

# 9

## Il mondo del carbonio

### 1 ■ ESISTE UN'ENORME VARIETÀ DI COMPOSTI ORGANICI

*Proteine, carboidrati, grassi, DNA, enzimi e ormoni* sono soltanto alcuni dei termini con cui descriviamo la struttura e le funzioni che caratterizzano gli apparati di un organismo vivente. Pur differenziandosi per il grado di complessità, essi sono tutti esempi di **composti organici**. L'aggettivo *organico* ha origini storiche: inizialmente infatti gli scienziati pensavano che i composti organici fossero caratterizzati da una forza vitale intrinseca. La teoria vitalistica fu abbandonata a partire dal 1828 quando l'urea, un componente dell'urina, fu sintetizzata a partire da sostanze del mondo minerale.

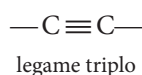
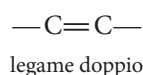
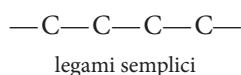
organic compound 

Per composto organico si intende un qualsiasi composto del carbonio che, almeno in origine, viene sintetizzato da un essere vivente.

Esistono solo pochissime eccezioni a questa definizione, come  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CN}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  o  $\text{HCO}_3^-$  che, pur essendo composti del carbonio, non sono considerati composti organici.

La grande varietà di composti organici a cui dà luogo il carbonio dipende dalla sua particolare natura; infatti:

- la presenza di quattro elettroni nello strato di valenza determina la possibilità di formare lunghissime catene di atomi di carbonio tramite la condivisione di una, due o tre coppie di elettroni:



- può legarsi covalentemente con tutti i non metalli e con quasi tutti i metalli.

## 2 ■ GLI IDROCARBURI SATURI: ALCANI E CICLOALCANI

Prima di affrontare lo studio delle complesse molecole biologiche, illustriamo la struttura delle molecole organiche più semplici, cioè degli *idrocarburi*.

Gli idrocarburi sono composti binari formati soltanto da carbonio e idrogeno.



Si tratta di composti presenti in grande quantità nei giacimenti petroliferi, i quali costituiscono una fonte primaria sia di sostanze combustibili sia di materia prima per la produzione di materiali plastici. Trattandosi di risorse non rinnovabili, dalla cui combustione e lavorazione provengono la maggior parte delle sostanze inquinanti, è indispensabile che il loro uso venga sempre più ridotto in favore di risorse rinnovabili, incentivando al tempo stesso la pratica del riciclo dei rifiuti.

Secondo la nomenclatura tradizionale, la prima suddivisione degli idrocarburi è in *alifatici* e *aromatici*. Gli **idrocarburi alifatici** sono molecole costituite da catene di atomi di carbonio lineari (aperte o chiuse) o ramificate; a questo gruppo appartengono, per esempio, *alcani* e *cicloalcani*. Gli **idrocarburi aromatici**, invece, presentano una particolare struttura ciclica che, come vedremo, ha proprietà del tutto specifiche.

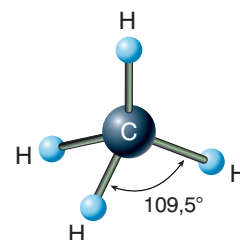
Alcani e cicloalcani sono *idrocarburi saturi*; l'aggettivo «satturo» si riferisce al fatto che ogni atomo di carbonio lega il numero massimo possibile di atomi, cioè quattro.

Gli idrocarburi saturi sono costituiti da catene di atomi di carbonio uniti soltanto da legami semplici.



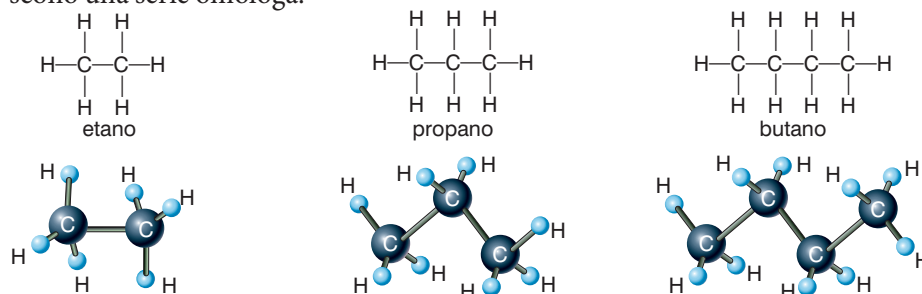
### ■ Gli alcani hanno formula generale $C_nH_{2n+2}$

Il più semplice degli **alcani** è il metano,  $CH_4$ . I quattro atomi di idrogeno circondano l'atomo di carbonio: la struttura è perfettamente tetraedrica con angoli di legame di  $109,5^\circ$  (►figura 9.1).



▲ figura 9.1 La struttura del carbonio è tetraedica con angoli di legame di  $109,5^\circ$ .

I due idrocarburi successivi sono l'etano,  $C_2H_6$ , e il propano,  $C_3H_8$ . Osservando la ►figura 9.2 si nota che propano ed etano si diversificano per la presenza di un gruppo  $\text{—CH}_2\text{—}$ ; la catena a quattro atomi di carbonio del butano, a sua volta, contiene un gruppo  $\text{—CH}_2\text{—}$  in più rispetto a quella del propano. In generale, a partire dall'etano, la struttura dell'alcano successivo si ricava aggiungendo un gruppo  $\text{—CH}_2\text{—}$  all'interno della catena. Proprio per questa caratteristica gli alcani costituiscono una serie omologa.



◀ figura 9.2 Strutture di Lewis e modelli molecolari di etano, propano e butano.

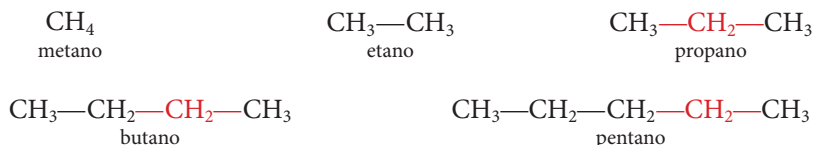
homologous series 

Una serie omologa è una serie di composti in cui ciascun termine differisce dal successivo di una unità costante.

La formula generale della serie omologa degli alcani è  $C_nH_{2n+2}$ , dove  $n$  è un qualsiasi numero intero. Il nome degli alcani con  $n$  superiore a 4 si attribuisce unendo il prefisso che indica il numero di atomi di C al suffisso -ano: pentano, esano, eptano, ...

Per rappresentare in modo semplice gli idrocarburi, si ricorre alle strutture di Lewis in due dimensioni anziché a quelle tetraedriche, più complesse da disegnare.

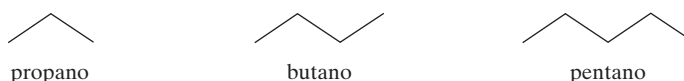
Una rappresentazione ancora più schematica si ha con le cosiddette **formule condensate**:



In rosso è evidenziato il gruppo che differenzia una catena rispetto a quella che la precede.

Queste possono essere ulteriormente semplificate se si rappresenta con una linea spezzata soltanto lo scheletro carbonioso della molecola; a ogni vertice corrisponde un atomo di carbonio e a ogni segmento un legame C—C. In queste rappresentazioni, gli idrogeni sono sottintesi.

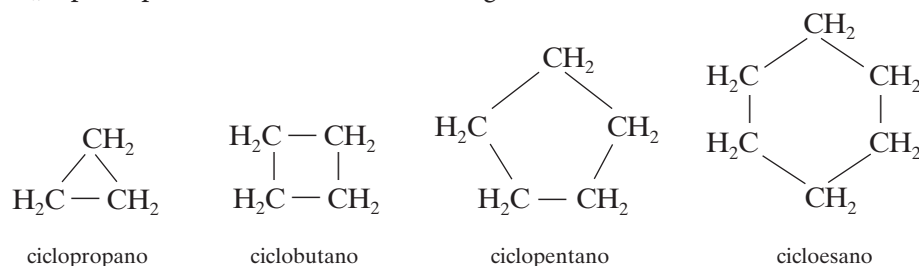
**prova tu** → Scrivi le formule brute dei primi dieci alcani.



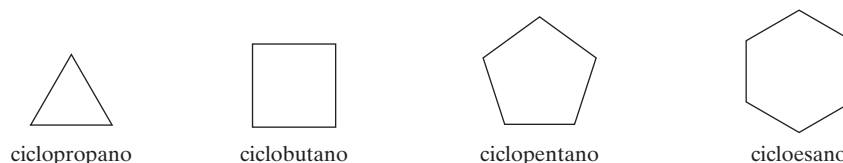
In questo modo, si nota che la catena lineare di atomi di carbonio è, in realtà, a zigzag; l'angolo di legame C—C—C, infatti, non è di  $180^\circ$  bensì di  $109,5^\circ$ .

### ■ Nei cicloalcani la catena carboniosa si chiude

A partire dal propano, è possibile richiudere la catena di atomi di carbonio; si forma così il corrispondente **cicloalcano**. La chiusura della catena comporta la perdita di due atomi di idrogeno (uno per ciascuno dei due atomi di carbonio che devono unirsi tra loro); la formula generale dei cicloalcani, pertanto, corrisponde a  $C_nH_{2n}$ . I principali termini della serie omologa sono:

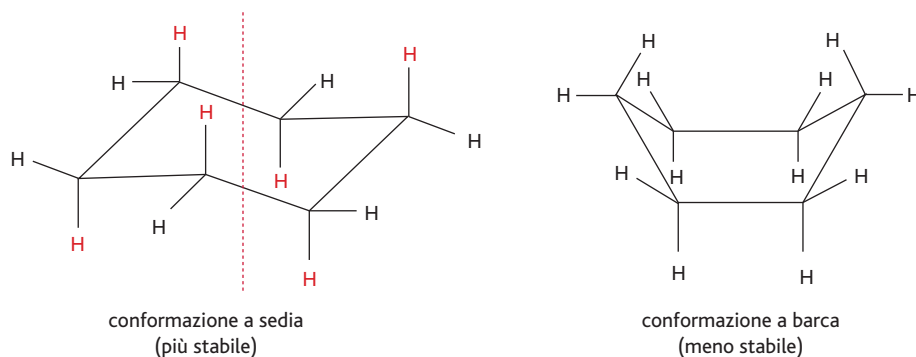


Per rappresentare i cicloalcani in modo schematico si utilizzano i corrispondenti poligoni regolari; ciascun vertice del poligono corrisponde a un gruppo —CH<sub>2</sub>—:



A parte il ciclopropano, i cicloalcani non hanno struttura planare; essa, come negli alcani, non è rigida perché l'anello può fluttuare nello spazio, senza rompersi.

La struttura più interessante per lo studio delle molecole biologiche è quella del cicloesano. Durante le sue fluttuazioni, essa può assumere diverse conformazioni spaziali; le due più importanti sono quelle a **sedia** e a **barca** (► figura 9.3).



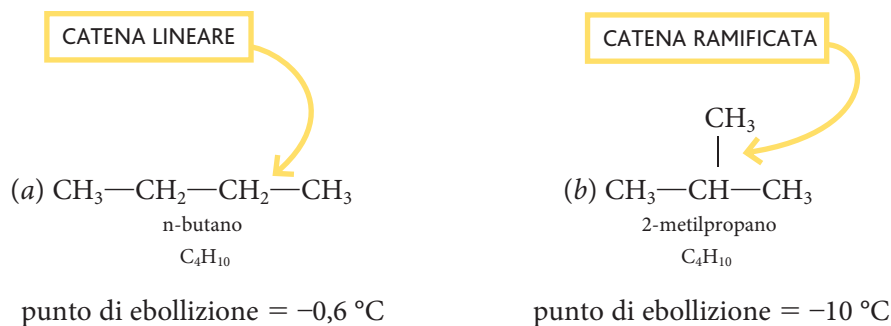
◄ **figura 9.3** Le conformazioni a sedia e a barca del cicloesano. In rosso sono evidenziati gli idrogeni assiali.

A causa dell'angolo di legame tetraedrico, si individuano due diverse disposizioni degli atomi di idrogeno: una *assiale*, ossia parallela all'asse della molecola, l'altra *equatoriale*, cioè a raggiera intorno al perimetro della molecola.

La più stabile è la conformazione a sedia in cui i dodici atomi di idrogeno della molecola risultano meno ravvicinati nello spazio (sei hanno una disposizione assiale, gli altri sei sono in posizione equatoriale); ciò minimizza le forze repulsive tra gli elettroni degli atomi coinvolti nei legami perché gli idrogeni sono situati alternativamente sopra e sotto il piano della molecola.

### 3 ■ GLI ISOMERI: STESSA FORMULA BRUTA PER MOLECOLE DIVERSE

L'*isomeria* è il fenomeno per cui a una stessa composizione chimica corrispondono diverse disposizioni spaziali degli atomi costituenti. È una proprietà molto diffusa tra le molecole organiche perché gli atomi di carbonio possono concatenarsi tra loro in modo differente. Per esempio, alla formula grezza  $C_4H_{10}$  corrispondono due distinte molecole, una a catena lineare e l'altra a catena ramificata:



**Tabella 9.1** Numero di isomeri di alcuni idrocarburi saturi

Formula	Numero di isomeri
$C_4H_{10}$	2
$C_5H_{12}$	3
$C_6H_{14}$	5
$C_7H_{16}$	9
$C_8H_{18}$	18
$C_9H_{20}$	35
$C_{10}H_{22}$	75
$C_{15}H_{32}$	4347
$C_{20}H_{42}$	366 319

Gli isomeri sono, in generale, composti che hanno la stessa formula bruta ma che differiscono per il modo in cui gli atomi sono legati tra loro o sono disposti nello spazio.



Negli **isomeri di struttura**, gli stessi atomi sono legati in modo diverso. Per esempio, le molecole (a) e (b) si dicono *isomeri di catena* e sono caratterizzate da diverse proprietà fisiche (punto di ebollizione, punto di fusione). All'aumentare del numero di atomi di carbonio dell'alcane, aumenta il numero di isomeri possibili (► tabella 9.1); all'alcane  $C_5H_{12}$ , per esempio, corrispondono tre diversi isomeri di catena.

## segui l'esempio

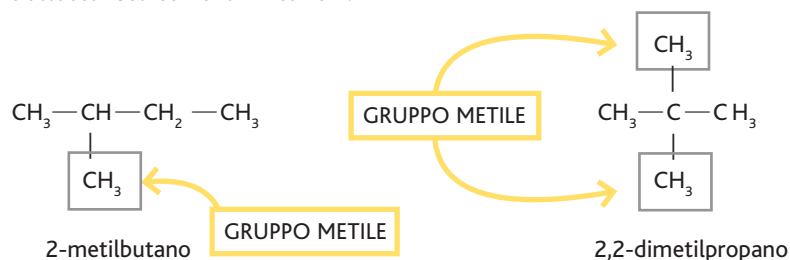
Scrivi i possibili isomeri di catena del pentano,  $C_5H_{12}$ .

**SOLUZIONE**

La prima formula di struttura da cui partire è quella del n-pentano:



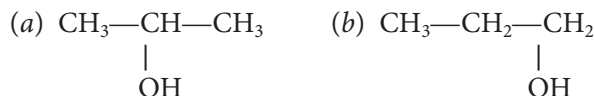
Successivamente, si possono costruire isomeri di catena, «staccando» dei gruppi metile ( $-CH_3$ ) e attaccandoli come ramificazioni:



Gli isomeri possibili del pentano sono in tutto tre. È facile notare che, qualsiasi altra formula si provi a scrivere, si ricade sempre in una di queste tre possibilità.

**prova tu** Scrivi i cinque possibili isomeri di catena dell'esano,  $C_6H_{14}$ .

Se le molecole organiche contengono atomi diversi da C e H, possono presentare altri tipi di isomeria di struttura. Per esempio, l'atomo di ossigeno presente nel composto  $C_3H_7OH$  può legarsi a uno o all'altro carbonio della catena e formare così due differenti **isomeri di posizione**:



L'atomo di ossigeno, inoltre, potrebbe inserirsi tra due atomi di carbonio e originare, a parità di formula grezza, una struttura ancora diversa:



Rispetto alle due precedenti, si dice che la molecola (c) è un **isomero di gruppo funzionale**. Come vedremo, un gruppo funzionale è un gruppo di atomi che conferisce particolare reattività alla catena carboniosa su cui è inserito.

Talvolta, la differenza tra un isomero e l'altro è ancora più sottile perché essi si distinguono unicamente per la diversa orientazione dei loro atomi nello spazio. Isomeri di questo tipo sono chiamati **stereoisomeri**.

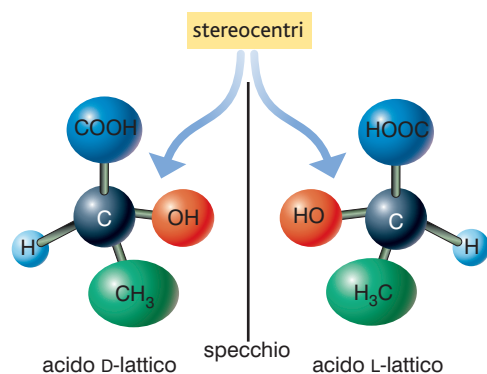
Un tipo di stereoisomeria, l'*isomeria geometrica*, si incontra frequentemente nelle molecole contenenti doppi legami carbonio-carbonio. L'altro tipo di stereoisomeria, rilevante per le molecole biologiche, è l'*isomeria ottica*.

Se osserviamo allo specchio la mano destra, l'immagine che vediamo corrisponde alla mano sinistra. In altre parole, l'immagine speculare di una mano è diversa dalla mano che si specchia.

Questa particolarità delle mani è dovuta all'assenza di piani di simmetria.

Tutti gli oggetti che, come le mani, mancano di un piano di simmetria (piedi, viti, conchiglie) vengono chiamati **chirali**, ovvero distinguibili dalla loro immagine speculare (il termine greco *khéir* significa «mano»).

Anche le molecole possono essere chirali, a patto che la loro struttura non presenti piani di simmetria. L'acido lattico, per esempio, è una molecola organica con un atomo di carbonio che lega a sé un H, un gruppo  $CH_3$ , un gruppo OH e un gruppo



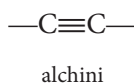
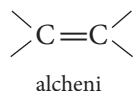
◀ **figura 9.4** I due enantiomeri dell'acido lattico.

COOH (►figura 9.4). La sua immagine speculare è una molecola diversa perché, comunque la si ruoti nello spazio, non è sovrapponibile a quella originale.

Le due diverse molecole di acido lattico sono **isomeri ottici** e costituiscono una coppia di **enantiomeri**. Le loro proprietà chimiche e fisiche coincidono tutte a eccezione della loro *attività ottica*. Se facciamo passare un fascio di luce polarizzata attraverso due campioni contenenti ciascuno un solo isomero, il fascio viene deviato di uno stesso angolo ma in direzioni opposte.

## 4 ■ GLI IDROCARBURI INSATURI: ALCENI E ALCHINI

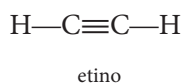
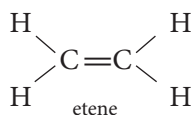
Gli **alcheni** sono idrocarburi che presentano nella propria molecola un doppio legame carbonio-carbonio. Gli **alchini**, invece, presentano un triplo legame carbonio-carbonio.



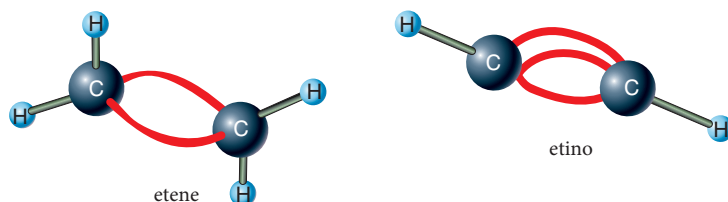
Ciascuno dei due atomi di carbonio coinvolti nel legame multiplo non è legato a quattro atomi (come negli alcani), ma soltanto a tre negli alcheni e a due negli alchini. Alcheni e alchini sono detti *idrocarburi insaturi* proprio perché possiedono atomi di carbonio che non hanno «saturato» la propria capacità di legame.

La geometria che caratterizza l'unità  $\begin{array}{c} \diagup \\ \text{C}=\text{C} \\ \diagdown \end{array}$  è planare; gli angoli di legame che si formano sono circa di  $120^\circ$ . Nel caso del triplo legame  $\text{—C}\equiv\text{C—}$ , invece, la geometria è lineare perché l'angolo di legame è di  $180^\circ$ .


Il primo idrocarburo della serie degli alcheni è l'**etene** o **etilene**, mentre il primo degli alchini è l'**etino** o **acetilene** (►figura 9.5).



La formula generale degli alcheni è  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$  e quella degli alchini è  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ . Gli alcheni hanno la stessa formula grezza dei cicloalcani; un cicloalcano e il corrispondente alchene sono quindi isomeri.



◀ **figura 9.5** Struttura dell'etene e dell'etino.

 **Approfondimento**  
La nomenclatura degli idrocarburi saturi e insaturi

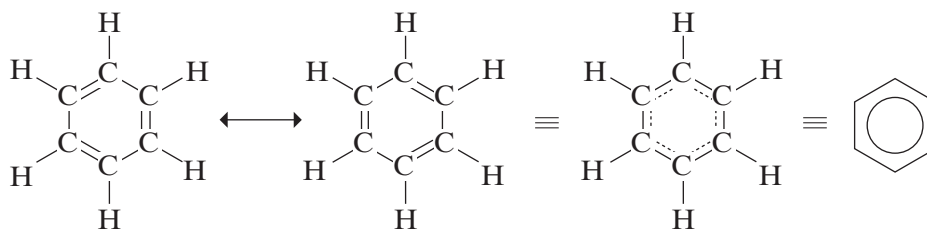
 **unsaturated hydrocarbon**

## 5 ■ GLI IDROCARBURI AROMATICI HANNO UNA PARTICOLARE STRUTTURA ELETTRONICA

Il termine *aromatico* che contraddistingue questa classe di idrocarburi è dovuto al caratteristico odore dei primi composti isolati. Oggi, il termine «aromaticità» indica una relativa stabilità chimica, che deriva dalla particolare struttura elettronica di questi idrocarburi.

Il principale esponente degli idrocarburi aromatici è il **benzene**,  $C_6H_6$ .

La forma esagonale della sua molecola ha tre doppi legami che si fondono insieme ad anello e vengono rappresentati da un cerchio all'interno dell'esagono. Questa particolarità conferisce ai composti aromatici la caratteristica stabilità. Per brevità, in questa formula si omettono anche gli atomi di idrogeno.



L'accertata tossicità verso gli esseri viventi, uomo compreso, rende gli idrocarburi sostanze altamente pericolose: essi rappresentano infatti uno tra i più gravi rischi da inquinamento chimico ambientale.

## 6 ■ I GRUPPI FUNZIONALI SONO CARATTERISTICI INSIEMI DI ATOMI

La presenza di legami multipli tra gli atomi di carbonio di un idrocarburo insaturo determina il modo con cui esso reagisce. La particolare reattività del propene (e di tutti gli altri alcheni), per esempio, è dovuta alla presenza nelle sue molecole del gruppo  $-C=C-$  e non è apprezzabilmente influenzata dalla parte restante della catena carboniosa ( $-CH_3$ ). Poiché il gruppo  $-C=C-$  costituisce il centro di reattività di questo tipo di molecole, è detto *gruppo funzionale*; il resto della catena, che conserva la sua struttura originaria, è detto *scheletro molecolare* e viene indicato genericamente con la lettera R.

Altri gruppi funzionali sono formati da atomi singoli, come per esempio gli alogenuri ( $-X$ ), oppure da gruppi di atomi con o senza atomo carbonio, come  $-OH$  e  $-COOH$ . Le molecole che contengono uno stesso gruppo funzionale costituiscono una classe di composti.

functional group 

Un gruppo funzionale è un atomo o un gruppo di atomi capace di conferire una particolare reattività alla molecola di cui fa parte.

Nella ►tabella 9.2 sono riportate le formule generali dei più importanti gruppi funzionali e il nome delle relative classi di composti.

## 7 ■ I POLIMERI SONO MACROMOLECOLE

I composti organici naturali sono stati utilizzati nell'industria chimica come veri e propri «mattoni» per la costruzione di molecole molto più complesse, che hanno trovato largo impiego nei più disparati settori. Si tratta dei cosiddetti **polimeri**, ossia lunghe catene, chiamate anche *macromolecole*.

**Tabella 9.2** Alcune importanti classi di composti e relativi gruppi funzionali. Con R viene indicata la catena carboniosa. Tra parentesi, sono riportati i nomi di uso comune (non IUPAC, ma molto utilizzati)

Classe	Formula generale	Gruppo funzionale	Esempio di molecola	Nome (la parte caratteristica del nome è in rosso)	Esempi nella vita quotidiana
alogenuri	R—X	alogenuro (—X)	CH <sub>3</sub> —Cl	clorometano	Nei correttori per penne sono contenuti alogenuri organici.
alcoli	R—OH	ossidrilico (—OH)	CH <sub>3</sub> —OH	metanolo	Gli alcoli sono presenti nel vino, nella birra e nei liquori.
eteri	R—O—R'	etere (—O—)	CH <sub>3</sub> —O—CH <sub>3</sub>	dimetiletere	Gli eteri venivano utilizzati in medicina come anestetici.
aldeidi	R—CHO	carbonile $\left(\begin{array}{c} \text{—C—} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}\right)$	$\text{CH}_3\text{—C}\begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{H} \end{array}$	etanale (acetaldeide)	La formalina, una soluzione di formaldeide, era utilizzata per conservare organi ai fini degli studi anatomici.
chetoni	R—CO—R'	carbonile $\left(\begin{array}{c} \text{—C—} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}\right)$	$\text{CH}_3\text{—C}\begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{CH}_3 \end{array}$	propanone (acetone)	L'acetone è un chetone presente nei solventi per le unghie
acidi carbossilici	R—COOH	carbossile $\left(\begin{array}{c} \text{—C—} \\ \parallel \text{O} \\ \searrow \text{OH} \end{array}\right)$	$\text{CH}_3\text{—C}\begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{OH} \end{array}$	acido etanoico (acido acetico)	L'aceto che usiamo per condire i cibi è un esempio di un acido carbossilico.
esteri	R—COOR'	estere $\left(\begin{array}{c} \text{—C—} \\ \parallel \text{O} \\ \searrow \text{O—} \end{array}\right)$	$\text{CH}_3\text{—C}\begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{O—CH}_3 \end{array}$	etanoato di metile (acetato di metile)	Tra esteri più comunemente vi sono i saponi che usiamo come detersivi.
ammidi	R—CO—NH <sub>2</sub>	ammidico $\left(\begin{array}{c} \text{—C—} \\ \parallel \text{O} \\ \searrow \text{N—} \\ \quad \quad \quad   \\ \quad \quad \quad \text{H} \end{array}\right)$	$\text{CH}_3\text{—C}\begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{NH}_2 \end{array}$	etanammide (acetammide)	Molti medicinali sono ammidi (per esempio gli antipiretici per abbassare la febbre).
ammine	R—NH <sub>2</sub>	amminico (—NH <sub>2</sub> )	CH <sub>3</sub> —NH <sub>2</sub>	metilammina	Il cattivo odore che sprigiona il pesce in putrescenza è causato dalla formazione di ammine.

Il termine *polimero* indica una molecola di massa molecolare elevata, costituita da un insieme di gruppi chimici legati tra loro da legami covalenti.



polymer  
(macromolecole)

Le macromolecole si ottengono da molecole a basso peso molecolare, i **monomeri**, che presentano uno o più doppi legami oppure due o più gruppi funzionali in grado di reagire tra loro.

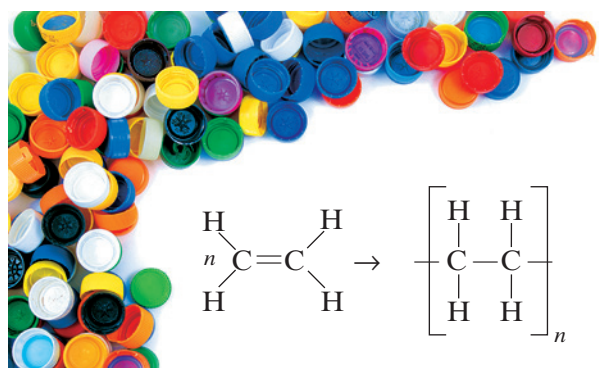
I polimeri di sintesi, i cui monomeri sono estratti dal petrolio, dal carbone o dal gas naturale, sono numerosissimi e vanno a costituire in percentuale rilevante indumenti, veicoli, mobili, abitazioni e molti altri materiali di uso quotidiano. In base ai meccanismi di polimerizzazione, essi possono essere raggruppati in due classi principali: *polimeri di addizione* e *polimeri di condensazione*.



Il nylon in provetta



### ■ Dai monomeri ai polimeri: l'addizione



In presenza di opportuni catalizzatori, cioè sostanze che accelerano e facilitano le reazioni, le molecole di molti alcheni sono in grado di congiungersi l'una all'altra tramite una reazione di addizione al doppio legame carbonio-carbonio che si ripete tantissime volte sino a formare catene di massa enorme. Per formare i polimeri di addizione il doppio legame si rompe e le molecole si congiungono l'una con l'altra attraverso legami singoli.

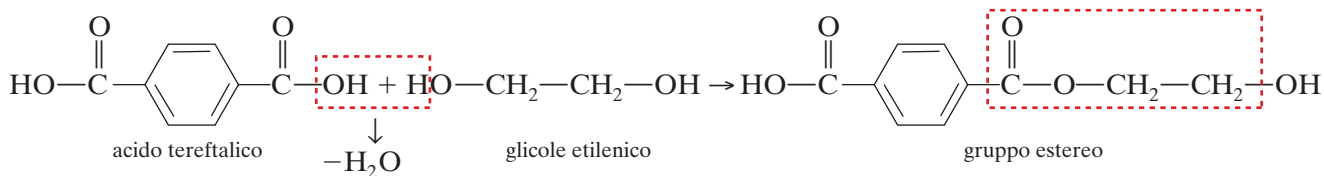
L'esempio più semplice di polimero di addizione è il **polietilene** (►figura 9.6) di cui sono fatti i tappi di plastica e la pellicola da cucina.

▲ **figura 9.6** I tappi delle bottiglie di plastica sono fatti di polietilene (PE).

### ■ Dai monomeri ai polimeri: la condensazione

Questi polimeri si formano dalla reazione tra due diversi gruppi funzionali che, reagendo tra loro, eliminano una molecola di piccole dimensioni, come  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2$  o  $\text{HCl}$ . I polimeri di condensazione, pertanto, a differenza di quelli di addizione, non contengono tutti gli atomi presenti nei monomeri di partenza.

Un tipico esempio di polimero di condensazione è il **PET**, o **polietilentereftalato**. Esso è un *poliestere* che (in laboratorio) si ottiene facendo reagire un acido organico bifunzionale, l'acido tereftalico, con il glicole etilenico:



La reazione è un'esterificazione, la quale avviene tra il gruppo  $-\text{COOH}$  dell'acido e il gruppo  $-\text{OH}$  del glicole formando il gruppo estereo  $-\text{CO}-\text{O}-\text{CH}_2-$ ; alle estremità del prodotto così formato restano, però, un gruppo acido e un gruppo alcolico che possono reagire, rispettivamente, con una seconda molecola di glicole e un'altra molecola di acido. La catena si allunga, quindi, da entrambe le estremità e il risultato della reazione è un polimero che viene usato comunemente nella produzione delle bottiglie in plastica (►figura 9.7).

► **figura 9.7** Un impianto di produzione di bottiglie in plastica.



Sintesi del capitolo in mp3



## 1 ESISTE UN'ENORME VARIETÀ DI COMPOSTI ORGANICI

1 Quale tra le seguenti formule non rappresenta un composto organico?

- A  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$
- B  $\text{C}_6\text{H}_6$
- C  $\text{CO}_2$
- D  $\text{CH}_3\text{COOH}$

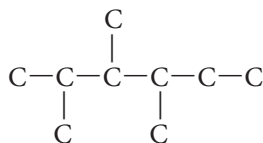
2 Quale concatenazione di atomi di carbonio è sbagliata?

- A  $-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-$
- B  $-\text{C}=\text{C}=\text{C}-\text{C}-$
- C  $-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}-$
- D  $-\text{C}\equiv\text{C}=\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-$

3 Qual è il numero di legami covalenti in una molecola di etano,  $\text{CH}_3\text{CH}_3$ ?

## 2 GLI IDROCARBURI SATURI: ALCANI E CICLOALCANI

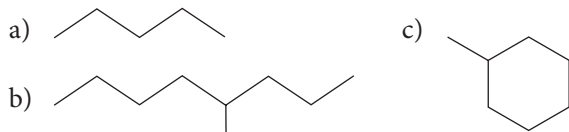
4 Completa la seguente struttura inserendo gli atomi di idrogeno necessari.



5 Trasforma in scheletro carbonioso le seguenti molecole.

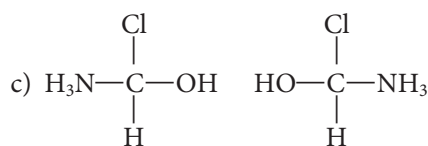
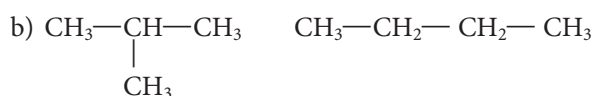
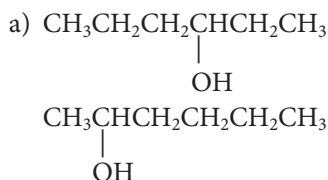
- a)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$
- b)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
- c)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}_3$

6 Trasforma i seguenti scheletri carboniosi nell'idrocarburo corrispondente.



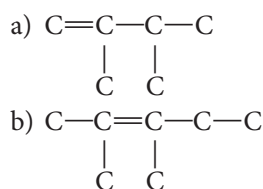
## 3 GLI ISOMERI: STESSA FORMULA BRUTA PER MOLECOLE DIVERSE

7 Attribuisci il tipo di isomeria che contraddistingue ognuna delle seguenti coppie di isomeri.

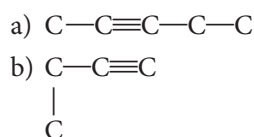


## 4 GLI IDROCARBURI INSATURI: ALCENI E ALCHINI

8 Completa la struttura dei seguenti alcheni.

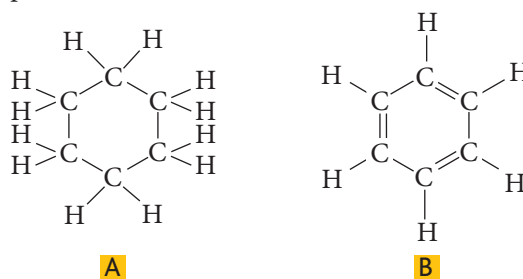


9 Completa la struttura dei seguenti alchini.



## 5 GLI IDROCARBURI AROMATICI HANNO UNA PARTICOLARE STRUTTURA ELETTRONICA

10 Disegna lo scheletro carbonioso dei seguenti composti. Quale tra i due è aromatico?



## 6 I GRUPPI FUNZIONALI SONO CARATTERISTICI INSIEMI DI ATOMI

11 Che cosa si intende per *scheletro molecolare*? Come si indica?

12 Che cosa si intende per *gruppo funzionale*? Fai tre esempi.

13 Come viene denominato un insieme di molecole che contengono lo stesso gruppo funzionale?

**14** Abbinare le seguenti molecole (indicate con le lettere) con le relative classi di composti (indicate con i numeri).

- |                       |              |
|-----------------------|--------------|
| a) clorometano        | 1) chetoni   |
| b) etanoato di metile | 2) alcoli    |
| c) metanolo           | 3) alogenuri |
| d) propanone          | 4) esteri    |

## 7 I POLIMERI SONO MACROMOLECOLE

**15** Definisci i *monomeri* e i *polimeri* e descrivi in che rapporto stanno tra di loro.

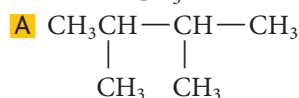
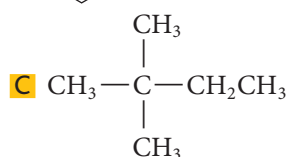
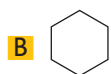
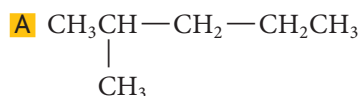
**16** In base a che cosa un polimero viene definito di *condensazione* o di *addizione*?

**17** I polimeri di addizione contengono tutti gli atomi dei monomeri che li costituiscono? E i polimeri di condensazione? Motiva la tua risposta.

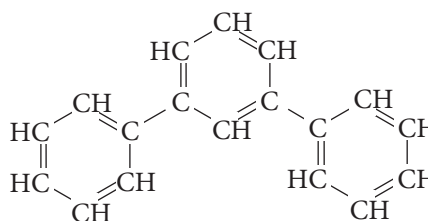
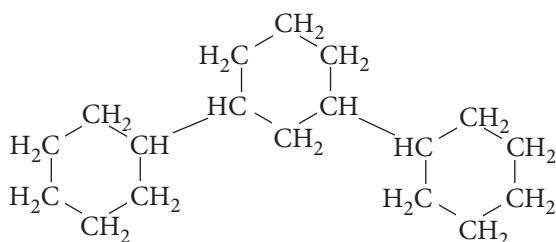
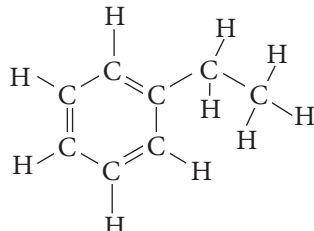
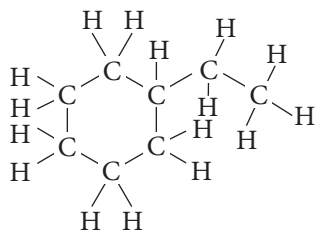
## Review

**1** Scrivi le formule di struttura di tutti gli isomeri del pentano.

**2** Quale struttura non è un isomero dell'esano?



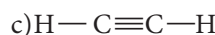
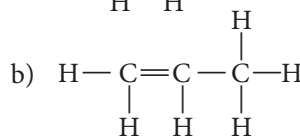
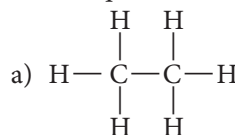
**3** Individua tra i seguenti composti quelli aromatici.



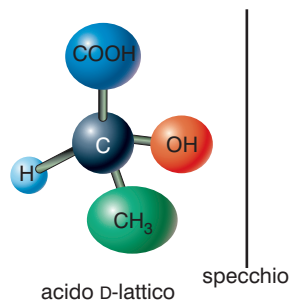
**4** The benzene ring is the simplest member of what class of compounds?

**5** What class of organic compounds includes all saturated hydrocarbons?

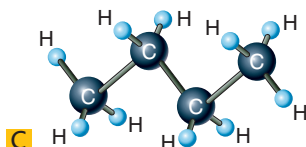
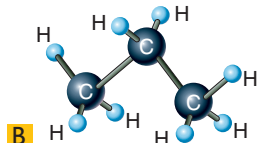
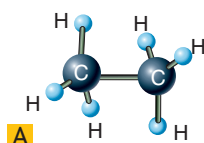
**6** Individua tra le seguenti formule gli idrocarburi saturi e quelli insaturi.



**7** Completa la figura, disegnando l'acido L-lattico, enantiomero dell'acido D-lattico.



8 Completa la figura con i nomi delle molecole.



9 Which of the following are organic compounds?

- A**  $\text{H}_2\text{SO}_4$
- B**  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$
- C**  $\text{CaCO}_3$
- D**  $\text{CH}_3\text{OH}$

▪ Motivate your answer.

10 La serie omologa degli alcani può essere rappresentata con la formula generale  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$  mentre i cicloalcani con la formula  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$

▪ Come spieghi la differenza tra le due serie omologhe?

11 Draw structures containing two carbon atoms for the following classes of compounds:

- a) ether
- b) aldehyde
- c) carboxylic acid
- d) ester