

8. ročník (2023/24)



2. sada

Autorské řešení

MUNI | RECETOX

MUNI Ústav experimentální
SCI biologie

Níže naleznete řešení následujících úloh:

1. Slyšíš to? (Martin Richter)	3
2. How a passion for science is sometimes more than a degree. Or is it? (Dorota Víchová)	9
3. X, Y, Z... Ž? (Eliška Pirnosová)	13
4. Reprodukční zdraví – antikoncepce (Magdalena Dohnalová)	25
5. Biouhel – požehnání z doby minulé? (Monika Kuncová)	32
6. Research with AI (Vojtěch Klapetek)	39

Martin Richter (e-mail: martinri@email.cz)

1. Slyšíš to?

10 bodů

O sluchu jste v hodinách biologie jistě slyšeli ;). V této úloze si nejprve zopakujeme obecné fakty, ale pak si zkusíme vytvořit spojitosti, o kterých se až tak často nemluví. A nakonec se podíváme na zvukové iluze.

1. Doplně následující text:

[2 b]

Bodování: 11–12 2b, 9–10 1.5b 6–8 1b 3–5 0.5b 0–4 0b

Zvuky jsou mechanickým vlněním látky, tedy periodické změny tlaku vzduchu, které se šíří prostředím. Sluchovým aparátem člověka, tedy orgánem zodpovědným za přenos zvuku z formy zvukových vln až k signálům zpracovávaným mozkiem, je ucho. To se dále dělí na tři podčásti:

Vnější ucho: jeho hlavní funkcí je zachycení a nasměrování zvuku, jedná se o ušní boltec, dále prostou trubičku, která se nazývá zvukovod, která je zakončená ušním bubínkem.

Střední ucho: Jeho funkcí je přenést zvuk od bubínku k vnitřnímu uchu / hlemýždi. Při tomto přenosu dojde pomocí fyzikálních mechanismů k zeslabení přílišně hlasitých zvuků. Také dochází k amplifikaci tichých zvuků pomocí soustavy kůstek. Jedna z nich, trmínek (měřící pouze cca 2 mm) je nejmenší kostí v lidském těle.

Vnitřní ucho: Tím se zvuk dostává z prostředí vzduchu do prostředí tekutiny nazývané perilymfa. Pro sluchový orgán je důležitá spirálovitá dutina kosti skalní nazývaná hlemýžď. Na něm se nachází Cortiho orgán – soustava vláskovitých buněk, které zvuk přenáší z mechanické energie na signál zpracovatelný mozkiem. Různé frekvence rozechvějí vlásky v jiných místech (a to tak, že od vlásky na kraji vnímají vysoké frekvence a postupně ke středu hlemýžďe se vnímaná frekvence snižuje), díky čemuž můžeme vnímat výšku tónu.

Kdybychom nějak chtěli charakterizovat rozpětí vnímaných zvuků, nabízí se popis přes výšku tónu, kterou ve vlnění určuje frekvence. V perfektním případě se rozpětí sluchu pohybuje mezi 20 a 20 000 Hz, nicméně s přibývajícím věkem se receptorové buňky z kraje hlemýžďe poškozují a tak postupně ztrácíme schopnost slyšet vysoké tóny.

Další dvě vlastnosti zvuku jsou hlasitost a barva. Hlasitosti se budeme věnovat dále. Barvu tónu, respektive zvuku, určuje jeho frekvenční složení. Díky tomu dokážeme rozeznat třeba rozdíl mezi klavírem a kytarou hrající stejný tón. Tím už se ale dostáváme za hranice této úlohy.

Vrátíme se k hlasitosti a konkrétně se zamyslíme nad tím, jak vnímáme hlasitost na různých frekvencích slyšitelného spektra. Ačkoliv by se mohlo zdát, že bude optimální každou výšku vnímat stejně, v následující úloze zjistíte, že tak tomu není.

Vnímání hlasitosti

Hlasitost je náš způsob vnímání intenzity zvuku. V životě se setkáváme se zvuky tak tichými, že je nerozpoznáme, tak se zvuky tak hlasitými, že nám dokáží sluch poškodit.

Graf ukazuje poměr hlasitosti vůči frekvenci. Nižší hodnota znamená, že jsme vůči dané frekvenci citlivější. Vytvářená křivka ukazuje, jakou intenzitu musí mít tóny různých frekvencí, abychom je vnímali stejně hlasitě.

Z grafu vidíme, že v krajních frekvencích slyšíme nejhůř. Naopak na frekvence 1 až 4 kHz jsme nejcitlivější.

Pro úplnost doplním vysvětlení jednotek na tomto grafu: Protože webová stránka (a vlastně ani počítač) nemá jak zjistit, jak hlasité jsou vámi přehrávané tóny, místo decibelů vůči referenci určuje decibely vůči maximálnímu (plně hlasitému) signálu – proto je maximum 0 a tišší tóny mají nižší hodnoty. Úplné ticho by pak mělo hodnotu $-\infty$ dB.

Je důležité si uvědomit, že takovéto měření bude pouze tak dobré, jako nástroje které k němu využijeme. Pokud neslyšíš tóny v krajích spektra, je možné, že tvá sluchátka/reproduktor je prostě neumí přehrát.

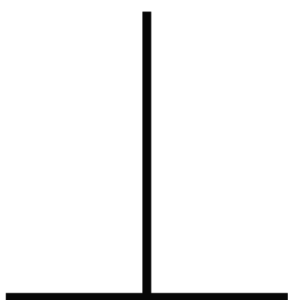
4. Zamyslete se nad výsledkem minulé úlohy. Proč se vyplatí některé frekvence slyšet lépe? Napište, jaké zvuky mohou být pro tyto frekvence typické. [1 b]

Nejlépe slyšíme frekvenční rozsah mezi 2 a 4 kHz, v této hodnotě se zároveň nachází nejdůležitější část spektra lidské řeči, ale také další zvuky, se kterými se každodenně setkáváme. Také zde můžete spekulovat o tom, že neslyšíme zvuky, které slyšet nepotřebujeme/nechceme – například echolokační zvuky vydávané netopýry.

Tohle vyplývá i z evoluce, kde pro nás bylo důležitější komunikovat s ostatními lidmi a vyhýbat se predátorům.

Sluchové iluze

Myslím, že optické iluze jsou všem známé. Ať už se jedná o hýbající se obrázky (které se ve skutečnosti nehýbou), nebo iluze hrající si s naším vnímáním barev nebo velikostí, mají společné to, že využívají toho, jak náš mozek posuzuje smysly.



Obrázek 1: Věřili byste, že obě čáry na obrázku jsou stejně dlouhé?



Obrázek 2: Věřili byste, že proužek uprostřed má po celé šíři stejnou barvu?

Zdroj obrázků: https://en.wikipedia.org/wiki/Optical_illusion

Auditivní iluze pracují na podobném principu, akorát využívají našeho sluchu. Ten se totiž liší od prostého mechanického systému (například mikrofonu a počítače) tím, že se evolučně vyvinul jako prostředek pro přežití. Ve zvucích se tedy snažíme hledat významy. Jistou roli tady hraje kognitivní zkreslení – to jest, že hledáme význam, který jsme již předem přisoudili, případně který je nám známý.

Kdybychom tedy chtěli nějak popsat princip sluchových iluzí (a nějak je klasifikovat), posluchač buď slyší něco „nemožného“ nebo něco, co se ve skutečnosti v záznamu nenachází. Obě tyto varianty si ukážeme na příkladech v úlohách níže.

5. Jednou z takových iluzí je Shepard tone. Poslechni si dvě ukázky na odkazu a napiš, co slyšíš, co je tou iluzí. [0.5 b]

Na daném odkazu slyšíme zvuk, který jako by pořád zvyšoval svoji výšku. Jak jsme si ale řekli v dřívější úloze, lidský sluch má pouze omezený rozsah, a tak tedy výška určitě do nekonečna stoupat nemůže. Musí se tedy jednat o nějakou iluzi.

Pro doplnění – tón se nemusí jen zvyšovat, může se i snižovat.

Zdroje zvuků:

<https://freesound.org/people/Timbre/sounds/156519/>

<https://freesound.org/people/BrainClaim/sounds/274487/>

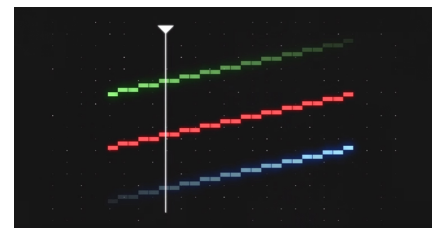
https://archive.org/details/risset1101/risset_beat1_accel_modno.mp3

<http://eprints.zu.edu.ua/27345/1/Hurskiy.pdf>

6. Jak tato iluze funguje? Krátce popiš hlavní princip, případně si pomoz obrázkem. [1 b]

Tento zvuk je složen z více jednotlivých „hlasů“, které stále stoupají, a přitom mění svoji hlasitost. Při nejnižším tónu jsou nejtišší, postupně zvyšují jak svoji výšku, tak hlasitost. Když se výška dostává k maximum, tak se naopak hlasitost snižuje.

Díky tomu, že se jedná o souvislou a pozvolnou změnu, vždy vnímáme hlavně nejsilnější z hlasů, který sám o sobě stoupá. Postupně začneme vnímat jeden z nižších hlasů a cyklus se opakuje.



Zdroj obrázku: <https://alexharkness.com/using-the-shepard-tone/>

Je velmi pravděpodobné, že ses už s touto iluzí někdy setkal, jen o tom možná nevíš. Často se totiž používá v soundtracích filmů (nejznáměji asi u filmů Christophera Nolana), kvůli atmosféře a pocitům, které umí navodit. Tuto iluzi můžeme najít i v hudbě, například u kapely Pink Floyd – Echoes.

7. Jaký pocit v tobě tato iluze vzbuzuje? V jakých částech filmu bys takový zvuk očekával/a? [0.5 b]

Hodnoceno individuálně.

Ve mně osobně tento zvuk vzbuzuje pocity nelehkosti a úzkosti. Ve filmech se často využívá k vystavení napětí, případně k iluzi toho, že se hýbeme, ale zároveň zůstáváme na

místě. Tento zvuk si dokážu představit například při pohledu na trosky zničené vesmírné lodi volně letící vesmírem.

Více o využití ve filmu např. ve videu: [Shepard Tone ve filmu Dunkirk](#).

8. Na odkazu z úlohy 5 se nachází také ukázka Rissete Beatu. Je to iluze na stejném principu s podobným vysvětlením jako Shepard tone s jedním rozdílem. Co je iluzí v tomto případě? [0.5 b]

Místo výšky tónu se zde soustředíme na tempo, tedy vnímanou „rychlost“ hudby. Iluze je opět způsobena kombinací několika elementů, které postupně mění svoji hlasitost. V dané ukázce pozorujeme, že se tempo pořád zvyšuje, nicméně opět existují i ukázky, ve kterých se tempo snižuje. Také můžeme najít ukázky, na kterých jsou obě iluze současně.

Naše druhá iluze před pár lety obehkala svět. Jedná se o zvukový záznam, ve kterém slyšíte buď „Yanny“, „Laurel“, nebo ještě něco jiného.

9. Poslechni si ukázku. Napiš, jestli slyšíš „Yanny“ nebo „Laurel“. Zkus najít, jestli proběhly nějaké výzkumy, a najdi, kolik % populace s tebou souhlasí. Zdroj korektně cituj. Dokážeš najít, co mělo být na nahrávce původně? [1 b]

Opět osobní otázka, já slyším „Laurel“. Pokud chcete slyšet opačnou variantu, doporučím [video](#), kde zároveň poodhalíte, čím je tato iluze způsobena.

Co se týče výzkumů, já jsem provedl vlastní na vašich řešeních. Z celkového počtu ($n = 49$) bylo 16× slyšeno „Yanny“, 23× slyšeno „Laurel“ a 7 nevedlo, 3 slyšeli oboje / něco jiného. Z neprázdných odpovědí mi tedy vychází 38 % Yanny a 55 % Laurel.

Vy jste nejčastěji uváděli průzkum citovaný wikipedií: Salam, Maya; Victor, Daniel (May 15, 2018). „Laurel or Yanny? What We Heard From the Experts”. The New York Times. Archived from the original on May 17, 2018. Retrieved May 18, 2018. Ten se odvolává na Twitterovou anketu, ze které vychází že 53 % (z testované) populace slyší Laurel a 47 % slyší Yanny. Výzkumy se různí, hodnoty se nicméně vždy pohybují okolo těchto hodnot.

Další varianta této iluze je například [tady](#).

10. Zkus najít vysvětlení této iluze. Existuje nějaký způsob, jak si „pomocť“ a slyšet v ukázce druhou variantu slova, než kterou člověk slyší normálně? [1 b]

Můžeme si pomoci vyfiltrováním určitých frekvencí z původního zvuku, např. na [tomto videu](#). Alternativou je také zpomalení nebo zrychlení původního zvuku, či jeho posun nahoru/dolů.

Dále si můžeme pomoci tím, že zároveň s poslechem čteme slovo, které chceme slyšet. Teoreticky slovo, které slyšíme, může být změněno i celkovou hlasitostí, na které zvuk posloucháme.

Pokud vás zajímají další iluze, můžu doporučit [toto video](#).

Podobných iluzí bychom našli nespočet. Doufám, že se ti úloha líbila, že jsi se v ní dozvěděl něco nového a že v tobě probudila zvědavost a motivovala tě pokračovat v řešení dalších úloh tohoto ročníku.

Děkuji za řešení! V případě problémů nebo dotazů neváhej a kontaktuj mě na mail.

Dorota Víchová (e-mail: dorota.vichova@seznam.cz)

2. How a passion for science is sometimes more than a degree. Or is it? 10 points

Science is hard. As aspiring young biologists, you know that. It takes a lot of long hours of work, either in a lab or in the field. Even if you come up with some outcomes, you must repeat your experiments, get more data, and gain statistically significant pieces of information. And you can't possibly do that alone. In that case, you have colleagues or your students you can use. But still, all of you together are not enough to fight the science hydra – when you answer one question, several new questions will emerge. You can't be everywhere, take notes of every bug crawling on the leaves, every invasive plant, and every earthquake. . . And there comes the public in the game. To be more precise, the citizens.

(Here I just want to add one recommendation. One of the tasks is a little bit more time consuming. Make sure, you have enough time for solving this task.)

1. Please form a definition of citizen science. For what type of research, is commonly used? And why do you think is that so? [1 pt]

Citizen science may be defined as a type of research in which is public involved. Volunteers are used for data collection and sometimes even an analysis of the data. Citizen science project is supported and supervised by some scientific institution.

Usually are volunteers used for helping with monitoring of species, or some environmental phenomena. The reason is that data for this type of research can be easily obtained with any owner of mobile phone or access to the internet. Also, for environmentally focused research motivation of the public is easier. It is simply attractive to be able to do something for people's environment.

2. Find two specific cases, when citizens were helpful, and describe them thoroughly. Support your choices with scientific articles or reports. Cases can be from our country or worldwide, but the topic should be biological. [2 pt]

Monarch larva monitoring project

Monarch butterflies are emblematic species of butterflies of Northern America. These butterflies are famous for their long migratory journey through the whole continent. With this spacial range of a specie a lot of people is needed for monitoring them. You can become one of Monarch larvae monitoring project and take a course on monitoring methods, monarch butterfly biology and ecology and more. How are volunteers useful? They make observations and collect data of butterfly larvae. These data are then compiled by scientist and used in publications. For example, in this publication: Tachinid Fly (Diptera: Tachinidae) Parasitoids of *Danaus plexippus* (Lepidoptera: Nymphalidae) (academic.oup.com/aesa/article-abstract/110/6/536/3894089)

Involvement of volunteers in whale watching

In [this thesis](#) the author describes and discuss contribution of volunteers into whale monitoring in California. Data about whale presence are collected by a commercial whale

watching boats. The project is using the experience and knowledge of whale-watching operators. Afterwards they are processed by interns trained in photo-identification of whale species. They were also creating maps in the field, which were then digitalized. This offers scientist data, which can be compiled and transformed into presence maps of certain species and more. For example, these observations happened in strongly anthropogenically influenced areas, so the data retrieved by volunteers can give good insight into the coping strategies of cetaceans in those areas.

Using commercial whale-watching is not limited only do the Northern America. Here is example of a study from Australia. ([Distribution patterns of migrating humpback whales \(Megaptera novaeangliae\) in Jervis Bay, Australia: A spatial analysis using geographical citizen science data – ScienceDirect](#))

Pieces of information are very cheap in our current situation. People have access to data thanks to the internet. The sharing of knowledge is happening faster than ever. And all these things combined are creating amazing opportunities for people to join various projects on various topics. Sometimes a phone is all that is needed for people to be able to participate. Biomonitoring is a very good example. As a member of some citizen science project all that must be done is to be in the right place at the right moment take a video or a photo and upload it to the project database. And that type of data may be very helpful.

3. Also, different fields of scientific effort use the help of the public. Name 4 projects from the Czech environment with another topic than biology. [1 pt]

For example:

Sesuvy za humny – project using Earthcatching for monitoring of landslides

Hlášení bolidů – Reporting of bolides

Národní inventarizace kontaminovaných míst (NIKM) – Monitoring of illegal dumps and polluted sites.

Meteorologická pozorování na dobrovolných meteorologických stanicích – Volunteers serve on meteorological stations as observers, and they note meteorological phenomena.

Mentioned above are only some examples from wide offering of projects. There are more right answers.

4. Choose one project of citizen science in the Czech environment and pretend you want to participate. Describe your activities and duties as a member of that project. Do not forget to mention your motivation for joining this project. [2 pt]

I am participating in one citizen science project, to be more precise I was. Nowadays I participate in this project as a student/researcher. But then I was a member of the public.

The project is called Vlčí a rysí hlídky. Every candidate must undergo training, which consists of several hours of lectures and then one practical demonstration. It took place in the middle of Beskydy Mountains. We learned the theory, and the day after we spent in

a forest looking for wolf and lynx tracks. We were taught how to properly make notes of sightings or findings, how to take pictures and how to make records of the whole “tracking session” for the database. So, this type of involvement in research could be considered as a second level of integration of volunteers.

Afterward, I could act as a member of the trackers. I participated in track events, which took place usually in winter. The main content of those events was roaming through forests to find some residence signs of carnivores. Those expeditions were always led by a coordinator who was an employee of Hnutí Duha or an experienced and skilled volunteer.

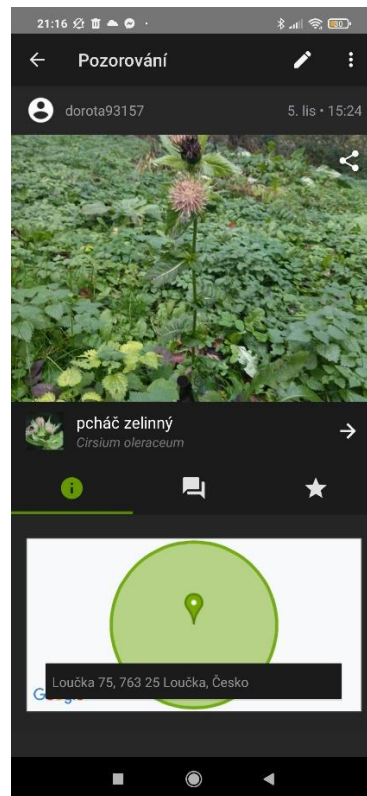
My main motivation was being able to do something for nature and I was very curious about large carnivores. It felt almost surreal to know, they were there in the same forest as I was. I am also an avid forest wanderer, so this type of citizen science project was perfect for me.

By glorifying public contribution to science, I do not want to lower the value of real scientific education. To be called a scientist takes a lot of hard work time and sleepless nights. At the end of the day, there must be educated people to manage these projects.

On the other hand, when some nonprofessional individuals are passionate and determined to be part of some science project, they can be more involved. There are several levels of integration volunteers in collecting or analysing data, presenting outcomes. . . The first one is accessible to everyone. It is possible to join without any previous experience with the topic in question. On the second level, a bit more effort is expected from volunteers – there is training for work with the data. Participation on the third level offers the possibility to participate even in forming the hypothesis and people can contribute to the whole research process. The public can be fully included in the project and be an equal member of the project as the scientist. But that takes a lot of work and dedication.

5. Have you ever heard about iNaturalist? Make an account there and create 3 sightings. Insert here some kind of proof (screenshot, link), that you did so. [3 pt]

The observation and documentation could look like this:



The app iNaturalist is one of the most extensive databases of biology data. It serves to gain and sharing of data noted by botanists, zoologists, ecologists, and nature enthusiasts from the public. As a user of iNaturalist you can upload your sighting (to be more precise, a photo) of some species, you have found on the way to school. After that the app is able, thanks to the vast database, to determine the species of your photo with almost 100% accuracy. But it cannot do its magic based only on a photo.

You also need to add the date and location. Data collected this way are then used for the world's database of Biodiversity GBIF (Global Biodiversity Information Facility).



(link for downloading: play.google.com/store/apps/details?id=org.inaturalist.android)

6. Where else you can record information about Czech wildlife (by life I mean both animals and plants) species? Mention at least three options. [1 pt]

Nálezová databáze ochrany přírody – portal.nature.cz/nd

BioLib – biolib.cz

Plantnet – identify.plantnet.org/cs/k-world-flora/observations

And here comes the last question, which will not be included in the final points count. Feel free to not answer, but I would be pleased if you did so. I am curious about your own opinion on the issue of citizen science. It may be an opinion, that you as a possible future scientist already had, or an opinion you have formed while working on this task. Do you feel like it is useful and important? People should leave this type of science activities only to well trained scientists. . .

Eliška Pírnosová (e-mail: eliska.pirnosova@gmail.com)

3. X, Y, Z... Ž?

20 bodů

Rozmnožování je jedním z nejdůležitějších a nejvíce fascinujících procesů v živé přírodě. Evoluční biologové by vám pověděli, že rozmnožování je jediný smysl vašeho života. S rozmnožováním se pojí mnoho anatomických struktur, fyziologických dějů, chemických reakcí, ale i specifické chování jedince nebo jedinců. V této úloze se budeme zabývat pohlavím¹ a pohlavními chromozomy a to zejména u člověka. Ze začátku bychom si ale měli povědět proč se v přírodě vůbec různá pohlaví vyskytují a jaké biologické faktory za jejich vznikem a rozlišením stojí.

Pohlavní a nepohlavní rozmnožování

Z mnohých příkladů z přírody víme, že rozmnožovat se dá i asexuálně – bez rozlišení různých pohlaví a potřeby různých pohlavních buněk. Je to dokonce i původní způsob rozmnožování. Setkáme se s ním u bakterií, archeí, u rostlin, hub, ale také u některých živočichů. Proč by tedy mělo vznikat sexuální rozmnožování a pohlaví? Nejspíš proto, že organismy, které se začaly rozmnožovat sexuálně, tak získaly jisté výhody a staly se úspěšnější a konkurenceschopnější. Proč však stále existují organismy, které využívají rozmnožování asexuální? Má i to nějaké své výhody?

1. Vymyslete 3 výhody a 3 nevýhody, které každý z typů rozmnožování (tedy sexuální a asexuální rozmnožování) organismům přináší. [1.5 b]

Asexuální rozmnožování

Výhody: není potřeba hledat dalšího jedince; vyžaduje méně energie a přizpůsobení pro sexuální znaky a chování; rychlejší rozmnožování než sexuální; potomstvo má stejný genom, který se organismu podařilo předat do další generace kompletně – evoluční výhoda

Nevýhody: nevede ke vzniku genetické variability potomstva – populace může být snadno vyhubena onemocněním, parazity nebo změnou prostředí; potomstvo je úzce specializované na dané prostředí a tato specializace se prohlubuje, organismus pak není schopen osídlit jiné prostředí a expandovat; potomstvo konkuruje svému vlastnímu rodiči a i všem svým sourozencům v souboji o zdroje; pokud se u jedince vyskytne mutace není zde možnost jak tyto geny „naředit“ při křížení s jiným jedincem, bude danou mutaci předávat na veškeré své potomstvo a ve výsledku tak může druh na daném stanovišti snadno vyhynout

Sexuální rozmnožování

Výhody: vyšší genetická variabilita, která přináší výhody jako: vyšší šance osídlit nová stanoviště a prosperovat tam; vyšší odolnost populace proti onemocněním a parazitům;

¹Pokud v této úloze budu mluvit o pohlaví, myslím tím vždy pohlaví biologické, nikoliv tzv. sociální pohlaví. Angličtina si s tímto dovedla poradit mnohem lépe než čeština a používá výrazy „sex“ a „gender“. Uvědomuji si, že toto téma může být poměrně citlivé, přesto bych ráda zdůraznila, že úloha pojednává o objektivních biologických a medicínských rozdílech a není jejím cílem zabývat se lidskou psychikou, sociologií, pocity a potřebami.

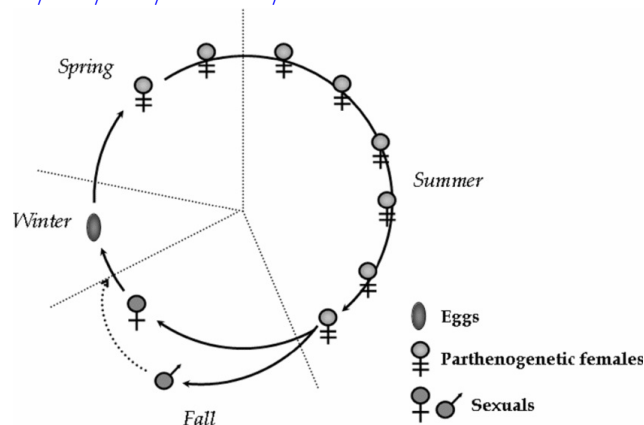
potomci nemají zcela shodnou genetickou informaci mezi sebou a ani s rodiči, vzájemně si nekonkurují tak silně; variabilita napomáhá k rychlejšímu vzniku adaptací na nestabilní podmínky prostředí

Nevýhody: vyšší časové a energetické nároky; organismus musí najít dalšího jedince; kombinací genů s geny partnera může dojít k „naředění“ výhodné kombinace genů a potomstvo je ve výsledku velmi špatně přizpůsobené životu na daném stanovišti

V přírodě kolem nás v podstatě neexistují radikální přechody a ostré hrany. Nikdy se nic neudálo skokově. Mezi jednotlivými druhy, ale například i metabolickými procesy, můžeme nacházet pomalé přechody a miniaturní změny. Snažíme se pomalu dopátrávat „mezičlánky“ dlouhého evolučního řetězce. Stejně je tomu i u sexuálního a asexuálního rozmnožování. Kromě těchto dvou uzavřených kategorií existuje mnoho živočichů, kteří využívají jakýsi mix těchto rozmnožovacích strategií. Existují dokonce takové organismy, které se od sexuálního rozmnožování vrátily zpět k využívání nepohlavního rozmnožování v některých fázích svého života, protože jim to přináší jisté výhody.

2. Uveďte příklad organismu, který je schopen se rozmnožovat oběma způsoby (tedy sexuálně i asexuálně). Podle čeho si pak takový organismus „vybírá“ jakým způsobem se bude rozmnožovat a proč se mu vyplatí za daných podmínek volit daný způsob rozmnožování? [1.5 b]

Typickým příkladem takového organismu jsou mšice (*Aphidoidea*). Na jaře se z vajíček vylíhnou pouze mšičí samice (okřídlené), které vyrazí hledat rostlinu, na které by mohly parazitovat. Poté, co samice najde stabilní prostředí na vhodné rostlině se začne rozmnožovat nepohlavně (partenogeneticky) a plodí další a další samice (bez křídel, které setrvávají na rostlině a dále se množí, ale i okřídlené, které mohou dále migrovat). Takto se rozmnožuje celé léto, využívá relativně stabilních podmínek a hlavně hojnosti potravy. Hledání partnera pro rozmnožování, investice času a energie, ale i naředění genů sexuálního rozmnožování, by pro mšiči představovalo v tuto chvíli pouze nevýhodu. S příchodem kratších podzimních dnů se pak v potomstvu mšic objeví i samci. Rozhodujícím „přepínačem“ mezi způsoby rozmnožování je tedy délka dne, délka noci a změny teploty. Dojde k oplození sexuálnímu a mšice na zimu nakladou vajíčka, ze kterých se opět vylíhnou pouze samice. Sexuální rozmnožování a genetická variabilita potomstva je na podzim výhodná, protože nevíme, jaké podmínky budou další sezónu a zda by jim byly aktuální jedinci dobře přizpůsobeni. Zdroj obrázku a zajímavý článek na toto téma: onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1042/BC20070135



Pohlaví v živočišné říši

Stejně pozvolné přechody, jako mezi strategiemi rozmnožování, můžeme pozorovat u vývoje odlišných pohlavních žláz a produkce různých pohlavních buněk. I zde se nemusí vždy jednat o pozvolný přechod z jednoho bodu do druhého. Organismy na své cestě vývojem mohou různě kličkovat nebo se i „vracet zpět“ k původnějším nebo jednodušším řešením. V případě hermafroditismu, kterému se věnuje následující otázka, evoluční studie dokonce naznačují, že se nejedná o původní znak, ale byl až sekundárně odvozen od gonochoristů.

3. Vysvětlete pojem hermafrodit (hermafroditismus) a popište rozdíl mezi simultánním a sekvenčním/postupným hermafroditismem. Uveďte jednoho zástupce simultánních a jednoho zástupce sekvenčních hermafroditů. [1 b]

Hermafrodit je jedinec schopný produkce obou typů pohlavních buněk – vajíček i spermií.

Simultánní hermafrodité mají schopnost produkce obou typů gamet zároveň, často mají obě příslušné pohlavní žlázy (nebo jednu, schopnou simultánní produkce různých gamet). U sekvenčního neboli postupného hermafroditismu jsou jedinci také schopni produkce obou gamet, ale nikoliv v jednom časovém okamžiku zároveň – na základě rozličných vnějších i vnitřních faktorů může jedinec změnit své pohlaví. Ke změně pohlaví však může dojít pouze jednou za život. Příkladem simultánního hermafrodita je hlemýžď zahradní (*Helix pomatia*), sekvenčním hermafroditem je například klaun očkátý (*Amphiprion ocellaris*).

Mluvíme zde o dvou různých pohlavích – samicích a samcích – aniž bychom si vlastně řekli na základě čeho jedince na tato dvě pohlaví rozdělujeme. Obecnou definicí je, že biologické pohlaví je určeno souborem různých biologických, morfologických a fyziologických charakteristik jako jsou: specifické pohlavní orgány, chromozomy, hormonální procesy atd. Jednou z hlavních charakteristik je také typ pohlavních buněk, které jedinec produkuje. Typicky platí, že samice produkuje vajíčka (oocyty), poměrně velké a nepohyblivé buňky, zatímco samec produkuje spermie, které jsou v porovnání s vajíčkem velmi malé a mají schopnost pohybu. K pohybu mají spermie často i specifické struktury – například bičík/y.

Co je ale ten rozhodující biologický faktor, který pohlaví jedince určuje? Kdy si vyvíjející se zárodek řekne: „tak teď budu holčička“ nebo „teď se ze mě stane chlapeček“? Je to předurčeno už při samém počátku vývoje jedince – tedy při oplození – nebo se pohlaví jedince určuje až v pozdějších stádiích embryonálního vývoje? Obojí je samozřejmě pravda, záleží totiž na konkrétním živočišném druhu. Více se dozvíte při řešení následující otázky.

4. Uveďte alespoň 5 způsobů, kterými může být určeno pohlaví. Ke každému typu určení pohlaví uveďte jeden konkrétní příklad z živočišné říše. Pokuste se uvedené způsoby rozdělit do dvou hlavních skupin a tyto skupiny pojmenujte. [2.5 b]

- Určení pohlavními chromozomy X a Y, tzv. typ *Drosophila*. Příklad: člověk moudrý (*Homo sapiens*)

- Určení pohlavními chromozomy Z a W, tzv. typ Abraxas. Příklad: kur domácí (*Gallus gallus*)
- Určení počtem sad chromozomů, tzv. haplodiploidie. Příklad: včela medonosná (*Apis mellifera*)
- Určení počtem (nikoliv typem) pohlavních chromozomů, tzv. typ Protenor. Příklad: ploštice (*Protenor belfragei*)
- Určení pohlaví teplotou, při které jsou embrya (vajíčka) inkubována. Příklad: krokodýl nilský (*Crocodylus niloticus*)
- Určení v závislosti na sociálním prostředí. Příklad: rypohlavec dvouhlavý (*Bonellia viridis*) – vyvíjí-li se jedinec sám, stane se jedinec samičí; samci se pak vyvíjejí na těle samice

Jmenované způsoby určení pohlaví lze rozdělit na 1) geneticky determinované pohlaví: typ *Drosophila*, Protenor a Abraxas, haplodiploidie a 2) pohlaví determinované prostředím: určení pohlaví teplotou a sociálním prostředím

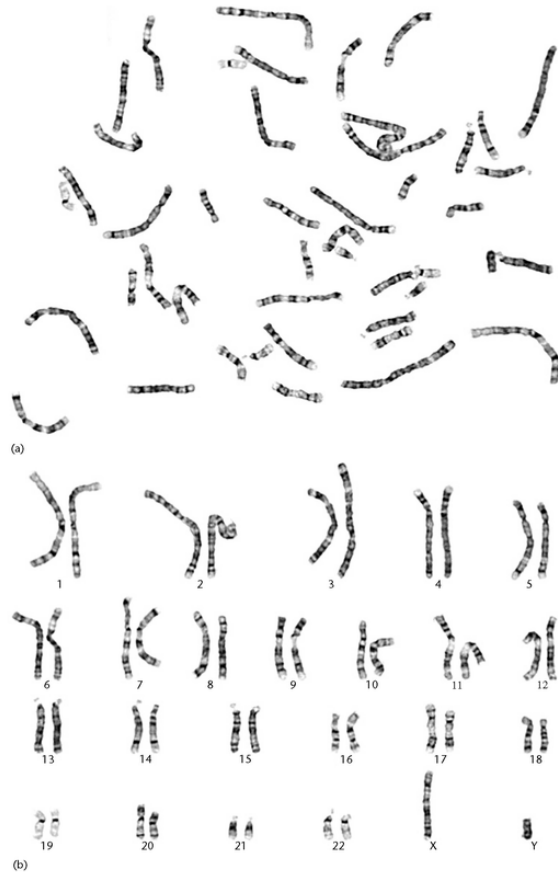
Pohlaví nemusíme nutně dělit na samce a samice podle produkce pohlavních buněk. Jedno z takových dělení je na homo- a heterogametické pohlaví. Také se týká pohlavních buněk, ale ještě trochu více zblízka.

5. Co je homogametické a co heterogametické pohlaví? Vysvětlete co nejpodrobněji původ tohoto označení/pojmenování. Jak je to u člověka? [1 b]

- Homogametické pohlaví je takové, které je určeno dvěma stejnými pohlavními chromozomy (při určení pohlaví typu *Drosophila* (člověk) je to samice – XX; u typu Abraxas samec – ZZ). Název homogametické je odvozen od toho, že gamety (pohlavní buňky), které jedinec tohoto pohlaví tvoří jsou stejné (z řečtiny „homo“) – tím je myšleno, že nesou vždy stejný typ pohlavního chromozomu (X; Z).
- Heterogametické pohlaví je naopak takové, které je určeno různými pohlavními chromozomy (samec – XY; samice – ZW). Gamety, které jedinec tohoto pohlaví tvoří jsou různé (z řečtiny „hetero“) – a to buď s jedním nebo s druhým pohlavním chromozomem (X a nebo Y; Z a nebo W). Gameta tohoto pohlaví pak „rozhoduje“ o pohlaví nově vznikajícího jedince.

Pohlavní chromozomy

Objev chromozomů a genů osvětlil mnohá tajemství. Mnohem více otázek však přinesl a do dnešního dne stále ještě mnohé čekají na zodpovězení. Objev chromozomů u živých organismů je datován do roku 1842. Ovšem až na začátku 20. století jsme začali chromozomy a jejich geny dávat do souvislosti s projevem fyzických znaků, procesů a chováním organismů. Počet lidských chromozomů (46) byl správně stanoven až v roce 1955. Tento vývoj byl velmi závislý na našich možnostech chromozomy barvit a pozorovat preparáty pod mikroskopem. Se zlepšováním technik se zvýšila naše rozlišovací schopnost a mohli jsme se od pouhého počtu přesunout k podrobnějším charakteristikám jednotlivých chromozomů. Díky tomu jsme také mohli uskutečnit objev pohlavních chromozomů X a Y, porovnat je s ostatními chromozomy a lépe popsat jejich vzhled.



Obrázek 1: Normální lidský karyotyp (úplná sada chromozomů v jedné buňce) zdravého muže (XY). nahore: Cytogenetický preparát obarvený jednou z proužkovacích technik, černobílé foto. dole: Digitálně upravený obraz, chromozomy jsou seřazeny do párů, správně orientovány a popsány.

6. Jaké barvivo používáme při tzv. klasickém barvení (solid staining) lidských chromozomů? K čemu se dnes stále ještě klasické barvení používá? [0.5 b]

Při klasickém barvení chromozomů používáme Giemsovo barvivo (Giemsa-Romanowski) nebo acetoorcein (uznávala jsem i Wrightovo barvení). Používá se pro počítání jader buněk při testech toxicity, nebo pro počítání mitotických chromozomů. Při genetickém vyšetření tak můžeme odhalit strukturní chromozomové aberace – nejčastěji přítomnost chromozomových zlomů, které by byly v případě pruhování obtížněji zjištělné (zlom totiž může nastat ve světlém neobarveném pruhu a my jej na preparátu nevidíme).

7. Jmenujte 3 různé pruhovací techniky barvení chromozomů, pro každou z pruhovacích technik uveďte:

1. které části chromozomů (které úseky DNA) se barví (tmavé pruhy)
2. které části chromozomů naopak zůstávají neobarvené (světlé pruhy)
3. k čemu se tato technika barvení dnes používá

G-pruhování

1. Jako tmavé se jeví části na geny chudší, obecně bohaté na báze A (adenin) a T (thymin).
2. Světlé pak zůstávají oblasti bohaté na geny, kde obecně bývá vyšší zastoupení bází C (cytosin) a G (guanin).
3. Toto barvení se nejčastěji používá k identifikaci jednotlivých chromozomů, používá se při genetickém vyšetření k detekci strukturních chromozomových abnormalit. Touto technikou jsou obarveny chromozomy na obrázku 1.

C-pruhování

1. Tmavě se barví konkrétní oblasti chudé na geny (heterochromatin), které jsou permanentně sbaleny, neprobíhá zde transkripce a jejich role je čistě strukturní a organizační. Jedná se konstitutivní chromatin centromery, který tvoří pomyslný střed chromozomu (nemusí být nutně uprostřed). Centromera je důležitá při buněčném dělení, do poslední chvíle u sebe drží obě chromatidy (původní chromozom a jeho kopii), díky centromeře pak chromozomy při dělení nabývají charakteristického tvaru „X“.
2. Světlé zůstávají ostatní úseky chromozomu, jak úseky na geny bohaté tak chudé.
3. Využívá se při doplňkovém genetickém vyšetření chromozomů. Může nám pomoci při počítání chromozomů (počítání na základě centromer). Některé chromozomy jsou silně strukturně variabilní – tyto variability tvoří zejména konstitutivní heterochromatin. Pomocí C-pruhování pak můžeme stanovit, zda se při mírně odlišné velikosti od standardního tvaru jedná o zmiňovanou variabilitu, která není patologická, nebo se jedná o strukturní abnormalitu, která může být příčinou genetického onemocnění.

R-pruhování, jedná se o reverzní metodu ke G pruhování

1. Tmavé pruhy jsou oblasti bohaté na GC (oblasti s geny).
 2. Světlé jsou oblasti bohaté na AT, tedy spíše nekódující oblasti.
 3. Využívá se zejména při studiu delecí a dalších strukturních změn v koncových oblastech chromozomů – telomer. Jeho modifikace se tak někdy označuje jako T-pruhování.
8. V roce 1963 se na Londýnské konferenci genetiků z celého světa zavedlo dělení lidských chromozomů na 7 skupin podle jejich morfometrie. Do kterých skupin patří chromozomy X a Y? Uveďte i ostatní chromozomy z těchto skupin a skupiny stručně charakterizujte.

[1 b]

- X je ve skupině C spolu s chromozomy 6, 7, 8, 9, 10, 11 a 12; jedná se o středně velké submetacentrické chromozomy tedy takové, u kterých lze jasně rozpoznat kratší a delší raménko
- Y je ve skupině G spolu s chromozomy 21 a 22; jsou to krátké akrocentrické chromozomy s oblastí označovanou jako „satelity“ na konci krátkého raménka, ale pozor; chromozom Y tyto satelity nemá

Nyní, když jsme měli možnost se trochu zamyslet nad tím, jak si chromozomy X a Y stojí v porovnání s ostatními chromozomy, pojdme je porovnat také mezi sebou. Proto abychom mohli něco více odvodit o funkci chromozomů a jejich úseků, bylo nutné od 50. let minulého století udělat ještě několik ohromných kroků. Ty zahrnují posun v molekulární a buněčné biologii, mikroskopii, genetice, možnostech sekvenování DNA, genetickém inženýrství, ale i bioinformatice a informatice obecně.

9. Pokuste se do tabulky níže doplnit základní údaje o lidských chromozomech X a Y, abyste získali základní přehled o morfometrických a funkčních rozdílech mezi těmito chromozomy. [2 b]

Zejména v posledním řádku tabulky byly vaše odpovědi různorodé. Uznávala jsem poměrně velkou odchylku od 3 Mbp, pokud procentuální výpočet seděl a odpovídal ostatním údajům v tabulce. Různé zdroje poskytují ohledně těchto číselných údajů různou informaci.

charakteristika	chromozom X	chromozom Y
délka (v milionech párů bazí)	153–156 Mbp	60 Mbp
počet protein kódujících genů	800–900	55–70
poloha centromery	submetacentrická	akrocentrická
podíl homologního úseku* v %	asi 3 Mbp tj. asi 1,95 %	asi 5 %

*Homologní úsek: Chromozomy X a Y mají úsek, který si odpovídá – nese podobnou sekvenci se stejnými geny – a může zde při meiotickém dělení probíhat crossing over. Najděte jak je tento úsek přibližně velký (v milionech párů bazí), do tabulky pak uveďte kolik procent z délky každého z chromozomů tento úsek tvoří.

Podívejme se nyní více zblízka na chromozom Y. Ačkoliv je nejmenším chromozomem ze všech a nese jen několik málo genů, jedná se o důležitý chromozom, který má polovina lidské populace. V následující části úlohy se zaměříme na to nejdůležitější, co byste o chromozomu Y měli vědět, a také na několik zajímavostí, které si nesmíte nechat utéct!

10. Proč se chromozom Y jmenuje „Y“? Existuje zde nějaká souvislost s některou z jeho vlastností? Pokud ano, s jakou? [0.5 b]

Tato otázka je trochu chyták. Představa, že se chromozom Y jmenuje „Y“ kvůli nějaké podobnosti jeho vzhledu a písmene „Y“ (nutné podotknout, že přesnější tvar chromozomů je definovaný pouze během buněčného dělení, jinak se jedná o beztvare „klubičko“ DNA)

je čistě mylná. Bohužel se tak pro ilustraci často chromozom Y v různých diagramech zakresluje, čímž může být tato chybná domněnka ještě více podpořena.

Jméno „Y“ bylo zvoleno čistě proto, že písmeno „Y“ následuje v abecedě písmeno „X“ (název pro druhý pohlavní chromozom). Označení „X“ pro chromozom X pak pochází od jeho objevitele Hermanna Henkinga. Ten pozoroval chromozomy ruměnice pospolné a spolu s nimi si povšiml zvláštního útvaru, který se barvil jinak než ostatní chromozomy a neúčastnil se buněčného dělení stejně jako ostatní chromozomy. Tento útvar pojmenoval „X element“. Až později se zjistilo, že se také jedná o chromozom (přesněji o pohlavní chromozom). Ani chromozom X nebyl pojmenován podle podobnosti svého tvaru s písmenem „X“, ačkoliv tato podobnost existuje.

11. Co je gen *SRY* a kde na chromozomu Y se nachází? Jaký protein kóduje a k čemu tento protein slouží? Jak se nazývá skupina genů, do které *SRY* patří? Uveďte stručnou charakteristiku produktů (proteinů) celé této skupiny. [1 b]

Gen *SRY* se nachází na krátkém raménku chromozomu Y v podstatě hned pod oblastí koncového heterochromatinu (telomerou), přesný údaj o poloze je Yp11.3 (Y – chromozom; p – krátké raménko, 1 – číslo pruhu při G-pruhování, 1.3 – číslo podpruhu). Je pojmenován z anglického „Sex-determining region Y“ a jedná se o gen jehož produkt je hlavním spouštěčem a regulujícím faktorem pro vznik mužských pohlavních znaků – pohlavní žlázy (varlata) a orgány, produkce spermií, sekundární pohlavní znaky a další. Gen kóduje stejnojmenný protein – *SRY* – který slouží jako transkripční faktor = protein, který interaguje s DNA nebo aparátem pro transkripci (dalšími proteiny) a řídí transkripci konkrétních genů, může ji posilovat, tlumit, zahájit nebo úplně vypnout.

Gen *SRY* patří do skupiny SOX genů. SOX geny kódují transkripční faktory, které se váží do **malého žlábků** DNA. Tyto geny se vyznačují konzervovanou homologní sekvencí, zvanou HMG-box. Pomocí této sekvence se proteiny váží na DNA. Většina SOX proteinů se více či méně podílí na determinaci mužského pohlaví, resp. mužských pohlavních znaků.

Zajímavý fenomén, kterému se v posledních dvou desetiletích věnuje mnoho výzkumů, je zmenšování nebo také degenerace chromozomu Y. Chromozomy X a Y u savců se od sebe diferencovaly přibližně před 180–160 miliony let. Od té doby se počet genů na chromozomu Y redukuje a chromozom Y se zmenšuje. Za tuto dobu chromozom Y ztratil asi 95 % všech svých genů. Aktuální výzkum se zabývá tím, co se s původními geny na chromozomu Y stalo, zda můžeme očekávat další degeneraci tohoto chromozomu, jak rychlá bude a zda někdy chromozom Y zcela vymizí. Ne všechny geny zcela zanikly. Je zdokumentováno, že některé původní geny chromozomu Y byly přesunuty na ostatní chromozomy (autozomy). Jiné geny ovšem opravdu zanikly docela, nebo jsou stále v procesu zániku.

12. Co jsou pseudogeny, jak vznikají a jaký je jejich význam? [0.5 b]

Pseudogen je sekvence podobná genu, která není přepisována do RNA nebo alespoň nevzniká její bílkovinný produkt. Může se jednat o kdysi funkční gen, u kterého došlo k mutaci někde v regulační sekvenci a nyní jej buňka není schopna transkribovat – příslušné proteiny už s regulačními oblastmi nemohou interagovat a proces transkripce se nemůže spustit. Dalším způsobem vzniku může být **reverzní transkripce** mRNA produktu – ta

sice obsahuje příslušnou sekvenci genu, ale nikoliv okolní regulační sekvence.

Pseudogeny mohou kódovat funkční RNA – takovou RNA, která nebude přepsána do proteinu, ale může se podílet na jiných, zejména regulačních, procesech v buňce. Příkladem takové RNA může být **siRNA**, **piRNA** nebo **microRNA**.

Další významnou funkci mohou hrát pokud dojde k další mutaci, která vede k opětovnému spuštění transkripce. Může tak vznikat produkt, který může organismu potenciálně škodit a nebo naopak přinášet nějakou evoluční výhodu.

V neposlední řadě přinášejí pseudogeny prostor a možnosti pro vznik zcela nových genů. Vzhledem k tomu, že se nevytváří žádný jejich produkt, na ně v tomto ohledu nepůsobí evoluční tlak. Oblasti pseudogenů si tak mohou vesele a „tíše“ mutovat, když pak dojde k opětovnému zprovoznění regulačních oblastí (opět nejčastěji nějakou mutací), může se jednat o zcela nový produkt.

Od chromozomu Y se pomalu přesuneme k chromozomu X. Z hlediska dědičnosti má však chromozom Y ještě jednu zajímavou vlastnost, kterou bychom v této úloze neměli opomenout. A to sice přímou dědičnost. V následující otázce, byste se měli hlavně zamyslet nad tím, kde všude se v lidských buňkách vyskytuje DNA a jak funguje její dědičnost.

13. Chromozom Y vykazuje přímou dědičnost, dědí se pouze v otcovské linii a teoreticky bychom pomocí něj mohli v mužské populaci vystopovat společného „praotce“ lidstva. Existuje také nějaký úsek DNA, který by se dědil pouze v mateřské linii a šlo by pomocí něj vystopovat „pramatku“? Stručně tento úsek DNA popište, co je na něm zvláštního?

[1 b]

Přímou dědičnost v mateřské linii (tzv. maternální dědičnost) vykazuje DNA jedné z buněčných organel – mitochondrií. Mitochondrie jsou jedna z mála buněčných organel, které obsahují svou vlastní genetickou informaci, která není kódována v chromozomech jádra. Říkáme o ní, že je tzv. semiautonomní organelou, protože má možnost vlastní syntézy proteinů z vlastní DNA, v podstatě nezávisle na jádře a buněčném aparátu pro syntézu proteinů. Mitochondriální DNA se velmi podobá bakteriálnímu chromozomu, je kruhová a obsahuje 27 genů, z toho 13 z nich kóduje proteiny.

Otcovské mitochondrie, které do vajíčka při oplození přináší spermie, jsou krátce po oplození zničeny. Všichni tedy máme mitochondrie, včetně jejich dědičné informace, pouze od matky. Podle profilování mitochondriální DNA by se mohlo podařit objevit „pramatku“ lidstva tzv. mitochondriální Evu. Analogií k mitochondriální Evě je pak také tzv. Adam chromozomu Y.

A teď už se dostáváme k chromozomu X. Ten se u mužů (jedinců s XY) vyskytuje pouze v jedné kopii, zatímco u žen (jedinců s XX) v kopiích dvou. Napadá vás, že zde musí vznikat nepoměr? Ano, vzniká! Chromozom X nese mnohem více genů než chromozom Y a hodně z nich se váže nejen k pohlaví – např. vývoji pohlavních žláz, regulaci produkce hormonů – ale i k fyziologickým funkcím, které jsou důležité pro každého jedince, nehlédě na pohlaví.

Proč ale o tomto nepoměru mluvím a proč je důležité se jím zabývat. Mnohé buněčné

funkce a procesy nejsou závislé pouze na přítomnosti/nepřítomnosti daného produktu, ale jsou velmi citlivé i na jeho množství. Možnost regulace produkovaného množství je jedním z nejdůležitějších buněčných mechanismů. Pokud se budete věnovat buněčné a molekulární biologii více, zjistíte, že na každý protein, který má nějakou strukturní nebo jinou funkci, připadají minimálně dva další, které nějak regulují jeho produkci, odbourávání, aktivitu a tím jeho množství, které se aktuálně v buňkách vyskytuje a „pracuje“.

Počet kopií konkrétního genu v buňce označujeme pojmem „genová dávka“. A už vás nejspíš napadlo, že u jedinců s chromozomy XX je genová dávka pro geny chromozomu X dvojnásobná. Jak se organismy s touto dvojitou dávkou popasují? Když se regulace pro všechny nastaví na jednoduchou dávku genů X, budou pak ženy produkovat daných proteinů dvakrát tolik a to může vyvést z rovnováhy veškeré jejich fyziologické procesy. Pokud se regulace nastaví na zvýšenou, dvojitou, dávku, budou muži s jedním chromozomem X naopak trpět chronickým nedostatkem potřebných produktů. Jak tento problém vyřešit? Inu stejně jako my bychom vymysleli více možných mechanismů regulace i v přírodě si s tím různé organismy poradily každý po svém.

14. Najděte a popište 3 možné mechanismy kompenzace genové dávky, která je přítomností dvou stejných pohlavních chromozomů u jednoho z pohlaví (u savců je tomu u samic – XX) dvojnásobná. Který z těchto mechanismů se vyskytuje u člověka? [1.5 b]

U jedinců XY pracuje X chromozom s dvojnásobnou intenzitou: tento mechanismus využívá např. modelový organismus moucha octomilka (*Drosophila*). Nazývá se také hyperaktivace chromozomu X. Má se za to, že roli hraje zejména modifikace histonů – konkrétně acetylace – řízená specifickými regulačními komplexy. Histony jsou „podpůrné“ proteiny, důležité pro strukturu chromozomů. Je na nich namotána DNA a to poměrně těsně. Acetylací histonů se DNA rozvolní a je tak snáze přístupná pro proteiny, které provádí transkripci. Modifikace histonů je obecný a základní mechanismus pro regulaci exprese. V souvislosti s hyperaktivací X u samců octomilek je hlavním „podezřelým“ regulátorem procesu tzv. MSL (male-specific lethal) komplex.

U jedinců XX pracuje každý X chromozom s poloviční intenzitou: mechanismus, který využívá jiný modelový organismus, háďátka obecné (*Caenorhabditis elegans*). Spočívá ve snížení intenzity transkripce genů na každém chromozomu X přibližně o polovinu. Výsledná hladina produktu tak zůstává v normě. U háďátek tuto regulaci zařizuje tzv. DCC komplex (dosage compensation complex). Princip je ve výsledku opačný oproti předchozímu příkladu. Tento komplex proteinů chromozomy „utahuje“ a zkomplektuje, dochází tedy k horší dostupnosti genů pro proteiny transkripce a intenzita exprese genů se snižuje.

U samic je jeden X chromozom náhodně inaktivován: jedná se o mechanismus, který sjednotí počet aktivních chromozomů X v každé buňce u obou pohlaví. Tento mechanismus používá většina savců včetně člověka. U jednoho z X chromozomů dochází při raném embryonálním vývoji k deaktivaci. Proces se také označuje pojmem Lyonizace a inaktivovaných chromozomů nazýváme Barrovo tělísko. Inaktivace probíhá u embrya o velikosti cca 100 buněk a dochází k ní v každé buňce náhodně. Pokud se tedy na chromozomech X vyskytuje gen v různých kopiích (různé alely) – např. na jednom chromozomu zdravý a na druhém nesoucí mutaci způsobující onemocnění – bude se u různých buněk projevovat

různý znak (zdravé vs. nemocné buňky) v závislosti na aktivním chromozomu X. To může ale ani nemusí mít lékařský význam. Nové studie naznačují že inaktivace pravděpodobně není zcela náhodná. Např. právě u zmiňovaných případů, kdy jeden chromozom X přenáší nějaké onemocnění bývá preferenčně inaktivován právě ten. Proč tomu tak ale je je stále otázkou výzkumu.

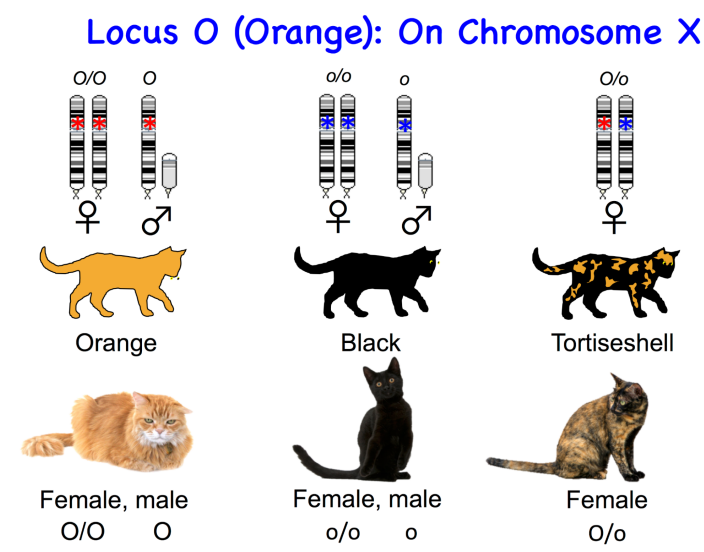
Možná vám to tak na první pohled nebude připadat, ale s předchozí otázkou úzce souvisí i ta následující. Proto doporučuji pustit se nejprve do řešení otázky 14.

15. Jakého pohlaví je kočka na obrázku? Odůvodněte jak jste k odpovědi dospěli. Může tohoto vzhledu nabýt i opačné pohlaví? Za jakých okolností se tak stane? [2 b]

Kočka na obrázku je pravděpodobně samice. Vidíme u ní velmi specifické zbarvení srsti – žíhaně černo–zrzavé, které je právě typickým znakem tzv. mozaicismu (fenotypové mozaiky). Tato genetická mozaika vzniká v důsledku lyonizace (viz odpověď na otázku 14). Gen pro barvu srsti (resp. jeden z genů pro barvu srsti) je umístěn na chromozomu X. Pokud tedy kočka – samice – má sestavu chromozomů XX bude černá, pokud **XX** bude zrzavá a pokud **Xx** vznikne tato zajímavá mozaika. Obrázek níže a celý příklad pěkně demonstrují jak to funguje se všemi geny na chromozomu X a potenciálně i geny, které mohou přenášet nějaké onemocnění, u samic (jedinců XX).

Ano, vzácně se může tento typ zbarvení vyskytovat i u samců a to v případech kdy:

- Mají samci sestavu pohlavních chromozomů XXY, toto genetické onemocnění není letální (a to ani u lidí) a nazývá se **Klinefelterův syndrom**. Jeden z nadbytečných X chromozomů je klasicky inaktivován a může vzniknout X mozaika.
- Se jedná o jedince, který je **chimérou**. V jeho těle se vyskytují dvě distinktní populace buněk. Jedna z těchto populací může mít chromozomy XY (v případě, že se z těchto buněk vyvinuly pohlavní orgány považujeme jedince za samce – kocoura) a druhá populace může mít chromozomy XX, ta může být zodpovědná za tvorbu kůže a srsti.
- Došlo k nově vzniklé mutaci (tzv. *de novo* mutaci) na chromozomu X v jedné z buněk v zárodečné linii kůže a srsti.





Obrázek 2: Obrázek k otázce 15

Mezi pohlavími existují rozdíly. Toto tvrzení je velmi kontroverzní a rozhodně se s ním bez zasazení do patřičného kontextu nedá plně souhlasit. V této úloze jsou si ukázali, že naše biologické pohlaví je ovlivněno různými faktory a to především geny vázanými na pohlavní chromozomy a jejich produkty s rozličnou funkcí – strukturní, komunikační nebo regulační. Ještě než se společně rozloučíme a vy se nadšeně pustíte do řešení dalších úloh této sady, pro vás mám poslední otázku.

16. Vysvětlete co jsou to znaky pohlavím ovládané a znaky pohlavím ovlivněné. Uveďte příklad takových znaků a popište jejich vztah k jednotlivým pohlavím (jak je to s daným znakem u žen a jak u mužů). [1 b]

Znaky pohlavím ovládané = geny pro tyto znaky jsou umístěny na autozomech (chromozomech 1–22), jsou tedy založeny u obou pohlaví, ale znaky těchto genů se projeví pouze u jednoho pohlaví. Příkladem může být gen u ptáků pro tloušťku skořápky vejce, které samec neprodukuje, tedy mu tyto geny k ničemu nejsou. Dalším příkladem mohou být vousy u mužů nebo třeba paroží u sudokopytníků (jelena), což jsou znaky které se typicky vyvinou pouze u samců a u samic nikoliv (jistě víte, že např. růst vousů je spojen s hladinou testosteronu).

Znaky pohlavím ovlivněné = geny pro tyto znaky jsou umístěny na autozomech, znaky se projevují u obou pohlaví, ale v závislosti na pohlaví je dědičnost těchto znaků **dominantní** nebo **recesivní**. Příkladem je třeba plešatění, které se u mužů chová dominantní znak, zatímco u žen jako znak recesivní.

Magdalena Dohnalová (e-mail: dohnalova.majda@seznam.cz)

4. Reprodukční zdraví – antikoncepce

20 bodů

Na začátek pár čísel. Vstupní náklady při narození potomka se pohybují od 50 000 Kč. Měsíčně pak dítě stojí kolem pěti až šesti tisíc korun. Ne každý má tolik peněz našetřeno. Dále ne každý člověk žijící pohlavním životem je na potomka připravený fyzicky a mentálně. Každé těhotenství je navíc obrovský záprah pro lidské tělo. Je tedy více než vhodné mít způsoby jak neplánovanému otěhotnění zabránit.



Naštěstí žijeme ve vyspělé společnosti, která nabízí širokou škálu antikoncepčních metod. Tyto metody lze rozdělit do několika kategorií. Jednou z nich jsou bariérové prostředky, například kondomy a pesary. Princip těchto prostředků je jednoduchý – když zabráníme spojení spermií a vajíčka, k oplodnění nedojde. Kondomy mají navíc jednu nenahraditelnou výhodu – ochranu před sexuálně přenosnými chorobami.

1. Sexually Transmitted Diseases (STDs), česky pohlavně přenosné choroby, představují skupinu onemocnění, která se šíří zejména prostřednictvím sexuálního kontaktu. Vaším úkolem je doplnit tabulku odkazy na internetové stránky, které detailně vysvětlují rizika spojená s těmito chorobami. Máte za úkol najít jednu webovou stránku určenou pro studenty medicíny, dvě, které jsou určeny pro vzdělávání široké veřejnosti, a také jednu, na kterou byste se rozhodně neměli spoléhat. [1 b]

Zadání	Adresa stránky
stránka určená studentům medicíny	wikiskripta, stefajir (portál 1.LF)
2× stránka určená k osvětě	loono, planned parenthood, webmd
těmito informacemi o STDs bych se opravdu neřídil/a	diskuze na různých portálech – u lékaře, mimibazar stránky alternativní medicíny – například tady

2. Najděte co nejbizárnější/nejšílenější doporučení/radu na stránkách z poslední kategorie. Okomentujte, proč bychom se jí neměli řídit. [0.5 b]

Hodnoceno idividuálně

Dalšími metodami jsou ty, které využívají poznatků o menstruačním a ovulačním cyklu ženy. Sem patří například metody založené na sledování plodných a neplodných dnů menstruačního cyklu. Tyto přístupy vyžadují hluboké znalosti vlastního těla a musí být prováděny s vysokou důsledností, aby byly spolehlivé. Celková spolehlivost těchto metod je tak relativně nižší.

3. Jak se vyhodnocuje účinnost antikoncepčních prostředků? (Jakým jménem je tento parametr označován, co přesně nám o účinnosti říká, a proč se často uvádí dvě hodnoty pro jednu konkrétní antikoncepční metodu?) [1 b]

Účinnost antikoncepce se zjišťuje parametrem zvaným Pearlův index. Říká nám, že za předpokladu, že 100 žen bude jeden rok používat jeden druh antikoncepce, kolik z nich za tu dobu neplánovaně otěhotní. Často se uvádějí dvě hodnoty pro jednu konkrétní antikoncepční metodu, jedna pro ideální užívání a jedna pro běžné užívání, kdy je zohledněna lidská chybovost.

4. Která z antikoncepčních metod dosahuje nejvyšší míry úspěšnosti podle tohoto kritéria? A naopak, která metoda se ukazuje jako velmi nespolehlivá? [1 b]

Nejvyšší spolehlivost má abstinence a sterilizace. Málo spolehlivé jsou při běžném používání ty metody, které vyžadují aby se pokaždé dbalo na správné použití – tedy spermicidní gely, přerušovaná soulož a výpočty plodných dnů.

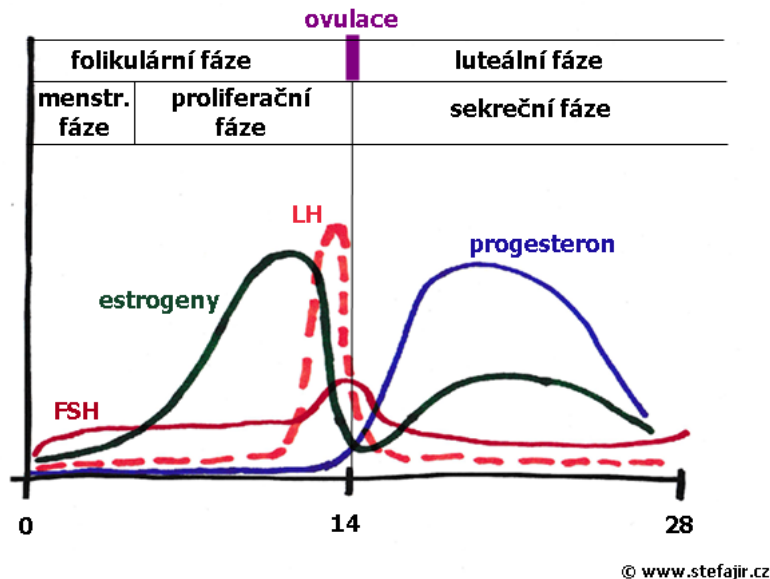
Nejllepší způsob, jak zvýšit efektivitu antikoncepce, je používat více způsobů najednou. Ideálně ještě z různých druhů antikoncepce – spojit třeba antikoncepci hormonální a bariérovou – například užívat orální antikoncepci a k tomu ještě kondom. Tím snížíme riziko otěhotnění, pojistíme se před případným selháním jedné metody a navíc zabráníme přenosu pohlavně přenosných chorob.

Další metody antikoncepce fungují na základě podávání hormonů.

Abychom pochopili, jak hormonální antikoncepce (HAK) funguje, je nezbytné mít povědomí o procesech vedoucích k ovulaci, což je uvolnění vajíčka z vaječníku. Tyto procesy začínají v mozku, konkrétně v části nazývané hypotalamus, která řídí různé tělesné funkce, včetně příjmu potravy, žízně, sexuálního chování a termoregulace. Hypotalamus vydá hormony, které ovlivní hypofýzu (podvěsek mozkový), což je žláza v mozku. To vyvolá produkci luteinizačního hormonu (LH) a folikulstimulačního hormonu (FSH). Tyto hormony putují krví po celém těle, dokud nenarazí na receptory ve vaječnících. V důsledku toho začnou vaječnčky produkovat gestageny a estrogenery, což jsou ženské pohlavní hormony. LH a FSH stimulují jedno z vajíček k růstu a dozrání, až praskne z folikulu a je uvolněno směrem do vejcovodu, který vede až k děloze. Růst vaječnickových hormonů v krvi pak dává signál hypotalamu, že hormony dosáhly svého cíle, a hypotala-

mus přestává produkovat další LH a FSH.

Toto je spojeno s menstruačním cyklem. Zatímco předchozí cyklus se týkal stavu vaječnicků a vajíčka, menstruační cyklus se týká dělohy. Děloha má vrstvu buněk, které během cyklu narůstají a připravují se na případné uhnízdění oplodněného vajíčka (na základě zvýšení hladiny hormonů z vaječnicků). Pokud nedojde k oplodnění vajíčka, sníží se průtok krve do této vrstvy buněk, což má za následek jejich smrt a odplavení z těla spolu s neoplozeným vajíčkem.



Jak to všechno souvisí s HAK? Když dlouhodobě podáváme tělu estrogeny a gestageny, mozkou nepřetržitě signalizujeme, aby neprodukoval luteinizační a folikulstimulační hormon, což vede k tomu, že nedochází k dozrávání vajíčka ani jeho uvolnění z vaječniku. A bez zralého vajíčka není možné těhotenství.

5. Jakým způsobem se hormony podávají? Jak často se musí hormony při různých způsobech aplikace podávat? [1.5 b]

Hormony se dají aplikovat mnoha způsoby a každý způsob vyžaduje různě dlouhé intervaly:

- Antikoncepční pilulka – používá se buď kombinace gestagenů a estrogenu, nebo pouze gestagen. Musí se užívat každý den v přesně určenou dobu, kombinované se užívají 21 dní s následnou sedmidenní pauzou, kdy může dojít k menstruaci.
- Hormonální náplasti – přilepí se na kůži břicha, paže či zad a postupně se z ní uvolňují hormony. Mění se jednou týdně po dobu tří týdnů, následuje týdenní pauza na menstruaci.
- Nitroděložní hormonální tělísko – gynekologem zavedené tělísko, které poskytuje ochranu na 3-5 let.
- Podkožní implantát – malé zařízení, které se aplikuje pod kůži na paži, ze kterého se postupně uvolňují hormony. Účinkuje po dobu několika let.

- Injekce – gynekologem aplikované injekce hormonů, které se podávají obvykle jednou za tři měsíce.

6. Jsou nějaká zdravotní rizika hormonální antikoncepce? (Jaké jsou důvody, kvůli kterým může být pacientce tento druh antikoncepce nedoporučen) [1 b]

Před předpisem HAK je potřeba konzultace s gynekologem. Zvažuje se hlavně riziko krevních sraženin, které se s používáním HAK pojí. Vyšší riziko mají kuřačky, osoby nad 35 let a lidé s vysokým krevním tlakem. Dále se při konzultaci zvažují vedlejší rizika, např. změny nálad, akné, či bolesti prsou.

7. S jakými zdravotními obtížemi může HAK pomoci? [1 b]

Kromě těhotenství může HAK pomoci například s nepravidelným menstruačním cyklem, akné, nadměrným ochlupením, bolestivým premenstruačním syndromem a snížením rizika rakoviny vaječníků nebo dělohy.

Co se týče ekologického dopadu HAK, existuje hypotéza, že estrogen obsažený v některých antikoncepčních prostředcích může skončit ve vodním prostředí, což může ovlivnit ryby a potenciálně i lidskou plodnost.

8. Udělejte vlastní průzkum zdrojů a napište, na co jste ohledně této hypotézy narazili. (Končí skutečně estrogen z HAK ve vodě, kde narušuje rybí a lidskou plodnost? Nebo je zdroj estrogenu ve vodě něco jiného? Nebo nemá estrogen z vody na plodnost žádný vliv?) [2 b]

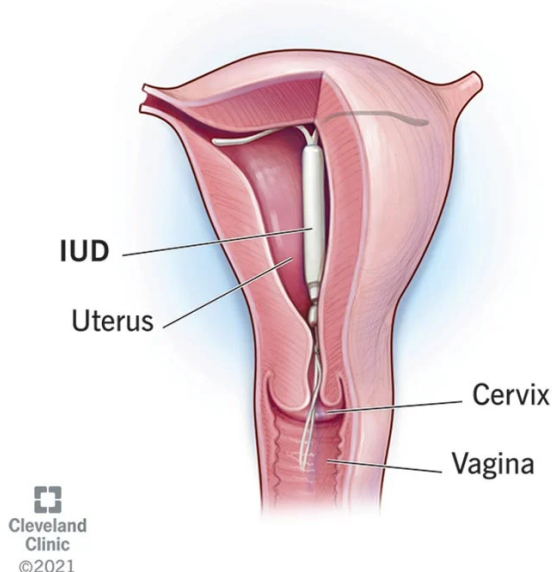
Posuzováno individuálně.

Dalším typem antikoncepčního prostředku jsou nitroděložní tělíška, která mohou být rozdělena na dvě hlavní kategorie: hormonální a nehormonální. Nitroděložní tělíško (IUD – intrauterine device) představuje antikoncepční zařízení, které je vloženo gynekologem do dělohy a může tam zůstat několik let, než je potřeba vyměnit.

9. Hormonální IUD můžeme zařadit mezi HAK. Jak funguje nehormonální IUD? Z jakého materiálu se vyrábí? [1 b]

Nehormonální IUD se vyrábí z plastu a z měděného drátku. Meď je pro organismus neškodná, ale pro spermie je toxická. Navíc přítomnost cizího předmětu burcuje do akce imunitní systém, který si pak více všímá dalších cizích věcí – například spermií.

Intrauterine Device (IUD)



V poslední kategorii antikoncepčních metod nalezneme trvalá řešení, kterými jsou mužská a ženská sterilizace. Ženská sterilizace je nevratná, mužská se uvádí jako většinou reverzibilní do 15 let od zákroku.

10. Na které části mužské a ženské pohlavní soustavy sterilizace cílí? Kdo má vyšší rizika spojené s těmito výkony – muži nebo ženy? Proč? [1 b]

U žen se nejčastěji přerušují vejcovody, u mužů chámovody. U žen jsou rizika i doba potřebná k zotavení vyšší – především protože se jedná o zákrok vyžadující operaci v oblasti pánve. A tam je dost struktur, které se mohou při zákroku poničit. Kdežto u muže stačí malá přístupová cesta.

Pokud dojde k selhání běžných antikoncepčních metod, jako je protržení kondomu nebo zapomenutá hormonální antikoncepce, může nechtěnému těhotenství zabránit pohotovostní antikoncepční pilulka, prodávaná v ČR pod názvy Escapelle, Postinor-2 nebo EllaOne.

11. Kterým procesům vedoucím ke vzniku zárodku zabraňuje? Kolik hodin po nechráněném styku se musí užít pro dostatečnou ochranu? [1 b]

Nouzové antikoncepční prostředky zabraňují ovulaci a setkání spermií s vajíčkem, nebo mění charakter děložní sliznice tak, aby bylo nemožné zahnízdění oplodněného vajíčka. Pro zajištění dostatečné ochrany je důležité užít těchto prostředků co nejdříve po nechráněném styku, nejlépe ihned (ráno po), eventuálně do 72 hodin.



Jako alternativní nouzová antikoncepce může být také využito nehormonální nitroděložní tělíčko.

12. Představte si, že jste gynekolog a přichází k vám ženy na konzultaci antikoncepčních metod. Níže najdete seznam pacientek, které chtějí nějakou metodu doporučit. Napište, jakou antikoncepci by jste doporučili a krátce shrňte co vás k tomu vedlo. [8 b]

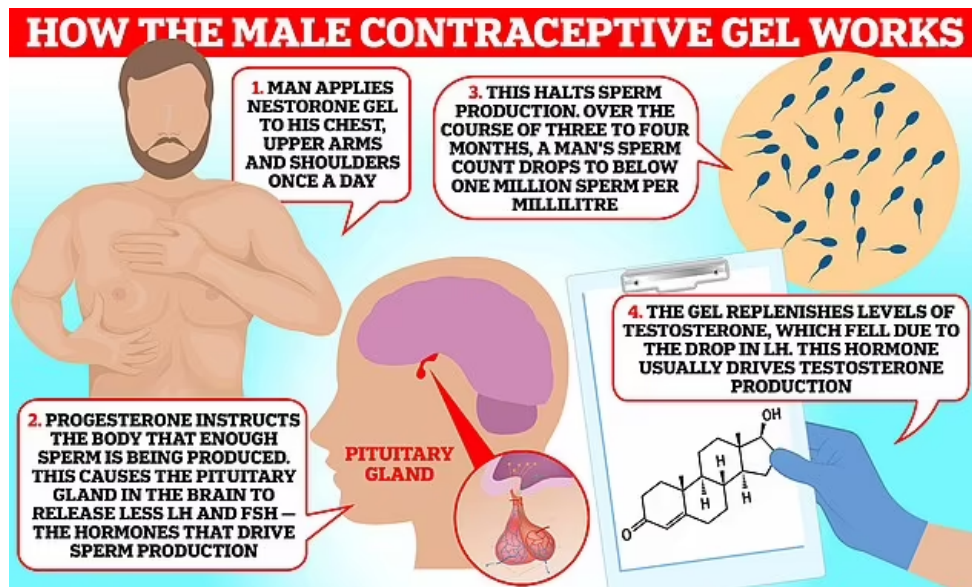
- **Zdobyslava (25 let, zdravá, bezpečný dlouhodobý sexuální vztah)**
doporučíme kondomy, HAK, IUD – není potřeba omezovat výběr
- **Drahlava (35 let, kuřačka, s vysokým krevním tlakem)**
nemůžeme předepsat hormonální antikoncepci z důvodu vysokého rizika výskytu trombózy hlubokých žil
- **Bohuslava (19 let, studentka, s nízkým příjmem)**
doporučíme ekonomicky dostupné metody – především antikoncepční pilulku. Zde je fajn uvědomit si jednu věc – sebedražší antikoncepční metoda je levnější, než dítě. Ať používá, co je dostupné a co zdravotní stav dovoluje, vždycky to bude levnější, než výchova potomka.
- **Vratislava (30 let, plánuje těhotenství v blízké budoucnosti)**
zvážíme lehce vysaditelné metody s krátkou dobou ochrany po vysazení – třeba antikoncepční pilulka či kondomy
- **Zdenislava (40 let, perimenopauza)**
nemůžeme předepsat HAK (při menopauze jsou hormony dost rozhozené i bez HAK), můžeme doporučit sterilizaci (musíme pacientce sdělit rizika operace)
- **Věroslava (35 let, nedávno prodělala karcinom prsu)**
nepředepíšeme hormonální antikoncepci – ta zbytečně zvyšuje riziko toho, že se rakovina prsu v budoucnu objeví znovu
- **Radoslava (38 let, vysoké riziko spojené s otěhotněním)**
doporučíme metody s nejvyšší spolehlivostí – sterilizace, abstinence, antikoncepční pilulka
- **Květlava (27 let, trpí obezitou)**
nepředepíšeme HAK. Ta má totiž u obézních pacientek mnohem nižší spolehlivost. Raději doporučíme jiné typy antikoncepce.

Všechny pacientky navíc poučíme o tom, že před nemocemi spojenými s pohlavním stykem spolehlivě chrání pouze kondom.

Existují ještě další prostředky proti nechtěnému otěhotnění:

Jedním z nich je to, když už žena těhotná je :). Navíc po porodu tělu chvíli trvá, než začne zase ovulovat. A doba, než se tak stane, závisí do značné míry na tom, jestli matka kojí. Jestli ne, ovulace by se měla dostavit do pár týdnů po porodu, pokud ano, tak se tato doba může prodloužit až na půl roku. Doba mezi porodem a ovulací je ale značně variabilní, proto se ženám ještě před porodem doporučuje promyslet si poporodní antikoncepční metody.

Dále existují projekty zaměřené na vývoj hormonální antikoncepce pro muže. Některé z nich se zaměřují na inhibici funkce bičíku spermie (AC inhibitory). Jiné cílí na potlačení dozrávání spermií (DMAU). Další z testovaných forem mužské antikoncepce je gel, který se každý den vtírá do kůže ramen, vstřebává se přes kůži a pak zastavuje formování spermií (Nestorone). Bohužel se při testování vyskytly nějaké vedlejší účinky (přibírání na váze, snížené libido, změny nálad, akné – ano, přesně ty, které nám nevadí u ženských metod antikoncepce...). Proto se vývoj a testování táhnou už 40 let. A nejspíš si na hormonální antikoncepci pro muže budeme muset ještě chvíli počkat.



Monika Kuncová (e-mail: kuncovamoni@seznam.cz)

5. Biouhel – požehnání z doby minulé?

20 bodů

Možná jste se někdy zamýšleli nad tím, jak v dřívějších dobách lidé zajišťovali půdě dostatek živin. Jak zvládli hospodařit v nehostinných podmínkách po celá staletí bez toho, aby půdu zcela vyčerpali? Proč se zdá, že to v dnešní době již neumíme? Hledáte-li odpovědi na zvědavé otázky, na nic nečekejte a pusťte se do řešení.

Na začátek bychom se mohli podívat na to, co to biouhel vlastně je a jak se vyrábí. Tato pórovitá hmota vzniká procesem pyrolýzy, kdy za nepřístupu kyslíku dochází k zuhelnatění biomasy. Poprvé byl pojem biouhel (anglicky biochar) použitý kolem roku 1998. Do povědomí veřejnosti jej dostal krajinný inženýr Johannes Lehman, který se zajímal o půdu a její vlastnosti. Své výsledky z výzkumu biouhlu publikoval v prestižních časopisech jako Science nebo Nature.

1. Jak se liší využití biouhlu od uhlí používaného jako palivo? [0.5 b]

Biouhel se liší od uhlí používaného hlavně jako palivo v tom, že je vyrobený za účelem přidání do půdy se záměrem zlepšení její funkce a snížení emisí z biomasy, která by jinak přirozeně degradovala na skleníkové plyny.

Při výrobě se uhel nespálí všechen, část zůstane pro jiné využití. Až polovina uhlíku z biomasy zůstane zakonzervovaná ve formě uhlí, zbytek přejde do atmosféry v podobě CO₂, v případě nedokonalého spalování jako CO.

2. K jakým pozitivním změnám může dojít přidáním biouhlu do půdy? Uveďte alespoň 3 příklady. Liší se nějak působení biouhlu v půdě oproti organickému uhlíku? Pokud ano, zdůvodněte. [2 b]

Půda dokáže díky biouhlu lépe zadržovat živiny a vodu, zvyšuje se její odolnost vůči erozi a dochází též k vyvázání přítomných kontaminantů z půdy a pozitivnímu ovlivnění půdního mikrobiomu. Přidávání biouhlu do půdy se proto řadí k vhodným strategiím nejen pro zvýšení kvality půdy, ale také jako prostředek pro remediaci kontaminovaných půd. V případě kyselých půd přispívá k obnovení přirozeného pH půdy. Organický uhlík se z půdy rychle vyčerpá, biouhel přetrvává staletí až tisíciletí.

Archeologické nálezy nám mohou prozradit mnohé o zvycích dávných kultur. Jak se lidé stravovali, do čeho se oblékali, jaké bohy uctívali či jak pokročilé nástroje používali. Např. z pozůstatků pravěkých ohnišť můžeme vyčíst spoustu užitečných informací, které nám pomohou dokreslit představu o vyspělosti daných kultur. Ku příkladu indiánské kmeny v Amazonii našly způsob, jak po tisíce let udržet půdu velmi úrodnou. I v dnešní době se terra preta řadí k nejúrodnějším půdám na světě.

3. Vysvětlete rozdíl mezi úrodností terry prety a běžné pralesní půdy. Proč k rozdílu dochází a v čem přesně spočívá? [1 b]

Terra preta je vysoce úrodná tmavá zemina (obsahuje vyšší množství uhlíku, dusíku, fosforu, draslíku a vápníku) v centrální Amazonii, která se vyskytuje v jinak neúrodné kra-

jině (další výskyt byl zaznamenán např. v Ekvádoru, Peru, západní Africe (Benin, Libérie) a savanách Jihoafrické republiky). Na základě archeologických důkazů a uhlíkového datování se vědci domnívají, že tyto půdy (lokality až do 350 ha) vznikly před cca 9 000 lety v oblastech historického obydlení. Úrodnost terry prety se přisuzuje vysokému obsahu uhlíku zakopaného v půdě z neúplně spálené biomasy antropogenního (např. domácí topeniště) i přírodního původu (např. lesní požáry), z jehož povrchu čerpají rostliny živiny.

Na rozdíl od běžné pralesní půdy se úrodnost terry prety nevyčerpá po pár sklizních. Tento rozdíl je způsobený odlišnou formou uhlíku, která se v daných půdách nachází. Zatímco po vykácení části pralesa se volně vázaný uhlík v půdě rychle vyčerpá v podobě živin pro rostliny, případně se z půdy vyplaví, uhlík vázaný v biouhlu v půdě přetrvává po stovky až tisíce let.

Mohlo by lidstvo na něčem, co se osvědčilo v dávných dobách, benefitovat i v současné době? Do jaké míry má cenu se ohlížet do minulosti, když dnes je jiná doba se svými specifickými podmínkami? Jak by šlo využít získaných znalostí k vyřešení aktuálních problémů? Anebo nešlo?

4. Mohl by mít biouhel svou roli v boji s klimatickou změnou? V krátkosti vysvětlete. Zamyslete se a zkuste napsat alespoň 5 potenciálních klimatických či environmentálních benefitů biouhlu. [3 b]

Aplikace biouhlu do půdy má řadu benefitů, které by mohly pomoci při boji s klimatickou změnou, vždy je ale potřeba se zamyslet nad lokálními podmínkami a projít si modelově, co by aplikace mohla způsobit v pozitivním i negativním smyslu. V přírodě všechno souvisí se vším, a tak i nepatrná změna může vést k rozsáhlému dominovému efektu.

Níže je vypsáno pár příkladů benefitů biouhlu, odpovědi byly posuzovány individuálně.

1. V porovnání s uhlíkem z původní suroviny nemůže být uhlík z biouhlu snadno uvolněn do atmosféry, zůstává uložený v půdě ve stabilizované formě po dlouhou dobu. Zakopáním biouhlu do půdy se tak **odfiltruje část CO₂**, která by jinak unikla do atmosféry, čímž dojde ke snížení potenciálního navýšení skleníkových plynů.
2. Přidáním biouhlu se můžou změnit vlastnosti půdy, jako je například **zvýšení pH půdy** (v kyselých půdách), zvýšení kationtové výměnné kapacity a pufování půdy.
3. Biouhel může zvýšit **úrodnost půdy**, stimulovat růst rostlin, které pak spotřebovávají více CO₂.
4. **Zadržování vody v krajině** nasáknutím do pórů biouhlu a postupným uvolňováním vody v době sucha, což má příznivý vliv na lokální klima.
5. Použitím biouhlu se může **snížit spotřeba chemických hnojiv**, což by vedlo ke snížení emisí skleníkových plynů z výroby hnojiv (např. N₂O a CH₄) a menší míře kontaminace půd.
6. Mohlo by dojít ke **zvýšené půdní mikrobiální aktivitě**, což by mělo za následek větší ukládání uhlíku v půdě.

7. Biouhel by mohl dále **snížit emise** z výchozích surovin převodem zemědělského a lesnického odpadu do biouhlu, což by mohlo zamezit vzniku emisí CO₂ a CH₄ z přirozeného rozkladu nebo spalování odpadů.
8. **Využití tepelné energie**, bioolejů a syntetických plynů vznikajících při výrobě biouhlu namísto používání fosilních paliv.

Člověk je tvor skeptický, což je na místě ve chvíli, kdy má v rukou možnost ovlivnit životy lidí, a nejen jejich životní poměry. Každý zásah do systému s sebou přináší riziko, že se na nějaké úrovni něco pokazí a dojde ke škodám na životním prostředí. Aby se toto riziko co nejvíce minimalizovalo, měl by si člověk dopředu dobře promyslet, co by daná změna mohla způsobit a jak předejít dominovému efektu.

5. **Má přidání biouhlu do půdy vždy za následek zlepšení její kvality? Pokud ne, podložte konkrétním případem a vysvětlete.** [1 b]

Biouhel má schopnost akumulace látek, což se také týká látek toxických. Je třeba brát zřetel na to, z čeho se biouhel vyrábí a kde se používá. Příkladem nerozvážného nakládání se zuhelnatělou biomasou může být dlouhodobá aplikace produktů pyrolýzy do půd v USA (1800-1960). Zakopané produkty destilace dřeva z historických pyrolýzních zařízení zvýšily koncentrace organických látek v půdě na tak vysoké úrovni, že některé lokality jsou zahrnuty do Programu Agentury pro ochranu životního prostředí USA Superfund.

Podobným příkladem mohou být historická místa výroby uhlí v Zambijských lesích, která mají pomalejší míru regenerace rostlin než okolní oblasti bez zbytků biouhlu.

Biouhel ale nemusí být nutně kontaminovaný, aby nepřinesl blahodárné účinky. Např. změnou pH po přidání biouhlu do půdy se mohou podmínky v půdě změnit natolik, že některé organismy nebudou nadále schopné vykonávat ekosystémové služby. Vždy je proto potřeba se před aplikací nejprve zamyslet, jaké změny by mohla vyvolat a je-li její použití moudré.

Také před tím, než něco vyrobíme, bychom si měli promyslet, čeho chceme dosáhnout a jakým způsobem k tomuto cíli dojdeme. Vydáme-li se po jiné cestě, nemusíme skončit se stejným výsledkem.

6. **Jak můžeme ovlivnit výsledné vlastnosti biouhlu? Uveďte 2 příklady.** [1 b]

Vlastnosti biouhlu ovlivňuje **výchozí surovina**, která je klíčovým faktorem určujícím fyzikálně-chemické vlastnosti, a **teplota pyrolýzy**. Teplota pyrolýzy je nejdůležitějším parametrem procesu, ovlivňuje zejména obsah uhlíku v biouhlu a velikost jeho povrchu. Důležitost teploty vede k domněnce, že biouhly vytvořené při nízké teplotě mohou být vhodné pro kontrolu uvolňování živin z hnojiv, zatímco biouhly vzniklé za vysoké teploty by vedly k podobnému materiálu jako je aktivní uhlí, tedy materiálu s vysokým sorpčním povrchem. Z toho plyne, že forma a velikost suroviny a pyrolýzní teplota mají kontrolní vliv na kvalitu biouhlu a jeho potenciální využití.

7. Jak lze zlepšit vlastnosti biouhlu nad rámec běžné účinnosti? Uveďte alespoň 2 způsoby a vysvětlete, proč tomu tak je. [2 b]

Způsobů, jak zlepšit vlastnosti biouhlu, je celá řada, níže je vypsáno pár nejčastějších příkladů.

1. Mezi nejznámější metody zvyšující adsorpční schopnosti biouhlu se řadí **aktivace**. Ve srovnání s neaktivovaným biouhlem může aktivace zlepšit pozitivní účinky biouhlu na retenci živin a jejich příjem rostlinami téměř dvojnásobně. Dále může proces aktivace zvýšit porézní strukturu a sorpční vlastnosti.
2. Další užitečnou metodou pro zlepšení vlastností biouhlu je **magnetizace**, která zvyšuje schopnost sorpce biouhlu např. pro organické znečišťující látky či fosfáty. Magnetický biouhel se dá připravit chemickým kosrážením $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ na prášku z pomerančové kůry a následnou pyrolýzou.
3. Také **oxidace** biouhlu různými oxidizačními činidly (např. K_2MnO_4 , H_2O_2 či O_3) se řadí mezi ošetření biouhlu, které může zlepšit jeho vlastnosti, např. zvýšit jeho sorpční účinek. Oxidovaný biouhel s více karboxylovými skupinami může vykazovat vyšší imobilizaci kovů jako jsou Pb, Cu a Zn.

8. Napadá vás příklad biomasy, která by nemohla být použita k výrobě certifikovaného biouhlu? Uveďte alespoň jeden konkrétní příklad. Svou odpověď zdůvodněte. [1 b]

Chceme-li využívat biouhel v zemědělství, je nezbytné, aby výchozí suroviny neobsahovaly nadlimitní hodnoty toxických látek (např. těžkých kovů), které by se přes plodiny dostaly do našeho těla. Z tohoto důvodu se nedá použít chemicky ošetřené dřevo, kaly z čištění odpadních vod bez předchozího testování, průmyslové kontaminované odpady atd.

Aplikace biouhlu je rozsáhlá a mnoho měst se ji rozhodlo zahrnout do plánů v rámci snižování negativních dopadů urbanizace umocňovaných změnou klimatu. Možná o použití biouhlu ve vašem okolí již víte, pokud ne, nastudujte si o tom potřebné informace a v krátkosti shrňte v následující otázce.

9. Kde ve vašem okolí byl použit / se plánuje použít biouhel jako strategie města v rámci modrozelené infrastruktury? V krátkosti popište na alespoň jednom konkrétním příkladu. Uveďte, na jakém místě se aplikace nachází, v jaké je podobě a k čemu má sloužit. Pokud se vám nepodaří dohledat údaje k vámi preferované lokalitě, uveďte jako příklad Brno. [1.5 b]

Modrozelená infrastruktura je soubor technických opatření, které mají pomoci městům s adaptací na klimatickou změnu (hospodaření s dešťovou vodou, zabránění povodním, ekosystémové služby atd.)

V Brně byl biouhel použit v několika případech, příkládám některé z nich.

1. Plácek u zastávky uprostřed Mendlova náměstí. Dlažba je vyplněna jemným šterkem (pro zasakování vody). Pod povrchem je aplikován biouhel.
2. Centrum AdMaS (FaSt VUT Brno) – testování zeleného (udržitelného) parkoviště. Biouhel byl vpraven do zasakovacích roštů s cílem čištění srážkové vody odstraněním

pesticidů, těžkých kovů a jiných polutantů a přispět tak nejen k čištění vody, ale i boji se suchem.

3. Podobným případem může být obytný komplex Kociánka. Cílem je zadržet lokálně dešťovou vodu v zasakovacím průlehu (rýze) a zajistit díky strukturálnímu substrátu její vsáknutí do půdy u parkoviště.

Česká republika není jediným místem, kde se využití biouhlu ujalo. Znaměřším příkladem může být např. Stockholm, kde je využívání biouhlu zcela běžné. Jak by to ale vypadalo, kdyby se biouhel začlenil k běžným praktikám v rozvojových zemích? Pokuste se nad danou myšlenkou hlouběji zamyslet. V úvahu berte kromě benefitů zjištěných v předchozích otázkách také zvyky obyvatel, kulturu, způsob života, finanční prostředky, víceúrovňové využití apod. Jinými slovy, pokuste se na problematiku biouhlu podívat z jejich úhlu pohledu a zamyslet se, k jakým pozitivním změnám by začlenění používání biouhlu mohlo vést.

10. **Jak by mohl přispět biouhel k rozvoji zemědělství a kvality života v rozvojových zemích? Uveďte alespoň 3 konkrétní příklady a zdůvodněte.** [3 b]

Velkým problémem v rozvojových zemích je vnitřní prostředí, ve kterém se vyskytují převážně ženy a malé děti. Např. v Keni ženy vaří na otevřeném ohni v domech bez oken, většinu dne dýchají zplodiny spalování, což se odráží na jejich zdravotním stavu. Velkou pomocí mohou být vařiče na bioplyn, které mají nižší spotřebu paliva, vypouští méně škodlivých látek a produkují biouhel, který by po vpravení do půdy mohl sloužit jako hnojivo.

Po vpravení biouhlu do půdy by mohlo dojít (v závislosti na vlastnostech půdy a biouhlu) ke zkvalitnění půdy (např. ochrana před erozí), zadržování vody v krajině, čištění vody atd. Nevyužitá biomasa (např. z polí) by se mohla efektivněji zapracovávat do půdy a zlepšovat její vlastnosti.

Biouhel se dá dále využít např. jako přídatek do krmiva pro hospodářská zvířata, což může mít pozitivní vliv na mikrobiom jejich gastrointestinálního traktu.

Menší potřeba využívání fosilních paliv by mohla vést nejen ke snížení velkých výdajů rodin závislých na zemědělské činnosti, ale také přispět k dalšímu kroku k udržitelnému životu. Zároveň by produkce a distribuce biouhlu mohla dát více příležitostí k vytvoření nových pracovních míst.

Nyní byste měli mít již obsáhlé znalosti k problematice, na jichž základě můžete vyvozovat názory a závěry. Zamyslete se nad vším, čím vás úloha provedla a své zjištění si obhajte.

11. **Představte si, že máte profesně za úkol naplánovat remediaci městského parku. Za jakých podmínek byste zařadili použití biouhlu do plánu? Svou odpověď zdůvodněte.** [1 b]

Při plánování projektu je důležité znát stav parku, který bychom chtěli remediovat. To jde zjistit např. baterií ekotoxikologických testů či podrobnou analýzou jednotlivých složek. Poté, co by nám byl známý stav parku by bylo vhodné prokonzultovat dopady aplikace biouhlu s odborníky v týmu, ale také s vedením města a stanovit si cíle, kterých bychom

chtěli dosáhnout společně s vhodnými cestami s minimem rizik. Pokud by byla ošetřena případná negativa na minimum, podmínky pro aplikaci by byly vhodné a všechny strany projektu se shodly dát projektu zelenou, bylo by možné přistoupit k jeho aplikaci.

Možné příklady vhodných podmínek pro aplikaci:

- Udusaná půda s nízkou schopností zadržet v sobě srážkovou vodu
- Půda s nižším pH způsobeným zvýšenou aplikací chemických hnojiv
- Kontaminovaná půda, obvykle v blízkosti silničních cest
- Málo úrodná půda nebo naopak půda přesycená živinami
- Znečištěná voda z lokálního pramene

Možné příklady nevhodných podmínek pro aplikaci:

- Aplikace biouhlu by negativně změnila podmínky pro společenstva v půdě
- Rovnováha v půdě by se obrátila v neprospěch kvality půdy
- Zvolení biouhlu s neodpovídajícími vlastnostmi vzhledem k typu půdy
- Aplikace na černo, tedy bez předchozího souhlasu
- Neprovedení kontroly kvality biouhlu a zanesení kontaminace do půdy

Téma biouhlu je velice obsáhlé, v úloze bohužel není prostor jej plně představit. Pokud vám v úloze nějaký aspekt vyloženě chyběl, nyní máte možnost se o něj podělit. Uvedené zajímavosti budou po opravení všech řešení anonymně sepsány do společného dokumentu a nasdíleny ostatním řešitelům úlohy.

12. Narazili jste při svém bádání na nějakou zajímavost o biouhlu, kterou úloha nezmiňuje? V krátkosti ji popište včetně zdůvodnění, čím vás zaujala. [1 b]

Biouhel má spoustu zajímavých využití, na které již v úloze nezbylo místo. Příkladem může být např. využití v textilním průmyslu. V Japonsku a Číně se vyrábí biouhel z bambusu a vetkává se do textilu pro lepší tepelné a prodyšné vlastnosti, snížení pocení a zápachu. Toho se využívá v případě funkčního prádla či v podšívkách u bot a ponožek. Další uplatnění našel např. ve wellness, kde díky svým izolačním schopnostem slouží jako výplň matrací a polštářů.

Dostáváme se k závěru úlohy. Na problematiku biouhlu jsme se podívali z několika úhlů pohledu a již by nám neměla být neznámým tématem. Doufám, že jste se dozvěděli něco nového a poskládali si téma to komplexnějšího celku. Než se rozloučíme, ráda bych se vás zeptala na váš názor, který jste si na problematiku mohli v průběhu úlohy vytvořit. Budu ráda za upřímnou odpověď. V rámci své úvahy můžete také připojit názor na rozuzlení otázky v názvu zadání úlohy. Těším se na vaše myšlenkové pochody! :)

13. Jaký je váš osobní názor na používání biouhlu? Napadá vás, jaká by mohla být jeho budoucnost? Pokuste se zamyslet alespoň nad jedním příkladem. Pokud myslíte, že žádnou budoucnost nemá, zdůvodněte svůj názor. [2 b]

Aplikace biouhlu se zdá být pro životní prostředí velmi prospěšná. Jeho výčet pozitivních vlastností se prodlužuje, stejně tak možnosti uplatnění. Je důležité si ale uvědomit, že je to sice mocný nástroj, který by při správné aplikaci mohl mít mnohé blahodárné účinky, není však všespásný. U jeho aplikace se vždy musí (stejně jako u čehokoliv jiného) brát v potaz velké množství proměnných, které by mohly zahýbat s reálným výsledkem oproti námi vytvořenému předpokladu. Vždy je potřeba se zamyslet nad možnými negativy dané věci, ať už se zdá být sebelepší. V opačném případě bychom mohli bez povšimnutí propadnout tzv. greenwashingu.

Osobně si myslím, že biouhel v budoucnu může najít široké uplatnění, na která se v úloze odkazují. To, jestli povedou ke zlepšení životních podmínek nebo naopak, je ale na nás lidech. Proto doufám, že vám úloha pomohla se nad problematikou zamyslet z vícero úhlů pohledu, poskládat si informace do širších souvislostí a uvědomit si, že v přírodě všechno souvisí se vším, proto i malá změna může mít dalekosáhlé následky. A aby se tak nestávalo, je potřeba si ověřovat informace, přemýšlet a nemávat nad potenciálními problémy rukou.

Pokud vás bavilo zamýšlení se nad environmentálními problémy a rádi byste nahlédli pod pokličku vědeckému řešení podobných problematik, zvažte studium oboru Životní prostředí a zdraví na Masarykově univerzitě.

Vojtěch Klapetek (e-mail: vklapetek@mail.muni.cz)

6. Research with AI

20 points

ChatGPT, Bing AI, Bard... you've certainly come unto these names already. Maybe you've also heard they are examples of "generative AI", a term somewhat mysterious. Are they any good? How to make use of them? Are there any other handy "AIs" out there? Let's take a look!

The physiology of AI, chapter 1.1

What is the AI, "artificial intelligence", mentioned here? If you ever used ChatGPT or any other app listed above, you surely know they aren't sentient beings from Terminator or any other A/B-grade sci-fi.

Some people call them "weak AI", meaning that they are just programs good at doing something, and this kind specifically is called "generative AI". The idea behind the name is that the AI generates something (text, image, structure) based on a piece of text (a "prompt") you give it.

The generated result isn't any magic-powered supernatural stuff. Most AIs – let's stick with text generation to make it easy – just try to find the most probable thing (like a word) that should follow. Think of your mobile phone's intelligent keyboard – it's a perfect example.

How does the AI know what is most likely to follow? Someone has to put the data in. It's called learning and it's what the IT companies do most of the time when "developing a new AI model". Basically, a giant table is put into the AI program that says things like "from 'Captain, you should continue 30% of times to 'Nemo' and 70% times to 'America'", but with millions of words. The rest of the AI program is mostly getting your input and displaying the resulting text. The real AI is the table.

How do you get these probabilities for the table? Well, if you want to generate real-like texts, it's easiest to look them up in real texts. If you get enough of them (and have set up the rest of the program right), your AI can start generating real-looking texts on its own!

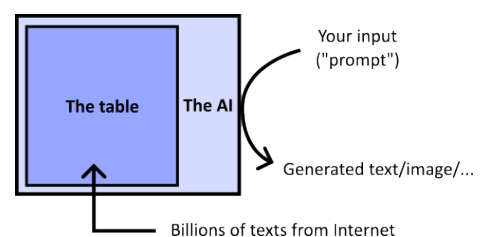


Figure 1: The physiology of AI

That's the power behind ChatGPT and other chatbots. It's not magic, but records of billions of conversations someone had before, arranged in a nice table. Still, that's about just as cool.

For parts of this task, it is necessary to try some generative AI yourself. I can recommend Bing AI, which supports web searches, but requires a Microsoft account, but you can do with many others as well. Also, I strongly recommend using English when working with AI, because the results are way more relevant.

1. Which generative AI are you going to use? There are no points for this question, but it will help me understand your answers.

I am going to use Bing AI.

ChatGPT & the like

In this part, we'll take a look at tools that can help you generate texts, and at their powers, weaknesses and conventions.

As a warmup, I suggest you open the generative AI tool you have chosen and try posing a few questions to get an idea how it responds. (Ideas: Is the sun real? Are there more melons or butterflies? Who am I?)

Now, let's try some science questions.

2. Find your AI answers to the following questions (and post them here): [2 pt]

- a) What would the RNA sequence **AUGCGACUGCACGTCAUGA** translate to?

The RNA sequence **AUGCGACUGCACGTCAUGA** is a string of nucleotides that can be translated into a protein sequence. The process of translation involves the conversion of RNA nucleotide sequences into amino acid sequences that make up proteins.

Using the **Expasy Translate tool**, we can translate the RNA sequence **AUGCGACUGCACGTCAUGA** to its corresponding protein sequence. The resulting protein sequence is as follows:

MRAH

Each letter in the protein sequence represents an amino acid. In this case, the RNA sequence **AUGCGACUGCACGTCAUGA** translates to a protein sequence consisting of four amino acids: Methionine (M), Arginine (R), Alanine (A), and Histidine (H).

I hope this helps!

(AI citation in task lower)

- b) The prevalence of daltonism (colour blindness) in men in a certain population is 1/100. What is the frequency of colour-blind women in the same population?

In a certain population, the prevalence of daltonism (color blindness) in men is 1/100. The frequency of color-blind women in the same population can be calculated using the following steps:

The prevalence of color blindness in men is **1/100**. This means that **1 out of every 100 men** in the population is color blind.

Since color blindness is **X-linked**, women can only be color blind if they inherit the color blindness gene from both parents. The probability of inheriting the gene

from both parents is the product of the probabilities of inheriting the gene from each parent.

The probability of inheriting the gene from one parent is **1/100**.

Therefore, the probability of inheriting the gene from both parents is $(1/100) * (1/100) = 1/10,000$.

This means that **1 out of every 10,000 women** in the population is color blind.

In conclusion, the frequency of color-blind women in the same population is 1/10,000.

I hope this answers your question! Let me know if you need any further assistance.

(AI citation in task lower)

For any real scientific enquiry, it is important to learn how to properly cite AI. (Just as it is important to properly cite everything else.)

3. How would you properly cite generative AI? Write a proper citation of the two answers from the previous question. Why is it so important to cite the AI results? [2 pt]

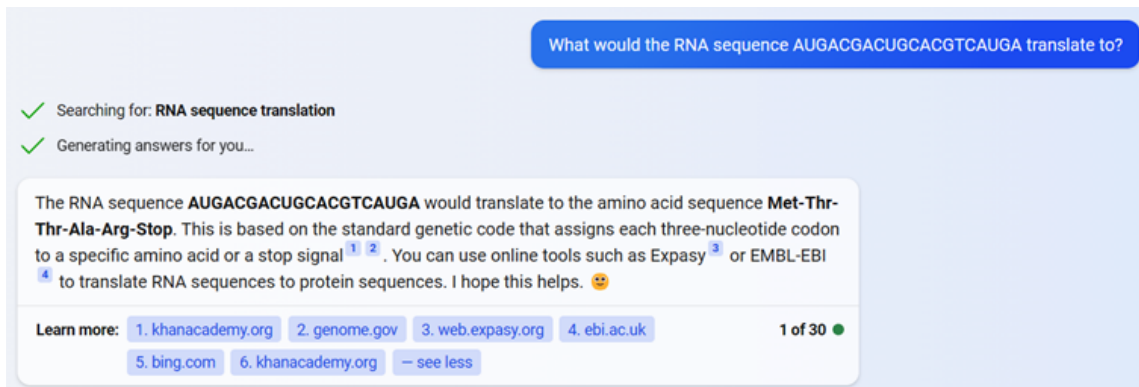
ad a) Generated with Bing AI with prompt “What would the RNA sequence AUGCGA-CUGCACGTCAUGA translate to?” on 18.9.2023, <https://sl.bing.net/iCAAt0Umevbo>

ad b) Generated with Bing AI with prompt “The prevalence of daltonism (colour blindness) in men in a certain population is 1/100. What is the frequency of colour-blind women in the same population?” on 18.9.2023, <https://sl.bing.net/dOb5Rd3jeCG>

It is important to cite the AI results mostly because AI tools are not a trustworthy source because of frequent errors and because of possible authorship issues, but there are certainly more reasons.

As said before, the principle behind generative AI is to always write the next word to the answer that seems most appropriate based on a sample of billions of texts from the internet. This leads to surprisingly powerful behaviour, but the factual side of resulting statements is sometimes impacted. Therefore, it’s a good idea to always check the correctness of facts gathered this way.

Here are the answers I got:



What would the RNA sequence AUGACGACUGCA CGTCAUGA translate to?

✓ Searching for: **RNA sequence translation**
 ✓ Generating answers for you...

The RNA sequence **AUGACGACUGCA CGTCAUGA** would translate to the amino acid sequence **Met-Thr-Thr-Ala-Arg-Stop**. This is based on the standard genetic code that assigns each three-nucleotide codon to a specific amino acid or a stop signal ¹ ². You can use online tools such as Expasy ³ or EMBL-EBI ⁴ to translate RNA sequences to protein sequences. I hope this helps. 😊

Learn more: [1. khanacademy.org](#) [2. genome.gov](#) [3. web.expasy.org](#) [4. ebi.ac.uk](#) [5. bing.com](#) [6. khanacademy.org](#) — see less **1 of 30** ●

Figure 2: Generated with Bing AI with prompt “What would the RNA sequence AUGACGACUGCA-CGTCAUGA traslate to?” on 16.8.2023, <https://sl.bing.net/fhvPMcbHKg0>.



The prevalence of Daltonism (color blindness) in men in a certain population is 1/100. What is the frequency of color-blind women in the same population?

✓ Hledá se: „Daltonism inheritance pattern“
 ✓ Generování odpovědi pro vás...

Hello, this is Bing. I searched for Daltonism inheritance pattern and found some information.

Daltonism, or red-green color blindness, is most commonly inherited from mutations on the **X chromosome** ¹ ² ³. It is an **X-linked recessive** trait, which means that a male who inherits one mutated copy of the gene will be color blind, while a female who inherits one mutated copy will be a carrier and usually have normal color vision ⁴ ² ³.

To calculate the frequency of color-blind women in the same population, we need to know the frequency of carriers and the frequency of affected females. Assuming that the prevalence of Daltonism in men reflects the frequency of the mutated allele (q), we can use the Hardy-Weinberg equation to estimate that:

- The frequency of the mutated allele (q) is equal to the square root of the frequency of affected males (p), which is 1/100. Therefore, $q = 0.1$ or 10%.
- The frequency of carriers (2pq) is equal to $2 \times 0.1 \times 0.9 = 0.18$ or 18%.
- The frequency of affected females (q^2) is equal to $0.1 \times 0.1 = 0.01$ or 1%.

Therefore, the frequency of color-blind women in the same population is:

- $0.18 + 0.01 = 0.19$ or 19%.

I hope this helps. Please let me know if you have any other questions. 😊

Další informace: [1. coloritellens.com](#) [2. medlineplus.gov](#) [3. en.wikipedia.org](#) [4. colourblindawareness.org](#) [5. en.wikipedia.org](#) — zobrazit méně **8 z(e) 30** ●

Figure 3: Generated with Bing AI with prompt “The prevalence of Daltonism (colour blindness) in men in a certain population is 1/100. What is the frequency of colour-blind women in the same population?” on 16.8.2023, <https://sl.bing.net/b4aAL6YTIGa>.

As you have probably noticed, some of the AI generated answers are not entirely correct. (That can be attributed to the fact that AIs are usually trained on various pages or conversations on the internet, and most aren't led by expert biologists.)

4. Find all factual errors in both yours and mine generated answers from task 2. What would be the correct answers? [2 pt]

ad a) In an RNA sequence, there shouldn't be a 'T'. The correct translatable sequence (starting from AUG) would be either MRLHVM or MTCSR. (It is not found in either of

my tries, but EXPASY, which is referenced by the newer attempt, produces the correct answer.) In my first try, this is however in part because of a typo in nucleic acid sequence – with it, the correct protein sentence would be **MTTARH**.

ad b) In my first try (on the picture), the maths is clearly wrong. As a X-linked recessive trait, the prevalence of recessive daltonism allele is the same as prevalence of daltonism in men (who have only one X allele). For a woman to be daltonic, she has to have two recessive copies, the chance of which is $1/100 \cdot 1/100 = 1/10000$. In the newer version, the only error I found is the conclusion that probability $1/10000$ means that 1 out of every 10 000 women is colour blind.

Now that you know all the tips & tricks, let's see how AI fits into your IBIS workflow.

Before delving in, let's remind us of the IBIS rules of AI usage:

“Using ChatGPT, Bard or other applications of generative AI is similar to help from other people – you may use them, but the result shouldn't be your final answer. You have to be the only author of that. You also have to cite the use of such AI tools every time.

We recommend using these tools mainly to get insight into a topic, for explaining unknown terms, as a starting point when searching for information sources or for grammar corrections in English texts. The answers themselves have to be written by yourselves and backed by trustworthy sources – these do not include ChatGPT or any other similar tool.”

(See ibis.sci.muni.cz/oseminari for a Czech version.)

With that in mind, let's go.

5. Your task here is to write an answer for each of four assignments below. Write two of them with the help of generative AI and two of them just yourself.

How sure are you about the factual correctness of each of the answers? How much time did you spend writing each answer? Does using AI help you when answering, and if yes, where? [6 pt]

- a) Write a brief characteristic of three common types of colour-blindness. What are they caused by?

AI+Me: Red-green Colour Blindness: This is the most common type of colour blindness, in which distinguishment between green and red is impaired. This may lead to complications with recognizing shades of various connected colours, such as purple, orange or brown. Based on the missing cone type, it can be classified as protanopia (red missing) or deuteranopia (green missing).

Blue-yellow Colour Blindness: More rare than the previous type, the perception of blue and yellow (and several connected hues, such as green) is affected. It is also called tritanopia (blue cones are missing).

Complete Colour Blindness (Monochromacy): A very rare type of colour blindness where the affected person sees no colours at all. It is a result of two or all three cone

types missing.

Created using content generated with Bing AI with prompt “Write a brief characteristic of three common types of colour-blindness. What are they caused by?” on 18.9.2023, <https://sl.bing.net/dVh2tuUoGCi>.

- b) What are the main light-sensitive cells in the human eye? What is the difference in their mechanism of sensing?

Me: The main types of light-sensitive cells in the human eye are cones and rods. Rods sense light intensity through the whole colour spectrum, cones are of three types that sense (mainly) either red, green or blue light. Their mechanism of function is almost identical, the main difference being the structure of protein opsin that holds the photoactivatable molecule, which leads to different shifts in its photosensitive wavelengths and therefore sensitivity of cell to different light colour (or most of them in case of rods).

- c) What is the difference between everse and inverse eye? What are the advantages of each?

Me: The difference between everse and inverse eye lies in the order of cell layers in retina. In everse eye, receptor cells lie at the first layer of cells that light passes through, under which are multiple layers of data-processing neurons. This type of eye can be found for example in insect. In the case of inverse eye, light passes first through the neurons and then onto the receptor cells. This leads to the need for blind spot, as in mammals.

Therefore, the advantage of everse eye is that there is no need for blind spot to exist, and potentially higher sensitivity. One of the proposed advantages of the inverse eye is better temperature regulation of the retina.

In the end, given that the formation of these is dependent on evolutionary history of the respective animal, it is hard and pointless to say that any is better.

- d) Briefly describe glaucoma and cataract. Is there any treatment for them? If yes, what is it?

AI+Me: **Glaucoma** is an eye disorder in which the pressure inside the eye rises as a result of inequality between aqueous humour production and outflow. This pressure can lead to optic nerve damage and to loss of vision. Treatment may include medications to reduce liquid production or laser eye surgeries to increase outflow. Any damage to the optic nerve, however, cannot be repaired.

Cataract is a different eye disorder in which imperfections in the eye lens lead to clouded or hazed vision. It is usually connected with ageing, but may also be influenced by genetics, traumas or potentially medications. Standard treatment consists of surgery to remove and replace the lens with an artificial one.

Uses content generated with Bing AI with prompt “Briefly describe glaucoma and cataract. Is there any treatment for them? If yes, what?” on 18.9.2023, <https://sl.bing.net/4HzFE2Kuuy>.

I’m pretty sure about all of the answers that they are correct, even though I didn’t

know about glaucoma laser surgeries before. I usually spent 6-8 min on an answer I wrote myself and about 15 minutes on AI-helped answers (I'm the author of this task, it's not representative).

One factor leading to relatively low times spent on my own answers is that I wrote myself the answers where I am sure what I want to write because I know the problem well, and let the AI come up with ideas to formulate myself in the other cases, which took up more time in comparison.

As you have likely found out, generative AI can be a powerful tool, but needs to be handled with care.

6. You cannot use generative AI everywhere and under all circumstances. Find and explain the AI usage policy of: the Nature science journal, Masaryk University and Charles University.

Why do you think its use is prohibited somewhere? [2 pt]

Nature: You must cite AI usage and cannot use AI-generated pictures.

Masaryk university: You must cite AI usage and you take responsibility for its results. The possibility of its use depends on the course you are in.

Charles University: Handle with care.

Reasons for which generative AIs are prohibited are several: The AI cannot be held responsible (the responsible person is always the user), privacy concerns connected with lack of AI transparency, or in the case of learning a fear that students will misuse AI and won't learn anything as a result.

50 shades of AI

As you have likely found out, chatting-interface generative AIs aren't the only tool in the AI box. There are plenty of other AI programs of various usefulness, and here we'll look at a few more.

Consensus.app

Consensus is a web app that summarises findings from research journals. It's a bit limited when using the free version (and you'll need to create an account if planning any serious usage), but still it can provide a nice head start into literature to read when approaching a new subject.

7. Search using Consensus for literature on whether "Is stress inheritable". Select a paper from Consensus selection and read it (at least the abstract). Does it correspond to the summary? [1.5 pt]

Based on Consensus, it is inheritable both epigenetically and by germline selection. I selected a paper <https://doi.org/10.1098/rspb.2004.3045>, read the abstract, and it seems to correspond to its summary quite well.

(Then again, you couldn't have missed all these warnings that summaries can miss important papers and you shouldn't base your decisions on them. That's just the way with AI.)

(Also, if you'd appreciate help finding papers, you may want to check out [PubMed](#).)

Explainpaper.com

[Explainpaper](#) is a service that attempts to explain parts of scientific papers you don't understand with the help of the GPT-3 AI model (the same as ChatGPT). You need a free registration to use it.

8. One of the big discoveries of the last twenty years is the way to induce pluripotency in cells, as shown in the following article: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2007.11.019>. Explain the article to me like I'm a 5-year-old. Then, you can compare your explanation with [Explainpaper.com](#) (not mandatory). [1.5 pt]

In your body, there are cells that are very useful for healing, because they can grow in bones or skin or anything else that is needed. There are not many, so if doctors could make more of them, it would help you if you had a nasty injury. Scientists have found out they can do it with the help of the right chemicals, which is great.

AlphaFold v2.0

Contrary to the examples above, [AlphaFold](#) is an AI program that has already revolutionised the entire field of proteomics. (Some wouldn't even call it a "generative AI", even though it technically is one.) AlphaFold tries to predict a structure of protein from its sequence, potentially saving months of work in the lab. Given the prediction is right.

9. Find three advantages and three disadvantages of using AlphaFold to determine protein structure contrary to X-ray diffraction, one of leading protein structure determination methods of today. [1.5 pt]

AlphaFold advantages: faster, cheaper, changes in structure to get more insight are way easier.

AlphaFold disadvantages: Generated model isn't from real data about the protein and therefore can mislead. Sometimes you get important information in the process of preparing protein for experimental structure acquisition, which is not possible here. You need more computation power, but that's probably still at no cost compared to X-ray diffraction machines.

This is just a small subset of AI tools out there, but I hope it gives you an idea of their versatility and possible forms.

10. Find one more useful AI tool of your choice not mentioned in this task and write when and for what it is useful. [1.5 pt]

Another freemium AI tool that some people use (I guess) is Grammarly. It is useful when the bottleneck of your production is not the ability to find relevant research and formulate your ideas, but to write them down in a grammatically correct way. That is not so rare.

Whatever your opinion on generative AI tools is now, it is almost certainly a tool to stay. It is very useful to learn how to use it – and it takes both skill and responsibility to master it, not just to get carried away carelessly.

I hope solving this task was useful and I am looking forward to your solutions.



Figure 4: Source: <https://xkcd.com/2451>