



Ελληνική Δημοκρατία
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό
Ίδρυμα Ηπείρου

Βιοχημεία - Αρχές Βιοτεχνολογίας

Ενότητα 9: Λιπίδια, κυτταρικές μεμβράνες

Γεώργιος Παπαδόπουλος



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Τμήμα Τεχνολόγων Γεωπόνων

Βιοχημεία - Αρχές Βιοτεχνολογίας

Ενότητα 9: Λιπίδια, κυτταρικές μεμβράνες

Γεώργιος Παπαδόπουλος

Καθηγητής

Άρτα, 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Άδειες Χρήσης

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





Χρηματοδότηση

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



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

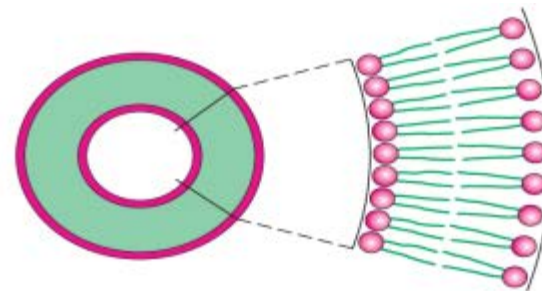
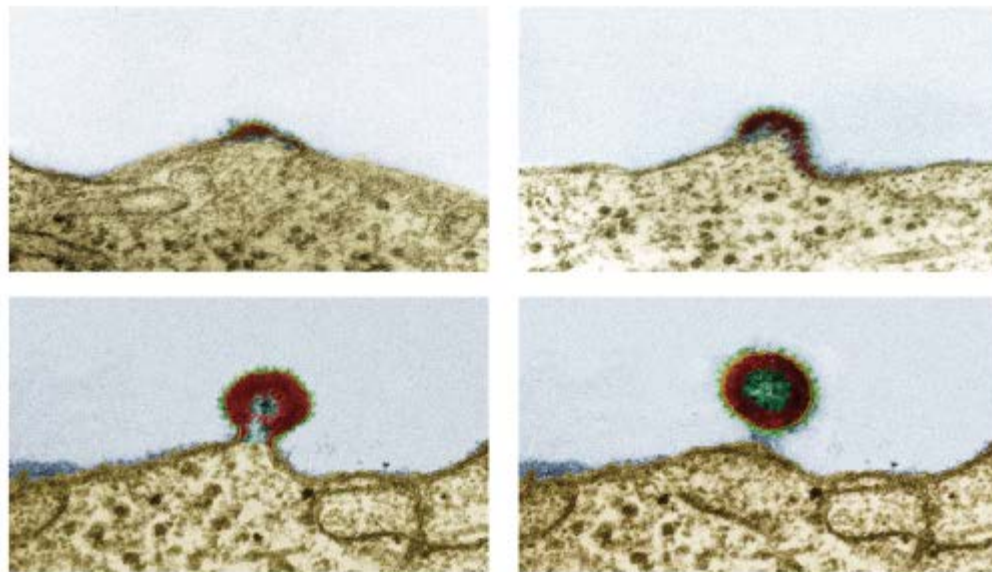


ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

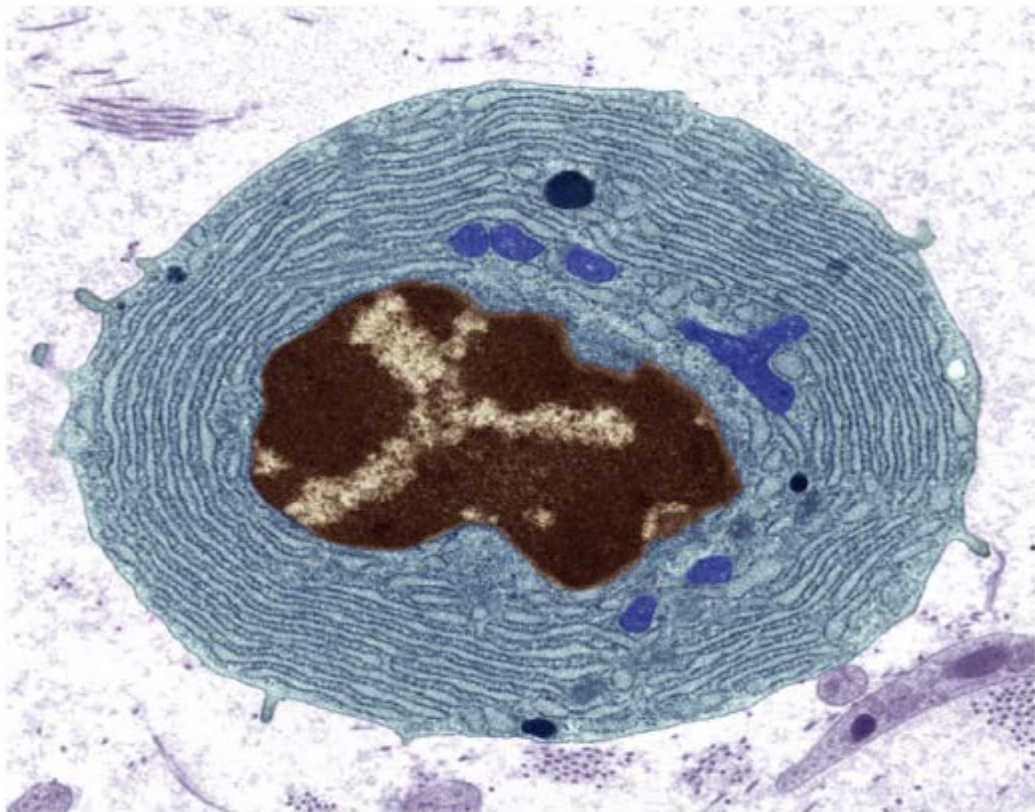
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



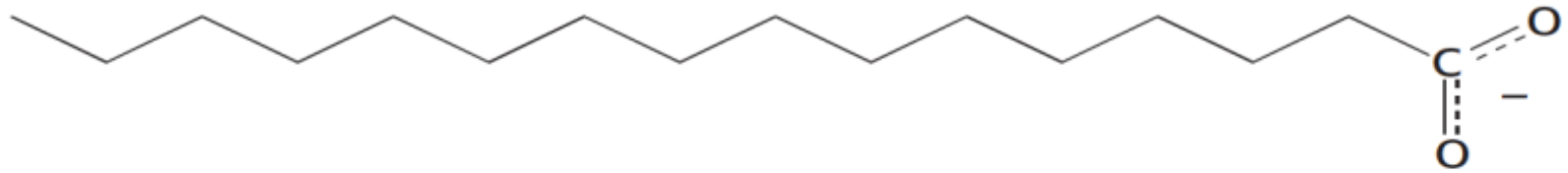
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



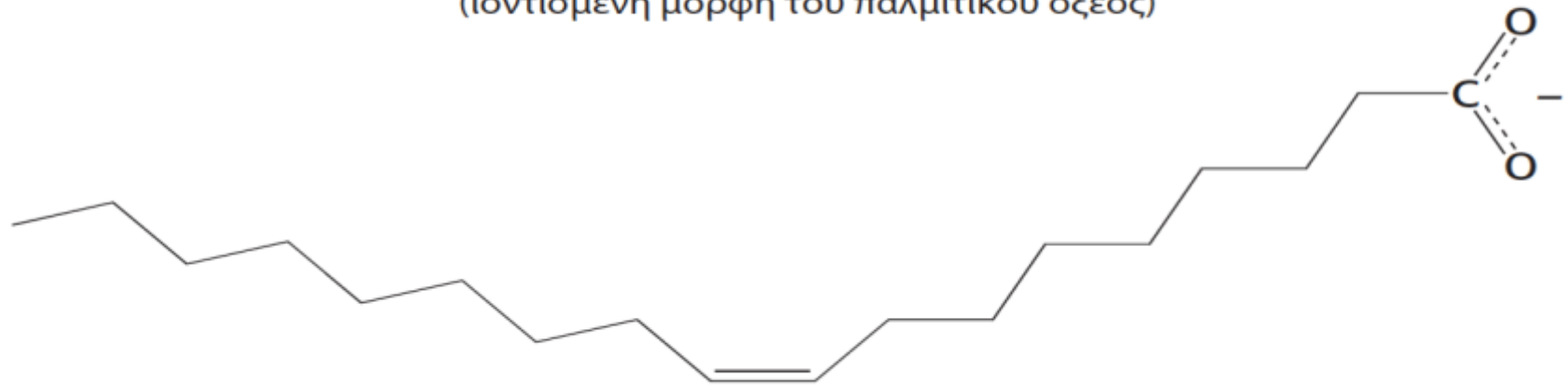
Ένα σωματίδιο του ιού της ανθρώπινης ανοσοανεπάρκειας (HIV) εξέρχεται από ένα μολυσμένο κύτταρο με εκβλάστηση της μεμβράνης. Οι κυτταρικές μεμβράνες είναι πολύ δυναμικές δομές, οι οποίες αυτοσυγκροτούνται αυθόρμητα. Ωθούμενες από υδροφοβικές αλληλεπιδράσεις, όπως φαίνεται στο διάγραμμα στα δεξιά, οι ουρές των λιπαρών οξέων των μεμβρανικών λιπιδίων συσσωρεύονται (πράσινο), ενώ οι πολικές κεφαλές (κόκκινο) παραμένουν εκτεθειμένες στις επιφάνειες. [Φωτομικρογραφίες από Eye of Science/Photo Researchers.]



Εικόνα 12.1 Ηλεκτρονιομικρογραφία πλασματοκυττάρου. Αυτή η εικόνα έχει χρωματιστεί τεχνητά ώστε να φαίνονται τα διακριτά όρια του κυττάρου, τα οποία καθορίζονται από την κυτταρική του μεμβράνη. [Steve Gschmeissner/Photo Researchers.]

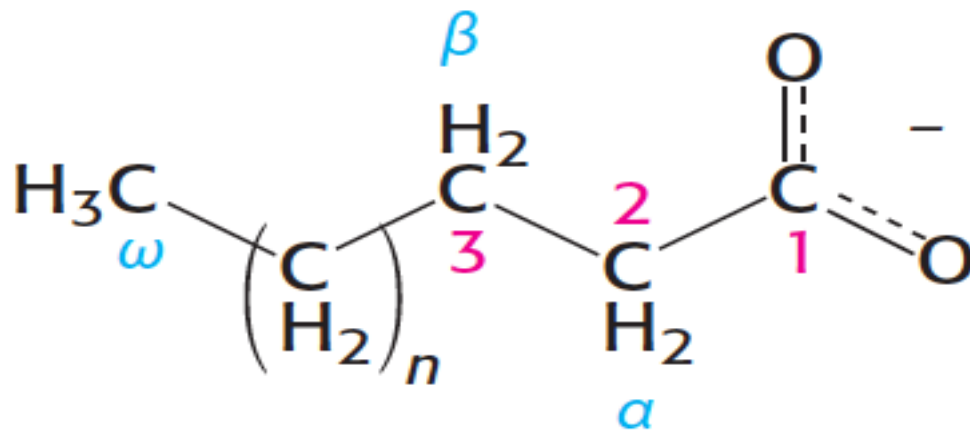


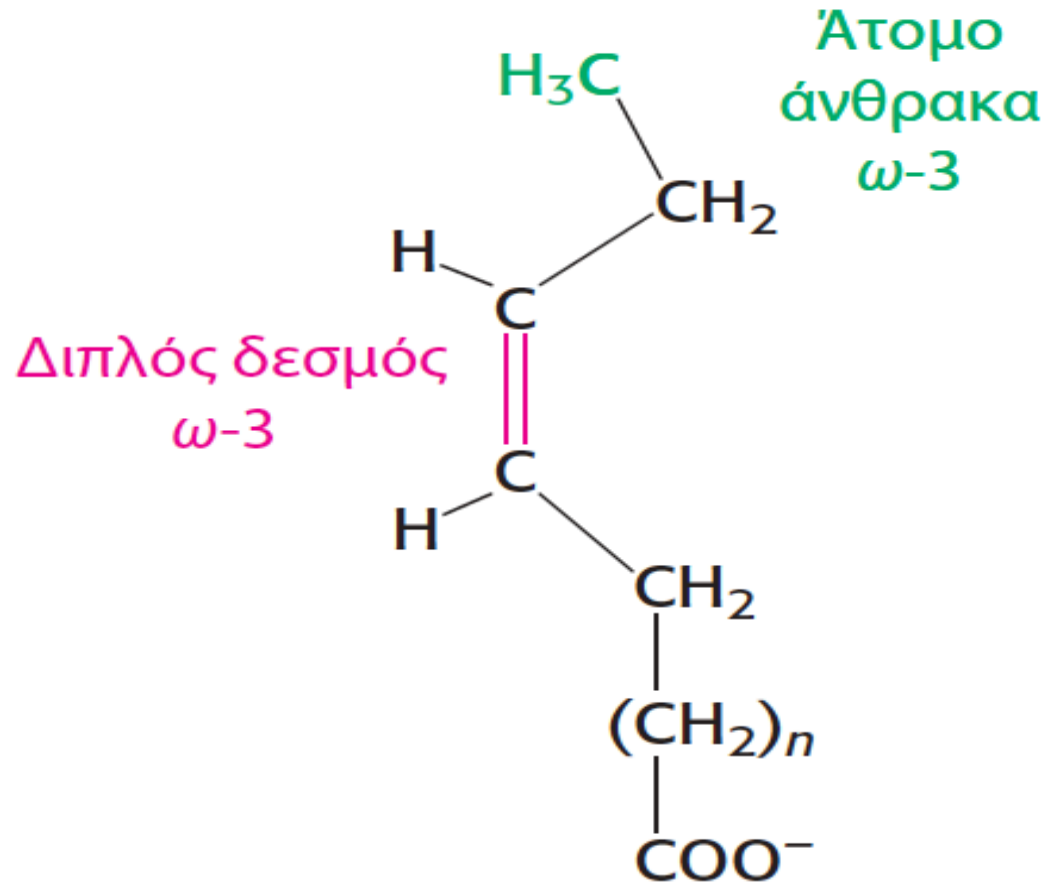
Παλμιτικό
(ιοντισμένη μορφή του παλμιτικού οξέος)



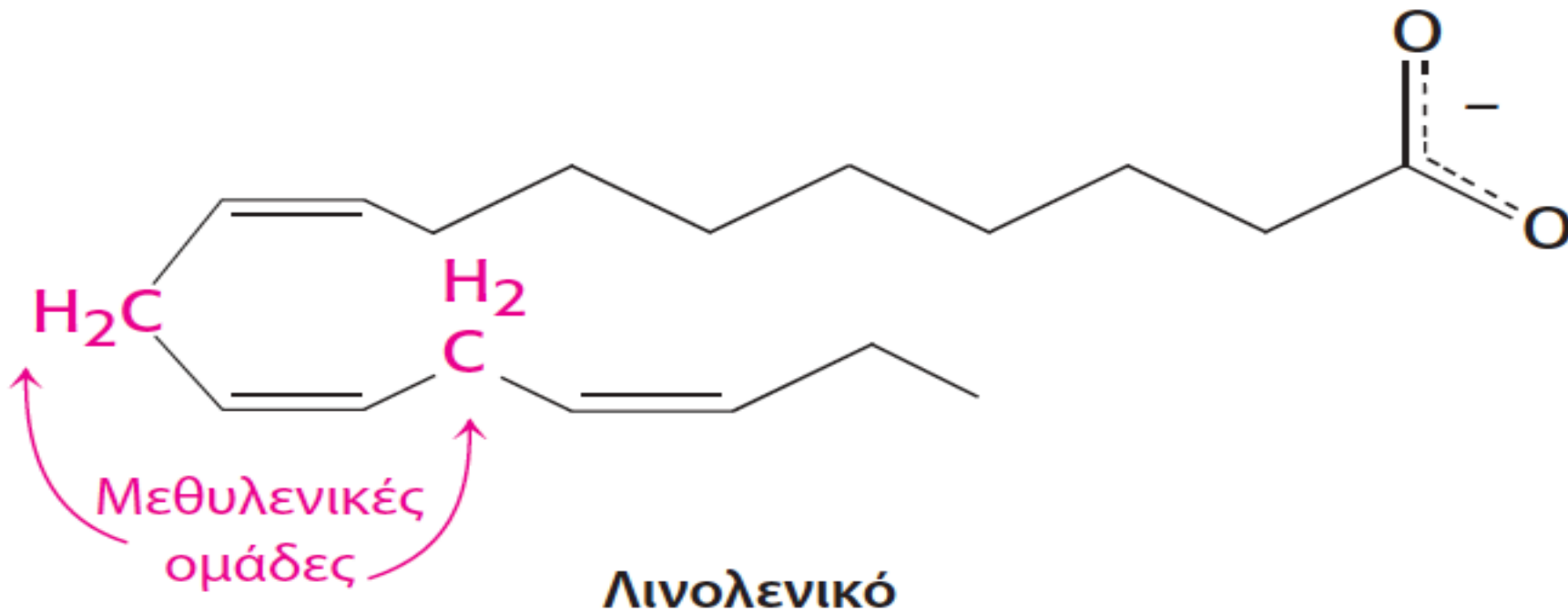
Ελαϊκό
(ιοντισμένη μορφή του ελαϊκού οξέος)

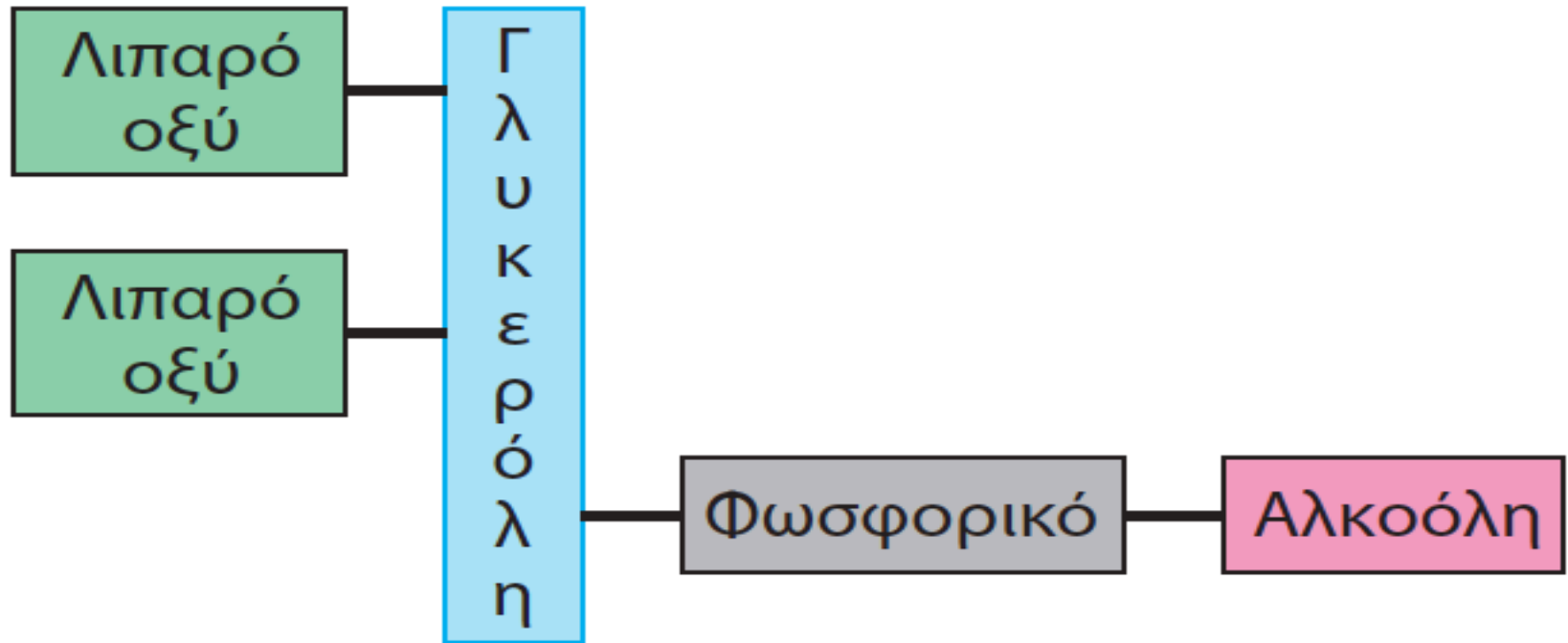
Εικόνα 12.2 Δομές δύο λιπαρών οξέων. Το παλμιτικό είναι ένα κορεσμένο λιπαρό οξύ 16 ατόμων άνθρακα, ενώ το ελαϊκό είναι ένα ακόρεστο λιπαρό οξύ 18 ατόμων άνθρακα με έναν διπλό δεσμό cis.



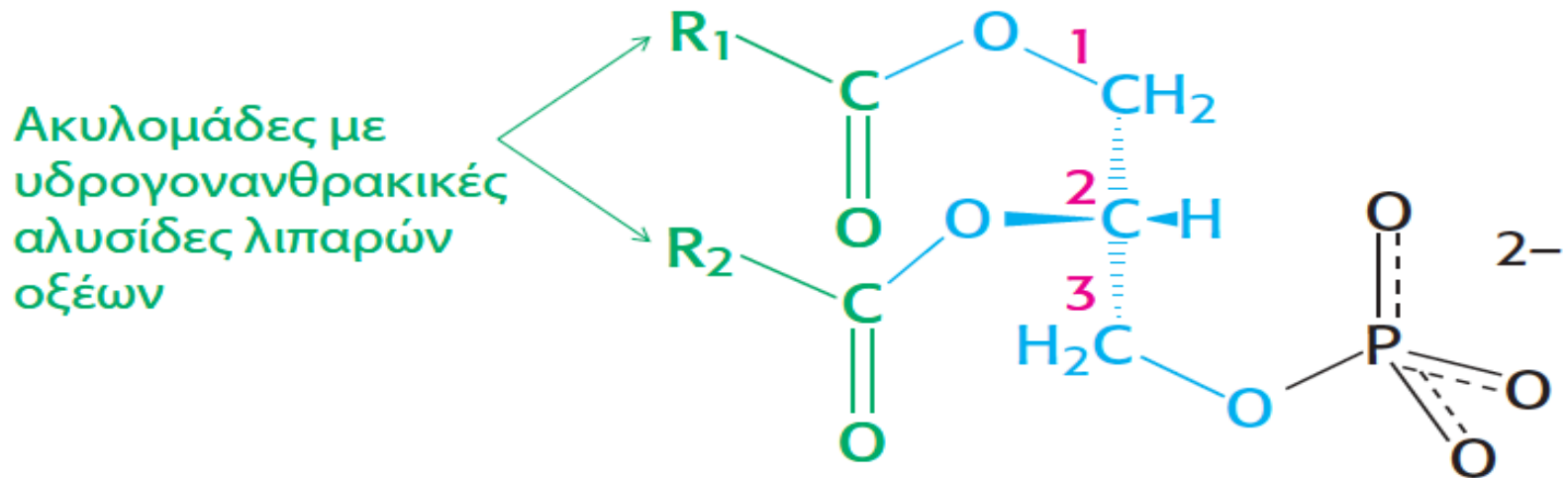


Λιπαρό οξύ $\omega-3$

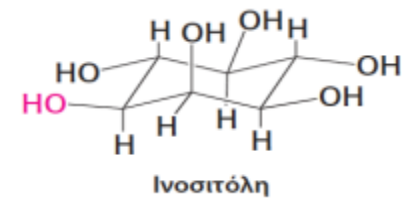
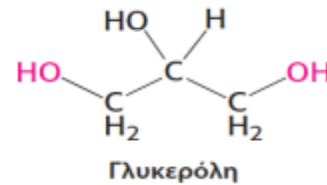
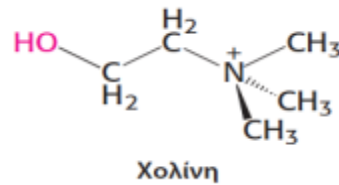
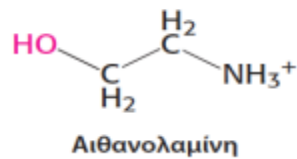
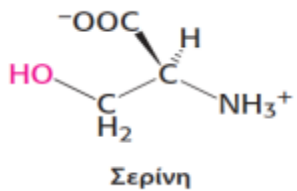


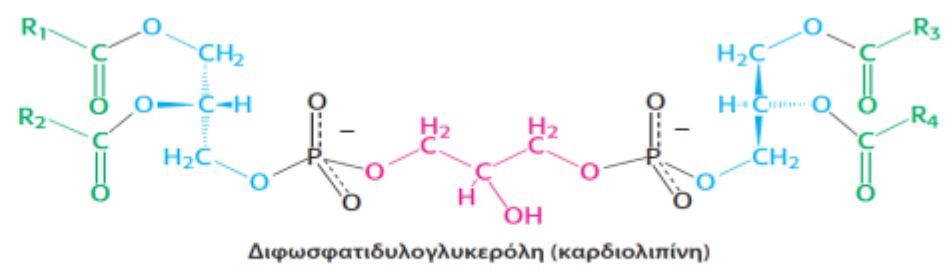
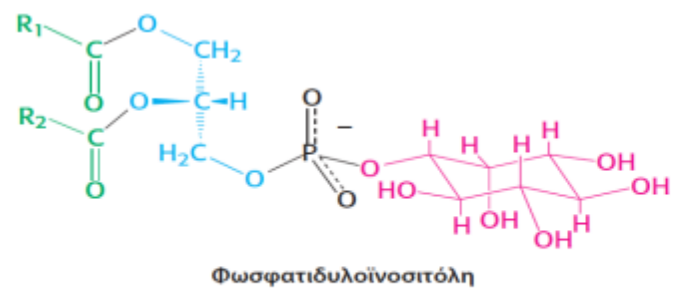
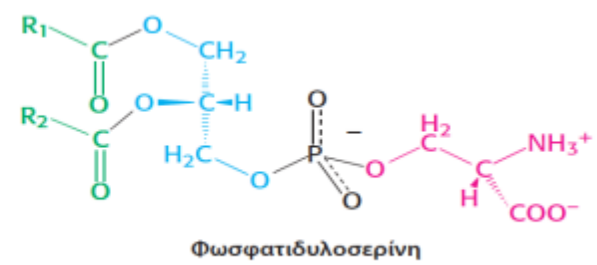
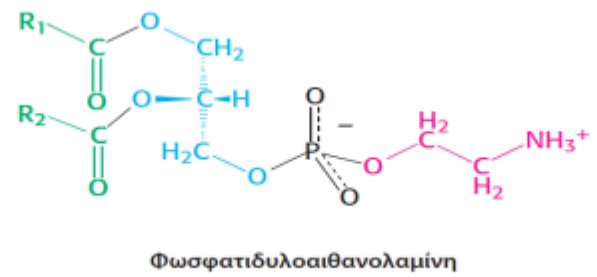
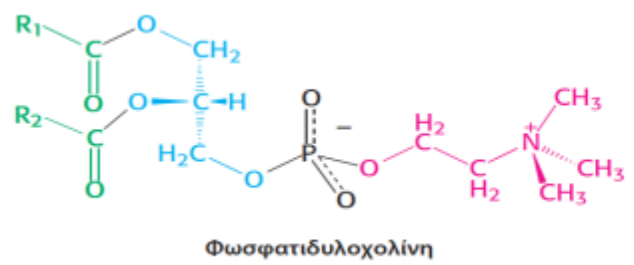


Εικόνα 12.3 Σχηματική δομή ενός φωσφολιπιδίου.



Εικόνα 12.4 Δομή του φωσφατιδικού (3-φωσφορικής διακυλογλυκερόλης). Φαίνεται η απόλυτη διαμόρφωση του κεντρικού άνθρακα (C2).

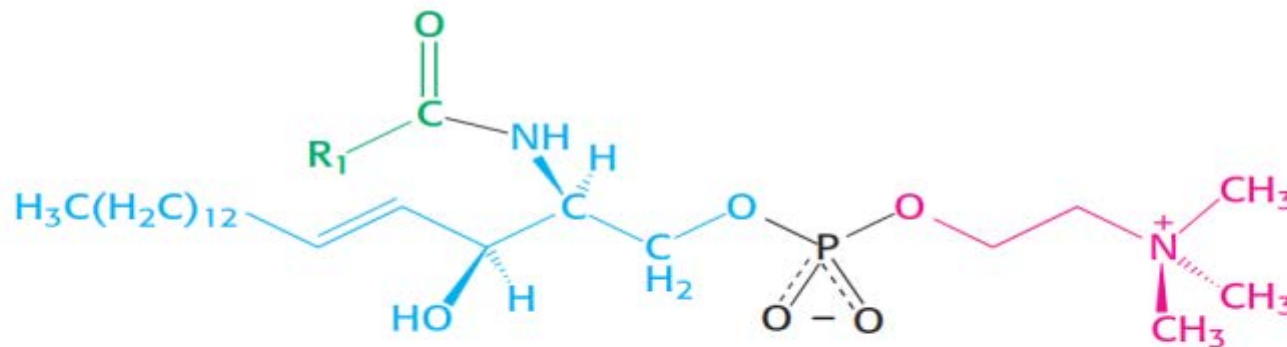




Εικόνα 12.5 Μερικά κοινά φωσφογλυκερίδια που βρίσκονται στις μεμβράνες.

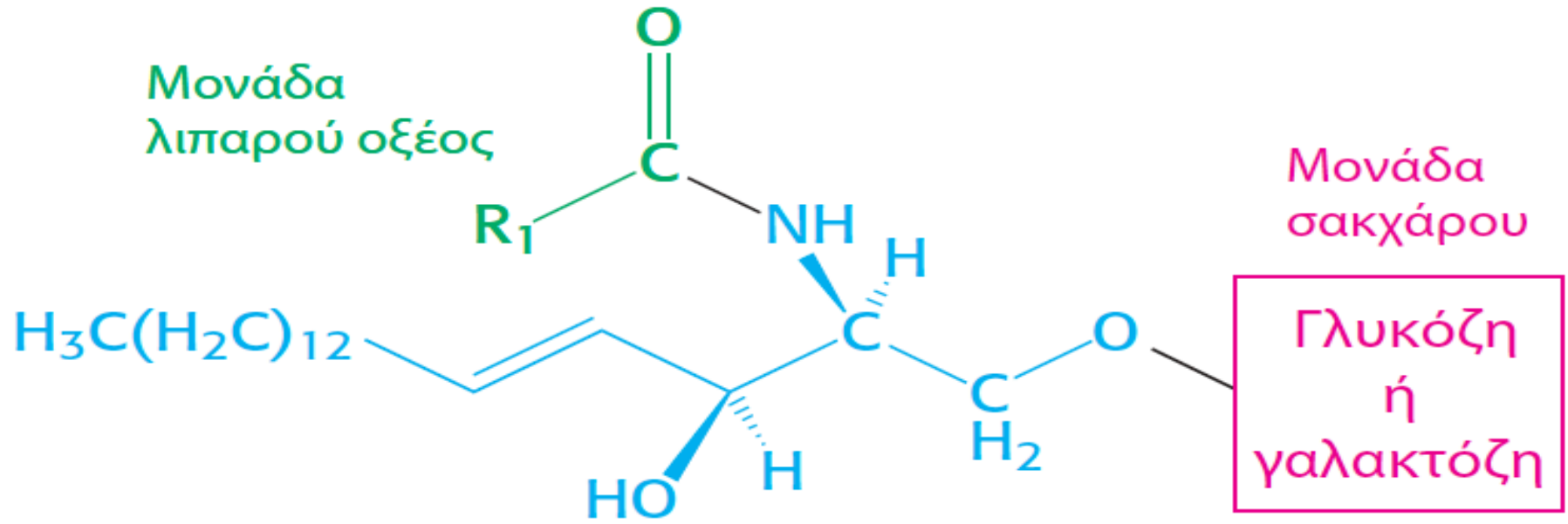


Σφιγγοσίνη

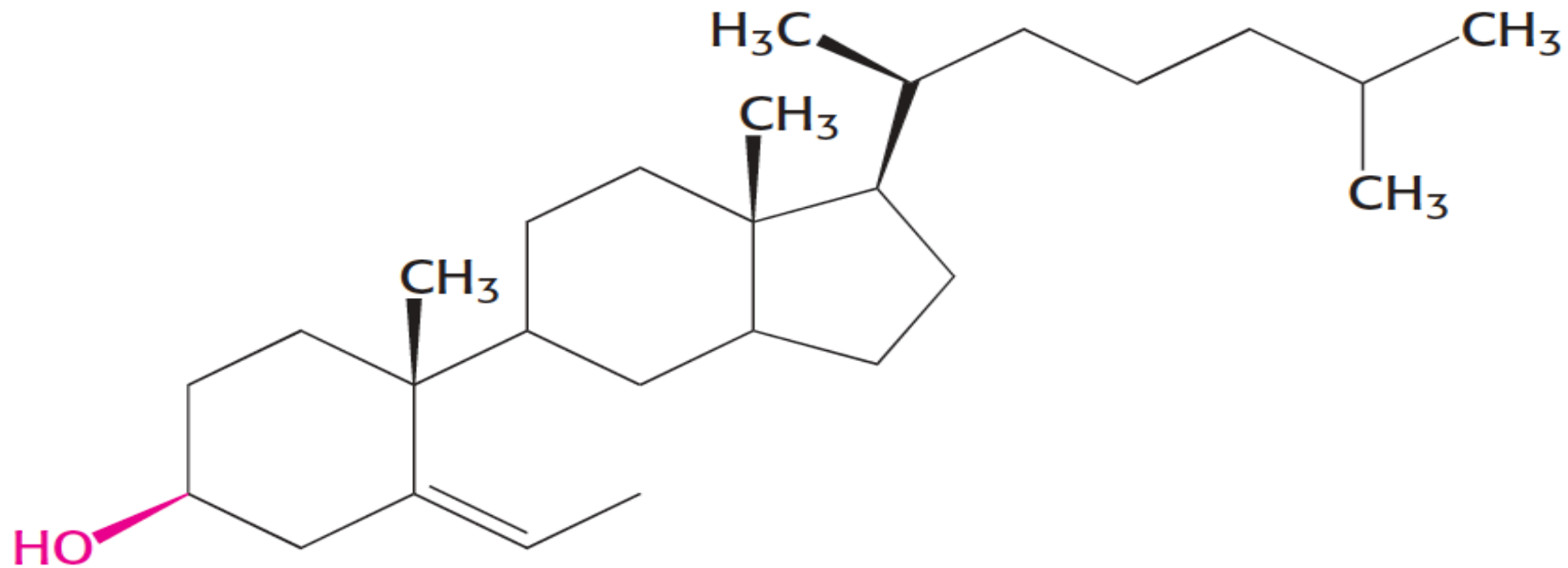


Σφιγγομυελίνη

Εικόνα 12.6 Η δομή της σφιγγοσίνης και της σφιγγομυελίνης. Η ομάδα της σφιγγοσίνης στη σφιγγομυελίνη είναι μπλε.



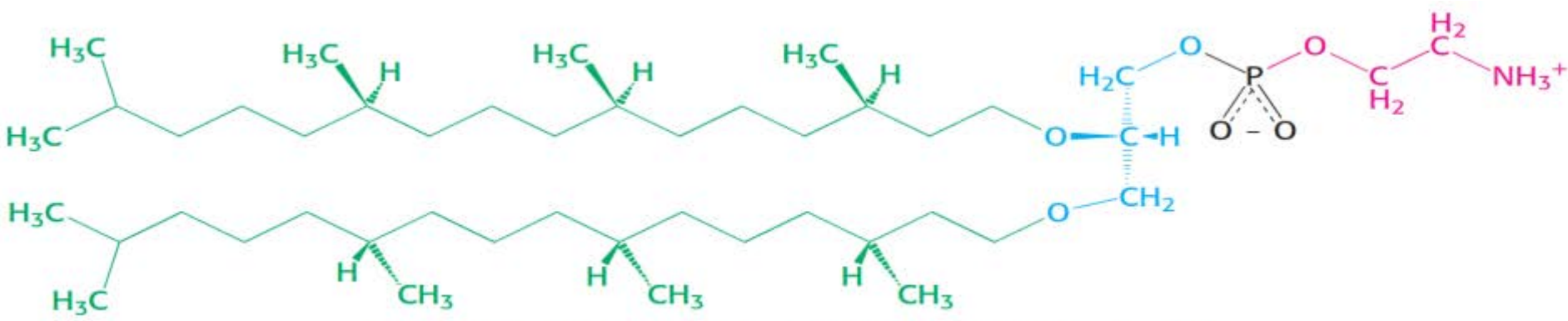
Κερεβροζίτης
(ένα γλυκολιπίδιο)



Χοληστερόλη



Εικόνα 12.7 Ένα αρχαίο στο περιβάλλον του. Τα αρχαία μπορούν να ευδοκιμήσουν σε αφιλόξενο περιβάλλον, όπως οι χώροι όπου βγαίνουν οι καπνοί των ηφαιστειών. Εδώ τα αρχαία σχηματίζουν ένα πορτοκαλί χαλί που περιβάλλεται από κίτρινα θειούχα ιζήματα. [Kraft-Explorer/Photo Researchers.]



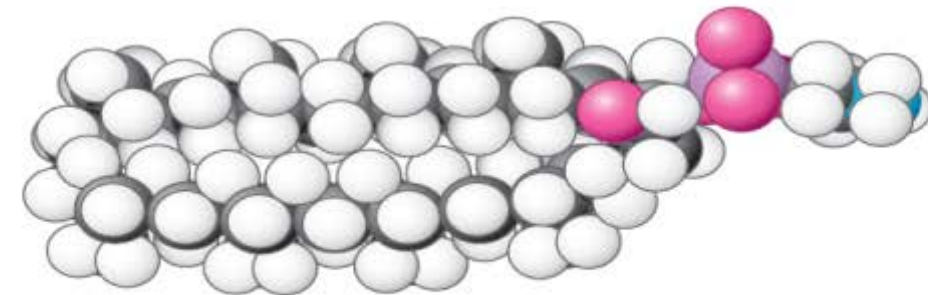
Μεμβρανικό λιπίδιο από το αρχαίο *Methanococcus jannaschii*



Φωσφογλυκερίδιο



Σφιγγομυελίνη



Λιπίδιο αρχαίου

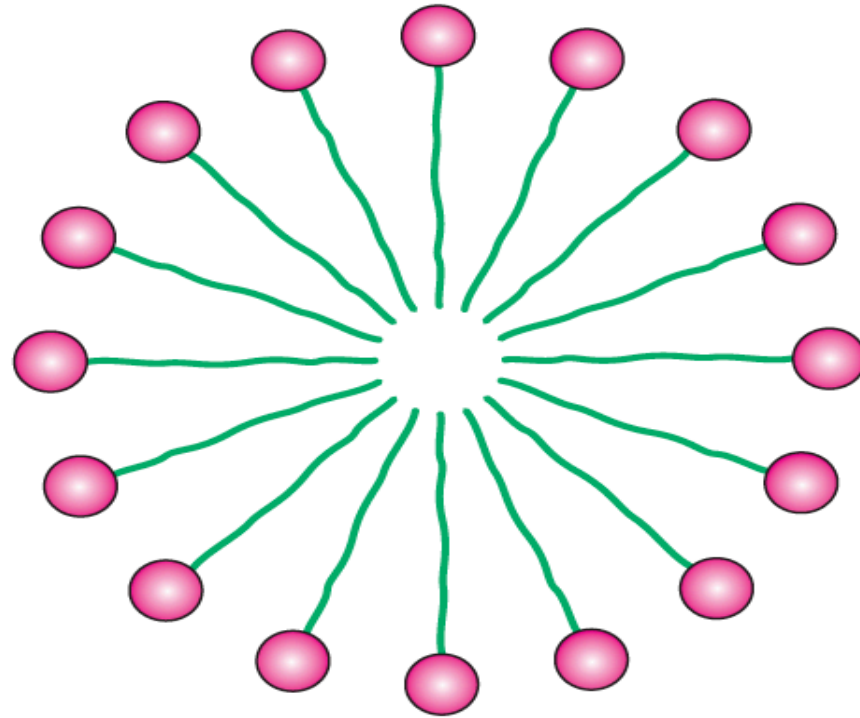
Εικόνα 12.8 Αναπαραστάσεις μεμβρανικών λιπιδίων.

(A) Χωροπληρωτικά μοντέλα φωσφογλυκεριδίου, σφιγγομυελίνης και ενός λιπιδίου αρχαίου, όπου φαίνεται η κατανομή των υδρόφιλων και υδρόφοβων τμημάτων τους. (B) Στενογραφική αναπαράσταση ενός μεμβρανικού λιπιδίου.

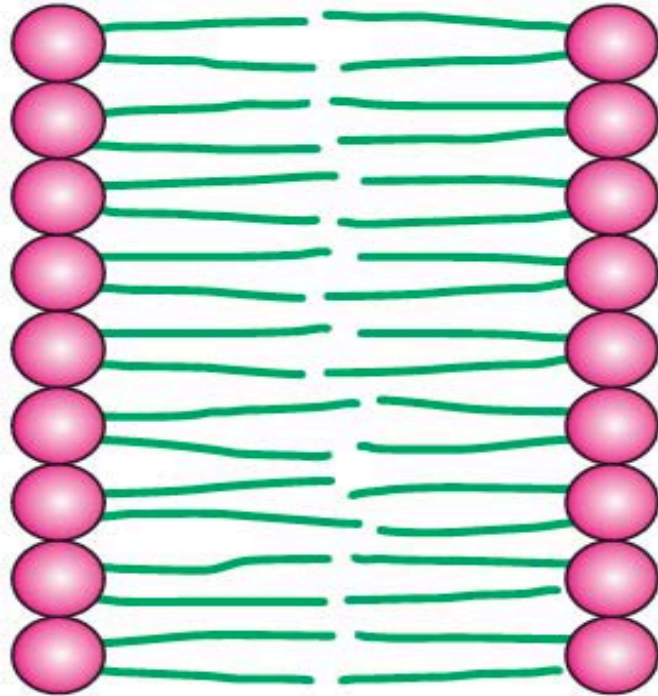
(B)



Στενογραφική αναπαράσταση



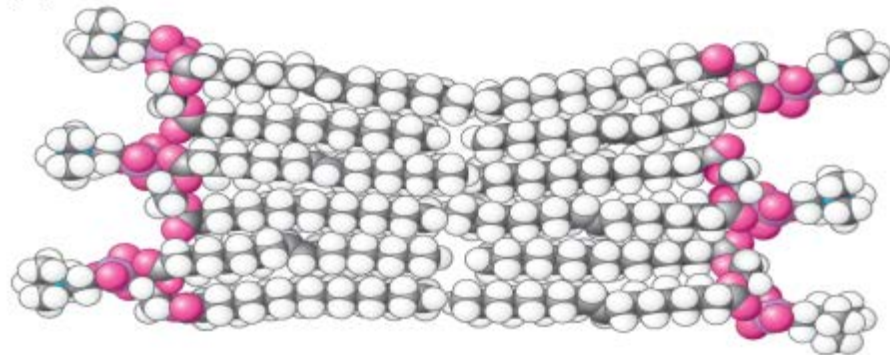
Εικόνα 12.9 Διάγραμμα της τομής ενός μικκυλίου. Ιοντισμένα λιπαρά οξέα σχηματίζουν αυθόρμητα τέτοιες δομές, ενώ τα περισσότερα φωσφολιπίδια αδυνατούν να το κάνουν.



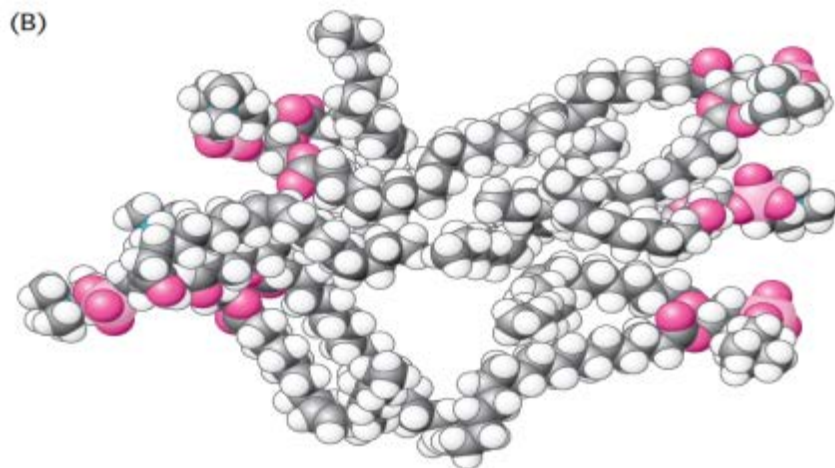
Εικόνα 12.10 Διάγραμμα εγκάρσιας τομής μιας μεμβρανικής διπλοστιβάδας.



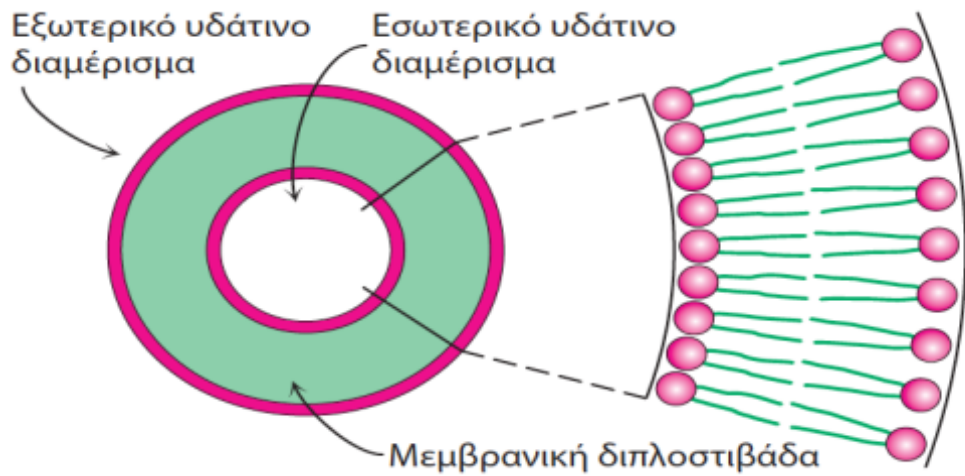
(A)



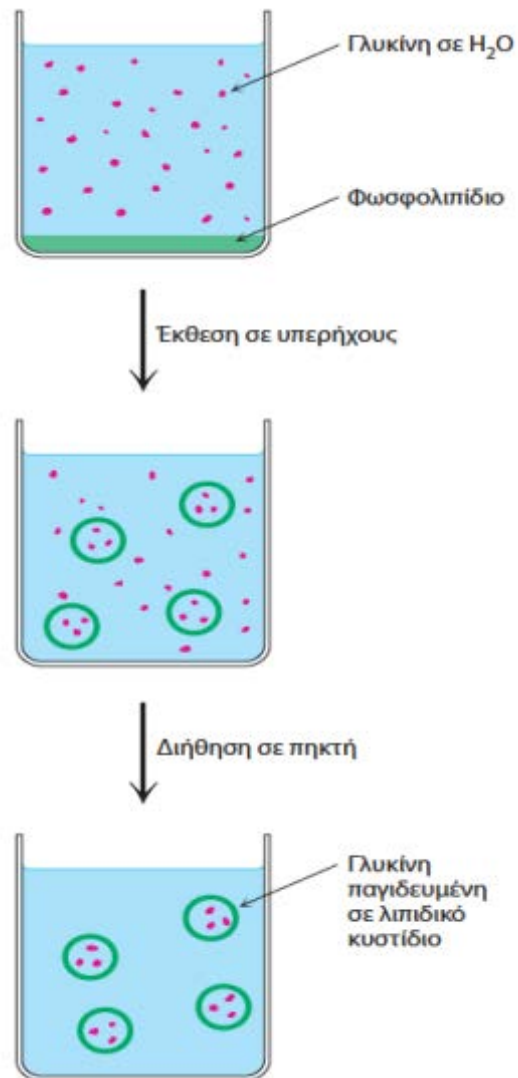
(B)



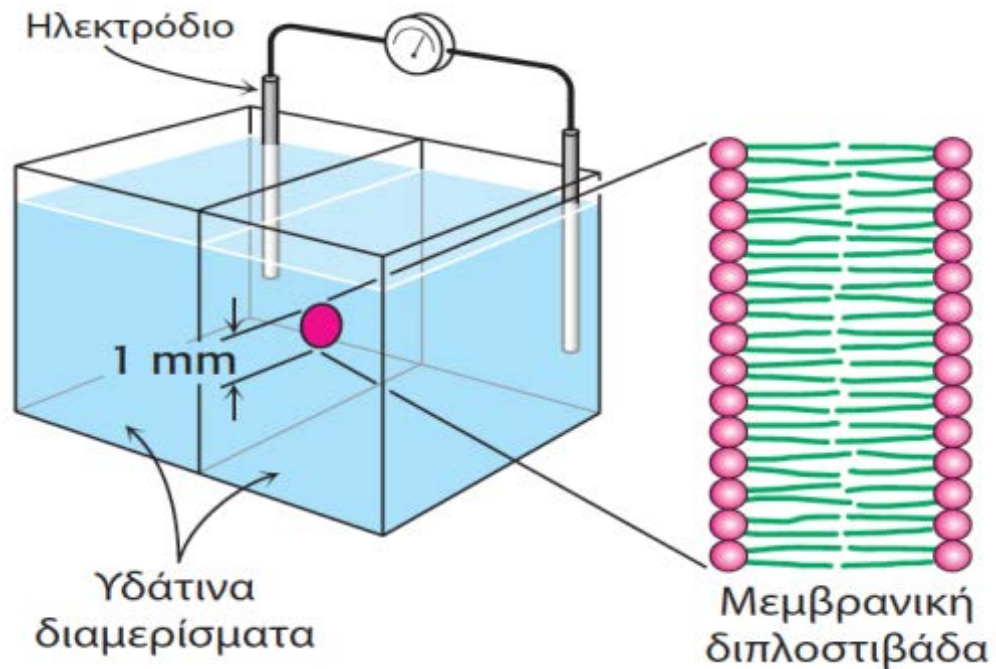
Εικόνα 12.11 Χωροπληρωτικό μοντέλο της εγκάρσιας τομής μιας μεμβράνης φωσφολιπιδικής διπλοστιβάδας. (A) Μια ιδεατή εικόνα όπου φαίνονται δομές σε κανονική διάταξη. (B) Μια πιο ρεαλιστική εικόνα ρευστής διπλοστιβάδας, όπου φαίνονται πιο ακανόνιστες διατάξεις των αλυσίδων των λιπαρών οξέων.



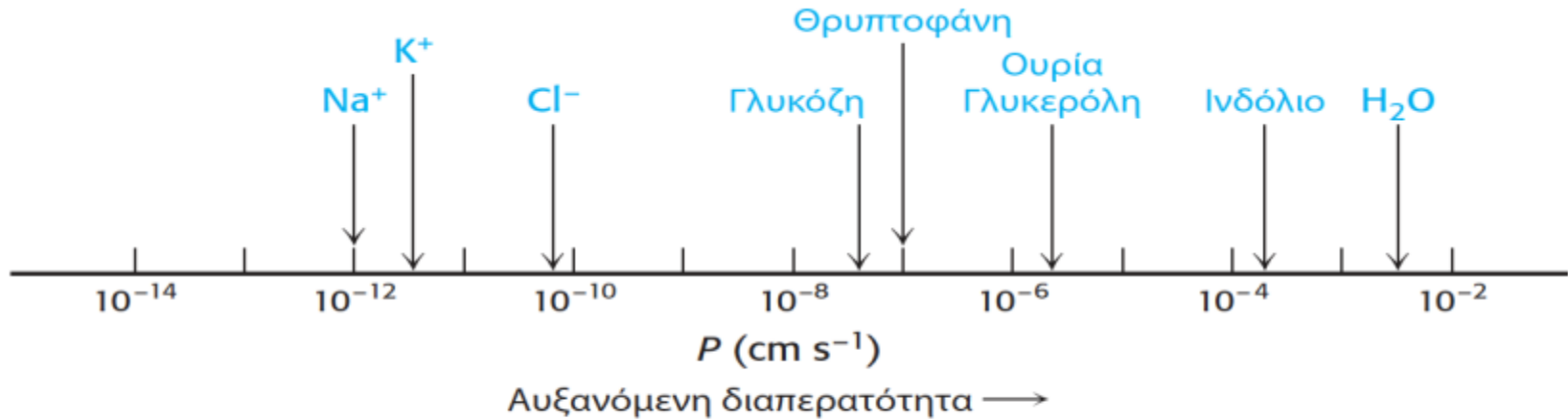
Εικόνα 12.12 Λιπόσωμα. Το λιπόσωμα, ή λιπιδικό κυστίδιο, είναι ένα μικρό υδάτινο διαμέρισμα το οποίο περιβάλλεται από μια λιπιδική διπλοστιβάδα.



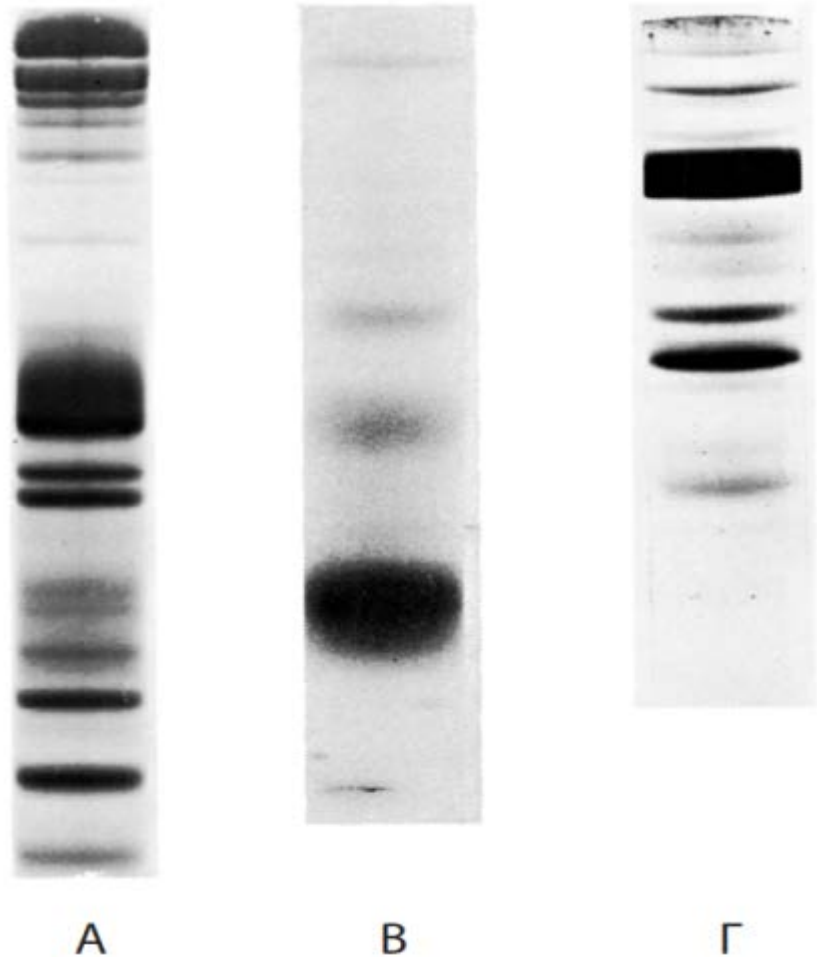
Εικόνα 12.13 Παρασκευή λιποσωμάτων που περιέχουν γλυκίνη. Λιποσώματα που περιέχουν γλυκίνη σχηματίζονται μετά από έκθεση φωσφολιπιδίων σε υπερήχους, παρουσία γλυκίνης. Η ελεύθερη γλυκίνη απομακρύνεται με διήθηση σε πηκτή.



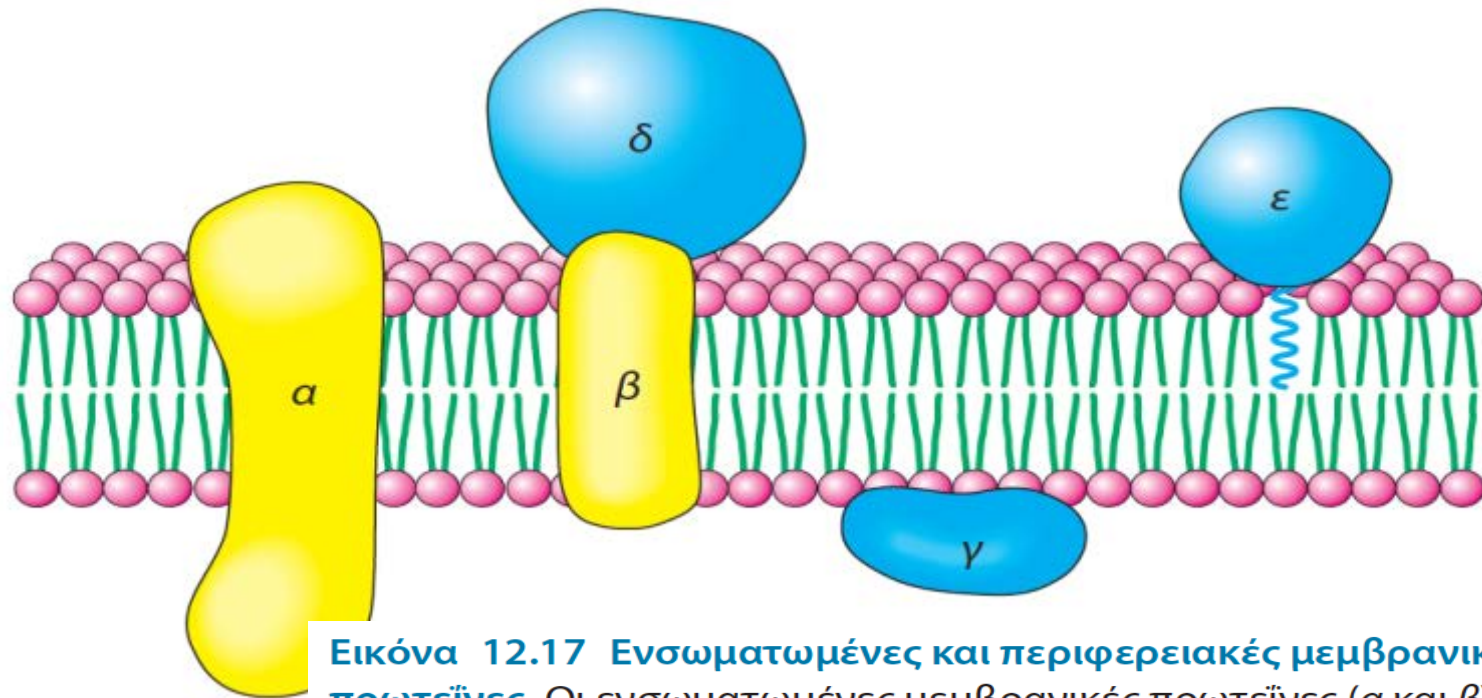
Εικόνα 12.14 Πειραματική διάταξη για τη μελέτη επίπεδων μεμβρανικών διπλοστιβάδων. Μια μεμβρανική διπλοστιβάδα σχηματίζεται μεταξύ των δύο πλευρών μιας οπής διαμέτρου 1 mm. Η οπή σχηματίζεται σε ένα διαχωριστικό διάφραγμα μεταξύ δύο υδάτινων διαμερισμάτων. Αυτή η διάταξη επιτρέπει τη μέτρηση της διαπερατότητας και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας λιπιδικών διπλοστιβάδων.



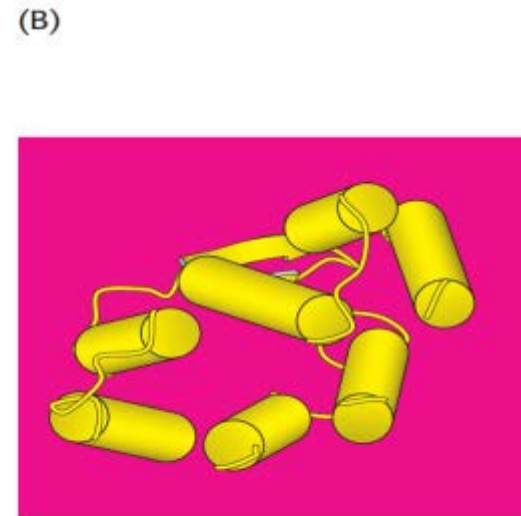
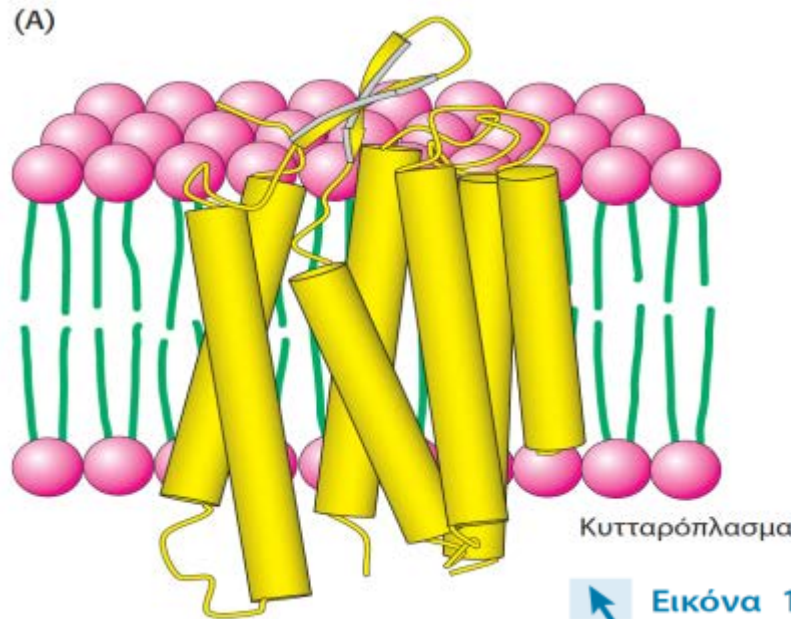
Εικόνα 12.15 Συντελεστές διαπερατότητας (P) μιας λιπιδικής διπλοστιβάδας σε ιόντα και μόρια. Υπάρχει ένα πολύ ευρύ φάσμα τιμών P που αντανακλά την ικανότητα μορίων να διαπεράσουν μια λιπιδική διπλοστιβάδα.




Εικόνα 12.16 Ηλεκτροφορητικές απεικονίσεις μεμβρανικών πρωτεϊνών σε πηκτή SDS-πολυακρυλαμίδιου. (A) Κυτταρική μεμβράνη ερυθροκυττάρων, (B) μεμβράνες του φωτοϋποδοχέα των ραδιοφόρων κυττάρων του αμφιβληστροειδούς χιτώνα, (Γ) μεμβράνη του σαρκοπλασματικού δικτύου γραμμωτών μυϊκών ινών. [Ευγενική προσφορά Dr. Theodore Steck (λωρίδα A) και Dr. David MacLennan (λωρίδα Γ).]



Εικόνα 12.17 Ενσωματωμένες και περιφερειακές μεμβρανικές πρωτεΐνες. Οι ενσωματωμένες μεμβρανικές πρωτεΐνες (α και β) αλληλεπιδρούν σε μεγάλο βαθμό με την υδρογονανθρακική περιοχή της διπλοστιβάδας. Σχεδόν όλες οι γνωστές ενσωματωμένες μεμβρανικές πρωτεΐνες διαπερνούν τη λιπιδική διπλοστιβάδα. Οι περιφερειακές μεμβρανικές πρωτεΐνες αλληλεπιδρούν με τις πολικές κεφαλές των λιπιδίων (γ) ή προσδένονται στις επιφάνειες των ενσωματωμένων πρωτεϊνών (δ). Άλλες πρωτεΐνες αγκυροβολούν στερεά στη μεμβράνη με ομοιοπολική δέσμευση ενός λιπιδίου (ε).



 **Εικόνα 12.18 Δομή της βακτηριοροδοψίνης.** Παρατηρήστε ότι η βακτηριοροδοψίνη αποτελείται κυρίως από α -έλικες που διαπερνούν την κυτταρική μεμβράνη (οι οποίες απεικονίζονται ως κίτρινοι κύλινδροι). (A) Εγκάρσια όψη διά μέσου της λιπιδικής διπλοστιβάδας. Το εσωτερικό της μεμβράνης είναι πράσινο και οι πολικές κεφαλές κόκκινες. (B) Άποψη από την κυτταροπλασματική πλευρά της μεμβράνης. [Σχεδιασμένο από 1BRX.pdb.]

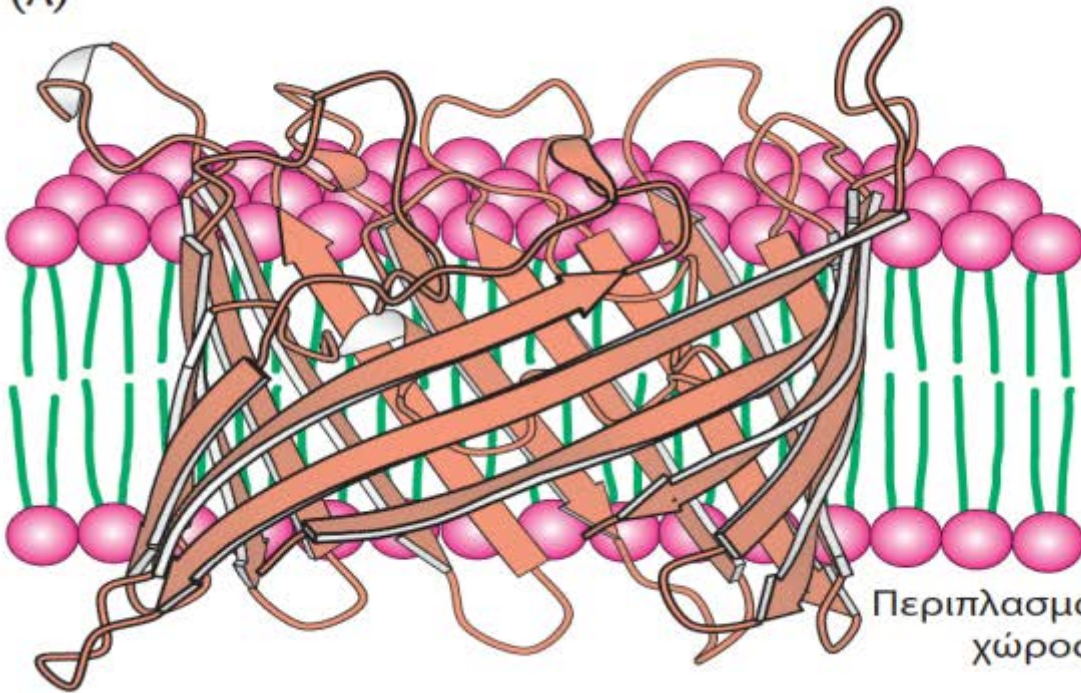


A Q I T G R P E W I W L A L G T A L M G L G T L Y F L V K G M G V S D P D A K K F Y A I T T L V P A
 I A F T M Y L S M L L G Y G L T M V P F G G E Q N P I Y W A R Y A D W L F T T P L L L L D L A L L V
 D A D Q G T I L A L V G A D G I M I G T G L V G A L T K V Y S Y R F V W W A I S T A A M L Y I L Y V
 L F F G F T S K A E S M R P E V A S T F K V L R N V T V V L W S A Y V V V W L I G S E G A G I V P L
 N I E T L L F M V L D V S A K V G F G L I L L R S R A I F G E A E A P E P S A D G A A A T S

Εικόνα 12.19 Αλληλουχία αμινοξέων της βακτηριοροδοψίνης. Οι επτά ελικοειδείς περιοχές έχουν σκιαστεί με κίτρινο, ενώ τα φορτισμένα κατάλοιπα έχουν σκιαστεί με κόκκινο.

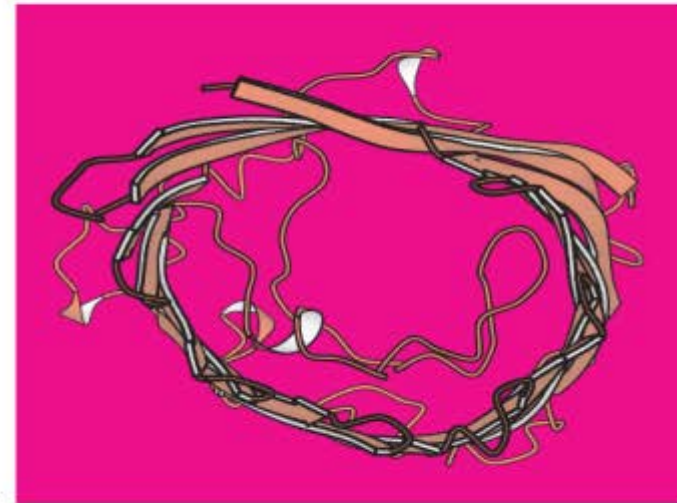


(A)



Περιπλασματικός
χώρος

(B)

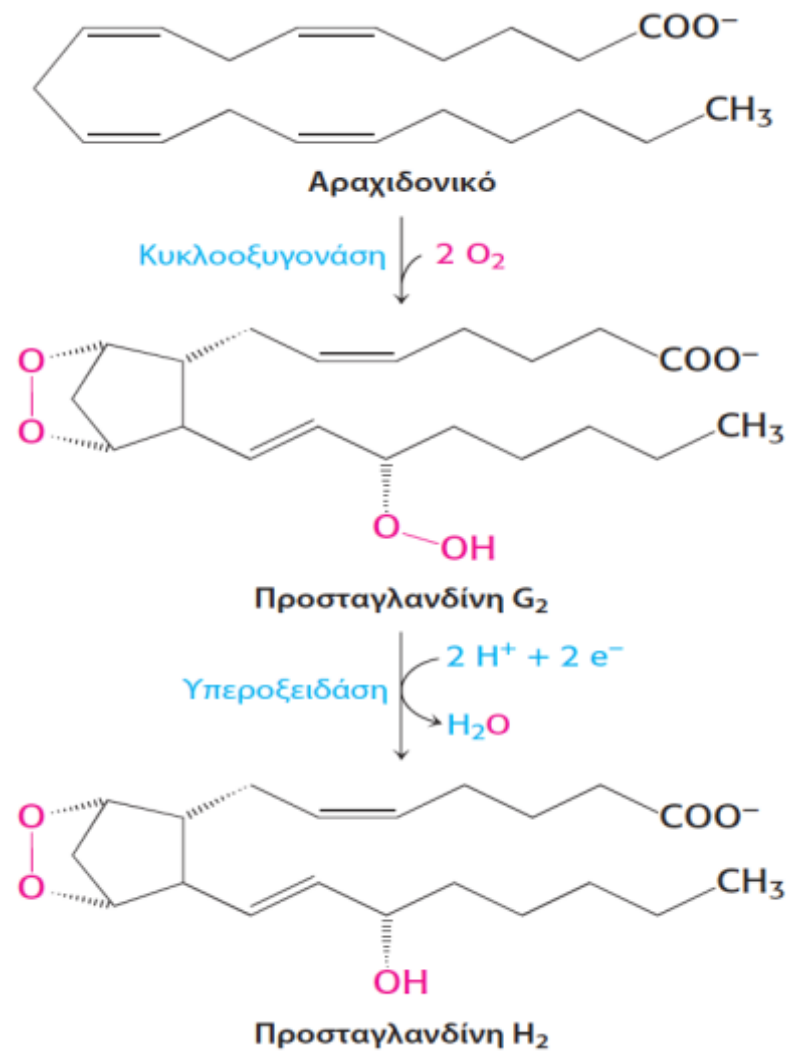


 **Εικόνα 12.20** Δομή μιας βακτηριακής πορίνης (από *Rhodopseudomonas blastica*).

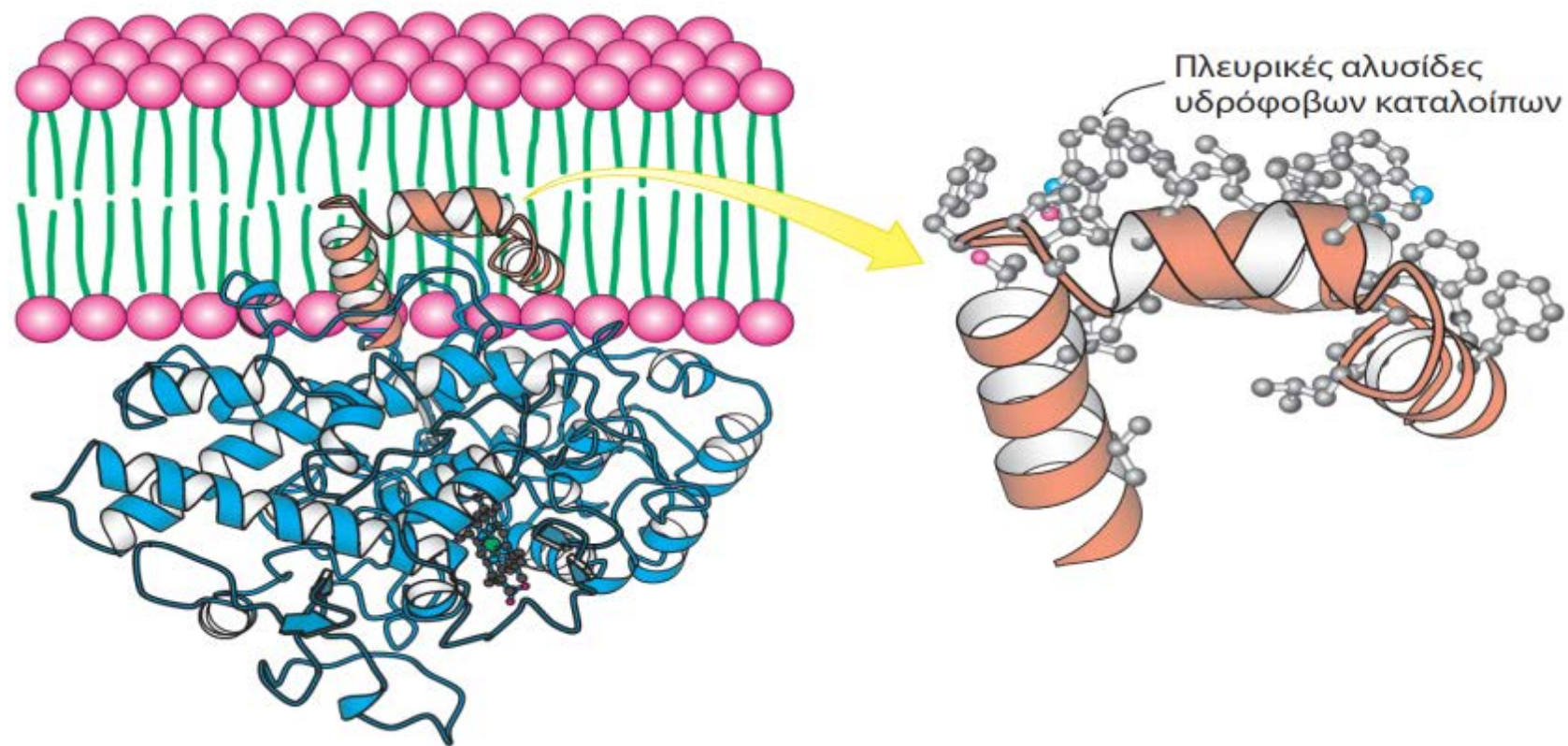
Παρατηρήστε ότι αυτή η μεμβρανική πρωτεΐνη αποτελείται αποκλειστικά από β -πτυχώσεις. (A) Εγκάρσια όψη. (B) Άποψη από τον περιπλασματικό χώρο. Φαίνεται μόνον ένα μονομερές από την τριμερή πρωτεΐνη. [Σχεδιασμένο από 1PRN.pdb.]



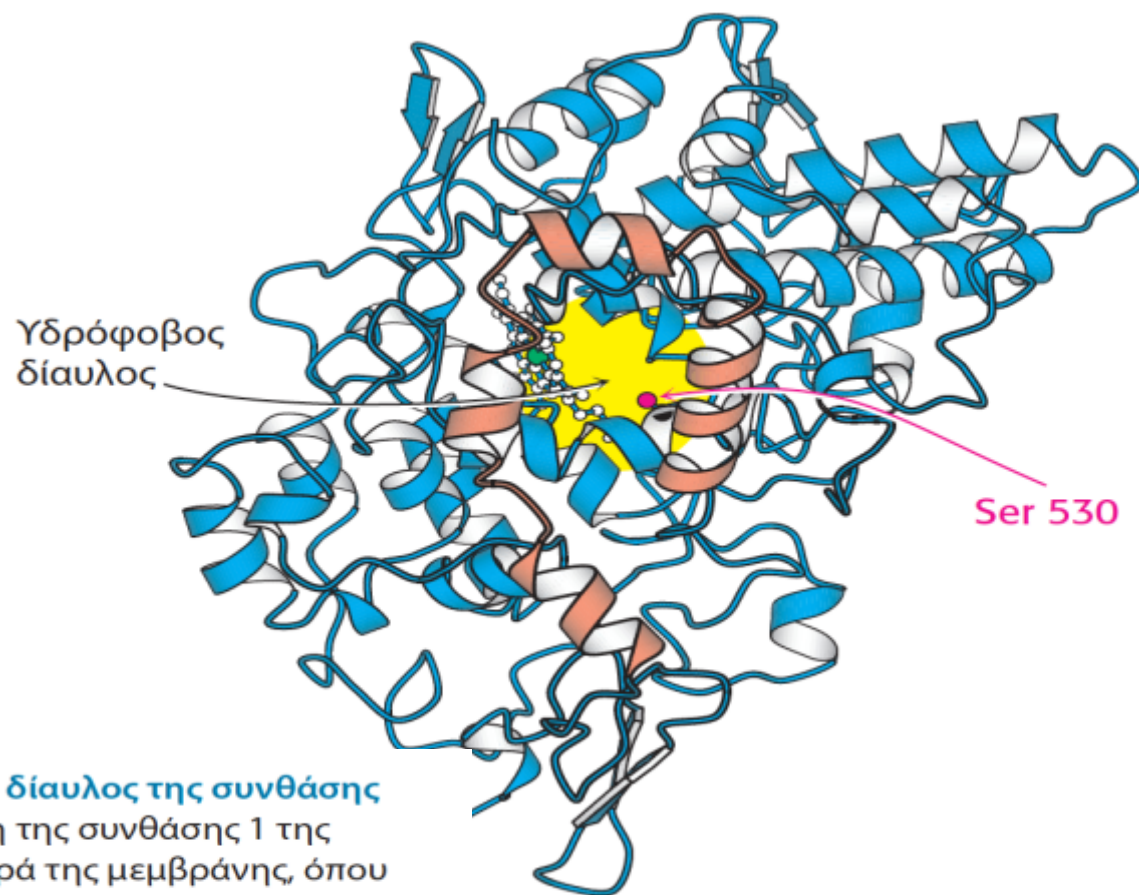
Εικόνα 12.21 Αλληλουχία αμινοξέων της πορίνης. Μερικές μεμβρανικές πρωτεΐνες, όπως η πορίνη, σχηματίζονται από β-πτυχώσεις οι οποίες συνήθως έχουν υδρόφοβα και υδρόφιλα αμινοξέα σε διπλανές θέσεις. Εδώ φαίνεται η δευτεροταγής δομή της πορίνης της *Rhodospseudomonas blastica*· οι διαγώνιες γραμμές δείχνουν την κατεύθυνση των δεσμών υδρογόνου κατά μήκος της β-πτυχωτής επιφάνειας. Τα υδρόφοβα κατάλοιπα (F, I, L, M, V, W και Y) φαίνονται με κίτρινη σκίαση. Αυτά τα κατάλοιπα βρίσκονται σχεδόν πάντοτε στο εξωτερικό της δομής, σε επαφή με τον υδρόφοβο πυρήνα της μεμβράνης.



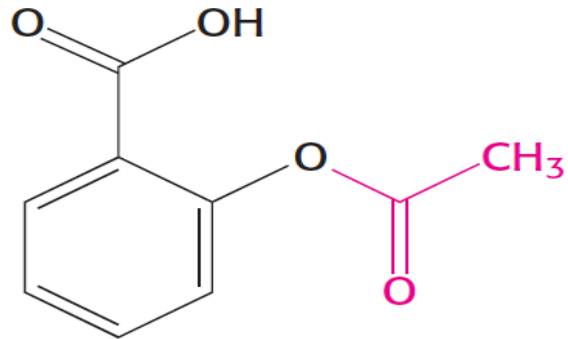
Εικόνα 12.22 Σχηματισμός της προσταγλανδίνης H₂. Η συνθάση 1 της προσταγλανδίνης H₂ καταλύει τον σχηματισμό προσταγλανδίνης H₂ από αραχιδονικό οξύ σε δύο βήματα.



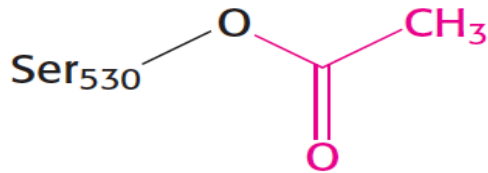
Εικόνα 12.23 Πρόσδεση της συνθάσης 1 της προσταγλανδίνης H_2 στη μεμβράνη. Η συνθάση 1 της προσταγλανδίνης H_2 προσδέεται στη μεμβράνη μέσω μιας ομάδας α -ελίκων που έχουν υδρόφοβες πλευρικές αλυσίδες στην εξωτερική τους επιφάνεια. Φαίνεται μόνο το ένα μονομερές του διμερούς ενζύμου. [Σχεδιασμένο από 1PTH.pdb.]



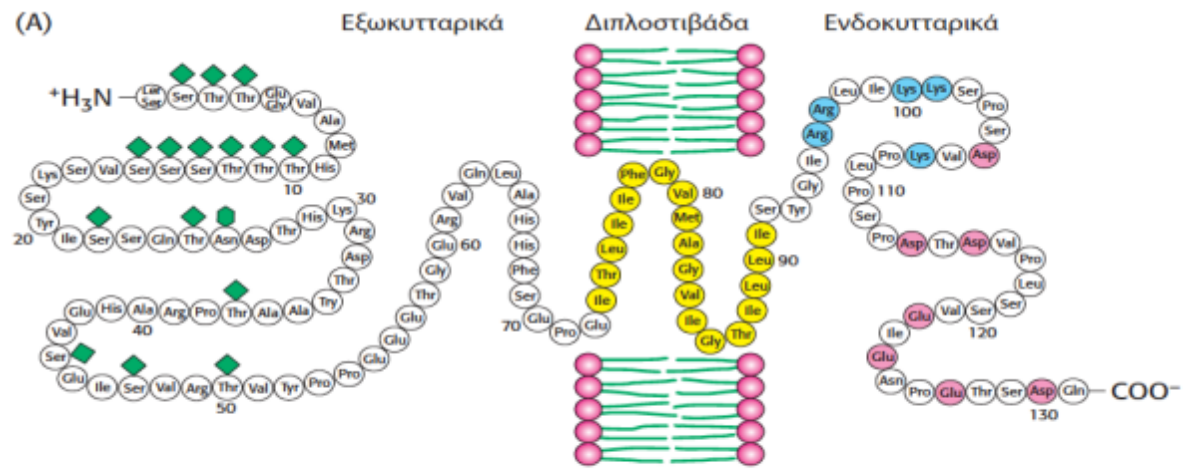
↖ **Εικόνα 12.24** Ο υδρόφοβος διάυλος της συνθάσης 1 της προσταγλανδίνης H_2 . Αποψη της συνθάσης 1 της προσταγλανδίνης H_2 από την πλευρά της μεμβράνης, όπου φαίνεται ο υδρόφοβος διάυλος που οδηγεί στο ενεργό κέντρο. Οι έλικες που είναι αγκυροβολημένες στη μεμβράνη φαίνονται με πορτοκαλί. [Σχεδιασμένο από 1PTH.pdb.]



**Ασπιρίνη
(Ακετυλοσαλικυλικό οξύ)**

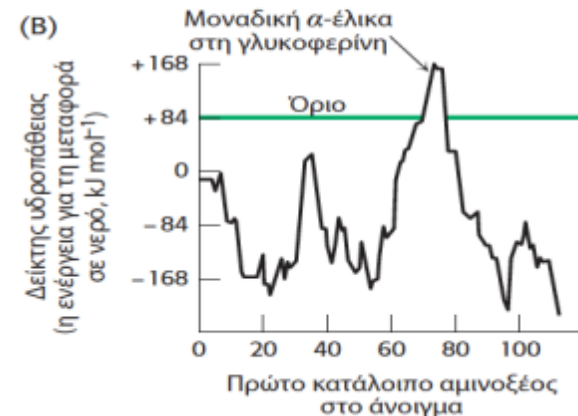


Εικόνα 12.25 Η δράση της ασπιρίνης στη συνθάση 1 της προσταγλανδίνης H_2 . Η ασπιρίνη δρα μεταφέροντας μια ακετυλική ομάδα σε ένα κατάλοιπο σερίνης της συνθάσης 1 της προσταγλανδίνης H_2 .



Εικόνα 12.27 Εντοπισμός της διαμεμβρανικής έλικας της γλυκοφερίνης.

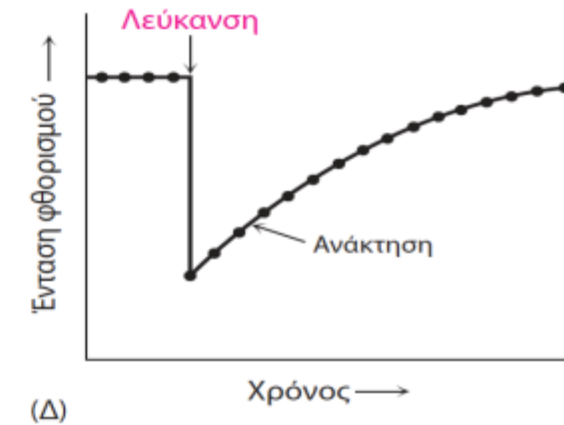
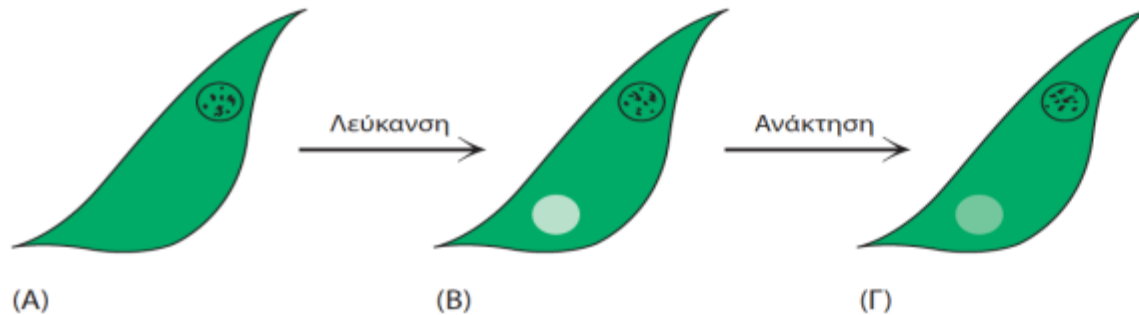
(Α) Αλληλουχία αμινοξέων και διαμεμβρανικός προσανατολισμός της γλυκοφερίνης Α στη μεμβράνη των ερυθροκυττάρων. Δεκαπέντε ολιγοσακχαριτικές μονάδες συνδεδεμένες μέσω Ο φαίνονται σε σχήμα ρόμβων, ενώ η μοναδική ολιγοσακχαριτική μονάδα που συνδέεται μέσω Ν απεικονίζεται ως εξάγωνο. Τα υδρόφοβα κατάλοιπα (κίτρινα), βυθισμένα στη διπλοστιβάδα, σχηματίζουν μια διαμεμβρανική α-έλικα. Το καρβοξυ-τελικό τμήμα του μορίου βρίσκεται στην ενδοκυτταρική πλευρά της μεμβράνης και είναι πλούσιο σε αρνητικά φορτισμένα (κόκκινα) και θετικά φορτισμένα (μπλε) κατάλοιπα. (Β) Γραφική παράσταση υδροπάθειας για τη γλυκοφερίνη. Η ελεύθερη ενέργεια για τη μεταφορά μιας έλικας 20 καταλοίπων από τη μεμβράνη στο νερό απεικονίζεται ως συνάρτηση της θέσης του πρώτου αμινοξέος της ελικοειδούς αλληλουχίας της πρωτεΐνης. Κορυφές με τιμές μεγαλύτερες από + 84 kJ mol⁻¹ (20 kcal mol⁻¹) σε γραφικές παραστάσεις υδροπάθειας θεωρούνται δυνητικά ενδεικτικές διαμεμβρανικής έλικας. [(Α) Ευγενική προσφορά Dr. Vincent Marchesi, (Β) Κατά D. M. Engelman, T. A. Steitz, and A. Goldman. Identifying nonpolar transbilayer helices in amino acid sequences of membrane proteins. *Annu. Rev. Biophys. Biophys. Chem.* 15:321-353, 1986. Copyright © 1986 by Annual Reviews, Inc. All rights reserved.]

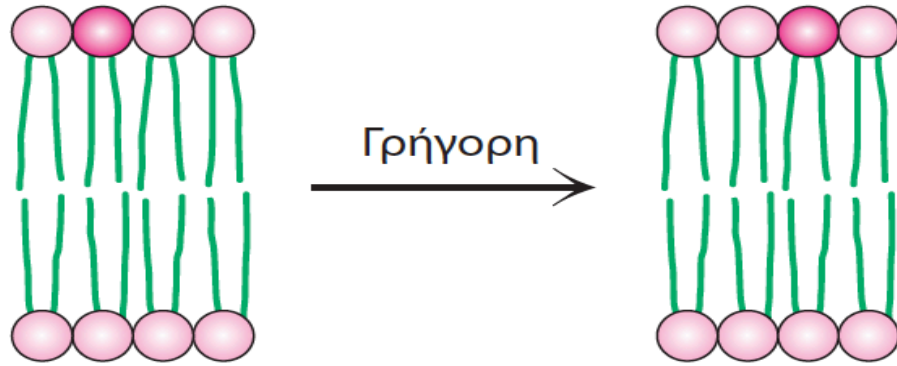




Εικόνα 12.29 Τεχνική ανάκτησης φθορισμού μετά από φωτολεύκανση (FRAP).

(Α) Η κυτταρική επιφάνεια φθορίζει λόγω του σημασμένου επιφανειακού συστατικού. (Β) Τα φθορίζοντα μόρια ενός μικρού τμήματος της επιφάνειας λευκαίνονται μετά από έντονο παλμό φωτός. (Γ) Η ένταση φθορισμού επανέρχεται σταδιακά με τη διάχυση λευκανθέντων μορίων εκτός της περιοχής που δέχθηκε τον παλμό φωτός, καθώς και με τη διάχυση μη λευκανθέντων μορίων μέσα στη συγκεκριμένη περιοχή. (Δ) Ο ρυθμός ανάκτησης εξαρτάται από τον συντελεστή διάχυσης.



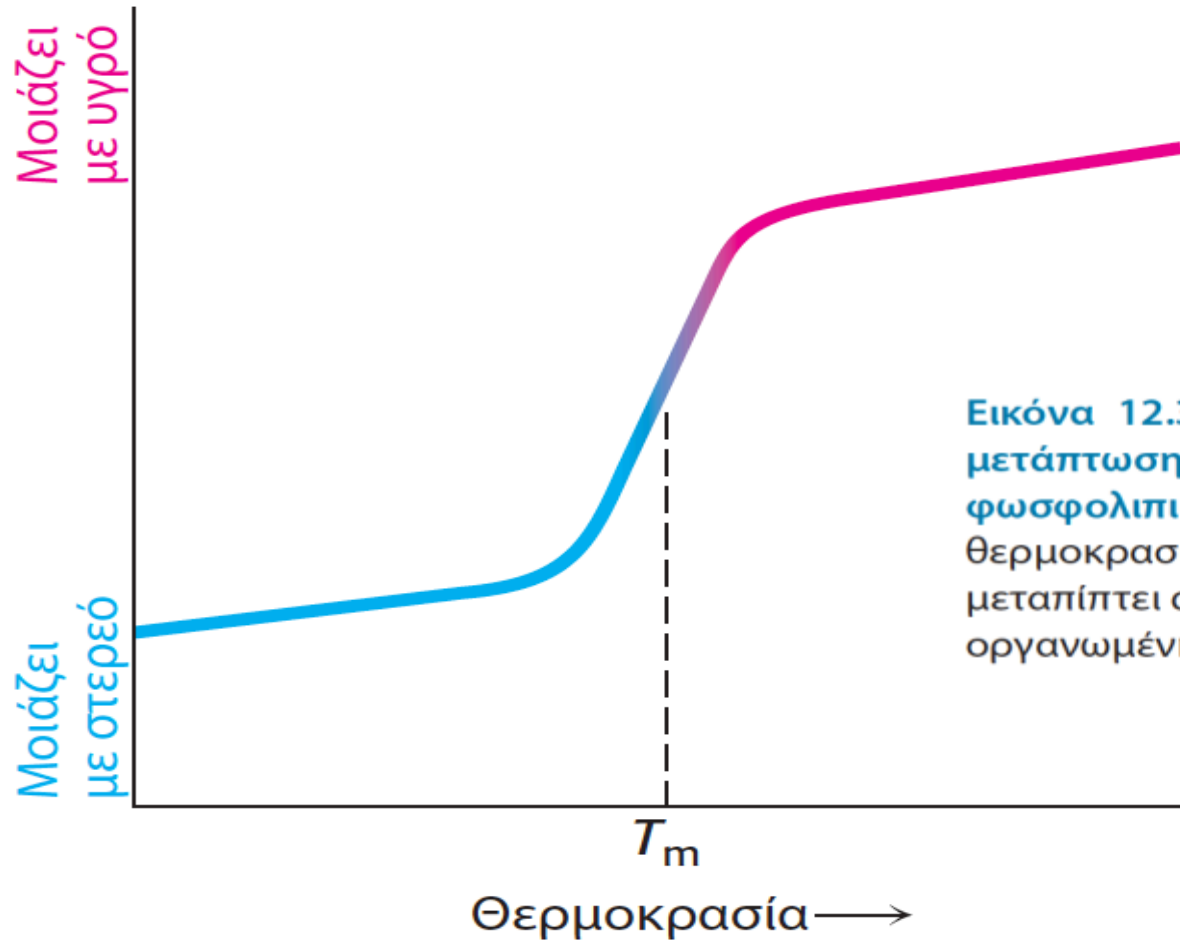


Πλευρική διάχυση

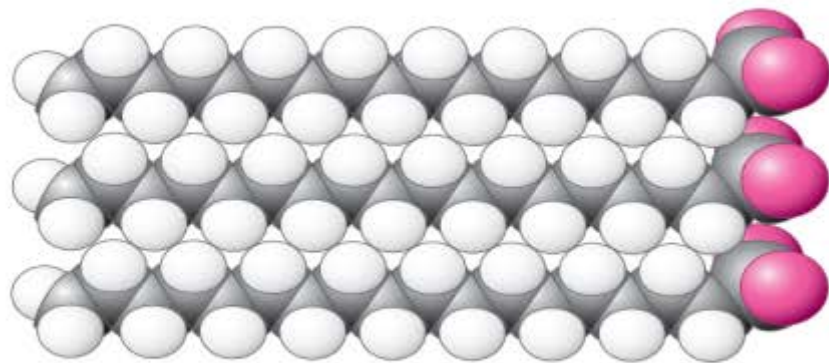


Εγκάρσια διάχυση
(flip-flop)

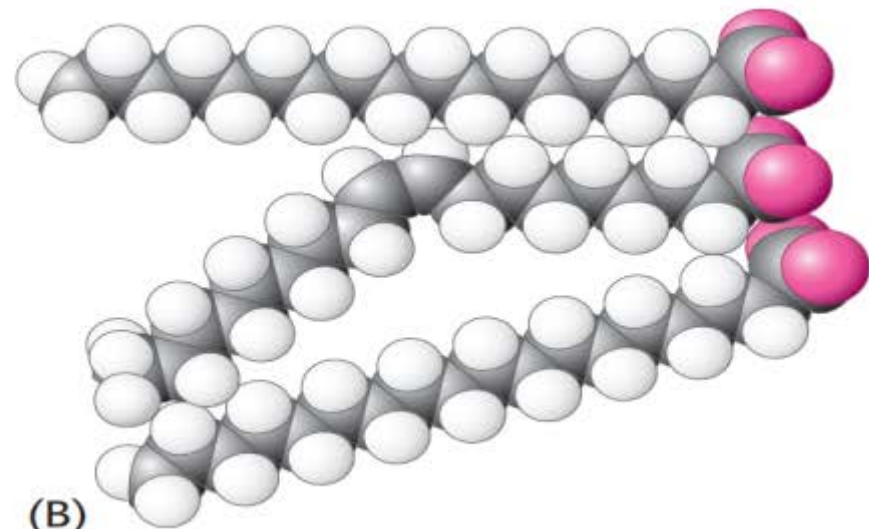
Εικόνα 12.30 Κίνηση λιπιδίων στις μεμβράνες. Η πλευρική διάχυση των λιπιδίων είναι πολύ πιο γρήγορη απ' ό,τι η εγκάρσια διάχυση.



Εικόνα 12.31 Η θερμοκρασία τήξης, ή μετάπτωσης φάσης (T_m) για μια μεμβράνη φωσφολιπιδίων. Ενώ αυξάνεται η θερμοκρασία, η μεμβράνη φωσφολιπιδίων μεταπίπτει από μια στοιχισμένη και καλά οργανωμένη δομή σε μια πιο τυχαία δομή.

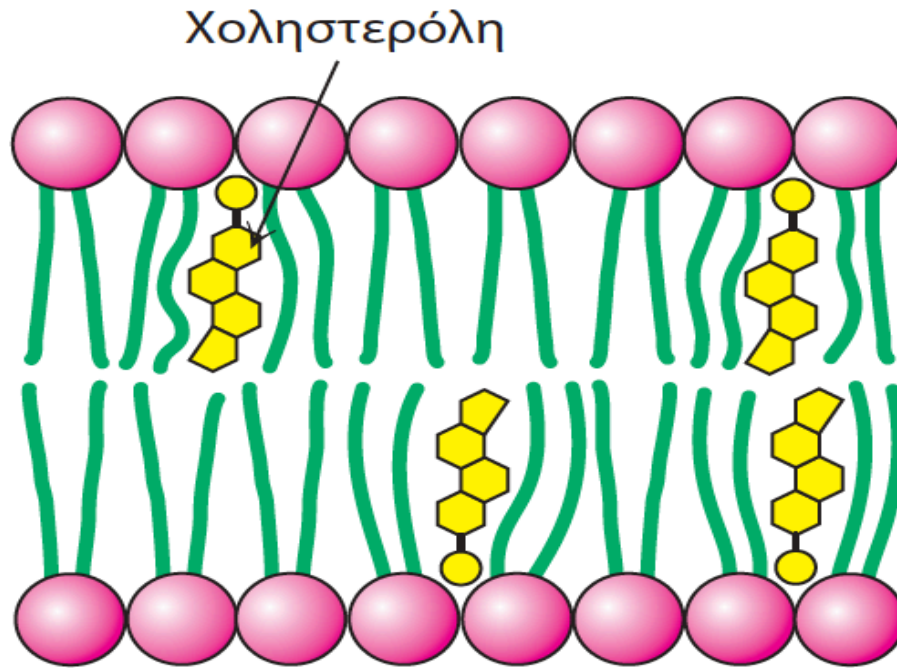


(A)

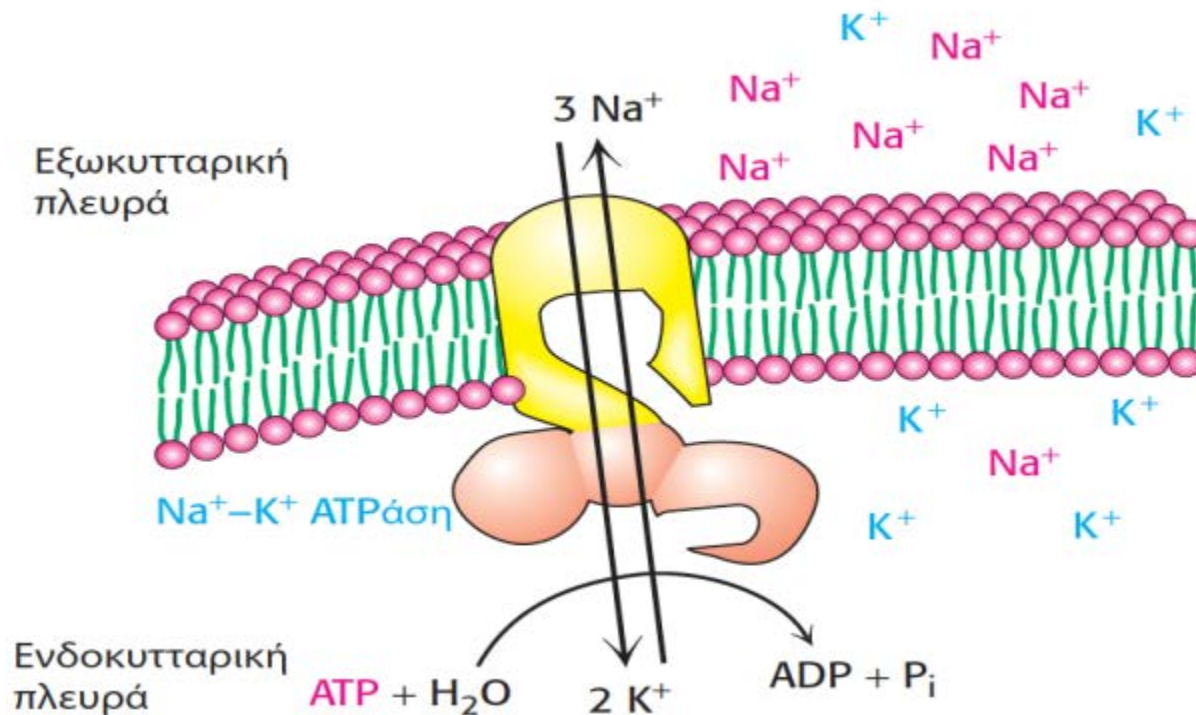


(B)

Εικόνα 12.32 Στοιχισή αλυσίδων λιπαρών οξέων σε μια μεμβράνη. Η πολύ καλή στοιχισή των αλυσίδων λιπαρών οξέων διαταράσσεται από την παρουσία διπλών δεσμών cis. Τα χωροπληρωτικά μοντέλα δείχνουν τη στοιχισή (A) τριών αλυσίδων στεατικού (C_{18} , κορεσμένο) και (B) ενός μορίου ελαϊκού (C_{18} , ακόρεστο) μεταξύ δύο μορίων στεατικού.



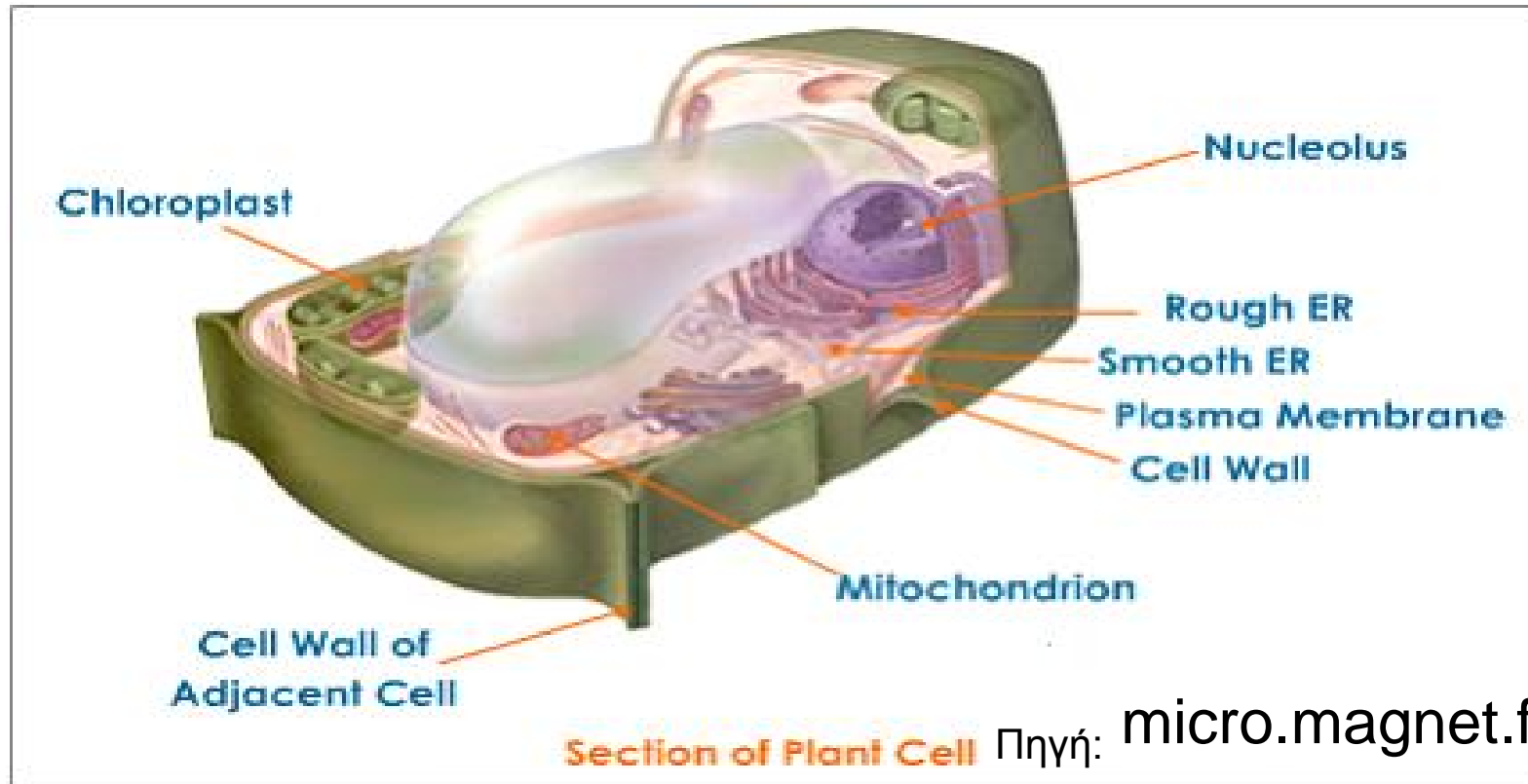
Εικόνα 12.33 Η χοληστερόλη διαταράσσει την πολύ σφιχτή στοίχιση των αλυσίδων λιπαρών οξέων. [Κατά S.L. Wolfe, *Molecular and Cellular Biology* (Wadsworth, 1993).]



Εικόνα 12.34 Ασυμμετρία στο σύστημα μεταφοράς Na⁺-K⁺ σε κυτταρικές μεμβράνες. Το σύστημα μεταφοράς Na⁺-K⁺ αντλεί Na⁺ έξω από το κύτταρο και K⁺ μέσα στο κύτταρο, υδρολύοντας ATP στην ενδοκυτταρική πλευρά της μεμβράνης.



ΣΧΗΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΦΥΤΙΚΟΥ ΚΥΤΤΑΡΟΥ





ΚΥΤΤΑΡΙΚΟ ΤΟΙΧΩΜΑ ΦΥΤΙΚΟΥ ΚΥΤΤΑΡΟΥ

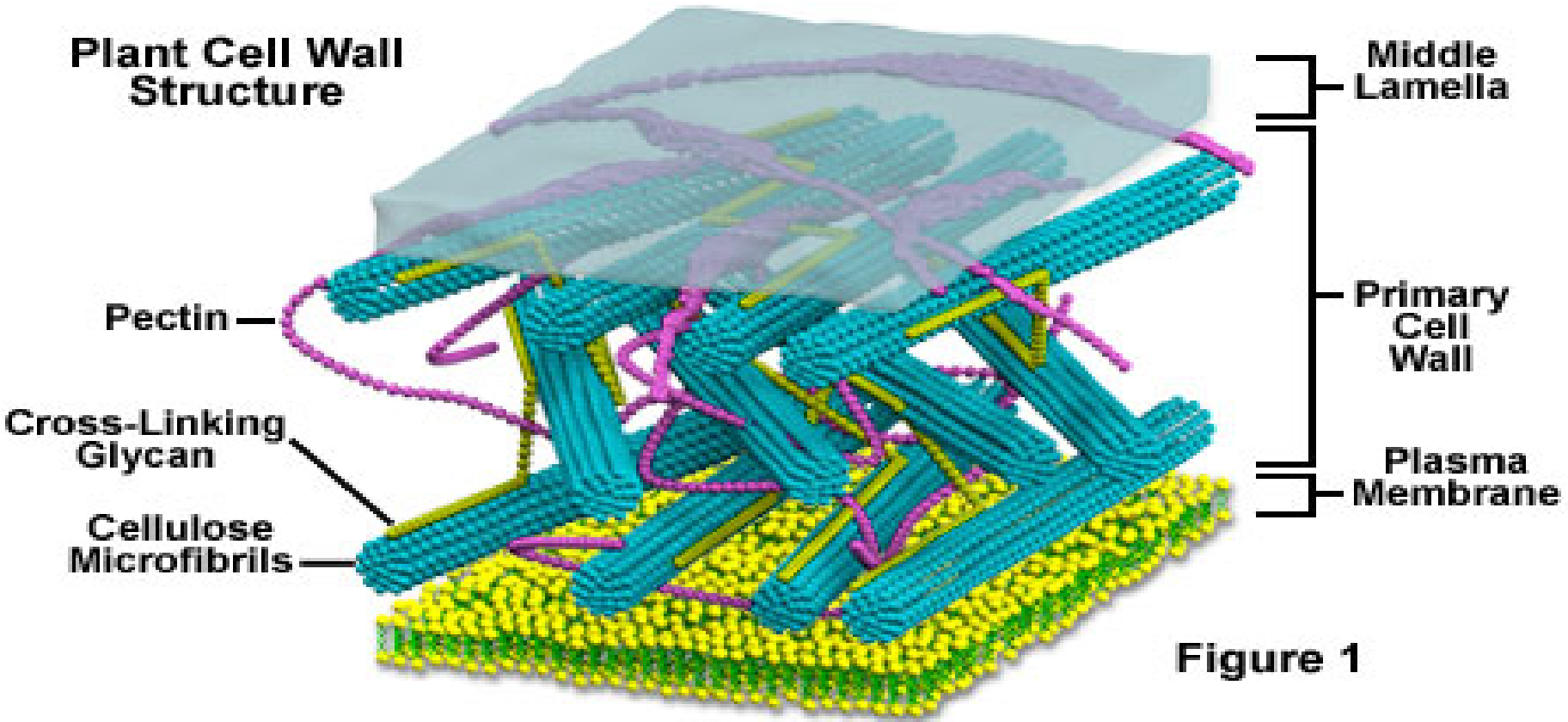
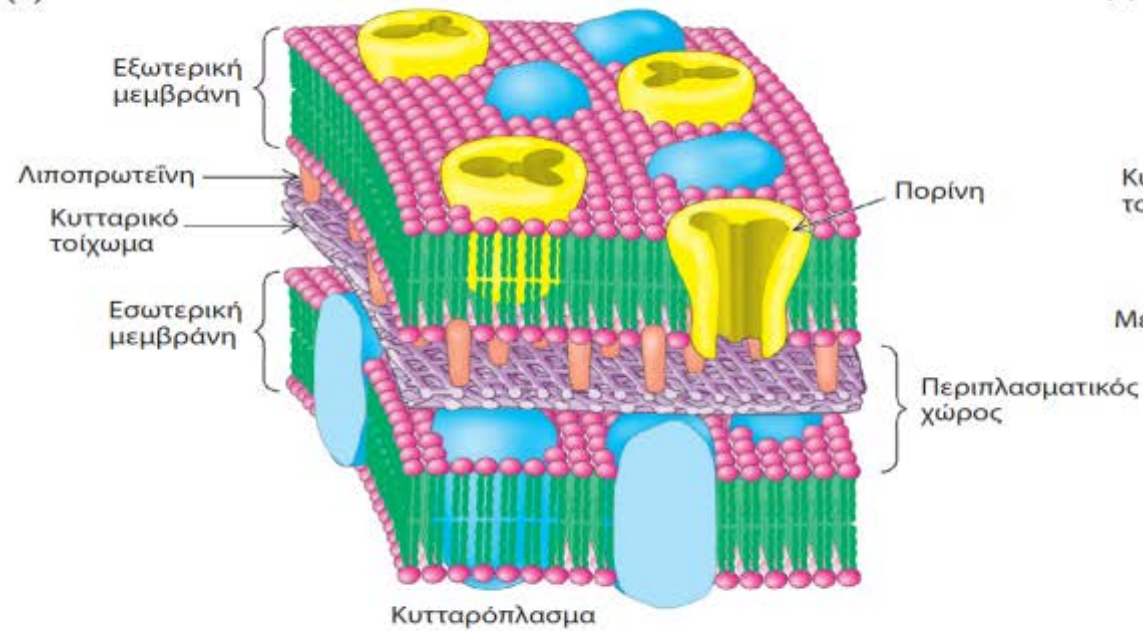


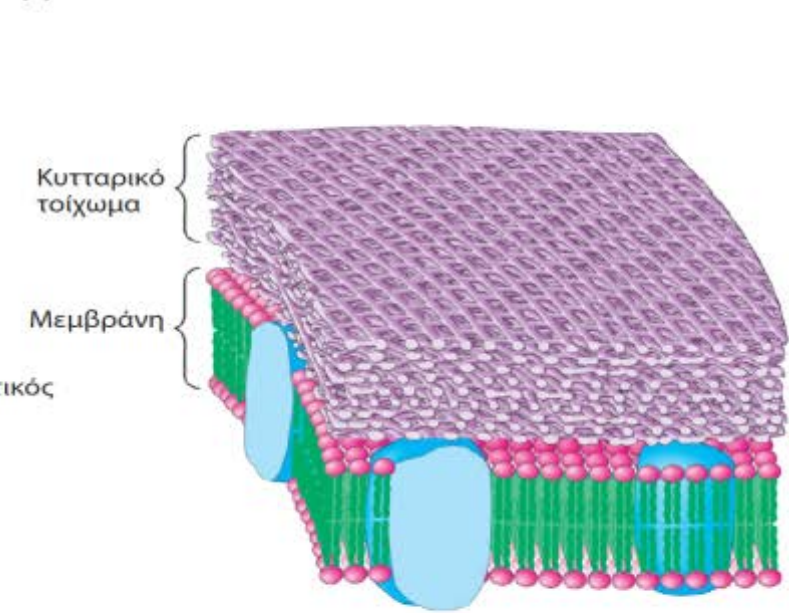
Figure 1



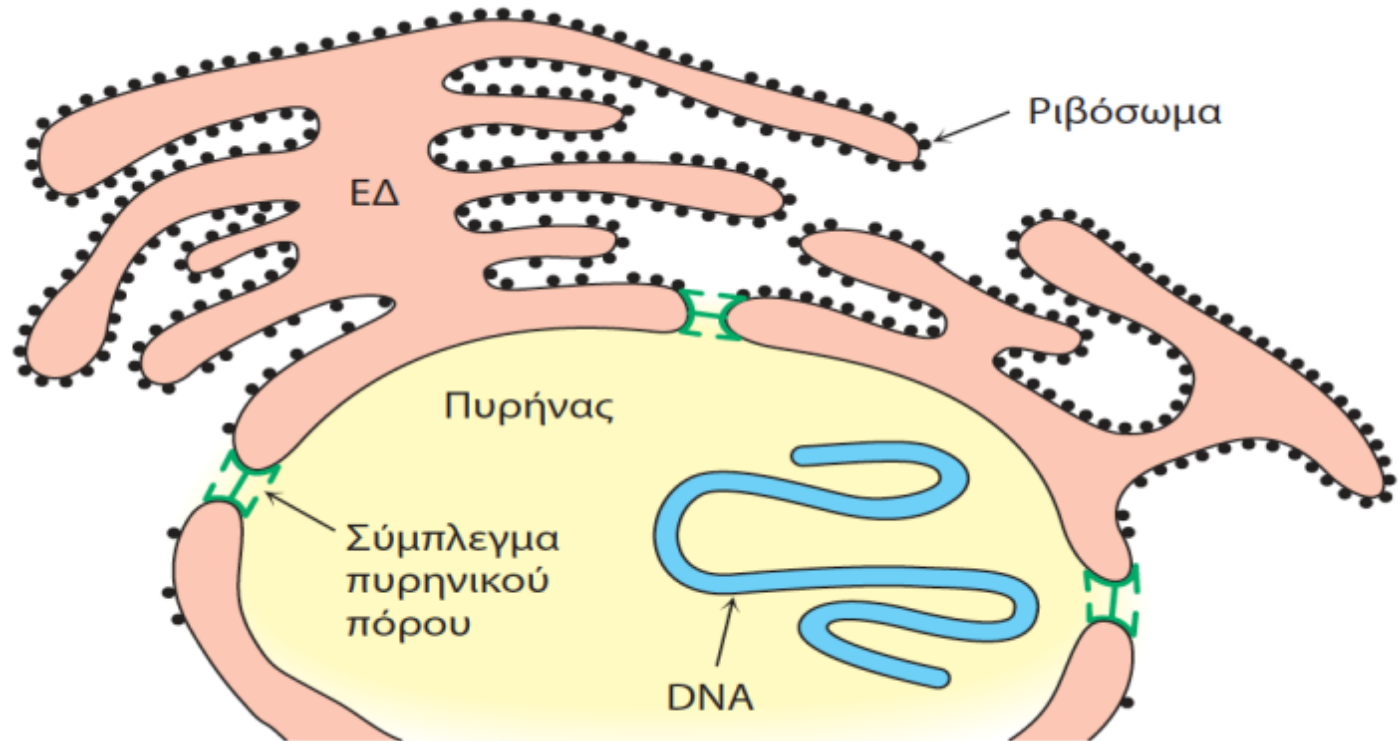
(A)



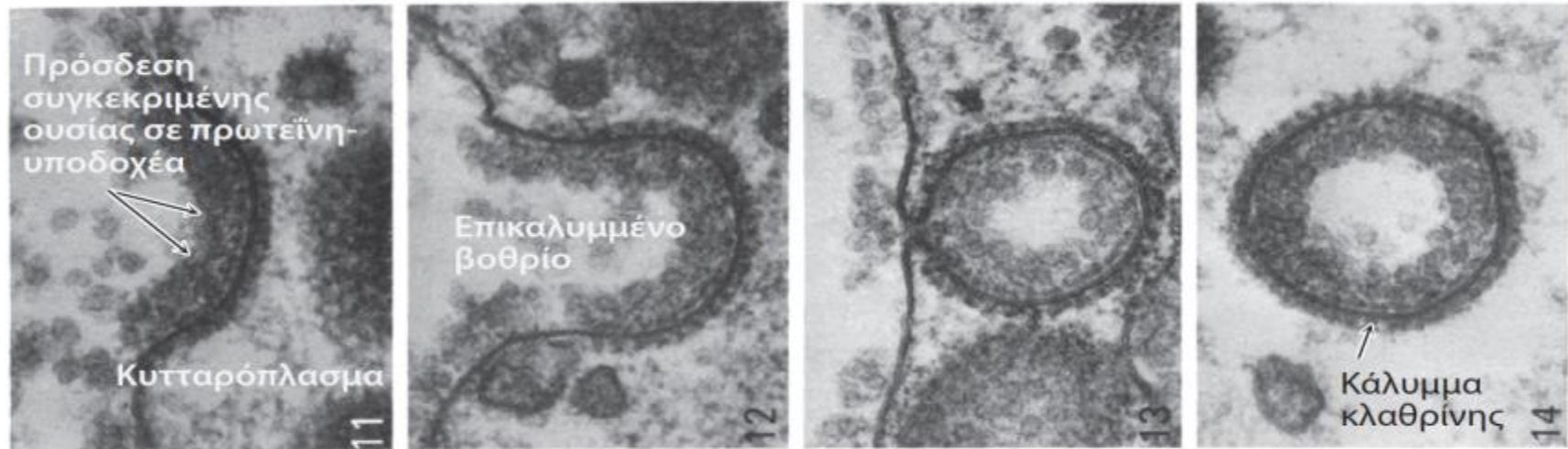
(B)



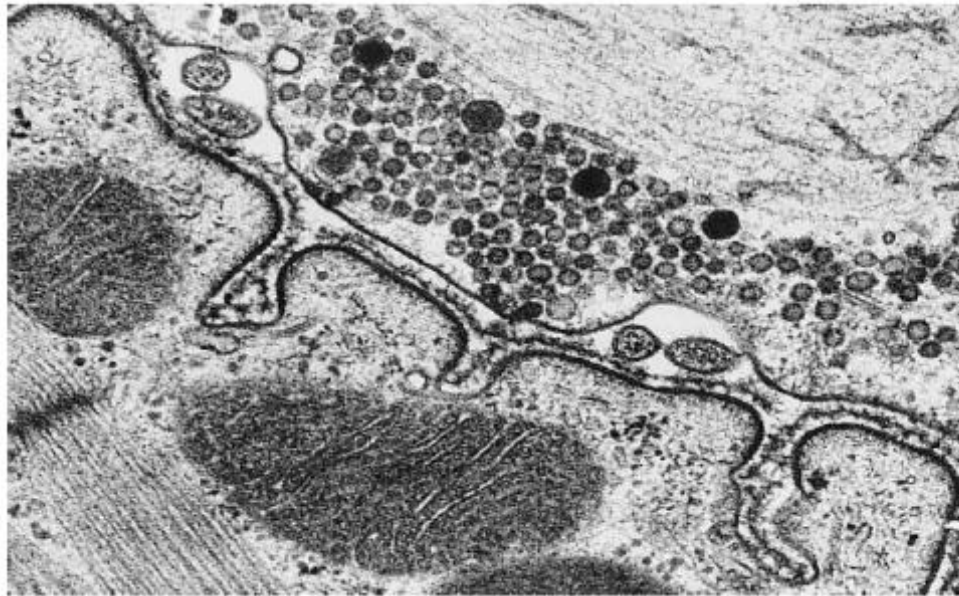
Εικόνα 12.35 Κυτταρικές μεμβράνες προκαρυωτικών οργανισμών. Σχηματική όψη της μεμβράνης σε βακτηριακά κύτταρα τα οποία περιβάλλονται από (A) δύο μεμβράνες, ή (B) μία μεμβράνη.



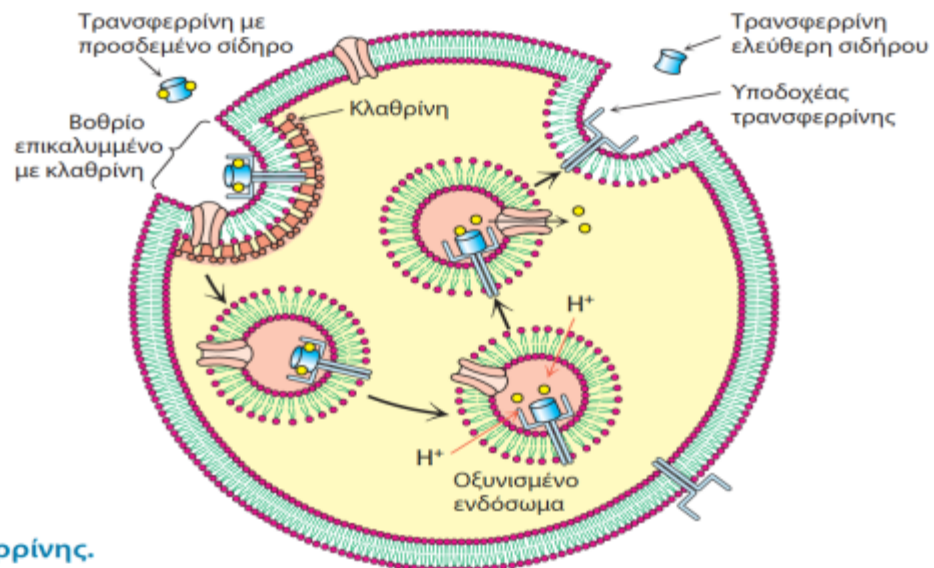
Εικόνα 12.36 Πυρηνικό περίβλημα. Το πυρηνικό περίβλημα είναι μια διπλή μεμβράνη η οποία συνδέεται με ένα άλλο μεμβρανικό σύστημα των ευκαρυωτικών οργανισμών, το ενδοπλασματικό δίκτυο (ΕΔ). [Κατά E.C. Shirmer and L. Gerace, *Genome Biol.* 3(4):1008.4, 2002, reviews, Fig. 1.]



Εικόνα 12.37 Σχηματισμός κυστιδίου με ενδοκυττάρωση μέσω υποδοχέα. Η πρόσδεση στον υποδοχέα που βρίσκεται στην επιφάνεια ενός κυττάρου επάγει τον σχηματισμό ενός εγκολπώματος με τη βοήθεια εξειδικευμένων ενδοκυτταρικών πρωτεϊνών όπως η κλαθρίνη. Η διεργασία έχει ως αποτέλεσμα τον σχηματισμό ενός κυστιδίου μέσα στο κύτταρο. [M.M. Perry and A.B. Gilbert. *J. Cell Sci.* 39:266, 1979.]

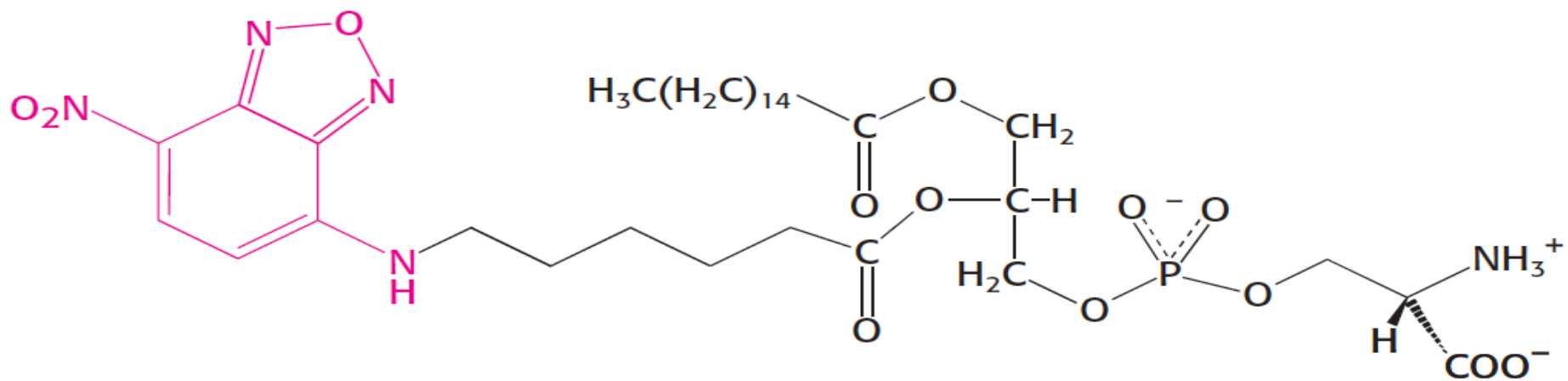


Εικόνα 12.38 Απελευθέρωση νευροδιαβιβαστή. Συναπτικά κυστίδια που περιέχουν μόρια νευροδιαβιβαστή βρίσκονται κοντά στην κυτταρική μεμβράνη ενός νευρώνα. Τα συναπτικά κυστίδια συντήκονται με την κυτταρική μεμβράνη απελευθερώνοντας τον νευροδιαβιβαστή μέσα στη συναπτική σχισμή. [T. Reese/Don Fawcett/Photo Researchers.]

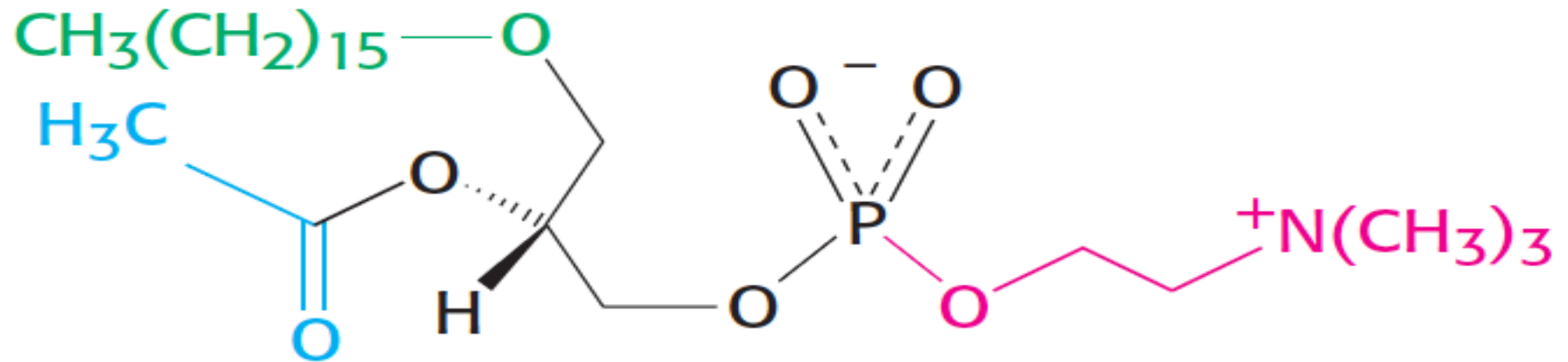


Εικόνα 12.39 Ο κύκλος του υποδοχέα της τρανσφερρίνης.

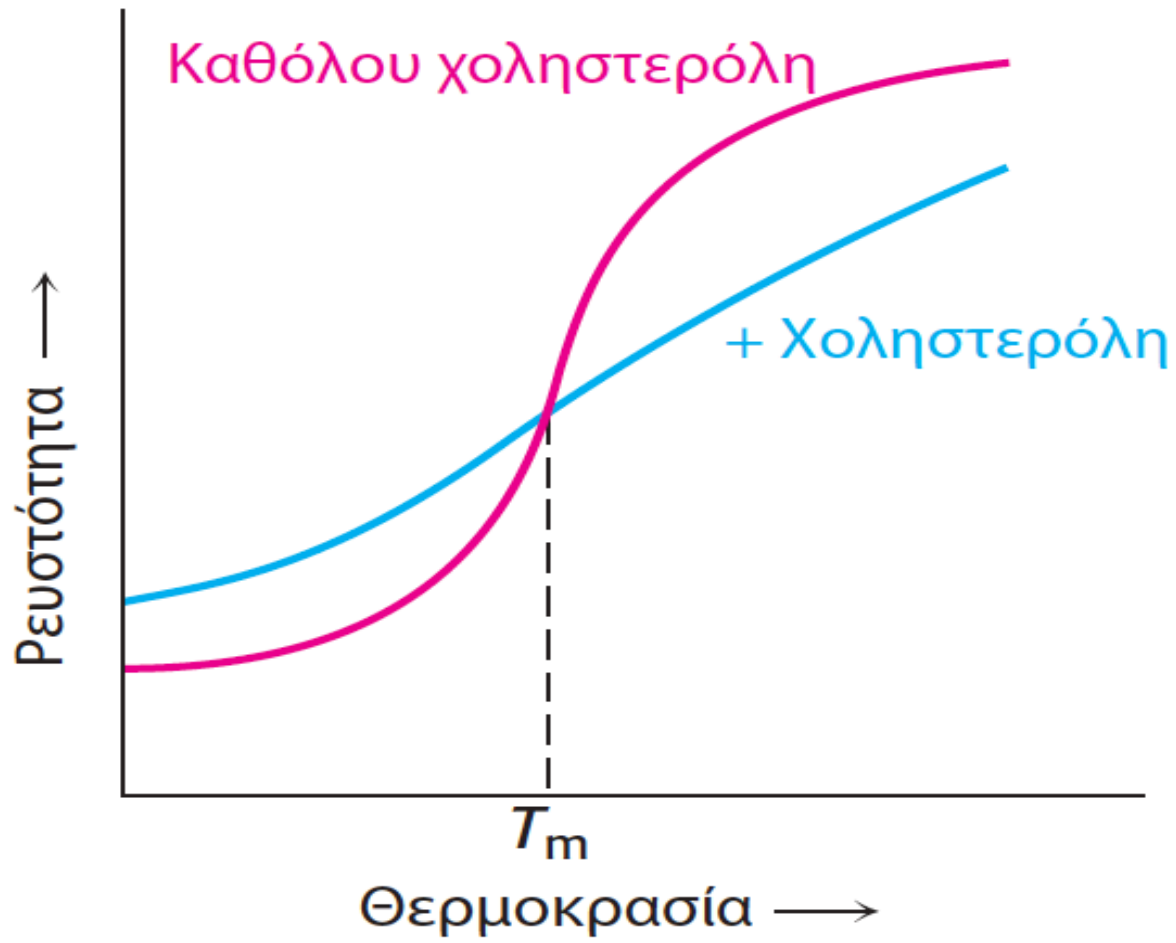
Τρανσφερρίνη με προσδεμένο σίδηρο δεσμεύεται στον υποδοχέα της (TfR, Transferrin Receptor) επάνω στην επιφάνεια των κυττάρων. Ακολουθεί ενδοκυττάρωση μέσω υποδοχέα, η οποία οδηγεί στον σχηματισμό ενός κυστιδίου που ονομάζεται ενδόσωμα. Καθώς το εσωτερικό του ενδοσώματος καθίσταται πιο όξινο μέσω αντλιών πρωτονίων, ο σίδηρος απελευθερώνεται από την τρανσφερρίνη και μέσω ειδικών διαύλων της μεμβράνης καταλήγει στο κυτταρόπλασμα και χρησιμοποιείται από το κύτταρο. Το σύμπλοκο μεταξύ τρανσφερρίνης ελεύθερης σιδήρου και του υποδοχέα της τρανσφερρίνης επιστρέφεται στη κυτταρική μεμβράνη ώστε να ακολουθήσει άλλος ένας κύκλος. [Κατά L. Zecca et al. *Nat. Rev. Neurosci.* 5:863-873, 2004, Fig. 1.]

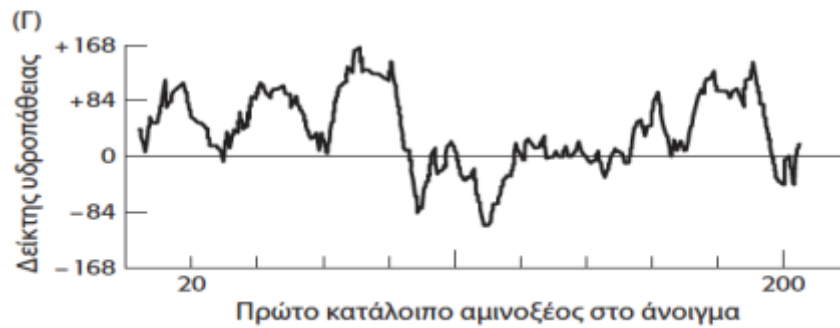
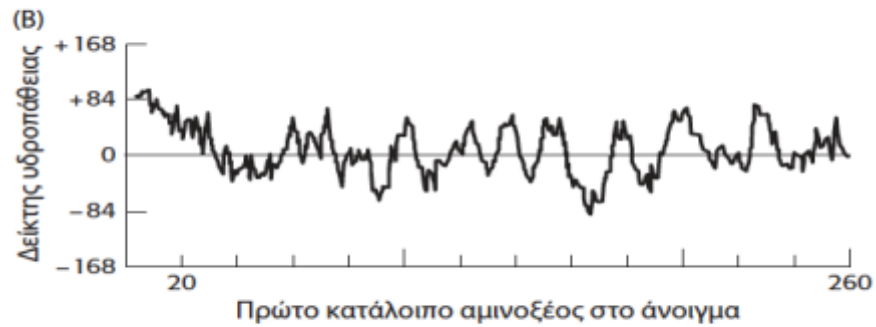
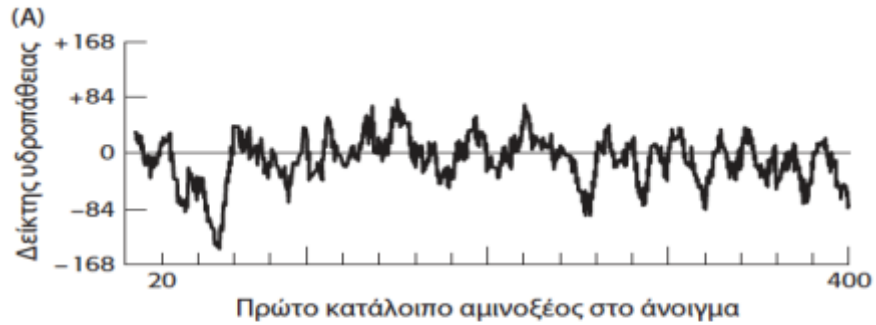


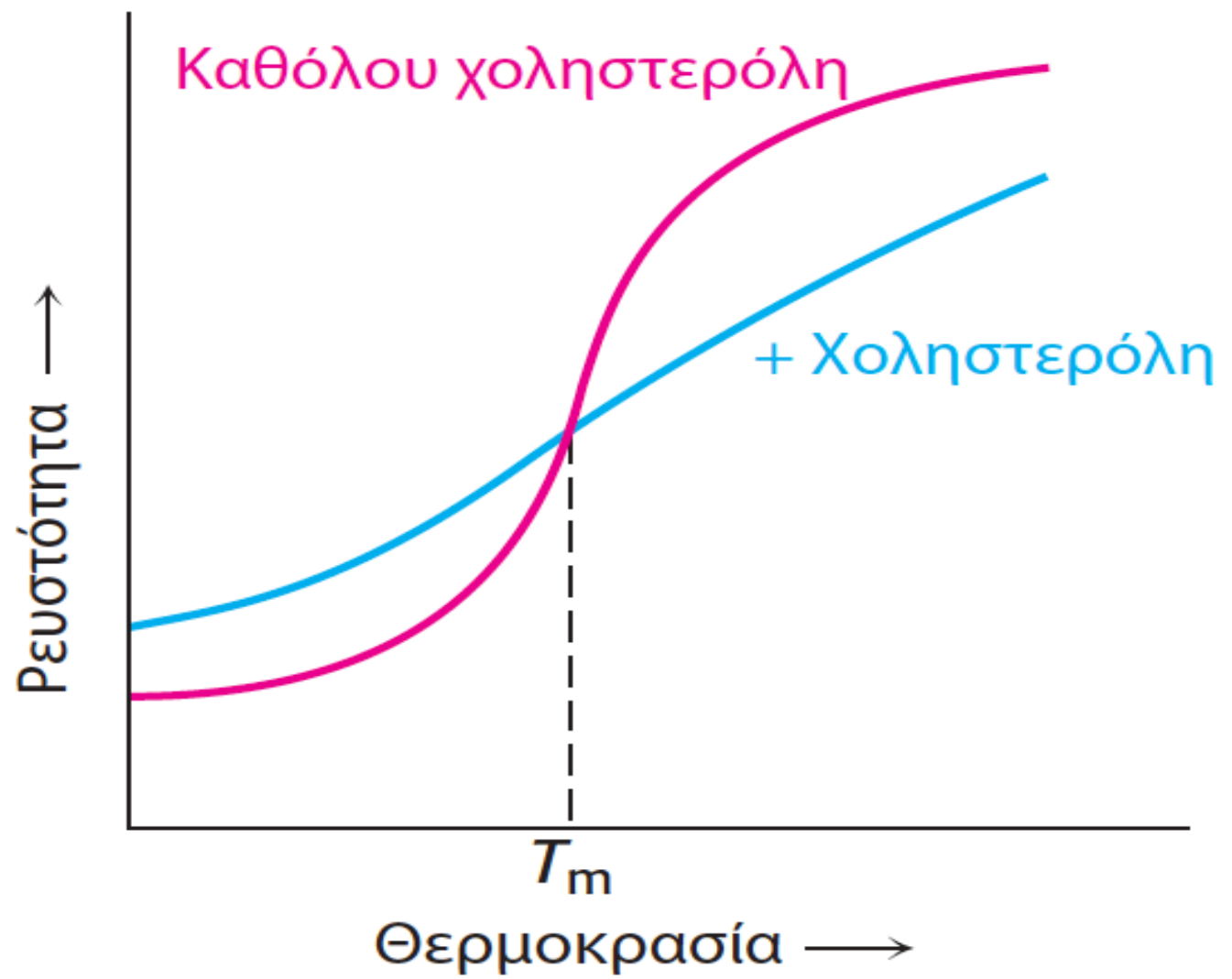
NBD-φωσφατιδυλοσερίνη (NBD-PS)



Παράγοντας ενεργοποίησης των αιμοπεταλίων (PAF)









Πίνακας 12.1 Μερικά λιπαρά οξέα που απαντούν στα ζώα

Αριθμός ατόμων άνθρακα	Αριθμός διπλών δεσμών	Κοινή ονομασία	Συστηματική ονομασία	Χημικός τύπος
12	0	Λαυρικό	<i>n</i> -Δωδεκανικό	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COO}^-$
14	0	Μυριστικό	<i>n</i> -Δεκατετρανικό	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COO}^-$
16	0	Παλμιτικό	<i>n</i> -Δεκαεξανικό	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COO}^-$
18	0	Στεατικό	<i>n</i> -Δεκαοκτανικό	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COO}^-$
20	0	Αραχιδικό	<i>n</i> -Εικοσανικό	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COO}^-$
22	0	Βεχενικό	<i>n</i> -Εικοσιδυανικό	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COO}^-$
24	0	Λιγνοκερικό	<i>n</i> -Εικοσιτετρανικό	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COO}^-$
16	1	Παλμιτελαϊκό	<i>cis</i> - Δ^9 -Δεκαεξενικό	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COO}^-$
18	1	Ελαϊκό	<i>cis</i> - Δ^9 -Δεκαοκτενικό	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COO}^-$
18	2	Λινελαϊκό	<i>cis,cis</i> - Δ^9, Δ^{12} -Δεκαοκταδιενικό	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_2(\text{CH}_2)_6\text{COO}^-$
18	3	Λινολενικό	all- <i>cis</i> - $\Delta^9, \Delta^{12}, \Delta^{15}$ -Δεκαοκτατριενικό	$\text{CH}_3\text{CH}_2(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_3(\text{CH}_2)_6\text{COO}^-$
20	4	Αραχιδονικό	all- <i>cis</i> $\Delta^5, \Delta^8, \Delta^{11}, -\Delta^{14}$ Εικοσιτετραενικό	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_4(\text{CH}_2)_2\text{COO}^-$



Πίνακας 12.2 Κλίμακα πολικότητας για την ταυτοποίηση διαμεμβρανικών ελίκων

Κατάλοιπο αμινοξέος	Ελεύθερη ενέργεια μεταφοράς σε kJ mol^{-1} (kcal mol^{-1})
Phe	15,5 (3,7)
Met	14,3 (3,4)
Ile	13,0 (3,1)
Leu	11,8 (2,8)
Val	10,9 (2,6)
Cys	8,4 (2,0)
Trp	8,0 (1,9)
Ala	6,7 (1,6)
Thr	5,0 (1,2)
Gly	4,2 (1,0)
Ser	2,5 (0,6)
Pro	-0,8 (-0,2)
Tyr	-2,9 (-0,7)
His	-12,6 (-3,0)
Gln	-17,2 (-4,1)
Asn	-20,2 (-4,8)
Glu	-34,4 (-8,2)
Lys	-37,0 (-8,8)
Asp	-38,6 (-9,2)
Arg	-51,7 (-12,3)

Πηγή: Κατά D. M. Engelman, T. A. Steitz, and A. Goldman, *Annu. Rev. Biophys. Biophys. Chem.* 15(1986):321–353.

Σημείωση: Οι τιμές ελεύθερης ενέργειας αφορούν τη μεταφορά ενός καταλοίπου αμινοξέος σε μια έλικα από το εσωτερικό της μεμβράνης (με διηλεκτρική σταθερά ίση με 2) στο νερό.

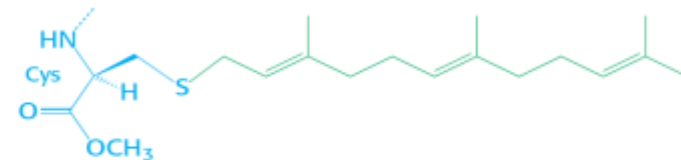


Πίνακας 12.3 Θερμοκρασία τήξης της φωσφατιδυλοχολίνης η οποία περιέχει διαφορετικά ζεύγη ταυτόσημων αλυσίδων λιπαρών οξέων

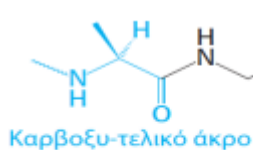
Λιπαρό οξύ				
Αριθμός ατόμων άνθρακα	Αριθμός διπλών δεσμών	Κοινή ονομασία	Συστηματική ονομασία	T_m (°C)
22	0	Βεχενικό	<i>n</i> -Εικοσιδυανικό	75
18	0	Στεατικό	<i>n</i> -Δεκαοκτανικό	58
16	0	Παλμιτικό	<i>n</i> -Δεκαεξανικό	41
14	0	Μυριστικό	<i>n</i> -Δεκατετρανικό	24
18	1	Ελαϊκό	<i>cis</i> - Δ^9 -Δεκαοκτενικό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



S-Παλμιτοϋλοκυστεΐνη

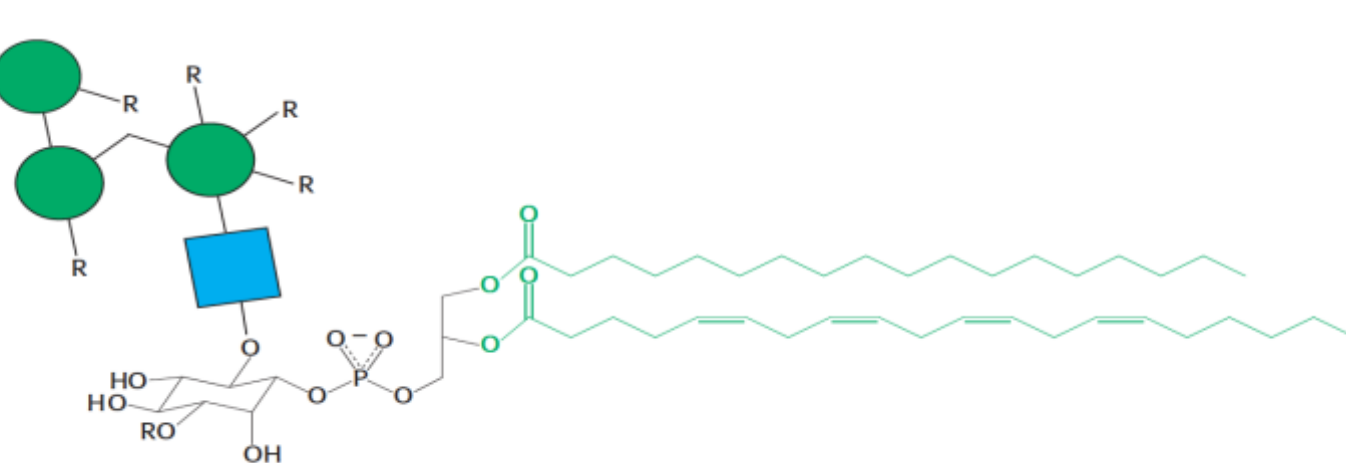


Καρβοξυ-τελικός μεθυλεστέρας της S-φαρνεσυλοκυστεΐνης



Εικόνα 12.26 Μεμβρανικές άγκυρες.

Οι μεμβρανικές άγκυρες είναι υδρόφοβες ομάδες που προσδέονται ομοιοπολικά σε πρωτεΐνες (με μπλε) και συνδέουν τις πρωτεΐνες στις μεμβράνες. Οι πράσινοι κύκλοι και τα μπλε τετράγωνα αντιστοιχούν σε μαννόζη και GlcNAc. Οι ομάδες R αντιπροσωπεύουν σημεία πρόσθετης τροποποίησης.



Άγκυρα Γλυκοζυλο-φωσφατιδυλοϊνοσιτόλης (GPI)



Εικόνα 12.28 Γραφική παράσταση υδροπάθειας για την πορίνη. Δεν εμφανίζονται ισχυρές κορυφές γι' αυτή την ενσωματωμένη μεμβρανική πρωτεΐνη, διότι αποτελείται από διαμεμβρανικές β -πτυχώσεις και όχι από α -έλικες.



Βιβλιογραφία

1. Jeremy M Berg, John L Tymoczko, Lubert Stryer, ΒΙΟΧΗΜΕΙΑ, 5^η έκδοση, Α τόμος, Παν/κές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, 2004. Βλέπε και διαδικτυακό τόπο του βιβλίου www.whfreeman.com/Berg7e/
2. Διαμαντίδη Γρ., ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑ, 3^η έκδοση, University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 2007/2010.
3. Campbell NA, Reece JB. *Βιολογία*, τόμος Ι. 8^η έκδοση, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, 2010.
4. Γ. Μουρκίδη, Γεωργική Χημεία, Θεσσαλονίκη, 1971. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
5. Geoffrey [Zubay](#), William [Parson](#), Diane E. [Vance](#). Αρχές βιοχημείας, [ιατρικές Εκδόσεις Π. Χ. Πασχαλίδης](#), Αθήνα 1999. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
6. David L. [Nelson](#), Michael M. [Cox](#). *Lehninger*, Principles of Biochemistry (υπάρχει και μεταφρασμένη ελληνική έκδοση) Βασικές αρχές βιοχημείας. Μεταφραστές: Κ.Ε. [Σταματόπουλος](#), Α.Ν. [Χατζηδημητρίου](#). Επιμελητής: Α.Γ. [Παπαβασιλείου](#). [ιατρικές Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης](#), Αθήνα, 2007. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
7. Mathews D, van Holde KE. BIOCHEMISTRY, 3rd edition, Benjamin Cummings, Menlo Park, 2003. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
8. John Clark, Robert ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑ. Παν/κές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, 1992, 2^η εκτύπωση, 2001. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
9. ΙΓ Γεωργιάτσου, Δ. Κυριακίδης, Τ. Γιουψάνης, κ.ά. Εργαστηριακές Ασκήσεις Βιοχημείας. Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη, 2004. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
10. Οδηγός μελέτης του μαθήματος (φυλλάδιο που χορηγείται στη διάλεξη).



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

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

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.





Σημείωμα Αναφοράς

Παπαδόπουλος, Γ. Βιοχημεία - Αρχές Βιοτεχνολογίας.
Τεχνολογικό Ίδρυμα Ηπείρου. Διαθέσιμο από:
<http://eclass.teiep.gr/courses/TEXG119/>





Σημείωμα Αδειοδότησης

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



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

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



Τέλος Ενότητας

Επεξεργασία: Αντώνιος Σακελλάριος
Άρτα, 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΒΟΝΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ





Τέλος Ενότητας

Λιπίδια, κυτταρικές μεμβράνες

