

# **STEREOCHIMICA ORGANICA**

# STEREOCHIMICA ORGANICA

- [ffelluga@units.it](mailto:ffelluga@units.it), tel. 040 5583924; Studio n. 349
- 4 CFU, 32 ore
- Power Point
- Esame: **orale**
- Prerequisiti: **aver superato l'esame di CO1**
- Ricevimento: su appuntamento per email.
- Materiale didattico: slides su Moodle
- Si raccomanda di prendere appunti

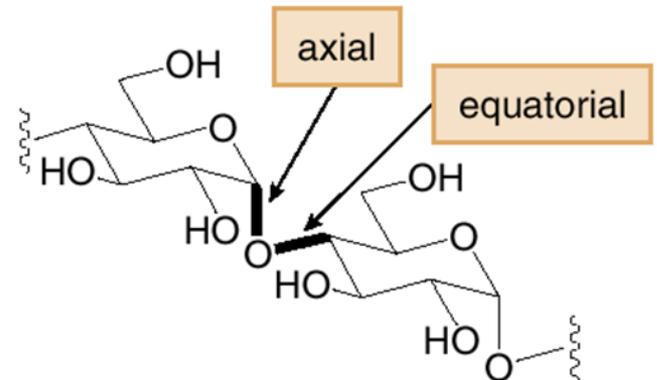
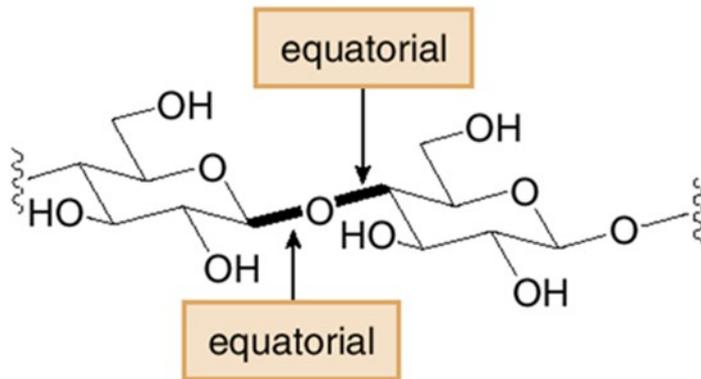
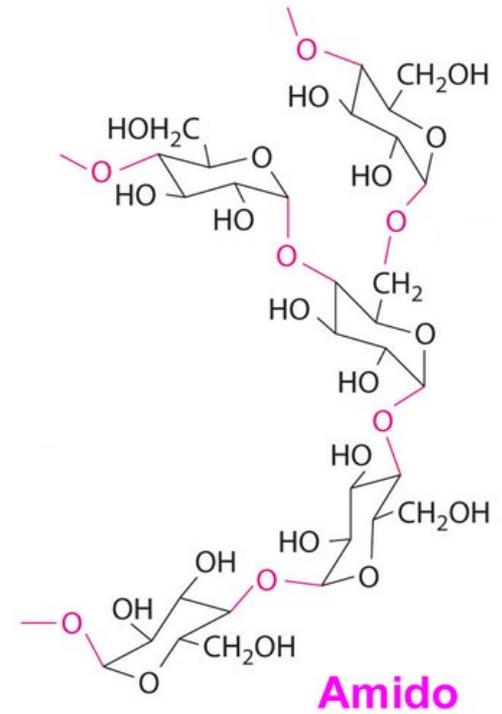
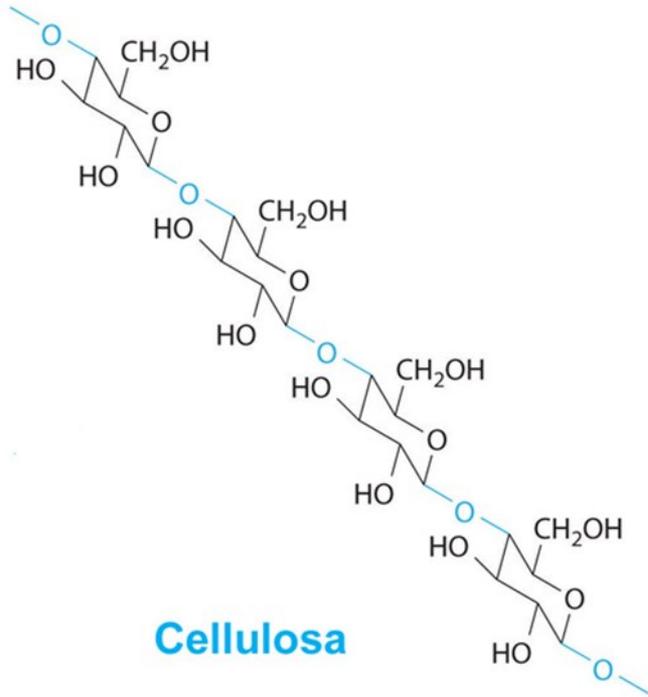
# Argomenti del corso

- Stereoisomeria, enantiomeria, diastereoisomeria, conformazioni
- Elementi e operazioni di simmetria. Gruppi puntuali chirali.
- Polarimetria e CD
- **Unità stereogeniche e descrittori stereochimici: Chiralità centrale. Chiralità assiale.** Descrittori, aR, aS, M e P. **Chiralità planare.** Descrittori pR, pS. Molecole con chiralità inerente. Descrittori Re, Si, pro-R, pro-S. Descrittori R\*,S\*. Scrittura tridimensionale corretta delle molecole.
- **Risoluzione di miscele raceme:** risoluzione classica e cinetica. Risoluzione fisica e determinazione dell'eccesso enantiomerico. Risoluzione cinetica dinamica.
- **Selettività.** Selettività rispetto al substrato e al prodotto. Stereospecificità e stereoselettività. **Topicità.** Gruppi e facce omotopici, diastereotopici, enantiotopici. Molecole prochirali. Enantioselettività e diastereoselettività, profili cinetici. Controllo della stereochimica relativa.

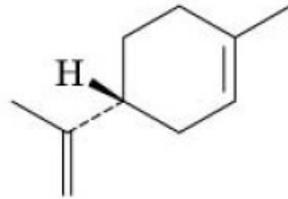
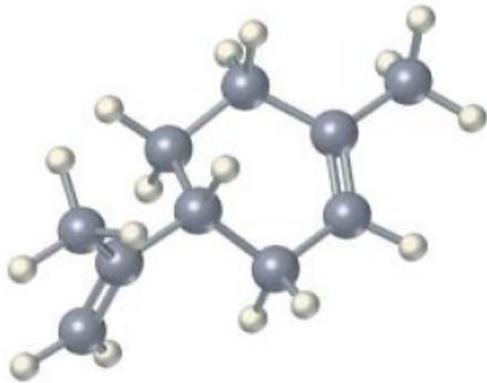
# Argomenti del corso

- **Controllo della stereochimica relativa in reazioni diastereoselettive:** Addizioni di nucleofili al carbonile di cicloalcanoni (controllo conformazionale) e di composti carbonilici lineari (controllo da un centro chirale adiacente). Modello di Felkin-Ahn, anche per atomi elettronegativi adiacenti al C=O. Controllo per chelazione. Reazioni aldoliche. Addizioni coniugate.
- **Controllo della stereochimica assoluta.** Metodi di sintesi asimmetrica. Strategia dell'ausiliario chirale. Ossazolidinoni di Evans nelle alchilazioni di enolati e nelle reazioni aldoliche. Induzione asimmetrica da reagenti chirali e catalizzatori chirali. Riduzioni asimmetriche di chetoni prochirali. Idroborazioni-ossidazioni di alcheni. Ossidazioni di Sharpless.
- **Strategia del Pool chirale**

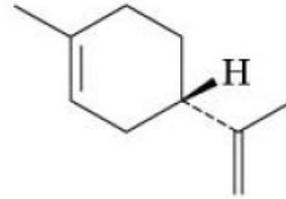
# Stereoisomerism in nature



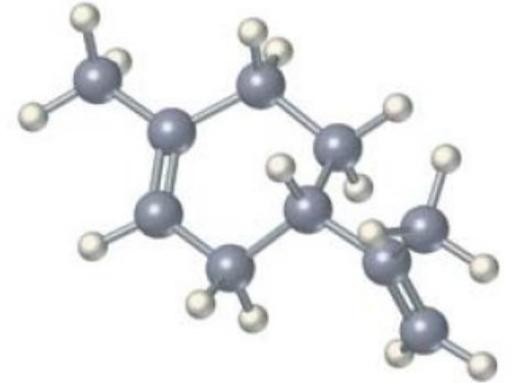
# Stereoisomeria in natura



**(+)-Limonene  
(nelle arance)**

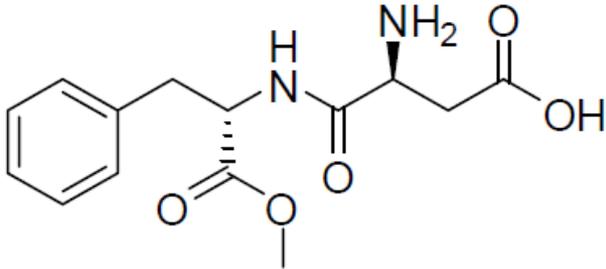


**(-)-Limonene  
(nei limoni)**

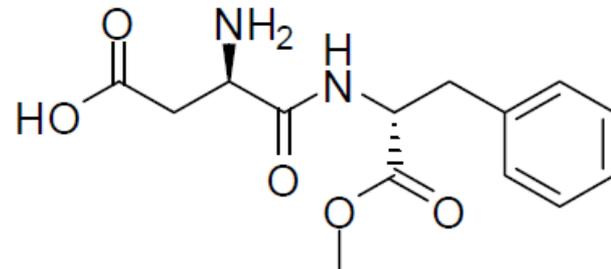


# Stereoisomeria in medicina

## Aspartame

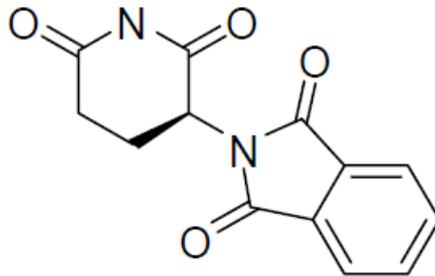


160 volte più dolce dello zucchero

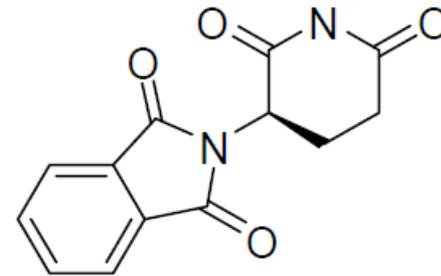


amaro

## Talidomide



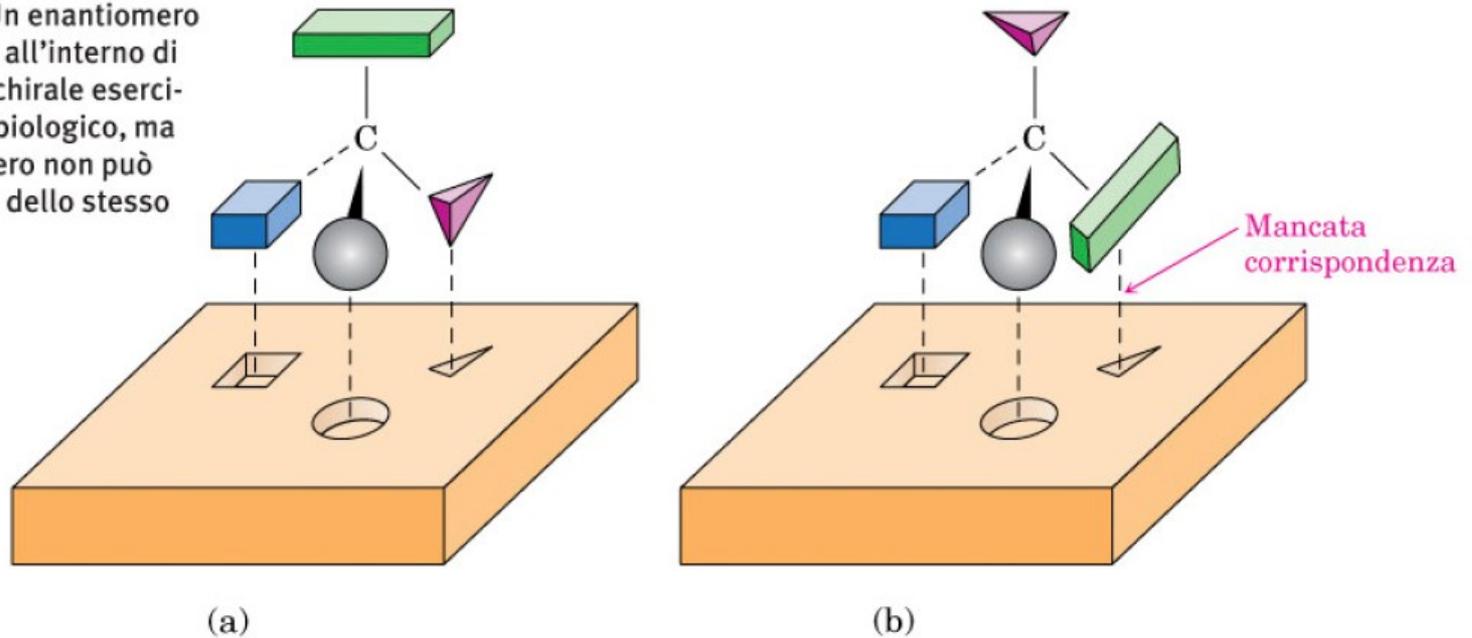
teratogeno



sedativo

# Stereoisomeria in natura

**FIGURA 9.19** (a) Un enantiomero si adatta facilmente all'interno di un sito recettoriale chirale esercitando il suo effetto biologico, ma (b) l'altro enantiomero non può adattarsi all'interno dello stesso recettore.



Le molecole di origine biologica sono enantiopure.

# Target

→ REAZIONI CHE PORTANO ALLA FORMAZIONE DI DIASTEREOISOMERI SINGOLI

→ METODI DI OTTENIMENTO DI EPC  
(Enantiomerically Pure Compounds)

RISOLUZIONE

CLASSICA  
CINETICA  
CINETICA DINAMICA

CHIRAL POOL

SINTESI  
ASIMMETRICA

Ausiliari chirali  
Reagenti chirali  
Catalizzatori Chirali

# Descrizione di una molecola

## Composizione

È data dal numero e dal tipo di atomi che costituiscono la molecola. Questa informazione è fornita dalla **Formula Molecolare**.

## Costituzione

È data dalla sequenza con la quale gli atomi sono legati fra di loro e dal tipo di legami che li unisce. Differenti costituzioni possono essere interconvertite fra loro solamente rompendo e riformando legami covalenti. Questa informazione è fornita dalla **Formula di Struttura** ed è implicita nel nome IUPAC

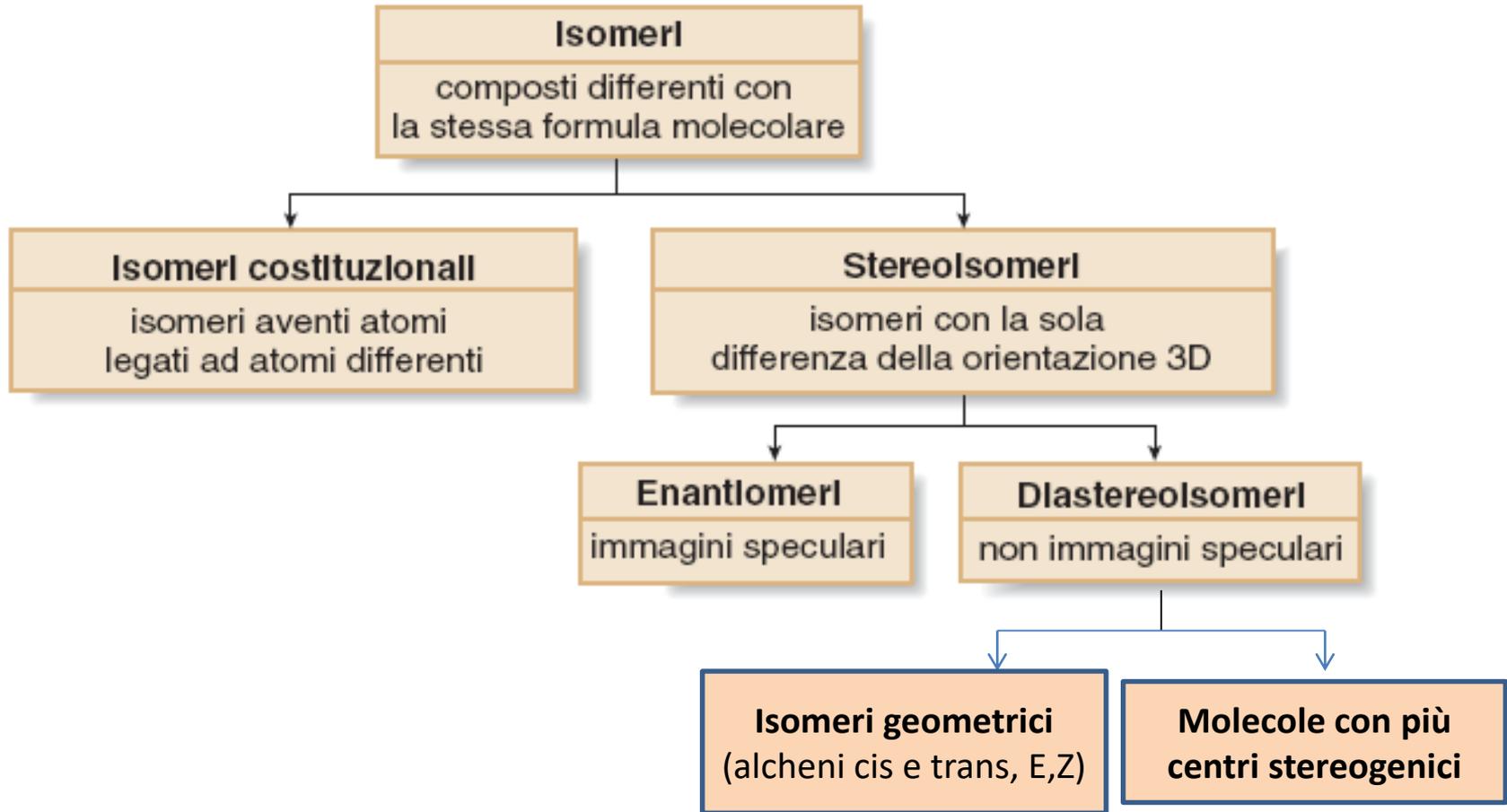
## Configurazione

È data dalla relazione spaziale permanente degli atomi della molecola. Differenti configurazioni possono essere interconvertite fra loro solamente rompendo e riformando legami covalenti. Questa informazione è fornita dalla **Stereo-Formula** ed è anche contenuta nel prefisso del nome IUPAC (ad esempio cis o trans).

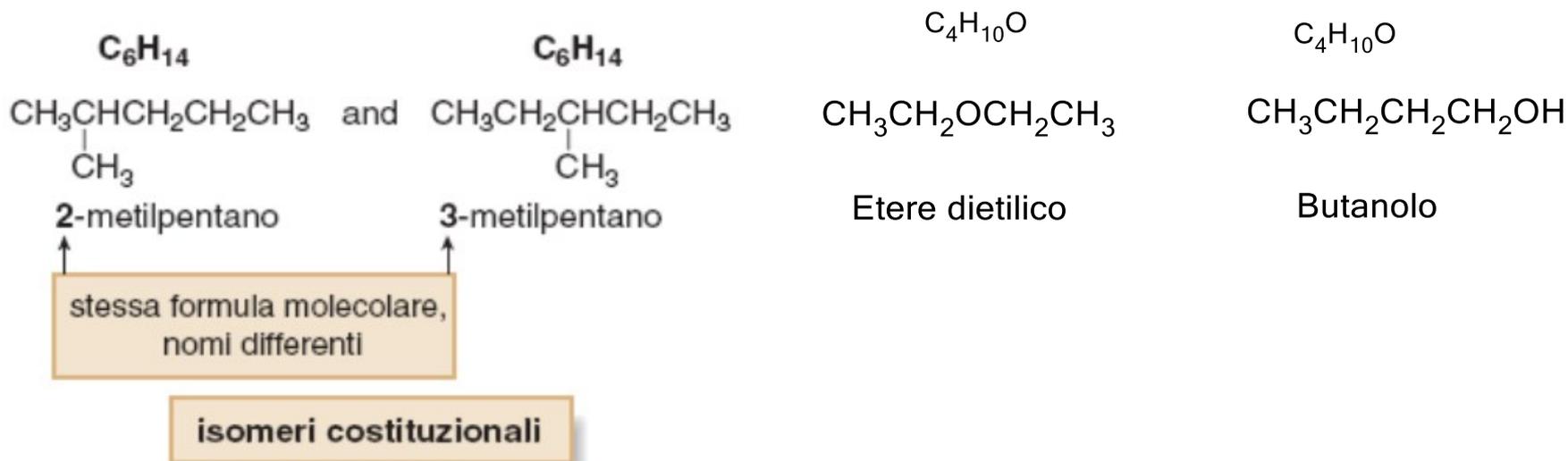
## Conformazione

È data dall'orientazione spaziale temporanea degli atomi di una molecola che si osserva in seguito alla rotazione o al piegamento di legami. Differenti conformazioni sono interconvertite fra loro senza la rottura di legami covalenti. Questa informazione viene fornita dalle **Formule Conformazionali** (ad esempio le proiezioni di Newman) ed anche da termini specifici nel nome (ad esempio gauche e anti, sedia o barca, etc.)

# Tipi di isomeria

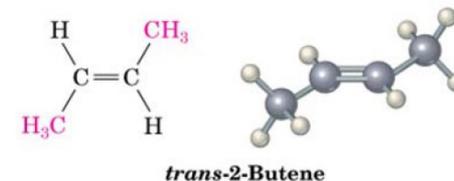
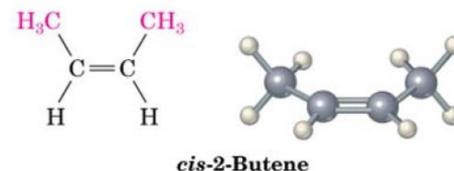
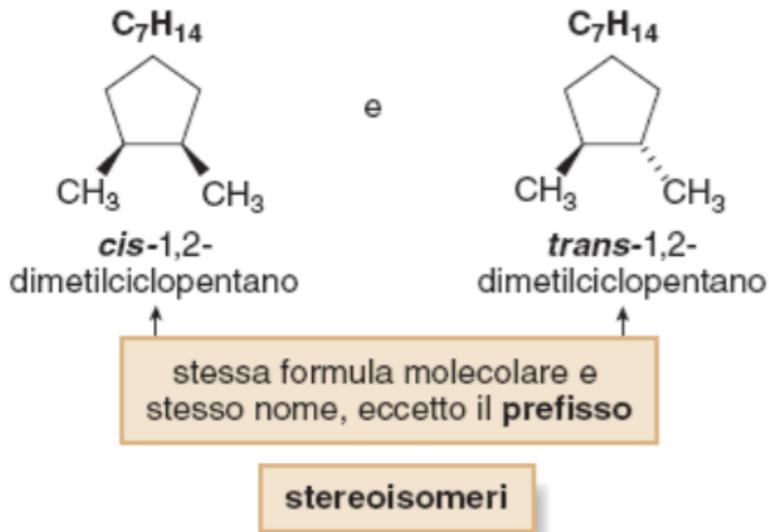


# Isomeri costituzionali



Gli isomeri costituzionali (o strutturali) hanno nomi IUPAC differenti, gruppi funzionali uguali o diversi, diverse proprietà fisiche e diverse proprietà chimiche.

# Stereoisomeri

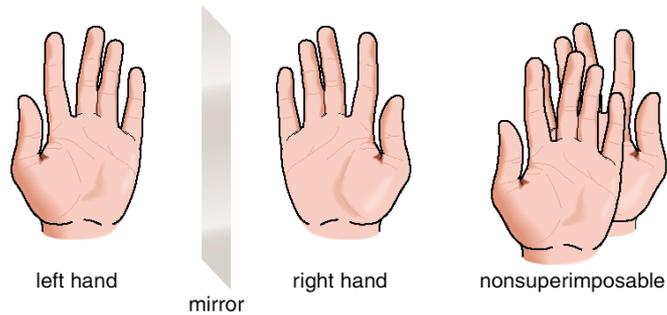


**Gli stereoisomeri** hanno la stessa COSTITUZIONE; differiscono solo per il modo in cui gli atomi sono disposti nello spazio. Hanno identici nomi IUPAC (eccetto per i prefissi stereochimici (cis, trans; R,S etc))

Gli stereoisomeri di questi esempi in particolare sono **DIASTEREOISOMERI** perché non sono immagini speculari. Sono anche **isomeri geometrici**

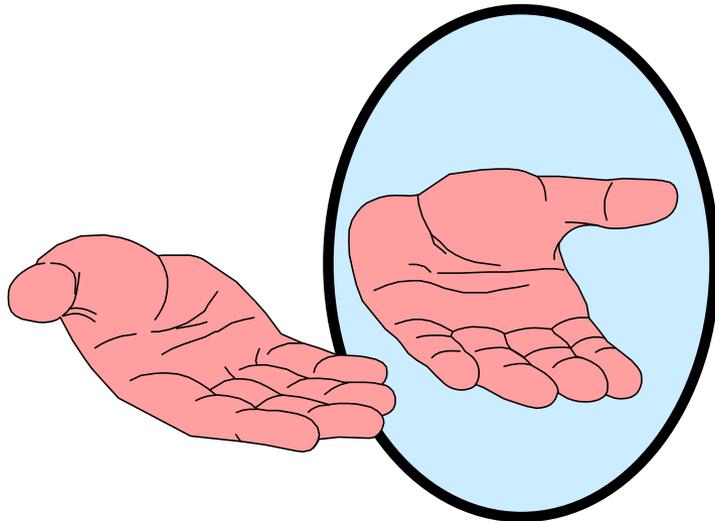
# Enantiomeria

- La mano destra e la mano sinistra sono una l'immagine speculare dell'altra, ma non sono **sovrapponibili**.



Un oggetto che non è sovrapponibile alla sua immagine speculare è detto **chirale**.

- A molecule (or object) that is *not* superimposable on its mirror image is said to be *chiral*.

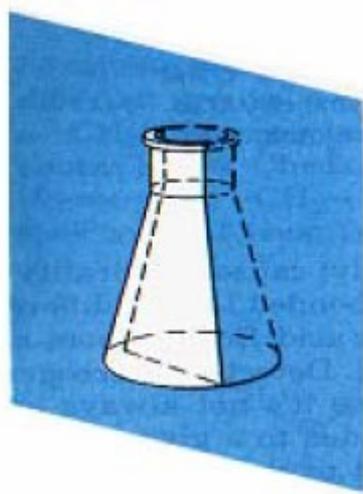


L'immagine speculare di un oggetto chirale è diversa e non sovrapponibile all'oggetto originale

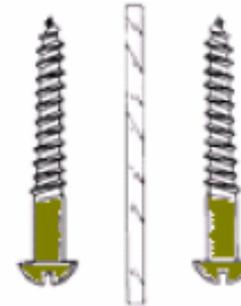
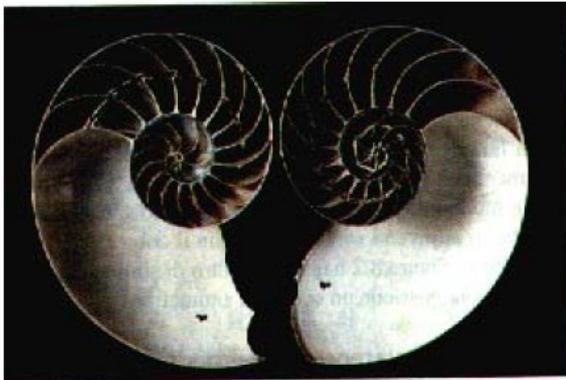
OGGETTI CHIRALI ESISTONO  
IN DUE FORME

# Chiralità e simmetria

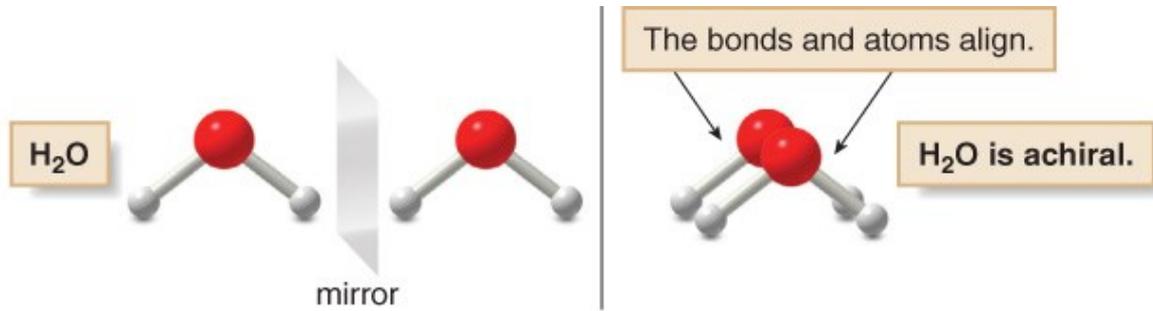
Oggetti achirali hanno almeno un piano di simmetria



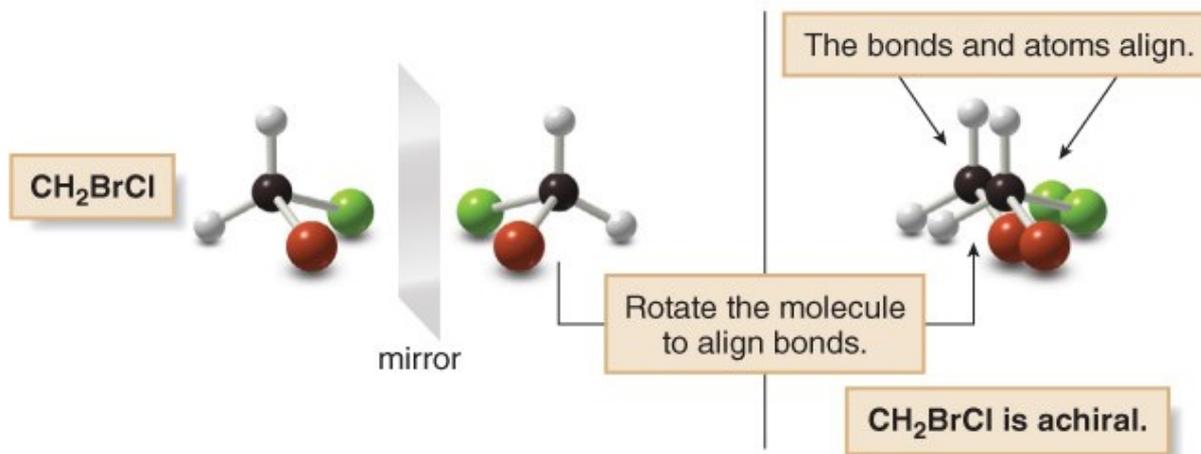
Oggetti chirali non hanno elementi di simmetria



# Molecole Achirali



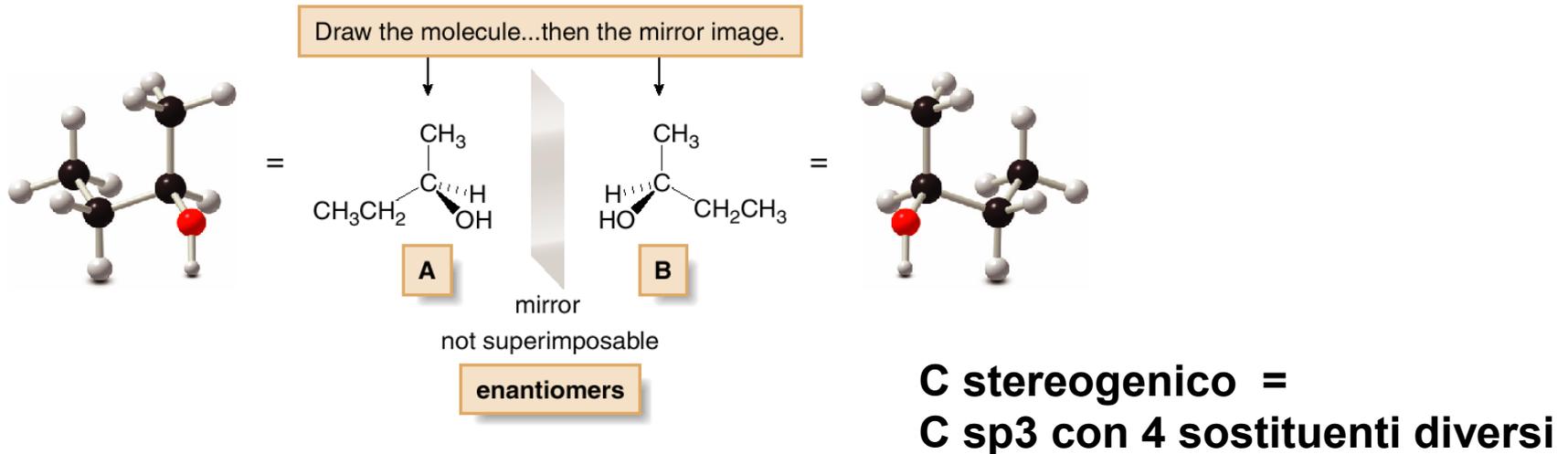
## Molecole achirali



Piano di simmetria

# Molecole chirali - enantiomeria

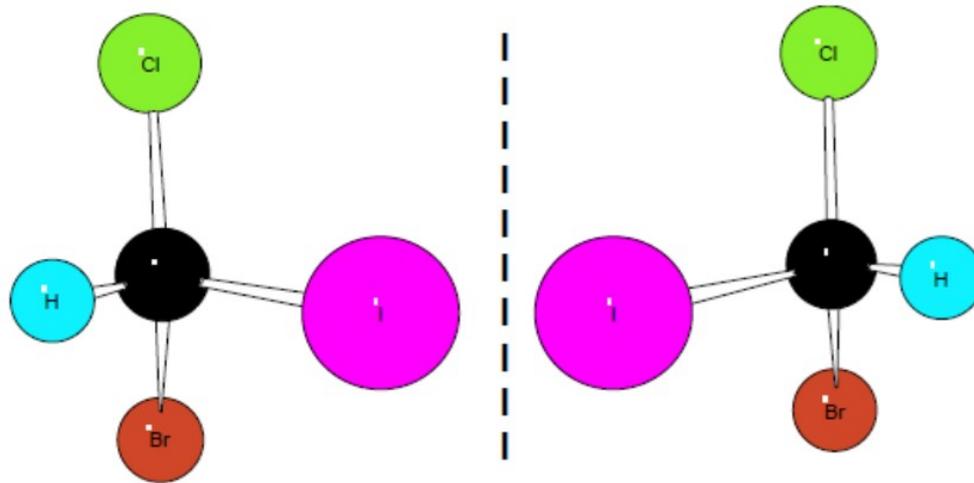
Molecole che non hanno un piano di simmetria sono chirali



Molecole con 1 C stereogenico esistono sottoforma di due stereoisomeri, detti **enantiomeri**.

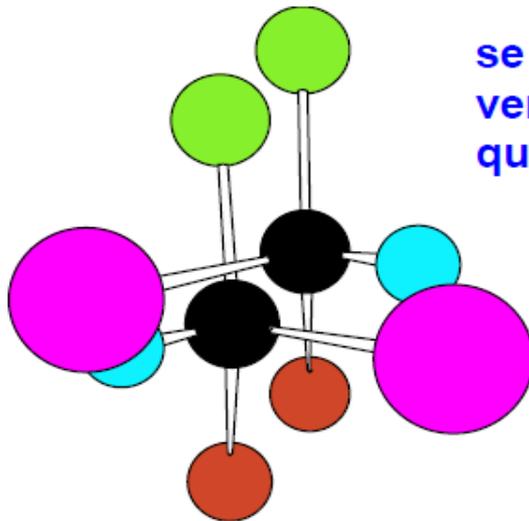
Due enantiomeri sono stereoisomeri che sono uno l'immagine speculare dell'altro

# Molecole chirali - enantiomeria

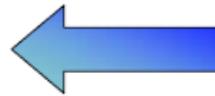


C sp<sup>3</sup>  
con 4 gruppi diversi

Le immagini speculari  
Non sovrapponibili



se si sovrappongono i gruppi  
verticali, non sono sovrapposti  
quelli orizzontali



# Configurazione assoluta di un centro stereogenico

## Notazione R, S

1. Assegnare una priorità ai 4 sostituenti secondo le regole CIP (Cahn Ingold Prelog)
  - **Numero Atomico:** I > Br > Cl > S > P > Si > F > O > N > C > H

se il primo atomo legato al centro stereogenico è lo stesso si procede al secondo etc fino a trovare una differenza

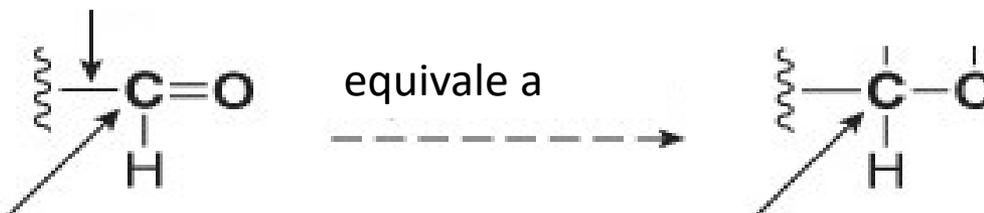


# Configurazione assoluta di un centro stereogenico

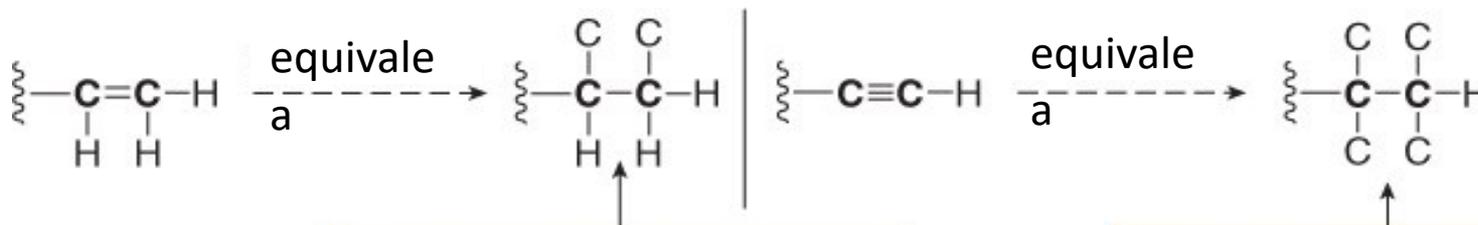
## Notazione R, S

### Legami multipli

Legame con il  
C stereogenico



Questo C è come fosse legato a due atomi di O



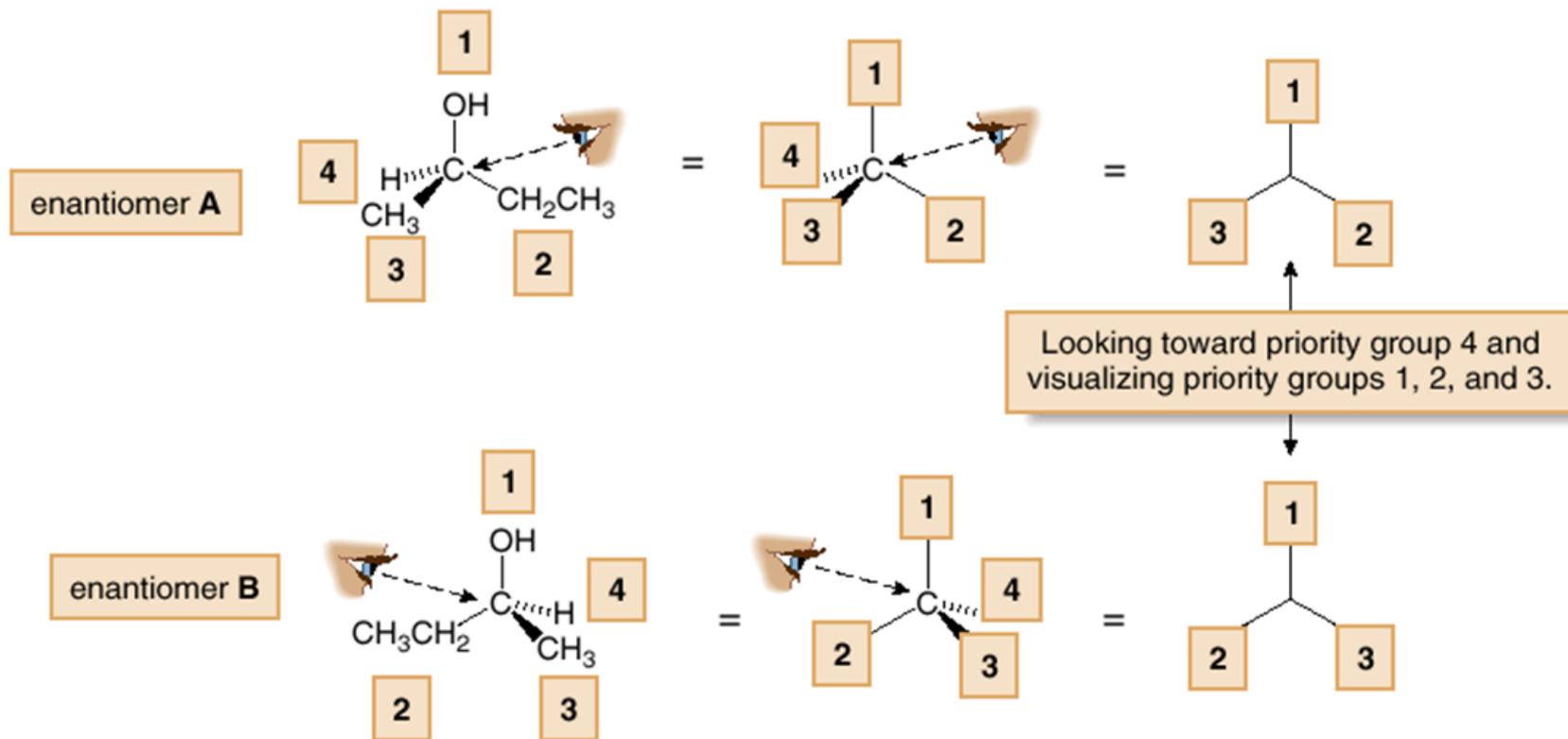
Each atom in the **double** bond  
is drawn **twice**.

Each atom in the **triple** bond  
is drawn **three** times.

# Configurazione assoluta di un centro stereogenico

## Notazione R, S

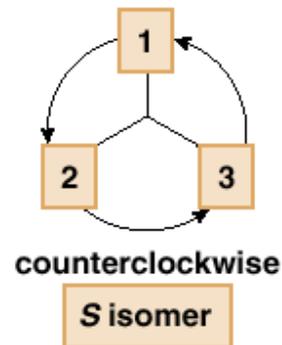
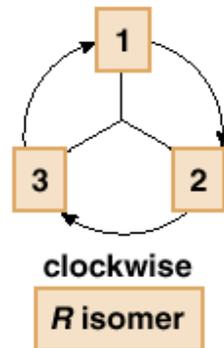
2. Orientare la molecola in modo da porre il gruppo a priorità 4 dalla parte opposta rispetto all'osservatore



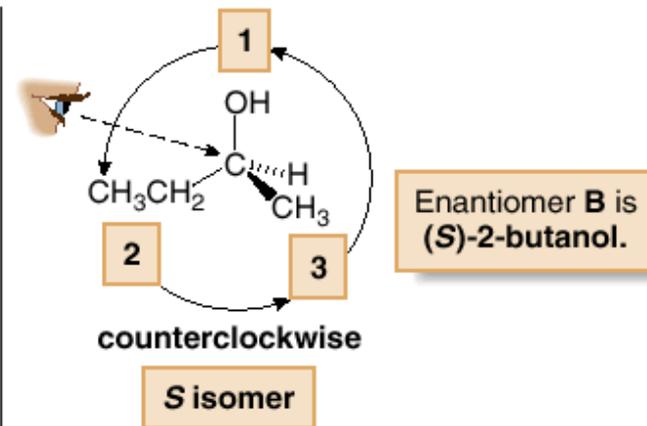
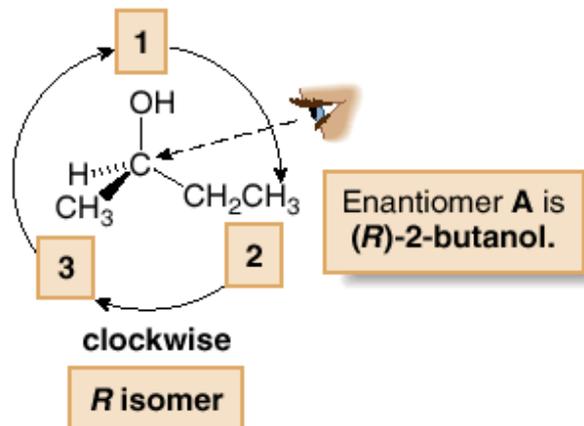
# Configurazione assoluta di un centro stereogenico

## Notazione R, S

3. Osservare il verso orario o antiorario determinato dal passaggio da 1 a 2 a 3

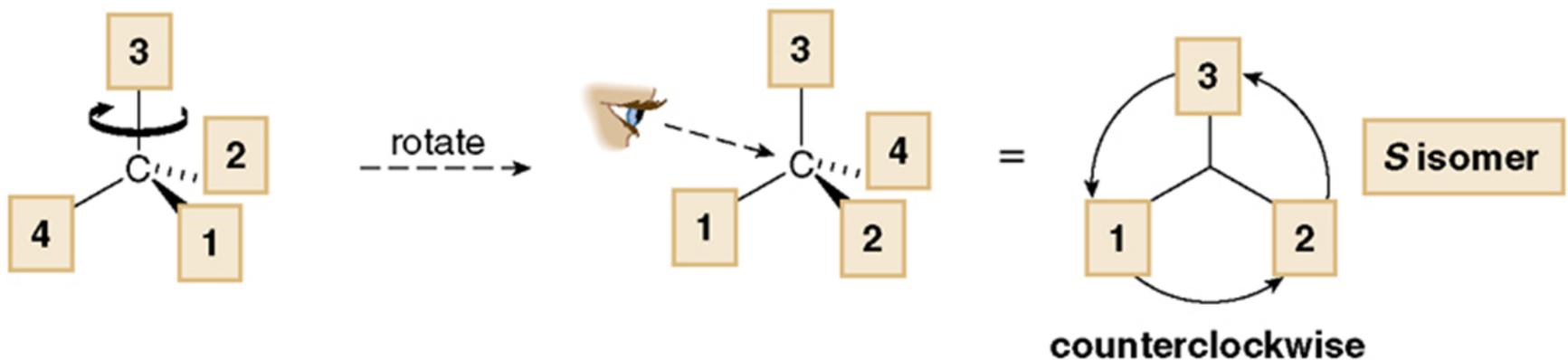
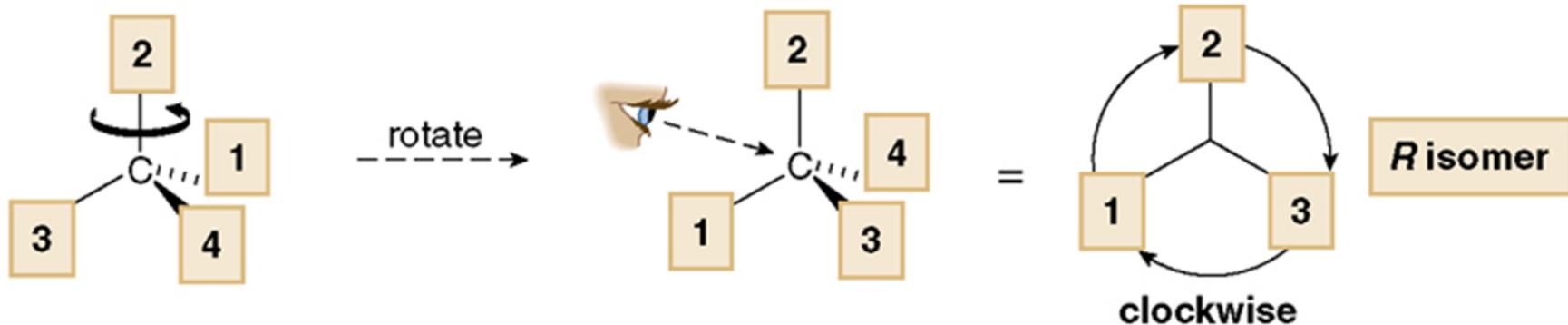


- The letters *R* or *S* precede the IUPAC name of the molecule. For the enantiomers of 2-butanol:

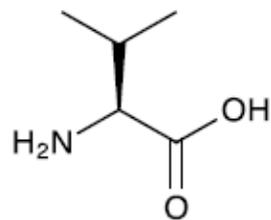
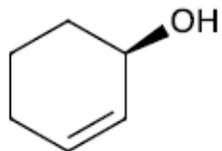


# Configurazione assoluta di un centro stereogenico

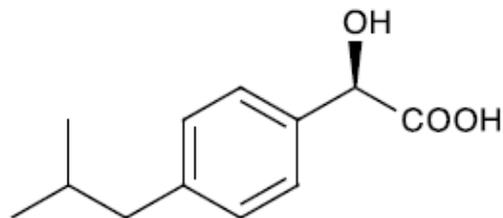
## Notazione R, S



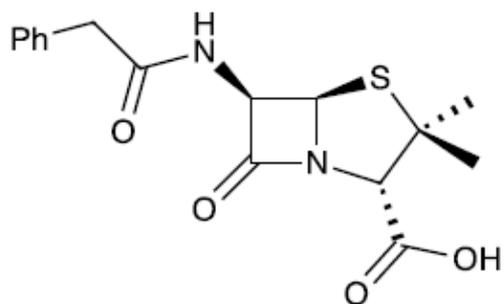
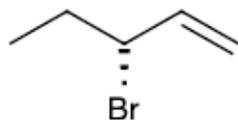
## Determinare le configurazioni



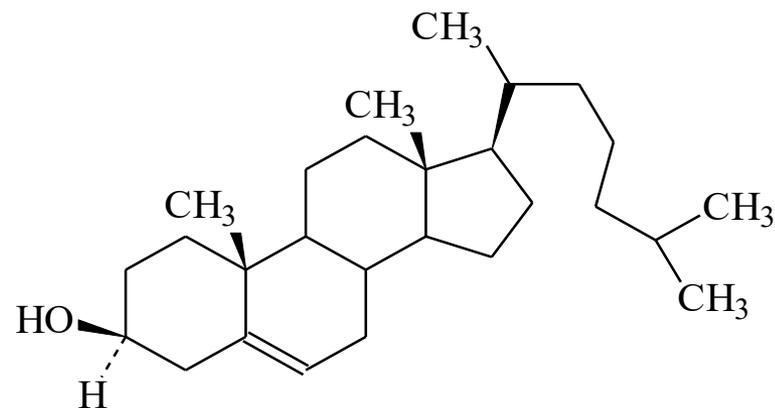
valina



ibuprofene

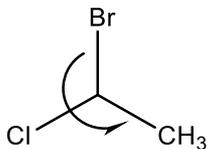
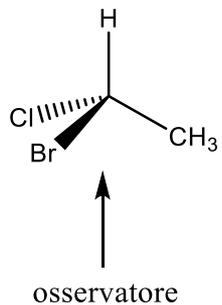


benzil penicillina

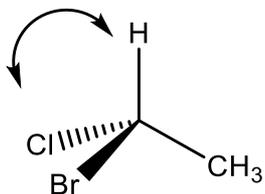


colesterolo

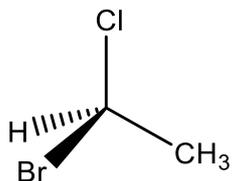
# Configurazione di un C stereogenico



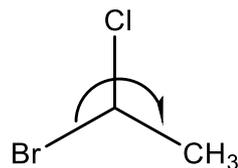
Configurazione **S**



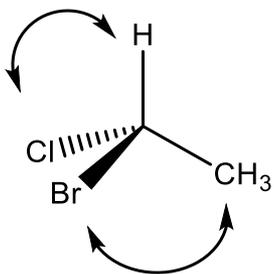
Uno scambio di sostituenti:



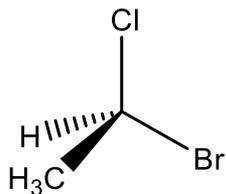
Configurazione **R**



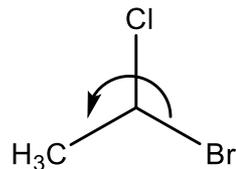
Con 1 scambio di sostituenti  
la configurazione si inverte!



Due scambi di sostituenti:



Configurazione **S**



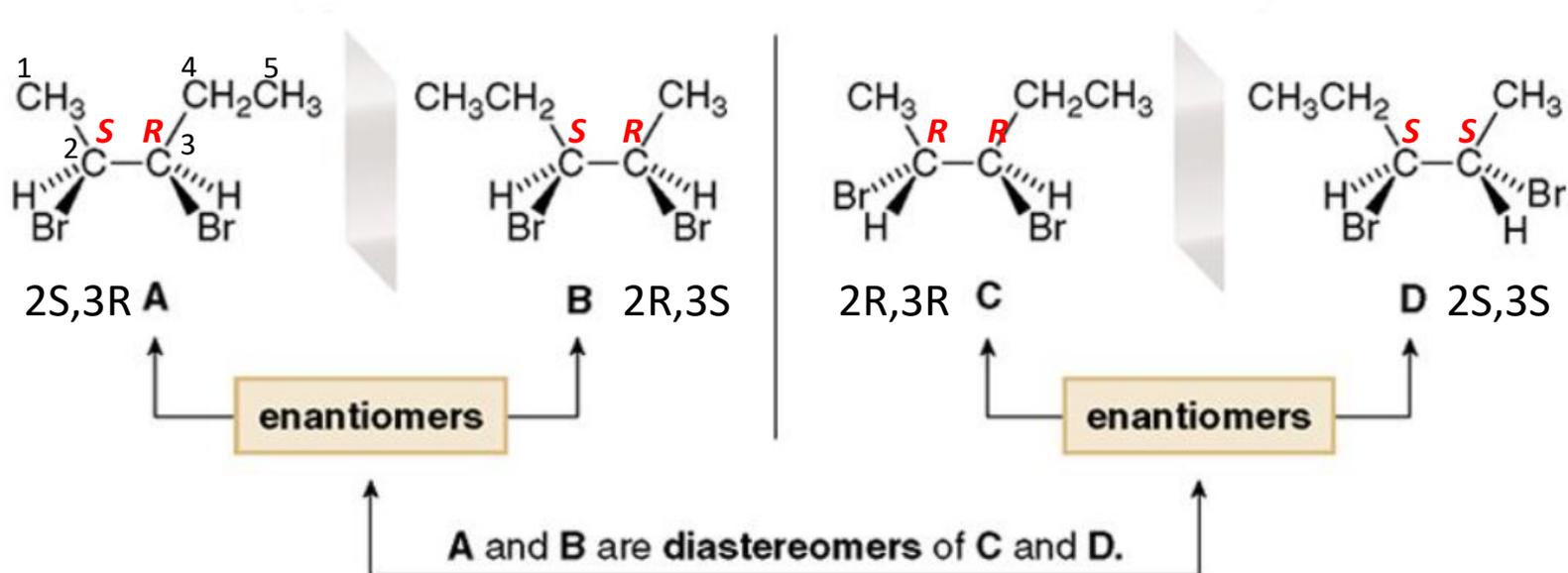
Con 2 scambi di sostituenti  
la configurazione resta quella  
originale!

# Diastereoisomeri

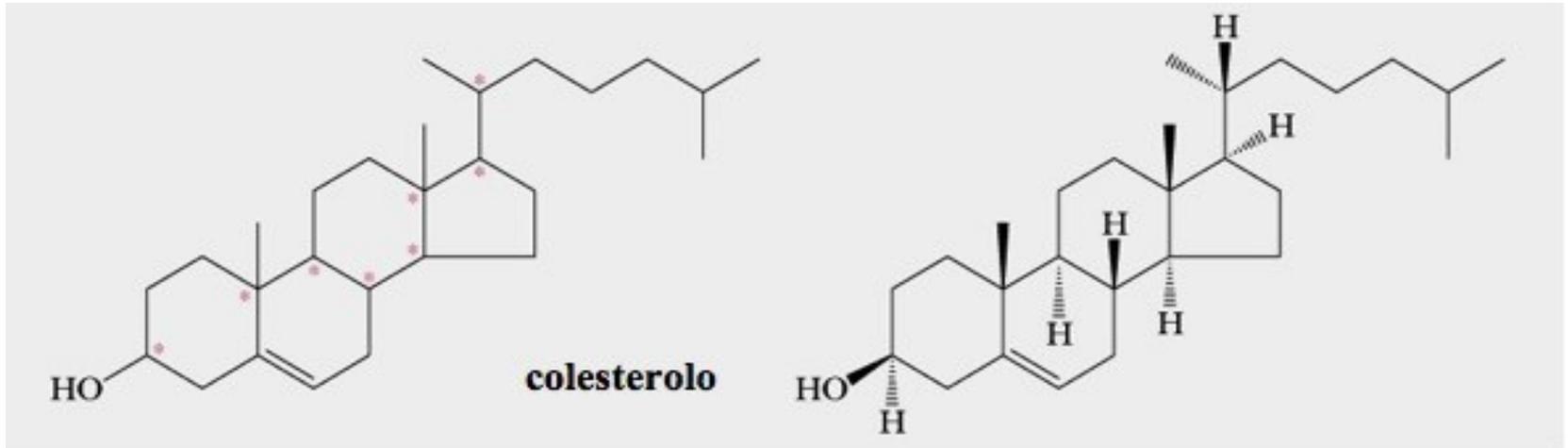
- Per una molecola con  $n$  centri stereogenici, il numero massimo di stereoisomeri è  $2^n$ .

a) 2 centri stereogenici **non** equivalenti

Es.: 2,3-dibromopentano:



# Molecole con n centri stereogenici

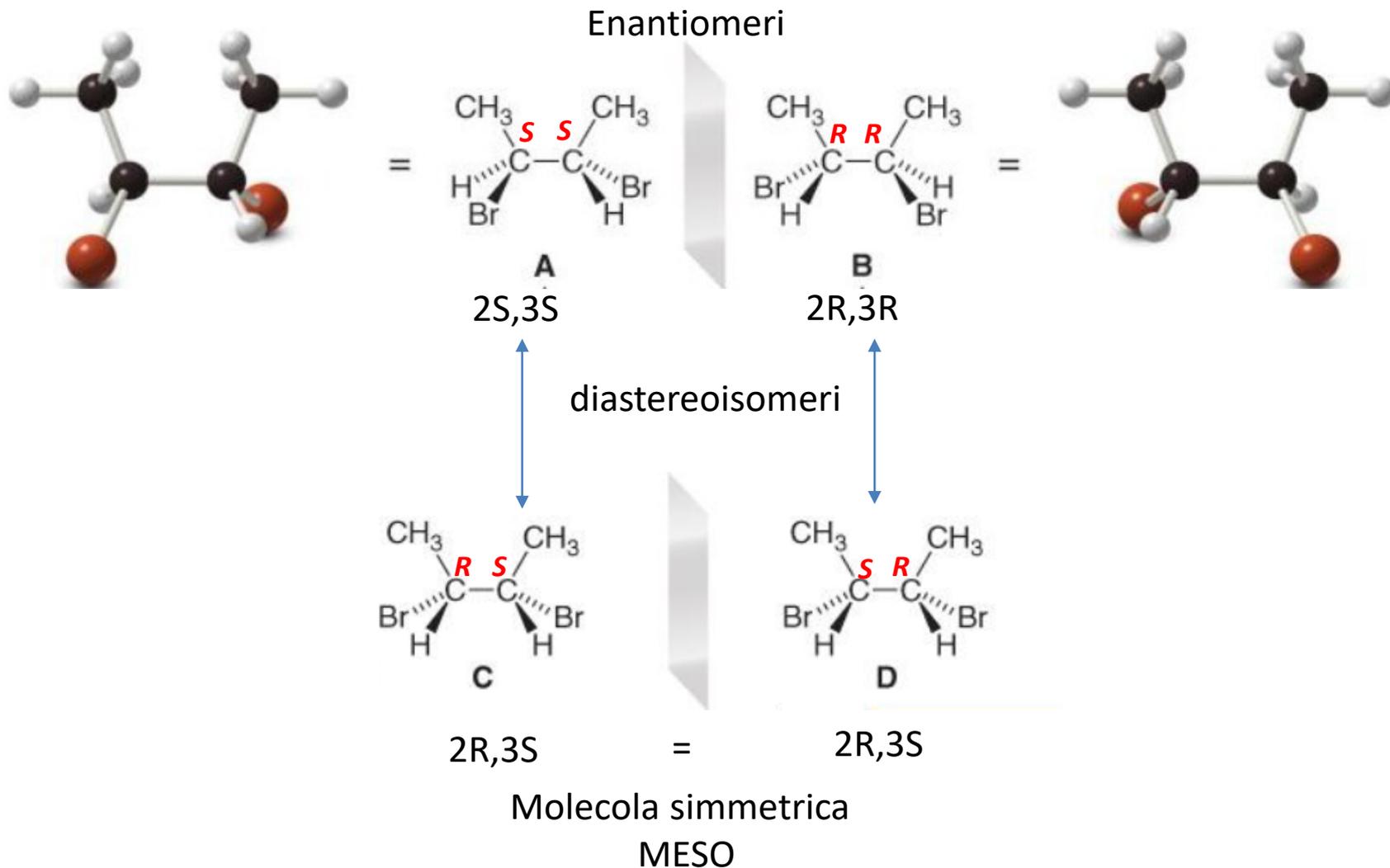


8 centri stereogenici non equivalenti: 256 stereoisomeri  
(128 diastereoisomeri, ognuno come coppia di enantiomeri)

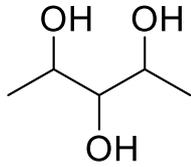
# Diastereoisomeri

## b) 2 centri stereogenici equivalenti

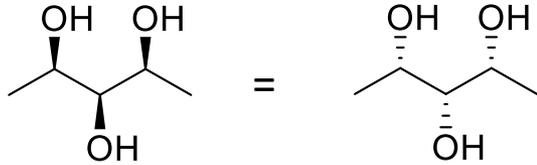
Es.: 2,3-dibromobutano



# Pseudoasimmetria

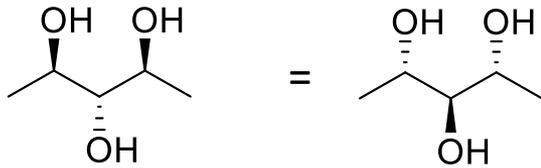


2,3,4-pentantriolo



Meso.

Il C centrale è pseudoasimmetrico

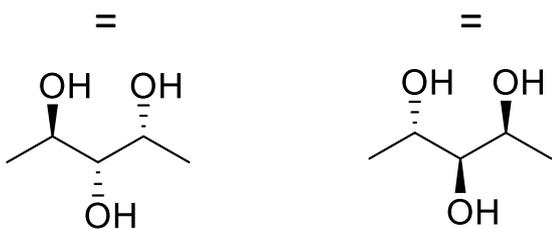


Meso.

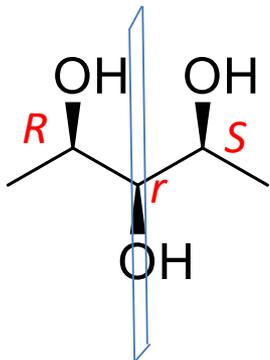
Il C centrale è pseudoasimmetrico



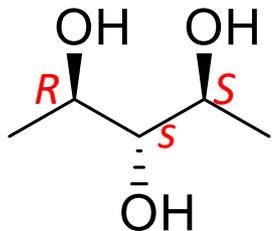
2 enantiomeri



# Pseudoasimmetria

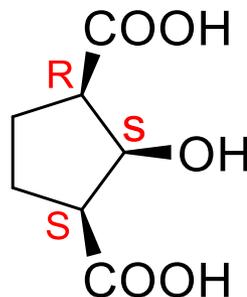
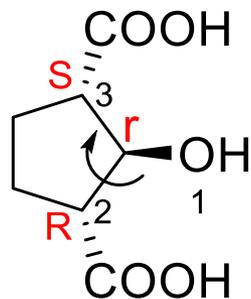


Il C centrale è pseudoasimmetrico. Esso giace su un piano di simmetria della molecola, che ha un numero dispari di atomi ed è legato a due gruppi che hanno la stessa costituzione ma sono di configurazioni opposte. La sua pseudoasimmetria non conferisce chiralità alla molecola

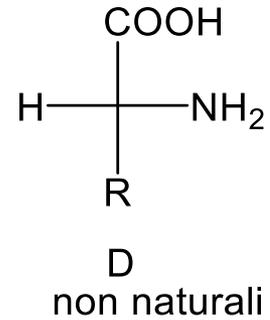
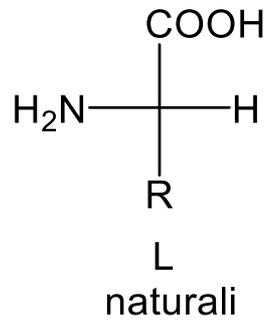


descrittori: r,s.

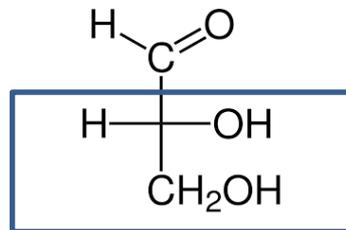
Per la notazione CIP R precede S



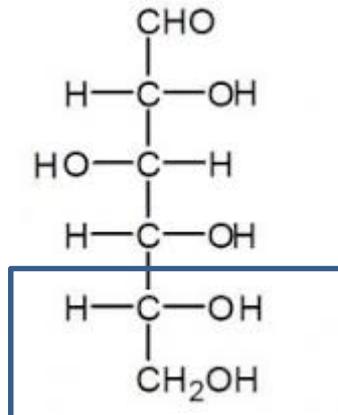
# Notazione di Fischer - Nomenclatura D,L



$\alpha$ -amminoacidi



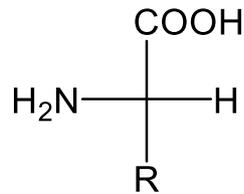
D-gliceraldeide



D-glucosio

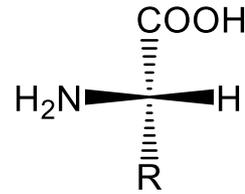
Monosaccaridi

# Notazione di Fischer - Nomenclatura D,L

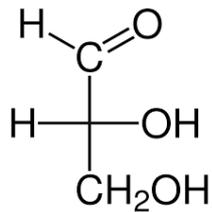
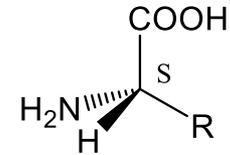


L

è la proiezione di

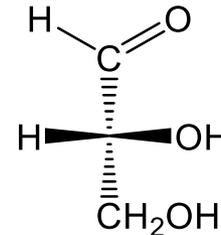


=

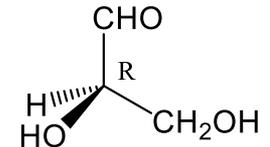


D

è la proiezione di



=



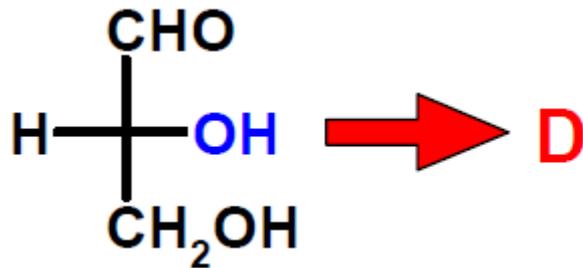
D-(+)-gliceraldeide

Il gruppo più ossidato (o quello con il numero più basso secondo la notazione IUPAC): in alto

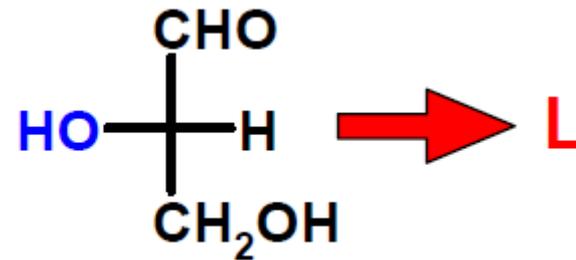
Il gruppo diverso dall'H sull'orizzontale a destra: enantiomero della serie D

Il gruppo diverso dall'H sull'orizzontale a sinistra: enantiomero della serie L

# Notazione di Fischer - Nomenclatura D,L



D-(+)-gliceraldeide



L-(-)-gliceraldeide

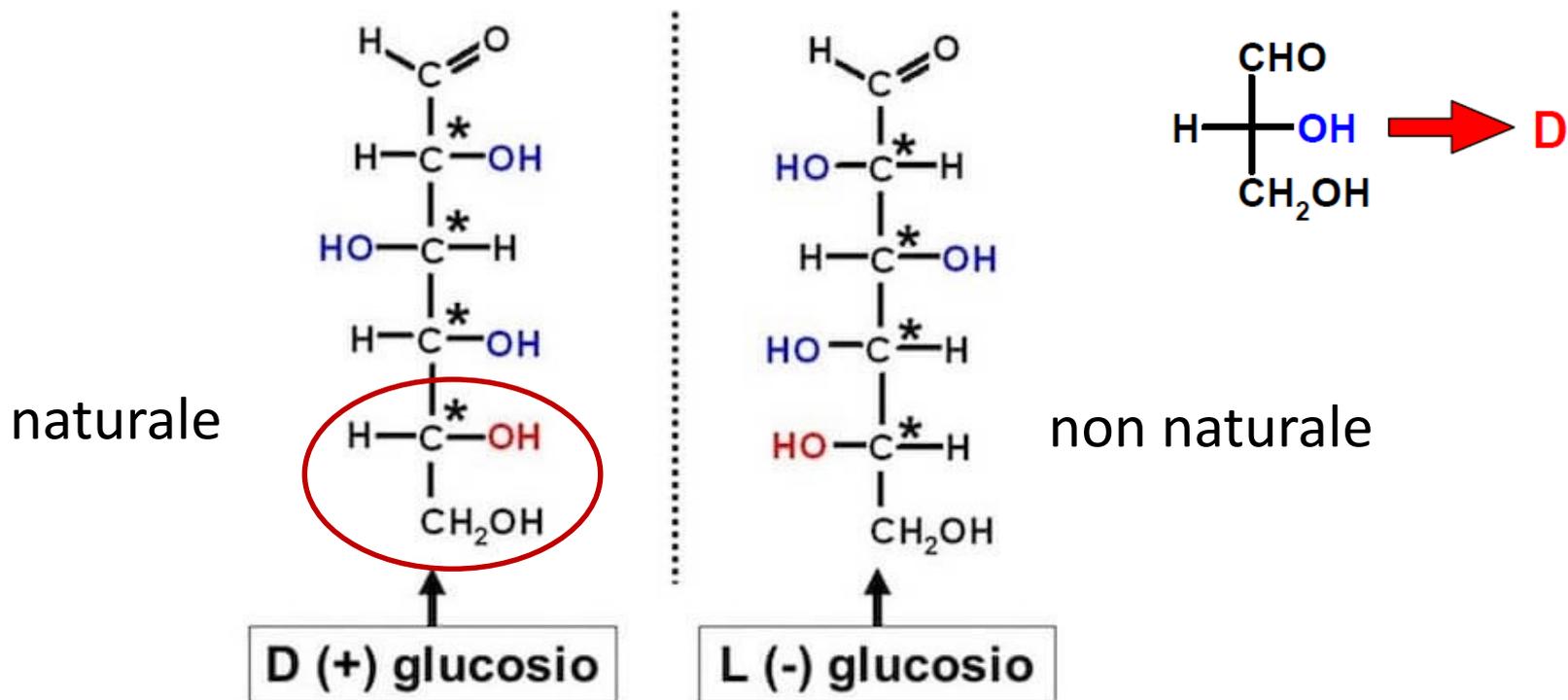
**Fischer ha assegnato (in modo arbitrario) la configurazione D all'enantiomero destrogiro dell'aldeide glicerica.**

D ed L rappresentano una coppia di **descrittori stereochemici** (o stereodescrittori) **di configurazione relativa**.

Nel 1951 J.M.Bijvoet determinò sperimentalmente tramite diffrazione a raggi X la configurazione assoluta dell'acido (-)-tartarico, precedentemente correlata alla configurazione della (+)-Gliceraldeide

# Configurazioni relative nei monosaccaridi

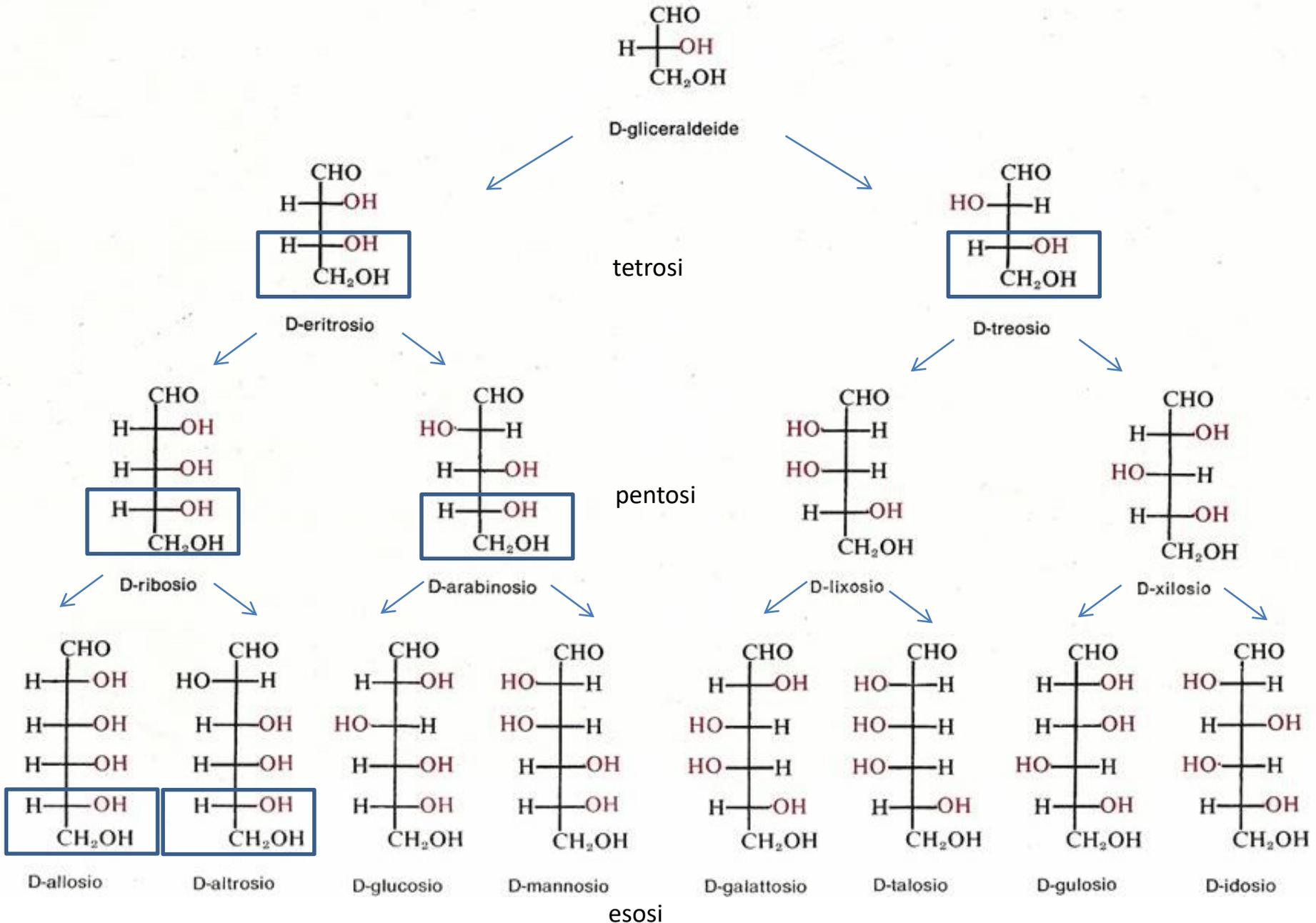
A partire dalla D-(+)-gliceraldeide è stata assegnata la configurazione a tutti i monosaccaridi in relazione strutturale con essa.



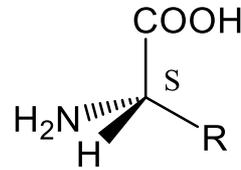
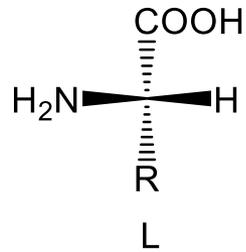
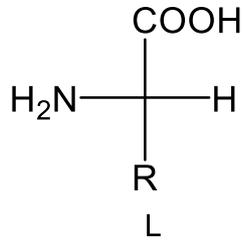
D ed L rappresentano una coppia di **descrittori stereochimici** (o stereodescrittori) di **configurazione relativa**.

Nel 1951 J.M.Bijvoet determinò sperimentalmente tramite diffrazione a raggi X la configurazione assoluta dell'acido (-)-tartarico, precedentemente correlata alla configurazione della (+)-Gliceraldeide, confermando l'assegnazione di Fisher

# Monosaccaridi naturali sono tutti della serie D

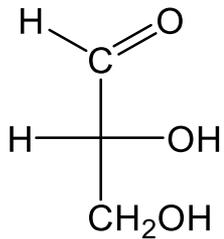


# Notazione di Fischer - Nomenclatura D,L

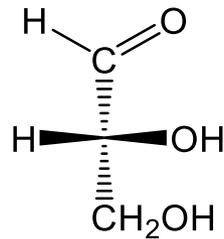


AMMINOACIDI

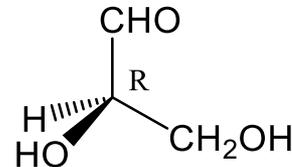
Orientando la catena carboniosa verticalmente con il gruppo più ossidato in alto, il gruppo NH<sub>2</sub> sta a sinistra



D

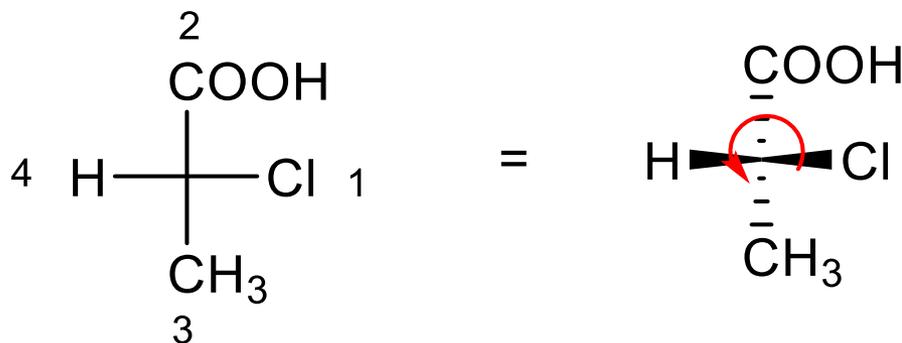


D



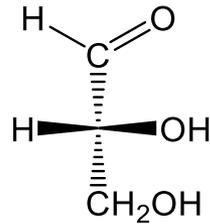
GLICERALDEIDE

# Assegnare la configurazione R,S con le formule proiettive di Fischer

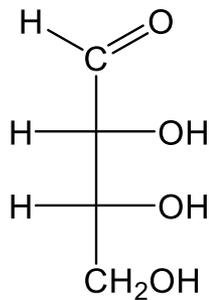


H verso l'osservatore  $\rightarrow$  **R**

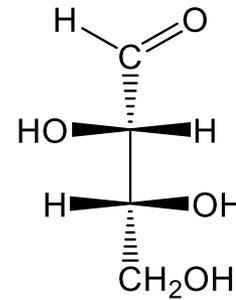
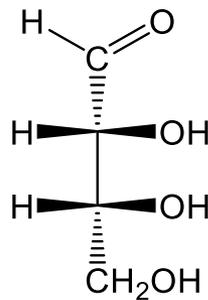
# Notazione di Fischer - Nomenclatura D,L



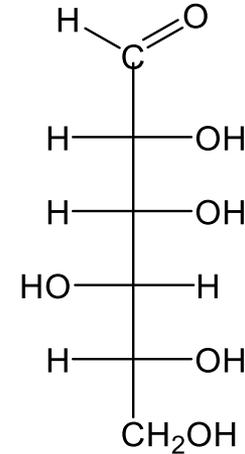
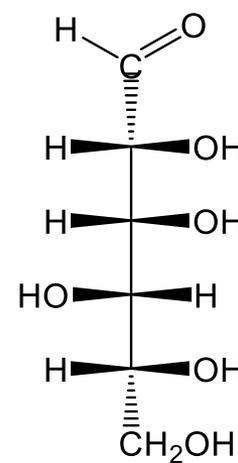
Catene più lunghe



D-ERITROSIO



D-TREOSIO

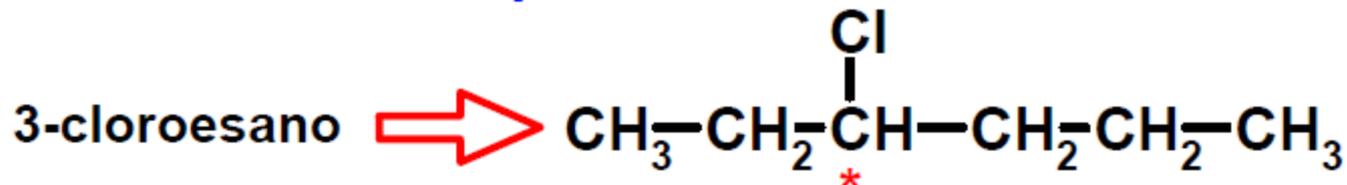


D-GLUCOSIO

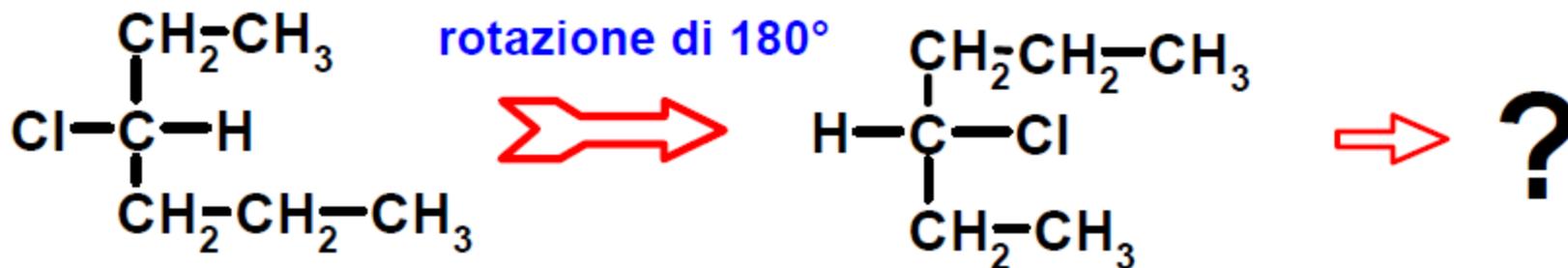
# La nomenclatura D,L non si può usare:

1. Se non c'è una funzione più ossidata da mettere in alto

esempio



si può sempre scrivere la forma proiettiva



lo STESSO enantiomero ha il Cl a sinistra e a destra, perché non c'è un'estremità più ossidata da mettere in alto

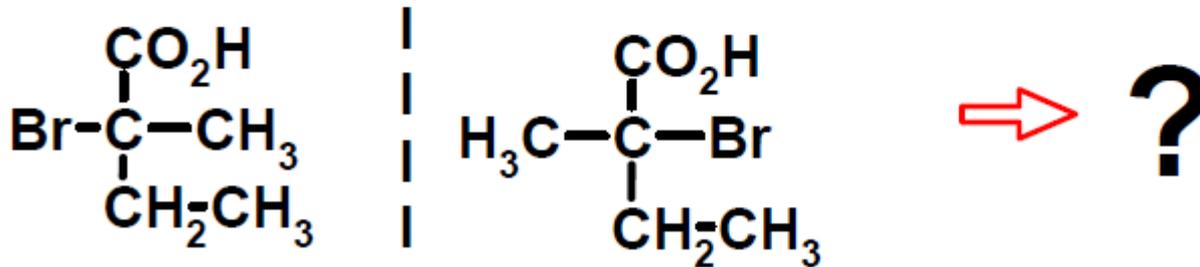
# La nomenclatura D,L non si può usare:

## 2. Se non c'è un atomo di H legato al C chirale

esempio

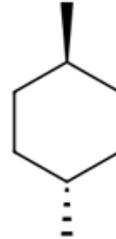
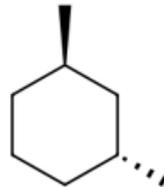
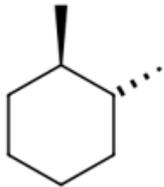
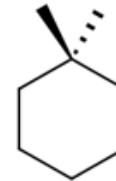
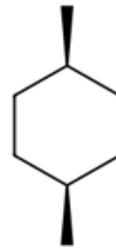
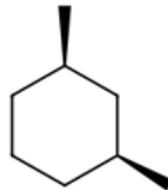
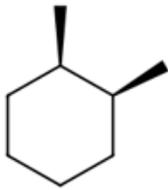


si può sempre scrivere la forma proiettiva

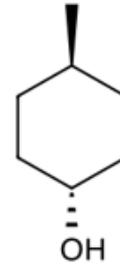
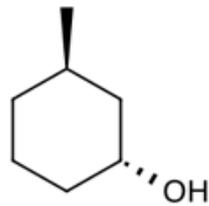
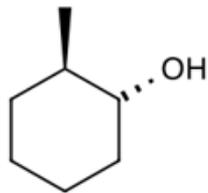
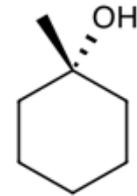
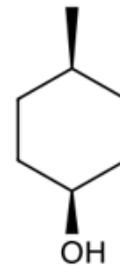
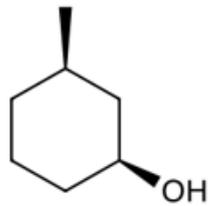
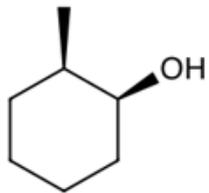


## 3. Con molecole molto complesse, cicliche, policicliche, etc (es colesterolo...)

# Chirale o achirale?

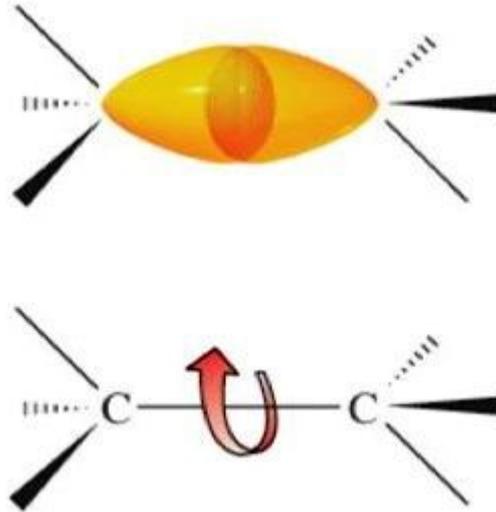


# Chirale o achirale?



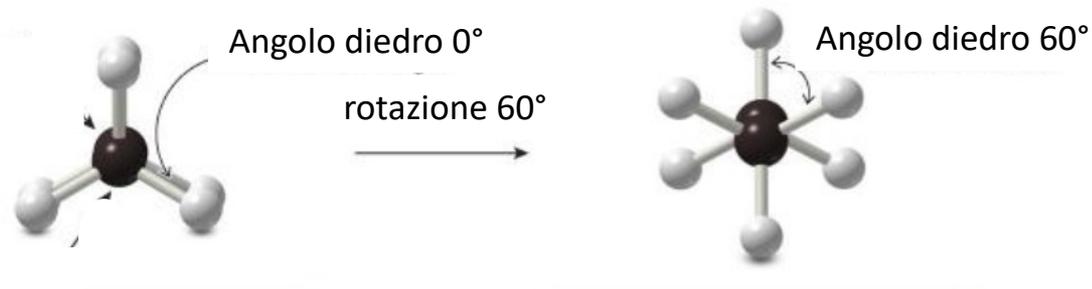
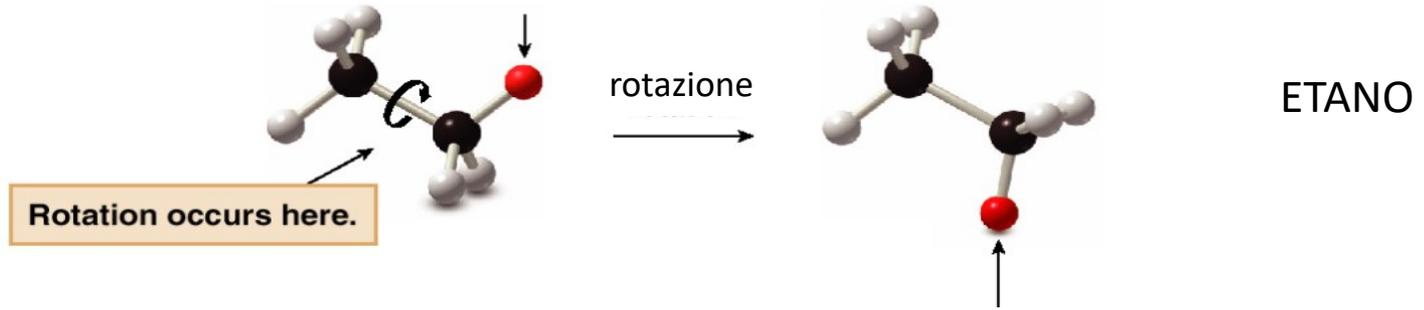
# Conformazioni

Le **conformazioni** sono arrangiamenti diversi di atomi che interconvertono per rotazione attorno a un legame singolo.



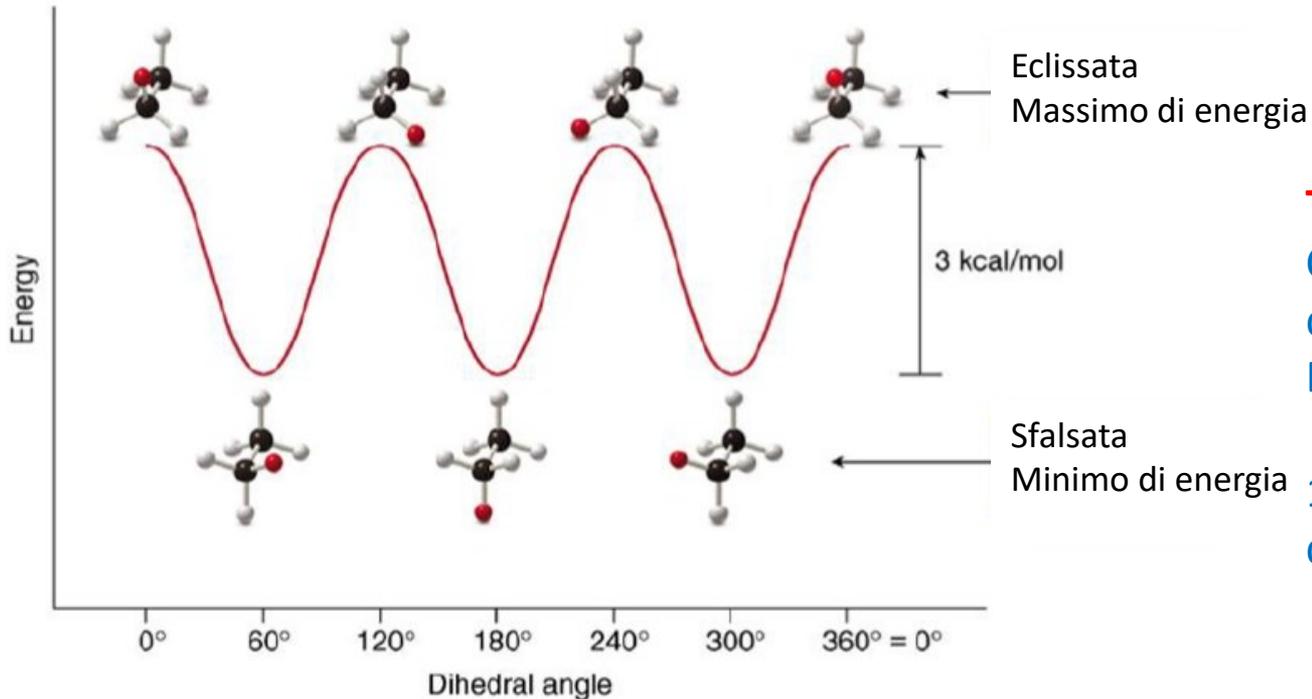
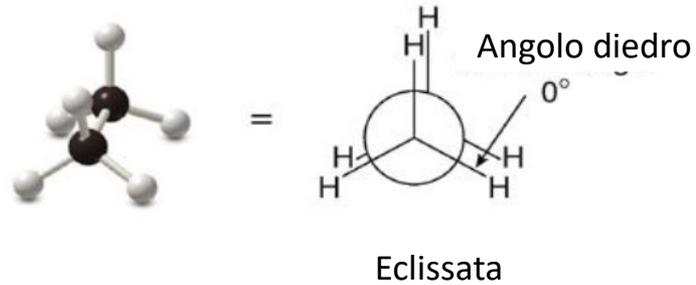
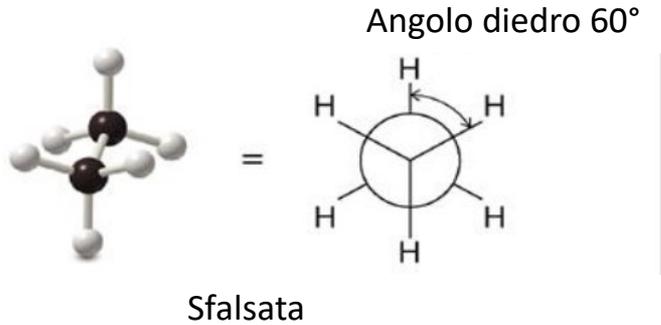
ORBITALE  $\sigma$  SIMMETRIA CILINDRICA: LIBERTA' DI ROTAZIONE

# Conformazioni dell'etano



# Conformazioni dell'etano

Proiezioni di Newman

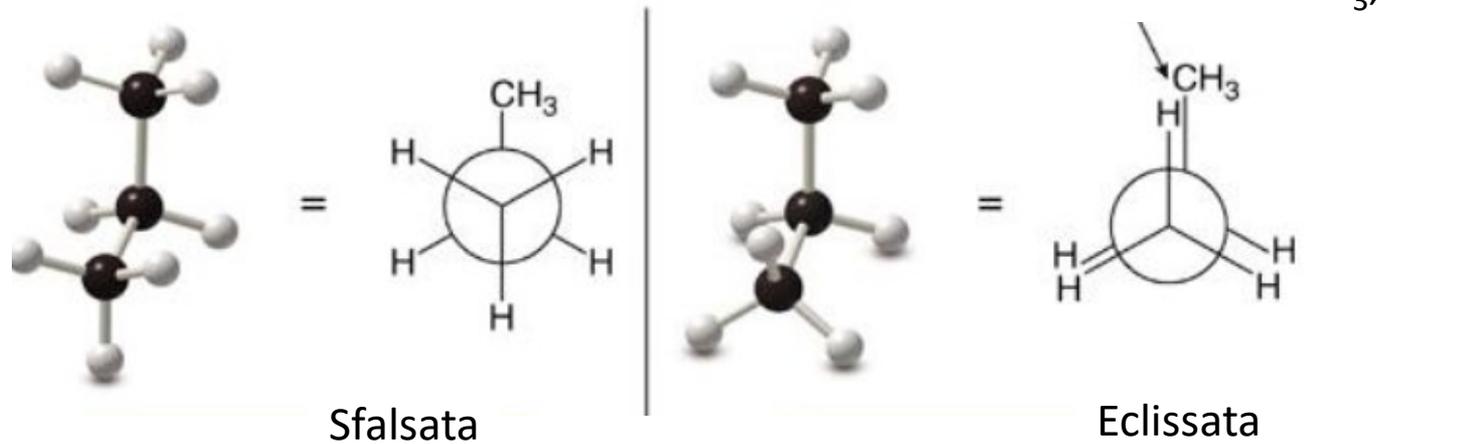


**TENSIONE TORSIONALE**

Contributo repulsivo  
dovuto all'eclissamento  
Dei legami C-H

1Kcal/mol per ogni coppia  
di legami C-H

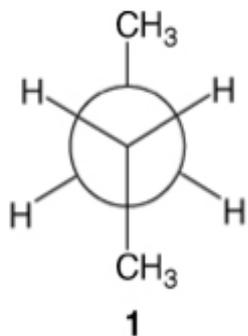
# Conformazioni del propano



## TENSIONE TORSIONALE

Contributo repulsivo complessivo 3.2 Kcal/mol

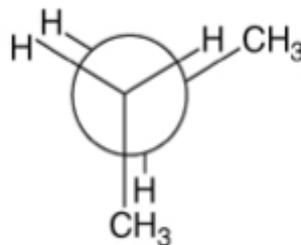
# Conformazioni del butano



1

Sfalsata ANTI

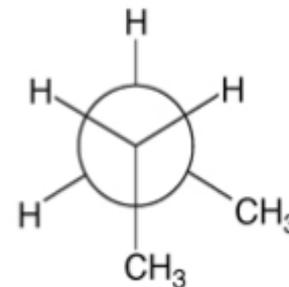
rotazione 60°



2

Eclissata

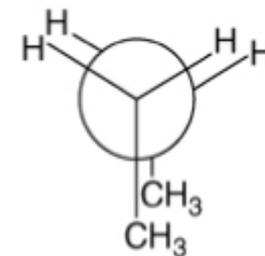
rotazione 60°



3

Sfalsata gauche

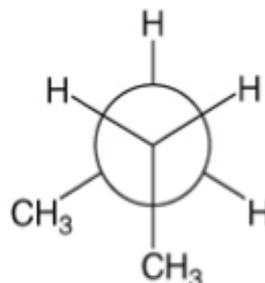
60°



4

Eclissata SIN

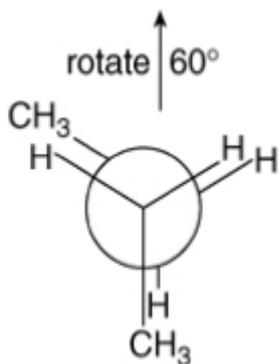
rotazione 60°



5

Sfalsata gauche

rotazione 60°

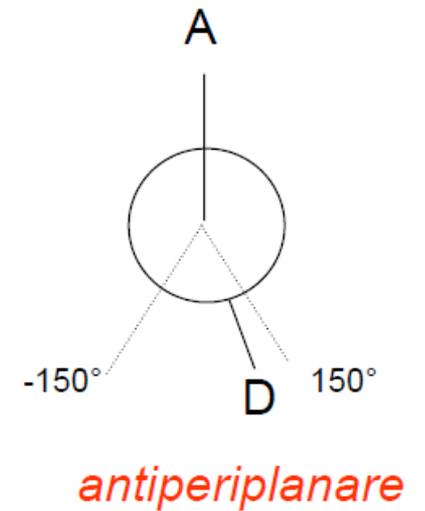
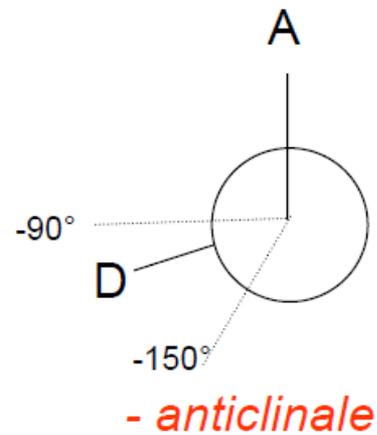
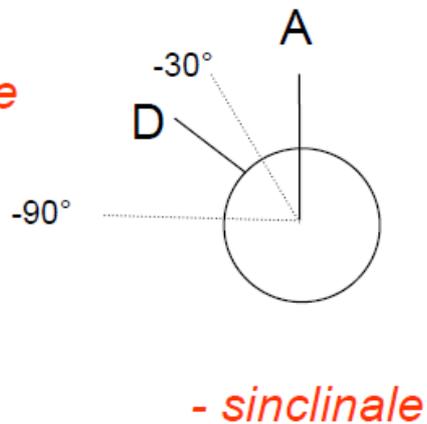
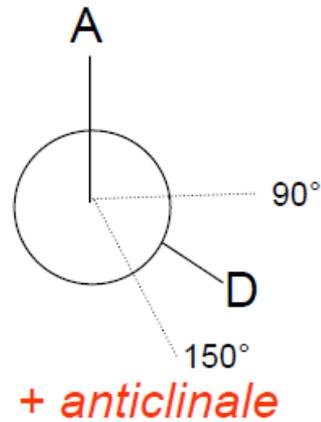
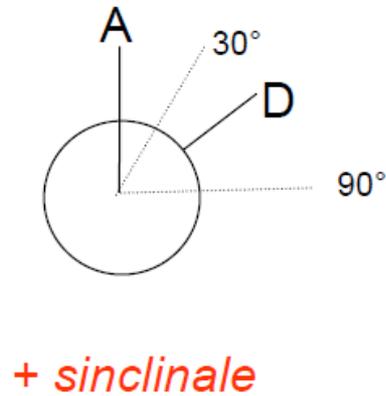
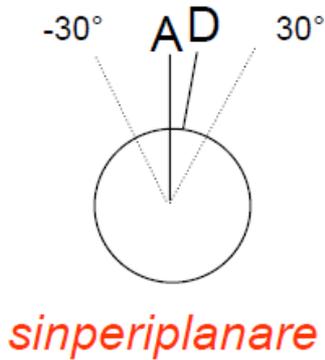


6

Eclissata

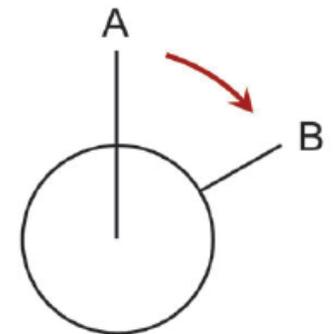
rotate 60°

# Nomenclatura di Klyne-Prelog



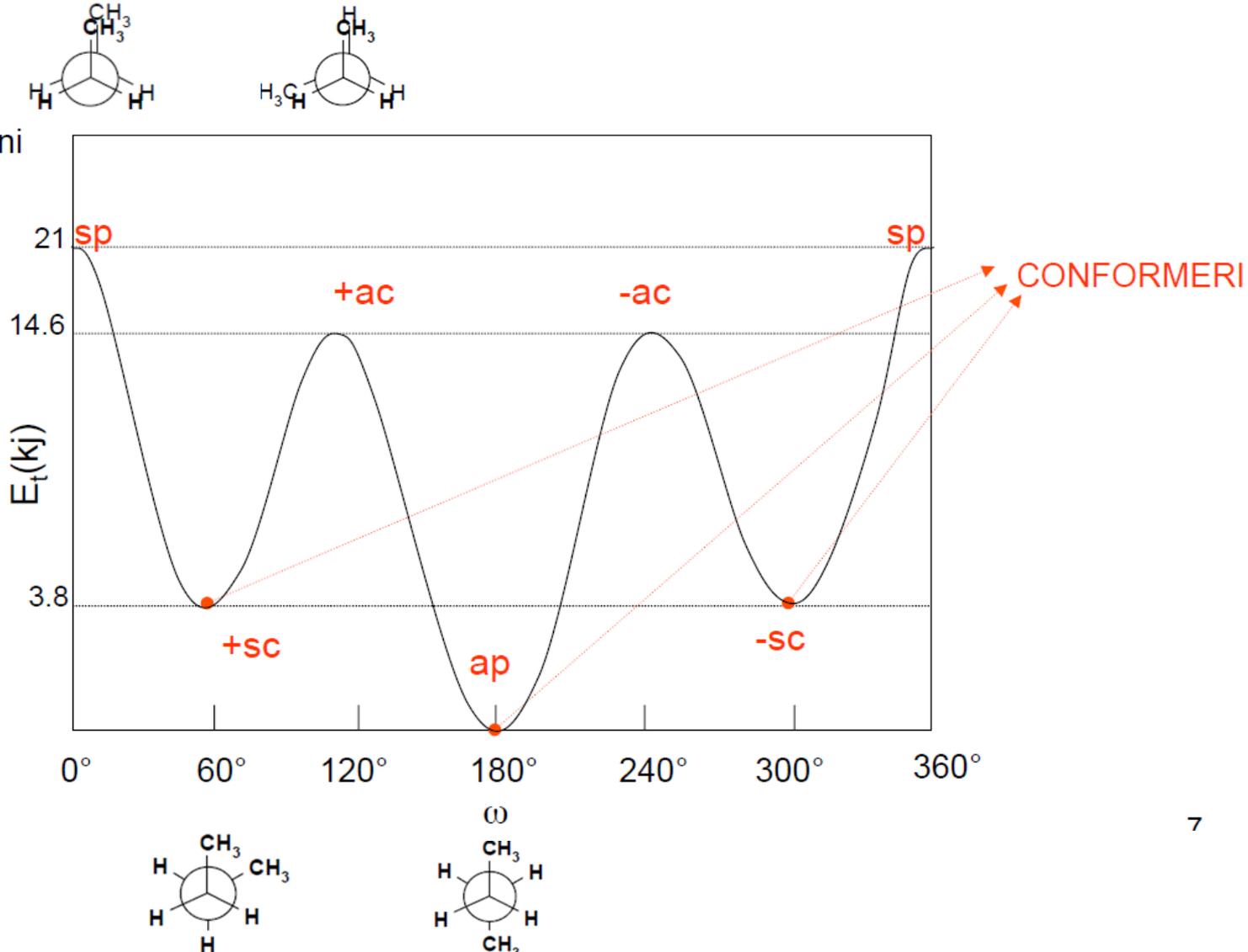
# Nomenclatura di Klyne-Prelog

Torsion angle $\tau$	Designation	Abbreviation
$0^\circ \pm 30^\circ$	$\pm$ <i>synperiplanar</i>	$\pm sp$
$+30^\circ$ to $+90^\circ$	$+$ <i>synclinal</i>	$+sc$
$+90^\circ$ to $+150^\circ$	$+$ <i>anticlinal</i>	$+ac$
$+150^\circ$ to $+180^\circ$	$+$ <i>antiperiplanar</i>	$+ap$
$-30^\circ$ to $-90^\circ$	$-$ <i>synclinal</i>	$-sc$
$-90^\circ$ to $-150^\circ$	$-$ <i>anticlinal</i>	$-ac$
$-150^\circ$ to $-180^\circ$	$-$ <i>antiperiplanar</i>	$-ap$

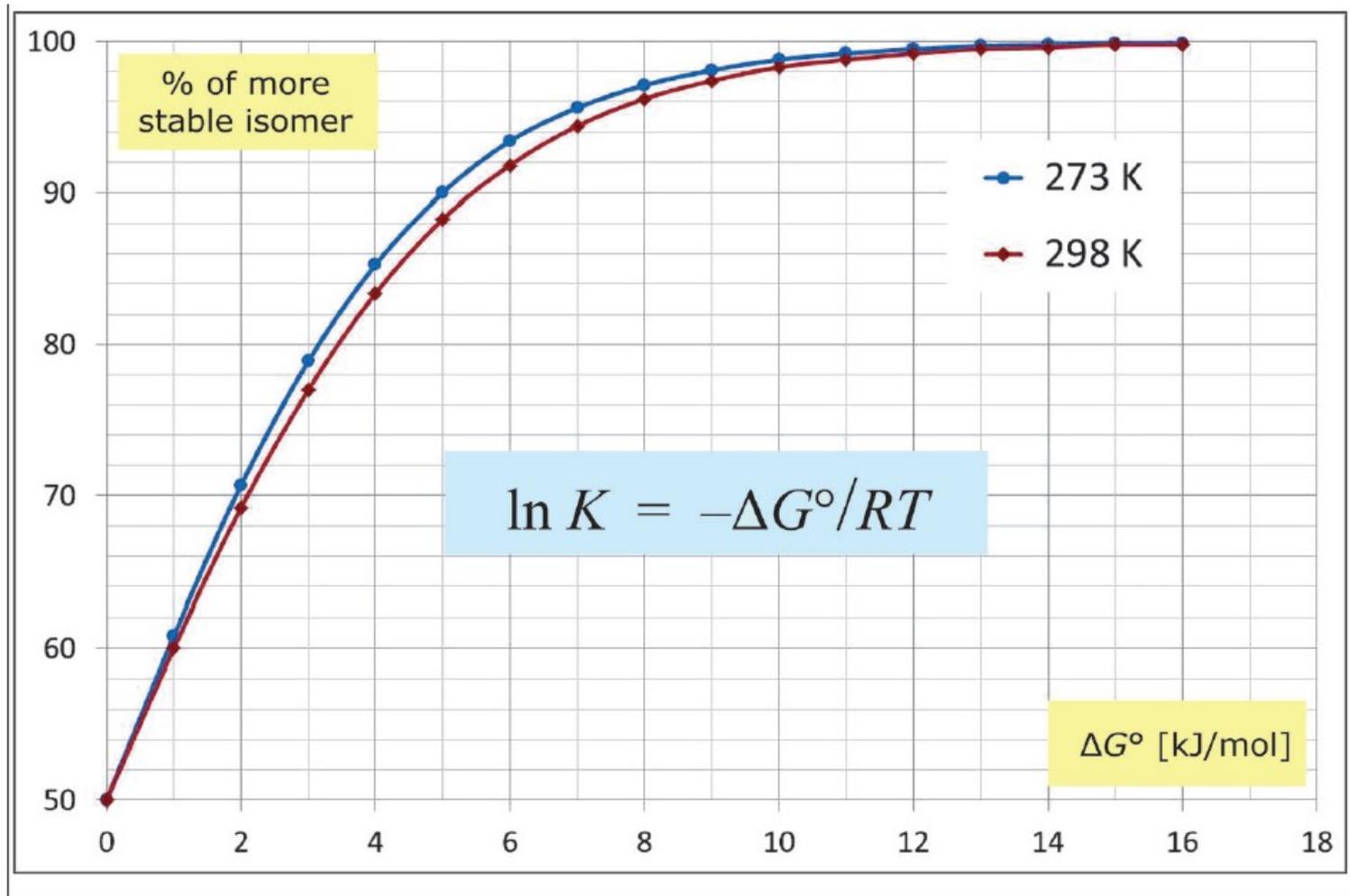


# Energie conformazionali

Insieme  
delle conformazioni



# Aspetti termodinamici



Ad un  $\Delta G^\circ$  fra due conformeri di circa 10 kJ/mol a 25°C corrisponde una composizione di equilibrio di circa 98:2.

# Contributi energetici

## TENSIONE TORSIONALE

Contributo repulsivo dovuto all'eclissamento dei legami

## TENSIONE STERICA

Contributo dovuto alla compenetrazione delle sfere di Van der Waals

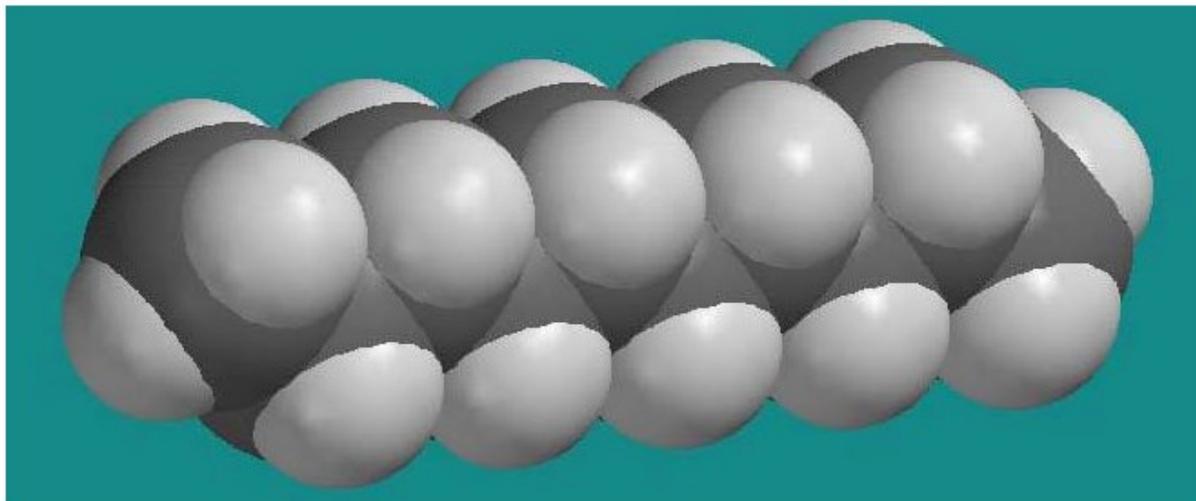
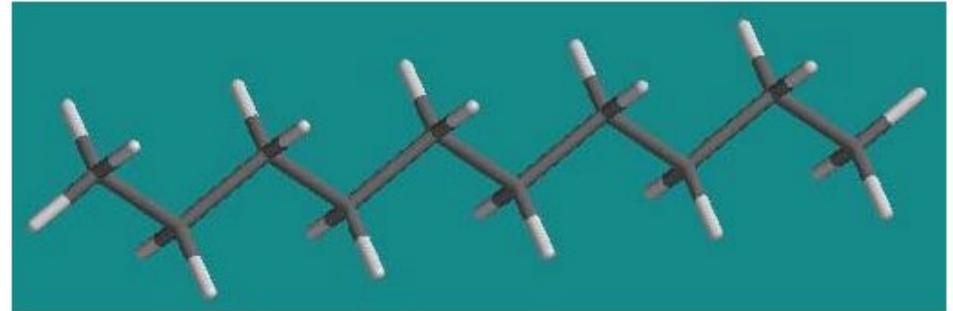
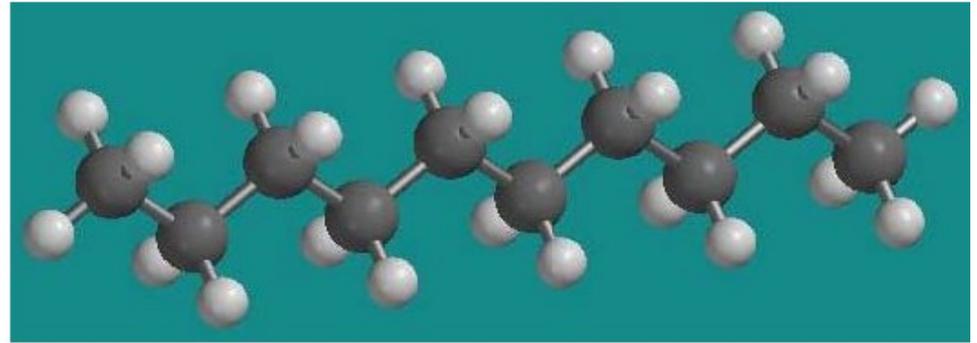
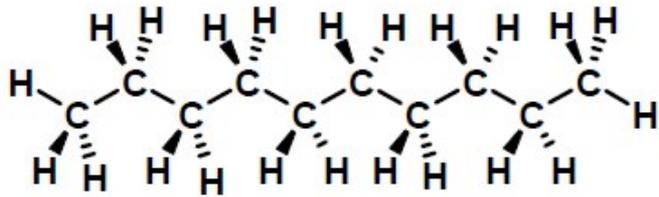
Le conformazioni sfalsate GAUCHE hanno un'energia maggiore delle sfalsate ANTI a causa dell'interazione sterica fra gruppi  $\text{CH}_3$

TIPO DI INTERAZIONE	DESTABILIZZAZIONE (Kcal/mol)
Eclissamento H,H	1.0
Eclissamento $\text{CH}_3$ , H	1.5
Eclissamento $\text{CH}_3$ , $\text{CH}_3$	4.0
Gruppi $\text{CH}_3$ Gauche	0.9

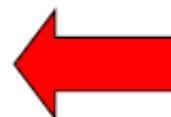
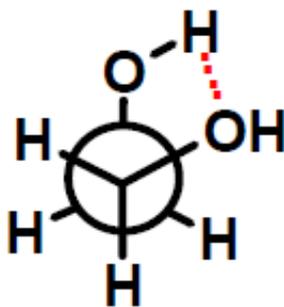
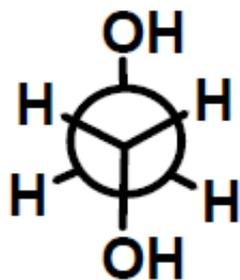
# Decano



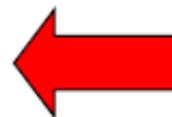
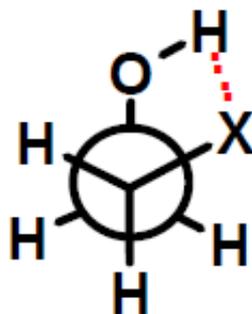
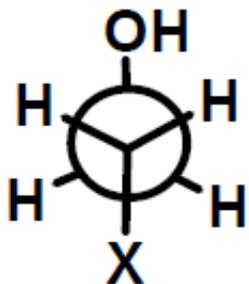
La conformazione più stabile di un alcano è con tutti i legami C-C sfalsati



# Legami ad idrogeno e conformazioni



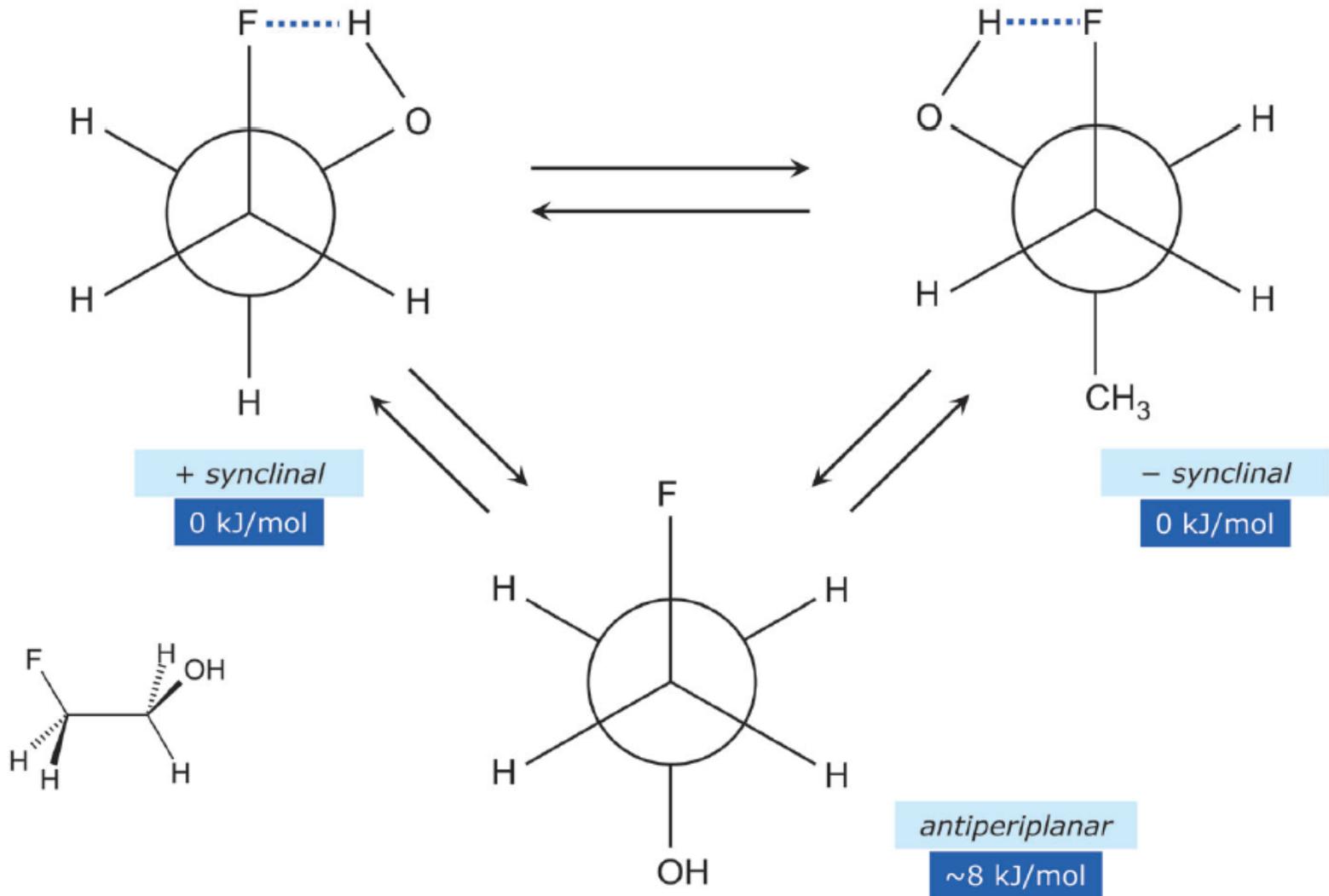
*più stabile della anti*



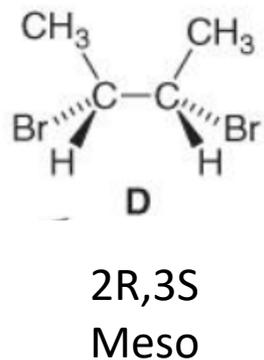
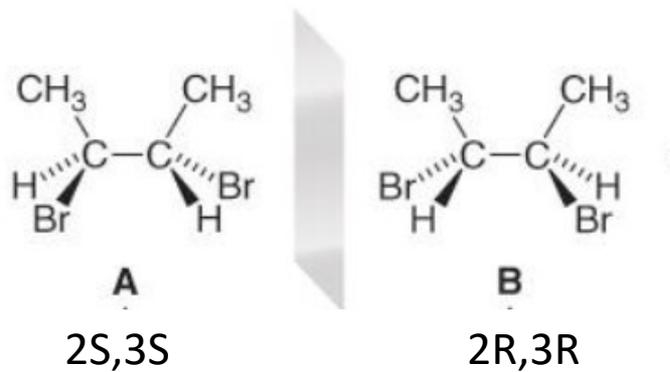
*più stabile della anti*

X = OH, NH<sub>2</sub>, alogeni, OCH<sub>3</sub>, NHCH<sub>3</sub>, N(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, ecc.

# Energie conformazionali nel 2-fluoroetanolo

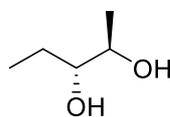
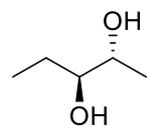
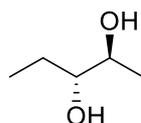
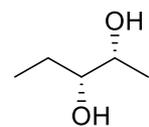
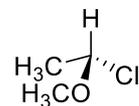
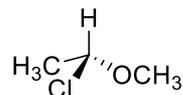
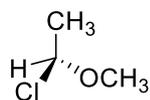
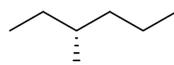
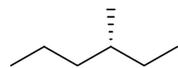
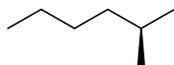
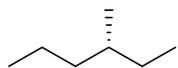


## Conformazioni degli stereoisomeri del 2,3-dibromobutano



Scrivere tutte le formule a cavalletto, a zig-zag e le proiezioni di Newman

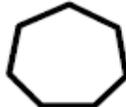
# Isomeri



# Conformazioni dei cicloalcani

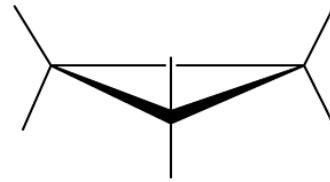
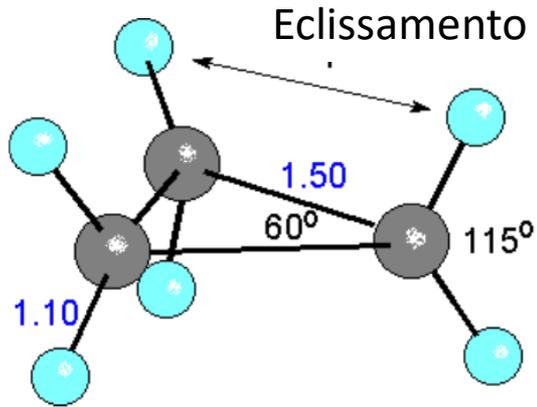
# Tensione angolare e tensione d'anello

**Tensione angolare** nei cicloalcani: Destabilizzazione dovuta a deviazioni degli angoli di legame rispetto al valore di  $109.5^\circ$ . Misurata con i calori di combustione.

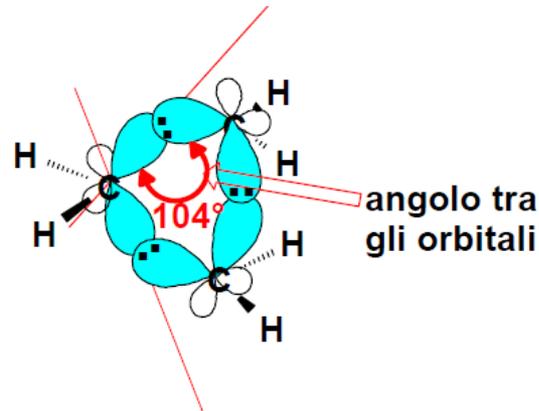
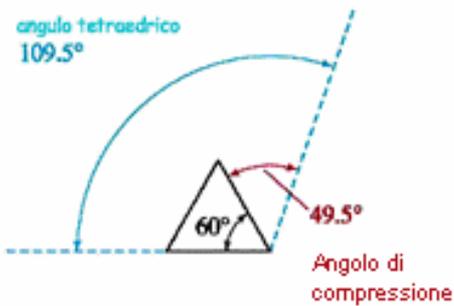
n°C	Cicloalcano	tensione angolare kcal/mole	n°C	Cicloalcano	tensione angolare kcal/mole
3		27.6	8		10.0
4		26.3	9		12.9
5		6.5	10		12.0
6		0	15		1.5
7		6.4			

**Tensione d'anello:** tensione angolare + tensione torsionale  
+ tensione sterica

# Ciclopropano



Tensione torsionale:  
Tutti i legami C-H dalla stessa parte del piano sono eclissati

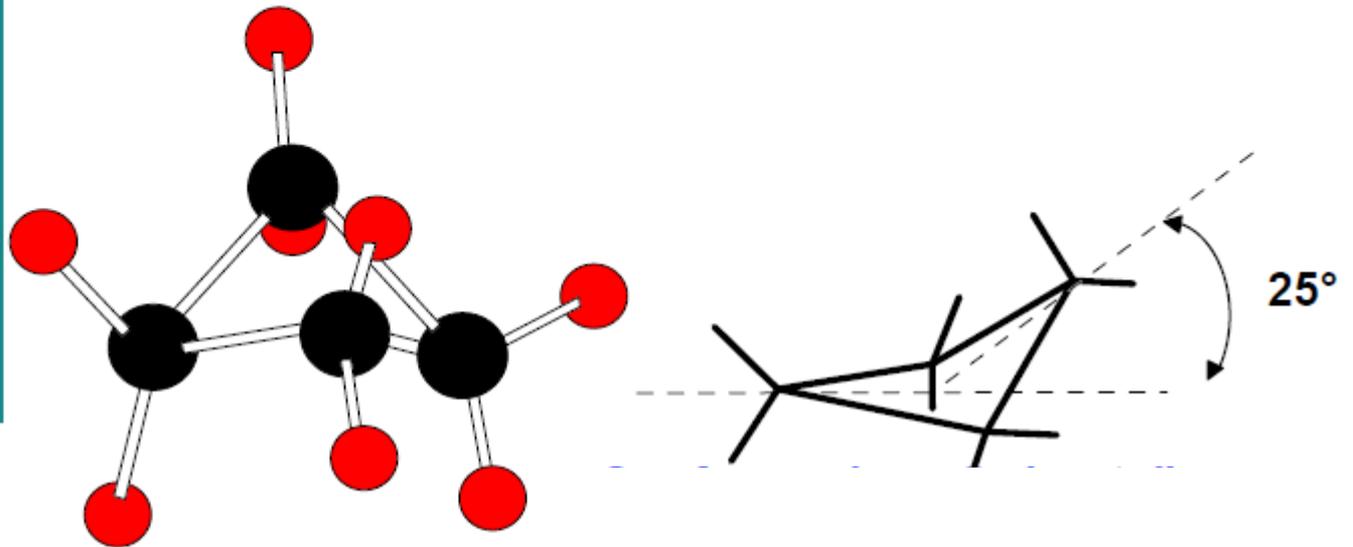
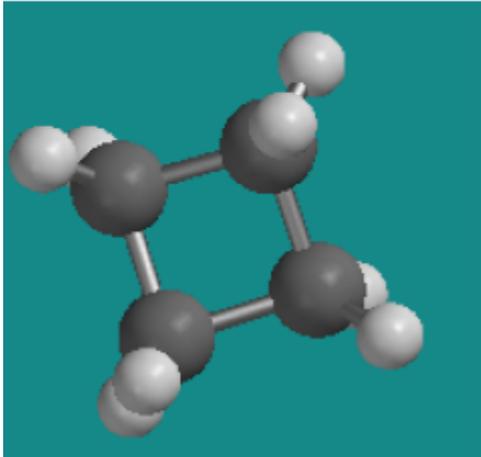


Tensione angolare: Angoli interni di 60°, forte deviazione rispetto al valore ottimale

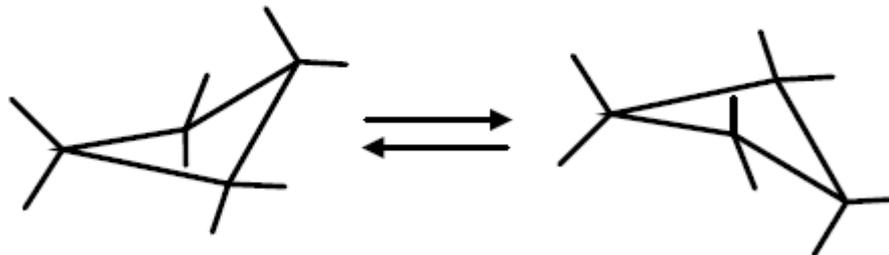
# Ciclobutano

Conformazione puckered (piegata) riduce la tensione torsionale

Questa conformazione ha angoli di  $88^\circ$ , ma non ha gli H eclissati.



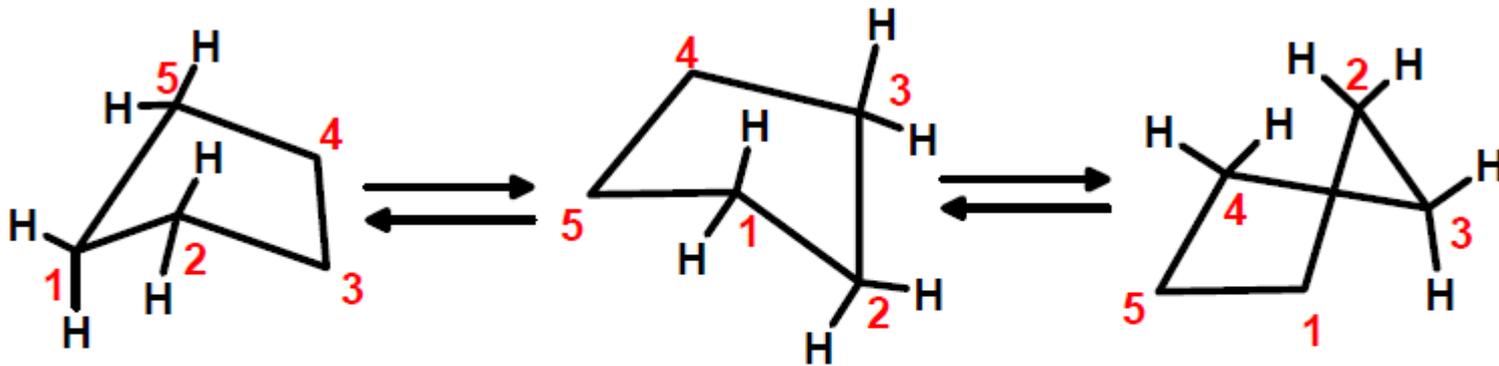
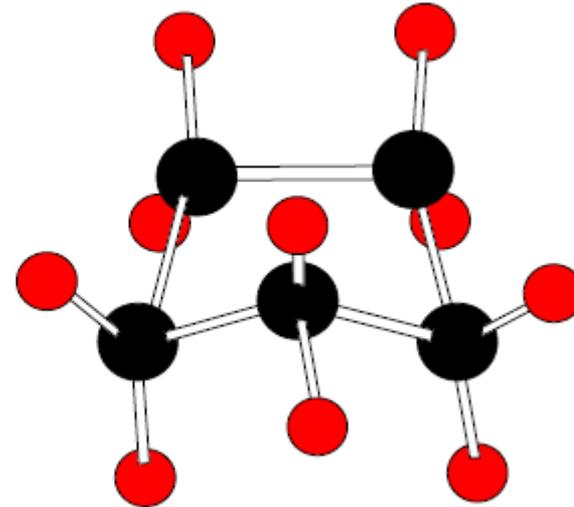
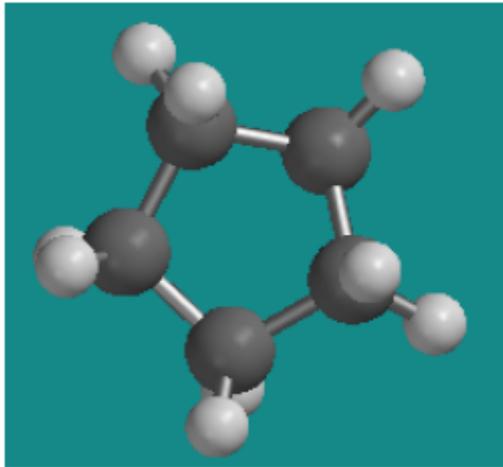
equilibrio  
conformazionale:

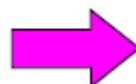


# Ciclopentano

Angoli di  $108^\circ$ : minima tensione angolare

Conformazione envelope (busta) riduce la tensione torsionale



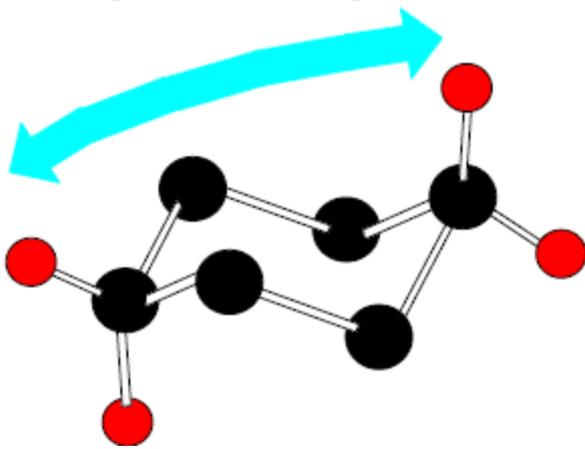
 equilibri conformazionali

# Cicloesano

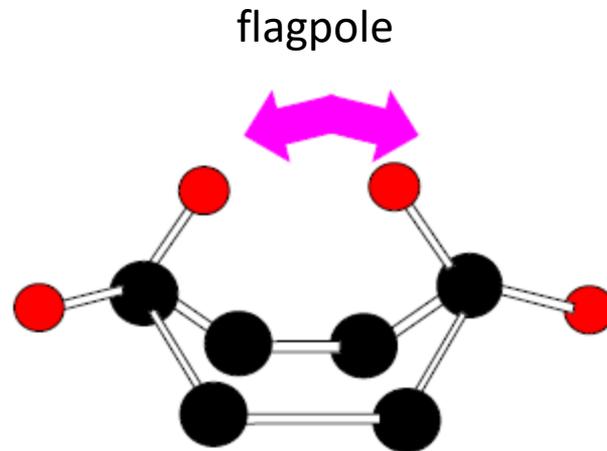
Angoli di  $109.5^\circ$ : no tensione angolare

La conformazioni a sedia annulla la tensione torsionale

Nella conformazione barca vi è un'interazione sterica fra gli idrogeni flagpole

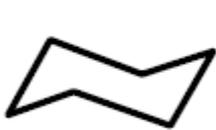
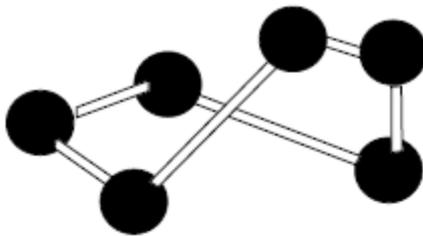


SEDIA

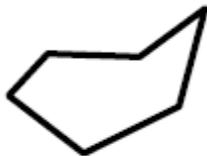
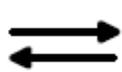


BARCA

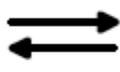
# Conformazioni del cicloesano



**sedia**



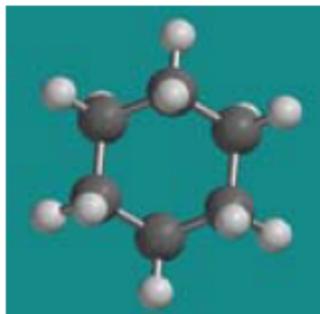
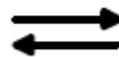
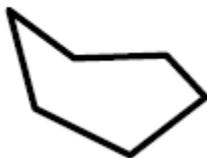
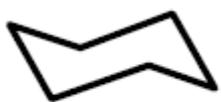
**semisedia**



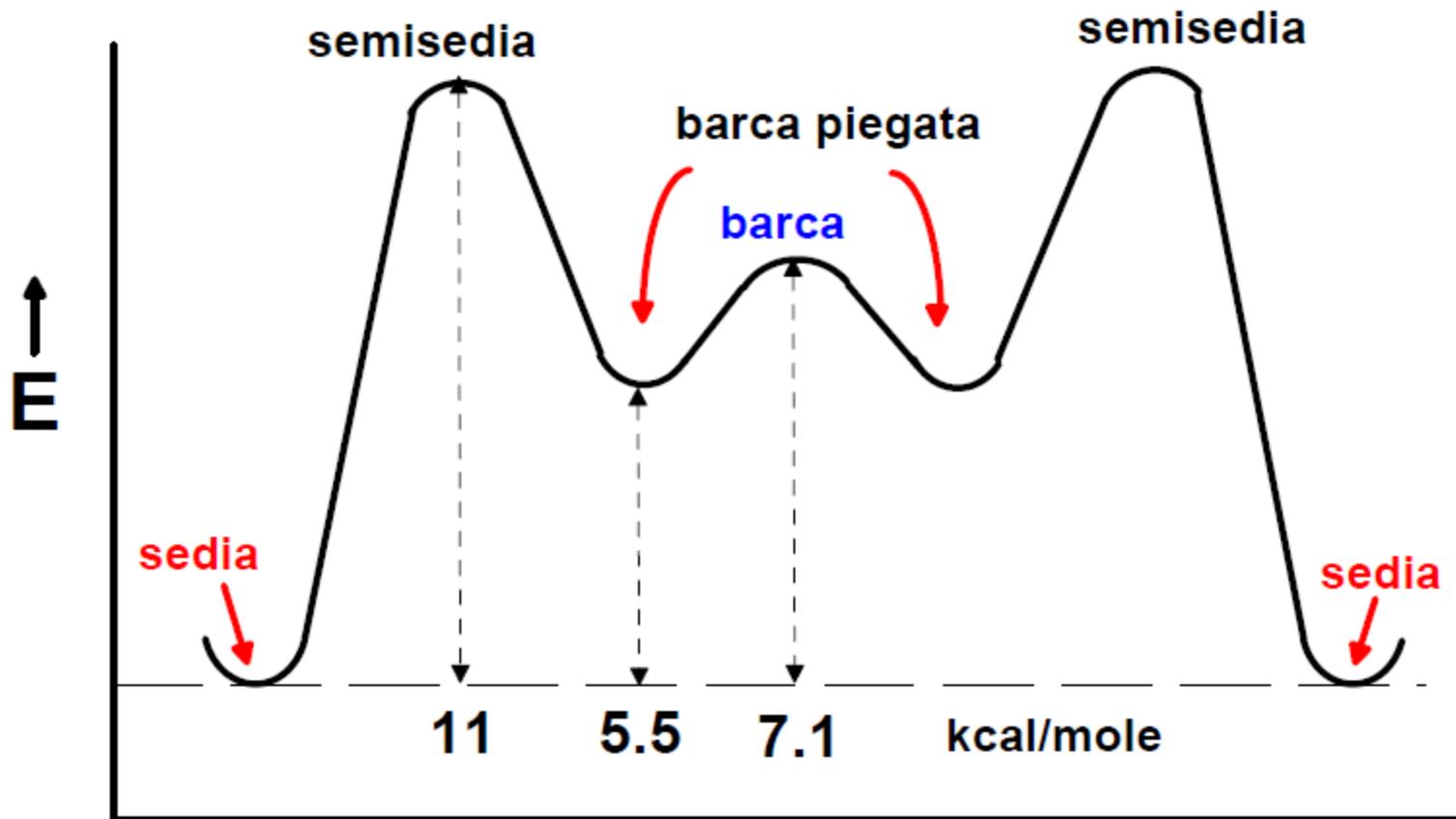
**barca piegata**



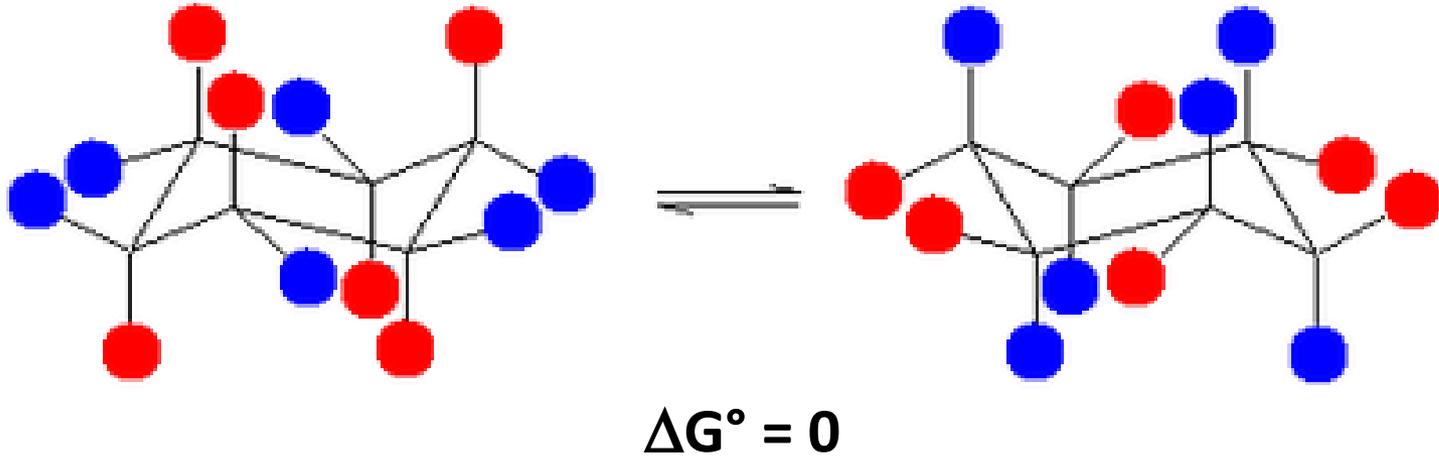
**barca**



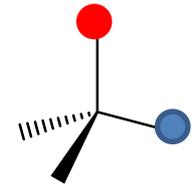
# Energie conformazionali del cicloesano



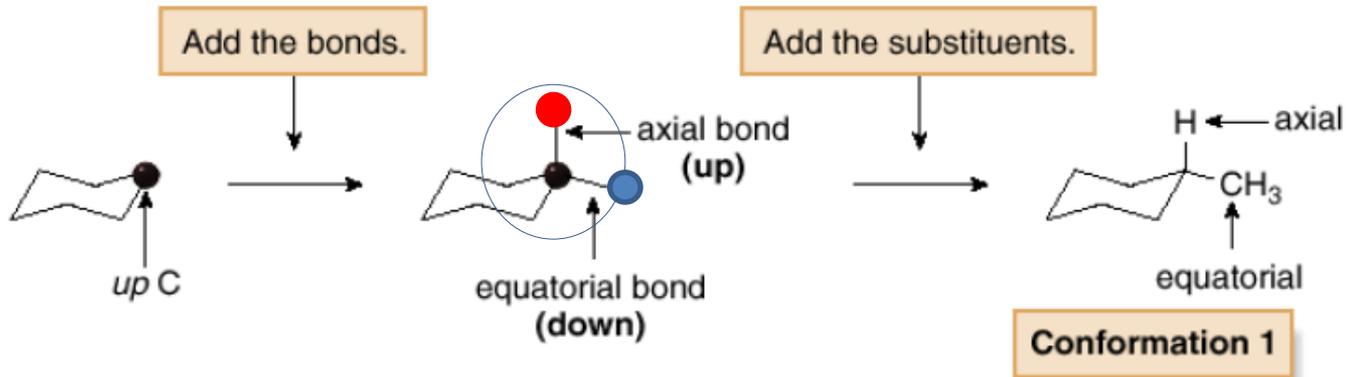
# Inversione della sedia



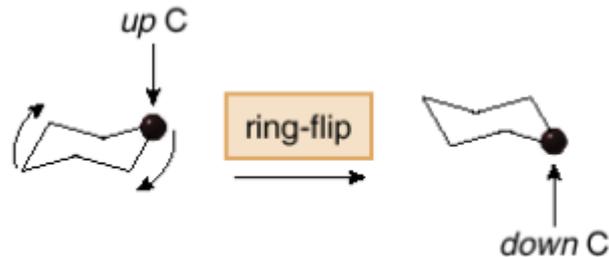
# Inversione del cicloesano



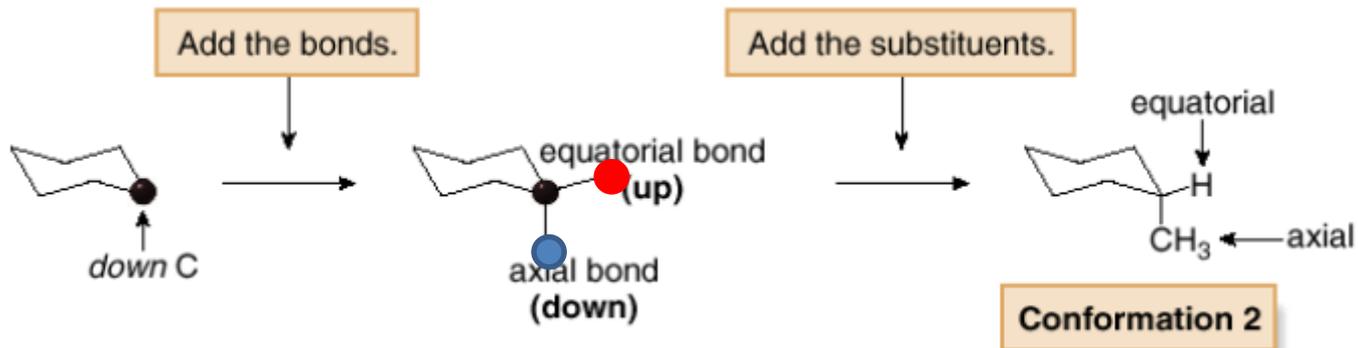
1.



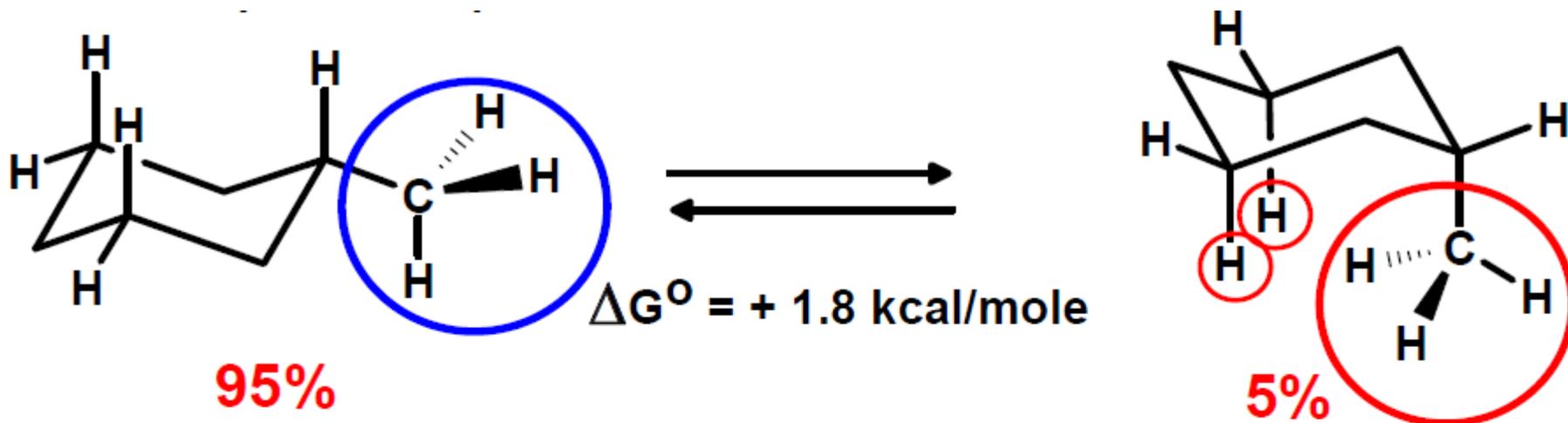
2.



3.



# Energie conformazionali di gruppo

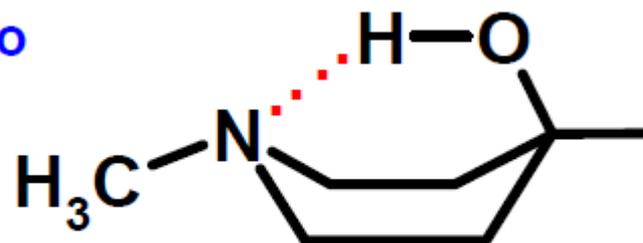


Sostituente	$\Delta G^\circ$ kcal/mole	Sostituente	$\Delta G^\circ$ kcal/mole
-F	0.24-0.28	-C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	2.9
-Cl	0.53	-CN	0.15-0.25
-Br	0.48	-OCOCH <sub>3</sub>	0.71
-I	0.47	-CO <sub>2</sub> H	1.35
-CH <sub>3</sub>	1.8	-CO <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	1.1-1.2
-CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	1.8	-OH (solventi aprotici)	0.52
-CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	2.1	-OH (solventi protici)	0.87
-C(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	>4.5	-OCH <sub>3</sub>	0.60
-CH=CH <sub>2</sub>	1.7	-NO <sub>2</sub>	1.16

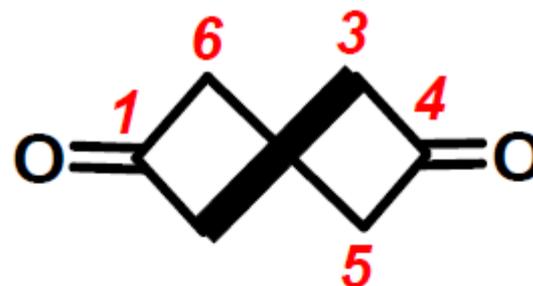
# Altre conformazioni del cicloesano



La formazione di legame idrogeno intramolecolare può favorire la conformazione a barca



Effetti elettronici possono favorire la conformazione a barca piegata



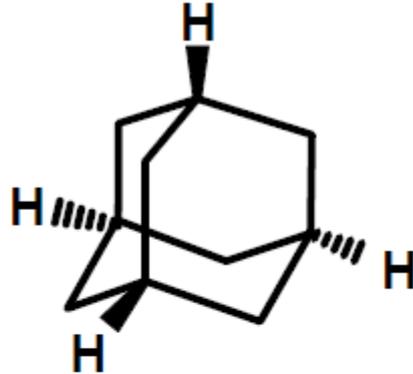
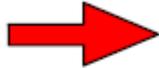
gli elettroni p dei due O sono il più lontano possibile (interazione elettrostatica repulsiva)

# Altre conformazioni del cicloesano



Caratteristiche strutturali possono costringere le molecole ad esistere in una sola conformazione:

a sedia



adamantano

a barca



canfora  
7,7-dimetilbicyclo[2.2.1]eptan-2-one



pentaasterano

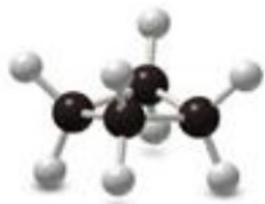
a twist



twistano



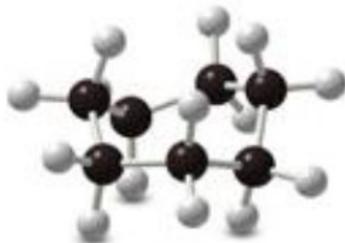
Strutture tridimensionali  
di alcuni cicloalcani



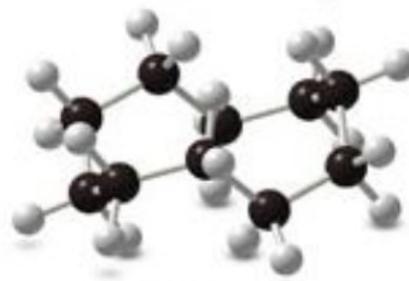
Ciclopropano



Ciclopentano

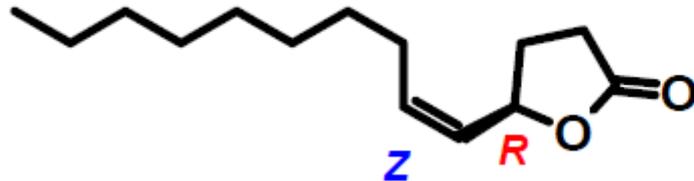


Cicloeptano



Ciclodecano

## Stereoisomeria in natura



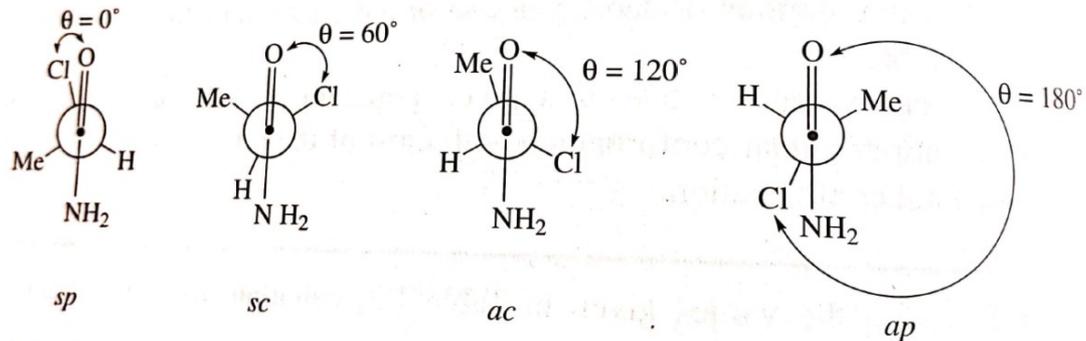
feromone del coleottero giapponese  
*Popilia Japonica*

isomero Z: bastano 25  $\mu\text{g}$  per catturare migliaia di coleotteri

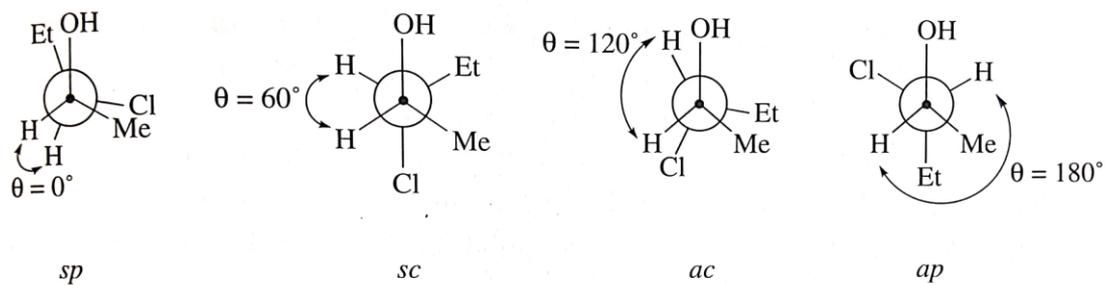
isomero E: solo 10% attività

enantiomero S: **inefficace** nell'attrazione dei coleotteri

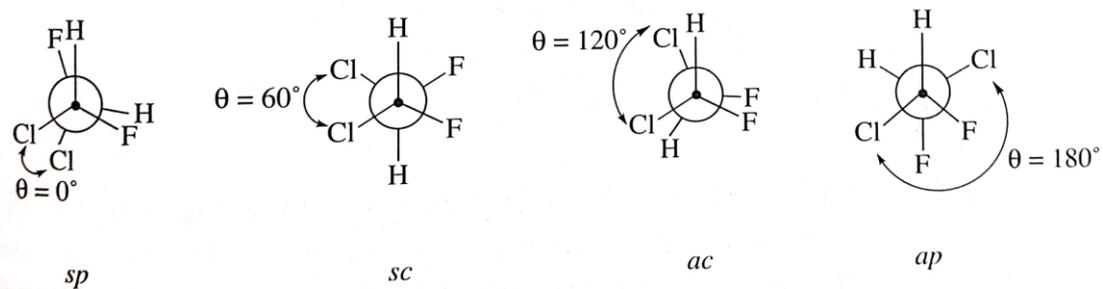
**inibitore** dell'R (**basta 1% S per distruggere  
l'attività del feromone**)



(a) 2-chloropropanamide



(b) 3-chloropentan-2-ol



(c) 1,2-dichloro-1,2-difluoroethane