

,

-

:

, IV

:

:

, 2014.

---

---

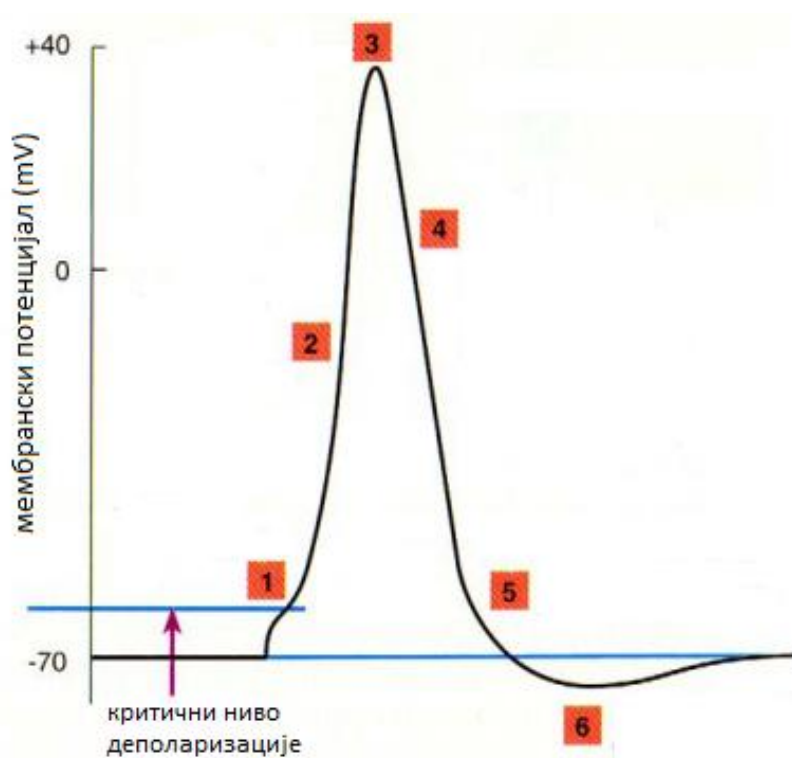
1.	.....	3
2.	.....	5
3.	.....	8
4.	.....	14
5.	.....	15
	.....	16



2.

(6). (1), (2, 3), (4, 5)

1.  $\text{Na}^+$  ;
2.  $\text{K}^+$  ;
3.  $\text{Na}^+$  ;
4.  $\text{K}^+$  ;
5.  $\text{Na}^+$   $\text{K}^+$  ( );
6.  $\text{K}^+$  .



Слика 2 - Схема акционог потенцијала

(Alan Lloyd Hodgkin) (Andrew Huxley)  
XX . 1963.

---

## 2.

1 2

, 1850.

3

1864. 1871.

(, 1871. ).

4,

( - , 1877.).

(1890.) :

*"An den halbdurchlässigen Membranen kommen weit grössere Potentialdifferenzen zustand als in gewöhnlichen Flüssigkeitsketten. Es ist vielleicht nicht zu gewagt schon hier die Vermutung auszusprechen, dass nicht nur die Ströme in Muskeln und Nerven sondern auch namentlich die rätselhaften Wirkung der elektrische Fische durch die hier erörterten Eigenschaften der halbdurchlässigen Membranen ihre Erklärung finden werden."*<sup>5</sup>

" 1902.

1866.

---

<sup>1</sup> Otto von Guericke (1602. –1686.) - немачки научник, изумитељ и политичар.

<sup>2</sup> Gottfried Wilhelm von Leibniz (1646. –1716.) - немачки математичар и филозоф

<sup>3</sup> Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821. – 1894.) - немачки физичар

<sup>4</sup> Emil du Bois-Reymond (1818. –1896.) - немачки физичар и физиолог

<sup>5</sup> Код ћелија са полупропустљивим мембранама разлика потенцијала још више долази до изражаја него код ћелија са обичном мембраном. Сад вероватно не звучи ни превише амбициозно претпоставка да ће се преко семипермеабилних мембрана објаснити, поред струјица у мишићима и нервима, чак и загонетно функционисање електричних риба, то јест, стварање струје у живим организмима (прим.прев.)

37

1939.

(

),

, 1939. 1945, , 1942.).

:

1976.

40-

, 160 270 mMol.

( , 1940.

, 1939.). (1942.) 47 mV

,

( 6 mMol), ,

72 mMol,

470

mMol. , 200 mMol,

37 mMol,

( , 1961.).

(1951.),

46 mMol.

5,7 mMol 8,2 mMol.

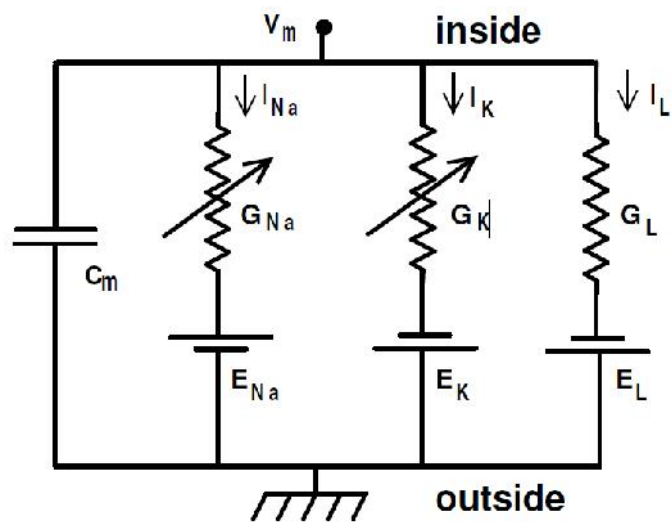
---

1952.

1  $\frac{mF}{cm^2}$ ,

3.

( )



Слика 3 - Еквивалентно коло сегмента мембране

$I_{Na}$ ,

$I_K$

$I_L$

$$C_m \frac{dV_m}{dt} + I_{ion} = I_{ext}$$

:  $C_m$

,  $V_m$

(

),  $I_{ion}$

$I_{ext}$

$I_{ion}$



---


$$I_{ion} = \sum_k I_k = \sum_k G_k (V_m - E_k)$$

( $G_k$  :  $E_k$ ).

$$I_{ion} = G_{Na} (V_m - E_{Na}) + G_K (V_m - E_K) + G_L (V_m - E_L)$$

$G_{Na}$   $G_K$

e

$G_K$

$i$ ,

$p_i$  0 1,

$p_i$

$$\frac{dp_i}{dt} = \alpha_i(V)(1 - p_i) - \beta_i(V)p_i$$



$\alpha_m, \alpha_n, \alpha_h \quad \beta_m, \beta_n, \beta_h$

$V_m$

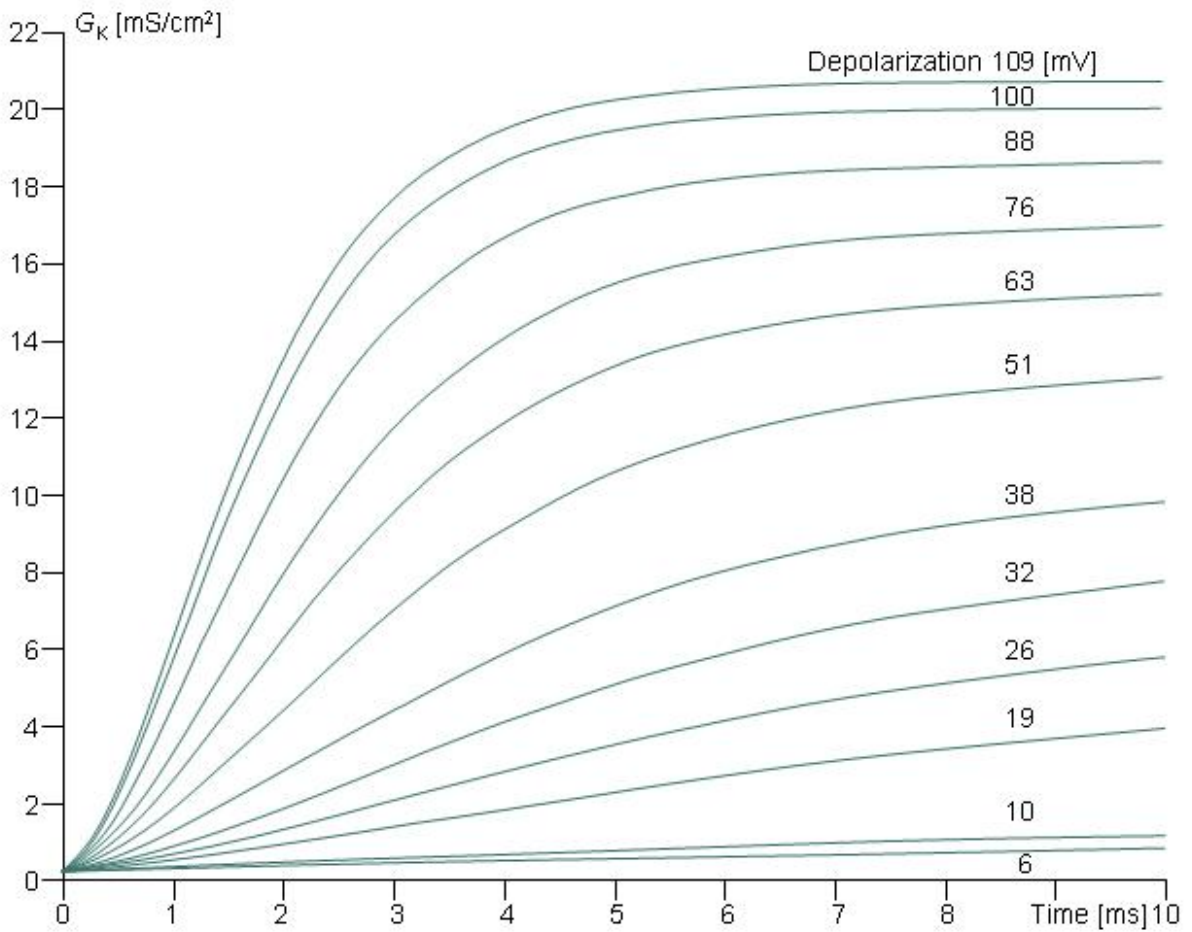
$\alpha_i \quad \beta_i$

$4n$

$3m$

$h$

4



Слика 4 - Графици зависности проводљивости калијума од времена

20 mV,

5 ms  
100 mV

2 ms.

$$\frac{dn}{dt} = \alpha_n(V)(1 - n) - \beta_n(V)n$$

( $V_m = 0$ )

$V_c$ ,  $n$

$$n_{\infty}(0) = \frac{\alpha_n(0)}{\alpha_n(0) + \beta_n(0)}$$

$V_m$   $V_c$ ,  $n$

$$n_{\infty}(V_c) = \frac{\alpha_n(V_c)}{\alpha_n(V_c) + \beta_n(V_c)}$$

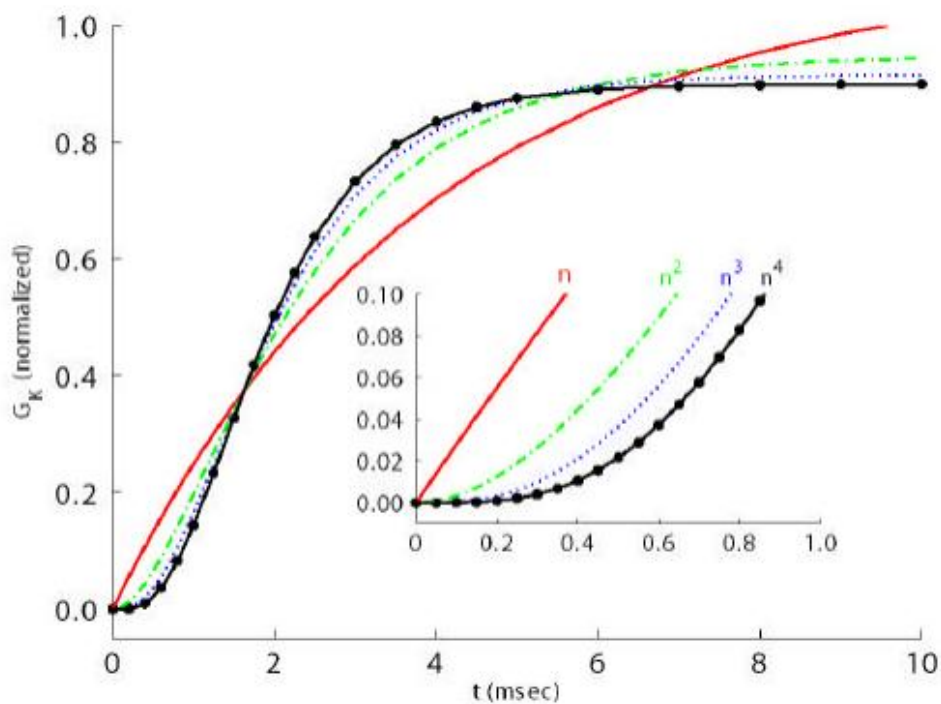
$$n(t) = n_{\infty}(V_c) - (n_{\infty}(V_c) - n_{\infty}(0))e^{-t/\tau_n}$$

$$\tau_n = \frac{1}{\alpha_n(V_c) + \beta_n(V_c)}$$

0 1 ( ),  $n(t)$ ,  $\bar{g}_K$   
5 ,  $G_K/\bar{g}_K$ ,  $n$

$$G_K = \bar{g}_K n^4,$$

$$G_K = \bar{g}_K [n_\infty(V_c) - (n_\infty(V_c) - n_\infty(0))e^{-t/\tau_n}]^4$$



Слика 5 - Фитовање графика кроз експерименталне тачке за проводљивост калијума

$$m_\infty(0) \quad h_\infty(V_c),$$

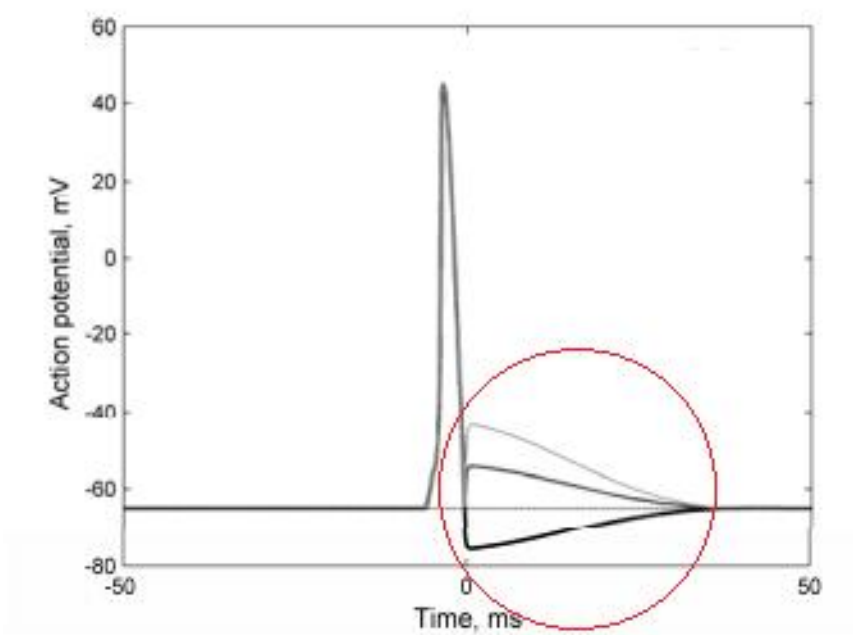
" "

$$G_{Na} = \bar{g}_{Na} [m_\infty(V_c) - (m_\infty(V_c) - m_\infty(0))e^{-t/\tau_m}]^3 [h_\infty(V_c) - (h_\infty(V_c) - h_\infty(0))e^{-t/\tau_h}]$$

---

4.

( 6).



Слика 6 - Деполаризација уместо прескока

$\alpha_n \beta_n$

, 2005.

"Soliton model".

"Soliton"

$Ca^{2+}$  ( ).

5.

---

Malmivuo J. and Plonsey R. (1995) Bioelectromagnetism: Principles and Applications of Bioelectric and Biomagnetic Fields, OXFORD UNIVERSITY PRESS

Nelson M.E. (2004) Databasing the Brain: From Data to Knowledge; Wiley, New York  
[http://nelson.beckman.illinois.edu/courses/phys1317/part1/Lec3\\_HHsection.pdf](http://nelson.beckman.illinois.edu/courses/phys1317/part1/Lec3_HHsection.pdf)

Wadel K. (2004) Modelling Hodgkin-Huxley, University of Heidelberg  
[http://www.iwr.uni-heidelberg.de/~agbock/TEACHING/2003ws/MODELLIERUNG/kristian\\_final.pdf](http://www.iwr.uni-heidelberg.de/~agbock/TEACHING/2003ws/MODELLIERUNG/kristian_final.pdf)

Meunier C. and Segev I. (2002) Playing the Devil's advocate: is the Hodgkin-Huxley model useful? TRENDS in Neurosciences Vol.25 No.11  
<http://lobster.ls.huji.ac.il/idan/files/MeunierSegev.pdf>

<http://linuxbio.med.buffalo.edu/Publications/Thesis/chapters/Chapter3.htm>

[https://instruct1.cit.cornell.edu/courses/bionb441/FinalProjects/f2006/sjj26/491\\_SJJ26/NeuroJhu n.htm](https://instruct1.cit.cornell.edu/courses/bionb441/FinalProjects/f2006/sjj26/491_SJJ26/NeuroJhu n.htm)

[http://web.mit.edu/mcraegroup/wwwfiles/ChuangChuang/thesis\\_files/Appendix%20C\\_Hodgkin-Huxley%20Equations.pdf](http://web.mit.edu/mcraegroup/wwwfiles/ChuangChuang/thesis_files/Appendix%20C_Hodgkin-Huxley%20Equations.pdf)

<http://www.isn.ucsd.edu/classes/beng221/problems/2010/project6.pdf>