

5. ročník (2020/2021)



## 2. SADA

Termín odevzdání: 10. ledna 2021

**MUNI | RECETOX**  
SCI

**MUNI** Ústav  
SCI experimentální  
biologie

## Jak psát řešení

Milá řešitelko, milý řešiteli,

než se vrhneš na řešení IBISích úloh, věnuj prosím chvílku i těmto řádkům.

IBIS je korespondenční seminář **pro jednotlivce**, který by ti rád kromě řešení zajímavých biologických témat nabídl i nahlédnutí do zákulisí VŠ, což tě lépe připraví na budoucí studium.

Proto se (ve vlastním zájmu) řiď následujícími radami:

- **Nekopíruj** – Neboj se hledat informace na nejrůznějších webech, v učebnicích či knížkách, vyvaruj se však opisování textu. Máš přeci vlastní hlavu a dokážeš parafrázovat (přepsat text vlastními slovy).
- **Vlastní tvorba** – Pokud je v zadání napsáno, že máš použít vlastní obrázky, myslí se tím opravdu vlastní obrázky (ať již nakreslené v ruce či vytvořené na počítači), nikoliv stáhnutý obrázek z internetu.
- **Odpovídej k věci** – Utříd' si myšlenky a vyber to podstatné. Při práci s textem se dá lehce ztratit (sami to známe), proto se nikdy neboj udělat krok zpět a znovu si zopakovat otázku. Pokud připojíš nějaké zajímavosti, nebo věcně (a přesto krátce) odpověď rozvedeš, rozhodně se nebudeme zlobit. Ale hodnotit budeme pouze odpovědi na položené otázky.
- **Úlohy tvoř sám za sebe** – Ber to jako příležitost překonat se a zasoutěžit si s kamarády. Je Franta lepší v zoologii? Nevadí, dotáhneš ho na mikře.
- **Hraj fér** – Nezapomeň, že nepodvádíš nás, nýbrž především sám sebe. IBIS je práce navíc, ale vyplatí se ti. Pokud se nám něco nebude zdát, vždycky se ti ozveme. Kdyby tě přesto podvádění lákalo, budeme tě penalizovat ztrátou bodů, což nikdo z nás nechce, tak to prosím nedělej.
- **Hlídej si termíny** – Dávej si pozor na termíny odevzdání, ať úlohy neděleáš na poslední chvíli a stihneš je včas odevzdat.
- **Řešení vkládej do odevzdávacího formátu PDF** – Můžeš ho psát ručně a pak naskenovat, ale lépe jsou pro nás čitelná řešení psaná elektronicky. Odevzdávací formát najdeš na našich stránkách po přihlášení.

Kdyby ti cokoliv nebylo jasné, neboj se nás kontaktovat na adrese [ibis@sci.muni.cz](mailto:ibis@sci.muni.cz) nebo piš autorovi konkrétní úlohy. Jsme tu od toho, abychom ti pomohli.

Doufáme, že se ti IBIS bude líbit a užiješ si s ním spoustu zábavy, protože my už se nemůžeme dočkat tvých odpovědí.

Tvůj IBIS tým

## Průlet touto sadou aneb na co se můžete těšit?

|   |    |
|---|----|
| 1. Zajímavosti ze světa živořícího kvítka na tvém okně (Michaela Dušková) ..... | 4  |
| 2. Přichází změna (David Zimčík) .....  | 10 |
| 3. Jedinečnost v každém z nás (Monika Kuncová) .....                            | 14 |
| 4. Expertní úloha: Listopadová biostatistika (Jiří Kalina, Jan Mičan) .....     | 16 |
| 5. English bonus: Chromosomal Puzzle (Stanislav Juračka) .....                  | 20 |

Michaela Dušková (m.duskova97@gmail.com)

## 1. Zajímavosti ze světa živořícího kvítka na tvém okně 20 bodů

### Část 1.: Jak se z pralesního kvítka stala pokojová rostlina

Ahoj, milý řešiteli,

vítám tě u úlohy, která ti poodhalí některá doufám překvapující tajemství ze světa pokojových rostlin, ať už máš pocit, že ti umře všechno, co si na parapet postavíš, nebo spíš řešíš to, že nemáš dostatek místa nebo trpělivosti svých nejbližších pro další kvítka. Já bohužel (bohudíky) patřím mezi ty, se kterými společné bydlení znamená nepřetržité prolézání nepropustnou džunglí. A protože jsem se rozhodla stát se molekulární biologkou, nemohla bych se nepodělit o některé zajímavosti ze světa mých zelených krasavic. Jsou totiž vskutku zajímavé.

Hned na začátek bych ti ráda prozradila tajemství úspěchu všech vášnivých pěstitelů pokojovek. K tomu, aby se tvému kvítku dařilo, musíš mu zajistit podmínky takové, které se co nejvíce podobají podmínkám, ve kterých přirozeně roste. Je to rostlina pocházející z pralesa? Zřejmě nebude tak moc náročná na světlo, zato se jí bude líbit zvýšená vlhkost. Je to odolná rostlinka z polopouští? Bude zřejmě potřebovat spousty světla a bude náchylná na přelití. Takové informace se můžeš dozvědět samozřejmě i na internetu, ale my biologové na to půjdeme jinak. V této první části malého "seriálu" o pokojovkách se spolu zaměříme na jejich taxonomické zařazení a na to, jak se vůbec do bytů dostaly. V některé další úloze si povíme něco o jejich genetice a můžeš se těšit i na špetku fyziologie.



Když roku 1492 Kryštof Kolumbus „objevil“ Ameriku, Nový svět se stal rájem badatelů, přírodovědce nevyjímaje. Neznámé tropické rostliny dostávaly roztodivná jména a badatelé se je snažili vozit do Evropy jako cenné poklady. Dokonce se v 19. století na květiny pořádaly lovecké výpravy. Postupem času se tito „lovci květin“ vydávali vstříc všem exotickým krajinám Ameriky, ale i dalších kontinentů. Exotické orchideje a další rostliny roztodivných krajů, které ve Starém světě nikdo jaktěživ neviděl, se staly luxusním zbožím s vysokou hodnotou.



Mohlo by se zdát, že pořádná květinová výprava zajistí lovcům nejen záchrvěvy dobrodružství, ale i spousty honosných večeří. Proto se na výpravy vydávali s odvahou a velkým očekáváním. Když se prodírali neprobádaným pralesem a bezhlavě se s vidinou velkého výtěžku pokoušeli vylézt pro další orchidej, netušili, že se domů vrátí téměř s prázdnou. Po dalším vydařeném lovu schovali cenné úlovky do truhly v podpalubí lodi, která právě odplouvala do Evropy, a vrátili se do svých improvizovaných obydlí.

Určitě si dokážeš představit, co se s takovými květinami stane. Většina z nasbíraných exemplářů nepřežije nájezd plísni, které na ně v podpalubí lodi čekají. Další zbělají a zemřou na nedostatek světla. Jen málokterá přežije dlouhou cestu do Evropy. Ty pak putují do některého bohatého panství, kde stejně i při nejvyšší péči po pár týdnech umírají.

Nejeden druh orchidejí se dostal neopatrným počínáním sběračů téměř na pokraj vyhynutí. Ty šťastnější kusy se dostaly do některé z královských botanických zahrad s obřímí skleníky, které v tehdejší Evropě shromažďovaly cenný exotický materiál.

1. Pak ale přichází jistý Angličan roku 1842 s nápadem, který razantně změní podmínky přepravy rostlin na dlouhé vzdálenosti. Najdi jeho jméno a popiš vynález, díky kterému se dařilo kvítka dostat do Evropy bez úhony. [1 b]

Tímto nápadem se přeprava cizokrajných rostlin notně zjednodušila, exotické květiny se staly dostupnější a nabídka rostlin do domácností se rozšiřovala. Silně ji ovlivnila tehdejší móda i umělecké směry, které hýbaly světem. To, které rostliny právě letěly, ovlivňovalo i technické vybavení bytů. V 19. století byly in pelargonie, myrty i fuchsie, které nejsou náročné na teplo a nevadilo jim tedy nedokonalé vytápění a okna, od kterých táhlo. Na přelomu století se na trh dostávají palmy, oleandry i monstery, kterým opět chladno nevádí, ale potřebují více místa a světla od velkých oken, která tou dobou byla v módě. S příchodem 20. století přichází do domácností zateplení, kaktusy i sukulenty a postupem času přibyly i drobné liány, fíkusy a Čechy milované bromélie. Začátkem nového milénia se roztrhl pytel s orchidejemi a kaprad'orosty, které už jsou o poznání náročnější na podmínky.

Mimo sběru rostlin na prodej se do Nového světa vydávají i botanici a badatelé, kteří snaživě sbírají vzorky, kreslí a popisují nově objevené druhy.

Biologové měli od nepaměti zvláštní potřebu všechno škatulkovat. Tak se i dnešní běžně pokojové rostliny dostávaly do taxonomických záznamů mezi dosud známé druhy. Stejně jako jiné organismy nesou podobnosti se svými předky, se kterými se řadí do stejné skupiny, a odlišnosti, které je odlišují od skupiny jiné. Nutno dodat, že v té době se rostliny zařazovaly do skupin (nebo také kategorií či taxonů) pouze podle fenotypových znaků a nezřídka se stávalo, že byla rostlina do systému zařazena zcela chybně.

Dnešní taxonomové používají k ověření správného zařazení organismu v taxonu nebo k přiřazení zcela nového druhu do systému kombinaci složitých statistických modelů, sekvenování různých úseků genetické informace i klasické posuzování fenotypu.

Zamyslel jsi se nad tím, jaké organismy vlastně doma pěstujeme? Pokojovky jsou jednoduše skupinou rostlin, které můžeme pěstovat v bytě. Nezáleží na tom, zda se pěstují v květináči, v teráriu nebo ve vodě.

2. Jsou to ale určitě všechno z taxonomického hlediska rostliny? Možná jsi už slyšel o pokojovce, která nese vznešené latinské jméno *Cladophora aegagropila*, tedy řasokoule zelená. Vyhledej její celé taxonomické zařazení. Schválně si také zjisti, kde se taková řasa vyskytuje přirozeně a jak vzniká její charakteristický tvar. *Varování: Jejich pěstování je návykové :-)* [1 b]



Všechny rostliny pěstované v domácnostech můžeme s klidem zařadit do taxonu *Plantae* – tedy rostliny. Jejich buňky se vyznačují buněčnou stěnou a jejich nadzemní orgány obsahují plastidy. Dále můžeme všechny shrnout do taxonu zelené rostliny, tedy *Viridiplantae*. (I když nutno podotknout, že se občas v některém akváriu může objevit ruducha, která do taxonu zelených rostlin nepatří. Té se ale spíš majitel snaží zbavit, než aby se pokoušel o její úspěšné rozmnožování.) U zelených rostlin ovšem společné škatulkování pokojovek končí, neboť doma se dají pěstovat jak některé mechy, tak kapradiny nebo dokonce vranečky. Nicméně největší část pokojových rostlin patří mezi cévnaté a krytosemenné rostliny, jejichž přirozeným stanovištěm je pravděpodobně některý prales nebo pravý sukulentový ráj, jako je Jihoafrická republika, Mexiko nebo Kuba.

3. Zamysli se, proč se uvnitř bytů běžně nepěstují rostliny mírného pásu (například pampelišky, chrpa, kopretiny) a klidně se rozepiš do odstavce. [2 b]
4. Teď bych tě ráda seznámila s pěti druhy rostlin, které podle mého názoru opravdu stojí za zmínku. Pokus se doplnit tuto tabulku. K taxonomickému zařazení můžeš využít parádní webovou aplikaci Lifemap od NCBI, kam zadáš latinské jméno rostliny a pomocí aplikace se můžeš rychle zorientovat, kam daný organismus spadá (<http://lifemap-ncbi.univ-lyon1.fr/>) (dokonce si můžeš tuhle fancy appku stáhnout i do mobilu). Co znamená „sp.“ za latinským jménem první rostliny v tabulce?

Pod tabulkou nalezněš pět zajímavostí, které se k jednotlivým rostlinám vztahují. Pokus se odhalit, ke které rostlině patří. Pod tabulkou se pak pokus vysvětlit, co pojem ve spojení s danou rostlinou znamená a pokus se najít jeho biologické zdůvodnění. [7 b]

| Druh rostliny                   | Její český název nebo lidové označení | Fylogenetické zařazení* | Země (oblast) původu | Zajímavost |
|---------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|----------------------|------------|
| <i>Tradescantia</i> sp.         |                                       |                         |                      |            |
| <i>Sansevieria trifasciata</i>  |                                       |                         |                      |            |
| <i>Ficus elastica</i>           |                                       |                         |                      |            |
| <i>Selaginella lepidophylla</i> |                                       |                         |                      |            |
| <i>Kalanchoe blossfeldiana</i>  |                                       |                         |                      |            |

\* Fylogenetické zařazení se může u různých zdrojů dost lišit (včetně zmíněné aplikace). I v dnešní době dochází k jeho výrazným obměnám. Tvoje zařazení se tak může lišit od autorského řešení. Všimněte si konzervativnosti koncovek jednotlivých kategorií a zkuste se držet jednoduchého: podříše, oddělení, třída, řád, čeleď, rod.

#### Zajímavosti k přiřazení:

průduchy pouze na spodu listů, sukulence, bioindikátor na detekci mutagenů, NASA, hygroskopie

- Z tabulky vyplněné tabulky v předchozí otázce můžeš vyčíst, že se jedna z rostlin fylogeneticky výrazně liší od ostatních. Díky její fylogenetické příslušnosti ji můžeme označovat za „živoucí fosílii“. O které z uvedených rostlin je řeč a proč? Co jí morfologicky odlišuje od ostatních rostlin uvedených v tabulce? [2 b]
- S pomocí aplikace Lifemap (<http://lifemap-ncbi.univ-lyon1.fr/>) zkus zjistit, která ze zmíněných rostlin níže je nejvíce příbuzná každé z pokojových rostlin uvedené v tabulce. (Nápověda: více příbuzné jsou si druhy, které mají mezi sebou menší počet větvení fylogenetického stromu.) [3,5 b]

kosatec, kopřiva dvoudomá, netřesk, plavuň vidlačka, bojínek luční



Třeba jsi při pátrání po fíkusy narazil na to, že se v domácnostech nepěstuje jen jeden druh. Často se lze potkat také s *Ficus benjamina* nebo *Ficus lyrata*.

7. Zkus se zamyslet nad tím, co mají tyto rostliny společného a co je dělí od sebe. Některá kvítka, která jsou takřka k nerozeznání podobná, se dělí do dvou druhů, jiná vizuálně zcela odlišná spadají do druhu pouze jednoho. Proč jsou s určováním druhů problémy? Jaké je kritérium pro to, aby byly dvě rostliny stejného rodu rozděleny do rozdílných druhů? (klidně se rozepiš do odstavce) [2,5 b]
8. A aby toho nebylo málo, při hledání údajů o pokojovkách sis možná všiml, že některé mají za svým rodovým a druhovým jménem pokračování, jako je například: *Epipremnum aureum* "Neon". Co takové označení znamená? [1 b]

Doufám, že ti tahle úloha udělala v některých taxonomických záležitostech jasno. Až budeš příště zkoumat, jestli to kvítko umírá spíš na přelití nebo na nedostatek vlhkosti, zkus se schválně podívat, kde přirozeně žije a do jakých taxonů se řadí. Třeba zjistíš, že tvoje rostlinka potřebuje monzunové deště a tvému živořícímu chudáčkovi se začne najednou skvěle dařit.

PS: A když to nepomůže, tak si prostě poříd' řasokoule, u nich nejde takřka nic pokazit.

David Zimčík ([zimcikdavid@seznam.cz](mailto:zimcikdavid@seznam.cz))

## 2. Přichází změna

20 bodů

Vrhneme se na téma geneticky modifikovaných organismů (GMO), přesněji genetických modifikací (GM) jako takových. Spolu s přáteli ze studentského spolku Generace Mendel jsem se podílel na vzniku přednášky **GMO pod lupou**. Strávili jsme desítky dní bádání nad touto problematikou. S překvapením jsme zjistili, že je to téma, které aktuálně prochází velmi bouřlivým vývojem a zároveň sebou přináší často spoustu emocí a kontroverzí. Proto bych byl rád, kdyby mladí biologové či bioložky byli připraveni k smysluplné debatě na toto téma. A co víc, abys i ty dokázal z informací, které se kolem GMO točí, vytvářet závěry a vyvracet dezinformace.

Tahle úloha má sloužit především k zamyšlení se nad problematikou GM. Nebudu se tentokrát bavit o inzulinu, ani nebudu dopodrobna rozebírat GM potraviny. Chci jít k úplným základům, ze kterých úpravy genetické informace organismu vycházejí. A přejít k dost možná nejkontroverznějším využitím genetických modifikací, jako jsou genové terapie.

Pokud o tomto tématu moc nevíš, nebo naopak chceš vědět víc, doporučuju zhlédnout tyto dva filmy: GATTACA (1997) a Food Evolution (2016).

Pro uvedení do problematiky tě poprosím o zhlédnutí dvou videí. Jedno video je z cyklu [NEZkreslená věda](#) (české video vzniklé ve spolupráci s vědci z Akademie věd ČR) a druhé video je z cyklu [Krtzgesagt](#) (anglické video s možností zvolit anglické titulky, angličtina je zde velmi srozumitelná). Obě videa jsou velmi dobře podložena.

Pro to, abychom mohli mluvit o GMO či GM (či jakémkoli jiném tématu), je potřeba mít pojmy jasně definovány. Neboť je potřeba si uvědomit, že slova sama o sobě nic neznamenají. Význam slovům dáváme až my sami. Proto, aby nějaký výraz nabyl významu, je potřeba vědět, co si pod ním má posluchač představit.

Slovo *ZELENÁ* samo o sobě nic neznamená. My víme, že slovo *ZELENÁ* označuje monochromatické záření o vlnové délce v rozsahu cca 520-570 nm. Taky však můžeme vědět, že zelená je barva trávníku. Od mala jsme učeni společností pojmenovávat vše kolem nás tak, jak je zažito, a díky tomu si rozumíme. A zdá se být naprosto jasné, co slovo *ZELENÁ* znamená. Problém by nastal v případě, kdyby mě od mala učili, že *ZELENÁ* barva je barva o vlnové délce 430-490 nm (tedy *MODRÁ*). Pak bych ti mohl sebelépe popisovat, jak krásná je ta zelená obloha za jasného dne a ty bys nejspíš jen nechápavě kroutil hlavou.

Další problém nastává právě u nových objevů, pozorování či jevů. V takových případech teprve přicházíme s novými pojmy a názvy a lidé si tak pod novými slovy mohou představovat do jisté míry odlišné věci. Dochází k tomu na základě vlastní fantazie nebo kvůli lišícímu se zdroji informací, ze kterého daný člověk čerpá.

1. Najdi a zapiš definici pojmu GMO podle českého zákona a vypiš techniky, kterými podle něj vzniká geneticky modifikovaný organismus. [1 b]
2. Vypiš techniky, pomocí kterých naopak GMO nevzniká podle české legislativy. [0,5 b].

Definice bychom měli, ale jak to teda všechno funguje v organismech? Jak jsou uloženy informace v živých systémech? To již dnes moc dobře víme. Je za to zodpovědná DNA. Přesto, pokud se chceme bavit o genetických modifikacích, je potřeba vědět, jak je tato informace přesně kódována.

3. Co je to DNA? Podrobně rozepiš složení z chemického hlediska: jaké jsou hlavní části? Jakým způsobem je informace v DNA uložena? V jakém směru je čtena? [2 b]

Dosud neznáme jiný způsob, jakým živé organismy zapisují svou genetickou informaci. Samozřejmě že najdeme u různých organismů různé způsoby uskladnění tohoto materiálu. Přesto je způsob zápisu a překládání zcela univerzální. Proto si můžeme klidně říci, že lidský gen vložíme do bakterie. A tento gen bude funkční. Bude fungovat, protože bakterie nakládají s DNA úplně stejně jako buňky tvořící naše těla a stejně tak je tomu u buněk rostlin i hub.

4. Biologická hantýrka často pracuje se dvěma pojmy, bavíme-li se o manipulaci s geny v rámci organismů. Jaký je význam termínu heterologní organismus a jak se liší od homologního organismu? [0,5 b]

Přesto se může stát, že gen bude přečten a translace proběhne, ale daný protein nebude fungovat nebo se rozpadne. Tento problém bylo nutné řešit třeba i u inzulínu, kde byl však úspěšně překonán.

5. Z jakého důvodu nemusí být protein funkční v geneticky modifikovaném organismu? [1 b]

Samozřejmě znalost DNA a princip přenosu dědičné informace je vlastně pro lidstvo do jisté míry novinka. Zákonů dědičnosti popsal Gregor Mendel před více než 150 lety, a to bez znalosti DNA. Vzápětí byla objevena existence něčeho, co nazýváme DNA. Ale její struktura a přítomnost menších podjednotek je poznatek starý jen necelých 70 let.

Přesto již naši předkové pozorovali, že pokud cíleně kříží určité rostliny nebo živočichy, tak v následujících generacích mohou profitovat z jejich často vylepšených vlastností. Takže ano, již naši předkové modifikovali organismy, avšak způsobem spíše náhodným z pohledu předávání křížených znaků. V posledních 100 letech zažíváme opravdu velký technologický rozmach, který stále nabírá na síle a rychlosti. V minulém století jsme přišli s jinými způsoby získávání nových vlastností u organismů. Tím je například indukovaná mutagenese. A už tomu bude nějaká doba, co jsme se poprvé pokusili zasáhnout do organismů cíleně a provedli jsme cílenou genetickou změnu.

6. Stručně shrň princip předávání nebo získání znaku u organismu pomocí:

- a) klasického šlechtění
- b) indukované mutageneze
- c) cílené genetické modifikace [6 b]

To, že aktuálně žijeme ve zlatém věku biotechnologií, dokazuje i letošní udělení Nobelovy ceny za chemii. Původně možná ne zcela doceňovaný výzkum bakteriální imunity přinesl naprosto přelomový objev pro manipulaci, konkrétněji editaci genomů. Tento objev je žhavá novinka, nicméně již za tu krátkou chvíli dokázal proniknout celosvětově do výzkumů a co víc, dostal se do rukou i neodborné veřejnosti s příslibem nebývalých možností.

7. O jakém objevu mluvíme? Kdy byl publikován článek, který je považován za klíčový pro objev tohoto mechanismu? Jak se jmenují držitelé Nobelovy ceny za tento objev? A který původem český vědec sehrál významnou roli v tomto objevu? [1 b]

Genetické modifikace nám umožňují však mnohem více než jen vytvářet GMO. Dávají nám poprvé v historii možnost léčit genetická onemocnění či dědičné choroby. Do jisté míry to znamená, že můžeme opravovat chybnou DNA a vyléčit vrozené vady nebo určité typy rakoviny. Na trhu se objevuje stále více a více genových terapií, které umožňují léčbu takovýchto onemocnění. Jednou z prvních terapií svého druhu, které se objevily k dostání i v EU, je LUXTURNA. Tato genová terapie umožňuje vyléčit dědičné onemocnění, které se nazývá *retinis pigmentosa*. Toto onemocnění působí šeroslepost až úplnou ztrátu vidění. Přitom princip genových terapií je ve své podstatě jednoduchý. Odstraňují problematický gen vnesením zdravé varianty genu pro danou oblast buněk. Je potřeba dodat, že použitím schválených genových terapií nevytvoříme GMO. Tedy člověk, který tuto terapii prodělá, není považován za GMO.

8. Pokud se bavíme o Luxturně, jakým způsobem léčba proběhne? Jak dokážeme nahradit vadný gen za zdravý? Vysvětli v několika větách. Popiš, co použijeme a jaké úpravy musí být zajištěny před použitím. [3 b]

Ovšem možnost opravovat je dána schopností měnit. Dnešní medicína mění pohled na člověka. Klasická medicína má za úkol léčit problém pacienta, kdežto dnes se biomedicína dívá na člověka spíše jako na klienta a snaží se předcházet možným onemocněním. Avšak zde se začínáme již pohybovat na tenké hraně. Získali jsme do rukou technologie, které nám umožňují upravit vlastnosti jedince jak v prenatálním, tak postnatálním období. Můžeme tedy měnit naše potomky nebo i sami sebe. Dokonce se již objevuje celá řada technologických vylepšení, které si člověk může nechat implantovat a díky nim může například slyšet barvy nebo mu bude nahrazena ruka za mechanický aparát, který bude dost možná poskytovat celou řadu zajímavých vlastností.

Nakonec této úlohy tu mám dvě otázky k zamyšlení. U otázky 9. a 10. bych chtěl úvahu či argumenty pro vs. proti.

9. Jaký je tvůj názor na genetickou úpravu zárodečných buněk za účelem vytvořit dokonalejšího jedince u člověka? Je úprava genomu *Homo sapiens sapiens* možnou cestou evoluce našeho druhu? [2 b]

Představte si, že již dnes si na internetu můžete objednat téměř vše, co potřebujete k modifikaci své DNA. Nyní je tedy debata o zásahu do genetické informace u dospělých lidí.

10. Měl by mít každý volný přístup k těmto technologiím? Mění se tvůj názor na genetickou úpravu člověka, pokud se již jedná o dospělého jedince, který si o daném zásahu rozhoduje sám? [2 b]

Tím se dostáváš až na konec této úlohy. Zbývá ti zodpovědět poslední otázku. Doufám, že až se setkáš s podobným tématem příště, bude pro tebe jednodušší poskládat si odpověď.

11. Jaká je hlavní rozdíl mezi genetickou manipulací a enhancementem (kyborgismem) z pohledu dědičnosti? [1 b]

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

### 3. Jedinečnost v každém z nás

20 bodů

Každá lidská bytost je jedinečná. Lišíme se fyzickou stavbou našich těl, způsobem chování a myšlení. Tyto mnohdy drobné či výraznější rozdíly nám (ale i strojům) pomáhají odlišit od sebe jednotlivce, tedy určit jejich totožnost. A o tom bude i tato úloha. Podíváme se, jakým způsobem fungují ověřovací systémy, co je jejich úskalí, jaké mají naopak výhody a jak můžeme naši jedinečnost a data chránit. Než začneme a ponoříme se do tajů detekce, měli bychom se seznámit s pojmy, které s touto problematikou souvisí.

1. Určete názvy pojmů na základě charakteristik a ke každému přiřipšte alespoň jeden příklad. Vysvětlete, jaký je rozdíl mezi mezitřídní a vnitrotřídní variabilitou. [2 b]

- 1) Proces, kdy osoba předává (vědomě či nevědomě) systému svou biometrickou vlastnost (např. otisk prstu, vzorek DNA), který tato vstupní data porovná s databází a vyhodnotí výsledek. Tento postup je také znám jako one-to-many.
- 2) Situace, kdy osoba sdílí se systémem svou elektronickou identitu a na jejím základě dojde k ověření fyzické identity. Jedná se o tzv. princip one-to-one.
- 3) Ověření hodnověrnosti osoby. Tento pojem se především váže k přístupovým systémům.

Kdo by neviděl alespoň jeden film z detektivního či kriminálního prostředí. Možná, že někteří z vás jako malé děti chodili po domě s lupou v ruce a po vzoru záhadných mužů v pláštích hledali cokoli, co by mohlo být podezřelé, nepatřičné, nebo naopak v domě chybělo. Najít by se dalo spoustu věcí, ale pozastavme se u něčeho zcela běžného, s čím se setkáváme denně, rozdáváme to na každém rohu a většinou to nechybí ani na (filmovém) místě činu. Otisky prstů. Struktura papilárních linií na povrchu prstů jednoznačně určuje fyzickou identitu člověka. Výjimku tvoří lidé, kteří jsou postiženi různými druhy onemocnění a poruchami kůže.

2. Vyjmenujte alespoň 4 příčiny nečitelnosti papilárních linií a uveďte, jak se projevuje problém neurčitelnosti identity. [2 b]

V dnešním světě se jedinečnosti otisků prstů využívá běžně: při zakládání novorozeneckého alba, u transakcí v bance, ale i při daleko častějších činnostech, jako je např. odemykání mobilního telefonu. Spousta důležitých věcí se ověřuje právě tímto způsobem. Co kdyby se ale někomu podařilo odcizit váš otisk prstu (přeci jenom jich denně zanecháváme velké množství na spoustě věcech) a chtěl by ho zneužít? V takovém případě hraje velmi výraznou roli detekce živosti.

3. Vyjmenujte alespoň 4 způsoby detekce živosti a uveďte, v čem tyto metody spočívají. Zaměřte se na výhody a nevýhody, zjistíte tak, že ne každá metoda musí

být vhodná. Zkuste proto vybrat dle vás nejlepší způsob a obhájit si, proč je nevhodnější a s jakými problémy by se mohly potýkat jiné metody. [3 b]

Existují různé způsoby, jak lze měřit lidskou biometrii. K nejlepším způsobům, jak jednoznačně určit identitu člověka, se mohou řadit rozpoznávání duhovky a sítnice. Barva, vzor a textura jsou pro každého člověka jedinečné, což je podobné jako např. u otisků prstů, avšak pravděpodobnost nalezení dvou stejných duhovek je mnohem menší, než je tomu u otisků prstů.

4. Popište, jakým způsobem se snímá lidská duhovka. Je tato metoda nebezpečná? Zdůvodněte svou odpověď. [3 b]
5. Porovnejte biometrii duhovky a sítnice a najděte alespoň 3 rozdíly, v čem se liší. (Způsob snímání a vyhodnocování výsledků, technologie, omezení, reprezentace, detekce živosti apod.) [3 b]
6. Porovnejte následující možnosti zabezpečení (obličej, podpis, termograf, žíly ruky) a seřadte je vzestupně podle jejich schopnosti chránit vaše (tajná) data. Zohledněte co nejvíc kategorií, které vás napadnou. Svůj výběr zdůvodněte. [4 b]

Technologie jde stále kupředu. Mnohé kamery a snímače jsou již tak dobré, že dokáží pořídit kvalitní snímek procházející osoby, který by mohl posloužit k falzifikaci některých biometrických systémů. Ale i my sami, ruku na srdce, k podobným nechtěným situacím můžeme přispívat např. fotkami ve vynikající kvalitě se záběrem na naše dlaně či dokonce bříška našich prstů, detailními fotografiemi očí atd., které zkrášlují ku příkladu naše sociální stránky. Na tomhle místě bych vás chtěla varovat, nikoliv vyděsit, ale nikdy nevíte, kdo se na vaše fotografie dívá a s jakými úmysly. Proto buďte opatrní, co sdílíte.

7. Bonus na zamyšlení: Zkuste vypátrat fotku, kterou zveřejním na svém instagramu (Monika Kuncová) v době konání této sady, která bude obsahovat můj otisk prstu (pokud nemáte instagram, napište mi na mail [kuncovamoni@seznam.cz](mailto:kuncovamoni@seznam.cz) a fotky vám budu posílat průběžně touto cestou). Tuto fotografii (lepší bude pouze část s otiskem) vložte do vašeho řešení. [1 b]

Technologický pokrok je dvojsečná zbraň, to znamená, že kromě lehce naťuknuté temné stránky má i svou světlou stránku. Každý to vnímá jinak. Než se s vámi rozloučím, ráda bych vám položila poslední otázku (nebo dvě) týkající tohoto tématu. Nebojte se mluvit otevřeně a na rovinu, nekopírujte wikipedii či jiné cizí myšlenky, zkuste se nad otázkou zamyslet a rozvést ji. Těším se, až se dozvím, na co jste přišli ^^.

8. Jak si myslíte, že bude vypadat budoucnost biometrie? Jaký je váš názor na používání biometrických systémů a proč? [2 b]

Pozn. autora: V této úloze se neposuzuje faktická správnost, ale schopnost argumentace a predikce na základě získaných informací. Nebojte se vyjádřit svůj názor. Budu se na vás těšit u další úlohy a snad již brzy také na živo ☺

*Mgr. et Mgr. Jiří Kalina, Ph.D.*

*Jan Mičan (e-mail: honzamicann@gmail.com)*

## 4. Listopadová biostatistika

20 bodů

**Zima se vpíjí do prstů.  
V mlze vidím všechno  
a nevím nic.**

**Tvary padajících listů  
letí náhodně na dno.  
Silueta nemá rub  
natož líc.**

**Která z nich je ta pravá?  
Všechny jedinečné  
a žádná podle mě.  
Život ani láska ale neuznává  
jednotvary stejné  
zhltne čas a Země.**

**Nenajdu tak spočínutí  
ani v jedné z nich  
v žádné z na dno padajících  
křivek průměrných.**

**Chci jít v Tobě  
nejistá a odchýlená  
pojďme spolu cestu.  
Že je zima?  
Leda v hrobě.  
Nebojme se toho testu.**

**Proti větru propůjčím ti  
statistiky vestu.**

**Jan Mičan, Listopadová nejistota**

O statistice, pokud je nám známo, žádný český básník nepíše, museli jsme si tedy poradit sami. Stejně tak se biologové musí popasovat s niternou vlastností života – jeho růzností a určitou náhodností. Každý organismus je jedinečný, ale ostatním do nějaké míry podobný. Tyto vlastnosti popisuje úžasný, ale pro mnoho z nás těžko proniknutelný obor biostatistiky.

Byl výsledek biologického experimentu dán náhodou, nebo skutečně hraje roli nějaký přírodní nebo umělý vliv? Zapůsobil lék na uzdravení mých pacientů, nebo je to jen náhoda? Hrají tam roli ještě jiné vlivy? Na tyto složité otázky hledá odpovědi Jiří Kalina, profesionální biostatistik z [Centra pro výzkum toxických látek v prostředí RECETOX](#) při Masarykově univerzitě v Brně.



Již od útlého dětství prožitého v malebném Adamově ho fascinovala velká spousta různorodých oblastí, jak čistá technika a doprava, zejména železniční, tak živá příroda, ale



i čísla a matematika. Proto se rozhodl vystudovat jak Technologii a řízení dopravy, tak Chemii životního prostředí a Algebru a diskrétní matematiku. Všem těmto věcem se do určité míry věnuje i ve své profesi vědce – statistika, kde vysvětluje proč a jak se příroda, a zejména životní prostředí, mění, a hledá, co na má na takové změny vliv, a to včetně náhody. Z modelů těchto změn pak další vývoj také předvídá. O statistikách, statisticích, jejich varováních a předpovědích slyšíme v současnosti dnes a denně. Pojďme si tedy alespoň trochu přiblížit jejich práci, bez které se dnes žádná bioložka či biolog neobejde.

Řešitelé minulého ročníku se možná diví tomu, že tato úloha od Honzy Mičana asi nemá playlist. To se samozřejmě nesmí stát, i když o statistice příliš písni není, a proto vám k řešení posíláme aspoň rádobyvtipnou scénku a šlágr o statistice v [tomto playlistu](#).

Celá biologie a samotný Život svádí k využití statistiky již svojí základní vlastností tím, že každý organismus je jedinečný. Živé organismy jsou si ale podle příbuznosti víc nebo míň podobné. Kdyby byly živé organismy všechny stejné, statistika by vůbec nedávala smysl, kdyby byly chaoticky uspořádané, nebyla by možná. Hodí se tedy pro soubory dat, které nejsou všechny stejné, nejsou ale každý úplně jiný. Klíčové je, že jsou data nějak specificky rozložená.

1. Předtím, než zpracujeme jakoukoliv statistickou analýzu, musíme si ujasnit pár základních pojmů, se kterými budeme později pracovat. Použijte svoje znalosti nebo vyhledejte informace z jakýchkoli důvěryhodných zdrojů, které máte, například z webu <https://portal.matematickabiologie.cz/> nebo z jiné stránky o statistice, a pojmy doplňte do odstavce! [8 b]

Při statistické analýze si děláme obrázek o cílové ... prostřednictvím analýzy její změřitelné podčásti, tzv. .... Ten musí mít dvě základní vlastnosti, být ..., to znamená, že jeho struktura je stejná jako struktura (1. slovo k doplnění). Druhá vlastnost je ..., to znamená, že při opětovném změření dat bude mít (2. slovo k doplnění) stejnou strukturu. Tedy že můžeme sběr zopakovat a výsledek bude vypadat přibližně stejně. Potom, co máme změřená data, můžeme je popsat. Můžeme určit, zda jsou určitým způsobem ..., tedy jestli se některé hodnoty vyskytují častěji než jiné a jak takové chování můžeme popsat. Zejména nás zajímá jeho střední hodnota, tedy buď ..., nebo ..., nebo u dat, která nejdou seřadit, hodnota nejčastější: ..., a jak jsou od této hodnoty ostatní hodnoty daleko, například ... a ... ..

2. Pojďme se tedy vrhnout na sběr dat. Co jiného v listopadu sbírat než spadané listí. Vyberte si Váš oblíbený strom a posbírejte pod ním dostatečné množství listů. Budeme na nich zkoumat několik veličin: délku listu, délku řapíku a barvu. Ale co to je dostatečné množství? Odpověď hledejte v minulé otázce! Můžete předpokládat, že stovka bude určitě stačit, pokud se Vám podaří posbírat listí míň a splnit to, co by měl řádný soubor dat obsahovat, proč ne, ale slovně to zdůvodněte. Data ukládejte do počítače a potom v nějakém rozumném formátu (nejlépe MS Excel) odešlete pro kontrolu na [honzamicann@gmail.com](mailto:honzamicann@gmail.com). Se sbíráním a měřením Vám může pomoci libovolný počet lidí, ani v jednom případě Vám to ale nezabere velké množství času. Odpovězte, jak se nazývá statistický zákon, který vysvětluje, k čemu je dobré sbírat větší soubory dat. Uveďte, jaký

druh stromu jste si vybrali, na jakou přesnost měříte, uveďte střední hodnoty a hodnoty rozptylu (Rozptyl pouze pokud je to možné. Zvolte správný parametr střední hodnoty.), v počítači vytvořte nebo nakreslete histogramy pro všechny tři proměnné a uveďte, k čemu je dobré mít dat co nejvíc. Bonusový bod je za fotečku ze sběru listů. [5 b]

Při hodnocení vypracování histogramů a měření jste si jistě všimli, že křivka jejich rozdělení připomíná jakýsi zvon neboli křivku Gaussovu, typickou pro tzv. normální rozdělení. Tohle rozdělení je typické pro celou řadu dat: výšku a inteligenci lidí, rozměry zvířat a rostlin a mnoho dalších. Data rozdělená normálně mají několik zásadních vlastností. Použijeme naše listy. Pokud jsou normálně rozdělené, platí, že nejvíce listů bude mít délku blízkou průměru a čím bude nějaký rozměr bližší průměru, tím víc listů bude podobně dlouhých. 68,2 % listů bude mít délku  $\pm 1$  směrodatnou odchylku od průměru, který je zároveň mediánem nebo je mu extrémně blízko. 97,5 % listů bude mít délku v rozmezí průměr  $\pm 2$  směrodatné odchylky.

Díky tomu, že máme normální rozdělení tak dobře matematicky popsané, je na jeho předpokladu a vlastnostech založena celá řada statistických testů. Například t-test neboli Studentův test, který použijeme v příští úloze, nám ve zkratce říká, jaká je pravděpodobnost, že se nějaká hodnota nebo celý soubor neliší od našeho souboru. To má ohromné využití. Ve vědě se používá pro dokazování, že soubory se významně liší, například výsledky studentů po nějaké výukové metodě oproti standardní formě výuky. Snad v každém vědeckém článku se setkáte s takzvanou p-hodnotou. Co to ale je? V následujícím úkolu si toto ozřejmíte a provedete několik statistických testů pro ověření normality a pravděpodobnosti.

Pro testy normality, stejně jako t-test, použijte kalkulátor na stránkách <https://www.socscistatistics.com/tests>. Dvouvýběrový t-test můžete také spočítat sami prostřednictvím následujícího vzorce, kde T je tzv. testová statistika, m je aritmetický průměr našeho souboru. Ve dvouvýběrovém t-testu jsou průměry dva, každý pro jednu srovnávanou skupinu. S je směrodatná odchylka hodnot ve skupině a n je počet hodnot ve skupině. Testová statistika T se porovnává s tabulkami kritických hodnot, z čehož můžeme určit, jestli se například skupina listů nějak liší na určité hladině významnosti od skupiny naší. Tabulky najdeš na: <https://cit.vfu.cz/statpotr/POTR/Teorie/tabulky.htm#ttest>.

$$T = \frac{m_1 - m_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

Ted', když máme nasbíraná data, pojďme zjistit, jaké jsou jejich charakteristiky a zda se statisticky významně liší od jiné skupiny dat: listů z jiného stromu. Nejprve budeme testovat, zdali je náš soubor dat normálně rozdělen, k čemuž použijeme dva tzv. testy normality: Shapirův-Wilkův (pro malé soubory dat, typicky do třiceti hodnot), a Kolmogorovův-

Smirnovův pro soubory větší. Tyto testy mají tzv. nulovou hypotézu, tj. domněnku, kterou testují. U testů normality zní: Soubor dat je normální. Tuto hypotézu můžeme buď přijmout nebo zamítnout. Pokud ji zamítáme, přijímáme hypotézu alternativní: Soubor dat normální není. S tím souvisí několik pojmů: p-hodnota, chyba prvního druhu a chyba druhého druhu. Co tyto pojmy znamenají? Normální rozdělení nám také určuje, s jakou pravděpodobností bude mít list délku v rozmezí daných délek, například list průměrné délky bude mnohem pravděpodobnější než list délky 1 cm (alespoň teď v listopadu). Pravděpodobnost, že bude mít právě nějakou délku, například 10,776 cm, je ale prakticky nulová. Proto je mnohem lepší vyjádřit například průměrnou délku listu takzvaným intervalem spolehlivosti na nějaké hladině statistické významnosti. Například interval spolehlivosti průměrné délky našeho listu [10 - 11 cm] na hladině pravděpodobnosti 90 % znamená, že pokud budeme měřit soubor dat třeba stokrát (stokrát nasbíráme ze stejného stromu našich X listů, byl by to jistě strom s mnoha listy), v 90 případech bude průměr v rozmezí 10 - 11 cm. V posledním úkolu si srovnáme náš soubor dat se souborem novým – deseti listy z jiného stromu. Je možné, že na tomto druhém stromě posbíráme listy jinak dlouhé než na tom našem. Budou třeba v průměru delší nebo kratší, prostě jiné. To ale může být dáno dvěma faktory: listy jsou skutečně jinak dlouhé, nebo jsme náhodou nasbírali zrovna mnoho kratších nebo naopak mnoho delších listů. Pojďme si na vlastní hlavu zkusit, jak vypadá vyvrcholení statistické analýzy!

### 3. Co je to p-hodnota? Jaká hodnota p se nejčastěji bere jako statisticky významná?

Jaký je pravděpodobnostní interval průměrné délky listu na hladině významnosti  $p = 0,1$ ?

P-hodnota Kolmogorovova-Smirnovova testu:

P-hodnota Schapirova-Wilkova testu:

Je soubor dat normálně rozdělen?

Zkuste posbírat deset dalších listů z jiného stromu stejného druhu a otestujte, zdali se tyto listy významně liší. Uveďte průměr, směrodatnou odchylku a jestli se na nejpoužívanější hladině významnosti liší. [7 b]

*Stanislav Juračka (e-mail: s.juracka@seznam.cz)*

## 5. Chromosomal Puzzle

20 bodů

You surely have heard about chromosomes, tiny little mesh of coiled DNA. If you don't remember exactly what I am talking about, refresh your knowledge with the following video:

[https://www.youtube.com/watch?v=lePMXxQ-KWY&ab\\_channel=StatedClearly](https://www.youtube.com/watch?v=lePMXxQ-KWY&ab_channel=StatedClearly)

The field, which is interested in the study of chromosomes, is called cytogenetics. Cytogenetics research number of chromosomes, their shape, structure, segregation and how these findings correlate with phenotype.

When scientists study chromosomes, they compile something called karyotype. A karyotype is a picture of someone's chromosomes where the chromosomes are rearranged by their size from largest to smallest and marked with a corresponding number. Before that the chromosomes (most often from the white blood cells) are isolated, stained, and examined under the microscope. An experienced cytogeneticist is able, thanks to this technique, to find chromosomal abnormalities, like extra or missing pieces. Learn more about karyotypes in following video:

[https://www.youtube.com/watch?v=MP3mm04OrQg&ab\\_channel=NicoleLantz](https://www.youtube.com/watch?v=MP3mm04OrQg&ab_channel=NicoleLantz)

Your mission in this task is going to be exactly this. Karyotyping is a quite funny puzzle game. You will be equipped with instructions on how to compile karyotype and with exemplary already constructed karyotype. Read this up. Be careful because every little detail matters.

### Creating a karyotype

1. Count the chromosomes. Look out for any irregularities in the overall number of chromosomes.
2. Find the pairs.
3. Divide the chromosomes into the 7 groups (described on the next page).
4. Line them up into the empty template to corresponding numbers.

**Group A: LARGE METACENTRIC (1-3)**

Chr1: Metacentric, a darker region on the top

Chr2: Submetacentric

Chr3: Like chr1, but smaller and without the darker region, the centromere is bright

**Group B: LARGE SUBMETACENTRIC (4-5)**

Chr4: Almost entirely bright

Chr5: Darker band at the base (It is like chr4 with light socks)

**Group C: MEDIUM SUBMETACENTRIC (6-12 and X)**

Chr6: Black band on the short arm (a hole, as he had been shot)

Chr7: White tip on the arm and two bands on q (the p arms look like a magnet)

Chr8: Squarehead, look like a bowling pin with a black band in the half of the arm q

Chr9: The head is V in shape and centromere is black

Chr10: Head is square in shape and beginnings of the q arms are bright

Chr11: Looks like a candy/bowtie

Chr12: Like chr11, but centromere is higher (looks like a tie)

ChrX: Two bright white bands, one on the p arms, one on the q arms

**Group D: MEDIUM ACROCENTRIC (13-15)**

Chr13: Bright, the brightness is growing at the bands of the q arms

Chr14: The bands are darker in the half and the endings are dark

Chr15: Bright ends and bright dots at the half

**Group E: SMALL SUBMETACENTRIC (16-18)**

Chr16: Metacentric and white bands at the bottom (the head is clearer, looks like a ribbon)

Chr17: Submetacentric with a collar on the arm q (divided to three parts = looks like a caterpillar)

Chr18: The longer arms clearer, in the shape of cube (looks like an owl)

**Group F: SMALL METACENTRIC (19-20)**

Chr19: Has two white bands, looks like a ghost

Chr20: Big white band on the p arms, looks like a ghost with a clearer head

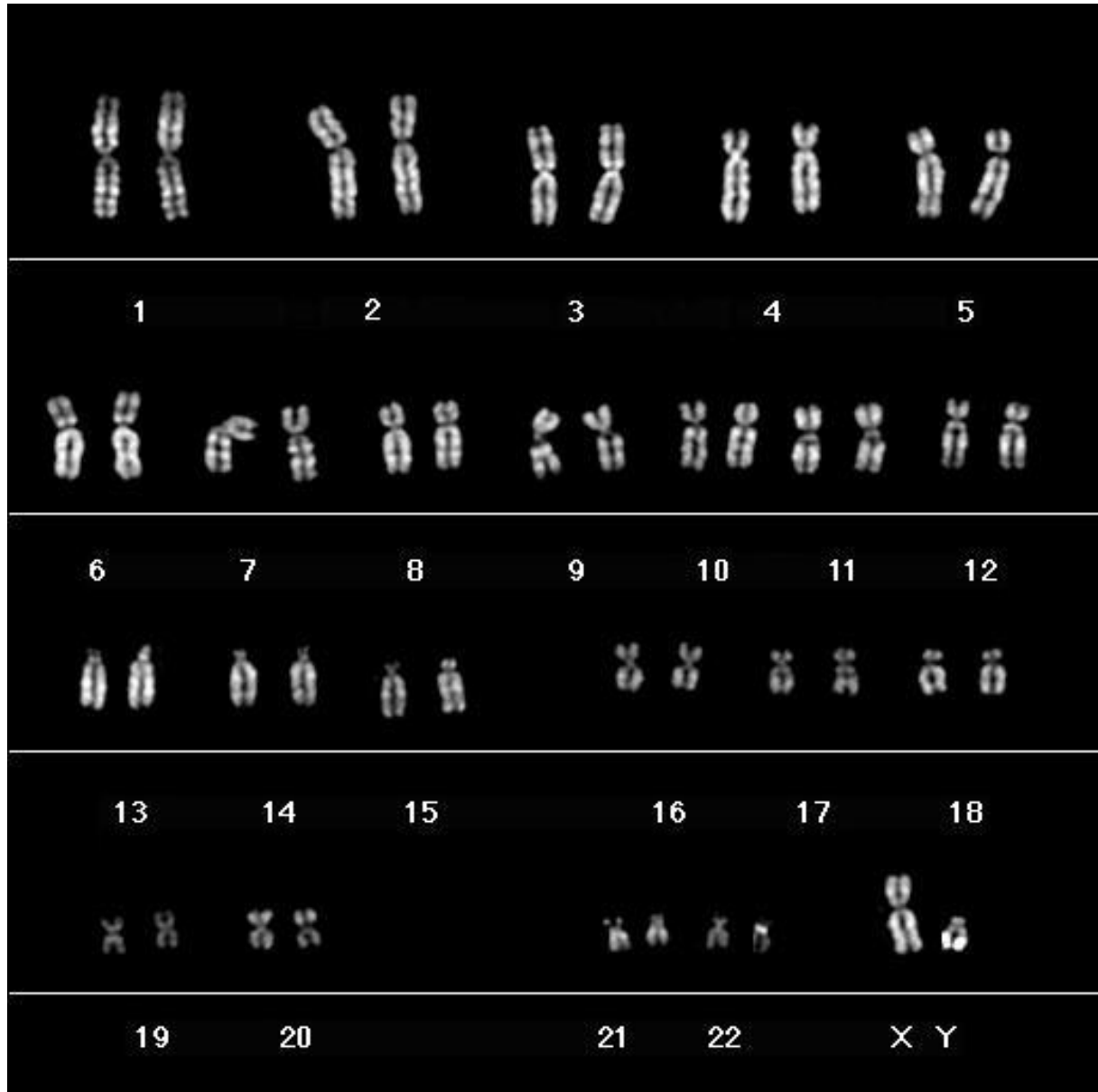
**Group G: SMALL ACROCENTRIC (21-22 and Y)**

Chr21: Clear band under centromere

Chr22: Darker

ChrY: Bright q arms, submetacentric

**Exemplary human karyotype (Notation: 46, XY)**



Now the job is simple. Following link brings you into a folder with two photos of two metaphase chromosomes. These samples were taken from two different patients. The folder also contains empty template for construction of karyotype. Download these photos.

<https://drive.google.com/drive/folders/1oXGUhW6O8ha5dHB6phYuGGfpIRkzoWGq?usp=sharing>

Your task is to put chromosomes from each photo in pairs and in order which matches with standard karyotyping instructions mentioned above. The result will be two pictures (in one .pdf file) of two karyotypes each for each photo of metaphase chromosomes. The final pictures will look like the exemplary karyotype, chromosomes will be set in an empty template. Follow the recommendations! If the pictures will not be in the format described, we are not able to control them and we are forced to disqualify them. [20 b]

## Recommendations

For the work with the photos, I recommend any available graphic tool which can select, rotate, and move parts of the photo. You can for example use free graphic tool Gimp, which is totally enough for our purposes. If you are not sure how to use it, look it up on the internet, there is a lot of easy tutorials, how to use it.

<https://www.gimp.org/>

You can try to adjust shades, contrast, and others for easier analysis if you need to.

Be careful! Chromosomes could be either from man or woman and there could be chromosomal aberrations! I will give you one hint: One of the photos is from a healthy patient. The other one has a deviation from the standard.

When you finish the karyotypes, write into the right down corner of the picture so called karyotype notation, which corresponds to the picture you are looking at. Karyotype notation gives us information about the number of chromosomes, sex of the patient and abbreviations. How to write karyotype notation could be found on the internet.

After you have done everything mentioned above, submit one .pdf file which consists of these two pictures, which you have created. You can use this tool to merge the pictures together in one pdf file or any other tool.

<https://smallpdf.com/merge-pdf>

**Be careful while you are submitting your work and check if the pictures are in good quality. If we will not be able to distinguish chromosomes from each other due to low quality, we are forced to disqualify such a picture.**

You can get 10 points for each picture. Nine points are available for the successful rearrange of the chromosomes in the correct pairs and correct order into the empty template. The evaluation will be uniformed, each mistake is for one point. The last two points could be gained if you wrote proper karyotype notations, each for one point.

**Follow the instructions! If the pictures will not be in the format described, we are not able to control them and we are forced to disqualify them.**

This should be everything. So good luck and happy karyotyping! If you have any questions, don't be afraid to contact me via e-mail (s.juracka@seznam.cz)!