

**ZANICHELLI**

# Lezioni di chimica organica

**ZANICHELLI**

## Lezione 5

# 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 ( $\begin{array}{c} \text{---C---} \\    \\ O \end{array}$ )	$CH_3-C \begin{array}{l} \nearrow O \\ \searrow H \end{array}$	etanale (acetaldeide)
chetoni	$R-CO-R'$	carbonile ( $\begin{array}{c} \text{---C---} \\    \\ O \end{array}$ )	$CH_3-C \begin{array}{l} \nearrow CH_3 \\ \searrow O \end{array}$	propanone (acetone)
acidi carbossilici	$R-COOH$	carbossile $\begin{array}{c} \text{---C---} \\    \quad \diagup \\ O \quad OH \end{array}$	$CH_3-C \begin{array}{l} \nearrow O \\ \searrow OH \end{array}$	acido etanoico (acido acetico)
esteri	$R-COOR'$	estere ( $-COO-$ )	$CH_3-C \begin{array}{l} \nearrow O \\ \searrow O-CH_3 \end{array}$	etanoato di metile (acetato di metile)
ammidi	$R-CO-NH_2$	ammidico ( $\begin{array}{c} \text{---C---} \quad N- \\    \quad   \\ O \quad H \end{array}$ )	$CH_3-C \begin{array}{l} \nearrow O \\ \searrow NH_2 \end{array}$	etanammide (acetammide)
ammine	$R-NH_2$	amminico ( $-NH_2$ )	$CH_3-NH_2$	metilammina

I gruppi funzionali delle principali classi di composti

**ZANICHELLI**

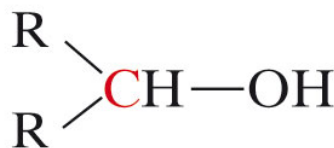
# Gli alcoli

Gli **alcoli** derivano dagli **idrocarburi** per sostituzione di un idrogeno con un **gruppo ossidrilico** ( $\text{—OH}$ ) che ne diventa il gruppo funzionale.

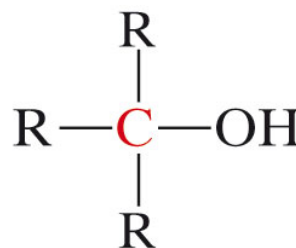
La formula generale degli alcoli è  $\text{R—OH}$ , e si classificano in **primari**, **secondari** e **terziari** a seconda che l'atomo di carbonio a cui è legato l'ossidrilico sia unito rispettivamente a uno, due o tre atomi di carbonio



alcol primario



alcol secondario



alcol terziario

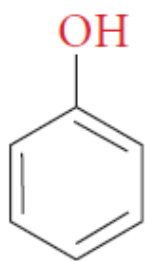
# La nomenclatura degli alcoli

Secondo la nomenclatura IUPAC, il nome dell'**alcol** deriva da quello **dell'idrocarburo corrispondente** a cui si aggiunge la **desinenza -olo**. Se presentano due o tre gruppi ossidrilici, gli alcoli prendono il nome di **dioli** e **trioli**.

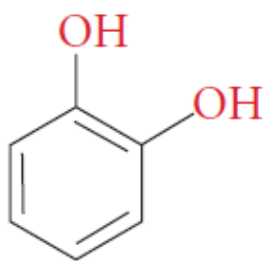
Atomi di carbonio	nome
1	metano <i>lo</i>
2	etano <i>lo</i>
3	propano <i>lo</i>
4	butano <i>lo</i>
5	pentano <i>lo</i>

# I fenoli

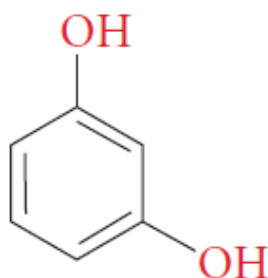
Si dicono **fenoli** tutti i composti aromatici sostituiti da uno o più gruppi ossidrilici. Il capostipite della classe è, appunto, il fenolo o **idrossibenzene**. Le regole di nomenclatura sono analoghe a quelle già viste per i composti aromatici, ma si usa come radice **–fenolo**, e il gruppo  $\text{–OH}$ , considerato come sostituyente, è indicato dal prefisso **–idrossi**.



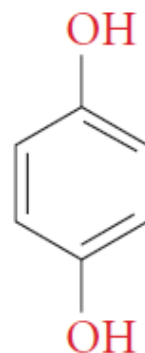
fenolo  
(idrossibenzene)



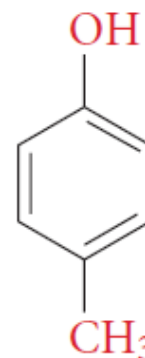
pirocatecolo  
(2-idrossifenolo)



resorcina  
(3-idrossifenolo)



idrochinone  
(4-idrossifenolo)



paracresolo  
(4-metilfenolo)

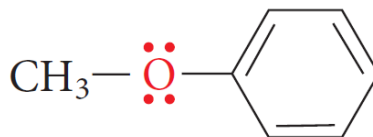
**ZANICHELLI**

# Gli eteri

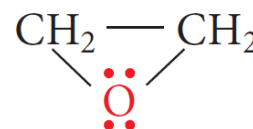
Gli **eteri** sono caratterizzati da un atomo di ossigeno che lega due gruppi alchilici o arilici. La loro formula generale è  $R-O-R'$  e tradizionalmente il nome si ricava premettendo a -etere i sostituenti legati all'ossigeno. Il nome **IUPAC** si ricava invece trattando il **gruppo -OR** come un sostituito dell'idrocarburo. Il nome dato prevede il prefisso dell'alchile seguito da -ossi e dal nome del composto portante della molecola.



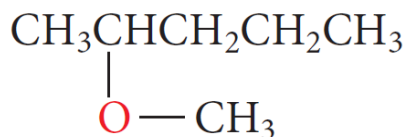
dimetiletere



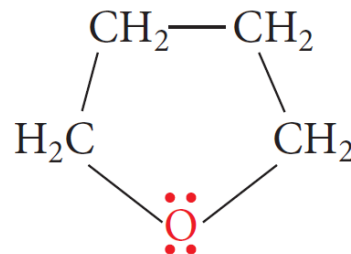
fenilmetiletere  
(anisolo)



ossido di etilene



2-metossipentano



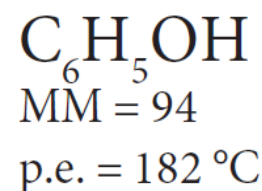
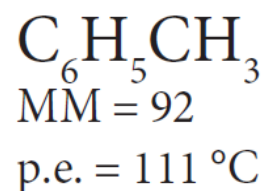
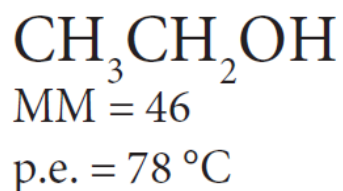
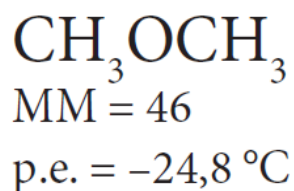
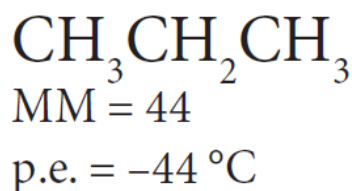
tetraidrofurano

**ZANICHELLI**



# Proprietà fisiche di alcoli, fenoli ed eteri (I)

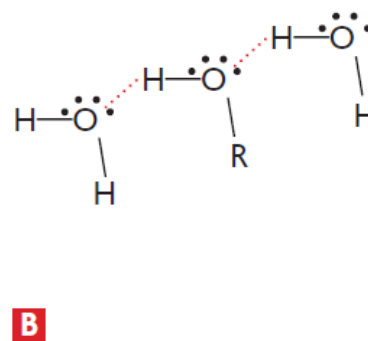
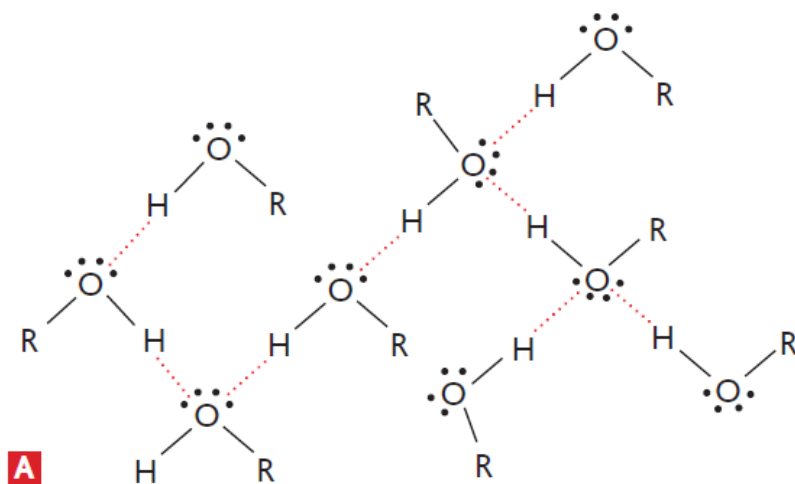
A parità di massa molecolare, gli alcoli e i fenoli hanno **punti di ebollizione** più alti rispetto agli idrocarburi e agli eteri.



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 (II)

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. 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

**ZANICHELLI**

# Acidità di alcoli e fenoli

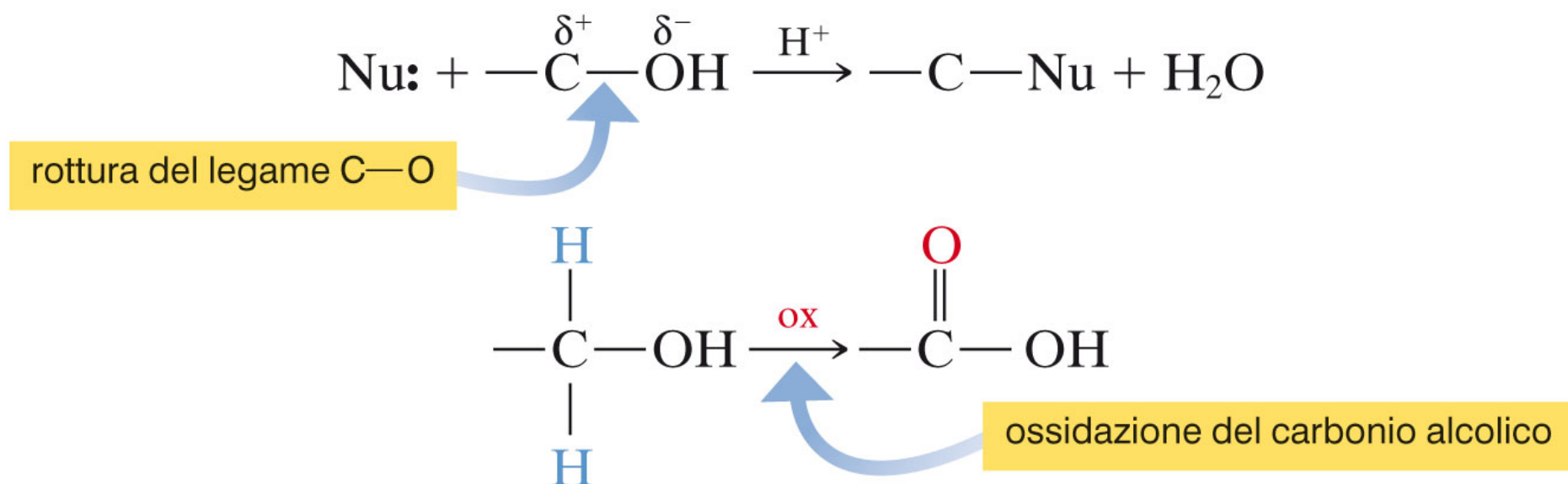
Gli alcoli sono acidi **molto deboli**; i fenoli al contrario sono circa un **milione di volte più acidi** perché lo **ione fenossido** ( $\text{ArO}^-$ ) è molto più stabile dello **ione alcossido** ( $\text{RO}^-$ ).

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	Acido più forte

**ZANICHELLI**

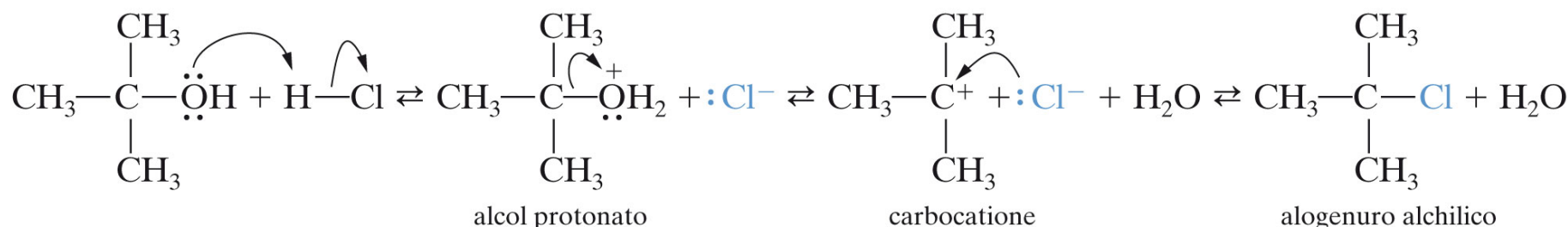
# Le reazioni degli alcoli (I)

Gli alcoli danno reazioni con **rottura del legame C—O**, oppure reazioni di **ossidazione**.



# Le reazioni degli alcoli (II)

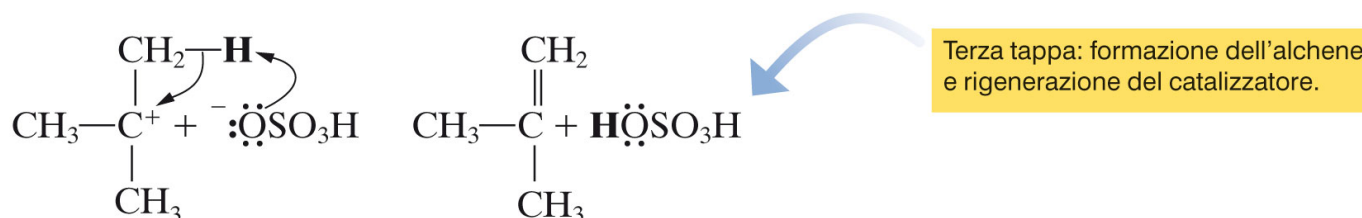
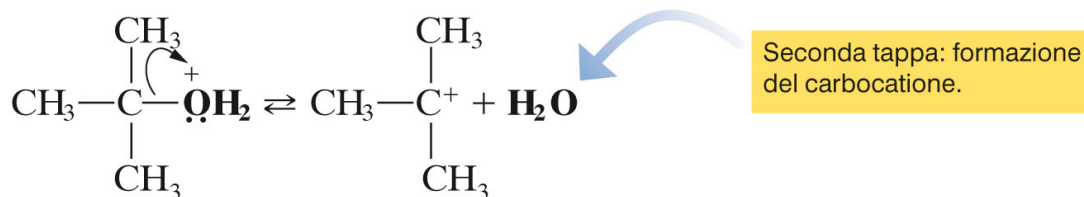
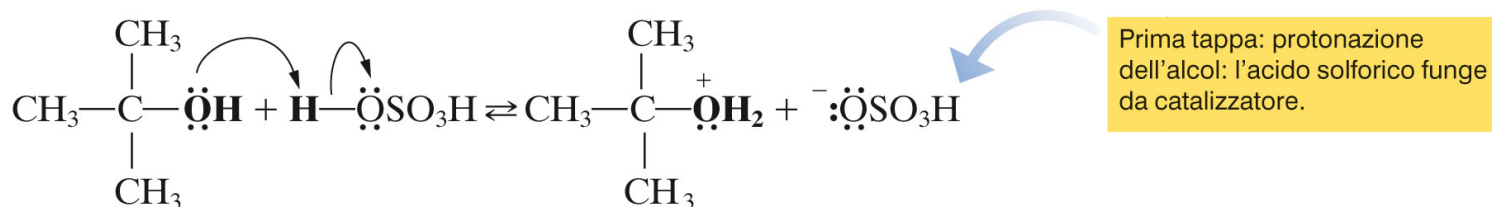
Le reazioni di rottura del legame C—O avvengono prevalentemente in ambiente acido, per **sostituzione nucleofila**. L'ossigeno del gruppo —OH è in grado di accettare un protone ( $\text{H}^+$ ) e si trasforma nel gruppo — $\text{OH}_2^+$ . Il legame C—O risulta così indebolito, dal carbonio può staccarsi una molecola neutra di acqua e la specie nucleofila può formare con esso un nuovo legame.



**ZANICHELLI**

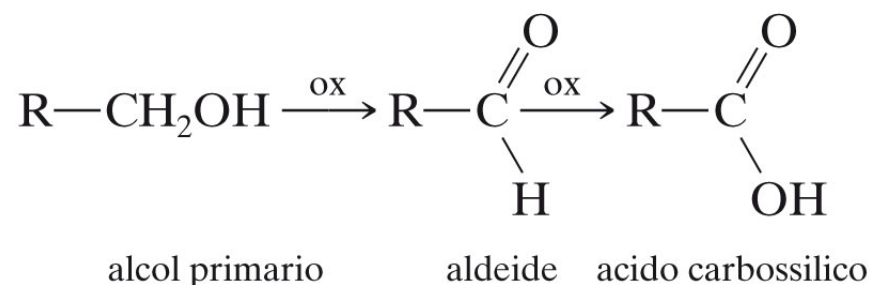
# Le reazioni degli alcoli (III)

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.

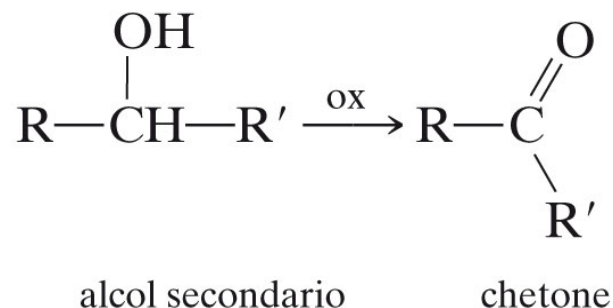


# Le reazioni degli alcoli (IV)

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.

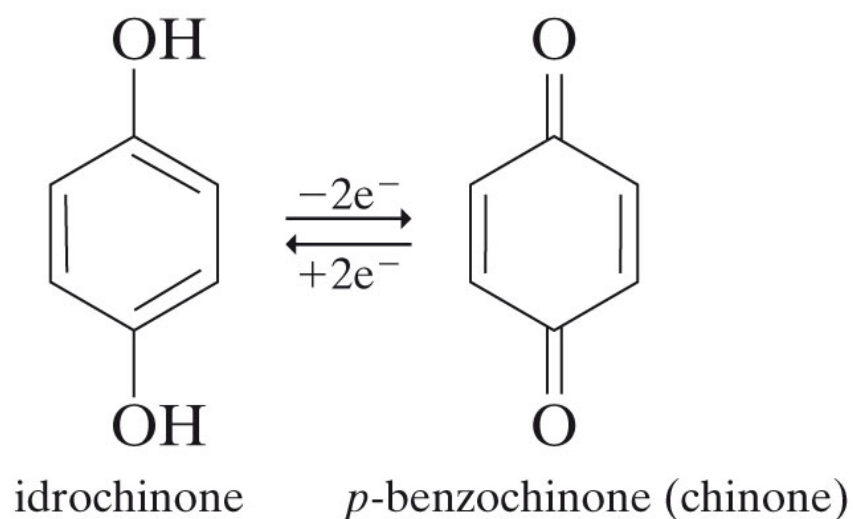


Gli **alcoli secondari** si ossidano a chetoni.



# 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.

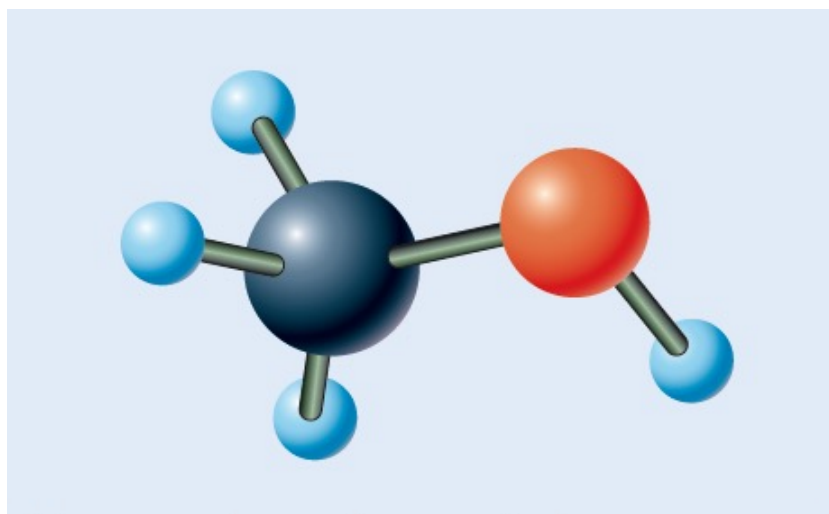


I chinoni sono molecole di grande importanza biologica: gli **ubichinoni**, o *coenzimi Q*, sono fondamentali per il metabolismo dei mitocondri.



# Utilizzo di alcoli e fenoli (I)

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 (II)

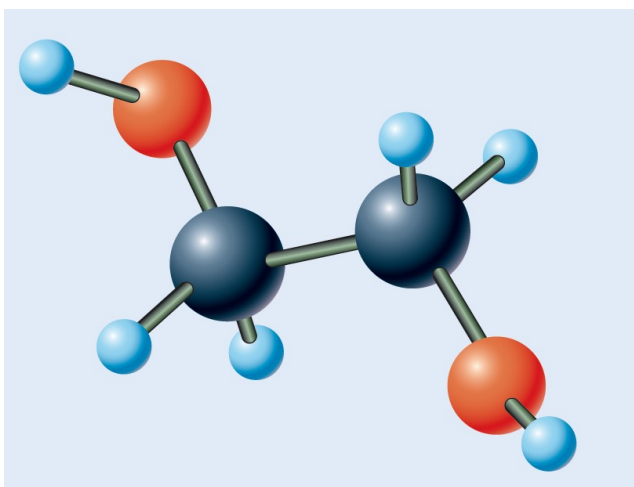
L'**etanolo** ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ) è il costituente di tutte le bevande alcoliche e si ottiene per **fermentazione** degli zuccheri da parte di microorganismi.



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 (III)

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

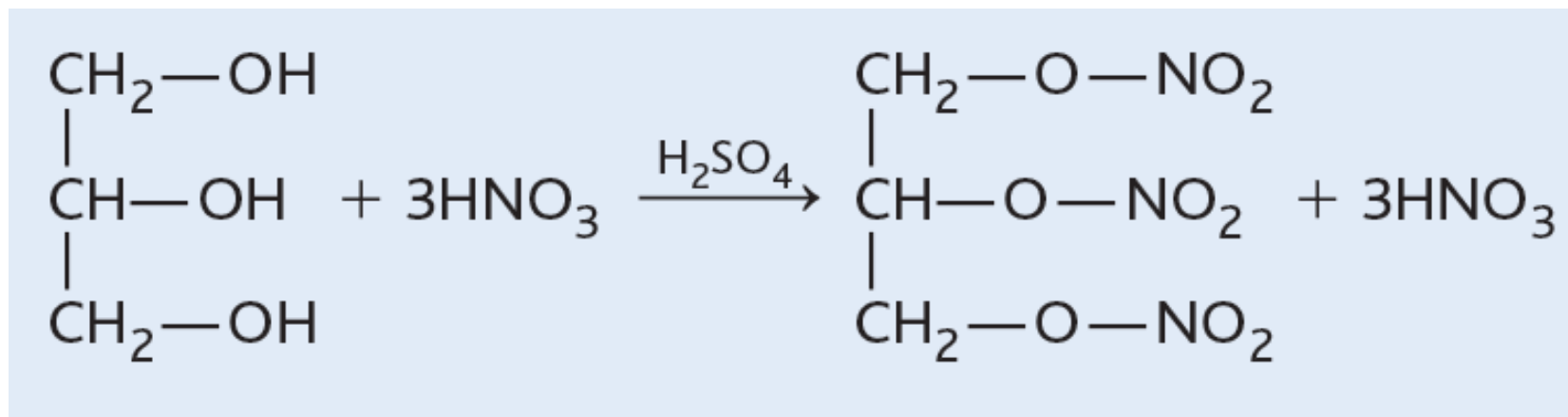


Modello molecolare del glicol etilenico

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 (IV)

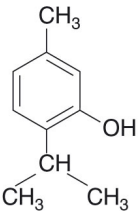
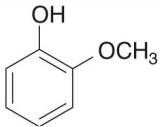
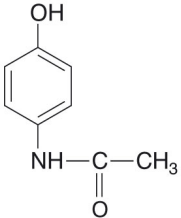
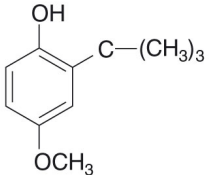
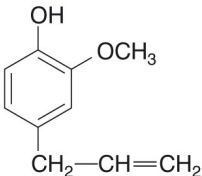
Il **glicerolo**, più noto come **glicerina**, è un triolo. Trova impiego nell'industria dei cosmetici e delle vernici. Il derivato nitrato del glicerolo, la **nitroglicerina**, è un potente esplosivo che viene impiegato anche, in soluzione alcolica molto diluita, nella terapia dell'*angina pectoris*.



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

**ZANICHELLI**

# Utilizzo di alcoli e fenoli (V)

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.