

# L'ISOMERIA

## 4 Gli isomeri hanno stessa formula molecolare ma diversa struttura

L'elevato numero di composti organici dipende dal fenomeno dell'**isomeria** ovvero dalla possibilità di rappresentare la formula molecolare di un composto con due o più formule di struttura. L'isomeria si presenta quando due o più composti, pur avendo la stessa formula molecolare e quindi la stessa composizione chimica, hanno differenti formule di struttura per una diversa disposizione degli atomi.

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

Esistono due principali tipi di isomeria: l'*isomeria di struttura* e la *stereoisomeria*.

## 5 Gli isomeri di struttura hanno una diversa sequenza o posizione degli atomi

Si definisce **isomeria di struttura** quel fenomeno per cui due o più composti hanno la stessa formula molecolare ma presentano una *diversa sequenza* degli atomi di carbonio oppure una *diversa posizione* di un legame multiplo, di un atomo o di un gruppo atomico.

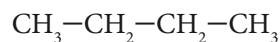
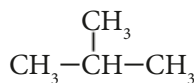
L'isomeria di struttura è distinta in *isomeria di catena*, *isomeria di posizione* e *isomeria di gruppo funzionale*.

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

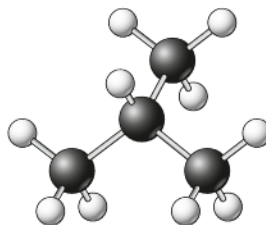
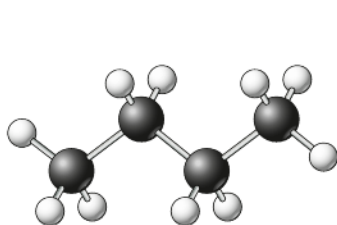
Il butano ( $C_4H_{10}$ ) si presenta sotto forma di due isomeri, il *normal*-butano (*n*-butano) con catena lineare e l'isobutano (2-metilpropano) con catena ramificata:



butano

*n*-butano

isobutano

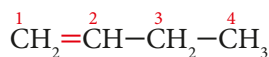


**Isomeri di posizione.** Sono composti con la stessa catena carboniosa ma che differiscono per la posizione di un legame multiplo, di un atomo o di un gruppo atomico.

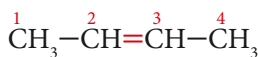
Il butene ( $C_4H_8$ ) forma due isomeri caratterizzati da una diversa posizione del doppio legame:



butene

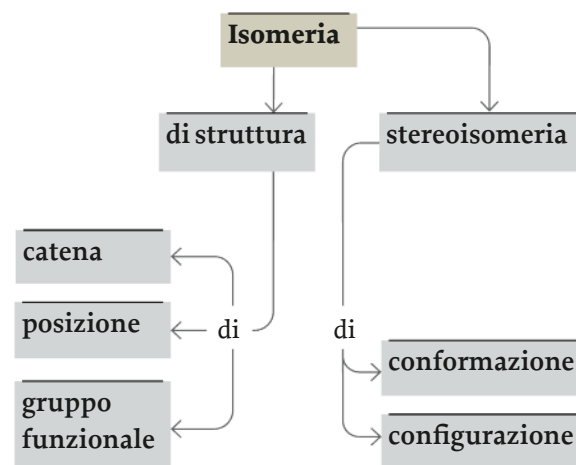


1-butene



2-butene

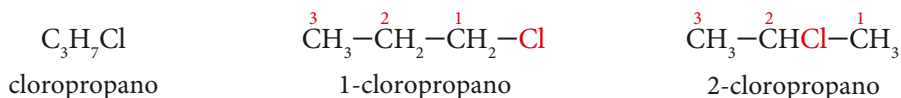
Un **isomero** (dal greco: *isos* = uguale e *meros* = parte) è un composto che può esistere in forme diverse.



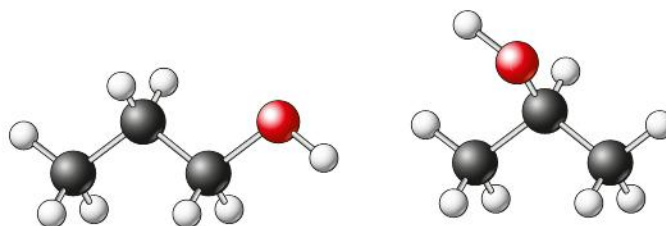
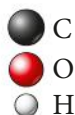
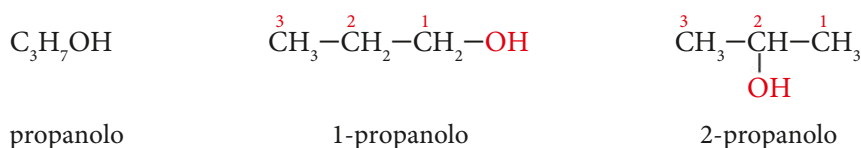
### TI RICORDI?

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

Il cloropropano ( $C_3H_7Cl$ ) è presente sotto forma di due isomeri che si distinguono per la diversa posizione dell'atomo di cloro:



Il propanolo ( $C_3H_7OH$ ) presenta due isomeri, che differiscono per la posizione del gruppo ossidrilico  $-OH$ :



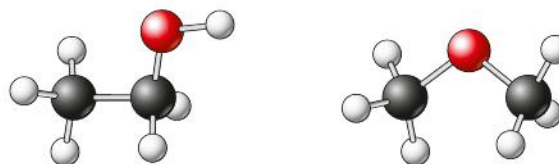
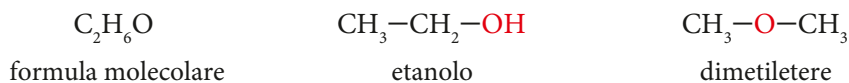
#### TI RICORDI?

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

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

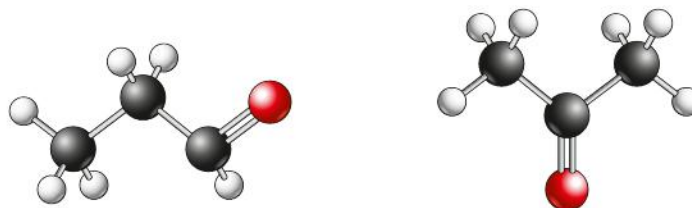
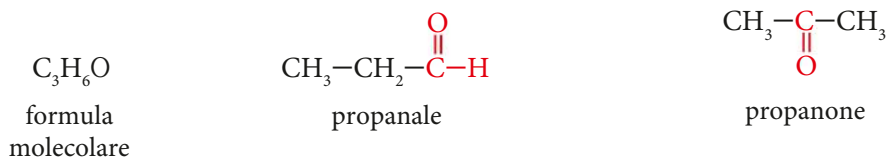
L'etanolo e il dimetiletere hanno la stessa formula molecolare ( $C_2H_6O$ ) ma contengono due gruppi funzionali diversi:

- il primo composto possiede 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.



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 con gli stessi atomi legati con la stessa sequenza.

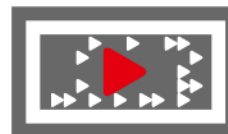
Si definisce **stereoisomeria** quel fenomeno per cui atomi o gruppi atomici di due o più composti sono legati tra loro nella stessa sequenza ma con differente disposizione spaziale (**video 4**).

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

**Isomeri conformazionali.** Questi composti (chiamati anche *conformer*) differiscono per l'orientazione nello spazio di atomi o gruppi atomici e *si possono interconvertire* per rotazione intorno a un **legame semplice** carbonio-carbonio. A differenza degli isomeri di struttura, i conformeri presentano le stesse proprietà fisiche e chimiche.

Nell'etano ( $C_2H_6$ ) la rotazione intorno al legame semplice carbonio-carbonio permette agli atomi di idrogeno legati ai due atomi di carbonio di assumere numerose disposizioni spaziali e di passare dall'una all'altra. Due conformazioni possibili sono la **conformazione sfalsata** e quella **eclissata** (**figura 5**).

**GUARDA!**

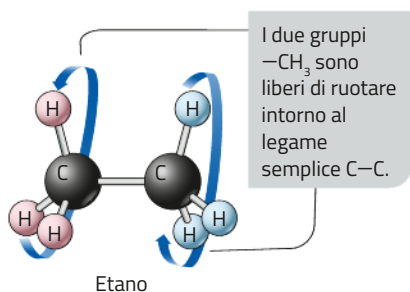


**Video 4**  
**Che cos'è la stereoisomeria?**  
**Molecole in 3D**

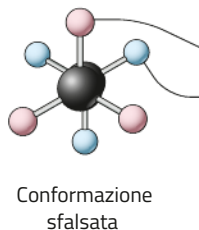
La **conformazione** (dal latino: *conformatio* = configurazione) è la specifica disposizione spaziale degli atomi in una molecola.

**Figura 5**  
**I modelli molecolari dei conformeri dell'etano**

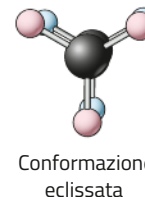
Conformazione sfalsata e conformazione eclissata.



Etano



Nella conformazione sfalsata i tre atomi di idrogeno dell'atomo di carbonio anteriore sono distanti il più possibile rispetto a quelli del carbonio posteriore.

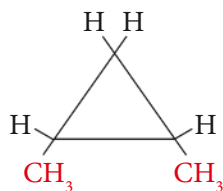


Nella conformazione eclissata i tre atomi di idrogeno del carbonio anteriore sono allineati con quelli del carbonio posteriore.

**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. L'isomeria di configurazione è distinta in *isomeria geometrica* ed *enantiomeria* (o *isomeria ottica*).

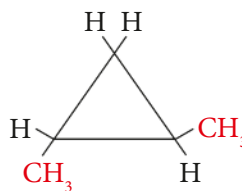
1. Gli **isomeri geometrici** sono due composti che differiscono per la disposizione spaziale di atomi o gruppi atomici legati a due atomi di carbonio uniti da un legame semplice (**cicloalcani**) o da un doppio legame (**alcheni**). L'isomero avente gli atomi o i gruppi atomici disposti nello spazio 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 da *parti opposte* si chiama *trans*.

L'1,2-dimetilciclopropano è una molecola che 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 parti opposte:



*cis*-1,2-dimetilciclopropano

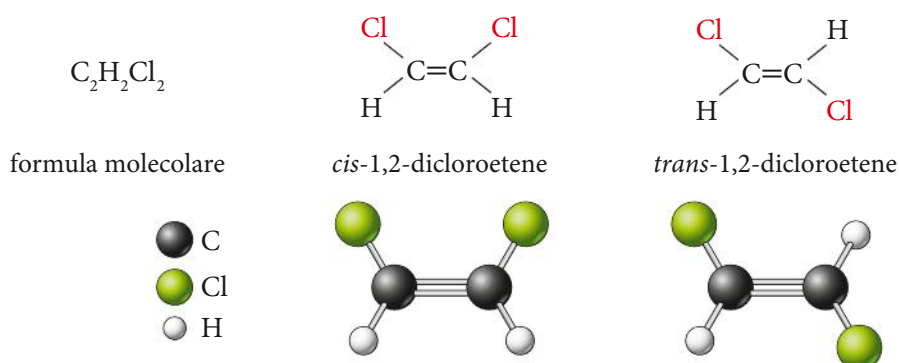
Questi isomeri *cis*- e *trans*- differiscono per la posizione dei due gruppi  $-CH_3$ .



*trans*-1,2-dimetilciclopropano

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

L'1,2-dicloroetene (formula molecolare  $C_2H_2Cl_2$ ) si presenta sotto forma di due isomeri geometrici: nella forma *cis*-i due atomi di cloro si trovano dalla stessa parte del doppio legame, nella forma *trans*-si trovano da parti opposte:



#### TI RICORDI?

Nelle formule di struttura lo **stereocentro** si indica per convenzione con un asterisco (C\*).

#### TI RICORDI?

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 la sinistra: l'una è l'immagine speculare dell'altra, ma non sono sovrapponibili.

2. Gli **enantiomeri** o **isomeri ottici** sono due molecole con diversa disposizione spaziale che sono l'una *l'immagine speculare dell'altra* ma *non sovrapponibili*. Una molecola esiste sotto forma di due enantiomeri se nella molecola è presente uno stereocentro ed è assente un piano di simmetria.

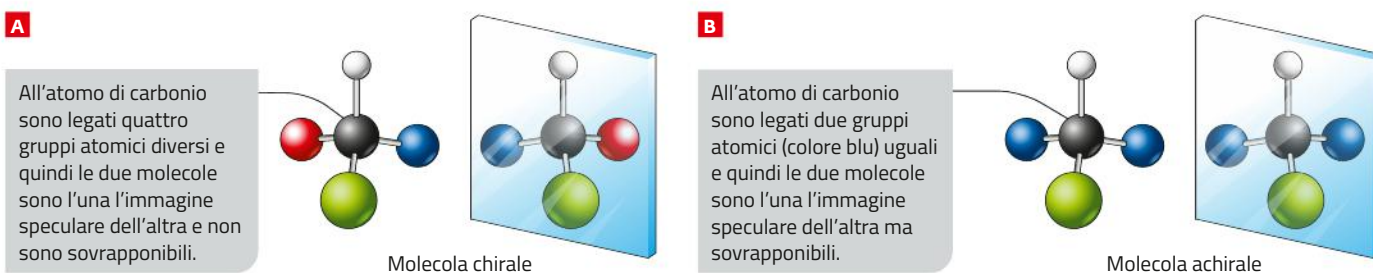
Uno **stereocentro** è un atomo di carbonio legato a quattro atomi o gruppi atomici diversi.

Una molecola che contiene uno stereocentro e che non presenta un piano di simmetria è detta **chirale**.

Una molecola chirale si trova sotto forma di due enantiomeri e non è sovrapponibile alla sua immagine speculare (**figura 6**).

**Figura 6**  
Molecole  
chirali e  
achirali

(A) Molecola  
chirale.  
(B) Molecola  
achirale.

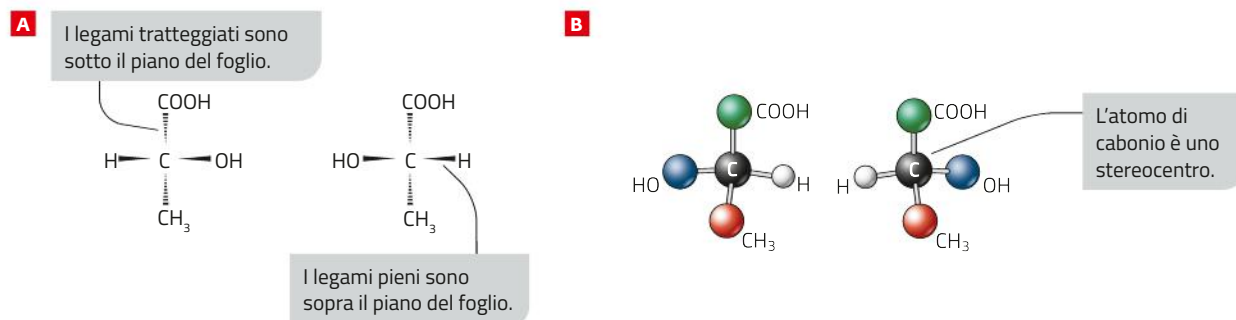


La disposizione *tridimensionale* degli atomi o dei gruppi atomici legati allo stereocentro è rappresentata dalla **formula prospettica**, nella quale i due legami *tratteggiati* sono sotto il piano del foglio e quelli *pieni* sono sopra.

Un esempio di molecola chirale molto conosciuta è l'acido lattico, il prodotto finale del catabolismo anaerobio del glucosio che studieremo a proposito del metabolismo energetico (**figura 7**).

**Figura 7** La chiralità  
dell'acido lattico

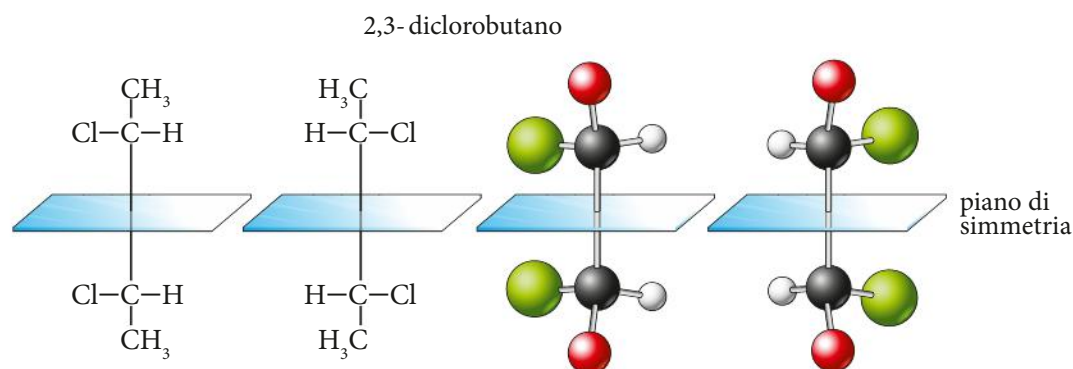
Le formule prospettiche (A) e i modelli molecolari (B) dei due enantiomeri dell'acido lattico.



Per essere chirale una molecola deve avere uno stereocentro ma non un *piano di simmetria*.

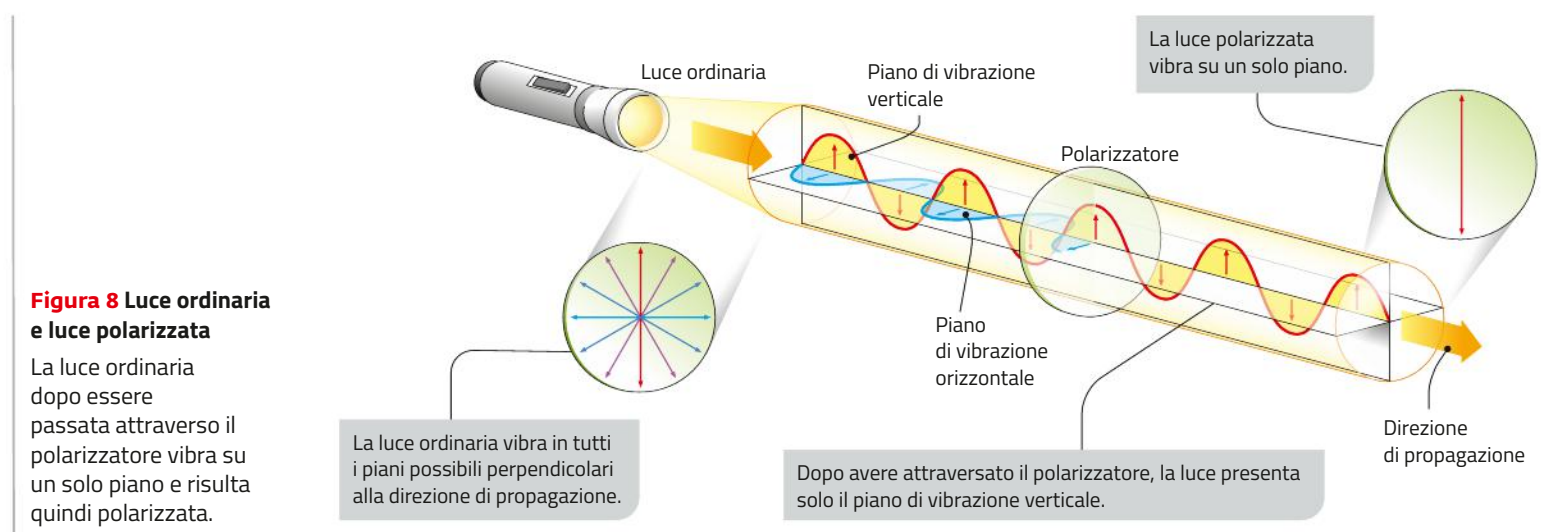
Un **piano di simmetria** è un piano che divide la molecola in due metà che sono l'una l'immagine speculare dell'altra.

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 ma diverse proprietà chirali. Le **proprietà achirali** sono distinte in *fisiche* (punto di fusione e di ebollizione, densità, solubilità) e *chimiche* (velocità di reazione). Le **proprietà chirali** sono la reattività e l'attività ottica.

**L'attività ottica.** 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). 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 8**).



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

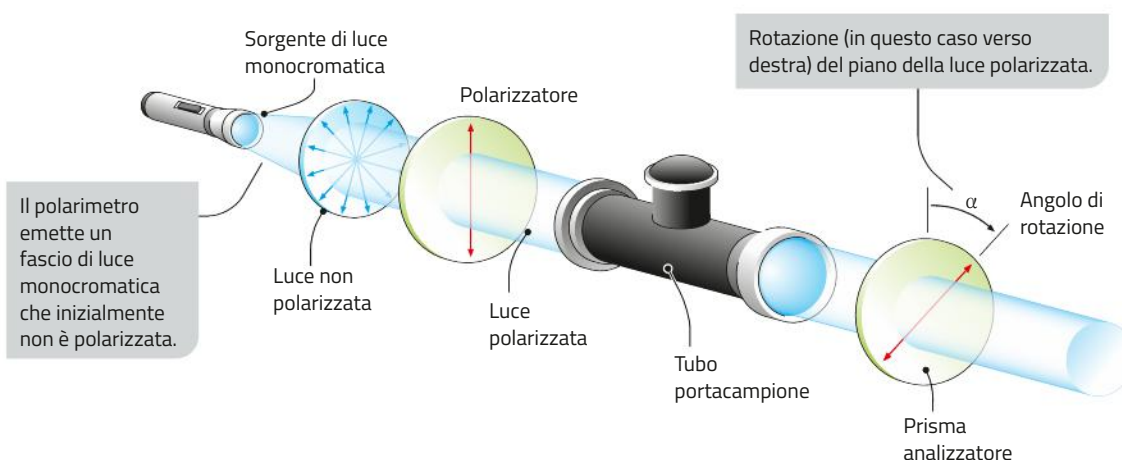
1. un *polarizzatore* (un prisma di Nicol costituito da carbonato di calcio cristallino o una lente di *polaroid*) che permette alla luce ordinaria di divenire luce polarizzata;

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

2. un *tubo portacampione* in cui viene inserita la soluzione contenente il composto da esaminare;
3. un *prisma analizzatore* che permette di determinare l'angolo di cui viene ruotato il piano della luce polarizzata (**figura 9**). Tale valore angolare si chiama **rotazione osservata** (simbolo  $\alpha$ ).

**Figura 9 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**.



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.

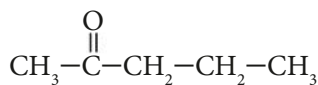
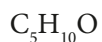
Se il piano della luce polarizzata viene spostato verso destra (in senso orario), la sostanza otticamente attiva è detta **destrogira** e si indica con il simbolo (+); se invece viene ruotato a sinistra (in senso antiorario), si dice che la sostanza è **levogira** e si indica con il simbolo (–).

I due enantiomeri di molte molecole presentano *reattività* diversa. L'enzima acido lattico deidrogenasi, presente nei muscoli e nel fegato, ossida l'acido (+)-lattico in acido piruvico ma non è in grado di ossidare l'acido (–)-lattico.

**ESERCIZIO SVOLTO**

**Proviamo insieme**

Precisa e giustifica il tipo di isomeria relativo alla seguente coppia di molecole:



**Risoluzione**

I due composti, nonostante abbiano la stessa formula molecolare  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$ , presentano un differente gruppo atomico (rispettivamente,  $-\text{CHO}$  e  $>\text{CO}$ ) che conferisce proprietà fisiche e chimiche diverse. Le due molecole costituiscono quindi una coppia di isomeri di **gruppo funzionale**.

**Prova da solo**

Indica quale tipo (o quali tipi) di isomeria presentano le molecole rappresentate delle seguenti formule:

- $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$
- $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$

**Rispondi**

1. Quali sono i diversi tipi di isomeria di posizione?
2. Perché si verifica l'isomeria geometrica negli alcheni (composti con legame  $\text{C}=\text{C}$ ) e nei cicloalcani?
3. Quali sono le due caratteristiche che deve avere una molecola per essere considerata chirale?

**Scegli le parole**

1. Gli isomeri di catena sono esempi di **isomeria di struttura / stereoisomeria**.
2. Uno stereocentro è un atomo di carbonio legato a quattro atomi o gruppi atomici tutti **uguali / diversi**.
3. Una sostanza otticamente attiva è detta levogira se ruota il piano della luce polarizzata verso **destra / sinistra**.

**Ora tocca a te**



I due enantiomeri di una molecola presentano spesso un comportamento chimico diverso. Per esempio, i due enantiomeri del carvone vengono percepiti dal nostro olfatto con una profumazione diversa. Aiutandoti con una ricerca in Rete, indica il profumo di ciascuno dei due enantiomeri e ipotizza il motivo della loro diversa profumazione.