

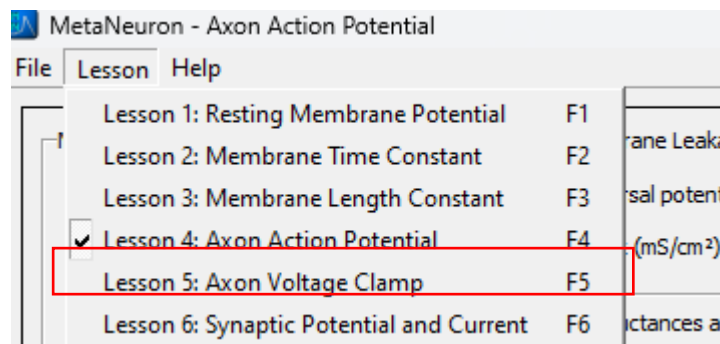
SYMULACJA KOMPUTEROWA POTENCJAŁÓW CZYNNOŚCIOWYCH

Obserwacja i zapis przebiegu pewnych zjawisk bioelektrycznych w preparacie biologicznym, np. potencjałów czynnościowych, są dość trudne i dlatego korzystamy z możliwości komputerowej ich symulacji przy użyciu programu „MetaNeuron” opracowanego przez Erica Newmana, University of Minnesota.

Zadania

1. Określić natężenie bodźca progowego i wartość depolaryzacji krytycznej (potencjał wewnątrzkomórkowy, po przekroczeniu którego pojawia się potencjał czynnościowy).
2. Z badać długości trwania bodźca stymulującego na przebieg potencjału czynnościowego.
3. Określić wpływ bodźców podprogowych na symulowaną odpowiedź neuronu – sumowanie w czasie. Z badać długości trwania bodźca stymulującego na przebieg potencjału czynnościowego.
4. Określić reakcję na bodźce nadprogowe (o różnym natężeniu) zastosowane w okresie refrakcji względnej.
5. Określić reakcję na bodźce nadprogowe (o różnym natężeniu) zastosowane w okresie refrakcji bezwzględnej.

Ad.1. Po uruchomieniu oprogramowania MetaNeuron z rozwijanego menu **Lesson** wybierz **Lesson 4: Axon action potential (lub wciśnij klawisz F4)**.



Przechodząc do okienka, w którym definiowane są parametry pierwszego bodźca depolaryzującego („Stimulus 1” – **Delay** (czas zaaplikowania bodźca); **Width** (czas trwania bodźca); **Amplitude** (siła bodźca depolaryzującego)), ustaw siłę bodźca na 60 μA ; pozostałe parametry pozostaw niezmienione. Wciskając klawisz **ENTER** rozpocznij stymulację. Zmieniając siłę kolejnego bodźca **ustal wartość bodźca depolaryzującego, który generuje potencjał czynnościowy**. Po uzyskaniu potencjału czynnościowego z wykresu zmian napięcia błonowego **oblicz amplitudę, czas trwania oraz latencję potencjału czynnościowego**.

.Uzyskane wartości oraz wartość bodźca depolaryzującego wywołującego potencjał czynnościowy zanotuj w zeszycie. Po zakończeniu zadania przywróć ustawienia standardowe

programu poprzez wybranie z rozwijanego menu zakładki **File i Restore All to Default** (lub skrót Ctrl + D).

Ad. 2. Ustaw natężenie bodźca na 10 μA , a czas trwania aplikacji bodźca na 0.1 ms. Czas trwania aplikacji bodźca depolaryzującego jest zdefiniowany przez parametr **Width** (ms). W przypadku symulowanego neuronu bodziec depolaryzujący o niskiej amplitudzie np. 10 μA i czasie trwania 0.1ms jest zbyt słaby, by wygenerować potencjał czynnościowy (sprawdź to wykonując symulację). **UWAGA! Program akceptuje wyłącznie liczby z kropką jako separatorem dziesiętnym.**

W tym zadaniu określ jak bardzo trzeba wydłużyć czas trwania bodźca depolaryzującego, by nawet słaby bodziec wygenerował potencjał czynnościowy. W tym celu podczas symulacji zmieniaj czas trwania bodźca depolaryzującego kolejno na: 0.1, 0.4, 0.8, 1.2 ms. Uzupełnij tabelę w punkcie 2 formularza. Zmieniając czas trwania bodźca stymulującego poprzez parametr **Width** (ms) określ z dokładnością 0.1ms najkrótszy czas trwania bodźca, który już generuje potencjał czynnościowy. Wyłumacz, dlaczego osiągnięcie progu pobudzenia zależy nie tylko od intensywności bodźca depolaryzującego, ale również od jego czasu trwania?

Po zakończeniu zadania przywróć ustawienia standardowe programu poprzez wybranie z rozwijanego menu zakładki **File i Restore All to Default** (lub skrót Ctrl + D).

Ad 3. W celu wykonania symulacji: wydłuż okno symulacji zmieniając wartość **Sweep duration** (ms) na 10. Następnie postępując jak w zadaniu 1 ustalmy natężenie pierwszego bodźca na 60 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$, a czas trwania na 0,1 ms. Włącz aplikację drugiego bodźca depolaryzującego zaznaczając kratkę **On**. Siłę drugiego bodźca ustalmy również na 60 μA ! **Nie można odnaleźć źródła odwołania.** A/cm² i czas trwania na 0,1 ms, ale „start” (parametr „Delay”) na 5 ms od zastosowania pierwszego bodźca! **Nie można odnaleźć źródła odwołania.ca.**

Membrane Parameters Na ⁺ equilb potential (mV) 50 gNa max (mS/cm ²) 260 <input type="checkbox"/> TTX K ⁺ equilb potential (mV) -77 gK max (mS/cm ²) 70 <input type="checkbox"/> TEA	Membrane Leakage Reversal potential (mV) -55 gLeak (mS/cm ²) 0.6 Conductances and Currents <input type="radio"/> Show ionic conductances <input type="radio"/> Show ionic currents <input checked="" type="radio"/> None	Holding Current Holding (µA) 0 Stimulus 1 Delay (ms) 0.5 Width (ms) 0.1 Amplitude (µA) 60	Temperature (°C) 18 Stimulus 2 <input checked="" type="checkbox"/> On Delay (ms) 5 Width (ms) 0.1 Amplitude (µA) 60
Range Begin value 1 End value 10 Increment 1 Single Value	Graph Sweep duration (ms) 10 3D Graph		

W następnych próbach skracaj czas interwału pomiędzy oboma bodźcami zmniejszając wartość **Delay** (ms) drugiego bodźca względem pierwszego w zakresie od 5 do 1 ms. **Z dokładnością do 0.1 ms znajdź najmniejszą wartość czasową interwału stymulacji dla której jest generowany drugi potencjał czynnościowy.** Uzyskany wynik wpisz do formularza.

Po zakończeniu zadania przywróć ustawienia standardowe programu poprzez wybranie z rozwijanego menu zakładki **File i Restore All to Default** (lub skrót Ctrl + D).

Ad. 4. Przywróć ustawienia standardowe programu. W tym zadaniu będziesz pobudzać neuron dwoma bodźcami nadprogowymi zmieniając interwał czasowy pomiędzy nimi. W celu wykonania symulacji: wydłuż okno symulacji zmieniając wartość **Sweep duration** (ms) na 10. Pamiętaj, żeby uaktywnić okienko umożliwiające stymulację drugim bodźcem. Następnie dla parametrów **Stimulus 2** wpisz wartość 7 w oknie **Delay**. Program pobudzi neuron dwoma identycznymi bodźcami (o amplitudzie 65 μA). Skracaj czas interwału pomiędzy oboma bodźcami zmniejszając wartość **Delay** (ms) drugiego bodźca względem pierwszego w zakresie od 7 do 3 ms. Z dokładnością do 0.1 ms znajdź najmniejszą wartość czasową interwału stymulacji, dla której jest jeszcze generowany drugi potencjał czynnościowy. Wartość ta obrazuje okres refrakcji względnej potencjału czynnościowego.

Ad 5. W tym zadaniu ustaw natężenie pierwszego bodźca na 200 μA , następnie przechodząc do okienka „**SECOND STIMULUS**” natężenie drugiego bodźca ustaw na 0 μA . Po uzyskaniu potencjału czynnościowego do formularza wpisz dane dotyczące odpowiedzi neuronu na zadany bodziec nadprogowy. Dodatkowo określ wpływ bodźca nadprogowego o natężeniu 200 μA na przewodność błony dla jonów Na^+ i K^+ . W tym celu w karcie „**Conductances and Currents**” zaznacz opcję „**Show ionic conductances**”.

Kontynuując zadanie ustaw natężenie drugiego bodźca na 200 μA i czas trwania na 0,1 ms, a „start” określamy zależnie od czasu, jaki upływa od zastosowania pierwszego bodźca do przekroczenia wartości depolaryzacji krytycznej. Jeśli np. czas ten wynosi 1 ms, to czas „startu” drugiego bodźca ustalamy również na wartość 1 ms. Następnie zmieniamy natężenie drugiego bodźca na 400 μA i ponawiamy próbę. Swoje obserwacje i wnioski wpisz do formularza.