



# Fondamenti di chimica organica

**Janice Gorzynski Smith**  
*University of Hawai'i*

## **Capitolo 3**

# **Introduzione alle molecole organiche e ai gruppi funzionali**

**Prepared by Rabi Ann Musah**  
State University of New York at Albany

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

# Introduzione alle Molecole Organiche e ai Gruppi Funzionali



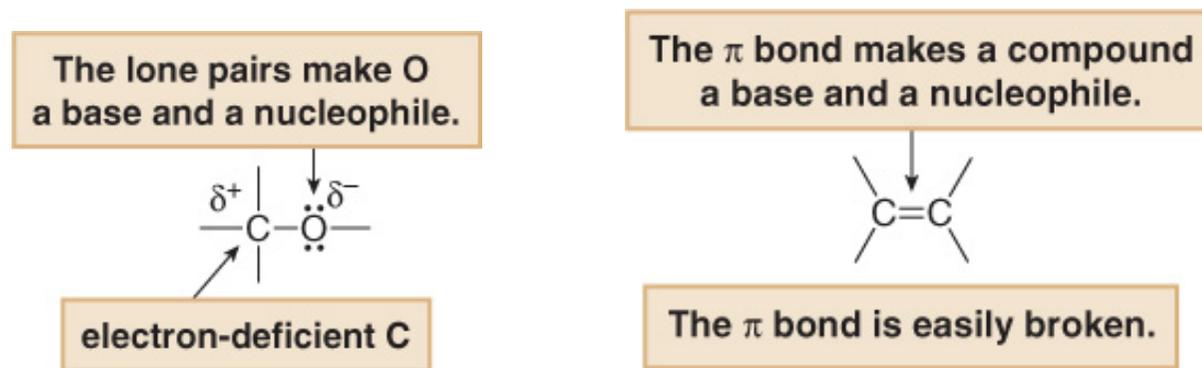
## Gruppi Funzionali

- **Un gruppo funzionale è un atomo o un gruppo di atomi con proprietà chimiche e fisiche tipiche. E' la parte reattiva della molecola.**
- **La maggior parte delle molecole organiche hanno legami C—C e C—H. Comunque, molte molecole organiche hanno anche altre caratteristiche strutturali:**
  - **Eteroatomi**— Atomi diversi dal carbonio o idrogeno.
  - **Legami  $\pi$**  — I legami  $\pi$  più comuni sono presenti nei doppi legami C—C e C—O.
  - **Queste caratteristiche strutturali distinguono una molecola organica da un'altra. Determinano inoltre la geometria della molecola, le sue proprietà fisiche, la reattività e includono quello che è chiamato gruppo funzionale.**

# Introduzione alle Molecole Organiche e ai Gruppi Funzionali

## Gruppi Funzionali

- Gli eteroatomi e i legami  $\pi$  conferiscono reattività ad una particolare molecola.
  - ➔ Gli eteroatomi hanno coppie solitarie e creano sul carbonio siti carenti di elettroni.
  - ➔ I legami  $\pi$  si rompono facilmente nelle reazioni chimiche. Un legame  $\pi$  fa della molecola una base e un nucleofilo.



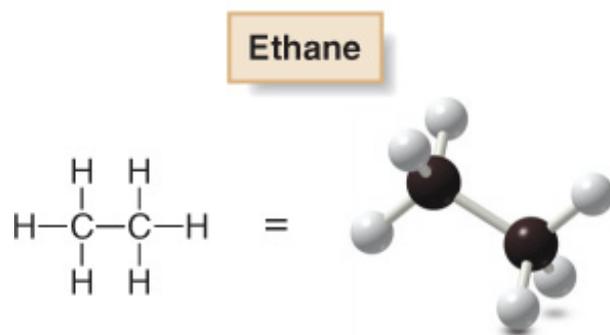
Non bisogna pensare che i legami C—C e C—H siano privi di importanza. Essi formano la spina dorsale carboniosa o lo scheletro al quale sono legati i gruppi funzionali.

# Introduzione alle Molecole Organiche e ai Gruppi Funzionali

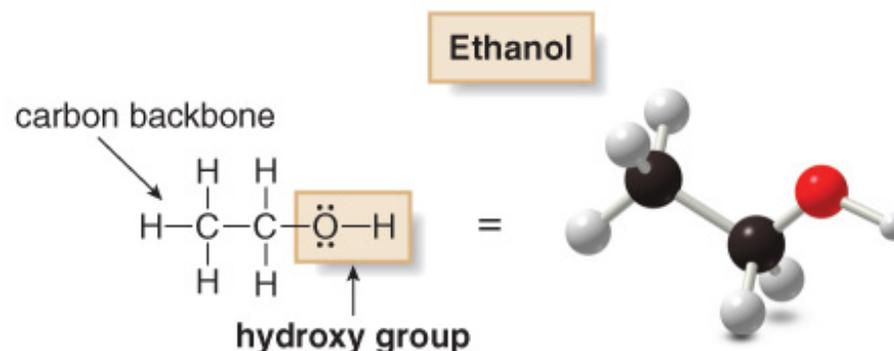
## Gruppi Funzionali



- **Etano:** Questa molecola ha solo legami C—C e C—H, quindi non ha gruppi funzionali. L'etano non ha legami polari, nessuna coppia solitaria, e nessun legame  $\pi$ , quindi non ha siti reattivi. Per questi motivi, l'etano e molecole simili sono molto poco reattive.
- **Etanolo:** Questa molecola ha un gruppo OH nel suo scheletro carbonioso. Questo gruppo funzionale è chiamato gruppo idrossi. L'etanolo ha coppie solitarie e legami polari che lo rendono reattivo con una grande varietà di reagenti.
  - ➔ Il gruppo idrossi rende le proprietà dell'etanolo molto diverse da quelle dell'etano.



- all C—C and C—H  $\sigma$  bonds
- no functional group



- polar C—O and O—H bonds
- two lone pairs



# Introduzione alle Molecole Organiche e ai Gruppi Funzionali

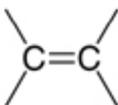
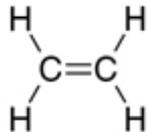
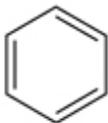
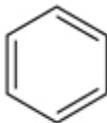
## Gruppi Funzionali

Gli idrocarburi sono composti costituiti solamente dagli elementi carbonio e idrogeno. Possono essere alifatici o aromatici.

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

**Table 3.1**

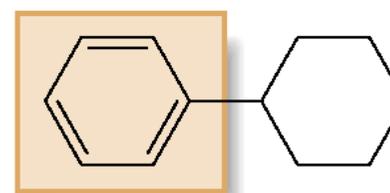
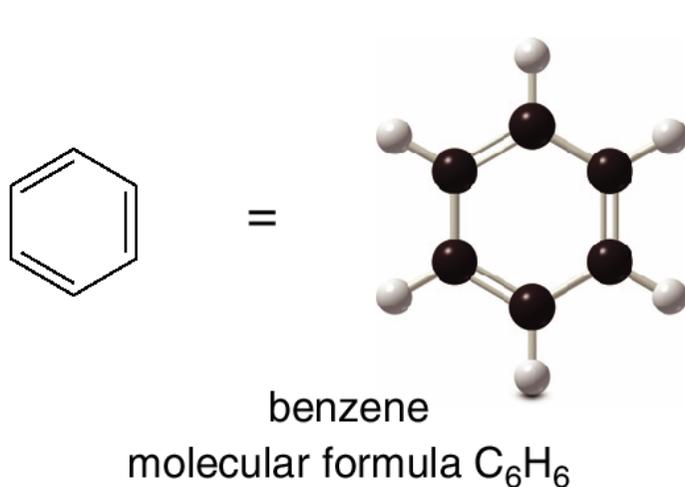
**Hydrocarbons**

Type of compound	General structure	Example	Functional group
Alkane	$R-H$	$CH_3CH_3$	--
Alkene			double bond
Alkyne	$-C\equiv C-$	$H-C\equiv C-H$	triple bond
Aromatic compound			phenyl group

# Introduzione alle Molecole Organiche e ai Gruppi Funzionali

## Gruppi Funzionali

- **Gli idrocarburi aromatici** sono chiamati così perchè molti dei primi composti aromatici conosciuti avevano un tipico odore forte.
- **L'idrocarburo aromatico più semplice è il benzene.** L'anello a sei termini e i tre legami  $\pi$  del benzene costituiscono un unico gruppo funzionale.
- Quando un anello benzenico si lega a un altro gruppo, viene chiamato **gruppo fenile**.



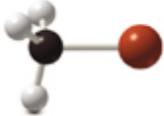
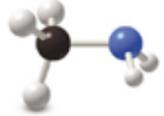
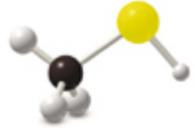
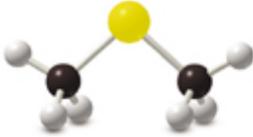
phenyl group  
 $C_6H_5-$   
phenylcyclohexane

# Introduzione alle Molecole Organiche e ai Gruppi Funzionali

## Gruppi Funzionali

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

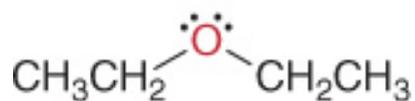
**Table 3.2** Compounds Containing C–Z  $\sigma$  Bonds

Type of compound	General structure	Example	3-D structure	Functional group
Alkyl halide	$R-\ddot{X}:$ (X = F, Cl, Br, I)	$CH_3-\ddot{Br}:$		–X halo group
Alcohol	$R-\ddot{O}H$	$CH_3-\ddot{O}H$		–OH hydroxy group
Ether	$R-\ddot{O}-R$	$CH_3-\ddot{O}-CH_3$		–OR alkoxy group
Amine	$R-\ddot{N}H_2$ or $R_2\ddot{N}H$ or $R_3\ddot{N}$	$CH_3-\ddot{N}H_2$		–NH <sub>2</sub> amino group
Thiol	$R-\ddot{S}H$	$CH_3-\ddot{S}H$		–SH mercapto group
Sulfide	$R-\ddot{S}-R$	$CH_3-\ddot{S}-CH_3$		–SR alkylthio group

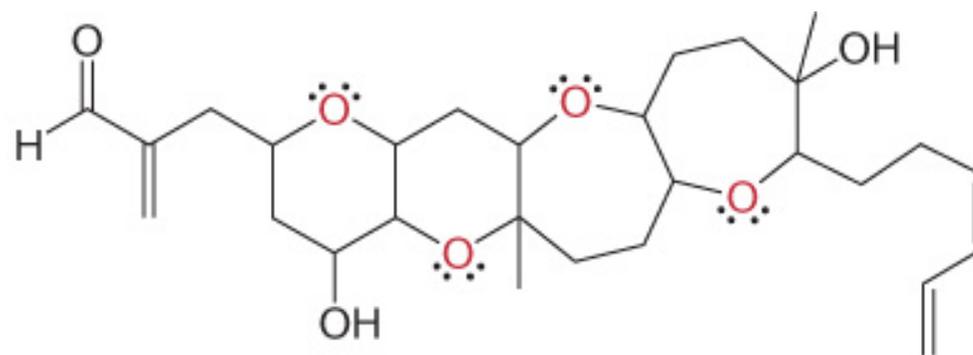
# Introduzione alle Molecole Organiche e ai Gruppi Funzionali

## Gruppi Funzionali

### Esempi di Molecole contenenti legami $\sigma$ C-Z



diethyl ether



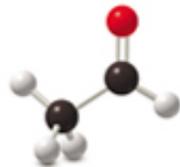
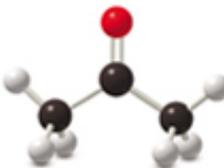
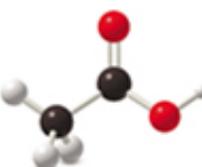
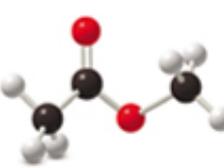
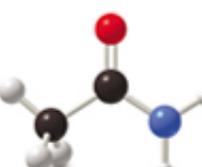
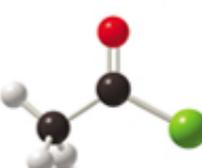
hemibrevetoxin B

# Gruppi Funzionali

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



**Table 3.3** Compounds Containing a C=O Group

Type of compound	General structure	Example	3-D structure	Functional group
Aldehyde	$\begin{array}{c} \text{:O:} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{:O:} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{H} \end{array}$		C=O carbonyl group
Ketone	$\begin{array}{c} \text{:O:} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{R} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{:O:} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_3 \end{array}$		C=O carbonyl group
Carboxylic acid	$\begin{array}{c} \text{:O:} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\ddot{\text{O}}\text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{:O:} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{C}-\ddot{\text{O}}\text{H} \end{array}$		-COOH carboxy group
Ester	$\begin{array}{c} \text{:O:} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\ddot{\text{O}}\text{R} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{:O:} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{C}-\ddot{\text{O}}\text{CH}_3 \end{array}$		-COOR
Amide	$\begin{array}{c} \text{:O:} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{N}(\text{H or R})_2 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{:O:} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{NH}_2 \end{array}$		-CONH <sub>2</sub> , -CONHR, or -CONR <sub>2</sub>
Acid chloride	$\begin{array}{c} \text{:O:} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\ddot{\text{C}}\text{:} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{:O:} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{C}-\ddot{\text{C}}\text{:} \end{array}$		-COCl

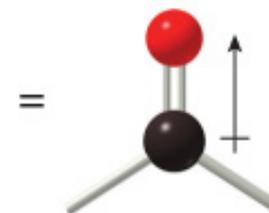
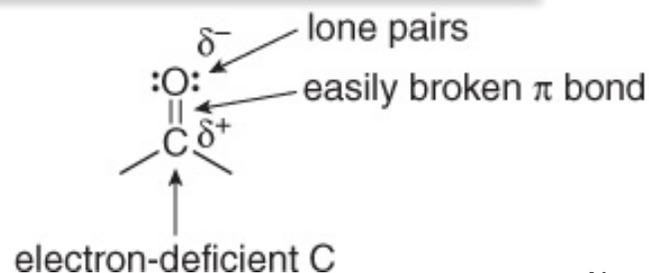
# Introduzione alle Molecole Organiche e ai Gruppi Funzionali

## Gruppi Funzionali

### Composti Contendenti il gruppo C=O:

- Questo gruppo è chiamato “**gruppo carbonilico**”.
- Il legame polare C—O rende il carbonio carbonilico un elettrofilo, mentre le coppie solitarie sull’O gli permettono di reagire come un nucleofilo e come una base.
- Il gruppo carbonilico contiene inoltre un legame  $\pi$  che si rompe più facilmente di un legame  $\sigma$  C—O.

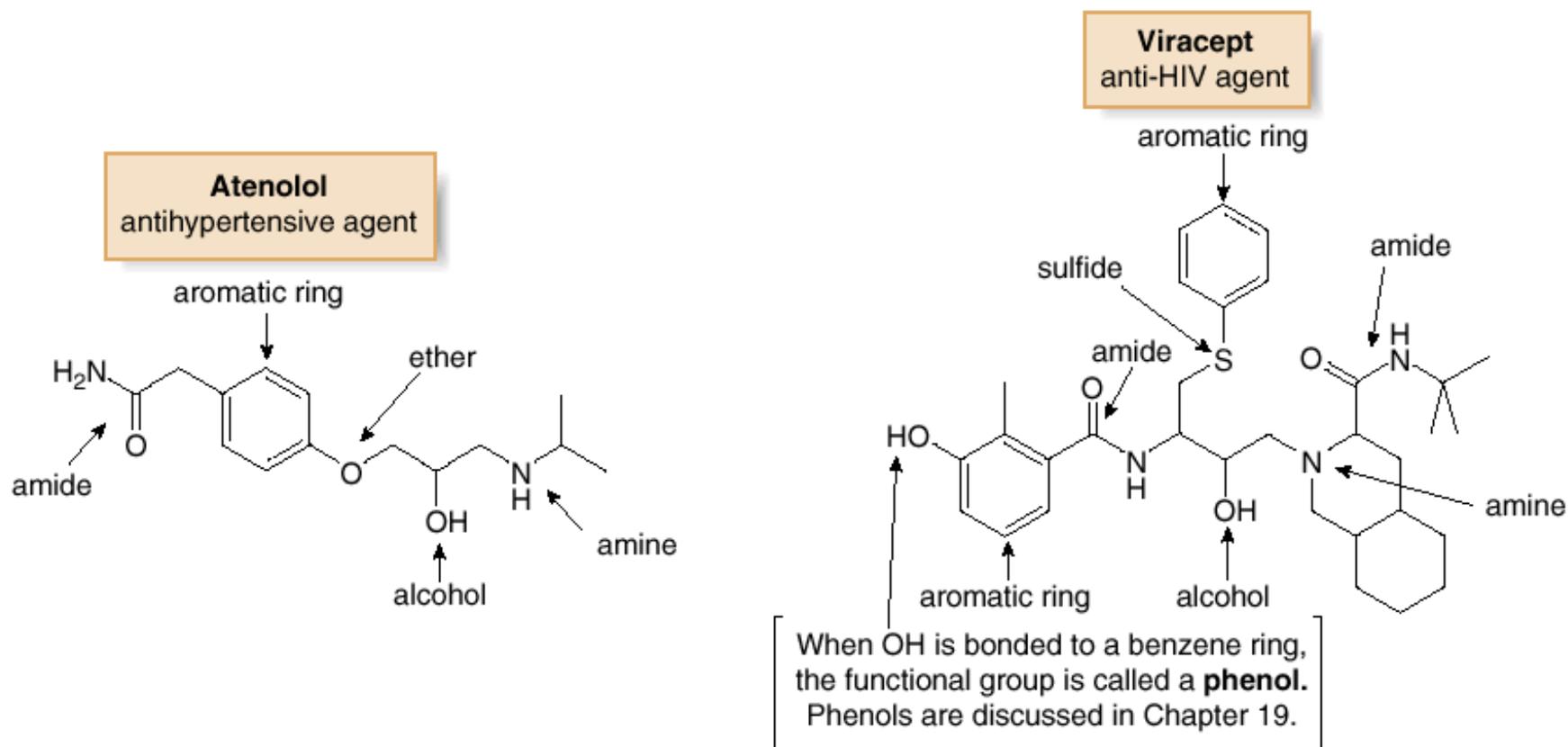
#### Reactive features of a carbonyl group



# Introduzione alle Molecole Organiche e ai Gruppi Funzionali

## Gruppi Funzionali

### Molecole Contendenti il Gruppo Funzionale C=O





# Introduzione alle Molecole Organiche e ai Gruppi Funzionali

## Gruppi Funzionali

L'importanza di un gruppo funzionale non deve essere sottovalutata.

Un gruppo funzionale determina tutte le seguenti proprietà di una molecola:

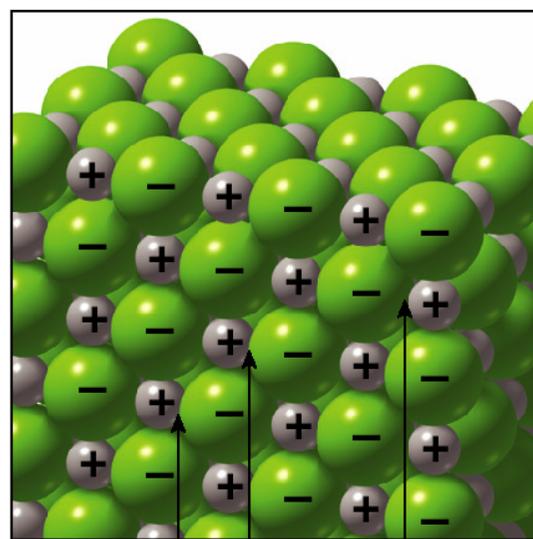
- Legami e forma
- Tipo e intensità delle forze intermolecolari
- Proprietà fisiche
- Nomenclatura
- Reattività chimica

# Introduzione alle Molecole Organiche e ai Gruppi Funzionali

## Forze Intermolecolari

- **Le forze intermolecolari sono le interazioni che esistono tra le molecole.** Un gruppo funzionale determina il tipo e l'intensità di queste interazioni.
- **Ci sono diversi tipi di interazioni intermolecolari.**
- **I composti ionici contengono particelle con carica di segno opposto, tenute insieme da interazioni elettrostatiche estremamente forti.** Queste interazioni ioniche sono molto più intense delle forze intermolecolari presenti tra le molecole covalenti.

Ion-ion interactions



strong electrostatic interaction

13



# Introduzione alle Molecole Organiche e ai Gruppi Funzionali

## Forze Intermolecolari

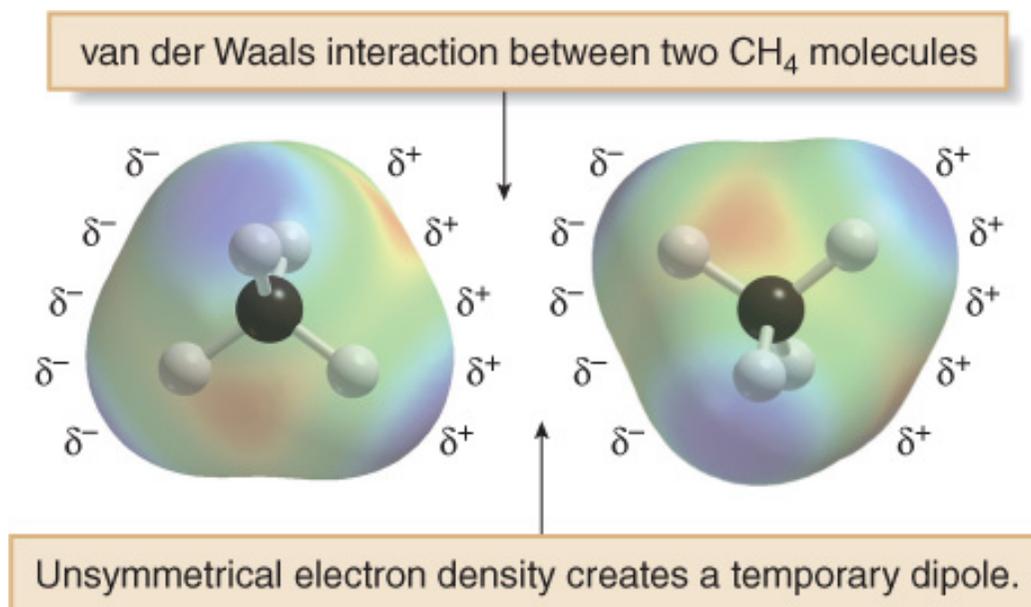
- I composti covalenti sono costituiti da molecole distinte.
- La natura delle forze esistenti tra le molecole dipende dal gruppo funzionale presente. Ci sono tre tipi diversi di interazione, elencati di seguito in ordine di intensità crescente:
  - forze di van der Waals
  - interazione dipolo-dipolo
  - legame a idrogeno

# Introduzione alle Molecole Organiche e ai Gruppi Funzionali

## Forze Intermolecolari—Forze di van der Waals

- Le forze di van der Waals sono anche chiamate di London.
- Sono interazioni deboli causate da variazioni momentanee nella densità elettronica di una molecola.
- Sono le sole forze attrattive presenti in composti non polari.

Benché una molecola di  $\text{CH}_4$  non abbia un dipolo netto, in qualsiasi istante la sua densità elettronica può non essere completamente simmetrica, creando un dipolo temporaneo. Ciò può indurre un dipolo temporaneo in un'altra molecola. Le interazioni deboli di questi dipoli temporanei costituiscono le forze di van der Waals.



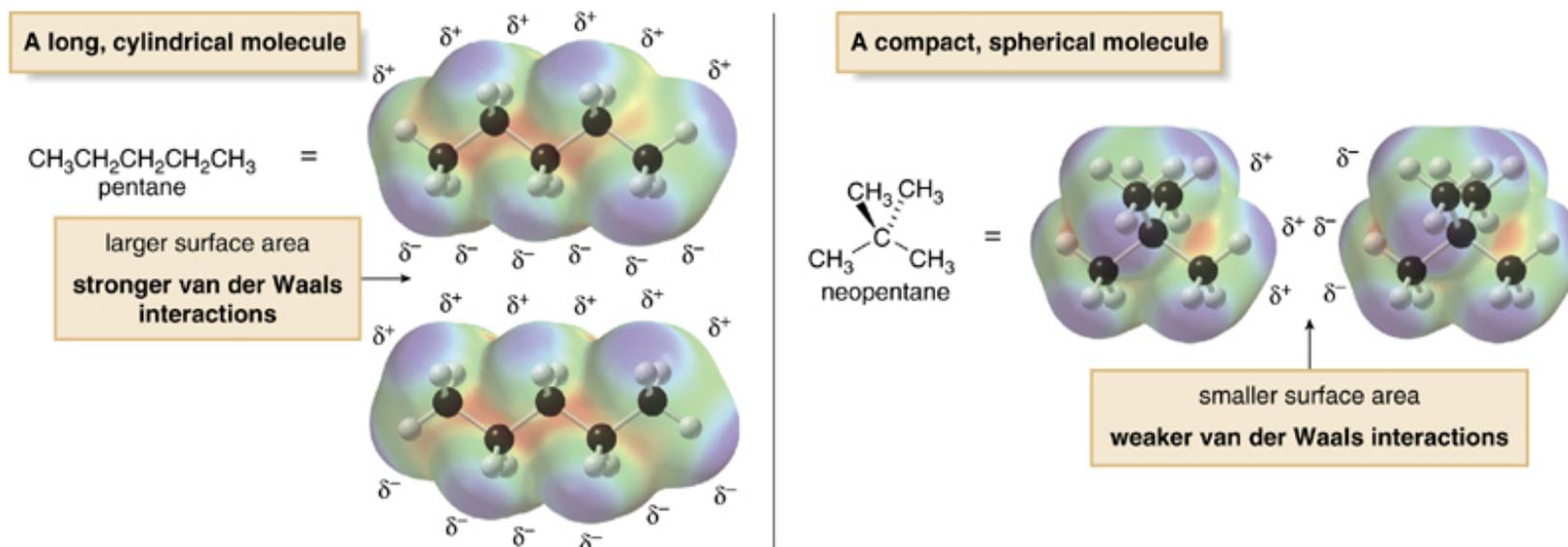
# Introduzione alle Molecole Organiche e ai Gruppi Funzionali

## Forze Intermolecolari—Forze di van der Waals

- Tutti i composti presentano forze di van der Waals.
- L'area della superficie di una molecola determina l'intensità delle interazioni di van der Waals tra le molecole. Più l'area della superficie è ampia, più la forza attrattiva tra due molecole è estesa, e più le forze intermolecolari sono intense.

Figura 3.1

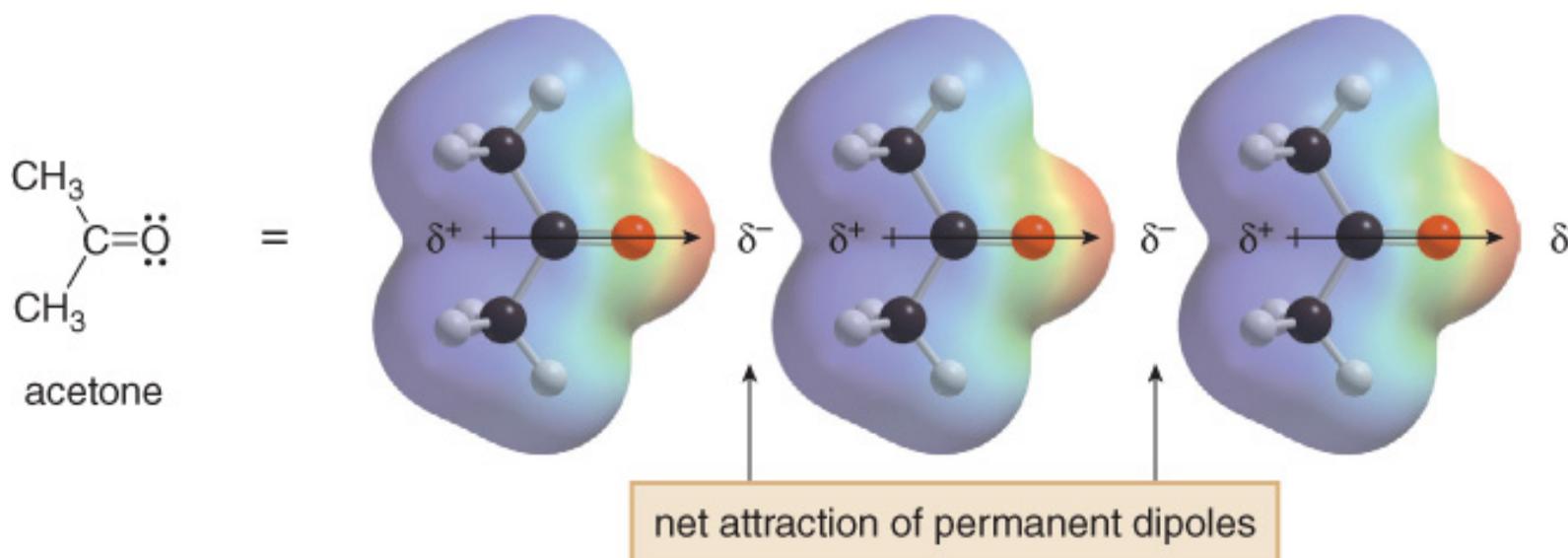
Area della superficie e forze di van der Waals



# Introduzione alle Molecole Organiche e ai Gruppi Funzionali

## Forze intermolecolari—Interazioni Dipolo-Dipolo

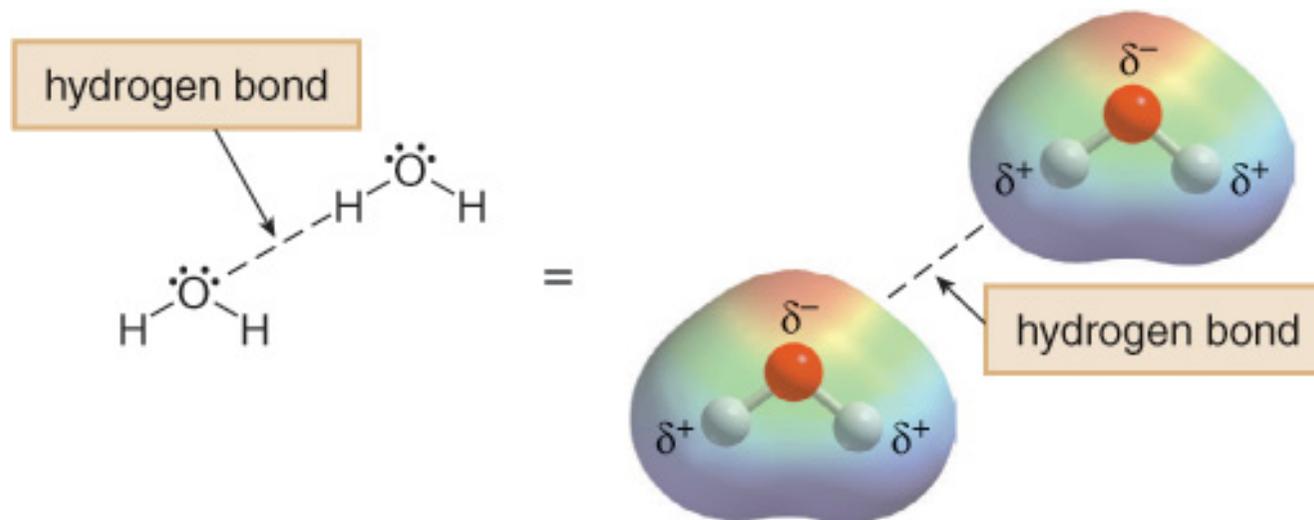
- Le interazioni dipolo—dipolo sono le forze di attrazione tra i dipoli permanenti di due molecole polari.
- Nell'acetone i dipoli di molecole adiacenti si allineano in modo tale che le cariche parzialmente negative e parzialmente positive siano strettamente ravvicinate. Queste forze attrattive causate da dipoli permanenti sono molto più forti rispetto alle deboli forze di van der Waals.



# Introduzione alle Molecole Organiche e ai Gruppi Funzionali

## Forze intermolecolari—Legame a idrogeno

- Il **legame a idrogeno** tipicamente si verifica quando un atomo di idrogeno legato a O, N, o F viene attratto elettrostaticamente da una coppia solitaria di elettroni su un atomo di O, N, o F di un'altra molecola.





# Introduzione alle Molecole Organiche e ai Gruppi Funzionali

## Forze intermolecolari—Legame a idrogeno

**Notare:** all'aumentare della polarità di una molecola organica, aumenta l'intensità delle sue forze intermolecolari.

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

**Table 3.4**

**Summary of Types of Intermolecular Forces**

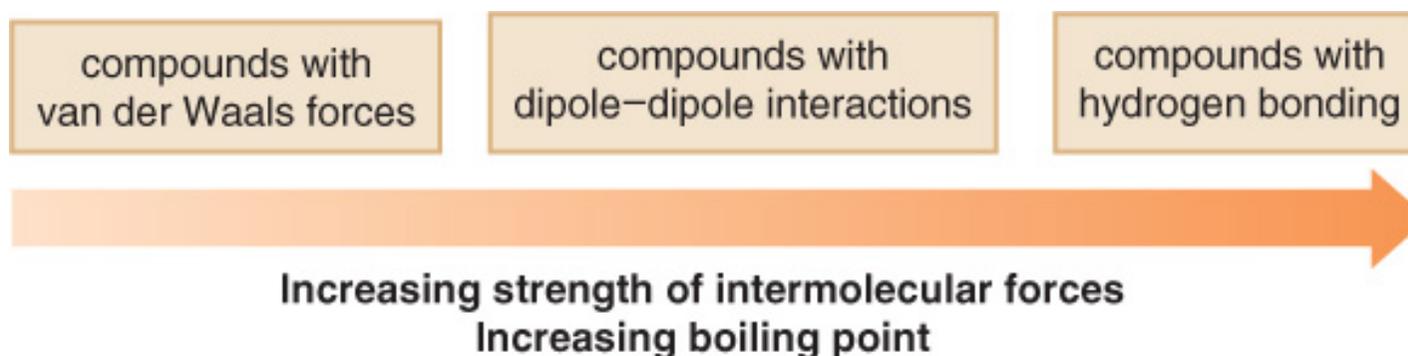
Type of force	Relative strength	Exhibited by	Example
van der Waals	weak	all molecules	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHO}$ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$
dipole–dipole	moderate	molecules with a net dipole	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHO}$ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$
hydrogen bonding	strong	molecules with an O–H, N–H, or H–F bond	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$
ion–ion	very strong	ionic compounds	NaCl, LiF



# Introduzione alle Molecole Organiche e ai Gruppi Funzionali

## Proprietà Fisiche—Punto di Ebollizione

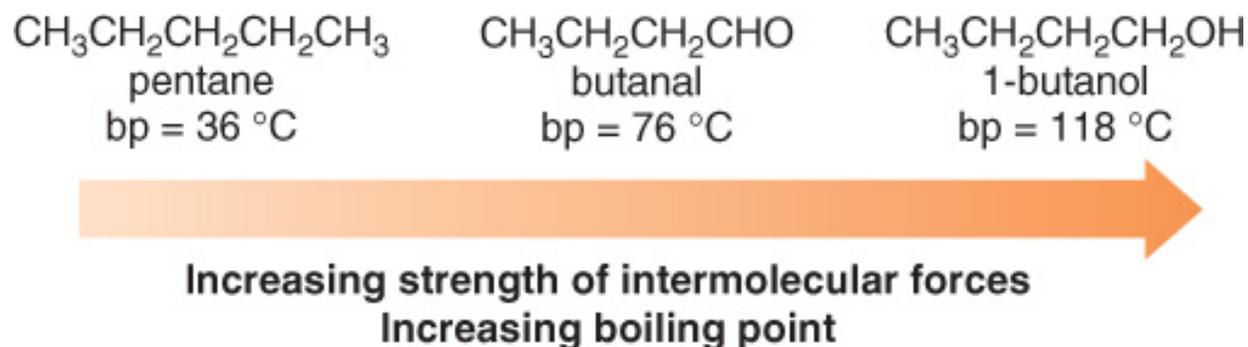
- Il punto di ebollizione di un composto è la temperatura alla quale un liquido si converte in fase vapore.
- Mentre il liquido bolle, serve energia per superare le forze attrattive nello stato liquido più ordinato.
- Più intense sono le forze intermolecolari, più il punto di ebollizione è alto.
- Per composti che hanno approssimativamente lo stesso peso molecolare:



# Introduzione alle Molecole Organiche e ai Gruppi Funzionali

## Proprietà Fisiche—Punto di Ebollizione

Considerare l'esempio seguente. Ricordare che l'intensità relativa delle forze intermolecolari aumenta dal pentano al butanale, all'1-butanolo. I punti di ebollizione di questi composti aumentano nello stesso ordine.



Per due composti con gruppi funzionali simili:

- Più estesa è l'area della superficie, più il punto di ebollizione è alto.
- Più gli atomi sono polarizzabili, più il punto di ebollizione è alto.



# Introduzione alle Molecole Organiche e ai Gruppi Funzionali

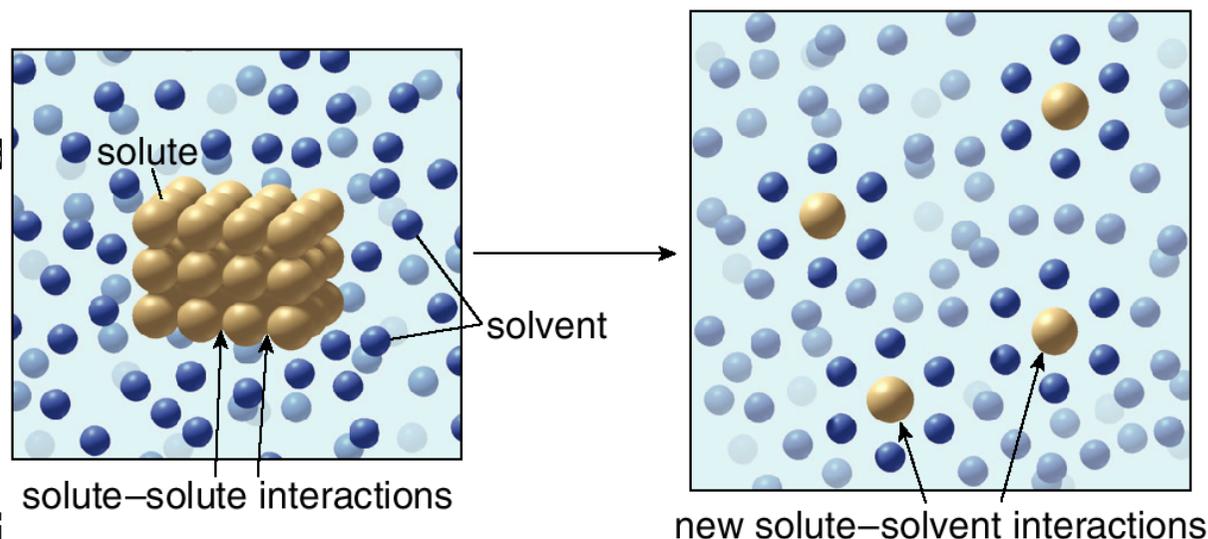
## Proprietà Fisiche—Punto di Fusione

- Il punto di fusione è la temperatura alla quale un solido si converte nella sua fase liquida.
- Mentre fonde, serve energia per superare le forze attrattive presenti nel solido cristallino più ordinato.
- Più intense sono le forze intermolecolari, più il punto di fusione è alto.
- Per uno stesso gruppo funzionale, più il composto è simmetrico, più il punto di fusione è alto.

# Introduzione alle Molecole Organiche e ai Gruppi Funzionali

## Proprietà Fisiche—Solubilità

- La solubilità è la misura in cui un composto, chiamato soluto, si scioglie in un liquido, chiamato solvente.
- Nel disciogliersi di un composto, l'energia necessaria per rompere le interazioni tra le molecole o gli ioni del soluto proviene da nuove interazioni tra il soluto e il solvente.



Energy comes from the new interactions of the solute with the solvent.



# Introduzione alle Molecole Organiche e ai Gruppi Funzionali

## Proprietà Fisiche—Solubilità

- I composti si disciolgono in solventi che hanno gli stessi tipi di forze intermolecolari.
- “Il simile scioglie il simile”
- Composti polari si sciolgono in solventi polari. Composti non polari o debolmente polari si sciolgono in solventi non polari o debolmente polari .



# Introduzione alle Molecole Organiche e ai Gruppi Funzionali

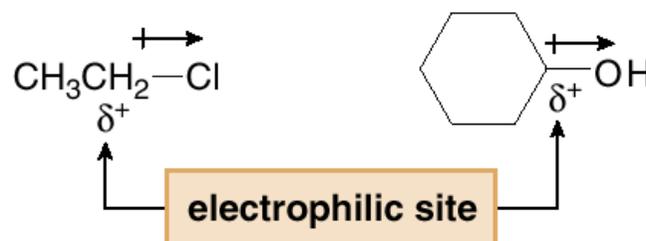
## Influenza dei Gruppi Funzionali sulla Reattività

Ricordare che:

- I gruppi funzionali danno origine a siti reattivi nelle molecole.
- Siti elettron-ricchi reagiscono con siti elettron-poveri.

Tutti i gruppi funzionali contengono un eteroatomo, un legame  $\pi$  bond o entrambi, e queste caratteristiche creano in una molecola siti elettron-poveri (o elettrofili) e siti elettron-ricchi (o nucleofili). Le molecole reagiscono in questi siti.

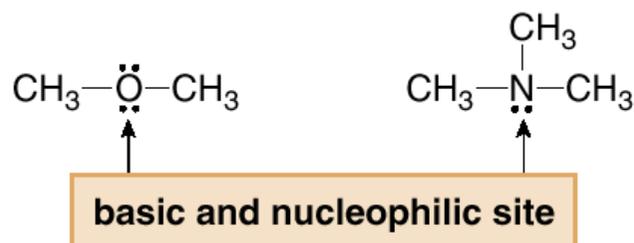
- An electronegative heteroatom like N, O, or X makes a carbon atom *electrophilic*.



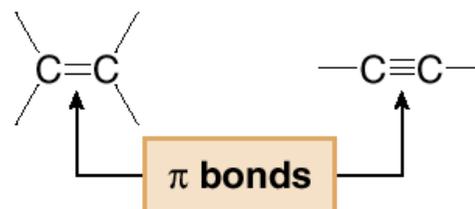
# Introduzione alle Molecole Organiche e ai Gruppi Funzionali

## Influenza dei Gruppi Funzionali sulla Reattività

- A lone pair on a heteroatom makes it basic and nucleophilic.



- $\pi$  Bonds create *nucleophilic* sites and are more easily broken than  $\sigma$  bonds.





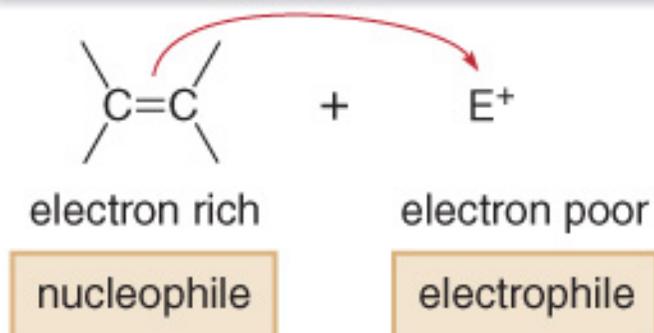
# Introduzione alle Molecole Organiche e ai Gruppi Funzionali

## Influenza dei Gruppi Funzionali sulla Reattività

- Un atomo di carbonio elettron-povero reagisce con un nucleofilo, rappresentato nelle reazioni con il simbolo  $\text{Nu}^-$ .
- Un atomo di carbonio elettron-ricco reagisce con un elettrofilo, rappresentato nelle reazioni con il simbolo  $\text{E}^+$ .

Per esempio, gli alcheni contengono un doppio legame C-C, ricco di elettroni, e perciò reagiscono con elettrofili  $\text{E}^+$ .

Alkenes react with electrophiles.





# Introduzione alle Molecole Organiche e ai Gruppi Funzionali

## Influenza dei Gruppi Funzionali sulla Reattività

D'altra parte, gli alogenuri alchilici possiedono un atomo di carbonio elettrofilo, quindi reagiscono con centri elettron-ricchi, nucleofili.

Alkyl halides react with nucleophiles.

