

4. ročník (2019/2020)



1. SADA

Autorské řešení

MUNI | RECETOX
SCI

MUNI Ústav
SCI experimentální
biologie

Adéla Indráková

1. Úloha, která nebolí

20 bodů

Trvá to jen chvíli. Na plotně ti utíká polévka z hrnce a není čas nad ničím moc přemýšlet. Chytneš za ucho hrnce, že ho přece jen potáhneš z rozpálené plotýnky. Ale ouvej. Aniž bys chtěl, horké ucho ti vyklouzne z ruky a jediné, co cítíš, je palčivá bolest ve spáleném místě. Ale co to vlastně cítíš?

1. Jak je definována bolest? [0,5 b]

„Bolest je nepříjemný senzorický i emotivní zážitek spojený se skutečným nebo potenciálním poškozením tkáně, nebo který je v termínech takového poškození popisován. Takto byla stanovena definice bolesti v roce 1979 Mezinárodní společností pro léčbu bolesti (International Association for the Study of Pain – IASP). Zjednodušenou verzi uvedl McCaffey v roce 1990. Bolest je to, co pacient za bolest považuje, v místech, kde sám ukazuje.“¹

2. Jak se nazývá lékařská disciplína zabývající se bolestí? [0,5 b]

Algeziologie

V roce 1965 představili lékaři Patrick Wall a Ronald Melzack teorii o přenosu bolesti, která byla schopná objasnit některé psychologické jevy popisované při vnímání bolesti. Tato teorie vysvětluje, jakým způsobem nebolestivé vjemy mohou přebít a tím pádem i snížit cití bolesti.

3. Jak se daná teorie jmenuje? [0,5 b]

Vrátková (hradlová) teorie bolesti (gate control theory)²

4. Využijte následující schéma a **popište slovně** vedení bolesti. Při popisu vysvětlete následující pojmy a doplňte je do schématu: [8 b]

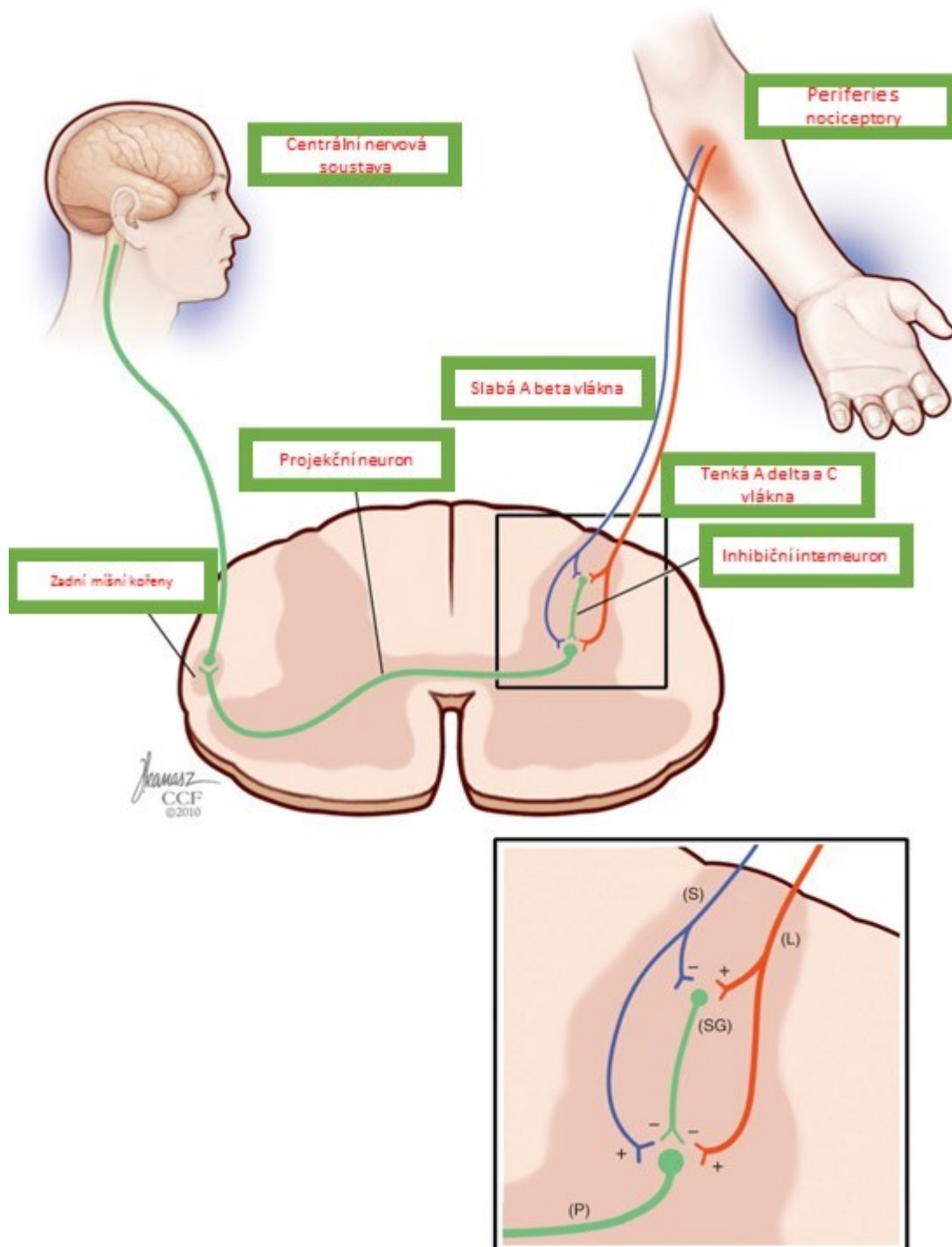
- Centrální nervová soustava
- Periferie s nociceptory
- Projekční neuron
- Silná A beta vlákna
- Tenká A delta a C vlákna
- Inhibiční interneuron
- Zadní míšní kořeny

Na **periferii** v končetinách a orgánech jsou specifické a nespecifické receptory bolesti, které se nazývají **nocisenzory**. Při jejich podráždění je vzruch veden eferentními drahami bolesti do CNS. Nejprve je signál zpracovávána v **zadních míšních kořenech** (Rexedova zóna, v substantia gelatinosa rolandi), kde je umístěn **inhibiční interneuron**, který zpracovává signál ze dvou typů nervových vláken. Jedná se o slabá **A delta** (rychlá složka bolesti) a **C vlákna** (pomalá složka bolesti), která podmiňují vznik bolesti, tzv. otevírají vrátka, a silná **A beta** vlákna, která umožňují vnímání dotyků, tlaku a vibrací a tlumí vedení bolesti, tzv. přivírají vrátka. V inhibičním interneuronu je při převaze vstupu z A delta a C vláken signál

¹ MUDr. Kateřina Klauzová, MBA, <https://www.treemed.cz/index.php/vratkova-teorie-bolesti/>

² https://is.muni.cz/el/med/jaro2013/VSNV041p/13542700/05_Bolest.pdf

převeden dále **do projekčního neuronu**. Ten přenáší zpracovaný signál z periferie do vyšších etází CNS. Ovlivnění je i zpětně z vyšších etází CNS, například descendentním inhibičním systémem, který také „přivírá vrátka.“



5. Lze představenou teorii o přenosu bolesti aplikovat v léčbě bolesti? Popište způsoby léčby bolesti a **zdůvodněte**, jakým způsobem bolest snižují. Můžete navrhnout i vlastní přístupy léčby bolesti. [4 b]

Farmakologická léčba

- Neopioidní analgetika – především nesteroidní antiflogistika jako je paracetamol, diklofenak, ibuprofen – léčí bolest blokováním enzymu cyklooxygenázy, která se v normálních buňkách účastní syntézy prostaglandinů, které jsou pro vedení bolesti a zánětlivé procesy důležité.
- Opioidy – váží se na opioidní receptory, které jsou důležité pro vnímání bolesti, působí podobně jako vnitřní morfinové deriváty (enkefaliny a endorfiny)

Fyzikální léčba

- Přerušování dráhy vedoucí bolest – dojde k přerušování nervových drah, které vedou signál z periferie do CNS
- Akupunktura, akupresura, vodoléčba, magnetoterapie – působí na A beta vlákna, která inhibují vedení bolesti, léčí zánět, který vede k poškození tkání a tím způsobuje bolest.

Psychoterapie

- velmi důležitá při psychosomatické a emoční bolesti, ovlivnění bolesti z vědomí a vyšších center CNS

Při úrazech a operacích – anestezie, aby bylo odstraněno vnímání bolesti

Za rozdílné vnímání bolesti u jednotlivců zodpovídá bezesporu i genetická výbava jedince. Ze studií jedinců necitlivých k bolesti byly identifikovány geny SCN9 a COMT, které se jistým způsobem na percepci bolesti podílí. Absolutní necitlivost k bolesti je nevýhodou pro zachování celistvosti organismu, zjišťování zánětu v těle či přehřátí. K bolesti nevnímaví lidé nemění postoj a posed a trpí záněty kloubů, na jejichž komplikace často umírají.

6. Doplňte následující tabulku: [4 b]

Gen	SCN9	COMT
Produkt genu	Alfa podjednotka sodíkového kanálu	Katechol-O-methyltransferáza
Kde se v metabolismu bolesti uplatňuje?	Vysoká exprese v nociceptorech, má vliv na depolarizační fázi při vzniku akčního potenciálu	Katabolismus neurotransmiterů (dopamin, epinefrin)
Které varianty genu mají vliv na vnímání bolesti?	Identifikováno až 13 různých mutací, které do sekvence vnesou předčasný stop kodon a tím je vytvářen nefunkční sodíkový kanál.	SNP v pozici 158 – valin nebo methionin

Kteří jedinci (alela genu, zygotnost), vnímají bolest méně nebo vůbec?	recesivní homozygoti	Val/val homozygoti
--	----------------------	--------------------

Bolest často cítí lidé po amputaci končetin, kdy je bolí odňatá část těla. Doktoři si dříve mysleli, že se jedná o čistě psychologický problém, ale novější výzkumy ukázaly, že signály bolesti mohou vznikat i v míše a mozku.

7. Jak se popsany fenomén také nazývá? Je běžnější po amputaci horní nebo dolní končetiny? [1 b]

Fantomová bolest, častěji se vyskytuje po amputaci horních končetin.

Neustávající bolesti jsou jedním z argumentů, proč povolit eutanázii neboli asistované usmrcení.

8. Jaký je Váš názor na eutanázii? Jaké jsou argumenty pro a proti? [1,5 b]

Možná argumentace

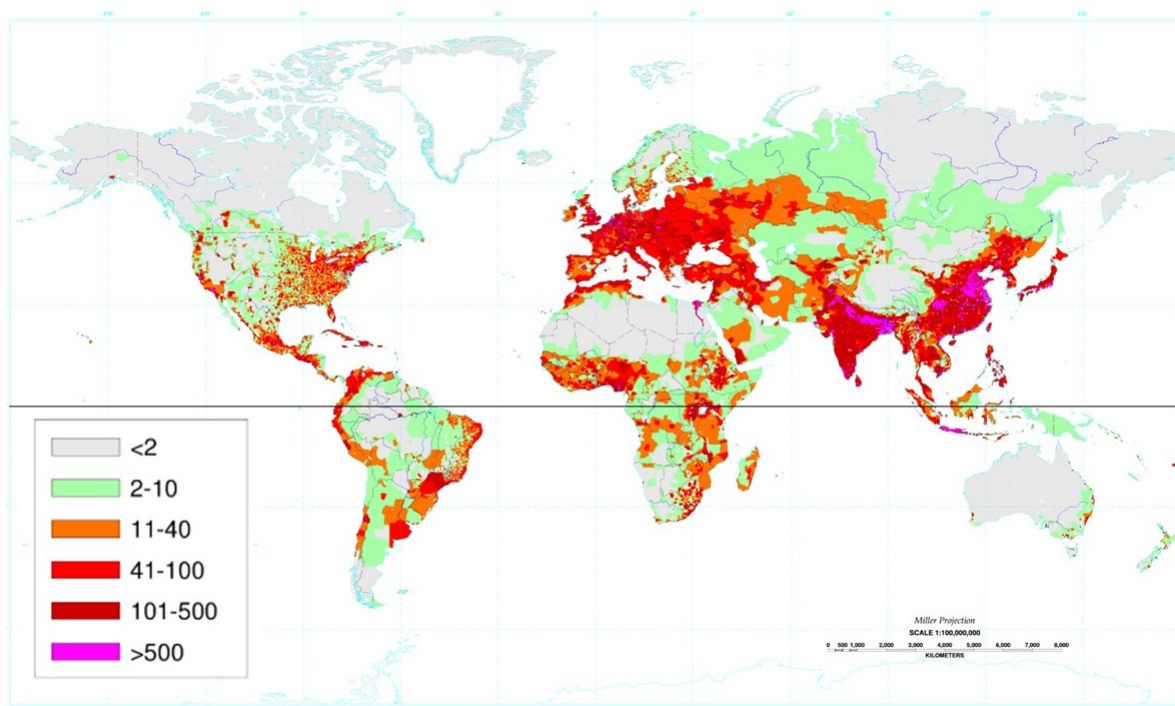
Pro: ušetření utrpení, nemusí být vázané na bolest, možnost svobodné volby, možnost důstojně zemřít, ...

Proti: budoucí pokrok ve vědě a možnost záchrany, život je jedinečný a neměl by být ukončován, psychická zátěž pro toho, kdo eutanázii provede, co když si to pacient rozmyslí, ...

Zuzana Nováková

Extrémní úloha

20 bodů



1. Co znázorňuje tato mapa? [0,5 b]

Hustotu populace.

Pokud jste správně určili, co znázorňuje mapa, došlo vám, že naše planeta je celkem nehostinná. Z velké části je tvořena extrémními prostředími, ne zcela příhodnými pro život lidí.

2. Jak byste definovali extrémní prostředí? Vysvětlete na příkladu. [1 b]

Je charakteristické extrémními podmínkami, které představují výzvu pro většinu forem života. Obvykle je těžké v něm zajistit vodu, jídlo. Zároveň ale může být toto prostředí předmětem zkoumání. Ale zkoumání samotné vyžaduje určitou znalost či technologii.

3. Aby lidé byli schopni v určitém prostředí přežít, musí daná lokalita vykazovat jisté vlastnosti. Jaké základní podmínky jsou nutné pro přežití lidí? Pojmenujte podmínky na obrázku a vyberte 4 nejnnutnější. [1 b]



Vzduch (kyslík), voda, jídlo, přístřeší. Pokud jste označili také sluneční svit, věřte, že při dostatečném příjmu vitamínu D z potravy byste jeho nedostatek byli schopni přežít. Pokud jste symbol pochopili jako podmínku tepla, tak i na prostředí, kde je ho nedostatek jsme se adaptovali (Antarktida, Grónsko, vesmír, ...). Často se můžeme setkat s názorem, že pro přežití je nutný spánek. Ano, pro zachování duševního zdraví je skutečně nutný spánek. Existují geneticky vázané nemoci, kdy lidé necítí potřebu spánku, nemohou usnout nebo jim stačí spát výrazně kratší dobu. Velice závažnou nemocí je [Fatal familial insomnia](#), kdy lidé nespí několik měsíců od projevení prvních příznaků. Tato nemoc je neléčitelná a fatální. Rekord pro nejdelší období bez spánku drží [Randy Gardner](#), který nespal víc jak 11 dní. Nutno dodat, že člověk po několika dnech bez spánku je sice fyzicky vzhůru, ale psychicky již moc nefunguje (halucinace, problémy s koordinací, poruchy myšlení...). Třetí otázka mířila ovšem na vlastnosti prostředí, ne na základní lidské potřeby. Asi nejvíc překvapivým zjištěním pro vás bude, že pro naše přežití je důležité, aby dané prostředí poskytovalo nějaký úkryt/přístřeší. Bez něj by vás dříve nebo později vyčerpaný nepříznivé povětrnostní podmínky či ohrozila zvířata. Pokud jste vybrali i symbol wi-fi, doporučuji vám nechat doma telefon, jít se projít do lesa a celé si to ještě jednou rozmyslet.

“Is it not the strongest of the species that survives, nor the most intelligent that survives. It is the one that is most adaptable to change.” Charles Darwin (1809 - 1882)

I přes spoustu překážek se ale lidem daří žít na ne úplně příhodných místech naší planety. Děje se tak právě díky adaptacím. Např. už po tisíciletí žijí lidé spokojeně ve vysokých horách, ačkoli díky řidšímu vzduchu jsou vystaveni nedostatku kyslíku.

4. Průměrná nadmořská výška Tibetu je 4 500 m. Kolik procent vzduchu v takové výšce tvoří kyslík? Kolikrát je jeho koncentrace nižší než u hladiny moře? Vysvětlete svou úvahu/výpočet. [1 b]

Relativní zastoupení plynů v atmosféře je nezávislé na nadmořské výšce. Tedy i v Tibetu tvoří kyslík 20,9 % vzduchu. Co se ale s výškou mění, je atmosférický tlak, který je v této úrovni zhruba poloviční oproti tlaku u hladiny moře (577 vs. 1013 hPa). Proto i parciální tlak kyslíku bude poloviční. A tedy i jeho koncentrace (ve smyslu množství molekul) bude zhruba 2x nižší. Laicky řečeno, je důležité si uvědomit, že koncentrace kyslíku ve vzduchu (vyjádřena v procentech) je stejná, jen toho vzduchu je tam méně.

pozn.: Autorka úlohy si je vědoma, že její výpočet vychází ze zjednodušeného modelu standardní atmosféry a že výsledek se může mírně lišit dle teploty a vlhkosti.

Ačkoli už při výstupu do výšky 2 500 m můžeme pocítit příznaky horské nemoci (bolest hlavy, malátnost, nechutenství, nespavost), již po dvou týdnech pobytu v horách jsme schopni se na snížené množství kyslíku adaptovat. A třeba takový pan Messner jako první zdolal Mt. Everest bez kyslíkové bomby (1978)!

5. Vysvětlete, co se v lidském těle děje při této krátkodobé adaptaci. [2 b]

Hladinu plynů v krvi hlídají tzv. karotidová tělíska, chemoreceptory, které se nacházejí v krkavici. Pokud detekují nižší obsah kyslíku nebo zvýšené množství CO₂, pomocí neurotransmiterů jako např. dopamin nebo serotonin o tom informují CNS. Ta pak reaguje zvýšením respirace (dech se prohloubí a zvýší se jeho frekvence) a zvýšením srdeční činnosti (zrychlením tepu). Kardiopulmonární systém se tak stává prioritou číslo jedna a jiné, ne tak důležité funkce jsou potlačeny. Např. je utlumena činnost trávicí soustavy a dochází ke snížení účinnosti vstřebávání látek.

Postupně dochází také k nárůstu počtu červených krvinek, ve svalech se zvýší množství kapilár a myoglobinu, v buňkách vzroste počet mitochondrií (dojde ke zvýšení respirace také na buněčné úrovni). Může také dojít k hypertrofii pravé komory, která pumpuje krev do plic.

6. Vysvětlete, proč je u horolezců častý edém mozku. [2 b]

Nižší zásobení mozku kyslíkem vede ke snížení aerobní oxidace v buňkách. Dochází tak k hromadění toxických produktů. Zvýšenou potřebu vyplavení těchto produktů a snaha zásobit mozek živinami způsobí zvýšení množství tekutiny v mozku - dochází k otoku. Nižší přísun kyslíků způsobí také nedostatek energie nutné k zajištění rovnováhy tekutin na rozhraní neuronu a jeho okolí, což opět vede k otoku.

Existují ale populace, kde docházelo k adaptaci na život ve vysokých horách po mnoho generací. V minulých letech byly zaznamenány 3 příklady různých adaptací na stejné podmínky. Etiopané, žijící 70 000 let na náhorní plošině, vykazují vyšší saturaci hemoglobinu kyslíkem.

7. Jak se ale podmínkám přizpůsobily populace v Andách a v Tibetu? [2 b]

U populací v Andách se vyvinul širší hrudník (tzv. barrel chest), čímž došlo ke zvýšení kapacity plic. Lidé v Tibetu zase rychleji dýchají (více ventilují) a také tvoří více oxidu dusnatého, který dilatuje cévy a pomáhá tak lépe zásobovat tkáň kyslíkem.

Na nižší množství kyslíku jsme tedy schopni se dlouhodobě adaptovat. Na jeho úplnou absenci nikoli.

8. Jaký je současný rekord v disciplíně statická apnea? Rozlište čas s použitím kyslíku a bez něj. [0,5 b]

Rekordy v této disciplíně zaznamenává organizace AIDA (*International Association for the Development of Apnea*). Dle ní, drží rekord bez použití kyslíku Francouz Stephane Mifsud (2009), který vydržel se zadržným dechem 11 min a 35 vteřin. Při intenzivním nadýchání kyslíkem před výkonem se rekord posouvá až na 24 min a 11 vteřin (chorvatský rekordman Budimir Šobat, 2018). Nejedná se ovšem už o oficiální disciplínu dle AIDA a tyto rekordy zaznamenává Guinnessova kniha.

Přežití v extrémních podmínkách závisí také na okolní teplotě.

9. Přiřaďte, co se stane, pokud vaše tělesná teplota klesne na: [1 b]

1) 35 °C a níže	A) ztráta vědomí
2) 33 °C a níže	B) silná až smrtelná hypotermie
3) 28 °C a níže	C) amnézie
4) 21 °C a níže	D) hypotermie, snížená funkce vitálních orgánů jako je mozek či srdce

1D, 2C, 3A, 4B

V květnu roku 1999 se v nemocnici Tromsø stal v podstatě [zázrak](#). Tým lékařů dokázal zachránit silně podchlazenou lyžařku, která spadla do ledové vody. Než se jí podařilo z vody vyprostit, strávila v ní 80 minut pod ledem. Díky vzduchové bublině byla schopna prvních několik minut zůstat při vědomí, ale později ztratila vědomí úplně, přestala dýchat a její srdce se zastavilo. Její tělesná teplota v tu chvíli klesla na 13,7 °C. Po leteckém převozu do nemocnice trvalo 9 hodin, než její srdce začalo opět tlouct. Dalších deset dní nato se probírala, ochrnutá od krku dolů, ale živá. Po několika měsících rekonvalescence se zcela zotavila. Ta žena se jmenuje Anna Bågenholm a za svůj život vděčí lékařům, kteří si uvědomili, že ji musí *rozmrázit* velmi pomalu. Zahřívali krev mimo její tělo a vraceli ji zpět do jejího oběhu. Připojili ji na umělé dýchání i umělý krevní oběh, aby zajistili prokrvení tkání, ale hlavně mozku. A jak je možné, že Anna to celé přežila téměř bez následků? Ve studené vodě došlo ke zpomalení jejího metabolismu. K nevratnému poškození mozku dochází zhruba po 20 minutách bez zásobení kyslíkem. Za normální teploty je náš metabolismus mnohem rychlejší a stejně tak smrt pak může působit jako okamžik. Při takto extrémním podchlazení a zpomalení metabolismu se smrt jeví spíš jako

proces postupného odumírání. Zachraňující doktor Gilbert tenkrát řekl: “We will not declare her dead until she is warm and dead.”

Teplota, ve které jsme schopni krátkodobě nebo dlouhodobě přežít, se také hodně liší dle vlhkosti.

Vlhkost	Krátkodobě	Dlouhodobě
velmi suchý vzduch	120 °C i více	70 °C i více při zajištění přístupu ke studené vodě
tropický prales	60 °C i více	47 °C
nasycený vzduch	48 °C	35 °C
voda (koupel, lázeň)	46 °C	41 °C

10. Vysvětlete proč. Náповěda: tato otázka napadla autorku úlohy při pobytu v extrémním prostředí v centru Brna - a totiž v sauně. [1 b]

Za vlhka se nemůžeme ochlazovat odpařováním potu.

A když už jsme u té vlhkosti a o životadárné vodě pojednává celá jedna úloha v této sadě, pojďme se na ni podívat blíže. V průměru jsme tvořeni z 60 % vodou. (Někteří tvrdí, že lidské tělo je jen velký zásobník vody se spoustou bakterií). Obsah vody ve tkáních není ale všude stejný.

11. Seřaď lidské tkáně/orgány dle obsahu vody “od nejvodnatější po nejsušší”. [0,5 b]
Oko > plíce ≥ srdce > kůže > kost

12. Co se děje při dehydrataci? Popište postupné příznaky, popište roli ledvin, mozku, kůže, jazyka a projevy dehydratace na těchto orgánech. [4 b]

Při nedostatečném příjmu tekutin/nebo jejich zvýšenému vylučování dochází ke snížení objemu cirkulujících tekutin. Tělo to kompenzuje centralizací krevního oběhu, aby nedošlo k poklesu tlaku krve. V důsledku stahování cév na perifériích kůže bledne. Její nižší prokrvení může vést k nedostatečnému pocení a tedy ke zvýšení tělesné teploty. Vysychání sliznic a snížená tvorba slin se projeví pocitem sucha v ústech a na jazyku, který je povleklý. Při úbytku vody dochází ke změnám osmomolarity a mění se velikost buněk. Významné je to hlavně u nervových buněk, jejichž poškození může vést k malátnosti, křečím, bolestem hlavy. Snížený objem cirkulujících tekutin může vést od bolesti hlavy až k hypovolemickému šoku či kómatu.

Nedostatek vody se projeví i na ledvinách, které snižují svou činnost. Je tak produkováno méně moči. Může také docházet k zácpě a vzniku suché stolice.

Extrémní podmínky, co se týče nedostatku vody, musel vydržet jeden vězeň náhodou zapomenutý v cele.

13. Jak dlouho a díky čemu přežil? [0,5 b]

Jmenoval se Andreas Mihavecz, žil v Rakousku a bylo mu pouhých 18 let. Po zatčení na něj policisté jaksi zapomněli a on musel v cele strávit celých 18 dní, bez jídla a bez vody. Silně dehydratován, ale přežil. Pomohlo mu i to, že ze stěny olizoval vlhkost. Psal se rok 1979.

Ačkoli je planeta nehostinná, žijeme si v přepychu. Přejídáme se a tloustneme. Jsou ale lidé, kteří se rozhodnou nejíst. Např. jeden irský dramatik a politik, Terence MacSwine, vydržel nejíst 74 dní na protest proti svému zatčení. A i když takto drží rekord nejdelší hladovky, po 74 dnech zemřel (r. 1920). Za to takový Agnus Barbieri, který nejedl neuvěřitelných 382 dní (1965 - 1966), svůj půst přežil a dokonce se těšil ze života ještě dalších 24 let. Během půstu, pro který se rozhodl, aby zhubnul, byl však pod pravidelným lékařským dohledem a byly mu podávány např. vitamíny a ionty.

14. Popiš, co se s Agnusovým tělem asi dělo, když hladověl. Jaké živiny a po jak dlouhé době od posledního jídla se začaly vstřebávat? Kterými orgány byly spotřebovávány? [2 b]

Přebytečná energie získaná z potravy je uložena ve formě glykogenu v játrech. Tyto zásoby nám vystačí ale pouze pár hodin od posledního jídla (glykogen je uložen také ve svalch, ale odtud se nemůže vstřebat do krve a slouží jako zdroj energie výhradně pro svaly). Doba, kdy dojde ke spotřebování jaterního glykogenu, závisí samozřejmě na výdeji energie. Cyklisté jsou schopni jej spálit za 2 hodiny intenzivní jízdy, v klidu nám tyto zásoby vydrží 12 až 24h (rozmezí intervalu se může individuálně výrazně lišit, berte jej pouze orientačně). Pokud se ovšem rozhodneme nejíst vůbec, po 2 dnech půstu se dostaneme do stavu ketózy - tělo začne využívat energii uloženou v tukách. A pak, nemáme-li dostatek energie, tělo začne rozkládat proteiny, aby si vytvořilo palivo (glukózu) procesem glukoneogeneze.

Energie je využita hlavně životně důležitými orgány - mozkiem, srdcem, plícemi. Zajímavý experiment popisuje toto video [fasting vs eating less](#).



15. Poslední otázka k zamyšlení: Díky jaké adaptaci bychom mohli žít na Marsu? Jaký adaptační mechanismus lidstvu pomáhá překonávat překážky v tak extrémním prostředí jako je vesmír? A myslíš, že bychom po několika generacích života na Marsu vypadali jinak? [1 b]



Mluvím o lidech velmi vlastní a cenné adaptaci: o **technologiích**. Díky nim úspěšně přežíváme ve velmi extrémních podmínkách. A jak bychom vypadali na Marsu? Díky působení nižší gravitace bychom byli vyšší. Zároveň bychom měli řidší kosti. Kvůli absenci ozónové vrstvy a magnetosféry bychom byli vystaveni silnému UV a ionizujícímu záření. Pokud bychom se nechránili, docházelo by k častému poškození DNA, kůže apod. Rozdílná rychlost otáčení planety by také změnila naše cirkadiánní rytmy. Jeden den na Marsu trvá 24h a 37 minut (je cca o 3% delší). Významnější rozdíl je pak v délce ročních období, kdy léto či zima trvají na rudé planetě téměř dva roky. Izolace a pobyt v uzavřeném prostředí by také ovlivnily psychiku a naše chování.

David Zimčík, Tomáš Kotačka

3. Dihydrogen monooxid

20 bodů

Modrá planeta, tak jí říkáme. A to právě kvůli té maličké molekule vodík – kyslík – vodík. Nezměrná množství těchto molekul jsou nahromaděna v oceánech, mořích, jezerech, řekách i potocích, vázaná v minerálech nebo v organismech. Jedna z nejmocnějších sil matky přírody. Prostředí, kde se rozmnožily sinice, jež daly vzniknout atmosféře naprosto toxické pro tehdejší vládce, anaerobní organismy. Přesto i ty ji potřebovaly. Stojí u zrodu všech živých organismů. Proto není divu, že při hledání života ve vesmíru pátráme nejprve po naší anorganické, přesto životadárné molekule. Od člověka, jenž se nachází po 9 měsíců v *liquor amnii*, až po semena rostlin, u nichž se právě hydrolyticky spouští kaskáda reakcí vedoucí ke klíčení. Naše civilizace začaly vznikat právě v povodí veletoků, a proto není divu, že průmysl a využití této divoké, avšak překrásné síly jde ruku v ruce s naším rozkvětem. Jsme jí tvořeni, používáme ji denně, a to desítkami různými způsoby. Pití, čisticí, součást stavebních látek, výroba elektřiny, cesta pro dopravu i balzám pro oči v podobě tůně v japonské zahradě.

Předpokládám, že je ti již jasné, o čem bude tato úloha. Pokud máš tip, že o vodě, tak je naprosto správný. Ještě ti to více specifikujeme, bude to o využití vody a jejím zpracování pro naše každodenní potřeby.

Pro příjemnější práci s touto úlohou doporučuji k poslechu Modlitbu za vodu: Voda má – Hradišťan

<https://www.youtube.com/watch?v=yhbotOIZrAg>

Superschopnosti vody

Lehce můžeme nabýt pocitu, že jsou nám vlastnosti vody zcela známé, neboť se s ní setkáváme každodenně. Je však dobré si uvědomit, že voda se velmi liší od jí podobných kapalin. Proč tomu tak je? Voda obsahuje specifický typ vazeb, jenž jí dává právě tyto odlišné vlastnosti. Jsou tak důležité, že bez nich by voda ztratila drtivou většinu svých životadárných schopností.

1. Jak se jmenuje tento typ vazeb a kde by nastaly zásadní problémy? Které vlastnosti vody by se změnily? Alespoň 4 jevy a krátké zdůvodnění (cca 2 až 3 věty). [1 b]

Typem vazby je **vodíkový můstek**, poměrně slabá interakce mezi vodíkem a jedním z heteroatomů F, O, N. V případě vody se jedná o interakci H - - O. Zvyšuje intermolekulární přitažlivé síly.

Díky vodíkovým vazbám dochází u vody ke zvýšení bodu varu na 100 °C (pro srovnání Sulfan bez H-vazeb má bod varu cca při -60 °C). A vlastně díky H-můstku je za normální teploty kapalná, nikoli plynná.

Zvýšení tepelné kapacity (litr oleje se ohřívá kratší dobu než litr vody).

Také dochází ke zvýšení viskosity. Viskozita je míra odporu kapaliny proti pohybu (vrstev kapaliny proti sobě). Med je viskózní, tedy naléván z nádoby teče pomalu. Pod vyšším tlakem se viskozita normálních kapalin zvyšuje, neboť molekuly jsou

natlačeny blíže k sobě a při pohybu si více překážejí. Viskozita vody (za teplot pod 30 °C) při zvýšení tlaku klesá.

U vody je známá anomálie, že při tuhnutí zvětšuje svůj objem, k čemuž opět dochází díky vodíkovým vazbám. Hustota vody je větší než hustota ledu (cca 12:11). U vody je však poměr hustot poměrně velký. Tato vlastnost má několik důsledků, z nichž některé znáte: dáte-li do mrazáku pivo a zapomenete na ně, láhev praskne. Tlak za teploty -22 °C může dosáhnout až 210 MPa (2000 atmosfér), což s přehledem roztrhne ocelový granát.

Ochlazujeme-li horkou vodu, zmenšuje objem (jinými slovy zvyšuje se hustota). Toto je zcela normální chování, lihový teploměr je příkladem, že se kapaliny při zahřívání roztahují. Ale pokračujeme-li v chlazení pod 4 °C, začne se voda opět roztahovat – jako by se studená voda chystala na zmrznutí na led (o větším objemu). Díky tomu zůstává studená voda nahoře, vodní plocha tedy zamrzá odshora a umožňuje vodním organismům přežít.

Rozpad DNA - mezi jednotlivými bázemi se nachází vodíkové můstky (mezi A a T tři, mezi C a G dva) Přestože to nejsou jediné síly stabilizující molekulu DNA, hrají v její stabilitě důležitou roli. Jen těžko si dokážeme představit stabilní dvoušroubovici bez H-můstků.

Rozpad proteinů – proteiny jsou opravdu velké molekuly a jejich funkce se odvíjí právě od jejich uspořádání, které opět významně ovlivňují mnohé nekovalentní interakce s významnou rolí H můstků.

Funkce některých léčiv, protilátek – opět pro vhodné navázání na molekulu či patogen sehrávají často vodíkové vazby. Občas je potřeba léčivo navázat jen dočasně a na nějakou dobu inhibovat nebo aktivovat daný systém. Tuto reverzibilitu splňují právě vodíkové vazby.

Možností je mnohem více, tohle je jen základní přehled. Uznávat budu i další odpovědi, pokud budou pravdivé.

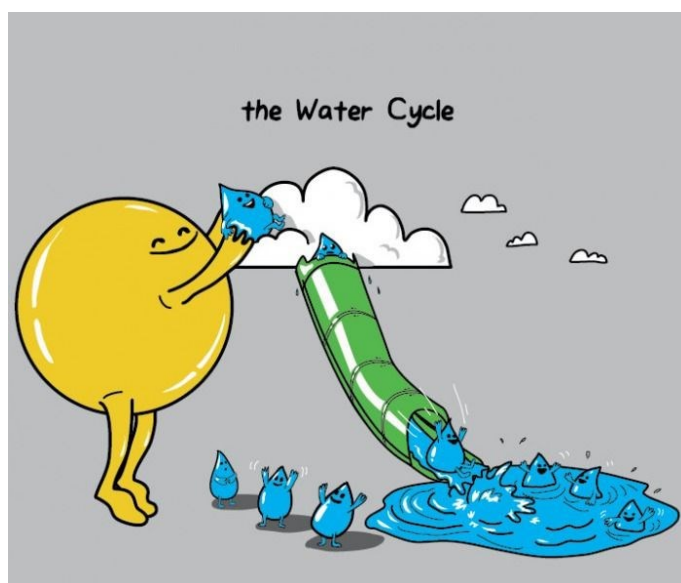
Koloběh vody

Téma pohybu vody začíná být dnes vcelku diskutované. I když možná ani ne tak kolování jak její zadržení v krajině. Věříme, že koloběh vody je naprosto familiární věcí pro každého. Ale i tak ho krátce projdeme. To nám může pomoci si uvědomit, kolik vody vlastně k dispozici máme. Velmi zjednodušeně dojde k odpaření vody především z půdy a oceánů díky energii dodané slunečním zářením. Odpařená voda stoupá, a tím dochází k ochlazení a tvorbě mračen. A opět padá zpět k zemi ve formě nejrůznějších srážek.

2. Jak se nazývají mračna a jaký typ srážek z nich padá k zemi? V jakých výškách se tato mračna nachází? Uveď nejméně 6 druhů. (latinský název, typ srážek, rozmezí, kde se tato mračna pohybují v atmosféře v km nad zemí) [1 b]



Encyclopædia Britannica, Inc.



Cirrus - velmi málo stíní slunci - tvořen ledovými krystalky, **bez srážek**; 8-13 km

Cirrocumulus –rozsáhlejší, přesto nevytváří pozorovatelný stín, tvořen ledovými krystalky, **bez srážek**; 7-9 km

Cirrostratus – citelně stíní slunečnímu svitu, **bez srážek** (mívá na svědomí halové jevy); 5 – 8 km

Alto cumulus – bílé až tmavošedé kupy, **bez srážek** (mívá na svědomí halové jevy); 2 – 7 km

Altostratus – světle šedá mračna, slunce je téměř neprosvítí, tvořen kapkami i krystalky, **srážky se mohou tvořit ve formě slabého deště nebo sněžení**; 2 - 6 km

Nimbostratus – tmavošedá mračna, tvořena převážně vodními kapkami a méně ledovými krystalky, **dlouhé deště**; 0,5 km – 6 km

Status a Stratocumulus – šedá mračna, tvořena výhradně vodními kapkami, **zodpovědná za drobná mrholení**; 0,5 – 2 km

Cumulus – hustý vinutý mrak tvořený izolovanými kapkami, **zodpovědný za přivalové srážky v teplých obdobích roku**, vzestupné proudy tohoto mraku vyvolávají turbulence při letech letadel; 0,5 – 3 km

Cumulonimbus – vertikální mrak, spojován s bouřkami a tornády, vrcholy dosahují až stratosféry, vytváří silné deště, husté sněžení i kroupy, blesky; 0,5 – 15 km, často vertikálně několik km dlouhý

Srážky jsou zachyceny buď rozlehlou vodní hladinou, nebo půdou. Tam je využijí organismy. Voda je buď dlouhodobě uložena, nebo je vrácena do oběhu a putuje do potoků, řek a opět svedena do oceánů.

3. Vypočítej, kolik vody každý den přibude na Zemi. Počítej se zaokrouhlením na kubické metry. Výsledek uveď v %, a to za předpokladu, že 71 % plochy planety je nyní voda a objem činí 1,3 zettalitrů. Ke svému výsledku přidej krátké odůvodnění, popřípadě svůj postup výpočtu. [1 b]

Výsledkem je číslo blízke 0 %, neboť voda i při přeměně na mračna, nebo při tání ledu, zůstává stále vodou. Dochází pouze ke změně skupenství, nikoliv ke změně jaderné struktury/interakce jader. Pokud se Země nesrazí s nějakou kometou, je nepravděpodobné, že by došlo k výraznému nárůstu vody na planetě. Samozřejmě voda vzniká při nejrůznějších biochemických i chemických reakcích, ale často je to tak, že právě když je jedna molekula štěpena, jiná molekula vody je sloučena v organismu či reakci. Proto je přírůstek/úbytek zanedbatelný. Vysychání či zaplavování oblastí, tak souvisí pouze a jen s přeskupováním a přemísťováním vody. Přestože se nám může zdát, že voda v některých oblastech zmizela, je potřeba vzít v potaz, že se ráda váže do nejrůznějších hornin nebo vytváří podzemní rezervoáry.

Voda v nás

Voda je pro nás naprosto esenciální. Na rozdíl od potravy, bez které vydržíme i 40 dní, bez vody umíráme již po několika dnech (proč se tak děje jste zjistili v předchozí úloze). A i jediný den bez vody nás výrazně ovlivní na náladě, morálce i fyzické zdatnosti. Množství vody v člověku v průběhu života kolísá. U novorozenců je to až 70 %, kdežto u starých lidí je to procent 50. Vodu v našem těle dělíme na extracelulární (tkáňový mok) a intracelulární. Extracelulární tekutina je obsažena jednak v mezibuněčných prostorech tzv. intersticiu, a také v tělesných strukturách k tomu speciálně určených. Například v krevní oběhové soustavě, gastrointestinálním traktu, močových cestách a dalších prostorech. Intracelulární tekutina je uložena uvnitř buněk jako součást cytosolu. Množství této tekutiny je přímo úměrné množství kosterního svalstva.

Voda působí jako transportní prostředí pro živiny, elektrolyty, hormony, krevní plyny, odpadní látky a elektrické proudy. Dále slouží jako rozpouštědlo a vhodné prostředí pro chemické reakce probíhající v organismu. Samozřejmě zvlhčuje a chrání sliznici, udržuje pružnost a odolnost kůže a v neposlední řadě udržuje stálost vnitřního prostředí – homeostázu. Vodu z těla dostáváme mnoha způsoby. Dýcháním, pocením, pláčem ale především ve formě moči. Voda se z našeho organismu dostává skrz skvělý filtrační systém, který nazýváme ledviny. Během jedné minuty proteče ledvinami kolem 1 200 ml krve, což představuje 660 ml plazmy.

Ročník 4 Sada 1 12 Do glomerulárního filtrátu je převedeno 128 ml plazmy za minutu a až 180 l za 24 hodin. Toto množství ultrafiltrátu je přeměněno ledvinami na 1 až 1,5 l definitivní moči – zbytek je navrácen do oběhu.

Neustále opakujeme, jak je voda důležitá a že její životadárné vlastnosti jsou skvělé. Ale jako se vším, i voda může být nebezpečná. Nemluvím o utonutí ani o podchlazení. Voda může být nebezpečná, i pokud ji pijeme a neznáme míru. V takovém případě se z nás stane zjednodušeně řečeno průtokový ohříváč. Ledviny jsou nuceny pracovat pod velkou zátěží, což může vést k jejich selhání. Je zaznamenáno několik smrtí způsobených nadměrnou konzumací vody, a to jak u dětí, tak u dospělých. Dokonce u vojáků či maratonců. Množství vody se pohybovalo mezi 10 – 20 l vody za několik málo hodin. (Pozn. u destilované vody by stačilo menší množství blíží se k 10 l.)

4. Co takové množství vody způsobí v těle, že dojde k jeho poškození či dokonce smrti? Přestože se může zdát, že v úvodu odpověď již zazněla, tak se neptáme na selhání ledvin. Popiš obšírněji, co je příčinou smrti v konečném důsledku. [2 b]

Ačkoliv je voda pro život nezbytná, při otravě touto tekutinou se objeví hyponatremie, čili poklesne koncentrace sodíku v krvi, což vede k narušení osmotické rovnováhy v organismu. Kritickou dávkou (LD50) je pro 75kg člověka 6-7 litrů vody: při této dávce dojde ke smrti u poloviny testovaných subjektů. Jako příznaky otravy vodu pozorujeme bolesti hlavy, únavu, pocení, zvracení, strnulost, křeče, desorientaci. Ledviny samozřejmě nezvládnou odfiltrovat dostatek vody, což vede k velkému naředění krve. Buňky se tento stav snaží vyrovnat svými ionty, bohužel výměnou za ně přijmou vodu a po jisté době dochází k otoku. U některých buněk i k prasknutí (lýze buňky). Pokud začnou otékat i buňky v mozku, dostala se otrava do své smrtelné fáze.

„Rychlá a těžká hyponatremie způsobuje, že voda vstupuje do buněk mozku a to vede k otoku mozku, čehož výsledkem jsou záchvaty, kóma, ztížené dýchání, herniace (*vysunutí mimo původní prostor*) mozkového kmene a smrt.“ *

*Amin Arnaout vedoucí nefrologického oddělení Massachusettské všeobecné nemocnice.

Mikroorganismy

Když už jsme u toho pití vody, pojďme se na ni podívat trochu víc zblízka. Voda není zcela homogenní. Obsahuje toho spoustu a často to v ní taky pěkně žije. A to teď nemluvíme o oceánu, ale třeba o studánce v lese nebo studni na vaší zahradě či o vodě ve vodovodním kohoutku. Na první pohled je zcela průzračná, ale pod objektivem mikroskopu vyjeví svou rozmanitost. Bude řeč o mikroorganismech nacházejících se ve vodě.

Mikroorganismy můžeme pozorovat díky optickým mikroskopům. Poprvé se na ně v 17. století podíval Antoni van Leeuwenhoek, a to mikroskopem, který si sám vyrobil. Tenkrát pozoroval nějaké tyčky, které se třepaly a shlukovaly. Rozhodně objevil a pohlédl na prostor, který je lidskému oku běžně skryt. Od té doby se na mikroorganismy zaměřila velká pozornost

a přirozeně vzešla i potřeba je začít třdit a dělit do kategorií. A tím se dostáváme právě k jednomu způsobu klasifikace bakterií, a to jsou grampozitivní a gramnegativní bakterie.

5. Popiš postup při Gramově barvení. Jaké barvy budou mít G+ a G- mikroorganismy při použití klasických látek? [1 b]

1. Vezměte podložní mikroskopické sklíčko a pomocí kličky na něj rozetřete malé množství bakteriální suspenze narostlé na agarové misce.
2. Kulturu vysušte nad plamenem a pak fixujte protažením v plameni.
3. Na fixovaný preparát kápněte kapku krystalové violeti, nechte působit cca 15-20 sekund a přebytečné barvivo slijte.
4. Přikápněte kapku Lugolova roztoku, nechte působit 15-20 sekund a přebytečné barvivo slijte.
5. Opláchněte barvivo etanolem a hned poté vodou. Přebytečnou vodu odcákněte.
6. Kápněte na vzorek roztok safraninu a nechte působit cca 1 minutu.
7. Opláchněte sklíčko vodou a vysušte nad kahanem.
8. Kápněte na obarvený preparát malou kapičku imerzního oleje a pozorujte při zvětšení 10x100.

Gramovo barvení vyžaduje poměrně přesnou práci a na první pokus se obvykle nepovede. V takovém případě nezoufejte a zkuste to znovu. Nejčastější problémy bývají způsobené příliš hustou kulturou bakterií, příliš dlouhou fixací v plameni a příliš dlouhým odbarvováním etanolem.

G+ budou zbarveny tmavě fialově

G- budou zbarveny červeně

G0 se nezbarví vůbec

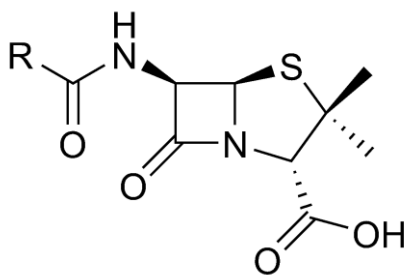
Důvod rozdílného obarvení leží v rozlišném složení buněčné membrány. Gramnegativní buňky mají buněčnou stěnu složenou z vnější lipopolysacharidové membrány a vnitřní relativně tenké peptidoglykanové vrstvy (zhruba 5 až 10 % buněčné stěny) obsahující kyselinu muramovou.

Spojení mezi peptidoglykanem a vnější membránou zajišťují lipoproteiny. Lipopolysacharidy jsou složeny z lipidu A, jaderného (též základního, dřevňového) polysacharidu a O-antigeny (též O-řetězec). Vnější membrána slouží jako ochranná bariéra před vnějším prostředím, brání prostupu látek nebo postup alespoň zpomaluje (žlučové soli, antibiotika, jedy, atd.).

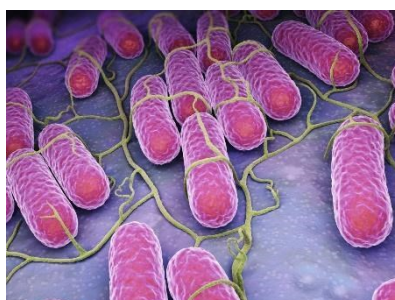
V buněčné stěně grampozitivního typu chybí vnější membrána a peptidoglykanová vrstva je poměrně tlustá. Někteří zástupci mohou mít jako složku buněčné stěny kyselinu teichoovou, lipoteichoovou nebo neutrální polysacharidy, u několika zástupců jsou ve stěně přítomny mykolové kyseliny.

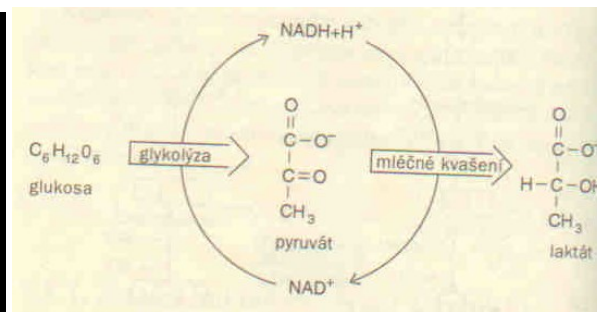
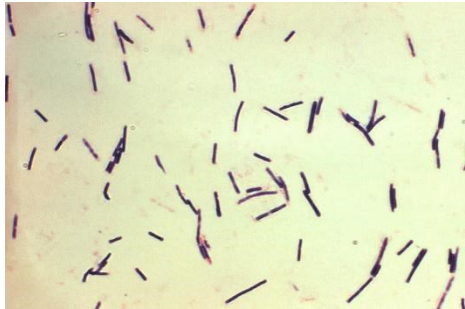
Zvláštní skupinou jsou bakterie bez buněčné stěny, tzv. mykoplazmata, které nejsou schopny syntetizovat prekurzory peptidoglykanu. Buňky jsou obklopeny pouze cytoplazmatickou membránou.

6. Poznej organismus podle obrázků. Pojmenuj ho nebo jej taxonomicky zařad', jak nejlépe dokážeš. Zjisti, zdali je G+ či G-. Napiš, jaký má tvar a zdali je pro člověka patogenní, popřípadě co by mu mohl způsobit. Jsou to organismy často se vyskytující ve vodě, ne vždy ale v té pitné. Dva obrázky vedle sebe jsou nápověda k jednomu organismu. [4 b]



Nepůsobí





Skvělá taxonomická mapa <http://lifemap-ncbi.univ-lyon1.fr/>

Jak jdou obrázky po sobě, tak jsou seřazeny odpovědi.

Doména: *Bacteria*

Kmen: *Proteobacteria*

Řád: *Gammaproteobacteria*

Třída: *Pseudomonadales*

Čeleď: *Pseudomonadaceae*

Rod: *Pseudomonas*

Druh: *Pseudomonas aeruginosa* (z obrázku nepoznáme konkrétní druh)

Pseudomonas je G- tyčinkovitá bakterie. Bakterie jsou patogenní, ale významným problémem jsou i produkty jejich metabolismu. Způsobuje spoustu chorob **záněty průdušek, zánět plic, zánět poranění ad.**

Nápořkou jsou krásně červeně zbarvené tyčinky a penicilin jako představitel ATB, neboť u této bakterie je dlouho řešený problém s multirezistencí vůči ATB.

Doména: *Bacteria*

Kmen: *Proteobacteria*

Třída: *Gammaproteobacteria*

Řád: *Enterobacterales*

Čeleď: *Enterobacteriaceae*

Rod: *Escherichia*

Druh: *Escherichia coli*

Escherichia coli je **G-**, má **tyčinkovitý tvar** a vyskytuje se nejčastěji osamocená nebo v páru. Pro člověka je velmi spřátelenou bakterií a pokud se nachází v tlustém střevě, tak nám pomáhá syntetizovat některé vitamíny (B12, K1, K2 ...). Pokud se však *E. coli* dostane do tenkého střeva, může způsobit celou **řadu průjmových onemocnění**.

Nápověda: *E. coli* je snad nejznámější bakterií na světě. Charakteristický tvar tyčinky s bičíky. Je probádaná ze všech možných úhlů a způsobu. Stejně jako u laboratorní myši je modelovým organismem.

Doména: *Bacteria*

Kmen: *Proteobacteria*

Řád: *Gammaproteobacteria*

Třída: *Enterobacteriales*

Čeleď: *Enterobacteriaceae*

Rod: *Salmonella*

Druh: *Salmonella enterica* (z obrázku nepoznáme konkrétní druh)

Salmonella je **G-** tyčinkovitá bakterie. Je **patogenní** pro člověka a způsobuje **břišní tyfus, salmonelózy**.

Nápovědou je obrázek samotné bakterie a druhou nápovědou je vejce. *Salmonella* se nejčastěji nachází na skořápce vejce, ale při omývání vejce se může dostat i do vaječného obsahu. Dalšími zdroji může být povrchová voda (řeky), mléko, maso.

Doména: *Bacteria*

Kmen: *Firmicutes*

Řád: *Clostridia*

Třída: *Clostridiales*

Čeleď: *Clostridiaceae*

Rod: *Clostridium*

Druh: *Clostridium perfringens* (z obrázku nepoznáme konkrétní druh)

Clostridium perfringens je G⁺ tyčinkovitá bakterie. Pro člověka je patogenní. Způsobuje plynatou sněť, koliku, vodnatý průjem, enteritidu, enterotoxikémii, infekci měkkých tkání, infekci ran.

Nápořádou jsou krásně tmavě fialově zbarvené tyčinky a průjem.

Doména: *Bakterie*

Kmen: *Firmicutes*

Řád: *Bacilli*

Třída: *Lactobacillales*

Čeleď: *Enterococcaceae*

Rod: *Enterococcus*

Druh: *Enterococcus faecalis* (z obrázku nelze přesný druh určit)

Enterokoky jsou G⁺, z názvu můžeme slyšet tvar koku a nejčastěji se vyskytují v páru nebo řetězcích. Jsou součástí běžné střevní mikroflóry, avšak pokud se dostanou mimo střevo, působí vážné problémy: **infekce močových cest, ran, nitrobřišní záněty, endokarditida - u uživatelů injekčních drog nebo u starších osob, katetrové sepse, infekce žlučových cest, gynekologické záněty ad.**

Nápořádou je obrázek samotné bakterie a pro ně velice typické mléčné kvašení. Nápořda je velmi snadno zaměnitelná s kvasinkami. Jenomže kvasinky mají rády teplo, což znamená, že by se jim běžně ve vodě nedařilo příliš dobře.

Vodní zdroje

Teď si povězme něco o vodních zdrojích a jejich úpravě před využitím. Vodními zdroji se rozumí podzemní nebo povrchové vody. Podzemní vody představují tu část podpovrchových vod, která vyplňuje dutiny zvodněných hornin. Ne všechny podzemní vody jsou vhodné pro vodárenské účely. Pro vodárenské účely je snaha používat takovou vodu, která je svým chemickým složením blízká vyhlášce č. 252/2004 Sb., nebo která se dá běžnými úpravárenskými postupy na tuto jakost upravit. Co spadá pod povrchové vody, si nejspíš každý z nás dokáže představit; povrchové vody představují z hlediska množství hlavní část využitelných vodních zdrojů v České republice, pro představu je to ročně cca $1,6 \cdot 10^9$ m³, v případě podzemních vod to je cca $4 \cdot 10^8$ m³.

Cesta úprav k pitné vodě se liší u povrchových a podzemních vod. Povrchová voda se musí nejprve předčistit za pomoci mechanických úprav, jelikož obsahuje plovoucí látky, hrubší suspenze a látky unášené proudem vody (například písek). K tomu se využívá česle, sít, pásových filtrů a lapáků písku. Následující technologický postup úpravy povrchové vody je

určen povahou a koncentrací látek ve vodě obsažených. Rozhodujícím kritériem je hodnota $CHSK_{Mn}$.

7. Co stojí za zkratkou $CHSK_{Mn}$, o čem nám tato hodnota vypovídá? Popiš princip stanovení a uveď rovnici reakce (obecně). Jakou jinou látkou se $CHSK$ ještě stanovuje? [1 b]

Chemická spotřeba kyslíku ($CHSK$) je míra znečištění vod organickými látkami, tj. množství kyslíku potřebné na oxidaci organických látek. V metodě podle Kubbela se organické látky oxidují přebytkem $KMnO_4$. Nezredukovaný $KMnO_4$ zreaguje s přebytkem kyseliny šťavelové. Nezreagovaná kyselina šťavelová se zpětně titruje $KMnO_4$. Spotřeba při titraci udává spotřebu $KMnO_4$ na oxidaci organických látek.



Dichromanem draselným.

Po předčištění následuje čiření (koagulace), jedná se o fyzikálně chemický proces, za pomoci kterého se z vody odstraňují koloidní látky anorganické i organické povahy. Spočívá v dávkování solí železa a hliníku, které hydrolyzou poskytují hydratované oxidy železa a hliníku, na jejich povrchu pak dochází k adsorpci iontů (například iontů Fe^{3+} , Al^{3+} , SO_4^{2-} , HCO_3^- a Cl^-). Vznikají tak nabité produkty, které koagulují, eventuálně tyto produkty ještě reagují s nečistotami koloidní povahy s opačným elektrickým nábojem. Cílem čiření tedy je vytvořit takové podmínky, při kterých se nečistoty přítomné ve vodě převedou na separovatelnou formu (tzv. vločky), které už lze odstranit sedimentací nebo filtrací. Po odstranění vloček za pomoci sedimentace či filtrací se provádí hygienické zabezpečení (tento krok úpravy se samozřejmě musí provádět i u podzemních vod). Za tímto účelem se používají různé dezinfekční prostředky, které musí ve vodě zaručit trvalou bakteriologickou nezávadnost. Různé technické způsoby tedy jsou:

- Chlorace a chloraminace
Nejvíce používané pro ošetření centrálního zásobování pitné vody.

8. Kde má význam použití chloraminace místo chlorace a proč? Jakou vlastnost kromě oxidační má uvolněný aktivní chlor? V případě kterých látek obsažených ve vodě by se nemělo používat toto ošetření? [1 b]

Chloraminaci má význam používat v nádržích, které slouží pro dlouhodobější uchování pitné vody, jelikož v přítomnosti amonných iontů dochází ke vzniku chloraminů, které následně po určité době znovu hydrolyzují za uvolňování chloru, přebytek chloru lze tedy udržet dobu než u chlorace. Aktivní chlor je kromě oxidačního činidla také chlorační, to je důvod proč by se neměly používat pro úpravu vod, které obsahují fenoly či humínové látky.

- Oxidace použitím oxidu chloričitého
Použití tohoto způsobu je omezeno kvůli složitosti přípravy oxidu chloričitého.

9. Použitím oxidu chloričitého místo chlorace/chloraminace se minimalizuje vznik určitých látek, napadá vás kterých (obecný název skupiny těchto látek)? [0,5 b]

Jelikož má jen oxidující účinky, tak nedochází ke vzniku chlorovaných látek.

- Ozonizace vody

V poslední době stále častěji používanější metoda. Ozón se připravuje ze vzdušného kyslíku elektrickým výbojem při vysokém napětí. Má energeticky bohaté molekuly, může tedy docházet k rychlému rozkladu za odštěpení kyslíku, vznikající kyslík má pak značnou oxidační účinnost.

10. Jaké jsou výhody a nevýhody použití ozónu jako dezinfekčního prostředku? Při inaktivaci kterých organismů má ozonizace oproti chloraci/chloraminaci maximální účinek? [1 b]

Má značnou dezinfekční účinnost, má maximální účinek při inaktivaci virů, lze využít k odbarvování vody, k odželezování či odmanganování. Nevýhodou jsou však vysoké energetické náklady na výrobu.

- Ostatní způsoby dezinfekce

Například k dezinfekci malých zdrojů podzemní vody, jako je studna, se využívá antiseptických účinků některých těžkých kovů (solí stříbra a mědi). Dalším způsobem dezinfekce je použití ultrafialového záření.

11. Vyplňte tabulky povolených norem mikroorganismů pro dané typy vod. [3,5 b]
Zjistěte, z jakého zdroje pochází voda ve vaší domácnosti. [0,5 b]

Pitná voda

	Pitná voda	Balená voda	Pitná voda upravovaná z povrchového zdroje	Náhradní zásobování, studny
<i>Escherichia coli</i>	0 KTJ/100 ml	0 KTJ/250 ml	0 KTJ/100 ml	0 KTJ/100 ml
Koliformní bakterie	0 KTJ/100 ml		0 KTJ/100 ml	0 KTJ/100 ml
<i>Clostridium perfringens</i>			0 KTJ/100 ml	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		0 KTJ/250 ml		
Počty kolonií při 22 °C	200 KTJ/1 ml	100 KTJ/1 ml	200 KTJ/1 ml	500 KTJ/1 ml
Počty kolonií při 36 °C	20 KTJ/1 ml	20 KTJ/1 ml	20 KTJ/1 ml	100 KTJ/1 ml

Enterokoky	0 KTJ/100 ml	0 KTJ/250 ml	0 KTJ/100 ml	0 KTJ/100 ml
------------	--------------	--------------	--------------	--------------

(Jednotky KTJ/ml, KTJ= kolonie tvořící jednotky)

Povrchová voda

	Pro rozlišené úpravy na pitnou vodu			Povrchová voda	Povrchová voda na koupání	
	A1	A2	A3		Cílová hodnota	Přípustná hodnota
Koliformní bakterie	50 KTJ/100 ml	5000 KTJ/100 ml	50000 KTJ/100 ml	200 KTJ/1 ml	500 KTJ/100 ml	1000 KTJ/100 ml
Termotolerantní koliformní bakterie	20 KTJ/100 ml	2000 KTJ/100 ml	20000 KTJ/100 ml	40 KTJ/1 ml	100 KTJ/100 ml	2000 KTJ/100 ml
Enterokoky	20 KTJ/100 ml	1000 KTJ/100 ml	10000 KTJ/100 ml	20 KTJ/1 ml	100 KTJ/100 ml	400 KTJ/100 ml
Salmonely	0 KTJ/500 ml	0 KTJ/500 ml			0 KTJ/100 ml	0 KTJ/100 ml
Mikroskopický obraz (živé organismy)	50 KTJ/1 ml	3000 KTJ/1 ml	10000 KTJ/1 ml			

(Jednotky KTJ/ml, KTJ= kolonie tvořící jednotky)

Kategorie standardních metod úpravy surové vody na pitnou vodu

A1 – Jednoduchá fyzikální úprava a dezinfekce

A2 – Běžná fyzikální úprava, chemická úprava a dezinfekce

A3 – Intenzivní fyzikální a chemická úprava, rozšířená úprava a dezinfekce

12. Co vlastně znamená jednotka KTJ/ml a jak se mikrobiální znečištění stanovuje – vysvětlíte princip metody a popište jednotku. [1,5 b]

KTJ znamená kolonie tvořící jednotky, tedy udává počet života schopných buněk. Při rozboru vody nelze stanovit všechny přítomné mikroorganismy z důvodu časové a materiálové náročnosti. Proto se pro zjištění výskytu z hygienického hlediska závadných bakterií využívá stanovení indikátorových skupin bakterií, které se stanovují na selektivních kultivačních médiích. Pitná voda nesmí obsahovat fekální koliformní bakterie a intestinální enterokoky. Mezi selektivní kultivační média spadá:

- Endo agar – obsahuje bazický fuchsin, který eliminuje růst grampozitivních bakterií, a s laktózou jako zdrojem uhlíku, právě štěpení laktózy je typické pro fermentující koliformní bakterie. Indikátorem proběhlé reakce štěpení substrátu laktózy je Schiffovo reagens, které indikuje acetaldehydy. Kultivace probíhá při 37 °C, důkaz je nárůst tmavorudých kolonií.
- Agar mFC – jedná se o další typ kultivačního media pro důkaz koliformních bakterií, opět obsahuje laktózu. Rozdíl je v selektivním činidlu pro grampozitivní bakterie, kdy u mFC agaru se používají žlučové soli. Médium obsahuje anilínovou modř, která zbarví vzniklé kolonie do modra. Kultivace probíhá při 44 °C.
- Slanetz-Bartley agar – využívá se pro stanovení enterokoků. Médium obsahuje trifenylnitroimidazolium chlorid, který enterokoky redukuje na červený formazan, vznikají tedy červeně zbarvené kolonie. Kultivuje se při 44 °C, kdybychom kultivovali jen při 37 °C, mohly by nám vyrůst i streptokoky.
- TYEA agar – obsahuje trypton, kvasničný extrakt a agar. Je to univerzální půda, která slouží pro stanovení celkového počtu mikroorganismů. Kultivuje se při dvou různých teplotách. Při 22 °C pro psychrofilní a při 37 °C pro mezofilní mikroorganismy.

Ne všechny mikroorganismy nám jsou na škodu, některé díky svým speciálním vlastnostem můžeme využít. Jako například při odstraňování dusičnanů, pro které je možné použít vícero metod, ale jednou z nich je právě využití denitrifikačních mikroorganismů, kdy využívají při nedostatku kyslíku ve vodě jako akceptor elektronů dusičnanový dusík. Tímto procesem disimilační redukce jsou dusičnany postupně zredukovány až na molekulární dusík. Lze použít jak autotrofní, tak heterotrofní denitrifikaci, obě varianty mají své nevýhody a výhody. Heterotrofní denitrifikace však probíhá vyšší rychlostí než denitrifikace autotrofní. Z vody se pak tyto mikroorganismy samozřejmě musí odstranit.



13. Při heterotrofní denitrifikaci je nezbytná přítomnost exogenního substrátu, kterým může být například metanol, etanol, kyselina octová či glukóza. Pro vodárenské účely se však doporučuje používat etanol. Když víte tuto informaci, pokuste se napsat rovnici redukce dusičnanu na dusík. [1 b]



PharmDr. Piia Kokkonen, PhD.

Doktorka Kokkonen je tváří moderní vědy hned v několika ohledech. Prvním z nich je prolínání mnoha oborů v její práci. Vystudovala farmacii na University of Eastern Finland a již při tomto studiu začala pronikat do dalších oborů, které dávají farmaceutickému výzkumu úplně nový náboj, a to je výpočetní chemie a molekulové modelování.

Ve svém doktorském studiu se věnovala výzkumu sirtuinů - zvláštních proteinů regulujících rozmanité buněčné pochody. Právě cílení léčiv na sirtuiny by mohlo pomoci při léčbě neurodegenerativních onemocnění jako třeba Alzheimerova choroba, nebo také k léčbě rakoviny. Právě prolnutí oborů farmacie a informatiky umožňuje Piie otestovat tisíce nových léčiv za pomoci superpočítačů.

Jako spousta moderních vědkyň a vědců dneška Piia jezdí po světě a její cesty se ubraly právě do Brna, kde působí v [Loschmidtových laboratořích](#) na Masarykově univerzitě. Je držitelkou velmi prestižního grantu [Marie Curie-Sklodowská Actions](#) ve kterém studuje to, jak na molekulární úrovni fungují enzymy - bílkoviny které v našem těle uskutečňují chemické reakce. Ve své práci používá hlavně pokročilé metody molekulových dynamik, ve kterých do určité míry překračuje fyzikální zákony, aby mohla lépe vysvětlit, jak enzymy pracují v čase. O jejím výzkumu se můžete [dočíst i v češtině](#) díky článku, na kterém spolupracovala, a vyšel v prestižním časopise Journal of the American Chemical Society.



Chemie lásky

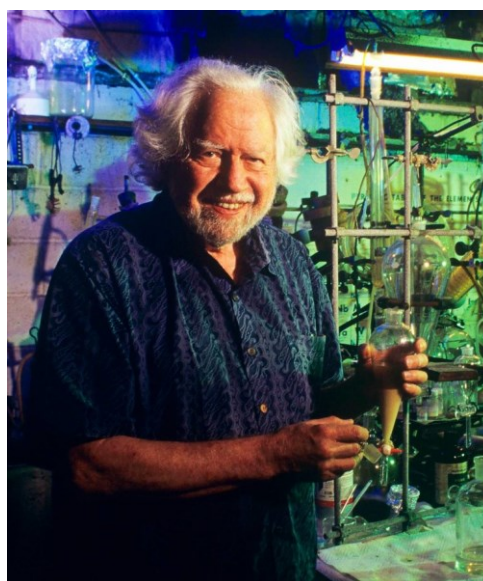
**“Mlčící hájemství
prvků mých
prvků tvých
Nezměrná tajemství
sloučení leží v nás**

**Vesmír cév
vzlínavých
vesmír můj, vesmír tvůj
Pod kůží připraví
zrození pro svůj čas”**

Blue Effect: Nová syntéza 2

http://youtube.com/watch?v=6c3_TAz1T4

při řešení této úlohy poslouchej!



Odkud ale do této záhadné řeky života vstoupíme, když její začátek je víc než čtyři miliardy let před námi? Co začít citem, který nás k počtí dalšího života vede? Silou, která lidskému a jiným druhům velí se milovat, množit, a naplnit Zemi! Láskou!

Tím, jak v lidském těle a hlavně v mozku láska funguje, se věnoval Alexander "Saša" Shulgin (na obrázku). Studium chemie nedokončil a začal sloužit jako mariňák v Americkém námořnictvu, a to v době druhé světové války. Jak to v životě bývá, Shulgin přišel k infekci palce, kvůli které musel na marodku. Po vypití pomerančového džusu od zdravotní sestry viděl na dně sklenice bílou sedimentu, o které předpokládal, že je to sedativum, kterého v džusu muselo být hodně, když se nerozpustilo všechno. Okamžitě usnul. Po probuzení se dozvěděl, že se jednalo pouze o cukr (tehdy se nedoslazovaly pomerančové džusy!) a uvědomil si, jak velkou moc má mysl nad jeho tělem.

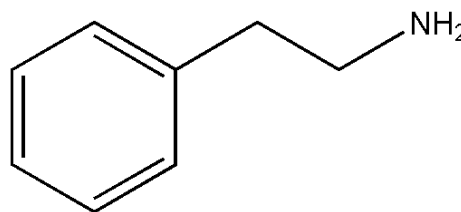
Shulgin se rozhodl zabývat se psychofarmakologií, novým oborem o tom, jak funguje ohromný biochemický stroj našeho mozku, a jaké jsou jeho součástky. Při své práci se zamiloval do kolegyně Ann, se kterou se zabývali fungováním lásky výzkumem psychedelik.

Společně s Ann napsali knihu PIKHAL (Phenylethylamines I've Known and Loved: A Chemical Love Story - Fenylethylaminy které jsem našel a miloval: Chemická romance) jejíž první část je autobiografie životů Ann a Alexandra, ale hlavně jak je osud propojil. Druhá část je popis skoro dvou set psychedelických fenylethylaminů, jejich testů, vlastností a syntézy (postupu výroby). Alexander je znám jako "kmostr extáze" a kvůli druhé části je kniha v mnoha zemích zakázána.

Část první: Myslím, že mezi námi je chemie

„Milovat, když už není naděje:
jenom toto je láska.“

Miroslav Holub, imunolog a světoznámý básník



Pojďme se tedy zabývat láskou a způsobem, jakým mezi lidmi funguje nádherná chemie. Prvně se naučíme, jak taková chemie funguje a nakonec si zkusíme vymyslet vlastní nápoj lásky! Alexander s Ann by byli určitě nadšeni.

1. V dnešní době známe velkou řadu chemikálií, které jsou v těle vytvářeny a zprostředkovávají naše pocity spojené s láskou a sexem. Doplňte do křížovky sedmičku nejdůležitějších. Jedna z nich je na obrázku (viz výše). [4 b]

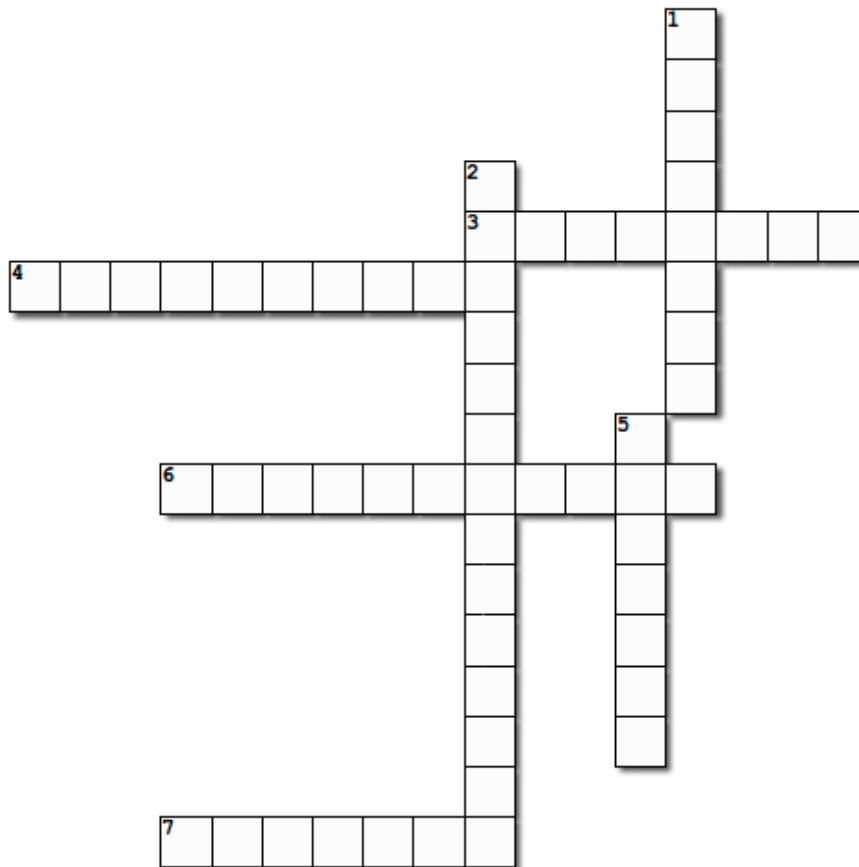
- Proteinový hormon významný pro porodní kontrakce, ale také lásku, důvěru a empatii. (1)
- Tato malá molekula je produkována v limbickém systému. Je ale také obsažena v čokoládě a říká se jí droga zamilovaných. (2)

- Molekula odměny, závislosti a euforie. Její nedostatek je příčinou Parkinsonovy choroby. (5)
- Ženský pohlavní hormone. (3)
- Proteinový hormone zodpovědný nejen za krevní tlak a vylučování, ale také nějakou tu lásku. (4)
- Hormon produkován u žen v nadledvinkách a u mužů ještě v Leydigových buňkách varlat. (6)
- Chemikálie ze skupiny aminů. Vyskytuje se v zelí, polévce Miso a dalších. Není schopna překročit bariéru mezi krví a mozkiem. (7)

2. Přiřaď chemikálie, které jsi našel/našla v křížovce, do těchto tří kategorií: [2 b]

- Sexuální pud (2 chemikálie) estrogen, testosteron
- Dlouhodobé připoutání a empatie (2 chemikálie) vazopresin, oxytocin
- Euforické a krásné pocity, ale bohužel i špatné usínání a neschopnost jíst! (3 chemikálie) fenylethylamin, dopamin, tyramin

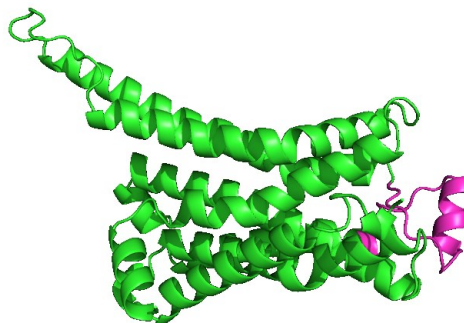
1. oxytocin
2. fenylethylamin
3. estrogen
4. vazopresin
5. dopamin
6. testosteron
7. tyramin



**Část druhá: Představujeme partnery:
receptor**

**“Má chemie svařená z ocelových kolejnic
srší oheň a mizí v nebesích
Ocitám se tvář v tvář neznámé slitině
tvář v tvář k mému já krácejícímu po
fosforu”**

Milan Koch, Chemické básně, 1974

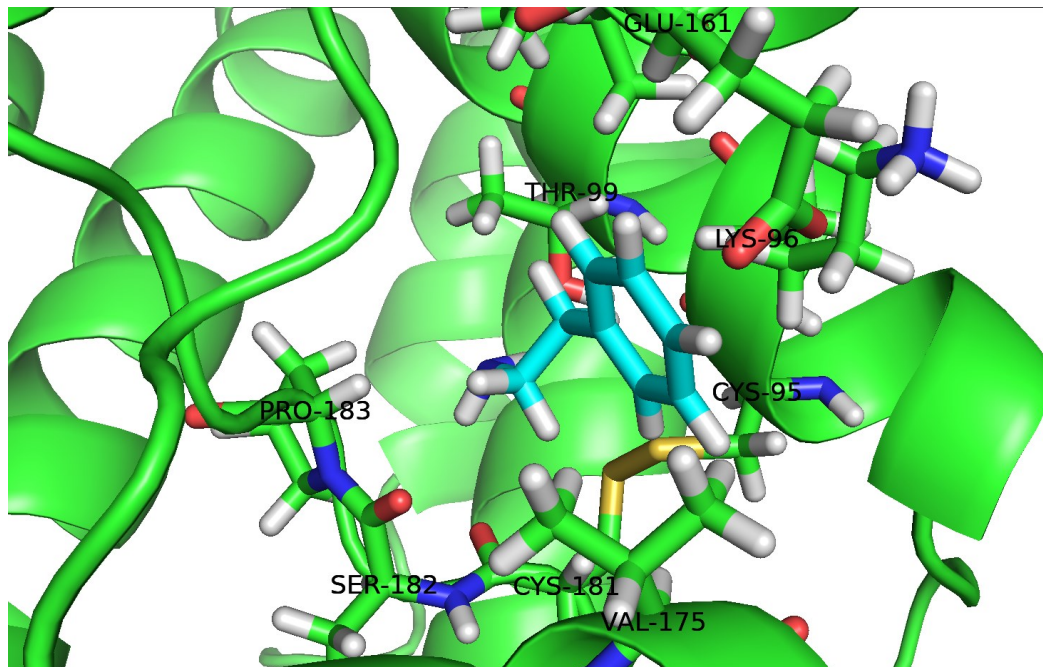


Molekula, kterou vidíme na obrázku, je receptor pro stopové aminy 1 (Trace Amine Associated Receptor 1), na který cílí spousta látek ze skupiny amfetaminů, v nichž jsou všechny 3 látky ze skupiny “Euforické a krásné pocity, ale bohužel i špatné usínání a neschopnost jíst” z otázky 2. Ve třetí části budeme navrhovat vlastní “nápoj lásky”, totiž molekulu, od které budeme očekávat vazbu na tento stejný receptor, který vidíme zde na obrázku. Na základě podobnosti s jinými receptory můžeme předpokládat, že vazebné místo pro naši molekulu bude v části vyznačené fialově. Předtím, než představíme druhého partnera, zodpovíme si pár otázek.

3. Jak bys vysvětlil/a přidružené účinky pocitů zamilovanosti z otázky 2, když už víš, že sloučeniny z rodiny amfetaminů působí na receptor TAAR1? Vysvětli, proč nemůžeme spát ani jíst. [2 b]

TAAR1 se nachází i ve střevech a jeho aktivace způsobuje vylučování neuropeptidu YY který je anorexigenní - tzn. tlumí hlad. Nemůžeme spát díky stimulujícímu účinku, který má fenylethylamin v mozku stejně jako ostatní látky které aktivují tento receptor a jsou ze skupiny amfetaminů.

4. Vyjmenuj a nakresli 5 látek, které se na TAAR1 vážou, a nakresli je! Využij webu [Guide to Pharmacology](#) [2 b] amfetamin, metamfetamin, dopamin, tyramin, synefrin, tryptamin, ...



Třetí část: Jak zlepšit přitažlivost?

Na obrázku na této stránce vidíte modře zobrazený fenylethylamin navázaný na receptor TAAR1. Byl vytvořený programem [SwissDock](#), který můžeš i ty k nekomerčním účelům jednoduše použít! Dokola vidíš aminokyseliny, které mají kontakt s molekulou fenylethylaminem, který vidíš modře. Teď se pokusíme uvědomit si několik pravidel a způsobů, jak zvýšit afinitu (sílu vazby) receptoru a naší nové molekuly.

5. Známe spoustu druhů chemických interakcí. Vymysli, jakým způsobem by se dala zvýšit interakce naší nové molekuly s receptorem. Pokud si nevíš rady, zeptej se svého chemikáře/chemikářky!
6. Jak bys mohl/a zvýšit sílu?
Hydrofobní interakce: vyplnit vazebné místo molekuly atomy, které nejsou polární (typicky uhlíky a aromatické cykly)
Interakce pomocí vodíkových můstků: estrogen přidat skupiny které jsou buď donory vodíkových můstků (silně elektronegativní atomy s vodíkem, např. OH skupina nebo NH₃ skupina) nebo jejich akceptory (atomy s volnými elektronovými páry, typicky F, O, a N).
Elektrostatických interakcí neboli solných můstků: Iontové skupiny, například COOH, nitroskupina NO₂
Aromatického tzv. pí stackingu neboli česky patrové interakce: Iontové, protože ve vazebném místě žádné aromatické ani jiné aminokyseliny schopné pí stackingu nejsou. Pokud by tam byly, umístili bychom do naší molekuly aromatické cykly nebo dvojně vazby tak, aby v té pozici, ve které chceme mít naši molekulu navázanou, mířily kruhy ve stejné rovině, jako desky poskládané na sebe.
 [4 b]

7. Většina známých léčiv, která se používají jako malé molekuly, splňují takzvaného Lipinského pravidlo pěti. Léčivo, které tyto vlastnosti splňuje, má větší šanci fungovat jako orálně (ústně) přijaté léčivo (kterým nápoj lásky rozhodně je!) Kterých pět vlastností musí mít naše molekula, aby splňovalo Lipinského pravidla? [2 b] Míň než 5 donorů vodíkových vazeb, míň než 10 akceptorů vodíkových vazeb, molekulová hmotnost méně než 500 g/mol a partiční koeficient (logaritmus podílu rozpustnosti molekuly ve vodě a v 1-oktanolu) menší než 5.

Čtvrtá část: tvoříme nápoj lásky

Osvětlili jsme si, jakým způsobem bychom mohli zvýšit interakci našeho nápoje lásky s receptorem TAAR1 (otázka 5) a jaká pravidla musí léčivo splňovat (otázka 6). Abychom poznali, jaké interakce a s kterými aminokyselinami může naše molekula navázat, máme obrázek před nápisem “Třetí část”. Pojdme tedy do toho!

8. Stáhni a otevři si program [Avogadro](#) a navrhni molekulu která by mohla být nápojem lásky. Inspiruj se strukturou léčiv, které receptor TAAR1 vážou (otázka 4), možnostmi zvýšení chemických interakcí (otázka 5) a geometrií vazebného místa, ať víš, kam máš který atom směřovat. Po návrhu ulož molekulu do formátu MOL2.
9. Dbej na to, aby molekula byla podobná přirozeným látkám, které se na receptor vážou a aby splňovala Lipinského pravidlo pěti (soubor ve formátu .mol2 vyhodnot' na serveru [Lipinski Rule of Five](#)).
10. Nakonec zkus předpovědět sílu vazby a jak je molekula navázaná pomocí programu [SwissDock](#). Při práci s programem SwissDock vyber “Submit Docking”, pak “Upload File” a nahraj [tento model](#) receptoru z databáze Swissmodel (sekce Downloads a obrázek ukládání na disk). Ligand je tvá malá molekula, kterou také pomocí “upload file” nahraješ, pojmenuješ svoji úlohu (job name) a hlavně napíšeš svůj e-mail. Za několik hodin bys měl/a mít hotové výsledky! Do řešení pošli návrh molekuly, vazebnou sílu a fotku toho, jak je molekula navázaná v nejlepším vazebném módu. Nejlepší molekulu zveřejníme! [4 b]

Daniela Slamková

English bonus: Polymerase chain reaction (PCR)

20 points

PCR is a technique used in the lab to make millions of copies of a particular section of DNA. This DNA region can be anything the experimenter is interested in. For example, **write one example** [1 p]: it might be a gene whose function a researcher wants to understand

2. **A basic PCR set-up requires several reagents, including ...** [1 p]

DNA polymerase	yttrium	siDNA	magnesium	caspases
nucleotide	primers	β -lactamase	saccharolipids	DNA template

The DNA polymerase typically used in PCR is called Taq polymerase, after the heat-tolerant bacterium from which it was isolated.

3. **Write the name of this bacterium.** [1 p] *Thermus aquaticus*

Like other DNA polymerases, Taq polymerase can only make DNA if it's given a primer, usually around 20 nucleotides in length.

4. **What does a primer mean?** [1 p] a short sequence of nucleotides that provides a starting point for DNA synthesis.

5. **Fill in the gap.** [1 p]

Two primers are used in each PCR reaction, and they are designed so that they flank the region that should be copied. Typically, PCR consists of a series of 20-40 repeated temperature changes, called thermal cycles, with each cycle consisting of three discrete steps.

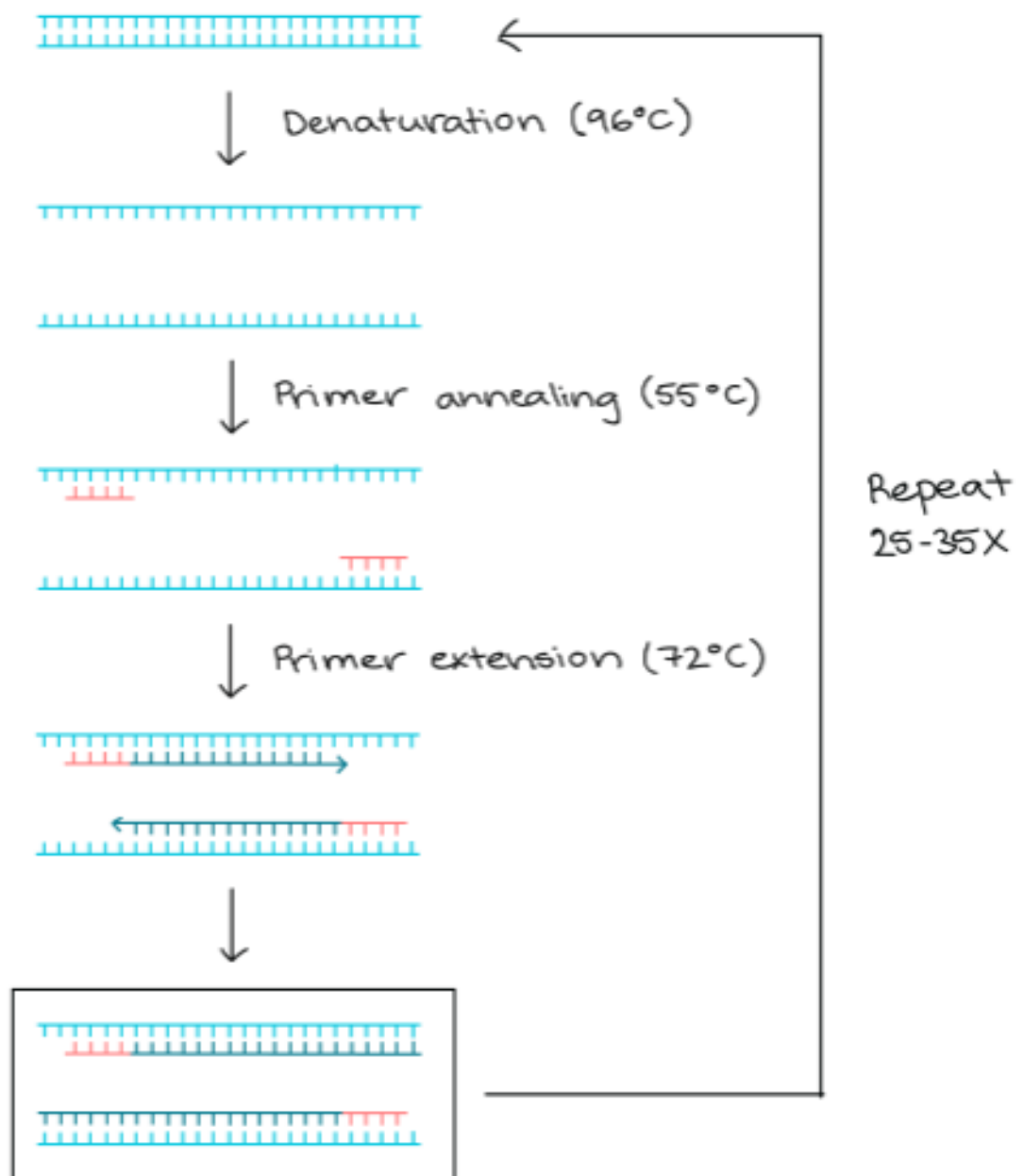
6. **Rewrite each step in one word:** [3 p]

- First step, when the double-stranded template DNA is heated to separate it into two single strands. **denaturing**
- Second step, when the temperature is lowered to enable the DNA primers to attach to the template DNA. **annealing**
- Third step, when the temperature is raised and the new strand of DNA is made by the Taq polymerase enzyme. **extending**

7. According to the picture, give a name to the steps of PCR. [1 p]

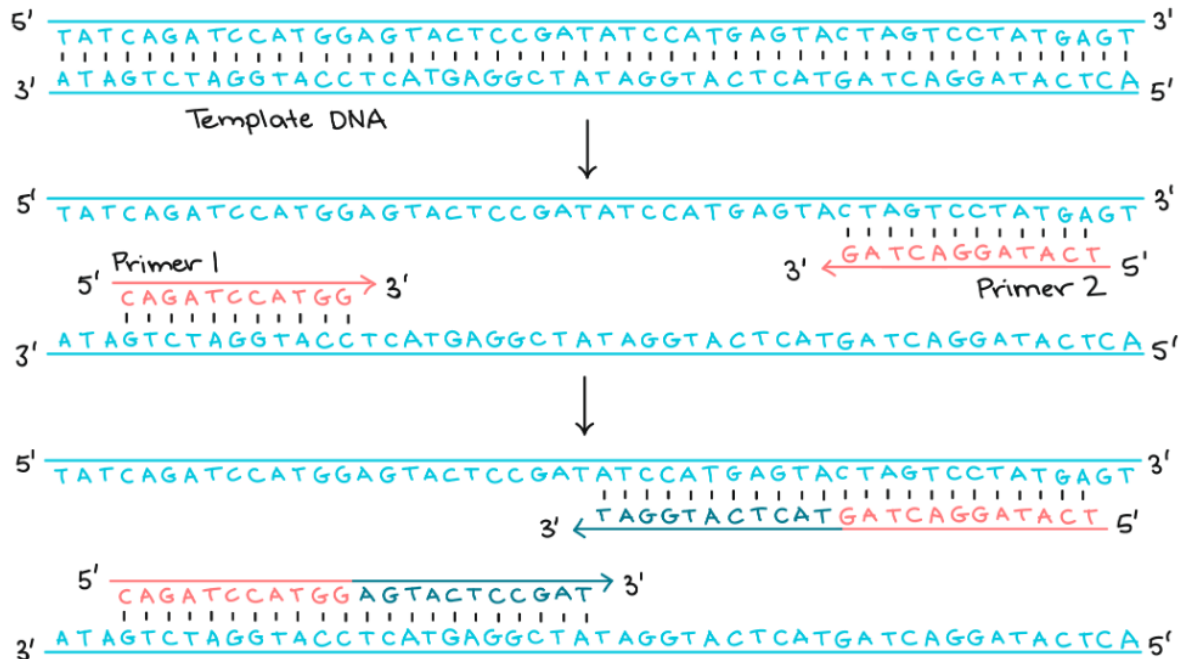
8. Join the temperature to the phase. [0.5 p]

96°C	72°C	55°C
------	------	------



Result after 1 cycle:
of DNA molecules
doubled

9. Fill green empty panels (choose 5' or 3' orientation, type the G/C/T/A/U into the sequences of the primers). [2 p]



10. Choose the statement that correctly finishes the sentence: "A PCR reaction that contains only one copy of the target sequence ... [0.5 p]

- a) ~~... is typically amplified in a highly repeatable manner."~~
- b) ... it may amplify but its highly repeatable detection is unlikely." ✓
- c) ~~... it can be precisely and accurately quantified using quantitative PCR."~~

Variants of PCR

The versatility of polymerase chain reaction has led to a large number of PCR variants.

Real-time polymerase chain reaction (real-time PCR) is commonly used to quantify DNA in a sample. By measuring the amount of amplified product at each stage during the PCR cycle, a quantification is possible. The quantity of amplified product is obtained using **11. fluorescent probes or fluorescent DNA-binding dyes** [1 p] and real-time PCR instruments that measure fluorescence. The fluorescence signal increases **12. proportionally** [0.5 p] to the amount of replicated DNA.

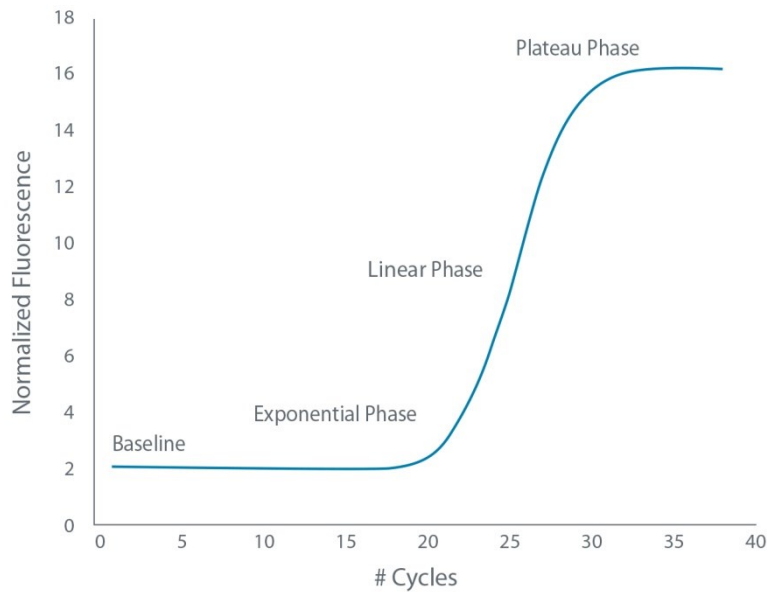
13. Which is/are the property/properties of real-time PCR assays? [0.5 p]

- a) They incorporate dyes that bind double-stranded DNA. ✓
- b) They incorporate an internal hydrolysis probe. ✓
- c) ~~They are performed at a single temperature with no specialized instrumentation required.~~

d) They are interpreted as a plus/minus (qualitative) result or as a quantitative result. ✓

There are three phases in a basic real-time PCR run: exponential, linear and plateau.

14. Try to sketch these three phases into a plot. [1 p]



15. Join the phase and the statement: [2 p]

- It occurs late in the reaction. - Plateau
- During this phase, the reaction components are being consumed and amplification slows. - Linear
- The reactions become highly variable. - Linear
- The product amount doubles at each cycle. - Exponential
- It generally occurs once the PCR product begins to amplify. - Exponential
- During this phase, the reaction will stabilize as no increase in product is detected. - Plateau

Linear Exponential Plateau

Reverse transcription PCR, or RT-PCR, allows the use of RNA as a template.

16. Select the application of RT-PCR. [0.5 p]

- Drug therapy efficacy. ✓
- Verification of microarray results. ✓
- Allelic discrimination assays or SNP genotyping. ✓
- Quantitative mRNA expression studies. ✓

17. Fill the gap. [1 p] 18. Choose one answer: [0.5 p]

The RNA is reverse transcribed into **complementary DNA (cDNA)** by

- a) ~~Taq DNA polymerase.~~
- b) ~~RNA polymerase II.~~
- c) Reverse transcriptase. ✓
- d) ~~Uracil-N-Glycosylase.~~

From here on, the standard PCR procedure is used to amplify the cDNA. The possibility to revert RNA into DNA by RT-PCR has many advantages.

19. Write one advantage: [1 p]

RNA is single-stranded and very unstable, which makes it difficult to work with.