

دانشکده مهندسی پزشکی	درس پدیده‌های بیوالکتریک	دانشگاه صنعتی امیرکبیر
ارائه : دکتر مهرداد ساویز	فصل ۵- پتانسیل عمل	تفکر شماره ۴ - بخش نظری

۵-۱: با توجه به مقادیر جدول ۱۳,۲ فرمول مربوط به جریان یونی کل (بر حسب رسانایی‌های یونی) و V_m (بر حسب جریان تحریک I_s) را به دست آورید.

Table 13.2. HH Membrane and Environmental Parameters

\bar{g}_K	36	mS/cm ²	maximum K^+ conductivity
\bar{g}_{Na}	120	mS/cm ²	maximum Na^+ conductivity
g_L	0.3	mS/cm ²	leakage conductivity
C_m	1.0	μ F/cm ²	membrane capacitance
E_K	-72.1	mV	K^+ Nernst potential
E_{Na}	52.4	mV	Na^+ Nernst potential
E_L	-49.2	mV	leakage Nernst potential
V_r	-60	mV	resting potential
I_s	0	μ A/cm ²	stimulus current
I_m	0	μ A/cm ²	total membrane current for patch if no stimulus

۵-۲: در جدول ۱۳,۲ فرض شده جریان تحریک صفر است و همانطور که در قسمت قبل محاسبه کردید، V_m در این حالت دارد با زمان تغییر می‌کند. حال فرض کنید، فردی می‌خواهد جریان تحریکی اعمال کند که V_m را ثابت نگه دارد ($\dot{V}_m = 0$). فرمول مناسب برای جریان تحریکی که به این منظور باید به دو سر غشا اعمال شود را به دست آورید.

۵-۳: رسانایی سدیم، جریان پتاسیم و V_m را با استفاده از مقادیر پارامترهای جدول ۱۳,۲ و مقادیر متغیرهای حالت جدول ۱۳,۴ به دست آورید. فرض کنید $\Delta t = 50 \text{ usec}$.

Table 13.4. HH State Variables, Set B

V_m	-11.5	mV	Transmembrane potential
n	0.759	—	gating probability n
m	0.955	—	gating probability m
h	0.104	—	gating probability h
I_m	0	mA	total membrane current if no stimulus

۵-۴: معادلات α برای مقادیر مشخصی از V_m رفتار خاصی دارند(هر معادله مخرجی دارد که در V_m مشخصی به سمت صفر میل می‌کند). فرم ساده شده‌ی این معادلات را حول V_m داده شده، بیابید. این فرم ساده شده باید مقدار α را در V_m داده شده و اطرافش به دست دهد.

الف) معادله‌ای را بیابید که α_n را حول $V_m = 10$ به دست دهد.

ب) معادله‌ای را بیابید که α_m را حول $V_m = 25$ به دست دهد.

۵-۵: معادله ۵,۳۹ کتاب را در نظر بگیرید که بیان می کند :

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

تحریکی به غشا اعمال شده است که ویژگی‌های جدول ۱۳,۲ را دارد. در نتیجه در طول تحریک، $I_m = I_s$ (پس مقداری غیر صفر دارد). فرض کنیم تحریک در لحظه $t = t_0$ اعمال شده باشد. جدا از موارد دیگری که مشخص شده، $I_s = 50 \text{ uA/cm}^2$ و غشا در حالت استراحت قرار دارد. موارد زیر را بلافاصله بعد از اعمال تحریک محاسبه کنید.

الف) dV_m/dt

ب) اگر dV_m/dt اگر $I_s = -50 \text{ uA/cm}^2$ ؟

پ) اگر dV_m/dt مقدار اولیه‌ی خود را حفظ کند، در 100 msec اولی که تحریک اعمال می‌شود ΔV_m چقدر است؟

۵-۶: در چند جمله بیان کنید، چگونه یک آزمایش ولتاژ کلمپ انجام می‌شود؟ (چه چیز کنترل می‌شود؟ چگونه؟ و چه چیز اندازه گیری می‌شود؟)

۵-۷: یک ولتاژ کلمپ از حالت استراحت به $V_m = 20 \text{ mV}$ بر آکسون ماهی مرکب در حالت استراحت اعمال شده است. نسبت رسانایی پتاسیم بعد از گذشت مدت طولانی به رسانایی پتاسیم بلافاصله بعد از تغییر ولتاژ را به دست آورید (می‌توانید از داده‌های جدول ۱۳,۲ در بالا استفاده کنید). شبیه‌سازی کامپیوتری لازم نیست.

۵-۸: این تمرین به شکل ۵,۹ کتاب مربوط است که جریان‌های یونی پس از ولتاژ کلمپ را نشان می‌دهد. (به نمودار 117 mV توجه کنید). کدام یون در بازه‌ی زمانی ۳ تا 4 msec در منحنی غالب است؟ چرا این منحنی نمی‌تواند به زیر خط افقی افت پیدا کند؟

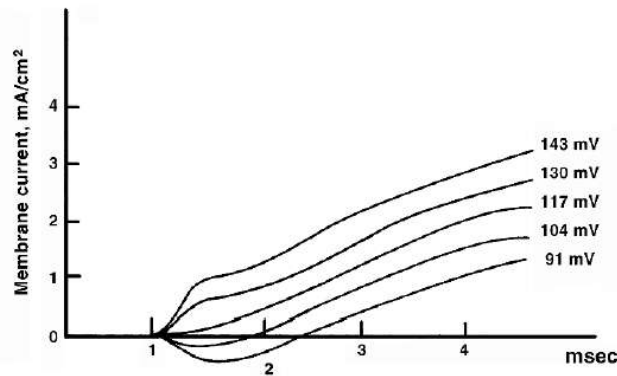


Figure 5.9. Measured Ion Currents for the Squid Axon following the application of a voltage clamp of the value indicated. The sodium Nernst potential is reached with a step change of 117 mV (since the resting potential is -60 mV and $E_{Na} = 57 \text{ mV}$). From Hodgkin AL. 1958. Ionic movements and electrical activity in giant nerve fiber. *Proc R Soc* 148:1-37. After Hodgkin AL, Huxley AF, Katz B. 1952. Measurement of current voltage relations in the membrane of the giant axon of *Loligo*. *J Physiol* 116:424-448.

۵-۹: یک ولتاژ کلمپ از $V_m = -60$ به $V_m = 15 \text{ mV}$ را در نظر بگیرید. ابتدا کلمپ با استفاده از ترکیب نرمال $[Na]_i = 15 \text{ mM}$ و $[Na]_o = 180 \text{ mM}$ انجام شده است. جریان اولیه توسط چه یونی و در چه جهتی ایجاد می‌شود؟ جریان حالت مانا توسط چه یونی و در چه جهتی ایجاد می‌شود؟