



Korespondenční Seminář Inspirovaný Chemickou Tematikou

Ročník 20 (2021/2022)

Řešení série 4

Milé řešitelky, milí řešitelé, moc vám děkujeme za řešení úloh, trpělivost, a že jste s námi vydrželi tento rok. A gratulujeme ke skvělým výkonům. Letos máme rekordní počet úspěšných řešitelek a řešitelů, je vás celkem 95, což představuje 43 % všech „aktivních“ řešitelů. Velkou pochvalu si ale zasloužíte úplně všichni! Jsme rádi, že máte zájem o přírodní vědy, přemýšlíte nad opravdovými oříšky a dokážete je rozlousknout.

Anketa

Děkujeme vám za vyplnění ankety, sešlo se nám rekordních 60 odpovědí. Mnohokrát děkujeme za vaše názory, připomínky i děkovné dopisy. Budeme se i nadále snažit vést KSICHT k vaší spokojenosti.

Na základě vašeho hlasování byl na příští ročník vybrán seriál s názvem VIRÁLNÍ CHEMIE, který pro vás bude psát Karel Berka.

V letošním ročníku se vám nejvíce líbila úloha Druhá úloha na nervy – Neuron, stříbrnou příčku obsadila úloha Tajní agenti, část první a o bronzovou medaili se dělí úlohy Analogická a První úloha na nervy – Neuron.

V příštím ročníku zvýšíme koncentraci úloh z organické chemie, zařadíme nějaké praktické úlohy, nezapomeneme na blbinky či šifrovačky a přibrzdneme s fyzikální chemií.

Příhláška do 21. ročníku KSICHTu

Přihlašování bude spuštěno v průběhu července, první sérii očekávejte tradičně začátkem října.

Staň se KSICHTím organizátorem!

Pro ty z vás, kteří již teď litují, že se s KSICHTem již víckrát nesetkají, neboť opouštějí řady středoškoláků, máme dobrou zprávu. Stačí se stát KSICHTím organizátorem a KSICHT z vašeho života nezmizí. Co pro to udělat? Kontaktujte nás, nebo ještě lépe, zkuste rozpracovat krátkou úlohu o něčem, co vás poslední dobou zaujalo, a pošlete nám ji. Nebojte se, pomůžeme vám s ní, a ještě se přitom naučíte, jak funguje vědecké recenzní řízení (peer-review), což se vám do života může hodit. Už teď se na vaše e-maily a úlohy těšíme.

Přejeme vám příjemné prožití letních prázdnin a s mladšími řešiteli se těšíme na shledanou v příštích ročnících KSICHTu. Vám odrostlejšímu řešitelům přejeme hodně úspěchů nejen na vysokých školách a doufáme, že zkušenosti nasbírané při řešení našeho semináře vám budou užitečné v dalším studiu, práci, v životě.

Vaši KSICHTí organizátoři

Poděkování

KSICHT probíhá pod záštitou Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy.



Řešení úloh 4. série 20. ročníku KSICHTu

Úloha č. 1: Tajní agenti, část druhá

(8 bodů)

Autorky: Terezie Páníková, Veronika Vetýšková

1. a) RCF – *relative centrifugal force*, RPM – *rounds (revolutions) per minute*.

RCF se zapisuje v násobcích g (tíhového zrychlení). Je to vyjádření absolutní síly působící na vzorek. RPM jsou otáčky za minutu – uvádí, jak rychle se konkrétní rotor centrifugy otáčí.

b) $RCF = 1,12 \cdot 100 \text{ mm} \cdot (3500/1000)^2 = 1372 \times g$

2. a) Tris-base

$$c = 400 \text{ mM} = 0,4 \text{ M}; M = 121,14 \text{ g/mol}; V = 1 \text{ L}$$

$$m = c \cdot M \cdot V = 0,4 \cdot 121,14 \cdot 1 = 48,46 \text{ g}$$

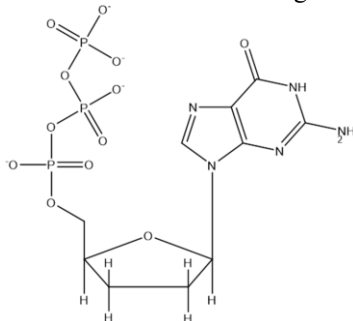
EDTA

$$c = 10 \text{ mM} = 0,01 \text{ M}; M = 292,24 \text{ g/mol}; V = 1 \text{ L}$$

$$m = c \cdot M \cdot V = 0,01 \cdot 292,24 \cdot 1 = 2,92 \text{ g}$$

Pro přípravu 1 L pufru budete potřebovat 48,46 g Tris-base a 2,92 g EDTA.

- b) Nalijeme do odměrného válce 100 ml $10\times$ TAE pufru a doplníme objem na 1 litr destilovanou vodou. $10\times$ TAE znamená, že je pufr $10\times$ koncentrovaný.
3. a) Před sekvenací se vzorek rozdělí do 4 zkumavek, ve kterých se nachází stejné komponenty jako při PCR. V každé je navíc jeden takzvaný dideoxynukleotid, který nedovolí DNA polymeráze připojit další. Ten je také označen radioaktivním fosforem a po ukončení separace fragmentů DNA na agarózovém gelu jsou „proužky“ vyvolány radiograficky. Moderní verzi metody (kterou ale Petra nedělala) je označení nukleotidů různými fluorescenčními barvami a rozdělení fragmentů kapilární elektroforézou.
- b) Chybí mu OH skupina v poloze 3' na ribóze, a proto DNA polymeráza nemůže navázat další nukleotid a elongace končí.



4. Sekvence je: ATGAAGAGGGCCCTGATCAAG

Sekvence se čte odspodu – tedy od nejkratšího fragmentu DNA (dole) k nejdelšímu (nahore).

5. a) NGS z anglického: *next generation sequencing*. Česky sekvenování nové generace.

b) Fantazii se meze nekladou.

6. a) Translace je tvořena následujícími kroky: iniciace, elongace, terminace.

b) K reakci je nutná molekula ATP. Schéma: aminokyselina + ATP $\rightleftharpoons$ aminoacyl-AMP + pyrofosfát.

c) Ribozomy se udávají ve svedberzích. Jednotku S můžeme určit pomocí analytické centrifugace metodou sedimentační rychlosti. Touto metodou zjistíme, jak rychle jednotlivé ribozomy sedimentují díky analýze sedimentačního koeficientu.

7. Rozdíl v genetickém kódu mezi člověkem a dubem není žádný.

8. Celá sekvence: 5'-ATGAAGAGGGCCCTGATCAAGCCCAGGTACTGCGTGCTGTGCATCGTGAGGACATCAGCAACATCCACGTGGAGAACGACAACGAGAGCGTGGAGTGCGAGAGG-3'

Zpráva: M KRALIK PRYC VLCI VEDI SNIH VEN DNES VECER

9. Líný biochemik ví, že internet skýtá spoustu užitečných nástrojů; vhodný je například server bioinformatics.org.

Odkaz na přeložení DNA řetězce do komplementární sekvence: https://www.bioinformatics.org/sms/rev_comp.html

Komplementární řetězec: 5'-CCTCTCGCACTCCACGCTCTCGTTGTCGTTCTCCACGTGGATGTTGCTGATGTCCTCCACGATGCACAGCACGCA GTACCTGGGCTTGATCAGGGCCCTCTTCAT-3'

Odkaz na nástroj pro výpočet molekulové hmotnosti řetězce DNA:

https://www.bioinformatics.org/sms2/dna_mw.html

Molekulová hmotnost je 32137 Da.

10. Rozuzlení v nukleotidové a aminokyselinové sekvenci.

Naše rozuzlení:

No jasně! Ten Králík z tajné zprávy je profesor Zajíc. A jeho komplicové ho chtějí varovat, že vlci (tedy my) něco tušíme. A Snih? To je ta mrazící látka, kterou dal Petře do čaje, že celá ztuhla a vůbec se nehýbe.

Pohotově skočíte po balíčku se Sněhem. Ale profesor je rychlejší a zastoupí vám cestu. „Ale kolego, tak vy jste si přečetl moji zprávu místo mě? Co tam stojí?“. Nevíte, co na to říct. Tak asi pravdu? „M Králík pryč, vlci vědí, sníh ven, dnes večer. M jako methionin, protože každá kódující sekvence začíná methioninem,“ řeknete pomalu. „Ano, správně. A dál?“ vyzvídá profesor, co všechno víte. “Králík pryč... to jste Vy, profesor Zajíc! A máte zmizet. A vlci jsme my, naše tajná služba. To se mi líbí! Snih ven dnes večer – měl jste Snih předat svým komplicům. Vidím, že už ho máte zabalený, ale čekal jste na zprávu, kdy k tomu má dojít!” zakončíte s nadšením. „Ale to se vám nepovede!

„Proč myslíte, kolego? Víte vy vůbec, jaké jsou účinky mého báječného Sněhu?“ Ohlédnete se po Petře, která stále ještě sedí bez hnutí, ani nemrká, jen je vidět, že slabě dýchá. Profesor Zajíc sleduje váš pohled: „No ano, správně. Můj sníh způsobí revoluci ve schůzkách! Stačí při nepříjemném setkání nasypat tomu druhému špetičku Sněhu do pití. On téměř okamžitě... jaksi... zamrzne. Tento stav trvá pár minut. A vy pak máte čas se vytrátit. Když nepříjemný společník rozmrzne, je mírně zmatený a má lehkou ztrátu paměti posledních minut před zamrznutím. Usoudí tak, že schůzka již skončila, jen se trochu zamyslel a zapomněl na to. No není to úžasné, uznejte!” S nadšením vysvětluje profesor. To tedy ne! Kdyby se tohle dostalo mezi lidi, nikdo by si nebyl jistý, kdy ho někdo nechá zamrznout!

„Tohle Vám nedovolím!“ A už se hrnete k profesorovu stolu, kde leží balíček Sněhu. Profesor vytáhne rozprašovač na vodu. „Ale jistě, že dovolíte. To jsem vám neřekl, že se Snih vstřebává všemi sliznicemi?“ Se širokým úsměvem vám profesor stříkne do obličeje.

„Ne! Tohle...”

Otázka 1 – 0,8 bodu, 2 – 1,5 bodu, 3 – 1 bod, 4 – 0,5 bodu, 5 – 0,4 bodu, 6 – 1,2 bodu, 7 – 0,2 bodu, 8 – 1 bod, 9 – 1 bod, 10 – 0,4 bodu. Celkem 8 bodů.

Úloha č. 2: Analogická**(15 bodů)**

Autor: Jakub Krieger

1. Puding, Rozinky představují elektrony, těsto představuje kladně nabitou hmotu.

2. a)

$$F = -G \cdot \frac{mM}{r^2}$$

Body budou uděleny i za vektorové tvary, např.:

$$\vec{F} = -G \cdot \frac{mM}{r^3} \cdot \vec{r}$$

Uznávány budou také odpovědi bez znaménka $-$.

b)

$$\vec{F} = -G \cdot \frac{m \cdot M}{r^2} \cdot \frac{r^3}{R^3} = -G \cdot \frac{m \cdot M}{R^3} \cdot r$$

c)

$$k = G \cdot \frac{m \cdot M}{R^3}$$

d)

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{R^3}{G \cdot M}} = 2\pi \sqrt{\frac{(6,378 \cdot 10^6 \text{ m})^3}{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2} \text{ kg}^{-1} \cdot 5,279 \cdot 10^{24} \text{ kg}}} \doteq 5393 \text{ s} = 1 \text{ h } 30 \text{ min}$$

3. a) Vztaženo ke gravitační, respektive elektrostatické konstantě se v mikrosvětě nacházejí objekty lehké a hodně elektricky nabitě. Účinek gravitační síly je proto zanedbatelný oproti účinku síly elektrostatické.

V makrosvětě se naopak nacházejí poměrně těžká tělesa s malým celkovým nábojem. Tyto objekty většinou obsahují podobný počet kladných i záporných nábojů a jejich působení na větší vzdálenosti se téměř vyruší.

b)

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

c)

Tabulka 1: Analogie gravitačního zákona a Coulombova zákona

Gravitační zákon	Coulombův zákon
hmotnost m	náboj Q
gravitační konstanta G	elektrostatická konstanta $\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

- d) Zde lze vztah pro tuhost pružiny odvodit analogicky ke vztahu z otázky 2c).
Opět použijeme korekci na efektivní náboj.

$$F = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{e \cdot e_{\text{ef}}}{r^2} = -kr$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{e^2}{r^3} \cdot \frac{r^3}{(r_H)^3} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{e^2}{(r_H)^3}$$

Periodu spočítáme analogicky k otázce 2d.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m_e \cdot r_H^3 \cdot 4\pi\epsilon_0}{e^2}} =$$

$$= 2\pi \sqrt{\frac{9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot (0,159 \cdot 10^{-9} \text{ m})^3 \cdot 4\pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}}{(1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C})^2}}$$

$$= 7,91 \cdot 10^{-16} \text{ s}$$

e)

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{7,91 \cdot 10^{-16} \text{ s}} = 1,26 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = c \cdot T = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot 7,91 \cdot 10^{-16} \text{ s} = 237 \text{ nm}$$

- f) Hodnota vyšla o něco větší, než ukazuje spektrum na Obrázku 2. Není to ovšem špatný odhad – řádově se shoduje s pozorovanými hodnotami.
4. Rutherford nechal ostřelovat tenkou zlatou fólií alfa částicemi – kladně nabitými jádry hélia. Kdyby platil Thompsonův model atomu, heliony by proletěly fólií jen s malým odchýlením od původní trajektorie. Rutherford ovšem pozoroval, že některé heliony se dokonce odrazily zpět, což značí, že kladný náboj musí být koncentrován na malém prostoru.
5. Planetární model. Planety představují elektrony a Slunce představuje jádro.
- 6.

$$G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} = m\omega^2 r$$

kde m je hmotnost kamene a M je hmotnost Země.

$$\omega = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r^3}} = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2} \text{ kg}^{-1} \cdot 5,9 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{(3,58 \cdot 10^7 \text{ m})^3}} = 9,3 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$$

To je pro představu jeden oběh za přibližně 19 h.

7. a) Elektrostatická síla.

b)

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{e^2}{r^2} = m_e \omega^2 r$$

$$\omega = \sqrt{\frac{e^2}{m_e \cdot r_H^3 \cdot 4\pi\epsilon_0}}$$

$$= \sqrt{\frac{(1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C})^2}{9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot (0,529 \cdot 10^{-10} \text{ m})^3 \cdot 4\pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}}} =$$

$$= 4,14 \cdot 10^{16} \text{ s}^{-1}$$

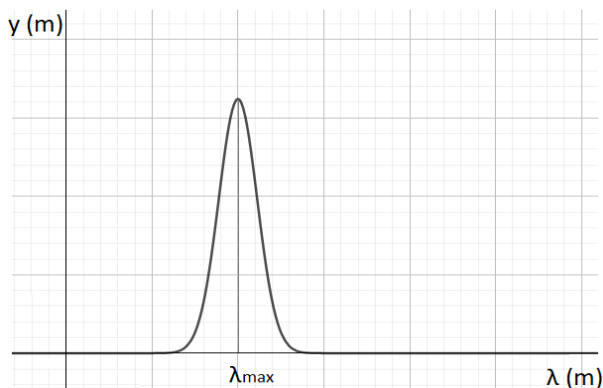
c)

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{4,14 \cdot 10^{16} \text{ s}^{-1}}{2 \cdot 3,14} = 6,58 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{2,998 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{6,58 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}} = 45 \text{ nm}$$

d) Výsledek vyšel o něco méně, než kde leží oblast absorpce, opět je to ale řádově dobrý odhad.

e) Oba modely predikují spojité spektrum s jedním píkem ve vlnové délce s maximální absorpcí (podobné spektru na obrázku 1). Naopak spektrum na Obrázku 3 ukazuje mnoho diskrétních spektrálních čar. Tento rozdíl je způsoben tím, že ve skutečnosti jsou hodnoty energie elektronů (a v důsledku toho i přechody mezi energetickými hladinami) kvantované.



Obrázek 1: Model spektra absorpce mechanického oscilátoru

Otázka 1 – 0,5 bodu, 2 – 3,5 bodu, 3 – 5,5 bodu, 4 – 0,5 bodu, 5 – 0,5 bodu, 6 – 1 bod, 7 – 3,5 bodu. Celkem 15 bodů.

Úloha č. 3: Poloběh uranu

(9 bodů)

Autoři: Adam Jaroš a Pavel Řezanka

- Smolinec neboli uraninit.
- Rožná, Jáchymov, Příbram.
- $\text{UO}_2 + 4 \text{HF} \rightarrow \text{UF}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$ a $\text{UF}_4 + \text{F}_2 \rightarrow \text{UF}_6$
nebo $\text{UO}_2 + 3 \text{F}_2 \rightarrow \text{UF}_6 + \text{O}_2$
- 163 palivových kazet, 92 tun paliva, uznáváno bylo i 81 dle některých zdrojů. Je třeba mít na paměti, že palivem se myslí oxid, nikoliv uran a v dalším příkladu je tak nutné počítat se správnou molární hmotností.
- Hmotnost obohaceného $^{235}\text{UO}_2$ v reaktoru odpovídá $0,0425 \cdot 92 = 3,91$ tunám, což je 14481 mol. Vzhledem k poměru nuklidů v rudě je nutné přepočítat celkové látkové množství vytěžené rudy $n = \frac{1}{0,007} n_{235} = 2056302$ mol. Vzhledem k tomu, že stechiometrický poměr kyseliny sírové k oxidu uranitickému je 3:1, je minimální potřebné množství kyseliny sírové $m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 3 \cdot n \cdot M_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 608$ tun.
- Výkonu $1000 \text{ MW} = 10^9 \text{ J s}^{-1}$ odpovídá za jednu sekundu energie 10^9 J . Úbytek hmotnosti je pak $10^9 \cdot 1,11 \cdot 10^{-17} \text{ kg} = 11,1 \text{ } \mu\text{g}$. Po započtení účinnosti 32 % je úbytek hmotnosti jaderného paliva v jednom bloku ETE 34,7 μg za jednu sekundu.
- Spotřeba jaderného paliva v jednom bloku ETE za rok činí:
- $34,7 \text{ } \mu\text{g s}^{-1} \cdot (3600 \cdot 24 \cdot 365,25) \text{ s} = 1,09 \text{ kg}$.
- Při provozu jaderné elektrárny dochází k úbytku obohaceného uranu, který je v palivu zastoupen jen ve velmi malém množství. Navíc současná technologie neumožňuje spotřebovat veškerý obohacený uran, takže se obohaceného uranu spotřebuje jen část.
- Odstraněné palivo se nejprve nechá zchladnout v bazénu s vodným roztokem kyseliny borité a pak se umístí do úložných kontejnerů, které se skladují v areálu elektrárny¹.
- Výkonu $1000 \text{ MW} = 10^9 \text{ J s}^{-1}$ odpovídá spotřeba $10^9 \text{ J s}^{-1} / (0,42 \cdot 22 \cdot 10^6 \text{ J/kg}) = 108 \text{ kg s}^{-1}$. Roční spotřeba činí $108 \text{ kg s}^{-1} \cdot 3600 \text{ s} \cdot 24 \cdot 365,25 = 3,41 \cdot 10^9 \text{ kg}$.

Otázka 1 – 0,5 bodu, 2 – 0,5 bod, 3 – 1 bod, 4 – 0,5 body, 5 – 2 body, 6 – 1,5 bodu, 7 – 0,5 bodu, 8 – 0,5 bodu, 9 – 0,5 bodu, 10 – 1,5 bodu. Celkem 9 bodů.

¹ Vyhořelé palivo se zatím ve většině států v podzemí neskládá.

Úloha č. 4: Antokyanová

(9 bodů)

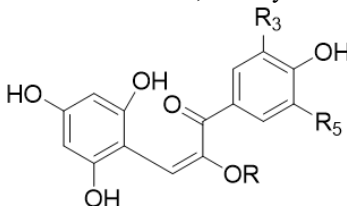
Autorka: Tatiana Nemirovich

1. ethylen – 165 nm; benzen – 200 nm; naftalen – 280 nm; tetracen – 550 nm; tetrafenylporfyrin – 630 nm.
2. Indigo v džínách (modrá), hemoglobin v krvi (červená), ultramarín – malířské barvy (modrá)
3. Coca-Cola: pH 2,6 – kyselá forma, červená barva

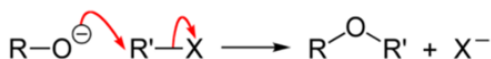
Mýdlo: pH většinou 8–10, už může mít bazickou formu a modrou barvu

Čerstvý pomerančový džus: pH 3,5–4, červená barva

Černý čaj: pH cca 6,4 – neutrální forma, fialový



4. Etery lze hydrolyzovat silnou minerální kyselinou (HBr nebo HI) za vzniku alkoholu a halogenalkanu. Peonidin má jednu methyletherovou skupinu, malvidin dvě. Můžeme tedy sledovat spotřebu kyseliny během reakce, protože pro reakci s malvidinem bude potřeba dvojnásobné množství kyseliny.
5. Jde o Williamsonovu syntézu etherů: S_N2 substituci mezi alkoxidem a halogenalkanem za vzniku etheru.



6. Cyanidin má pět hydroxylových skupin. V nadbytku reakčních činidel by došlo k methyloce na všech pěti hydroxylových skupinách, jinak ke vzniku i jiných monosubstituovaných izomerů, než je peonidin.
7. Příroda používá enzymy – biologické katalyzátory. Enzymy snižují aktivační bariéru reakce, mají substrátovou, regio a stereo specifitu.
8. Například nalepit na růži lepidlem krystaly modré skalice :D
9. Genové inženýrství se používá například pro vylepšení nutričních hodnot rostlinných produktů nebo léčení pacientů s imunodeficiencí; vkládáním genů do bakteriálních plazmidů se vyrábí inzulin a řada dalších hormonů.

Otázka 1 – 0,5 bodu, 2 – 0,5 bodu, 3 – 0,5 bodu, 4 – 1,5 bodu, 5 – 1,5 bodu, 6 – 1,5 bodu, 7 – 0,5 bodu, 8 – 1 bod, 9 – 0,5 bodu, 10 – 1 bod. Celkem 9 bodů.

Úloha č. 5: Čtvrtá úloha na nervy – Kouzlo receptorů

(11 bodů)

Autor: Jiří „Herby“ Kysilka

1. Ionotropní receptory: 1, 2, 4

Metabotropní receptory: 3, 5, 6

2. Glutamát. Otevření kanálu vede k pohybu sodných kationtů dovnitř buňky a draselných kationtů ven z buňky. Vzhledem k záporně nabitému vnitřku buňky bude však pohyb sodných kationtů dovnitř výrazně převažovat, protože jejich pohyb je i v souladu s elektrickým gradientem na membráně. Celkově bude tedy membránový potenciál vzrůstat.
3. Kyselina γ -aminomáselná (γ -aminobutyric acid, GABA). Po otevření kanálu se toho navenek příliš nezmění – chloridové ionty mohou mít velice slabou tendenci pronikat do buňky po svém koncentračním gradientu, nicméně jim v tom bude bránit záporný membránový potenciál. Membránový potenciál se tedy také nebude příliš měnit. Pokud bychom se však pokusili vytvořit excitační potenciál, tj. způsobit vzrůst membránového potenciálu, tak by při depolarizaci začaly chloridové ionty proudit svými otevřenými kanály dovnitř buňky, a tím pádem by tuto změnu vyrovnávaly. Další excitační potenciál by tak bylo složité až nemožné vytvořit.
4. Synapse B by měla na vzniku akčního potenciálu větší podíl než synapse A, protože se nachází blíže k axonovému hrbolu. Dosah působení lokální změny akčního potenciálu je se vzdáleností menší, navíc mají tenčí dendrity větší axiální odpor.
5. Inhibiční signál na synapsi C vyruší přichozí excitační signál z celé dendritické větve. Inhibiční signál na synapsi D vyruší veškeré excitační signály přicházející z celého dendritického stromu.
6. Z biologicky reálných změn jde například o zvětšení množství váček s neurotransmiterem, zvýšení množství syntetizovaného neurotransmiteru na presynaptickém neuronu nebo o syntézu nových receptorů či jejich fosforylaci na postsynaptickém neuronu, která zvýší jejich citlivost na neurotransmiter.
7. Hebbův zákon v praxi znamená, že se synapse posílí v případě, kdy se aktivují oba neurony zároveň. Systém dvou typů receptorů – AMPA a NMDA – přesně toto zajišťuje. Aktivace AMPA receptorů vede k mírnému zvednutí postsynaptického membránového potenciálu, nestačí však sama o sobě ani na vyvolání akčního potenciálu, ani na aktivaci NMDA receptoru. Pro aktivaci NMDA receptoru je zapotřebí dostatečně silná excitace, například působením více synapsí zároveň. Aktivace NMDA receptoru je tedy pro buňku znamením, že je aktivní jak presynaptický neuron (je navázaný glutamát), tak postsynaptický neuron (došlo k excitaci dostatečné pro uvolnění hořčnatého kationtu, a tedy i pro vznik akčního potenciálu). To je onou podmínkou

Hebbova zákona – oba neurony jsou aktivované společně. Průchod vápenatých iontů kanálem NMDA receptorů potom spouští další děje, které vedou k fosforylaci AMPA receptorů, které jsou potom citlivější na glutamát, a k syntéze nových AMPA receptorů, které jsou dopraveny na membránu. Oba tyto děje trvale zvětší citlivost postsynaptického neuronu na glutamát a tím zvětší sílu této synapse.

Otázka 1 – 1,5 bodu, 2 – 1,5 bodu, 3 – 1,5 bodu, 4 – 1 bod, 5 – 1 bod, 6 – 1,5 bodu, 7 – 3 body. Celkem 11 bodů.