

فصل ۷: تحریک الکتریکی بافت تحریک پذیر

۱-۶: توضیح مختصر و کاملی در مورد مدل کروی ارائه شده در متن و همینطور مفاهیم رئوبیس و کروناکسی ارائه دهید. محاسبات درس با این مدل منجر به رابطه جریان آستانه با عرض پالس شد. سپس در مورد کمبودها و نقصان‌های این مدل در مقایسه با نتایج تجربی توضیح دهید.

۲-۶: با تحریک طولانی کمترین جریانی که می‌تواند تولید پتانسیل عمل کند دامنه‌ی $10 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ دارد و تغییر ولتاژ غشا در پایان پالس تحریک 20 mV است. برای تحریک‌های کوتاه‌تر، محققین یک سری عرض پالس‌های زمانی در نظر گرفته‌اند و سپس جریان‌های مختلفی که به ازای هر عرض پالس بتواند در پایان تحریک ولتاژ غشا را به مقدار آستانه برساند ثبت کرده‌اند. اگر این نتایج به صورت زیر باشد، مقاومت غشا برحسب Ωcm^2 چقدر است؟

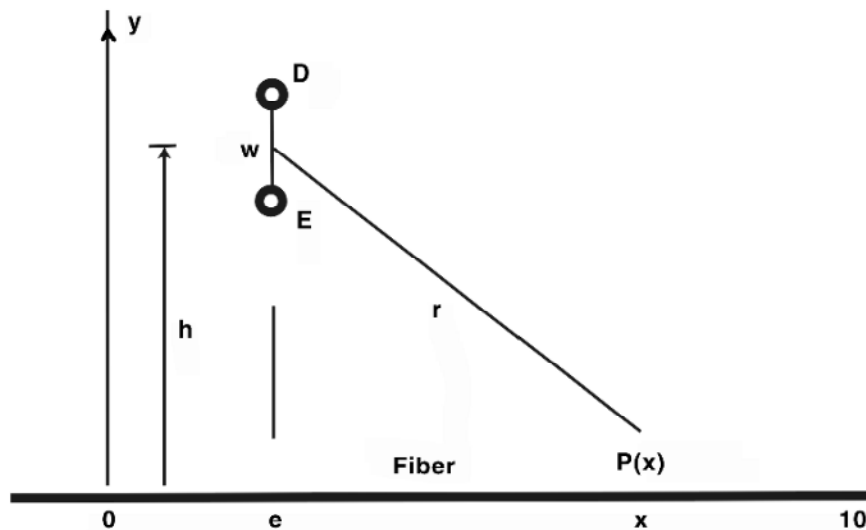
duration (msec)	current ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)
1	25.414
3	12.872

۳-۶: یک سلول کروی به شعاع $100 \mu\text{m}$ ، خازن غشا $1 \mu\text{F}/\text{cm}^2$ و مقاومت $200 \Omega\text{cm}^2$ در نظر بگیرید. جریانی به بزرگی $0.0005 \mu\text{A}$ به سمت خارج (الکترودها) جریان دارد. دوره‌ی پالس 2 msec است. پتانسیل غشا را در بازه‌ی زمانی $0-5 \text{ msec}$ محاسبه و رسم نمایید.

۴-۶: توضیح دهید که به لحاظ شهودی در تحریک یک آکسون با یک الکتروود (آندی/کاتدی) چه اتفاقی می‌افتد و توزیع بار و توزیع تغییرات ولتاژ غشا در هر یک از دو حالت چگونه می‌شود؟

۵-۶: الف. توضیح دهید که تابع موسوم به تابع فعال‌سازی (Activating Function) از کجا می‌آید و چرا این تابع می‌تواند جهت تغییرات ولتاژ غشا را به صورت حدودی حتی بدون حل معادله به ما نشان دهد. این پیش‌بینی در چه زمان‌هایی دقیق‌تر است؟

ب. شرایط تحریک دوقطبی به صورت عمود بر یک فیبر منطبق بر محور X را در نظر بگیرید (که در شکل زیر نیز نشان داده شده است). الکترودهای تحریک و فیبر در یک محیط نامحدود به مقاومت ویژه $50 \Omega\text{cm}$ قرار دارند. فواصل $w=0.2 \text{ cm}$ و $h=1 \text{ cm}$ داده شده است. مختصات الکتروود e منطبق بر صفر فرض می‌گردد (اگرچه در شکل به صورت کلی جدا از صفر فرض شده است). الکتروودی که به محور X نزدیک است چاه و دیگری چشمه است. جریان تحریک 25 mA است. $A(x)$ در فاصله $x=0.3 \text{ cm}$ چقدر است؟ $A(x)$ تابع فعال‌سازی است. ولتاژ غشا در این نقطه در لحظات اول (مثلاً در 0.05 میلی ثانیه اول) چقدر تغییر می‌کند؟



۶-۶: تغییرات اولیه‌ی زمانی ولتاژ غشا را در یک فیبر با تحریک توسط الکتروود در نزدیکی آن به دست آورید اگر فیبر دارای شعاع 50um، مقاومت داخلی $R_i=100\Omega\text{cm}$ و خازن $C=1\mu\text{F}/\text{cm}^2$ باشد و تحریک، تابع فعال‌سازی به بزرگی $7\text{ mV}/\text{cm}^2$ را ایجاد کرده و فیبر در محیطی به مقاومت $50\Omega\text{cm}$ قرار داشته باشد.

فصل هشتم: میدان‌های درون‌زاد خارج سلولی

۶-۷- بر اساس شکل ۸،۳ کتاب، به صورت شهودی، ابتدا رابطه ریاضی بین I_i و I_m را با V_m توضیح دهید و سپس به صورت شهودی ارتباط مفهومی I_m را با منابع چشمه‌ای و چاهی (یا دوقطبی معادل) که میدان بیرون سلول را ایجاد می‌کنند، بیان نمایید.

۶-۸- با استفاده از مدل core-conductor در کنار روابط این فصل برای چگالی دوقطبی‌های معادل، نشان دهید که عبارت ریاضی چگالی دوقطبی‌ها با همان جریان داخلی I_i برابر است.

۶-۹- در چه صورتی می‌توان توزیع چشمه‌ها را با سه قطب فشرده، یا توزیع دوقطبی‌ها را با دو دوقطبی متمرکز تقریب زد؟

حالا می‌خواهیم ضمن محاسبه پتانسیل‌های خارج سلولی، میزان تقریبی که در معادل سازی منابع توزیع شده چشمه جریان یا دوقطبی با منابع فشرده و نقطه‌ای به وجود می‌آید را درک کنیم. برای تمرینات زیر هر جا لازم بود فرض کنید:

$$V_m(x, t) = b + a[\tanh(u_1) - \tanh(u_2)]$$

که در آن u_1 و u_2 به صورت زیر تعریف می‌شوند:

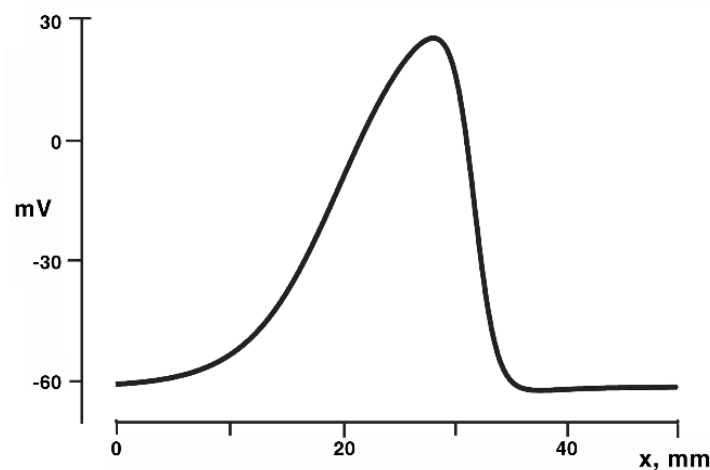
$$u_1 = s_1[(t - t_1) - |x - x_0|/\theta]$$

$$u_2 = s_2[(t - t_2) - |x - x_0|/\theta]$$

مقادیر پارامترها نیز در جدول زیر داده شده است.

Table 13.7. Action Potential Template

Name	Value	Units	Description
t_1	2	milliseconds	upstroke center time delay
t_2	5	milliseconds	downstroke center time delay
x_0	0	millimeters	site of excitation origin
θ	4	mm/ms	speed of propagation
s_1	2	ms^{-1}	rate of upstroke
s_2	0.5	ms^{-1}	rate of downstroke
a	50	millivolts	AP amplitude
b	-60	millivolts	AP baseline



شعاع فیبر ۵۰ میکرون است. محور فیبر در امتداد محور X واقع است و در هر دو جهت گسترده شده است. مقاومت حالت استراحت غشای فیبر، $R_m = 1500 \Omega \text{cm}^2$ است. هم R_i هم $1000 \Omega \text{mm}$ و R_e نیز $400 \Omega \text{mm}$ است. فضای خارج سلولی نامحدود فرض می شود. همچنین در تمرینات زیر، برای سادگی تنها بخشی از فیبر را در نظر بگیرید که برای آن $x > 0$ ، مگر این که چیزی غیر از این در صورت سوال ذکر شده باشد. در سولاتی که در ادامه می آید، استفاده از نرم افزار و رایانه برای سهولت محاسبه و رسم نمودارها توصیه می گردد.

۶-۱۰-۱ $V_m(t)$ و $dV_m(t)/dt$ را در $x=24 \text{ mm}$ در بازه زمانی 0 تا 20 msec رسم کنید.

۶-۱۱-۱ برای $t=10 \text{ msec}$ پتانسیل خارج سلولی ϕ_e را بیابید.

الف) در نقطه $x=34, y=0.100 \text{ mm}$

ب) در نقطه $x=34, y=1.00 \text{ mm}$

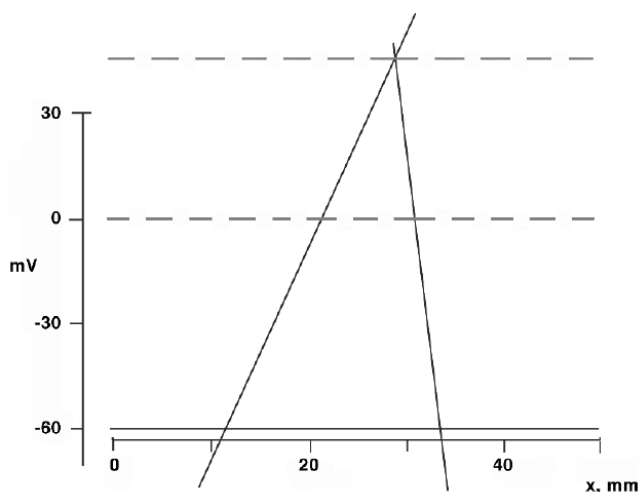
۶-۱۲-۱ $\phi_e(x)$ را در طول خطی موازی محور فیبر و به فاصله h از آن رسم کنید. (تابع مکان! در بازه $50 \mu\text{m}$ تا $50 \mu\text{m}$)

الف) برای $h=100 \mu\text{m}$

ب) برای $h=1000 \mu\text{m}$

رابطه بین راه حل سوال ۱۱ و سوال ۱۲ را در چند جمله بیان کنید.

اکنون شکل مذکور را با خط تقریب می زنیم:



۶-۱۳-۱ با استفاده از شکل بالا هر یک از مقادیر شیب ناحیه دپلاریزاسیون، شیب ناحیه بازپلاریزاسیون، عرض W_a ، عرض W_r و نقاط تقاطع X_1, X_2, X_3 را بیابید. مدل سه قطبی را بسازید. مقادیر مدل دو قطبی فشرده را هم استخراج نمایید.

۶-۱۴-۱ $\phi_e(x)$ را در طول خطی موازی محور فیبر و به فاصله h از آن رسم کنید، اما این بار با استفاده از مدل سه قطبی (تابع مکان! در بازه 0 تا $50 \mu\text{m}$)

الف) برای $h=100 \mu\text{m}$

ب) برای $h=1000 \mu\text{m}$

ج) برای $h=10000 \mu\text{m}$

با نتایج حاصل از توزیع چشمهها مقایسه نمایید.

۶-۱۵-۱ سوال فوق را با منابع دوقطبی فشرده تکرار نمایید و نتایج رامقایسه نمایید.