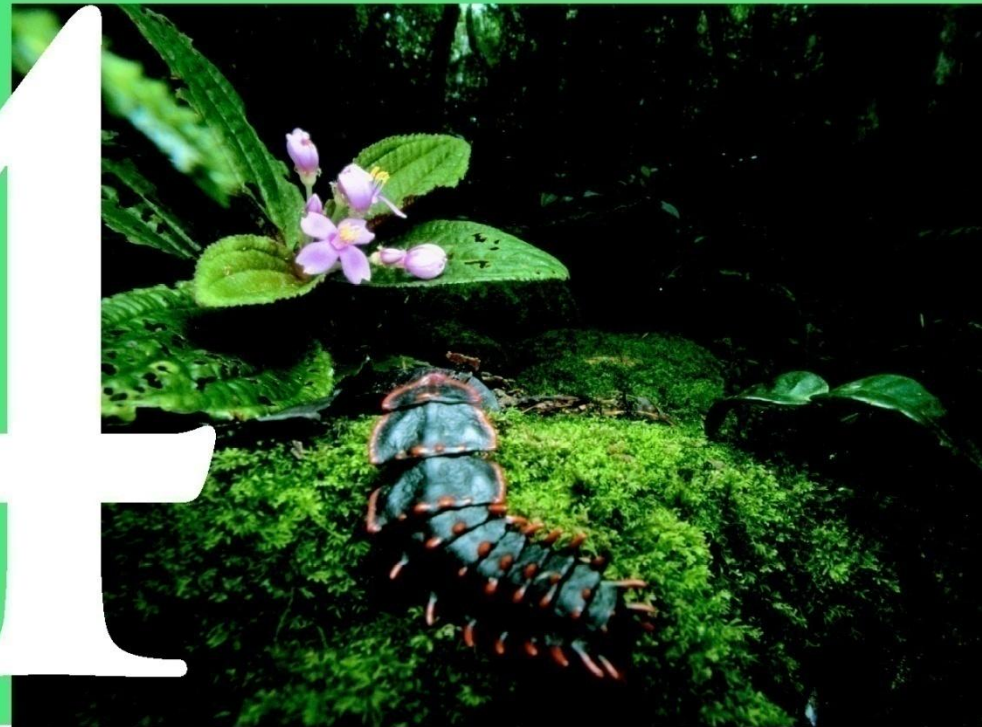
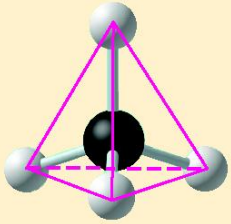

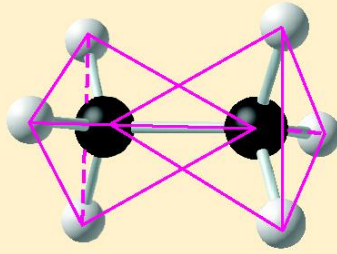
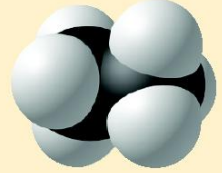
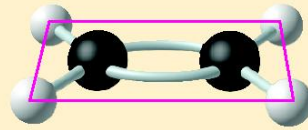
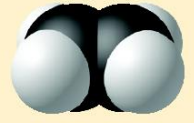


Ο άνθρακας
και η μοριακή
ποικιλότητα
της ζωής

4



Η οργανική χημεία είναι η Χημεία των ενώσεων του άνθρακα (πλην λιγοστών ενώσεων όπως το CO₂ ή το ανθρακικό ασβέστιο)

Όνομασία και σχόλια	Χημικός τύπος	Συντακτικός τύπος	Μοντέλο με σφαίρες και ράβδους	Χωροπληρωτικό μοντέλο
(α) Μεθάνιο. Όταν ένα άτομο άνθρακα δημιουργεί τέσσερις απλούς δεσμούς με άλλα άτομα, το μόριο που προκύπτει μοιάζει με τετράεδρο.	CH ₄	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$		
(β) Αιθάνιο. Ένα μόριο μπορεί να αποτελείται από περισσότερα του ενός τετράεδρα, όταν συντίθεται από απλούς δεσμούς. Π.χ., το αιθάνιο αποτελείται από δύο τέτοια τετράεδρα.	C ₂ H ₆	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H} - \text{C} - \text{C} - \text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$		
(γ) Αιθυλένιο. Όταν δύο άτομα άνθρακα συνδέονται με διπλό δεσμό, όλα τα άλλα άτομα που είναι ενωμένα με αυτούς τους άνθρακες βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο, επομένως όλο το μόριο είναι επίπεδο.	C ₂ H ₄	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \quad \text{H} \\ \quad \backslash \quad / \\ \quad \text{C} = \text{C} \\ \quad / \quad \backslash \\ \text{H} \quad \quad \text{H} \end{array}$		

▲ **Εικόνα 4.3** Το σχήμα τριών απλών οργανικών μορίων.

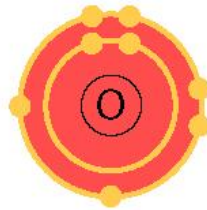
Ο άνθρακας λόγω των 4 ηλεκτρονίων στην εξωτερική του στιβάδα σθένους, μπορεί να δημιουργεί εκατομμύρια ενώσεις συνδεδεμένος ομοιοπολικά με άλλα άτομα άνθρακα καθώς και με άτομα άλλων χημικών στοιχείων (κυρίως με το υδρογόνο (H), οξυγόνο (O) και το άζωτο (N)).

Υδρογόνο
(σθένος = 1)



H·

Οξυγόνο
(σθένος = 2)



·Ö·

Άζωτο
(σθένος = 3)



·N·

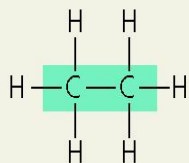
Άνθρακας
(σθένος = 4)



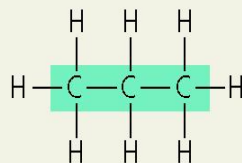
·C·

▲ **Εικόνα 4.4 Τα σθένη των κυριότερων στοιχείων στα οργανικά μόρια.** Σθένος είναι ο αριθμός των ομοιοπολικών δεσμών που μπορεί να σχηματίσει ένα άτομο. Το σθένος ισούται, κατά κανόνα, με τον αριθμό των ηλεκτρονίων που χρειάζονται για να συμπληρωθεί η εξώτερη στιβάδα, δηλαδή η στιβάδα σθένους του (βλ. Εικόνα 2.9). Τα διαγράμματα κατανομής ηλεκτρονίων (πάνω) παρουσιάζουν το σύνολο των ηλεκτρονίων για κάθε άτομο, ενώ στα διαγράμματα Lewis παρουσιάζονται μόνο τα ηλεκτρόνια της στιβάδας σθένους.

Η σύνδεση ατόμων άνθρακα δημιουργεί τον **ανθρακικό σκελετό** των οργανικών ενώσεων, με πολλούς συνδυασμούς.

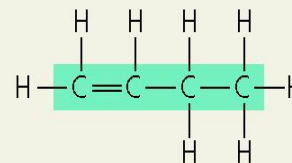


Αιθάνιο

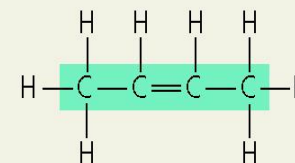


Προπάνιο

(α) Μήκος. Ο ανθρακικός σκελετός μπορεί να ποικίλλει σε μήκος.

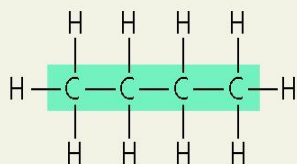


1-Βουτένιο

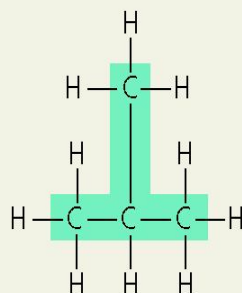


2-Βουτένιο

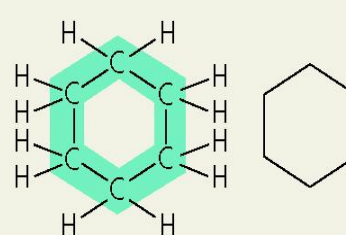
(γ) Διπλοί δεσμοί. Ο σκελετός μπορεί να έχει διπλούς δεσμούς σε διάφορες θέσεις.



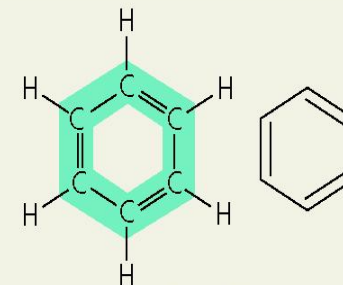
Βουτάνιο

2-Μεθυλοπροπάνιο
(γνωστότερο ως ισοβουτάνιο)

(β) Διακλαδώσεις. Ο ανθρακικός σκελετός μπορεί να έχει ή να μην έχει διακλαδώσεις.



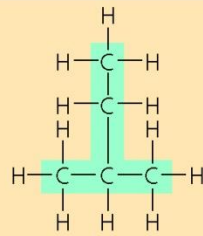
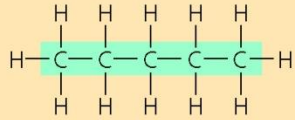
Κυκλοεξάνιο



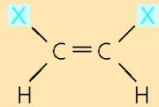
Βενζόλιο

(δ) Δακτύλιοι. Σε ορισμένες ενώσεις, ο ανθρακικός σκελετός μπορεί να διατάσσεται σε δακτύλιο. Στον συντετμημένο μοριακό τύπο (δεξιά) των ενώσεων, κάθε γωνία αντιπροσωπεύει ένα άτομο άνθρακα και τα συνδεδεμένα υδρογόνα.

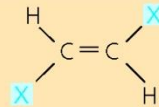
▲ **Εικόνα 4.5 Παραλλαγές στον ανθρακικό σκελετό.** Οι υδρογονάνθρακες, δηλαδή τα οργανικά μόρια που αποτελούνται μόνον από άνθρακα και υδρογόνο, αποτελούν χαρακτηριστικό παράδειγμα της ποικιλομορφίας του ανθρακικού σκελετού στα οργανικά μόρια.



(α) Τα **συντακτικά ισομερή** διαφέρουν ως προς την ομοιοπολική διάταξη των ατόμων-συνταίρων, όπως φαίνεται στο παράδειγμα των δύο ισομερών του C_5H_{12} που παρουσιάζονται εδώ. Αριστερά είναι το πεντάνιο και δεξιά το 2-μεθυλοβουτάνιο.

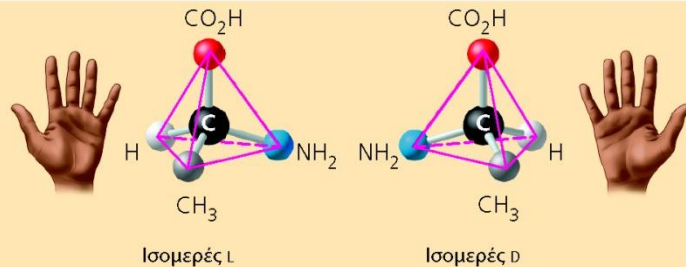


Ισομερές *cis*: Τα δύο X βρίσκονται στην ίδια πλευρά (ομόπλευρα).



Ισομερές *trans*: Τα δύο X βρίσκονται σε αντίθετες πλευρές (ετερόπλευρα).

(β) Τα **γεωμετρικά ισομερή** (ή **στερεοϊσομερή**) διαφέρουν ως προς τη διάταξή τους γύρω από έναν διπλό δεσμό. Στα διαγράμματα της εικόνας, το X αναπαριστά ένα άτομο ή μια ομάδα ατόμων που συνδέεται σε έναν άνθρακα του διπλού δεσμού.



(γ) Τα **εναντιομερή** διαφέρουν ως προς τη διάταξή τους στον χώρο γύρω από κάποιο ασύμμετρο άτομο άνθρακα, οπότε έχουμε μόρια που είναι κατοπτρικά είδωλα του ίδιου μοτίβου, όπως π.χ. το αριστερό και το δεξί χέρι. Τα δύο ισομερή συμβολίζονται με τα γράμματα L και D, από τα αρχικά των λατινικών λέξεων για το αριστερό και το δεξιό (levo και dextro), αντίστοιχα. Τα εναντιομερή δεν συμπίπτουν όταν τοποθετούνται το ένα πάνω στο άλλο.

▲ **Εικόνα 4.7 Τρεις τύποι ισομερών.** Ενώσεις με τον ίδιο μοριακό τύπο αλλά διαφορετική δομή ονομάζονται ισομερή. Στα ισομερή οφείλεται μέρος της ποικιλότητας των οργανικών μορίων.

ΣΧΕΔΙΑΣΤΕ!

Υπάρχουν τρία συντακτικά ισομερή του C_5H_{12} . Σχεδιάστε εκείνο που λείπει από το (α).

Οι ενώσεις του άνθρακα μόνο με άτομα υδρογόνου ονομάζονται **υδρογονάνθρακες**.

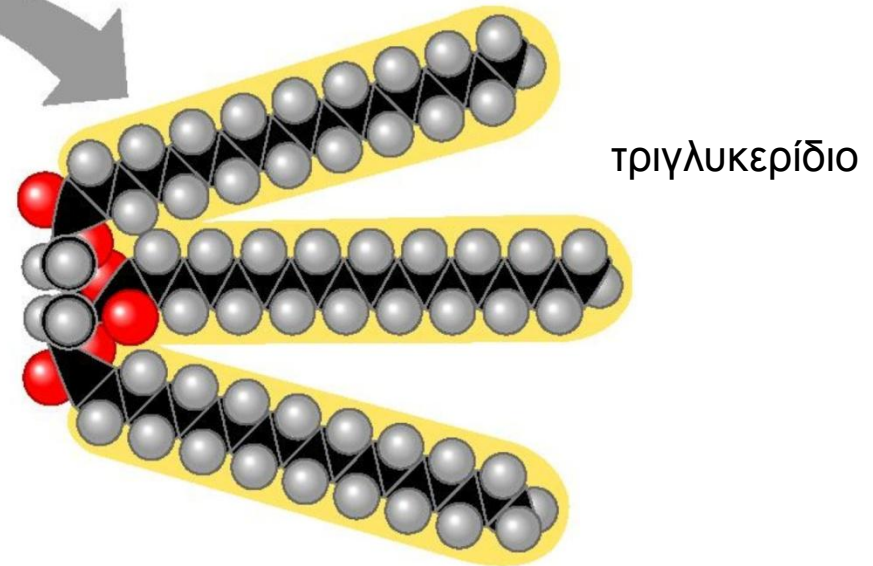
Ισομερείς ονομάζονται οι ενώσεις με τον ίδιο μοριακό τύπο (ίδιο είδος ατόμων και στον ίδιο αριθμό ανά μόριο), αλλά με διαφορετική δομή κι ιδιότητες. Έχουμε κυρίως 3 κατηγορίες ισομερών (**συντακτικά ισομερή**, **γεωμετρικά ισομερή**, **εναντιοισομερή**).

Σταγονίδια λίπους (χρωσμένα κόκκινα)

Ένα παράδειγμα με τρεις υδρογονάνθρακες..



100 μm



(α) Λιποκύτταρα θηλαστικού

(β) Μόριο λίπους

▲ **Εικόνα 4.6 Ο ρόλος των υδρογονανθράκων στα λίπη.** (α) Τα λιποκύτταρα των θηλαστικών λειτουργούν ως αποθήκες καυσίμων, όπου συσσωρεύουν μόρια λίπους. Στη φωτογραφία (από μικροσκόπιο), κάθε λιποκύτταρο καταλαμβάνεται σχεδόν πλήρως από ένα λιποσταγονίδιο, που περιέχει τεράστιο αριθμό μορίων λίπους. (β) Ένα μόριο λίπους αποτελείται από ένα μικρό, μη υδρογονανθρακικό τμήμα που συνδέεται με τρεις «ουρές» υδρογονανθράκων. Οι ουρές αυτές μπορούν να αποκοπούν και να χρησιμοποιηθούν για την πρόσληψη ενέργειας. Επιπλέον, οι ουρές ευθύνονται για την υδρόφοβη συμπεριφορά των λιπών. (Μαύρο = άνθρακας, γκρίζο = υδρογόνο, κόκκινο = οξυγόνο.)

Οι **υδρογονάνθρακες**, δηλαδή οι ενώσεις του άνθρακα μόνο με άτομα υδρογόνου, αποτελούν τη βασική δομή, τη μητρική οργανική ένωση.

Από τους υδρογονάνθρακες προκύπτουν τα πιο περίπλοκα μόρια αντικαθιστώντας ένα ή περισσότερα άτομα υδρογόνου (H) με συγκεκριμένες χημικές ομάδες (βλέπε τις δύο επόμενες διαφάνειες).

Εξερευνώντας μερικές χημικές ομάδες μεγάλης βιολογικής σημασίας

ΧΗΜΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

Υδροξυλομάδα (ή υδροξύλιο)

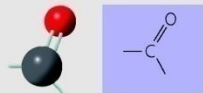
Καρβουλομάδα (ή καρβονύλιο)

Καρβοξυλομάδα (ή καρβοξύλιο)

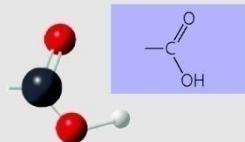
ΔΟΜΗ



Στην **υδροξυλομάδα** (—OH) ένα άτομο υδρογόνου συνδέεται με ένα άτομο οξυγόνου που με τη σειρά του συνδέεται στον ανθρακικό σκελετό του οργανικού μορίου. (Προσοχή, δεν πρέπει να συγχέεται με το ιόν υδροξειδίου OH⁻.)



Η **καρβουλομάδα** (>C=O) αποτελείται από ένα άτομο άνθρακα συνδεδεμένο με διπλό δεσμό με ένα άτομο οξυγόνου.



Όταν ένα άτομο οξυγόνου συνδέεται με διπλό δεσμό με ένα άτομο άνθρακα που είναι ταυτόχρονα συνδεδεμένο με ένα υδροξύλιο, τότε η ομάδα όλων αυτών των ατόμων ονομάζεται **καρβοξυλομάδα** ή **καρβοξύλιο** (—COOH).

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΕΝΩΣΗΣ

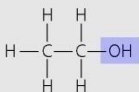
Αλκοόλες (τα εξειδικευμένα ονόματα των επιμέρους ενώσεων καταλήγουν συνήθως σε -όλη)

Κετόνες, όταν το καρβονύλιο βρίσκεται στο εσωτερικό του ανθρακικού σκελετού.

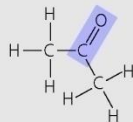
Αλδεΐδες, όταν το καρβονύλιο βρίσκεται στο άκρο του ανθρακικού σκελετού

Καρβοξυλικά οξέα, ή απλώς οργανικά οξέα.

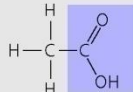
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ



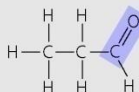
Αιθανόλη, η αλκοόλη που περιέχουν τα αλκοολούχα ποτά



Ακετόνη, η απλούστερη κετόνη



Οξικό οξύ, η ουσία που προσδίδει τη χαρακτηριστική όξινη γεύση στο ξίδι.



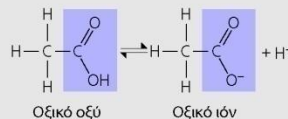
Προπανάλη, μια αλδεΐδη

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

- Είναι πολική διότι τα ηλεκτρόνια βρίσκονται περισσότερο χρόνο πλησιέστερα στο ηλεκτρικότερο άτομο του οξυγόνου.
- Μπορεί να σχηματίσει δεσμούς υδρογόνου με τα μόρια του νερού, συμβάλλοντας έτσι στη διάλυση οργανικών ενώσεων όπως τα σάκχαρα (βλ. Εικόνα 5.3).

- Μια κετόνη και μια αλδεΐδη μπορεί να είναι συντακτικά ισομερή με διαφορετικές ιδιότητες, όπως συμβαίνει με την ακετόνη και την προπανάλη.
- Όταν αυτές οι δύο ομάδες υπάρχουν σε σάκχαρα, τότε χαρακτηρίζουν δύο μεγάλες ομάδες σακχάρων, τις αλδόζες (περιέχουν μια αλδεΐδη) και τις κετόζες (περιέχουν μια κετόνη).

- Έχει όξινες ιδιότητες (είναι πηγή ιόντων υδρογόνου) επειδή ο ομοιοπολικός δεσμός ανάμεσα στο οξυγόνο και στο υδρογόνο είναι ιδιαίτερα πολικός. Λόγω χάρη



- Στα κύτταρα υπάρχει στην ιοντισμένη μορφή του με φορτίο 1⁻ και ονομάζεται καρβοξυλικό ιόν (εδώ πρόκειται για οξικό ιόν).

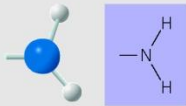
Στον **ανθρακικό σκελετό** των οργανικών ενώσεων μπορούν να συνδεθούν **7 χημικές ομάδες**, η παρουσία των οποίων χαρακτηρίζει καθοριστικά τις ιδιότητες της οργανικής ένωσης.

Οι ομάδες αυτές είναι:

- η υδροξυλομάδα (υδροξύλιο),
- η καρβουλομάδα (καρβονύλιο),
- η καρβοξυλομάδα (καρβοξύλιο),

συνεχίζεται...

Αμινομάδα



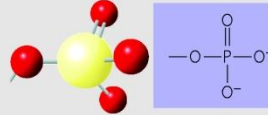
Η **αμινομάδα** αποτελείται από ένα άτομο αζώτου που συνδέεται με δύο άτομα υδρογόνου και με τον ανθρακικό σκελετό (-NH₂).

Σουλφυδρυλομάδα (ή σουλφυδρύλιο)



Η **σουλφυδρυλομάδα** αποτελείται από ένα άτομο θείου συνδεδεμένο με ένα άτομο υδρογόνου. Μοιάζει στη μορφή με την υδροξυλομάδα.

Φωσφορική ομάδα



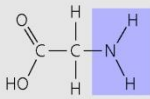
Σε μια **φωσφορική ομάδα**, το άτομο του φωσφόρου συνδέεται με τέσσερα άτομα οξυγόνου, από τα οποία το ένα είναι συνδεδεμένο με τον ανθρακικό σκελετό. Δύο άτομα οξυγόνου φέρουν αρνητικό φορτίο. Η φωσφορική ομάδα (-OPO₃²⁻, συμβολίζεται ως (P)) είναι η ιοντισμένη μορφή της ομάδας του φωσφορικού οξέος (-OPO₃H₂ σημειώστε τα δύο υδρογόνα)

Μεθυλομάδα (ή μεθύλιο)



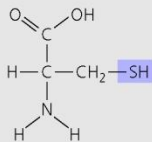
Μια **μεθυλομάδα** αποτελείται από ένα άτομο άνθρακα συνδεδεμένο με τρία άτομα υδρογόνου. Η μεθυλομάδα μπορεί να είναι ενωμένη σε έναν άνθρακα ή σε άλλο άτομο.

Αμίνες **Θειόλες** **Οργανοφωσφορικές ενώσεις** **Μεθυλιωμένες ενώσεις**



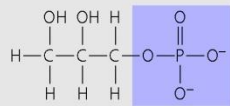
Γλυκίνη

Επειδή η γλυκίνη έχει μια καρβοξυλομάδα στο μόριό της, είναι εξίσου αμίνη και καρβοξυλικό οξύ. Όσες ενώσεις έχουν στο μόριό τους και τις δύο αυτές ομάδες ονομάζονται **αμινοξέα**.



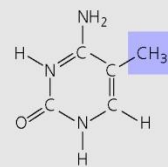
Κυστεΐνη

Η **κυστεΐνη** είναι ένα σημαντικό θειούχο αμινοξύ



Φωσφορική γλυκερόλη

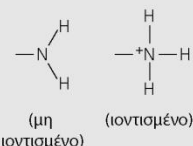
Η φωσφορική γλυκερόλη, εκτός από τη συμμετοχή της σε πολλές σημαντικές χημικές αντιδράσεις των κυττάρων, αποτελεί τον σκελετό των φωσφολιπιδίων, των κυριότερων μορίων στις βιολογικές μεμβράνες.



5-Μεθυλοκυτιδίνη

Η 5-μεθυλοκυτιδίνη είναι ένα συστατικό του DNA, τροποποιημένο από την προσθήκη της μεθυλομάδας.

- Δρα ως βάση, αφού μπορεί να δεσμεύσει τα H⁺ από το περιβάλλον διάλυμα (δηλαδή το νερό, στην περίπτωση των ζώων οργανισμών).
- Δύο σουλφυδρυλομάδες μπορούν να αντιδράσουν μεταξύ τους και να σχηματίσουν αμοιοπολικό δεσμό. Αυτή η «δισουλφιδική γέφυρα» μπορεί να σταθεροποιήσει τη δομή μιας πρωτεΐνης (βλ. Εικόνα 5.21).
- Οι δισουλφιδικές γέφυρες ανάμεσα στις κυστεινές των πρωτεϊνών του τριχώματος ευθύνονται για το αν τα μαλλιά μας είναι σγουρά ή ίσια. Αν τυλίξουμε τα μαλλιά γύρω από ειδικούς κυλίνδρους (ρόλεϊ), διασπάσουμε και ξανασχηματίσουμε τις δισουλφιδικές γέφυρες, τα ίσια μαλλιά μπορούν να γίνουν σγουρά και να διατηρήσουν αυτή τη φόρμα για αρκετό χρονικό διάστημα («περμανάντ»).
- Προσδίδει αρνητικό φορτίο στο μόριο που συμμετέχει (2 όταν βρίσκεται στο τέλος του μορίου, όπως στο παραπάνω παράδειγμα, και 1 όταν βρίσκεται εσωτερικά, σε κάποια αλυσίδα φωσφορικών ομάδων).
- Μπορεί να αντιδράσει με το νερό, απελευθερώνοντας ενέργεια.
- Η προσθήκη της μεθυλομάδας στο DNA (ή σε κάποιο άλλο μόριο που συνδέεται με το DNA) επηρεάζει την έκφραση των γονιδίων.
- Η διάταξη των μεθυλομάδων στις ορμόνες του φύλου επηρεάζει τη δομή τους και, κατά συνέπεια, τη λειτουργία τους.



• Σε κυτταρικές συνθήκες, απαντά σε ιοντισμένη μορφή και έχει φορτίο 1⁻.

! Με βάση τις πληροφορίες αυτής της εικόνας και τις γνώσεις σας για την ηλεκτραρνητικότητα του οξυγόνου, προβλέψτε ποιο από τα ακόλουθα μόρια είναι ισχυρότερο οξύ. Αιτιολογήστε την απάντησή σας.

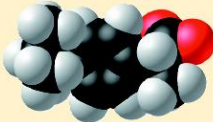



α.

β.

- η αμινομάδα,
- η σουλφυδρυλομάδα (σουλφυδρύλιο),
- η φωσφορική ομάδα,
- η μεθυλομάδα (μεθύλιο).

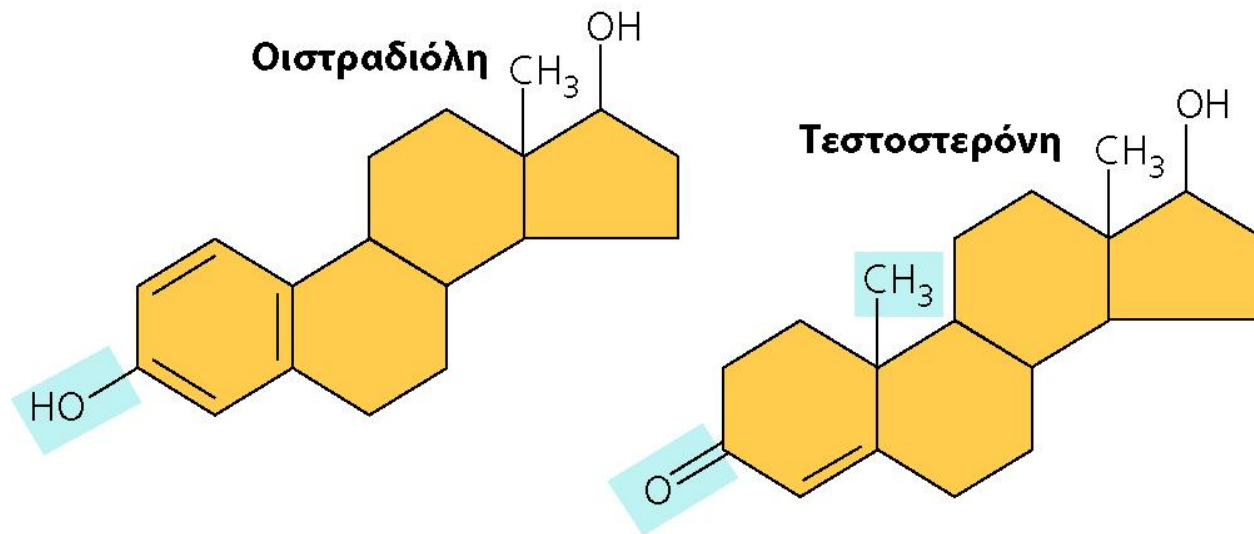
ΟΛΗ Η ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑ ΕΧΕΙ ΤΑ ΘΕΜΕΛΙΑ ΤΗΣ ΣΤΙΣ ΠΑΡΑΛΛΑΓΕΣ ΤΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΜΟΡΙΩΝ (δηλαδή στην ακριβή διάταξη του ανθρακικού σκελετού και στα υπόλοιπα μοριακά συστατικά που συνδέονται σε αυτόν τον σκελετό).

Οι οργανισμοί μπορεί να είναι εξαιρετικά ευαίσθητοι σε πολύ μικρές αλλαγές στην αρχιτεκτονική των μορίων όπως στα ακόλουθα **εναντιοσομερή** ή στην τεστοστερόνη και την οιστραδιόλη-επόμενη διαφάνεια.

Φάρμακο	Σύμπτωμα	Δραστικό εναντιομερές	Μη δραστικό εναντιομερές
Ibuprofen	Πόνος, φλεγμονή	 S-Ibuprofen	 R-Ibuprofen
Albuterol	Άσθμα	 R-Albuterol	 S-Albuterol

▲ **Εικόνα 4.8 Η φαρμακευτική σημασία των εναντιομερών.**

Το ibuprofen και το albuterol είναι δύο χαρακτηριστικά παραδείγματα φαρμάκων που τα εναντιομερή τους έχουν διαφορετική φαρμακευτική δράση. (Τα γράμματα *S* και *R* είναι σύμβολα ενός εναλλακτικού συστήματος ονομασίας για τη διάκριση των εναντιομερών.) Το ibuprofen είναι σκεύασμα με αντιφλεγμονώδη και αναλγητική δράση. Συνήθως πωλείται ως μείγμα των δύο εναντιομερών του, αλλά το εναντιομερές *S* είναι 100 φορές πιο αποτελεσματικό από το *R*. Το albuterol χρησιμοποιείται ως βρογχοδιασταλτικό για τη βελτίωση της αναπνοής σε ασθενείς με άσθμα. Μόνο το σκεύασμα με το εναντιομερές *R* παράγεται και διακινείται, καθώς το *S* εξουδετερώνει τη δράση του *R*.



▲ **Εικόνα 4.9** Σύγκριση των χημικών ομάδων στις ορμόνες του θηλυκού φύλου (οιστραδιόλη) και του αρσενικού (τεστοστερόνη).

Τα δύο μόρια διαφέρουν μόνον ως προς τις χημικές ομάδες που συνδέονται περιφερειακά σε έναν ίδιο, κατά τα άλλα, ανθρακικό σκελετό. Ο σκελετός των δύο μορίων παρουσιάζεται εδώ με τη συντετμημένη μορφή των τεσσάρων συγχωνευμένων ανθρακικών δακτυλίων. Οι λεπτές διαφορές (σκιασμένες με μπλε) στη μοριακή δομή των δύο μορίων καθορίζουν την ανάπτυξη των ανατομικών και φυσιολογικών διαφορών ανάμεσα στα αρσενικά και τα θηλυκά άτομα των θηλαστικών.