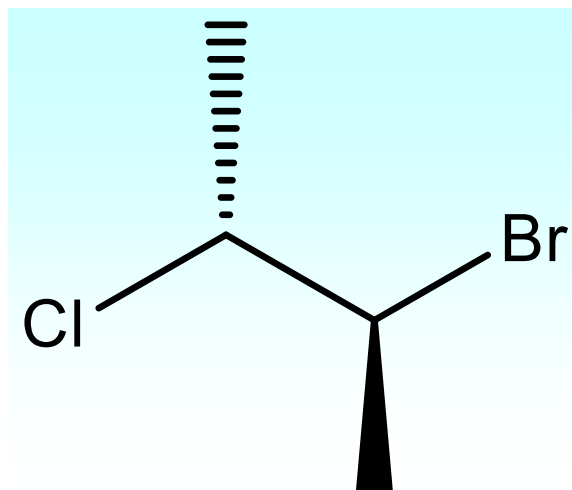


Οπτική ισομέρεια

Διαστερομερή

Παράδειγμα 4.3: Προσδιορίστε τη στερεοδιάταξη («απόλυτη απεικόνιση») της και ονομάστε την παρακάτω ένωση. Στη συνέχεια, σχεδιάστε τα εναντιομερή και διαστερομερή της.



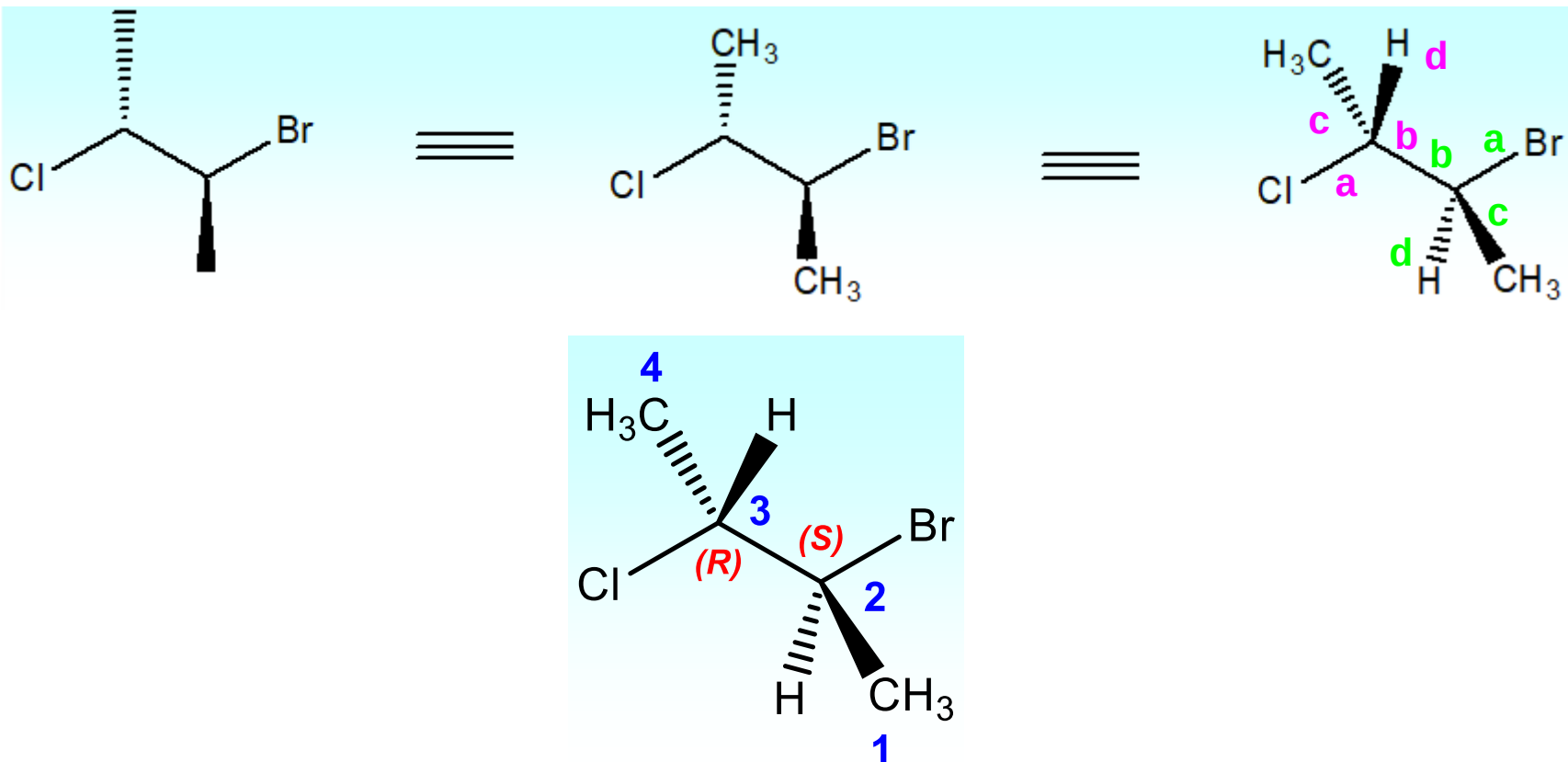
anti - διαστερομερές

Σημείωμα: οι περιγραφείς «*cis*-» και «*trans*-» γενικά δεν χρησιμοποιούνται για τις δομές ανοιχτής αλυσίδας. Αντίθετα, χρησιμοποιούνται οι όροι «*syn*-» και «*anti*-».

Οπτική ισομέρεια

Διαστερεομερή

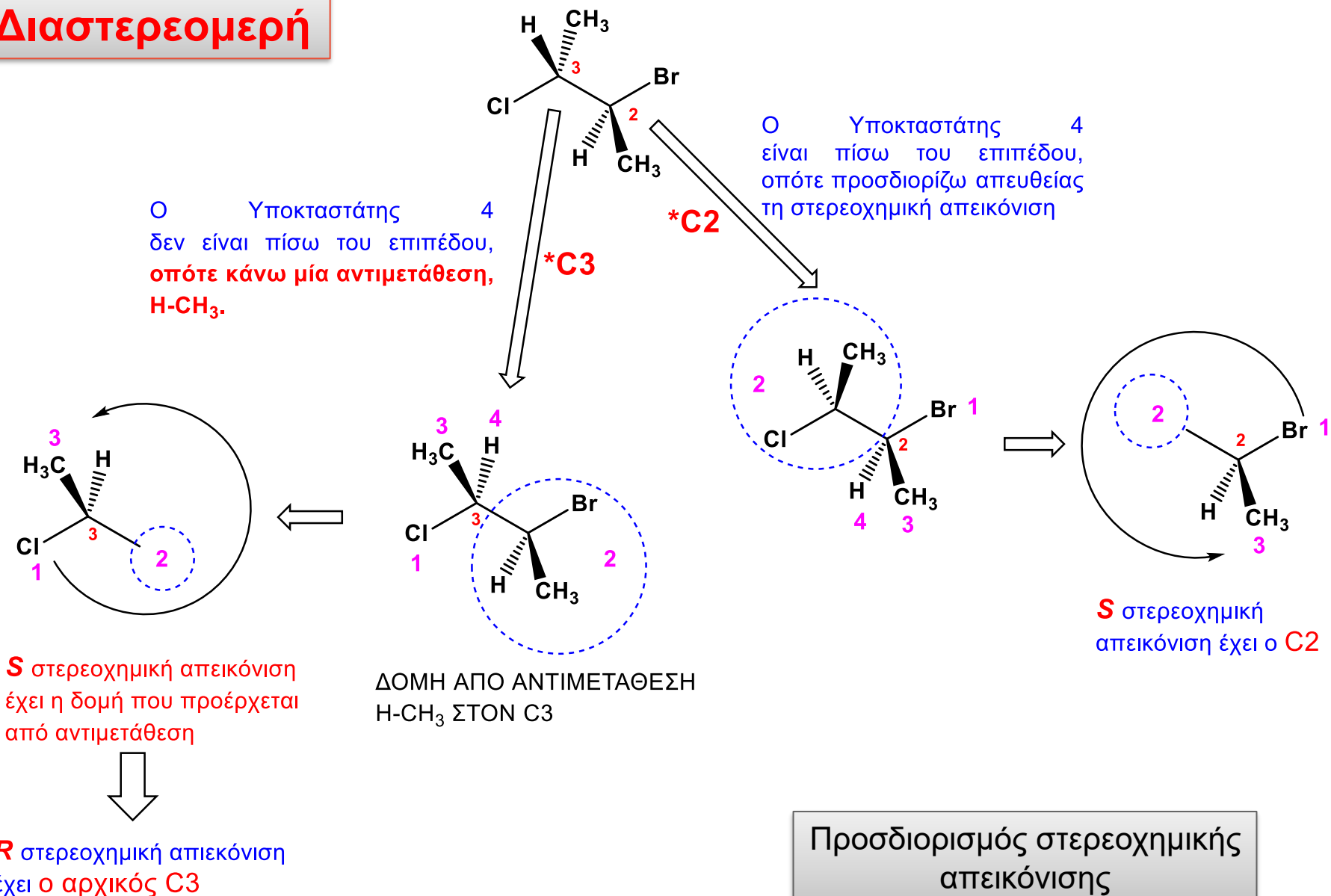
Παράδειγμα 4.3: Προσδιορίστε τη στερεοδιάταξη («απόλυτη απεικόνιση») της και ονομάστε την παρακάτω ένωση. Στη συνέχεια, σχεδιάστε τα εναντιομερή και διαστερομερή της.



(2S,3R)-2-βρωμο-3-χλωροβουτάνιο

Οπτική ισομέρεια

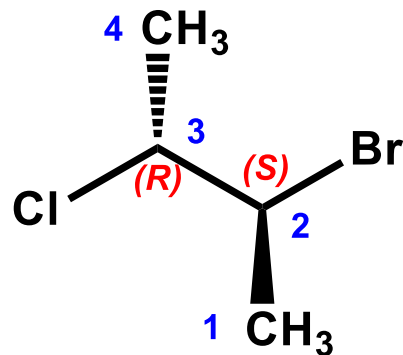
Διαστερομερή



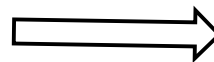
Οπτική ισομέρεια

Διαστερομερή

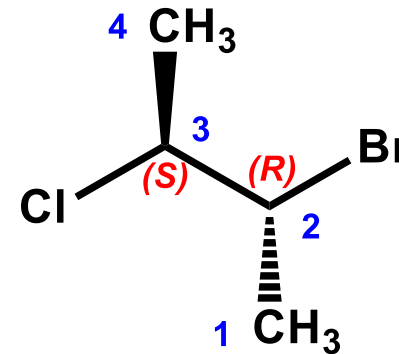
αρχική ένωση



2S - 3R



εναντιομερούς



2R - 3S

ΖΕΥΓΟΣ ΕΝΑΝΤΙΟΜΕΡΩΝ

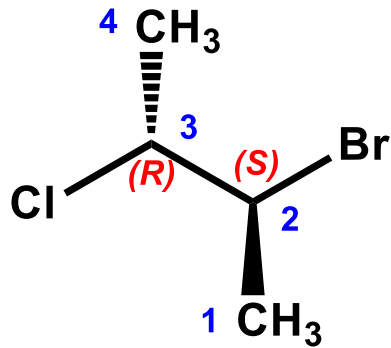
Οπτική ισομέρεια

Διαστερεομερή

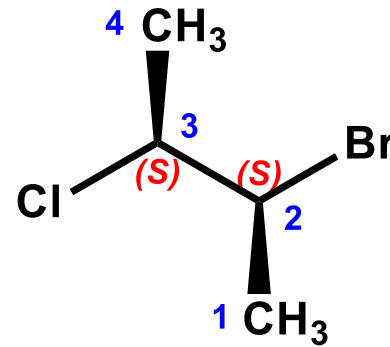
ΔΙΑΣΤΕΡΕΟΜΕΡΗ

(της αρχικής ένωσης)

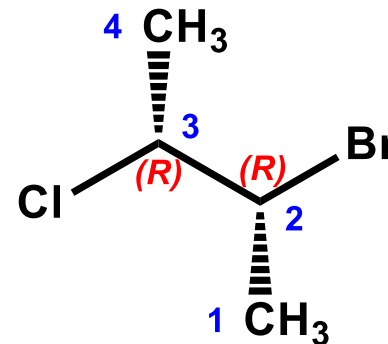
αρχική ένωση



2S - 3R



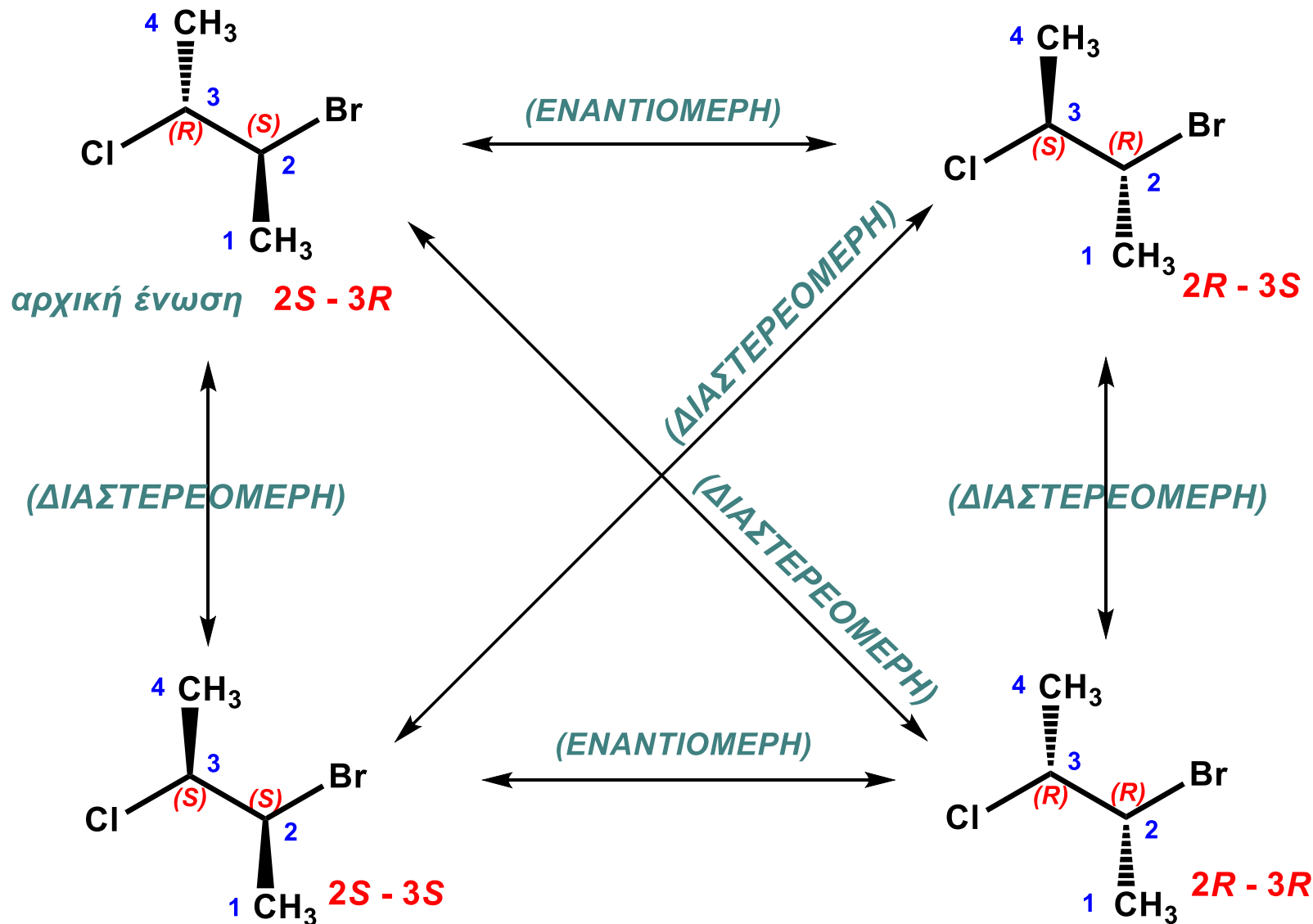
2S - 3S



2R - 3R

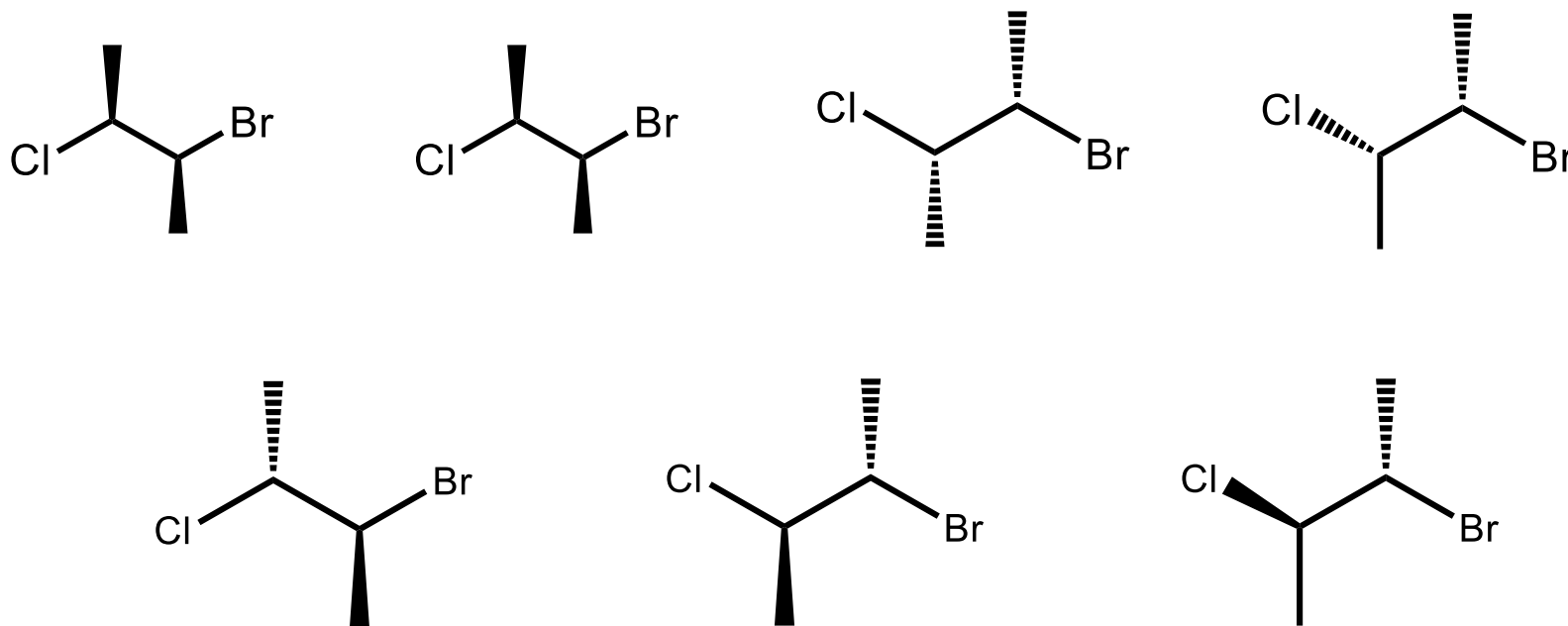
Οπτική ισομέρεια

Διαστερομερή



Οπτική ισομέρεια

Άσκηση 4.3: Ποια είναι η στερεοχημική σχέση των παρακάτω δομών;

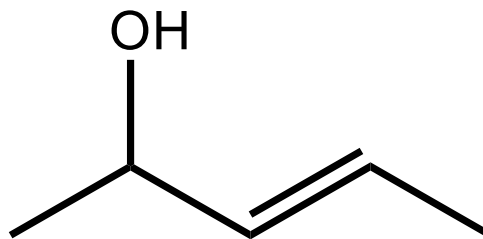


Υπόδειξη:

1. Μετατρέψτε τις σκελετικές δομές (ώστε να είναι εμφανείς οι ομάδες και όλα τα άτομα υδρογόνου)
2. Προσδιορίστε τη στερεοδιάταξη των ασύμμετρων ατόμων άνθρακα
3. Συγκρίνετε

Οπτική ισομέρεια

Παράδειγμα 4.4: Σχεδιάστε όλα τα πιθανά στερεοϊσομερή για την πεντ-3-εν-2-όλη. Προσδιορίστε τη στερεοαπεικόνιση για κάθε από αυτά και τη στερεοχημική σχέση μεταξύ τους.

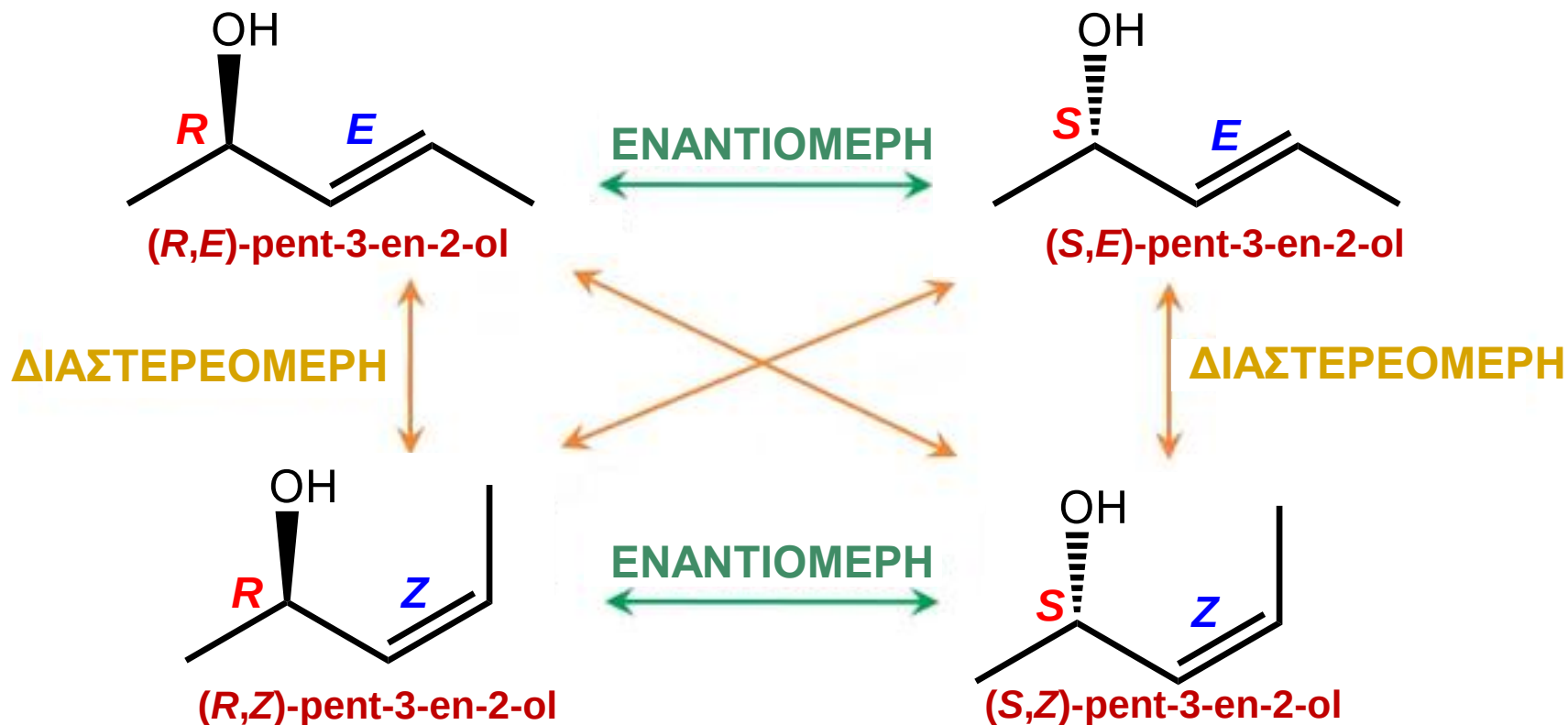


Προσοχή:

Τα *cis(Z)/trans(E)* αλκένια είναι επίσης διαστερομερή (γεωμετρικά).

Οπτική ισομέρεια

Παράδειγμα 4.4: Σχεδιάστε όλα τα πιθανά στερεοϊσομερή για την πεντ-3-εν-2-όλη. Προσδιορίστε τη στερεοαπεικόνιση για κάθε από αυτά και τη στερεοχημική σχέση μεταξύ τους.



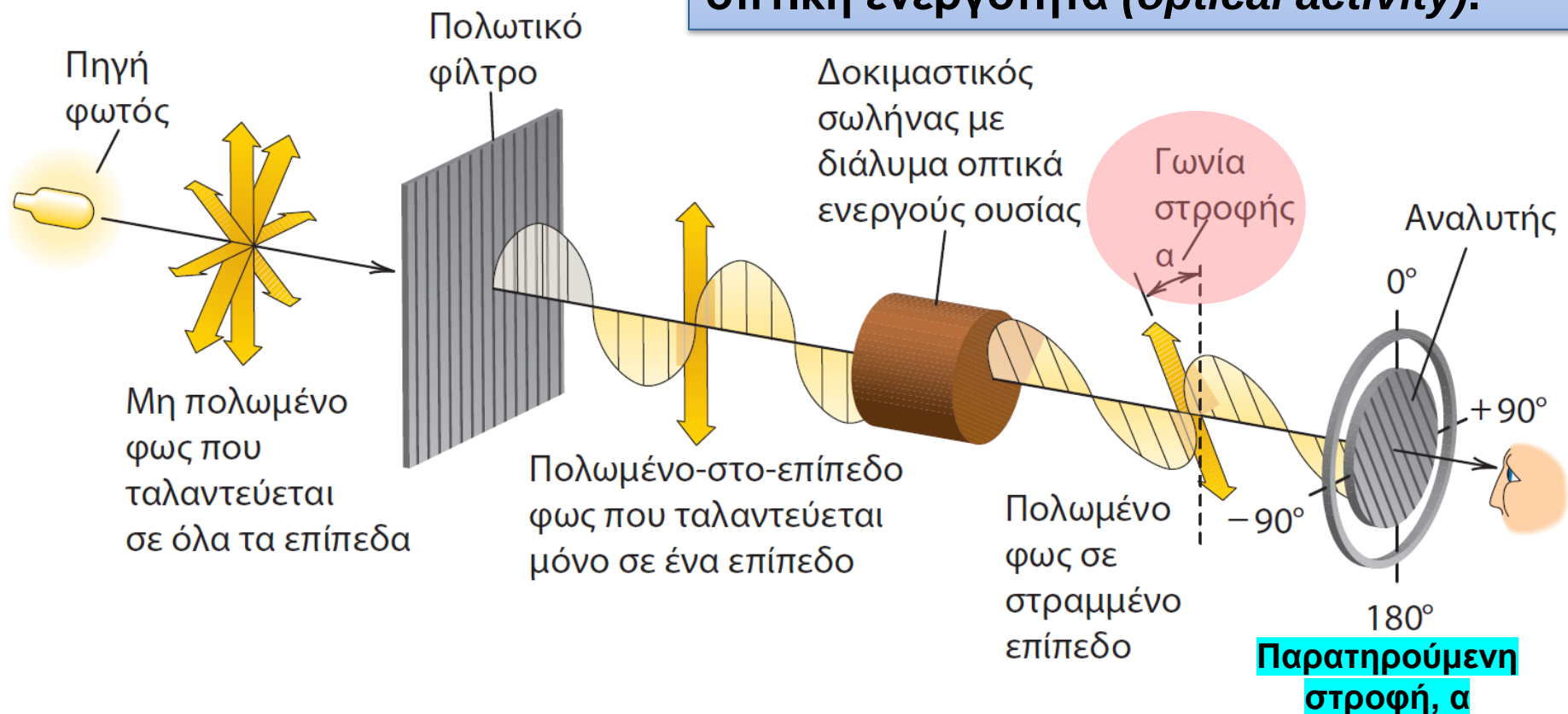
Εναντιομερή: Είναι μη υπερθέσιμα κατοπτρικά είδωλα.

Διαστερεομερή: ΔΕΝ είναι κατοπτρικά είδωλα.

Οπτική ισομέρεια

Οπτική ενεργότητα

Πειραματικά, η οπτική ισομέρεια (*optical isomerism*) εκδηλώνεται ως οπτική ενεργότητα (*optical activity*).



Τα **εναντιομερή** θα στρέφουν το επίπεδο του πολωμένου φωτός κατά ίσες μοίρες, αλλά προς αντίθετες κατευθύνσεις (οπτική ενεργότητα ή στροφική ικανότητα, $[\alpha]_D$), και αποτελεί **τη μόνη φυσική ιδιότητα που τους ξεχωρίζει**.

Οπτική ισομέρεια

Οπτική ενεργότητα

$$[\alpha]_D = \frac{\text{Παρατηρούμενη στροφή (σε μοίρες)}}{\text{Μήκος κυψελίδας, } l \text{ (dm)} \times \text{Συγκέντρωση, } C \text{ (g/ml)}} = \frac{\alpha}{l \times C}$$

- Ο βαθμός στον οποίο στρέφεται το φως εξαρτάται από τη συγκέντρωση του δείγματος και το μήκος της διαδρομής του φωτός.
- Όπου **α** η γωνία στροφής σε μοίρες, **c** η συγκέντρωση σε **g/ml** και **l** το μήκος διαδρομής του φωτός στη κυψελίδα σε **dm**.
- Η θερμοκρασία (T) και το μήκος κύματος του φωτός (λ) επηρεάζουν τη στροφή και πρέπει να καταγράφονται. Ο διαλύτης συνιστάται επίσης να αναφέρεται.

$$[\alpha]_{\lambda}^T$$

$$[\alpha]_D^{20-25^\circ\text{C}}$$

Most of the polarimetric data have a sodium yellow emission at 589 nm (so-called **D**-lines).

Ειδική στροφή
(*specific rotation*)

Λαμπτήρας ατμών νατρίου



Οπτική ισομέρεια

Οπτική ενεργότητα

$$[\alpha]_D = \frac{\text{Παρατηρούμενη στροφή (σε μοίρες)}}{\text{Μήκος κυψελίδας, } l \text{ (dm)} \times \text{Συγκέντρωση, } C \text{ (g/ml)}} = \frac{a}{l \times C}$$

Με τον πρότυπο τρόπο, η ειδική στροφή, $[\alpha]_D$, είναι μία φυσική σταθερά, χαρακτηριστική για μία δεδομένη οπτικώς ενεργή ένωση.

Ένωση	$[\alpha]_D$ (μοίρες)
Σακχαρόζη	+66,47
Χοληστερόλη	-31,5
Γλουταμικό νάτριο	+25,5

Οπτική ισομέρεια

Οπτική ενεργότητα

Ως **οπτική ενεργότητα** (ή στροφική ικανότητα) ορίζεται η ιδιότητα των διαλυμάτων που περιέχουν ενώσεις με ασύμμετρους άνθρακες να στρέφουν κατά γωνία α μία δέσμη πολωμένου φωτός που διέρχεται από μέσα τους. Οι ενώσεις αυτές ονομάζονται **οπτικά ενεργές**, ενώ το μέγεθος της ικανότητας στρέψης μετριέται ως **ειδική στροφή** $[\alpha]_D$.

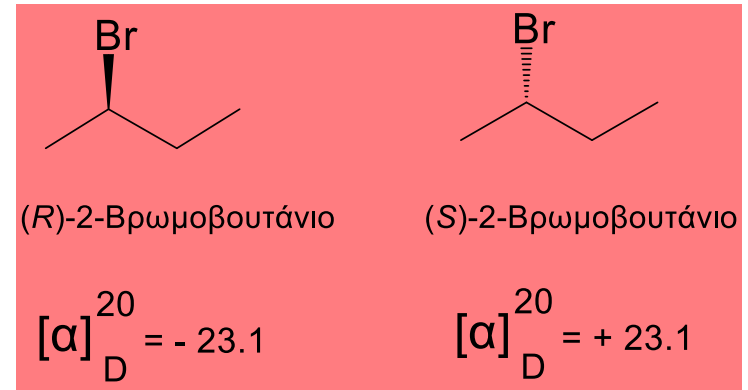
- Τα εναντιομερή έχουν αντίθετες στερεοαπεικονίσεις (R έναντι S), κι ως εκ τούτου, θα στρέφουν το επίπεδο του πολωμένου φωτός στο **ίδιο μέγεθος** (ίδια τιμή) **αλλά προς αντίθετες κατευθύνσεις** (αντίθετα πρόσημα).
- Το πρόσημο (+) για τα οπτικά ενεργά μόρια που το στρέφουν προς τα **δεξιά**, **δεξιόστροφα** (+, d , «*dextro*»), και (-) για εκείνα που στρέφουν το επίπεδο του πολωμένου φωτός προς τα **αριστερά**, **αριστερόστροφα** (-, l , «*levo*»).

Οπτική ισομέρεια

Οπτική ενεργότητα

Αποσαφήνιση

- Θεωρείστε τα εναντιομερή του 2-βρωμοβουτανίου.
- Τα *R* και *S* αναφέρονται στην απεικόνιση του κέντρου χειρομορφίας.
- Τα πρόσημα (+) και (-) αναφέρονται στην κατεύθυνση στροφής του επιπέδου του πολωμένου φωτός (δεξιόστροφη και αριστερόστροφη, αντίστοιχα).



• Δεν υπάρχει καμία απευθείας συσχέτιση μεταξύ της στεreoαπεικόνισης *R/S* και της κατεύθυνσης στροφής του φωτός (+/-).

Με βάση τη γεωμετρία του μορίου

Με βάση την οπτική στροφή του

Δεξιόστροφα
(κανόνες CIP → *R*)

≠ δεξιόστροφα, *d*
(στροφής του επιπέδου του πολωμένου φωτός → +)

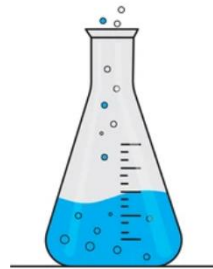
Αριστερόστροφα
(κανόνες CIP → *S*)

≠ αριστερόστροφα, *l*
(στροφής του επιπέδου του πολωμένου φωτός → -)

Οπτική ισομέρεια

Οπτική ενεργότητα

Ως **ρακεμικό μίγμα** ορίζεται το **ισομοριακό μίγμα** **δυσ** **εναντιομερών**.



Ρακεμικό μίγμα

50% εναντιομερές A **(+, d)**

50% εναντιομερές B **(-, l)**

Τα ρακεμικά μίγματα εμφανίζουν μηδενική ειδική στροφή **(±, d, l)**, δεδομένου ότι αποτελούνται από ίσες ποσότητες των **(+)** και **(-)** μορφών. Η **(+)** στροφή του ενός εναντιομερούς εξουδετερώνεται από την ισόποση **(-)** στροφή του άλλου εναντιομερούς.

Η **ειδική στροφή** ενός ρακεμικού μείγματος είναι **μηδέν** και συνεπώς ένα ρακεμικό μίγμα είναι **ΟΠΤΙΚΩΣ ΑΝΕΝΕΡΓΟ**

Οπτική ισομέρεια

Οπτική ενεργότητα

$$\text{οπτική καθαρότητα} = \frac{\text{ειδική στροφή δείγματος}}{\text{ειδική στροφή καθαρού εναντιομερούς}} \times 100$$

$$\text{optical purity (\%)} = \frac{[\alpha]_{\text{observed}}}{[\alpha]_{\text{maximal}}} \cdot 100$$

optical purity (%) = 100 % $\rightarrow$ $[\alpha]_{\text{observed}} = [\alpha]_{\text{maximal}}$ $\rightarrow$ 1 εναντιομερές
(εναντιομερικά καθαρό)
(ΟΠΤΙΚΩΣ ΕΝΕΡΓΟ)

optical purity (%) = 0 % ($[\alpha]_{\text{observed}} = 0$) $\rightarrow$ Μη χειρόμορφη ένωση
 $\rightarrow$ Ρακεμικό μείγμα
 $\rightarrow$ Μεσο-ένωση
(ΟΠΤΙΚΩΣ ΑΝΕΝΕΡΓΟ)

optical purity (%) = 20 % $\rightarrow$ 20% εναντιομερές A
(περίσσεια του A εναντιομερούς) $\rightarrow$ 80% εναντιομερή A + B
 $\rightarrow$ 60% εναντιομερές A
40% εναντιομερές B
(ΟΠΤΙΚΩΣ ΕΝΕΡΓΟ)

Οπτική ισομέρεια

Οπτική ενεργότητα

οπτική καθαρότητα

$$\% \text{ op} = \text{optical purity (\%)} = \frac{[\alpha]_{\text{observed}}}{[\alpha]_{\text{maximal}}} \cdot 100$$

(ευαίσθητο μέτρο
σε ακαθαρσίες και
θερμοκρασία)

|||

εναντιομερική περίσσεια

Enantiomeric
excess

$$\% \text{ ee} = \frac{|\text{R} - \text{S}|}{\text{R} + \text{S}} \times 100\%$$

R = % R εναντιομερούς

S = % S εναντιομερούς

Η **εναντιομερική περίσσεια** χρησιμοποιείται ως δείκτης επιτυχίας μίας ασύμμετρης σύνθεσης και προσδιορίζεται με πιο ακριβείς τεχνικές από το πολωσίμετρο, όπως η χρωματογραφία (με μία χειρόμορφη στατική φάση) ή η φασματοσκοπία πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού (ως «διαστερομερική περίσσεια») (Nuclear Magnetic Resonance, NMR).

Οπτική Ισομέρεια

Παράδειγμα 4.5: (α) Προβλέψετε το ποσοστό των δύο εναντιομερών ενός μίγματος (*R*) και (*S*)-2-βρωμοβουτανίου με ειδική στροφή +4.6. (b) Υπολογίστε την οπτική καθαριότητα/εναντιομερική περίσσεια και επιβεβαιώστε ότι είναι ισοδύναμες παράμετροι (παρέχουν το ίδιο αποτέλεσμα).

- (α) • Εφόσον το μείγμα έχει δεξιόστροφη (+, *d*) ειδική στροφή θα υπερισχύει το *S* εναντιομερές.

Ισχύει ότι:

$$1. (-23.1) \times [R]/100 + (+23.1) \times [S]/100 = 4.6$$

$$2. [R] + [S] = 100$$

Επιλύοντας το παραπάνω σύστημα εξισώσεων προκύπτει:

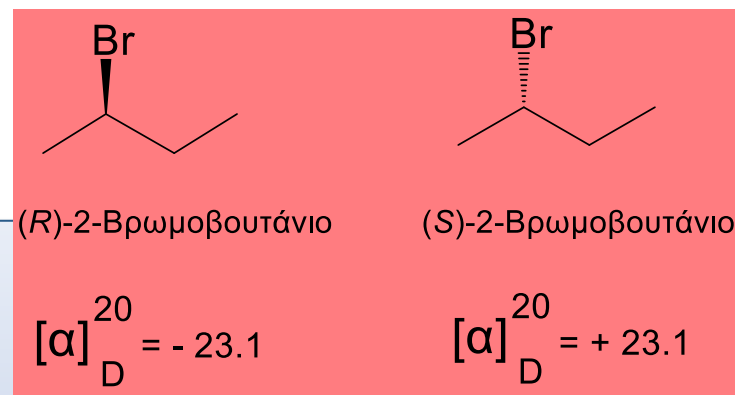
$$-0.231[R] + 0.231 \times (100 - [R]) = 4.6 \rightarrow$$

$$-0.231[R] + 23.1 - 0.231[R] = 4.6 \rightarrow$$

$$-0.462[R] = 4.6 - 23.1 \rightarrow$$

$$0.462[R] = 18.5 \rightarrow$$

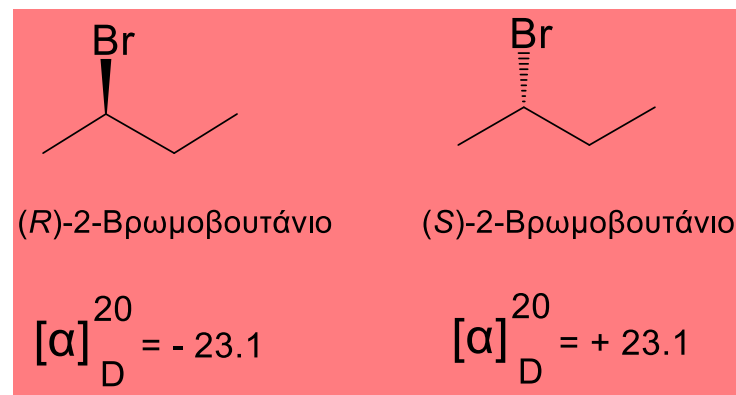
$$[R] = 40\% \text{ και συνεπώς } [S] = 60\%$$



Οπτική ισομέρεια

Παράδειγμα 4.5: (α) Προβλέψετε το ποσοστό των δύο εναντιομερών ενός μίγματος (*R*) και (*S*)-2-βρωμοβουτανίου με ειδική στροφή +4.6. (b) Υπολογίστε την οπτική καθαριότητα/εναντιομερική περίσσεια και επιβεβαιώστε ότι είναι ισοδύναμες παράμετροι (παρέχουν το ίδιο αποτέλεσμα).

- (b)**
- Υπολογίζουμε την οπτική καθαρότητα με την αντίστοιχη εξίσωση.
 - Υπολογίζουμε την εναντιομερική περίσσεια με την αντίστοιχη εξίσωση. (Ξέρουμε τα ποσοστά κάθε εναντιομερούς από το **(α)**: $[R]=40\%$ $[S]=60\%$)

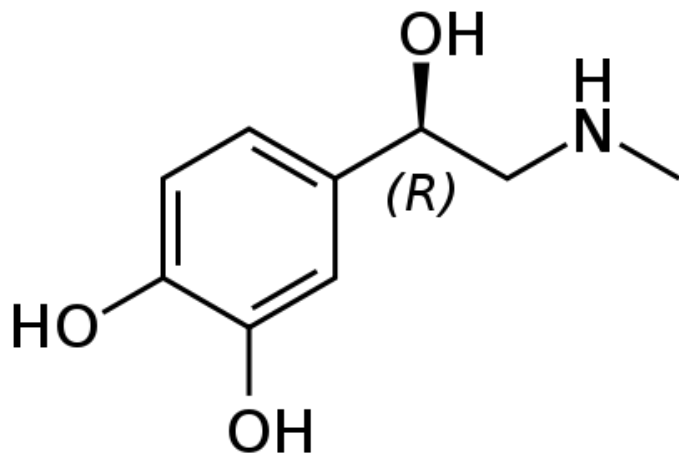


$$\text{optical purity (\%)} = \frac{[\alpha]_{\text{observed}}}{[\alpha]_{\text{maximal}}} \cdot 100 = \frac{4.6}{23.1} \times 100 = 19.91 \%$$

$$\% \text{ ee} = \frac{|R - S|}{R + S} \times 100\% = \frac{|40 - 60|}{40 + 60} \times 100 = 20 \%$$

Οπτική ισομέρεια

Παράδειγμα 4.6: Η φυσική επινεφρίνη, $[\alpha]_D^{25^\circ\text{C}} = -50^\circ$, χρησιμοποιείται στην ιατρική. Το εναντιομερές του είναι ιατρικά ανενεργό και, στην πραγματικότητα, είναι τοξικό. Ένας φαρμακοποιός λαμβάνει ένα διάλυμα που περιέχει 1 γρ. επινεφρίνης σε 20 ml υγρού αλλά του οποίου η οπτική καθαρότητα είναι άγνωστη. Κατά τον προσδιορισμό της οπτικής δραστηριότητας σε πολωσίμετρο (με σωλήνα 10 cm) λαμβάνεται μέτρηση -2.5° . Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως φάρμακο;



- Υπολογίζουμε την ειδική στροφή από την αντίστοιχη εξίσωση με τα δεδομένα που έχουμε (**ΠΡΟΣΟΧΗ: Χρησιμοποιείτε τις σωστές μονάδες μέτρησης**).

$$c = 1 \text{ g}/20\text{ml} = 0.05 \text{ g/ml}$$

$$l = 10 \text{ cm} = 1 \text{ dm}$$

$$\alpha = -2.5^\circ$$

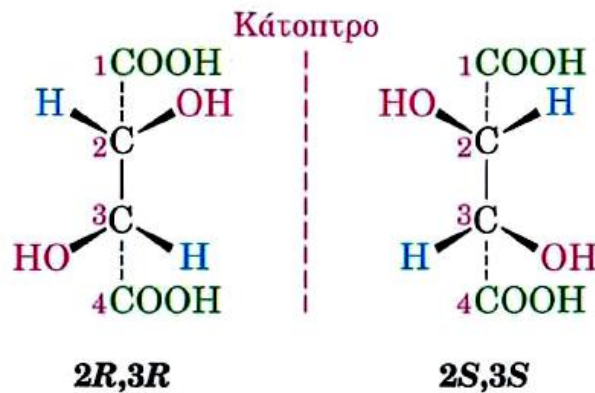
$$[\alpha] = \frac{\alpha}{c \cdot l} = \frac{-2.5^\circ}{0.05 \cdot 1} = -50^\circ$$

Ναι, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως φάρμακο επειδή είναι το σωστό εναντιομερές (αρνητικό πρόσημο, '-').

Οπτική ισομέρεια

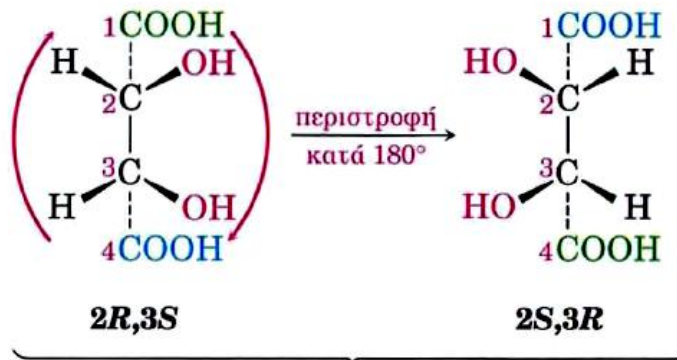
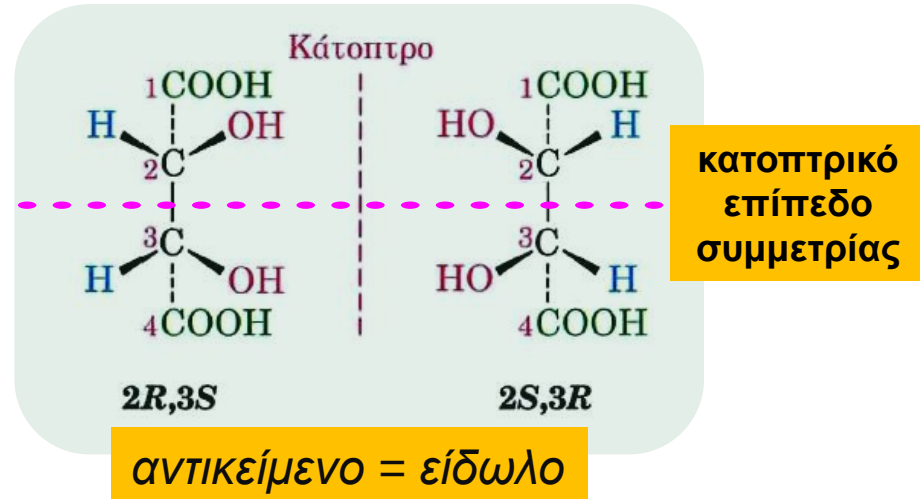
Στοιχεία συμμετρίας - Μεσομορφές

Μεσομορφές ή μεσο-ενώσεις: Μη χειρόμορφες ενώσεις με στερεογονικά κέντρα.



meso-tartaric acid
(*μεσο*-τρυγικό)

Η ονομασία "*μέσο*" προκύπτει επειδή, παρά την ύπαρξη δύο χειρόμορφων ατόμων άνθρακα, η συμμετρική δομή του μορίου το καθιστά **ΟΠΤΙΚΑ ΑΝΕΝΕΡΓΟ**.

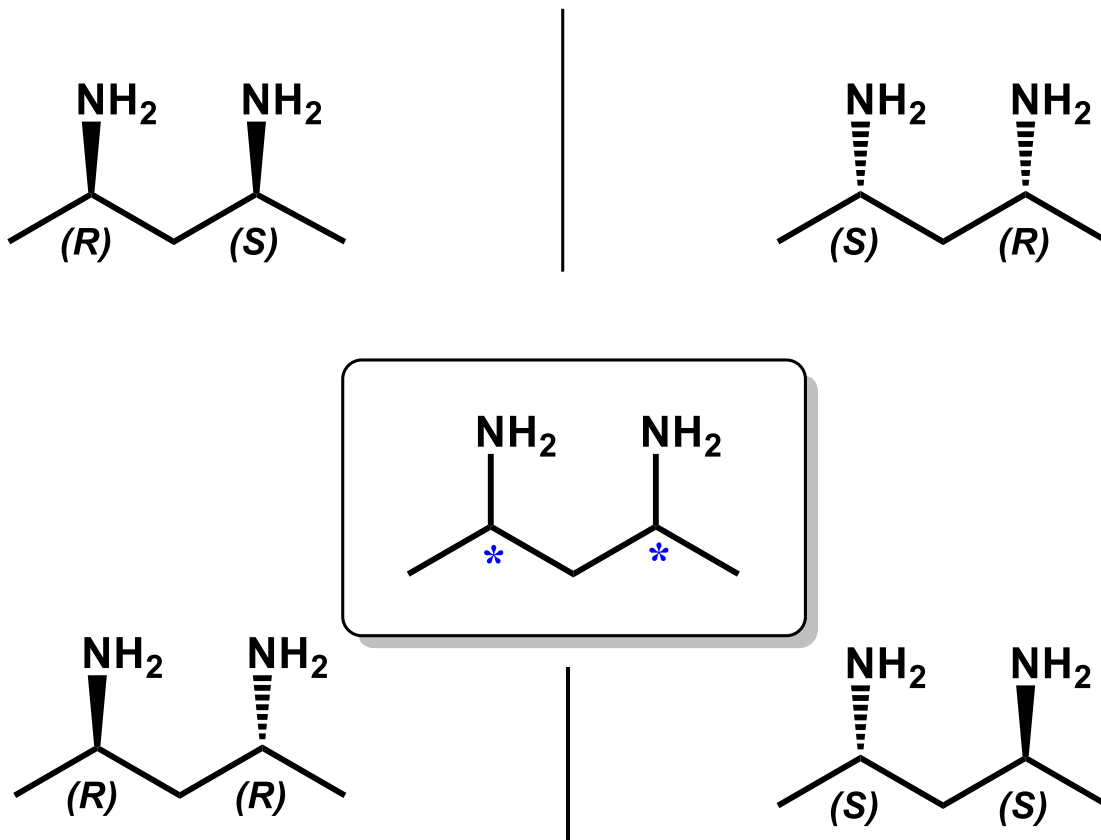


Ταυτόσημες δομές

Τα μόρια με **κατοπτρικό επίπεδο / άξονα / κέντρο συμμετρίας** ακόμη και με χειρόμορφους άνθρακες είναι **μη χειρόμορφα** και **οπτικά ανενεργά**.

Οπτική ισομέρεια

Επίπεδα συμμετρίας - Μεσομορφές

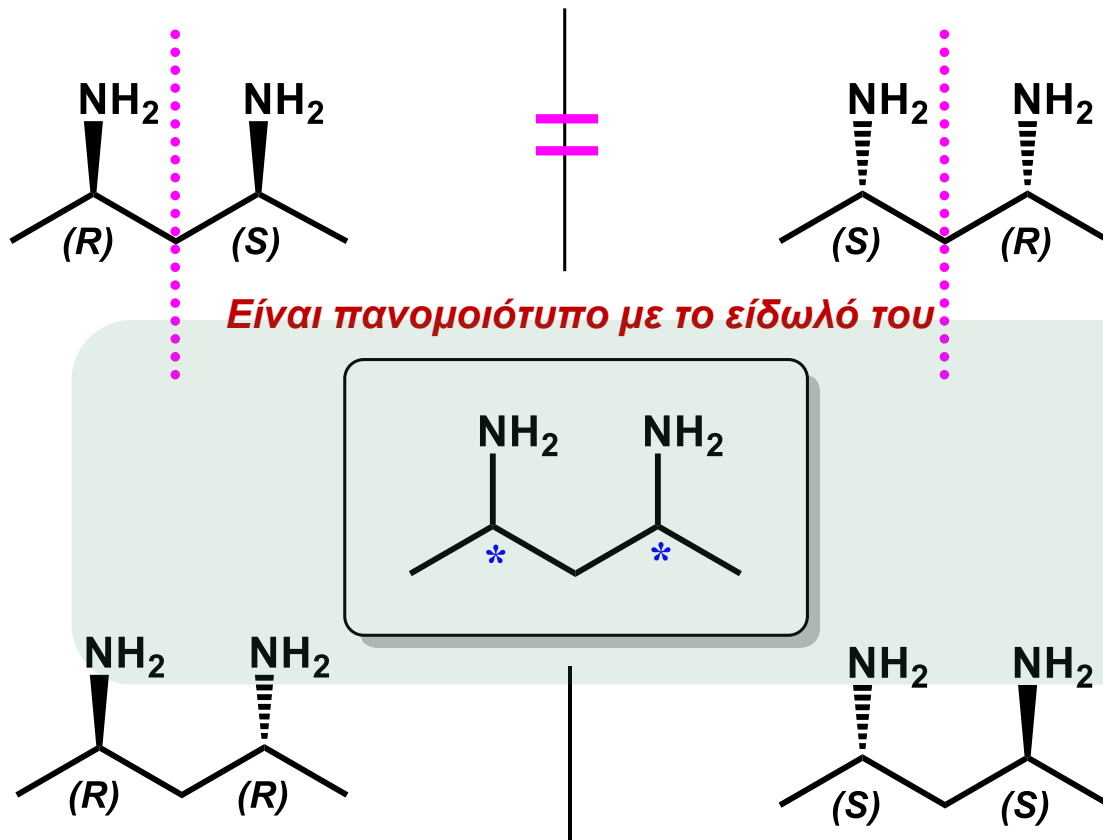


Ν° στερεοϊσομερή = 2^n (n = Ν° ασύμμετρα κέντρα), 4 στερεοϊσομερή??

«θεωρητικά»

Οπτική ισομέρεια

Επίπεδα συμμετρίας - Μεσομορφές



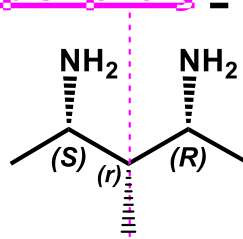
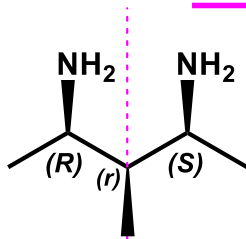
Οι στερεοϊσομερή (R,S) και (S,R) είναι ταυτόσημες, είναι **μεσομορφές**, όπως αποδεικνύεται με την περιστροφή της μίας από τις δύο δομές, κατά 180° .

3 στερεοϊσομερή

{ 2 εναντιομερή
1 μεσομορφή

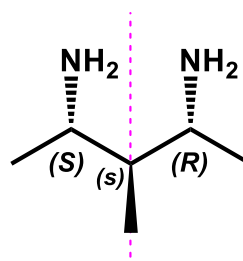
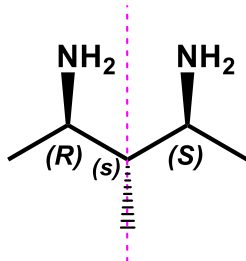
Οπτική ισομέρεια

Επίπεδα συμμετρίας - Μεσομορφές



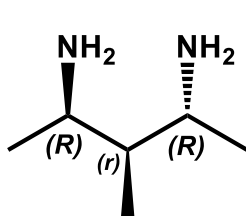
(2R,3r,4S)-3-methylpentane-2,4-diamine

(2R,3r,4S)-3-methylpentane-2,4-diamine

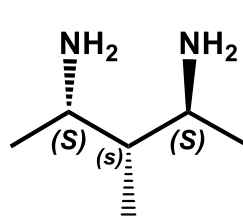


(2R,3s,4S)-3-methylpentane-2,4-diamine

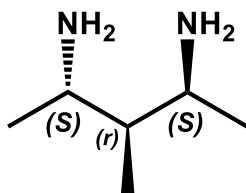
(2R,3s,4S)-3-methylpentane-2,4-diamine



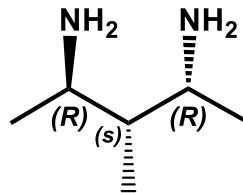
(2R,3r,4R)-3-methylpentane-2,4-diamine



(2S,3s,4S)-3-methylpentane-2,4-diamine



(2S,3r,4S)-3-methylpentane-2,4-diamine



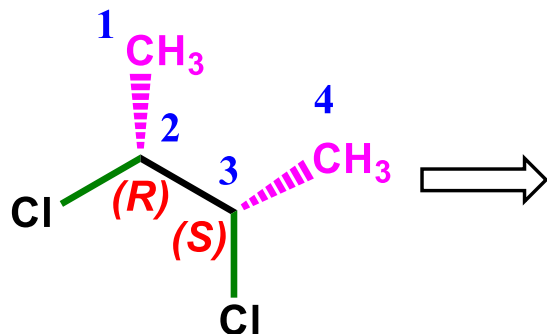
(2R,3s,4R)-3-methylpentane-2,4-diamine

6 στερεοϊσομερή

4 διαστερομερή
 (=> 2 ζεύγη εναντιομερών)
 2 διαστερομερή
 (=> 2 μεσομορφές)

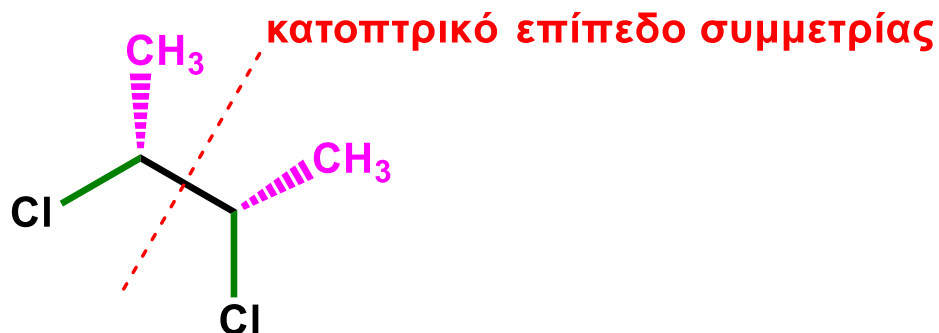
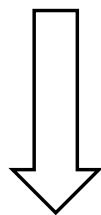
Οπτική ισομέρεια

Παράδειγμα 4.7: Προσδιορίστε τη στερεοαπεικόνιση της παρακάτω ένωσης. Είναι οπτικώς ενεργή η ανενεργή;



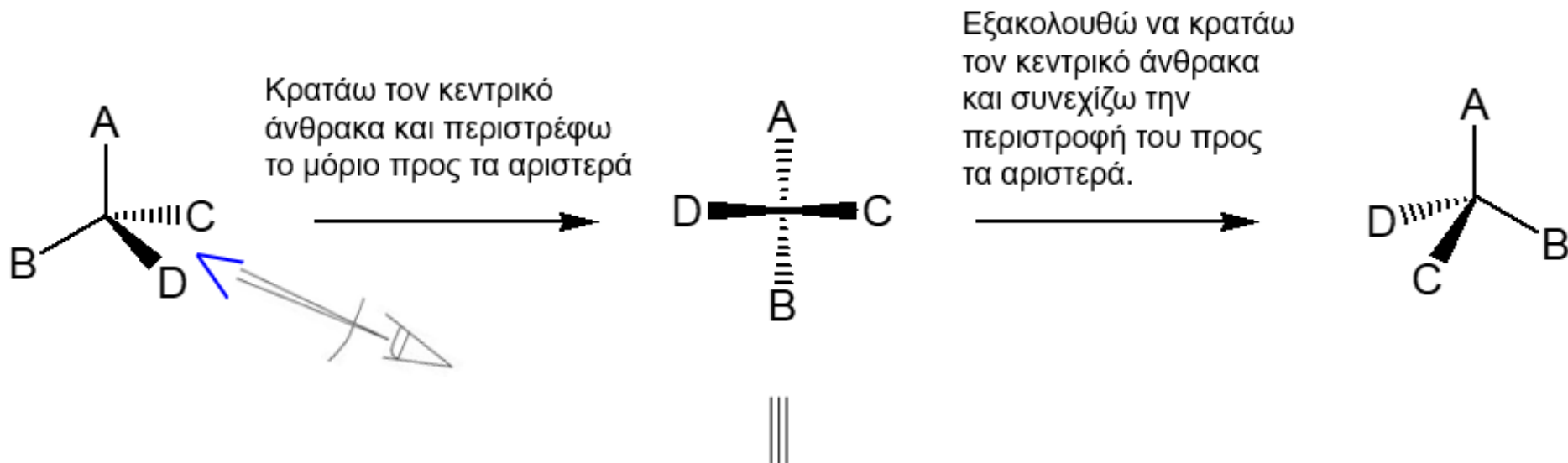
2R - 3S

Οπτικώς ανενεργή διότι έχει επίπεδο συμμετρίας (Μεσομορφή)



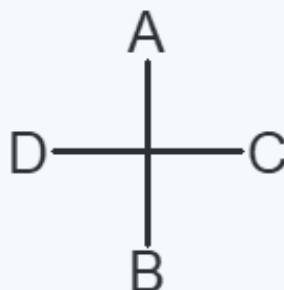
Προβολές Fischer

Άλλοι τρόποι αναπαράστασης δομών στο χώρο -
Προβολές Fischer σε δομές με ένα ασύμμετρο κέντρο



Οι δεσμοί πίσω από το επίπεδο προβάλλονται ως κατακόρυφες γραμμές και οι δεσμοί μπρος από αυτό ως οριζόντιες γραμμές.

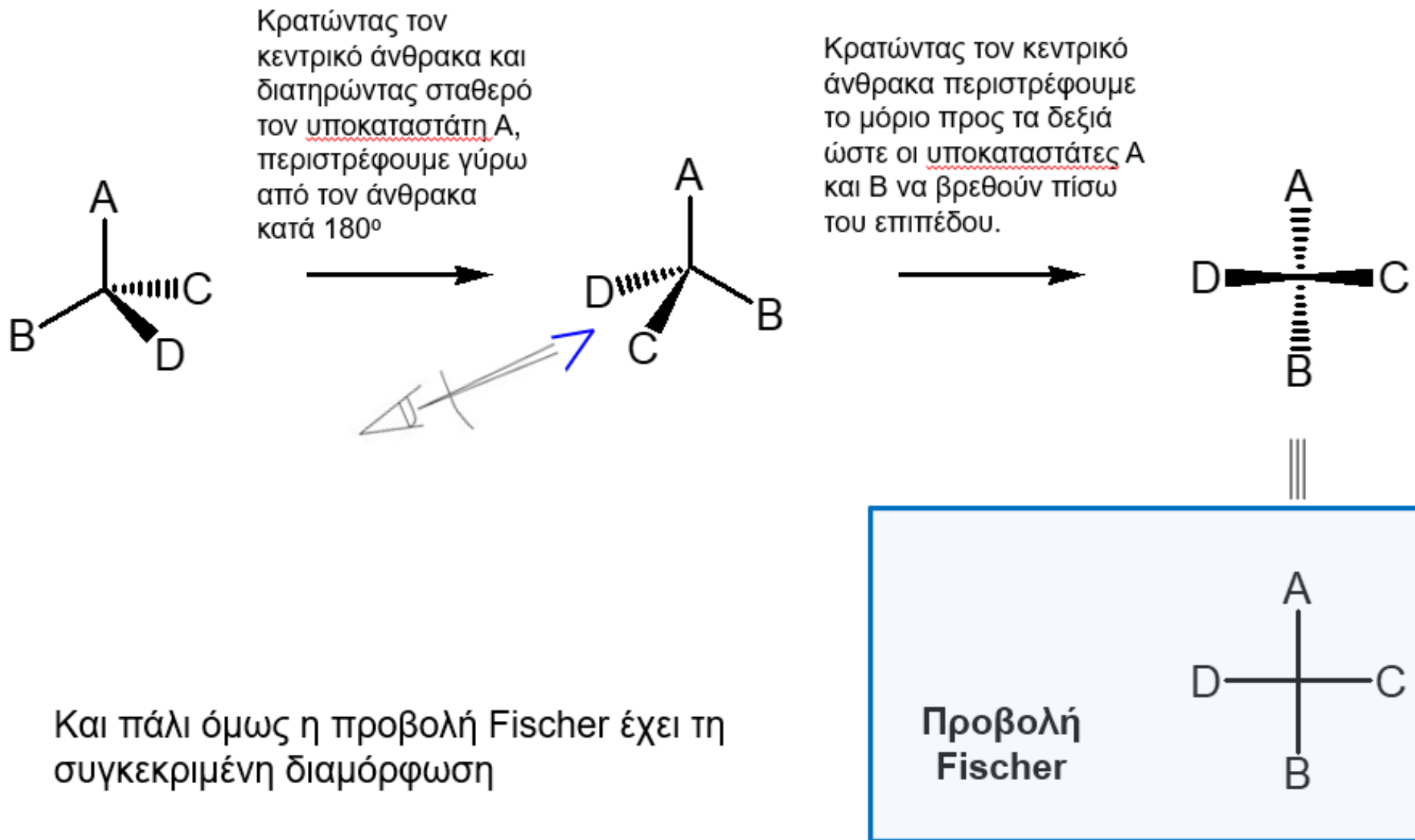
Το στερεογονικό άτομο άνθρακα αναπαριστάται ως σημείο (σημείο τομής της οριζόντιας γραμμής με την κάθετη γραμμή).



Προβολή
Fischer

Προβολές Fischer

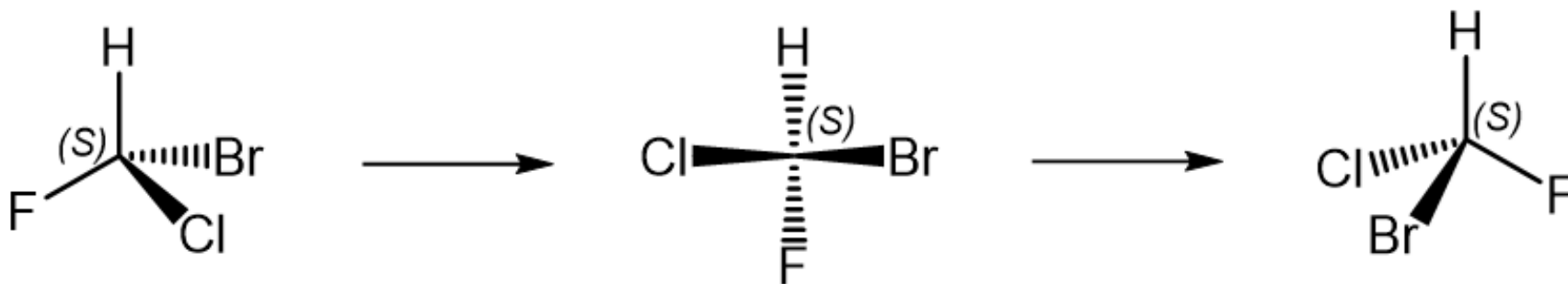
Προφανώς και το μόριο θα μπορούσε να περιστραφεί και διαφορετικά. π.χ.



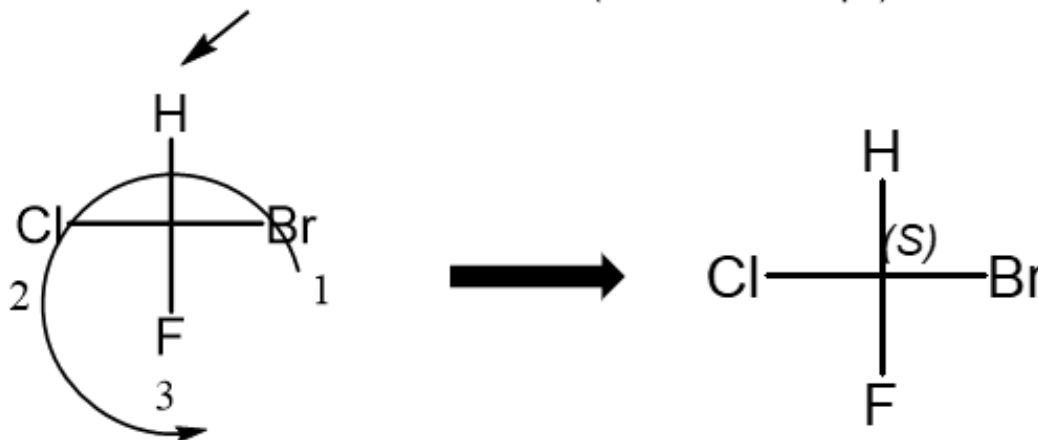
Προβολές Fischer

Εύρεση στερεοχημικής απεικόνισης σε προβολή Fischer

Εφόσον ο υποκαταστάτης με προτεραιότητα 4 βρίσκεται πίσω από το επίπεδο, εφαρμόζουμε τις μεθόδους που ξέρουμε. π.χ.

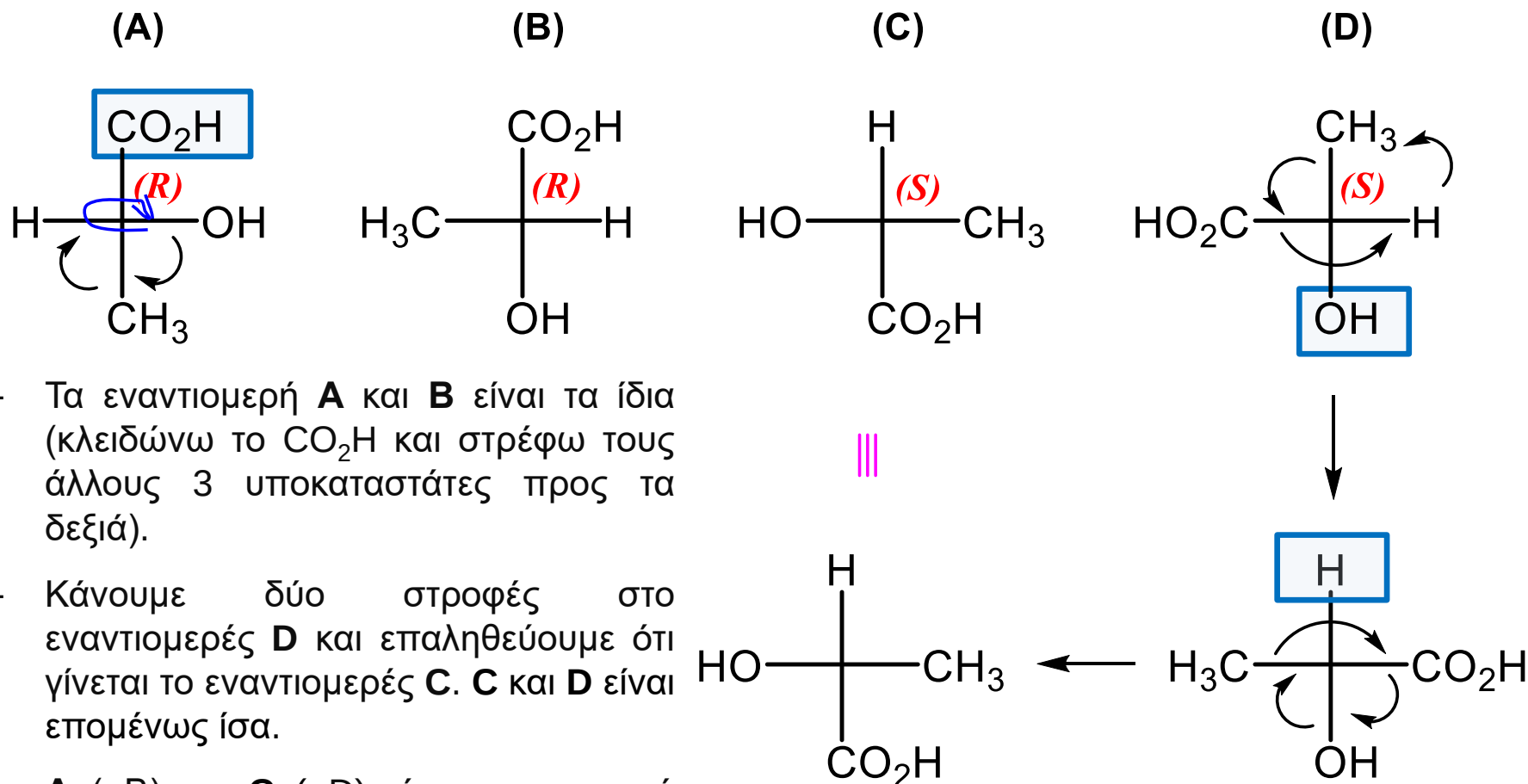


Δεν λαμβάνεται υπόψη αφού είναι
πίσω του επιπέδου (είναι σωστά δηλ.)



Προβολές Fischer

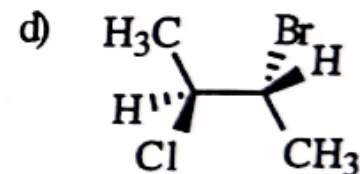
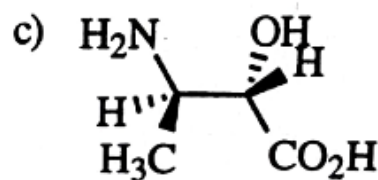
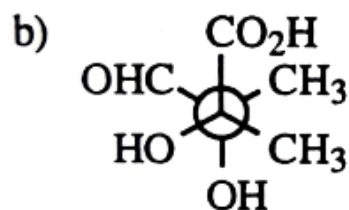
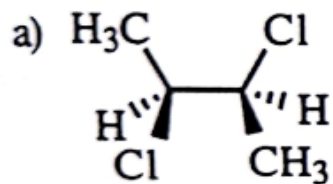
Παράδειγμα 4.7: Ποιες από τις προβολές Fischer για το γαλακτικό οξύ, $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CO}_2\text{H}$, αναπαριστούν το ίδιο εναντιομερές;



- Τα εναντιομερή **A** και **B** είναι τα ίδια (κλειδώνω το CO_2H και στρέφω τους άλλους 3 υποκαταστάτες προς τα δεξιά).
- Κάνουμε δύο στροφές στο εναντιομερές **D** και επαληθεύουμε ότι γίνεται το εναντιομερές **C**. **C** και **D** είναι επομένως ίσα.
- **A** (=B) και **C** (=D) είναι εναντιομερή μεταξύ τους.

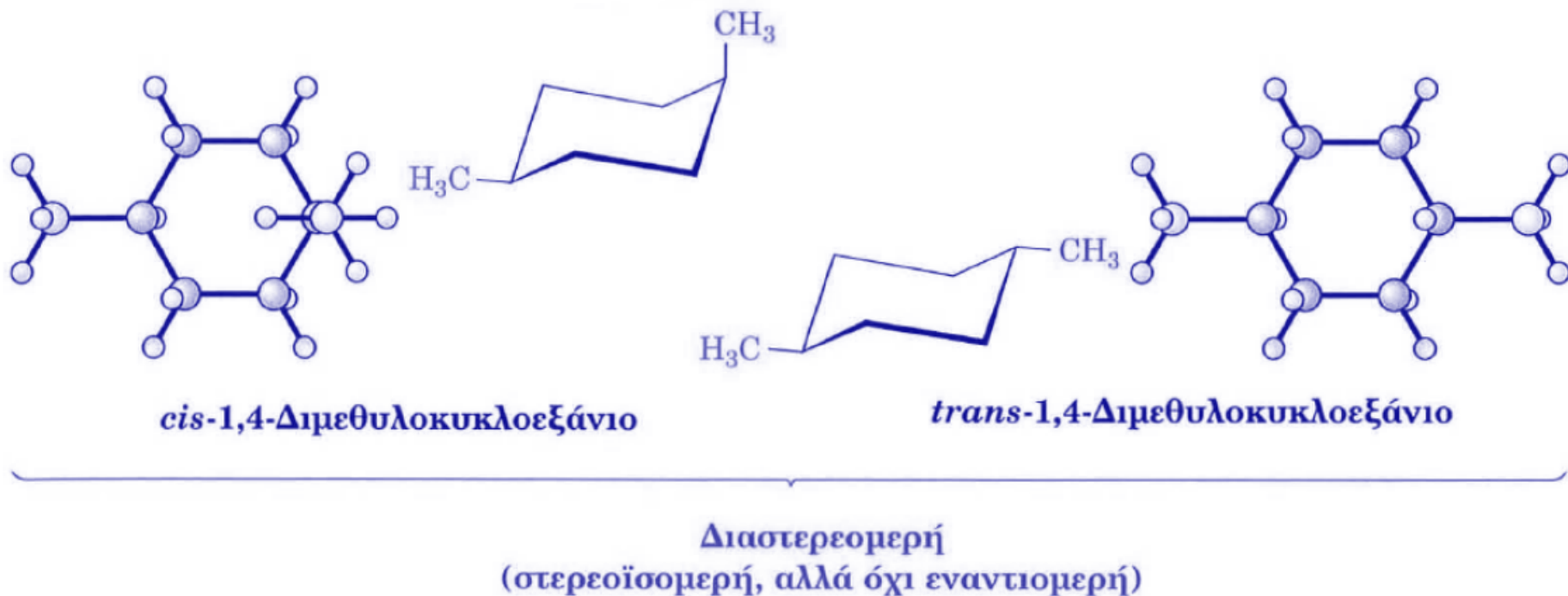
Προβολές Fischer

Άσκηση 4.6: Βρείτε τις προβολές Fischer για τις ακόλουθες ενώσεις και προσδιορίστε τη στερεοδιάταξή τους.



Σημείωμα συνδυασμού μεταξύ των κεφαλαίων 3 και 4 ...

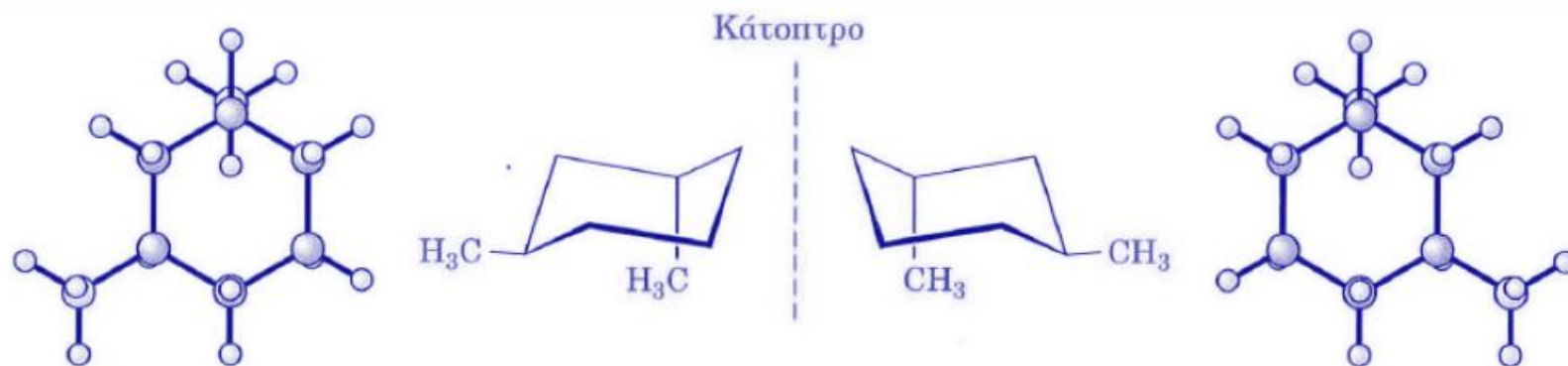
1, 4-Διυποκατεστημένα κυκλοεξάνια



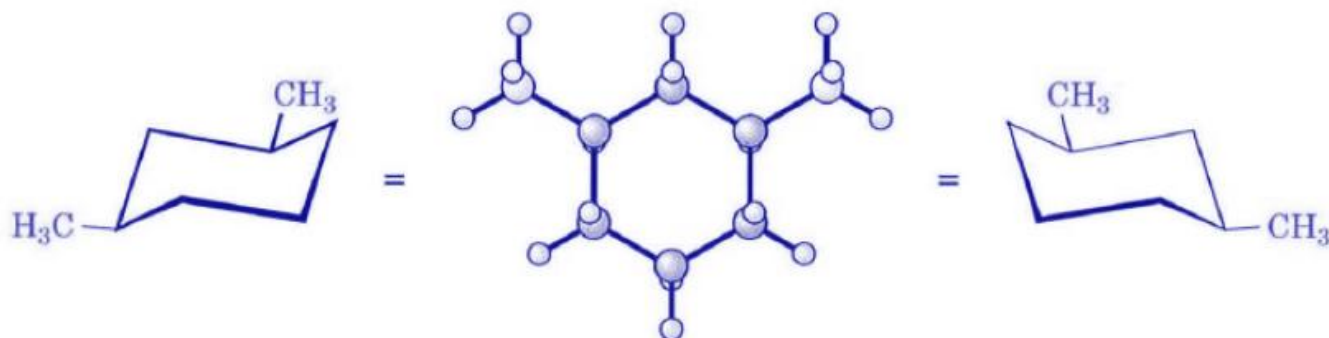
Τα 1,4-διυποκατεστημένα κυκλικά εξάνια διαθέτουν επίπεδο συμμετρίας, που διέρχεται ανάμεσα από τους δύο υποκαταστάτες και ανάμεσα από τους άνθρακες 1 και 4 του δακτυλίου

Σημείωμα συνδυασμού μεταξύ των κεφαλαίων 3 και 4 ...

1, 3-Διυποκατεστημένα κυκλοεξάνια



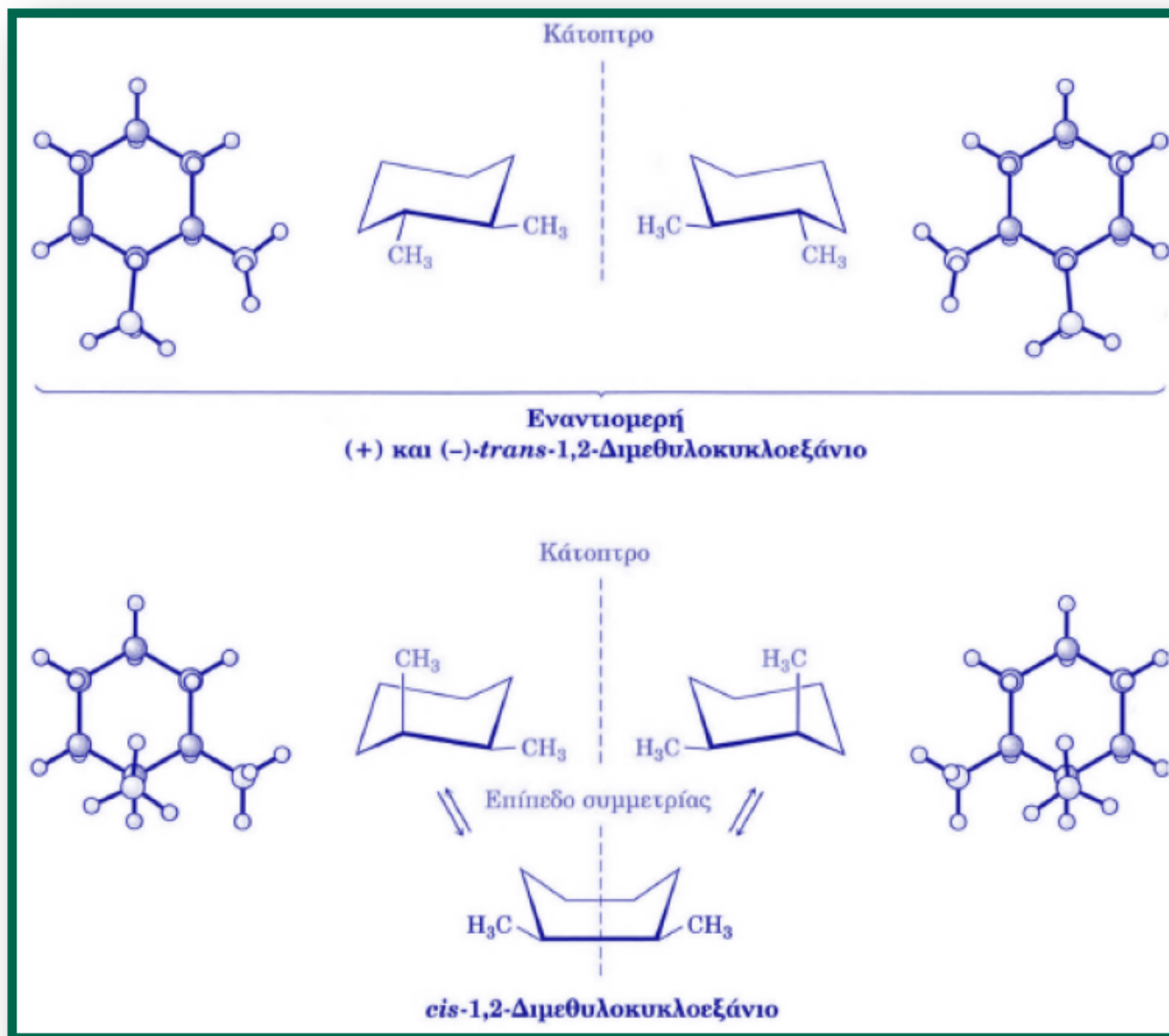
Εναντιομερή
(+) και (-)-*trans*-1,3-Διμεθυλοκυκλοεξάνιο



cis-1,3-Διμεθυλοκυκλοεξάνιο (meso)

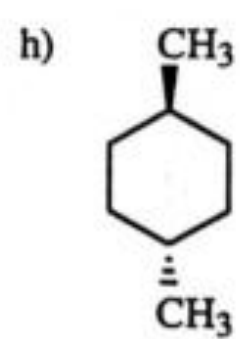
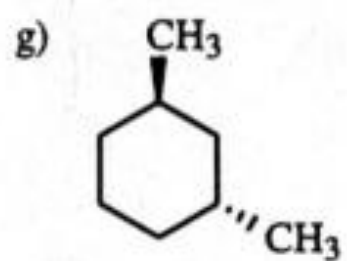
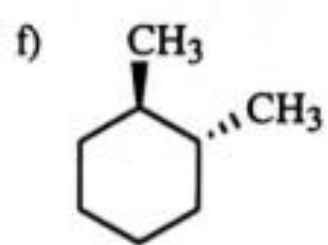
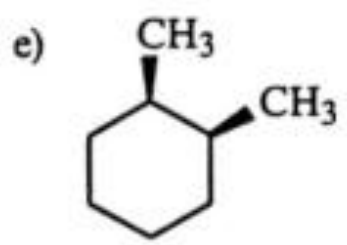
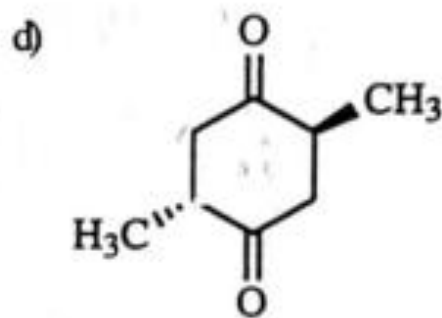
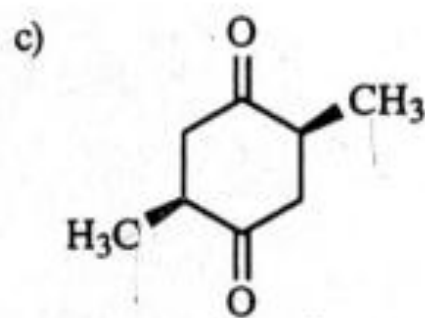
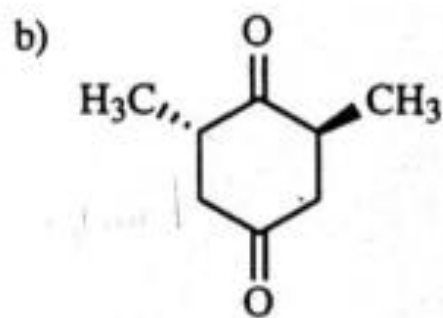
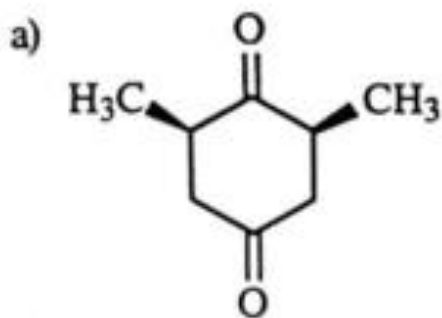
Σημείωμα συνδυασμού μεταξύ των κεφαλαίων 3 και 4 ...

1,2-Διυποκατεστημένα κυκλοεξάνια

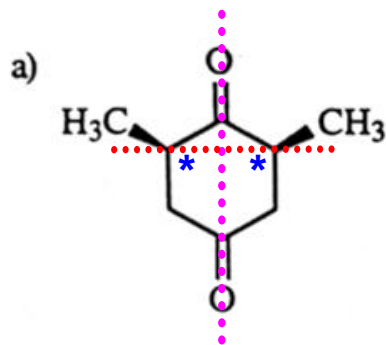


Σημείωμα συνδυασμού μεταξύ των κεφαλαίων 3 και 4 ...

Άσκηση 4.9: Ποια από τα παρακάτω παράγωγα του κυκλοεξανίου είναι χειρόμορφα; (Για τον προσδιορισμό της χειρομορφίας μίας κυκλικής ένωσης, ο δακτύλιος μπορεί γενικά να ληφθεί ως επίπεδος).

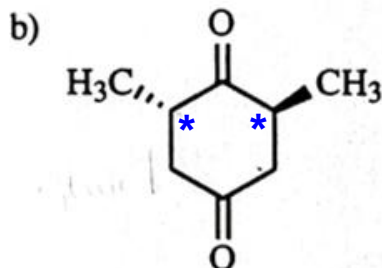


Σημείωμα συνδυασμού μεταξύ των κεφαλαίων 3 και 4 ...

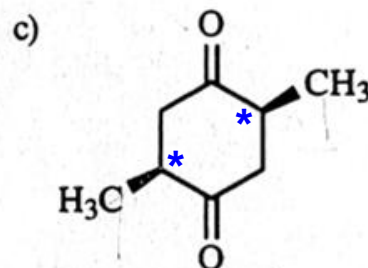


ΜΗ ΧΕΙΡΟΜΟΡΦΟ
(επίπεδο συμμετρίας,
ΜΕΣΟΜΟΡΦΗ)

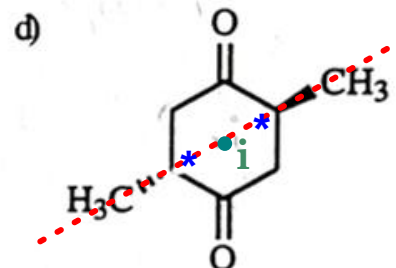
Η μεθυλομάδα «βρίσκει τη συμμετρική της» στην άλλη πλευρά του επιπέδου συμμετρίας (στον άξονα κάθετο στο εν λόγω επίπεδο).



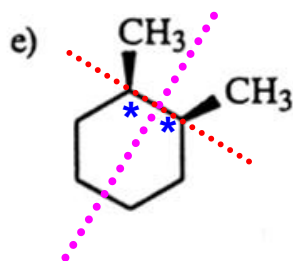
ΧΕΙΡΟΜΟΡΦΟ



ΧΕΙΡΟΜΟΡΦΟ

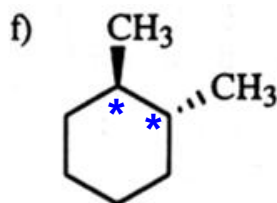


ΜΗ ΧΕΙΡΟΜΟΡΦΟ
(Δεν έχει κανένα επίπεδο
συμμετρίας. Η απουσία
χειρομορφίας οφείλεται στην
παρουσία ενός κέντρου
αναστροφής «*inverted*
center, i», ΜΕΣΟΜΟΡΦΗ)

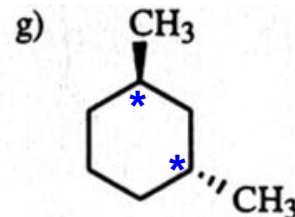


ΜΗ ΧΕΙΡΟΜΟΡΦΟ
(επίπεδο συμμετρίας,
ΜΕΣΟΜΟΡΦΗ)

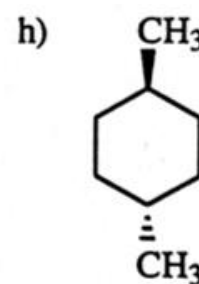
Η μεθυλομάδα «βρίσκει τη συμμετρική της» στην άλλη πλευρά του επιπέδου συμμετρίας (στον άξονα κάθετο στο εν λόγω επίπεδο).



ΧΕΙΡΟΜΟΡΦΟ



ΧΕΙΡΟΜΟΡΦΟ



ΜΗ ΧΕΙΡΟΜΟΡΦΟ
(απουσία χειρόμορφου
κέντρου)