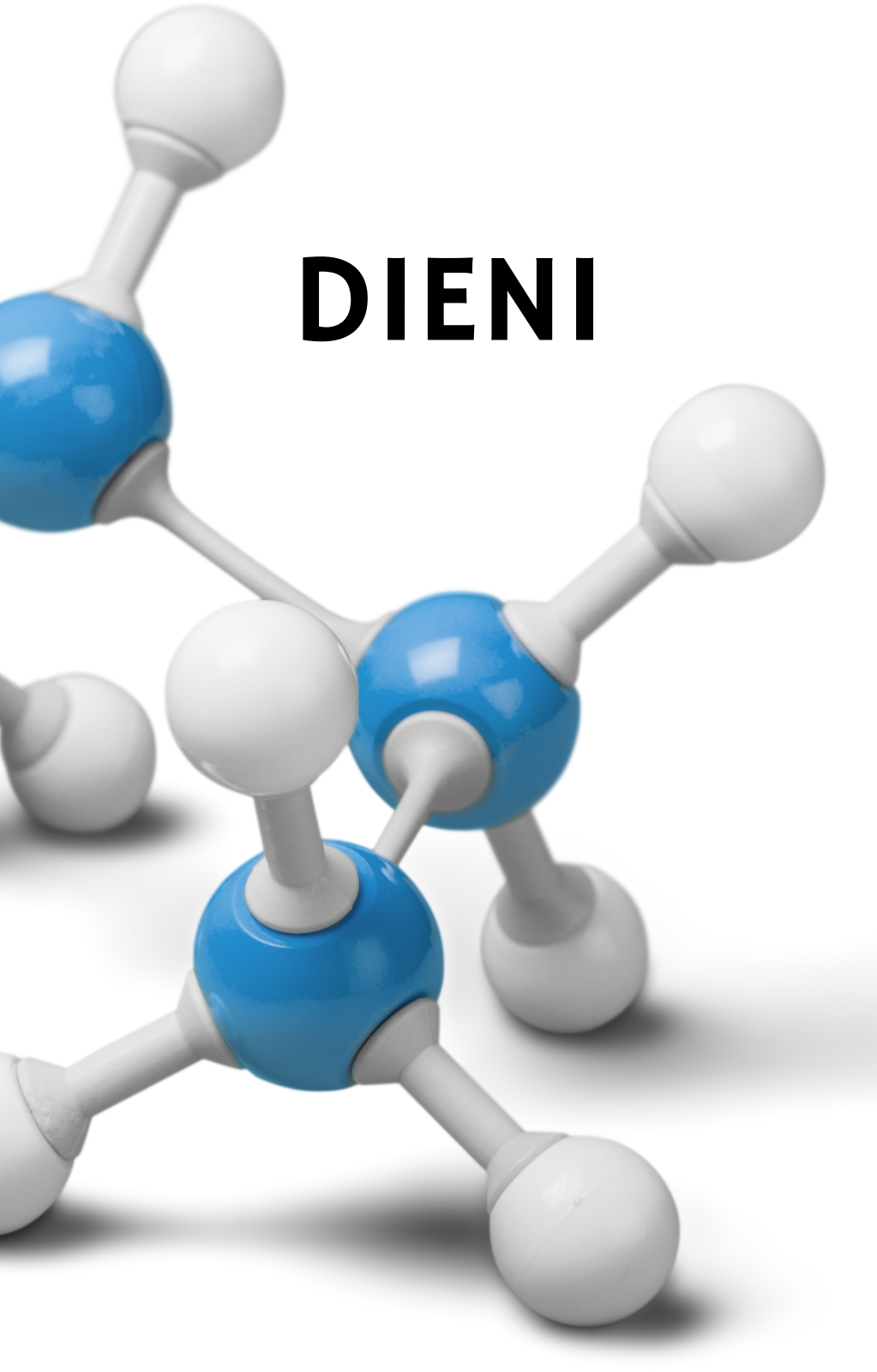
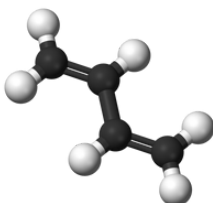


**DIENI**



I **dieni** sono una classe di composti organici che presentano una caratteristica strutturale fondamentale: **due doppi legami carbonio-carbonio** nella loro molecola. Questi doppi legami possono essere disposti in modi diversi all'interno della struttura del diene, creando così diverse varianti di dieni.



Una delle classificazioni principali dei dieni si basa sulla disposizione dei doppi legami lungo la catena carboniosa.

Abbiamo i **dieni coniugati**, dove i due doppi legami sono adiacenti e separati da una singola legatura carbonio-carbonio. Un esempio comune di un diene coniugato è il 1,3-butadiene, che ha due doppi legami in posizioni 1 e 3 lungo una catena di quattro atomi di carbonio.

Invece, nei **dieni isolati**, i doppi legami sono separati da almeno due legature carbonio-carbonio. Un esempio di diene isolato è il 1,4-pentadiene, con doppi legami in posizioni 1 e 4 di una catena di cinque atomi di carbonio. Infine, ci sono i dieni cumulati, in cui i due doppi legami sono adiacenti e si trovano nella stessa posizione lungo la catena principale. Un esempio è l'1,2-propadiene.

La **reattività dei dieni** è notevole a causa della presenza dei doppi legami, che possono partecipare a reazioni di addizione con vari reagenti chimici. Queste reazioni di addizione possono portare alla formazione di nuovi composti, spesso con la creazione di centri stereogenici. I dieni hanno ampie applicazioni sia nella

chimica sintetica che in ambito industriale.

Inoltre, alcuni dieni sono rilevanti anche in ambito biologico. Ad esempio, il beta-carotene, un diene presente nelle piante, è una provitamina A ed è fondamentale per la salute umana. Tuttavia, è importante notare che alcune forme di dieni, come l'1,3-butadiene, possono essere tossiche ed è necessario studiarne attentamente gli effetti sulla salute umana.

## NOMENCLATURA DEI DIENI

La **nomenclatura IUPAC** dei dieni, come quella di altri composti organici, si basa su regole sistematiche per denominare e identificare questi composti in modo univoco. Ecco come funziona la nomenclatura IUPAC per i dieni:

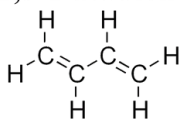
1. **Identifica la catena principale:** Determina la catena carboniosa più lunga che contiene i doppi legami. Questa catena sarà la base per il nome del composto.
2. **Numerazione dei doppi legami:** Numerare gli atomi di carbonio all'interno della catena principale in modo da assegnare il numero più basso possibile ai carboni in cui si trovano i doppi legami. Inizia dalla fine più vicina a un doppio legame.
3. **Prepara il nome:** Utilizza il nome della catena principale preceduto dal numero e dalla posizione dei doppi legami. La terminazione "-diene" indica che il composto è un diene. Se ci sono più di due doppi legami, usa i prefissi "tri-", "tetra-", ecc., per indicare il numero di doppi legami.

### **Esempio**

1,3-butadiene: Questo è un diene con due doppi legami in posizioni 1 e 3 lungo una catena di quattro atomi di

carbonio.

### 1,3-Butadiene

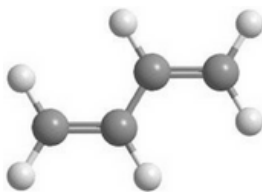


2,4-hexadiene: Qui, ci sono due doppi legami in posizioni 2 e 4 lungo una catena di sei atomi di carbonio.



## DIENI CONIUGATI

I **dieni coniugati** sono una classe di composti organici che contengono **due doppi legami** (detti doppi legami coniugati) **separati da un singolo legame**. Questi doppi legami sono situati in modo alternato lungo la catena carboniosa, creando un sistema di legami  $\pi$  che si estende su più atomi di carbonio. Questa disposizione alternata dei doppi legami conferisce loro una particolare stabilità e reattività che li differenzia dai dieni isolati o non coniugati.



I dieni coniugati hanno una struttura lineare o ad anello in cui i doppi legami coniugati sono separati da un singolo legame  $\sigma$ . La disposizione alternata dei doppi legami crea un sistema di orbitali  $\pi$  che si estende su più atomi di carbonio.

Rispetto ai dieni isolati, risultano **più stabili**. Questa stabilità è dovuta alla distribuzione della densità elet-

-tronica lungo la catena coniugata, che consente una sovrapposizione più efficace degli orbitali  $\pi$ . Di conseguenza, l'energia dei legami  $\pi$  è ridotta, rendendo il composto più stabile.

A causa della loro **stabilità relativa**, i dieni coniugati mostrano una reattività diversa rispetto ai dieni isolati. Possono subire reazioni di addizione elettrofila in modo selettivo sui doppi legami coniugati, dando luogo a prodotti di addizione che spesso comportano la formazione di anelli ciclici. Un esempio comune di diene coniugato è il **1,3-butadiene**, in cui due doppi legami coniugati sono separati da un singolo legame  $\sigma$ . Altri esempi includono il 1,3-pentadiene e il 1,3,5-esatriene.

I dieni coniugati sono coinvolti in numerose reazioni importanti in chimica organica, come **la reazione di Diels-Alder**, che è ampiamente utilizzata nella sintesi di composti organici complessi.



### **Preparazione dei dieni coniugati**

La preparazione dei dieni coniugati è un processo cruciale in chimica organica, in quanto questi composti sono ampiamente utilizzati in sintesi organica per creare molecole complesse. Ci sono diversi metodi per preparare dieni coniugati, e ognuno di essi offre un approccio unico per ottenere questi composti importanti. Di seguito, esploreremo alcune delle principali strategie per la preparazione dei dieni coniugati.

- 1. Deidrogenazione di alcheni:** Un modo comune per preparare dieni coniugati è attraverso la deidrogenazione di alcheni. In questa reazione, un alchene (con un doppio legame) subisce una perdita di idrogeno per formare un diene coniugato. Ad esempio, il 1,3-butadiene può essere ottenuto deidrogenando il butene. Questa reazione può essere catalizzata da composti come il cloruro di alluminio o il platino.
- 2. Reazione di Wittig:** La reazione di Wittig è un metodo efficace per preparare dieni coniugati a partire da aldeidi o chetoni. In questa reazione, un composto di fosforo noto come reagente di Wittig reagisce con un'aldeide o un chetone per formare un alchene, che successivamente può subire una seconda reazione di addizione per ottenere un diene coniugato.
- 3. Reazione di di alogenazione:** La reazione di di alogenazione coinvolge l'uso di reagenti diossigenati come il permanganato di potassio o il biossido di manganese per rimuovere gli atomi di idrogeno da un alcano e introdurre doppi legami coniugati. Ad esempio, il 1,3-butadiene può essere preparato da un alcano attraverso questa reazione.
- 4. Reazione di Birch:** La reazione di Birch è una strategia utile per la preparazione di dieni coniugati da anelli aromatici. In questa reazione, un anello aromatico subisce una riduzione catalizzata con un metallo alcalino in ammoniacca liquida, formando un diene coniugato. Questo metodo è spesso utilizzato per sintetizzare dieni coniugati a partire da composti aromatici complessi.
- 5. Trattamento termico di acidi dicarbossilici:** Alcuni acidi dicarbossilici, come l'acido maleico, possono essere sottoposti a un trattamento termico per su-

-bire una decarbossilazione intramolecolare, formando così un diene coniugato. Questa reazione è nota come decarbossilazione termica degli acidi dicarbossilici.

### **Reazione dei dieni coniugati**

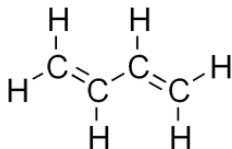
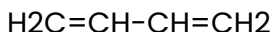
La reazione dei dieni coniugati è un importante campo della chimica organica che coinvolge i composti noti come dieni con doppi legami coniugati, in cui i doppi legami sono separati da un solo atomo di carbonio. Questi dieni coniugati mostrano una notevole reattività a causa della presenza dei doppi legami coniugati, che possono partecipare a una serie di reazioni chimiche. Alcune delle reazioni più comuni dei dieni coniugati includono:

- **Addizioni elettrofile:** I dieni coniugati possono reagire con elettrofili (specie che accettano una coppia di elettroni) attraverso una reazione di addizione. In questa reazione, gli elettrofili si legano ai doppi legami coniugati, formando nuovi legami chimici.
- **Reazioni di Diels-Alder:** Questa è una reazione di addizione particolarmente importante per i dieni coniugati. Coinvolge un diene coniugato e un alchene o un composto aromatico, dando luogo alla formazione di un nuovo anello ciclico.
- **Idrogenazione:** I dieni coniugati possono subire una reazione di idrogenazione catalitica, dove i doppi legami vengono saturati con idrogeno, convertendo il diene in un alcano.
- **Reazioni di ossidazione:** I dieni coniugati possono subire reazioni di ossidazione, che possono portare alla formazione di gruppi funzionali ossidati o alla rottura dei doppi legami coniugati.
- **Reazioni di eliminazione:** I dieni coniugati possono

partecipare a reazioni di eliminazione, in cui un gruppo funzionale viene rimosso dalla molecola, solitamente attraverso l'uso di una base forte.

## DIENI ISOLATI

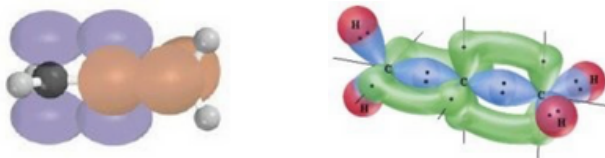
I **dieni isolati** sono una classe di composti organici costituiti da **due doppi legami** (detti "doppi legami isolati") **separati da uno o più atomi di carbonio**. Questi doppi legami possono essere localizzati in diverse posizioni all'interno della catena carboniosa. Il termine "isolato" si riferisce al fatto che i doppi legami non sono coniugati, ovvero non sono separati da un singolo atomo di carbonio, come avviene nei dieni coniugati. Un esempio di diene isolato è il 1,3-butadiene, che ha due doppi legami, o legami pi, separati da un atomo di carbonio:



La **reattività** dei dieni isolati è diversa da quella dei dieni coniugati. Mentre i dieni coniugati sono noti per partecipare a reazioni di addizione in modo molto efficiente, i dieni isolati **reagiscono in modo meno regolare** e spesso seguono percorsi di reazione diversi. Un aspetto interessante dei dieni isolati è la loro capacità di subire reazioni di **cicloadizione intramolecolare**, in cui i due doppi legami reagiscono insieme per formare un anello ciclico. Queste reazioni sono ampiamente studiate e utilizzate in sintesi organica per creare strutture cicliche complesse. Un esempio di una reazione di cicloadizione intramolecolare coinvolgente un diene isolato è la **rea-**

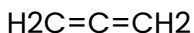
-**zione di Diels-Alder**, che può portare alla formazione di anelli ciclici a sei membri. Questa reazione è ampiamente utilizzata per sintetizzare molecole complesse e ha un'enorme importanza nella chimica organica.

## DIENI CUMULATI E TAUTOMERIA CHETO-ENOLICA



Rappresentazioni della struttura dell'allene (1,3-butadiene)

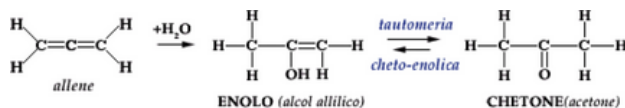
I **dieni cumulati** sono una classe di composti organici che contengono **due doppi legami consecutivi, coniugati tra loro attraverso un atomo di carbonio**. In altre parole, i due doppi legami sono "cumulati" su uno stesso atomo di carbonio. La struttura tipica di un diene cumulato è la seguente:



In questa struttura, puoi notare che ci sono due doppi legami separati da un atomo di carbonio. Questo conferisce al composto una **reattività particolare**, poiché entrambi i doppi legami possono partecipare in reazioni di addizione.

I dieni cumulati sono noti per essere reattivi e possono subire reazioni di addizione sia su uno dei doppi legami che su entrambi contemporaneamente. Queste reazioni possono portare alla formazione di cicli o di nuovi gruppi funzionali, a seconda delle condizioni reazionali.

La **tautomeria cheto-enolica** è un fenomeno di isomeria in cui una molecola può esistere in due forme isomeriche dette tautomeri, che si differenziano nella posizione di un gruppo funzionale. In particolare, nella tautomeria cheto-enolica, una molecola può esistere sotto forma di una chetone (forma chetica) o di un enolo (forma enolica). La differenza principale tra queste due forme è la posizione di un gruppo idrossile (OH).



# ALICICLICI



Gli **alicyclici** rappresentano una categoria significativa di composti organici con una caratteristica distintiva: la presenza di **anelli o cicli di atomi di carbonio chiusi all'interno della loro struttura**. Questi cicli possono variare notevolmente in termini di dimensioni e complessità, dando luogo a una vasta gamma di composti aliciclici con proprietà chimiche e fisiche diverse.

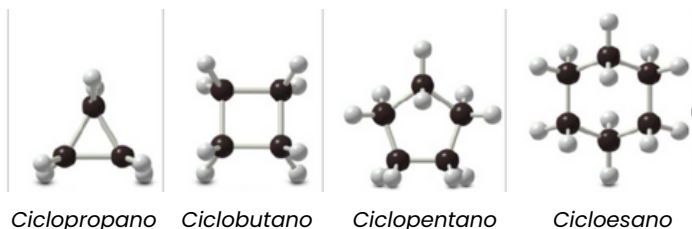
Un punto chiave da notare è che gli aliciclici differiscono dagli idrocarburi alifatici, che sono caratterizzati da catene aperte di atomi di carbonio. Negli aliciclici, invece, gli atomi di carbonio sono **disposti in modo ciclico**, creando una struttura ad anello. Questi anelli possono essere saturi, cioè con legami singoli tra gli atomi di carbonio all'interno dell'anello, o insaturi, con la presenza di legami doppi o tripli.

Un aspetto affascinante degli aliciclici è la loro **isomeria**. Questi composti possono esistere in diverse forme isomeriche, il che significa che la disposizione degli atomi di carbonio nell'anello può variare. Questa variazione nella struttura isomerica può avere un impatto significativo sulle proprietà chimiche e fisiche dei composti aliciclici.

Dal punto di vista reattivo, gli aliciclici mostrano un comportamento simile agli idrocarburi alifatici, il che significa che **possono partecipare a una varietà di reazioni chimiche** come addizioni, sostituzioni ed eliminazioni. Tuttavia, la presenza dell'anello può influenzare la reattività complessiva del composto.

Le proprietà fisiche degli aliciclici possono variare notevolmente. Alcuni di essi possono essere solidi a temperatura ambiente, mentre altri possono essere liquidi o gassosi, a seconda delle dimensioni degli anelli e della presenza di insaturazioni.

Gli aliciclici sono ampiamente utilizzati in chimica organica e hanno una presenza significativa in vari composti naturali. Ad esempio, il cicloesano è un esempio comune di aliciclico, con un anello a 6 atomi di carbonio e legami singoli tra di essi. Altri esempi includono il ciclopentene, che ha un anello a 5 atomi di carbonio con un legame doppio, e una vasta gamma di terpeni, steroidi e composti naturali che contengono strutture alicicliche.

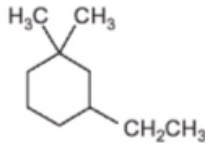


## NOMENCLATURA DEGLI ALICICLICI

Si determina il numero di atomi di carbonio nell'anello aliciclico e poi si aggiunge il prefisso "ciclo" al nome IUPAC dell'alcano lineare corrispondente con lo stesso numero di atomi di carbonio nell'anello.

Quando ci sono sostituenti nell'anello, si elencano in ordine alfabetico, utilizzando il prefisso o il suffisso appropriato per indicare il tipo di sostituente. Inoltre, si numerano gli atomi dell'anello in modo da ottenere il numero più basso possibile nel primo punto di differenza quando si nomina il composto.

In questo modo, la nomenclatura diventa un mezzo efficace per identificare in modo univoco gli idrocarburi aliciclici, evidenziando il numero di atomi di carbonio nell'anello, la presenza di eventuali sostituenti e la loro posizione all'interno dell'anello.



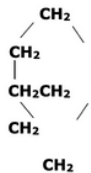
3-Etil-1,1-dimetilcicloesano

## ALICICLICI SATURI: CICLOALCANI

Gli **alicyclici saturi**, comunemente noti come **cicloalcani**, sono una classe di idrocarburi aliciclici costituiti da **anelli chiusi di atomi di carbonio legati tra loro da legami singoli** (cioè, sono saturi). Questi composti rappresentano una sotto-categoria degli idrocarburi alifatici, che includono anche gli alcani lineari.

I cicloalcani sono caratterizzati dalla loro struttura ciclica a **forma di anello**, che può contenere da tre a molti atomi di carbonio. Un esempio semplice di cicloalcano è il ciclopropano, che ha un anello di tre atomi di carbonio. Altri esempi includono il ciclobutano (quattro atomi di carbonio nell'anello), il ciclopentano (cinque atomi di carbonio nell'anello) e il cicloesano (sei atomi di carbonio nell'anello).

Cicloesano



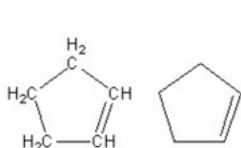
La formula generale per un cicloalcano con  $n$  atomi di carbonio nell'anello è  $C_nH_{2n}$ , dove " $n$ " rappresenta il numero di atomi di carbonio. Ad esempio, il cicloesano (con sei atomi di carbonio) ha la formula  $C_6H_{12}$ .

I cicloalcani sono noti per essere **idrofobici**, il che significa che non sono solubili in acqua, ma sono solubili in solventi organici come il benzene e l'etere.

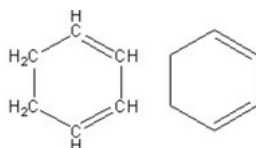
Sono spesso utilizzati come solventi in chimica e in applicazioni industriali.

Un aspetto importante da notare riguardo ai cicloalcani è la loro conformazione. Gli atomi di carbonio negli anelli ciclici possono assumere **diverse conformazioni spaziali** a causa della rotazione attorno ai legami singoli tra di essi. Queste diverse conformazioni possono influenzare le proprietà chimiche e fisiche dei cicloalcani e sono spesso oggetto di studio in chimica organica.

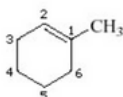
## ALICICLICI INSATURI: CICLOALCHENI



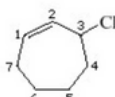
Ciclopentene :  $C_5H_8$



1,3 Cicloesadiene :  $C_6H_8$



1-Metilcicloesene



3-Clorocicloeptene

Gli **alicyclici insaturi**, conosciuti come **cicloalcheni**, sono una classe di composti chimici costituiti da **anelli ciclici di atomi di carbonio nei quali è presente almeno un doppio legame carbonio-carbonio** (legame insaturo), rendendoli degli alcheni ciclici. Questi composti combinano le caratteristiche degli aliciclici (strutture ad anello) e degli alcheni (doppi legami), e rappresentano una categoria importante nella chimica organica.

La **formula generale** per un cicloalchene con  $n$  atomi di carbonio nell'anello è  $C_nH_{2n}$ , dove " $n$ " rappresenta il numero di atomi di carbonio. Ad esempio, il ciclobutene ha un anello con quattro atomi di carbonio e presenta

la formula C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>.

Un esempio più comune di cicloalchene è il **ciclopentene**, che ha un anello di cinque atomi di carbonio e un doppio legame tra due di essi. La sua formula è C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>.

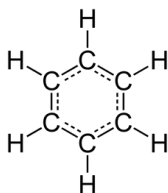
I cicloalcheni possono esistere in **diverse conformazioni spaziali**, e la posizione del doppio legame nell'anello può variare. Questi fattori influenzano le proprietà chimiche e fisiche dei cicloalcheni, inclusa la loro reattività e la stabilità conformazionale.

Dal punto di vista chimico, i cicloalcheni reagiscono in modo simile agli alcheni lineari. Ad esempio, possono subire addizioni e reazioni di idrogenazione catalitica, in cui il doppio legame si converte in un legame singolo. La presenza dell'**anello ciclico**, tuttavia, può influenzare la **regioselettività** (cioè, quale atomo di carbonio nel ciclo reagisce con un reagente) e **stereoselettività** (cioè, la formazione di stereoisomeri) di alcune reazioni. In generale, i cicloalcheni sono importanti intermedi nella sintesi di composti organici più complessi e trovano applicazioni in vari settori della chimica, compresa la sintesi farmaceutica e la produzione di plastica e gomma.

# AROMATICI



Gli **aromatici** sono una classe di composti chimici caratterizzati dalla presenza di **anelli aromatici**, la cui struttura è basata sull'anello del benzene. Il **benzene** è un idrocarburo aromatico con una formula molecolare  $C_6H_6$ , composto da sei atomi di carbonio e sei di idrogeno. La sua struttura molecolare è formata da un anello esagonale di sei atomi di carbonio, con un atomo di idrogeno legato a ciascun carbonio. La particolarità del benzene è la presenza di un sistema di legami doppi e singoli alternati all'interno dell'anello, noto come sistema  $\pi$  (pi) coniugato. Questo sistema conferisce al benzene una notevole stabilità e una reattività unica.

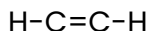


Gli **areni** sono una classe più ampia di composti contenenti anelli aromatici. Oltre al benzene, includono vari derivati del benzene, come il toluene, il fenolo, l'anilina e molti altri. Questi composti presentano strutture simili al benzene, ma con sostituenti legati all'anello. Gli areni possono avere un'ampia gamma di gruppi funzionali legati all'anello, il che li rende molto versatili in chimica organica.

### **Struttura del Benzene**

La **struttura del benzene** è un esempio classico di risonanza in chimica organica. La risonanza è un concetto che spiega la delocalizzazione degli elettroni all'interno di una molecola o di una struttura, e il benzene rappresenta un esempio molto importante di questo fenomeno.

La formula chimica del benzene è  $C_6H_6$ , il che suggerirebbe una struttura con tre legami singoli tra ciascuna coppia di atomi di carbonio, alternati a legami singoli tra ciascun carbonio e un atomo di idrogeno:



Tuttavia, le proprietà chimiche e spettrali del benzene non possono essere spiegate in modo soddisfacente con una struttura così semplice. Invece, la struttura del benzene coinvolge una **delocalizzazione degli elettroni  $\pi$**  (pi) all'interno dell'anello aromatico.

Nel benzene, i sei atomi di carbonio formano un anello esagonale con legami singoli e doppi alternati. Il modello di risonanza del benzene suggerisce che i sei elettroni  $\pi$  coniugati non sono localizzati in legami singoli o doppi specifici, ma sono invece delocalizzati su tutto l'anello. Questa delocalizzazione degli elettroni  $\pi$  crea un sistema di legami parziali in cui tutti i legami carbonio-carbonio sono identici, in contrasto con la struttura in cui avremmo tre legami singoli e tre legami doppi alternati.

La rappresentazione grafica del benzene utilizza un cerchio all'interno dell'anello esagonale per indicare questa delocalizzazione degli elettroni. In questa rappresentazione, ogni coppia di elettroni  $\pi$  è condivisa tra due atomi di carbonio adiacenti, e il cerchio rappresenta il sistema di delocalizzazione.

La struttura di risonanza del benzene spiega molte delle sue proprietà, tra cui la sua straordinaria **stabilità** e la sua **reattività** in reazioni di sostituzione elettrofila aromatica. La delocalizzazione degli elettroni  $\pi$  rende il benzene molto più stabile di quanto ci si aspetterebbe da una molecola con tre doppi legami carbonio-carbonio.

## Aromaticità

La **condizione di aromaticità**, spesso chiamata regola di Hückel, è una regola empirica utilizzata per determinare se un anello coniugato di atomi di carbonio è aromatico o meno. La **regola di Hückel** afferma che un anello è aromatico se possiede un numero di elettroni  $\pi$  (pi) uguale a  $(4n + 2)$ , dove "n" è un numero intero non negativo.

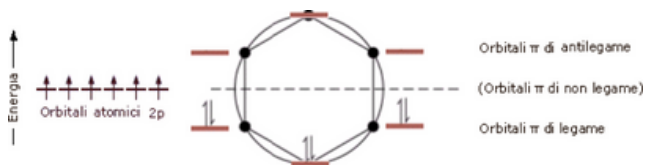
In altre parole, per soddisfare la condizione di aromaticità secondo la regola di Hückel, il numero di elettroni  $\pi$  nell'anello deve essere 2, 6, 10, 14, 18, ecc. Questi valori corrispondono a "n" che può essere 0, 1, 2, 3, 4, ecc. L'aggiunta di 2 elettroni  $\pi$  alla regola  $(4n + 2)$  è ciò che distingue un sistema aromatico da uno antiaromatico. Se il numero di elettroni  $\pi$  è uguale a  $4n$ , l'anello è antiaromatico e generalmente meno stabile.

Ecco alcuni esempi per chiarire la regola di Hückel:

1. Il benzene ha un anello esagonale con 6 elettroni  $\pi$  (3 doppi legami), il che soddisfa la condizione  $(4n + 2)$  con  $n = 1$ . Quindi, il benzene è aromatico.
2. L'anione ciclopentadienile ( $C_5H_5^-$ ) ha 6 elettroni  $\pi$ , soddisfacendo nuovamente la condizione  $(4n + 2)$  con  $n = 1$ . Quindi, il ciclopentadienile è aromatico.
3. L'anione ciclobutadienile ( $C_4H_4^-$ ) ha 4 elettroni  $\pi$ , il che soddisfa la condizione  $(4n + 2)$  con  $n = 0$ . Tuttavia, il ciclobutadienile è antiaromatico.
4. L'anione ciclooctatetraene ( $C_8H_8^-$ ) ha 10 elettroni  $\pi$ , che soddisfano la condizione  $(4n + 2)$  con  $n = 2$ . Quindi, il ciclooctatetraene è aromatico.

La regola di Hückel è utile per determinare se un sistema ciclico coniugato di atomi di carbonio forma un sistema aromatico stabile o meno. Gli anelli aroma-

-tici sono spesso caratterizzati da una maggiore stabilità e reattività unica, il che li rende importanti nella chimica organica.



*Esempio della regola con il benzene*

## NOMENCLATURA DEGLI ARENI

La **nomenclatura degli areni**, come quella di altri composti organici, segue le regole della IUPAC (Unione Internazionale di Chimica Pura e Applicata). In particolare, si procede nel seguente modo:

1. **Nome del benzene:** Il benzene, che è l'idrocarburo aromatico più semplice, è chiamato semplicemente "benzene" come nome di base. È il punto di partenza per la nomenclatura degli altri derivati aromatici.
2. **Sostituenti:** Quando si aggiungono gruppi funzionali o sostituenti all'anello del benzene, si elencano in ordine alfabetico, preceduti dal loro numero di posizione rispetto all'anello. Il numero 1 è assegnato a uno qualsiasi dei sei atomi di carbonio dell'anello, e gli altri numeri di posizione sono assegnati in base alla posizione relativa dei sostituenti.
3. **Prefissi:** I prefissi che indicano il numero di sostituenti identici possono essere aggiunti davanti al nome del benzene. Ad esempio, se hai due gruppi metile ( $-\text{CH}_3$ ) legati all'anello del benzene, il prefisso "di" indica la presenza di due gruppi metile e il nome sarà "dimetilbenzene."
4. **Indicazione dell'aromaticità:** Poiché gli anelli aromatici sono riconosciuti come tali dalla loro formula chimica e dalla loro struttura, non è necessario aggiungere il termine "aromatico" nel nome.

### **Esempio:**

- Il toluene è il nome del benzene con un gruppo metile ( $-\text{CH}_3$ ) come sostituente.
- L'anilina è il nome del benzene con un gruppo amminico ( $-\text{NH}_2$ ) come sostituente.
- Il nitrobenzene è il benzene con un gruppo nitro ( $-\text{NO}_2$ ) come sostituente.

## **REAZIONI DEL BENZENE**

Il **benzene**, un idrocarburo aromatico, ha una struttura altamente stabile grazie alla risonanza dei suoi elettroni  $\pi$  nell'anello, il che lo rende **molto meno reattivo** rispetto ad altri idrocarburi. Le reazioni del benzene coinvolgono spesso la preservazione dell'anello aromatico. Ecco alcune delle reazioni più comuni del benzene:

- **Sostituzione elettrofila aromatica (SEAr):** Questa è la reazione più comune per il benzene. Coinvolge la sostituzione di un idrogeno dell'anello del benzene con un gruppo funzionale attraverso un meccanismo di elettrofilia. Ad esempio, la nitratura del benzene comporta l'aggiunta di un gruppo nitro ( $-\text{NO}_2$ ) all'anello.
- **Alchilazione di Friedel-Crafts:** In questa reazione, un gruppo alchile viene aggiunto all'anello del benzene utilizzando un catalizzatore di Lewis come cloruro di alluminio. Questa reazione è utile per la sintesi di composti organici aromatici sostituiti.
- **Alogenazione di Friedel-Crafts:** In questa reazione, un atomo di idrogeno nell'anello del benzene viene sostituito con un atomo di cloro o bromo. Questa reazione è simile all'alchilazione di Friedel-Crafts ma coinvolge l'aggiunta di atomi di alogeno anziché gruppi alchilici.

- **Reazione di riduzione del benzene:** Questa reazione comporta la saturazione dell'anello del benzene, convertendolo in cicloesene o cicloesano. È una reazione difficile da ottenere a causa della stabilità dell'anello aromatico.
- **Reazioni di ossidazione:** Il benzene può subire ossidazione a formare fenolo o acido benzoico. Queste reazioni coinvolgono l'aggiunta di gruppi funzionali ossidrilici all'anello.
- **Reazioni di riduzione catalitica:** Il benzene può essere ridotto a cicloesene o cicloesano utilizzando catalizzatori specifici come il platino o il palladio. Queste reazioni sono importanti per la sintesi di molecole aromatiche più complesse.

## REATTIVITÀ E REGIOSELETTIVITÀ DELLA EAS

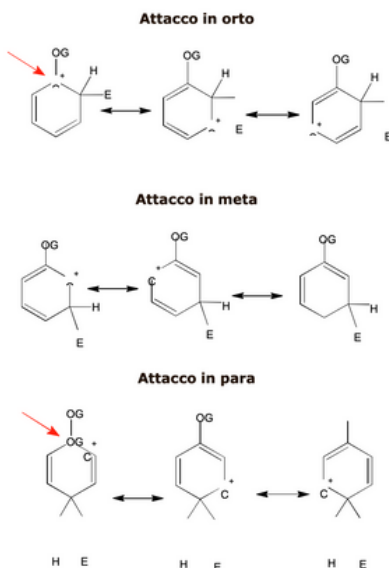
La **reattività** e la **regioselettività della Sostituzione Elettrofila Aromatica (EAS)** nei composti aromatici, come il benzene, sono influenzate dalla presenza di gruppi sostituenti sull'anello aromatico. Gli effetti dei gruppi sostituenti possono essere divisi in due categorie principali: gruppi attivanti e gruppi disattivanti. Questi gruppi influenzano la velocità delle reazioni EAS e la posizione in cui si verificano le sostituzioni. Ecco come funzionano:

- **Gruppi attivanti:** Questi gruppi, come il gruppo metile ( $-CH_3$ ), l'ammino ( $-NH_2$ ), l'idrossile ( $-OH$ ) e altri, aumentano la reattività dell'anello aromatico verso la Sostituzione Elettrofila Aromatica. Questo significa che rendono la reazione più veloce rispetto al benzene non sostituito. Gli elettroni donati da questi gruppi all'anello attraverso il risonante delocalizzato aumentano la densità di elettroni nell'anello, rendendo l'anello più ricco di elettroni e

quindi più nucleofilo. Inoltre, questi gruppi dirigono l'attacco elettrofilo verso le posizioni orto o para rispetto al gruppo attivante. Ad esempio, il toluene (metiltoluene) subisce preferibilmente sostituzioni nelle posizioni orto e para rispetto al gruppo metile.

- **Gruppi disattivanti:** Questi gruppi, come il gruppo nitro ( $-\text{NO}_2$ ), il gruppo ciano ( $-\text{CN}$ ), il gruppo chetone ( $-\text{COR}$ ), e altri, diminuiscono la reattività dell'anello aromatico. Essi rimuovono la densità di elettroni dall'anello, rendendolo meno nucleofilo. Di conseguenza, le reazioni EAS sono più lente rispetto al benzene non sostituito. Inoltre, questi gruppi dirigono l'attacco elettrofilo verso la posizione meta rispetto al gruppo disattivante. Ad esempio, il nitrobenzene subisce preferibilmente sostituzioni nella posizione meta rispetto al gruppo nitro.
- **Gruppi neutri o debolmente attivanti:** Alcuni gruppi, come il gruppo alchile ( $-\text{R}$ ) o l'alchossi ( $-\text{OR}$ ), hanno un effetto meno pronunciato sulla reattività dell'anello rispetto ai gruppi attivanti o disattivanti forti. Questi gruppi possono avere effetti leggermente attivanti o disattivanti a seconda delle circostanze specifiche.

In sintesi, la presenza di gruppi sostituenti su un anello aromatico influenza la reattività e la regioselettività delle reazioni EAS. I gruppi attivanti aumentano la reattività e dirigono l'attacco elettrofilo verso le posizioni **orto** o **para**, mentre i gruppi disattivanti diminuiscono la reattività e dirigono l'attacco elettrofilo verso la posizione **meta**. Questi concetti sono fondamentali per comprendere e predire il comportamento delle reazioni EAS nei composti aromatici sostituiti.



## REAZIONI DEGLI ALCHILBENZENI

Le **reazioni degli alchilbenzeni** sono processi chimici che coinvolgono un anello benzenico con gruppi alchilici legati ad esso. Questi gruppi alchilici possono subire diverse trasformazioni chimiche. Di seguito, spiegherò tre reazioni comuni che coinvolgono gli alchilbenzeni:

- **Alogenazione radicalica degli alchilbenzeni:**

- **Descrizione:** In questa reazione, un gruppo alchilico legato all'anello benzenico subisce l'aggiunta di atomi di cloro o bromo in condizioni radicaliche.

- **Meccanismo:** La reazione avviene in presenza di una fonte di radicali liberi, come l'azoto ( $N_2$ ) o la luce ultravioletta (UV). Il radicale libero ( $Cl\cdot$  o  $Br\cdot$ ) attacca il gruppo alchilico, sostituendo un idrogeno con l'atomo di cloro o bromo. La reazione può continuare con l'aggiunta di ulteriori atomi di cloro o bromo, a seconda delle condizioni.

**Esempio:**

La clorurazione di un alchilbenzene, come il toluene, può produrre clorotoluene.

- **Ossidazione degli alchilbenzeni:**

- **Descrizione:** Questa reazione coinvolge l'ossidazione del gruppo alchilico legato all'anello benzenico per convertirlo in un gruppo funzionale diverso.

- **Meccanismo:** La reazione di ossidazione può essere eseguita utilizzando reagenti ossidanti, come il permanganato di potassio ( $\text{KMnO}_4$ ) o il dicromato di potassio ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ). Il gruppo alchilico può essere convertito in un gruppo carbossilico ( $-\text{COOH}$ ) o in altri gruppi funzionali ossidati.

**Esempio:** L'ossidazione del gruppo metilico ( $-\text{CH}_3$ ) in un toluene può produrre acido benzoico ( $-\text{COOH}$ ).

- **Sostituzione nucleofila degli alogenuri benzilici:**

- **Descrizione:** In questa reazione, un alogenuro legato all'anello benzenico, noto come alogenuro benzilico, viene sostituito da un nucleofilo in una reazione di sostituzione nucleofila.

- **Meccanismo:** L'alogenuro benzilico può reagire con un nucleofilo, come l'idrossido ( $-\text{OH}$ ) o l'amminio ( $-\text{NH}_2$ ), in presenza di una base forte. La base rimuove il gruppo alogeno, creando un sito reattivo e favorendo l'attacco nucleofilo. La reazione produce un nuovo composto in cui l'alogenuro benzilico è stato sostituito dal nucleofilo.

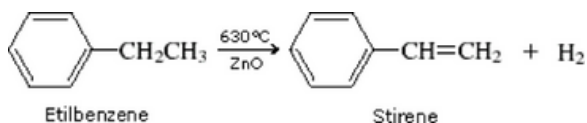
**Esempio:** La sostituzione nucleofila di un cloruro benzilico con l'idrossido di sodio ( $\text{NaOH}$ ) può produrre fenolo.

Queste sono solo alcune delle reazioni comuni che coinvolgono gli alchilbenzeni. Le reazioni degli alchilbenzeni sono importanti in chimica organica e possono portare alla sintesi di una varietà di composti chimici utili.

# SINTESI E REAZIONI DEGLI ALCHILBENZENI

Gli **alchenilbenzeni** possono essere preparati utilizzando vari metodi, tra cui la deidrogenazione, la disidratazione e la deidroalogenazione.

La **deidrogenazione** è comunemente utilizzata nell'industria per convertire l'etilbenzene in stirene, ma raramente viene utilizzata in laboratorio. Per la sintesi in laboratorio, vengono invece utilizzate la disidratazione acido-catalizzata di un alcol benzilico o la deidroalogenazione di un alogenuro benzilico tramite reazioni di eliminazione E2.



Gli alchenilbenzeni reagiscono principalmente come alcheni. L'aggiunta di idrogeno alla catena laterale avviene più facilmente rispetto all'aggiunta all'anello aromatico, consentendo una selettività elevata. Il doppio legame nella catena alchenilica subisce reazioni di addizione elettrofila, e la regioselettività di queste reazioni è influenzata dalla capacità dell'anello aromatico di stabilizzare un carbocatione adiacente. Ad esempio, nell'aggiunta dell'acido cloridrico all'indene, si forma solo l'isomero 1-Cloroindano, poiché l'aggiunta avviene in modo tale da formare un carbocatione benzilico più stabile.

In presenza di perossidi, l'acido bromidrico si aggiunge al doppio legame dello stirene con una regioselettività anti-Markovnikov. Questa reazione è una reazione di addizione radicalica, e la regioselettività è determinata dalla formazione del radicale più stabile, che è il radi-

-cale benzenico. Il polistirene, un materiale plastico ampiamente utilizzato, può essere sintetizzato attraverso la polimerizzazione dello stirene, che è una reazione a catena radicalica simile alla polimerizzazione dell'etene (polietilene).

# ALOGENURI



Gli **alogenuri**, noti anche come derivati degli alogeni, sono composti chimici che contengono atomi di alogeni come fluoro (F), cloro (Cl), bromo (Br) o iodio (I) legati ad altri elementi. Questi composti derivano dai corrispondenti alogeni attraverso reazioni di sostituzione o altri processi chimici. Gli alogenuri possono essere divisi in diverse categorie a seconda del tipo di legame tra l'atomo di alogeno e l'altro elemento:

1. **Alogenuri alchilici**: Questi composti sono costituiti da un atomo di alogeno legato a un gruppo alchilico (un gruppo organico derivato da un alcano). Ad esempio, il clorometano ( $\text{CH}_3\text{Cl}$ ) è un alogenuro alchilico in cui un atomo di cloro è legato a un gruppo metilico.

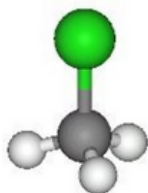
2. **Alogenuri arilici**: In questi composti, un atomo di alogeno è legato a un anello aromatico, come il benzene o un suo derivato. Ad esempio, il clorobenzene ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$ ) è un alogenuro arilico in cui un atomo di cloro è legato a un anello benzilico.

3. **Alogenuri acilici**: Questi composti presentano un atomo di alogeno legato a un gruppo acilico, che è un gruppo organico derivato da un acido carbossilico. Ad esempio, l'acido acetico può formare il cloruro di acetile ( $\text{CH}_3\text{COCl}$ ), che è un alogenuro acilico.

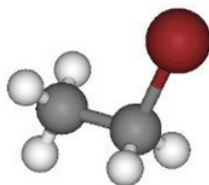
4. **Alogenuri di allile**: In questi composti, l'atomo di alogeno è legato a un gruppo allile, che è un gruppo organico con una struttura specifica. Un esempio è il cloruro di allile ( $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2\text{Cl}$ ).

Gli alogenuri sono importanti in chimica organica e vengono utilizzati in una varietà di reazioni chimiche, inclusa la sintesi di altri composti organici, la produzione di farmaci e la chimica industriale. La loro reattività è spesso determinata dalla polarità del legame tra l'atomo di alogeno e l'altro elemento, con gli

alogenuri fluorurati generalmente più reattivi rispetto a quelli clorurati, bromurati o iodurati.



*Clorometano*



*Bromoetano*

## NOMENCLATURA DEGLI ALOGENURI

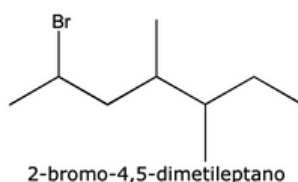
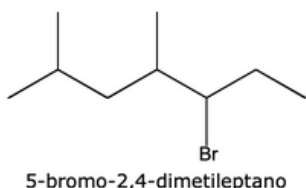
La nomenclatura IUPAC degli alogenuri, o dei composti contenenti atomi di alogeno (come fluoro, cloro, bromo o iodio), segue alcune regole fondamentali:

1. **Identifica il gruppo principale:** Determina il gruppo principale della molecola, cioè la catena di atomi di carbonio più lunga che contiene l'atomo di alogeno. Questo gruppo principale darà il nome radicale alla molecola.
2. **Conta gli atomi di carbonio:** Conta il numero di atomi di carbonio nella catena principale e identifica il nome del radicale corrispondente. Ad esempio, un gruppo di tre atomi di carbonio è noto come "propyl" e uno di quattro come "butyl".
3. **Identifica l'alogenuro:** Specifica il tipo di alogeno presente nella molecola (F, Cl, Br o I) e aggiungi il suffisso "uro" all'elemento alogeno. Ad esempio, il fluoro diventa "fluoruro", il cloro diventa "cloruro", il bromo diventa "bromuro" e l'iodio diventa "ioduro".
4. **Numerazione della catena:** Se la molecola ha più di un gruppo di alogeno o altri sostituenti, numerare la catena principale in modo che gli atomi di alogeno abbiano i numeri più bassi possibile. Questi numeri vengono posti tra parentesi e separati da virgole.
5. **Ordine alfabetico:** Se ci sono più gruppi sostituenti,

elenca i loro nomi in ordine alfabetico, ignorando i prefissi "di-", "tri-", ecc. Ad esempio, "bromo" viene prima di "cloro".

6. **Aggiungi il prefisso del sostituito:** Aggiungi il nome del sostituito al nome del radicale principale, separandoli con un trattino. Utilizza il numero dell'atomo di carbonio in cui è legato il sostituito per indicare la posizione.

### **Esempio**



## **PREPARAZIONE DEGLI ALOGENURI ALCHILICI**

La preparazione degli **alogenuri alchilici**, o dei composti organici che contengono legami carbonio-alogeno (come fluoro, cloro, bromo o iodio), può avvenire attraverso diverse reazioni.

1. **Alogenazione diretta degli alcani:** Gli alcani, che sono idrocarburi saturi, possono subire alogenazione diretta con alogeni elementari ( $F_2$ ,  $Cl_2$ ,  $Br_2$ ,  $I_2$ ) in presenza di luce o calore. Questa reazione sostituisce un atomo di idrogeno con un alogeno nell'alcano. Ad esempio, il metano ( $CH_4$ ) può subire alogenazione diretta per formare il clorometano ( $CH_3Cl$ ).

2. **Alogenazione degli alcheni:** Gli alcheni, che contengono un doppio legame carbonio-carbonio,

possono subire l'addizione di acidi alogenidrici (H-X) per formare alogenuri alchilici. Ad esempio, l'etilene (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) può subire l'addizione di acido cloridrico (HCl) per formare il cloruro di etile (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>Cl).

3. **Addizione di acidi alogenidrici agli alchini:** Gli alchini, che contengono un triplo legame carbonio-carbonio, possono anche subire l'addizione di acidi alogenidrici (H-X) per formare alogenuri alchilici. Questa reazione può essere regioselettiva e anti-Markovnikov, dove l'alogenuro si lega all'atomo di carbonio meno sostituito del triplo legame. Ad esempio, il propino (C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>) può subire l'addizione di acido bromidrico (HBr) per formare il 1-bromopropano (C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>Br).

4. **Sostituzione del gruppo -OH degli alcoli:** Gli alcoli, che contengono il gruppo funzionale -OH, possono subire la sostituzione del gruppo -OH con un alogeno tramite reazioni di sostituzione nucleofila. Ad esempio, il metanolo (CH<sub>3</sub>OH) può subire la sostituzione del gruppo -OH con cloruro di tionile (SOCl<sub>2</sub>) per formare il cloruro di metile (CH<sub>3</sub>Cl).

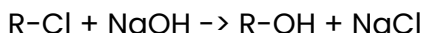
In generale, la preparazione degli alogenuri alchilici può avvenire attraverso una varietà di reazioni chimiche che coinvolgono alcani, alcheni, alchini e alcoli. La scelta del metodo dipenderà dalla struttura del composto di partenza e dall'alogenuro alchilico desiderato.

## REAZIONE DEGLI ALOGENO-DERIVATI

Le reazioni degli alogeno derivati, o degli alogenuro alchilici, sono una categoria di reazioni chimiche che coinvolgono composti organici contenenti atomi di a-

-logeno (fluoro, cloro, bromo o iodio) legati a molecole alchiliche. Queste reazioni sono importanti nella chimica organica e consentono di sintetizzare nuovi composti organici o di modificarne la struttura. Ecco alcune delle reazioni più comuni che coinvolgono gli alogeno derivati:

- **Sostituzione nucleofila:** In questa reazione, un nucleofilo (un'entità con una coppia di elettroni non condivisa) attacca l'atomo di alogeno e sostituisce il gruppo alogeno con un nuovo gruppo funzionale. Ad esempio, nella sostituzione nucleofila di un cloruro alchilico con idrossido di sodio (NaOH), si forma un alcol:



- **Eliminazione:** In queste reazioni, un alogeno derivato subisce l'eliminazione di un gruppo (solitamente un atomo di idrogeno) per formare un alchene. La reazione più comune è l'eliminazione E2, in cui avviene l'eliminazione di un atomo di idrogeno e di un alogeno simultaneamente, formando un doppio legame carbonio-carbonio.
- **Alogenazione radicalica:** In questa reazione, un alogeno derivato reagisce con radicali liberi (atomi o gruppi di atomi con un elettrone non appaiato) per sostituire un atomo di idrogeno con un alogeno. Questa è una reazione radicale ed è spesso utilizzata per la bromurazione o la clorurazione di alcani o alcheni.
- **Riduzione:** Gli alogeno derivati possono subire riduzione per formare un alogeno derivato meno sostituito. Ad esempio, un chetone può essere ridotto a un'aldeide o a un alcol mediante una varietà di reagenti riducenti.
- **Sostituzione elettrofila aromatica (SEAr):** Gli alogeno derivati possono partecipare a reazioni di

sostituzione elettrofila all'interno di anelli aromatici. Ad esempio, il clorobenzene può subire una SEAr per formare il nitroclorobenzene.

- **Reazioni di Grignard:** Gli alogeno derivati possono essere utilizzati nella preparazione di reattivi di Grignard, che sono composti organometallici altamente reattivi. Questi reattivi sono ampiamente utilizzati per la sintesi di vari composti organici.
- **Sostituzione nucleofila acilica:** Questa reazione coinvolge un alogeno derivato di un acido carbossilico (come un cloruro acilico) e un nucleofilo, portando alla sostituzione del gruppo alogeno con un gruppo nucleofilo.

Le reazioni degli alogeno derivati sono fondamentali in chimica organica e consentono agli scienziati di manipolare e sintetizzare una vasta gamma di composti organici con diverse strutture e proprietà. La scelta della reazione dipende dalla struttura del composto di partenza e dal prodotto desiderato.

## ALOGENO DERIVATI INSATURI

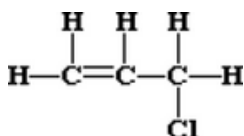
Gli **alogeno derivati insaturi** sono una categoria di composti organici che presentano una combinazione di caratteristiche chimiche interessanti. Questi composti contengono atomi di alogeno (come fluoro, cloro, bromo o iodio) legati a molecole insature, ovvero molecole che contengono legami doppi o tripli tra gli atomi di carbonio.

Ci sono alcune caratteristiche chiave da considerare riguardo agli alogeno derivati insaturi:

- **Stabilità dei legami doppi e tripli:** La presenza di legami doppi o tripli carbonio-carbonio rende questi composti più reattivi rispetto ai loro omologhi

saturi (cioè con legami singoli). I legami doppi e tripli sono meno stabili e più suscettibili alle reazioni chimiche.

- **Reazioni di addizione:** Gli alogeno derivati insaturi possono subire reazioni di addizione, in cui atomi o gruppi si legano al doppio o triplo legame carbonio-carbonio. Un esempio è l'idrogenazione, in cui l'idrogeno viene aggiunto per formare nuovi legami con il carbonio.
- **Elettrofilicità:** I legami doppi e tripli carbonio-carbonio sono zone di alta densità elettronica, rendendo questi composti altamente elettrofili. Ciò significa che sono inclini a reagire con nucleofili, come l'acqua o gli ioni idrossido.
- **Reazioni di radicali liberi:** Gli alogeno derivati insaturi possono subire reazioni radicaliche, in cui i radicali (coniugati di atomi con un elettrone non accoppiato) si legano ai legami doppi o tripli. Queste reazioni sono importanti in molte sintesi chimiche.
- **Poliaddizione:** Alcuni alogeno derivati insaturi sono utilizzati nella polimerizzazione, dove molte unità del composto si legano insieme per formare catene lunghe. Un esempio noto è il PVC, una plastica comune.
- **Tossicità e applicazioni industriali:** Mentre alcuni di questi composti possono essere tossici, sono utilizzati in numerose applicazioni industriali. Questi includono la produzione di plastica, gomma, resine e molti altri prodotti chimici.



*Cloruro di allile*

# ALOGENURI ARILICI

Gli **alogenuri arilici** sono una categoria di composti organici che affascina la chimica organica per la loro struttura unica e le loro interessanti proprietà chimiche. Cosa li rende così speciali?

Innanzitutto, il loro nome deriva dalla combinazione di due elementi chiave: il **gruppo arilico**, che è fondamentalmente un anello aromatico come il benzene o altre varianti, e l'**atomo di alogeno**, che può essere fluoro, cloro, bromo o iodio. Questa combinazione conferisce loro caratteristiche peculiari.

Il gruppo arilico è noto per la sua stabilità elettronica, grazie al fenomeno di risonanza all'interno dell'anello aromatico. Questa stabilità rende gli alogenuri arilici abbastanza unici nella loro reattività. Sono **elettrofili**, il che significa che tendono ad attrarre reagenti nucleofili, come l'idrossido o l'amminio, che possono attaccare l'atomo di alogeno. Queste reazioni di sostituzione nucleofila sono fondamentali nella sintesi chimica, consentendo di costruire molecole più complesse da unità più semplici.

Gli alogenuri arilici trovano applicazione in una vasta gamma di settori. Sono utilizzati come intermedi nella produzione di farmaci, pesticidi, coloranti, polimeri e molti altri composti chimici. La loro versatilità li rende preziosi strumenti per i chimici che lavorano per sviluppare nuovi prodotti chimici o sintetizzare molecole complesse.

Tuttavia, è importante notare che alcuni alogenuri arilici possono essere tossici o persino cancerogeni, quindi è cruciale trattarli con estrema cautela e seguire tutte le precauzioni necessarie quando si lavora con essi in laboratorio o in un contesto industriale.

In sintesi, gli alogenuri arilici rappresentano una parte

affascinante della chimica organica, con un'enorme importanza in vari campi industriali e un ruolo fondamentale nella sintesi di molecole complesse.