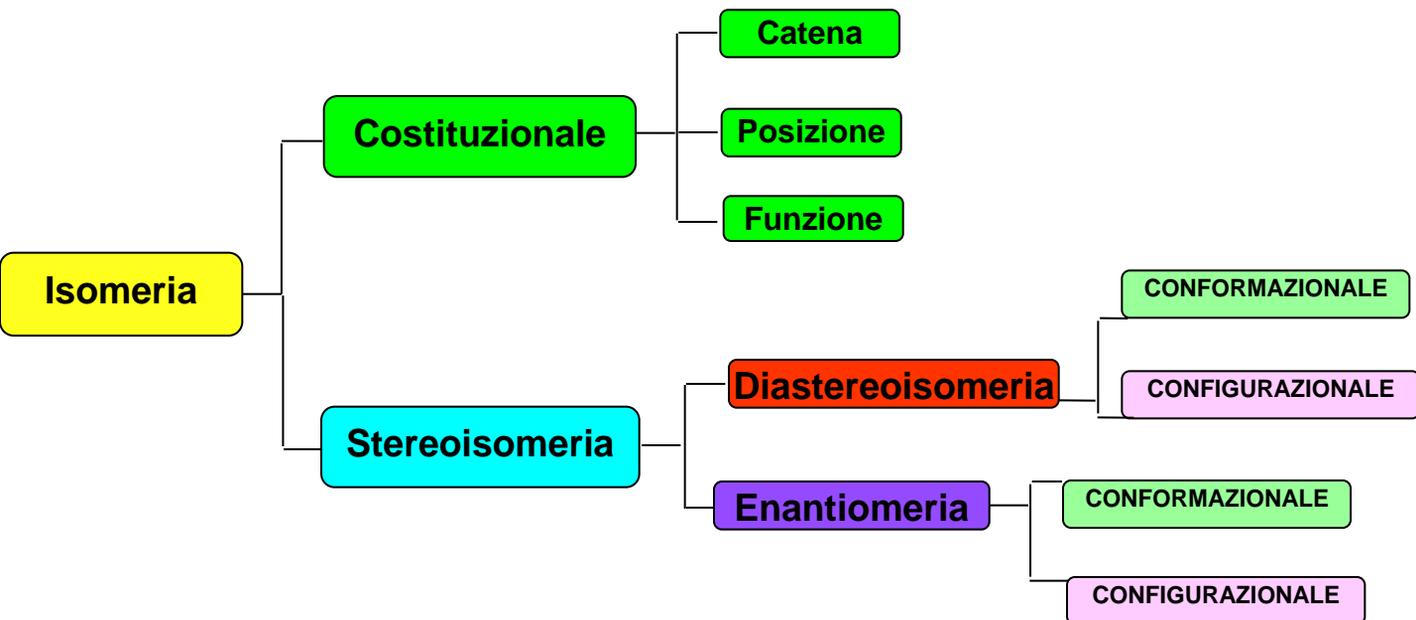


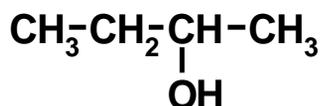
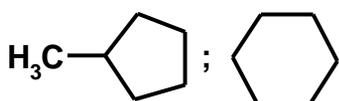
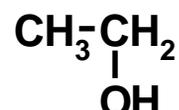
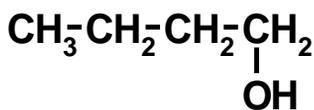
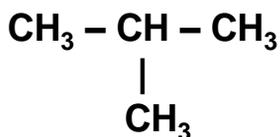
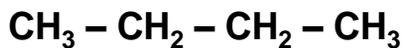
# Stereochimica

# Elementi di Stereochimica



## Isomeria Costituzionale

Isomeri di catena	Isomeri di posizione	Isomeri di gruppo funzionale
Diversa concatenazione degli atomi di carbonio	Diversa posizione del medesimo gruppo funzionale	Diverso gruppo funzionale

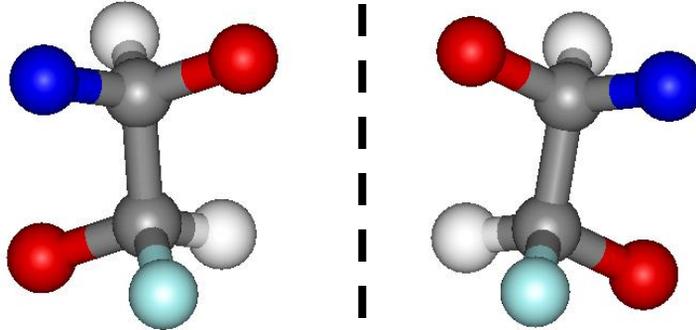


# Stereoisomeria

Gli stereoisomeri sono molecole caratterizzate da uguale formula molecolare e identica connettività ma diversa orientazione degli atomi nello spazio. Possono essere distinti in due grandi sottocategorie: quella degli enantiomeri e quella dei diastereoisomeri (anche detti diastereomeri).

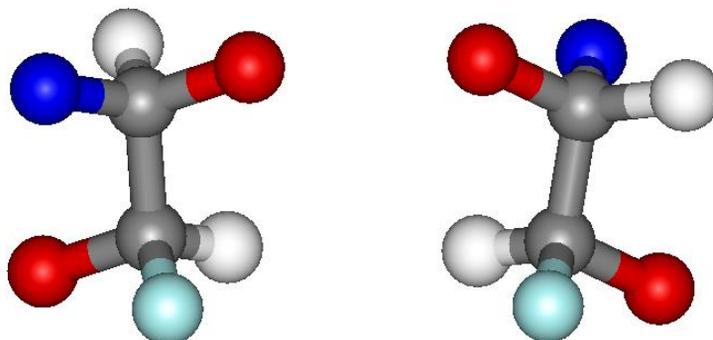
## enantiomeri

Stereoisomeri caratterizzati dall'essere l'uno l'immagine speculare non sovrapponibile dell'altro.



## diastereoisomeri

Stereoisomeri caratterizzati dal non essere immagini speculari l'uno dell'altro.

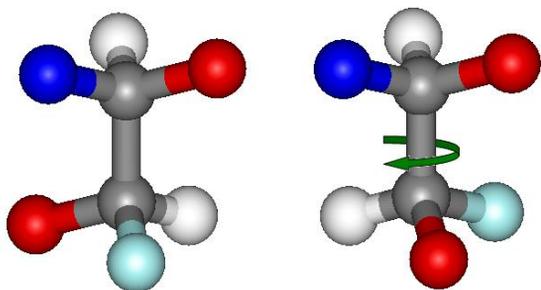


A loro volta, diastereomeri ed enantiomeri possono essere ulteriormente classificati distinguendoli in base alle modalità richieste per l'interconversione tra le forme isomere:

## stereoisomeri conformazionali

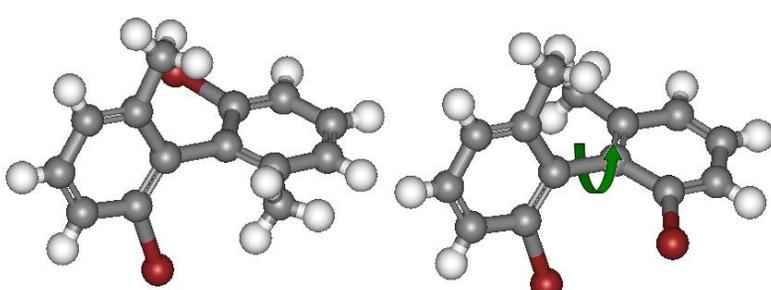
Sono quelli che possono interconvertire per rotazioni intorno a legami semplici (generalmente non sono isolabili a temperatura ambiente)

Es.1



Diastereomeri  
(conformeri o rotameri)

Es.2

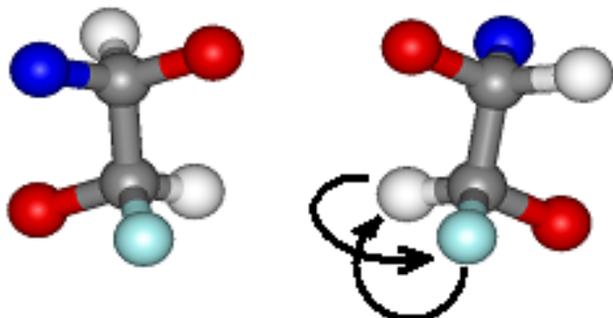


enantiomeri

## stereoisomeri configurazionali

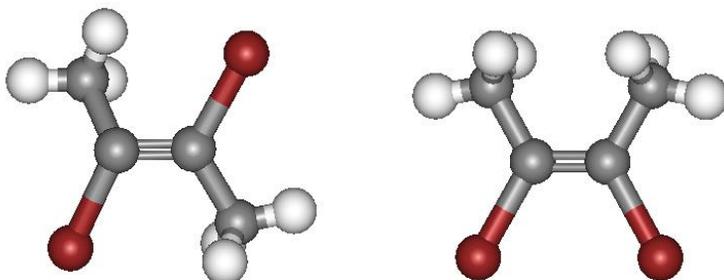
Sono quelli che per interconvertire richiedono prima la rottura e poi la formazione di nuovi legami (generalmente sono isolabili a temperatura ambiente).

Es.1



diastereomeri

Es.2

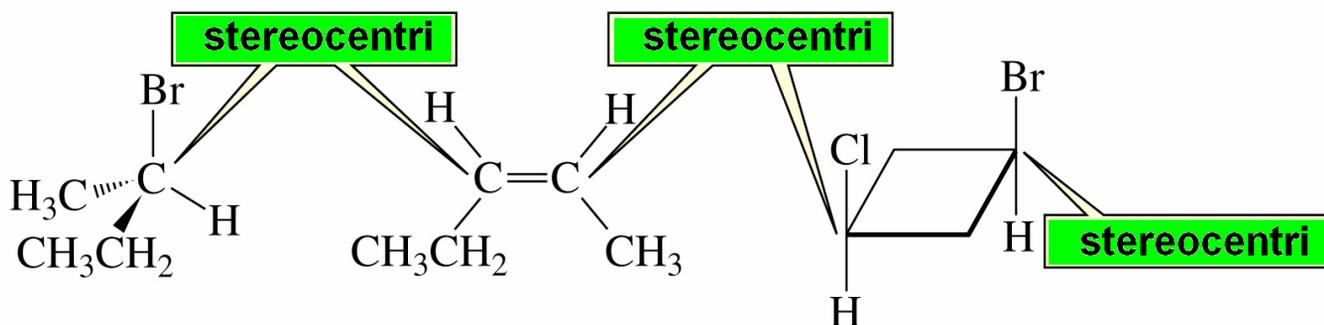


diastereomeri

la possibilità che, a parità di formula molecolare e costituzione, una specie molecolare possa esistere in più forme stereoisomere è legata alla presenza al suo interno di elementi stereogenici:

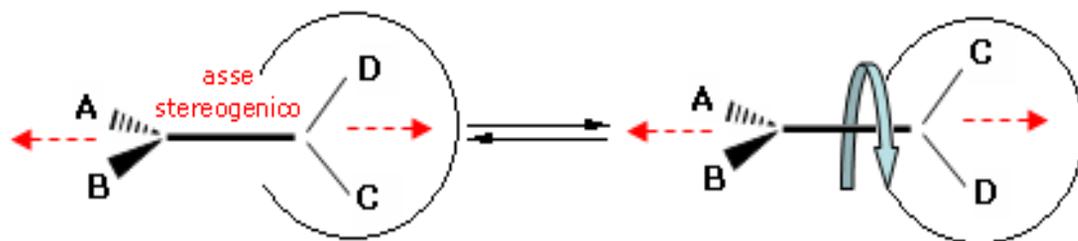
## Centri stereogenici

Atomi della molecola che, per interscambio di due loro ligandi, generano stereoisomeri



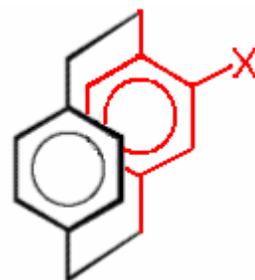
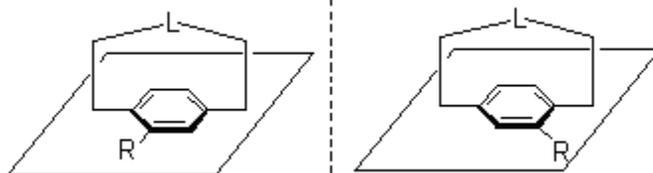
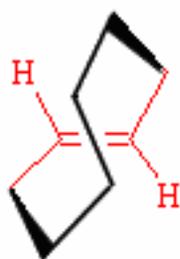
## Asi stereogenici

Generalmente sono colineari con legami; la rotazione intorno ad essi di una opportuna porzione di molecola (operazione caratterizzata da alta energia di attivazione) genera una forma isomera stabile



## Piani stereogenici

Sono piani su cui giacciono gruppi di atomi a loro volta connessi a strutture rigide che si estendono sopra o sotto i piani stessi



**Stereoisomeria**

```
graph TD; A[Stereoisomeria] --- B[Enantiomeria]; A --- C[Diastereoisomeria]; B --- D[Isomeria ottica]; C --- E[Isomeria geometrica]; C --- F[altre];
```

**Enantiomeria**

**Isomeria ottica**

**Diastereoisomeria**

**Isomeria  
geometrica**

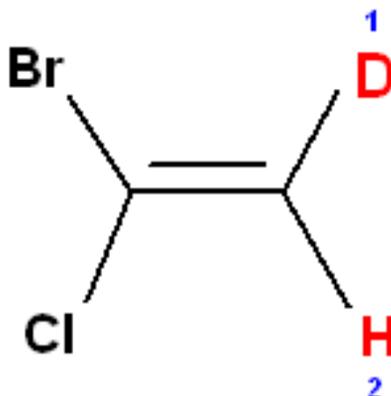
**altre**

# Regole di priorità di Cahn-Ingold-Prelog

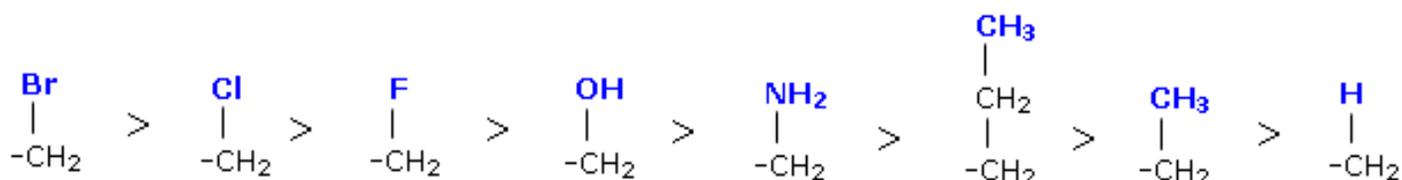
**1.** La priorità viene attribuita sulla base del *numero atomico*. Più elevato è il numero atomico più alta è la priorità del sostituyente.

**Per esempio:**  $^{17}\text{Cl} > ^8\text{O} > ^7\text{N} > ^6\text{C} > ^1\text{H}$

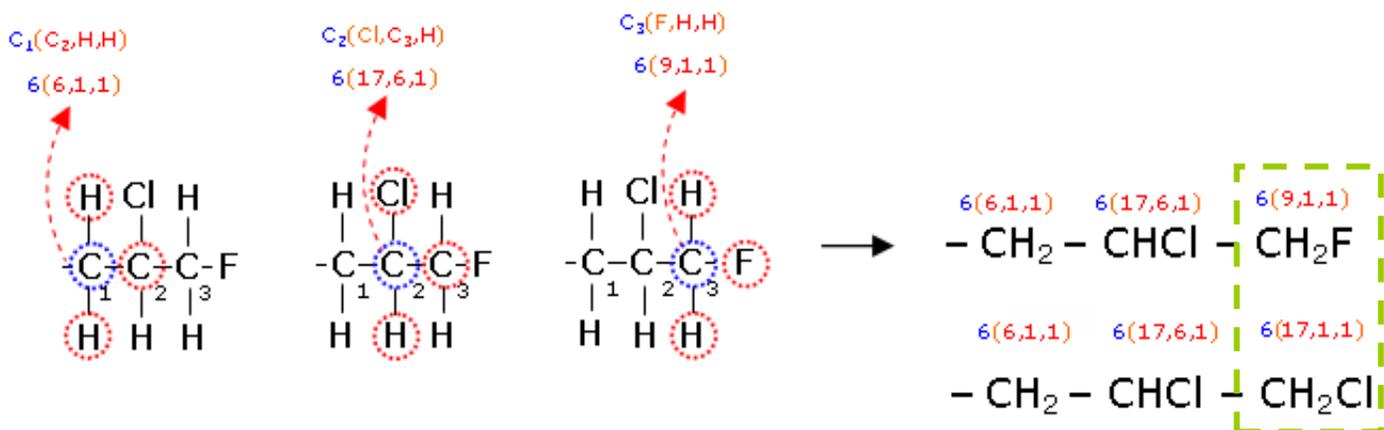
**2.** A parità di numero atomico (isotopi), la priorità spetta all'isotopo con *massa atomica* maggiore.



**3. Se i due atomi confrontati sono uguali è necessario esaminare e confrontare progressivamente gli altri atomi a cui questi ultimi sono legati . Si procede pertanto, sempre applicando le regole precedenti, al confronto degli atomi successivi in entrambe le catene fino al punto in cui si individua una differenza di priorità.**

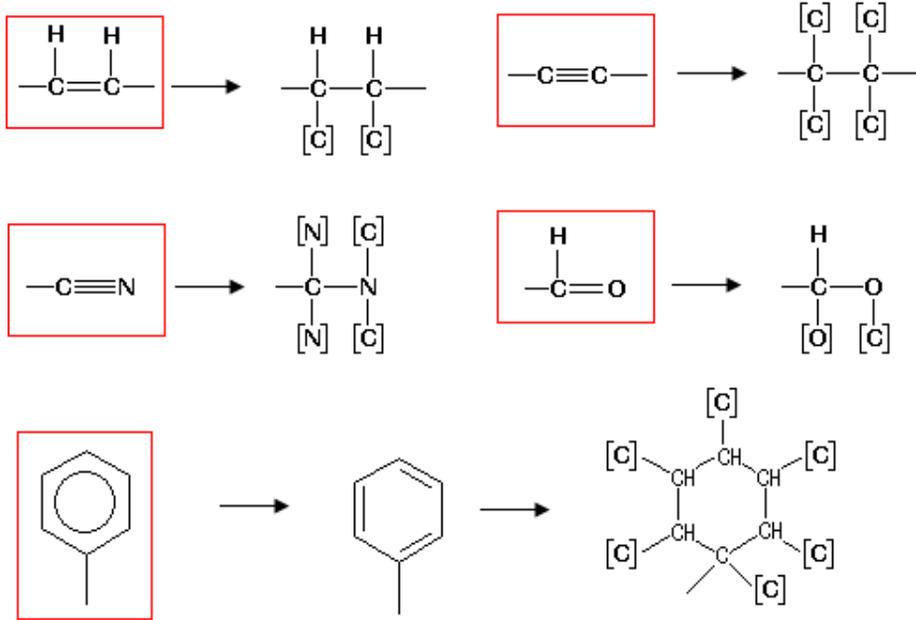


Per facilitare il confronto si può associare a ciascun atomo della catena il rispettivo numero atomico seguito, in parentesi, dai numeri atomici ordinati in senso decrescente degli altri atomi che ad esso sono legati.

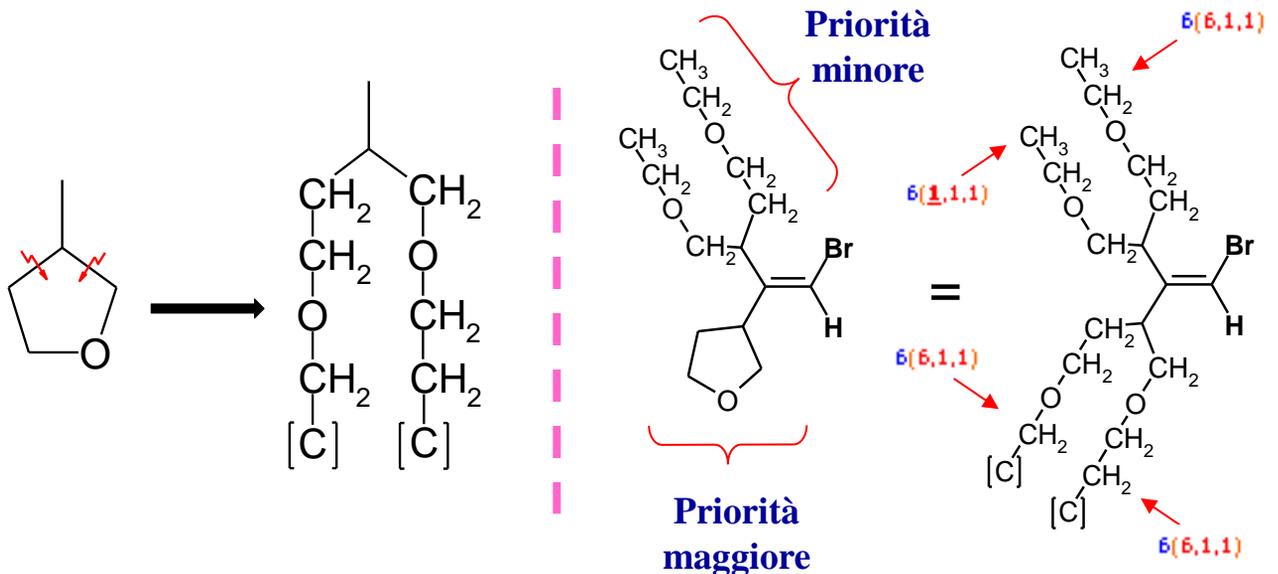


maggior priorità

4. *i)* i legami multipli devono essere trasformati in legami semplici; *ii)* ad ogni atomo che ha subito la riduzione dell'ordine di legame deve essere unito un equivalente numero di “**atomi fantasma**” appartenenti allo stesso elemento di quelli precedentemente scollegati (solitamente questi vengono racchiusi tra parentesi quadre).



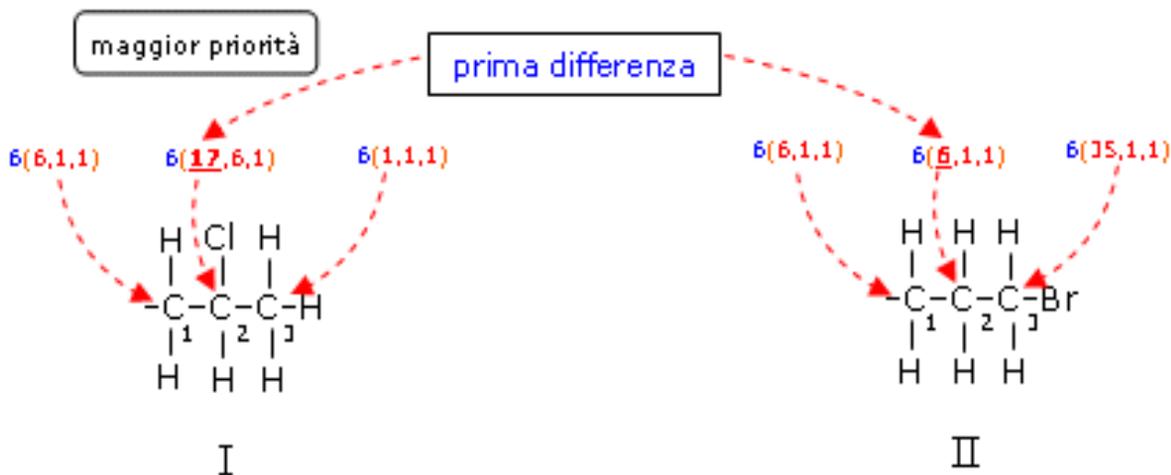
5. Se in un ligando è presente una struttura ciclica prima di iniziare il confronto è necessario riscrivere il ciclo “*aprendolo*” con due successive disconnessioni



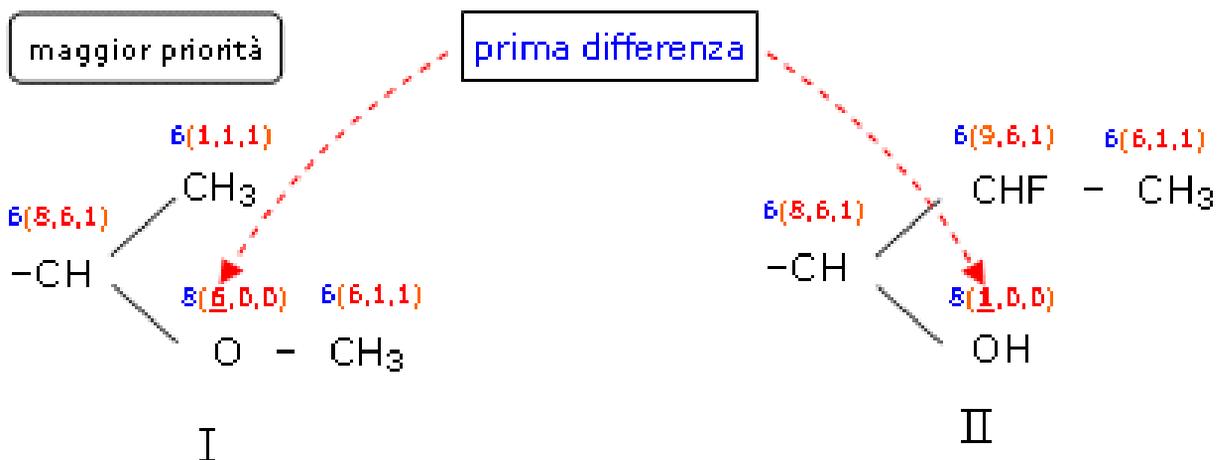
**6. Se due sostituenti hanno la stessa costituzione e si differenziano solo per la configurazione (diversa disposizione spaziale degli atomi, non annullabile per rotazione intorno a legami semplici) allora si applicano regole di priorità che verranno descritte più avanti, nella sezione riguardante la notazione R/S**

### 1° Esempio

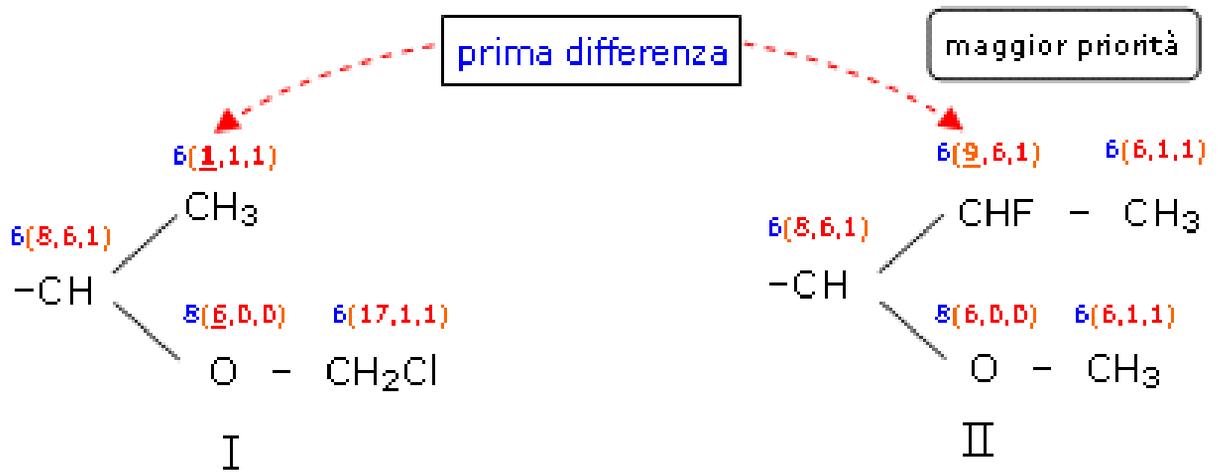
**Sostituente I**  $-\text{CH}_2-\text{CHCl}-\text{CH}_3$   
**Sostituente II**  $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{Br}$



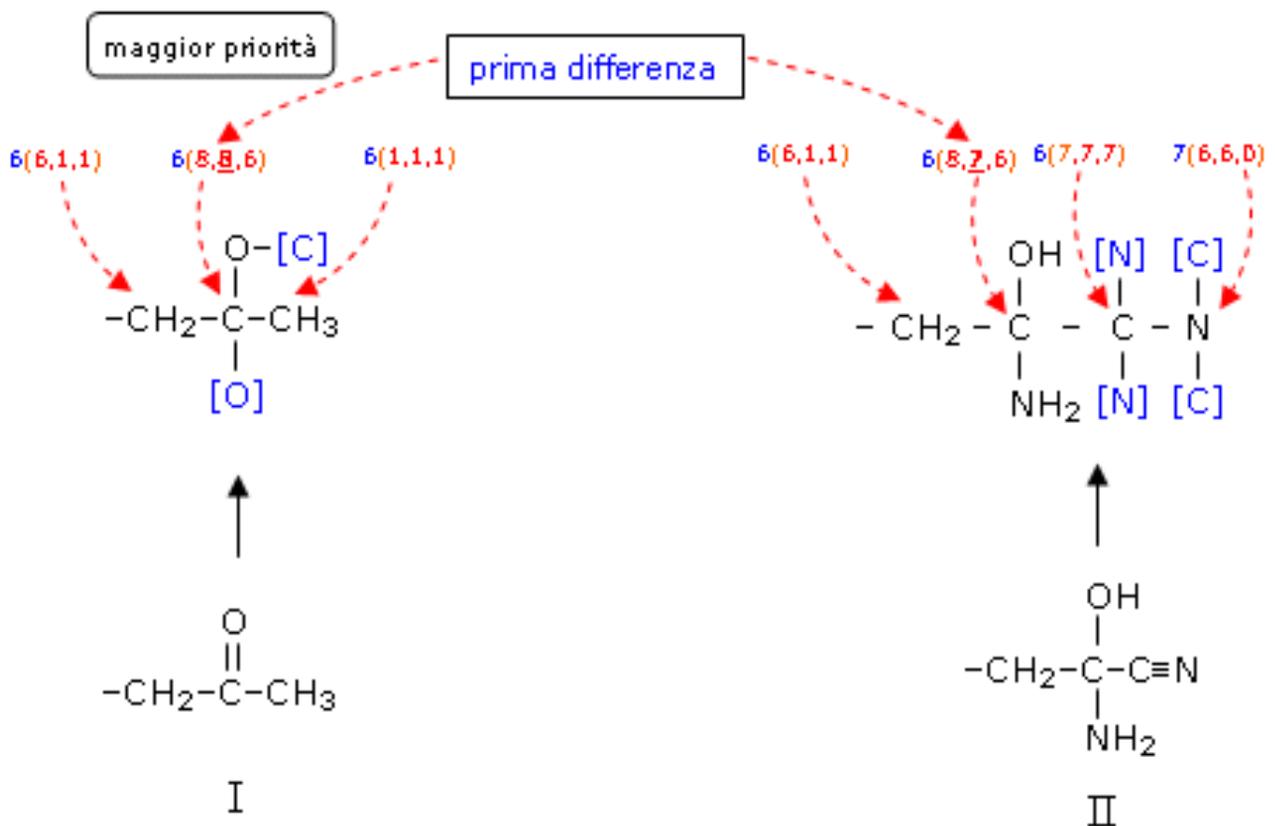
### 2° Esempio



### 3° Esempio



### 4° Esempio



# Isomeria ottica

In certi casi gli elementi stereogenici, con la loro presenza, inducono asimmetria. Quando questo accade essi si comportano come *focolai di chiralità* e per questo assumono più propriamente la denominazione di

## Centri di chiralità

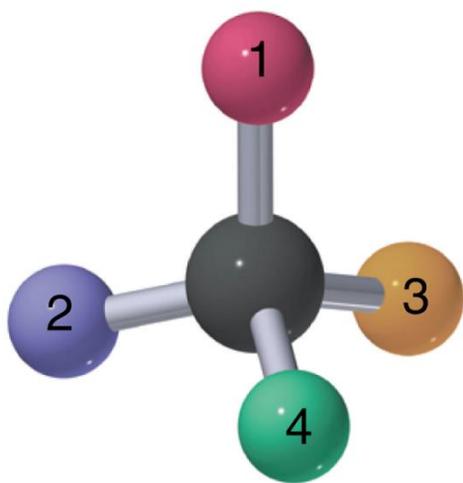
## Assi di chiralità

## Piani di chiralità

---

## Centri di chiralità

Un centro chirale è un atomo ibridato  $sp^3$  al quale sono legati 4 sostituenti diversi tra loro, collocati in posizioni corrispondenti ai vertici di un tetraedro. Nel caso più frequente questo è rappresentato da un atomo di carbonio.

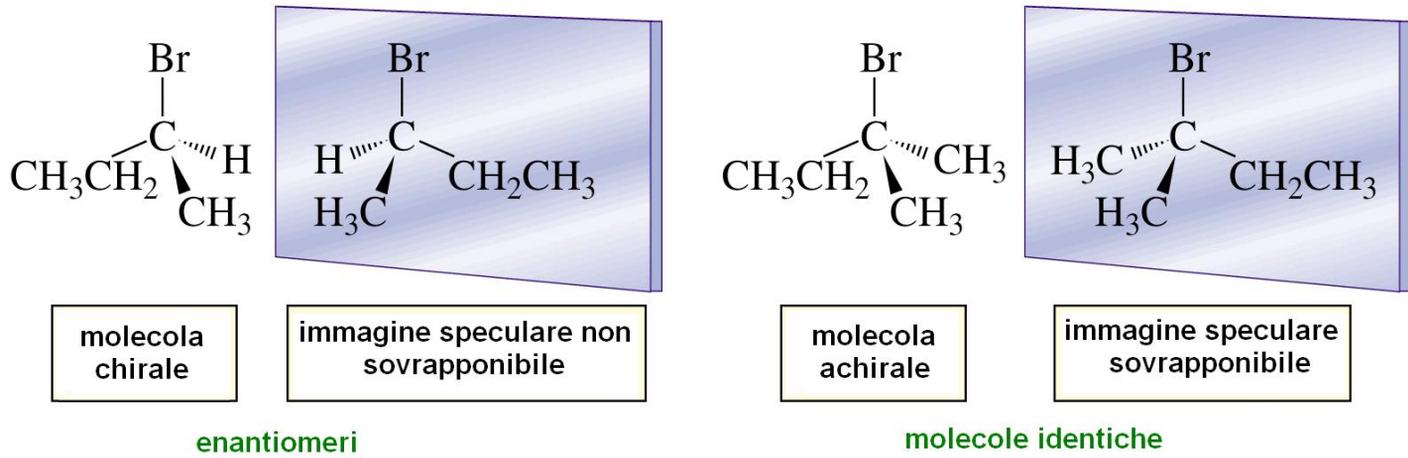


sinonimi di centro chirale sono:

1. Atomo chirale
2. Centro asimmetrico
3. Atomo asimmetrico

Un atomo chirale è un oggetto privo di elementi di simmetria ed è per tale motivo che può essere correttamente definito *asimmetrico*.

Il termine **chirale**, associato come appellativo ad un generico oggetto, sottintende che l'immagine speculare di quell'oggetto non è sovrapponibile all'originale.



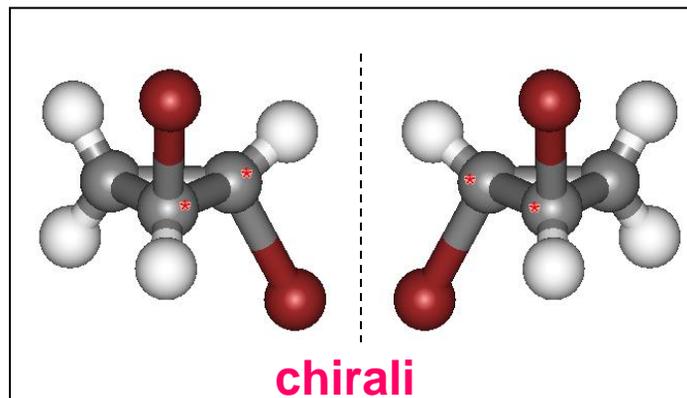
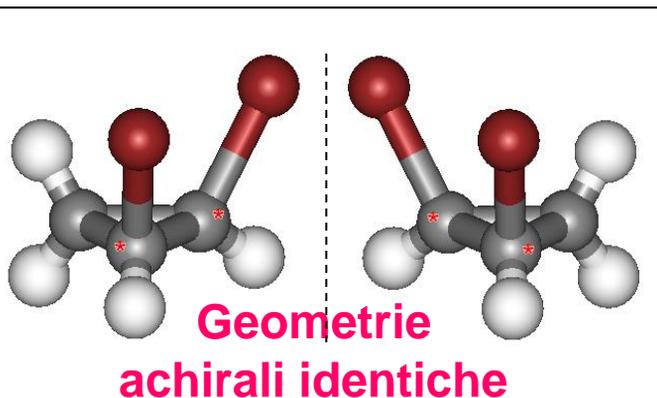
**2 stereoisomeri che siano l'immagine speculare l'uno dell'altro (cioè 2 enantiomeri) sono anche chiamati isomeri ottici**

## Importante!

**Una molecola che contiene un solo centro asimmetrico è certamente nel suo insieme asimmetrica, cioè completamente priva di elementi di simmetria, e pertanto anche chirale....ma**

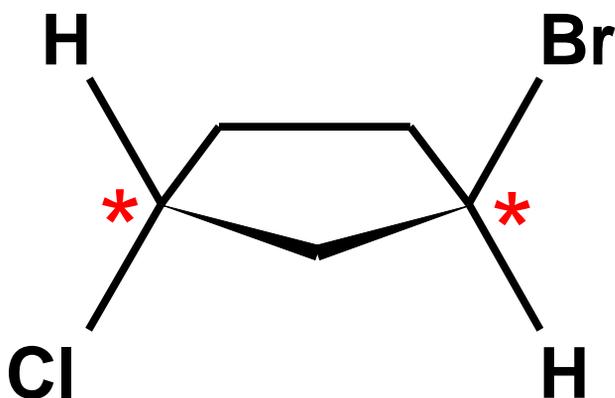
**.....attenzione!**

**una molecola che contiene più di un centro asimmetrico può essere chirale ma può anche non esserlo!!**



# Esempio

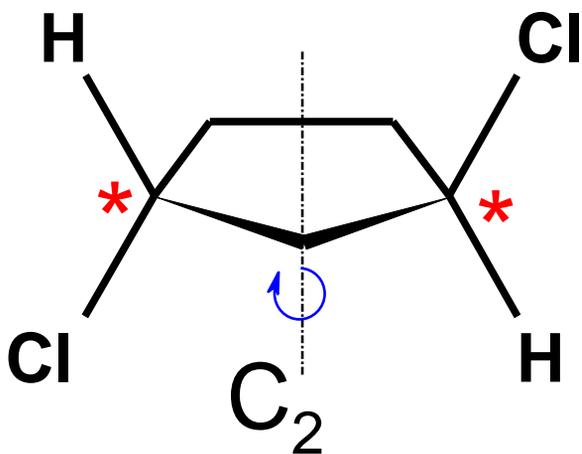
2 centri di chiralità



*chirale*

asimmetrica

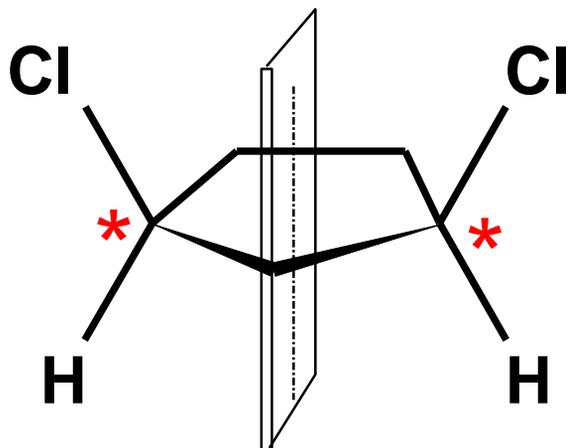
(Nessun elemento di simmetria)



*chirale*

dissimmetrica

(asse di simmetria C<sub>2</sub>)



*achirale*

mesoforma

(piano di simmetria)

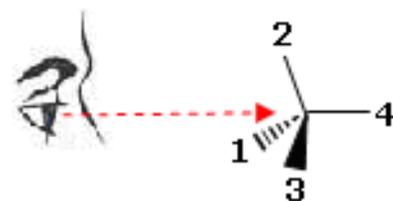
# Nomenclatura dei centri chirali: notazione R/S

Per caratterizzare la particolare disposizione spaziale assunta da gruppi sostituenti legati a centri chirali (configurazione assoluta del centro asimmetrico) è utilizzata la notazione R/S. La procedura da seguire per l'assegnazione dei descrittori R e S è articolata in 3 fasi:

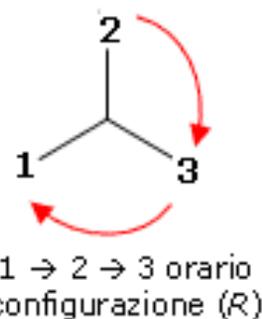
1. Assegnazione della priorità tra i sostituenti del centro chirale analizzato utilizzando le regole CIP;

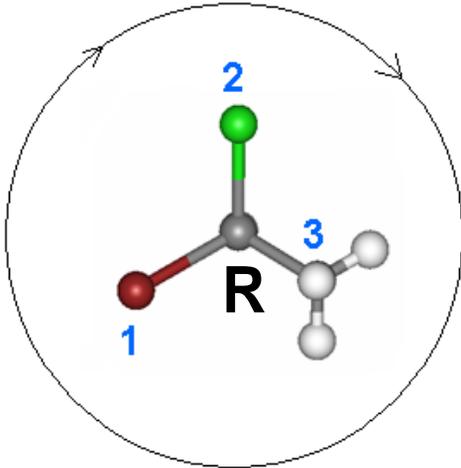
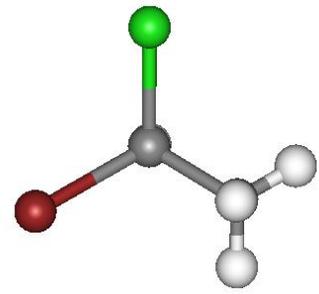
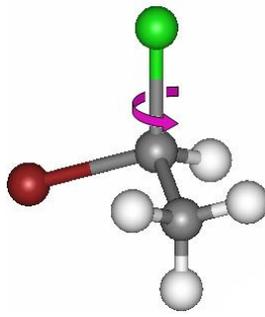
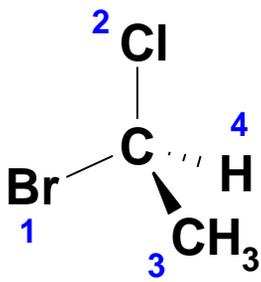


2. Orientazione della molecola in modo che il gruppo a più bassa priorità si allontani dall'osservatore; in tal modo gli altri 3 sostituenti saranno diretti verso l'osservatore, mentre i loro legami con l'atomo asimmetrico, proiettati sul piano, formeranno angoli di 120°



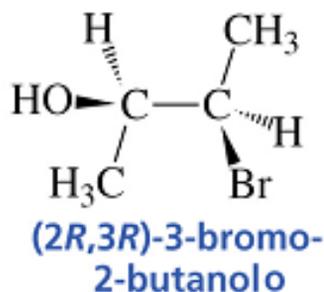
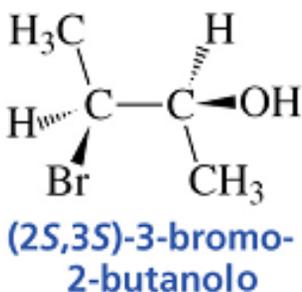
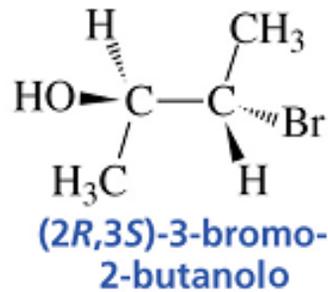
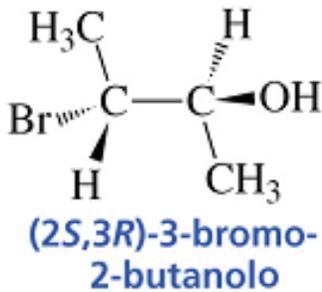
3. Se la lettura di questi ultimi 3 gruppi, eseguita a partire da quello di più alta priorità e muovendo progressivamente verso quello di più bassa priorità, procede in senso orario il descrittore assegnato al centro chirale sarà R (configurazione assoluta R), altrimenti S (configurazione assoluta S).





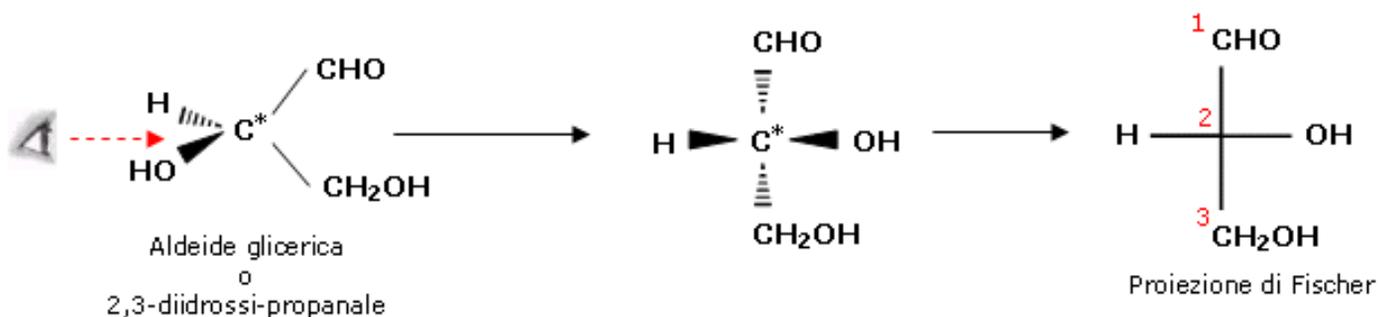
**(R)-1-bromo-1cloro-etano**

**I descrittori di configurazione del o dei centri chirali presenti nella molecola analizzata vanno riportati, separati da virgole e con il numero identificativo dell'atomo chirale collocato sulla sinistra, tra parentesi tonde davanti al nome IUPAC di quest'ultima**



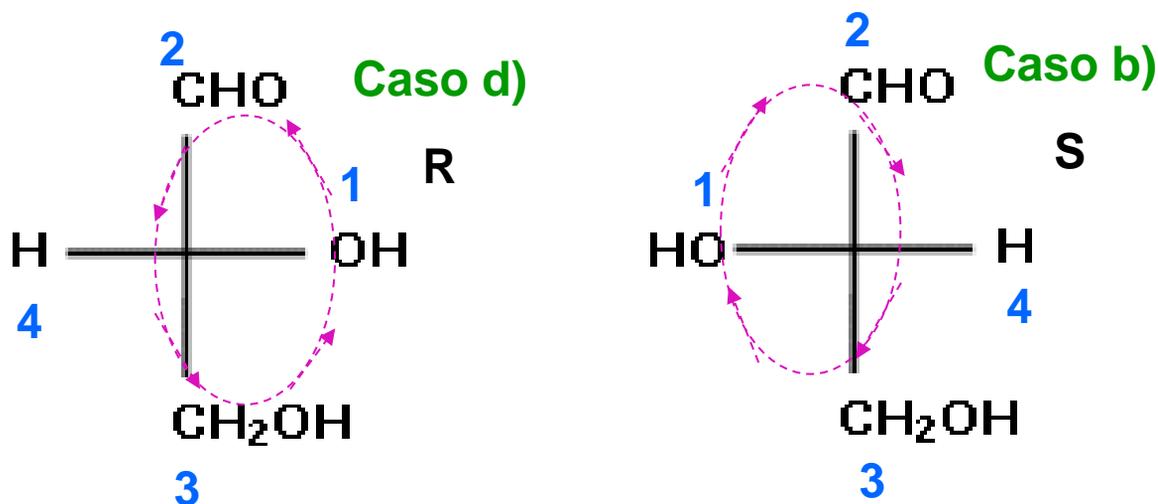
# Uso della proiezione di Fischer per rappresentare molecole con centri stereogenici ed assegnare i descrittori R/S

Nel proiettare una molecola contenente un solo stereocentro la catena più lunga di atomi di carbonio deve essere riportata verticalmente, collocando in alto il carbonio al quale spetta il più basso numero di posizione derivante dalla nomenclatura IUPAC.



I 4 sostituenti devono infine essere disposti in modo tale che i legami verticali si allontanino dall'osservatore uscendo dietro il piano del foglio, mentre i legami orizzontali si avvicinino all'osservatore uscendo davanti al piano del foglio.

## Assegnare la priorità secondo le regole CIP ai gruppi legati al centro chirale



i due enantiomeri dell'aldeide glicerica  
(configurazioni di Fischer)

Leggere in sequenza i gruppi a priorità 1, 2 e 3. A questo punto:

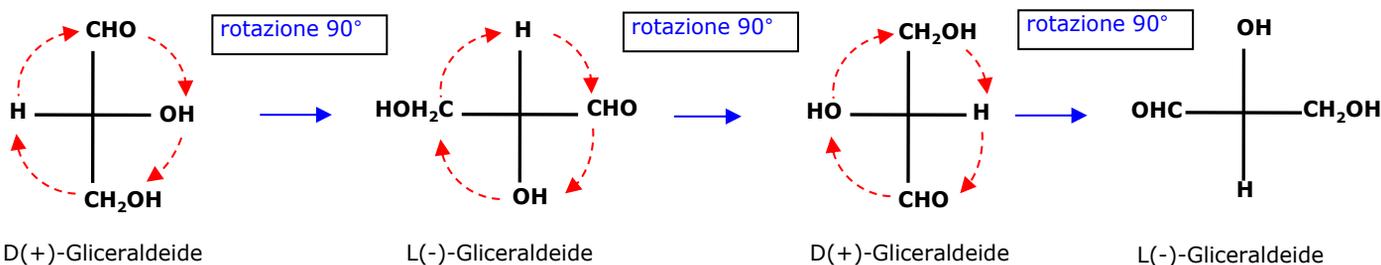
- Se la lettura procede in senso orario e il gruppo a priorità 4 è impegnato in legame verticale il descrittore sarà R;
- Se la lettura procede in senso orario e il gruppo a priorità 4 è impegnato in legame orizzontale il descrittore sarà S;
- Se la lettura procede in senso antiorario e il gruppo a priorità 4 è impegnato in legame verticale il descrittore sarà S;
- Se la lettura procede in senso antiorario e il gruppo a priorità 4 è impegnato in legame orizzontale il descrittore sarà R;

Si procede in modo analogo se la molecola contiene più centri stereogenici, ripetendo la procedura per ognuno di essi

# Manipolazioni consentite sulle proiezioni di Fischer

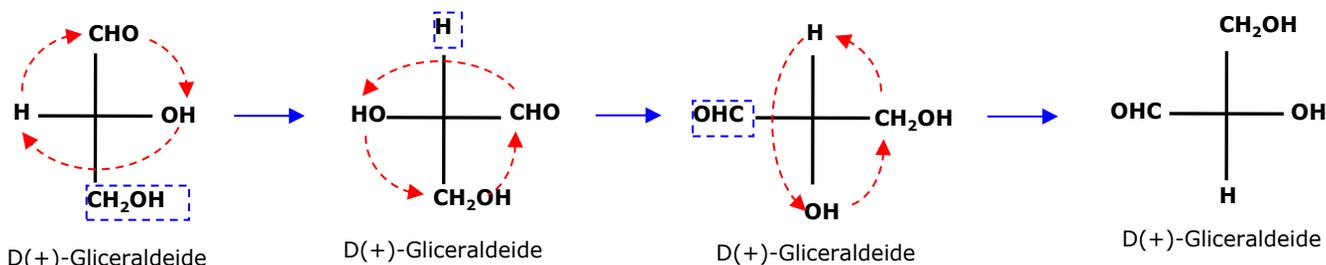
## Rotazione della molecola

è possibile ruotare la molecola di **180°**, ma **non di 90°**, perché questo implicherebbe l'inversione di configurazione di tutti i centri chirali



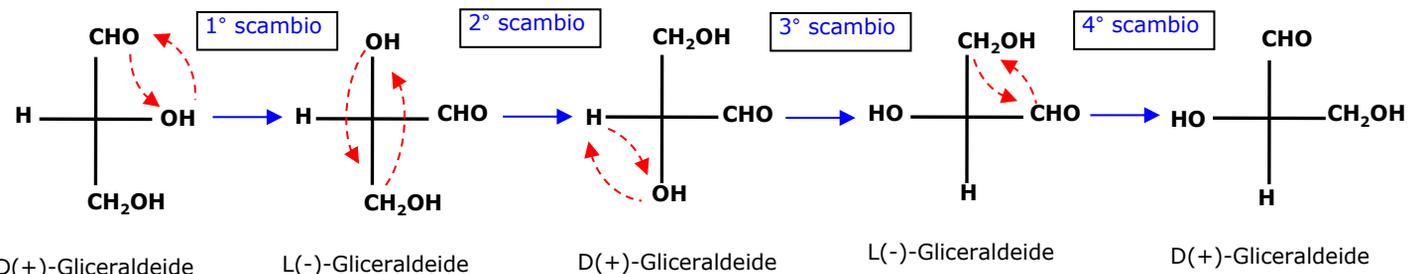
## Rotazione di sostituenti

Tenendo fermo un sostituyente qualsiasi e ruotando gli altri tre si lascia inalterata la configurazione dello stereocentro



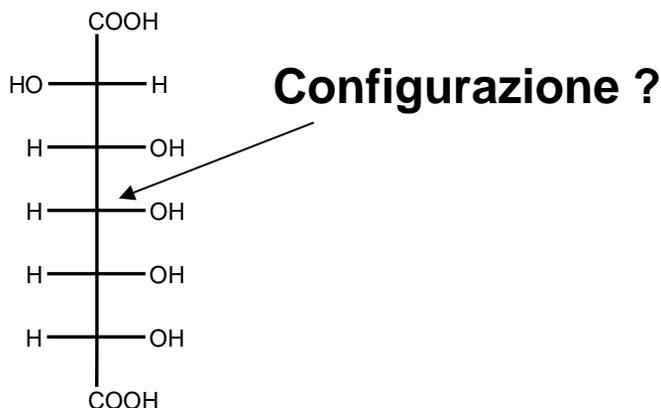
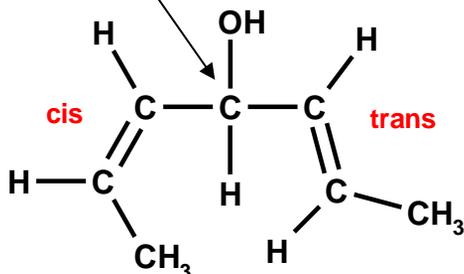
## Scambio di sostituenti

è possibile scambiare in successione due coppie di sostituenti. Non è invece possibile effettuare un singolo scambio tra una coppia di sostituenti perché questo implicherebbe l'inversione di configurazione del centro chirale coinvolto



La stereogenia di un atomo ibridato  $sp^3$  può derivare anche da una diversità di configurazione dei gruppi ad esso legati (cioè quando almeno 2 di questi gruppi siano enantiomorfi o diastereomorfi).

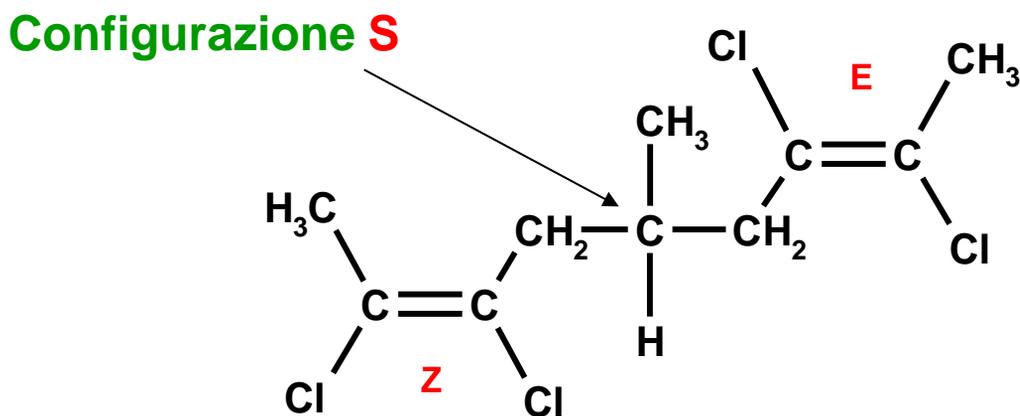
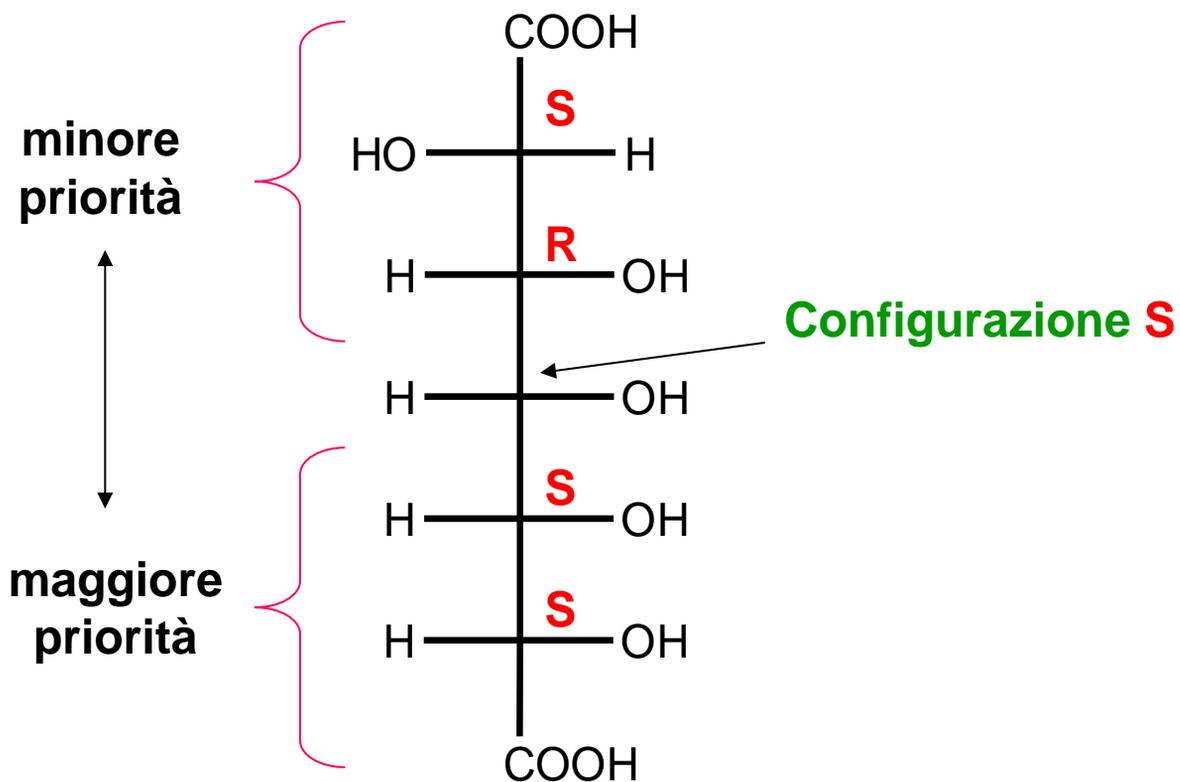
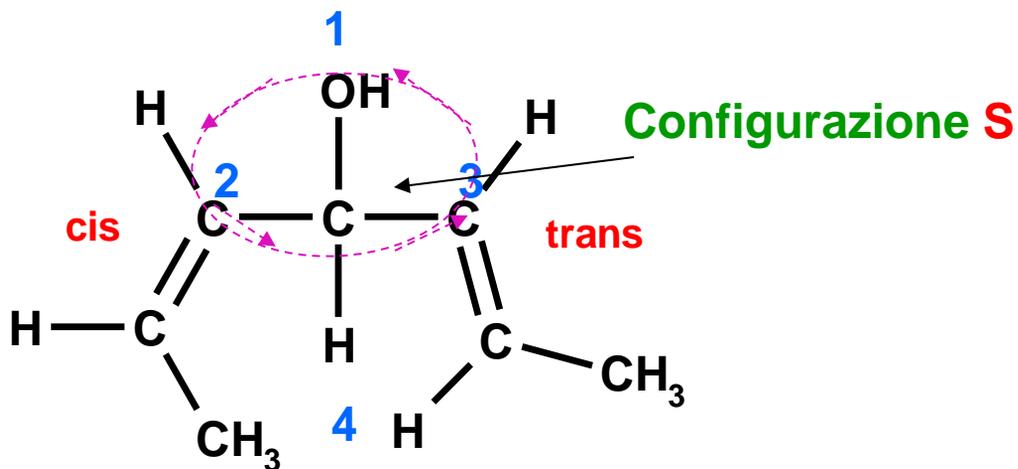
Configurazione ?



In questi casi, alle 5 regole già riportate per l'attribuzione della priorità di gruppi secondo Cahn-Ingold-Prelog è necessario aggiungerne una sesta, quella sotto riportata

6. Se due sostituenti hanno la stessa costituzione e si differenziano solo per la configurazione si applicano le seguenti regole di priorità:

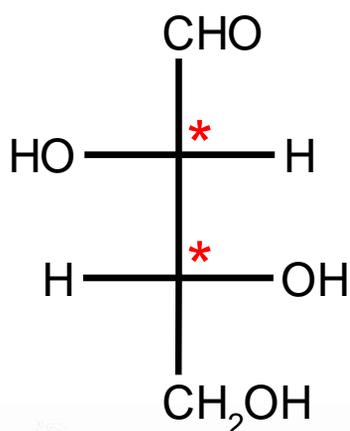
- ✓ un sostituito con configurazione assoluta  $R$  è prioritario su di un sostituito con configurazione assoluta  $S$
- ✓ un sostituito con configurazione assoluta  $R,R$  è prioritario su di un sostituito con configurazione assoluta  $S,S$
- ✓ i sostituenti con configurazione assoluta ( $R, R$ ) ed ( $S, S$ ) sono prioritari sui sostituenti con configurazione ( $R, S$ ) e ( $S, R$ )
- ✓ un sostituito con configurazione  $Z$  è prioritario su di un sostituito con configurazione  $E$ .
- ✓ un sostituito con configurazione  $cis$  è prioritario su di un sostituito con configurazione  $trans$ .



# Relazione tra numero di stereocentri e numero di stereoisomeri possibili

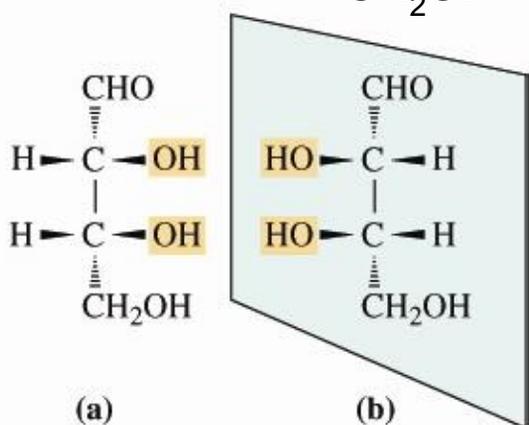
Di una molecola, lineare o ciclica, di definita costituzione e massa molecolare contenente  $n$  centri stereogenici e certamente **priva** di potenziali piani e centri di simmetria possono esistere  $2^n$  stereoisomeri, tutti chirali.

Questi saranno rappresentati da  $2^{n-1}$  coppie di enantiomeri

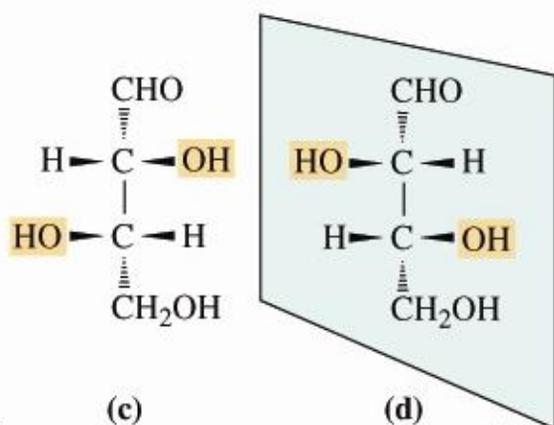


$$n = 2$$

Stereoisomeri = 4



Una coppia di enantiomeri  
(Eritrosio)



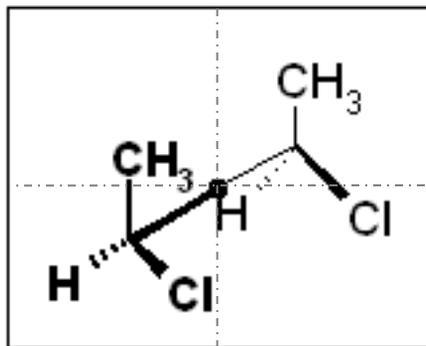
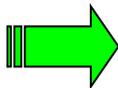
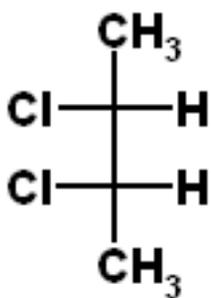
Una seconda coppia di enantiomeri  
(Treosio)

diastereomeri

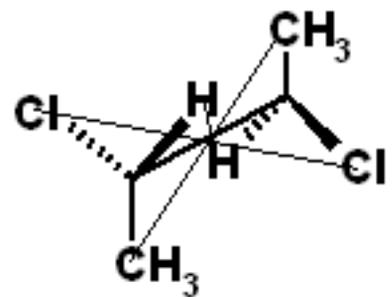
# Importante!

Occorre tenere presente che **nella proiezione di Fischer i sostituenti di ogni coppia di atomi stereogenici adiacenti sono disposti in conformazione eclissata**, cioè in una geometria caratterizzata da un massimo di energia. Quindi la proiezione di Fischer è utile per stabilire con facilità la particolare configurazione posseduta da una molecola contenente molti centri stereogenici, ma non rappresenterà mai una geometria stabile, e quindi significativamente popolata, di quella molecola.

Questo può portare alla individuazione di falsi elementi di simmetria, come nel caso dell'esempio sotto rappresentato

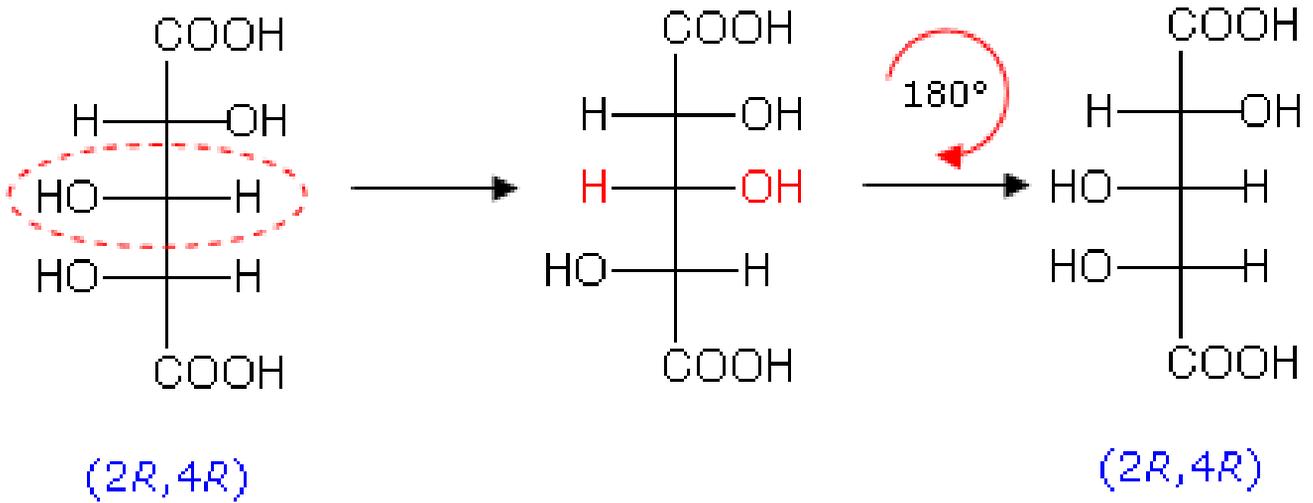


**Piano di simmetria:**  
falso elemento



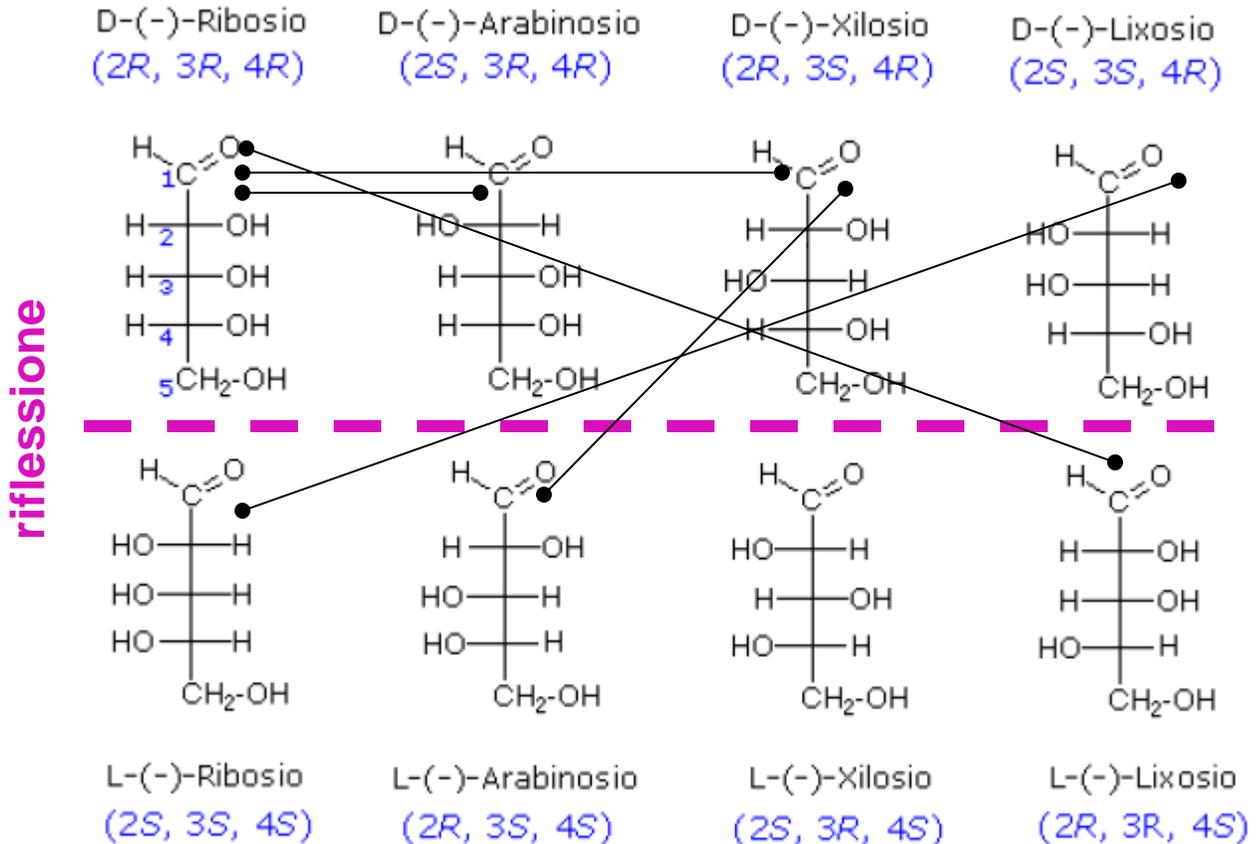
**centro di simmetria:**  
elemento corretto

Infatti lo scambio di sostituenti di questo atomo di carbonio porta ad una struttura identica all'originale:



## Diastereoisomeri Epimeri

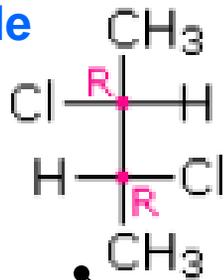
**Si definiscono epimeri due diastereoisomeri che, avendo due o più stereocentri, differiscono per la configurazione di uno solo di essi.**



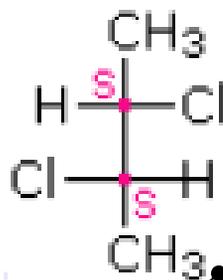
# Enantiomeri configurazionali (non epimeri)

*trans*-2,3-diclorobutano

chirale

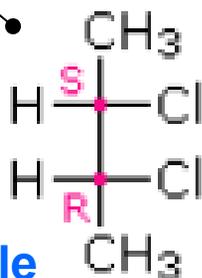


chirale



**Diastereoisomeri  
configurazionali  
epimeri**

achirale



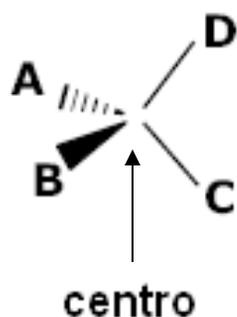
**Diastereoisomeri  
configurazionali  
epimeri**

*trans*-2,3-diclorobutano

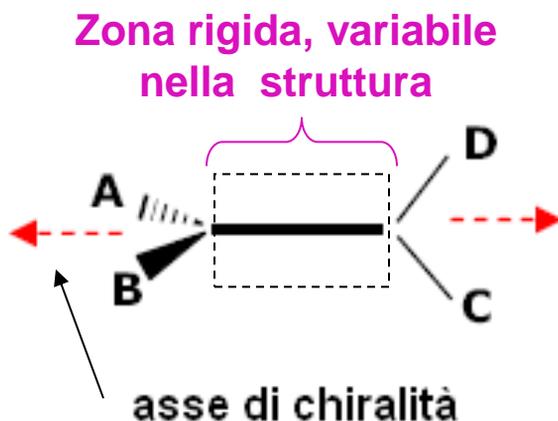
# Assi di chiralità

La chiralità assiale è presente quando due coppie di sostituenti, ciascuno diverso dall'altro nell'ambito della stessa coppia, risultano legate in disposizione sfalsata alle estremità di una porzione di molecola rigida allungata (*asse stereogenico chirale*).

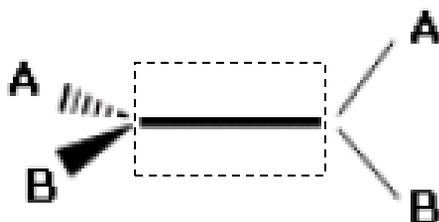
Virtualmente una disposizione del tipo appena descritto può essere immaginata come il risultato dello stiramento di un centro tetraedrico asimmetrico



asimmetrico

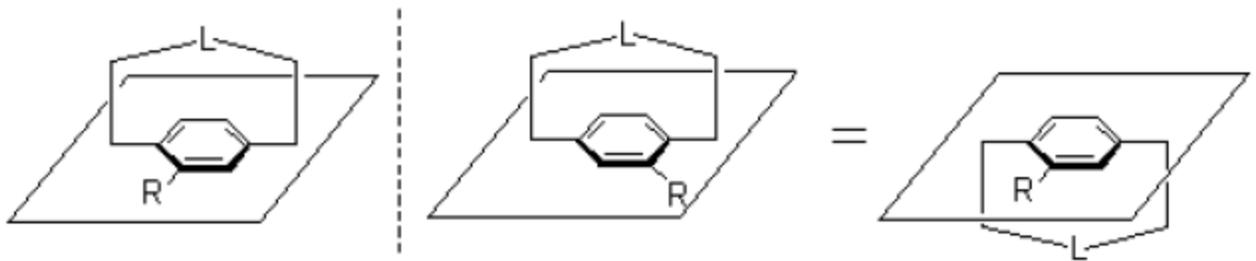


Mentre un atomo tetraedrico per essere centro di chiralità deve possedere 4 sostituenti diversi (a b c d), l'esistenza di un asse di chiralità associato al frammento rigido di molecola sopra descritto richiede che i sostituenti siano diversi tra loro solo nell'ambito di ogni coppia. Pertanto risultano chirali anche molecole del tipo:

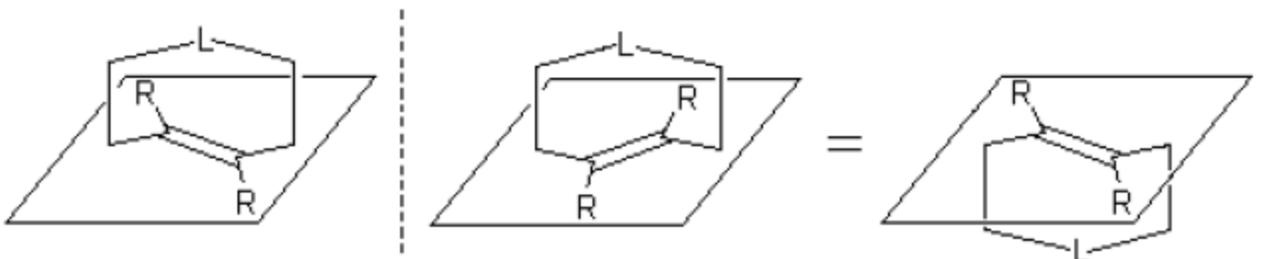


# Piani di chiralità

La chiralità planare si genera quando un gruppo di atomi disposti su di un piano (*piano chirale*) sono connessi ad una struttura rigida (spesso a ponte) che si estende sopra o sotto il piano.



Chiralità planare



# Proprietà delle molecole chirali

In linea di principio le proprietà fisiche e chimiche degli isomeri costituzionali e dei distereoisomeri sono diverse, così che, se questi sono sufficientemente stabili, è possibile isolarli senza incontrare particolari difficoltà

**Nel caso degli enantiomeri, invece è necessario fare alcune precisazioni.**

La maggior parte delle proprietà della materia, infatti, sono invarianti alla riflessione (cioè sono identiche negli enantiomeri) e sono dette

**“proprietà scalari”**

A titolo di esempio tra queste possono essere citate:  
**p. ebollizione, p. fusione, solubilità, spettri IR, UV, Raman, NMR, indice di rifrazione, densità.**

**Alcune proprietà, invece, in seguito ad operazioni di riflessione (cioè valutate in enantiomeri) risultano diverse, non nel valore assoluto ma nel segno della grandezza associata. Queste sono dette**

**“proprietà pseudoscalari”**

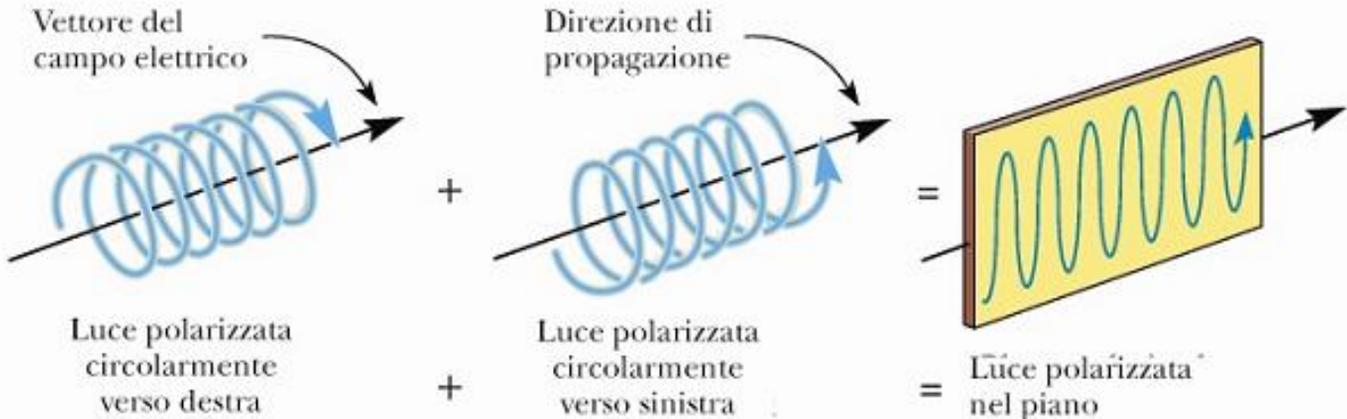
Le più rilevanti sono:

**l'attività ottica,  
la dispersione ottica rotatoria,  
il dicroismo circolare**

# Tutte le molecole chirali presentano proprietà pseudoscalari non nulle

## Attività ottica

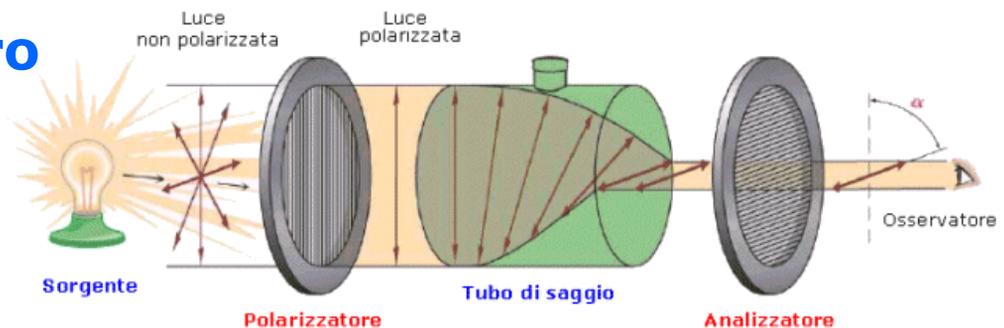
La luce polarizzata nel piano è una miscela di luce polarizzata circolarmente verso destra e verso sinistra.



**Si definisce attività ottica la capacità di una molecola di ruotare il piano della luce polarizzata.**

In particolare quando un raggio di luce polarizzata (radiazione in cui il campo elettrico **E** e quello magnetico **H** variano solo lungo un piano) attraversa una soluzione contenente una specie chirale il piano di vibrazione di **E** e di **H** viene ruotato di un certo angolo  $\alpha$  che dipende dalla concentrazione (**c**), dalla lunghezza d'onda ( $\lambda$ ) della radiazione monocromatica, dalla temperatura (**t**), dal solvente usato e dalla lunghezza del percorso ottico (**l**).

## Polarimetro

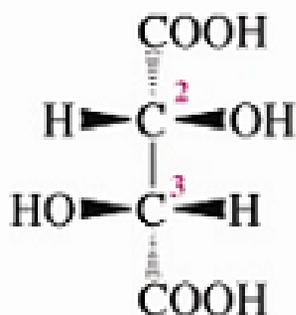


$$[\alpha]_{\lambda}^t = \frac{\alpha}{l \cdot c} = \frac{\text{rotazione osservata}}{\text{lunghezza tubo di saggio (dm) x concentrazione (g/ml)}}$$

(rotazione specifica)

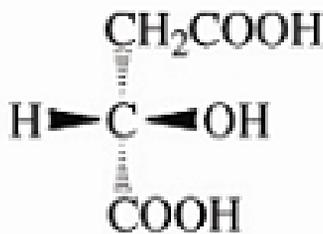
A parità di condizioni due enantiomeri hanno la medesima rotazione specifica (ruotano il piano della luce polarizzata del medesimo angolo), ma con segno opposto.

Per questo due enantiomeri vengono anche definiti **antipodi ottici**



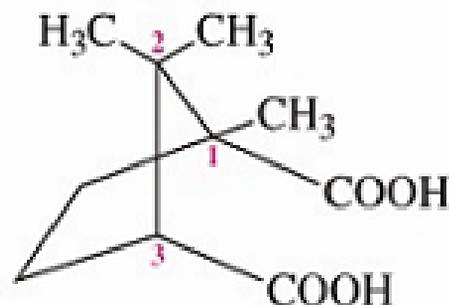
Acido (2*R*,3*R*)-(+)-tartarico

$$[\alpha]_D^{20} +12.5$$



Acido (*S*)-(-)-malico

$$[\alpha]_D^{20} -27$$



Acido (1*S*,3*R*)-(+)-canforico

$$[\alpha]_D^{20} +46.5$$

rotazione in senso orario: **antipodo destrogiro** indicato con **(+)**

rotazione in senso antiorario: **antipodo levogiro** indicato con **(-)**

I simboli **(+)** e **(-)**, quando noti da misure sperimentali, vanno riportati dopo i descrittori di configurazione e prima del nome IUPAC

Un sistema contenente un uguale numero (uguale concentrazione) di molecole dei due enantiomeri si definisce **miscela racemica**.

non presenta attività ottica e viene contraddistinto dal simbolo

(±)

posto davanti al nome del composto

Un sistema contenente un diverso numero (diversa concentrazione) di molecole dei due enantiomeri presenta attività ottica proporzionale alla percentuale della specie in eccesso. Tale sistema si definisce

**miscela scalemica**.

La percentuale dell'enantiomero in eccesso nelle miscele scalemiche viene detta **eccesso enantiomerico (e.e.)** ed è calcolata con la seguente formula:

$$\text{e.e.} = \frac{\left( \begin{array}{c} \text{enantiomero} \\ \text{maggioritario} \end{array} \right) - \left( \begin{array}{c} \text{enantiomero} \\ \text{minoritario} \end{array} \right)}{\left( \begin{array}{c} \text{enantiomero} \\ \text{maggioritario} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} \text{enantiomero} \\ \text{minoritario} \end{array} \right)} \times 100$$

Un'altra grandezza usata per esprimere la percentuale dell'enantiomero in eccesso nelle miscele scalmiche è la **Purezza Ottica** che è calcolata con la seguente formula:

$$\text{Purezza ottica percentuale} = \frac{[\alpha]_{\text{campione}}}{[\alpha]_{\text{enantiomero puro}}} \times 100$$

Dal collegamento delle due equazioni si ottiene la seguente relazione, utile per il **calcolo della frazione di enantiomero in eccesso da misure polarimetriche**

$$\left( \text{enantiomero maggioritario} \right) = \frac{1}{2} \left( \frac{[\alpha]_{\text{campione}} + [\alpha]_{\text{enantiomero puro}}}{[\alpha]_{\text{enantiomero puro}}} \right) \times 100$$

# Configurazione relativa

La configurazione di un centro di chiralità può essere analizzata per confronto con:

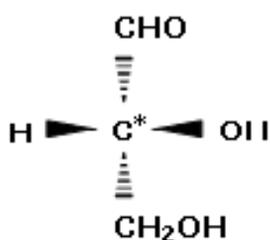
1. quella di centri chirali contenuti in altre molecole di struttura affine usate come riferimento.
2. quella di altri centri chirali contenuti nella stessa molecola;

Queste configurazioni sono definite relative

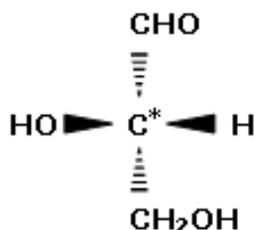
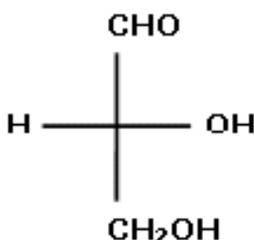
## Caso 1

## Notazione D/L

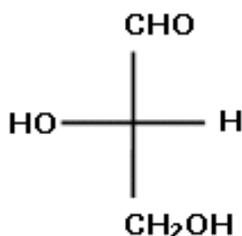
**D** ed **L** sono i descrittori che vennero usati per la prima volta per distinguere la configurazione dell'atomo chirale presente negli enantiomeri della molecola di gliceraldeide:



D (+) Gliceraldeide

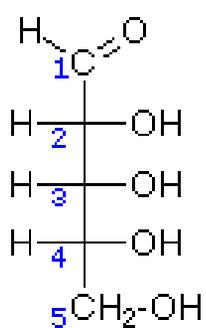


L (-) Gliceraldeide

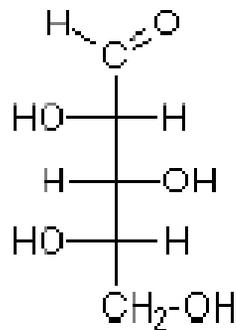


**D** ed **L** definiscono la posizione assunta dall'ossidrile legato al carbonio asimmetrico nella proiezione di Fischer. Non hanno alcuna relazione con il senso di rotazione del piano della luce polarizzata

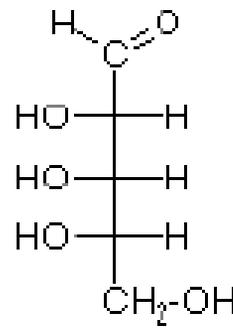
**Il carbonio chirale nella molecola di D o L gliceraldeide è utilizzato come riferimento per caratterizzare la configurazione di atomi chirali in altre molecole correlate strutturalmente, come quelle dei monosaccaridi, degli acidi saccarici, degli  $\alpha$ -amminoacidi**



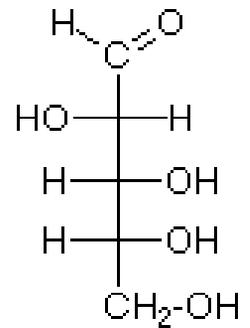
D-(-)-Ribosio  
(2R, 3R, 4R)



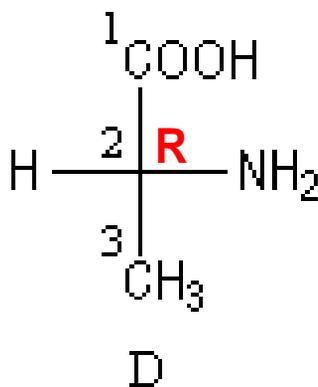
L-(-)-Xilosio  
(2S, 3R, 4S)



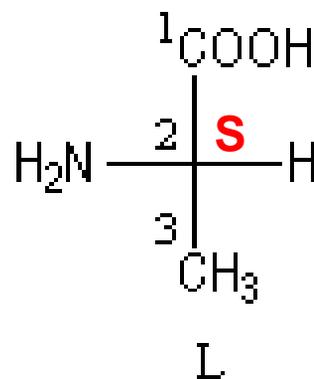
L-(-)-Ribosio  
(2S, 3S, 4S)



D-(-)-Arabinosio  
(2S, 3R, 4R)



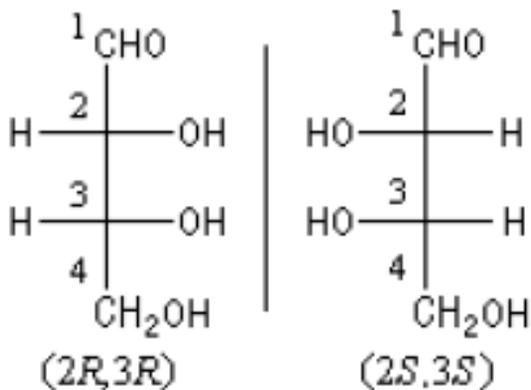
**D-alanina**



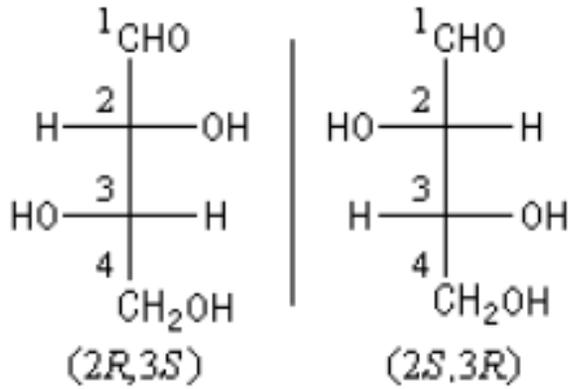
**L-alanina**

# Notazione eritro/treo

I descrittori **eritro** e **treo** Sono utilizzati per caratterizzare la configurazione relativa di due atomi asimmetrici collocati in posizione adiacente nella proiezione di Fischer analizzata. La disposizione dei due gruppi sostituenti a maggiore priorità (regole CIP) viene confrontata con quella assunta dai gruppi ossidrilici nella molecola di eritrosio e di treosio:



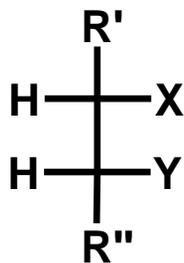
*Eritrosio*



*Treosio*

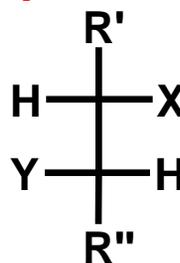
**Gruppi OH** dalla stessa parte nella proiezione di Fischer

**Isomero eritro**

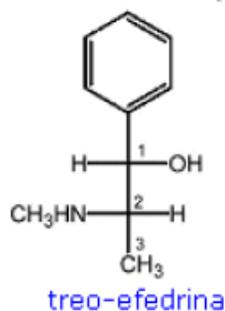
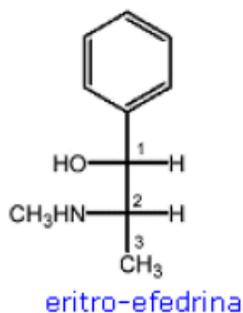


**Gruppi OH** da parti opposte nella proiezione di Fischer

**Isomero treo**



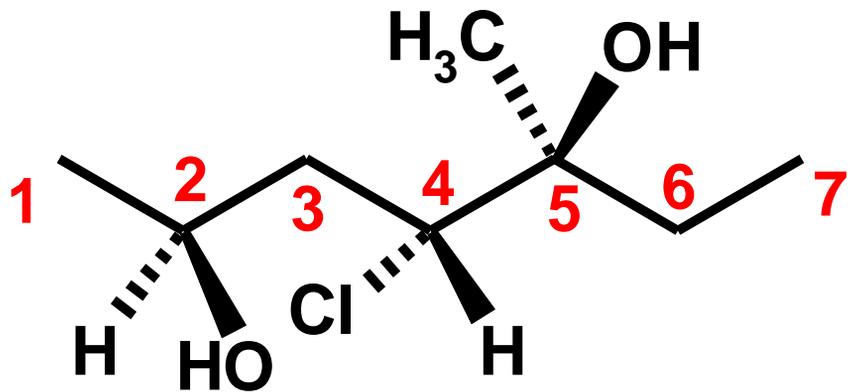
**esempio**



## Caso 2 Notazione sin/anti

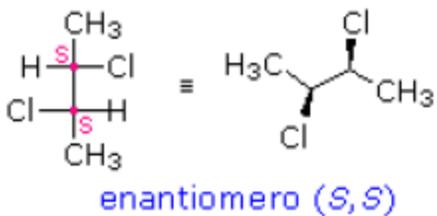
E' utilizzata per caratterizzare a prima vista la configurazione relativa di diastereomeri in cui sia facilmente individuabile una catena principale. La catena principale va disegnata a zig-zag e giacente sul piano della rappresentazione, mentre gli altri legami vanno tracciati come cunei pieni (verso l'osservatore) o tratteggiati (dalla parte opposta dell'osservatore).

È sufficiente assegnare la priorità a solo 2 dei 4 sostituenti di ogni atomo chirale e riportare come sin o anti la posizione del gruppo prioritario rispetto a quella del gruppo posizionato sul carbonio a più bassa numerazione

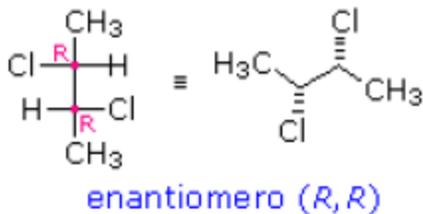


(2,4-anti, 2,5-sin) 4-cloro-5metil-eptan-2,5-diolo

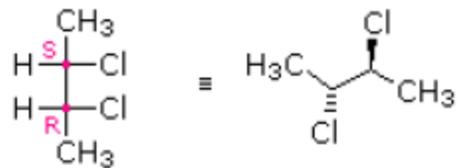
### esempio



enantiomero (S,S)



enantiomero (R,R)



composto meso

entro-2,3-diclorobutano

anti-2,3-diclorobutano

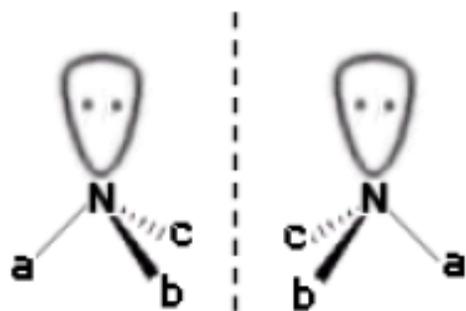
treo-2,3-diclorobutano

sin-2,3-diclorobutano

# Centri asimmetrici diversi dal carbonio

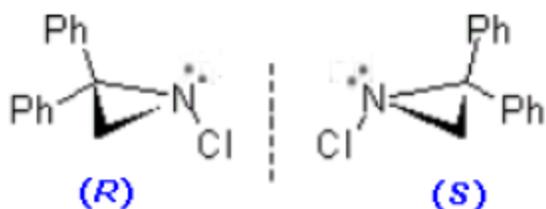
**Atomo di azoto**

**nelle ammine terziarie non simmetriche**

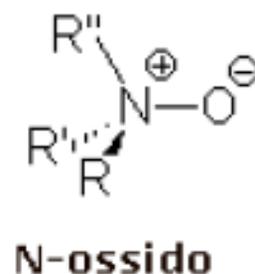
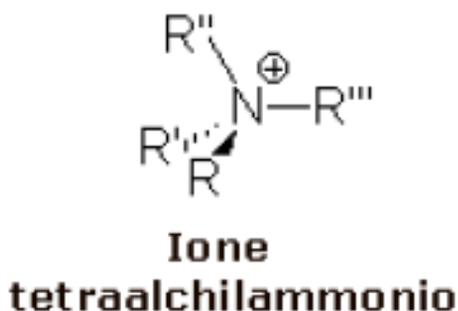
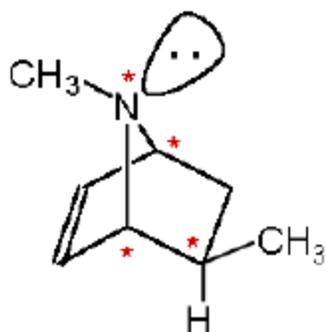


**Il doppietto elettronico viene considerato come quarto sostituyente. Ad esso viene assegnata la priorit  CIP pi  bassa.**

**Per  generalmente la configurazione viene persa con facilit  per inversione del centro (barriere di circa 7 kcal mol<sup>-1</sup>)**

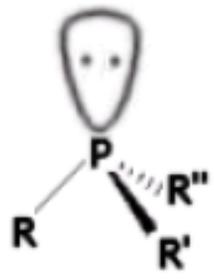


**Esempi nei quali la configurazione dell'azoto   ritenuta**

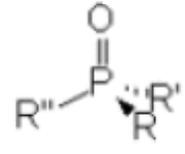
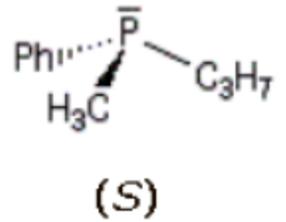
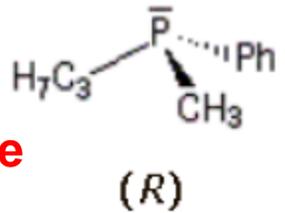


**Atomo di fosforo**

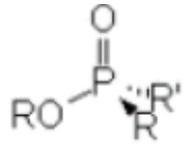
**Configurazione stabile**



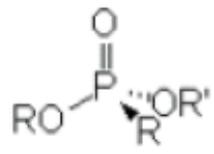
**fosfine**



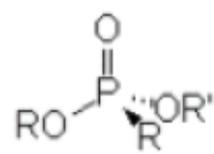
Fosfinossidi



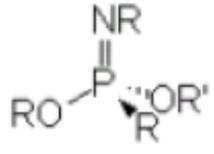
Fosfinati



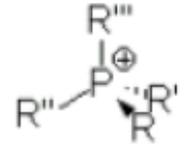
Fosfonati



Fosfati

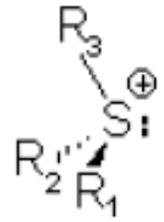


Fosfinimmine

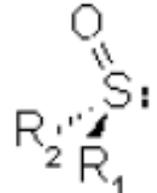


Ioni Fosfonio

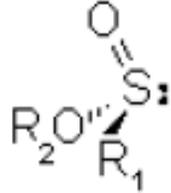
**Atomo di zolfo**



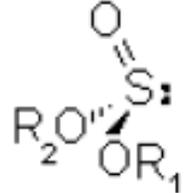
ioni Solfonio



Solfossidi



Solfinati

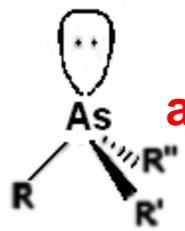


Solfiti

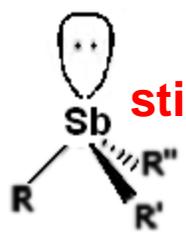
**Atomo di arsenico**

**Atomo di antimonio**

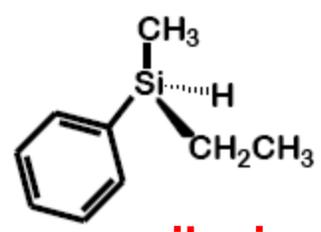
**Atomo di silicio**



**arsine**



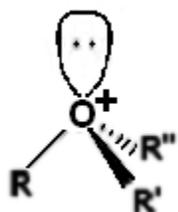
**stibine**



**silani**

**Atomo di ossigeno**

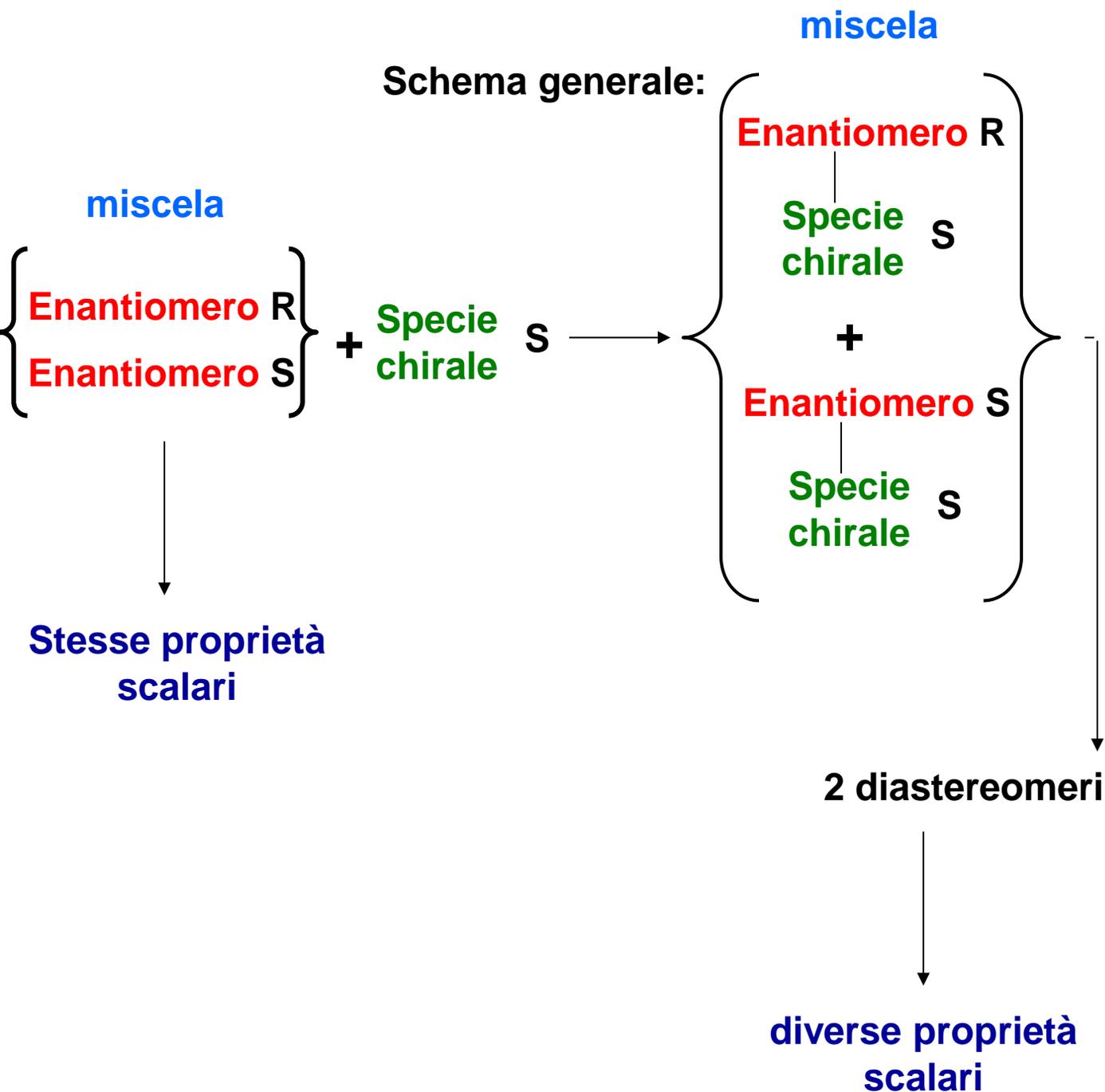
**Ioni ossonio**



**Configurazione instabile**

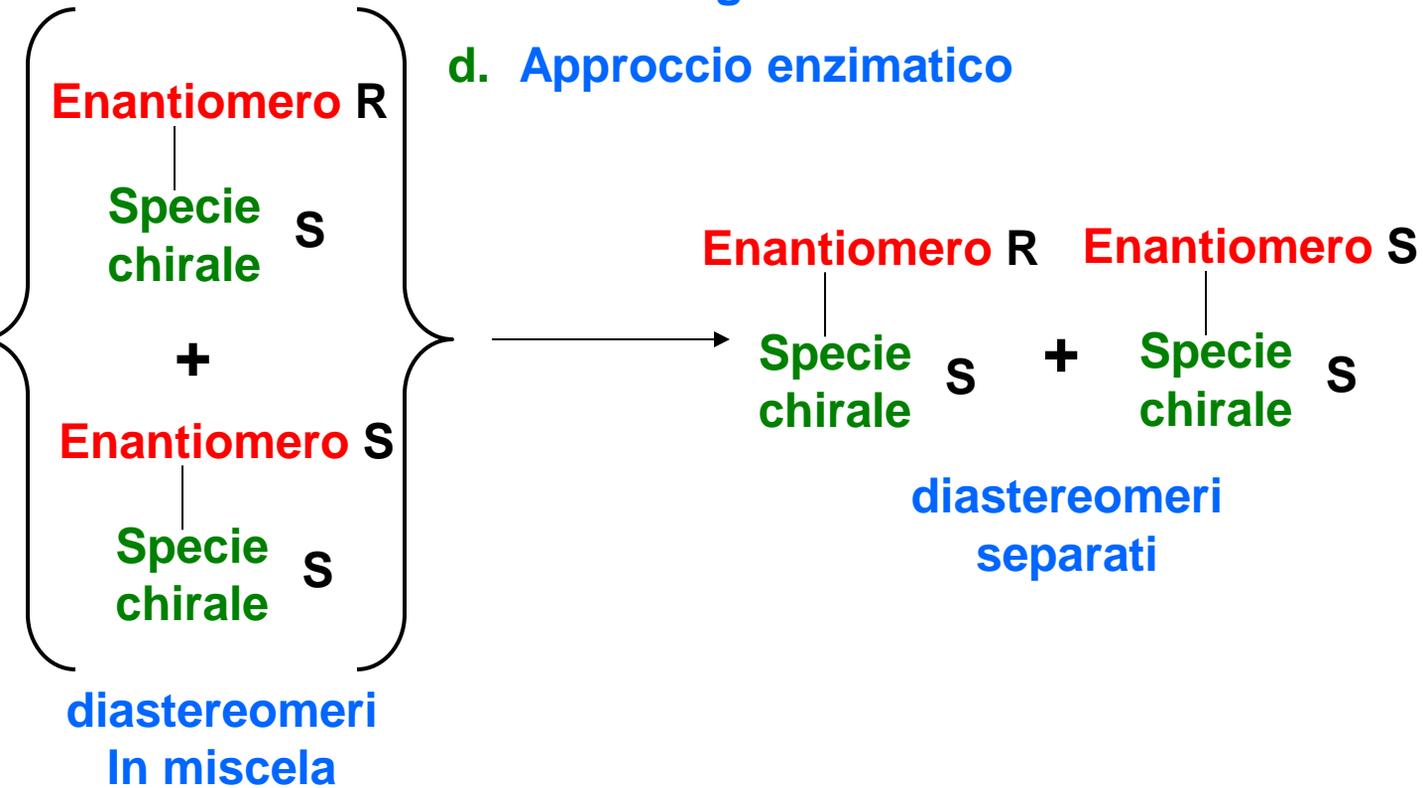
# Separazione di enantiomeri: risoluzione

La separazione di una miscela racemica nei suoi due enantiomeri è detta **risoluzione**

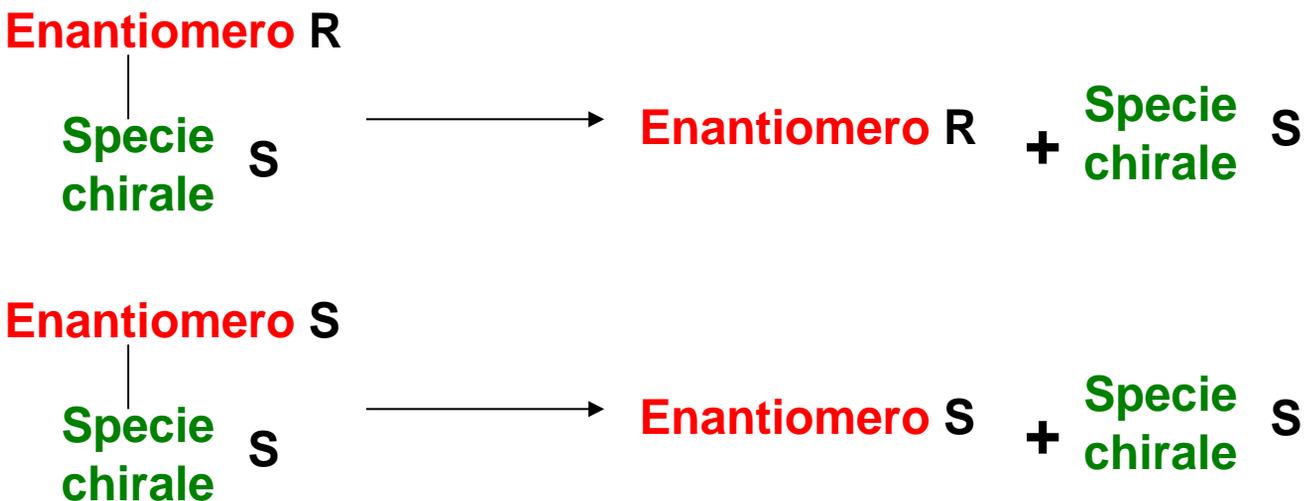


## Metodo di separazione:

- Cristallizzazione frazionata
- Distillazione frazionata
- Cromatografia
- Approccio enzimatico

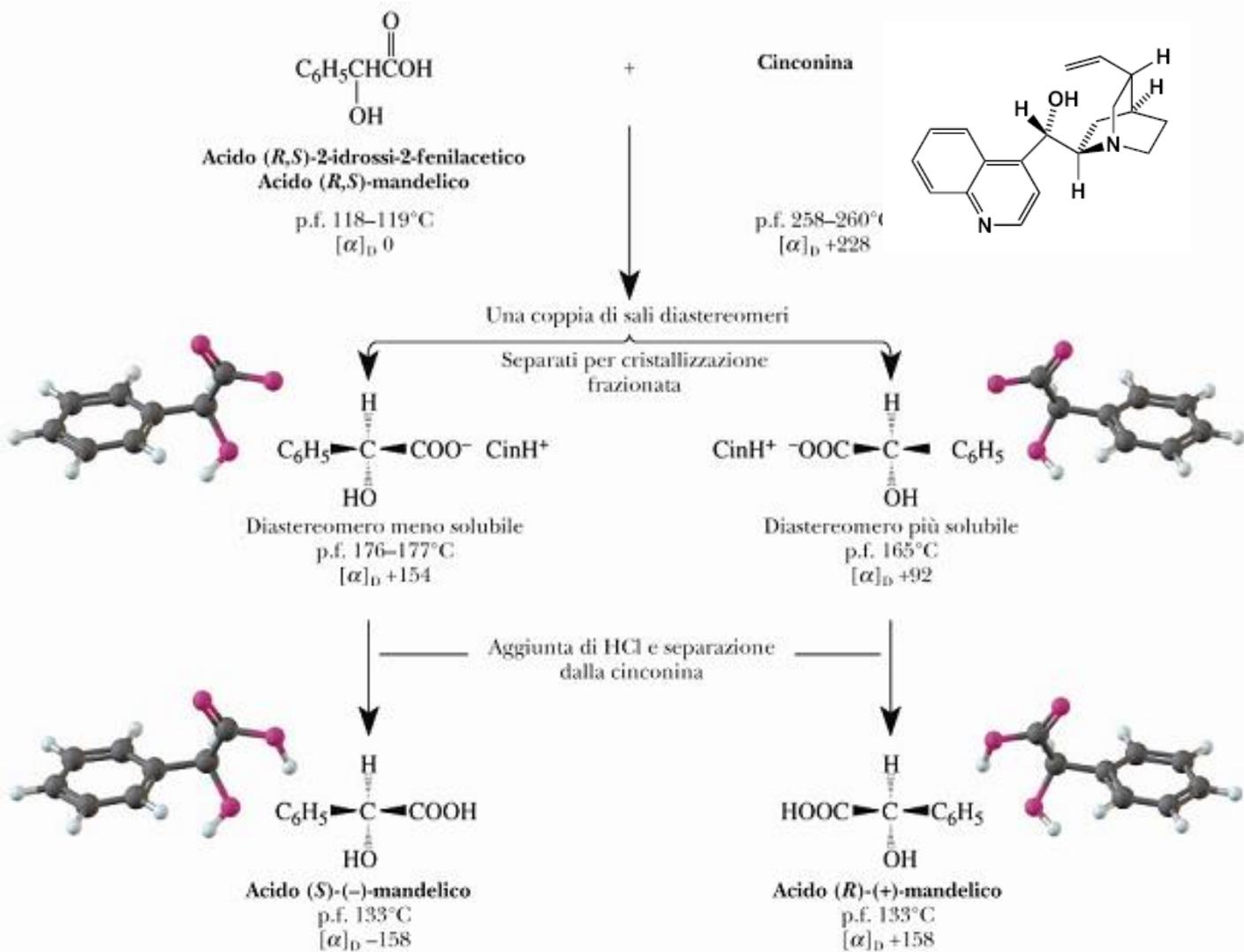


Ripristino delle specie di partenza



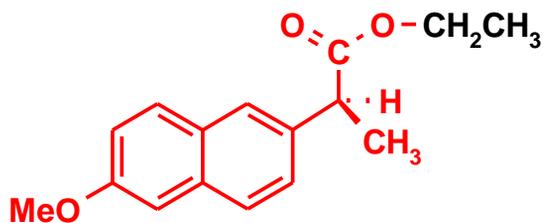
## Esempio 1

# Risoluzione degli enantiomeri dell'acido mandelico

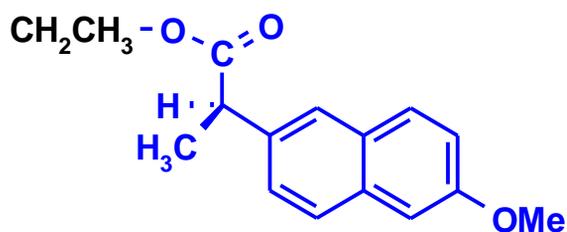


risoluzione dell'acido mandelico

## Esempio 2



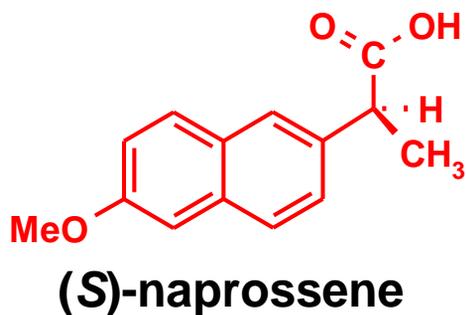
**Estere etilico  
dell' (S)-naprossene**



**Estere etilico  
dell' (R)-naprossene**

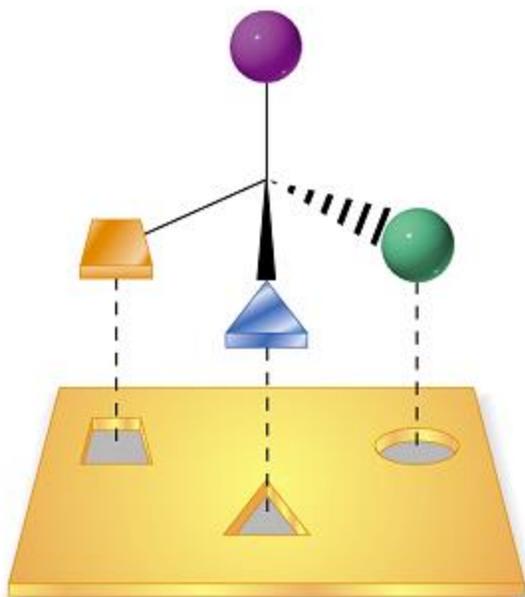
**Solo l'enantiomero S è  
idrolizzato dall'enzima e,  
in tal modo, solubilizzato  
in H<sub>2</sub>O**

- 1) **Esterasi in H<sub>2</sub>O e NaOH**
- 2) **HCl, H<sub>2</sub>O**



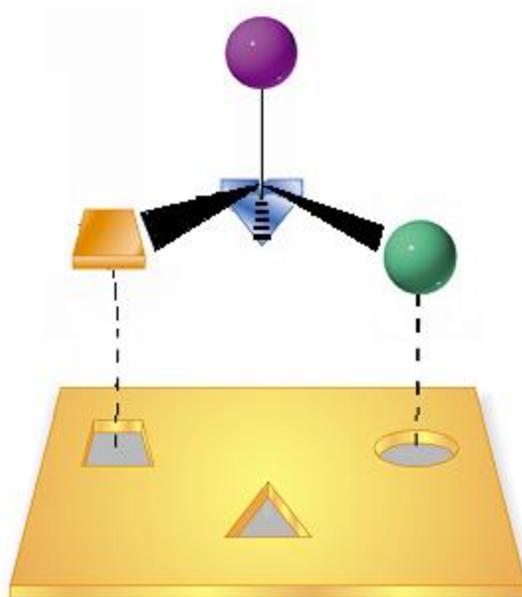
**(S)-naprossene**

enantiomero *S*



binding site of the receptor

enantiomero *R*



binding site of the receptor