

David Sadava  
David M. Hillis  
H. Craig Heller  
Sally D. Hacker



# Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

Γενική Βιολογία · Γενετική · Εξέλιξη

## Κεφάλαιο 3

Πρωτεΐνες, Υδατάνθρακες και Λιπίδια

Πρώτη ελληνική έκδοση  
Ενδέκατη αμερικανική Έκδοση

Επιστημονική επιμέλεια  
της ελληνικής έκδοσης  
Μαρία Γαζούλη



ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΠΑΠΑΖΙΣΗ

Εικόνα 3.1A Λειτουργικές Ομάδες

**Εικόνα 3.1** Κάποιες Σημαντικές Λειτουργικές Ομάδες για τα Συστήματα των Έμβιων Όντων  
Τονίζονται εδώ οι οκτώ λειτουργικές ομάδες που απαντώνται συχνότερα σε βιολογικά σημαντικά μόρια. Το «R» αποτελεί μεταβλητή χημική ομάδα.

| Λειτουργική ομάδα   | Κατηγορία των ενώσεων και ένα παράδειγμα  | Ιδιότητες   |
|---|---|---|
| Υδροξύλιο<br><br>R — OH   | Αλκοόλες<br><br>$  \begin{array}{c}  \text{H} \quad \text{H} \\    \quad   \\  \text{H} - \text{C} - \text{C} - \text{OH} \\    \quad   \\  \text{H} \quad \text{H}  \end{array}  $ Αιθανόλη  | Πολικές. Δημιουργούν δεσμούς υδρογόνου με το νερό για να βοηθήσουν στη διάλυση μορίων. Επιτρέπουν τη σύνδεση με άλλα μόρια μέσω συμπύκνωσης.  |
| Αλδεΐδη<br><br>$  \begin{array}{c}  \text{O} \\     \\  \text{R} - \text{C} \\  \backslash \\  \text{H}  \end{array}  $     | Αλδεΐδες<br><br>$  \begin{array}{c}  \text{H} \quad \text{O} \\    \quad    \\  \text{H} - \text{C} - \text{C} \\    \quad \backslash \\  \text{H} \quad \text{H}  \end{array}  $ Ακεταλδεΐδη   | Πολικές. Η ομάδα C=O είναι πολύ δραστική. Σημαντικές στη συγκρότηση μορίων και σε αντιδράσεις απελευθέρωσης ενέργειας.  |
| Κέτο<br><br>$  \begin{array}{c}  \text{O} \\     \\  \text{R} - \text{C} - \text{R}  \end{array}  $                         | Κετόνες<br><br>$  \begin{array}{c}  \text{H} \quad \text{O} \quad \text{H} \\    \quad    \quad   \\  \text{H} - \text{C} - \text{C} - \text{C} - \text{H} \\    \quad   \quad   \\  \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H}  \end{array}  $ Ακετόνη | Πολικές. Η ομάδα C=O είναι σημαντική στους υδατάνθρακες και σε ενεργειακές αντιδράσεις.   |
| Καρβοξύλιο<br><br>$  \begin{array}{c}  \text{O} \\     \\  \text{R} - \text{C} \\  \backslash \\  \text{OH}  \end{array}  $ | Καρβοξυλικά οξέα<br><br>$  \begin{array}{c}  \text{H} \quad \text{O} \\    \quad    \\  \text{H} - \text{C} - \text{C} \\    \quad \backslash \\  \text{H} \quad \text{OH}  \end{array}  $ Οξικό οξύ  | Φορτισμένο, όξινο. Ιονίζεται στους ζωντανούς ιστούς και σχηματίζει -COO- και H <sup>+</sup> . Συμμετέχει δίνοντας -OH σε αντιδράσεις συμπύκνωσης. Ορισμένα καρβοξυλικά οξέα είναι σημαντικά σε αντιδράσεις απελευθέρωσης ενέργειας. |

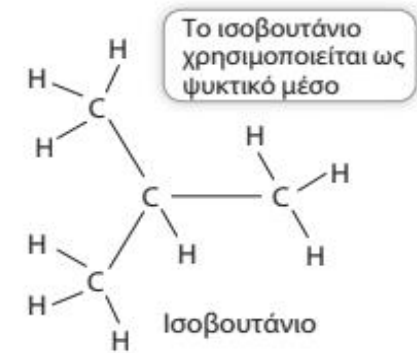
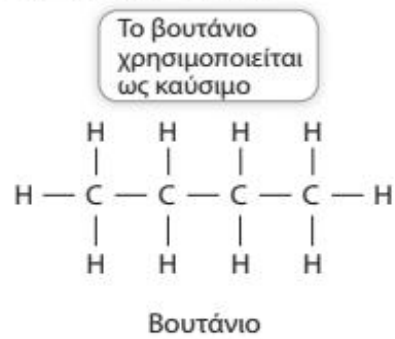
## Εικόνα 3.1B Λειτουργικές Ομάδες

**Εικόνα 3.1** Κάποιες Σημαντικές Λειτουργικές Ομάδες για τα Συστήματα των Έμβιων Όντων  
Τονίζονται εδώ οι οκτώ λειτουργικές ομάδες που απαντώνται συχνότερα σε βιολογικά σημαντικά μόρια. Το «R» αποτελεί μεταβλητή χημική ομάδα.

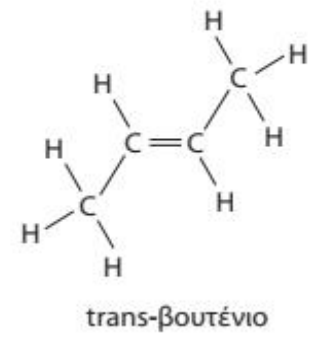
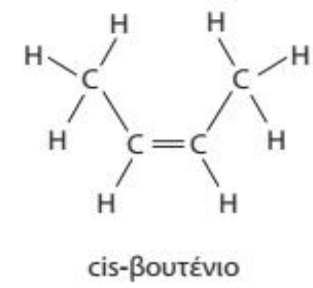
| Λειτουργική ομάδα   | Κατηγορία των ενώσεων και ένα παράδειγμα   | Ιδιότητες  |
|---|--|--|
| <b>Άμινο</b><br>$\text{R}-\text{N}\begin{matrix} \diagup \text{H} \\ \diagdown \text{H} \end{matrix}$                       | <b>Αμίνες</b><br>$\begin{matrix} \text{H} & & \text{H} \\   & &   \\ \text{H}-\text{C}- & \text{N} & \\   & & \diagdown \text{H} \\ \text{H} & & \diagup \text{H} \end{matrix}$ <b>Μεθυλαμίνη</b>  | Φορτισμένο, βασικό. Δέχεται $\text{H}^+$ στους ζωντανούς ιστούς για να σχηματίσει $-\text{NH}_3^+$ . Συμμετέχει σε αντιδράσεις συμπύκνωσης απελευθερώνοντας $\text{H}^+$ . |
| <b>Φωσφορικό</b><br>$\text{R}-\text{O}-\text{P}\begin{matrix} \text{O} \\    \\ \text{O}^- \\   \\ \text{O}^- \end{matrix}$ | <b>Οργανικά φωσφορικά</b><br>$\begin{matrix} \text{O}^- & \text{O} \\ \diagdown & // \\ & \text{C} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{O}-\text{P}\begin{matrix} \text{O} \\    \\ \text{O}^- \\   \\ \text{O}^- \end{matrix} \\   \\ \text{H} \end{matrix}$ <b>3-φωσφογλυκερικό</b> | Φορτισμένο, όξινο. Συμμετέχει σε αντιδράσεις συμπύκνωσης αποδίδοντας $-\text{OH}$ . Όταν συνδέεται με άλλο φωσφορικό άλας, η υδρόλυση απελευθερώνει πολλή ενέργεια.        |
| <b>Σουλφυδρύλιο</b><br>$\text{R}-\text{SH}$   | <b>Θειόλες</b><br>$\begin{matrix} \text{H} & \text{H} \\   &   \\ \text{HO}-\text{C}- & \text{C}-\text{SH} \\   &   \\ \text{H} & \text{H} \end{matrix}$ <b>Μερκαπτοαιθανόλη</b>   | Δίνοντας το H, δύο ομάδες $-\text{SH}$ μπορούν να αντιδράσουν για να σχηματίσουν μία δισουλφιδική γέφυρα, σταθεροποιώντας έτσι τη δομή της πρωτεΐνης.                      |
| <b>Μέθυλο</b><br>$\text{R}-\text{C}\begin{matrix} \text{H} \\   \\ \text{H} \end{matrix}$                                   | <b>Αλκύλιο</b><br>$\begin{matrix} \text{H} \\   \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{COO}^- \\   \\ \text{CH}_3 \end{matrix}$ <b>Αλανίνη</b>   | Μη πολικές. Είναι σημαντικές για την αλληλεπίδραση με άλλα μη πολικά μόρια και στη μεταφορά ενέργειας.   |

**Εικόνα 3.2 Ισομερή** Τα ισομερή έχουν την ίδια χημική δομή, αλλά τα άτομα διατάσσονται διαφορετικά. Ζεύγη ισομερών έχουν συχνά διαφορετικές ιδιότητες και λειτουργίες.

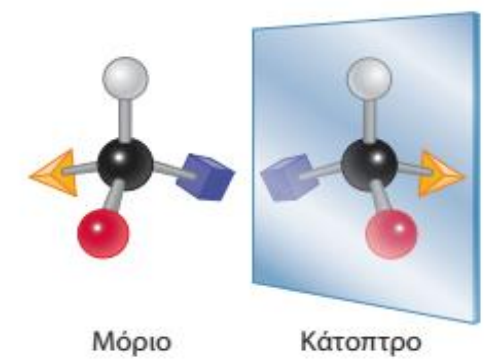
**(Α) Δομικά ισομερή**



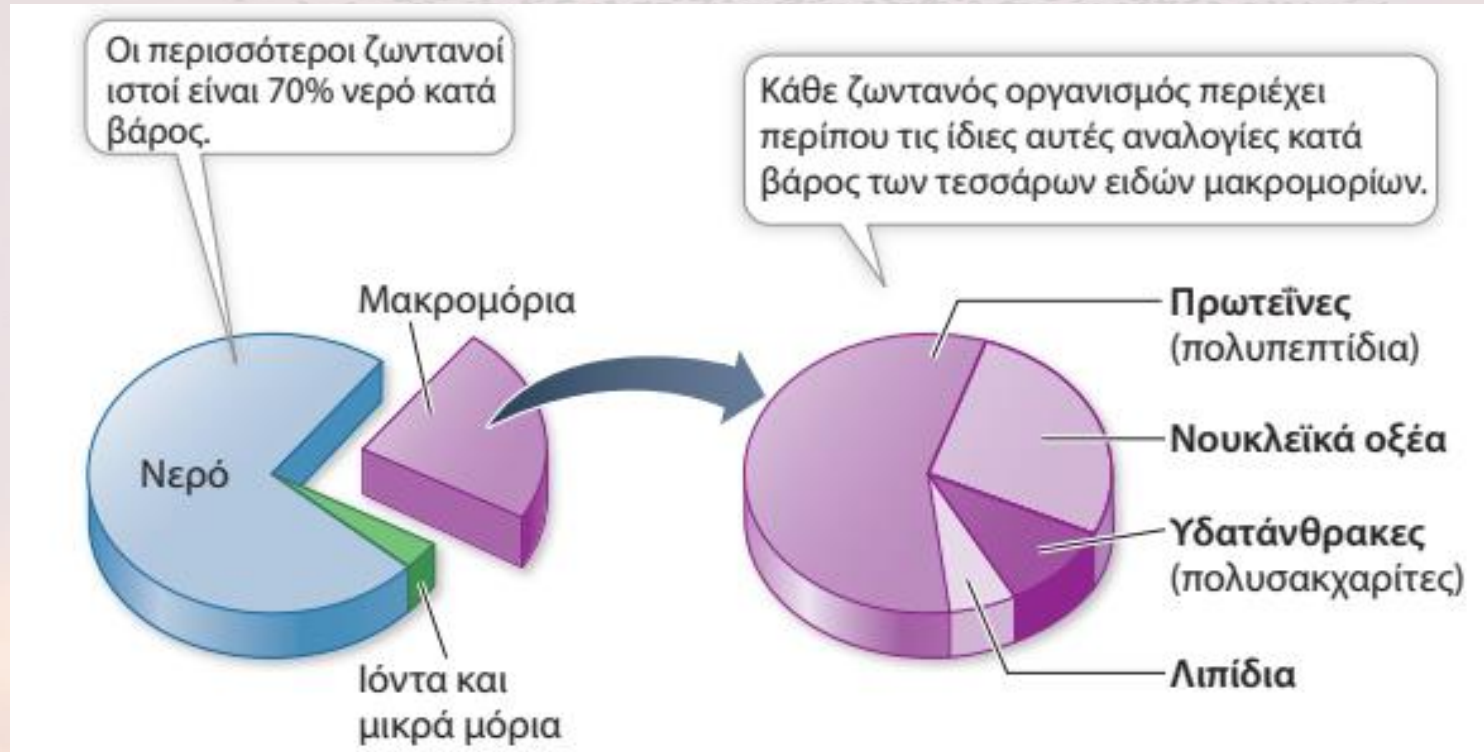
**(Β) cis-trans ισομερή**



**(Γ) Οπτικά ισομερή**

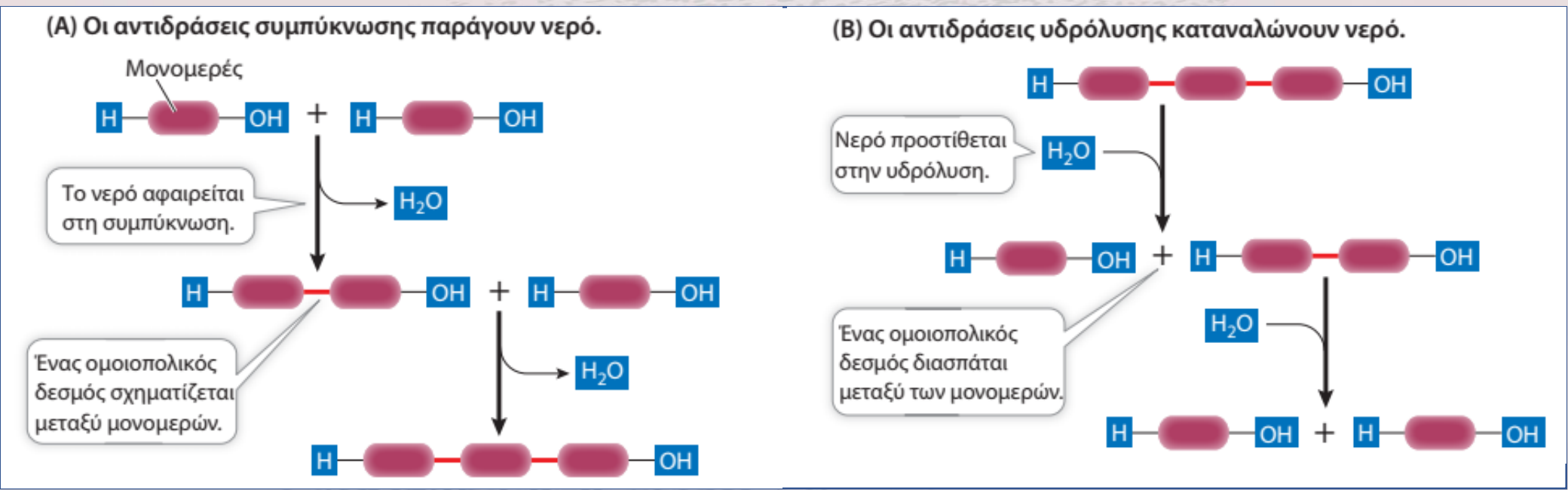


### Εικόνα 3.3 Ουσίες που Βρίσκονται στους Ζωντανούς Ιστούς



**Εικόνα 3.3 Ουσίες που Βρίσκονται στους Ζωντανούς Ιστούς** Οι ουσίες που απεικονίζονται εδώ αποτελούν τα μη μεταλλικά συστατικά των ζωντανών ιστών (τα οστά θα ήταν ένα παράδειγμα ανόργανου συστατικού).

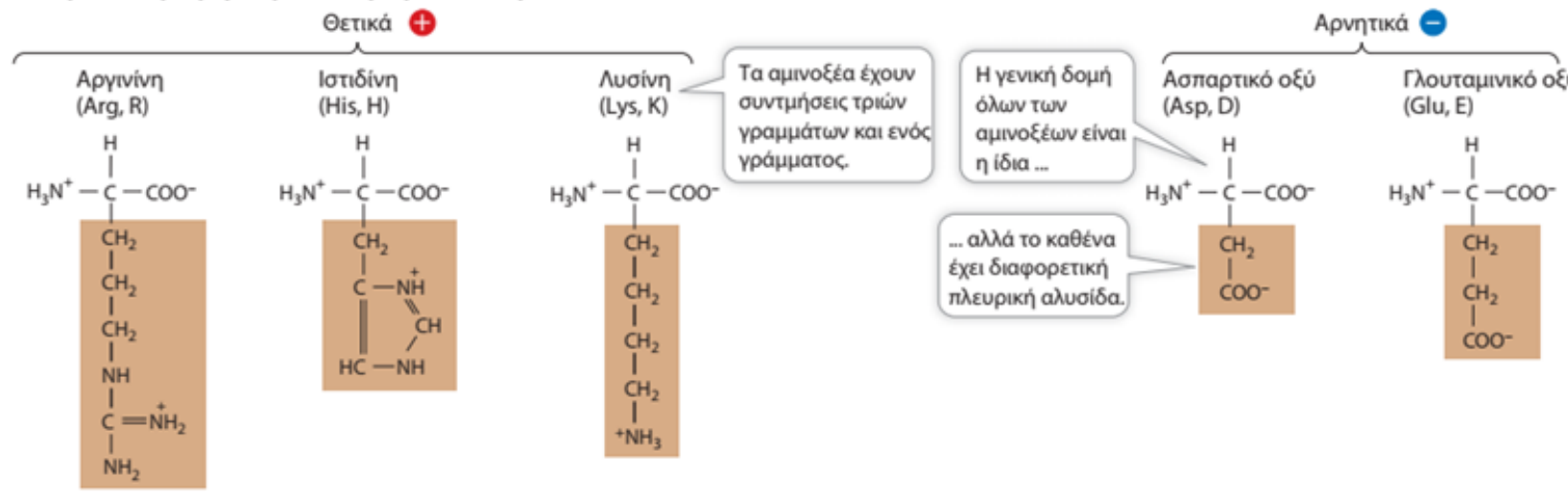
### Εικόνα 3.4 Συμπύκνωση και Υδρόλυση των Πολυμερών



**Εικόνα 3.4** Συμπύκνωση και Υδρόλυση των Πολυμερών (Α) Οι αντιδράσεις συμπύκνωσης συνδέουν τα μονομερή σε πολυμερή και παράγουν νερό. (Β) Οι αντιδράσεις υδρόλυσης διασπούν τα πολυμερή σε μεμονωμένα μονομερή και καταναλώνουν νερό.

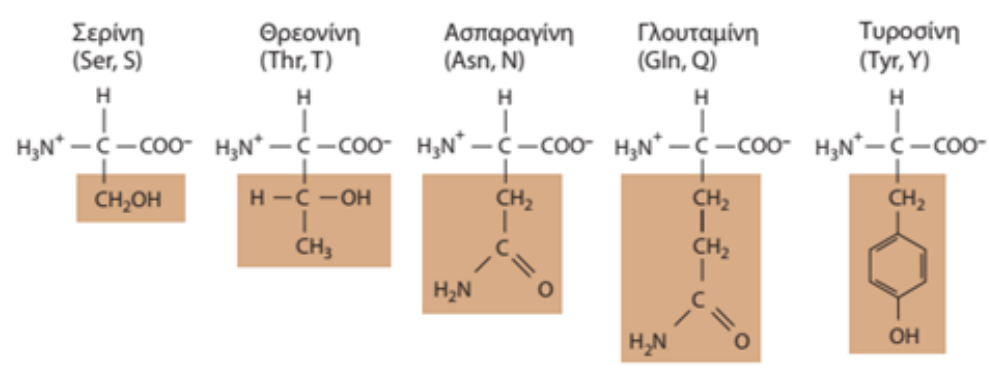
| Κατηγορία                      | Λειτουργία   |
|--------------------------------|--|
| Ένζυμα                         | Καταλύουν (επιταχύνουν) τις βιοχημικές αντιδράσεις                   |
| Δομικές πρωτεΐνες              | Παρέχουν φυσική σταθερότητα και κίνηση                               |
| Αμυντικές πρωτεΐνες            | Αναγνωρίζουν ξένες ουσίες (π.χ. αντισώματα) και απαντούν σε αυτές    |
| Σηματοδοτικές πρωτεΐνες        | Ελέγχουν τις φυσιολογικές διεργασίες (π.χ., ορμόνες)                 |
| Πρωτεΐνες υποδοχείς            | Λαμβάνουν χημικά σήματα και αποκρίνονται σε αυτά                     |
| Μεμβρανικοί υποδοχείς          | Ρυθμίζουν τη διέλευση των ουσιών κατά μήκος των κυτταρικών μεμβρανών |
| Αποθηκευτικές πρωτεΐνες        | Αποθηκεύουν αμινοξέα για μεταγενέστερη χρήση                         |
| Πρωτεΐνες μεταφοράς            | Δεσμεύουν και μεταφέρουν ουσίες μέσα στον οργανισμό                  |
| Ρυθμιστικές πρωτεΐνες γονιδίων | Καθορίζουν τον ρυθμό έκφρασης ενός γονιδίου                          |
| Κινητήριες πρωτεΐνες           | Προκαλούν κίνηση των δομών μέσα στο κύτταρο                          |

(Α) Αμινοξέα με φορτισμένες υδρόφιλες πλευρικές αλυσίδες

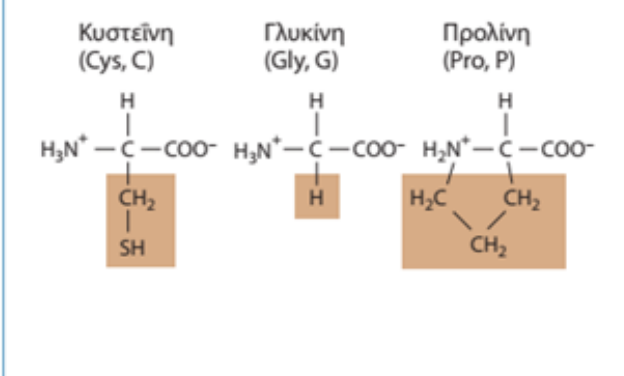


**Πίνακας 3.2**  
Τα Είκοσι Αμινοξέα

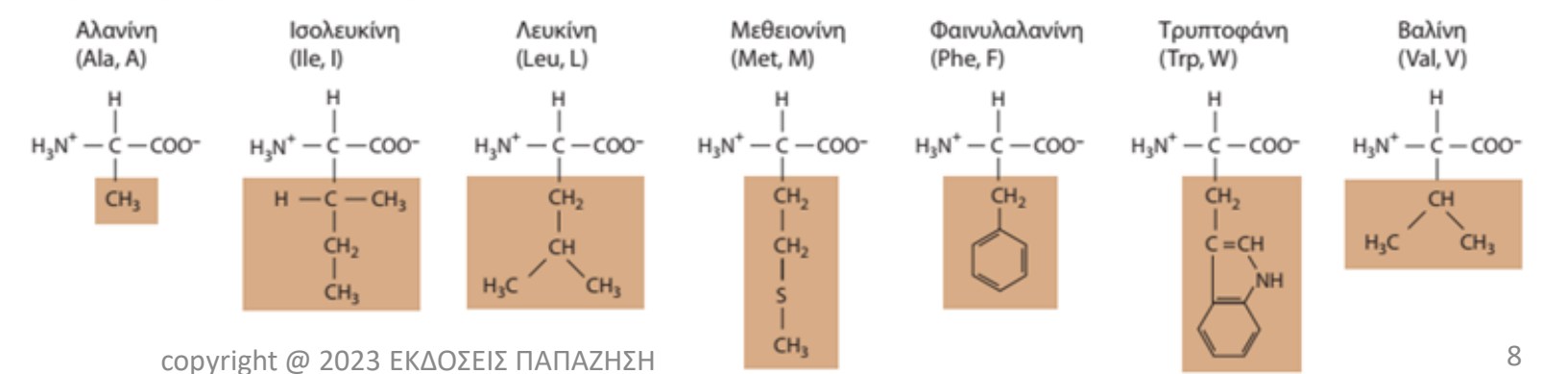
(Β) Αμινοξέα με πολικές αλλά μη φορτισμένες πλευρικές αλυσίδες (υδρόφιλες)



(Γ) Ειδικές περιπτώσεις

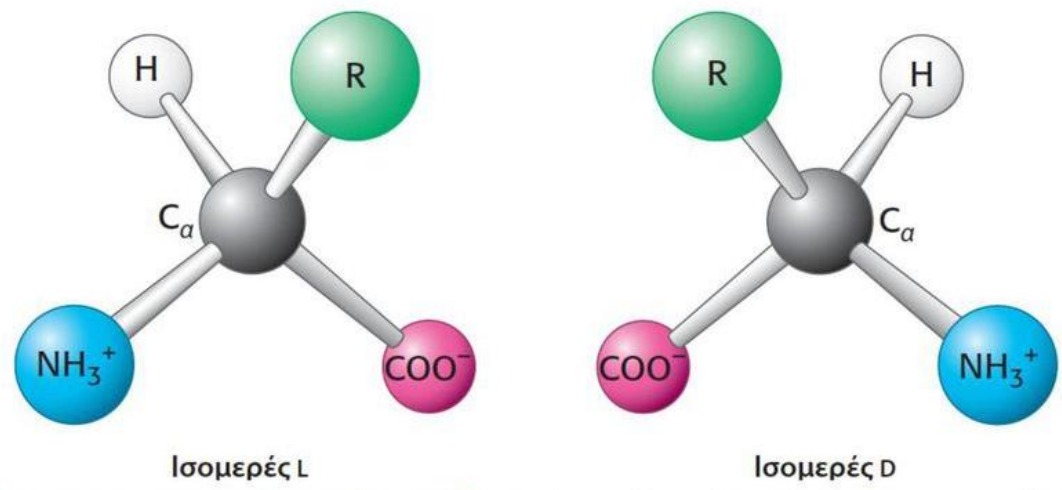


(Δ) Αμινοξέα με μη πολικές υδρόφοβες πλευρικές αλυσίδες



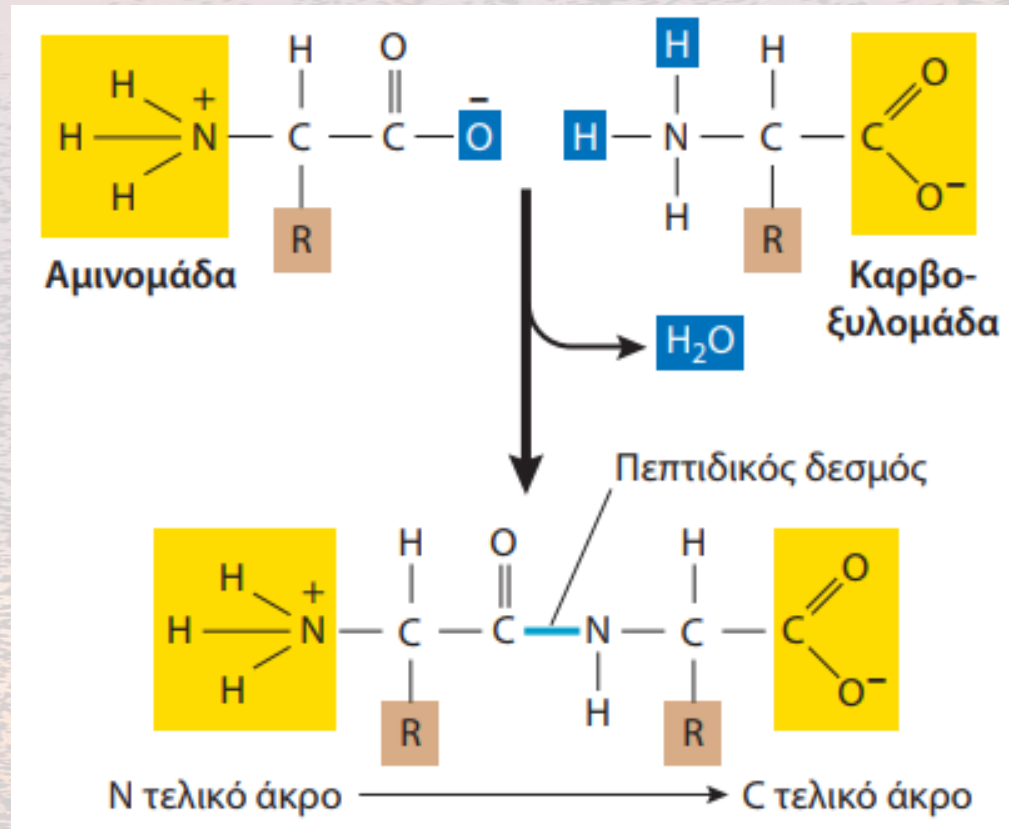


**Πίνακας 3.2**  
Τα Είκοσι Αμινοξέα



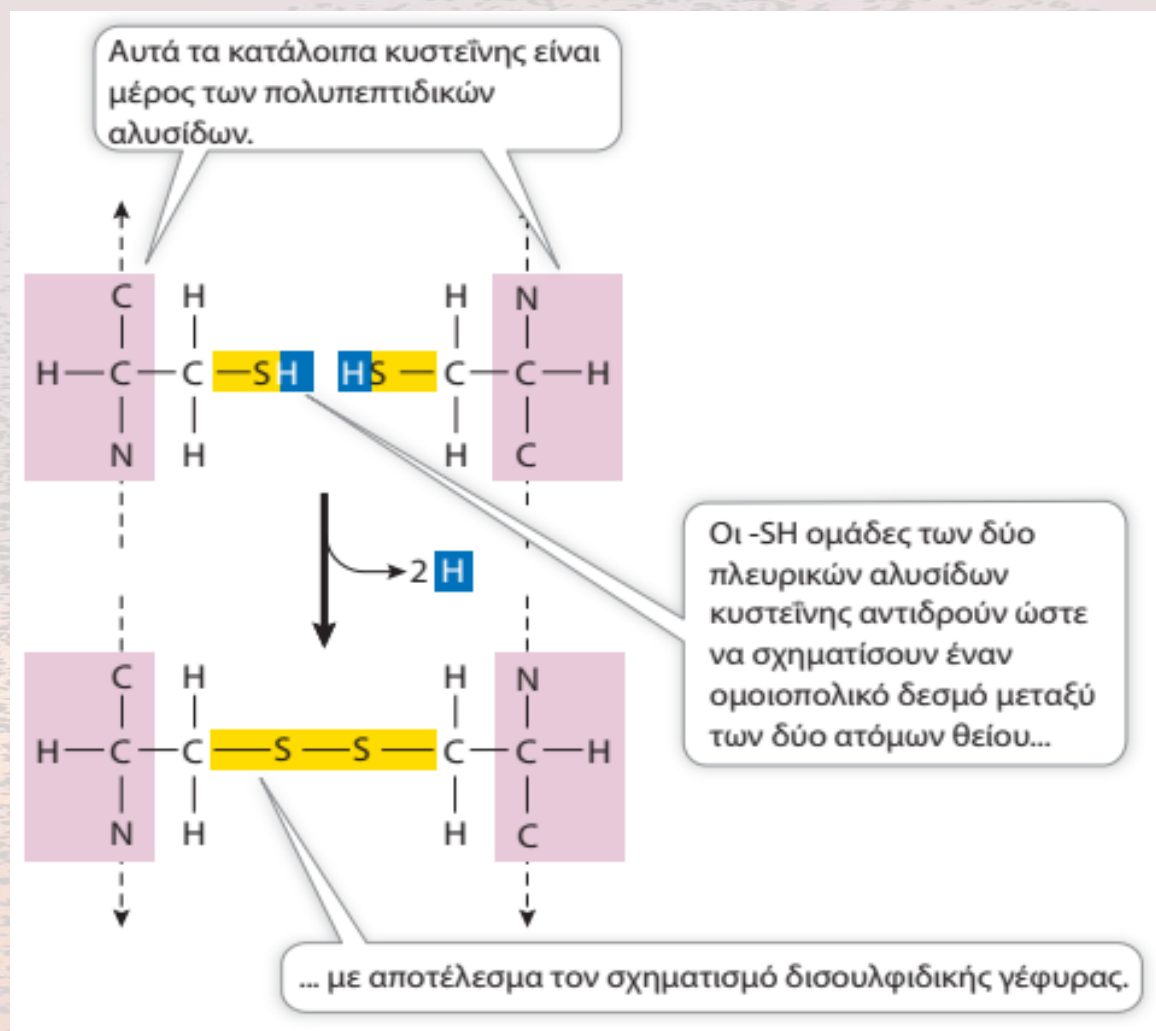
**ΕΙΚΟΝΑ 2.4 Τα L- και D- ισομερή των αμινοξέων.** Το γράμμα R αναφέρεται στην πλευρική αλυσίδα. Τα ισομερή L- και D- είναι το ένα είδωλο του άλλου σε επίπεδο κάτοπτρο.

### Εικόνα 3.6 Δημιουργία Πεπτιδικών Συνδέσεων



**Εικόνα 3.6 Δημιουργία Πεπτιδικών Συνδέσεων** Στα έμβια όντα, η αντίδραση αφυδάτωσης που οδηγεί στην πεπτιδική σύνδεση (καλείται επίσης πεπτιδικός δεσμός) έχει πολλά ενδιάμεσα στάδια, αλλά τα αντιδρώντα και τα προϊόντα είναι τα ίδια με αυτά που παρουσιάζονται σε αυτό το απλοποιημένο διάγραμμα.

### Εικόνα 3.5 Μια Δισουλφιδική Γέφυρα



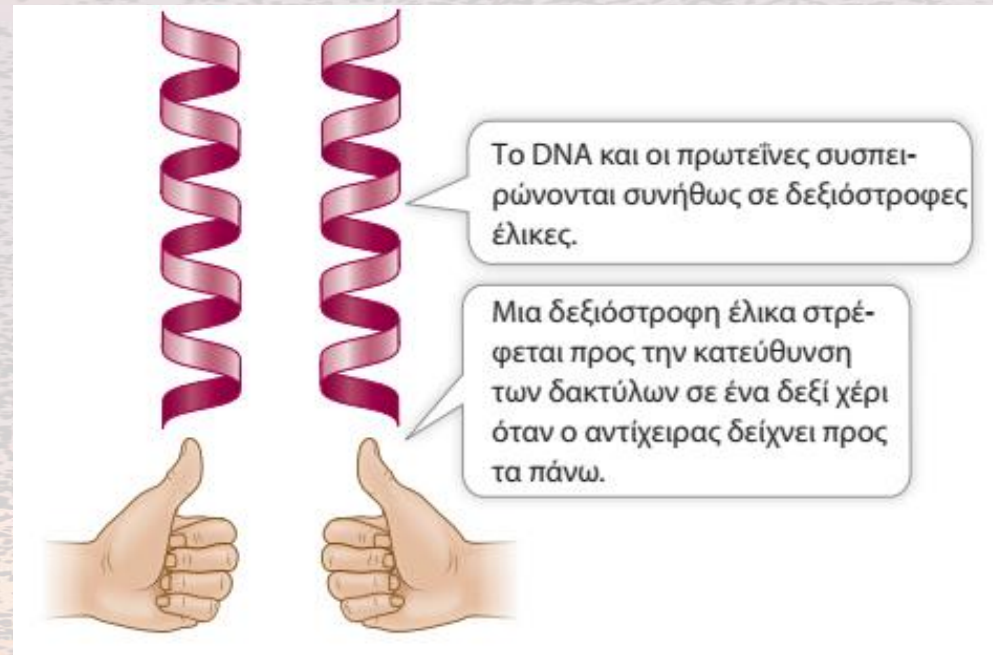
**Εικόνα 3.5 Μια Δισουλφιδική Γέφυρα** Δύο μόρια κυστεΐνης σε μια πολυπεπτιδική αλυσίδα μπορούν να σχηματίσουν μια δισουλφιδική γέφυρα (-S-S-) με οξείδωση (απομάκρυνση ατόμων H).

| Επίπεδο          | Περιγραφή   | Σταθεροποίηση   | Παράδειγμα  |
|------------------|---|---|---|
| (Α) Πρωτοταγής   | Τα μονομερή αμινοξέα συνδέονται, σχηματίζοντας πολυπεπτιδικές αλυσίδες                    | Πεπτιδικοί δεσμοί   | <p>Μονομερή αμινοξέων<br/>Πεπτιδικοί δεσμοί</p>                                     |
| (Β) Δευτεροταγής | Οι πολυπεπτιδικές αλυσίδες μπορεί να σχηματίζουν α έλικες ή β πτυχωτές επιφάνειες         | Δεσμοί υδρογόνου  | <p>β πτυχωτή επιφάνεια<br/>α έλικα<br/>αμινοξύ<br/>Δεσμοί υδρογόνου</p>             |
| (Γ) Τριτοταγής   | Τα πολυπεπτιδία αναδιπλώνονται, σχηματίζοντας συγκεκριμένες μορφές                        | Δεσμοί υδρογόνου, δισουλφιδικές γέφυρες, υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις                  | <p>β πτυχωτή επιφάνεια<br/>α έλικα<br/>Δεσμός υδρογόνου<br/>Δισουλφιδική γέφυρα</p> |
| (Δ) Τεταρτοταγής | Δύο ή περισσότερα πολυπεπτιδία αθροίζονται για να σχηματίσουν μεγαλύτερα πρωτεϊνικά μόρια | Δεσμοί υδρογόνου, δισουλφιδικές γέφυρες, υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις, ιοντικοί δεσμοί | <p>Υπομονάδα 1<br/>Υπομονάδα 2<br/>Υπομονάδα 3<br/>Υπομονάδα 4</p>                  |

**Ε:** Εάν μια πρωτεΐνη θερμαίνεται ήπια ώστε να σπάσουν οι δεσμοί υδρογόνου, ποιο (-α) επίπεδο (-α) δομής δε θα επηρεαστούν και γιατί;

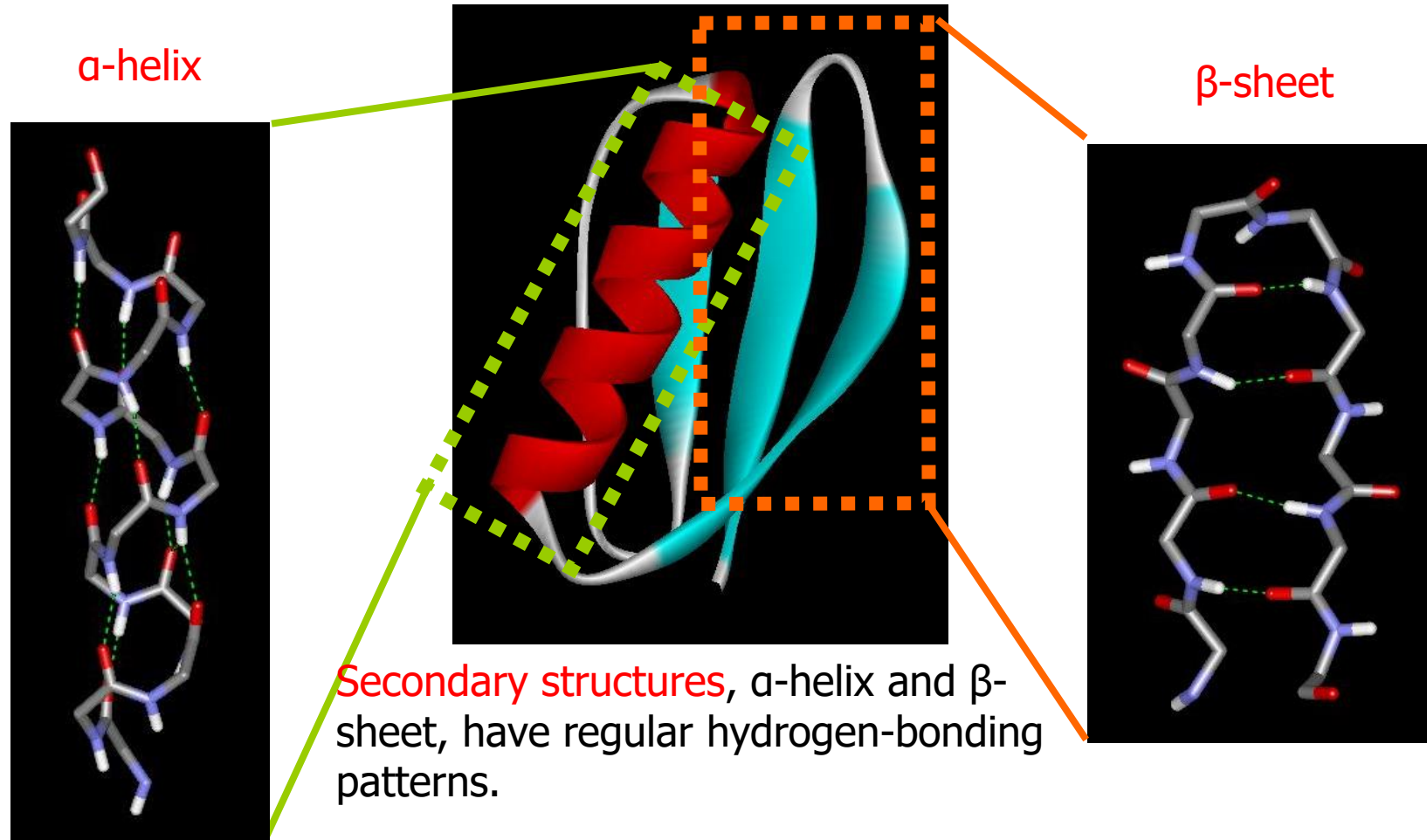
**Εικόνα 3.7 Τα Τέσσερα Επίπεδα της Πρωτεϊνικής Δομής** Η δευτεροταγής, η τριτοταγής και η τεταρτοταγής δομή προκύπτουν όλες από την πρωτοταγή δομή της πρωτεΐνης.

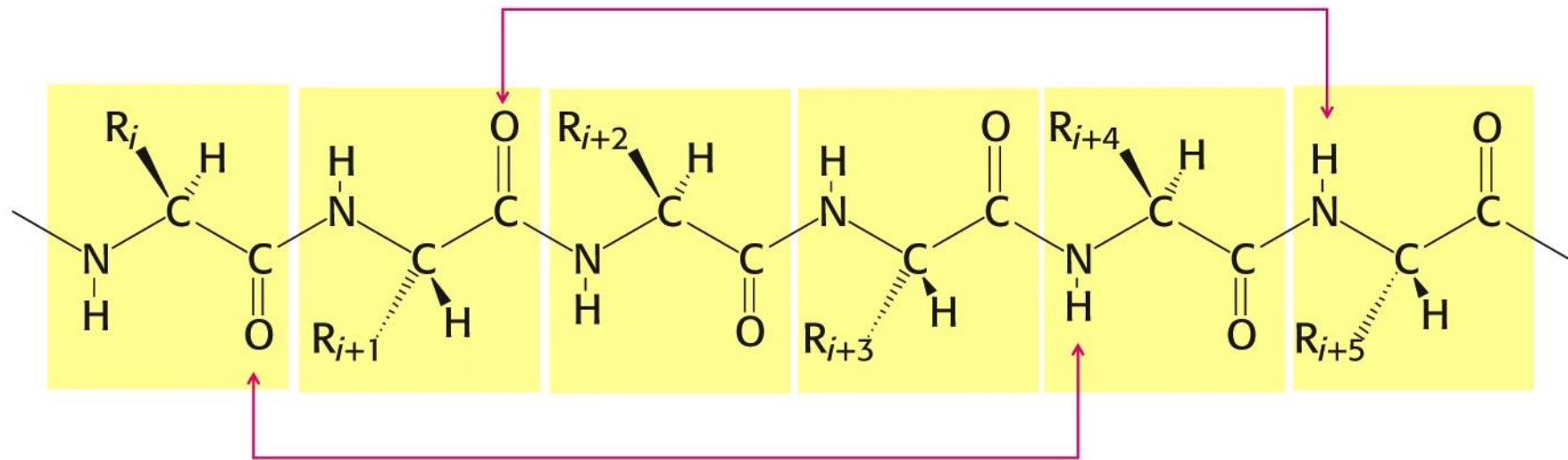
### Εικόνα 3.8 Αριστερόστροφες και Δεξιόστροφες Έλικες



**Εικόνα 3.8** Αριστερόστροφες και Δεξιόστροφες Έλικες Μια πρωτεΐνη θα έχει συχνά μία ή περισσότερες δεξιόστροφες έλικες ως μέρος της δευτεροταγούς της δομής.

# Basic structural units of proteins: Secondary structure





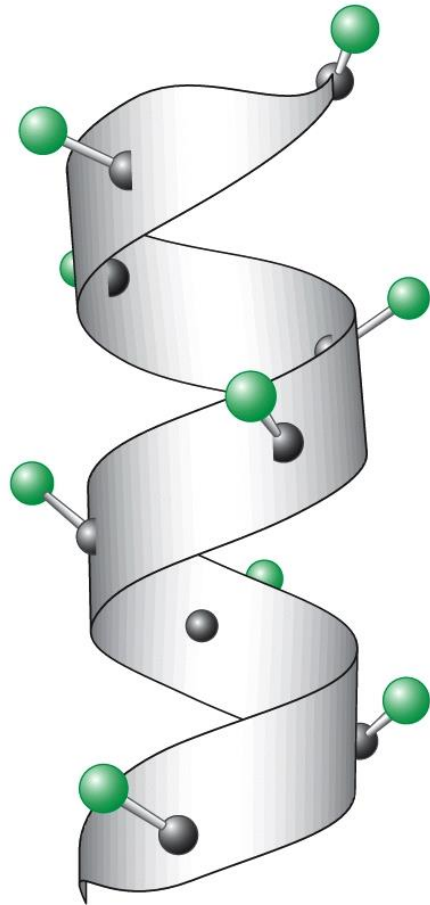
Σύνδεση όλων των ομάδων CO και NH των πεπτιδικών δεσμών με  $\Delta Y$

Απόσταση AA 1,5 Å (βήμα), περιστροφή κατά 100 μοίρες,  
3,6 AA ανά στροφή (3-4 AA)

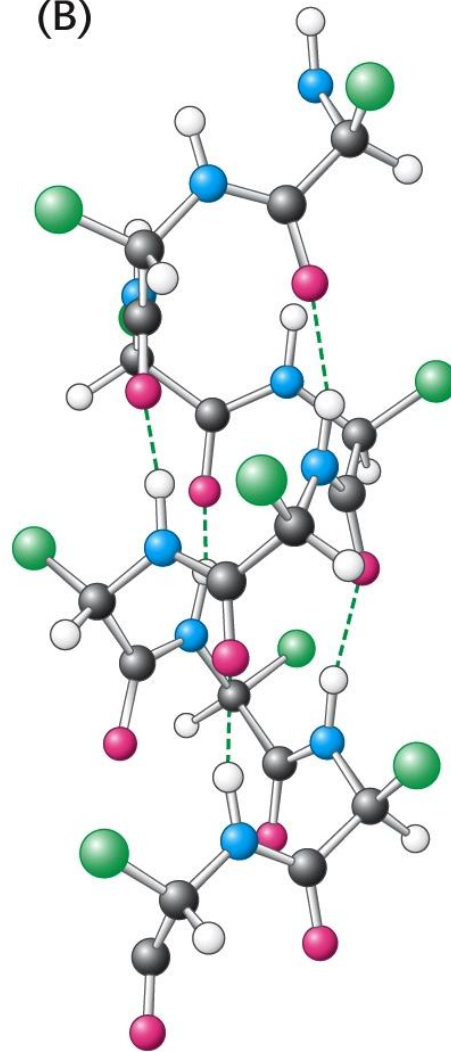
➔  $\Delta Y$  από το I στο I+4

# α-έλικα

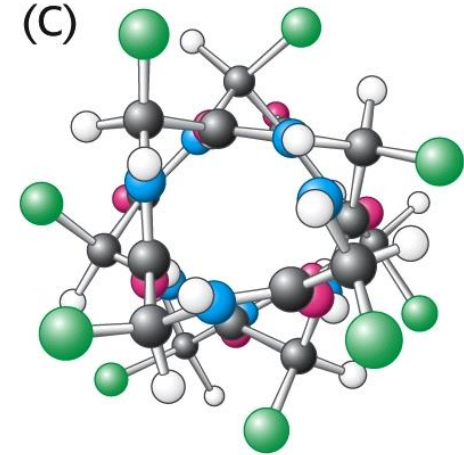
(A)



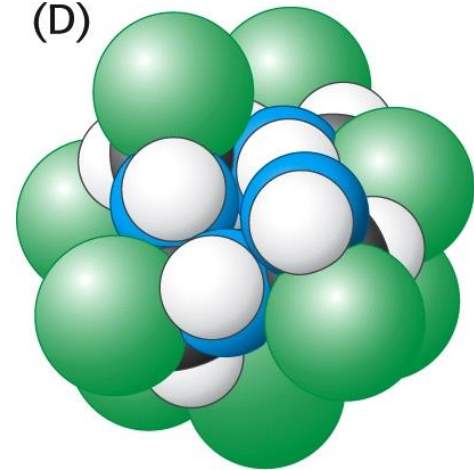
(B)



(C)

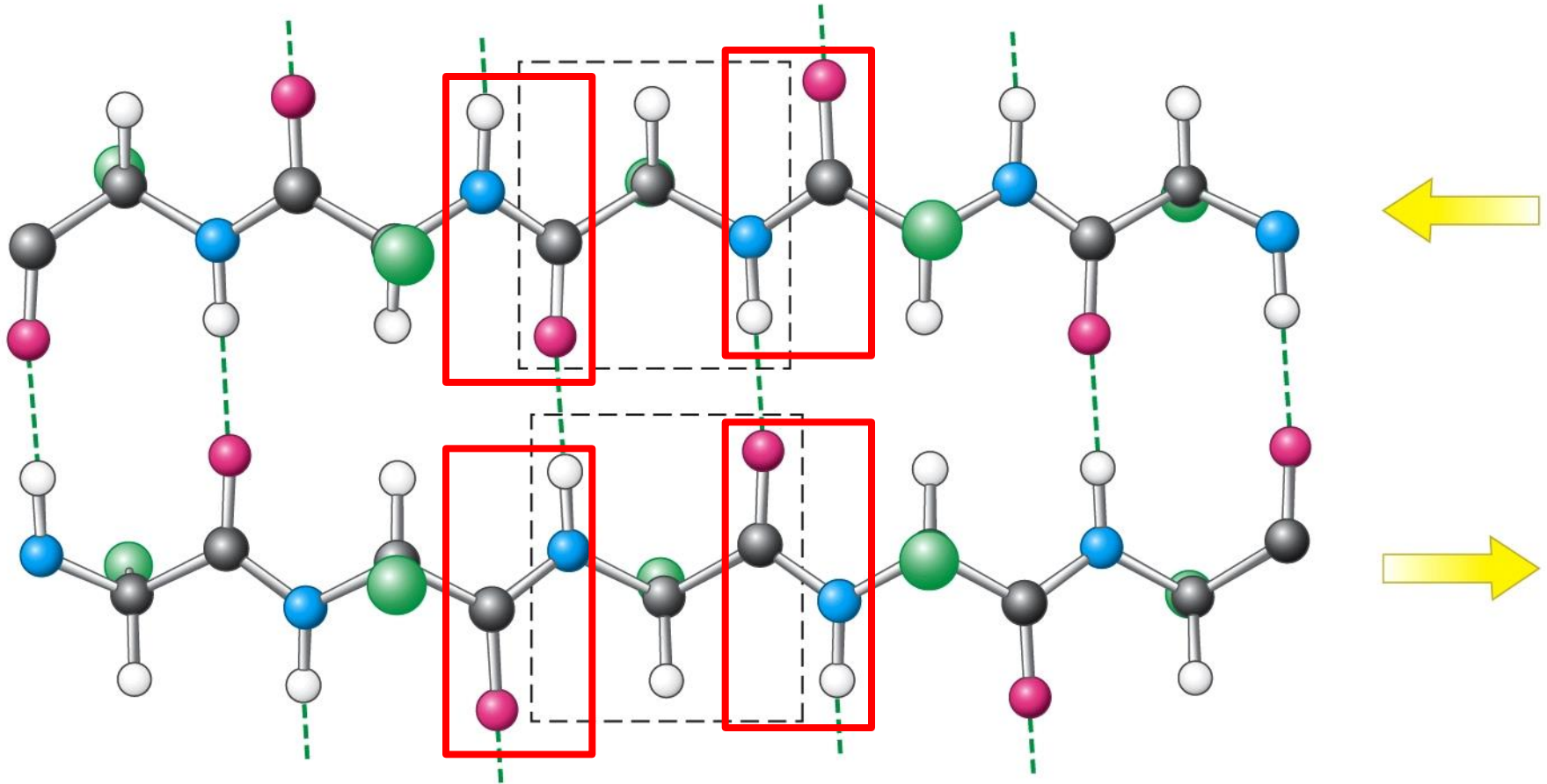


(D)

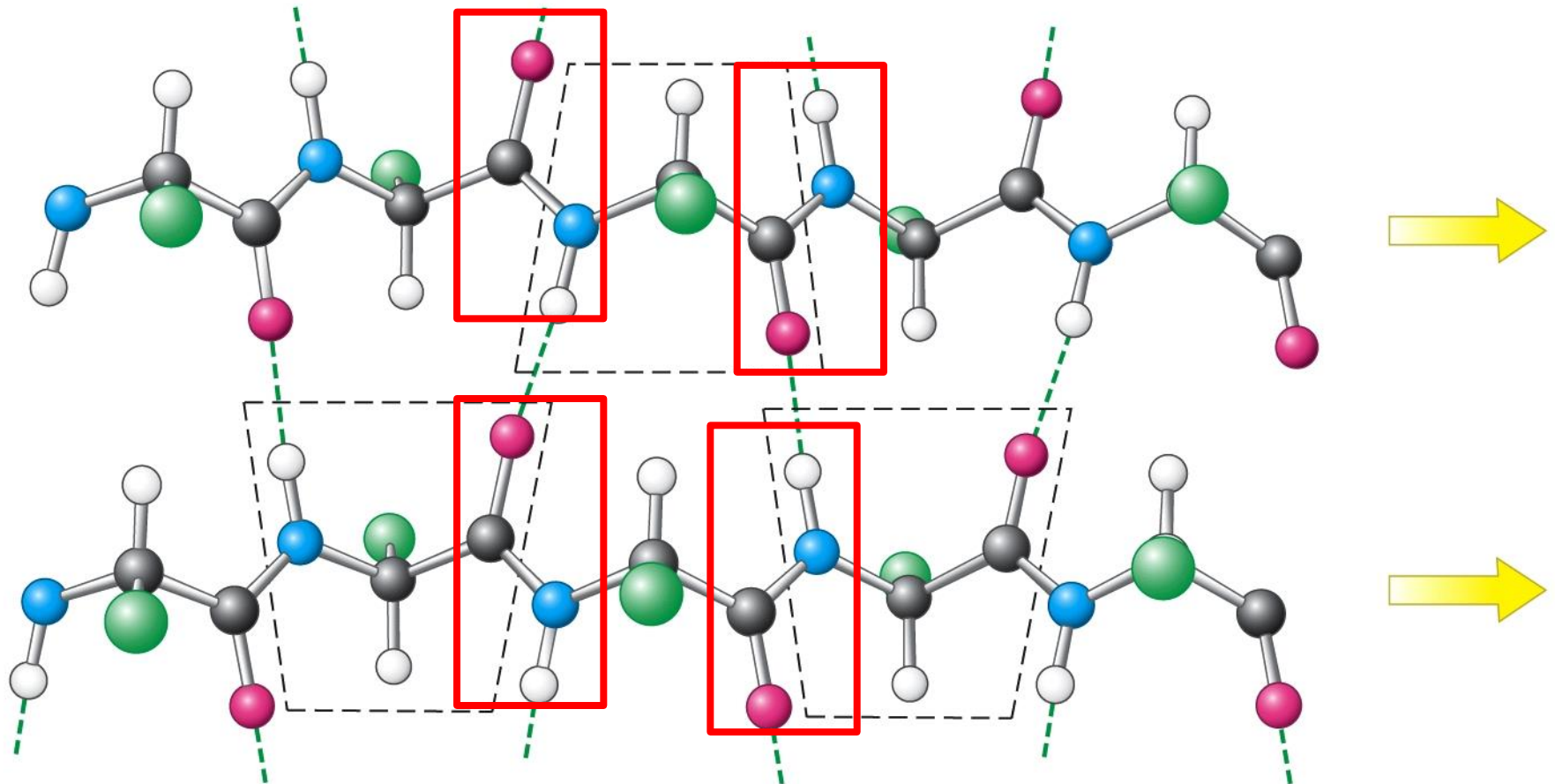




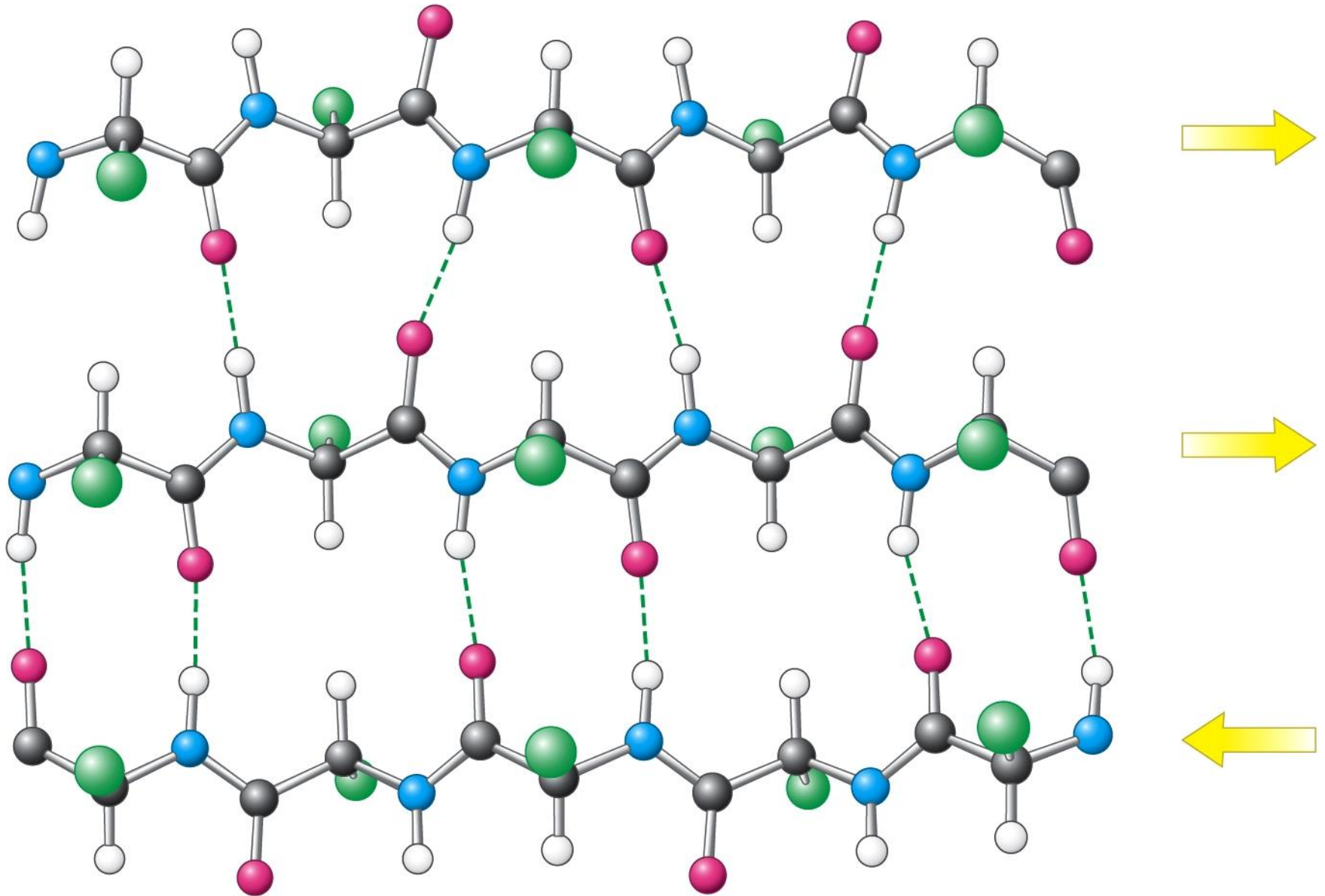
# Αντιπαράλληλο β-φύλλο



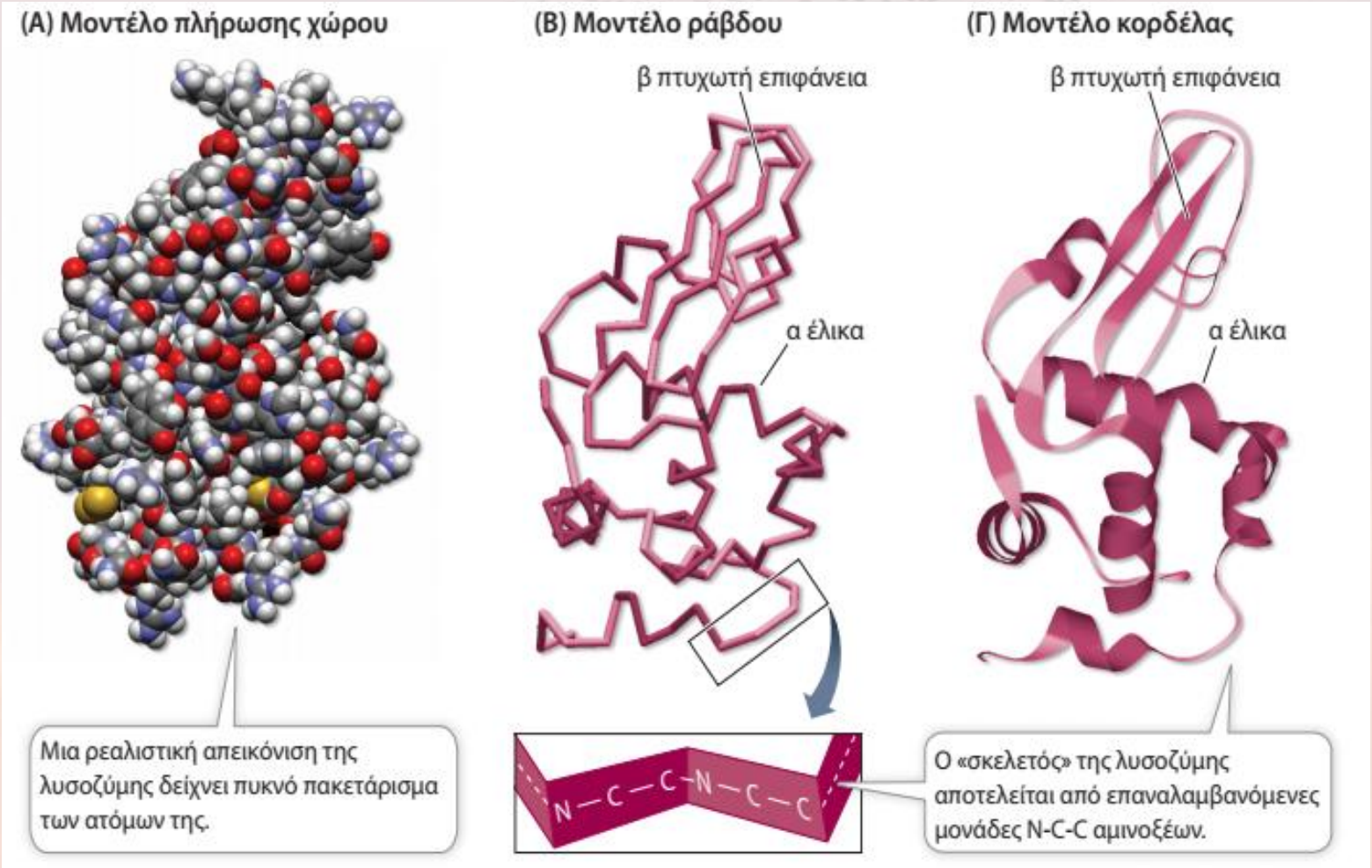
# Παράλληλο $\beta$ -φύλλο



# β-φύλλο



### Εικόνα 3.9 Τρεις Απεικονίσεις της Λυσοζύμης



**Εικόνα 3.9** Τρεις Απεικονίσεις της Λυσοζύμης Οι διαφορετικές μοριακές απεικονίσεις μιας πρωτεΐνης δίνουν έμφαση σε διαφορετικές πτυχές της τριτοταγούς δομής της: χαρακτηριστικά της επιφάνειας, θέσεις κάμψεων και πτυχών ή θέσεις όπου οι άλφα (ή οι βήτα) δομές κυριαρχούν. Αυτές οι τρεις απεικονίσεις της λυσοζύμης έχουν παρόμοιο προσανατολισμό.

**Ε:** Μπορείτε να αναγνωρίσετε υδρόφιλες ή υδρόφοβες πρωτεϊνικές περιοχές;

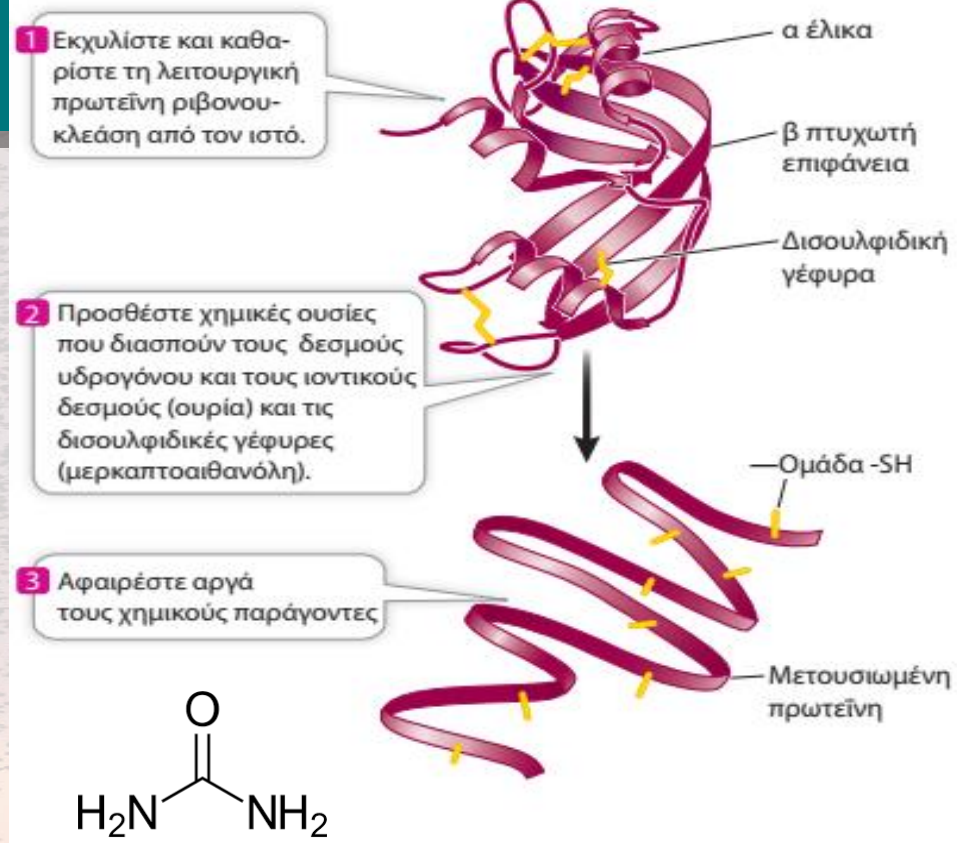
**Εικόνα 3.10Α Η Πρωτοταγής Δομή Καθορίζει την Τριτοταγή Δομή**

Πρωτότυπη Εργασία: Anfinsen, C. B., E. Haber, M. Sela and F. White, Jr. 1961. The kinetics of formation of native ribonuclease during oxidation of the reduced polypeptide chain. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 47: 1309–1314.

White, Jr., F. 1961. Regeneration of native secondary and tertiary structures by air oxidation of reduced ribonuclease. *Journal of Biological Chemistry* 236: 1353–1360.

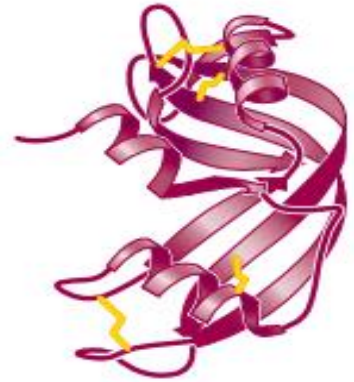
**ΥΠΟΘΕΣΗ** ▶ Υπό ελεγχόμενες συνθήκες, που προσομοιάζουν στο φυσιολογικό κυτταρικό περιβάλλον, μια μετουσιωμένη πρωτεΐνη μπορεί να αναδιπλωθεί σε μια λειτουργική τρισδιάστατη δομή.

**ΜΕΘΟΔΟΣ** Χημική μετουσίωση μιας λειτουργικής ριβονουκλεάσης ώστε να παραμείνει μόνο η πρωτοταγής δομή της (δηλ. μια ξεδιπλωμένη πολυπεπτιδική αλυσίδα). Αφαίρεση των αποδιατακτικών χημικών ουσιών μόλις ολοκληρωθεί η μετουσίωση.



**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ** Όταν αφαιρεθούν οι αποδιατακτικοί χημικοί παράγοντες, η τρισδιάστατη δομή της πρωτεΐνης αποκαθίσταται και η πρωτεΐνη γίνεται ξανά λειτουργική.

**ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ** ▶ Σε φυσιολογικές κυτταρικές συνθήκες, η πρωτοταγής δομή μιας πρωτεΐνης καθορίζει πώς αναδιπλώνεται σε μια λειτουργική, τρισδιάστατη δομή.

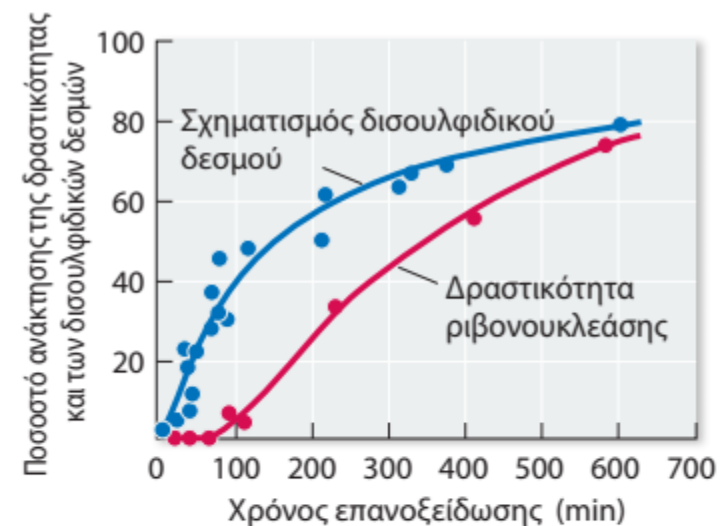


## Εικόνα 3.10B Η Πρωτοταγής Δομή Καθορίζει την Τριτοταγή Δομή

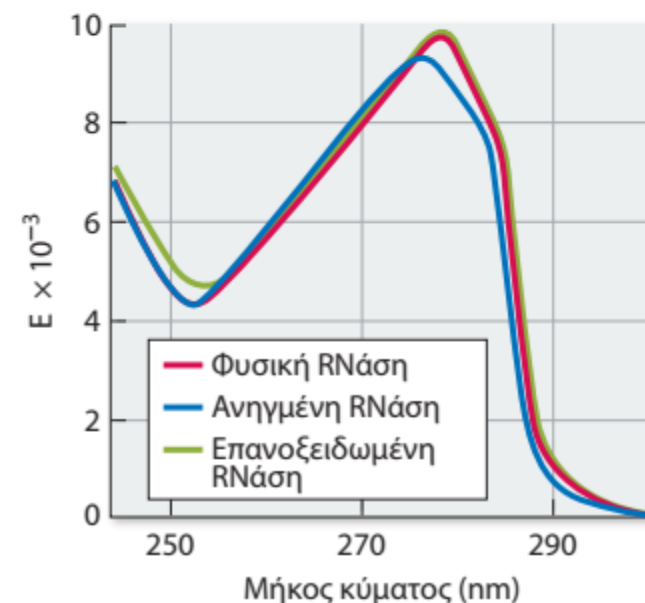
**Εικόνα 3.10B** Η Πρωτοταγής Δομή Καθορίζει την Τριτοταγή Δομή  
 Πρωτότυπες Εργασίες: Anfinsen, C. B. et al. 1961; White, Jr., F. 1961.

Αφού αποδείχτηκε ότι οι τριτοταγείς δομές των πρωτεϊνών είναι ιδιαίτερα εξειδικευμένες, προέκυψε το ερώτημα του πώς η σειρά των αμινοξέων καθορίζει την τρισδιάστατη δομή. Η δεύτερη πρωτεΐνη της οποίας η δομή προσδιορίστηκε ήταν η ριβονουκλεάση A (RNάση A). Το ένζυμο αυτό ήταν άμεσα διαθέσιμο από το πάγκρεας των αγελάδων στα σφαγεία και, καθώς λειτουργεί στο ιδιαίτερα όξινο περιβάλλον του στομάχου των αγελάδων, ήταν σταθερό συγκριτικά με τις περισσότερες πρωτεΐνες και συνεπώς εύκολο να καθαριστεί. Η RNάση A έχει 124 αμινοξέα. Μεταξύ αυτών, υπάρχουν οκτώ κατάλοιπα κυστεΐνης που σχηματίζουν τέσσερις δισουλφιδικές γέφυρες. Ήταν αυτοί οι ομοιοπολικοί δεσμοί μεταξύ των κυστεϊνών απαραίτητοι για την τρισδιάστατη δομή της RNάσης A; Όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.10A, ο Κρίστιαν Άνφινσεν και οι συνάδελφοί του θέλησαν να απαντήσουν στην ερώτηση.

Εικόνα A



Εικόνα B

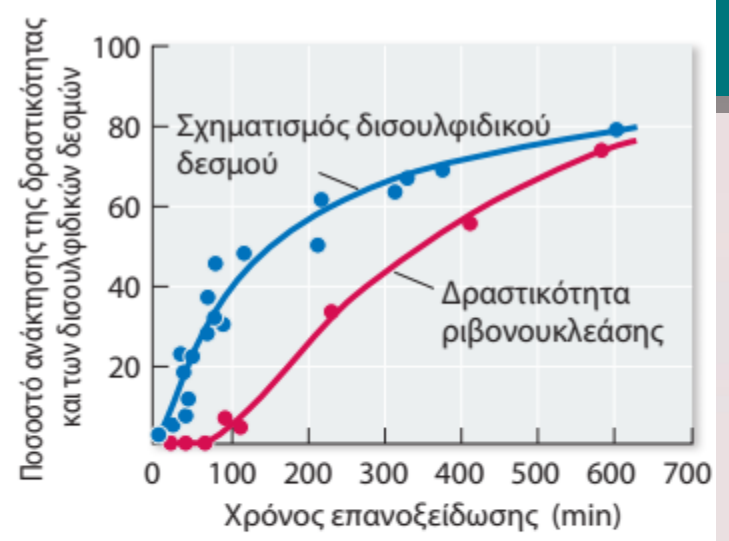


**Εικόνα 3.10B** Η Πρωτοταγής Δομή Καθορίζει την Τριτοταγή Δομή  
Πρωτότυπες Εργασίες: Anfinsen, C. B. et al. 1961; White, Jr., F. 1961.

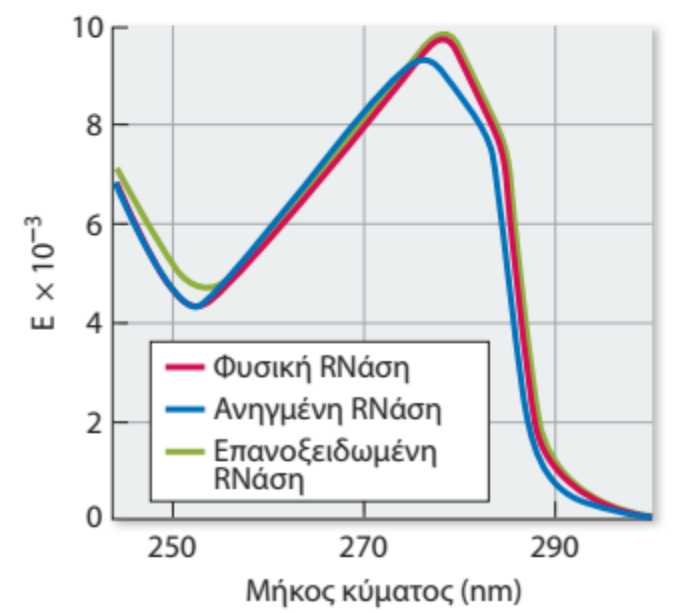
### ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ▶

1. Αρχικά, εξαλείφθηκαν στην RNάση A οι δισουλφιδικοί δεσμοί (S-S), καθώς μειώθηκαν τα άτομα θείου στα κατάλοιπα κυστεΐνης (-SH). Τη στιγμή μηδέν, ξεκίνησε η επανοξειδωση και κατά διαστήματα μετρήθηκε με χημικές μεθόδους, τόσο το σύνολο των δεσμών S-S που επανασχηματίστηκαν όσο και η δραστηριότητα του ενζύμου. Τα δεδομένα απεικονίζονται στην **Εικόνα A**. Σε ποια χρονική στιγμή άρχισαν να σχηματίζονται οι δισουλφιδικοί δεσμοί; Πότε άρχισε να εμφανίζεται η ενζυμική δραστηριότητα; Να εξηγήσετε τη διαφορά μεταξύ αυτών των χρόνων.
2. Η τρισδιάστατη δομή της RNάσης A εξετάστηκε με υπεριώδη φασματοσκοπία. Στην τεχνική αυτή, η πρωτεΐνη εκτέθηκε σε διαφορετικά μήκη κύματος υπεριώδους φωτός (μετρούμενο σε nm) και εκτιμήθηκε το ποσό του φωτός που απορροφήθηκε σε κάθε μήκος κύματος (E). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται γραφικά στην **Εικόνα B**. Κοιτάξτε προσεκτικά τα σχέδια. Ποιες είναι οι διαφορές μεταξύ των μέγιστων απορροφήσεων της εγγενούς (μη επεξεργασμένης) και ανηγμένης (μετουσιωμένης) RNάσης A; Τι συνέβη όταν η ανηγμένη RNάση A επανοξειδώθηκε (επανήλθε στη φυσική της μορφή); Τι μπορείτε να συμπεράνετε για τη δομή της RNάσης A από τα συγκεκριμένα πειράματα;

Εικόνα A

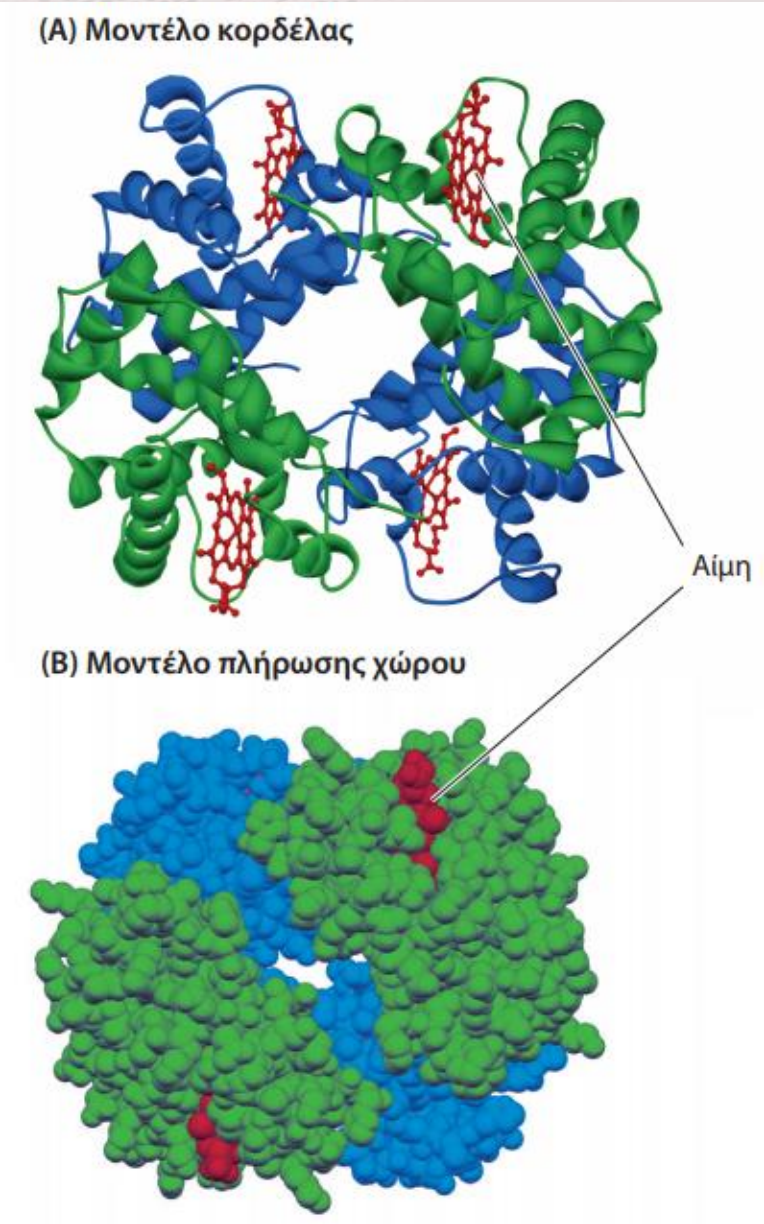


Εικόνα B



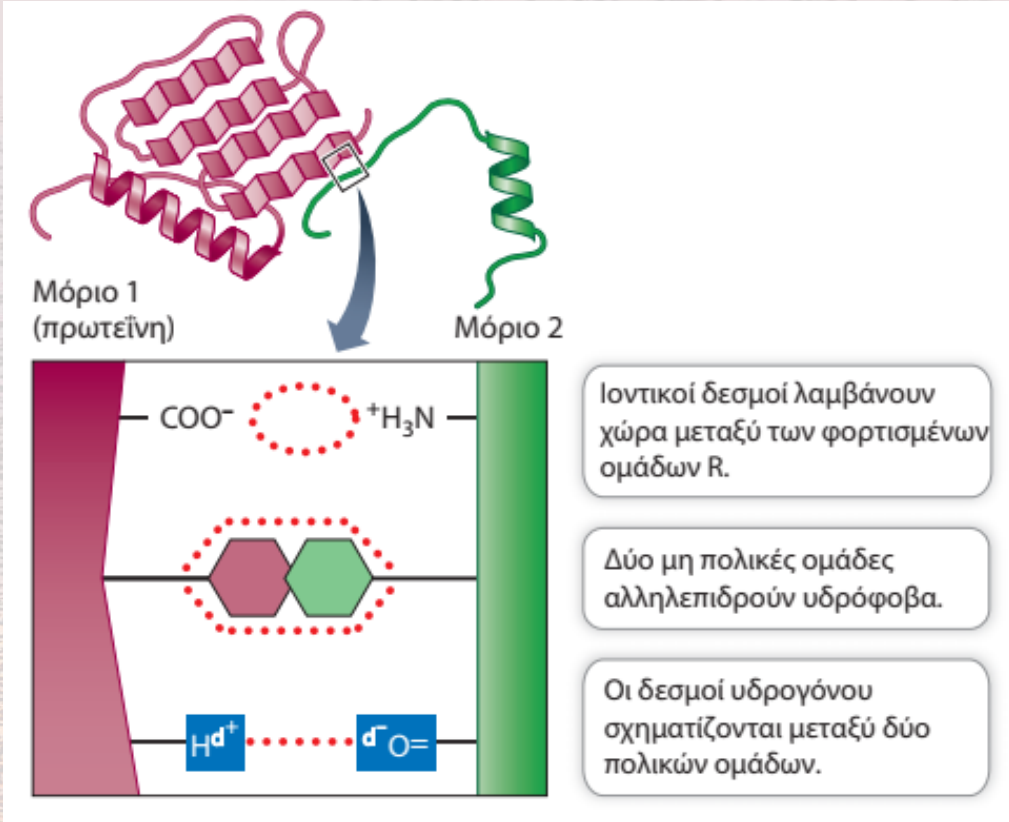
### Εικόνα 3.11 Η Τεταρτοταγής Δομή μιας Πρωτεΐνης

**Εικόνα 3.11** Η Τεταρτοταγής Δομή μιας Πρωτεΐνης Η αιμοσφαιρίνη αποτελείται από τέσσερις αναδιπλωμένες πολυπεπτιδικές υπομονάδες που συναρμολογούνται στην τεταρτοταγή δομή η οποία απεικονίζεται στο μοντέλο κορδέλας (A) και στο μοντέλο πλήρωσης χώρου (B). Και στις δύο γραφικές αναπαραστάσεις, κάθε τύπος υπομονάδας είναι διαφορετικού χρώματος (οι α υπομονάδες είναι μπλε και οι β υπομονάδες είναι πράσινες). Οι ομάδες της αίμης (κόκκινο) περιέχουν σίδηρο και είναι οι θέσεις μεταφοράς οξυγόνου.





# Εικόνα 3.12 Μη Ομοιοπολικές Αλληλεπιδράσεις μεταξύ Πρωτεϊνών και Άλλων Μορίων



**Εικόνα 3.12 Μη Ομοιοπολικές Αλληλεπιδράσεις μεταξύ Πρωτεϊνών και Άλλων Μορίων** Οι μη ομοιοπολικές αλληλεπιδράσεις (βλ. σελ. 51) επιτρέπουν σε μια πρωτεΐνη (κόκκινο χρώμα) να συνδέεται στενά με ένα άλλο μόριο (πράσινο χρώμα) με συγκεκριμένες ιδιότητες. Μη ομοιοπολικές αλληλεπιδράσεις επιτρέπουν επίσης σε περιοχές εντός της ίδιας πρωτεΐνης να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.

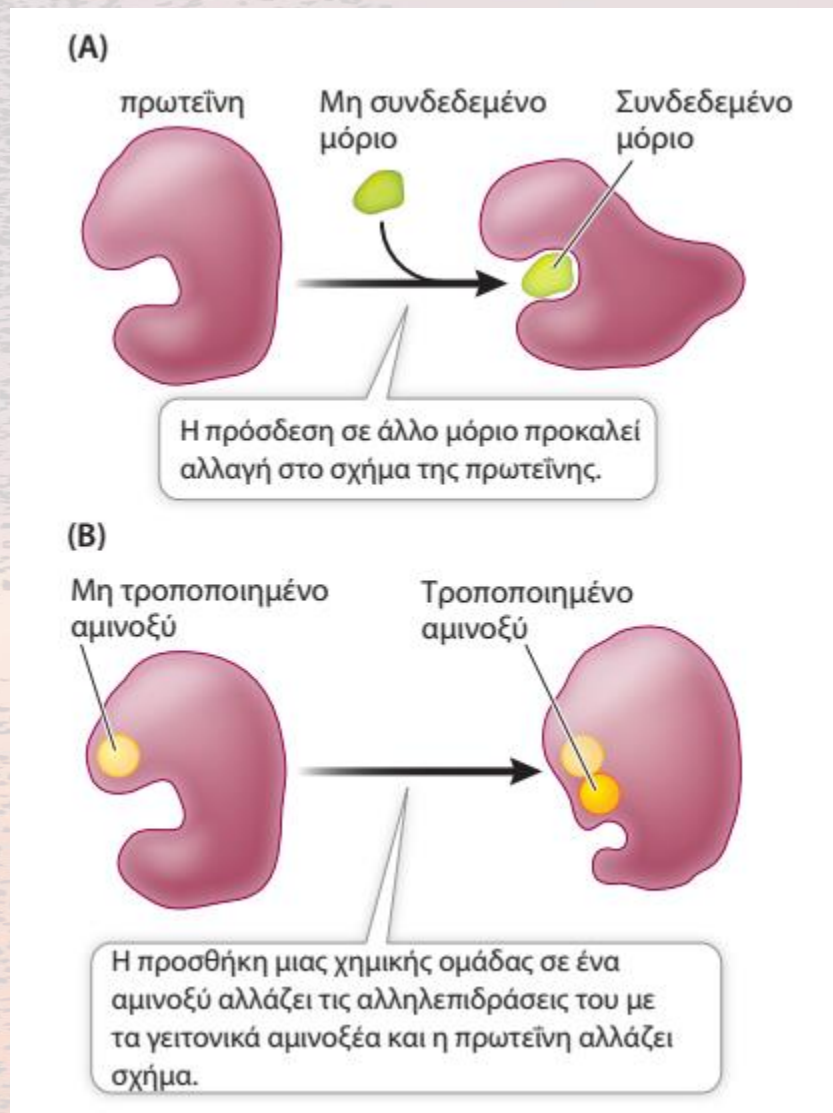
**Ε:** Γιατί οι παραπάνω αλληλεπιδράσεις είναι ευαίσθητες στη θερμότητα; (Βοηθητικό στοιχείο: βλ. Πίνακα 2.1)

#### Εικόνα 3.13 Η Πρωτεϊνική Δομή Μπορεί να Αλλάζει

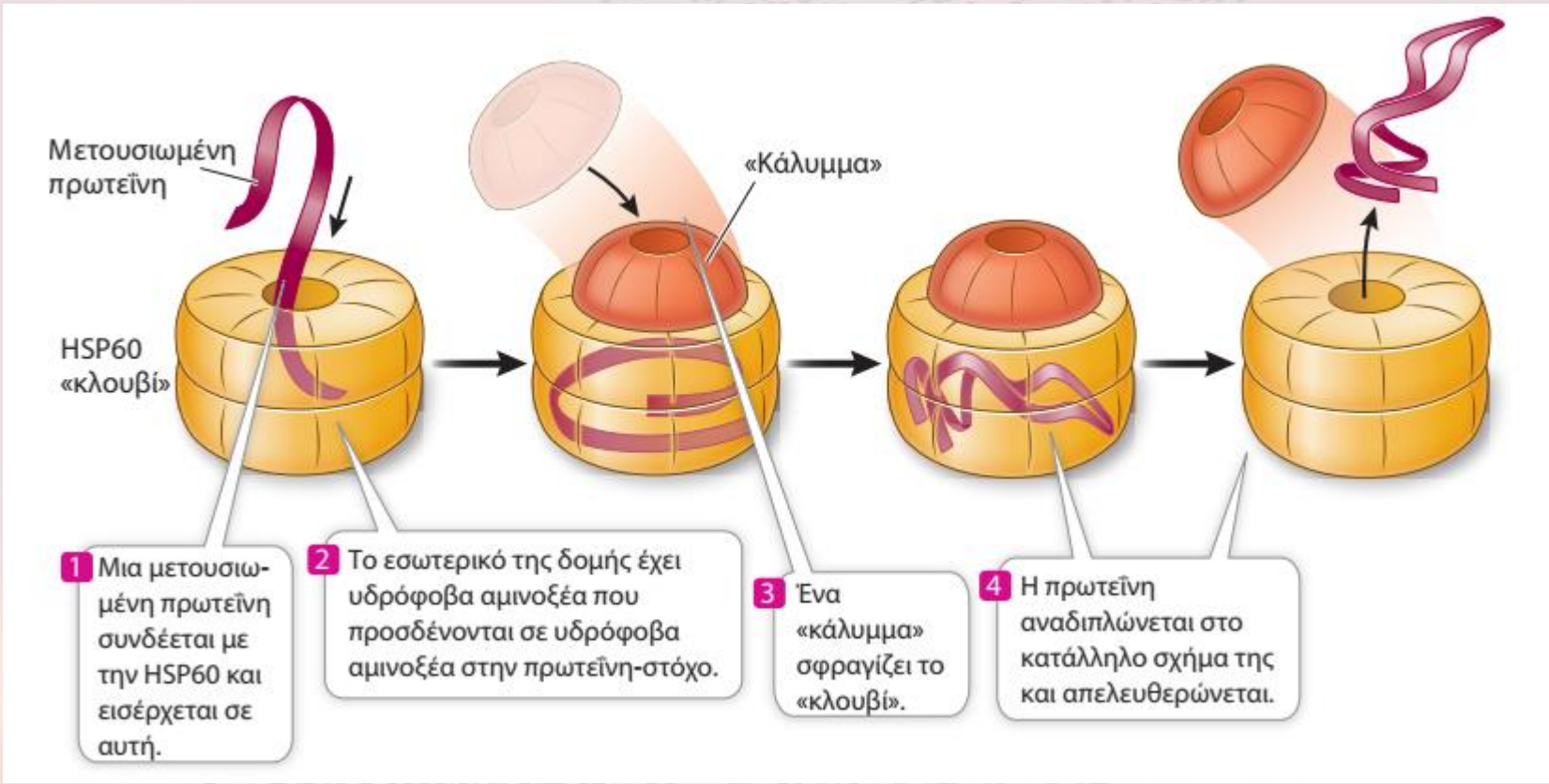
Οι πρωτεΐνες μπορούν να αλλάζουν την τριτοταγή δομή τους όταν προσδέονται σε άλλα μόρια (A) ή τροποποιούνται χημικά (B).

Συνθήκες που επηρεάζουν τη δευτεροταγή και τριτοταγή δομή:

- Υψηλή θερμοκρασία
- Αλλαγές του pH
- Υψηλές συγκεντρώσεις πολικών μορίων
- Μη πολικά συστατικά



# Εικόνα 3.14 Οι Μοριακοί Συνοδοί Προστατεύουν τις Πρωτεΐνες από Ακατάλληλη Σύνδεση



**Εικόνα 3.14** Οι Μοριακοί Συνοδοί Προστατεύουν τις Πρωτεΐνες από Ακατάλληλη Σύνδεση Οι πρωτεΐνες-συνοδοί περιβάλλουν νέες ή μετουσιωμένες πρωτεΐνες και εμποδίζουν τη σύνδεσή τους σε λανθασμένες ουσίες. Οι πρωτεΐνες θερμικού σοκ, όπως η HSP60 που φαίνεται εδώ, αποτελούν μία τάξη σαπερονών.

**Ε:** Γιατί οι πρωτεΐνες θερμικού σοκ είναι σημαντικές για ένα κύτταρο;

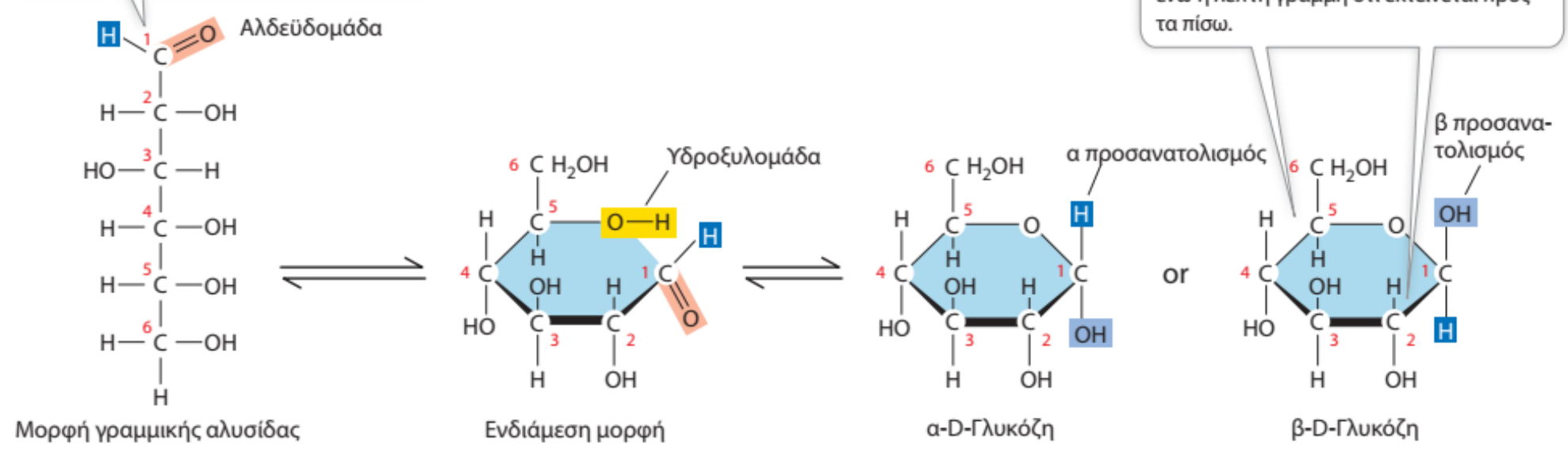
Υδατάνθρακες:  $(\text{CH}_2\text{O})_n$ .

- Πηγές αποθηκευμένης ενέργειας
- Χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά αποθηκευμένης ενέργειας
- Υποστρώματα για τη βιοσύνθεση άλλων βιομορίων
- Σχηματίζουν εξωκυττάρειες δομές, όπως το κυτταρικό τοίχωμα
- Μονοσακχαρίτες: Απλά σάκχαρα
- Δισακχαρίτες: Δύο απλά σάκχαρα που συνδέονται με ομοιοπολικό γλυκοζιτικό δεσμό
- Ολιγοσακχαρίτες: αποτελούνται από 3 έως 20 μονοσακχαρίτες που συνδέονται με ομοιοπολικούς γλυκοζιτικούς δεσμούς
- Πολυσακχαρίτες: αποτελούνται από εκατοντάδες ή χιλιάδες μονοσακχαρίτες που συνδέονται με ομοιοπολικούς γλυκοζιτικούς δεσμούς

## Εικόνα 3.15 Από τη Μια Μορφή της Γλυκόζης στην Άλλη

Οι αριθμοί με κόκκινο χρώμα υποδηλώνουν τη συμβατική αρίθμηση των ατόμων άνθρακα.

Η σκούρα γραμμή υποδηλώνει ότι η άκρη του μορίου εκτείνεται προς το μέρος σας, ενώ η λεπτή γραμμή ότι εκτείνεται προς τα πίσω.



Η μορφή γραμμικής αλυσίδας της γλυκόζης φέρει μία αλδεϋδομάδα στον άνθρακα 1.

Μια αντίδραση μεταξύ της αλδεϋδομάδας και της υδροξυλομάδας στον άνθρακα 5 δημιουργεί μια μορφή δακτυλίου.

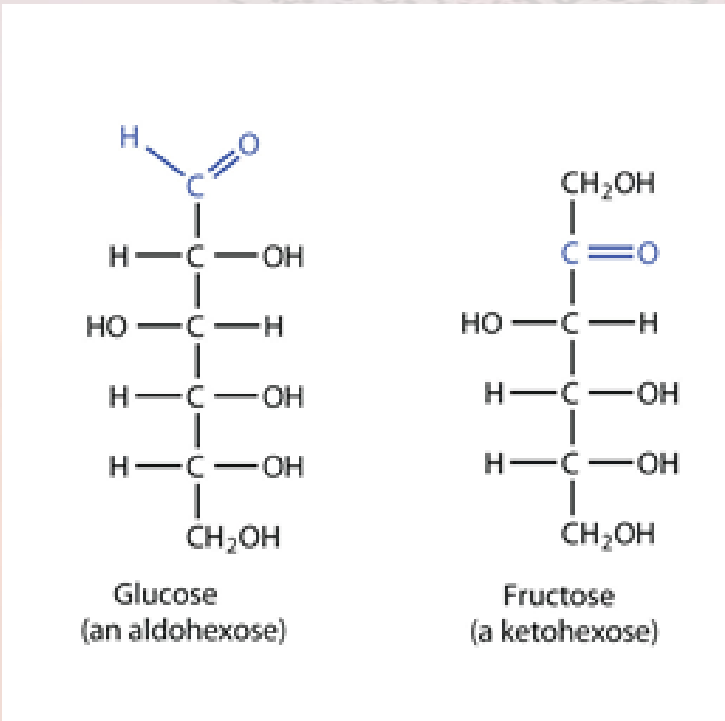
Αναλόγως του προσανατολισμού της αλδεϋδομάδας όταν κλείνει ο δακτύλιος, σχηματίζεται μία από τις δύο μορφές μορίων: α-D-γλυκόζη ή β-D-γλυκόζη.

**Εικόνα 3.15** Από τη Μια Μορφή της Γλυκόζης στην Άλλη Όλα τα μόρια γλυκόζης έχουν τον τύπο  $C_6H_{12}O_6$ , αλλά οι δομές τους ποικίλλουν. Όταν διαλύονται στο νερό, οι α και β «δακτυλιοειδείς» μορφές της γλυκόζης μετατρέπονται η μία στην άλλη. Η σύμβαση που χρησιμοποιείται εδώ για την αρίθμηση των ατόμων άνθρακα έχει καθιερωθεί στη βιοχημεία.

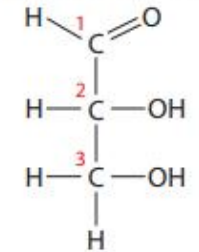
# Εικόνα 3.16 Οι Μονοσακχαρίτες είναι Απλά Σάκχαρα

## Εικόνα 3.16 Οι Μονοσακχαρίτες είναι Απλά Σάκχαρα

Οι μονοσακχαρίτες αποτελούνται από ποικίλους αριθμούς ανθράκων. Ορισμένες εξόζες είναι δομικά ισομερή με το ίδιο είδος και αριθμό ατόμων, αλλά τα άτομα είναι διατεταγμένα διαφορετικά. Η φρουκτόζη, για παράδειγμα, είναι μια εξόζη, αλλά σχηματίζει έναν πενταμελή δακτύλιο όπως οι πεντόζες.



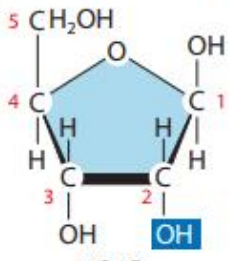
### Σάκχαρο με τρία άτομα άνθρακα



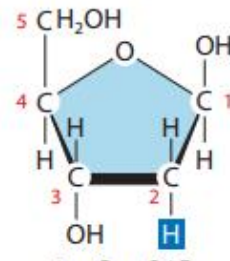
Γλυκεραλδεϋδη

Η γλυκεραλδεϋδη είναι ο μικρότερος μονοσακχαρίτης και υπάρχει μόνο στη μορφή της γραμμικής αλυσίδας.

### Σάκχαρο με πέντε άτομα άνθρακα (πεντόζες)



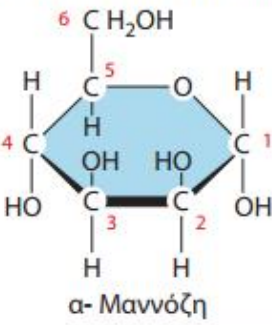
Ριβόζη



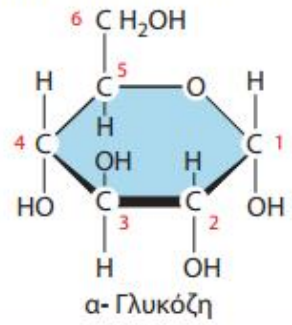
Δεοξυριβόζη

Η ριβόζη και η δεοξυριβόζη έχουν η καθεμία πέντε άτομα άνθρακα, αλλά διαφορετικές χημικές ιδιότητες και βιολογικούς ρόλους.

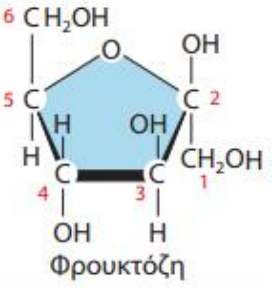
### Σάκχαρο με έξι άτομα άνθρακα (εξόζες)



α- Μαννόζη



α- Γλυκόζη



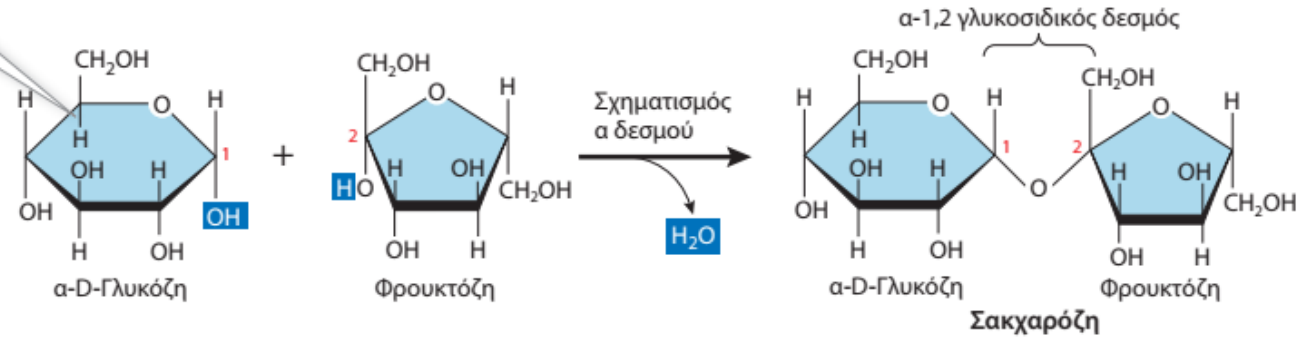
Φρουκτόζη

Αυτές οι εξόζες είναι δομικά ισομερή. Όλες έχουν τη μορφή C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>, αλλά η καθεμία έχει διαφορετικές βιοχημικές ιδιότητες.

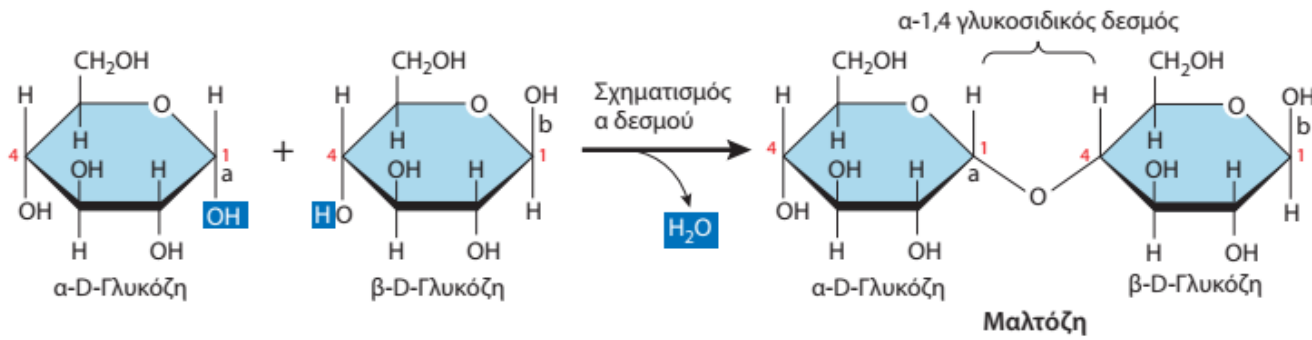
## Εικόνα 3.17 Οι Δισακχαρίτες Σχηματίζονται με Γλυκοσιδικούς Δεσμούς

Η παρουσία ενός ατόμου άνθρακα (C) υποδηλώνεται σε μία σύνδεση όπως αυτή.

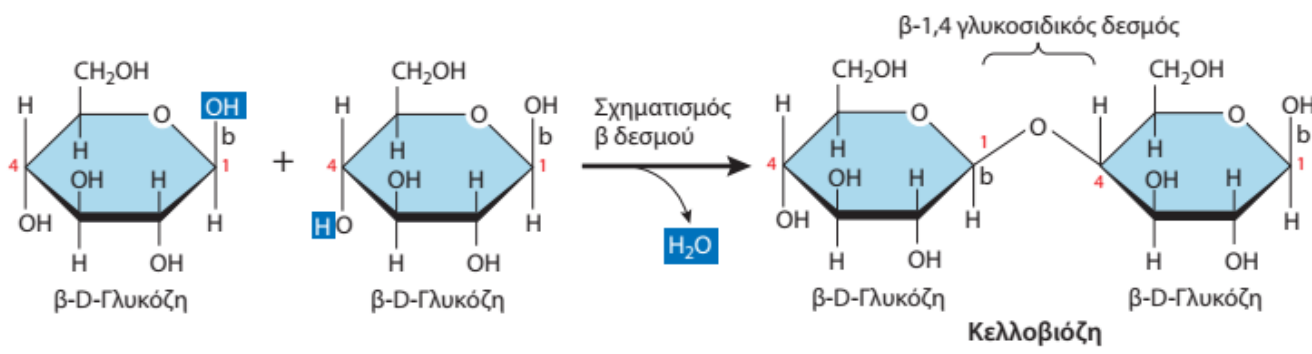
Στη σακχαρόζη, η γλυκόζη και η φρουκτόζη συνδέονται με έναν α-1,2 γλυκοσιδικό δεσμό.



Η μαλτόζη παράγεται όταν σχηματίζεται ένας α-1,4 γλυκοσιδικός δεσμός μεταξύ δύο μορίων γλυκόζης. Η υδροξυλομάδα του άνθρακα 1 μιας D-γλυκόζης στη θέση α αντιδρά με την υδροξυλομάδα του άνθρακα 4 της άλλης γλυκόζης.



Στην κελλοβιόζη, δύο μόρια γλυκόζης συνδέονται με έναν β-1,4 γλυκοσιδικό δεσμό.

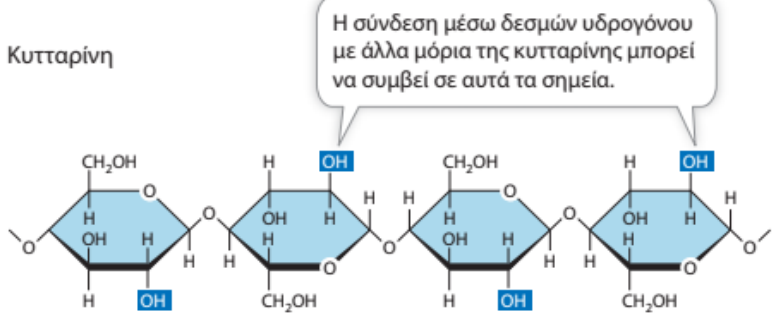


**Εικόνα 3.17** Οι Δισακχαρίτες Σχηματίζονται με Γλυκοσιδικούς Δεσμούς Οι γλυκοσιδικοί δεσμοί μεταξύ δύο μονοσακχαριτών μπορούν να δημιουργήσουν πολλούς διαφορετικούς δισακχαρίτες. Ο σχηματισμός του εκάστοτε δισακχαρίτη εξαρτάται από το ποιοι μονοσακχαρίτες συνδέονται, από τη θέση της σύνδεσης (δηλαδή, ποια άτομα άνθρακα εμπλέκονται) και από τη μορφή (α ή β) του δεσμού.

# Εικόνα 3.18 Αντιπροσωπευτικοί Πολυσακχαρίτες (Α) Μοριακή δομή

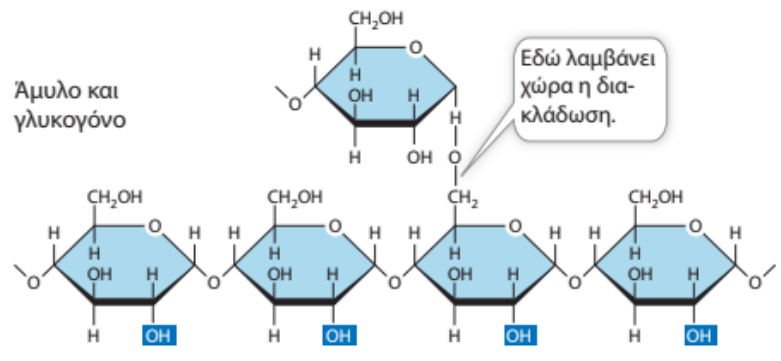
## (Α) Μοριακή δομή

Κυτταρίνη



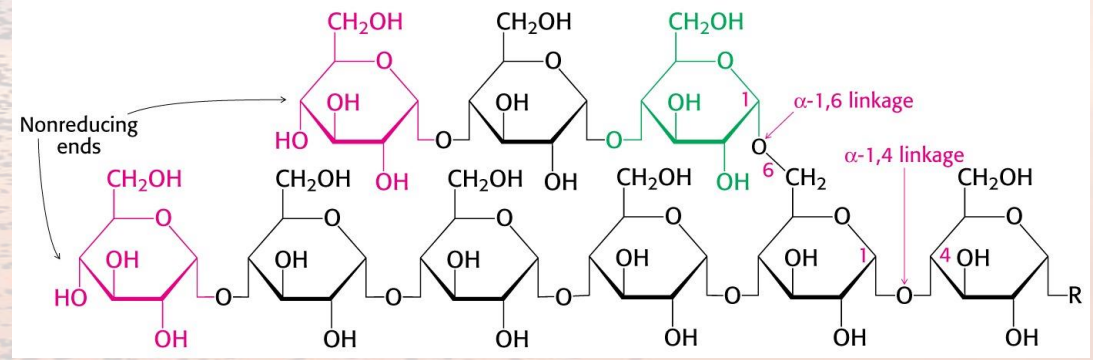
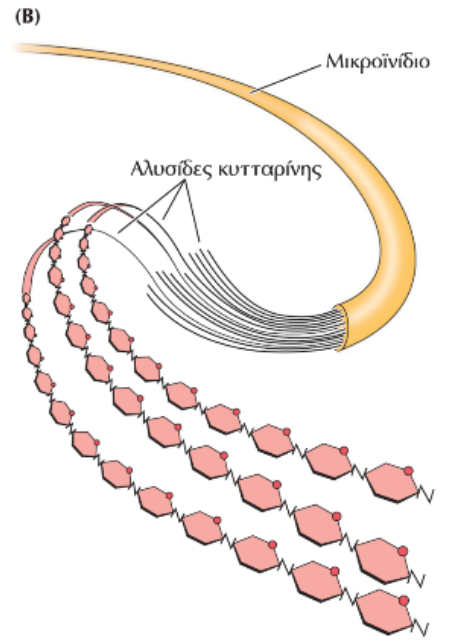
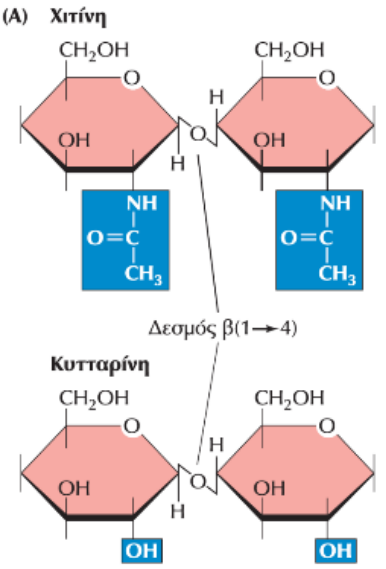
Η κυτταρίνη είναι ένα μη διακλαδισμένο πολυμερές γλυκόζης με β-1,4 γλυκοσιδικούς δεσμούς, πολύ σταθερούς χημικά.

Άμυλο και γλυκογόνο



Το γλυκογόνο και το άμυλο είναι πολυμερή γλυκόζης με α-1,4 γλυκοσιδικούς δεσμούς. Οι α-1,6 γλυκοσιδικές συνδέσεις παράγουν διακλάδωση στον άνθρακα 6.

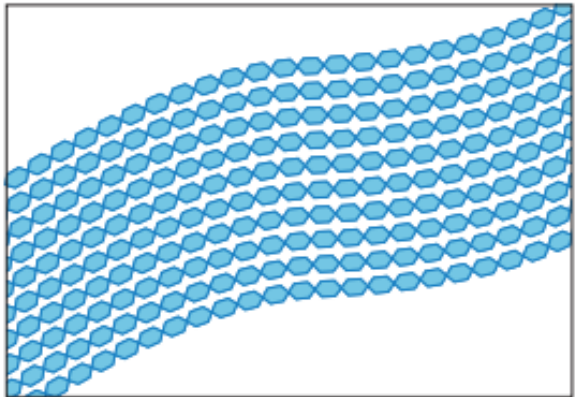
**Εικόνα 3.18**  
**Αντιπροσωπευτικοί Πολυσακχαρίτες**  
 Η κυτταρίνη, το άμυλο και το γλυκογόνο έχουν διαφορετικά επίπεδα διακλάδωσης και συμπίεσης των πολυσακχαριτών.





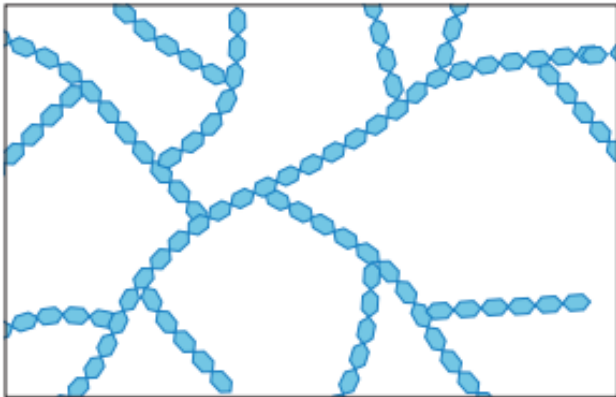
**(B) Μακρομοριακή δομή**

Γραμμική (κυτταρίνη)



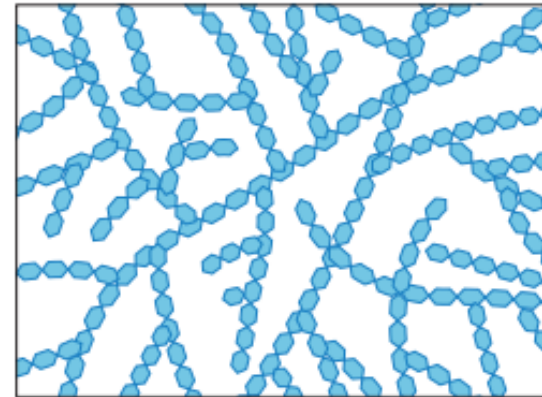
Τα παράλληλα μόρια κυτταρίνης σχηματίζουν δεσμούς υδρογόνου, με αποτέλεσμα τον σχηματισμό λεπτών ινιδίων.

Διακλαδισμένη (άμυλο)



Η διακλάδωση στο άμυλο περιορίζει τον αριθμό δεσμών υδρογόνου που μπορούν να σχηματιστούν, καθιστώντας το λιγότερο συμπαγές από την κυτταρίνη.

Υψηλά διακλαδισμένη (γλυκογόνο)



Το υψηλό ποσοστό διακλάδωσης στο γλυκογόνο καθιστά τα στερεής μορφής ιζήματα πιο συμπαγή από του αμύλου.

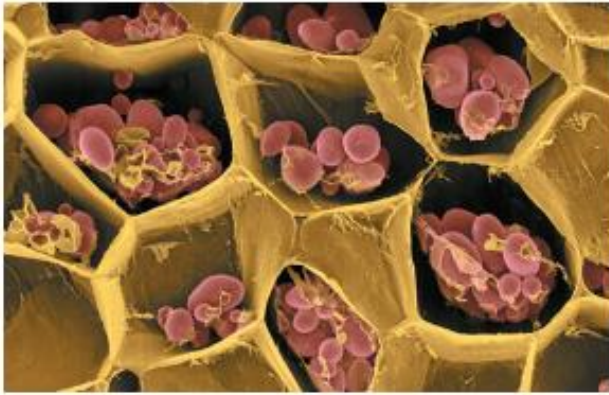
**Εικόνα 3.18 Αντιπροσωπευτικοί Πολυσακχαρίτες**

Η κυτταρίνη, το άμυλο και το γλυκογόνο έχουν διαφορετικά επίπεδα διακλάδωσης και συμπίεσης των πολυσακχαριτών.

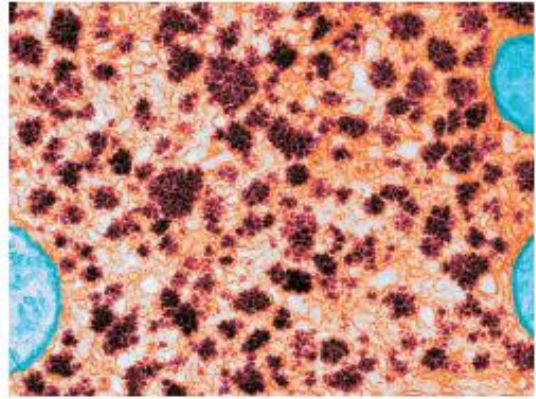
(Γ) Πολυσακχαρίτες στα κύτταρα



Στρώσεις ινών κυτταρίνης, όπως φαίνεται σε αυτή την ηλεκτρονική μικρογραφία σάρωσης, δίνουν μεγάλη δύναμη στα κυτταρικά τοιχώματα των φυτών.



Εντός αυτών των κυττάρων πατάτας, οι εναποθέσεις άμυλου (με κόκκινο χρώμα σε αυτή την ηλεκτρονική μικρογραφία σάρωσης) έχουν κοκκιώδη μορφή.



Οι σκοτεινές συστάδες σε αυτή την ηλεκτρονική μικρογραφία είναι εναποθέσεις γλυκογόνου.

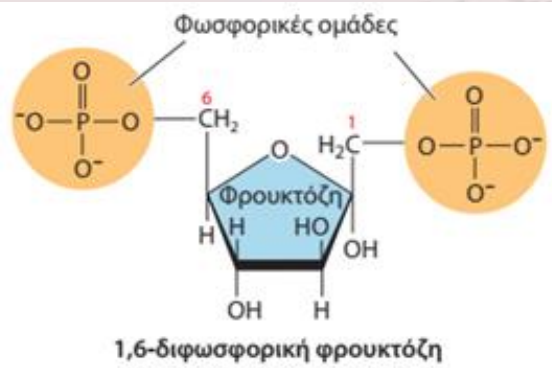
**Εικόνα 3.18 Αντιπροσωπευτικοί Πολυσακχαρίτες**

Η κυτταρίνη, το άμυλο και το γλυκογόνο έχουν διαφορετικά επίπεδα διακλάδωσης και συμπίεσης των πολυσακχαριτών.

# Εικόνα 3.19 Χημικά Τροποποιημένοι Υδατάνθρακες

## (Α) Φωσφορικό σάκχαρο

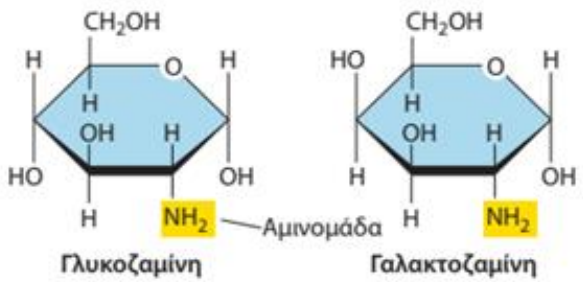
Η 1,6- διφωσφορική φρουκτόζη εμπλέκεται σε αντιδράσεις απελευθέρωσης ενέργειας από τη γλυκόζη. (Οι αριθμοί στο όνομά της αναφέρονται στις θέσεις των ατόμων άνθρακα όπου δεσμεύεται η φωσφορική ομάδα).



**Εικόνα 3.19** Χημικά Τροποποιημένοι Υδατάνθρακες Οι πρόσθετες λειτουργικές ομάδες μπορούν να τροποποιήσουν τη μορφή και τις ιδιότητες ενός υδατάνθρακα.

## (Β) Άμινο σάκχαρα

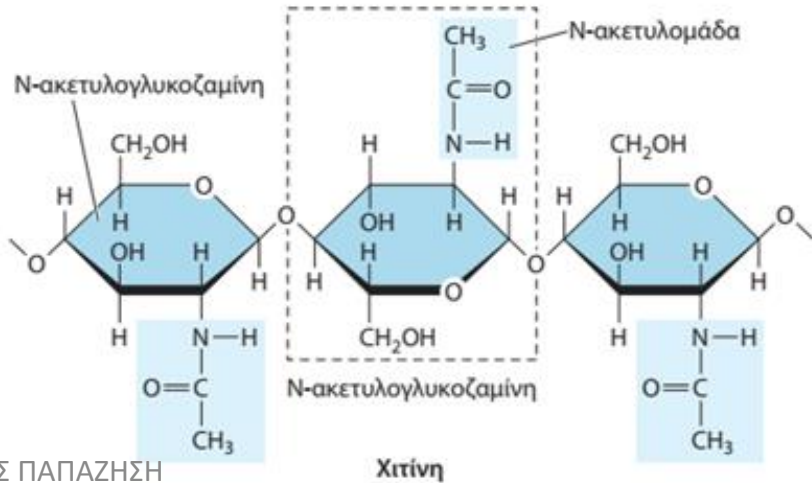
Οι μονοσακχαρίτες γλυκοζαμίνη και γαλακτοζαμίνη είναι αμινοσάκχαρα με μια αμινομάδα στη θέση μίας υδροξυλομάδας.



Η γαλακτοζαμίνη αποτελεί σημαντικό συστατικό του χόνδρου, ενός συνδετικού ιστού στα σπονδυλωτά.

## (Γ) Χιτίνη

Η χιτίνη είναι ένα πολυμερές της N-ακετυλογλυκοζαμίνης. Οι N-ακετυλομάδες παρέχουν επιπλέον θέσεις για δεσμούς υδρογόνου μεταξύ των πολυμερών.



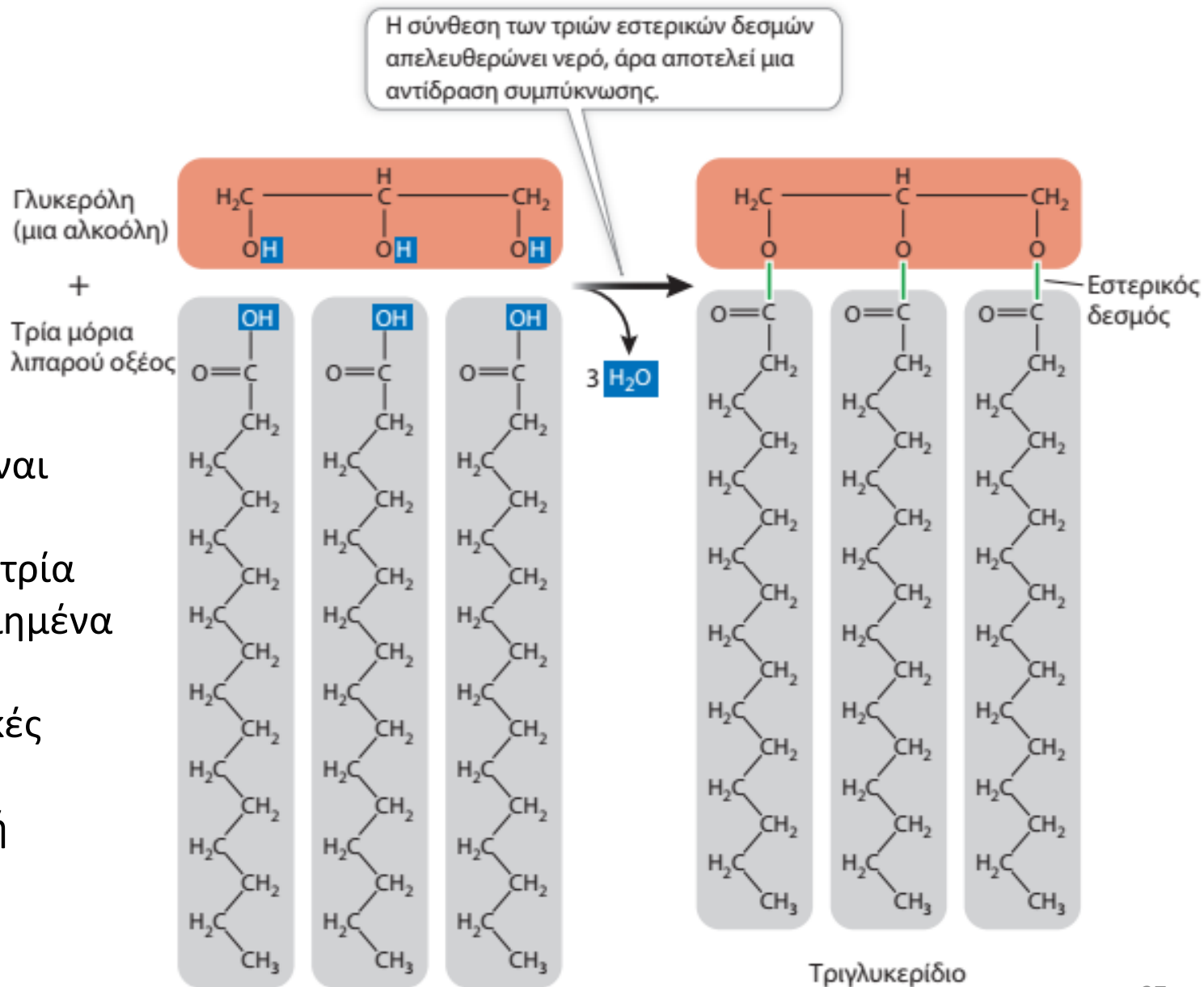
Οι εξωτερικοί σκελετοί των εντόμων κατασκευάζονται από χιτίνη.



## ΤΥΠΟΙ ΛΙΠΙΔΙΩΝ

- Τα λίπη και τα έλαια αποθηκεύουν ενέργεια.
- Φωσφολιπίδια—δομικό και λειτουργικό ρόλο στις μεμβράνες του κυττάρου.
- Καροτενοειδή και χλωροφύλλες—παγιδεύουν τη φωτεινή ενέργεια στα φυτά.
- Στεροειδή και τροποποιημένα λιπαρά οξέα – ορμόνες και βιταμίνες.
- • Λίπος στα ζώα—θερμική μόνωση.
- • Το λιπιδικό περίβλημα των νευρικών κυττάρων προσφέρει ηλεκτρική μόνωση.
- • Τα έλαια και οι κήροι (κερί) στο δέρμα, γούνα και φτερά απωθούν το νερό.

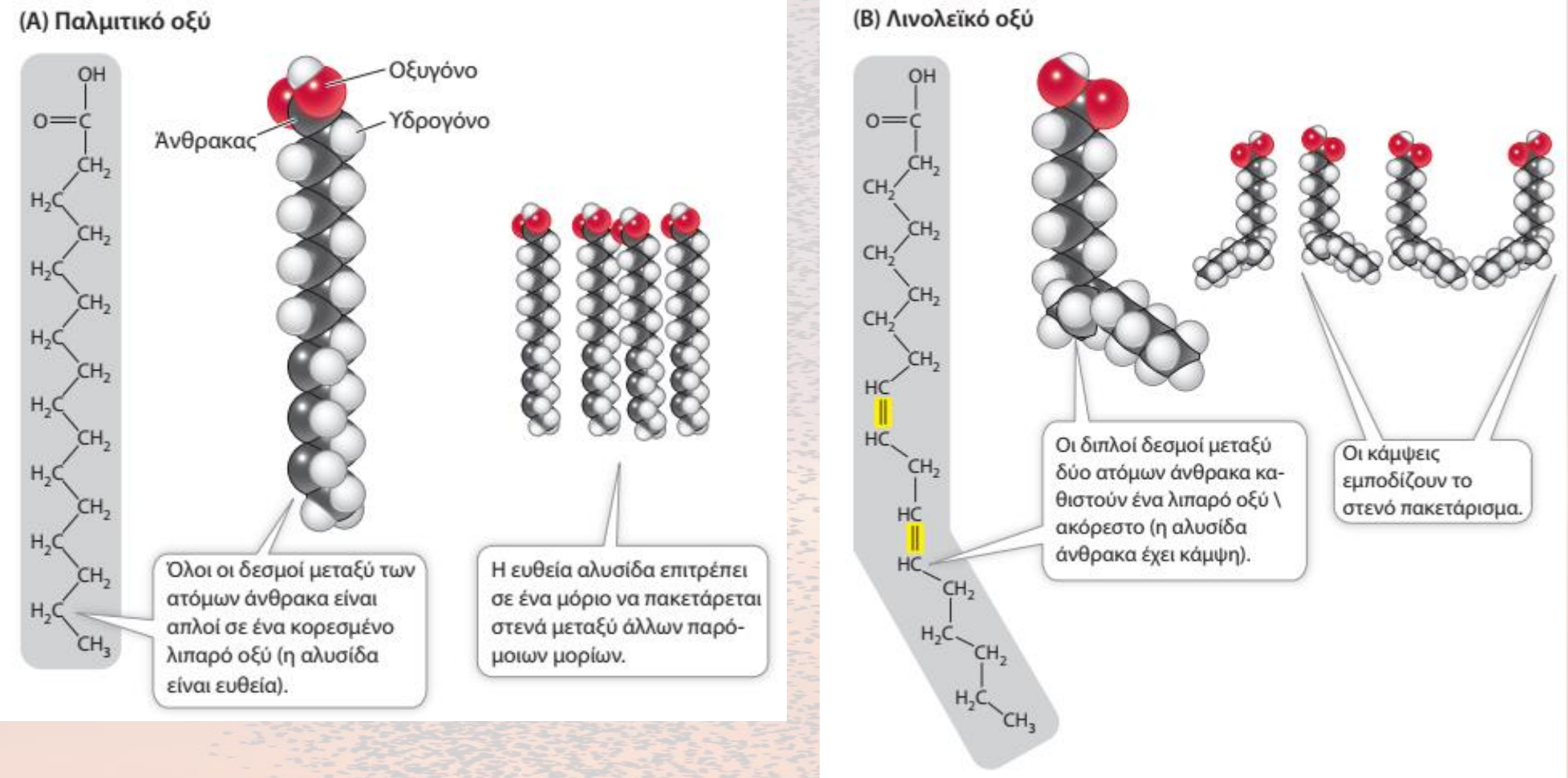
**Εικόνα 3.20** Σύνθεση ενός Τριγλυκεριδίου Στα έμβια όντα, η αντίδραση σχηματισμού ενός τριγλυκεριδίου είναι πιο πολύπλοκη, αλλά το τελικό αποτέλεσμα είναι το ίδιο με αυτό που απεικονίζεται εδώ.



Τα λίπη και τα έλαια είναι τριγλυκερίδια (τριακυλογλυκερόλες): τρία λιπαρά οξέα εστεροποιημένα στη γλυκερόλη.

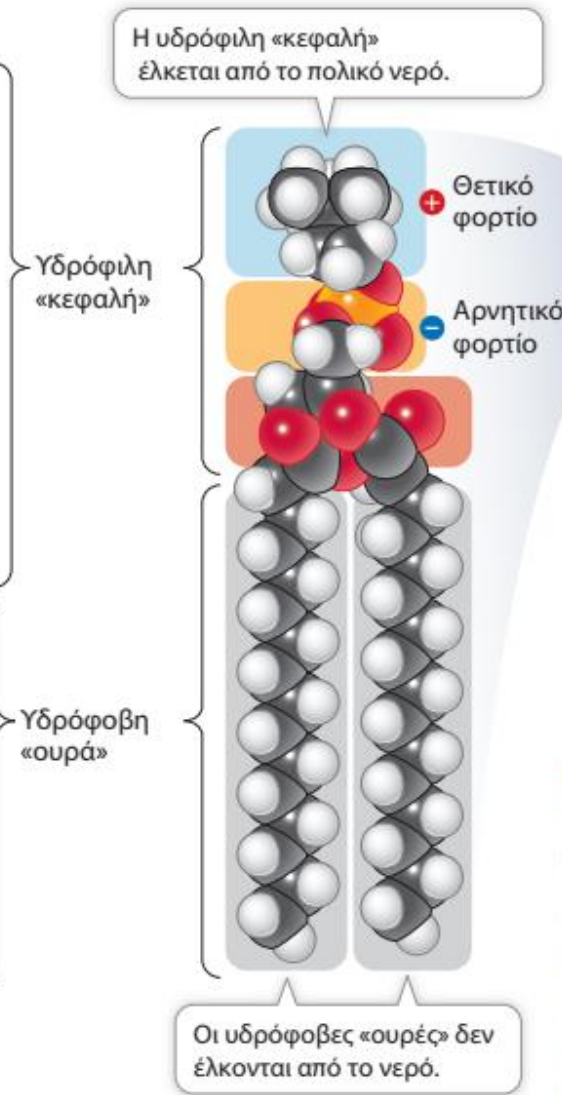
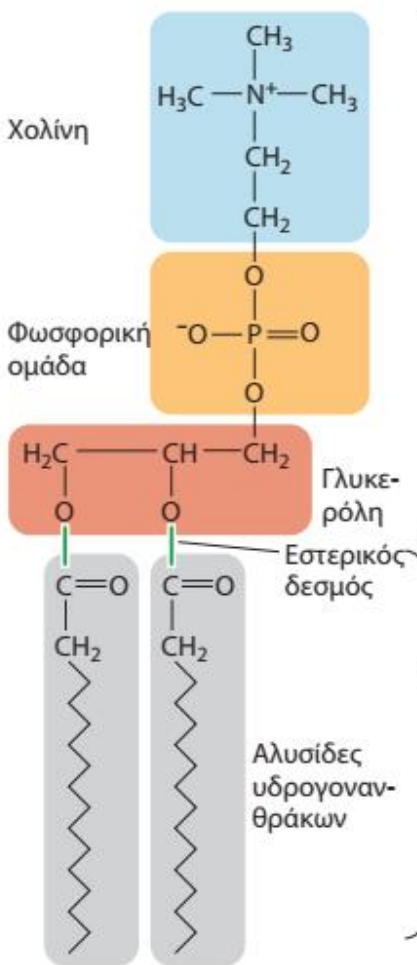
Λιπαρά οξέα: Μη πολικές υδρογονανθρακικές αλυσίδες με μια πολική καρβοξυλική ομάδα.

### Εικόνα 3.21 Κορεσμένα και Ακόρεστα Λιπαρά Οξέα



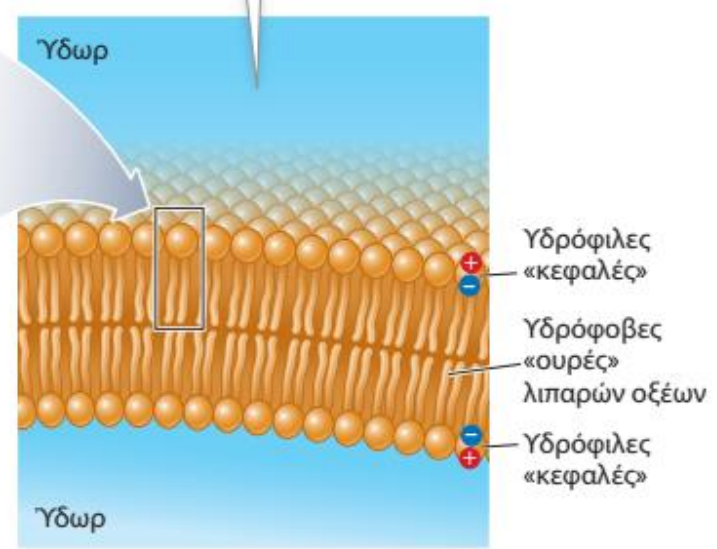
**Εικόνα 3.21 Κορεσμένα και Ακόρεστα Λιπαρά Οξέα** (Α) Η ευθεία υδρογονανθρακική αλυσίδα ενός κορεσμένου λιπαρού οξέος επιτρέπει στο μόριο να πακετάρεται στενά με άλλα παρόμοια μόρια. (Β) Στα ακόρεστα λιπαρά οξέα, οι κάμψεις στην αλυσίδα εμποδίζουν το στενό πακετάρισμα. Τα συμβατικά χρώματα στα μοντέλα που απεικονίζονται εδώ (γκρι: H, κόκκινο: O, μαύρο: C) είναι ευρέως χρησιμοποιούμενα..

(A) Φωσφατιδυλοχολίνη



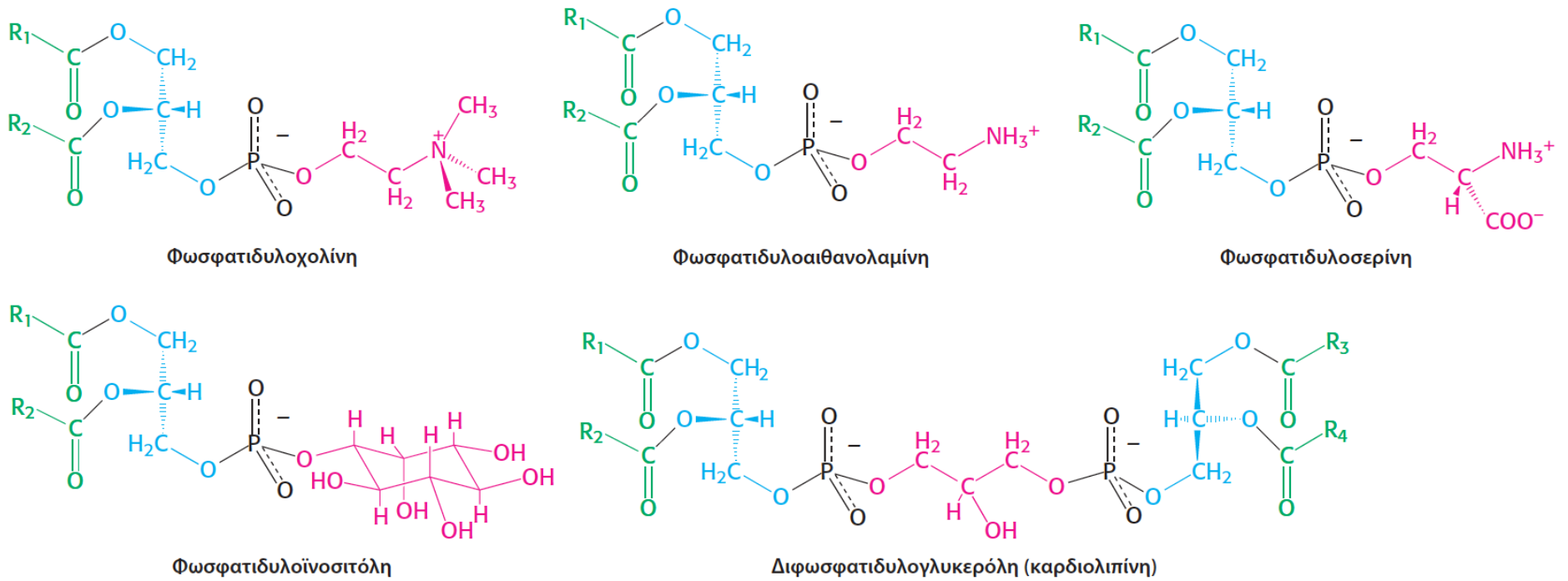
(B) Φωσφολιπιδική διπλοστιβάδα

Σε ένα υδάτινο περιβάλλον, οι «ουρές» παραμένουν μακριά από το νερό και οι «κεφαλές» αλληλεπιδρούν με το νερό, σχηματίζοντας μια διπλή στρώση.

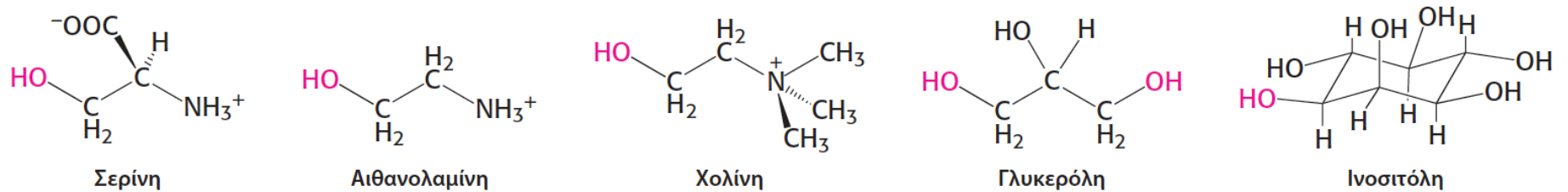


**Εικόνα 3.22 Φωσφολιπίδια (A)** Η φωσφατιδυλοχολίνη (λεκιθίνη) παρουσιάζει τη δομή ενός φωσφολιπιδικού μορίου. Σε άλλα φωσφολιπίδια, το αμινοξύ σερίνη, η σακχαρική αλκοόλη ινοσιτόλη ή άλλες χημικές ενώσεις αντικαθιστούν τη χολίνη. **(B)** Σε ένα υδάτινο περιβάλλον, οι υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις φέρνουν τις «ουρές» των φωσφολιπιδίων μαζί στο εσωτερικό μιας διπλοστιβάδας. Οι υδρόφιλες «κεφαλές» βλέπουν προς τα έξω και στις δύο πλευρές της διπλοστιβάδας, όπου αλληλεπιδρούν με τα περιβάλλοντα μόρια νερού.

# Φωσφολιπίδια - Φωσφογλυκερίδια



Εικόνα 12.5 Μερικά κοινά φωσφογλυκερίδια που βρίσκονται στις μεμβράνες.





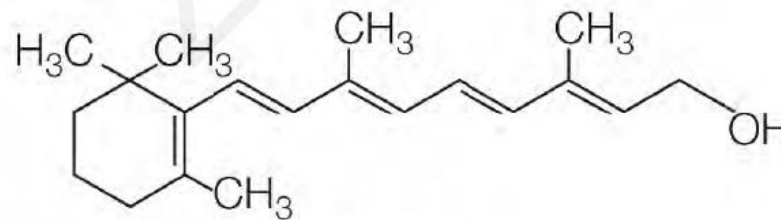
# Λιπαρά οξέα: βασικά συστατικά των μεμβρανών

**Πίνακας 12.3** Θερμοκρασία τήξης της φωσφατιδυλοχολίνης η οποία περιέχει διαφορετικά ζεύγη ταυτόσημων αλυσίδων λιπαρών οξέων

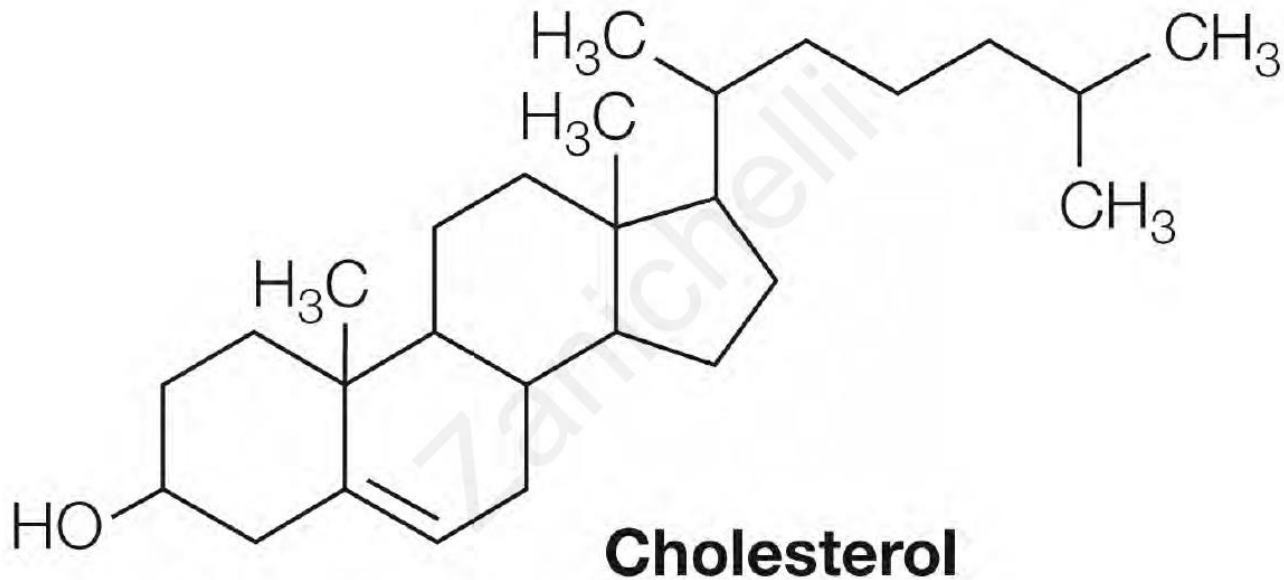
| Λιπαρό οξύ                   |                             |                   |                                       |            |  |
|------------------------------|-----------------------------|-------------------|---------------------------------------|------------|--|
| Αριθμός<br>ατόμων<br>άνθρακα | Αριθμός<br>διπλών<br>δεσμών | Κοινή<br>ονομασία | Συστηματική<br>ονομασία               | $T_m$ (°C) |  |
| 22                           | 0                           | Βεχενικό          | <i>n</i> -Εικοσιδυανικό               | 75         |  |
| 18                           | 0                           | Στεατικό          | <i>n</i> -Δεκαοκτανικό                | 58         |  |
| 16                           | 0                           | Παλμιτικό         | <i>n</i> -Δεκαεξανικό                 | 41         |  |
| 14                           | 0                           | Μυριστικό         | <i>n</i> -Δεκατετρανικό               | 24         |  |
| 18                           | 1                           | Ελαϊκό            | <i>cis</i> - $\Delta^9$ -Δεκαοκτενικό | -22        |  |

- Βιταμίνες: Μικρά μόρια που δεν συντίθενται από τον οργανισμό και πρέπει να λαμβάνονται από τις τροφές
- Κήροι: Πολύ υδρόφοβα μη πολικά μόρια που είναι αδιαπέραστα από το νερό

## Carotenoids: Light-absorbing pigments.



**Vitamin A**



*LIFE: THE SCIENCE OF BIOLOGY 11e*, In-Text Art, Ch. 3, p. 61 (2)  
© 2017 Sinauer Associates, Inc.

- Η χοληστερόλη είναι πολύ σημαντικό λιπίδιο των μεμβρανών και αποτελεί πρόδρομη ένωση για τη σύνθεση πολλών στεροειδών ορμονών
- Τα στεροειδή αποτελούνται από πολλαπλούς δακτυλίους