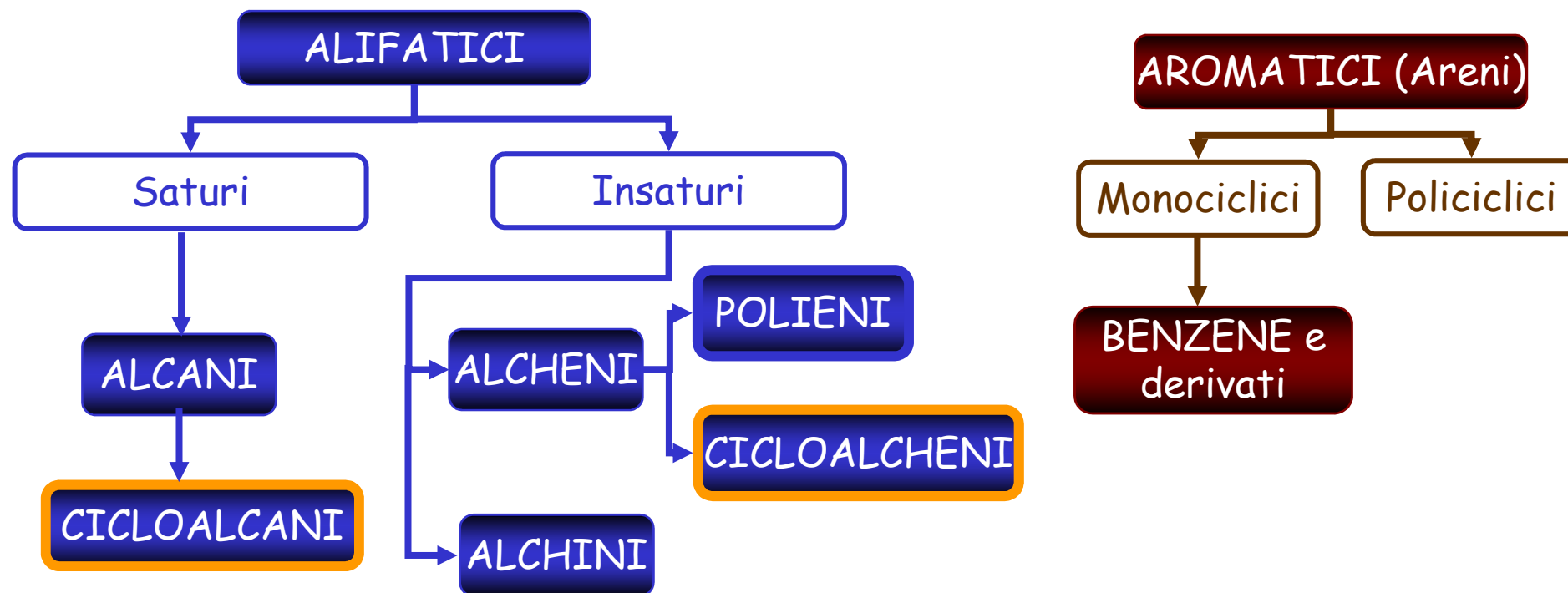


# CHIMICA ORGANICA

# IDROCARBURI

Gli idrocarburi sono composti che contengono solo atomi di H e C e, a seconda del tipo di legami chimici presenti nella molecola, possono essere suddivisi secondo il seguente diagramma:



**SATURI:** idrocarburi che presentano solo legami singoli carbonio-carbonio

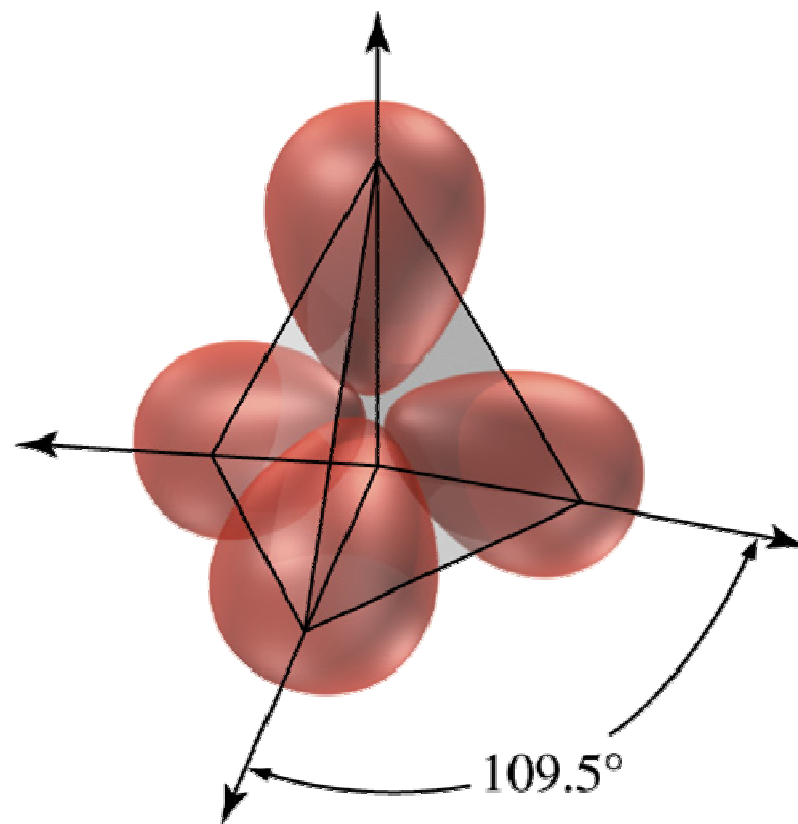
**INSATURI:** idrocarburi che contengono almeno un legame multiplo carbonio-carbonio

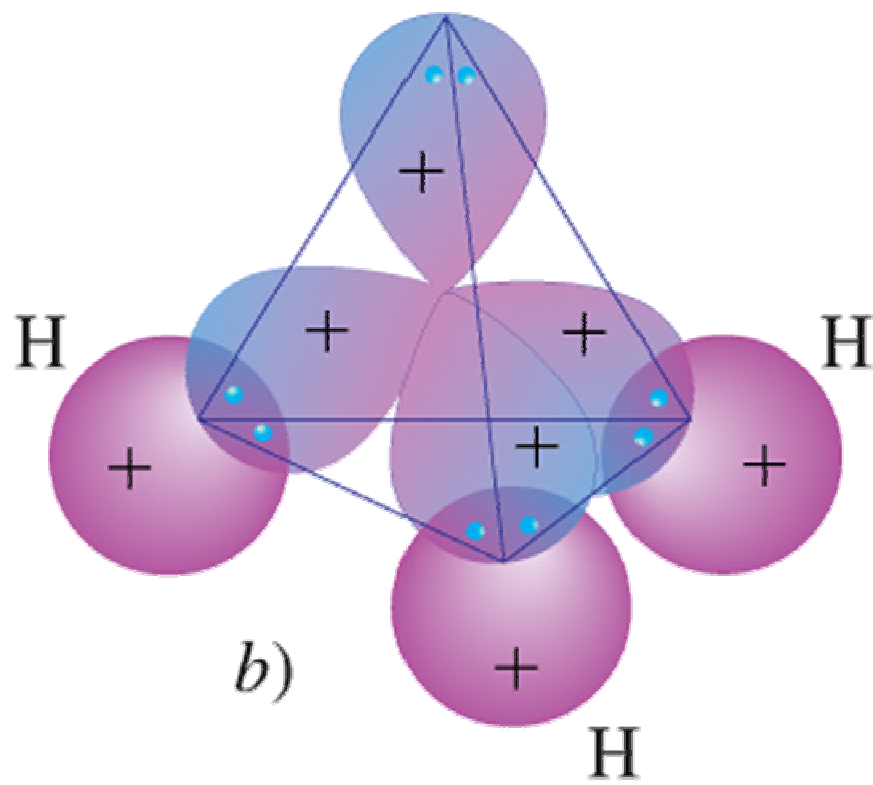
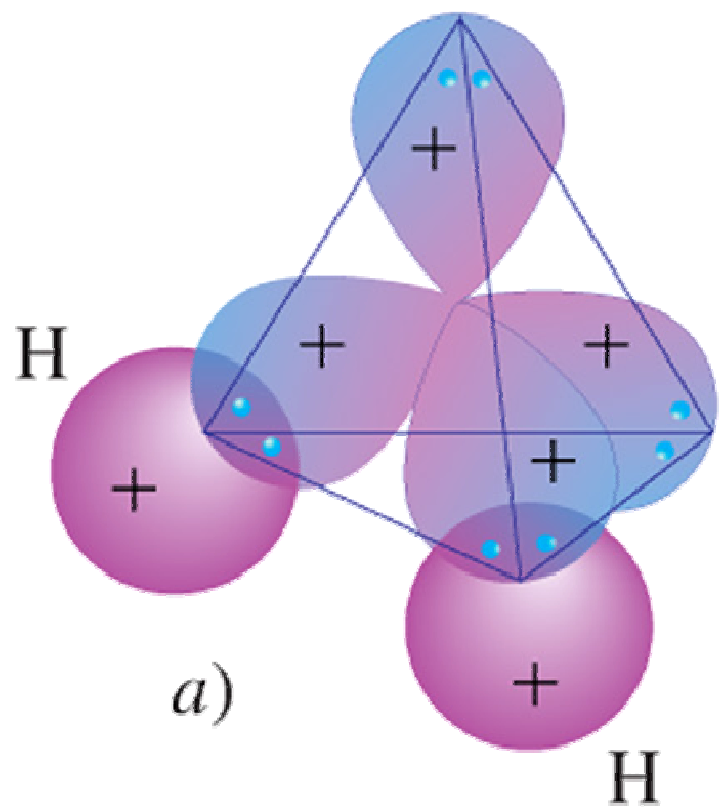
 : idrocarburi ciclici

# IDROCARBURI ALIFATICI SATURI: ALCANI

Gli alcani sono una classe di idrocarburi saturi in cui ogni atomo di carbonio ha un'ibridazione  $sp^3$  ed è legato a 4 atomi mediante **legami singoli** (di tipo  $\sigma$ ).

Questa geometria consente ai quattro orbitali di porsi alla massima distanza possibile rendendo minima la loro repulsione elettrostatica.

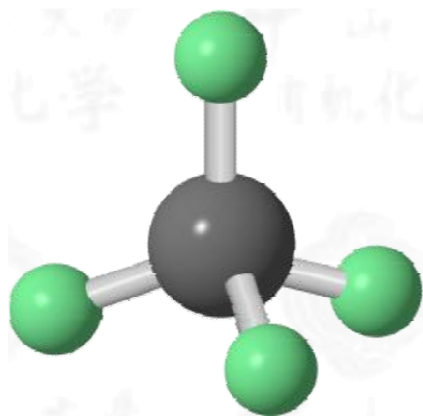
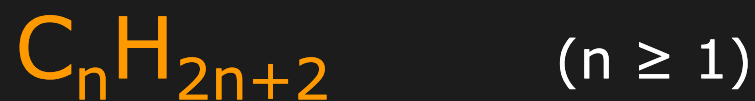




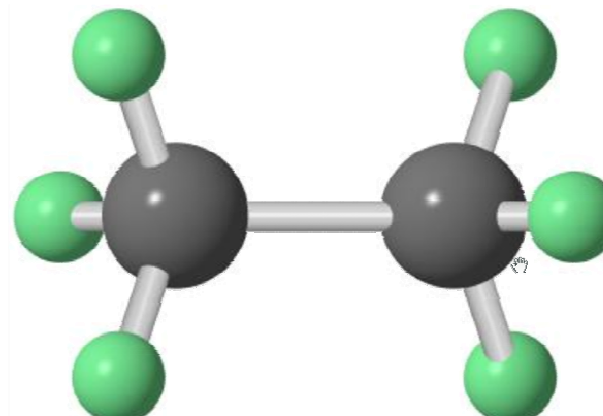
# IDROCARBURI ALIFATICI SATURI: ALCANI

Gli alcani costituiscono una serie omologa di composti ossia una classe di composti dove ogni membro differisce dal successivo di un termine costante  $-CH_2-$  detto gruppo **metilene**.

Formula generale degli alcani



METANO



ETANO

# ALCANI: NOMENCLATURA

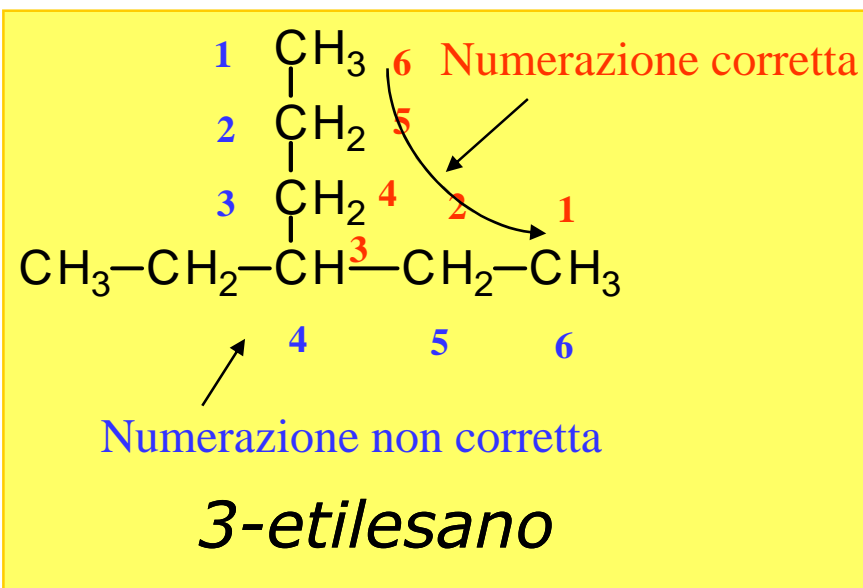
Gli alcani con  $n < 4$  hanno nomi tradizionali

n=1	CH <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>	metano
n=2	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	CH <sub>3</sub> -CH <sub>3</sub>	etano
n=3	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	propano
n=4	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	butano

Per  $n > 4$  Il nome degli alcani si ottiene aggiungendo il suffisso - **ano** alla radice greca del numero di atomi di carbonio (**pent-** per cinque, **es-** per sei etc.).

## NUMERAZIONE

1. Individuazione catena + lunga per l'attribuzione del composto
2. Attribuzione della numerazione in modo che il sostituente abbia il numero più piccolo



# ALCANI: NOMENCLATURA

Gli alcani con  $n < 4$  hanno nomi tradizionali

n=1	CH <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>	metano
n=2	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	CH <sub>3</sub> -CH <sub>3</sub>	etano
n=3	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	propano
n=4	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	butano

Per  $n > 4$  Il nome degli alcani si ottiene aggiungendo il suffisso - **ano** alla radice greca del numero di atomi di carbonio (**pent-** per cinque, **es-** per sei etc.).

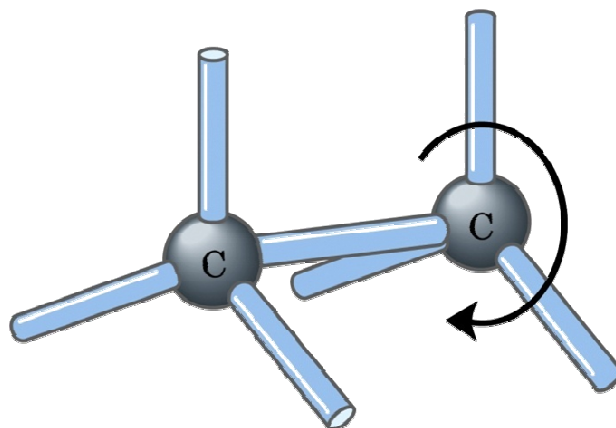
Quando gli alcani fungono da sostituenti essi vengono denominati sostituendo il suffisso -**ano** con il suffisso -**il**.

## GRUPPI ALCHILICI

-CH <sub>3</sub>	metil
-CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	etil
-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	propil

# Rotazione attorno al legame $\sigma$ e ISOMERIA CONFORMAZIONALE negli ALCANI

Negli alcani i legami singoli C-C permettono la **LIBERA ROTAZIONE** dei gruppi leganti



La rotazione lungo l'asse carbonio-carbonio non influenza la sovrapposizione dei due orbitali  $sp^3$  che formano il legame e quindi non modifica l'energia di legame.

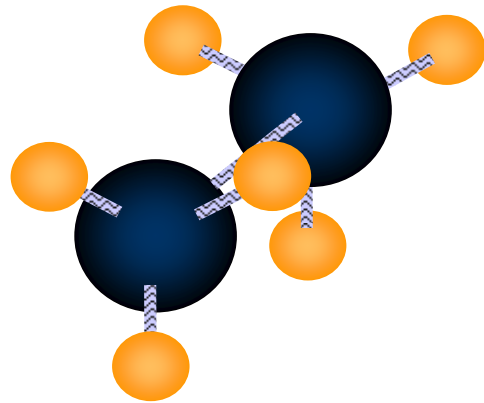
Due composti che si differenziano per l'orientamento spaziale relativo dei gruppi di atomi e possono trasformarsi l'uno nell'altro per semplice rotazione intorno ad un legame C-C (senza rottura di alcun legame) si definiscono

**ISOMERI CONFORMAZIONALI o CONFORMERI**

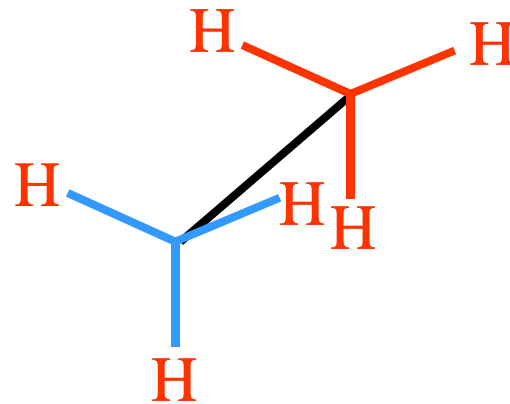


# ISOMERI CONFORMAZIONALI dell'ETANO ( $C_2H_6$ )

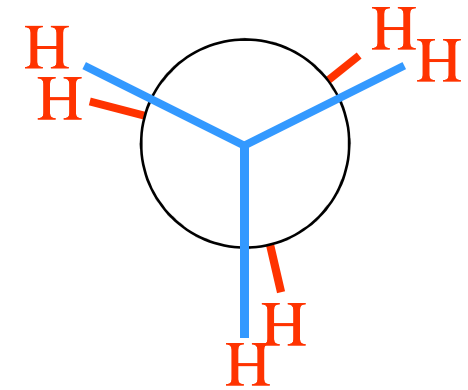
## Conformazione ECLISSATA (GAUCHE)



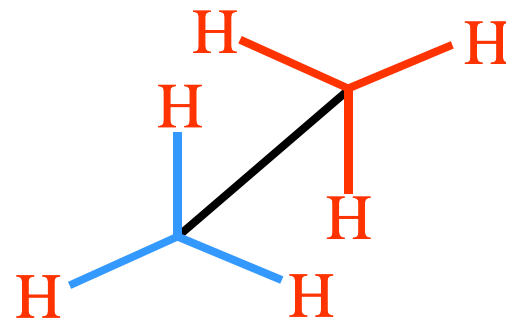
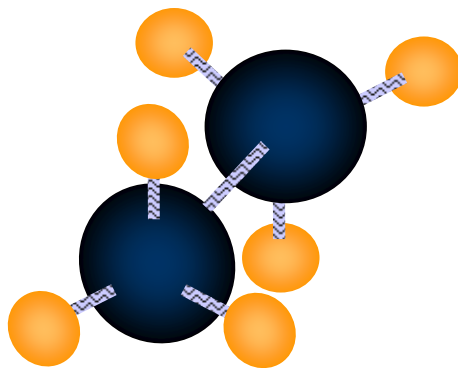
*a*



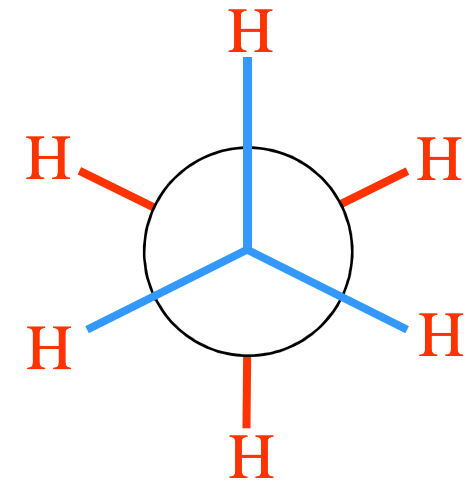
*b*



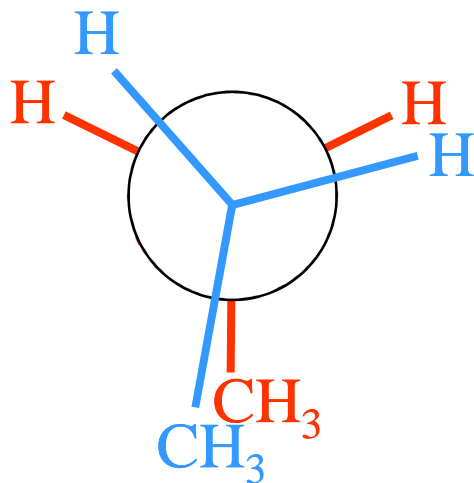
*c*



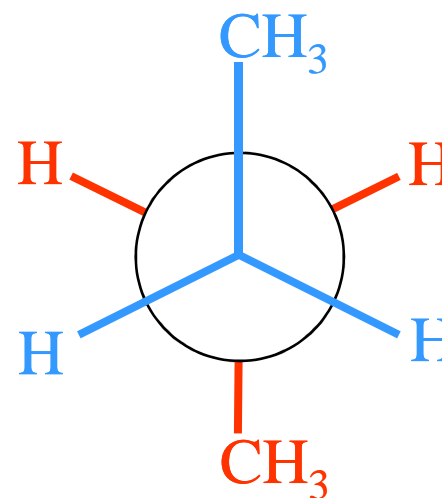
## Conformazione SFALSATA (ANTI)



# ISOMERI CONFORMAZIONALI del BUTANO ( $C_4H_{10}$ )

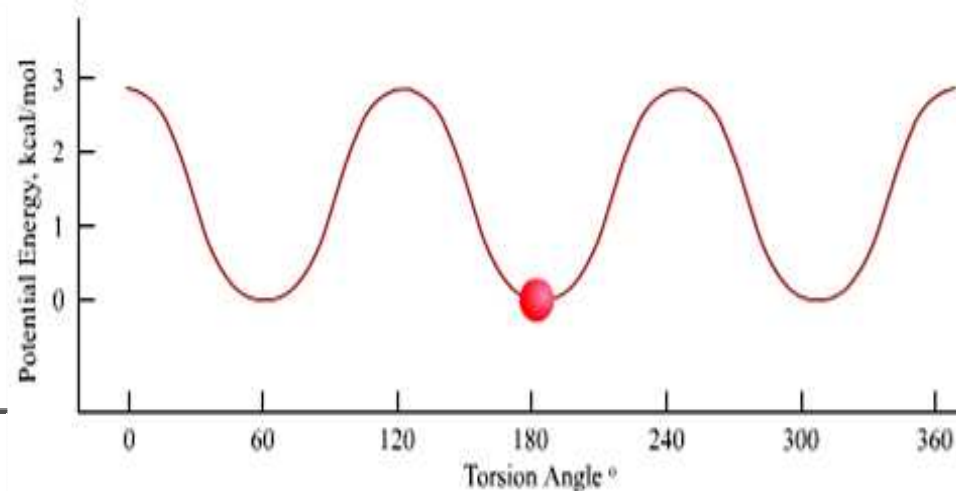
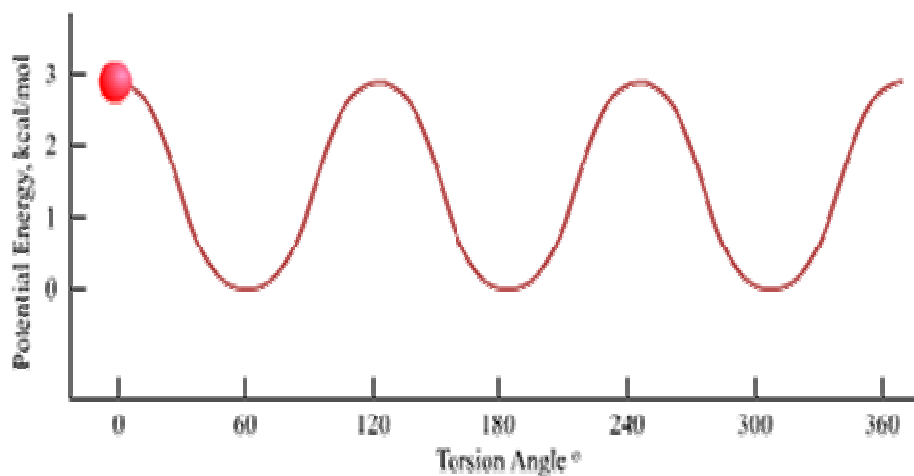


ECLISSATA (gauche)



SFALSATA (anti)

ENERGIA MINORE



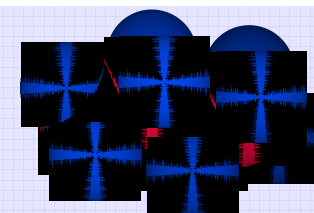
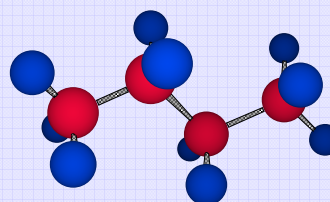
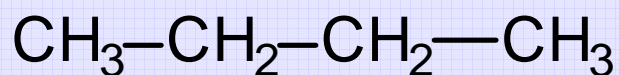
# ALCANI: ISOMERIA di STRUTTURA

Negli alcani con più di 3 atomi di carbonio ( $n > 3$ ) esistono più **ISOMERI DI STRUTTURA**, ovvero molecole caratterizzate dalla stessa formula bruta, ma diversa formula di struttura, che presentano atomi di carbonio legati tra loro in maniera differente e hanno differenti proprietà chimiche e fisiche

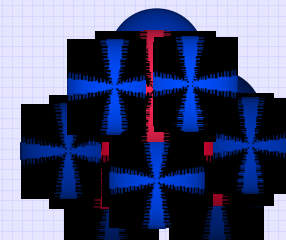
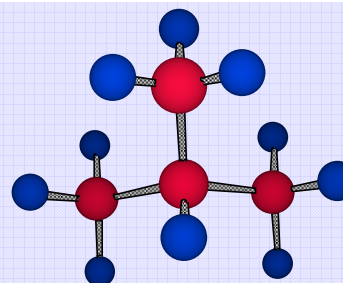
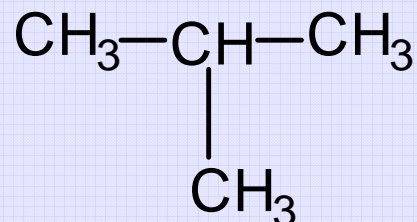
$n = 4$

BUTANO ( $C_4H_{10}$ )

n-butano



isobutano

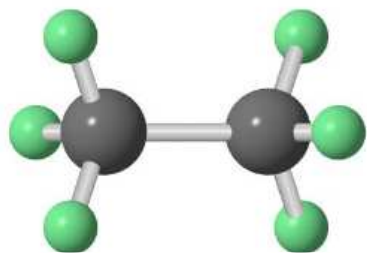


Gli alcani a catena lineare sono chiamati **normali** (n-). Gli altri sono detti **ramificati**

# ALCANI LINEARI E RAMIFICATI

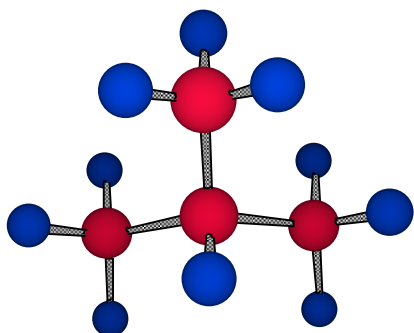
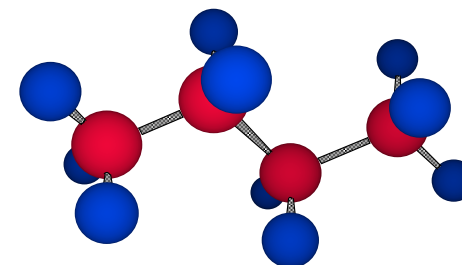
Negli alcani **LINEARI**, gli atomi di carbonio possono essere solo **PRIMARI** o **SECONDARI**

Negli alcani **RAMIFICATI** gli atomi di carbonio possono essere **PRIMARI**, **SECONDARI**, **TERZIARI** o **QUATERNARI**



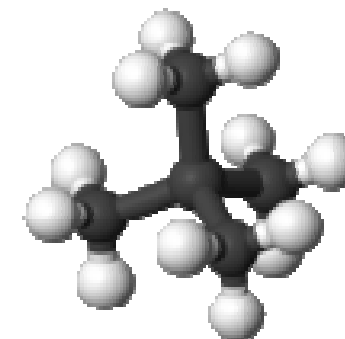
Carbonio **PRIMARIO** : atomo di C legato solo ad **1** altro atomo di C

Carbonio **SECONDARIO** : atomo di C legato ad altri **2** atomi di C



Carbonio **TERZIARIO** : atomo di C legato ad altri **3** atomi di C

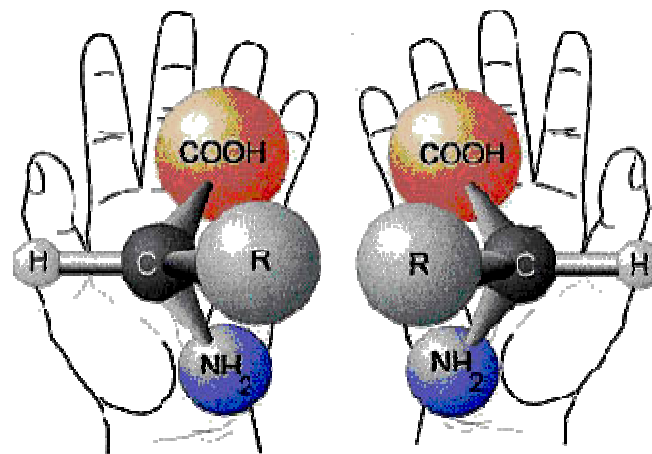
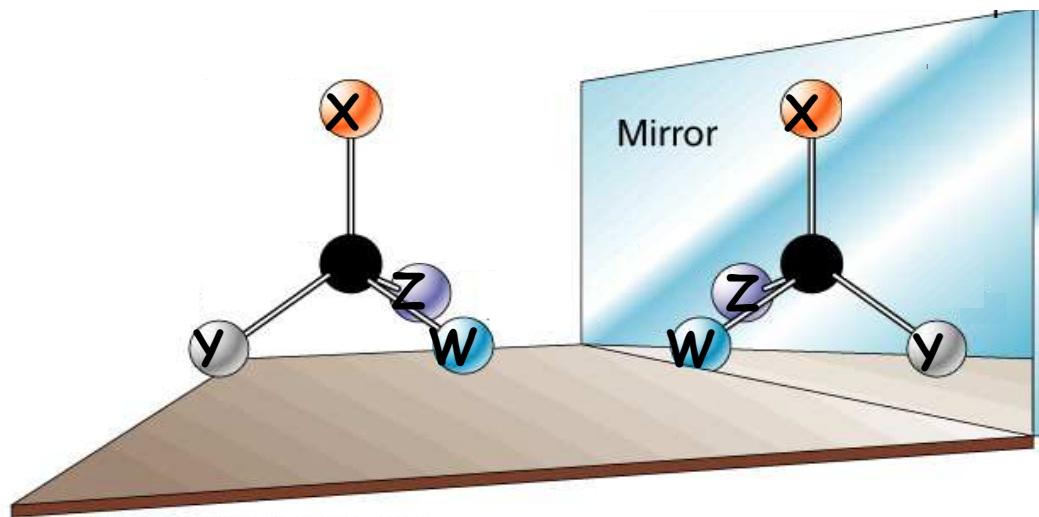
Carbonio **QUATERNARIO** : atomo di C legato ad altri **4** atomi di C



# ALCANI: ISOMERIA OTTICA

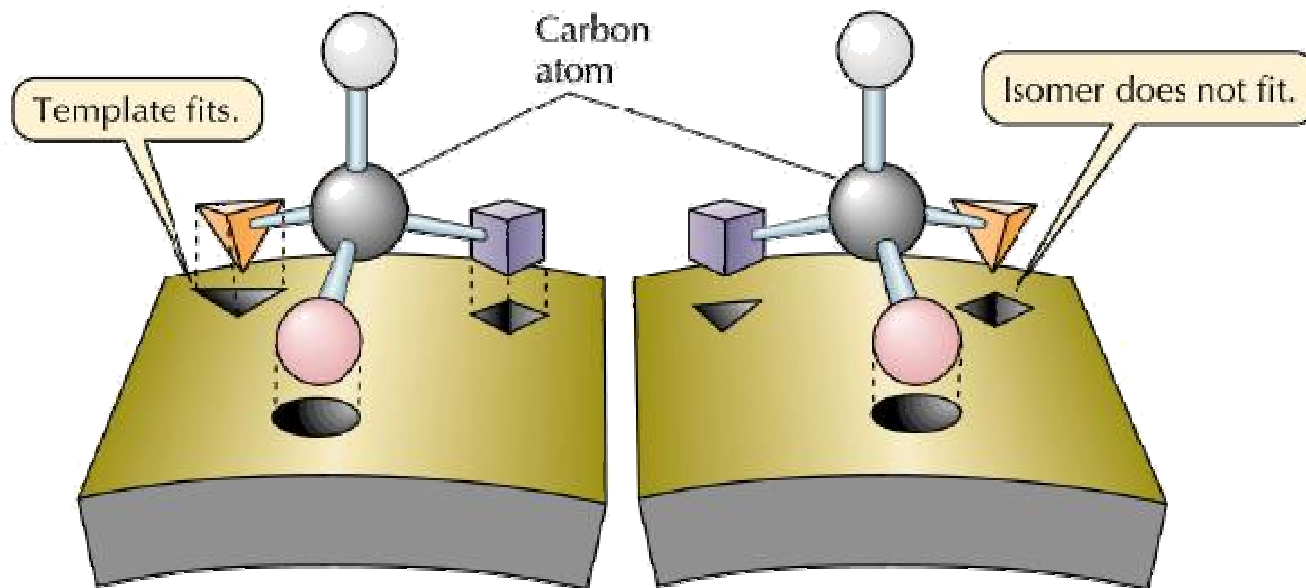
Alcuni alcani contengono un atomo (o più atomi) di **CARBONIO ASIMMETRICO** o **CHIRALE**, cioè legato a 4 atomi o gruppi di atomi tutti diversi tra di loro (ibridazione  $sp^3$ )

Se una molecola possiede un carbonio chirale, esistono due **ENANTIOMERI** (o **ISOMERI OTTICI**) di quella molecola, cioè due isomeri non sovrapponibili che sono l'immagine speculare l'uno dell'altro.



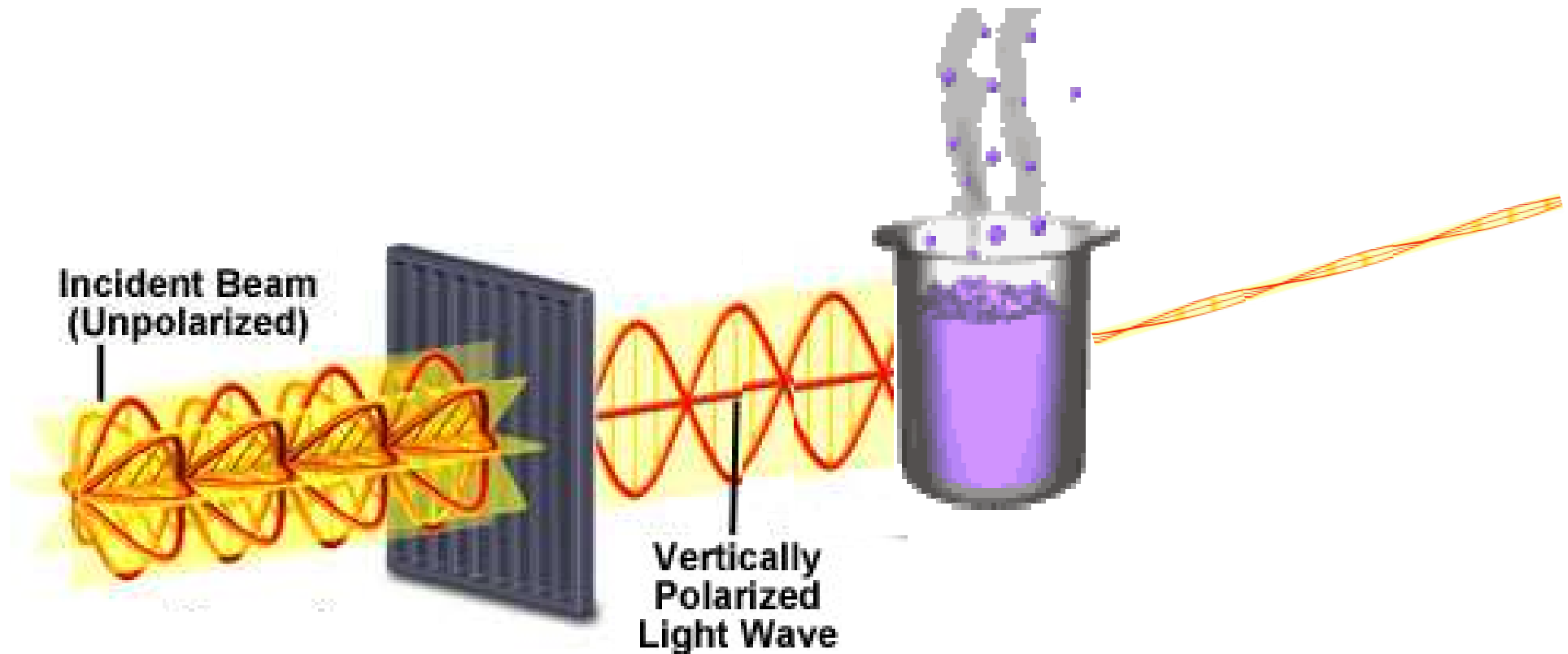
# ALCANI: ISOMERIA OTTICA

Gli **ENANTIOMERI** sono degli **STEREoisomeri**, cioè dei composti che presentano gli stessi legami, ma differiscono per il modo in cui gli atomi sono orientati nello spazio. Per trasformare uno stereoisomero nell'altro è necessario rompere e riformare almeno un legame



# ALCANI: ISOMERIA OTTICA

Gli enantiomeri sono sostanze **OTTICAMENTE ATTIVE**, sono cioè in grado di ruotare il piano della luce polarizzata in senso destrogiro (**ENANTIOMERO +**) o levogiro (**ENANTIOMERO -**)

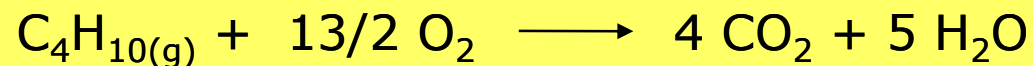


# REAZIONI degli ALCANI

Gli alcani sono poco reattivi ma possono reagire ad alta temperatura

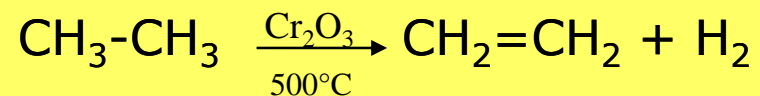
## **Reazione di COMBUSTIONE**

Reazione esotermica.



## **Reazioni di DEIDROGENAZIONE**

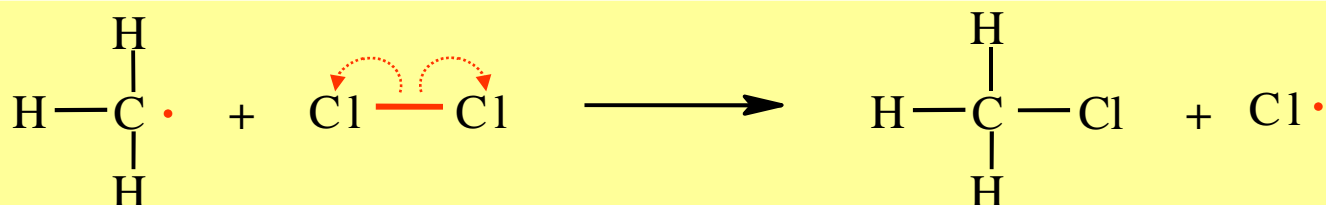
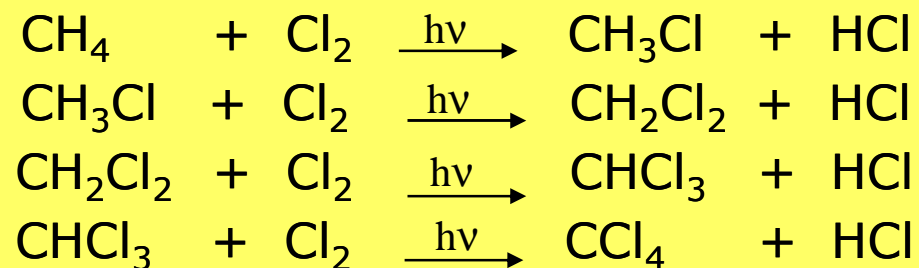
Si ottengono idrocarburi insaturi mediante rimozione di atomi di H



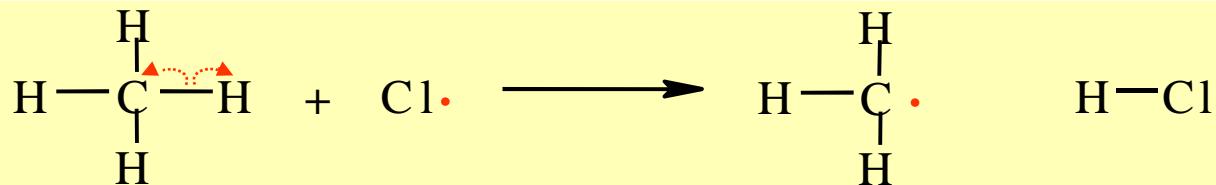


## Reazioni di SOSTITUZIONE

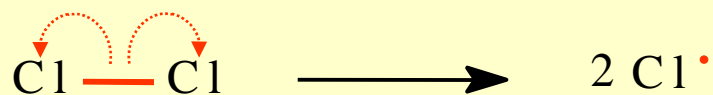
La reazione avviene con un meccanismo radicalico



Nella terza fase il radicale metile induce la scissione omolitica di una seconda molecola di cloro.



Nella seconda fase un atomo (radicale) di cloro induce la scissione omolitica di un legame C-H del metano



Nella prima fase della reazione si scinde il legame Cl-Cl

# IDROCARBURI ALIFATICI SATURI: CICLOALCANI

I cicloalcani sono anelli formati esclusivamente da gruppi  $\text{CH}_2$ , formalmente derivanti dalla ciclizzazione degli alcani

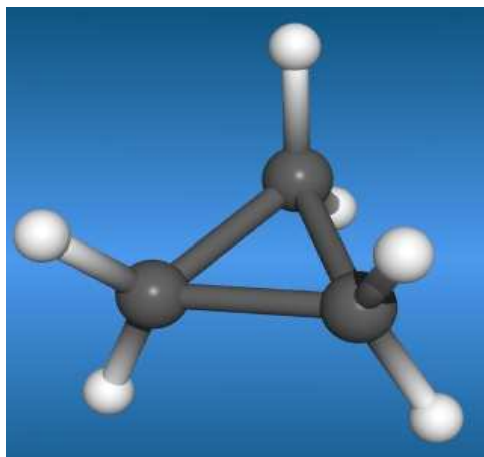
Formula generale dei cicloalcani



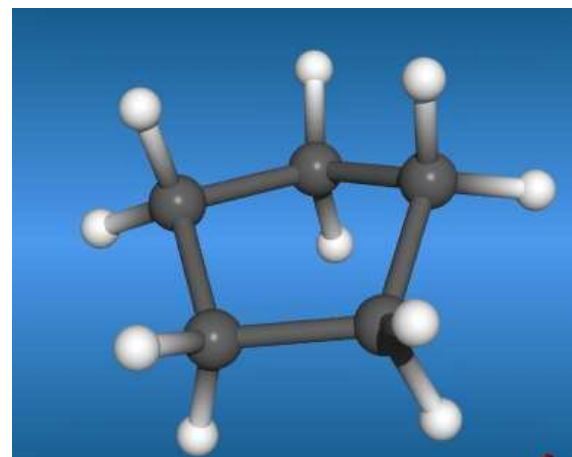
# CICLOALCANI: NOMENCLATURA

La nomenclatura segue le stesse regole adottate per gli alcani. Si premette il prefisso **ciclo-** e l'anello viene numerato in modo da avere i numeri più bassi per i sostituenti.

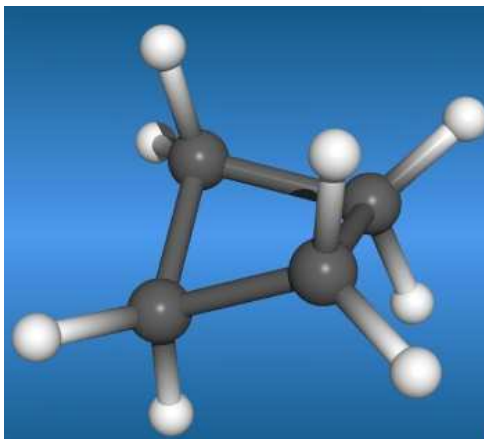
ciclopropano  
( $C_3H_6$ )



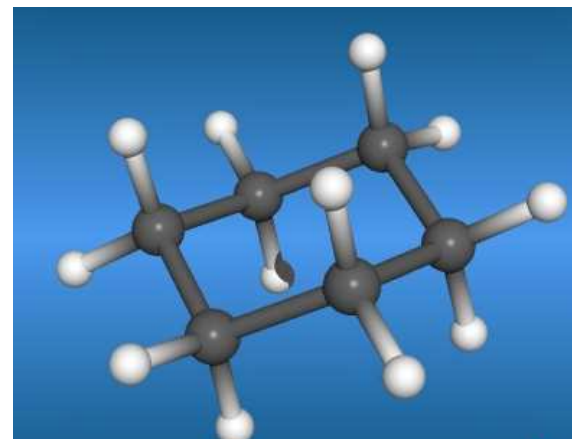
ciclopentano  
( $C_5H_{10}$ )



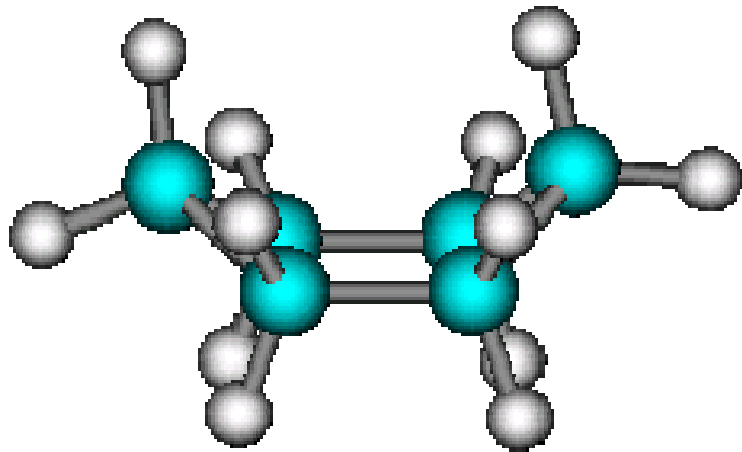
ciclobutano  
( $C_4H_8$ )



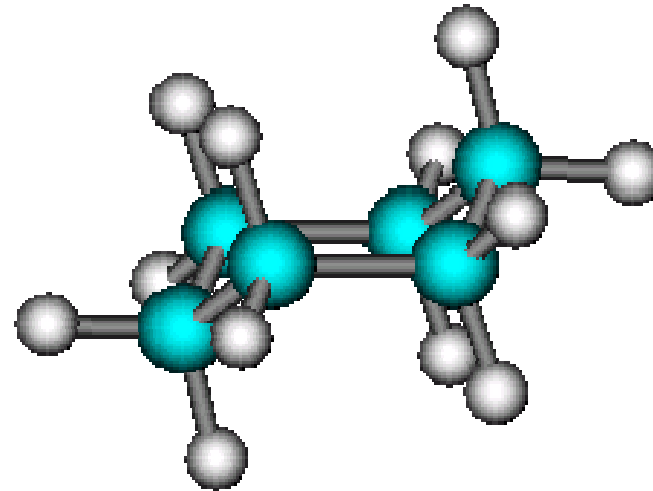
cicloesano  
( $C_6H_{12}$ )



# CICLOALCANI: ISOMERIA CONFORMAZIONALE



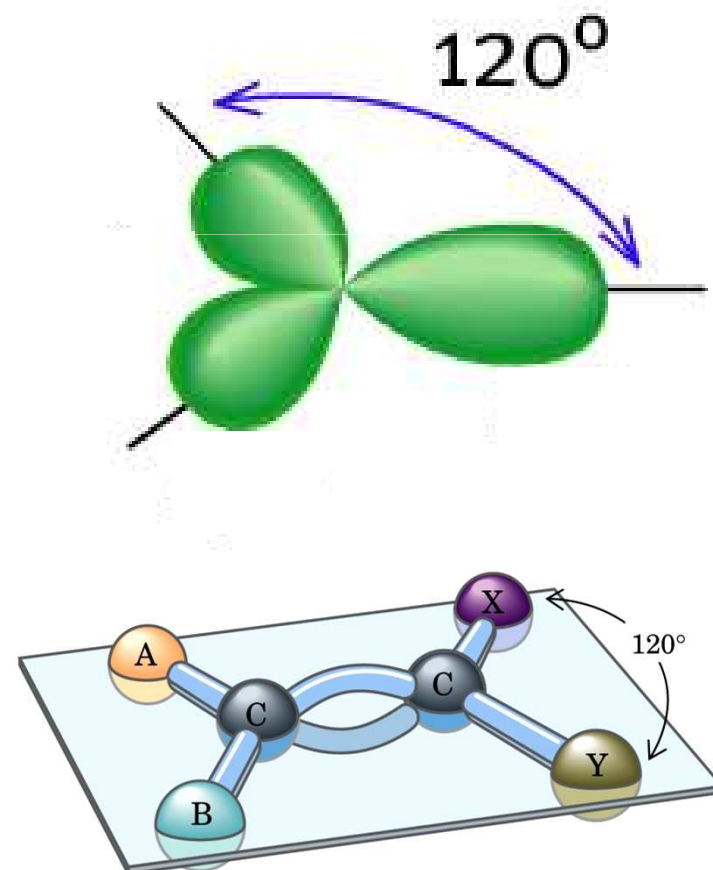
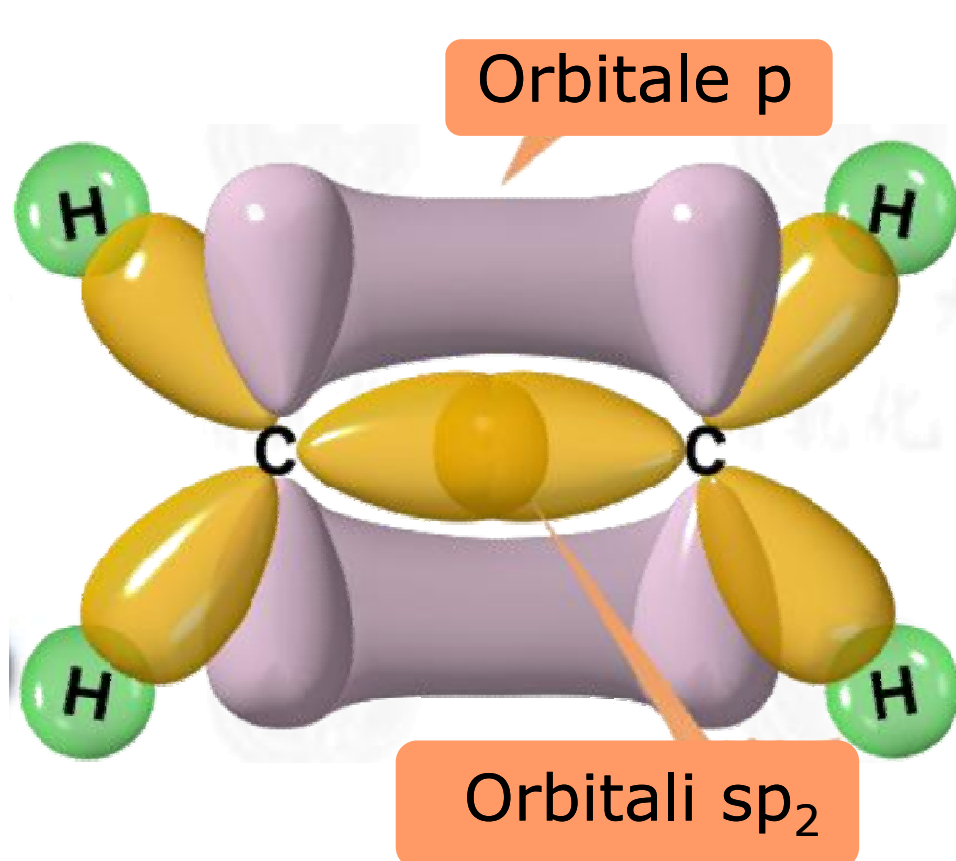
Conformazione a **BARCA**



Conformazione a **SEDIA**  
(più stabile)

# IDROCARBURI ALIFATICI INSATURI: ALCENI

Gli alcheni sono idrocarburi alifatici che contengono uno o più doppi legami. Gli atomi di carbonio dei doppi legami presentano ibridazione  $sp^2$ . Il legame  $\sigma$  C-C è formato per accoppiamento di due elettroni presenti negli orbitali  $sp^2$  e il legame  $\pi$  per accoppiamento di elettroni in orbitali p non ibridati.

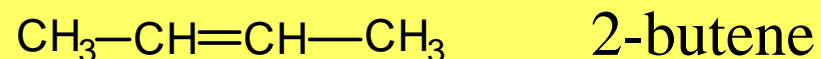
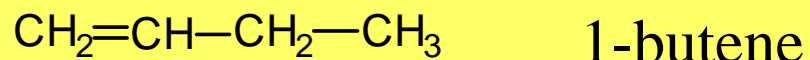


# ALCHENI: FORMULA GENERALE e NOMENCLATURA

Formula generale degli alcheni



Negli alcheni la nomenclatura segue le stesse regole previste per gli alcani. In questo caso la desinenza da aggiungere alla radice greca è **ene** e negli alcheni con  $n \geq 4$  il nome dell'alchene è preceduto da un numero che indica la posizione del doppio legame (attribuito in modo che abbia il valore più basso).

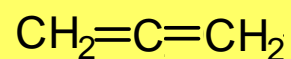


# DIENI: FORMULA GENERALE e NOMENCLATURA

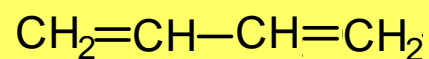
Formula generale dei dieni



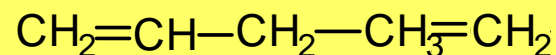
Gli alcheni che contengono due doppi legami sono detti **DIENI**. La nomenclatura è la stessa degli alcheni, ma la desinenza - **ene** diventa - **diene** e il nome del composto è preceduto da 2 numero che indicano le posizioni dei doppi legami



CUMULATI



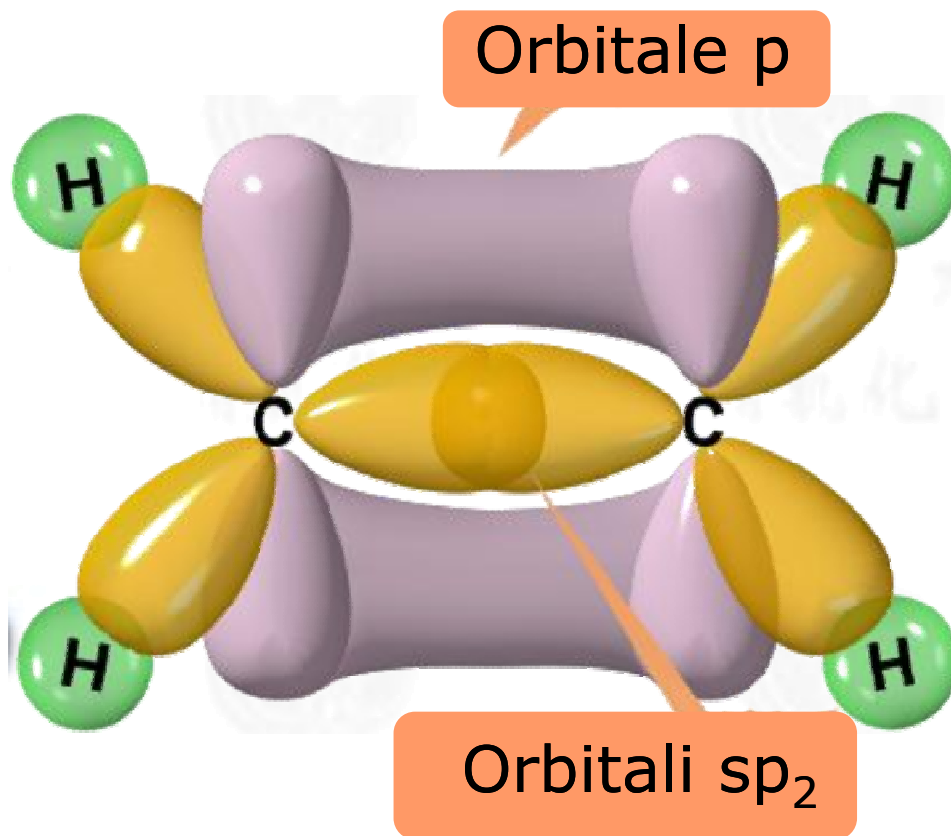
CONIUGATI



ISOLATI

# ALCHENI: ISOMERIA *CIS* - *TRANS*

Per la formazione del doppio legame tra due atomi di carbonio i due orbitali p non ibridati devono essere allineati (paralleli) per la formazione del legame  $\pi$ . Ne consegue che attorno agli atomi di C uniti mediante il doppio legame la **ROTAZIONE E' IMPEDITA**.



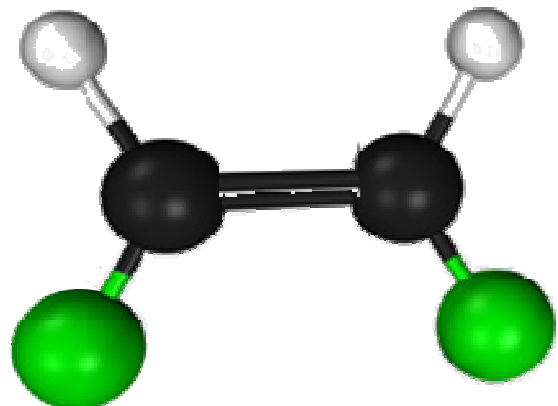


## ALCHENI: ISOMERIA CIS - TRANS

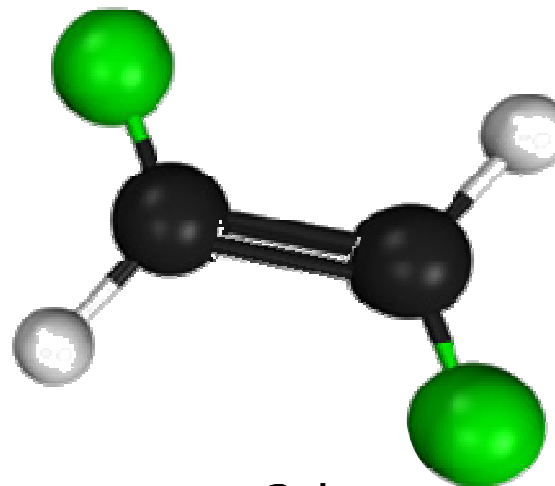
Per la formazione del doppio legame tra due atomi di carbonio i due orbitali p non ibridati devono essere allineati (paralleli) per la formazione del legame  $\pi$ . Ne consegue che attorno agli atomi di C uniti mediante il doppio legame la **ROTAZIONE E' IMPEDITA**.

Ciò comporta il manifestarsi dell'**ISOMERIA GEOMETRICA**. Gli isomeri geometrici sono degli stereoisomeri caratterizzati da una diversa disposizione spaziale di atomi o gruppi di atomi legati agli atomi di C uniti da doppio legame.

Gli **ISOMERI GEOMETRICI** sono dei **DIASTEREOISOMERI**, cioè stereoisomeri che NON sono l'immagine speculare l'uno dell'altro



*cis* 2-butene

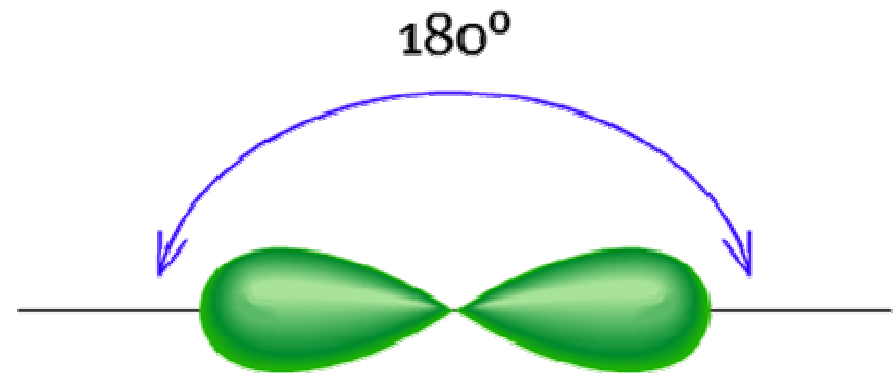
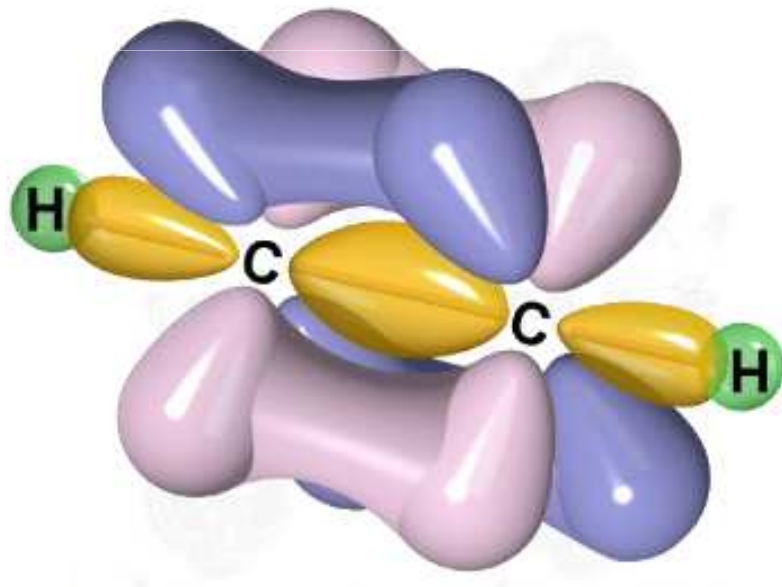


*trans* 2-butene

Ad esempio il 2-butene esiste in due isomeri geometrici.

# IDROCARBURI ALIFATICI INSATURI: ALCHINI

Gli alchini sono idrocarburi alifatici che contengono uno o più tripli legami. Gli atomi di carbonio dei tripli legami presentano ibridazione  $sp$ . Il legame  $\sigma$  C-C è formato per accoppiamento di due elettroni presenti negli orbitali  $sp$  e i legami  $\pi$  per accoppiamento di due coppie di elettroni nei 2 orbitali  $p$  non ibridati.

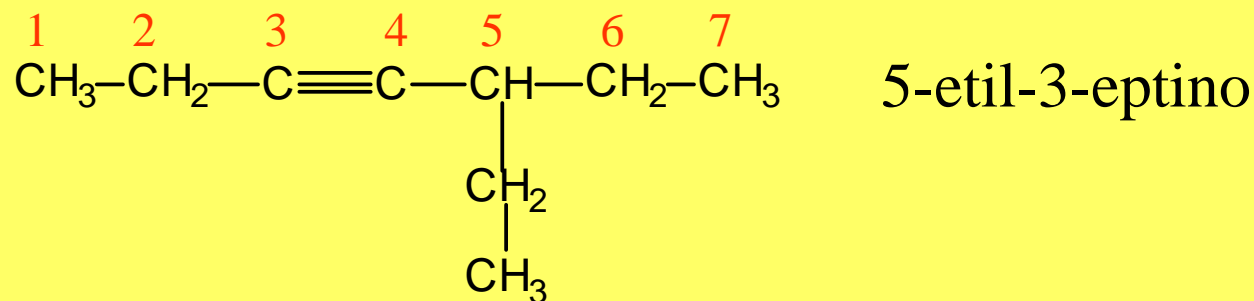


# ALCHINI: FORMULA GENERALE e NOMENCLATURA

Formula generale degli alchini



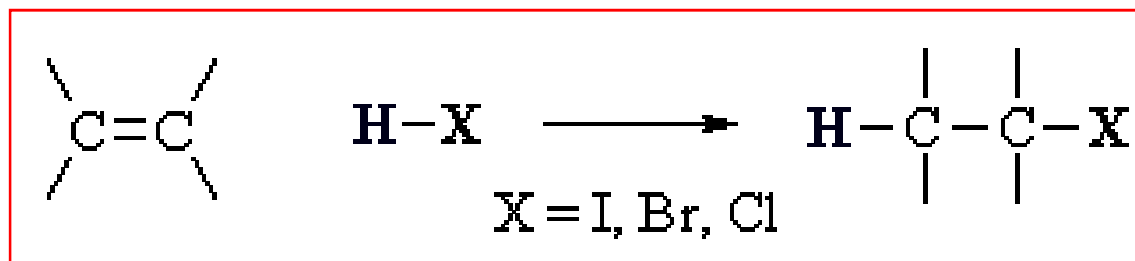
Negli alchini la nomenclatura fa uso della desinenza - **ino** ed è analoga a quella degli alcheni



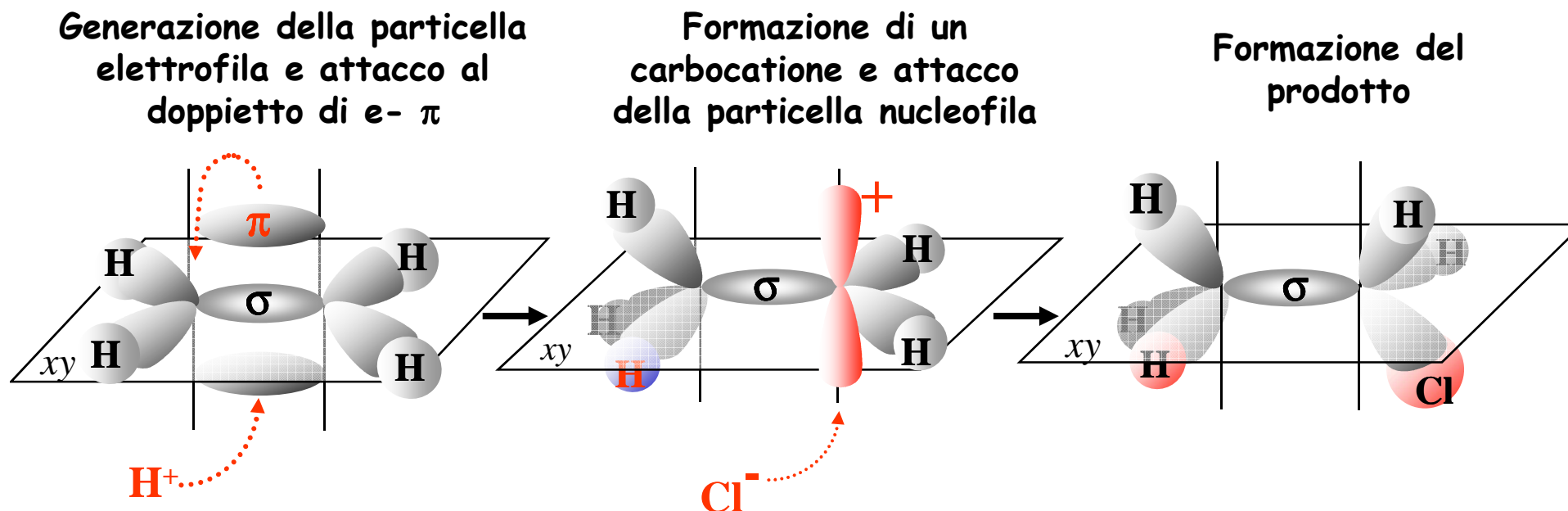
Come per gli Alcheni, anche negli Alchini la **ROTAZIONE** attorno al legame triplo  $C \equiv C$  è **IMPEDITA**

# REAZIONI di ALCENI e ALCHINI

Le principali reazioni sono reazioni di **ADDIZIONE ELETTROFILA** che convertono il legame  $\pi$  in due nuovi legami  $\sigma$ .



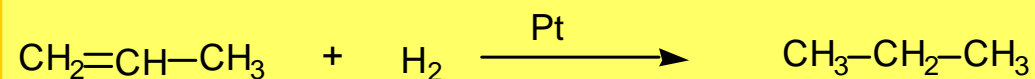
Fasi principali del meccanismo di reazione



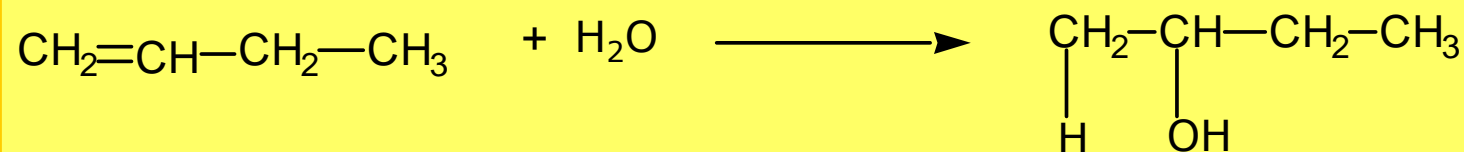
# REAZIONI di ALCENI e ALCHINI

Le principali reazioni sono reazioni di **ADDIZIONE ELETTROFILA** che convertono il legame  $\pi$  in due nuovi legami  $\sigma$ .

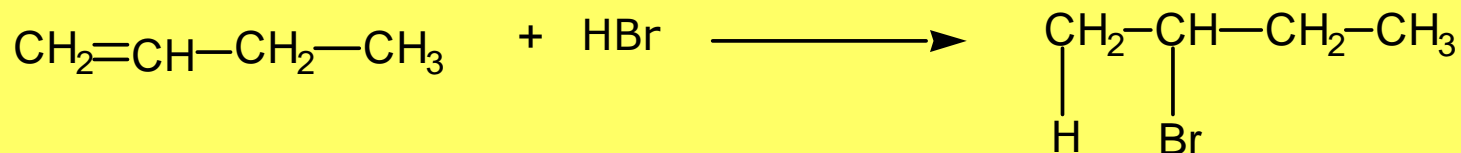
## Reazione di IDROGENAZIONE



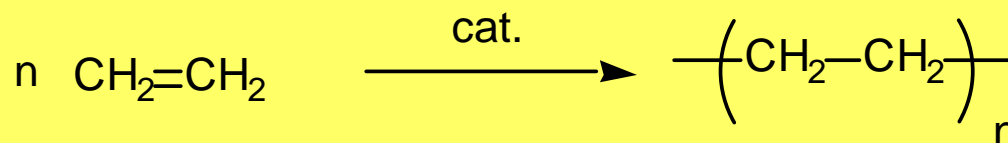
## Reazione di IDRATAZIONE



## Reazioni di ALOGENAZIONE

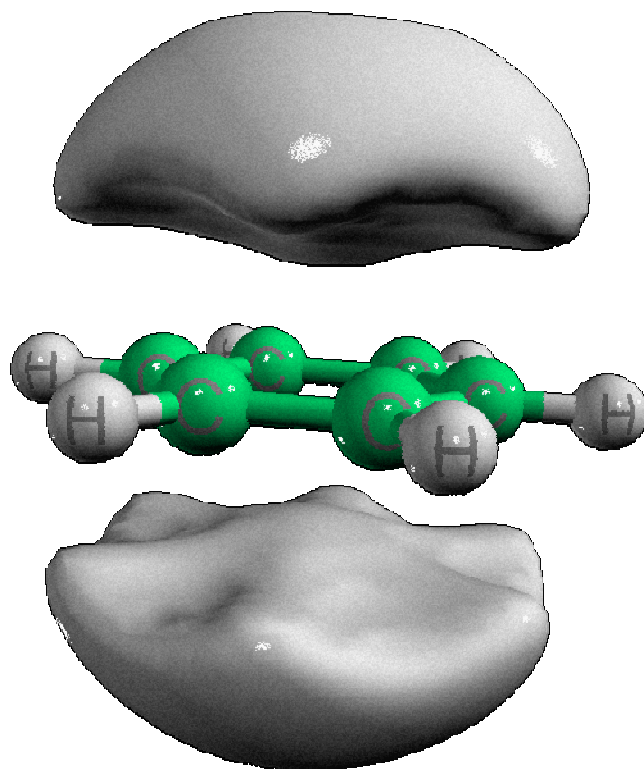


## Reazioni di POLIMERIZZAZIONE



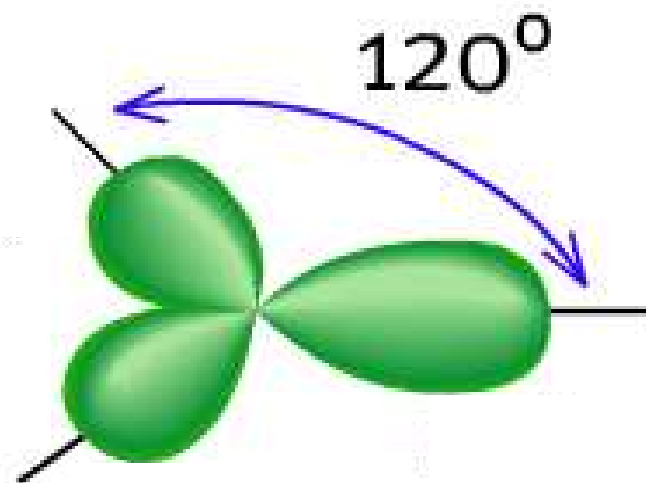
# IDROCARBURI AROMATICI MONOCICLICI : IL BENZENE

Il capostipite degli idrocarburi aromatici è il BENZENE ( $C_6H_6$ ), in cui i 6 atomi di C, disposti ai vertici di un esagono, hanno un'ibridazione  $sp^2$ . I 3 orbitali  $sp^2$  vengono utilizzati per formare legami  $\sigma$  con altri 2 atomi di C e con 1 atomo di H. I sei elettroni presenti negli orbitali p non ibridati sono delocalizzati al di sopra e al di sotto del piano dell'anello



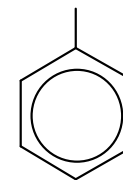
BENZENE ( $C_6H_6$ )

Gli  $e^- \pi$  sono delocalizzati su tutto l'anello

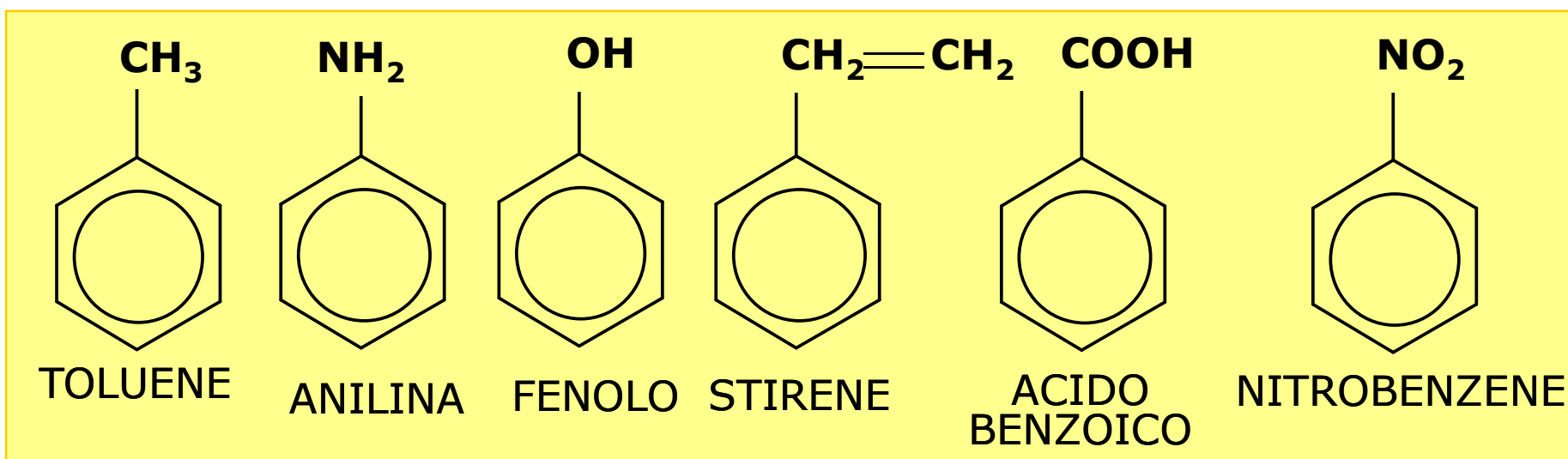


# DERIVATI del BENZENE

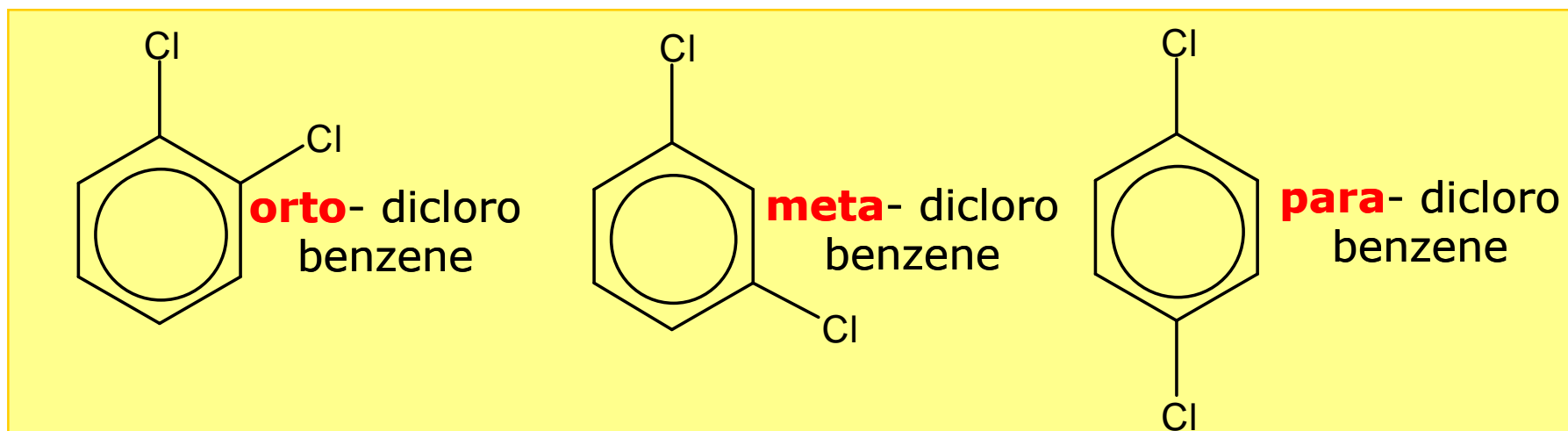
Quando il benzene funge da sostituito è detto gruppo **fenile**.



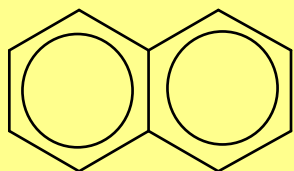
## □ Benzene MONOsostituito



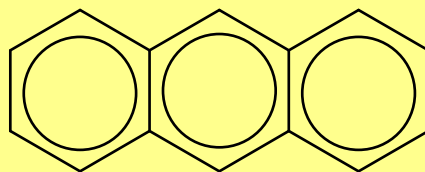
## □ Benzene POLIsostituito



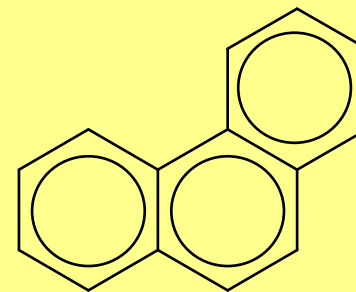
# IDROCARBURI AROMATICI POLICICLICI



naftalene



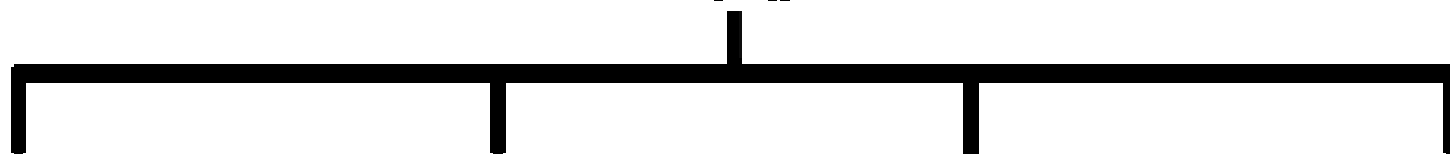
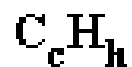
antracene



fenantrene



# Hydrocarbons

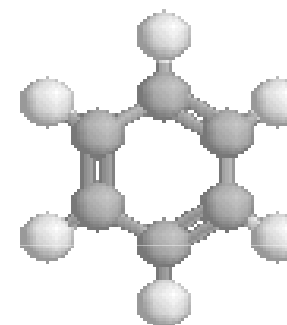
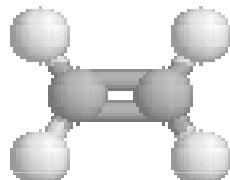
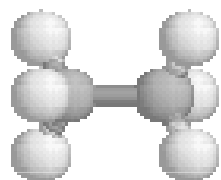


Alkanes

Alkenes

Alkynes

Arenes



Only CC  $\sigma$  bonds  
all C  $sp^3$  hybridised

CC  $\sigma$  and  $\pi$  bonds  
C=C  $sp^2$

CC  $\sigma$  and 2 $\pi$  bonds  
C $\equiv$ C  $sp$

6 C cyclic array with alternate  
 $\sigma$  and  $\pi$  bonds

ALIPHATIC

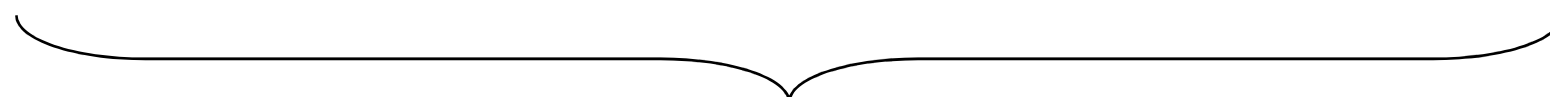
AROMATIC

-ano

-ene

-ino

-ene



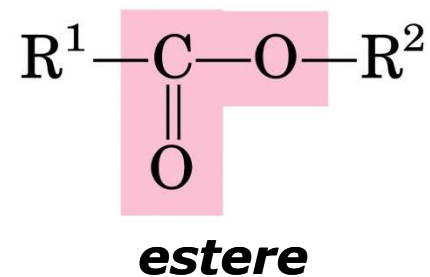
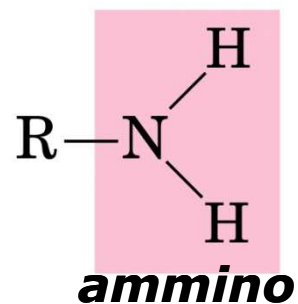
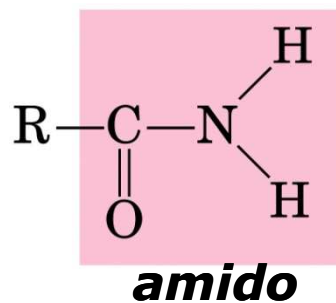
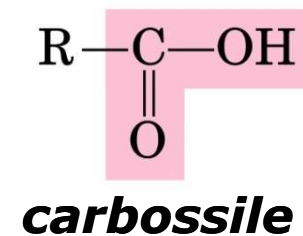
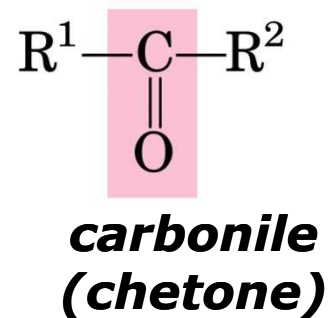
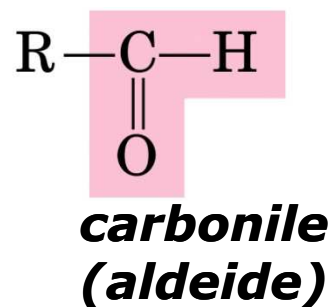
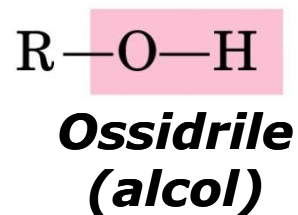
**DESINENZE**

# DERIVATI DEGLI IDROCARBURI

La maggior parte delle molecole organiche contiene altri elementi oltre a C e H. L'introduzione di un atomo di un elemento diverso come l'ossigeno e l'azoto (detti **eteroatomi**) o di un gruppo di atomi nella struttura degli idrocarburi porta a notevoli mutamenti della loro reattività e delle proprietà fisiche.

Gli atomi di elementi diversi o i gruppi di atomi sono detti **gruppi funzionali**. Si può effettuare una classificazione dei composti organici sulla base dei gruppi funzionali che la compongono. Sono infatti i gruppi funzionali che determinano in maniera preponderante le proprietà chimiche e fisiche della molecola

# GRUPPI FUNZIONALI



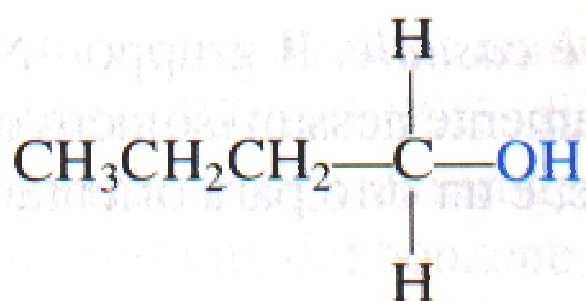
# Gruppi funzionali: alcoli

Sono caratterizzati dalla presenza del gruppo ossidrilico:

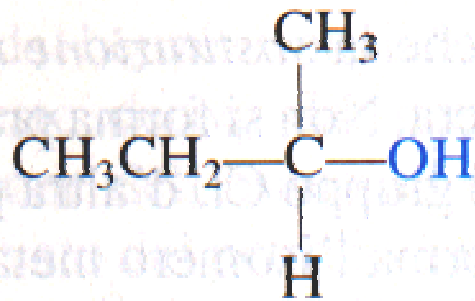


Il nome si ottiene sostituendo la -o terminale dell'idrocarburo con il suffisso **-olo**. La posizione dell'OH è specificata da un numero (quando necessario) il più piccolo tra i numeri che indicano i sostituenti.

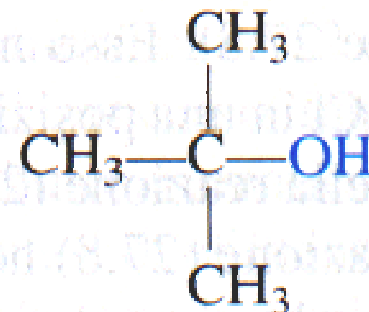
Gli alcoli sono classificati a seconda del numero di gruppi R legati al C che porta il gruppo -OH:



1-butanolo  
(alcol butilico)  
(un alcol *primario*)



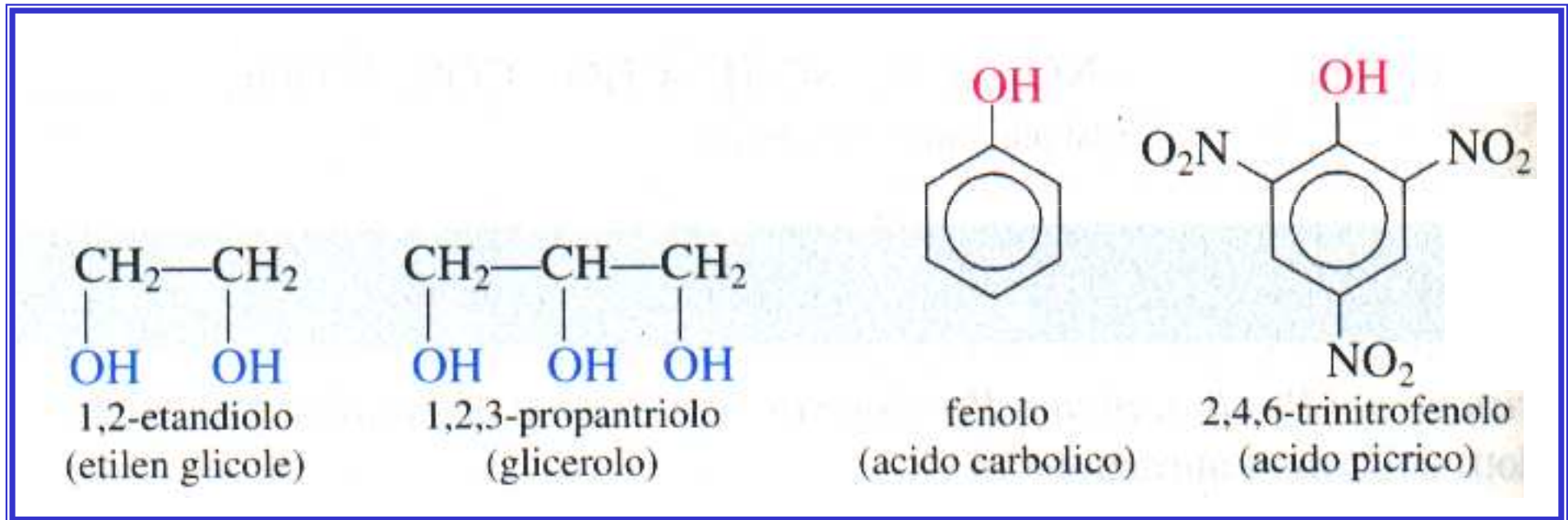
2-butanolo  
(alcol *s*-butilico)  
(un alcol *secondario*)



2-metil-2-propanolo  
(alcol *t*-butilico)  
(un alcol *terziario*)

# Gruppi funzionali: alcoli

Esistono anche molecole con più gruppi ossidrilici chiamati alcoli poliossidrilici tra i quali i più importanti sono il glicole etilenico e il glicerolo



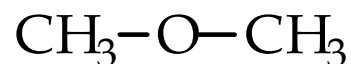
L'alcol aromatico più semplice ed utilizzato è il fenolo (idrossibenzene) impiegato specialmente nella produzione di materiali polimerici (adesivi e materiali plastici).

# Gruppi funzionali: eteri

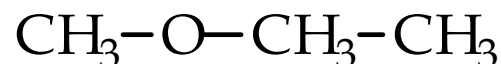
---



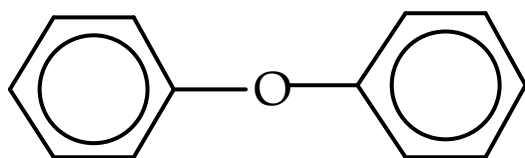
Gli eteri vengono denominati premettendo i nomi dei gruppi alchilici attaccati all'atomo di ossigeno e aggiungendo la parola **etere**.



Dimetiletere (etere metilico)



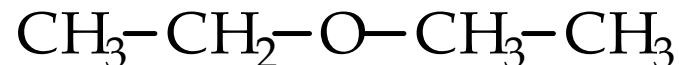
Etil metiletere



Difeniletere

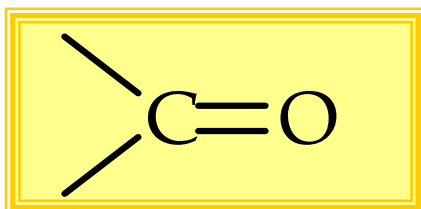
Gli eteri sono composti poco reattivi e per questo vengono spesso utilizzati come solventi per reazioni.

Il composto più importante è **l'etere etilico** che è anche usato come anestetico



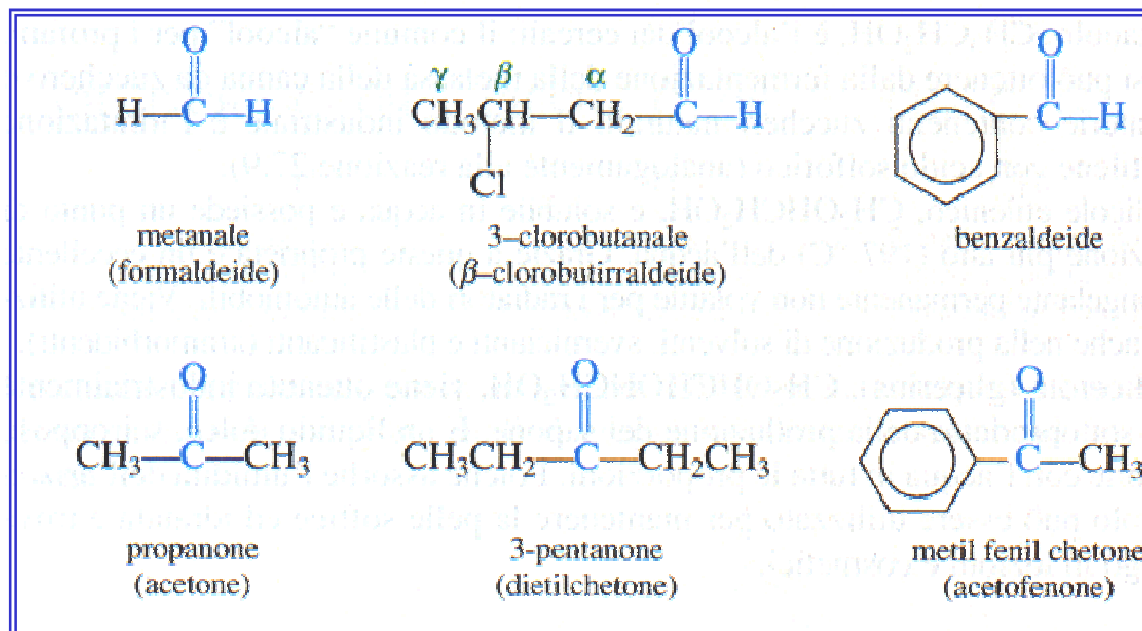
Dietiletere (etere etilico)

# Gruppi funzionali: aldeidi e chetoni



*I chetoni presentano un gruppo carbonile legato a due atomi di carbonio, mentre nelle aldeidi il carbonile è legato ad almeno un atomo di H.*

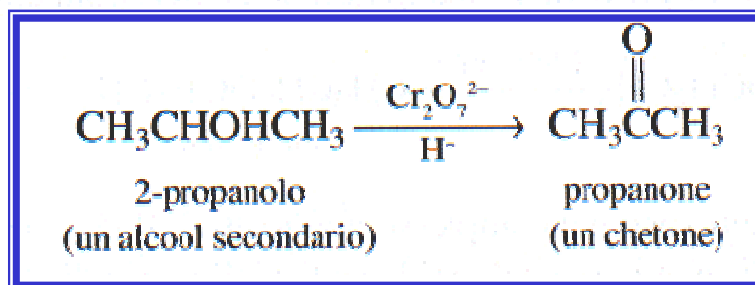
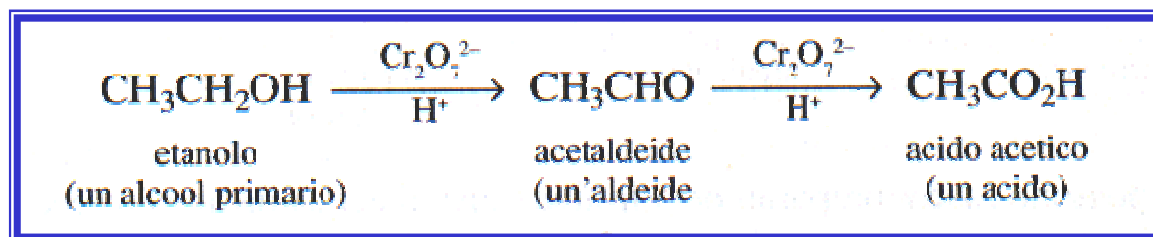
Il nome sistematico per un aldeide si ottiene per rimozione della -o finale del corrispondente alcano ed aggiunta del suffisso **-ale**. Per i chetoni si usa il suffisso **-one** ed un numero che indica la posizione del gruppo carbonile



# Gruppi funzionali: aldeidi e chetoni

---

Le aldeidi e i chetoni si ottengono per ossidazione degli alcoli

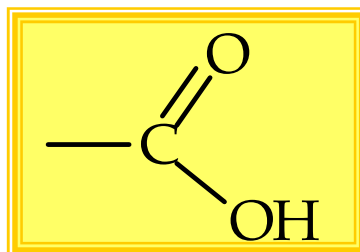




# Gruppi funzionali: acidi carbossilici ed esteri

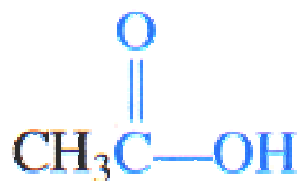
---

Gli acidi contengono il gruppo **carbossile**



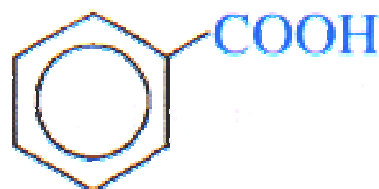
In genere questi composti sono acidi deboli in soluzione acquosa.

La nomenclatura degli acidi carbossilici prevede la sostituzione della **-o** finale del corrispondente alcano con il suffisso **-oico**:

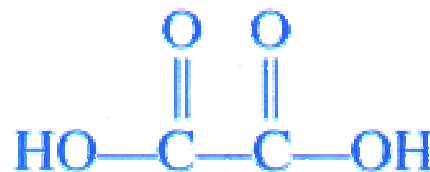


acido acetico  
(un acido alifatico)

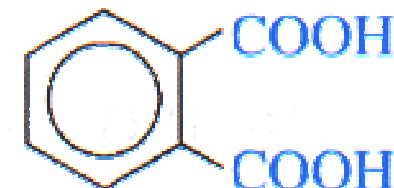
Acido etanoico



acido benzoico  
(un acido aromatico)



acido ossalico  
(un acido dicarbossilico  
alifatico)

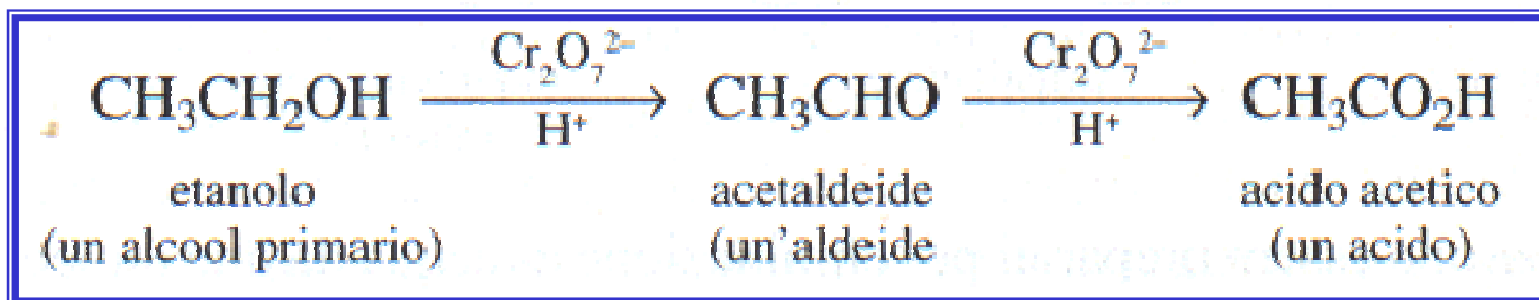


acido ftalico  
(un acido dicarbossilico  
aromatico)

# Gruppi funzionali: acidi carbossilici ed esteri

---

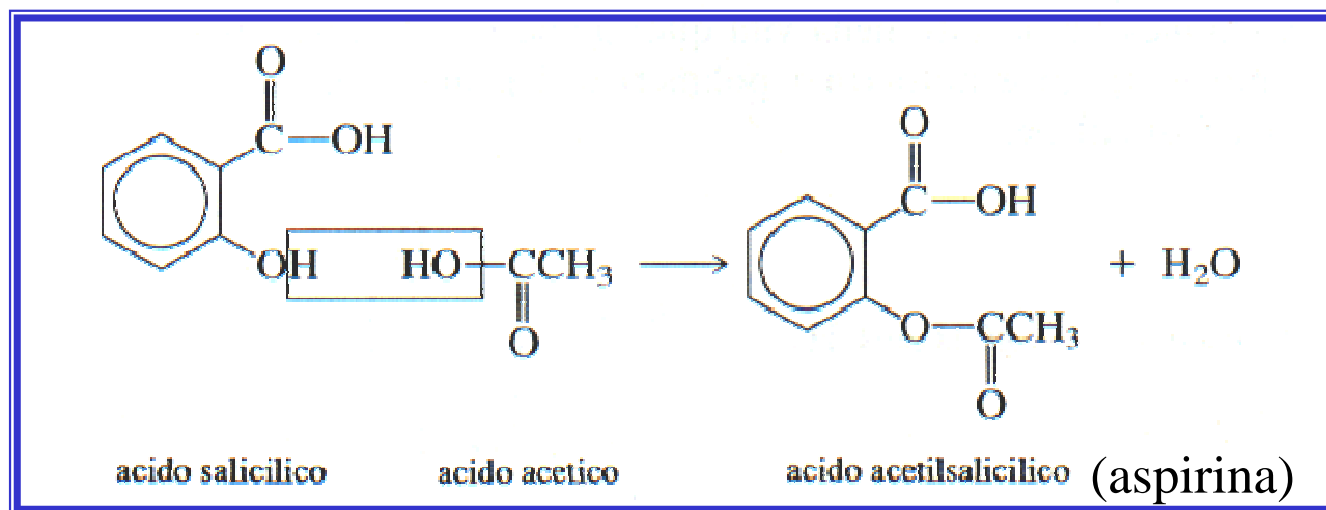
Molti acidi carbossilici vengono preparati per ossidazione con agenti ossidanti forti dagli alcoli primari



# Gruppi funzionali: acidi carbossilici ed esteri

---

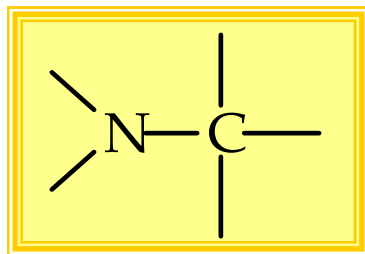
La reazione più importante degli acidi carbossilici è la reazione di **esterificazione diretta** con un alcol che porta alla formazione del corrispondente estere.



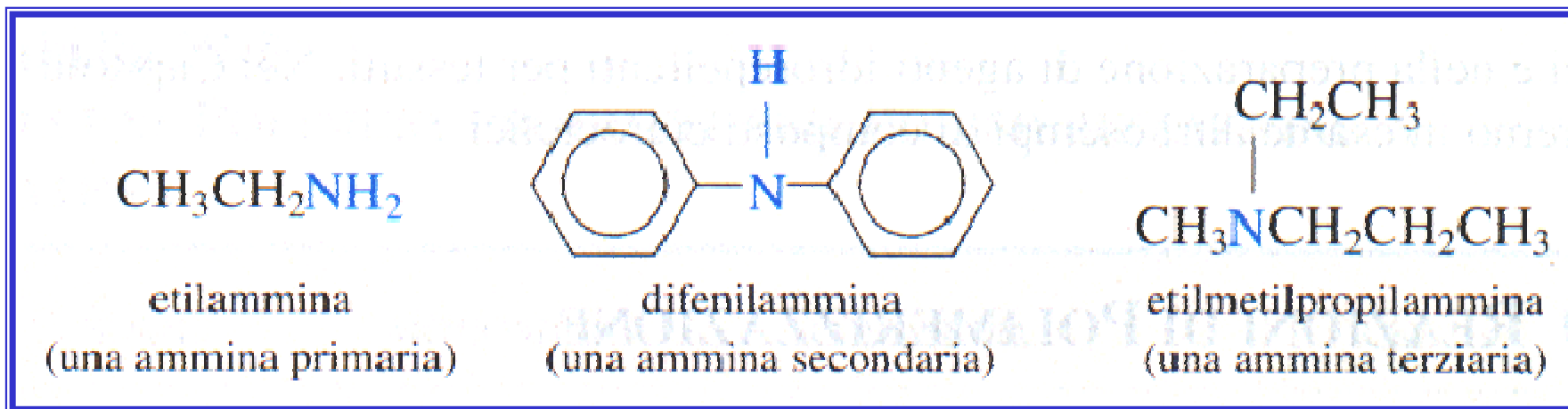
La nomenclatura degli esteri prevede la sostituzione del suffisso **-oico** dell'acido di partenza con il suffisso **-ato** seguito dal nome del radicale alchilico dell'alcol.

# Gruppi funzionali: ammine

Sono descritti come derivati dell'ammoniaca per sostituzione di uno o più legami N-H con legami N-C.



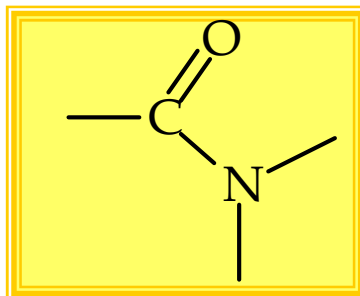
Sono divise in primarie, secondarie e terziarie.



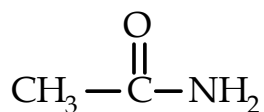
Per ammine semplici sono spesso usati nomi comuni; per quelle più complesse si usa il nome **ammino** per il gruppo funzionale  $-\text{NH}_2$ .

# Gruppi funzionali: ammidi

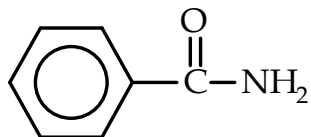
Derivano dalla reazione di un acido carbossilico con una ammina.



Il nome deriva da quello dell'acido corrispondente mediante la sostituzione del suffisso **-oico** con **ammide**.

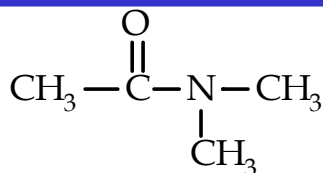


Etanammide (acetammide)

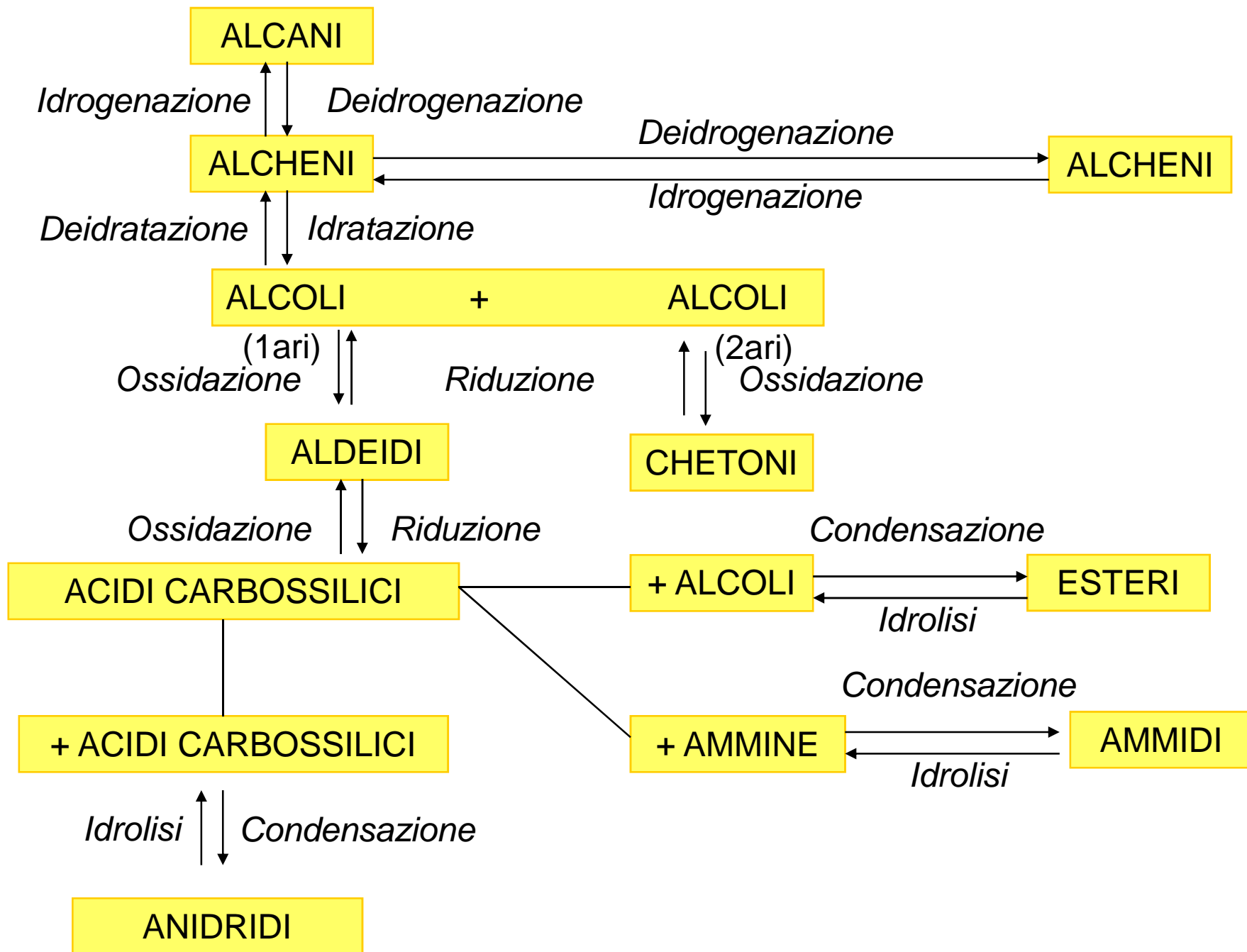


Benzammide

Se il gruppo -NH<sub>2</sub> contiene dei sostituenti l'ammide si dice **N-sostituita**



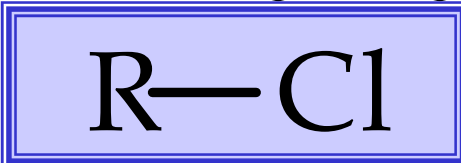
N,N-dimetiletanammide



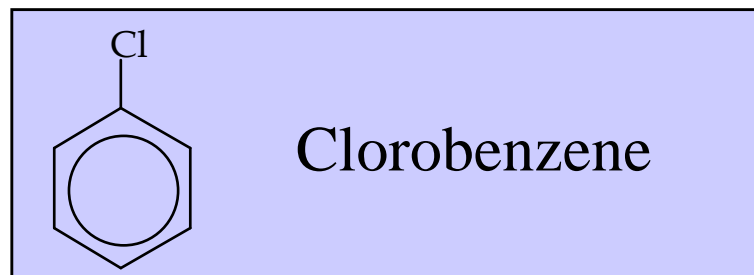
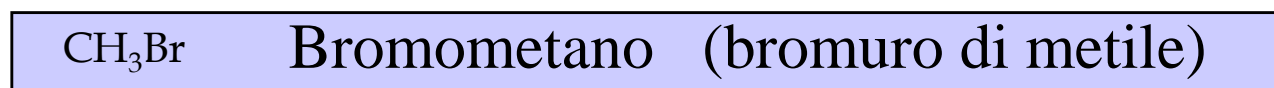
# Gruppi funzionali: alogenuri

---

Formula generale degli alogenuri



Sono divisi in alogenuri alchilici e alogenuri arilici a seconda che il gruppo R sia alifatico o aromatico



*Utilizzi e tossicità:* gli alogenuri alchilici sono principalmente utilizzati come solventi per reazioni su scala industriale (per esempio il cloruro di metilene è utilizzato per la polimerizzazione per via interfacciale del policarbonato del bisfenolo A). Gli alogenuri sono particolarmente tossici e cancerogeni (maggiore è il numero di alogeni per molecole, maggiore è la tossicità)