



Česká zemědělská univerzita v Praze



Ústřední komise Biologické olympiády

# Biologická olympiáda

**2013–2014**

**48. ročník**

**ŠKOLNÍ KOLO**

kategorie A, B

**ZADÁNÍ SOUTĚŽNÍCH ÚKOLŮ**

**Praha 2013**

**[www.biologickaolympiada.cz](http://www.biologickaolympiada.cz)**

## Odhalování potenciálu membránových potenciálů

Autoři: Jana Pilátová, Petr Zouhar

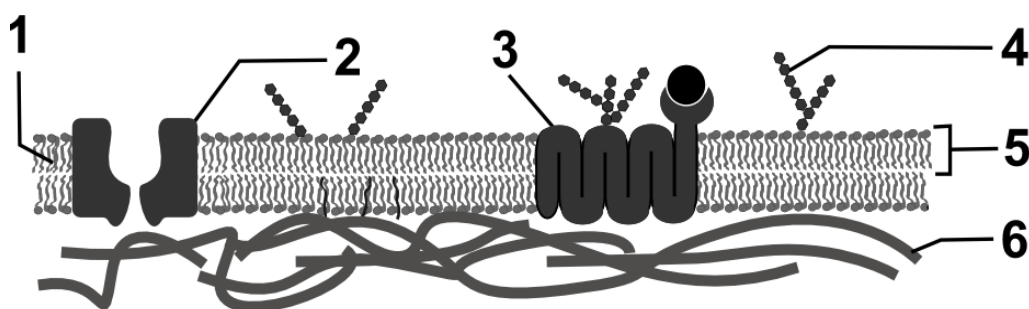
Časová náročnost: 60 minut

Jistě jste si jako začínající biologové kladli otázku, jakým způsobem vaše nervová soustava předává zprávy do celého těla s takovou rychlostí a přesností. Studium na střední škole a četba brožurky vám naznačily, že princip tohoto děje souvisí s napětím na buněčných membránách. Pojdme se nyní s těmito mechanismy seznámit důkladněji. Ač vám může tato problematika zpočátku připadat složitá, odpovědi na naše otázky můžete často nalézt mezi řádky dalších úloh nebo v programu, s kterým budete pracovat.

1. Předpokladem zdárného fungování celého mechanismu jsou zvláštní vlastnosti buněčné membrány.

1. a) Podívejte se nejprve na schéma membrány níže a přiřaďte k číslům pojmy z následující nabídky:

*aminokyselina, fosfolipid, cholesterol, iontový kanál, mastné kyseliny, membránový receptor, nukleová kyselina, řetězec cukrů, vlákno cytoskeletu*



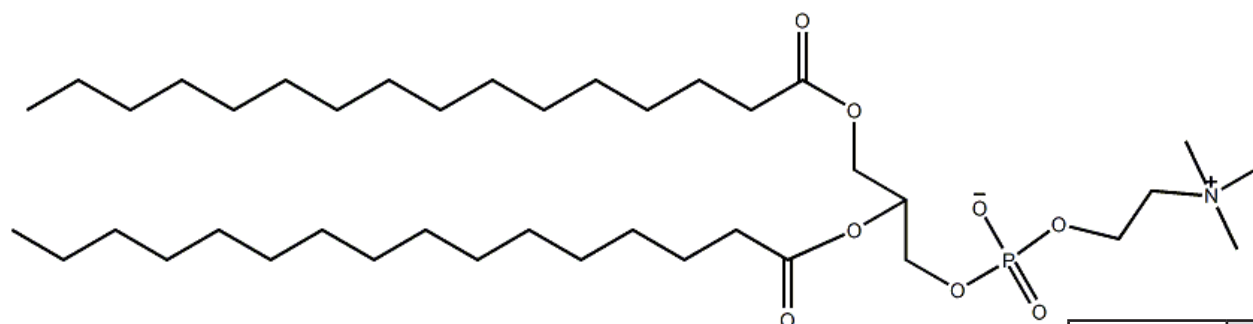
1 –	4 –
2 –	5 –
3 –	6 –

	3
--	---

1. b) Podtrhněte v nabídce předcházející otázky ty struktury, které jsou tvořeny proteiny.

	1
--	---

1. c) Vzorec níže znázorňuje běžný membránový fosfolipid sfingomyelin. Pro membránové lipidy je typické, že jedna část jejich molekuly odpuzuje vodu (je hydrofobní) a druhá se s vodou snáší dobře (je hydrofilní). Zakroužkujte hydrofilní část molekuly.



	0,5
--	-----

**1. d)** Základ membrány tvoří dvě vrstvy lipidů přiložené k sobě svými hydrofobními částmi. Tím uprostřed vzniká hydrofobní prostor, jenž tvoří nepřekonatelnou bariéru pro polární, nabitě a obzvláště velké molekuly. Podtrhněte v nabídce látky, které naopak přes fosfolipidovou dvojvrstvu mohou procházet (difundovat) prakticky volně:

voda, aminokyseliny, oxid uhelnatý, hemoglobin, mastné kyseliny, hydrogenuhličitanový anion, glukóza, nukleové kyseliny, ethanol, kyslík, testosteron, lipoproteiny

	1,5
--	-----

**1. e)** I látky, které nemohou procházet membránou v předchozí podotázce, se však přes membránu musí nějak dostávat. Jak je jejich transport zabezpečen? Zkuste vymyslet dvě možnosti:

pro ionty:

pro jednoduché polární molekuly:

	1
--	---

**2.** Jelikož je fosfolipidová dvojvrstva nepropustná pro nabitě částice, mohou se koncentrace různých iontů uvnitř buňky a v jejím okolí značně lišit.

**2. a)** Na nabitě částice na obou stranách membrány působí elektrické a koncentrační síly. Elektricky jsou ionty přitahovány na tu stranu membrány, kde je opačný náboj, koncentračně (čili po chemickém gradientu) pak tam, kde je daného iontu méně. Doplňte do tabulky, kterou silou je daný ion v klidovém stavu puzen na kterou stranu membrány. První řádek je předvyplněn.

Ion	Pohyb po elektrickém gradientu	Pohyb po chemickém gradientu
K <sup>+</sup>	dovnitř	ven
Na <sup>+</sup>		
Ca <sup>2+</sup>		
Cl <sup>-</sup>		

	1,5
--	-----

**2. b)** Důsledkem rozdílné koncentrace nabitých částic vně a uvnitř buňky je tzv. membránový potenciál, tedy rozdíl napětí na vnitřní a vnější straně membrány. Rozložení iontů a s nimi i nábojů se mění při otvírání a zavírání různých iontových kanálů v membráně (změnou propustnosti). Nernstovou rovnicí lze vypočítat membránový potenciál (tzv. rovnovážný membránový potenciál) v hypotetické situaci, kdy je membrána propustná právě pro jeden konkrétní ion a ostatní přes ni procházet nemůžou.

Nernstova rovnice:

$$E = \frac{RT}{zF} \ln \frac{[X_o]}{[X_i]}$$

kde  $E$  – membránový potenciál,  $R$  – molární plynová konstanta ( $8\,314\text{ J K}^{-1}\text{ mol}^{-1}$ ),  $T$  – teplota v Kelvinech (teplota ve  $^{\circ}\text{C} + 273,15$ ),  $z$  – náboj jednoho iontu,  $F$  – Faradayova konstanta ( $96\,485\text{ C mol}^{-1}$ ),  $[X_o]$ ,  $[X_i]$  – koncentrace daného iontu mimo- a vnitrobuněčně.

Z následujících tvrzení vyberte ta pravdivá a zakroužkujte je.

I) Jeden z faktorů ovlivňujících membránový potenciál je teplota.

II) Přítomnost aquaporinů (kanály propustné pouze pro vodu) v cytoplasmatické membráně velkou měrou přispívá ke vzniku membránového potenciálu.

III) Membránový potenciál vzniká v důsledku rozdílných koncentrací iontů uvnitř a vně buňky.

IV) Membránový potenciál vzniká díky izolačním vlastnostem membrány s rozdílnou propustností pro některé ionty.

V) Membránový potenciál může vzrůst díky aktivnímu transportu proteinů přes cytoplasmatickou membránu.

VI) Síly elektrického a chemického gradientu můžou v určitých případech působit proti sobě.

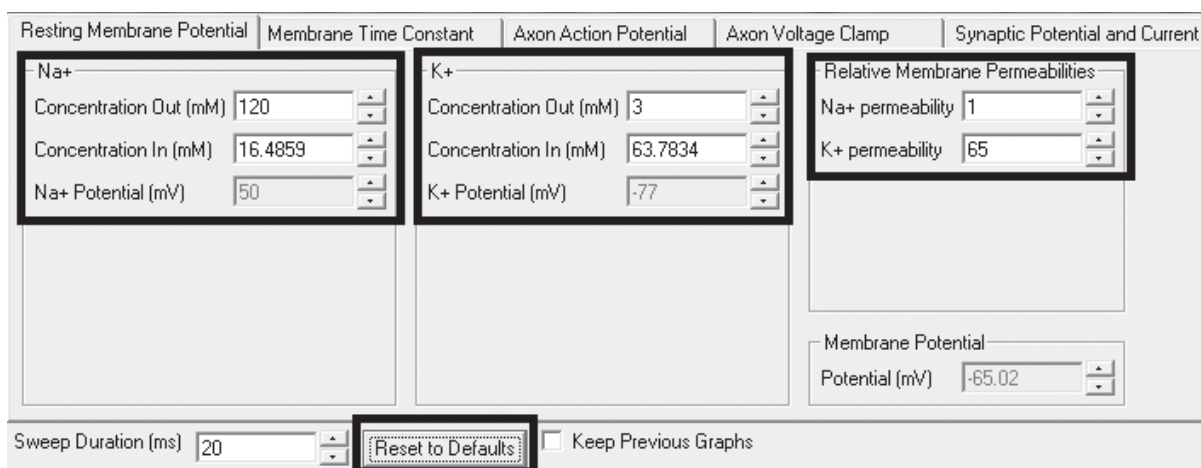
	<b>3</b>
--	----------

2. c) Vypočítejte rovnovážný membránový potenciál buněk lidského těla pro  $K^+$  podle Nernstovy rovnice, víte-li, že jeho koncentrace uvnitř buňky je 165 mmol/l a vně buňky 5 mmol/l. Výsledek zaokrouhlete na jedno desetinné místo. (Nezapomeňte do rovnice dosadit správná znaménka náboje.)

.....mV

	<b>0,5</b>
--	------------

3. S pomocí programu Metaneuron (podokno *Resting Membrane Potential* viz obrázek) rozhodněte o pravdivosti následujících tvrzení o klidovém membránovém potenciálu. Můžete měnit různé hodnoty koncentrací uvnitř a vně virtuální buňky (*Concentration Out* nebo *Concentration In*) nebo propustnosti membrány pro různé ionty (*Relative Membrane Permeabilities*). Pokud chcete v programu vrátit výchozí nastavení, klikněte na tlačítko *Reset to Defaults*.



Zakroužkujte správná tvrzení. Mějte při tom na paměti, že pokud se potenciál uvnitř buňky pohybuje od zápornějších hodnot ke kladnějším, pak dle dohody roste a naopak.

- a) Zvýšíte-li molární koncentrace  $Na^+$  vně buňky, výsledný membránový potenciál se nezmění.
- b) Zvýšíte-li molární koncentrace  $K^+$  vně buňky, výsledný membránový potenciál klesne.
- c) Snížíte-li molární koncentrace  $K^+$  uvnitř buňky, výsledný membránový potenciál vzroste.
- d) Zvýšíte-li propustnost membrány pro  $Na^+$ , výsledný membránový potenciál vzroste.

	<b>2</b>
--	----------

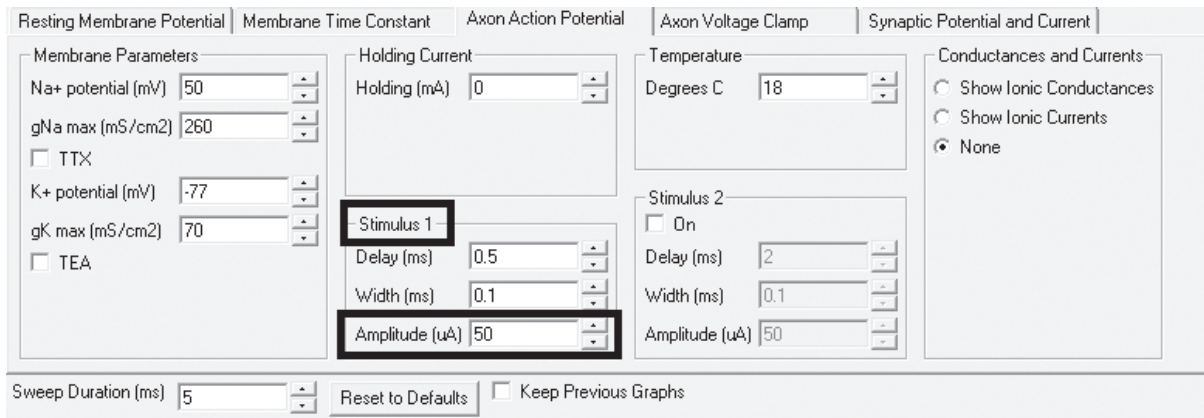
4. Prvky, o jejichž iontech se zde bavíme, mají své typické vlastnosti, které lze chemicky poměrně snadno prokázat. Zakroužkujte právě jedno správné tvrzení.

- a) Draslík je žlutozelený plyn, sodík bouřlivě reaguje s vodou a chlór barví plamen karmínově.
- b) Draslík barví plamen fialově, sodík je lehký stříbrolesklý kov a chlór je jedovatý plyn.
- c) Draslík je těžký tmavě šedý kov, sodík je žlutozelený plyn, chlór je fialová kapalina.
- d) Draslík je lehký stříbrolesklý kov, sodík barví plamen žlutě, chlór bouřlivě reaguje s vodou.
- e) Draslík bouřlivě reaguje s vodou, sodík je jedovatý plyn, chlór je žlutozelený plyn.
- f) Draslík bouřlivě reaguje s vápníkem, sodík voní po pomerančích a chlór je modravá kapalina.

	0,5
--	-----

5. Klidový membránový potenciál udržují všechny živé buňky našeho těla. Některé buňky ovšem tento potenciál aktivně mění pomocí otvírání dalších iontových kanálů. Změna potenciálu pak může být předávána z jedné buňky na druhou a sloužit jako signál. K tomu jsou nutné iontové kanály, které se otvírají právě tehdy, když výchylka membránového potenciálu dosáhne tzv. prahové hodnoty. Počáteční malá výchylka potenciálu náhle otevírá mnoho kanálů, což vede ke skokové změně potenciálu (dochází ke vzniku tzv. akčního potenciálu).

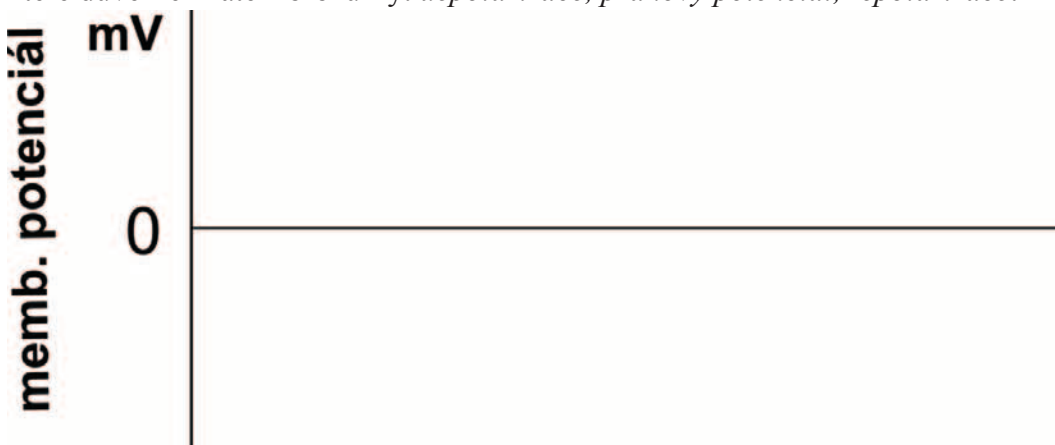
5. a) Pomocí programu Metaneuron (podokno *Axon Action Potential* viz obrázek) zjistěte, jaká je minimální hodnota velikosti stimulu 1 pro vyvolání akčního potenciálu při zachování výchozího nastavení. (Zkoušejte zadávat různé hodnoty amplitud stimulu do políčka Stimulus 1, dokud nedosáhnete vzniku akčního potenciálu.)



Velikost stimulu v  $\mu A$ :

	0,5
--	-----

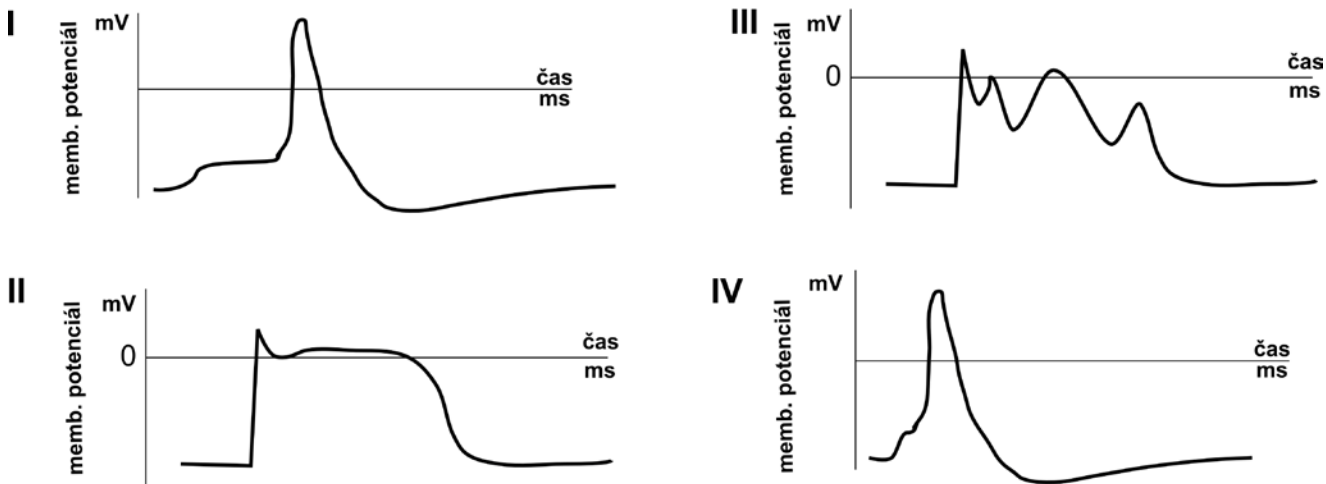
5. b) Do připraveného grafu nakreslete a popište křivku akčního potenciálu, která vznikne v programu Metaneuron při hodnotě amplitudy stimulu 150  $\mu A$ . K popsání křivky použijte následující popisky, které důvěrně znáte z brožurky: *depolarizace, prahový potenciál, repolarizace*.



	2
--	---

**5.c)** Buňky srdečního svalu (kardiomyocyty) mají poněkud jiný průběh akčního potenciálu: Krom dvou základních fází, které jste popisovali v předchozích grafech, mají kardiomyocyty navíc tzv. fázi plató (též *plateau*), která je poměrně dlouhá 200 ms (v porovnání s délkou 1–2 ms akčního potenciálu neuronu). Fáze plató je způsobená dalším typem napěťově řízených kanálů – tentokrát pro vápenaté kationty. Fungují proti směru repolarizace, tzn. mají depolarizační účinek v situaci, kdy jsou otevřeny také kanály pro  $K^+$ .

Které ze schémat I–IV vystihuje popsany průběh akčního potenciálu kardiomyocytu?



	0,5
--	-----

**6.** Vlnu akčního potenciálu šířící se nervovou buňkou nazýváme nervový vzruch. Pro vznik a šíření akčního potenciálu jsou nezbytné napěťově ovládané sodné kanály. Tyto kanály se otvírají při dosažení prahové hodnoty potenciálu, ale za krátký okamžik se opět uzavírají a po nějaký čas se nemohou znovu otevřít. Teprve když potenciál klesne ke svým klidovým hodnotám, začnou tyto iontové kanály opět reagovat na jeho výchyly. Jaký význam má tato přechodná inaktivace pro šíření nervového vzruchu axonem (k čemu je dobrá)?

	0,5
--	-----

**7.** Signál v podobě akčního potenciálu je přenášen z neuronu na neuron díky synapsím – speciálním místům styku neuronů. Rozlišujeme dva základní typy: v případě tzv. elektrické synapse jsou neurony propojeny speciálními kanály, kterými mohou ionty mezi neurony volně proudit; v rámci chemických synapsí dochází u prvního neuronu k uvolnění molekul chemického posla (tzv. neuropřenašeče), které pak dráždí receptory druhé buňky, a tím zde vyvolávají novou depolarizaci, popř. vznik vzruchu tlumí. Oba typy synapsí mají své výhody i nevýhody.

Ke každému z následujících tvrzení přiřaďte písmeno **E**, pokud popisuje elektrickou synapsi, nebo **Ch**, pokud popisuje synapsi chemickou.

- |    |   |
|----|---|
| 1. | Přes tento typ synapse se vzruch šíří s určitým zpomalením.   |
| 2. | Přes tento typ synapse se vzruch může šířit obousměrně.   |
| 3. | Tento typ synapse je využíván u člověka zejména v centrální nervové soustavě v místech, kde je nezbytný co nejrychlejší přenos signálu.                 |
| 4. | Přenos vzruchu přes tento typ synapse má na druhý neuron vždy excitační účinek.   |
| 5. | Přenos vzruchu přes tento typ synapse může být ovlivňován agonisty (s excitačním účinkem) či antagonisty (s inhibičním účinkem) membránových receptorů. |

	2,5
--	-----

# **BIOLOGICKÁ OLYMPIÁDA 2013–2014**

**48. ročník**

**Školní kolo kategorie A, B**

**Zadání soutěžních úkolů**

**Autoři:** kolektiv pracovní skupiny pro tvorbu úkolů BiO kategorie A, B pod vedením Mgr. Vojtěcha Baláže

**Pedagogická recenze:** Milan Dundr, Martin Jáč, Ivo Králíček, Petr Šíma

**Redakce:** Kateřina Medková a Jana Pilátová