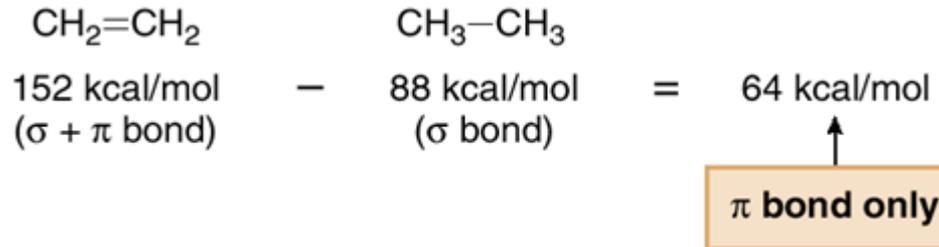
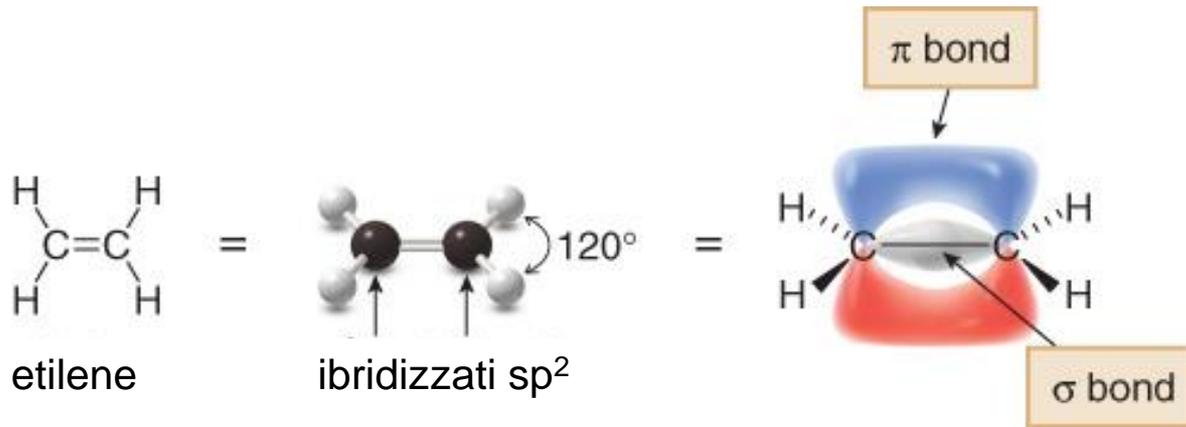


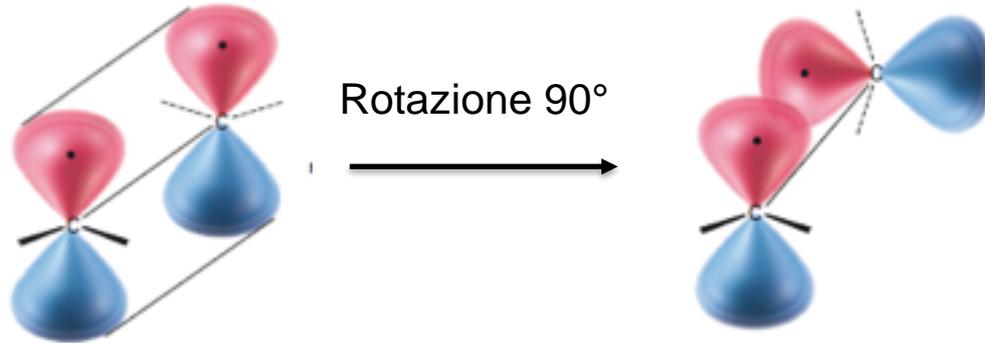
Alcheni (olefine)



Il legame π è più debole rispetto al legame σ di un doppio legame C-C ed è quindi più facile da rompere. Per questo motivo, gli alcheni sono più reattivi degli alcani e le reazioni coinvolgono il legame π .

Isomeria *cis-trans* negli alcheni

La rotazione attorno al doppio legame è impedita perché nella rotazione gli orbitali p passano da paralleli a ortogonali e quindi il legame π si rompe.

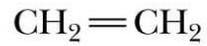


la tensione dovuta all'interazione di non legame (sterica) conferisce meno stabilità al *cis*-2-butene rispetto al *trans*-2-butene

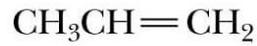
Cis e *trans* sono stereoisomeri (stessa formula bruta, stessa connessione tra gli atomi ma diversa disposizione degli atomi nello spazio).

Il *trans* è più stabile del *cis* per l'interazione sterica tra i sostituenti che è più grande nel *cis*.

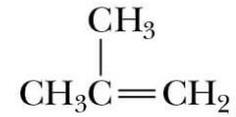
Esempi di alcheni semplici



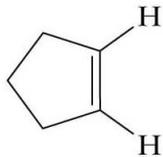
Etene
Etilene



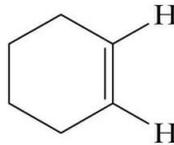
Propene
Propilene



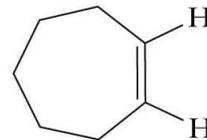
2-Metilpropene
Isobutilene



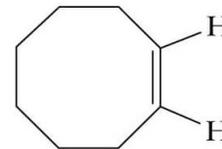
Ciclopentene



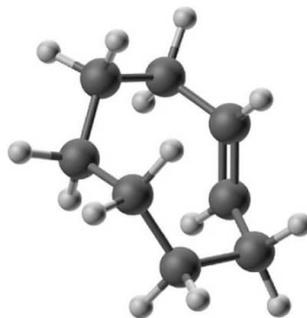
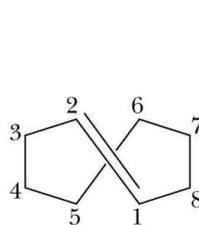
Cicloesene



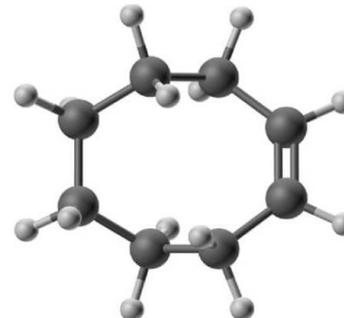
Cicloeptene



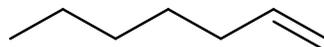
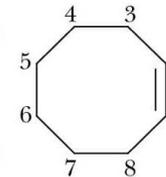
Cicloottene



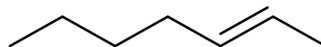
trans-Cicloottene



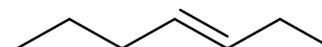
cis-Cicloottene



1-esene



2-esene



3-esene

Grado di insaturazione

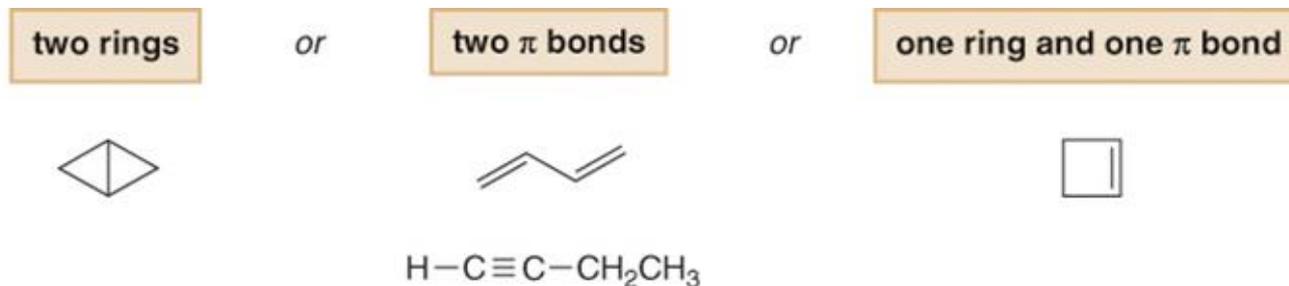
- Negli idrocarburi il grado di insaturazione è la metà della differenza tra il numero di idrogeni presenti rispetto al numero massimo possibile.
- Gli alcheni sono **idrocarburi insaturi**
- Un alchene aciclico ha formula molecolare generale C_nH_{2n} .
- I cicloalcani hanno la stessa formula C_nH_{2n} .
- Ogni legame π e ogni anello rimuove due idrogeni da una molecola introducendo un grado di insaturazione.

Es: C_4H_6

Il numero massimo di idrogeni è 10 ($2n+2$)

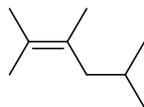
Numero di idrogeni presenti 6; grado di insaturazione $(10-6)/2 = 2$

es. possibili strutture per C_4H_6 (due gradi di insaturazione)

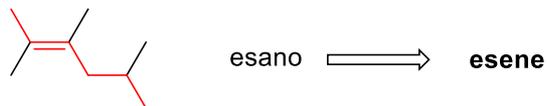


Nomenclatura

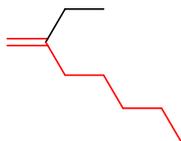
Dare il nome IUPAC al seguente alchene:



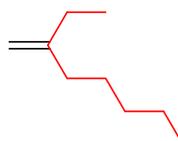
1) Individuare la catena più lunga che contiene entrambi gli atomi di carbonio del doppio legame e cambiare il suffisso dell'idrocarburo corrispondente da **ano** a **ene**.



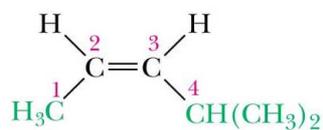
2) Numerare la catena assegnando ai carboni del doppio legame il numero più basso e elencare i sostituenti con le solite regole (ordine alfabetico)



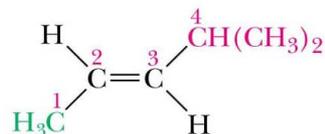
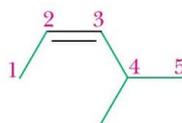
2-etil-1-eptene



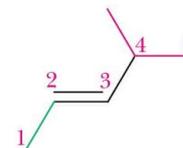
Sbagliato. La catena più lunga deve contenere tutti due i C del doppio legame



cis-4-Metil-2-pentene



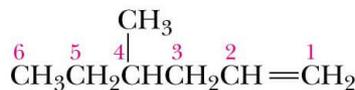
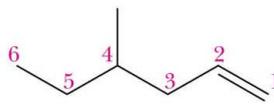
trans-4-Metil-2-pentene



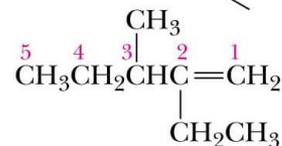
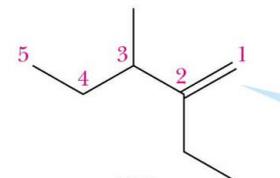
Nomenclatura



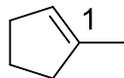
1-Esene



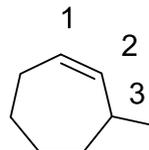
4-Metil-1-esene



2-Etil-3-metil-1-pentene



1-metilciclopentene



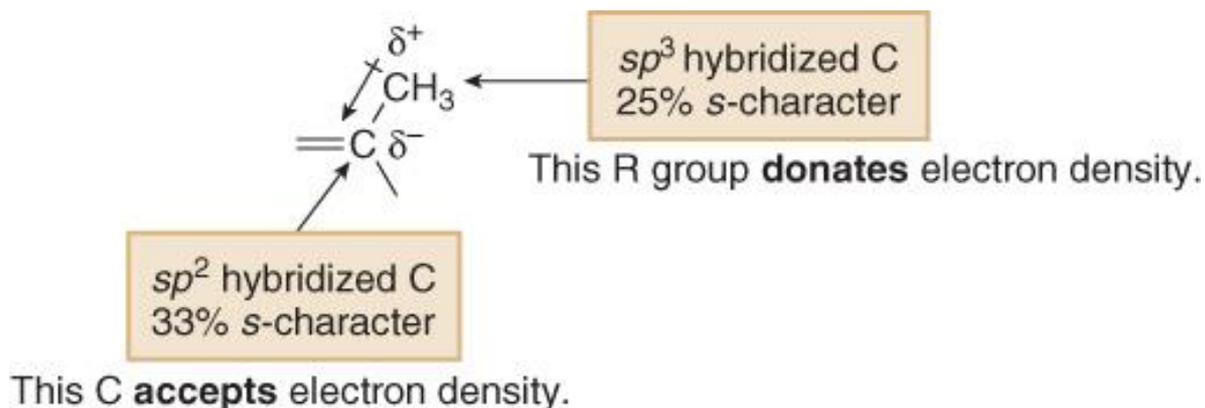
3-metilcicloepene

si numera in senso orario per dare i numeri più bassi ai carboni del doppio legame e al sostituito

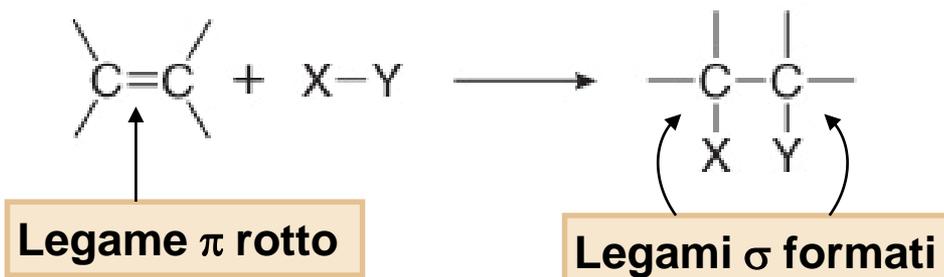
Gruppo alchenilico	Nome comune	Esempio	Nome comune
$\text{CH}_2 = \text{CH} -$	Vinile		Vinilciclopentano
$\text{CH}_2 = \text{CHCH}_2 -$	Allile		Allilciclopentano
$\text{CH}_2 =$	Metilene		Metilenciclopentano

Proprietà fisiche

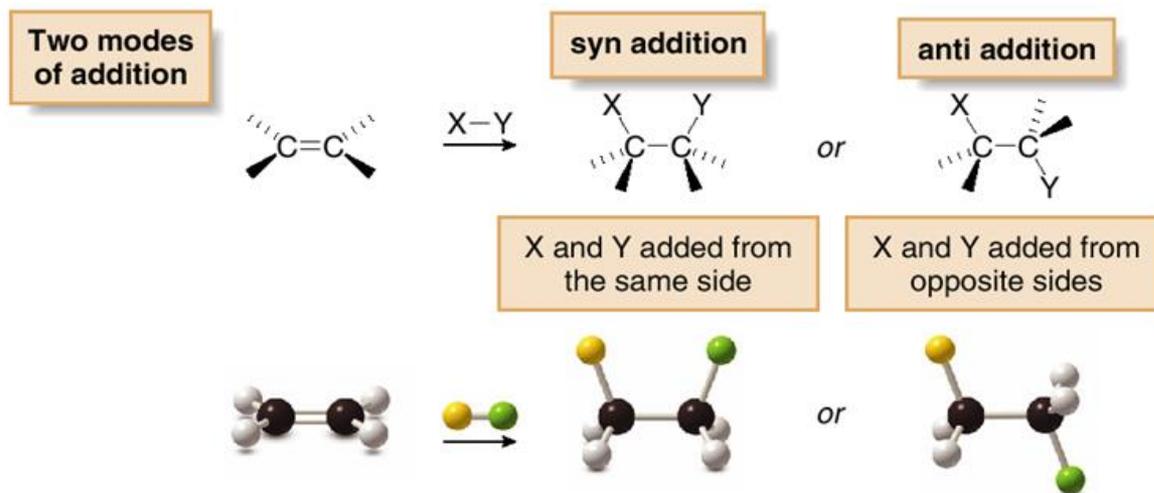
- Le proprietà fisiche degli alcheni sono simili a quelle degli alcani di peso molecolare comparabile.
- Gli alcheni hanno bassi punti di fusione e punti di ebollizione.
- M.p. e b.p. aumentano con l'aumentare del numero di carboni a causa dell'aumento della superficie.
- Gli alcheni sono solubili in solventi organici e insolubili in acqua.
- Il legame singolo C-C tra un gruppo alchilico e uno dei carboni del doppio legame di un alchene è leggermente polare.



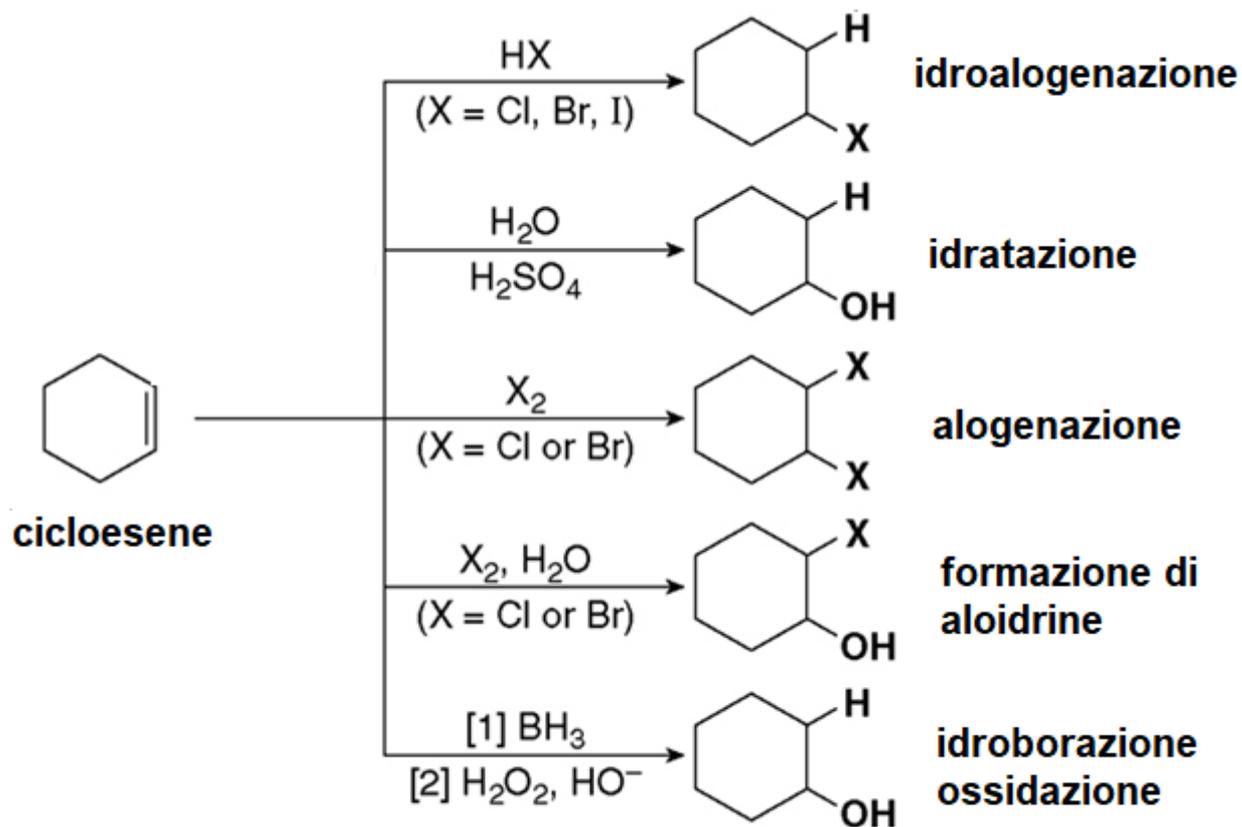
Reazioni degli alcheni: addizione elettrofila



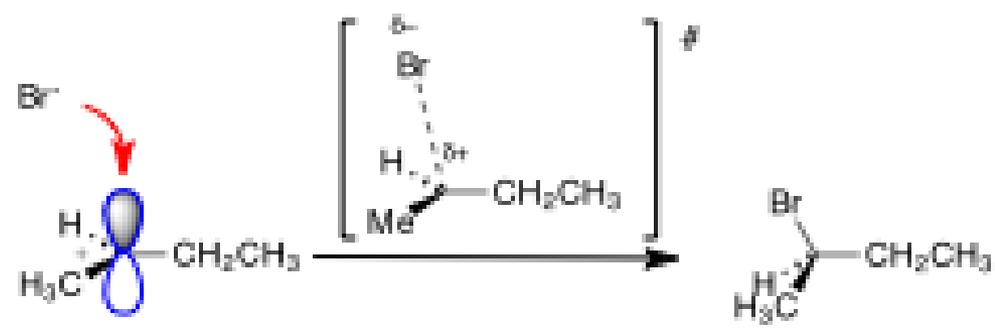
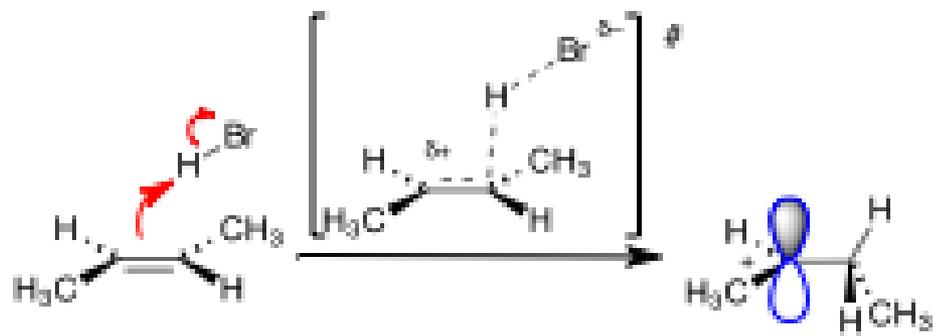
- Gli alcheni sono ricchi di elettroni, con la densità di elettroni del legame π concentrata sopra e sotto il piano della molecola.
- Gli alcheni reagiscono con gli **elettrofili**. Gli alcheni semplici non reagiscono con i nucleofili o le basi.



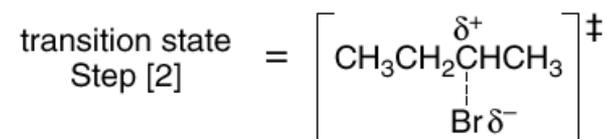
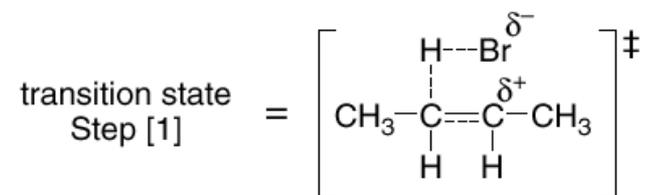
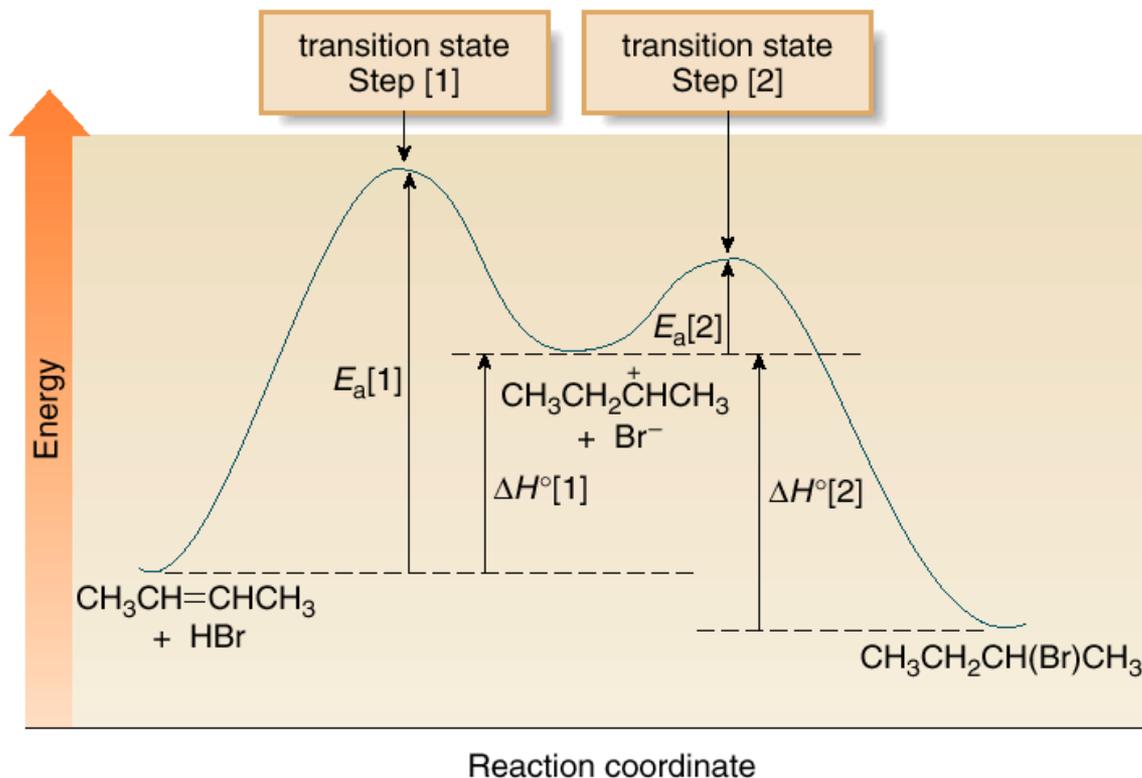
Addizione elettrofila al doppio legame



Idroalogenazione

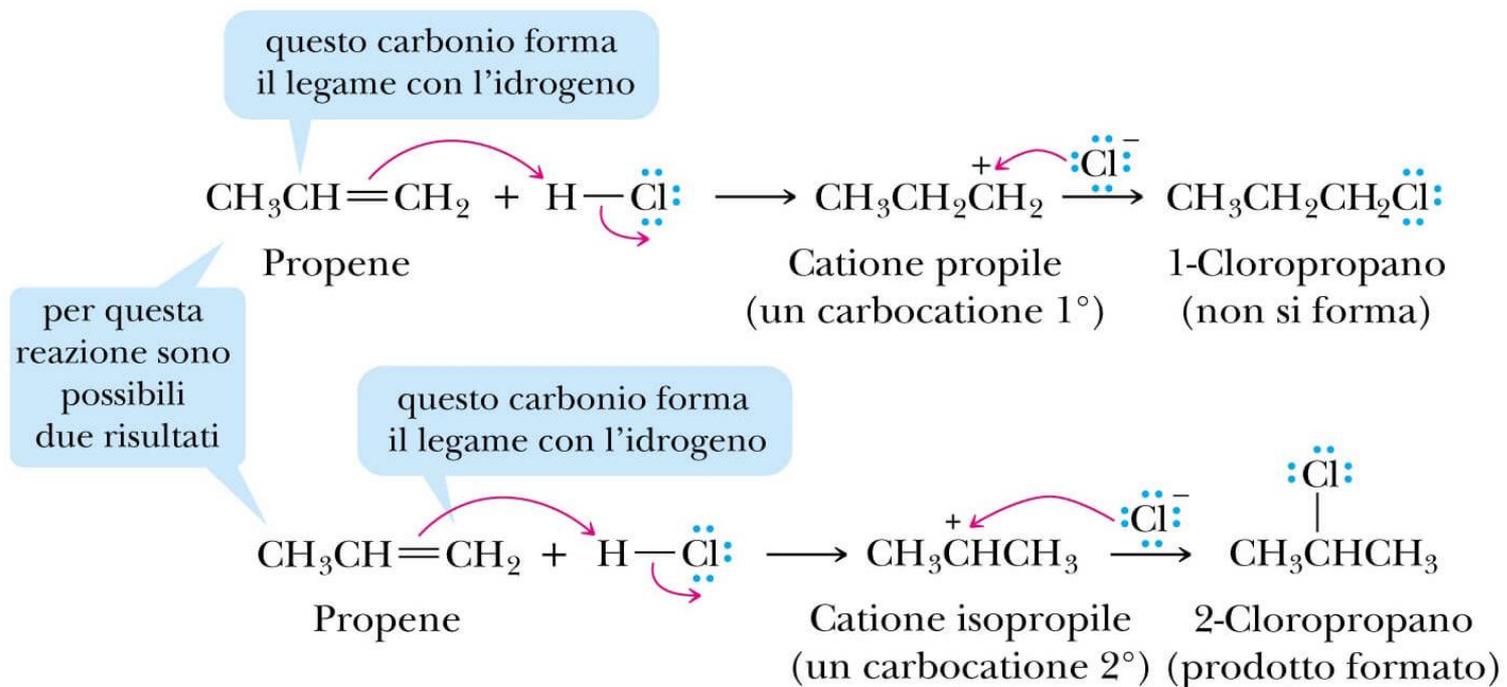


Idroalogenazione



Il primo stadio è quello lento che determina la velocità della reazione

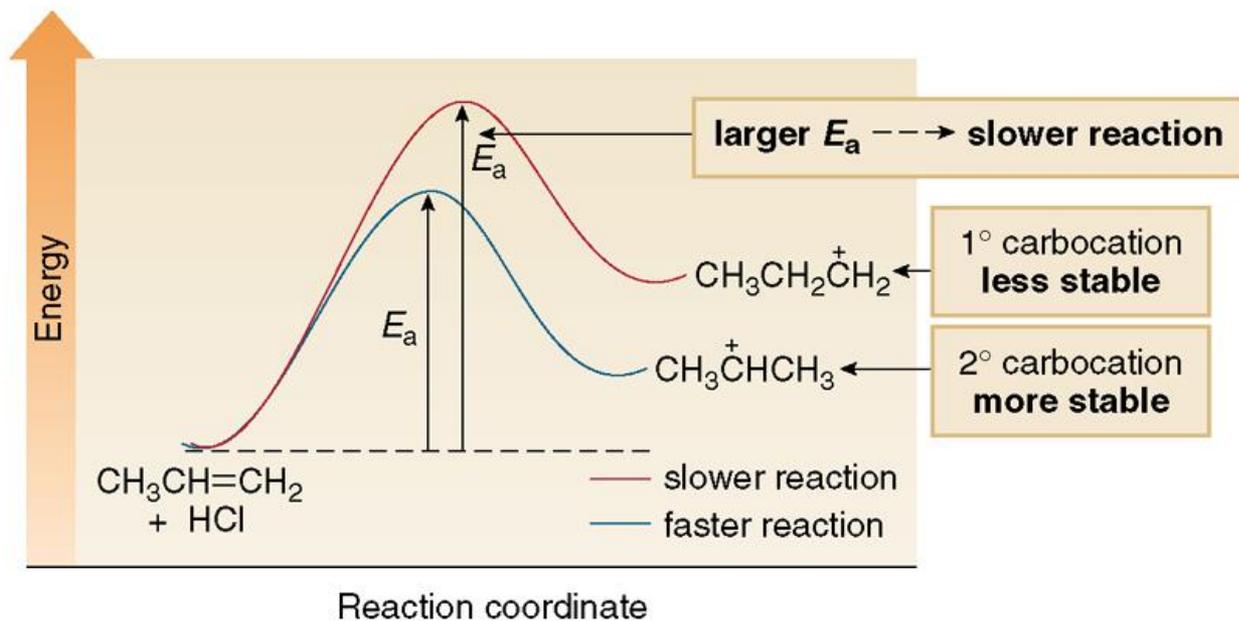
Idroalogenazione: regola di Markovnikov



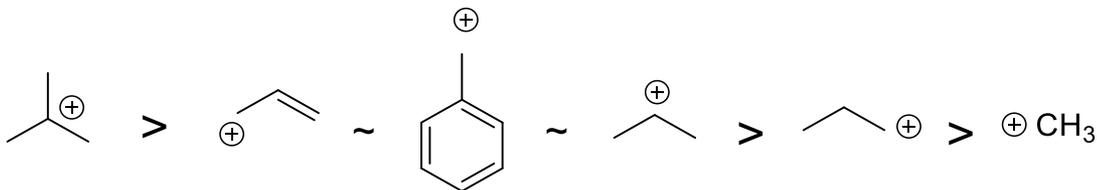
L'elettrofilo (H⁺) si addiziona al carbonio meno sostituito, il nucleofilo (Cl⁻) a quello più sostituito

Idroalogenazione: regola di Markovnikov

La regola di Markovnikov riflette la stabilità del carbocatione intermedio

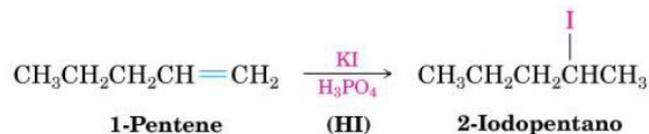
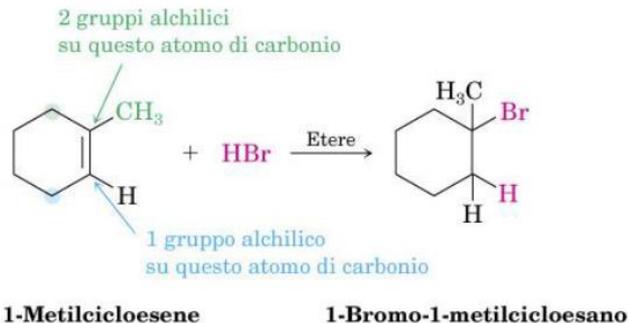
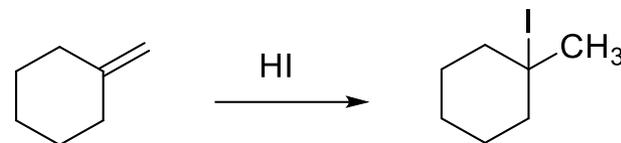
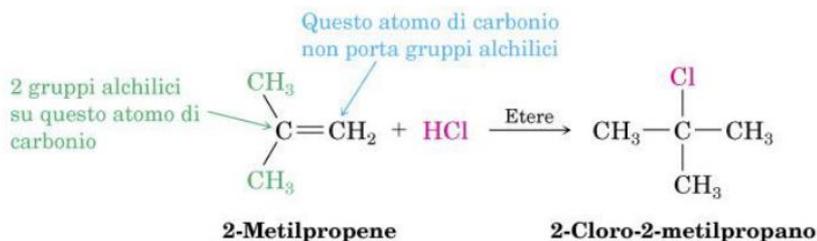


La stabilità dei carbocationi segue un trend simile a quello dei radicali per gli stessi effetti (donazione per induzione, iperconiugazione, risonanza)



Terziario > allilico ~ benzilico ~ secondario > primario > metilico

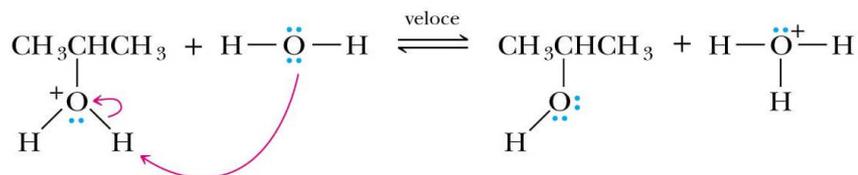
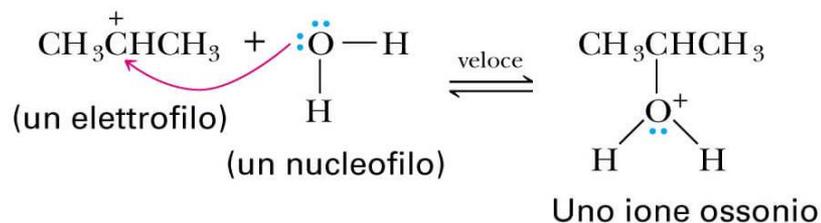
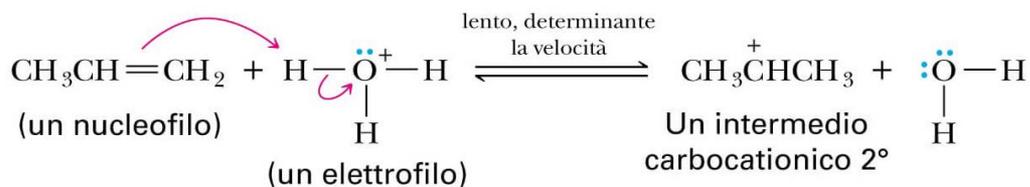
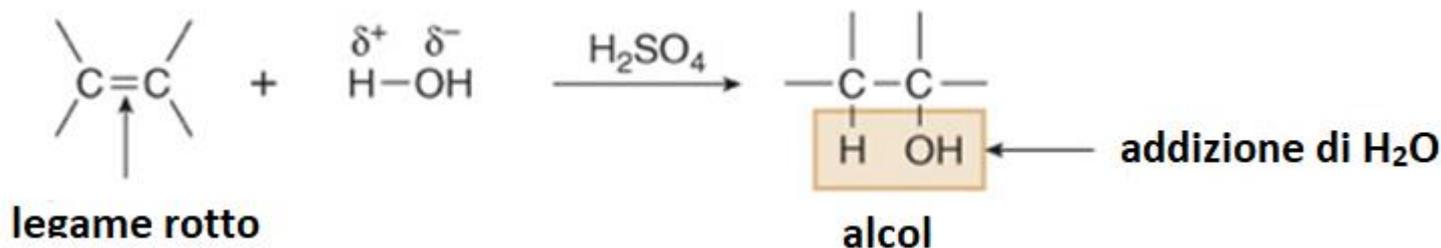
Idroalogenazione: regola di Markovnikov



Sommario:

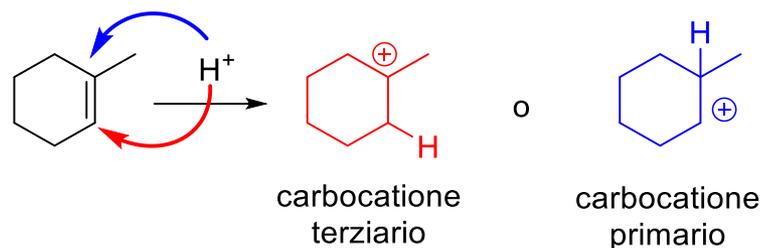
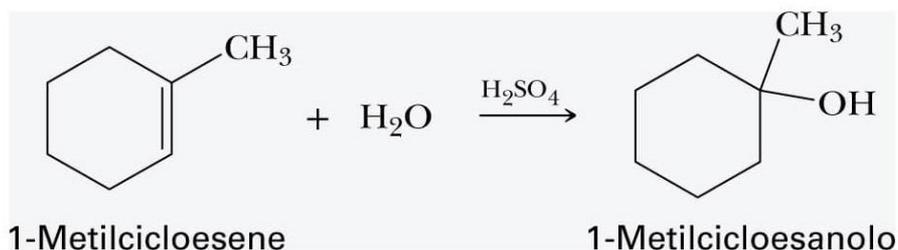
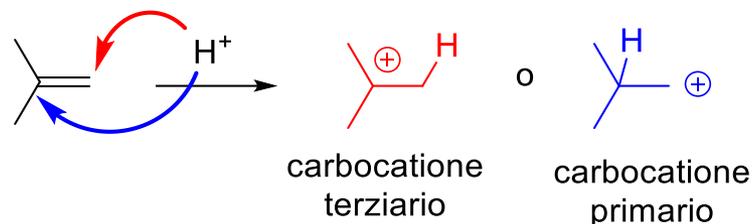
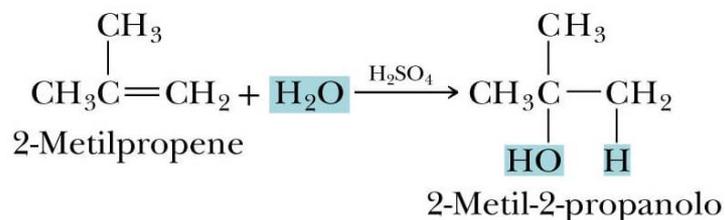
- L'idroalogenazione avviene con HCl, HBr e HI (no HF) e forma alogenuri alchilici
- La reazione avviene in due stadi con l'aggiunta dell'elettrofilo (H^+) che forma un carbocatione intermedio che viene attaccato dal nucleofilo (X^-).
- La reazione segue la regola di Markovnikov.

Idratazione – Addizione elettrofila di H₂O



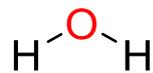
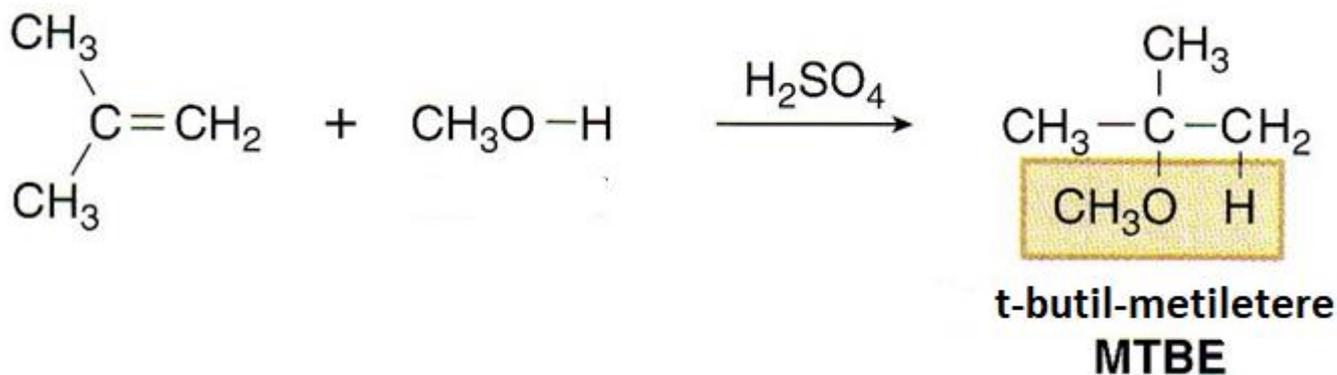
Idratazione – Addizione elettrofila di H₂O

L'idratazione è una **addizione di tipo Markovnikov** (segue la regola di Markovnikov)

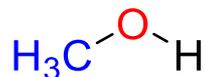


Addizione elettrofila di alcoli

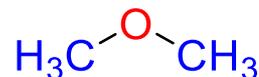
- Gli alcoli si addizionano agli alcheni con lo stesso meccanismo visto per l'acqua e formano eteri. Per esempio, l'addizione di CH_3OH al 2-metilpropene forma il tert-butil-metiletere, usato come additivo per aumentare il numero di ottani della benzina.



acqua

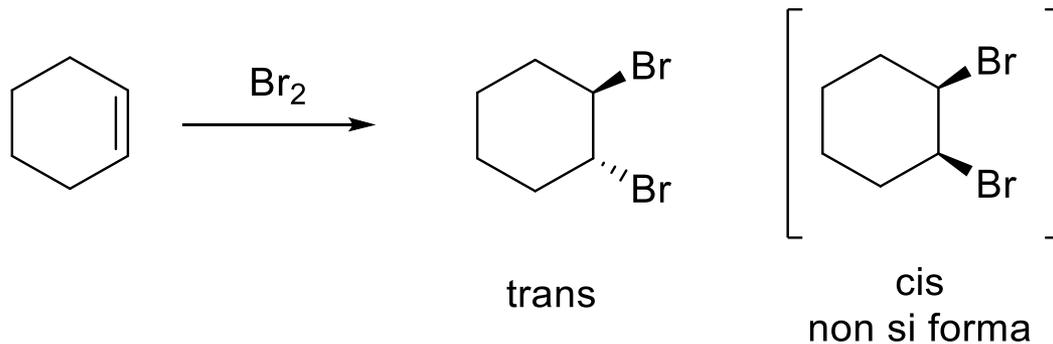
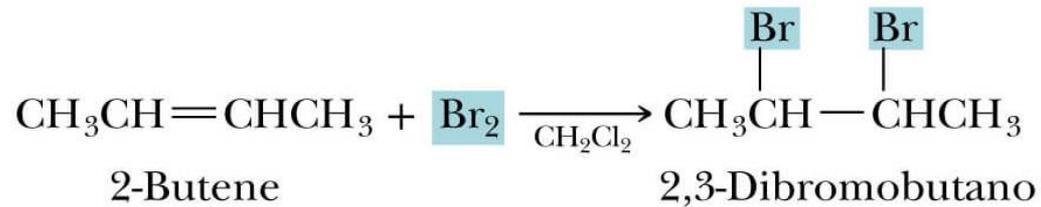
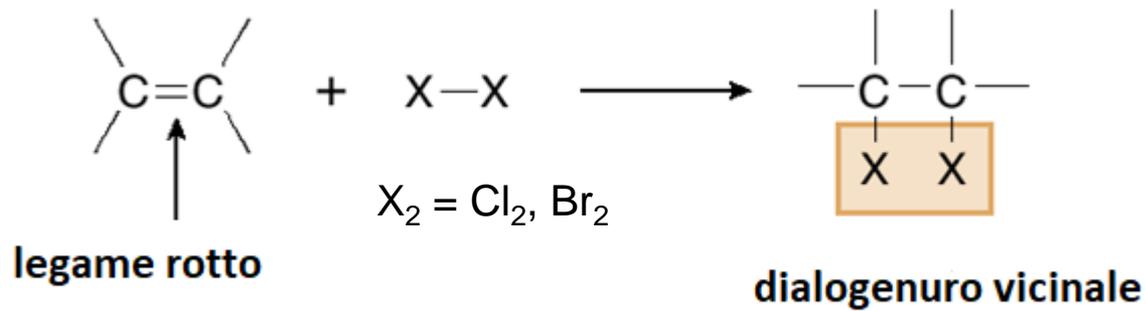


alcol

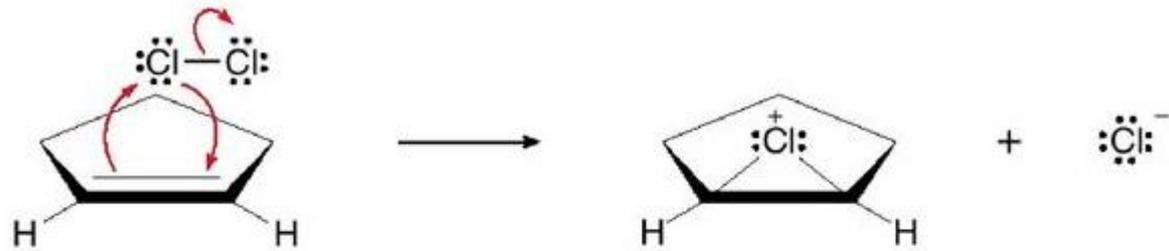


etere

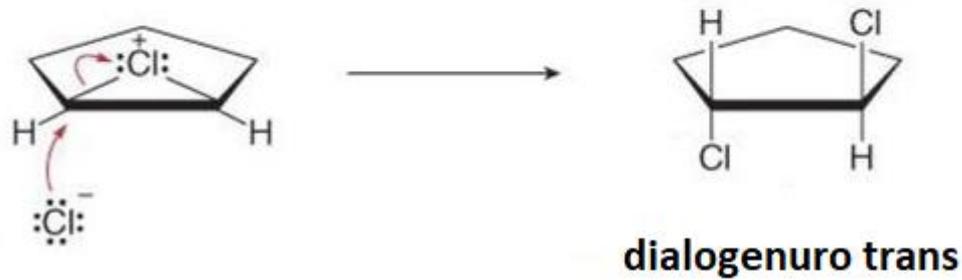
Alogenazione—Addizione di alogeni



Meccanismo dell'alogenazione



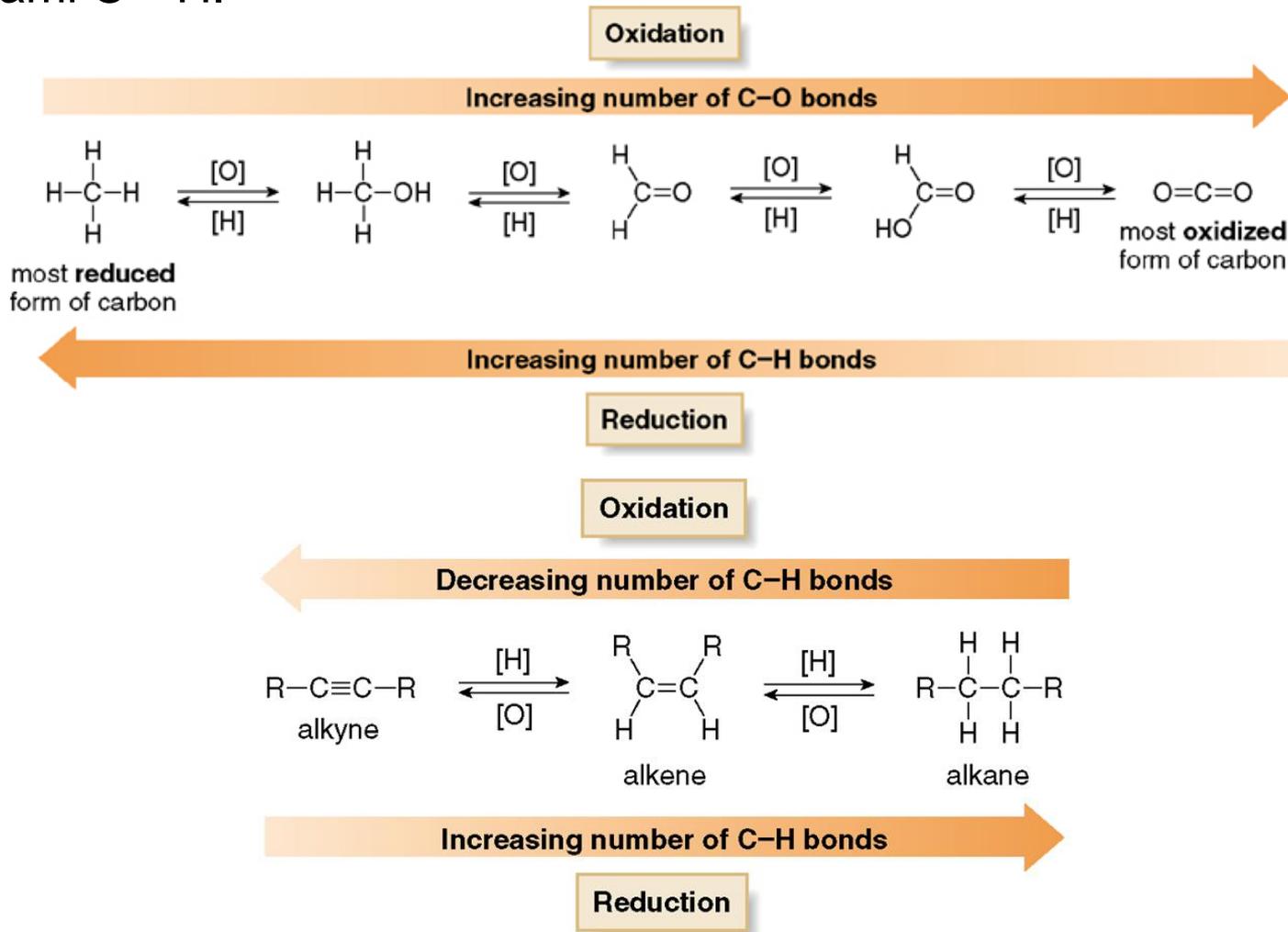
ione epicloronio



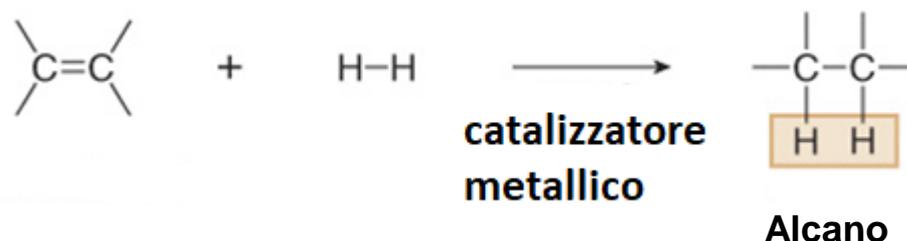
dialogenuro trans

Ossidazioni e riduzioni

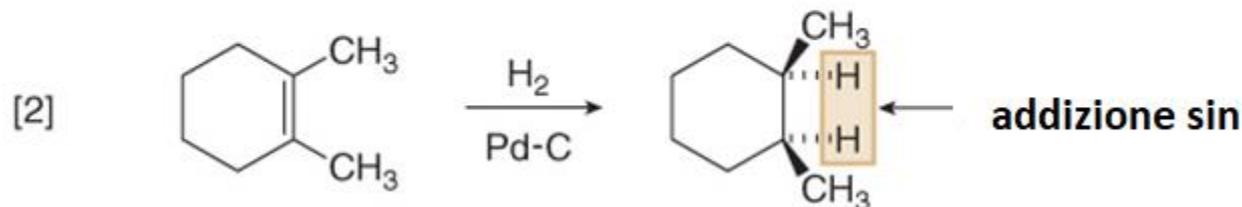
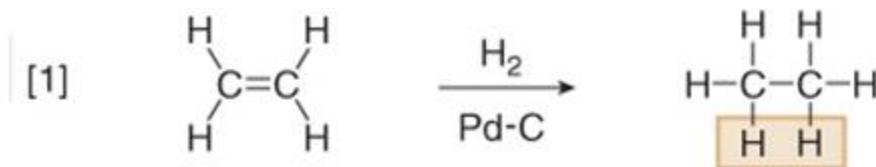
- Ossidazioni: aumento del numero di legami C—O o diminuzione del numero dei legami C—H.
- Riduzioni: diminuzione del numero di legami C—O o aumento del numero dei legami C—H.



Idrogenazione catalitica



- L'addizione di H₂ avviene solo in presenza di catalizzatori metallici come Pd, Pt, Ni, solitamente finemente suddivisi e supportati su un solido inerte come il carbone.
- L' H₂ si addiziona con un meccanismo sin



Idrogenazione catalitica

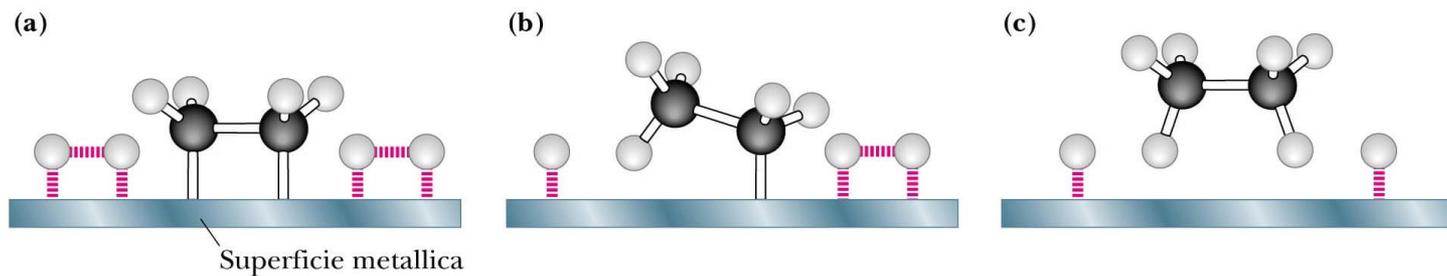
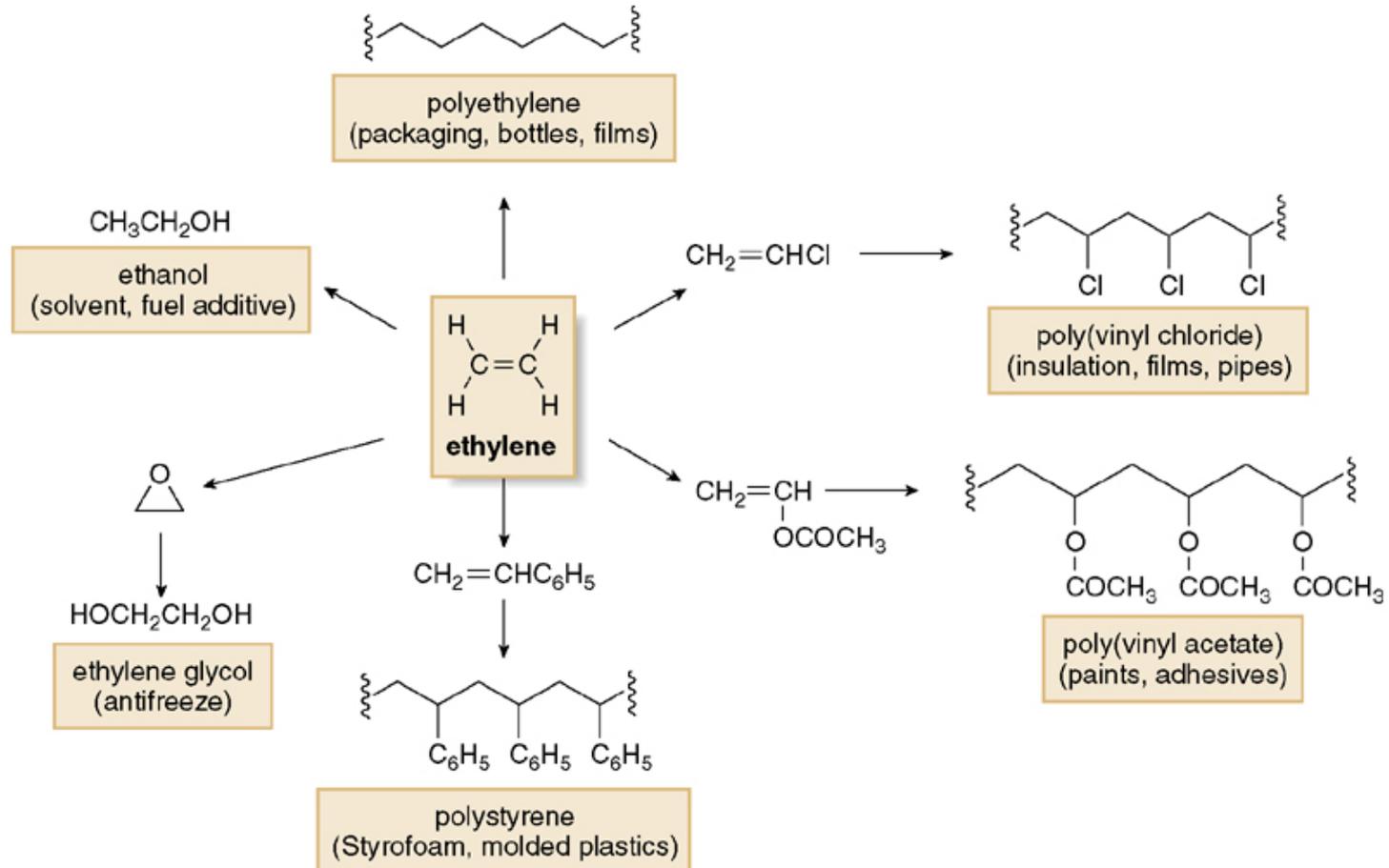


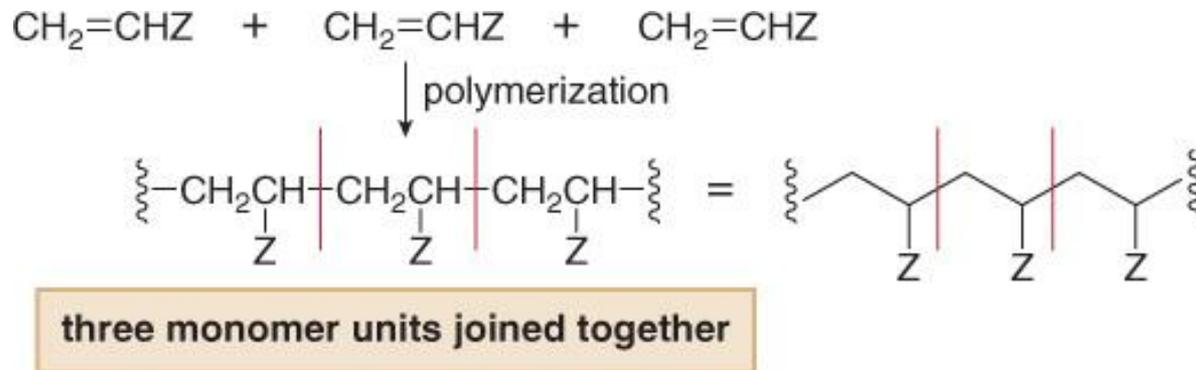
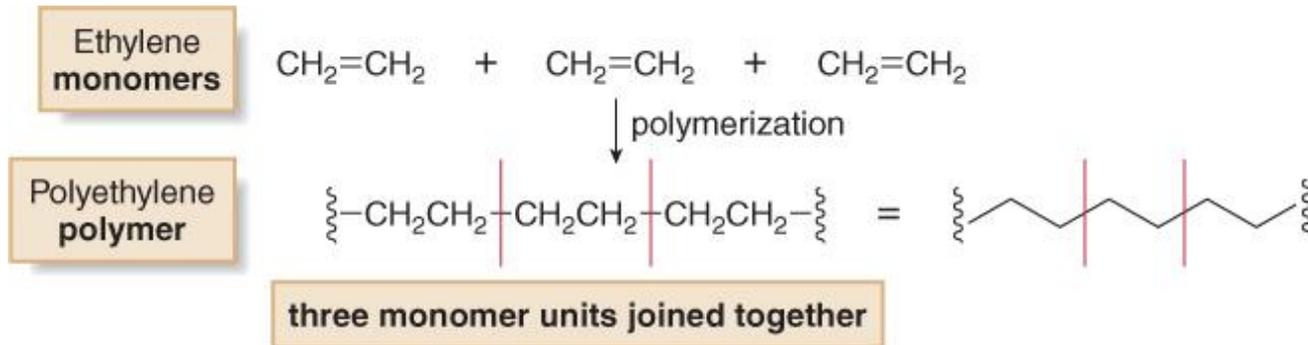
FIGURA 5.6 Addizione sin di idrogeno a un alchene in presenza di un metallo di transizione come catalizzatore. (a) L'idrogeno e l'alchene sono adsorbiti sulla superficie metallica e (b) un atomo di idrogeno è trasferito all'alchene con formazione di un nuovo legame C—H. L'altro carbonio rimane adsorbito sulla superficie metallica. (c) Si forma un secondo legame C—H e l'alcano viene desorbito.

Alcheni e industria

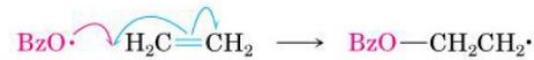
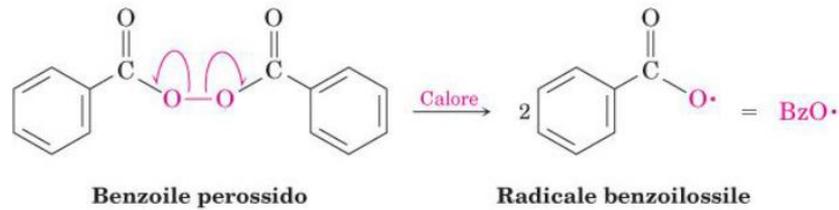


Polimeri e polimerizzazione

- I **polimeri** sono grandi molecole costituite da unità ripetitive di molecole più piccole chiamate **monomeri**. Essi includono composti biologicamente importanti come proteine e carboidrati, così come plastiche sintetiche come polietilene, polivinilcloruro (PVC) e polistirolo.
- La **polimerizzazione** è il processo in cui i monomeri si uniscono per produrre polimeri. Ad esempio, l'unione dei monomeri di etilene forma il polietilene polimerico, una plastica utilizzata nei contenitori per il latte e nei sacchetti di plastica.



Polimeri e polimerizzazione



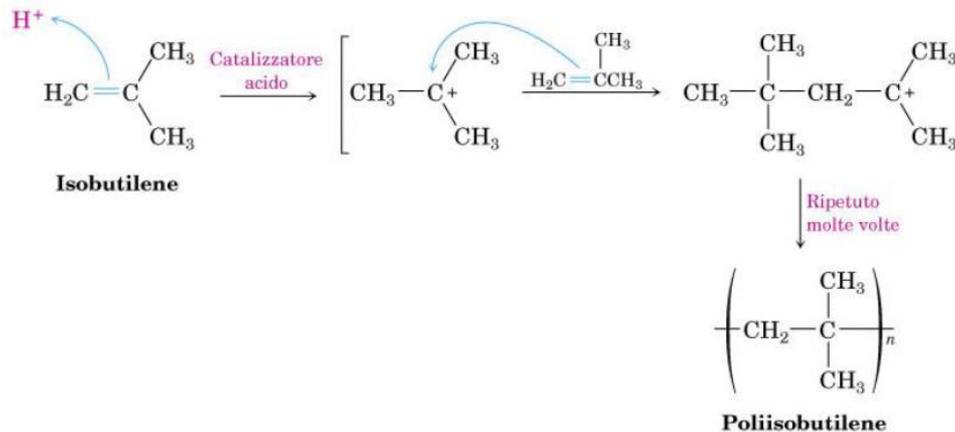
iniziazione



propagazione



terminazione

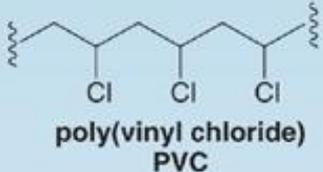
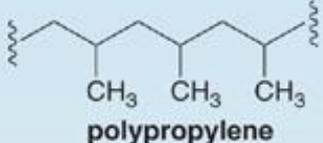
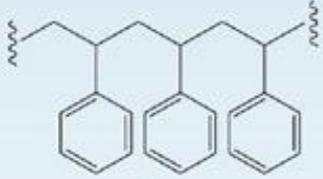


Polimeri e polimerizzazione

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

Table 15.2

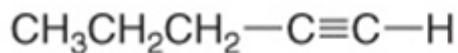
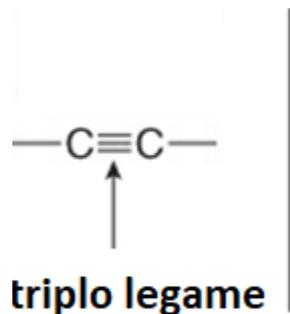
Common Industrial Monomers and Polymers

Monomer	Polymer	Consumer product
$\text{CH}_2=\text{CHCl}$ vinyl chloride	 poly(vinyl chloride) PVC	 PVC pipes
$\text{CH}_2=\text{CHCH}_3$ propene	 polypropylene	 polypropylene carpeting
$\text{CH}_2=\text{CH}$  styrene	 polystyrene	 Styrofoam products

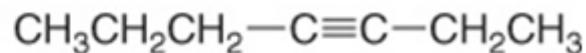
© The McGraw-Hill Companies, Inc./John Thoeming, photographer

Alchini

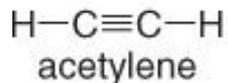
- Formula molecolare generale C_nH_{2n-2} . Il triplo legame introduce 2 gradi di insaturazione



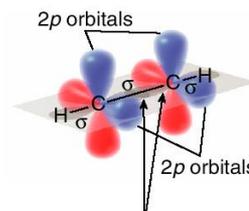
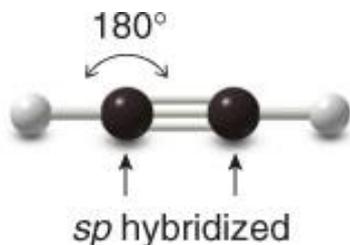
alchino terminale



alchino interno

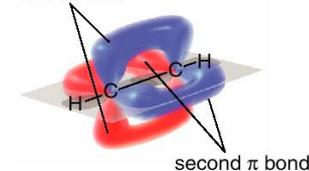


=



Overlap of the two sp hybrid orbitals forms the C-C σ bond.

Two π bonds extend out from the axis of the linear molecule. one π bond



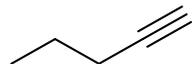
Overlap of two sets of two $2p$ orbitals forms two C-C π bonds.

- The σ bond is formed by end-on overlap of the two sp hybrid orbitals.
- Each π bond is formed by side-by-side overlap of two $2p$ orbitals.

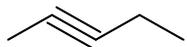
Come negli alcheni i due legami π sono più deboli rispetto al legame σ . Per questo motivo, gli alchini hanno una reattività simile a quella degli alcheni dando reazioni di addizione elettrofila che coinvolgono il legame π .

Nomenclatura e proprietà fisiche

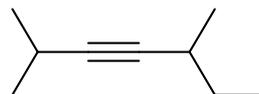
La nomenclatura è eguale a quella degli alcheni sostituendo il suffisso ene con quello **ino**.



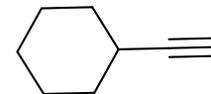
1-pentino



2-pentino



2,5-dimetil-3-eptino



etinilcicloesano

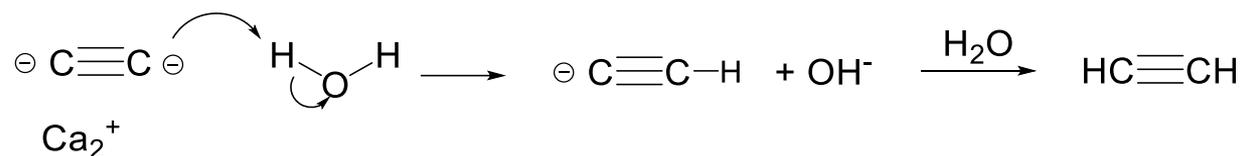
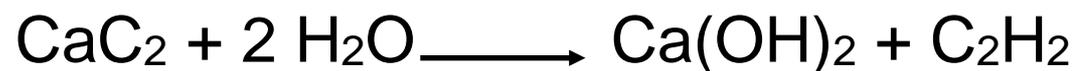
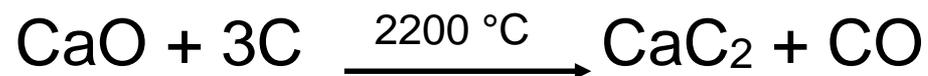
La proprietà fisiche sono simili a quelle degli alcheni. Sono composti non polari, solubili in solventi organici e insolubili in acqua. Gli alchini più piccoli sono gassosi.

La combustione dell'acetilene rilascia più energia per mole di prodotto formato (o di ossigeno consumato) di qualsiasi altro idrocarburo. Brucia con una fiamma molto calda (3300 °C) ed è un combustibile eccellente.

Reazione	ΔH (Kcal/mol)	$\Delta H/\text{mol O}_2$ (Kcal/mol)
$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3 + 7/2 \text{O}_2 \longrightarrow 2 \text{CO}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$	-1550	-442
$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2 + 3 \text{O}_2 \longrightarrow 2 \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$	-1400	-467
$\text{HC}\equiv\text{CH} + 5/2 \text{O}_2 \longrightarrow 2 \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	-1300	-520

Acetilene

- Dal carbone



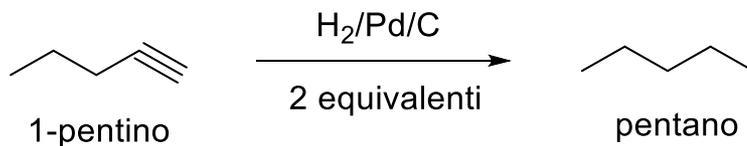
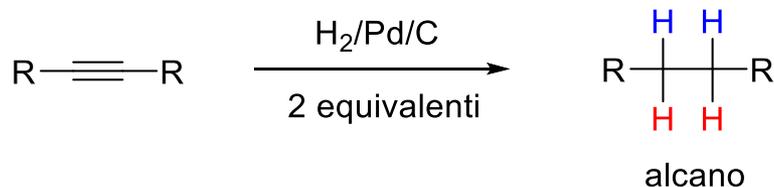
Dal petrolio (cracking):



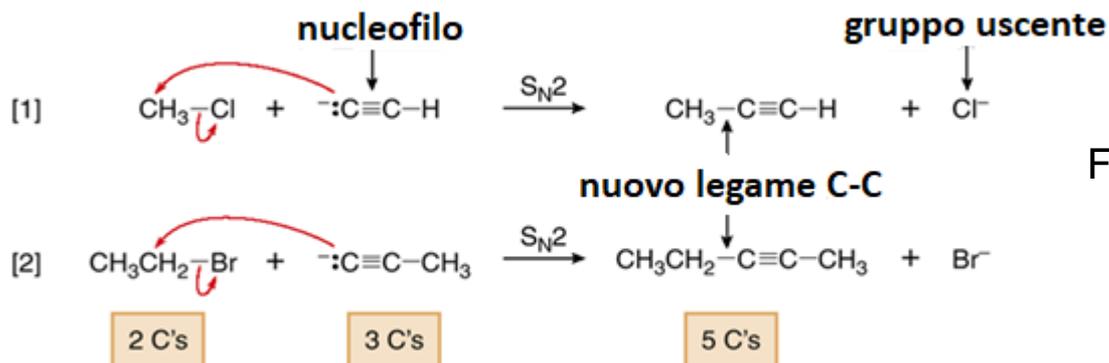
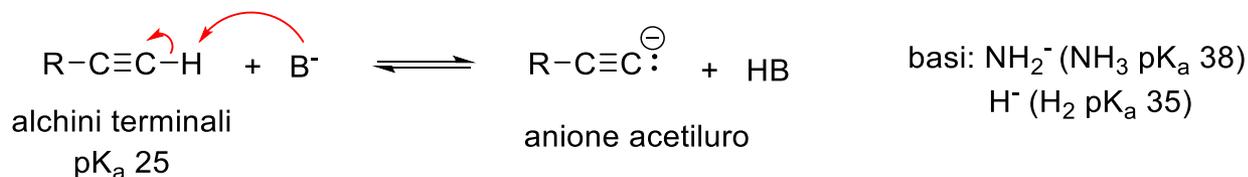
Reazioni degli alchini

Gli alchini danno reazioni simili agli alcheni, complicate dalla presenza di due doppi legami

Idrogenazione:



Formazione di anioni acetiluro:



Formazione di legami C-C