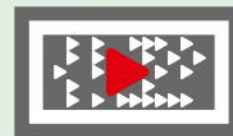





# L'ATLANTE MOLECOLARE

GUARDA!



 Scheda  
Approfondisci  
l'attività

## OBIETTIVO

Realizzare un atlante all'interno del quale sia possibile visualizzare la struttura e le caratteristiche di alcune **molecole organiche**.

## INTRODUZIONE

I composti organici sono quelli a base di **carbonio**. La versatilità di questo elemento è tale da fare in modo che, combinato con pochi altri elementi come idrogeno, ossigeno, zolfo, azoto e fosforo, può formare diverse centinaia di migliaia di molecole. Per rendersi conto della vastità della classe dei composti organici presenti in natura basta pensare che in una singola cellula batterica si possono trovare fino a 5000 molecole diverse. La conoscenza della chimica del carbonio ha inoltre ampliato ulteriormente il numero di strutture molecolari esistenti. Grazie alla **sintesi chimica**, si possono produrre, anche su scala industriale, migliaia di composti non esistenti in natura: pigmenti, coloranti, medicinali, plastiche, additivi alimentari, stabilizzanti, plastificanti, conservanti. I settori che dipendono dalla chimica del carbonio sono centinaia!

Navigare in questo «mare» di molecole e composti non è affatto semplice. Sappiamo che la quasi totalità delle proprietà chimiche di un composto organico dipendono dalla struttura dei gruppi funzionali, ma anche la forma e la struttura possono influenzarne le funzioni. Le **proteine**, per esempio, hanno una struttura primaria che dipende dalla sequenza con cui sono legati tra loro gli amminoacidi, ma le loro funzioni sono connesse con la loro forma, cioè dalle strutture terziaria e quaternaria.

Vale lo stesso per le **materie plastiche** le cui molecole, i polimeri, possono assumere forme e strutture diverse indipendentemente dai gruppi funzionali. Da queste e dal peso molecolare delle molecole polimeriche dipendono la quasi totalità delle proprietà delle materie plastiche.

Attraverso questa attività vedremo come costruire un piccolo **atlante informatico** che ci permetta di raccogliere le informazioni relative ad alcuni gruppi di molecole organiche.

## DESCRIZIONE E FASI DELL'ATTIVITÀ

### 1. Selezione del gruppo di molecole

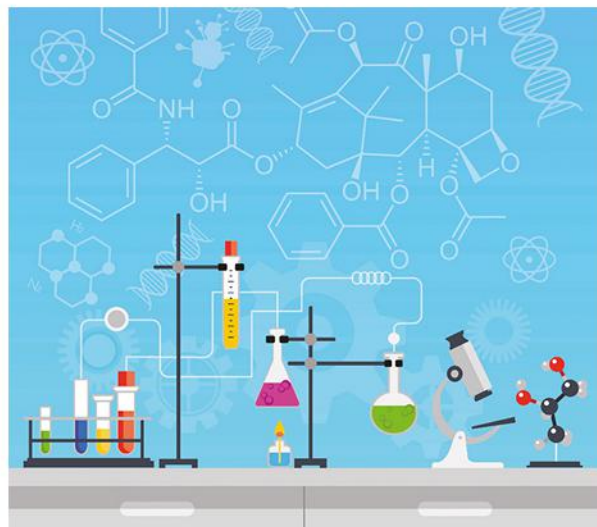
Visto il grandissimo numero di molecole organiche esistenti è impossibile riuscire a costruire un atlante che abbracci la totalità dei composti organici esistenti. Per questo, il primo passo da fare è selezionare un gruppo di molecole su cui concentrare l'attenzione. Per esempio, puoi decidere di indirizzare il tuo lavoro di ricerca e di raccolta delle informazioni sulle molecole velenose prodotte dalle piante, oppure puoi scegliere di lavorare sui pigmenti organici naturali e artificiali, sui polimeri, sugli additivi alimentari, sugli zuccheri o sulle molecole dolcificanti.

### 2. Ricerca delle molecole

Individua le molecole che appartengono al gruppo di composti su cui hai deciso di concentrarti e, con una ricerca in rete, crea un elenco il più possibile completo dei composti organici che ne fanno parte.

### 3. Reperimento delle informazioni sulle molecole

All'interno dell'atlante dovrai inserire alcune informazioni importanti per ogni molecola, per esempio: la formula chimica, il peso molecolare, i gruppi funzionali che la caratterizzano, se è di natura artificiale o naturale, e l'anno di scoperta.



Lemberg Vector studio/Shutterstock

(SEGUE)

Accanto a queste informazioni puoi riportare alcune curiosità relative al composto: aneddoti sulla scoperta o sull'impiego in passato, se è di origine naturale si può specificare come viene prodotta, notizie sull'importanza economica e sociale, ecc. Puoi trovare tutte queste informazioni attraverso una ricerca in rete e le puoi ordinare all'interno di una tabella che ti consenta di collegarle rapidamente alle diverse molecole che stai studiando.

#### 4. Formula di struttura e modello tridimensionale delle molecole

Utilizzando gli strumenti messi a disposizione dal sito: <http://www.iorgchem.unito.it/index.php/it/esercizi/disegnare-molecole-in-2d-e-3d> puoi rappresentare molecole in due dimensioni riportando la struttura che normalmente disegneresti su carta. Il programma calcola e visualizza la struttura tridimensionale delle molecole. La rappresentazione tridimensionale delle molecole può essere ruotata in modo da mostrare le diverse parti della struttura. Il software permette di vedere anche la distribuzione elettronica all'interno della molecola.

Per ognuna delle molecole studiate disegna la struttura in due dimensioni e ricostruisci quella tridimensionale. Per ricavare le immagini sia di una che dell'altra, fai uno screenshot e ritaglia le due immagini. Per la struttura tridimensionale puoi salvare diversi screenshot in modo da avere un'immagine della molecola da diverse angolature.

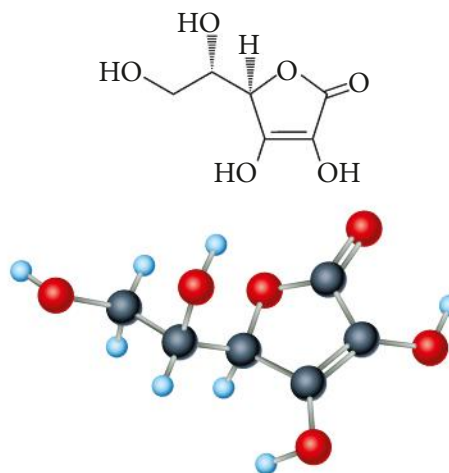
#### 5. Composizione dell'atlante

A questo punto non rimane che comporre l'atlante. Puoi usare qualsiasi strumento che ti consenta di organizzare al meglio tutte le informazioni che hai raccolto. Per esempio, puoi utilizzare una presentazione in Power Point, e dedicare una diapositiva a ogni molecola. Oppure puoi costruire l'atlante utilizzando Word, destinando una pagina ad ogni molecola. Altre possibilità sono l'uso di Genially o strumenti simili.

È importante inserire una breve introduzione in cui spieghi quali sono i contenuti del tuo atlante e i criteri che hai usato per selezionare le molecole. Inoltre, è indispensabile un indice dei contenuti per aiutare gli altri utenti a consultare il tuo documento con facilità e trovare rapidamente le informazioni che cercano.

**Figura 1**

La molecola di acido ascorbico (o vitamina C).



Per ogni molecola riporta il disegno della struttura bidimensionale e di quella tridimensionale (come nell'esempio dell'acido ascorbico nella **Figura 1**); accanto alle immagini puoi aggiungere una tabella con tutte le informazioni che hai raccolto per quella molecola.

Cerca di dare una struttura fissa alle diverse pagine o diapositive dedicate ai composti. Per esempio, colloca le immagini sempre nella stessa posizione, riporta il nome e le informazioni usando sempre lo stesso tipo di carattere e uno specifico codice colore. Puoi inserire anche una diapositiva in cui spieghi quale strategia hai utilizzato nella costruzione dell'atlante.

Quando avrai completato la costruzione dell'atlante e il risultato ti soddisferà, potrai condividerlo attraverso i tuoi canali social.

### CONCLUSIONI

Spesso le molecole e i materiali di sintesi sono visti con una certa diffidenza dal pubblico e vengono messi in netta contrapposizione con quelli naturali che, nella visione comune, sarebbero più salutari. È davvero così? C'è differenza, per esempio, tra la vitamina C (acido ascorbico) contenuta in un limone e quella sintetizzata a livello industriale?

Prova a fare una ricerca in Rete per confrontare tra loro i composti naturali e i loro omologhi di sintesi, per capire e valutare se effettivamente esistono differenze. Raccogli anche informazioni sui vantaggi che può offrire la sintesi chimica.

# CHIMICA ORGANICA: UN'INTRODUZIONE

## 1 UNA BREVE STORIA DELLA CHIMICA ORGANICA

Alla fine del diciottesimo secolo, i chimici cominciarono a occuparsi dei composti ottenuti per estrazione e purificazione a partire da organismi animali e vegetali, e ben presto constatarono che tali sostanze obbedivano a regole diverse rispetto ai composti che si trovavano nella materia inanimata, come i minerali.

Gli scienziati sapevano che la formazione dei *composti inorganici* era dovuta all'attrazione di tipo elettrostatico fra gli atomi degli elementi coinvolti e che per combinazione di due o tre elementi si ottenevano pochi composti differenti.

La *materia vivente*, invece, era costituita da un gran numero di composti particolarmente stabili che derivavano dalla combinazione di appena quattro elementi: il carbonio, l'idrogeno, l'ossigeno e l'azoto.

Nel 1807, il chimico svedese Jöns Jacob Berzelius, a cui si deve la scoperta di diversi elementi chimici, fu il primo a proporre il termine «composto organico» per i composti prodotti dagli organismi viventi. Poiché nessun composto organico era mai stato sintetizzato a partire da sostanze inorganiche e la complessità dei composti organici era difficile da spiegare, per molti anni gli scienziati ritennero che i composti presenti nella materia vivente fossero qualitativamente diversi da quelli di origine minerale e che la loro specificità andasse attribuita alla presenza di una misteriosa «forza vitale».

In base a questa *teoria della forza vitale*, le sostanze organiche potevano essere generate solo dalla materia vivente. Tuttavia, i risultati di un semplice esperimento effettuato nel 1828 dal chimico tedesco Friedrich Wöhler segnarono in modo definitivo la fine di questa teoria.

Riscaldando due composti inorganici, l'acido cianico (HCNO) e l'ammoniaca (NH<sub>3</sub>), per preparare cianato di ammonio (NH<sub>4</sub>CNO), Wöhler ottenne una sostanza bianca cristallina che identificò come *urea* (H<sub>2</sub>N—CO—NH<sub>2</sub>), un composto prettamente organico che in altre occasioni aveva estratto dall'urina.

Gli esperimenti di Wöhler (**Figura 1**) dimostravano, quindi, che era possibile produrre in laboratorio le sostanze organiche senza invocare l'intervento di una forza vitale.



**Figura 1**

(A) Friedrich Wöhler (Eschersheim 1800 - Gottinga 1882) e (B) il francobollo commemorativo distribuito in Germania a cento anni della sua morte.

La **chimica organica** è la branca della chimica che studia tutti i composti del carbonio, indipendentemente dalla loro origine.

Tuttavia, gli ossidi di carbonio, i carburi metallici e i carbonati sono classificati fra i composti inorganici, perché sono a loro più simili.

L'ambito di applicazione della chimica organica è estremamente vasto; oltre agli organismi viventi, comprende moltissime sostanze di uso quotidiano: alimenti (grassi, proteine, carboidrati), combustibili, tessuti, legno, carta, vernici, plastica, coloranti, detergenti, cosmetici, medicinali e prodotti di gomma.

A livello industriale i composti organici vengono sintetizzati a partire da materie prime contenenti carbonio, come petrolio, gas naturale, carbone, carboidrati, grassi e oli. In realtà, le reazioni di sintesi di molti composti organici a partire da fonti diverse dal petrolio sono già note, ma per il momento non risultano economicamente vantaggiose.

GUARDA!

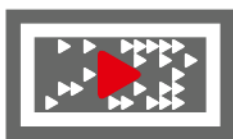


Tavola periodica interattiva

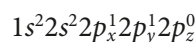
TI RICORDI?

Il **legame covalente** consiste nella condivisione di una o più coppie di elettroni tra atomi uguali o diversi di non metalli.

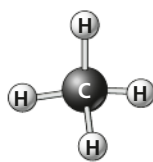
## 2 LE CARATTERISTICHE UNICHE DELL'ATOMO DI CARBONIO

L'atomo di carbonio è il costituente fondamentale dei composti organici. In natura si trova allo stato elementare nel diamante, nella grafite e in vari tipi di carbone, ed è un miscuglio di diversi isotopi, sia stabili (carbonio-12 e carbonio-13) sia radioattivi (carbonio-14).

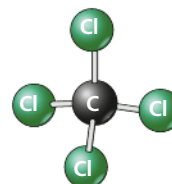
Il carbonio (C) è un non metallo, ha numero atomico 6 e la sua configurazione elettronica è:



Ogni atomo di carbonio ha quattro elettroni di valenza ( $\cdot\dot{C}\cdot$ ), ma soltanto due sono gli elettroni spaiati e per tale motivo dovrebbe formare soltanto due legami covalenti. In realtà, tende a completare l'ottetto, cioè a formare quattro legami covalenti con altri atomi, come avviene nel caso del metano e del tetracloruro di carbonio.



metano

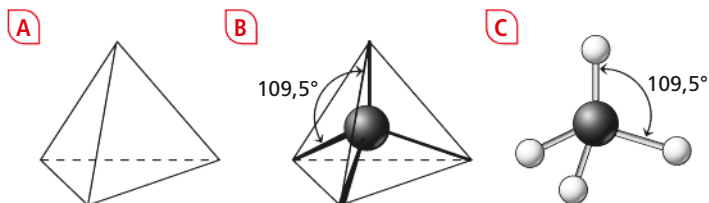


tetracloruro di carbonio

Anche se i legami vengono spesso rappresentati ad angolo retto l'uno rispetto all'altro, in realtà questi composti hanno una struttura tetraedrica (**Figura 2**). Da accurate misure sperimentali sappiamo, infatti, che gli angoli di legame H—C—H o Cl—C—Cl in queste molecole sono tutti uguali a 109,5° e i quattro legami C—H, così come i quattro legami C—Cl, hanno la stessa lunghezza.

**Figura 2**

La struttura tetraedrica del carbonio. (A) Un tetraedro regolare; (B) un atomo di carbonio all'interno di un tetraedro regolare; (C) una molecola di metano, CH<sub>4</sub>.



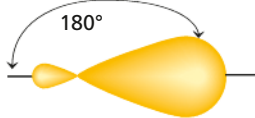
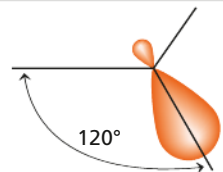
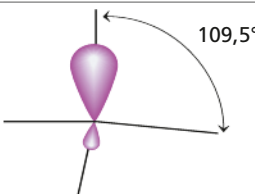
A partire solo dalle proprietà dell'orbitale  $s$ , che è di forma sferica, e degli orbitali  $p$ , che sono disposti in modo perpendicolare tra loro, è impossibile trovare una spiegazione per queste strutture «anomale». La soluzione del problema viene da una nuova teoria basata sull'*ibridazione degli orbitali atomici*.

## GLI ORBITALI IBRIDI

Gli orbitali ibridi sono orbitali atomici di tipo misto che derivano dall'incrocio, o **ibridazione**, di orbitali atomici puri, cioè di orbitali  $s$ ,  $p$ ,  $d$  o  $f$ , di un certo atomo.

Per esempio, «mescolando» un orbitale di tipo  $s$  e uno di tipo  $p$ , si ricavano due orbitali ibridi, che vengono contrassegnati dalla sigla  $sp$ . Incrociando, invece, un orbitale di tipo  $s$  e due di tipo  $p$ , si ottengono tre nuovi orbitali, chiamati orbitali ibridi  $sp^2$  (si legge «esse-pi-due»). Infine, dalla combinazione di un orbitale  $s$  e tre orbitali  $p$  si ricavano quattro nuovi orbitali, gli ibridi  $sp^3$ .

Ciascun tipo di orbitale corrisponde a una particolare regione dello spazio in cui vi è un'elevata probabilità di trovare un elettrone: normalmente, rappresentiamo tale regione tramite un'opportuna superficie limite. Gli orbitali ibridi non fanno eccezione, a ciascuno di essi corrisponde una particolare superficie limite; la geometria e la disposizione degli orbitali ibridi in tali superfici sono descritte nella **Tabella 1**.

Ibrido	Numero di orbitali ibridi	Geometria della superficie limite	Disposizione reciproca degli orbitali ibridi
$sp$	2	lineare	
$sp^2$	3	triangolare planare	
$sp^3$	4	tetraedrica	

La geometria tetraedrica dei legami nei composti del carbonio si spiega proprio grazie agli orbitali ibridi  $sp^3$ . Dalla combinazione dell'orbitale  $2s$  con i tre orbitali  $2p$  dell'atomo di carbonio, si formano quattro orbitali ibridi di uguale forma ed energia diretti verso i vertici di un tetraedro. Ogni legame C—H nella molecola di metano è il risultato della sovrapposizione di un orbitale  $sp^3$  dell'atomo di carbonio e di un orbitale  $s$  dell'idrogeno. In modo analogo, ogni legame semplice (legame sigma) che concatena tra loro gli atomi di carbonio delle molecole più complesse del metano è il risultato della sovrapposizione di due orbitali ibridi  $sp^3$ , uno per ciascun atomo di carbonio. Vedremo in seguito che gli ibridi  $sp^2$  e  $sp$  danno ragione della particolare geometria di altri composti del carbonio, quali, per esempio, gli alcheni ( $sp^2$ ) e gli alchini ( $sp$ ).

**GUARDA!**



**Video**

Qual è l'ibridazione del carbonio?

**Tabella 1**

Le caratteristiche geometriche degli orbitali ibridi  $sp$ ,  $sp^2$  e  $sp^3$ .

**ORA PROVA TU**

Quali sono le ibridazioni del carbonio e quali caratteristiche hanno?

### TI RICORDI?

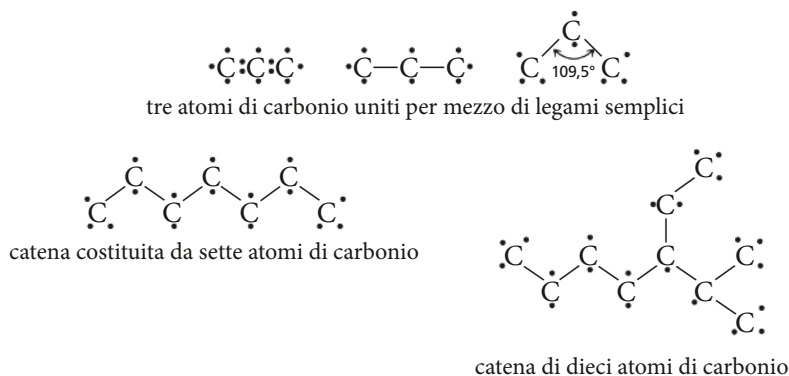
Gli **orbitali ibridi** possono partecipare solo alla formazione di legami singoli, di tipo  $\sigma$  (la sovrapposizione degli orbitali avviene lungo la linea congiungente i due nuclei). Nei legami doppi e tripli sono invece presenti anche uno o due legami di tipo  $\pi$  (la sovrapposizione degli orbitali avviene perpendicolarmente alla congiungente i due nuclei) e sono formati dagli orbitali  $p$  non ibridati.

### TI RICORDI?

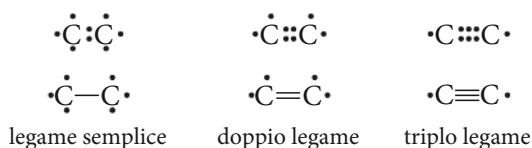
Nelle **formule di struttura** ogni trattino rappresenta un legame covalente.

## LE CATENE DI ATOMI DI CARBONIO

La spiccata tendenza del carbonio a formare catene di atomi legati in modo covalente è uno dei motivi per cui i composti organici sono così numerosi.



Queste catene si formano perché gli atomi di carbonio possono condividere i loro elettroni con altri atomi dello stesso tipo. Due atomi di carbonio possono mettere in compartecipazione una, due o tre coppie di elettroni in modo da formare, rispettivamente, un legame semplice, doppio o triplo.



Per studiare i composti del carbonio è possibile suddividerli in classi in base alle loro caratteristiche strutturali. Dalle proprietà di alcuni composti si può poi prevedere il comportamento degli altri membri delle classi.

In particolare, le proprietà chimiche dei composti organici dipendono da singoli atomi o da gruppi di atomi caratteristici, detti **gruppi funzionali**.

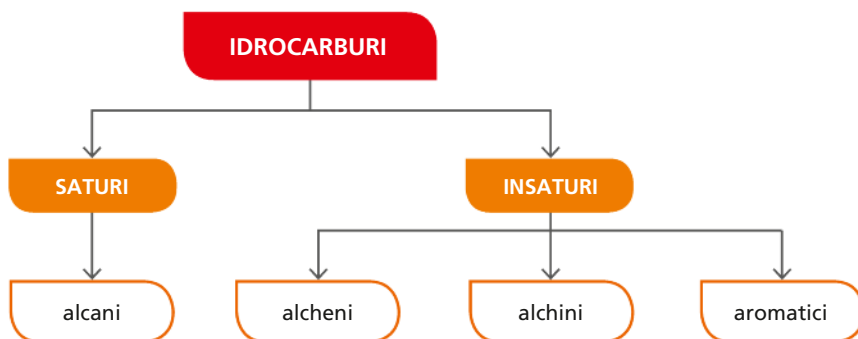
## 3 GLI IDROCARBURI

### PER SAPERNE DI PIÙ

Un'altra classificazione degli idrocarburi li distingue in **alifatici** e **aromatici**. Gli idrocarburi alifatici sono a catena aperta o ciclica e comprendono alcani, alcheni e alchini; gli idrocarburi aromatici contengono una particolare struttura ciclica con legami doppi e semplici alternati.

Gli **idrocarburi** sono composti costituiti esclusivamente da atomi di carbonio e di idrogeno uniti da legami covalenti.

Si tratta di un'ampia classe di composti, che può essere suddivisa in *saturo* e *insaturo*. Gli **idrocarburi saturi** contengono solo legami semplici carbonio-carbonio e formano la classe degli alcani. Gli **idrocarburi insaturi**, invece, contengono anche atomi di carbonio uniti da doppi o tripli legami e comprendono gli *alcheni*, gli *alchini* e i *composti aromatici*. Gli idrocarburi sono molecole apolari, e quindi sono tutti insolubili in acqua.



Le principali fonti di idrocarburi sono i **combustibili fossili**: il gas naturale, il petrolio e il carbone. Il **gas naturale** è composto prevalentemente da metano, con piccole quantità di etano, propano e butano; il **petrolio** è un liquido viscoso costituito da un miscuglio di idrocarburi (soprattutto alcheni e alchini) dalla cui raffinazione si ottengono benzina, kerosene, oli combustibili, paraffina e petrolato (a loro volta costituiti da miscugli di idrocarburi). Gli **idrocarburi aromatici**, come benzene, toluene e naftalene, si ottengono prevalentemente dal catrame di carbone, che è un sottoprodotto volatile della lavorazione del coke nell'industria dell'acciaio.

## CHIMICA E SOSTENIBILITÀ

### Biodiesel: un combustibile da fonti rinnovabili

Il 10 agosto 1893 venne messo in funzione il primo modello di **motore diesel** progettato dall'omonimo ingegnere Rudolf Diesel (1858-1913). Per ricordare questa scoperta, il 10 agosto è stata dichiarata la «Giornata mondiale del biodiesel».

A differenza dei motori a scoppio, in cui l'accensione della miscela combustibile-comburente viene innescata da una scarica elettrica, il motore diesel funziona senza innesco. La particolarità di questa tecnologia è che sfrutta la compressione dei gas per raggiungere la temperatura di autoignizione: raggiunta questa temperatura, il combustibile inizia a bruciare spontaneamente in presenza di aria. Mentre i motori a scoppio funzionano a benzina, i motori diesel funzionano a **gasolio**, cioè sono necessari due carburanti che derivano da frazioni del petrolio.

#### Oli vegetali e Green Chemistry

I motori diesel muovono oggi centinaia di milioni di automobili, treni e navi nel mondo. Se tutti noi siamo a conoscenza dell'invenzione geniale di Diesel, in pochi sanno che il suo primo prototipo fu ideato per funzionare con olio di arachide. Nel 1912 l'ingegnere pronunciò queste parole: «L'uso degli oli vegetali come carburanti per i motori può sembrare insignificante oggi, ma tali oli, col passare del tempo, possono diventare altrettanto importanti quanto il petrolio e il carbone; la forza motrice potrà essere ottenuta col calore del Sole anche quando le riserve dei combustibili liquidi e solidi saranno esaurite». Queste parole profetiche dimostrano come già un secolo fa si prospettasse il problema dell'esaurimento delle risorse energetiche.

Alla fine dell'Ottocento diversi scienziati avevano individuato nell'energia solare una fonte rinnovabile e inesauribile. Ma soltanto negli anni Novanta del secolo scorso questi principi sono confluiti nei punti chiave della **Chimica verde (Green Chemistry)**. Questa nuova concezione della chimica si fonda sull'intento di sviluppare processi, tecnologie e prodotti che siano sostenibili a livello ambientale, energetico ed economico. La tutela degli esseri viventi, dell'ambiente e delle sue risorse hanno dato il via a moltissime ricerche scientifiche, tra cui appunto lo studio di combustibili alternativi alle fonti fossili.

#### Un biocarburante sostenibile

L'utilizzo degli oli vegetali è stato fortemente rivalutato negli ultimi anni. Come biocombustibili, infatti, presentano diversi vantaggi:

1. Permettono di ridurre la dipendenza dal petrolio.
2. Sono una risorsa rinnovabile: si formano tramite il ciclo vitale delle piante.
3. La loro combustione riduce le emissioni di anidride carbonica perché derivano da fonti vegetali che utilizzano la fotosintesi.
4. Riducono le emissioni di inquinanti.



5. Sono liquidi a temperatura ambiente e facilmente disponibili.

6. Hanno un elevato potere calorifico (energia prodotta dalla combustione per unità di massa, MJ/kg).

Nonostante le loro potenzialità, diversi studi hanno però dimostrato che gli oli vegetali non possono essere usati tal quali. A differenza del comune gasolio, infatti, essi hanno una viscosità molto elevata che provoca, soprattutto alle basse temperature, la formazione di depositi che causano guasti al sistema di iniezione del motore.

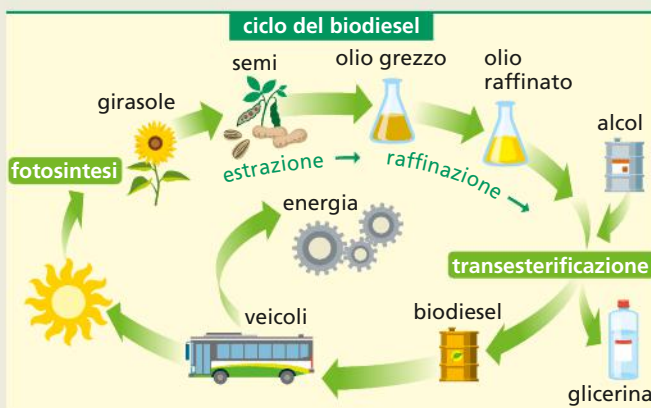
#### Biodiesel e sostenibilità

Il biodiesel è nato con l'intento di unire i vantaggi degli oli vegetali alla necessità di renderli utilizzabili per i motori diesel. Si è scoperto che, trattando gli oli vegetali con sostanze come gli alcoli, è possibile ottenere molecole con caratteristiche chimico-fisiche simili a quelle del diesel, cioè il **biodiesel (Figura A)**.

Per riuscire a produrre un combustibile sostenibile non è però sufficiente che derivi da fonti rinnovabili. Nella produzione del biodiesel si è scelto di utilizzare oli vegetali esausti oppure oli non edibili: in questo modo non si entra in competizione con le coltivazioni destinate all'industria alimentare e si riesce a valorizzare un prodotto di scarto.

Il biodiesel può essere prodotto a partire da oli diversi: colza, palma, soia, noce di cocco, lino, canapa, girasole, arachide, anche se quelli più utilizzati sono i primi tre. A seconda del territorio ci può essere un olio più conveniente di un altro.

Tenendo conto di questi fattori, la produzione del biodiesel diventa una via sostenibile in una specifica realtà geografica. Vi è però ancora tanto da fare per riuscire a mettere sul mercato biocombustibili che siano competitivi con i combustibili fossili. Ma attraverso la sinergia tra ricerca e politiche sostenibili, il futuro a cui guardava Diesel potrà diventare presto realtà.



**Figura A**  
Il ciclo del biodiesel.

# 4 GLI ALCANI

## PER SAPERNE DI PIÙ

Gli **alcani** vengono detti anche *paraffine* o *idrocarburi saturi*.

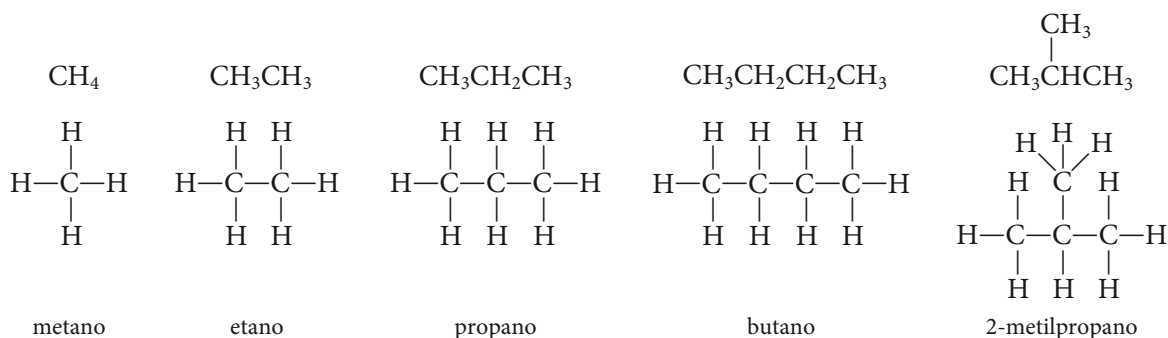
Gli **alcani** sono composti a catena lineare o ramificata in cui gli atomi di carbonio sono uniti fra loro solo da legami covalenti semplici.

Da queste sostanze derivano molte altre classi di composti organici: è necessario quindi ricordare il nome dei primi dieci membri della serie, che costituiscono la base della nomenclatura di altre classi di composti.

Gli alcani costituiscono una **serie omologa** di composti, cioè ogni alcano differisce dal termine precedente della serie per l'aggiunta di un gruppo  $-\text{CH}_2-$ . I membri di una serie omologa hanno struttura analoga, ma formula diversa. Le classi più comuni di composti organici formano serie omologhe, che possono essere rappresentate per mezzo di una formula generale. Per gli alcani a catena aperta la formula generale è  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ , in cui  $n$  rappresenta il numero di atomi di carbonio.

Il primo membro della serie degli alcani è il *metano*,  $\text{CH}_4$ . Le molecole contenenti due, tre e quattro atomi di carbonio sono chiamate rispettivamente *etano*, *propano* e *butano*.

formula  
molecolare



I primi quattro alcani hanno nomi tradizionali che occorre memorizzare, ma il nome dei sei composti successivi si ottiene aggiungendo il suffisso *-ano* a un prefisso che indica il numero degli atomi di carbonio presenti. Per esempio, nel caso del *pentano*  $n = 5$  e  $2n + 2 = 12$ ; la formula del pentano è quindi  $\text{C}_5\text{H}_{12}$ . La formula dell'*esadecano*, un alcano con 16 atomi di carbonio, è  $\text{C}_{16}\text{H}_{34}$ .

I nomi e le formule dei primi dieci alcani sono riportati nella **Tabella 2**.

Le molecole degli alcani sono apolari perché contengono legami apolari (C—C) o poco polari (C—H). Le interazioni fra molecole apolari sono molto deboli, perciò i punti di ebollizione degli alcani sono minori di quelli di altri composti organici di analoga massa molare.

## PER SAPERNE DI PIÙ

Gli **oli** sono costituiti da alcani e da altri idrocarburi.

**Tabella 2**

Nome, formula e proprietà fisiche dei primi dieci alcani a catena lineare.

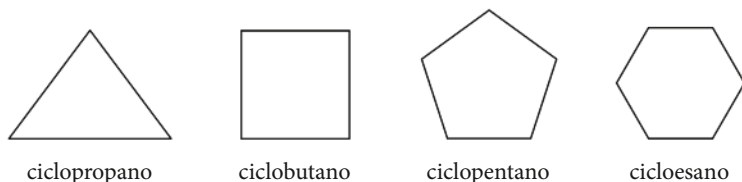
Nome	Formula molecolare $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$	Formula di struttura condensata	Punto di ebollizione (°C)	Punto di fusione (°C)
metano	$\text{CH}_4$	$\text{CH}_4$	-161	-183
etano	$\text{C}_2\text{H}_6$	$\text{CH}_3\text{CH}_3$	-88	-172
propano	$\text{C}_3\text{H}_8$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	-45	-187
butano	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	-0,5	-138
pentano	$\text{C}_5\text{H}_{12}$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	36	-130
esano	$\text{C}_6\text{H}_{14}$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	69	-95
eptano	$\text{C}_7\text{H}_{16}$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	98	-90
ottano	$\text{C}_8\text{H}_{18}$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	125	-57
nonano	$\text{C}_9\text{H}_{20}$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	151	-54
decano	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	174	-30



## I CICLOALCANI

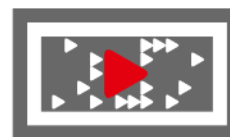
I **cicloalcani** sono alcani ciclici, cioè con struttura ad anello. La formula generale è  $C_nH_{2n}$ . Per esempio, il cicloesano, con sei atomi di carbonio, ha formula  $C_6H_{12}$ .

Per i composti ciclici si usano particolari formule di struttura: gli anelli vengono rappresentati con un poligono che ha tanti vertici quanti sono gli atomi di carbonio della molecola. Per esempio, il *ciclopropano* (tre atomi di carbonio) viene rappresentato con un triangolo, il *ciclobutano* (quattro atomi di carbonio) viene rappresentato con un quadrilatero, il *ciclopentano* (cinque atomi di carbonio) con un pentagono e il *cicloesano* (sei atomi di carbonio) con un esagono, e così via. Per semplicità, non si riportano né gli atomi di carbonio né quelli di idrogeno a essi legati.



Fra i cicloalcani, il più importante è il **cicloesano**: ha una struttura particolarmente stabile e, per questo motivo, i suoi derivati sono presenti in molti prodotti naturali. La molecola del cicloesano può assumere diverse conformazioni, che si trasformano l'una nell'altra per parziale rotazione attorno ai legami carbonio-carbonio. Le due principali conformazioni sono dette *a sedia* (a minore energia e quindi più stabile) e *a barca* (a maggiore energia). A temperatura ambiente, le molecole del cicloesano passano continuamente da una forma all'altra: l'agitazione termica è sufficiente a causare la conversione fra le due conformazioni (**Figura 3**).

### GUARDA!

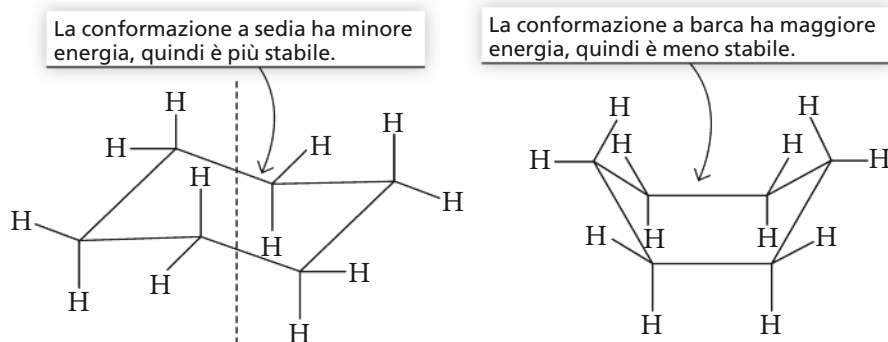


### Video

Come si riconoscono alcani e cicloalcani?

### LE PAROLE

La **conformazione** (dal latino: *conformatio* = configurazione) è la particolare disposizione spaziale degli atomi in una molecola.



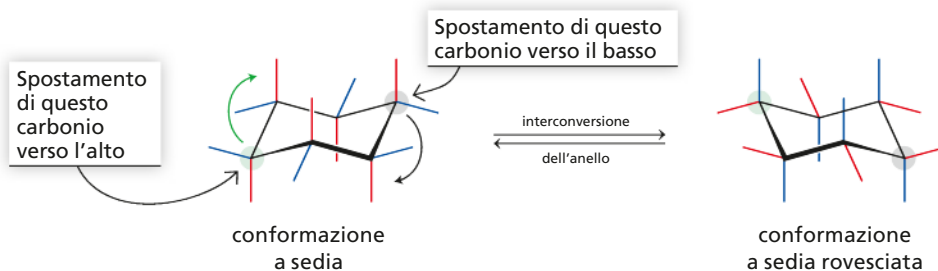
### Figura 3

Le conformazioni a sedia e a barca del cicloesano. Le due conformazioni si interconvertono tra loro per rotazione intorno ai legami C—C.

Ogni atomo di carbonio dell'anello della sedia lega due atomi di idrogeno con due legami: uno *equatoriale* (inclinato sopra o sotto il piano della molecola) e uno *assiale* (perpendicolare al piano medio della molecola). Esiste la possibilità di interconversione della conformazione a sedia in una sedia rovesciata, in cui tutti i legami assiali diventano equatoriali (**Figura 4**).

### Figura 4

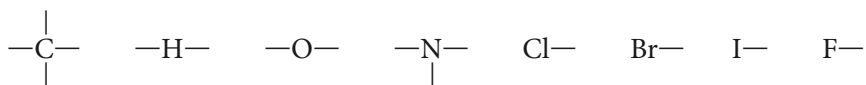
Le due conformazioni sono in equilibrio e la molecola passa di continuo da una conformazione all'altra.



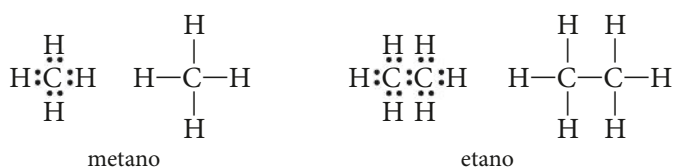
In questa interconversione, i legami che nella conformazione a sedia hanno direzione equatoriale (in blu), nella conformazione a sedia rovesciata diventano assiali (sempre in blu), mentre quelli che erano assiali (in rosso) diventano equatoriali (sempre in rosso).

## 5 COME SI RAPPRESENTANO LE FORMULE DI STRUTTURA

Le proprietà delle sostanze organiche dipendono dalla loro struttura molecolare, cioè dal modo in cui gli atomi sono legati all'interno della molecola. Come abbiamo già detto, i composti organici sono costituiti da un numero relativamente ridotto di elementi: carbonio, idrogeno, ossigeno, azoto e alogeni. In questi composti, il carbonio forma quattro legami, l'azoto ne forma tre, l'ossigeno due, l'idrogeno e gli alogeni uno.

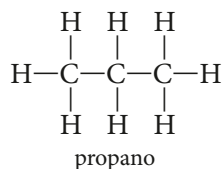


Per illustrare la struttura tridimensionale delle molecole è utile ricorrere a modellini molecolari; trasferendo i modelli spaziali sulla carta si ottengono formule di struttura bidimensionali. Consideriamo, per esempio, le formule del metano e dell'etano espresse con la notazione di Lewis.

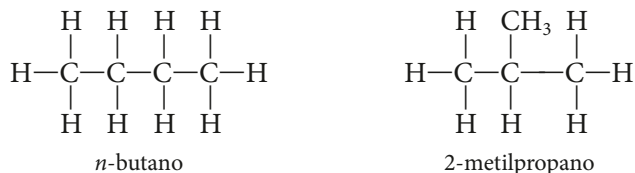


Per scrivere la formula del propano (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), il termine successivo della serie degli alcani, bisogna comprendere come sono disposti gli atomi all'interno della molecola. Gli alcani contengono solo legami semplici, perciò ogni atomo di carbonio deve essere legato ad altri quattro atomi per mezzo di legami C—C o C—H. L'idrogeno deve essere legato a un unico atomo di carbonio mediante un legame C—H, perciò non possono esistere legami C—H—C; inoltre, un legame H—H rappresenterebbe semplicemente una molecola di idrogeno.

Quindi l'unica struttura possibile per il propano è:



Nel caso del butano (**Figura 5**), che contiene quattro atomi di carbonio, si possono scrivere invece due formule di struttura:



Alla stessa formula molecolare corrispondono due alcani diversi:

- l'alcano a catena lineare è detto *n*-butano (*n* sta per *normale*, cioè «non ramificato»), bolle a 0,5 °C e fonde a -138,3 °C;
- l'alcano a catena ramificata si chiama invece 2-metilpropano; bolle a -11,7 °C e fonde a -159,5 °C.

Questi composti hanno proprietà fisiche diverse: pur possedendo la stessa formula molecolare, sono quindi sostanze diverse.

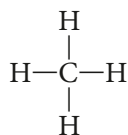
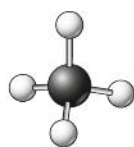


**Figura 5**

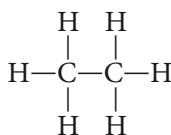
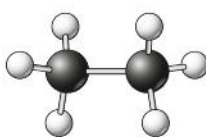
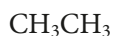
Il GPL (Gas di Petrolio Liquefatti) è una miscela costituita prevalentemente da propano e butano.

Le strutture del metano, dell'etano, del propano, del *n*-butano e del 2-metilpropano possono essere rappresentate in modi diversi:

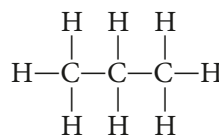
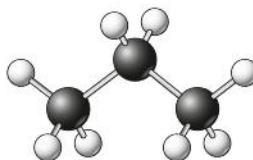
formula  
molecolare



metano

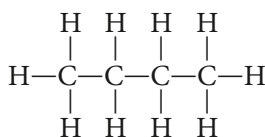
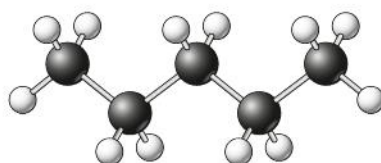


etano

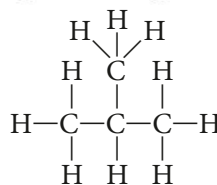
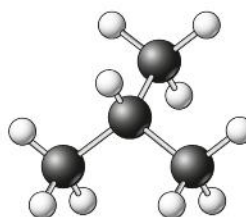
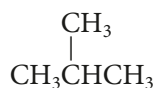


propano

formula  
molecolare



*n*-butano



2-metilpropano

Per risparmiare tempo e spazio, spesso per i composti organici si usano le *formule di struttura condensate*, in cui ciascun atomo di carbonio viene scritto insieme agli atomi di idrogeno cui è direttamente legato; per esempio, la formula di struttura condensata del pentano è  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ , oppure  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$ .

### PROBLEMA SVOLTO

#### LA FORMULA DI STRUTTURA CONDENSATA

Scrivi e interpreta la formula di struttura condensata del propano ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ).

#### SVOLGIMENTO

Scriviamo la formula condensata del propano e numeriamo gli atomi di carbonio:



- Il carbonio in posizione 1 (C-1) è legato a tre atomi di idrogeno e all'atomo di carbonio C-2;
- il carbonio C-2 è, a sua volta, unito a due atomi di idrogeno e al carbonio C-3;
- il carbonio C-3 è legato, come il C-1, al carbonio C-2 e a tre atomi di idrogeno.

### ORA PROVA TU

Scrivi e interpreta le formule condensate dei seguenti idrocarburi:

- butano
- 2-metilpropano

# 6 L'ISOMERIA NEI COMPOSTI ORGANICI

Come abbiamo visto, all'idrocarburo  $C_4H_{10}$  corrispondono due composti diversi, detti isomeri, ciascuno dei quali è caratterizzato da specifiche proprietà fisiche.

## L'ISOMERIA DI STRUTTURA

L'isomeria è un fenomeno molto comune ed è uno dei motivi per cui esiste un numero così elevato di composti organici. In generale, tanto maggiore è il numero di atomi di carbonio presenti all'interno di un composto, tanto maggiore diventa il numero dei possibili isomeri; il pentano ha 3 isomeri, l'esano ne ha 5, l'eptano 9, l'ottano 18, il nonano 35 e il decano 75. Per evitare che sorgano ambiguità sulla natura dei composti individuati con la formula bruta, è necessario utilizzare le formule di struttura.

Il fenomeno per cui due o più composti che hanno la stessa formula molecolare presentano diversa struttura si chiama **isomeria strutturale** e i composti sono detti isomeri di struttura.

Gli **isomeri di struttura** sono composti che hanno la stessa formula molecolare ma diversa formula di struttura.

### LE PAROLE

Un **isomero** (dal greco: *isos* = uguale e *meros* = parte) è un composto che può esistere in forme diverse.

PROBLEMI SU MISURA A1.2

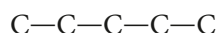
### PROBLEMA SVOLTO

#### GLI ISOMERI DI STRUTTURA

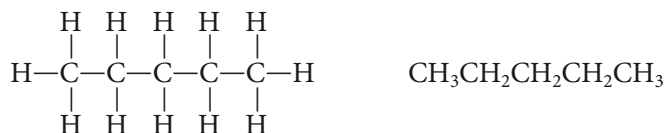
Scrivi le formule di struttura e le formule condensate dei tre isomeri del pentano.

#### SVOLGIMENTO

In un problema di questo tipo, si scrive in primo luogo la catena lineare di atomi di carbonio più lunga, che costituisce lo scheletro della molecola: in questo caso si tratta di cinque atomi di carbonio legati fra loro:



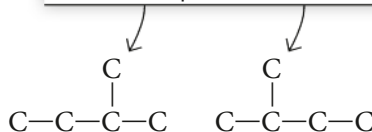
Per completare la struttura, si dispongono gli atomi di idrogeno attorno agli atomi di carbonio, in modo che ciascun carbonio formi quattro legami:



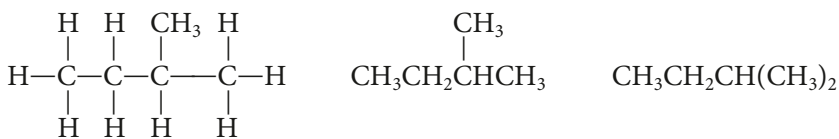
Ciascun carbonio legato a un'estremità della catena ha bisogno di tre atomi di idrogeno, mentre ogni atomo di carbonio interno ne richiede solo due.

L'isomero successivo si ottiene scrivendo una catena lineare di quattro atomi di carbonio e legando il quinto a uno dei due atomi intermedi.

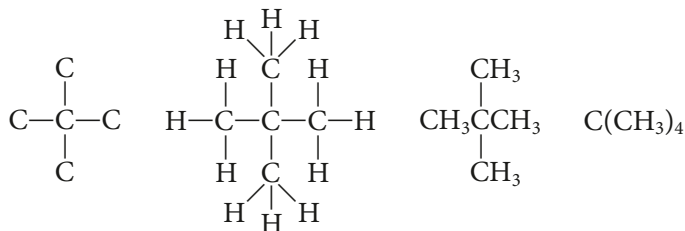
Queste due strutture rappresentano lo stesso composto.



Ora completiamo la struttura aggiungendo 12 atomi di idrogeno:



Per il terzo isomero, scriviamo una catena di tre atomi di carbonio, uniamo gli altri due all'atomo centrale e completiamo la struttura con i dodici atomi di idrogeno.

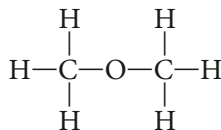
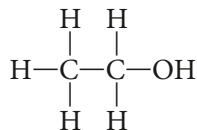


**ORA PROVA TU**  
 Scrivi le formule di struttura condensate dei cinque isomeri dell'esano,  $\text{C}_6\text{H}_{14}$ .

L'isomeria strutturale può presentarsi in diversi modi. I due isomeri del butano, per esempio, sono detti **isomeri di catena** per la diversa struttura della catena carboniosa. L'1-cloropropano e il 2-cloropropano sono, invece, **isomeri di posizione** perché l'atomo di cloro è inserito in posizioni diverse della catena.

Esistono anche **isomeri di gruppo funzionale**. Per esempio, nelle due molecole seguenti, l'alcol etilico e l'etere dimetilico, l'atomo di ossigeno è presente nel gruppo funzionale C—OH caratteristico degli alcoli oppure nel gruppo funzionale C—O—C caratteristico degli eteri.

formula  
molecolare



alcol etilico

etere dimetilico

Talvolta, la differenza tra un isomero e l'altro non dipende dal diverso modo con cui i loro atomi sono concatenati gli uni agli altri, ma è ancora più sottile. Per dare origine a molecole con differenti proprietà chimico-fisiche è sufficiente infatti che gli stessi atomi, concatenati in modo identico, abbiano una diversa orientazione nello spazio. A questo particolare tipo di isomeri si dà il nome di **stereoisomeri**, che si suddividono in *isomeri geometrici* e *isomeri ottici*.

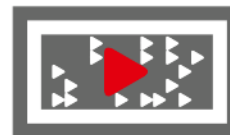
Dei primi parleremo a proposito degli alcheni; approfondiamo subito, invece, il caso degli isomeri ottici.

### L'ISOMERIA OTTICA

Per comprendere come funziona l'isomeria ottica, prendiamo come esempio le nostre mani. La mano destra e quella sinistra non sono uguali; esse, infatti, non sono perfettamente sovrapponibili l'una all'altra. Quando le facciamo combaciare palmo a palmo, i dorsi delle mani sono rivolti in direzione opposta l'uno rispetto all'altro e quindi non sono sovrapposti.

Se avviciniamo la mano destra allo specchio, l'immagine che vediamo riflessa coincide con la mano sinistra. Pertanto, possiamo dire che la mano destra e la mano sinistra non sono uguali ma sono l'una l'*immagine*

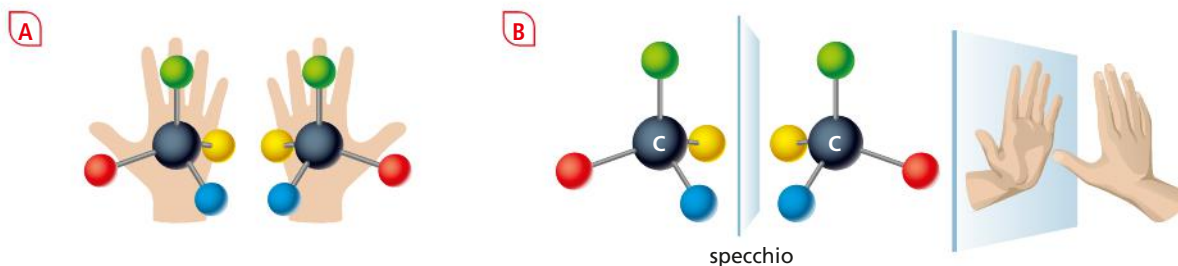
**GUARDA!**



**Video**

Che cos'è la stereoisomeria?

**Le molecole in 3D**



**Figura 6**

(A) Una mano e un carbonio tetraedrico che lega quattro sostituenti diversi non hanno un piano di simmetria e sono **chirali**; essi non sono sovrapponibili alle loro immagini speculari. (B) Le mani sono l'immagine speculare l'una dell'altra: l'immagine riflessa della mano destra è la mano sinistra.

speculare dell'altra (**Figura 6A**). Anche alcune molecole organiche hanno strutture che le rendono simili alle nostre mani.

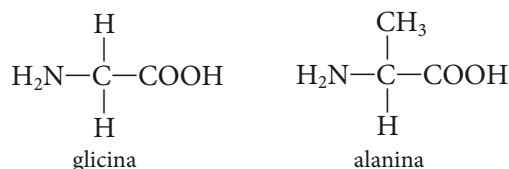
Se due molecole sono l'una l'immagine speculare dell'altra e non sono sovrapponibili, costituiscono una coppia di isomeri ottici o **enantiomeri**.

Una molecola (o ione) che non è identica alla sua immagine speculare è detta **chirale** (**Figura 6B**).

In generale, se i quattro gruppi atomici legati a un atomo di carbonio tetraedrico sono tutti diversi fra loro, l'atomo di carbonio è un **centro chirale** e la molecola che lo contiene può esistere in due diverse forme enantiomeriche.

### PROBLEMA SVOLTO LE MOLECOLE CHIRALI

Determina se gli amminoacidi glicina e alanina sono molecole chirali.



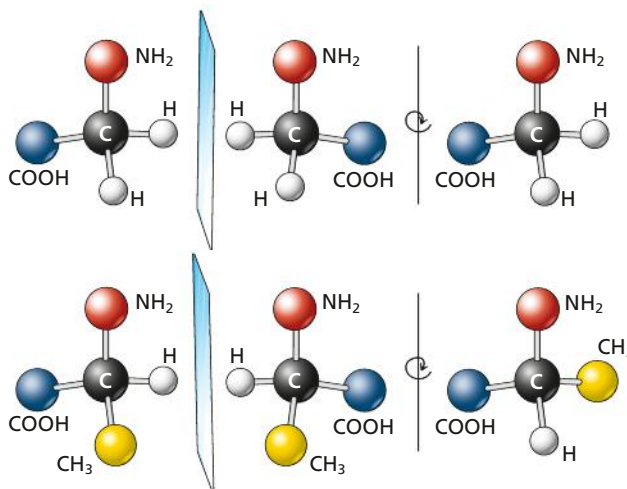
#### STRATEGIA

Disegniamo le immagini speculari di ciascuna delle due molecole. Ruotiamo poi tali immagini intorno all'asse verticale sino a che il gruppo  $-\text{COOH}$  assume uguale orientazione rispetto alla molecola di partenza.

#### SVOLGIMENTO

Nel caso della glicina, l'immagine speculare è sovrapponibile alla molecola iniziale: non è una molecola chirale.

La molecola dell'alanina è, invece, chirale perché non può essere sovrapposta alla sua immagine speculare.



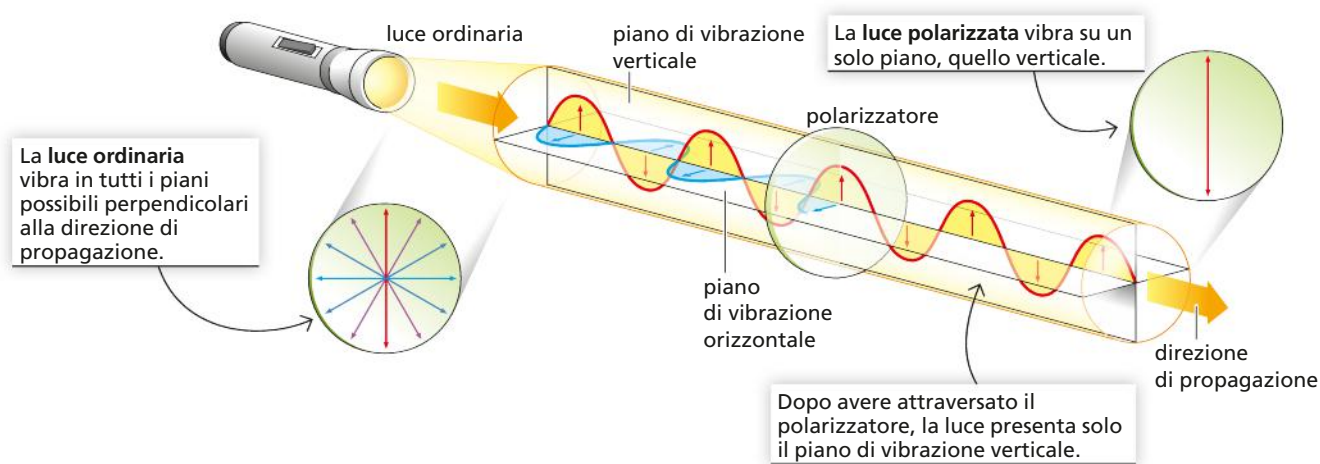
#### ORA PROVA TU

Dimostra che la molecola  $\text{HC}(\text{OH})\text{ClCH}_3$  è chirale.

Gli enantiomeri hanno identiche proprietà fisiche e chimiche, con due eccezioni: reagiscono in modo diverso con altre molecole chirali e sono *otticamente attivi*, cioè fanno ruotare il piano di un raggio di luce piano-polarizzata in versi opposti. Nella luce piano-polarizzata, le onde si propagano vibrando in un solo piano; invece, nella luce non polarizzata le onde vibrano in tutti i possibili piani perpendicolari alla direzione di propagazione del raggio luminoso (Figura 7).

**Figura 7**

Luce ordinaria e luce polarizzata. La luce ordinaria dopo essere passata attraverso il polarizzatore vibra su un solo piano e risulta quindi polarizzata.



Quando la luce polarizzata passa attraverso una soluzione che contiene molecole otticamente attive, il **piano di polarizzazione** ruota di un certo angolo. Le soluzioni di due enantiomeri, alla stessa concentrazione, provocano rotazioni uguali, ma opposte.

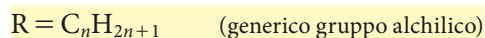
L'enantiomero che ruota il piano della luce polarizzata in senso orario è l'**enantiomero (+)**, mentre quello che lo ruota in senso antiorario è l'**enantiomero (-)**.

## 7 LA NOMENCLATURA DEI COMPOSTI ORGANICI

Agli albori della chimica organica, chi isolava o sintetizzava un nuovo composto gli assegnava spesso anche un nome, che in molti casi richiama l'origine del composto. Per esempio, il metanolo veniva chiamato *alcol di legno* perché si otteneva per distillazione distruttiva (pirolisi) del legno.

Presto si fece sentire l'esigenza di stabilire una nomenclatura sistematica per i composti organici; il nuovo sistema fu introdotto per la prima volta nel 1892; da allora, la IUPAC ha proposto numerose revisioni e oggi esiste un insieme di regole che consente di assegnare un nome sistematico a ciascun composto. Tuttavia, per comodità, restano in uso anche molti nomi tradizionali.

Secondo le regole IUPAC il nome degli alcani termina con il suffisso *-ano*. Per ricavare il nome sistematico dei composti organici, è necessario conoscere i *gruppi alchilici* più comuni. Togliendo un atomo di idrogeno da un alcano si ottiene un **gruppo alchilico**. La formula di un gruppo alchilico, genericamente rappresentato con la lettera R, è  $C_nH_{2n+1}$ ; il nome si ottiene sostituendo il suffisso *-ano* del corrispondente alcano con *-ile*.



### LE PAROLE

Il termine **IUPAC** è la sigla di *International Union and Applied Chemistry* (Unione Internazionale di Chimica Pura e Applicata).

Le regole che seguono sono sufficienti per ricavare il nome sistematico di gran parte degli alcani. Nei prossimi paragrafi verranno estese in modo da poter essere applicate anche ad altre classi di composti.

1. Si individua la più lunga catena continua di atomi di carbonio: è la struttura base, che dà il nome alla molecola. I gruppi alchilici legati alla catena vengono considerati sue ramificazioni o sostituenti di altrettanti atomi di idrogeno.

Se una formula contiene due o più catene della stessa lunghezza si sceglie quella con il maggior numero di sostituenti. Il nome dell'alcano è costituito dal nome del composto base (il prefisso che indica il numero di atomi della catena seguito dalla desinenza *-ano*) preceduto dai nomi dei gruppi alchilici legati alla catena principale. La **(Tabella 3)** riporta i nomi e le formule di alcuni dei principali gruppi alchilici.

**Tabella 3**

Nomi e formule di alcuni gruppi alchilici.

Formula	Nome	Formula	Nome
CH <sub>3</sub> —	metile	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3\text{CH}— \end{array}$	isopropile
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> —	etile	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3\text{CHCH}_2— \end{array}$	isobutile
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> —	propile	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}— \end{array}$	sec-butile (butile secondario)
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> —	butile	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3\text{C}— \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	terz-butile (butile terziario)
CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> —	pentile		
CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CH <sub>2</sub> —	esile		
CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> CH <sub>2</sub> —	eptile		
CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> CH <sub>2</sub> —	ottile		
CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> CH <sub>2</sub> —	nonile		
CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> CH <sub>2</sub> —	decile		

2. Si numerano gli atomi di carbonio della catena più lunga a partire dall'estremità più vicina a un sostituito in modo che gli atomi della catena a cui sono legati i sostituenti abbiano la numerazione più piccola possibile.
3. Si dà il nome a ciascun gruppo alchilico e lo si fa precedere, separato da un trattino, dal numero assegnato al carbonio a cui il gruppo alchilico è legato; per esempio, 2-metil corrisponde a un gruppo metile legato al C-2 di una certa catena.
4. Se la molecola contiene lo stesso sostituito in più posizioni, si fa precedere il nome del gruppo da un prefisso (*di-*, *tri-*, *tetra-* e così via) che ne specifica la quantità. I numeri corrispondenti alle posizioni dei gruppi alchilici vengono scritti prima del nome del sostituito, separati da una virgola e seguiti da un trattino (per esempio 2,3-dimetil).
5. Si assegna il nome all'alcano, elencando tutti i sostituenti in ordine alfabetico (ciascuno preceduto dal proprio numero); per esempio, *etil* precede *metil* in 3-etil-4-metilottano. I prefissi *di-*, *tri-* non entrano nell'ordine alfabetico (etil precede dimetil).

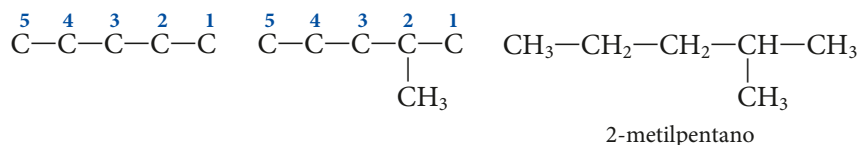
Proviamo adesso ad assegnare il nome sistematico al seguente composto:



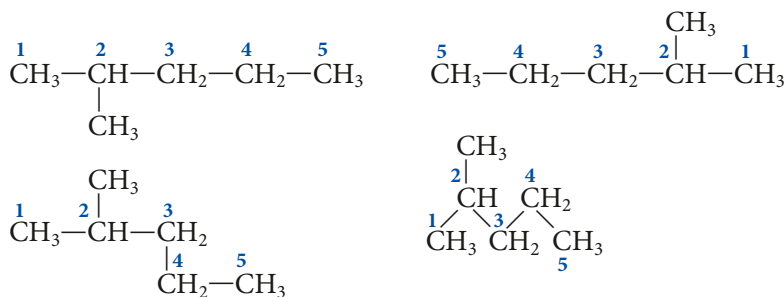


La catena più lunga contiene quattro atomi di carbonio, perciò il nome di partenza è *butano*. Il gruppo  $\text{—CH}_3$  è unito al C-2: a butano si antepone il nome del gruppo, *metil*, preceduto a sua volta dal numero 2 (relativo al carbonio a cui è legato) e separato da esso con un trattino: il nome del composto sarà allora 2-metilbutano.

Può capitare anche di dover fare l'operazione inversa, cioè **scrivere la formula di struttura** di un composto **a partire dal suo nome**. Consideriamo per esempio il 2-metilpentano. La catena fondamentale è formata da cinque atomi di carbonio. Scriviamo e numeriamo questa catena, poi inseriamo un gruppo  $\text{—CH}_3$  in corrispondenza dell'atomo di carbonio C-2 (2-metil); infine, aggiungiamo gli atomi di idrogeno, in modo che ciascun carbonio formi quattro legami.

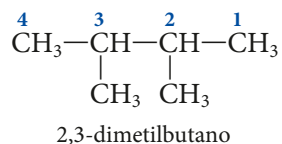


Anche se il gruppo metile è vicino all'estremità di destra, questo composto non può chiamarsi 4-metilpentano, perché la numerazione della catena deve sempre partire dall'estremità più vicina alla ramificazione. Questa formula può essere scritta anche in altri modi, tutti equivalenti; per esempio, non è indispensabile che la numerazione degli atomi di carbonio vada da sinistra a destra oppure che la catena segua necessariamente una linea retta.

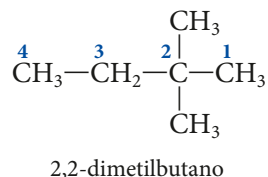


### ALCUNI ESEMPI DI NOMENCLATURA DEGLI ALCANI

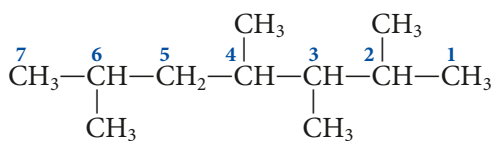
Vediamo altri esempi di nomenclatura sistematica per alcuni composti della classe degli alcani.



Nel 2,3-dimetilbutano, la catena più lunga è costituita da quattro atomi di carbonio, perciò si tratta di butano; la presenza dei due gruppi metile è segnalata del prefisso *dimetil*, mentre la loro posizione sulla catena (sul C-2 e sul C-3) è indicata dai numeri 2,3.

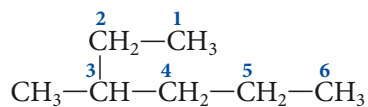


Nel 2,2-dimetilbutano entrambi i gruppi metile sono legati allo stesso atomo di carbonio, quindi occorre ripetere per due volte il numero 2.



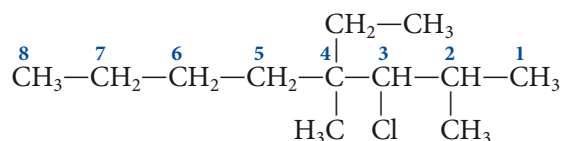
2,3,4,6-tetrametileptano (non 2,4,5,6-)

Nel 2,3,4,6-tetrametileptano la catena più lunga è di sette atomi di carbonio, i gruppi metile sono quattro e la numerazione della molecola procede da destra a sinistra perché in questo modo gli atomi di carbonio a cui i gruppi metile sono legati assumono la numerazione più bassa possibile (se la numerazione fosse da sinistra a destra il composto si chiamerebbe 2,4,5,6-tetrametileptano).



3-metilesano

Nel 3-metilesano la catena più lunga è composta da sei atomi di carbonio.

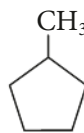


3-cloro-4-etil-2,4-dimetilottano

Nel 3-cloro-4-etil-2,4-dimetilottano la catena più lunga contiene otto atomi di carbonio. I nomi dei gruppi legati alla catena dell'ottano vengono scritti in ordine alfabetico, compreso l'atomo di cloro. Nota che *etil* precede *dimetil*.

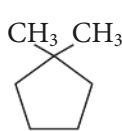
## LA NOMENCLATURA DEI CICLOALCANI

Il nome dei cicloalcani si ottiene aggiungendo il prefisso *ciclo-* al nome dell'alcano corrispondente. Se l'anello di un cicloalcano ha dei sostituenti, la numerazione degli atomi di carbonio dell'anello procede in senso orario o antiorario in modo che essa sia la più piccola possibile.

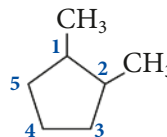


metilciclopentano

Se il sostituito è uno solo, come nel metilciclopentano, non si specifica il carbonio a cui è legato, cioè si sottintende il numero 1.



1,1-dimetilciclopentano



1,2-dimetilciclopentano

Se i sostituenti sono più di uno, è necessario specificare la loro posizione. Nel 1,1-dimetilciclopentano sono presenti due gruppi metilici, entrambi in posizione C-1. Anche nell'1,2-dimetilciclopentano sono presenti due gruppi metilici, ma uno è legato in posizione C-1 e l'altro in posizione C-2.

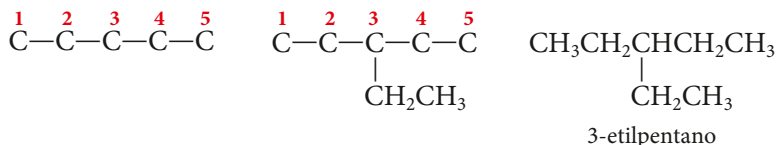
**PROBLEMA SVOLTO**

**DAL NOME ALLA FORMULA DI STRUTTURA**

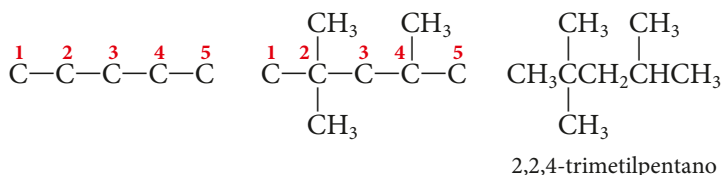
Scrivi le formule di struttura del a. 3-etilpentano e b. 2,2,4-trimetilpentano.

**SVOLGIMENTO**

a. Lo scheletro della molecola è costituito da cinque atomi di carbonio (pentano): scrivi una catena di cinque atomi di carbonio e numerala. Unisci un gruppo etile,  $\text{CH}_3\text{CH}_2-$ , al C-3. Ora aggiungi gli atomi di idrogeno in modo che ogni atomo di carbonio formi quattro legami; C-1 e C-5 hanno bisogno di tre atomi di idrogeno ciascuno, C-2 e C-4 richiedono due atomi di idrogeno e C-3 un idrogeno solo.

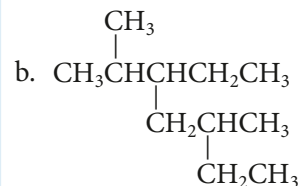
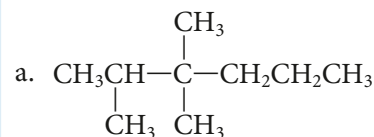


b. Lo scheletro della molecola è costituito da cinque atomi di carbonio (pentano): scrivi una catena di cinque atomi di carbonio e numerala. Il composto contiene tre gruppi metile ( $-\text{CH}_3$ ), di cui due uniti al C-2 e uno al C-4. Collega questi gruppi ai rispettivi atomi di carbonio. Ora aggiungi gli atomi di idrogeno in modo che ogni carbonio formi quattro legami: tre atomi di idrogeno su C-1 e C-5, nessuno su C-2, due atomi di idrogeno su C-3 e un idrogeno solo su C-4. La formula completa del composto è:



**ORA PROVA TU**

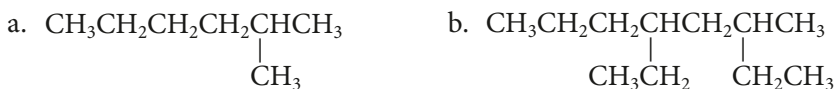
Assegna il nome IUPAC ai seguenti alcani.



**PROBLEMA SVOLTO**

**DALLA FORMULA DI STRUTTURA AL NOME**

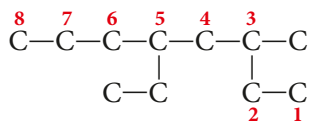
Scrivi il nome IUPAC dei seguenti composti.



**SVOLGIMENTO**

a. La catena più lunga ha sei atomi di carbonio (regola 1): il nome di partenza è esano. Numerla catena da destra verso sinistra, in modo che il gruppo metile abbia il numero d'ordine più piccolo possibile, ovvero 2 (regola 2). Questo composto è il 2-metilessano (regola 3).

b. La catena più lunga contiene otto atomi di carbonio (ottano).



c. Si numerla catena da destra a sinistra, perché in questo modo i sostituenti hanno il numero d'ordine più piccolo (3 e 5): il composto si chiama 5-etil-3-metilottano. *Etil* è scritto per primo, perché precede alfabeticamente il metile (regola 5).

**ORA PROVA TU**

Scrivi la formula di struttura dei seguenti composti.

- 3,4-dimetileptano
- 2,2,3,3,4,4-esametilpentano
- 2-etil-3-isopropileptano

# 8 GLI ALCENI E GLI ALCINI

## TI RICORDI?

Un **doppio legame** conta come due legami semplici.

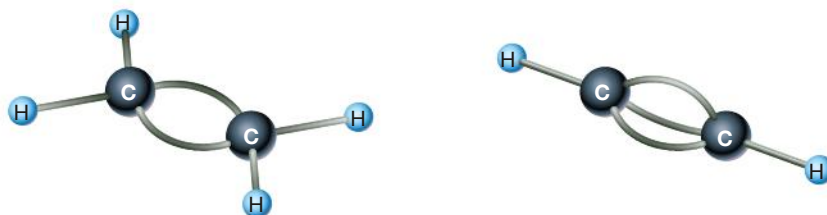


**Figura 8**

L'acetilene viene utilizzato per saldare le travi di acciaio.

Gli **alcheni** contengono un **doppio legame** fra atomi di carbonio adiacenti e quindi, a parità di atomi di carbonio, hanno due atomi di idrogeno in meno rispetto agli alcani.

Gli **alchini** contengono un **triplo legame** e possiedono quattro atomi di idrogeno in meno rispetto ai corrispondenti alcani.



L'alchene più semplice è l'etene,  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ , noto anche con il nome comune etilene; l'alchino più semplice è l'etino,  $\text{CH}\equiv\text{CH}$ , noto anche con il nome comune acetilene (**Figura 8**). L'etene e l'etino sono i primi membri delle rispettive serie omologhe (per esempio,  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$  e  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$ ) e hanno rispettivamente quattro e due atomi di idrogeno, contro i sei dell'etano  $\text{C}_2\text{H}_6$ , l'alcano corrispondente.

A differenza degli alcani, in cui il carbonio ha quattro orbitali ibridi  $sp^3$ , i due atomi di carbonio del doppio legame hanno tre orbitali ibridi  $sp^2$  (un orbitale  $p$  resta invece inalterato e partecipa alla formazione del legame pi greco); i legami che si formano hanno angoli di  $120^\circ$  e i sei atomi coinvolti nel doppio legame si trovano tutti sullo stesso piano. Nel caso degli alchini, invece, i due atomi di carbonio del triplo legame hanno due orbitali ibridi  $sp$  (due orbitali  $p$  restano inalterati e vengono impiegati per formare i due legami pi greco) e la geometria che ne deriva, come sappiamo, è lineare con angoli a  $180^\circ$ .

A livello industriale, gli alcheni vengono ottenuti mediante il processo di *cracking* e per deidrogenazione degli alcani durante la lavorazione del greggio. Sono usati principalmente per produrre carburanti, polimeri e prodotti petrolchimici. Le molecole degli alcheni sono sostanzialmente apolari, come quelle degli alcani, perciò le proprietà fisiche degli alcheni sono analoghe a quelle dei corrispondenti idrocarburi saturi.

La formula generale degli **alcheni** è  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ ; la formula generale degli **alchini** è  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ .

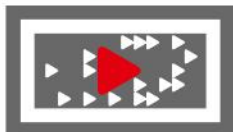
Nella **Tabella 4** sono riportati i nomi e le formule di alcuni alcheni e alchini.

Alcheni		Alchini	
Formula	Nome IUPAC	Formula	Nome IUPAC
$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	etene	$\text{CH}\equiv\text{CH}$	etino
$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$	propene	$\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CH}$	propino
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$	1-butene	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}\equiv\text{CH}$	1-butino
$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_3$	2-butene	$\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CCH}_3$	2-butino

## TI RICORDI?

Le formule dei membri successivi di una **serie omologa** differiscono per un gruppo  $-\text{CH}_2$ .

## GUARDA!



## Video

Come si riconoscono gli alcheni?

## Tabella 4

Gli alcheni e gli alchini. Nomi e formule di alcheni e alchini comuni.