



PROPRIETĂȚI ELECTRICE ALE MEMBRANEI CELULARE

BIOELECTROGENEZA

DEFINIȚIE

CAUZE:

- 1) DIFUZIA IONILOR PRIN MEMBRANĂ
- 2) FUNCȚIONAREA ELECTROGENICĂ A POMPEI DE Na^+/K^+
- 3) PREZENȚA ÎN CITOPLASMĂ A UNOR MACROIONI PROTEICI NEPERMEANȚI

➤ IONI PERMEANȚI : Na^+ , K^+ , Cl^-

➤ PERMEABILITĂȚI RELATIVE :

$$P_{\text{K}} : P_{\text{Na}} : P_{\text{Cl}} = 1 : 0,04 : 0,45$$

➤ CONCENTRAȚII IONICE (mM) :

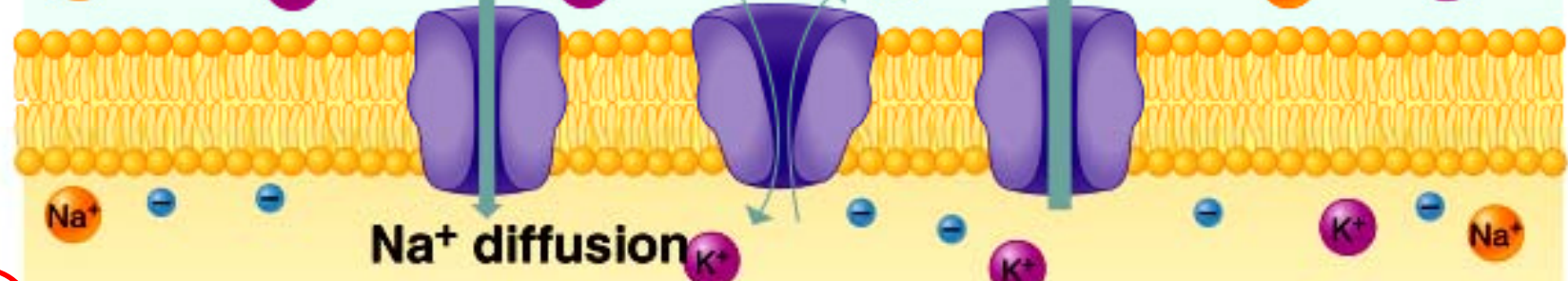
	Na^+	K^+	Cl^-
INT:	10	140	5
EXT:	140	5	100

+

High Na⁺ Low K⁺

Na⁺/K⁺ pump

K⁺ diffusion

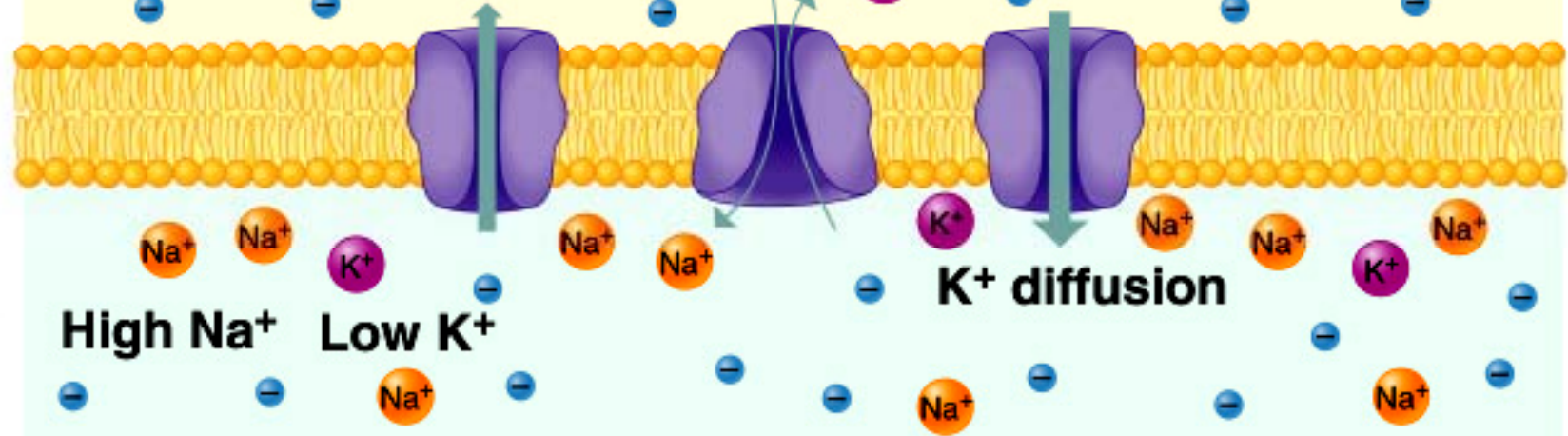


-

High K⁺ Low Na⁺

Na⁺/K⁺ pump

K⁺ diffusion



+

High Na⁺ Low K⁺

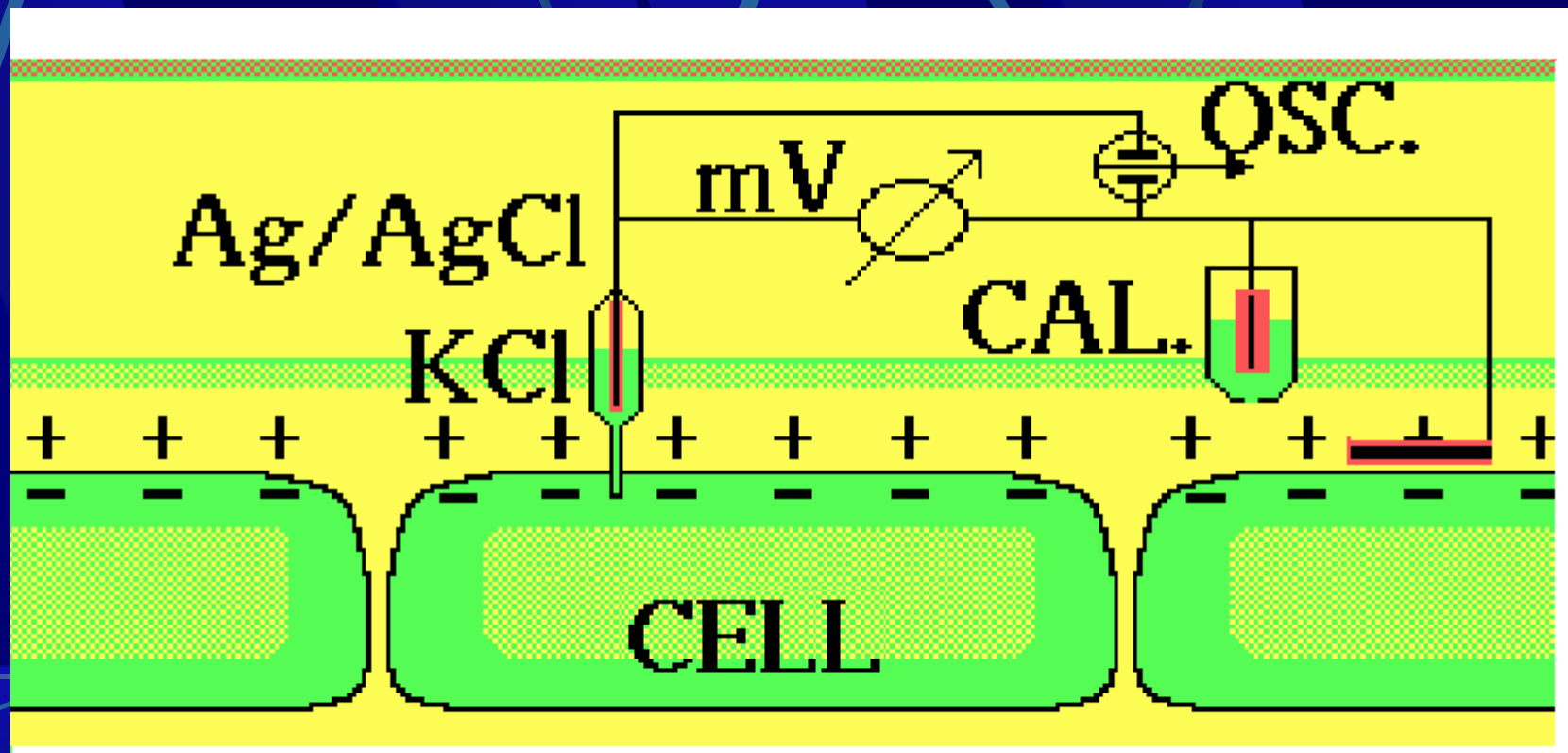
$$\bar{\mu}_i = \bar{\mu}_e$$

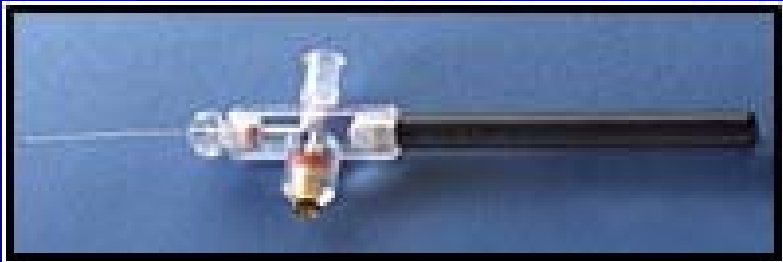
(egalarea potențialelor electrochimice)

POTENȚIAL MEMBRANAR DE REPAUS

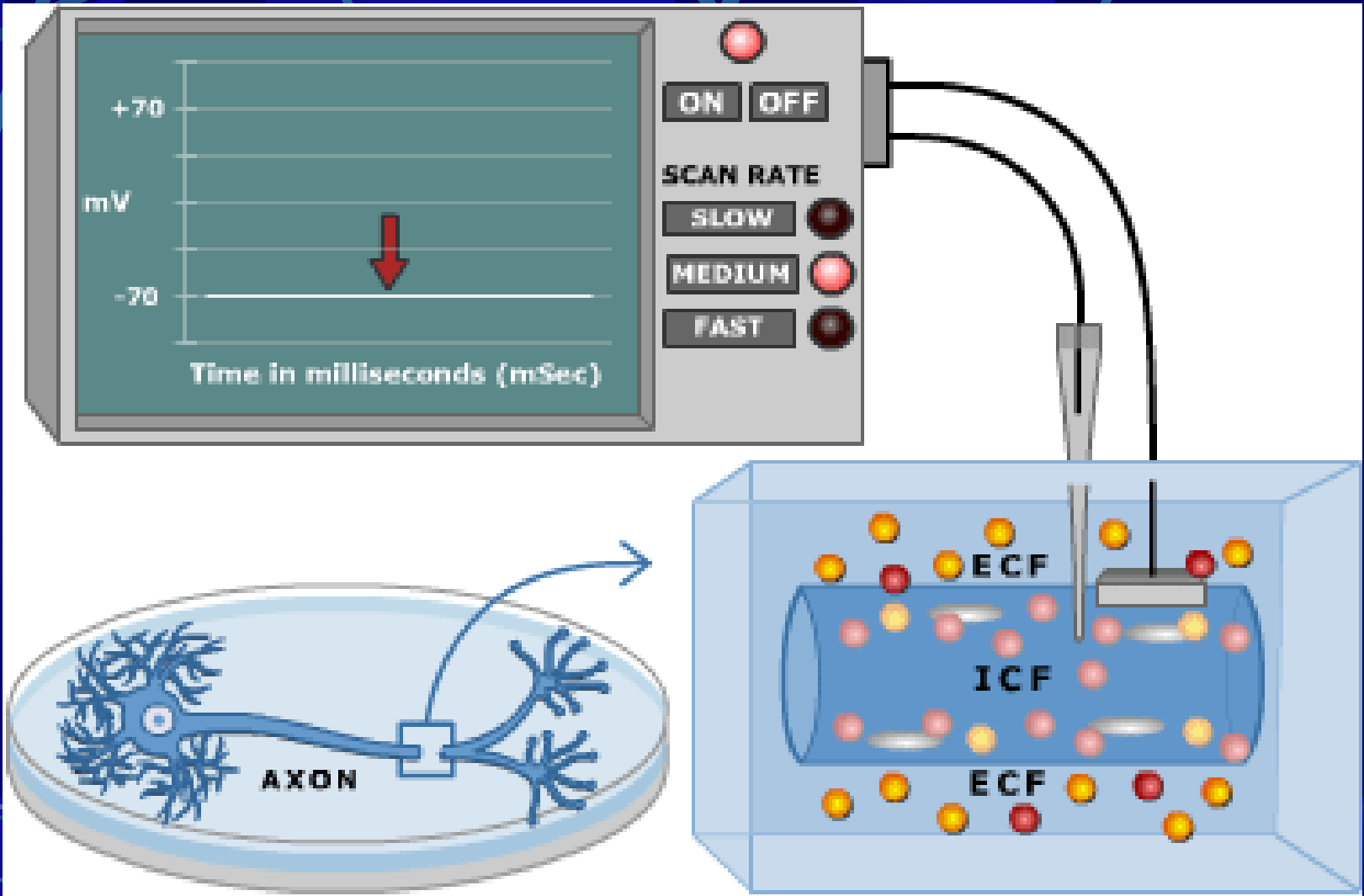
MĂSURARE: TEHNICA DE MICROELECTROD

- ELECTROD PASIV (SUPRAFATĂ MARE)
- ELECTROD ACTIV (SUPRAFATĂ MICĂ)





Gerard, Ling, 1949



➤ POTENȚIAL NERNST DE ECHILIBRU:

$$E_i - E_e = 2,3 \frac{RT}{zF} \lg \frac{[ion]_e}{[ion]_i}$$

➤ FORMULA GOLDMAN-HODGKIN-KATZ:

$$E_i - E_e = 2,3 \frac{RT}{F} \lg \frac{P_{Na} [Na^+]_e + P_K [K^+]_e + P_{Cl} [Cl^-]_i}{P_{Na} [Na^+]_i + P_K [K^+]_i + P_{Cl} [Cl^-]_e}$$

➤ CONVENȚIE:

$$E_{MR} = E_i - E_e = E_i \quad (E_e = 0)$$

➤ VALORI TIPICE

POTENȚIALE NERNST PENTRU IONII PERMEANȚI

PENTRU IONII DE SODIU:

$$E_{Na} = E_i - E_e = 2,3 \frac{RT}{zF} \lg \frac{[Na]_e}{[Na]_i} = 0,06 \lg \frac{140}{10} = 65 \text{ mV}$$

Na⁺ : + 65 mV



Na⁺ ESTE DEPARTE DE STAREA DE ECHILIBRU !



(PERMEABILITATE REDUSĂ PENTRU Na⁺)

PENTRU IONII DE POTASIU:

$$E_K = E_i - E_e = 2,3 \frac{RT}{z F} \lg \frac{[K]_e}{[K]_i} = 0,06 \lg \frac{5}{140} = -87 \text{ mV}$$

$K^+ : -87 \text{ mV}$



K^+ ESTE F. APROAPE DE STAREA DE ECHILIBRU



(PERMEABILITATE MARE PENTRU K^+)

PENTRU IONII DE CLOR:

$$E_{Cl} = E_i - E_e = 2,3 \frac{RT}{z F} \lg \frac{[Cl]_i}{[Cl]_e} = 0,06 \lg \frac{4}{100} = -89 \text{ mV}$$

Cl^- : - 89 mV



Cl^- ESTE F. APROAPE DE STAREA DE ECHILIBRU

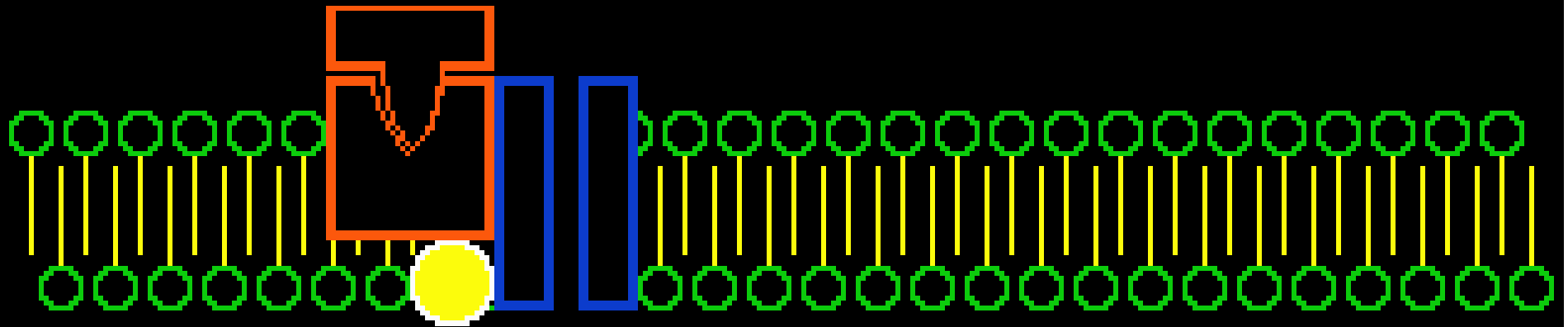


(PERMEABILITATE MARE PENTRU Cl^-)

TENDINȚA TRANSPORTULUI PASIV

ION:	K ⁺	Cl ⁻	Na ⁺
ΔC	I \rightarrow E	E \rightarrow I	E \rightarrow I
ΔE	E \rightarrow I	I \rightarrow E	E \rightarrow I
TOTAL	≈ 0	≈ 0	E \rightarrow I

the Resting Potential



EXCITABILITATEA MEMBRANEI CELULARE

■ DEFINIȚIE

■ STIMUL

MODIFICĂRI ALE UNOR FACTORI EXTERNI CE AU CA EFECT MODIFICĂRI FIZIOLOGICE LA NIVELUL CELULEI STIMULATE (RĂSPUNS CELULAR)

■ CLASIFICAREA STIMULILOR

□ DUPĂ NATURA FACTORULUI EXTERN:

MECANICI

ELECTRICI

CHIMICI

LUMINOȘI

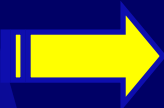
□ DUPĂ INTENSITATE:

- **SUBLIMINAR:** stimul slab, de intensitate mai mică decât pragul, care determină un răspuns local nespecific
- **LIMINAR:** stimul de intensitate egală cu pragul, care generează un răspuns celular specific
- **SUPRALIMINAR:** stimul de intensitate mai mare decât pragul; generează un răspuns de aceeași amplitudine ca și stimulul liminar
- **DESTRUCTIV:** stimul de intensitate foarte mare, care determină un răspuns nespecific materializat prin modificări ireversibile la nivelul celulei stimulate

TIPURI DE RĂSPUNS CELULAR

a) NESPECIFIC:

proporțional cu intensitatea stimulului
ușoară depolarizare a membranei celulare



POTENȚIAL LOCAL

b) SPECIFIC:

declanșat de aplicarea unui stimul supraliminar
depolarizare puternică a membranei celulare



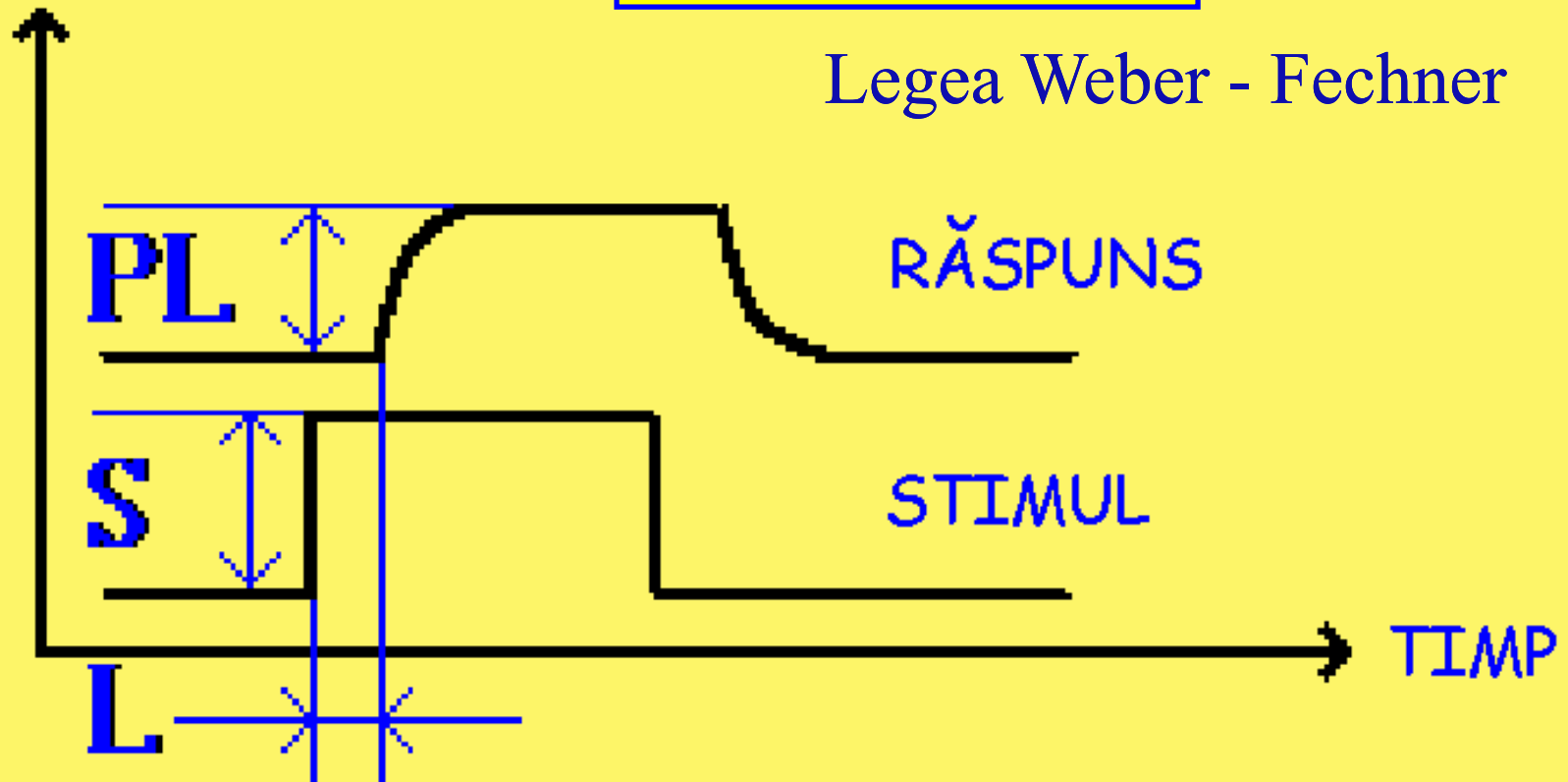
POTENȚIAL DE ACȚIUNE

POTENȚIALUL LOCAL (ELECTROTONIC)

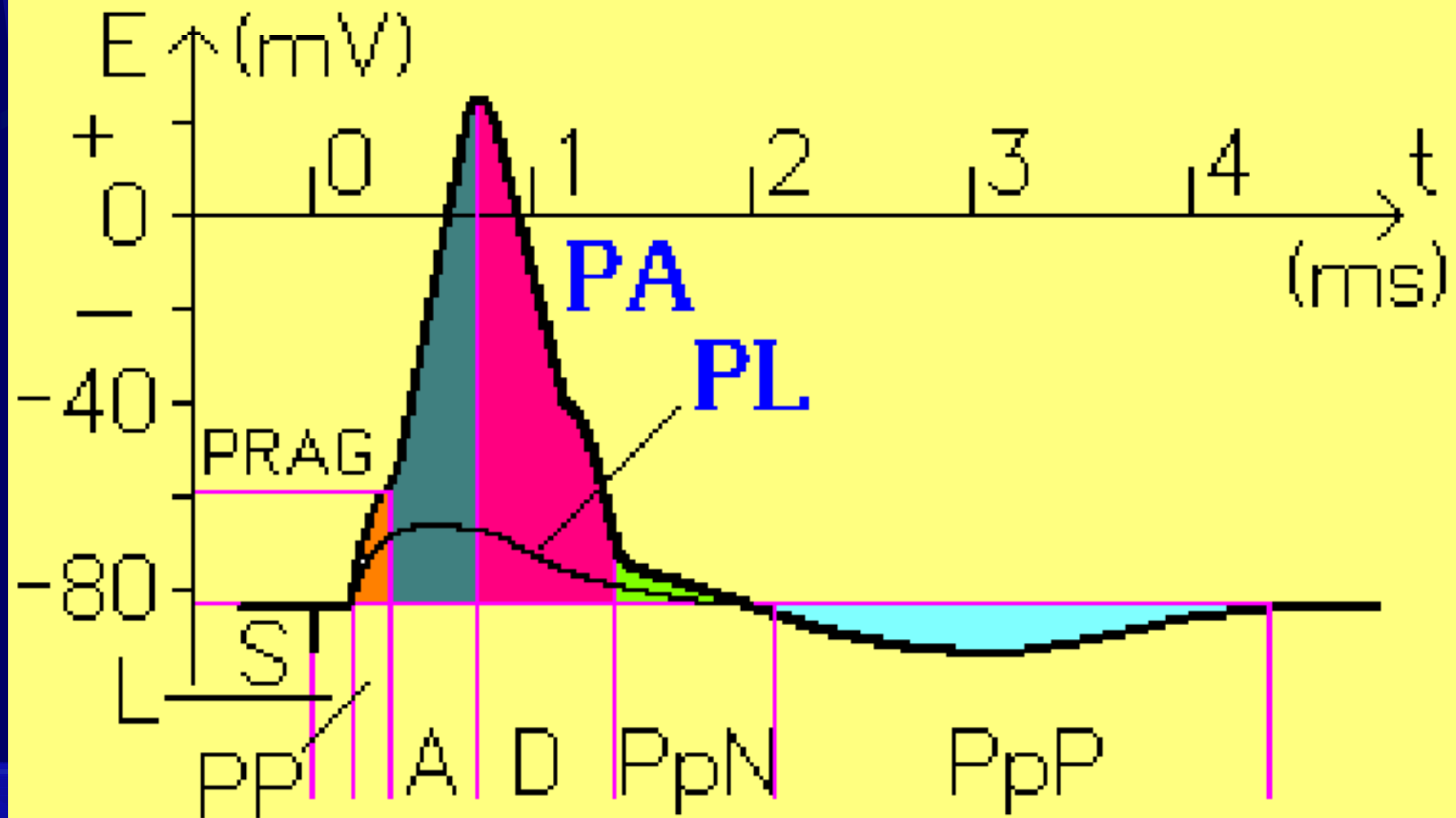
$$PL = k \cdot \lg S$$

Legea Weber - Fechner

AMPLITUDINE



POTENȚIALUL DE ACȚIUNE



FAZELE POTENȚIALULUI DE ACȚIUNE

1. L = PERIOADA DE LATENȚĂ
2. PP = PREPOTENȚIAL
3. A = PERIOADA ASCENDENTĂ
(DEPOLARIZARE)
4. D = PERIOADA DESCENDENTĂ
(REPOLARIZARE)
5. PpN = POSTPOTENȚIAL NEGATIV
6. PpP = POSTPOTENȚIAL POZITIV

CARACTERISTICI

- o APARE LA APLICAREA UNUI STIMUL SUPRALIMINAR
- o IMPLICĂ O PRONUNȚATĂ DEPOLARIZARE A MEMBRANEI CELULARE
- o RESPECTĂ LEGEA “TOT SAU NIMIC”
- o FRECVENȚA DE REPETIȚIE A POTENȚALELOR DE VÂRF DEPINDE LOGARITMIC DE INTENSITATEA STIMULULUI

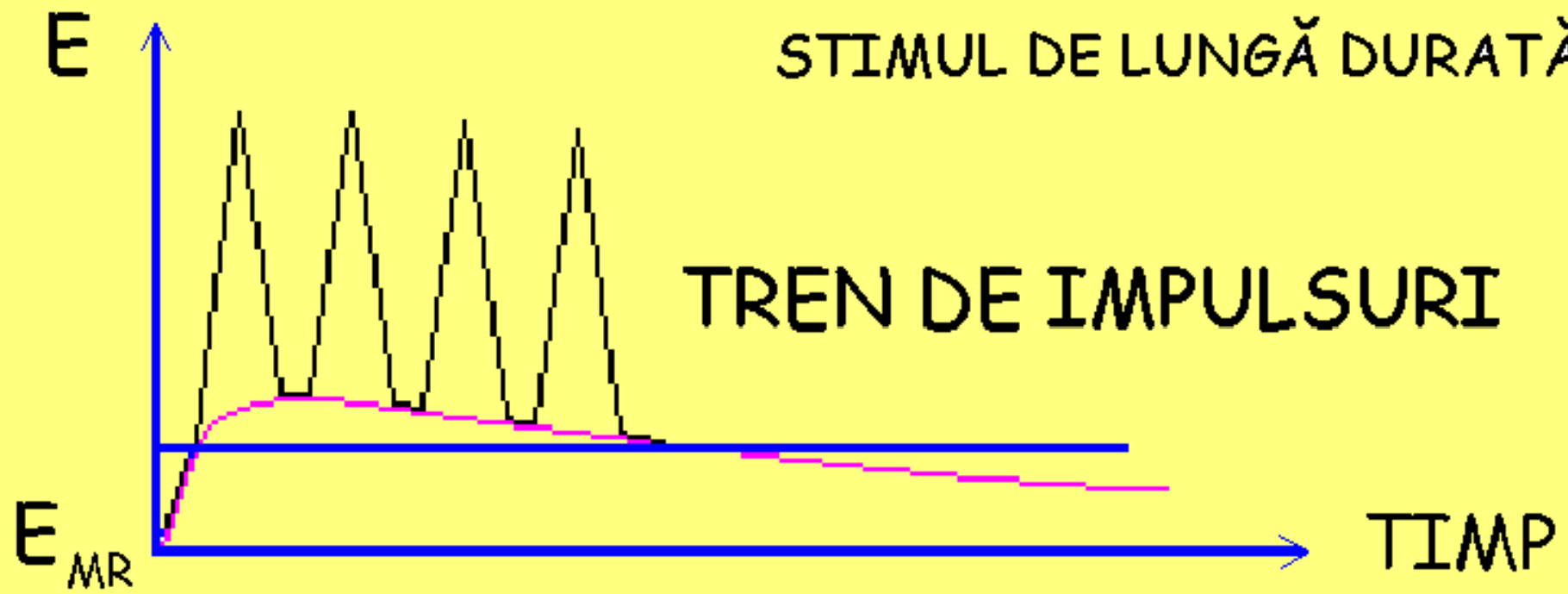
$$v = \text{const} \cdot \lg S$$

Legea lui Adrian

- o SE PROPAGĂ ÎN TOATE DIRECȚIILE, FĂRĂ PIERDERI ÎN AMPLITUDINE

STIMUL DE LUNGĂ DURATĂ

TREN DE IMPULSURI



— PRAG DE EXCITABILITATE

— DEPOLARIZARE LOCALĂ

DEPLASĂRI IONICE

😊 În repaus:



Permeabilitatea pentru K^+ este mare
⇒ ionii de K^+ sunt aproape de echilibru



Permeabilitatea pentru Na^+ este mică
⇒ ionii de Na^+ sunt departe de echilibru

😊 După aplicarea stimulului:

Permeabilitatea pentru Na^+ crește
⇒ influx de Na^+

⇒ proces în avalanșă !!!

⇒ potențialul de membrană crește

- 80 mV → + 30 mV

(ionii de Na^+ se apropie de echilibru $\Delta E_{\text{Na}} = + 65 \text{ mV}$)

☺ La sfârșitul fazei ascendente:

Fața internă a membranei este pozitivată

Gradientul de potențial electric pentru K^+ își schimbă
sensul (I → E)

⇒ Începe efluxul ionilor de K^+

Permeabilitatea pentru Na^+ scade mult

(ionii de Na^+ sunt aproape de echilibru)

☺ Pe parcursul fazei descendente:

Efluxul de K^+ devine predominant

⇒ repolarizarea membranei

☺ Pe parcursul postpotențialului negativ:

Efluxul de K^+ scade

(ionii de K^+ se apropie de starea de echilibru)

Potențialul membranar scade lent spre
valoarea de repaus

☺ Pe parcursul postpotențialului pozitiv:

Restabilirea concentrațiilor ionice

(pompa de Na^+/K^+)

⇒ hiperpolarizarea membranei

■ ETAPE ALE POTENȚIALULUI DE ACȚIUNE D.P.D.V. AL EXCITABILITĂȚII

✱ PERIOADA REFRACTARĂ ABSOLUTĂ

(faza ascendentă și începutul fazei descendente)

✱ PERIOADA REFRACTARĂ RELATIVĂ

(sfârșitul fazei descendente)

✱ PERIOADA DE HIPEREXCITABILITATE

(postpotențial negativ)

✱ PERIOADA DE HIPOEXCITABILITATE

(postpotențial pozitiv)

the
IONIC BASIS OF THE
ACTION POTENTIAL