

Biologický korespondenční seminář



Biozvěst

Autorské řešení

Ročník 12

Série 1

Milé řešitelky, milí řešitelé,
na následujících stránkách si můžete prohlédnout řešení úloh první série dvanáctého ročníku tak, jak si je představují jejich autoři. V případě jakýchkoliv dotazů se na nás neváhejte obrátit, například skrze e-mailovou adresu biozvest@gmail.com, rádi vám odpovíme.

autoři Biozvěsta

Úloha 1: Zářivá cesta do těla

Autor: Valérie Bušová

Počet bodů: 22

Záření je pojem, se kterým se pravděpodobně každý z vás již setkal ve škole na hodinách fyziky. Každý z vás se pravděpodobně s tímto pojmem setkal již ve škole na hodinách fyziky. Asi si představíte nějaké částice a řecká písmenka abecedy. Pro mnoho lidí je to velmi abstraktní pojem, nemůžeme to vidět, nemůžeme se toho dotknout, přesto tu s námi ale záření přebývá na planetě Zemi od nepaměti. Bez záření by ani život nemohl vzniknout. Postupně, jak se rozvíjelo lidské poznání jsme záření začali více a více objevovat a následně i využívat. A jak to tak bývá se všemi velkými objevy, kromě užitečného využití došlo v historii mnohokrát i ke zneužití... Po takových incidentech ze záření začala ve společnosti panovat všeobecná hrůza, která, byť v menší míře, přetrvává částečně i dodnes. Zejména pokud se jedná o lidské tělo a naše zdraví. Obrázky popálených hasičů z Černobylu či obyvatel Hirošimy, to je asi to první, co si většina lidí představí, když se začne hovořit o záření a lidském těle. Avšak v medicíně mají tyto proudy částic nazvané řeckými písmenky své nezastupitelné využití. Dokonce se díky nim vybudoval zcela unikátní medicínský obor, který nám pomáhá nejen do těla nahlédnout, ale i velmi efektivně léčit. To vše za pomoci radioaktivity. Tato úloha se vám tento fascinující obor nazvaný nukleární medicína pokusí představit.

Tento obor využívá podobné metody a principiálně je podobný radiologii, která je o poznání známější a se kterou už se každý pravděpodobně ve svém životě setkal. Přesto jsou tyto obory v mnohém odlišné.

1. Uveď alespoň 4 příklady, v čem se v čem se obory radiologie a nukleární medicína z medicínského hlediska liší.

Radiologie využívá vnější zdroje záření, kdy paprsky (např rentgenové) jsou vyzařovány použitým přístrojem, který je zároveň na druhé straně detekuje po průchodu tkáněmi. Nukleární medicína naproti tomu využívá záření z látek vpravených dovnitř těla pacienta.

V nukleární medicíně je pacient vystaven mnohem menším dávkám záření, jelikož je záření vysoce cíleno konkrétní vazbou radiofarmaka, na rozdíl od radiologie, kde je absorbovaná dávka záření pacientem znatelně větší. Kontrastní látky využívané v radiologii mohou vyvolávat alergii průchodem tělem. V tomto ohledu je nukleární medicína zcela bezpečná, jelikož radiofarmaka nejsou potenciálně alergizující (nukleární medicína nevyužívá kontrastní látky, jako radiologie).

Nukleární medicína má mnohem větší využití v terapii, na rozdíl od radiologie, která je dominantně diagnostický obor. Dále například dostupnost oddělení v regionálních nemocnicích (radiologie prakticky všude, nukleární medicína ve větších centrech), využití u akutních stavů (zejména radiologie, nukleární medicína primárně elektivní), potřebná specializace lékaře atd. cokoli co ukazuje zamýšlení nad tím, že se jedná o dva odlišné obory ;-).

*celkem 2 body
za každý dílčí příklad 0,5 bodu*

2. Pro nukleární medicínu jsou klíčovými látkami radiofarmaka.

a. Vysvětli, o co se jedná, z jakých 2 složek (obecně) se radiofarmaka skládají.

Radiofarmakum je specifický léčebný přípravek využívaný v nukleární medicíně, sestává z radionuklidu (=radioaktivní izotop, který se spontánně rozpadá a emituje záření) navázaného na vazebnou molekulu (zprostředkovává selektivní vazbu ve tkáních). Konkrétní radiofarmaka cílí na konkrétní vazebná místa v těle nebo i buněčné procesy, v daném místě se akumuluje, díky čemuž nám umožňují zobrazení vybraných tkání, stejně jako cílenou terapii.

*celkem 1 bod
za popis radiofarmak obecně 0,5 bodu
za uvedení složek 0,5 bodu*

b. Uveď alespoň 3 příklady radiofarmak a ke každému příkladu i informaci o tom, k zobrazování/terapii čeho se využívají.

K zobrazování se využívají například následující radiofarmaka: ^{99m}Tc -MDP: Scintigrafie kostí, ^{18}F -FDG: PET sken pro detekci nádorů, ^{68}Ga -DOTATATE: detekce neuroendokrinních nádorů, ^{99m}Tc -MAG3: renální scintigrafie, ^{99m}Tc -DTPA: V/Q plicní scintigrafie (diagnostika plicní embolie), atd.

(příklady terapeutických radiofarmak: ^{131}I : hypertyreóza, karcinomy štítné žlázy, ^{223}Ra -dichlorid: karcinom prostaty, ^{89}Sr -chlorid: paliativní léčba u kostních metastáz, atd.).

celkem 1 bod

*za uvedení 3 správných příkladů s využitím 1 bod
dílní odpověď (chybějící využití, radiofarmakum,...) 0,5 bodu*

3. Doplň chybějící pojmy do textu:

a. Současná nukleární medicína využívá 2 způsoby zobrazování:

Prvním je tzv. konvenční způsob, kdy pacientovi nejprve aplikujeme _____, poté pacienta umístíme pod _____ která detekuje záření gama vyzařované _____. První součástí, na kterou záření dopadne je _____, ve kterém se fotony gama záření přeměňují na fotony viditelného spektra. Fotony poté pokračují do _____, kde po dopadu na fotokatodu vyrazí elektrony. Viditelné světlo se tedy mění na proud elektronů = _____, ten je výpočetní technikou softwaru interpretován jako výsledný obraz.

Prvním je tzv. konvenční přístup, kdy pacientovi nejprve aplikujeme radiofarmakum, poté pacienta umístíme pod gamakameru která detekuje záření gama vyzařované pacientem/radionuklidem v pacientovi. První součástí, na kterou záření dopadne je scintilační krystal, ve kterém se fotony gama záření přeměňují na fotony viditelného spektra. Fotony poté pokračují do fotonásobiče, kde po dopadu na fotokatodu vyrazí elektrony. Viditelné světlo se tedy mění na proud elektronů = elektrický proud/signál, ten je výpočetní technikou softwaru interpretován jako výsledný obraz.

celkem 2 body

za správné uvedení všech chybějících pojmů 2 body

za alespoň 3 správně uvedené pojmy 1 bod

b. Druhým způsobem je PET, což je zkratka pro _____. U této metody je velké množství detektorů uspořádáno _____. Druhým rozdílem je používaný typ zářičů, zde nepoužíváme zářiče gama, ale _____. Po aplikaci zářiče pacientovi se tedy z radionuklidu uvolňují _____, které ve tkáni interagují s volnými elektrony. Jelikož dochází k reakci dvou opačných částic, dojde k _____ (zániku). Energie se pak uvolňuje ve formě dvou kvant záření _____, ty pak dopadají na 2 přesně protilehlé detektory. Na základě tohoto procesu je pak softwarem sestavován výsledný obraz.

Druhým způsobem je PET, což je zkratka pro pozitronovou emisní tomografii. U této metody je velké množství detektorů uspořádáno cirkulárně/dokola. Druhým rozdílem je používaný typ zářičů, zde nepoužíváme zářiče gama, ale pozitronové/ β^+ . Po aplikaci zářiče pacientovi se tedy z radionuklidu uvolňují pozitrony/ β^+ částice, které ve tkáni interagují s volnými elektrony. Jelikož dochází k reakci dvou opačných částic, dojde k anihilaci (zániku). Energie se pak uvolňuje ve formě dvou kvant záření gama, ty pak dopadají na 2 přesně protilehlé detektory. Na základě tohoto procesu je pak softwarem sestavován výsledný obraz.

celkem 2 body

za správné uvedení všech chybějících pojmů 2 body

za alespoň 3 správně uvedené pojmy 1 bod

Až 25 % všech vyšetření v nukleární medicíně tvoří specifické vyšetření důležité složky pohybové soustavy, jeho snímek můžeš vidět na obrázku 1.



Obrázek 1: Výstup nukleárně medicinského vyšetření, zdroj z důvodu povahy úlohy uveden v autorském řešení.

4.

a. Jak se toto vyšetření jmenuje?

Vyšetření se jmenuje scintigrafie skeletu.

celkem 1 bod

b. Nejčastěji je indikováno pacientům s rakovinou. Co prognosticky významného přesně toto vyšetření odhalí?

Indikována je zejména pro zjištění rozsahu kostních metastáz, což je pro mnoho nádorů výrazným faktorem pro určení stadia nádoru a následné volbě možnosti léčby a výsledné prognózy.

celkem 1 bod

za zmínku kostních metastáz 1 bod

c. Je na snímku na obrázku 1 fyziologické zobrazení, nebo se jedná o pacienta postiženého jevem z bodu a.? Své tvrzení zdůvodni.

Pacient na tomto snímku je postižen mnohočetnými metastázami skeletu. Na obrázku můžeme vidět tmavá hypermetabolická ložiska v lebce, hrudníku, dolních i horních končetinách (označení v obrázku jako černé „fleky“)

celkem 2 body

za uvedení, že na snímku jsou patrné metastázy 1 bod

za konkrétní popis lokalizace/vzhledu metastáz (zdůvodnění) 1 bod

d. Uveď další 2 příklady onemocnění, u kterých bývá toto vyšetření indikováno.

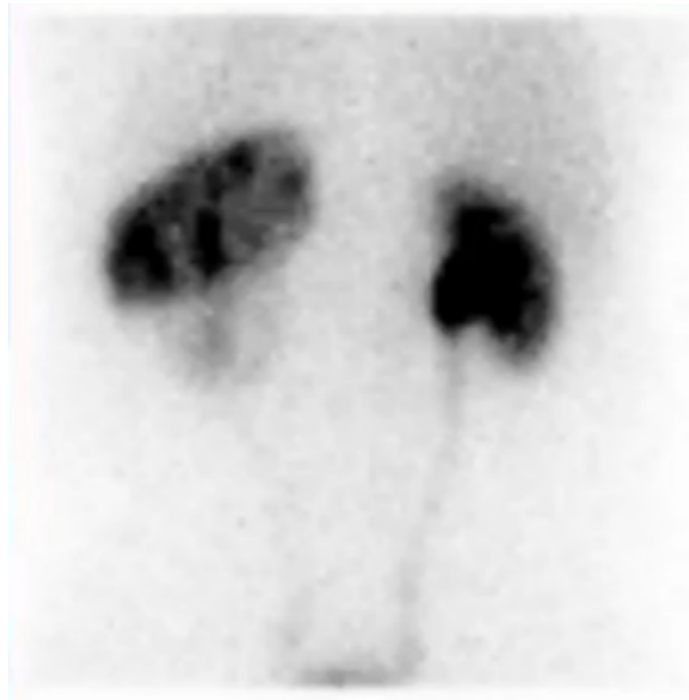
Další indikace pro toto vyšetření jsou například osteomyelitida, posttraumatické změny, aseptické kostní nekrózy, metabolické choroby skeletu, Pagetova choroba a další.

celkem 1 bod

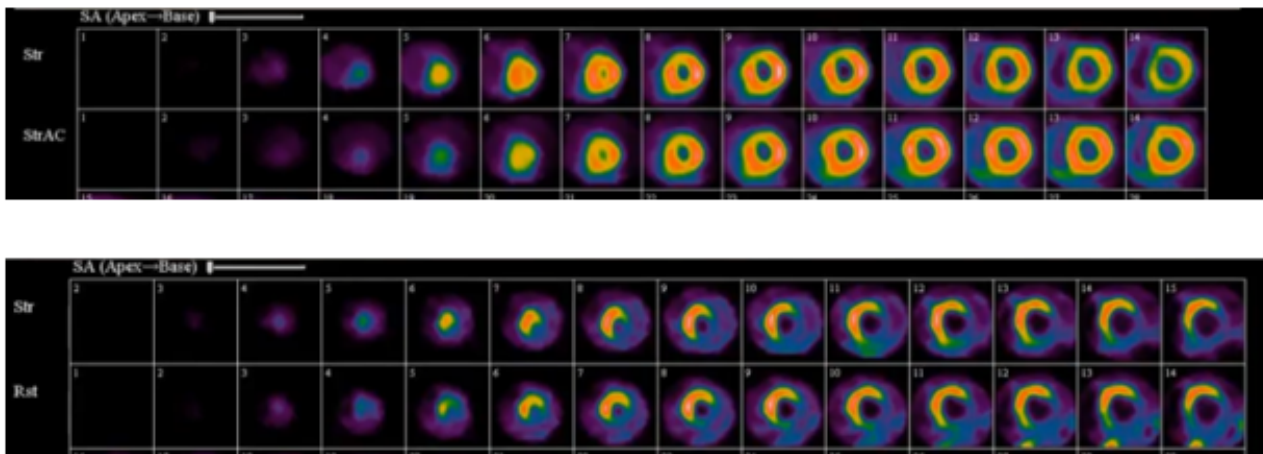
za správně uvedené příklady 1 bod

za chybějící/chybný příklad 0,5 bodu

Zobrazení, které jsme si ukázali výše je statické, tedy takové, u kterého máme jeden obraz – snímek, jako třeba z klasického rentgenu. Můžeme však využít i takového zobrazení, kdy pozorujeme určitou změnu na orgánu v čase.



Obrázek 2: Snímek nukleárně medicínského vyšetření v čase, zdroj z důvodu povahy úlohy uveden v autorském řešení.



Obrázek 3: Výstup trojrozměrného nukleárně medicínského vyšetření, zdroj z důvodu povahy úlohy uveden v autorském řešení.

5.

a. Jak se takovému typu zobrazení říká?

Tomuto zobrazení se říká dynamické zobrazení.

celkem 1 bod

b. U jakého orgánu, který je zobrazen na obrázku 2, je využíváno?

Je využíváno u ledvin.

celkem 1 bod

Kromě klasického 2D zobrazení můžeme rotací nejčastěji 2 detektorů kolem pacienta a následnou sumací obrazů dosáhnout 3D zobrazení, a tím i získat přehled o prostorovém uspořádání případných patologií. Tato metoda má 5 písmennou zkratku a využívá se zejména u jednoho velkého, nepřetržitě pracujícího svalu uloženého v horní polovině našeho těla.

6.

a. Jak zní zkratka metody a název svalu?

Zkratka metody je SPECT a jedná se o srdce (myokard).

celkem 1 bod

za chybnou/chybějící zkratku/název svalu 0,5 bodu

b. Jakou důležitou vlastnost tohoto svalu touto metodou posuzujeme?

Jde o prokrvení (perfuzi).

celkem 1 bod

c. Podívej se na obrázek 3, na němž můžeš vidět dva výstupy této metody. Který z výstupů patří zdravému pacientovi a u kterého můžeme vidět patologii? Své tvrzení zdůvodni.

Na obrázku dole je vidět porucha v prokrvení (tzv. perfuzní defekt) z našeho pohledu vpravo dole (u pacienta vlevo inferolaterálně), na záznamu je dané místo tmavé -- není zde detekována krev, jejíž tok znázorňuje červenožlutá mapa. V tomto místě je tedy srdce pacienta neprokrveno.

celkem 2 body

za správné určení patologického záznamu 1 bod

za správné zdůvodnění/popis patologie 1 bod

d. Jak můžeš vidět, každý výstup obsahuje dva řádky. Každý tento řádek je výstupem jednoho snímání. Snímání se standardně u jednoho vyšetřovaného pacienta provádí takto dvakrát. Čím se liší v provedení tato dvě snímání a jak nám může být porovnání těchto dvou typů snímání užitečné ve výsledném hodnocení patologie?

Horní řádek vždy zobrazuje snímání provedené v klidu. Druhé snímání se pak provádí při zátěži – tou je fyzická aktivita, jako je běh na běžícím pásu nebo farmakologicky navozená zátěž (druhý řádek). Provedení vyšetření při zátěži dává lékaři mnohem přesnější obrázek o povaze patologie. Vyšetření v klidu nám podává základní obrázek o stavu svaloviny. To může odhalit oblasti se stálým sníženým průtokem krve, což může naznačovat přítomnost srdečního infarktu nebo jizevnaté tkáně po infarktu. Během druhého snímání pak zjišťujeme, jak svalovina reaguje na zvýšenou potřebu kyslíku ve tkáni, která doprovází zvýšení námahy. To může odhalit oblasti, kde je průtok krve nedostatečný během zvýšené potřeby kyslíku, což může indikovat ischemii (nedostatek krevního zásobení).

celkem 2 body

za uvedení snímání během zátěže 1 bod

za popis významu dvou typů snímání 1 bod

Jak již bylo v úvodu zmíněno, nukleární medicína není pouze diagnostický obor, avšak také obor terapeutický.

7. Stručně popiš princip terapie radionuklidů.

Rovněž jsou využívána radiofarmaka, která se váží na přesně definovanou strukturu v těle. Záření produkováné rozpádajícími se radionuklidů pak působí destruktivně na buňky, nejčastěji cílí na DNA, ke působí dvouvláknové zlomy, což vede k radionekróze. (účinek může být také nepřímý, kdy dochází k radiolýze vody a vznikají volné kyslíkové radikály, které dále působí na cílové struktury). Radionuklidové terapie tedy využíváme, když chceme poškodit nějakou nežádoucí strukturu (např. u chorob štítné žlázy, paliativní terapii metastáz atd.).

celkem 1 bod

za uvedení DNA a nekrózy 1 bod

Úloha 2: Buněčná stěna rostlin

Autor: Štěpán Vavřina

Počet bodů: 16

Základním kamenem rostlinného těla je turgescenční buňka. Vznik takové buňky je umožněn díky hypotonickému okolnímu prostředí. Rostlinná buňka do sebe saje, saje, saje a saje vodu až...Praskne? Nepraskne! Stane se turgescenční, tedy naprosto natlakovanou. Hranici mezi bídým prasknutím buňky živočišné a turgescenční buňkou rostlinnou urputně hájí buněčná stěna. Tento buněčný kabátek dává buňce tvar, slepuje ji s buňkami okolními, ale podílí se i na rozvodu látek po rostlinném těle, či ji brání před houbovými patogeny. A má i další funkce. Zkrátka se jedná o strukturu pro rostliny naprosto zásadní a rostliny svým způsobem určující. Co by byla ubohá rostlinná buňka bez své stěny? Radši na to nemyslet...

1. Jako lidské kabáty není ani buněčná stěna rostlin jednovrstevná.

a. Jaké hlavní části může mít buněčná stěna terminálně diferencované rostlinné buňky?

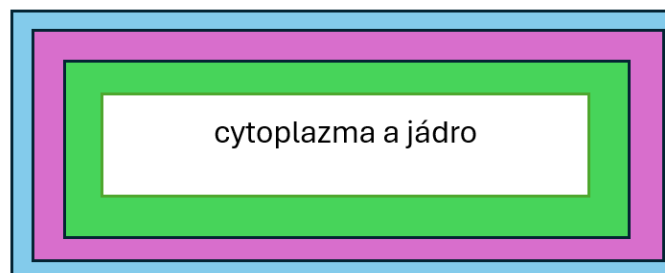
Buňka může mít na sobě až tři vrstvy – střední lamelu, primární buněčnou stěnu a sekundární buněčnou stěnu.

*celkem 1,5 bodu
za každou vrstvu je 0,5 bodu*

b. Jakým barevným zónám na obrázku 4 odpovídají části poptávané v podotázce a.?

Barvy odpovídají následujícím způsobem: modrá = střední lamela; fialová = primární buněčná stěna; zelená = sekundární buněčná stěna.

*celkem 1 bod
jedna neoznačená a 2 správně zelená 0,5 bodu*



Obrázek 4: Schématické znázornění rostlinné buňky. Vnější zóna je značena modře, střední fialově a vnitřní zeleně. Bílý střed reprezentuje oblast vyplněnou cytoplazmou a jádrem.

2. Přítomnosti/nepřítomnosti/nerovnoměrné distribuce jedné z vrstev buněčné stěny je využito i při klasifikaci pletiv. Na jaké kategorie se dle zmíněného kritéria pletiva dělí?

Dle buněčné stěny lze odlišit parenchym (bez výrazné sekundární buněčné stěny), kolenchym (s nerovnoměrně uloženou sekundární buněčnou stěnou) a sklerenchym (s rovnoměrně silnou sekundární buněčnou stěnou)

*celkem 1,5 bodu
za každý typ pletiva 0,5 bodu*

3. Nejznámější složkou buněčné stěny je celulóza – dlouhý homopolysacharid z glukózových podjednotek. Buněčné stěně dává především pevnost. V buněčné stěně se vyskytuje ve formě dlouhých mikrofibril.

a. Jaký proteinový komplex má syntézu mikrofibril na starosti a v jakém buněčném kompartmentu (kde v buňce) se tento komplex nachází?

Komplex se jmenuje celulóza syntáza (CESA) a je lokalizován na cytoplazmatické membráně, kde celulózu syntetizuje směrem ven v podobě mikrofibril.

*celkem 1 bod
za název komplexu 0,5 bodu
za lokalizaci 0,5 bodu*

- b. Syntéza celulóзовých mikrofibril není náhodná, kdy v každé vrstvě buněčné stěny jsou mikrofibrily stejně orientované. Co konkrétně tuto orientaci zajišťuje?**
Orientaci zajišťuje interakce CESA s mikrotubuly.

celkem 1 bod

Bude-li zmíněna interakce pouze s cytoskeletem 0,5 bodu

- 4. V buněčné stěně se vyskytují další polysacharidy. Mezi nimi jsou dále významné pektiny a hemicelulózy. Na rozdíl od celulózy jsou větvené.**

- a. Jaká je jejich role hemicelulóz a pektinů v buněčné stěně?**

Oba propojují celulózové mikrofibrily, zesítovávají stěnu, pektiny též vnášejí náboj.

celkem 1 bod

Je-li zmíněno jen vnesení náboje pektiny 0,5 bodu

- b. Kde dochází k jejich syntéze?**

K syntéze obou dochází v Golgiho aparátu (a následně jsou v monomerní podobě transportovány sekretorickou dráhou do buněčné stěny).

0,5 bodu

- c. Ve které z dříve poptávaných vrstev (otázka č. 1) je zastoupení pektinů největší?**

Nejvíce pektinů je ve střední lamelle – „slepují“ sousední buňky.

0,5 bodu

- d. Na základě obsahu hemicelulóz a pektinů dochází k odlišení dvou typů BS – typ I a typ II. V čem spočívá jejich odlišnost?**

Po popsání rozdílů, rozřídíte čeledi – lipnicovité (*Poaceae*), vstavačovité (*Orchidaceae*), bromeliovitě (*Bromeliaceae*) a jitrocelovitě (*Plantaginaceae*) – k jednotlivým typům stěn.

Typ II neobsahuje pektiny (funkčně je nahrazuje hemicelulóza glukuronoarabinoxylan). Buněčnou stěnu typu I mají *Orchidaceae* a *Plantaginaceae*, typ II pak *Poaceae* a *Bromeliaceae*.

celkem 2 body

za správný rozdíl 1 bod

za správné rozřazení 1 bod

Když je 1 chyba v rozřazení, tak 0,5 bodu

- 5. V buněčné stěně se kromě již zmíněných sacharidů vyskytují i další látky dále zlepšující vlastnosti BS. Které z následujících látek může rostlina využít ke zvýšení hydrofobicity stěny? Nabídka: kalóza, kutin, suberin, extensin, lignin, lanolin**

Rostliny zvyšují vodoodpudivost stěny vosky a příbuznými látkami jako je kutin a suberin, či dlouhými řetězci s aromatickými kruhy jakým je lignin. (Kalóza je naopak polární polysacharid. Extensin se podílí na rozvolňování buněčné stěny a jedná se o protein. Lanolin je sice vosku podobná látka, ovšem je přítomen u živočichů)

celkem 1,5 bodu

za každou správnou látku 0,5 bodu

1 chybná = minus 1 bod

2 chybné = minus 1,5 bodu

- 6. Impregnace buněčné stěny hraje roli i při selektivním příjmu látek kořeny. Jak se jmenuje struktura vzniklá zde impregnací buněčných stěn? V jaké vrstvě se nachází?**

Struktura se jmenuje Caspariho proužky a nachází se v endodermis (kde brání apoplastickému transportu láte do středního válce).

celkem 1 bod

za částečnou odpověď 0,5 bodu

- 7. K transportu látek však nedochází jen v kořeni, rozvod živin i s podílem buněčné stěny probíhá po celém těle. U rostlin rozlišujeme transport apoplastický a symplastický. Která tvrzení o transportu v rostlinách jsou pravdivá?**

i) Apoplastický transport probíhá v dřevní části (xylému) díky propojení sousedních buněk plazmodezmy.

ii) Apoplasticky dochází k transportu především vody a dalších látek v ní rozpuštěných, například hormonu auxinu.

iii) Symplastický transport jako takový není v ovlivněn modifikací buněčné stěny.

iv) Apoplastický transport je v živém pletiv silně podpořen suberinizací, či lignifikací buněčné stěny.

Správné jsou možnosti ii) a iii). (Zbylé možnosti jsou chybné neboť: i) xylém je tvořen mrtvými „buňkami“, tedy jejich buněčnými stěnami. Pojem plazmodezma je vázán jen na živou buňku. iv) suberinizace či lignifikace brání v živém pletivu apoplastickému transportu, viz otázka 6.)

*celkem 2 body
za každou správnou možnost 1 bod*

8. Buněčná stěna poskytuje kromě výhod i zdánlivé omezení. Tím je bránění růstu na úrovni buněk. Jak se rostlinná buňka (př. v elongační fázi) vypořádá s omezující buněčnou stěnou? Jak je podle tohoto způsobu označován růst buňky?

Rostlinná buňka rozvolní stěnu okyselením (a s pomocí specifických proteinů). Jedná se o kyselý růst.

*celkem 1 bod
za částečnou odpověď 0,5 bodu*

9. Během úlohy se probralo mnoho informací o buněčné stěně. Ovšem (řečnická) otázka z úvodu nikde nebyla zodpovězena. Některé pokusy vyžadují odstranění buněčné stěny. Děje se tak pomocí enzymů celuláz degradujících celulózu a působící tak rozpad stěny. Tento proces vyžaduje samozřejmě izotonické prostředí, neb jinak by buňky okamžitě popraskaly. Tedy se nyní ptám úplně vážně: „Co zbyde z ubohé rostlinné buňky po odstranění buněčné stěny?“

Z ubohé rostlinné buňky zbyde „nahý“ protoplast.

0,5 bodu

Úloha 3: Letem světem letem

Autor: Ivan Pavle

Počet bodů: 15

Létání představuje jednu z nejúchvatnějších schopností, kterou si některé skupiny organismů v průběhu evoluce osvojily. Cesta k aktivnímu letu však nebyla jednoduchá. Tento vývoj vyžadoval celou řadu změn a přizpůsobení, jež umožnila překonat gravitaci a pohybovat se svobodně vzduchem. Různé skupiny se vydaly odlišnými cestami k dosažení této schopnosti, což vedlo k fascinující diverzitě létajících forem. V této úloze se letmo zaměříme na evoluci aktivního letu, prozkoumáme různé cesty, kterými se tento vývoj ubíral, a odhalíme adaptace létajících skupin, jež umožnily tuto mimořádnou formu pohybu.

1. Jaké výhody přinesla organismům schopnost aktivního letu? Uveďte a stručně popište alespoň tři.

Výhod letu je nepočitatelně, ale můžeme uvést například usnadnění migrace, útěk před predátory, šíření do nových ekologických nik, etc.

*celkem 1,5 bodu
za každou výhodu 0,5 bodu*

2. Je poměrně jasné, že schopnost letu není znakem, který vznikl mezi všemi létajícími skupinami jednou v některém společném předkovi. Kolikrát se tato schopnost minimálně musela odděleně vyvinout, u kterých organismů a přibližně v jaké době? Sestavte jednoduchou časovou osu.

Let se během evoluce vyvinul nejméně čtyřikrát. Nejdříve u hmyzu (v karbonu), pak u pterosaurů (koncem triasu), následovali ptáci (začátkem jury) a poslední ze skupin, která si do dnešní doby vyvinula aktivní let jsou letouni (kteří aktivního letu dosáhli v eocénu).

*celkem 1,5 bodů
za létající skupiny 0,5 bodu
za období vývoje letu 1 bod*

Zaměříme se tedy postupně na létající skupiny, počínaje hmyzem.

3. Už dlouhá léta panují mezi odborníky spory, z čeho se vlastně vyvinula křídla hmyzu, struktury, bez kterých by aktivní let nebyl možný. Jaké hlavní teorie se v tomto sporu objevují? Uveďte a stručně popište alespoň tři.

Teorií v tomto směru bylo mnoho, ale ty základní lze rozdělit do dvou hlavních skupin. Jedním názorem bylo, že křídla mají původ v dorzální části hmyzí hrudi, tzv. notu, zatímco druhá strana uvažovala o pleurálním původu, kdy křídlo vznikalo mezi nohou a laterálním skleritem, kdy by křídlo bylo homologické tracheálním žábrám (zde také nacházíme i českou stopu u významné paleoentomoložky Jarmily Kukulové-Peck, která zastávala názor, že křídlo vzniklo z bazální části končetiny, tzv. epicoxy). Tzv. duální teorie zatím uvažuje, o fúzi těchto dvou teorií, kdy by se na původu hmyzích křídel ve skutečnosti podílela jak dorzální, tak pleurální komponenta. Je však ještě velké množství dalších teorií původu křídel (od tepelných výměníků po plachty).

2 body

4. Ačkoliv za dobu existence létajícího hmyzu došlo k mnohým adaptacím a změnám v křídlech, nacházíme i v současnosti řády, jejichž křídla bychom mohli považovat za bazální.

a. Které dva řády hmyzu mají nejbazálnější křídla?

Dva stále žijící řády s nejbazálnějšími křídly jsou jepice (Ephemeroptera) a vážky (Odonata).

0,5 bodu

b. Uveďte alespoň tři adaptace, úpravy, či změny ve funkci křídel, ke kterým během evoluce došlo.

Vyvinuté skupiny hmyzu mají mnohé adaptace a úpravy křídel. Můžou to být např. krovky, polokrovky, kyvadélka, tegminy, adaptace na vyluzování zvuků etc.

1 bod

Od hmyzu uděláme poměrně velký skok až k zástupcům obratlovců, kde se nyní krátce zaměříme na pterosaury.

5. Vzhledem k tomu, že fosilní záznam pterosaurů byl dlouhou dobu známý zejména z přímořských lokalit, bylo relativně dlouhou dobu spekulováno, že se většina pterosaurů diverzity vyskytovala u moří a živila se rybožravě. Co ale mohlo zapříčinit tento jev?

Kosti pterosaurů byly křehké a tenké (podobně jako kosti současných ptáků). Tím pádem se špatně uchovávaly ve fosilním záznamu a jediná místa, kde se vyskytovaly ve větším množství byla na pobřeží/v mořském prostředí, kde mořské dno poskytl ideální prostředí pro fosilizaci.

1 bod

6. To však nebylo jedinou nejasností týkající se pterosaurů. Když byly objeveny kosti největších pterosaurů, mnozí spekulovali, že nemohli vzlétnout ze země a že by se potřebovali vrhat z útesů jen pro možnost vzletět. To bylo mnohdy podporováno i modely založenými na ptáčích vzletech. Tyto modely však podle kosterních pozůstatků nemusí být tak úplně správné. Jak se lišil vzlet pterosaurů od toho ptáčího? Který současně žijící organismus vzlétá podobně tomuto způsobu?

Z kosterních pozůstatků se ukázalo, že si při vzletu výrazně vypomáhali odrazem z předních končetin (křídly), což oproti modelům na ptáčích, byla strategie, která umožňovala vzlet i pro tyto velké druhy. Podobně vzlétají např. upíří (Desmodontinae). Názornou ukázkou vzletu pterosaurů můžete vidět na tomto odkazu: <https://www.youtube.com/watch?v=ALziqtuLxBQ>.

celkem 1,5 bodu
za rozdíl 1 bod
za podobný vzlet 0,5 bodu

Další skupinou na našem seznamu letců říše živočichů jsou ptáci, skoro synonymní s touto schopností.

7. Jaké jsou tři nejčastější teorie vzniku letu u ptáků? Stručně je popište. Která je nejčastěji akceptovaná?

Tyto tři teorie jsou:

- **Ground-up** – předchůdci ptáků běhali po zemi a skákali do vzduchu. Křídla a peří se vyvinuly, aby vypomáhaly v odrazu a postupně se vyvinul let.
- **Trees-down** – předchůdci ptáků žili na stromech a skákali z větve na větev. Křídla se vyvinula jako prostředek k plachtění a let je odvozen z toho. Tato teorie je nejčastěji akceptovaná.
- **Insect net** – křídla byla vytvořena jakožto prostředek pro lepší lov hmyzu (většinu času navazuje na Ground-up).

2 body

8. Důležitou adaptací, kterou nacházíme u ptačích křídel bylo peří. Jaké výhody přináší? Uveďte alespoň tři. Zamyslete se i nad porovnáním opeřených křídel ptáků a jiných neopeřených létajících skupin.

Opět existuje mnoho výhod peří např. termoregulace, voděodolnost, zlepšení účinnosti letu, etc. Velký rozdíl mezi křídly ptáků a např. letounů nebo pterosaurů je, že při menším poškození křídel je zpravidla poškozeno pouze peří, což je méně omezující, než když je poškozeno patagium, kdy i malé poškození může ohrozit let.

celkem 1,5 bodu za každou výhodu 0,5 bodu

Na konec úlohy se ještě krátce zastavme u letounů.

9. Křídla letounů se v mnohém podobají křídlům výše zmíněných pterosaurů. V čem se ale liší? Uveďte alespoň dva hlavní rozdíly.

Je mnoho rozdílů mezi křídly těchto dvou skupin, ale jakožto hlavní rozdíly můžeme považovat:

- zatímco letouni mají křídlo ze všech prstů, pterosauri užívali pouze jeden.
- letouni mají slabší a méně komplexní patagium než letouni.

*celkem 1 bod
za každý rozdíl 0,5 bodu*

10. Většina letounů se svými leteckými schopnostmi ztratila schopnost efektivnějšího pohybu po zemi. I zde však existují výjimky. Uveďte alespoň jednu z těchto výjimek. Proč má tuto schopnost?

První z těchto výjimek jsou upíři (Desmodontinae). Ti mohli své relativní rychlosti používat ve stíhání menších organismů na kterých se chtěli živit. V současné době s obrovskými stády krav však tuto schopnost většinou pro originální účel užít nemusí, protože spící kráva zpravidla neutíká. Druhým z těchto příkladů je mystacina novozélandská (*Mystacina tuberculata*). Její nelétavost však pravděpodobně nevzešla jako adaptace na ostrovní život, jak by se mohlo zdát, ale s nejvyšší pravděpodobností šlo o adaptaci, ke které došlo před izolací na Novém Zélandě.

1,5 bodu

Úloha 4 (praktická): Kdepak ty stínko úkryt máš?

Autor: Kateřina Kubíková

Počet bodů: 20

Stínky (Oniscidea) jsou jednou z mála skupin koryšů (Pancrustacea), kterým se podařilo vymanit z područí vodního světa a úspěšně dobýt souš. Stejně jako ostatní suchozemské organismy si s přechodem do terestrického prostředí musely postupně vyvinout celou řadu přizpůsobení, které jim umožňují se s nástrahami tohoto světa vypořádat. My se v této úloze zaměříme na některé z nich – konkrétně na tzv. behaviorální adaptace, respektive na to, jak si mohou stínky život na souši poněkud usnadnit výběrem vhodných míst k životu.

1. Stínky (Oniscidea) však nejsou jedinými koryši (Pancrustacea), kteří obývají terestrické prostředí. Jmenuj čtyři další skupiny koryšů, které nezávisle na sobě osídlily suchozemské habitaty (tj. tráví zde většinu života a získávají zde potravu).

Krabi (Brachyura), různonožci (Amphipoda), lasturnatky (Ostracoda), šestinoží (Hexapoda), jazyčnatky (Pentastomida).

*celkem 2 body
za každý příklad 0,5 bodu*

Největší problém, který s sebou přechod na suchozemský způsob života přináší, je nepřekvapivě nedostatek vody, se kterým se pojí celá řada dalších svízeli. Aby mohly stínky na suché zemi pobývat (a předešly nadměrným ztrátám vody), musí si pečlivě vybírat, kde budou přebývat (tzv. behaviorální adaptace).

2. Která místa si stínky ke svému životu nejčastěji volí? Uveď čtyři mikrohabitaty, kde se v české přírodě obvykle vyskytují.

Uznávány byly všechny rozumné odpovědi, např.: opadanka, mrtvé dřevo, pod kůrou, pod kameny, břehy vod,

...

*celkem 2 body
za každý mikrohabitat 0,5 bodu*

3. Praktickou částí této úlohy jsou dva pokusy, s jejichž pomocí zkusíš zjistit, proč právě tyto habitaty stínky vyhledávají – respektive jaké konkrétní parametry prostředí stínky preferují. K provedení těchto pokusů si budeš muset obstarat pokusné organismy – stínky. Na uskutečnění pokusů bude potřeba poměrně dost jedinců – ideálně kolem 20–30 (nebo klidně i více), přičemž nemusí všechny náležet témuž druhu, ani pocházet z téže lokality. Pokud se ti jich nepodaří sehnat takové množství, proved' experimenty alespoň s těmi, co najdeš, hrozí ovšem, že následná statistická analýza výsledků nebude tak průkazná. Kam se vydat na jejich lov, abys měl(-a) co největší šanci na úspěch, jsme si již ujasnili v předchozí otázce. Experimenty lze provést přímo v terénu, případně stínky přenést ve vhodné nádobě domů. Kromě stínek budeš k provedení pokusů potřebovat již jen nádobu, která bude sloužit jako pokusná aréna – ideální je nějaká spíše nižší krabice či jiná nádoba s průhledným víčkem (například Petriho miska) s plochou dna řádově o velikosti papíru A5, jejíž dno pokryj filtračním papírem nebo papírovým ubrouskem, dále pak tmavou neprůsvitnou desku, kterou bude možné překrýt a zatemnit celou arénu, a malé množství vody. Před zahájením pokusů rozděl arénu na dvě poloviny – naznač dělicí linii například obyčejnou tužkou. Provedené experimenty průběžně dokumentuj pomocí fotografií.
- V prvním experimentu do každé poloviny arény umístí stejný počet stínek (polovinu ze všech stínek, které seženeš) a hned poté jednu polovinu arény zakryj tmavou deskou. Arénu umístí na světlo a po pěti minutách spočítej, kolik jedinců se nachází na každé polovině.
 - Před druhým pokusem stínky odeber z arény, nádobu umyj vodou, vyměň filtrační papír (popř. ubrousek) a jednu polovinu filtračního papíru v aréně navlhči malým množstvím vody. Opět na každou polovinu umístí stejný počet stínek a poté celou arénu zakryj tmavou deskou. Po pěti minutách spočítej počet jedinců na každé polovině.

4. Výsledkem experimentů tedy budou dvě dvojice čísel – počty stínek na temné a osvětlené, respektive vlhké a suché polovině arény. Ale co nám tato čísla vlastně říkají? Co z nich můžeme nebo nemůžeme usuzovat? Ke správné interpretaci výsledků je nutné vyhodnocení za pomoci vhodné statistické metody. V našem případě potřebuješ ověřit, zda na základě tvých výsledků existuje statisticky významná preference některého ze studovaných faktorů prostředí. Tedy jestli to, že na jedné polovině arény bylo na konci experimentu například o tři stínky více než na druhé, znamená, že tuto polovinu stínky preferují, nebo to s velkou pravděpodobností bylo způsobeno jen vlivem náhody. K tomu můžeš použít tzv. chí-kvadrát (χ^2) test. Pomocí něho pozorované počty jedinců v dané polovině arény srovnáš s očekávanými počty jedinců v příslušných částech arény v případě, že by žádná preference prostředí neexistovala. V tom případě by pravděpodobnost, že se stínka po uplynutí pěti minut bude nacházet v temné nebo osvětlené (resp. v suché nebo vlhké) polovině, byla stejná. Očekávané hodnoty pro každou polovinu arény v obou experimentech se tedy v našem případě budou rovnat polovině všech stínek zapojených do experimentu. Kdyby stínky žádnou preferenci neměly – byly by rozmístěny v aréně náhodně, a tedy na každé její polovině by měla být polovina stínek. Chí-kvadrát zohledňuje i počet testovaných jedinců, proto pracujeme s reálnými čísly získanými v pokusu, nikoliv pouze s poměry.

Vzorec pro výpočet chí-kvadrátu:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i}$$

Tedy v našem případě můžeš použít vzorec:

$$\chi^2 = \frac{(o_{1. \text{ polovina arény}} - e)^2}{e} + \frac{(o_{2. \text{ polovina arény}} - e)^2}{e}$$

o... pozorovaná hodnota (observed value)

e... očekávaná hodnota (expected value)

5. Ted' máš dvě čísla – výsledky svých výpočtů chí-kvadrát testů pro každý z provedených pokusů. Tyto výsledky je třeba porovnat se standardizovanou kritickou hodnotou, která má pro náš typ experimentu hodnotu 3,84. Pokud je tvůj vypočítaný výsledek χ^2 testu větší než tato hodnota, znamená to, že stínky vykazují statisticky významnou (signifikantní) preferenci pro daný faktor na 5% hladině spolehlivosti. Tedy zjednodušeně řečeno, existuje méně než 5% šance, že stínky na daný faktor nereagují. Pokud je tvůj výsledek menší než tato hodnota, tvé stínky statisticky významnou preferenci pro daný faktor na dané hladině spolehlivosti nevykazují.

V protokolu vhodným způsobem představ své výsledky pokusů, uveď celé výpočty χ^2 testů pro oba experimenty a na základě svých výsledků rozhodni, zda stínky preferují některý z faktorů, a pokud ano, který. Odpovídají výsledky tvým předpokladům? Pokud ne, čím si to vysvětluješ? Pokud stínky na základě tvých výsledků preferují některý ze studovaných faktorů prostředí, v čem je to pro ně výhodné?

6. V příhodných mikrohabitacích se stínky často zdržují ve velkých počtech. Není to náhoda – spolu s trusem totiž vypouští agregační feromon, který láká jedince stejného druhu, a vede tak k vytváření početných agregací, ve kterých jsou stínky schopny lépe šetřit vodou.

a. Tendence ke shromažďování by nám však mohla snadno zkazit radost z úspěšně provedeného pokusu o mikrohabitacích preferencích stínek. Vysvětli, proč a jak schopnost agregace u pokusů narušuje předpoklad nezávislých pozorování, nezbytný pro správné statistické zpracování a interpretaci dat.

Stínky mohou mít následkem tohoto fenoménu tendenci se agregovat na jedné polovině arény. V důsledku toho jsou jednotlivá pozorování (jednotliví jedinci) na sobě závislá a počet pozorování (n) je tudíž ze statistického pohledu nižší než reálný počet jedinců.

1 bod

b. Navrhni, jak experiment upravit, abychom vliv agregace odfiltrovali.

Udělat pokus s každou stínkou individuálně, příp. se všemi stínkami opakovaně (obojí s umytou arénou).

1 bodu

7. Svá pozorování pečlivě zpracuj formou protokolu včetně všech jeho náležitostí a fotografií z průběhu pokusů. Vzorový protokol najdeš na stránkách Biozvěstu. Odpovědi na doprovodné otázky můžeš snadno zařadit do příslušných částí protokolu.

za praktickou část úlohy celkem až 14 bodů

za sepsání metodiky 1 bod

za provedení experimentů včetně fotodokumentace a prezentaci výsledků až 5 bodů

za správný výpočet chí-kvadrát testů 2 body

za správné vyhodnocení vypočtené hodnoty (2 body)

za vyhodnocení a interpretaci výsledků, včetně kvalitní diskuze až 4 body

Úloha 5 (seriálová): Bioluminiscence

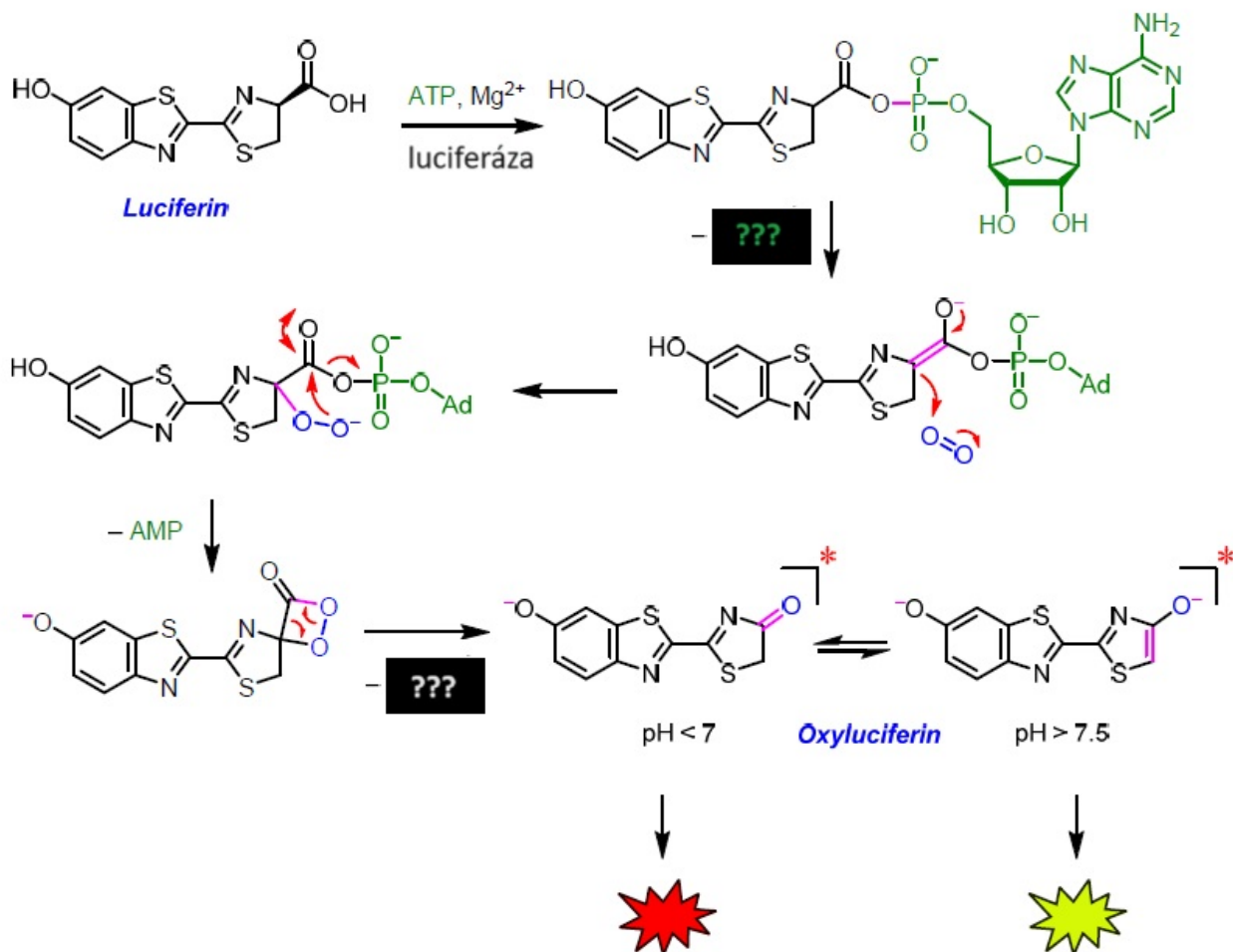
Autor: Stanislav Jan Vašina

Počet bodů: 15

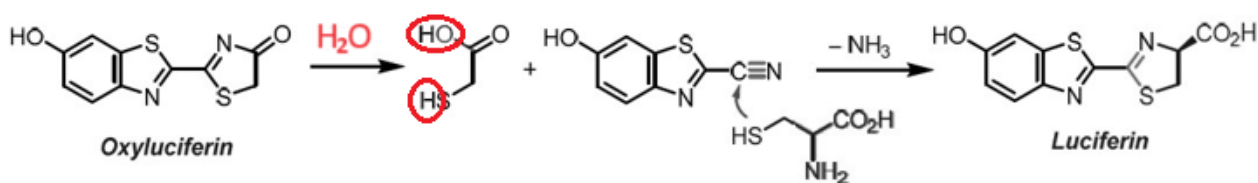
Společné téma spojující letošní seriálové úlohy je světlo, rozsvítíme proto první sériovou úlohu bioluminiscencí! Bioluminiscence, jak jistě víte, je souhrnný název pro schopnost některých organismů vytvářet chemickými procesy vlastní světlo. Právě na tyto biochemické procesy, i na jejich biologický přesah, se v této úloze zaměříme.

Bioluminiscence má pro organismy řadu funkcí, jako je mezidruhovná komunikace, varování před jedovatostí, lákání potravy nebo potencionálních roznašečů spor a další. Bioluminiscencí oplývá celá řada organismů, od bakterií přes prvoky až po houby, a dokonce živočichy. Právě u živočichů je dobré si uvědomit, že ne vždy je molekulární arsenál chemikálií na tvorbu světla přímo jejich. Například zvířata jako medúzy, žebernatky a světlušky si vyvinuly tyto světélkující pochody vlastní. Zato třeba mořští ďasové a další ryby či někteří hlavonožci využívají bioluminiscenci symbiotických mikroorganismů.

(Za inspiraci k úloze bych rád poděkoval profesoru Pavlu Kočovskému. Chemická schémata jsem si vypůjčil z prezentace k jeho předmětu „Organic Chemistry of Biological Processes“ s kódem [MC270P99](#).)



Obrázek 5: Schéma oxidace luciferinu.

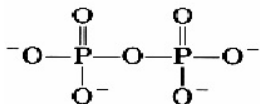


Obrázek 6: Schéma regenerace luciferinu z oxyluciferinu.

1. Začneme u oněch pohádkově vyhlížejících světlušek. Někteří z vás už možná někde slyšeli, že světlo světlušky generují oxidací molekuly luciferin na oxyluciferin. To se snadno řekne, ale jak to vlastně vypadá? Nelekejte se na první pohled složitě vypadajících schémat, otázky s nimi spojené budou povětšinou prakticky spočívat v hledání rozdílů. I organická chemie se dá s chladnou hlavou logicky odvodit.

- a. V prvním kroku nám k luciferinu přistupuje molekula ATP, adenosintrifosfát. Ten se jakoby rozpadne na dvě části, ta větší se připojí k luciferinu. Na obrázku 5 je nakreslena zeleně a samotnou bychom ji nazvali adenosinmonofosfát (adenosin dále ve schématu už značen jen jako „Ad“). Druhá, menší odpadnější část je označena třemi zelenými otazníky. Nakresli strukturním vzorcem, jak tato vcelku jednoduchá molekula vypadá, a napiš, jak se nazývá.

V biologii se jí často říká pyrofosfát, strukturní vzorec viz níže.



Celkem 2 body

za název 1 bod

za vzorec 1 bod

Uznám i jakékoliv jiné správné názvy (difosfát, aniony kyseliny difosforečné)

- b. Molekula z předchozí otázky v buňce dlouho nevydrží. Enzymaticky se dále štěpí. Na co? (stačí napsat, není třeba psát žádné chemické vzorečky)

Rozpadá se na dva fosfáty.

1 bod

- c. Dále pak vidíme že na scénu přichází kyslík, tvoří peroxoskupinu, ta útočí na karbonyl, a vytěsňuje adenosinmonofosfát (AMP). Jsme nyní u molekuly těsně před oxyluciferinem. Na obrázku jsou dvě jeho formy, ketonová a enolová, které v sebe navzájem mohou přecházet v závislosti na pH. Enolová vyzařuje světlo žlutozelené, ketonová červené. Převládá, jak víme, forma, která dává za vznik světlu žlutozelenému, a to proto, že oxyluciferin vzniká v peroxisomech, kde je pH této formě odpovídající. Zajímavé je, že červené světlo by bylo světlušce k ničemu, protože světlušky, stejně jako drtivá většina ostatního hmyzu, červené světlo nevidí. Pořádně si molekuly prohlédni. Odštěpení jaké molekuly znázorňují bílé otazníky? Jak se v biologii enzymaticky řízenému odstupu této molekuly říká?

Vzniká kysličník (neboli oxid) uhličitý. Procesu se říká dekarboxylace, protože při něm dochází k odštěpení karbonylové skupiny.

Celkem 2 body

za název molekuly 1 bod

za název procesu 1 bod

- d. Nyní máme excitovaný oxyluciferin, který po deexcitaci excitovaného elektronu (elektron na vyšší energetické hladině spadne na hladinu nižší, čímž se uvolní energie rovna rozdílu těchto stavů v tomto případě ve formě fotonu) vystřelí buď „červený“, nebo „zelený“ foton (viz schéma, záleží na formě, jak již bylo vysvětleno). To je to zelené světluščí světlo, které vidíte na romantických procházkách v noci v temném lese. No, co ale teď s tím neexcitovaným oxyluciferinem? Ten se musí zase přeměnit na luciferin, aby celou touto kaskádou mohl projít znovu. Jak se to děje, ukazuje schéma na obrázku 6.

Oxyluciferin se vodou štěpí (hydrolyza) na dvě molekuly. Po modifikaci a následném spojení těchto dvou molekul nám opět vzniká luciferin, připraven dát se do práce. Tvůj úkol je jednoduchý, zakroužkuj na prostřední části schématu, kam se poděly atomy, které procesu věnovala voda. Porovnej oxyluciferin a dvě molekuly, na které se rozpadá, a uvidíš, jaké atomy jsou tam navíc, to jsou ty od vody. (Napovím, že to budou oba vodíky i kyslík, nic nikam nemizí).

Řešení je vyznačeno na obrázku 6

1 bod

- e. Ze schématu (obrázek 5) vidíme že enolová forma oxyluciferinu po deexcitaci vyzáří „žlutozelený“ foton, jeho vlnová délka je něco kolem 560 nm. Podle níže uvedeného vztahu vypočítejte energii jednoho takového fotonu.

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

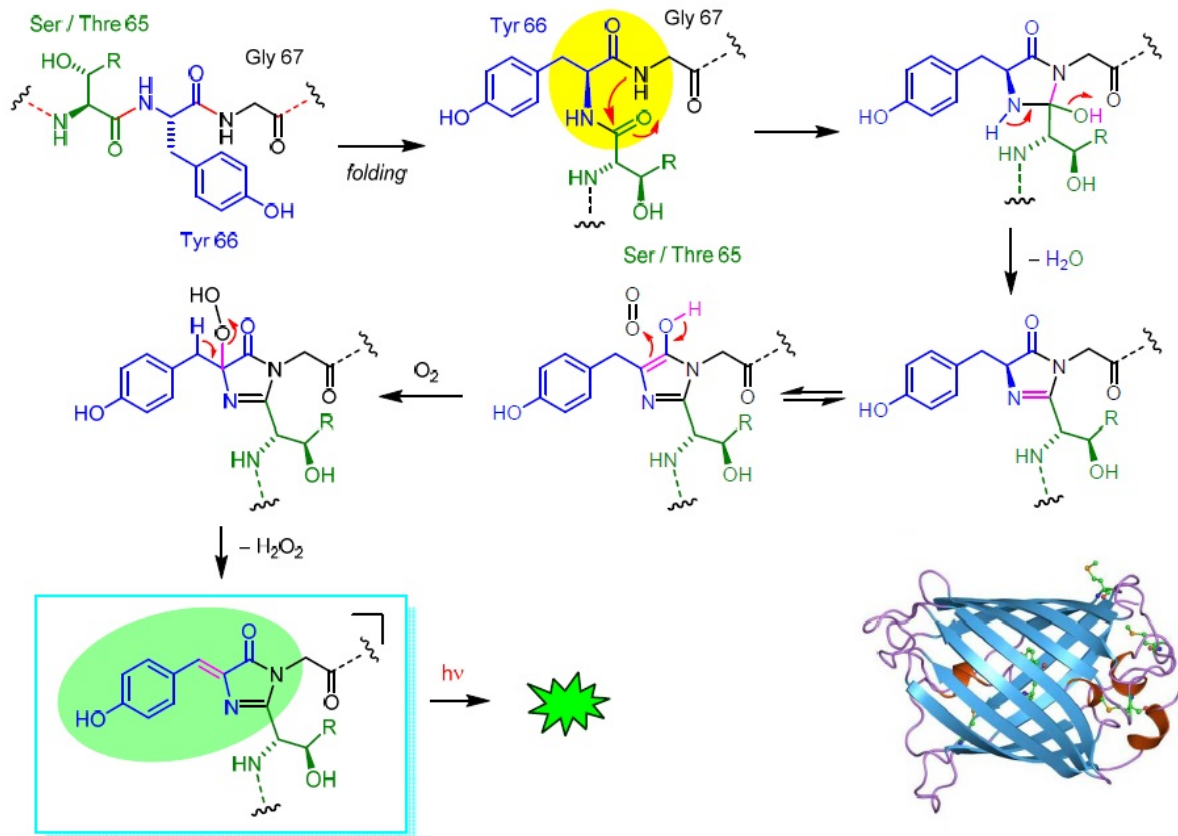
Symboly ve vzorci znamenají následující: c je rychlost světla, h je Planckova konstanta, λ je již zmíněná vlnová délka, a E je energie. Hodnoty konstant si dohledejte. Výsledek udejte v joulech.

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{5,6 \cdot 10^{-7} \text{ m}}$$

$$E \approx 3,5 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Uznám jakýkoliv řádově podobný výsledek.

1 bod



Obrázek 7: Schéma fungování bílkoviny GFP, vpravo dole její model.

2. Zaměříme nyní naši pozornost od světlušek a ponořme se za medúzami. Medúza *Aequorea victoria* je známá schopností produkce bílkoviny GFP (green fluorescent protein, velmi originální název). Molekulární mechanismus je zde poněkud jiný než u světlušky. Zájemci si mohou prohlédnout schéma (obr. 7), které ho znázorňuje.

Tentokrát se schématem nebudeme pracovat tolik jako v minulé úloze. Zaměříme se ovšem na jeden zásadní rozdíl; vše probíhá v rámci jediné bílkoviny. Pozornější si všimnou, že jediný vnější reaktant je zde kyslík, zbytek „svítivé části“ se poskládá z jednotlivých aminokyselin bílkoviny GFP, na rozdíl od světlušek, kde jsou substrát a enzym dvě rozdílné entity. To má zásadní následky pro jeho použitelnost. Zamysli se nad využitím GFP při značení různých typů buněk a tkání (i zaživa), proč je „jednodušší“ používat GFP na rozdíl od třeba výše zmíněného luciferinu? Klidně se rozepiš, pokud tě toho napadne víc. Chtěl bych ale v odpovědi vidět zřejmě největší výhodu, která souvisí s tím, jak se GFP do živého vzorku vpravuje. Dává se do něj bílkovina přímo?

Hlavní výhoda spočívá v tom, že bílkovina GFP je kódovaná jedním genem. Tento gen se dá vybranou hrstkou metod integrovat do genomu raného embrya organismu. Poté se dá pod fluorescenčním mikroskopem pozorovat vývoj předem zájmových tkání (třeba tak, že se dá genu pro GFP stejný promotor který se nachází u genu nějaké pro danou tkáň typické bílkoviny). Není třeba poté do vzorku přidávat jakýkoliv substrát navíc. Protože, jak už jsem naznačoval v zadání, kdybychom to srovnali s luciferázou a luciferinem, GFP je (v uvozkách) sám sobě enzymem i substrátem. Další výhody, které jste mohli najít a zmínit je třeba to, že GFP je netoxický, má i různé barevné varianty...atd.

3 body



Obrázek 8: *Sepioloidea atlantica* (*Sepioloidea atlantica*) – zdroj fotografie: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Sepioloidea_atlantica.jpg.

3. Již v úvodu úlohy bylo zmíněno, že některá zvířata si bioluminiscenci vypůjčila od ochočených mikroskopických symbiontů. Pojďme se na ně nyní podívat méně chemickým okem. *Sepioloidea atlantica* (Obr. 8) má ve svém plášti speciální orgán, kde mohou její symbiotické bakterie druhu *Aliivibrio fischeri* hezky bydlet a svítit.

- a. Tento druh bakterie žije v mořské vodě i mimo sepioly. Tam ale, zdá se, nesvítí. Popiš, jakým signální mechanismem (dobrodružnější z vás mohou zkusit za bod navíc najít i hlavní molekulární aktéry) je zajištěno, že bakterie v hlavonožci poznají že mají svítit. Napovím, že i přesto že sepiola dále své symbionty vyživuje, hledané řešení nespočívá v interakcích s olihní samotnou.

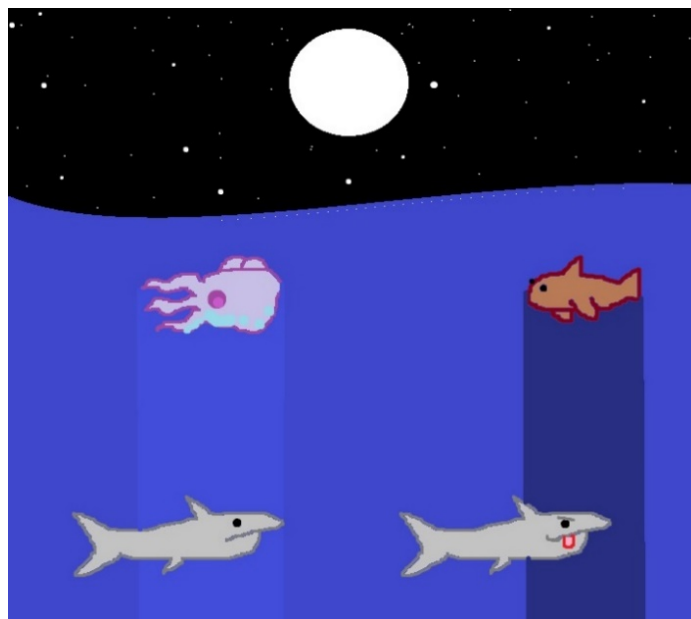
Za prvé, logicky bude světélkujících bakterií menší koncentrace volně ve vodě než uvnitř orgánu olihně, kde jsou hostitelem živeny a mohou se hezky namnožit. Mechanismus, kterým bakterie poznají, že jsou v přítomnosti vyššího počtu svých soudruhů, se říká „quorum sensing“. Bakterie i ve volné vodě vypouštějí do okolí signální molekulu, (třeba nějaké acyl-homoserin laktony, v našem případě konkrétně N-3-oxohexanoyl homoserin lakton (viz obrázek)); tyto molekuly jsou schopny volně procházet cytoplazmatickou membránou a v buňce aktivují bílkovinu, která započne expresi konkrétních genů. Když je koncentrace homoserin laktonů v okolí vyšší, vědí, že mají společnost. To je ono znamení, že mají „spustit expresi svítivé metabolické dráhy“, jak už jsem psal. Taky je to pro ně mimochodem signál, aby zůstaly na místě, že už své místo našly a nemusí se dále hnát za dalším hostitelem.

celkem 3 body
za odpověď o quorum sensing 2 body
za homoserin lakton 1 bod

- b. Hlavní důvod, proč si hlavonožec světélkující bakterie v plášti hezky vykrmuje je kamufláž. Kamufláž světlem? Není něco, co svítí, naopak vidět lépe? Zní to sice jako paradox, když vezmete v potaz, v jakém prostředí žije, ale jistě přijdete na to, jak to funguje. K odpovědi můžete přiložit i jednoduchý náčrt.

Sepioly vylézají lovit do otevřených prostranství u hladiny v noci. Za krásného blyštivého nočního svitu měsíce a hvězdiček je jejich kamufláž ze spodní strany těla také svít, tak aby z pohledu hladových predátorů pod nimi splývaly se světlou vodní hladinou (viz obrázek 9). To je mimochodem — i za bílého dne — důvod, proč jsou vodní tvorové obvykle na bříse světlejší než na zádech, aby z pohledu svrchu splývali s temnou hlubinou a z pohledu zezdola se svitem oblohy. Takovému zbarvení živočichů se říká protisvětlo. Inu, v tomto případě tedy spíše protisvětlo!

2 body



Obrázek 9: Náčrt vysvětlující význam světlování sepiol.