



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Οργανική Χημεία Ι

Ενότητα: 6^η Διάλεξη – 03/3/2015

Γεώργιος Βασιλικογιαννάκης
Πανεπιστήμιο Κρήτης



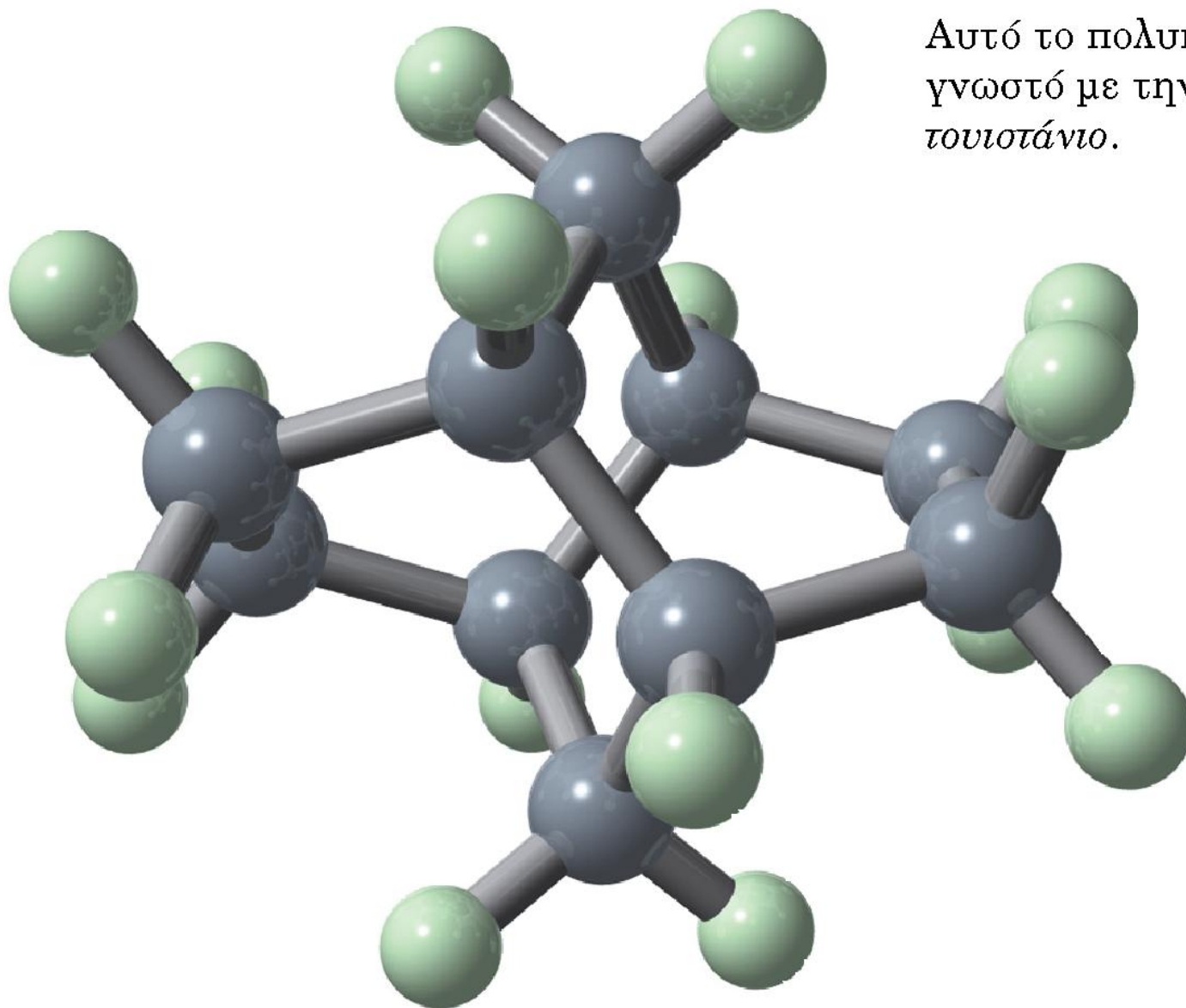
Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



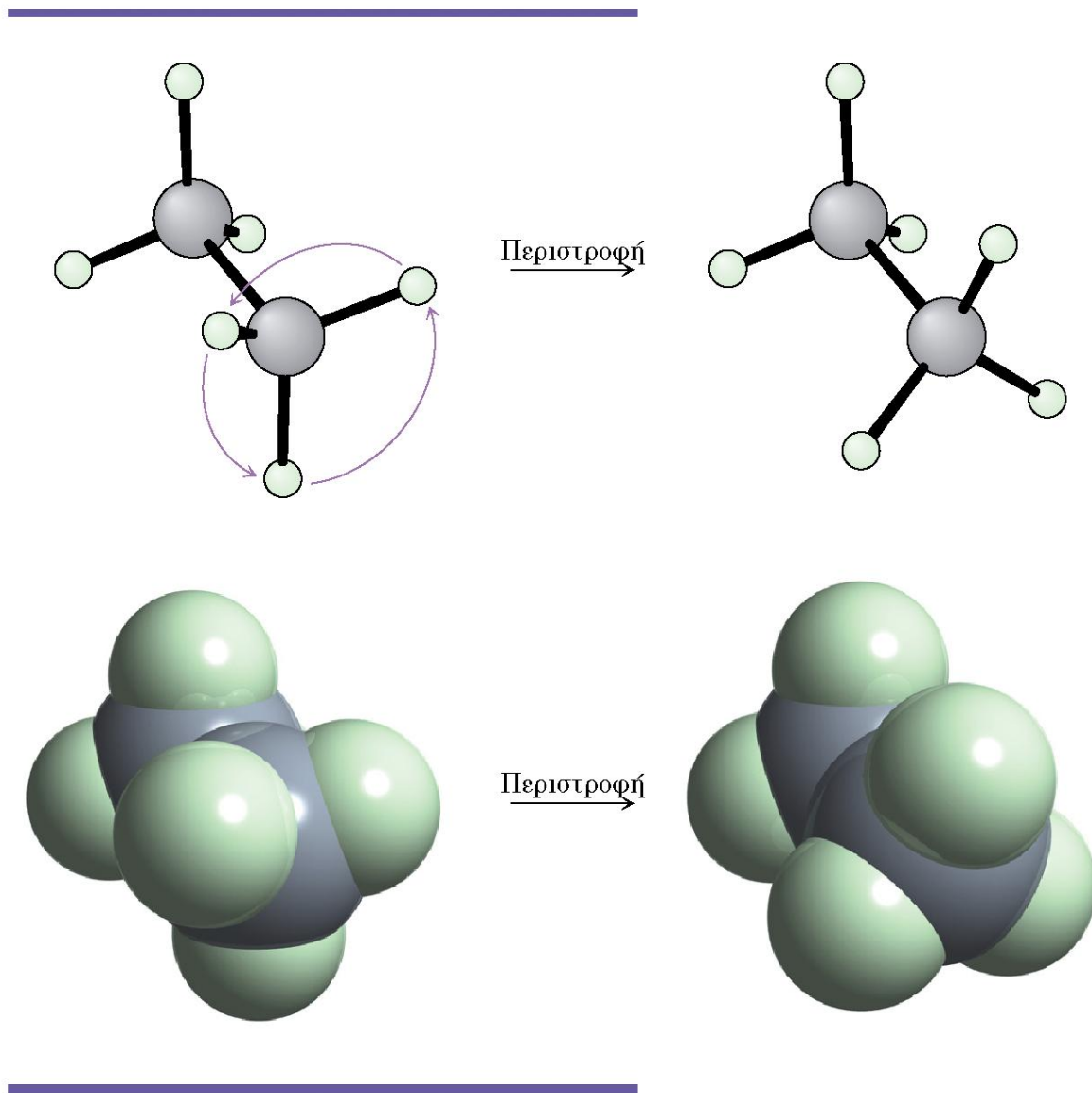
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

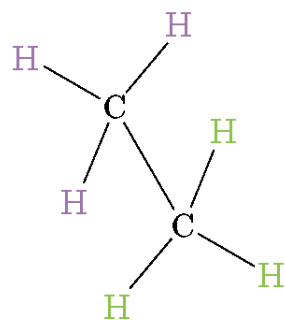




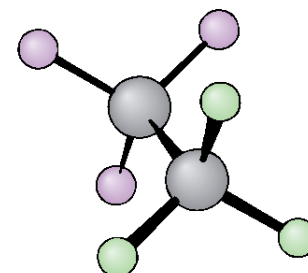
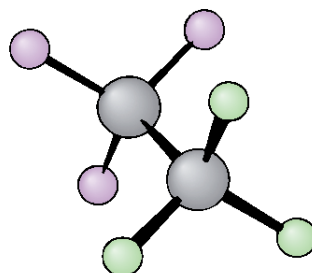
Αυτό το πολυκυκλικό αλκάνιο είναι γνωστό με την εμπειρική ονομασία *τουιστάνιο*.



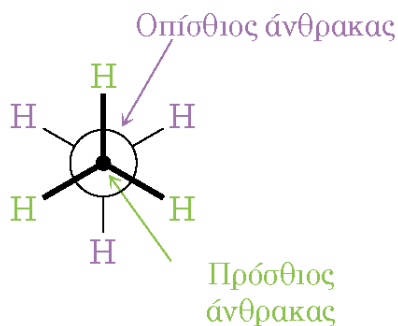
Σχήμα 4.1 Μερικές διαμορφώσεις του αιθανίου. Η γρήγορη περιστροφή γύρω από τον απλό δεσμό άνθρακα - άνθρακα αλληλομετατρέπει τα διαφορετικά διαμορφομερή.



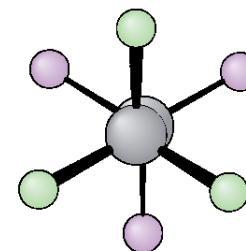
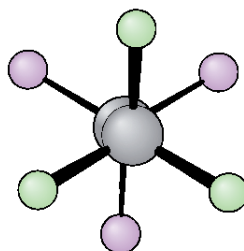
Πλαγιογωνιακή αναπαράσταση



Στερεοσκοπική άποψη

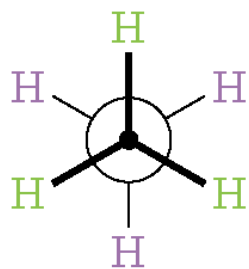


Προβολή κατά Newman

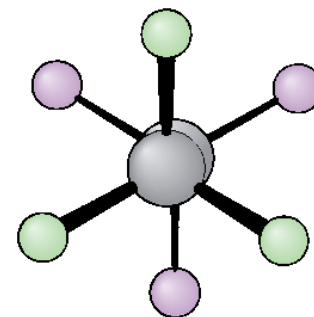
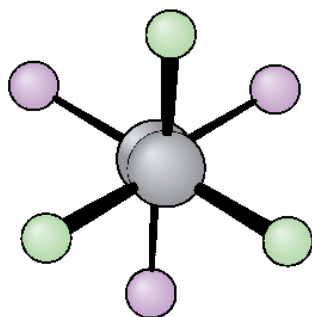


Στερεοσκοπική άποψη

Σχήμα 4.2 Μια πλαγιογωνιακή αναπαράσταση, καθώς και μια προβολή κατά Newman, για το αιθάνιο. Στην πλαγιογωνιακή αναπαράσταση βλέπουμε το μόριο υπό λοξή γωνία, ενώ στις προβολές κατά Newman το μόριο αναπαρίσταται κατά μήκος του δεσμού C–C, προβαλλόμενο σε ένα επίπεδο.



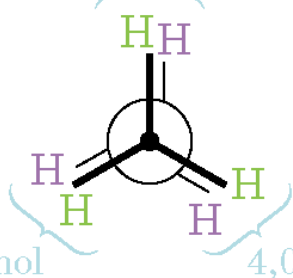
**Διαβαθμισμένη
διαμόρφωση
αιθανίου**



Στερεοσκοπική άποψη

Περιστροφή
του οπίσθιου
άνθρακα κατά 60°

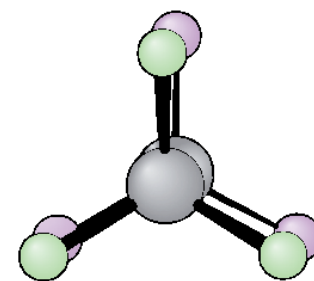
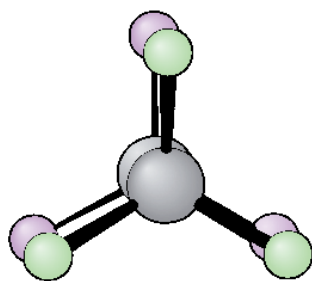
4,0 kJ/mol



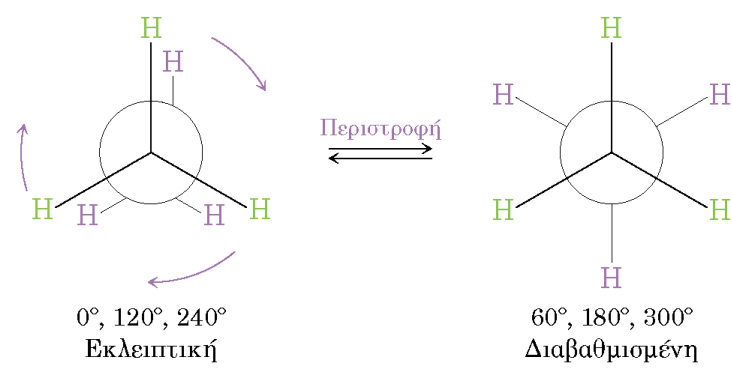
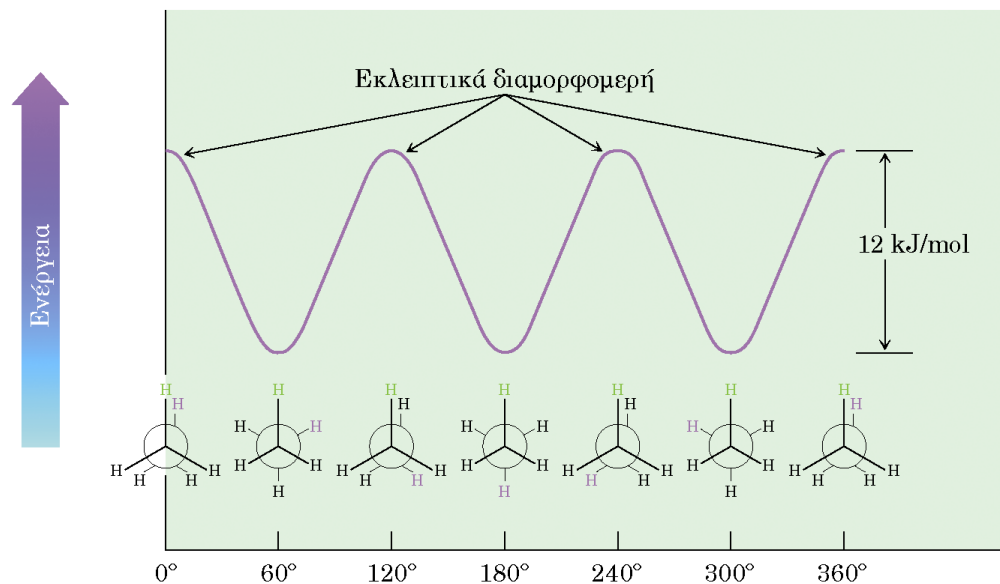
4,0 kJ/mol

4,0 kJ/mol

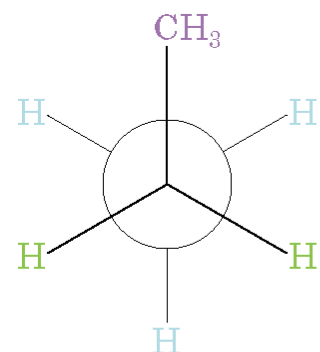
**Εκλειπτική
διαμόρφωση
αιθανίου**



Στερεοσκοπική άποψη

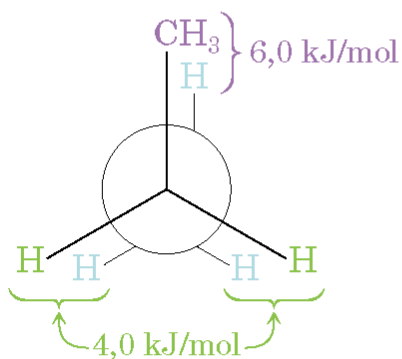


Σχήμα 4.3 Ένα διάγραμμα της δυναμικής ενέργειας σε συνάρτηση με την περιστροφή του δεσμού C-C, στο αιθάνιο. Τα διαβαθμισμένα διαμορφωμερή είναι κατά 12 kJ/mol ενεργειακά χαμηλότερα απ' ό,τι τα αντίστοιχα εκλειπτικά.

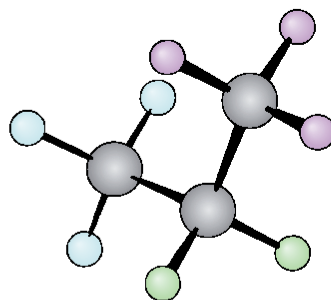


**Διαβαθμισμένο
προπάνιο**

↓ Περιστροφή κατά 60°

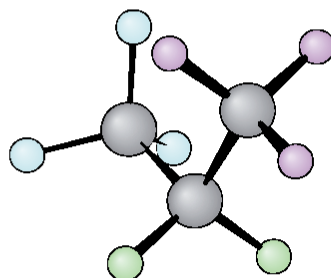


Εκλειπτικό προπάνιο



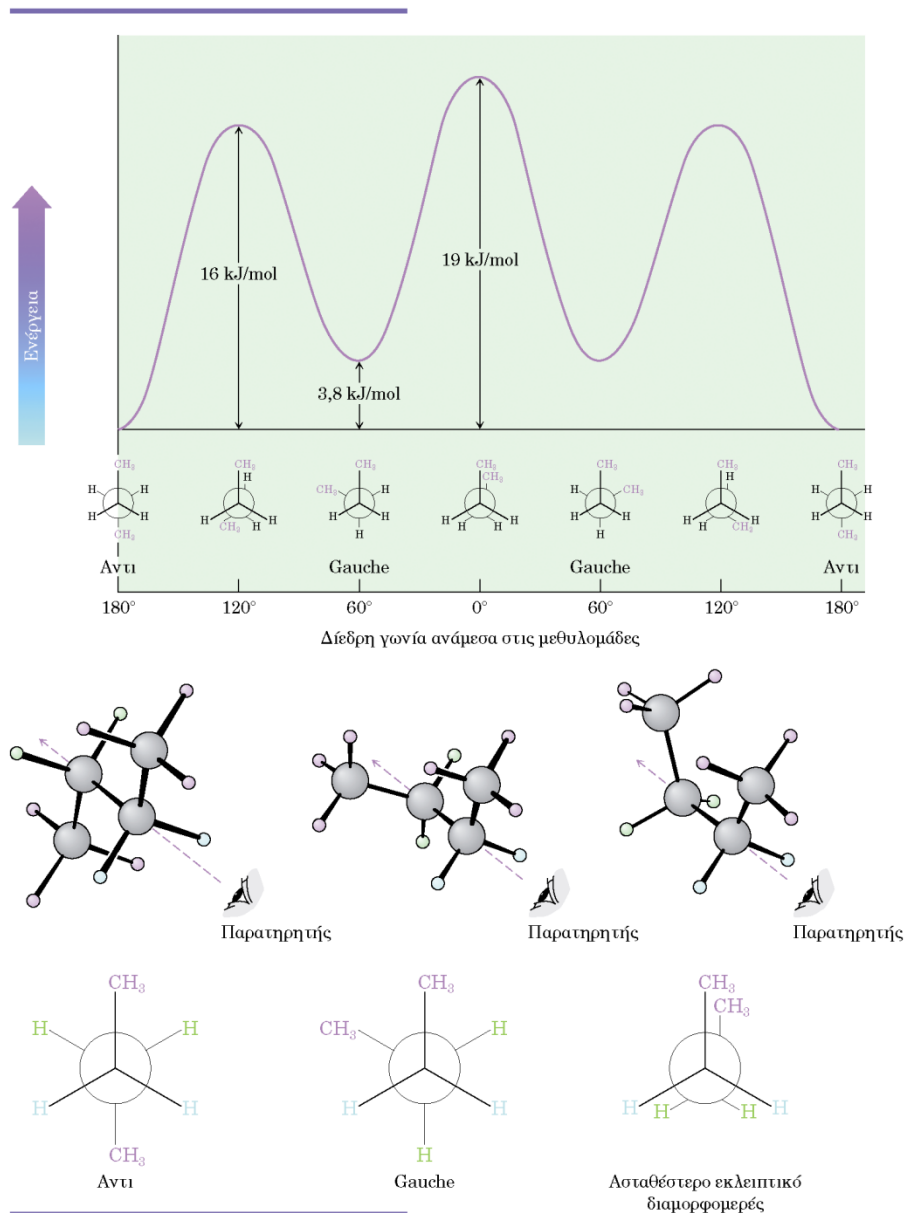
Στερεοσκοπική άποψη

↓

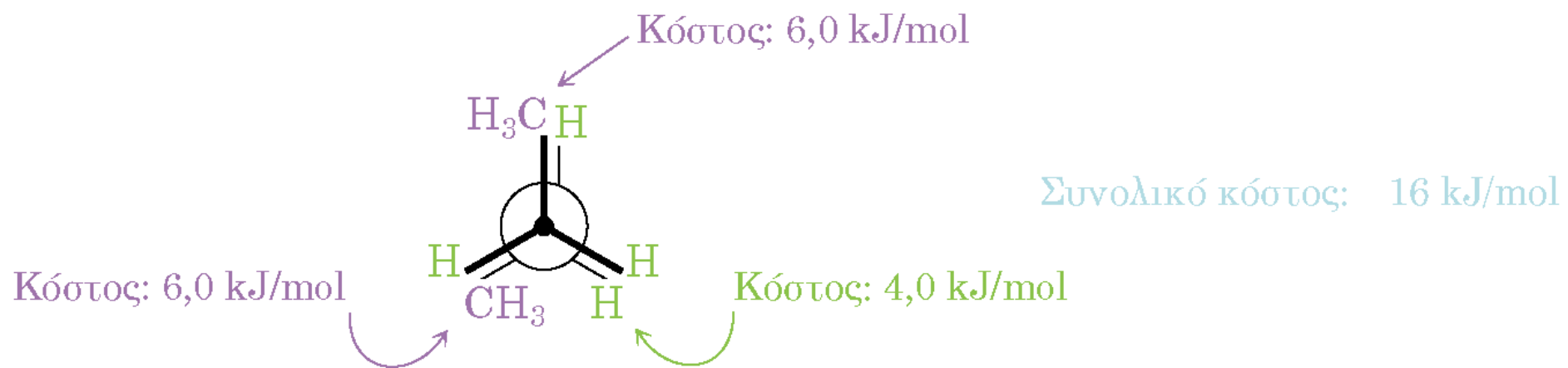


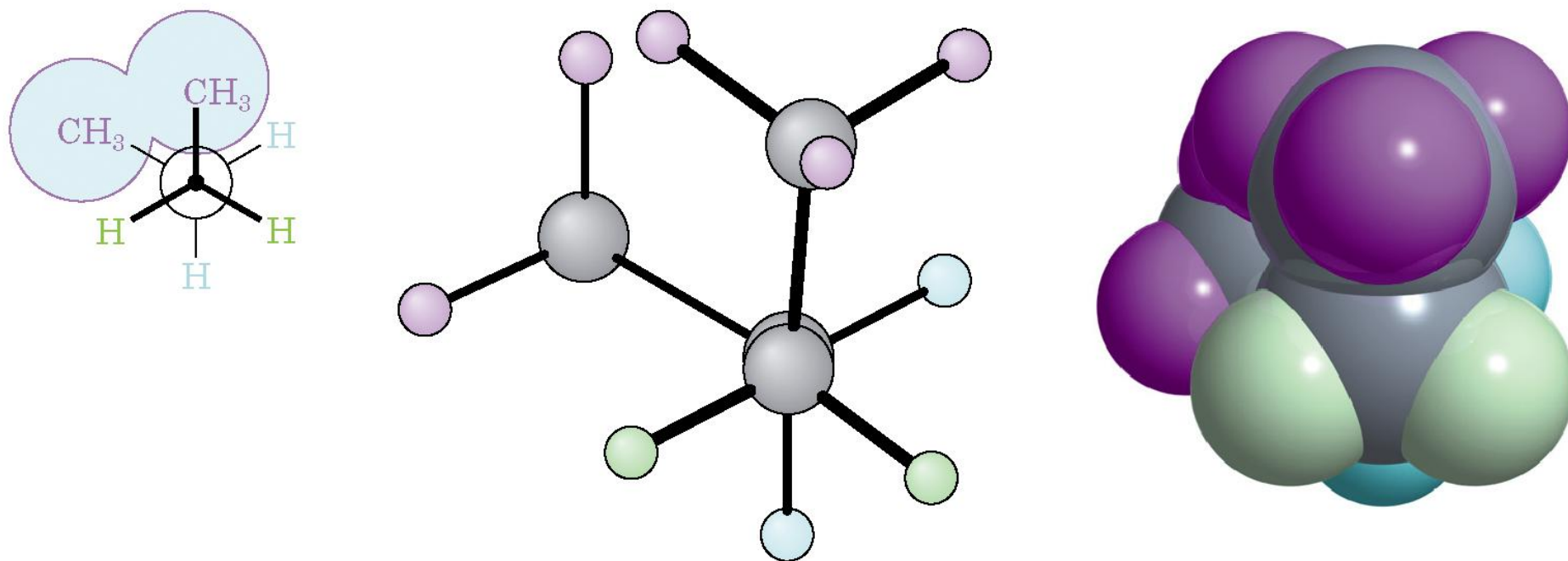
Στερεοσκοπική άποψη

Σχήμα 4.4 Οι προβολές κατά Newman στο προπάνιο, όπου φαίνονται οι διαβαθμισμένες και οι εκλειπτικές διαμορφώσεις. Το διαβαθμισμένο διαμορφομερές είναι ενεργειακά χαμηλότερο κατά 14 kJ/mol.

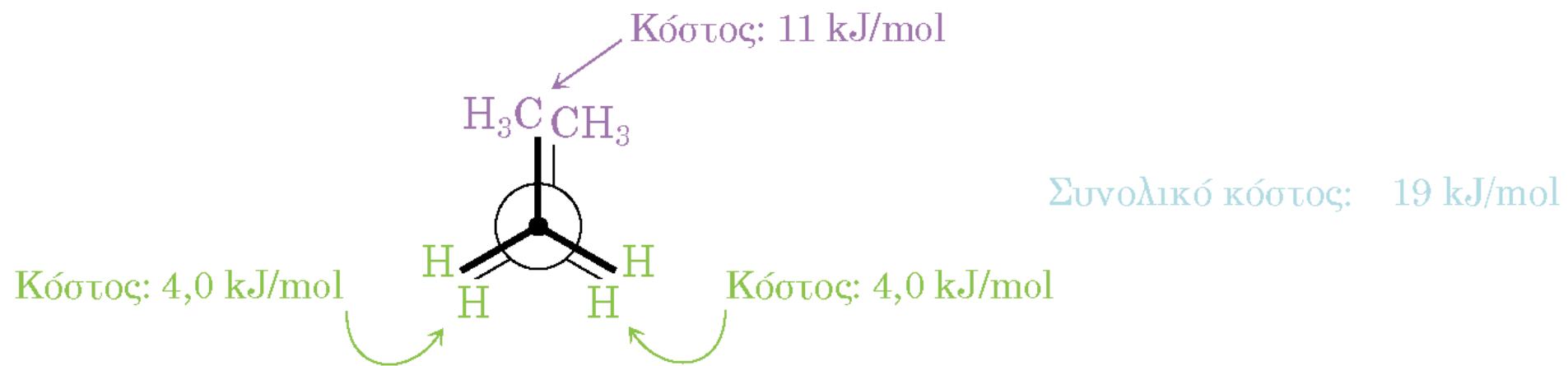


Σχήμα 4.5 Διάγραμμα της δυναμικής ενέργειας σε συνάρτηση με την περιστροφή γύρω από το δεσμό C2-C3, στο βουτάνιο. Το ενεργειακό μέγιστο εμφανίζεται όταν τα δύο μεθύλια βρίσκονται σε εκλειπτική διαμόρφωση, και το ενεργειακό ελάχιστο όταν τα δύο μεθύλια είναι απομακρυσμένα μεταξύ τους (διαμόρφωση αντι).



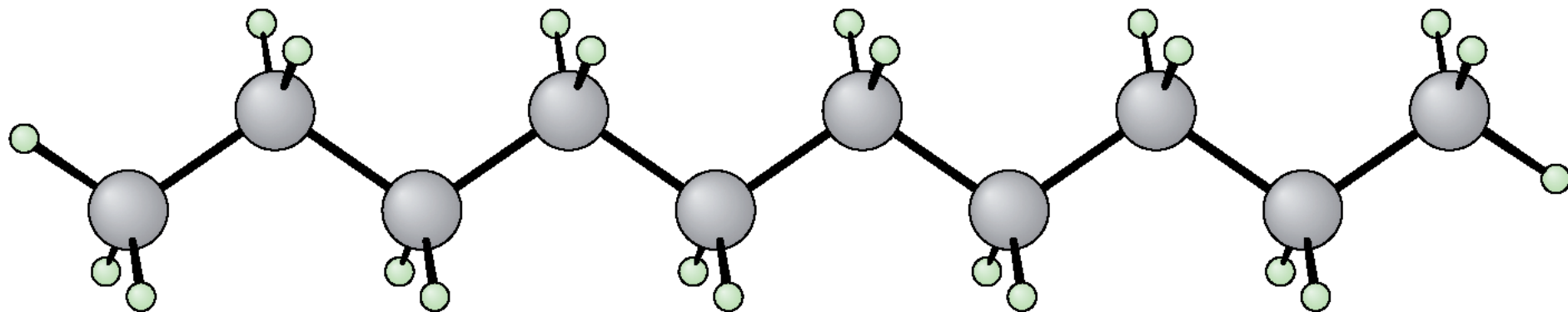


Σχήμα 4.6 Η αλληλεπίδραση ανάμεσα στα δύο μεθύλια του βουτανίου στη διαμόρφωση gauche. Η στεreoχημική τάση οφείλεται στο ότι οι δύο μεθυλομάδες βρίσκονται σε κοντινή απόσταση.

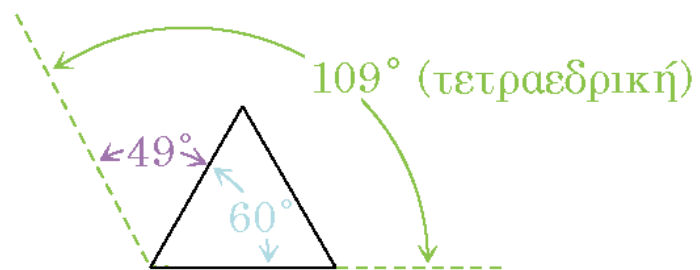


Πίνακας 4.1 Ενεργειακές απώλειες λόγω των απωστικών αλληλεπιδράσεων στα διαμορφομερή ενός αλκανίου.

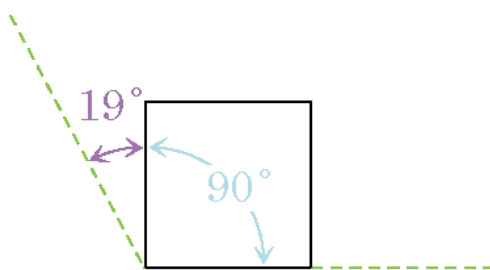
<i>Αλληλεπίδραση</i>	<i>Αιτία</i>	<i>Ενεργειακό κόστος</i>	
		<i>(kJ/mol)</i>	<i>(kcal/mol)</i>
Εκλειπτική H↔H	Τάση στρέψης	4,0	1,0
Εκλειπτική H↔CH ₃	Κυρίως τάση στρέψης	6,0	1,4
Εκλειπτική CH ₃ ↔CH ₃	Τάση στρέψης και στερεοχημική τάση	11	2,6
Gauche CH ₃ ↔CH ₃	Στερεοχημική τάση	3,8	0,9



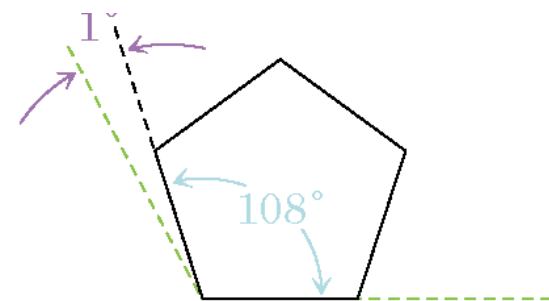
Σχήμα 4.7 Η πιο σταθερή διαμόρφωση ενός αλκανίου είναι εκείνη στην οποία όλοι οι υποκαταστάτες βρίσκονται σε διαβαθμισμένη διαμόρφωση και οι δεσμοί άνθρακα-άνθρακα έχουν διάταξη αντι, όπως φαίνεται σε αυτήν τη δομή του δεκανίου.



Κυκλοπροπάνιο

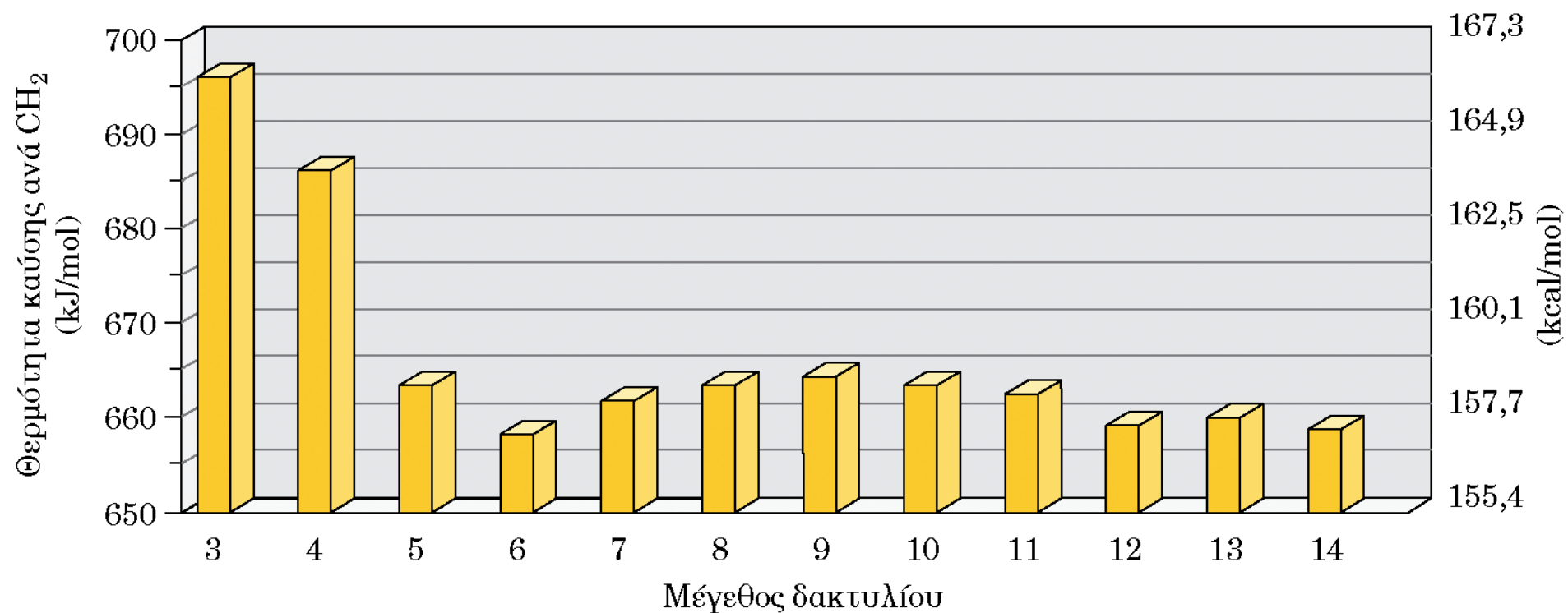


Κυκλοβουτάνιο

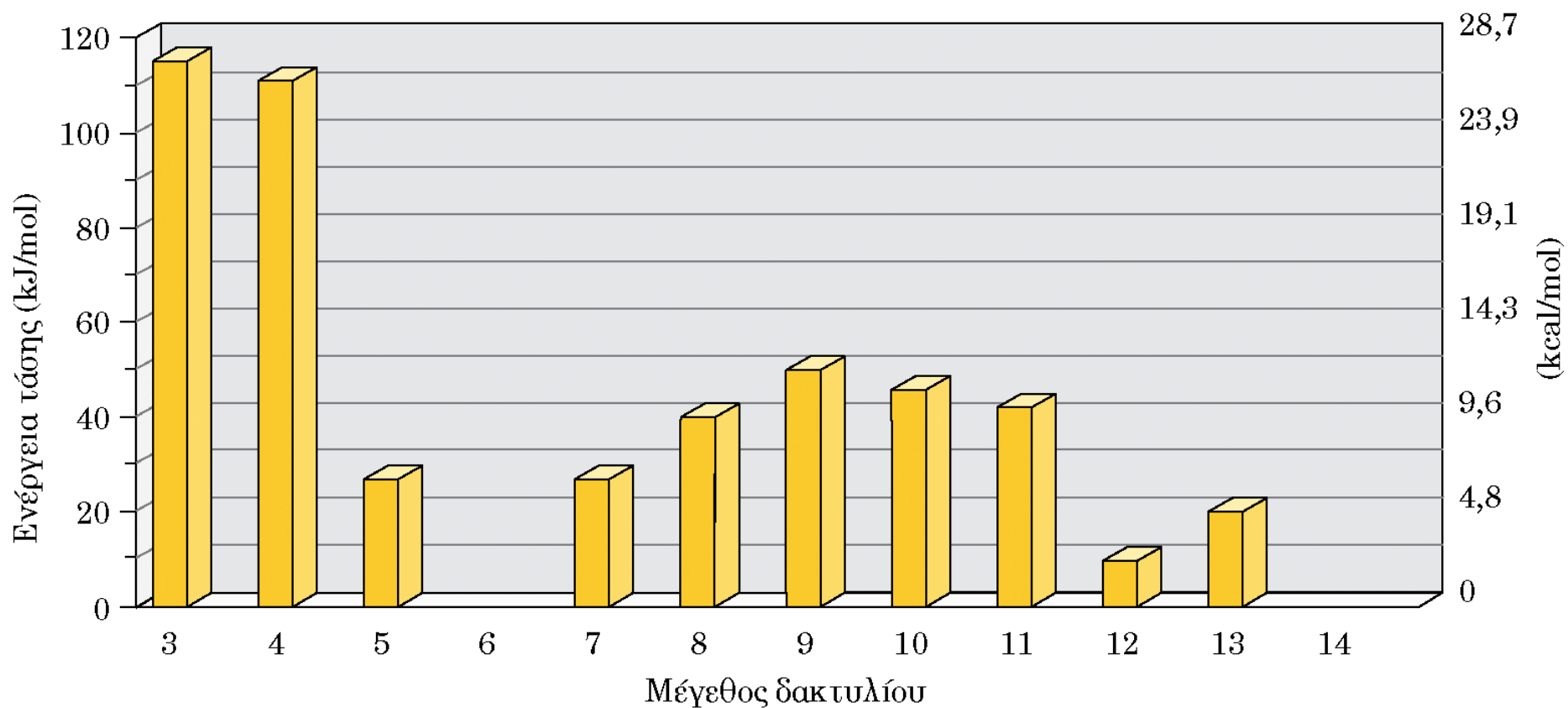


Κυκλοπεντάνιο

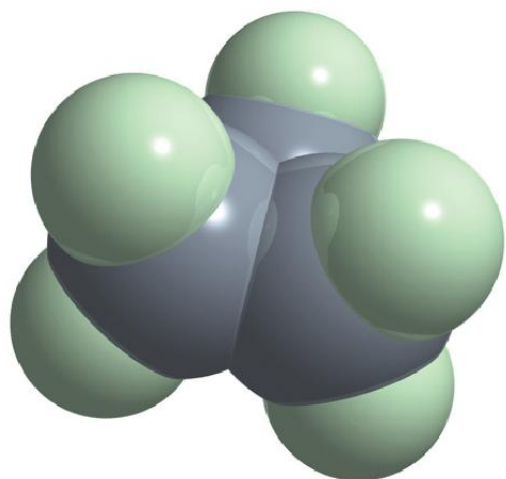




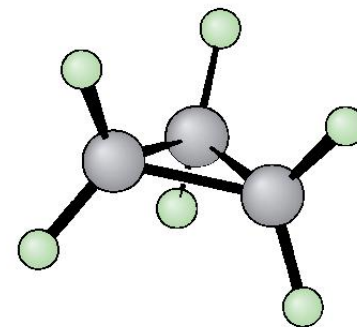
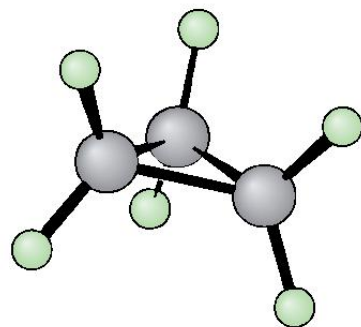
Σχήμα 4.8 Οι θερμότητες καύσης ανά CH₂, για τα κυκλοαλκάνια, σε συνάρτηση με το μέγεθος του δακτυλίου. Κατά σύμβαση, το ποσό της ενέργειας η οποία απελευθερώνεται σε μια εξώθερμη αντίδραση έχει αρνητικό πρόσημο. Έτσι, οι θερμότητες της καύσης έχουν αρνητικές τιμές.



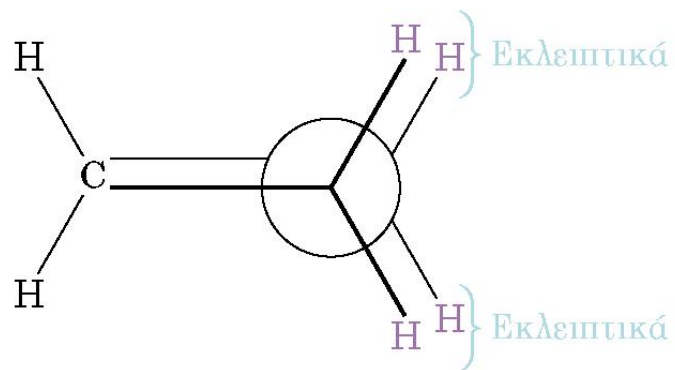
Σχήμα 4.9 Η ενέργεια τάσης των κυκλοαλκανίων σε συνάρτηση με το μέγεθος του δακτυλίου. Προσέξτε ότι ο δακτύλιος του κυκλοεξανίου δεν εμφανίζει καθόλου τάση.



(α)

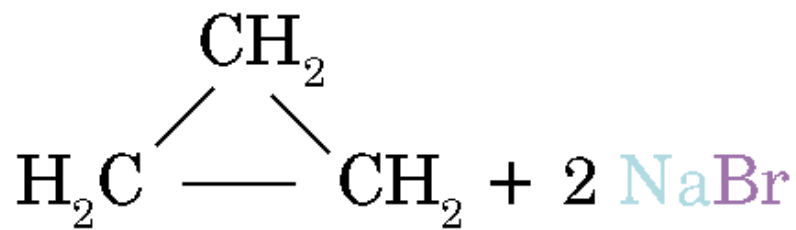
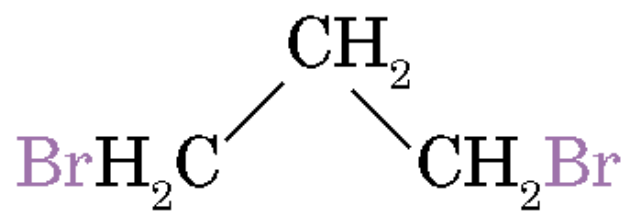


Στερεοσκοπική άποψη



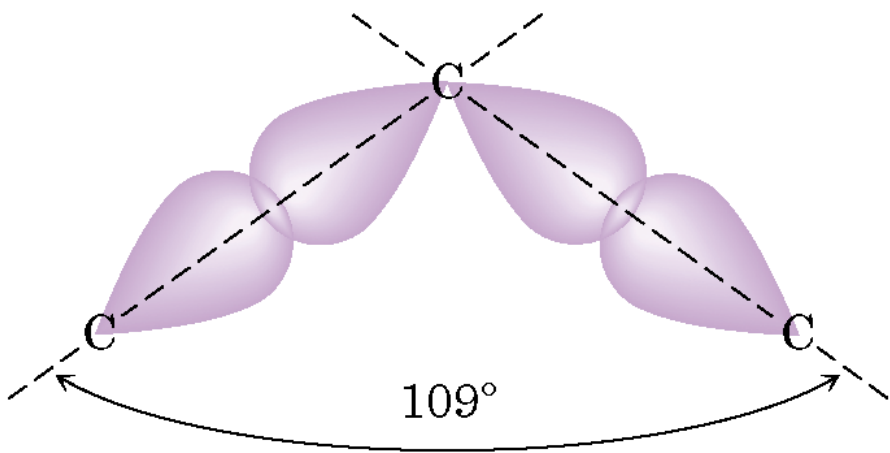
(β)

Σχήμα 4.10 Η διαμόρφωση του κυκλοπροπανίου. Το τμήμα (β) του σχήματος είναι μια προβολή κατά Newman κατά μήκος του δεσμού C-C, όπου φαίνεται η εκλειπτική αλληλεπίδραση των γειτονικών δεσμών C-H.

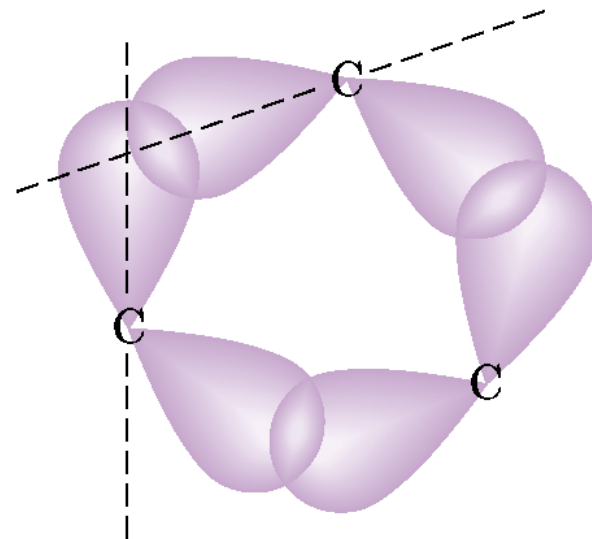


1,3-Διβρωμοπροπάνιο

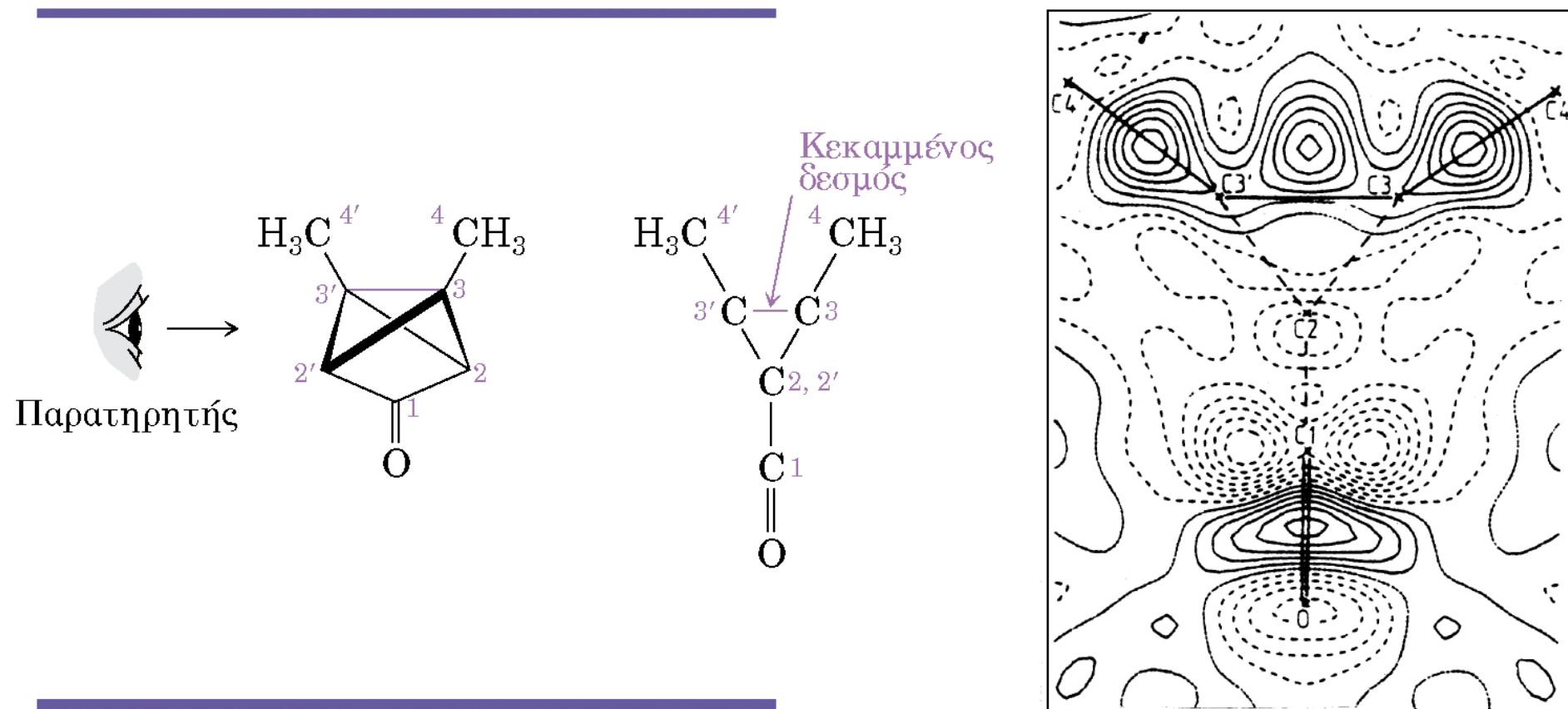
Κυκλοπροπάνιο



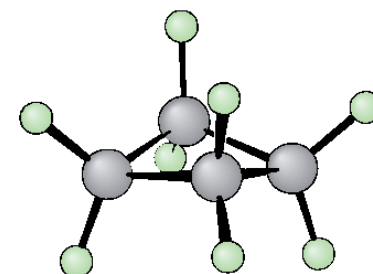
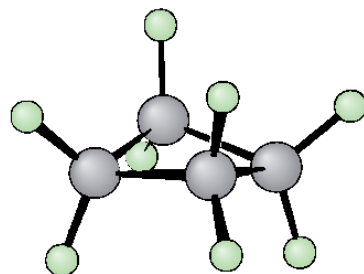
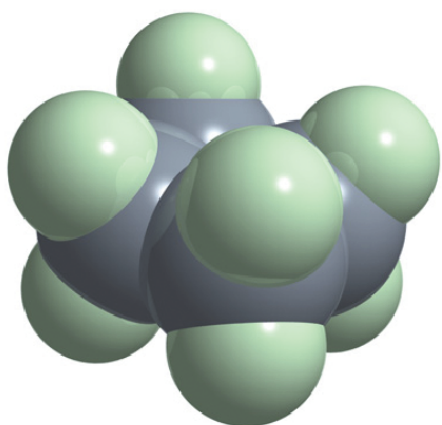
(α) Ένας τυπικός δεσμός C–C
ενός αλκανίου



(β) Ένας κεκαμμένος
κυκλοπροπανικός δεσμός C–C.

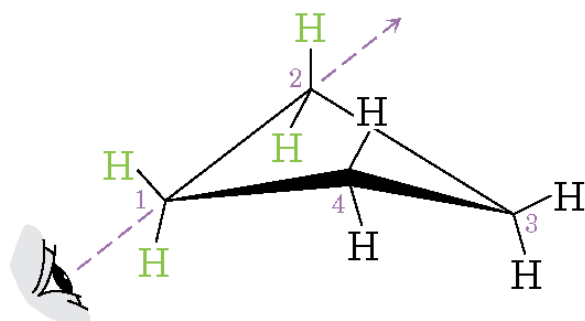


Σχήμα 4.11 Ένας χάρτης ηλεκτρονικής πυκνότητας, που κατασκευάστηκε από μελέτες ακτίνων X σε χαμηλή θερμοκρασία. Δείχνει το πώς η ηλεκτρονική πυκνότητα στον κυκλοπροπανικό δεσμό C3–C3' της υπό εξέταση ένωσης παρουσιάζει απόκλιση κατά μήκος του διαπυρηνικού άξονα.

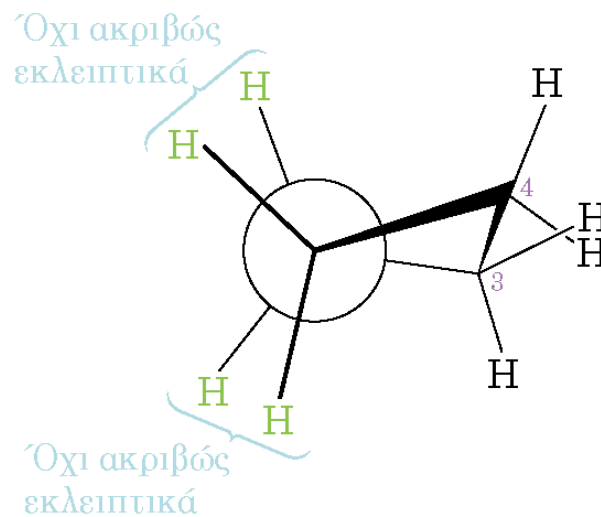


Στερεοσκοπική άποψη

(α)

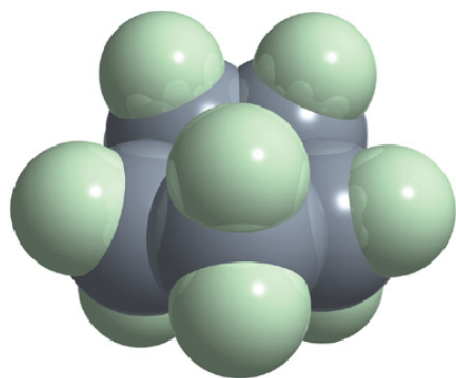


(β)

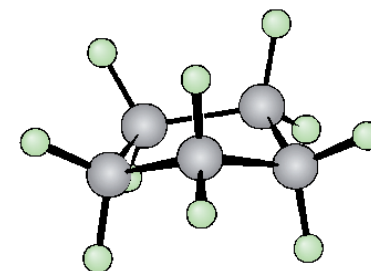
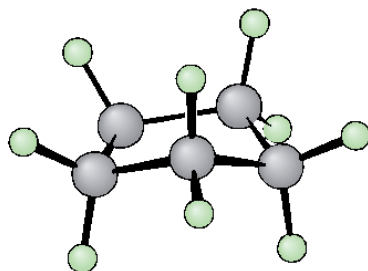


(γ)

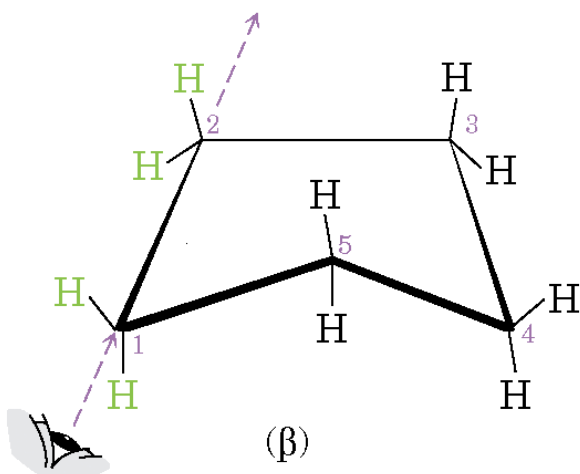
Σχήμα 4.12 Η διαμόρφωση του κυκλοβουτανίου. Στο τμήμα (α) του σχήματος φαίνεται το μοριακό μοντέλο της ένωσης αυτής, όπως δημιουργήθηκε από ηλεκτρονικό υπολογιστή. Στο τμήμα (γ) παρατίθεται η προβολή κατά Newman κατά μήκος του δεσμού C1-C2, όπου φαίνεται ότι οι γειτονικοί δεσμοί C-H δεν είναι ακριβώς εκλειπτικοί.



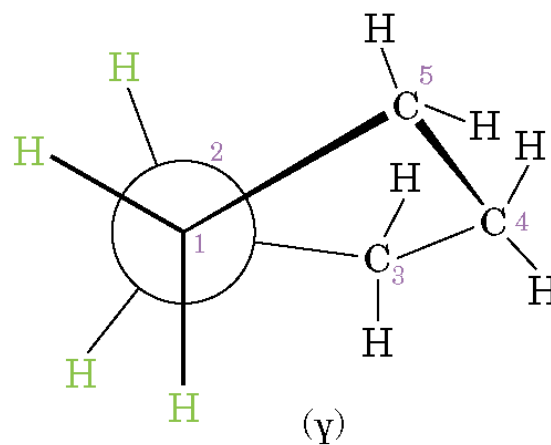
(α)



Στερεοσκοπική άποψη



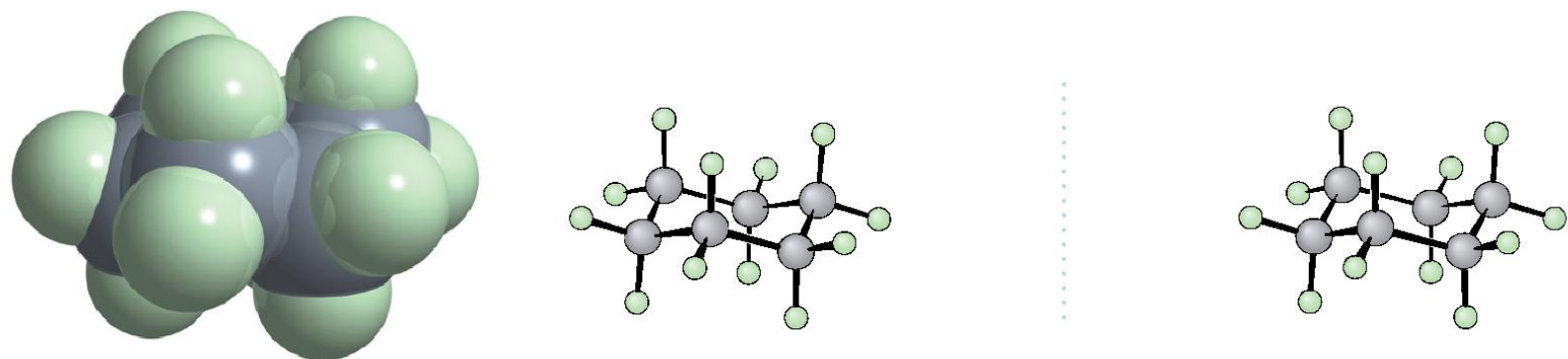
(β)



(γ)

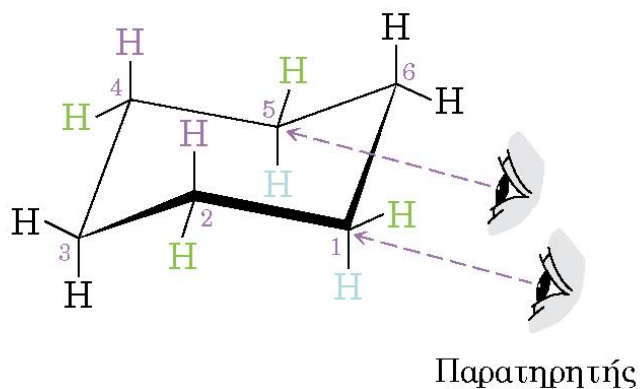
Παρατηρητής

Σχήμα 4.13 Η διαμόρφωση του κυκλοπεντανίου. Οι άνθρακες 1, 2, 3 και 4 βρίσκονται στο ίδιο περίπου επίπεδο, ενώ ο άνθρακας 5 βρίσκεται εκτός επιπέδου. Στο τμήμα (γ) του σχήματος παρατίθεται η προβολή κατά Newman κατά μήκος του δεσμού C1-C2, όπου φαίνεται ότι οι γειτονικοί δεσμοί C-H είναι σχεδόν διαβαθμισμένοι.

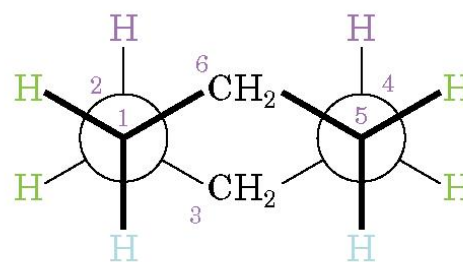


Στερεοσκοπική άποψη

(α)



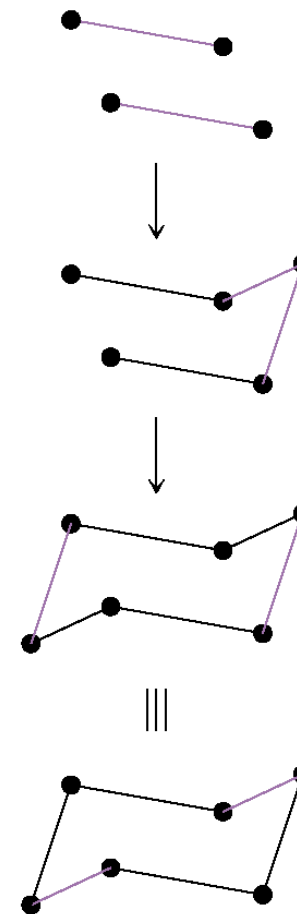
(β)



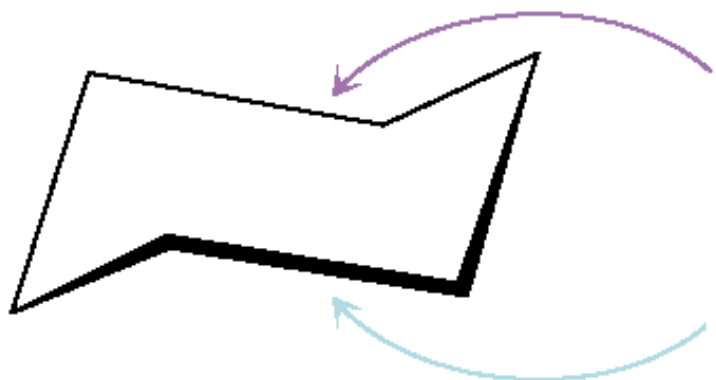
(γ)

Σχήμα 4.14 Η διαμόρφωση του κυκλοεξανίου δεν παρουσιάζει τάση. Όλες οι γωνίες των δεσμών C–C–C είναι περίπου $111,5^\circ$, δηλαδή πολύ κοντά στην ιδανική τιμή της τετραεδρικής γωνίας, $109,5^\circ$, ενώ όλοι οι γειτονικοί δεσμοί C–H έχουν διαβαθμισμένη διαμόρφωση.

1. Σχεδιάστε δύο παράλληλες γραμμές, ελαφρά κεκλιμένες προς τα κάτω που να μην ξεκινούν από την ίδια κατακόρυφο. Αυτό σημαίνει ότι οι τέσσερις από τους άνθρακες του κυκλοεξανίου βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο.
2. Τοποθετήστε τον πέμπτο άνθρακα πάνω και δεξιά, σε σχέση με το επίπεδο που ορίζουν οι υπόλοιποι τέσσερις, και συνδέστε τους δεσμούς.
3. Τοποθετήστε τον τελευταίο άνθρακα κάτω και αριστερά, σε σχέση με το αρχικό επίπεδο, και συνδέστε όλους τους δεσμούς. Παρατηρήστε ότι οι δεσμοί που βρίσκονται απέναντι είναι μεταξύ τους παράλληλοι.

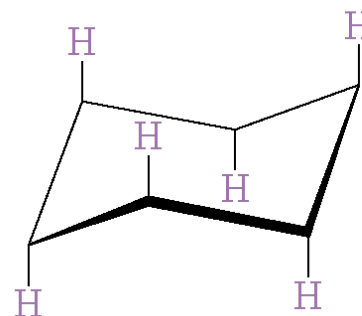
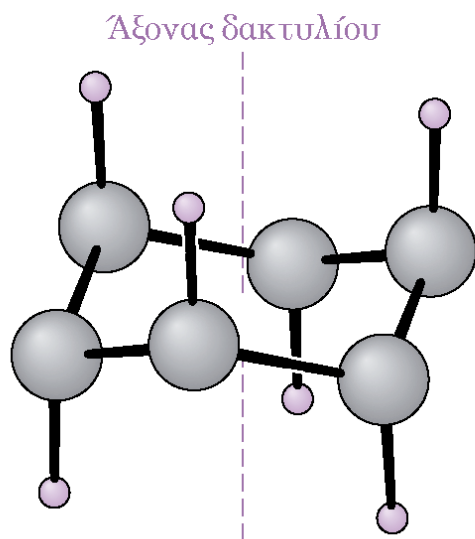


Σχήμα 4.15 Σχεδιασμός της διαμόρφωσης του ανάκλιντρου στο κυκλοεξάνιο.

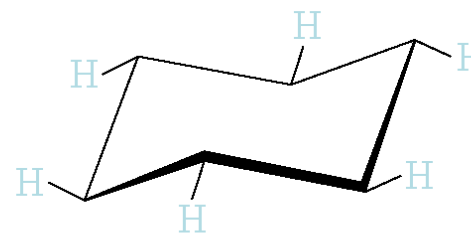
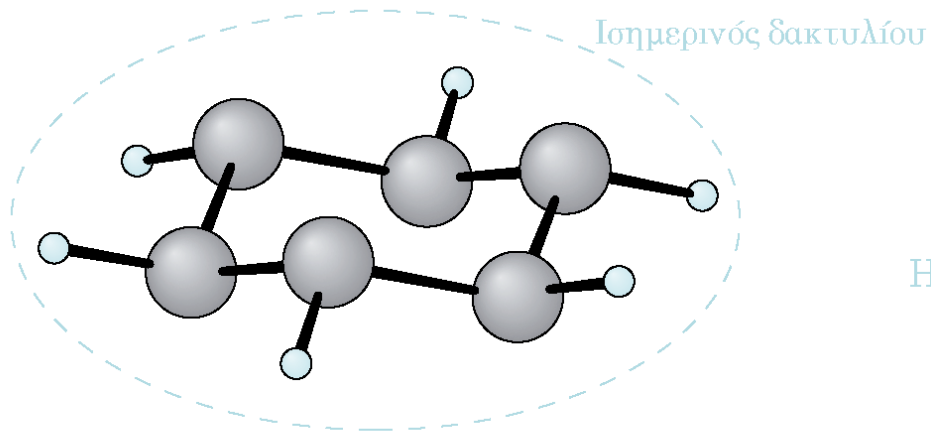


Ο δεσμός αυτός βρίσκεται πίσω

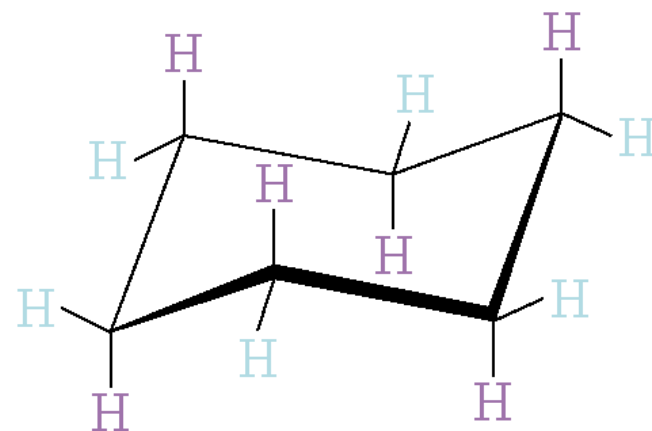
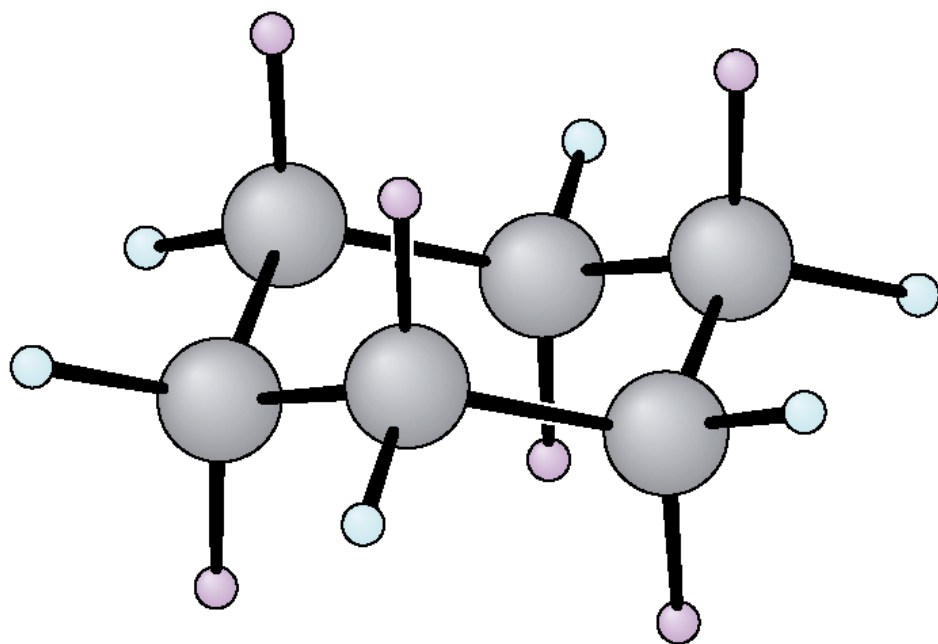
Ο δεσμός βρίσκεται εμπρός
(πλησιέστερα προς τον αναγνώστη)



(α) Έξι *αξονικά* υδρογόνα (παράλληλα προς τον άξονα του δακτυλίου)

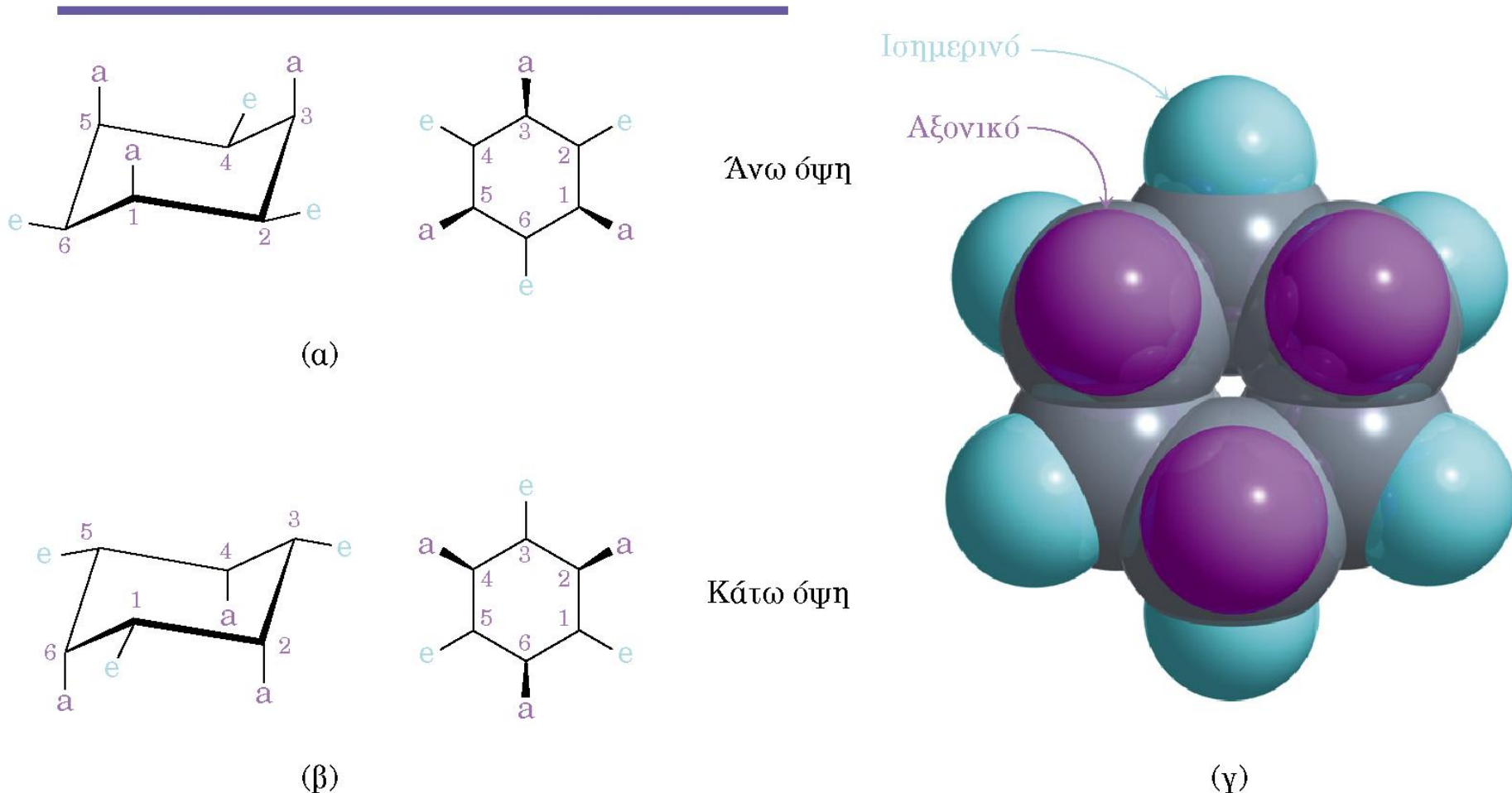


(β) Έξι *ισημερινά* υδρογόνα (γύρω από τον ισημερινό του δακτυλίου)



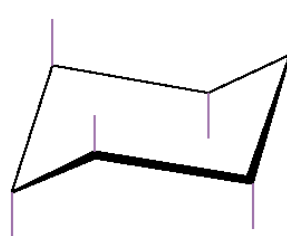
(γ) Η διαμόρφωση ανάκλιντρου στο κυκλοεξάνιο, με όλα τα άτομα υδρογόνου

Σχήμα 4.16 Τα αξονικά και τα ισημερινά άτομα υδρογόνου στη διαμόρφωση ανάκλιντρου του κυκλοεξανίου. Τα έξι αξονικά υδρογόνα είναι διατεταγμένα παράλληλα προς τον άξονα του δακτυλίου, ενώ τα έξι ισημερινά υδρογόνα βρίσκονται περίπου γύρω από τον ισημερινό του δακτυλίου.



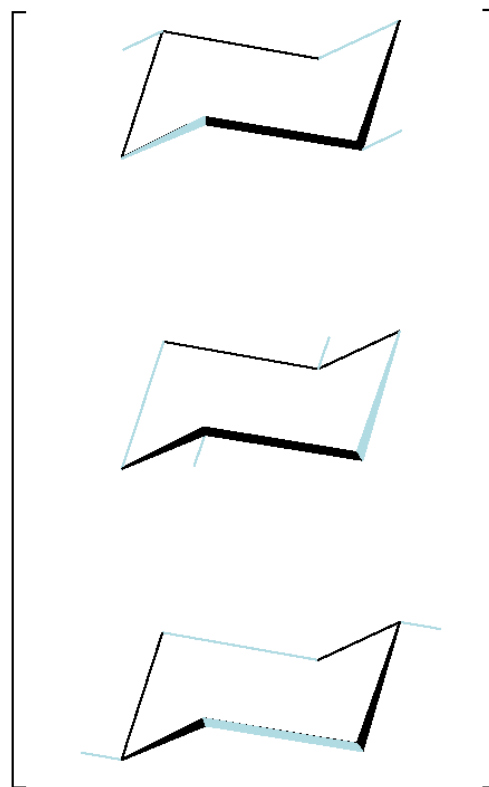
Σχήμα 4.17 Οι εναλλασσόμενες αξονικές και ισημερινές θέσεις στη διαμόρφωση ανάκλιντρου στο κυκλοεξάνιο. Κάθε άτομο άνθρακα έχει μια αξονική (a) και μια ισημερινή (e) θέση, ενώ κάθε πλευρά έχει εναλλασσόμενες αξονικές και ισημερινές θέσεις. Στο τμήμα (γ) του σχήματος βλέπετε μίαν αναπαράσταση του κυκλοεξανικού δακτυλίου, όπως φαίνεται κοιτάζοντας το μόριο από την «κάτω» πλευρά.

Αξονικοί Δεσμοί: Οι έξι αξονικοί δεσμοί, ένας σε κάθε άνθρακα, είναι παράλληλοι και εναλλασσόμενοι προς τα άνω και προς τα κάτω.

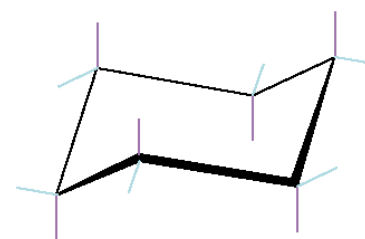


Αξονικοί δεσμοί

Ισημερινοί Δεσμοί: Οι έξι ισημερινοί δεσμοί, ένας σε κάθε άνθρακα, μπορούν να σχεδιαστούν σε τρεις ομάδες δύο παράλληλων γραμμών. Κάθε ομάδα ισημερινών δεσμών είναι επίσης παράλληλη με δύο δεσμούς του δακτυλίου. Οι ισημερινοί δεσμοί έχουν εναλλασσόμενη κατεύθυνση ως προς τις δύο επιφάνειες γύρω από το δακτύλιο.

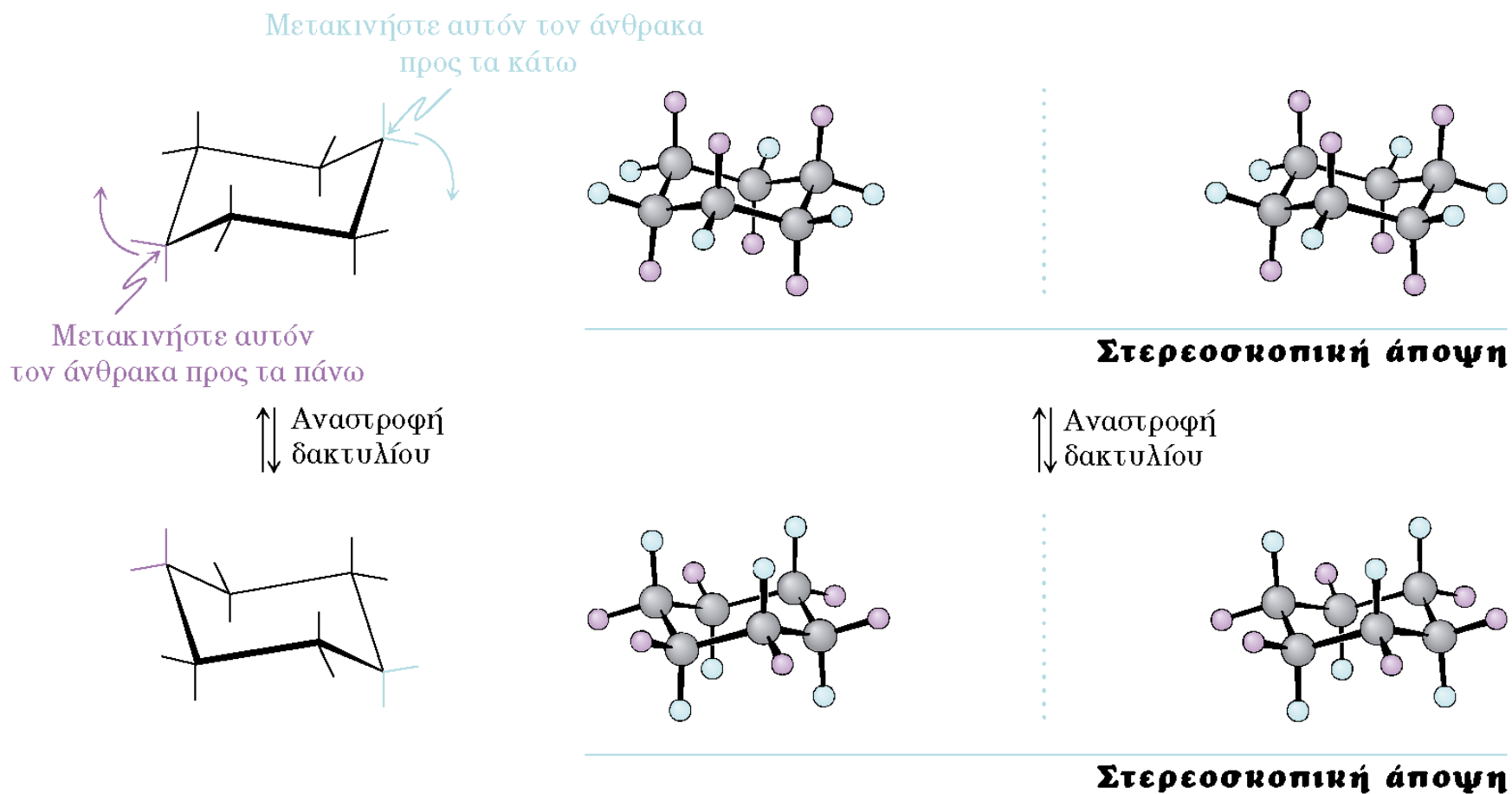


Ισημερινοί δεσμοί

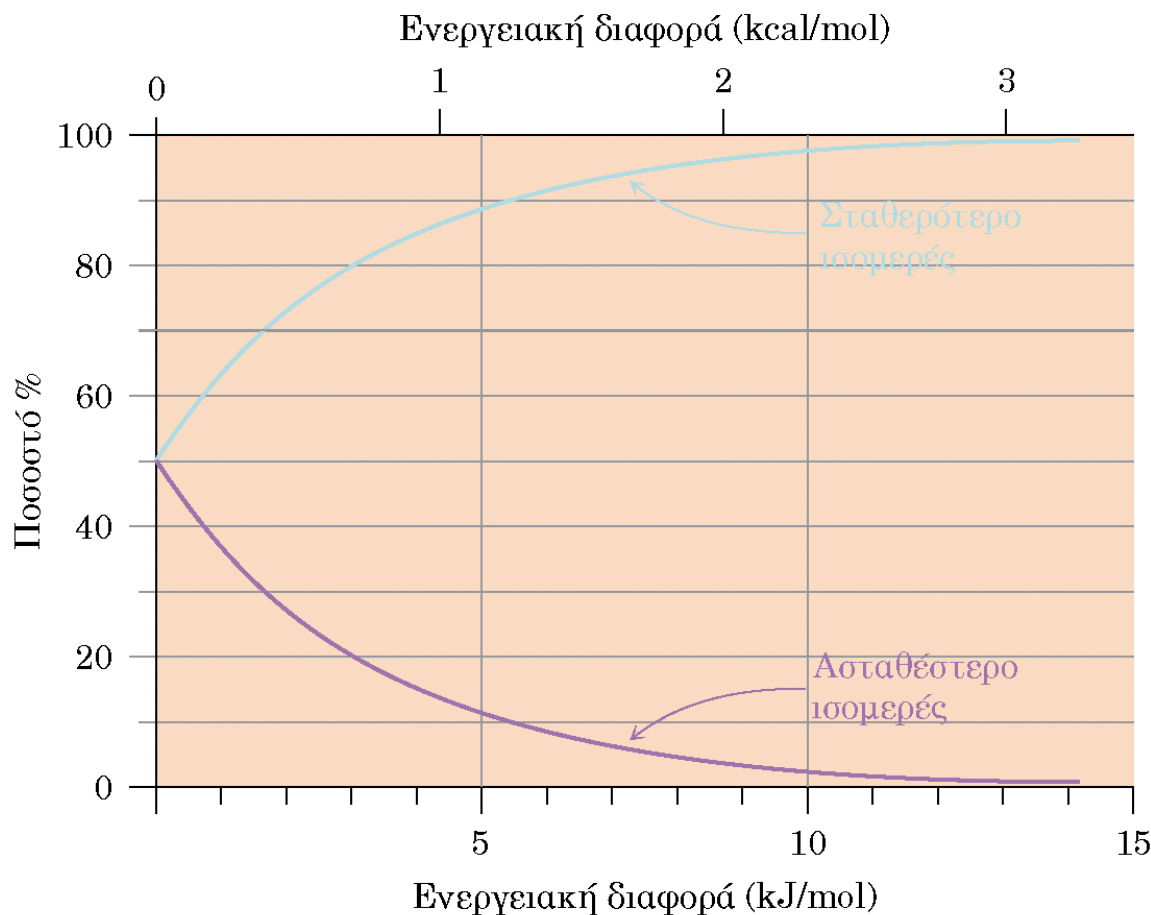


Πλήρες κυκλοεξάνιο

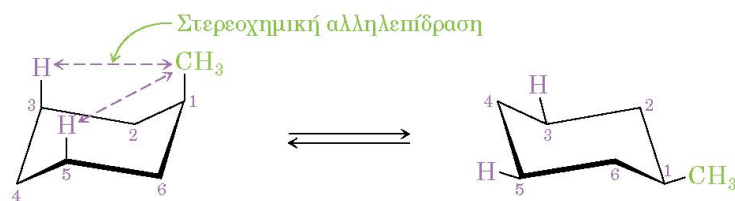
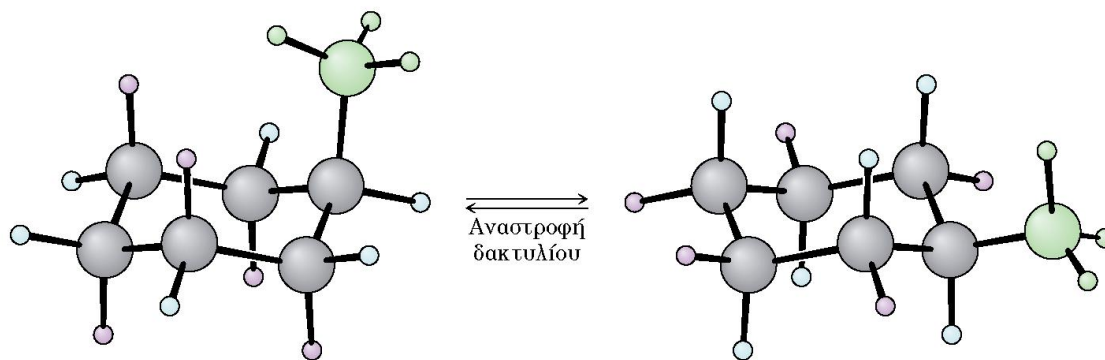
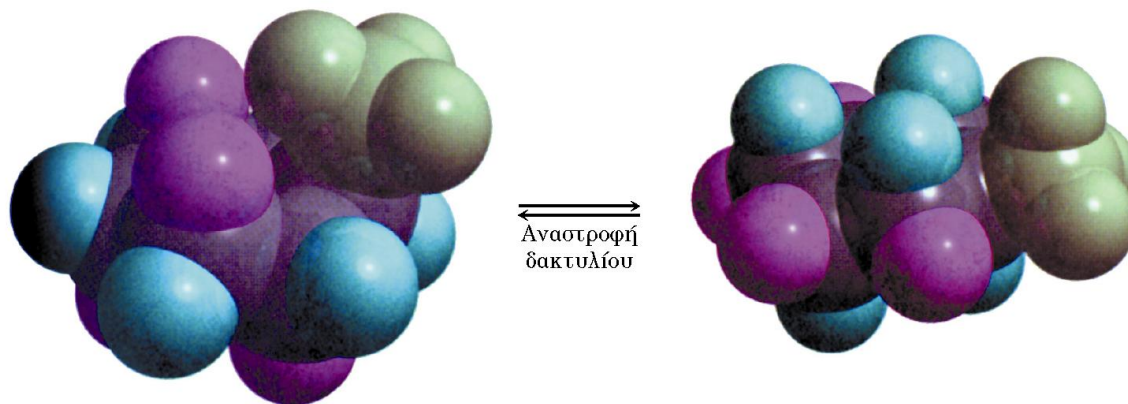
Σχήμα 4.18 Μεθοδολογία σχεδιασμού των αξονικών και ισημερινών δεσμών στη διαμόρφωση ανάκλι- ντρου στο κυκλοεξάνιο.



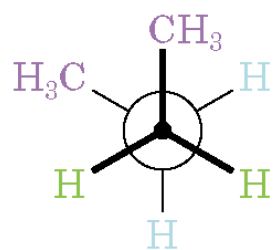
Σχήμα 4.19 Η αναστροφή δακτυλίου στη διαμόρφωση ανάκλιτρου στο κυκλοεξάνιο αλληλομετατρέπει αξονικές και ισημερινές θέσεις.



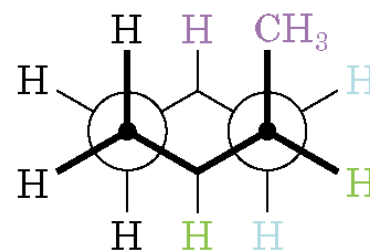
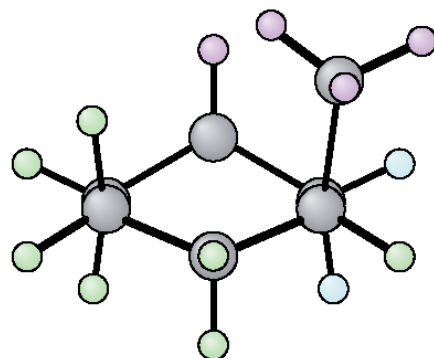
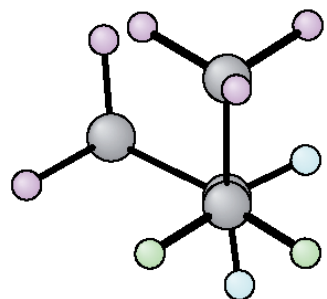
Σχήμα 4.20 Διάγραμμα των εκατοστιαίων ποσοστών δύο ισομερών σε ισορροπία, σε συνάρτηση με την ενεργειακή τους διαφορά. Οι καμπύλες υπολογίστηκαν από την εξίσωση $K = e^{-(\Delta E/RT)}$, όπου K είναι η σταθερά ισορροπίας ανάμεσα στα ισομερή, $e = 2,718$ (η βάση των φυσικών λογαρίθμων), ΔE είναι η ενεργειακή διαφορά ανάμεσα στα ισομερή, T η θερμοκρασία σε βαθμούς Kelvin και $R = 8,314 \text{ J}/(\text{K}\cdot\text{mol})$.



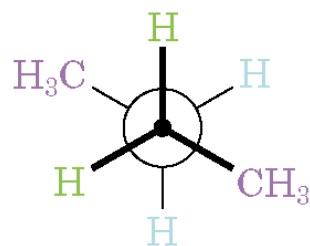
Σχήμα 4.21 Η αλληλομετατροπή του αξονικού και του ισημερινού μεθυλοκυκλοεξανίου, όπως αναπαρίσταται με διαφορετικούς τρόπους. Το ισημερινό διαμορφομερές είναι σταθερότερο από το αξονικό, κατά 7,6 kJ/mol.



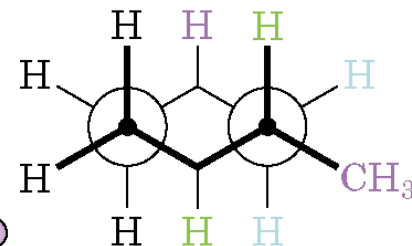
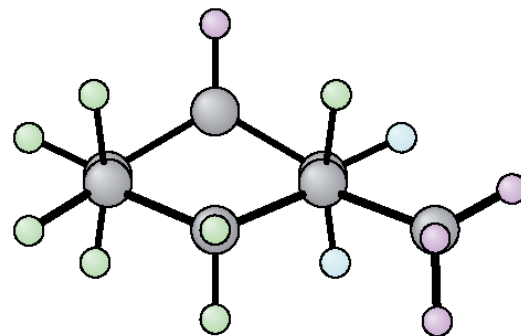
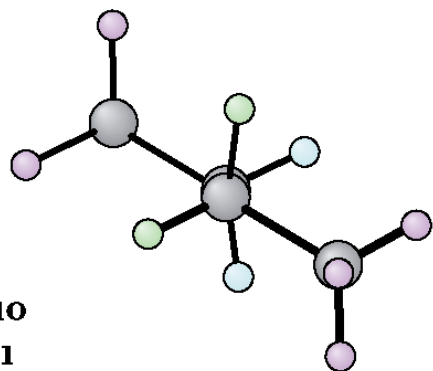
gauche βουτάνιο
(τάση 3,8 kJ/mol)



**Αξονικό μεθυλο-
κυκλοεξάνιο**
(τάση 7,6 kJ/mol)



Αντι βουτάνιο
(δεν υπάρχει
στεreoχημική τάση)

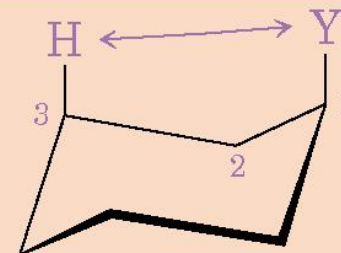


**Ισημερινό μεθυλο-
κυκλοεξάνιο**
(δεν υπάρχει
στεreoχημική τάση)

Σχήμα 4.22 Η αιτία των 1,3-διαξονικών αλληλεπιδράσεων στο μεθυλοκυκλοεξάνιο. Η στεreoχημική τάση ανάμεσα σε ένα αξονικό μεθύλιο και τα αξονικά άτομα υδρογόνου που απέχουν κατά τρία άτομα άνθρακα είναι ίδια με τη στεreoχημική τάση που αναπτύσσεται στη διαμόρφωση gauche του βουτανίου. (Σημειωτέον ότι η ομάδα CH_3 στο μεθυλοκυκλοεξάνιο έχει μετατοπιστεί ελαφρά από την κανονική αξονική θέση της, ώστε να ελαχιστοποιηθεί η τάση.)

Πίνακας 4.2 Η στερεοχημική τάση σε μονοϋποκατεστημένα κυκλοεξάνια.

*Τάση της 1,3-διαξονικής
αλληλεπίδρασης H-Y*

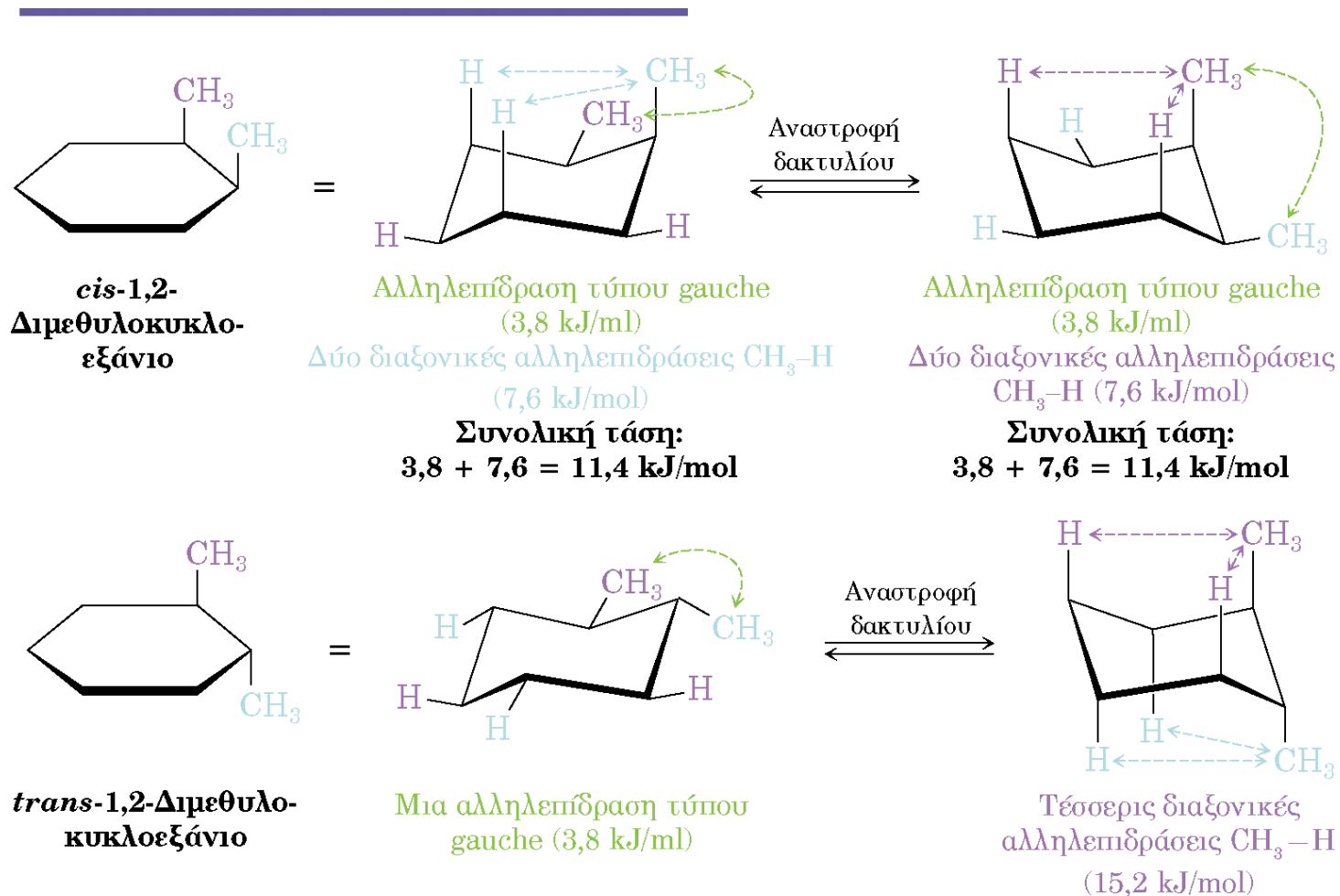


Y

(kJ/mol)

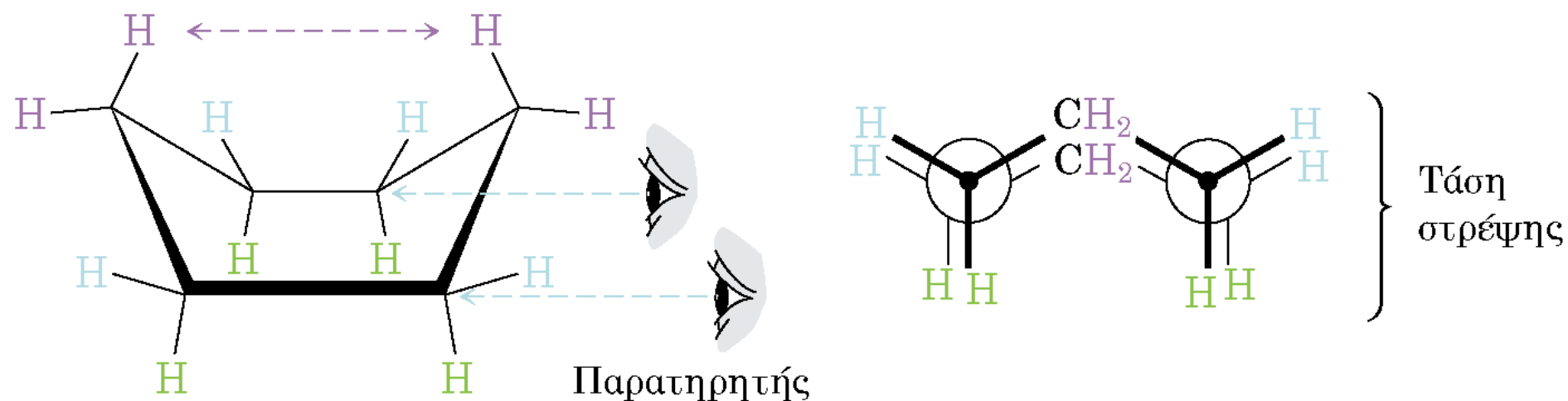
(kcal/mol)

– F	0,5	0,12
– Cl	1,0	0,25
– Br	1,0	0,25
– OH	2,1	0,5
– CH ₃	3,8	0,9
– CH ₂ CH ₃	4,0	0,95
– CH(CH ₃) ₂	4,6	1,1
– C(CH ₃) ₃	11,4	2,7
– C ₆ H ₅	6,3	1,5
– COOH	2,9	0,7
– CN	0,4	0,1

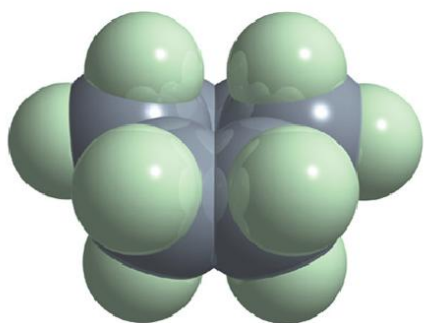


Σχήμα 4.23 Οι διαμορφώσεις του *cis*- και του *trans*-1,2-διμεθυλοκυκλοεξανίου. Στο *cis* ισομερές, οι δύο διαμορφώσεις ανάκλιπτρου είναι ισοενεργειακές, γιατί κάθε μια διαθέτει από ένα αξονικό και ένα ισημερινό μεθύλιο. Στο *trans* ισομερές, η διαμόρφωση όπου και τα δύο μεθύλια είναι ισημερινά ευνοείται κατά 11,4 kJ/mol (2,7 kcal/mol) σε σχέση με τη διαμόρφωση όπου και τα δύο μεθύλια είναι αξονικά.

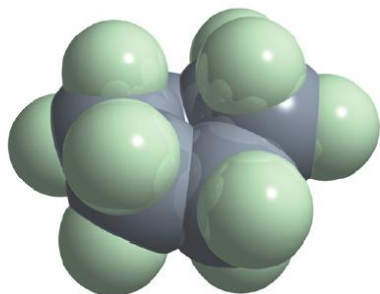
Στεροχημική τάση ανάμεσα
στα υδρογόνα των C1 και C4



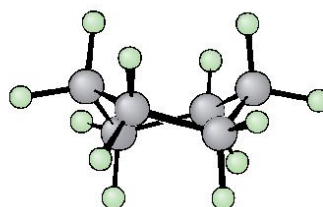
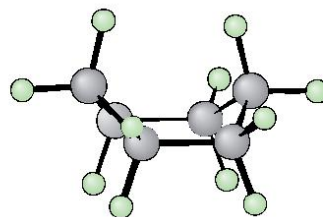
Σχήμα 4.24 Η διαμόρφωση λουτήρα στο κυκλοεξάνιο. Σ' αυτή τη διαμόρφωση ασκείται στεροχημική τάση και τάση στρέψης, όχι όμως γωνιακή τάση.



(α) Κυκλοεξάνιο τύπου λουτήρα
(τάση 29 kJ/mol)



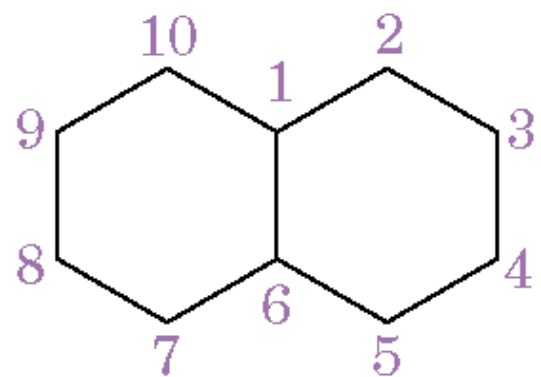
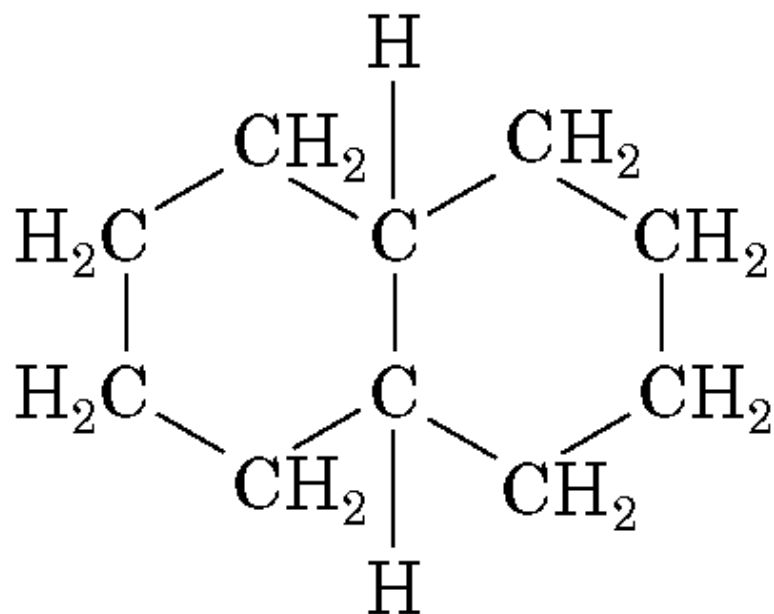
(β) Κυκλοεξάνιο τύπου συνεστραμμένου
λουτήρα (τάση 23 kJ/mol)



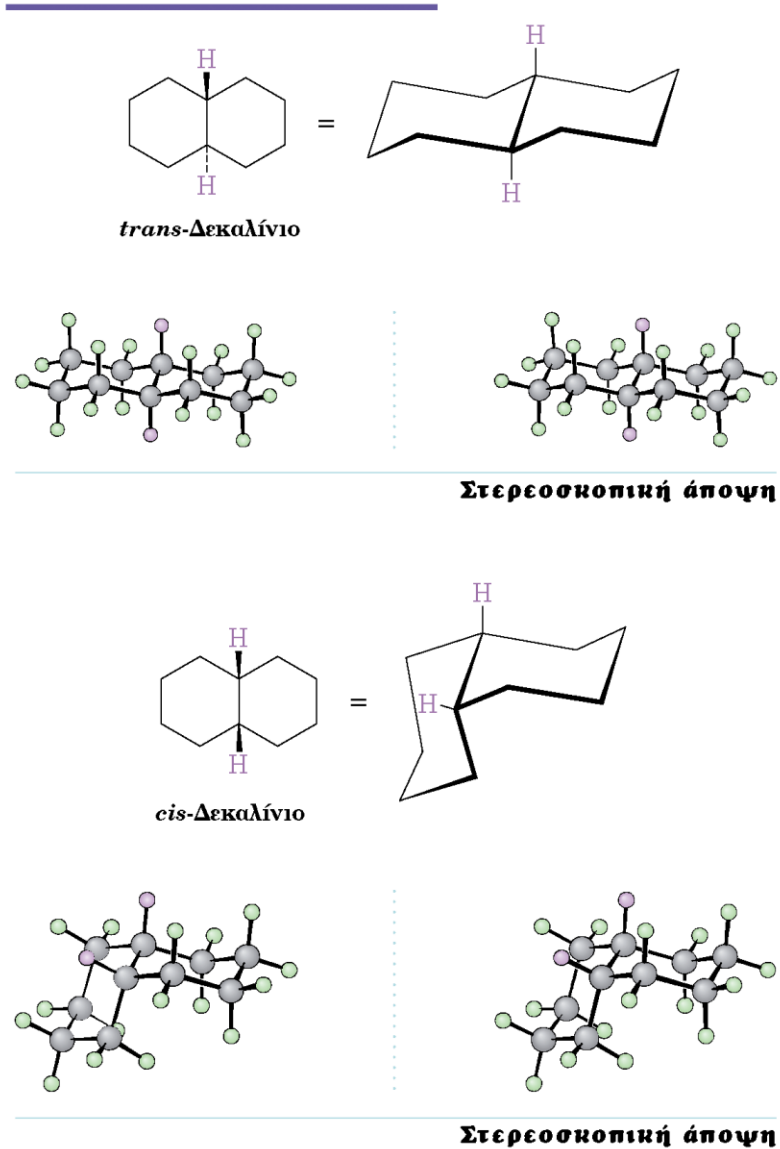
Στερεοσκοπική άποψη

Στερεοσκοπική άποψη

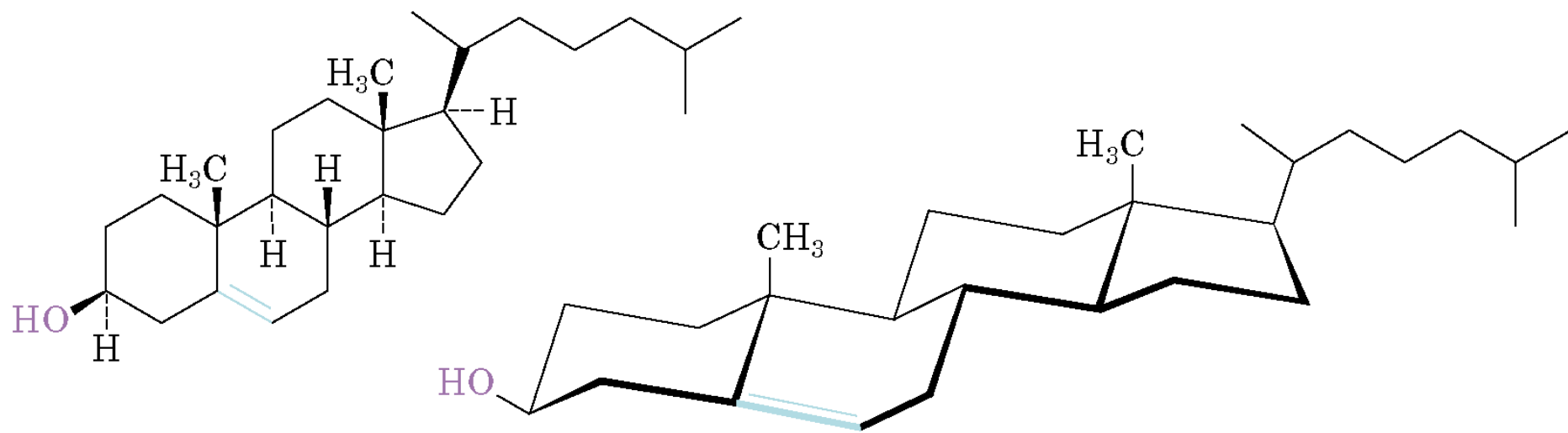
Σχήμα 4.25 Οι διαμορφώσεις λουτήρα και συνεστραμμένου λουτήρα του κυκλοεξανίου. Η διαμόρφωση συνεστραμμένου λουτήρα βρίσκεται ενεργειακά χαμηλότερα σε σχέση με τη διαμόρφωση λουτήρα, κατά 6 kJ/mol. Και οι δύο διαμορφώσεις εμφανίζουν πολύ περισσότερη τάση από τη διαμόρφωση ανάκλιντρου.



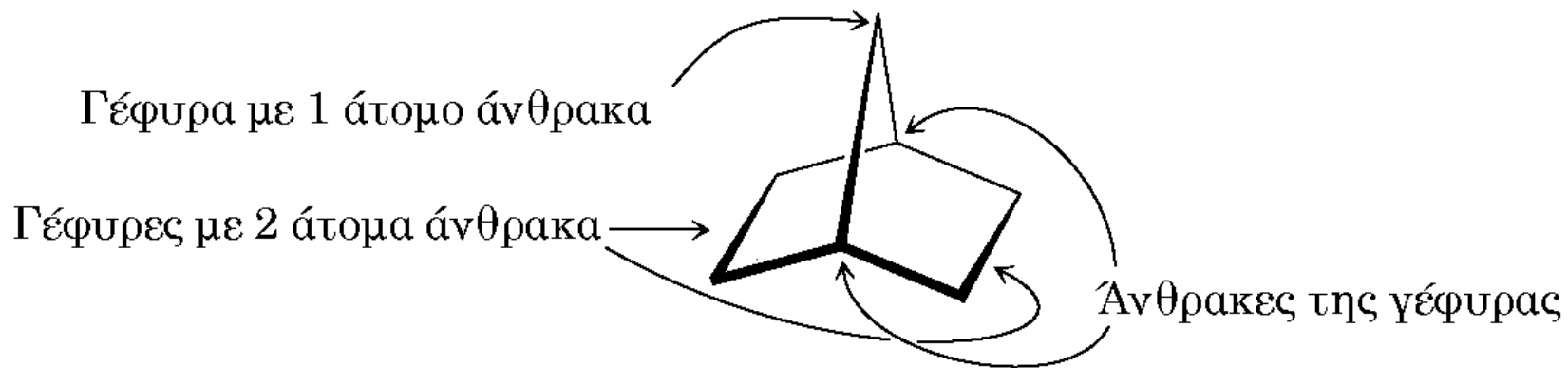
Δεκαλίνιο (δύο συμπυκνωμένοι κυκλοεξανικοί δακτύλιοι)



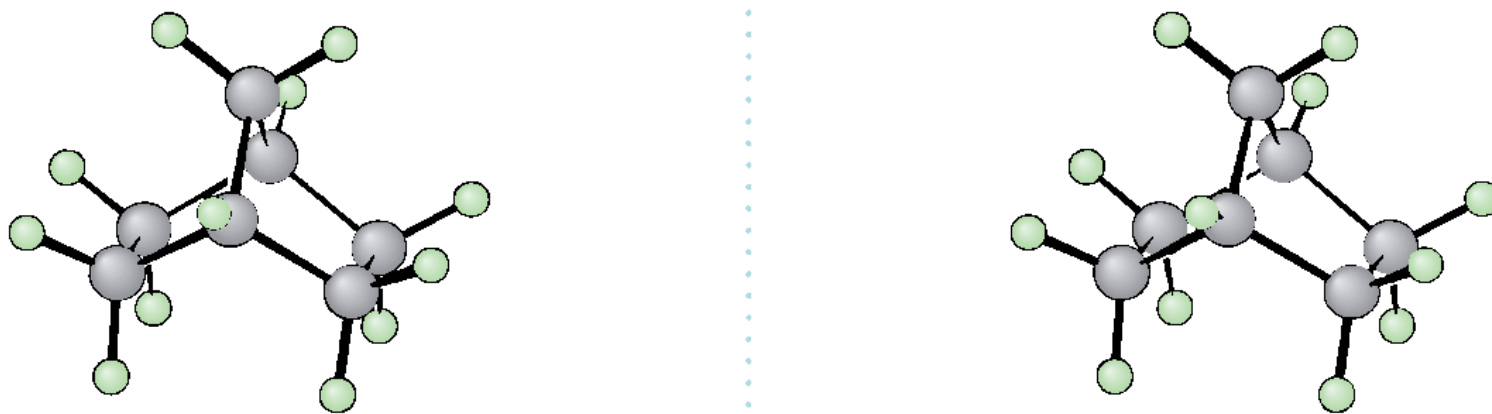
Σχήμα 4.26 Απεικονίσεις του *trans*- και του *cis*-δεκαλίνιου. Τα άτομα του υδρογόνου πάνω στη γέφυρα προσανατολίζονται προς την ίδια πλευρά των δακτυλίων στο *cis*-ισομερές και προς αντίθετες πλευρές στο *trans* ισομερές.



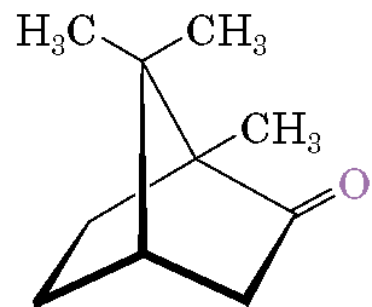
Χοληστερόλη (ένα στεροειδές)



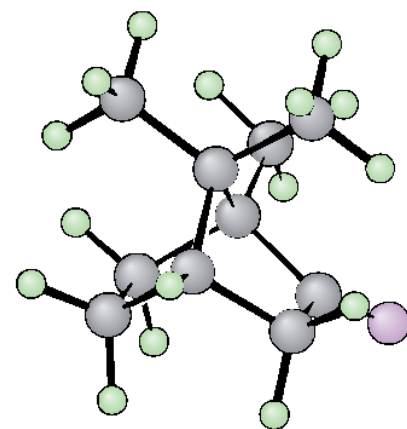
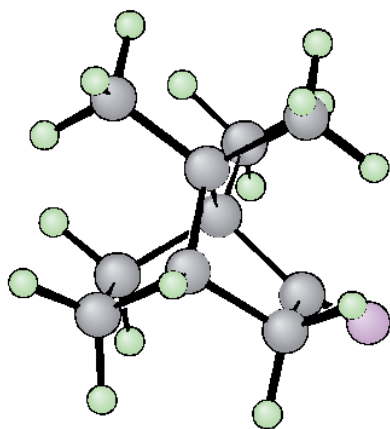
Νορβορνάνιο
(Δικυκλο[2.2.1]επτάνιο)



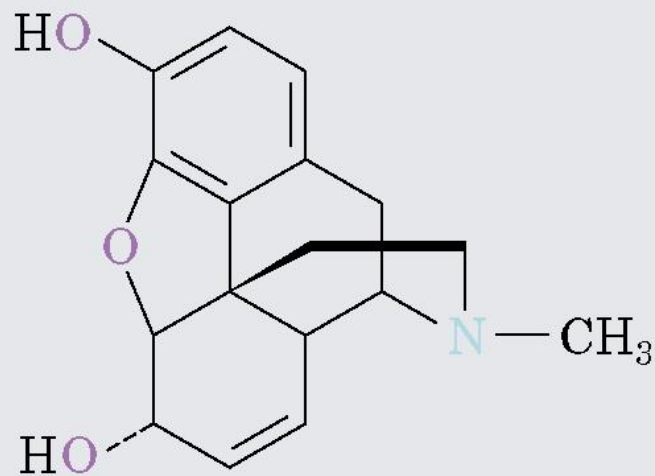
Στερεοσκοπική άποψη



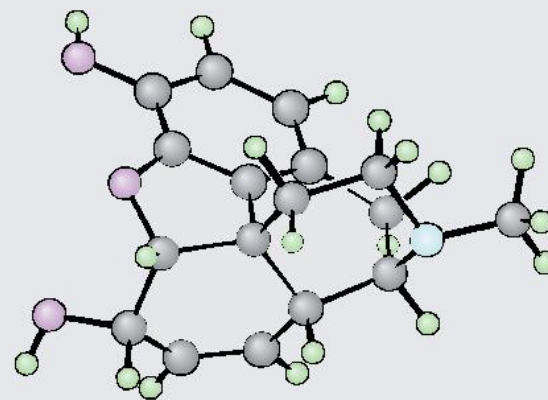
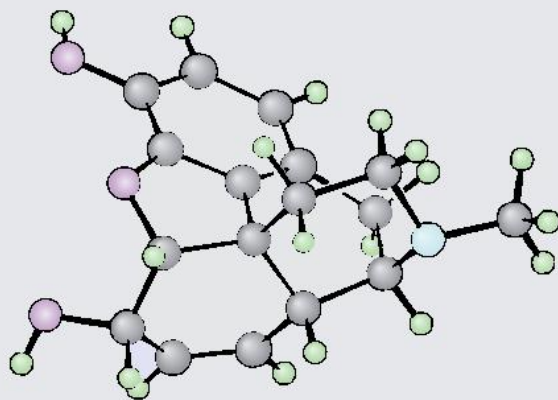
Καμφορά



Στερεοσκοπική άποψη

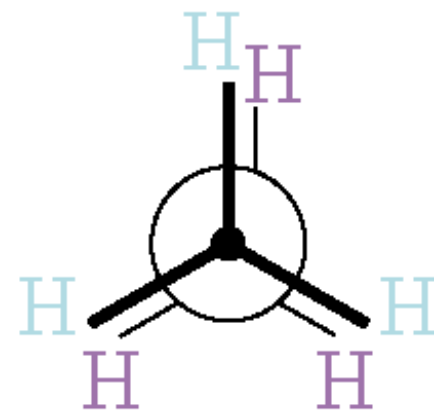
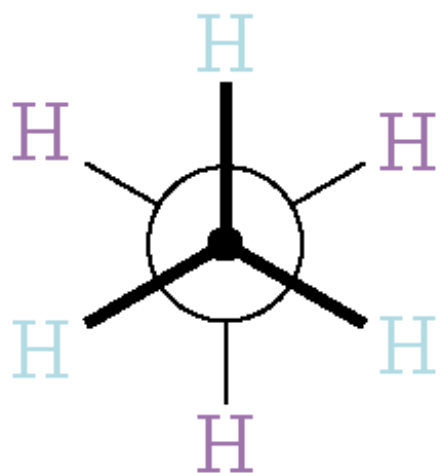


Μορφίνη



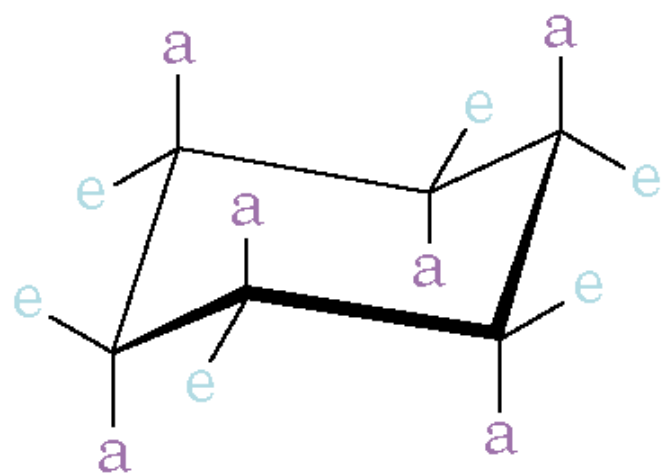
Στερεοσκοπική άποψη

Σχήμα 4.27 Η δομή της μορφίνης και μια στερεοσκοπική άποψη της διαμόρφωσης ελάχιστης ενέργειάς της, όπως υπολογίστηκε από πρόγραμμα μοριακής μηχανικής.



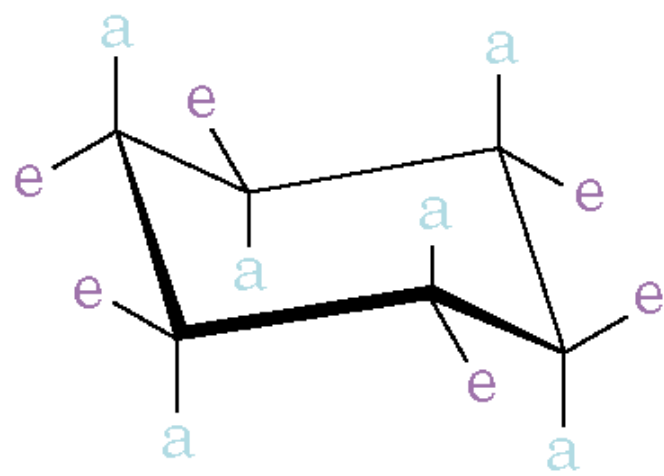
Διαβαθμισμένο αιθάνιο

Εκλειπτικό αιθάνιο



Αναστροφή
δακτυλίου

↔



Τέλος Ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Κρήτης**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα

Σημείωμα αδειοδότησης

- Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση, Όχι Παράγωγο Έργο 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

- Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:
 - που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
 - που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
 - που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο
- Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Κρήτης Γεώργιος Βασιλικογιαννάκης. «Οργανική Χημεία Ι». Έκδοση: 1.0. Ηράκλειο 2015. 6^η Διάλεξη – 03/3/2015 . Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

<https://opencourses.uoc.gr/courses/course/view.php?id=350>.

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.