



Τεχνολογικό
Πανεπιστήμιο
Κύπρου

ΧΗΜ103 ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΧΗΜΙΚΟΥΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ

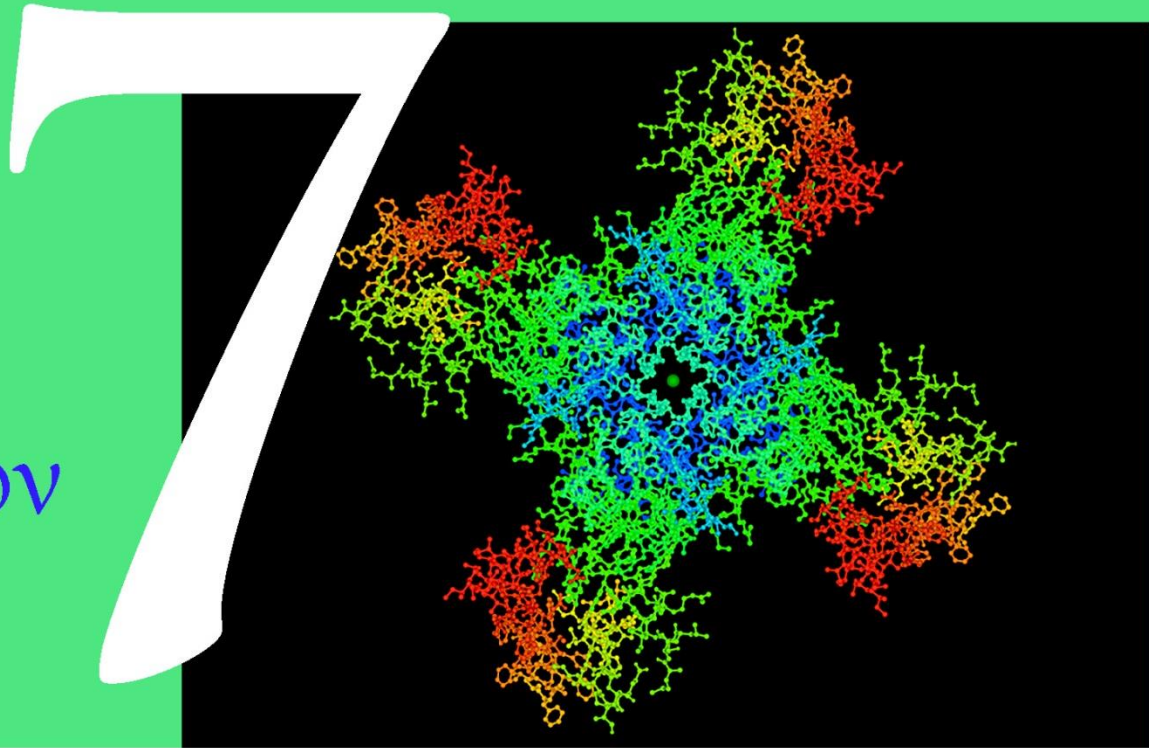
Δρ. Μάρλεν Ι. Βάσκες

Σχολή Γεωτεχνικών Επιστημών και Διαχείρισης Περιβάλλοντος

Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Περιβάλλοντος

Προπτυχιακό Πρόγραμμα Χημικής Μηχανικής

Δομή και λειτουργία των μεμβρανών

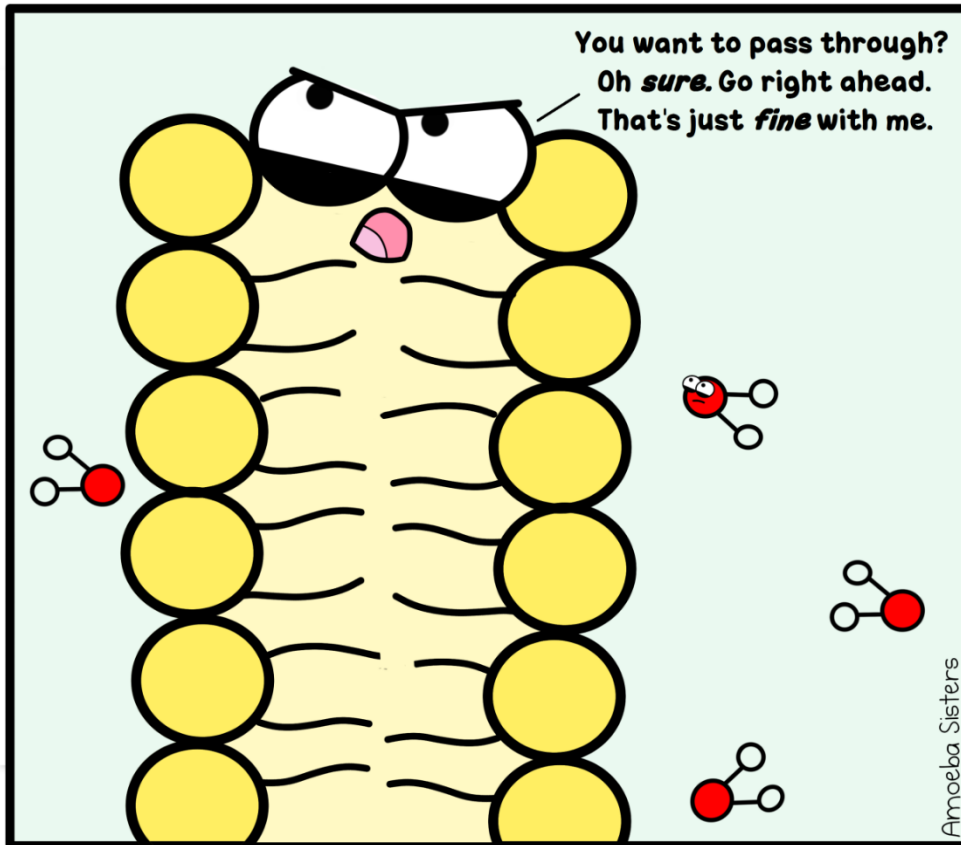


▲ **Εικόνα 7.1** Με ποιον τρόπο ρυθμίζουν οι πρωτεΐνες της κυτταροπλασματικής μεμβράνης την κίνηση των διαφόρων χημικών ουσιών;

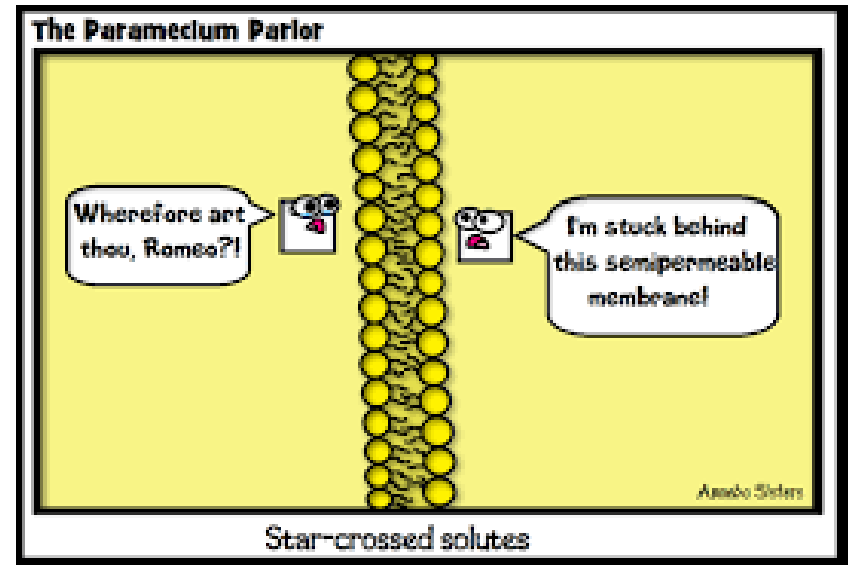
- Αντλία K^+ στα νευρικά κύτταρα
- Εκλεκτική διαπερατότητα των κυτταρικών μεμβρανών

Κυτταρική μεμβράνη: εκλεκτικός φραγμός

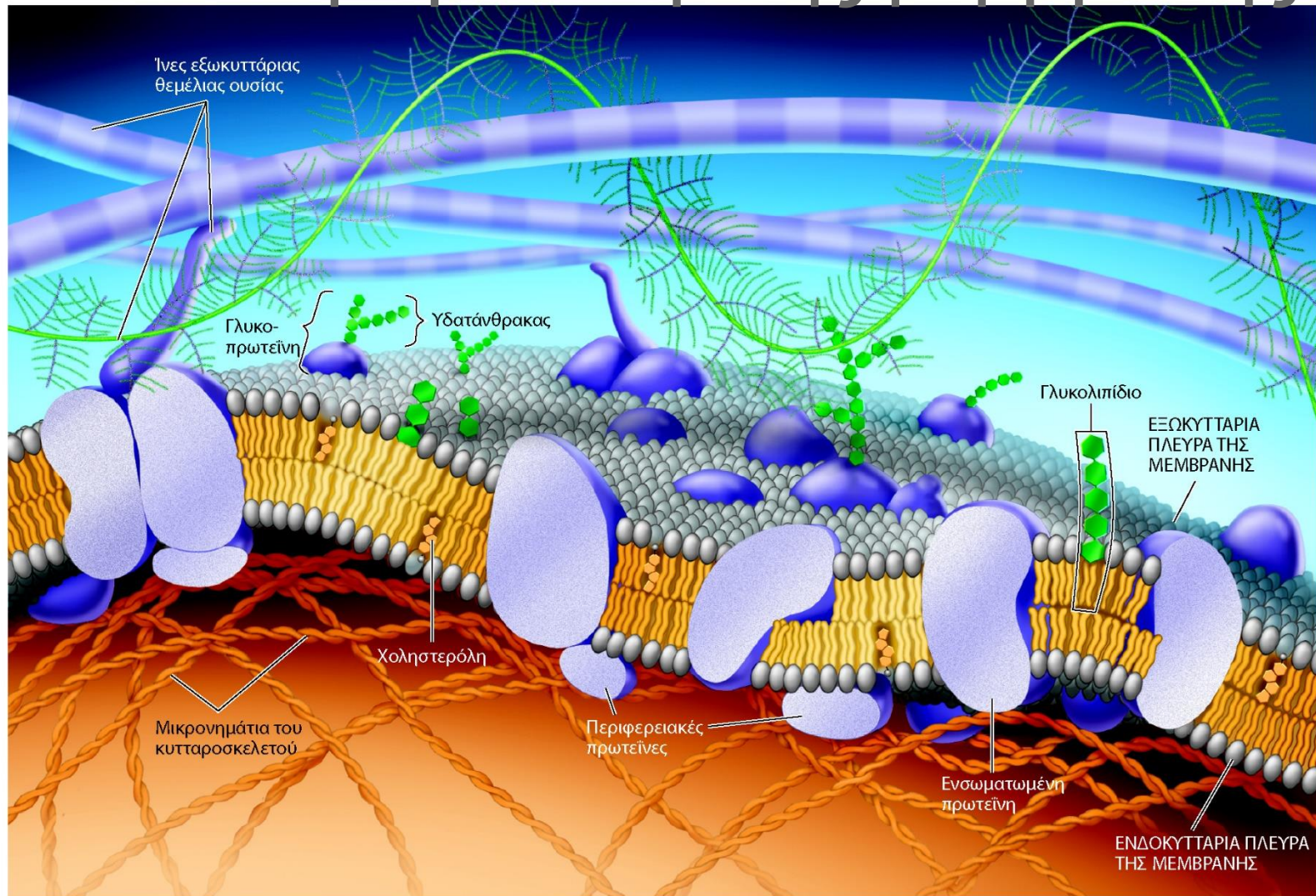
Paramecium Parlor



Semipermeable membranes:
putting the "passive" in passive transport.



ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΚΥΤΤΑΡΙΚΗΣ ΜΕΜΒΡΑΝΗΣ



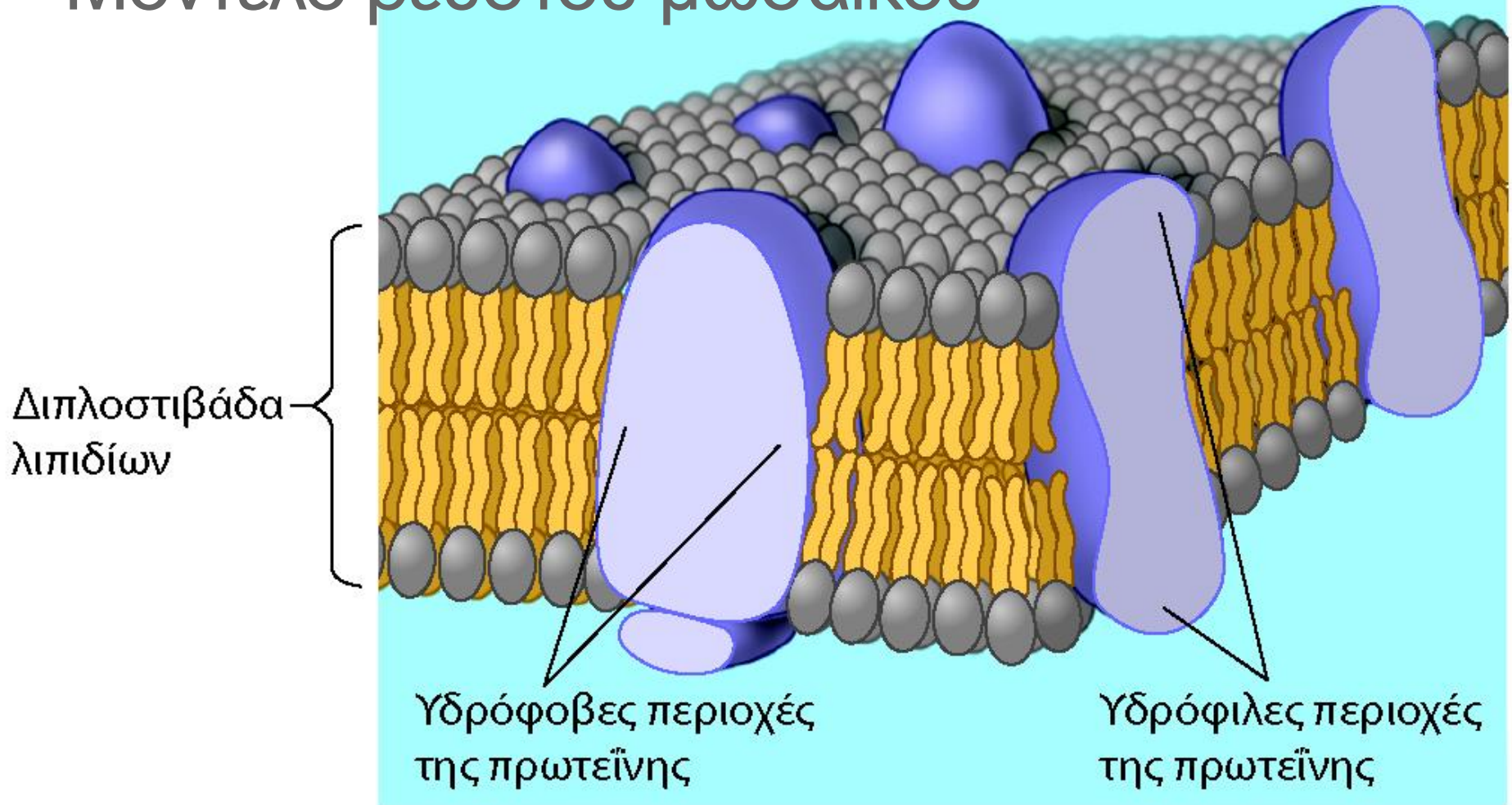
▲ **Εικόνα 7.7** Λεπτομερής δομή της κυτταροπλασματικής μεμβράνης ζωικού κυττάρου, όπως φαίνεται σε αποκομμένο μεμβρανικό τμήμα.

- Φωσφολιπίδια
- Χοληστερόλη
- Ενσωματωμένες πρωτεΐνες
- Περιφερειακές πρωτεΐνες
- Περιφερειακές πρωτεΐνες
- Γλυκολιπίδια

Χαρακτηριστικά κυτταρικής μεμβράνης

- Βασικά συστατικά της κυτταρικής μεμβράνης είναι:
 - Τα φωσφολιπίδια
 - Οι πρωτεΐνες
 - Οι υδατάνθρακες
- Προτείνεται το μοντέλο ρευστού μωσαϊκού, ότι δηλαδή η μεμβράνη είναι μια ρευστή δομή με μωσαϊκό πρωτεϊνών
- Η ρευστότητα διατηρεί την εκλεκτική διαπερατότητα και τη λειτουργία των ενζύμων που βρίσκονται σε αυτή
- Είναι εκλεκτικά διαπερατές δηλαδή αφήνουν ορισμένες ουσίες να περάσουν ευκολότερα από άλλες
- Η εμφάνισή τους ήταν καθοριστική για την εξέλιξη της ζωής
- Με ποιο τρόπο ελέγχονται τη διέλευση ουσιών από την κυτταρική μεμβράνη;

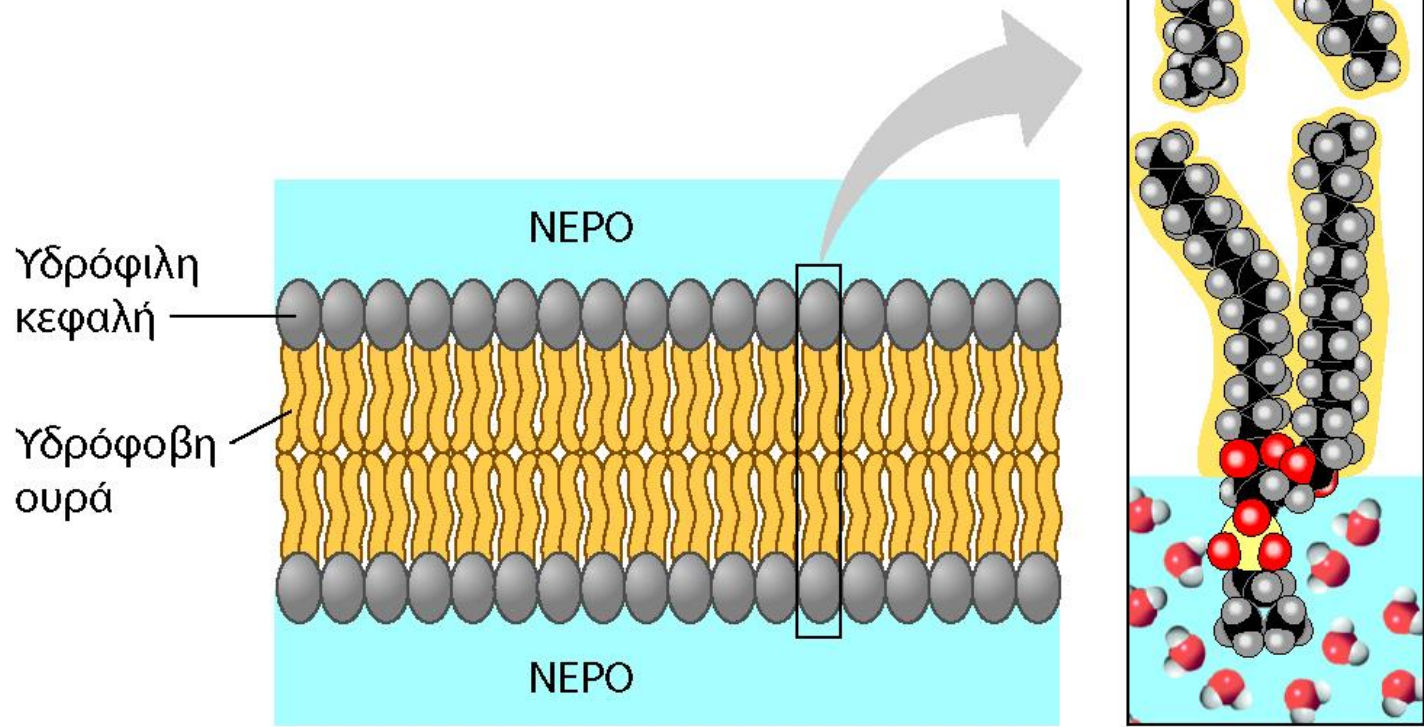
Μοντέλο ρευστού μωσαϊκού



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

Φωσφολιπίδια

- Είναι αμφιπαθή μόρια γιατί διαθέτουν δυο περιοχές με διαφορετικές χημικές ιδιότητες (υδρόφιλη και υδρόφοβη)

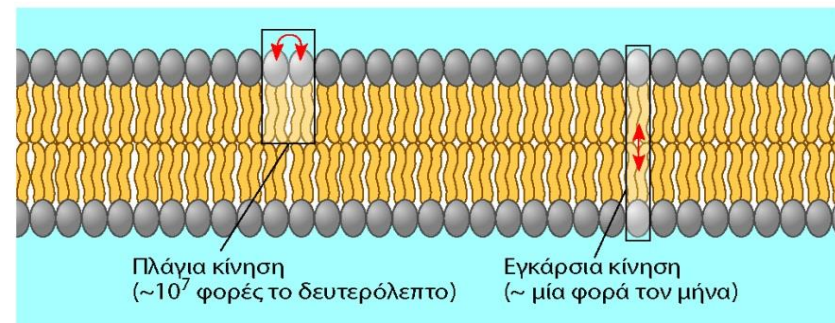


▲ **Εικόνα 7.2** Διπλοστιβάδα φωσφολιπιδίων (εγκάρσια διατομή).

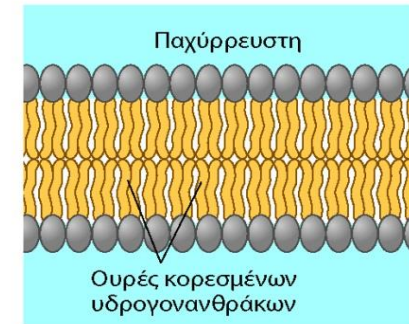
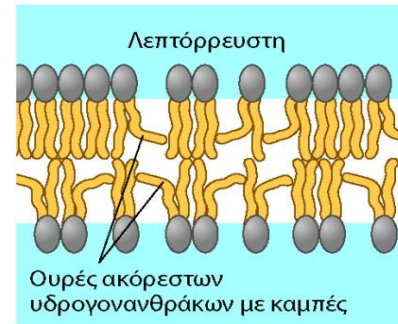
Ρευστότητα μεμβρανών

Οι παράγοντες που φαίνεται να ευνοούν τη ρευστότητα των μεμβρανών είναι:

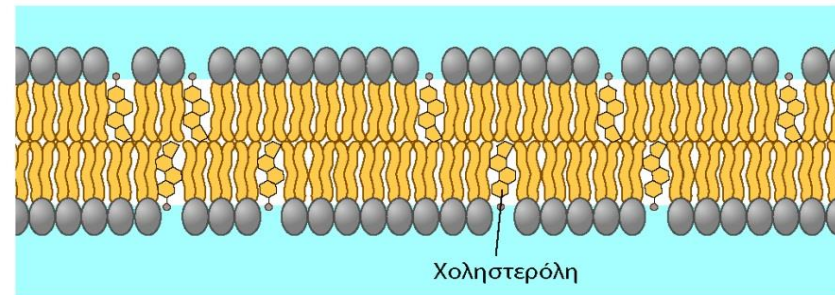
1. Τα φωσφολιπίδια φαίνεται να κινούνται με πλάγια κίνηση πολύ συχνά αλλά και με εγκάρσια κίνηση
2. Τα φωσφολιπίδια με ακόρεστα λιπαρά οξέα έχουν κεκαμμένη ουρά που παρεμποδίζει τα μόρια να δημιουργούν πυκνούς σχηματισμούς
3. Η στεροειδής χοληστερόλη στα ζωικά κύτταρα λειτουργεί ως θερμοκρασιακός ρυθμιστής που αντιστέκεται στις μεταβολές της ρευστότητας λόγω μεταβολών της θερμοκρασίας
 - Σε θερμοκρασίες γύρω στους 37 °C η χοληστερόλη μειώνει τη ρευστότητα
 - Σε χαμηλές θερμοκρασίες εμποδίζει τη στερεοποίηση της μεμβράνης



(α) **Κινήσεις των φωσφολιπιδίων.** Συχνότερη κίνηση που κάνουν τα λιπίδια σε μια μεμβράνη είναι η πλάγια. Οι εγκάρσιες κινήσεις («flip-flop») είναι σπάνιες.

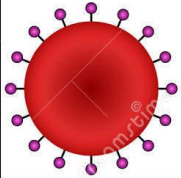
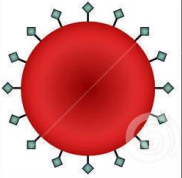
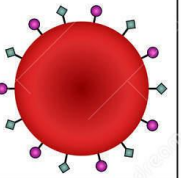
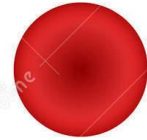





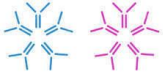


(β) **Ρευστότητα της μεμβράνης.** Οι καμπές που σχηματίζουν οι ακόρεστοι υδρογονάνθρακες στις ουρές των λιπιδίων εμποδίζουν τα μόρια των φωσφολιπιδίων να δημιουργήσουν πυκνούς σχηματισμούς, συνεπώς αυξάνεται η ρευστότητα της μεμβράνης.



(γ) **Χοληστερόλη μέσα στην κυτταροπλασματική μεμβράνη των ζωικών κυττάρων.** Η χοληστερόλη μειώνει τη ρευστότητα της μεμβράνης στις μέτριες θερμοκρασίες, επειδή μειώνει την κίνηση των φωσφολιπιδίων. Στις χαμηλές θερμοκρασίες, ωστόσο, εμποδίζει τη στερεοποίηση της μεμβράνης επειδή διακόπτει τη σύμπτυξη των φωσφολιπιδίων.

Ποια ομάδα αίματος είσαι; Τι σημαίνει αυτό;

ABO Blood Group System				
Group	A	B	AB	O
Red Blood Cell Type				
Antigens Present	 Antigen A	 Antigen B	 Antigen A & B	None
Antibodies Present	 Anti-B	 Anti-A	None	 Anti-A & Anti-B



Download from
Dreamstime.com
This watermarked comp image is for previewing purposes only.

36572498

Mrhighsky | Dreamstime.com

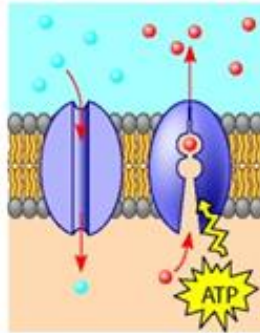
Μεμβρανικές πρωτεΐνες (δομή)

- Ενώ το κύριο συστατικό των κυτταρικών μεμβρανών είναι τα φωσφολιπίδια, η λειτουργία τους καθορίζεται από τις πρωτεΐνες της
- Υπάρχουν δύο είδη μεμβρανικών πρωτεϊνών
 - Οι **ενσωματωμένες** πρωτεΐνες διεισδύουν στον υδρόφοβο πυρήνα της λιπιδικής στιβάδας
 - Διαμεμβρανικές πρωτεΐνες: διαπερνούν τη μεμβράνη καθ'όλο το πάχος της. Μερικές σχηματίζουν στο κέντρο τους υδρόφιλο δίαυλο που επιτρέπουν τη διέλευση υδρόφιλων ουσιών
 - Ενσωματομένες πρωτεΐνες: εισέρχονται μέχρι ορισμένο μόνο βάθος μέσα στην υδρόφοβη περιοχή
 - Οι **περιφερειακές** πρωτεΐνες δεν βυθίζονται στη λιπιδική διπλοστιβάδα. Συνδέονται χαλαρά με την επιφάνεια της μεμβράνης

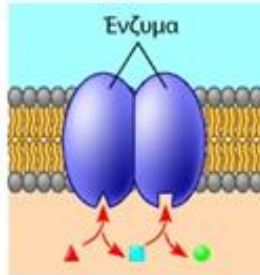
Μεμβρανικές πρωτεΐνες (λειτουργία)

- Μεταφορά
 - Μια πρωτεΐνη μπορεί να δημιουργήσει διάυλο ή να δεσμεύουν ενώσεις στη μια πλευρά και τροποποιώντας την να τη μεταφέρουν στην άλλη πλευρά
- Ενζυμική λειτουργία
 - Μια πρωτεΐνη μπορεί να λειτουργεί ως ένζυμο
- Μεταγωγή σήματος
 - Μια πρωτεΐνη μπορεί να λειτουργεί ως υποδοχέας χημικών μηνυμάτων
- Διακυτταρική αναγνώριση
 - Ορισμένες γλυκοπρωτεΐνες λειτουργούν ως στοιχεία ταυτότητας των κυττάρων
- Διακυτταρική σύνδεση
 - Μεμβρανικές πρωτεΐνες γειτονικών κυττάρων μπορεί να δημιουργούν ισχυρές συνδέσεις μεταξύ τους
- Προσκόλληση στον κυτταροσκελετό και στη θεμέλια ουσία
 - Μερικές πρωτεΐνες μπορούν να συντονίσουν εξωκυττάρια μεταβολές με ενδοκυττάρια διεργασίες

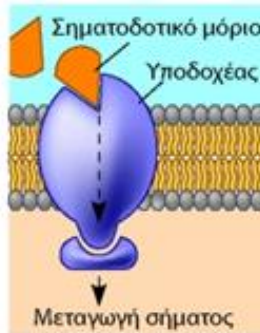
(α) Μεταφορά. Αριστερά: Μια πρωτεΐνη που διαπερνά όλο το πάχος της μεμβράνης μπορεί να λειτουργεί ως υδρόφιλος διάυλος, επιτρέποντας την επιλεκτική διέλευση συγκεκριμένης μόνο διαλυμένης ουσίας. Δεξιά: Άλλες μεταφορικές πρωτεΐνες δεσμεύουν κάποια ουσία στη μία πλευρά της μεμβράνης και, μέσω μεταβολών της πρωτεϊνικής τους δομής, τη μεταφέρουν στην άλλη. Μερικές από τις πρωτεΐνες αυτές υδρολύουν ATP για να αντλήσουν την ενέργεια που απαιτείται για την ενεργό μεταφορά των ουσιών διαμέσου της μεμβράνης.



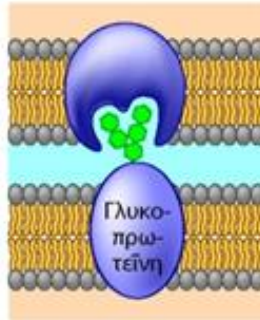
(β) Ενζυμική λειτουργία. Μια πρωτεΐνη ενσωματωμένη στη μεμβράνη μπορεί να λειτουργεί ως ένζυμο, με το ενεργό του κέντρο εκτεθειμένο στις ουσίες του διαλύματος με το οποίο γειτονεύει. Σε μερικές περιπτώσεις, τα ενσωματωμένα στη μεμβράνη ένζυμα οργανώνονται σε ομάδες, καταλύοντας τα διαδοχικά στάδια μιας μεταβολικής οδού.



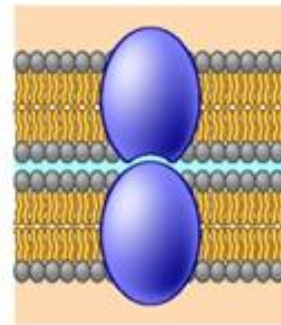
(γ) Μεταγωγή σήματος. Μια μεμβρανική πρωτεΐνη μπορεί να λειτουργεί ως υποδοχέας και να διαθέτει μια θέση δέσμησης εξειδικευμένη για κάποιο χημικό σηματοδοτικό μόριο (π.χ. μια ορμόνη). Η δέσμευση εκεί του εξωτερικού σηματοδοτικού μορίου (εξωτερικού αγγελιαφόρου) μεταβάλλει τη στερεοδομή του πρωτεϊνικού υποδοχέα, που έτσι μεταδίδει το μήνυμα στο εσωτερικό του κυττάρου, συνήθως με τη διαμεσολάβηση κάποιας κυτταροπλασματικής πρωτεΐνης (βλ. Εικόνα 11.6.)



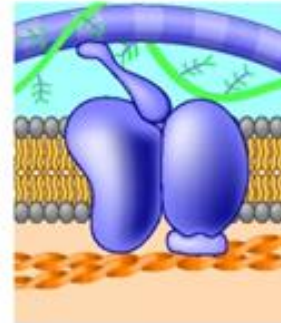
(δ) Διακυτταρική αναγνώριση. Μερικές γλυκοπρωτεΐνες λειτουργούν ως στοιχεία ταυτότητας που αναγνωρίζονται ειδικά από τις μεμβρανικές πρωτεΐνες άλλων κυττάρων.



(ε) Διακυτταρική σύνδεση. Μεμβρανικές πρωτεΐνες γειτονικών κυττάρων μπορεί να δημιουργούν ισχυρές συνδέσεις μεταξύ τους, σχηματίζοντας συνδέσεις διαφόρων ειδών, όπως είναι οι χασματικές συνδέσεις και οι στενές συνδέσεις (βλ. Εικόνα 6.32).



(στ) Προσκόλληση στον κυτταροσκελετό και στην εξωκυττάρια θεμέλια ουσία. Οι πρωτεΐνες της μεμβράνης μπορεί να δεσμεύονται μη ομοιοπολικά με μικρονημάτια ή άλλα στοιχεία του κυτταροσκελετού, συνεισφέροντας στη διατήρηση του κυτταρικού σχήματος και στη σταθεροποίηση της θέσης ορισμένων μεμβρανικών πρωτεϊνών. Οι πρωτεΐνες που συνδέονται με μόρια της εξωκυττάριας θεμέλιας ουσίας μπορούν να συντονίζουν διάφορες εξωκυττάριας μεταβολές με ενδοκυττάριας διεργασίες (βλ. Εικόνα 6.30).



▲ Εικόνα 7.9 Μερικές λειτουργίες των μεμβρανικών πρωτεϊνών.

Συχνά, η ίδια πρωτεΐνη μπορεί να έχει πολλαπλές λειτουργίες.

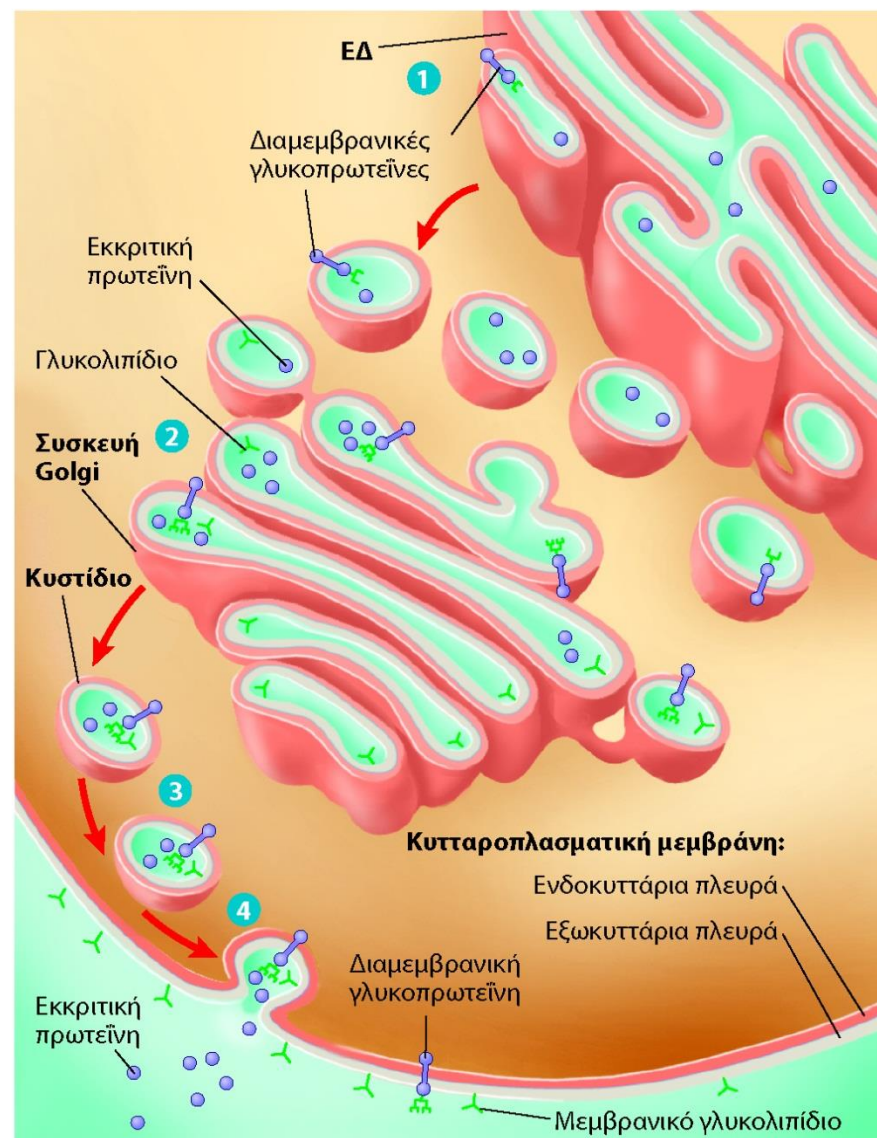
i Μερικές διαμεμβρανικές πρωτεΐνες μπορούν να δεσμευθούν σε συγκεκριμένα μόρια της εξωκυττάριας θεμέλιας ουσίας. Όταν συμβεί αυτό, μεταδίδουν στο εσωτερικό του κυττάρου ένα σήμα. Προσπαθήστε να εξηγήσετε με ποιον τρόπο μπορεί να συμβαίνει κάτι τέτοιο, χρησιμοποιώντας τις πρωτεΐνες της εικόνας.

Λειτουργίες πρωτεϊνικών μεμβρανών

Σύνθεση μεμβανών

Η σύνθεση της κυτταρικής μεμβράνης ξεκινά στο ΕΔ και περιλαμβάνει τα πιο κάτω στάδια:

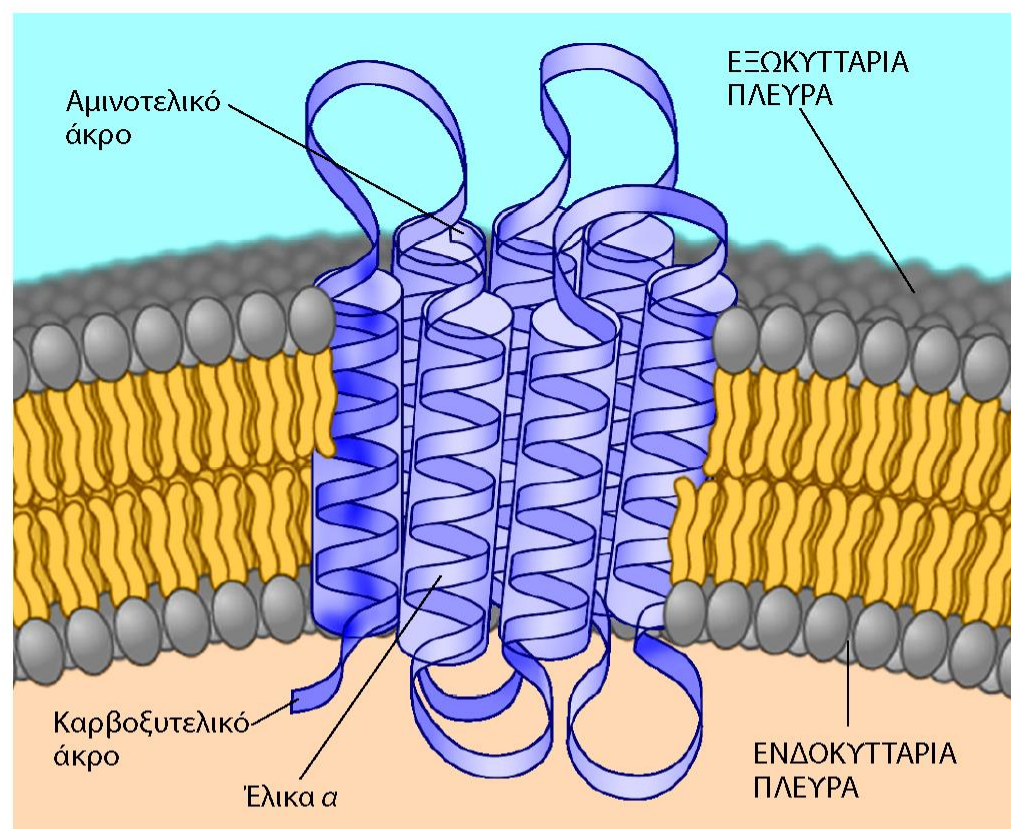
1. Προσθήκη υδατανθράκων στις πρωτεΐνες μετατρέποντας σε γλυκοπρωτεΐνες
2. Περαιτέρω τροποποίηση των γλυκοπρωτεϊνών στη συσκευή Golgi και προσθήκη υδατανθράκων στα λιπίδια
3. Οι διαμεμβρανικές πρωτεΐνες, τα μεμβρανικά γλυκολιπίδια και οι εκκριτικές πρωτεΐνες μεταφέρονται με κυστίδια στη κυτταροπλασματική μεμβράνη
4. Τα κυστίδια συντήκονται με τη μεμβράνη και απελευθερώνουν τις εκκριτικές πρωτεΐνες



▲ **Εικόνα 7.10** Σύνθεση μεμβρανικών συστατικών και προσανατολισμός τους στη μεμβράνη. Η κυτταροπλασματική μεμβράνη διαθέτει δύο διακριτές πλευρές, την ενδοκυττάρια (πορτοκαλί) και την εξωκυττάρια (κυανοπράσινη). Η εξωκυττάρια πλευρά παράγεται από τις μεμβράνες της εσωτερικής πλευράς του ΕΔ, της συσκευής Golgi και των κυστιδίων.

Πολικότητα μεμβρανών

- Η εσωτερική και εξωτερική πλευρά των μεμβρανών παρουσιάζουν διαφορές μεταξύ τους
- Οι δύο στοιβάδες λιπιδίων μπορεί να διαφέρουν ως προς τη σύσταση σε λιπίδια και τον προσανατολισμό των πρωτεϊνών τους



▲ **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.

Πώς επιτυγχάνεται η εκλεκτική
διαπερατότητα της κυτταρικής μεμβράνης;

Η εκλεκτική διαπερατότητα της κυτταρικής μεμβράνης οφείλεται στη δομή της

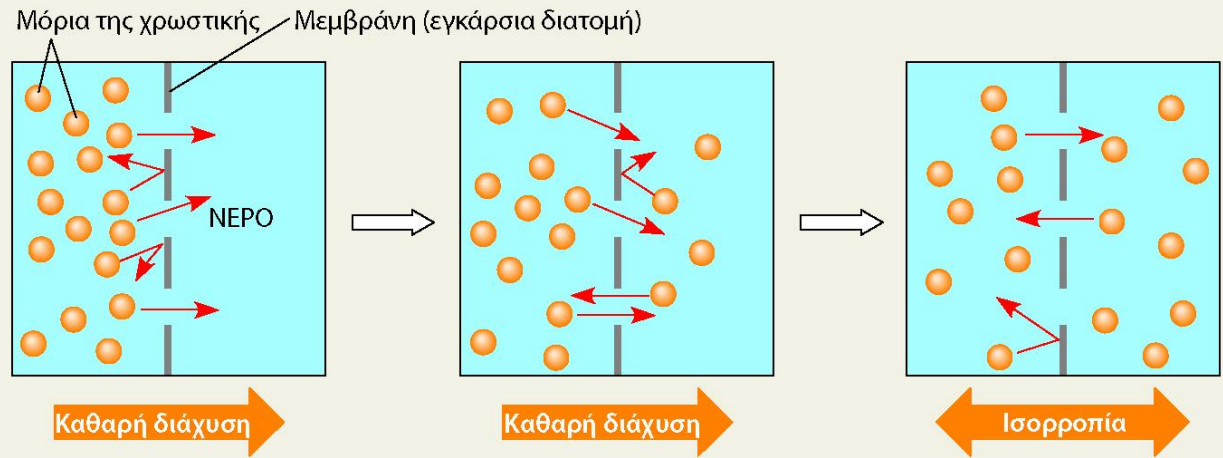
- Μη πολικά και μικρά μόρια (πχ υδρογονάνθρακες, CO_2 , O_2) μπορούν να διαλυθούν εύκολα στη λιπιδική διπλοστιβάδα
- Παρεμποδίζεται η διέλευση ιόντων και άλλων υδρόφιλων πολικών μορίων (πχ γλυκόζη και σάκχαρα)
 - Η γλυκόζη και το νερό μπορούν να διαπεράσουν τη διπλοστιβάδα αλλά με χαμηλή ταχύτητα
 - Φορτισμένα άτομα ή μόρια έχουν δυσκολίες να περάσουν δια μέσου της μεμβράνης
- Οι μεταφορικές πρωτεΐνες διευκολύνουν τη μεταφορά ιόντων και υδρόφιλων ουσιών
 - Οι υδατοπορίνες είναι είδος μεταφορικών πρωτεϊνών για τη μεταφορά νερού
 - Οι πρωτεΐνες-φορείς δεσμεύουν προσωρινά το μόριο ή ιόν που μεταφέρουν. Εμφανίζουν εξειδίκευση ως προς τις ουσίες που μεταφέρουν

Παθητική μεταφορά: διάχυση μιας ουσίας χωρίς δαπάνη ενέργειας

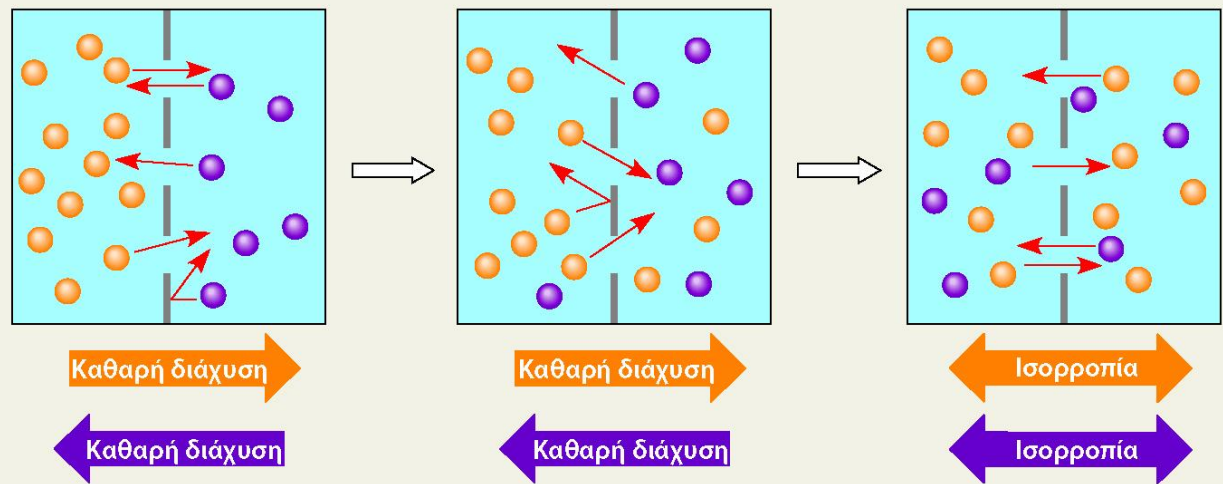
- Όλα τα μόρια διαθέτουν θερμότητα ως **θερμική κίνηση** και συνέπεια αυτής είναι η διάχυση
- Η **διάχυση** είναι η κίνηση μορίων μιας ουσίας με τέτοιο τρόπο ώστε τελικά να κατανέμονται **ισομερώς** στο χώρο που έχουν στη διάθεση τους να κινούνται και να επέλθει δυναμική ισορροπία
- Απουσία άλλων δυνάμεων, τα μόρια μιας ουσίας θα διαχυθούν στο χώρο **από περιοχές ψηλής συγκέντρωσής τους σε περιοχές χαμηλής συγκέντρωσής τους** λόγω της θερμικής κίνησής τους
- Κάθε ουσία διαχέεται ακολουθώντας τη διαβάθμιση της δικής της συγκέντρωσης χωρίς να επηρεάζεται από τη διαβάθμιση άλλων ουσιών
- Η **δυναμική ισορροπία** συμβαίνει όταν ο αριθμός των μορίων της χρωστικής που περνούν ανά δευτερόλεπτο μέσα από τη μεμβράνη είναι ίσος και προς τις δύο κατευθύνσεις
- **Δεν** απαιτείται ενέργεια για τη διάχυση
- Η διάχυση ουσιών μέσω βιολογικών μεμβρανών λέγεται **παθητική μεταφορά**

Παθητική μεταφορά

(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.



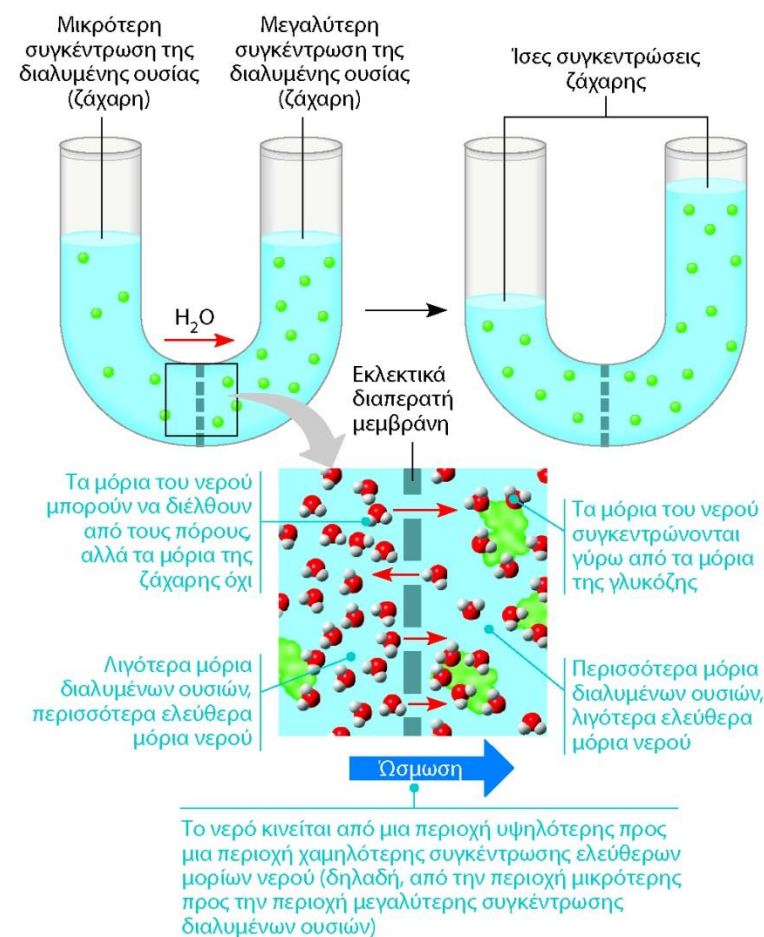
(β) Διάχυση δύο ειδών μορίων. Δύο διαλύματα, καθένα από τα οποία περιέχει διαφορετικό είδος χρωστικής, χωρίζονται με μια μεμβράνη διαπερατή και από τα δύο είδη μορίων. Κάθε χρωστική διαχέεται σύμφωνα με τη διαβάθμιση της συγκέντρωσής της. Υπάρχει καθαρή διάχυση της μοβ χρωστικής προς τα αριστερά, παρ' 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.

Επίδραση της ώσμωσης στην υδατική ισορροπία

- Το νερό θα κινηθεί προς τη μεγαλύτερη συγκέντρωση σακχαρόζης γιατί αυτό έχει μικρότερη συγκέντρωση νερού μέχρι να εξισορροπηθούν οι συγκεντρώσεις σακχαρόζης και στις δύο πλευρές
- Ώσμωση ονομάζεται η διάχυση του νερού μέσα από επιλεκτικά διαπερατή μεμβράνη



▲ **Εικόνα 7.12 Ώσμωση.** Δύο διαλύματα ζάχαρης με διαφορετική συγκέντρωση το καθένα χωρίζονται από μια μεμβράνη διαπερατή από το νερό αλλά αδιαπερατή από τη ζάχαρη. Τα μόρια του νερού μπορούν, καθώς κινούνται τυχαία, να διέρχονται μέσω της μεμβράνης και προς τις δύο κατευθύνσεις. Συνολικά, ωστόσο, το νερό διαχέεται από το διάλυμα της ζάχαρης με τη μικρότερη συγκέντρωση προς το διάλυμα με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση. Αυτή η μετακίνηση του νερού, ή αλλιώς ώσμωση, εξισορροπεί τη συγκέντρωση της ζάχαρης στις δύο πλευρές της μεμβράνης.

ΤΙ ΘΑ ΓΙΝΟΤΑΝ ΑΝ...; Αν στον αριστερό σωλήνα (δηλαδή, στην αριστερή πλευρά της μεμβράνης) προσθέσουμε μια πορτοκαλί χρωστική που μπορεί να διέλθει από τη μεμβράνη, ποια θα είναι η κατανομή της στην κατάσταση ισορροπίας; (βλ. Εικόνα 7.11.) Πώς θα επηρεαστεί η στάθμη του διαλύματος στον σωλήνα της δεξιάς πλευράς;

Τονικότητα

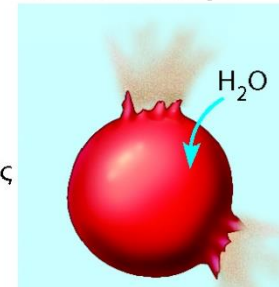
► Εικόνα 7.13 Η υδατική ισορροπία στα ζωντανά κύτταρα.

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.)

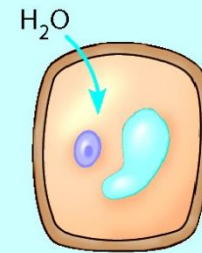
(α) Ζωικά κύτταρα. Τα ζωικά κύτταρα λειτουργούν καλύτερα όταν βρίσκονται σε ισότονο περιβάλλον, εκτός αν διαθέτουν ειδικές προσαρμογές που εξισορροπούν την οσμωτική πρόσληψη ή απώλεια νερού.

(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

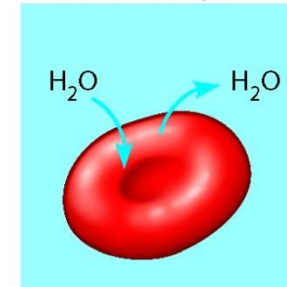


Το κύτταρο λυείται

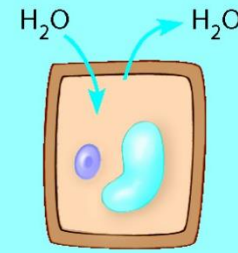


Κύτταρο πλήρους σπαργής (φυσιολογικό)

Ισότονο διάλυμα

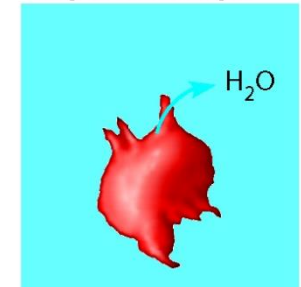


Το κύτταρο είναι φυσιολογικό

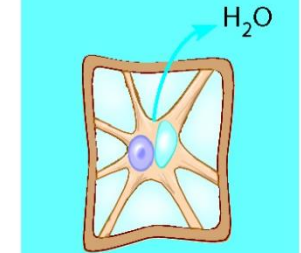


Το κύτταρο έχει υποσπαργία

Υπέρτονο διάλυμα



Το κύτταρο συρρικνώνεται



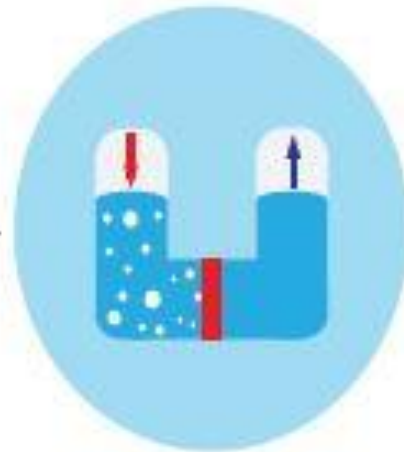
Το κύτταρο πλασμολύεται

- Τονικότητα: ικανότητα ενός διαλύματος να προκαλέσει πρόσληψη ή απώλεια νερού και εξαρτάται από τη διαπερατότητα της μεμβράνης και από τη συγκέντρωση των διαλυμένων ουσιών
 - Ισότονο περιβάλλον: το νερό κινείται προς το εσωτερικό ή το εξωτερικό του κυττάρου με την ίδια ακριβώς ταχύτητα
 - Υπέρτονο περιβάλλον: το νερό κινείται προς το εξωτερικό του κυττάρου με μεγαλύτερη ταχύτητα
 - Υπότονο περιβάλλον: το νερό κινείται προς το εσωτερικό του κυττάρου με μεγαλύτερη ταχύτητα

Πώς ρυθμίζουν οι οργανισμοί την ποσότητα νερού που εισέρχεται στα κύτταρά τους;



Salt Water



Reverse Osmosis

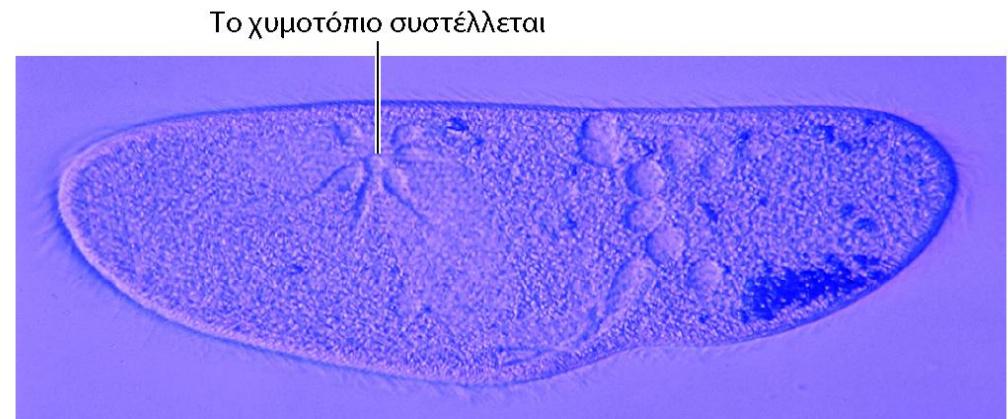


Clean Water

- Τα φυτικά κύτταρα προστατεύονται λόγω των κυτταρικών τοιχωμάτων που τους προσφέρουν στήριξη
- Οι οργανισμοί που ζουν σε υπότονα περιβάλλοντα χρειάζεται να ρυθμίζουν την ώσμωση
- Ο ωσμωρυθμιστικός μηχανισμός είναι μια προσαρμογή για τη ρύθμιση της ισορροπίας του νερού
 - Ο *Paramecium* έχει κυτταρική μεμβράνη λιγότερο διαπερατή από άλλα κύτταρα και συστατικό χυμοτόπιο που αντλεί νερό προς το εξωτερικό του κυττάρου



(α) Το συστατικό χυμοτόπιο γεμίζει με νερό μέσω συστήματος ακτινωτών καναλιών που εκτείνονται σε όλο το κυτταρόπλασμα.

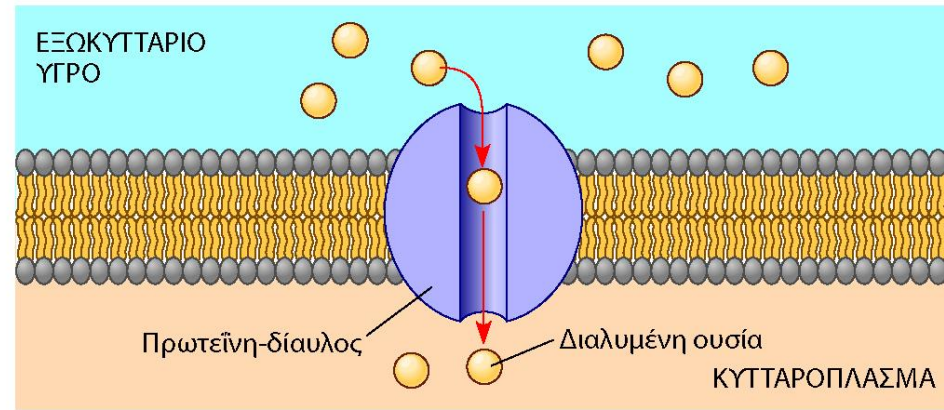


(β) Το σύστημα του συστατικού χυμοτοπίου και τα ακτινωτά κανάλια συστέλλονται όταν γεμίσουν με νερό, αποβάλλοντας νερό από το κύτταρο.

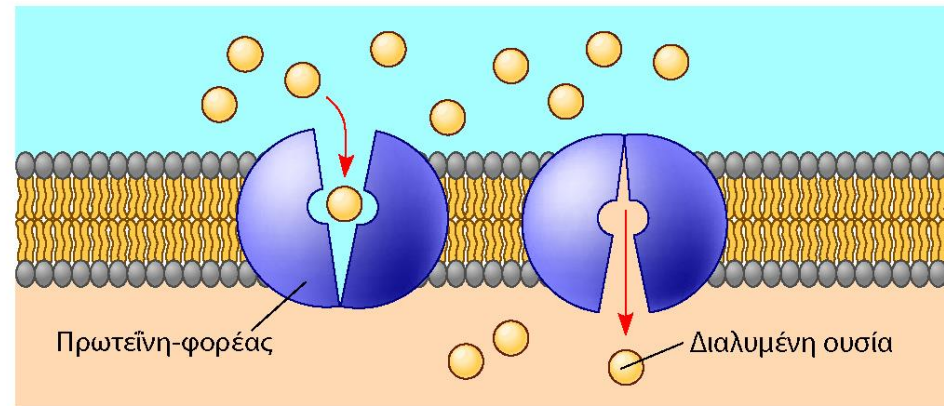
▲ **Εικόνα 7.14** Το συστατικό χυμοτόπιο του *Paramecium*: μια εξελικτική ωσμωρυθμιστική προσαρμογή. Αυτό το πρώτιστο των γλυκών νερών εξισορροπεί τη διαρκή είσοδο νερού λόγω ώσμωσης, ωθώντας συνεχώς νερό έξω από το κύτταρο με τη βοήθεια του συστατικού χυμοτοπίου.

Διευκολυνόμενη διάχυση

- Είναι ένα είδος παθητικής μεταφοράς υποβοηθούμενη από πρωτεΐνες πχ τρόπος μεταφοράς του νερού
- Οι μεταφορικές πρωτεΐνες συνήθως έχουν μεγάλη εξειδίκευση ως προς τις ουσίες που μεταφέρουν
- Η καθαρή μεταφορά καθορίζεται από τη συγκέντρωση της ουσίας στις δύο πλευρές της μεμβράνης
- Συμμετέχουν στην διευκολυνόμενη διάχυση:
 - Οι πρωτεΐνες-δίαυλοι πχ υδατοπορίνες, διάυλοι ιόντων, ελεγχόμενοι διάυλοι
 - Οι πρωτεΐνες-φορείς πχ μεταφορέας γλυκόζης. Η δέσμευση της ουσίας προκαλεί αλλαγές στη στερεοδιαμόρφωσή τους



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



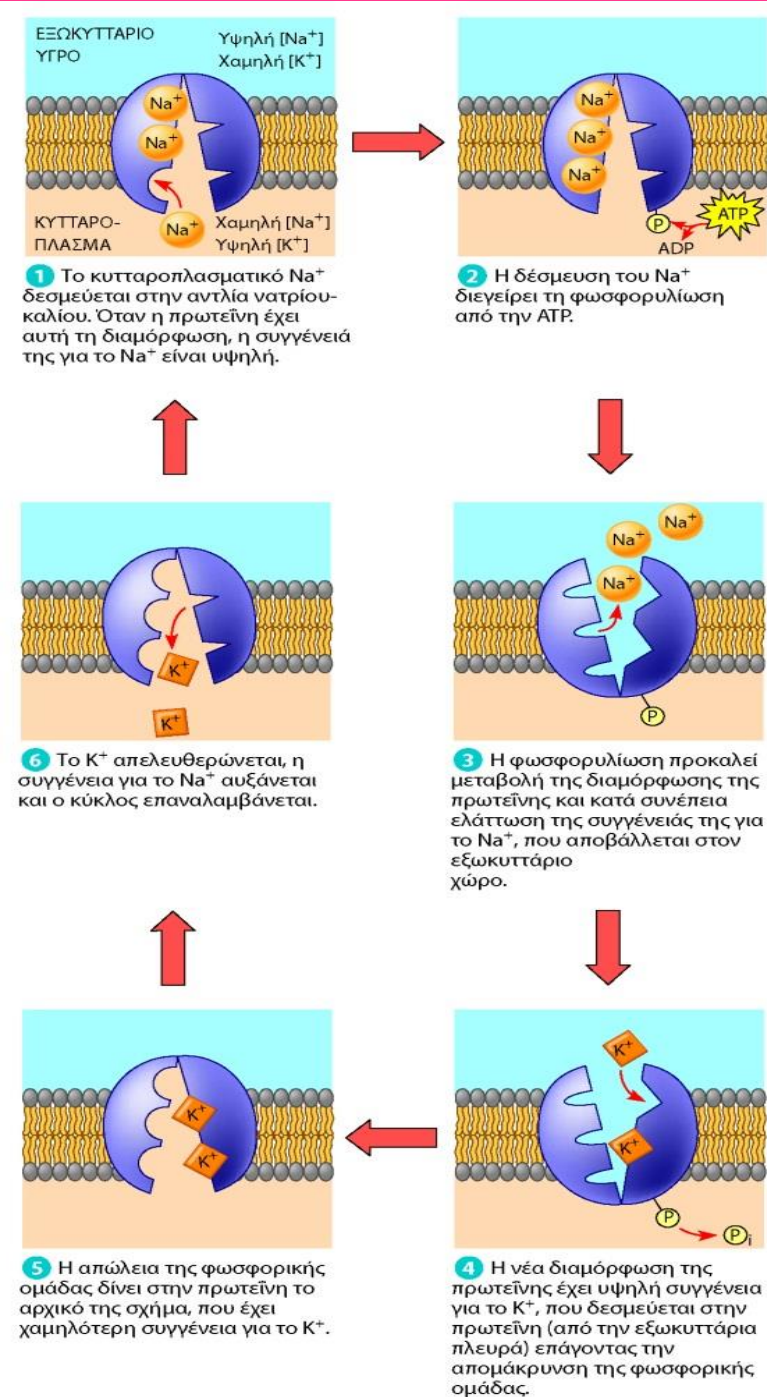
(β) Η πρωτεΐνη-φορέας αποκτά εναλλάξ δύο διαμορφώσεις. Κατά τη διάρκεια αυτών των μεταβολών μεταφέρει τη διαλυμένη ουσία διαμέσου της μεμβράνης. Επειδή η πρωτεΐνη μπορεί να μεταφέρει τη διαλυμένη ουσία προς οποιαδήποτε κατεύθυνση, η καθαρή μεταφορά καθορίζεται από τη διαβάθμιση συγκέντρωσης της διαλυμένης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

Ενεργητική μεταφορά

- Μέσω της ενεργητικής μεταφοράς οι ουσίες κινούνται αντίθετα προς τη διαβάθμιση της συγκέντρωσής τους
- Απαιτεί ενέργεια που παρέχεται κυρίως από την ATP
- Επιτρέπει στο κύτταρο να έχει διαφορετική συγκέντρωση ενδοκυτταρικά και εξωκυτταρικά

▲ **Εικόνα 7.16 Αντλία νατρίου-καλίου: μια ειδική περίπτωση ενεργητικής μεταφοράς.** Η αντλία νατρίου-καλίου είναι ένα σύστημα μεταφοράς ικανό να ωθεί ιόντα αντίθετα προς τη διαβάθμιση της συγκέντρωσής τους, ακόμη και όταν η διαβάθμιση αυτή είναι απότομη. Η συγκέντρωση των ιόντων νατρίου (συμβολίζεται με $[Na^+]$) είναι υψηλή έξω από το κύτταρο και χαμηλή μέσα σε αυτό, ενώ η συγκέντρωση $[K^+]$ είναι χαμηλή έξω και υψηλή στο εσωτερικό του κυττάρου. Κατά τη διαδικασία άντλησης, η αντλία υιοθετεί εναλλάξ δύο διαμορφώσεις, μεταφέροντας τρία ιόντα νατρίου έξω από το κύτταρο για κάθε δύο ιόντα καλίου που μεταφέρει στο εσωτερικό του. Οι δύο διαμορφώσεις έχουν διαφορετικές συγγενείες για τους δύο τύπους ιόντων. Η ενέργεια που απαιτείται για τις μεταβολές της στερεοδιαμόρφωσης της αντλίας προέρχεται από την ATP, και συγκεκριμένα από τη φωσφορυλίωση της μεταφορικής πρωτεΐνης (δηλαδή από τη μεταφορά μίας φωσφορικής ομάδας στην πρωτεΐνη-αντλία).

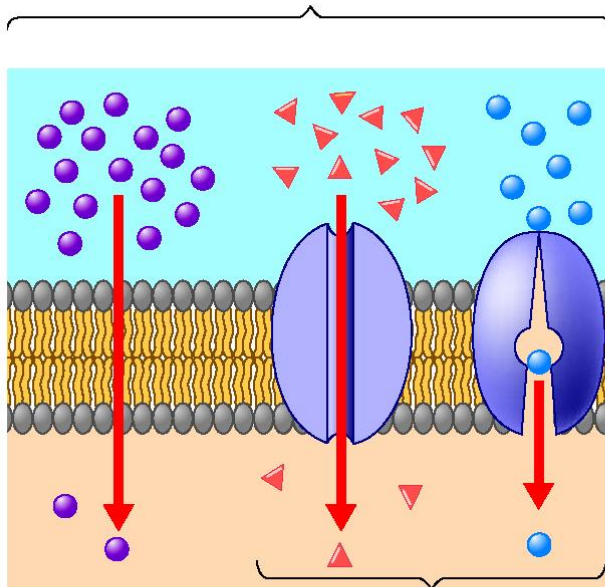


Συνόψιση

- Παθητική μεταφορά
 - Διάχυση
 - Διευκολυνόμενη διάχυση
- Ενεργητική μεταφορά

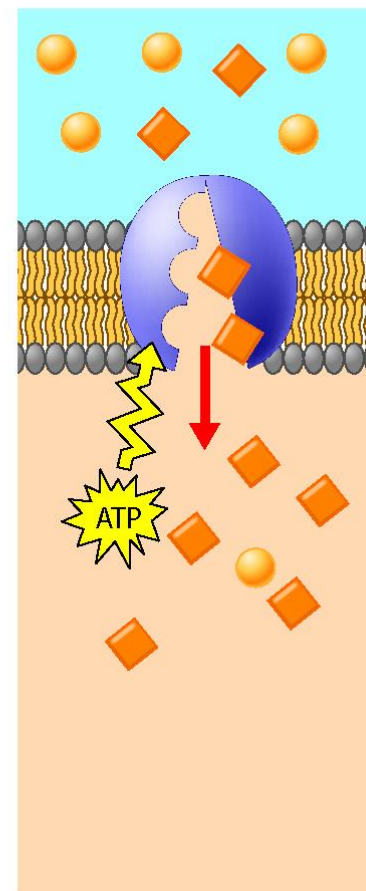
Παθητική μεταφορά. Οι διάφορες διαλυμένες ουσίες διαχέονται αυθόρμητα, ακολουθώντας την κλίση της συγκέντρωσής τους και διαπερνούν τη μεμβράνη χωρίς να απαιτείται κατανάλωση ενέργειας από το κύτταρο. Ο ρυθμός διάχυσης μπορεί να αυξηθεί σημαντικά από την παρουσία μεταφορικών πρωτεϊνών στη μεμβράνη.

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.



Διάχυση. Τα υδρόφοβα μόρια και (με πολύ χαμηλό ρυθμό) διάφορα μικρά, μη φορτισμένα πολικά μόρια μπορούν να διαχυθούν απευθείας διαμέσου της διπλοστιβάδας των λιπιδίων.

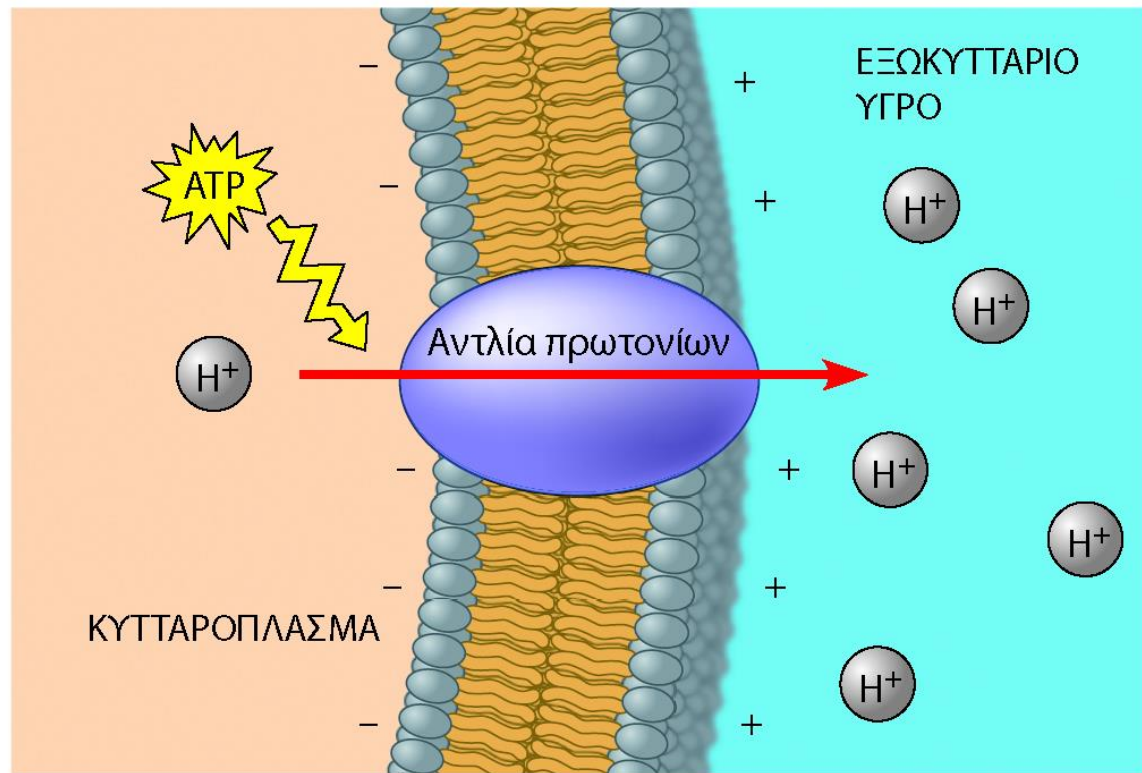
Διευκολυνόμενη διάχυση. Πολλές υδρόφιλες ουσίες διαχέονται μέσω των μεμβρανών με τη βοήθεια πρωτεϊνών-διαύλων ή πρωτεϊνών-φορέων.



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

Αντλίες Ιόντων

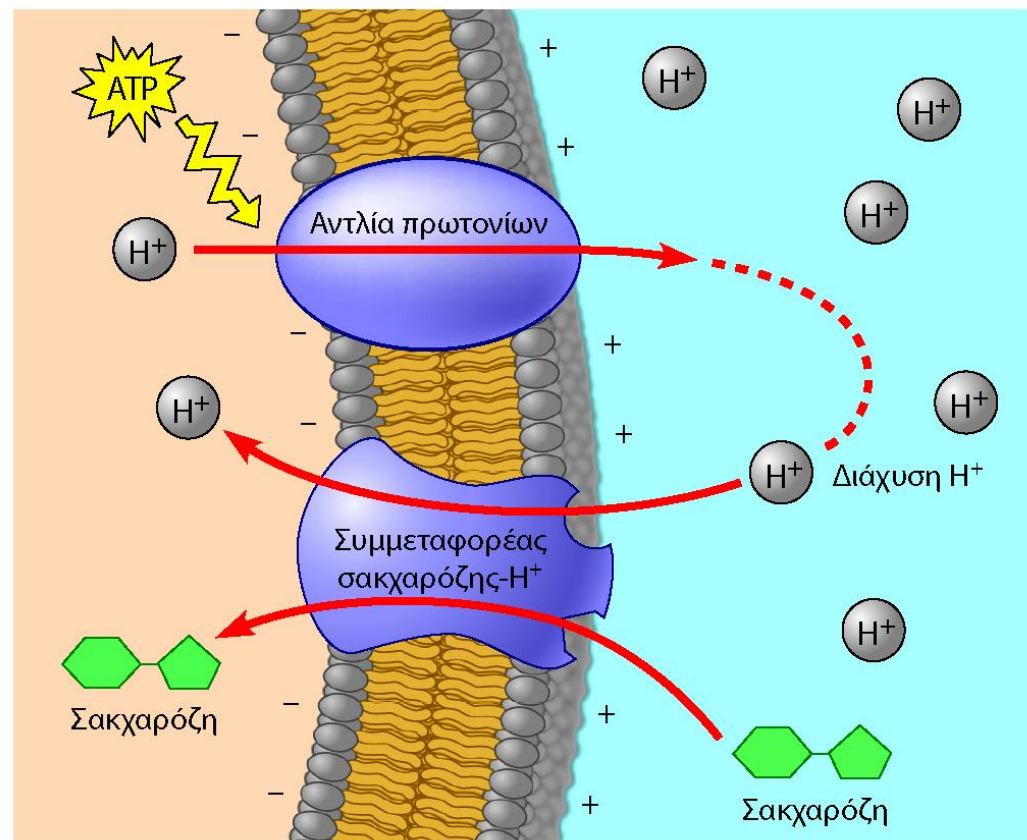
- Όλα τα κύτταρα εμφανίζουν διαφορά δυναμικού λόγω του διαχωρισμού αντίθετα φορισμένων ιόντων
- Δυναμικό μεμβράνης είναι η διαφορά δυναμικού στις δύο πλευρές της κυτταρικής μεμβράνης
- Το **φορτίο** και η **συγκέντρωση** ενός ιόντος (ηλεκτροχημική διαβάθμιση) καθορίζουν και την διάχυσή του
- Υπάρχουν διάφορα είδη αντλίων
 - Ηλεκτρογόνος αντλία: μεταφορική πρωτεΐνη που παράγει διαφορά δυναμικού μεταξύ των πλευρών της μεμβράνης
 - Αντλία πρωτονίων: μεταφέρει πρωτόνια έξω από το κύτταρο ενεργητικά



▲ **Εικόνα 7.18 Μια ηλεκτρογόνος αντλία.** Οι αντλίες πρωτονίων είναι οι κύριες ηλεκτρογόνοι αντλίες των φυτών, των μυκήτων και των βακτηρίων. Πρόκειται για μεμβρανικές πρωτεΐνες που αποθηκεύουν ενέργεια δημιουργώντας διαφορά δυναμικού (προκαλώντας, δηλαδή, διαχωρισμό φορτίου) στις δύο πλευρές της μεμβράνης. Η αντλία πρωτονίων χρησιμοποιεί ως πηγή ενέργειας την υδρόλυση της ATP για τη μετάθεση των θετικών φορτίων (και συγκεκριμένα, των ιόντων υδρογόνου) από τη μία πλευρά της μεμβράνης στην άλλη. Η δράση της αντλίας δεν παράγει μόνο διαφορά δυναμικού, αλλά και διαφορά συγκέντρωσης των ιόντων H^+ , δηλαδή μια διπλή πηγή ενέργειας, ικανή να τροφοδοτήσει ενεργειακά πολλές άλλες διεργασίες, όπως π.χ. την πρόσληψη διαφόρων θρεπτικών ουσιών.

Συμμεταφορά

- Όταν ημια ουσία έχει αντληθεί στη μία πλευρά της μεμβράνης τότε μπορεί να παράγει έργο αφού διέρχεται εκ νέου από τη μεμβράνη εκ νέου στην αρχική της θέση
- Είναι η συζευγμένη μεταφορά δύο ουσιών από την ίδια μεμβρανική πρωτεΐνη. Η μια ουσία κινείται με τη διαβάθμιση της συγκέντρωσής της, ενώ η άλλη έναντι της διαβάθμισής της
- Χρήσιμη για τη μεταφορά αμινοξέων και σακχάρων στα φυτικά κύτταρα



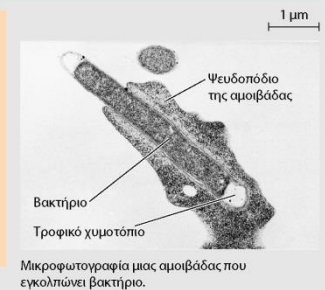
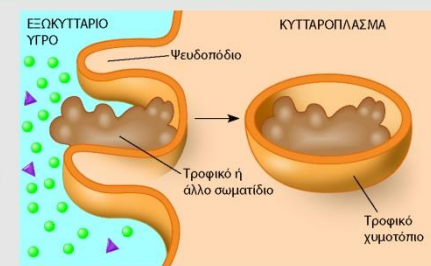
▲ **Εικόνα 7.19** Συμμεταφορά: ενεργητική μεταφορά τροφοδοτούμενη ενεργειακά από διαβάθμιση συγκέντρωσης. Μια πρωτεΐνη-φορέας, όπως ο συμμεταφορέας σακχαρόζης- H^+ της εικόνας, αξιοποιεί τη διάχυση του H^+ προς το εσωτερικό του κυττάρου (καθώς αυτό ακολουθεί τη διαβάθμιση της συγκέντρωσής του) για να διευκολύνει την πρόσληψη της σακχαρόζης. Η διαφορά της συγκέντρωσης του H^+ διατηρείται από μια αντλία πρωτονίων που καταναλώνει ATP για να απομακρύνει το H^+ εκτός κυττάρου και να αποθηκεύσει δυναμική ενέργεια στις δύο πλευρές της μεμβράνης. Η δυναμική αυτή ενέργεια μπορεί κατόπιν να χρησιμοποιηθεί για την ενεργητική μεταφορά ουσιών, εν προκειμένω της σακχαρόζης. Έμμεσα, επομένως, η ενέργεια που απαιτείται για τη συμμεταφορά παρέχεται από την ATP.

Μαζική μεταφορά ουσιών

- Η μαζική μεταφορά ουσιών γίνεται μέσω:
 - Εξωκυττάρωσης, η οποία λαμβάνει χώρα από μεταφορικά κυστίδια από την trans πλευρά του συστήματος Golgi
 - Ενδοκυττάρωσης που μπορεί να είναι
 - Φαγοκυττάρωση: εγκόλπωση σχηματίζοντας ψευδοπόδια
 - Πινοκυττάρωση: καταπίνει σχηματίζοντας μικροσκοπικά κυστίδια
 - Ενδοκυττάρωση μέσω υποδοχέα: επιλεκτικά εισάγει ουσίες που προσδένονται στον υποδοχέα

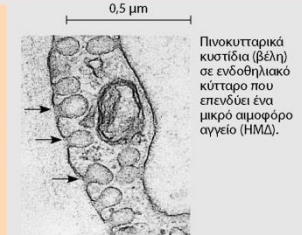
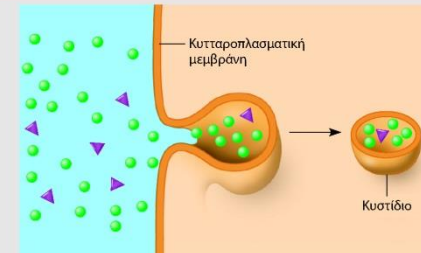
Φαγοκυττάρωση

Στη φαγοκυττάρωση, το κύτταρο εγκολλώνει ένα σωματίδιο, σχηματίζοντας γύρω του δύο μικρά ψευδοπόδια που στη συνέχεια συγκλίνουν και δημιουργούν ένα μεμβρανικό κυστίδιο σε μέγεθος χυμοτόπιου. Το χυμοτόπιο συντήκεται κατόπιν με ένα λυσόσωμα και τα υδρολυτικά του ένζυμα πέπτουν το ξένο σωματίδιο.



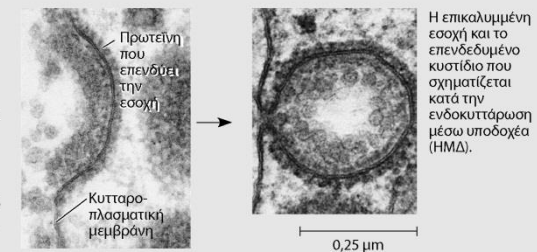
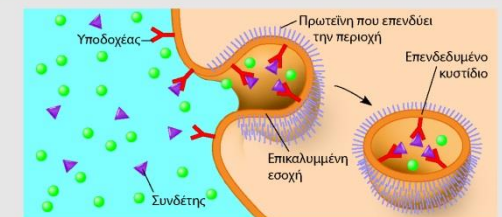
Πινοκυττάρωση

Στην πινοκυττάρωση, το κύτταρο «καταπίνει» σταγονίδια του εξωκυττρίου υγρού, σχηματίζοντας μικροσκοπικά κυστίδια. Αυτό που χρειάζεται το κύτταρο δεν είναι το εξωκυττριο υγρό αλλά τα μόρια που υπάρχουν διαλυμένα μέσα στα σταγονίδια. Το εγκολλούμενο σταγονίδιο περιέχει, χωρίς διάκριση, όλα τα είδη διαλυμένων ουσιών, επομένως η διεργασία της πινοκυττάρωσης δεν χαρακτηρίζεται από εξειδίκευση των προσλαμβανόμενων ουσιών.



Ενδοκυττάρωση μέσω υποδοχέα

Η ενδοκυττάρωση που επάγεται μέσω υποδοχέα επιτρέπει στο κύτταρο να προσλαμβάνει μεγάλες ποσότητες συγκεκριμένων ουσιών, ακόμη και όταν η συγκέντρωσή τους στο εξωκυττριο υγρό είναι σχετικά χαμηλή. Οι πρωτεΐνες-υποδοχείς είναι βυθισμένες μέσα στη μεμβράνη, έτσι ώστε η εξειδικευμένη θέση υποδοχής να στρέφεται προς την πλευρά του εξωκυττρίου υγρού. Αυτοί οι πρωτεϊνικοί υποδοχείς συγκεντρώνονται συνήθως σε μεγάλες ομάδες σε ειδικές περιοχές της μεμβράνης που ονομάζονται επικαλυμμένες εσοχές, επειδή επενδύονται στην κυτταροπλασματική τους πλευρά από ένα διάχυτο στρώμα ειδικών πρωτεϊνών. Οι προσλαμβανόμενες ουσίες (δηλ. οι συνδέτες) από τον εξωκυττριο χώρο προσδένονται πάνω στους υποδοχείς. Όταν συμβεί αυτή η πρόσδεση, οι επικαλυμμένες εσοχές σχηματίζουν ένα κυστίδιο που περικλείει τα μόρια του υποστρώματος. Παρατηρήστε ότι, αν και τα προσδεδωμένα μόρια (μωβ χρώμα) υπερτερούν στο εσωτερικό του κυστιδίου, εν τούτοις το κυστίδιο περιέχει και ορισμένα άλλα, μη δεσμευμένα μόρια (πράσινο χρώμα). Μετά την ενδοκυττάρωση απελευθέρωση των προσληφθέντων υλικών από το κυστίδιο, οι υποδοχείς «ανακυκλώνονται», δηλαδή επανατοποθετούνται στη κυτταροπλασματική μεμβράνη μέσω του ίδιου κυστιδίου.



Επανάληψη

- Έλεγχος εννοιών

- 7.1: 1,2
- 7.2: 1,2
- 7.3: 1-3
- 7.4: 1,2
- 7.5: 1

- Ερωτήσεις αυτοαξιολόγησης

- 1-6, 8,8