



# Κυτταρική Βιολογία

Ενότητα **02** : Χημική σύσταση κυττάρων- Δομή και λειτουργίες πρωτεϊνών

Παναγιωτίδης Χρήστος  
Τμήμα Φαρμακευτικής ΑΠΘ



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» 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.





# Χημική σύσταση κυττάρων- Δομή και λειτουργίες πρωτεϊνών



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ  
*επένδυση στην κοινωνία της γνώσης*

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

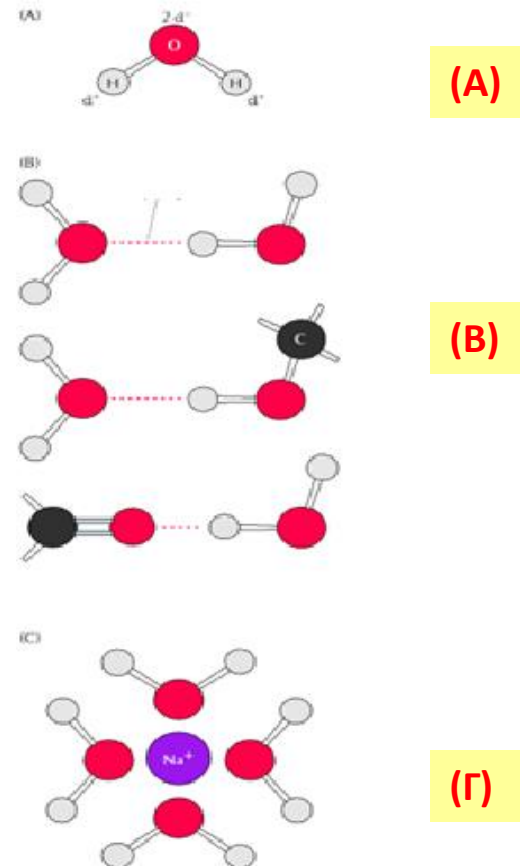
# Σκοποί ενότητας

- Η περιγραφή σημαντικών μορίων του κυττάρου.
- Η κατανόηση της δομής των πρωτεϊνών και της αναδίπλωσής τους.



# Το νερό και η σημασία του

**(A)** Το νερό είναι ένα πολικό μόριο, που έχει ελαφρά αρνητικό φορτίο ( $\delta^-$ ) στο άτομο του οξυγόνου και ελαφρά θετικό φορτίο ( $\delta^+$ ) σε κάθε ένα από τα άτομα υδρογόνου. Εξ' αιτίας της πολικότητας αυτής του νερού, τα μόρια του μπορούν και σχηματίζουν δεσμούς υδρογόνου (στικτές γραμμές) είτε μεταξύ τους ή με άλλα πολικά μόρια **(B)**, αλλά και αλληλεπιδρούν με φορτισμένα μόρια **(Γ)**.

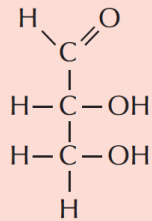


Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.  
Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση

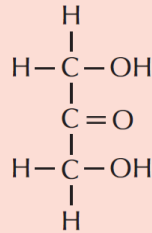


# Δομές μονοσακχαριτών

## Σάκχαρα τριόζης (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub>)

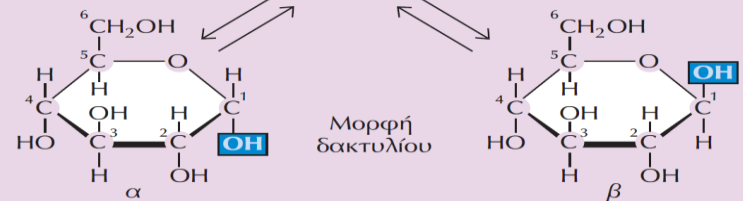
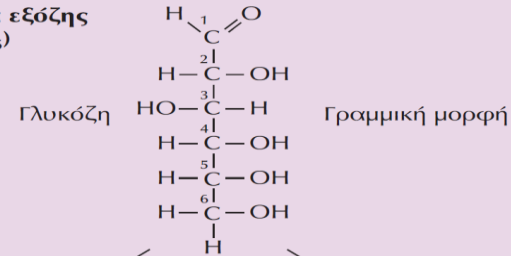


Γλυκεραλδεϋδη

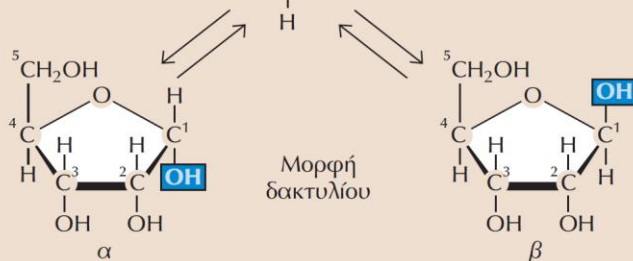
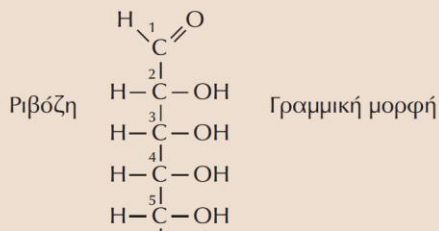


Διυδροξυακετόνη

## Σάκχαρα εξόζης (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>)



## Σάκχαρα πεντόζης (C<sub>5</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)

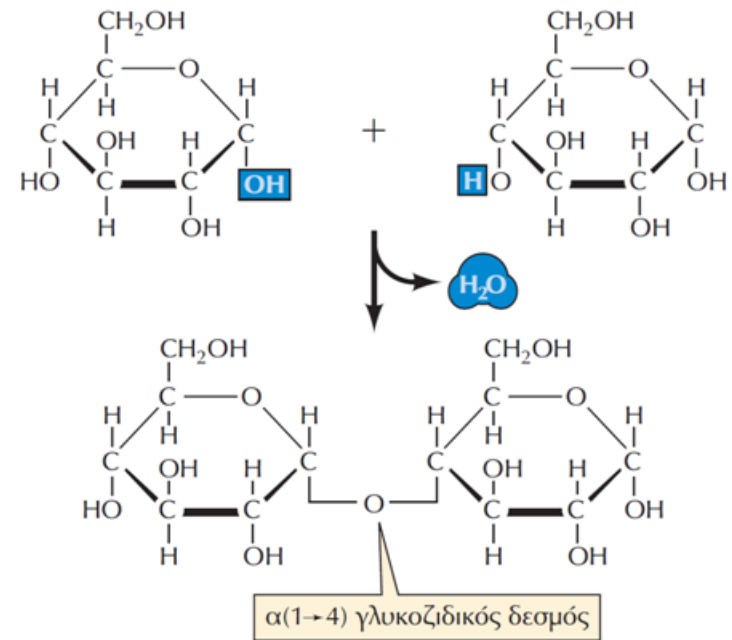


- Μονοσακχαρίτες που περιέχουν πέντε ή περισσότερα άτομα άνθρακα μπορούν να κυκλοποιηθούν, σε υδατικό διάλυμα, μετατρέποντας το μόριο σε κλειστό δακτύλιο.
- Οι δακτύλιοι μπορούν να υπάρξουν σε δύο εναλλακτικές μορφές (α και β) ανάλογα με τη θέση του υδροξυλίου που είναι συνδεδεμένο με τον άνθρακα-1. Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.

## Το κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση

# Ο γλυκοσιδικός δεσμός

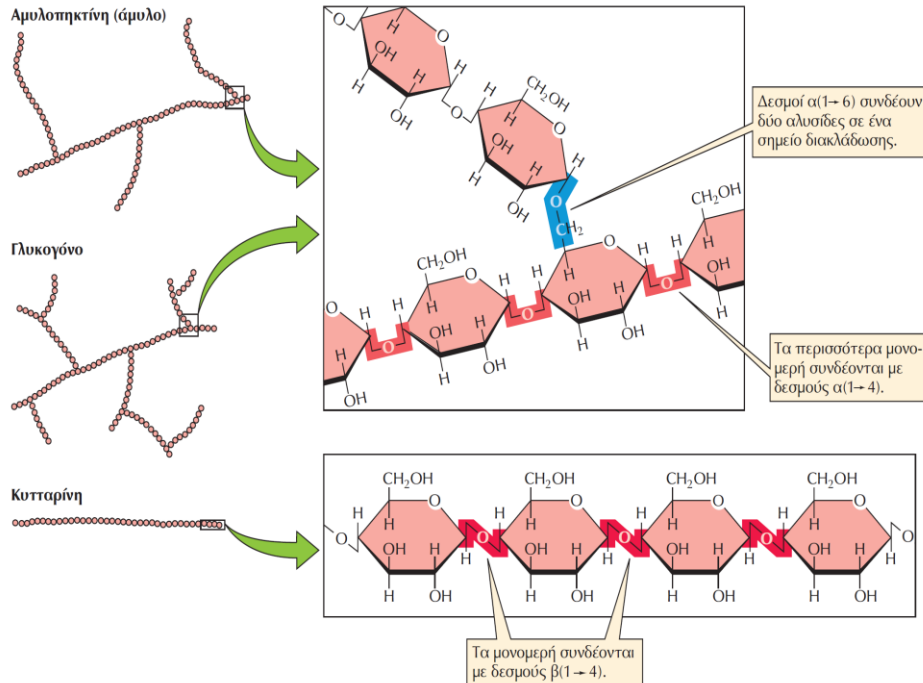
- Δύο μονοσακχαρίτες μπορούν να ενωθούν με μία αντίδραση συμπύκνωσης (αφυδάτωσης). Στο διπλανό παράδειγμα δύο μόρια γλυκόζης, που βρίσκονται στην **α** διαμόρφωση ενώνονται με ένα δεσμό μεταξύ των ανθράκων 1 και 4, ο οποίος και λέγεται **α (1->4) γλυκοσιδικός δεσμός**.



Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.  
Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση



# Δομές πολυσακχαριτών



Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.  
Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση

- Οι πολυσακχαρίτες είναι μακρομόρια που αποτελούνται από εκατοντάδες ή χιλιάδες απλά σάκχαρα. Το γλυκογόνο, το άμυλο και η κυτταρίνη αποτελούνται εξ ολοκλήρου από μόρια γλυκόζης, τα οποία συνδέονται με γλυκοζιδικούς δεσμούς  $\alpha(1 \rightarrow 4)$  στο γλυκογόνο και στο άμυλο και με δεσμούς  $\beta(1 \rightarrow 4)$  στην κυτταρίνη. Το γλυκογόνο και μια μορφή αμύλου, η αμυλοπηκτίνη, περιέχουν επίσης ορισμένους δεσμούς  $\alpha(1 \rightarrow 6)$ , οι οποίοι χρησιμεύουν ως σημεία διακλάδωσης συνδέοντας δύο ξεχωριστές αλυσίδες  $\alpha(1 \rightarrow 4)$ .



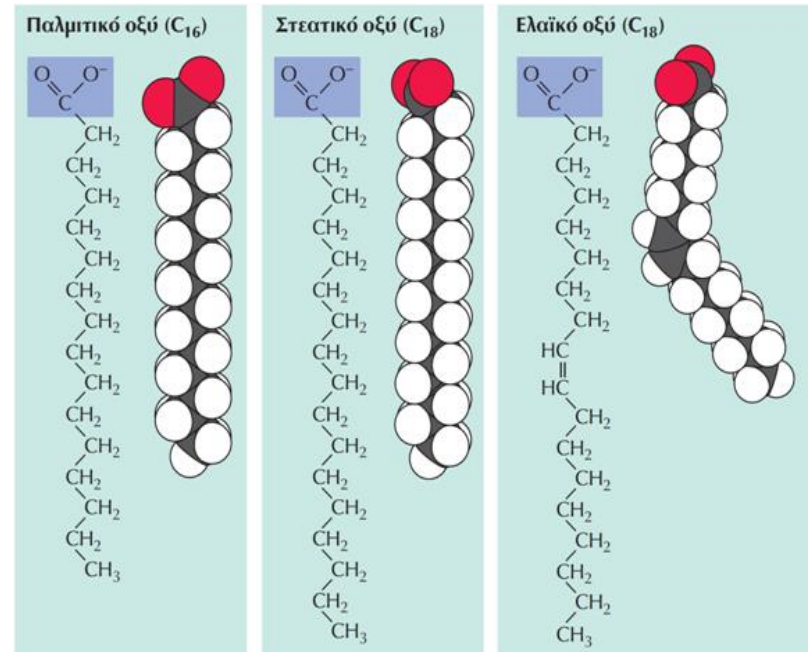
# Σάκχαρα και παράγωγα σακχάρων

- Σάκχαρα υπάρχουν στα νουκλεϊνικά οξέα
- Σάκχαρα υπάρχουν συνδεδεμένα και σε λιπίδια
- Παράγωγα σακχάρων βρίσκονται συνδεδεμένα με πρωτεΐνες



# Τα λιπαρά οξέα

- Τα λιπαρά οξέα αποτελούνται από μακριές υδρογονανθρακικές αλυσίδες που τελειώνουν σε μια καρβοξυλο-ομάδα ( $\text{COO}^-$ ). Το παλμιτικό και το στεατικό είναι κορεσμένα λιπαρά οξέα αποτελούμενα από 16 και 18 άτομα άνθρακα, αντίστοιχα. Το ολεϊκό είναι ένα ακόρεστο λιπαρό οξύ 18 ατόμων άνθρακα που περιέχει ένα διπλό δεσμό ανάμεσα στους άνθρακες 9 και 10.
- Παρατηρήστε το «στράβωμα» που δημιουργεί ο διπλός δεσμός στην υδρογονανθρακική αλυσίδα.

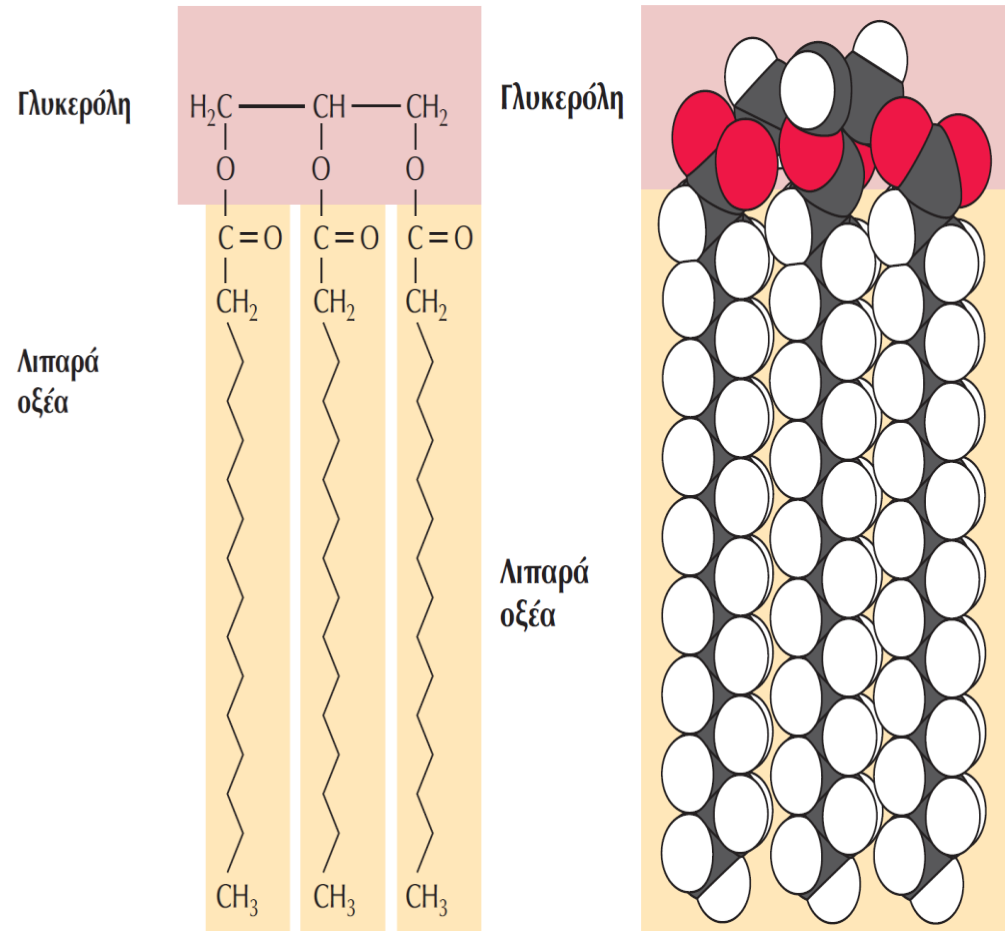


Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.  
Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση



# Τριακυλογλυκερόλες (Λίπη)

- Οι τριακυλογλυκερόλες (λίπη) περιέχουν τρία μόρια λιπαρών οξέων συνδεδεμένα σε ένα μόριο γλυκερόλης (γλυκερίνης).
- Παρά το ότι στο διπλανό παράδειγμα και τα τρία λιπαρά οξέα που είναι συνδεδεμένα με τη γλυκερόλη είναι παλμιτικά, είναι δυνατόν οι τριακυλογλυκερόλες να περιέχουν μίγμα διαφορετικών λιπαρών οξέων.



Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.

Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση



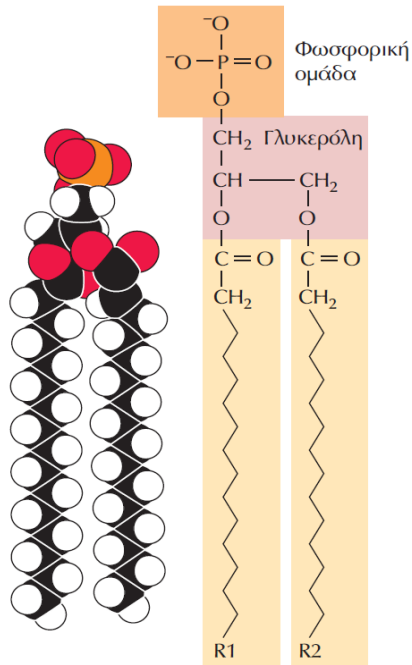
# Φωσφολιπίδια (1)

- Τα φωσφολιπίδια γλυκερόλης περιέχουν δύο λιπαρά οξέα συνδεδεμένα σε ένα μόριο γλυκερόλης. Τα δύο αυτά λιπαρά οξέα χαρακτηρίζονται σαν R1 και R2 και μπορεί να διαφέρουν μεταξύ τους. Ο τρίτος άνθρακας της γλυκερόλης συνδέεται με μία φωσφορική ομάδα (σχηματίζοντας φωσφατιδικό οξύ), η οποία με τη σειρά της μπορεί να ενωθεί με κάποιο άλλο μικρό πολικό μόριο (σχηματίζοντας φωσφατιδυλο-αιθανολαμίνη, φωσφατιδυλοχολίνη, φωσφατιδυλοσερίνη, ή φωσφατιδυλο-ϊνοσιτόλη). Στη σφιγγομυελίνη, δύο υδρογονανθρακικές αλυσίδες συνδέονται με ένα πολικό μόριο-κεφαλή, το οποίο όμως αποτελείται από σερίνη αντί για γλυκερόλη.

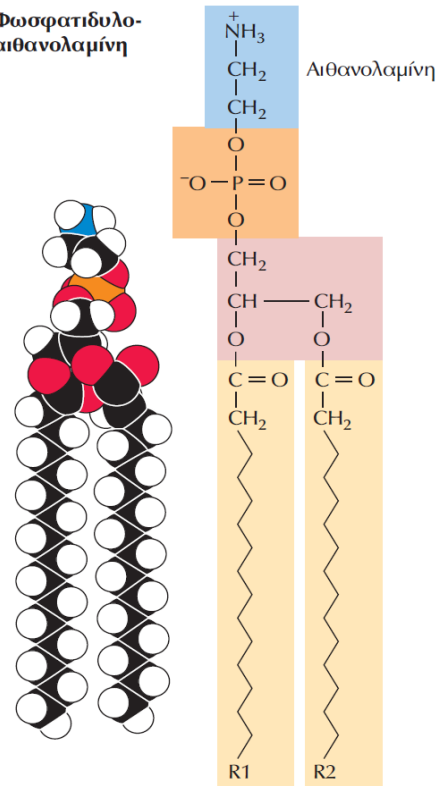


# Φωσφολιπίδια (2)

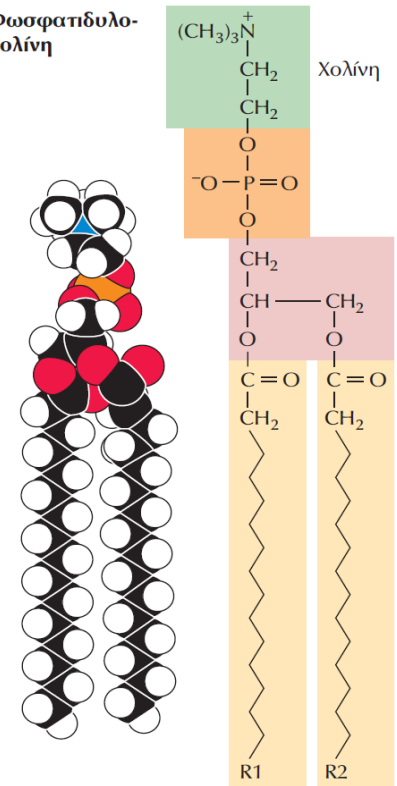
Φωσφατιδικό οξύ



Φωσφατιδυλο-  
αιθανολαμίνη



Φωσφατιδυλο-  
χολίνη



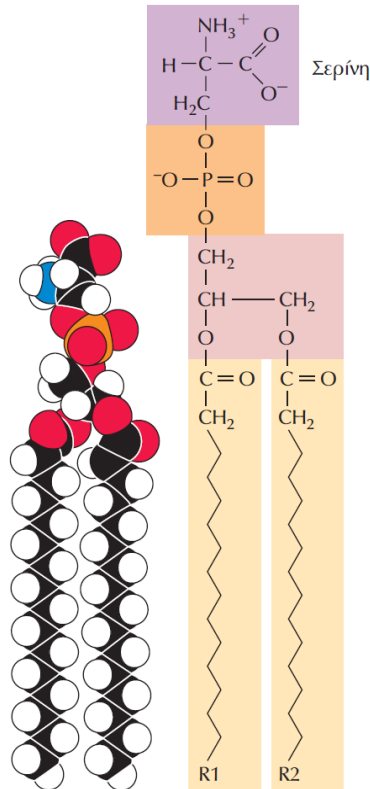
Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.

Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση

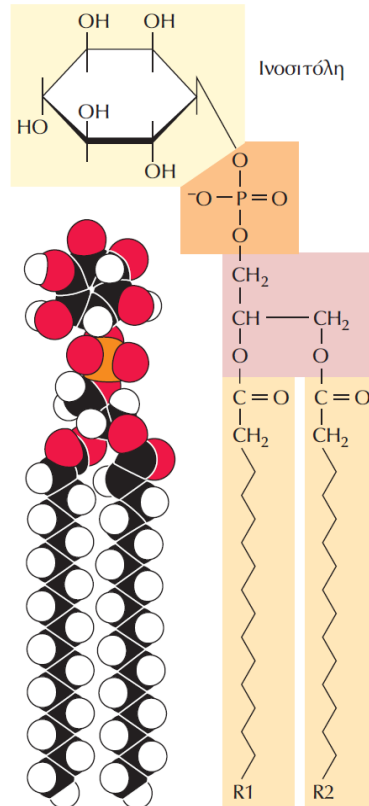


# Φωσφολιπίδια (3)

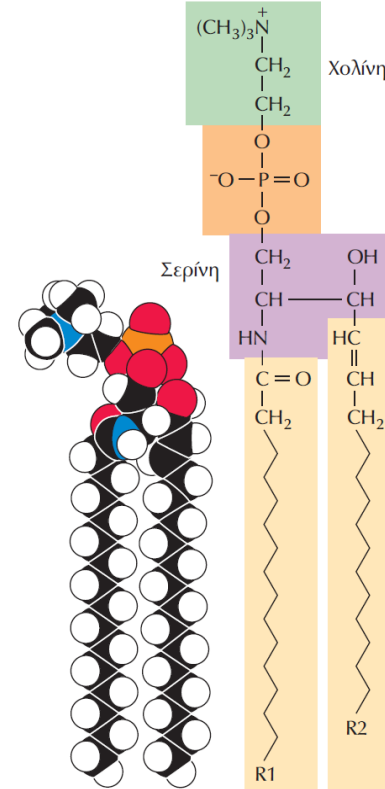
Φωσφατιδυλοσερίνη



Φωσφατιδυλοϊνσοσιτόλη



Σφιγγομυελίνη



Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.

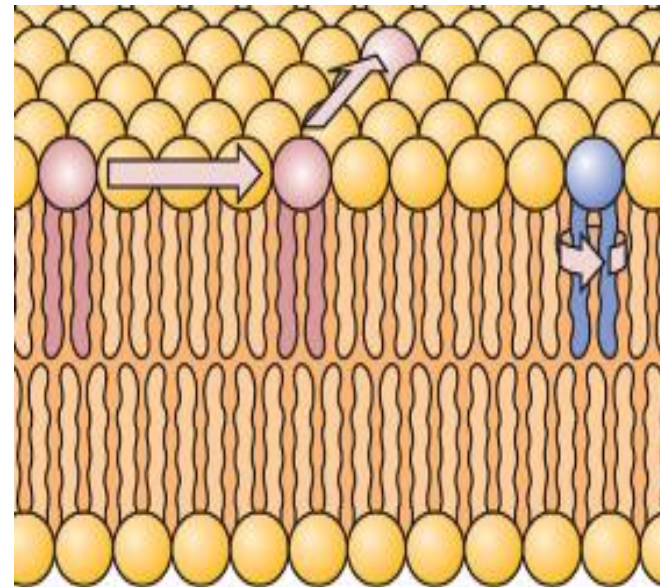
Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση





# Οι κυτταρικές μεμβράνες αποτελούνται από φωσfolιπιδικές διπλοστιβάδες

- Κινητικότητα των φωσfolιπιδίων σε μια μεμβράνη.
- Τα φωσfolιπίδια της μεμβράνης μπορούν να κινηθούν προς όλες της κατευθύνσεις μέσα στη μεμβράνη, όπως επίσης και να περιστραφούν γύρω από τον εαυτό τους.
- Η διπλοστιβάδα των φωσfolιπιδίων σχηματίζεται αυτόματα από τα φωσfolιπίδια, όταν αυτά έρχονται σε επαφή με υδατικά διαλύματα.
- Κάτω από αυτές τις συνθήκες οι πολικές κεφαλές των φωσfolιπιδίων προσανατολίζονται προς την υδατική φάση, ενώ οι υδρόφοβες ουρές «θάβονται» στο εσωτερικό της μεμβράνης.



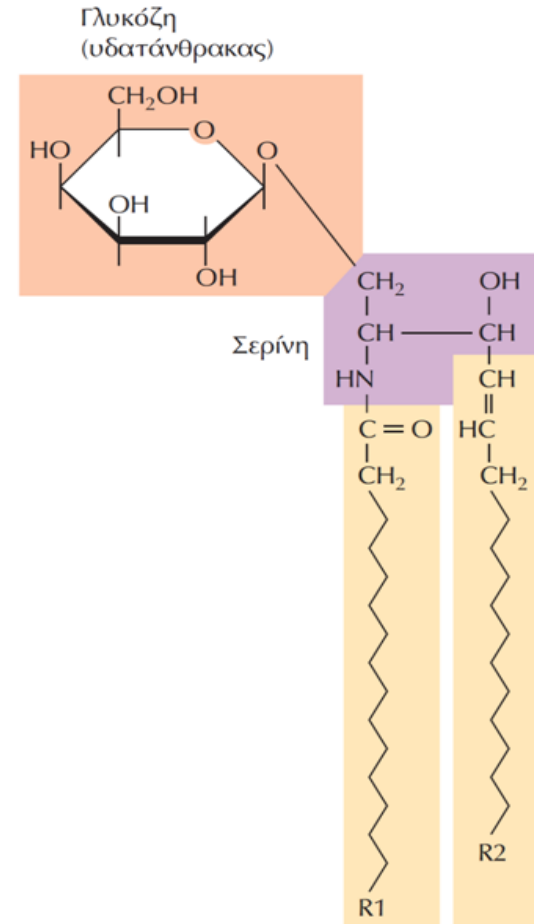
Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.  
Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση





# Γλυκολιπίδια

- Τα γλυκολιπίδια σχηματίζονται όταν δύο υδρογονανθρακικές αλυσίδες (R1 και R2) συνδέονται με μια πολική κεφαλή που αποτελείται από σερίνη και η οποία περιέχει υδατάνθρακες (π.χ. γλυκόζη).



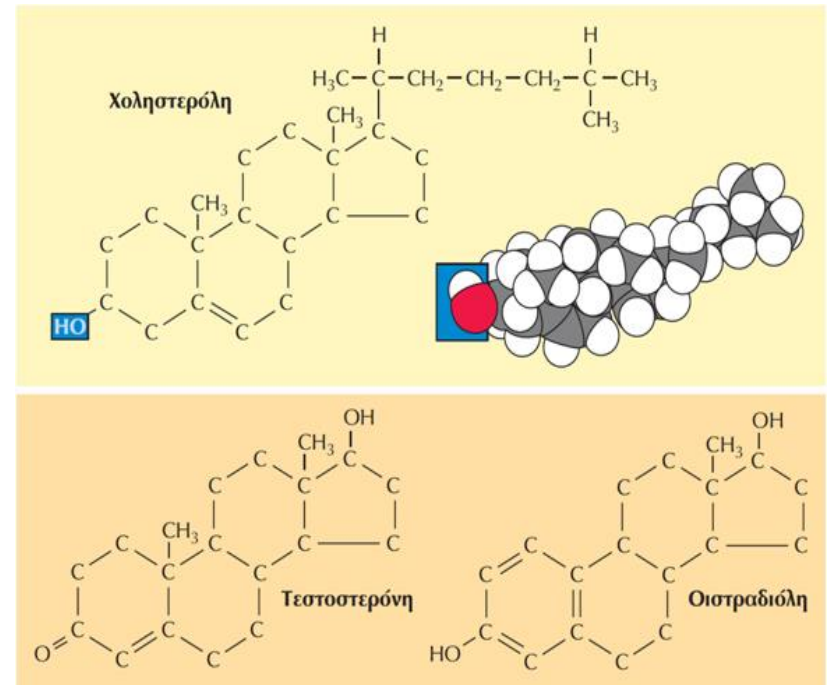
Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.

Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση



# Χοληστερόλη και Στεροειδείς Ορμόνες

- Η χοληστερόλη είναι ένα αμφιπαθικό μόριο, λόγω της υδροξυλο-ομάδας του, που αποτελεί σημαντικό συστατικό των μεμβρανών των κυττάρων των θηλαστικών.
- Η χοληστερόλη είναι επίσης το πρόδρομο μόριο των στεροειδών ορμονών, όπως η τεστοστερόνη και η οιστραδιόλη (μια μορφή οιστρογόνου).
- Τα άτομα υδρογόνου που συνδέονται στους άνθρακες των δακτυλίων δεν δείχνονται στη διπλανή εικόνα.

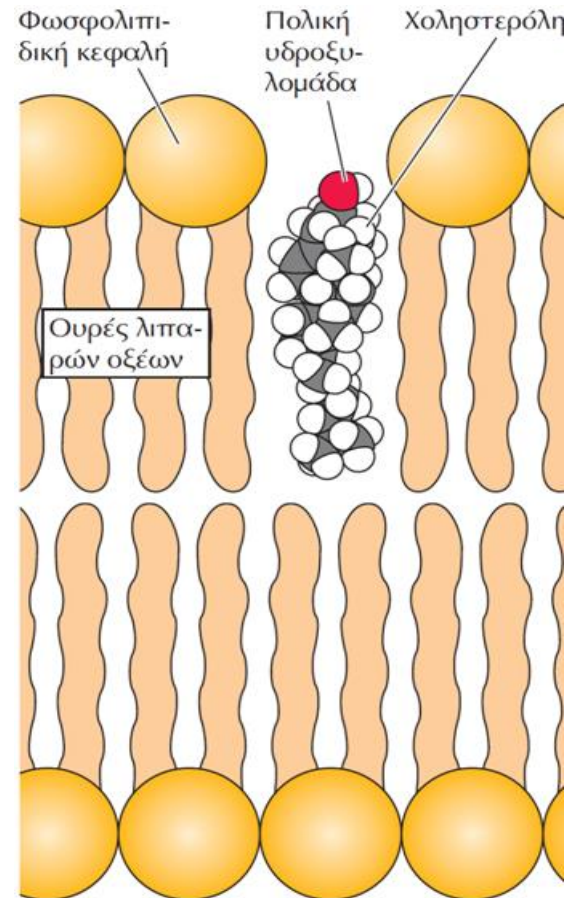


Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.  
Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση



# Ο ρόλος της χοληστερόλης στη δομή των μεμβρανών

- Η χοληστερόλη εισέρχεται στη μεμβράνη με το πολικό της υδροξύλιο κοντά στις πολικές κεφαλές των φωσφολιπιδίων.

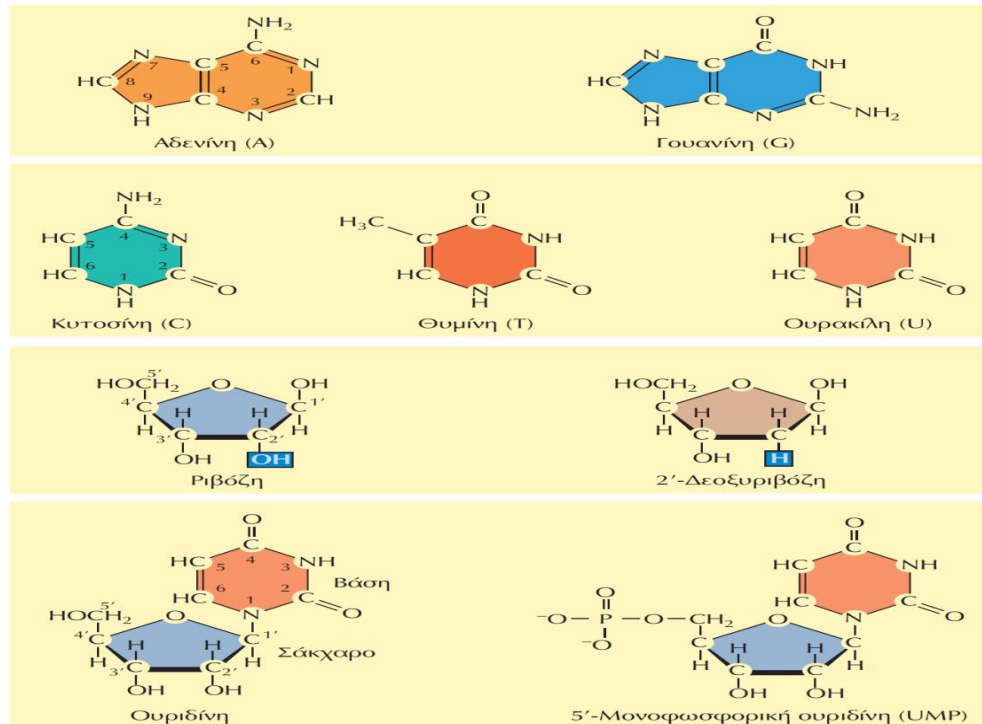


Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.

Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση



# Οι δομικές μονάδες των νουκλεϊνικών οξέων



Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.

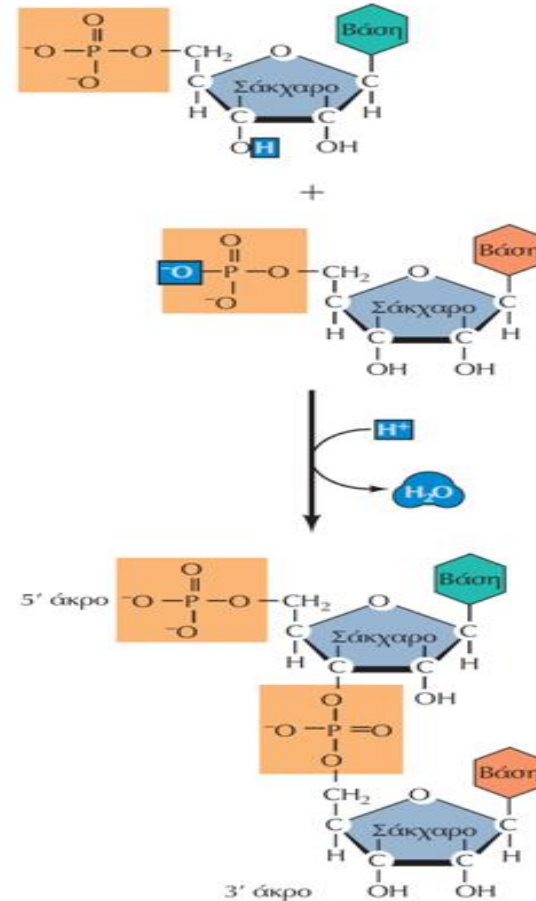
**Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση**

- Τα νουκλεϊκά οξέα περιέχουν βάσεις πουρίνης και πυριμιδίνης που συνδέονται με φωσφορυλιωμένα σάκχαρα.
- Μια βάση νουκλεϊκού οξέος συνδεδεμένη με ένα σάκχαρο μόνο αποτελεί ένα νουκλεοσίδιο.
- Τα νουκλεοτίδια περιέχουν επιπλέον μία ή περισσότερες φωσφορικές ομάδες.



# Τα νουκλεϊνικά οξέα σχηματίζονται με πολυμερισμό νουκλεοτιδίων

- Ο φωσφοδιεστερικός δεσμός σχηματίζεται μεταξύ του 3' υδροξυλίου του ενός νουκλεοτιδίου και του 5' φωσφορικού του άλλου. Η πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα έχει μία συγκεκριμένη κατεύθυνση, αφού το ένα άκρο της πάντα τελειώνει σε μία 5' φωσφορική ομάδα (το 5' άκρο), και το άλλο σε μια 3' υδροξυλομάδα (3' άκρο).

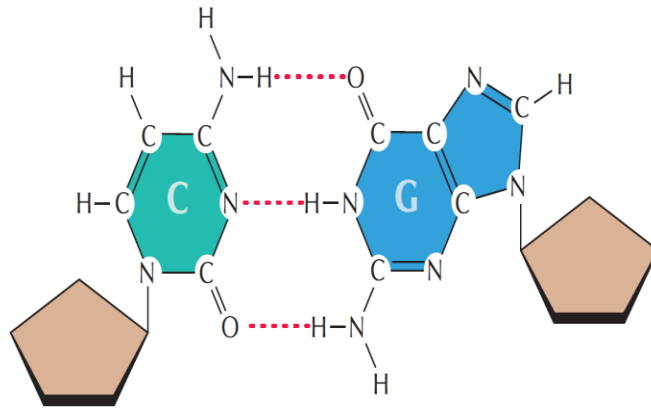


Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.

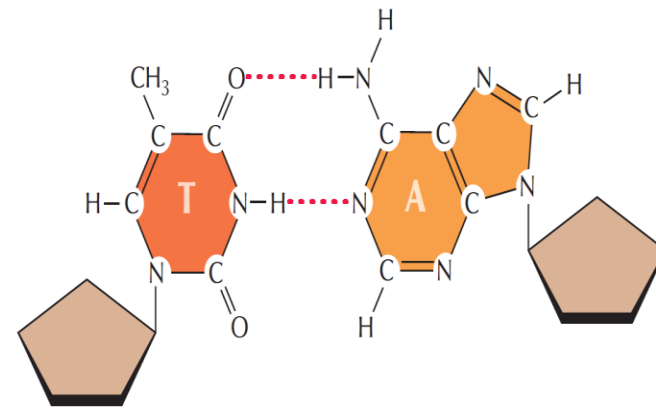
Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση



# Οι βάσεις των νουκλεϊνικών οξέων «ζευγαρώνουν» εκλεκτικά



Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.

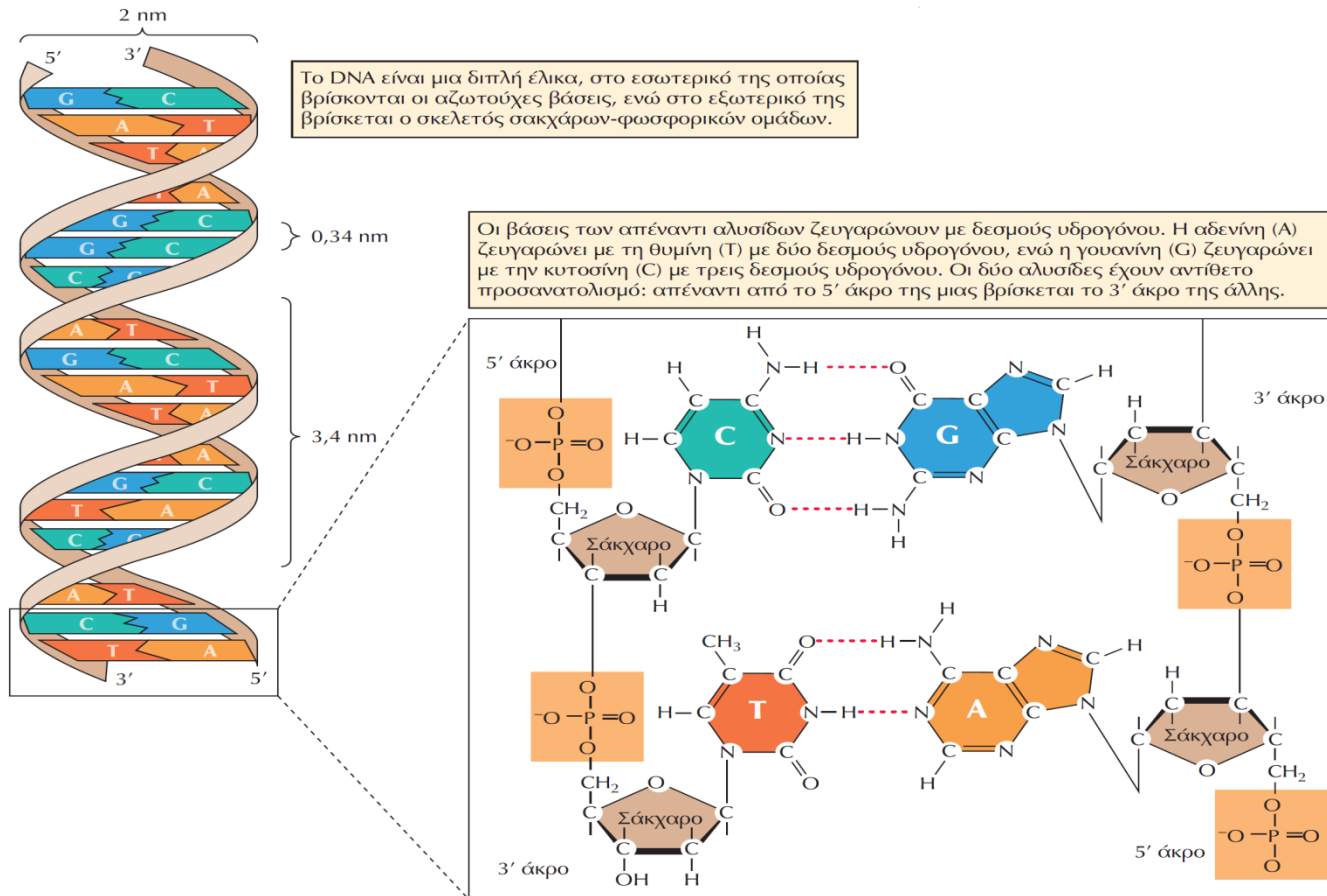


Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση

- Ο σχηματισμός δεσμών υδρογόνου μεταξύ των βάσεων των αντίθετων αλυσίδων του DNA οδηγεί στο ακριβές «ζευγάρωμα» της Αδενίνης (A) με τη Θυμιδίνη (T) και της Γουανίνης (G) με τη Κυτοσίνη (C).
- Παρατηρήστε ότι ανάμεσα στις βάσεις A και T αναπτύσσονται δύο δεσμοί υδρογόνου, ενώ ανάμεσα στις G και C τρεις.



# Η διπλή έλικα του DNA



Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.

Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση

# Μετουσίωση και επαναδίπλωση του DNA

- Έκθεση της δίκλωνης αλυσίδας του DNA σε αυξημένη θερμοκρασία και σε περιβάλλον αλκάλειας οδηγεί σε **μετουσίωση** και άνοιγμα των δύο κλώνων. Προκειμένου, να επαναδιπλωθούν οι δύο κλώνοι απαιτείται η εφαρμογή ειδικών συνθηκών.





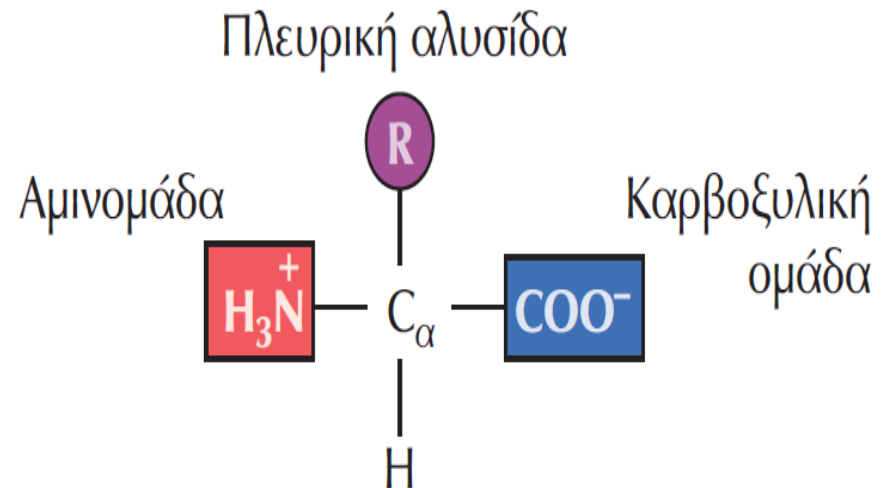
# Τα νουκλεοτίδια έχουν και άλλες λειτουργίες

- Μεταφέρουν χημική ενέργεια μέσα στους εύκολα υδρολυόμενους δεσμούς φωσφορικού ανυδρίτη (π.χ. ATP).
- Συνδέονται με άλλες ομάδες σχηματίζοντας συνένζυμα (ακέτυλο συνένζυμο CoA).
- Χρησιμοποιούνται σαν σηματοδοτικά μόρια (π.χ. κυκλικό AMP).



# Αμινοξέα, οι δομικές μονάδες των πρωτεϊνών

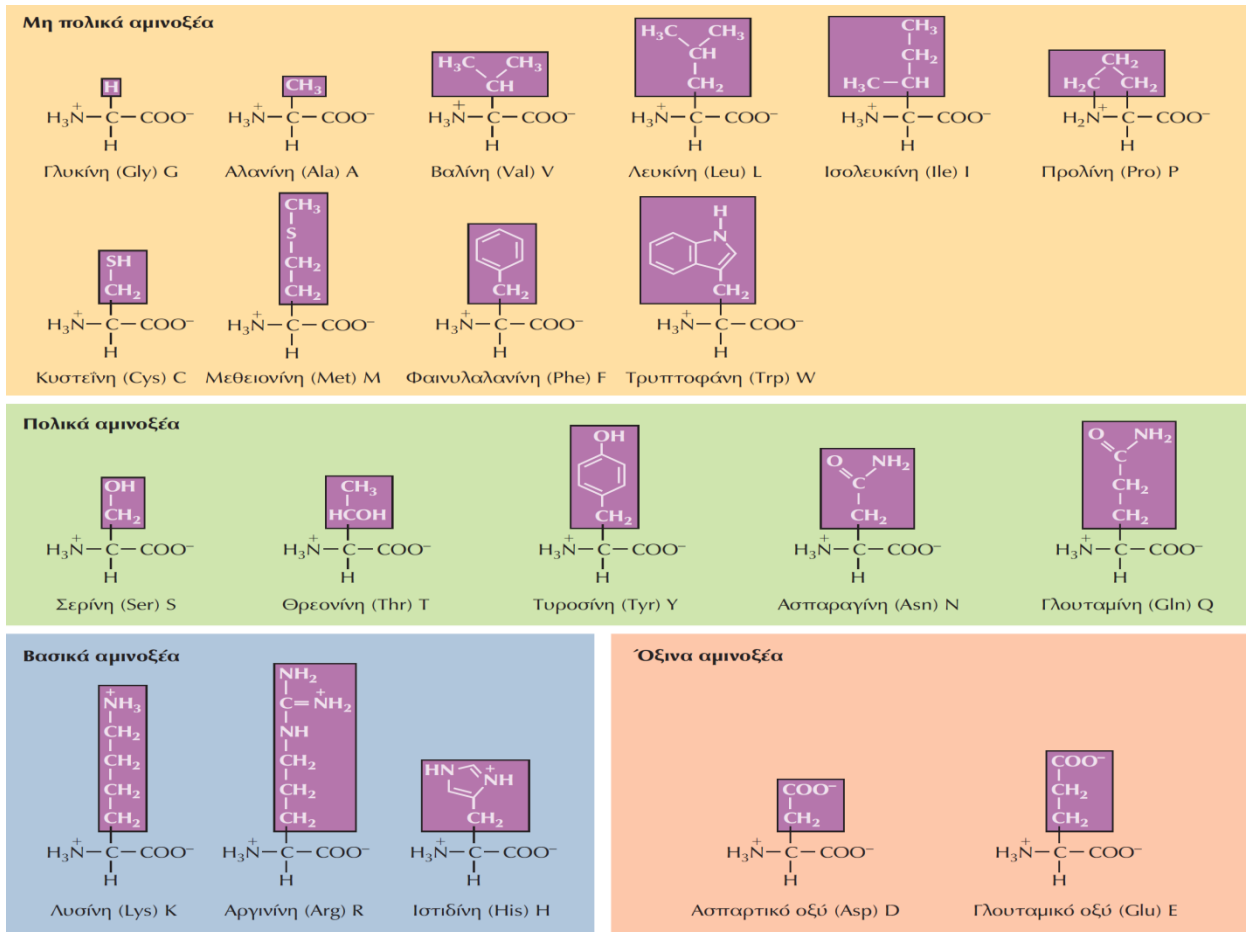
- Το κάθε αμινοξύ αποτελείται από ένα κεντρικό άτομο άνθρακα (τον  $\alpha$  άνθρακα) το οποίο συνδέεται με ένα άτομο υδρογόνου, μία καρβοξυλο-ομάδα, μία αμινο-ομάδα, και μία πλευρική αλυσίδα (την οποία χαρακτηρίζουμε, όπως και στο παραπάνω διάγραμμα, σαν R). Σε συνθήκες φυσιολογικού pH, τόσο η αμινο- όσο και η καρβοξυλο-ομάδα των αμινοξέων είναι ιονισμένες, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα.



Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.  
Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση



# Τα είκοσι αμινοξέα (1)



Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.

Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση

# Τα είκοσι αμινοξέα (2)

- Τα αμινοξέα μπορούν να χωριστούν σε τέσσερις κατηγορίες ανάλογα με τις ιδιότητες των πλευρικών τους αλυσίδων, δηλαδή a)Μη πολικά, b)Πολικά, c)Βασικά, d)Όξινα.
- Το όνομα κάθε αμινοξέος γράφεται με τρεις τρόπους, δηλαδή Α) Ολόκληρη την ονομασία (π.χ. Γλυκίνη), Β) Τρεις λατινικούς χαρακτήρες (π.χ. Gly, για το ίδιο αμινοξύ) και Γ) Ένα λατινικό χαρακτήρα (π.χ. G).



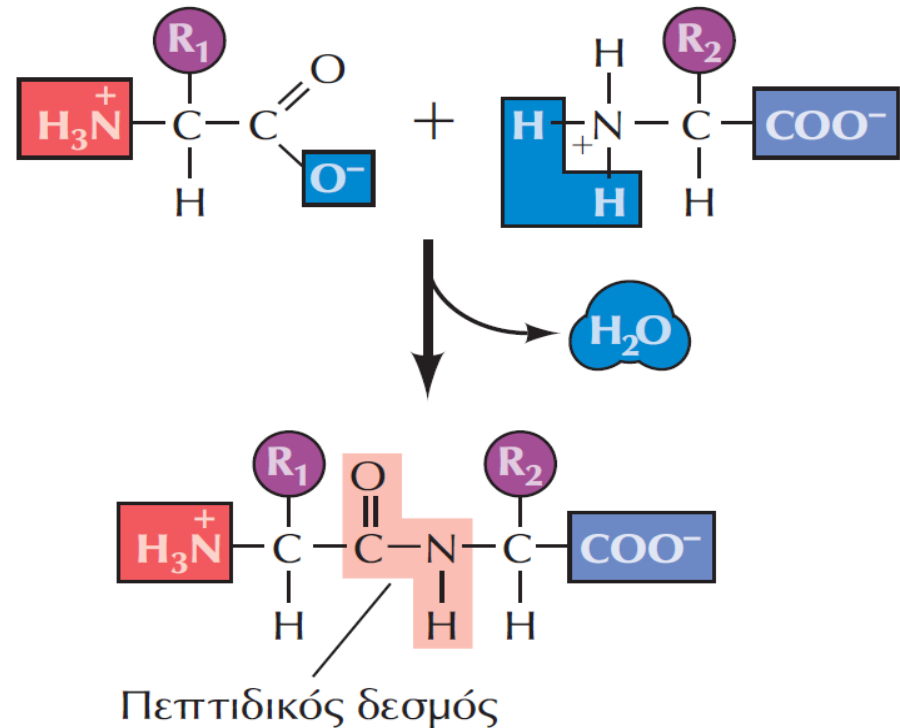
# Τα αμινοξέα ενώνονται με πεπτιδικούς δεσμούς (1)

- Ο πεπτιδικός δεσμός σχηματίζεται όταν η καρβοξυλο-ομάδα ενός αμινοξέος συνδέεται ομοιοπολικά με την αμινο-ομάδα ενός άλλου αμινοξέος.
- Η αντίδραση σχηματισμού του πεπτιδικού δεσμού είναι αντίδραση συμπύκνωσης (αφυδάτωσης) καθώς απομακρύνεται ένα μόριο νερού.



# Τα αμινοξέα ενώνονται με πεπτιδικούς δεσμούς (2)

- Στο διπλανό διάγραμμα έχουμε τον σχηματισμό ενός διπεπτιδίου. Η αντίδραση μπορεί να επαναληφθεί πολλές φορές και να παραχθούν ολιγο- ή πολυπεπτίδια (πρωτεΐνες).



Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.  
Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση



# Πρωτοταγής δομή πρωτεϊνών

- Η πρωτοταγής δομή των πρωτεϊνών είναι η αλληλουχία των αμινοξέων τους. Κάθε πρωτεΐνη έχει τη δική της ιδιαίτερη αλληλουχία αμινοξέων, δηλαδή τη δική της χαρακτηριστική πρωτοταγή δομή.
- Η αλληλουχία των αμινοξέων πάντα αναγράφεται με κατεύθυνση από το αμινοτελικό άκρο (N-τελικό) προς το καρβοξυτελικό (C-τελικό) άκρο.
- Η πρωτοταγής δομή μίας πρωτεΐνης της προσδίδει τα ιδιαίτερα της χαρακτηριστικά, τα οποία θα καθορίσουν τις ανώτερες της δομές, δηλαδή το πως θα αναδιπλωθεί, αλλά και τη βιολογική της δράση.



# Δευτεροταγής δομή πρωτεϊνών (1)

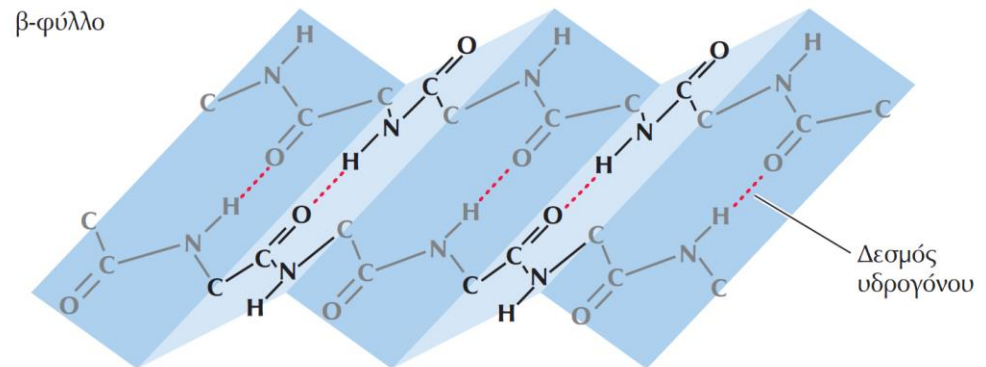
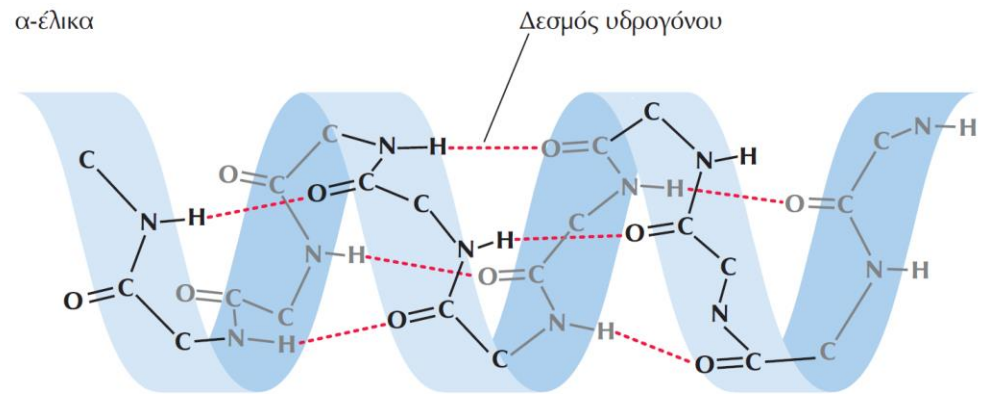
- Οι πιο κοινοί τύποι δευτεροταγούς δομής πρωτεϊνών είναι η α-έλικα και το β-πτυχωτό φύλλο.
- Στην α-έλικα, οι δεσμοί υδρογόνου σχηματίζονται μεταξύ των ομάδων CO και NH δύο πεπτιδικών δεσμών που χωρίζονται από τέσσερα ενδιάμεσα αμινοξέα.
- Στο β-πτυχωτό φύλλο, οι δεσμοί υδρογόνου ενώνουν αντίστοιχες ομάδες πεπτιδικών δεσμών που βρίσκονται σε δύο πολυπεπτιδικές αλυσίδες «ξαπλωμένες» η μία δίπλα στην άλλη.





# Δευτεροταγής δομή πρωτεϊνών (2)

- Στο διπλανό σχήμα φαίνονται οι δύο τύποι δευτεροταγούς δομής, α-έλικα και β-φύλλο, χωρίς να δείχνονται οι πλευρικές αλυσίδες των αμινοξέων.

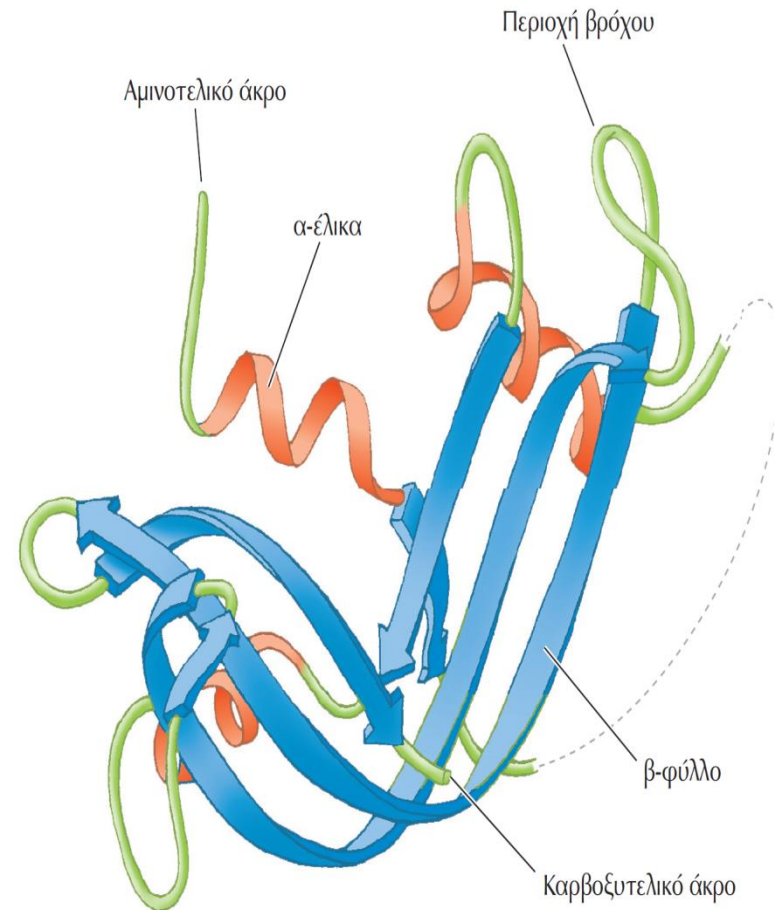


Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.  
Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση



# Τριτοταγής δομή πρωτεϊνών

- Το σχήμα παρουσιάζει τη τριτοταγή δομή μίας συγκεκριμένης πρωτεΐνης, της Ριβονουκλεάσης Ι.
- Τμήματα του πολυπεπτιδίου που έχουν δευτεροταγείς διαμορφώσεις είτε ως α-έλικες ή ως β-πτυχωτά φύλλα, συνδεδεμένες με ενδιάμεσους πεπτιδικούς βρόχους, αναδιπλώνονται σχηματίζοντας την τριτοταγή δομή της πρωτεΐνης.
- Στη συγκεκριμένη απεικόνιση (τύπου κορδέλας) της τριτοταγούς δομής οι α-έλικες παρουσιάζονται σαν σπειράματα, ενώ τα β-πτυχωτά φύλλα σαν παχιά βέλη

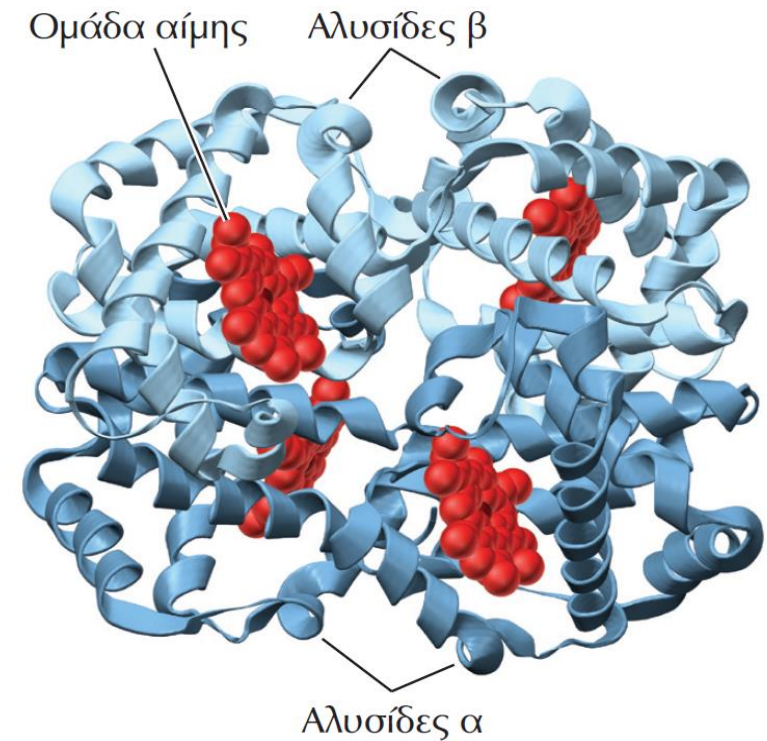


Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.  
Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση



# Ανώτερες δομές σταθεροποιούνται με σύνδεση με προσθετικές ομάδες

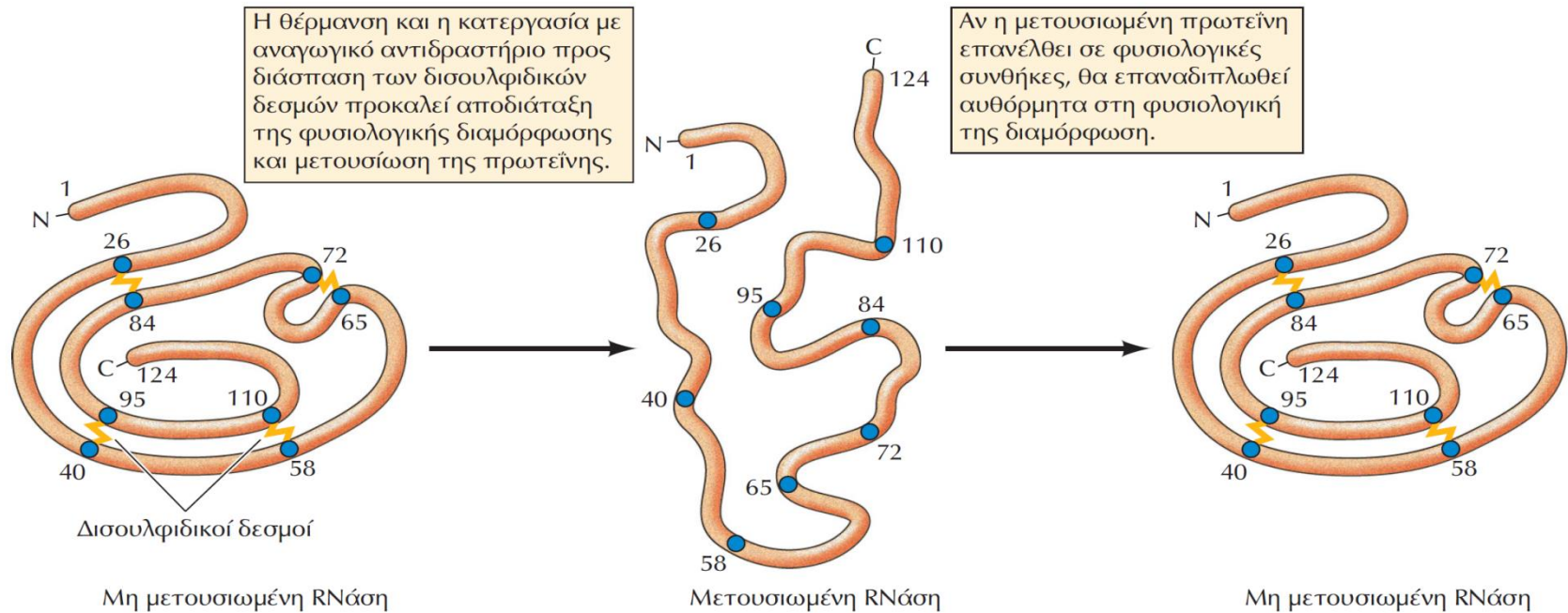
- Η αιμοσφαιρίνη αποτελείται από τέσσερις πολυπεπτιδικές αλυσίδες, καθεμία από τις οποίες συνδέεται με μια ομάδα αίμης. Οι δύο αλυσίδες α και οι δύο αλυσίδες β είναι πανομοιότυπες.
- Οι δεσμοί που βοηθούν στη δημιουργία της **τεταρτοταγούς δομής**, δηλαδή που συνδέουν τις διάφορες πρωτεϊνικές υπομονάδες μεταξύ τους στο χώρο, είναι της ίδιας φύσης με αυτές που παίζουν ρόλο στη διαμόρφωση της τριτοταγούς δομής.



Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.  
Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση



# Αναδίπλωση πρωτεΐνης



Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.

## Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση

- Η πληροφορία για την αναδίπλωση μιας πρωτεΐνης εμπεριέχεται μέσα στην ίδια τη πρωτοταγή της δομή.
- Η δομή της Ριβονουκλεάσης Ι (RNαση Ι, 124 αμινοξέα), σταθεροποιείται από τέσσερις ενδομοριακούς δισουλφιδικούς δεσμούς (οι μπλε κύκλοι είναι μόρια του αμινοξέος κυστεΐνη που συμμετέχουν στους δισουλφιδικούς δεσμούς).



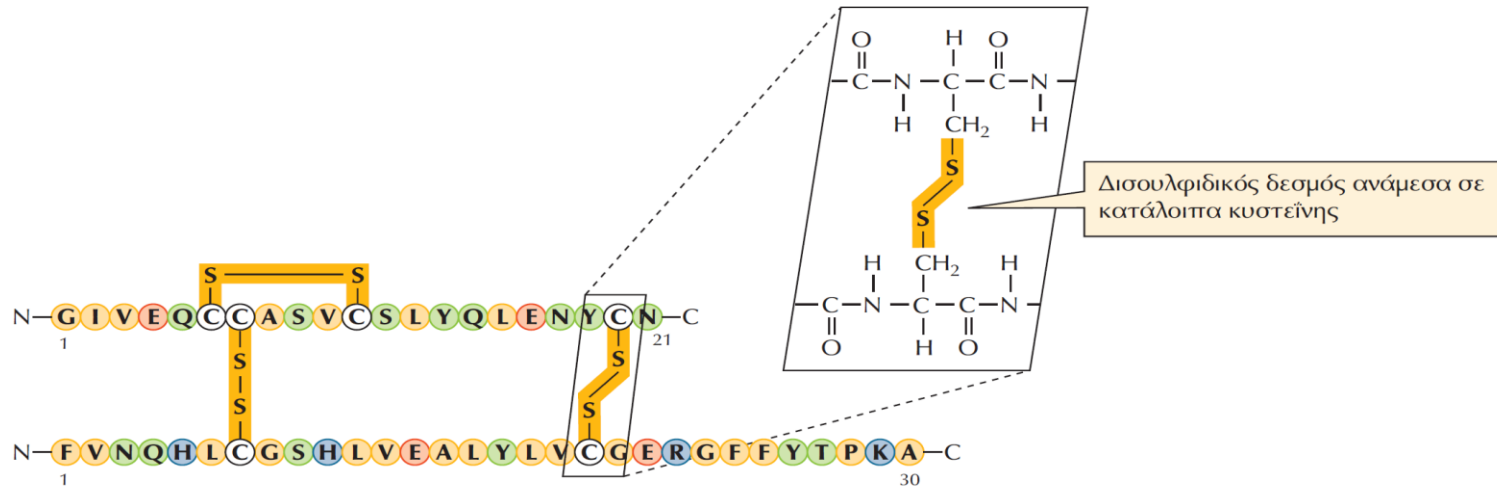
# Η διαδικασία της πρωτεϊνικής αναδίπλωσης

- Βασίζεται στη βαθμιαία σταθεροποίηση ενδιάμεσων δομών και όχι στην αναζήτηση της “τέλειας δομής” και στην απόρριψη όλων των λανθασμένων.
- Τρία στάδια διακρίνονται κατά την πρωτεϊνική αναδίπλωση. Αρχικά η πρωτεΐνη είναι αποδιαταγμένη, μετά αναδιπλώνεται μερικά και τέλος αναδιπλώνεται πλήρως.
- Κατά την αναδίπλωση των πρωτεϊνών εμπλέκονται διάφορα είδη μη-ομοιοπολικών δεσμών, δηλαδή υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις και υδρόφιλες, όπως ιοντικοί δεσμοί, δεσμοί υδρογόνου, δυνάμεις Van der Waals.





# Σταθεροποίηση ανώτερων δομών με ομοιοπολικούς δεσμούς



Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.

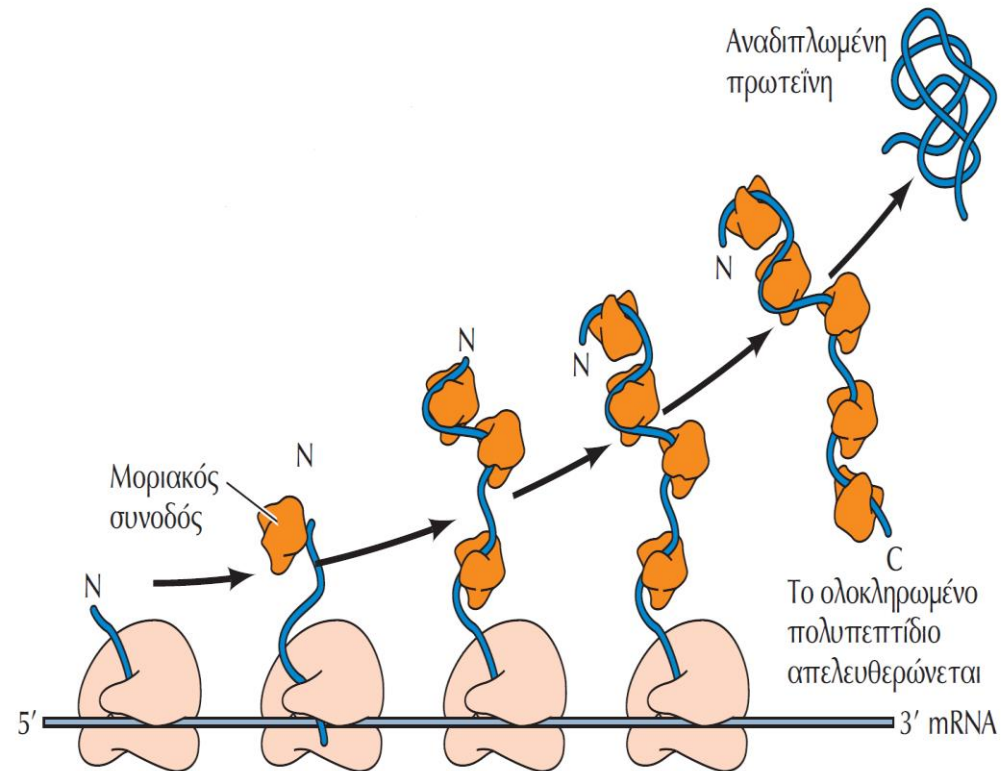
Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση

- Οι δισουλφιδικοί δεσμοί σταθεροποιούν τη δομή της ινσουλίνης όπως φαίνεται παραπάνω.
- Η ινσουλίνη αποτελείται από δύο πολυπεπτιδικές αλυσίδες μήκους 21 και 30 αμινοξέων αντίστοιχα. Οι πλευρικές αλυσίδες τριών ζευγαριών κυστεϊνών συνδέονται μεταξύ τους με δισουλφιδικούς δεσμούς.
- Οι δύο από τους τρεις δισουλφιδικούς δεσμούς συνδέουν μεταξύ τους τις δύο πολυπεπτιδικές αλυσίδες της ινσουλίνης.



# Υποβοήθηση αναδίπλωσης από ειδικές πρωτεΐνες, τις συνοδοί-πρωτεΐνες

- Οι συνοδοί πρωτεΐνες είναι επίσης γνωστές ως:
- Πρωτεΐνες του θερμικού στρες ή θερμικού σοκ (heat-shock proteins, HSPs, π.χ. Hsp70, Hsp60 κλπ).
- Σαπερόνες ή τσαπερόνες (chaperones) ή σαπερονίνες (chaperonins).
- Μοριακοί συνοδοί.



Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.  
Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση



# Λειτουργίες πρωτεϊνών

- Πέρα από τη δομή τους οι πρωτεΐνες εμφανίζουν εξαιρετικά μεγάλη ποικιλομορφία και στις λειτουργίες τους. Έτσι, υπάρχουν ένζυμα, κινητήριες πρωτεΐνες, πρωτεΐνες-υποδοχείς, δομικές πρωτεΐνες, μεταφορικές πρωτεΐνες, αποθηκευτικές πρωτεΐνες, σηματοδοτικές πρωτεΐνες, πρωτεΐνες που ρυθμίζουν τη γονιδιακή έκφραση, πρωτεΐνες με ειδικούς ρόλους.



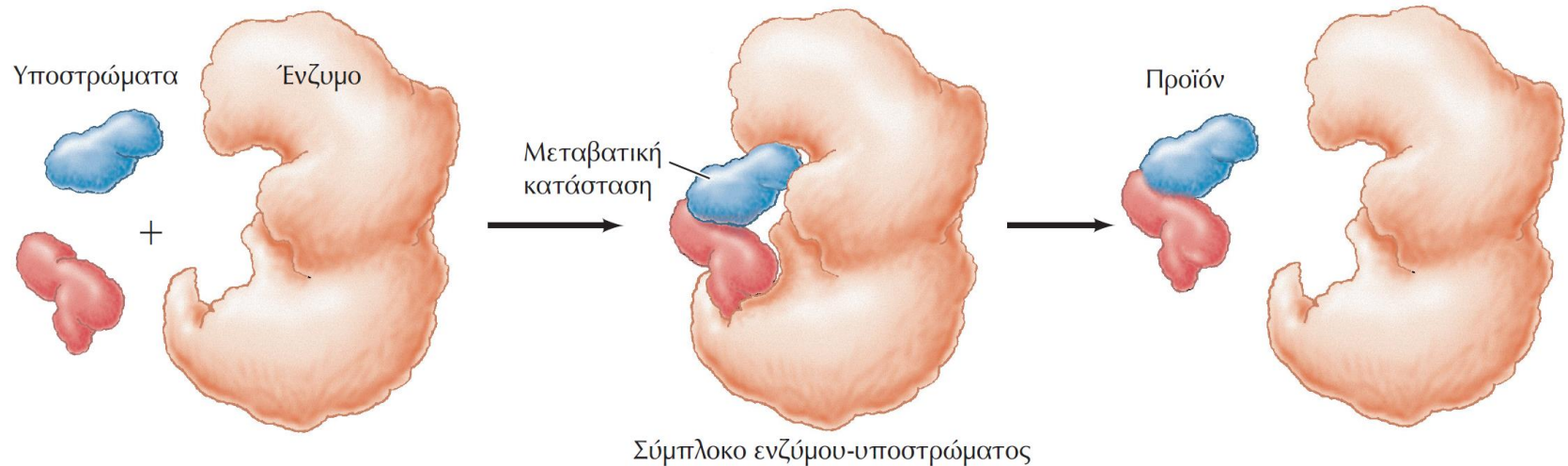


# Τα ένζυμα καταλύουν τις βιολογικές αντιδράσεις (1)

- Αρχικά, το ένζυμο συνδέεται με δύο διαφορετικά υποστρώματα τα οποία και τα προσανατολίζει κατάλληλα υποβοηθώντας τα να αντιδράσουν μεταξύ τους.
- Η σύνδεση του ενζύμου στα υποστρώματα αναδιατάσσει τα ηλεκτρόνια τους, δημιουργώντας έτσι θετικά και αρνητικά φορτία που ευνοούν την αντίδραση.
- Τέλος, το ένζυμο «λυγίζει» το υπόστρωμα, οδηγώντας το σε μία μεταβατική κατάσταση που ευνοεί την αντίδραση.
- **Η σύνδεση προσδέτη μπορεί να επηρεάσει την ενεργότητα ενός ενζύμου.**



# Τα ένζυμα καταλύουν τις βιολογικές αντιδράσεις (2)



Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.

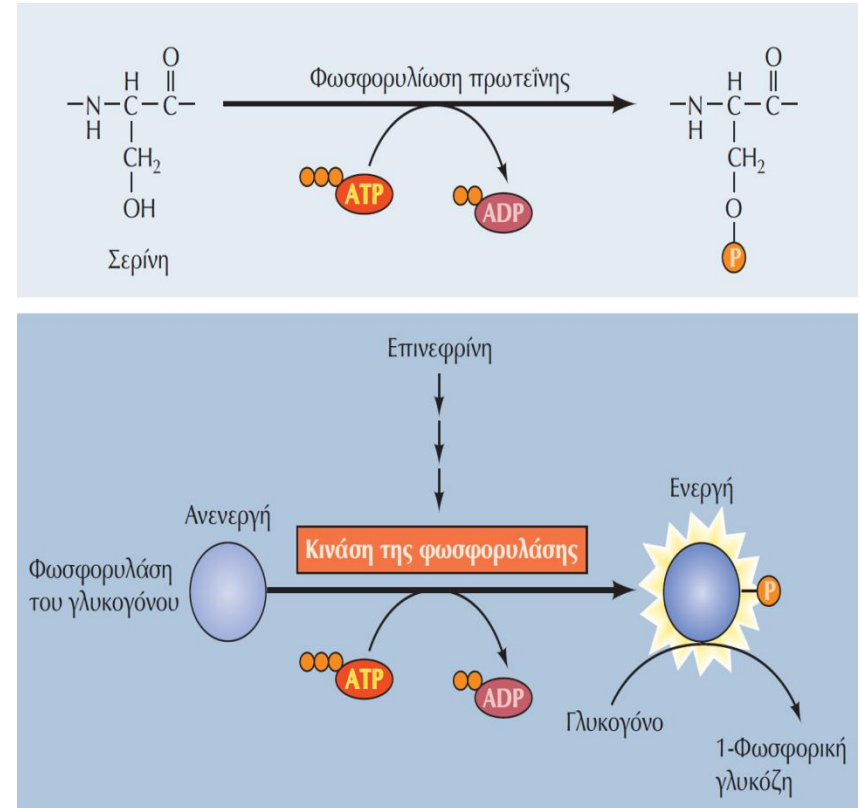
Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση

- Το ένζυμο παρέχει μια μήτρα επάνω στην οποία τα δύο υποστρώματα έρχονται στην κατάλληλη θέση και με τον κατάλληλο προσανατολισμό, ώστε να αντιδράσουν μεταξύ τους.



# Ομοιοπολικές τροποποιήσεις επηρεάζουν τη βιολογική δράση πρωτεϊνών

- Η δράση ορισμένων ενζύμων μπορεί να ρυθμιστεί με προσθήκη φωσφορικών ομάδων σε υδροξυλομάδες πλευρικών αλυσίδων αμινοξέων όπως η σερίνη (διπλανό παράδειγμα), θρεονίνη και τυροσίνη.
- Η σύνδεση των φωσφορικών ομάδων μεταβάλλει τη δομή του ενζύμου έτσι ώστε αυτό να μεταπέσει από μία ανενεργό μορφή σε ενεργό, ή αντίστροφα.



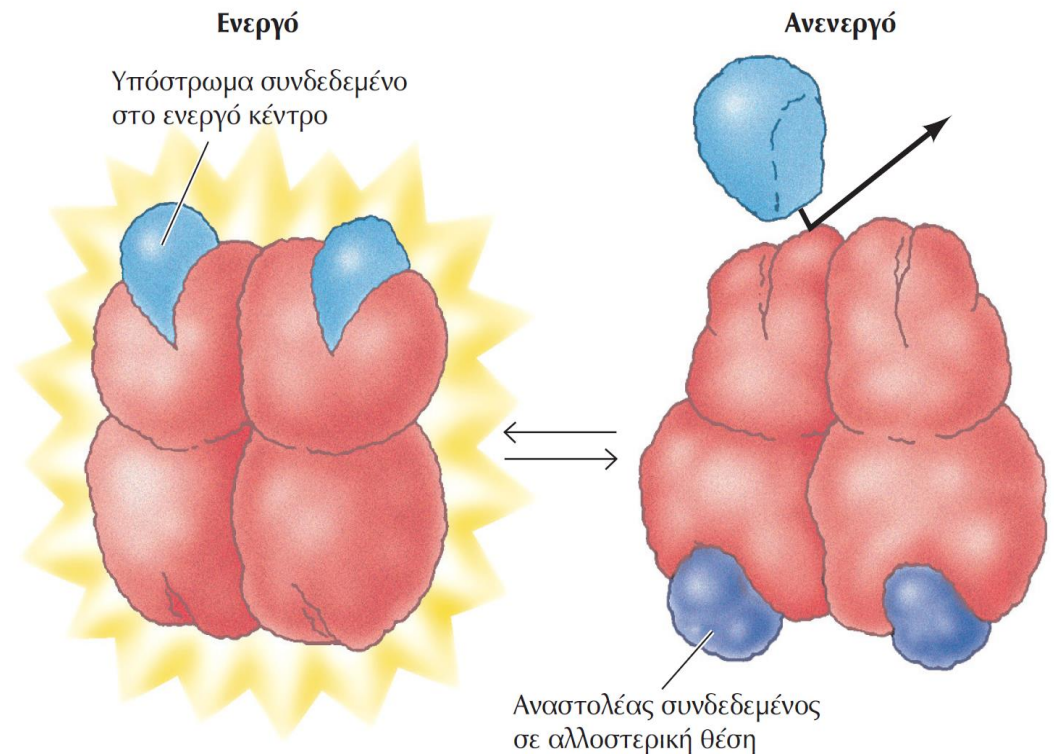
Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.

Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση



# Αλλοστερική ρύθμιση

- Η ενζυμική ενεργότητα αναστέλλεται από τη σύνδεση ενός ρυθμιστικού μορίου σε μια αλλοστερική θέση. Απουσία του αναστολέα, το υπόστρωμα συνδέεται στο ενεργό κέντρο του ενζύμου και η αντίδραση ολοκληρώνεται. Ο αναστολέας προκαλεί μια δομική μετατροπή στο ένζυμο που αναστέλλει τη δέσμευση του υποστρώματος.



Ακαδημαϊκές Εκδόσεις 2011.  
Το Κύτταρο-Μία Μοριακή Προσέγγιση





# Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Τσαχουρίδου Βασιλική  
Θεσσαλονίκη, Εαρινό Εξάμηνο 2013-2014



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ