

Jak fungují membránové potenciály – simulace v programu MetaNeuron

Metodické pokyny pro učitele

Jana Pilátová

Výukové materiály (pracovní list a zásobník úkolů viz níže) slouží k rozšíření znalostí a jejich propojování napříč učivem přírodních věd – biologie, chemie a fyziky. Hlubší probírání membránových potenciálů je zpravidla nad rámec běžného středoškolského učiva. Naše materiály jsou vhodné zejména pro seminář biologie, pro studenty vyšších ročníků gymnázií po absolvování buněčné biologie, obecné chemie, organické chemie a biochemie, a popř. také lidské fyziologie. Studenti si zde mají možnost vyzkoušet, jak fungují různé typy membránových potenciálů díky simulacím v programu.

Ideální je výuku provádět v počítačové místnosti. Studenti by měli být schopni zorientovat se v prostředí programu MetaNeuron, s asistencí učitele nebo samostatně (podle pokročilosti dané třídy), řešit úkoly a na základě jejich zadání hledat odpovědi, ať už s využitím simulačního programu nebo klidně s pomocí vyhledávání na internetu.

K dispozici jsou dva materiály:

- První je zkrácený pracovní list pro práci s programem MetaNeuron vyžadující časovou dotaci minimálně 60 minut.
- Druhý je zásobník úkolů a otázek, které můžete využít v práci s programem MetaNeuron v libovolné kombinaci dle vlastního uvážení. Jednotlivé kapitoly lze použít izolovaně. Můžete je doplnit i svými otázkami a úkoly.

Materiály vycházejí z úloh Biologické olympiády kategorie A pro třetí a čtvrté ročníky středních škol (ročník 2013) a praktického kurzu pro pokročilejší zájemce – Molekulární biologie a fyziologie (viz literatura).

Učitel by měl být průvodcem především ve zdárném pochopení základních znalostí, které studentům dále umožní samostatnou práci s úkoly. Pochopení základních principů (euforizující „aha efekt“) by mělo předcházet plnění úkolů či je vhodně doplňovat. Cílem by mělo být pochopení toho, jak fungují membránové potenciály, resp. elektrochemický gradient různých iontů.

Základní principy vzniku membránového potenciálu jsou:

1. selektivně propustná cytoplazmatická membrána pro různé ionty,
2. odlišné složení (zejména koncentrace nabitých iontů) v intracelulárním a extracelulárním prostředí,
3. odlišné působení sil po chemickém a elektrickém gradientu,
4. ustavení rovnovážného elektrochemického potenciálu pro každý z iontů,
5. změny polarity membrán v případě přesunu iontů,
6. efekt Na^+/K^+ ATPázy,
7. neměnné koncentrace iontů uvnitř a vně i přes transmembránové iontové toky,
8. různé typy membránových potenciálů (a jejich hodnot) na různých typech buněk.

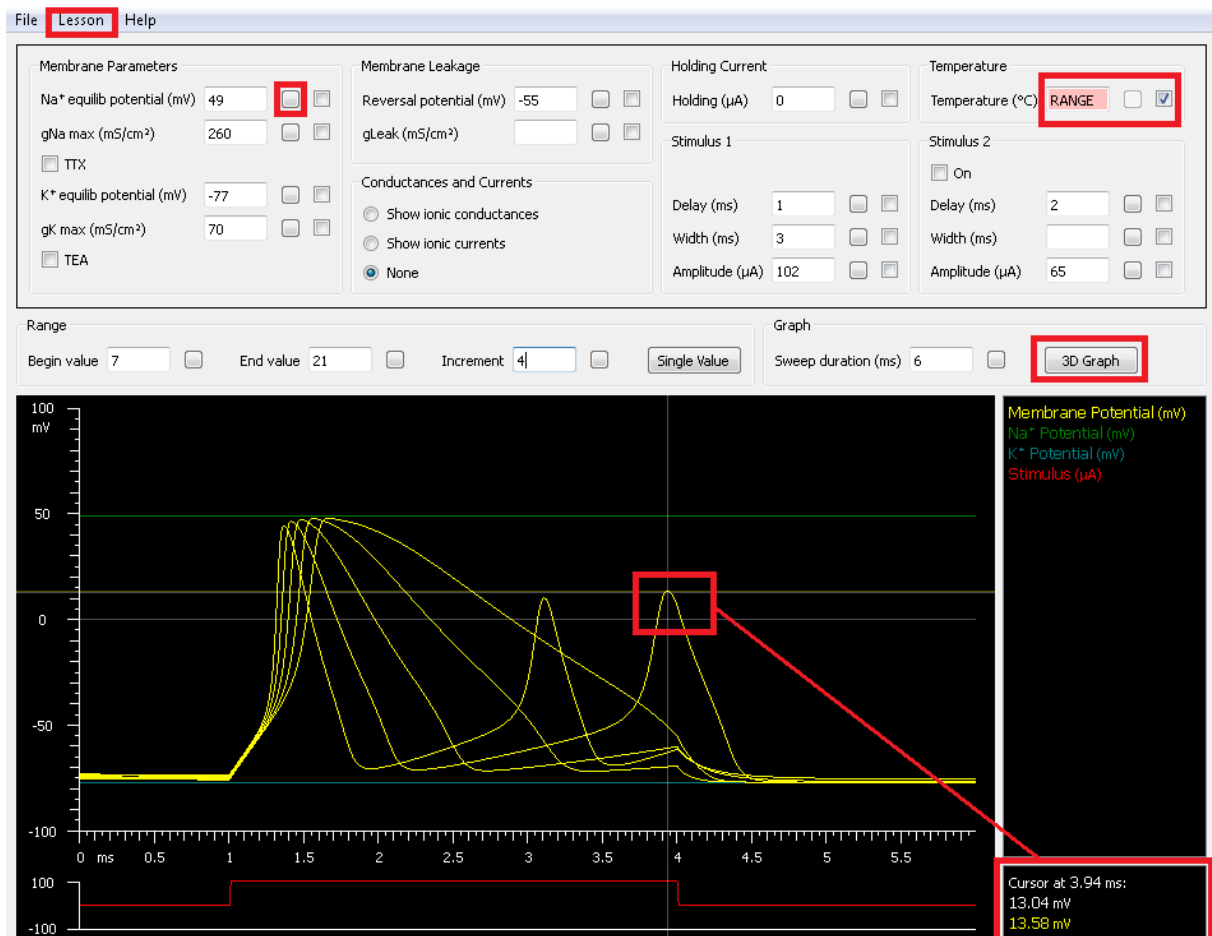
Více informací viz učebnice, popř. rozšiřující informace viz článek „Potenciál, které mají buňky“, Živa 2020/3.

Simulační program MetaNeuron

MetaNeuron je bezplatný program pro modelování základních elektrických vlastností buněk, především neuronů. Je volně dostupný online: <http://metaneuron.org/>. Autory jsou Eric A. Newman a Mark H. Newman z Univerzity v Minnesotě. Je vhodný pro začátečníky, kteří dosud neměli zkušenosti s počítačovými simulacemi. Program je přehledně členěn do šesti lekcí, které postupně seznamují studenty s membránovým potenciálem, jenž je společný všem živým buňkám všech organismů. Program je však především zaměřen na neurony a jejich základní funkce. Neklade si za cíl postihnout celou komplexitu tématu membránových potenciálů. V prvních lekcích se studenti seznámí s pasivními vlastnostmi neuronálních membrán, tzn. s klidovým membránovým potenciálem, časovou a délkovou konstantou. Následovat budou lekce pro simulaci akčního potenciálu a postsynaptických potenciálů. Pro zajímavost: program počítá s neuronální membránou velkou 1 cm^2 o kapacitanci $1 \mu\text{F}$.

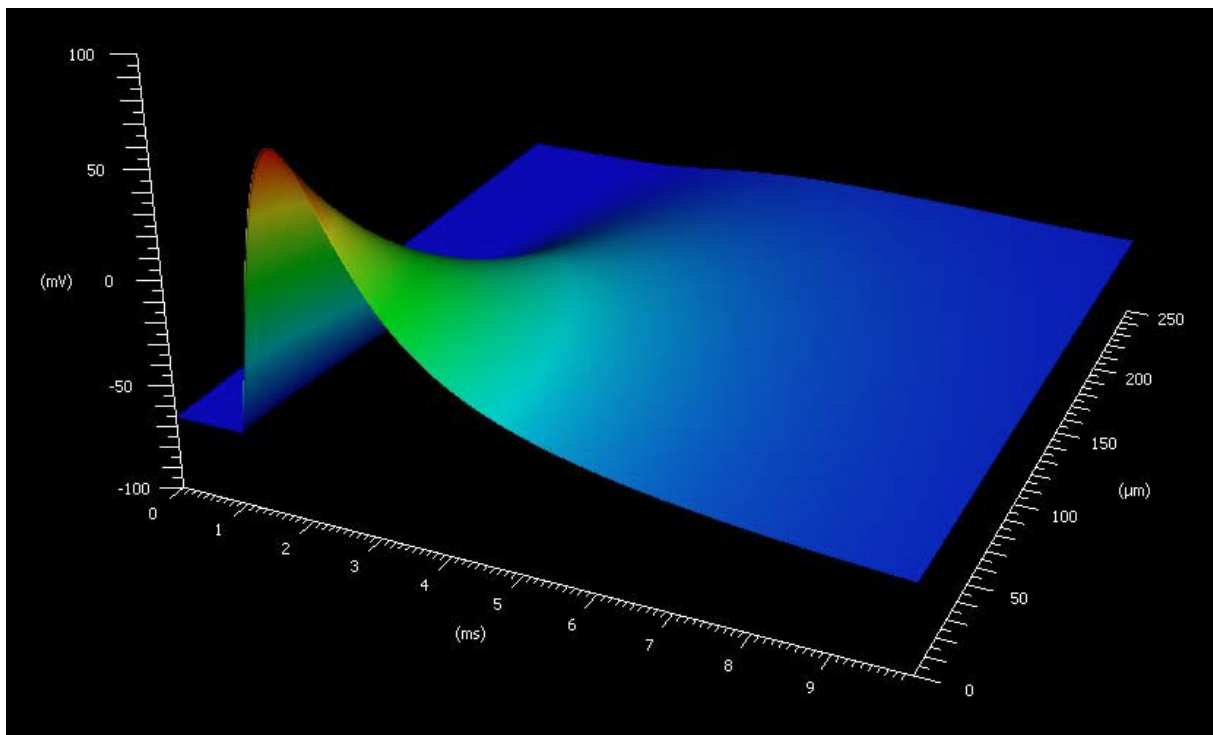
Jak s programem MetaNeuron pracovat

Program MetaNeuron se sám rozběhne po otevření souboru MetaNeuron.exe, není třeba ho instalovat. Mezi jednotlivými lekcemi můžete přepínat v rolovacím okně „Lesson“ na hlavní liště. Jednotlivé lekce fungují nezávisle na sobě – změna nastavení v jedné z nich, neovlivní výsledky simulací v jiné. Parametry lze měnit (viz schéma), když příslušnou hodnotu označíte poklepáním myši a dopíšete vlastní hodnotu, anebo kliknete na šedé tlačítko napravo a táhnete myši nahoru pro zvýšení hodnoty, nebo dolů pro její snížení. Pokud jsou hodnoty v rámečcích šedě, jsou inaktivní a nelze je měnit. Všechny parametry lze najednou resetovat na výchozí nastavení pomocí tlačítka „Restore All to Default“, popř. pomocí klávesové zkratky Ctrl + D.



Zadávané parametry jsou rychle vyhodnocovány a graficky zobrazovány pod panelem proměnných. Legenda popisků barevného značení graficky znázorněných funkcí je v pravé části grafu. V pravém dolním rohu je panel, který vám zobrazí hodnoty kdekoli na grafu, pokud na graf kliknete myší (žlutě jsou hodnoty na ose Y a bíle na ose X). Kliknete-li do volného pole vedle nastavení parametrů, umožníte nastavit rozmezí (range) různých hodnot pod hlavním panelem, které se na grafu zobrazí. Trojrozměrnou projekci grafu vyvoláte po kliknutí na tlačítko „3D Graph“ vpravo nad grafem (výsledek viz obrázek níže). Obrazem můžete dokonce rotovat táhnutím myši.

Zkratky TTX (tetrodotoxin), TEA (tetraethylammonium) – tyto zkratky popisují dva prudké jedy. První TTX blokuje napěťově řízené sodíkové kanály, zatímco druhý z nich ty draslíkové. To má samozřejmě velký dopad na akční potenciál.



Upraveno podle:

Zouhar P., Pilátová J. 2014: Molekulární biologie a fyziologie: praktický kurz pro pokročilejší zájemce. Příručka k projektu OPPA: Podpora vzdělávání studentů středních škol v přírodovědných předmětech a matematice, Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta, Praha. [ISBN 978-80-7290-746-5]

Newman, E. A. 2013 MetaNeuron, Version 2.02. University of Minnesota, Department of Neuroscience. [online: www.metaneuron.org]

Použitá a doporučená literatura:

Fíla, J. a kol. 2013: Komunikace. Biologická olympiáda, přípravný text kategorie A a B, Praha. [ISBN 978-80-213-2386-5]

Silbernagl, S., Despopoulos, A. 2004: Atlas fyziologie člověka. 6. vyd. Grada, Praha. [ISBN-10: 80-247-0630-X]s

Tojan, S. 2003: Lékařská fyziologie. 4. vyd. Grada, Praha. [ISBN 80-247-0512-5]