CAPITOLO

A1

CHIMICA ORGANICA: UNA VISIONE D'INSIEME

1 I COMPOSTI ORGANICI SONO I COMPOSTI DEL CARBONIO

Il carbonio è un elemento molto diffuso al punto che uno specifico ambito della chimica è dedicato allo studio dei suoi composti: la **chimica organica**. I composti del carbonio, infatti, sono milioni e differiscono tra loro sia per il numero degli atomi di carbonio sia per il modo in cui sono legati. Fino agli inizi dell'Ottocento, i composti del carbonio erano considerati essenzialmente di origine naturale, prodotti dall'attività biologica di organismi animali e vegetali. A ciò si deve il nome di composti organici. Nel 1828, tuttavia, il chimico tedesco Friedrich Wöhler (figura **1**) riuscì a produrre per sintesi l'*urea*, $CO(NH_2)_2$, un composto organico presente in soluzione nell'urina, riscaldando un composto inorganico, il cianato di ammonio:

$$NH_4CNO \xrightarrow{\text{calore } (\Delta)} CO(NH_2)_2$$

Da allora sono stati moltissimi i composti del carbonio preparati per sintesi in laboratorio e, quindi, la formulazione più corretta è rappresentata dalla seguente definizione:

> Si definiscono organici i composti del carbonio a eccezione di ossidi (CO, CO_2), carburi (come CaC_2), acido carbonico (H_2CO_3) e i suoi sali (carbonati e bicarbonati).

I composti del carbonio sono costituiti principalmente da sei elementi (carbonio, idrogeno, ossigeno, azoto, fosforo e zolfo).

Nel sistema periodico cinque di questi elementi (carbonio, azoto, ossigeno, fosforo e zolfo) sono tutti vicini tra loro, in alto e a destra, mentre l'idrogeno è collocato in alto e a sinistra perché avendo un solo elettrone nel livello energetico esterno appartiene al primo gruppo. I loro atomi hanno tutti un piccolo raggio atomico e un valore di elettronegatività molto simile: tra essi pertanto si possono stabilire forti legami covalenti. Gli atomi di carbonio, di azoto e di ossigeno possono formare legami semplici e doppi, il carbonio e l'azoto anche tripli. Questi elementi, quindi, possono formare composti stabili e in numero elevato.



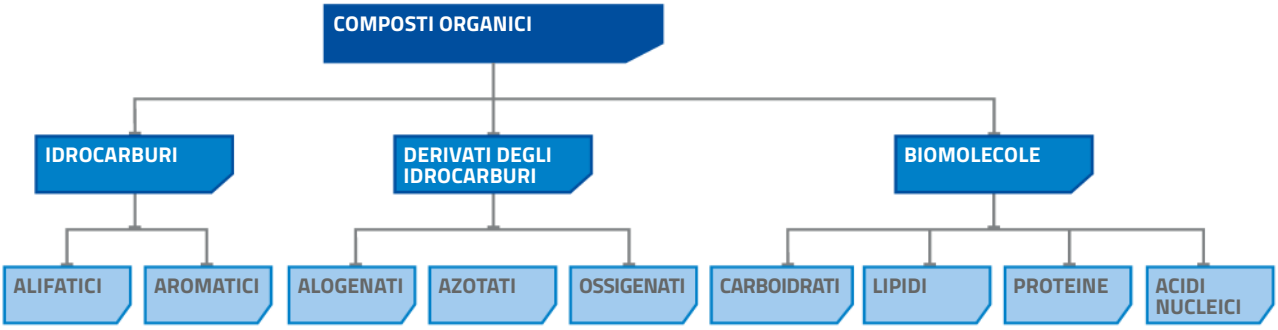
Figura 1 **Friederich Wöhler** Il chimico tedesco sintetizzò l'urea a partire da un composto inorganico.

TI RICORDI?

I **polimeri** sono macromolecole costituite dalla ripetizione di più molecole (monomeri), uguali o diverse, unite con legame covalente.

I composti organici si distinguono in tre grandi gruppi:

- **idrocarburi**, distinti in alifatici e aromatici. Sono composti costituiti esclusivamente da atomi di carbonio e di idrogeno;
- **derivati degli idrocarburi**, distinti in alogenati, azotati e ossigenati. Sono composti costituiti, oltre che da atomi di carbonio e di idrogeno, anche da altri elementi quali ossigeno, azoto, fosforo e zolfo;
- **biomolecole**, distinte in carboidrati, lipidi, proteine e acidi nucleici. Sono polimeri (tranne i lipidi) costituiti prevalentemente da atomi di carbonio, idrogeno, ossigeno e azoto.



2 LE CARATTERISTICHE DELL'ATOMO DI CARBONIO

TI RICORDI?

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

Il numero elevato di composti organici (sono alcuni milioni) è dovuto alla versatilità dell'atomo di carbonio che, unico tra tutti gli elementi chimici, è in grado di formare moltissime molecole diverse, costituite da un numero estremamente variabile di atomi. Gli aspetti più rilevanti e specifici dell'atomo di carbonio sono:

a. la presenza nel livello energetico esterno di quattro elettroni spaiati con i quali forma sempre **quattro legami covalenti**. Tale proprietà può essere spiegata assumendo che l'atomo di carbonio, che nello *stato fondamentale* ha configurazione elettronica esterna $2s^2 2p^2$, al momento di combinarsi con altri atomi assorba energia dall'esterno e trasferisca un elettrone della coppia dell'orbitale $2s$ a un orbitale $2p$ vuoto (*promozione elettronica*). In questo modo aumenterebbe il numero degli elettroni singoli e la configurazione elettronica esterna nello *stato eccitato* risulterebbe $2s^1 2p^3$ (figura **2**). Tale ipotesi spiegherebbe la capacità del carbonio di fare quattro legami, ma tre di essi dovrebbero essere equivalenti e uno no. Questa previsione però contrasta con i dati sperimentali: in alcune molecole organiche il carbonio forma quattro legami identici per lunghezza, forza e angolazione.

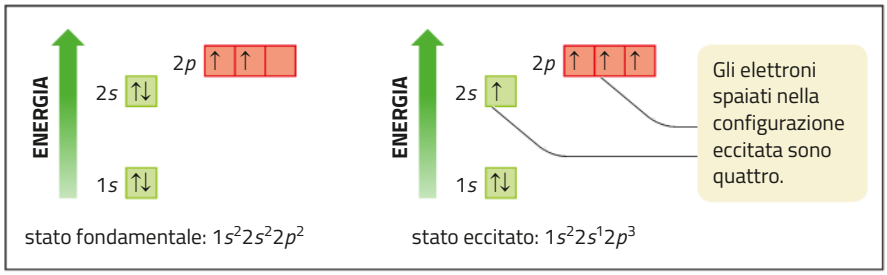
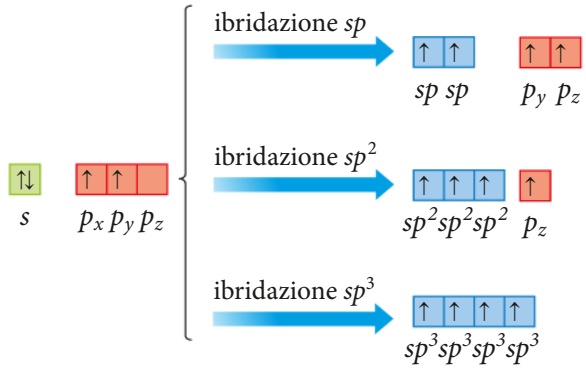


Figura 2 **La configurazione elettronica del carbonio ($Z = 6$)** Nello stato fondamentale gli elettroni spaiati sono due mentre in quello eccitato sono quattro.

Per spiegare le osservazioni empiriche occorre introdurre l'ipotesi dell'ibridazione orbitalica, basata sulla possibilità di formare ibridi degeneri dalla somma di orbitali atomici di diversa energia.
In seguito alla combinazione di un orbitale *s* con uno, due o tre orbitali *p*, il carbonio ha la capacità di ibridarsi *sp*, sp^2 o sp^3:



Con gli orbitali ibridi il carbonio forma legami covalenti di tipo σ, mentre con gli orbitali non ibridi *p* forma legami covalenti di tipo π;

TI RICORDI?
Il **legame covalente** può essere classificato in base al tipo di orbitale molecolare che si forma: σ per sovrapposizione di orbitali atomici ad assi coincidenti; π per sovrapposizione di orbitali atomici ad assi paralleli.

b. il **numero di ossidazione** (**n.o.**), che assume tutti i valori compresi tra +4 e −4 e permette all'atomo di carbonio di formare un numero infinito di composti. Nei composti organici l'atomo di carbonio può assumere valori diversi nella stessa molecola, per cui si deve attribuire il n.o. a tutti gli atomi di carbonio singolarmente.
Per il calcolo del n.o. di un atomo di carbonio, si deve rappresentare la formula di struttura di Lewis del composto e tenere conto dei seguenti criteri:
- ogni legame con altri atomi di carbonio contribuisce al calcolo del n.o. del carbonio con zero perché gli elettroni di legame sono esattamente condivisi;
- ogni legame con l'idrogeno o con i metalli contribuisce al calcolo del n.o. del carbonio con −1 perché il carbonio è più elettronegativo;
- ogni legame con altri non metalli (O, N, S, alogeni) contribuisce al calcolo del n.o. del carbonio con +1 perché il carbonio è meno elettronegativo.

La somma algebrica di tali valori costituisce il numero di ossidazione dell'atomo di carbonio considerato;

TI RICORDI?
Il **numero di ossidazione** è la carica elettrica che un atomo ha (legame ionico) o avrebbe (legame covalente) se gli elettroni di legame fossero tutti attribuiti all'elemento più elettronegativo.

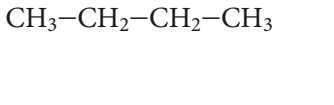
c. il **valore medio di elettronegatività** ($E_n = 2{,}5$) per cui il carbonio non ha tendenza a perdere o ad acquistare elettroni, ma piuttosto a condividerli con altri atomi formando legami covalenti poco polari e quindi forti e stabili;

TI RICORDI?
L'**elettronegatività** (E_n) è la tendenza di un atomo ad attirare verso di sé gli elettroni di legame.

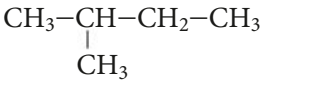
d. il **piccolo raggio atomico** ($r = 77$ pm) per cui l'atomo di carbonio può formare legami covalenti *singoli*, *doppi* e *tripli*; infatti il suo scarso ingombro facilita la formazione di legami stabili con altri atomi di carbonio. La possibilità di formare legami multipli conferisce all'atomo di carbonio la specificità di formare più molecole costituite dagli stessi atomi ma disposti in modo diverso nello spazio e quindi con differenti proprietà fisiche e chimiche e anche con reattività diversa;

e. la grande **tendenza alla concatenazione**, giustificata dall'assenza nell'atomo di carbonio di doppietti elettronici liberi nel livello energetico esterno

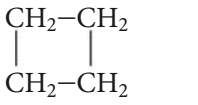
e da un piccolo raggio atomico, per cui può formare legami covalenti omopolari con altri atomi di carbonio. Le catene possono essere **aperte** (lineari o ramificate) o **chiuse**:



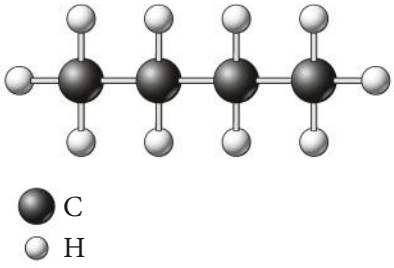
catena lineare

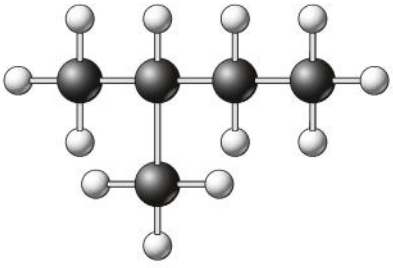


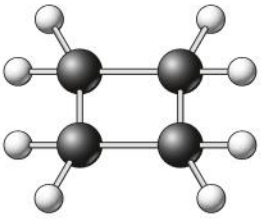
catena ramificata



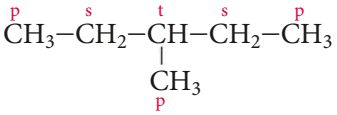
catena chiusa







Nelle catene carboniose aperte gli atomi di carbonio sono distinti in *primari* (p), *secondari* (s), *terziari* (t) a seconda che siano legati rispettivamente a un solo atomo di carbonio, a due atomi di carbonio o a tre atomi di carbonio:



PROBLEMA MODELLO

Determinare il n.o. del carbonio nei composti organici

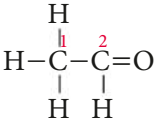
Determina il numero di ossidazione di ciascun atomo di carbonio nell'aldeide acetica CH_3-CHO.

L'IDEA

Si rappresenta la formula di Lewis del composto e, sulla base dell'elettronegatività degli atomi, si assegnano i n.o.

LA SOLUZIONE

Rappresentiamo la formula di struttura di Lewis:



Prendendo in esame i criteri esposti, il carbonio 1, legato a tre atomi di idrogeno e all'atomo di carbonio 2, ha n.o. -3.
Invece, per il carbonio 2, il n.o. è $+1$, in quanto è dato dalla somma di -1 (per il legame con l'idrogeno) e $+2$ (per il doppio legame con l'ossigeno).

PROBLEMA SIMILE

Definisci il numero di ossidazione di ciascun atomo di carbonio nei seguenti composti organici:

a. $CH_3-CH_2-CH_3$
b. CH_3-CH_2-OH

3 I COMPOSTI ORGANICI SI RAPPRESENTANO CON DIVERSE FORMULE

I composti organici si possono rappresentare con le formule di struttura di Lewis, razionali, condensate e topologiche:

a. le formule di **Lewis** evidenziano tutti i legami chimici tra gli atomi della molecola;
b. le formule **razionali** mettono in evidenza solo i legami carbonio-carbonio;
c. le formule **condensate** evidenziano solo gli atomi e i gruppi atomici che costituiscono la molecola;
d. le formule **topologiche** evidenziano solo la catena carboniosa mediante l'uso di segmenti consecutivi, che rappresentano i legami C–C o C–X (con X ≠ H) mentre gli atomi di carbonio sono raffigurati come gli estremi del segmento.

Il *normal*-pentano (*n*-pentano) e il *neo*-pentano (2,2-dimetilpropano), entrambi con formula molecolare C_5H_{12}, possono essere rappresentati come in tabella **1**.

A COLPO D'OCCHIO

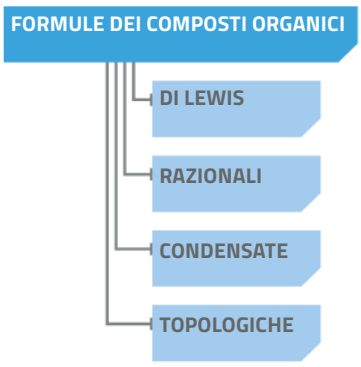
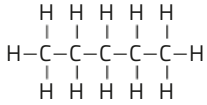
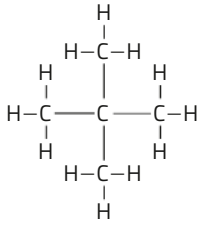
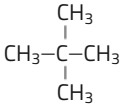


Tabella 1 **I tipi di formule per i composti *n*-pentano e *neo*-pentano** Vengono rappresentate le formule di Lewis, razionali, condensate e topologiche.

Composto	Lewis	Razionale	Condensata	Topologica
n-pentano		$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$	$CH_3(CH_2)_3CH_3$	
neo-pentano			$(CH_3)_4C$	

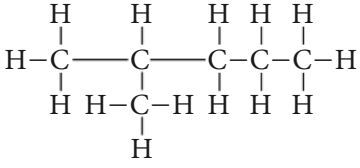
PROBLEMA MODELLO

Rappresentare le formule dei composti organici

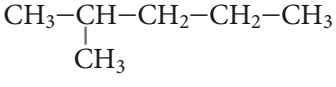
Rappresenta la formula di Lewis, razionale e topologica del composto con formula condensata $CH(CH_3)_2(CH_2)_2CH_3$.

LA SOLUZIONE

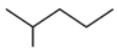
a. Nella **formula di Lewis** si devono evidenziare tutti i legami chimici tra gli atomi:



b. Nella **formula razionale** devono essere indicati solo i legami carbonio-carbonio:

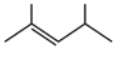


c. Nella **formula topologica** si evidenziano soltanto i legami carbonio-carbonio e si omettono i simboli degli atomi:



PROBLEMA SIMILE

Rappresenta la formula razionale e condensata del composto con formula topologica:



4 GLI ISOMERI: STESSA FORMULA MA DIVERSA STRUTTURA

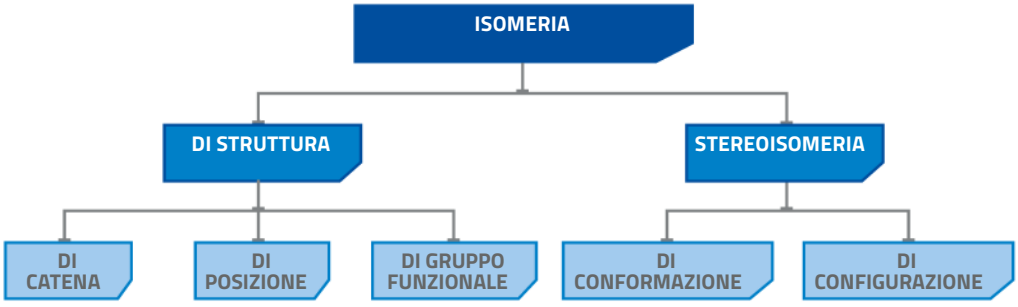
LE PAROLE

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

L'elevato numero di composti organici e le loro proprietà dipendono strettamente dalla possibilità di diversificare la struttura a parità di formula molecolare, grazie a un fenomeno noto con il nome di **isomeria**.
Il fenomeno dell'isomeria si presenta quando due o più composti, pur avendo la stessa formula molecolare e quindi la medesima composizione chimica, hanno differenti formule di struttura per una diversa disposizione degli atomi costituenti.

Sono detti **isomeri** quei composti con la stessa formula molecolare, ma differente formula di struttura e diverse proprietà fisiche e chimiche.

I due principali tipi di isomeria sono l'*isomeria di struttura* e la *stereoisomeria* che, a loro volta, presentano ulteriori suddivisioni:



5 GLI ISOMERI DI STRUTTURA HANNO UNA SEQUENZA DIVERSA DEGLI ATOMI

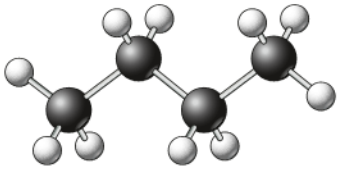
Alcune molecole possono essere costituite dagli stessi atomi ma la disposizione di tali atomi può essere diversa.

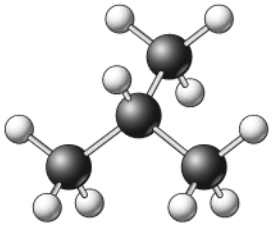
Si definisce **isomeria di struttura** quel fenomeno per cui gli atomi di due o più composti con la stessa formula molecolare sono legati tra loro in sequenze differenti.

L'isomeria di struttura è distinta in *isomeria di catena*, *isomeria di posizione* e *isomeria di gruppo funzionale*.

a. **Isomeri di catena** sono composti che differiscono per il modo diverso con cui gli atomi di carbonio sono legati nella catena carboniosa.
Il butano (formula molecolare C_4H_{10}) si presenta sotto forma di due isomeri, il *normal*-butano (*n*-butano) con catena lineare e l'isobutano (2-metilpropano) con catena ramificata:

C_4H_{10}	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$	$CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{CH}}-CH_3$
butano	*n*-butano	isobutano





b. **Isomeri di posizione** sono composti che hanno la stessa catena carboniosa ma che differiscono per la *posizione di legami multipli, atomi o gruppi atomici.*

Butene (formula molecolare C_4H_8), cloropropano (formula molecolare C_3H_7Cl) e propanolo (formula molecolare C_3H_7OH) esemplificano ciascuno di questi tre casi.

Il butene è presente in forma di due isomeri, che si differenziano per la diversa posizione del doppio legame:

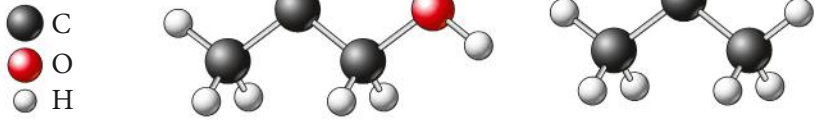
C_4H_8	$\overset{1}{C}H_2=\overset{2}{C}H-\overset{3}{C}H_2-\overset{4}{C}H_3$	$\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}H=\overset{3}{C}H-\overset{4}{C}H_3$
butene	1-butene	2-butene

I due isomeri del cloropropano si distinguono per la posizione dell'atomo di cloro:

C_3H_7Cl	$\overset{3}{C}H_3-\overset{2}{C}H_2-\overset{1}{C}H_2-Cl$	$\overset{3}{C}H_3-\overset{2}{C}HCl-\overset{1}{C}H_3$
cloropropano	1-cloropropano	2-cloropropano

Infine, anche il propanolo presenta due isomeri, che differiscono per la posizione del gruppo ossidrile –OH:

C_3H_7OH	$\overset{3}{C}H_3-\overset{2}{C}H_2-\overset{1}{C}H_2-OH$	$\overset{3}{C}H_3-\overset{2}{C}H(OH)-\overset{1}{C}H_3$
propanolo	1-propanolo	2-propanolo

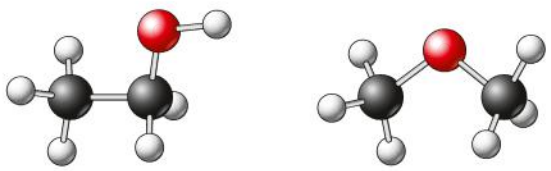


c. **Isomeri di gruppo funzionale** sono composti che presentano *gruppi funzionali diversi* nella catena carboniosa.

Un **gruppo funzionale** è un legame multiplo, uno specifico atomo o un gruppo atomico presente nella catena carboniosa.

L'etanolo e il dimetil etere hanno la stessa formula molecolare (C_2H_6O) ma due gruppi funzionali diversi: il primo composto ha il gruppo funzionale –OH e quindi è un alcol, il secondo ha come gruppo funzionale un atomo di ossigeno –O– e quindi è un etere:

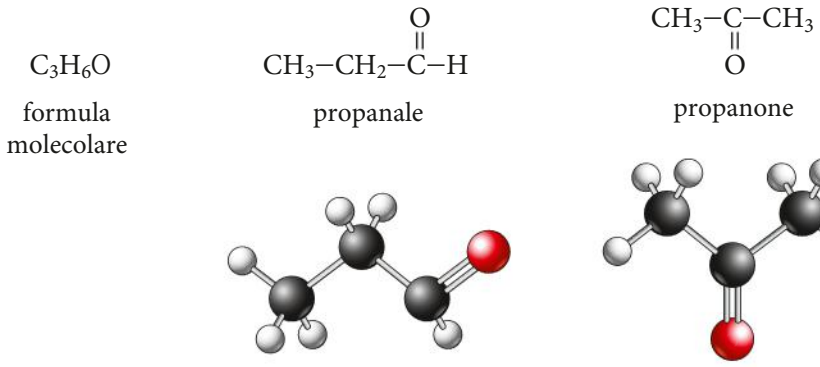
C_2H_6O	CH_3-CH_2-OH	CH_3-O-CH_3
formula molecolare	etanolo	dimetiletere



TI RICORDI?

Il **legame multiplo** è un doppio legame oppure un triplo legame tra due atomi.

Il propanale e il propanone hanno la stessa formula molecolare (C_3H_6O) ma due gruppi funzionali diversi: il primo composto ha il gruppo funzionale −CHO ed è un'aldeide, il secondo ha il gruppo funzionale >CO ed è un chetone:



6 GLI STEREOISOMERI HANNO DIVERSA DISPOSIZIONE SPAZIALE

Sono isomeri anche molecole costituite dagli stessi atomi e legati con la medesima sequenza.

Si definisce **stereoisomeria** quel fenomeno per cui atomi o gruppi atomici di due o più composti sono legati tra loro nella stessa sequenza ma con differente disposizione spaziale.

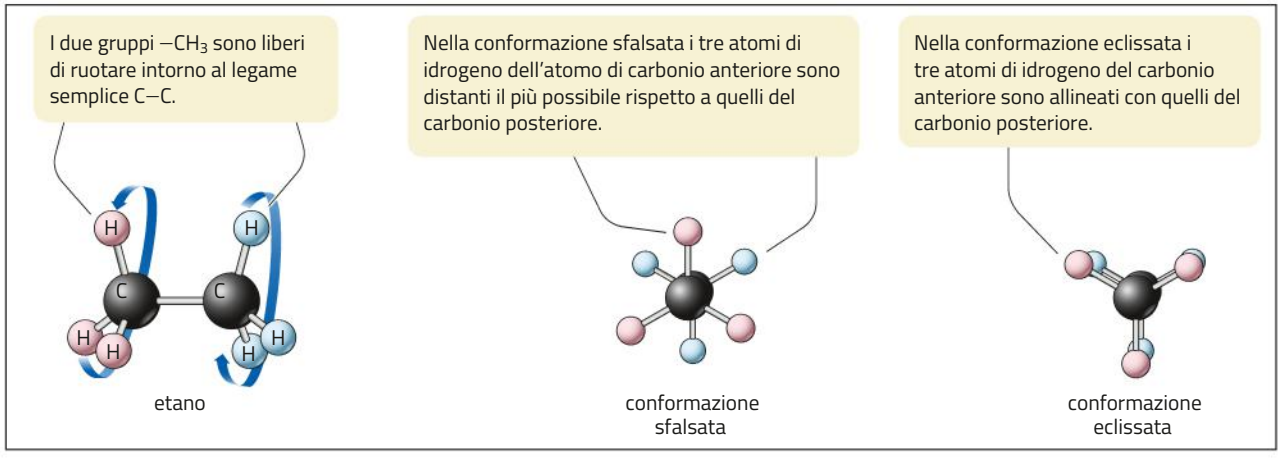
La stereoisomeria è distinta in *isomeria di conformazione* e *isomeria di configurazione.*

LE PAROLE

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

1. **Isomeri conformazionali o conformeri** sono i composti che differiscono per l'orientazione nello spazio di atomi o gruppi atomici e che *si possono interconvertire* per rotazione intorno a un **legame semplice** carbonio-carbonio. I conformeri presentano le stesse proprietà fisiche e chimiche.
   Nell'etano (formula molecolare C_2H_6) la rotazione intorno al legame semplice carbonio-carbonio permette agli atomi di idrogeno legati ai due atomi di carbonio di assumere un numero elevatissimo di disposizioni spaziali e di passare dall'una all'altra. Due conformazioni possibili sono la **conformazione sfalsata** e la **conformazione eclissata** (figura **3**).

Figura 3 Modelli molecolari dell'etano. Conformazione sfalsata e conformazione eclissata.

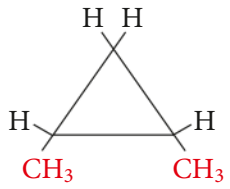


2. **Isomeri configurazionali** sono composti che differiscono per l'orientazione nello spazio di atomi o gruppi atomici ma che *non si possono interconvertire* per rotazione intorno a un legame. Esempi di isomeria configurazionale sono l'*isomeria geometrica* ed *enantiomeria* o *isomeria ottica*.

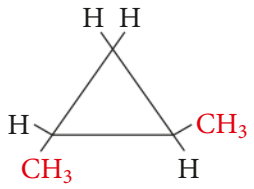
Gli isomeri geometrici

Isomeri geometrici sono due composti che differiscono per la disposizione spaziale degli atomi o di gruppi atomici legati a due atomi di carbonio uniti da un legame semplice (**cicloalcani**) o da un doppio legame (**alcheni**). L'isomero avente gli atomi o i gruppi atomici disposti nello spazio dalla *stessa parte* rispetto al piano dell'anello carbonioso o al doppio legame si chiama *cis*; quello con gli atomi o i gruppi atomici disposti nello spazio da *parte opposta* si chiama *trans*.

- L'1,2-dimetilciclopropano si presenta sotto forma di due isomeri geometrici: nella forma *cis*- i due gruppi metilici ($-CH_3$) si trovano dalla stessa parte del piano dell'anello, nella forma *trans*- si trovano da parte opposta:



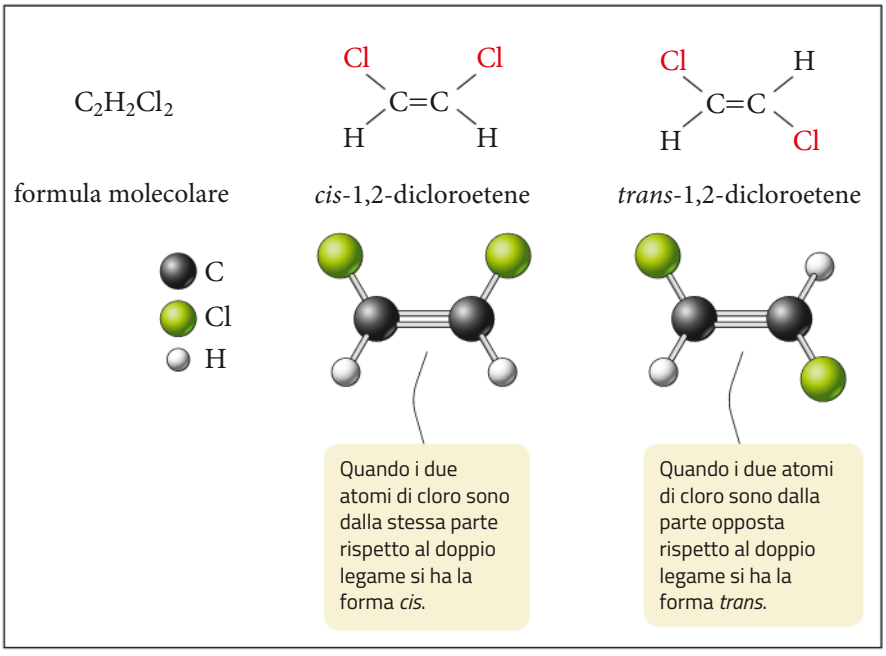
cis-1,2-dimetilciclopropano



trans-1,2-dimetilciclopropano

La struttura ciclica della molecola impedisce la rotazione intorno al legame carbonio-carbonio e quindi la loro interconversione.

- L'1,2-dicloroetene si presenta sotto forma di due isomeri geometrici in quanto i due atomi di cloro possono trovarsi dalla stessa parte (forma *cis*-) o da parte opposta (forma *trans*-) rispetto al doppio legame:



LE PAROLE

Un **enantiomero** (dal greco: *enantios* = opposto e *meros* = parte) è uno dei due composti che è l'immagine speciale, ma non sovrapponibile, dell'altro.

Gli enantiomeri e la chiralità

Enantiomeri o **isomeri ottici** sono due molecole con diversa disposizione spaziale e che sono l'una *l'immagine speculare dell'altra* ma *non sovrapponibili* (figura **4**).

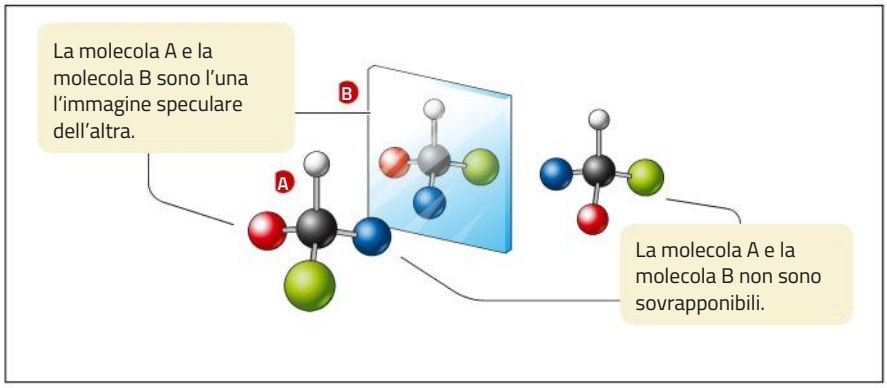


Figura 4 **Gli isomeri ottici** Per confrontare la molecola **A** con la molecola **B** è necessario affiancare le loro immagini speculari.

Una molecola esiste sotto forma di due enantiomeri se presenta un *atomo di carbonio legato a quattro atomi o gruppi atomici diversi*: un atomo di carbonio di questo tipo si chiama **stereocentro** (o anche *asimmetrico*) e nelle formule di struttura si indica per convenzione con un asterisco (C*). Una molecola che contiene uno stereocentro e che quindi esiste sotto forma di due enantiomeri è detta **molecola chirale** (figura **5**).

Una molecola è chirale quando non è sovrapponibile alla sua immagine speculare.

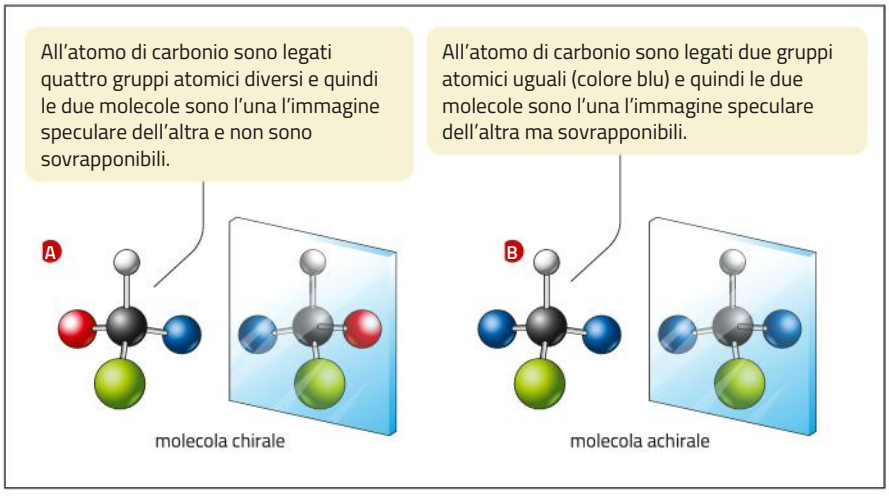


Figura 5 **Molecola chirale e molecola achirale.**

A COLPO D'OCCHIO



Il termine *chirale* (dal greco: *cheir* = *mano*) indica che tra due enantiomeri esiste la stessa relazione di specularità che c'è tra la mano destra e quella sinistra: l'una è l'immagine speculare dell'altra ma non sono sovrapponibili (figura **6A**).

La disposizione tridimensionale degli atomi o gruppi atomici legati allo stereocentro è evidenziata da una rappresentazione (**formula prospettica**) in cui i due legami tratteggiati stanno sotto il piano del foglio e quelli a cuneo sopra il piano del foglio (figura **6B**).

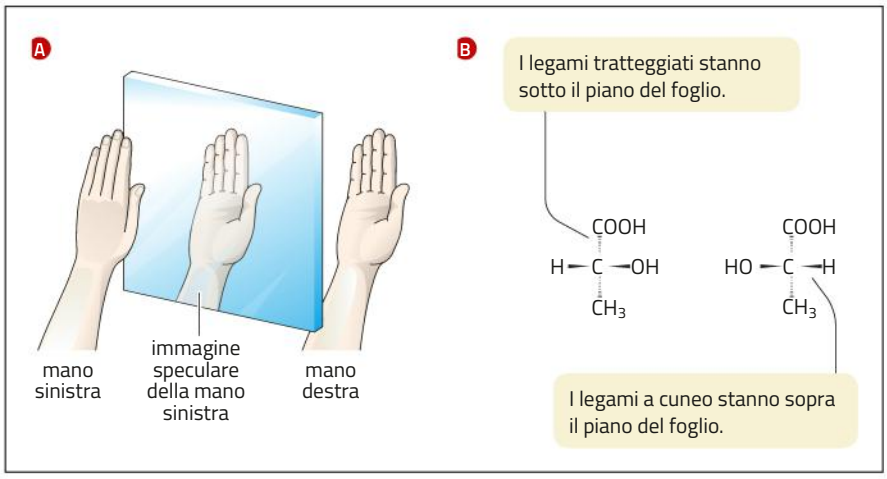
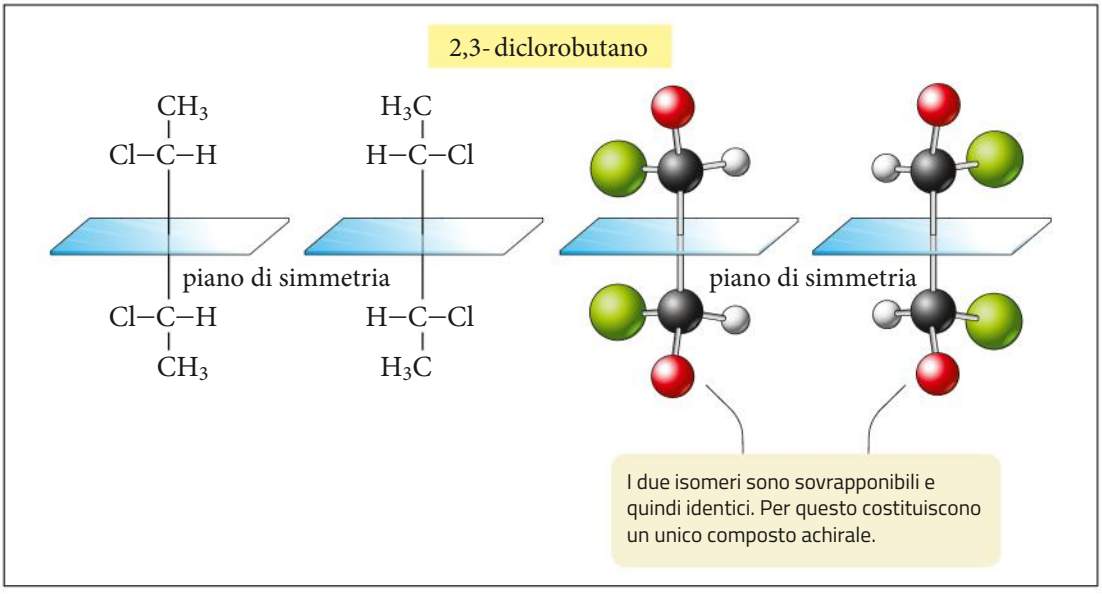


Figura 6 **La chiralità** **A** Le mani sono l'immagine speculare l'una dell'altra: l'immagine riflessa della mano sinistra è la mano destra. **B** Formule prospettiche dei due enantiomeri dell'acido lattico.

Il requisito più importante affinché una molecola sia chirale è l'*assenza di un piano di simmetria.*

Un **piano di simmetria** è un piano che divide la molecola in due metà che sono l'una l'immagine speculare dell'altra.

Nel 2,3-diclorobutano entrambi gli atomi di carbonio sono stereocentri, per cui la molecola si presenta sotto forma di due isomeri che sono immagini speculari, ma per la presenza di un piano di simmetria sono sovrapponibili. I due isomeri sono quindi identici e costituiscono un unico composto achirale:



In una molecola chirale i due enantiomeri hanno identiche **proprietà achirali**, fisiche (punto di fusione e di ebollizione, densità, solubilità) e chimiche (reattività con catalizzatori e reagenti achirali) ma **proprietà chirali** (attività ottica e reattività con catalizzatori e/o reagenti chirali) diverse. L'attività ottica è la proprietà per cui i due enantiomeri fanno *ruotare il piano della luce polarizzata di due angoli uguali ma in direzioni opposte* (in senso orario o antiorario).

L'attività ottica

La **luce polarizzata** è costituita da onde elettromagnetiche, che invece di vibrare su tutti i piani possibili perpendicolari alla direzione di propagazione, come la luce ordinaria, vibrano su un solo piano (figura **7**).

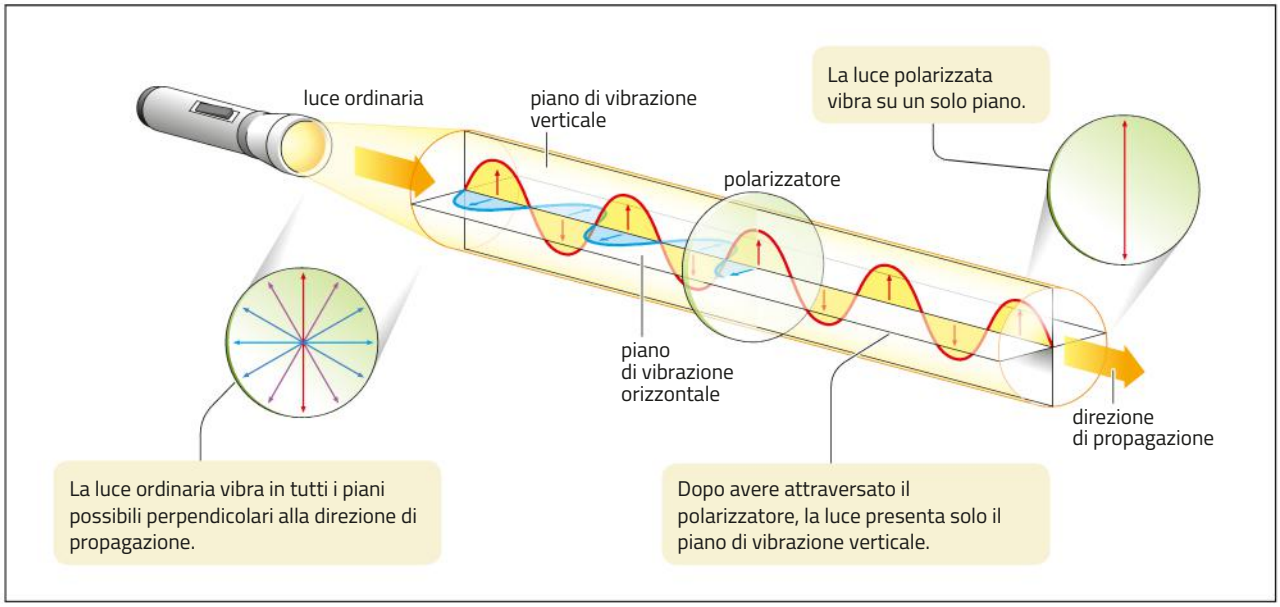


Figura 7 Luce ordinaria e luce polarizzata La luce ordinaria dopo essere passata attraverso il polarizzatore vibra su un solo piano e risulta quindi polarizzata.

LE PAROLE

Il **polarimetro** (dal greco: *polos* = asse e *metron* = misura) è uno strumento che misura il potere ottico rotatorio di sostanze otticamente attive.

L'attività ottica delle molecole chirali può essere misurata mediante un **polarimetro**. Questo è costituito da:

a. un *polarizzatore* (un prisma di Nicol costituito da calcite o una lente di un materiale chiamato *polaroide*) che permette alla luce ordinaria di divenire luce polarizzata;
b. un *tubo portacampione* contenente la soluzione del composto da esaminare;
c. un *prisma analizzatore* che permette di determinare l'angolo di cui viene ruotato il piano della luce polarizzata (figura **8**). Tale valore angolare si chiama **rotazione osservata** (simbolo α).

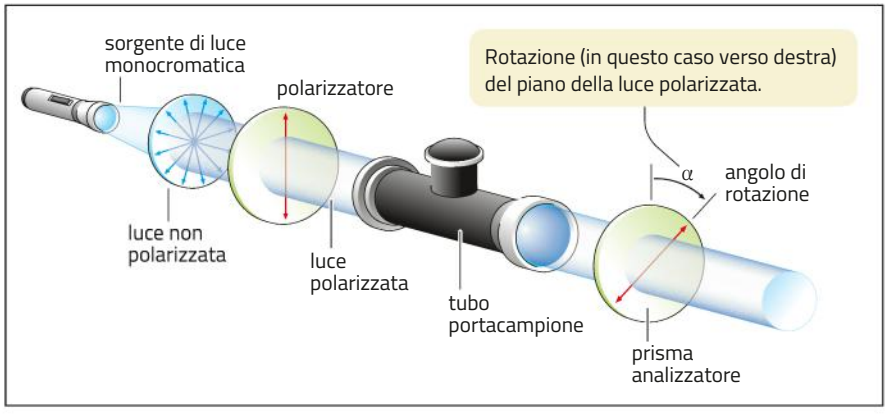


Figura 8 Il polarimetro misura l'attività ottica delle molecole chirali Se il piano della luce polarizzata è ruotato a destra, la molecola è destrogira; se invece è ruotato a sinistra, la molecola è levogira.

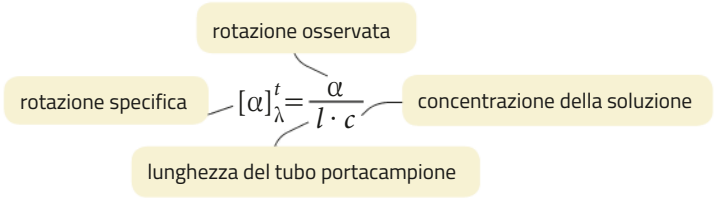
LE PAROLE

Il termine **levogiro** (dal latino: *laevus* = sinistro e *gyrus* = giro) è utilizzato per indicare un composto che fa ruotare il piano della luce polarizzata in senso antiorario.

Se il piano della luce polarizzata viene spostato verso destra (in senso orario), la sostanza otticamente attiva è detta **destrogira** e si indica con il simbolo (+); se invece viene ruotato a sinistra (in senso antiorario), si dice che la sostanza è **levogira** e si indica con il simbolo (−).

La rotazione osservata α di una sostanza otticamente attiva dipende dalla sua struttura molecolare, ma anche da fattori sperimentali quali la lunghezza (l) del tubo portacampione espressa in decimetri (dm), la concentrazione (c) della soluzione, espressa in grammi su millilitro (g/mL), la temperatura (t) e la lunghezza d'onda (λ) della luce impiegata.

Per confrontare l'attività ottica di sostanze diverse, è necessario che questi fattori siano standardizzati, permettendo così di determinare la **rotazione specifica** (simbolo $[\alpha]^t_\lambda$) di una sostanza:



Molti enzimi, essendo chirali, sono selettivi per uno solo degli enantiomeri (stereoselettività) (figura **9**). L'enzima acido lattico deidrogenasi, presente nei muscoli e nel fegato, è in grado di ossidare l'acido (+)-lattico in acido piruvico ma non è in grado di ossidare l'acido (−)-lattico.

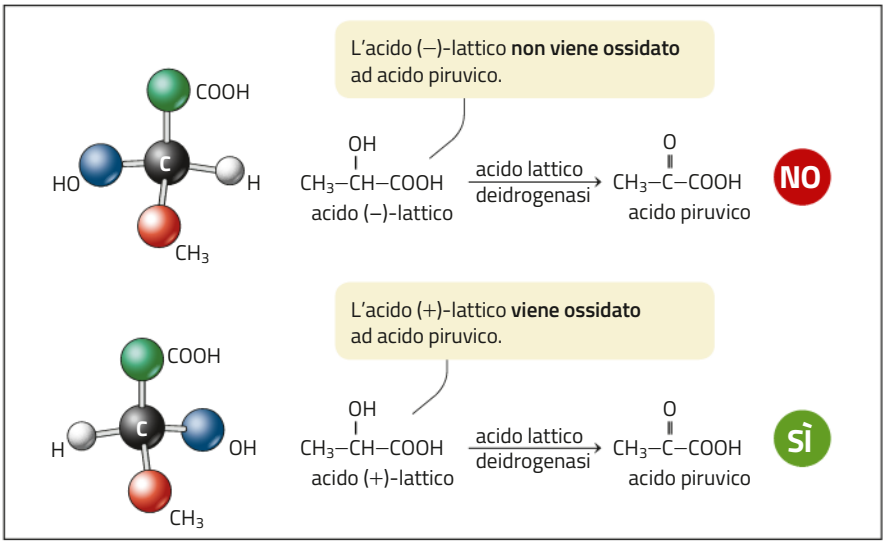


Figura 9 Gli enzimi e la chiralità
L'acido lattico deidrogenasi è un enzima che si comporta in modo diverso nei confronti degli enantiomeri (+) e (−) dell'acido lattico.

PER CAPIRE MEGLIO
video:
Chiralità e stereoisomeria

PROBLEMA MODELLO

Riconoscere i tipi di isomeria

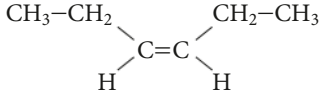
Precisa e giustifica il tipo di isomeria relativo a ciascuna delle seguenti coppie di molecole:

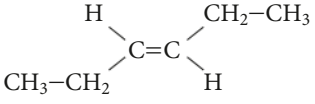
a. $C_5H_{10}O$

$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CHO$

$CH_3–\overset{\overset{O}{\|}}{C}–CH_2–CH_2–CH_3$

b. C_6H_{12}





c. $C_4H_{10}O$

$CH_3–\underset{\underset{OH}{|}}{CH}–CH_2–CH_3$

$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–OH$

LA SOLUZIONE

a. I due composti, pur avendo la stessa formula molecolare, presentano un differente gruppo atomico (−CHO e >CO) che conferisce proprietà fisiche e chimiche diverse. Si tratta quindi di isomeri di **gruppo funzionale**.

b. I due composti sono costituiti da atomi disposti nella stessa sequenza, ma con una differente disposizione spaziale degli atomi legati ai due atomi di carbonio del doppio legame. I due composti sono pertanto isomeri **geometrici**: l'isomero con i due atomi di idrogeno dalla stessa parte rispetto al doppio legame è quello *cis*-, l'altro è quello *trans*-.

c. I due composti presentano lo stesso gruppo atomico −OH, ma in posizione diversa. Si tratta quindi di isomeri di **posizione**.

PROBLEMA SIMILE

Identifica il tipo di isomeria nelle seguenti coppie di molecole:

a. $CH{\equiv}CCH_2{-}CH_3$ $CH_3{-}C{\equiv}C{-}CH_3$

b. $CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$ $CH_3{-}C(CH_3)_2{-}CH_3$

c. $H_2N{-}C(H)(CH_3){-}COOH$ $HOOC{-}C(H)(CH_3){-}NH_2$

7 LE PROPRIETÀ FISICHE DIPENDONO DAI LEGAMI INTERMOLECOLARI

TI RICORDI?

Le **interazioni di Van der Waals** sono deboli legami elettrostatici che si stabiliscono tra molecole polari (forze dipolari) o tra molecole apolari (forze di London).

Lo **stato fisico** (solido, liquido o aeriforme) di un composto dipende *dalla forza e dal numero dei legami* che si possono stabilire tra le molecole del composto stesso. Se i legami intermolecolari sono deboli (*interazioni di van der Waals*) il composto è presente nello stato aeriforme; se sono relativamente più forti (*legami a idrogeno*) e numerosi, il composto è sotto forma di liquido o di solido.

I **punti di fusione** e **di ebollizione** dei composti organici sono generalmente *bassi*, perché tra le loro molecole apolari o debolmente polari si formano dei legami intermolecolari deboli.

All'aumentare del numero degli atomi che costituiscono la molecola, ovvero della **massa molecolare**, aumenta il numero dei legami e quindi composti della stessa classe hanno *valori crescenti della temperatura di fusione ed ebollizione.*

TI RICORDI?

Il **legame a idrogeno** è un legame elettrostatico che si stabilisce tra molecole in cui è presente l'atomo di idrogeno legato a un atomo molto elettronegativo (F, O, N).

La **solubilità** in acqua (**solvente polare**) dei composti organici dipende dalla presenza nelle molecole di *gruppi idrofili* (dal greco: *hydro* = *acqua* e *philos* = *amico*) o *gruppi idrofobici* (dal greco: *phobos* = *paura*).

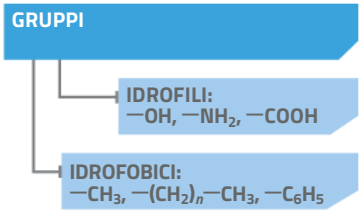
I composti contenenti gruppi idrofili sono solubili in acqua.

Sono **gruppi idrofili** i gruppi atomici (−OH, $-NH_2$, −COOH) capaci di formare legami a idrogeno con l'acqua.

I composti contenenti gruppi idrofobici sono insolubili in acqua.

Sono **gruppi idrofobici** i gruppi atomici ($-CH_3$, $-(CH_2)_n-CH_3$, $-C_6H_5$) che non possono formare legami a idrogeno con l'acqua.

A COLPO D'OCCHIO



I composti in cui sono presenti gruppi idrofobici sono solubili in *solventi apolari* (benzene). Se un composto contiene contemporaneamente gruppi *idrofili* e *idrofobici*, come l'alcol etilico, $CH_3{-}CH_2{-}OH$, la sua solubilità in acqua dipende dal prevalere del carattere idrofilo o idrofobico dei due gruppi (figura **10**).

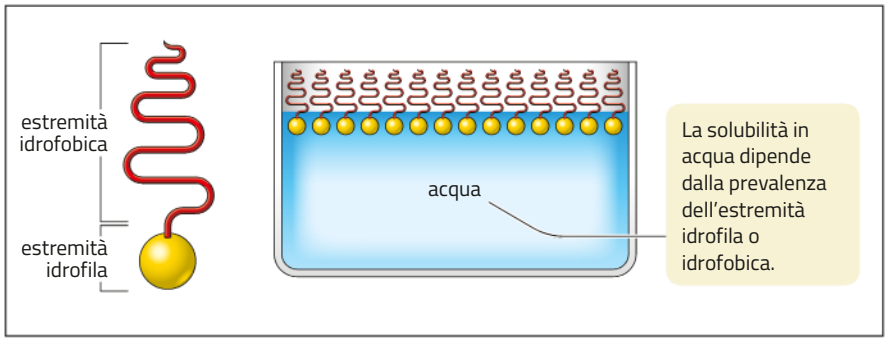


Figura 10 I gruppi idrofili e idrofobici In base alla prevalenza di una delle due estremità, le molecole sono solubili rispettivamente in solventi polari o apolari.

Il composto sarà solubile in acqua se il carattere idrofilo è più accentuato del carattere idrofobico, oppure se i gruppi idrofili sono in numero maggiore dei gruppi idrofobici. Per esempio l'alcol etilico è solubile in acqua perché l'effetto del gruppo idrofilo –OH prevale sul carattere idrofobico della breve catena carboniosa ($CH_3{-}CH_2{-}$).

Nel caso in cui non ci sia prevalenza della parte idrofobica né di quella idrofilia, in soluzione acquosa il composto può:

- disporsi all'interfaccia tra solvente e aria;
- formare aggregati mostrato (micelle) o doppio strato.

Composti organici, con un rilevante ruolo biologico, caratterizzati da una testa polare idrofila e da una coda apolare idrofobica, sono i *fosfolipidi* e i *sali biliari*.

I **fosfolipidi** sono i componenti principali:

- delle membrane cellulari (disposizione a doppio strato) con funzione di delimitare organuli e cellule;
- del surfactante (disposizione all'interfaccia acqua-aria, come in figura **10**), con funzione di ridurre la tensione superficiale, impedendo il collasso degli alveoli polmonari.

I sali biliari, prodotti dal fegato, nell'intestino formano micelle (disposizione monostrato) per emulsionare i lipidi, favorendone la solubilizzazione in acqua e quindi la digestione.

8 LA REATTIVITÀ DIPENDE DAI GRUPPI FUNZIONALI

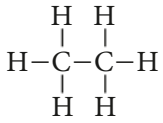
La maggior parte dei legami chimici presenti nelle molecole organiche sono legami semplici carbonio-carbonio e legami carbonio-idrogeno.

Gli atomi di carbonio e di idrogeno hanno un raggio atomico molto piccolo e il legame carbonio-carbonio non è polarizzato mentre quello carbonio-idrogeno lo è pochissimo ($\Delta E_n = 0{,}3$): ne risulta che i composti organici contenenti solo legami semplici carbonio-idrogeno sono poco *reattivi*.

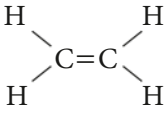
I gruppi funzionali

La **reattività** e il tipo di reazione di un composto organico sono determinati dalla presenza nella sua molecola di un legame multiplo, di un atomo molto elettronegativo (ossigeno, alogeni) o di uno specifico gruppo atomico che attira o respinge elettroni.

- L'etano (C_2H_6) e l'etene o etilene (C_2H_4) sono due composti che hanno lo stesso numero di atomi di carbonio ma diversa reattività:



etano



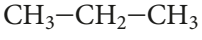
etilene

TI RICORDI?

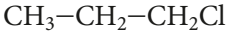
Il **doppio legame carbonio-carbonio** è costituito da due legami covalenti: uno di tipo σ, più forte, e l'altro di tipo π, più debole.

L'etilene è molto più reattivo dell'etano in quanto nella sua molecola è presente un **legame multiplo** (un doppio legame carbonio-carbonio) che è facilmente soggetto all'attacco di altre specie chimiche.

- Anche il *normal*-propano (C_3H_8) e l'1-cloropropano (C_3H_7Cl) hanno lo stesso numero di atomi di carbonio ma reattività diversa; il propano è poco reattivo mentre l'1-cloropropano lo è molto.



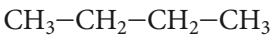
n-propano



1-cloropropano

Il diverso comportamento dipende dalla presenza nell'1-cloropropano di un **atomo molto elettronegativo** (il cloro) che polarizza il legame con il carbonio, conferendo alla molecola un'elevata reattività.

- Il *normal*-butano (C_4H_{10}) e l'1-butanolo (C_4H_9OH) sono due composti con diversa reattività:



n-butano



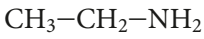
1-butanolo

L'1-butanolo è molto più reattivo del *n*-butano, in quanto nella sua molecola è presente un **gruppo atomico** (il gruppo ossidrile $-OH$) che ha un'elevata tendenza a reagire.

- L'etanolo (C_2H_5OH) e l'etilammina ($C_2H_5NH_2$) sono due composti che presentano la *stessa* catena carboniosa, ma un *diverso gruppo atomico*: il primo contiene il gruppo $-OH$ e il secondo il gruppo $-NH_2$.



etanolo



etilammina

I due composti sono entrambi *molto reattivi*, ma le reazioni dell'etanolo sono *diverse* da quelle dell'etilammina.

Risulta quindi che:

Un legame multiplo, un atomo molto elettronegativo o un gruppo atomico che determina la reattività e il tipo di reazione di un composto organico si chiama **gruppo funzionale**.

L'etanolo (C_2H_5OH), l'1-propanolo (C_3H_7OH) e l'1-butanolo (C_4H_9OH) sono tre composti che hanno un *diverso* numero di atomi di carbonio, ma avendo lo *stesso* gruppo atomico –OH hanno le stesse proprietà chimiche e danno lo **stesso** tipo di reazioni.

$CH_3–CH_2–OH$ $CH_3–CH_2–CH_2–OH$ $CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–OH$

etanolo 1-propanolo 1-butanolo

Il **tipo di reazioni** di un composto quindi *non dipende* dalla lunghezza della catena carboniosa ma dal gruppo funzionale, per cui composti con lo *stesso gruppo* funzionale, avendo proprietà e comportamento chimico simile, vengono riuniti in una *stessa classe* (tabella **2**).

Tabella 2 I più comuni gruppi funzionali e le più importanti classi di composti organici.

Gruppo funzionale	Nome	Classe di composti
	legame semplice	alcani e cicloalcani
	legame doppio	alcheni
–C≡C–	legame triplo	alchini
F, Cl, Br, I	alogeno	alogenuri alchilici
–OH	ossidrile	alcoli e fenoli
–O–	etereo	eteri
	carbonile	aldeidi e chetoni
–COOH	carbossile	acidi carbossilici
–COO–	estere	esteri
	ammidico	ammidi
$–NH_2$	amminico	ammine

L'effetto induttivo

La presenza in un composto organico di un atomo con elettronegatività diversa dal carbonio o di un gruppo atomico che attira o respinge elettroni influenza la reattività delle molecole organiche. La differenza di elettronegatività, infatti, porta a una **polarizzazione** del legame e ciò comporta uno *spostamento di elettroni* anche su tutti i legami carbonio-carbonio:

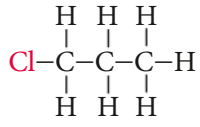
La trasmissione della polarizzazione lungo una catena carboniosa si chiama **effetto induttivo**.

TI RICORDI?

La **polarizzazione** è la separazione di cariche elettriche in punti opposti (i poli) di una molecola.

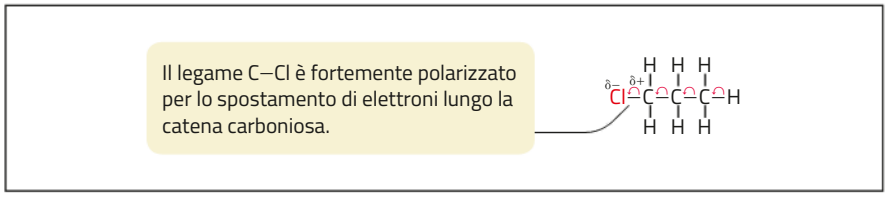
Essendo la polarizzazione una forza di natura *elettrostatica*, tende naturalmente a diminuire con la distanza fino ad annullarsi. L'effetto induttivo può essere di tipo *attrattivo* e *repulsivo*.

- Nell'1-cloropropano, composto in cui un atomo di cloro è legato a un atomo di carbonio:

C_3H_7Cl  1-cloropropano

si ha che l'atomo di cloro (fortemente *più elettronegativo* del carbonio) attira verso di sé gli elettroni di legame: assumendo il cloro una parziale carica negativa (δ−) e il carbonio una parziale carica positiva (δ+), il legame risulta *polarizzato*. Il difetto di elettroni, che si è determinato sull'atomo di carbonio, provoca uno spostamento di elettroni dagli atomi adiacenti (ovvero una *polarizzazione della catena carboniosa*): la presenza del cloro la reattività della molecola. L'effetto induttivo è di tipo **attrattivo** aumenta (figura **11**).

Figura 11 L'effetto induttivo
Nell'1-cloropropano si tratta di un effetto attrattivo.



- Nell'etanale (o aldeide acetica) l'atomo di ossigeno, molto più elettronegativo del carbonio, attira verso di sé gli elettroni di legame. L'ossigeno perciò assume una parziale carica negativa (δ−) e il carbonio una parziale carica positiva (δ+): di conseguenza, *il legame risulta fortemente polarizzato e la molecola molto reattiva*. L'effetto induttivo è di tipo **attrattivo** (figura **12**).

Figura 12 La polarizzazione del legame L'aldeide acetica è molto reattiva perché il legame >C=O è molto polarizzato.

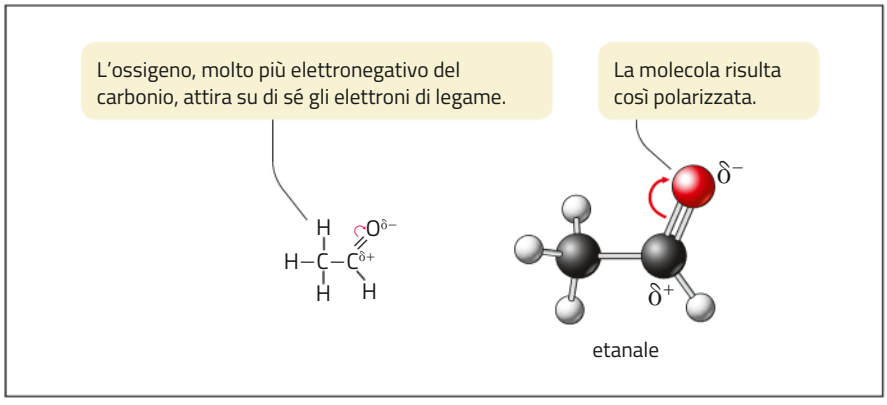


Tabella 3 I principali sostituenti elettron-attrattori

Sostituenti elettron-attrattori	
−F −Cl −Br −I alogeni	
−CH=CH$_2$ legame doppio	CH≡CH legame triplo
>C=O carbonile	
−C(=O)OH carbossile	−N(=O)O gruppo nitro

Sono sostituenti **elettron-attrattori** (tabella **3**) gli atomi più elettronegativi dell'atomo di carbonio (alogeni) e i gruppi atomici con carica positiva (gruppo nitro) o quelli in cui il carbonio **non** è ibridato *sp*^{3} e che presentano legami multipli.

- Il propanone (o acetone) è un composto in cui il gruppo atomico >CO è legato a due gruppi metile −CH$_3$:

$CH_3{-}CO{-}CH_3$ propanone

In questa molecola, l'atomo di ossigeno, più elettronegativo del carbonio, attira verso di sé gli elettroni di legame: il carbonio assume una parziale carica positiva (δ+) e l'ossigeno una parziale carica negativa (δ−), perciò

il legame risulta polarizzato. Tuttavia, i due gruppi metile $-CH_3$ determinano uno *spostamento di elettroni* verso l'atomo di carbonio del gruppo $>CO$ che tenderà a neutralizzare la parziale carica positiva sull'atomo di carbonio, *diminuendo* così la reattività della molecola. L'effetto induttivo dell'idrogeno e dei gruppi alchilici che lo contentono è di tipo **repulsivo** (figura **13**).

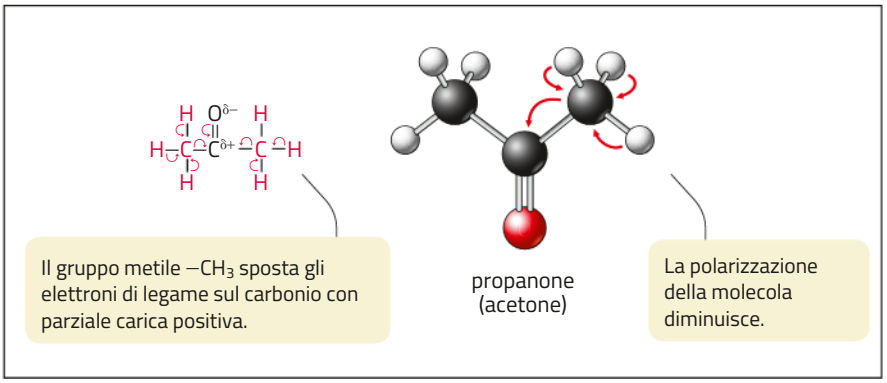


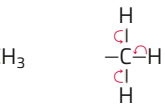
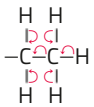
Figura 13 L'effetto induttivo e la polarizzazione del legame
I gruppi $-CH_3$ nel propanone (o acetone) hanno un effetto induttivo repulsivo, neutralizzando la polarizzazione del gruppo $>CO$.

A COLPO D'OCCHIO

EFFETTO INDUTTIVO DEI SOSTITUENTI
- ATTRATTIVO
- REPULSIVO

Sono sostituenti **elettron-donatori** (tabella **4**) gli atomi meno elettronegativi del carbonio (atomi di litio e magnesio) o gruppi atomici in cui il carbonio ibridato sp^3 è legato ad atomi di idrogeno (gruppi alchilici).

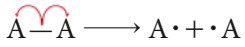
Tabella 4 Principali sostituenti elettron-donatori

Sostituenti elettron-donatori	
$-CH_3$  gruppo metile	$-CH_2-CH_3$  gruppo etile

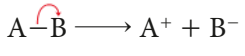
Le reazioni omolitica ed eterolitica

Un aspetto essenziale per descrivere il meccanismo di una reazione è quello relativo al processo di *rottura del legame covalente* che si può realizzare secondo due modalità, *omolitica* ed *eterolitica*.

1. Nella **rottura omolitica** o **radicalica** di un legame covalente ciascun atomo *trattiene uno dei due elettroni* di legame precedentemente condivisi: si ha la formazione di radicali o **radicali liberi**, atomi o gruppi atomici aventi un elettrone spaiato:



La rottura omolitica di un legame covalente può essere provocata dal calore (**termolisi**) o dalla radiazione ultravioletta (**fotolisi**).
I radicali liberi ($H^{\bullet}$, $Cl^{\bullet}$, $^{\bullet}CH_3$) sono fortemente *instabili*, per cui tendono a reagire con altri radicali o con molecole per *ricostituire legami covalenti*.
2. Nella **rottura eterolitica** o **polare** di un legame covalente l'atomo più elettronegativo trattiene il doppietto elettronico di legame prima condiviso:

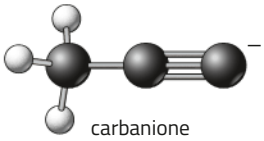


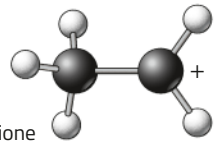
La rottura eterolitica riguarda composti in cui è presente un legame covalente polare e può avvenire a temperatura ambiente. Tra gli intermedi delle reazioni eterolitiche, particolare importanza hanno i carbanioni e i carbocationi.

Il **carbanione** è un anione la cui carica negativa è localizzata su un atomo di carbonio legato a un gruppo alchilico (per esempio, $CH_3{-}C{\equiv}C^-$)

Il **carbocatione** è un catione la cui carica positiva è localizzata su un atomo di carbonio legato a un gruppo alchilico (per esempio, $^+CH_2{-}CH_3$)

I carbanioni e i carbocationi sono degli intermedi instabili che tendono a reagire per aumentare la loro stabilità.


carbanione


carbocatione

I carbanioni sono basi forti e quindi, in generale, sono molto reattivi. I carbocationi sono distinti in *primari*, *secondari* e *terziari* a seconda che l'atomo di carbonio positivo sia legato a uno, due o tre gruppi alchilici (simbolo R):

LE PAROLE

Il **simbolo R** indica i gruppi atomici che derivano da alcani per il distacco di un atomo di idrogeno.

	$R'{-}\overset{+}{C}H_2$	$R'{-}\overset{+}{C}H{-}R''$	$R'{-}\overset{+}{\underset{\displaystyle R'''}{C}}{-}R''$
carbocatione	primario	secondario	terziario

Poiché i gruppi alchilici sono gruppi atomici *elettron-donatori*, ovvero specie chimiche che tendono a neutralizzare la carica positiva sull'atomo di carbonio, è evidente che un carbocatione terziario, essendo legato a un maggiore numero di gruppi alchilici, è più *stabile* di un carbocatione secondario e questo di un carbocatione primario. Tenendo presente che anche $^+CH_3$ è un carbocatione, si ha il seguente ordine di stabilità crescente:

$$\overset{+}{C}H_3 < R'{-}\overset{+}{C}H_2 < R'{-}\overset{+}{C}H{-}R'' < R'{-}\overset{+}{\underset{\displaystyle R'''}{C}}{-}R''$$

I reagenti elettrofili e nucleofili

Le reazioni eterolitiche, le più frequenti tra i composti organici, coinvolgono sempre specie chimiche povere di elettroni (*elettrofili*) e specie chimiche ricche di elettroni (*nucleofili*).

LE PAROLE

Un **elettrofilo** (dal greco: *elektron* = ambra e *philos* = amico) è uno ione positivo, un gruppo atomico o una molecola che ha affinità per atomi o gruppi atomici con elettroni disponibili per formare legami covalenti.

Gli **elettrofili** sono specie chimiche con una parziale o totale carica positiva oppure con l'ottetto incompleto.

Sono elettrofili (tabella **5**, a pagina seguente):

- gli atomi di carbonio del gruppo carbonile $>CO$ e del gruppo carbossile $-COOH$;
- i cationi come H^+ (ione idrogeno) e NO_2^+ (ione nitronio);

- i carbocationi alchilici come $^{+}CH_3$ (metile) e $^{+}CH_2{-}CH_3$ (etile);
- le molecole con ottetto elettronico incompleto, come $AlCl_3$ e BF_3.

Gli elettrofili tendono a reagire con specie chimiche ricche di elettroni (nucleofili) accettando un doppietto elettronico libero e formando un legame covalente.

I **nucleofili** sono specie chimiche con una parziale o totale carica negativa oppure con un doppietto elettronico disponibile.

LE PAROLE

Un **nucleofilo** (dal latino *nucleus* = nucleo; dal greco: *philos* = amico) è uno ione negativo, un gruppo atomico o una molecola che ha affinità per atomi o gruppi atomici con la cima elettronica.

Sono nucleofili (tabella **5**):

- gli atomi di ossigeno nei gruppi funzionali come il gruppo carbonile $>CO$ e il gruppo carbossile $-COOH$;
- gli anioni poliatomici quali ossidrile OH^- e alcossido RO^-;
- gli anioni monoatomici degli alogeni Cl^- e I^-;
- i carbanioni alchilici, per esempio $CH_3{-}C{\equiv}C^-$;
- le molecole con almeno un doppietto elettronico disponibile, per esempio NH_3 e H_2O;
- gli atomi di azoto dei gruppi atomici $>NH$ e $-NH_2$.

Tabella 5 I principali reagenti elettrofili e nucleofili

Reagenti elettrofili	Reagenti nucleofili
$-COOH$ $>CO$ NO_2^+ H^+	$-COOH$ $>CO$ OH^- RO^-
$^{+}CH_3$ $^{+}CH_2{-}CH_3$ $AlCl_3$ BF_3	Cl^- I^- $CH_3{-}C{\equiv}C^-$
	NH_3 H_2O $>NH$ $-NH_2$

I nucleofili tendono a reagire con gli elettrofili condividendo il doppietto elettronico disponibile e formando un legame covalente.

I nucleofili sono distinti in **forti** e **deboli** a seconda del valore di elettronegatività dell'elemento che li costituisce.

Ricordando che l'elettronegatività è la tendenza che ha un atomo ad attirare verso di sé gli elettroni di legame e che tale proprietà nel sistema periodico aumenta da sinistra a destra lungo un periodo e diminuisce scendendo lungo un gruppo, è evidente che sono *nucleofili forti* quelli costituiti da atomi con **minore elettronegatività**.

Risulta quindi che la forza di un nucleofilo:

- *diminuisce* da sinistra a destra lungo un periodo: $NH_3 > H_2O$;
- *aumenta* scendendo lungo un gruppo: $OH^- < HS^-$ e $F^- < Cl^- < Br^- < I^-$;
- è *maggiore* negli ioni negativi che nelle molecole neutre in cui è presente lo stesso atomo, in quanto i primi forniscono elettroni con maggiore facilità: $OH^- > H_2O$ e $RO^- > ROH$.

Scarica la app:



TAVOLA PERIODICA INTERATTIVA

FACCIAMO IL PUNTO

LO SAI? RIPASSA CON LO SMARTPHONE

Quali sono le principali proprietà dell'atomo di carbonio?

Gli aspetti piú rilevanti e specifici dell'atomo di carbonio sono:

- la capacità di ibridarsi *sp*, sp^2 e sp^3 e di formare sempre quattro legami covalenti;
- il numero di ossidazione che assume tutti i valori compresi tra +4 e −4;
- il valore medio di elettronegatività (2,5) per cui può formare legami covalenti poco polari e quindi forti e stabili;
- il piccolo raggio atomico (77 pm), per cui può formare legami covalenti singoli, doppi e tripli;
- una grande tendenza alla concatenazione.

Con quali tipi di formule possono essere rappresentati i composti organici?

I composti organici si possono rappresentare con le **formule di Lewis** che mettono in evidenza tutti i legami chimici, con le **formule razionali** che mettono in evidenza solo i legami carbonio-carbonio e con le **formule topologiche che evidenziano solo** la catena carboniosa mediante l'uso di segmenti.

Che sono gli isomeri?

Gli isomeri sono composti con la stessa formula molecolare ma differente formula di struttura e diverse proprietà fisiche e chimiche. Esistono due tipi principali di isomeria: l'isomeria di struttura e la stereoisomeria.

Che cosa si intende per isomeria di struttura?

L'**isomeria di struttura** è quel fenomeno per cui gli atomi di due o piú composti sono legati tra loro in sequenze differenti. È distinta in isomeria di catena, isomeria di posizione e isomeria di gruppo funzionale.

Gli **isomeri di catena** sono composti che differiscono per il modo diverso con cui gli atomi di carbonio sono legati nella catena carboniosa.

Gli **isomeri di posizione** sono composti che hanno la stessa catena carboniosa ma che differiscono per la posizione di gruppi funzionali.

Gli **isomeri di gruppo** funzionale sono composti che presentano gruppi funzionali *diversi nella catena carboniosa*.

Che cosa si intende per stereoisomeria?

La **stereoisomeria** è quel fenomeno per cui atomi o gruppi atomici di due o più composti sono legati tra loro nella stessa sequenza ma con differente disposizione spaziale.

È distinta in isomeria geometrica (o isomeria *cis-trans*) ed enantiomeria (o isomeria ottica).

Gli **isomeri geometrici** sono composti che differiscono per la disposizione spaziale degli atomi o di gruppi atomici legati a due atomi di carbonio uniti da un legame semplice (cicloalcani) o da un doppio legame (alcheni).

Gli **enantiomeri** sono due molecole con diversa disposizione spaziale e che sono l'una l'immagine speculare dell'altra e non sovrapponibili. Una molecola esiste sotto forma di due enantiomeri se presenta un atomo di carbonio stereogeno, ovvero legato a quattro atomi o gruppi atomici diversi. Una molecola che contiene un centro stereogeno si chiama chirale. Il requisito più importante affinché una molecola sia **chirale** è l'assenza di un piano di simmetria.

Da che cosa dipendono le proprietà fisiche dei composti organici?

Lo stato fisico (solido, liquido o aeriforme) e i punti di fusione e di ebollizione di un composto organico dipendono dalla forza e dal numero dei legami intermolecolari (legame a idrogeno, interazioni di van der Waals).

La solubilità in acqua dei composti organici dipende dalla presenza nelle molecole di gruppi idrofili o idrofobici, ovvero di molecole che possono o non possono formare legami intermolecolari con l'acqua.

Da che cosa dipendono le proprietà chimiche dei composti organici?

La reattività di un composto organico è determinata dalla presenza nella sua molecola di un gruppo funzionale (legame multiplo, un atomo molto elettronegativo o uno specifico gruppo atomico).

La presenza in un composto organico di un atomo con elettronegatività diversa dal carbonio o di un gruppo atomico che attira o respinge elettroni determina la polarizzazione del legame che si trasmette lungo la catena carboniosa. Il fenomeno si chiama **effetto induttivo** e può essere attrattivo o repulsivo a seconda che i sostituenti siano atomi o gruppi atomici *elettron-attrattori o elettron-donatori*.

Che cosa si intende per rottura omolitica e rottura eterolitica di un legame?

Un aspetto essenziale per descrivere il meccanismo di una reazione è quello relativo alla modalità di rottura del legame covalente che può essere **omolitica**, con ciascun atomo che trattiene uno dei due elettroni di legame precedentemente condiviso, ed **eterolitica**, con l'atomo più elettronegativo che trattiene il doppietto elettronico di legame prima condiviso.

Tra gli intermedi delle reazioni eterolitiche particolare importanza hanno i **carbanioni** e i **carbocationi**, anioni o cationi, la cui carica negativa o positiva è localizzata su un atomo di *carbonio*.

Che cosa sono gli elettrofili e i nucleofili?

Gli **elettrofili** sono specie chimiche con una parziale o totale carica positiva oppure con l'ottetto incompleto. I **nucleofili** sono specie chimiche con una parziale o totale carica negativa oppure con un doppietto elettronico disponibile.

I nucleofili sono distinti in forti e deboli a seconda che siano costituiti da atomi con basso o alto valore di elettronegatività.

A1 ESERCIZI

ZTE ONLINE
Mettiti alla prova con 20 esercizi interattivi

VERIFICA LE TUE CONOSCENZE

I COMPOSTI ORGANICI

1 **Quale tra i seguenti elementi chimici non è presente nei composti organici?**

Ⓐ Se
Ⓑ S
Ⓒ P
Ⓓ N

2 **Quale dei seguenti composti del carbonio è inorganico?**

Ⓐ CH_3Cl
Ⓑ HCOOH
Ⓒ H_2CO_3
Ⓓ CH_3OH

3 **Quale dei seguenti composti del carbonio è organico?**

Ⓐ CO_2
Ⓑ NH_2CH_3
Ⓒ HCN
Ⓓ $(NH_4)_2CO_3$

4 **Qual è il n.o. del carbonio nel seguente composto?** $CH_3{-}OH$

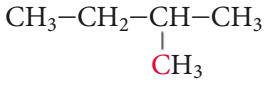
Ⓐ $+2$
Ⓑ 0
Ⓒ $+4$
Ⓓ -2

5 **Il carbonio ha n.o. uguale a -2 nel composto**

Ⓐ CH_3Cl
Ⓑ CH_2F_2
Ⓒ $(NH_2)CH_3$
Ⓓ HCN

LE FORMULE DI STRUTTURA

6 **L'atomo di carbonio evidenziato in rosso nel seguente composto è**



Ⓐ terziario
Ⓑ primario
Ⓒ secondario
Ⓓ quaternario

7 **Il composto $CH_3C(CH_3)_2CH_3$ è rappresentato con la formula**

Ⓐ di Lewis
Ⓑ razionale
Ⓒ condensata
Ⓓ topologica

8 **La formula condensata corrispondente alla formula razionale $CH_3{-}CH_2{-}NH{-}CH_2{-}CH_3$ è**

Ⓐ $CH_3CH_2NHCH_2CH_3$
Ⓑ $NH(CH_2)_2(CH_3)_2$
Ⓒ $NH(CH_2{-}CH_3)_2$
Ⓓ $(CH_3CH_2)NH(CH_2CH_3)$

L'ISOMERIA

9 **Gli isomeri sono composti che presentano**

Ⓐ stessa formula molecolare ma diversa formula di struttura
Ⓑ stessa formula molecolare e uguali proprietà fisiche e chimiche
Ⓒ diversa formula molecolare e stesse proprietà fisiche e chimiche
Ⓓ stessa formula di struttura e diverse proprietà fisiche e chimiche

10 **Il 2-pentene $CH_3{-}CH_2{-}CH{=}CH{-}CH_3$ è un composto che si presenta sotto forma di due isomeri**

Ⓐ ottici
Ⓑ geometrici
Ⓒ di gruppo funzionale
Ⓓ di conformazione

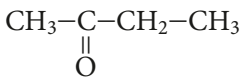
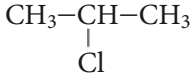
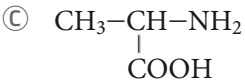
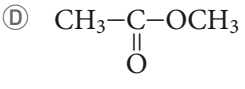
11 **I composti otticamente attivi hanno almeno**

Ⓐ un atomo di carbonio tetraedrico
Ⓑ un triplo legame
Ⓒ un atomo di alogeno
Ⓓ un atomo di carbonio legato a quattro atomi o gruppi atomici diversi

12 **Gli isomeri geometrici sono isomeri**

Ⓐ configurazionali
Ⓑ conformazionali
Ⓒ otticamente attivi
Ⓓ di posizione

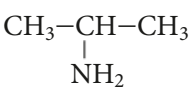
13 **Quale tra le seguenti molecole è chirale?**

Ⓐ 
Ⓑ 
Ⓒ 
Ⓓ 

14 **Quale tipo di isomeria si verifica nell'alchino nel seguente composto? $CH_3{-}CH_2{-}C{\equiv}OH$**

Ⓐ di gruppo funzionale
Ⓑ geometrica
Ⓒ di posizione
Ⓓ di catena

15 **Quale tipo di isomeria si verifica nel seguente composto?**



Ⓐ geometrica
Ⓑ di gruppo funzionale
Ⓒ ottica
Ⓓ di posizione

LA REATTIVITÀ

16 Una specie chimica che nei composti organici presenta una totale carica positiva è definita

Ⓐ elettrofilo Ⓒ nucleofilo
Ⓑ carbocatione Ⓓ radicale

17 Quale tra le seguenti specie chimiche è un nucleofilo?

Ⓐ $AlCl_3$ Ⓑ NO_2^+ Ⓒ NH_3 Ⓓ $^+CH_3$

VERIFICA LE TUE ABILITÀ

18 Qual è l'ibridazione dell'atomo di carbonio evidenziato in rosso nei seguenti composti?

a. CH_3-CH_2-CHO c. $CH_3-COO-CH_3$
b. $CH_3-CH_2-CH_4$ d. $CH\equiv C-CH_3$

19 Qual è il n.o. degli atomi di carbonio nei seguenti composti?

a. $CH\equiv CH$ c. CH_3-OH
b. $H-COOH$ d. $CH_3-CO-CH_3$

20 Qual è il n.o. degli atomi di carbonio nei seguenti composti?

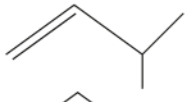
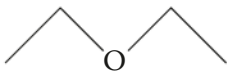
a. $CH_3-CH_2-CH_3$ c. $CH_2=CH-CH_3$
b. $CH_3-C\equiv CH$ d. $CH_2Cl-CHBr-CH_3$

21 Rappresenta le catene carboniose dei composti con formula molecolare C_5H_{12} (3 catene aperte) e C_5H_{10} (5 catene chiuse).

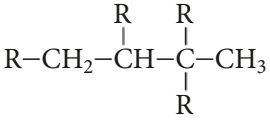
22 Rappresenta la formula di Lewis, razionale e topologica corrispondente ai seguenti composti.

a. $(CH_3)_2CHCH_2CH_3$ c. $(CH_3)_3CCH_2CH_3$
b. $CH_3(CH_2)_3CH_3$ d. $(CH_3)_3CH$

23 Rappresenta le formule razionali corrispondenti alle seguenti formule topologiche.

a. 
c. 
b. 
d. 

24 Rappresenta la formula condensata per il seguente composto, dove il simbolo R indica il gruppo atomico $-CH_3$.



25 Rappresenta le strutture di Lewis e razionali dei seguenti composti.

a. $CH_3CON(CH_3)_2$ b. CH_3COOCH_3

26 Rappresenta le formule razionali degli isomeri di posizione dei composti con formula molecolare

a. $C_3H_6Cl_2$ b. C_3H_7I

27 Rappresenta le formule razionali dei due isomeri geometrici dei composti con formula molecolare

a. $CHBr=CHBr$ b. $CHCl=CH-CH_3$

28 Rappresenta le formule razionali dei due isomeri di gruppo funzionale del composto con formula molecolare

a. C_3H_8O b. $C_4H_{10}O$

29 Rappresenta le formule razionali dei tre isomeri di posizione dell'alcol lineare con formula molecolare $C_5H_{12}O$.

30 Rappresenta le due formule razionali di un composto (uno a catena aperta con doppio legame carbonio-carbonio, l'altro a catena chiusa) con formula molecolare C_3H_6.

31 Rappresenta le formule prospettiche dei due isomeri ottici del composto con formula condensata $CH_3(CH_2)_2CH(OH)COOH$.

32 Rappresenta le formule razionali degli isomeri di catena dei composti con le seguenti formule molecolari.

a. C_6H_{14} (5 isomeri) b. C_7H_{16} (9 isomeri)

33 Rappresenta le formule razionali degli isomeri del composto con formula molecolare $C_4H_{10}O$ (6 isomeri).

34 La rotazione osservata di una soluzione di 100 mL contenente 1 g di un composto chirale è uguale a 1,33°. Sapendo che la determinazione è fatta in un tubo portacampione di 2 dm, calcola la rotazione specifica del composto chirale.

35 Disponi i seguenti composti secondo l'ordine crescente della loro temperatura di ebollizione.

a. CH_3-CH_3
b. $CH_3-CH_2-CH_3$
c. CH_4
d. $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$

36 Disponi i seguenti composti allo stato liquido secondo l'ordine crescente della loro solubilità.

a. $CH_3–CO–CH_3$
b. $CH_3–OH$
c. $CH_3–CH_2–CH_2–OH$
d. $CH_3–CHO$

37 Disponi i seguenti composti secondo l'ordine crescente del loro punto di ebollizione.

a. $CH_2OH–CH_2–CH_2OH$
b. $CH_3–CH_2–CH_3$
c. $CH_3–NH–CH_3$
d. $CH_3–CH_2–CHO$

38 Disponi le seguenti serie di composti secondo l'ordine crescente della loro reattività.

a1. $CH_3–CH=CH_2$
a2. $CH_3–CH_2–CH_3$
a3. $CH_3–C\equiv CH$
b1. $CH_3–CHCl–CH_3$
b2. $CH_3–CHI–CH_3$
b3. $CH_3–CHBr–CH_3$

39 Specifica le classi di composti organici in cui sono presenti i seguenti gruppi funzionali.

a. $–O–$
b. $–COO–$
c. $–C\equiv C–$
d. $–Br$

40 Sulla base dei diversi gruppi funzionali, precisa a quale classe appartengono i seguenti composti organici.

a. $CH_3–CH_2–NH_2$
b. $CH_3–CH_2–CH_2Cl$
c. $CH_3–CO–CH_3$
d. $CH_3–CH_2–COOH$
e. $CH_3–COO–CH_2–CH_3$
f. $CH_3–CH_2–CHO$

41 Rappresenta le formule razionali dei seguenti composti (almeno uno dei possibili isomeri).

a. $C_4H_{10}O$ (alcol)
b. C_3H_8O (etere)
c. C_6H_6O (aldeide)
d. C_4H_8O (chetone)

42 Quali tra i seguenti atomi o gruppi atomici sono elettron-attrattori?

a. $–COOH$
b. $–Br$
c. $–CH_3$
d. $–CH=CH_2$

43 Quali tra i seguenti gruppi atomici sono elettron-donatori?

a. $–CH_2–CH_3$
b. $\rangle CO$
c. $–CH_2–CH_2–CH_3$
d. NO_2^+

44 Rappresenta le formule razionali di un carbocatione primario, uno secondario e uno terziario, dove il simbolo R indica il gruppo atomico $–CH_3$.

45 Quali tra le seguenti specie chimiche sono agenti elettrofili (E) e quali nucleofili (N)?

a. $^+CH_2–CH_3$
b. $AlCl_3$
c. CN^-
d. NO_2^+

TEST YOURSELF

46 State the hybridization type of the carbon atom highlighted in the following compounds.

a. $CH_3–CO–CH_2–CH_3$
b. $H–CHO$
c. $CH_3–CHOH–CH_2–CH_3$
d. $CH_3–CH_2–COOH$

47 Draw the rational, topologic, and Lewis formula corresponding to the following compounds.

a. $CH_3(CH_2)_4CH_3$
b. $CH_3(CH_2)_2CH(CH_3)_2$

48 Draw the rational formulas of all the possible isomers of the compound C_3H_6.

49 On the basis of the several functional groups, state what class the following organic compounds belong to.

a. $CH_3–CH_2–CO–NH_2$
b. $CH_3–O–CH_2–CH_3$
c. $CH_3–CH_2–C\equiv CH$
d. $CH_3–CH_2–CH_2–CHO$

50 Draw the rational formula corresponding to the two geometrical isomers of the compound $CH_3–CH=CHBr$.

VERSO L'UNIVERSITÀ

51 Quanti isomeri strutturali della molecola C_4H_9Br esistono?

Ⓐ 4
Ⓑ 2
Ⓒ 3
Ⓓ 5
Ⓔ 6

[dalla prova di ammissione a Medicina e Chirurgia e in Odontoiatria e Protesi Dentaria, anno 2013]

52 Quale dei seguenti gruppi funzionali è presente nella molecola $CH_3CH_2CONH_2$?

Ⓐ ossidrilico
Ⓑ estereo
Ⓒ chetonico
Ⓓ ammidico
Ⓔ amminico

[dalla prova di ammissione a Medicina e Veterinaria, anno 2014]

53 La seguente struttura organica $CH_3COOCH_2CH_3$ corrisponde a

Ⓐ un etere
Ⓑ un acido carbossilico
Ⓒ un estere
Ⓓ un chetone
Ⓔ un fenolo

[dalla prova di ammissione a Medicina e Chirurgia e in Odontoiatria e Protesi Dentaria, anno 2012]

VERSO L'ESAME

RAPPRESENTA

54 **Esamina le relazioni tra i diversi tipi di isomeri attraverso una mappa concettuale.**

OSSERVA E CLASSIFICA

55 **Classifica come chirali oppure non chirali le seguenti coppie di oggetti. Argomenta poi la tua risposta.**

a. coltello e forchetta



b. occhi



c. ali di farfalla



d. saliera e pepiera



e. paio di scarpe

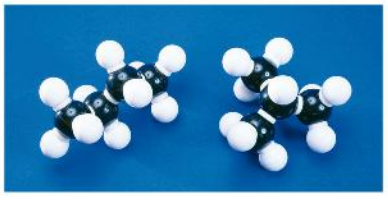


f. lenti a contatto



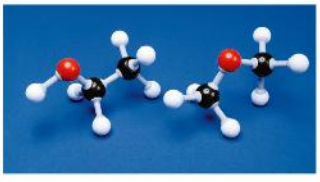
OSSERVA E CLASSIFICA

56 Rappresenta la formula di struttura delle molecole raffigurate dai modellini seguenti, considerando che le sfere nere rappresentano atomi di carbonio, le sfere bianche atomi di idrogeno e gli anelli bianchi legami covalenti.
I due composti sono una coppia di isomeri: di che tipo?



OSSERVA E CLASSIFICA

57 Rappresenta la formula di struttura delle molecole raffigurate dai modellini a fianco, considerando che le sfere rosse rappresentano atomi di ossigeno e i bastoncini legami covalenti.
I due composti sono una coppia di isomeri: di che tipo?



IPOTIZZA E ARGOMENTA

58 **Ipotizza, argomentando la risposta, quale composto è più solubile in acqua tra il propano e l'1-propanolo.**

IPOTIZZA E ARGOMENTA

59 Come antidoto all'intossicazione da metanolo si usa somministrare un composto appartenente alla stessa classe chimica e avente caratteristiche simili di reattività.
Secondo te, si tratta di metano o di etanolo? Argomenta la risposta.

ANALIZZA E IPOTIZZA

60 I composti A e B, liquidi e miscibili, sono enantiomeri con A destrogiro e B levogiro.
Ti aspetti che il piano della luce polarizzata venga ruotato a destra, a sinistra o che non venga ruotato affatto dalle seguenti miscele?

a. 50% A + 50% B
b. 25% A + 75% B
c. 25% B + 75% A

ANALIZZA E DEDUCI

61 «... Il carbonio, infatti, è un elemento singolare: è il solo che sappia legarsi con se stesso in lunghe catene stabili senza grande spesa di energia, ed alla vita sulla terra (la sola che finora conosciamo) occorrono appunto lunghe catene. Perciò il carbonio è l'elemento chiave della sostanza vivente: ma la sua promozione, il suo ingresso nel mondo vivo, non è agevole, e deve seguire un cammino obbligato, intricato, chiarito (e non ancora definitivamente) solo in questi ultimi anni. Se l'organicazione del carbonio non si svolgesse quotidianamente intorno a noi, sulla scala dei miliardi di tonnellate alla settimana, dovunque affiori il verde di una foglia, le spetterebbe di pieno diritto il nome di miracolo.»
Il testo riportato è tratto dalla raccolta di racconti *Il sistema periodico* di Primo Levi e fa riferimento al fatto che non tutto il carbonio presente al mondo è in forma di composti organici. Conseguentemente, perché la vita esista, occorrono reazioni chimiche, che Levi chiama «organicazione», di trasformazione di composti carboniosi inorganici in composti carboniosi organici.
Confronta lo stato di ossidazione del carbonio nel diossido di carbonio con quello del carbonio in almeno uno dei composti organici incontrati in questo primo capitolo e deduci se l'organicazione del carbonio, citata da Levi, è costituita da processi di ossidazione o di riduzione.