

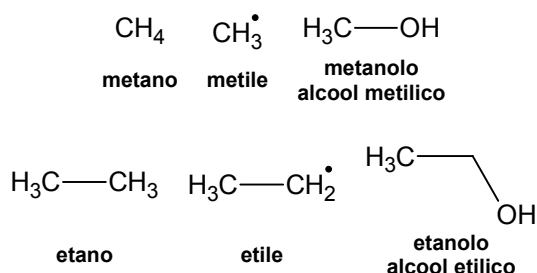
Alcooli

Hanno una formula generale **R-OH** (dove R è un radicale alchilico) o **Ar-OH** (dove Ar è un radicale aromatico).

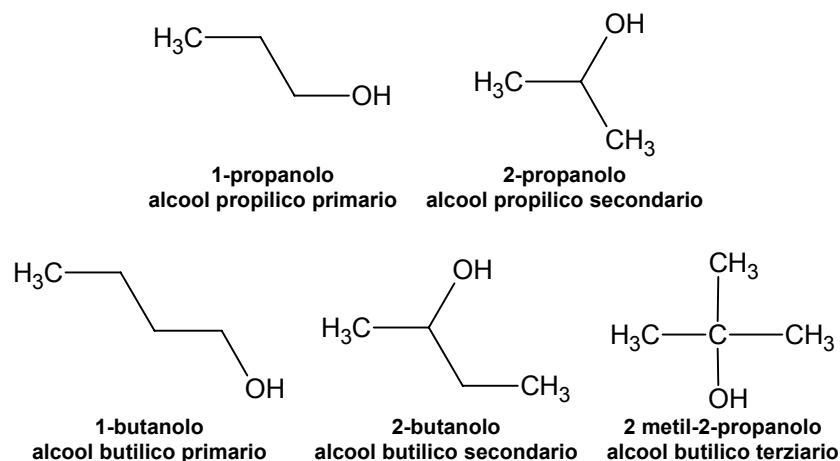
Sono composti terziari (C, O, H) di particolare importanza biologica, perché la funzione ossidrilica -OH entra in moltissimi composti biochimici (alcooli, acidi carbossilici, zuccheri, glicerina o glicerolo) e nelle reazioni che portano alla loro trasformazione metabolica.

La nomenclatura tradizionale assegna il nome dell'alcool al radicale cui è legata la funzione -OH, con desinenza *-ico*; oppure, nella nomenclatura IUPAC, è sufficiente indicare il nome del radicale seguito dalla desinenza *-olo*.

Possono considerarsi derivati dalla sostituzione di uno o più atomi di idrogeno degli idrocarburi alcani con il gruppo -OH.



Si classificano alcoli primari, secondari, terziari a seconda che la funzione -OH sia legata ad un carbonio primario, secondario o terziario.



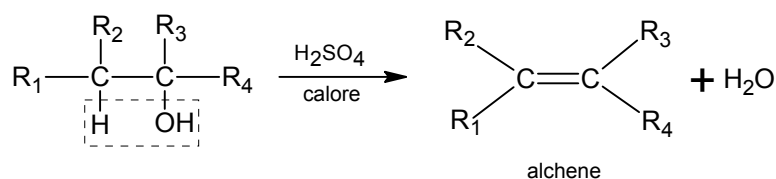
Inoltre, in base al numero delle funzioni ossidriliche legate alla stessa catena carboniosa, gli alcoli si classificano in mono-, bi-, tri-, o polivalenti, a seconda che abbiano una o più funzioni alcooliche.

$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{OH}$	$\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$	$\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2-\text{OH}$
alcool etilico o etanolo alcool monovalente	glicole etilenico alcool bivalente	glicerina o glicerolo alcool trivalente

Gli alcoli sono degli elettroliti molto deboli: in soluzione acquosa si presentano praticamente non dissociati e mostrano caratteristiche anfòtere.

Le reazioni che gli alcoli possono dare interessano:

- a) la **rottura del legame tra R e OH**, come nel caso di una **reazione di disidratazione (condensazione)**, che prevede la eliminazione di una molecola d'acqua e la formazione di un doppio legame tra due atomi adiacenti di carbonio; questi due atomi cambiano anche il loro stato di ibridazione da sp^3 a sp^2 .
L'alcol si comporta come una base debole, acquista un protone H^+ e si trasforma in ione ossonio. Questa è, in genere, la prima tappa per attivare importanti processi di sostituzione o di eliminazione.



Se in particolare tutti e quattro i radicali sono H, si ottiene acetilene. Più in generale, però, i radicali possono essere alchilici o arilici.

Vedi poco oltre, come caso particolare, la prima fase dell'ossidazione di un alcol terziario.

oppure:

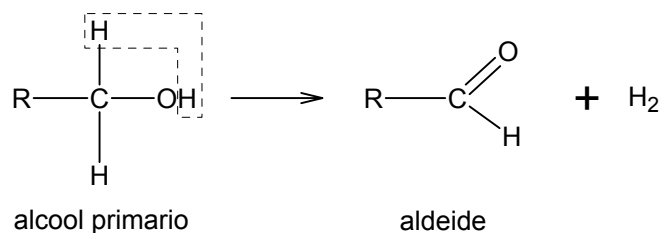
- b) la **rottura del legame tra RO e H**, come in una **reazione di ossidazione**, che avviene ad esempio in presenza di permanganato potassico ($KMnO_4$) o di bicromato di potassio ($K_2Cr_2O_7$).
L'alcol si comporta da acido debole, libera un protone H^+ e si genera uno ione alcossido.

L'**ossidazione di un alcol primario** porta alla formazione di un'**aldeide**.

L'atomo di carbonio interessato è terminale di catena (carbonio primario).

La deidrogenazione prevede infatti la eliminazione di uno ione H^+ e di uno ione H^+ del gruppo OH che sono collegati a questo atomo di carbonio primario, che cambia il suo stato di ibridazione da sp^3 a sp^2 .

Il **gruppo carbonile**, che si associa all'idrogeno per dare il **gruppo aldeidico**, è quindi sempre in posizione terminale di catena.



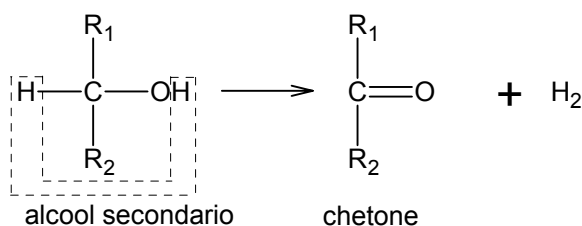
L'**ulteriore ossidazione** di un'**aldeide** porta alla formazione di un **acido carbossilico** (vedi oltre).

L'**ossidazione di un alcool secondario** porta invece alla formazione di un **chetone**. L'atomo di carbonio interessato non è terminale di catena, ma è secondario.

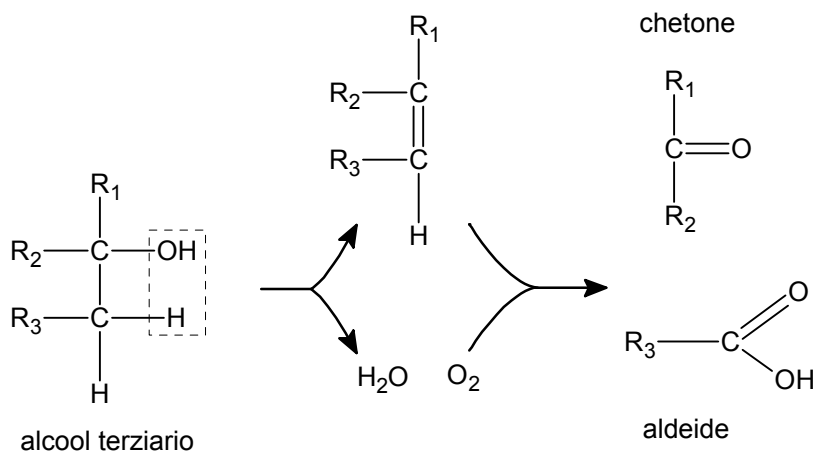
La deidrogenazione prevede la eliminazione di uno ione H^+ e di uno ione H^+ del gruppo OH^- che sono collegati a questo atomo di carbonio secondario, che cambia il suo stato di ibridazione da sp^3 a sp^2 .

Il **gruppo carbonile**, che si che si lega a destra e a sinistra con altri due atomi di carbonio, è quindi sempre in posizione interna di catena (almeno in posizione 2).

L'ulteriore ossidazione diretta di un chetone non è possibile.



L'**ossidazione diretta di un alcool terziario non è possibile**: si passa prima attraverso una **disidratazione** che interessa il gruppo ossidrilico OH^- e un protone H^+ di due atomi di carbonio adiacenti. Si forma un **intermedio che presenta un doppio legame** tra questi due atomi di carbonio. L'intermedio subisce poi una **ossidazione**, si rompe il doppio legame e si formano un **chetone** ed un'**aldeide**. Notare che R_1 , R_2 ed R_3 devono essere dei radicali alchilici o arilici).



Gli alcoli sono composti di media polarità e sono usati anche come solventi per moltissime sostanze che hanno caratteristiche sia polari, sia apolari.

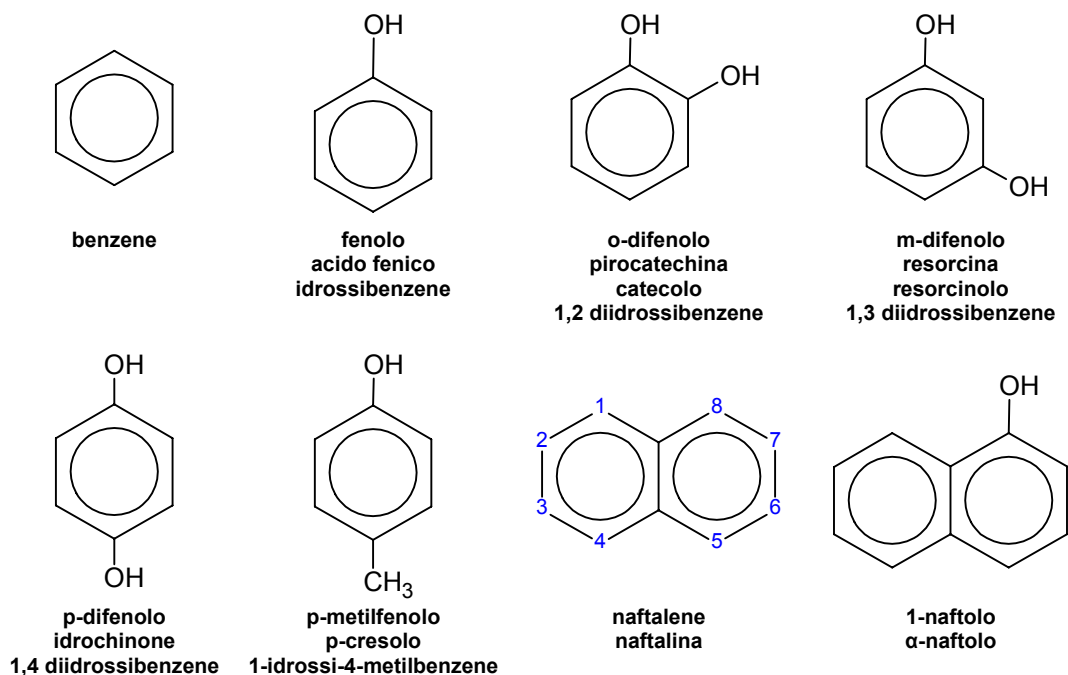
L'alcool etilico è certamente il più importante: è usato in medicina come disinfettante sotto forma di alcool denaturato, cioè miscelato con sostanze che lo rendono inadatto all'uso alimentare. E' anche il responsabile della gradazione alcoolica del vino, della birra e dei vari liquori.

Fenoli

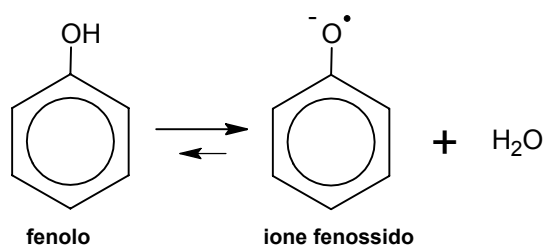
I fenoli sono alcool aromatici.

Hanno una formula generale **Ar-OH**.

Il gruppo ossidrilico -OH può essere presente una o più volte, legato all'anello benzenico o ad altre strutture policicliche aromatiche a nuclei benzenici condensati.



I fenoli, pur presentando il gruppo funzionale OH, che è tipico degli alcoli, costituiscono una distinta famiglia di composti, poiché mostrano discrete proprietà acide e reagiscono con gli ioni ossidrilici OH⁻ per formare **ioni fenossidi** (o **fenati**) con un valore di $K_a = 10^{-10}$. Gli alcoli mostrano invece una minore propensione a reagire come acidi.

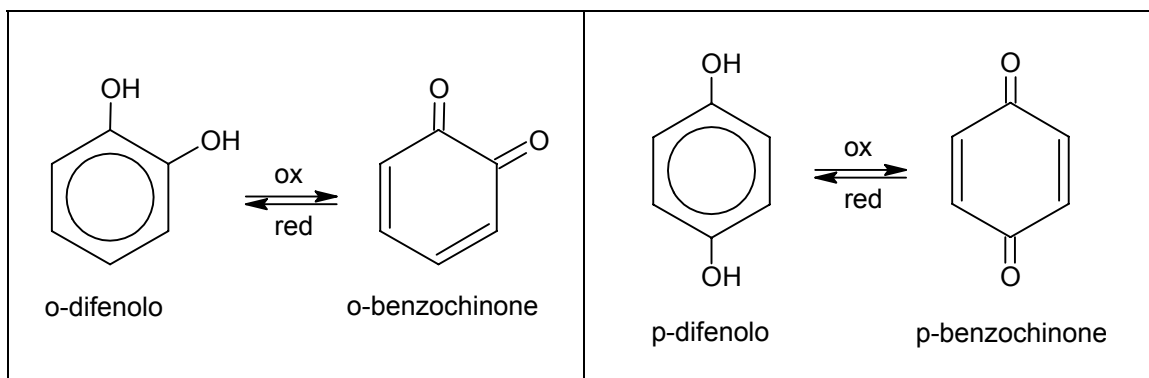


I fenoli formano legami a idrogeno intermolecolari e con l'acqua. Sono solubili in acqua, anche se non in tutte le proporzioni. Tranne i cresoli, sono tutti solidi ed il punto di fusione cresce al crescere del numero dei gruppi OH.

I fenoli servono per la produzione di eteri e di esteri.

Benzochinoni

I fenoli si ossidano facilmente. Soprattutto gli **orto-difenoli** ed i **para-difenoli** si trasformano (reversibilmente) in **benzochinoni**, che sono **composti bicarbonilici**.



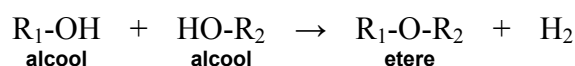
Eteri

Gli eteri sono di tre tipi:

- **eteri alifatici**, con formula generale $R_1 - O - R_2$
- **eteri aromatici**, con formula generale $Ar_1 - O - Ar_2$
- **eteri misti**, con formula generale $R - O - Ar$

Se i due radicali legati all'ossigeno centrale sono **uguali**, si hanno gli **eteri simmetrici**.
Se i due radicali legati all'ossigeno centrale sono **diversi**, si hanno gli **eteri asimmetrici**.

Si possono immaginare come derivati dalla reazione di condensazione tra due alcool.



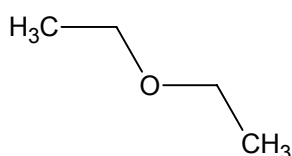
Il **legame eterico** è molto forte e può essere scisso solo trattando un etere con acidi forti e a caldo.

Gli eteri non formano legami a idrogeno intermolecolari e quindi presentano punti di ebollizioni inferiori a quegli degli alcoli corrispondenti.

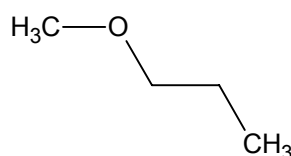
Gli eteri con bassa massa molecolare sono in genere dei liquidi molto volatili ed altamente infiammabili. Sono ottimi solventi di molte sostanze organiche.

Nella denominazione ordinaria, la parola **etere** è seguita dalla **radice dell'alcano** e dalla desinenza **-ico**.

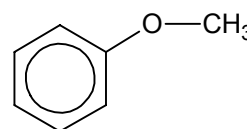
Nella nomenclatura IUPAC, gli eteri sono considerati formalmente come **alcossiderivati** o **fenossiderivati** della catena idrocarburica più lunga.



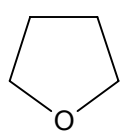
etossietano
etere dietilico
dietil-etere
(etere simmetrico)



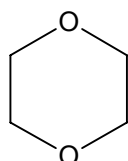
1-metossiopropano
etere metil-propilico
metil-propil-etere
(etere asimmetrico)



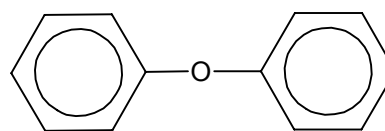
metossibenzene
anisolo
fenil-metil-etere
(etere asimmetrico e misto)



tetraidrofurano
(etere ciclico)

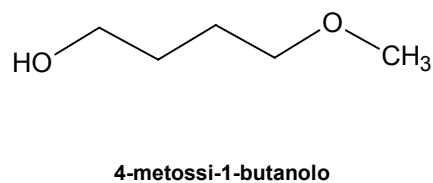
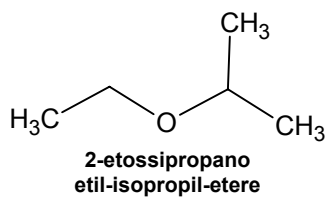


1,4 - diossano



difenilettere

Nel **tetraidrofurano** e nel **1,4-diossano** gli **atomi di ossigeno** che contribuiscono a chiudere l'anello pentagonale o esagonale sono detti **eteroatomi**, perché diversi dalla condizione classica del ciclopentano o del cicloesano in cui sono presenti tutti atomi di carbonio.



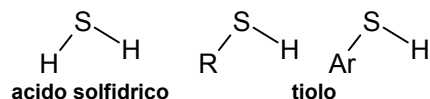
Gli eteri sono ottimi solventi polari e come tali vengono utilizzati in laboratorio e nell'industria.

In medicina è importante l'etere etilico come anestetico per inalazione, ma il suo uso è limitato perché per azione dell'ossigeno atmosferico e della luce forma lentamente dei composti (perossidi) che hanno caratteristiche esplosive.

Tioli

I **tioli** (o **mercaptani**) presentano il **gruppo tiolico** o **sulfidrico** (-SH) come **funzione acida**.

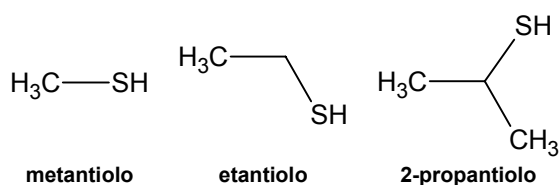
Si possono immaginare derivati dall'acido solfidrico H₂S, per sostituzione di un atomo di idrogeno con un **radicale alchilico R** o con un **radicale aromatico** (o **arilico**) **Ar**.



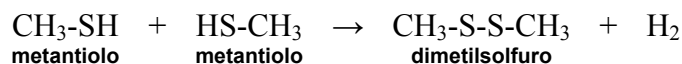
L'acido solfidrico H₂S è più forte dell'acqua.

I tioli sono acidi più forti dei corrispondenti alcool.

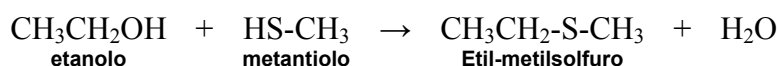
La **nomenclatura** è analoga a quella degli alcool corrispondenti: alla desinenza -olo di un alcool si sostituisce la **desinenza -tiolo**.



I **tioli possono reagire tra loro** e, per mezzo di una deidrogenazione, sono facilmente ossidabili a **disolfuri**, composti caratterizzati per avere il **ponte disolfuro** (-S-S-) presente, per esempio, nelle **catene polipeptidiche delle proteine** (vedi oltre).

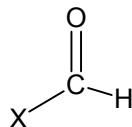


Facendo reagire un **alcool** ed un **tiolo** si ottiene un **tioetere** e acqua (reazione di condensazione).



Aldeidi

Sono dei composti organici ternari (C, O, H).
Hanno la seguente formula di struttura:



X può essere H oppure un radicale alchilico R o un radicale aromatico Ar.
Hanno il **gruppo carbonilico** ed un **idrogeno** legati ad un **carbonio primario** estremo di catena: il tutto costituisce il **gruppo aldeidico**.
Il **gruppo carbonilico** presenta il **carbonio primario ibridato sp^2** (configurazione planare) che si lega con doppio legame (σ e π) all'ossigeno; nel gruppo carbonilico si riscontra inoltre una **lieve polarità di legame tra il C (δ^+) e l'ossigeno (δ^-)**.

La denominazione delle aldeidi considera il nome dell'alcano corrispondente e la desinenza *-ano* diventa *-anale*: *metanale*, *etanale*, *propanale*, ...

Nella denominazione volgare si usa molto spesso la dizione: *aldeide formica*, *aldeide acetica*, ...; oppure: *formaldeide*, *acetaldeide*, ...

L'aldeide più semplice è la *formaldeide* (o *aldeide formica* o *metanale*) in cui X = H.

Il termine *metanale* deriva dal fatto che è presente nella molecola un solo atomo di carbonio (fatto che, negli alcani, è tipico del metano).

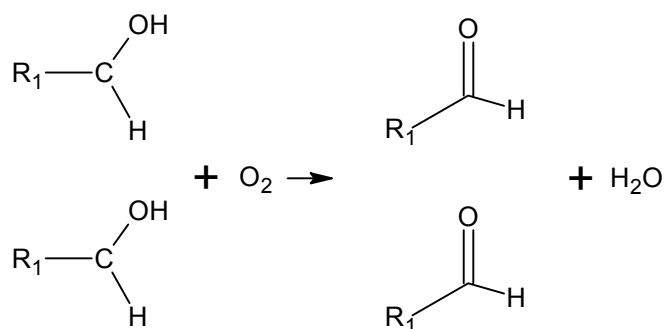
La seconda aldeide, in termini di complessità, ha X = CH₃ (radicale metilico).

Poiché gli atomi di carbonio della catena sono due (così come erano due nell'etano che è l'alcano di partenza) l'aldeide è definita *acetaldeide* o *aldeide acetica*. Come si vedrà, dall'alcool etilico (derivato a sua volta dall'etano e tipico delle nostre comuni bevande alcoliche) può derivare l'acido acetico.

La più semplice aldeide con radicale aromatico (benzene) è la benzaldeide.

metanale aldeide formica formaldeide	etanale aldeide acetica acetaldeide	propanale aldeide proprionica	benzaldeide

Le aldeidi si possono considerare derivati dalla ossidazione diretta di un alcool primario:



Sono moltissimi i composti con funzione aldeidica che hanno importanza in biochimica: si ritrovano principalmente come componenti di essenze in moltissime specie vegetali. La funzione aldeidica si può trovare in carboidrati (o zuccheri) aldosi, come il glucosio, ma anche in moltissimi composti intermedi del metabolismo ossidativi delle catene carboniose.

L'aldeide più semplice è la **formaldeide (aldeide formica o metanale)**: a temperatura ambiente è gassosa e di odore estremamente irritante; è molto tossica e viene usata come antisettico per ambienti e per oggetti. Commercialmente è nota, come **formalina**, una sua soluzione acquosa al 37%.

L'acetaldeide e la butirraldeide hanno notevole importanza industriale.

Il cloralio idrato ha proprietà sedative: è usato però solo in campo veterinario.

Chetoni

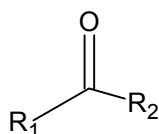
Sono dei composti organici ternari (C, O, H).

E' **necessario avere a disposizione almeno una catena lineare di tre atomi di carbonio** (derivata dall'alcano corrispondente: il propano).

Il **gruppo carbonilico** presenta il **carbonio secondario ibridato sp^2** (configurazione planare) che si lega con doppio legame (σ e π) all'ossigeno.

Nei chetoni il **gruppo carbonilico non è mai legato ad un carbonio estremo di catena**, altrimenti si avrebbe un'aldeide.

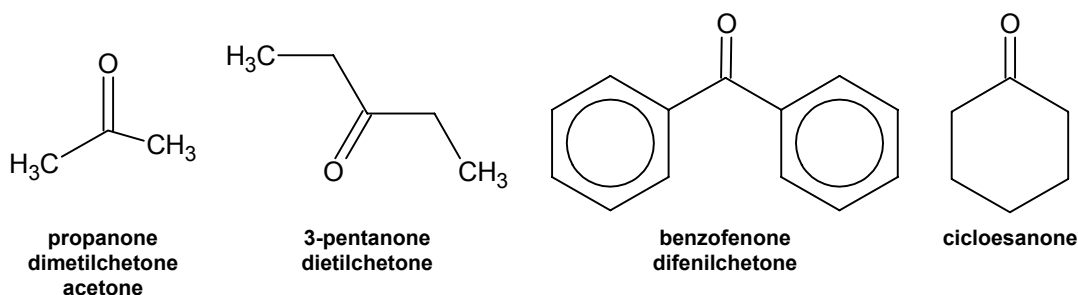
Nel gruppo carbonilico si riscontra inoltre una **lieve polarità di legame tra il C (δ^+) e l'ossigeno (δ^-)**.



Formula generale di un chetone

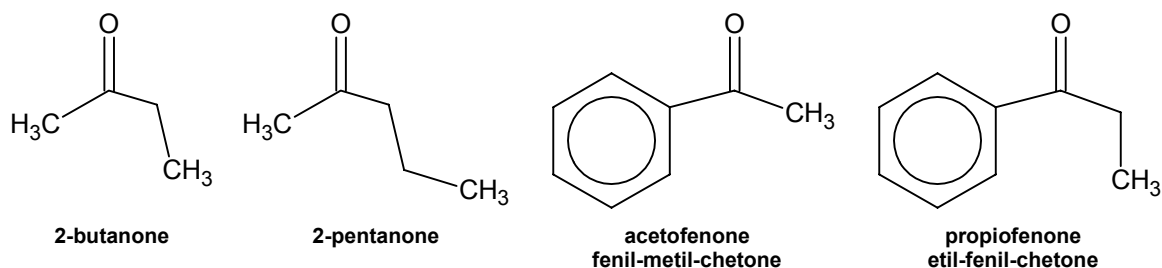
I termini R₁ e R₂ sono radicali alchilici o radicali aromatici.

Se **R₁ = R₂** si ha un **chetone simmetrico**.



La forma più semplice è quella del *dimetilchetone* (perché due radicali metilici sono uniti al carbonile), detto anche *propanone* (perché la catena lineare ha tre atomi di carbonio, così come l'idrocarburo propano da cui si può far derivare) o *acetone* (perché contiene il gruppo acetile). L'acetone viene largamente usato come solvente in laboratorio, per uso domestico e industriale.

Se **R₁ ≠ R₂** si ha un **chetone asimmetrico**.



La forma più semplice è quella dell'*etil-metilchetone* (perché i due radicali etile e metile sono uniti al carbonile) o *2-butanone* (perché la catena lineare ha quattro atomi di car-

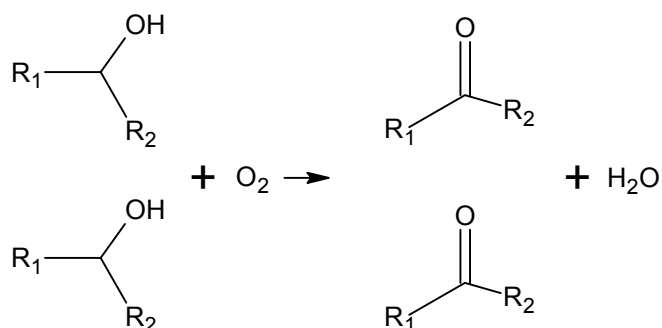
bonio, così come l'idrocarburo n-butano da cui si può far derivare e, inoltre, il carbonio del carbonile è in posizione 2).

Nel dare il **nome ad un chetone asimmetrico si privilegia l'ordine alfabetico dei radicali sostituenti (etil-metilchetone)** su quello della complessità strutturale (metil-etilchetone)

Hanno il gruppo carbonilico legato ad un carbonio secondario, interno alla catena (almeno in posizione 2).

La denominazione dei chetoni considera il nome dell'alcano corrispondente (**con catena $C \geq 3$**) e la desinenza *-ano* diventa **-one**, indicando la eventuale posizione del gruppo carbonilico: *2-propanone*, *2-butanone*, ...

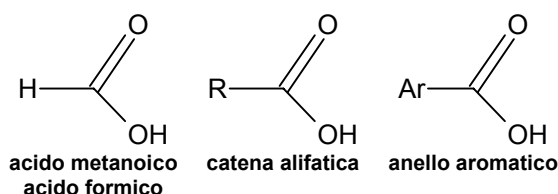
Si possono considerare derivati dalla ossidazione diretta di un alcool secondario:



Acidi carbossilici

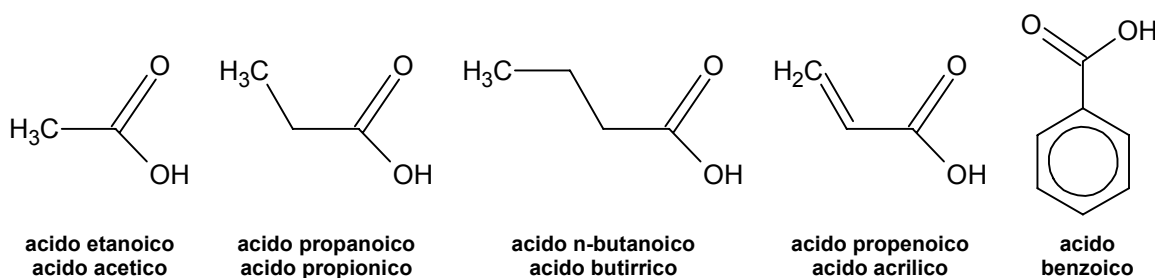
Gli acidi carbossilici sono composti organici ternari (C, H, O), caratterizzati dalla presenza del gruppo funzionale carbossilico o carbossile, in cui si riconosce un gruppo carbonile legato ad un ossidrilico.

L'atomo di carbonio del carbossile è ibridato sp^2 e mantiene un legame σ libero a cui si può agganciare un idrogeno, oppure un radicale alchilico (R) o un radicale arilico (Ar).

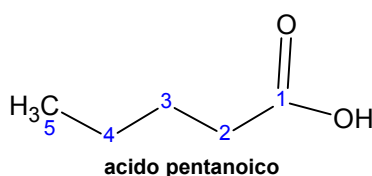


Nomenclatura IUPAC

Il nome dell'acido carbossilico deriva da quello dell'idrocarburo che resenta lo stesso numero di atomi di carbonio nella catena, operando le opportune sostituzioni a livello di desinenza:



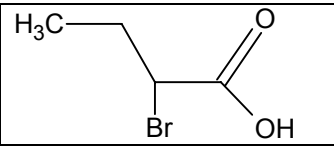
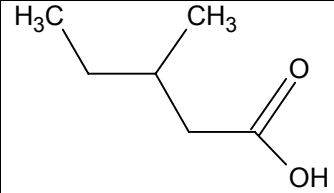
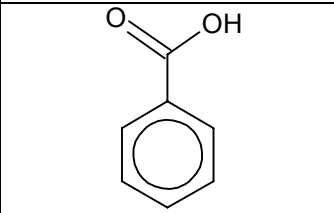
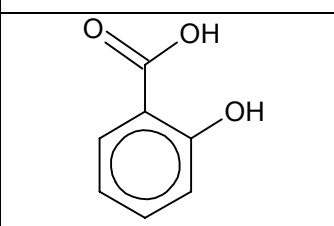
Gli atomi di carbonio di un acido carbossilico vengono numerati tenendo presente che il numero 1 viene attribuito al carbonio del gruppo carbossilico.



nomenclatura	atomo di carbonio				
IUPAC	5	4	3	2	1
tradizionale	δ	γ	β	α	

Se nella catena R vi sono altri gruppi che sostituiscono degli atomi di idrogeno, solo nella nomenclatura ordinaria (e non in quella IUPAC) si possono indicare gli atomi di carbonio della catena usando le lettere minuscole dell'alfabeto greco.

Esempi di acidi carbossilici con sostituenti		
	Nomenclatura IUPAC	Nomenclatura ordinaria

	acido 2-bromo-butanoico	acido α - bromo-butirrico
	acido 3-metil-pentanoico	acido β -metil-valerianico
		acido benzoico
	acido o-idrossibenzoico	acido salicilico
	acido	acido oleico
	acido	acido linoleico
	acido	acido linoleinico

Acidi organici bicarbossilici

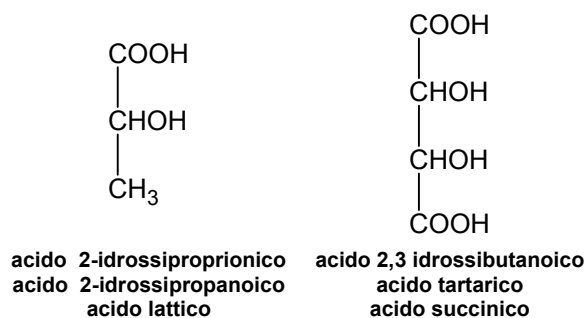
Presentano due gruppi carbossilici nella loro molecola.

Nella nomenclatura IUPAC hanno la desinenza **-dioico**.

Acido bicarbossilico	Nomenclatura IUPAC	Nomenclatura ordinaria
$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{COOH} \end{array}$	acido etandioico	acido ossalico
$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{COOH} \end{array}$	acido propandioico	acido malonico
$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ (\text{CH}_2)_4 \\ \\ \text{COOH} \end{array}$	acido esandioico	acido adipico

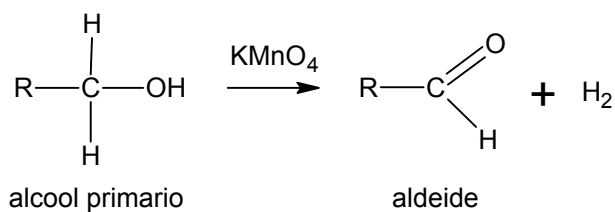
Idrossiacidi

Sono acidi carbossilici (mono-, bi-) che all'interno della loro molecola contengono uno o più gruppi ossidrilici OH.

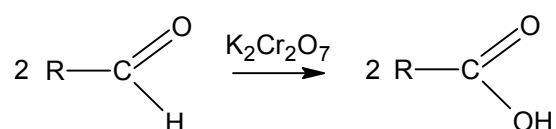


Preparazione degli acidi carbossilici in laboratorio

- 1) ossidazione di un alcool primario con permanganato di potassio:

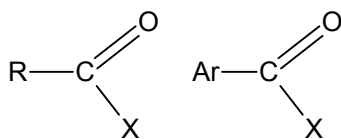


- 2) ossidazione di un'aldeide con bicromato potassico:



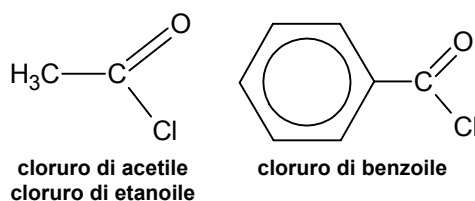
Alogenuri acilici

Gli alogenuri acilici hanno formula generale:

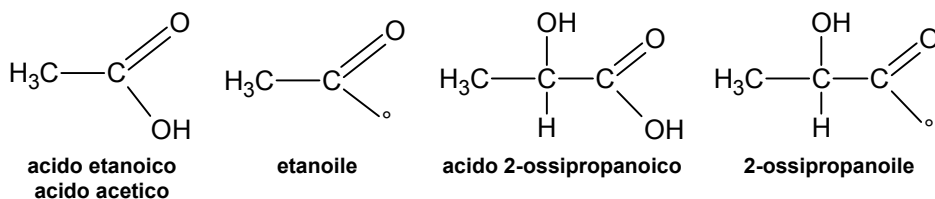


dove **X** è un **alogeno**.

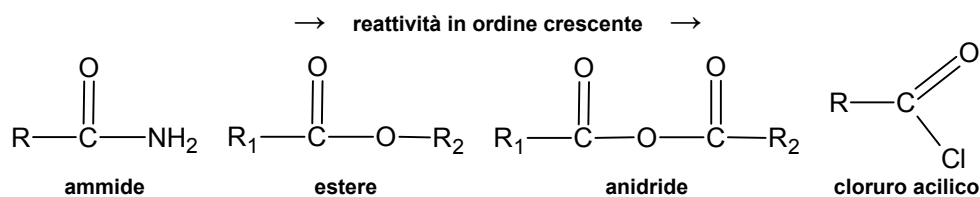
La nomenclatura ufficiale prevede che si indichi il nome del composto con la dizione, ad esempio, «cloruro di...» seguita dal nome del **radicale acilico** corrispondente, provvisto della desinenza **-ile**.



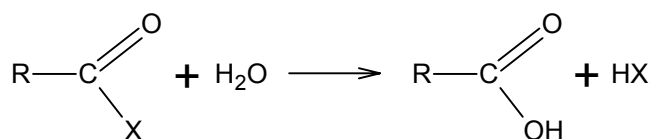
Il **radicale acilico** o **acile** deriva dalla formula dell'acido carbossilico, privata del gruppo OH a livello del carbossile:



I cloruri acilici sono gli alogenoderivati più reattivi e vengono utilizzati per la preparazione di altri derivati, come per esempio le ammidi.

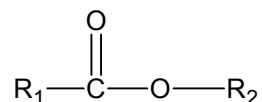


Tutti i derivati acilici possono reagire con acqua per formare acidi carbossilici e idracido (generalmente acido cloridrico, HCl):



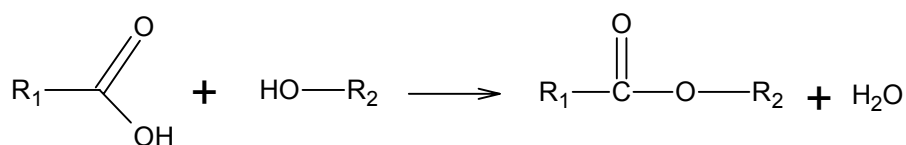
Esteri

Gli **esteri** si possono anche considerare come derivati dagli acidi carbossilici per sostituzione del gruppo ossidrilico -OH con un gruppo **-OR**, detto **gruppo alcossidico**. Hanno la seguente formula generale:



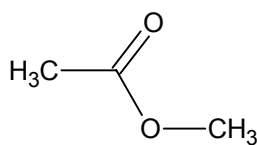
Si possono ottenere anche dalla **reazione di condensazione** (eliminazione di una molecola d'acqua) tra un **acido carbossilico** ed un **alcol**.

Nel corso di questa reazione, l'ossidrilico dell'acido carbossilico si mantiene come gruppo basico OH⁻, invece l'ossidrilico dell'alcol si comporta come gruppo acido che fornisce ioni H⁺.

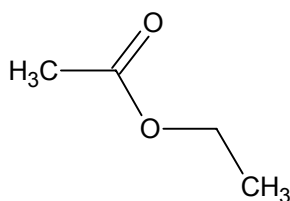


La reazione di esterificazione avviene anche per la presenza di un acido fortissimo (HCl o H₂SO₄). E' comunque una reazione reversibile per idrolisi.

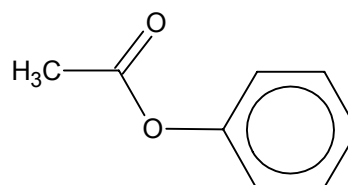
Se i due radicali sono uguali R₁ = R₂ (o Ar₁ = Ar₂) abbiamo **esteri semplici**, se sono diversi abbiamo **esteri misti**.



acetato di metile
dimetilestere



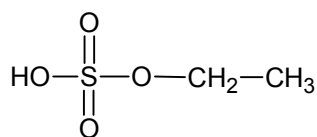
etanoato di etile
acetato di etile
etil-metil-estere



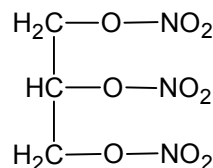
acetato di fenile
benzoato di metile

Il **nome dell'estere** si compone con la **radice del nome dell'acido corrispondente**, a cui si aggiunge la desinenza **-ato**; segue il **nome del radicale alchilico (o arilico) esterificato**.

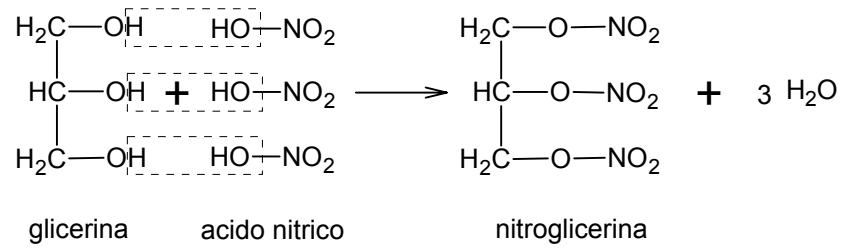
L'acido potrebbe anche essere un acido inorganico; tra i casi più comuni abbiamo acido solforico (H₂SO₄), acido nitrico (HNO₃) e acido ortofosforico (H₃PO₄).



solfato acido di etile



nitroglicerina o trinitrato di glicerile

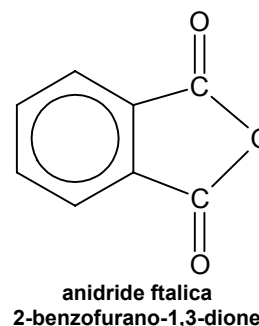
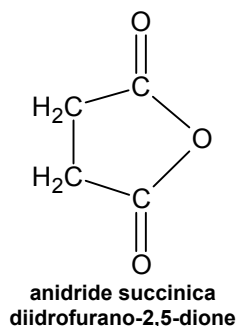
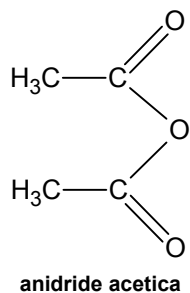


Di grande importanza biologica sono gli esteri di acidi grassi, a catena relativamente lunga, con glicerolo e alcoli monofunzionali a lunga catena, che costituiscono importanti classi di lipidi.

Il legame difosfoesterico si trova, ad esempio, negli acidi nucleici.

Anidridi

Le anidridi derivano da una reazione di condensazione tra due gruppi ossiderile che fanno parte di acidi carbossilici uguali (anidridi semplici o simmetriche) o diversi (anidridi miste o asimmetriche). Il legame delle anidridi può anche generare una catena (o una sua parte) che si chiude ad anello.

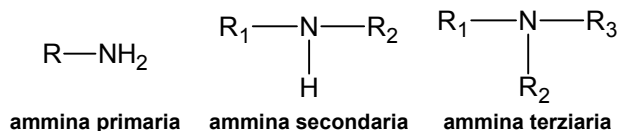


Le anidridi:

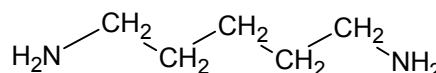
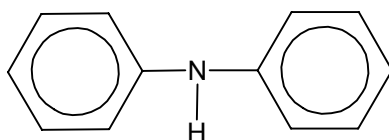
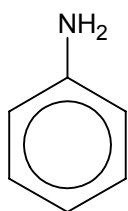
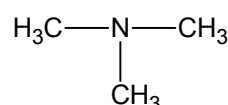
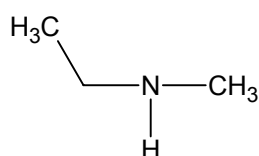
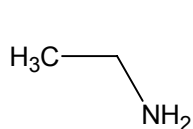
- si idrolizzano spontaneamente in soluzione acquosa, formando gli acidi carbossilici;
- come ottimi agenti acilanti servono per preparare esteri e ammidi.

Ammine

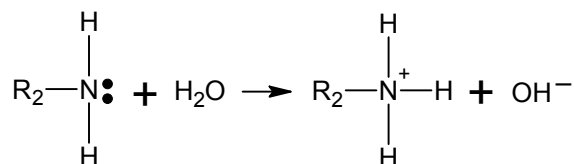
Le ammine possono essere considerate dei derivati dell'ammoniaca per sostituzione di uno, di due oppure di tutti e tre gli atomi di idrogeno dell'ammoniaca. I sostituenti X possono essere radicali alchilici (R) o radicali arilici (Ar).



La nomenclatura delle ammine si indica con i nomi dei radicali (alchilici o arilici) legati all'atomo di azoto, facendo poi seguire la parola «ammina».



Le ammine sono importanti composti dal punto di vista biologico e farmacologico. Una caratteristica peculiare delle ammine è la loro basicità, dovuta alla disponibilità, da parte dell'atomo di azoto, della coppia non condivisa degli elettroni dell'orbitale $2s^2$. Questi infatti possono legare un protone con un legame covalente dativo e questo fa diminuire la concentrazione idrogenionica in una soluzione acquosa:

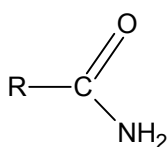
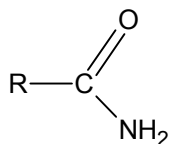


Ammidi

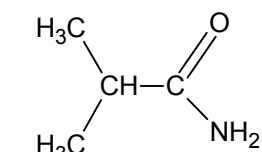
Le ammidi derivano formalmente dalla sostituzione della funzione ossidrilica –OH del gruppo carbossilico con la funzione amminica –NH₂.

Il nome delle ammidi si ricava sostituendo la desinenza –ico dell'acido con la desinenza –ammide.

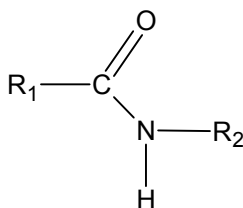
La loro formula generale è la seguente:



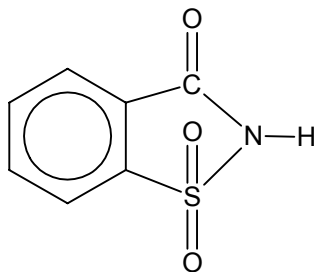
acetammide
ammide acetica



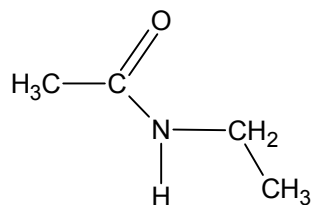
iso-butirrammide
ammide 2-metil-propanoica
ammide 2-metil-propionica



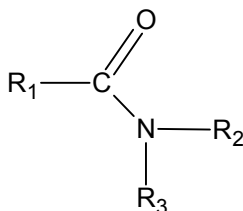
ammide con un solo idrogeno amminico sostituito



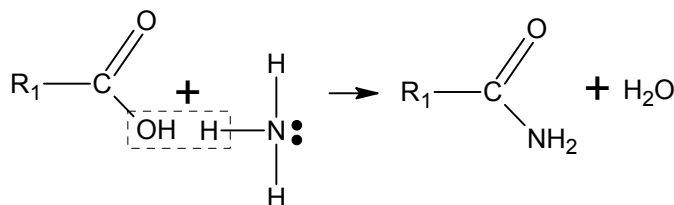
saccarina



N-etil-acetammide



ammide con gli idrogeni amminici sostituiti



Si ottengono in diversi modi:

1° reagente	2° reagente
acido carbossilico	ammoniaca
sale derivato da acido carbossilico	ammina primaria
estere	ammina secondaria
anidride	

La reazione è reversibile. Le ammidi vengono idrolizzate in ambiente acido o basico, liberando lo ione ammonio (NH_4^+) e l'acido corrispondente.

Nitrili (o cianuri) e isonitrili

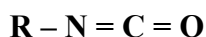
I **nitrili** possono essere considerati formalmente derivati dai corrispondenti acidi carbossilici (alifatici o aromatici) nei quali la funzione carbossilica viene sostituita dal **gruppo cianuro** o **gruppo nitrile**.

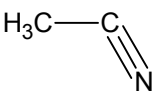
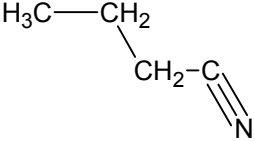
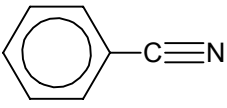
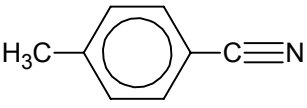
La formula generale è pertanto:



La denominazione caratteristica è **R-nitrile** o **Ar-nitrile**.

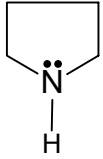
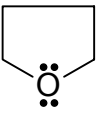
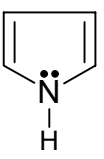
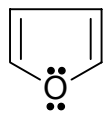
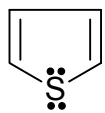
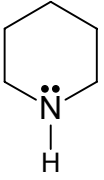
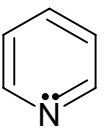
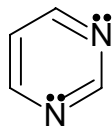
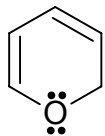
Gli **isonitrili** sono caratterizzati dal **gruppo** $-\text{N}=\text{C}=\text{O}$ ed hanno formula generale:



			
acetonitrile	butanonitrile	benzonitrile	p-tolunitrile
cianuro di metile	cianuro di propile	cianuro di fenile	4-metil-benzonitrile

Composti eterociclici

I composti eterociclici sono sostanze organiche cicliche (alifatiche o aromatiche) in cui l'anello contiene uno o più eteroatomi (generalmente O, N, S) diversi dal carbonio.

Composti eterociclici					
	Non aromatici	Aromatici			
	Hanno proprietà chimico-fisiche analoghe a quelle dei corrispondenti composti non ciclici, in cui l'eteroatomo è legato a due gruppi alchilici.	Danno origine a reazioni di sostituzione come nel benzene.			
penta-atomici	 pirrolidina	 tetraidrofurano	 pirrolo	 furano	 tiofene
esa-atomici	 piperidina	 piridina	 pirimidina	 α-pirano	

Regola di Hückel

«Perché un composto presenti caratteristiche aromatiche, è necessario che il numero di elettroni situati in orbitali p con disposizione tra loro parallela sia $4n + 2$ (con n intero e positivo). In questo modo essi possono concorrere alla formazione del legame π (nuvola elettronica delocalizzata)».

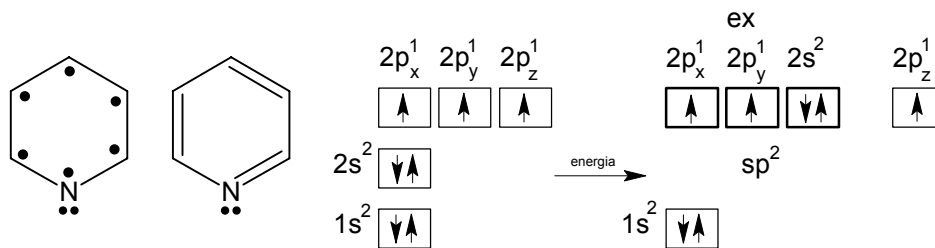
Per il **benzene**, che ha l'anello tutto costituito da atomi di carbonio, vedere la spiegazione data in precedenza.

Vediamo ora il caso di due anelli eteroatomici: quello esagonale della piridina e quello pentagonale del pirrolo.

Aromaticità dell'anello esagonale della piridina

L'eteroatomo azoto viene ibridato sp^2 perché al processo di arricchimento energetico vengono interessati gli elettroni degli orbitali $2p^1_x$, $2p^1_y$ e $2s^2$. Rimane non ibridato l'orbitale $2p^1_z$ che concorre a formare la nube π delocalizzata: questo singoletto elettronico viene rappresentato al di sopra del simbolo dell'azoto, all'interno dell'anello esagonale.

Il doppietto elettronico che apparteneva all'orbitale $2s^2$ viene evidenziato sotto il simbolo dell'azoto: conferisce alla struttura della piridina un carattere basico perché ha la possibilità di formare un legame dativo verso uno ione H^+ .

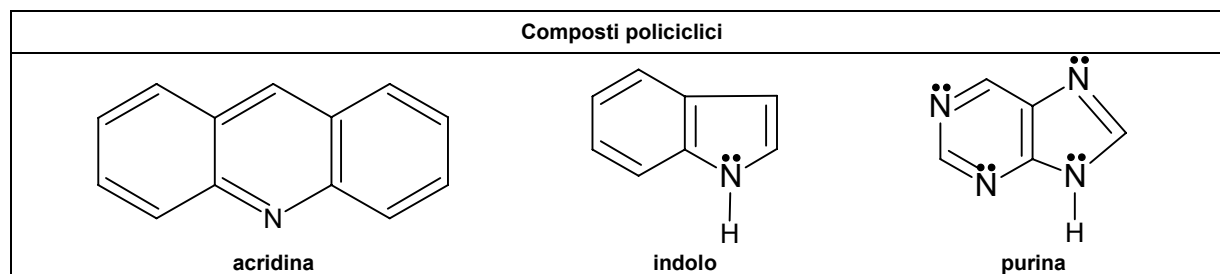
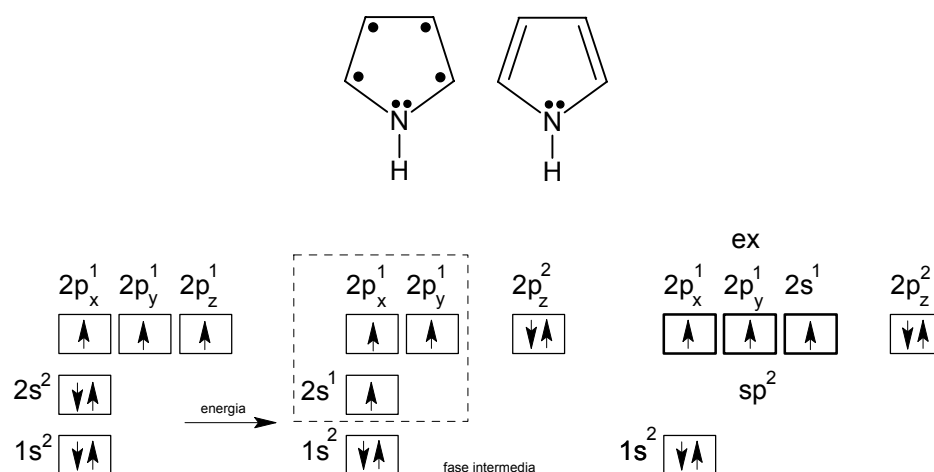


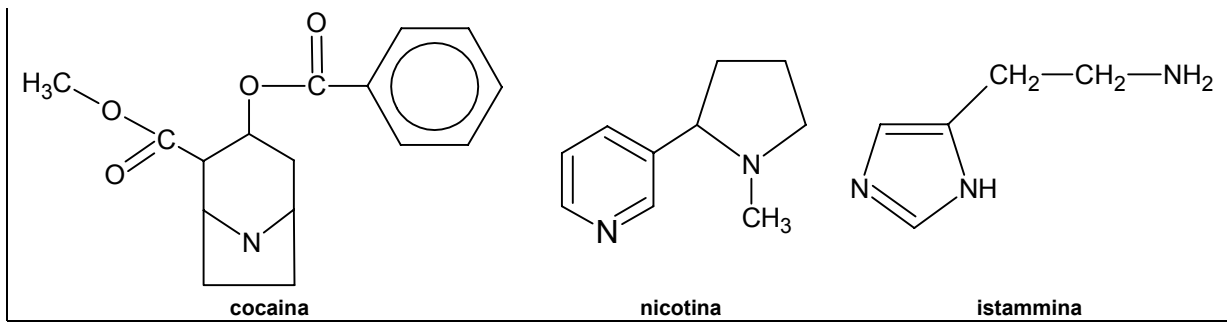
Aromaticità dell'anello pentagonale del pirrolo

L'eteroatomo azoto viene ibridato sp^2 in un modo diverso dal precedente, perché l'elettrone dell'orbitale $2p_y^1$ si dispone con spin antiparallelo assieme a quello che è già presente nell'orbitale $2p_z^1$: si genera quindi un orbitale (che possiamo definire anti-Hund e pro-Pauli) $2p_z^2$. Questo orbitale non viene ibridato sp^2 e contribuisce a formare la nube π delocalizzata. Il doppietto elettronico viene segnato sopra l'atomo di azoto, all'interno dell'anello pentagonale.

Uno dei due elettroni dell'orbitale $2s^2$ viene trasferito nell'orbitale $2p_y$ che si era svotato in precedenza. Si forma quindi un orbitale $2p_y^1$.

Al processo di arricchimento energetico vengono interessati gli elettroni degli orbitali $2p_x^1$, $2p_y^1$ e $2s^1$.





Molti composti eterociclici hanno una enorme importanza biologica:

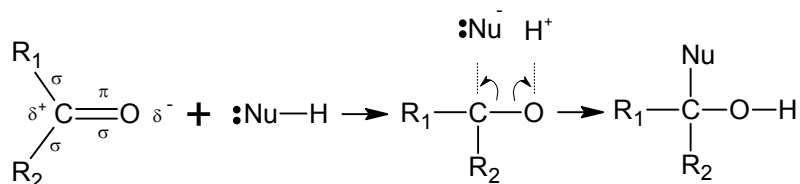
- nicotina, precursore della nicotinamide (o vitamina PP)
- cocaina (anestetico locale e stimolante del sistema nervoso centrale)
- istamina (responsabile delle manifestazioni allergiche)
- alcuni amminoacidi (fenilalanina, tirosina, triptofano)
- molti coenzimi
- le basi azotate degli acidi nucleici (DNA e RNA).

Semiacetali e semichetali

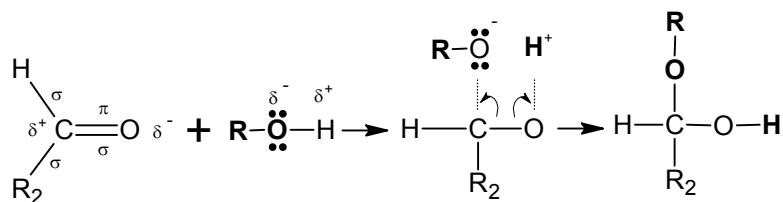
I composti che tendono ad attaccare l'atomo di carbonio del gruppo carbonilico sono definiti reagenti nucleofili: sono piuttosto ricchi di elettroni, come per esempio le basi.

Si ha quindi una classica **reazione di addizione nucleofila**: è tipica degli alcoli e in composti con funzioni polialcooliche, come gli zuccheri (vedi oltre).

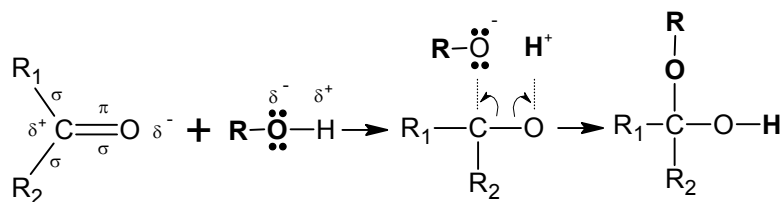
Gli alcoli reagiscono legando la parte negativa (un doppietto dell'ossigeno RO^-) al carbonio carbonilico e la parte positiva (H^+) con l'ossigeno del carbonile.



Meccanismo di attacco di un reagente nucleofilo nei riguardi del gruppo carbonilico



Formazione di un semiacetale a partire da un'aldeide e da un alcool



Formazione di un semichetale a partire da un chetone e da un alcool