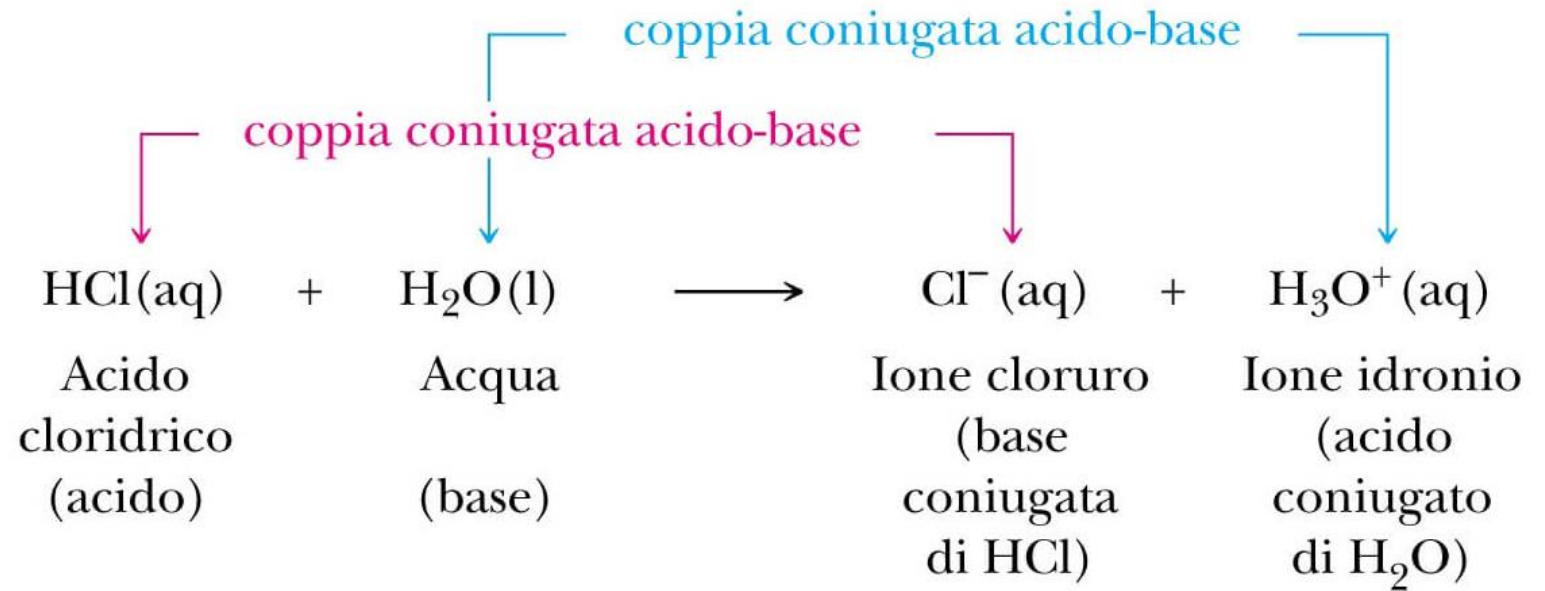
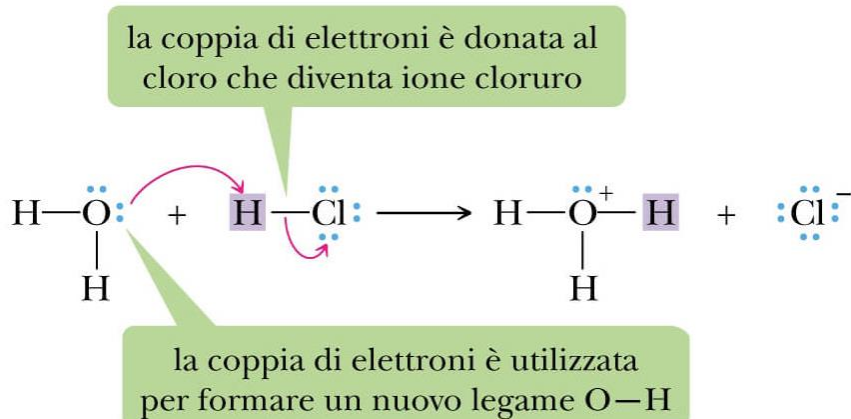


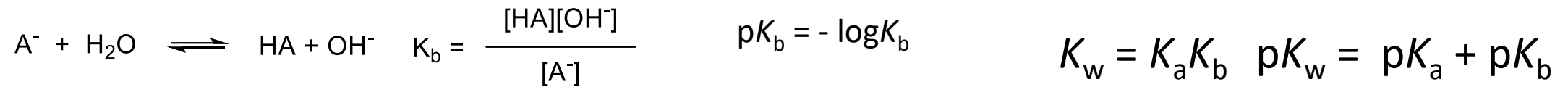
- **Acidi e Basi**
- **Elettrofili e Nucleofili**
- **Reazioni Organiche**
- **Gruppi Funzionali**

# Acidi e basi di Brønsted-Lowry

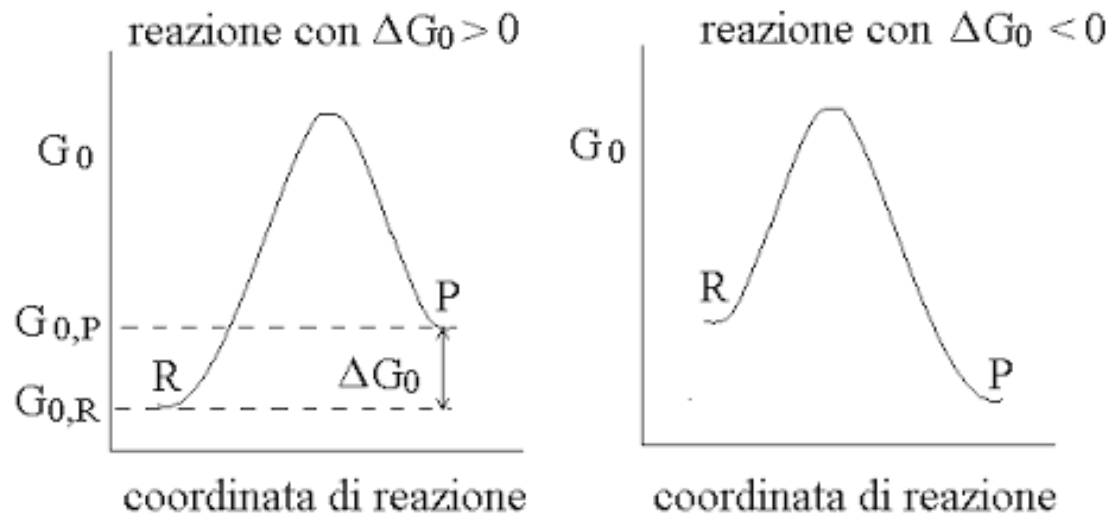
- Gli acidi donano protoni ad un accettore. Tutti gli acidi di Brønsted-Lowry contengono un protone ionizzabile.
- Le basi accettano protoni da un donatore. Tutte le basi di Brønsted-Lowry contengono un doppietto solitario o un legame  $\pi$ .



# Acidi e basi di Brønsted-Lowry



- Più grande è la  $K_a$  (bassa  $\text{p}K_a$ ) più l'acido è forte.
- La basicità di basi diverse si può confrontare guardando i valori di  $\text{p}K_a$  dei rispettivi acidi coniugati (in chimica organica di solito si usano i valori di  $\text{p}K_a$ )

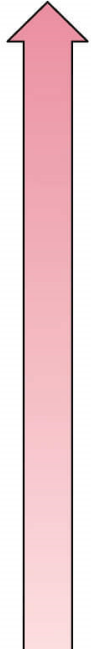
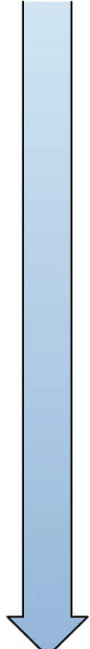


$$\Delta G^\circ = -RT \ln K$$

Equazione di van 't Hoff

# Acidi e basi di Brønsted-Lowry

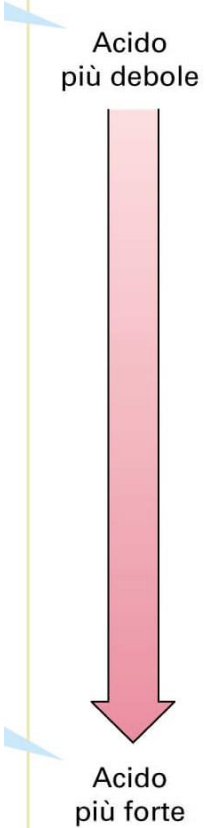
**TABELLA 2.1** Alcuni acidi e le loro basi coniugate

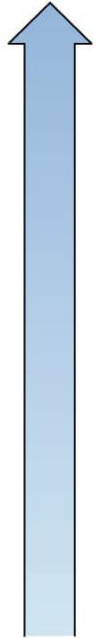
	Acido	Nome	Base coniugata	Nome	
 <p>Acidi forti</p>	HI	Acido iodidrico	I <sup>-</sup>	ione ioduro	 <p>Basi deboli</p>
	HCl	Acido cloridrico	Cl <sup>-</sup>	ione cloruro	
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Acido solforico	HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	ione bisolfato (idrogenosolfato)	
	HNO <sub>3</sub>	Acido nitrico	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	ione nitrato	
	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>	ione idronio	H <sub>2</sub> O	Acqua	
	HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	ione bisolfato	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	ione solfato	
	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Acido fosforico	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	ione fosfato biacido	
	CH <sub>3</sub> COOH	Acido acetico	CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	ione acetato	
	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Acido carbonico	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	ione bicarbonato	
	H <sub>2</sub> S	Acido solfidrico	HS <sup>-</sup>	ione bisolfuro	
	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	ione fosfato biacido	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	ione fosfato monoacido	
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	ione ammonio	NH <sub>3</sub>	Ammoniaca	
	HCN	Acido cianidrico	CN <sup>-</sup>	ione cianuro	
	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	Fenolo	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> O <sup>-</sup>	ione fenossido	
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	ione bicarbonato	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	ione carbonato	
	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	ione fosfato monoacido	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	ione fosfato	
	H <sub>2</sub> O	Acqua	OH <sup>-</sup>	ione idrossido	
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	Etanolo	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> O <sup>-</sup>	ione etossido		
Acidi deboli				Basi forti	

# Acidi e basi di Brønsted-Lowry

**TABELLA 2.2** Valori di  $pK_a$  di alcuni acidi organici e inorganici

	Acido	Formula	$pK_a$	Base coniugata	
	Etano	$CH_3CH_3$	51	$CH_3CH_2^-$	
	Ammoniaca	$NH_3$	38	$NH_2^-$	
	Etanolo	$CH_3CH_2OH$	15.9	$CH_3CH_2O^-$	
	Acqua	$H_2O$	15.7	$HO^-$	
	Ione metilammonio	$CH_3NH_3^+$	10.64	$CH_3NH_2$	
	Ione bicarbonato	$HCO_3^-$	10.33	$CO_3^{2-}$	
	Fenolo	$C_6H_5OH$	9.95	$C_6H_5O^-$	
	Ione ammonio	$NH_4^+$	9.24	$NH_3$	
	Acido cianidrico	$HCN$	9.21	$CN^-$	
	Acido carbonico	$H_2CO_3$	6.36	$HCO_3^-$	
	Acido acetico	$CH_3COOH$	4.76	$CH_3COO^-$	
	Acido benzoico	$C_6H_5COOH$	4.19	$C_6H_5COO^-$	
	Acido fosforico	$H_3PO_4$	2.1	$H_2PO_4^-$	
	Ione idronio	$H_3O^+$	-1.74	$H_2O$	
	Acido solforico	$H_2SO_4$	-5.2	$HSO_4^-$	
	Acido cloridrico	$HCl$	-7	$Cl^-$	
	Acido bromidrico	$HBr$	-8	$Br^-$	
	Acido iodidrico	$HI$	-9	$I^-$	


Acido più debole  
Acido più forte



Base più forte  
Base più debole

# Acidi e basi di Brønsted-Lowry

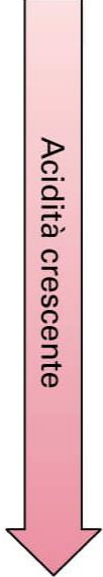


quando si confrontano *atomi appartenenti allo stesso periodo* della Tavola Periodica carichi negativamente, **quanto più elettronegativo è l'atomo tanto meglio esso sopporta la carica negativa**

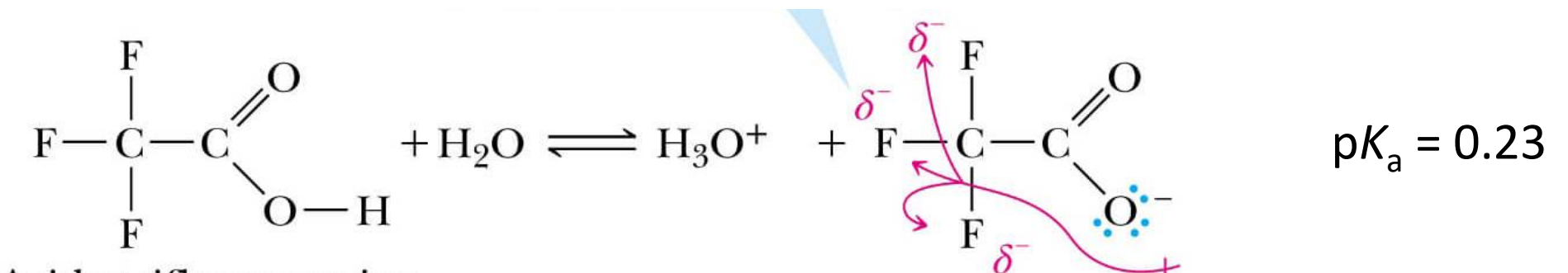
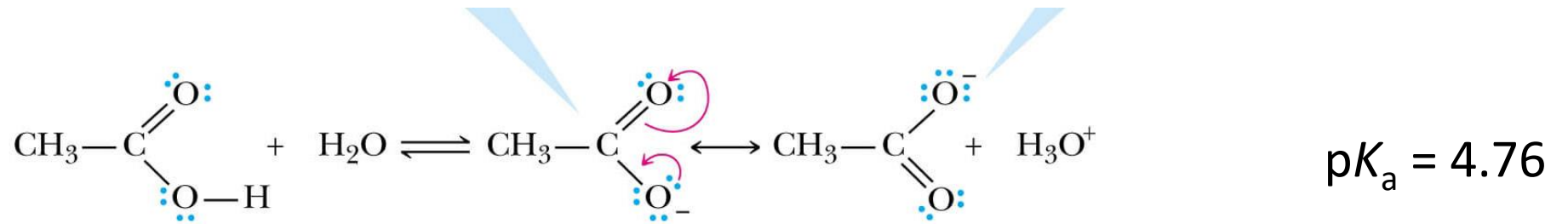
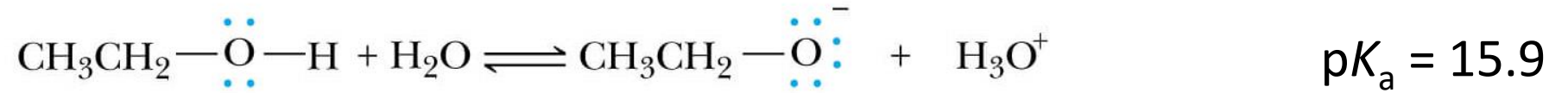
	H <sub>3</sub> C—H	H <sub>2</sub> N—H	HO—H	F—H
pK <sub>a</sub>	51	38	15.7	3.5
Elettronegatività di A in A—H	2.5	3.0	3.5	4.0

Acidità crescente 

Acido	Base coniugata	pKa
HF	F <sup>-</sup>	3.5
HCl	Cl <sup>-</sup>	-7
HBr	Br <sup>-</sup>	-8
HI	I <sup>-</sup>	-9
H <sub>2</sub> O	OH <sup>-</sup>	15.7
H <sub>2</sub> S	SH <sup>-</sup>	7.05

Acidità crescente 

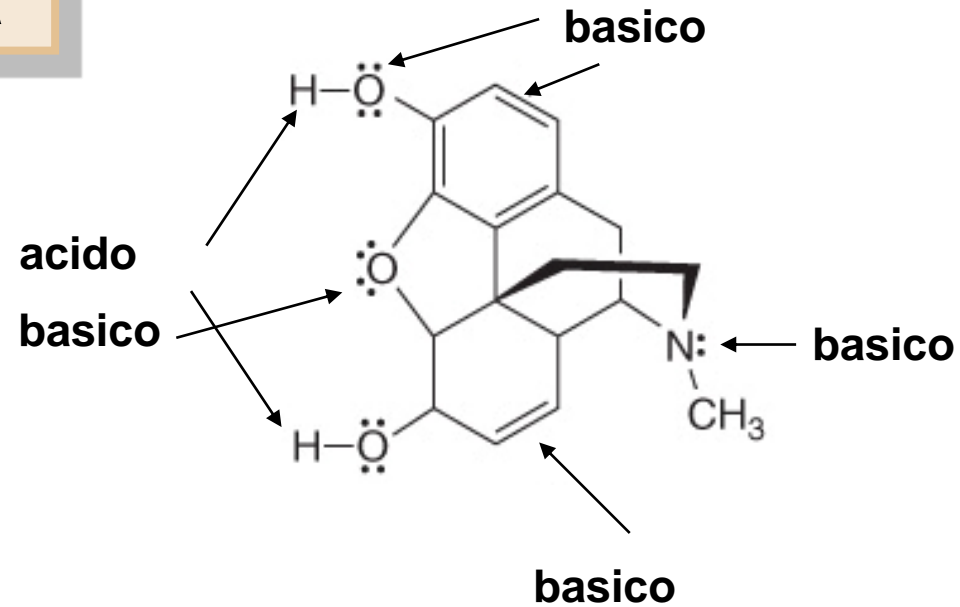
# Acidi e basi di Brønsted-Lowry



# Acidi e basi di Brønsted-Lowry

Molecole organiche complesse hanno molti siti acidi o basici

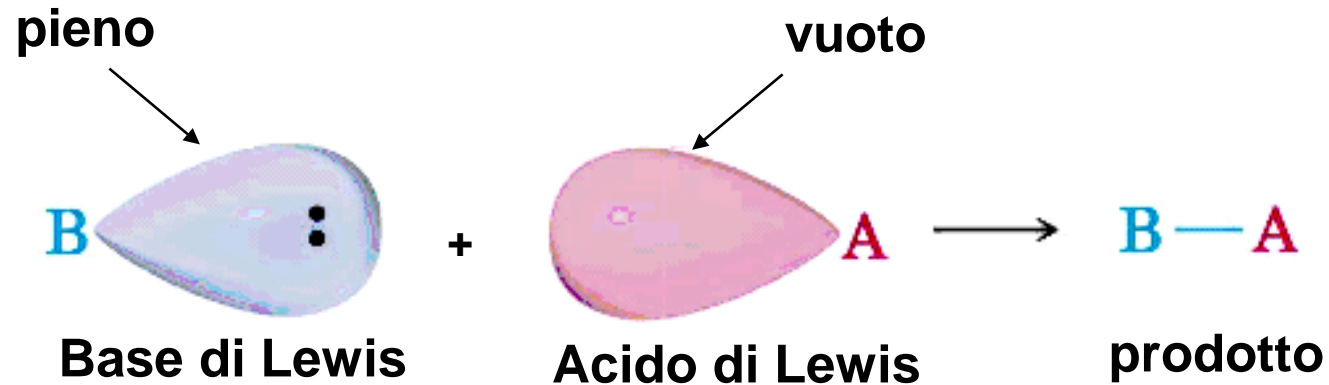
Morfina





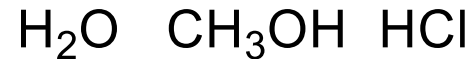
# Acidi e basi di Lewis

- Un acido di Lewis accetta una coppia di elettroni da un donatore. Gli acidi di Lewis hanno un orbitale vuoto a bassa energia.
- Una base Lewis dona una coppia di elettroni ad un accettore. Le basi Lewis hanno un orbitale pieno ad alta energia (coppia solitaria o legame  $\pi$ ).



# Acidi e basi di Lewis

- Tutti gli acidi di Brønsted-Lowry sono acidi di Lewis. Non tutti gli acidi di Lewis sono acidi di Brønsted-Lowry.
- Solo le specie con protoni ionizzabili sono acidi di Brønsted-Lowry. Qualsiasi accettore di elettroni è un L.A.

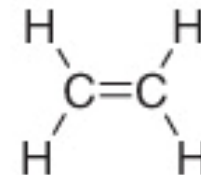
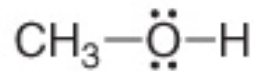
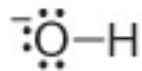


Acidi di Brønsted-Lowry  
e acidi di Lewis



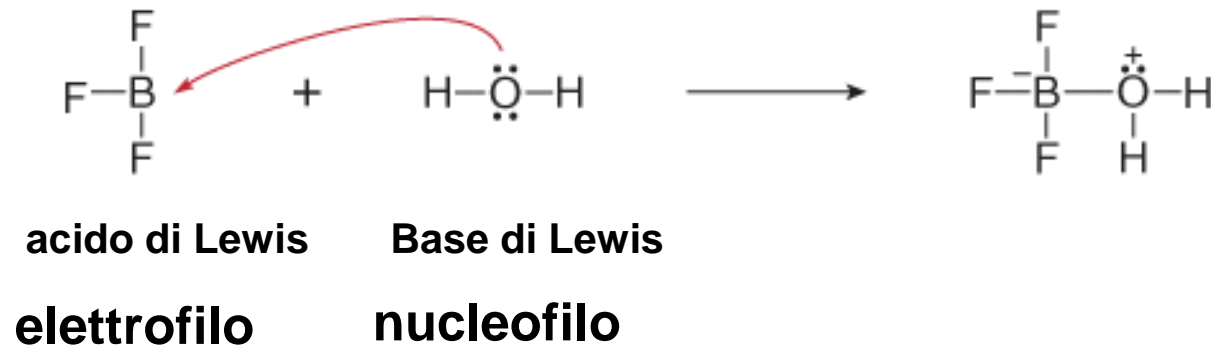
Acidi di Lewis

- Tutte le basi di Brønsted-Lowry sono anche basi di Lewis. Devono avere una coppia solitaria o un legame  $\pi$ .

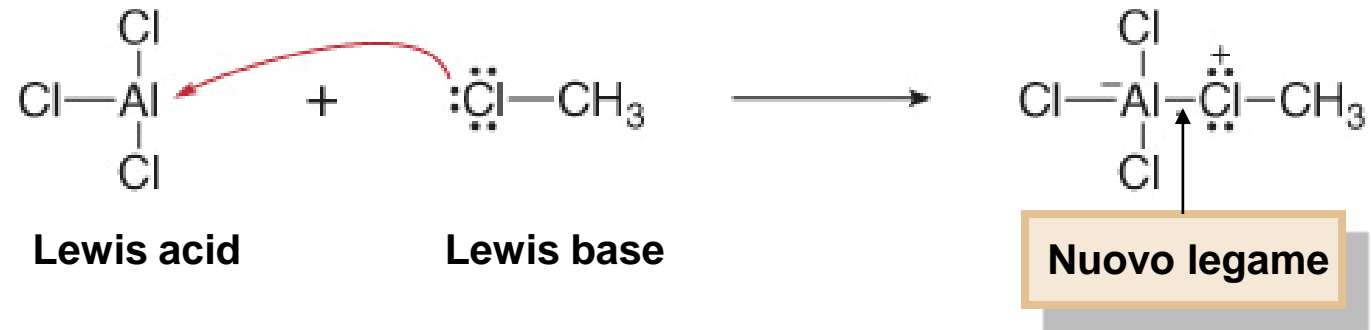
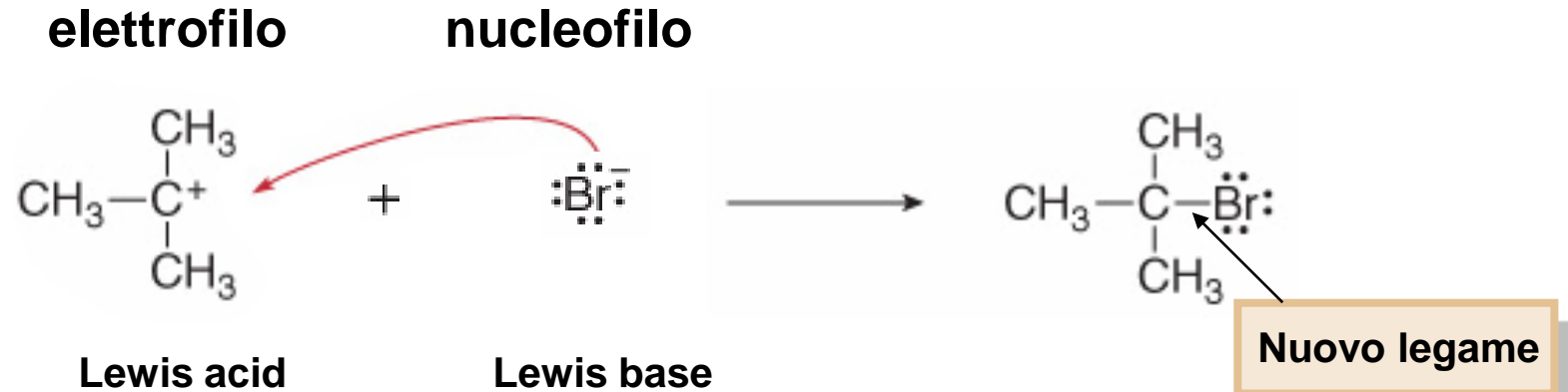


# Reazioni tra Acidi e Basi di Lewis

- Le reazioni organiche possono essere descritte nella maggior parte dei casi come reazioni tra specie povere di elettroni (acidi di Lewis) e specie ricche di elettroni (basi di Lewis).
- La specie povera di elettroni (acido di Lewis) è chiamata **elettrofilo**.
- La specie ricca di elettroni (basi di Lewis) è chiamata **nucleofilo**.
- Il movimento degli elettroni è indicato con frecce curve.

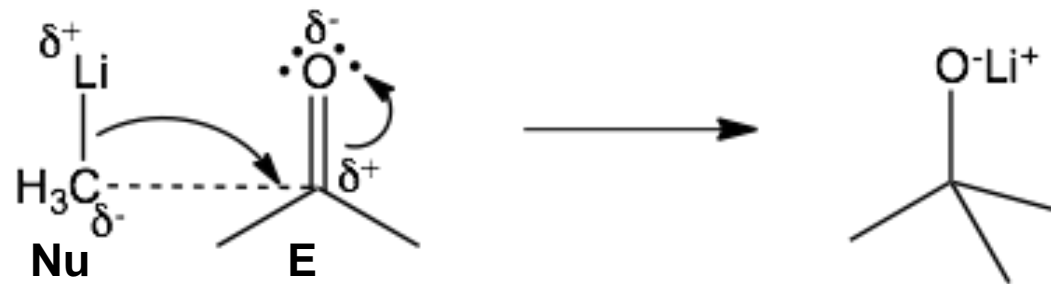
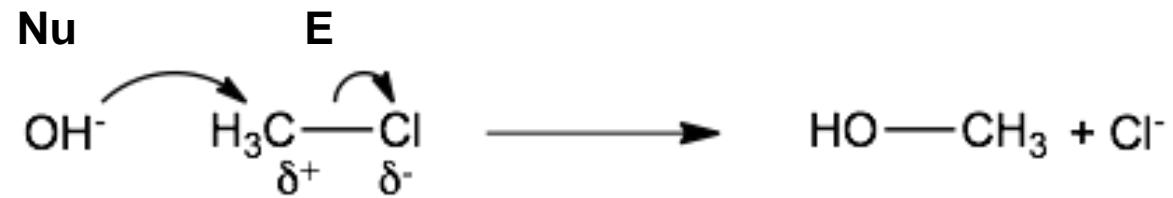


# Elettrofili e Nucleofili



# Elettrofili e nucleofili

- Elettrofili e nucleofili possono anche essere legami polarizzati

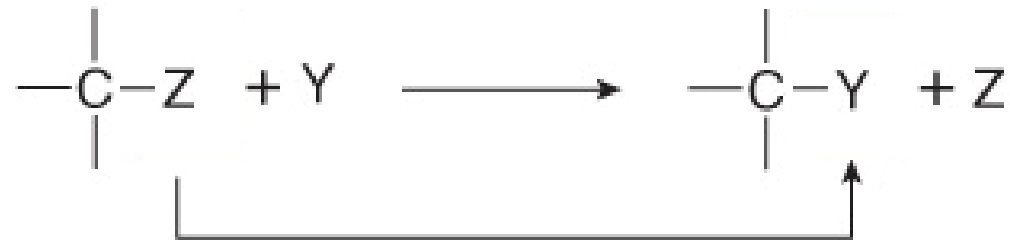


# Reazioni Organiche

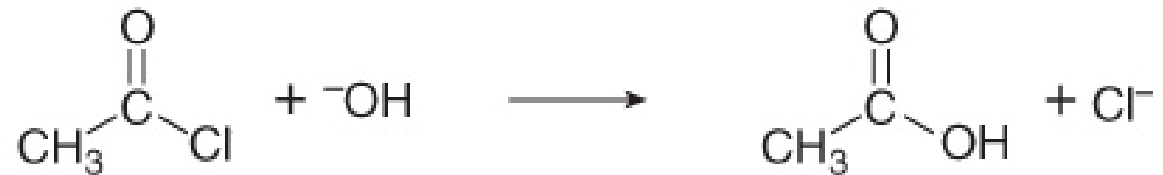
- Tipologia della reazione (formazione e rottura di legami):
  - sostituzione
  - addizione
  - eliminazione
  - riarrangiamento e trasposizione
- Meccanismo = movimento degli elettroni:
  - ioniche (polari)
  - radicaliche
  - pericicliche

# Sostituzioni

- In una reazione di sostituzione, un atomo o un gruppo di atomi Y sostituisce un atomo o un gruppo di atomi Z al carbonio.
- Le sostituzioni comportano la rottura e la formazione di legami  $\sigma$ .

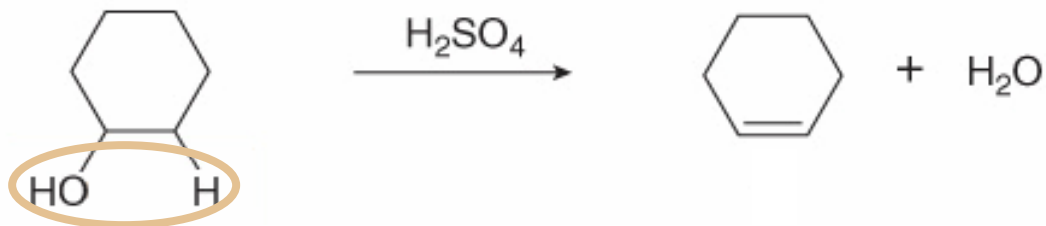
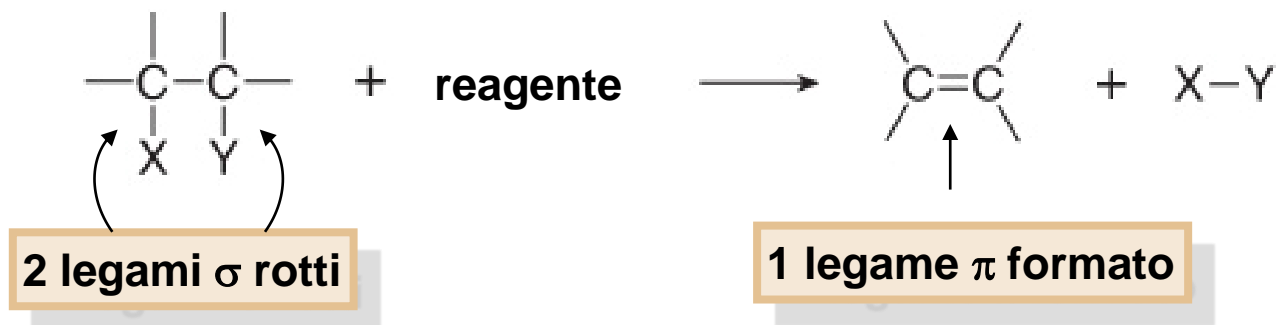


**Y sostituisce Z**



# Eliminazioni

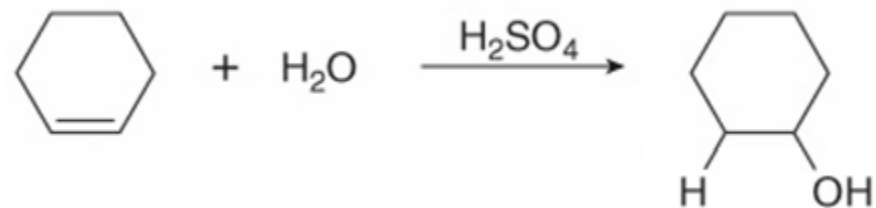
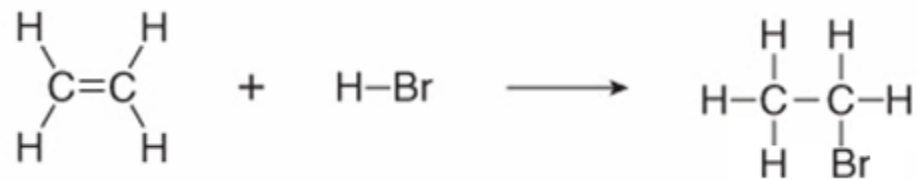
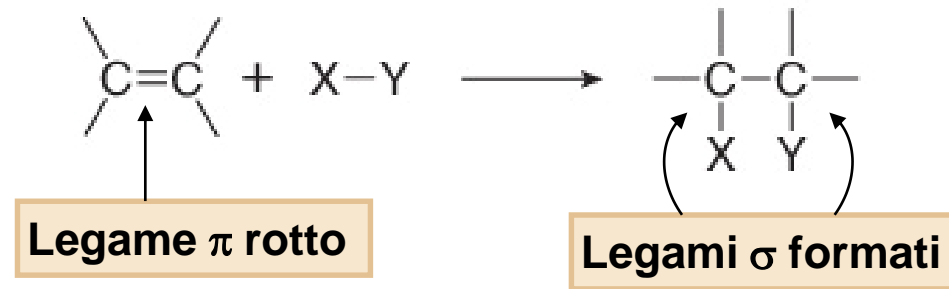
In una reazione di eliminazione due legami  $\sigma$  si rompono e si forma un legame  $\pi$





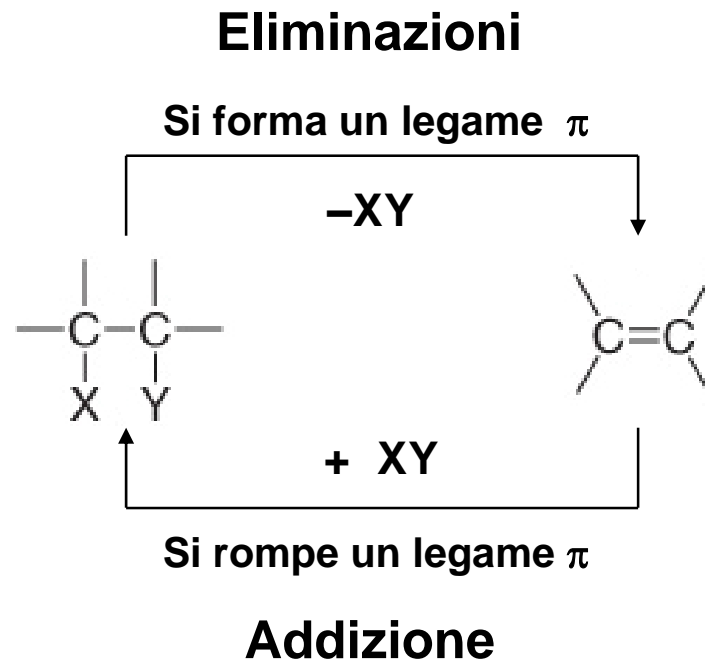
# Addizioni

In una reazione di **addizione** un legame  $\pi$  viene rotto e si formano due nuovi legami  $\sigma$ .



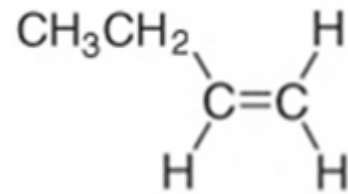
# Addizioni e eliminazioni

Le reazioni di eliminazione sono l'opposto delle reazioni di addizione

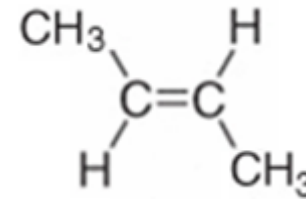


# Riarrangiamenti e trasposizioni

In un riarrangiamento o in una trasposizione avviene una riorganizzazione dei legami e degli atomi in una molecola dando luogo ad un isomero strutturale

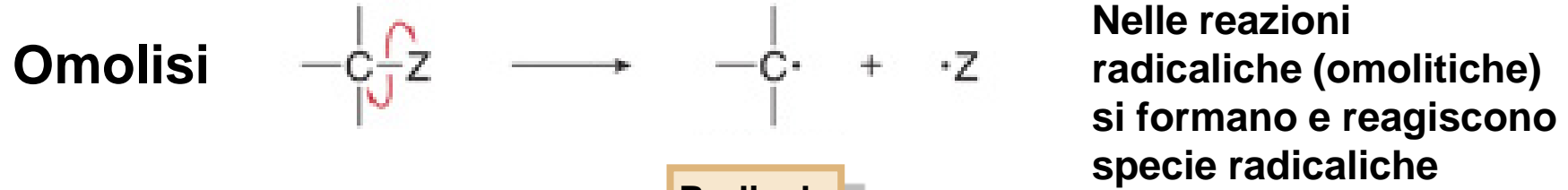


**1-butene**



**2-butene**

# Formazione e rottura di legami



Radicale



Carbocatione

Nelle reazioni polari (ioniche) si formano e reagiscono specie cariche



Carbanione

# Formazione di Legami

Un nuovo legame si può formare in due modi:

- Da due radicali, ognuno che contribuisce con un elettrone



- Da un nucleofilo (Nu) che contribuisce con due elettroni e da un elettrofilo (E) che accetta i due elettroni. Nu e E possono essere carichi o neutri.



**La formazione di un legame è esotermica**

# Il meccanismo di reazione...

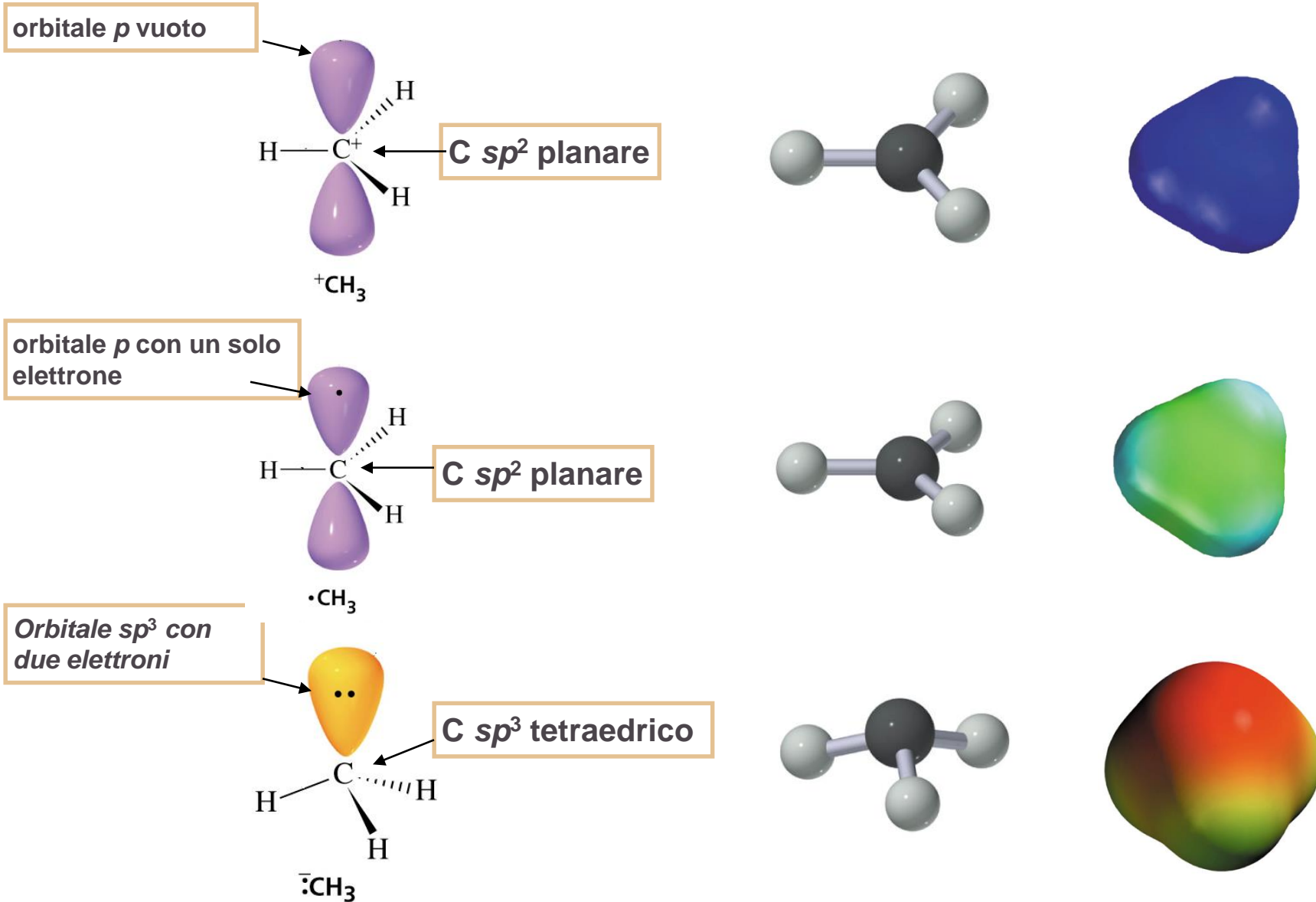
- Descrive la formazione di tutti i prodotti
- Descrive l'ordine in cui si rompono e si formano i legami e la velocità dei vari stadi
- **In una reazione concertata i reagenti sono trasformati in prodotti in un singolo stadio**



- Una reazione a più stadi prevede la formazione di uno più intermedi reattivi.

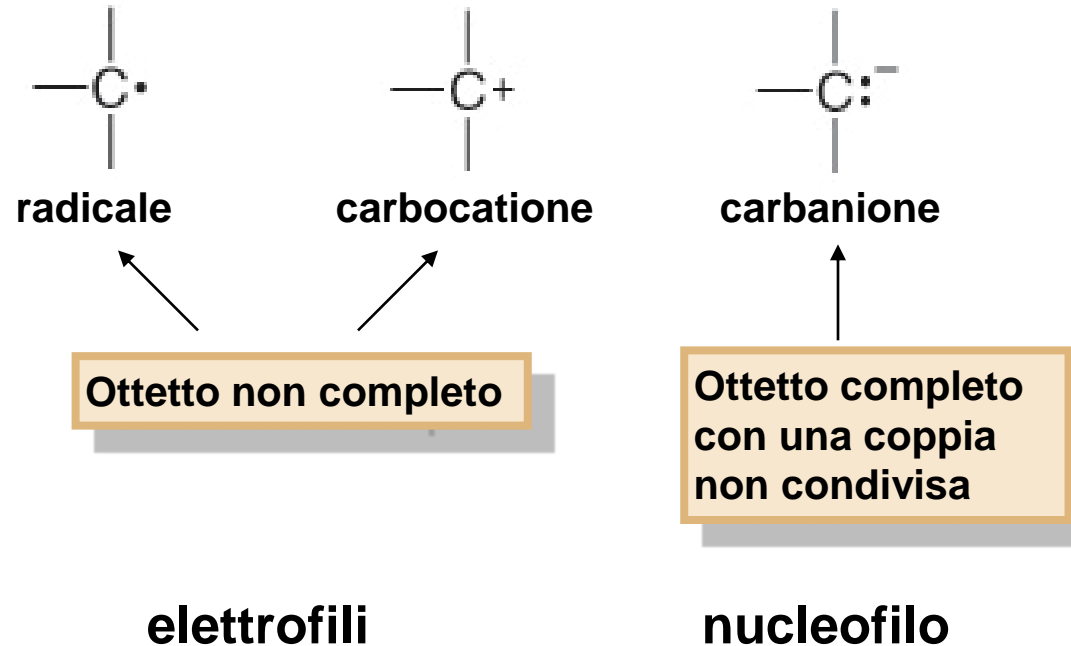


# Carbocationi, Carbanioni, Radicali



# Carbocationi, Carbanioni, Radicali

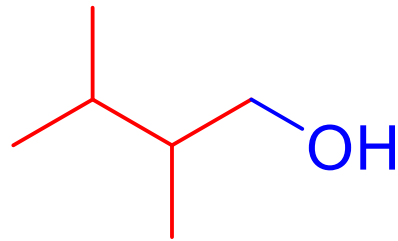
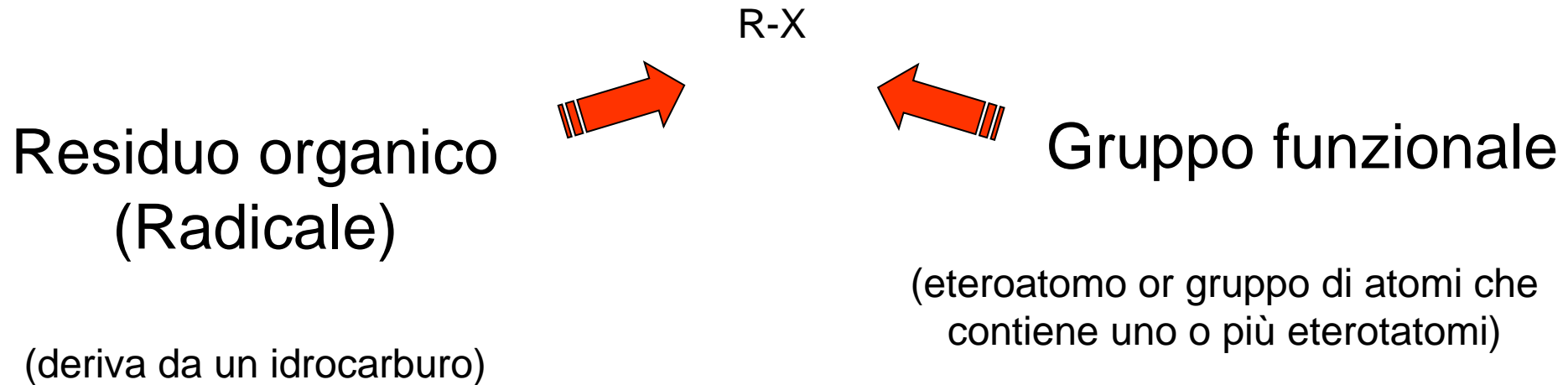
- Radicali e carbocationi sono **elettrofili** perchè l'atomo di carbonio non ha l'ottetto completo.
- I Carbanioni sono **nucleofili** perchè l'atomo di carbonio ha un doppietto solitario.



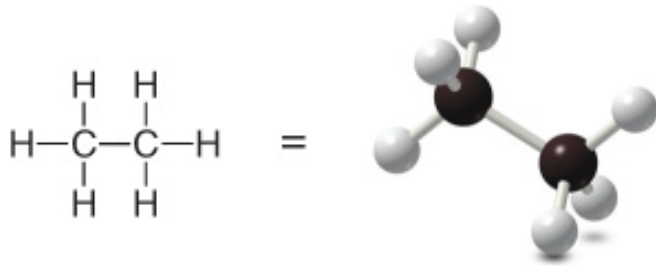


# Gruppi funzionali

Un gruppo funzionale è un atomo o un gruppo di atomi completamente o in parte diversi dal C con proprietà fisico-chimiche specifiche e ben definite.

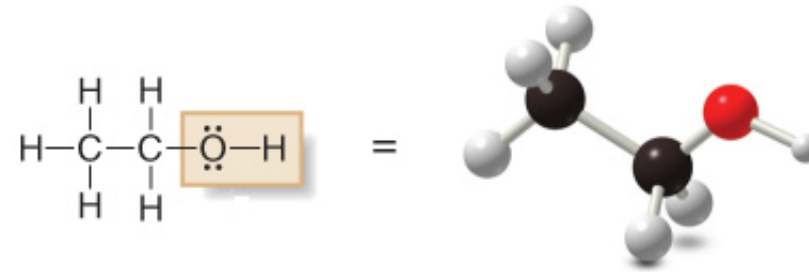


# Gruppi funzionali



- Solo legami C-C e C-H
- Nessun gruppo funzionale

- Non possiede legami polari o  $\pi$ : poco reattivo.
- Insolubile in acqua



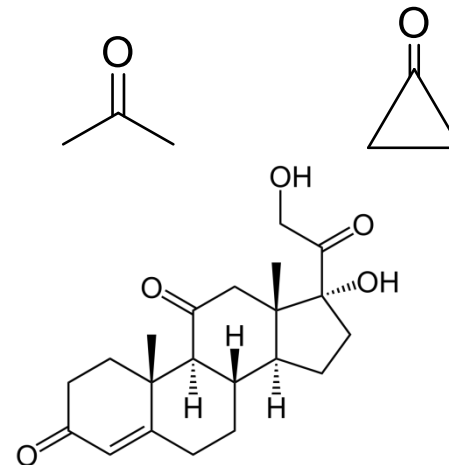
- Gruppo funzionale OH

- Legami polari C-O e O-H
- Doppetti solitari su O (nucleofilo e basico)
- O-H acido
- Solubile in acqua

# Gruppi funzionali

1. Definisce una classe di composti
  - I composti che appartengono ad una stessa classe hanno proprietà e reattività simili.
2. E' il sito della molecola dove avvengono le reazioni
  - Defnisce la reattività della classe di composti
3. Determina il nome della classe di composti
  - Per esempio tutti i chetoni hanno il suffisso **–one**:

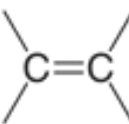
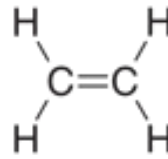
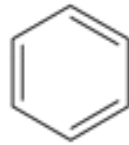
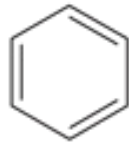
- acet**one**
- cyclopropan**one**
- cortis**one**



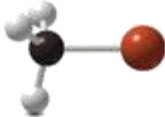


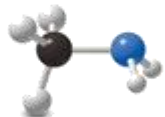


# Idrocarburi

Idrocarburi posseggono solo legami C–C e C–H

**alifatici** (alcani, alcheni, alchini) e **aromatici**.

Idrocarburo	Struttura generale	Esempio	Gruppo funzionale
Alcani	$R-H$	$CH_3CH_3$	-----
Alcheni			Doppio legame
Alchini	$-C\equiv C-$	$H-C\equiv C-H$	Triplo legame
Aromatici			Anello aromatico

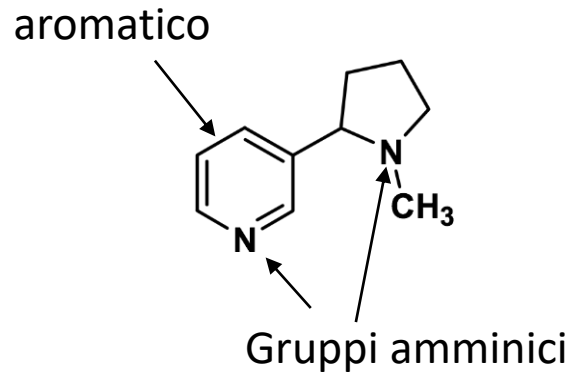
# Gruppi Funzionali con legami $\sigma$ C–Y

Nome della classe	Struttura	Esempio	Struttura 3D	Gruppo funzionale
Alogenuro alchilico	$R-\ddot{X}:$ (X=F, Cl, Br, I)	$CH_3-\ddot{Br}:$		–X alo
Alcol	$R-\ddot{O}H$	$CH_3-\ddot{O}H$		–OH idrossi
Etere	$R-\ddot{O}-R$	$CH_3-\ddot{O}-CH_3$		–OR alcossi
Ammina	$R-\ddot{N}H_2$ o $R_2\ddot{N}H$ or $R_3\ddot{N}$	$CH_3-\ddot{N}H_2$		–NH <sub>2</sub> ammino
Tiolo	$R-\ddot{S}H$	$CH_3-\ddot{S}H$		–SH mercapto
Solfuro	$R-\ddot{S}-R$	$CH_3-\ddot{S}-CH_3$		–SR tioalchile

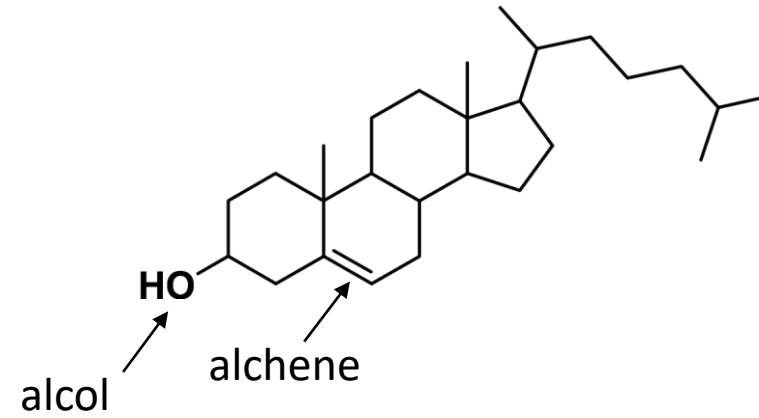
# Gruppi Funzionali con legami C=O

Nome della classe	Struttura	Esempio	Struttura 3D	Gruppo funzionale
Aldeide	$\begin{array}{c} \text{:O:} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{:O:} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{H} \end{array}$		H-C=O formile
Chetone	$\begin{array}{c} \text{:O:} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{R} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{:O:} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_3 \end{array}$		C=O carbonile
Acido carbossilico	$\begin{array}{c} \text{:O:} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\ddot{\text{O}}\text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{:O:} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{C}-\ddot{\text{O}}\text{H} \end{array}$		-COOH carbossilato
Etere	$\begin{array}{c} \text{:O:} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\ddot{\text{O}}\text{R} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{:O:} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{C}-\ddot{\text{O}}\text{CH}_3 \end{array}$		-COOR
Ammide	$\begin{array}{c} \text{:O:} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\ddot{\text{N}}-\text{H} \text{ (o R)} \\   \\ \text{H} \text{ (o R)} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{:O:} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{C}-\ddot{\text{N}}\text{H}_2 \end{array}$		-CONH <sub>2</sub> -CONHR -CONR <sub>2</sub>
Cloruro acilico	$\begin{array}{c} \text{:O:} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\ddot{\text{Cl}}: \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{:O:} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{C}-\ddot{\text{Cl}}: \end{array}$		-COCl

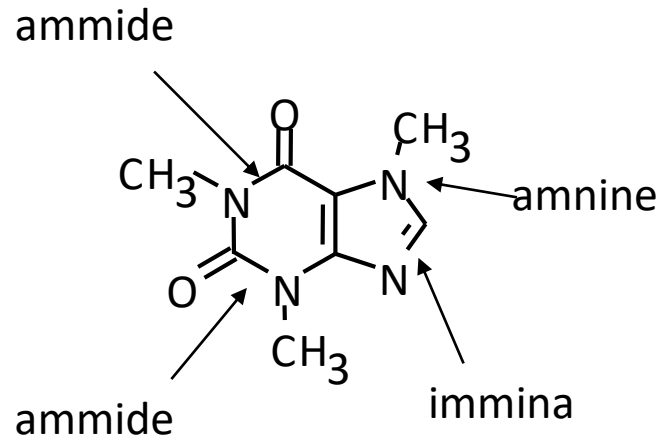
# Molecole polifunzionali



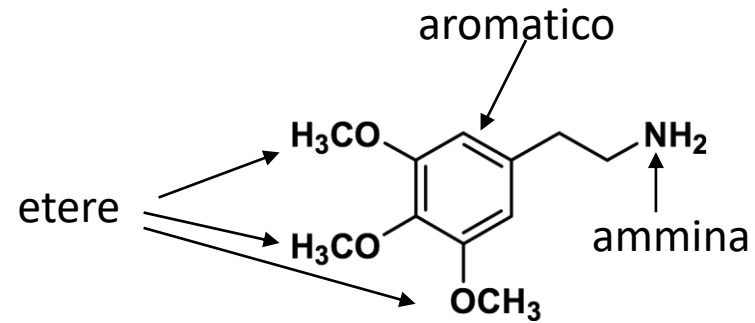
nicotina



colesterolo



caffeina



mescalina