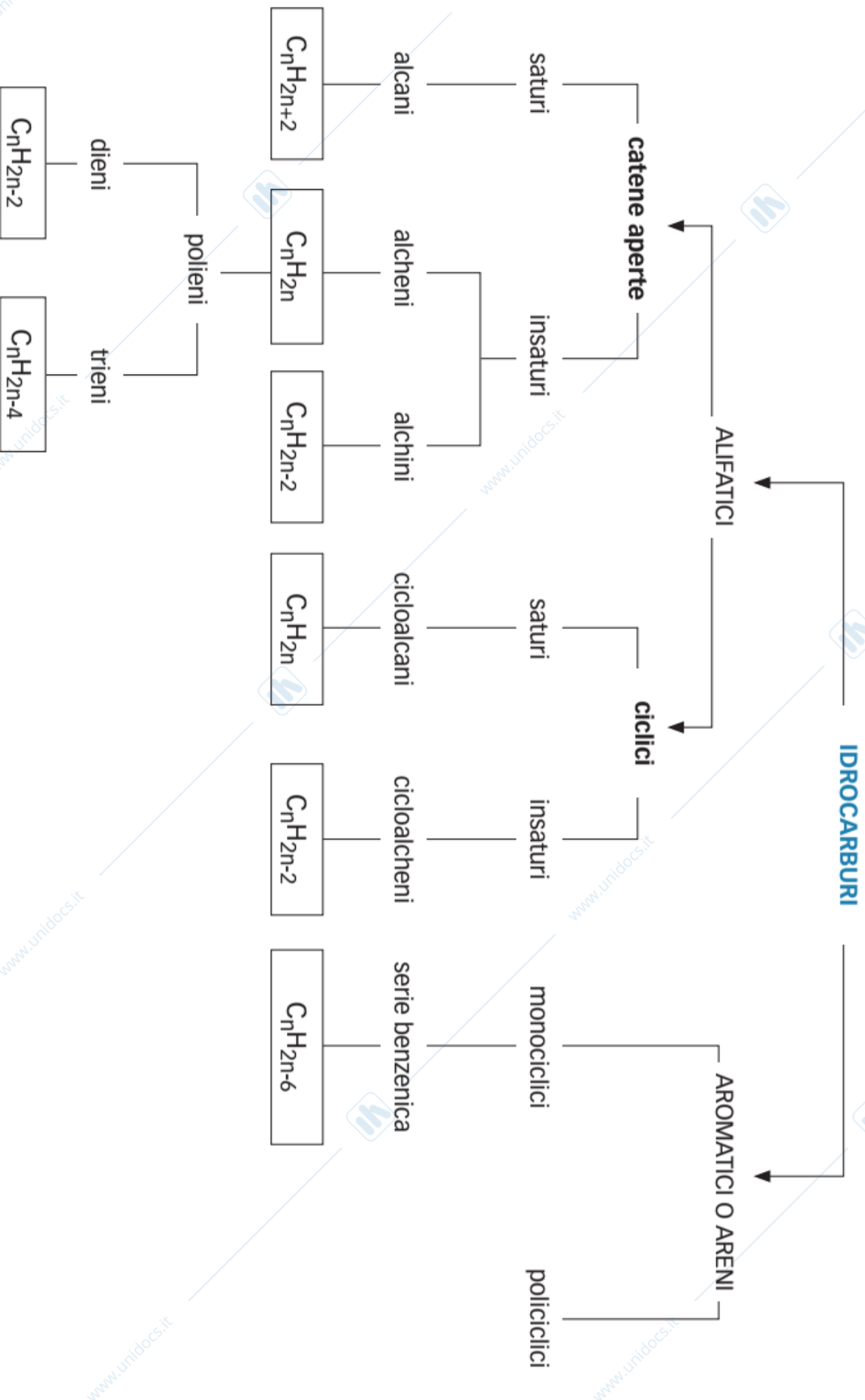


Antracene,  $C_{14}H_{10}$



Fenantrene,  $C_{14}H_{10}$





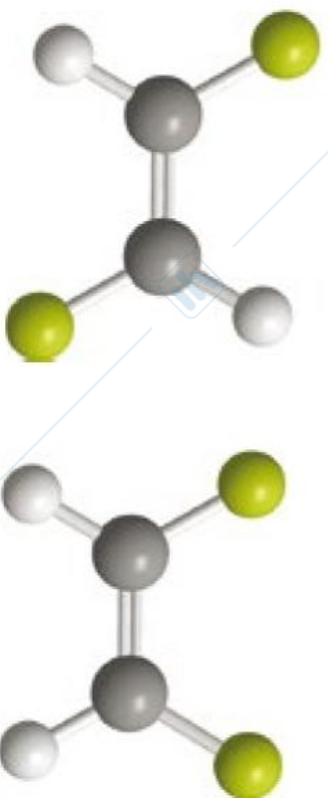
# Isomeria nei composti organici

Stessi atomi, partner diversi



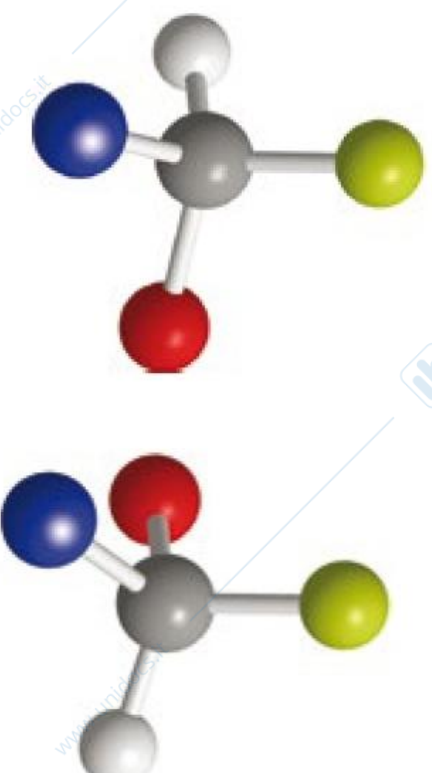
Isomeri di struttura

Stessi atomi, stessi partner,  
diverso assetto spaziale



Isomeri geometrici

Stessi atomi, stessi partner,  
immagini speculari non sovrapponibili



Isomeri ottici

## Isomeri di struttura

Le molecole che sono isomeri di struttura hanno differente connettività: sono costituite dai medesimi atomi legati in modo diverso.

Gli isomeri di struttura sono distinti in tre classi: isomeri di catena, isomeri di posizione, isomeri di gruppo funzionale.

Gli **isomeri di catena** differiscono per come gli atomi di carbonio sono connessi tra loro.

Gli **isomeri di posizione** hanno gli atomi carbonio connessi nel medesimo modo, essi differiscono per la posizione di un gruppo funzionale o di un legame multiplo.

Gli **isomeri di gruppo funzionale** pur avendo la medesima formula molecolare hanno gruppi funzionali diversi.

## Stereoisomeri

Gli **stereoisomeri** hanno **atomi collegati nello stesso modo ma disposti diversamente nello spazio**.

Gli stereoisomeri sono distinti in due classi: isomeri geometrici e isomeri ottici.

Negli **isomeri geometrici** gli atomi sono disposti diversamente ai due lati di un doppio legame oppure sopra e sotto l'anello di un cicloalcano.

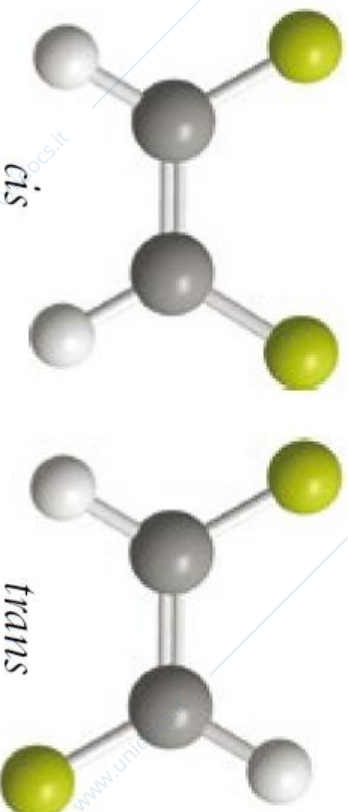
Negli **isomeri ottici**, le molecole hanno immagini speculari non sovrapponibili tra loro.

Una **molecola chirale** è distinta dalla propria immagine speculare, con la quale costituisce una **coppia di enantiomeri** (isomeri speculari).

Una molecola achirale è sovrapponibile alla sua immagine speculare.

# Isomeria geometrica

Differenti posizioni rispetto al doppio legame.



Differenti posizioni rispetto all'anello.



## Isomeria ottica

Le immagini speculari delle molecole di 3-metilesano non sono sovrapponibili. Le due molecole sono isomeri ottici distinti e enantiomeri l'una dell'altra.

