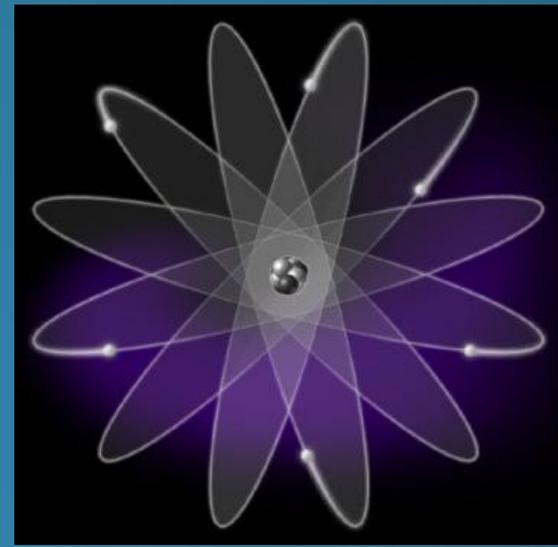


# Pronti per l'Università

Liceo Scientifico "de Caprariis" – Atripalda  
PON F2 – 2011-14

# La chimica del carbonio

Alla base della chimica organica vi è l'atomo di carbonio. È il sesto elemento della *tavola periodica*, ha numero atomico  $Z=6$  e perciò in totale 6 elettroni: 2 nello strato 1s, 2 nello strato 2s e 2 nello strato 2p. La sua *configurazione elettronica* è  $1s^2 2s^2 2p^2$



# Tavola Periodica degli Elementi

1 1A Nuovo Originale	2 IIA	3 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8	9 VIII	10	11 IB	12 IIB	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA
1 H Idrogeno 1.00794	2 He Elio 4.002602	3 Li Litio 6.941	4 Be Berillio 9.012182	5 B Boro 10.811	6 C Carbonio 12.0107	7 N Azoto 14.00674	8 O Ossigeno 15.9994	9 F Fluoro 18.9984032	10 Ne Neon 20.1797	11 Na Sodio 22.989770	12 Mg Magnesio 24.3050	13 Al Alluminio 26.981538	14 Si Silicio 28.0855	15 P Fosforo 30.973761	16 S Zolfo 32.066	17 Cl Cloro 35.453	18 Ar Argon 39.948
19 K Potassio 39.0983	20 Ca Calcio 40.078	21 Sc Scandio 44.955910	22 Ti Titanio 47.867	23 V Vanadio 50.9415	24 Cr Cromo 51.9961	25 Mn Manganese 54.938049	26 Fe Ferro 55.8457	27 Co Cobalto 58.933200	28 Ni Nichel 58.6934	29 Cu Rame 63.546	30 Zn Zinco 65.409	31 Ga Gallio 69.723	32 Ge Germanio 72.64	33 As Arsenico 74.92160	34 Se Selenio 78.96	35 Br Bromo 79.904	36 Kr Krypton 83.798
37 Rb Rubidio 85.4678	38 Sr Stronzio 87.62	39 Y Ittrio 88.90585	40 Zr Zirconio 91.224	41 Nb Niobio 92.90638	42 Mo Molibdeno 95.94	43 Tc Technezio (98)	44 Ru Rutenio 101.07	45 Rh Rodio 102.90550	46 Pd Palladio 106.42	47 Ag Argento 107.8682	48 Cd Cadmio 112.411	49 In Indio 114.818	50 Sn Stagno 118.710	51 Sb Antimonio 121.760	52 Te Tellurio 127.60	53 I Iodio 126.90447	54 Xe Xeno 131.293
55 Cs Cesio 132.90545	56 Ba Bario 137.327	57 to 71 Lantanidi	72 Hf Hafnio 178.49	73 Ta Tantalio 180.9479	74 W Tungsteno 183.84	75 Re Renio 186.207	76 Os Osmio 190.23	77 Ir Iridio 192.217	78 Pt Platino 195.078	79 Au Oro 196.96655	80 Hg Mercurio 200.59	81 Tl Tallio 204.3833	82 Pb Piombo 207.2	83 Bi Bismuto 208.98038	84 Po Polonio (209)	85 At Astatio (210)	86 Rn Radon (222)
87 Fr Francio (223)	88 Ra Radio (226)	89 to 103 Attinidi	104 Rf Rutherfordio (261)	105 Db Dubnio (262)	106 Sg Seaborgio (266)	107 Bh Bohrio (264)	108 Hs Hassio (269)	109 Mt Meitnerio (268)	110 Ds Darmstadtio (271)	111 Rg Roentgenio (272)	112 Uub Ununbio (285)	113 Uut Ununtrio (284)	114 Uuq Ununquadio (289)	115 Uup Ununpentio (288)	116 Uuh Ununhexio (292)	117 Uus Ununseptio	118 Uuo Ununoctio

- Metalli alcalini
- Metalli alcalino terrosi
- Metalli del blocco d
- Lantanidi
- Attinidi
- Metalli del blocco p
- Nonmetalli
- Gas nobili
- Solidi
- Liquidi
- Gas
- Artificiali

Le masse atomiche tra sono quelle degli isotopi più stabili o più comuni.

Design Copyright © 1997 Michael Dayah (michael@dayah.com), <http://www.dayah.com/periodic/>

Nota: il sotto gruppo dei numeri 1-18 è stato adottato nel 1984 dalla International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). I nomi degli elementi 112-118 sono gli equivalenti latini di quei nomi.

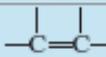
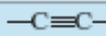
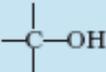
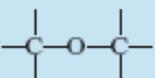
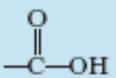
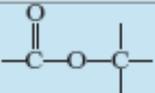
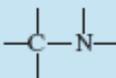
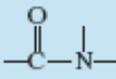
57 La Lantanio 138.9055	58 Ce Cerio 140.116	59 Pr Praseodimio 140.90765	60 Nd Neodimio 144.24	61 Pm Promezio (145)	62 Sm Samario 150.36	63 Eu Europio 151.964	64 Gd Gadolinio 157.25	65 Tb Terbio 158.92534	66 Dy Disprozio 162.500	67 Ho Olmio 164.93032	68 Er Erbio 167.259	69 Tm Tulio 168.93421	70 Yb Itterbio 173.04	71 Lu Lutezio 174.967
89 Ac Attinio (227)	90 Th Torio 232.0381	91 Pa Protoattinio 231.03588	92 U Uranio 238.02891	93 Np Nettunio (237)	94 Pu Plutonio (244)	95 Am Americio (243)	96 Cm Curio (247)	97 Bk Berkelio (247)	98 Cf Californio (251)	99 Es Einsteinio (252)	100 Fm Fermio (257)	101 Md Mendelevio (258)	102 No Nobelio (259)	103 Lr Laurenzio (262)



# Gruppi funzionali

- I composti organici possono essere classificati in famiglie in base alla presenza di **gruppi funzionali**.
- Un gruppo funzionale è una piccola unità strutturale presente nella molecola, che partecipa alla maggior parte delle reazioni della molecola stessa.
- Per rappresentare le molecole organiche utilizziamo le formule “condensate” in cui:
  - i legami C-H sono generalmente "sottintesi"
  - un atomo di C legato a due atomi di H si indica con CH<sub>2</sub>, a tre atomi di H con CH<sub>3</sub>
  - non vengono mostrate le coppie solitarie di e-

# Alcune famiglie di composti

Famiglia	Aspetti strutturali caratteristici*	Esempi
	Contengono solo C e H <b>Famiglie degli idrocarburi</b>	
Idrocarburi	Alcani: solo legami singoli	$\text{CH}_3\text{CH}_3$
	Alcheni: 	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$
	Alchini: 	$\text{CH}\equiv\text{CH}$
	Aromatici: contengono almeno un anello benzenico	
Alcoli		$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$
Eteri		$\text{CH}_3\text{OCH}_3$
Aldeidi		$\text{CH}_3\text{CH}$
Chetoni		$\text{CH}_3\text{CCH}_3$
Acidi carbossilici		$\text{CH}_3\text{COH}$
Esteri		$\text{CH}_3\text{COCH}_3$
Ammine		$\text{CH}_3\text{NH}_2$
Ammidi		$\text{CH}_3\text{CNH}_2$

# I legami del carbonio

I **legami singoli C-C e C-H** (elettronegatività simile) sono poco sensibili all'attacco di reagenti polari o ionici.

Il legame C-O (differenza di elettronegatività significativa), rappresenta un sito polare e reagisce con sostanze ioniche e polari.

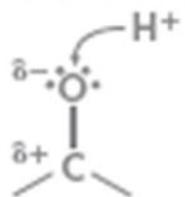
Nel doppio legame fra C e O la distribuzione non omogenea delle cariche è ancora più netta per la presenza di elettroni  $\pi$ :

- Il carbonio assume una parziale carica positiva ( $\delta+$ )
- L'ossigeno assume una parziale carica negativa ( $\delta-$ )

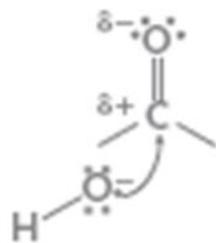
# Elettrofili e nucleofili

PRESENTATIONPOINT.COM

## Elettrofili e nucleofili



Attacco da parte  
di un elettrofilo  
 $H^+$ .



Attacco da parte  
di un nucleofilo  
 $OH^-$ .

Le sostanze *nucleofile*, dotate cioè di elettroni in eccesso come gli anioni, le basi di Lewis ed i riducenti, attaccano il C.

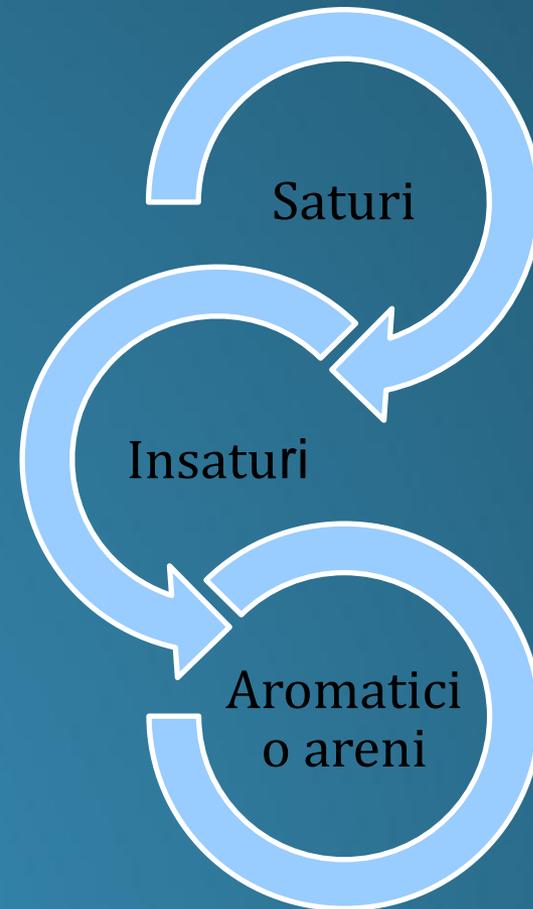
Le sostanze *elettrofile*, povere di elettroni come lo ione  $H^+$  e in generale cationi, acidi di Lewis e ossidanti sono attratte dall'O.

La nuvola elettronica del legame  $\pi$  del doppio legame C=C si polarizza in vicinanza di una specie elettrofila.

# Idrocarburi

La classificazione fondamentale degli idrocarburi dipende dalle proprietà chimiche delle classi, per certi aspetti molto diverse.

A seconda del tipo di legame C—C presente nelle molecole, gli idrocarburi si suddividono in tre classi fondamentali:



# Gli alcani

- Gli **alcani** sono idrocarburi in cui tutti gli atomi di carbonio presentano ibridazione  $sp^3$ , sono legati tra loro solo da legami semplici e sono legati al massimo numero di atomi di idrogeno.

Tutti gli alcani a catena aperta hanno formula generale  $C_nH_{2n+2}$ , dove  $n$  indica il numero di atomi di carbonio

Il loro punto di ebollizione aumenta progressivamente con l'aumentare della massa molecolare, perché le *forze di London* diventano sempre più intense. Sono in genere meno densi dell'acqua e sono stabili a temperatura ambiente

# Nomenclatura degli alcani

PRESENTATIONSON.COM

Nome IUPAC	Formula molecolare	Formula di struttura condensata	Punto di ebollizione (°C)	Punto di fusione (°C)	Densità (g ml <sup>-1</sup> , 20 °C)
Metano	CH <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>	-161,5	-182,5	
Etano	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	CH <sub>3</sub> CH <sub>3</sub>	-88,6	-183,3	
Propano	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	-42,1	-189,7	
Butano	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	-0,5	-138,4	
Pentano	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CH <sub>3</sub>	36,1	-129,7	0,626
Esano	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CH <sub>3</sub>	68,7	-95,3	0,659
Eptano	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>	98,4	-90,6	0,684
Ottano	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> CH <sub>3</sub>	125,7	-56,8	0,703
Nonano	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> CH <sub>3</sub>	150,8	-53,5	0,718
Decano	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> CH <sub>3</sub>	174,1	-29,7	0,730

PRESENTATIONSON.COM

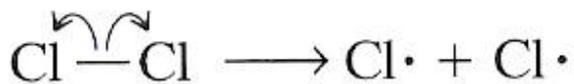
# Caratteristiche fisiche

Non reagiscono con gli acidi, con le basi forti, né con i metalli più reattivi.

Bruciano all'aria e danno diossido di carbonio e acqua.

In presenza di luce o a temperature elevate reagiscono con il cloro e il bromo con formazione di *alogenuri alchilici R-X*.

Il meccanismo di reazione prevede una fase iniziale che consiste nella rottura *omolitica* del legame Cl-Cl:

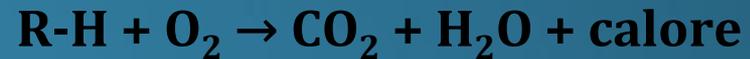


I radicali del cloro con un meccanismo di **sostituzione radicalica** danno inizio ad una serie di reazioni a catena (*stadio di propagazione*) che portano alla formazione del prodotto e di altri radicali liberi.

# Reazioni degli alcani

- La reattività degli alcani è basata sulla formazione di radicali, innescata dalla luce o dal calore. L'esempio più noto è la combustione, una reazione a catena - a volte esplosiva - in cui il calore sviluppato produce ulteriori radicali che proseguono ed amplificano la reazione stessa.

- Combustione



- alogenazione radicalica



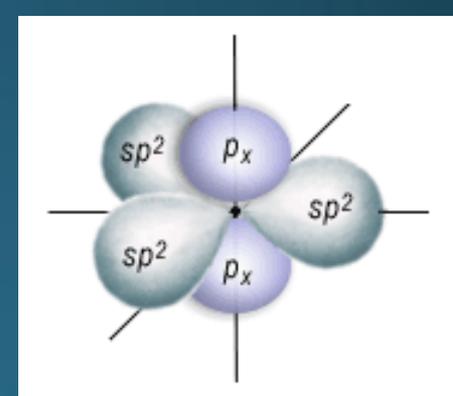
- Cracking: Gli alcani sono la principale fonte industriale di alcheni utilizzati per produzioni di massa. Nelle raffinerie si opera la trasformazione degli alcani in alcheni a temperature di 400 °C in presenza di catalizzatori metallici.

# Alcheni e alchini

PRESENTATIONEX.COM

- Gli **alcheni** sono idrocarburi che contengono uno o più doppi legami carbonio-carbonio.
- Gli **alchini** presentano invece un triplo legame.
- Gli alcheni a catena aperta hanno formula generale,  $C_nH_{2n}$ ; gli alchini a catena aperta hanno formula generale  $C_nH_{2n-2}$
- Sono insolubili in acqua e sono facilmente infiammabili.

# Ibridazione $sp^2$

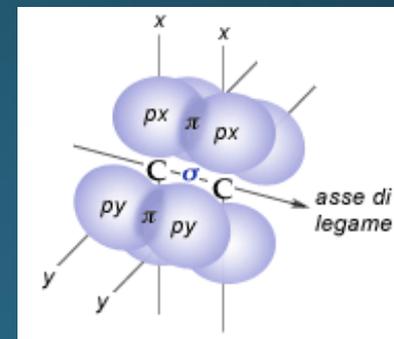


Nell'**ibridazione  $sp^2$** , vengono ibridati l'orbitale 2s e solo due orbitali 2p, in modo da formare **tre** orbitali ibridi equivalenti, che si dispongono su un piano con angoli di  $120^\circ$  l'uno dall'altro. La geometria è quindi **planare-triangolare**. L'orbitale 2p che non partecipa all'ibridazione è disposto perpendicolarmente al piano sul quale giacciono gli orbitali ibridi

I tre orbitali ibridi complanari formano legami  $\sigma$ , mentre l'orbitale 2p non ibridato forma un legame  $\pi$  sovrapponendosi lateralmente con un orbitale p puro di un altro atomo

Tra gli idrocarburi, il doppio legame carbonio-carbonio caratterizza la classe degli *alcheni*, di cui l'**etene** ( $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ ) è il primo termine della serie. Altri esempi di molecole con ibridazione  $sp^2$  sono il *trifluoruro di boro*, il *tricloruro di alluminio*, lo *ione nitrito*, lo *ione nitrato* e lo *ione carbonato*.

# Ibridazione $sp$

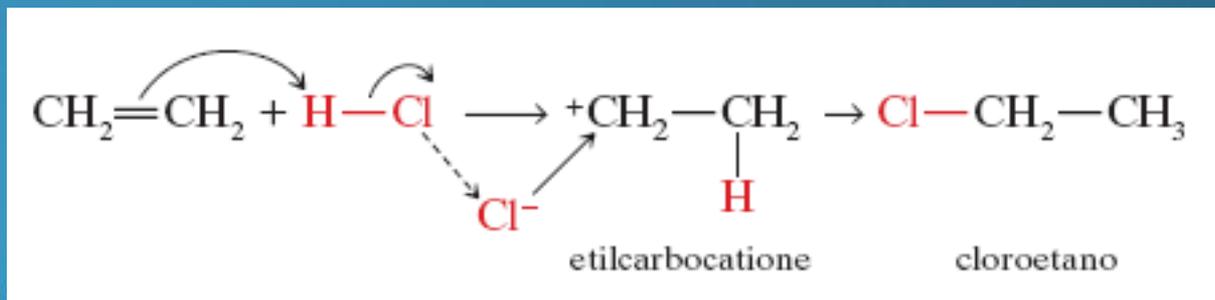


Due atomi di carbonio con ibridazione  $sp$  possono legarsi formando un triplo legame. Il legame  $\sigma$  si forma dalla sovrapposizione di due orbitali  $sp$  diretti lungo l'asse di legame, mentre i due legami  $\pi$  si formano dalla sovrapposizione laterale di coppie di orbitali  $p$  puri paralleli, come è mostrato nella figura a fianco. Il triplo legame carbonio-carbonio è il gruppo funzionale caratteristico degli idrocarburi chiamati **alchini**.

La geometria degli ibridi  $sp$  è invariabilmente lineare, con angoli di legame di  $180^\circ$ . L'ibridazione  $sp$  si incontra in molte altre molecole che contengono un triplo legame ( $N_2$ , HCN), due doppi legami cumulati ( $CO_2$  e alleni) o due soli legami semplici, come il dicloruro di berillio ( $BeCl_2$ ), che tuttavia come molecola isolata esiste solo allo stato di vapore.

# Reazioni degli alcheni

- Gli alcheni danno **reazioni di addizione elettrofila**: diverse porzioni di uno stesso reagente si legano agli atomi di carbonio del doppio legame.
- Nel primo passaggio avviene la rottura eterolitica del legame  $\pi$  da parte di una specie elettrofila.  
Esempio:



# Reazioni degli alcheni

Gli acidi alogenidrici, HCl, HBr, HI, si sommano regolarmente agli alcheni per formare gli alogeno-alcani. La reazione è una **addizione elettrofila** che segue la **regola di Markovnikov**.

- **Addizione di acidi alogenidrici**

- **Addizione di acqua**

Gli alcheni reagiscono con acqua in ambiente acido per dare gli alcoli. La reazione è una **addizione elettrofila** ed **obbedisce alla regola di Markovnikov**.

- **Alogenazione**

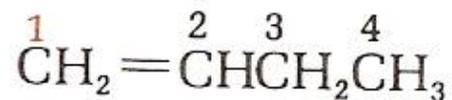
Gli alogeni reagiscono facilmente con gli alcheni per formare i dialogenoalcani. La reazione è una **addizione elettrofila** ed è **anti-coplanare**, cioè i due atomi di alogeno si legano da parti opposte rispetto al piano dell'alchene.

# Reazioni degli alcheni

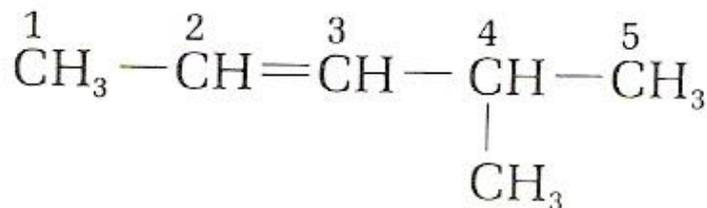
- **Idrogenazione catalitica**

Questa reazione può avvenire solo in presenza di un **catalizzatore metallico** come Pt, Pd, Ni. Il metallo adsorbe sulla sua superficie sia l'idrogeno sia l'alchene. Il prodotto della reazione è un alcano

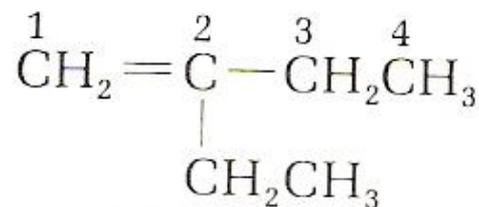
# Esempi



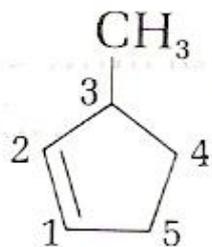
1-butene



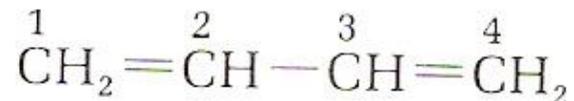
4-metil-2-pentene



2-etil-1-butene



3-metilciclopentene



1,3-butadiene

# Reazioni degli alchini

- **RIDUZIONE AD ALCANI (idrogenazione catalitica)**

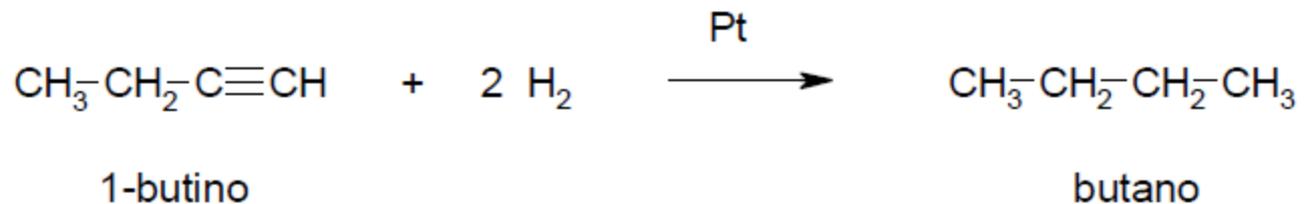
Gli alchini in presenza di idrogeno e di un catalizzatore come Pt , Pd o Ni vengono ridotti ad alcheni e questi vengono subito dopo ridotti ad alcani. I normali catalizzatori, infatti, producono la reazione di idrogenazione sia sugli alchini sia sugli alcheni, quindi **la riduzione degli alchini porta direttamente agli alcani** senza che gli alcheni intermedi possano essere isolati.

- **ADDIZIONE DI ACIDI ALOGENIDRICI E DI ALOGENI**

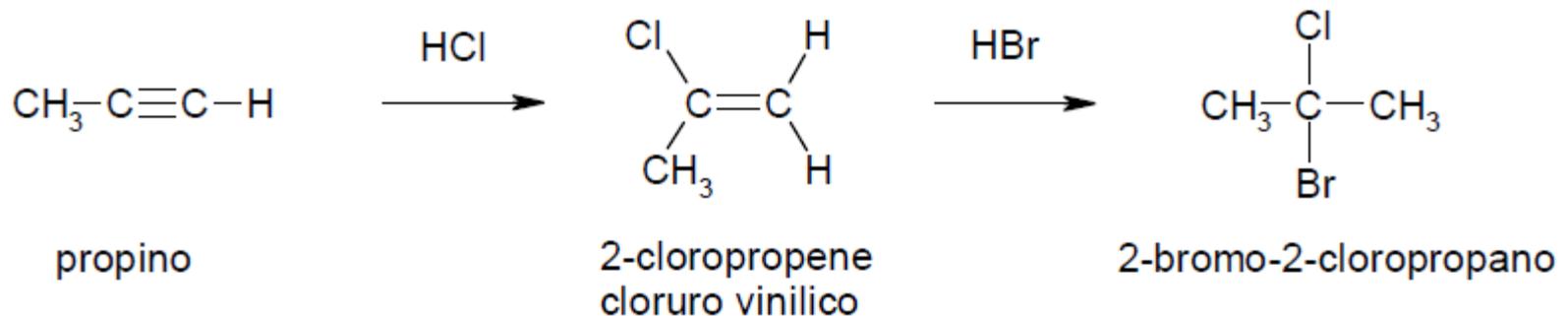
Le addizioni elettrofile di acidi alogenidrici sugli alchini procedono in due stadi. La prima addizione forma un alchene sostituito, un alogenuro di vinile, la seconda trasforma quest'ultimo in un dialogenoalcano. La reazione rispetta la regola di Markovnikov.

# Reazioni degli alchini

- Riduzione ad alcani



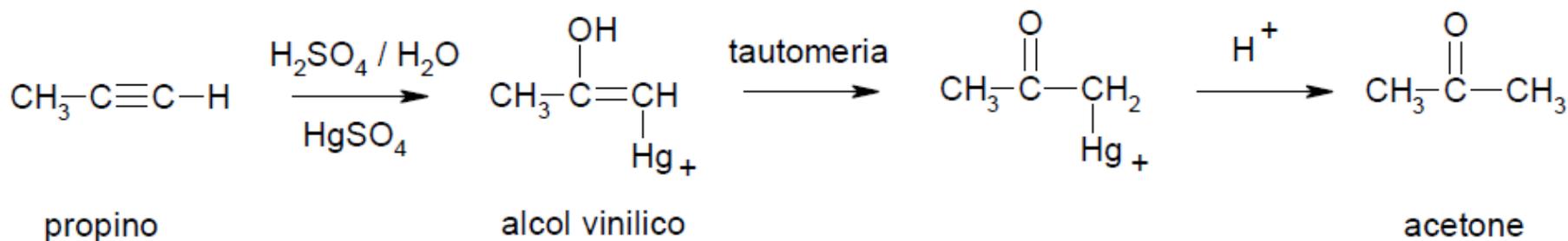
- Addizione di acidi alogenidrici



# Reazioni degli alchini

- **ADDIZIONE DI H<sub>2</sub>O CATALIZZATA DA H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e HgSO<sub>4</sub>**

Come le altre addizioni elettrofile, anche l'addizione di H<sub>2</sub>O avviene più lentamente con gli alchini che con gli alcheni. In questo caso è necessaria la presenza oltre che di H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anche di un **catalizzatore specifico, HgSO<sub>4</sub>**. L'addizione **obbedisce alla regola di Markovnikov**, cioè l'ossigeno si lega sul carbonio più sostituito, ma l'alcol vinilico che si ottiene si trasforma subito per tautomeria nel corrispondente chetone.

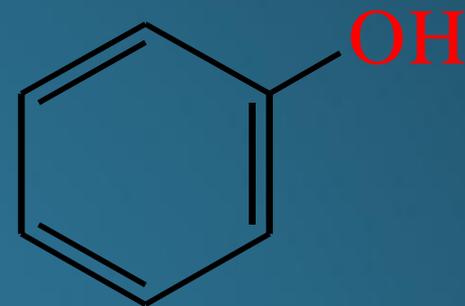


# Alcoli, Fenoli, Eteri

PRESENTATIONEX.COM



Etanolo



Fenolo



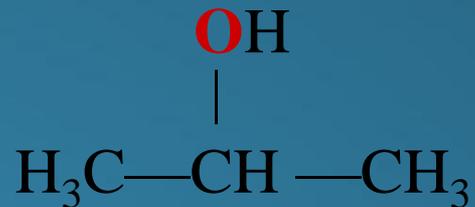
Dimetil etere

PRESENTATIONEX.COM

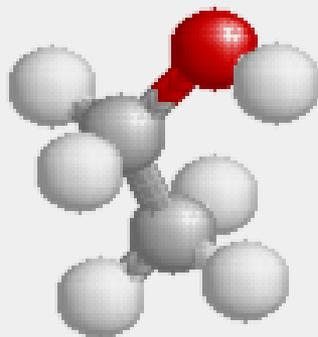
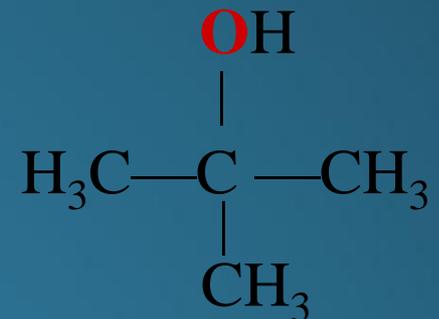
primario



secondario

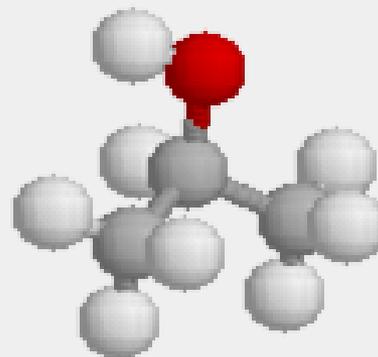


terziario



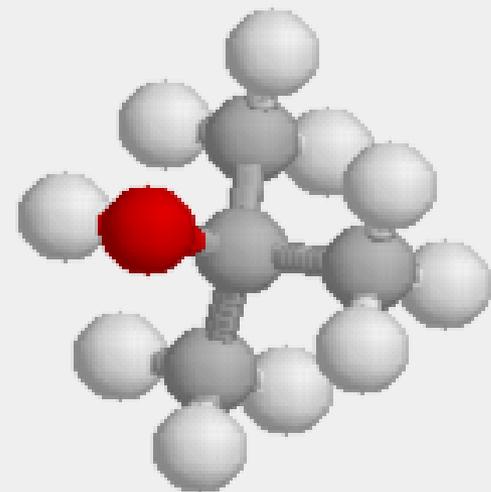
etanolo

1°



2-propanolo

2°

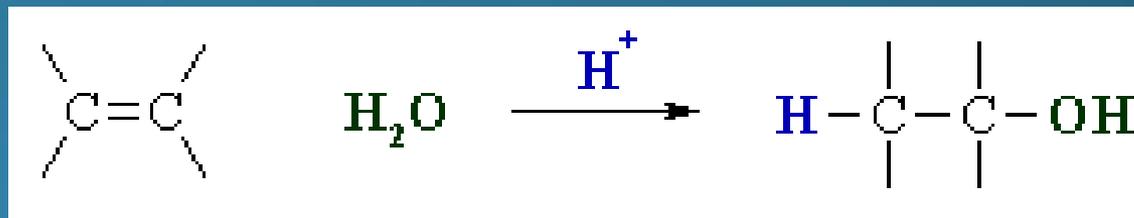


ter-butanolo  
2-metil-2-propanolo

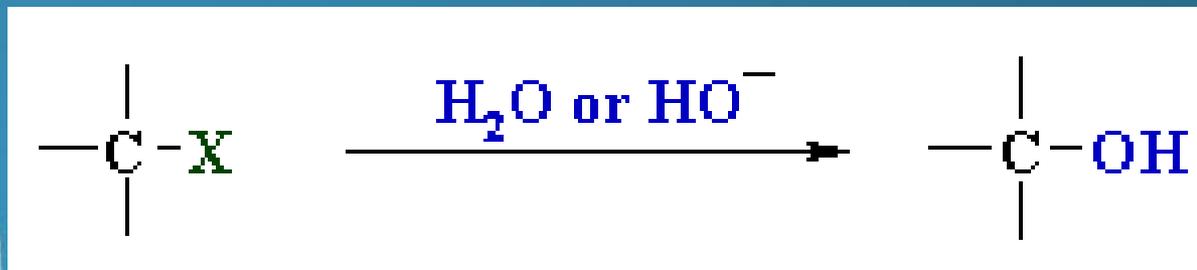
3°

# Sintesi degli alcoli

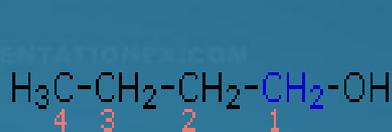
Idratazione di alcheni in ambiente acido



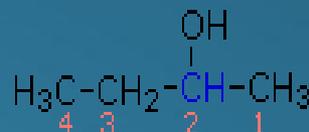
Sostituzione nucleofila



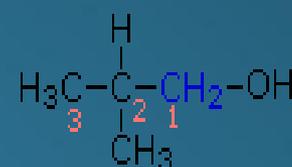
# Nomenclatura degli Alcoli



1-butanol  
(butyl alcohol)  
a 1°-alcohol



2-butanol  
(*sec*-butyl alcohol)  
a 2°-alcohol



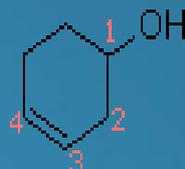
2-methyl-1-propanol  
(*isobutyl* alcohol)  
a 1°-alcohol



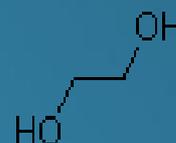
2-methyl-2-propanol  
(*tert*-butyl alcohol)  
a 3°-alcohol



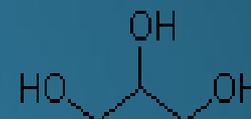
2-propen-1-ol  
(allyl alcohol)



3-cyclohexen-1-ol



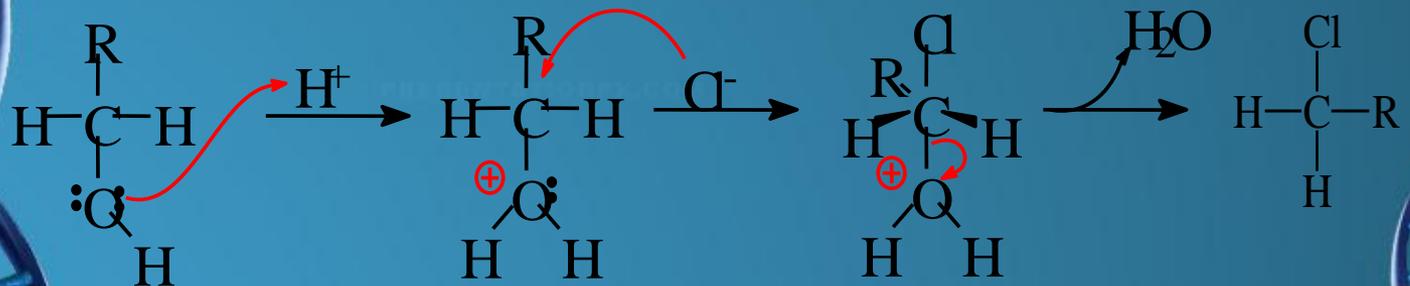
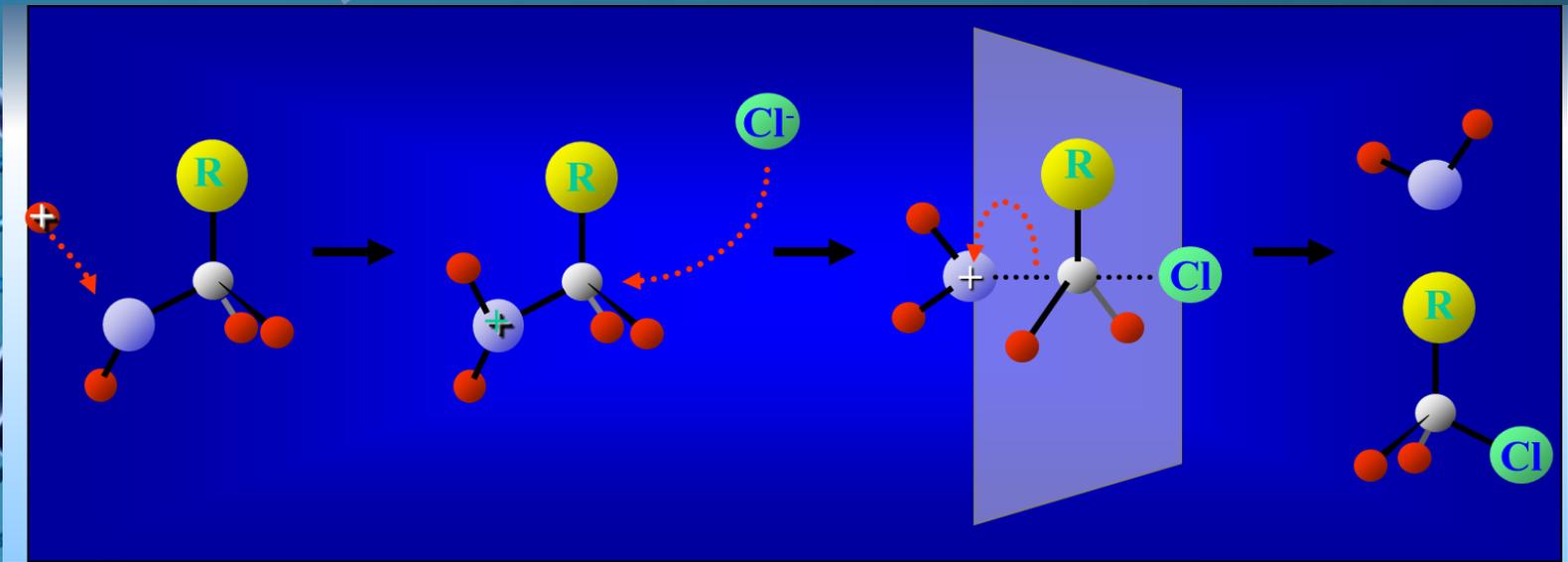
1,2-ethanediol  
(ethylene glycol)



1,2,3-propanetriol  
(glycerol)

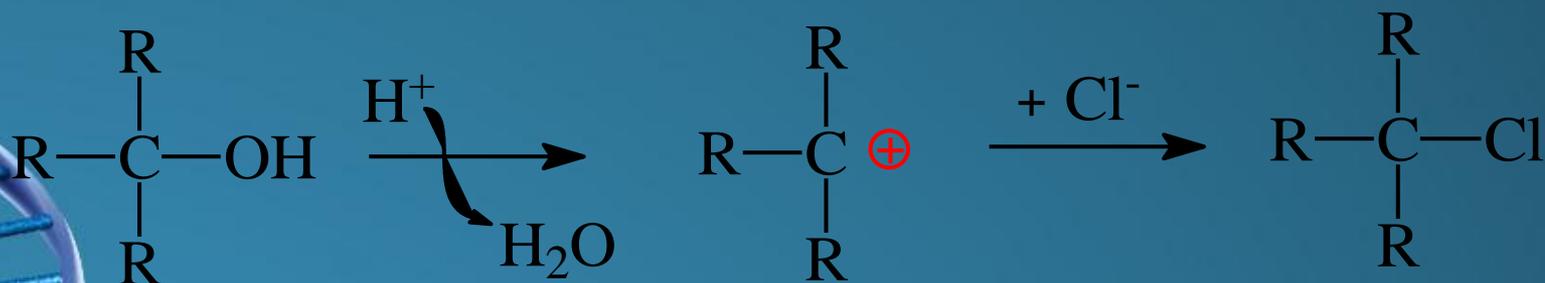
# Reazioni degli alcool

Reazione di un alcol primario con acido alogenidrico



# Reazione di un alcol terziario con acido alogenidrico

PRESENTATIONEX.COM



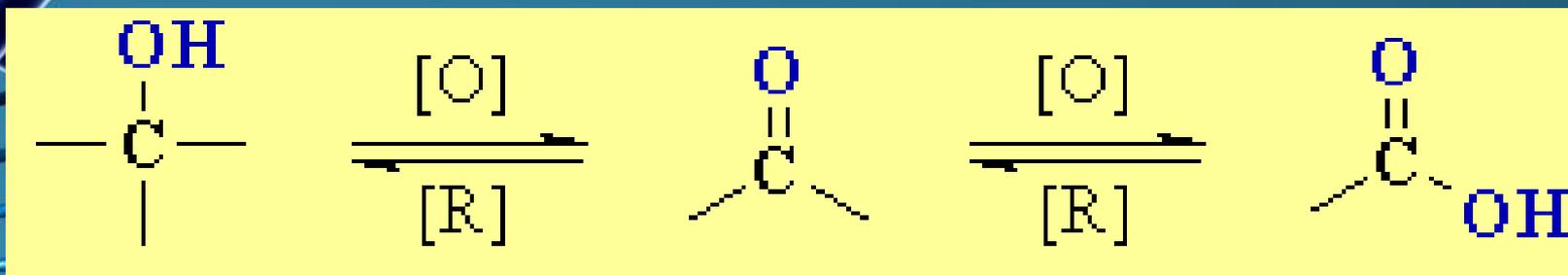
L'alcol terziario viene protonato dall'acido. L'alcol terziario protonato perde una molecola di acqua formando un carbocatione terziario che può essere attaccato dallo ione cloruro da un lato del piano di ibridazione oppure dall'altro lato

# Reazioni di ossido-riduzione

alcol

carbonile  
(aldeide o chetone)

carbossile



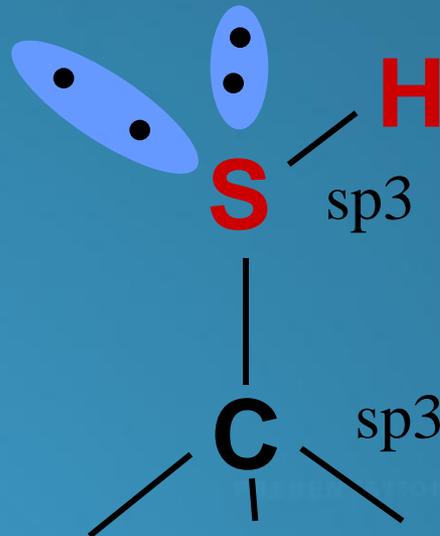
Numero di ossidazione del C crescente

N.B. alcol 1° → aldeide → carbossile  
alcol 2° → chetone ✗  
alcol 3° ✗

# Tioli

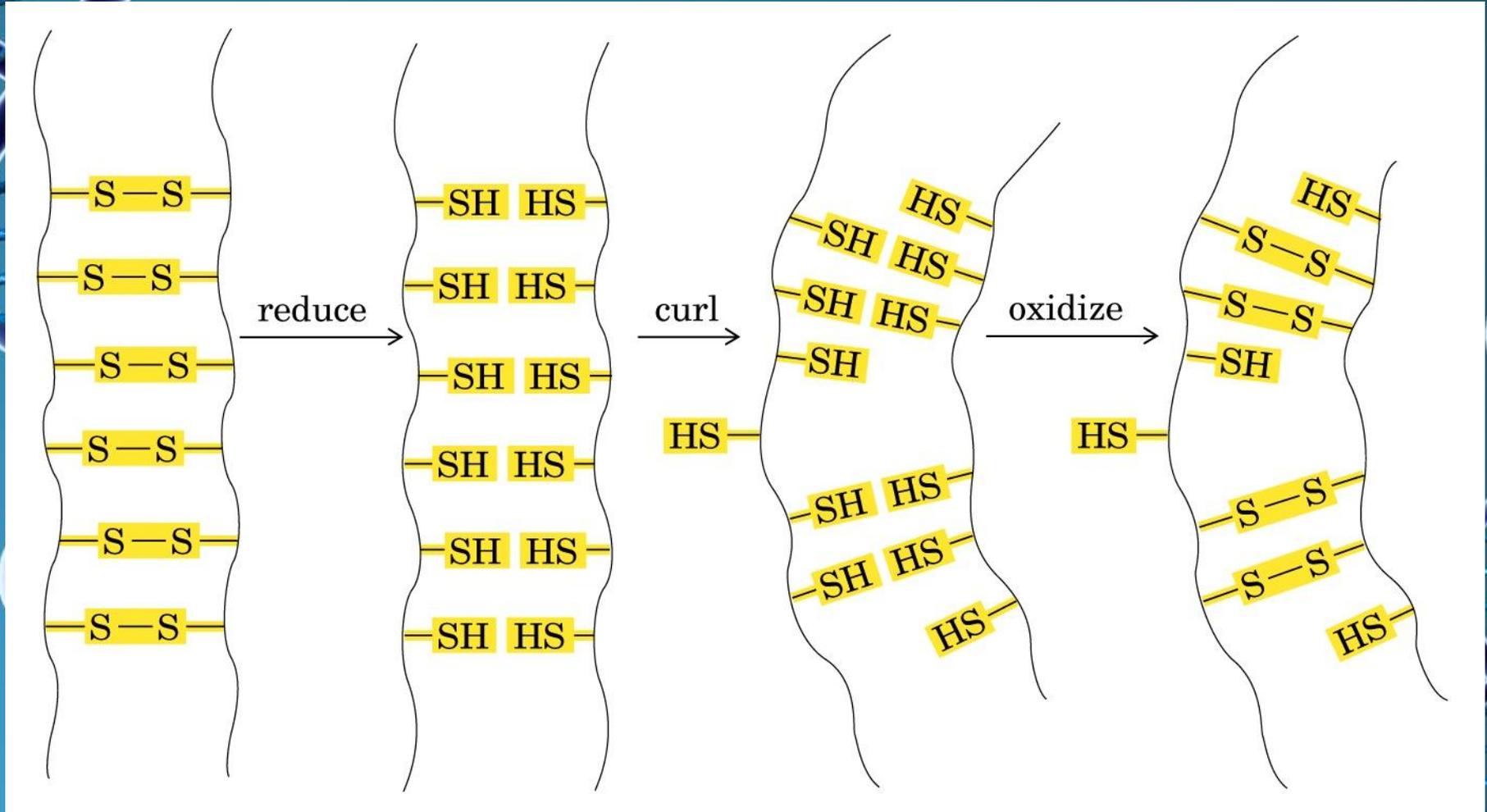
PRESENTATIONEX.COM

gruppo sulfidrilico



PRESENTATIONEX.COM

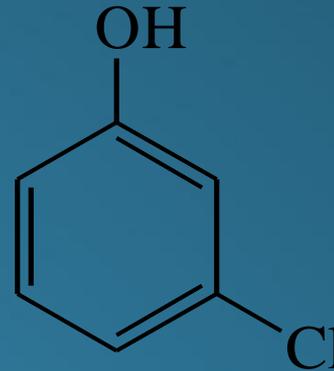
# La permanente è un'operazione di ingegneria biochimica



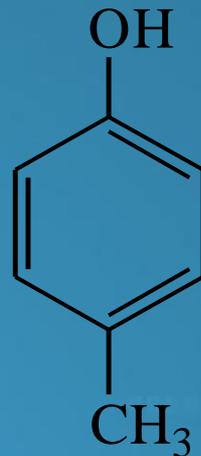
# Nomenclatura dei Fenoli



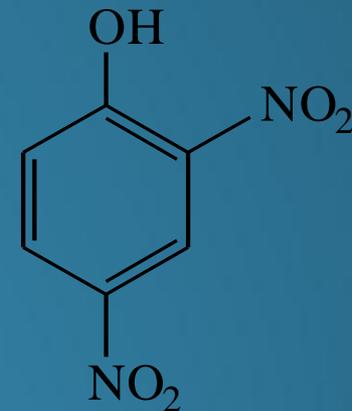
Fenolo



m-Cloro Fenolo



p-Metil Fenolo



2,4-Dinitro Fenolo

# Le Reazioni dei Fenoli: La Sostituzione Elettrofila Aromatica

