

# Electronica Medicală

Introducere în Electronica Medicală

Iavorschi Anatolie



Tempus

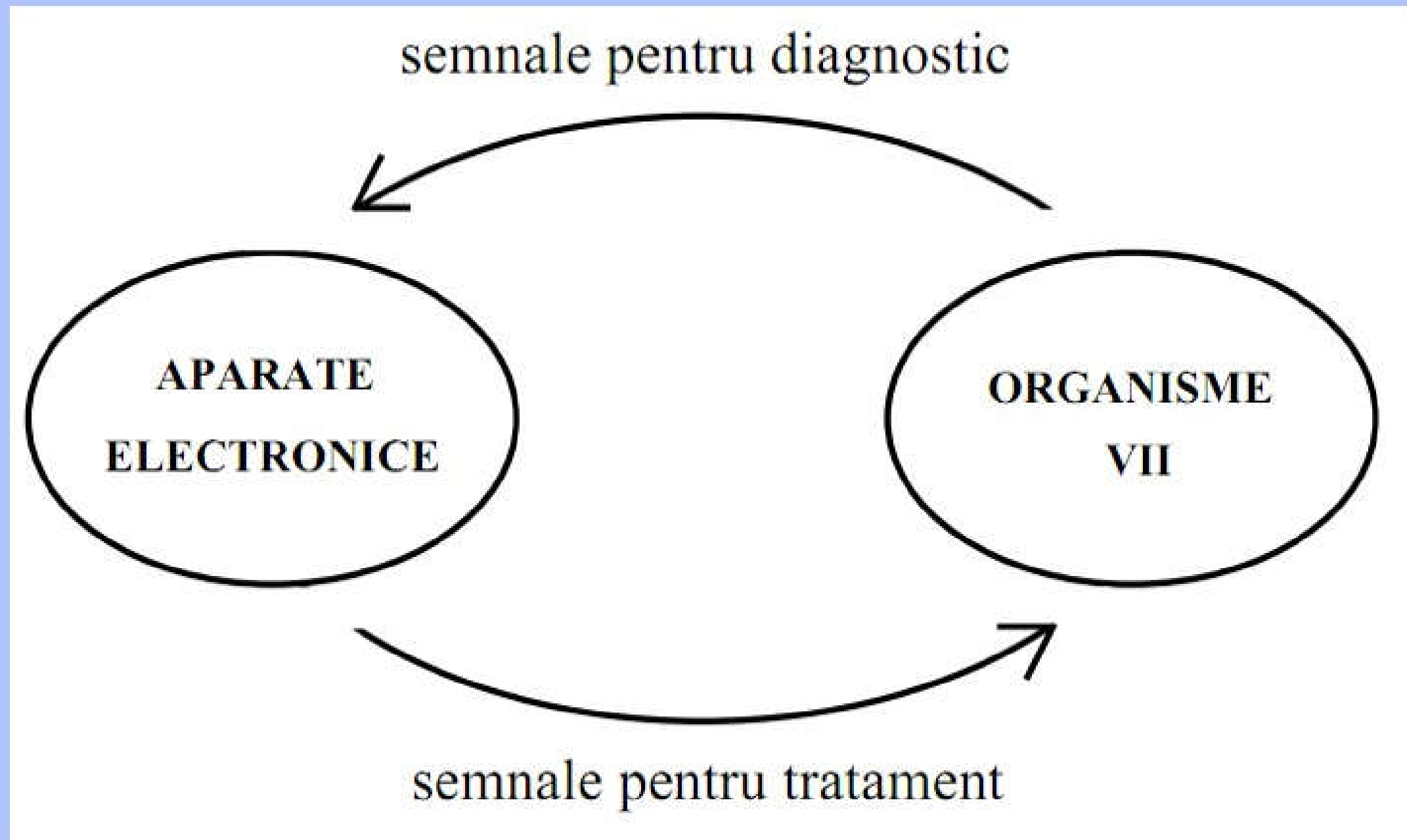
BIOMEDICAL ENGINEERING EDUCATION TEMPUS  
INITIATIVE IN EASTERN NEIGHBOURING AREA



# Conținutul prezentării

- Introducere în Electronica Medicală.
- Geneza biocurenților celulari.







- Dispozitive de diagnosticare:  
ECG, EMG, EEG, Pulsoximetre, Tonometre ș.a.
  
- Dispozitive de tratament:  
Stimulatoare electrice ale mușchilor, Stimulatoare cardiace,  
Defibrilatoare ș.a.

# Semnalele pentru diagnostic

- Semnalele pentru diagnostic sunt semnalele biomedicale ce sunt folosite pentru a extrage informația din sistemele biologice investigate.
- Semnalele biomedicale prezintă evoluția în timp a unui potențial, ce conține informație despre activitatea electrică a unui anumit organ sau țesut.

- **Electrice**: (se culeg cu electrozi)

Electrocardiograma, Electromiograma,  
Electroencefalograma, Electrooculograma,  
Electroretinograma, Electroneurograma ș.a.

- **Neelectrice**: (se culeg cu traductori)

Variația în timp a presiunii arteriale,  
Fotopletismograma, Concentrația de Oxigen în sânge,  
ș.a.

# Semnalele electrice

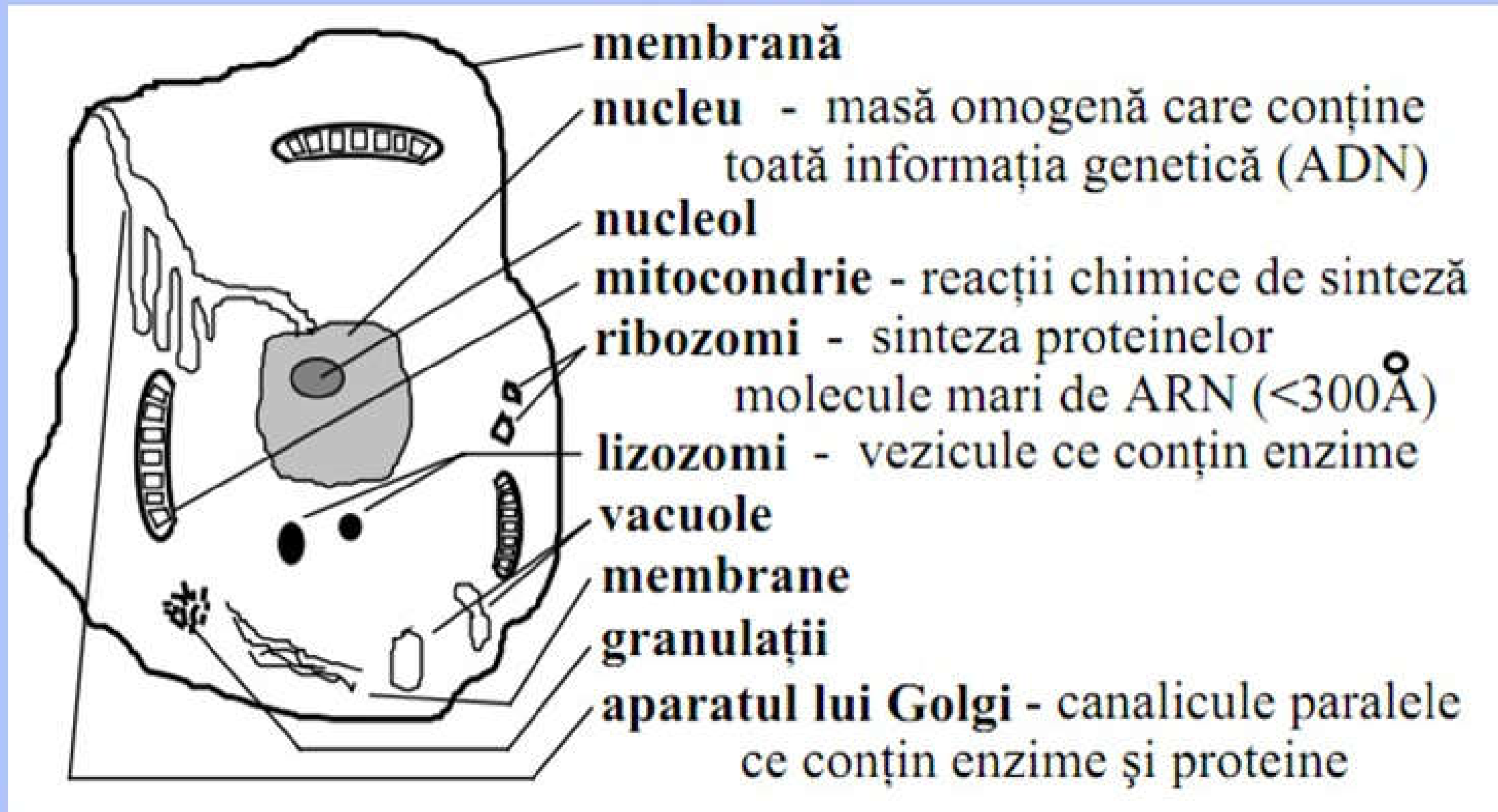
- În îndeplinirea funcțiilor sale, organismul generează o multitudine de semnale electrice și magnetice.
- Aceste semnale sunt rezultatul activității electrochimice a anumitor celule din organism.
- Prin măsurarea selectivă a semnalelor dorite (fără a afecta organismul), se pot obține informații clinice utile despre funcții particulare ale organismului.



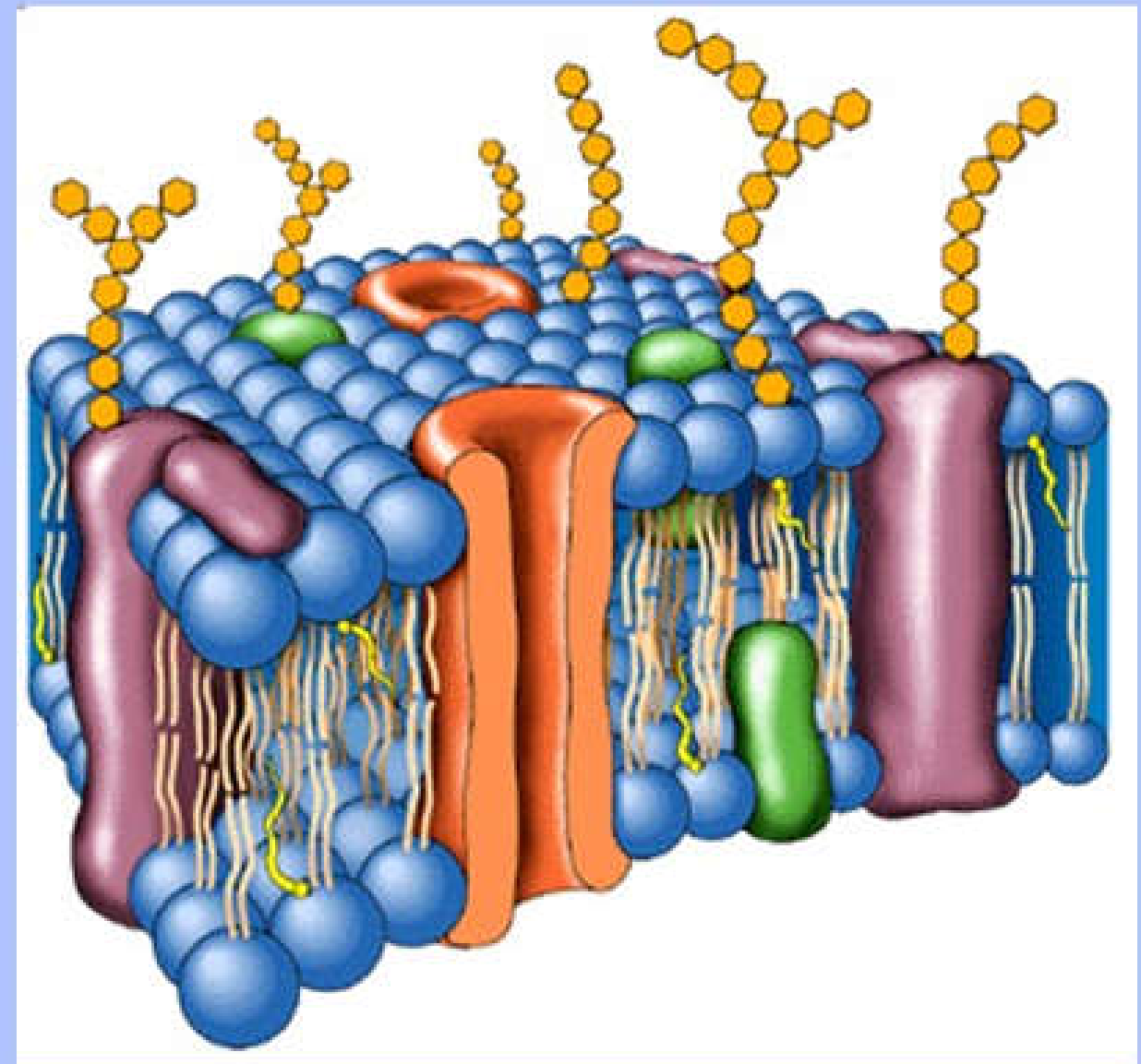


- Celula este unitatea structurală, funcțională și genetică fundamentală a materiei vii.
- Diferențierea celulară este dată de funcțiile realizate în organism.
- Astfel există: celule nervoase, musculare, osoase, conjunctive ș.a.

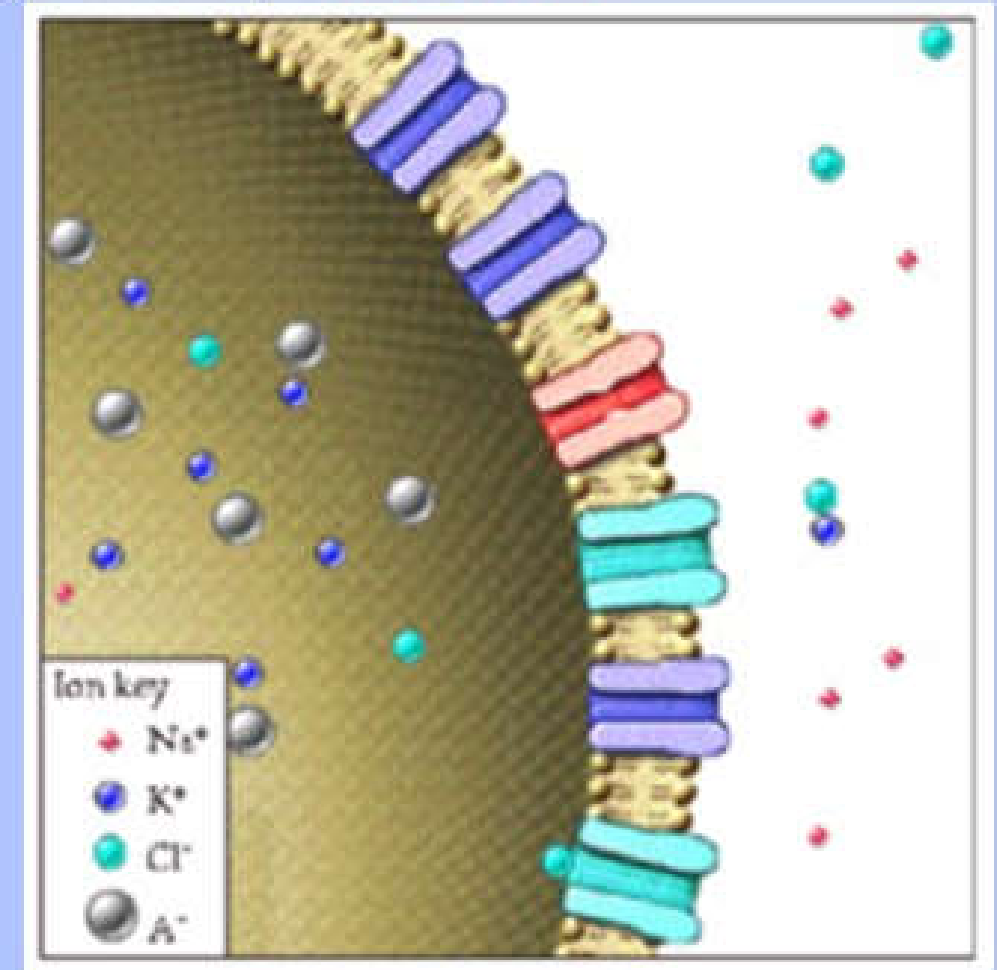
## Structura celulei:



- Membrana celulară a celulei nervoase, musculare sau glandulare:
- Manifestările electrice ale celulei au loc **la nivelul membranei**, deci ele pot avea loc doar dacă interiorul celulei este delimitat de mediul extracelular, adică celula este întregă.
- Membrana celulară este formată dintr-un strat dublu de lipide ce este întrerupt din loc în loc de proteine, care permit formarea unor pori.



- Datorită permeabilității selective la ioni ( $Na$ ,  $K$ , ș.a.) membrana celulară separă medii cu compoziții chimice diferite și este polarizată.
- Are o grosime de 7 – 15 nm.
- Este slab permeabilă pentru ionii de  $Na^+$ .
- Este ușor permeabilă pentru ionii de  $K^+$  și  $Cl^-$ .
- O anumită distribuție electrolică în mediul intra-extracelular,



influențată de aport, metabolism și eliminare, asigură neutralitatea electrică a oricărui compartiment al țesuturilor vii.

- Numărul anionilor și al cationilor este același, atât în mediul celular cât și în cel extracelular.
- 168 mEg anioni și 167 mEg cationi în celulă
- 154 mEg anioni și 154 mEg cationi în spațiul extracelular

## Concentrația ionilor în sectoarele intra- și extracelulare

Mediul celular				Mediul extracelular			
Cationi	(mEg)	Anioni	(mEg)	Cationi	(mEg)	Anioni	(mEg)
Na <sup>+</sup>	12	Proteine	155	Na <sup>+</sup>	144	Proteine	<b>18</b>
K <sup>+</sup>	152	Cl <sup>-</sup>	4	K <sup>+</sup>	5	Cl <sup>-</sup>	<b>101</b>
Mg <sup>2+</sup>	3	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	8	Mg <sup>2+</sup>	1	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	<b>27</b>
	168		167		154		<b>154</b>
Total = 334 mEg				Total = 308 mEg			

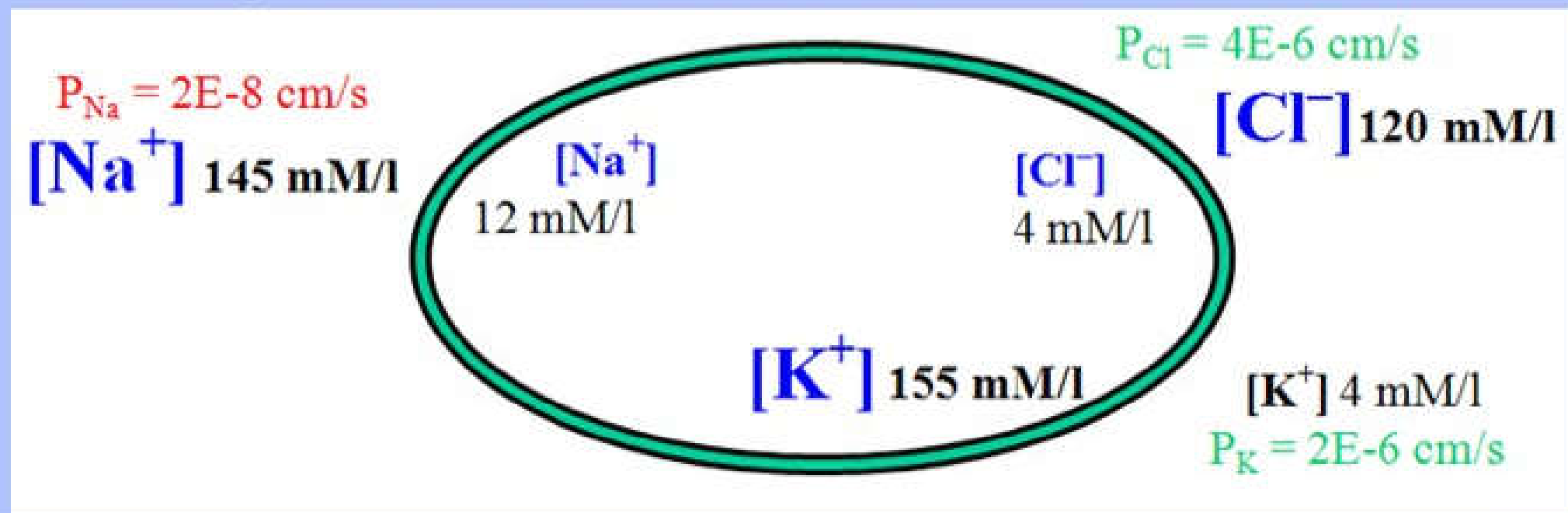
# Manifestări electrice ale celulei vii

- Concentrațiile ionilor pentru o celulă musculară a unei broaște.

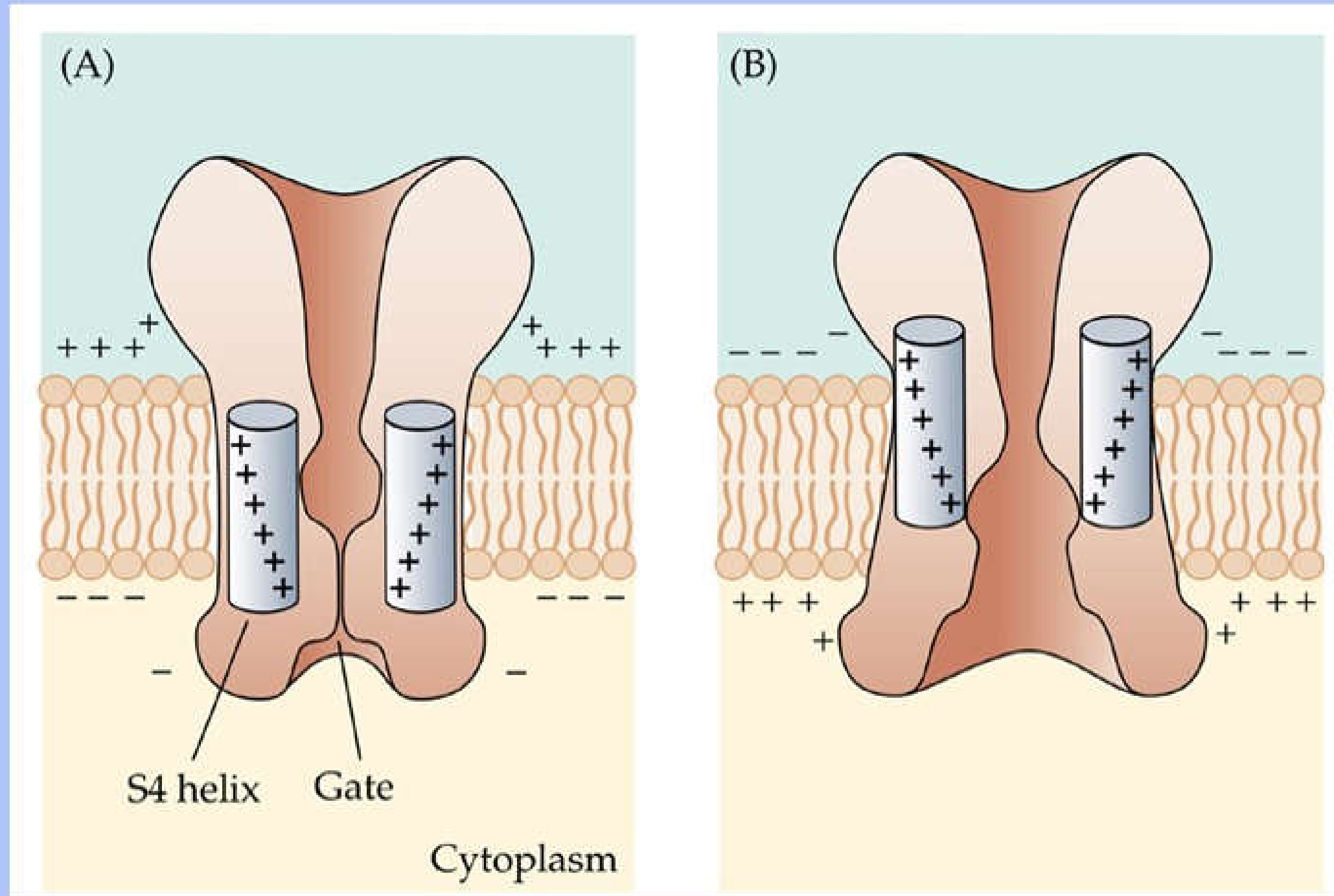
**Goldman, Hodgkin, Katz:**

$$E = \frac{RT}{F} \ln \left\{ \frac{P_K [K]_o + P_{Na} [Na]_o + P_{Cl} [Cl]_i}{P_K [K]_i + P_{Na} [Na]_i + P_{Cl} [Cl]_o} \right\}$$

- PM – coeficientul de permeabilitate pentru ionii M
- [M] – concentrația ionilor M în Moli/litru



# Canale Ionice în membrana celulară

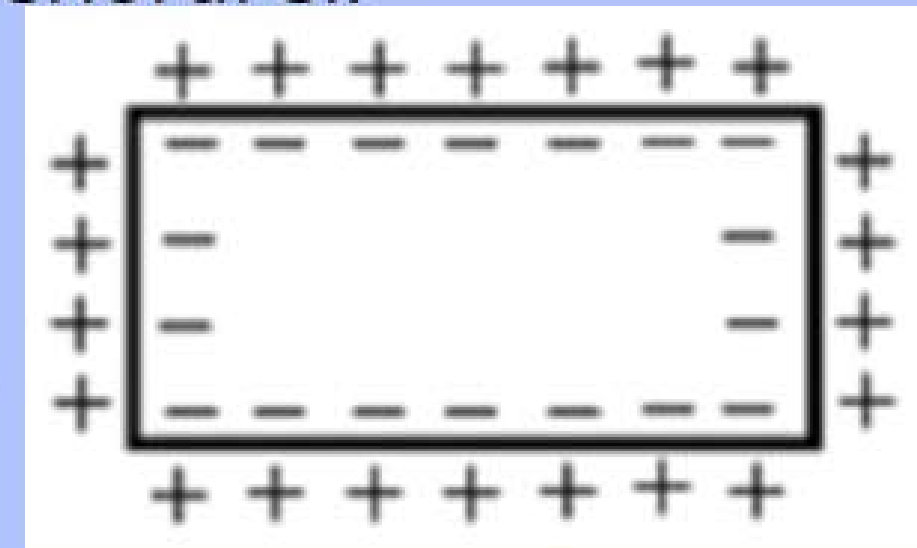


- Sub aspect electric celula poate avea trei stări diferite:
  - Starea de polarizare (starea de repaos);
  - Starea de depolarizare (potențialul de acțiune);
  - Starea de repolarizare (relaxarea celulei).



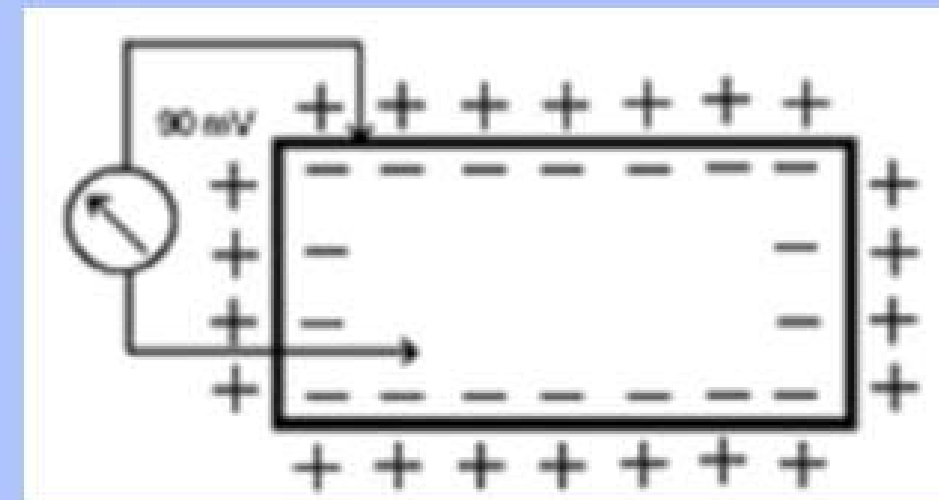
# Starea de polarizare a celulei

- Corespunde repausului celular.
- Se caracterizează electric prin repartiția sarcinilor pozitive pe suprafața celulei și a sarcinilor negative pe interiorul ei.
- Datorită gradientului de concentrație, Potasiul ( $K^+$ ) și Proteinele tind să părăsească celula, iar Sodiul ( $Na^+$ ) tinde să intre în celulă.
- Datorită dimensiunilor moleculare mari ale proteinelor acestea nu pot ieși din celulă și sunt dispuse pe fața internă a membranei. Sarcina lor negativă determină electronegativitatea din interior.
- Scoaterea Sodiului și a Calciului din celulă prin pompe active și intrarea unei cantități mici de Potasiu contribuie și mai mult la scăderea sarcinilor pozitive din interior.



# Starea de polarizare a celulei

- Potasiul extracelular este atras de celulă de către sarcinile negative ale Proteinelor și se expune pe exteriorul membranei celulare și determină electropozitivitatea pe exterior.
- Astfel se stabilește un echilibru de potențiale.
- Membrana în stare de repaus se mai numește și membrană de potasiu.
- **Potențialul de repaus** este diferența de potențial dintre mediul intracelular și cel extracelular.
- Se mai numește și **potențial de membrană**.
- Are o valoare constantă și diferă la diferite celule: între  $-50\text{ mV}$  și  $-100\text{ mV}$ .



# Starea de depolarizare a celulei

- Atunci când celulei în repaus i se aplică un stimul electric (sau de altă natură), ea trece, sub aspect electric, din starea de polarizare în starea de depolarizare sau de activare.
- Sub influența stimulului ionii de Sodiu invadează rapid celula.
- Conductanța sodiului crește atât de rapid încât nici un alt electrolit nu poate trece de membrana în momentul inițial al activării.
- Creșterea concentrației de Sodiu ( $\text{Na}^+$ ) în celulă deplasează potențialul membranei celulare de la nivelul de  $-90 \text{ mV}$  până la  $-60 \text{ mV}$ , nivel numit "nivel critic" sau "de prag", declanșând astfel potențialul de acțiune.
- Potențialul membranei trece rapid de la  $-90 \text{ mV}$  la  $-60 \text{ mV}$  apoi la  $0 \text{ mV}$  și chiar până la  $+30 \text{ mV}$ .

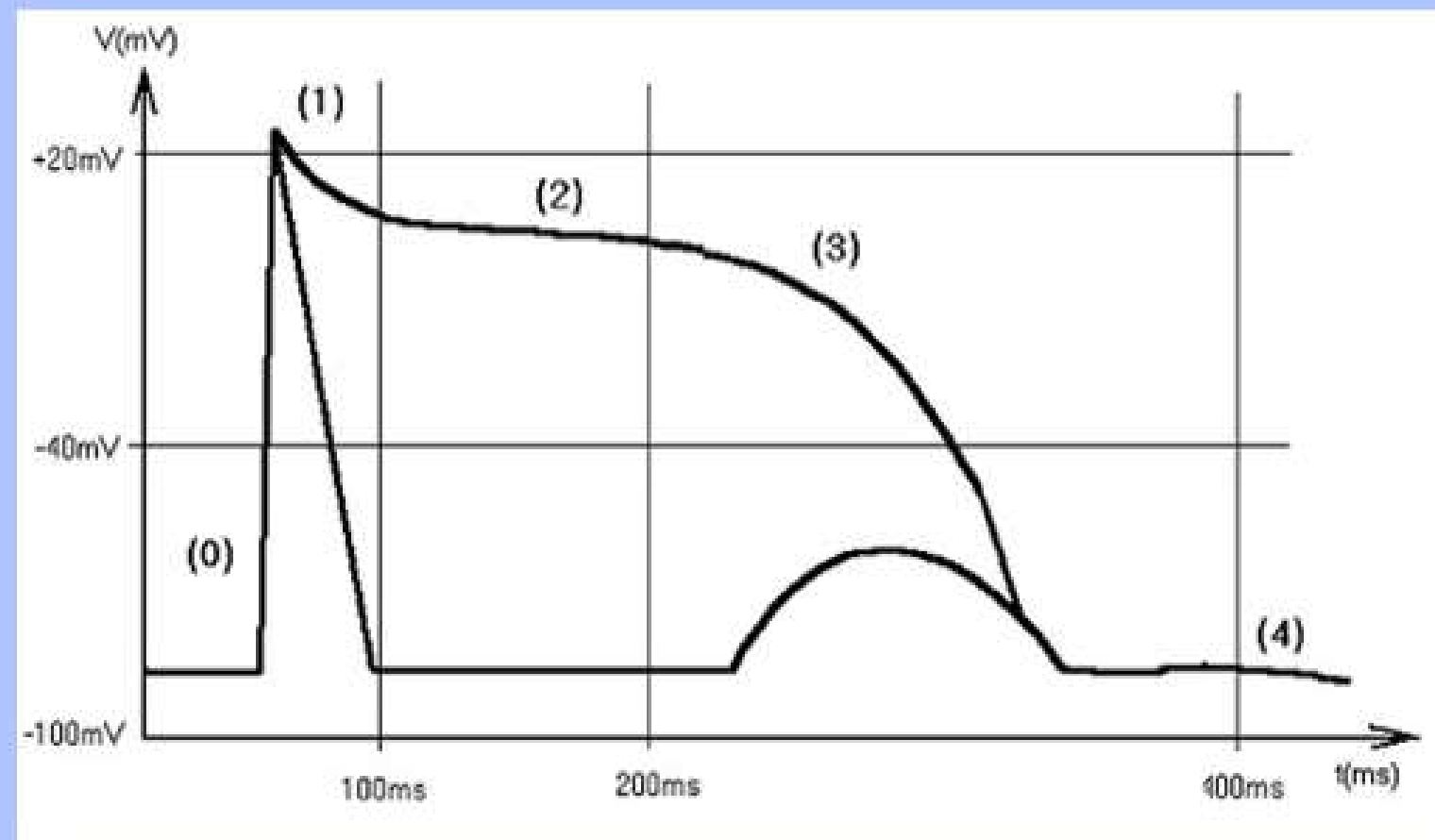


# Starea de depolarizare a celulei

- Declanșarea potențialului de acțiune este faza “Zero” a potențialului și este caracterizată prin următoarele:
  - Intrare masivă a Sodiului ( $\text{Na}^+$ ) în celulă;
  - Amplitudine în jur de 120 mV;
  - Viteză mare de desfășurare ( $dv/dt$ );
  - Atât amplitudinea cât și viteza de propagare sunt dependente de concentrația de Sodiu care intră în celulă;
  - Producerea unei răsturnări a potențialului de membrană celulară (overshoot), prin care interiorul celulei devine electropozitiv iar suprafața electronegativă.

# Potențialul de acțiune și fazele lui

- Faza 0 – Declanșarea potențialului de acțiune
- Faza 1 – Repolarizarea rapidă
- Faza 2 – Repolarizarea lentă
- Faza 3 – Repolarizarea terminală
- Faza 4 – Starea de repaus



# Starea de repolarizare a celulei

- Este faza de refacere, sau recuperare, a distribuției ionice și a potențialului electric de repaus.
- Repolarizarea se desfășoară în trei etape:
  - Repolarizarea Rapidă;
  - Repolarizarea Lentă;
  - Repolarizarea Terminală.



# Repolarizarea Rapidă

- Începe odată cu epuizarea stimulului.
- Se caracterizează prin inactivarea canalelor sodice rapide, astfel încât foarte puțin sodiu mai reușește să intre în celulă.
- Se deschid canalele lente ce permit intrarea Calciului ( $\text{Ca}^{2+}$ ) și a Clorului ( $\text{Cl}^-$ ) în celulă.
- Reprezintă faza 1 a potențialului de acțiune unde curba coboară până la zero.



# Repolarizarea Lentă

- Faza în care se desfășoară simultan procesul de repolarizare început și procesul de depolarizare finală.
- Electrolitic se caracterizează prin continuarea intrării Calciului ( $\text{Ca}^{2+}$ ) în celulă, diminuarea importantă a intrării Sodului și ieșirea moderată a Potasiului ( $\text{K}^+$ ) din celulă.
- Reprezintă faza 2 a potențialului de acțiune în care se realizează un echilibru dintre curentul intrant depolarizant (Calciul) și curentul de ieșire repolarizant (Potasiul).
- Curba potențialului în această fază prezintă o linie izoelectrică.



# Repolarizarea Terminală.

- Este faza în care se sfârșește procesul de repolarizare.
- Electrolitic este dominant curentul de ieșire a Potasiului din celulă prin canalele potasice reactive.
- În această fază curba potențialului membranei celulare revine la nivelul de repaus.
  
- Reprezintă faza a 3-a a potențialului de acțiune.
- Această fază se mai numește și diastola electrică.



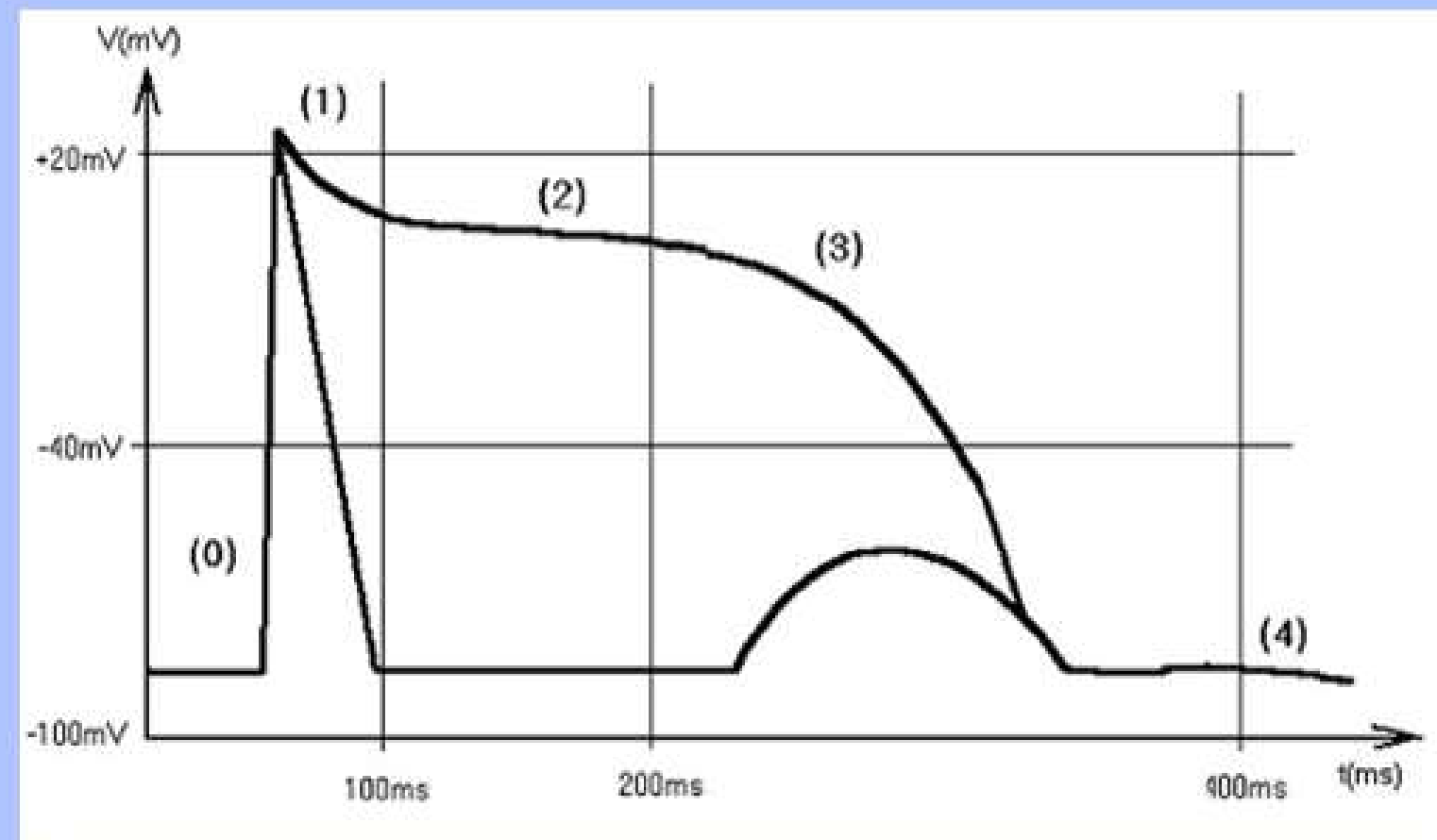
# Repolarizarea Terminală.

- În cazul celulelor miocardice contractile se întrerupe doar la apariția unui alt stimul care declanșează potențialul de acțiune.
- În cazul celulelor dotate cu automatism faza a 4-a nu mai este potențialul de repaus.
- În aceste celule se produce o depolarizare lentă diastolică care aduce potențialul membranei la nivelul de prag, ceea ce declanșează potențialul de acțiune.
- Depolarizarea lentă diastolică este favorizată de catecolamine, sub influența cărora Sodiul ( $\text{Na}^+$ ) intră spontan în celulă.



# Potențialul de acțiune și fazele lui

- Faza 0 – Declanșarea potențialului de acțiune
- Faza 1 – Repolarizarea rapidă
- Faza 2 – Repolarizarea lentă
- Faza 3 – Repolarizarea terminală
- Faza 4 – Starea de repaus



# Stările de excitabilitate

- Desfășurarea potențialului de acțiune situează celula, din punct de vedere al excitabilității, în trei stări diferite:
  - Perioada refractară absolută;
  - Perioada refractară relativă;
  - Perioada supranormală.



# Perioada refractară absolută

- Corespunde depolarizării.
- În această perioadă nici un stimul, cât de mare nu ar fi el, nu produce un răspuns din partea celulei.
- Corespunde timpului necesar ca canalele de conducție ionică să treacă din starea activă în starea de repaus, pentru ca membrana celulară să fie capabilă să răspundă unui stimul extern.
- Prelungirea perioadei refractare după încetarea stimulului reprezintă funcția de filtrare a acestuia.



# Perioada refractară relativă

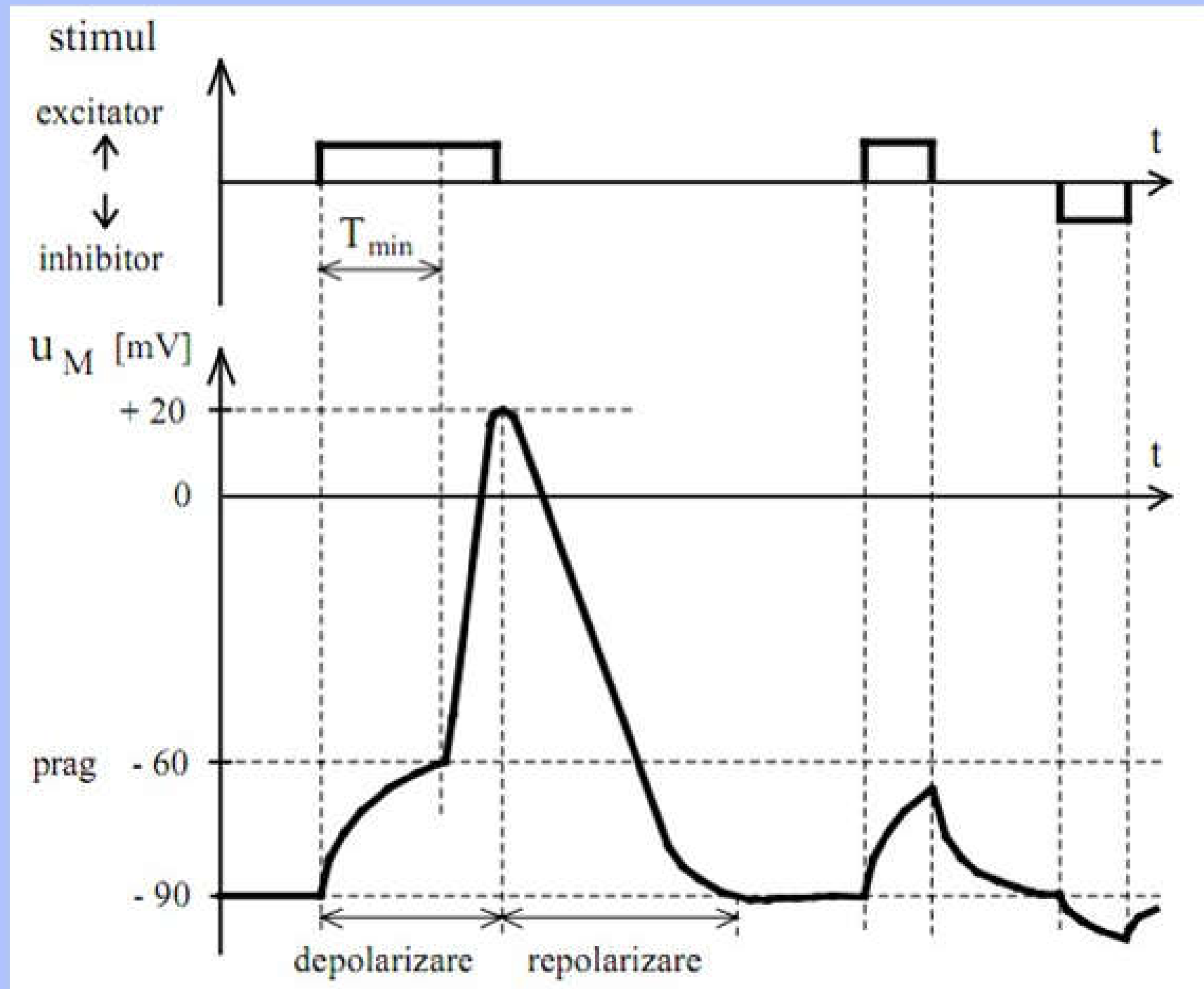
- Corespunde existenței unui număr suficient de canale în starea de repaus care nu conduc dar sunt gata să conducă ionii la apariția unui stimul de o intensitate normală.
- Această perioadă corespunde repolarizării terminale când potențialul membranei ajunge la minus 60 mV.



# Perioada supranormală

- Această perioadă se situează la începutul și sfârșitul diastolei electrice.
- În această perioadă chiar și un stimul de o intensitate slabă poate declanșa potențialul de acțiune.







- Starea de repaus:

- $R_{K^+} = 1 \text{ k}\Omega$

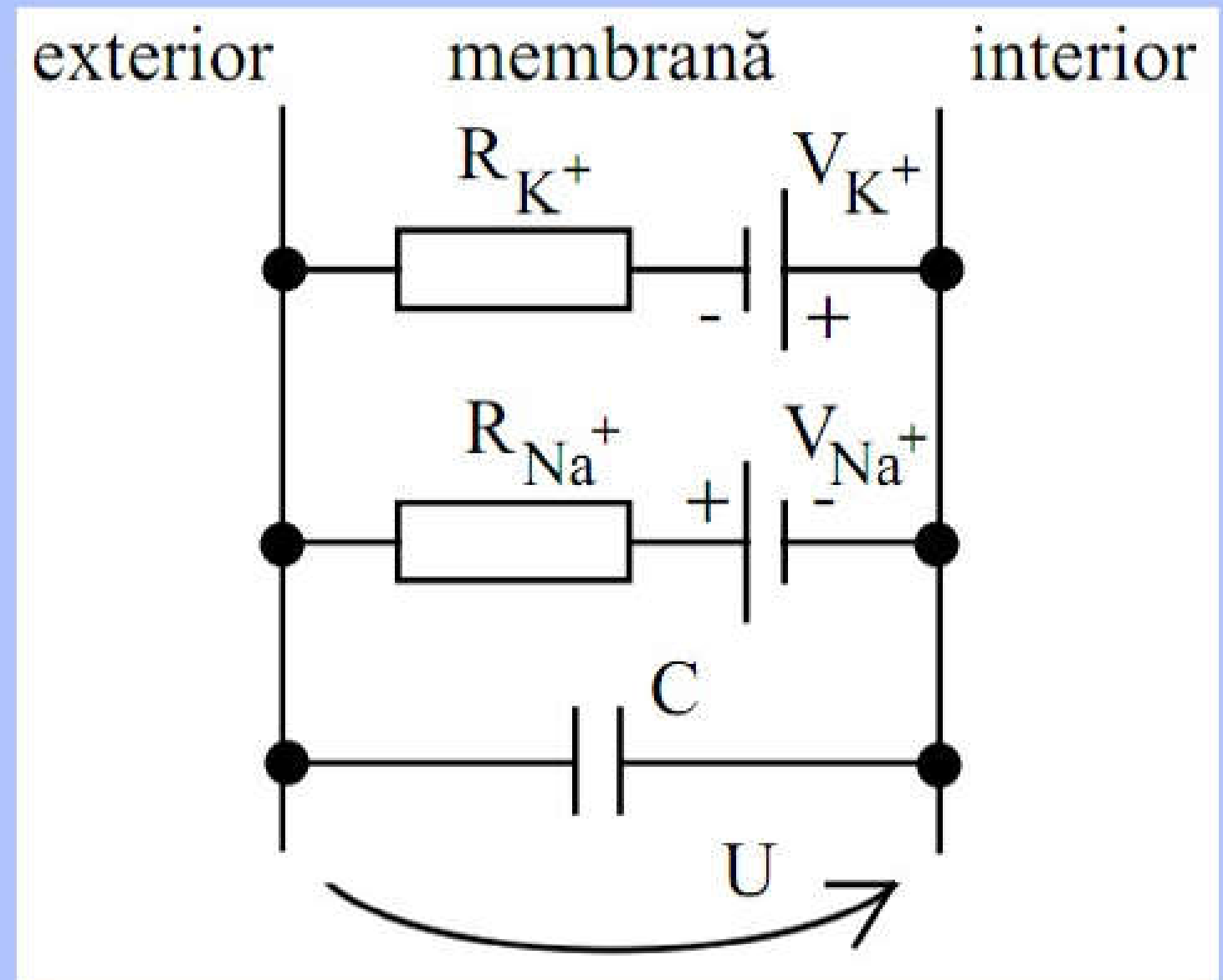
- $V_{K^+} \approx -91 \text{ mV}$

- $R_{Na^+} = 150 \text{ k}\Omega$

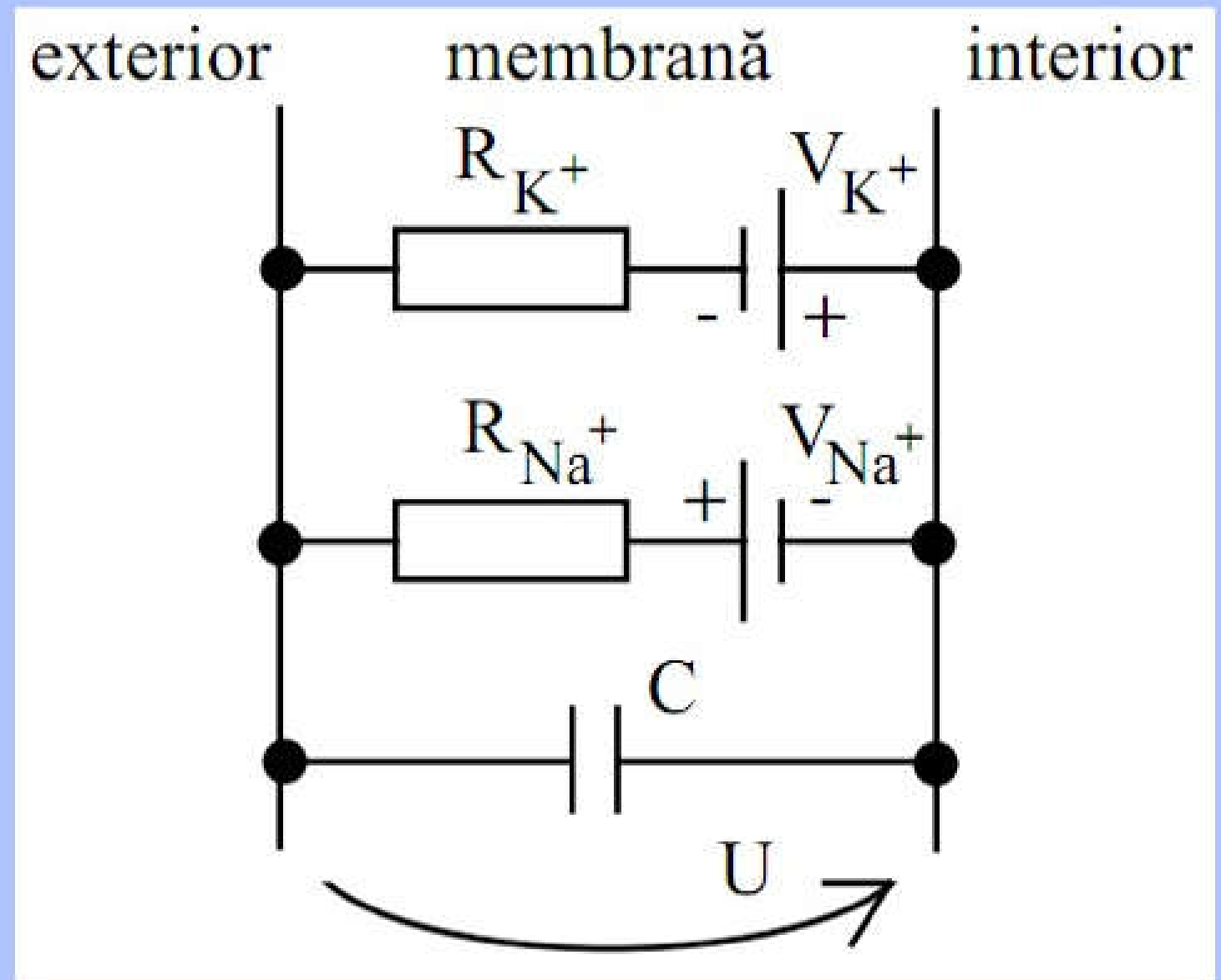
- $V_{Na^+} \approx 62 \text{ mV}$

- $C = 1 \dots 10 \text{ }\mu\text{F/cm}^2$

- $U_M = -90 \text{ mV}$



- La stimulare:
  - $R_{Na^+} \approx 390 \Omega$
  - $U_M \approx 20 \text{ mV}$
- La Repolarizare:
  - Scade brusc  $R_{K^+}$
  - Crește  $R_{Na^+}$
  - Se restabilește  $U_M$



Vă mulțumim pentru atenție!!!



Tempus

BIOMEDICAL ENGINEERING EDUCATION TEMPUS  
INITIATIVE IN EASTERN NEIGHBOURING AREA

