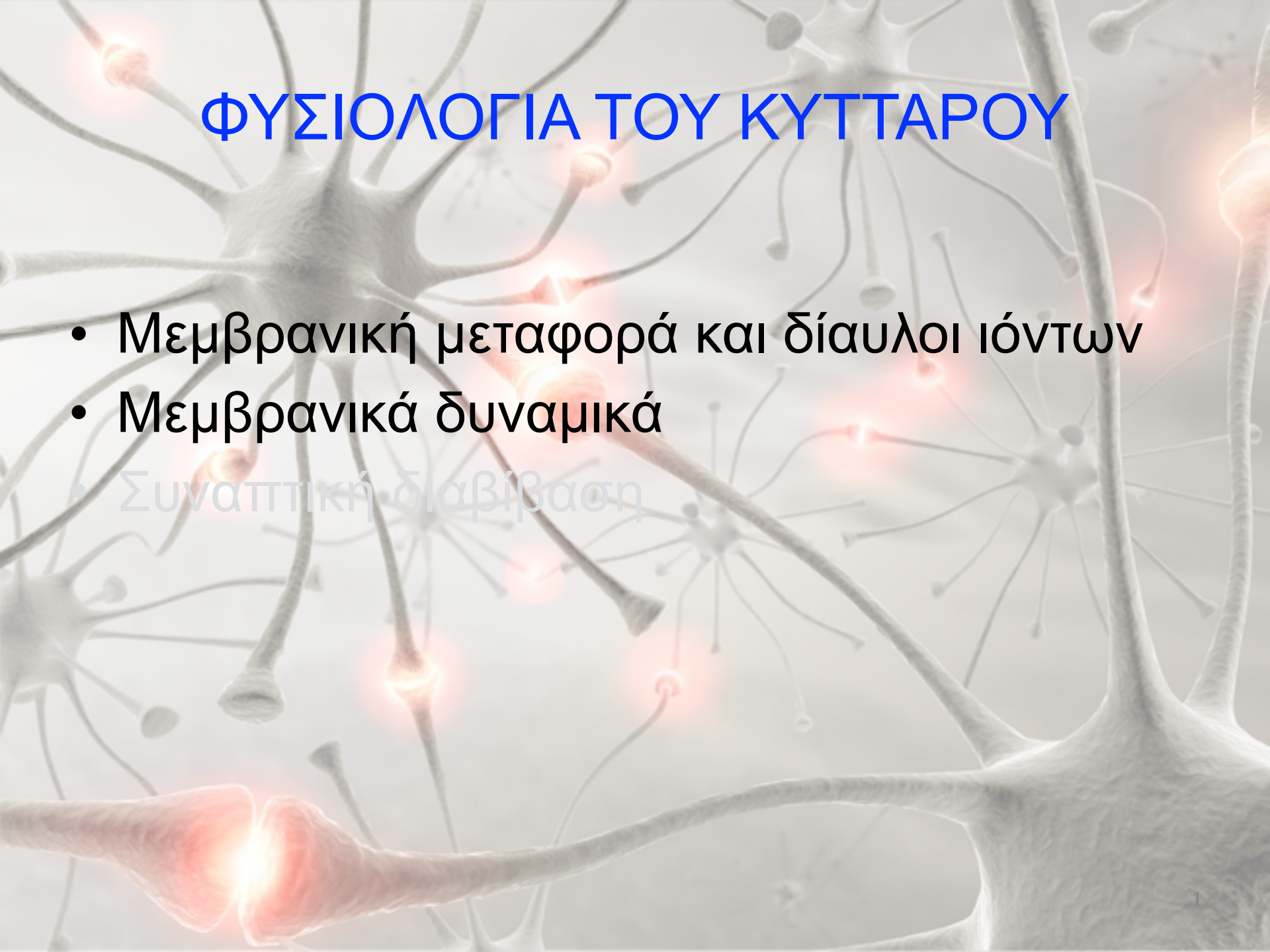


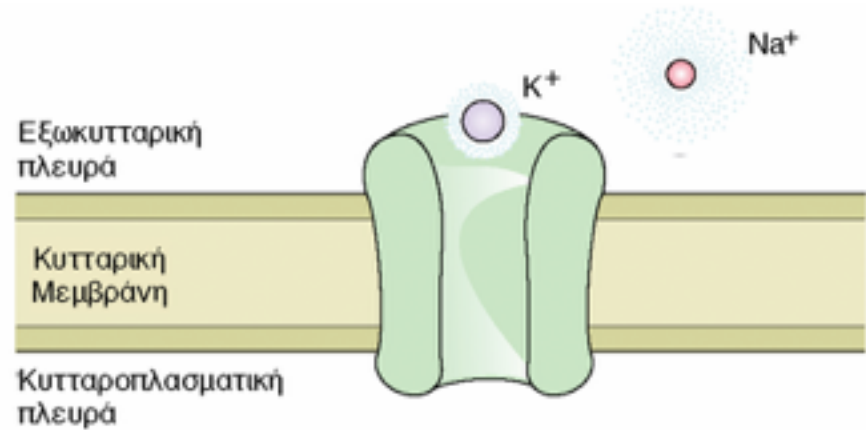
ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΚΥΤΤΑΡΟΥ

The background of the slide features a detailed illustration of a neural network. Several neurons are depicted with their cell bodies (soma) and branching processes (dendrites and axons). At various points where axons meet other neurons or structures, there are bright, glowing red and orange spots, representing active synapses or electrical impulses. The overall color palette is light gray and white, with the glowing spots providing a strong contrast.

- Μεμβρανική μεταφορά και δίαυλοι ιόντων
- Μεμβρανικά δυναμικά
- Συναπτική διαβίβαση

ΔΙΑΥΛΟΙ ΙΟΝΤΩΝ

- Διαμεμβρανικές πρωτεΐνες
- Μεταφορά ιόντων
 - Παθητικά
 - Μεγάλη ταχύτητα
- Επιλεκτικότητα στο ιόν που μεταφέρουν
 - Δίαυλοι νατρίου
 - Δίαυλοι καλίου
 - Δίαυλοι ασβεστίου
- Ανοίγουν και κλείνουν ανάλογα με τα ερεθίσματα που δέχονται
 - Δυναμικό της μεμβράνης
 - Πρόσδεση μορίων

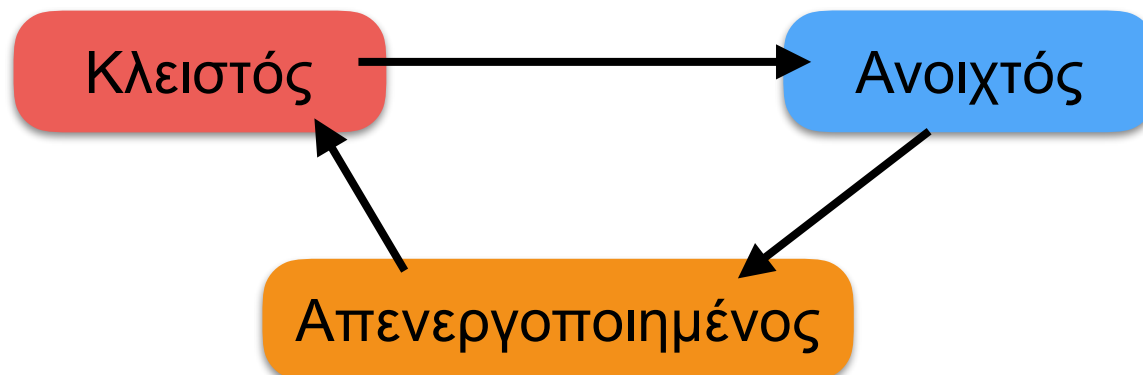


Δίαυλοι ιόντων - είδος ιόντων

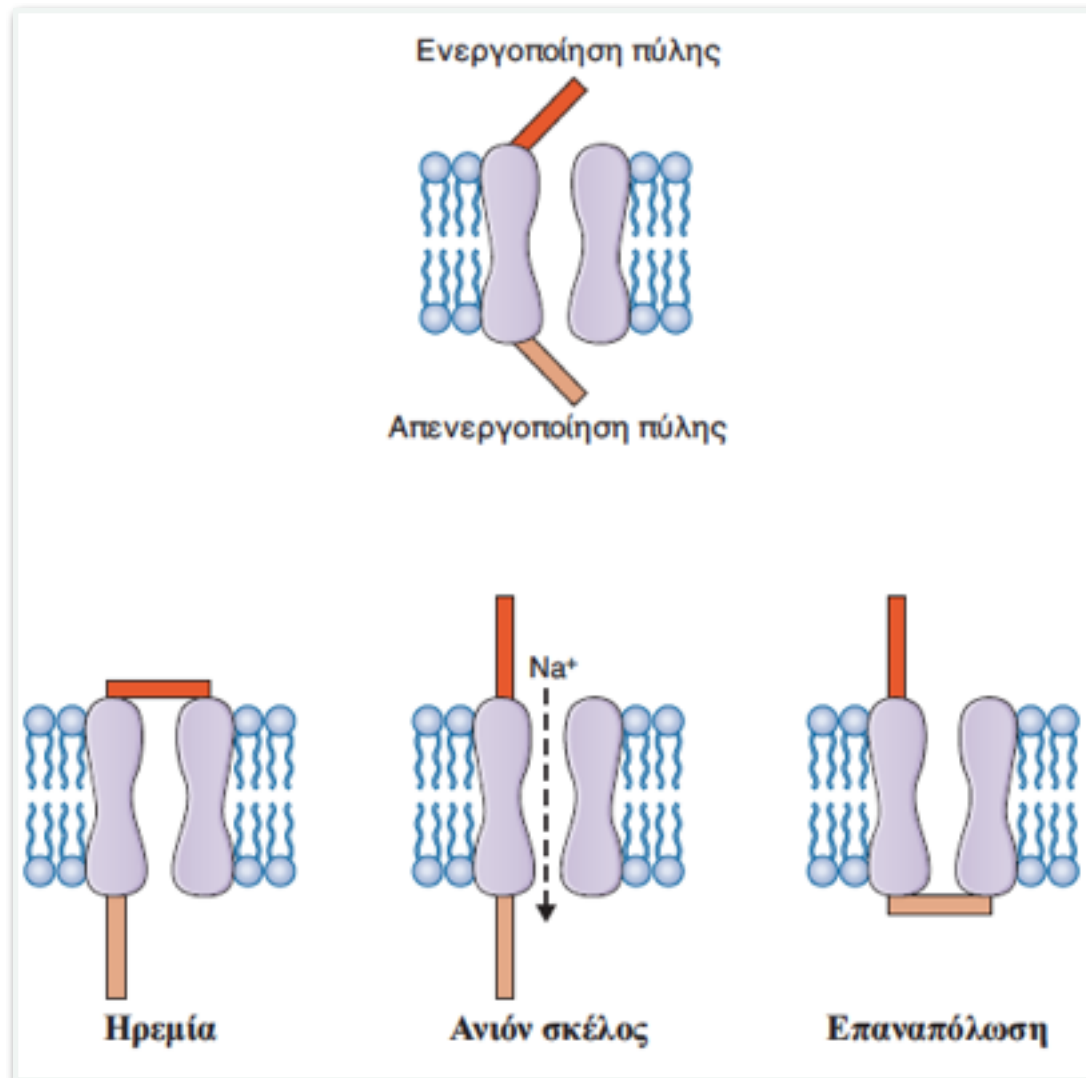
- Δίαυλος καλίου
- Δίαυλος νατρίου
- Δίαυλος ασβεστίου
- Μη επιλεκτικός διάυλος κατιόντων
 - Νάτριο και κάλιο
 - Νάτριο, κάλιο και ασβεστίο
- Δίαυλος χλωρίου

Καταστάσεις των διαύλων ιόντων

- Κλειστός
- Ανοιχτός
 - ανοίγει η πύλη ενεργοποίησης του διαύλου (η οποία είναι και η πύλη επιλεκτικότητας)
- Απενεργοποιημένος
 - κλείνει η πύλη απενεργοποίησης η οποία είναι διαφορετική από την πύλη ενεργοποίησης

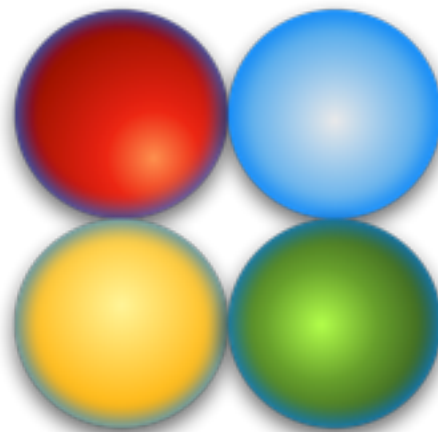
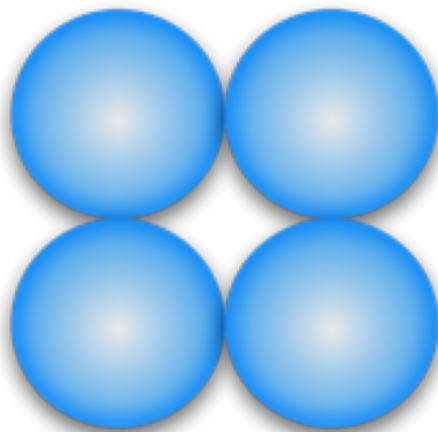


Δίαυλοι Na^+

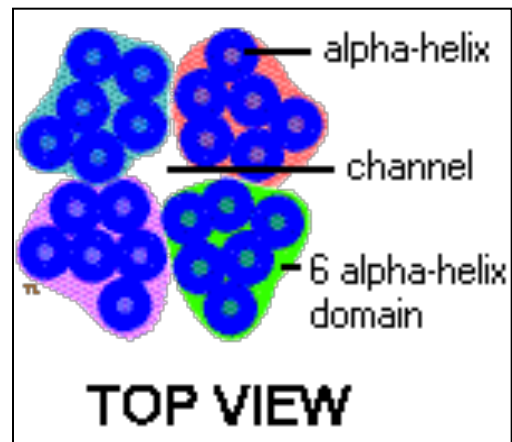
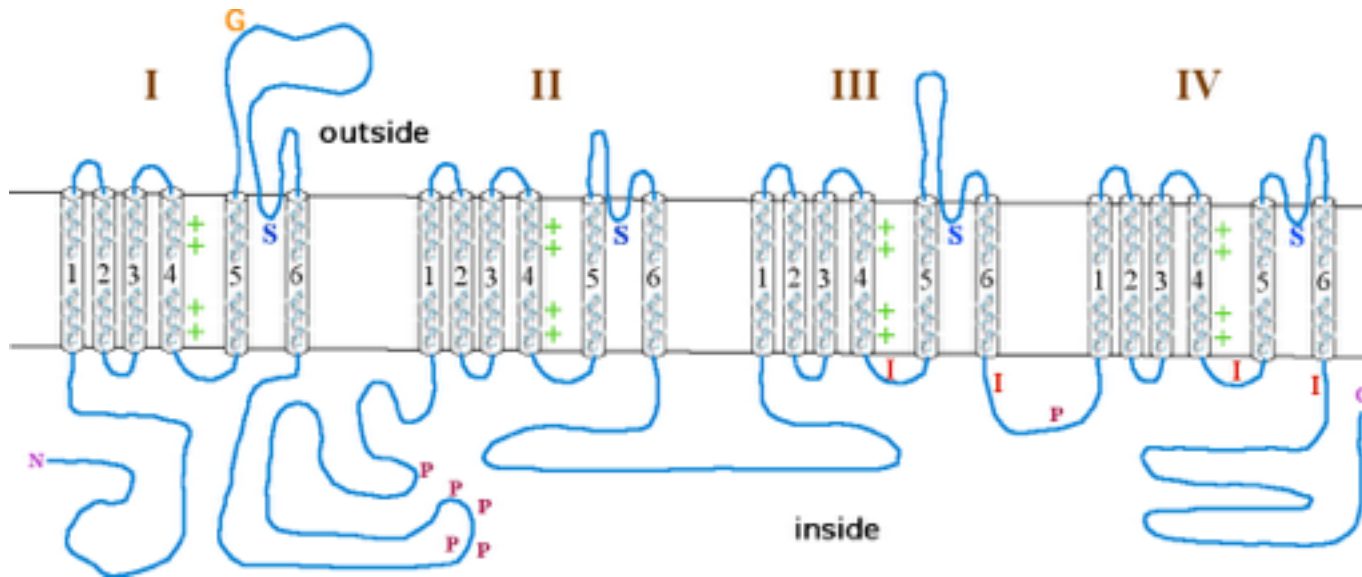


Εικόνα 1.14 (Constazo)

Δομή διαύλων



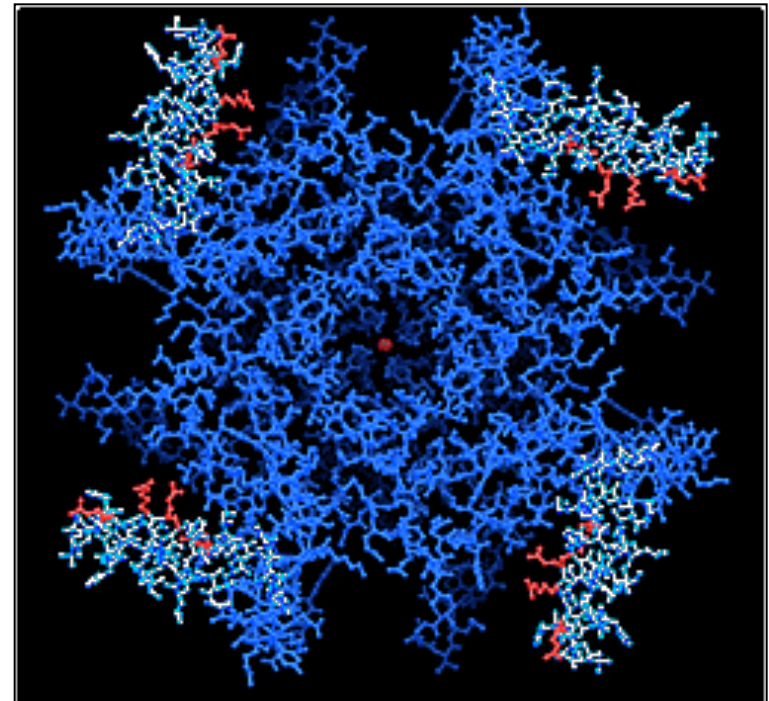
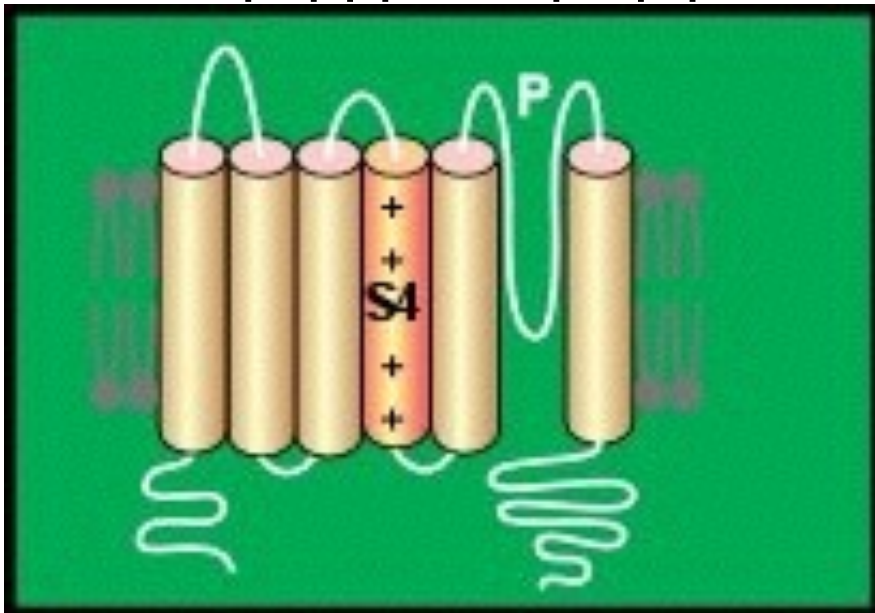
Δίαυλοι νατρίου



Δίαυλοι καλίου

Πάνω προς κάτω όψη

Διαμεμβρανική όψη

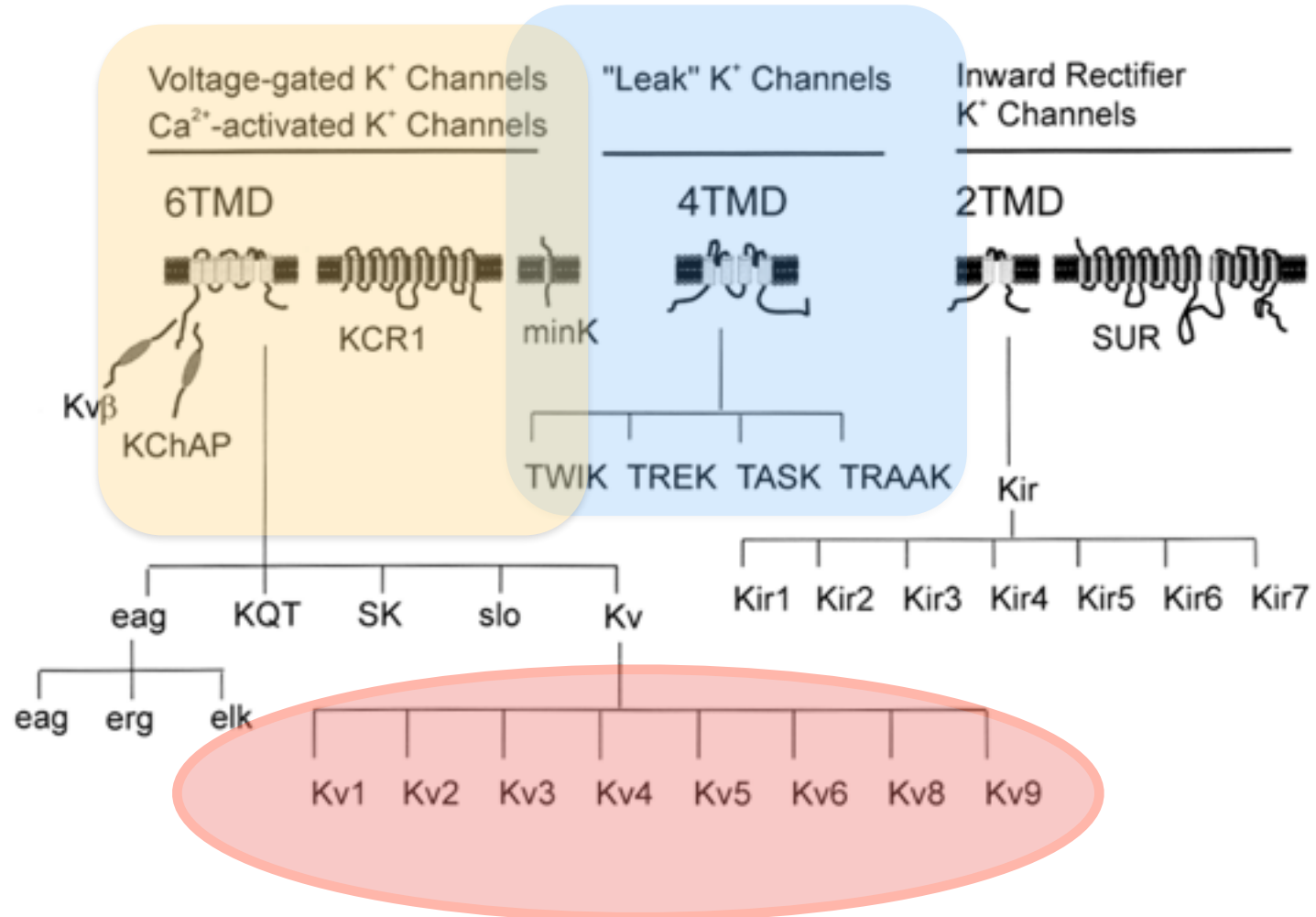


An overhead view of a voltage-dependent potassium ion channel shows four red-tipped "paddles" that open and close in response to positive and negative charges. This structure, discovered by Rockefeller scientists, shows for the first time the molecular mechanism by which potassium ions are allowed in and out of living cells during a nerve or muscle impulse.

Ποιους διαύλους καλίου;

Δυναμικό ενεργείας

Δυναμικό ηρεμίας



Ποιους διαύλους καλίου;

Δυναμικό ηρεμίας: Δίαυλοι διαρροής (Ba^+)

Δυναμικό ενεργείας: Τασοεξαρτώμενοι δίαυλοι καλίου
(αναστέλλονται με TEA)

Δίαυλοι νατρίου και καλίου

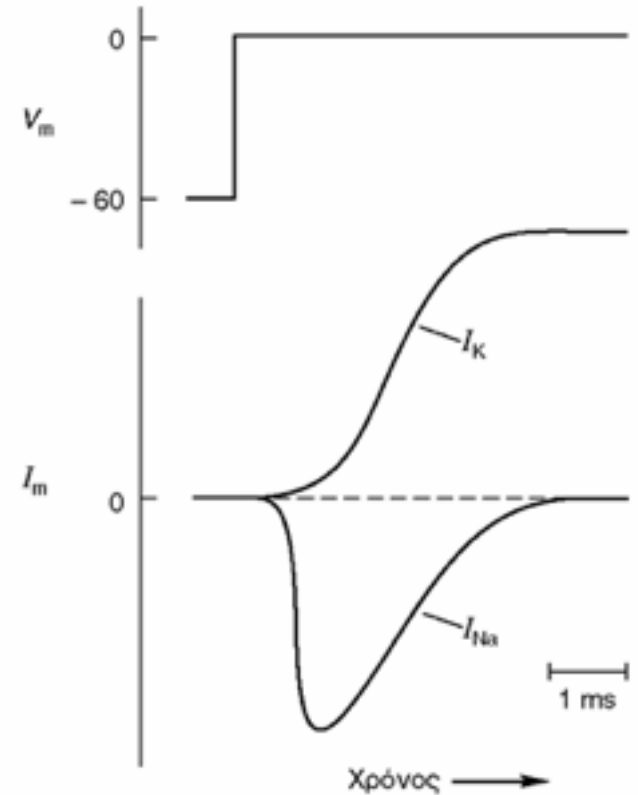
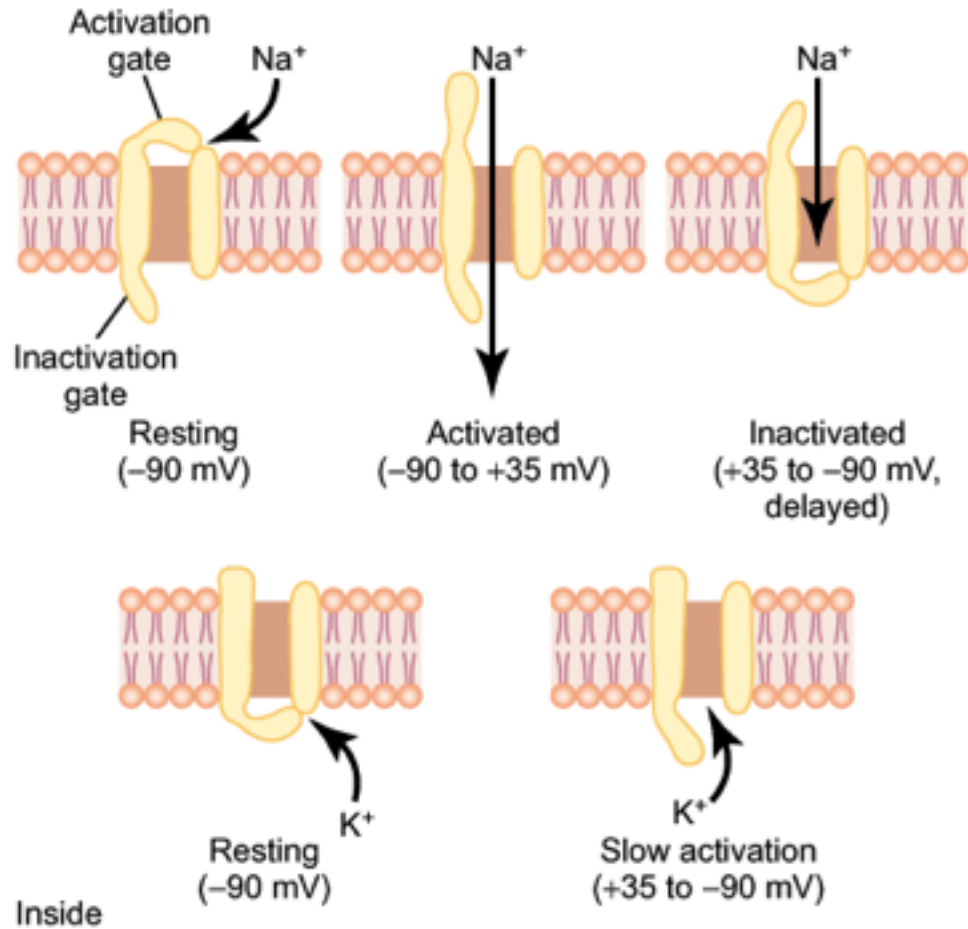
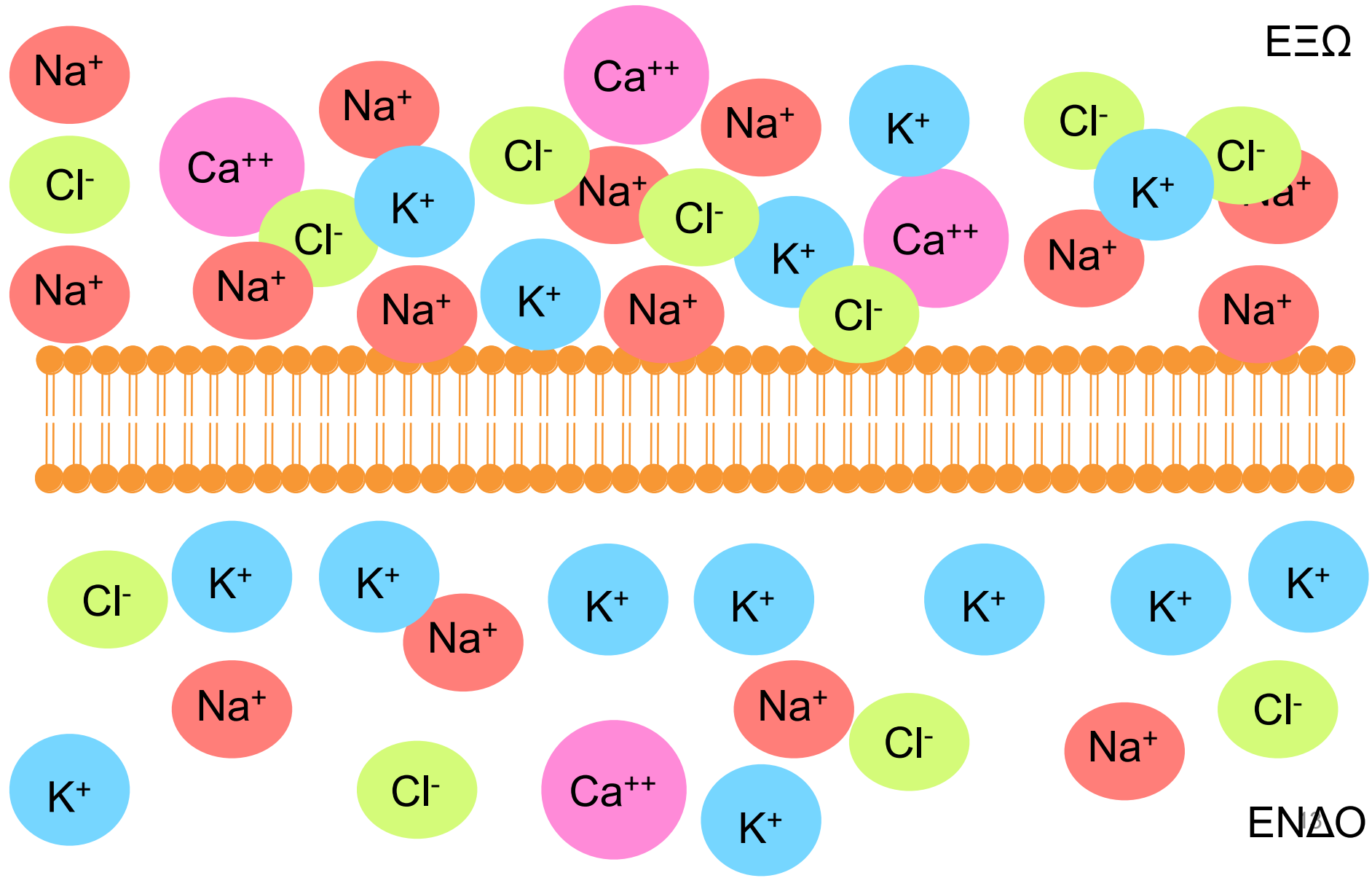


Figure 5-7

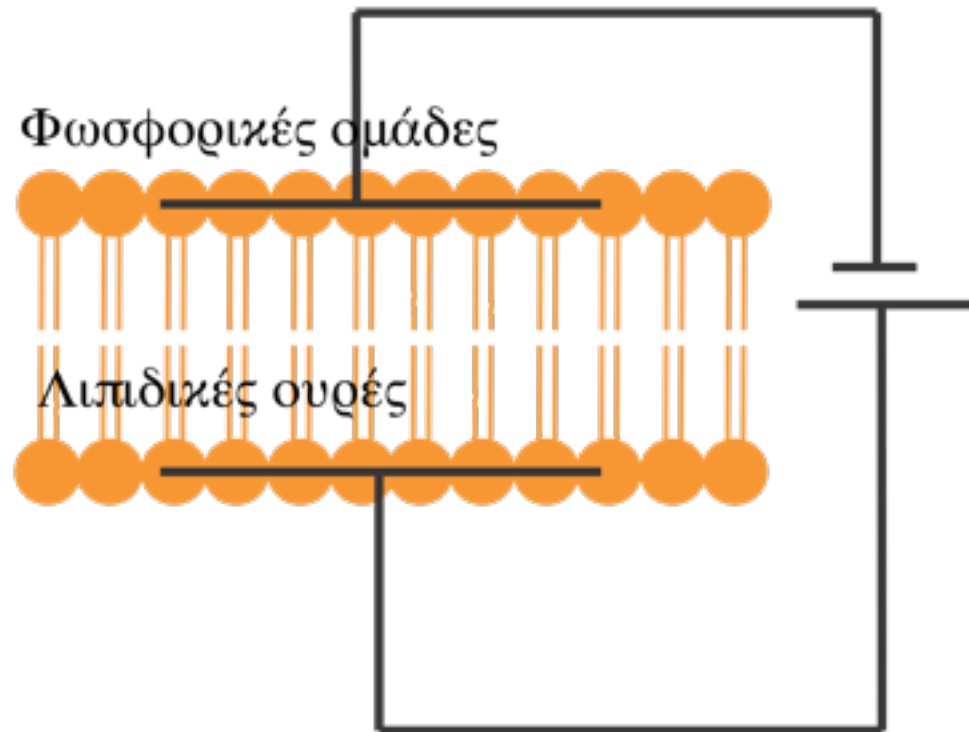
ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΚΥΤΤΑΡΟΥ

- Μεμβρανικά δυναμικά
 - ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ
 - ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΗΡΕΜΙΑΣ ΤΗΣ ΜΕΜΒΡΑΝΗΣ
 - ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Σύσταση εξωκυττάριου και ενδοκυττάριου υγρού



Μεμβράνη ως πυκνωτής



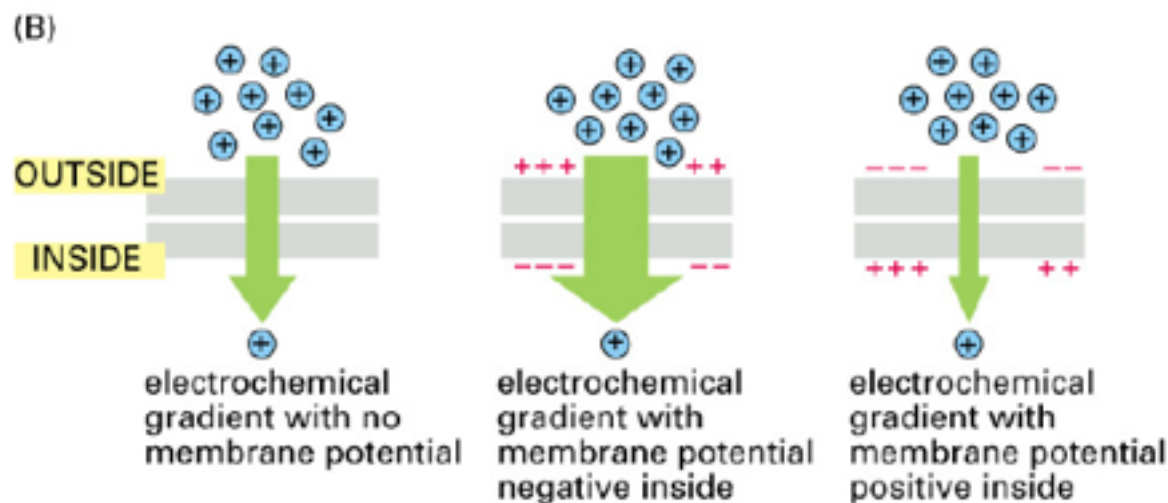
Κατανομή Ιόντων

Ιόν	Εξωκυττάριο υγρό	Ενδοκυττάριο υγρό
Na ⁺	145mM	15mM
K ⁺	4mM	150mM
Cl ⁻	110mM	10mM
Ca ⁺⁺	2mM	10 ⁻⁸ M
Mg ⁺⁺	2mM	0.5mM
P _i	2mM	40mM

Ηλεκτροχημικό δυναμικό

Ουδέτερο μόριο $\rightarrow$ Χημικό δυναμικό

Φορτισμένο μόριο $\rightarrow$ Χημικό δυναμικό + Ηλεκτρικό δυναμικό



Χημικό δυναμικό Ηλεκτρικό δυναμικό

$$\Delta\mu(X) = \mu_{\text{έξω}}(X) - \mu_{\text{μέσα}}(X) = RT \ln\left(\frac{[X]_{\text{έξω}}}{[X]_{\text{μέσα}}}\right) + zF(E_{\text{έξω}} - E_{\text{μέσα}})$$

Εξίσωση Nerst

Δυναμικό ισορροπίας ενός ιόντος

Περιγράφει το δυναμικό της μεμβράνης στο οποίο θα ισορροπήσει το κύτταρο όταν η μεμβράνη γίνει διαπερατή στο συγκεκριμένο ιόν

$$E_K = \frac{RT}{ZF} \ln \frac{[K^+]_o}{[K^+]_i}$$



Hermann (Walther) Nernst

1864-1941

1920 Nobel Prize for chemistry

Δυναμικό ισορροπίας καλίου

$$E_x = (60/z) * \log_{10}([X]_{\text{έξω}} / [X]_{\text{μέσα}})$$

$$[K+]_{\text{έξω}} = 4\text{mM}$$

$$[K+]_{\text{μέσα}} = 150\text{mM}$$

$$E_k = (60/1) * \log_{10}(0,004/0,15) = - 90 \text{ mV}$$

Δυναμικό ισορροπίας νατρίου

$$E_x = (60/z) * \log_{10}([X]_{\text{έξω}} / [X]_{\text{μέσα}})$$

$$[Na+]_{\text{έξω}} = 145\text{mM}$$

$$[Na+]_{\text{μέσα}} = 15\text{mM}$$

$$E_{Na} = (60/1) * \log_{10}(0,145/0,015) = + 60\text{mV}$$

Δυναμικά ισορροπίας ιόντων

$$E_X = (60/z) * \log_{10}([X]_{\text{έξω}} / [X]_{\text{μέσα}})$$

Κάλλιο

$$E_K = (60/1) * \log_{10}(0,004/0,15) = - 90 \text{ mV}$$

Νάτριο

$$E_{Na} = (60/1) * \log_{10}(0,145/0,015) = + 60 \text{ mV}$$

Χλώριο

$$E_{Cl^-} = (60/-1) * \log_{10}(0,110/0,01) = - 62 \text{ mV}$$

Ασβέστιο

$$E_{Ca} = (60/2) * \log_{10}(0,002/0,0000001) = + 120 \text{ mV}$$

Δυναμικά της μεμβράνης

- Σε ένα κύτταρο, το δυναμικό της μεμβράνης επηρεάζεται από τη διαπερατότητα των ιόντων, τη δεδομένη χρονική στιγμή
- Η διαπερατότητα των ιόντων καθορίζεται από τους διαύλους ιόντων που είναι ανοιχτοί
- Το δυναμικό ηρεμίας είναι το δυναμικό της μεμβράνης ενός κυττάρου όταν δεν δέχεται κάποιο ερέθισμα
- Αλλαγές στο δυναμικό της μεμβράνης έχουν σηματοδοτικό ρόλο
- Δυναμικό ενεργείας είναι μια πολύ συγκεκριμένη αλλαγή στο δυναμικό της μεμβράνης και έχει καθοριστικό ρόλο στη λειτουργία των νευρικών και μυϊκών κυττάρων

Υπολογισμός του δυναμικού της μεμβράνης

- ΕΞΙΣΩΣΗ GOLDMAN-HODGKIN-KATZ

$$V_m = \frac{RT}{F} \ln \left(\frac{p_K [K]_o + p_{Na} [Na]_o + p_{Cl} [Cl]_i}{p_K [K]_i + p_{Na} [Na]_i + p_{Cl} [Cl]_o} \right)$$

- ΒΑΣΙΚΕΣ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ

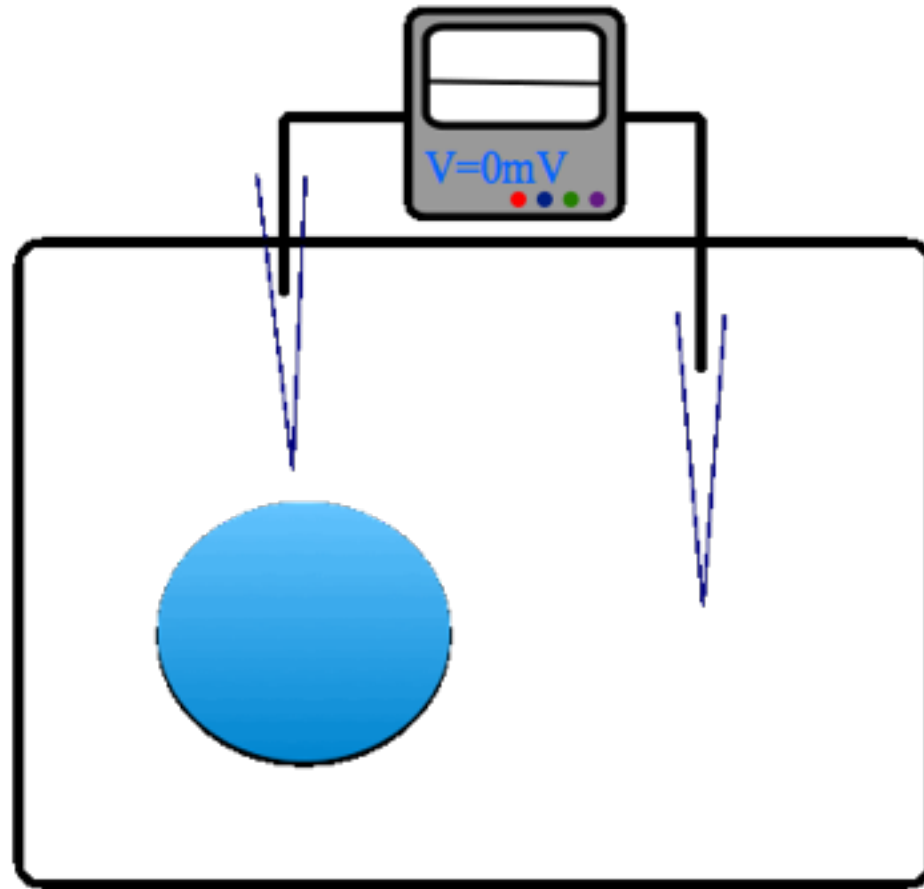
- Το δυναμικό της μεμβράνης δεν μεταβάλλεται
- Η κίνηση των ιόντων γίνεται σύμφωνα με την εξίσωση Nerst
- Τα διαφορετικά είδη ιόντων κινούνται ανεξάρτητα

Υπολογισμός του δυναμικού ηρεμίας της μεμβράνης

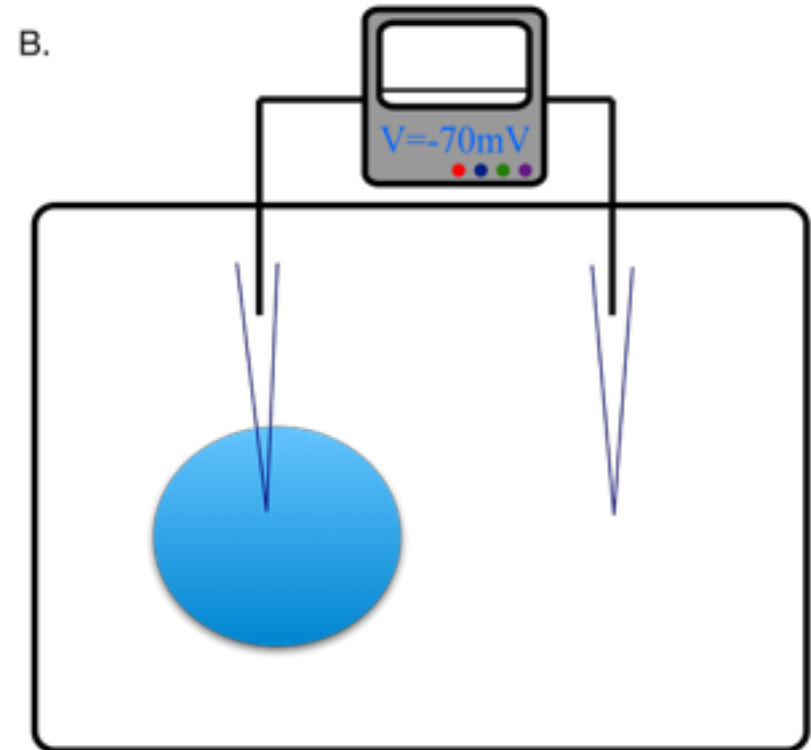
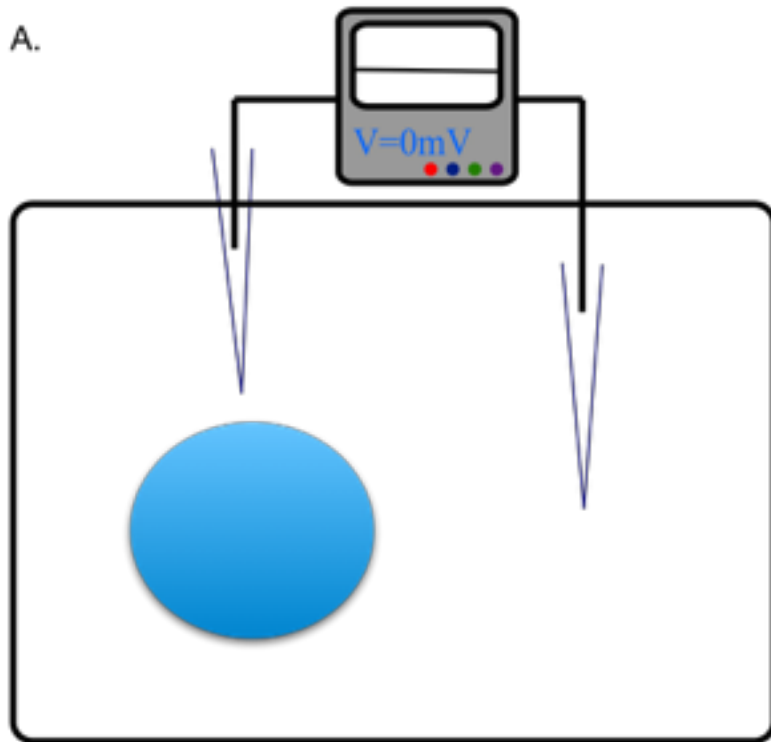
$$V_m = \frac{RT}{F} \ln \left(\frac{p_K [K]_o + p_{Na} [Na]_o + p_{Cl} [Cl]_i}{p_K [K]_i + p_{Na} [Na]_i + p_{Cl} [Cl]_o} \right)$$

- Υποθέτουμε ότι η διαπερατότητα στο ιόν του νατρίου είναι πολύ μικρότερη από τη διαπερατότητα στο ιόν του καλίου
- $P_K : P_{Na} : P_{Cl} = 1 : 0.03 : 0.1$
- $V_{rest} = (RT/F) * \ln[(4*1 + 145*0.03 + 10*0.1) / (1*150 + 0.03*15 + 110*0.1)]$
- $V_{rest} = 58 * (-1.22) = -75mV$

Καταγραφή του δυναμικού ηρεμίας



Καταγραφή του δυναμικού της μεμβράνης



Καταγραφή του δυναμικού ηρεμίας

- Ενισχυτής (βολτάμετρο)
- παλμογράφος
- ηλεκτρόδια αναφοράς, AgCl, (γείωση)
- ηλεκτρόδιο καταγραφής (μεταλλικό, AgCl)
- γυάλινη μικροπιπέτα

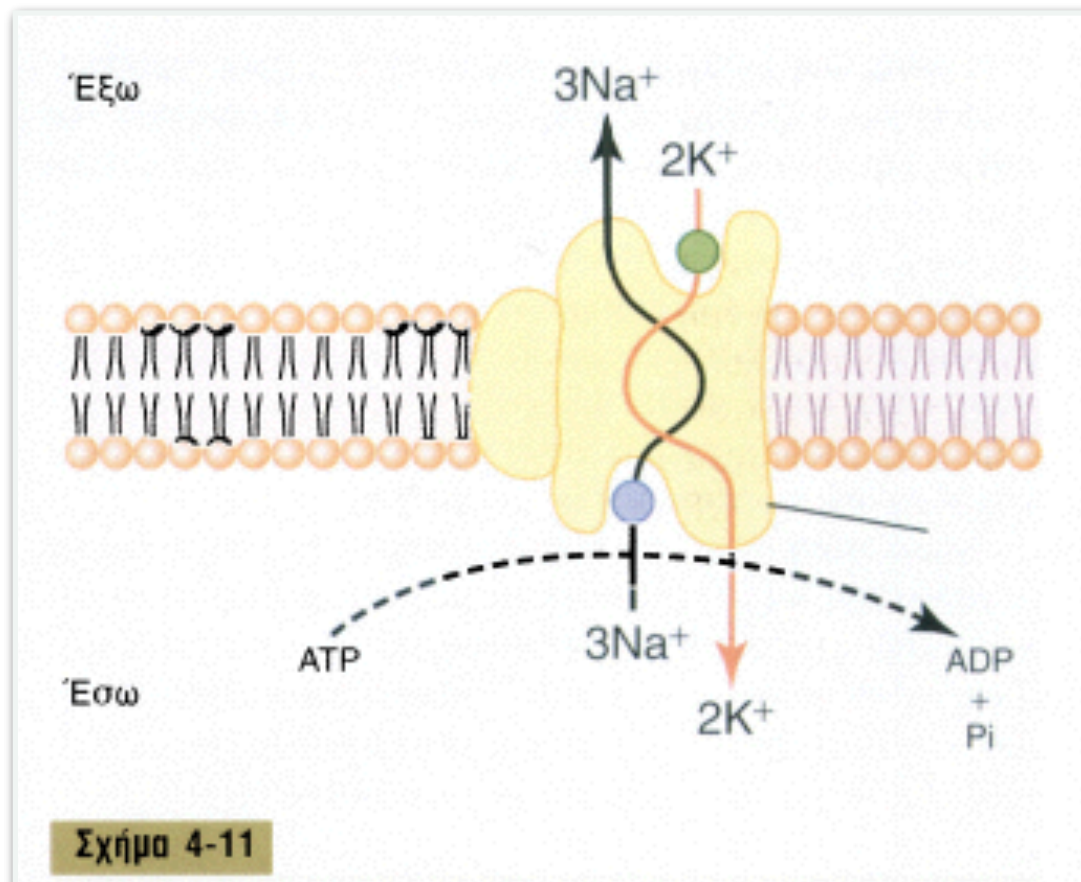
Μεμβρανικό Δυναμικό Ηρεμίας

- Ερυθροκύτταρα -10mV
- Σκελετικά μυϊκά κύτταρα -90mV
- Λεία μυϊκά κύτταρα -40mV
- Νευρικά κύτταρα -80mV έως -50mV

Από τι επηρεάζεται το δυναμικό ηρεμίας;

- Αντλία νατρίου-καλίου
- Εξωκυττάρια συγκέντρωση καλίου
- Δίαυλοι διαρροής

Αντλία νατρίου-καλίου



Μεμβρανικό Δυναμικό Ηρεμίας

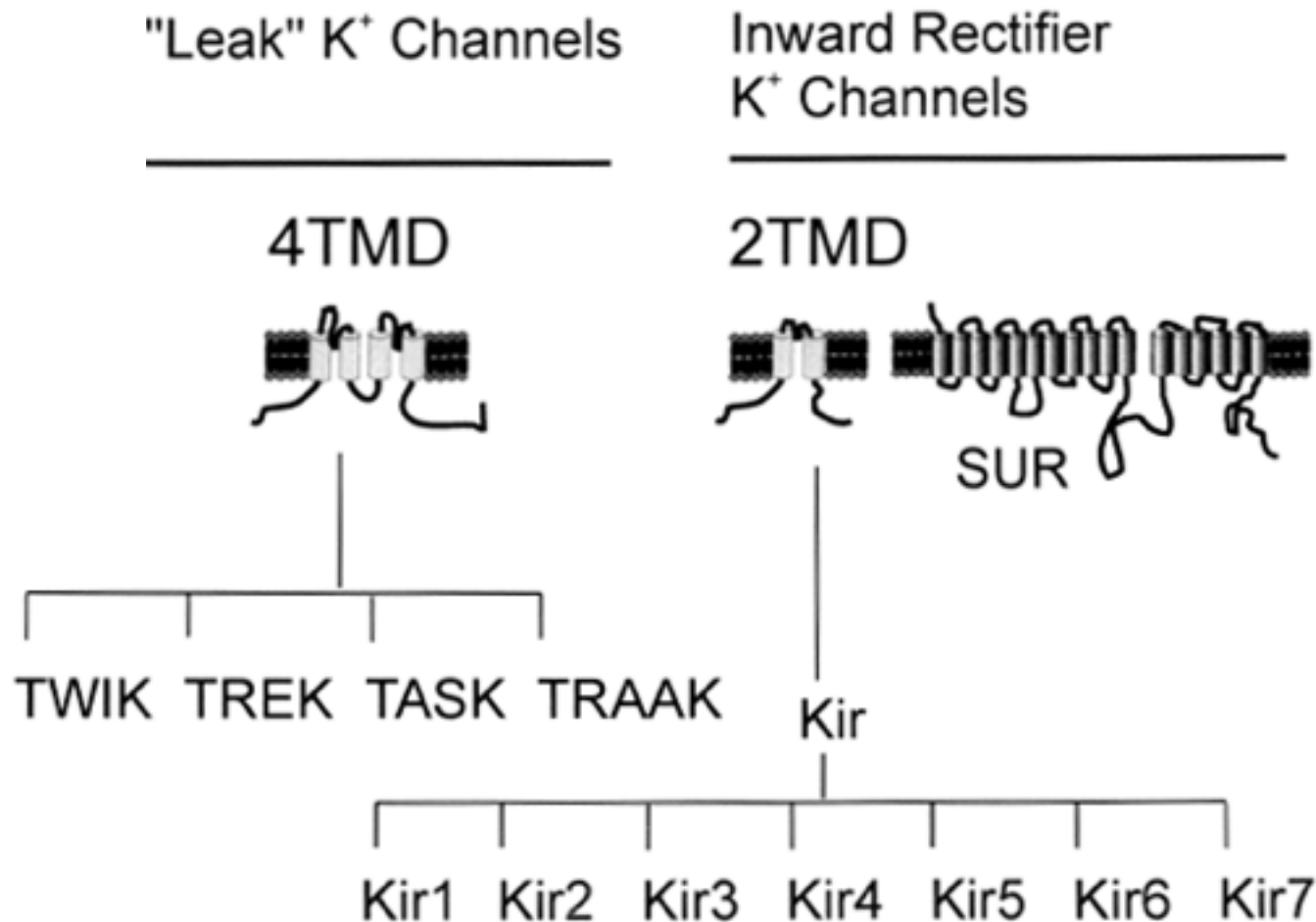
Αντλία Na^+/K^+

- Αναστολή της αντλίας με ουαβαΐνη
 - Αλλαγή στο δυναμικό της μεμβράνης
- Μεγαλύτερη επίπτωση στα κύτταρα των λείων μυϊκών κυττάρων (άμεση)
- Μικρότερη στα νευρικά και σκελετικά μυϊκά κύτταρα (έμμεση)

Δίαυλοι διαρροής

- Δίαυλοι οι οποίοι είναι ανοιχτοί στο επίπεδο του δυναμικού ηρεμίας
- αυτοί οι δίαυλοι είναι διαπερατοί στο ιόν του καλίου
- δίαυλοι ανορθωτές καλίου

Δίαυλοι διαρροής και διάυλοι ανορθωτές καλίου



Επίδραση του εξωκυττάριου καλίου στο δυναμικό ισορροπίας του καλίου

Κ(έξω)	Κ(μέσα)	Εκ
5	150	-94
10	150	-70
15	150	-60

Επίδραση του εξωκυττάριου καλίου στο δυναμικό ηρεμίας του κυττάρου

$K(\text{έξω})$	$K(\text{μέσα})$	V_m
5	150	-75
10	150	-61
15	150	-55

Δυναμικά της μεμβράνης

- Δυναμικό ηρεμίας
- Δυναμικό ισορροπίας

Χαρακτηριστικά δυναμικού ενεργείας

- Ουδός
- Ύψος
- Διάρκεια
 - μέτρηση στο μισό του ύψους
- Υπερπόλωση
- απόλυτη και σχετική ανερέθιση περίοδος
- “Όλον ή ουδέν”

Δυναμικό ενέργειας

