



Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Εργαστήριο Βιολογίας, Τομέας Βασικών Ιατρικών Επιστημών
Τμήμα Ιατρικής, Σχολή Επιστημών Υγείας

Κυτταρική Μembrάνη & Μembrανική Μεταφορά II
ΚΕΦ. 12, Alberts, MED1952

Νεφέλη Λαγοπάτη
Επίκουρη Καθηγήτρια Βιολογίας-Νανοϊατρικής
nlagopati@med.uoa.gr

Εκπαιδευτικοί Στόχοι Διάλεξης

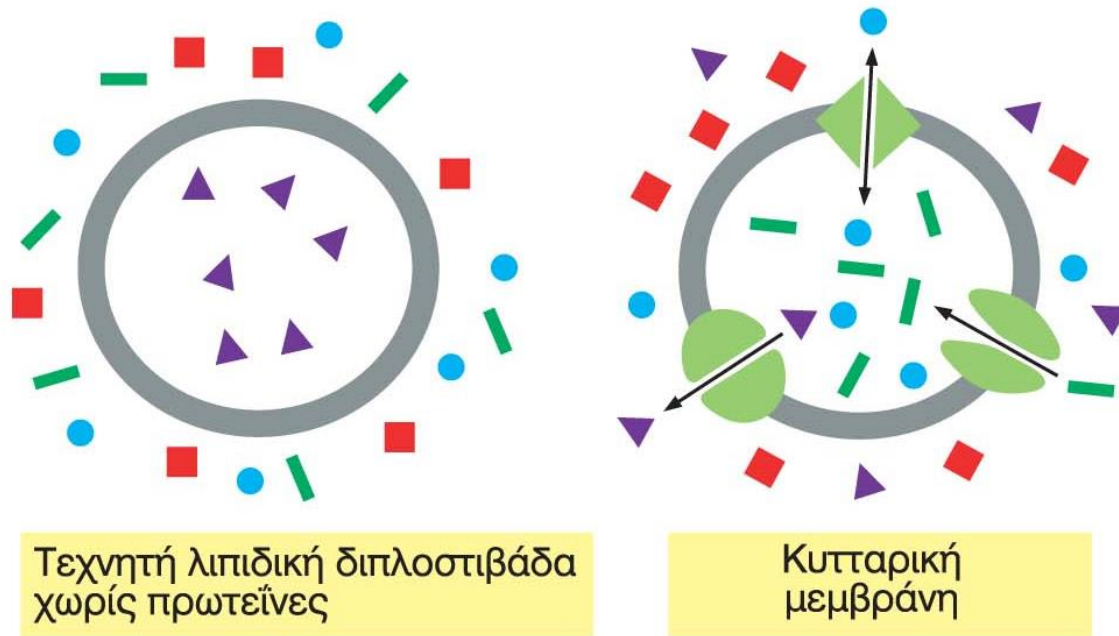
Θα γνωρίσουμε:

- Τις αρχές της διαμεμβρανικής μεταφοράς
- Τις πρωτεΐνες-μεταφορείς και τις λειτουργίες τους
- Τους ιοντικούς διαύλους και το δυναμικό της μεμβράνης
- Τους ιοντικούς διαύλους και τη σηματοδότηση σε νευρικά κύτταρα

Μεταφορά Διαμέσου Κυτταρικών Μεμβρανών

Μεταφορά Μορίων

Τα κύτταρα επιβιώνουν και αναπτύσσονται ανταλλάσσοντας μόρια με το περιβάλλον τους και ρυθμίζοντας τις συγκεντρώσεις ανόργανων ιόντων στο κυτταρόπλασμα και τα οργανίδια.



A

B

Adapted from Alberts, 4^η έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης

Πρωτεΐνες που συμμετέχουν στη μεταφορά

Πρωτεΐνες-Μεταφορείς (Transporters)

Διαθέτουν κινητά τμήματα και μεταφέρουν μικρά οργανικά μόρια ή ανόργανα ιόντα εκατέρωθεν της μεμβράνης, αλλάζοντας τη διαμόρφωσή τους.

Πρωτεΐνες που συμμετέχουν στη μεταφορά

Πρωτεΐνες-Δίαυλοι (Channels)

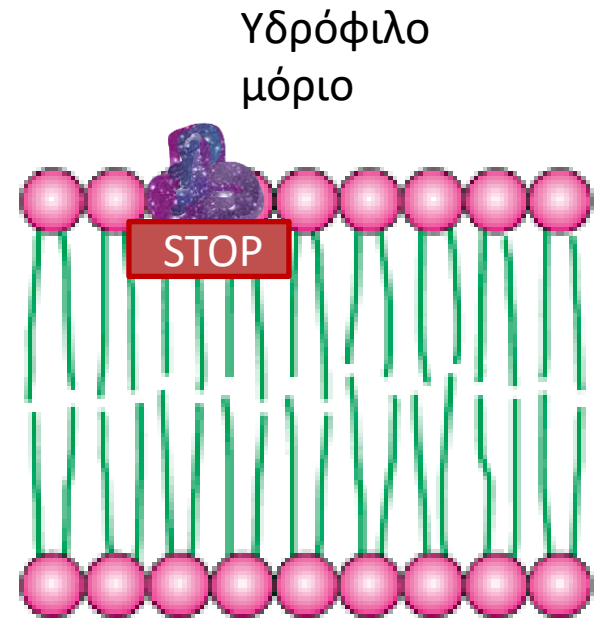
- Σχηματίζουν μικρούς υδρόφιλους πόρους στη μεμβράνη, για τη διάχυση ουσιών.
- Διακινούν κυρίως ιόντα (ιοντικοί διάυλοι).
- Τα κινούμενα ιόντα δημιουργούν ηλεκτρικές δυνάμεις στην κυτταρική μεμβράνη.

Αρχές Διαμεμβρανικής Μεταφοράς

Μεταφορά Μορίων

Το υδρόφοβο εσωτερικό της λιπιδικής διλοστιβάδας δημιουργεί εμπόδιο για τη διέλευση υδρόφιλων μορίων και ιόντων.

Το υδρόφιλα μόρια αποφεύγουν το λιπαρό περιβάλλον, όπως τα υδρόφοβα αποφεύγουν το νερό.

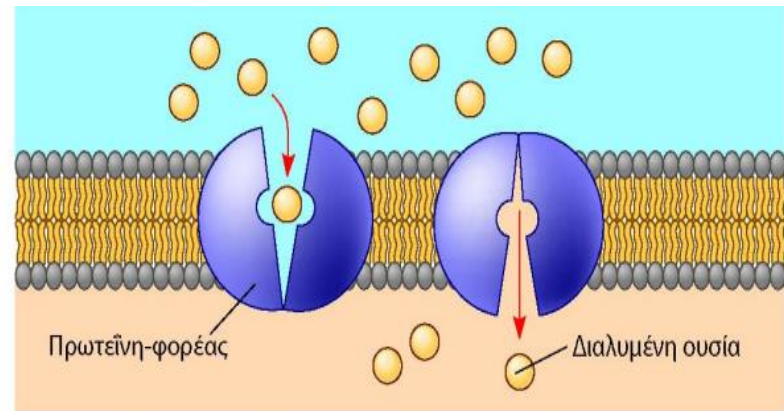
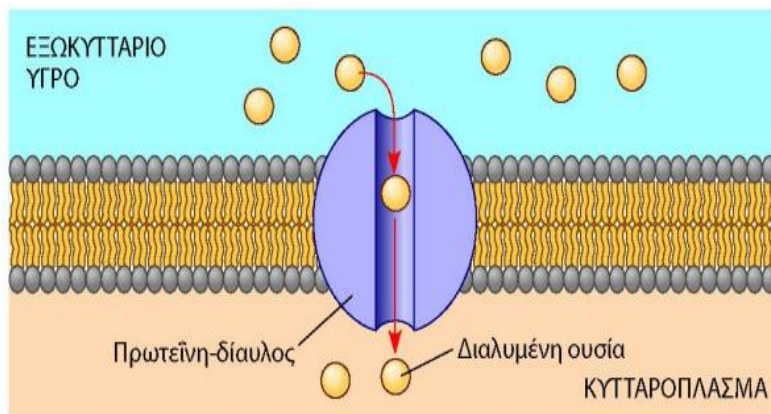


Μεταφορά Μορίων

Η διέλευση των υδρόφιλων μορίων είναι απαραίτητη και γίνεται με απλή διάχυση.

Η διάχυση είναι αργή και χρειάζεται επιτάχυνση μέσω πρωτεϊνών-φορέων.

Η διαδικασία αυτή λέγεται **διευκολυνόμενη μεταφορά**.



Μεταφορά μορίων

Μεταφορά Μορίων

Μετά από αρκετό χρονικό διάστημα, κάποιο μόριο μπορεί να διαχυθεί μέσω διπλοστιβάδας.

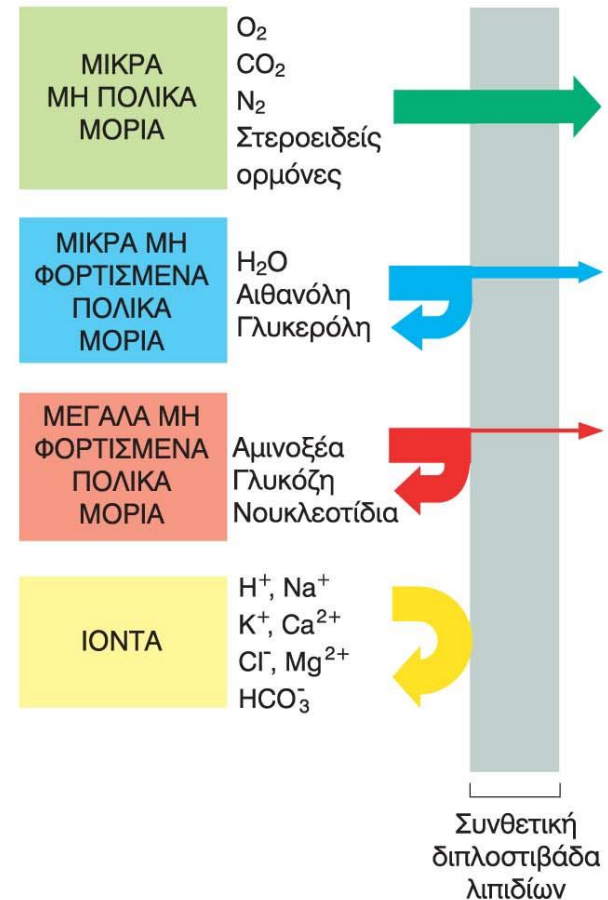
Η ταχύτητα διάδοσης ποικίλει.

Εξαρτάται από το μέγεθος των μορίων και τη διαλυτότητά του.

Όσο πιο μικρό και λιποδιαλυτό είναι ένα μόριο, τόσο πιο γρήγορα διαχέεται μέσω της μεμβράνης.

Μεταφορά Μορίων

Πολλά χρήσιμα μόρια είναι πολικά και υδατοδιαλυτά και η μεταφορά τους απαιτεί πρωτεΐνες-μεταφορείς.



Adapted from Alberts, 4^η έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης

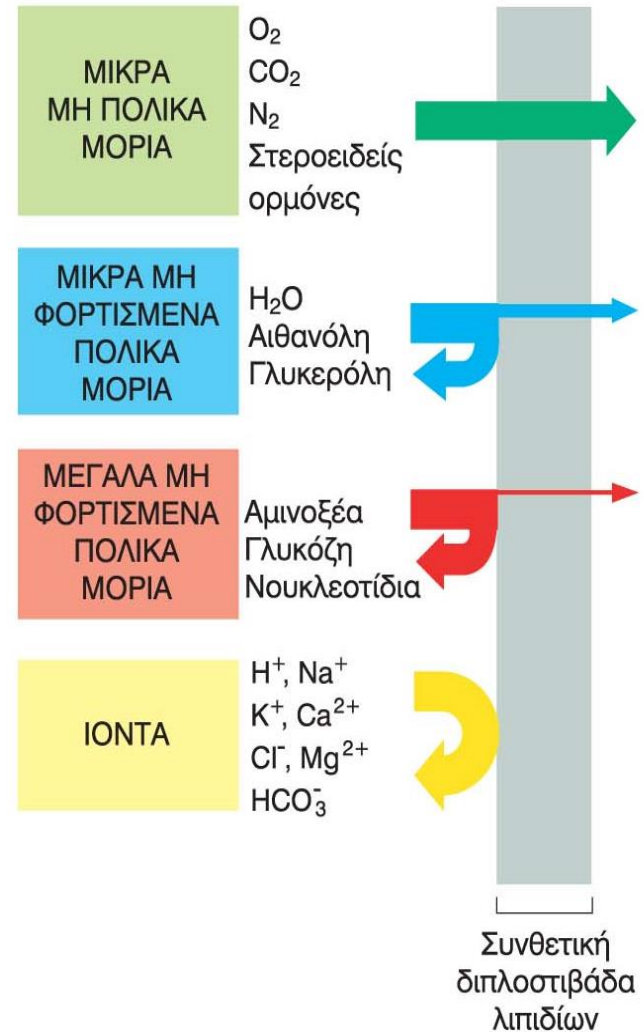
Ικανότητα Μεταφοράς Μορίων

Μικρά μη πολικά μόρια (O_2 , N_2 , CO_2 , κ.ά.): διαλύονται εύκολα στις λιπιδικές μεμβράνες και διαχέονται γρήγορα

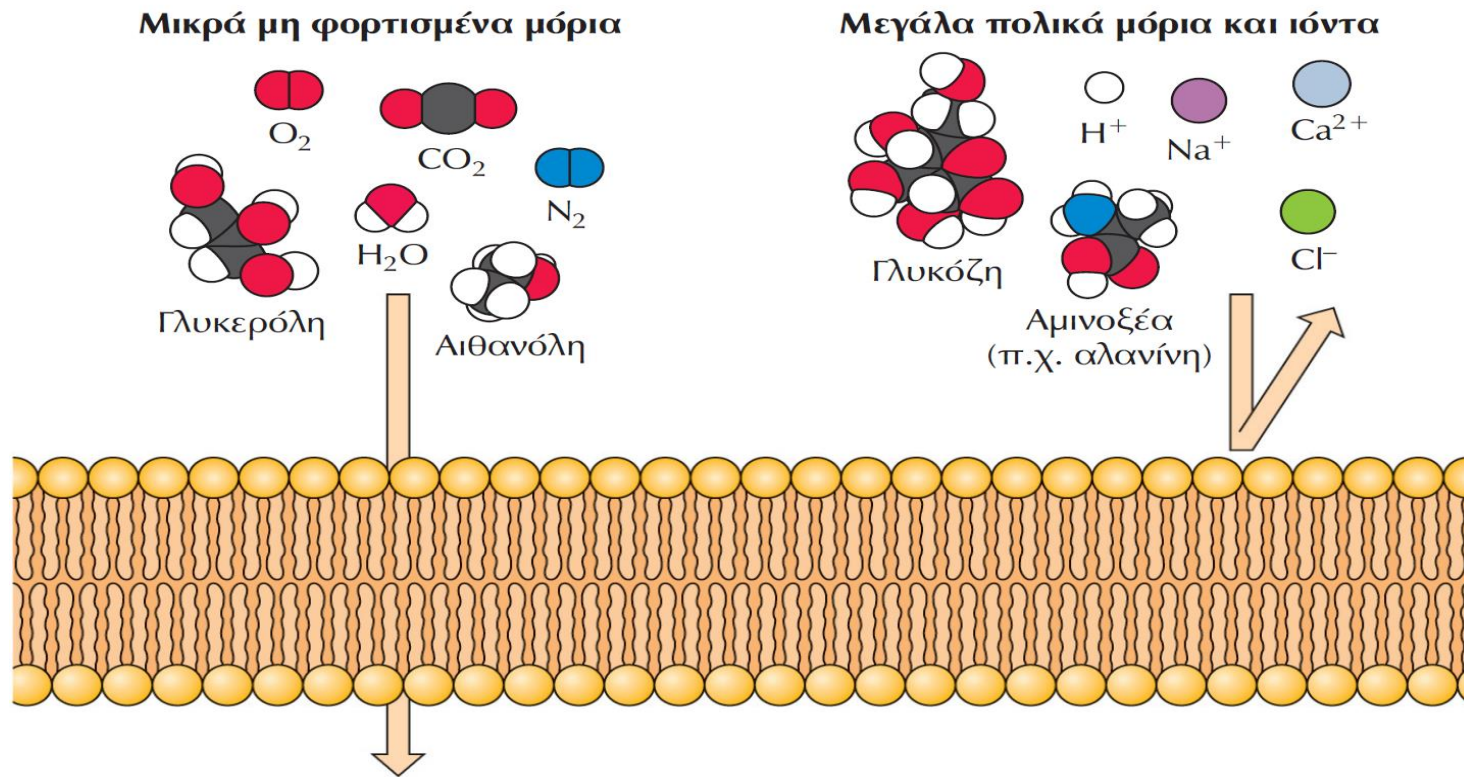
Μη φορτισμένα πολικά μόρια (μόρια με άνιση κατανομή φορτίου (π.χ. νερό, αιθανόλη)): διαχέονται εύκολα στις λιπιδικές μεμβράνες γιατί είναι μικρά

Μεγάλα μη φορτισμένα πολικά μόρια (π.χ. γλυκόζη, αμινοξέα, κ.ά.): δεν διαχέονται σχεδόν καθόλου στις λιπιδικές μεμβράνες

Ίοντα και φορτισμένα μόρια: δεν διαπερνούν τις μεμβράνες, λόγω του φορτίου τους και της έλξης τους από το νερό



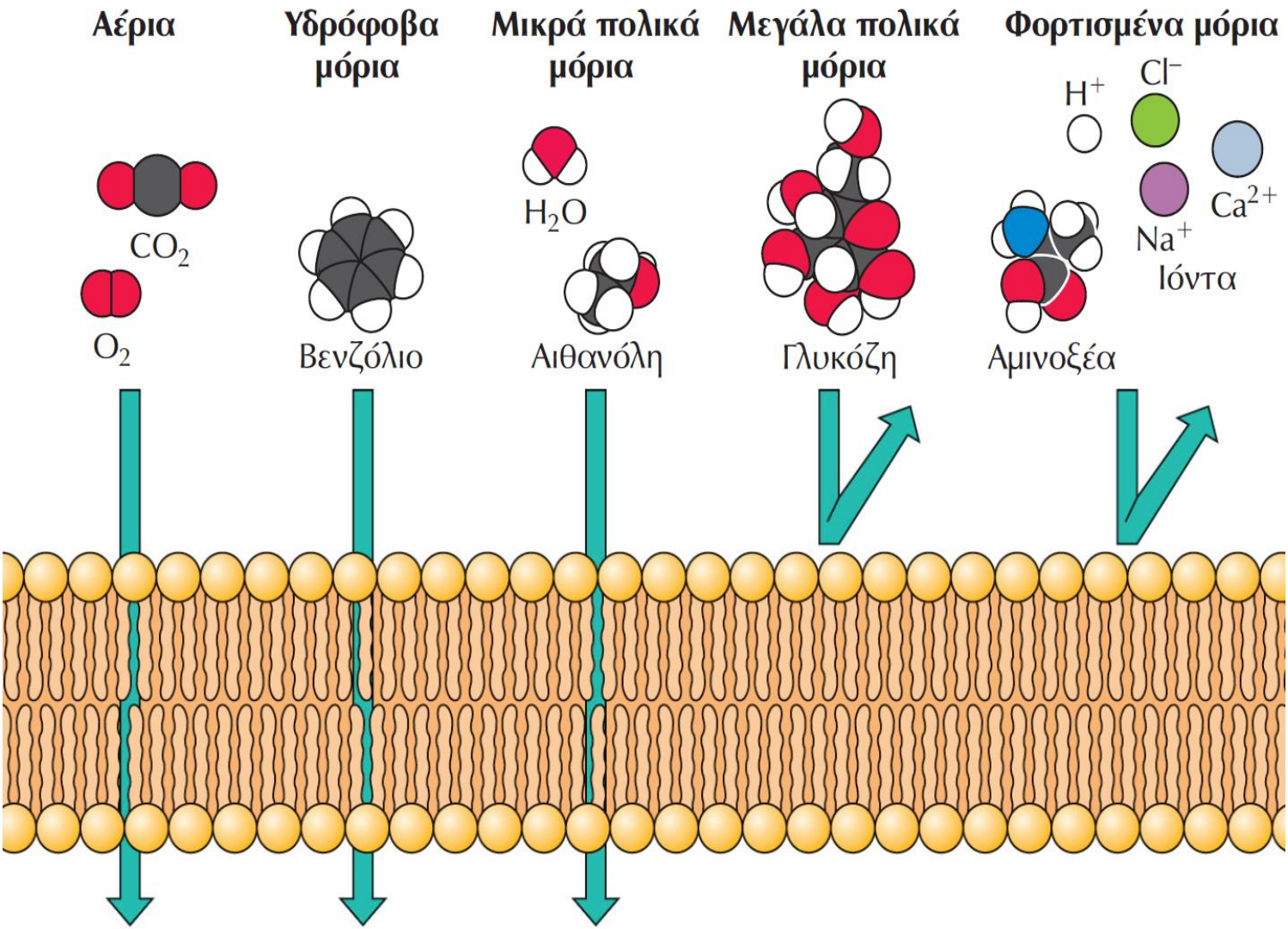
Διαπερατότητα φωσφολιπιδικών διπλοστιβάδων



Διαπερατότητα φωσφολιπιδικών διπλοστιβάδων

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

Διαπερατότητα φωσφολιπιδικών διπλοστιβάδων



Συγκεντρώσεις ιόντων
εκατέρωθεν της
κυτταρικής μεμβράνης

Συγκεντρώσεις Ιόντων

- Η κυτταρική μεμβράνη είναι αδιαπέραστη από τα ανόργανα ιόντα.
- Τα κύτταρα διατηρούν την εσωτερική τους ιοντική σύσταση.
- Η εσωτερική ιοντική σύσταση διαφέρει από τη σύσταση του περιβάλλοντος.

Μετακινήσεις ιόντων

Τα σημαντικότερα ανόργανα ιόντα είναι:



Οι μετακινήσεις τους διαμέσου της μεμβράνης είναι καθοριστικής σημασίας για πολλές κυτταρικές διεργασίες και κυρίως για την παραγωγή ATP, και την επικοινωνία των νευρικών κυττάρων.

K⁺ και Na⁺

Το Na⁺ είναι άφθονο στο εξωτερικό του κυττάρου.

Το K⁺ είναι άφθονο στο εσωτερικό του κυττάρου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 12-1. Σύγκριση των ενδοκυττάρων και εξωκυττάρων συγκεντρώσεων των ιόντων σε ένα κύτταρο θηλασικού

Συστατικό	Ενδοκυττάρια συγκέντρωση (mM)	Εξωκυττάρια συγκέντρωση (mM)
Κατιόντα		
Na ⁺	5-15	145
K ⁺	140	5
Mg ^{2+*}	0.5*	1-2
Ca ^{2+*}	10 ^{-4*}	1-2
H ⁺	7 x 10 ⁻⁵ (10 ^{-7.2} M ή pH 7.2)	4 x 10 ⁻⁵ (10 ^{-7.4} M ή pH 7.4)
Ανιόντα**		
Cl ⁻	5-15	110

*Οι συγκεντρώσεις του Ca²⁺ και του Mg²⁺ που φαίνονται εδώ αφορούν στα ελεύθερα ιόντα. Στα κύτταρα υπάρχουν περίπου συνολικά 20 mM Mg²⁺ και 1-2 mM Ca²⁺, αλλά το μεγαλύτερο ποσοστό είναι προσδεμένο σε πρωτεΐνες και άλλες ουσίες. Το μεγαλύτερο μέρος του Ca²⁺ είναι αποθηκευμένο σε ενδοκυττάρια οργανίδια.

**Το κύτταρο πρέπει να περιέχει ίσες ποσότητες θετικών και αρνητικών φορτίων, ώστε να είναι ηλεκτρικά ουδέτερο. Έτσι περιέχει πολλά περισσότερα ανιόντα εκτός του Cl⁻ που φαίνεται στον Πίνακα. Για την ακρίβεια, τα περισσότερα συστατικά του κυττάρου είναι αρνητικά φορτισμένα (HCO₃⁻, PO₄³⁻, πρωτεΐνες, νουκλεϊκά οξέα, μεταβολίτες που περιέχουν φωσφορικές και καρβοξυλικές ομάδες, κλπ.).

Adapted from Alberts, 4^η έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης

Το κύτταρο δεν πρέπει να αντιμετωπίσει πρόβλημα εξαιτίας αντίρροπων ηλεκτρικών δυνάμεων.



Ο αριθμός θετικών φορτίων θα πρέπει να εξισορροπείται από έναν ίσο αριθμό αρνητικών φορτίων στο εσωτερικό του.

Το φορτία του περιβάλλοντος υγρού εξισορροποούνται επίσης.

Εξισορρόπηση Φορτίων

- Η υψηλή συγκέντρωση Na^+ στο εξωτερικό του κυττάρου εξισορροπείται από το Cl^- .
- Η υψηλή συγκέντρωση K^+ στο εσωτερικό του κυττάρου εξισορροπείται από διάφορα ενδοκυττάρια ανιόντα (νουκλεϊνικά οξέα, πρωτεΐνες, κ.ά.)

Διαφορές στη
συγκέντρωση ιόντων και
δυναμικό μεμβράνης

Δυναμικό Μεμβράνης

- Τα φορτία μέσα και έξω από το κύτταρο είναι σε ισορροπία.
- Υπάρχει όμως μία μικρή περίσσεια θετικού ή αρνητικού φορτίου κοντά στην κυτταρική μεμβράνη.
- Η ανισορροπία αυτή δημιουργεί διαφορά δυναμικού διαμέσου της μεμβράνης (**δυναμικό της μεμβράνης**).

Δυναμικό Ηρεμίας

Όταν ένα κύτταρο είναι σε ηρεμία, η ανταλλαγή ιόντων διαμέσου της μεμβράνης βρίσκεται σε ισορροπία. Η διαφορά δυναμικού διαμέσου της μεμβράνης λέγεται **δυναμικό ηρεμίας**.

Το δυναμικό ηρεμίας είναι σταθερό, μη μηδενικό.

Στα ζωικά κύτταρα το δυναμικό ηρεμίας της μεμβράνης κυμαίνεται μεταξύ -20 και -200 mV.

Δυναμικό Ηρεμίας

Το εσωτερικό του κυττάρου είναι πιο αρνητικά φορτισμένο από το εξωτερικό.

Έτσι η τιμή του έχει αρνητικό πρόσημο.

Χάρη σε αυτό το δυναμικό, επάγεται η μεταφορά μορίων και επιτρέπεται η επικοινωνία στα κύτταρα.

Πρωτεΐνες Μεμβρανικής Μεταφοράς

Πρωτεΐνες Μεμβρανικής Μεταφοράς

Κάθε πρωτεΐνη εξασφαλίζει τη δίοδο μέσω της μεμβράνης σε ένα είδος μορίων.

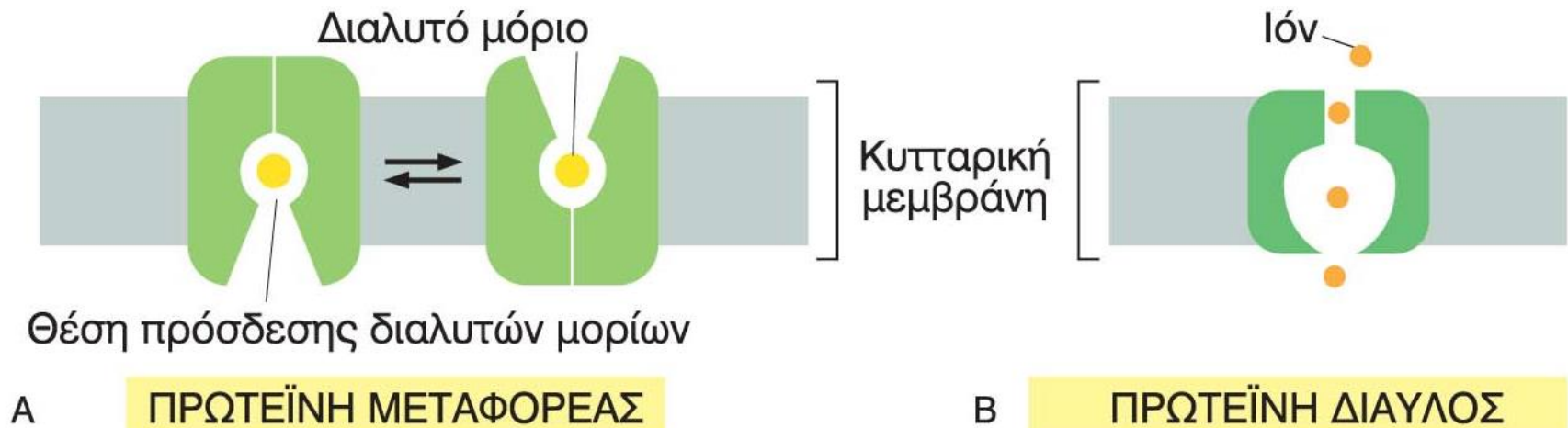
Συνήθως η κάθε πρωτεΐνη εξασφαλίζει τη δίοδο σε επιλεγμένα μόρια μίας κατηγορίας.

Το σύνολο των μεταφορικών πρωτεϊνών της μεμβράνης καθορίζουν ποια μόρια θα διέλθουν και ποια όχι στο κύτταρο.

Οι περισσότερες μεμβρανικές πρωτεΐνες μεταφοράς είναι διαμεμβρανικές πολλαπλής διέλευσης.

Πρωτεΐνες Μεμβρανικής Μεταφοράς

Adapted from Alberts, 4^η έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης



A ΠΡΩΤΕΪΝΗ ΜΕΤΑΦΟΡΕΑΣ

B ΠΡΩΤΕΪΝΗ ΔΙΑΥΛΟΣ

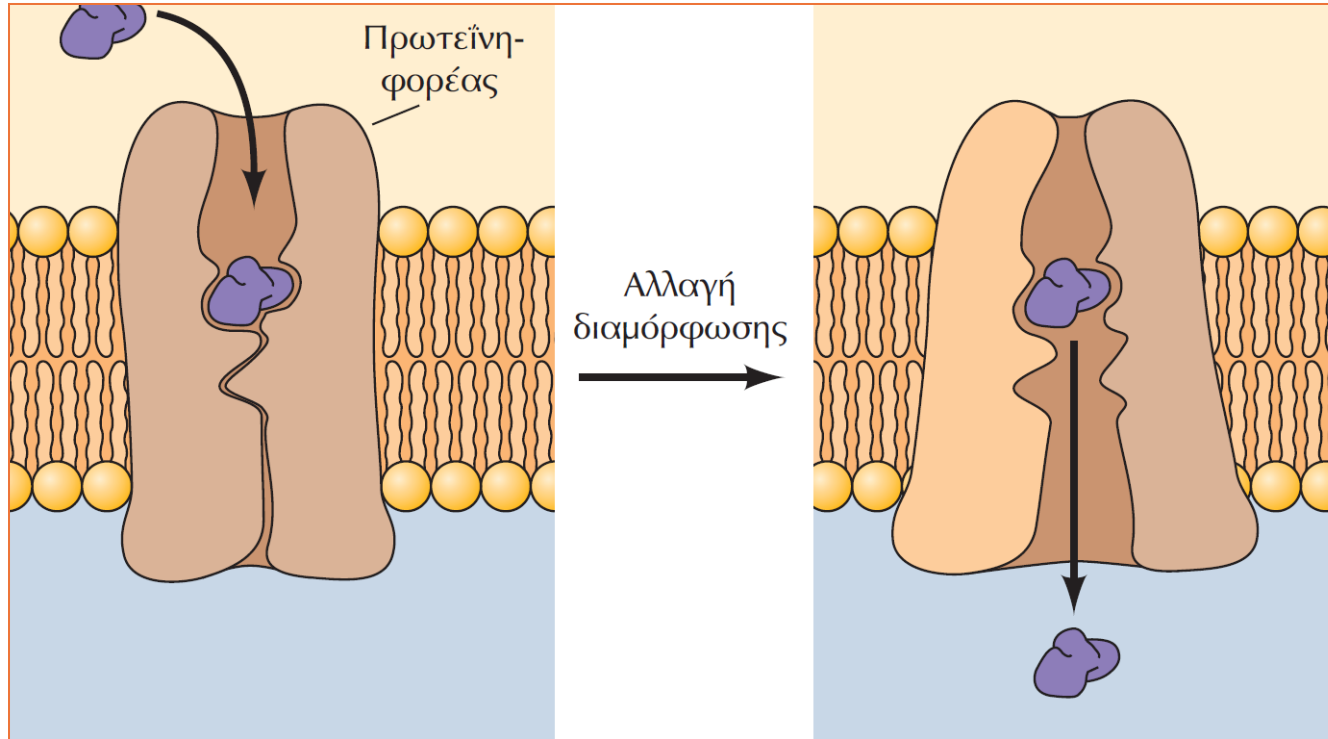
Επιτρέπει τη διέλευση μόνον εκείνων των διαλυτών μορίων που ταιριάζουν σε ειδική θέση πρόσδεσης πάνω τους.

Μοιάζουν με περιστρεφόμενη πόρτα.

Επιλέγει μόρια με βάση το μέγεθος και το ηλεκτρικό φορτίο.

Αν ο διάυλος είναι ανοιχτός, τα μόρια είναι κατάλληλου μεγέθους και φορτίου, τότε διέρχονται.

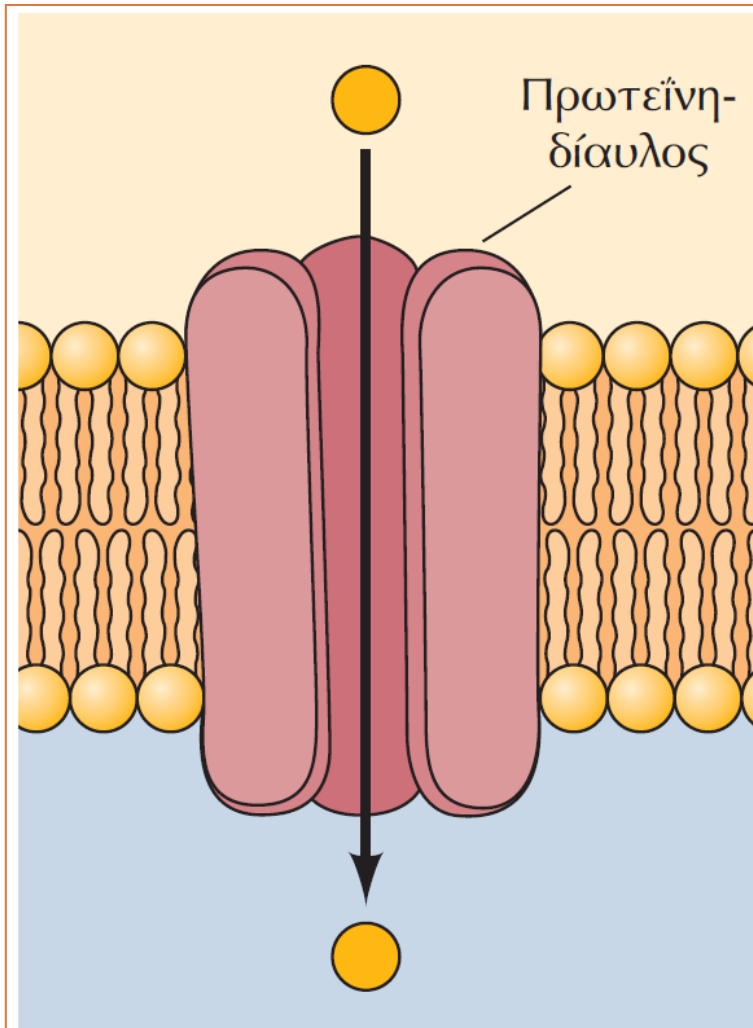
Πρωτεΐνες Μεμβρανικής Μεταφοράς



Πρωτεΐνες - Μεταφορείς (Φορείς)

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.

Πρωτεΐνες Μεμβρανικής Μεταφοράς



Πρωτεΐνες - Δίαυλοι

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

Παθητική και Ενεργός Μεταφορά

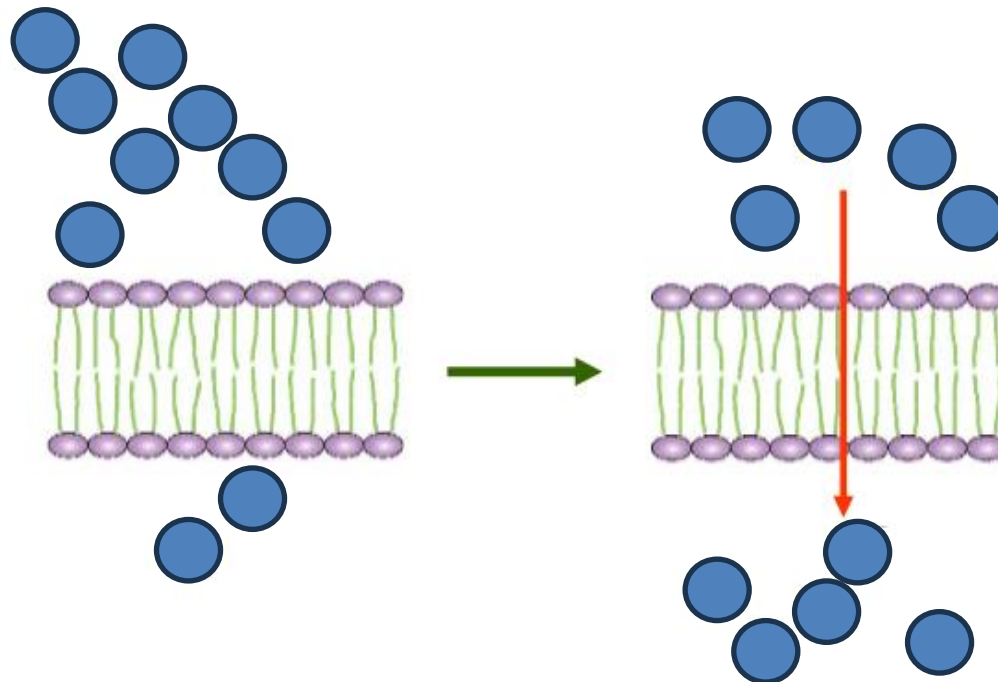
Μεμβρανική Μεταφορά

Τι προκαλεί μετακίνηση προς μία κατεύθυνση;

Η κατεύθυνση μεταφοράς εξαρτάται από τη συγκέντρωση της διαλυμένης ουσίας σε κάθε πλευρά της μεμβράνης.

Παθητική Μεταφορά

Η παθητική μεταφορά έχει «κατηφορική» κατεύθυνση, από τη μεγαλύτερη στη μικρότερη συγκέντρωση, χωρίς άλλη προωθητική δύναμη.



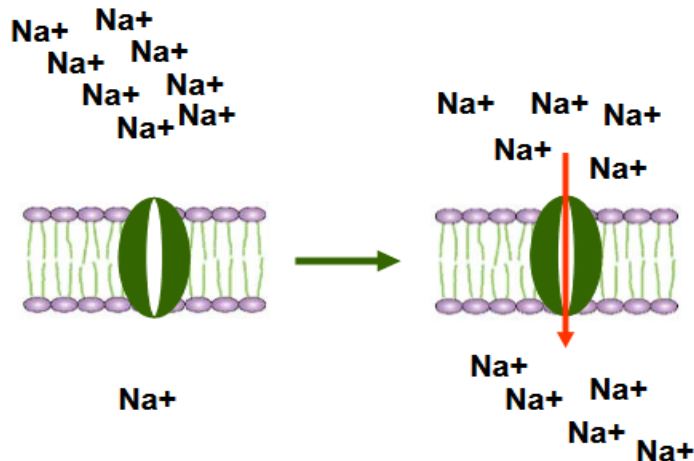
**Απλή
διάχυση
μορίων**
(λιπόφιλα,
αέρια, κ.ά.)

Παθητική Μεταφορά

Η παθητική μεταφορά, από τη μεγαλύτερη στη μικρότερη συγκέντρωση, μπορεί να υποβοηθηθεί με την ύπαρξη διόδου.

Υποβοηθούμενη διάχυση μορίων
(ιόντα, πολικά μόρια, κ.ά.)

Η πρωτεΐνη-διάυλος επιλέγει ιόντα με βάση το μέγεθος και το φορτίο. Η διαδικασία είναι βραχύτατη!

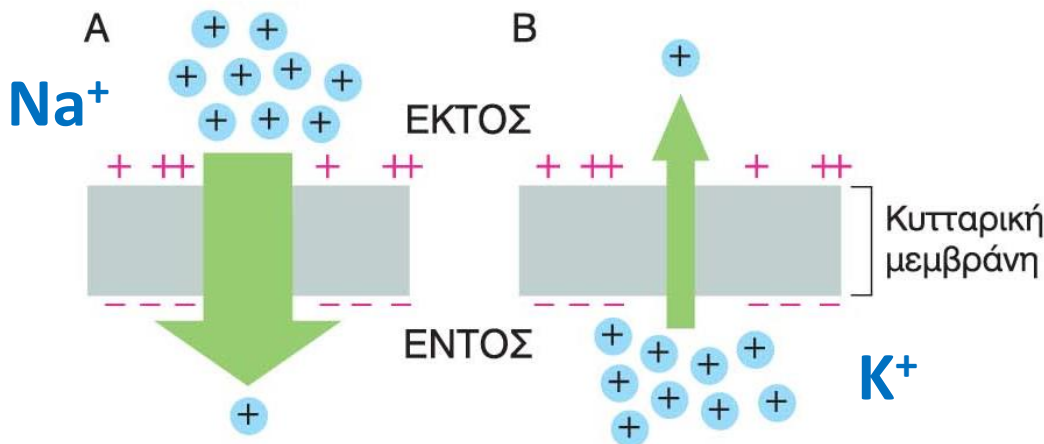


Ιόν	Ενδοκυτάρια συγκέντρωση (mM)	Εξωκυτάρια συγκέντρωση (mM)
Na+	5-15	145
K+	140	5
Mg ⁺⁺	0.5	1-2
Ca ⁺⁺	0.0001	1-2
Cl-	5-15	110

Όλες οι πρωτεΐνες-διάυλοι και πολλές πρωτεΐνες-μεταφορείς μπορεί να λειτουργήσουν ως αγωγοί για παθητική μεταφορά.

Ηλεκτροχημική Βαθμίδωση

Τα ηλεκτρικά φορτισμένα μόρια διαπερνούν τη μεμβράνη υπό την επίδραση της συνισταμένης δύο δυνάμεων: α) της βαθμίδωσης της συγκέντρωσης και β) της διαφοράς δυναμικού



Ηλεκτροχημική βαθμίδωση όπου το δυναμικό και η βαθμίδωση συγκέντρωσης ωθούν τη μεταφορά προς την ίδια κατεύθυνση

Ηλεκτροχημική βαθμίδωση όπου το δυναμικό και βαθμίδωση συγκέντρωσης ωθούν τη μεταφορά προς αντίθετες κατευθύνσεις

Συνήθως η κυτταροπλασματική μεριά της μεμβράνης έχει αρνητικό δυναμικό, σε σχέση με την εξωτερική.

Τα θετικά φορτισμένα μόρια από έξω έλκονται προς το εσωτερικό του κυττάρου.

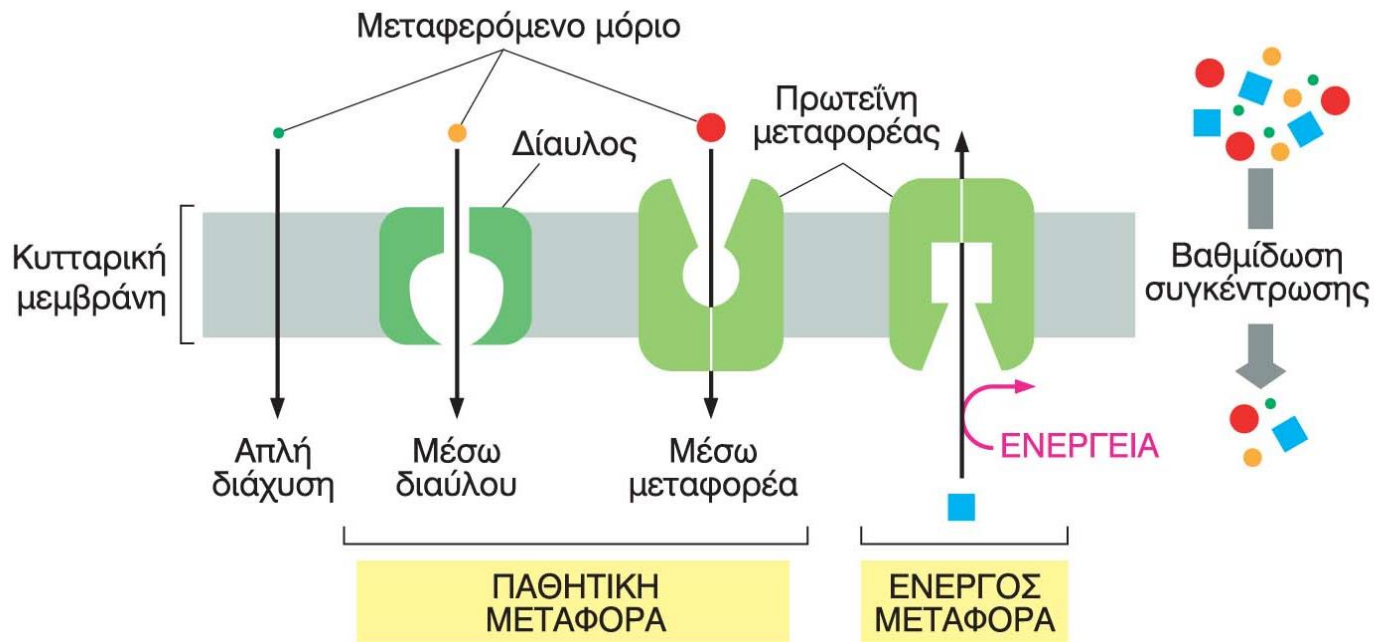
Τα αρνητικά φορτισμένα μόρια καθοδηγούνται έξω από το κύτταρο.

Adapted from Alberts, 4^η έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης

Ενεργός Μεταφορά

Η ενεργός μεταφορά έχει «ανηφορική» κατεύθυνση, αντίθετα στη βαθμίδωση συγκέντρωσης.

Πραγματοποιείται από πρωτεΐνη μεταφοράς (αντλία), με παραγωγή έργου και με συμμετοχή ενζύμου.



Ώσμωση

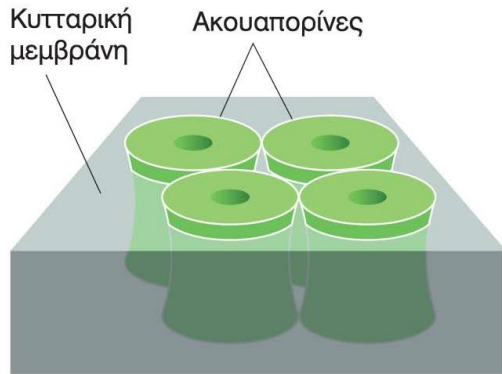
Διέλευση μορίων νερού

Τα κύτταρα αποτελούνται κατά 70% από νερό.

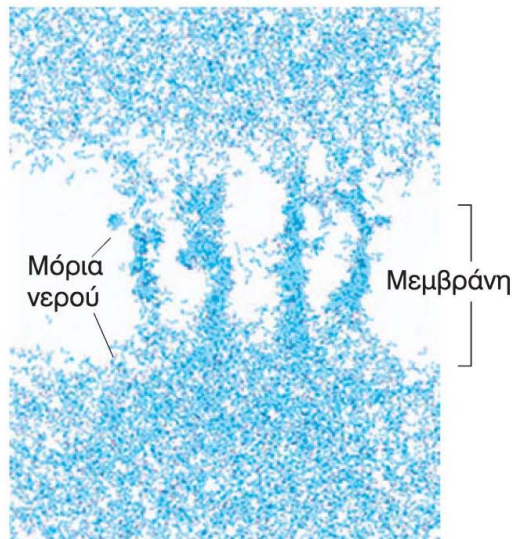
Η μετακίνηση νερού διαμέσου της μεμβράνης είναι πολύ σημαντική.

Τα μόρια του νερού είναι μικρά, μη φορτισμένα και διαχέονται διαμέσου της λιπιδικής μεμβράνης.

Διέλευση μορίων νερού



A



B

Οι ακουαπορίνες (aquaporins) (πρωτεΐνες-διάυλοι), που υπάρχουν στις μεμβράνες ορισμένων κυττάρων, διευκολύνουν τη ροή των μορίων νερού.

*Adapted from Alberts, 4^η έκδοση,
Εκδ. Πασχαλίδης*

Ώσμωση

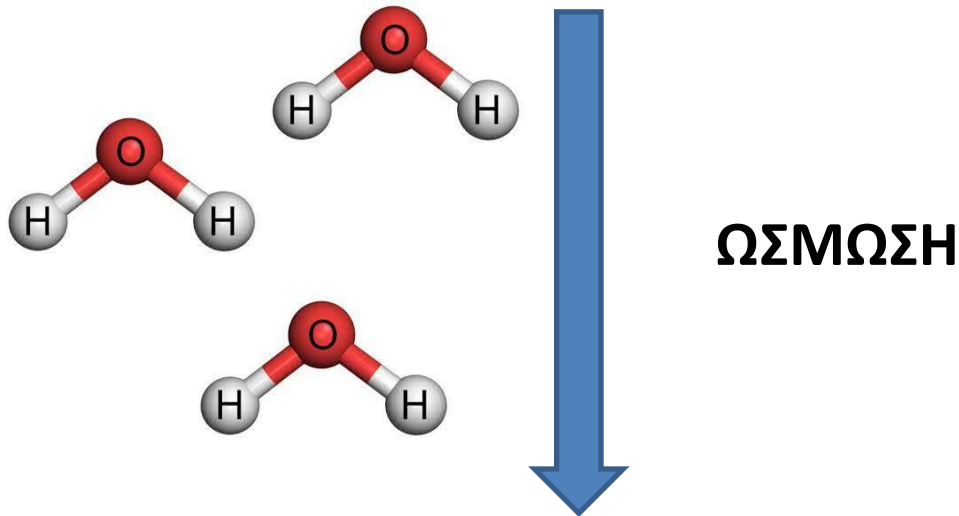
Η συγκέντρωση διαλυμένων ουσιών μέσα στο κύτταρο (ωσμωμοριακότητα) είναι μεγαλύτερη από ό,τι έξω από αυτό.

Η ωσμωτική βαθμίδωση θωεί ροή νερού προς τα μέσα.



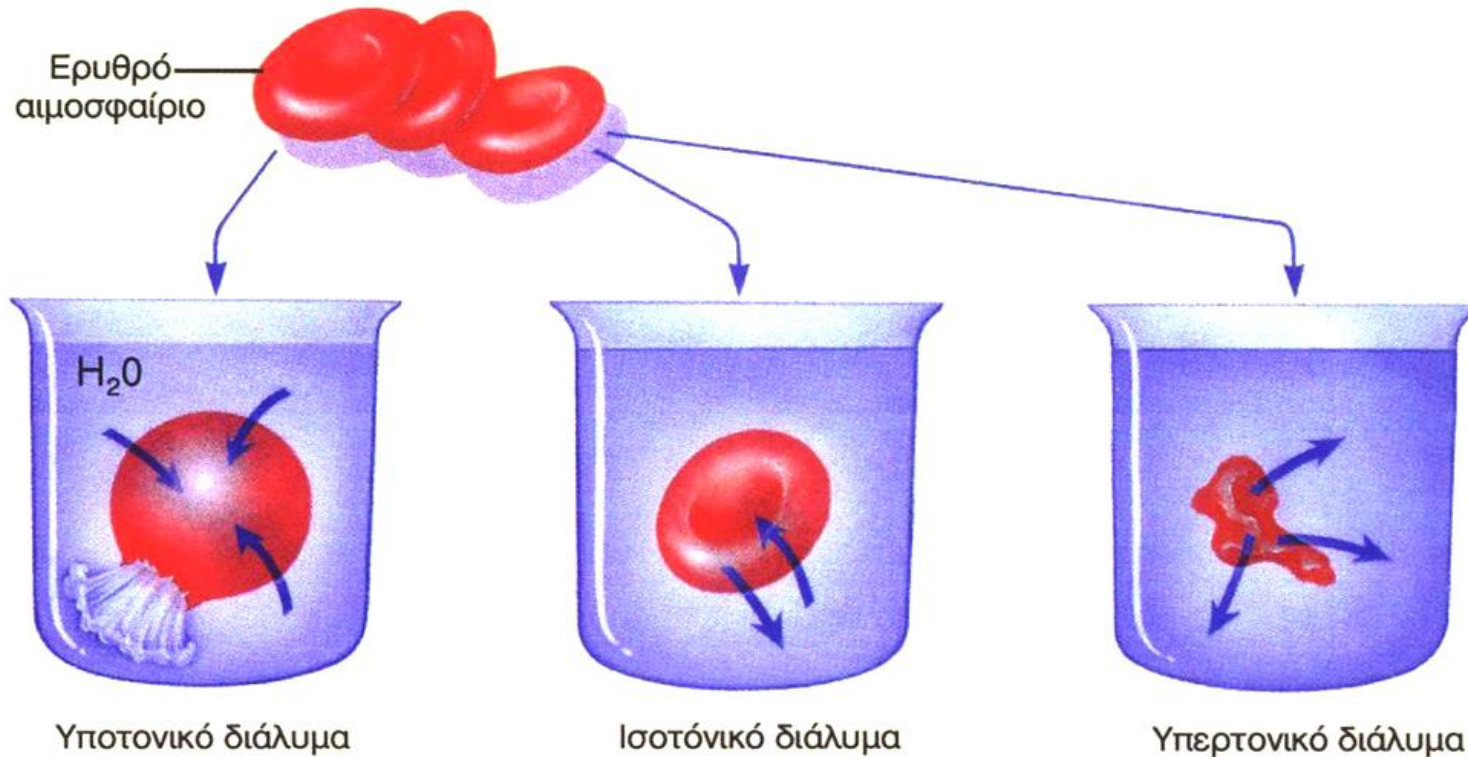
Ώσμωση

περιοχή χαμηλής συγκέντρωσης διαλυμένης ουσίας
(υψηλή συγκέντρωση νερού)



περιοχή υψηλής συγκέντρωσης διαλυμένης ουσίας
(χαμηλή συγκέντρωση νερού)

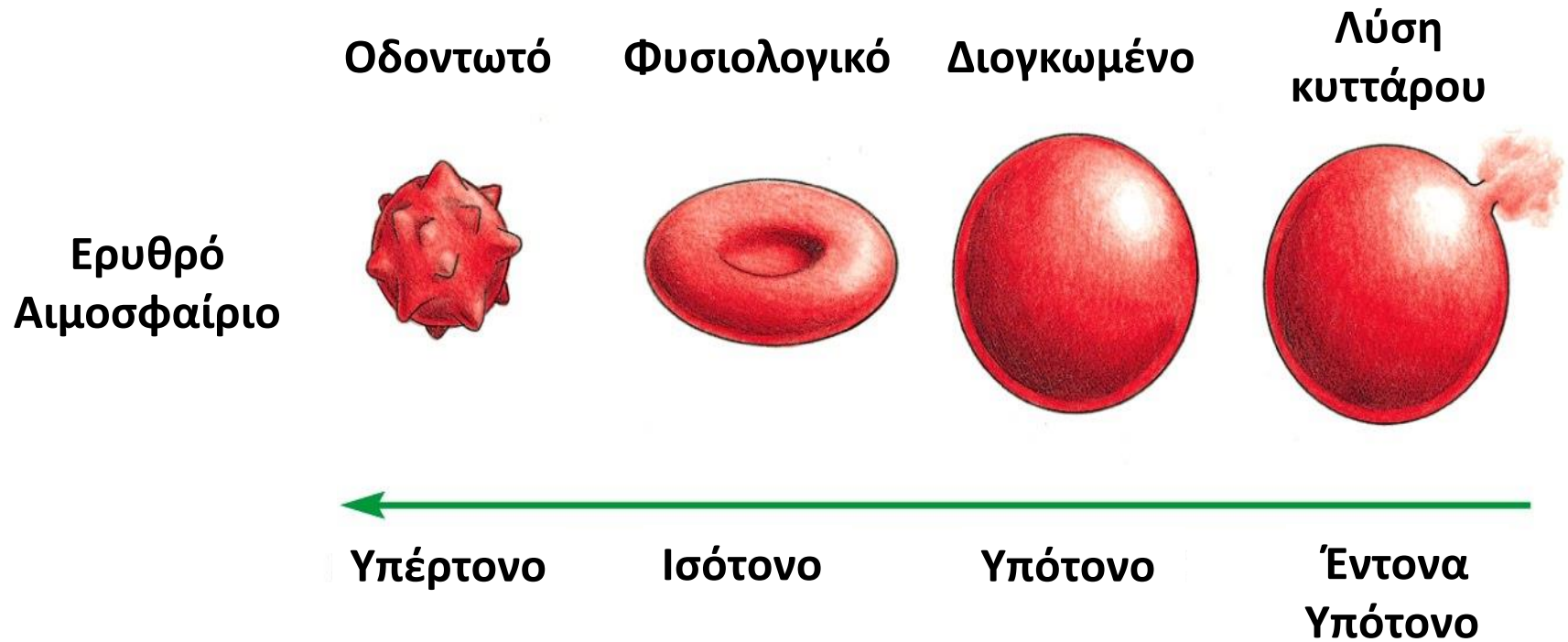
Ωσμωτική Πίεση



Όταν το εξωτερικό διάλυμα είναι υποτονικό ως προς το κύτταρο, νερό εισέρχεται σε αυτό, αυξάνοντας την ωσμωτική πίεση.

Όταν το διάλυμα είναι υπερτονικό νερό εξέρχεται προς τα έξω, μειώνοντας τη ωσμωτική πίεση.

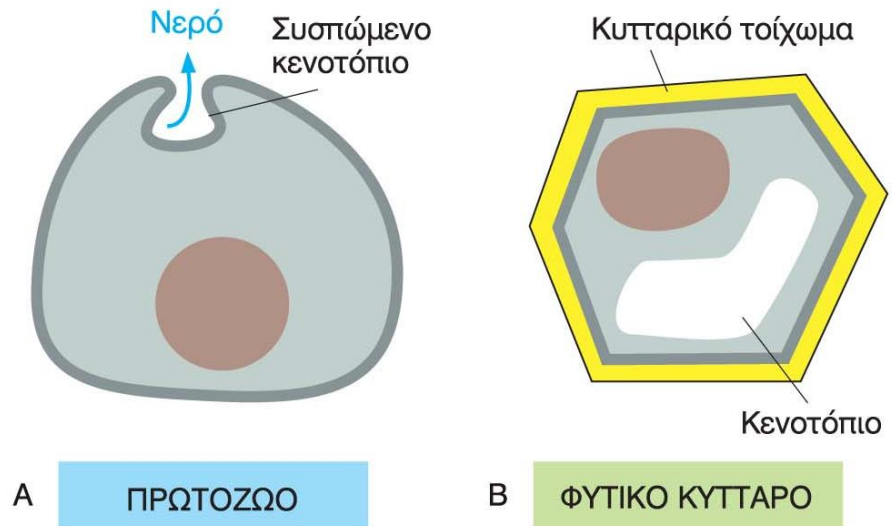
Επίδραση Ωσμωτικής Πίεσης στα κύτταρα



Αντιμετώπιση ωσμωτικής πίεσης από τα κύτταρα

Τα περισσότερα ζωικά κύτταρα, διαθέτουν πηκτοειδές κυτταρόπλασμα, που αντιστέκεται στην ωσμωτική διόγκωση.

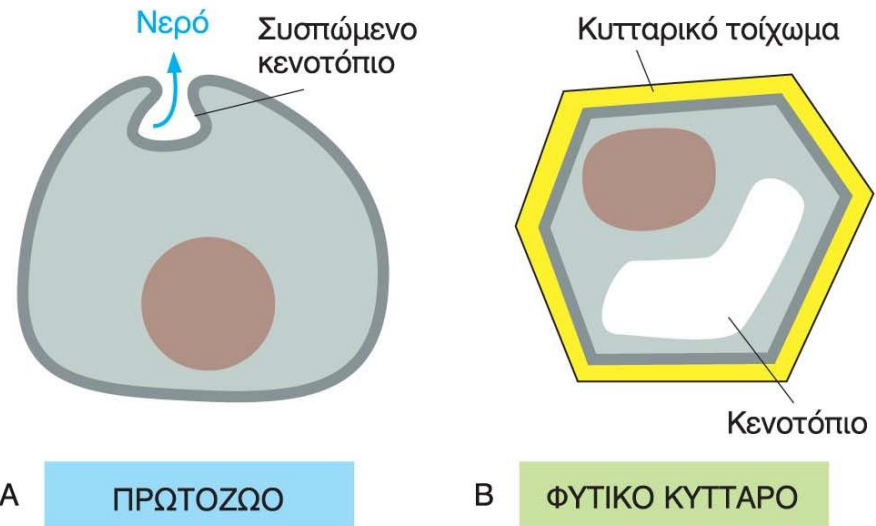
Κάποια πρωτόζωα του γλυκού νερού (π.χ. αμοιβάδες) εξαλείφουν την περίσσεια νερού, με τη βοήθεια συσπώμενων κενοδοπίων.



Adapted from Alberts, 4^η έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης

Πίεση σπαργής στα φυτικά κύτταρα

Τα φυτικά κύτταρα αποφεύγουν τη διόγκωση και διάρρηξη, με τη βοήθεια κυτταρικών τοιχωμάτων που «απορροφούν» μεγάλες διαφορές ωσμωτικής πίεσης.



Adapted from Alberts, 4^η έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης

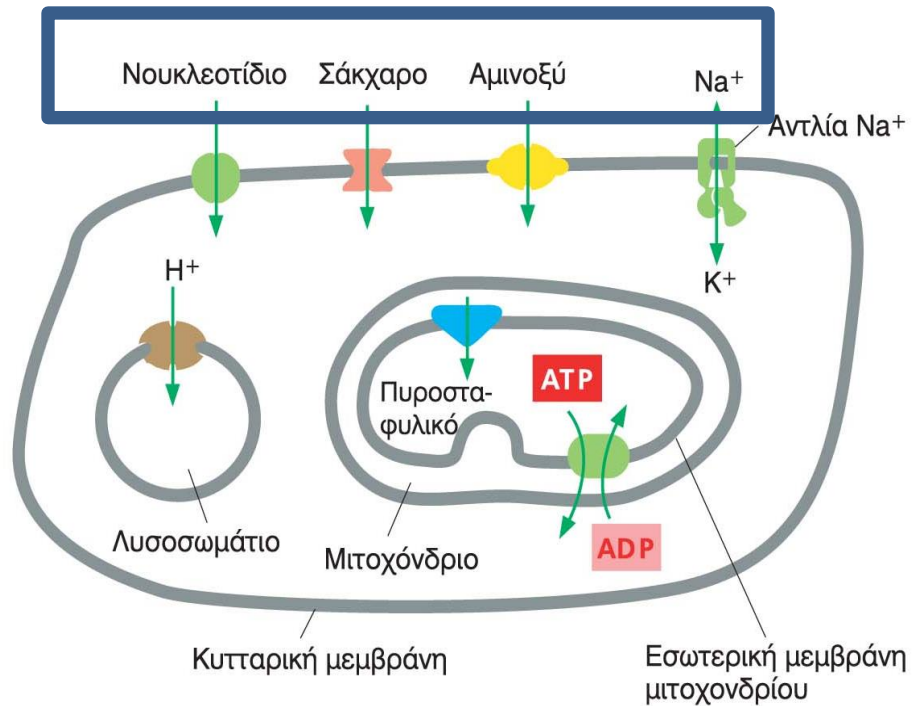
Πρωτεΐνες-Μεταφορείς

Πρωτεΐνες-μεταφορείς

- Οι πρωτεΐνες-μεταφορείς είναι απαραίτητες για την μεταφορά όλων σχεδόν των οργανικών μορίων και ορισμένων ανόργανων ιόντων μέσω της μεμβράνης.
- Οι πρωτεΐνες-μεταφορείς εμφανίζουν υψηλό βαθμό εκλεκτικότητας και ακρίβεια ως προς την κατεύθυνση μεταφοράς.
- Κάθε μεμβράνη διαθέτει διαφορετική ομάδα πρωτεϊνών.

Πρωτεΐνες-μεταφορείς σε κάθε μεμβράνη

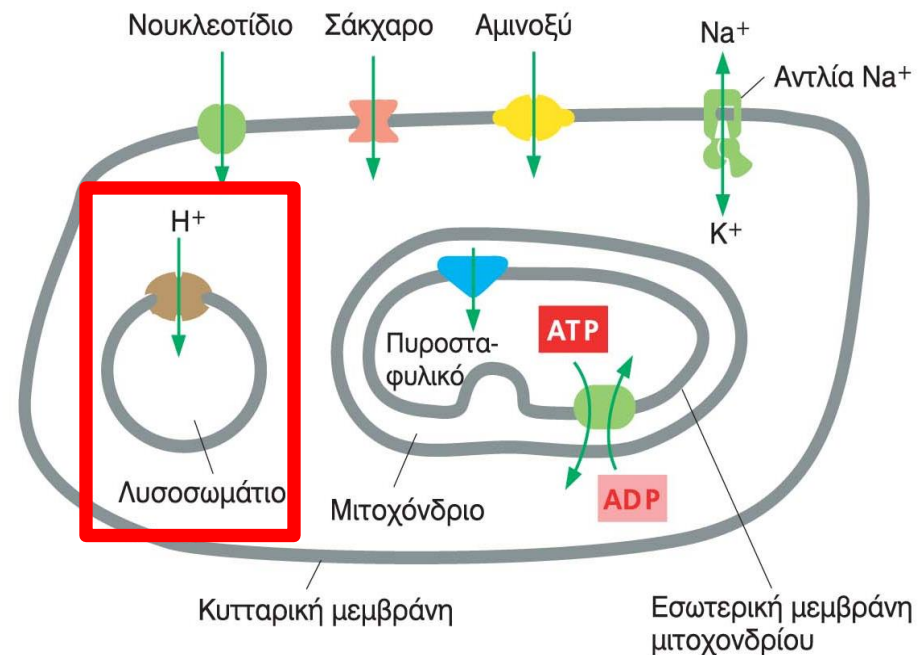
Στην πλασματική μεμβράνη υπάρχουν πρωτεΐνες-μεταφορείς για την εισαγωγή θρεπτικών ουσιών (π.χ. αμινοξέα, σάκχαρα, νουκλεοτίδια)



Adapted from Alberts, 4^η έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης

Πρωτεΐνες-μεταφορείς σε κάθε μεμβράνη

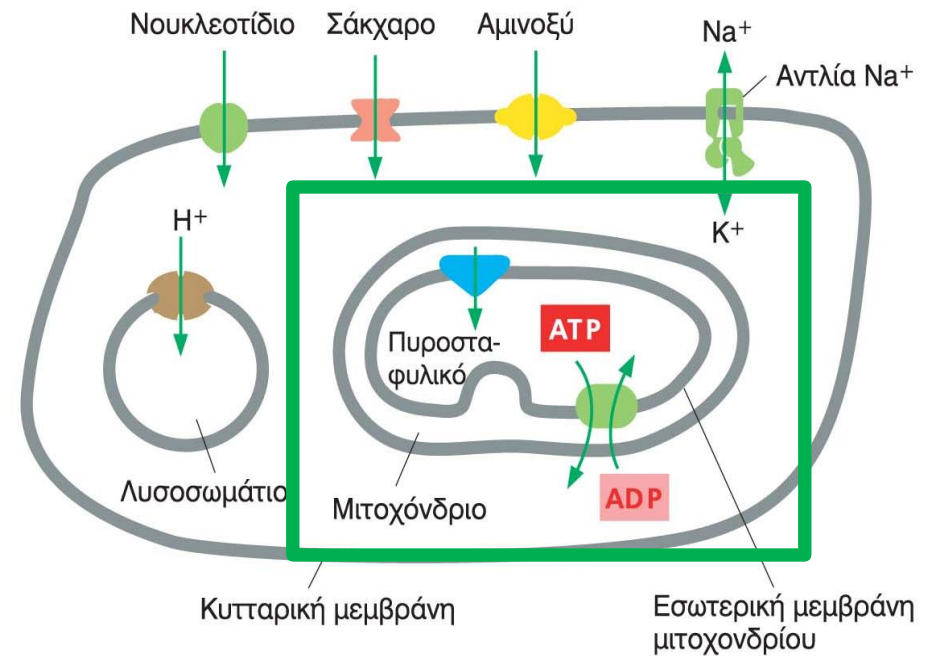
Στη μεμβράνη των λυσοσωμάτων υπάρχουν πρωτεΐνες-μεταφορείς πρωτονίων για διατήρηση του pH στο εσωτερικό τους όξινο και μεταφορείς προϊόντων πέψης προς το κυτταρόπλασμα.



Adapted from Alberts, 4^η έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης

Πρωτεΐνες-μεταφορείς σε κάθε μεμβράνη

Στην εσωτερική μεμβράνη των μιτοχονδρίων, υπάρχουν πρωτεΐνες-μεταφορείς για την εισαγωγή του πυροσταφυλικού και του ADP, αλλά και μεταφορείς για την εξαγωγή του παραγόμενου ATP.



Adapted from Alberts, 4th έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης

Πρωτεΐνες-Μεταφοράς Γλυκόζης

Πρωτεΐνες-μεταφοράς γλυκόζης

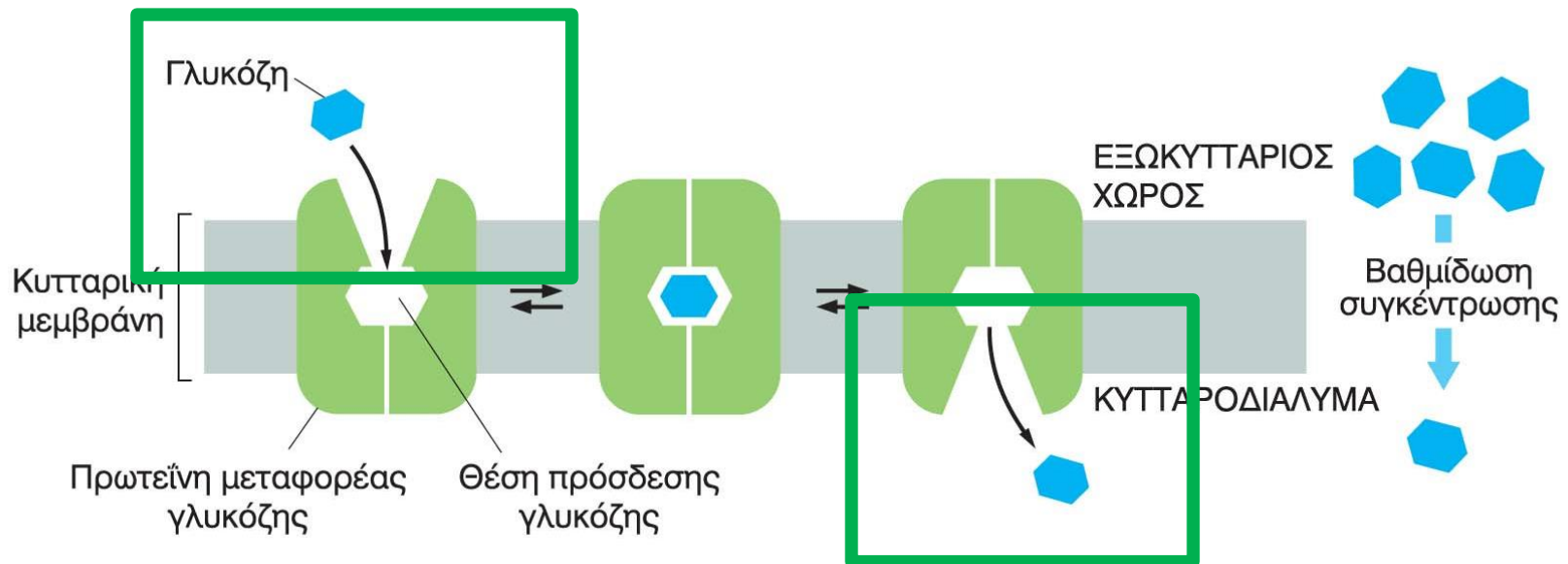
Ο μεταφορέας γλυκόζης είναι παράδειγμα πρωτεΐνης – μεταφοράς που εκτελεί παθητική μεταφορά.

Υπάρχει στην κυτταρική μεμβράνη κυττάρων πολλών θηλαστικών.

Η πεπτιδική αλυσίδα αυτού του μεταφορέα διαπερνά τη μεμβράνη 12 φορές.

Πρωτεΐνες-μεταφοράς γλυκόζης

Προβάλλει τη θέση πρόσδεσης της γλυκόζης, άλλοτε στο εξωκυττάριο περιβάλλον και άλλοτε εσωτερικά (2 διαμορφώσεις)



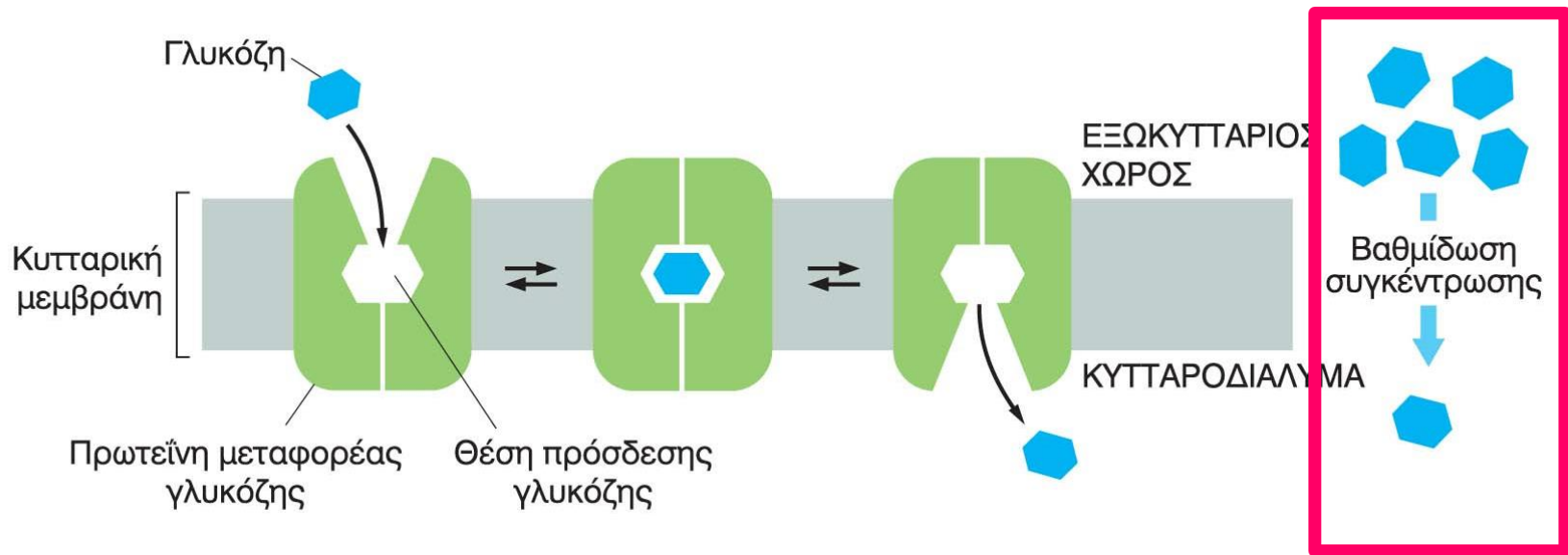
Adapted from Alberts, 4^η έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης

Πρωτεΐνες-μεταφοράς γλυκόζης

Η γλυκόζη δεν έχει φορτίο.

Η ηλεκτροχημική της βαθμίδωση είναι μηδενική.

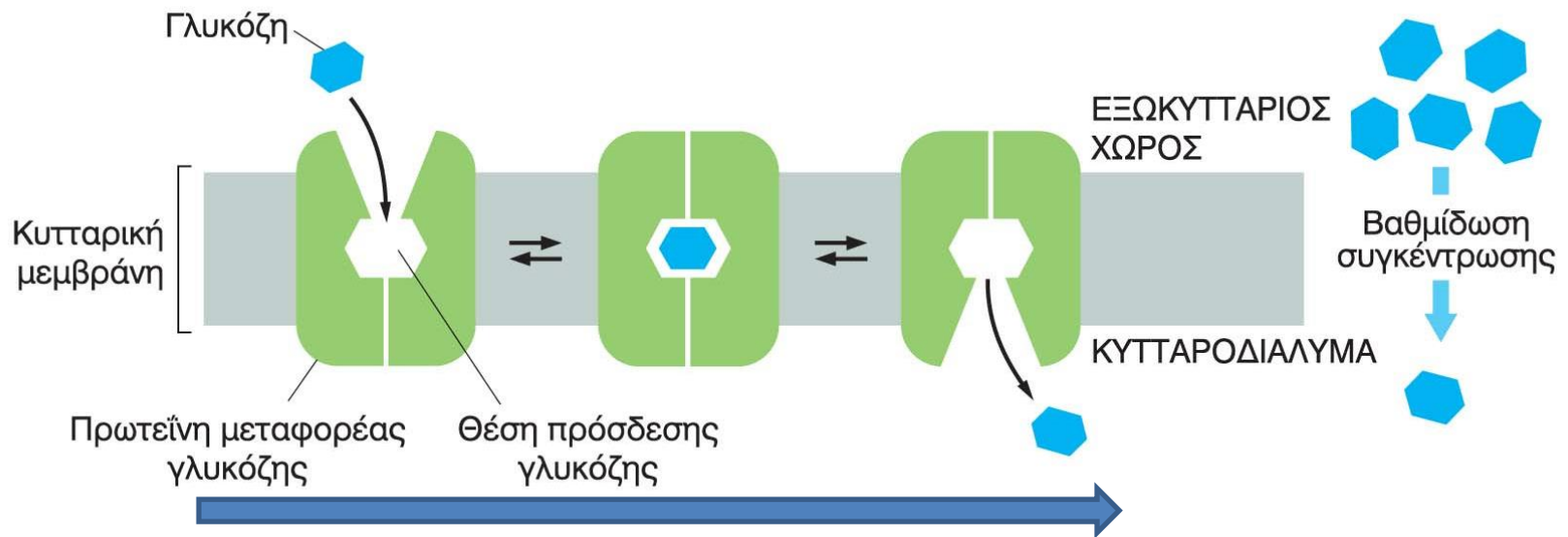
Η κατεύθυνση μεταφοράς εξαρτάται μόνο από τη βαθμίδωση συγκέντρωσης.



Adapted from Alberts, 4^η έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης

Κατεύθυνση μεταφοράς γλυκόζης

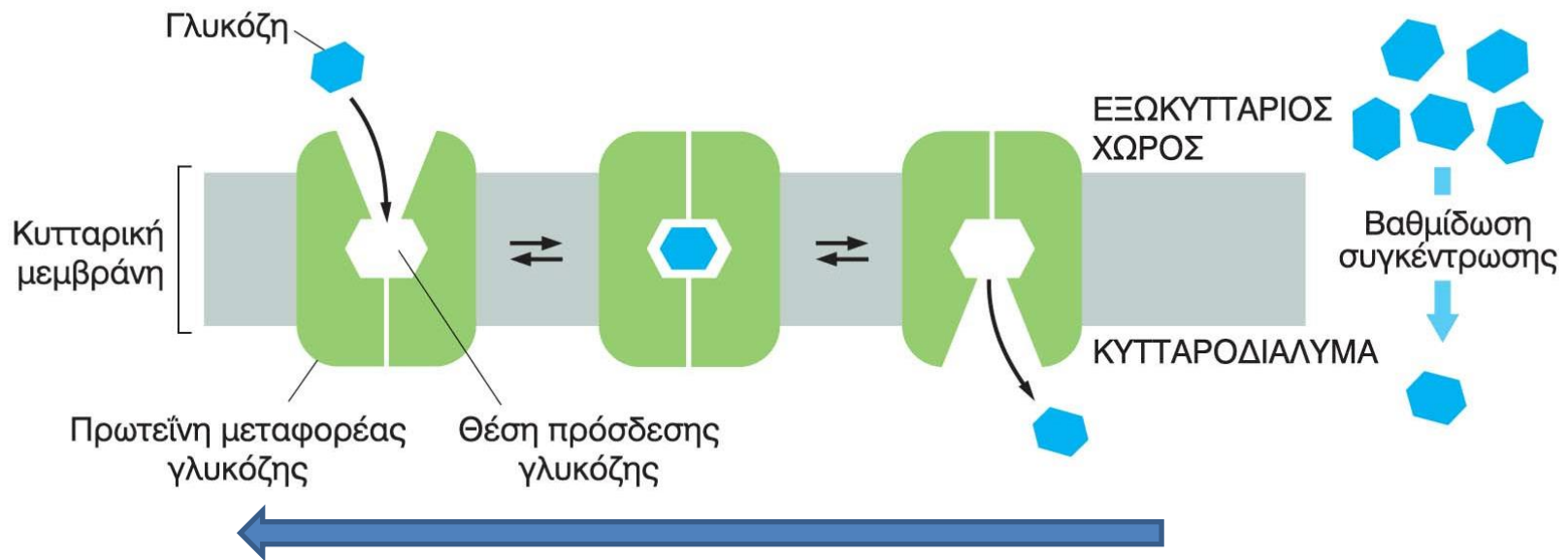
Όταν η γλυκόζη αφθονεί στο εξωκυττάριο περιβάλλον, τα μόρια γλυκόζης προσδένονται στο εξωτερικό του κυττάρου. Με αλλαγή της διαμόρφωσης της πρωτεΐνης μεταφέρονται προς το εσωτερικό και απελευθερώνονται στο κυτταρόπλασμα, που η συγκέντρωση είναι χαμηλότερη.



Adapted from Alberts, 4^η έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης

Κατεύθυνση μεταφοράς γλυκόζης

- Όταν τα επίπεδα σακχάρου στο αίμα είναι χαμηλά, η γλυκαγόνη διεγείρει τα ηπατοκύτταρα να παράγουν γλυκόζη.
- Έτσι η συγκέντρωση στο εσωτερικό του κυττάρου είναι μεγάλη και προσδένεται στις εσωτερικές θέσεις τις μεμβράνης.
- Με αλλαγή διαμόρφωσης, απελευθερώνεται στο εξωτερικό του κυττάρου.



Ενεργός μεταφορά μέσω αντλιών

Διαμεμβρανικές Αντλίες

Το κύτταρο δεν μπορεί να βασιστεί μόνο στην παθητική μεταφορά.

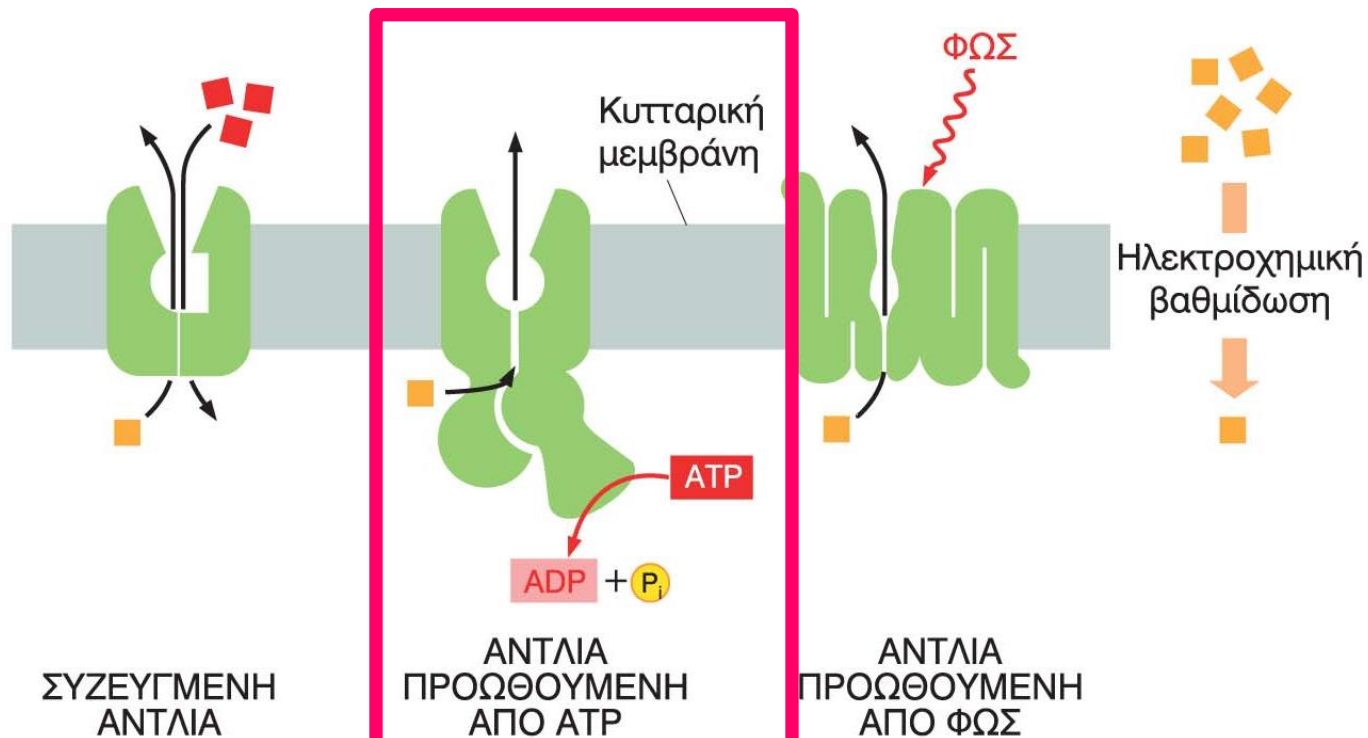
Διαθέτει αντλίες για να διακινεί μόρια σε κατεύθυνση αντίθετη από αυτή της ηλεκτροχημικής βαθμίδωσης.

Διατηρεί έτσι την εσωτερική ιοντική του σύσταση και εισάγει μόρια που είναι σε χαμηλές συγκεντρώσεις στον εξωκυττάριο χώρο.

Διαμεμβρανικές Αντλίες

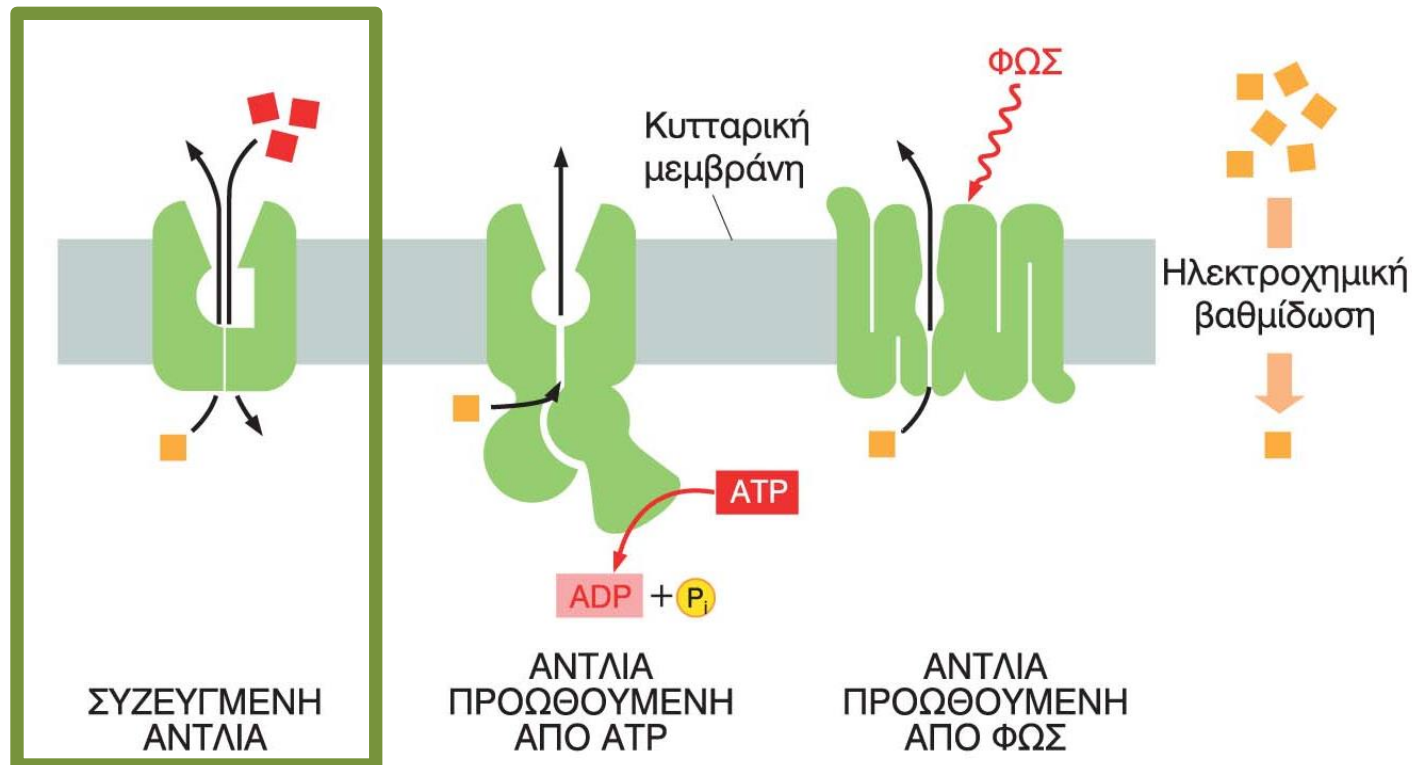
Οι αντλίες πραγματοποιούν ενεργό μεταφορά με 3 τρόπους:

A) Αντλίες προωθούμενες από ATP, υδρολύουν ATP για να προωθήσουν ανοδική μεταφορά.



Διαμεμβρανικές Αντλίες

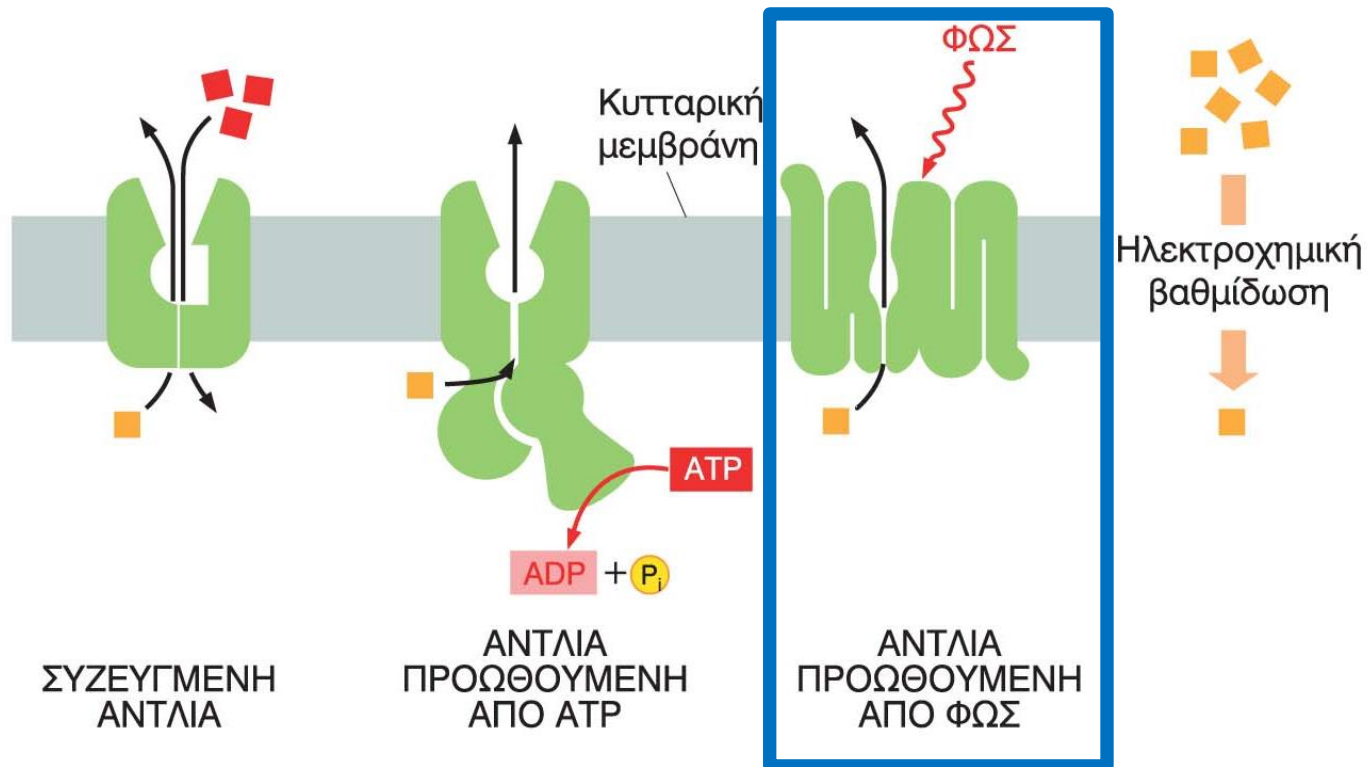
B) Συζευγμένες αντλίες συνδέουν την ανοδική μεταφορά ενός διαλυτού μορίου διαμέσου της μεμβράνης, με την καθοδική μεταφορά ενός άλλου μορίου.



Adapted from Alberts, 4^η έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης

Διαμεμβρανικές Αντλίες

Γ) Αντλίες που προωθούνται από το φως (σε βακτηριακά κύτταρα)



Adapted from Alberts, 4^η έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης

Διαμεμβρανικές Αντλίες

Συχνά οι διαφορετικές μορφές αντλιών είναι συνδεδεμένες.

Στην κυτταρική μεμβράνη ζωικού κυττάρου, μία προωθούμενη από ATP αντλία, μεταφέρει Na^+ έξω από το κύτταρο, αντίθετα στη φορά βαθμίδωσής του. Στη συνέχεια το Na^+ μπορεί να εισέλθει ξανά.

Διαμεμβρανικές Αντλίες

Η εισροή Na^+ μέσω συζευγμένων αντλιών, μεταφέρει στο εσωτερικό του κυττάρου και άλλες ουσίες, αντίθετα από τις ηλεκτροχημικές βαθμιδώσεις τους.

Αν η αντλία Na^+ σταματήσει, θα καταρρεύσει η βαθμίδωση Na^+ αλλά και η μεταφορά ουσιών.

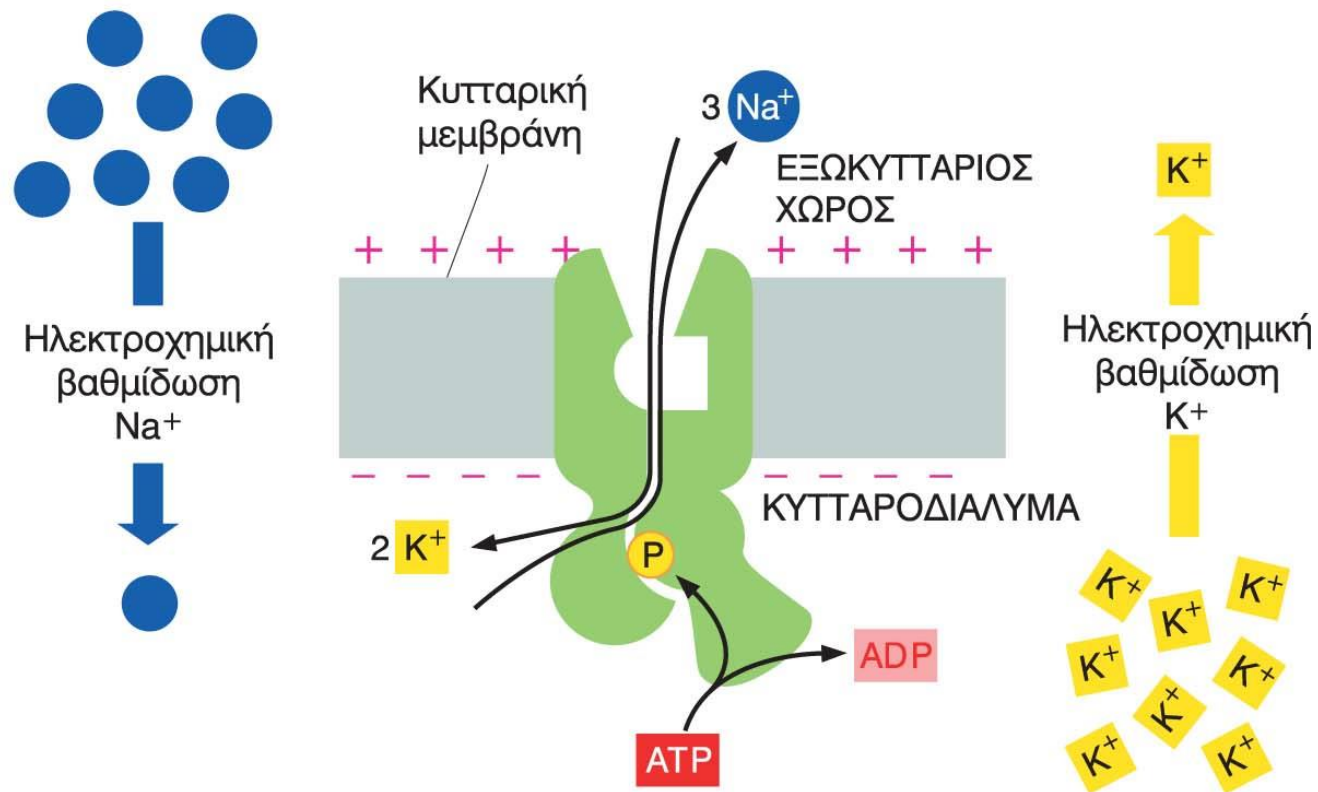
Αντλία Na^+ / K^+

Αντλία Na^+ / K^+

- Η αντλία του Na^+ προωθείται από το ATP.
- Παίζει σημαντικό ρόλο στην ενεργειακή οικονομία των ζωικών κυττάρων.
- Χρησιμοποιεί το 30% της παραγόμενης ATP.
- Χρησιμοποιεί ενέργεια που προέρχεται από την υδρόλυση του ATP για τη μεταφορά Na^+ έξω από το κύτταρο και μεταφορά K^+ μέσα στο κύτταρο.

Αντλία Na^+ / K^+

Η αντλία είναι γνωστή ως Αντλία Na^+/K^+ ή ΑΤΡάση Na^+/K^+ .

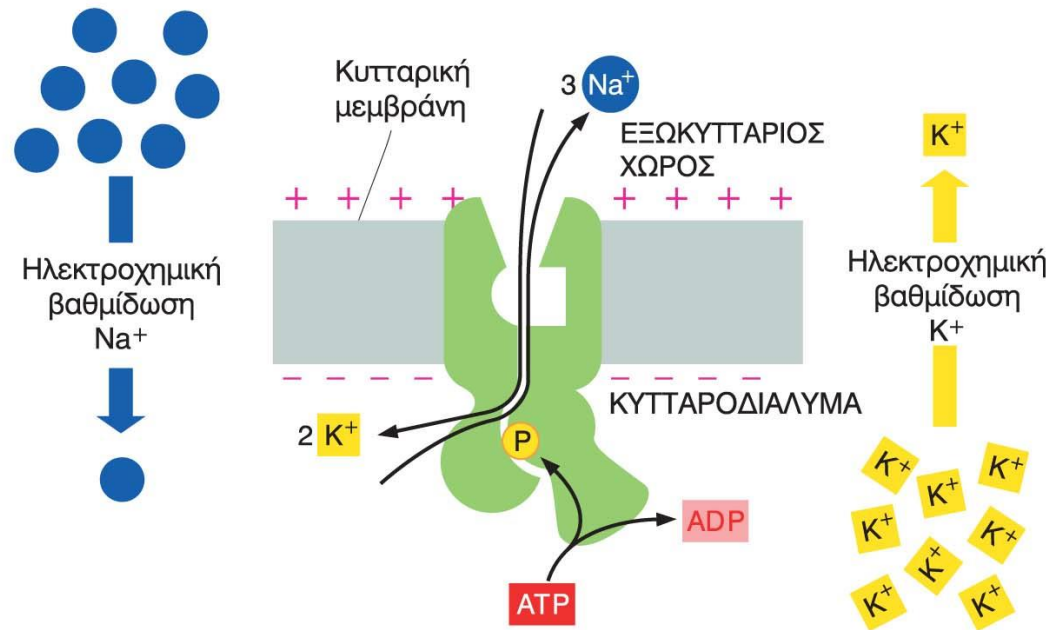


Adapted from Alberts, 4^η έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης

Αντλία Na^+ / K^+

Η ενέργεια από την υδρόλυση του ATP επάγει μία σειρά αλλαγών στην πρωτεϊνική διαμόρφωση και προωθούν την ανταλλαγή Na^+ / K^+ .

Η φωσφορική ομάδα που απομακρύνεται από το ATP , μεταφέρεται στην ίδια αντλία.



Adapted from Alberts, 4^η έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης

Αντλία Na^+ / K^+

Η αντλία Na^+/K^+ λειτουργεί συνεχώς, αποβάλλοντας Na^+ , που εισέρχεται μέσω άλλων μεταφορέων και ιοντικών διαύλων.

Η συγκέντρωση του Na^+ διατηρείται στο κυτταρόπλασμα 30-40 φορές χαμηλότερη από την αντίστοιχη στον εξωκυττάριο χώρο και η συγκέντρωση K^+ 10-30 φορές υψηλότερη.

Η απότομη βαθμίδωση συγκέντρωσης Na^+ διαμέσου της μεμβράνης, λειτουργεί, μαζί με το δυναμικό της, οδηγώντας σε μία μεγάλη βαθμίδωση Na^+ που τείνει να τραβά Na^+ πίσω στο κύτταρο.

Αντλία Na^+ / K^+

Η υψηλή συγκέντρωση Na^+ έξω από το κύτταρο, στην πλευρά που οι τιμές της ηλεκτροχημικής βαθμίδωσης είναι υψηλές, μοιάζει με όγκο νερού πίσω από φράγμα (τεράστιο απόθεμα ενέργειας).

Ακόμη και αν η αντλία Na^+ / K^+ σταματήσει π.χ. με ουαμπαΐνη, το ενεργειακό απόθεμα επαρκεί για τη διατήρηση διεργασιών μεταφοράς που σχετίζονται με τη ροή Na^+ προς το εσωτερικό του κυττάρου, για πολλά λεπτά.



Adapted from Alberts, 4^η έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης

Αντλία Ca^{2+}

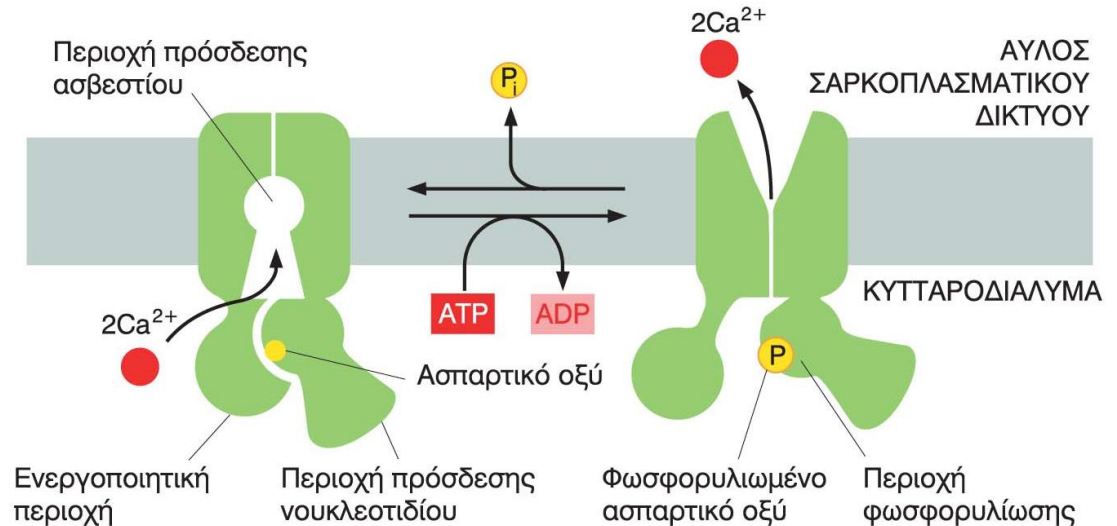
Αντλία Ca^{2+}

- ▶ Η συγκέντρωση Ca^{2+} στο κυτταρόπλασμα είναι χαμηλή (10^{-4} mM). Στον εξωκυττάριο χώρο είναι 1-2 mM.
- ▶ Οι μετακινήσεις του Ca^{2+} διαμέσου της μεμβράνης είναι σημαντικές, γιατί το Ca^{2+} προσδέεται σε πολλά μόρια, μεταβάλλοντας τη δράση τους.
- ▶ Η είσοδος Ca^{2+} στο κυτταρόπλασμα, συχνά εκλαμβάνεται ως σήμα έναρξης διαφόρων διαδικασιών (π.χ. μυϊκή συστολή, επικοινωνία νευρικών κυττάρων).

Αντλία Ca^{2+}

Adapted from Alberts, 4^η έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης

Όσο πιο χαμηλή είναι η συγκέντρωση του ελεύθερου Ca^{2+} στο κυτταρόπλασμα, τόσο πιο ευαίσθητο είναι το κύτταρο στην αύξησή του.



Η άντληση του Ca^{2+} έξω από το κυτταρόπλασμα, γίνεται με αντλία που προωθείται από την ATP και βρίσκεται στην κυτταρική μεμβράνη.

Συζευγμένες Αντλίες

Συζευγμένες Αντλίες

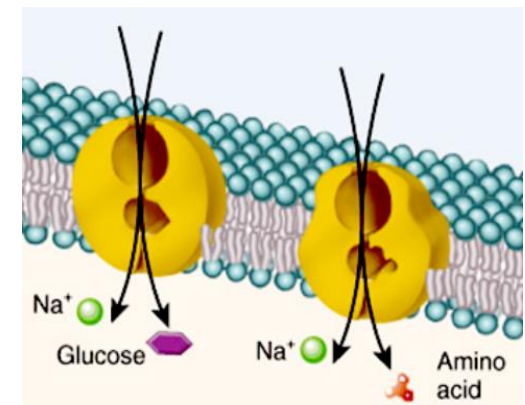
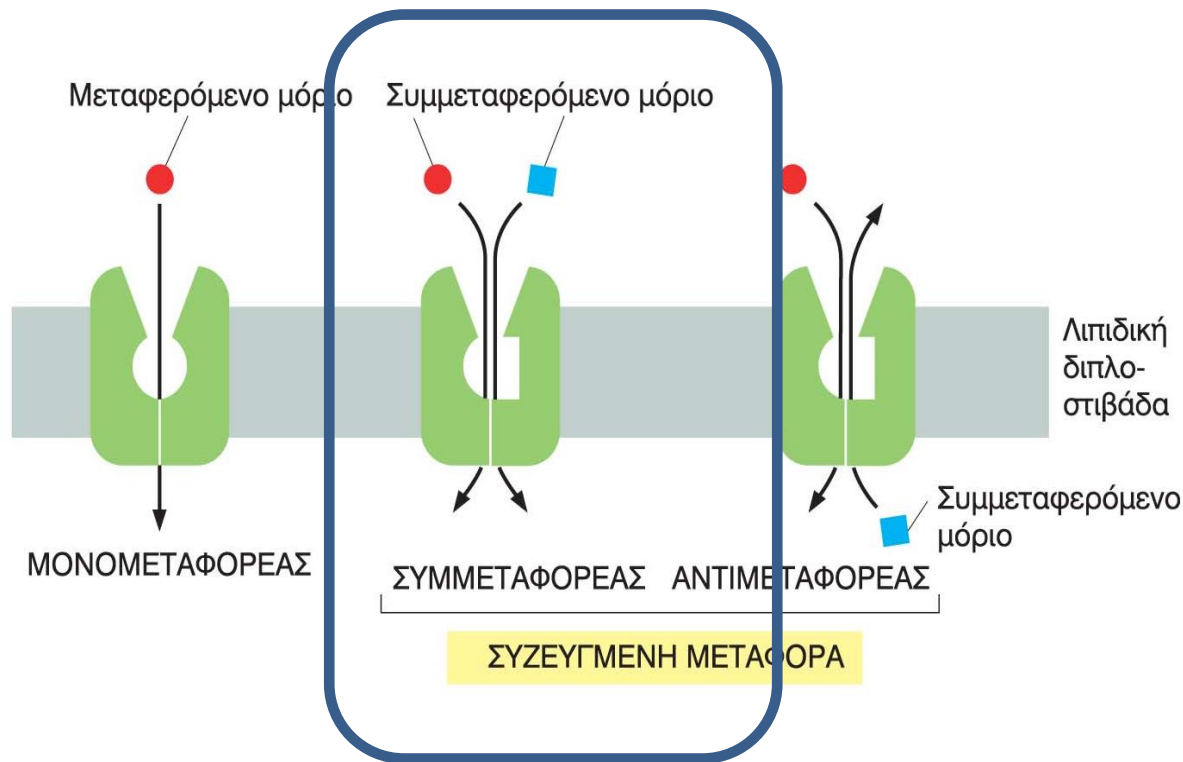
Η βαθμίδωση ενός διαλυτού μορίου διαμέσου της μεμβράνης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μεταφορά ενός άλλου διαλυτού μορίου.

Η κίνηση του πρώτου μορίου προς την κατεύθυνση της βαθμίδωσής του, παρέχει την ενέργεια για τη μετακίνηση του επόμενου, αντίθετα από τη βαθμίδωσή του.

Αυτή η διαδικασία διαμεσολαβείται από συζευγμένες αντλίες (coupled pumps)

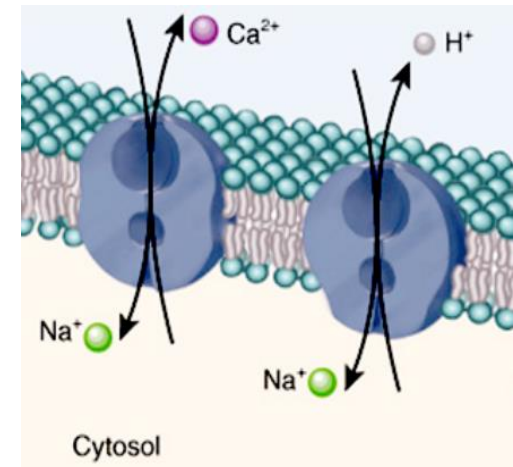
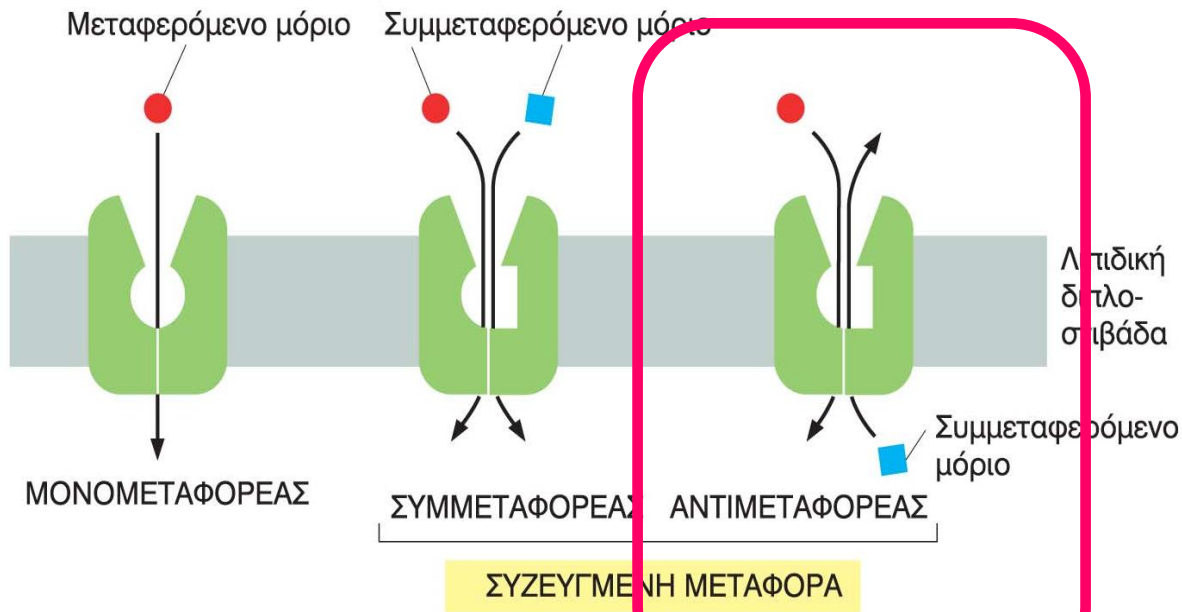
Συζευγμένες Αντλίες

Αν η αντλία μετακινεί τα δύο μόρια προς την ίδια κατεύθυνση λέγεται **συμμεταφορέας**.



Συζευγμένες Αντλίες

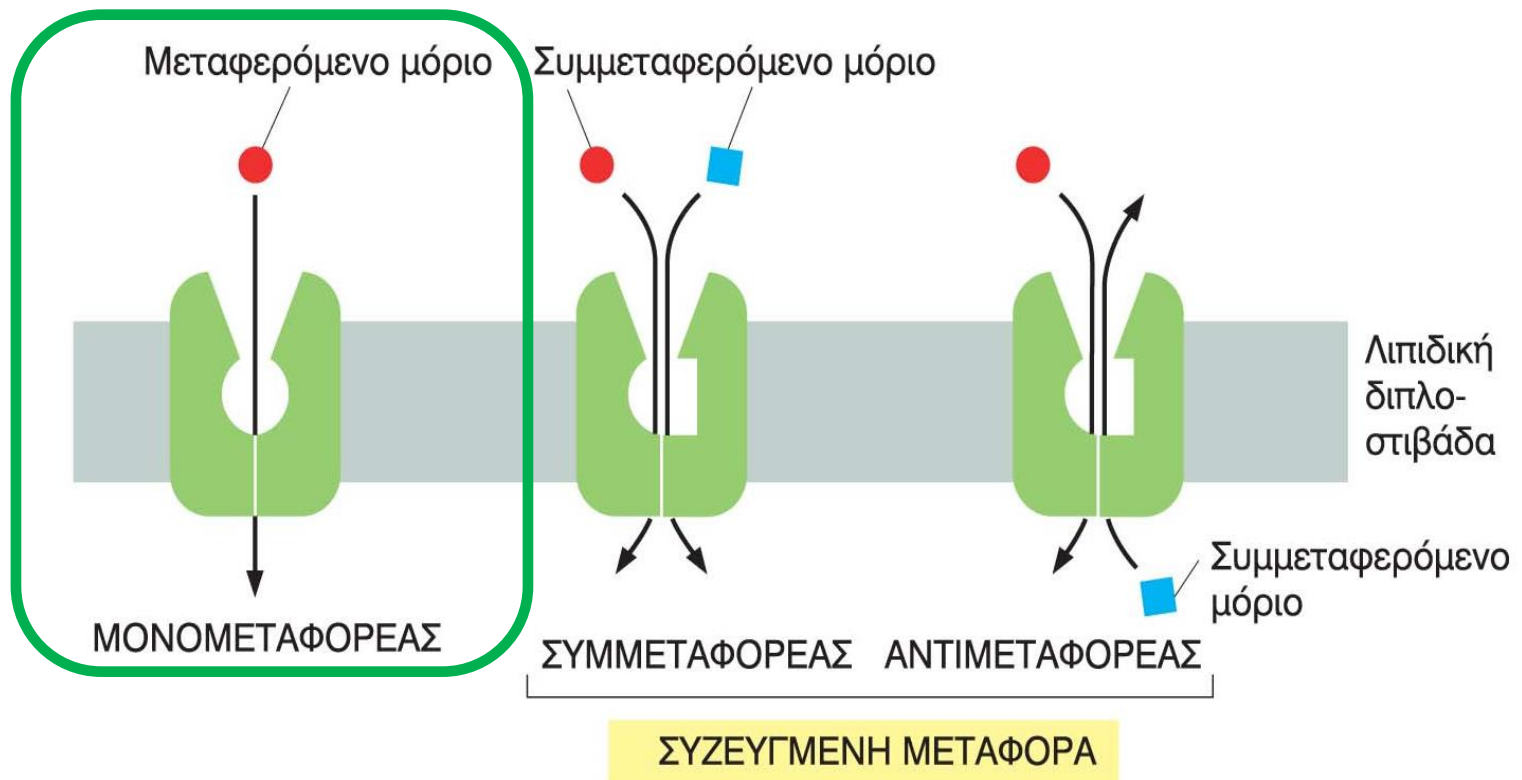
Αν η αντλία μετακινεί τα δύο μόρια προς αντίθετες κατευθύνσεις λέγεται **αντιμεταφορέας**.



Adapted from Alberts, 4^η έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης

Συζευγμένες Αντλίες

Αν η αντλία μετακινεί μόνο ένα είδος μορίου λέγεται **μονομεταφορέας**.

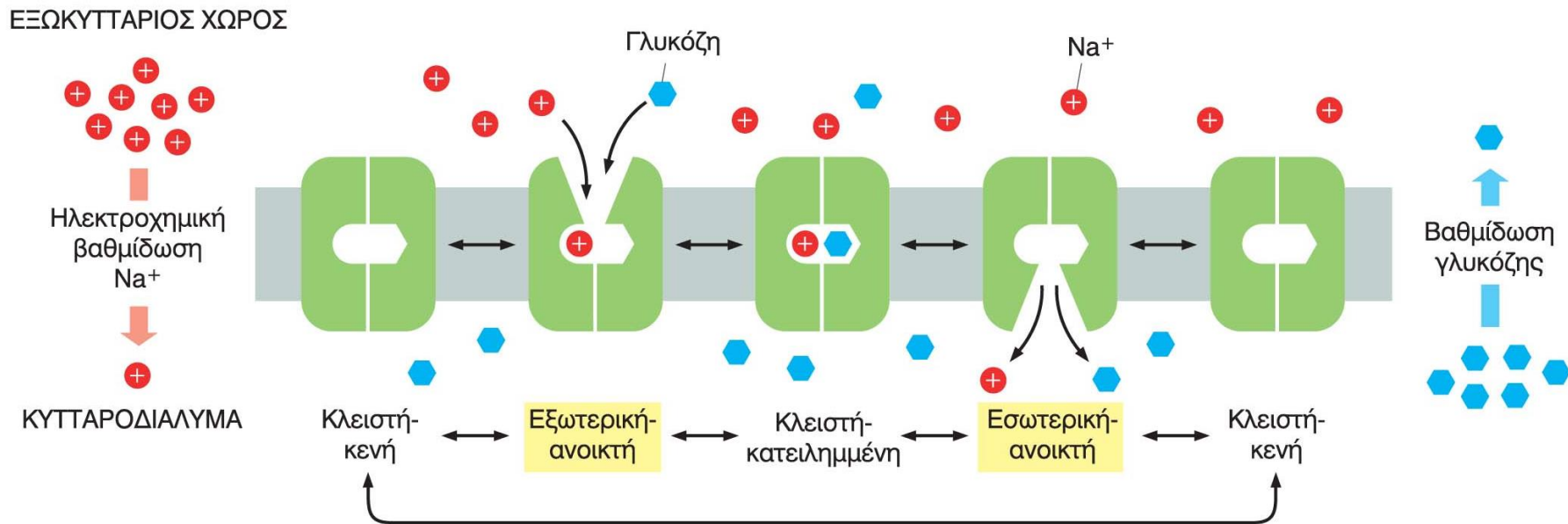


Adapted from Alberts, 4^η έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης

Συμμεταφορέας Γλυκόζης – Na⁺

Συμμεταφορέας Γλυκόζης – Na⁺

Adapted from Alberts, 4^η έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης

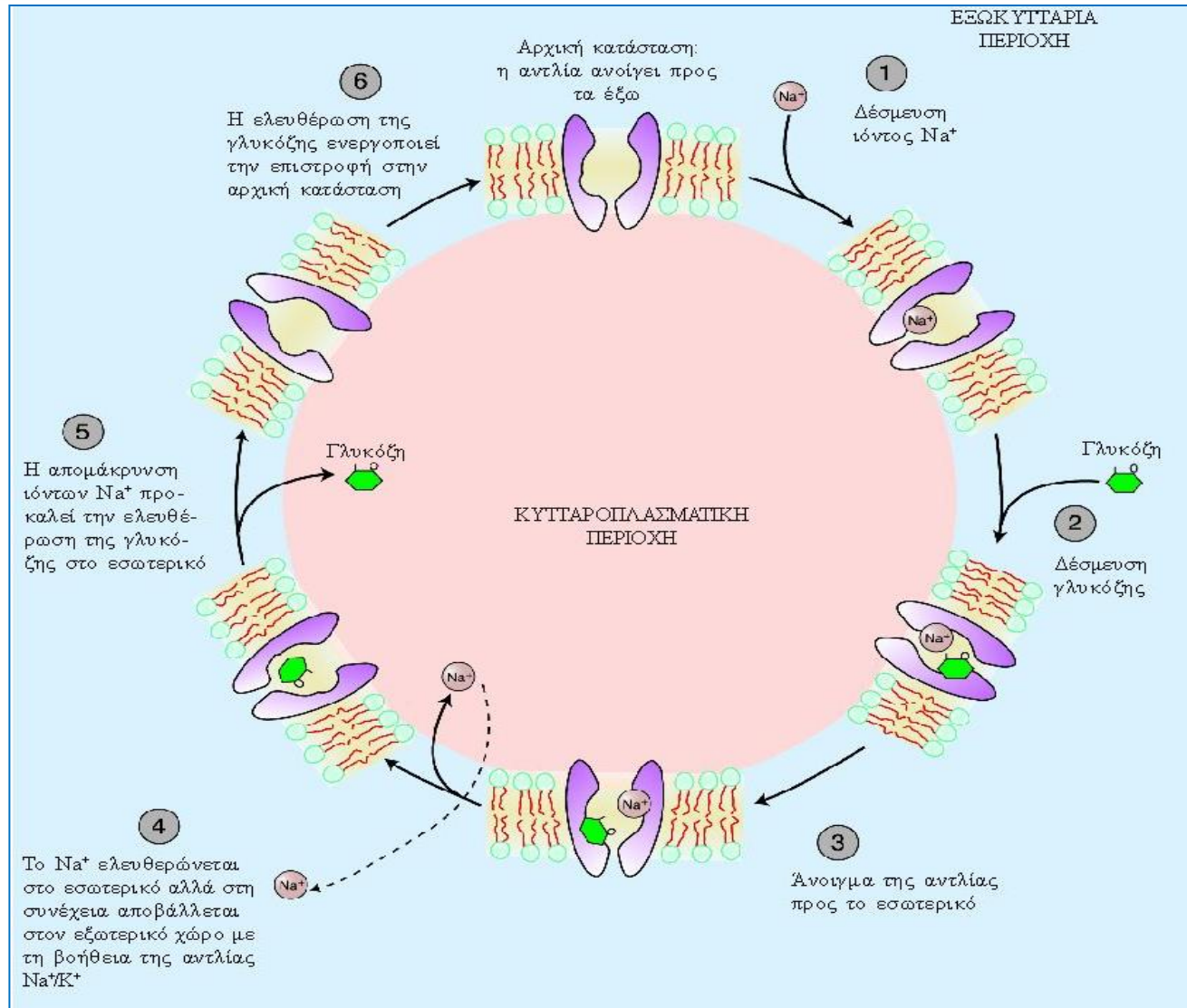


Ενεργός μεταφορά γλυκόζης

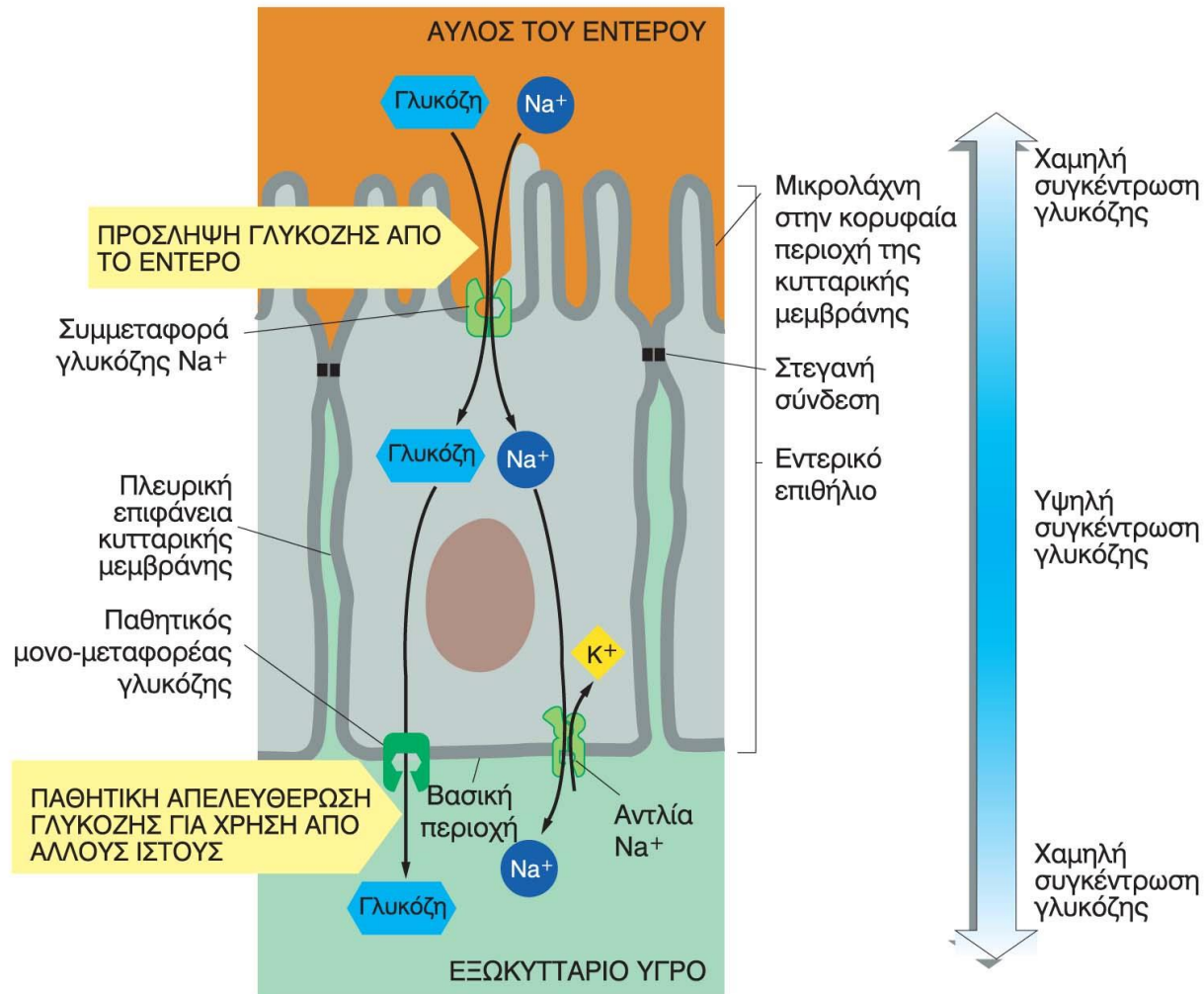
Πρόσληψη γλυκόζης από τον εντερικό αυλό με ενεργό μεταφορά ωθούμενη από τη διαβάθμιση ιόντων Na⁺.

Ο μεταφορέας δεσμεύει και μεταφέρει συντονισμένα ένα μόριο γλυκόζης και δύο ιόντα Na⁺ στο εσωτερικό του κυττάρου. Η μεταφορά Na⁺ προς την ενεργειακά ευνοούμενη κατεύθυνση παρέχει την ενέργεια για την πρόσληψη γλυκόζης αντίθετα προς τη διαβάθμιση συγκέντρωσής της.

Μεταφορά γλυκόζης



Μεταφορά γλυκόζης στο εντερικό επιθήλιο



Αντλίες H^+

Αντιμετώπιση ωσμωτικής πίεσης από τα κύτταρα

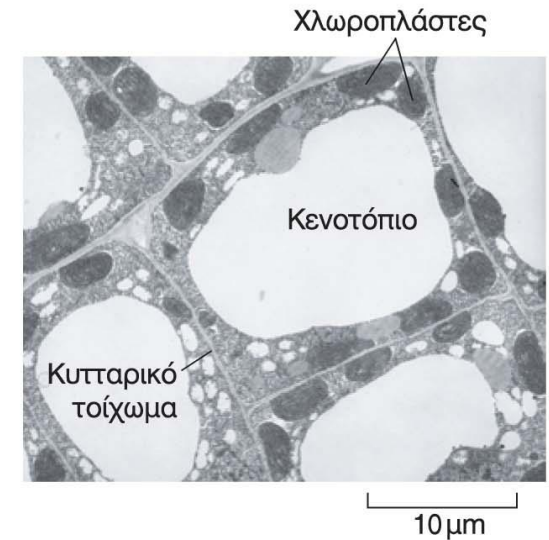
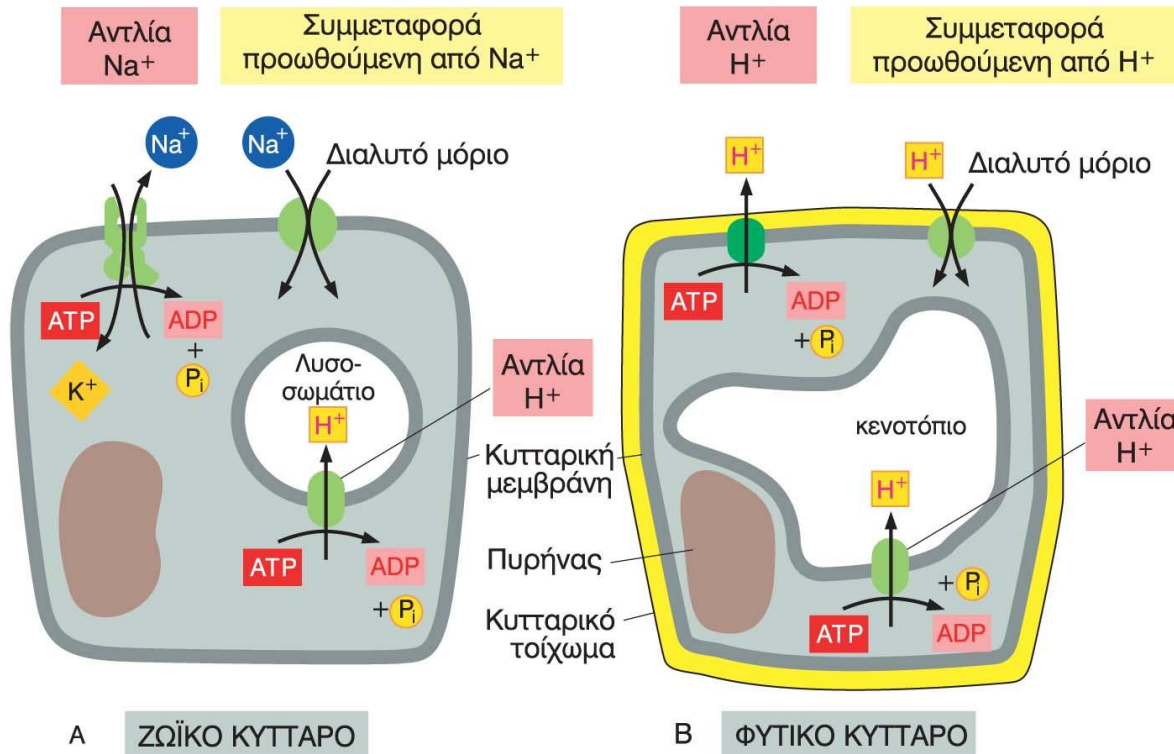
Τα φυτικά κύτταρα, οι μυκήτες και τα βακτήρια διαθέτουν αντλία H^+ στη μεμβράνη και μέσω αυτής προωθείται η μεταφορά διαλυμένων ουσιών στο κύτταρο.

Οι αντλίες μεταφέρουν H^+ έξω από το κύτταρο (βαθμίδωση πρωτονίων), δημιουργώντας όξινο pH στον εξωκυττάριο χώρο.

Έτσι εισάγονται με συμμεταφορείς σάκχαρα και αμινοξέα.

Σε κάποια βακτήρια, οι αντλίες προωθούνται από το φως. Σε άλλα προωθούνται από την υδρόλυση ATP.

Αντιμετώπιση ωσμωτικής πίεσης από τα κύτταρα



Adapted from Alberts, 4^η έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης

Αντιμετώπιση ωσμωτικής πίεσης από τα κύτταρα

ΠΙΝΑΚΑΣ 12-2. Μερικά παραδείγματα πρωτεϊνών μεταφοράς

Πρωτεΐνη μεταφορέας	Εντόπιση	Πηγή ενέργειας	Λειτουργία
Μεταφορέας γλυκόζης	κυτταρική μεμβράνη των περισσότερων ζωικών κυττάρων	καμία	παθητική εισαγωγή της γλυκόζης
Αντλία γλυκόζης ωθούμενη από Na^+	κορυφαία κυτταρική μεμβράνη των κυττάρων του νεφρού και του εντέρου	βαθμιδωση Na^+	ενεργός εισαγωγή της γλυκόζης
Ανταλλάκτης $\text{Na}^+ - \text{H}^+$	κυτταρική μεμβράνη ζωικών κυττάρων	βαθμιδωση Na^+	ενεργός εξαγωγή ιόντων H^+ , ρύθμιση του pH
Αντλία $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ ($\text{Na}^+ - \text{K}^+$ ATPάση)	κυτταρική μεμβράνη των περισσότερων ζωικών κυττάρων	υδρόλυση ATP	ενεργός εξαγωγή Na^+ και εισαγωγή K^+
Αντλία Ca^{2+} (Ca^{2+} ATPάση)	κυτταρική μεμβράνη ευκαρυωτικών κυττάρων	υδρόλυση ATP	ενεργός εξαγωγή Ca^{2+}
Αντλία H^+ (H^+ ATPάση)	κυτταρική μεμβράνη φυτικών κυττάρων, μυκήτων και μερικών βακτηρίων	υδρόλυση ATP	ενεργός εξαγωγή H^+ από το κύτταρο
Αντλία H^+ (H^+ ATPάση)	μεμβράνες των λυσοσωματίων σε ζωικά κύτταρα και των κενοδοσίων σε φυτικά κύτταρα και μύκητες	υδρόλυση ATP	ενεργός εξαγωγή H^+ από το κυτταροδιάλυμα στο κενοτόπιο
Βακτηριοροδοψίνη	κυτταρική μεμβράνη μερικών βακτηρίων	φωτεινή ενέργεια	ενεργός εξαγωγή H^+ από το κύτταρο

Ιοντικοί Δίαυλοι

Ιοντικοί Δίαυλοι

Οι περισσότεροι διάυλοι της μεμβράνης ζωικών και φυτικών κυττάρων έχουν στενούς και επιλεκτικούς πόρους.

Η δομή των πόρων επιτρέπει τη διάχυση μη φορτισμένων μορίων νερού και αποτρέπει τη διακίνηση ιόντων.

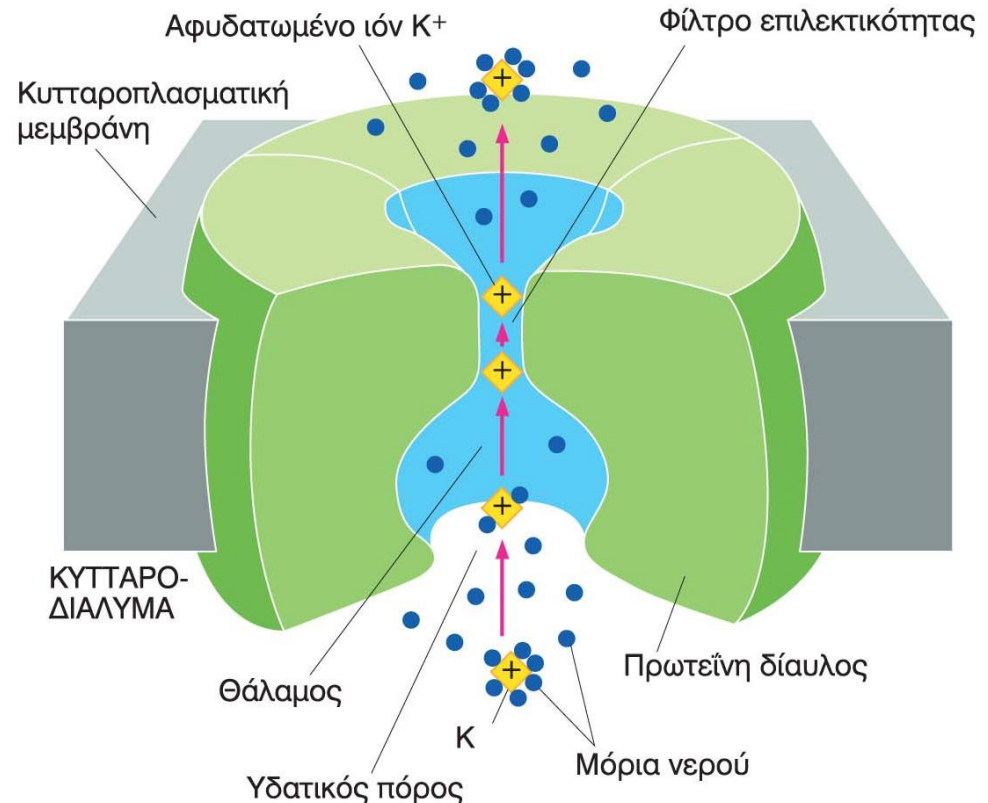
Οι περισσότεροι διάυλοι ενός κυττάρου διευκολύνουν επιλεγμένα ανόργανα ιόντα (ion channels).

Ιοντικοί Δίαυλοι vs Υδρόφιλοι Πόροι

1^η Διαφορά

Οι δίαυλοι εμφανίζουν επιλεκτικότητα στα ιόντα.

Η επιλεκτικότητα εξαρτάται από τη διάμετρο και το σχήμα του ιοντικού διαύλου και από την κατανομή των φορτισμένων αμινοξέων που επενδύουν το εσωτερικό του.



Adapted from Alberts, 4^η έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης

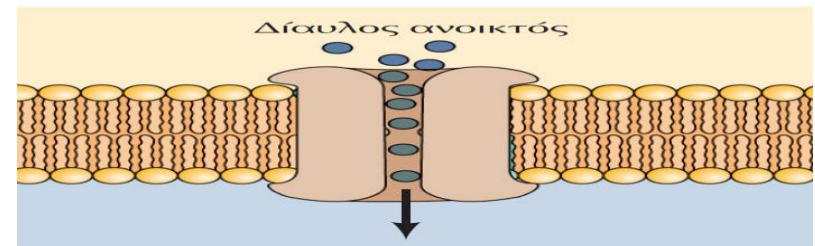
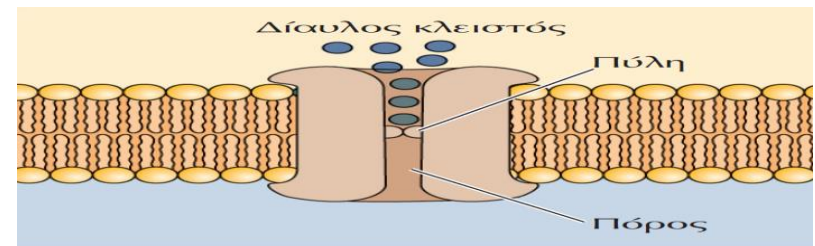
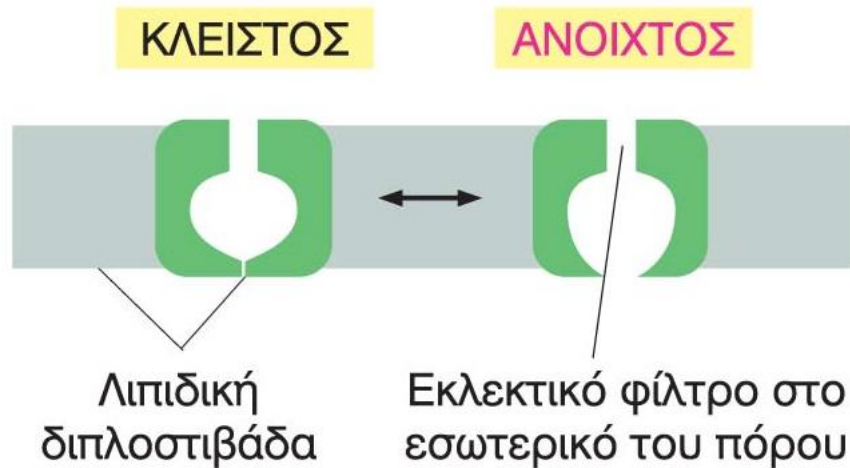
Ιοντικοί Δίαυλοι vs Υδρόφιλοι Πόροι

2^η Διαφορά

Οι ιοντικοί διάυλοι δεν είναι μόνιμα ανοικτοί.

Οι ιοντικοί διάυλοι είναι ελεγχόμενοι (gated channels).

Αλλάζουν διαμόρφωση σε απάντηση προς κάποιο ερέθισμα.



Adapted from Alberts, 4^η έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης

Δυναμικό Μεμβράνης
και
Διαπερατότητα

Δυναμικό Μεμβράνης

Οι μεταβολές στο δυναμικό της μεμβράνης αποτελούν τη βάση της ηλεκτρικής σηματοδότησης σε πολλούς τύπους κυττάρων.



Adapted from Alberts, 4^η έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης

Βαθμίδωση K^+

Οι ηλεκτρικές μεταβολές διαμεσολαβούνται από αλλαγές στη διαπερατότητα της μεμβράνης σε ιόντα.

Σε μη διεγερμένο ζωικό κύτταρο, σε κατάσταση ηρεμίας, το αρνητικό φορτίο των οργανικών μορίων στο εσωτερικό του κυττάρου εξουδετερώνονται σε μεγάλο βαθμό από τα K^+ .

Το K^+ εισέρχεται μέσω της αντλίας Na^+ / K^+ που δημιουργεί βαθμίδωση K^+ διαμέσου της μεμβράνης.

Βαθμίδωση K^+

Η κυτταρική μεμβράνη περιέχει και διαύλους διαρροής K^+ .

Οι διάυλοι διαρροής K^+ ανοιγοκλείνουν τυχαία, ανεξάρτητα των συνθηκών, επιτρέποντας τη διακίνηση του K^+ .

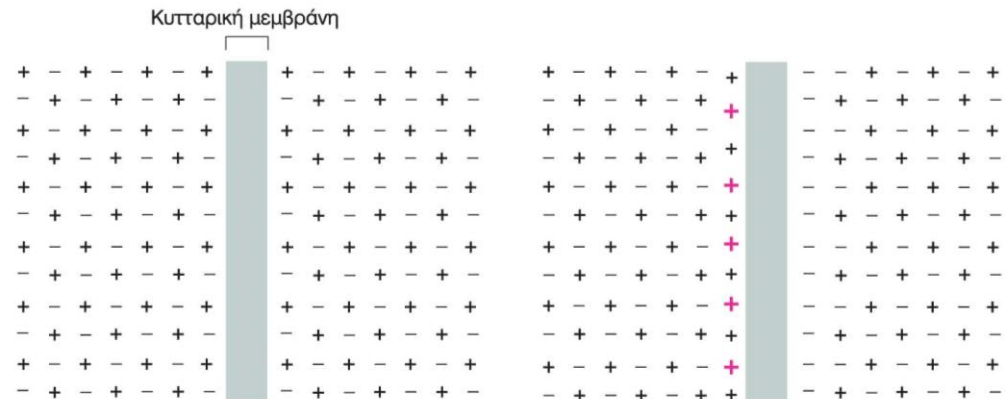
Σε κατάσταση ηρεμίας, οι διάυλοι είναι ανοιχτοί και κυρίως οι διάυλοι διαρροής K^+ .

Βαθμίδωση K^+ και Ισορροπία

Το K^+ έχει την τάση να διαφεύγει από το κύτταρο και η μετακίνηση αυτή διαταράσσει την ισορροπία με τα αρνητικά ιόντα στο εσωτερικό του κυττάρου.



Δημιουργείται διαφορά δυναμικού και έτσι παύει η περαιτέρω μετακίνηση K^+ .



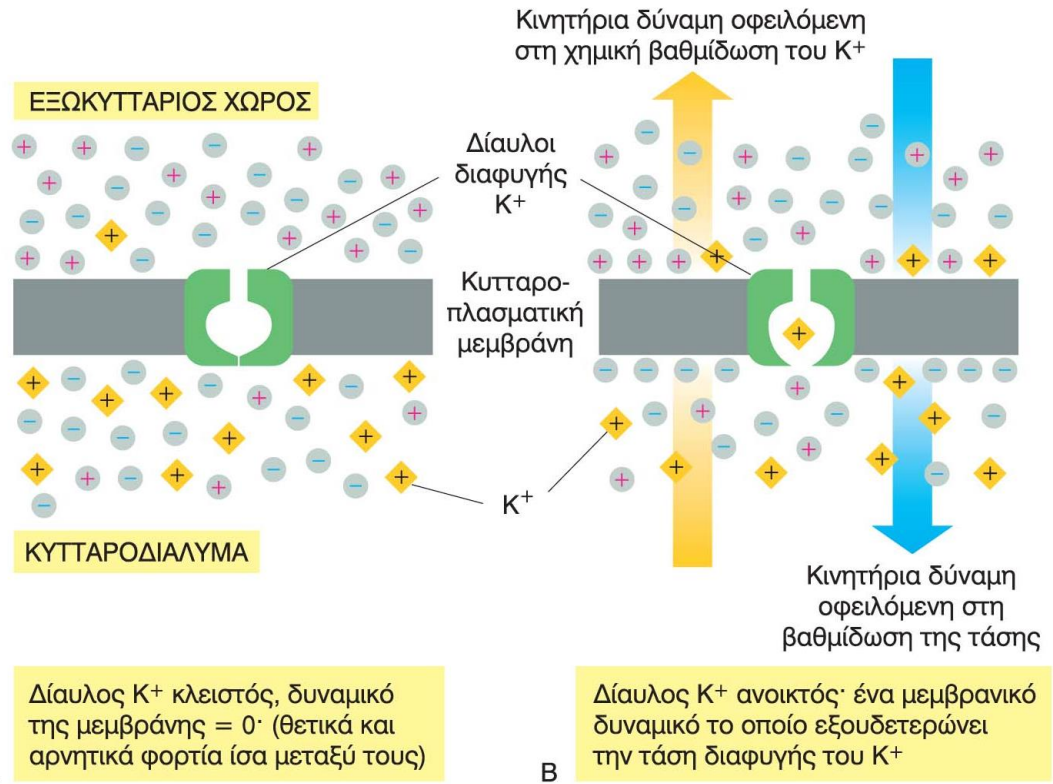
A Εξισορρόπηση των φορτίων μεταξύ των δύο πλευρών της μεμβράνης, έτσι ώστε κάθε θετικό ιόν ν' αντισταθμίζεται από ένα αρνητικό ανιόν, δυναμικό της μεμβράνης = 0

B Μερικά θετικά ιόντα (κόκκινα) διαπερνούν τη μεμβράνη από δεξιά προς τ' αριστερά, αφήνοντας πίσω αρνητικά φορτία σε περίσσεια (κόκκινα), αυτό δημιουργεί ένα μεμβρανικό δυναμικό

Βαθμίδωση K^+ και Ισορροπία

Έτσι εδραιώνεται η ισορροπία και το δυναμικό της μεμβράνης αντισταθμίζει τη διαρροή K^+ .

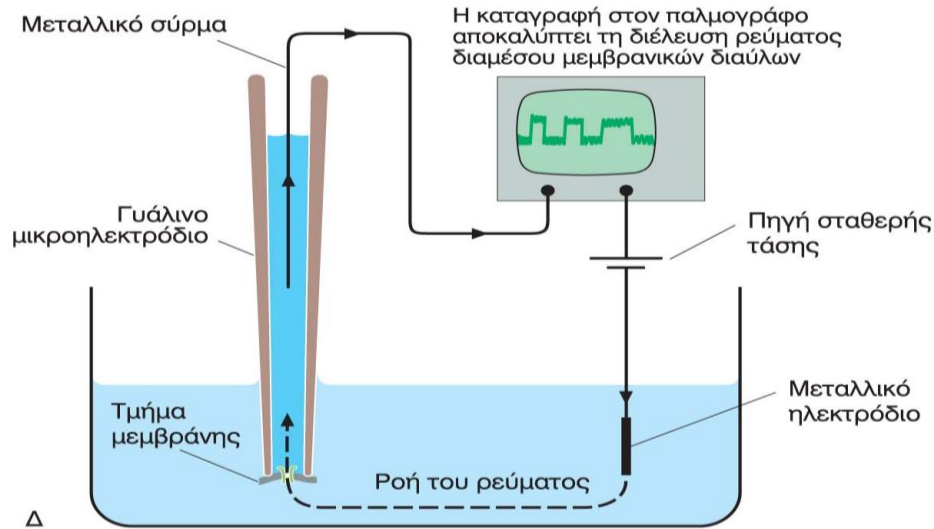
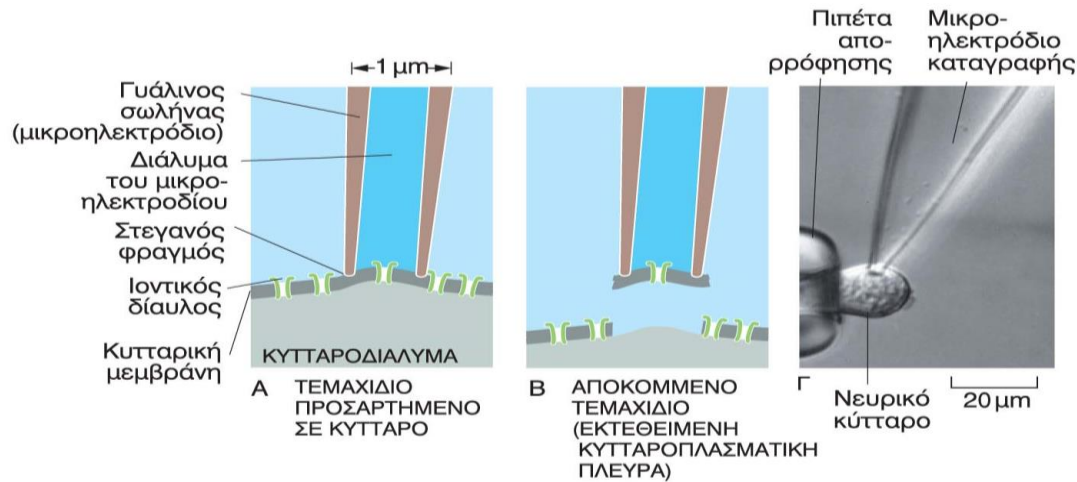
Η συγκέντρωση K^+ είναι μεγαλύτερη στο εσωτερικό του κυττάρου, αλλά η ηλεκτροχημική βαθμίδωση είναι μηδενική.



Adapted from Alberts, 4^η έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης

Άνοιγμα-Κλείσιμο Ιοντικών Διαύλων

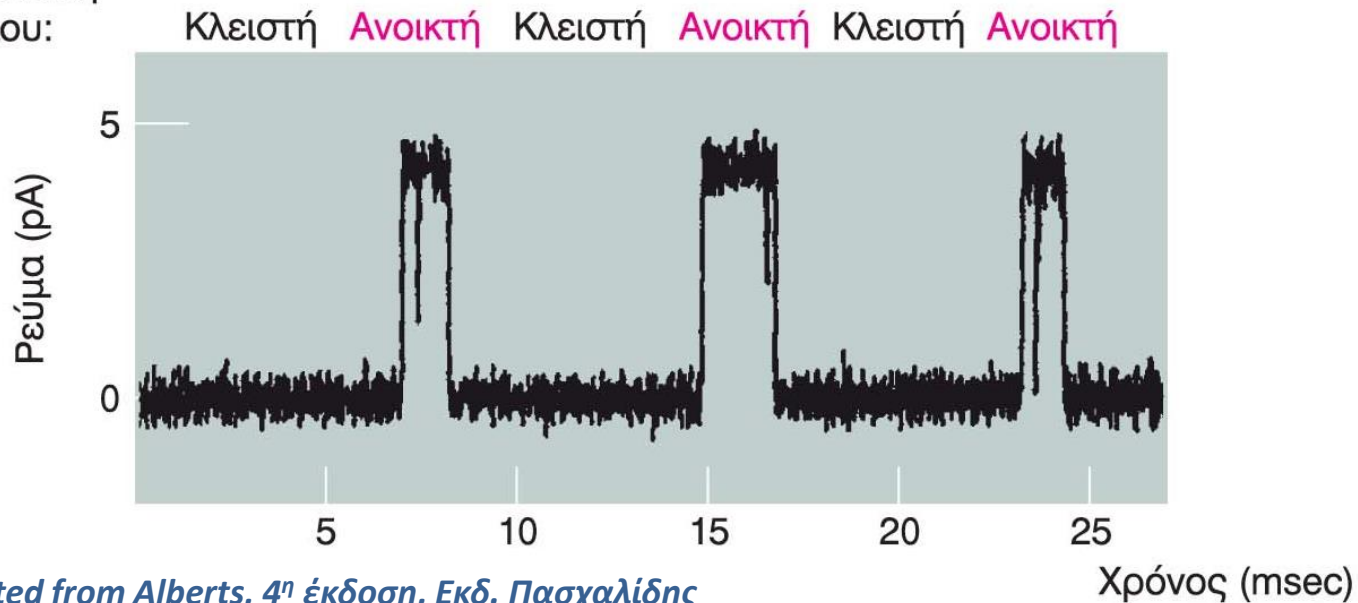
Καταγραφή Καθήλωσης Δυναμικού



Καταγραφή Καθήλωσης Δυναμικού

Ακόμη και αν οι συνθήκες είναι σταθερές, το ρεύμα ανοιγοκλείνει απότομα τυχαία, σαν διακόπτης.

Κατάσταση
διαύλου:



Adapted from Alberts, 4^η έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης

Ο δίαυλος περιέχει κινητά τμήματα και μεταπίπτει απότομα από κλειστή σε ανοιχτή διαμόρφωση, πιθανά λόγω τυχαίων θερμικών κινήσεων στα μόρια του περιβάλλοντος.

Διαφορές μεταξύ Ιοντικών Διαύλων

Οι ιοντικοί δίαυλοι διαφέρουν ως προς:

1. Την επιλεκτικότητα σε ιόντα

(είδος ιόντων που επιτρέπεται να εισέλθουν)

2. Τον έλεγχο του ανοίγματος της πύλης

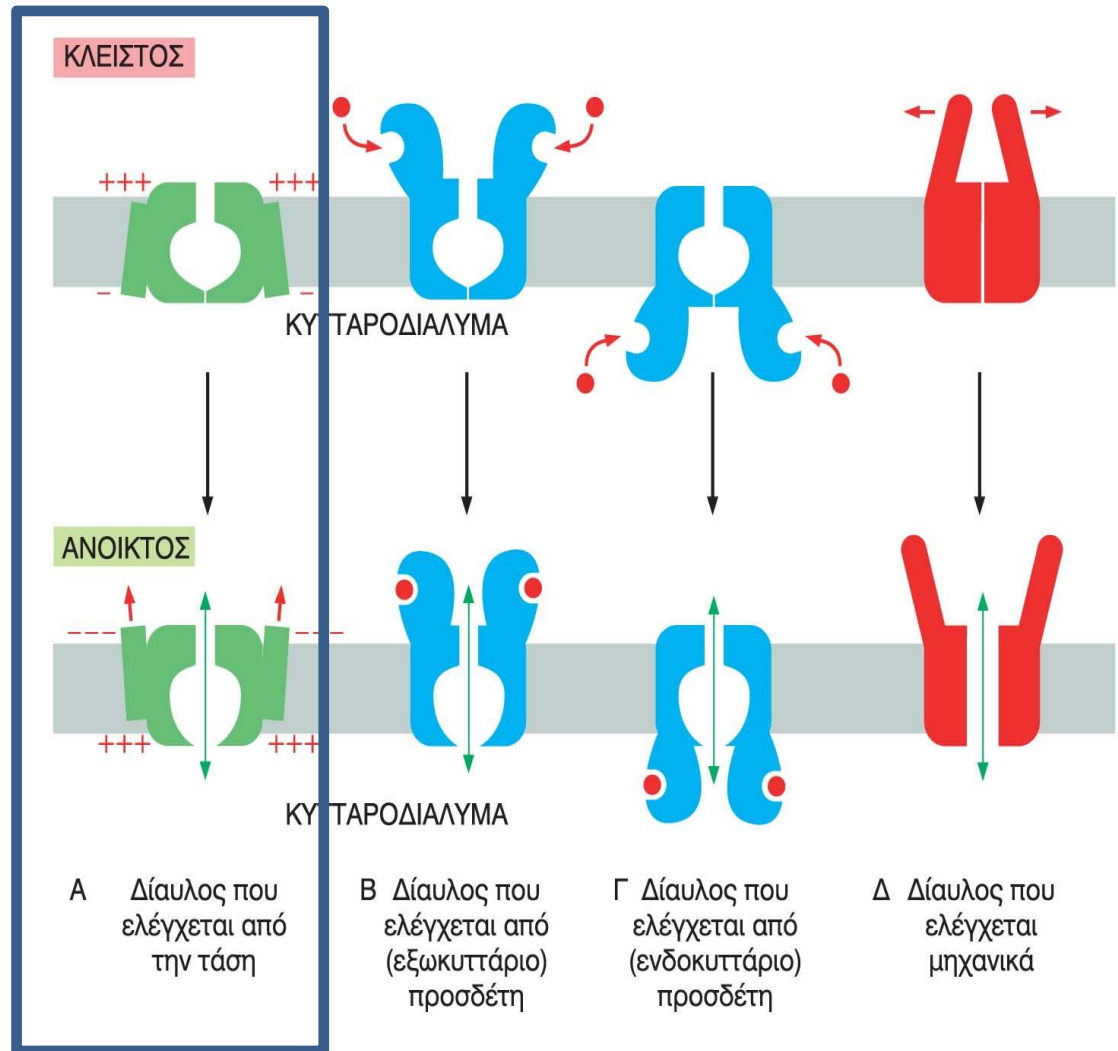
(συνθήκες που επηρεάζουν το άνοιγμα και το κλείσιμο του διαύλου)

Είδη Ιοντικών Διαύλων

Δίαυλοι ελεγχόμενοι από την τάση (voltage-gated channels)

Η πιθανότητα να ανοίξουν εξαρτάται από το δυναμικό της μεμβράνης (παίζουν σημαντικό ρόλο στη διάδοση ηλεκτρικών σημάτων στα νευρικά κύτταρα)

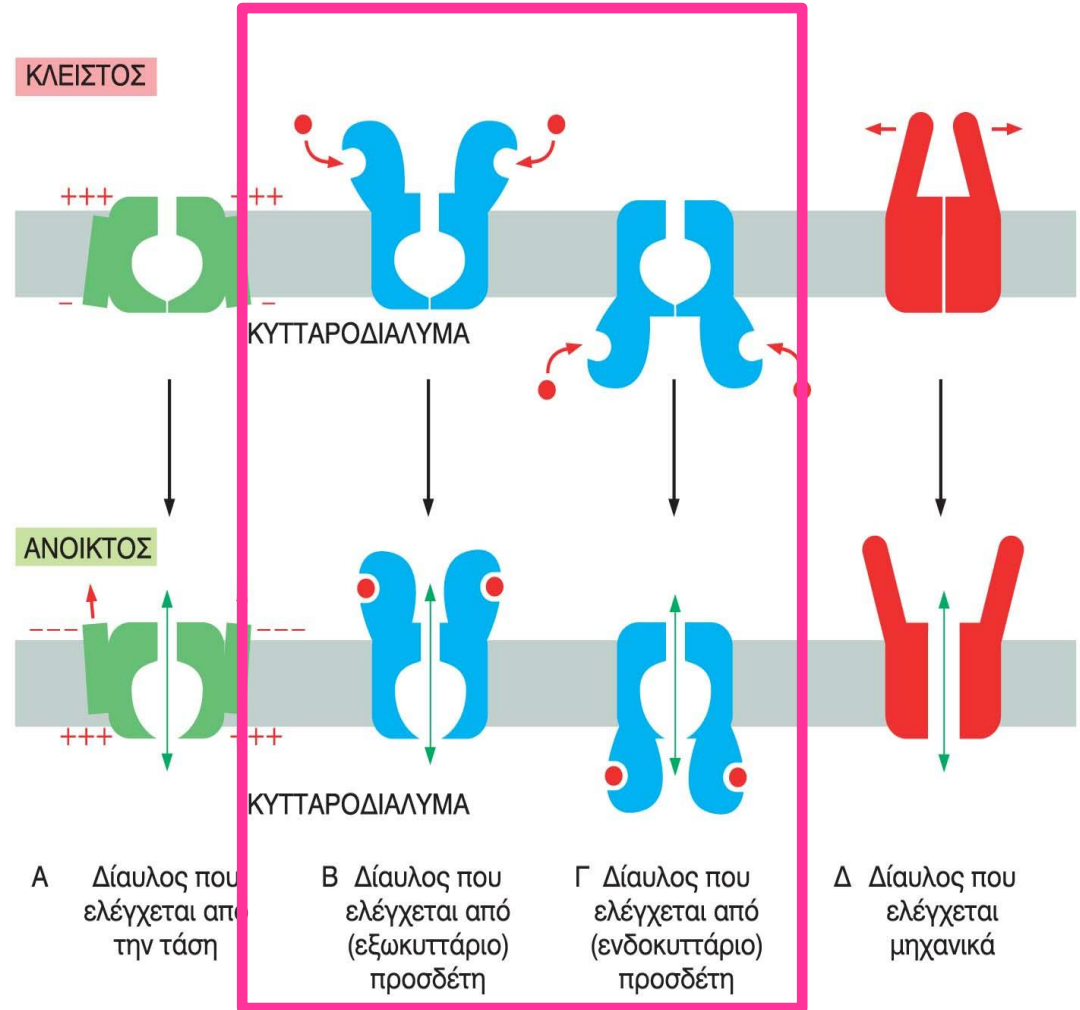
Όλα τα κύτταρα έχουν μια διαφορά ηλεκτρικού δυναμικού (μεμβρανικό δυναμικό)



Είδη Ιοντικών Διαύλων

Δίαυλοι ελεγχόμενοι από προσδέτες (ligand-gated channels)

Η πιθανότητα να ανοίξει ελέγχεται από την πρόσδεση κάποιου μορίου στην πρωτεΐνη δίαυλο.

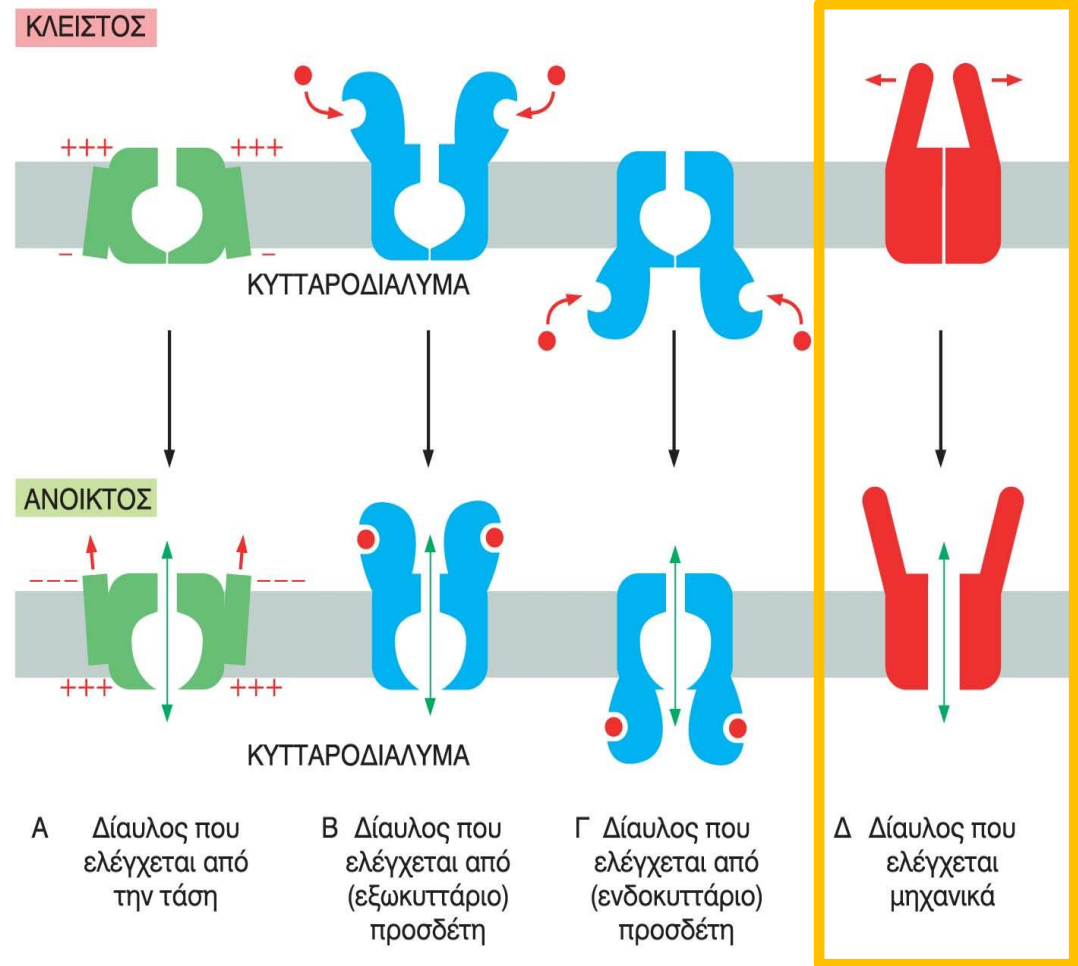


Adapted from Alberts, 4^η έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης

Είδη Ιοντικών Διαύλων

Δίαυλοι ελεγχόμενοι μηχανικά (mechanically-gated channels)

Το άνοιγμα ελέγχεται από τη μηχανική δύναμη που ασκείται στο διάυλο.

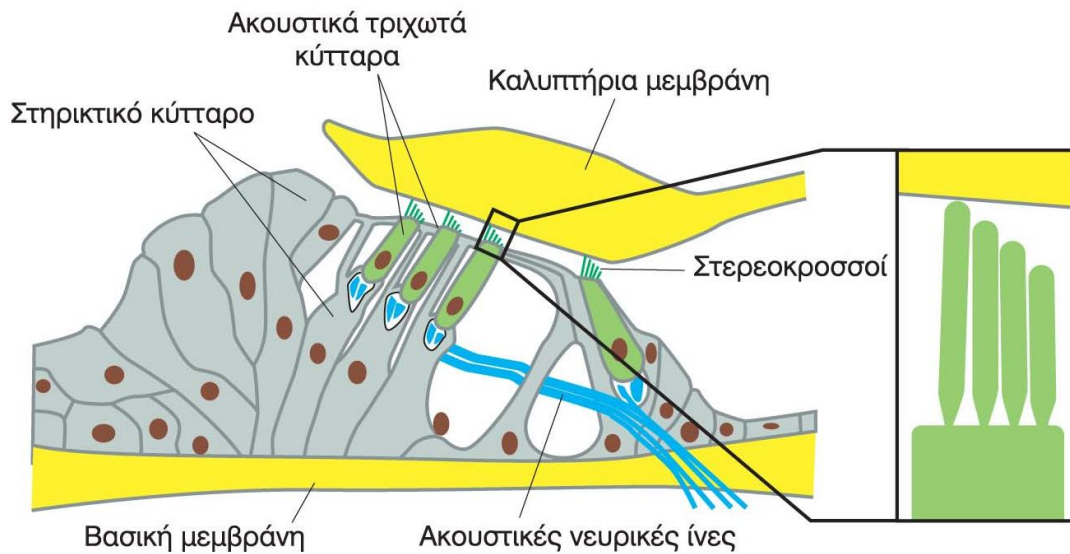


Adapted from Alberts, 4^η έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης

Διάυλοι ελεγχόμενοι μηχανικά και Ακοή

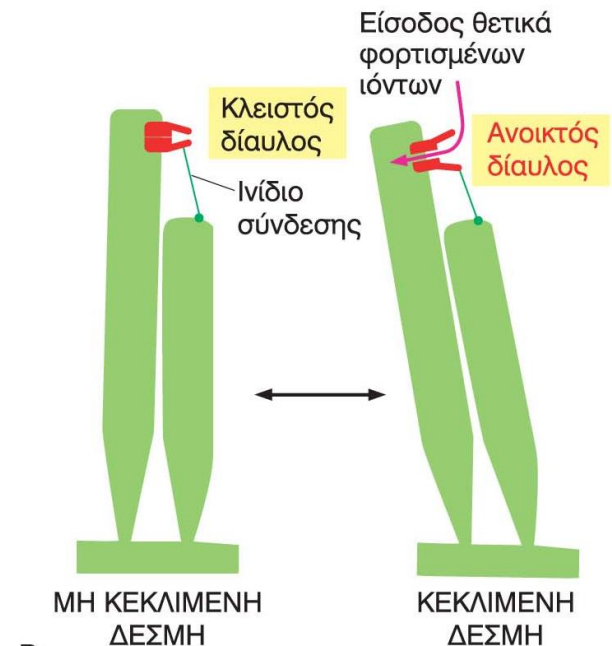
Τα ακουστικά τριχωτά κύτταρα του αυτιού, λειτουργούν με διαύλους ελεγχόμενους μηχανικά.

Οι ηχητικές ταλαντώσεις προκαλούν άνοιγμα διαύλων και είσοδο ιόντων στα ακουστικά κύτταρα (ηλεκτρικό σήμα που μεταφέρεται στο ακουστικό νεύρο και έπειτα στον εγκέφαλο).



A

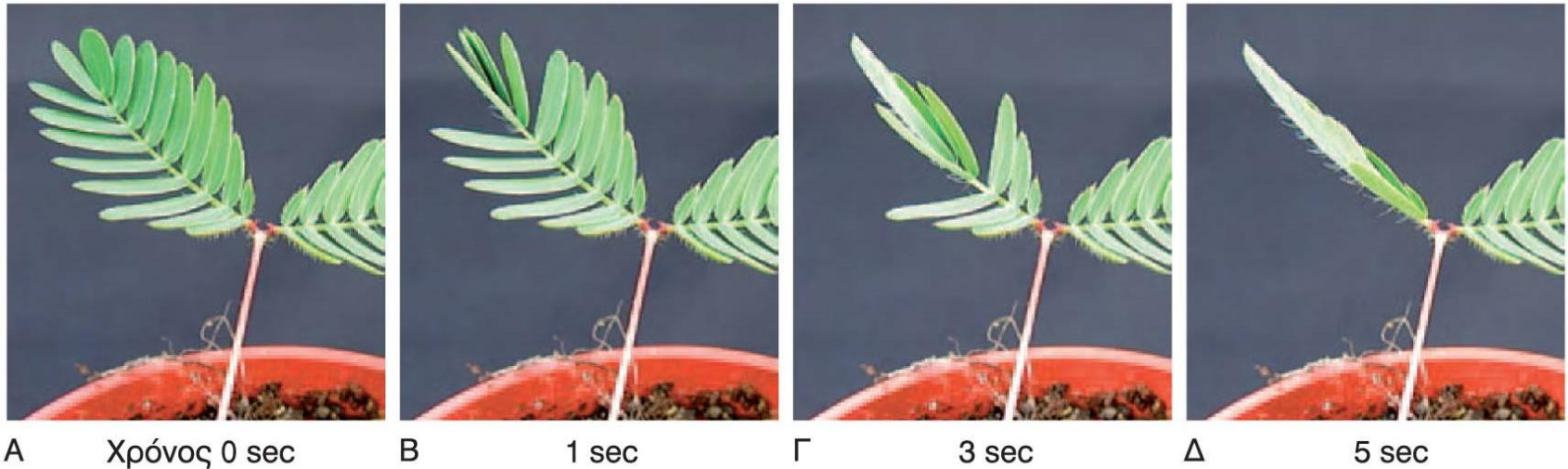
Adapted from Alberts, 4^η έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης



B

Δίαυλοι ελεγχόμενοι από την τάση

Οι δίαυλοι που ελέγχονται από την τάση παίζουν σημαντικό ρόλο στη μετάδοση σημάτων σε νευρικά κύτταρα.



Adapted from Alberts, 4^η έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης

Δίαυλοι ελεγχόμενοι από την τάση

Οι διάυλοι που ελέγχονται από την τάση διαθέτουν περιοχές που καλούνται αισθητήρες τάσης, που είναι ευαίσθητες σε αλλαγές του δυναμικού της μεμβράνης.

Αλλαγές πάνω από ένα όριο, οδηγούν σε αλλαγή διαμόρφωσης (από κλειστή σε ανοιχτή κατάσταση)

Αλλαγές στο δυναμικό της μεμβράνης δεν επηρεάζει το εύρος του ανοίγματος, μόνο τη διαμόρφωση.

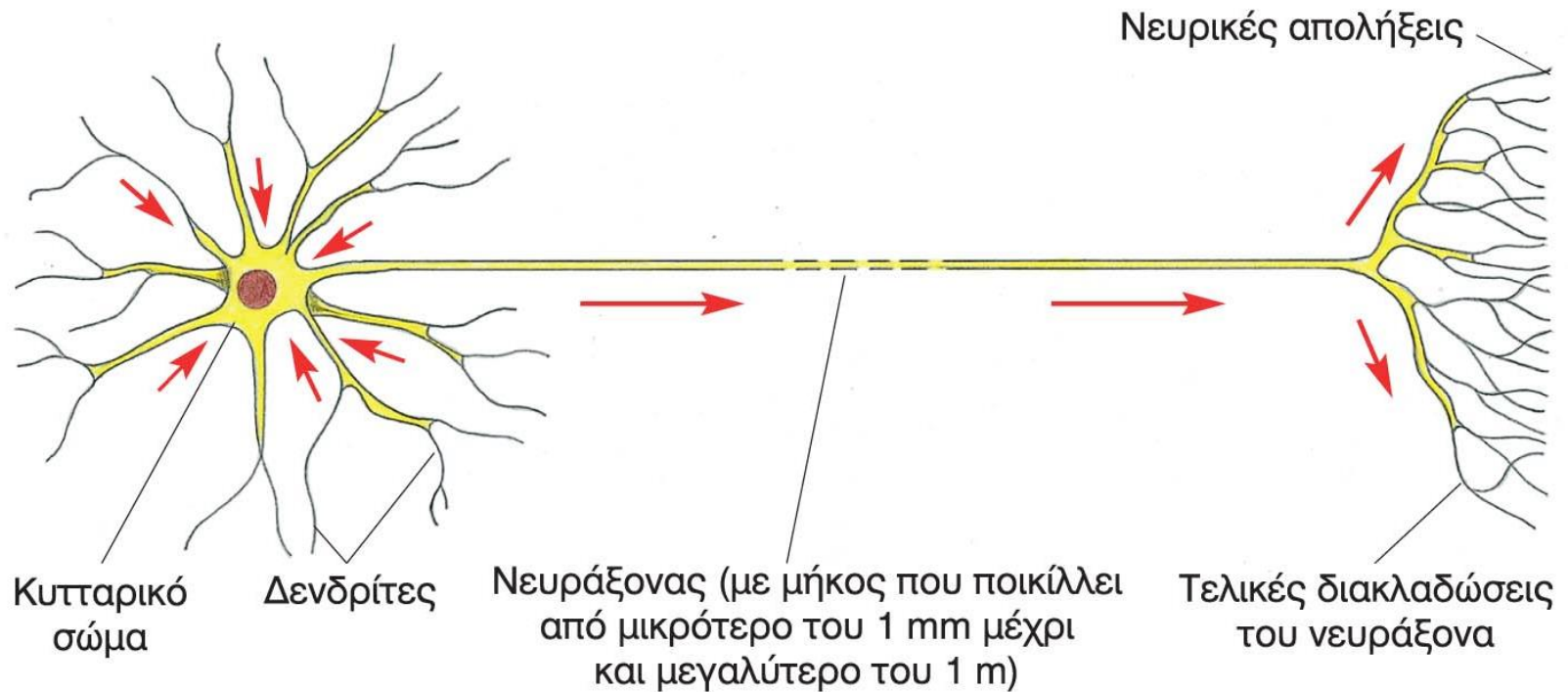
Με το άνοιγμα του διαύλου αλλάζει το δυναμικό της μεμβράνης και αυτό ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί άλλους ιοντικούς διαύλους.

Νευρώνες

Νευρώνες

- Τα νευρικά κύτταρα ή νευρώνες δέχονται, καθοδηγούν και μεταβιβάζουν σήματα.
- Μεταφέρουν σήματα από τα αισθητήρια όργανα προς το Κεντρικό Νευρικό Σύστημα (ΚΝΣ) που αποτελείται από τον εγκέφαλο και το νωτιαίο μυελό.
- Στο ΚΝΣ οι νευρώνες επικοινωνούν μεταξύ τους, μέσω δικτύων υψηλής πολυπλοκότητας, ώστε να αναλύουν, να ερμηνεύουν και να απαντούν σε σήματα.

Νευρώνες



Adapted from Alberts, 4^η έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης

Η μορφή του σήματος είναι πάντα ίδια. Αποτελείται από αλλαγές του ηλεκτρικού δυναμικού διαμέσου της κυτταρικής μεμβράνης του νευρώνα.

Δυναμικά ενέργειας και ταχύτητα διάδοσης σημάτων

Ο νευρώνας διεγείρεται όταν ένα σήμα φτάνει σε μία συγκεκριμένη θέση της επιφάνειάς του.

Το σήμα προκαλεί αλλαγή στο δυναμικό της μεμβράνης.

Το σήμα θα μεταδοθεί από το σημείο άφιξής του (δενδρίτες ή κυτταρικό σώμα) προς τις απολήξεις και έπειτα στα γειτονικά κύτταρα (νευρικό κύκλωμα).

Οι αποστάσεις συχνά είναι μεγάλες.

Μία τοπική αλλαγή στο δυναμικό της μεμβράνης που δημιουργείται μέσω ενός σήματος διαδίδεται παθητικά κατά μήκος του νευράξονα.

Δυναμικά ενέργειας και ταχύτητα διάδοσης σημάτων

Το σήμα εξασθενεί αυξανόμενης της απόστασης από την πηγή.

Για μικρές αποστάσεις η εξασθένιση είναι μικρή.

Για μεγάλες αποστάσεις η παθητική διάδοση σήματος δεν επαρκεί.

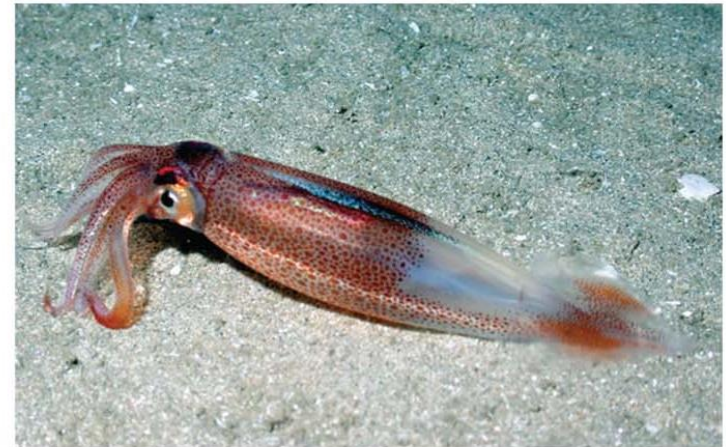
Το κύτταρο εφαρμόζει ενεργό σηματοδοτικό μηχανισμό (τοπική ηλεκτρική διέγερση) με αρκετή ισχύ για να πυροδοτήσει έκρηξη ηλεκτρικής δραστηριότητας στην κυτταρική μεμβράνη.

Δυναμικά ενέργειας και ταχύτητα διάδοσης σημάτων

Μεταδίδεται γρήγορα κατά μήκος της μεμβράνης του νευράξονα και συντηρείται με έναν αυτόματο μηχανισμό ενίσχυσης σε όλη τη διαδρομή.

Το μετακινούμενο κύμα ηλεκτρικής διέγερσης λέγεται δυναμικό ενέργειας (νευρικός παλμός).

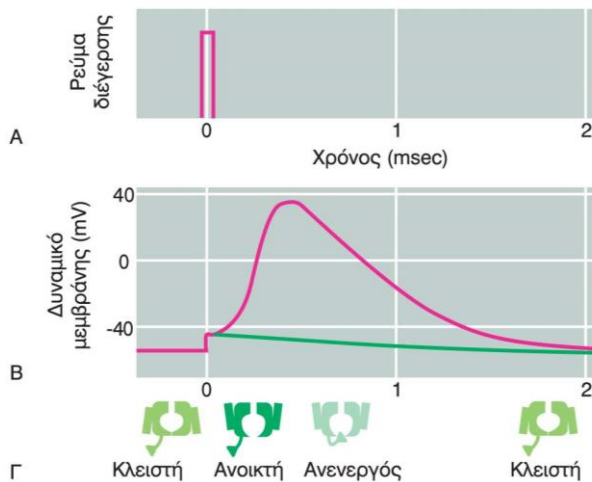
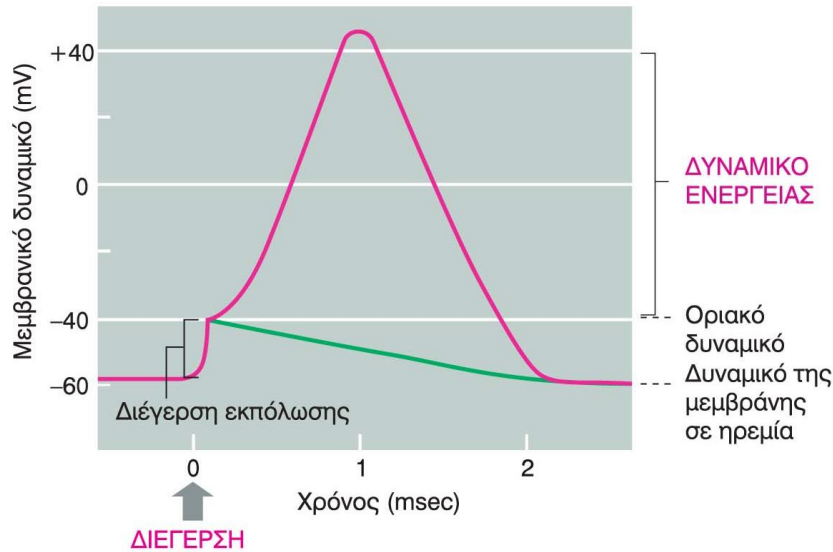
Μεταφέρει σήμα χωρίς εξασθένιση από το ένα άκρο του νευρώνα στο άλλο, με ταχύτητα 100 m/s.



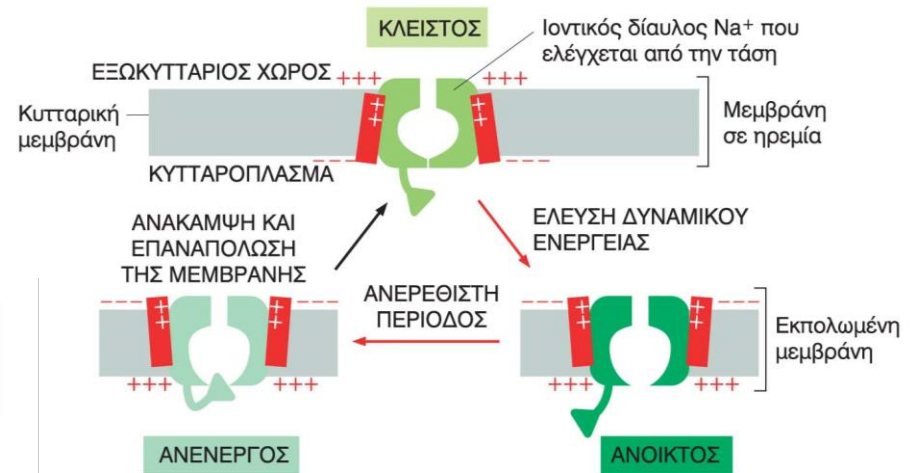
*Adapted from Alberts, 4^η έκδοση,
Εκδ. Πασχαλίδης*

Ιοντικοί δίαυλοι και σηματοδότηση στα νευρικά κύτταρα

Δυναμικά ενέργειας και αντλίες



Adapted from Alberts, 4^η έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης



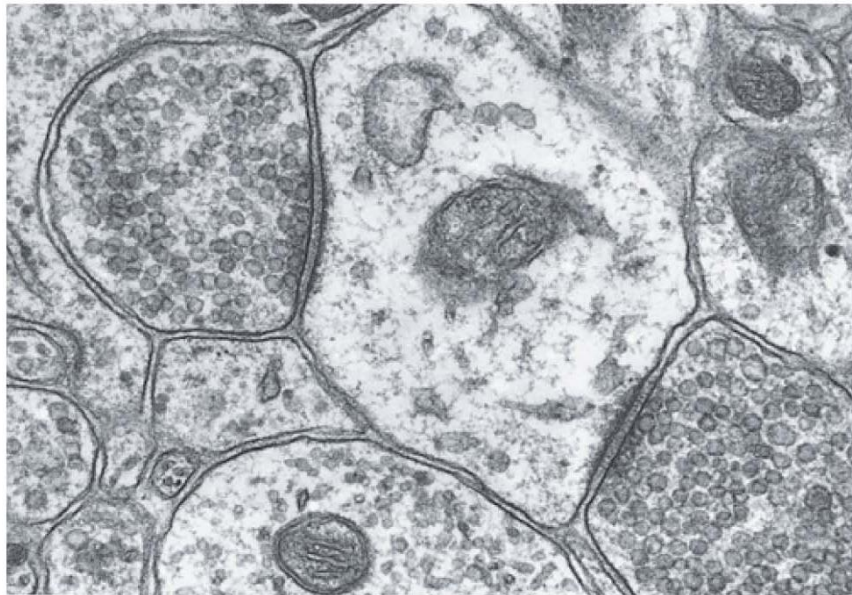
Συνάψεις



Όταν το δυναμικό ενέργειας μεταδίδεται στα άκρα του άξονα, τις νευρικές απολήξεις, μεταβιβάζεται σε κύτταρα-στόχους (νευρικά ή μυϊκά) σε σημεία επαφής που λέγονται **συνάψεις**.

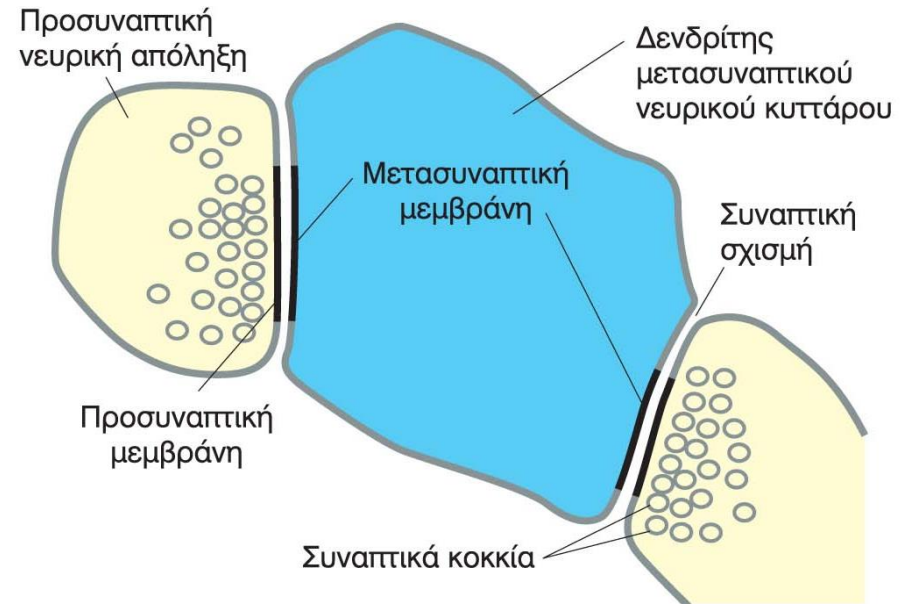
Συνάψεις και συναπτική σχισμή

Το σήμα μετατρέπεται από ηλεκτρικό σε χημικό υπό τη μορφή ενός μικρού μορίου σηματοδότησης που λέγεται **νευροδιαβιβαστής**.



A

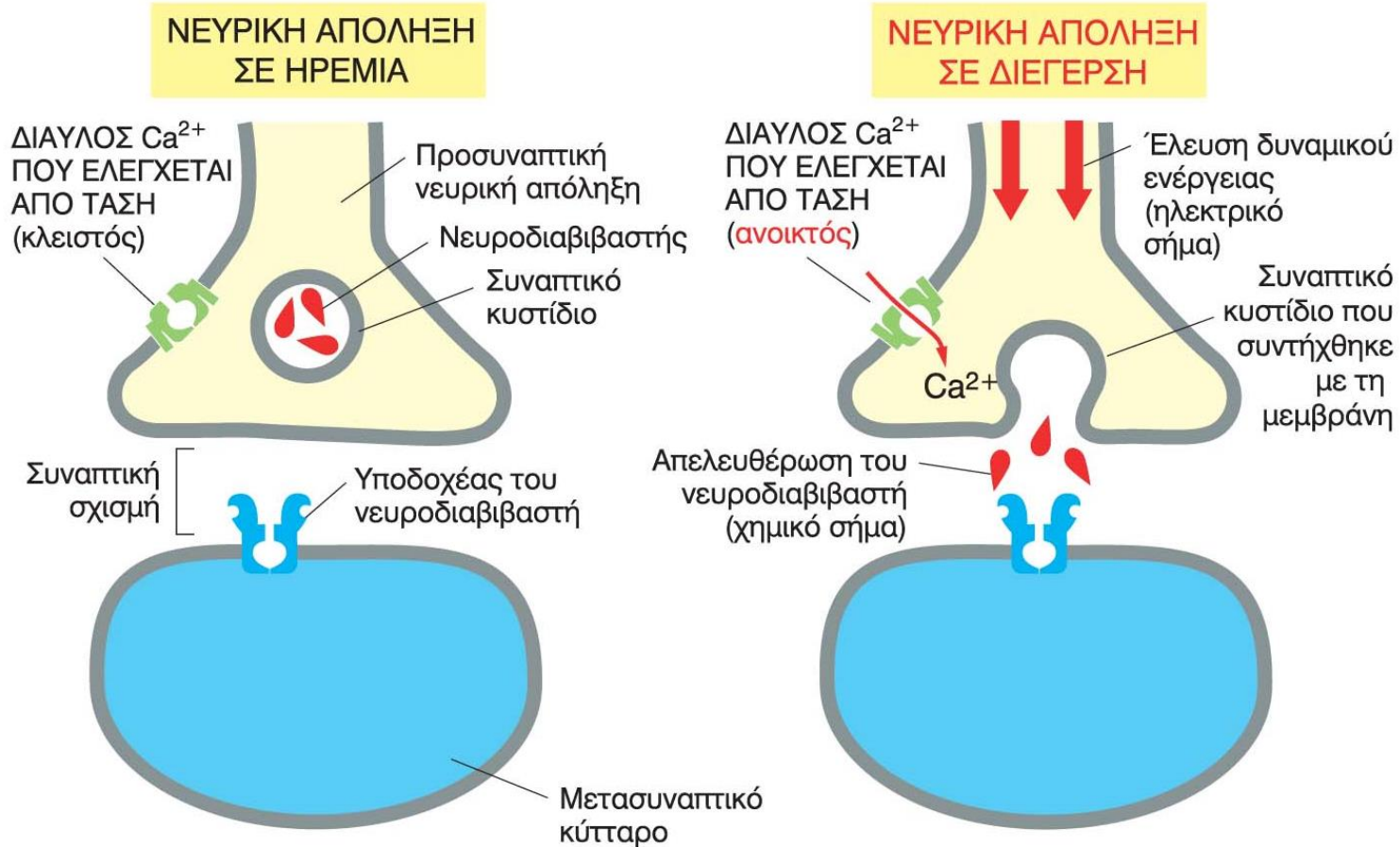
2 μm



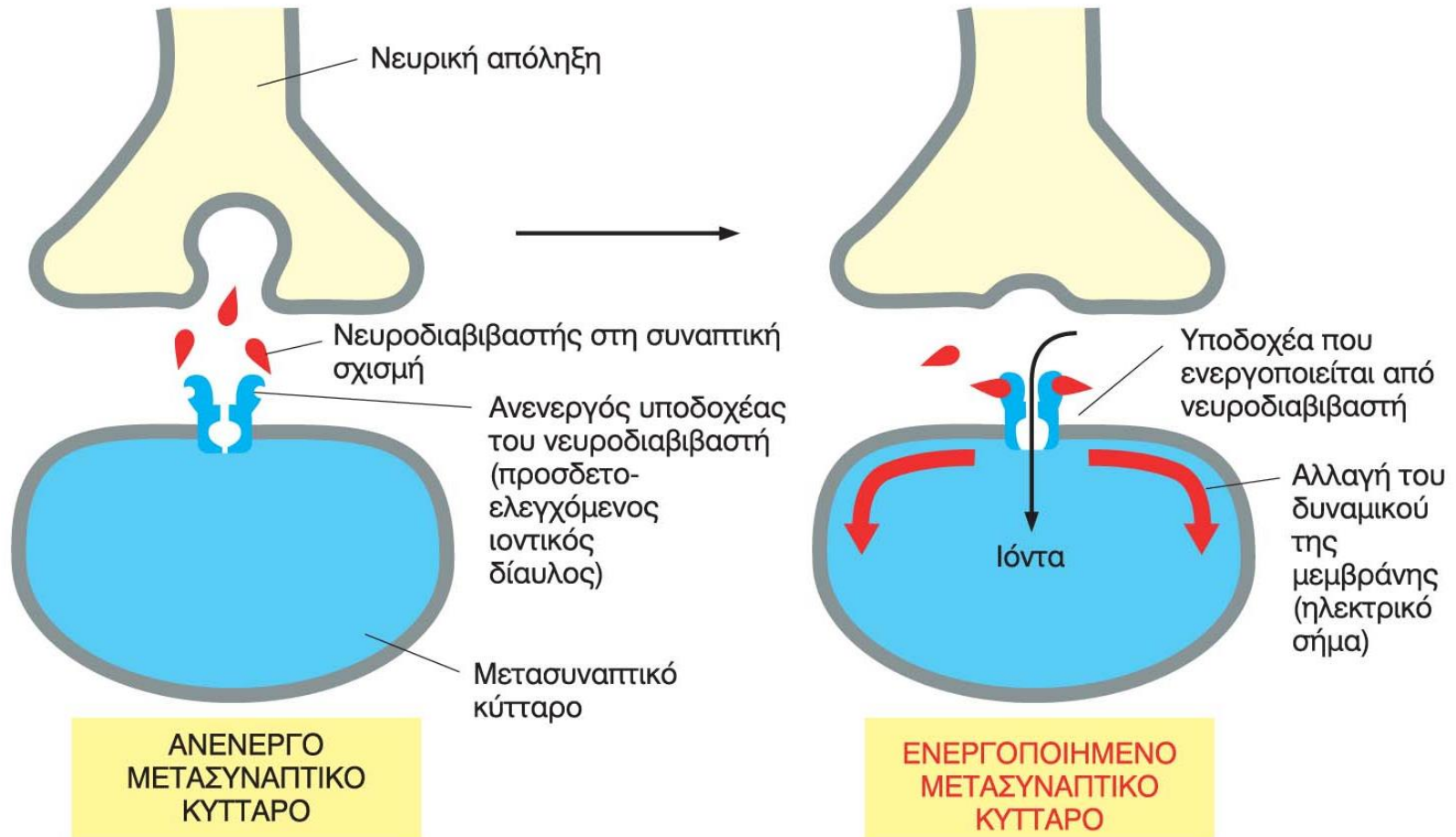
B

Adapted from Alberts, 4^η έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης

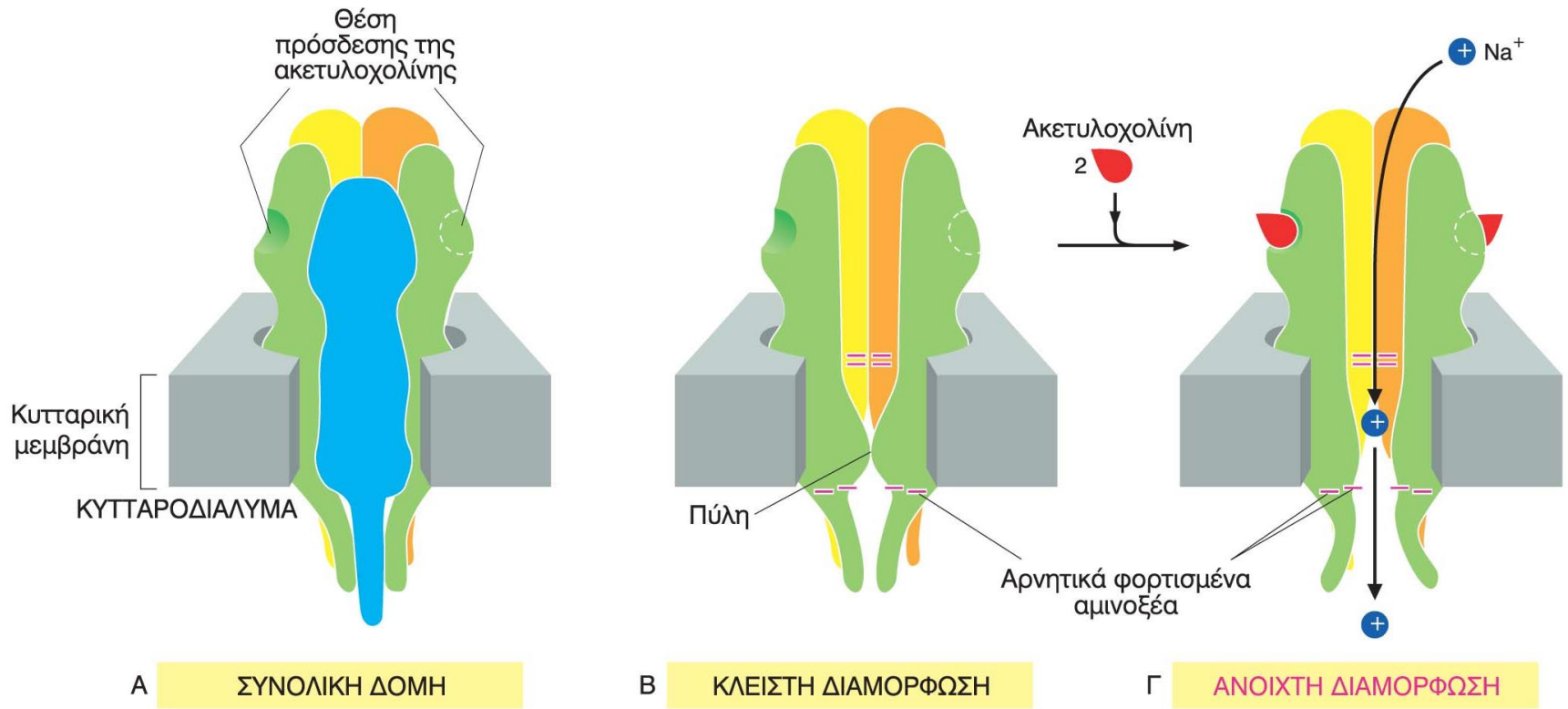
Μετατροπή ηλεκτρικού σήματος σε χημικό



Μετατροπή χημικού σήματος σε ηλεκτρικό



Νευρομυϊκή Συμβολή



Adapted from Alberts, 4^η έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης

Διεγερτικοί και ανασταλτικοί νευροδιαβιβαστές

Οι νευροδιαβιβαστές είτε διεγείρουν, είτε αναστέλλουν ένα μετασυναπτικό κύτταρο.

Το είδος του υποδοχέα καθορίζει πως θα ανταποκριθεί το μετασυναπτικό κύτταρο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 12-3. Μερικά παραδείγματα ιοντικών διαύλων		
Ιοντικός διάυλος	Τυπική εντόπιση	Λειτουργία
Διάυλος διαρροής K^+	Κυτταρική μεμβράνη των περισσότερων ζωικών κυττάρων	Διατήρηση του δυναμικού ηρεμίας της μεμβράνης
Διάυλος Na^+ ελεγχόμενος από τάση	Κυτταρική μεμβράνη του νευράξονα νευρικών κυττάρων	Δημιουργία δυναμικών ενέργειας
Διάυλος K^+ ελεγχόμενος από τάση	Κυτταρική μεμβράνη του νευράξονα νευρικών κυττάρων	Επαναφορά της μεμβράνης στο δυναμικό ηρεμίας μετά την έναρξη δυναμικού ενέργειας
Διάυλος Ca^{2+} ελεγχόμενος από τάση	Κυτταρική μεμβράνη νευρικών απολήξεων	Διέγερση της απελευθέρωσης νευροδιαβιβαστή
Υποδοχέας ακετυλοχολίνης (διάυλος Na^+ και Ca^{2+}) που ελέγχεται από ακετυλοχολίνη	Κυτταρική μεμβράνη μυϊκού κυττάρου (στη νευρομυϊκή συμβολή)	Διεγερτική συναπτική σηματοδότηση
Υποδοχείς γλουταμινικού (διάυλοι Na^+ και Ca^{2+} που ελέγχεται από ακετυλοχολίνη)	Κυτταρική μεμβράνη πολλών νευρώνων (στις συνάψεις)	Διεγερτική συναπτική σηματοδότηση
Υποδοχέας GABA (διάυλος Cl^- ελεγχόμενος από GABA)	Κυτταρική μεμβράνη πολλών νευρώνων (στις συνάψεις)	Ανασταλτική συναπτική σηματοδότηση
Υποδοχέας γλυκίνης (διάυλος Cl^- ελεγχόμενος από γλυκίνη)	Κυτταρική μεμβράνη πολλών νευρώνων (στις συνάψεις)	Ανασταλτική συναπτική σηματοδότηση
Διάυλος καπόντων ενεργοποιούμενος μηχανικά	Ακουστικά τριχωτά κύτταρα του έσω ωτός	Ανίχνευση ακουστικών ταλαντώσεων

Adapted from Alberts, 4^η έκδοση, Εκδ. Πασχαλίδης

Διεγερτικοί νευροδιαβιβαστές

Οι κυριότεροι υποδοχείς διεγερτικών νευροδιαβιβαστών είναι της ακετυλοχολίνης και του γλουταμινικού οξέος.

Είναι ιοντικοί δίαυλοι που ελέγχονται από προσδέτες.

Όταν προσδεθεί ο νευροδιαβιβαστής, οι δίαυλοι ανοίγουν και επιτρέπουν τη διέλευση του Na^+ , που οδηγεί σε εκπόλωση της μεμβράνης και παραγωγή δυναμικού ενέργειας.

Η ενεργοποίησή τους διεγείρει το μετασυναπτικό κύτταρο.

Ανασταλτικοί νευροδιαβιβαστές

Οι κυριότεροι υποδοχείς ανασταλτικών νευροδιαβιβαστών είναι του γ-αμινοβουτυρικού (GABA) και της γλυκίνης.

Είναι δίαυλοι εισόδου Cl^- .

Όταν προσδεθεί ο νευροδιαβιβαστής, οι δίαυλοι ανοίγουν και επιτρέπουν τη διέλευση του Cl^- , που διατηρεί τη μεμβράνη πολωμένη και καταστέλλει την παραγωγή δυναμικού ενέργειας.

Νευροδιαβιβαστές και τοξίνες

Τοξίνες που προσδένονται σε ανασταλτικούς ή διεγερτικούς νευροδιαβιβαστές έχουν δραματικές επιπτώσεις στον άνθρωπο.



Στοιχεία Επικοινωνίας

Νεφέλη Λαγοπάτη

E-mail: nlagopati@med.uoa.gr

Tel: 210-7462362

Ευχαριστώ για την
προσοχή σας!