



# La chimica organica e gli idrocarburi

a cura di Antonio Incandela

La **chimica organica** è la branca della chimica che si occupa dei composti del carbonio, esclusi i pochi in cui esso risulta legato unicamente all'ossigeno, o agli ioni metallici.

Il termine «organico» ha un'origine storica, in quanto i primi composti scoperti erano, in effetti, presenti negli esseri viventi.

Si riteneva, pertanto, che gli atomi costituenti fossero uniti da una forza sconosciuta chiamata *vis vitalis*, che si trasmetteva soltanto da una sostanza organica all'altra.

Nel 1828 il chimico Wohler riuscì ad ottenere in laboratorio l'urea, prodotta nei viventi dal metabolismo delle proteine, a partire da un composto inorganico, dimostratasi chimicamente identica a quella naturale, sfatandosi, in tal modo, la precedente idea.

## Il carbonio

Il carbonio risulta, pertanto, l'elemento caratteristico di tutti i composti organici.

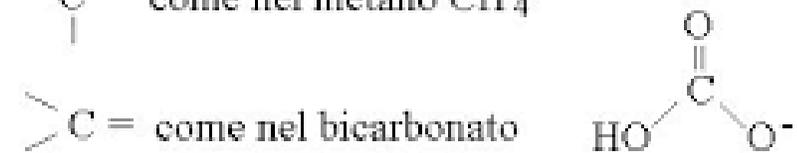
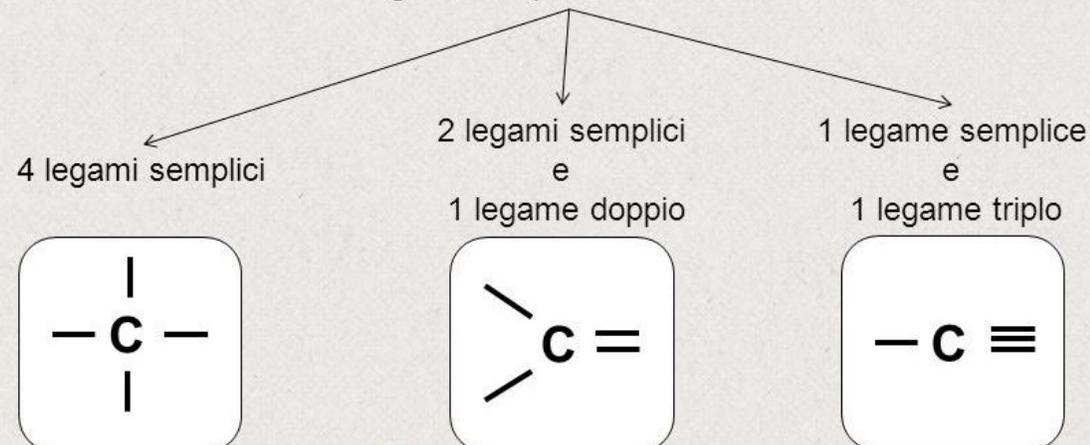
Esso è un non metallo, la cui elettronegatività (2,55), simile a quella dell'idrogeno, non risulta né particolarmente alta, né particolarmente bassa.

Nei composti organici, il carbonio forma sempre quattro legami covalenti.

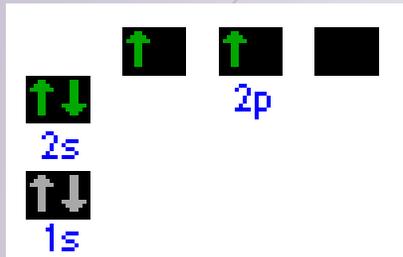
I legami carbonio – carbonio (C-C) sono forti e stabili, così come i legami carbonio – idrogeno (C-H)



In chimica organica il Carbonio forma 4 legami che possono essere:

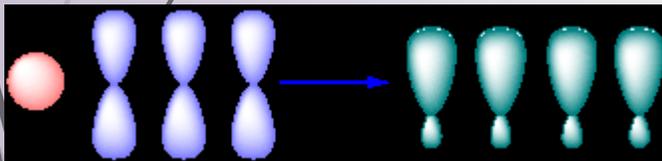


Il C, elemento del quarto gruppo e del secondo periodo, possiede 6 protoni e 6 elettroni disposti negli orbitali nel seguente modo:

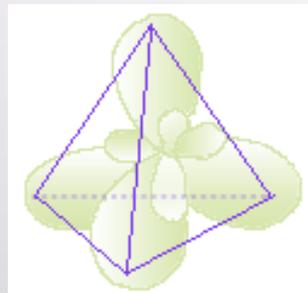


ha cioè 2 elettroni spaiati nel livello più esterno. Poiché nei composti organici il C forma 4 legami covalenti, significa che un elettrone dell'orbitale 2s è promosso nell'orbitale 2p e poi si verifica l'ibridazione.

**Ibridazione sp<sup>3</sup>:** Si ottiene dal rimescolamento dell'orbitale s con 3 orbitali p.

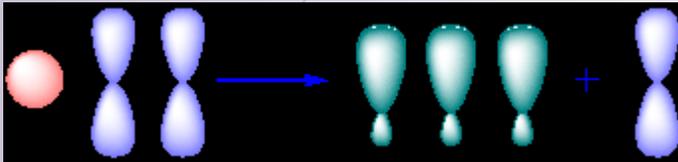


I 4 orbitali ibridi si dispongono ai vertici di un tetraedro, con angoli di 109.5°.

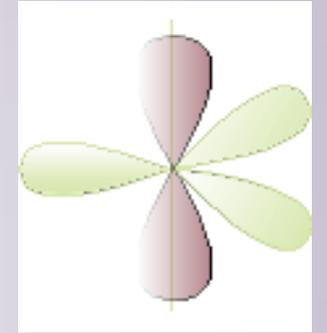


I legami che formano con gli altri elementi sono di tipo  $\sigma$ , perciò molto forti.

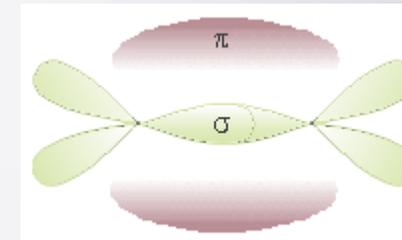
**Ibridazione  $sp^2$ :** Dopo la promozione dell'elettrone, un orbitale s si ibrida con 2 orbitali p.



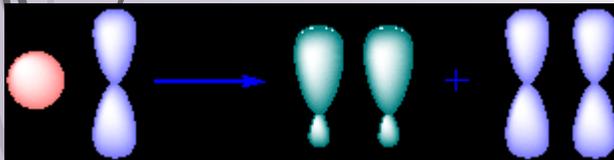
I 3 orbitali ibridi si dispongono sullo stesso piano con angoli di  $120^\circ$ , mentre l'orbitale p non ibridato si pone perpendicolarmente agli altri 3.



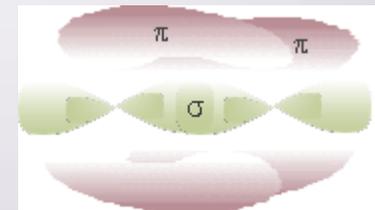
Quando si sovrappone un orbitale p non ibridato di un C con quello di un altro C si ha un legame  $\pi$ , più debole del legame  $\sigma$ ; quindi, tra due atomi di C si ha un doppio legame: uno  $\sigma$  e uno  $\pi$



**Ibridazione  $sp$ :** Si ha quando un orbitale s si sovrappone ad un solo orbitale p.



I 2 orbitali ibridi ottenuti si dispongono lungo un asse con un angolo di  $180^\circ$ . Gli orbitali p non ibridati si pongono perpendicolari tra loro e agli orbitali ibridi.



Gli orbitali ibridi formano due legami  $\sigma$  con altri elementi, mentre tra i due C si ha un triplo legame: uno  $\sigma$  e due  $\pi$ .

I composti organici possono essere rappresentati con vari tipi di **formule bidimensionali** scelte in base alla necessità.

- 1- **Formula grezza** o bruta o molecolare: esprime le varietà e il numero degli atomi di ogni molecola
- 2- **Formula di struttura** o di Lewis: rappresenta l'intera molecola evidenziando i legami covalenti che si instaurano tra i vari atomi
- 3- **Formula razionale**: formula di struttura semplificata nella quale sono esplicitati solo i legami carbonio – carbonio e gli eventuali suoi legami con altri atomi, mentre il numero degli atomi di idrogeno legati a ciascun carbonio è indicato a pedice.
- 4- **Formula condensata**: rappresenta un'ulteriore semplificazione della f. razionale con l'eliminazione dei trattini che rappresentano i legami e l'inserimento tra parentesi tonde dei gruppi ripetuti più volte, riportandone il numero a pedice della parentesi.

Composto	Lewis	Razionale	Condensata
<i>n</i> -pentano	$\begin{array}{cccccc} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ &   &   &   &   &   \\ \text{H} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C}-\text{H} \\ &   &   &   &   &   \\ & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$

## I composti organici

Considerata la grandissima varietà di composti organici, risulta opportuno distinguerli, schematicamente, in tre grandi gruppi

1- **idrocarburi**, costituiti da carbonio e idrogeno

2- **derivati degli idrocarburi**, nei quali ad uno scheletro carbonioso (R) è legato un gruppo di atomi caratteristico (**gruppo funzionale**) che conferisce particolari proprietà chimiche e fisiche

3- **biomolecole**



Gruppo funzionale	Formula generale	Classe
$-\text{OH}$	$\text{R}-\text{OH}$ e $\text{Ar}-\text{OH}$	alcoli e fenoli
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\   \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\   \\ \text{H} \end{array}$	aldeidi
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}- \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{R} \end{array}$	chetoni
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\   \\ \text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\   \\ \text{OH} \end{array}$	acidi
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\   \\ \text{W} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\   \\ \text{W} \end{array}$	derivati degli acidi
$-\text{O}-$	$\text{R}-\text{O}-\text{R}$	eteri
$-\text{NH}_2$	$\text{R}-\text{NH}_2$	ammine primarie

L'**isomeria** è il fenomeno per cui sostanze diverse per proprietà fisiche, e spesso anche per comportamento chimico, hanno la stessa formula bruta, differendo nella loro struttura.

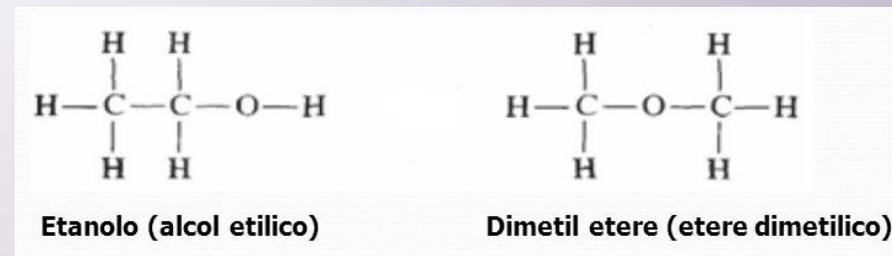
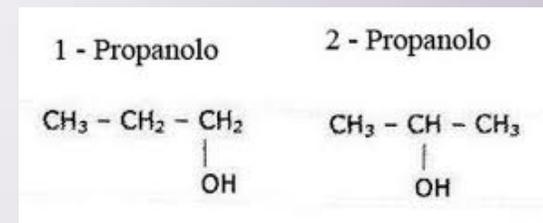
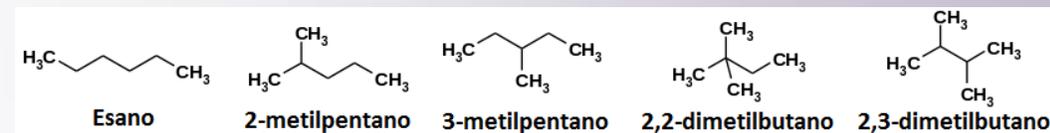
L'isomeria è molto diffusa e importante nei composti organici ove si riconoscono:

**1- Isomeri strutturali**, distinti in:

**Isomeri di catena**, isomeri in cui è interessata la struttura dello "scheletro" di carbonio, ossia la presenza e posizione di ramificazioni o anelli;

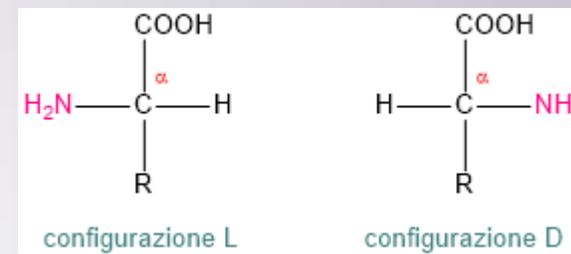
**Isomeri di posizione**, isomeri in cui varia la posizione di legami multipli o di gruppi contenenti atomi diversi da carbonio e idrogeno;

**Isomeri di gruppo funzionale**, isomeri cioè che, pur avendo formula bruta uguale, presentano gruppi funzionalmente diversi con proprietà chimiche e fisiche molto differenti.

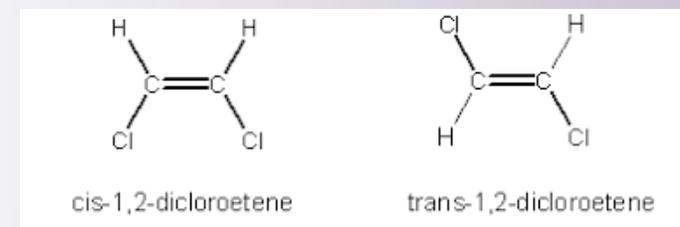


## 2- Stereoisomeri , distinti in:

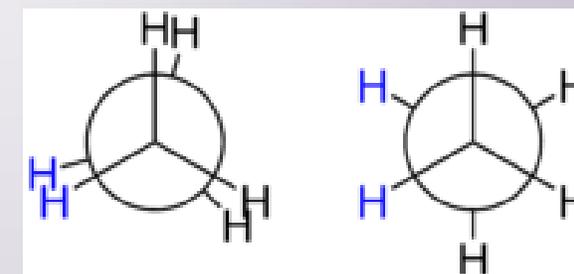
**Isomeri configurazionali** o **ottici**, isomeri che sono uno la forma speculare non sovrapponibile dell'altro.



**Isomeri geometrici**, o **cis-trans**, nelle molecole in cui due carboni legati da un legame doppio sono entrambi legati a due gruppi differenti o, più in genere, in molecole la cui struttura impedisce una libera rotazione attorno a uno o più legami;



**Isomeri conformazionali**, isomeri che si differenziano per la rotazione di una parte della molecola attorno ad un legame semplice. I conformeri non sono dei veri e propri isomeri, in quanto la barriera energetica tra le varie orientazioni è molto piccola e, a temperatura ambiente, l'una si trasforma nell'altra, pur avendo ciascuna una maggiore o minore probabilità a seconda della stabilità.



Conformeri eclissato e sfalsato dell'etano

Gli idrocarburi sono composti organici che contengono soltanto atomi di carbonio e di idrogeno. Gli atomi di carbonio (C) sono legati tra loro a formare lo scheletro della molecola, mentre gli atomi di idrogeno (H) sporgono da questo scheletro.

## Classificazione degli idrocarburi

Una prima distinzione tra i vari idrocarburi si riferisce al loro stato fisico nelle condizioni di pressione e di temperatura ordinarie e cioè:

**Idrocarburi solidi** : costituenti dell'asfalto, del bitume, cere paraffiniche, ecc.

**Idrocarburi liquidi**: costituenti del petrolio (grezzo), benzene, esano, ottano, ecc.

**Idrocarburi gassosi**: metano, etano, propano, butano,

Dal punto di vista delle proprietà chimiche, gli idrocarburi si distinguono in due classi principali:

**idrocarburi aromatici**: dotati di "aromaticità", una proprietà chimica che li rende particolarmente stabili

**idrocarburi alifatici**: non dotati di aromaticità.

A seconda dei tipi di legame C-C presenti nella molecola (singolo, doppio o triplo) e della loro geometria (lineare, ramificata, ciclica), gli idrocarburi alifatici si dividono in:

**idrocarburi saturi:** con soli legami singoli C-C

**alcani** (o paraffine): idrocarburi saturi non ciclici, cioè aventi una catena non chiusa su sé stessa; hanno formula generale  **$C_nH_{2n+2}$** . Gli alcani, a loro volta, possono presentarsi lineari o ramificati, a seconda che gli atomi di carbonio si susseguano in maniera continua o con biforcazioni

**cicloalcani:** idrocarburi saturi ciclici, aventi formula generale  **$C_nH_{2n}$**

**idrocarburi insaturi:** I legami formati da due o più atomi presenti nella catena del carbonio che costituisce lo scheletro della molecola hanno geometria trigonale perché sono ibridati  $sp^2$ , oppure hanno geometria lineare perché sono ibridati  $sp$ ; nello scheletro della molecola è presente almeno un doppio legame,  $\sigma + \pi$ ;

**alcheni:** non ciclici e con un legame doppio  $C=C$ , aventi formula generale  **$C_nH_{2n}$**

**dieni , trieni , polieni:** non ciclici e aventi rispettivamente due, tre o molti legami doppi  $C=C$

**cicloalcheni:** ciclici, con un legame doppio  $C=C$ , aventi formula generale  **$C_nH_{2n-2}$**

**alchini:** non ciclici e con un legame triplo  $C\equiv C$ , aventi formula generale  **$C_nH_{2n-2}$**

**cicloalchini:** ciclici, con un legame triplo, aventi formula generale  **$C_nH_{2n-4}$** .

Gli alcani sono composti organici aventi formula bruta  $C_nH_{(2n + 2)}$ .

Gli alcani sono idrocarburi "saturi", contenenti, quindi, solo legami singoli C-C (per cui a parità di atomi di carbonio, possiedono il massimo numero di idrogeni possibile rispetto agli altri idrocarburi). Gli alcani sono, inoltre, "aciclici", cioè contengono catene carboniose aperte e mai chiuse ad anello come si ha, invece, nei cicloalcani.

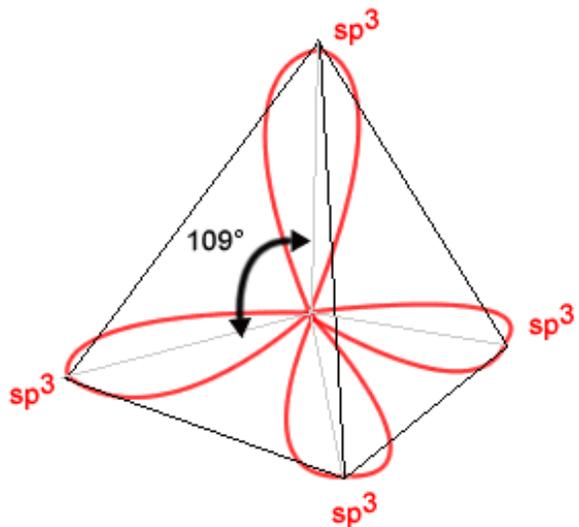
Gli alcani fanno parte della classe delle paraffine. Il termine "paraffina" deriva dal latino *parum affinis*, indicando la scarsa reattività di tali composti chimici.

Gli atomi di carbonio e di idrogeno negli alcani possono essere combinati in modi differenti. Il metano ( $CH_4$ ) ha una sola struttura possibile e così anche l'etano e il propano. Invece nel caso degli alcani con un maggiore numero di atomi di carbonio possono esserci diverse disposizioni.

Gli alcani che hanno gli atomi di carbonio su una catena lineare si chiamano alcani lineari o alcani normali (n-alcani).

Al contrario, gli alcani nei quali la catena si ramifica si chiamano alcani a catena ramificata.

Le varie forme di alcani con stessa formula ma struttura differente sono esempi di **isomeri strutturali**.



Negli alcani, gli atomi di carbonio sono uniti tra loro attraverso legami covalenti semplici a formare una catena aperta, lineare o ramificata, mentre gli idrogeni vanno a legarsi ad ognuno dei siti di legame degli atomi di carbonio rimasti liberi.

Ogni atomo di carbonio risulta al centro di un tetraedro i cui vertici sono occupati dagli atomi cui esso è legato; tale geometria è quella tipica degli orbitali ibridi sp<sup>3</sup>, con gli angoli di 109,5° tra i legami.

Le molecole degli alcani sono apolari, per cui risultano insolubili in acqua e solubili in molti solventi organici.

A temperatura e pressione ambiente, gli alcani più leggeri (fino a 4 atomi di carbonio) sono gassosi, mentre quelli aventi da 5 a 17 atomi di carbonio sono liquidi incolori, e infine quelli più pesanti sono solidi

All'aumentare della massa molecolare relativa aumentano anche il punto di fusione e il punto di ebollizione.

Gli alcani, soprattutto i più leggeri, vengono largamente impiegati come carburanti per via dell'elevata entalpia di combustione per unità di massa, della notevole inerzia chimica e dell'abbondante (ma non illimitata) disponibilità sulla Terra.



La principale fonte di approvvigionamento degli alcani più leggeri è la distillazione frazionata del petrolio grezzo e del gas naturale.

Un altro processo, che ha relativamente ampia applicazione, è l'idrogenazione degli alcheni

# Nomenclatura degli alcani

## Radicali o gruppi alchilici

**gruppo o radicale alchilico** è il termine generico del gruppo funzionale corrispondente ad un alcano privato di un atomo di idrogeno.

I gruppi alchilici prendono il nome dai corrispondenti alcani e hanno formula generale **-C<sub>n</sub>H<sub>2n+1</sub>**.

Il nome di un radicale alchilico si ottiene sostituendo il suffisso **ano** dell'alcano corrispondente con il suffisso **ile**.

CH <sub>4</sub> metano	CH <sub>3</sub> -	metile
CH <sub>3</sub> CH <sub>3</sub> etano	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> -	etile
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> propano	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> -	propile
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> butano	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> -	butile

N.B. Le ramificazioni presenti in un alcano ramificato sono interpretabili quali radicali alchilici

Nome	Numero atomi di carbonio	Formula
metano	1	CH <sub>4</sub>
etano	2	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>
propano	3	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>
butano	4	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>
pentano	5	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>
esano	6	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>
eptano	7	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>
ottano	8	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>
nonano	9	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>
decano	10	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>

Nomi e formule molecolari dei primi 10 alcani a catena non ramificata

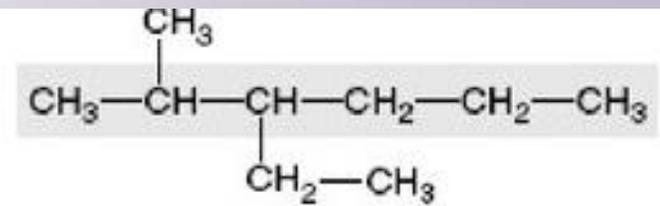
Trovare e nominare la più lunga catena di atomi di carbonio.

Identificare e nominare i gruppi alchilici attaccati a questa catena.

Numerare la catena partendo dall'atomo di carbonio terminale più vicino al gruppo sostituito.

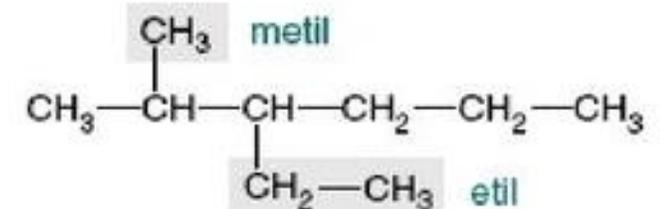
Designare la posizione di ogni gruppo alchilico sostituito con l'appropriato numero e nome.

Assemblare il nome, elencando i gruppi in ordine alfabetico. I prefissi di, tri, tetra, etc., usati per designare più di un gruppo dello stesso tipo, non sono considerati ai fini dell'elencazione in ordine alfabetico.

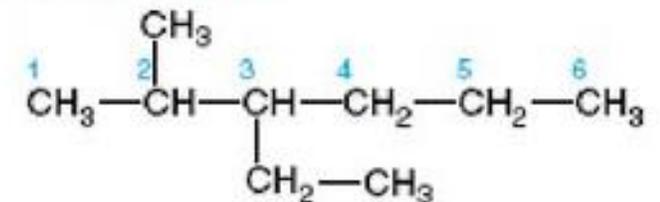


6 atomi di C  $\Rightarrow$  es-

es- + -ano  $\Rightarrow$  esano



etilmetilesano



3-etil-2-metilesano

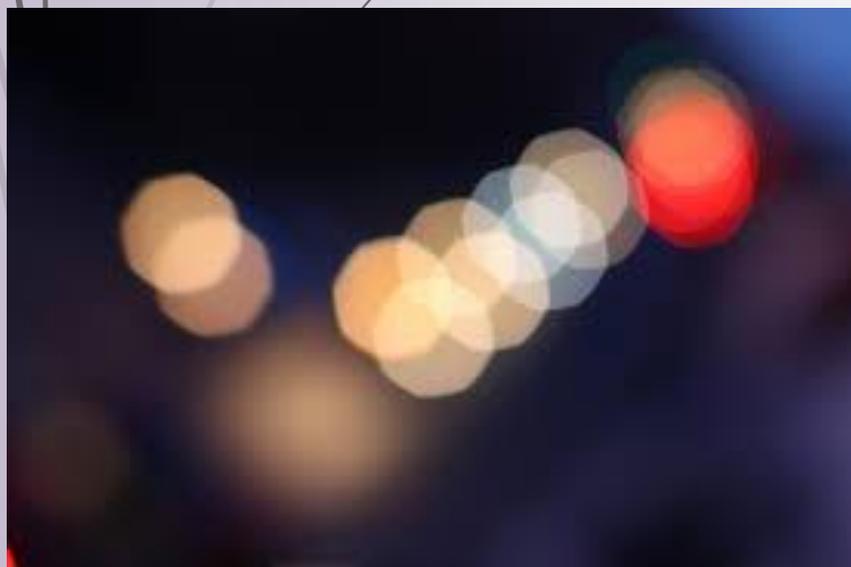
### Reazione di **COMBUSTIONE**

Reazione esotermica.



### Reazioni di **DEIDROGENAZIONE**

Si ottengono idrocarburi insaturi mediante rimozione di atomi di H

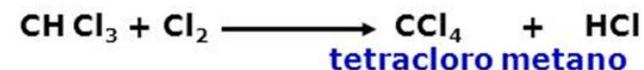
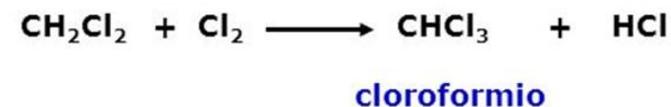


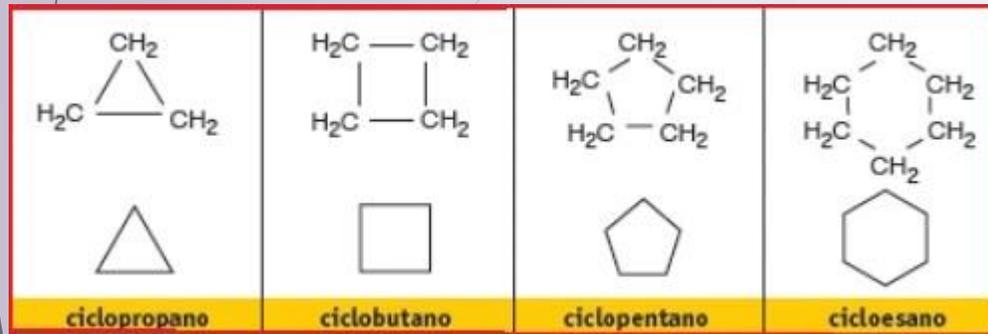
## REAZIONI degli ALCANI

Gli alcani sono poco reattivi ma possono reagire ad alta temperatura

### Alogenazione (reazione di sostituzione):

In presenza di luce o alte temperature (250-400°C) gli alcani reagiscono con gli alogeni allo stato gassoso per formare una miscela di prodotti mono, di, tri, tetrasostituiti. Dalla reazione del metano con il cloro si ottiene, ad esempio, cloruro di metile, dicloruro di metilene, cloroformio e tetracloruro di carbonio.





I cicloalcani, come gli alcani, sono composti apolari, non solubili in acqua, ma loro stessi sono dei buoni solventi dei composti non polari, come per esempio i grassi.

I **cicloalcani** sono composti organici monociclici saturi costituiti solamente da atomi di carbonio e di idrogeno

I cicloalcani presentano formula bruta  **$C_nH_{2n}$** .

Simili agli alcani, si differenziano da questi ultimi in quanto nella loro struttura gli atomi di carbonio sono uniti a formare un anello chiuso.

Benché tale anello venga rappresentato per comodità con un poligono regolare, i cicloalcani non hanno una struttura planare (ad eccezione del ciclopropano). L'angolo di legame di  $109,5^\circ$ , tipico degli atomi di carbonio con ibridazione  $sp^3$  fa sì che l'anello risulti piegato.

Quando il numero di atomi di carbonio nell'anello è 3 (ciclopropano) o 4 (ciclobutano), gli atomi di carbonio sono forzati a formare legami con angoli molto piccoli,  $60^\circ$  e  $90^\circ$  rispettivamente, ben inferiori al valore di  $109,5^\circ$  tipico della struttura tetraedrica.

Questa forzatura produce una tensione (detta **tensione d'anello**) che rende la molecola meno stabile.

## Il cicloesano e i suoi conformeri

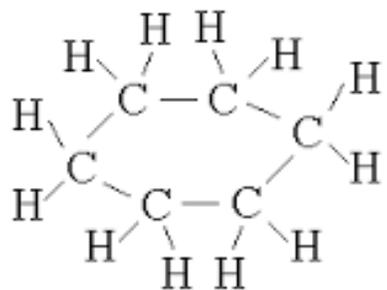
Il **cicloesano** è un cicloalcano il cui scheletro di atomi di carbonio è chiuso ad anello, per l'esattezza un anello composto da sei atomi, ciascuno dei quali lega a sé due atomi di idrogeno.

A temperatura ambiente è un liquido incolore dal lieve odore tipico degli idrocarburi.

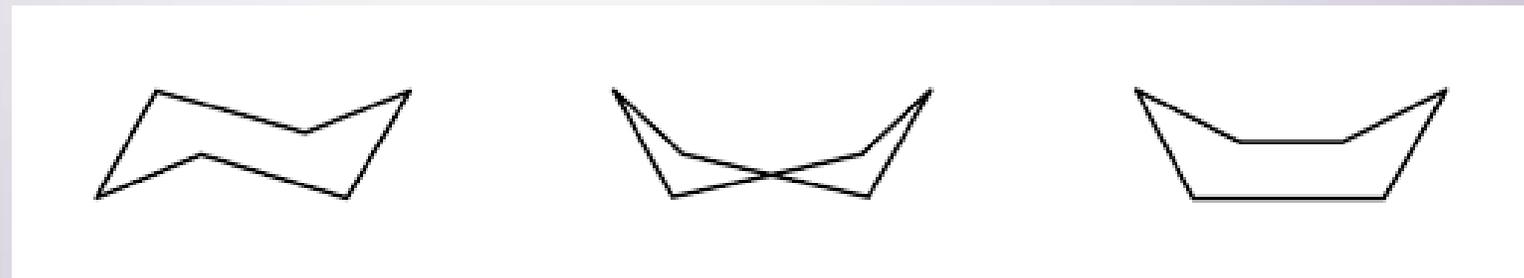
Benché per comodità sia rappresentata da un esagono regolare, la molecola del cicloesano non è planare, dal momento che gli atomi di carbonio hanno ibridazione  $sp^3$ , tetraedrica in cui l'angolo tra due legami è di  $109,5^\circ$ .

La molecola del cicloesano tende pertanto ad assumere una forma piegata detta a **sedia**

A temperatura ambiente le conformazioni si interconvertono rapidamente le une nelle altre passando da una conformazione a sedia all'altra ad essa speculare attraverso le conformazioni twist e a barca.



cicloesano



Cicloalcani e alcani presentano lo stesso comportamento chimico, ad eccezione dei cicloalcani più piccoli, come il ciclopropano e il ciclobutano, i quali, a causa dell'anello piccolo e della forte tensione dei legami C-C dell'anello, si presentano particolarmente reattivi.

All'aumentare del numero di atomi di carbonio dell'anello, i legami C-C sono sempre meno in tensione e la reattività dei cicloalcani diventa simile a quelli degli alcani a catena aperta.

Le reazioni tipiche dei cicloalcani sono le seguenti:

### 1) **reazioni di combustione**

2) **reazione di alogenazione**. Reagendo con gli idracidi (come HCl) il ciclopropano, altamente reattivo, dà origine a reazioni di sostituzione radicalica, con apertura dell'anello catalizzata dalla luce, di uno o più idrogeni con alogeni, dando luogo a propani alogenati.

3) **reazione di idrogenazione**. I cicloalcani a basso numero di atomi di carbonio come il ciclopropano, per la loro forte reattività, danno luogo a reazioni anche con l'idrogeno, con apertura dell'anello e formazione dell'alcano corrispondente.

Gli alcheni sono idrocarburi insaturi, caratterizzati dalla presenza di un doppio legame C=C, la cui formula generale è **C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>**

La nomenclatura riprende quella degli alcani, sostituendosi, al suffisso -ano, il suffisso **-ene**

Il doppio legame C=C è indicato dall'atomo di carbonio a numerazione più bassa impegnato nella formazione del legame.

Es. C=C-C-C **1-butene**

C-C=C-C **2-butene**

(isomeri di posizione)

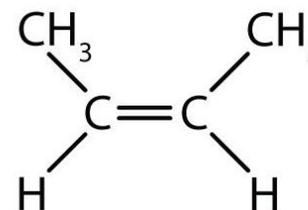
Dal momento che attorno al doppio legame C=C la rotazione è impedita, alcuni alcheni possono dare isomeria.

il **cis-2-butene** e il **trans-2-butene**. (isomeri geometrici)

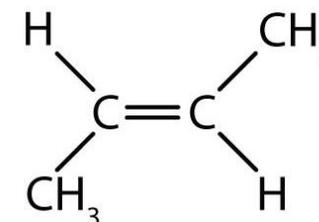
Il primo presenta i due gruppi CH<sub>3</sub> dalla stessa parte, il secondo dalla parte opposta.

Un alchene presenta stereoisomeri cis-trans soltanto se entrambi gli atomi di carbonio del doppio legame legano a sé due atomi o gruppi atomici diversi.

Ad esempio, si conoscono 2 isomeri del 2-butene:



*cis*-2-butene



*trans*-2-butene

Gli alcheni con due doppi legami sono chiamati **dieni**.

In base alla posizione dei doppi legami si usa distinguere i dieni in:

**Cumulati**, quando i legami multipli si trovano in immediata successione:

Es.  $C = C = C$

**Coniugati**, quando i legami multipli sono alternati con legami semplici:

Es.  $C = C - C = C$

**Isolati**, quando i legami multipli sono separati da più di un legame semplice:

Es.  $C = C - C - C = C$

Gli **alcheni** sono molto più reattivi degli alcani: danno facilmente reazioni di addizione al doppio legame, di alogeni, di idracidi, di acido solforico, e reazioni di ossidazione.

Il doppio legame C = C può facilmente spezzarsi, permettendo così la formazione di legami della molecola dell'alchene con le sostanze con cui reagisce. Gli alcheni devono, quindi, la loro reattività al doppio legame C = C: il meccanismo che ne conseguirà è detto di **addizione elettrofila al doppio legame**, ove l' **elettrofilo** è una specie chimica sensibile alla presenza di elettroni presenti in legami multipli (doppi o tripli).

## 1) Reazioni di addizione al doppio legame

Gli alcheni possono dare origine a vari tipi di reazioni di addizione al doppio legame.

### a) Idrogenazione del doppio legame

Dall'etene, per addizione di una molecola di idrogeno, si ottiene l'alcano corrispondente, cioè l'etano

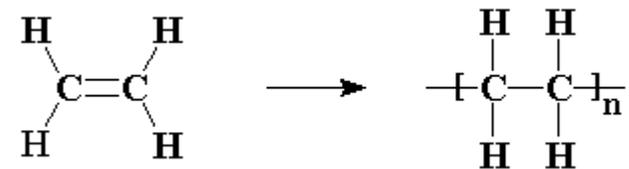
### b) Dialogenazione

Gli alcheni per addizione di bromo o di cloro al doppio legame formano composti chiamati **dialogenuri vicinali**, in cui i due atomi di alogeno si troveranno su due atomi di carbonio consecutivi.

### c) Poliaddizione

Le molecole degli alcheni, in opportune condizioni, tendono a formare molecole molto lunghe (macromolecole), dette polimeri. Le singole molecole (monomeri) si legano tra loro mediante la reazione di poliaddizione.

Nel caso dell'etene la poliaddizione porterà alla formazione di un polimero noto come **polietilene** con il quale si realizzano contenitori per alimenti, tubi per irrigazione ecc.



Gli **alchini** sono caratterizzati dalla presenza di un triplo legame carbonio - carbonio e sono anch'essi degli idrocarburi insaturi.

Il triplo legame carbonio-carbonio è formato da un legame  $\sigma$  e da due legami  $\pi$ .

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

Il loro nome deriva da quello del corrispondente alcano sostituendo alla desinenza -ano la desinenza **-ino**.

Il più semplice idrocarburo della serie degli alchini è l'**etino**  $C_2H_2$  o **acetilene**, un gas infiammabile e incolore, scoperto nel 1936.

Questo idrocarburo è usato per produrre una fiamma con una temperatura di circa  $3300\text{ }^\circ\text{C}$ , che viene utilizzata per la saldatura e il taglio di metalli. Esso ha un impiego molto singolare anche in agricoltura, dove viene utilizzato nei procedimenti per favorire la maturazione delle diverse varietà di mele.

La reattività degli alchini

Gli alchini, come gli alcheni, devono la loro reattività alla presenza del legame multiplo (in questo caso è un triplo legame  $C \equiv C$ ), che favorirà le **reazioni di addizione elettrofila**, che portano alla formazione di composti saturi, cioè privi di legami multipli, sia doppi che tripli.

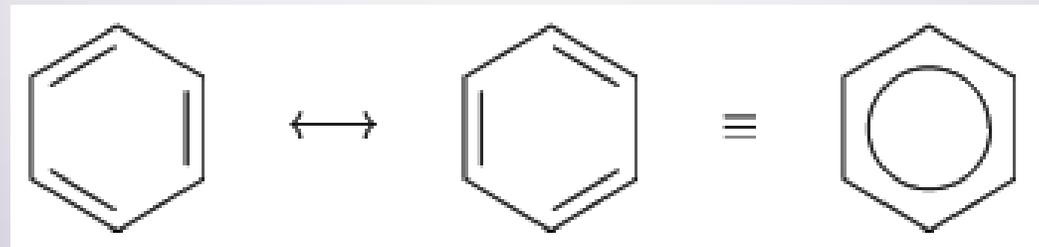
Gli **idrocarburi aromatici** (areni) sono caratterizzati dall'anello esagonale del benzene, che ha formula bruta **C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>** e dal fenomeno della delocalizzazione elettronica.

Il benzene fu isolato da M. Faraday nel 1825 e sintetizzato da Mitscherlich nel 1834, che ne determinò anche la formula molecolare come C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>.

Le strutture utilizzate per rappresentare il benzene, sono dette formule di Kekulé, dal nome del chimico tedesco, che le propose nel 1866.

Gli elettroni, che formano i doppi legami carbonio-carbonio, sono delocalizzati, cioè distribuiti in modo uguale tra tutti gli atomi di carbonio. L'anello del benzene prevede che gli atomi di carbonio, posti ai vertici dell'esagono regolare, si trovino a una distanza intermedia tra quella di un legame semplice o di un doppio legame carbonio-carbonio.

La struttura del benzene può essere considerata come un ibrido di risonanza tra più strutture simili



La delocalizzazione degli elettroni dell'anello rende questi idrocarburi molto stabili e quindi poco reattivi.

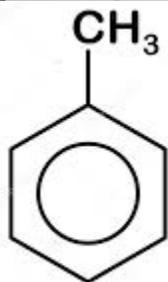
Gli areni sono la classe di idrocarburi aromatici, derivati dal benzene,  $C_6H_6$ , organizzati in uno o più anelli planari, contenenti doppi legami, in cui gli elettroni sono delocalizzati e condivisi su tutto l'anello.

Gli **alchilbenzeni**, idrocarburi che presentano uno o più gruppi alchilici R legati all'anello aromatico, sono sicuramente gli areni più comuni, tra i quali ricordiamo:

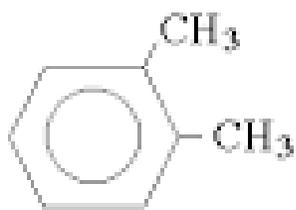
**toluene**, formato da un gruppo fenile legato a un gruppo metile;

**xilene**, che presenta sull'anello (fenile) due gruppi metile dando luogo a tre isomeri (orto-xilene, meta-xilene o para-xilene);

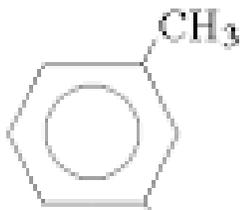
**stirene**, formato da un gruppo fenile e un gruppo vinile.



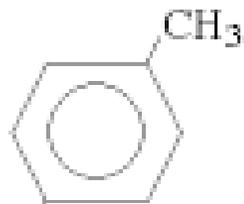
toluene



o-xilene



m-xilene



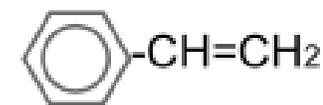
CH<sub>3</sub> p-xilene

xilene



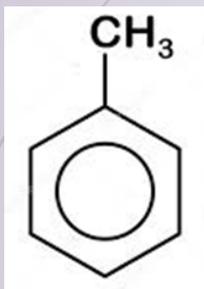
Etilbenzene

- H<sub>2</sub>



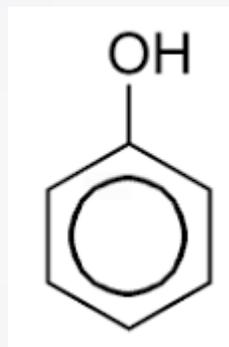
Stirene

1) Il nome degli **idrocarburi aromatici monosostituiti**, nei quali è presente un unico gruppo sostituente sull'anello, si compone aggiungendo semplicemente al nome del gruppo sostituente la parola benzene. Tutte le posizioni cui può legarsi il sostituente risulteranno assolutamente equivalenti tra loro

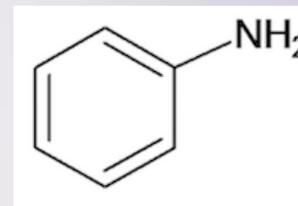


**metilbenzene (toluene)**

Alcuni benzeni monosostituiti, molto comuni, hanno nomi d'uso propri



**Fenolo (idrossibenzene)**



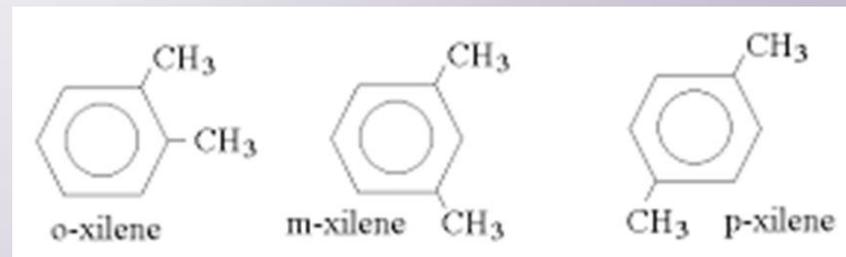
**Anilina (amminobenzene)**

2) Nei **benzeni bi-sostituiti** la nomenclatura permette di distinguere i vari isomeri, determinati dalle diverse possibilità di attacco dei sostituenti sull'anello. Nel caso del dimetilbenzene (xilene), per la presenza dei due gruppi metile sull'anello saranno possibili tre isomeri, che saranno distinti con i prefissi:

**orto (o)**, se i due sostituenti sono legati a due atomi di carbonio consecutivi;

**meta (m)**, se i due sostituenti sono su due atomi di carbonio intervallati da un altro atomo di carbonio;

**para (p)**, se i due sostituenti sono su due atomi di carbonio intervallati da due atomi di carbonio



## La reattività degli idrocarburi aromatici

I composti aromatici, benché insaturi, danno vita a reazioni di **sostituzione elettrofila aromatica** e non di addizione elettrofila. La presenza di elettroni delocalizzati conferisce al benzene e agli altri idrocarburi aromatici una notevole stabilità, ed è questo il motivo per il quale questi composti tendono a dare reazioni di sostituzione e non di addizione.

Tra le reazioni di sostituzione ricordiamo:

### a) l'alogenazione

Il benzene dà importanti reazioni di clorurazione:  $C_6H_6 + Cl_2 \longrightarrow C_6H_5Cl + HCl$

### b) l'alchilazione

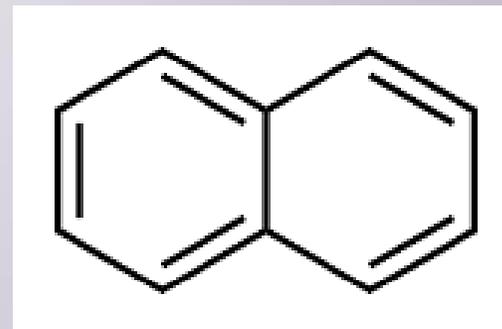
È il meccanismo con il quale si formano gli alchilbenzeni, come il toluene.  $C_6H_6 + CH_3Cl \longrightarrow C_6H_5CH_3 + HCl$

### c) la nitratura

$C_6H_6 + HNO_3 \longrightarrow C_6H_5NO_2 + H_2O$  (sintesi del nitrobenzene)

Gli areni come il **naftalene**, che presentano più anelli aromatici fusi, sono detti idrocarburi aromatici policiclici (IPA).

Il naftalene è un idrocarburo policiclico, dal colore bianco cristallino, presente nella **naftalina** cui conferisce il caratteristico odore. Strutturalmente è formato da due anelli di benzene, con un lato in comune (nuclei condensati). Viene usato nella produzione di plastica, coloranti e solventi, ma trova impiego anche come disinfettante e insetticida, nonostante sia velenoso quando assorbito in discrete quantità.



naftalene