

به نام خداوند بخشنده مهربان

دانشکده مهندسی پزشکی	درس پدیده‌های بیوالکتریک	تفکر شماره ۳
ارائه: دکتر مهرداد ساویز	مدل های کانال های یونی	فصل چهارم

*برای سوال های ۱ و ۲، می‌توانید در صورت لزوم، از داده‌های جدول زیر (۴,۱ کتاب) استفاده کنید.

Table 4.1. Conductance of Sodium and Potassium Channels

Preparation	γ (pS)	Channels (number/ μm^2)
<i>Sodium</i>		
Squid giant axon	4	330
Frog node	6-8	400-2000
Rat node	14.5	700
Bovine chromaffin	17	1.5-10
<i>Potassium</i>		
Squid giant axon	12	30
Frog node	2.7-4.6	570-960
Frog skeletal	15	30
Mammalian BK	130-240	—

۴-۱: فرض کنید غشای سلول ماهیچه‌ی اسکلتی قورباغه‌ای در حالت استراحت است و در این حالت فقط کانال‌های پتاسیمی، با احتمال ۰,۰۶ باز هستند. مقاومت 5 cm^2 از این غشا چقدر است؟

۴-۲: مدل هاجکین هاکسلی بر اساس چه فرض‌ها و تقریب‌ها یا ساده‌سازی‌هایی نسبت به واقع امر بنا شده است؟ (فرضیات مربوط به غلظت یون‌ها در دو طرف غشا، وابستگی کانال‌ها به یکدیگر، و ... را بیان نمایید).

*در سوالات زیر N تعداد کانال‌ها است، احتمال باز بودن کانال p و احتمال بسته بودن آن‌ها q و چگالی کانال‌ها D است.

۴-۳: رابطه انحراف معیار تعداد کانال‌های باز چیست؟ رابطه ریاضی تعداد مورد انتظار (امید ریاضی) برای کانال‌های باز چیست؟

۴-۴: فرض کنید این امکان وجود دارد که سلول‌هایی با سایزهای مختلف طراحی کنیم. سلولی که طراحی شده است کروی شکل و شامل تعداد پایداری کانال باز در غشای خود است. برای برقراری چنین شرایطی باید انحراف معیار تعداد کانال‌های باز بیشتر از ۰,۰۱ کانال‌های باز مورد انتظار نباشد. رابطه‌ای از M برحسب p و q بیابید (M کمترین تعداد کانال‌هایی است که سلول باید داشته باشد).

* مدل سلولی که در سوالات بعد استفاده می‌شود مدلی است دارای سطح 600 um^2 ، چگالی کانال‌ها $D=40$ کانال بر میکرومتر مربع است. هدایت یک کانال باز 10 pS γ است. بر روی سطح سلول جمعیت مجزایی از کانال‌های مربوط به یون‌های پتاسیم و سدیم وجود دارد، اما هر دو جمعیت دارای تراکم D و هدایت γ هستند. پتانسیل استراحت سلول $V_r = -60 \text{ mV}$ است. همچنین غلظت یون‌های موجود در محیط اطراف منجر به ایجاد پتانسیل تعادل پتاسیم $E_K = -80 \text{ mV}$ و پتانسیل تعادل $E_{Na} = +60 \text{ mV}$ شده است.

ممکن است لازم باشد نرخ‌های α و β را پیدا کنید به این منظور روابط مورد نیاز در زیر داده شده است ولی توضیح بیشتر و ارتباط آن‌ها با ریاضیات مدل هاجکین هاکسلی در فصل بعد بیشتر مورد بررسی قرار می‌گیرد.

$$\begin{aligned}
a_n &= 0.01 * (10 - v_m) / (\exp((10 - v_m) / 10) - 1); \\
b_n &= 0.125 * \exp(-v_m / 80); \\
a_m &= 0.1 * (25 - v_m) / (\exp((25 - v_m) / 10) - 1); \\
b_m &= 4 * \exp(-v_m / 18); \\
a_h &= 0.07 * \exp(-v_m / 20); \\
b_h &= 1 / (\exp((30 - v_m) / 10) + 1);
\end{aligned}$$

در روابط بالا a_n و b_n معادل با α_n و β_n است (همچنین برای m و h).

در سوالات پیش رو، سلول تحت ولتاژ کلمپ با $V_m^1 = -40 \text{ mV}$ و $V_m^2 = 0 \text{ mV}$ قرار گرفته است. یعنی ولتاژ از مقدار ثابتی در مرحله اول به مقدار ثابتی در مرحله دوم به صورت پله ای تغییر می کند. ارزیابی ما از این سلول شامل زمان های مقابل است: t_1 ، یعنی زمانی قبل از زمان وقوع پله که در آن جریان در حالت مانا (ثابت) در مرحله ۱ است، t_a ، بلافاصله پس از تغییر ولتاژ، t_b ، $0/5$ میلی ثانیه پس از تغییر ولتاژ و t_2 زمانی به قدر کافی بعد از زمان اعمال پله که جریان به مقدار ثابت در مرحله ۲ رسیده است.

۴-۵: در حالت پایدار فاز اول، احتمال باز بودن کانال پتاسیم و تعداد مورد انتظار کانال های باز پتاسیمی را به دست آورید. در حالت پایدار فاز دوم جریان پتاسیم سلول چقدر است؟

۴-۶: جریان پتاسیم در فاز اول را با فاز دوم مقایسه کرده نسبت I_K^2 / I_K^1 را به دست آورید.