

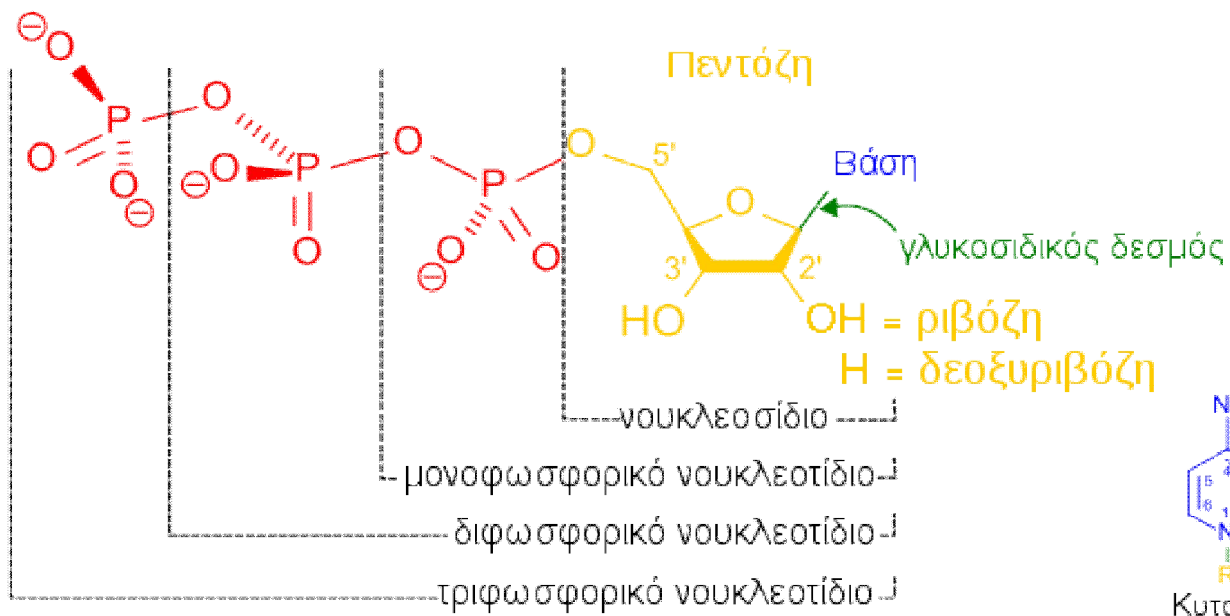
Κυτταρική Βιολογία

ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΚΥΤΤΑΡΩΝ

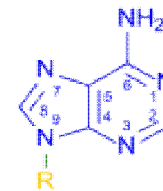
- Χημικοί δεσμοί - Το νερό & ο ρόλος του
 - Τα μόρια του κυττάρου.
- Ενεργοποιημένα μόρια-Φορείς ενέργειας

Πίνακας 2.1 Τα στοιχεία που συνθέτουν το ανθρώπινο σώμα

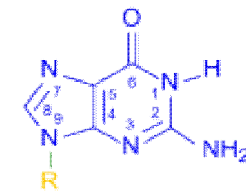
Σύμβολο	Στοιχείο	Ατομικός αριθμός (βλ. σ. 40)	Ποσοστό στο σωματικό βάρος του ανθρώπου
Στοιχεία που συνιστούν το 96% περίπου του σωματικού βάρους στον άνθρωπο			
O	Οξυγόνο	8	65,0
C	Άνθρακας	6	18,5
H	Υδρογόνο	1	9,5
N	Άζωτο	7	3,3
Στοιχεία που συνιστούν το 4% περίπου του σωματικού βάρους στον άνθρωπο			
Ca	Ασβέστιο	20	1,5
P	Φωσφόρος	15	1,0
K	Κάλιο	19	0,4
S	Θείο	16	0,3
Na	Νάτριο	11	0,2
Cl	Χλώριο	17	0,2
Mg	Μαγνήσιο	12	0,1
Στοιχεία που συνιστούν λιγότερο από 0,01% του σωματικού βάρους του ανθρώπου (ιχνοστοιχεία)			
Βανάδιο (V), βόριο (B), ιώδιο (I), κασσίτερος (Sn), κοβάλτιο (Co), μαγγάνιο (Mn), μολυβδαίνιο (Mo), πυρίτιο (Si), σελήνιο (Se), σίδηρος (Fe), φθόριο (F), χαλκός (Cu), χρώμιο (Cr), ψευδάργυρος (Zn)			



Πουρίνες

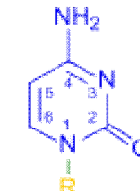


Αδενίνη

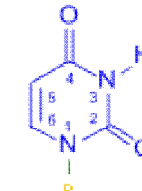


Γουανίνη

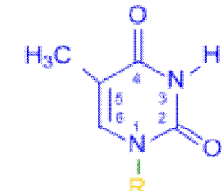
Πυριμιδίνες



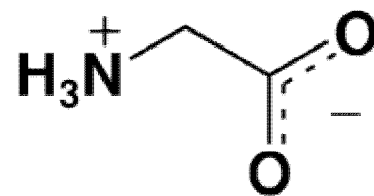
Κυτοσίνη



Ουρακίλιο



Θυμίνη



Τα στοιχεία που συνθέτουν το ανθρώπινο σώμα

Απαραίτητα τα 25 από τα 92 φυσικά στοιχεία
O, C, H, N -> 96% ζωντανής ύλης
P, S, Ca, K, -> 4%

Ιχνοστοιχεία

Όσα στοιχεία απαιτούνται μόνο σε απειροελάχιστες
ποσότητες



(α) Ανεπάρκεια αζώτου

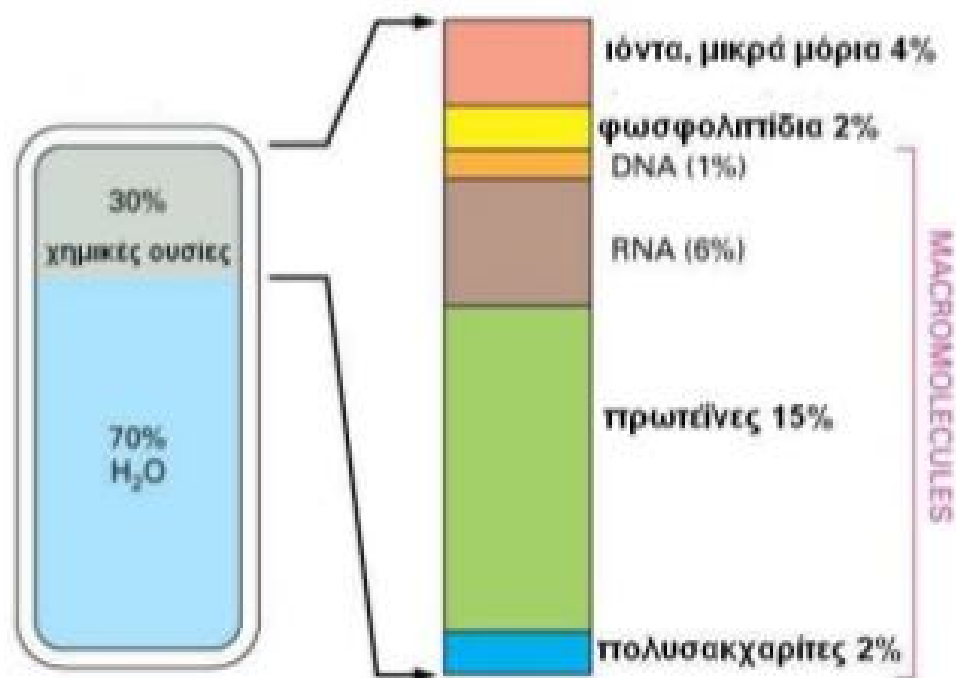


(β) Ανεπάρκεια ιωδίου

▲ **Εικόνα 2.4** Συνέπειες της ανεπάρκειας ζωτικών στοιχείων. **(α)** Στη φωτογραφία βλέπουμε την ανεπάρκεια αζώτου στην ανάπτυξη του καλαμποκιού. Στο συγκεκριμένο ελεγχόμενο πείραμα, τα φυτά με μεγάλη ανάπτυξη (αριστερά) καλλιεργούνται σε έδαφος πλούσιο σε άζωτο, ενώ τα φυτά με μικρή ανάπτυξη (δεξιά) καλλιεργούνται σε έδαφος φτωχό σε άζωτο. **(β)** Η βρογχοκήλη είναι μια διόγκωση του θυρεοειδούς αδένα που οφείλεται σε ανεπάρκεια του ιχνοστοιχείου ιωδίου. Η βρογχοκήλη αυτής της γυναίκας από τη Μαλαισία μάλλον θα υποχωρήσει με συμπληρώματα ιωδίου στη διατροφή της.

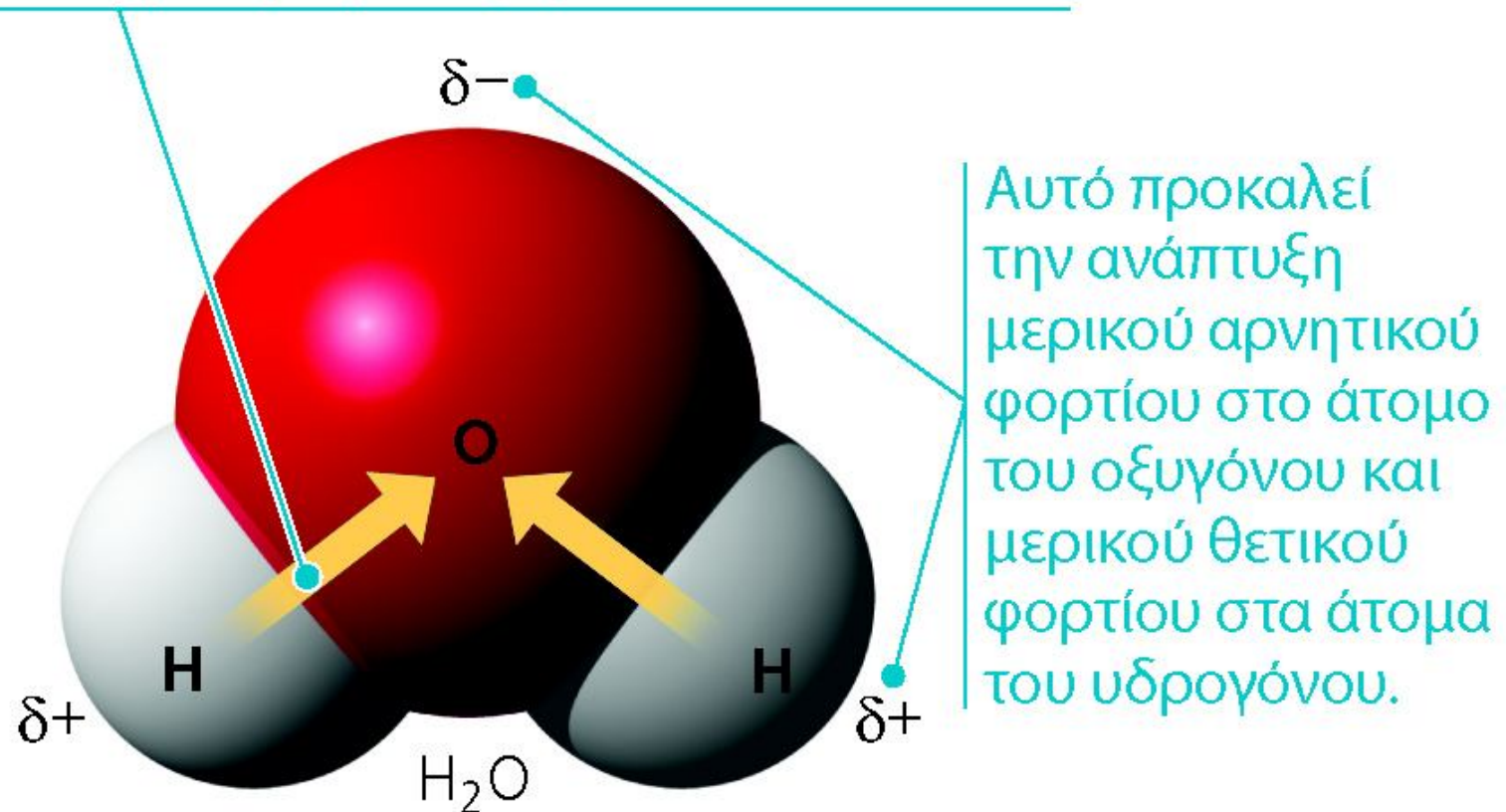
Δρ. Χριστίνα Μπαντή, Τμήμα Χημείας, ΠΙ

Χημική σύσταση κυττάρου



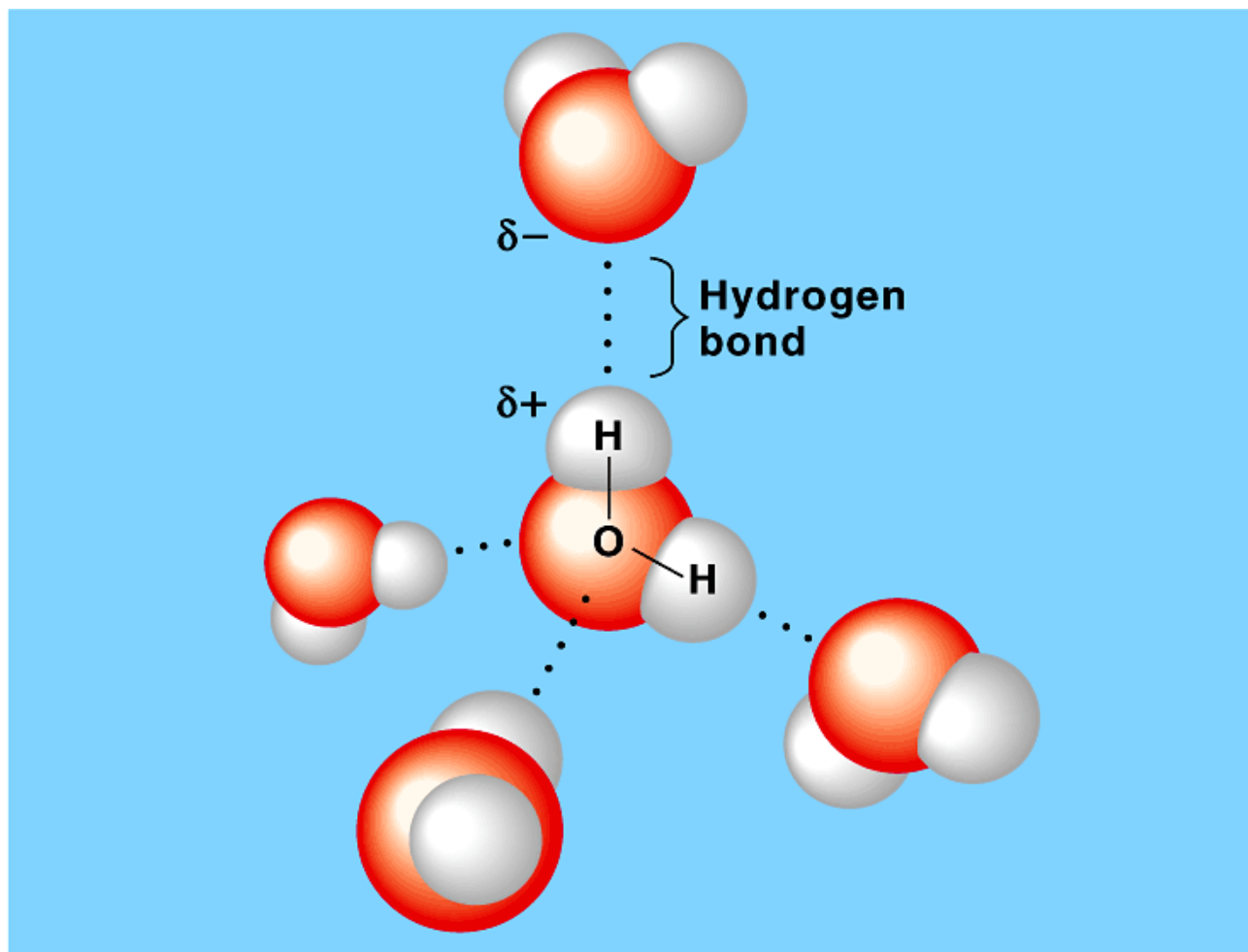
Νερό: ένα μόριο με πολικότητα

Επειδή το οξυγόνο (O) είναι πιο ηλεκτραρνητικό από το υδρογόνο (H), το ζεύγος των κοινών ηλεκτρονίων έλκεται περισσότερο προς το οξυγόνο.



▲ **Εικόνα 2.13** Πολικοί ομοιοπολικοί δεσμοί στο μόριο του νερού.

ΔΕΣΜΟΙ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ



ΔΕΣΜΟΙ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ

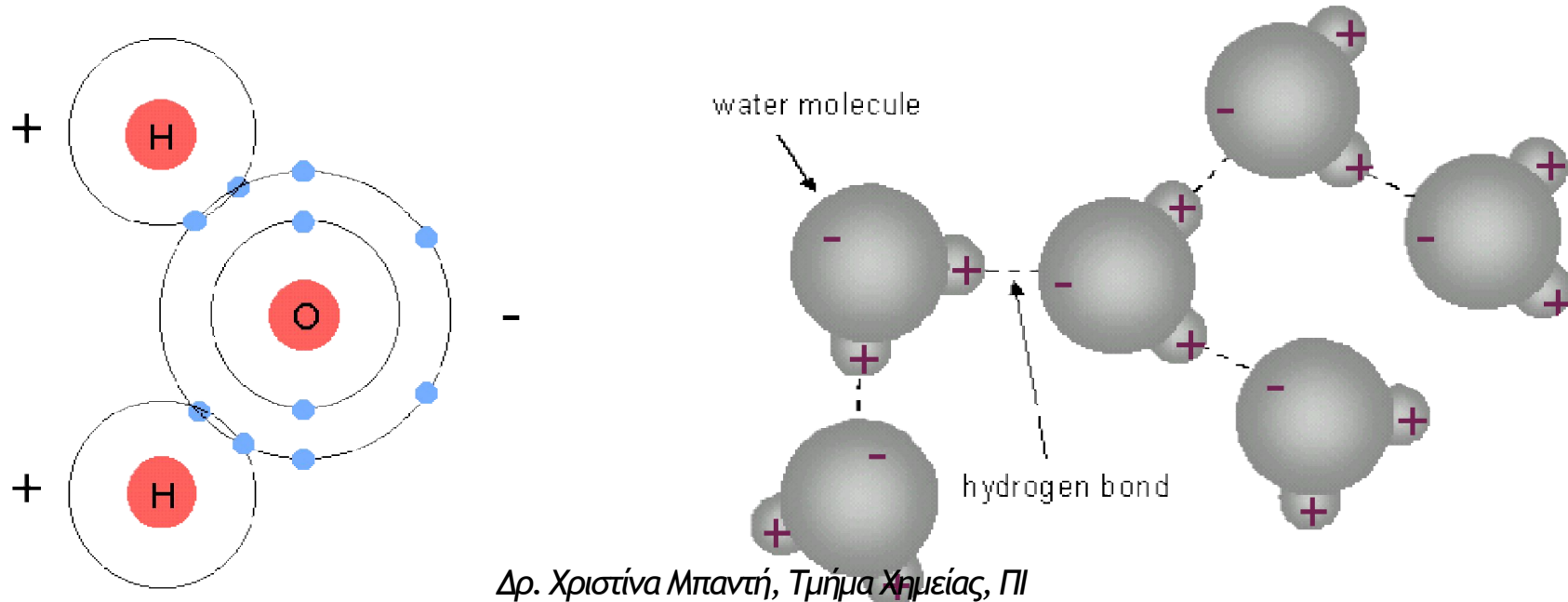
Το O είναι πιο ηλεκτραρνητικό από το H

Έλκει τα ζεύγη των ηλεκτρονίων περισσότερο.

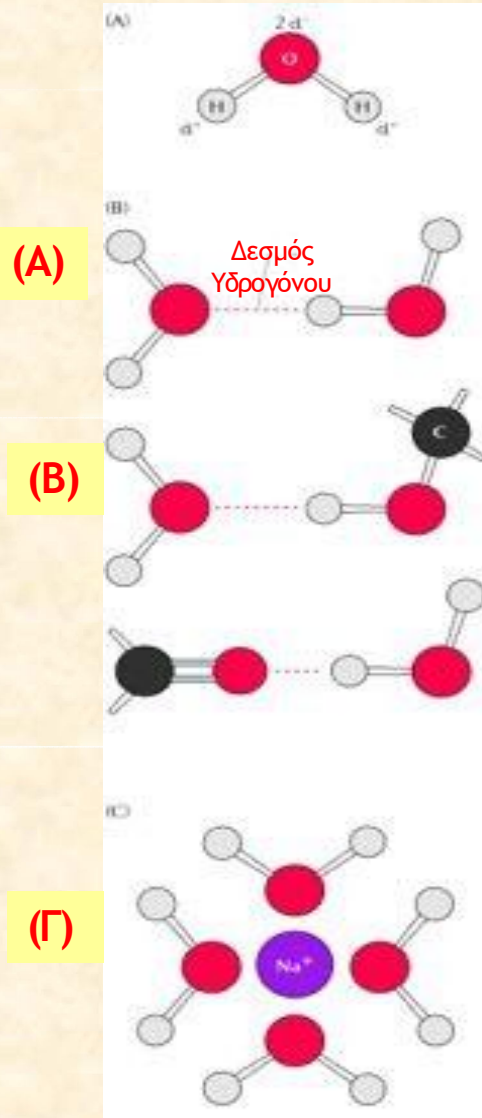
Οξυγόνο → τοπικό αρνητικό φορτίο

Τα δύο άτομα υδρογόνου → τοπικό θετικό φορτίο

Ένα άλλο ηλεκτραρνητικό άτομο (O, N, F) είναι ο δέκτης του υδρογονοδεσμού



Το νερό και η σημασία του



(A) Το νερό είναι ένα πολικό μόριο, που έχει ελαφρά αρνητικό φορτίο (δ^-) στο άτομο του οξυγόνου και ελαφρά θετικό φορτίο (δ^+) σε κάθε ένα από τα άτομα υδρογόνου.

Εξ αιτίας της πολικότητας, 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)**.

Ο ρόλος του νερού μέσα και έξω από τα κύτταρα

ΣΥΝΟΧΗ

Θέση μορίων μεταβάλλεται συνεχώς, αλλά πάντα συνδέονται δεσμοί H

Οι δεσμοί υδρογόνου κάνουν τα μόρια του νερού να μένουν σε στενή επαφή μεταξύ τους => πιο οργανωμένη δομή

κρατούν νερό σε συνεκτική μορφή = **Συνοχή**

Ο ρόλος του νερού μέσα και έξω από τα κύτταρα

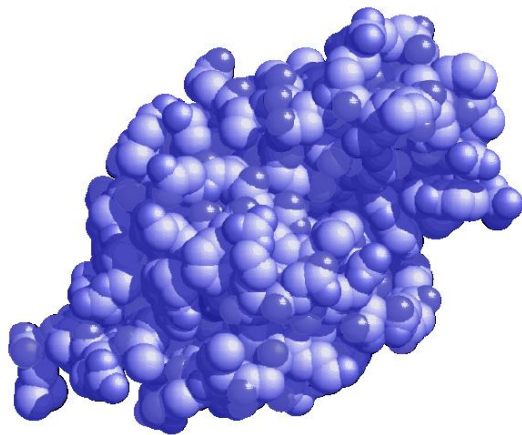
Άριστος διαλύτης

Μόρια νερού μπορούν και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους **φτιάχνοντας ένα δίκτυο** όπου δημιουργούνται δεσμοί υδρογόνου (ασθενείς δεσμοί ηλεκτροστατικής φύσης) επίσης αλληλεπιδρούν και με άλλα πολικά μόρια όπως π.χ. η γλυκόζη.

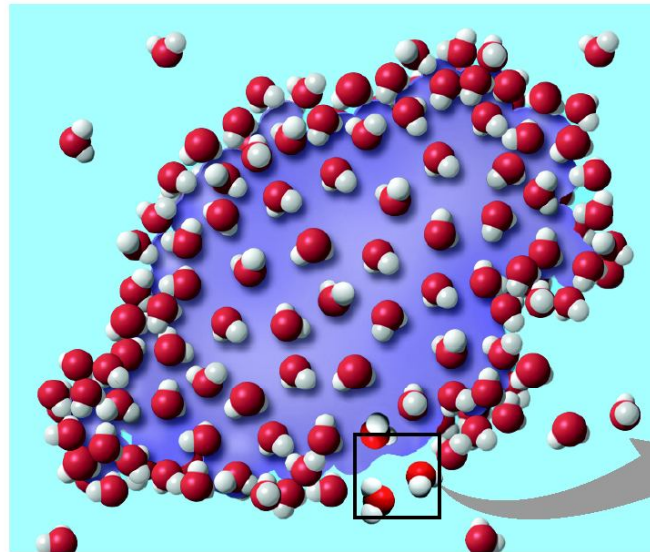
Νερό = διαλύτης έμβιας ζωής

Υδατοδιαλυτές ουσίες= όσες ενώσεις αποτελούνται από πολικά μόρια

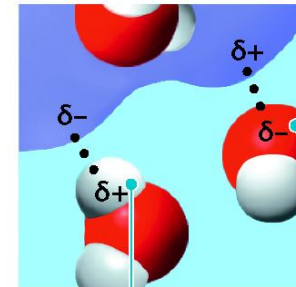
Διαλύονται στο νερό επειδή μόρια νερού περιβάλλουν κάθε μόριο διαλυμένης ουσίας



(α) Μόριο λυσοζύμης σε μη υδατικό περιβάλλον



(β) Μόριο λυσοζύμης (μοβ) σε υδατικό περιβάλλον, όπως είναι τα δάκρυα και το σάλιο



Αυτό το μόριο οξυγόνου έλκεται από κάποια περιοχή της λυσοζύμης με ελαφρά θετικό φορτίο.

Αυτό το μόριο υδρογόνου έλκεται από κάποια περιοχή της λυσοζύμης με ελαφρά αρνητικό φορτίο.

(γ) Ιοντικές και πολικές περιοχές στην επιφάνεια της πρωτεΐνης έλκουν τα μόρια του νερού

▲ **Εικόνα 3.8 Μια υδατοδιαλυτή πρωτεΐνη.** Η πρωτεΐνη που βλέπουμε είναι η λυσοζύμη, μια πρωτεΐνη που απαντά στα δάκρυα και στο σάλιο του ανθρώπου και έχει αντιβακτηριακή δράση.

Ο ρόλος του νερού μέσα και έξω από τα κύτταρα

Βοηθά στη θερμορύθμιση-αποθήκη θερμότητας

Το νερό έχει μεγάλη θερμοχωρητικότητα δηλαδή απορροφά μεγάλο ποσό θερμότητας για να αυξηθεί η θερμοκρασία του και χάνει επίσης μεγάλο ποσό θερμότητας για να κρυώσει

Είναι το μέσο στο οποίο πραγματοποιούνται οι βιοχημικές αντιδράσεις

Η υδρόλυση των μεγαλομορίων δηλαδή η προσθήκη νερού, οδηγεί στην διάσπαση τους στις υπομονάδες τους

Νερό παράγεται κατά τη διαδικασία της κυτταρικής αναπνοής

Τα μόρια της ζωής

τα σημαντικότερα μεγάλα μόρια σε όλους τους ζωντανούς οργανισμούς –από τα βακτήρια μέχρι τους άνθρωπο εντάσσονται σε τέσσερις μόνο κύριες κατηγορίες:

**στους υδατάνθρακες,
στα λιπίδια,
στις πρωτεΐνες
και στα νουκλεϊκά οξέα**

Τα μακρομόρια είναι πολυμερή που συντίθενται από μονομερή

Τα μακρομόρια των υδατανθράκων, των πρωτεϊνών και των νουκλεϊκών οξέων— είναι -αλυσίδες που ονομάζονται **πολυμερή**.

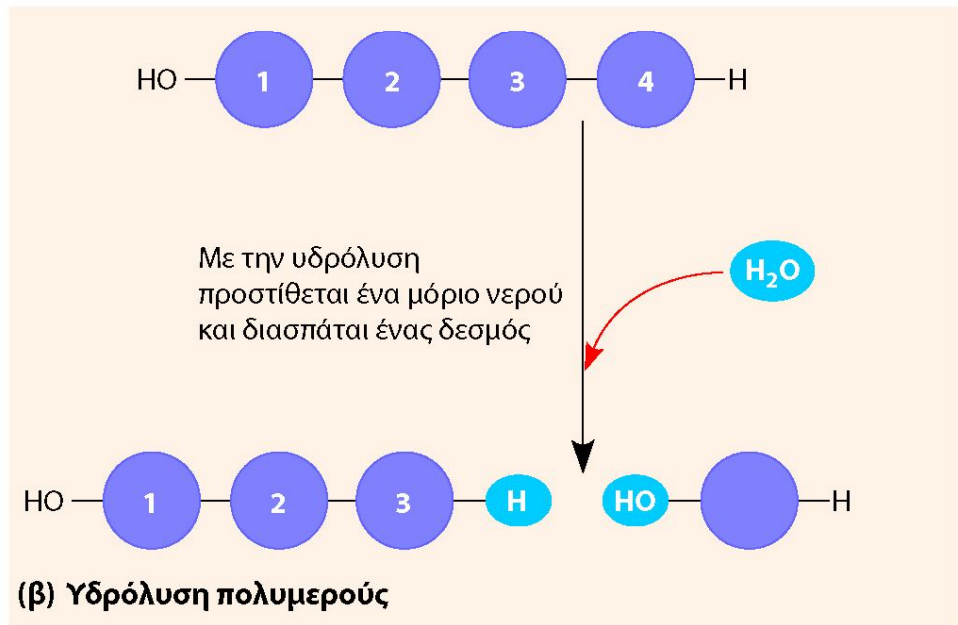
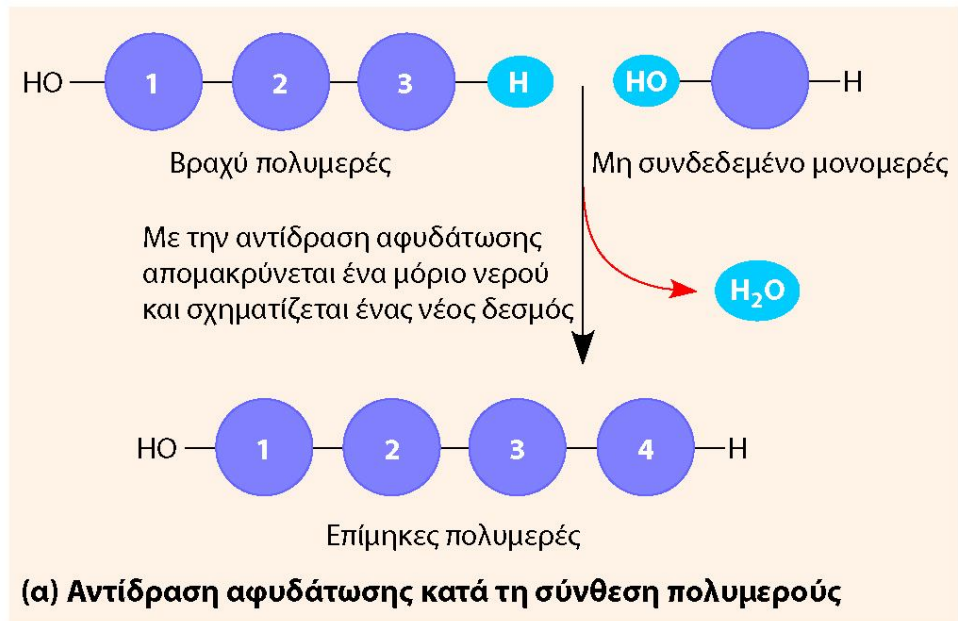
Πολυμερές είναι ένα επίμηκες μόριο αποτελούμενο από πολλούς παραπλήσιους ή πανομοιότυπους δομικούς λίθους – τα **μονομερή** - οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους

Σύνθεση και διάσπαση των πολυμερών

Τα **μονομερή** συνδέονται μεταξύ τους μέσω μιας αντίδρασης στην οποία τα δύο μόρια συνδέονται, με την ταυτόχρονη **απώλεια** ενός μορίου νερού: **αντίδραση συμπύκνωσης ή αφυδάτωσης**

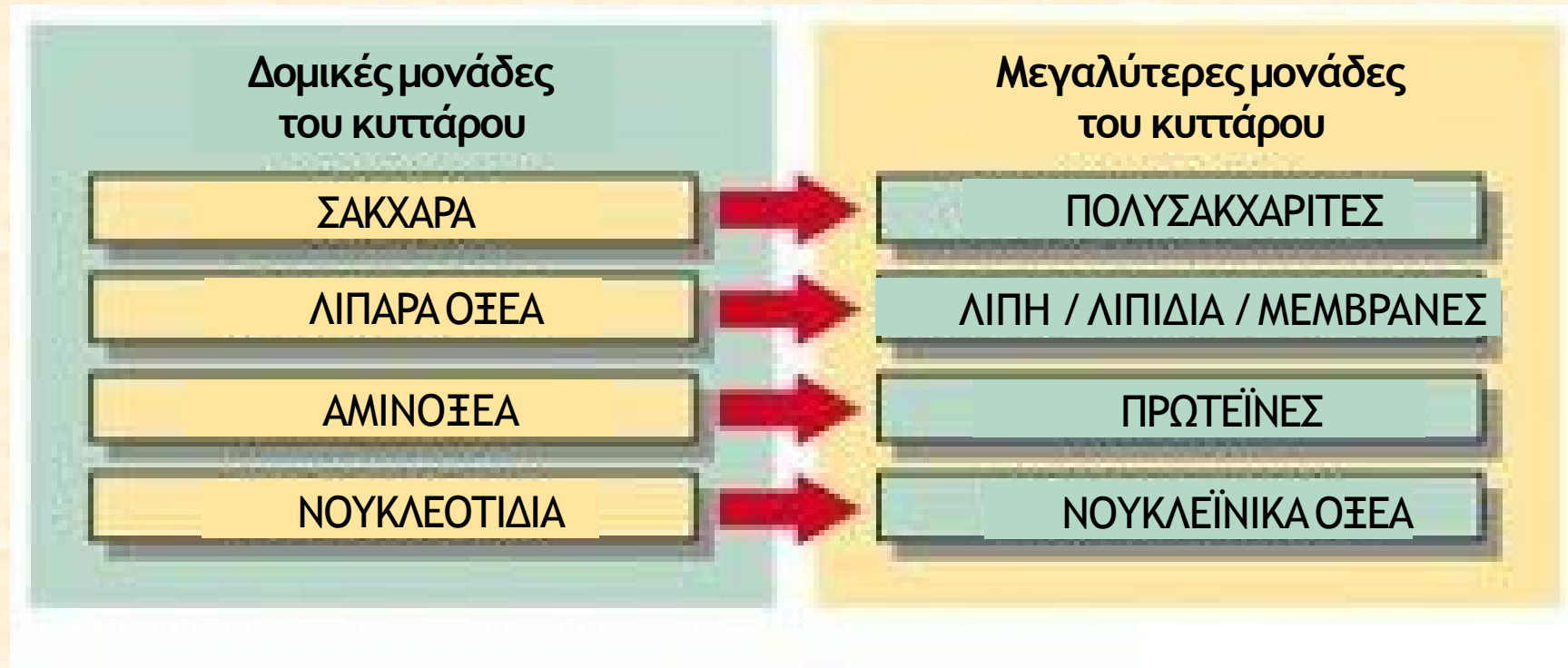
Διευκολύνουν ειδικά ένζυμα

Τα **πολυμερή** διασπώνται με **υδρόλυση** = διάσπαση με χρήση νερού

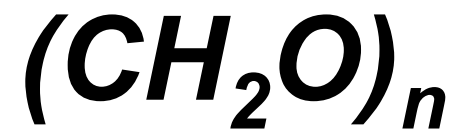


▲ **Εικόνα 5.2** Σύνθεση και διάσπαση των πολυμερών.
Δρ. Χριστίνα Μπαντή, Τμήμα Χημείας, ΠΙ

Οι δομικοί λίθοι της ζωής & τα πολυμερή τους



Υδατάνθρακες



Τα ονόματα των περισσότερων σακχάρων καταλήγουν σε *–όζη*

Ο ρόλος των Σακχάρων

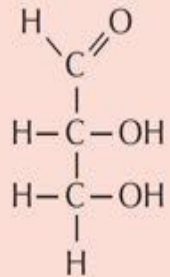
Οι μονοσακχαρίτες, η γλυκόζη, αποτελούν ένα από τα **κυριότερα θρεπτικά συστατικά** των κυττάρων.

Τα κύτταρα προσλαμβάνουν χημική ενέργεια μέσω της **κυτταρικής αναπνοή που ξεκινούν με το μόριο της γλυκόζης.**

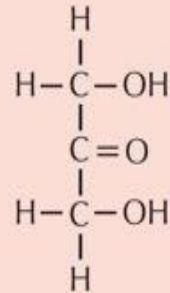
Χρησιμεύουν και **ως πρώτη ύλη** για να συντεθούν άλλοι τύποι μικρών οργανικών μορίων, όπως αμινοξέα και λιπαρά οξέα.

Δομές μονοσακχαριτών

Σάκχαρα τριόζης ($C_3H_6O_3$)



Γλυκεραλδεΐδη



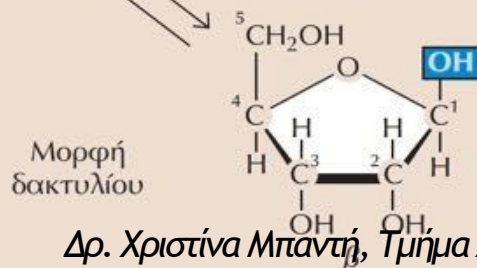
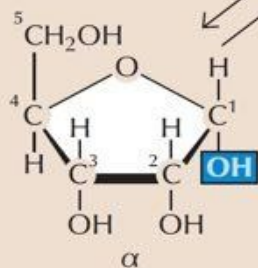
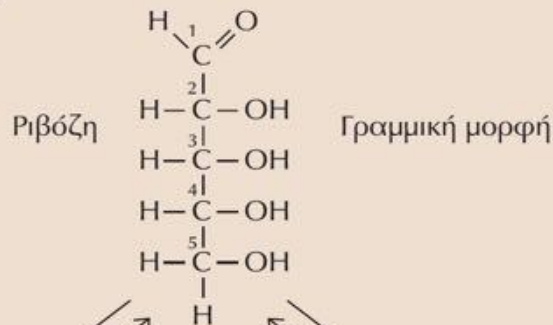
Διυδροξυακετόνη

Σάκχαρα με τρία, πέντε και έξι άτομα άνθρακα (τριόζη, πεντόζη και εξόζη αντίστοιχα).

Γλυκόζη $C_6H_{12}O_6$

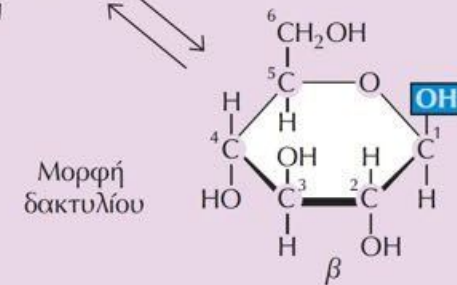
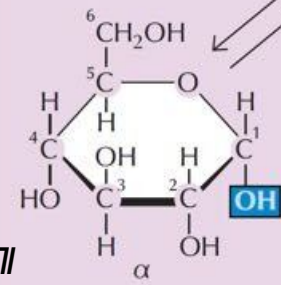
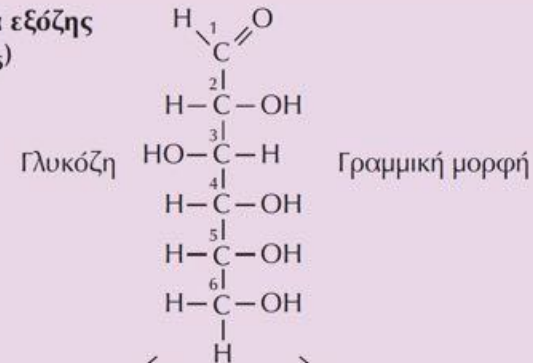
Σάκχαρα με πέντε ή περισσότερα άτομα άνθρακα μπορούν να κυκλοποιηθούν προκειμένου να σχηματιστούν δακτύλιοι

Σάκχαρα πεντόζης ($C_5H_{10}O_5$)

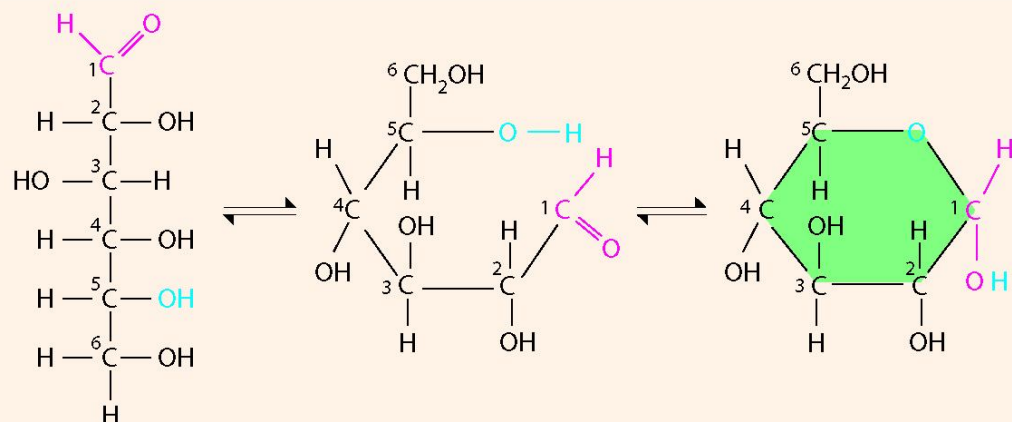


Δρ. Χριστίνα Μπαντή, Τμήμα Χημείας, ΠΙ

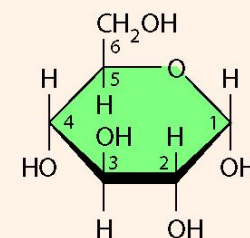
Σάκχαρα εξόζης ($C_6H_{12}O_6$)



Γλυκόζη



(α) Γραμμική μορφή και δακτύλιος. Η χημική ισορροπία ανάμεσα στη γραμμική μορφή της γλυκόζης και σε εκείνη του δακτυλίου ευνοεί σημαντικά τον σχηματισμό δακτυλίων. Οι άνθρακες των σακχάρων αριθμούνται από 1 μέχρι 6 με τον τρόπο που βλέπουμε. Για να σχηματιστεί ο δακτύλιος της γλυκόζης, ο άνθρακας 1 συνδέεται με το οξυγόνο που είναι συνδεδεμένο στον άνθρακα 5.



(β) Συντετμημένη μορφή του δακτυλίου. Κάθε γωνία αναπαριστά ένα άτομο άνθρακα. Η παχύτερη πλευρά του δακτυλίου σημαίνει ότι ο δακτύλιος αυτός προεξέχει προς εμάς, κάθετα προς το επίπεδο της σελίδας. Τα διάφορα συστατικά που συνδέονται με τις γωνίες (δηλ. τους άνθρακες) του δακτυλίου, προεξέχουν προς τα πάνω ή προς τα κάτω από το επίπεδο που σχηματίζει ο δακτύλιος.

▲ Εικόνα 5.4 Η γλυκόζη σε γραμμική μορφή και σε μορφή δακτυλίου.

ΣΧΕΔΙΑΣΤΕ! Ξεκινήστε με τη γραμμική μορφή της φρουκτόζης (βλ. Εικόνα 5.3) και σχεδιάστε τα δύο βήματα που χρειάζονται για να σχηματιστεί ο δακτύλιος της γλυκόζης. Αριθμήστε τους άνθρακες. Συνδέστε τον άνθρακα 5, μέσω ενός ατόμου οξυγόνου, με τον άνθρακα 2. Συγκρίνετε τον αριθμό των ατόμων άνθρακα στους δακτυλίους της φρουκτόζης και της γλυκόζης.

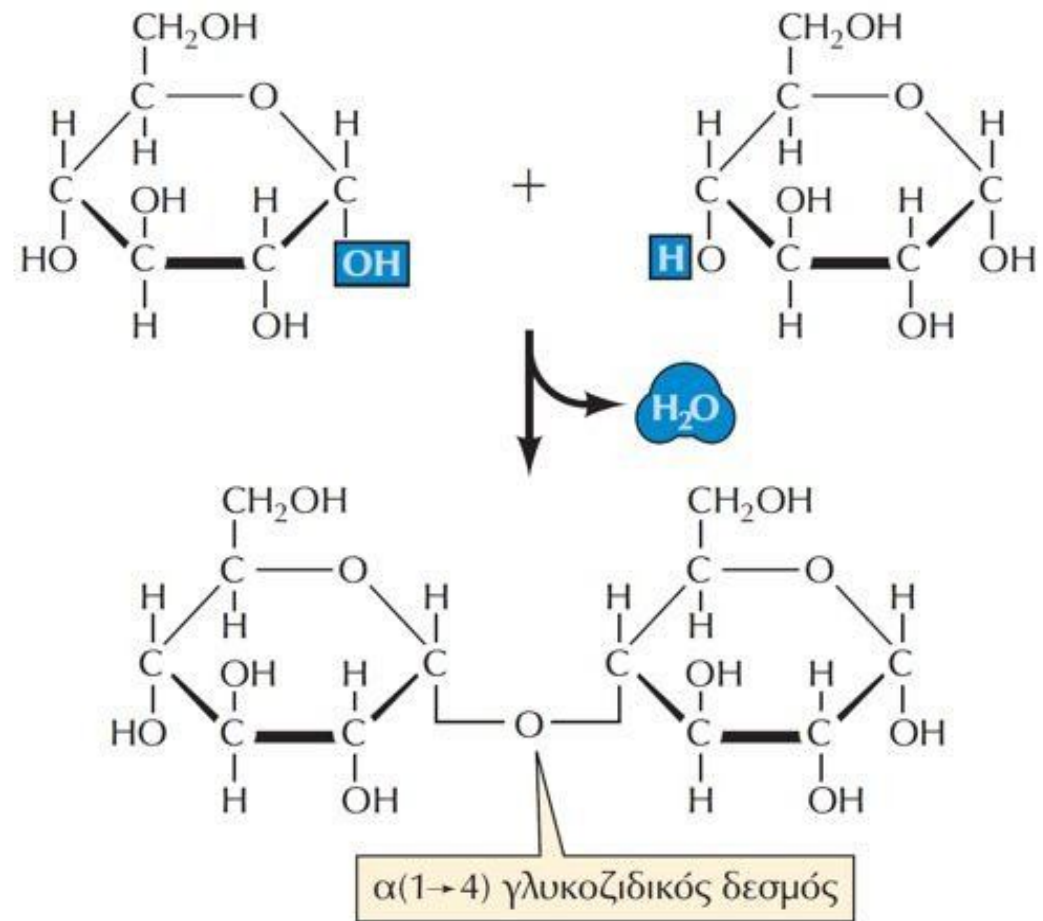
Δισακχαρίτες

Ένας δισακχαρίτης αποτελείται από δύο μονοσακχαρίτες που ενώνονται με γλυκοζιτικό δεσμό, το είδος του ομοιοπολικού δεσμού που σχηματίζεται ανάμεσα σε δύο μονοσακχαρίτες με ανυδριτική αντίδραση

Ο γλυκοσιδικός δεσμός

Δύο μονοσακχαρίτες μπορούν να ενωθούν με μία αντίδραση συμπύκνωσης (αφυδάτωσης).

Δύο μόρια γλυκόζης, που βρίσκονται στην α διαμόρφωση ενώνονται με ένα δεσμό μεταξύ των ανθράκων 1 και 4, ο οποίος και λέγεται α (1- \rightarrow 4) γλυκοσιδικός δεσμός.



Παραδείγματα δισακχαριτών

ο πιο κοινός δισακχαρίτης είναι η **σακχαρόζη** (ή σουκρόζη), δηλαδή η κοινή ζάχαρη. Τα δύο μονομερή της σακχαρόζης είναι η γλυκόζη και η φρουκτόζη

Η **λακτόζη** του γάλακτος, που αποτελείται από ένα μόριο γλυκόζης και ένα μόριο γαλακτόζης

Η **μαλτόζη** είναι συστατικό ζύμωσης της μπίρας. Είναι ένας δισακχαρίτης που σχηματίζεται από την ένωση δύο μορίων γλυκόζης

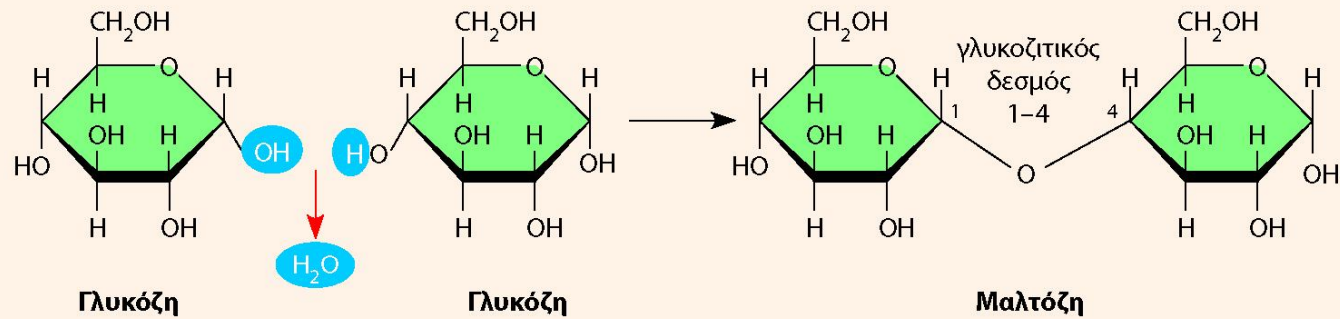
Λακτόζη

Η λακτόζη είναι δισακχαρίτης αποτελούμενος από ένα μόριο γαλακτόζης και ένα μόριο γλυκόζης, ενωμένα μεταξύ τους με β -1 \rightarrow 4 γλυκοζιτικό δεσμό

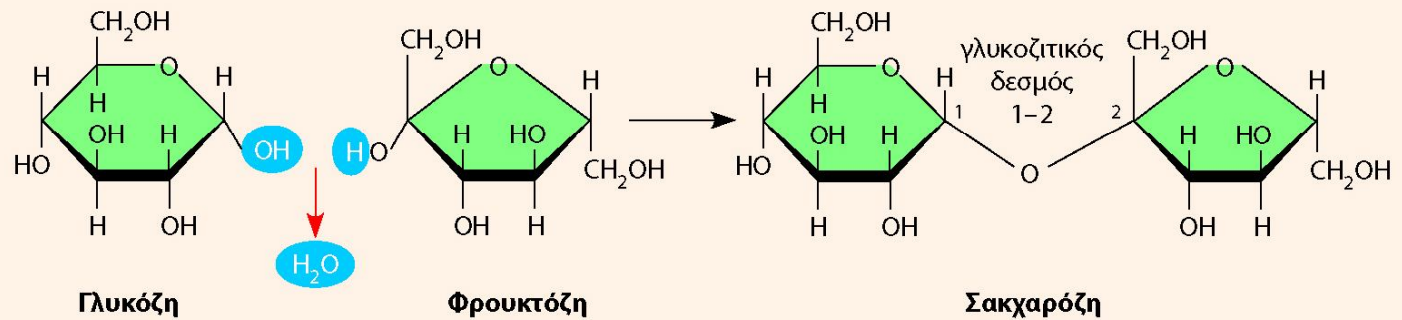
Τα βρέφη των θηλαστικών τρέφονται με το μητρικό γάλα, το οποίο είναι πλούσια πηγή λακτόζης. Η λακτόζη δεν μπορεί να αξιοποιηθεί απευθείας από τον οργανισμό. Γι'αυτό το έντερο εκκρίνει το ένζυμο λακτάση, που διασπά το μόριο της λακτόζης

Επειδή το γάλα είναι σχεδόν αποκλειστική πηγή λακτόζης, τα περισσότερα θηλαστικά σταματούν να παράγουν το ένζυμο λακτάση όσο μεγαλώνουν και παύουν την κατανάλωση γάλακτος. Ειδικά όμως στους ανθρώπους, η συνεχιζόμενη κατανάλωση γάλακτος έχει συνήθως ως αποτέλεσμα να συνεχίζεται η παραγωγή λακτάσης από τον οργανισμό ακόμη και σε μεγάλη ηλικία, επιτρέποντας έτσι την διάσπαση της λακτόζης.

(α) Αντίδραση αφυδάτωσης κατά τη σύνθεση της μαλτόζης. Η σύνδεση δύο μονάδων (μονομερών) γλυκόζης σχηματίζει τη μαλτόζη. Ο γλυκοζιτικός δεσμός ενώνει τον άνθρακα 1 της μίας γλυκόζης με τον άνθρακα 4 της άλλης. Αν τα δύο μονομερή ενωθούν διαφορετικά, θα σχηματιστεί άλλος δισακχαρίτης.



(β) Αντίδραση αφυδάτωσης κατά τη σύνθεση της σακχαρόζης. Η σακχαρόζη είναι ένας δισακχαρίτης που σχηματίζεται από γλυκόζη και φρουκτόζη. Παρατηρήστε ότι η φρουκτόζη (αν είναι εξόζη) σχηματίζει δακτύλιο με πέντε έδρες.



▲ **Εικόνα 5.5** Παραδείγματα σύνθεσης δισακχαριτών.

Πολυσακχαρίτες

Οι πολυσακχαρίτες είναι μεγάλα πολυμερή μόρια (μακρομόρια) αποτελούμενα μονοσακχαρίτες, οι οποίοι ενώνονται μεταξύ τους με γλυκοζιτικούς δεσμούς.

Ρόλος: Αποθήκη θρεπτικών υλικών ή δομικό υλικό

Γλυκογόνο-Άμυλο

- ✓ Άμυλο: Δεξαμενή υδατανθράκων στα Φυτικά Κύτταρα
- ✓ Γλυκογόνο: Δεξαμενή υδατανθράκων στα Ζωικά κύτταρα
- ✓ Αποτελούνται από Μόρια γλυκόζης
- ✓ Διαφορετικοί Δεσμοί

Αποθηκευτικοί πολυσακχαρίτες άμυλο

Τα φυτά αποθηκεύουν κοκκία από άμυλο
Απλούστερη μορφή αμύλου είναι η αμυλόζη,
πολυμερές χωρίς διακλαδώσεις

Τα περισσότερα ζώα, διαθέτουν ένζυμα για να
υδρολύουν το φυτικό άμυλο

Οι βολβοί της πατάτας και οι σπόροι των δημητριακών -
δηλαδή οι καρποί του σιταριού, του καλαμποκιού, του
ρυζιού και άλλων φυτών είναι οι κύριες πηγές αμύλου
στη διατροφή του ανθρώπου.

Φαρμακα

Γλυκογόνο

Τα ζώα αποθηκεύουν γλυκόζη σε έναν πολυσακχαρίτη, το **γλυκογόνο**

Ο άνθρωπος και τα άλλα θηλαστικά αποθηκεύουν το γλυκογόνο κυρίως στα κύτταρα των μυών και του ήπατος.

Όταν οι απαιτήσεις σε γλυκόζη αυξηθούν, τότε τα κύτταρα των μυών και του ήπατος υδρολύουν το γλυκογόνο. Αυτή η αποθήκη καύσιμης ύλης, δεν επαρκεί για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Στον άνθρωπο, π.χ., τα αποθέματα γλυκογόνου εξαντλούνται μέσα σε μία ημέρα περίπου, και για να αναπληρωθούν πρέπει οπωσδήποτε να καταναλωθεί τροφή.

Αθλητές και γλυκογόνο

Ενα άτομο 70 κιλών
το 40% του ολικού βάρους του να αποτελείτε από μυϊκό ιστό, τα
αποθέματα μυϊκού γλυκογόνου ανέρχονται στα 450 γραμμάρια

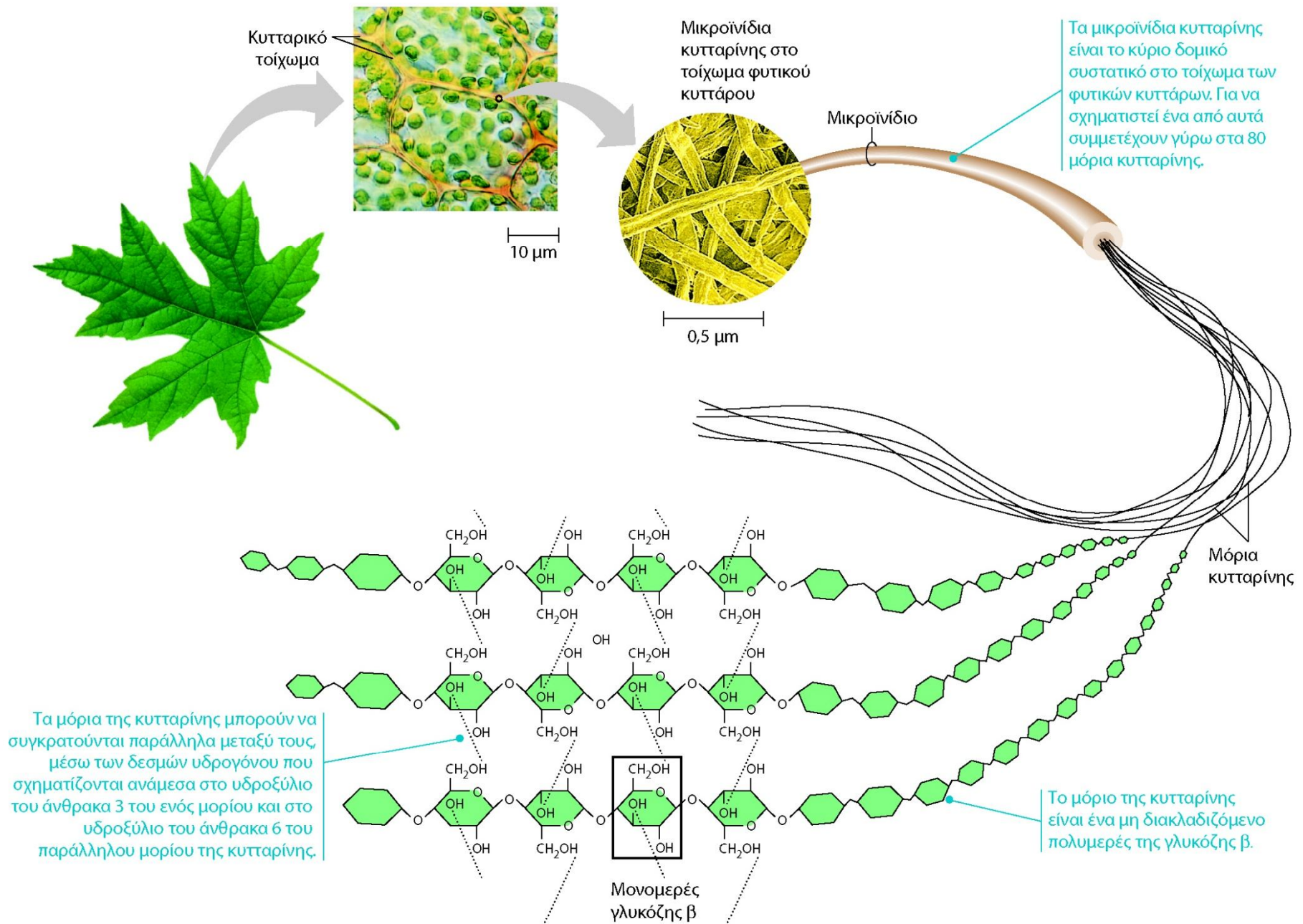
Η επάρκεια αποθεμάτων γλυκογόνου πριν την άσκηση, δεν
βοηθάει τον δρομέα να τρέχει με γρηγορότερο ρυθμό αλλά να
αντιστέκεται στην κόπωση διατηρώντας τον ρυθμό του αμείωτο
για περισσότερη ώρα.

Δομικοί πολυσακχαρίτες

Με τους πολυσακχαρίτες οι οργανισμοί χτίζουν
πολύ ισχυρά υλικά

Ο πολυσακχαρίτης **κυτταρίνη** είναι το κύριο
συστατικό των σκληρών τοιχωμάτων που
περιβάλλουν τα φυτικά κύτταρα.

Η κυτταρίνη είναι το κύριο συστατικό του χαρτιού
και, επίσης, το μοναδικό συστατικό του
βαμβακιού.



▲ **Εικόνα 5.8** Η διάταξη της κυτταρίνης στο τοίχωμα των φυτικών κυττάρων.
 Δρ. Χριστίνα Μπαντή, Τμήμα Χημείας, ΠΙ

Φυτικές Ύνες ~ Κυτταρίνη

Ελάχιστοι οργανισμοί διαθέτουν ένζυμα που μπορούν να διασπάσουν την κυτταρίνη (ορισμένοι προκαρυωτικοί οργανισμοί)

Στον άνθρωπο: Η κυτταρίνη παραμένει άπεπτη και τελικά απομακρύνεται με τα κόπρανα.

Επειδή η κυτταρίνη, προκαλεί μικροφθορές στα τοιχώματα των εντέρων, διεγείρει την έκκριση βλέννας κι διευκολύνει τη διέλευση των τροφών.

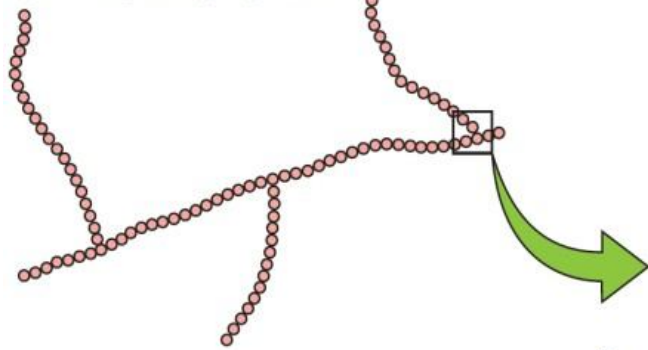
Έτσι, αν και η κυτταρίνη **δεν έχει καμιά θρεπτική αξία** για τον άνθρωπο παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην υγιεινή διατροφή. Τα περισσότερα φρέσκα φρούτα, τα λαχανικά και οι μη αλεσμένοι σπόροι είναι **ιδιαίτεως πλούσια** σε κυτταρίνη.



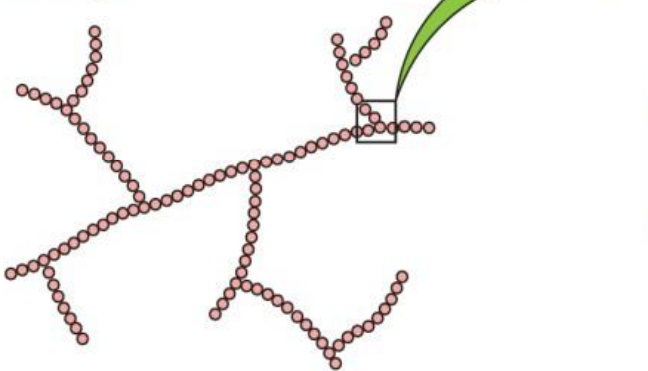
▲ **Εικόνα 5.9** Τα μηρυκαστικά, όπως αυτή η αγελάδα, διαθέτουν στο πεπτικό τους σύστημα προκαρυώτες που πέπτουν την κυτταρίνη.

Δομές πολυσακχαριτών

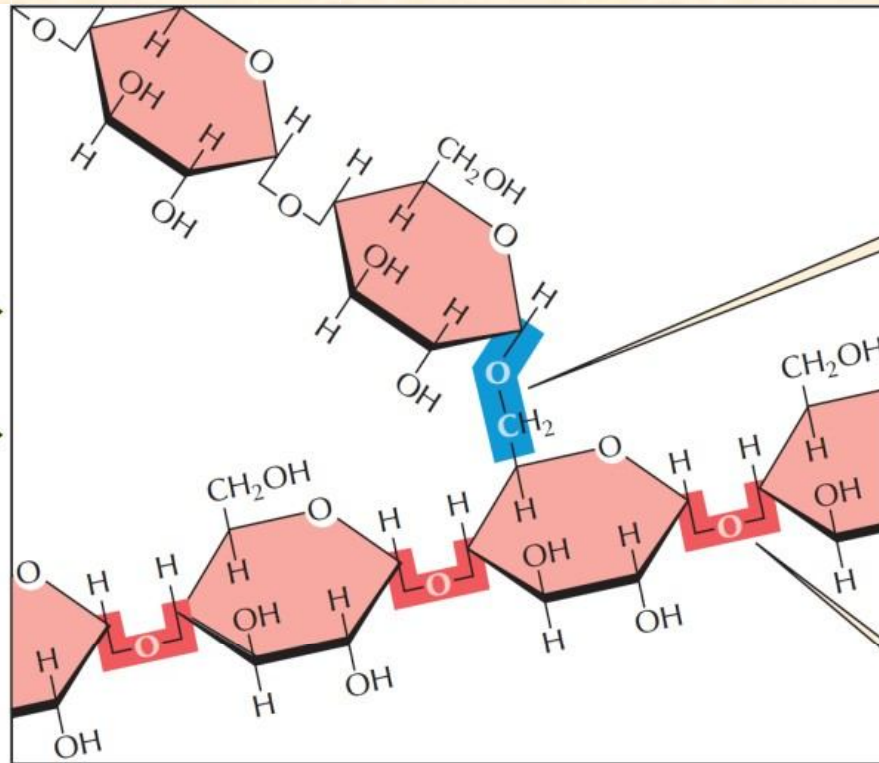
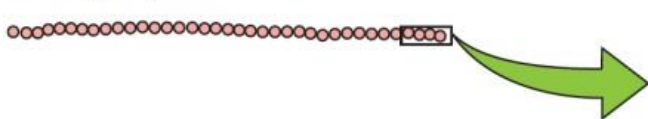
Αμυλοπηκτίνη (άμυλο)



Γλυκογόνο

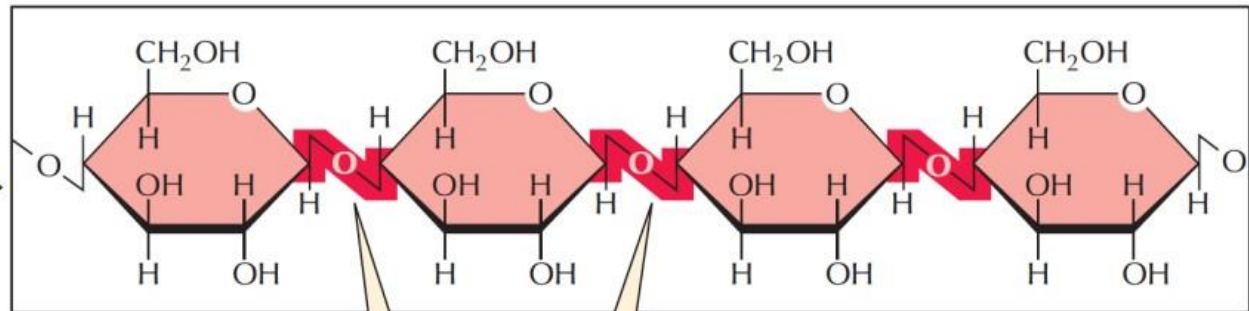


Κυτταρίνη



Δεσμοί $\alpha(1 \rightarrow 6)$ συνδέουν δύο αλυσίδες σε ένα σημείο διακλάδωσης.

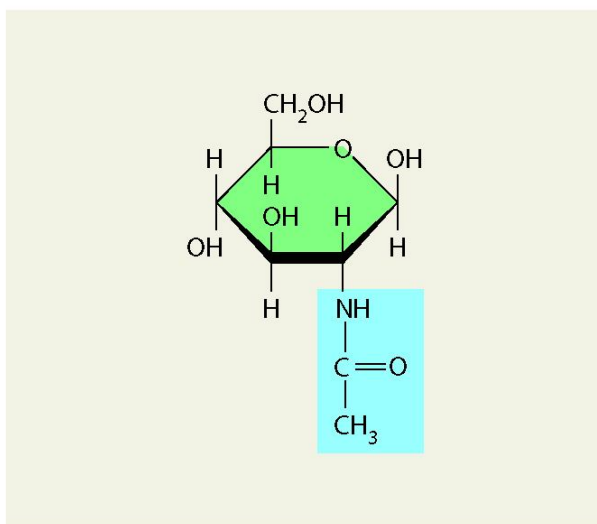
Τα περισσότερα μονομερή συνδέονται με δεσμούς $\alpha(1 \rightarrow 4)$.



Τα μονομερή συνδέονται με δεσμούς $\beta(1 \rightarrow 4)$.

Χιτίνη

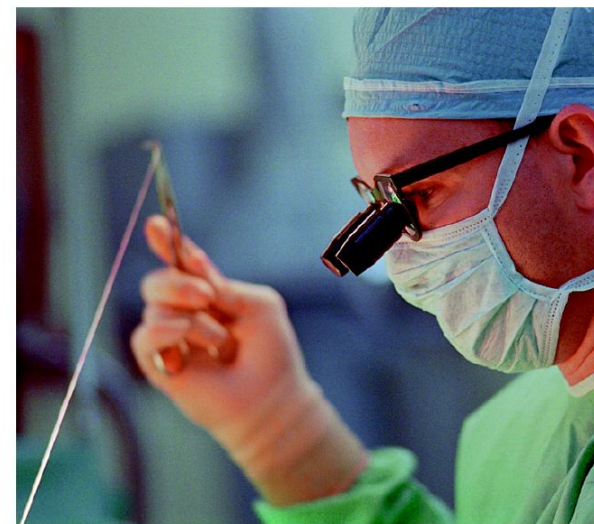
Ένας άλλος σημαντικός δομικός πολυσακχαρίτης είναι η **χιτίνη**, ο υδατάνθρακας που χρησιμοποιούν τα αρθρόποδα (έντομα, αράχνες, καρκινοειδή και άλλα συγγενικά ζώα) για την κατασκευή του εξωσκελετού τους



(α) Η δομή του μονομερούς χιτίνης.



(β) Η χιτίνη σχηματίζει τον εξωσκελετό των αρθροπόδων. Το τζιτζίκι της φωτογραφίας εκδύεται, δηλαδή βγαίνει από τον παλιό εξωσκελετό και παίρνει την ενήλικη μορφή του.



(γ) Η χιτίνη χρησιμοποιείται για την κατασκευή ισχυρών και εύκαμπτων χειρουργικών νημάτων που αποσυντίθενται μετά το κλείσιμο της πληγής ή της τομής.

▲ **Εικόνα 5.10** Χιτίνη, ένας δομικός πολυσακχαρίτης.

Χρήση Χιτίνης

Ομάδα έρευνας από το Πανεπιστήμιο της Ουάσιγκτον
χρησιμοποιεί τα κελύφη των οστρακόδερμων ώστε να
αναπτύξει ένα **φίλτρο νερού**

Η χιτίνη, μπορεί να εξαχθεί από τα περισσότερα
οστρακόδερμα

Η χιτίνη λειτουργεί ως **φίλτρο νερού**: Απορροφά τα
χρώματα, τα μέταλλα, τα παθογόνα, τους μολυντές και τους
μικροοργανισμούς από το νερό.

ΕΠΙΣΗΣ ΔΕΝ ΘΑ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΜΑΣ ΔΙΑΦΕΥΓΕΙ ΟΤΙ:

- ✓ Παράγωγα σακχάρων βρίσκονται συνδεδεμένα με πρωτεΐνες (γλυκοπρωτεΐνες και πρωτεογλυκάνες), συμβάλλουν στην πρωτεϊνική αναδιπλωση
- ✓ Τα νουκλεοτίδια και τα νουκλεϊνικά οξέα περιέχουν σάκχαρα (πεντόζες)
- ✓ Σάκχαρα υπάρχουν συνδεδεμένα με λιπίδια
- ✓ Σάκχαρα συμμετέχουν στην κυτταρική σηματοδότηση
- ✓ Σάκχαρα είναι πηγές κυτταρικής ενέργειας (γλυκόζη)

Λιπίδια

Δρ. Χριστίνα Μπαντή, Τμήμα Χημείας, ΠΙ

Τα λιπίδια είναι μια ετερογενής ομάδα υδρόφοβων μορίων

Τα λιπίδια περιλαμβάνουν μεγάλα βιολογικά μόρια που δεν είναι αληθινά πολυμερή, αλλά ούτε και τόσο μεγάλα ώστε να θεωρούνται μακρομόρια.

Το κοινό χαρακτηριστικό, αναμειγνύονται ελάχιστα (ή και καθόλου) με το νερό.

Είδη: Λίπη, φωσφολιπίδια, στεροειδή

Ρόλοι Λιπιδίων

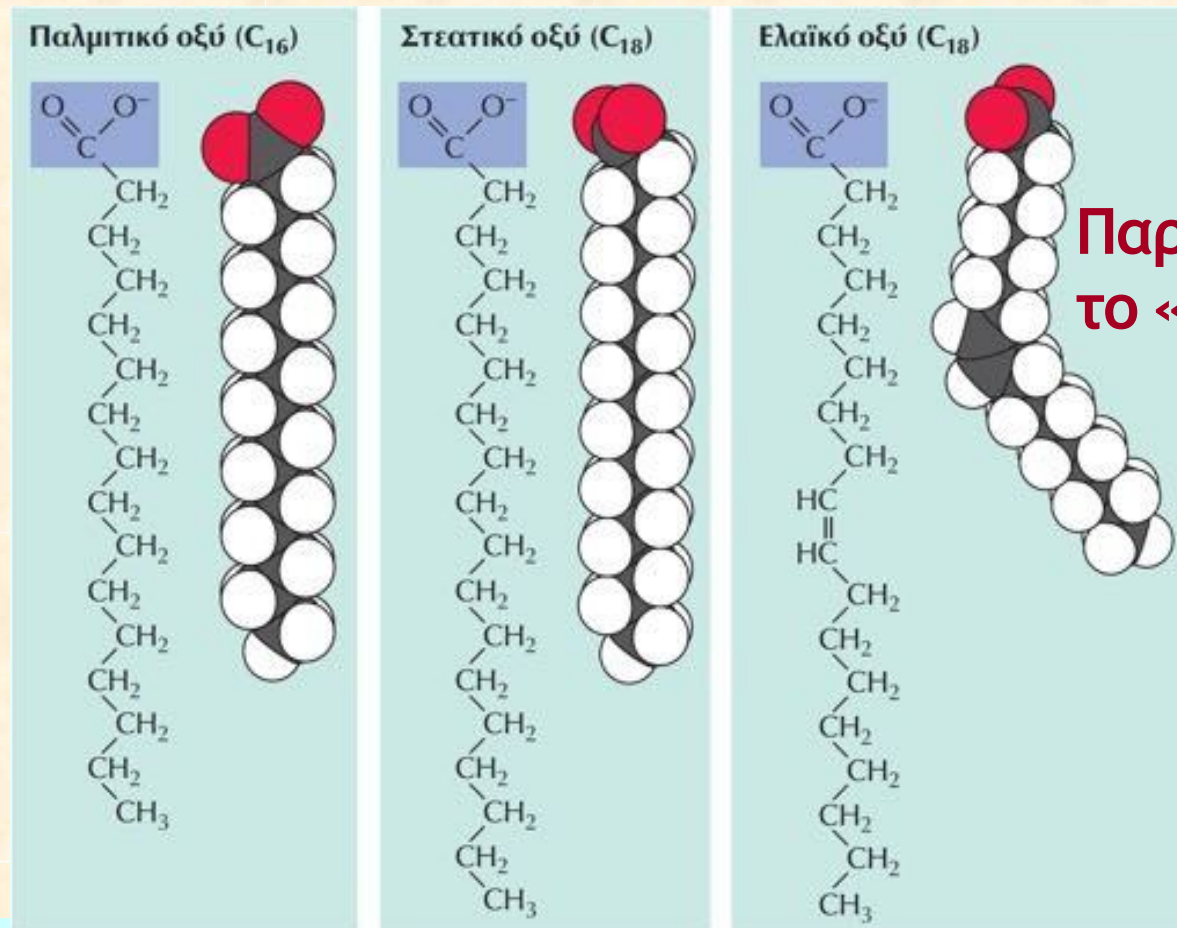
- ✓ Αποτελούν μορφή αποθήκευσης ενέργειας
- ✓ Αποτελούν συστατικά των κυτταρικών μεμβρανών
- ✓ Διαδραματίζουν ρόλο στην κυτταρική σηματοδότηση

Υδατάνθρακες vs Λίπη

Κόστος Αποθήκευσης της Ενέργειας

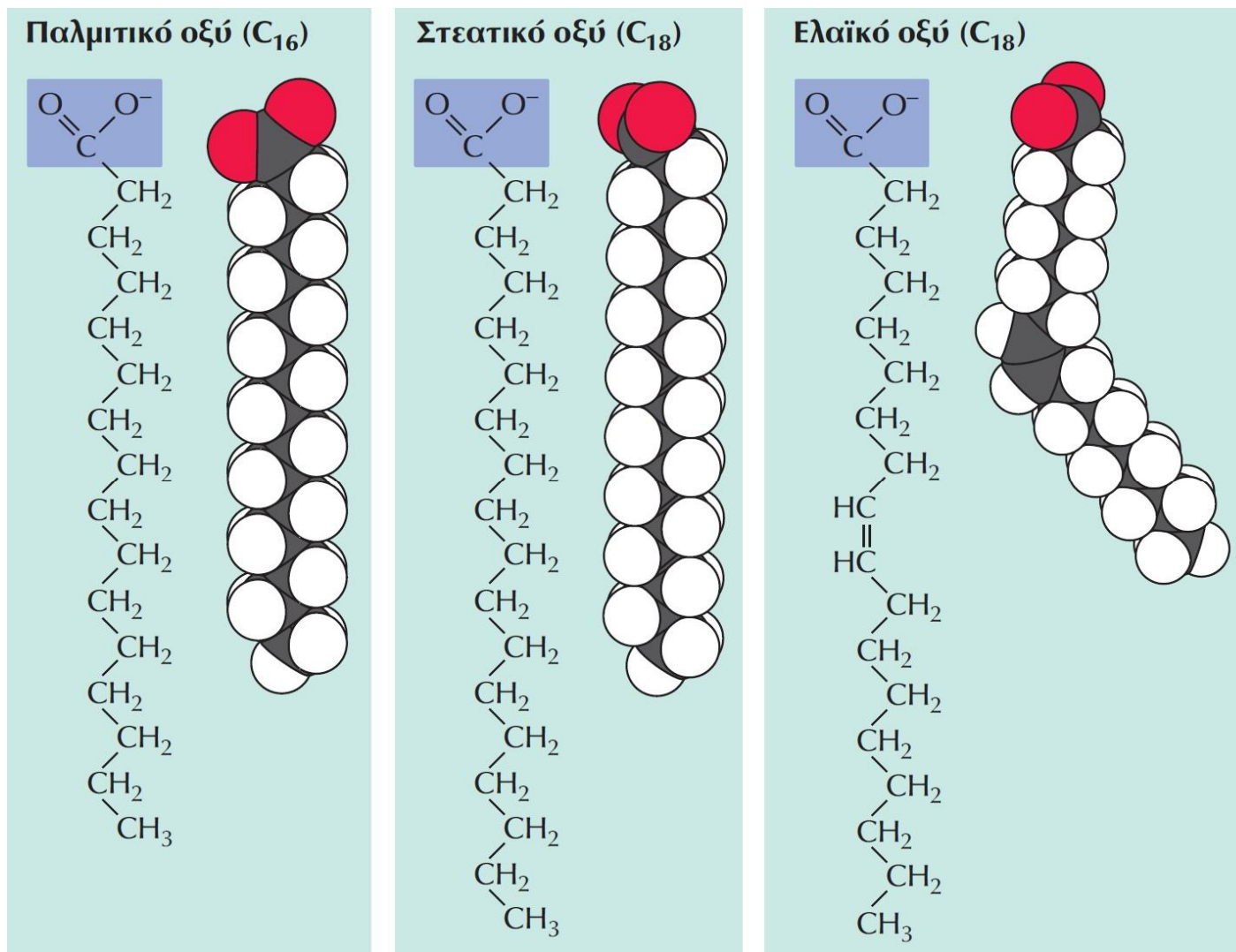
Λίπη επιτρέπουν την αποθήκευση ενέργειας σε βάρος σώματος που αντιστοιχεί σε **λιγότερη από το μισό εκείνης** που θα απαιτούσε η αποθήκευση του ίδιου ποσού ενέργεια στους υδατάνθρακες

Τα λιπαρά οξέα



Παρατηρήστε
το «στράβωμα»

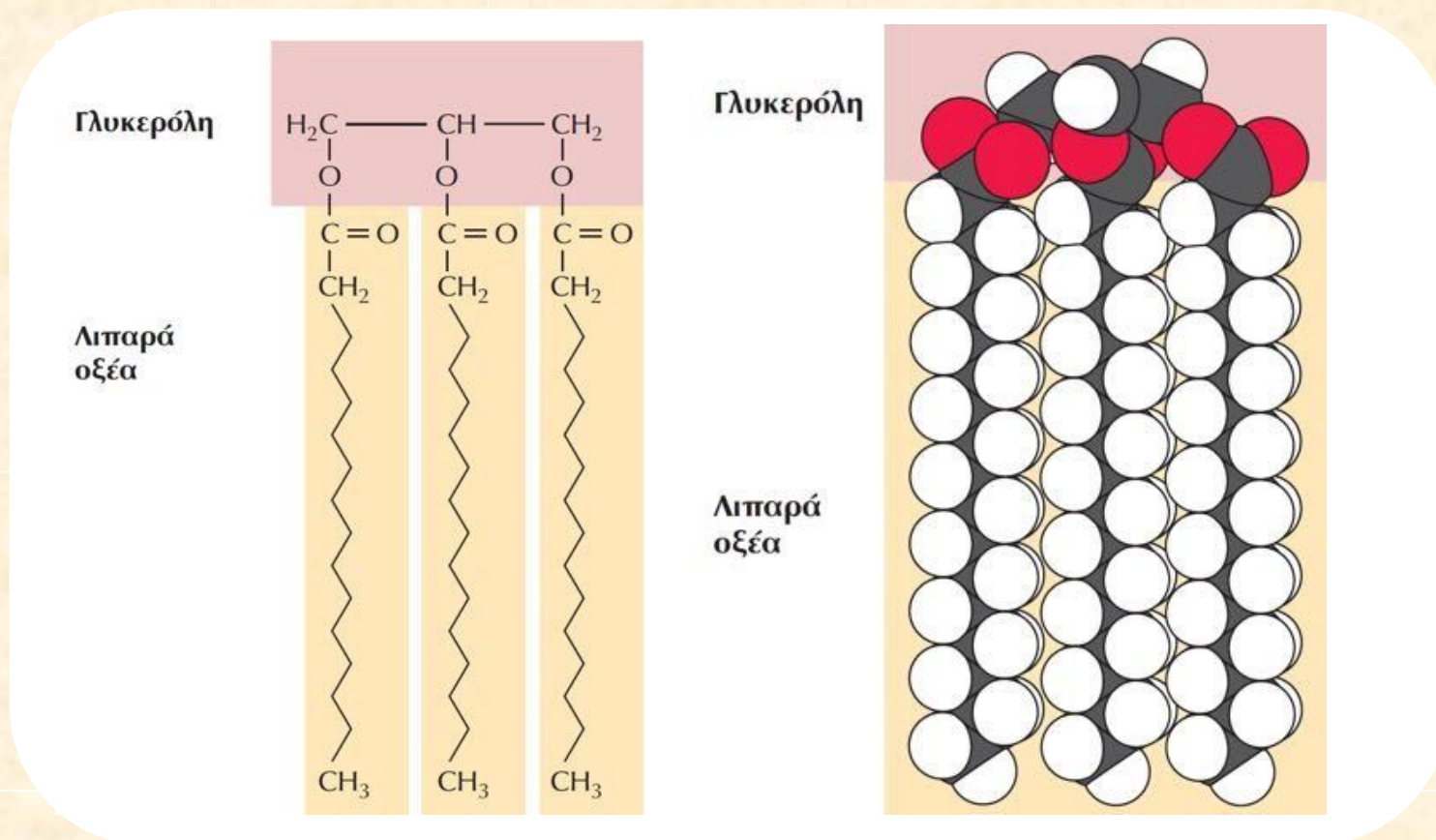
Τα λιπαρά οξέα αποτελούνται από μακριές υδρογονανθρακικές αλυσίδες με μια καρβοξυλο-ομάδα (COO⁻). Το παλμιτικό και το στεατικό είναι κορεσμένα λιπαρά οξέα με 16 και 18 άτομα άνθρακα, αντίστοιχα. Το ολεϊκό είναι ένα ακόρεστο λιπαρό οξύ 18 ατόμων άνθρακα που περιέχει ένα διπλό δεσμό ανάμεσα στους άνθρακες 9 και 10.



Επισημαίνεται ότι ο διπλός δεσμός προκαλεί κάμψη της υδρογονανθρακικής αλυσίδας.

$\text{HOCH}_2\text{-CHOH-CH}_2\text{OH} = \text{Γλυκερόλη}$

Μορφή Αποθήκευσης Λιπαρών Οξέων = Τριακυλογλυκερόλες



-Οι τριακυλογλυκερόλες (λίπη) περιέχουν τρία μόρια λιπαρών οξέων συνδεδεμένα σε ένα μόριο γλυκερόλης (γλυκερίνης).

-Οι τριακυλογλυκερόλες περιέχουν μίγμα διαφορετικών λιπαρών οξέων.

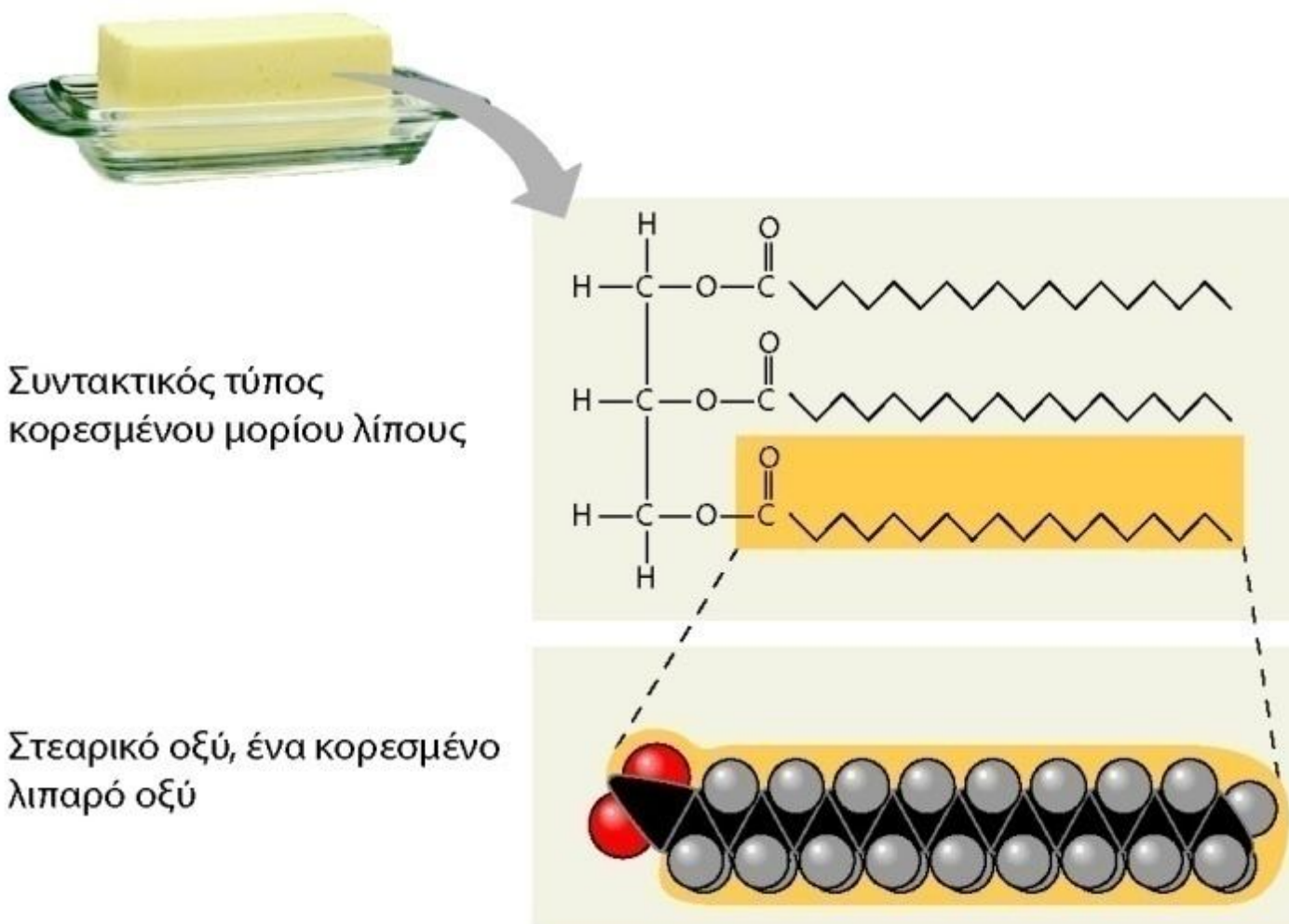
Λιπαρά οξέα

- ✓ ποικίλλουν ως προς το μήκος και
- ✓ ως προς τη θέση στην οποία μπορεί να φέρουν διπλούς δεσμούς.

Στη διατροφή, χρησιμοποιούνται οι όροι

- ✓ *κορεσμένα και*
- ✓ *ακόρεστα λιπαρά οξέα*

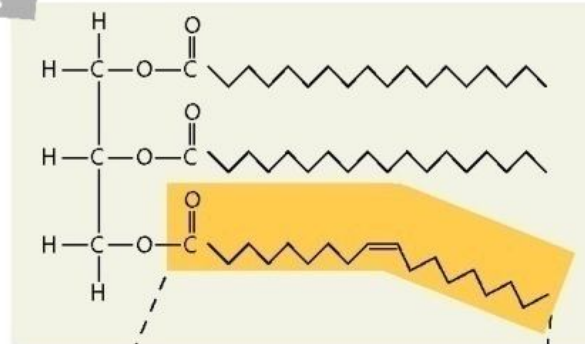
Ποια λιπαρά οξέα γνωρίζετε?



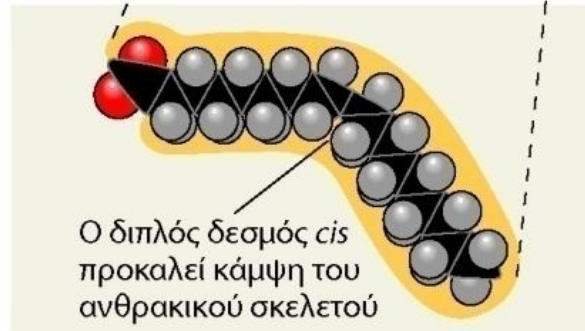
(α) Κορεσμένα λίπη. Σε θερμοκρασία δωματίου, τα μόρια των κορεσμένων λιπαρών οξέων (όπως το βούτυρο) συσσωρεύονται σε πολύ μικρή απόσταση μεταξύ τους, με αποτέλεσμα να στερεοποιούνται.



Συντακτικός τύπος
ακόρεστου μορίου λίπους



Ελαϊκό οξύ, ένα ακόρεστο
λιπαρό οξύ



(β) Ακόρεστο λίπος. Σε θερμοκρασία δωματίου, τα μόρια των ακόρεστων λιπαρών οξέων (όπως το ελαιόλαδο) δεν μπορούν να συσσωρευτούν πολύ κοντά μεταξύ τους, οπότε παραμένουν σε υγρή μορφή.

▲ Εικόνα 5.12 Ακόρεστα και κορεσμένα λιπαρά οξέα και λιπίδια.

Σύμφωνα με τη διεθνή χημική σύμβαση, στον δομικό τύπο των λιπών παραλείπονται οι άνθρακες και τα συνδεδεμένα σε αυτούς υδρογόνα των υδρογονανθρακικών περιοχών. Στα χρωροπληρωτικά μοντέλα των λιπαρών οξέων, με μαύρο παριστάνονται τα άτομα του άνθρακα, με γκρίζο τα άτομα του υδρογόνου και με κόκκινο τα άτομα του οξυγόνου.

Δρ. Χριστίνα Μπαντή, Τμήμα Χημείας, ΠΙ

Τα κορεσμένα ζωικά λίπη

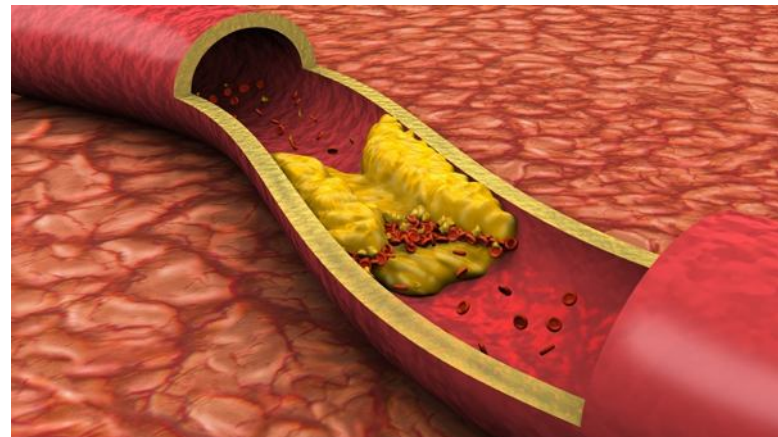
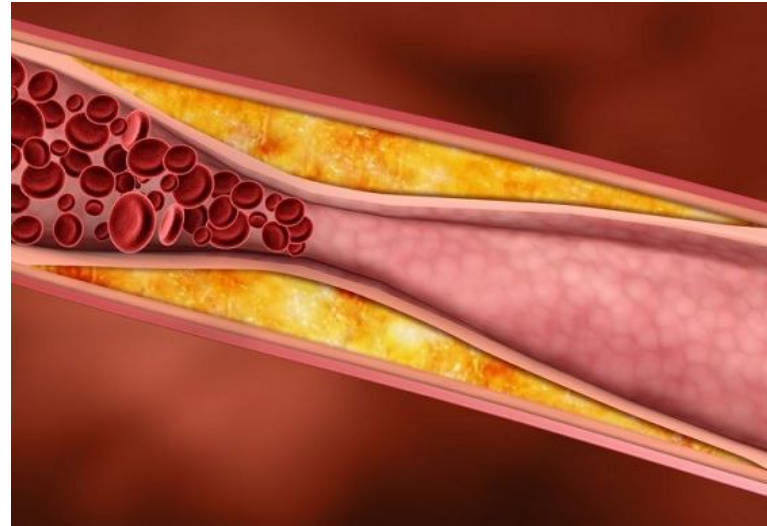
Τα περισσότερα λίπη ζωικής προελεύσεως είναι **κορεσμένα**= δεν έχουν διπλούς δεσμούς, είναι στερεά σε θερμοκρασία δωματίου πχ το λαρδί και το βούτυρο

Τροφές πλούσιες σε κορεσμένα λίπη θεωρούνται ένας από τους παράγοντες εμφάνισης της αθηροσκλήρωσης

Αθηροσκλήρωση

νόσος του καρδιαγγειακού
συστήματος

αναπτύσσονται αθηρωματικές
πλάκες, δηλαδή **εναποθέσεις λιπών**
στο τοίχωμα των αγγείων, οι οποίες
σχηματίζουν μικρά εξογκώματα στον
αυλό του αγγείου που εμποδίζουν
την ομαλή ροή του αίματος και
μειώνουν την ελαστικότητά του



Ακόρεστα λίπη

Τα λίπη των φυτών και των ψαριών είναι κατά κανόνα ακόρεστα

Σε συνήθεις θερμοκρασίες δωματίου τα λίπη των φυτών και των ψαριών είναι υγρά, ονομάζονται έλαια (π.χ. ελαιόλαδο, μουρουνέλαιο).

«υδρογονωμένα φυτικά έλαια»

Σε ετικέτες μαργαρίνης, φυστικοβούτυρου και συναφών τροφίμων σημαίνει ότι τα ακόρεστα λίπη έχουν μετατραπεί σε κορεσμένα με την τεχνητή προσθήκη υδρογόνου.

Ο λόγος που γίνεται αυτό είναι για να διατηρούνται τα συγκεκριμένα προϊόντα σε στερεή μορφή.

Trans λιπαρά οξέα

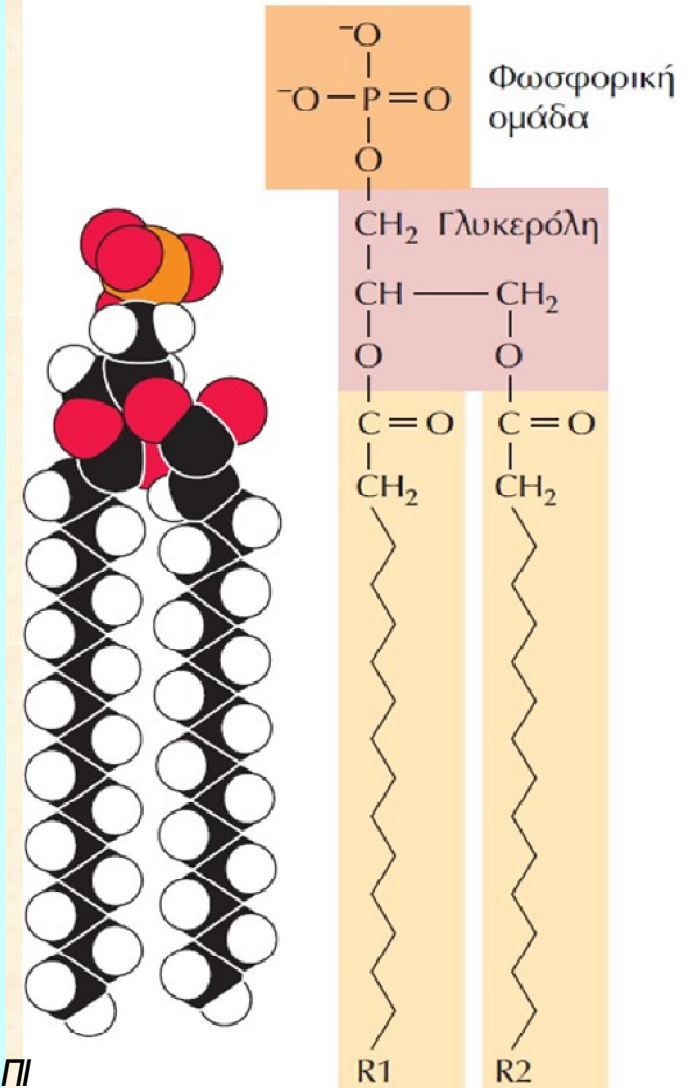
η διαδικασία υδρογόνωσης των φυτικών ελαίων δεν παράγει μόνο κορεσμένα λίπη αλλά και ακόρεστα λιπαρά με διπλούς δεσμούς *trans*.

Τα λιπίδια *trans* ενδέχεται να συμβάλλουν περισσότερο από τα κορεσμένα λίπη στην εμφάνιση της αθηροσκλήρωσης

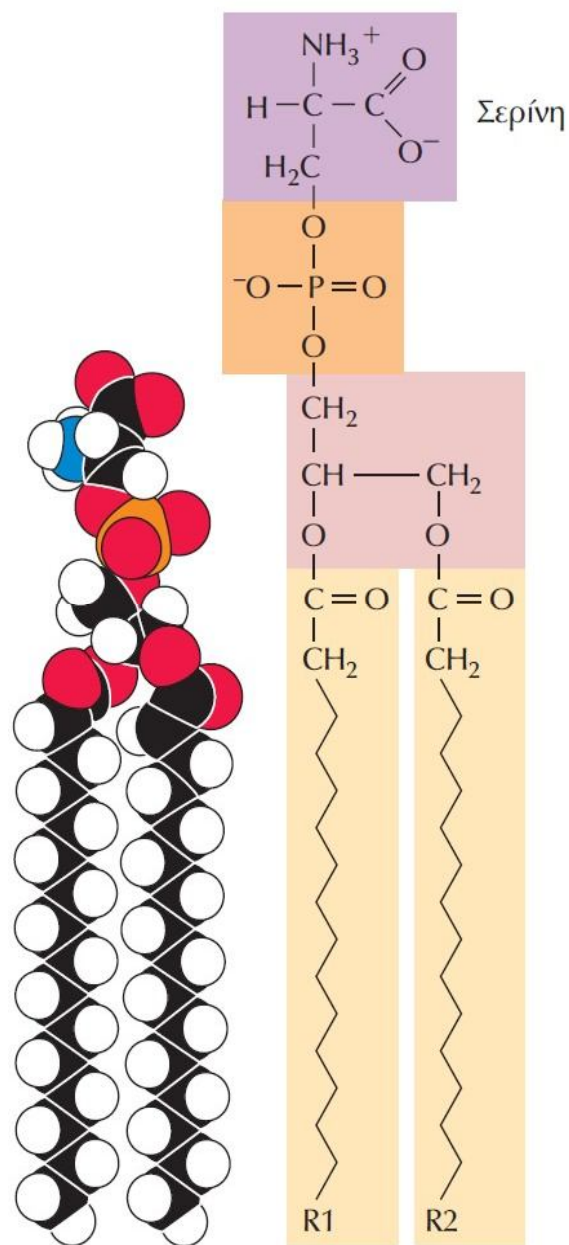
Φωσφολιπίδια

- Τα φωσφολιπίδια γλυκερόλης περιέχουν δύο λιπαρά οξέα συνδεδεμένα με ένα μόριο γλυκερόλης.
- Τα δύο αυτά λιπαρά οξέα χαρακτηρίζονται σαν R1 και R2
- Ο τρίτος άνθρακας της γλυκερόλης συνδέεται με μία φωσφορική ομάδα, η οποία με τη σειρά της μπορεί να ενωθεί με κάποιο άλλο μικρό πολικό μόριο
- Στη **σφιγγομυελίνη**, δύο υδρογονανθρακικές αλυσίδες συνδέονται με ένα πολικό μόριο-κεφαλή, το οποίο όμως αποτελείται από σερίνη αντί για γλυκερόλη.

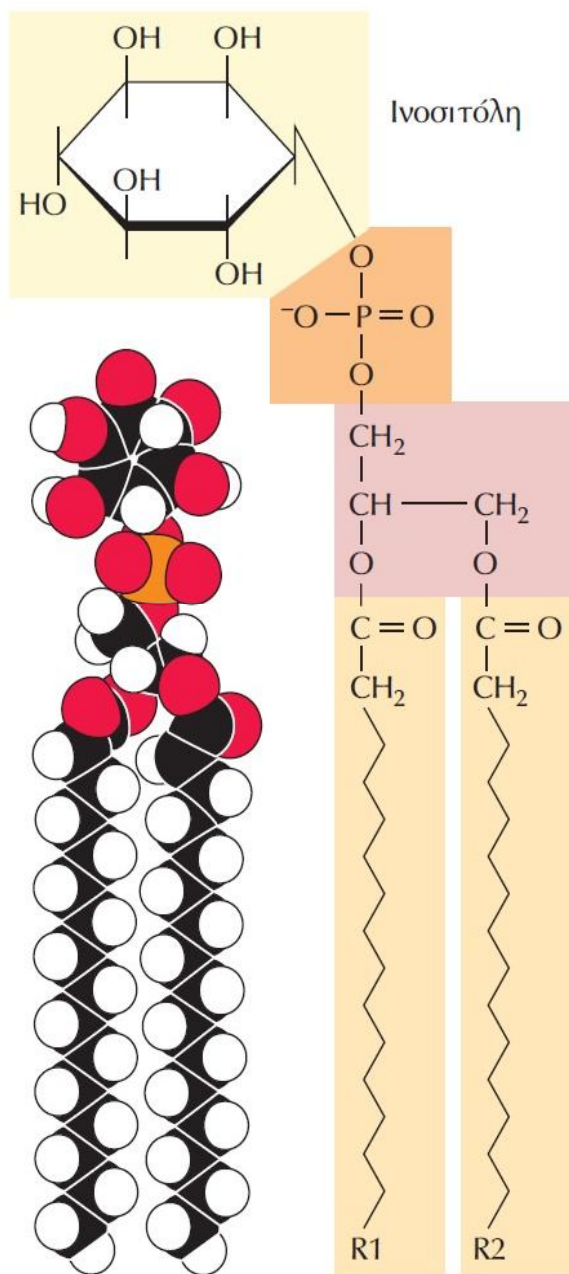
Φωσφατιδικό οξύ



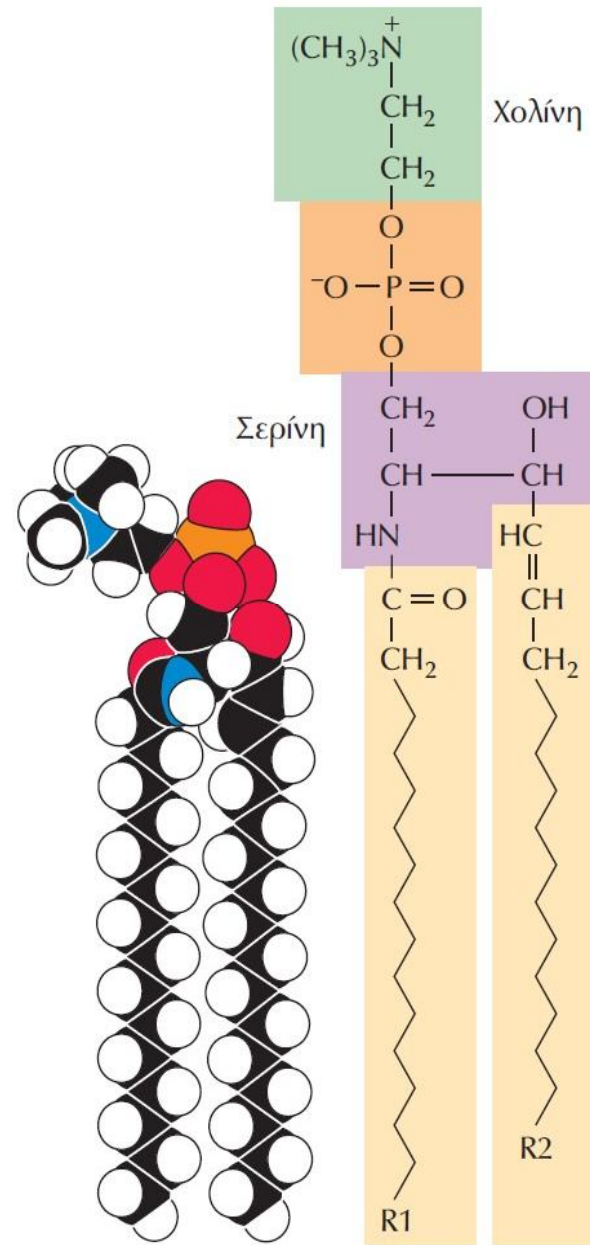
Φωσφατιδυλοσερίνη



Φωσφατιδυλοϊνοσιτόλη

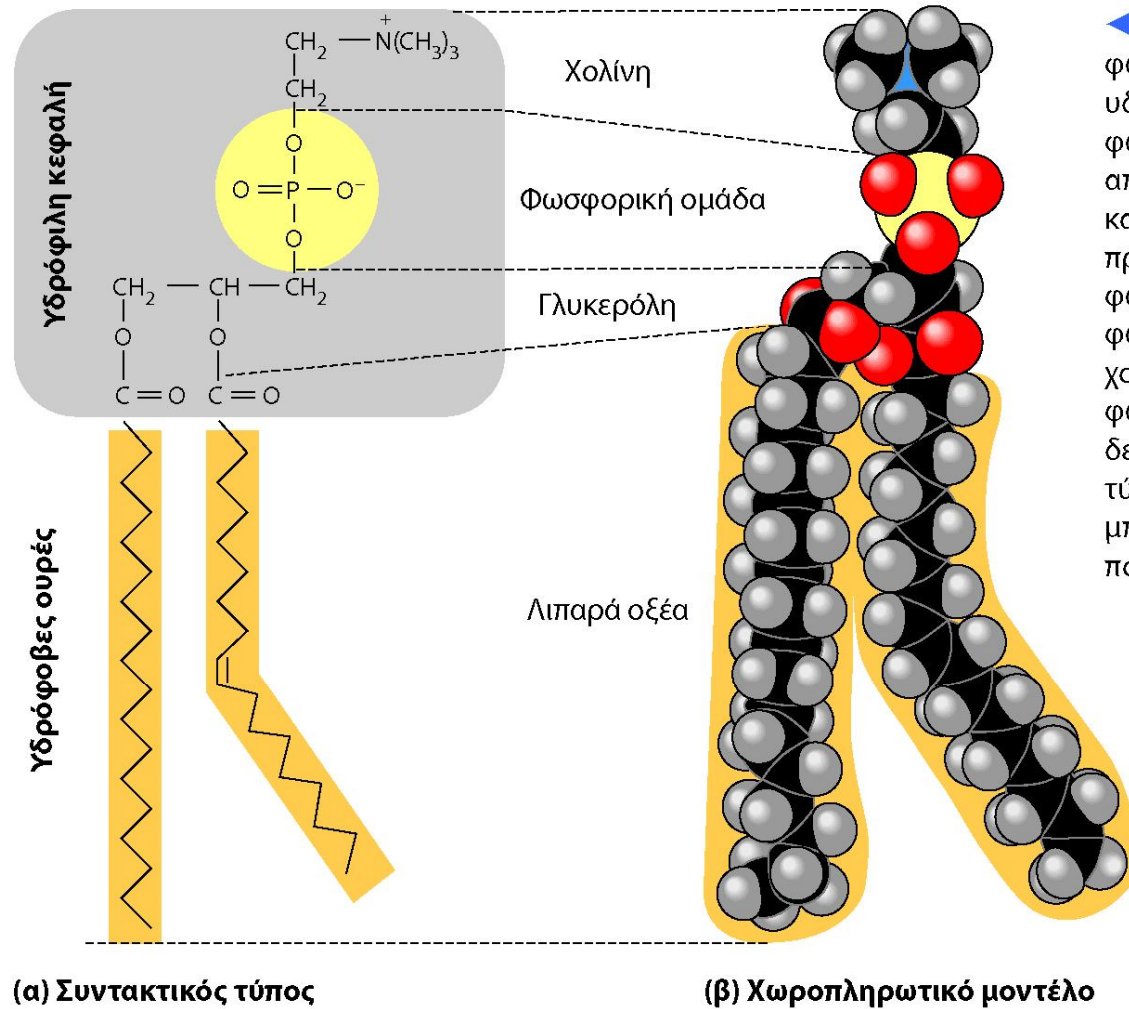


Σφιγγομυελίνη

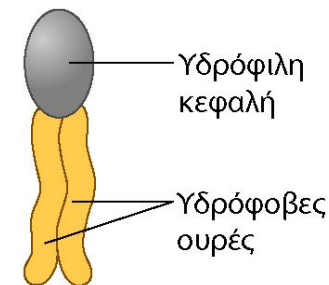


Δρ. Χριστίνα Μπαντή, Τμήμα Χημείας, ΠΙ

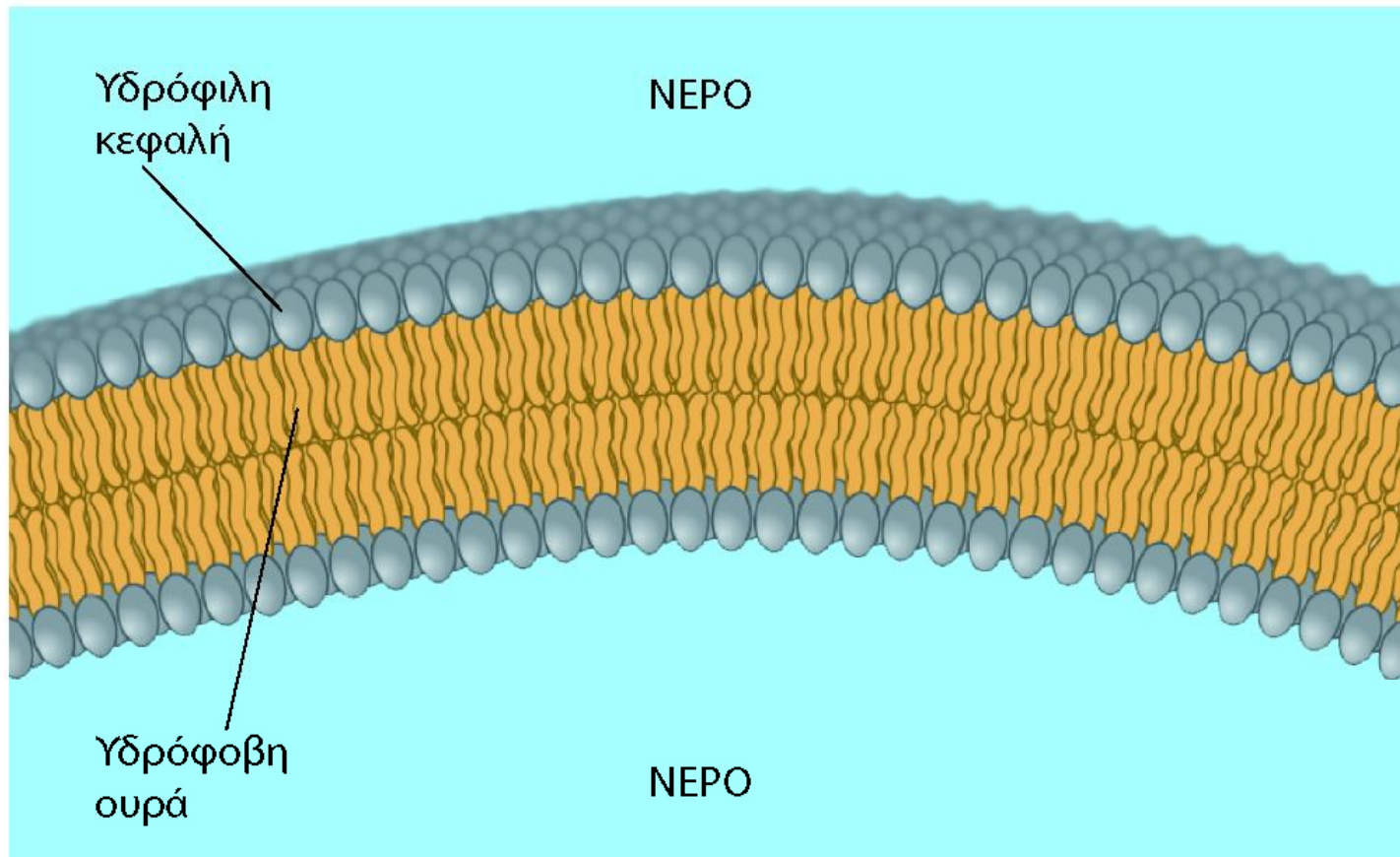
Δομή Φωσφολιπιδίων



◀ **Εικόνα 5.13 Δομή του φωσφολιπιδίου.** Τα φωσφολιπίδια έχουν μια υδρόφιλη (πολική) κεφαλή και δύο υδρόφοβες (μη πολικές) ουρές. Η μεγάλη ποικιλία φωσφολιπιδίων που υπάρχει στους οργανισμούς προκύπτει από τους ποικίλους συνδυασμούς λιπαρών οξέων στις ουρές και από τις διάφορες ομάδες που μπορούν να προσκολληθούν στη φωσφορική ομάδα της κεφαλής. Το φωσφολιπίδιο που βλέπουμε ονομάζεται φωσφατιδυλοχολίνη και φέρει στην κεφαλή μια ομάδα χολίνης. Η κάμψη σε μία από τις ουρές της φωσφατιδυλοχολίνης οφείλεται στην παρουσία ενός διπλού δεσμού *cis*. Στην εικόνα παρουσιάζονται (α) ο συντακτικός τύπος, (β) το χωροπληρωτικό μοντέλο (κίτρινο = φώσφορος, μπλε = άζωτο) και (γ) το γενικό σύμβολο των φωσφολιπιδίων που χρησιμοποιούμε σε αυτό το βιβλίο.



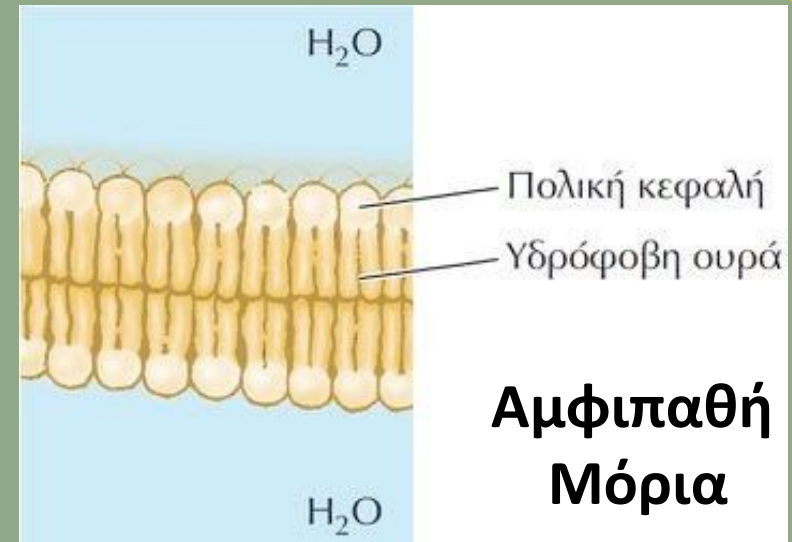
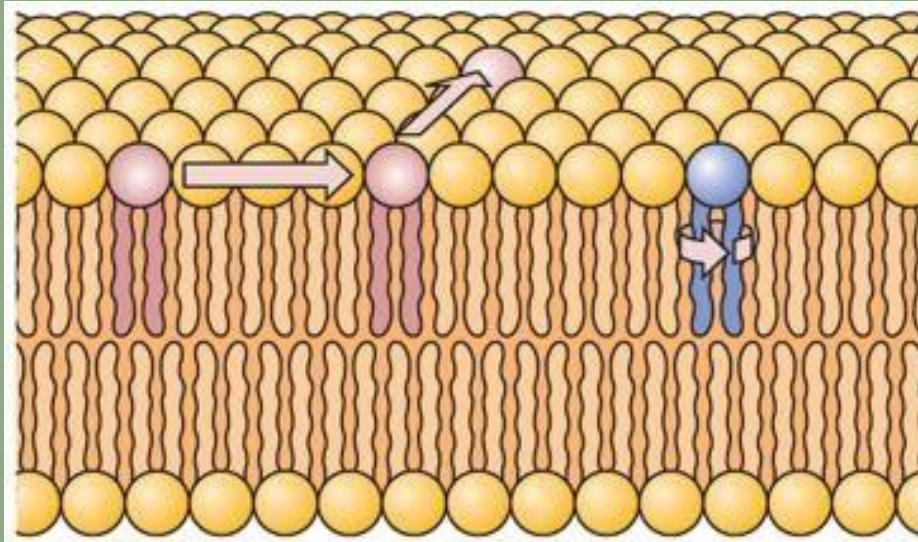
(γ) Σύμβολο φωσφολιπιδίου



▲ **Εικόνα 5.14** Η διπλοστιβάδα που σχηματίζουν αυθόρμητα τα φωσφολιπίδια όταν βρεθούν σε υδατικό διάλυμα. Η διπλοστιβάδα των φωσφολιπιδίων είναι ο τρόπος με τον οποίο δομούνται όλες οι βιολογικές μεμβράνες. Παρατηρήστε ότι, λόγω της διάταξης των φωσφολιπιδίων στη διπλοστιβάδα, οι υδρόφιλες κεφαλές έρχονται σε επαφή με το νερό, ενώ οι υδρόφοβες ουρές βρίσκονται σε επαφή μεταξύ τους και μακριά από το νερό.

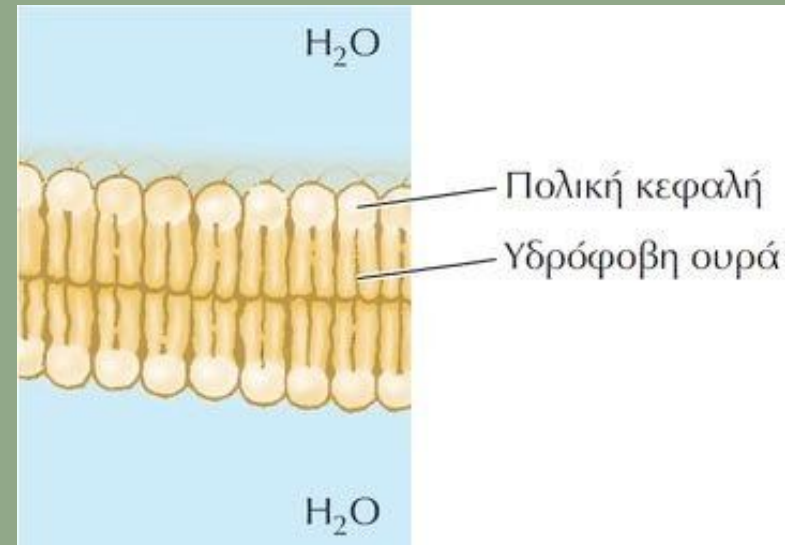
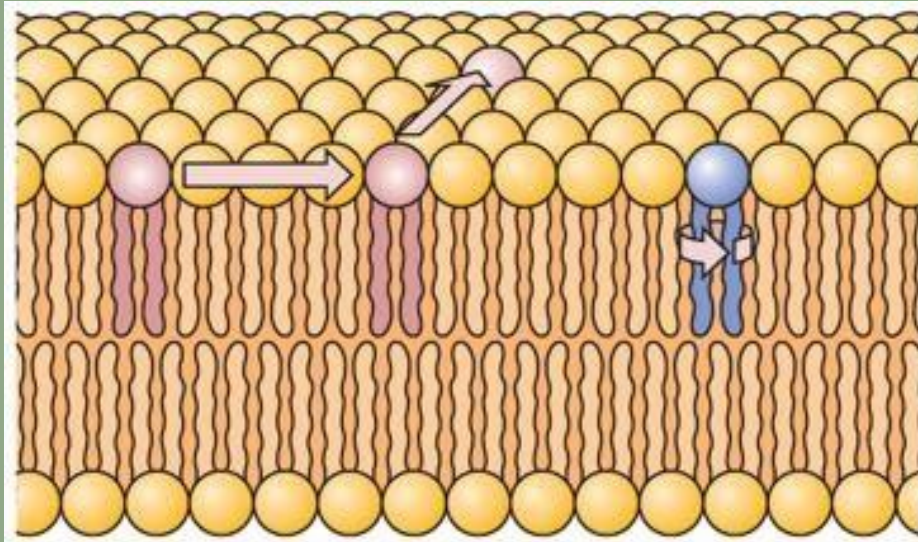
Δρ. Χριστίνα Μπαντή, Τμήμα Χημείας, ΠΙ

Οι κυτταρικές μεμβράνες αποτελούνται απο φωσφολιπίδια

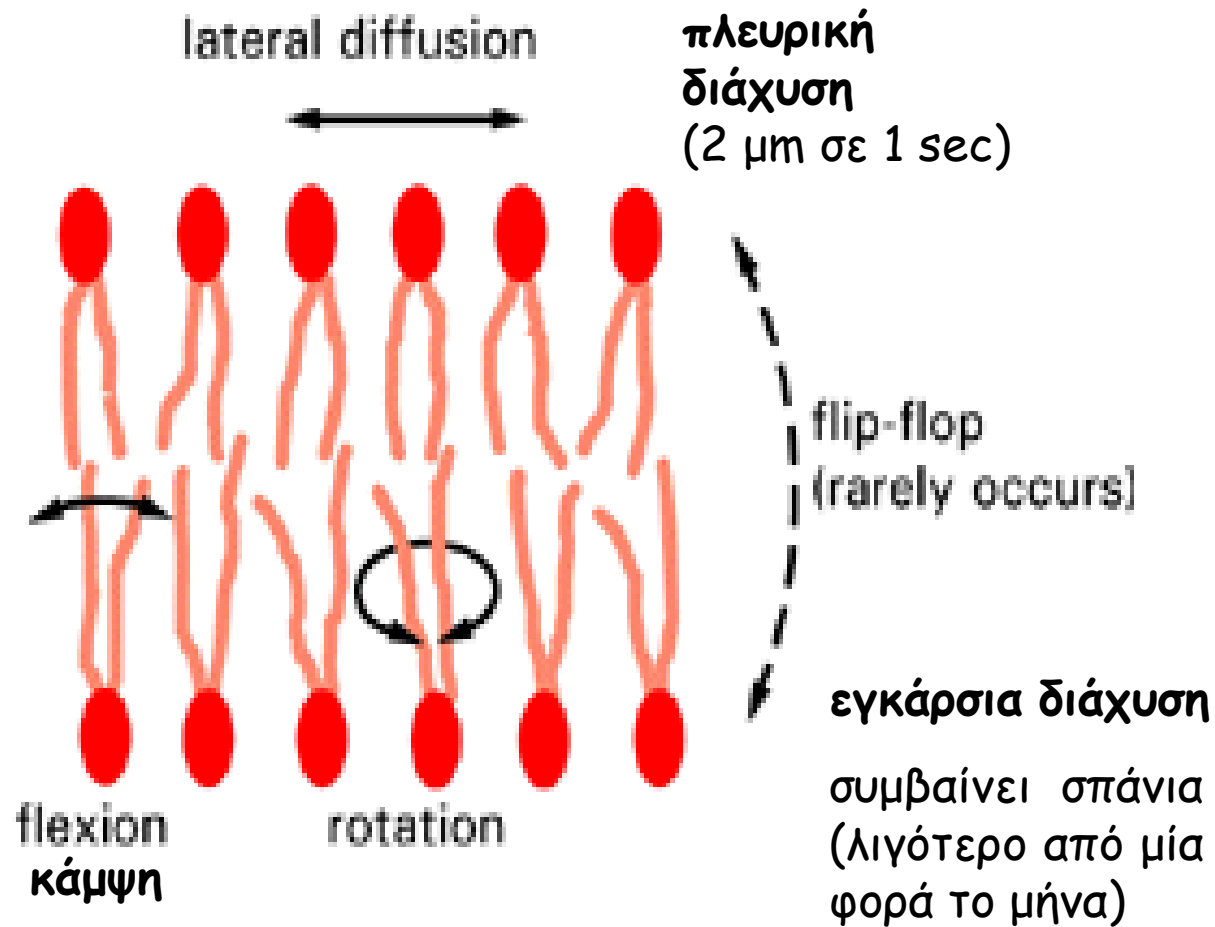


- Η διπλοστιβάδα των φωσφολιπιδίων σχηματίζεται αυτόματα από τα φωσφολιπίδια, όταν αυτά έρχονται σε επαφή με υδατικά διαλύματα.
- Κάτω από αυτές τις συνθήκες οι πολικές κεφαλές των φωσφολιπιδίων προσανατολίζονται προς την υδατική φάση, ενώ οι υδρόφοβες ουρές «θάβονται» στο εσωτερικό της μεμβράνης.

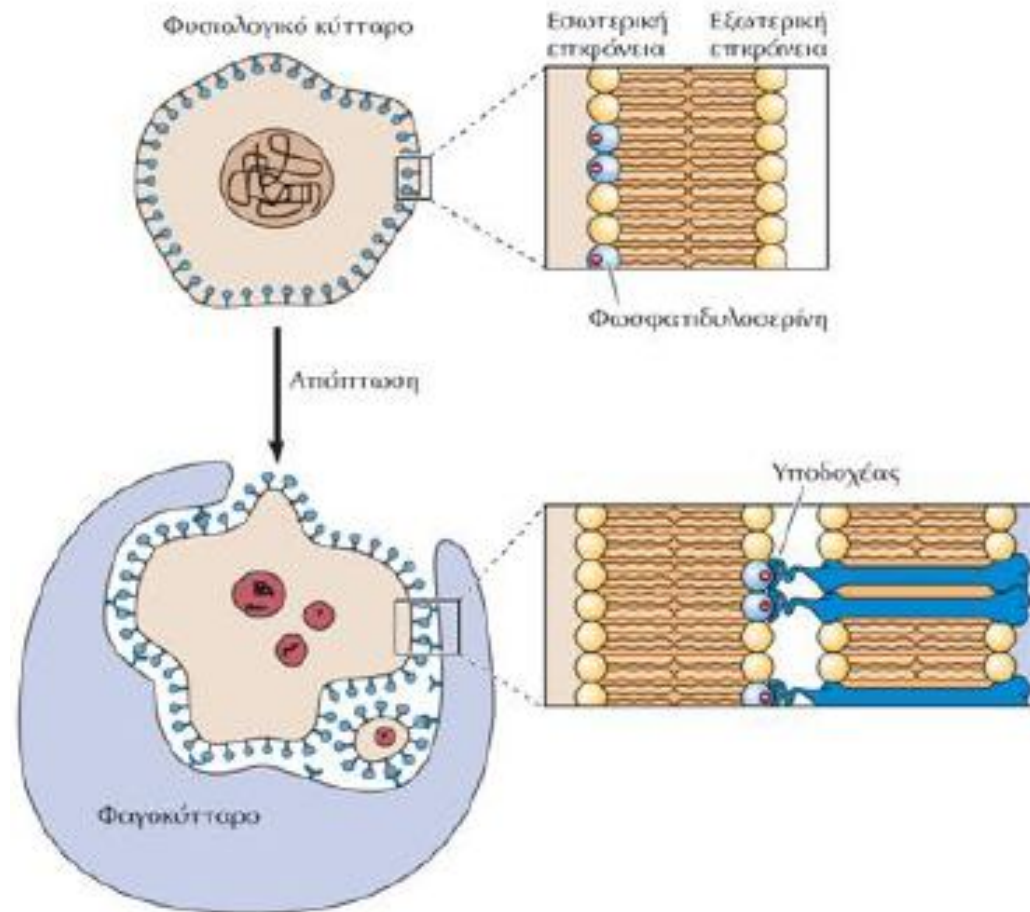
Οι κυτταρικές μεμβράνες αποτελούνται από φωσφολιπιδικές διπλοστιβάδες



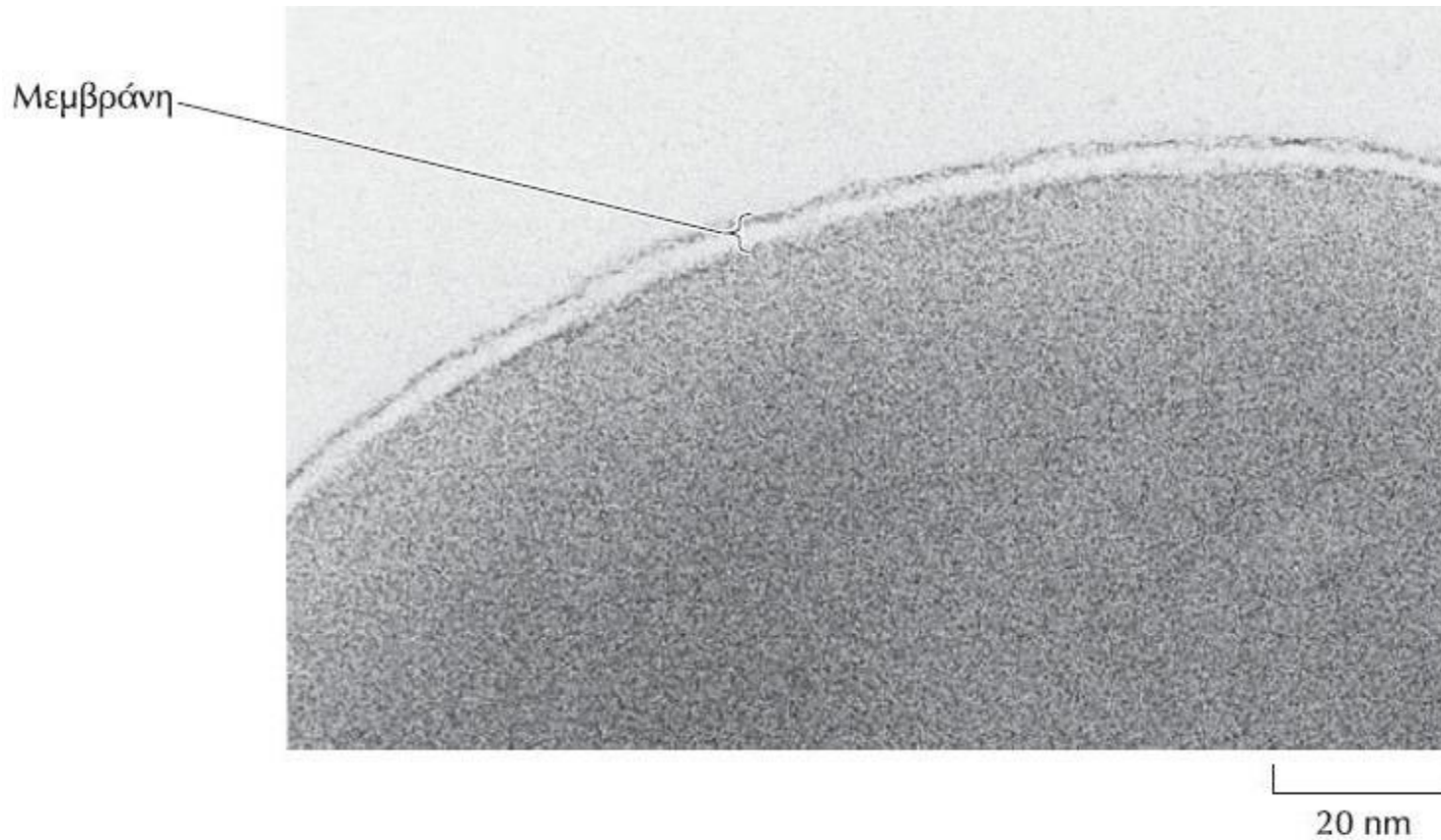
- Κινητικότητα των φωσφολιπιδίων σε μια μεμβράνη.
- Τα φωσφολιπίδια της μεμβράνης μπορούν να κινηθούν προς όλες της κατευθύνσεις μέσα στη μεμβράνη, όπως επίσης και να περιστραφούν γύρω από τον εαυτό τους.



Η φωσφατιδυλοσερίνης μεμβράνης των αποπτωτικών κυττάρων αναγνωρίζεται από τα φαγοκύτταρα τα οποία και εγκολπώνουν και τελικώς πέπτουν τα αποπτωτικά κύτταρα.

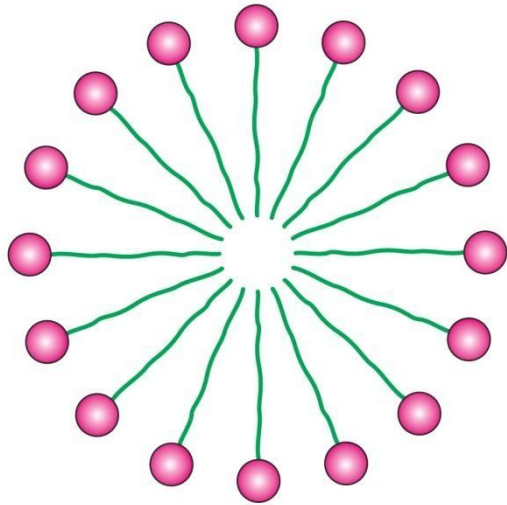


Η κυτταρική μεμβράνη όπως φαίνεται στο Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο

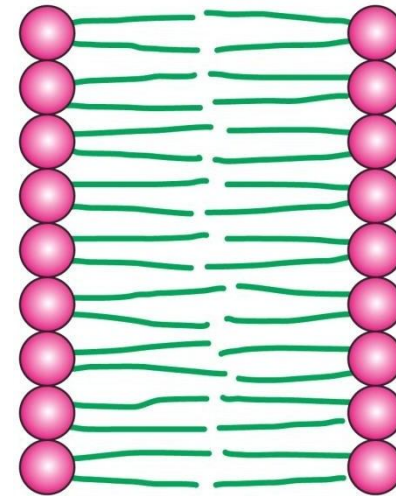


Οι δύο γραμμές αντιστοιχούν στις σειρές πολικών κεφαλών των φωσφολιπιδίων

Μικκύλια vs Φωσφολιπιδική στοιβάδα



Η δομή μικκυλίου (micelle) δεν ευνοείται **θερμοδυναμικά** για τα φωσφολιπίδια (ή τα γλυκολιπίδια) λόγω του **όγκου των υδρόφοβων ουρών** των φωσφολιπιδίων

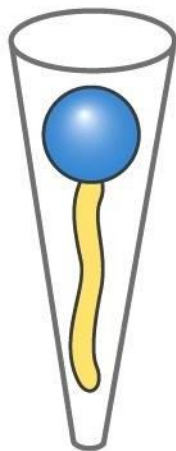


Δομή διμοριακού φύλλου

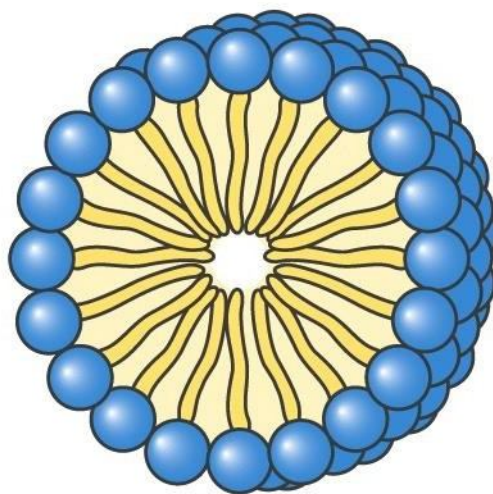
Θερμοδυναμικά ευνοείται ο σχηματισμός διπλοστοιβάδας (διμοριακού λεπτού φύλλου) (phospholipid bilayer)

Μικύλλιο: Δομή περιορισμένη (διάμετρος έως 20 nm)

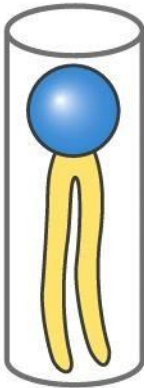
Διμοριακό λεπτό φύλλο: Δομή εκτεταμένη (μήκος έως 1 nm)



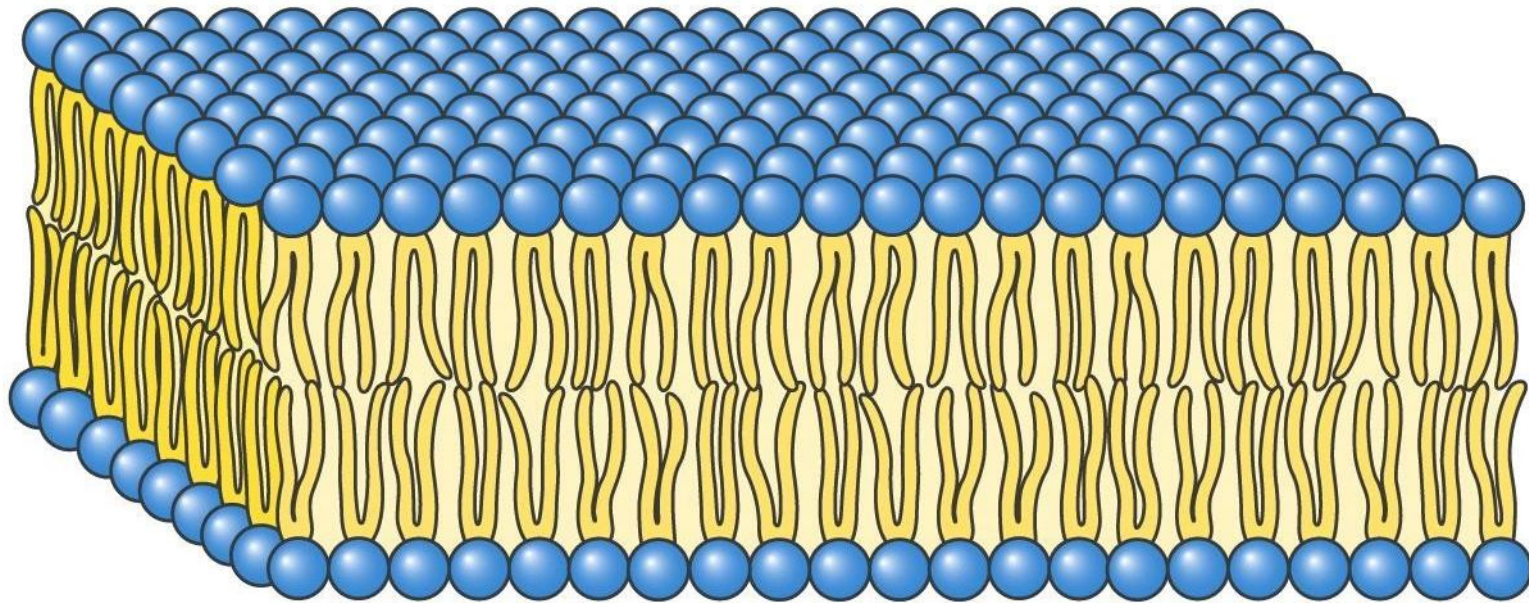
Η κάθε μονάδα έχει κωνικό σχήμα (η κεφαλή είναι μεγαλύτερη από την πλευρική αλυσίδα)



Μικκύλιο



Η κάθε μονάδα έχει κυλινδρικό σχήμα (η κεφαλή είναι ίδια περίπου σε όγκο με την πλευρική αλυσίδα)



διπλοστιβάδα

Bilayer
(b)

Μικκύλια vs Φωσφολιπιδική στοιβάδα

- ❑ Ο σχηματισμός διπλοστοιβάδων λιπιδίων είναι μία γρήγορη και αυθόρμητη διεργασία
- ❑ Η κινητήρια δύναμη είναι οι **υδροφοβικές αλληλεπιδράσεις**
- ❑ Μεταξύ των υδρογοναθρακικών αλυσίδων ασκούνται ελκτικές **δυνάμεις van der Waals**
- ❑ **Ηλεκτροστατικές δυνάμεις και δεσμοί υδρογόνου** μεταξύ των πολικών κεφαλών και των μορίων ύδατος από το περιβάλλον
- ❑ Επειδή οι διπλοστοιβάδες λιπιδίων διατηρούν τη συνοχή τους μέσω μη ομοιοπολικών αλληλεπιδράσεων (κυρίως **υδροφοβικές**) είναι **συνεργειακές δομές.**

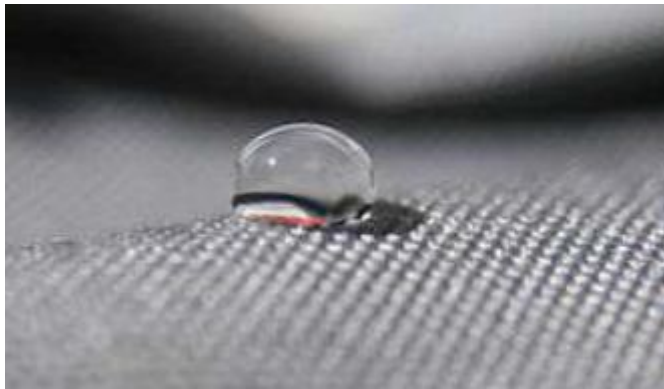
Οι υδροφοβικές αλληλεπιδράσεις έχουν βιολογικές συνέπειες

1. Οι διπλοστοιβάδες λιπιδίων έχουν την εγγενή τάση να είναι εκτεταμένες
2. Οι διπλοστοιβάδες λιπιδίων έχουν την τάση να ενώσουν τα άκρα τους ώστε να μην υπάρχουν εκτεθειμένες υδρογονανθρακικές αλυσίδες, πράγμα που σημαίνει ότι θα δημιουργείται με το κλείσιμο τους διαμέρισμα
3. Οι διπλοστοιβάδες λιπιδίων κλείνουν από μόνες τους, διότι κάθε οπή στη διπλοστοιβάδα δεν ευνοείται ενεργειακά

Σχήμα Μικκυλίων

Όταν μια μικρή ποσότητα νερού πέσει επάνω σε μια υδρόφοβη επιφάνεια η ποσότητα του νερού αποκτά σφαιρικό σχήμα

Όταν όμως πέσει επάνω σε μια πιο πολική επιφάνεια (π.χ. γυαλί), τότε η επιφάνεια επαφής μεταξύ των δυο σωμάτων γίνεται μεγαλύτερη με αποτέλεσμα η σταγόνα να «απλώνει» και να χάνει το σφαιρικό της σχήμα.



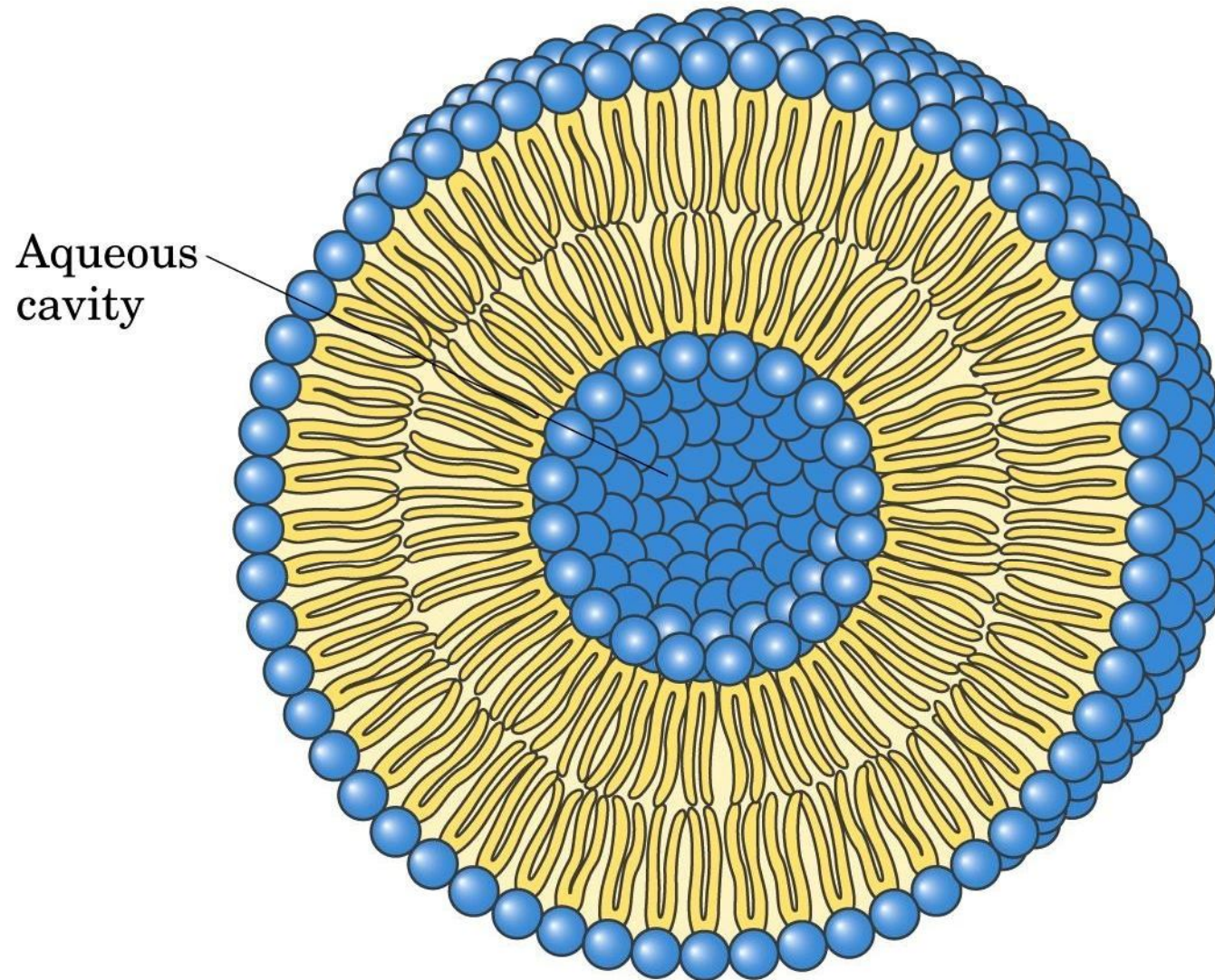
μια ποσότητα νερού αποκτά το σφαιρικό σχήμα της σταγόνας όταν πέσει επάνω σε υδρόφοβη επιφάνεια, όπως αυτό το ύφασμα που έχει υποστεί υδρόφοβη επεξεργασία.

Μικκυλιακό Νερό



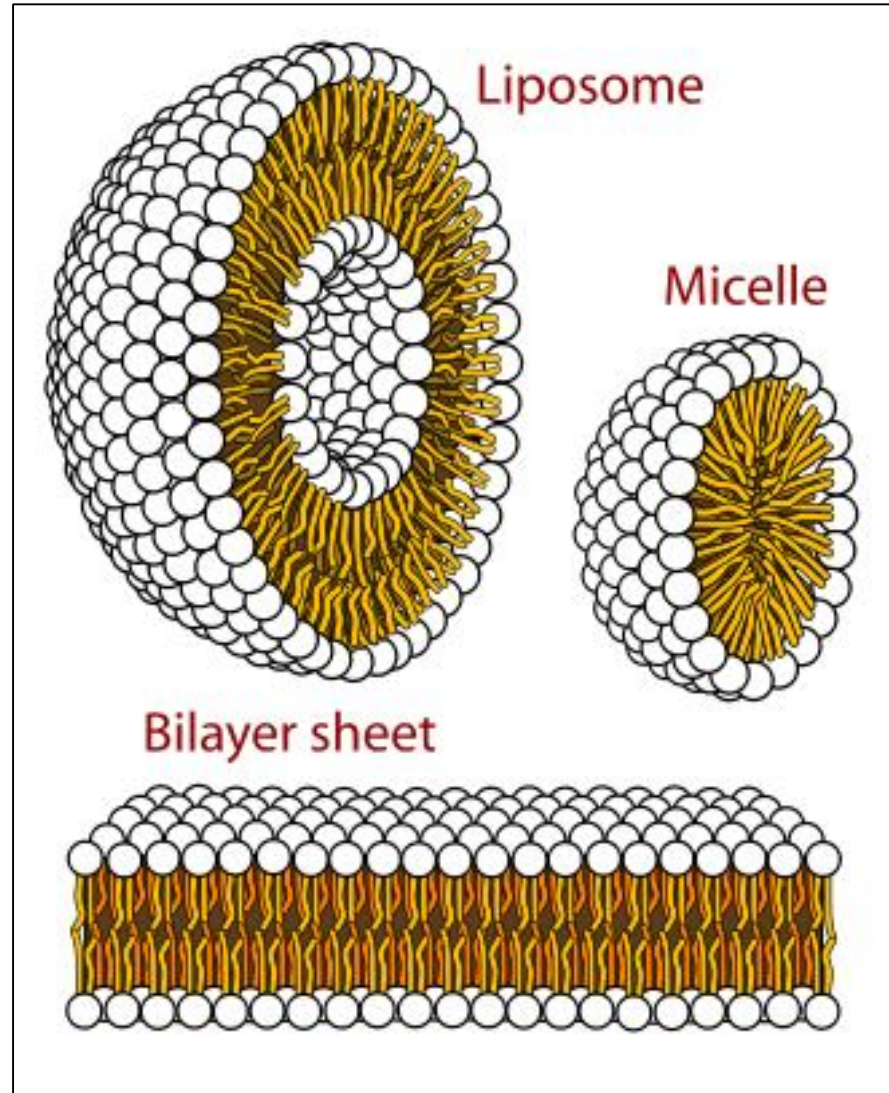
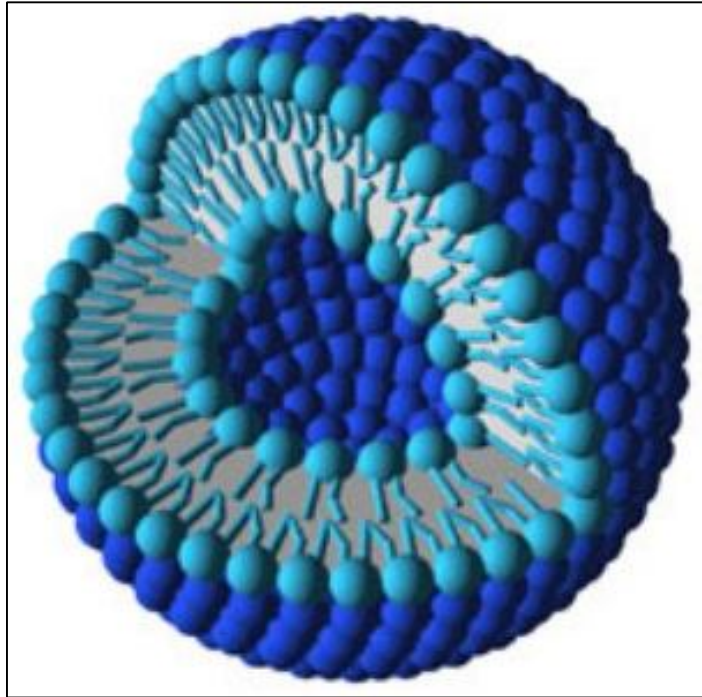
Δρ. Χριστίνα Μπαντή, Τμήμα Χημείας, ΠΙ

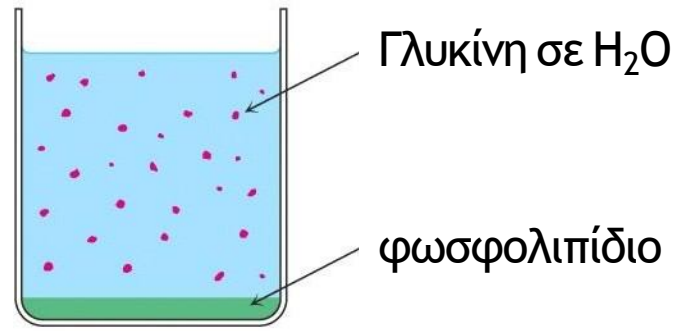
Λιπώματα



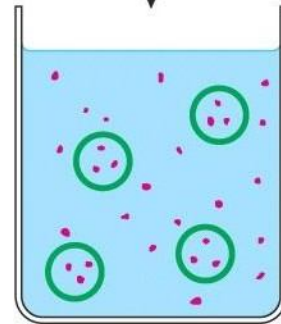
Λιπόσωμα

Λιπώματα



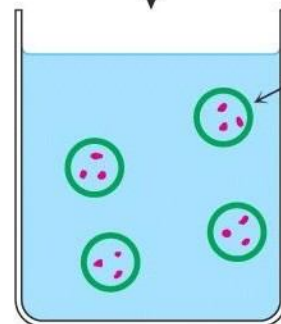


Έκθεση σε υπερήχους



Παρασκευή
λιποσωμάτων

Διήθηση σε πηκτή



Η γλυκίνη
παγιδεύεται σε
λιπιδικά κυστίδια

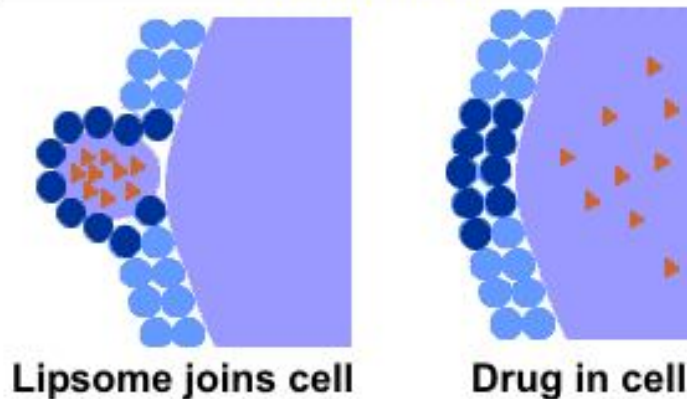
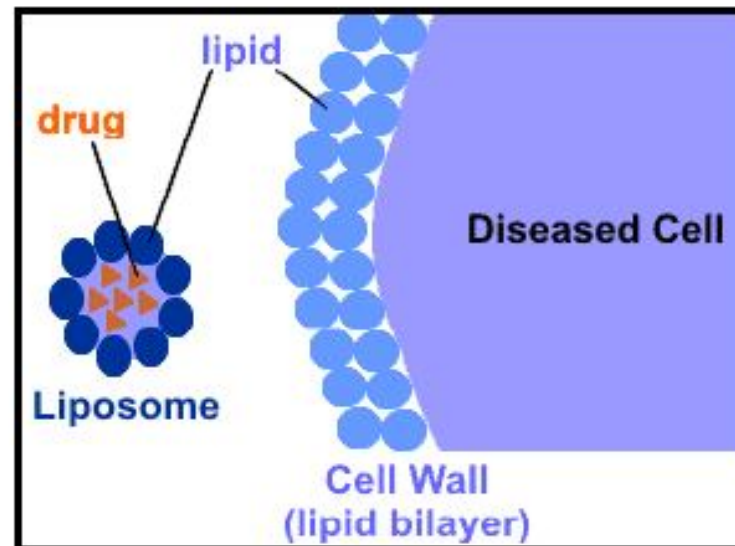
Άλλες χρήσεις?

Άλλες χρήσεις?

Τα λιποσώματα χρησιμοποιούνται ως
φορείς φαρμακων ή DNA

.

Ερευνητικές και Κλινικές εφαρμογές:
Τα λιποσώματα χρησιμοποιούνται ως
φορείς φαρμακων ή DNA.



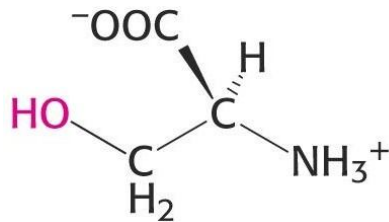
Λιπίδιο	Κυτταροπλασματική μεμβράνη		Αδρό ενδο- πλασματικό δίκτυο	Εξωτερική μιτοχονδρια- κή μεμβράνη
	<i>E. coli</i>	Ερυθροκύτταρο		
Φωσφατιδυλοχολίνη	0	17	55	50
Φωσφατιδυλοσερίνη	0	6	3	2
Φωσφατιδυλοαιθανο- λαμίνη	80	16	16	23
Σφιγγομυελίνη	0	17	3	5
Γλυκολιπίδια	0	2	0	0
Χοληστερόλη	0	45	6	<5

Φωσφολιπίδια

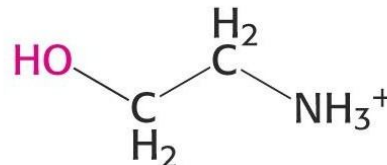
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1 Λιπιδική σύσταση κυτταρικών μεμβρανών*

Πηγή: Τα δεδομένα προέρχονται από τον P. L. Yeagle, 1993. The Membranes of Cells, 2nd ed. San Diego, CA: Academic Press.

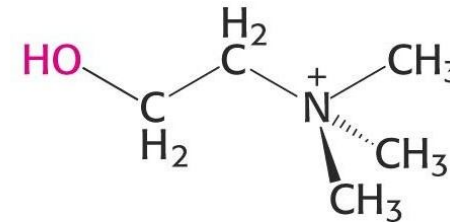
Γιατί υπάρχει τέτοια ποικιλία διαφορετικών πολικών κεφαλών;



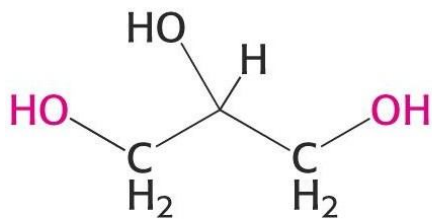
Serine



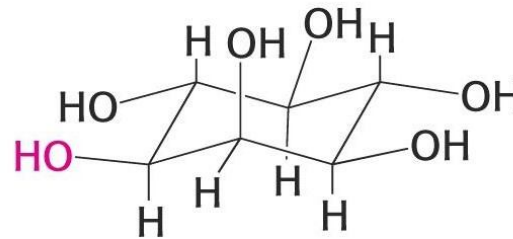
Ethanolamine



Choline



Glycerol



Inositol

A. Εξασφαλίζουν ποικιλία αλληλεπιδράσεων μεταξύ λιπιδίων και πρωτεϊνών λόγω των διαφορών σε μέγεθος, πολικότητα και φορτίο

B. Συμμετέχουν στον σχηματισμό των διαφορετικών περιοχών που επιτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες (π.χ. Λιπιδια-σηματοδότηση)

Γλυκολιπίδια

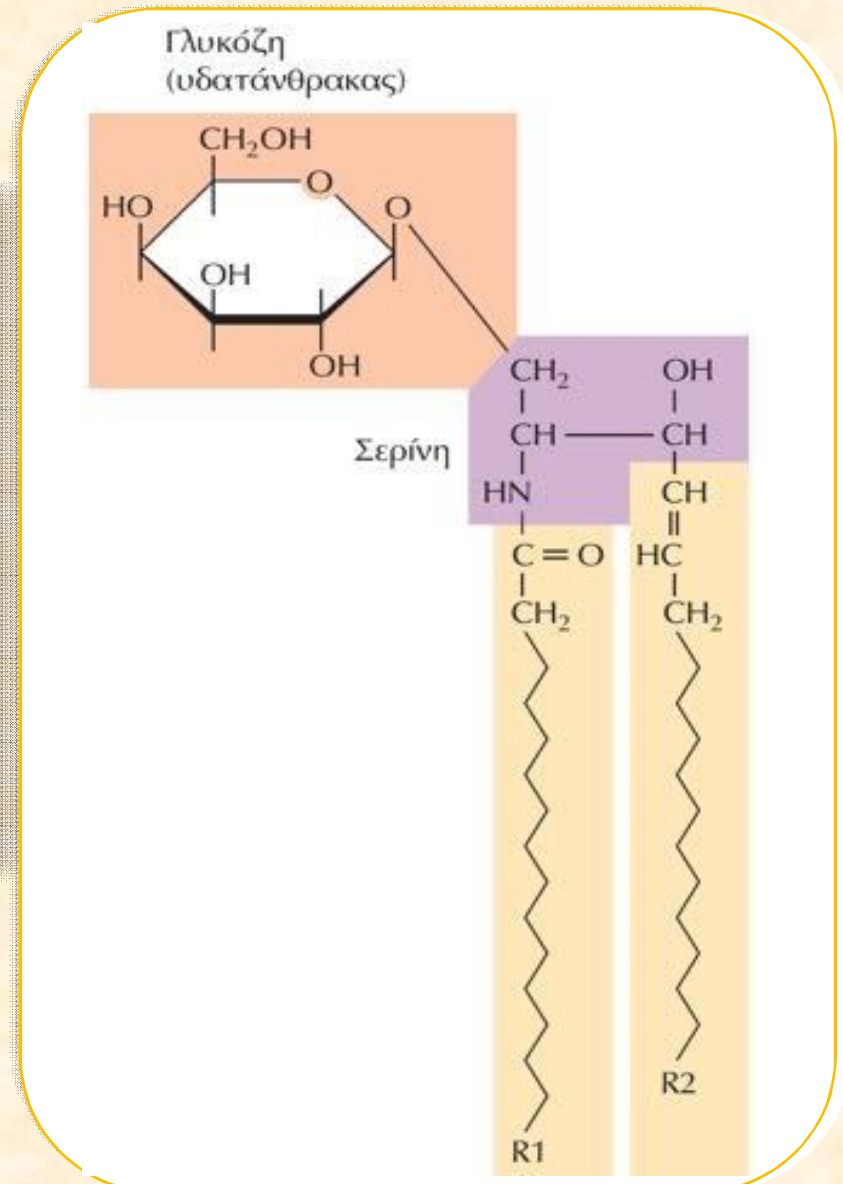
Κυτταρικές Μembrάνες περιέχουν

Φωσφολιπίδια

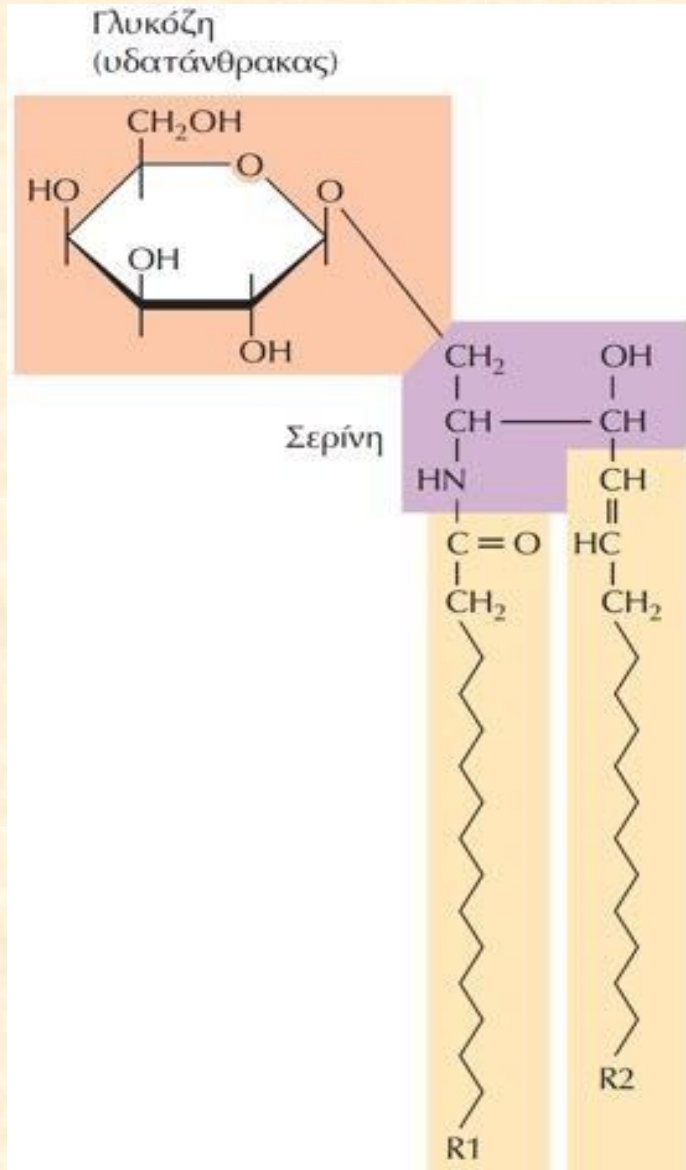
Γλυκολιπίδια

Χοληστερόλη

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).

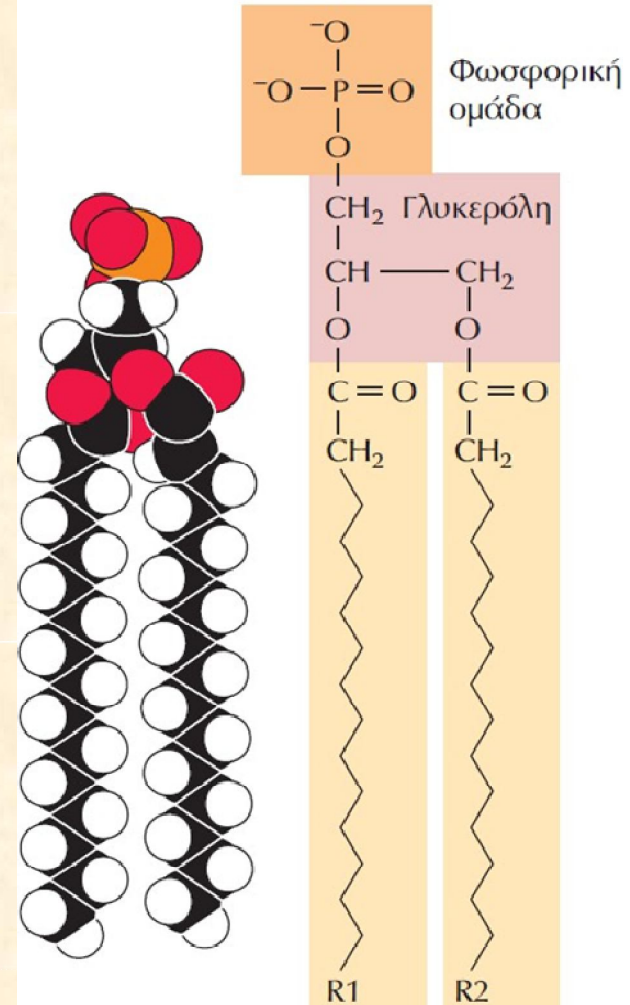


Γλυκολιπίδια



Φωσφολιπίδια

Φωσφατιδικό οξύ



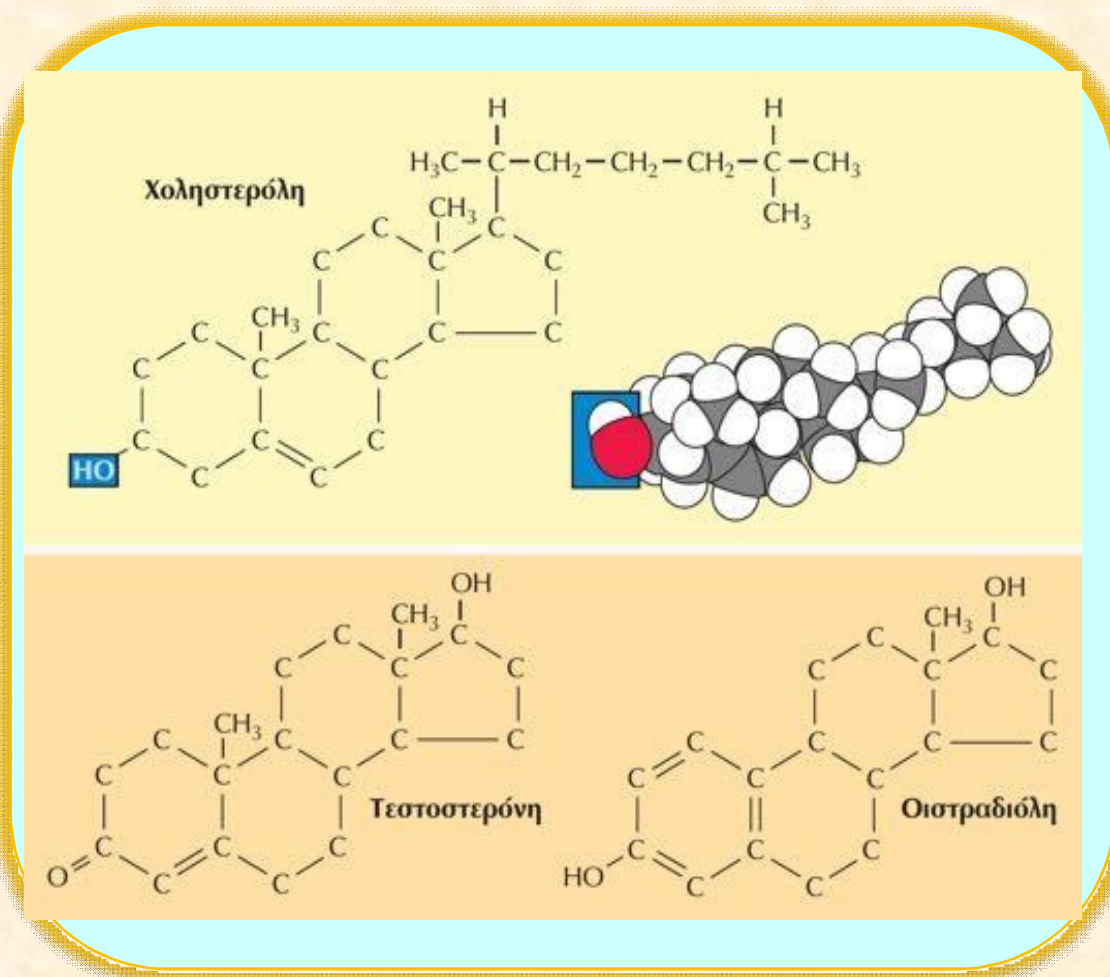
Στεροειδή

Στα στεροειδή ανήκουν πολλές ορμόνες, αλλά και η χοληστερόλη.

Τα στεροειδή είναι λιπίδια στα οποία ο ανθρακικός σκελετός αποτελείται από τέσσερις συγχωνευμένους δακτυλίους

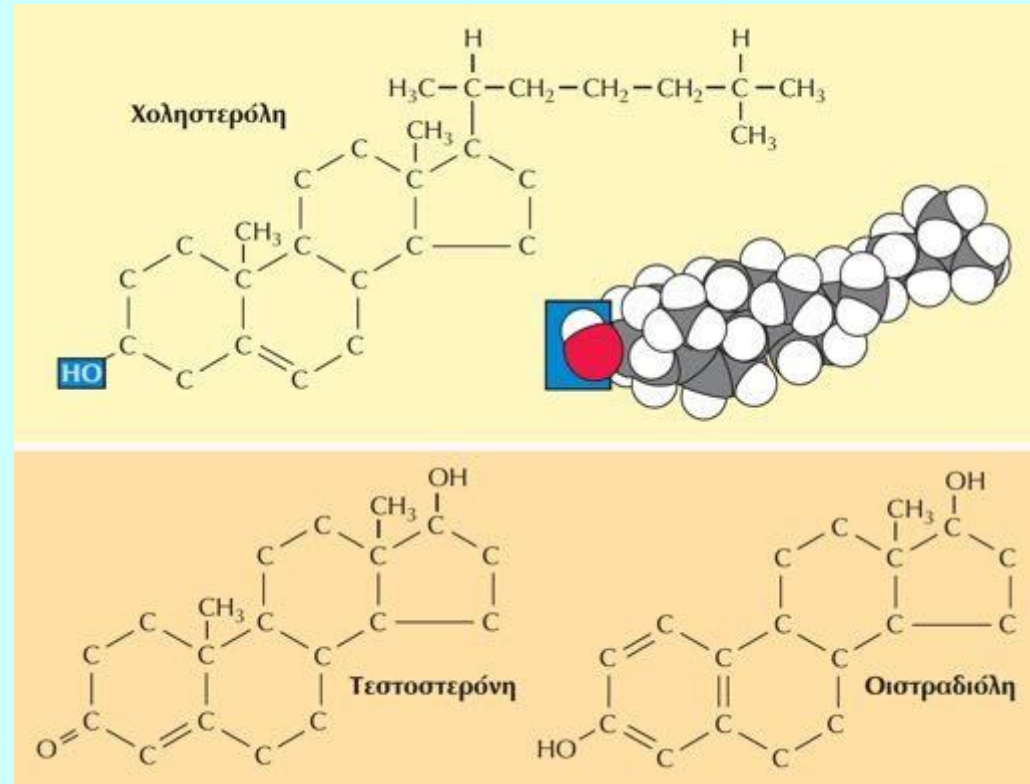
Χοληστερόλη & Στεροειδείς Ορμόνες

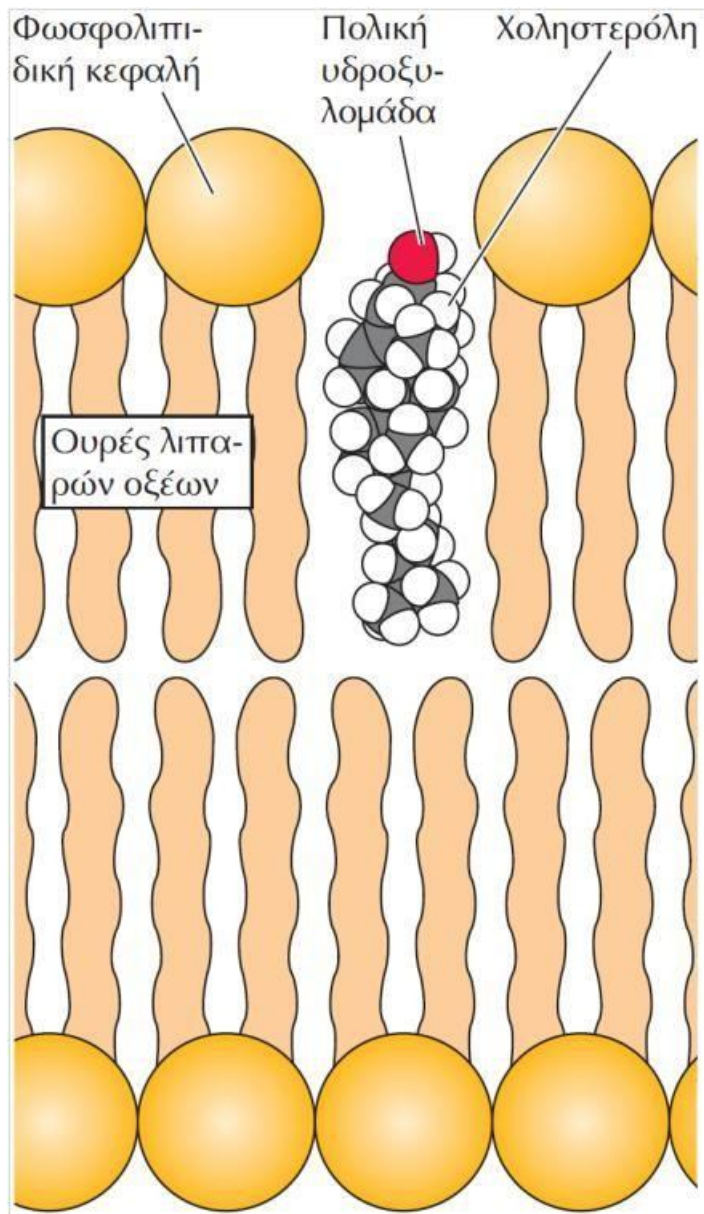
- Η χοληστερόλη είναι ένα αμφιπαθικό μόριο, λόγω της υδροξυλο-ομάδας του
- Σημαντικό συστατικό των μεμβρανών
- Αποτελείται από 4 δακτυλίους αντί για γραμμικές υδρογονανθρακικές αλυσίδες



Χοληστερόλη & Στεροειδείς Ορμόνες

■ Η χοληστερόλη είναι επίσης το πρόδρομο μόριο των στεροειδών ορμονών, όπως η τεστοστερόνη και η οιστραδιόλη (μια μορφή οιστρογόνου).

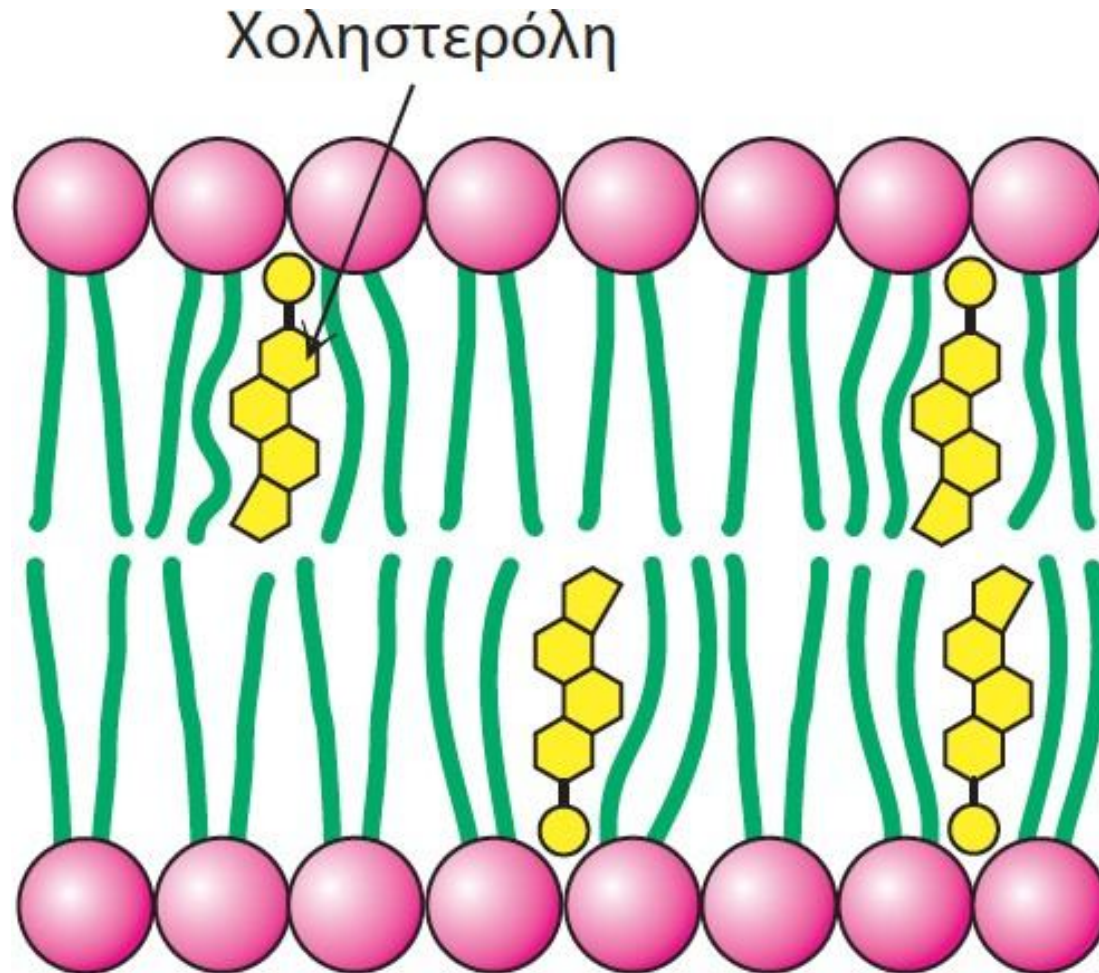




ΕΙΚΟΝΑ 2.24 Εισαγωγή χοληστερόλης σε μια μεμβράνη.

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

Η χοληστερόλη διαταράσσει την πολύ σφιχτή στοίχιση των αλυσίδων των λιπαρών οξέων



Ρόλος της Χοληστερόλης

Η χοληστερόλη επιδρά στη ρευστότητα της μεμβράνης με τρόπο που εξαρτάται από τη θερμοκρασία:

Σε υψηλές θερμοκρασίες

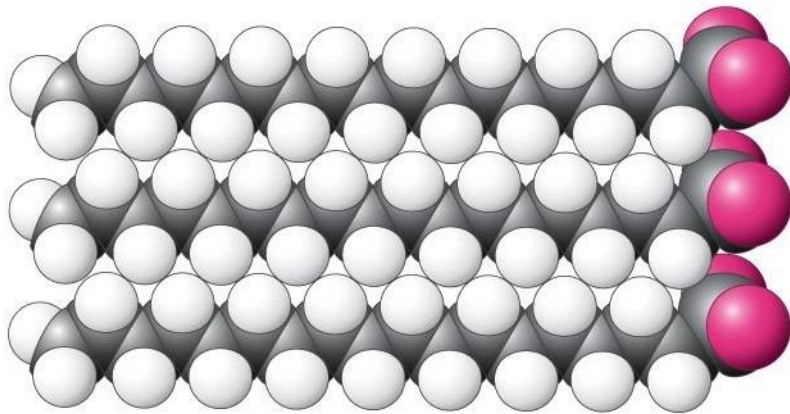
περιορίζει την κίνηση των αλυσίδων των φωσφολιπιδίων, ελαττώνοντας τη ρευστότητα του εξωτερικού τμήματος της μεμβράνης και μειώνοντας τη διαπερατότητα της σε μικρά μόρια.

Σε χαμηλές όμως θερμοκρασίες

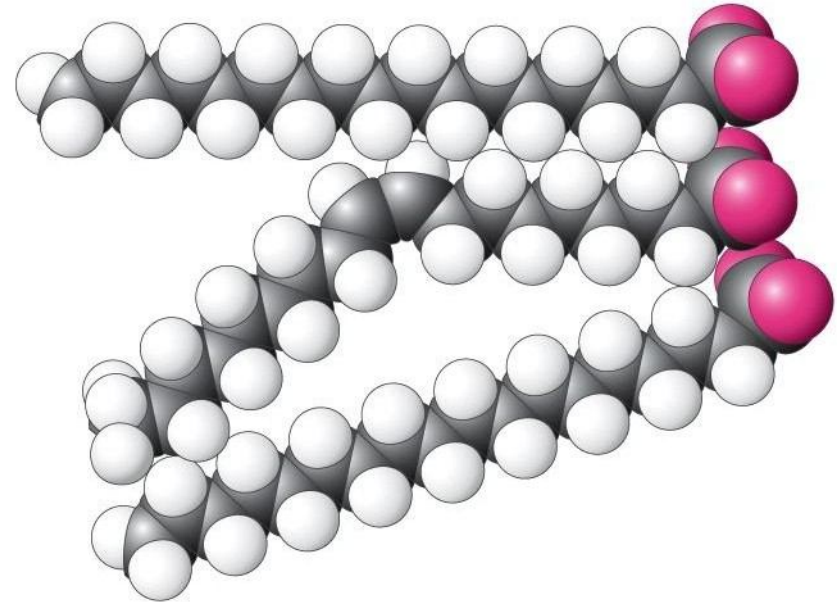
περιορίζει τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των αλυσίδων των λιπαρών οξέων, προφυλάσοντας τις μεμβράνες από **πήξη** και διατηρώντας τη ρευστότητα τους.

Επίσης, η ρευστότητα της μεμβράνης εξαρτάται

Παράδειγμα συμπαγούς δομής



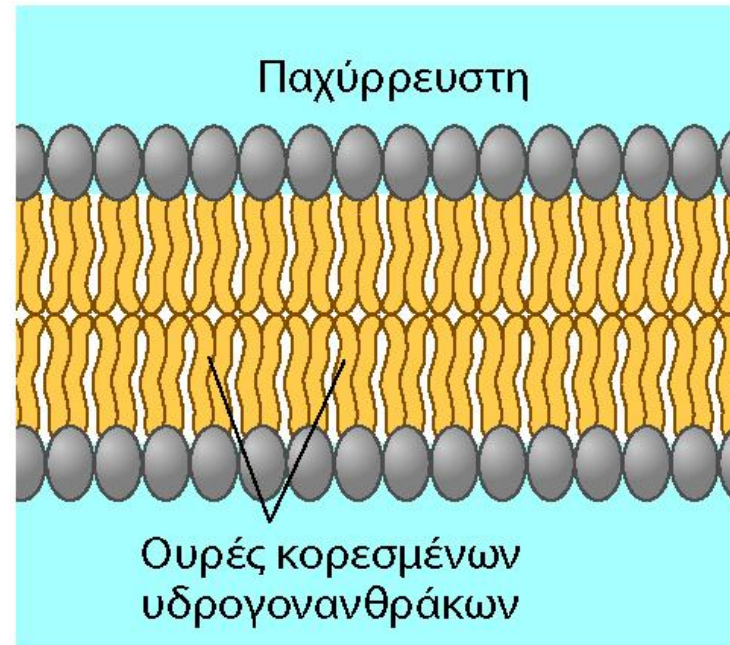
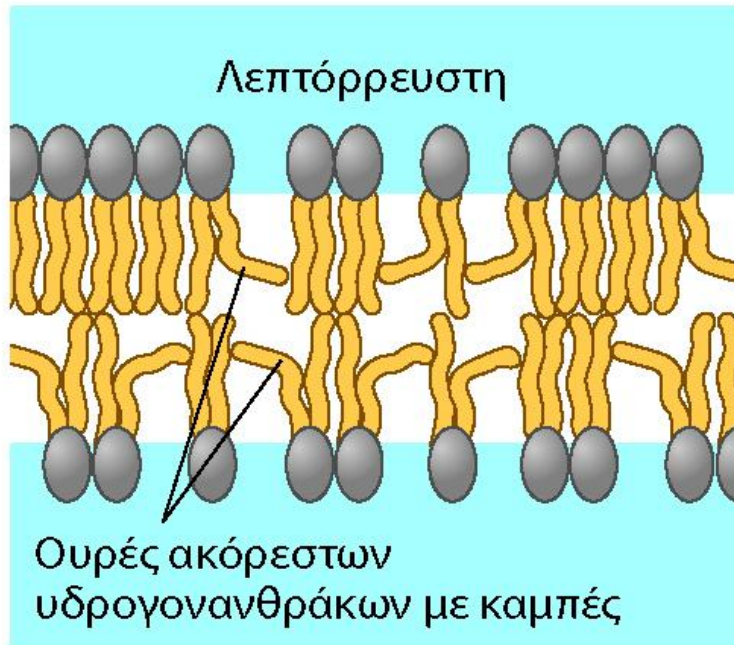
Παράδειγμα ρευστής δομής



Από την ύπαρξη διπλού δεσμού

Ο διπλός δεσμός προκαλεί κάμψη στην αλυσίδα και διαταράσσει την στοιχισμένη διάταξη των ακορεσμένων λιπαρών οξέων

Αυξάνεται η ρευστότητα



(β) Ρευστότητα της μεμβράνης. Οι καμπές που σχηματίζουν οι ακόρεστοι υδρογονάνθρακες στις ουρές των λιπιδίων εμποδίζουν τα μόρια των φωσfolιπιδίων να δημιουργήσουν πυκνούς σχηματισμούς, συνεπώς αυξάνεται η ρευστότητα της μεμβράνης.

Σε χαμηλή θερμοκρασία, τα φωσfolιπίδια συμπύσσονται μεταξύ τους και στερεοποιούν τη μεμβράνη

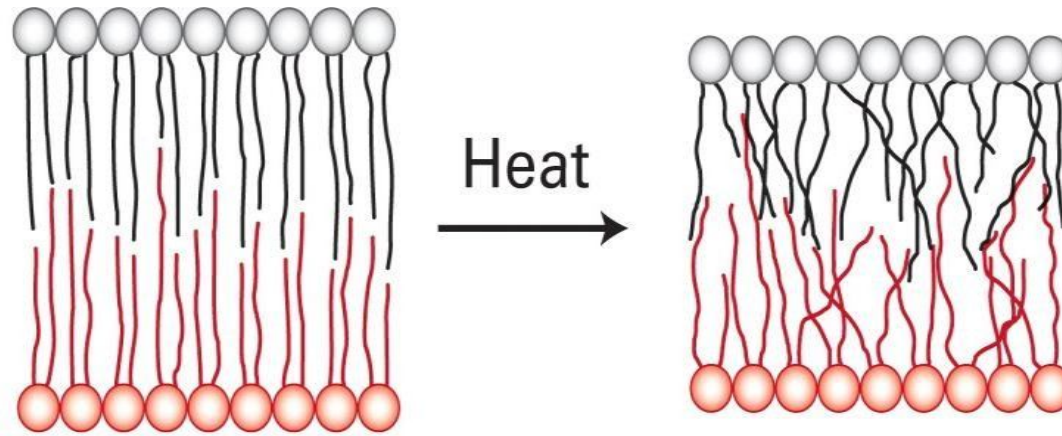
Παρουσία όμως φωσfolιπιδίων με ακόρεστους υδρογονάνθρακες, τότε η μεμβράνη παραμένει ρευστή σε χαμηλότερες θερμοκρασίες

Ρευστότητα

Για να λειτουργήσουν φυσιολογικά οι μεμβράνες
πρέπει να βρίσκονται σε ρευστή κατάσταση
(όπως το ελαιόλαδο)

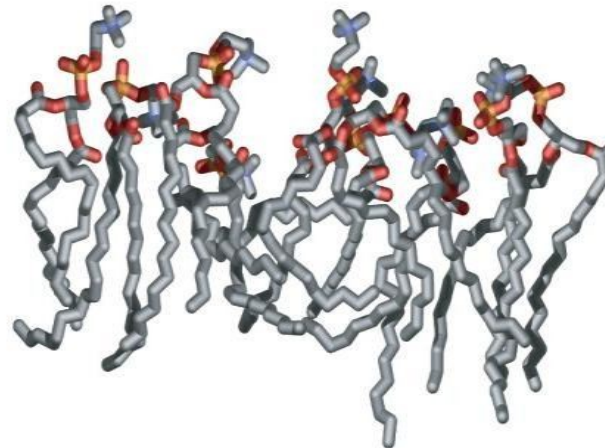
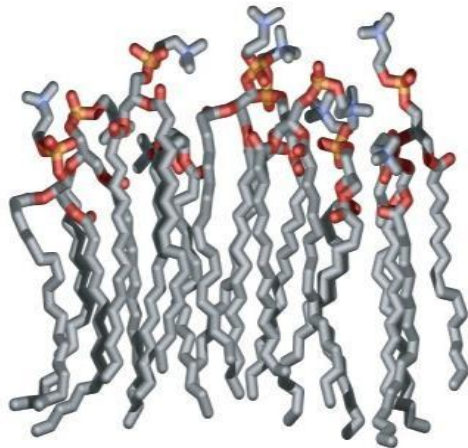
Η μη ρευστότητα επηρεάζει
την δραστικότητα των μεμβρανικών ενζύμων

Απότομη Αύξηση της Θερμοκρασίας

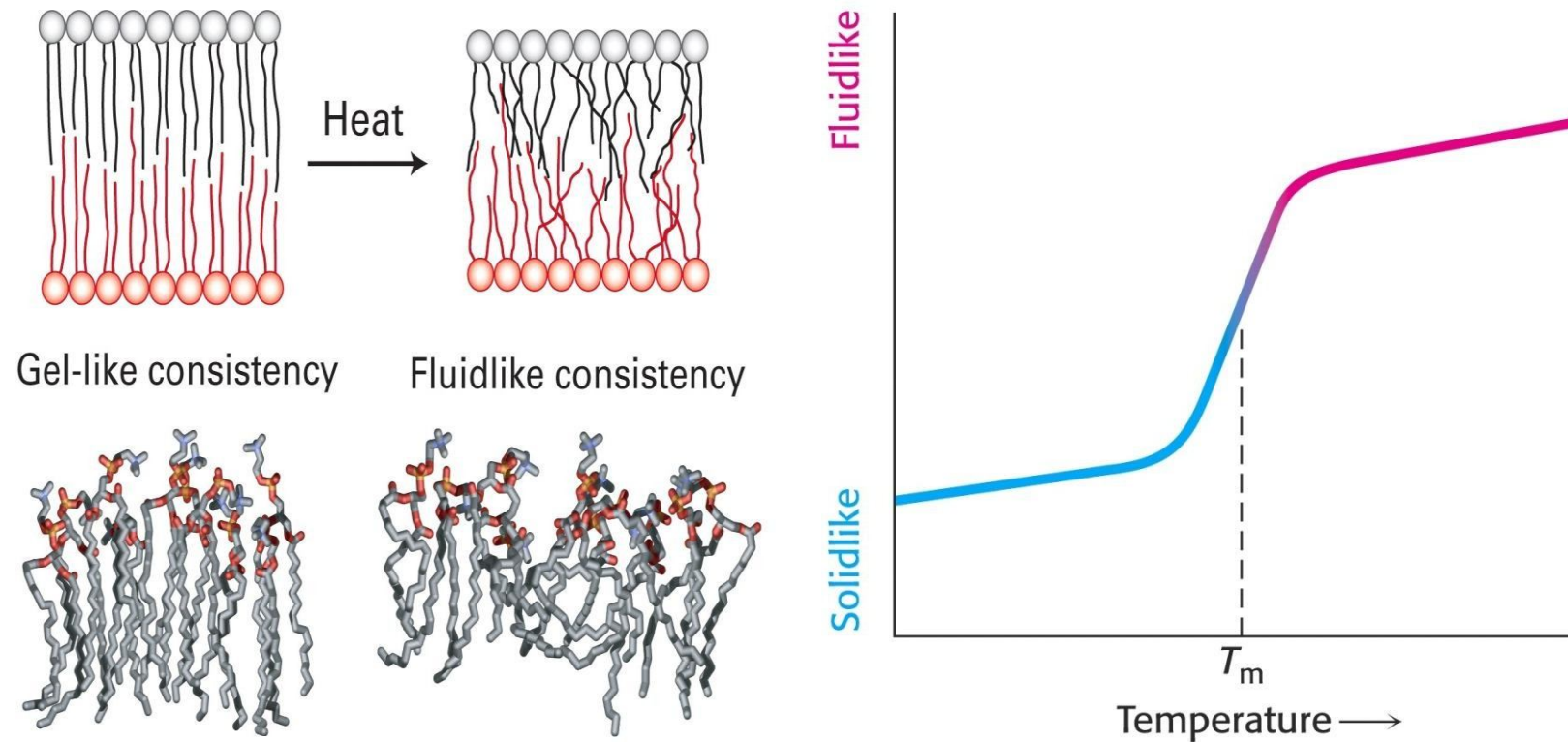


Gel-like consistency

Fluidlike consistency



Θερμοκρασία μετάπτωσης



Η **μετάπτωση** από **συμπαγή** (καλά διατεταγμένη, δύσκαμπτη) σε **ρευστή** (σχετικά άτακτη) **δομή** συμβαίνει απότομα όταν η θερμοκρασία αυξηθεί πάνω από την **θερμοκρασία μετάπτωσης** ή τήξης της μεμβράνης (T_m , melting temperature).

Η σύσταση των μεμβρανών σε λιπίδια

- ✓ Η αναλογία των λιπιδίων καθορίζεται γενετικά
- ✓ Τα λιπαρά οξέα των λιπιδίων εξαρτώνται από τις τροφικές συνθήκες και τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος
- ✓ Μερικές μεμβράνες περιέχουν μοναδικά λιπίδια όπως η καρδιολιπίνη που βρίσκεται μόνο στις εσωτερικές μεμβράνες των μιτοχονδρίων.

Η σύσταση των μεμβρανών σε λιπίδια

- ✓ Η σύσταση των μεμβρανών σε λιπίδια ποικίλλει στα διάφορα μεμβρανικά συστήματα
- ✓ Το ER και οι μεμβράνες των μιτοχονδρίων περιέχουν μικρά ποσά χοληστερίνης
- ✓ Η πλασματική μεμβράνη ορισμένων κυττάρων (ήπατος, ερυθροκυττάρων) περιέχουν μεγάλη ποσότητα ελεύθερης και εστεροποιημένης χοληστερίνης
- ✓ Στα κύτταρα του ήπατος το ER είναι πλούσιο και το σύμπλεγμα Golgi φτωχό σε φωσφολιπίδια

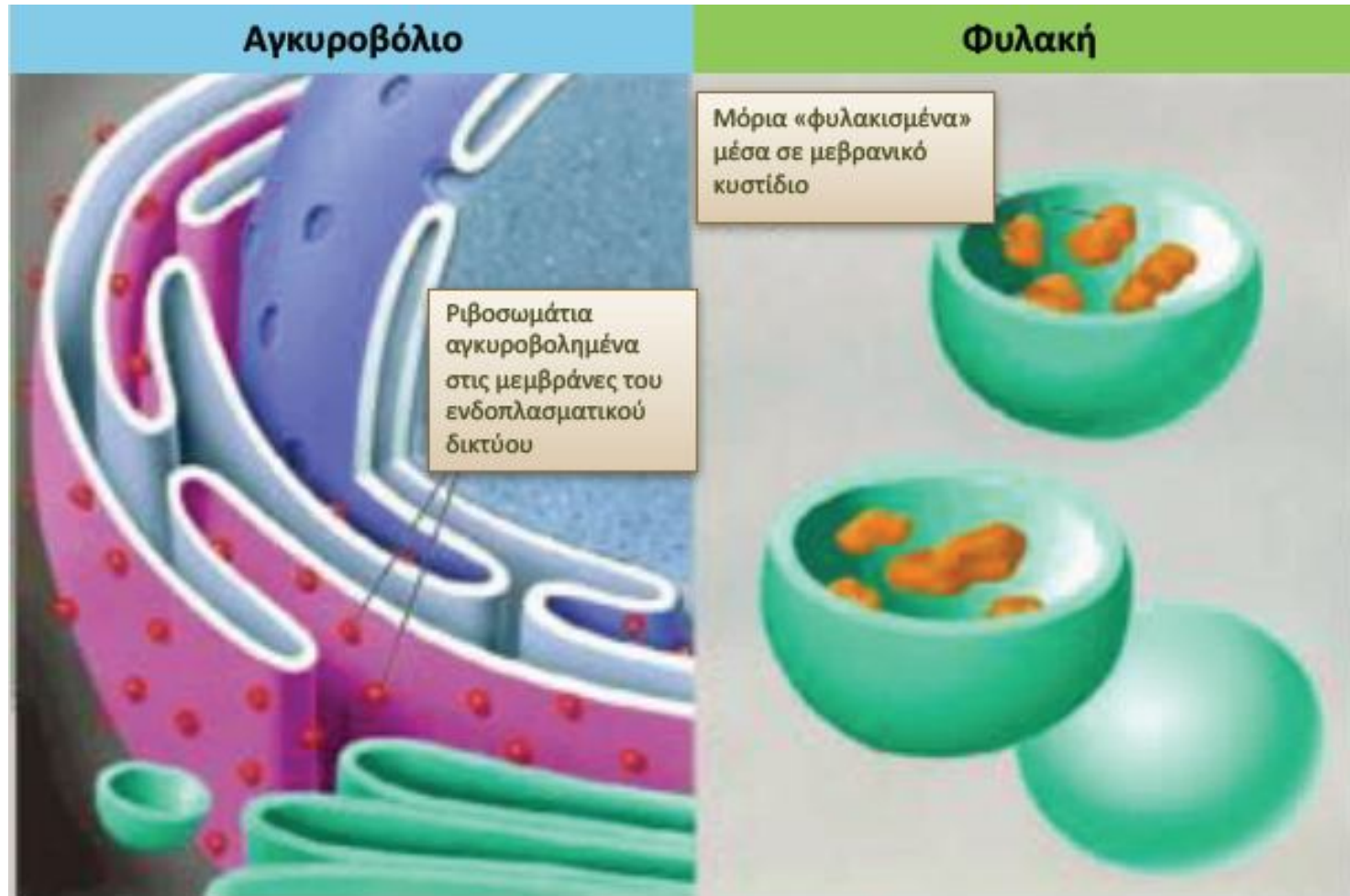
ΑΣ ΘΥΜΗΘΟΥΜΕ ΚΥΤΤΑΡΟΠΛΑΣΜΑΤΙΚΗ ΜΕΜΒΡΑΝΗ

1. Όλα τα κύτταρα περιβάλλονται από *κυτταροπλασματική μεμβράνη*
2. Η *κυτταροπλασματική μεμβράνη* καθορίζει τα όρια του κυττάρου και διαχωρίζει το εσωτερικό περιεχόμενο από το περιβάλλον του.
3. Λειτουργεί ως επιλεκτικός φραγμός για τη διέλευση των μορίων
4. Η *κυτταροπλασματική μεμβράνη* καθορίζει τη σύσταση του *κυτταροπλάσματος*

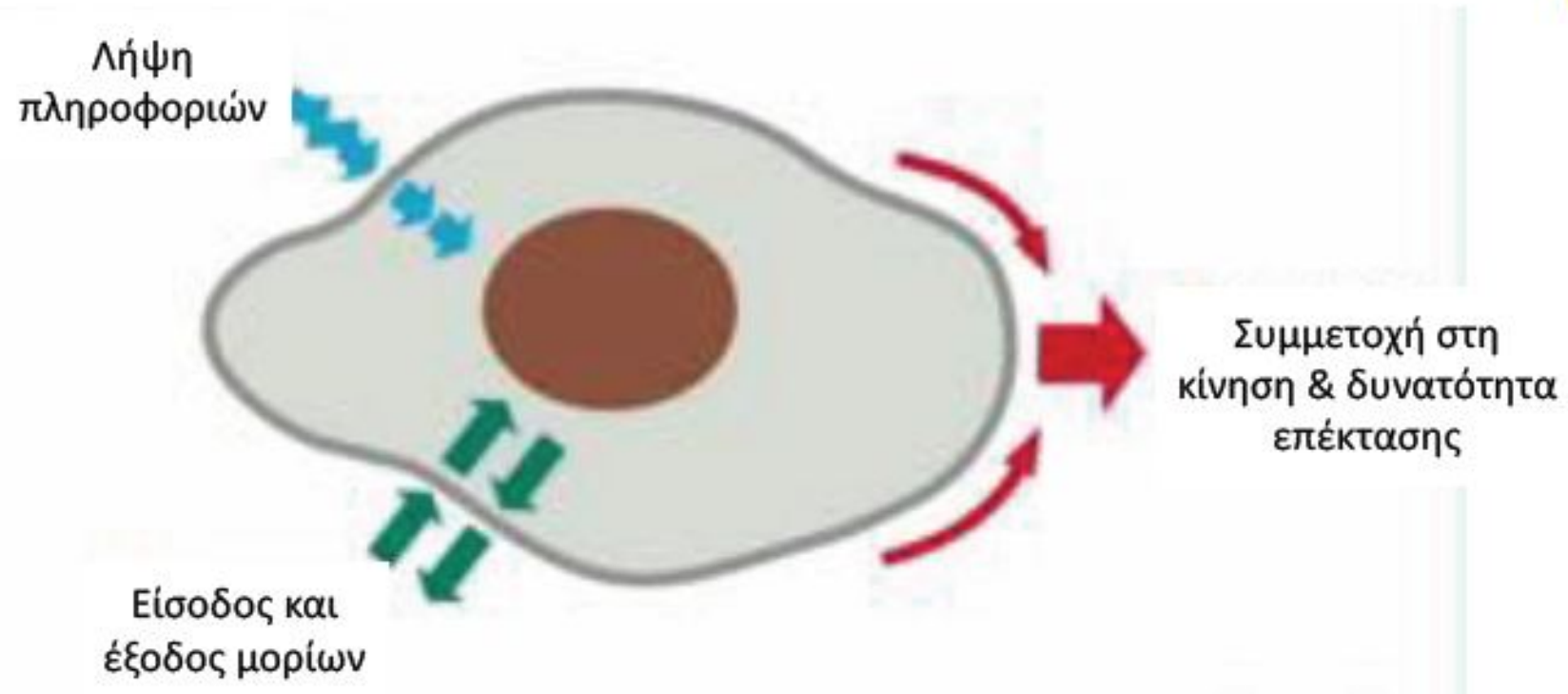
Επομένως, η *κυτταροπλασματική μεμβράνη* αποτελεί μία από τις πιο θεμελιώδεις δομές της κυτταρικής εξέλιξης.

Το πρώτο κύτταρο προέκυψε από τον εγκλεισμό αυτο-αντιγραφόμενου RNA σε μια μεμβράνη φωσφολιπιδίων.

Οι μεμβράνες λειτουργούν ως αγκυροβόλια αλλά και ως «φυλακές»



Μερικές ακόμη λειτουργίες των κυτταρικών μεμβρανών



**Ποιες δυνάμεις συγκρατούν την δομή της
μεμβράνης;**

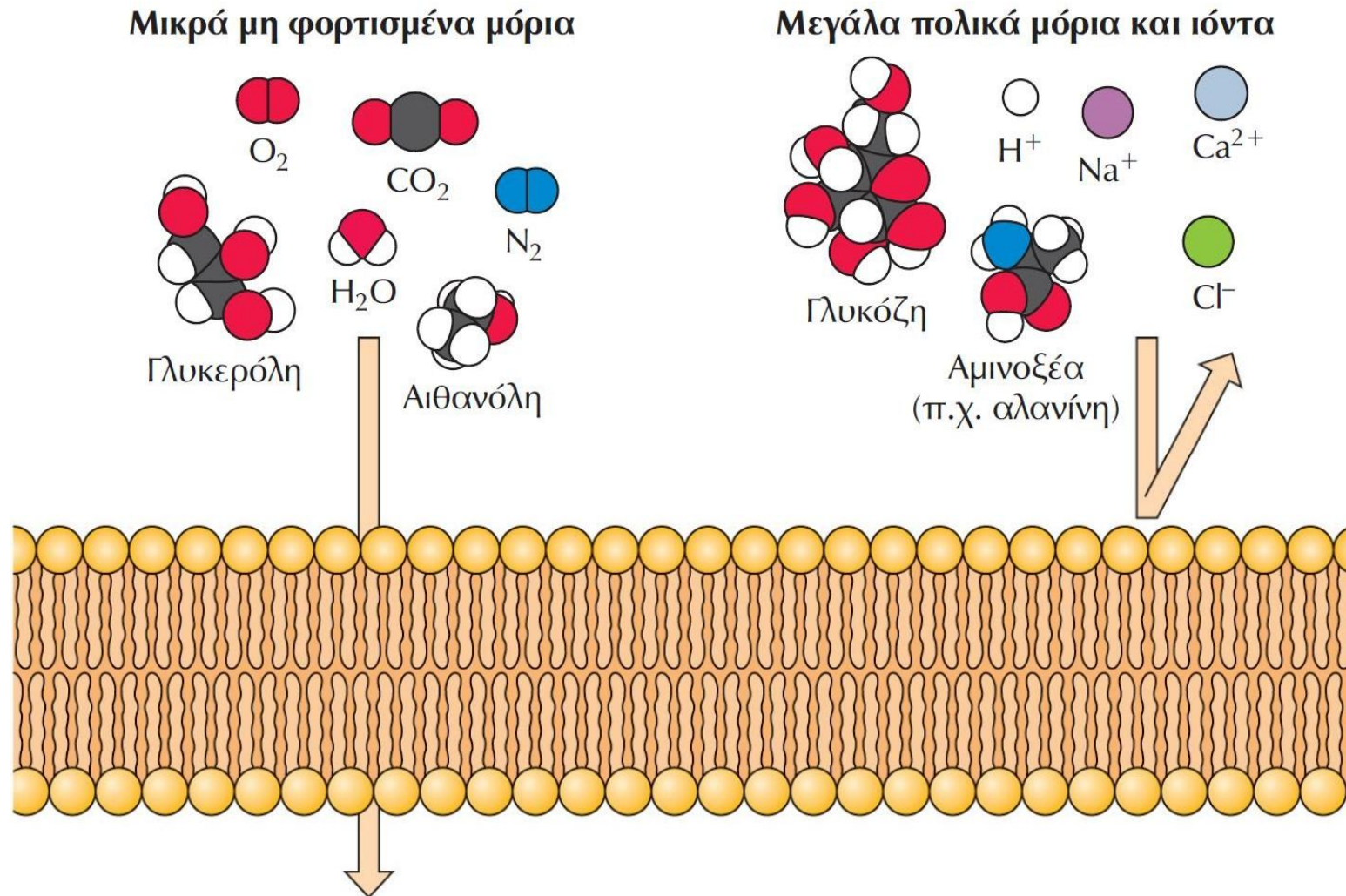
**Υδρόφοβες
Αλληλεπιδράσεις**

Χαρακτηριστικά όλων των φωσφολιπιδικών διπλοστιβάδων

Η βασική δομή της κυτταροπλασματικής μεμβράνης είναι η **φωσφολιπιδική διπλοστιβάδα** που είναι αδιαπέραστη για τα περισσότερα υδατοδιαλυτά μόρια.

Η διέλευση των ιόντων και των περισσότερων βιολογικών μορίων από τη μεμβράνη επιτυγχάνεται μέσω πρωτεϊνών, **με σκοπό** την επιλεκτική διακίνηση μορίων από το περιβάλλον του κυττάρου προς το εσωτερικό του και αντίστροφα.

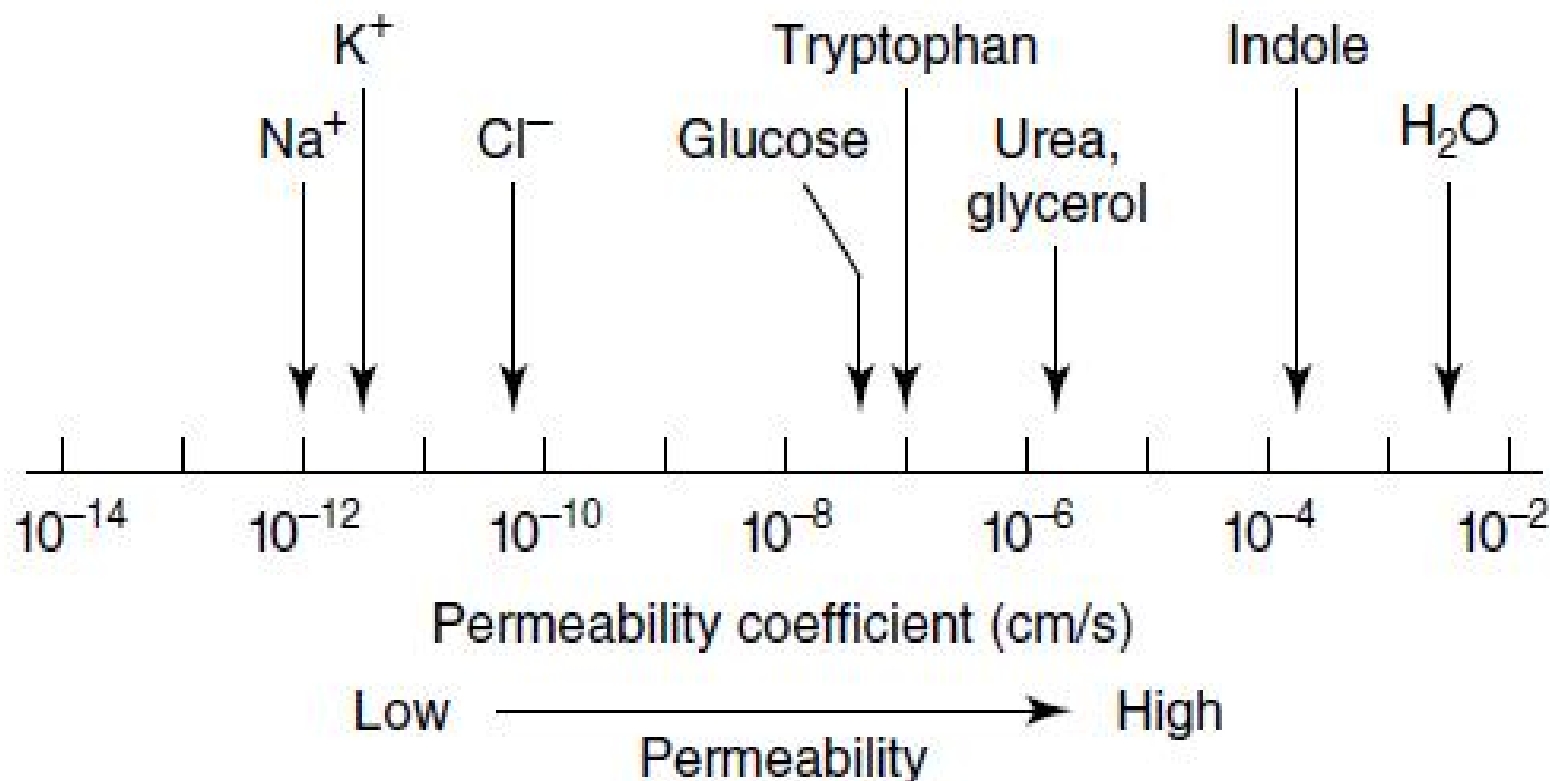
Εμφανίζει επιλεκτική διαπερατότητα



ΕΙΚΟΝΑ 2.27 Διαπερατότητα φωσφολιπιδικών διπλοστιβάδων.

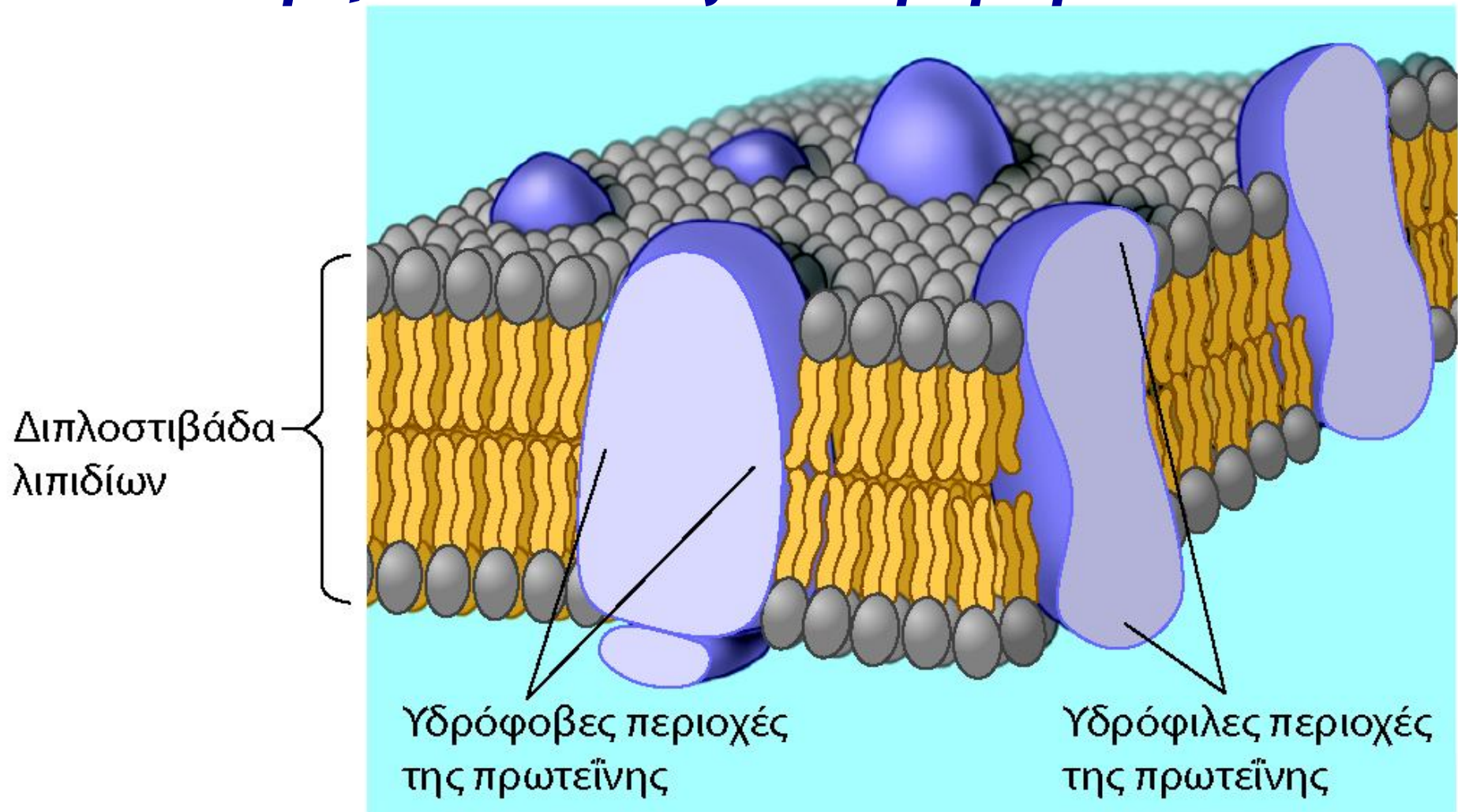
Μικρά μη φορτισμένα μόρια μπορούν να διαχέονται ελεύθερα μέσω μιας λιπιδικής διπλοστιβάδας. Η διπλοστιβάδα δεν είναι διαπερατή σε μεγαλύτερα πολικά μόρια (όπως η γλυκόζη και τα αμινοξέα) και σε ιόντα.

Η διαπερατότητα της λιπιδιακής διπλοστοιβάδας σε διάφορες ουσίες



Στα ευκαρυωτικά κύτταρα, τα $2/3$ της
κυτταρικής ενέργειας σε ηρεμία
καταναλώνεται για τη μεταφορά ιόντων
(H^+ , K^+ , Na^+ , Ca^{++})

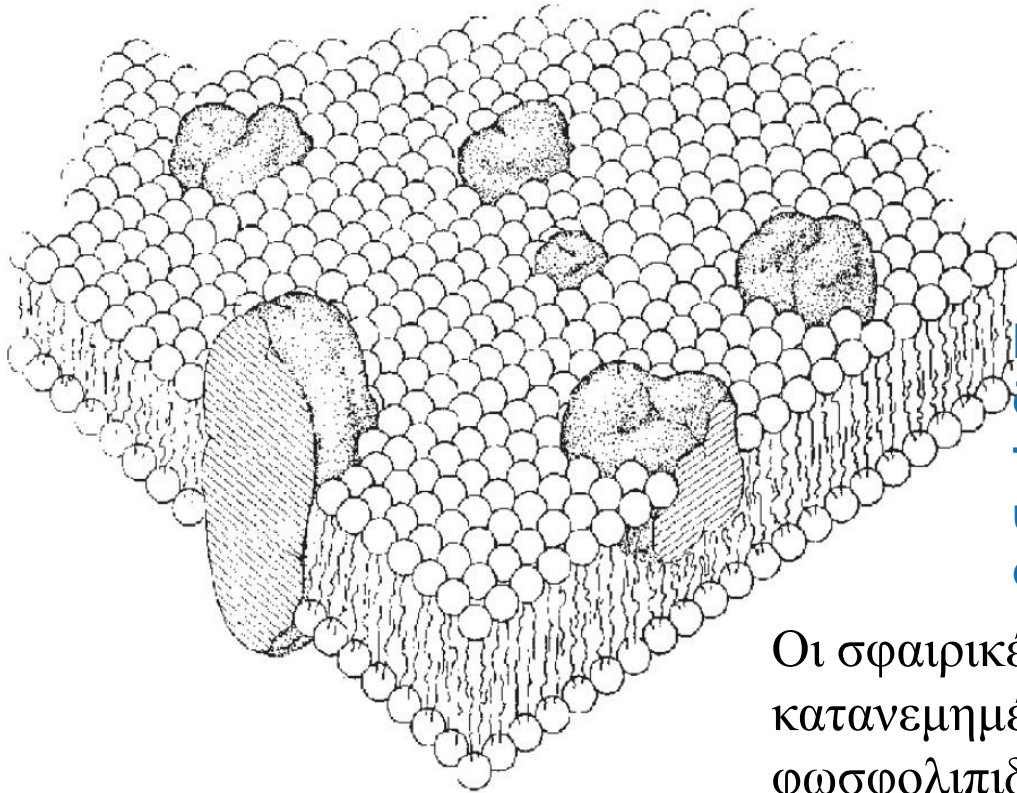
Δομή των Βιολογικών μεμβρανών



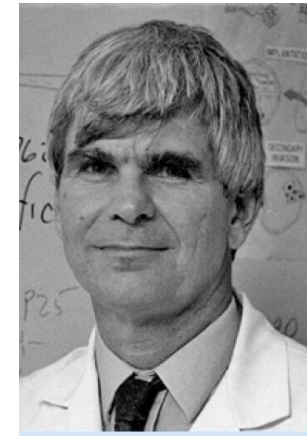
▲ **Εικόνα 7.3** Το μεμβρανικό μοντέλο ρευστού μωσαϊκού.

Το μοντέλο ρευστού μωσαϊκού λιπιδίων- σφαιρικών πρωτεϊνών

Η δομή των κυτταρικών μεμβρανών



S. J. Singer



Garth L. Nicolson

1960

Ενώ τα λιπίδια είναι τα θεμελιώδη δομικά συστατικά των μεμβρανών, οι πρωτεΐνες της μεμβράνης είναι υπεύθυνες για τη διεκπεραίωση συγκεκριμένων λειτουργιών

Οι σφαιρικές πρωτεΐνες βρίσκονται κατανεμημένες σε ένα στρώμα φωσφολιπιδίων.

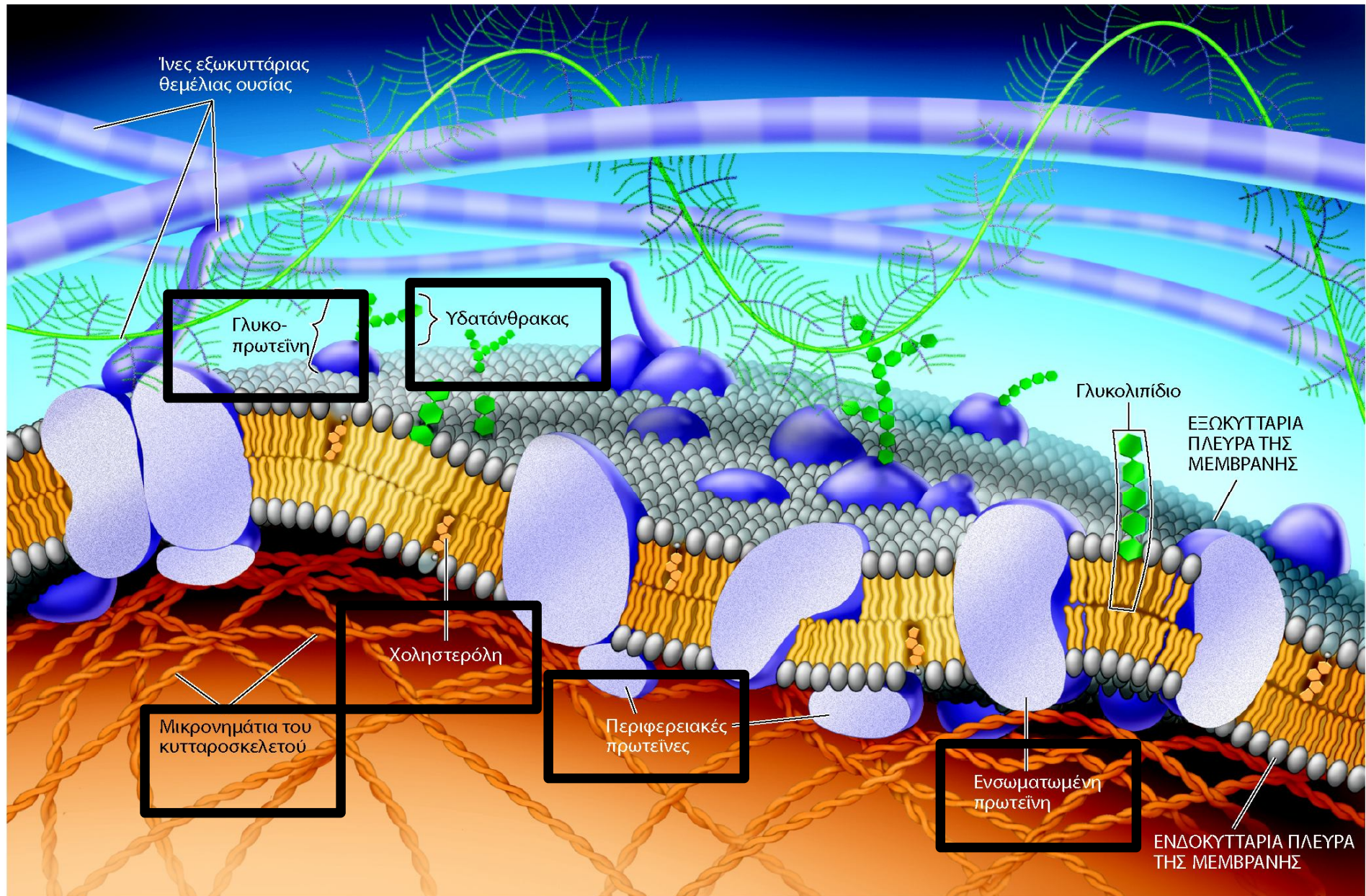
Σύμφωνα με το μοντέλο του ρευστού μωσαϊκού, οι μεμβράνες θεωρούνται ρευστά δύο διαστάσεων που περιέχουν πρωτεΐνες ενσωματωμένες σε λιπιδικές διπλοστιβάδες.

Στις κυτταρικές μεμβράνες υπάρχει διαχωρισμός των λειτουργιών των Λιπιδίων και των Πρωτεϊνών

Τα **λιπίδια** είναι υπεύθυνα για τη διαμερισματοποίηση των κυτταρικών μεταβολιτών και την ενδοκυτταρική μεταφορά

Οι **πρωτεΐνες** εμπλέκονται στις περισσότερες βιοχημικές αντιδράσεις που διεξάγονται στο κύτταρο.

- Επικοινωνία κυττάρου – κυττάρου
- Συντονισμός των κυτταρικών λειτουργιών
- Προσαρμογή στις μεταβαλλόμενες συνθήκες του περιβάλλοντος



▲ **Εικόνα 7.7** Λεπτομερής δομή της κυτταροπλασματικής μεμβράνης ζωικού κυττάρου, όπως φαίνεται σε αποκομμένο μεμβρανικό τμήμα.

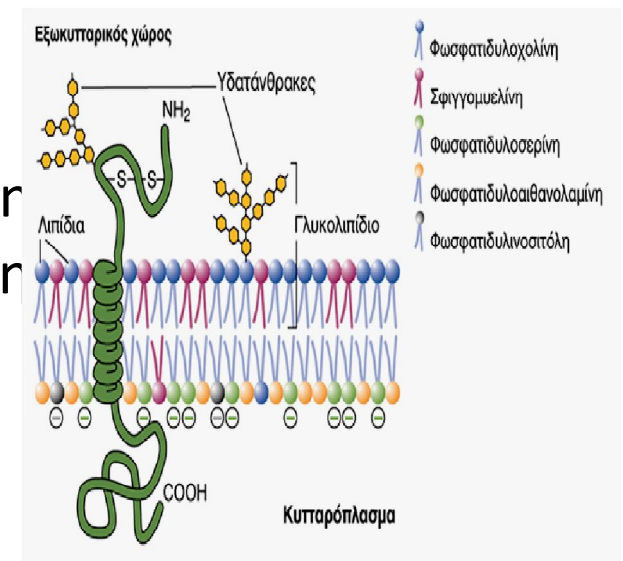
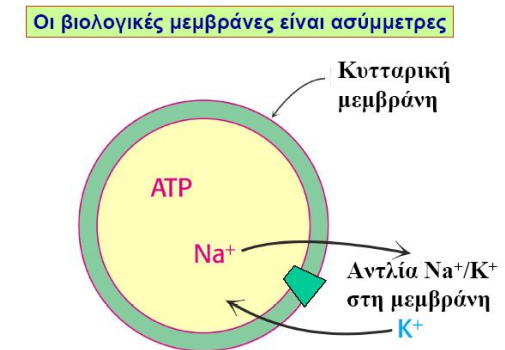
Οι κυτταρικές μεμβράνες είναι ασύμμετρες

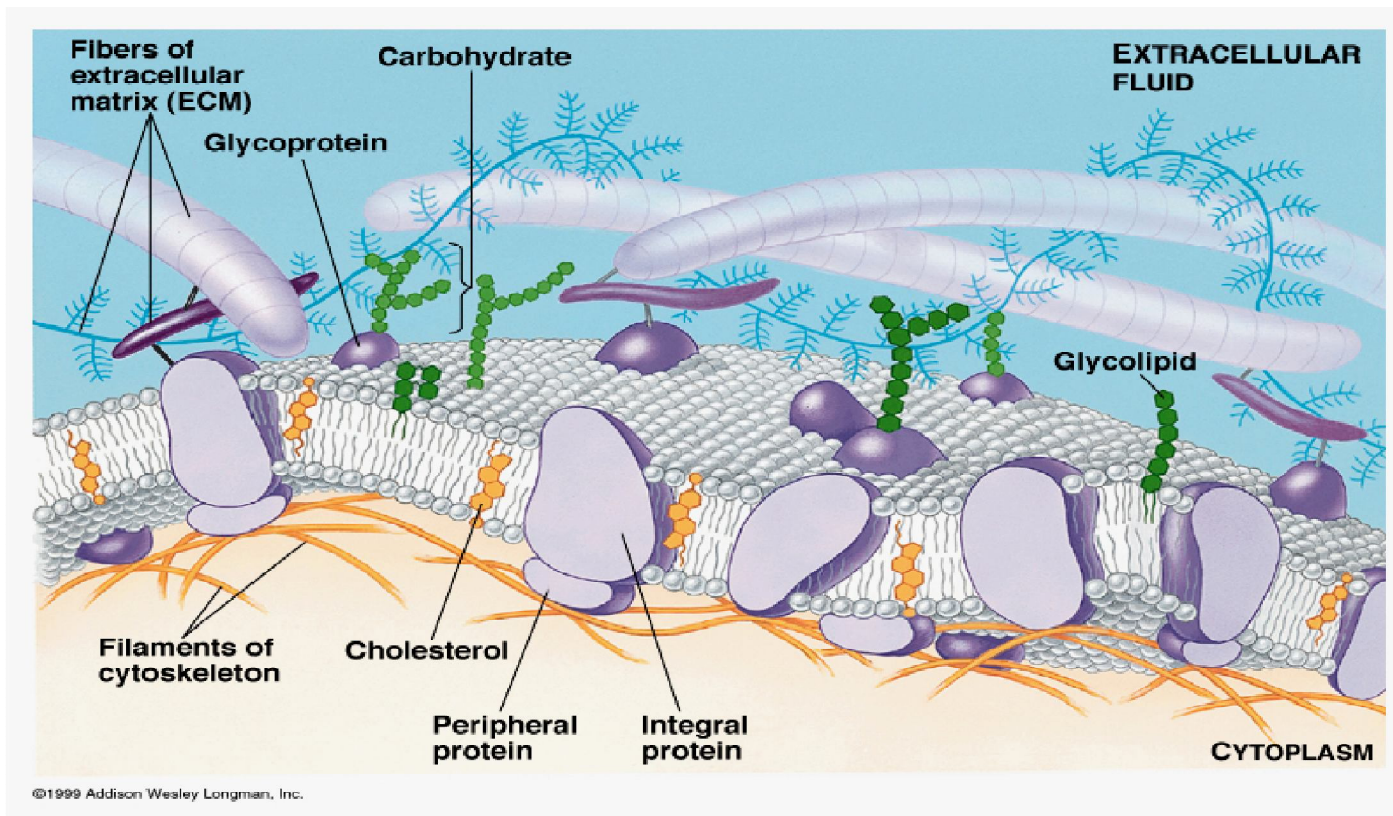
Ασύμμετρη κατανομή λιπιδίων

Ασυμμετρία στις ουρές υδρογονανθράκων

Ασυμμετρία στο φορτίο (σε φυσιολογικό pH, το εσωτερικό της μεμβράνης είναι αρνητικά φορτισμένο)

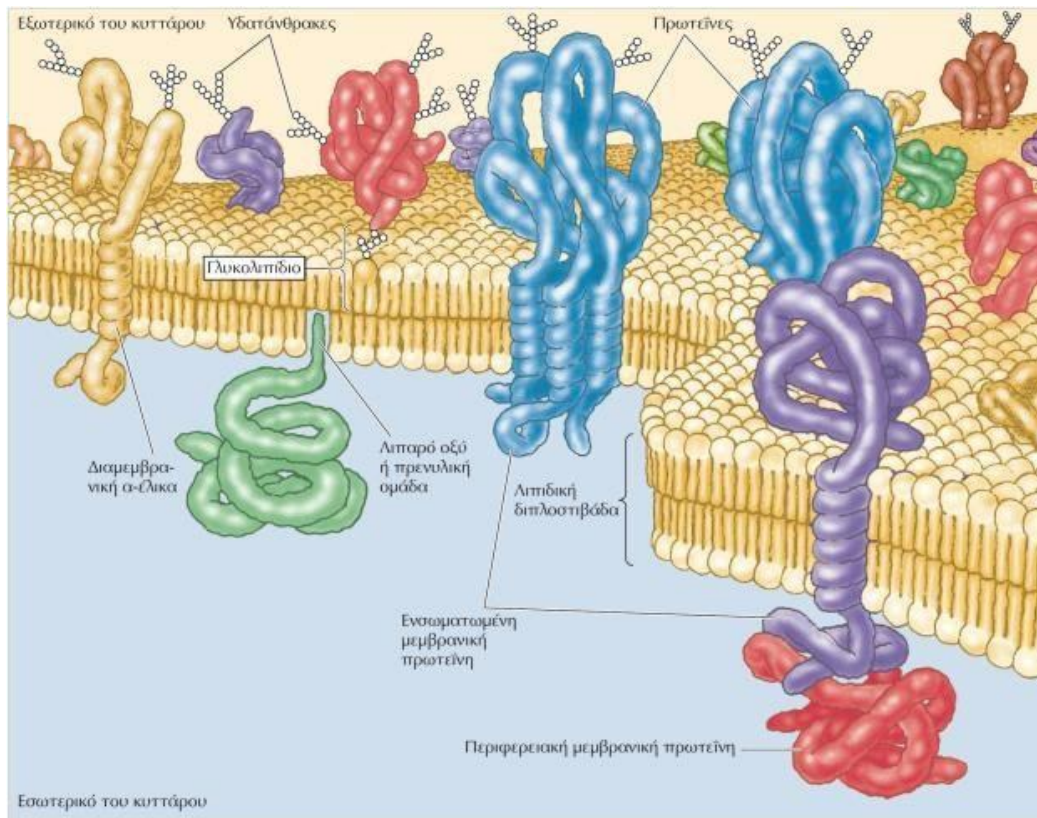
Η ασυμμετρία καθορίζεται κατά την βιοσύνθεση της μεμβράνης και όχι από την αργή μετακίνηση των φωσfolιπιδίων.





Ασύμμετρη η τοποθέτηση και η κατανομή των πρωτεϊνών (ειδικά τα πρωτεϊνικά σύμπλοκα)

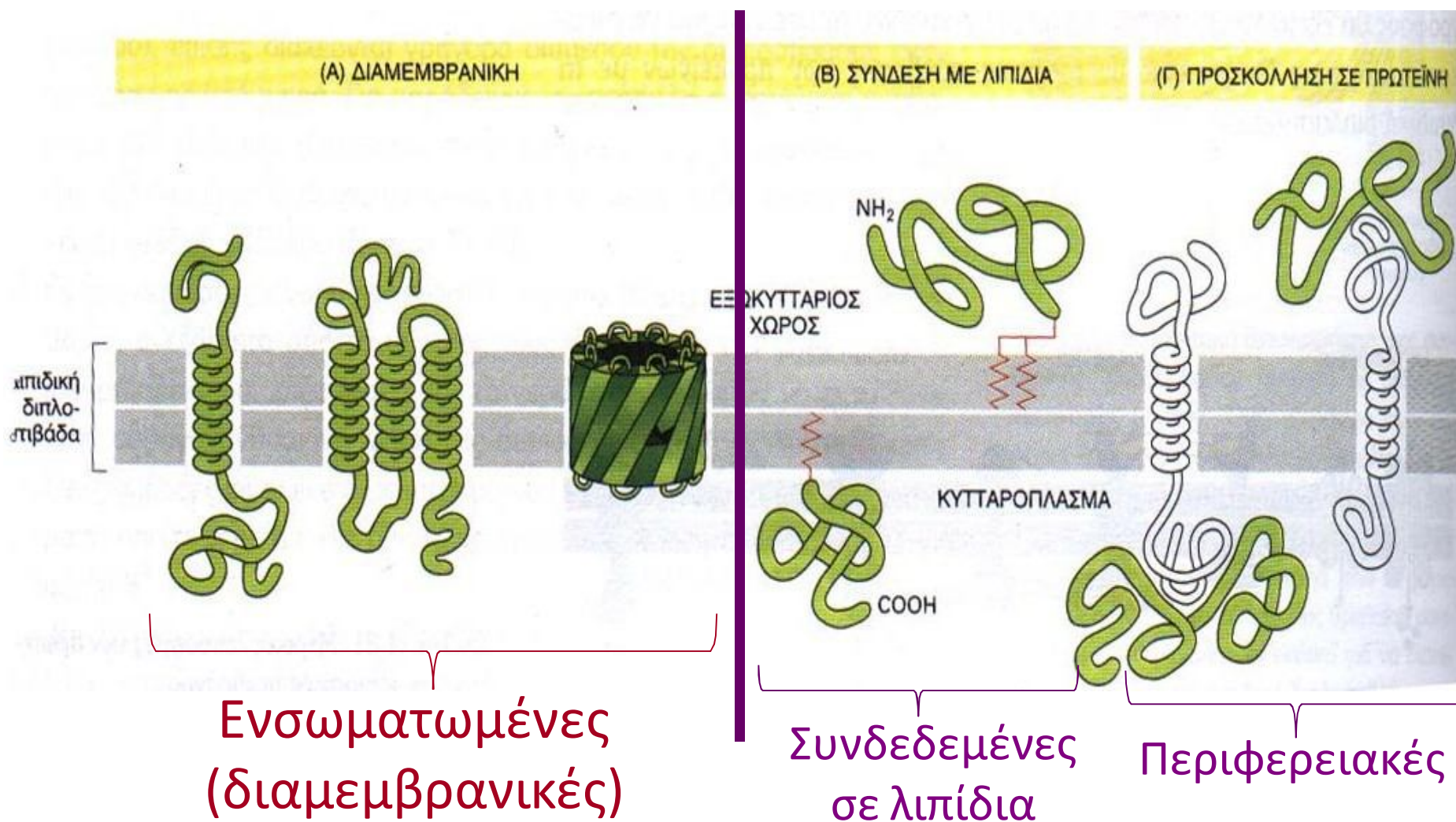
Οι υδατάνθρακες βρίσκονται μόνο στο εξωτερικό τμήμα της μεμβράνης.

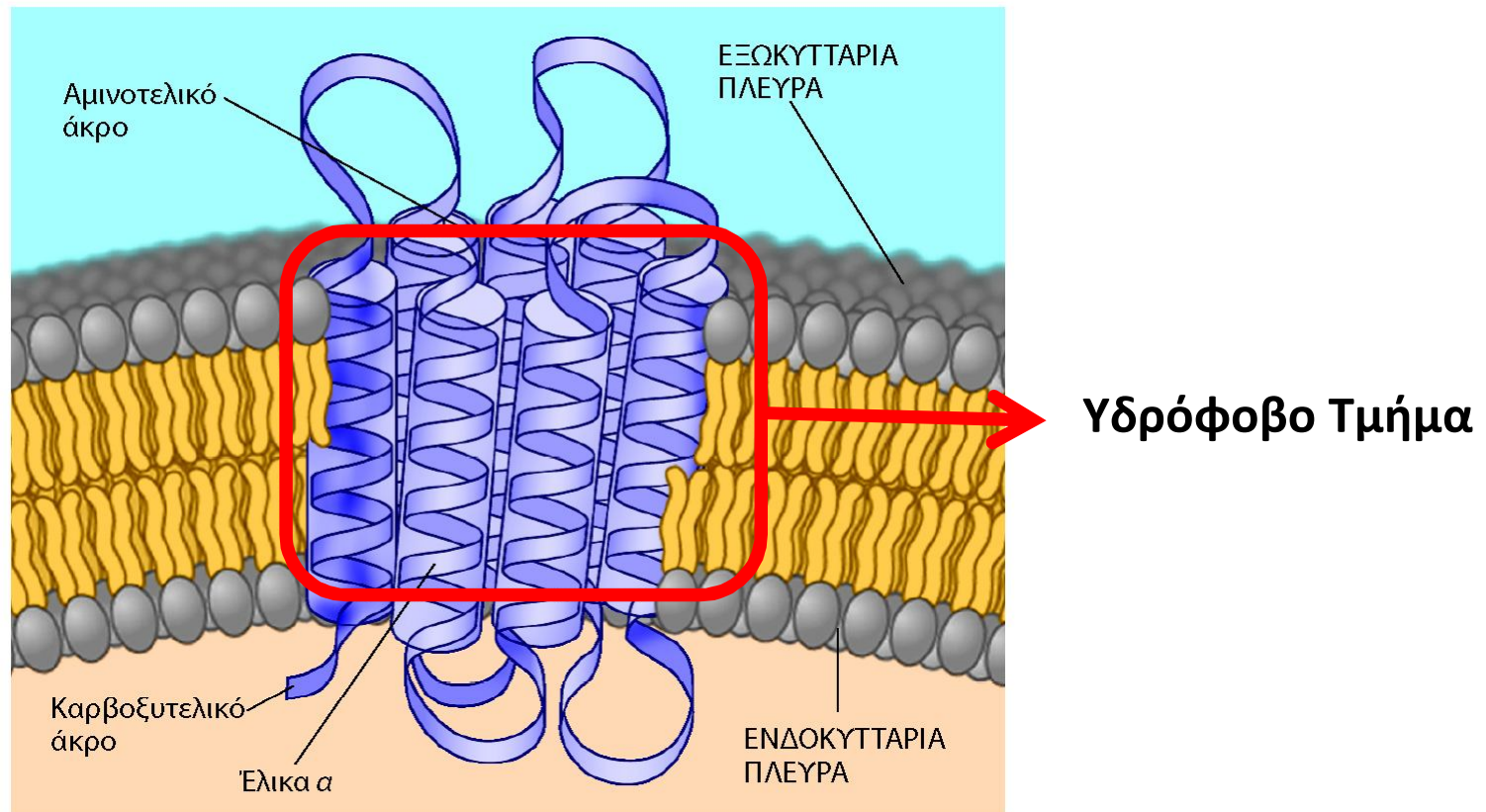


Μοντέλο ρευστού μωσαϊκού μεμβρανικής δομής

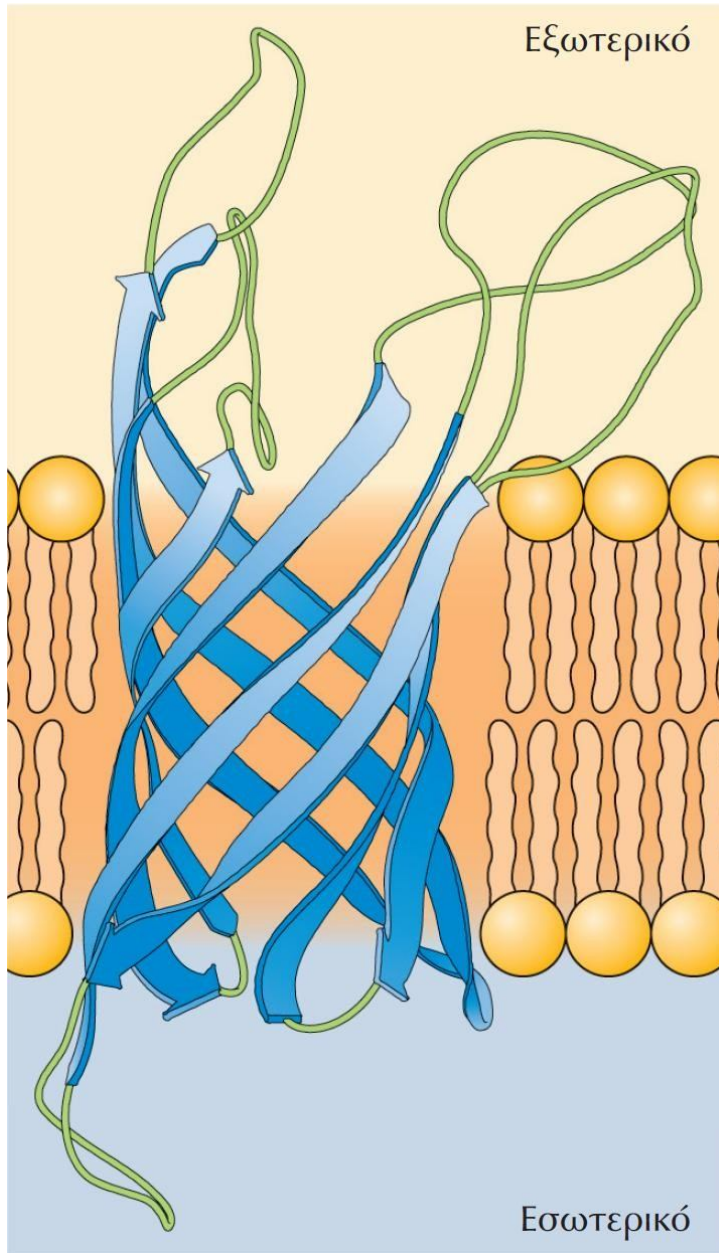
1. Οι **περιφερειακές μεμβρανικές πρωτεΐνες** δε βρίσκονται στο εσωτερικό της μεμβράνης, αλλά συνδέονται με αυτή μέσω αλληλεπιδράσεων με ενσωματωμένες μεμβρανικές πρωτεΐνες.
2. Οι **ενσωματωμένες μεμβρανικές πρωτεΐνες** έχουν δομή α-έλικας.
3. Ορισμένες **διαμεμβρανικές πρωτεΐνες** διατρέχουν τη μεμβράνη μόνο μία φορά, ενώ άλλες έχουν πολλαπλές περιοχές μέσα στη μεμβράνη.
4. Κάποιες πρωτεΐνες προσδένονται στη μεμβράνη μέσω γλυκολιπιδίων

Μεμβρανικές Πρωτεΐνες





▲ **Εικόνα 7.8** Δομή διαμεμβρανικής πρωτεΐνης. Η πρωτεΐνη της εικόνας ονομάζεται βακτηριοροδοψίνη και είναι μια μεταφορική πρωτεΐνη των βακτηρίων, που η τοποθέτησή της μέσα στη μεμβράνη έχει συγκεκριμένο προσανατολισμό. Το αμινοτελικό άκρο βρίσκεται έξω από το κύτταρο, ενώ το καρβοξυτελικό άκρο βρίσκεται στο εσωτερικό του κυττάρου. Τα υδρόφοβα τμήματά της έχουν ελικοειδή δευτεροταγή δομή και βρίσκονται κυρίως στον υδρόφοβο πυρήνα της μεμβράνης. Η πρωτεΐνη περιλαμβάνει επτά διαμεμβρανικές έλικες (τοποθετημένες μέσα σε κυλινδρικά περιγράμματα ώστε να μπορούν να διακριθούν γραφικά μεταξύ τους). Τα μη ελικοειδή υδρόφιλα τμήματα βρίσκονται σε επαφή με τα υδατικά διαλύματα στις δύο πλευρές της μεμβράνης, την εξωκυττάρια και την ενδοκυττάρια.

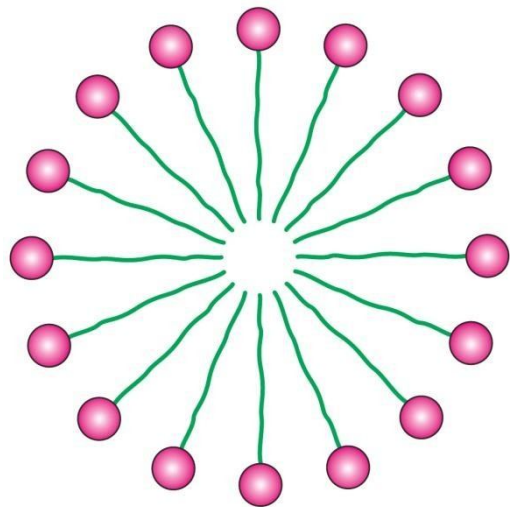
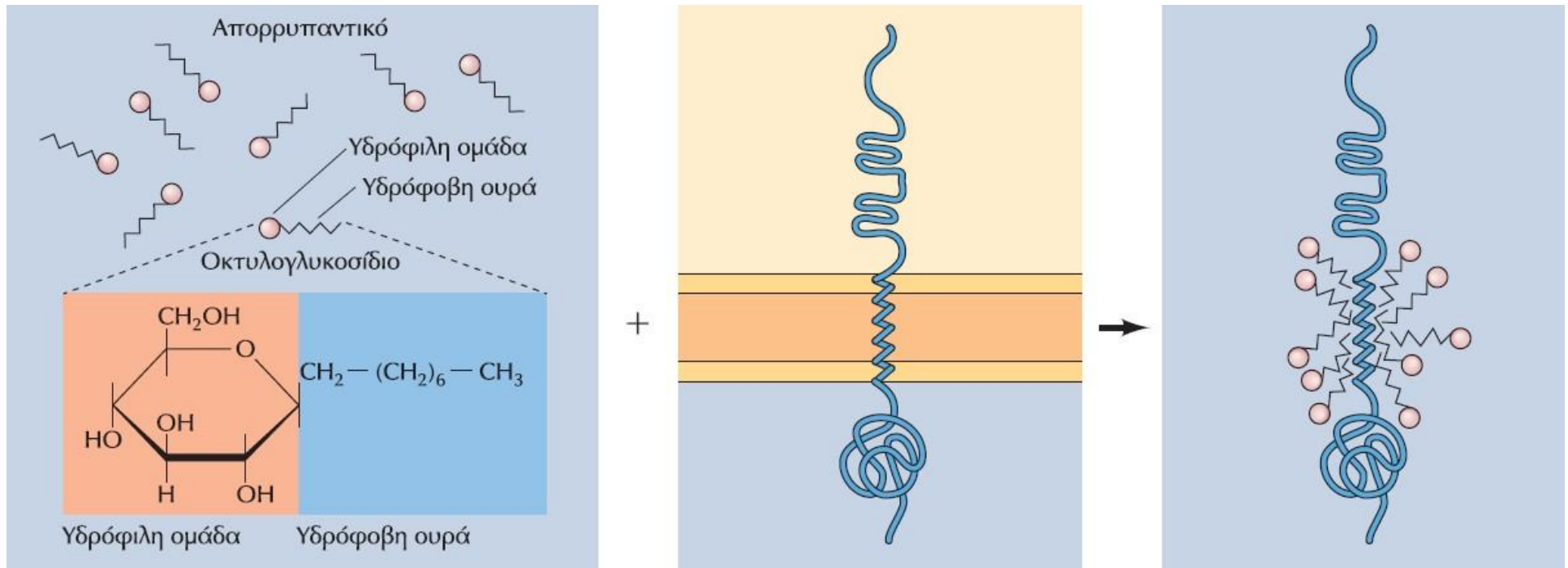


ΕΙΚΟΝΑ 2.26 Δομή β-βαρελιού.

Ορισμένες διαμεμβρανικές πρωτεΐνες διαπερνούν τη φωσφολιπιδική διπλοστιβάδα ως β-φύλλα αναδιπλωμένα σε μια δομή που μοιάζει με βαρέλι.

**Εντοπίζεται σε
βακτήρια, χλωροπλάστες,
μιτοχόνδρια**

Οι διαμεμβρανικές πρωτεΐνες μπορούν να εκχυλισθούν από τη μεμβράνη με **απορρυπαντικά**



Πρωτεΐνες διαμεμβρανικής μεταφοράς (5-15% των γονιδίων στα γονιδιώματα)

Είναι υπεύθυνες

- A. για την εκλεκτική διαπερατότητα των μεμβρανών
- B. για την διαμερισματοποίηση των βιολογικών μορίων και κυτταρικών λειτουργιών

Οι λειτουργίες των διαμεμβρανικών μεταφορέων εξασφαλίζουν

1. αξιοποίηση των θρεπτικών πηγών άνθρακα, αζώτου, θείου, φωσφόρου,
2. ρύθμιση της ενδοκυτταρικής συγκέντρωσης μεταβολιτών και απομάκρυνση τοξικών προϊόντων,
3. μέσω της ομοιοστασίας ιόντων, έλεγχος της διαφοράς δυναμικού της μεμβράνης, του pH, κατ' επέκταση των συνθηκών λειτουργίας ενζύμων ή ακόμη και μηχανισμών προστασίας έναντι λοιμώξεων,
4. ρύθμιση μηχανισμών μεταγωγής σήματος (π.χ. μεταφορέας σεροτονίνης) ή λειτουργικής αξιοποίησης διαβιβαστών (π.χ. κανάλι υποδοχέα ακετυλοχολίνης)
5. άμυνα-προστασία μέσω της εκροής φαρμάκων, αντιβιοτικών, αντιϊικών και τοξινών ή ανακατανομής αντιοξειδωτικών ουσιών, όπως είναι το ασκορβικό και το ουρικό οξύ.

Δυσλειτουργίες των πρωτεϊνών διαμεμβρανικής μεταφοράς συνδέονται συχνά με σοβαρές ασθένειες

Κυστική ίνωση (CFTR, chloride carrier), 1989

Το γονίδιο αυτό κωδικοποιεί μια ρυθμιστική [πρωτεΐνη](#) (Cystic Fibrosis Transmembrane Conductance Regulator), η οποία ελέγχει την διέλευση [χλωρίου](#) διαμέσου των μεμβρανών των επιθηλιακών κυττάρων διαφόρων οργάνων του σώματος όπως των [πνευμόνων](#), του [παγκρέατος](#), των ιδρωτοποιών αδένων και του [εντέρου](#).

Μεταλλάξεις στο γονίδιο έχει ως αποτέλεσμα να παράγεται παχύρρευστη κολλώδης βλέννα η οποία αποφράσσει τους πόρους των αδένων με συνέπεια την προοδευτική καταστροφή του ιστού των οργάνων

Δυσλειτουργίες των πρωτεϊνών διαμεμβρανικής μεταφοράς συνδέονται συχνά με σοβαρές ασθένειες

Νόσος Darier (θυλακική δυσκεράτωση) (muscle Ca^{2+} ATPase), 1999

Η νόσος Darier είναι μια κληρονομική νόσος που χαρακτηρίζεται από την παρουσία σκουρόχρωμων δερματικών κηλίδων σε διάφορα σημεία του σώματος

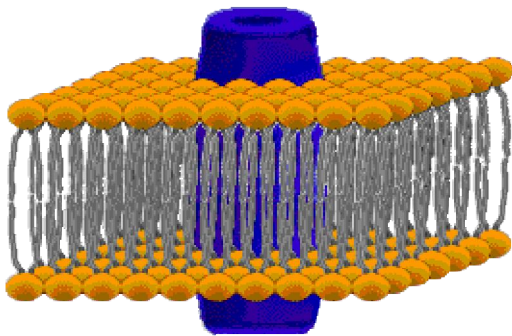
Σε μερικές περιπτώσεις, οι ασθενείς με νόσο Darier εμφανίζουν νευρολογικές διαταραχές όπως κατάθλιψη, επιληψία και ήπια νοητική υστέρηση. Επίσης έχουν αναφερθεί μαθησιακά προβλήματα και προβλήματα συμπεριφοράς σε άτομα με νόσο Darier

Δυσλειτουργίες των πρωτεϊνών διαμεμβρανικής μεταφοράς συνδέονται συχνά με σοβαρές ασθένειες

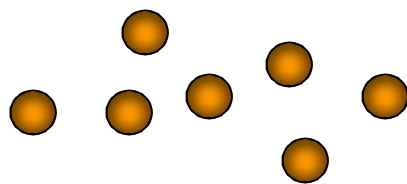
Συμφορητική καρδιακή ανεπάρκεια ($\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ antiporter; Na^+/K^+
ATPase)

«καρδιακή ανεπάρκεια»

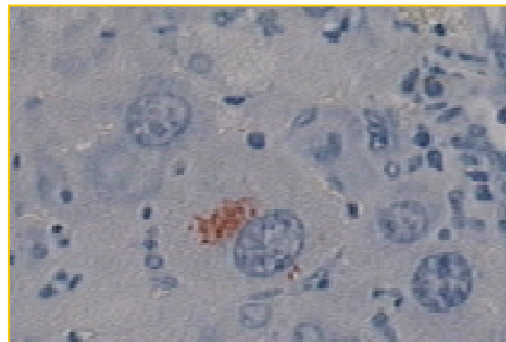
Η πρωτεΐνη ATP7B υπεύθυνη για τη νόσο του Wilson (Wilson's disease) είναι ο κύριος ρυθμιστής της συγκέντρωσης ιόντων χαλκού στο ήπαρ



Φυσιολογικό ήπαρ



Cu^{2+}



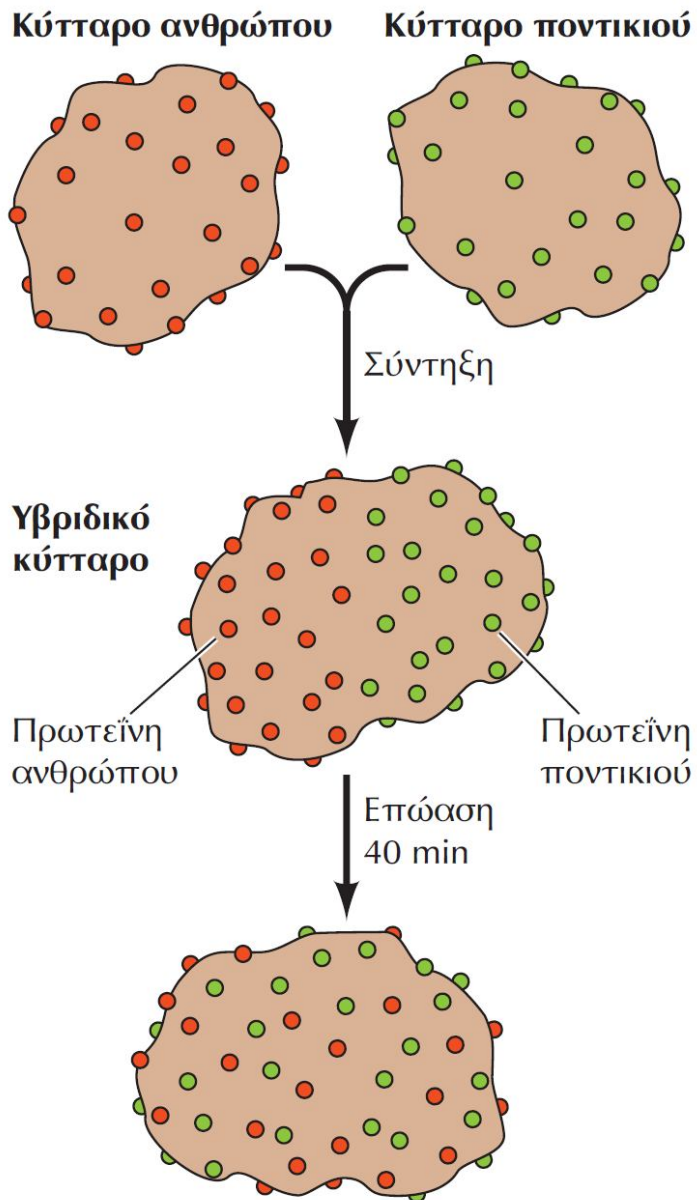
Ήπαρ $\text{ATP7B}^{-/-}$

Η κινητικότητα των πρωτεϊνών

- Η ρευστότητα των λιπιδίων επιτρέπει
 - στις πρωτεΐνες να περιστρέφονται ή να διαχέονται
 - Τη διάχυση των διαμεμβρανικών πρωτεϊνών

- Η διάχυση δεν είναι πάντα ελεύθερη και εξαρτάται από
 - Τη δομή της πρωτεΐνης
 - Τυχόν συμπλέγματα με άλλες πρωτεΐνες
 - Τη ιδιοτητα της μεμβράνης

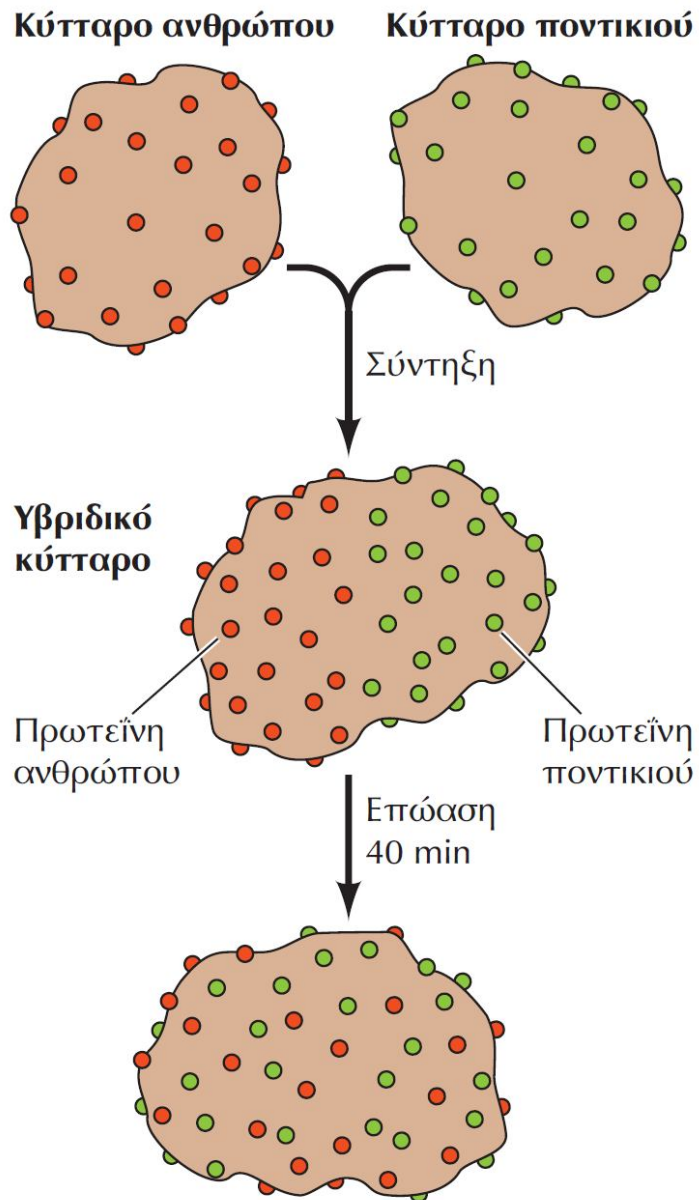
Κινητικότητα Πρωτεϊνών



**Δυνατότητα Πλευρικής Διάχυσης,
όπως τα λίπιδια**

1. Πραγματοποιήθηκε σύντηξη κυττάρων ανθρώπου και ποντικίου
2. Αναλύθηκε η κατανομή των πρωτεϊνών με χρήση αντισωμάτων που αναγνωρίζουν ειδικά πρωτεΐνες, τα οποία είχαν σημειωθεί με διαφορετικές φθορίζουσες χρωστικές

Κινητικότητα Πρωτεϊνών

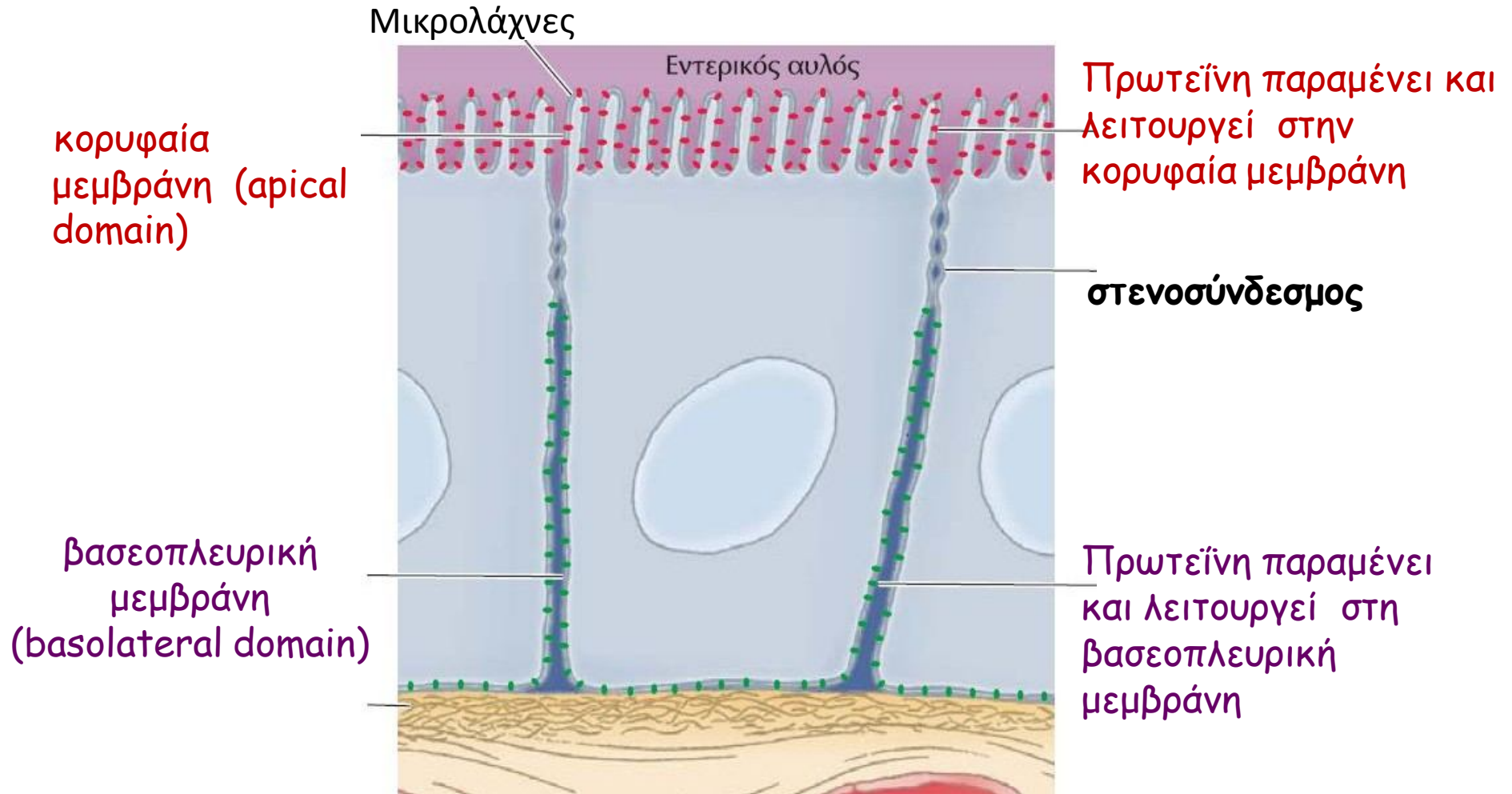


3. Μετά τη σύντηξη, οι πρωτεΐνες του ανθρώπου και οι πρωτεΐνες του ποντικίου βρέθηκε ότι εντοπίζονταν σε διαφορετικά ημίσεια των υβριδικών κυττάρων.

4. Μετά από 40 λεπτά επώασης, όλες οι πρωτεΐνες είχαν πλέον κατανεμηθεί ομοιογενώς σε ολόκληρη την κυτταρική επιφάνεια.

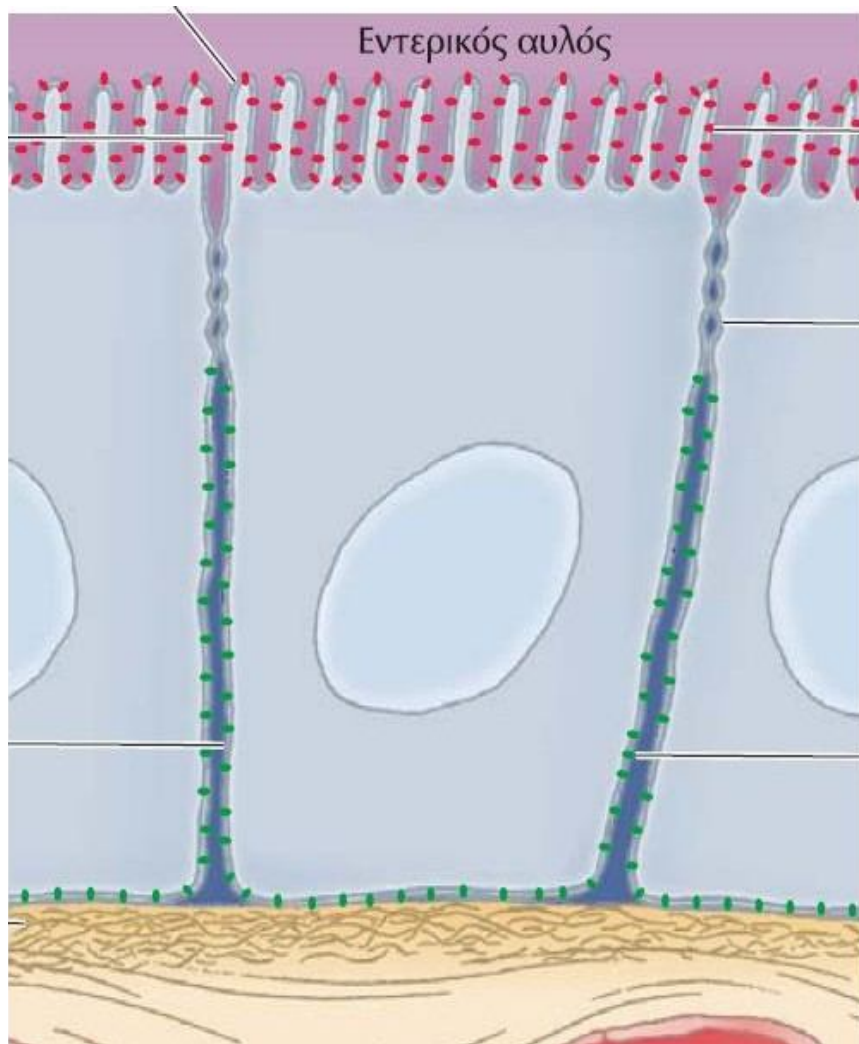
Κινητικότητα Πρωτεϊνών

Επιθηλιακά κύτταρα, προσλαμβάνουν ουσίες από τον πεπτικό σωλήνα



Για να διατηρηθούν οι διακριτές λειτουργίες η κινητικότητα των πρωτεϊνών πρέπει να περιορίζεται

Κινητικότητα Πρωτεϊνών



Στενοσύνδεσμοι

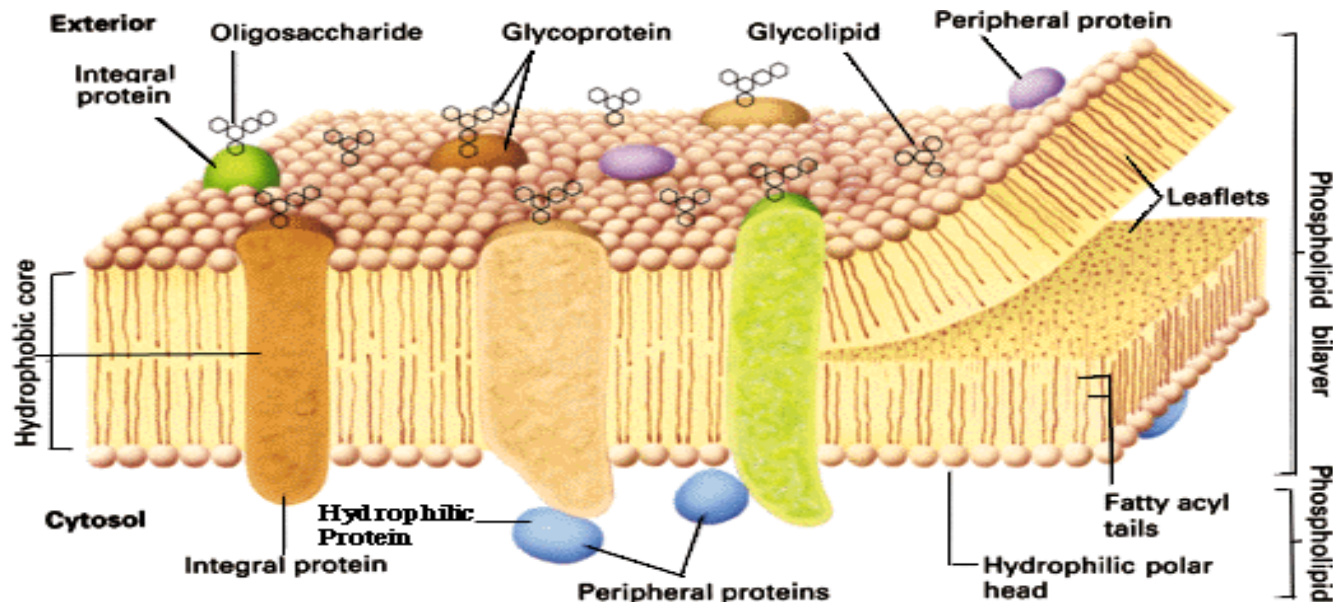
1. Διαχωρίζουν την κορυφαία από τη βασεοπλευρική περιοχή της μεμβράνης.

2. Οι μεμβρανικές πρωτεΐνες διαχέονται ελεύθερα σε κάθε περιοχή, αλλά δεν μπορούν να περάσουν από τη μία περιοχή στην άλλη.

Μεμβρανικοί υδατάνθρακες

Στης μεμβράνες των ευκαρυωτικών κυττάρων υπάρχουν **γλυκοπρωτεΐνες και γλυκολιπίδια**

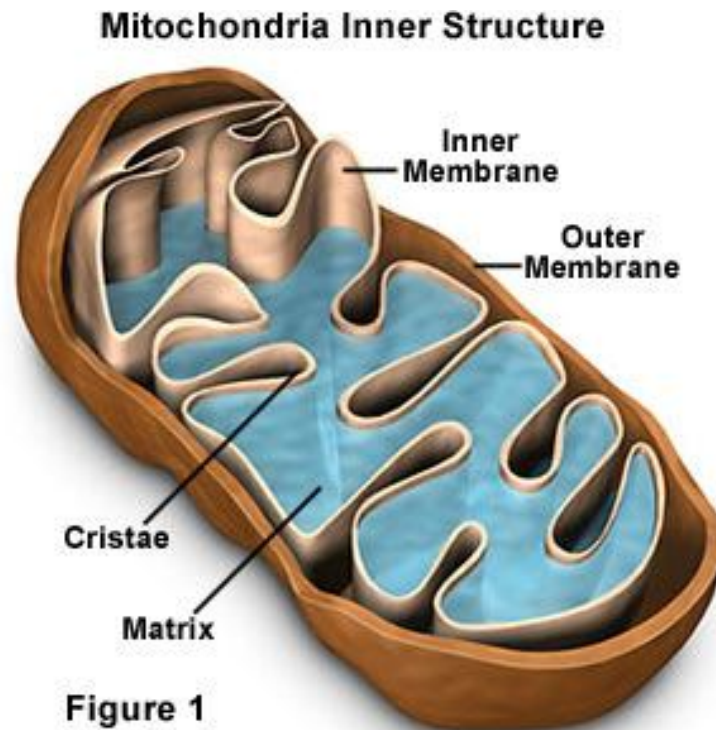
Τα κυριότερα σάκχαρα των γλυκοπρωτεΐνων είναι: η γαλακτόζη, η μαννόζη, η φουκόζη, η γαλακτοζαμίνη, η γλυκόζη και το σιαλικό οξύ (είναι υπεύθυνο για το αρνητικό φορτίο που φέρουν όλα τα κύτταρα των θηλαστικών)



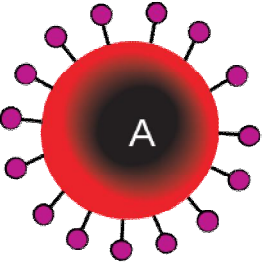
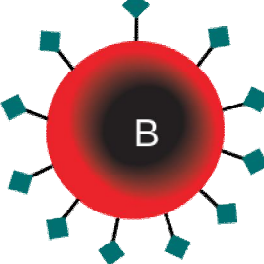
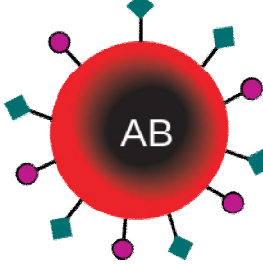
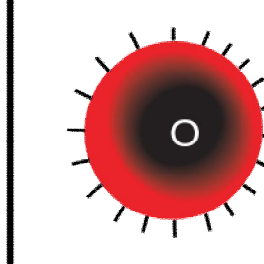
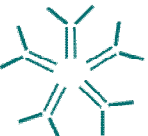

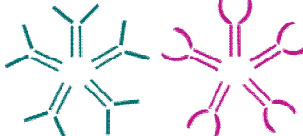



Δρ. Χριστίνα Μπαντή, Τμήμα Χημείας, ΠΙ

Οι ολιγοσακχαρίτες των ενδοκυτταρικών μεμβρανικών συστημάτων βρίσκονται στο εσωτερικό των οργανίδων

Μιτοχόνδρια, χλωροπλάστες και λυσοσώματα, δεν έχουν υδατάνθρακες στις μεμβράνες τους



Επιφάνειες Ερυθροκυττάρων και γλυκολιπίδια

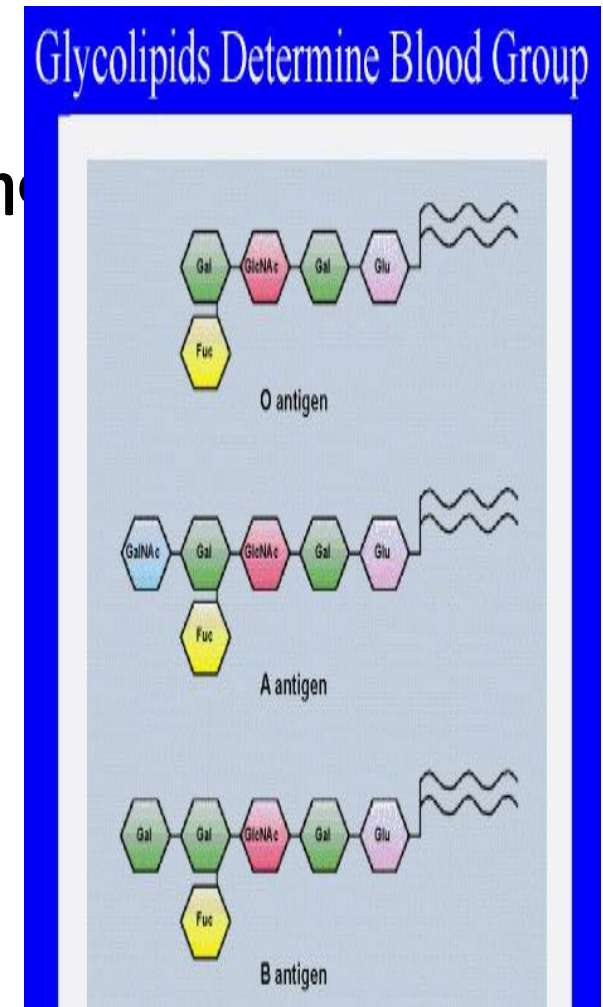
	Ομάδα Α	Ομάδα Β	Ομάδα ΑΒ	Ομάδα Ο
Τύπος Ερυθρού Κυττάρου				
Αντισώματα στο Πλάσμα	 Αντι-Β	 Αντι-Α	Κανένα	 Αντι-Α και Αντι-Β
Αντιγόνα στο Ερυθρό Κύτταρο	 Α αντιγόνο	 Β αντιγόνο	 Α και Β αντιγόνα	Κανένα

Τα γλυκολιπίδια καθορίζουν τις ομάδες αίματος

Ο παράγοντας που καθορίζει της ομάδες αίματος είναι μία μικρή διακλαδισμένη **ολιγοσακχαρική αλυσίδα** συνδεδεμένη ομοιοπολικά στα **λιπίδια** της μεμβράνης των **ερυθροκυττάρων**.

Άτομα με ομάδα αίματος A έχουν το ένζυμο που προσθέτει N-ακετυλογαλακτοζαμίνη στο τέλος της κοινής ολιγοσακχαρικής αλυσίδας

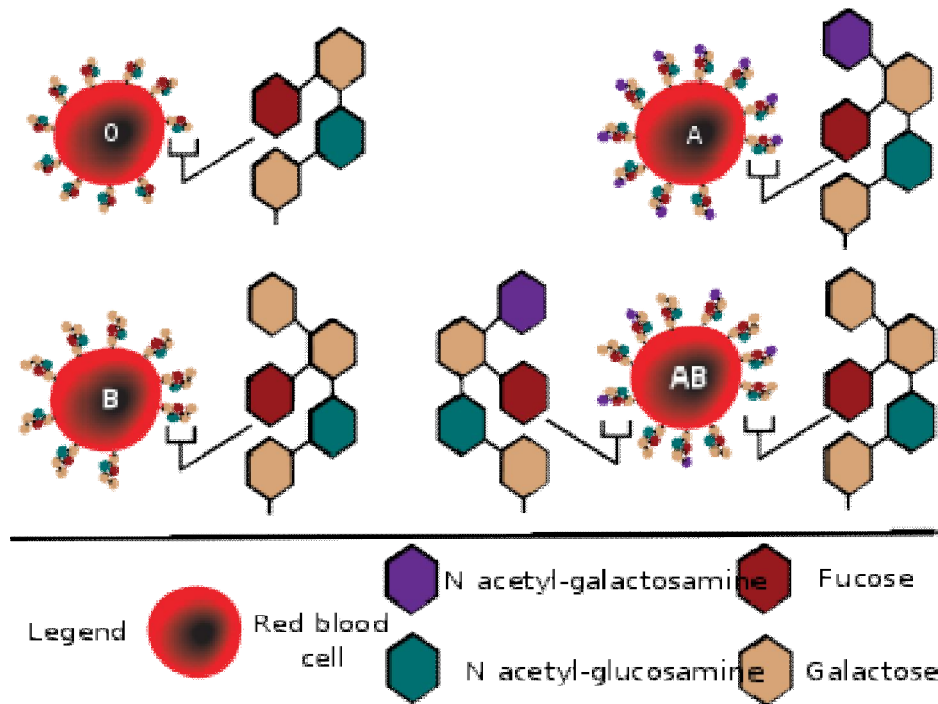
Άτομα ομάδας αίματος B έχουν το ένζυμο που προσθέτει γαλακτόζη στην κοινή ολιγοσακχαρική αλυσίδα



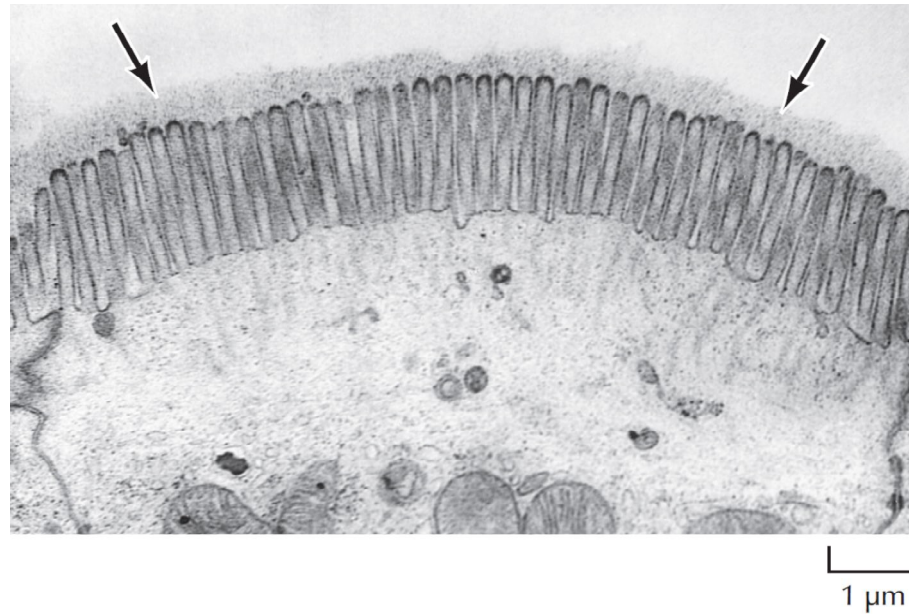
Άτομα ομάδας αίματος AB έχουν και τα δυο ένζυμα

Άτομα ομάδας αίματος O δεν έχουν κανένα ένζυμο

Σε άτομα ομάδας της αίματος O κυκλοφορούν στον ορό του αίματος τους αντι-A και αντι-B αντισώματα (εναντί της N-ακετυλογλυκοζαμίνης του αντιγόνου A και της γαλακτόζης της ομάδας B)



Γλυκοκάλυκας



Η επιφάνεια του κυττάρου καλύπτεται από μανδύα υδατανθράκων γνωστό ως γλυκοκάλυκα

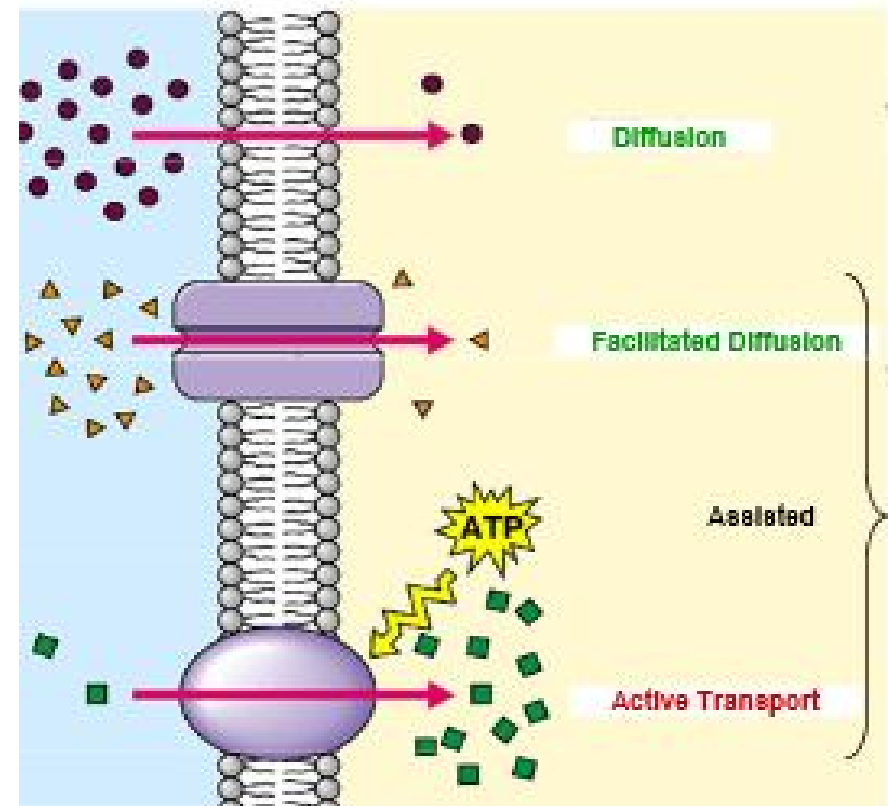
- Προστατεύει από ιοντικό και μηχανικό στρες
- Δημιουργεί ένα φραγμό στην είσοδο μικροοργανισμών

Μεταφορά Μικρών Μορίων

Ενεργός και παθητική μεταφορά

Η παθητική μεταφορά οδηγεί απλώς σε **εξισορρόπηση** συγκεντρώσεων μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού του κυττάρου.

Η **ενεργός μεταφορά** καταλήγει σε **συσσώρευση** του υποστρώματος αντίθετα προς την διαβάθμιση συγκέντρωσής του.



Ενεργός μεταφορά και παθητική μεταφορά

- **Παθητική μεταφορά**= Όταν η κίνηση γίνεται *σύμφωνα* με τη διαβάθμιση συγκέντρωσής του
- **Ενεργός μεταφορά**= Όταν η κίνηση γίνεται *αντίθετα* με τη διαβάθμιση συγκέντρωσής του

Παθητική μεταφορά = Διευκολυνόμενη διάχυση

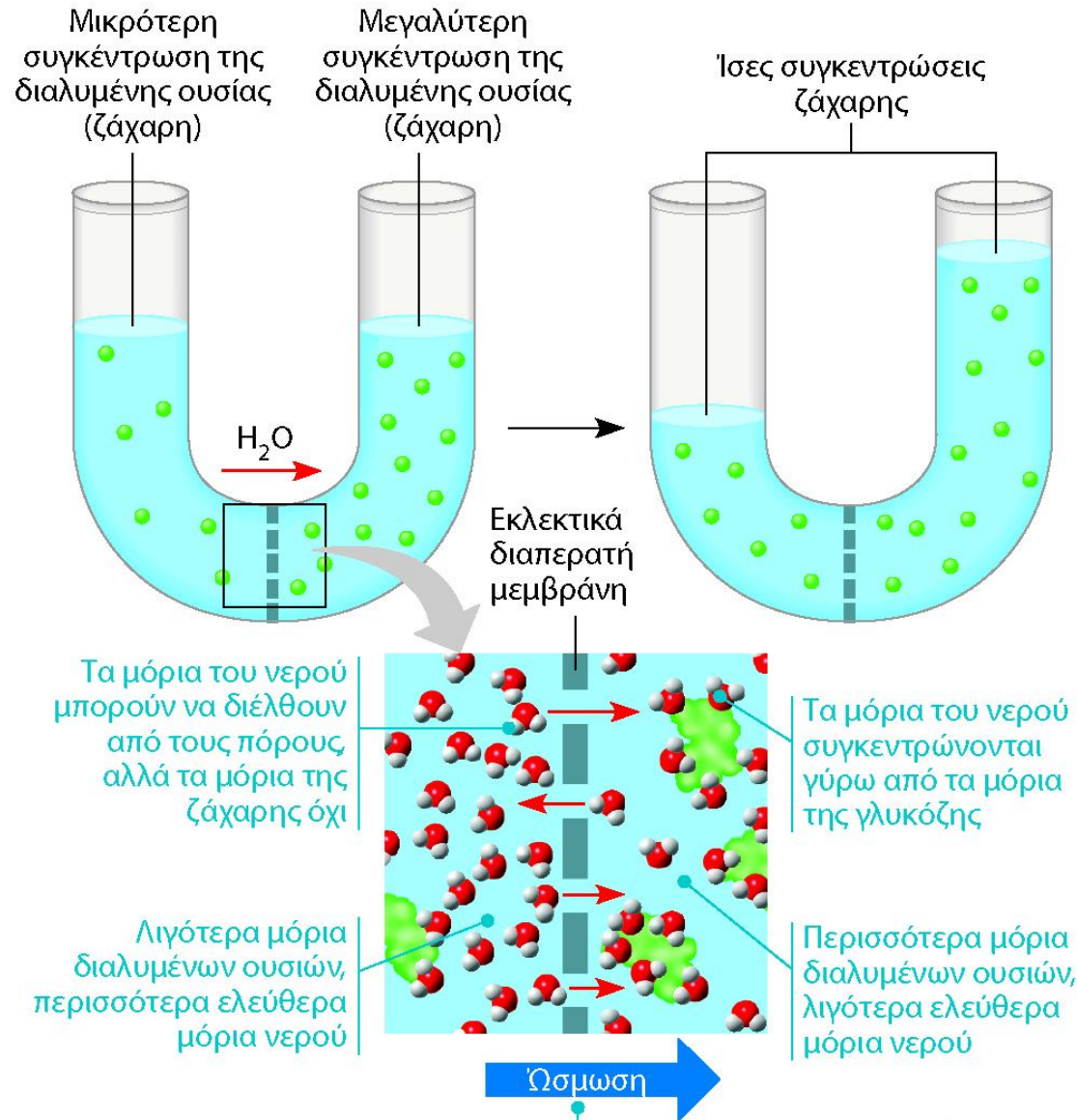
Ενεργός μεταφορά και παθητική μεταφορά

Η διεργασία μεταφοράς είναι **παθητική** άρα είναι **αυθόρμητη** και δεν απαιτείται ενέργεια

Η διεργασία της μεταφοράς είναι **ενεργός** χρειάζεται **ελεύθερη ενέργεια** π.χ. από την υδρόλυση του ATP.

Παθητική μεταφορά = Διευκολυνόμενη διάχυση

Όσμωση



Το νερό κινείται από μια περιοχή υψηλότερης προς μια περιοχή χαμηλότερης συγκέντρωσης ελεύθερων μορίων νερού (δηλαδή, από την περιοχή μικρότερης προς την περιοχή μεγαλύτερης συγκέντρωσης διαλυμένων ουσιών)

Δρ. Χριστίνα Μπαντή, Τμήμα Χημείας, ΠΙ

Ώσμωση

Ώσμωση= όταν το νερο από εκεινη την πλευρα που έχει υψηλη συγκεντρωση κατευθινεται σε χαμηλη συγκεντρωση, (ρίζες φυτών)

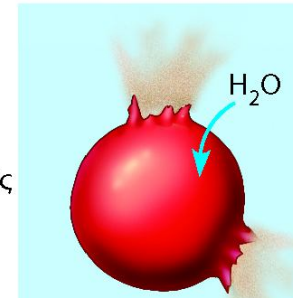
► Εικόνα 7.13 Η υδατική ισορροπία στα ζωντανά κύτταρα.

Ο τρόπος με τον οποίο αντιδρούν τα ζωντανά κύτταρα, όταν μεταβάλλεται η συγκέντρωση των διαλυμένων ουσιών στο περιβάλλον τους, εξαρτάται από το αν έχουν ή δεν έχουν κυτταρικό τοίχωμα. **(α)** Τα ζωικά κύτταρα, όπως το ερυθρό αιμοσφαίριο της εικόνας, δεν έχουν κυτταρικό τοίχωμα. **(β)** Τα φυτικά κύτταρα έχουν κυτταρικό τοίχωμα. (Τα βέλη δείχνουν την καθαρή κίνηση του νερού στην περίπτωση που τα κύτταρα εκτεθούν στα συγκεκριμένα διαλύματα.)

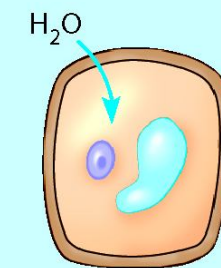
(α) Ζωικά κύτταρα. Τα ζωικά κύτταρα λειτουργούν καλύτερα όταν βρίσκονται σε ισότονο περιβάλλον, εκτός αν διαθέτουν ειδικές προσαρμογές που εξισορροπούν την ωσμωτική πρόσληψη ή απώλεια νερού.

(β) Φυτικά κύτταρα. Τα φυτικά κύτταρα είναι πλήρους σπαργής και λειτουργούν συνήθως καλύτερα σε υπότονο περιβάλλον. Αυτό συμβαίνει διότι η πρόσληψη νερού εξισορροπείται τελικά από την πίεση του τοιχώματος πάνω στο κύτταρο.

Υπότονο διάλυμα

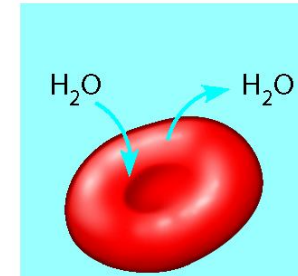


Το κύτταρο λύεται

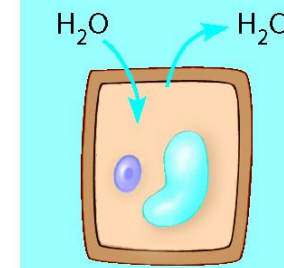


Κύτταρο πλήρους σπαργής (φυσιολογικό)

Ισότονο διάλυμα

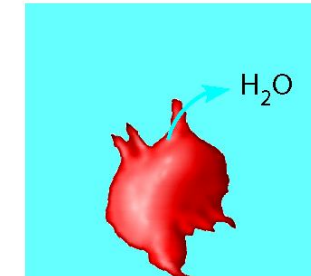


Το κύτταρο είναι φυσιολογικό

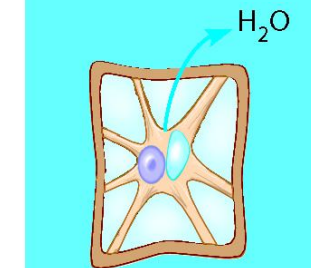


Το κύτταρο έχει υποσπαργία

Υπέρτονο διάλυμα



Το κύτταρο συρρικνώνεται



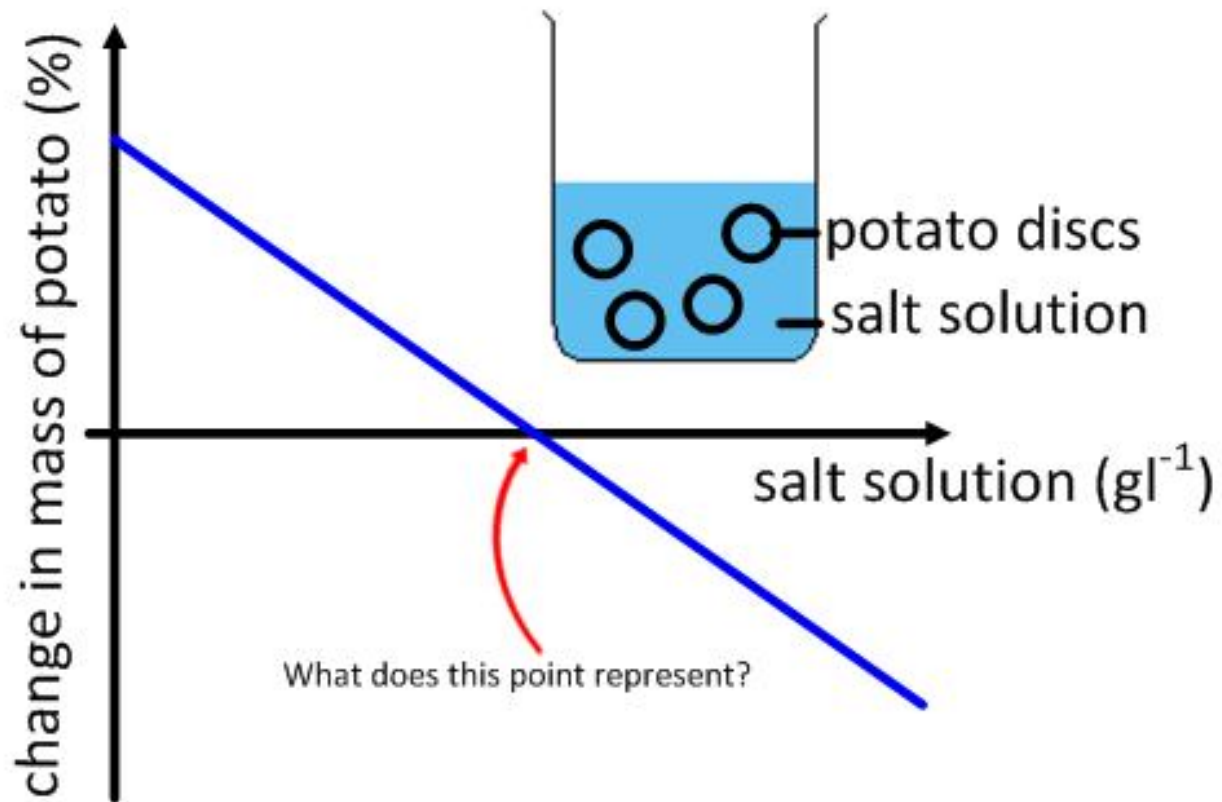
Το κύτταρο πλασμούεται

VIDEO

<https://www.youtube.com/watch?v=jTDATlaBV-o>

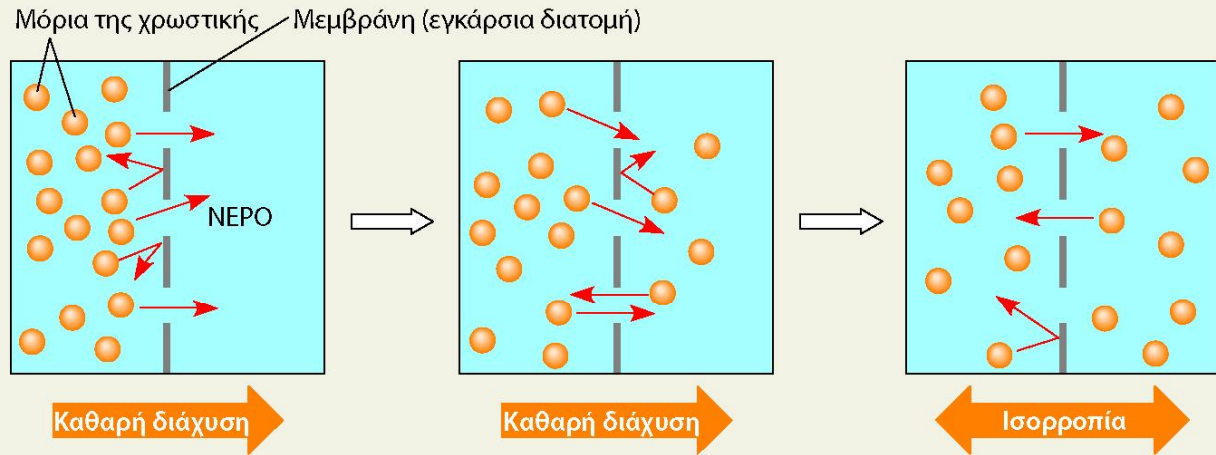
Osmosis in Potato

Osmosis in Potato

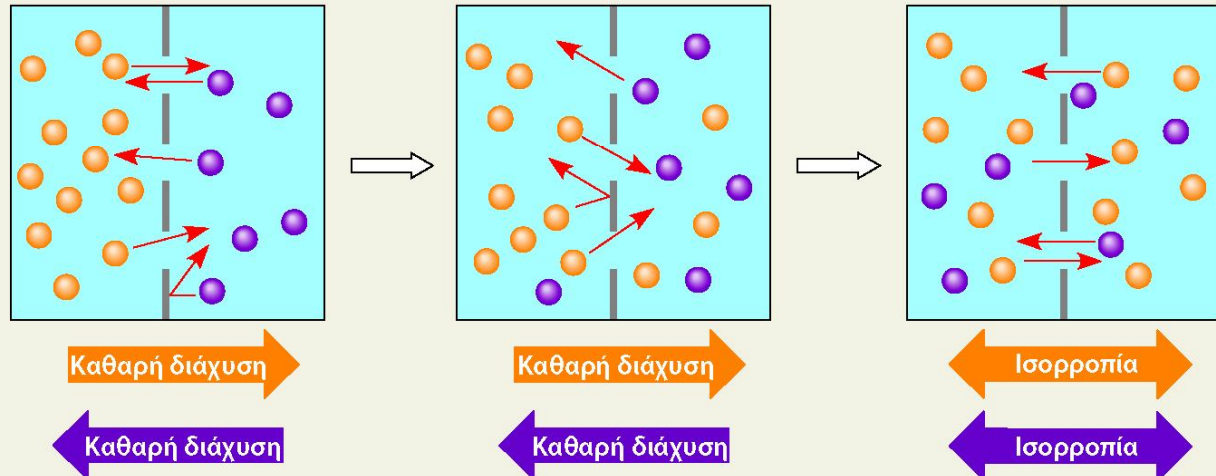


Διάχυση= Ελεύθερη Ανάλλαξη Ιόντων

(α) **Διάχυση ενός μόνο είδους μορίου.** Οι πόροι της μεμβράνης είναι αρκετά μεγάλοι ώστε να μπορούν να διέλθουν τα μόρια της χρωστικής. Μερικά μόρια διέρχονται από τον πόρο λόγω της τυχαίας κίνησης των μορίων της χρωστικής. Η διέλευση θα είναι πιο συχνή από την πλευρά της μεμβράνης με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση. Η χρωστική διαχέεται από την πλευρά με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση προς την πλευρά με την μικρότερη συγκέντρωση (ή, όπως αλλιώς περιγράφεται, «σύμφωνα με τη διαβάθμιση της συγκέντρωσης της χρωστικής»). Αυτή η κίνηση οδηγεί σε δυναμική ισορροπία: τα μόρια της διαλυμένης ουσίας εξακολουθούν μεν να περνούν τη μεμβράνη, αλλά με την ίδια ταχύτητα και προς τις δύο κατευθύνσεις.



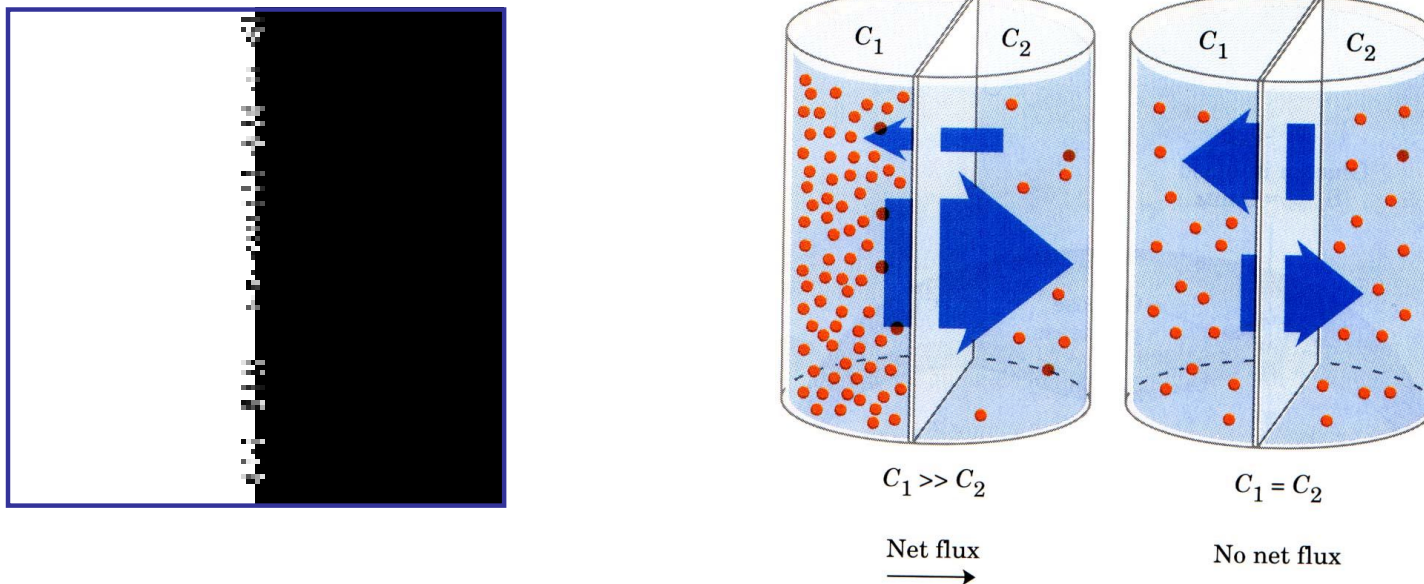
(β) **Διάχυση δύο ειδών μορίων.** Δύο διαλύματα, καθένα από τα οποία περιέχει διαφορετικό είδος χρωστικής, χωρίζονται με μια μεμβράνη διαπερατή και από τα δύο είδη μορίων. Κάθε χρωστική διαχέεται σύμφωνα με τη διαβάθμιση της συγκέντρωσής της. Υπάρχει καθαρή διάχυση της μοβ χρωστικής προς τα αριστερά, παρ' ότι η ολική συγκέντρωση των διαλυμένων ουσιών αριστερά είναι αρχικά μεγαλύτερη από εκείνη στα δεξιά.



▲ **Εικόνα 7.11** Διάχυση των διαλυμένων ουσιών μέσω της μεμβράνης. Το μεγάλο βέλος κάτω από κάθε διάγραμμα δείχνει την καθαρή διάχυση του ομόχρωμου μορίου χρωστικής.

Απλή Διάχυση

Δεν κινείται διαλύτης και δεν αλλάζει ο όγκος του διαλύτη

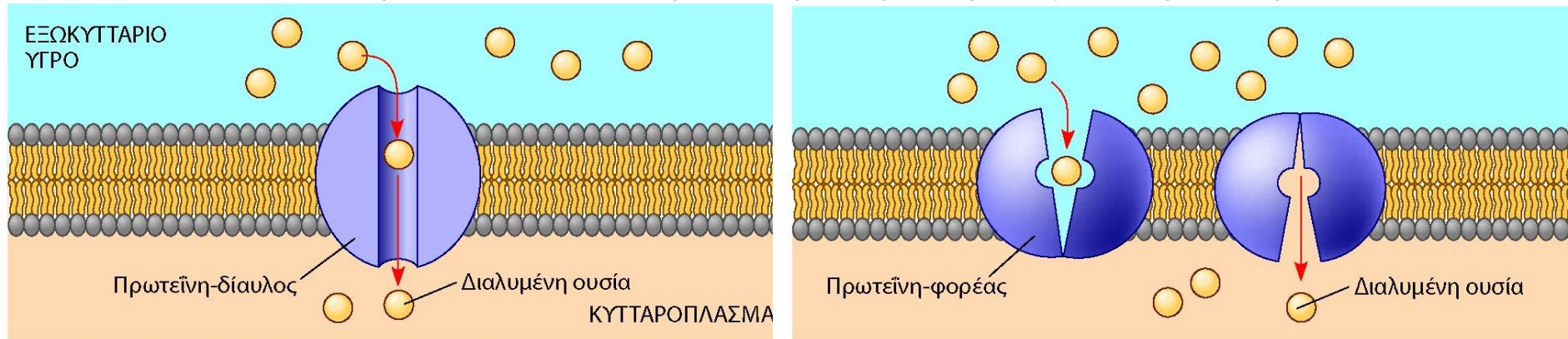


Τα μόρια που μεταφέρονται διαμέσου των κυτταρικών μεμβρανών με απλή ή παθητική συμπεριλαμβάνουν μικρά οργανικά μόρια, H_2O , O_2 , N_2 , ουρία, γλυκερόλη και CO_2 .

Η απλή διάχυση μορίων διαμέσου των μεμβρανών είναι θερμοδυναμικά παράνομη με τη χημική ισορροπία.

Διευκολυνόμενη Διάχυση = Παθητική μεταφορά

Εξαρτάται από την Διαβάθμιση Συγκέντρωσης



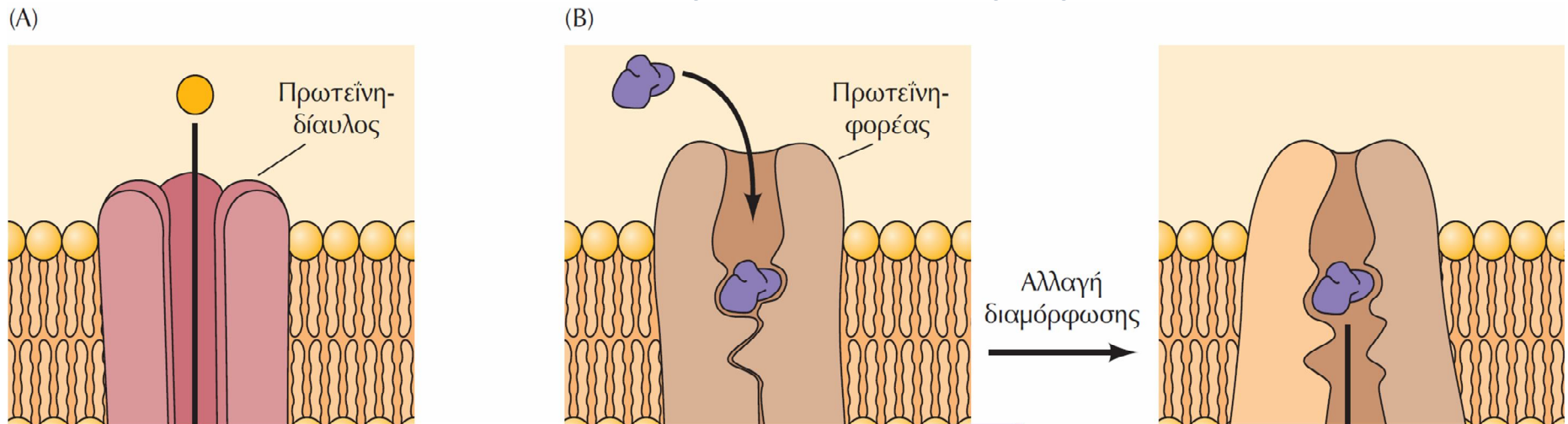
(α) Η πρωτεΐνη-διάυλος (μοβ) φέρει στο εσωτερικό της έναν διάυλο από τον οποίο μπορούν να διέλθουν μόρια νερού ή ορισμένες άλλες διαλυμένες ουσίες.

(β) Η πρωτεΐνη-φορέας αποκτά εναλλάξ δύο διαμορφώσεις. Κατά τη διάρκεια αυτών των μεταβολών μεταφέρει τη διαλυμένη ουσία διαμέσου της μεμβράνης. Επειδή η πρωτεΐνη μπορεί να μεταφέρει τη διαλυμένη ουσία προς οποιαδήποτε κατεύθυνση, η καθαρή μεταφορά καθορίζεται από τη διαβάθμιση συγκέντρωσης της διαλυμένης ουσίας στις δύο πλευρές της μεμβράνης.

▲ **Εικόνα 7.15** Η διευκολυνόμενη διάχυση επιτελείται από δύο είδη μεταφορικών πρωτεϊνών. Και τα δύο είδη μεταφορικών πρωτεϊνών μεταφέρουν την (εκάστοτε) διαλυμένη ουσία αντίθετα προς τη διαβάθμιση της συγκέντρωσής της.

Πάντα Ανοιχτοί vs Κλειστοί

Διευκολυνόμενη Διάχυση - Διαμεμβρανικές Πρωτεΐνες δίαυλοι και πρωτεΐνες-φορείς



(A) Οι πρωτεΐνες-δίαυλοι σχηματίζουν πόρους, μέσω των οποίων μόρια κατάλληλου μεγέθους (**ιόντα**) μπορούν να διαπερνούν τη μεμβράνη.

(B) **Μικρά μόρια** που πρόκειται να μεταφερθούν προσδέονται επιλεκτικά σε πρωτεΐνες-φορείς, οι οποίες στη συνέχεια υφίστανται αλλαγές διαμόρφωσης, με τελικό αποτέλεσμα την απελευθέρωση των μορίων στην άλλη πλευρά της μεμβράνης.

Συστήματα μεταφοράς (transporters)

Φορείς (carriers)

Κέντρα δέσμευσης

«Ομοιότητες με ένζυμα»

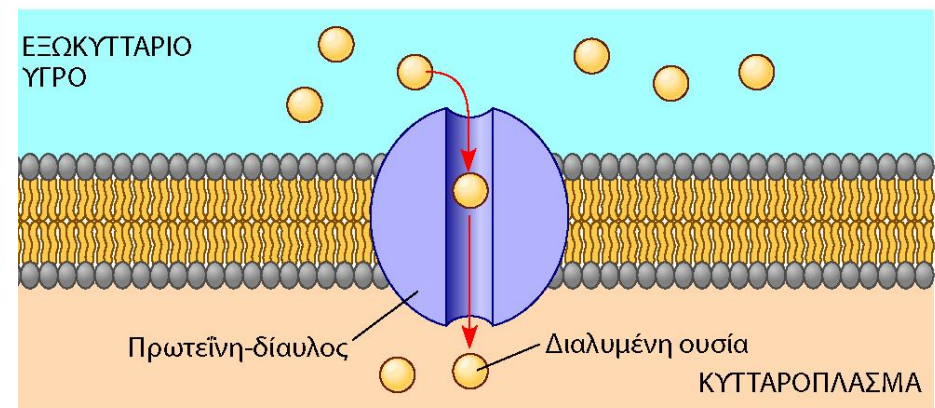
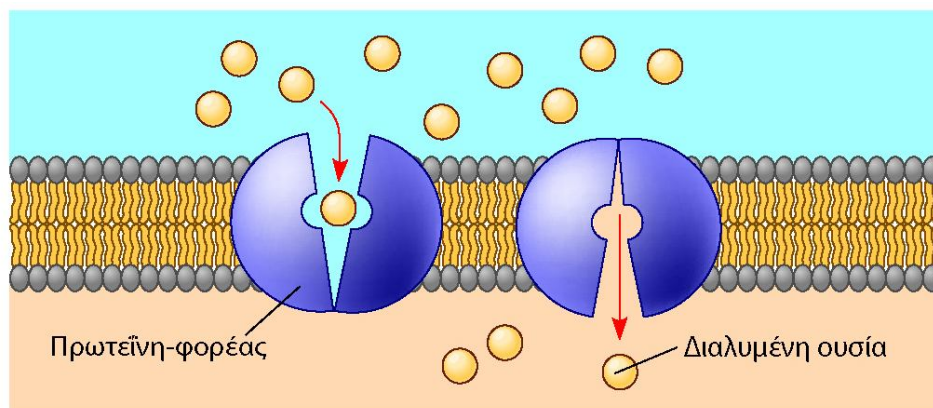
Αλλαγές διαμόρφωσης

Δίαυλοι (channels)

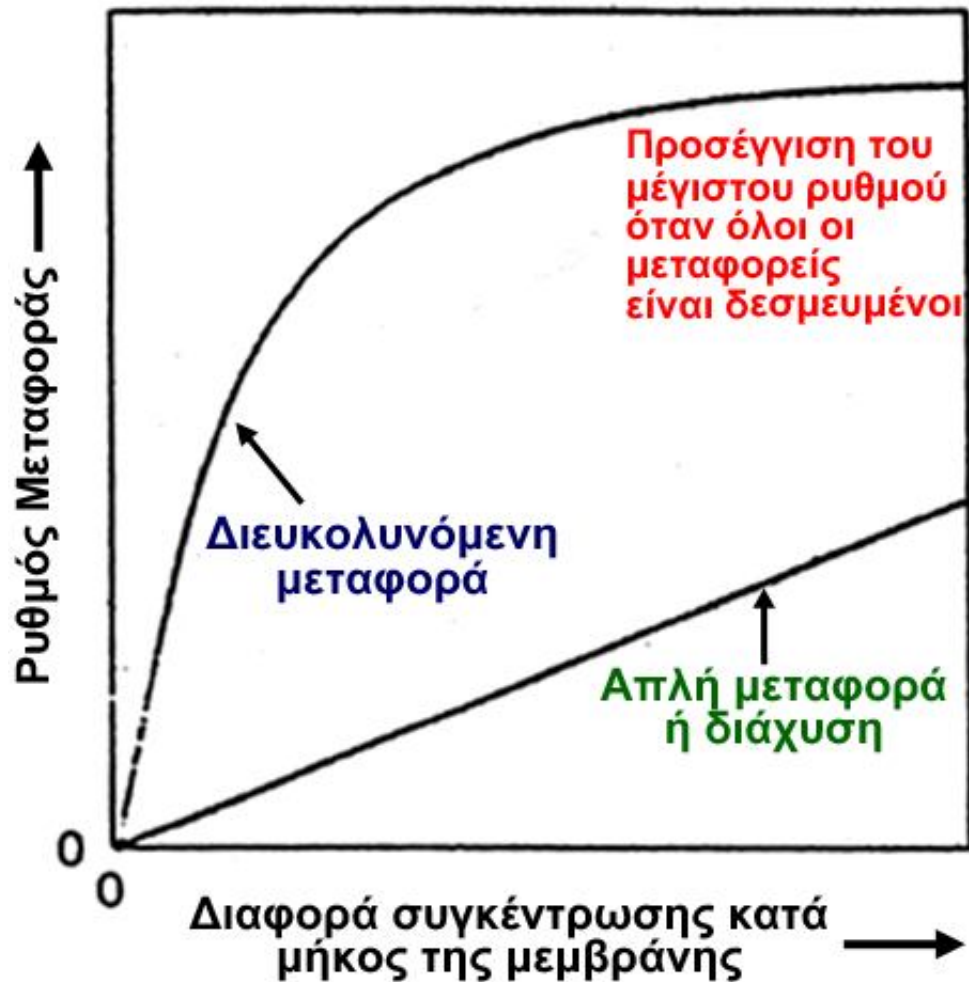
Πόροι μέσω της μεμβράνης

Χωρίς ομοιότητες με ένζυμα

Ελεγχόμενη δίοδος του υποστρώματος



Διάκριση μεταξύ διευκολυνόμενης διάχυσης και απλής διάχυσης ή μεταφοράς



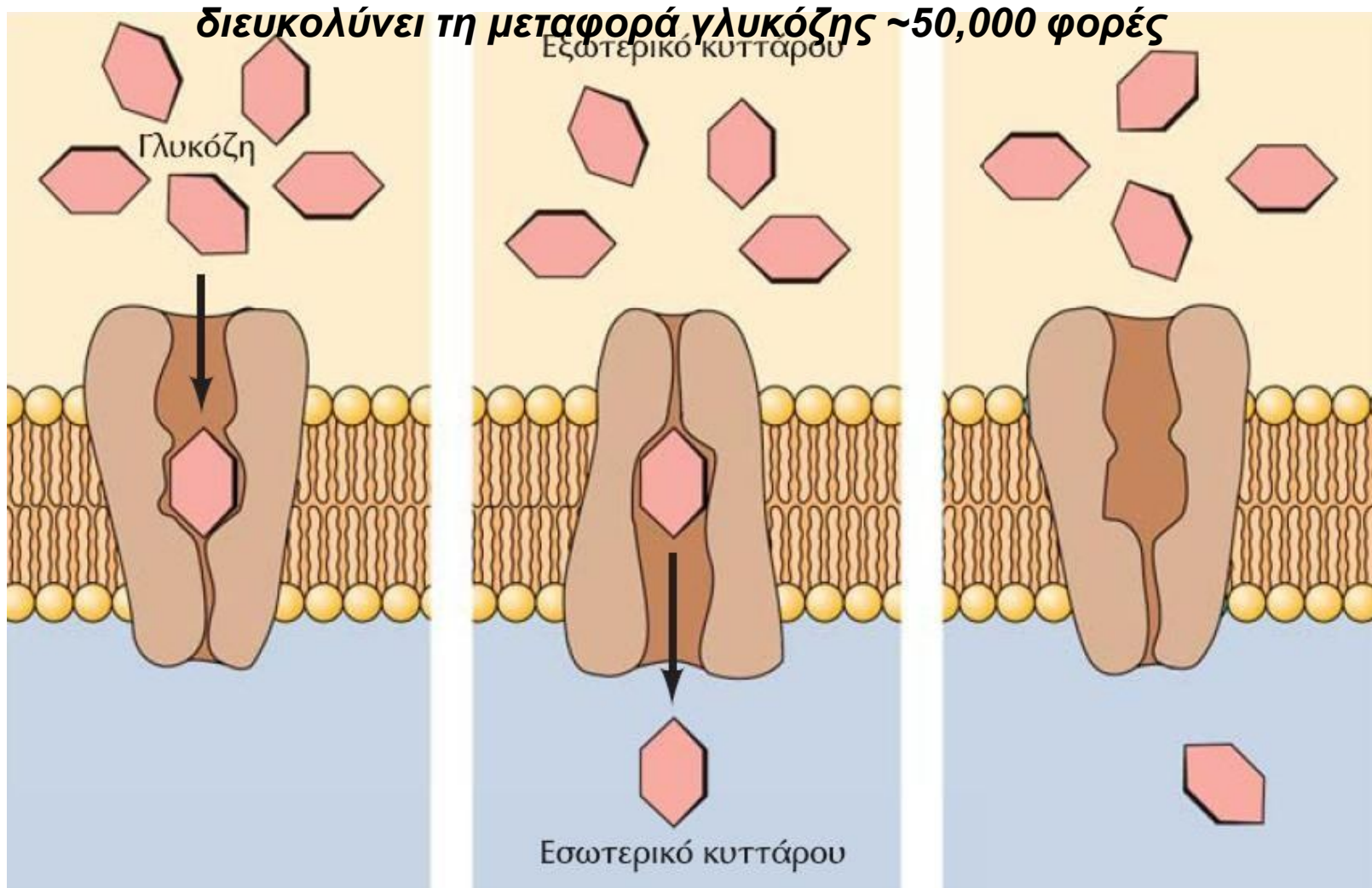
Απλή Διάχυση: Ο ρυθμός είναι γραμμικός και εξαρτάται από τη συγκέντρωση των μορίων. **Δεν απαιτείται μεταφορέας**

Διευκολυνόμενη διάχυση:

- Ταχύτητα της μεταφοράς εξαρτάται από τη συγκέντρωση του **μεταφορέα** (πόρου ή διαύλου) και του μεταφερόμενου μορίου
- Ο μεταφορέας εμφανίζει εξειδίκευση για το μεταφερόμενο μόριο: Οι διάλυτοι και μεταφορείς εμφανίζουν χημική και στερεοχημική εξειδίκευση για τα μεταφερόμενα μόρια (π.χ. ο μεταφορέας γλυκόζης μεταφέρει D-γλυκόζη, αλλά όχι L-γλυκόζη, η βαλινομυκίνη μεταφέρει ιόντα K^+ 20,000 καλύτερα από ότι ιόντα Na^+)
- Υφίσταται κορεσμό – Μέγιστος ρυθμός μεταφοράς είναι ανάλογος της συγκέντρωσης των θέσεων δέσμησης του μεταφορέα ή των πόρων

Πρωτεΐνες-Φορείς Μεταφοράς Γλυκόζης

D-γλυκόζη, αλλά όχι L-γλυκόζη



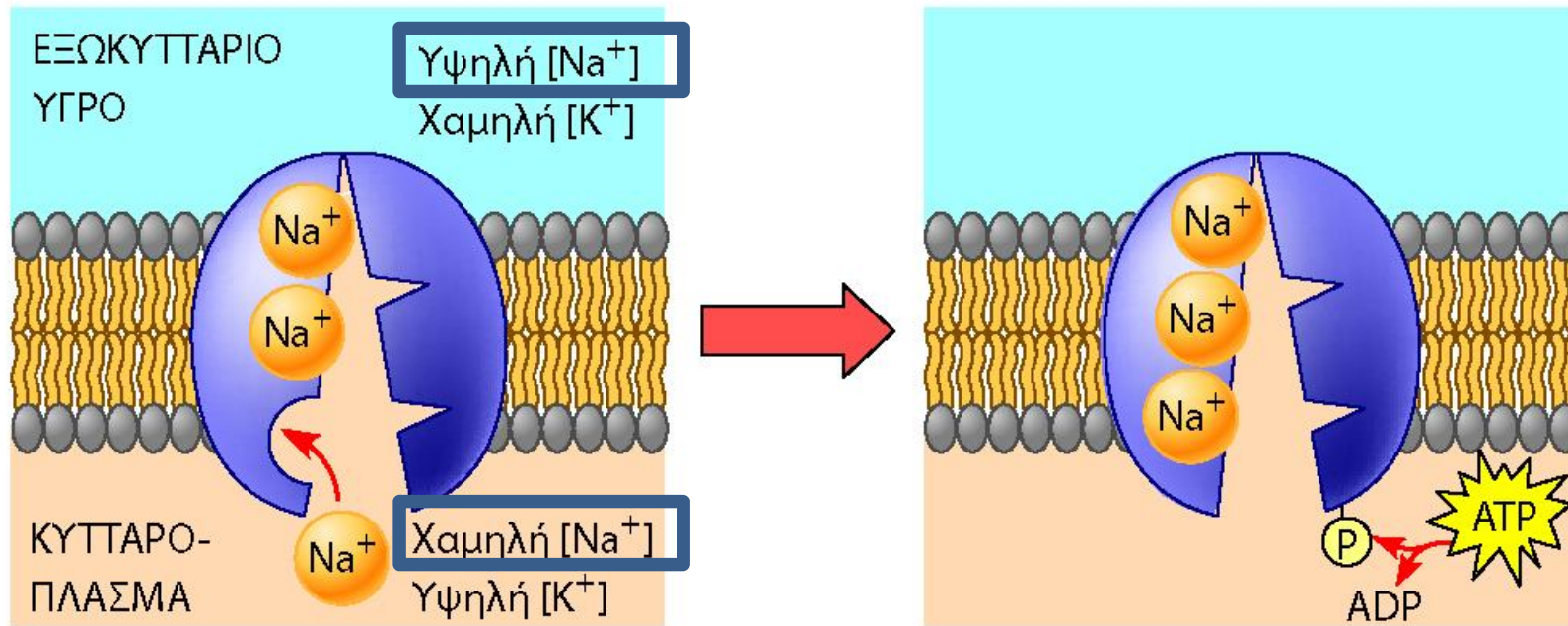
Ενεργός μεταφορά

Απαιτείται ενέργεια υπό τη μορφή ATP για τη μεταφορά μορίων ενάντια στη διαβάθμιση της συγκέντρωσης μιας ουσίας (από χαμηλή σε υψηλή συγκέντρωση και επομένως η κίνηση δεν τείνει προς ισορροπία)

Διεξάγεται με διαμεμβρανικούς μεταφορείς

Αντλία Na-K Ενεργός Μεταφορά

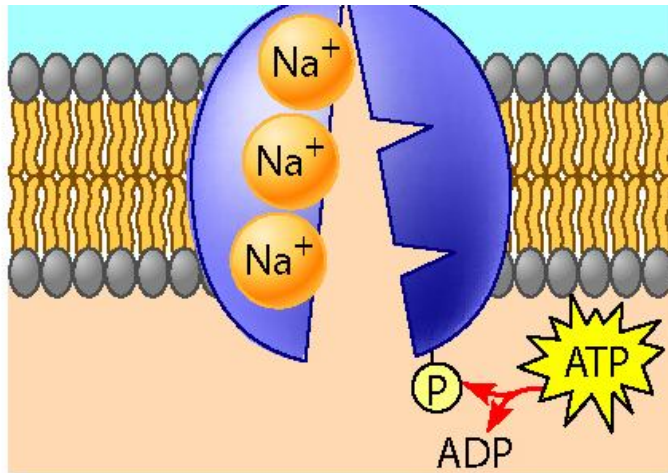
Αντίθετα από την Διαβάθμιση Συγκέντρωσης



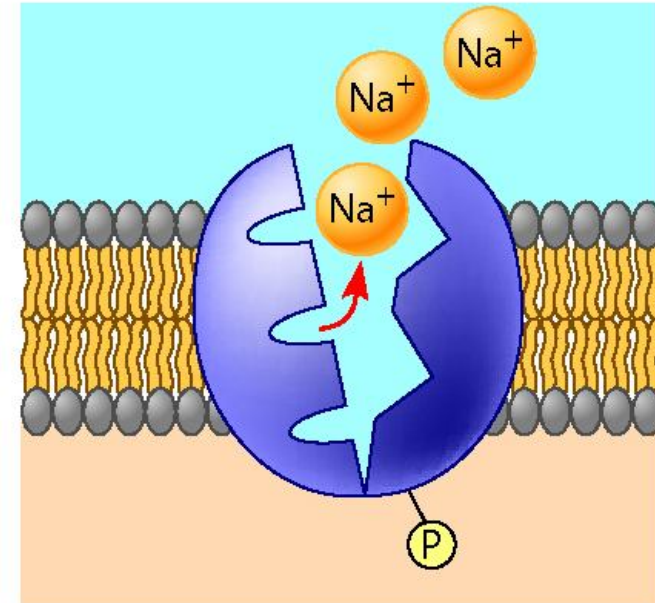
1 Το κυτταροπλασματικό Na⁺ δεσμεύεται στην αντλία νατρίου-καλίου. Όταν η πρωτεΐνη έχει αυτή τη διαμόρφωση, η συγγένειά της για το Na⁺ είναι υψηλή.

2 Η δέσμευση του Na⁺ διεγείρει τη φωσφορυλίωση από την ATP.

Αντλία Na-K Ενεργός Μεταφορά

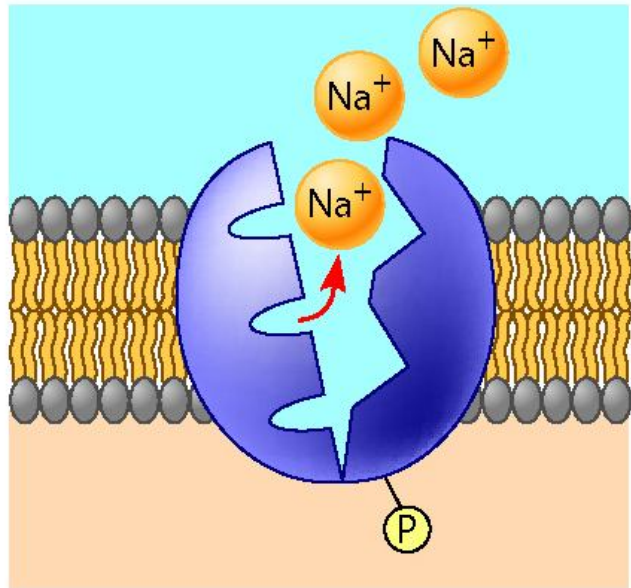


2 Η δέσμευση του Na^+ διεγείρει τη φωσφορυλίωση από την ATP.

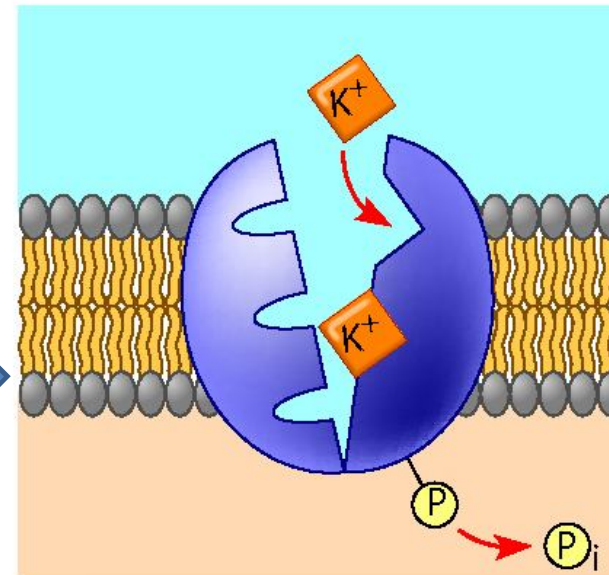


3 Η φωσφορυλίωση προκαλεί μεταβολή της διαμόρφωσης της πρωτεΐνης και κατά συνέπεια ελάττωση της συγγένειάς της για το Na^+ , που αποβάλλεται στον εξωκυττάριο χώρο.

Αντλία Na-K Ενεργός Μεταφορά

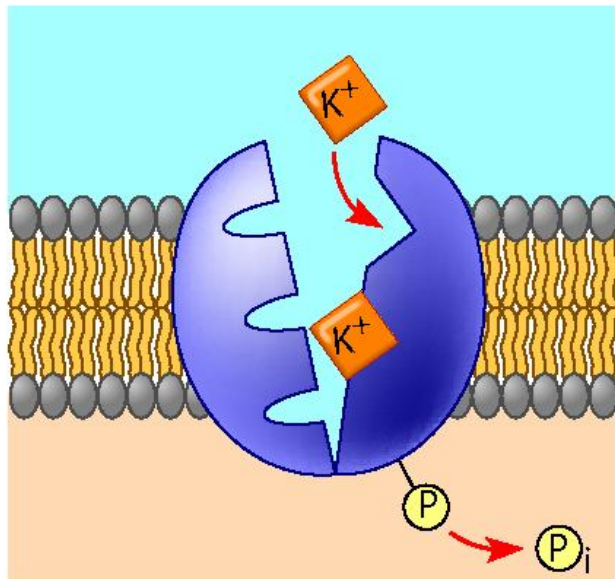


3 Η φωσφορυλίωση προκαλεί μεταβολή της διαμόρφωσης της πρωτεΐνης και κατά συνέπεια ελάττωση της συγγένειάς της για το Na^+ , που αποβάλλεται στον εξωκυττάριο χώρο.

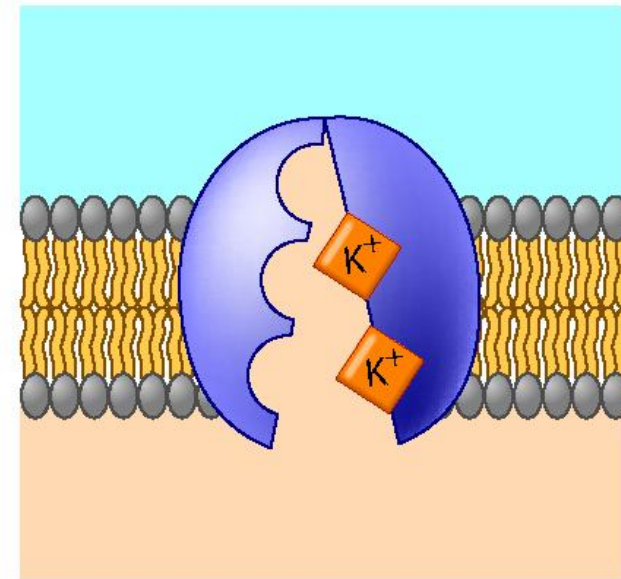


4 Η νέα διαμόρφωση της πρωτεΐνης έχει υψηλή συγγένεια για το K^+ , που δεσμεύεται στην πρωτεΐνη (από την εξωκυττάρια πλευρά) επάγοντας την απομάκρυνση της φωσφορικής ομάδας.

Αντλία Na-K Ενεργός Μεταφορά

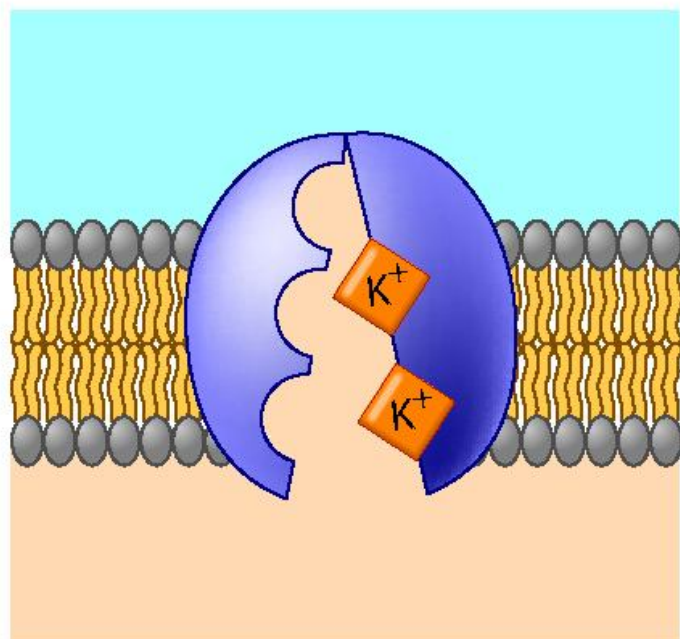


4 Η νέα διαμόρφωση της πρωτεΐνης έχει υψηλή συγγένεια για το K^+ , που δεσμεύεται στην πρωτεΐνη (από την εξωκυττάρια πλευρά) επάγοντας την απομάκρυνση της φωσφορικής ομάδας.

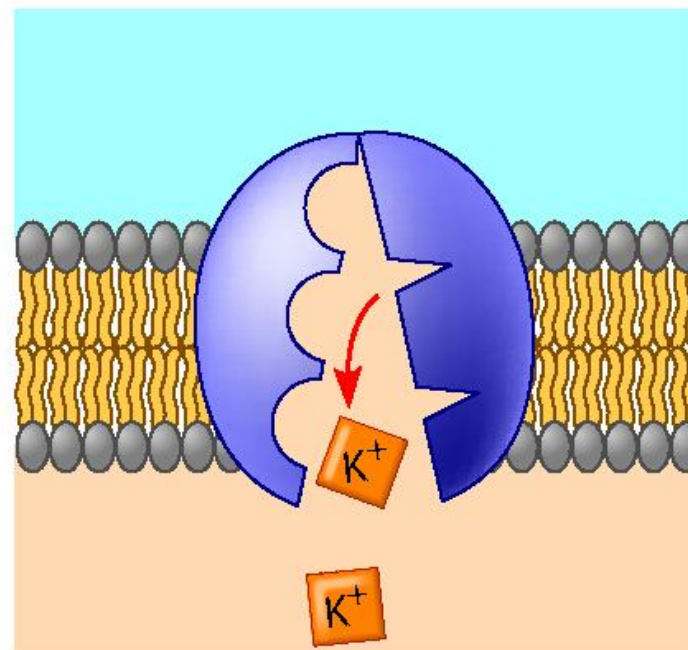


5 Η απώλεια της φωσφορικής ομάδας δίνει στην πρωτεΐνη το αρχικό της σχήμα, που έχει χαμηλότερη συγγένεια για το K^+ .

Αντλία Na-K Ενεργός Μεταφορά

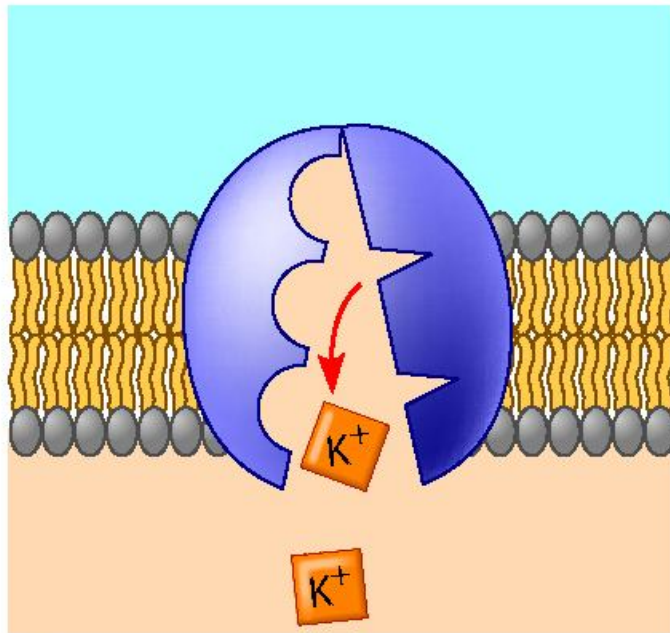


5 Η απώλεια της φωσφορικής ομάδας δίνει στην πρωτεΐνη το αρχικό της σχήμα, που έχει χαμηλότερη συγγένεια για το K^+ .

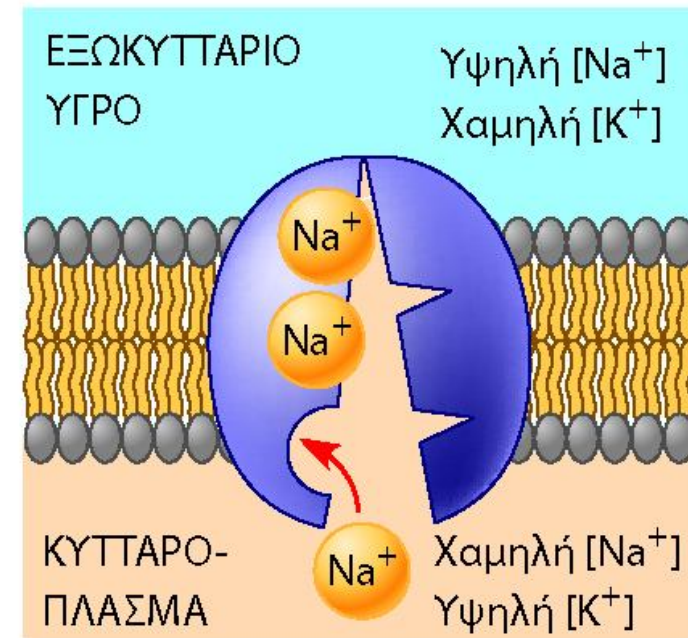


6 Το K^+ απελευθερώνεται, η συγγένεια για το Na^+ αυξάνεται και ο κύκλος επαναλαμβάνεται.

Αντλία Na-K Ενεργός Μεταφορά



6 Το K^+ απελευθερώνεται, η συγγένεια για το Na^+ αυξάνεται και ο κύκλος επαναλαμβάνεται.



1 Το κυτταροπλασματικό Na^+ δεσμεύεται στην αντλία νατρίου-καλίου. Όταν η πρωτεΐνη έχει αυτή τη διαμόρφωση, η συγγένειά της για το Na^+ είναι υψηλή.

Αντλία Na-K Ενεργός Μεταφορά

Καταναλώνει το 1/3 του συνολικού ATP

Καθιστά διεγέρσιμα τα νευρικά και μυϊκά κύτταρα

Καθοδηγεί την ενεργό μεταφορά σακχάρων και αμινοξέων

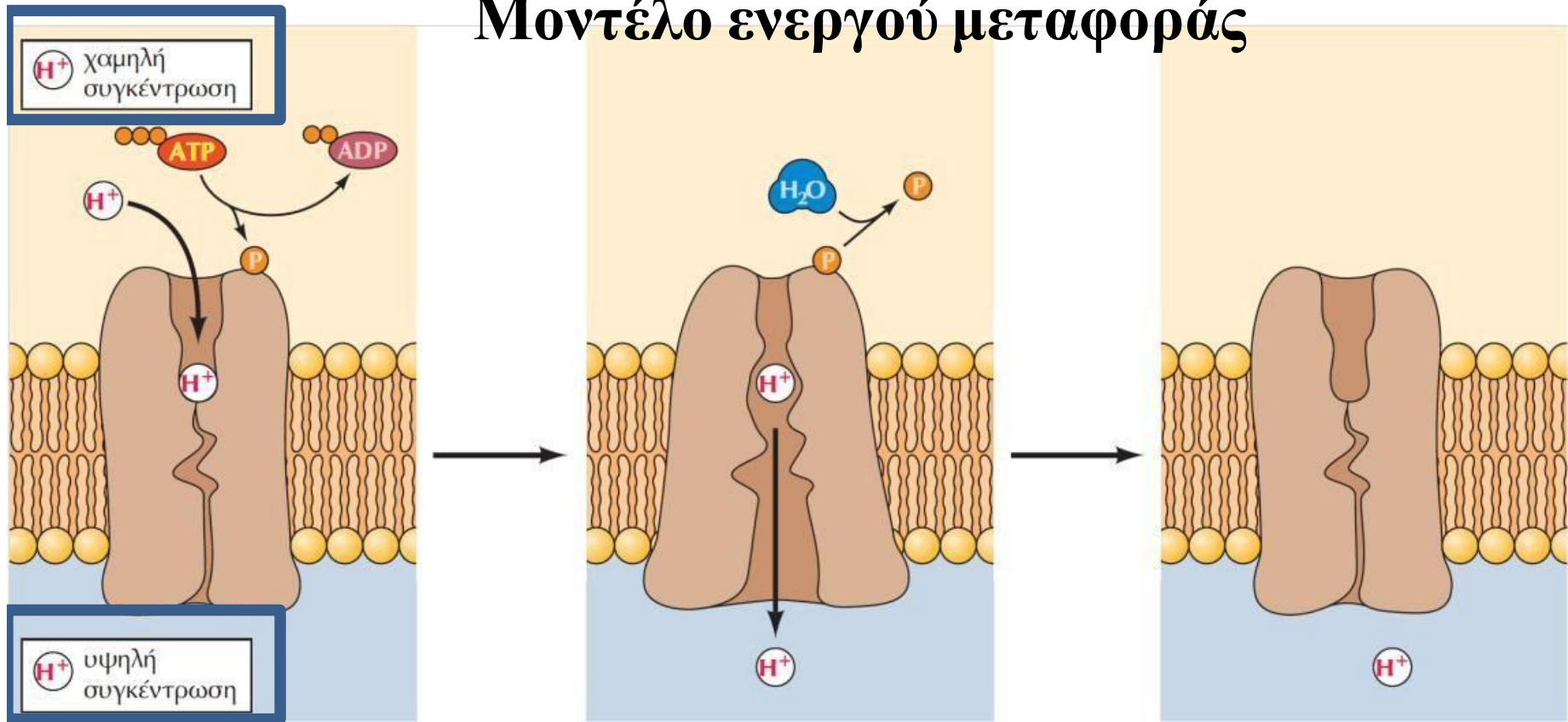
Δημιουργεί ηλεκτροχημικά δυναμικά εξάγοντας
3 ιόντα Na⁺ και εισάγοντας 2 ιόντα K⁺

Video Αντλία Na-K

<https://www.youtube.com/watch?v=jThtVdOKzqk>

4.45

Μοντέλο ενεργού μεταφοράς

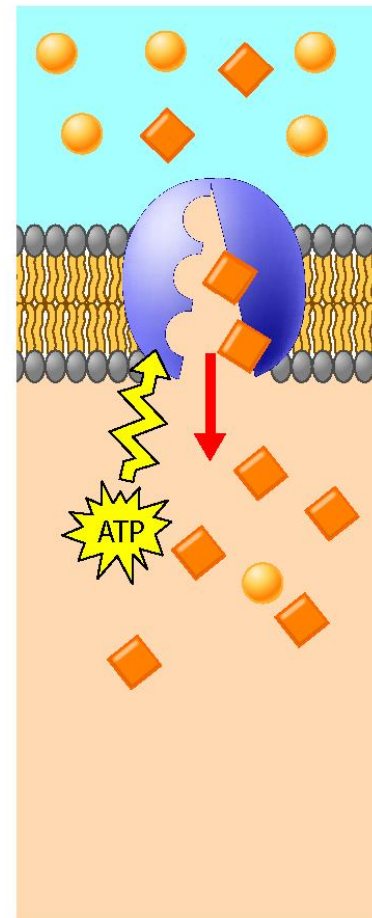
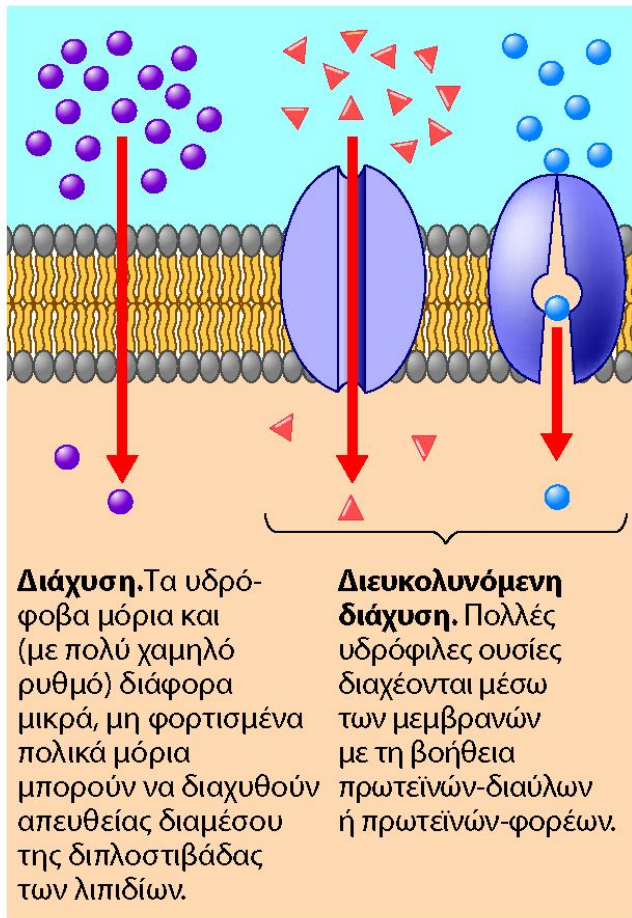


Η ενέργεια που απελευθερώνεται από την υδρόλυση του ATP χρησιμοποιείται για τη μεταφορά των H^+ (από χαμηλή προς υψηλότερη συγκέντρωση H^+). Η δέσμευση των H^+ συνοδεύεται από φωσφορυλίωση της πρωτεΐνης-φορέα, η οποία επάγει μια αλλαγή διαμόρφωσης.

Η απελευθέρωση των H^+ και η επακόλουθη υδρόλυση της δεσμευμένης φωσφορικής ομάδας αποκαθιστά την αρχική διαμόρφωση του μεταφορέα.

Παθητική μεταφορά. Οι διάφορες διαλυμένες ουσίες διαχέονται αυθόρμητα, ακολουθώντας την κλίση της συγκέντρωσής τους και διαπερνούν τη μεμβράνη χωρίς να απαιτείται κατανάλωση ενέργειας από το κύτταρο. Ο ρυθμός διάχυσης μπορεί να αυξηθεί σημαντικά από την παρουσία μεταφορικών πρωτεϊνών στη μεμβράνη.

Ενεργητική μεταφορά. Ορισμένες μεταφορικές πρωτεΐνες λειτουργούν ως αντλίες που μεταφέρουν μια ουσία μέσω της μεμβράνης αντίθετα προς τη διαβάθμιση συγκέντρωσης ή την ηλεκτροχημική της διαβάθμιση. Η απαιτούμενη ενέργεια για το έργο αυτό παρέχεται συνήθως από την ATP.



▲ **Εικόνα 7.17** Παθητική και ενεργητική μεταφορά, συνοπτικά.

VIDEO

<https://www.youtube.com/watch?v=ufCiGz75DAk>

Cell Trasport

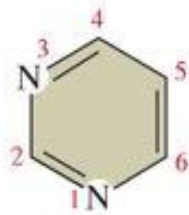
0.40 min

Νουκλειϊκά οξέα

Οι δομικές μονάδες των νουκλεϊνικών οξέων

Οι αζωτούχες βάσεις

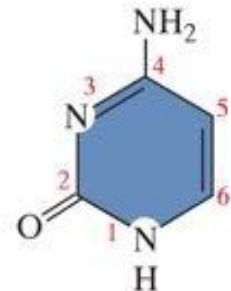
(α)



Πυριμιδίνη

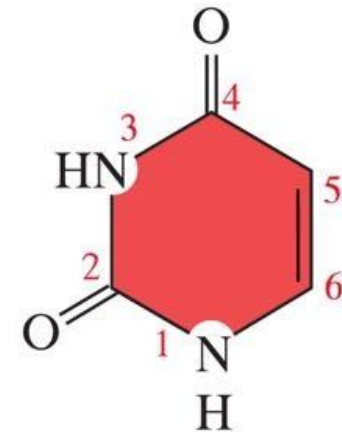


Θυμίνη (T)



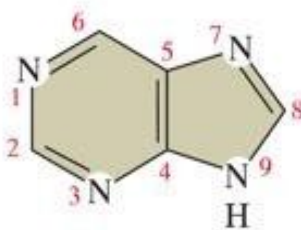
Κυτοσίνη (C)

Βάσεις πυριμιδίνης

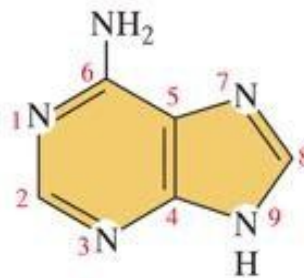


Ουρακίλη (U)

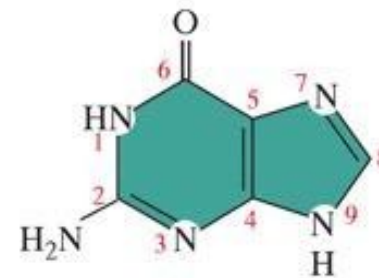
(β)



Πουρίνη



Αδενίνη (A)



Γουανίνη (G)

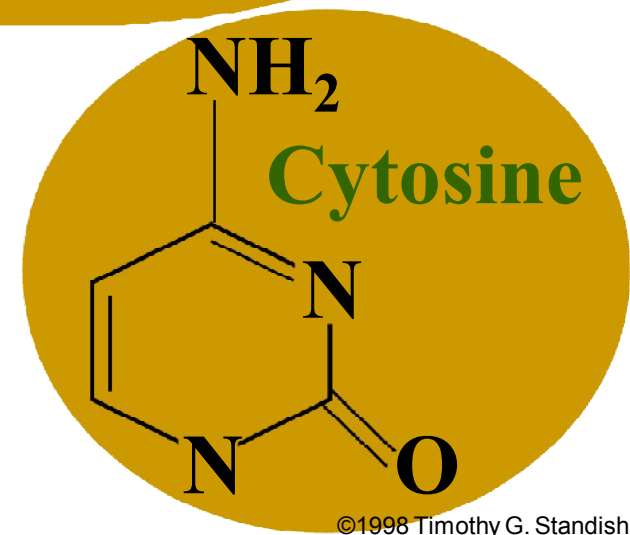
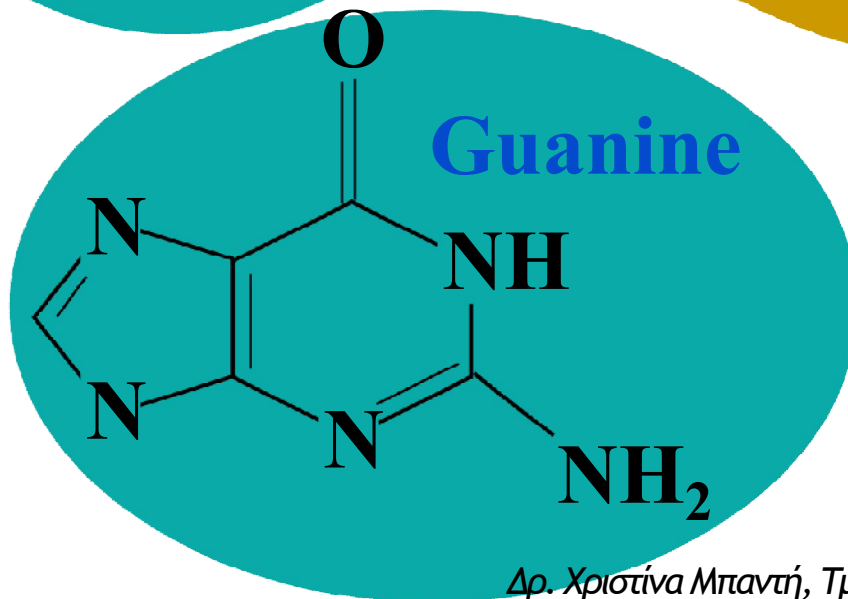
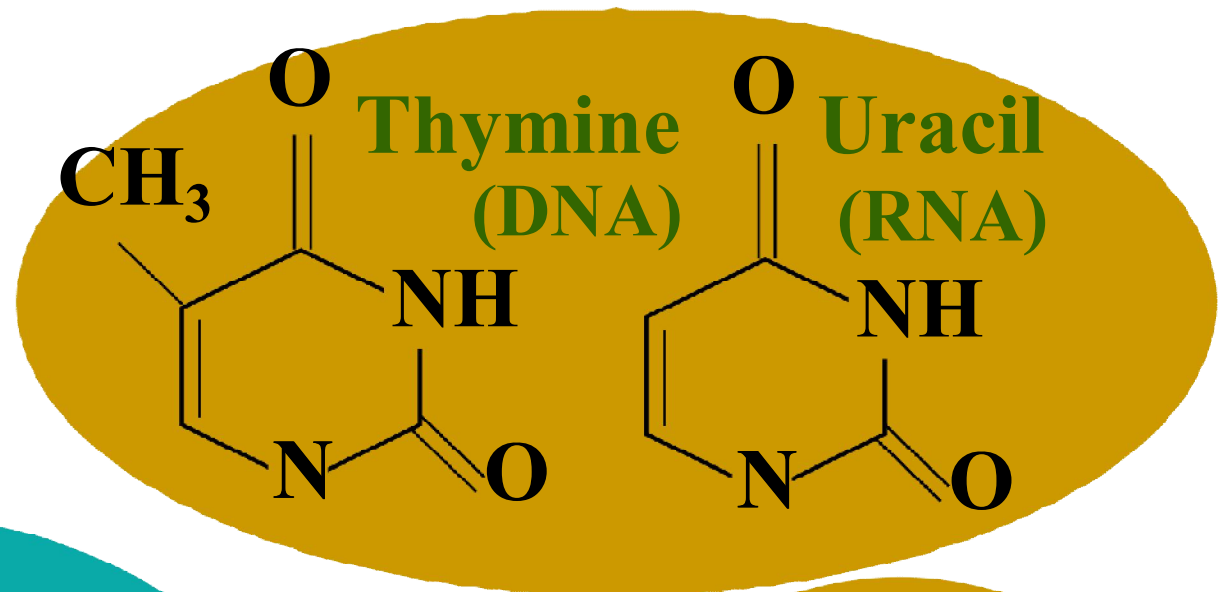
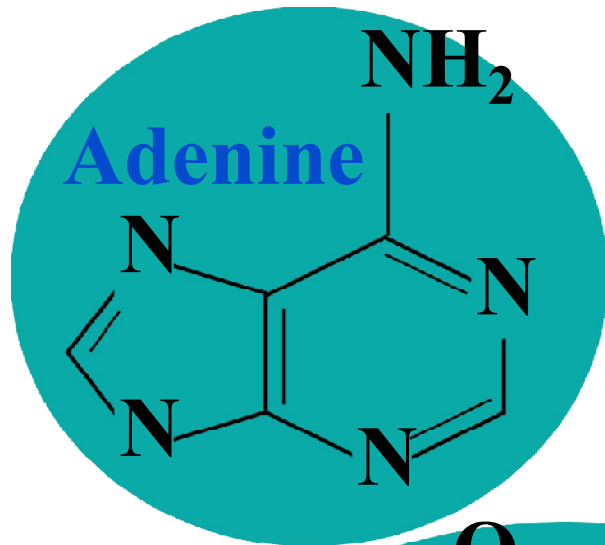
Βάσεις πουρίνης

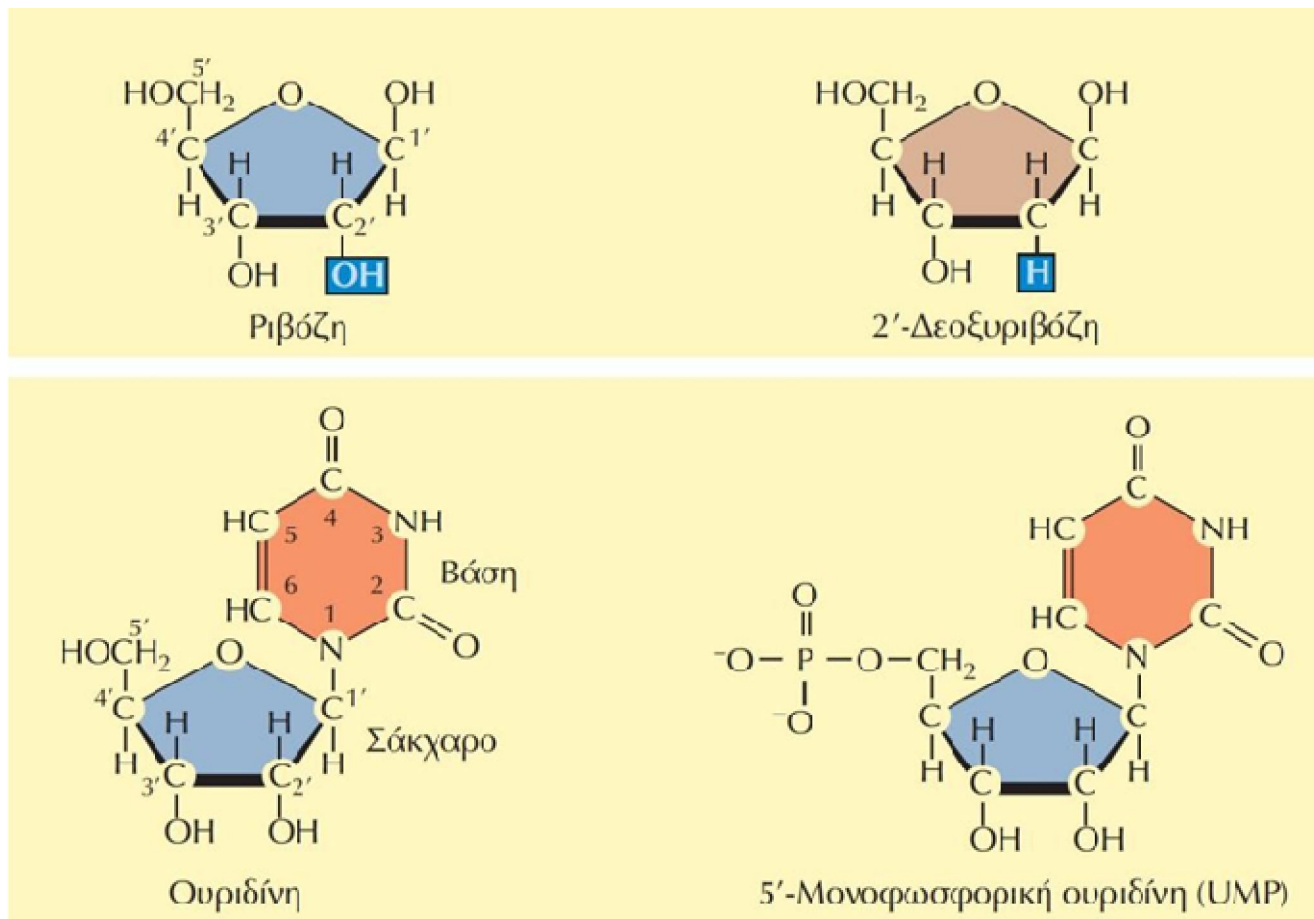
Οι δομικές μονάδες των νουκλεϊνικών οξέων

Οι αζωτούχες βάσεις

Purines

Pyrimidines





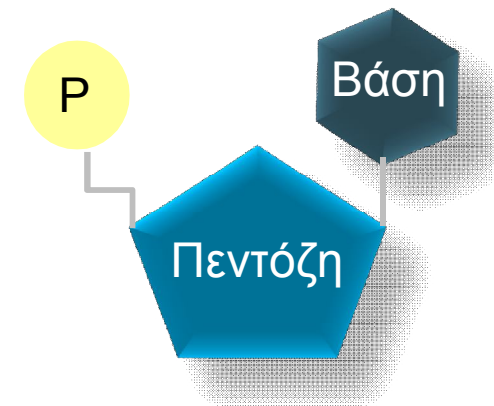
ΕΙΚΟΝΑ 2.10 Συστατικά νουκλεϊκών οξέων.

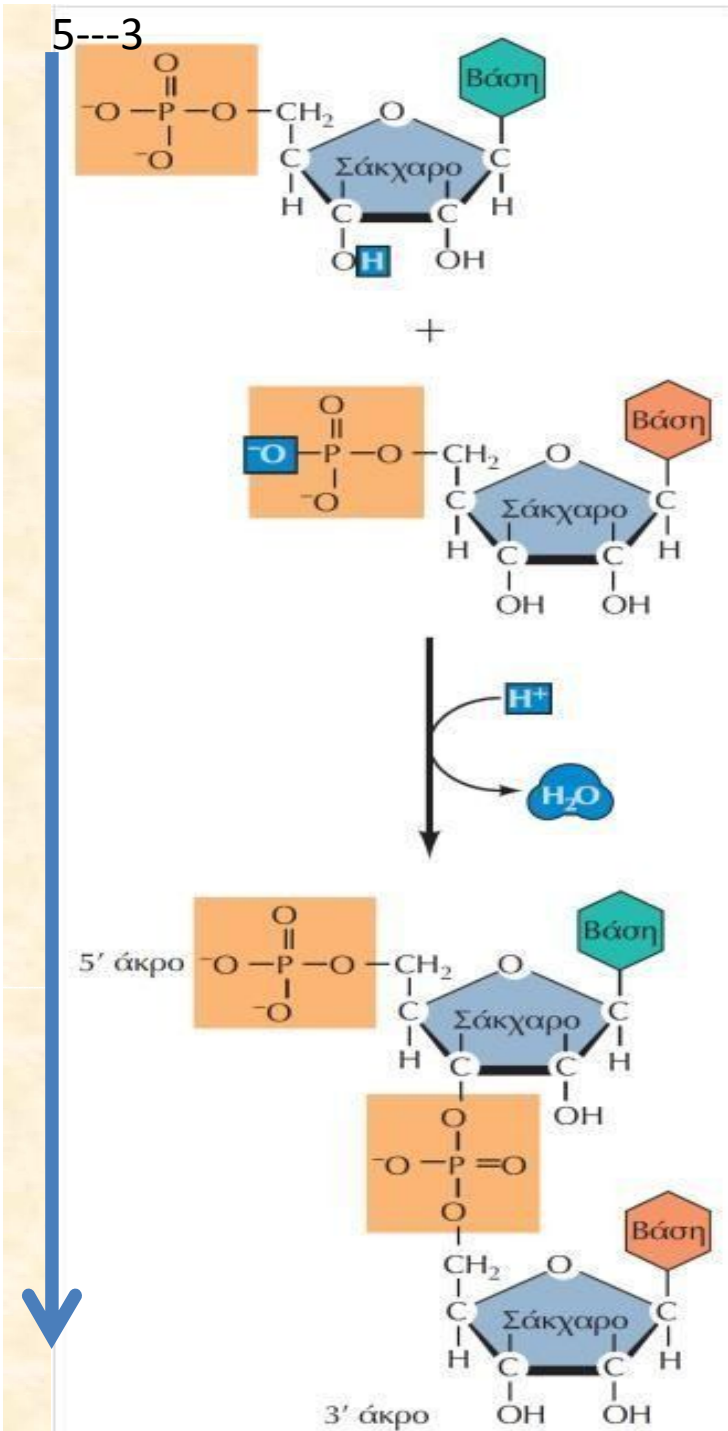
*Τα νουκλεϊκά οξέα περιέχουν βάσεις πουρίνης και πυριμιδίνης που συνδέονται με φωσφορυλιωμένα σάκχαρα. Μια βάση νουκλεϊκού οξέος συνδεδεμένη με ένα μόνο σάκχαρο αποτελεί ένα **νουκλεοσίδιο**.*

ΝΟΥΚΛΕΟΤΙΔΙΑ

Νουκλεοζίδια ή Νουκλεοζίτες: Ενώσεις αποτελούμενες από ένα σάκχαρο και μία αζωτούχο βάση, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με έναν γλυκοζιτικό δεσμό

Νουκλεοτίδια: Φωσφορικοί νουκλεοζιδίων

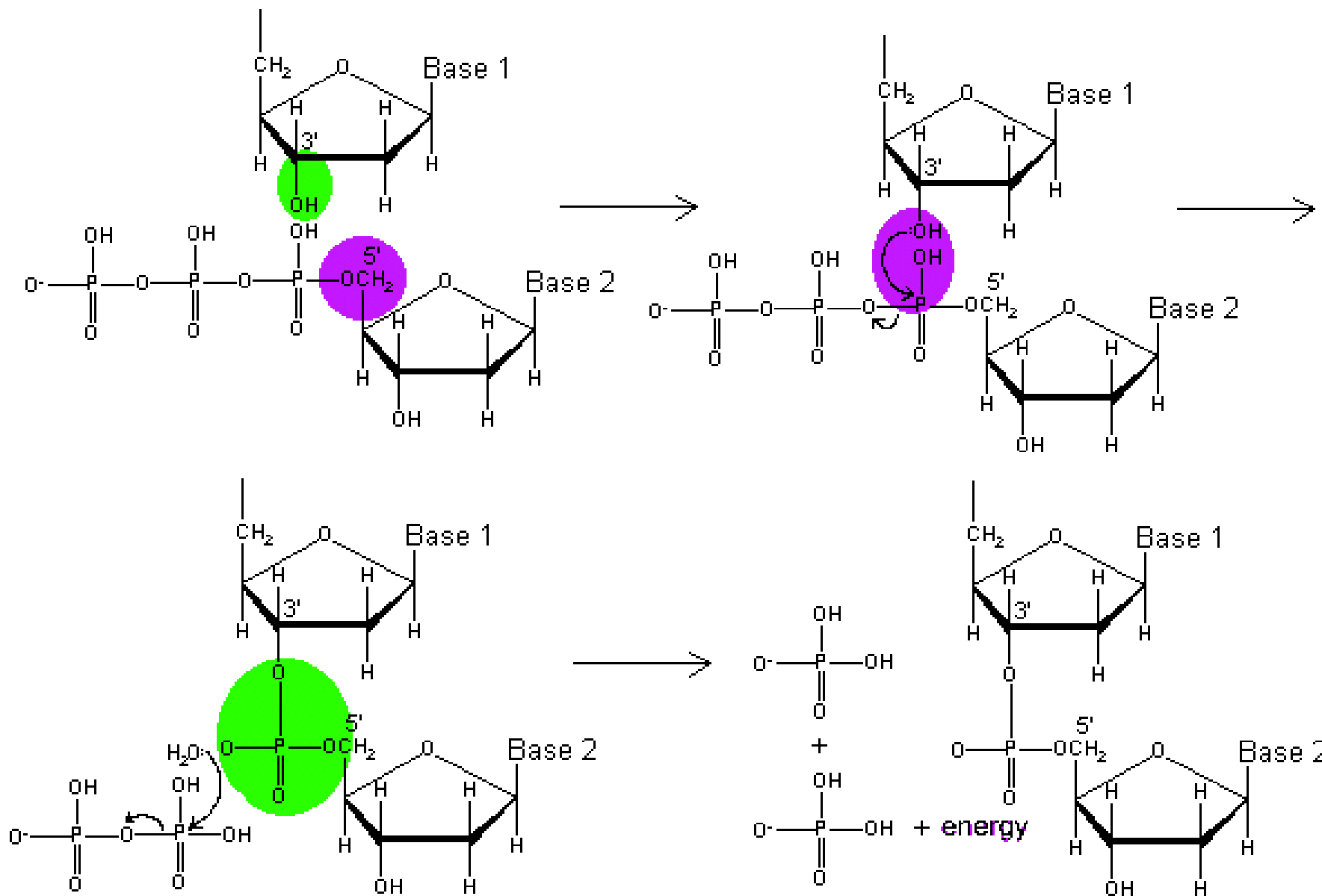




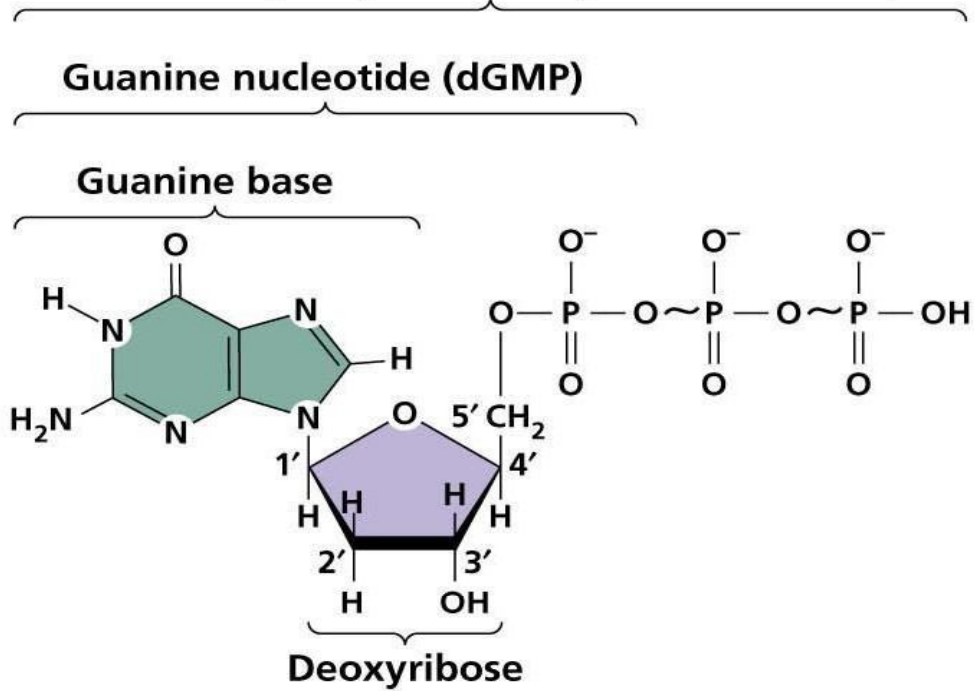
Τα νουκλεϊνικά οξέα σχηματίζονται με πολυμερισμό νουκλεοτιδίων

Ο φωσφοδιεστερικός δεσμός σχηματίζεται μεταξύ του 3' υδροξυλίου του ενός νουκλεοτιδίου και του 5' φωσφορικού του άλλου.

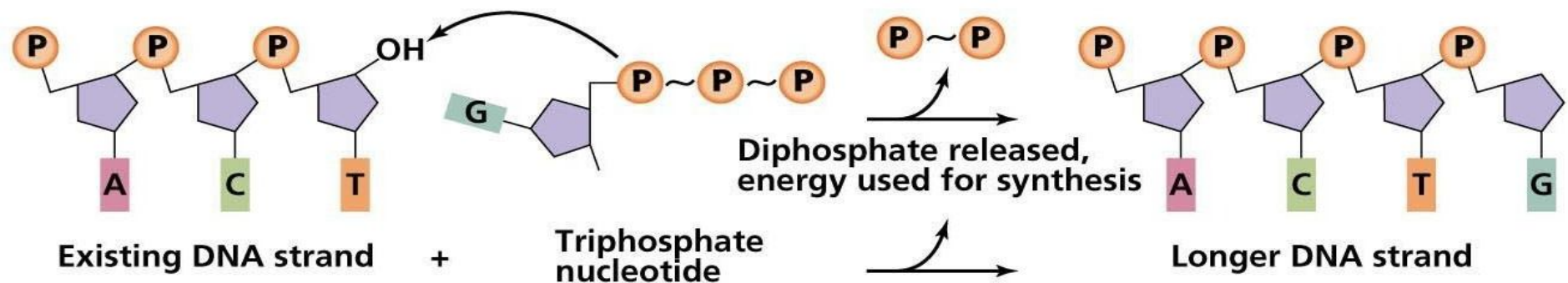
Η πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα έχει μία συγκεκριμένη κατεύθυνση, αφού το ένα άκρο της πάντα τελειώνει σε μία 5' φωσφορική ομάδα (το 5' άκρο), και το άλλο σε μια 3' υδροξυλομάδα (3' ακρο).



Guanosine triphosphate deoxyribonucleotide (dGTP)

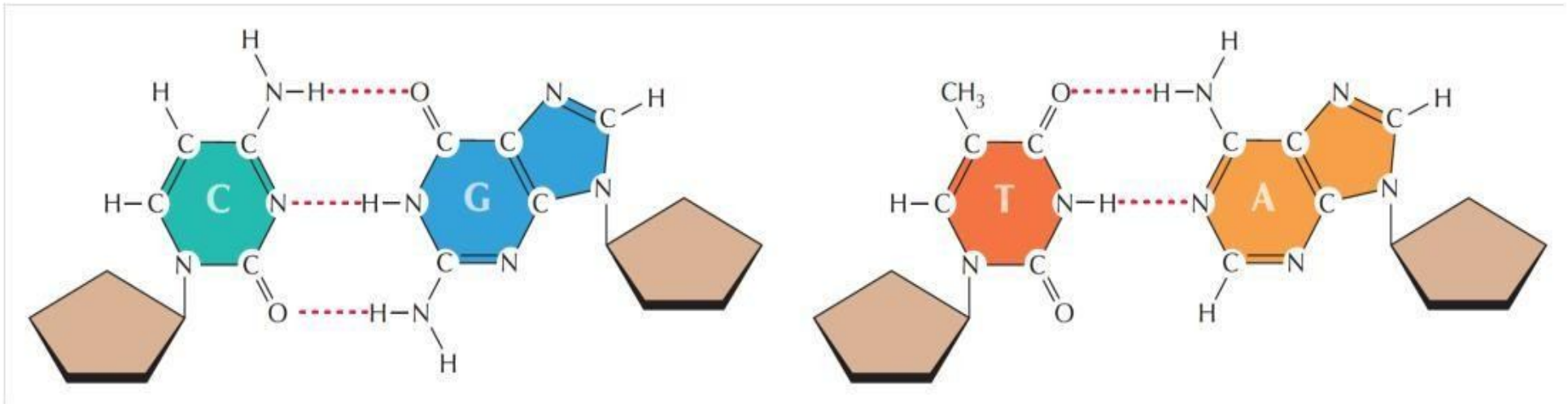


(a)



(b)

Copyright © 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.



ΕΙΚΟΝΑ 2.12 Σύζευξη μεταξύ συμπληρωματικών βάσεων νουκλεϊκών οξέων.

Η δημιουργία δεσμών υδρογόνου μεταξύ βάσεων σε αντίθετες αλυσίδες DNA οδηγεί σε **επιλεκτική σύζευξη** της γουανίνης (G) με την κυτοσίνη (C) και της αδενίνης (A) με τη θυμίνη (T).

Αρχές 20^{ου} αιώνα

- Κυρίαρχη θεωρία: γενετικό υλικό **πρωτεϊνικής φύσης!**
- DNA: «χαζό» πολυμερές νουκλεοτιδίων με δομικό ρόλο
- Νέα δεδομένα: Πείραμα του Avery (1944)
- Δεν ξέραμε τίποτα για την δομή!

Πως ανακαλύφθηκε το DNA ως γενετικό υλικό

1869 : Εντοπισμός - Απομόνωση του DNA από πυρήνα κυττάρων.

1928 : Πείραμα **Griffith** με 2 στελέχη βακτηρίου πνευμονιόκοκκου.



Μετασχηματισμός

1944 : **Avery, Mac-Leod και McCarty**: In vitro επανάληψη πειραμάτων Griffith.



Το **DNA** προκαλεί τον μετασχηματισμό των αδρών σε λεία βακτήρια.

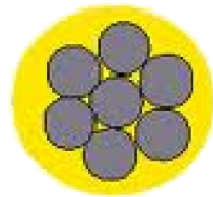
1952 : **Hersey και Chase** οριστική επιβεβαίωση DNA: γενετικό υλικό .

1953 : **Watson & Crick** ανακάλυψαν τη διπλή έλικα του DNA.

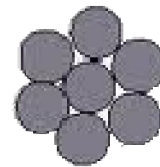
Πείραμα Griffith

Χρησιμοποίησε 2 στελέχη του βακτηρίου πνευμονιόκοκκου.

Στρεπτόκοκκος πνευμονιόκοκκου



Λείο στέλεχος:
με κάλυμμα
παθογόνο



Αδρό στέλεχος:
χωρίς κάλυμμα
μη παθογόνο

Τα **λεία** βακτήρια περιβάλλονται από προστατευτικό κάλυμμα παθογόνα για τα ποντίκια.

Τα **αδρά** βακτήρια δεν έχουν προστατευτικό κάλυμμα επιβίωση.

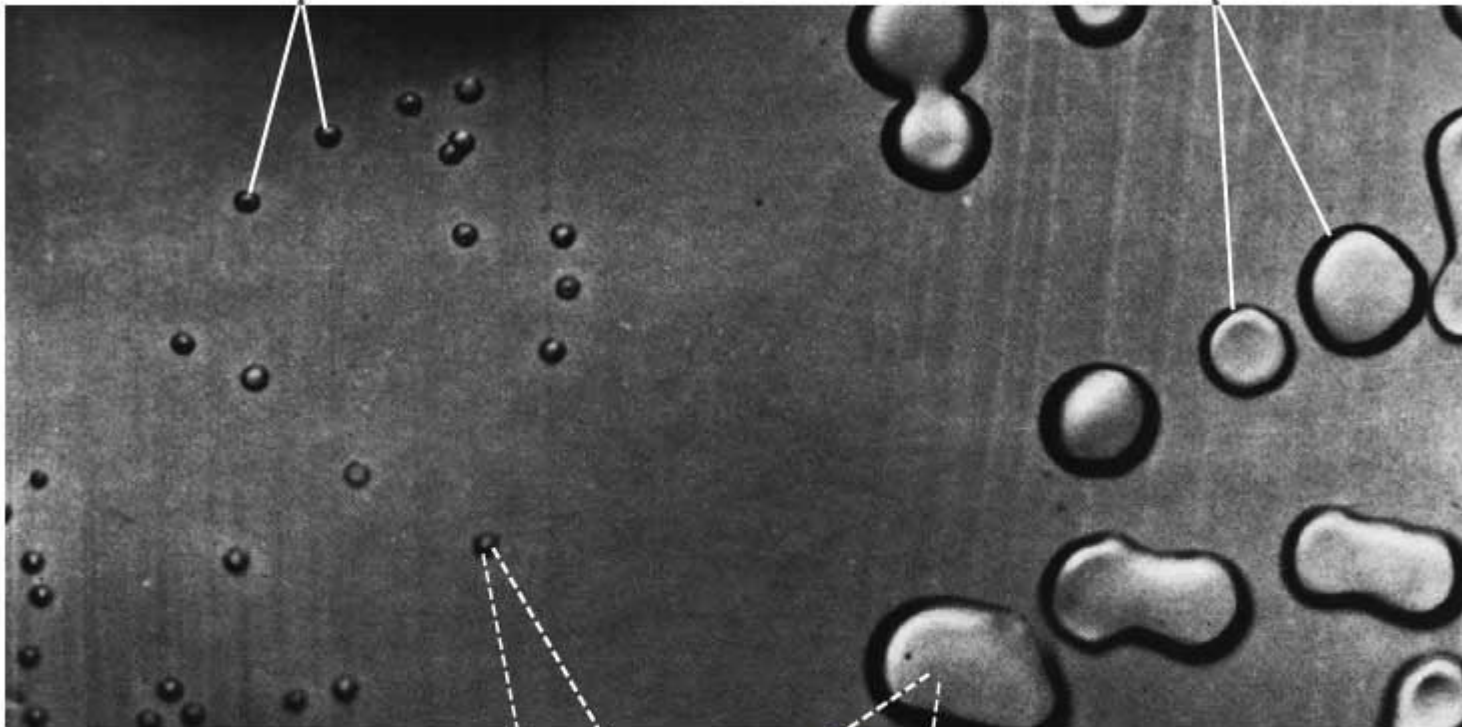
Αποικία: Σύνολο μικροοργανισμών που προέρχονται από διαδοχικές διαιρέσεις ενός κυττάρου.

Στελέχη: Ένα είδος βακτηρίου αποτελείται από πολλά στελέχη. Κάθε στέλεχος προέρχεται από 1 αποικία ενός είδους. Διαφέρουν μόνο στα δευτερεύοντα χαρακτηριστικά του είδους.

There are two strains of *Streptococcus pneumoniae*.

ROUGH COLONY (R)

SMOOTH COLONY (S)



R strain is benign
(Lacking a protective capsule, it is recognized and destroyed by host's immune system)



S strain is virulent
(Polysaccharide capsule prevents detection by host's immune system)



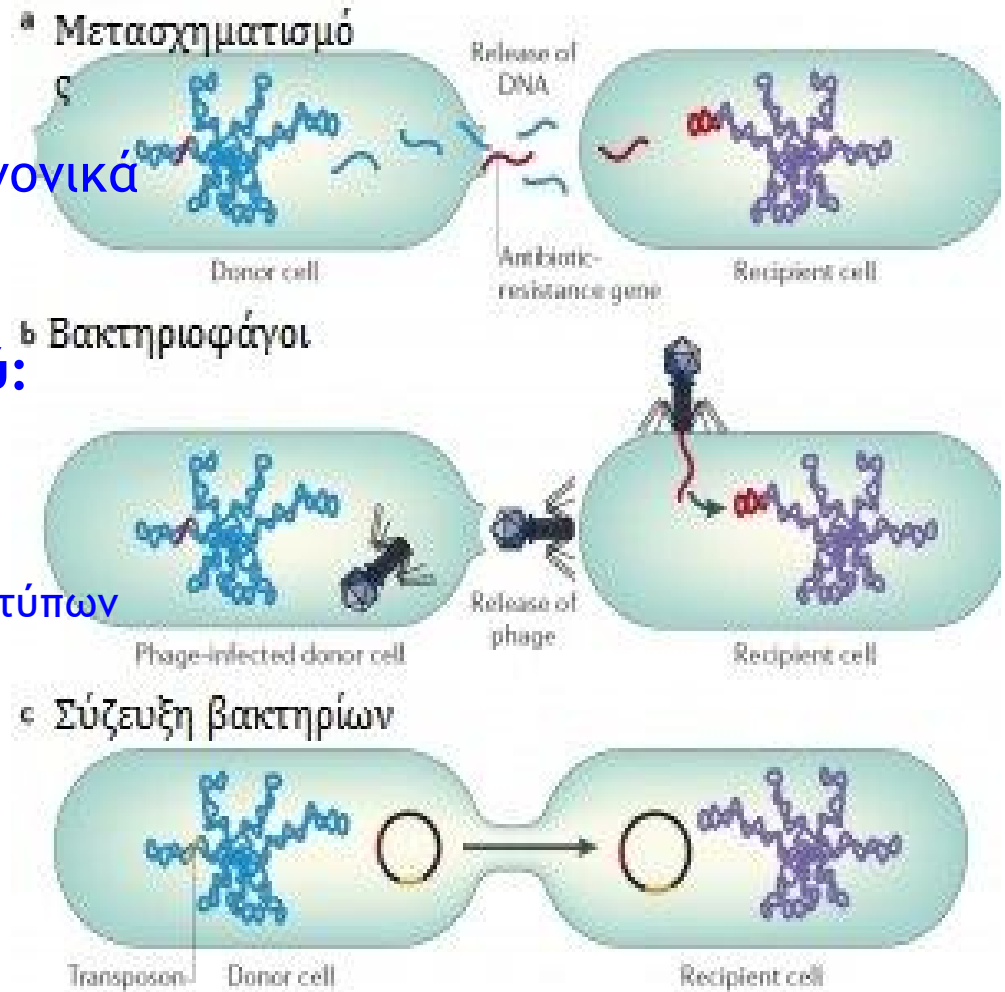
Φαινόμενο ανταλλαγής γενετικού υλικού στα βακτήρια

Σύζευξη γαμετών;

ΌΧΙ αφυλετική αναπαραγωγή- μονογονικά (δικοτόμηση)

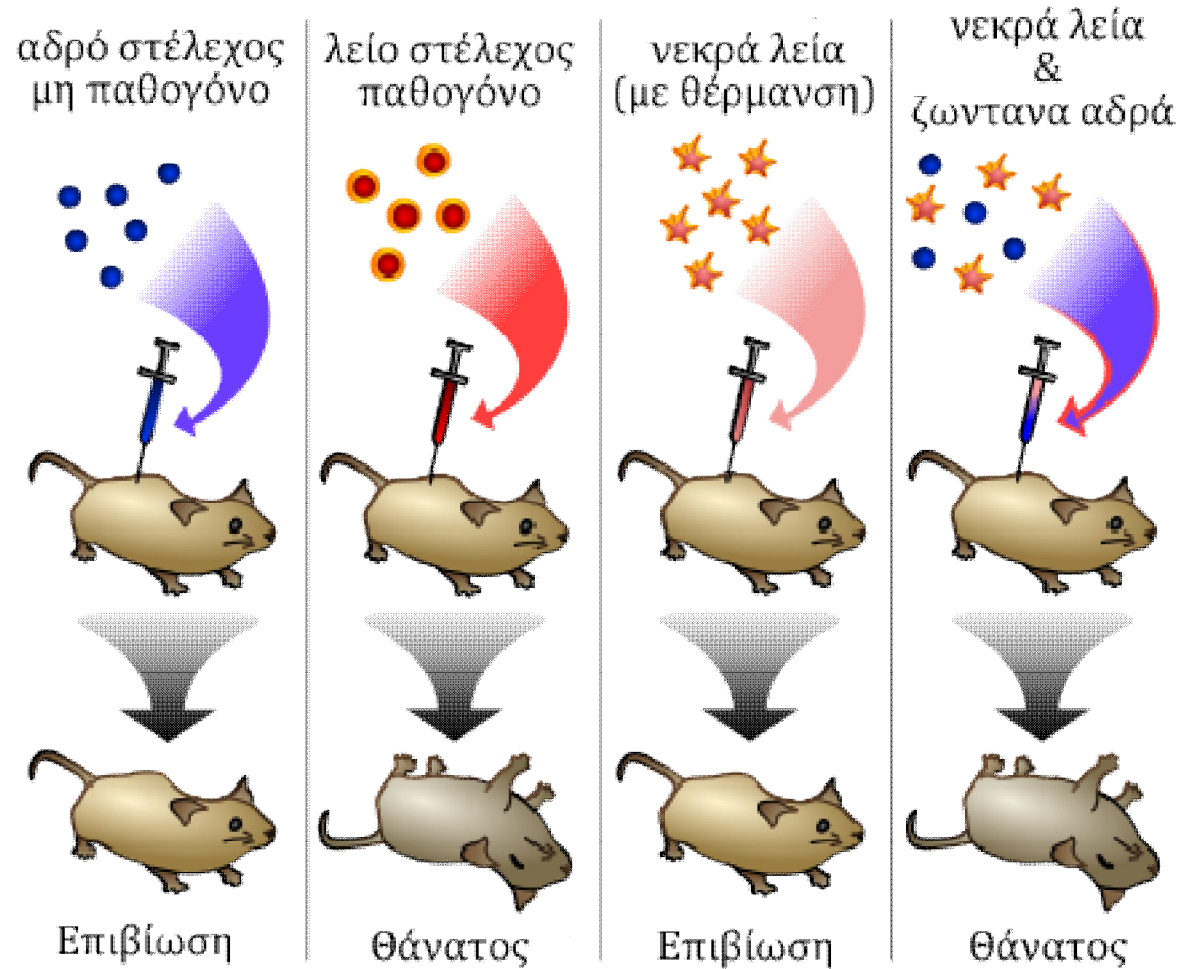
Τρόποι ανταλλαγής γενετικού υλικού:

1. Μετασχηματισμός
2. Βακτηριοφάγοι
3. Σύζευξη κυττάρων διαφορετικών τύπων



1928

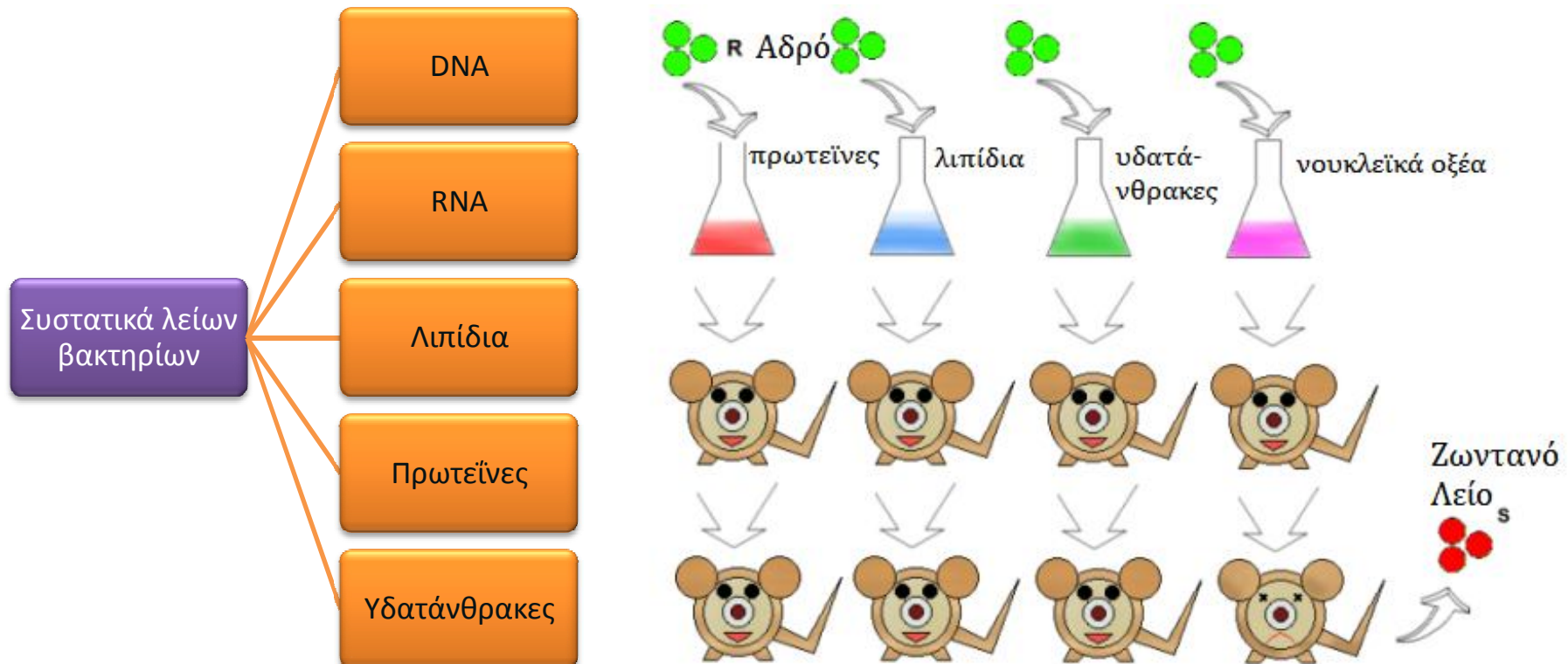
Πείραμα Griffith



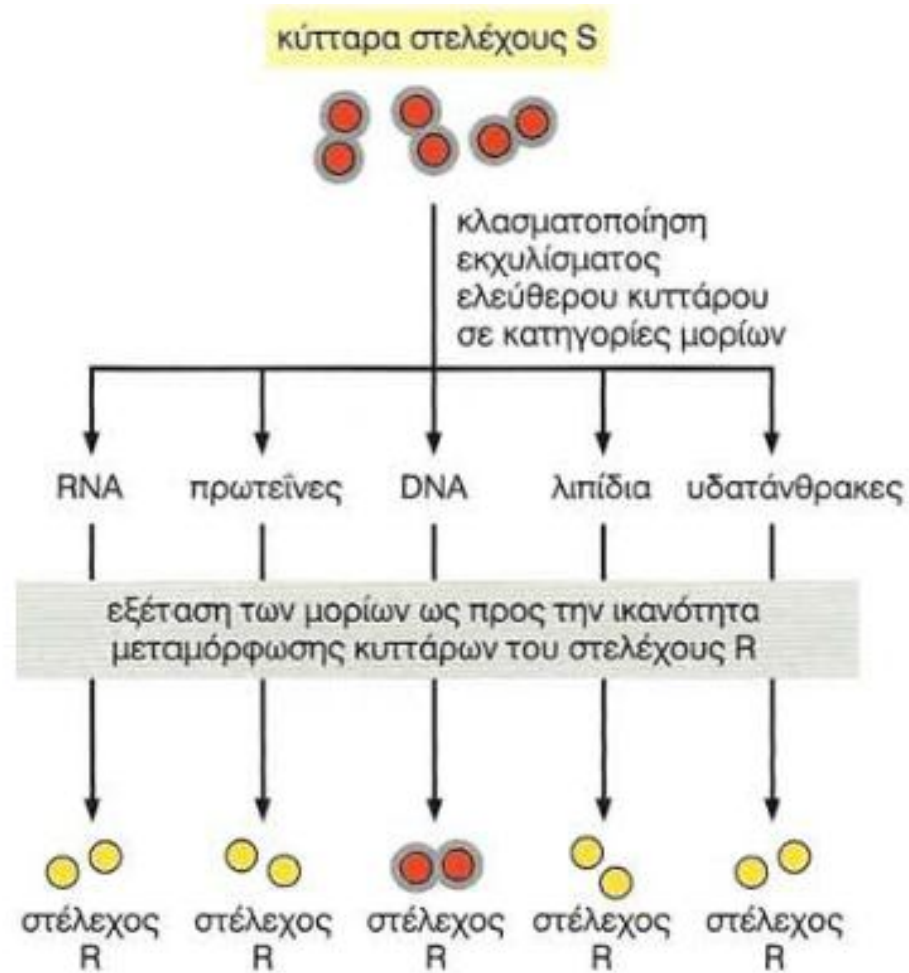
1944

Πείραμα Avery, Mac-Leod & McCarty

Διαχώρισε τα συστατικά των λείων βακτηρίων.



Το DNA ευθύνεται για τον μετασχηματισμό των αδρών σε λεία στελέχη βακτηρίου.



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ: Το μόριο που μεταφέρει τις γενετικές πληροφορίες είναι το DNA.

1952

Hersey και Chase

Οριστική επιβεβαίωση DNA ως το γενετικό υλικό .

1. Ιχνηθέτηση βακτηριοφάγου:

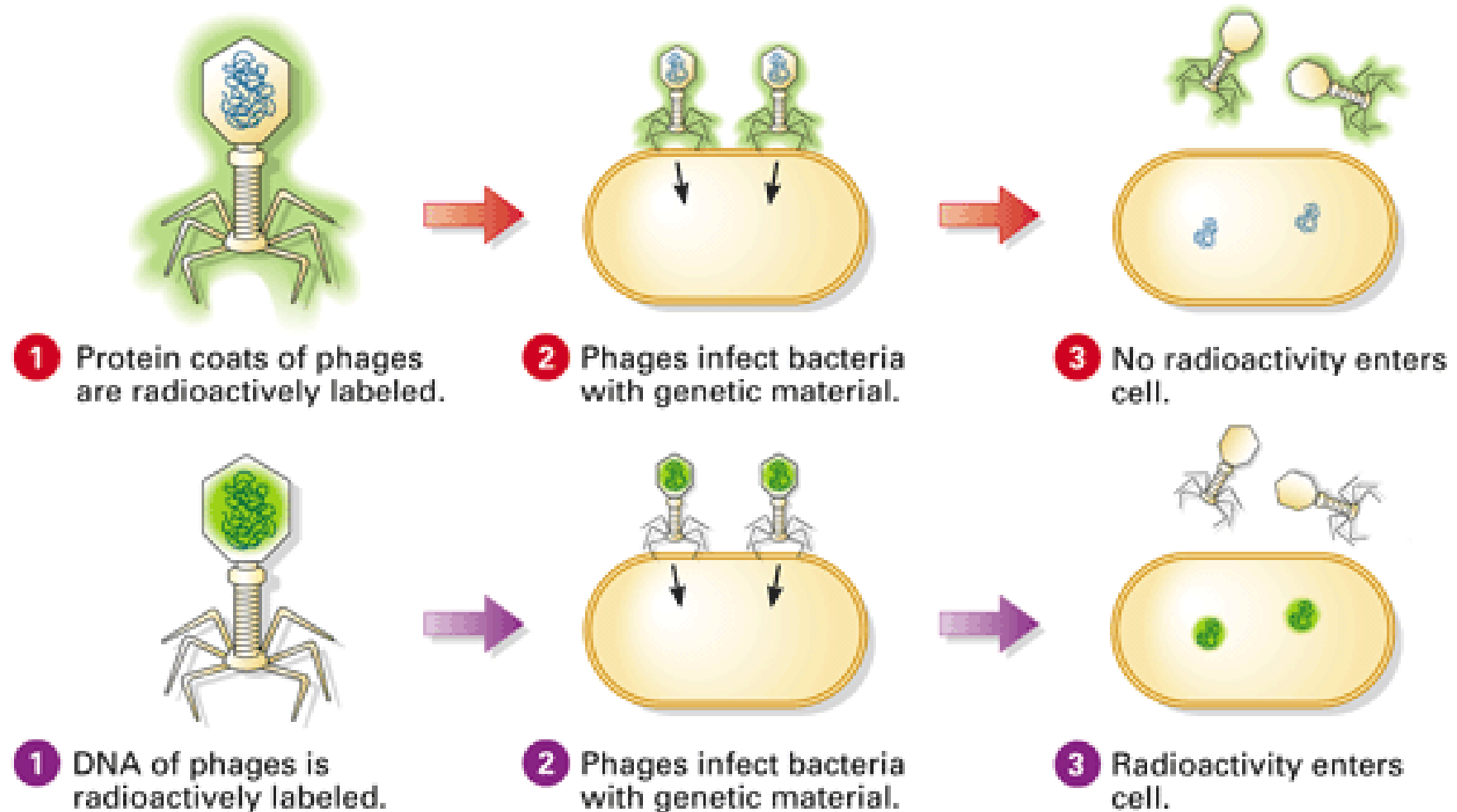
με ραδιενεργό ^{35}S που ενσωματώνονται μόνο στις πρωτεΐνες
 ^{32}P που ενσωματώνονται μόνο στο DNA και όχι στις πρωτεΐνες

2. Μόλυναν βακτήρια με τους φάγους αυτούς.



Μόνο το DNA των φάγων εισέρχεται στα βακτήρια. Και το DNA είναι εκείνο που δίνει εντολές να πολλαπλασιαστούν και να παραχθούν νέοι φάγοι .

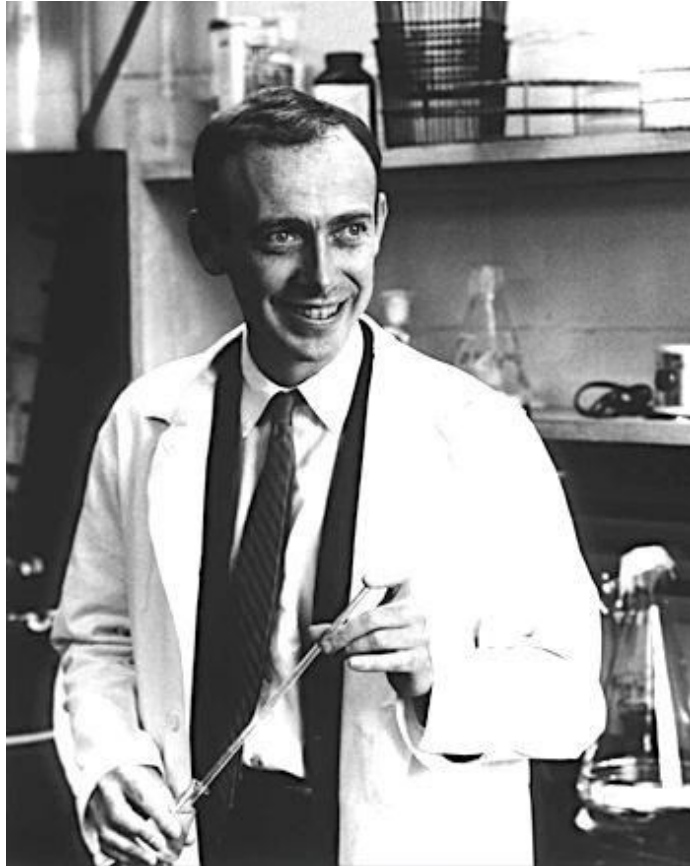
1952 Hersey και Chase



Οι «πρωταγωνιστές» της ανακάλυψης της διπλής έλικας του DNA

- James Watson
- Francis Crick
- Maurice Wilkins
- Rosalind Franklin
- Linus Pauling

James Watson



- Ζωολόγος, μοριακός βιολόγος, γενετιστής
- Cavendish Laboratory
- **Μελέτη της φύσης του γονιδίου**

Francis Crick



- Μοριακός βιολόγος,
βιοφυσικός,
νευροεπιστήμονας
- Cavendish Laboratory
- **Μελέτη δομής
πρωτεϊνών με
κρυσταλλογραφία
ακτίνων x**

Maurice Wilkins



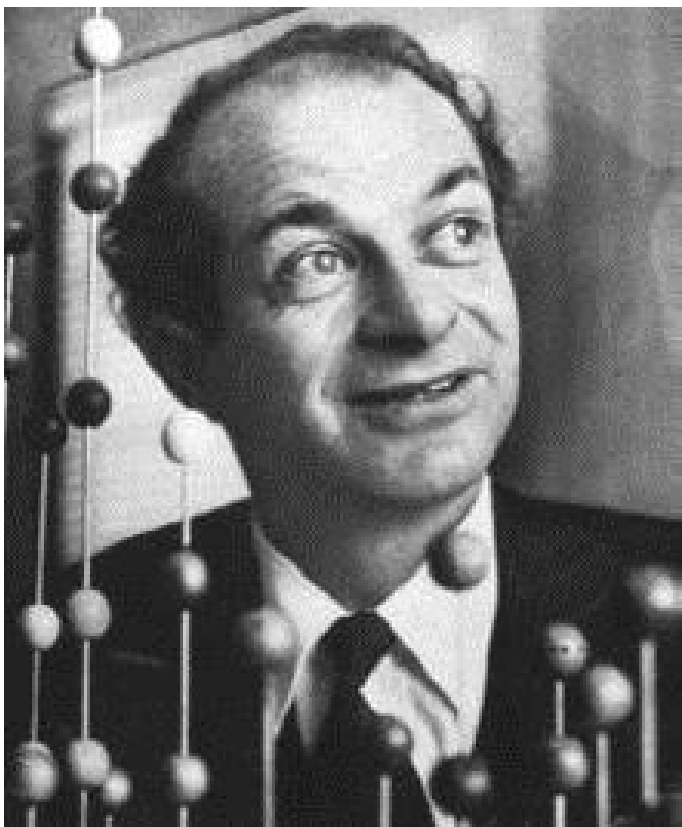
- Φυσικός, μοριακός βιολόγος
- King's College London
- Μελέτη δομής του DNA με κρυσταλλογραφία ακτίνων x

Rosalind Franklin



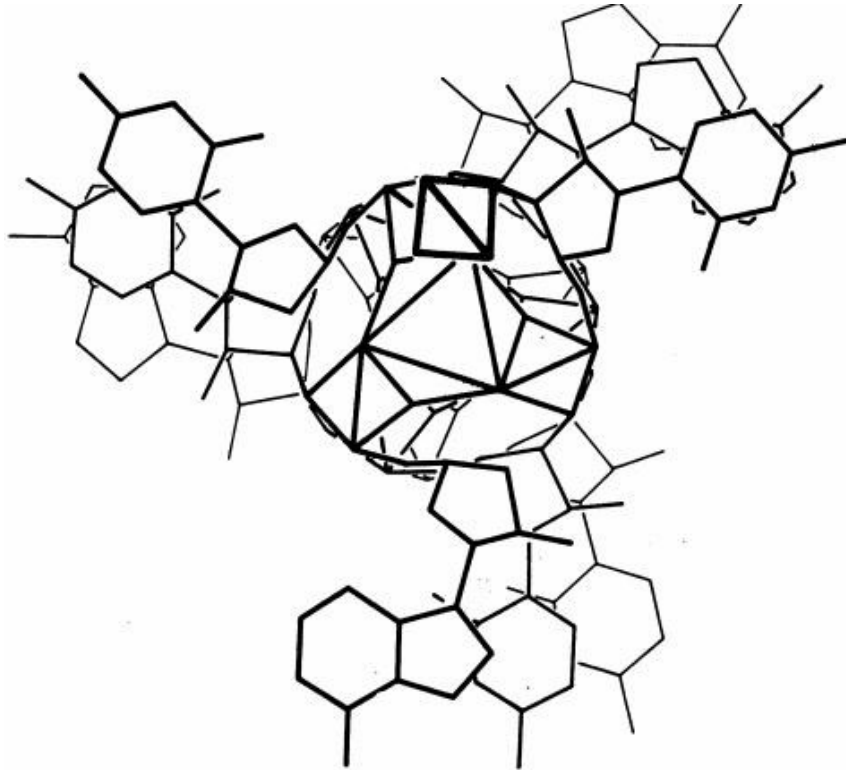
- Χημικός, κρυσταλλογράφος
- King's College London
- Μελέτη δομής του DNA με κρυσταλλογραφία ακτίνων x

Linus Pauling



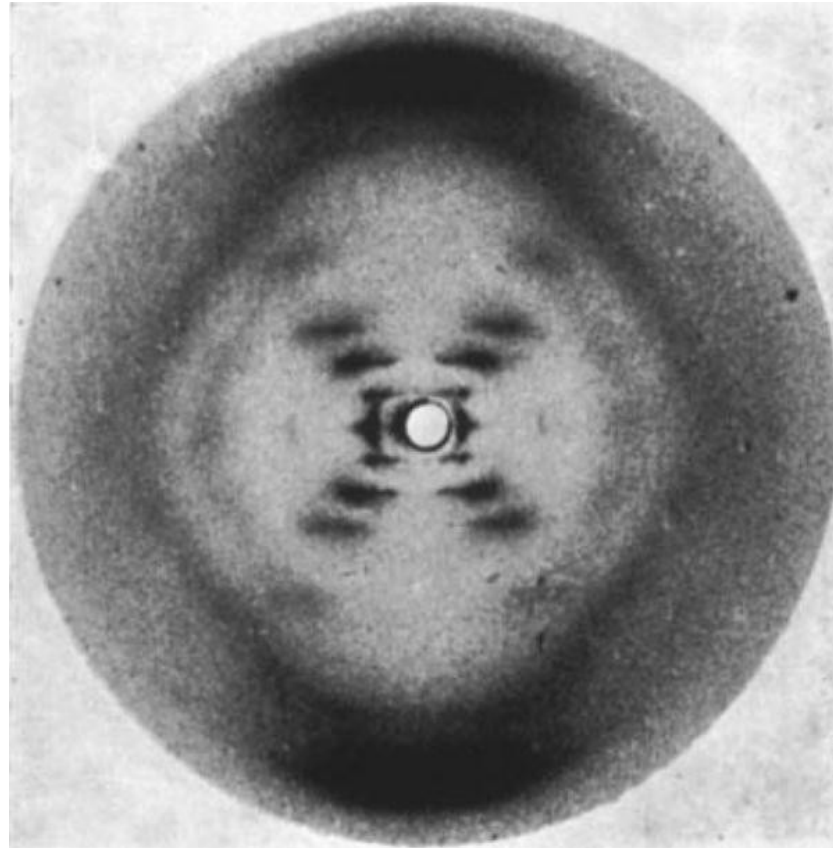
- Χημικός, βιοχημικός, ακτιβιστής, συγγραφέας
- Caltech
- **Μελέτη δομής βιομορίων**
- Nobel Χημείας 1954
- Nobel Ειρήνης 1962

Ο Pauling δημοσιεύει... και κάνει λάθος!



- Βάσεις στο εξωτερικό
- Τριπλή έλικα
- Μη ιοντισμένες όξινες ομάδες

Η φωτογραφία κλειδί!



“Photo 51”

Δρ. Χριστίνα Μπαντή, Τμήμα Χημείας, ΠΙ

Crick, Watson, and Wilkins were awarded the Nobel Prize for Franklin's work.



Rosalind Franklin

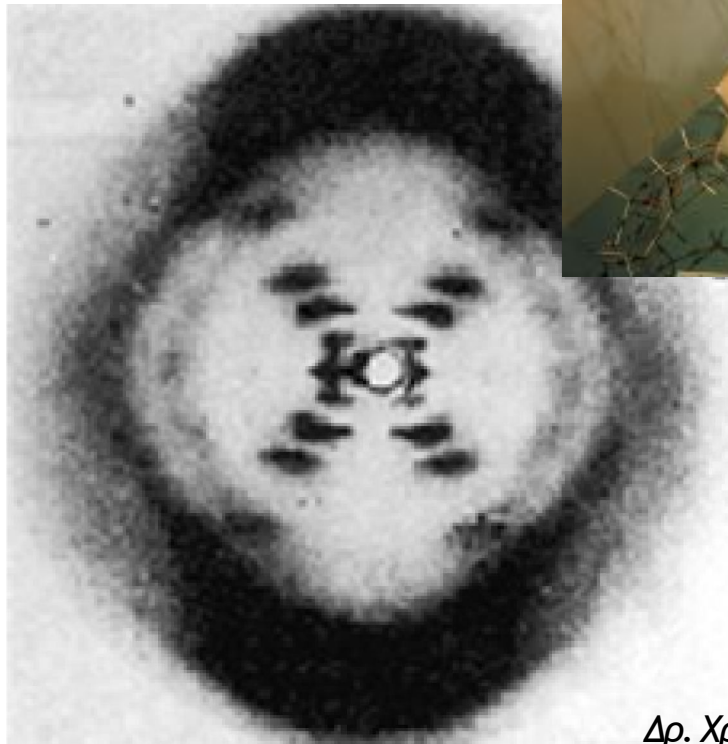
Francis Crick

James Watson

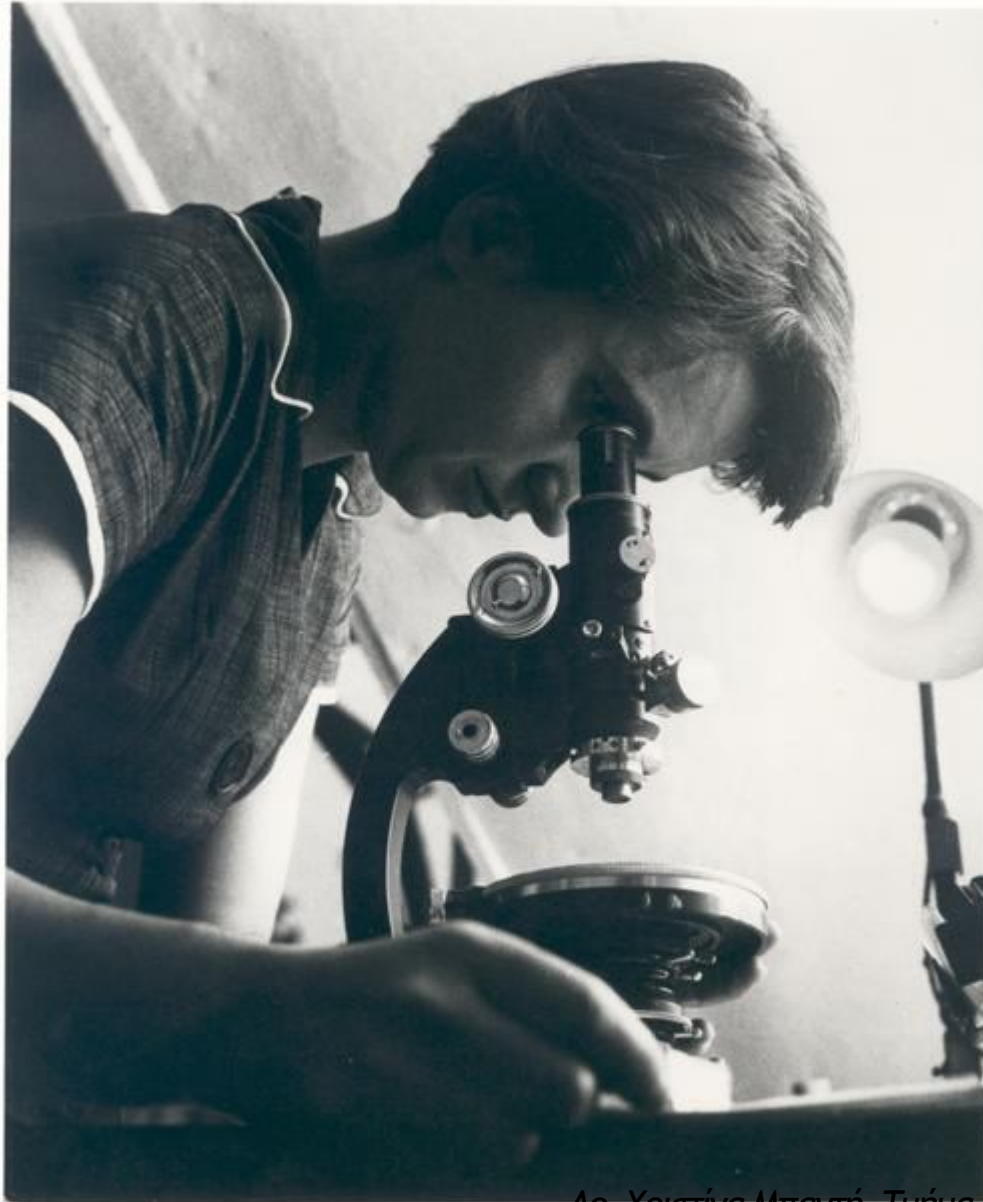
Maurice Wilkins

1962 το [Βραβείο Νόμπελ Ιατρικής](#)

Οι εικόνες περίθλασης ακτίνων Χ της Rosalind Franklin επιβεβαίωσαν την ελικοειδή δομή του DNA

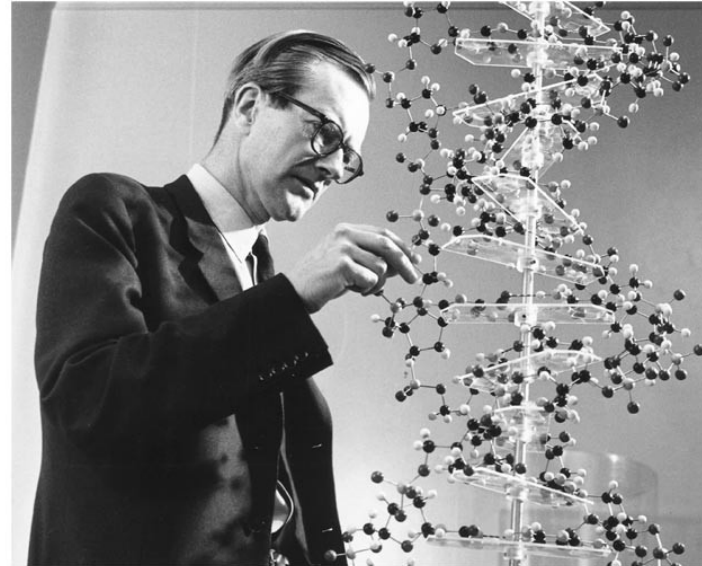


Rosalind Elsie Franklin (25 July 1920 – 16 April 1958)

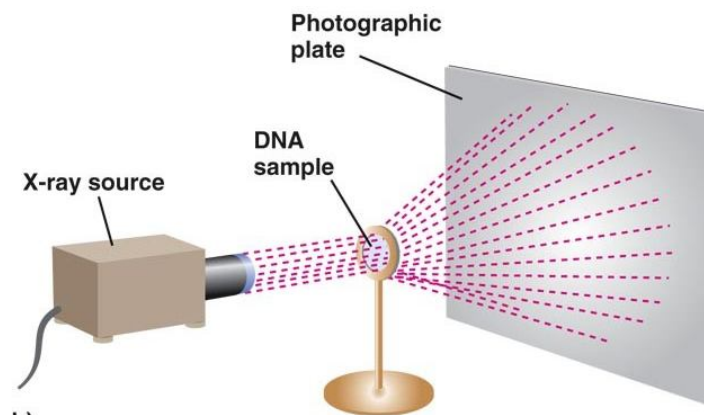


Δρ. Χριστίνα Μπαντή, Τμήμα Χημείας, ΠΙ

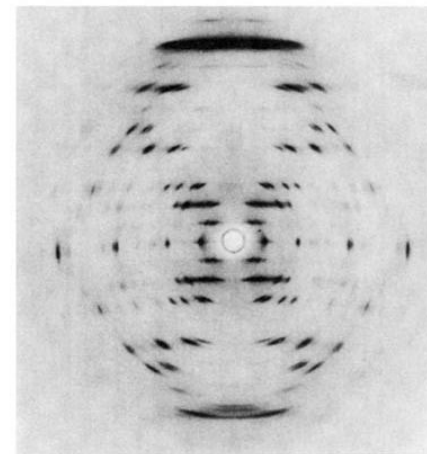
Maurice Wilkins and Rosalind Franklin



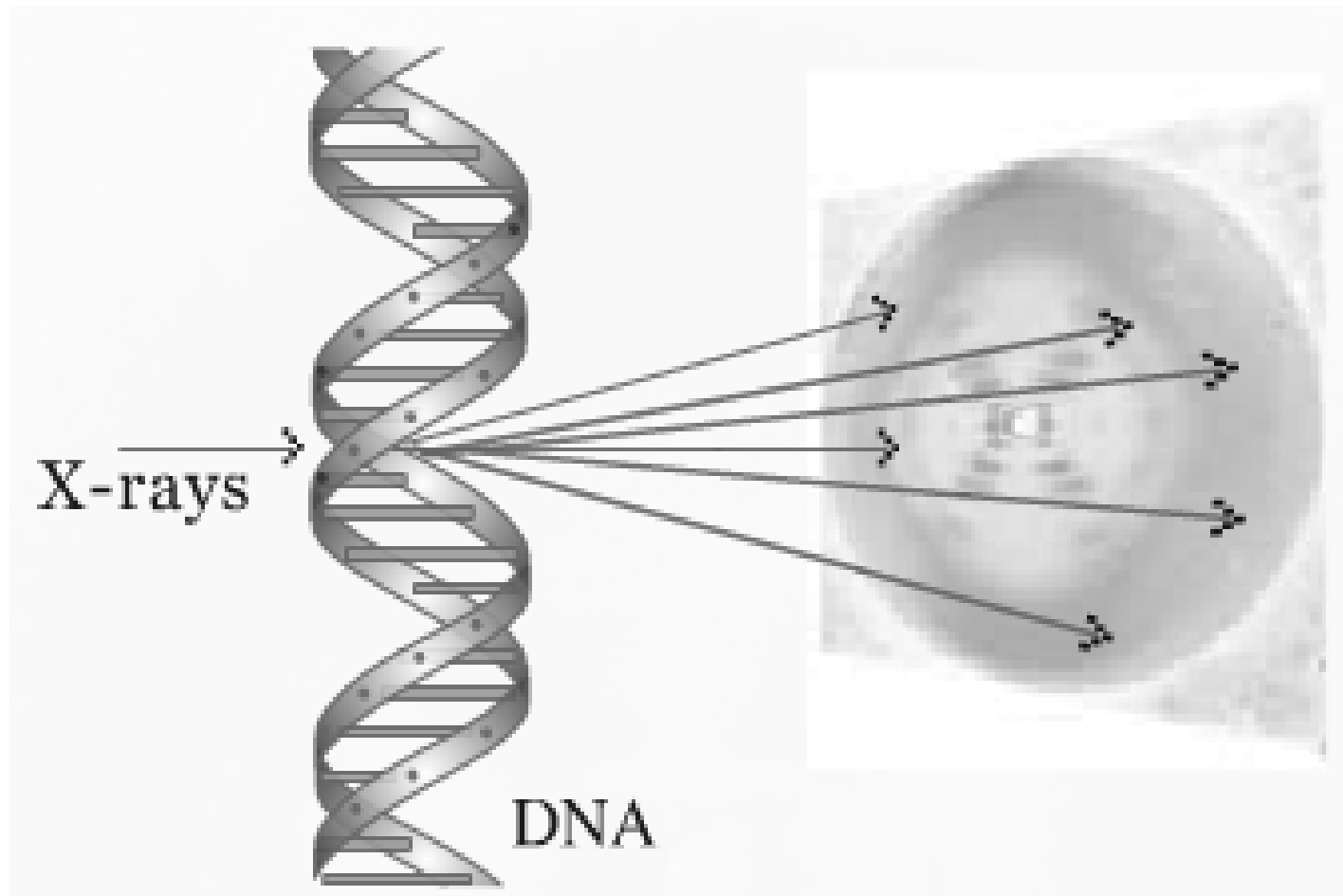
a)

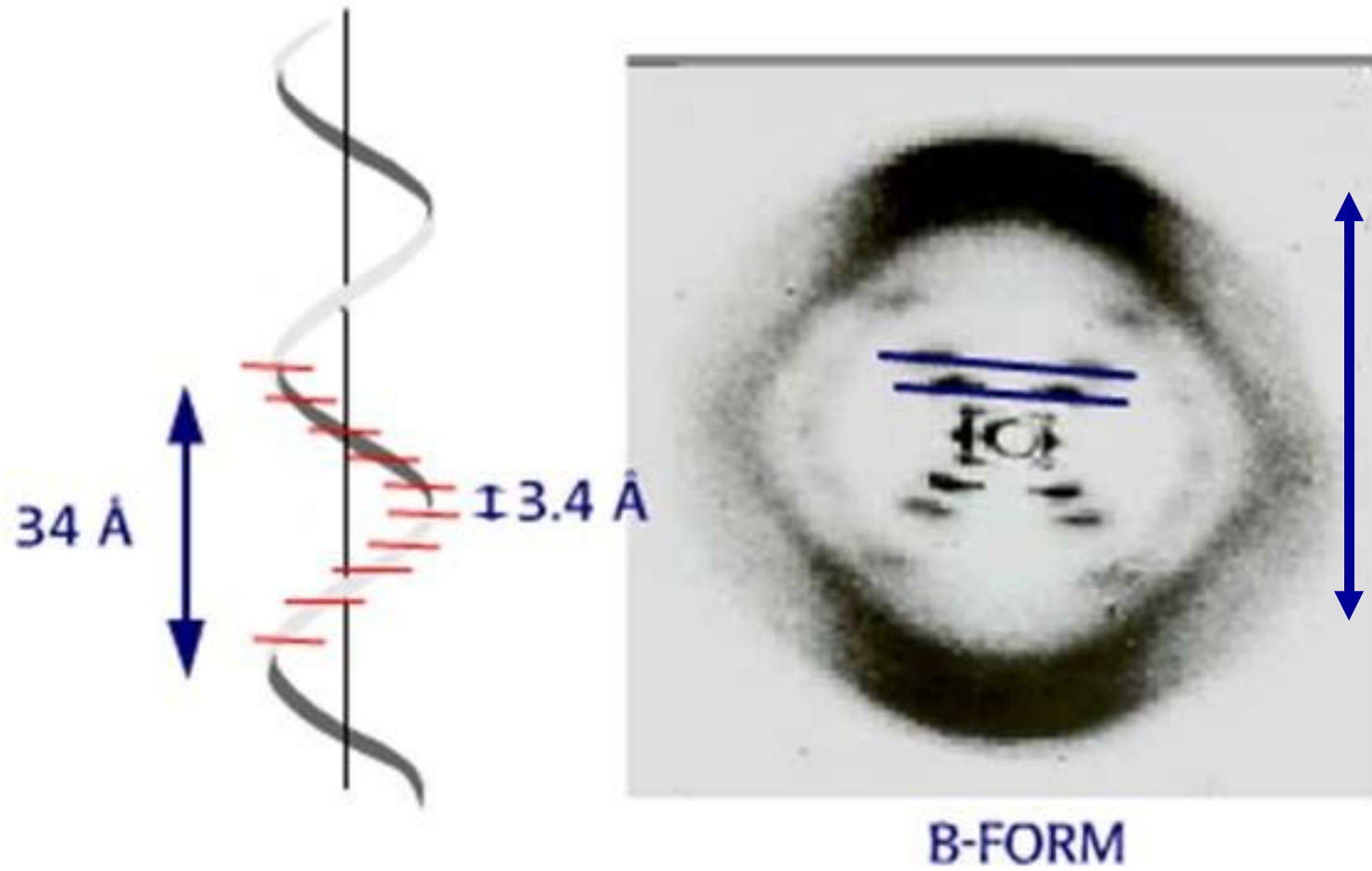


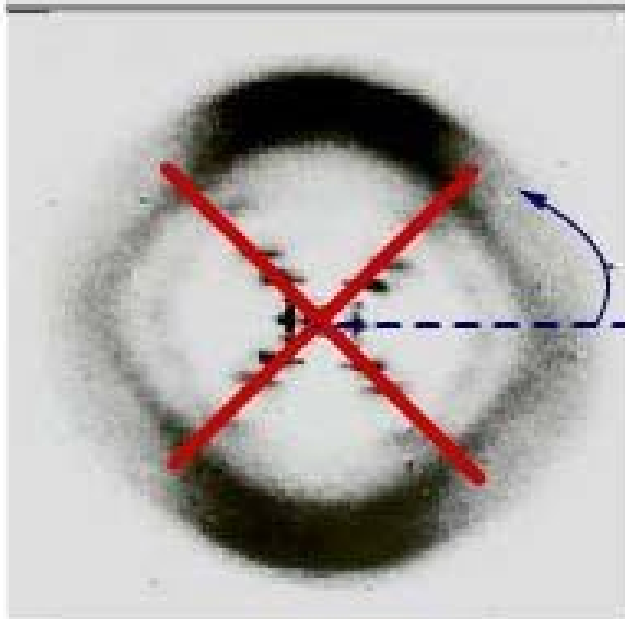
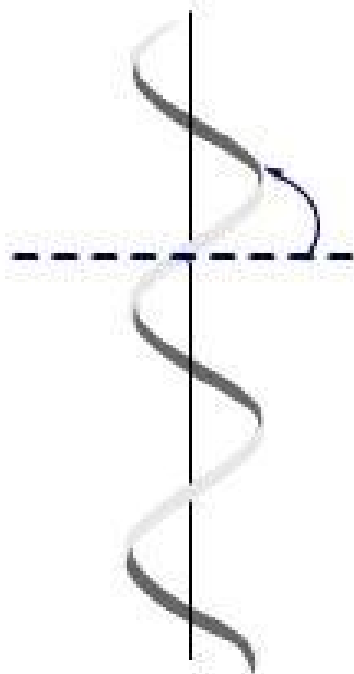
b)



X-Ray diffraction pattern







B-FORM



Ο συνεργάτης της Rosalind Franklin, Aaron Klug, νικητής του Νόμπελ Χημείας το 1982

«για την ανάπτυξη κρυσταλλογραφικής ηλεκτρονικής μικροσκοπίας και τη διαλεύκανση της δομής των βιολογικά σημαντικών συνδέσεων νουκλεϊκού οξέος – πρωτεΐνης».

equipment, and to Dr. G. E. R. Deacon and the captain and officers of R.R.S. *Discovery II* for their part in making the observations.

¹ Young, F. B., Gerrard, H., and Jevons, W., *Phil. Mag.*, **40**, 149 (1920).

² Longuet-Higgins, M. S., *Mon. Not. Roy. Astro. Soc., Geophys. Supp.*, **5**, 285 (1949).

³ Von Arx, W. S., Woods Hole Papers in Phys. Oceanog. Meteor., **11** (3) (1950).

⁴ Ekman, V. W., *Arkiv. Mat. Astron. Fysik. (Stockholm)*, **2** (11) (1905).

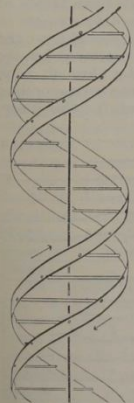
MOLECULAR STRUCTURE OF NUCLEIC ACIDS

A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid

WE wish to suggest a structure for the salt of deoxyribose nucleic acid (D.N.A.). This structure has novel features which are of considerable biological interest.

A structure for nucleic acid has already been proposed by Pauling and Corey¹. They kindly made their manuscript available to us in advance of publication. Their model consists of three intertwined chains, with the phosphates near the fibre axis, and the bases on the outside. In our opinion, this structure is unsatisfactory for two reasons: (1) We believe that the material which gives the X-ray diagrams is the salt, not the free acid. Without the acidic hydrogen atoms it is not clear what forces would hold the structure together, especially as the negatively charged phosphates near the axis will repel each other. (2) Some of the van der Waals distances appear to be too small.

Another three-chain structure has also been suggested by Fraser (in the press). In his model the phosphates are on the outside and the bases on the inside, linked together by hydrogen bonds. This structure as described is rather ill-defined, and for this reason we shall not comment on it.



This figure is purely diagrammatic. The two ribbons symbolize the two phosphate-sugar chains, and the horizontal rods the pairs of bases holding the chains together. The vertical line marks the fibre axis.

We wish to put forward a radically different structure for the salt of deoxyribose nucleic acid. This structure has two helical chains each coiled round the same axis (see diagram). We have made the usual chemical assumptions, namely, that each chain consists of phosphate diester groups joining β -D-deoxy-ribofuranose residues with 3',5' linkages. The two chains (but not their bases) are related by a dyad perpendicular to the fibre axis. Both chains follow right-handed helices, but owing to the dyad the sequences of the atoms in the two chains run in opposite directions. Each chain loosely resembles Furberg's² model No. 1; that is, the bases are on the inside of the helix and the phosphates on the outside. The configuration of the sugar and the atoms near it is close to Furberg's 'standard configuration', the sugar being roughly perpendicular to the attached base. There

is a residue on each chain every 3.4 Å. in the z-direction. We have assumed an angle of 36° between adjacent residues in the same chain, so that the structure repeats after 10 residues on each chain, that is, after 34 Å. The distance of a phosphorus atom from the fibre axis is 10 Å. As the phosphates are on the outside, cations have easy access to them.

The structure is an open one, and its water content is rather high. At lower water contents we would expect the bases to tilt so that the structure could become more compact.

The novel feature of the structure is the manner in which the two chains are held together by the purine and pyrimidine bases. The planes of the bases are perpendicular to the fibre axis. They are joined together in pairs, a single base from one chain being hydrogen-bonded to a single base from the other chain, so that the two lie side by side with identical z-co-ordinates. One of the pair must be a purine and the other a pyrimidine for bonding to occur. The hydrogen bonds are made as follows: purine position 1 to pyrimidine position 1; purine position 6 to pyrimidine position 6.

If it is assumed that the bases only occur in the structure in the most plausible tautomeric forms (that is, with the keto rather than the enol configurations) it is found that only specific pairs of bases can bond together. These pairs are: adenine (purine) with thymine (pyrimidine), and guanine (purine) with cytosine (pyrimidine).

In other words, if an adenine forms one member of a pair, on either chain, then on these assumptions the other member must be thymine; similarly for guanine and cytosine. The sequence of bases on a single chain does not appear to be restricted in any way. However, if only specific pairs of bases can be formed, it follows that if the sequence of bases on one chain is given, then the sequence on the other chain is automatically determined.

It has been found experimentally^{3,4} that the ratio of the amounts of adenine to thymine, and the ratio of guanine to cytosine, are always very close to unity for deoxyribose nucleic acid.

It is probably impossible to build this structure with a ribose sugar in place of the deoxyribose, as the extra oxygen atom would make too close a van der Waals contact.

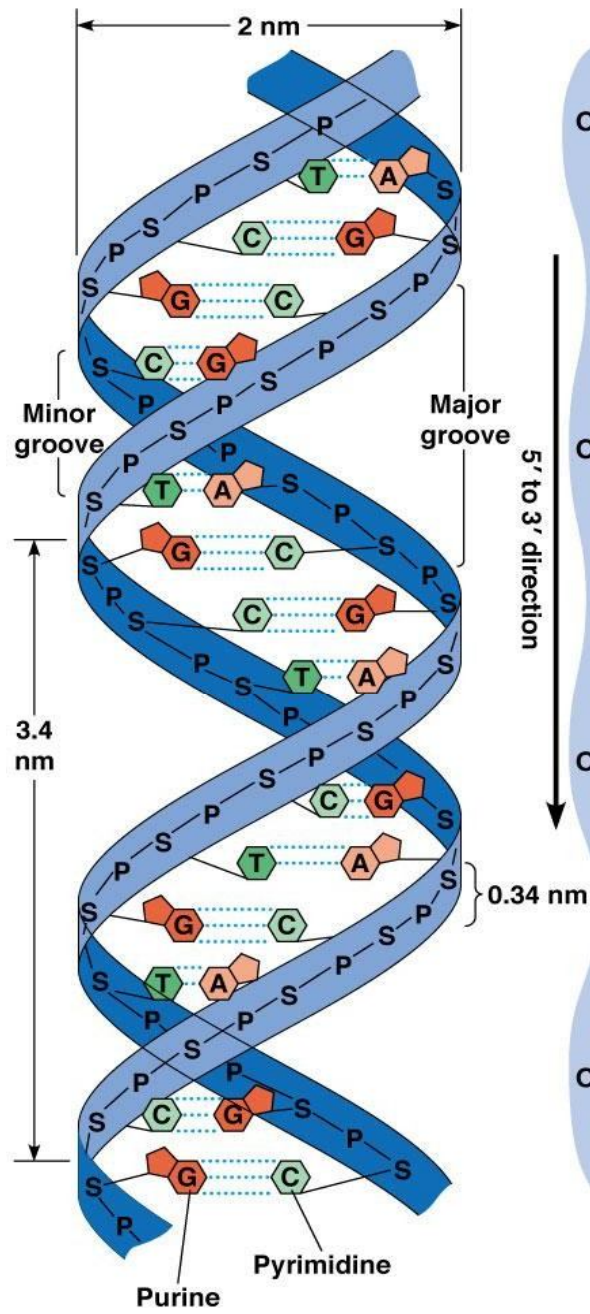
The previously published X-ray data^{5,6} on deoxyribose nucleic acid are insufficient for a rigorous test of our structure. So far as we can tell, it is roughly compatible with the experimental data, but it must be regarded as unproved until it has been checked against more exact results. Some of these are given in the following communications. We were not aware of the details of the results presented there when we devised our structure, which rests mainly though not entirely on published experimental data and stereochemical arguments.

It has not escaped our notice that the specific pairing we have postulated immediately suggests a possible copying mechanism for the genetic material.

Full details of the structure, including the conditions assumed in building it, together with a set of co-ordinates for the atoms, will be published elsewhere.

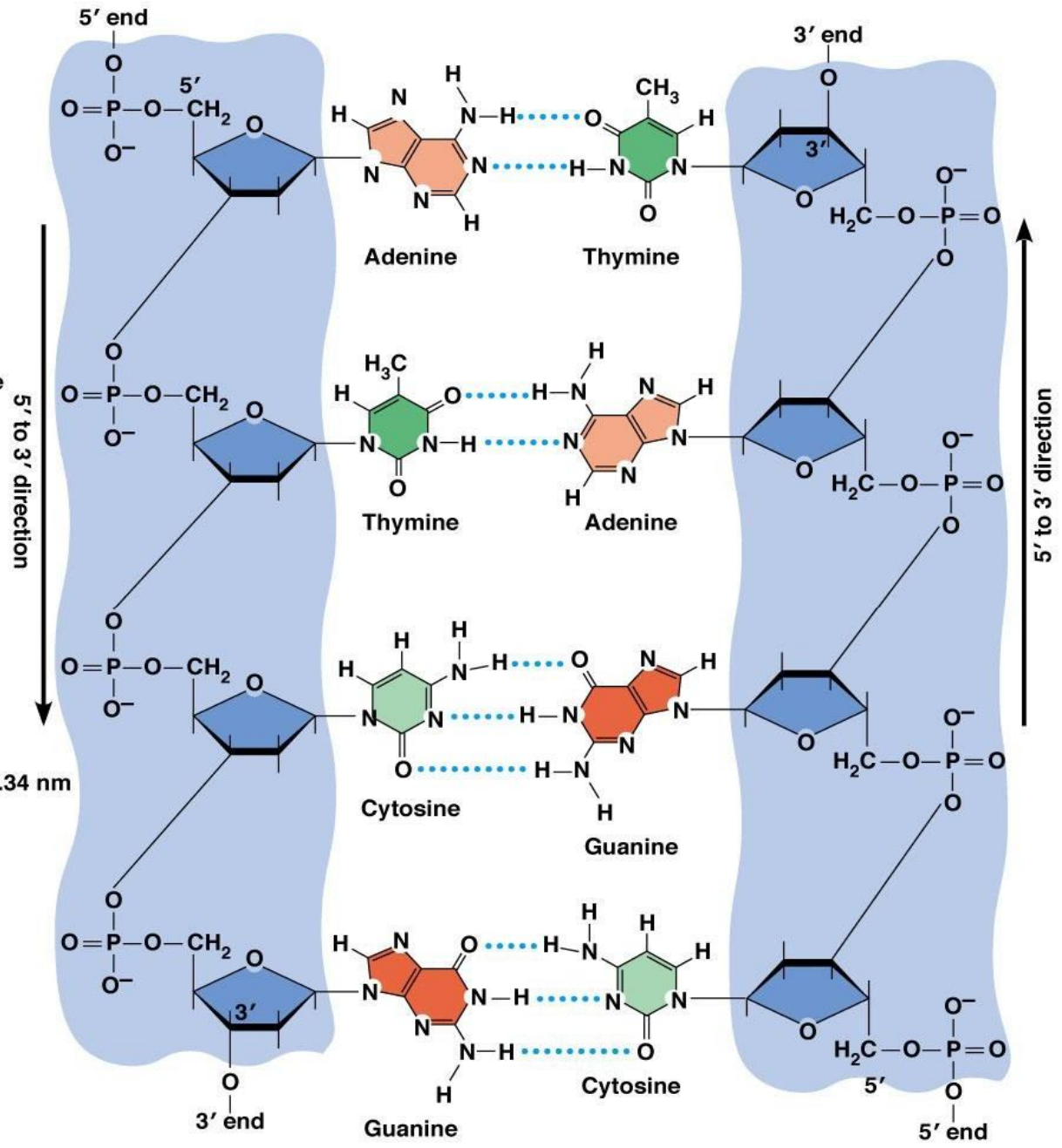
We are much indebted to Dr. Jerry Donohue for constant advice and criticism, especially on interatomic distances. We have also been stimulated by a knowledge of the general nature of the unpublished experimental results and ideas of Dr. M. H. F. Wilkins, Dr. R. E. Franklin and their co-workers at

WATSON, J. D. & CRICK, F. H. C. Molecular Structure of Nucleic Acids: A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid



(a) Double helix

© 2012 Pearson Education, Inc.

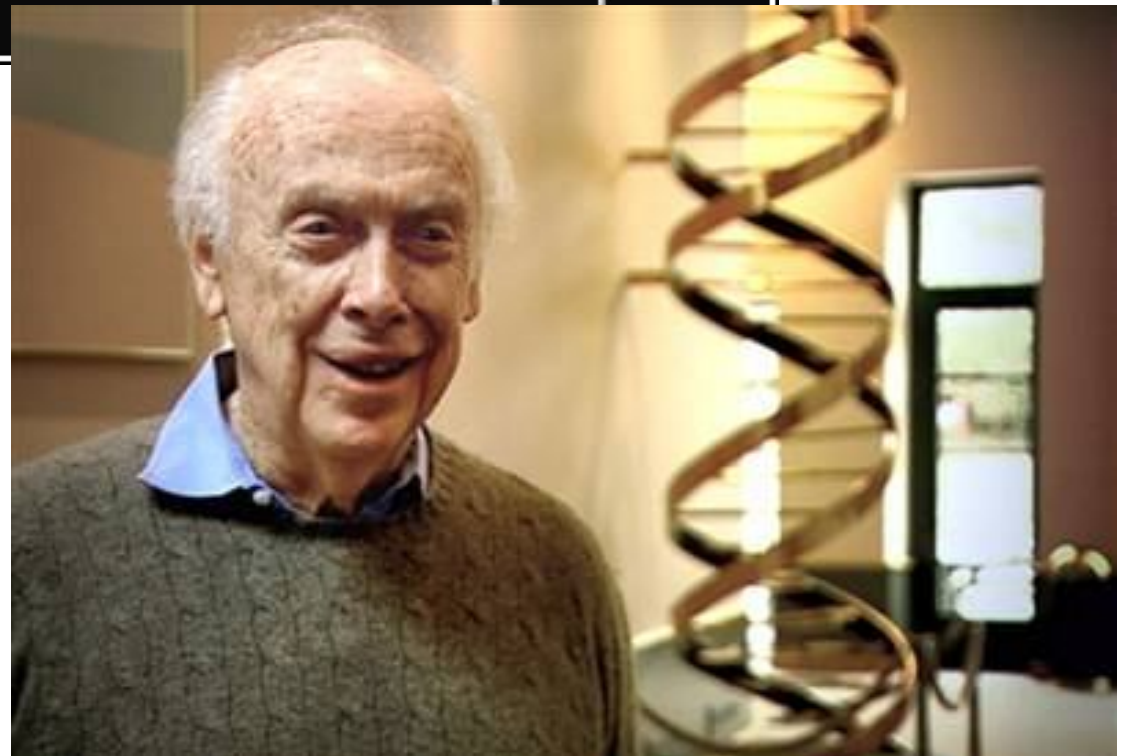


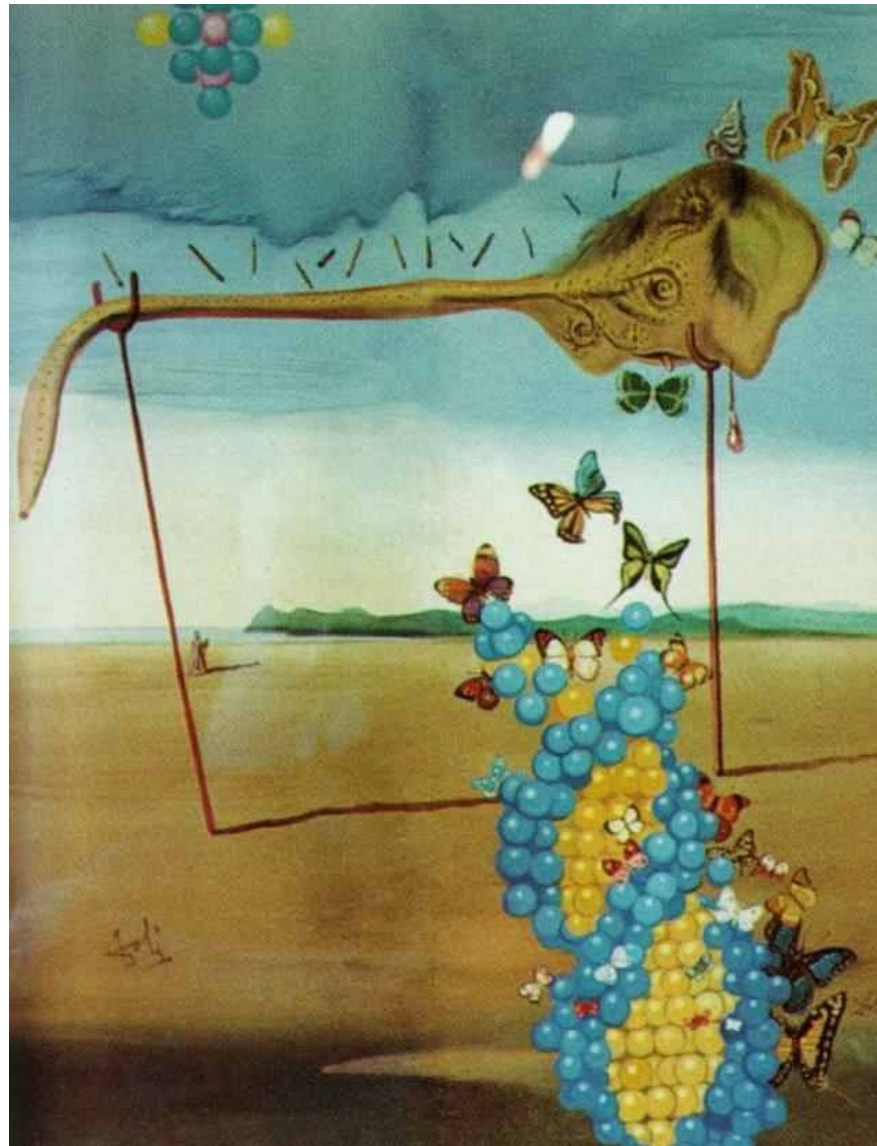
(b) Antiparallel orientation of strands



Rather than believe that Watson and Crick made the DNA structure, I would rather stress that the structure made Watson and Crick.

(Francis Crick)





Salvador Dalí

Butterfly Landscape (The Great Masturbator in a Surrealist Landscape with DNA) 1957-58

Δρ. Χριστίνα Μπαντή, Τμήμα Χημείας, ΠΙ



Salvador Dalí Galacidalacidesoxyribonucleicacid
Also known as: Homage to Crick and Watson
(Discoverers of DNA)

Δρ. Χριστίνα Μπαντή, Τμήμα Χημείας, ΠΙ



Susan Rankaitis.

“TGCA,” combined media monoprint, 1996, ***Robert Mann Gallery, New York***

Δρ. Χριστίνα Μπαντή, Τμήμα Χημείας, ΠΙ



Tom Otterness, Γλύπτης
DNA chain, 1986

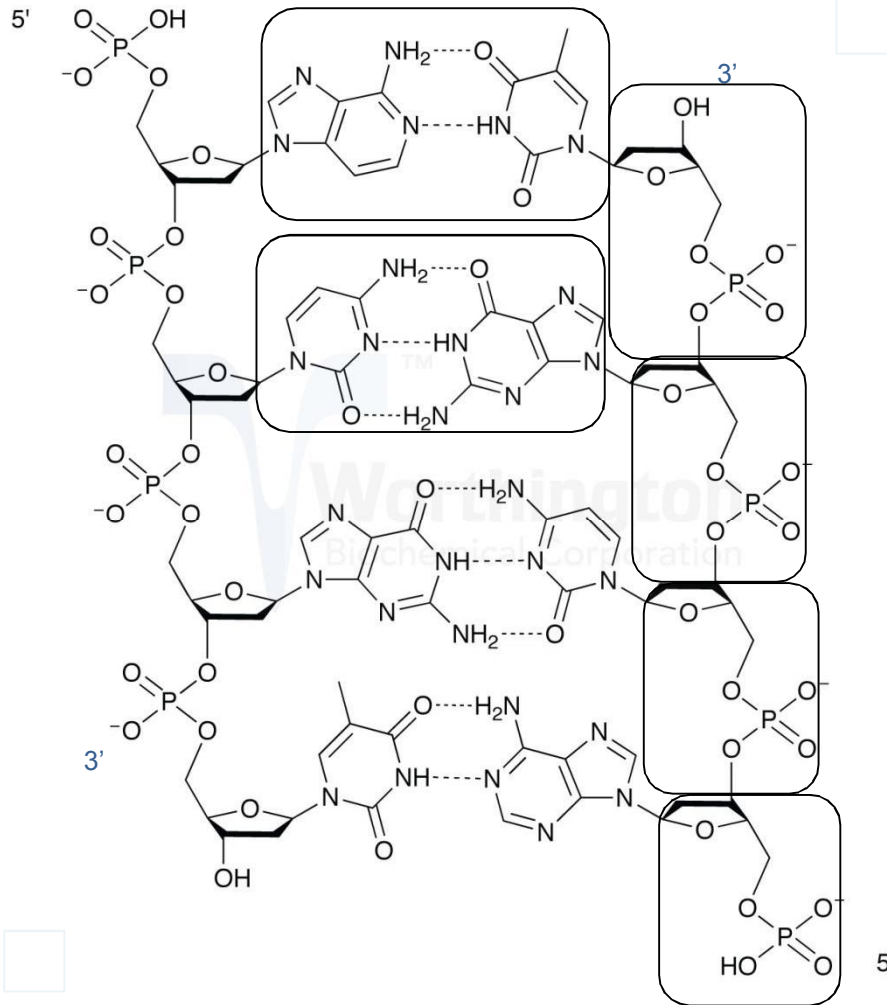
Δρ. Χριστίνα Μπαντή, Τμήμα Χημείας, ΠΙ



Δρ. Χριστίνα Μπαντή, Τμήμα Χημείας, ΠΙ

ΝΟΥΚΛΕΪΚΑ ΟΞΕΑ

Δομή DNA



□ Εξωτερικά σχηματίζεται ένας σκελετός εναλλασσόμενων μονάδων σακχάρου-φωσφορικής ομάδας-σακχάρου-φωσφορικής ομάδας

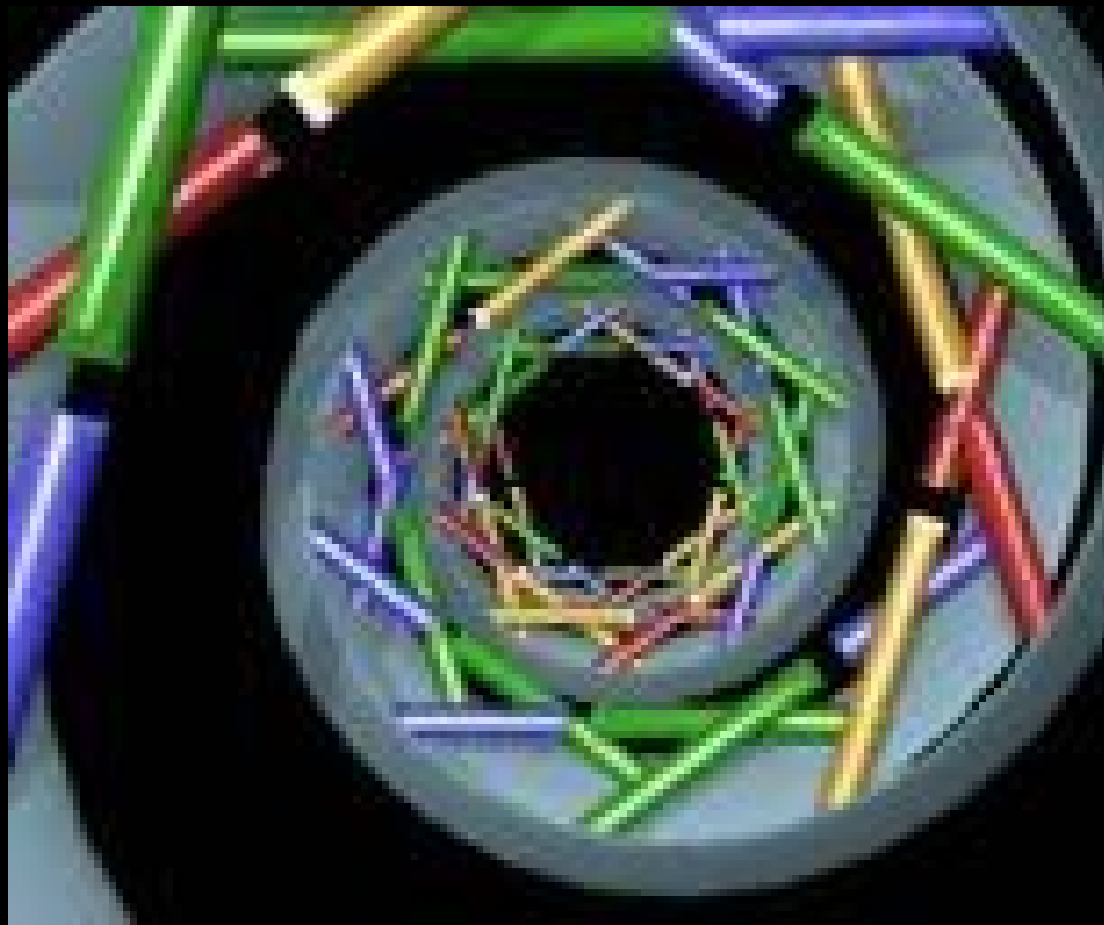
Εσωτερικά βρίσκονται τα ζεύγη συμπληρωματικών βάσεων (A-T, C-G).

5'-Αδερίνη-Κυτοσίνη-Γουανίνη-Θυμίνη-3'

5'-Adenine-Cytosine-Guanine-Thymine-3'

Δρ. Χριστίνα Μπάντη, Τμήμα Χημείας, ΠΙ

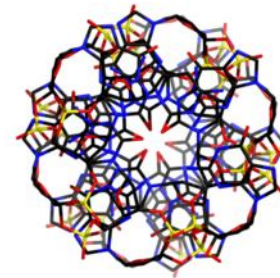
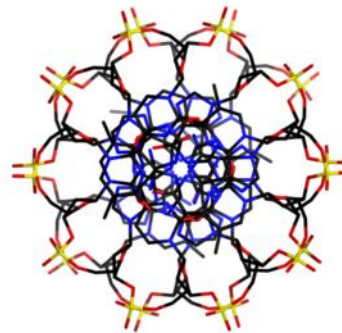
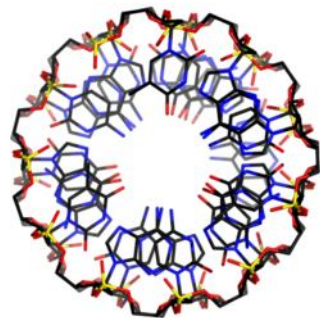
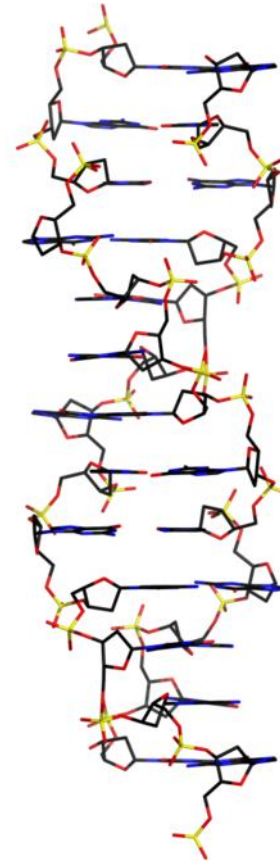
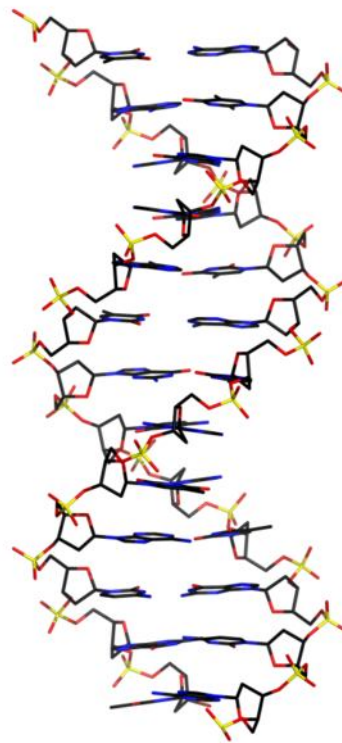
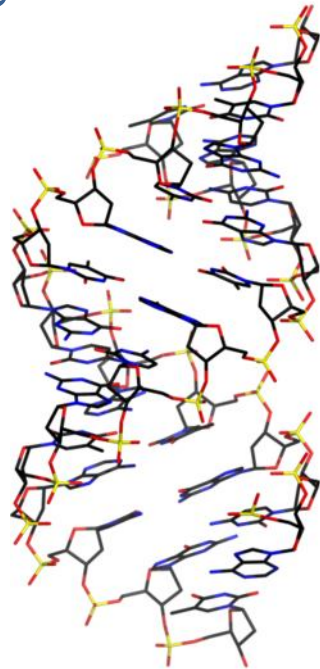
Μιά τρισδιάστατη παρουσίαση διπλής έλικας του DNA



Δρ. Χριστίνα Μπαντή, Τμήμα Χημείας, ΠΙ

Κρυσταλλικές δομές

Η αφυδατωμένη
Μορφή του DNA



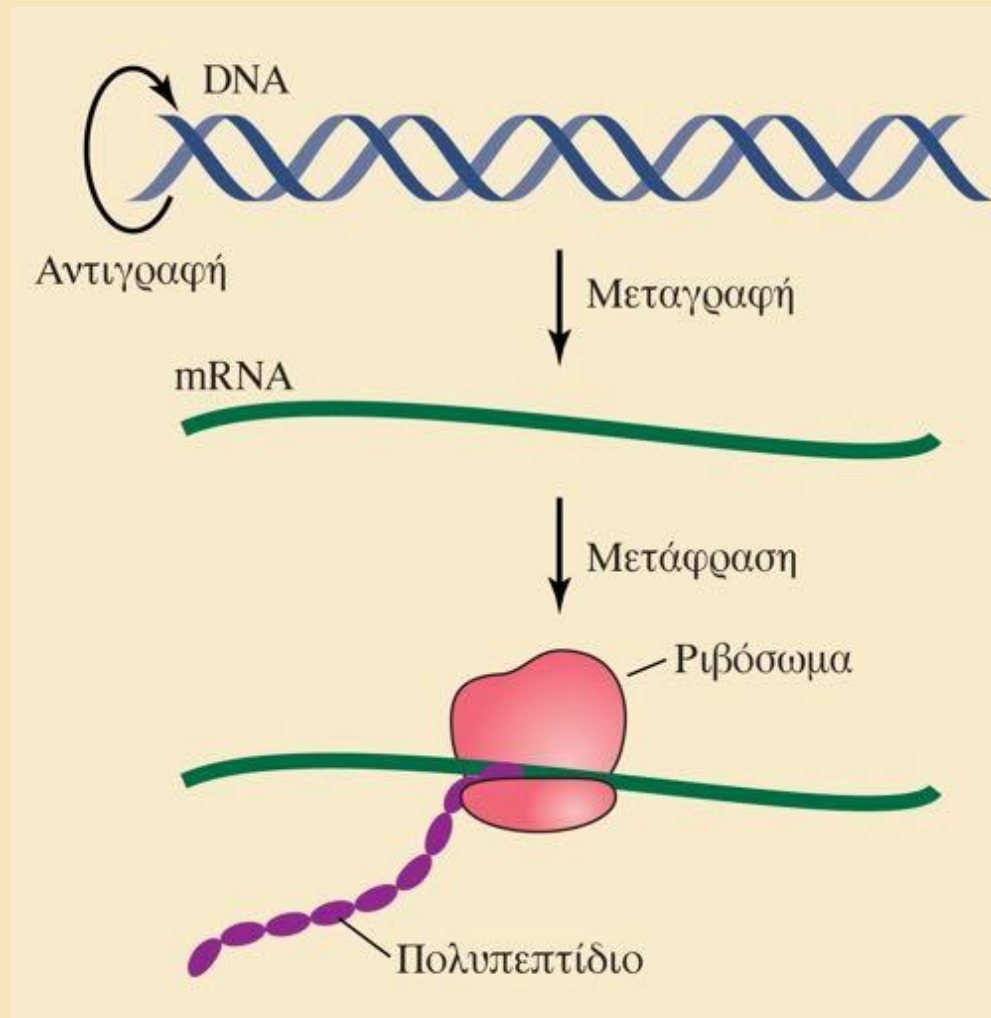
A

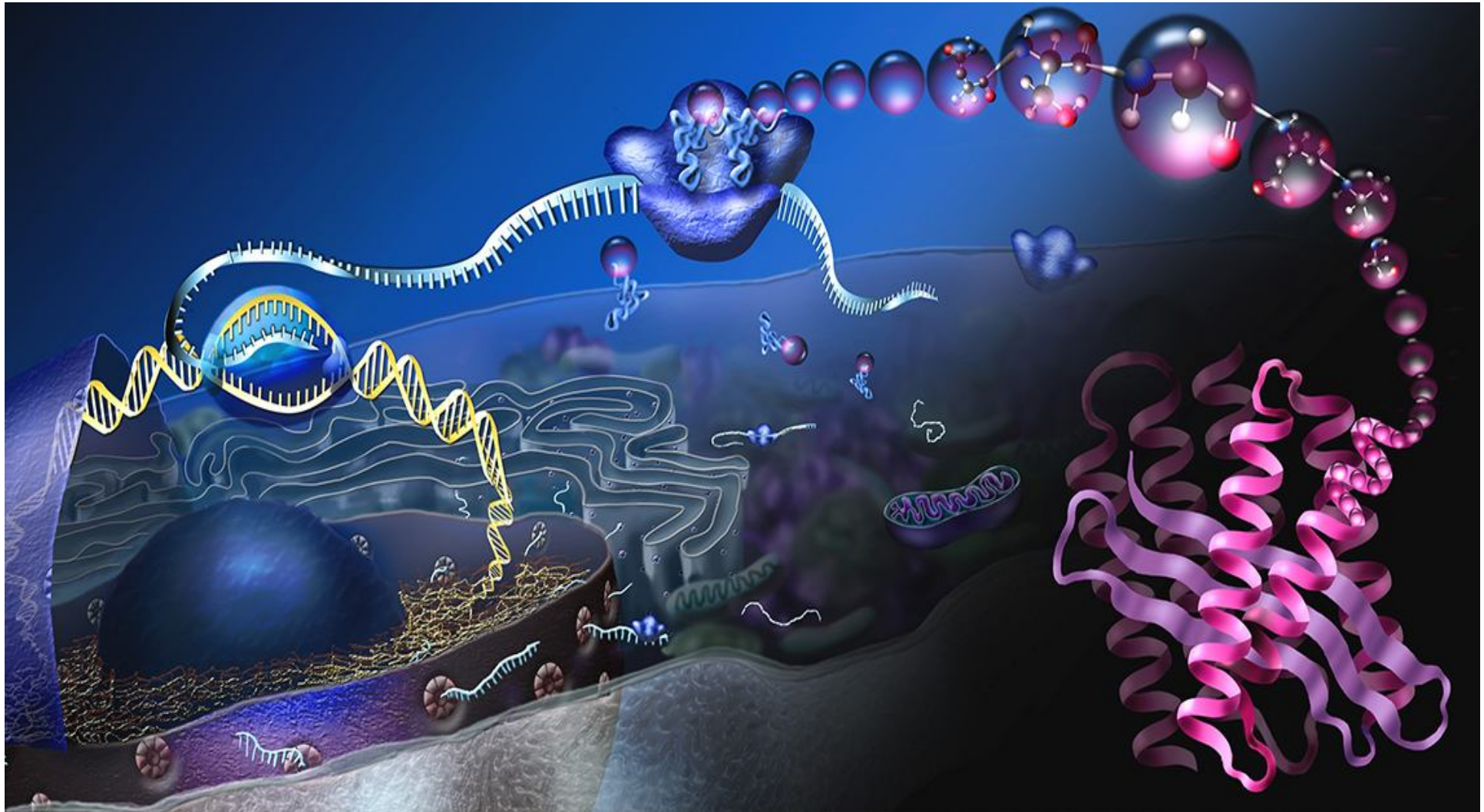
B

Z

DNA

Νουκλεϊνικά οξέα και έκφραση της γενετικής πληροφορίας

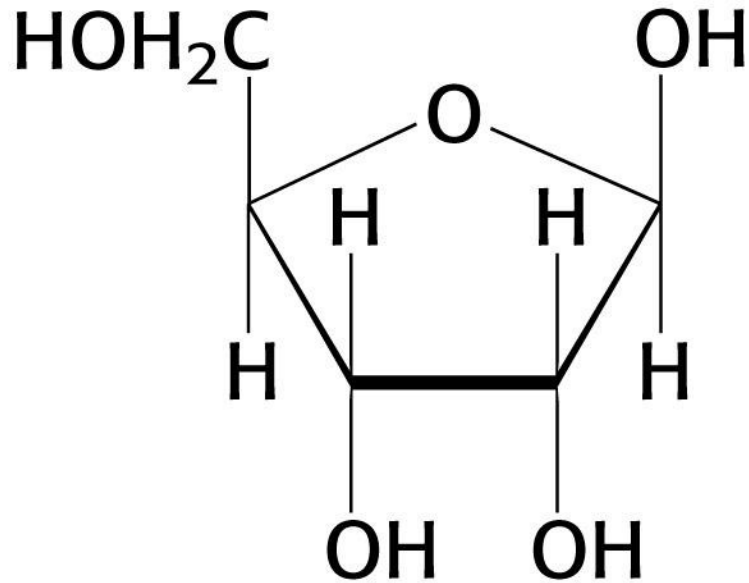




Δρ. Χρυστίνα Μπαντή, Τμήμα Χημείας, ΠΙ

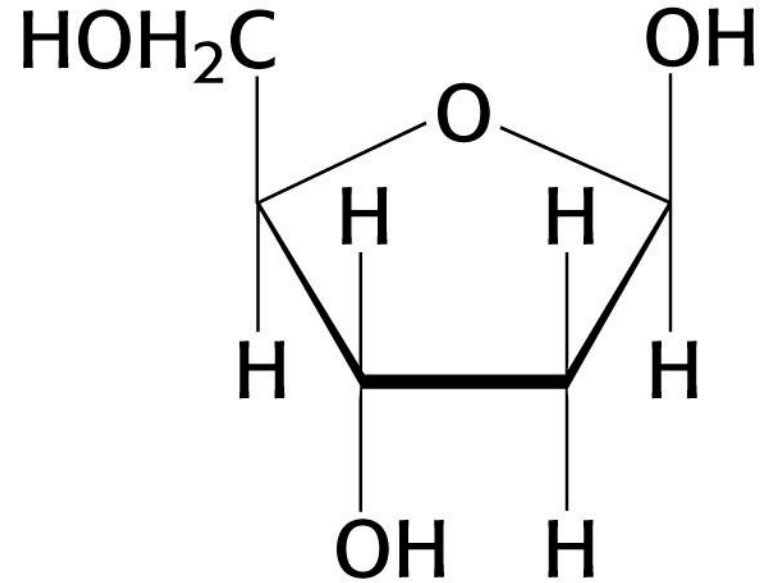
Η ριβόζη στα νουκλεϊκά οξέα (DNA, RNA)

RNA



D-Ribose

DNA

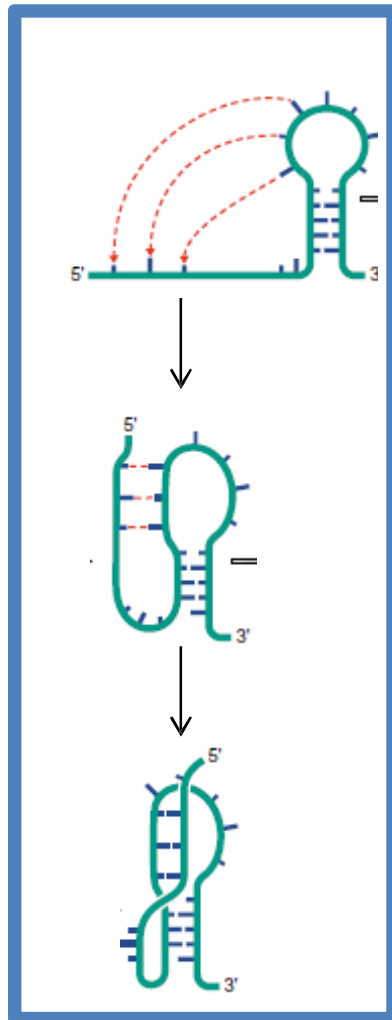


2-Deoxy-D-ribose

ΝΟΥΚΛΕΪΚΑ ΟΞΕΑ

Δομή RNA

Το RNA μπορεί να έχει πολύπλοκες τρισδιάστατες δομές



Ένα μόριο RNA συχνά αναδιπλώνεται και σχηματίζει δίκλωνες περιοχές σε σημεία όπου υπάρχει συμπληρωματικότητα των βάσεων.

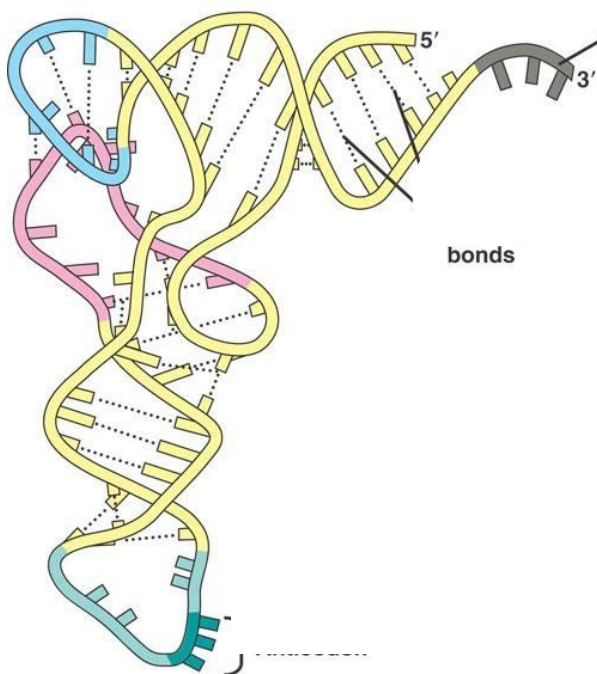
Οι συμπληρωματικές αλληλουχίες μπορεί να είναι :

1. Σε **στενή γειτνίαση** οπότε η ενδιάμεση μη συμπληρωματική περιοχή προεξέχει σαν στεφάνι από το δίκλωνο τμήμα του μορίου.
2. **Απομακρυσμένες** οπότε δημιουργούνται πιο πολύπλοκες αναδιπλώσεις

ΝΟΥΚΛΕΪΚΑ ΟΞΕΑ

Δομή RNA

Το RNA μπορεί να έχει πολύπλοκες τεταρτοταγείς δομές



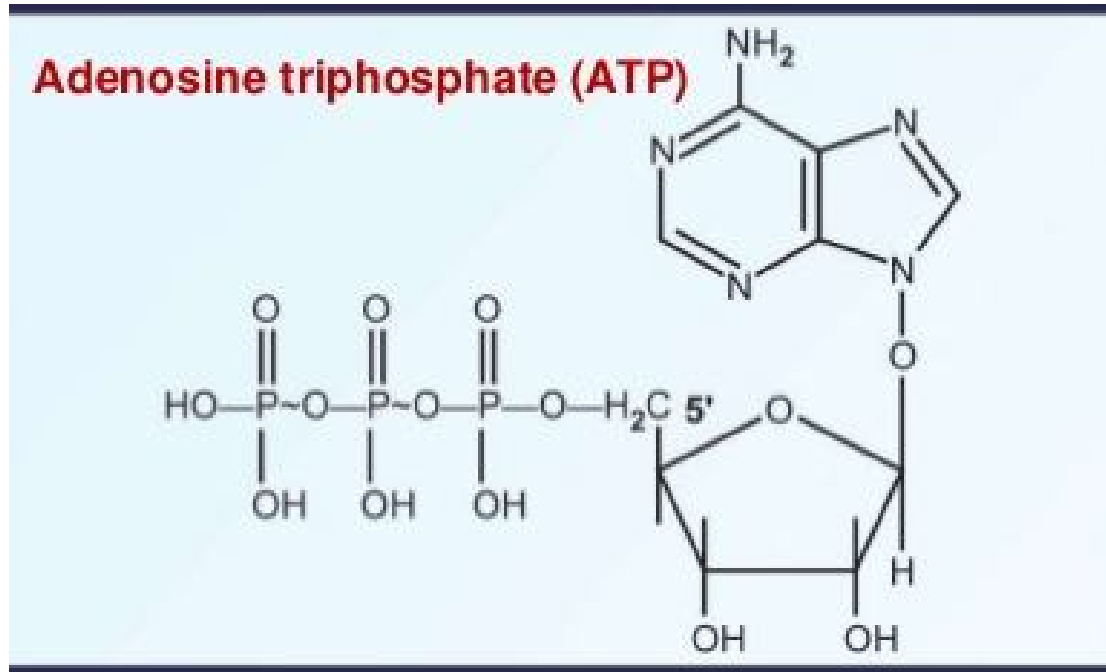
Η μεγάλη ευελιξία του σκελετού του RNA, στις περιοχές όπου δεν εμφανίζει συμπληρωματικότητα, επιτρέπει στο μόριο να αναδιπλωθεί και να σχηματίσει τεταρτοταγείς δομές (π.χ. tRNA).

ΝΟΥΚΛΕΪΚΑ ΟΞΕΑ

Διαφορές DNA-RNA

	DNA	RNA
Δομή	Δίκλωνο μόριο	Μονόκλωνο μόριο
Σύσταση	A, <u>T</u> , C, G Δεοξυριβόζη	A, <u>U</u> , C, G Ριβόζη
Λειτουργία	Φορέας γενετικής πληροφορίας	Συμμετοχή στην πρωτεϊνοσύνθεση
Εντοπισμός	Πυρήνας/Μιτοχόνδριο/ Χλωροπλάστες	Σε όλο το κύτταρο

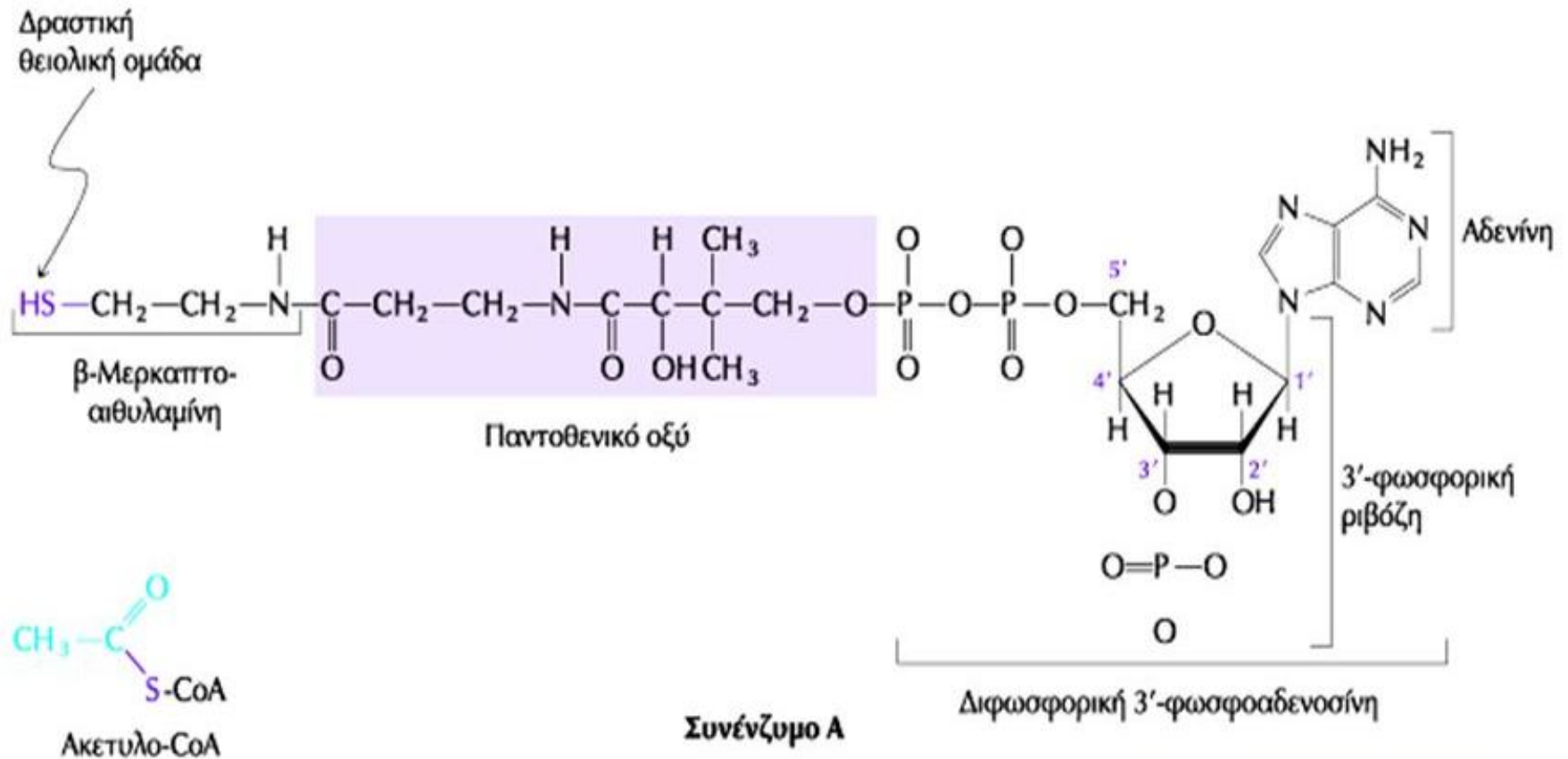
Τα νουκλεοτίδια έχουν και άλλες λειτουργίες



Μεταφέρουν χημική ενέργεια μέσα στους εύκολα υδρολύμενους δεσμούς φωσφορικού ανυδρίτη

Αποτελούν και σηματοδοτικά μόρια

Τα νουκλεοτίδια έχουν και άλλες λειτουργίες



Πρωτεΐνες

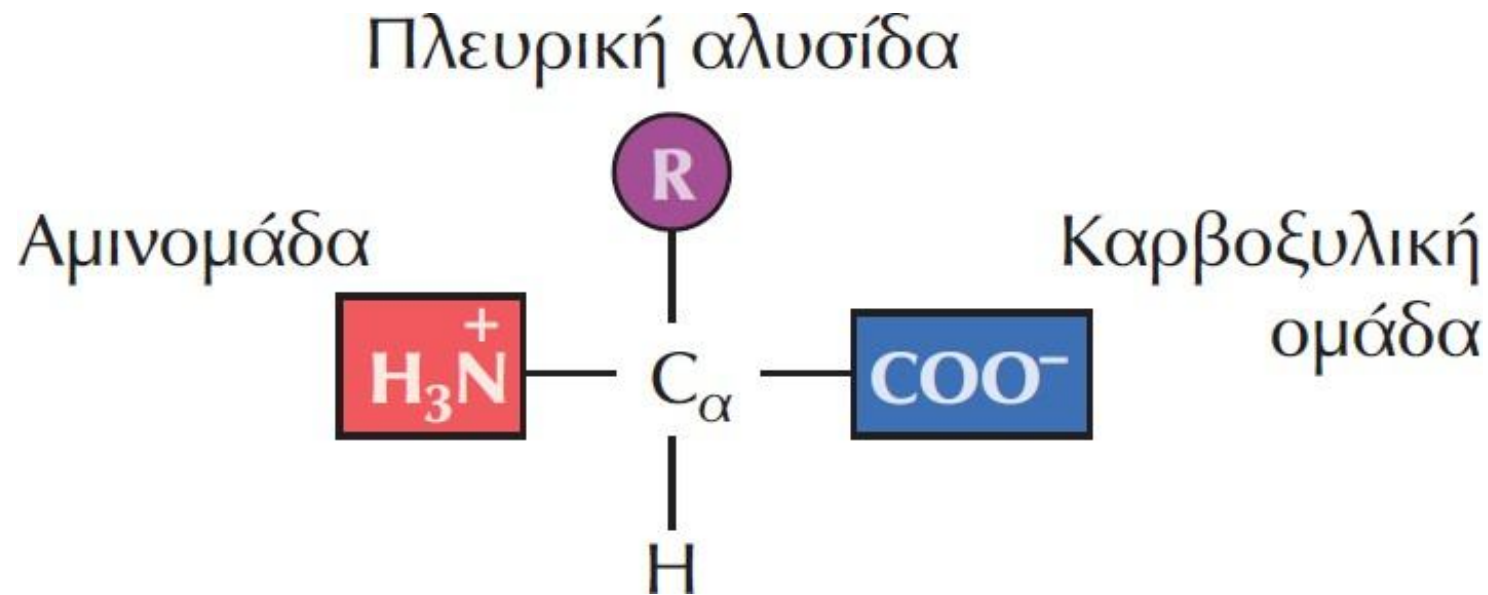
Δρ. Χριστίνα Μπαντή, Τμήμα Χημείας, ΠΙ

Οι πρωτεΐνες έχουν διάφορες δομές, οπότε εμφανίζουν μεγάλο εύρος δράσεων

- Όλες σχεδόν οι λειτουργίες ενός ζωντανού οργανισμού εξαρτώνται από τις πρωτεΐνες
 - Έχουν καθοριστικό ρόλος σε οτιδήποτε κάνει ένας οργανισμός
- Οι πρωτεΐνες συνιστούν πάνω από το 50% της ξηρής τους μάζας ενός κυττάρου
 - Ο άνθρωπος διαθέτει 10,000 διαφορετικά είδη πρωτεϊνών, το καθένα με ειδική δράση και λειτουργία.

Ρόλος Πρωτεΐνης

1. Συγκροτούν την δόμη των κυττάρων και των οστών
2. Μεταφέρουν και αποθηκεύουν μικρά μόρια (π. χ οξυγόνο)
3. Μεταβιβάζουν πληροφορίες μεταξύ των κυττάρων (ορμόνες)
4. Προστατεύουν τον οργανισμό από μολύνσεις (αντισώματα)



ΕΙΚΟΝΑ 2.13 Δομή αμινοξέων.

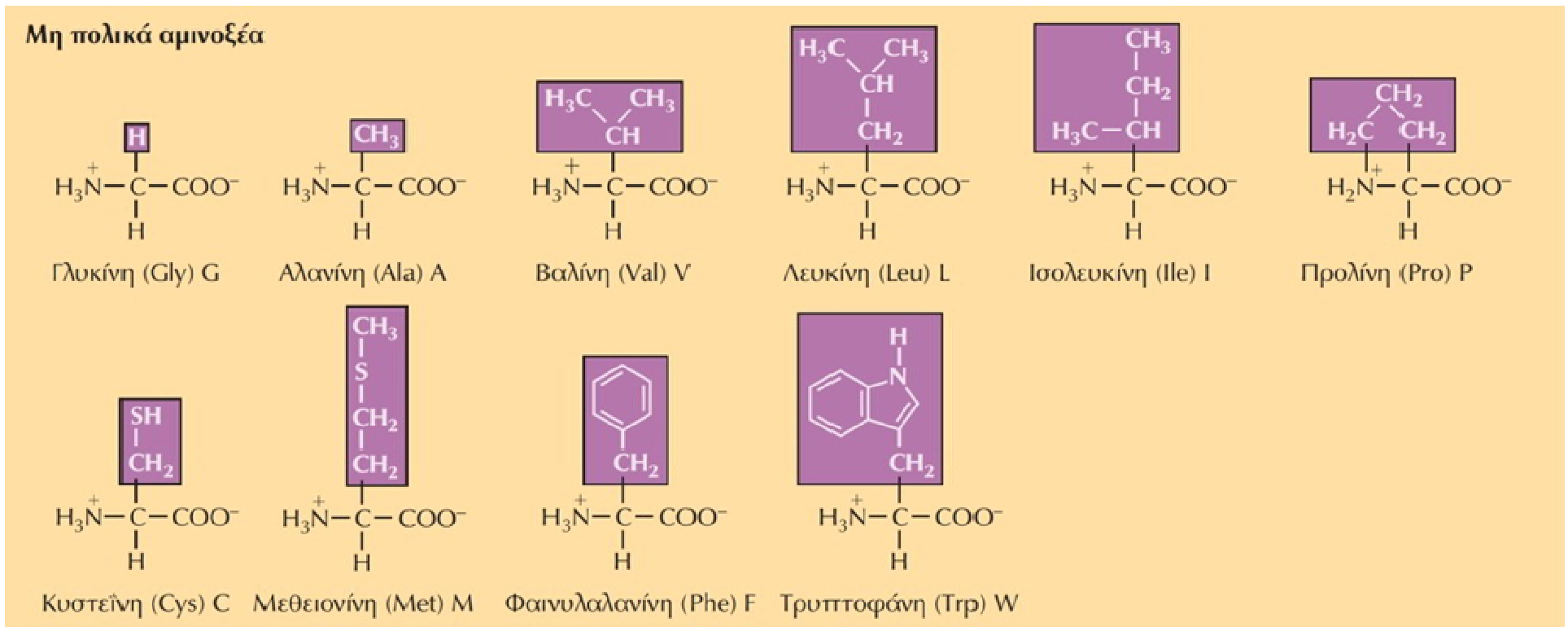
Κάθε αμινοξύ αποτελείται από ένα κεντρικό άτομο άνθρακα (τον α-άνθρακα) συνδεδεμένο με ένα άτομο υδρογόνου, μια καρβοξυλική ομάδα, μια αμινομάδα και μια συγκεκριμένη πλευρική αλυσίδα (συμβολίζεται με R). Σε φυσιολογικό pH, τόσο η καρβοξυλική ομάδα όσο και η αμινομάδα ιονίζονται, όπως φαίνεται στην εικόνα.

Αμινοξέα: τα μονομερή των πρωτεϊνών

- έχουν όλα την ίδια δομή

αλλά

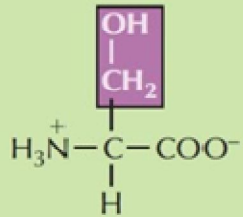
- οι φυσικές και χημικές ιδιότητες της πλευρικής αλυσίδας καθορίζουν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που έχει κάθε αμινοξύ και επηρεάζουν το λειτουργικό ρόλο που αυτό παίζει σε ένα πολυπεπίδιο



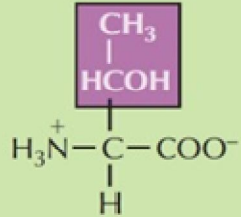
ΕΙΚΟΝΑ 2.14 Τα αμινοξέα.

Για κάθε αμινοξύ υποδεικνύονται οι **συντομογραφίες του με τρία γράμματα** (π.χ. Gly) και με ένα γράμμα (π.χ. G). Τα αμινοξέα κατατάσσονται σε τέσσερις ομάδες, σύμφωνα με τις ιδιότητες των πλευρικών τους αλυσίδων: μη πολικά, πολικά, βασικά και όξινα.

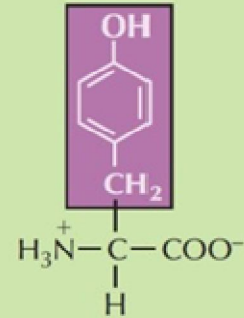
Πολικά αμινοξέα



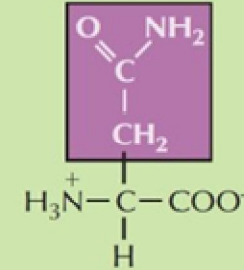
Σερίνη (Ser) S



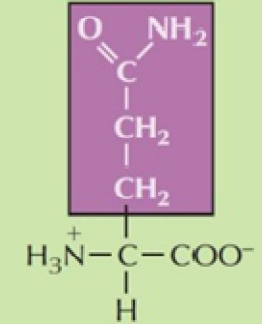
Θρεονίνη (Thr) T



Τυροσίνη (Tyr) Y

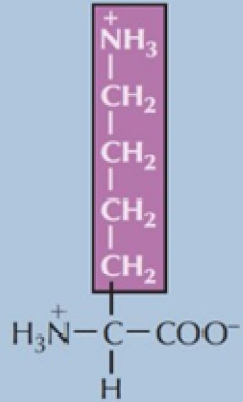


Ασπαραγίνη (Asn) N

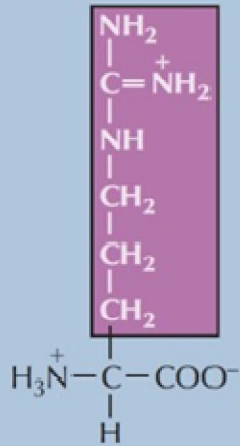


Γλουταμίνη (Gln) Q

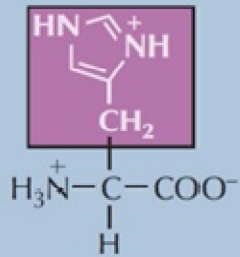
Βασικά αμινοξέα



Λυσίνη (Lys) K

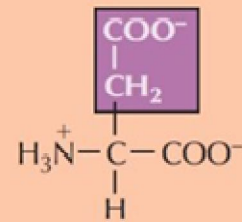


Αργινίνη (Arg) R

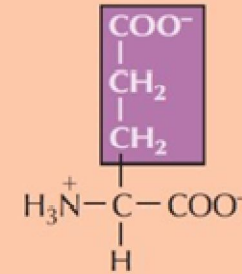


Ιστιδίνη (His) H

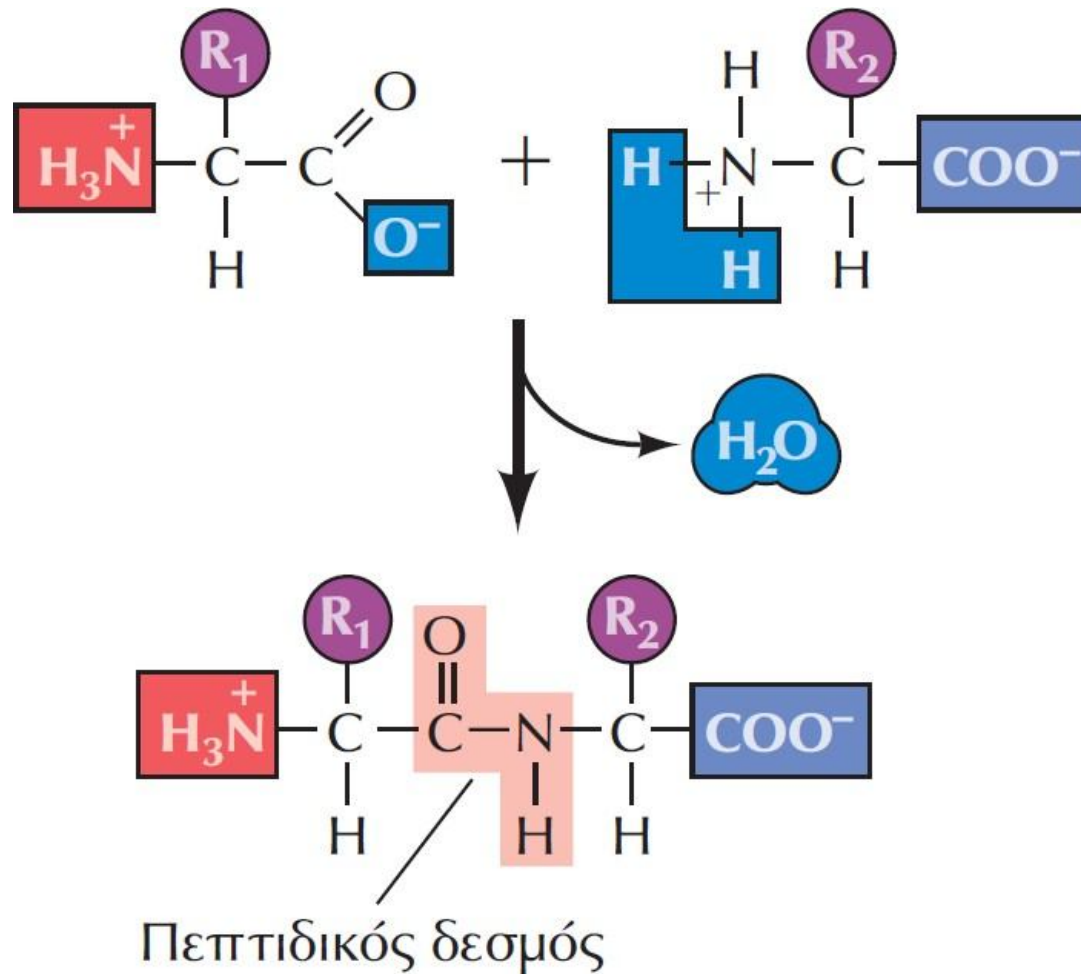
Όξινα αμινοξέα



Ασπαρατικό οξύ (Asp) D



Γλουταμικό οξύ (Glu) E



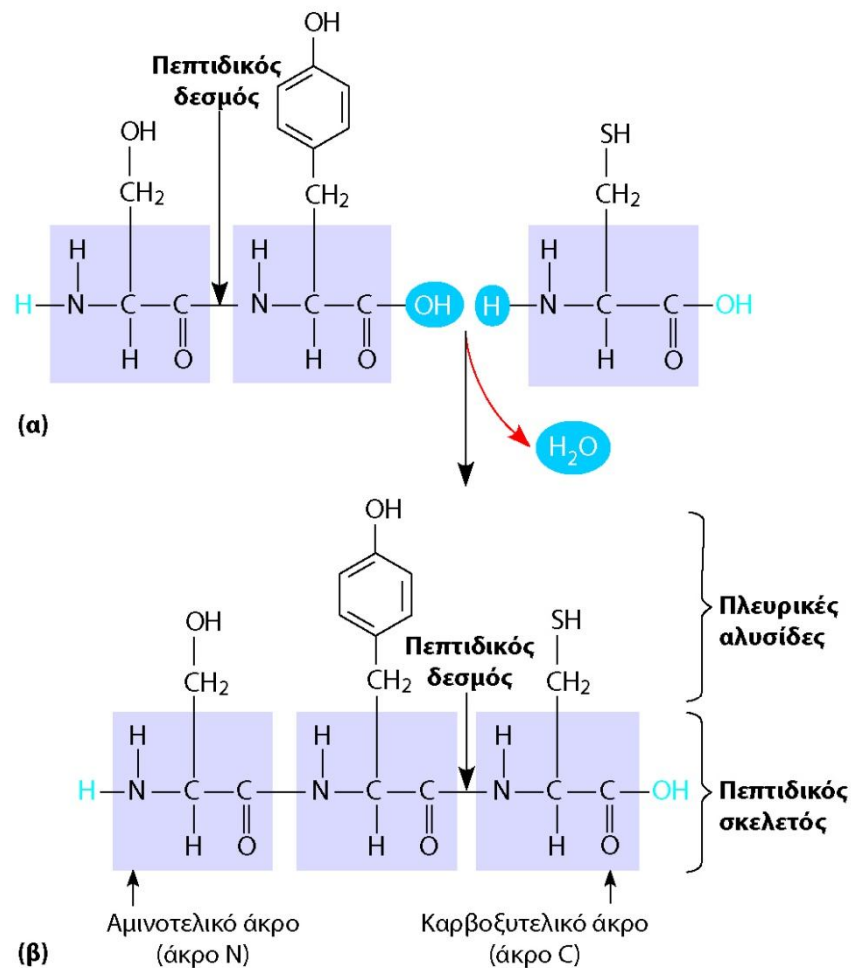
ΕΙΚΟΝΑ 2.15 Δημιουργία ενός πεπτιδικού δεσμού.

Η καρβοξυλική ομάδα του ενός αμινοξέος συνδέεται με την αμινομάδα του επόμενου αμινοξέος, με απομάκρυνση ενός μορίου νερού

Πολυπεπίδια

Το μήκος ενός πολυπεπτιδίου μπορεί να ποικίλλει από λίγα μονομερή έως χίλια, ή και πάνω από χίλια. Κάθε συγκεκριμένο πολυπεπίδιο έχει μια μοναδική γραμμική ακολουθία αμινοξέων

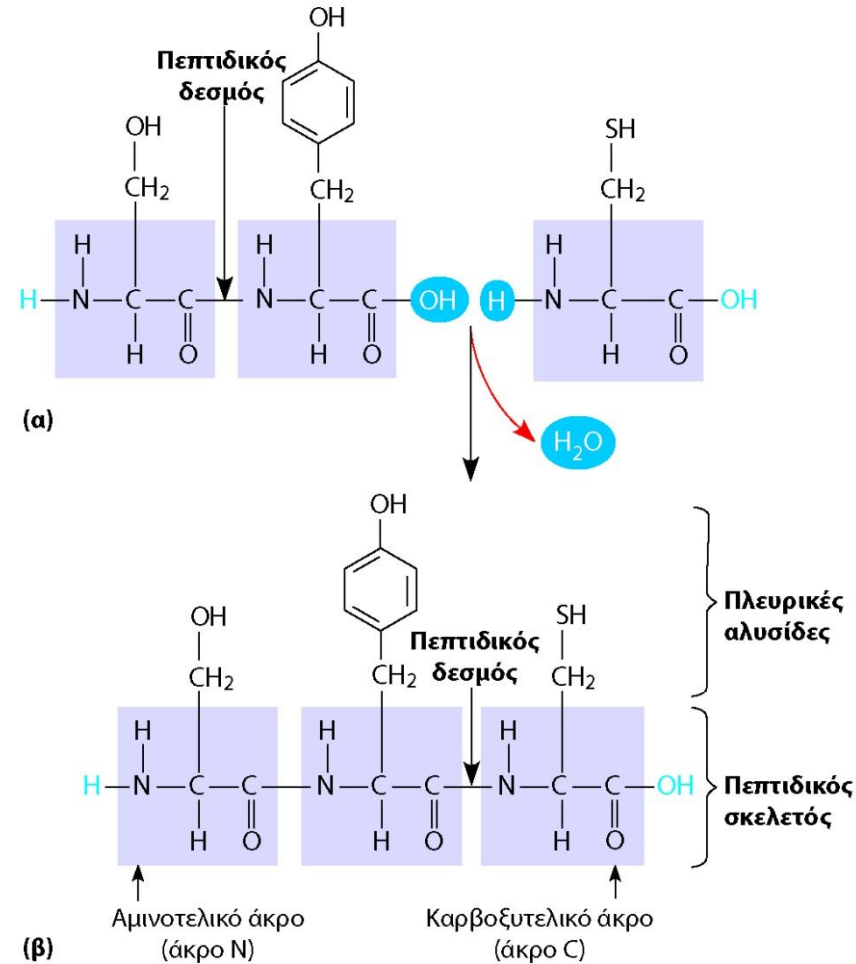
Τα κύτταρα μπορούν να κατασκευάζουν μια τεράστια ποικιλία πολυμερών από λίγα μόνο μονομερή, λόγω της ποικιλόμορφης διάταξης των μονομερών αυτών.



▲ **Εικόνα 5.18** Σύνθεση πολυπεπτιδικής αλυσίδας. (α) Οι πεπτιδικοί δεσμοί που σχηματίζονται από τις αντιδράσεις αφυδάτωσης συνδέουν την καρβοξυλομάδα ενός αμινοξέος με την αμινομάδα του επόμενου. (β) Οι πεπτιδικοί δεσμοί σχηματίζονται ένας-ένας, ξεκινώντας κάθε φορά από το αμινοξύ του αμινοτελικού άκρου (άκρο N). Κάθε πολυπεπτίδιο αποτελείται από έναν επαναλαμβανόμενο σκελετό (μοβ) απ' όπου εξέρχουν οι πλευρικές αλυσίδες των αμινοξέων του.

ΣΧΕΔΙΑΣΤΕ! Βάλτε μέσα σε κύκλο και σημειώστε ποιες είναι οι καρβοξυλομάδες και οι αμινομάδες του (α) που σχηματίζουν τους πεπτιδικούς δεσμούς στο (β).

Σερίνη-Τυροσίνη-Κυστεΐνη



▲ **Εικόνα 5.18** Σύνθεση πολυπεπτιδικής αλυσίδας. (α) Οι πεπτιδικοί δεσμοί που σχηματίζονται από τις αντιδράσεις αφυδάτωσης συνδέουν την καρβοξυλομάδα ενός αμινοξέος με την αμινομάδα του επόμενου. (β) Οι πεπτιδικοί δεσμοί σχηματίζονται ένας-ένας, ξεκινώντας κάθε φορά από το αμινοξύ του αμινοτελικού άκρου (άκρο N). Κάθε πολυπεπτίδιο αποτελείται από έναν επαναλαμβανόμενο σκελετό (μοβ) απ' όπου εξέρχουν οι πλευρικές αλυσίδες των αμινοξέων του.

ΣΧΕΔΙΑΣΤΕ! Βάλτε μέσα σε κύκλο και σημειώστε ποιες είναι οι καρβοξυλομάδες και οι αμινομάδες του (α) που σχηματίζουν τους πεπτιδικούς δεσμούς στο (β).

Λειτουργική πρωτεΐνη

ο όρος πολυπεπτίδιο δεν είναι συνώνυμος με τον όρο πρωτεΐνη, διαφέρουν στην ακολουθία των αμινοξέων και στη δομή

Μια **λειτουργική πρωτεΐνη** είναι ένα ή περισσότερα πολυπεπτίδια που με ακρίβεια αναδιπλώνονται, πτυχώνονται και συστρέφονται για να σχηματίσουν τελικά ένα μόριο με μοναδική διάταξη στον χώρο

Η αναδίπλωση καθοδηγείται και ενισχύεται από τη **δημιουργία πολλών δεσμών υδρογόνου** ανάμεσα σε διάφορα τμήματα της αλυσίδας, που εξαρτάται από την ίδια την ακολουθία των αμινοξέων.

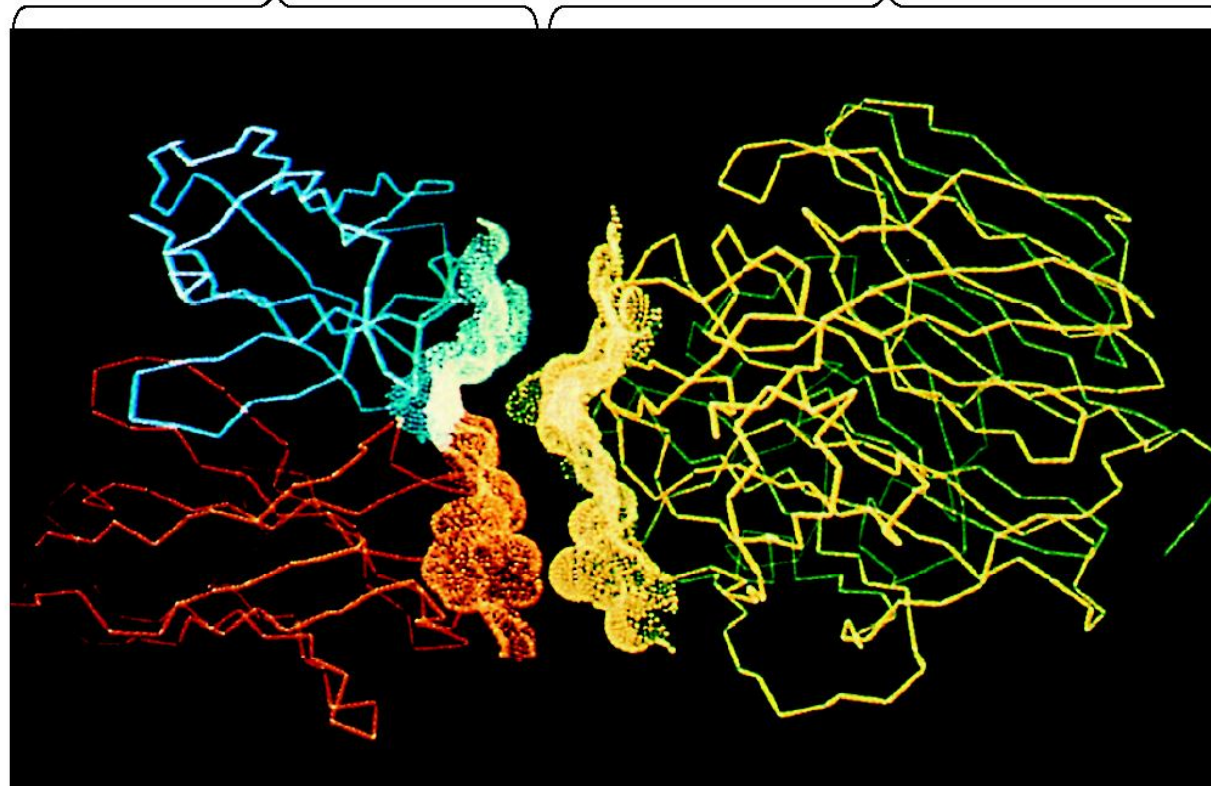
Η λειτουργία μιας πρωτεΐνης εξαρτάται

από την ικανότητά της να αναγνωρίζει και να δεσμεύει
κάποιο άλλο μόριο.

οφείλεται στη λεπτομερή διάταξη των ατόμων και των
μορίων στο μοριακό επίπεδο
πχ η ικανότητα ενός πρωτεϊνικού υποδοχέα να αναγνωρίζει
και να δεσμεύει ένα συγκεκριμένο αναλγητικό-σηματοδοτικό
μόριο

Αντίσωμα (πρωτεΐνη του
ανοσοποιητικού συστήματος)

Πρωτεΐνη
από τον ιό της γρίπης

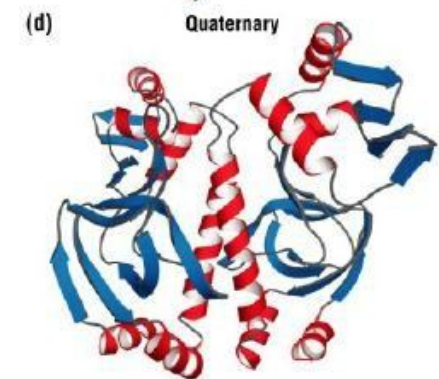
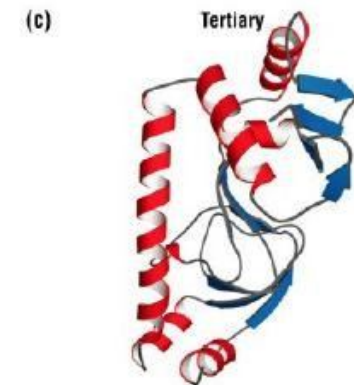
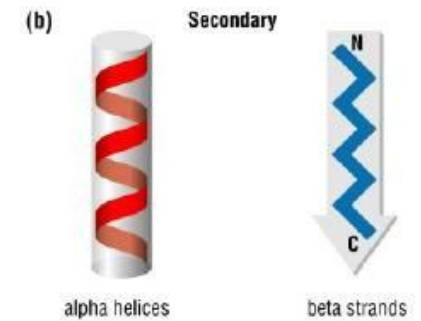
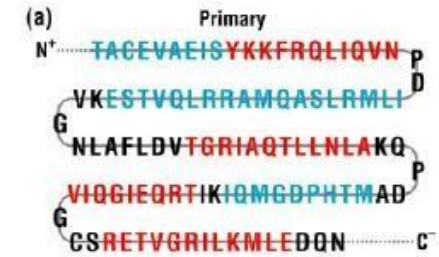


▲ **Εικόνα 5.20** Αντίσωμα που δεσμεύεται σε μια πρωτεΐνη του ιού της γρίπης. Με την τεχνική της κρυσταλλογραφίας με ακτίνες Χ και τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή αναπαραστάθηκε η δέσμευση ενός αντισώματος (η πρωτεΐνη με το μπλε και πορτοκαλί χρώμα, αριστερά) σε μια πρωτεΐνη του ιού της γρίπης (με πράσινο και κίτρινο χρώμα, δεξιά). Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε ειδικό πρόγραμμα για να διαχωριστούν οι εικόνες των δύο μορίων, αποκαλύπτοντας την τέλεια συμπληρωματικότητα ανάμεσα στις επιφάνειες των δύο πρωτεϊνών.

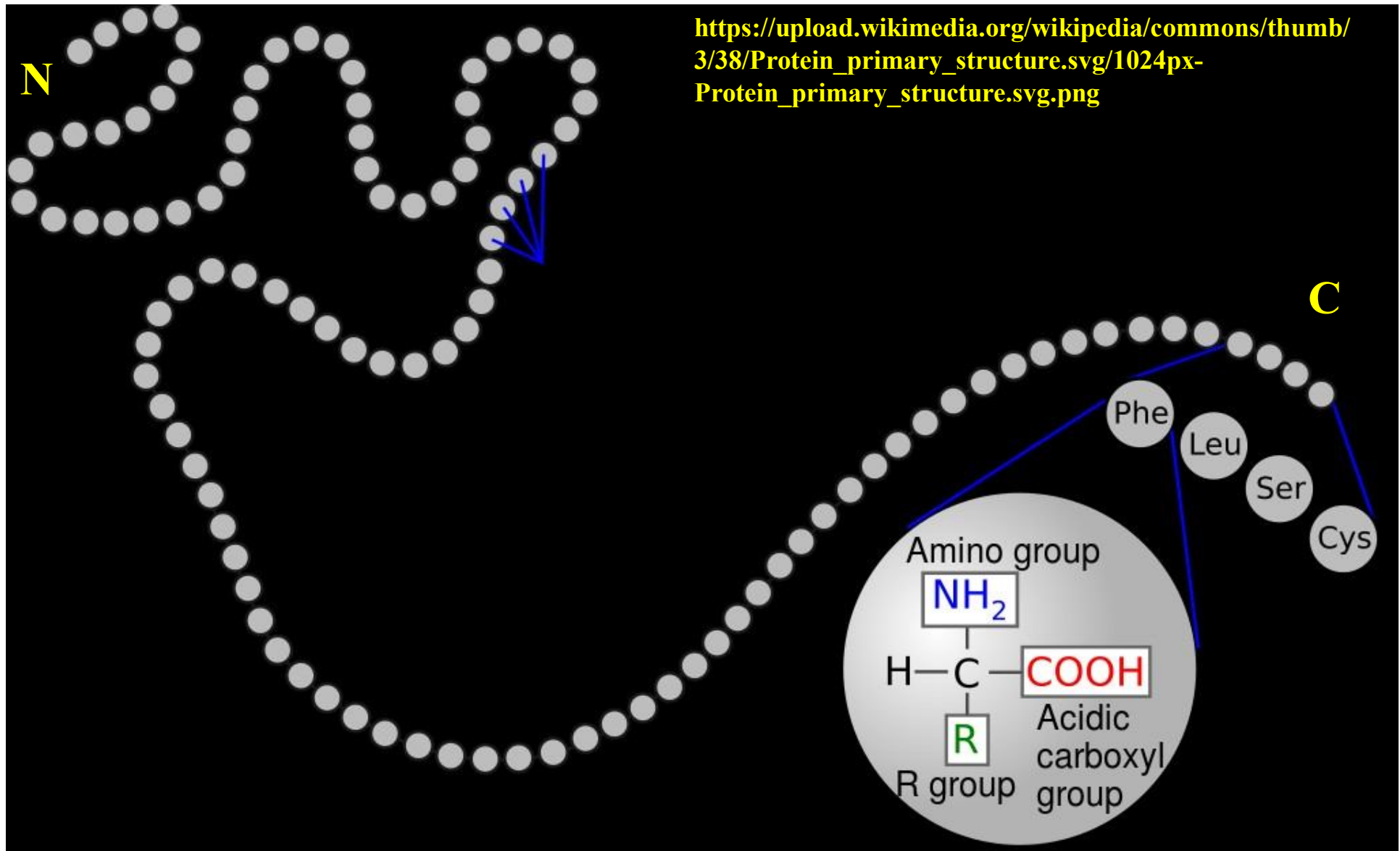
Δομή πρωτεϊνών

Δομή πρωτεϊνών

- **Πρωτοταγής**
 - αμινοξική ακολουθία
- **Δευτεροταγής**
 - τοπικές διαμορφώσεις της πολυπεπτιδικής αλυσίδας
- **Τριτοταγής**
 - δίπλωμα της πολυπεπτιδικής αλυσίδας στο χώρο
- **Τεταρτοταγής**
 - αλληλεπίδραση πολυπεπτιδικών αλυσίδων



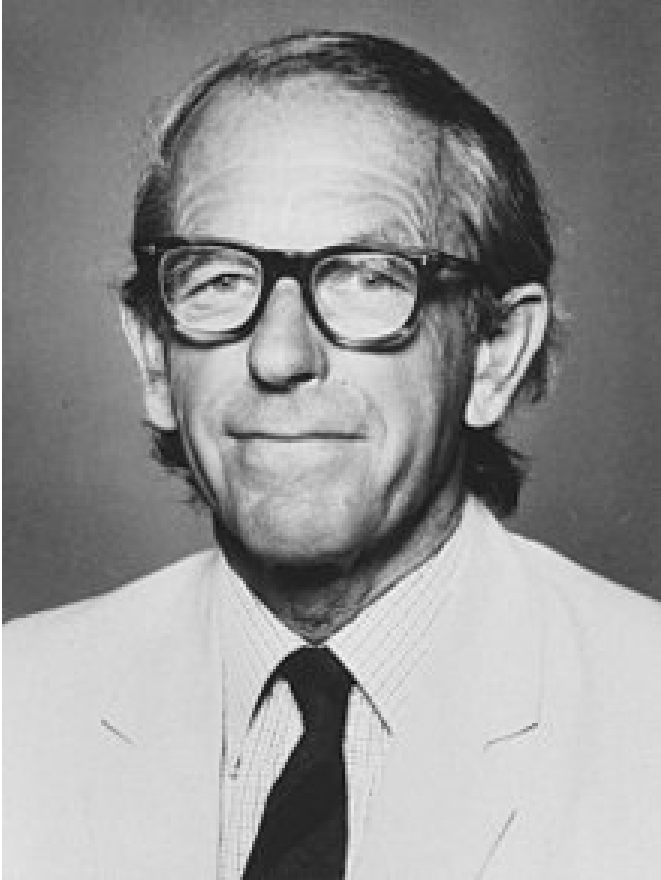
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/38/Protein_primary_structure.svg/1024px-Protein_primary_structure.svg.png



Η πρωτοταγής δομή μιας πρωτεΐνης αναφέρεται στην αμινοξική της αλληλουχία

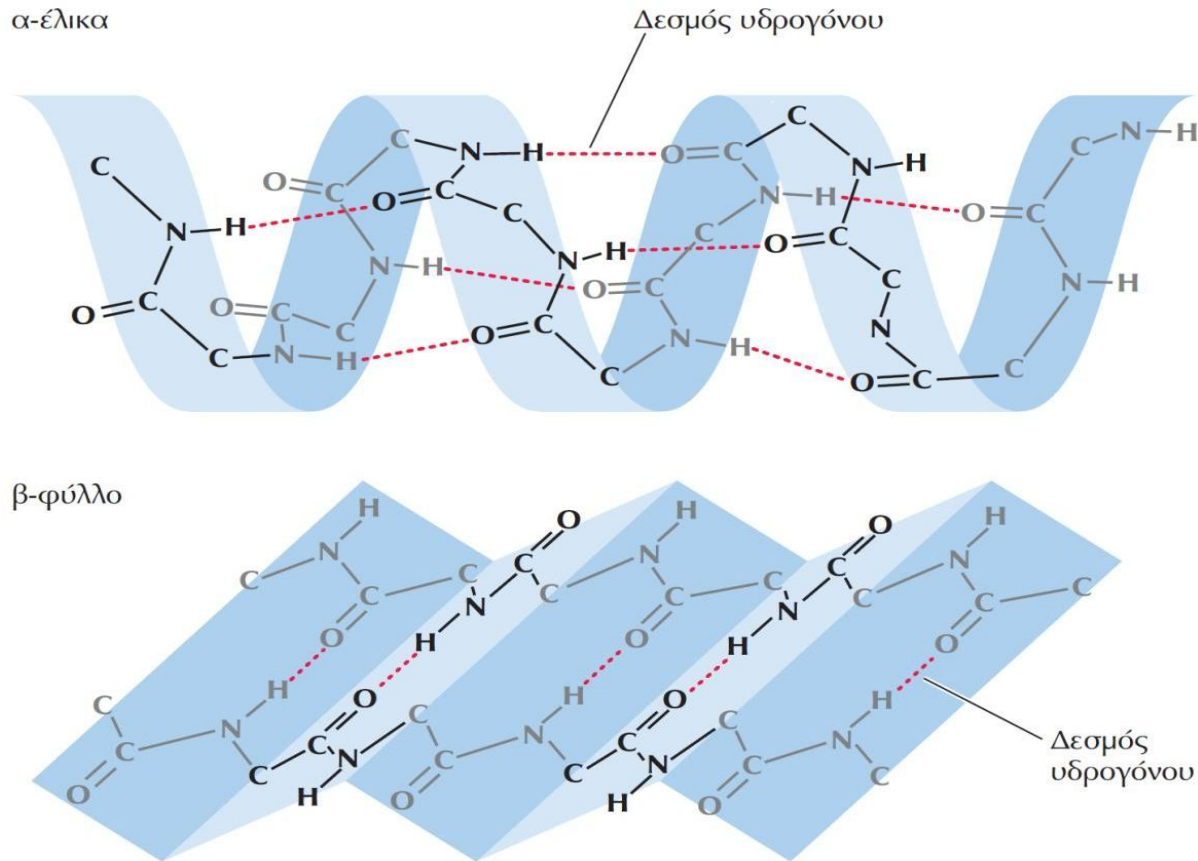
N το αμινο τελικό άκρο, C το καρβόξυ τελικό άκρο.
Δρ. Χριστίνα Μπάντη, Τμήμα Χημείας, ΠΙ

F. Sanger, Βιοχημικός



Προσδιόρισε για πρώτη φορά την αλληλουχία αμινοξέων της ινσουλίνης, μιας πρωτεϊνικής Ορμόνης το 1953 Βραβεία Νόμπελ

1. Το 1958 «για τις εργασίες του επί της δομής των πρωτεϊνών, και ιδίως της ινσουλίνης»
2. 1980 μαζί με τους Αμερικανούς Γουόλτερ Γκίλμπερτ και Πωλ Μπεργκ «για τις συνεισφορές τους στον προσδιορισμό των αλληλουχιών των βάσεων στα νουκλεϊκά οξέα».

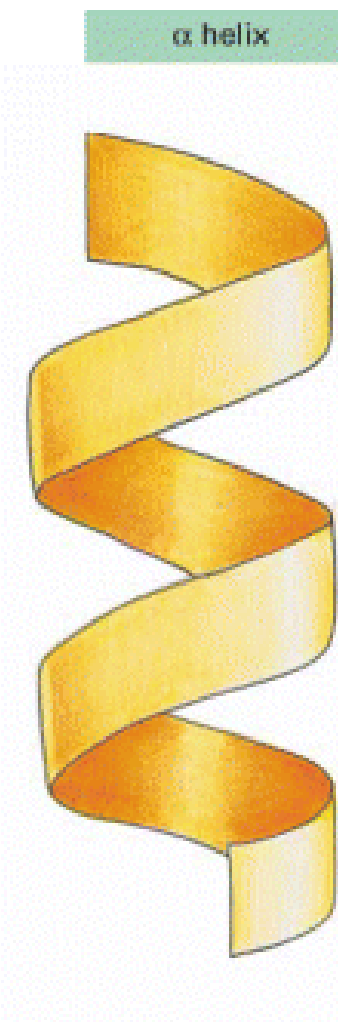
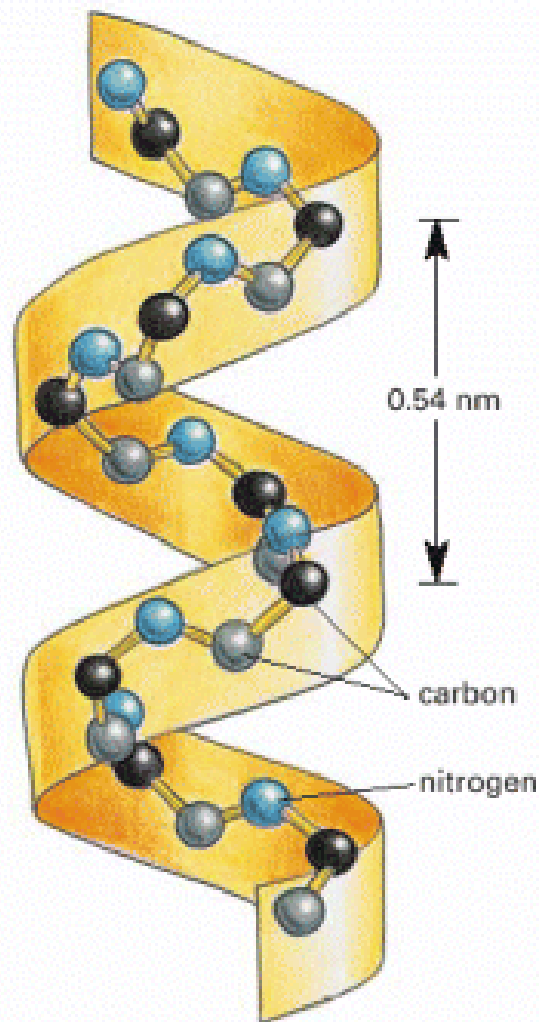
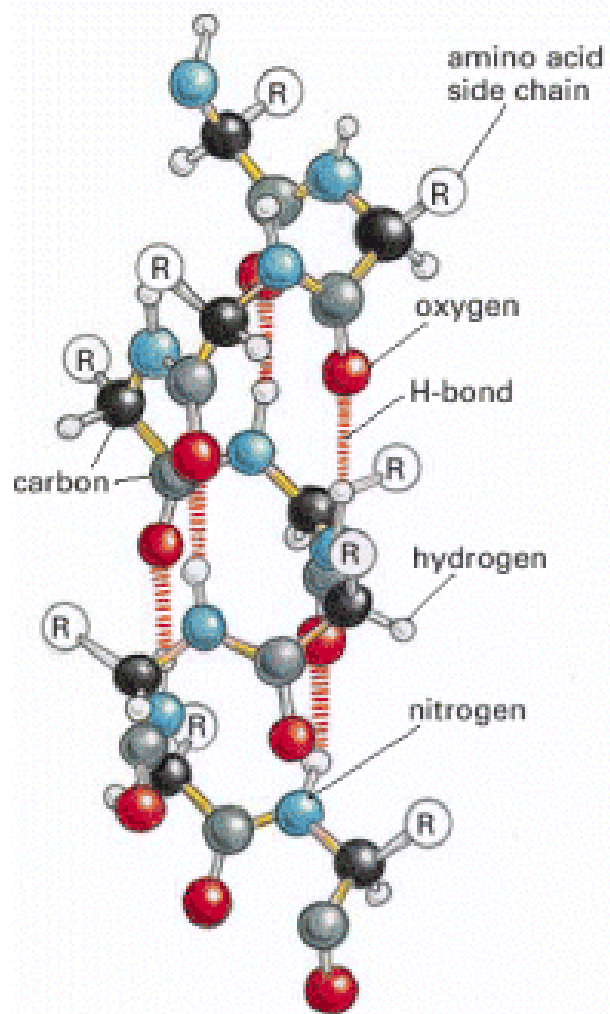


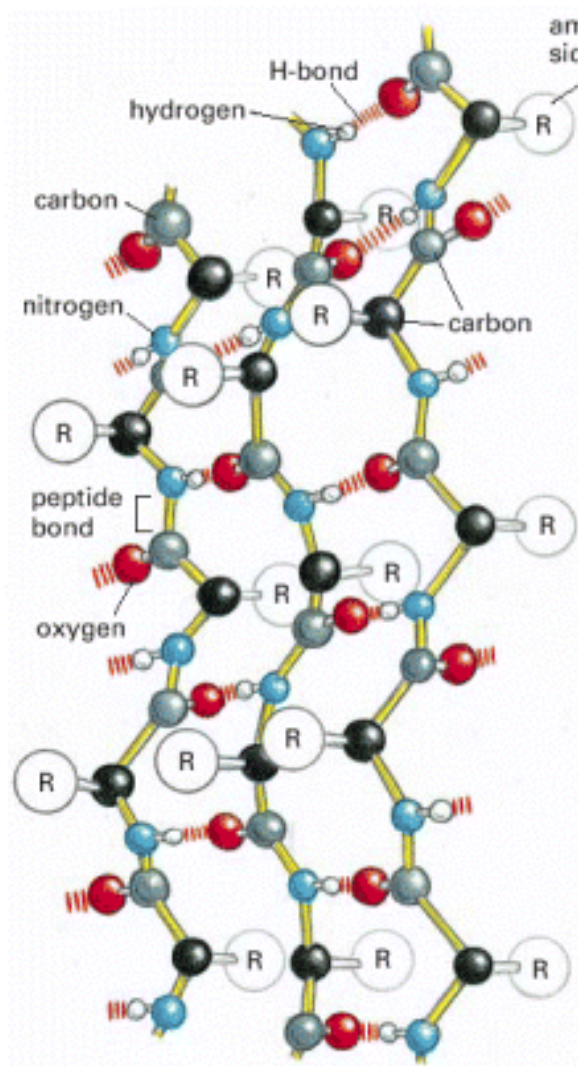
Δευτεροταγής δομή πρωτεϊνών = Διαμόρφωση αμινοξέων στο χώρο

Οι πιο κοινοί τύποι δευτεροταγούς δομής είναι η **α-έλικα** και το **β-φύλλο**.

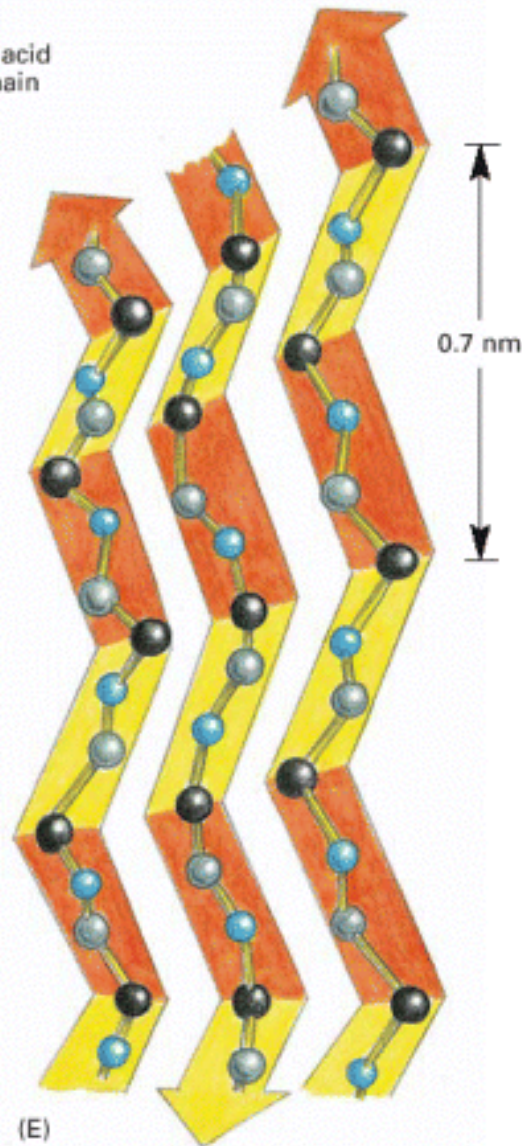
Στην **α-έλικα** αναπτύσσονται δεσμοί υδρογόνου μεταξύ των ομάδων CO και NH πεπτιδικών δεσμών

Σε ένα **β-φύλλο**, οι δεσμοί υδρογόνου συνδέουν δύο τμήματα μιας πολυπεπτιδικής αλυσίδας που βρίσκονται το ένα δίπλα στο άλλο

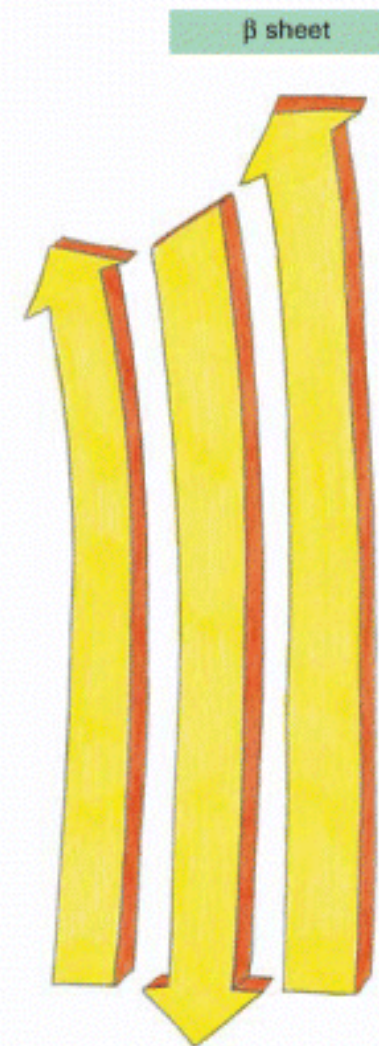




(D)



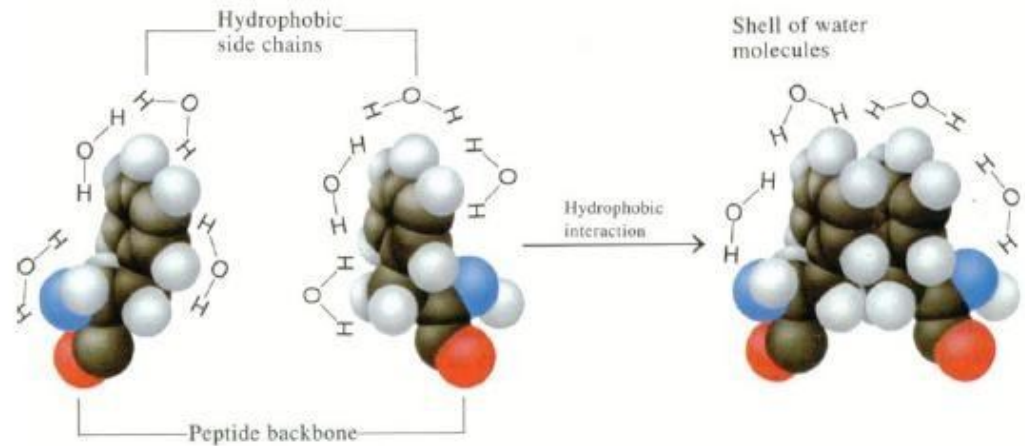
(E)



(F)

Τι καθορίζει τη δομή μιας πρωτεΐνης;

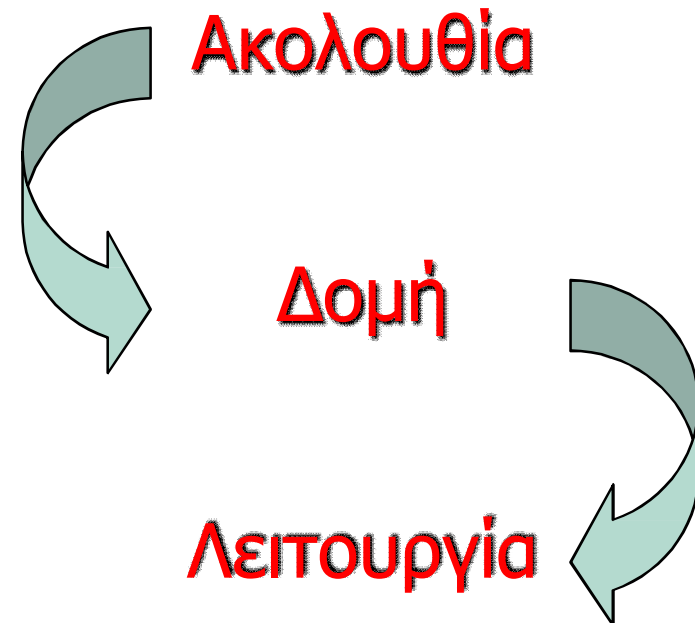
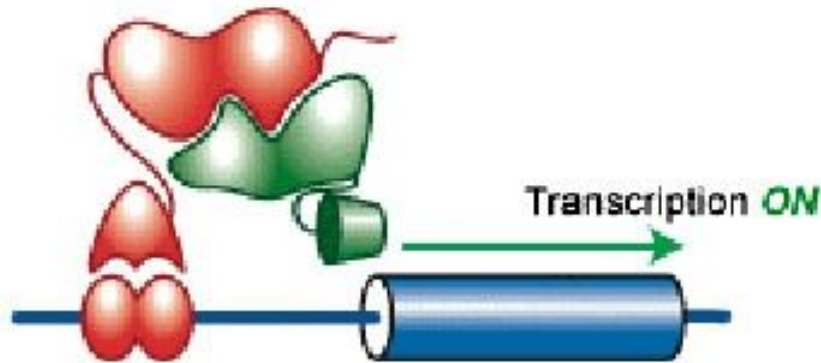
- αμινοξική ακολουθία
 - αλληλεπιδράσεις
 - ηλεκτροστατικές
 - Van der Waals
 - δεσμοί υδρογόνου
 - υδρόφοβες



- σφαιρικές υδατοδιαλυτές πρωτεΐνες
 - υδρόφοβος πυρήνας
 - στrofές κυρίως στο εξωτερικό

Τριτοταγής δομή

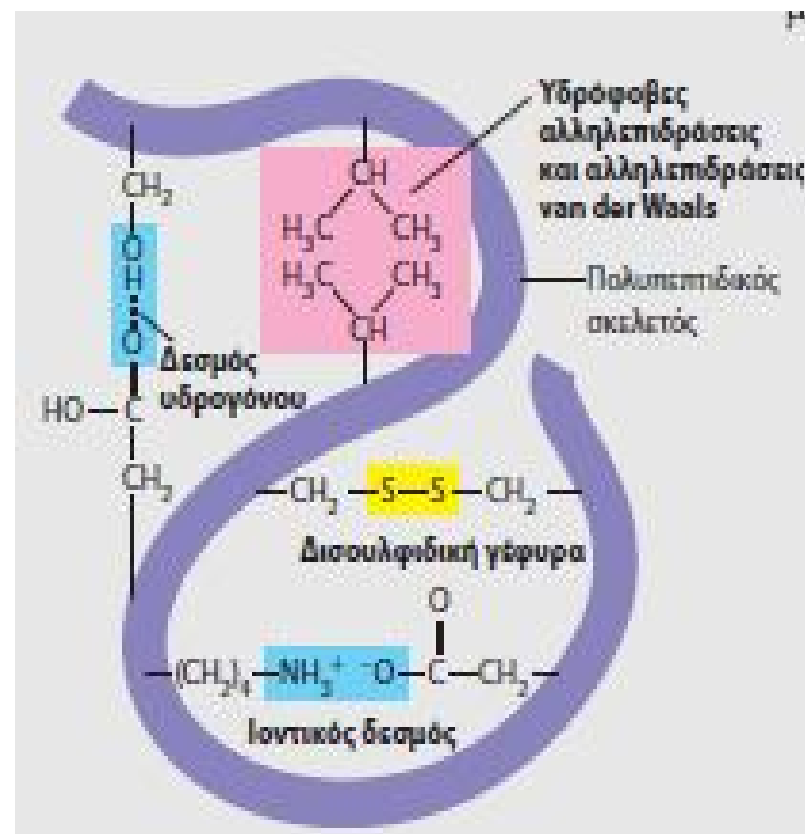
- το πρόβλημα της αναδίπλωσης των πρωτεϊνών
- Στη διαμόρφωση σημαντικό ρόλο παίζουν οι πλευρικές αλυσίδες (R) των αμινοξέων
- Ανάμεσα σε αυτές τις ομάδες μπορούν να αναπτυχθούν τόσο ομοιοπολικοί όσο και δευτερεύοντες δεσμοί (πολικοί και μη πολικοί)
- σχέση δομής – λειτουργίας



Δεσμοί σταθερότητας

- οι υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις συμβάλλουν στη σταθερότητα της τριτοταγούς δομής, δηλ όσα αμινοξέα έχουν υδρόφοβες (μη πολικές) πλευρικές αλυσίδες καταλήγουν συνήθως να σχηματίζουν ομάδες

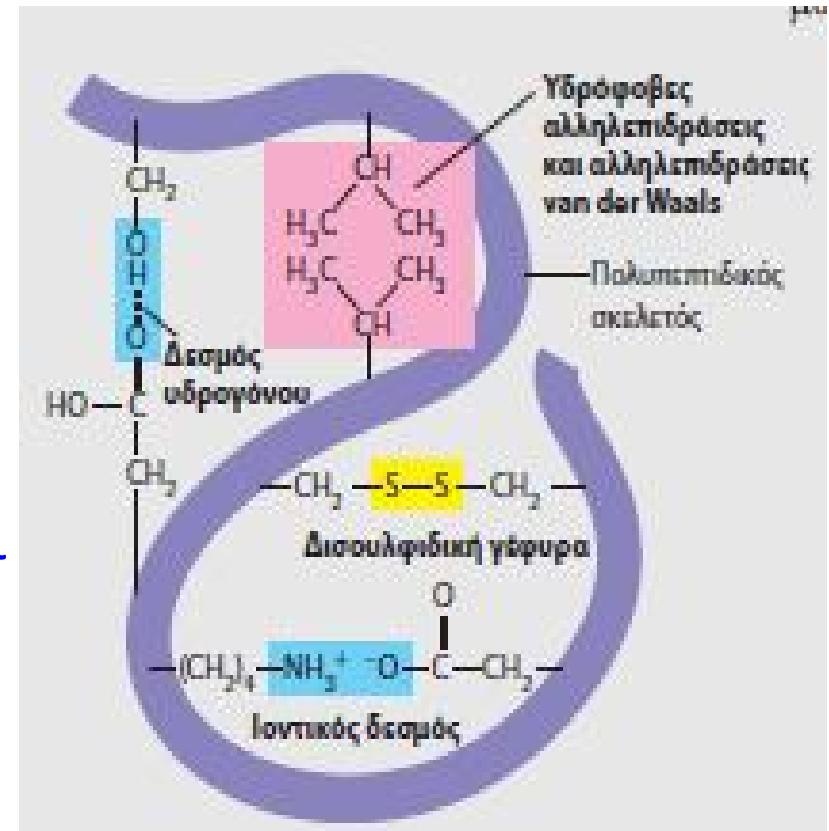
- στο εσωτερικό της πρωτεΐνης, αναπτύσσονται αλληλεπιδράσεις **van der Waals** που τις συγκρατούν ακόμη ισχυρότερα μεταξύ τους.



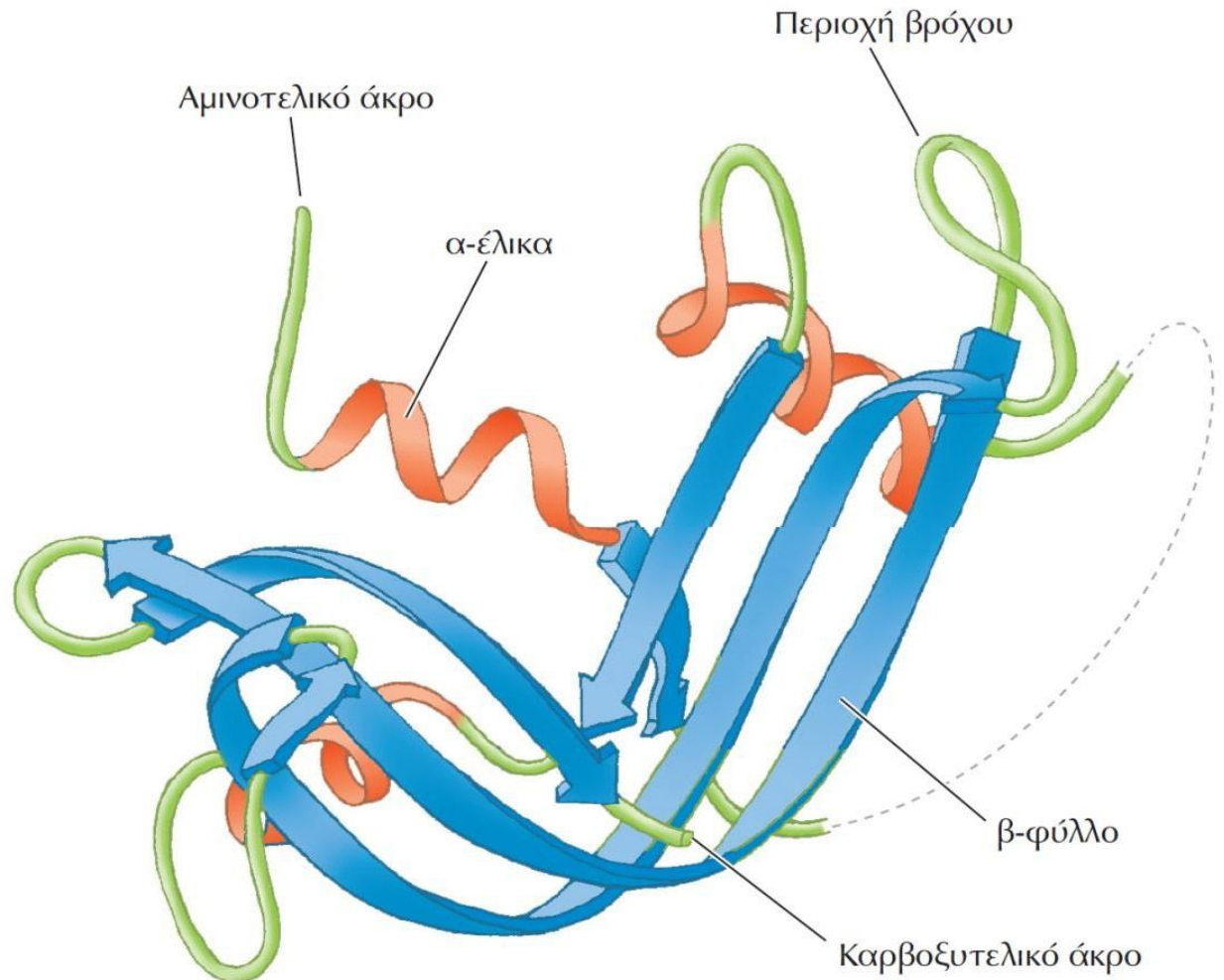
Δεσμοί σταθερότητας

- **δεσμοί υδρογόνου** ανάμεσα στις διάφορες πολικές πλευρικές αλυσίδες

- **ιοντικοί δεσμοί** ανάμεσα σε θετικά και αρνητικά φορτισμένες πλευρικές αλυσίδες



Εντοπισμός
Υδρόφοβων Μορίων στο
εσωτερικό
Υδρόφιλων Μορίων στο
εξωτερικό



Τριτοταγής δομή ριβονουκλεάσης= Αναδίπλωση μιας αλυσίδας

Η **αναδίπλωση περιοχών** με δευτεροταγή δομή α-έλικας και β-φύλλου οι οποίες συνδέονται με βρόχους οδηγεί στον σχηματισμό της φυσιολογικής διαμόρφωσης της πρωτεΐνης στον χώρο.

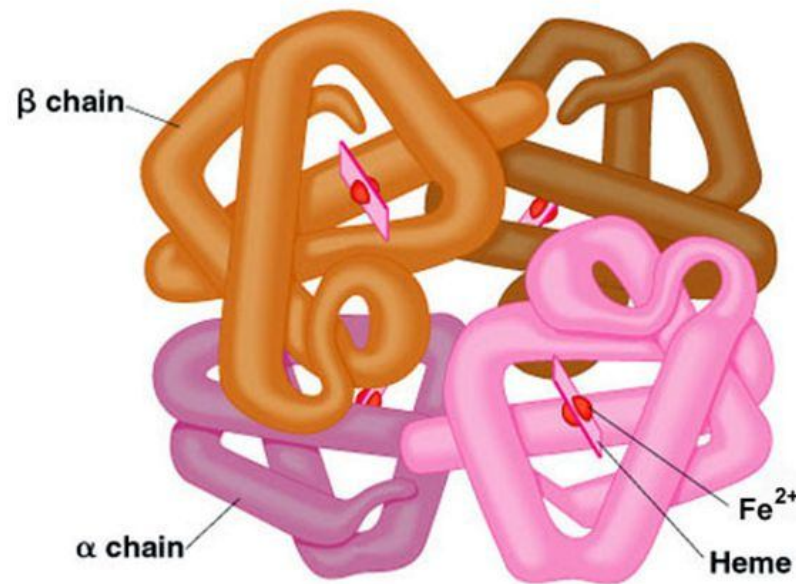
οι α-έλικες παρουσιάζονται ως **σπειράματα** και τα β-φύλλα ως **πεπλατυσμένα βέλη**.
Δρ. Χριστίνα Μπαντή, Τμήμα Χημείας, ΠΙ

Τεταρτοταγής διαμόρφωση της δομής

- Αφορά τις πρωτεΐνες που αποτελούνται από περισσότερες από μια πολυπεπτιδικές αλυσίδες (υπομονάδες)
- Αναφέρεται στις σχέσεις στον χώρο των διαφόρων πολυπεπτιδικών αλυσίδων ενός πρωτεϊνικού μορίου
- Η διαμόρφωση αυτή σταθεροποιείται υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις, δεσμούς υδρογόνου
- Περιοχές επαφής μεταξύ των υπομονάδων έχουν πολύ συχνά λειτουργικό ρόλο

Τεταρτοταγή δομή = Αλληλεπιδράσεις διαφορετικών πολυπεπτιδικών αλυσίδων

ΔΟΜΗ ΑΙΜΟΣΦΑΙΡΙΝΗΣ

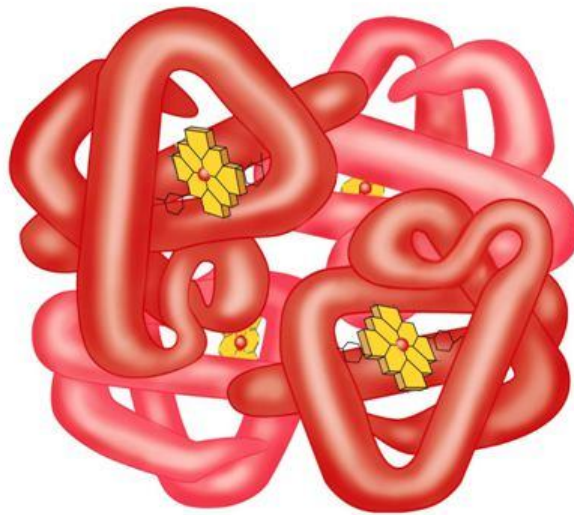


Η αιμοσφαιρίνη αποτελείται από τέσσερις πολυπεπτιδικές αλυσίδες, καθεμία από τις οποίες συνδέεται με μια ομάδα αίμης. Οι δύο αλυσίδες α και οι δύο αλυσίδες β είναι πανομοιότυπες.

Δρ. Χριστίνα Μπαντή, Τμήμα Χημείας, ΠΙ

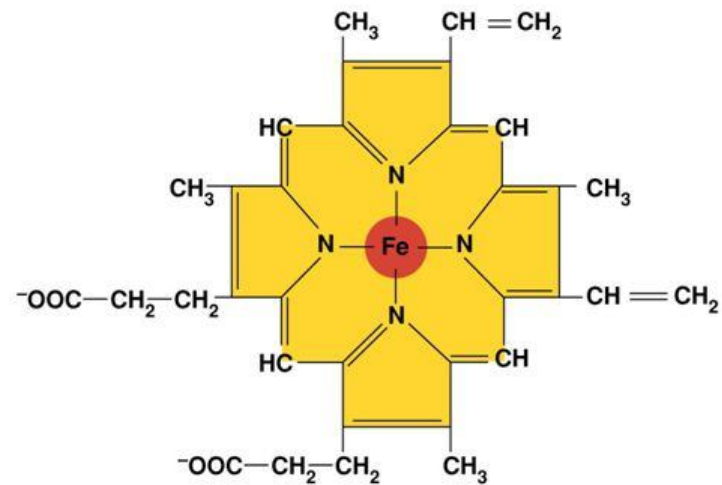
Τεταρτοταγή δομή = Αλληλεπιδράσεις διαφορετικών πολυπεπτιδικών αλυσίδων

Δομή Αιμοσφαιρίνης



(a)

Αιμοσφαιρίνη



(b)

Αίμη

(Principles of Human Physiology 3rd Edition)

Δρ. Χριστίνα Μπαντή, Τμήμα Χημείας, ΠΙ

Φυσιολογική αιμοσφαιρίνη

Πρωτοταγής δομή
Val His Leu Thr Pro Glu Glu
1 2 3 4 5 6 7

Δευτεροταγής και τριτοταγής δομή
υπομονάδα β

Τεταρτοταγής δομή
Φυσιολογική αιμοσφαιρίνη (κάτοψη)
α β

Λειτουργία
Τα μόρια δεν αλληλεπιδρούν μεταξύ τους· το καθένα μεταφέρει οξυγόνο ανεξάρτητα από τα άλλα.

Σχήμα ερυθρού αιμοσφαιρίου
Τα φυσιολογικά κύτταρα είναι γεμάτα από ανεξάρτητα μόρια αιμοσφαιρίνης, που το καθένα μεταφέρει οξυγόνο.

10 μm

Δρεπανοκυτταρική αιμοσφαιρίνη

Πρωτοταγής δομή
Val His Leu Thr Pro Val Glu
1 2 3 4 5 6 7

Δευτεροταγής και τριτοταγής δομή
Εκτεθειμένες υδρόφοβες περιοχές
υπομονάδα β

Τεταρτοταγής δομή
Δρεπανοκυτταρική αιμοσφαιρίνη
α β

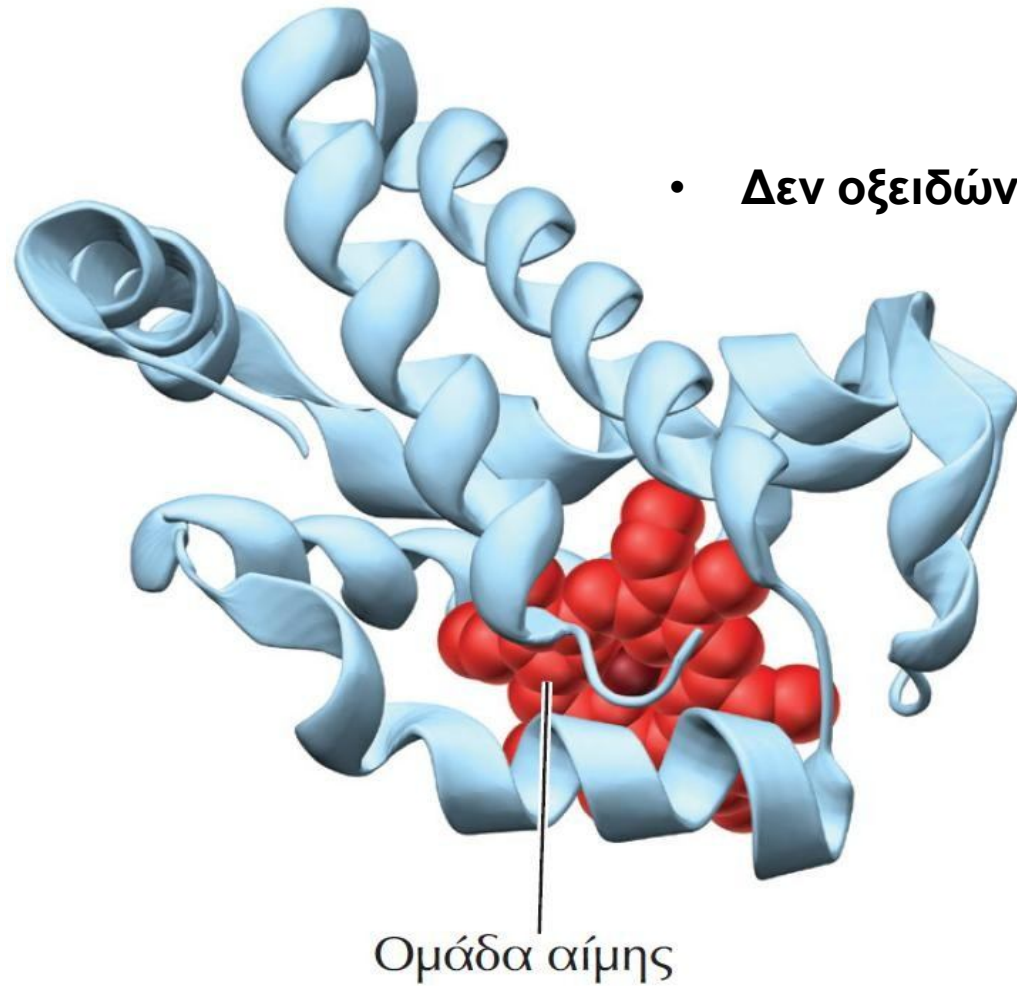
Λειτουργία
Τα μόρια αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και συσσωματώνονται σχηματίζοντας νημάτια, οπότε μειώνεται σημαντικά η ικανότητα μεταφοράς οξυγόνου.

Σχήμα ερυθρού αιμοσφαιρίου
Τα νημάτια της παθολογικής αιμοσφαιρίνης παραμορφώνουν το ερυθρό αιμοσφαίριο, προσδίδοντάς του δρεπανοειδές σχήμα.

10 μm

▲ **Εικόνα 5.22** Η δρεπανοκυτταρική αναιμία προκαλείται από την αντικατάσταση ενός μόνον αμινοξέος της αιμοσφαιρίνης. Εδώ, ο προσανατολισμός του μορίου της αιμοσφαιρίνης είναι διαφορετικός από εκείνον της Εικόνας 5.21, προκειμένου να φανεί καθαρά ο σχηματισμός των παθολογικών ινιδίων.

*Οι πρωτεΐνες έχουν δομές
που εξυπηρετούν συγκεκριμένες λειτουργίες*



ΕΙΚΟΝΑ 2.18 Τρισδιάστατη δομή μυοσφαιρίνης.

Η μυοσφαιρίνη είναι μια πρωτεΐνη 153 αμινοξέων που εμπλέκεται στη μεταφορά οξυγόνου. Η πολυπεπτιδική αλυσίδα αναδιπλώνεται γύρω από μια ομάδα αίμης, η οποία χρησιμεύει ως περιοχή σύνδεσης του οξυγόνου.

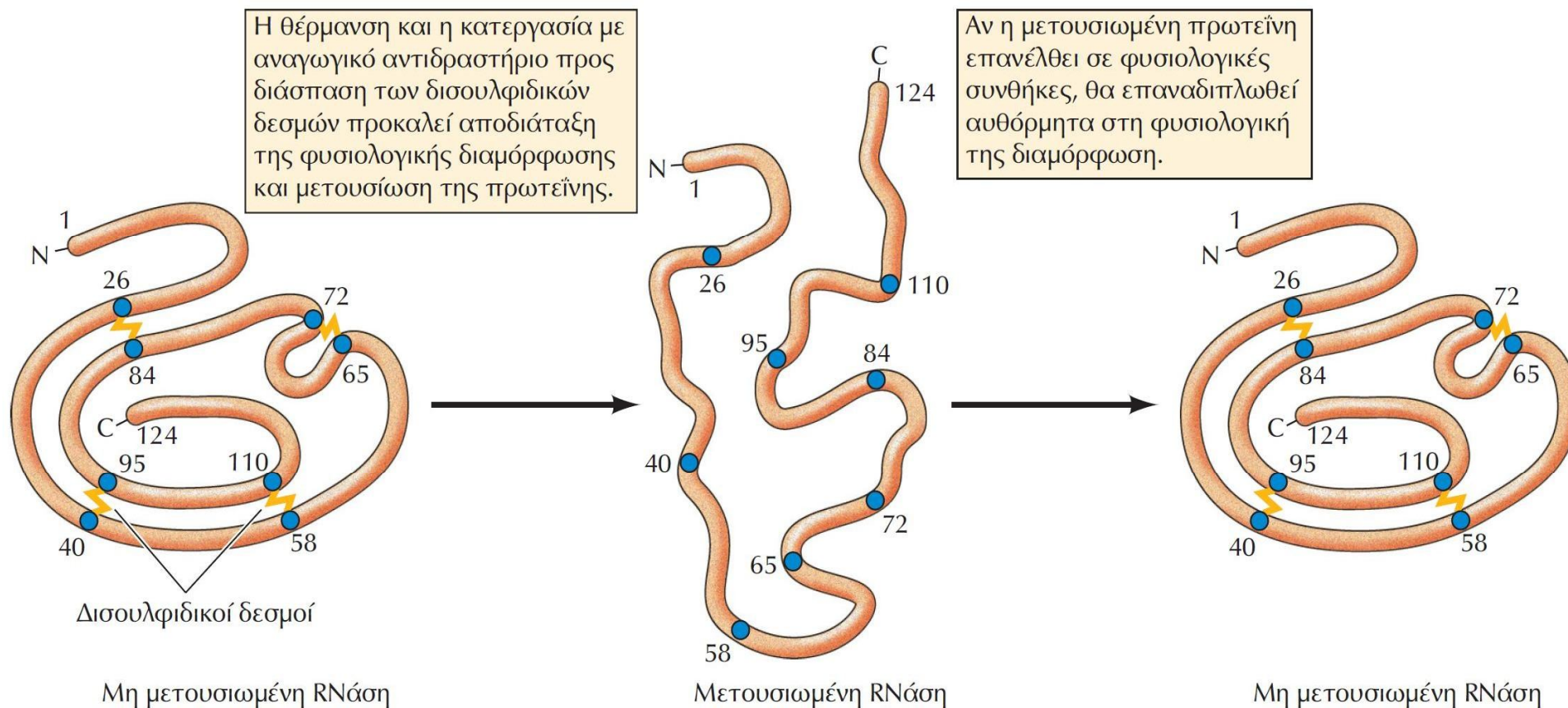
Δρ. Χριστίνα Μπαντή, Τμήμα Χημείας, ΠΙ

ΜΕΤΟΥΣΙΩΣΗ ΠΡΩΤΕΙΝΩΝ

- ❖ **Η μετουσίωση** προκαλεί την απώλεια της τρισδιάστατης δομής των πρωτεϊνών και έτσι χάνουν και τη λειτουργία τους
- ❖ Η μετουσίωση περιλαμβάνει την αποδιοργάνωση της δευτεροταγούς, τριτοταγούς και τεταρτοταγούς δομής
- ❖ **Η θέρμανση και οι οργανικοί διαλύτες** καταστρέφουν τους δεσμούς υδρογόνου και τις υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις (ψήσιμο αυγού)
- ❖ **Τα οξέα και οι βάσεις** καταστρέφουν τους δεσμούς υδρογόνου μεταξύ των πολικών ομάδων R και διασπούν τους ιοντικούς δεσμούς
- ❖ **Τα βαρέα μέταλλα** διασπούν τους δισουλφιδικούς δεσμούς αντιδρώντας με το θείο
- ❖ **Η αναταραχή** όπως η έντονη ανάδευση τεντώνει τις αλυσίδες καταστρέφοντας όλους τους τύπους σταθεροποιητικών δεσμών

Μετουσίωση

- Αλλαγή pH (σπάνε δεσμοί)
- Ισχυρά ιοντικά διαλύματα (ίδιο αποτέλεσμα με την αλλαγή του pH (πάστωμα τροφών)).
- Μηχανική παρέμβαση (Οι πρωτεΐνες μπορούν να μετουσιωθούν με μηχανικό τρόπο, για παράδειγμα, το χτύπημα των αυγών και το χτύπημα του κρέατος, για να γίνει πιο μαλακό.



ΕΙΚΟΝΑ 2.17 Πρωτεϊνική μετουσίωση και επαναδίπλωση.

Η ριβονουκλεάση (RNase) είναι μια πρωτεΐνη με 124 αμινοξέα (υποδεικνύονται με αριθμούς). Η πρωτεΐνη υπό φυσιολογικές συνθήκες είναι αναδιπλωμένη σε μια διαμόρφωση η οποία περιλαμβάνει τέσσερις δισουλφιδικούς δεσμούς (υποδεικνύονται ως ζεύγη κύκλων που αντιστοιχούν στα μόρια κυστεΐνης).

Μετουσίωση= Αλλοίωση της Δομή των Πρωτεϊνών

Αλβουμίνη

Υπάρχει στο ασπράδι του αυγού

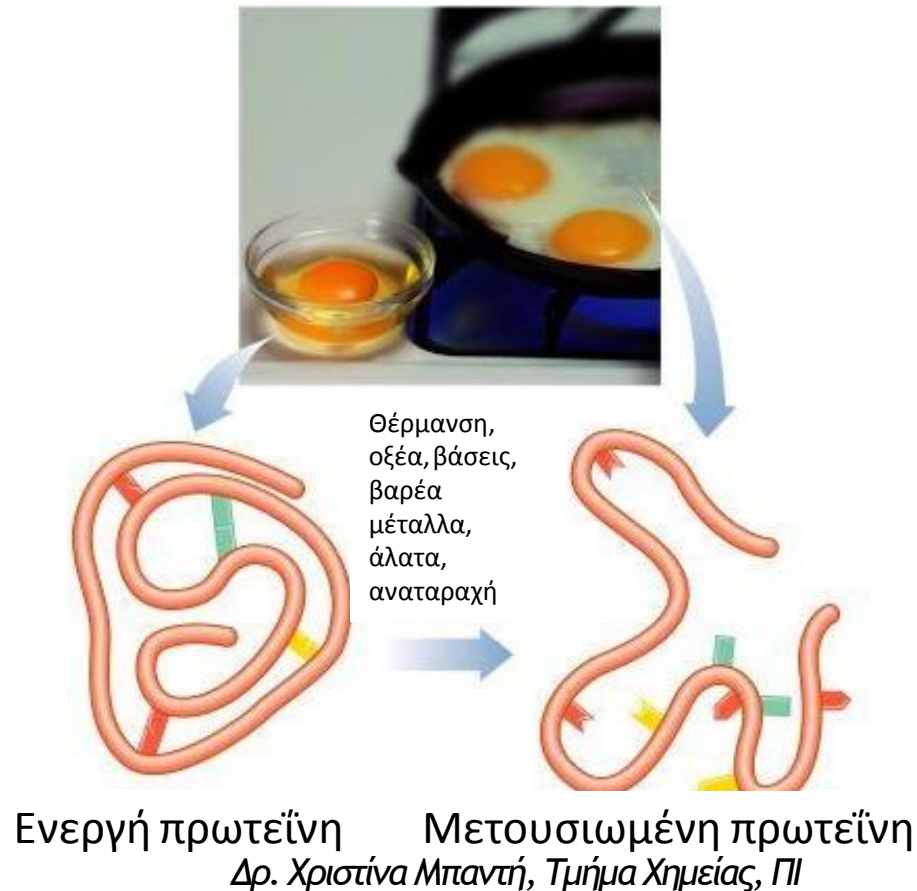
<https://www.youtube.com/watch?v=bseiEWcDIVs>

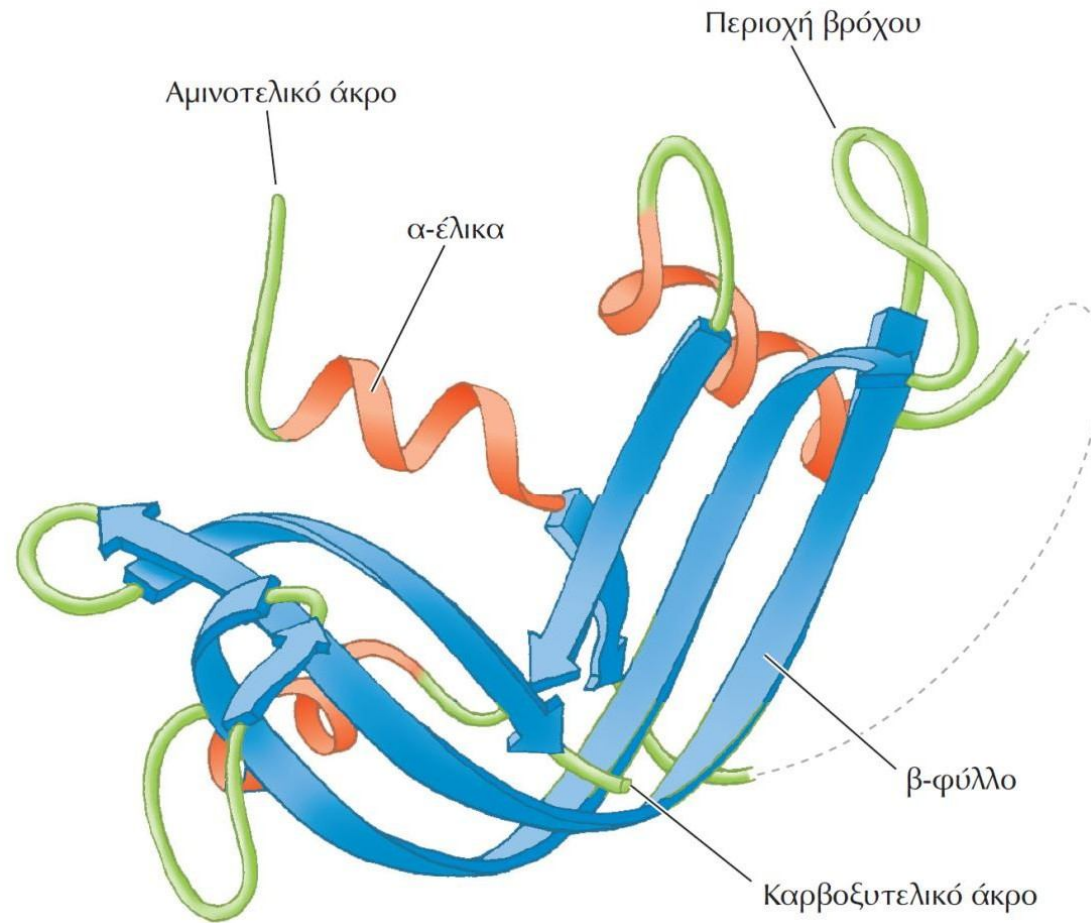
[Μετουσίωση](#)

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΜΕΤΟΥΣΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΠΡΩΤΕΙΝΩΝ

Μετουσίωση των πρωτεϊνών προκαλείται όταν:

- μαγειρεύεται ένα αυγό
- σκουπίζουμε το δέρμα με αιθανόλη
- καυτηριάζονται αιμοφόρα αγγεία
- αποστειρώνονται εργαλεία σε αυτόκαυστο





ΕΙΚΟΝΑ 2.20 Τριτοταγής δομή ριβονουκλεάσης.

Η αναδίπλωση περιοχών με δευτεροταγή δομή α-έλικας και β-φύλλου οι οποίες συνδέονται με βρόχους οδηγεί στον σχηματισμό της φυσιολογικής διαμόρφωσης της πρωτεΐνης στον χώρο. Σε αυτή τη σχηματική απεικόνιση της πολυπεπτιδικής αλυσίδας με μορφή ταινίας, οι α-έλικες παρουσιάζονται ως σπειράματα και τα β-φύλλα ως πεπλατυσμένα βέλη.

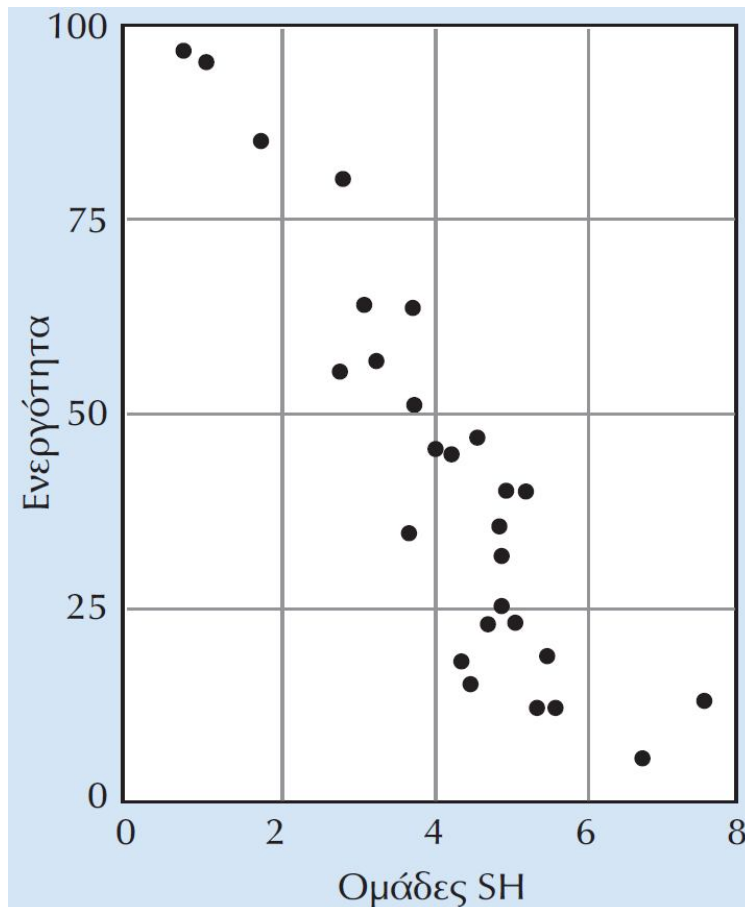
Δρ. Χριστίνα Μπαντή, Τμήμα Χημείας, ΠΙ

ΠΕΙΡΑΜΑ-ΣΤΑΘΜΟΣ

Η αναδίπλωση των πολυπεπτιδικών αλυσίδων στον χώρο



Christian B. Anfinsen



Σύνοψη των αποτελεσμάτων των πειραμάτων αναδιάταξης.

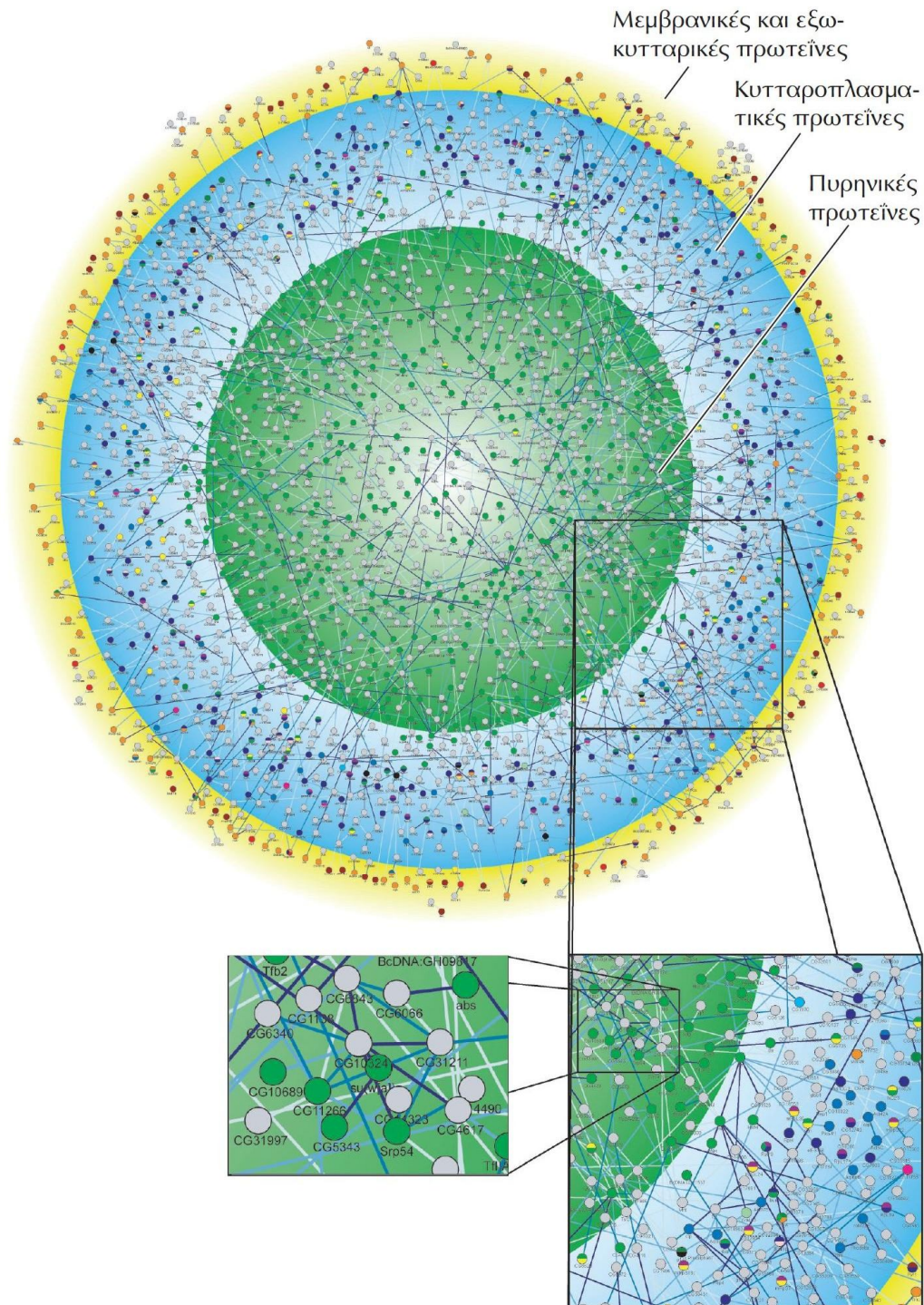
Η ενζυμική ενεργότητα της ριβονουκλεάσης απεικονίζεται γραφικά ως συνάρτηση του αριθμού των σουλφυδρυλικών ομάδων που υπάρχουν στο μόριο μετά από ποικίλες κατεργασίες. Η ενεργότητα εκφράζεται ως επί τοις εκατό ενεργότητα του μη μετουσιωμένου ενζύμου.

VIDEO

<https://www.youtube.com/watch?v=wwTv8TqWC48>

What is a Protein

*Οι πρωτεΐνες αλληλεπιδρούν με
άλλες και σχηματίζουν δίκτυα
αλληλεπιδράσεων*



ΕΙΚΟΝΑ 2.33 Χάρτης πρωτεϊνικών αλληλεπιδράσεων της *Drosophila melanogaster*.

Απεικονίζονται αλληλεπιδράσεις μεταξύ 2.346 πρωτεϊνών, με κάθε πρωτεΐνη να παρουσιάζεται ως ένας κύκλος που αντιστοιχεί στην υποκυτταρική της θέση.

(Από τη δημοσίευση των L. Glot et al. 2003. *Science* 302: 1727.)