

## Lezione 5

# Alogenuri, alcoli, fenoli ed eteri

# I gruppi funzionali

Un **gruppo funzionale** è un atomo o un gruppo di atomi che determina le proprietà chimiche di un composto organico, permettendone la classificazione.

Classe	Formula generale	Gruppo funzionale	Esempio	Nome (la parte caratteristica del nome è in rosso)
alogenuri	$R-X$	alogenuro ( $-X$ )	$CH_3-Cl$	clorometano
alcoli	$R-OH$	ossidrilico ( $-OH$ )	$CH_3-OH$	metanolo
eteri	$R-O-R'$	etere ( $-O-$ )	$CH_3-O-CH_3$	dimetiletere
aldeidi	$R-CHO$	carbonile ( $-C-$ ) $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} \end{array}$	$CH_3-C \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{H} \end{array}$	etanale (acetaldeide)
chetoni	$R-CO-R'$	carbonile ( $-C-$ ) $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} \end{array}$	$CH_3 \begin{array}{l} \diagdown \\ \diagup \end{array} C=O$ $CH_3$	propanone (acetone)
acidi carbossilici	$R-COOH$	carbrossilico $-C \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{OH} \end{array}$	$CH_3-C \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{OH} \end{array}$	acido etanoico (acido acetico)
esteri	$R-COOR'$	estere ( $-COO-$ )	$CH_3 \begin{array}{l} \diagdown \\ \diagup \end{array} C \begin{array}{l} \parallel \text{O} \\ \diagdown \text{O} \end{array} CH_3$	etanoato di metile (acetato di metile)
ammidi	$R-CO-NH_2$	amidico ( $-C-N-$ ) $\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{H} \\ \parallel \quad   \\ \text{C} \quad \text{N} \end{array}$	$CH_3-C \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{NH}_2 \end{array}$	etanammide (acetammide)
ammine	$R-NH_2$	amminico ( $-NH_2$ )	$CH_3-NH_2$	metilammina

# Gli alogenuri (R-X)

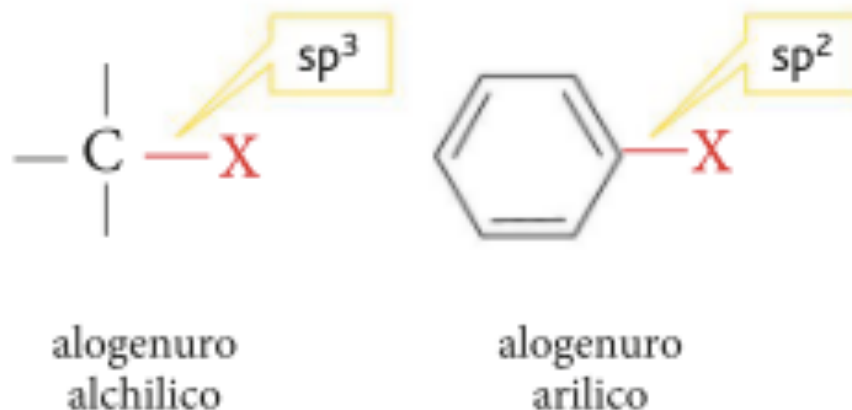
Tranne poche eccezioni, gli alogenuri organici sono prodotti in laboratorio (tramite reazioni di sostituzione).

In chimica organica, gli alogenuri sono composti che derivano dall'unione di un atomo di alogeno a un alchile o un arile

Si hanno quindi:

**alogenuri alchilici**, (derivanti dal legame con un alcano, un alchene o un alchino);

**alogenuri arilici**, (derivanti dal legame con un arene);



*Gli alogenuri sono adoperati come insetticidi, antiparassitari, smacchiatori e solventi industriali.*

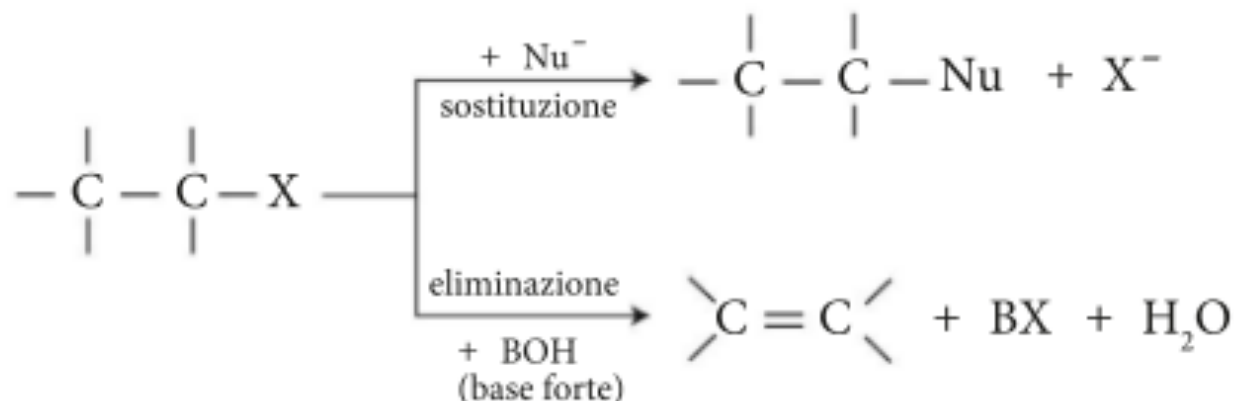
# Gli alogenuri (R-X): nomenclatura

La nomenclatura IUPAC considera gli alogenuri come derivati degli idrocarburi con un gruppo di sostituzione



La reattività degli alogenuri è dovuta alla polarità della molecola:

1. **Sostituzione:** un nucleofilo sostituisce l'alogeno
2. **Eliminazione:** l'alogeno e l'idrogeno adiacente vengono eliminati con formazione di un doppio legame



# Gli alcoli (R-OH)

Gli **alcoli** derivano dagli **idrocarburi** per sostituzione di un idrogeno con un **gruppo ossidrile** (—OH) che ne diventa il gruppo funzionale.

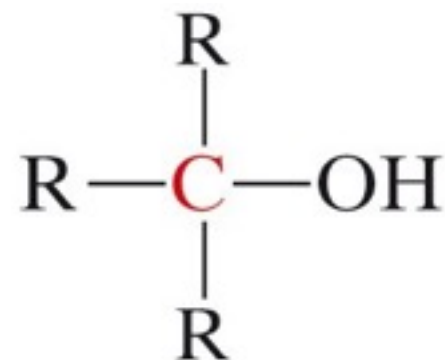
La formula generale degli alcoli è R—OH, e si classificano in **primari, secondari e terziari** a seconda che *l'atomo di carbonio a cui è legato l'ossidrile sia unito rispettivamente a uno, due o tre atomi di carbonio*



alcol primario



alcol secondario



alcol terziario

# Gli alcoli (R-OH): nomenclatura

Secondo la nomenclatura IUPAC, il nome dell'**alcol** deriva da quello **dell'idrocarburo corrispondente** a cui si aggiunge la **desinenza -olo**.

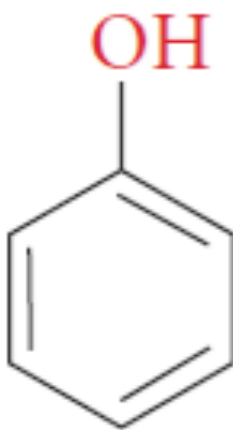
Atomi di carbonio	alcano	nome
1	metano	metanolo
2	etano	etanolo
3	propano	propanolo
4	butano	butanolo
5	pentano	pentanolo

Se presentano due o tre gruppi -OH, gli alcoli prendono il nome di **dioli** e **trioli**.

# I fenoli

Si dicono **fenoli** tutti i *composti aromatici sostituiti da uno o più gruppi ossidrilici (-OH)*.

Il capostipite della classe è, appunto, il **fenolo** (o **idrossibenzene**).



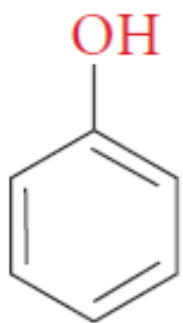
fenolo  
(idrossibenzene)

# I fenoli: nomenclatura

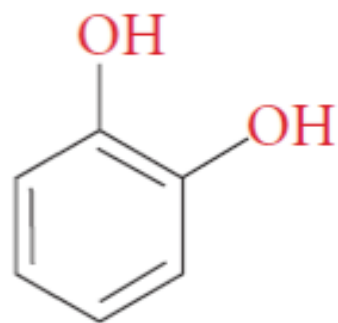
Le regole di nomenclatura sono analoghe a quelle già viste per i composti aromatici.

Si usa come radice **–fenolo**.

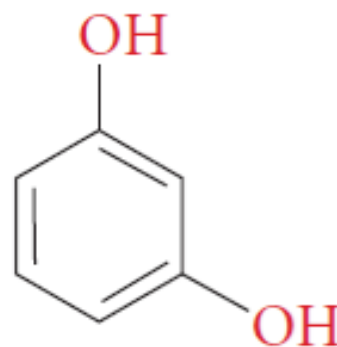
Il gruppo –OH è considerato come sostituente ed è indicato dal prefisso **–idrossi**.



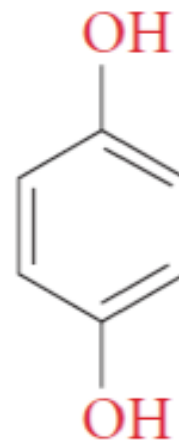
fenolo  
(idrossibenzene)



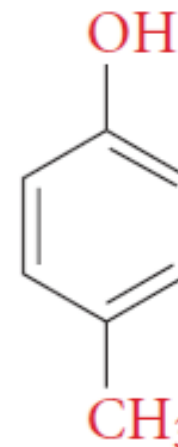
pirocatecolo  
(2-idrossifenolo)



resorcina  
(3-idrossifenolo)



idrochinone  
(4-idrossifenolo)



paracresolo  
(4-metilfenolo)



# Gli eteri (R—O—R')

Gli **eteri** sono caratterizzati da un atomo di ossigeno che lega due gruppi alchilici o arilici (aromatici).

La loro formula generale è R—O—R'.

L'**etere etilico** (o dietiletere) è un esempio di etere (formula  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-O-CH}_2\text{-CH}_3$ ) che a temperatura ambiente si presenta come un liquido incolore dall'odore caratteristico.

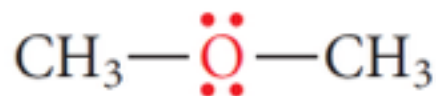
Composto **infiammabile** e **nocivo**, con un basso punto di ebollizione. Viene comunemente utilizzato come **solvente nella preparazione di metanfetamina**, e in passato è stato sfruttato per le sue **capacità anestetiche**.

A causa del suo elevato numero di cetani (l'analogo del numero di ottani per la benzina), l'etere etilico viene impiegato anche come fluido di avvio nei motori Diesel e a gasolio per i climi freddi.

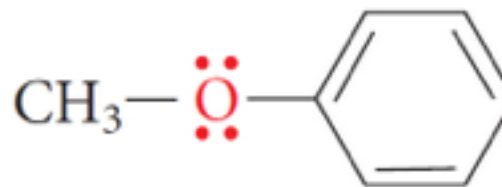


# Gli eteri (R—O—R'): nomenclatura

La loro formula generale è R—O—R' e tradizionalmente il nome si ricava premettendo alla parola *-etere*, in ordine alfabetico, i raggruppamenti legati all'ossigeno.



dimetiletere

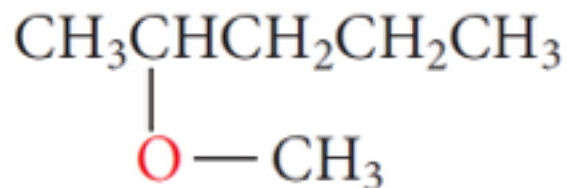


fenilmetiletere  
(anisolo)

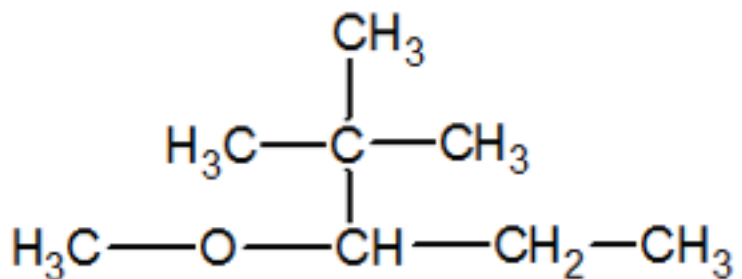
Il nome per gli eteri più complessi si ricava trattando il **gruppo -OR** come un sostituente dell'idrocarburo (dove R è il gruppo alchilico più corto).

Il nome prevede il prefisso dell'alchile seguito da *-ossi* e dal nome del composto portante della molecola.

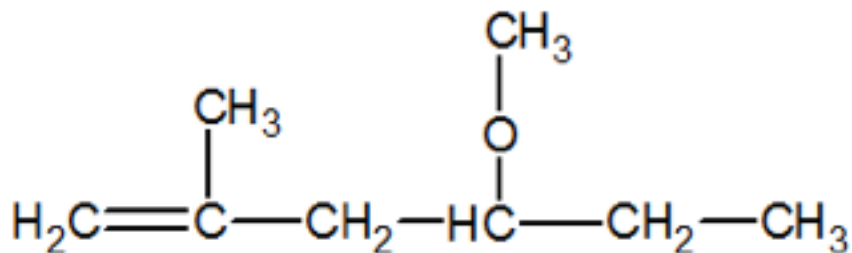
# Gli eteri (R—O—R'): nomenclatura



- catena principale: *pentano*
- alchile: *metile* (sul carbonio 2)
  - ➔ *2-metossi*
  - ➔ **nome: 2-metossipentano**



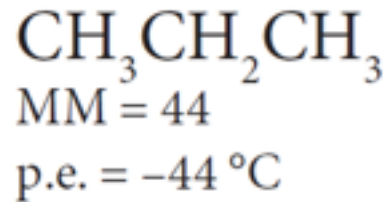
- catena principale: *pentano*
- alchile: *metile* (sul carbonio 3)
  - ➔ *3-metossi*
  - ➔ *3-metossipentano*
- altri gruppi alchilici: *dimetile* (sul carbonio 2)
  - ➔ **nome: 2,2-dimetil-3-metossipentano**



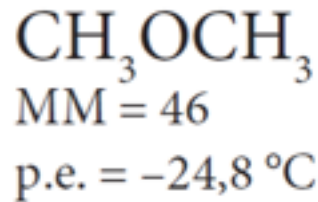
- catena principale: *1-esene*
- alchile: *metile* (sul carbonio 4)
  - ➔ *4-metossi*
  - ➔ *4-metossiesene*
- altri gruppi alchilici: *metile* (sul carbonio 2)
  - ➔ **nome: 2-metil-4-metossi-1-esene**

# Proprietà fisiche di alcoli, fenoli ed eteri

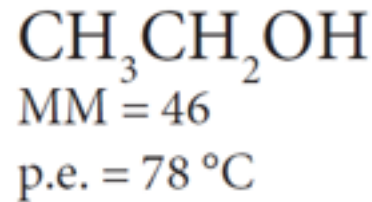
A parità di massa molecolare, gli alcoli e i fenoli hanno **punti di ebollizione più alti** rispetto agli idrocarburi e agli eteri.



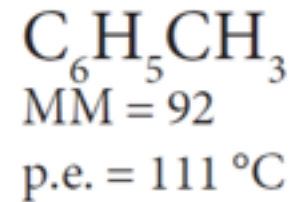
propano



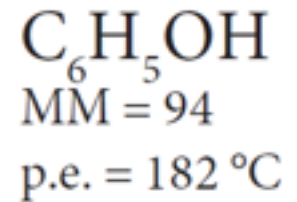
dimetil-etere



etanolo



metil-esano

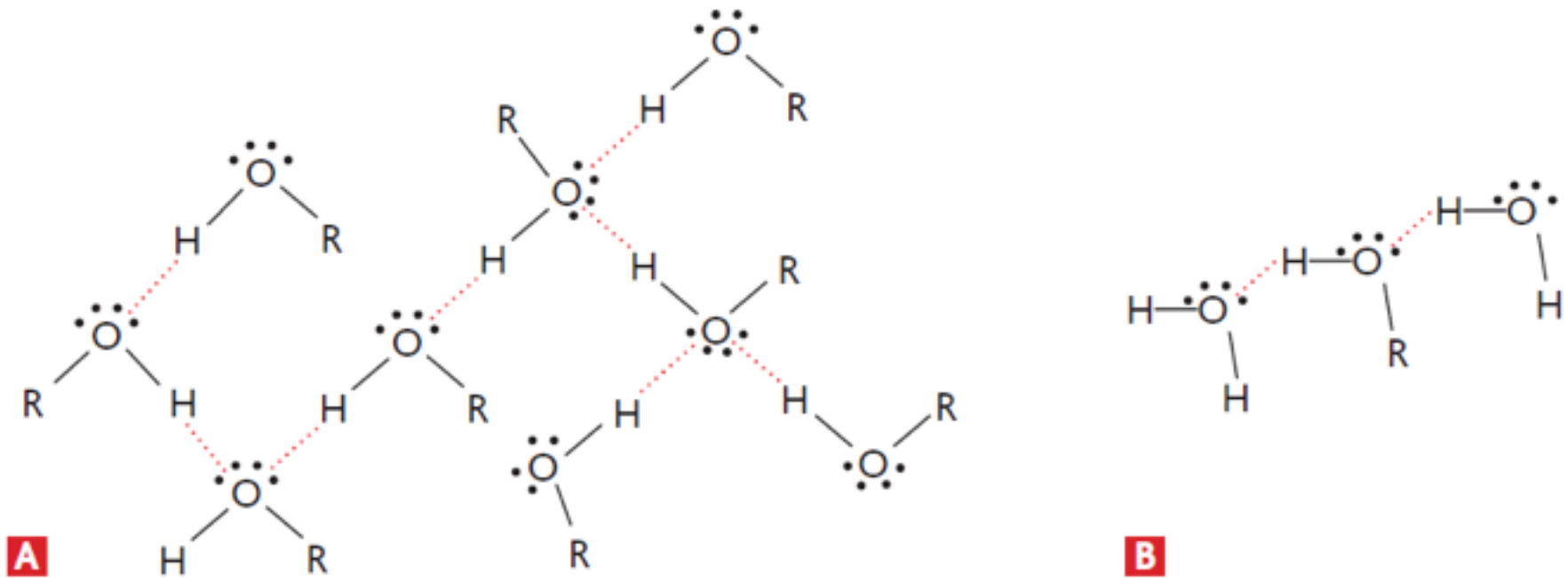


esanolo

I legami a idrogeno che si formano tra le molecole degli alcoli e dei fenoli sono infatti più forti sia delle **forze di London** che attraggono le molecole degli idrocarburi o delle interazioni **dipolo-dipolo** presenti negli eteri.

# Proprietà fisiche di alcoli, fenoli ed eteri

La buona solubilità di metanolo, etanolo e propanolo in acqua è dovuta alla formazione di **legami a idrogeno**.

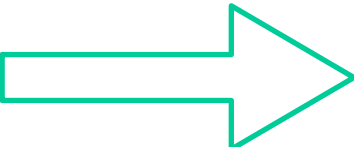


(A) Legami a idrogeno fra molecole di alcol; (B) legami idrogeno tra molecole di acqua e alcol

La **solubilità** degli alcoli decresce all'aumentare del numero di atomi di carbonio perché prevale il carattere idrofobico della catena rispetto al carattere idrofilo dell'ossidrile

# Acidità di alcoli e fenoli

Alcoli  **acidi molto deboli**

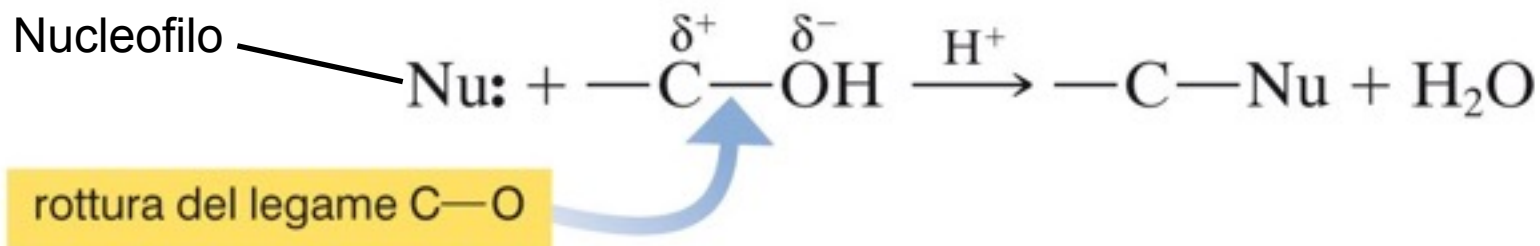
Fenoli  **acidi forti**

Poiché lo **ione fenossido** ( $\text{ArO}^-$ ) è molto più stabile dello ione alcossido ( $\text{RO}^-$ ).

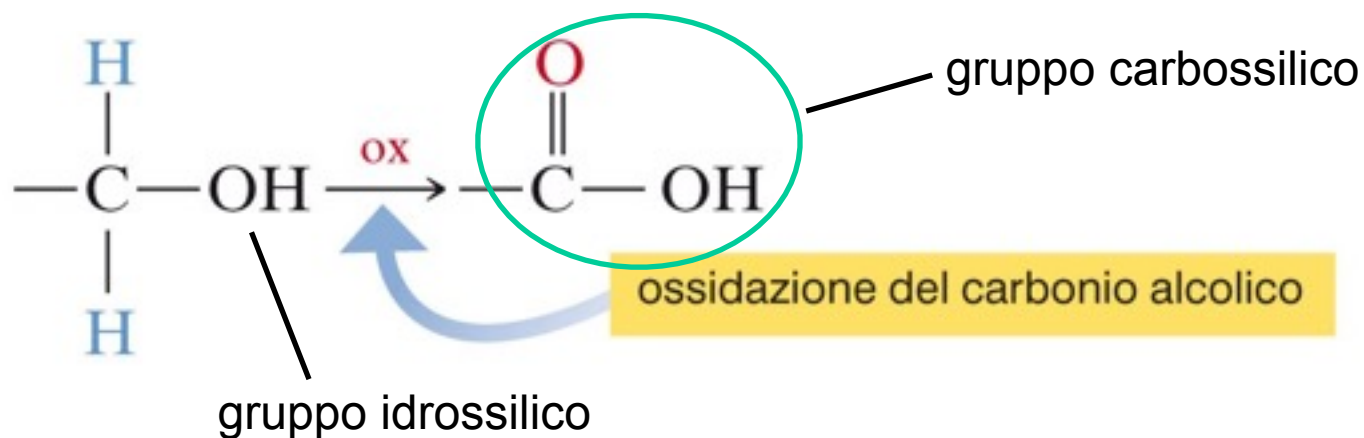
Sostanza	Nome	$\text{pK}_a$	
$(\text{CH}_3)_3\text{COH}$	alcol terbutilico	18,00	Acido più debole
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	alcol etilico	16,00	
$\text{HOH}$	acqua	15,74	
$\text{CH}_3\text{OH}$	metanolo	15,54	
$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$	fenolo	9,89	
$\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3\text{OH}$	acido picrico	0,52	

# Le reazioni degli alcoli

## 1. con rottura del legame C—O



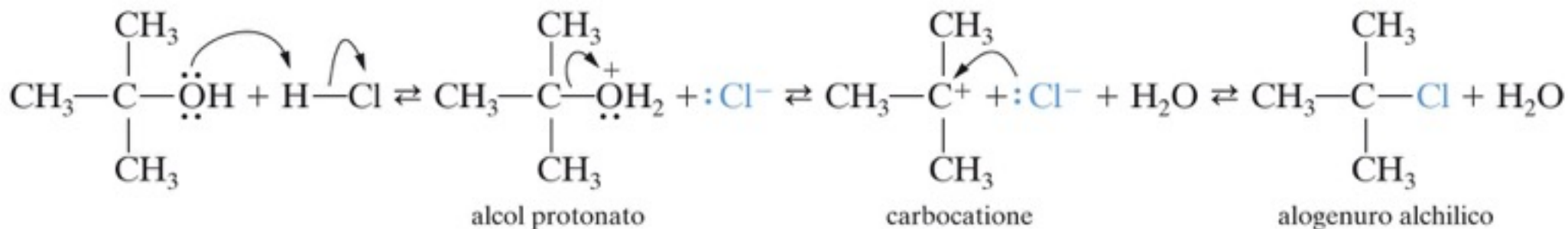
## 2. Reazioni di ossidazione del C alcolico



# Le reazioni degli alcoli

Le reazioni di rottura del legame C—O avvengono prevalentemente in ambiente acido, per **sostituzione nucleofila**. L'ossigeno del gruppo -OH è in grado di accettare un protone ( $H^+$ ) e si trasforma nel gruppo  $-OH_2^+$ .

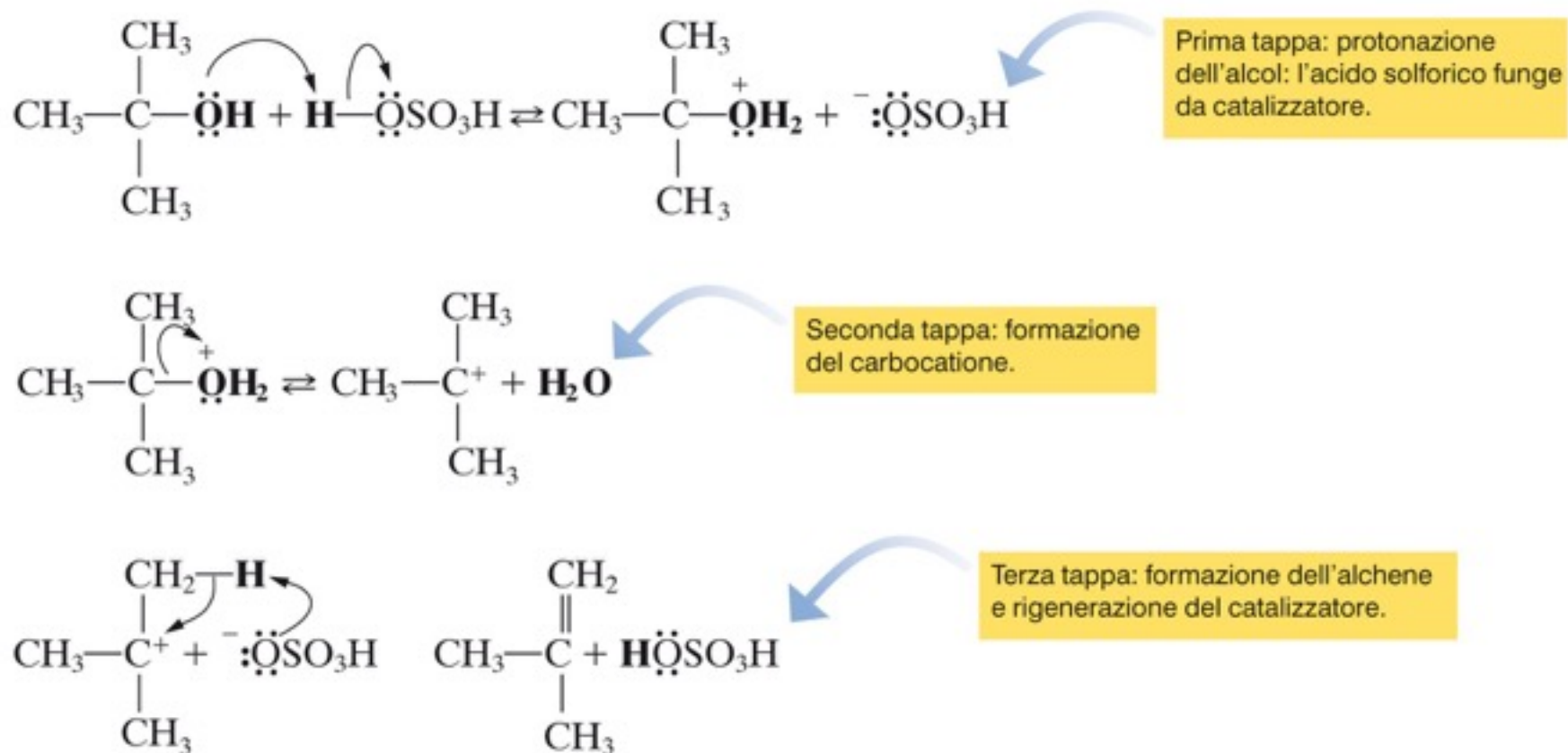
Il legame C—O risulta così indebolito, dal carbonio può staccarsi una molecola neutra di acqua e la specie nucleofila può formare con esso un nuovo legame.





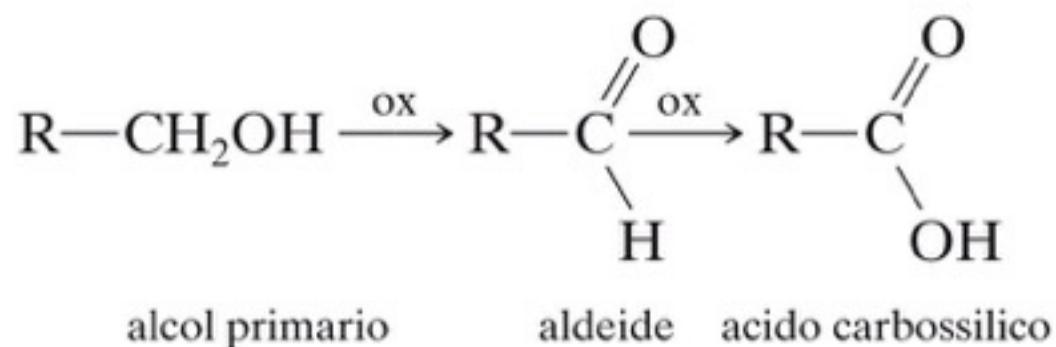
# Le reazioni degli alcoli

Un'altra reazione con rottura del legame C–O è quella di **disidratazione**, che avviene in presenza di **acido solforico concentrato** e alla temperatura di 180°C.

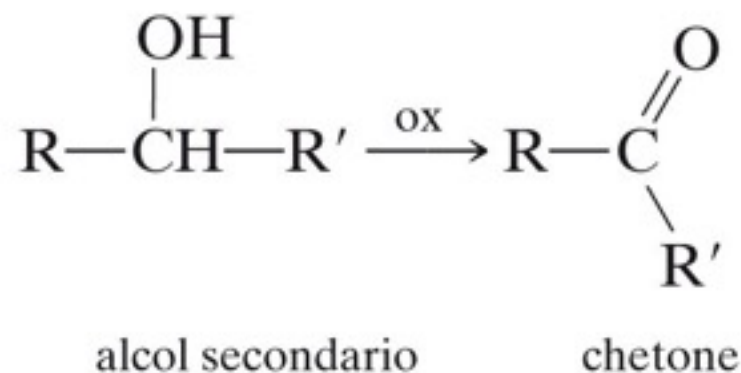


# Le reazioni degli alcoli

Nelle **reazioni di ossidazione**, il carbonio risulta tanto più ossidato quanti più legami forma con l'ossigeno e quanti meno ne forma con l'idrogeno. Gli **alcoli primari** si ossidano prima ad aldeidi e poi ad acidi carbossilici.

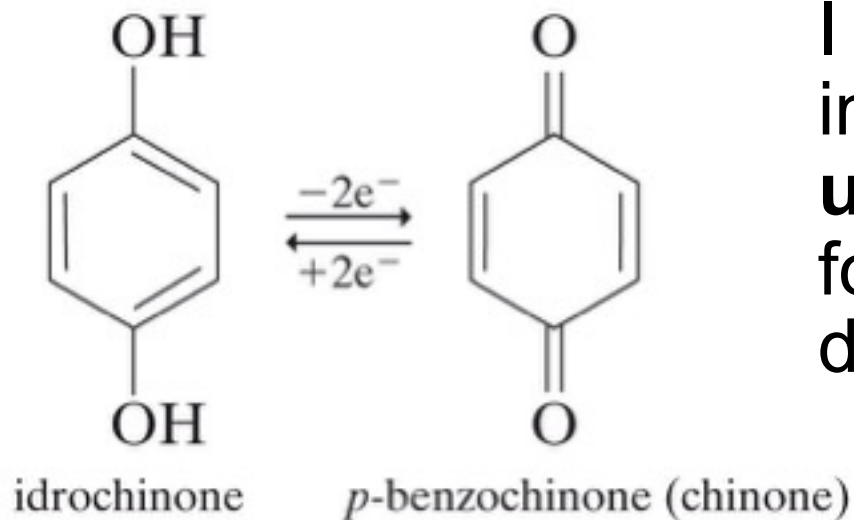


Gli **alcoli secondari** si ossidano a chetoni.



# L'ossidazione dei fenoli

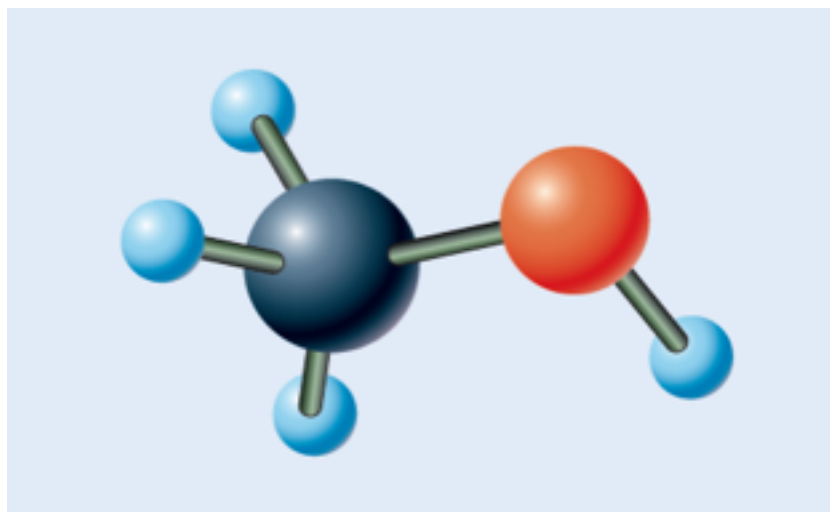
Anche i fenoli si ossidano facilmente: il prodotto che si ottiene è del tutto particolare e appartiene alla categoria dei **chinoni**. Dall'ossidazione dell'idrochinone, per esempio, si ottiene il *p*-benzochinone, o chinone.



I chinoni sono molecole di grande importanza biologica: gli **ubichinoni**, o *coenzimi Q*, sono fondamentali per il metabolismo dei mitocondri.

# Utilizzo di alcoli e fenoli

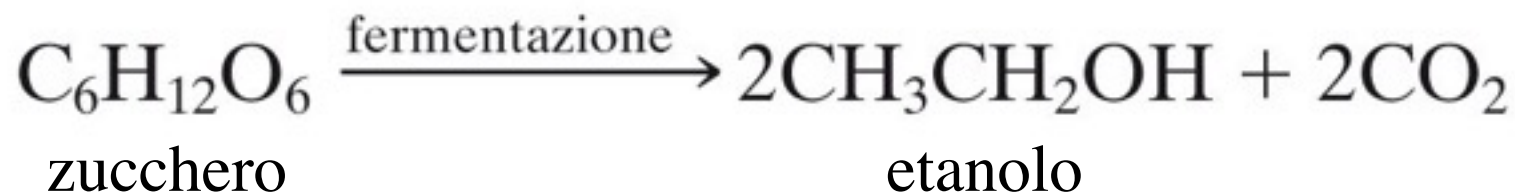
Il **metanolo** ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) è un importante intermedio dell'industria chimica, inoltre viene impiegato come **carburante** per autotrazione e nelle celle a combustibile. Si tratta anche di una sostanza altamente **tossica**: 30 mL provocano la morte di un essere umano adulto.



Modello molecolare del metanolo

# Utilizzo di alcoli e fenoli

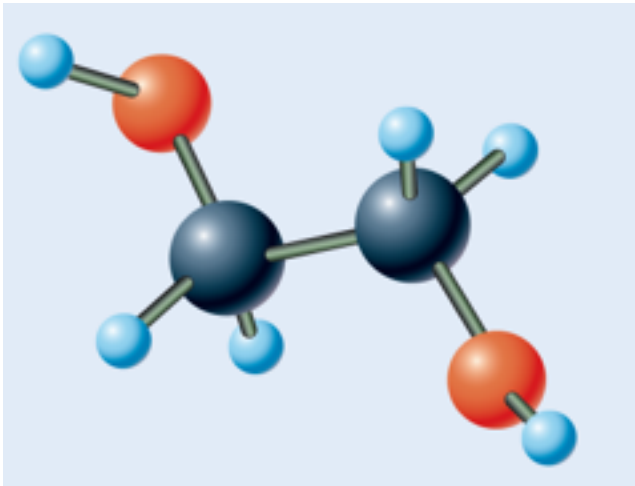
L'**etanolo** ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ) è il costituente di tutte le bevande alcoliche e si ottiene per **fermentazione** degli zuccheri da parte di microorganismi.



Viene usato come combustibile al posto della benzina e trova impiego nell'industria dei solventi, dei profumi e dei cosmetici.

# Utilizzo di alcoli e fenoli

Il **glicol etilenico** è un diolo che viene impiegato come liquido anticongelante grazie all'alto punto di ebollizione e alla totale solubilità in acqua.

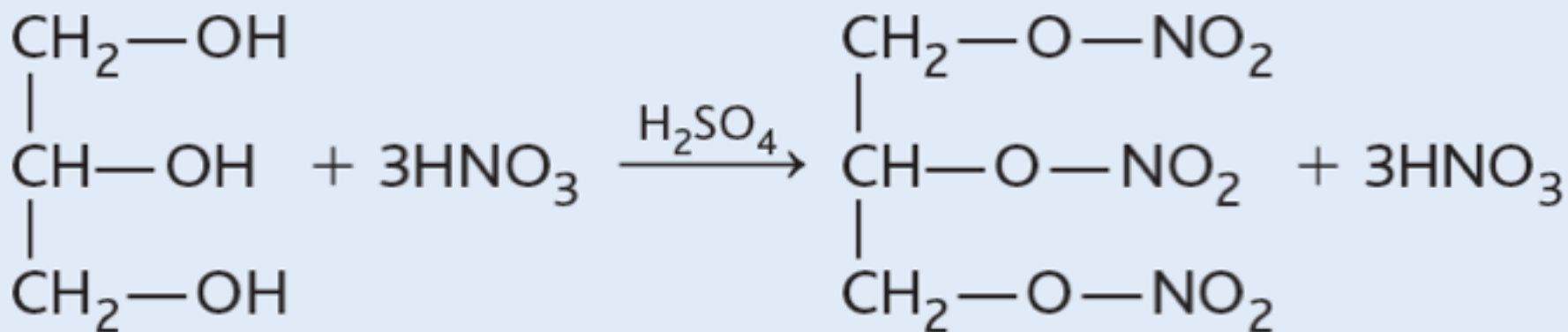


Modello molecolare del glicol etilenico

Il glicol etilenico è usato per la sintesi di numerosi composti tra cui il PET, la resina con cui si producono le bottiglie «di plastica».

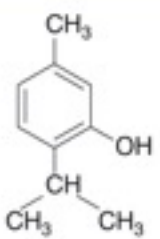
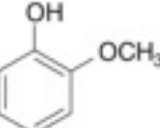
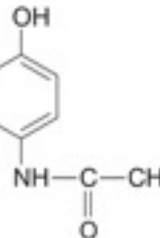
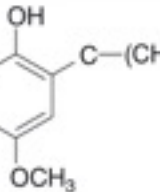
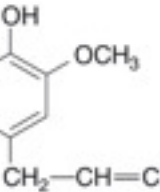
# Utilizzo di alcoli e fenoli

Il **glicerolo**, più noto come **glicerina**, è un triolo. Trova impiego nell'industria dei cosmetici e delle vernici. Il derivato nitrato del glicerolo, la **nitroglicerina**, è un potente esplosivo che viene impiegato anche, in soluzione alcolica molto diluita, nella terapia dell'*angina pectoris*.



La nitroglicerina si ottiene facendo reagire glicerina anidra con una miscela di acido nitrico e solforico

# Utilizzo di alcoli e fenoli

Formula	Nome	Usi
	timolo	Disinfettante del cavo orale e componente delle paste dentifricie.
	guaiacolo	Espettorante e componente di alcuni sciroppi per la tosse.
	paracetamolo	Antipiretico e analgesico, alternativo all'aspirina.
	butilidrossianisolo (E 103)	Antiossidante per prodotti alimentari (farina, biscotti, cioccolato).
	eugenolo	Antibatterico usato dai dentisti; viene estratto dai chiodi di garofano.

I composti fenolici hanno proprietà **antiossidanti** e azione **disinfettante**.

Molte **piante aromatiche** contengono il timolo, a cui devono le loro proprietà antisettiche.