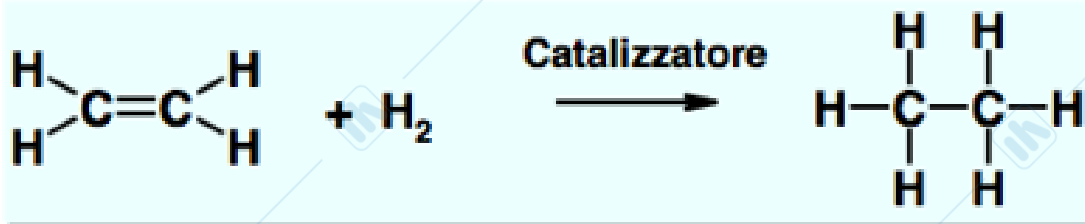


La

12B:

## Riduzione degli alcheni: idrogenazione catalitica:

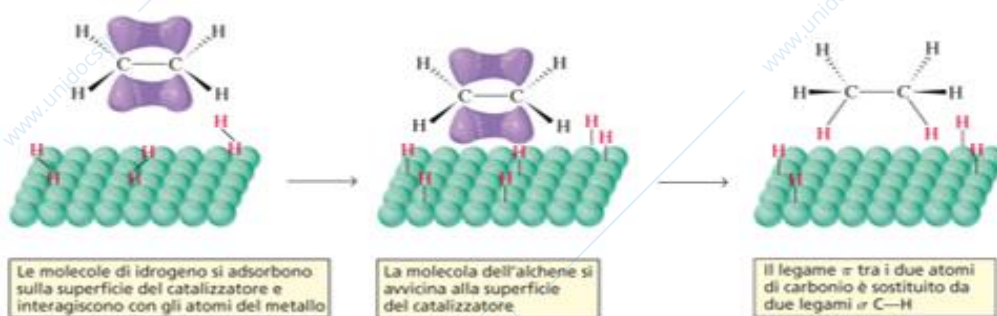


La riduzione degli alcheni avviene tramite un processo detto idrogenazione catalitica, in quanto richiede la presenza di un catalizzatore metallico (es: il palladio, platino o nickel) e l'idrogeno molecolare  $\text{H}_2$ , il quale si addiziona al doppio legame di un alchene per formare un alcano.

Senza il catalizzatore, la barriera energetica che si oppone alla reazione sarebbe enorme, in quanto il legame  $\text{H}-\text{H}$  è molto forte.

Il catalizzatore abbassa l'energia di attivazione provocando la rottura del legame  $\text{H}-\text{H}$ .

L'addizione di idrogeno viene detta **idrogenazione**.



In questa slide, la superficie indicata con dei pallini verdi è la superficie sulla quale viene assorbito il catalizzatore. Il catalizzatore (metallo) è utilizzato in una polvere fine che viene assorbita su questa superficie che normalmente costituita da carbone.

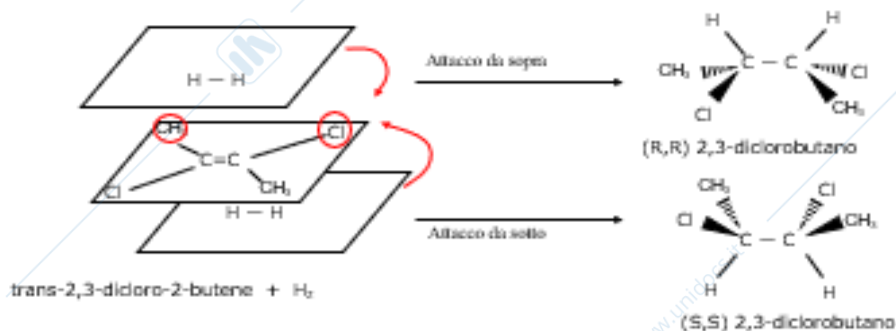
La

La reazione richiede il catalizzatore, in quanto questo permette di rompere il legame H-H; infatti, le molecole di idrogeno vengono assorbite dal catalizzatore, interagiscono con gli atomi di metallo e si ha la rottura del legame H-H, per cui ci sono atomi di idrogeno assorbiti sulla superficie del catalizzatore.

Su questa superficie si avvicina la molecola dell'alchene, la quale rompe il legame  $\pi$  greco e forma due legami C-H (legami  $\sigma$ ), a quel punto si è formato un alcano che si allontana.

La stereochimica è una stereochimica *sin*, perché tutta la reazione avviene sulla superficie del catalizzatore.

### La stereochimica *sin* nelle riduzioni degli alcheni:



Qui si vede un alchene che è un trans-2.3-dicloro-2-butene, che subisce una reazione di idrogenazione catalitica.

I due piani sopra e sotto la superficie dell'alchene, sono le superfici di carbone su cui è assorbito l'idrogeno molecolare. L'alchene può essere idrogenato da sopra o da sotto rispetto al piano della molecola. Se la reazione avviene con addizione di idrogeno avviene dall'alto, si ottiene un alcano che presenta due centri chirali (la configurazione di questi due centri chirali indicata è R,R-2.3-diclorobutano); si vedono anche i legami che vengono verso di noi con il cuneo

La

pieno e quelli rivolti fuori la superficie del foglio con il cuneo tratteggiato.

Gli atomi cerchiati in rosso nell'alchene a sinistra sono stati disegnati sul cuneo tratteggiato, mentre il cloro e il metile che già erano diretti verso di noi, sono stati disegnati sul cuneo pieno.

Si è formata una coppia di enantiomeri, questo perché l'idrogenazione è avvenuta sull'attacco dei due atomi di idrogeno e sui due atomi di carbonio ibridati  $sp^2$  tutti sullo stesso piano. Quindi, sia la rottura dei legami che la seguente formazione, avvengono entrambe sulla superficie del metallo, quindi tutti dalla stessa parte. Una volta formatosi l'alcano, questo si allontana subito.

### Idrogenazione catalitica:

La reazione di idrogenazione catalitica è molto importante nell'industria alimentare, in cui viene utilizzata per trasformare gli oli insaturi (come olio di girasole) che contengono molti doppi legami, vengono idrogenati cataliticamente su larga scala per ricavarne i grassi saturi usati nella margarina e nei prodotti da cucina.

I grassi e gli oli contengono dei doppi legami C-C, gli oli però sono liquidi a temperatura ambiente perché contengono un numero di legami doppi maggiori rispetto ai grassi.

Gli oli sono quindi dei composti poliinsaturi, in particolare gli oli vegetali sono classificati come triesteri del glicerolo con tre lunghe catene di acidi carbossilici detti acidi grassi.

Gli acidi grassi sono generalmente poliinsaturi ed i loro doppi legami hanno tutti stereochimica *cis*.

L'idrogenazione completa fornisce gli acidi grassi corrispondenti, ma l'idrogenazione incompleta spesso

La

determina l'isomerizzazione parziale cis-trans di un restante doppio legame.

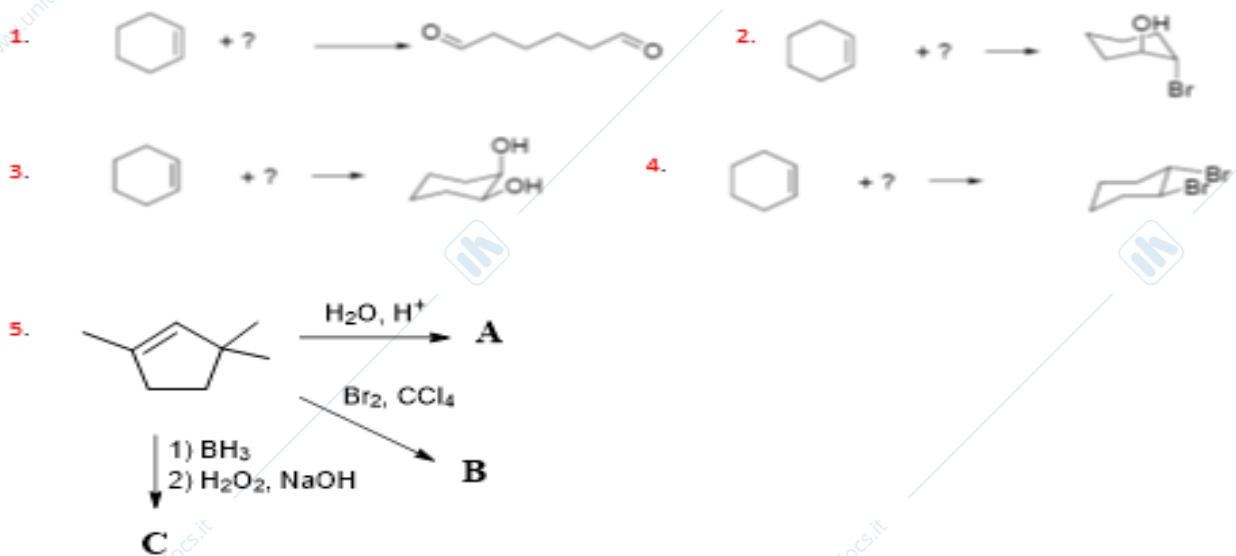
Il calore impiegato nella reazione di idrogenazione, rompe il legame greco per aggiungere una molecola di idrogeno; ma se, invece di avere la reazione di idrogenazione, si riforma il doppio legame C-C, si parla di idrogenazione incompleta.

Il doppio legame che si riforma, può formarsi anche in configurazione trans.

I gas trans sono dannosi per la nostra salute in quanto possono integrarsi nelle membrane biologiche alterandone le capacità di controllarne direttamente il trasporto delle molecole sia in ingresso, che in uscita dalle cellule.

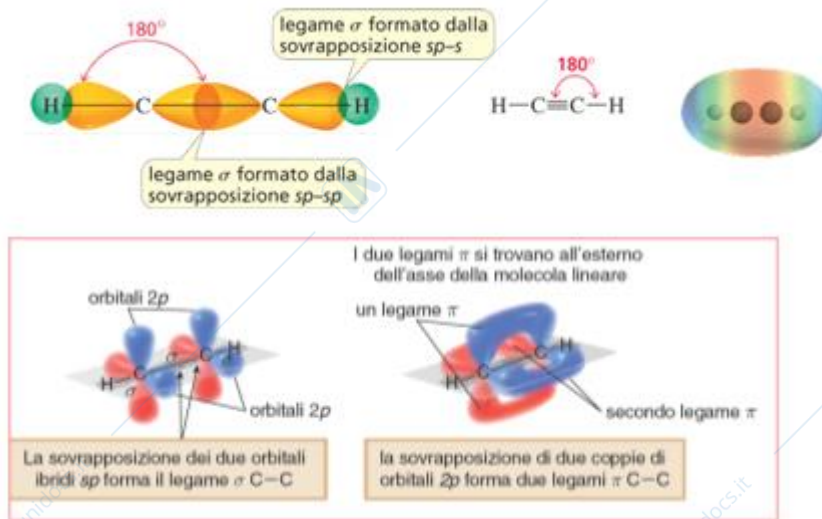
Gli acidi grassi liberi trans possono aumentare i livelli di colesterolo nel sangue.

**ESERCIZIO:** individuare il reagente, o i reagenti, necessari perché il cicloesene sia trasformato nel prodotto indicato a destra. L'esercizio 5 permette di identificare i prodotti delle reazioni dati i reagenti.



La

## Le reazioni degli alchini:



In questa slide si trova l'alchene più semplice che è l'etino.

La struttura dell'etino ciascun carbonio è ibridato  $sp$  e possiede due orbitali  $sp$  e un orbitale  $p$ .

Un orbitale  $sp$  si sovrappone all'orbitale  $s$  dell'idrogeno, l'altro si sovrappone all'orbitale  $sp$  dell'altro carbonio.

Essendo che gli orbitali  $sp$  sono orientati il + lontano possibile l'uno dall'altro in modo da minimizzare la repulsione elettronica, l'etino è una molecola con angoli di legame di  $180^\circ$ . Inoltre, i due legami  $\pi$  di un triplo legame sono formati da ciascuno sei due orbitali  $p$  di un atomo di carbonio  $sp$ , che si sovrappongono agli orbitali  $p$  paralleli dell'altro carbonio, in modo da formare i due doppi legami  $\pi$ .

Il risultato finale può essere immaginato come un cilindro di elettroni avvolto attorno al legame  $\sigma$ .

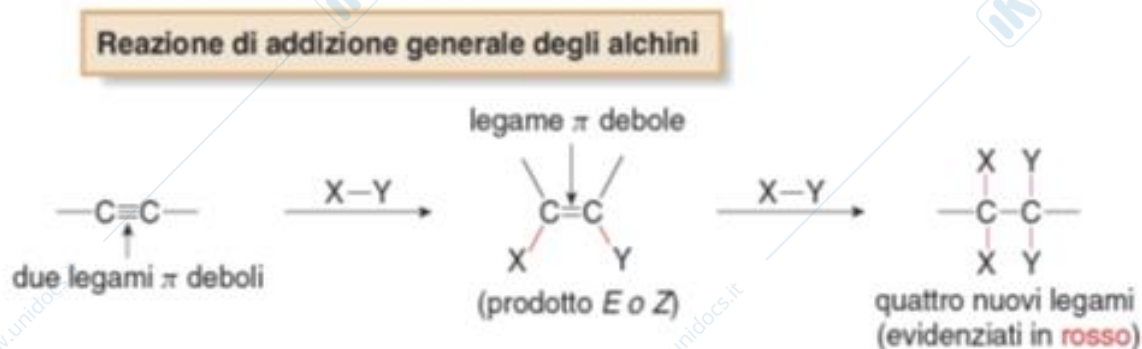
Abbiamo anche visto che un triplo legame C-C è più corto e più forte di un doppio legame C-C, il quale è a sua volta più corto e più forte di un legame semplice C-C. un legame  $\pi$  è più debole di un legame  $\sigma$ .

I gruppi alchilici stabilizzano gli alchini, così come stabilizzano gli alcheni e i carbocationi.

La

Per cui, gli alchini interni sono + stabili degli alchini esterni.

### Gli alchini: reattività.



A causa della nuvola di elettroni che circonda completamente, gli alchini sono molecole ricche di elettroni. Gli alchini, quindi, sono delle specie nucleofile e di conseguenza reagiscono con le specie elettrofile.

Gli alchini, così come gli alcheni, subiscono reazioni di addizione elettrofila, a causa dei legami  $\pi$  greco relativamente deboli.

Agli alchini si addizionano gli stessi reattivi elettrofili che si addizionano agli alcheni.

Qui si vede la reazione di addizione generale degli alchini: al triplo legame si addiziona la molecola generica X-Y sul primo legame  $\pi$  greco generando un alchene, il quale avendo ancora un legame  $\pi$  greco può addizionare una seconda molecola X-Y per generare nuovi legami evidenziati in rosso.

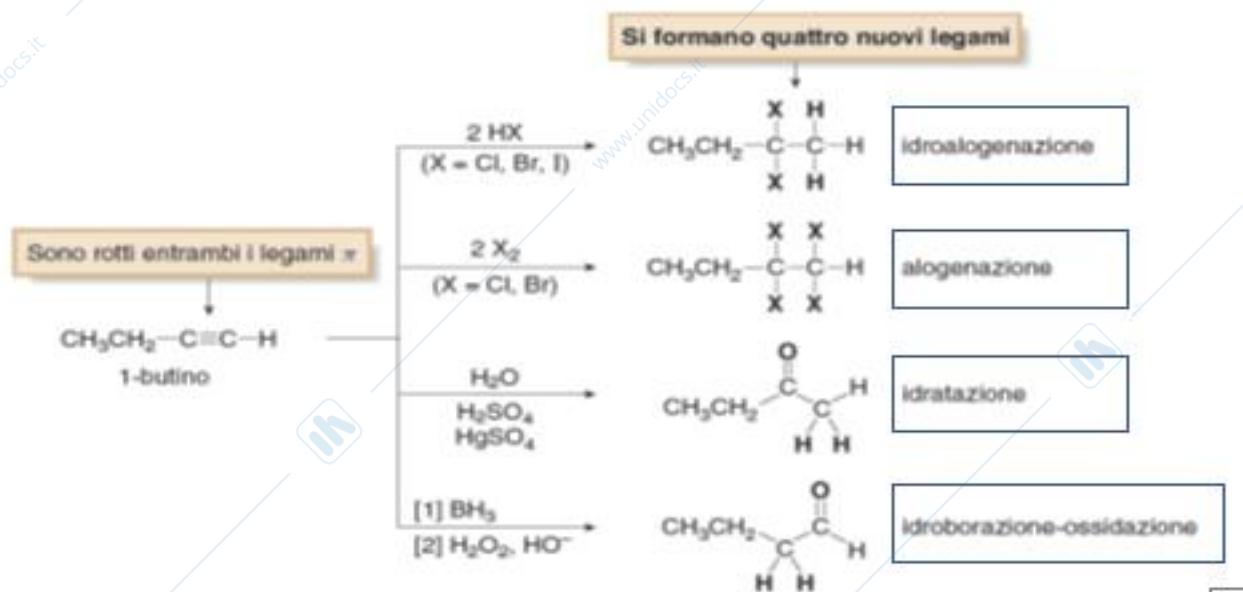
Gli alchini possono avere le stesse reazioni degli alcheni, con gli stessi reagenti:

- 1) Addizione di acidi alogenidrici in alto  $\rightarrow$  si addiziona H-X; e l'addizione completa ai due doppi legami  $\pi$

La

greco porta ad un alcano. Quindi è una idroalogenazione;

- 2) si possono aggiungere due moli di idrogeno (o bromo, cloro, iodio) ed abbiamo una reazione di alogenazione;
- 3) si può aggiungere acqua in presenza di un catalizzatore acido e si ha la reazione di idratazione;
- 4) si può aggiungere un  $BH_3$ , seguito dai vari step di ossidazione ed avere una idroborazione-ossidazione.



### Addizione di acidi alogenidrici:



Ad esempio la reazione di addizione di hcl ad un alchino. Il prodotto di questa reazione è un alchene con una sostituzione di un alogeno (cioè con la sostituzione con il cloro). Poiché l'alchene, a sua volta, può subire la reazione di addizione elettrofila, in presenza di un eccesso di acido

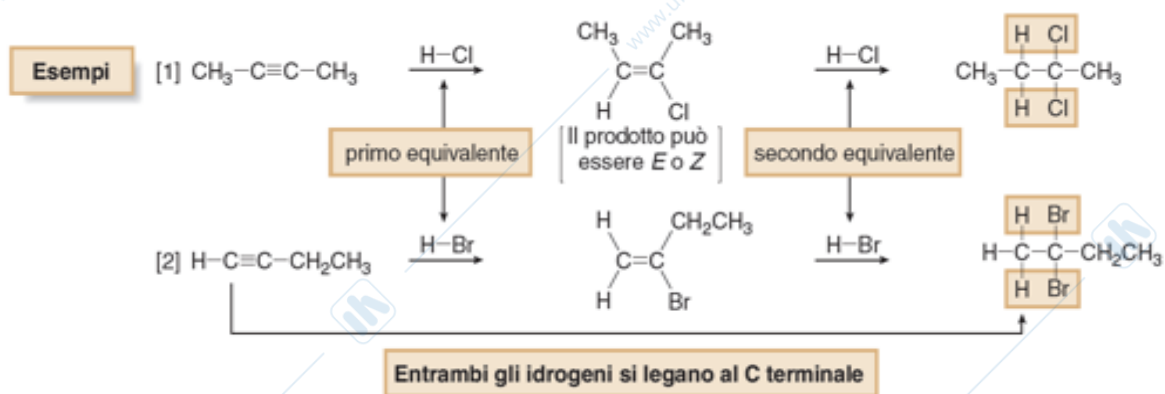
La

alogenidrico, si può avere una seconda reazione di addizione e quest'ultima è regioselettiva. Di conseguenza l' $\text{H}^+$  di  $\text{HCl}$  si addiziona al carbonio  $\text{sp}^2$  del carbonio meno sostituito, cioè quello legato all'idrogeno.

Nel complesso, si sono addizionate 2 moli di  $\text{HX}$  (IN QUESTO CASO  $\text{HCl}$ ).

La reazione è regioselettiva perché l'elettrofilo si lega al carbonio  $\text{sp}^2$  con  $+\text{H}$ .

Questo può essere evidenziato utilizzando i due esempi seguenti:



**1° ESEMPIO:** abbiamo la reazione di addizione di 2 equivalenti di  $\text{HCl}$  al 2 butino.

L' $\text{HCl}$  si addiziona al 2 butino formando un alchene; l'idrogeno si è addizionato nell'esempio sul primo carbonio dell'etino, ma potevamo anche indicarlo sull'altro atomo di carbonio, essendo la molecola simmetrica il protone non ha una preferenza nel legarsi su un carbonio piuttosto che sull'altro. Il prodotto che si ottiene, è un prodotto che può essere E/Z.

Il secondo equivalente di  $\text{HCl}$  si addizionerà secondo la regola Markovnikov, per cui l'idrogeno si lega al carbonio che è meno sostituito (che ha già un protone legato).

La

Nell'alcano (prodotto finale) i due atomi di idrogeno si sono addizionati allo stesso atomo di carbonio, i due atomi di cloro si sono addizionati sullo stesso atomo di carbonio.

**2° ESEMPIO:** abbiamo la reazione di HBr al 2-butino.

La regioselettività è ancora + evidente perché l'HBr che si addiziona all'1-butino, si addiziona in modo da formare l'alchene in cui il protone si è legato al carbonio 1 (cioè al carbonio meno sostituito) seguendo la regola di Markovnikov.

Questo alchene che si è generato non presenta isomeria E/Z perché il carbonio 1 ha i due leganti uguali che sono gli atomi di idrogeno; il protone si lega al carbonio + idrogenato (secondo la regola di Markovnikov) e quindi di nuovo al carbonio 1.

Di conseguenza, entrambi gli idrogeni si legano al carbonio terminale.

Volendo vedere interamente il meccanismo di addizione dell'acido HX all'alchino, dobbiamo considerare due step:

1) consiste nella formazione del carbocatione, dal carbocatione all'alchene, l'alchene subisce una seconda reazione di addizione di acido alogenidrico per formare un nuovo carbocatione e poi questo viene trasformato in alcano.

Addizione di HBr all'1-butino:

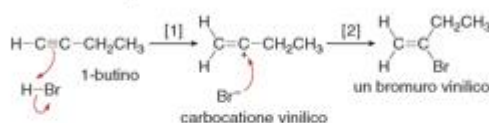
L'1-butino ha gli elettroni nel sistema  $\pi$  greco che reagiscono da nucleofilo, nei confronti dell'elettrofilo  $H^+$  e quindi si forma un legame C-H (l'idrogeno si lega al carbonio meno sostituito).

La

Quello che si forma è un carbocatione vinilico, cioè un carbocatione che ha una carica positiva su un carbonio impegnato nel doppio legame.

Il carbonio del carbocatione vinilico è ancora ibridato  $sp$ , perché le zone di densità elettronica attorno al carbonio carico positivamente sono solo due; mentre invece l'atomo di carbonio 2 ha già cambiato la sua ibridazione passando da  $sp$  a  $sp^2$ .

Addizione di HBr per formare un alogenuro vinilico.



- Il legame  $\pi$  attacca l'atomo di H di HBr per formare un nuovo legame C—H generando un carbocatione vinilico. L'addizione segue la regola di Markovnikov:  $H^+$  si addiziona all'atomo di carbonio meno sostituito per formare il carbocatione più sostituito e quindi più stabile. L'attacco nucleofilo di  $Br^-$  forma quindi un bromuro vinilico; a questo punto è stata addizionata una mole di HBr.

Lo ione bromuro attaccherà il carbonio positivo per formare un alchene bromurato, che abbiamo definito come bromuro vinilico (per spiegare che il bromuro si è legato ad un carbonio impegnato nel doppio legame).

Il gruppo con il doppio legame C=C i chimici organici lo identificano come gruppo vinilico.

Il carbocatione vinilico che si è formato, è il carbocatione + sostituito ed è anche il carbocatione + stabile.

Quindi l'addizione segue la regola di Markovnikov e, in questo modo, si forma il carbocatione + stabile.

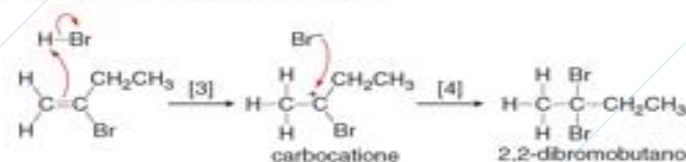
Una volta che è stato addizionato il bromuro e si è formato il bromuro vinilico (alchene), si può avere l'addizione di una seconda mole di HBr che si verifica sempre con lo stesso meccanismo a due stadi.

Cioè l'addizione di  $H^+$  al legame  $\pi$  greco dell'alchene per formare il carbocatione + sostituito (cioè + stabile) e successivamente l'attacco nucleofilo dello ione bromuro per formare il 2,2-dibromobutano.

La

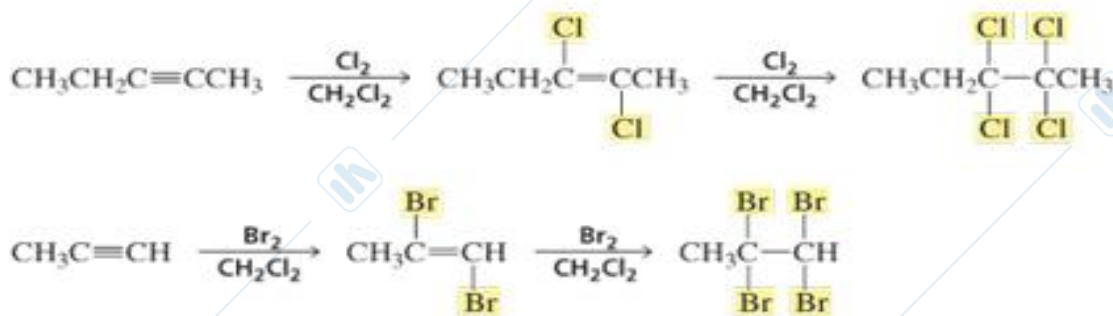
Un dihalogeno alcano, in cui i due atomi di alogeno sono legati sullo stesso atomo di carbonio, viene anche definito alogenuro geminale (cioè i due alogeni sono sullo stesso carbonio). A questo punto sono state aggiunte due mol di HBr.

Addizione di HBr per formare un dihalogeno geminale.



- L'addizione della seconda mole di HBr si verifica con lo stesso meccanismo a due stadi. L'addizione di H<sup>+</sup> al legame π del bromuro vinilico genera un carbocatione. L'attacco nucleofilo di Br<sup>-</sup> forma quindi un dibromuro geminale (2,2-dibromobutano), a questo punto sono state aggiunte due moli di HBr.

### Addizione di alogeni:



La reazione di un alogeno (bromo, cloro) in quantità equimolecolari, porta alla sintesi di un alchene trans 1.2-disostituito.

Il meccanismo di reazione è analogo a quello degli alcheni, cioè si passa attraverso un intermedio a ponte definito ione bromonio o ione cloronio, più genericamente ponte alonio. Questo intermedio a ponte impedisce al carbocatione di ruotare e costringe l'alogenuro che deve attaccare il catione intermedio, ad entrare dalla parte opposta (anti), generando l'isomero trans.

Meccanismo di reazione di un alogeno con un alchino:

La

La reazione di alogenazione segue gli stessi step che abbiamo visto per gli alcheni:

La prima parte consiste nell'addizione dell'alogeno che porta al dihalogenuro trans.

Quindi, nel primo step i due legami cl-cl (ALOGENO-ALOGENO) e il legame p greco e si formano i legami carbonio alogeno.

La reazione di formazione e di rottura dei legami è contemporanea: si forma uno ione alonio (quindi cloronio) ciclico. Questo anello presenta una forte tensione angolare, perché è un anello a tre termini altamente instabile e quindi viene facilmente aperto ad opera di un nucleofilo (lo ione cloruro), il quale si è generato in seguito alla rottura omolitica del legame cl-cl.

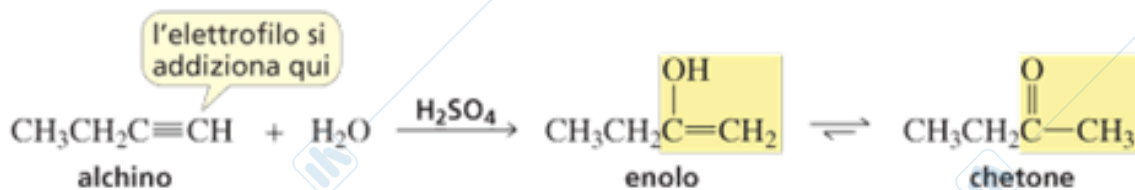
Lo ione cloruro attacca uno dei due atomi di carbonio dello ione alonio ciclico, e forma un alogenuro trans (cioè un alchene a cui sono stati addizionati due atomi di cloro da parti opposte rispetto al doppio legame).

L'alchene trans può subire un'ulteriore reazione di addizione elettrofila da parte del cloro seguendo il meccanismo già visto per gli alcheni, cioè:

si rompe il legame p greco, si rompe il legame cl-cl e si forma uno ione alonio (cloronio) ciclico.

Questo ione cloronio ciclico viene aperto facilmente da parte del nucleofilo (cioè lo ione cloruro) e come prodotto finale si avrà un alcano tetra-alogenato, cioè un alcano a cui si sono legati atomi di cloro.

La

**Reazione di idratazione:**

La reazione di idratazione degli alchini porta ad un prodotto che è diverso rispetto a quello dell'idratazione degli alcheni.

Mentre il prodotto di addizione di acqua-acido catalizzata ad un alchene è un alcol, nel caso di un alchino il prodotto iniziale è un enolo.

Un enolo è un composto che presenta un doppio legame C-C e un gruppo OH legato ad uno dei carboni sp<sup>2</sup>.

La desinenza -ene indica la presenza del doppio legame, la desinenza -olo quella del gruppo OH.



Quando i due suffissi sono uniti, la seconda e dell'ene viene omessa per evitare due vocali consecutive, sostituita poi con enolo.

L'intermedio enolico riarrangia immediatamente per formare un chetone. Un chetone e il suo corrispondente enolo sono chiamati tautomeri chetoenolici.

I tautomeri sono isomeri costituzionali che interconvertono rapidamente l'equilibrio. Un chetone ed un enolo si differenziano solo per la posizione di un doppio legame e di un atomo di idrogeno.

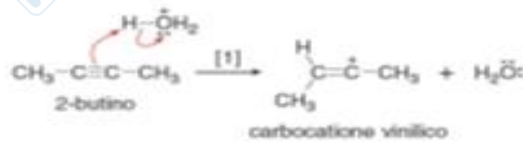
In soluzione, il tautomero chetonico predomina perché solitamente è più stabile rispetto al tautomero enolico.

La

L'interconversione dei due tautomeri è chiamata interconversione chetoenolica o tautomeria chetoenolica.

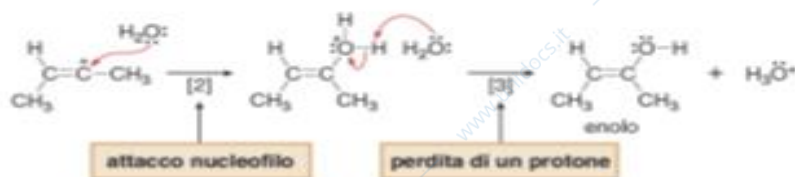
### Meccanismo di idratazione:

Addizione dell'elettrofilo ( $H^+$ ) al legame  $\pi$ .



• L'addizione di  $H^+$  (da  $H_3O^+$ ) forma un carbocatione vinilico ibridato  $sp$ .

[2] Attacco nucleofilo dell' $H_2O$  e perdita di un protone.



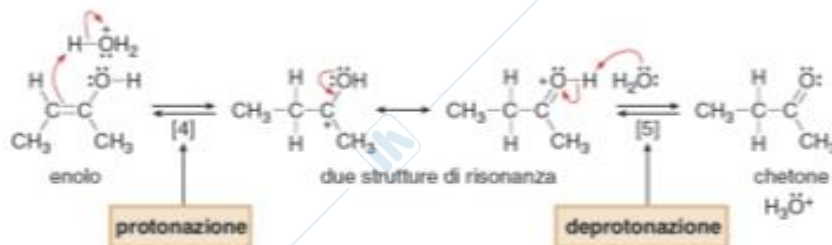
• L'attacco nucleofilo dell' $H_2O$  sul carbocatione, seguito dalla perdita di un protone, forma l'enolo.

innanzitutto abbiamo l'addizione dell'elettrofilo  $H^+$  al legame  $\pi$  greco.  $H^+$  deriva da  $H_3O^+$ , quindi si forma un carbocatione che abbiamo chiamato carbocatione vinilico ibridato  $sp$ .

Sul carbocatione vinilico, avviene l'attacco nucleofilo dell'acqua con formazione di un enolo protonato che perde rapidamente un protone attraverso una reazione acido-base con l'acqua e quindi si forma un enolo.

### Tautomerizzazione:

[4] Tautomerizzazione.



• La tautomerizzazione dell'enolo nella forma chetonica si verifica per protonazione del doppio legame con formazione di un carbocatione. La perdita di un protone da questo carbocatione stabilizzato per risonanza genera la forma chetonica più stabile.

L'enolo va incontro al processo di tautomerizzazione:

La

L'enolo è un alchene e quindi possiede il doppio legame C-C ed ha anche il legame con il gruppo OH.

Il fatto che sia presente il doppio legame C-C, fa sì che avvenga la reazione tra quel legame greco del doppio legame e l' $H_3O^+$  che è presente nella soluzione, cioè abbiamo la formazione di un legame a spese degli elettroni del sistema greco che rappresenta il nucleofilo, con l'elettrofilo  $H^+$ . quindi si forma un carbocatione.

Questo carbocatione ha una carica positiva su un carbonio che è legato al gruppo OH, quindi è un carbocatione che può essere stabilizzato per risonanza.

Io posso scrivere due strutture di risonanza:

- 1) a sinistra, porta la carica positiva sul carbonio;
- 2) a destra, deriva dalla condivisione del doppietto elettronico spaiato dell'ossigeno, con il carbonio che ha la carica positiva. Con conseguente spostamento della carica positiva sull'ossigeno.

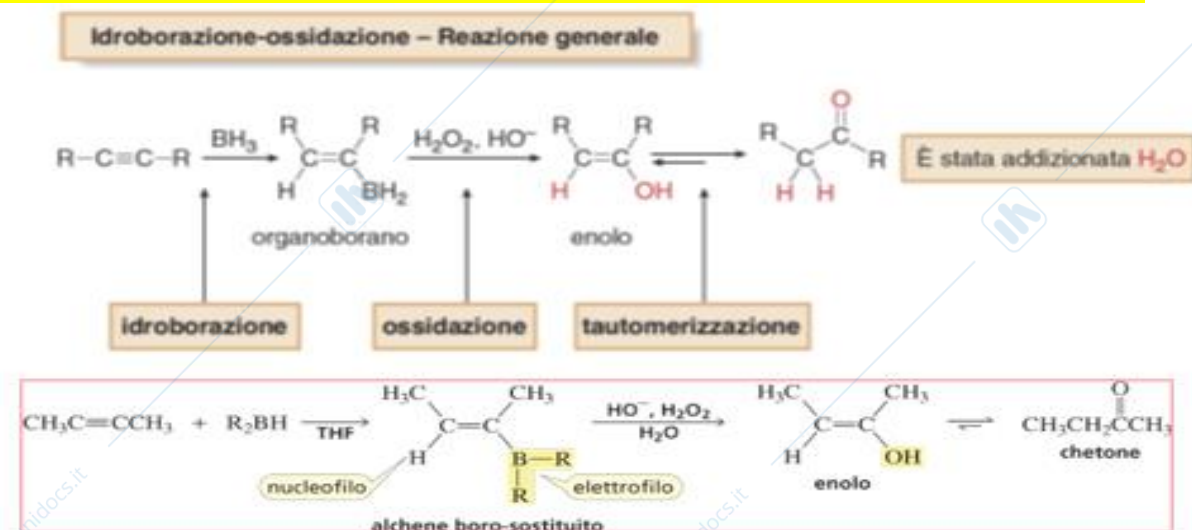
Nel momento in cui si ha la deprotonazione dell'enolo da parte dell'acqua, quello che si è formato è un chetone neutro stabile.

Quindi, la tautomerizzazione dell'enolo nella forma chetonica si verifica perché in questo modo si forma una specie + stabile della forma chetonica.



La

## Addizione anti-Markovnikov -idroboração/ossidazione:



È possibile fare la reazione di idroboração-ossidazione anche sugli alchini ed abbiamo un prodotto finale di idratazione degli alchini anti-Markovnikov.

La reazione generale si trova schematizzata in questa slide. Abbiamo l'alchino che subisce il primo step di idroboração e si ottiene un alchene borano, il quale subisce lo step di ossidazione e diventa un enolo, il quale va incontro alla tautamerizzazione e da come prodotto finale un chetone. Anche in questo caso, l'effetto complessivo di questa reazione è un'addizione di una molecola di acqua.

Quando opero un'addizione di idroboração-ossidazione su un alchino interno, ottengo un chetone.

Quando opero su un alchino terminale, ottengo un aldeide. La reazione di idratazione avviene con una regiochimica anti-Markovnikov perché il boro è l'elettrofilo, mentre lo ione  $H^-$  è il nucleofilo.

Quando la reazione di addizione del borano è terminata, si aggiunge la miscela idrossido di sodio acquoso ( $NaOH$ ) aq e acqua ossigenata ( $H_2O_2$ ). Il risultato finale, come negli

La

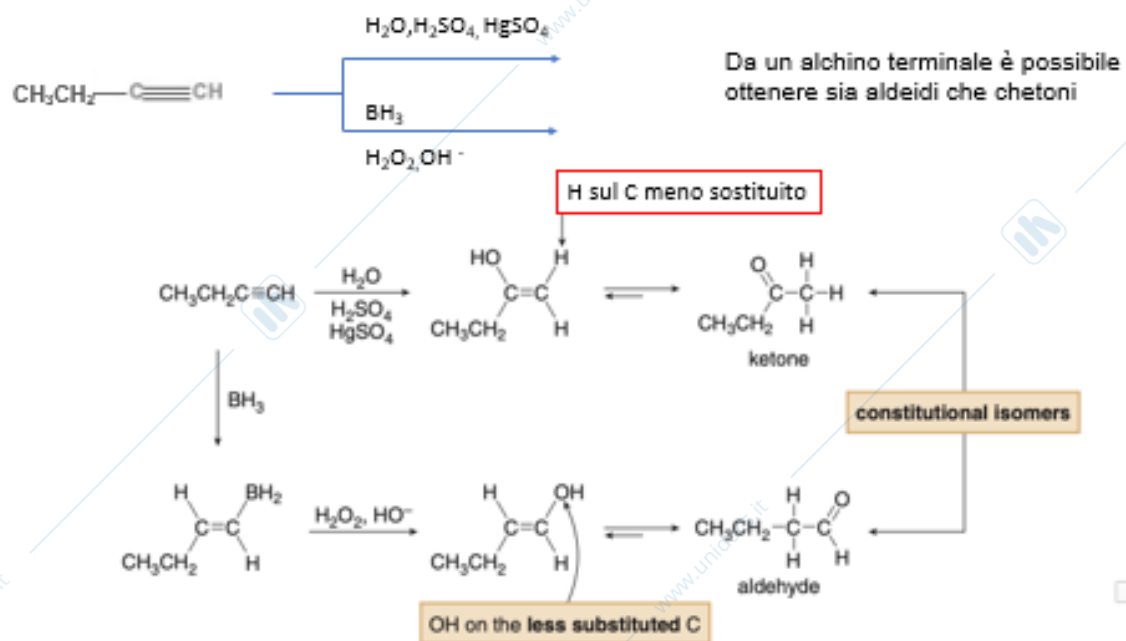
alcheni, è la sostituzione del Boro con il gruppo OH. Quindi un enolo che riarrangia rapidamente a chetone.

Se il Boro si era legato al carbonio + idrogenato (- sostituito) dell'alchino terminale, il carbonile si verrà a trovare in prima posizione e si otterrà un'aldeide.

### ESERCIZIO: Scrivi

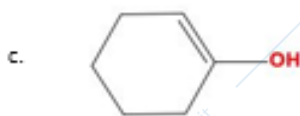
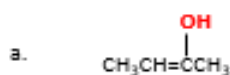
il prodotto che si forma in ciascuna reazione:

Scrivi il prodotto che si forma in ciascuna reazione



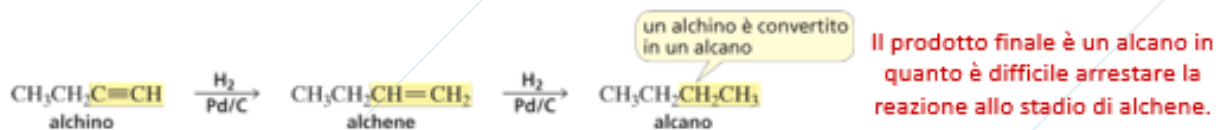
### ESERCIZIO 2:

Disegnare il tautomero chetonico di ciascuno dei seguenti enoli:

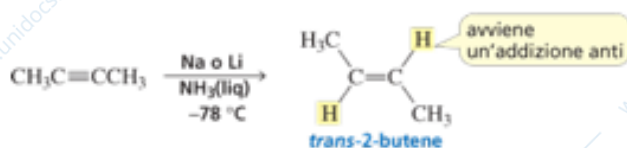


La

## Idrogenazione di alchini:



Pd metallico depositato su cristalli di BaSO<sub>4</sub> e parzialmente disattivato con chinolina.



La riduzione con sodio o litio in ammoniaca liquida consente di ottenere alcheni trans

L'idrogenazione catalitica con idrogeno molecolare, in presenza di un catalizzatore metallico, come il palladio assorbito da una superficie di carbonio, avviene nello stesso modo che abbiamo descritto per gli alcheni.

L'addizione di una mole di idrogeno sull'alchino porta ad un alchene; il prodotto finale, però, è un alcano, perché è difficile arrestare una reazione ad un alchene, in quanto l'alchene è più reattivo rispetto agli alchini.

Di conseguenza, appena si forma l'alchene, reagisce velocemente con l'idrogeno per formare l'alcano.

Come fare a stoppare la reazione allo stadio di alchene?

È possibile aggiungere un catalizzatore specifico (come il catalizzatore di Lindlar).

Ovviamente, essendo la reazione di addizione dell'idrogeno, una reazione di addizione di tipo sin, otterrò sempre degli alcheni cis, perché gli idrogeni vengono addizionati dalla stessa parte, di conseguenza le catene alchiliche si troveranno di nuovo dalla stessa parte rispetto al doppio legame.

La

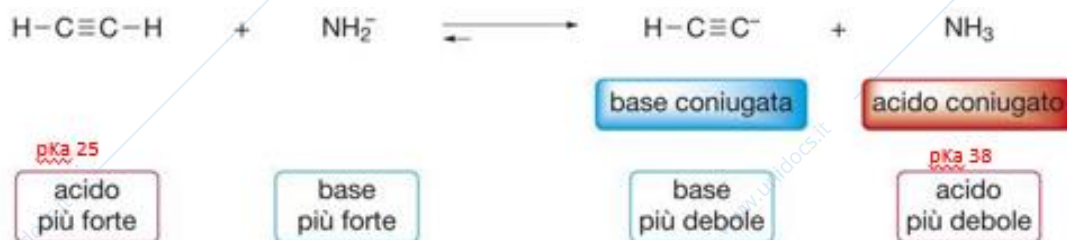
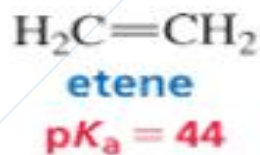
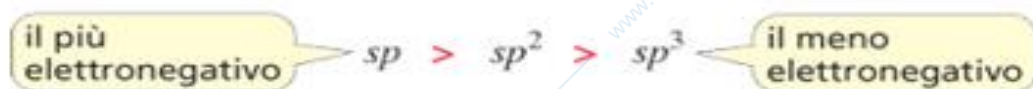
Esistono anche dei metodi per formare degli alcheni trans cioè si ha la riduzione con sodio metallico o litio in ammoniacca liquida.

### Acidità degli alchini:

L'acidità dipende anche dall'ibridazione del carbonio a cui è legato l'idrogeno.

Maggiore è il carattere s del carbonio e maggiore sarà la sua elettronegatività, maggiore l'acidità dell'idrogeno.

#### elettronegatività relative degli atomi di carbonio



Per rimuovere l'idrogeno legato al carbonio  $sp$  dell'alchino terminale bisogna usare una base il cui acido coniugato sia più debole dell'alchino.



Per rimuovere un protone da un acido, in una reazione che è spostata a favore dei prodotti (quindi a destra), dobbiamo usare una base + forte della base che si viene a formare in seguito alla rimozione del protone, perché l'equilibrio

La

favorisce sempre la formazione della base più debole (e quindi dell'acido + debole). La base coniugata è forte. Quindi, il carbonio sp è un alchino relativamente acido, nel senso che è + acido degli altri idrogeni legati ai carboni, ma molto meno acido di un idrogeno di una molecola acqua. Infatti ho è un composto debolmente acido, quindi l'alchino è un composto molto meno acido rispetto all'acqua.

**Tabella 11.1** Un confronto di basi per la deprotonazione degli alchini

	Base	pK <sub>a</sub> dell'acido coniugato
Queste basi sono abbastanza <u>forti</u> da deprotonare un alchino	$\text{NH}_2^-$	38
	$\text{H}^-$	35
Queste basi <u>non</u> sono abbastanza forti da deprotonare un alchino	$\text{OH}^-$	15.7
	$\text{OR}^-$	15.5-18

### Reazione degli anioni di acetiluro:



Il fatto che l'alchino terminale abbia quell'idrogeno acido è interessante dal punto di vista sintetico, perché vuol dire che se io utilizzo una base adeguata come può essere  $\text{NaNH}$  (ammonurio di sodio),  $\text{NaH}$  (idruro di sodio), io posso formare un anione acetiluro che è un carbanione (cioè un nucleofilo), il quale può reagire con un elettrofilo e formare un nuovo legame. Gli ioni acetiluro sono nucleofili forti,

.

La

quindi possono reagire con molti elettrofili e questo fa sì che gli alchini terminali siano degli intermedi sintetici interessanti.

