



mpc
METODICKO-PEDAGOGICKÉ CENTRUM



Európska únia
Európsky sociálny fond

Moderné vzdelávanie pre vedomostnú spoločnosť / Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ

Mgr. Tomáš Sluka

Problémové úlohy vo vyučovaní biológie na strednej škole

Osvedčená pedagogická skúsenosť edukačnej praxe

Banská Bystrica
2015

Vydavateľ: Metodicko-pedagogické centrum, Ševčenkova 11,
850 01 Bratislava

Autor OPS/OSO: Mgr. Tomáš Sluka

Kontakt na autora: Piaristické gymnázium Jozefa Braneckého v Trenčíne
Palackého 4, 912 50 Trenčín
slukat@zoznam.sk

Názov OPS/OSO: Problémové úlohy vo vyučovaní biológie na strednej škole

Rok vytvorenia 2015

OPS/OSO: XV. kolo výzvy

Odborné stanovisko vypracoval: Ing. Carmen Scholzová

Za obsah a pôvodnosť rukopisu zodpovedá autor. Text neprešiel jazykovou úpravou.

Táto osvedčená pedagogická skúsenosť edukačnej praxe bola vytvorená z prostriedkov národného projektu Profesionálny a kariérový rast pedagogických zamestnancov.

Projekt je financovaný zo zdrojov Európskej únie.

Kľúčové slová

problémové úlohy, problémové vyučovanie, nešpecifický transfer, autentické vyučovanie, zmysluplné učenie sa, konštruktivizmus

Anotácia

OPS zameraná na možnosti využitia problémových úloh v tzv. problémovom vyučovaní. Prvá časť prináša širšie, avšak nevyhnutné teoretické súvislosti a presahy do zmysluplného učenia sa žiakov, autentického vyučovania, ďalej sú problémové úlohy charakterizované z hľadiska vzdelávacích cieľov (Bloomova, Niemičková a iné taxonómie), ktoré sa pri aplikácii problémových úloh dosahujú. Hlavná časť OPS prináša viac ako sto problémových úloh aj s navrhovanými možnými riešeniami. Dôležitou súčasťou je ukážka žiackych riešení niektorých úloh, a možnosti ich odborného hodnotenia.

Akreditované programy kontinuálneho vzdelávania

Projekt ako nástroj aktívneho učenia sa žiakov v oblastiach - Človek a príroda a Príroda a spoločnosť	109/2010 - KV
Tvorba a vyhodnotenie školského testu	271/2010 - KV
Student-led Conference (Nová metóda sebahodnotenia v praxi)	776/2012-KV
Projektové vyučovanie v prírodovedných predmetoch	1476/2015 - KV

OBSAH

ÚVOD	5
1 PROBLÉMOVÉ ÚLOHY A PROBLÉMOVÉ VYUČOVANIE – TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ.....	7
1.1 Problémové úlohy, problémové vyučovanie.....	7
2 PROBLÉMOVÉ ÚLOHY VO VYUČOVANÍ BIOLÓGIE	15
2.1 Problémové úlohy - príklady s riešeniami.....	15
2.2 Problémové úlohy - ukážka žiackych riešení a ich vyhodnotenia, odporúčania pre prax	28
ZÁVER	39
ZOZNAM PRÍLOH	40

ÚVOD

Predkladám OPS ukazujúcu, že existujú metódy, ktoré vedú k žiaducim výsledkom alebo naplneniu cieľov vo výchovno-vzdelávacom procese omnoho efektívnejšie. a umožňujú účinnejšie riešenie problémov s menším počtom nepredvídateľných komplikácií. OPS „Problémové úlohy vo vyučovaní biológie na strednej škole“ je možnou efektívnejšou a účinnejšou cestou k vytyčeným cieľom vzdelávania. Metóda problémových úloh, či problémového vyučovania, je opakovateľný postup, ktorý si môže osvojiť každý učiteľ. OPS predkladám s cieľom využitia učiteľmi v praxi. OPS zahŕňa konkrétne problémové úlohy aj s návrhmi najpravdepodobnejších riešení, pričom sa však nevylučujú ani iné možné riešenia, pretože ide o metodiku rozvoja divergentného myslenia. Problémové úlohy rozvíjajú nielen u žiakov, ale aj u učiteľa, kompetencie ako tvorivosť, divergentné myslenie, práca s textom, vyhľadávanie relevantných informácií, autoevalvačné schopnosti, kooperatívne vzdelávanie, a v kognitívnej oblasti sú efektívnejšie ako tradičné transmisívne vzdelávanie. Uplatňovanie problémového vyučovania dáva vzdelávaniu rozmer autenticity, čím školské prostredie presahuje do reálneho života. Dúfam, že sa stane tiež významným informačným zdrojom pre pedagogických zamestnancov škôl a školských zariadení, pre potreby ich ďalšieho vzdelávania a rozvoja, ako aj zvyšovania kvality ich pedagogickej praxe. Rosa (2007), autor publikácie o tvorbe didaktických testov odporúča nezakrývať si oči pred skutočnosťou, že formát úloh v testoch externej formy maturitnej skúšky je limitovaný ekonomickosťou ich vyhodnocovania ale tým aj objektivnosťou. Podľa Rosu by sa autori maturitných zadaní nemali vyhýbať testovaniu aj vyšších kognitívnych schopností a zručností maturantov. Vyššie kognitívne schopnosti overujú a rozvíjajú práve problémové úlohy.

Výsledky medzinárodného výskumu 15-ročných žiakov v oblasti „riešenie problémov“ jasne ukazujú potrebu rozvoja logického myslenia žiakov, ako aj ich schopnosť a snahu usmerňovať postupy riešenia. Úlohy, ktoré obsahovala oblasť riešenia problémov štúdie PISA 2012, nevyžadovali špecifické znalosti, boli to problémové úlohy. Kompetencia riešenia problémov podľa terminológie štúdie PISA znamená schopnosť jednotlivca cez kognitívne procesy porozumieť a vyriešiť problémové situácie, kde spôsob riešenia nie je okamžite jednoznačný. Zahŕňa aj snahu zaoberať sa s takouto situáciou s cieľom využiť potenciál jednotlivca ako tvorivého a premýšľajúceho občana. Kognitívne procesy, ktoré sa pomocou týchto úloh skúmali sú: poznávanie a porozumenie, vyjadrovanie a formulácia, plánovanie a vykonávanie, sledovanie a reflektovanie. Obzvlášť dôležitá pre tieto úlohy je schopnosť argumentácie žiaka, t. j. vysvetlenie svojho riešenia, svojej voľby. **Slovenskí žiaci dosiahli v riešení problémov výkon signifikantne nižší ako priemerný výkon žiakov krajín OECD** (podľa: http://www.nucem.sk/documents//27//PISA_2012_problem_solving.pdf). Predložená OPS by mala pomôcť učiteľom pri tvorbe, aplikácii, a argumentácii za využívanie problémových úloh, či problémového vyučovania v našom školskom prostredí.

1 PROBLÉMOVÉ ÚLOHY – TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ

Kapitola podáva teoretické súvislosti problémových úloh vo vyučovaní. Považujem za opodstatnené, aby učiteľ vedel svoje postupy argumentovať aj v teoretickej rovine. Problémové vyučovanie, problémové úlohy majú svoju psychologickú a všeobecnodidaktickú bázu. Projekcia problémových úloh je náročný a dlhodobý proces, a kvalita problémových úloh pravdepodobne súvisí s praxou učiteľa. Do úloh sa premietne učiteľova skúsenosť so žiackym chápaním pojmov, javov a procesov. Problémové úlohy predstavujú skutočnú vhodnú interakciu medzi žiakom a učiteľom.

1.1 Problémové úlohy, problémové vyučovanie

Problémové vyučovanie má filozofické východiská v konštruktivizme. Tento spôsob didaktického uvažovania o poznaní sa snaží prekonať tradičné vyučovanie, ktorého základom je transmisívnosť. Tradičným spôsobom žiaci nepochopia význam faktov, pretože porozumenie si žiak konštruuje sám tak, že zvažuje nové informácie, porovnáva s predchádzajúcimi skúsenosťami, prispôsobuje ich tak, aby mu dávali zmysel z hľadiska toho, čo už o svete vie. Konštruovanie poznania je tak aktívny proces, žiak musí dostať príležitosť s učivom pracovať. Konštruktivismus sa zaoberá učením s porozumením. Kognitívny konštruktivismus súvisí s prácami Piageta a Brunera. Žiak má pred osvojovaním nového učiva už vytvorenú určitú predstavu, tzv. prekoncept (aj nesprávny), a nové učivo asimiluje do existujúcej schémy. Ak je nové v rozpore s existujúcou schémou, žiak rekonštruuje prekoncept v procese akomodácie. Z toho vyplýva, že učiteľ by mal poznať prekoncepty žiakov, pričom kognitívne konflikty u žiakov môžu viesť ku zvedavosti, motivácii k poznávaniu. Aby bol konflikt prekonaný, žiaci musia aktívne konštruovať, nachádzať nové riešenia. Učiteľ vyvoláva protirečenia a pomáha im nájsť novú lepšiu rovnováhu (akomodovať učivo). Ide v podstate o problémové vyučovanie. Turek (2010) ďalej uvádza hlavné znaky konštruktivistického výučby:

- dôraz na učenie, nie na vyučovanie
- podpora a akceptácia samostatnosti, iniciatívy a aktivity žiakov
- podpora skúmania, objavovania
- rozhodujúca úloha skúseností žiakov v učení sa
- stavanie na prirodzenej zvedavosti žiakov
- rešpektovanie postojov žiakov
- rešpektovanie učebných štýlov
- dôraz na dialóg
- podpora kooperatívneho učenia sa žiakov
- skúmanie procesu učenia sa žiakov
- dôraz na kontext v ktorom vyučovanie prebieha
- autentickosť učenia sa
- kognitívna veda ako východisko konštruktivismu
- dôraz na porozumenie a učenia sa počas hodnotenia

V tejto súvislosti je vhodné upozorniť na pojem autentické vyučovanie, ktoré je zmysluplné na rozdiel od triviálnej výučby, ktorá má zmysel len pre dosiahnutie dobrých známok v škole, pričom nedochádza k plnému využitiu rozumových schopností. Pri autentickom vyučovaní sa uplatňujú tzv. vyššie úrovne myslenia (higher-order

thinking), nižšie formy sa uplatňujú pri memorovaní. Vyššie vyžadujú manipuláciu s informáciami, kombináciu, syntézu, zovšeobecňovanie a pod. (Turek, 2010 podľa Newmann a Wehlage) To sú atribúty aj problémových úloh. Podľa Kuberovej (2010) je základom problémového vyučovania tzv. reflexné myslenie, ktorého filozofickú bázu predstavuje pragmatizmus.

Turek (2010) prehľadne spracoval základy teórie problémového vyučovania. Spoločným znakom rôznych typov tejto stratégie je rozvoj tvorivého myslenia, motivácie, samostatnosti, zmysluplné osvojenie si poznatkov. Problémové vyučovanie rozvíja tvorivé schopnosti, učiteľ nesprostredkúva žiakom poznatky v hotovej podobe, ale stavia pred žiakov úlohy, ktoré obsahujú pre nich neznáme vedomosti a spôsoby činnosti, motivuje ich, usmerňuje hľadanie spôsobov a prostriedkov riešenia úloh, pričom pri hľadaní riešení si žiaci osvojujú nové vedomosti a zručnosti. Žiak objavuje poznatky riešením problémových úloh. Zmysel problémových úloh je v tom, že iba v tzv. problémovej situácii vzniká myslenie, v situácii keď žiak je konfrontovaný s prekážkou, ťažkosťou, protirečením. Okrem protirečenia (neznámeho) musí problémová situácia zahŕňať ešte tieto dve zložky:

1. motivačnú - prebudenie záujmu o odstránenie protirečenia
2. predmetovo-obsahovú - určité základné vedomosti zodpovedajúce obsahu situácie a intelektuálne prostriedky na manipuláciu s obsahom.

Problémovú situáciu navodzujeme u žiakov predložením problémových úloh, ktoré by mali mať tieto vlastnosti:

- problémová úloha by mala byť prirodzene logicky spätá s osvojovaným učivom
- má vychádzať zo životnej situácie, aby upútala, motivovala, apelovala na záujmy a skúsenosti žiakov
- musia obsahovať neznámy prvok (objekt, metódu, voľbu alternatívy z množiny daných...), t.j. protirečenia, ktoré sú hlavnou hybnou silou tvorby poznatkov
- majú byť primerané intelektuálnym možnostiam žiakov
- majú ležať v zóne „najbližšieho vývinu žiaka“

Turek experimentálne zistil, že problémové vyučovanie vedie k lepším výsledkom v oblasti transferu (aplikácia vedomostí, zručností), stability vedomostí a motivácie k učeniu sa. Problémové vyučovanie malo najväčší efekt u prospechovo slabších žiakov, znížilo zaťaženie domácou prípravou, pretože žiaci sa učili už na hodine.

Problémové úlohy predstavujú pre učiteľa výnimočnú možnosť získavania údajov o žiakovi, jeho osobnosti a zmenách. Riešenia problémových úloh možno začleniť do žiackeho portfólia. Žiakovo portfólio je podľa Tureka (2004) súbor dokumentov, kde žiak, či učiteľ zakladá žiacke práce, testy, protokoly, výkresy, záznamy pedagógov z práce, či správania sa žiaka a pod. Učiteľ tak môže sledovať smer, podstatu a mieru zmien v učení sa žiaka. Vzhľadom k tomu, že riešenia problémových úloh prinášajú autentickú žiacku prácu, sú vhodné pre aplikáciu sebahodnotenia podľa metodiky Student-Led Conference (Sluka, 2013) ktorú som prepracoval na podmienky slovenského školstva. Využívanie problémových úloh napĺňa požiadavku tzv. zmysluplného učenia sa. Čáp a Mareš (2001) poukazuje na úsilie súčasnej pedagogickej psychológie o to, aby v škole postupne prevažovalo tzv. „zmysluplné učenie sa“ (meaningful learning). Podľa Čápa a Mareša sa prvky zmysluplného učenia dajú identifikovať už u Komenského, naplnili ho však až gestalt psychológovia napr. Ausubel,

ktorý považuje zmysluplné učenie sa za také, ktoré sa už neopiera prevažne o memorovanie a pridávanie nových poznatkov k doterajším. Čáp a Mareš ďalej uvádza znaky zmysluplného učenia sa, ktoré spracoval podľa viacerých autorov – De Corta, Shuella a Morana:

- **Aktívne učenie sa.** Žiak by sa mal na učenie sa naladiť a pritom vykonávať operácie vyššieho kognitívneho charakteru, aby porozumel. Mal by sa rozhodovať, jednať.
- **Konštruktívnosť.** Žiak by nemal preberať poznatky v hotovej podobe. Každý vníma a interpretuje poznatky svojím jedinečným spôsobom. Poznatky spracúva a vkladá do svojej konštrukcie poznatkov, alebo rekonštruje staršie.
- **Kumulatívnosť.** Vychádza sa z konštruktívnosti. Jednotlivé časti vedomostí sa nabalujú na seba. Dôležitá je kvalita doterajších vedomostí, pretože základy umožnia nadstavbu nových vedomostí. Doterajšie nesprávne vedomosti, nesprávne chápanie pojmov (misconceptions) môžu ďalšie kumulatívne vzdelávanie veľmi sťažovať.
- **Autoregulácia.** Žiak by mal prebrať zodpovednosť za svoje učenie sa. Žiak by sa mal naučiť svoje vzdelávanie riadiť.
- **Cieľavedomosť.** Učenie sa bude úspešnejšie, ak má žiak predstavu o cieľi, ktorý chce učením dosiahnuť. Ciele majú byť jasné a splniteľné. Pre zmysluplné učenie sa je dôležité, aby sa ciele stanovené školou stali žiakovými cieľmi, aby sa s nimi stotožnil.
- **Situačné učenia sa.** Učenie neprebíha izolovane od sociálneho prostredia, situácií v ktorých sa žiak ocitne, na obsahu ktorý si osvojuje. Nejde len o čistý kognitívny proces. Učenie je závislé na zvláštnostiach obsahu, na špecifikách kultúry a etnika, sociokultúrnych pravidlách.
- **Individuálna odlišnosť učenia sa.** Žiaci sa výrazne odlišujú predpokladmi a priebehom učenia sa, ktoré môžu viesť aj k iným výsledkom učenia sa. (Pri riešení problémových úloh je síce zadanie paušálne, ale nie priebeh a výsledok riešenia, čo dáva priestor pre individualizáciu procesu učenia sa aj hodnotenia.)

Uvedené charakteristiky vystihujú vlastnosti problémových úloh, vyplývajú priamo z ich podstaty. Problémové úlohy predstavujú metódu zmysluplného učenia sa. Čáp a Mareš uvádzajú ešte zložky zmysluplného učenia sa prebraté od Shuella:

- **Očakávanie.**
- **Motivácia.**
- **Aktivácia doterajších znalostí.**
- **Pozornosť.**
- **Prekódovanie.**
- **Porovnávanie.**
- **Generovanie hypotéz.**
- **Opakovanie.**
- **Spätná väzba.**
- **Hodnotenie.**
- **Monitorovanie.**
- **Kombinovanie, integrácia, syntéza.**

Kognitívne predpoklady detí sa menia s vekom. Známe sú Piagetove stupne kognitívneho vývinu, pričom predpoklady na riešenie problémových, často teoreticky

náročných problémových úloh v biológii, majú žiaci, ktorí dosiahli štádium formálnych operácií (nad 12 rokov). Procesy ktorých sú žiaci schopní v tomto štádiu sú už abstraktné, formálne logické. Žiaci sa už nemusia opierať o zmyslovú skutočnosť, sú schopní hypoteticko deduktívneho uvažovania, ktoré je potrebné pre riešenie problémových úloh. Pri experimentovaní systematicky obmieňajú premenné, hľadajú pravidlá. Dokážu riešiť situácie, s ktorými sa doteraz nestretli. Operácie sa spájajú do zložitejších štruktúr a žiak s nimi dokáže pracovať v oboch smeroch – priamo aj spätne. (Čáp, Mareš, 2001).

Čáp a Mareš, (2001, str. 403) upozorňujú, aby snaženie neskončilo len pri školských situáciách a školských požiadavkách. Byť úspešný v škole, ešte neznamená byť úspešný v živote. Škola by mala preto vytvárať také situácie, ktoré sú podobné reálnemu životu, ale v skutočnosti škola skôr trénuje individuálnu prácu než kooperáciu, či tímovú spoluprácu, navodzuje situácie s úplným, či takmer úplným zadaním. a tým rozvíja skôr konvergentné než divergentné myslenie, skôr algoritmický ako heuristický prístup. Škola skôr učí žiakov spoliehať sa na vonkajšiu kontrolu, než aby ich viedla k autoregulácii a osobnej zodpovednosti. Potom sa netreba čudovať, že absolventi majú ťažkosti s transferom získaných vedomostí a postojov v práci, občianskom aj osobnom živote. Problémové úlohy sú spôsobom ako môže učiteľ identifikovať žiacke ponímanie učiva, skutočnosť či porozumel, ale aj jeho súkromné predstavy o učive a miskonceptie. Učiteľ môže sledovať postup riešenia úloh, problémových situácií, všíma si chyby, ale v pozitívnom zmysle ako východisko k ďalšiemu učeniu sa žiaka. Problémové úlohy priamo vyzývajú žiaka k vyjadreniu názoru, postupu, vysvetleniu, a tak poskytujú pre učiteľa bohatý diagnostický materiál. Kvalitné problémové úlohy neumožňujú žiakovi dospieť k výsledku nesprávnym postupom, či mechanicky naučeným postupom. Problémové úlohy môžeme chápať aj ako ovplyvňovanie miskonceptí u žiakov, pretože navodzujú niekedy rozpor s pôvodným poňatím učiva, čo počas riešenia problémovej úlohy môže poňatie zmeniť na správne.

Fenyvesiová (2013) charakterizuje problémové úlohy ako špecifický typ učenej úlohy, ktorú žiak samostatne rieši aktívnym skúmaním. Tento typ úlohy obsahuje prvky, ktoré sú pre žiaka neznáme a treba ich vyriešiť a prvky známe, ktoré použije pri riešení. Čím viac je neznámych prvkov, tým bude úloha náročnejšia. Problémové úlohy žiaci môžu riešiť individuálne, aj skupinovo. Problémové úlohy žiaka motivujú k aktívnemu osvojeniu si učiva, vedú k samostatnosti, trvácnosti poznatkov, tvorivosti. Výhodou pre učiteľa je neupadanie do rutiny a, motivácia k sebazdokonaľovaniu, zvýšenie efektivity práce. Skalková (2007, str. 157) uvádza definíciu pedagogického problému: „...pedagogický problém predstavuje ťažkosti teoretického, alebo praktického charakteru, pri riešení ktorých žiak aktívne používa vlastnú poznávaciu činnosť, riadi sa určitými potrebami, smeruje k prekonaniu ťažkostí, a tak získava nové poznanie a nové skúsenosti.“ Autorka prepája tvorivosť s predpokladom riešenia problémových situácií, kde sa nedá uplatniť rutinný postup, riešiteľ musí hľadať možné cesty riešenia, systematicky volí postupy, ktoré sám vyhodnotil ako najvhodnejšie. Tvorivá činnosť je tak komplexnou charakteristikou osobnosti, pričom tvorivosť žiakov rozvíja tvorivý učiteľ.

Kličková (1989, str. 63) uvádza „desatoro“ podmienok účinnosti problémového vyučovania:

1. Stanovenie cieľov výuky.
2. Súlad učiva s osnovami.

3. Výber tém vhodných pre tvorbu problémových úloh a ich tvorba.
4. Znalosť žiackeho kolektívu, schopností a vzťahov.
5. výber metód a foriem problémových úloh.
6. Využívanie úloh primeranej náročnosti.
7. Motivácia žiakov k aktívnemu mysleniu.
8. Empatia učiteľa, pomoc žiakom.
9. Odbornosť učiteľa, vybavenie školy.
10. Schopnosti jednotlivých žiakov riešiť problémové úlohy, ktoré sú ovplyvnené vnútornými činiteľmi ako: vnútorná motivácia, vedomosti, schopnosti a skúsenosti s riešením problémových úloh, všeobecná inteligencia, tvorivosť, vôľové vlastnosti, autoregulačné schopnosti, psychické vyladenie žiaka a iné).

Turek (2010) považuje problémové úlohy za heuristickú metódu vyučovacieho procesu, konkrétne na úrovni nešpecifického transferu. Na problémové úlohy sa môžeme pozrieť z hľadiska vzdelávacích cieľov, ktoré pri aplikácii problémových úloh dosahujeme. V problémových úlohách sa dosahujú najvyššie ciele Bloomovej (aplikácia, analýza, syntéza a hodnotenie), Niemiarkovej (nešpecifický transfer), Kartwohlovej (príjem informácií, aktívna pozornosť, záujem, integrovanie hodnôt do osobného hodnotového systému a ich začlenenie do osobnej charakterovej štruktúry), a Simpsonovej (prispôsobenie činnosti, zmena činnosti, ale najmä tvorivá činnosť) taxonómie. Taxonómiu pre všetky uvedené čiastkové oblasti (kognitívne, afektívne a psychomotorické zhrnul Block do jednej spoločnej, pričom počas aplikácie problémových úloh sa rozvíjajú všetky štyri, ale najmä tri najvyššie: 1. znalosť (vedomosti, zapamätanie), 2. porozumenie, 3. aplikácia, 4. integrácia. Pre integráciu sú charakteristické činnosti, ktoré žiak robí v procese riešenia problémovej úlohy: navrhovanie, tvorba, zhrnutie, posúdenie, rozhodovanie, plánovanie, spontánne vykonávanie činností, zdôvodnenie postupu, vyskúšanie a pod.

Cenným parametrom problémových úloh je práve uplatnenie nešpecifického transferu. Vo formulácii zadaní problémových úloh by sa preto najčastejšie mali objavovať pokyny zamerané na odvodenie vzťahu, vysvetlenie, dokázanie, porovnanie, navrhovanie, aplikovanie, vytvorenie, vyvinutie a pod. Problémové úlohy sú nástrojom na rozvoj divergentného myslenia. Pri ich konštrukcii aj postupnom riešení sa dajú využiť Bonove stratégie pre rozvoj divergentného myslenia ktoré uvádza Turek (2010):

1. UVČ – uváž všetky činitele (stratégia nabáda riešiteľa problému rozšíriť pozornosť skôr, ako urobí voľbu, či záver) *„Od čoho závisí, či je niekto dobrým učiteľom?“*
2. ČJN – čo je najdôležitejšie? (riešiteľ triedi informácie podľa závažnosti) *„Aké pravidlá by mali platiť v škole? Ktoré z nich sú najdôležitejšie?“*
3. VNZ – výhody, nevýhody, zaujímavosti (pri hodnotení návrhu riešenia problému je potrebné zvážiť všetky jeho stránky) *„Školská dochádzka by nemala byť povinná.“*
4. NAD – následky a dôsledky (pri návrhu riešenia problému treba vziať v úvahu aj dôsledky, riziká) *„Čo sa stane, ak sa vyčerpajú svetové náleziská ropy?“*
5. ZAC – zámery a ciele (prečo to robíme?, čo je účelom? o aký výsledok sa snažíme?) *„Niekto o vás šíri klebety? Čo tým chce dosiahnuť?“*
6. AMV – alternatívy, možnosti, voľby (existuje iný spôsob?, máme aj inú voľbu?) *„Idete po ulici a vidíte, že nejaký človek padol na zem. Akú to môže mať príčinu? Čo môžete urobiť?“*

7. IMH – iné možné hľadiská (myslia si všetci to isté?, čo cítia ostatní?) „Rodičia zakážu deťom pozerat' televízny program po 22. hodine večer. Aký názor na to majú rodičia a aký deti?“

Kotrba a Lacina (2015) uvádzajú metódy patriace do problémového vyučovania: analýza prípadovej štúdie, heuristické metódy, metóda čiernej skrinky, metóda konfrontácie, metóda paradoxov, úlohy samostatne zostavované napr. práca s textom, voľné písanie, tvorba myšlienkových, či pojmových máp, úlohy na predvídanie. Ja používam v rámci problémových úloh prvky viacerých uvedených metód, napr. prácu s textom, pojmové mapovanie, a samozrejme heuristickú metódu.

Petty (2006, str. 191) považuje problémové úlohy za hru: „Takmer akúkoľvek činnosť môžeme zmeniť na hru, ak z nej urobíme problémovú úlohu.“ Podľa Pettyho hra môže intenzívne zapojiť žiakov do výuky, navyše vyvolá sústredenie takej intenzity, ktorá sa nedá dosiahnuť inými metódami. Žiaci si navyše budujú kladný vzťah ku škole, predmetu, aj učiteľovi.

Princípom problémových úloh je zistiť, či si žiak okrem deklaratívnych znalostí osvojil tiež znalosti procedurálne a kontextové, či ich vie aplikovať. V kontexte problémových úloh môžeme využiť testy povolujúce žiakom pomôcky tzv. open-book tests, pri ktorých žiak môže mať otvorenú učebnicu, encyklopédiu, tabuľky a iné pomôcky (Čáp, Mareš 2001 podľa Tamir). Tieto úlohy majú u žiakov precvičovať veľmi dôležité kompetencie pre život - schopnosť nájsť v rôznorodých materiáloch práve tie informácie, ktoré sú dôležité pre riešenie určitého problému.

2 PROBLÉMOVÉ ÚLOHY VO VYUČOVANÍ BIOLÓGIE

Problémové úlohy používam vo všetkých triedach osemročného gymnázia. Najvhodnejšie obdobie pre aplikáciu problémových úloh s prvkami nešpecifického transferu, je obdobie rozvíjajúceho sa abstraktného myslenia, kedy intelekt umožňuje štúdium náročných vedeckých poznatkov a ich vzťahov.

2.1 Problémové úlohy - príklady s riešeniami

Problémové úlohy je ťažké triediť podľa určitých kritérií. Dôvodom je ich tematický presah, medzipredmetové vzťahy, presah v rámci ročníkov, alebo pri rovnakom zadaní riešenia adekvátne veku. Práve netriediteľnosť považujem za ukazovateľ autenticity problémových úloh. Situácie v živote tiež nie sú izolované, ich riešenie si vyžaduje nešpecifický prístup a mnohé hľadiská. Uvedené problémové úlohy poskytujú priestor pre široké využitie v rôznych vzdelávacích fázach a situáciách. Predstavujú námety na zadania maturitnej skúšky na nešpecifický transfer, alebo do biologickej olympiády. Ako ukazujú výsledky testov PISA, maturitné skúšky a samotná prax, nedostatky v riešení sa často ukazujú pri porozumení a „čítaní“ informácií v grafickej, alebo obrazovej podobe. Zaradujem preto často do vyučovania tvorbu pojmových máp, interpretáciu grafov, tabuliek. Pri tvorbe problémových otázok som nachádzal inšpiráciu najmä vo svojej praxi a rôznej literatúre, napríklad Campbell Biology od Reeceovej. Navrhované riešenie za každou úlohou písané kurzívou je len jednou z možností.

1. Pre každú čiastkovú všeobecnú vlastnosť organizmov uveďte konkrétny príklad.

(1.usporiadanie, zložitost' živých sústav: usporiadanie semien v úbore slnečnice, hierarchia: od bunky k biosfére, 2. adaptácia: každý druh je adaptovaný na iné prostredie štruktúrou alebo metabolizmom, napr. rastliny nenahájajú potravu, ale robia si ju sami, 3. metabolizmus: fotosyntéza, 4. pohyb: pohyb celého tela pomocou svalov, alebo na bunkovej úrovni pohyb cytoplazmy, alebo cytoskeletu, 5. dráždivosť: schopnosť reagovať na prítomnosť podnetov, napr. otáčanie listov ku svetlu, pohyb červenoočka za svetlom, ploskule do tmy, opadávanie listov na jeseň, stavba hniezd u spevavcov na základe oteplenia a predlžovania svetlej fázy dňa, 6. rozmnožovanie: na bunkovej úrovni, mláďatá, nová generácia, odovzdávanie genetickej informácie, 7. vývin: ako ontogenéza, zmeny kvantitatívne - rastové a kvalitatívne napr. dospievanie, starnutie, 8. prítomnosť genetickej informácie: univerzálnosť genetického kódu, 9. evolúcia: súvisí s rozmnožovaním a striedaním generácií, prebieha stále a u všetkých druhov,)

2. Za podstatné vlastnosti živých sústav sa považujú len dve: 1. schopnosť uchovávať a replikovať genetickú informáciu vo forme nukleovej kyseliny a 2. prítomnosť enzýmovej katalýzy. Čiastkových vlastností sa v literatúre uvádza viac: vysoká organizovanosť, adaptácia v ekosystéme, metabolizmus, pohyb, dráždivosť, rozmnožovanie, vývin, dedičnosť, evolúcia. Roztried'te ich do dvoch uvedených všeobecnejších vlastností a svoje rozhodnutie vysvetlite.

(zložité usporiadanie je výsledkom evolúcie a zložitých biochemických metabolických procesov, čiže táto vlastnosť je prejavom 1.aj 2., adaptácia je výsledkom prírodného výberu, evolúcie, evolúcia nie je možná bez rozmnožovania, pretože ide o zmeny populácií v čase, takže tieto čiastkové vlastnosti spadajú pod 1.,

metabolizmus je enzymaticky katalizovaný dej, enzýmy sa však tvoria podľa genetickej informácie – tu sa prelína 1. a 2. okruh spoločných vlastností.)

3. **V čom sa podobá poštová adresa na taxonomické systémy organizmov?**
(Adresa pri určovaní miesta bydliska postupuje od všeobecnejších ku konkrétnejším kategóriám – od štátu, mesta, PSČ, ulice, až po číslo domu. Tento postup je analogický k štruktúre taxonomických systémov. Napr. číslo domu je ako konkrétny druh (ruža šípová), ulica môže byť rod (ruža), mesto je čeľad' (ružovité)... až napr. štát je ako ríša (rastliny).
4. **Gén spôsobujúci kosáčikovú anémiu sa častejšie vyskytuje u obyvateľov subsaharskej Afriky ako u ich potomkov žijúcich v USA. Prítomnosť tejto alely spôsobuje určitú ochranu voči malárii. Vysvetlite proces, ktorý viedol k odlišnostiam vo výskyte anémie u ľudí zo zmienených regiónov.**
(Malária sa v subsaharskej Afrike často vyskytuje, a ľudia, ktorí majú gén spôsobujúci kosáčikovú anémiu (a zároveň „ochraňujúci“ voči malárii), majú vyššiu šancu prežiť a posunúť tento gén potomkom. Pre ľudí afrického pôvodu žijúcich v USA, kde sa malária nevyskytuje, nemá tento gén túto výhodu, čiže pri prírodnom výbere budú častejšie eliminovaní, čo má za následok menej ľudí postihnutých kosáčikovou anémiou.)
5. **Navrhňte pokus na zistenie CO₂ vydychovaného rastlinou. K dispozícii máte tieto pomôcky: vodný roztok Ca (OH)₂ - vápennú vodu, rastlinu, sklenený zvon, kadičku, alebo Petriho misku)**
(Rastlina produkuje pri dýchaní CO₂ ktorý vo vápennej vode bude tvoriť zrazeniny CaCO₃, aby sme zamedzili fotosyntéze a tvorbe kyslíka, môžeme dať rastlinu do tmy, zvon zabráni úniku plynu, zrazenina by sa mala tvoriť intenzívnejšie)
6. **Muži s Kartagenerovým syndrómom sú sterilní, pretože majú nepohyblivé spermie. Navyše majú časté zápaly dýchacích ciest a pľúc. Ide o dedičné ochorenie. Navrhňte, čo môže byť príčinou ochorenia?** *(Choroba má svoju príčinu v poruche pohybu bičiek a riasiniek založenom na mikrotubuloch. Ich spermie sa nedokážu pohybovať kvôli nefunkčným/nepřítomným bičkom, a ich dýchacie cesty sú ohrozené kvôli tomu, že brvy, ktoré pokrývajú priedušnicu nefungujú alebo neexistujú, čiže z pľúc nemôže byť odstránený hlien, ktorý je živnou pôdou pre patogénne mikroorganizmy)*
7. **Ako sa zmení aktivita kontraktilnej vakuoly črievičky ak prepláva z hypotonického prostredia do izotonického? Vysvetlite.**
(Aktivita kontraktilnej vakuoly sa zníži. Vakuola odčerpáva nadbytočnú vodu, ktorá sa hromadí v bunke iba v hypertonickom prostredí.)
8. **V supermarkete občas striekajú zeleninu vodou. Vysvetlite prečo potom vyzerá dlhšie chrumkavo?**
(Voda vytvára pre rastlinné bunky hypotonické prostredie, čiže bunky vodu nasajú. Bunky zostanú turgídne - nenastane plazmolýza a rastliny nevyzerajú zvädnuto.)
9. **Sodno-draselná pumpa udržuje na stranách membrány neurónu napätie. Vysvetlite či pumpa spotrebúva, alebo naopak tvorí ATP?**
(Spotrebúva. Na vytvorenie napätia, ióny musia byť pumpované proti svojmú gradientu, na čo je potrebná energia.)
10. **Kvasinky živiace sa glukózou boli premiestnené z aeróbného prostredia do anaeróbného. Ako sa zmení množstvo skonzumovanej glukózy ak sa zachová produkcia ATP?**

(Bunky by museli prijať cca 16 krát viac glukózy ako v aeróbnom prostredí (2 molekuly ATP vytvorené fermentáciou : 32 molekúl ATP vytvorených bunkovým dýchaním.)

- 11. Môže svalová bunka počas intenzívneho cvičenia využívať ako zdroj energie tuk? Vysvetlite.**

(Ak je prítomný kyslík, energeticky bohaté reťazce mastných kyselín sú oxidované a zapojené do Krebsovho cyklu a elektrón-transportného reťazca. Počas intenzívneho cvičenia je však kyslíka nedostatok, čiže ATP sa vyrába iba počas glykolýzy. Iba malá časť molekuly tuku (glycerolový zvyšok) môže byť zoxidovaná v glykolýze, ale množstvo takto uvoľnenej energie je v porovnaní s množstvom energie uloženým v mastných kyselinách veľmi malé. (Z tohto dôvodu je mierne cvičenie (max 70% maximálnej tepovej frekvencie) účinnejšie na spaľovanie tukov – do svalov sa dostane dostatok kyslíka)

- 12. Izolovaný chlorofyl vedci ožiarili svetlom s príslušnou vlnovou dĺžkou potrebnou na excitáciu elektrónov. V tme takýto chlorofyl fluoreskoval. Prečo po osvetlení nesvietia listy, ktoré obsahujú rovnaký chlorofyl?**

(Pri fotosyntéze sa energia excitovaných elektrónov nevyžiari vo forme svetla, ale sa presunú na akceptorov či prenášače v cyklickej alebo necyklickej fotofosforylácii a ich energia sa využije na tvorbu ATP.)

- 13. Chloroplast umiestnený v rámci experimentu do osvetleného roztoku so všetkými potrebnými chemikáliami dokáže produkovať ATP. Aký vplyv na syntézu ATP by mala látka pridaná do roztoku, ktorá mení priepustnosť membrány pre H^+ tak, že kationy budú môcť prechádzať voľne, neobmedzene? Vysvetlite.**

(V tomto experimente by sa rýchlosť syntézy znižovala, a nakoniec by sa zastavila. Pridaná chemikália by zabraňovala vytvoreniu protónového gradientu, a ATP-syntáza by nedokázala katalyzovať syntézu ATP)

- 14. Vysvetlite prečo jed inhibujúci Calvinov cyklus inhibuje aj svetelné reakcie? (Svetelné reakcie potrebujú ADP a $NADP^+$, ktoré by sa nemohli tvoriť v inhibovanom Calvinovom cykle.)**

- 15. V čom sa odlišujú a v čom podobajú chromozómy v metafáze mitózy a metafáze II meiózy?**

(Chromozómy sú v oboch prípadoch zložené z 2 sesterských chromatíd, a jednotlivé chromozómy sú v metafázovej rovine umiestnené podobne. V mitoticky deliacej sa bunke sú obe jej chromatídy geneticky rovnaké, ale v meioticky deliacej sa bunke nie, kvôli crossing-overu v meióze I. Okrem toho, počet chromozómov v metafáze mitózy môže byť haploidný alebo diploidný, zatiaľ čo chromozómy v metafáze II meiózy sú vždy v haploidnom počte.)

- 16. Uveďte príklad za akých okolností crossing-over nevedie ku genetickej variabilite dcérskych buniek?**

(Ak sú segmenty materského a otcovského chromozómu identické, a teda majú pre každý gén 2 rovnaké alely, rekombinantné chromozómy budú geneticky rovnaké ako rodičovské. Crossing-over prispieva k variabilite iba ak sa premiestňujú rôzne alely.)

- 17. Mitochondriálne gény sú nevyhnutné pre energetický metabolizmus buniek, ale Mitochondriálne poruchy spôsobené mutáciami týchto génov vo všeobecnosti nie sú letálne. Vysvetlite.**

(Každá bunka obsahuje veľa mitochondrií, a aj u ľudí s takými poruchami sa väčšinou vyskytujú aj zdravé, aj zmutované mitochondrie. Zdravé mitochondrie dokážu zabezpečiť dostatočnú rýchlosť bunkového dýchania.)

18. **Predstavte si, že ste výskumník snažiaci sa bojovať s vírusom HIV. Ktoré molekulové procesy by ste sa snažili zablokovať?**

(Je ich viacero: naviazanie vírusu na bunku, fungovanie reverznej transkriptázy, integrácia do chromozómu hostiteľskej bunky, syntéza genómu (v tomto prípade prepis RNA z integrovaného provírusu), zhromaždenie vírusu v bunke, rozmnožovanie vírusu.)

19. **Objavili ste fosílny druh cicavca ktorý žil vysoko v Andách. Bude sa viac podobat' na dnešné cicavce z juhoamerickej nížinnej amazonskej džungle, alebo skôr na cicavce žijúce vo vysokých pohoriach Afriky? Vysvetlite.**

(Fosílny druh dravca z Ánd (alebo jeho predkovia) s veľkou pravdepodobnosťou pochádzal z Južnej Ameriky. Druhy žijúce v Afrických pohoriach pravdepodobne pochádzajú z iných častí Afriky. Z toho dôvodu by fosílny druh bol viac podobný juhoamerickému ako africkému druhu. Je však možné, že fosílny druh by sa mohol viac podobat' na africký horský druh kvôli konvergentnej evolúcií.)

20. **Lokus, ovplyvňujúci náchylnosť na degeneratívnu mozgovú poruchu má dve alely, A a a. V danej populácii 16 ľudí má genotyp AA, 92 Aa a 12 má genotyp aa. Vytvára sa táto populácia?**

*(V populácii je 120 jedincov, čiže 240 alel. Z týchto je 124 A alel (32 zo šestnástich AA jedincov a 92 z 92 Aa jedincov) – frekvencia A alely je $p=124/240=0,52$. Frekvencia alely a je $q=0,48$. Na základe Hardyho-Weinbergovej rovnice, v prípade že sa populácia nevyvíja, očakávame, že frekvencia genotypu AA je $p^2 = 0,52^2 = 0,27$; frekvencia genotypu Aa je $2pq = 2 * 0,52 * 0,48 = 0,5$; a frekvencia genotypu aa je $q^2 = 0,48^2 = 0,23$. Ak má populácia 120 členov, vypočítané frekvencie genotypov naznačujú, že by mala pozostávať z 32 AA jedincov ($0,27 * 120$), 60 Aa jedincov ($0,5 * 120$) a 28 aa jedincov ($0,23 * 120$). Skutočné zastúpenie genotypov v populácii sa od týchto predpokladaných hodnôt líšia – populácia sa nenachádza v Hardy-Weinbergovej rovnováhe, a teda sa môže s ohľadom na tento gén vyvíjať.)*

21. **Ako by sa mohli odlišovať druhotné pohlavné znaky medzi samcami a samicami druhu, kde samice bojujú o samce?**

(Samice by asi boli silnejšie, väčšie, agresívnejšie najmä počas párenia)

22. **Ktoré dôkazy podporujú hypotézu, že mitochondrie predchádzali plastidy v evolúcii eukaryotických buniek? Inými slovami, že mitochondrie sa stali súčasťou eukaryotických buniek skôr ako plastidy?**

(Všetky eukaryoty majú mitochondrie (alebo ich pozostatky), ale nie všetky majú plastidy.)

23. **Ak hromadné vymieranie bolo spôsobené katastrofickou udalosťou, mohli by výskumy fosílnych záznamov z tohto obdobia priniesť rôzne výsledky posledného výskytu jedincov zriedkavejších alebo bežných druhov? Vysvetlite.**

(V princípe, fosílie zriedkavejších aj bežných druhov by existovali až do času katastrofy a potom by zmizli. Realita je komplikovanejšia, lebo fosílny záznam nie je dokonalý – najmladšia fosília druhu môže pochádzať z doby miliónov rokov pred masovým vyhynutím, aj napriek tomu, že druh ešte vtedy nevymrel. Táto komplikácia je pravdepodobná hlavne v prípade zriedkavejších druhov – menej fosílií sa vytvorilo a zachovalo. Z tohto dôvodu fosílny záznam pre mnohé druhy

nedokumentuje, či druh naozaj ešte existoval bezprostredne pred masovým vyhynutím.)

24. Vysvetlite zmysel výroku: „evolúcia nemá cieľ.“

(Evolučné zmeny sú výsledkom interakcií medzi organizmami a ich momentálnym prostredím – tento proces nemá cieľ. Životné prostredie sa mení, čomu sa prispôsobujú aj vlastnosti organizmov – ak nastane zmena životného prostredia, to, čo sa predtým javilo ako cieľ evolúcie, sa môže stať nežiaducim.)

25. Predpokladajte, že druh 1 a druh 2 majú podobný vzhl'ad, ale veľmi odlišné sekvencie génov, a že druh 2 a druh 3 majú odlišný vzhl'ad, ale podobné sekvencie génov. Ktoré druhy sú viac príbuzné: 1 a 2, alebo 2 a 3? Vysvetlite.

(Príbuznejšie sú skôr druhy 2 a 3. Malé genetické zmeny (ako medzi druhmi 2 a 3) môžu spôsobovať odlišný vzhl'ad, ale ak sa gény líšia veľmi (medzi druhmi 1 a 2), ich vývojové línie sa pravdepodobne oddelili skôr.)

26. V rýchlo sa meniacom prostredí, ktorá populácia baktérií by pravdepodobne bola úspešnejšia: tá, ktorej jedince sú schopné konjugácie, alebo tá, ktorej jedince to nedokážu?

(Populácia jednotlivcov schopných konjugovať bude pravdepodobne úspešnejšia, pretože niektoré jej jedince by mohli vytvárať rekombinantné bunky ktorých nové kombinácie génov by mohli byť výhodné vzhl'adom na nové podmienky.)

27. Ak by sa nepatogénne baktérie stali odolnými voči antibiotikám, mohli by predstavovať zdravotné riziko? Vysvetlite.

(Áno, pretože prenos DNA medzi baktériami ovplyvňuje rozšírenie génov odolnosti. Gény pre odolnosť voči antibiotikám by mohli byť prenesené (transformáciou, transdukciou, alebo konjugáciou) z nepatogénnych na patogénne baktérie, čo by mohlo zapríčiniť, že patogén sa stane ešte väčšou hrozbou pre ľudské zdravie. Vo všeobecnosti, rozšírenie rezistentných génov umožňujú transdukcia, transformácia a konjugácia.)

28. Huby kolonizovali súš pred rastlinami, na akých miestach pravdepodobne žili? Čo bolo ich potravou?

(Huby sú heterotrofné organizmy. Predtým, ako rastliny kolonizovali súš, vyskytovali sa huby kde sa nachádzali iné organizmy (alebo ich zvyšky), a predstavovali zdroj potravy. Čiže, ak huby kolonizovali súš pred rastlinami, živilí sa prokaryotmi alebo mikroorganizmami, ktoré žili na súši alebo pri vode – ale nie rastlinami a zvieratami, ktorými sa mnohé huby živia dnes.)

29. Predpokladajme, že spoločný predchodca dnes žijúcich húb a živočíchov existoval pred miliardou rokov. Ak prvé huby žili pred 990 000 000 rokov, mohli v tejto dobe žiť aj živočíchy? Vysvetlite.

(Či sa zvieratá vyvinuli pred alebo po vzniku húb, nie je možné odvodiť. V prípade, že je dátum existencie posledného spoločného predka správny, dá sa predpokladať, že zvieratá sa vyvinuli pred miliardou rokov. Fosílny záznam naznačuje, že zvieratá sa vyvinuli pred najmenej 565 miliónmi rokov. Z týchto údajov vychádza, že zvieratá vznikli miliardu až 565 miliónov rokov dozadu.)

30. Posúďte toto tvrdenie: „ak zanedbáme detaily špecifickej anatómie, tvar tiel červov, ľudí, a väčšiny ostatných triploblastov, je analogický k tvaru donutu“.

(Väčšina celómových triploblastov má 2 otvory súvisiace s tráviacou sústavou, ústa a análny otvor. Ako také ich telá majú tvar analogický k tvaru donutu: Tráviaca sústava (otvor v donute) sa tiahne od úst k análnemu otvoru a je obklopená

rôznymi tkanivami (cesto donutu). Táto analógia je najvýraznejšia v raných štádiách vývinu.)

31. **Opište dve vlastnosti, ktoré umožňujú hmyzu prospievať na súši.**
(*exoskelet článkonožcov, ktorý sa vyvinul už v oceánoch, dovoľuje suchozemským živočíchom zadržiavať vodu a podporuje telo na súši. Krídla im umožňujú rýchly presun do nových prostredí a vyhľadávanie jedla a partnerov. Priedušnicový systém dovoľuje účinnú výmenu dýchacích plynov napriek prítomnosti exoskeletu.*)
32. **Vo viacerých rôznych zvieracích vývojových líniách, sa organizmy s hlavou vyvinuli približne pred 530 miliónmi rokov. Je toto dôkazom, že mať hlavu je vlastnosť, ktorá je uprednostňovaná prírodným výberom?**
(*Toto zistenie naznačuje, že rané organizmy s hlavou boli uprednostňované prírodným výberom vo viacerých evolučných líniách. Avšak aj keď sa dá logicky konštatovať, že mať hlavu bola výhoda, fosílie samotné netvorí dostatočný dôkaz.*)
33. **Navrhňte, čo mohlo byť kľúčovou úlohou mineralizovaných kostí skorých stavovcov.**
(*Pri opancierovaných stavovcoch bez čeľustí, kosti mohli slúžiť ako externý pancier, poskytujúci ochranu pred predátormi. Niektoré druhy mali tiež mineralizované časti úst, ktoré mohli byť využívané napríklad pri love. Iné mali mineralizované lúče plutiev, ktoré mohli umožňovať rýchlejšiu plavbu a lepšiu kontrolu pohybu.*)
34. **Sú hady štvornožce? Vysvetlite.**
(*Áno. Aj keď hadom chýbajú končatiny, sú potomkami jašterov, ktoré mali nohy. Niektoré hady si zachovali zakrpatené panvové kosti a kosti končatín, čo je dôkazom toho, že ich predkovia nohy mali.*)
35. **Niektoré genetické štúdie naznačujú, že najmladší spoločný predok *Homo sapiens*, ktorý žil mimo Afriky, sa z Afriky rozšíril pred 50 000 rokmi. Mimo Afriku (oblasť Izraela) sa však našli fosílie moderného človeka staré 115 000 rokov. Môžu byť oba tieto údaje správne?**
(*Áno, oba môžu byť správne. *Homo sapiens* mohol založiť populácie už pred 115 000 rokmi, ako indikuje fosílny záznam. Avšak tieto populácie možno zanechali len málo alebo žiadnych potomkov – dnes žijúci ľudia sú potomkami jedincov *Homo sapiens*, ktorí odišli z Afriky pred 50 000 rokmi.*)
36. **Ak by ľudia boli fotoautotrofné organizmy (dokázali by si vytvárať živiny fotosyntézou), aká by mohla byť ich anatómia?**
(*Na získanie dostatočného množstva energie z fotosyntézy, potrebovali by sme veľkú plochu vystavenú slnečnému žiareniu. Veľký podiel povrchu a objemu by mal za následok nový problém – veľká strata vody vyparovaním. Museli by sme byť stále pripojení k zdroju vody – k zemi, ktorá by bola taktiež našim zdrojom minerálov. V podstate by sme vyzerali a správali sa podobne ako rastliny.*)
37. **Predstavte si, že záhradník vykope pár mrkvičiek po jednej sezóne. Zdajú sa mu však malé. Mrkva je dvojročná rastlina, a záhradník sa rozhodne nechať zvyšné mrkvy zasadené, myslí si, že ich korene v druhom roku ešte podrastú. Je to dobrý nápad? Vysvetlite.**
(*Nie. Korene budú na konci druhej sezóny pravdepodobne ešte menšie, pretože živiny uschované v koreni sa využijú pri tvorbe kvetov, plodov a semien.*)
38. **Ak má rastlina vertikálne orientované listy, predpokladali by ste, že jej mezofyl je rozdelený na špongiovitú a palisádovú vrstvu? Vysvetlite.**
(*Nie. Vertikálne orientované listy, ako má napríklad kukurica, dokážu svetlo zachytávať rovnako na oboch stranách listu, dá sa teda predpokladať, že bunky*

mezofyly nie sú rozdelené do špongiovitých a palisádovitých vrstiev. Okrem toho, vertikálne listy mávajú prieduchy na oboch stranách.)

39. **Očakávali by ste u tropických stromov výrazné letokruhy? Prečo?**
(V tropickom prostredí zvyčajne nedochádza k veľkým teplotným rozdielom, letokruhy tropických stromov by boli ťažko rozoznateľné, okrem prípadov, keď strom pochádza z oblastí, kde sa striedajú vyslovene suché a daždivé obdobia.)
40. **Ak sa z kmeňa stromu odstráni celý kruh kôry (krúžkovanie), strom zvyčajne zomrie. Prečo?**
(Krúžkovanie kompletne odstráni celý prstenec sekundárneho floému (časť kôry), čiže zamedzí transportu sacharidov z výhonkov ku koreňom.)
41. **Prečo kvetinári odporúčajú pri kúpe rezaných kvetov strihať stonky pod vodou, a následne preniesť kvety do vázy, ešte kým sú konce stoniek mokré?**
(Po odstrihnutí kvetov transpirácia z listov a kvetov pokračuje v čerpaní vody pozdĺž xylému. Ak dáme rezané kvety rovno do vázy, v xyléme sa vytvoria vzduchové bubliny, ktoré zabraňujú prenosu vody z vázy do kvetiny. Ak však znova odstrihneme pár centimetrov z konca stoniek pod vodou, odstránime tým aj vzduchovú bublinu, a kvapky vody na konci zabránia znovu vytvoreniu bublín počas prenosu spod vody do vázy.)
42. **Pestovatelia jabĺk v Japonsku niekedy urobia neletálny špirálovitý zárez do kôry stromov určených po sezóne na výrub. Tento zárez zapríčini, že jablká budú sladšie. Prečo?**
(Špirálovitý zárez zabráni optimálnemu toku floémovej miazgy do koreňov. Preto sa viac miazgy dostane do plodov, ktoré budú vďaka tomu sladšie.)
43. **Predstavte si, že stojíte na kraji útesu a šmykne sa vám – iba o vlások sa vám podarí udržať rovnováhu a nespadnúť. Začne vám rýchlejšie biť srdce, pocítite nával energie, sčasti vďaka nahrnutiu sa krvi do rozšírených ciev vo svaloch a zvýšeniu hladiny glukózy v krvi. Prečo vyžaduje táto reakcia („uteč alebo boj“) na danú situáciu aj nervovú aj endokrinnú sústavu?**
(Nervový systém rozpozna nebezpečenstvo a vyprovokuje svalovú reakciu na zabránenie pádu, avšak nedokáže priamo vyvolať reakciu u ciev a buniek pečene, ktoré uchovávajú glukózu. Namiesto toho, nervový systém vyvolá vylúčenie hormónu adrenalínu endokrinným systémom, ktoré v priebehu sekúnd vyvolá reakciu v pečeni a cievach.)
44. **Ak by sme umiestnili myš a jaštericu, ktoré majú rovnakú hmotnosť a sú v pokoji, do experimentálnych komôr s identickými podmienkami, ktorý jedinec by spotreboval viac kyslíka?**
(Viac kyslíka spotrebuje myš, pretože je to endotermný organizmus, čiže rýchlosť jej bazálneho metabolizmu je vyššia ako štandardná metabolická rýchlosť ektotermnej jašterice.)
45. **Ľudia majú schopnosť termoregulácie, vysvetlite prečo je ľudská koža studenšia ako jadro tela.**
(Výmena tepla cez kožu je primárnym mechanizmom regulácie teploty jadra tela, čoho výsledkom je, že koža je studenšia.)
46. **Akú podobnosť vidíte medzi trávením v tele živočíchov a rozkladom benzínu v aute?**
(Rovnako ako jedlo nepreniká do zvyšku tela, ale zostáva v tráviacom trakte, tak aj benzín putuje od nádrže s palivom do motora, a zvyšky sú vylúčené výfukom bez toho, aby benzín prenikol do priestoru pre pasažierov. Okrem toho, benzín aj jedlo

sú rozkladané v špecializovaných častiach auta/tela. V oboch prípadoch sú konzumované vysoko energetické palivá, zložitejšie molekuly sú rozkladané na menšie a odpadové produkty sú vylúčené.)

47. **Ako sa tok hemolymfy cez otvorený cievny systém podobá na tok vody cez fontánu?**

(V oboch prípadoch je tekutina pumpovaná cez rúru, kam sa vráti po tom, ako je zachytená v nádrži.)

48. **Prečo je pre suchozemské živočíchy výhodou, že ich pľúcne tkanivá sú umiestnené vo vnútri tela?**

(Ich umiestnenie zabezpečuje, že sú stále vlhké. Ak sa dostali na povrch, rýchlo by vyschli, a difúzia dýchacích plynov by nemohla prebiehať.)

49. **Po silnom daždi vyliezajú dážďovky na povrch. Ako by ste vysvetlili tento jav v súvislosti s nárokmi dážďovky na výmenu plynov?**

(Dážďovky si musia udržiavať vlhkú kožu (aby mohla prebiehať výmena dýchacích plynov), ale nad kožou potrebujú zdroj vzduchu. Po silnom daždi sú dážďovkine chodbičky zaliate vodou, a ak by dážďovka nevyšla von, zadusila by sa – z vody nedokáže prijať dostatok kyslíka.)

50. **Prechod soli z okolitej vody do krvi sladkovodných rýb vyžaduje výdaj energie vo forme ATP. Prečo?**

(Pretože sol' je pumpovaná proti koncentračnému gradientu: z prostredia s nízkou koncentráciou (voda) do prostredia s vysokou koncentráciou (krv).)

51. **Vedci zistili, že ťava stojaca na slnku potrebovala oveľa viac vody keď mala oholenú srst', aj keď jej telesná teplota zostala rovnaká. Aký je vzťah medzi osmoreguláciou a izoláciou, ktorú poskytuje srst'?**

(Bez vrstvy srsti musí ťava udržiavať telesnú teplotu pomocou vyparovania vody – prepojenie medzi osmoreguláciou a termoreguláciou.)

52. **Prečo je nebezpečné vypiť veľa vody v krátkom časovom intervale?**

(Ak vypijeme veľa vody, ale neprijmeme aj dostatok živín a minerálov, môže nastať zníženie množstva sodíka v krvi. Tento stav, hyponatremia, vedie k dezorientácii a niekedy k dýchacím ťažkostiam až smrti. Hyponatremia sa vyskytuje napríklad u maratónco, ktorí pijú čistú vodu a nie športové nápoje.)

53. **Prečo hypotalamická kontrola oxytocínu nevyžaduje uvoľňujúci faktor (glandotropný hormón)?**

(Vzhľadom na to, že reakcie na oxytocín zahŕňajú pozitívnu spätnú väzbu (cez nervové bunky v mliečnej žľaze a bradavkách) od kojenca, táto stimulácia tvorby oxytocínu stačí a nevyžaduje hormonálny stimul.)

54. **Predstavte si, že dostanete injekciu glukokortikoidu kortizónu do zapáleného kĺbu. Aké vlastnosti glukokortikoidov by ste využili? Ak by bola glukokortikoidová tabletká tiež účinná pri liečbe zápalu, prečo je aj tak výhodnejšie podať liek lokálne?**

(Využívate protizápalové účinky glukokortikoidov. Ak by ste liek podali orálne a telom by sa šíril v krvi, ovplyvnil by metabolizmus glukózy.)

55. **Ak dôjde k samooplodneniu u hermafroditného jedinca, budú potomkovia rovnakí ako rodič? Vysvetlite.**

(Nie. Kvôli náhodnej segregácii chromozómov počas meiózy, potomkovia môžu získať rôzne alebo rovnaké kópie konkrétneho rodičovského chromozómu z vajíčka a spermie. Okrem toho, genetická rekombinácia počas meiózy zapríčini prerzdelenie génov medzi pármí rodičovských chromozómov.)

56. **Ak by boli chirurgicky prerezané a zablokované semenovody u muža (vasektómia), aké zmeny by sa dali predpokladať v sexuálnej dráždivosti a zložení ejakulátu? Vysvetlite.**
(Jediným efektom prerezania semenovodov je neprítomnosť spermií v ejakuláte, sexuálna vnímavosť a množstvo ejakulátu sa nemenia, pretože pohlavné hormóny zodpovedné aj za správanie sa vyplavujú do krvi a objem samotných spermií je v objeme ejakulátu bezvýznamný, väčšinu objemu tvoria výlučky prídavných žliaz - semenných mechúrikov a prostaty. Zárok sa bežne robí na žiadosť muža, ktorý už nechce mať deti.)
57. **Ouabain, látka používaná na výrobu otrávených šípov, znefunkční sodno-draselnú pumpu. Akú zmenu v pokojovom potenciáli by ste predpokladali, ak by ste neurón vystavili ouabainu?**
(Na zachovanie pokojového potenciálu je potrebná sodno-draselná pumpa. Ak sa znefunkční pumpa, koncentračné gradienty sodíka a draslíka by postupne zanikali, čo by malo za následok zredukovaný pokojový potenciál.)
58. **Predstavte si, že váš spolužiak mal nehodu, ktorá poškodila malý nerv potrebný na hýbanie niektorými z prstov pravej ruky. Ovplyvní toto poškodenie aj cit v postihnutých prstoch?**
(Nervy pozostávajú zo zväzkov axónov, z ktorých niektoré patria motorickým neurónom, ktoré vysielajú signál smerom z CNS, a niektoré patria senzorickým neurónom, ktoré vysielajú signál do CNS. Dá sa teda predpokladať, že zranenie by malo vplyv nielen na motoriku, ale aj na cit v postihnutých prstoch.)
59. **Voda vytekajúca z nádrže za priehradou často pochádza z hlbších častí priehrady. Preferujú ryby vyskytujúce sa v lete v rieke pod priehradou studenú alebo teplejšiu vodu? Prečo?**
(V lete je voda v hlbších častiach priehrady studenšia, čiže v rieke pod priehradou sa budú vyskytovať ryby, ktorým vyhovuje studená voda.)
60. **Máte podozrenie, že jelene obmedzujú šírenie druhu stromu tým, že rady jedia semenáčky týchto stromov. Ako by ste otestovali túto hypotézu?**
(Test môže pozostávať z ohradenia územia, na ktorom sa tieto stromy vyskytujú tak, aby sa knim nedostali jelene. Po určitom čase by ste porovnali počet semenáčikov na ohradenom a neohradenom území.)
61. **Myši, ktoré trpia stresom, napríklad z nedostatku jedla, niekedy opúšťajú svoje mláďatá. Vysvetlite, ako sa toto správanie reprodukčného kompromisu mohlo vyvinúť?**
(Ak je prežitie rodiča ohrozené rodením mláďat v čase stresu, opustenie mladých môže mať za následok zvýšenie fitness rodiča, a v konečnom dôsledku mu umožní produkovať lepšie prosperujúce mladé neskôr.)
62. **Aké kroky môžete podniknúť, aby ste ovplyvnili svoju ekologickú stopu?**
(Každý človek ovplyvňuje svoju ekologickú stopu tým, ako žije – čo jedáva, koľko energie spotrebuje, koľko odpadu vyprodukuje, koľko má detí. Ekologická stopa sa dá zmenšiť zmenou životného štýlu tak, aby sme využívali čo najmenej zdrojov.)
63. **Väčšina prérií je postihovaná požiarmi, zväčša každých pár rokov. Ak sú tieto požiare sú relatívne mierne, ako by sa druhová diverzita prerie zmenila, ak by sa 100 rokov nevyskytol žiaden požiar?**
(Ak by sa nevyskytovali požiare, diverzita by klesla, pretože kompetitívne dominantné druhy by získali dostatok času na elimináciu menej kompetitívnych druhov.)

64. Opíšte, ako veľkosť ostrova a vzdialenosť ostrova od pevniny ovplyvňujú rozmanitosť druhov na ostrove.

(Imigrácia druhov na ostrov klesá so vzrastajúcou vzdialenosťou a rastie so vzrastajúcou rozlohou. Vymieranie druhov je nižšie na veľkých a menej izolovaných ostrovoch. Počet druhov na ostrove je z veľkej časti určený rozdielom rýchlostí imigrácie a vymierania, najväčšie množstvo druhov sa vyskytuje na veľkých ostrovoch blízko pevniny a najmenšie na malých ostrovoch ďaleko od pevniny.)

65. Prečo je prenos energie v ekosystéme označovaný ako prúd energie a nie energetický cyklus?

(Energia sa presúva cez ekosystém, vstupuje doň vo forme slnečného žiarenia a vystupuje vo forme tepla. V rámci ekosystému sa nerecykluje.)

66. Prederavený hltan sa vyskytuje aj u najpôvodnejších chordátov ako plášťovce a kopijovce, ktoré ho používajú ako sitko pri filtrácii potravy z vody. Aký význam má prederavený hltan napríklad u žralokov, alebo dravých rýb, ktoré sa živia kusmi potravy a nie filtráciou?

(Prederavený hltan u vyšších chordátov - stavovcov má úlohu privádzať vodu k žiabram. Táto funkcia prederaveného hltana je z hľadiska evolúcie nová, pretože filtrujúce malé chordáty získavajú kyslík povrchmi, nemajú žiabre)

67. Ako by vyzeral životný cyklus ľudí, ak by dochádzalo k zmenám generácií podobných rodozmeně rastlín? Predpokladajte, že mnohobunková diploidná fáza je podobná dospelému človeku.

(Mnohobunkové diploidné štádium nemôže produkovať gaméty, namiesto toho by dospelý muž a žena produkovali v procese meiózy haploidné výtrusy. Zo spór by vyrástli mnohobunkové ženské a mužské haploidné fázy, ktoré by predstavovali najväčšiu odlišnosť od reality (máme jednobunkové haploidné gaméty) a produkovali by pohlavné bunky. Jednotlivec haploidnej fázy by sa mohol podobat' na nás (izomorfná rodozmena), alebo by mohol byť úplne iný.)

68. Vytvorte schému (tabuľku), kde bude v súvislostiach ontogenéza a systém živočíchov. Použite tieto termíny: zygota, invaginácia, archenteron, gastrula, trojlistovce, coelom, mezoderm, ektoderm, schizocoel, pseudocoel, mechúrniky, prvoústovce, blastula, druhoústovce, endoderm, dvolistovce, ploskavce, okrúhlovce, obrúčkavce, bilaterálna a radiálna súmernosť, ostnatokožce, chordáty, anus.

(?)

69. Vytvorte z uvedených výrazov zmysluplný text týkajúci sa evolúcie človeka. Použite všetky výrazy, možnosť použitia iných výrazov je neobmedzená, Povinné výrazy: globálne zmeny klímy, mitochondriálna Eva, australopithecus, sapientácia, hominizácia, Homo habilis, Homo erectus, savana, bipédia, brachiácia, kromaňonský človek, Homo heidelbergensis, 600 – 750 cm³, paleoantropológia, Gánovce, „Lucy“, Afrika, vymretie pred cca 28 000 rokmi, používanie nástrojov, výroba nástrojov, odontoklastická kultúra, používanie ohňa, neurokranium, splanchnokranium, Homo rudolfensis, populácia, prírodný výber, 400 – 450 cm³, pochovávanie mŕtvych, migrácia, redukcia pohlavného dimorfizmu, estetické cítenie, kanibalizmus.

(?)

70. Vysvetlite súvis vnútorného oplodnenia so suchozemským spôsobom života?

(Vonkajšie oplodnenie je možné len u zvierat žijúcich vo vode, ktorá poskytne gamétam ochranné prostredie z hľadiska vyschnutia, či veľkého tepelného rozdielu. Prenos pohlavných buniek na súši vzduchom je nemožný, problematický, preto sa vyvinula kopulácia a prenos gamét sa deje „z vnútra do vnútra“)

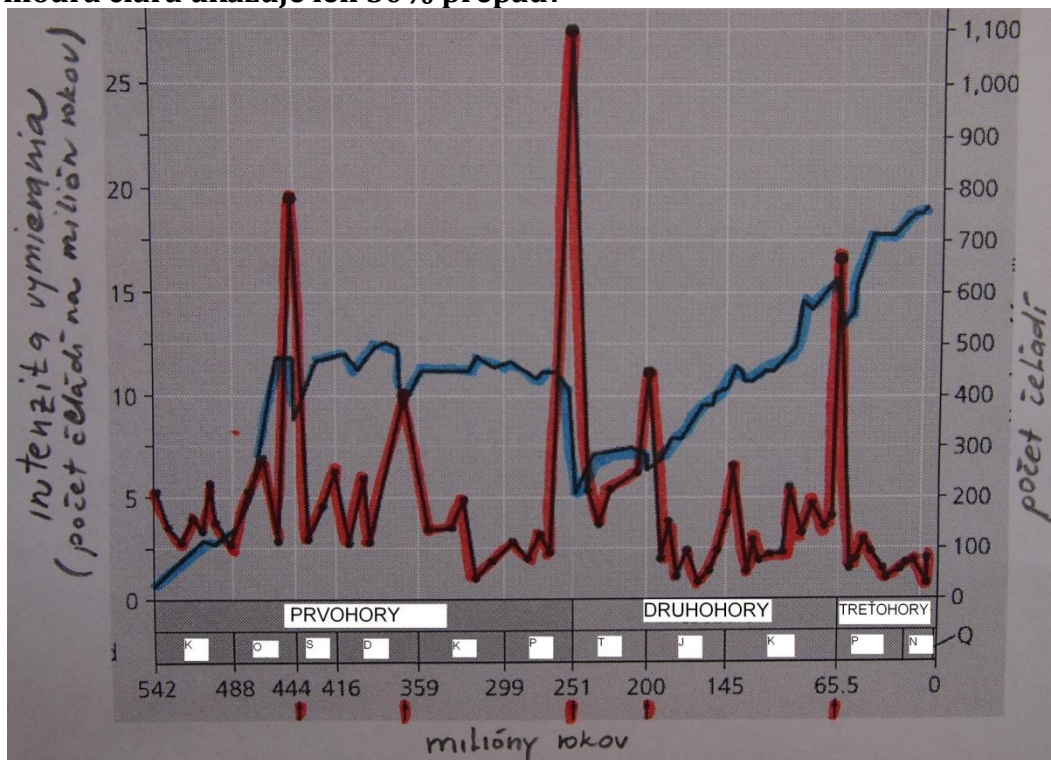
71. Vinblastin je štandardný chemoterapeutický liek používaný pri liečbe rakoviny. Zasahuje do tvorby a usporiadania mikrotubulov. S čím môžeme spojiť účinok vinblastinu?

- a) s poruchami tvorby deliaceho vretienka
- b) s inhibíciou regulačných proteínov fosforylácie
- c) potlačí produkciu regulačnej molekuly bunkového cyklu – cyklínu
- d) inhibuje syntézu DNA

Svoju odpoveď zdôvodnite.

(a, pretože deliace vretienko, potrebné na správny priebeh delenia buniek je zložené z mikrotubulov, bunky nádoru sa tak nemôžu deliť)

72. Na grafe je znázornených päť známych opakovaných hromadných vymieraní (píky) znázornených červenou farbou. Píky sú znázornením vymierania čeladi morských živočíchov, ktoré prerušovali celkový nárast počtu čeladi morských živočíchov znázornených modrou líniou. 96% morských druhov živočíchov vymrelo v perme. Vysvetlite, prečo teda modrá čiara ukazuje len 50% prepad?



(Modrá krivka zastupuje triedy morských živočíchov. Triedy často obsahujú mnoho druhov, z čoho vyplýva, že percento vyhynutých tried bude nižšie, ako percento vyhynutých druhov.)

73. Prečo je triedenie ľudí na rasy neopodstatnené a nevedecké?

(Vnútrodruhová variabilita sa u človeka prejavuje aj v rozdielnej farbe kože. Tri rasy, ktoré sa tradične vyčleňujú sú umelo vytvorené skupiny bez akéhokoľvek vedeckého podkladu. Všetkých pôvodných obyvateľov by sme podľa teórie troch rás zaradili do čiernej či negroidnej rasy. Problém je v tom, že pri analýze aj iných

znakov ako je farba kože sa zistilo, že ľudia zo subsaharskej Afriky sú geneticky omnoho pesterší ako zbytok celého sveta dohromady. Vysvetľuje sa to tým, že história moderného človeka trvá v Afrike už 200 000 rokov, ale mimoafrické populácie majú len 50 000 rokov. To síce stačilo na odlíšenie populácií napr. vo farbe kože, ale iné znaky nie sú tak variabilné ako u spomínaných Afričanov. Triedenie ľudí na presne ohraničené rasy vedie k rasizmu. Všetci ľudia sú si rovní v právach, a zároveň je každý človek iný od druhého po biologickej stránke. Nemôžeme roztriediť miliardy rôznych prvkov do troch množín. Zároveň všetci ľudia tvoria jeden biologický druh. Vysvetlenie je v populačnom chápaní druhu. Typologické chápanie druhu umožnilo nesprávne definovanie rás.

Ďalšie vhodné problémové úlohy poskytujú genetické príklady, kde najmä v populačnej genetike ide o medzipredmetové vzťahy s matematikou, ďalej napr. osmotické javy a podobne.

Vyhodnocovanie PISA otvorených úloh je zložité a je realizované podľa podrobného a návodu zostaveného na základe reálnych odpovedí žiakov. Okrem stupňa správnosti a úplnosti žiakovej odpovede, bol zaznamenávaný aj konkrétny typ odpovede, alebo prístup žiaka. V teste bolo aj niekoľko integrovaných úloh, ktorých jednotlivé otázky boli zamerané na rôzne zložky gramotnosti. V teste boli úlohy typu „problem-solving“ (Palečková, 2003).

2.2 Problémové úlohy - ukážka žiackych riešení a ich vyhodnotenia, odporúčania pre prax

Pri práci na nižšie uvedených problémových úlohách som zvolil metódu tzv. „open book test“. Na rozdiel od klasických testov, pri riešení problémových úloh sa odbúra odpisovanie. Učiteľ má dobrý pocit, keď vidí ako žiaci pracujú a hľadajú usilovne informácie z rôznych zdrojov. Niekedy povolujem aj prácu s internetom, pričom žiaci pracujú v učebni, kde na hlavnom počítači učiteľ kontroluje ich prácu. Hodnotenie žiackych odpovedí, či riešení problémových úloh je náročnejšia činnosť pre učiteľa. Dôležité je, aby mal učiteľ návod, podľa ktorého bude riešenia hodnotiť. V prípade otázok s výberom odpovede a uzatvorených otázok s tvorbou odpovede je uvedená správna odpoveď. Návody na vyhodnocovanie otvorených otázok s tvorbou odpovedí sú podrobnejšie. Obsahujú jednak všeobecné kritériá pre posúdenie kvality odpovede, jednak pre ilustráciu konkrétne príklady možných žiackych odpovedí. Vybral som na ukážku zadania s výberom odpovede aj s tvorbou odpovedí, pričom úlohy patria do kategórie tzv. otvorených (Obr.2,3). Tomášek (2004) odporúča, aby žiaci v otvorených úlohách formulovali, či zdôvodňovali závery, alebo vyjadrovali vlastné názory. Odpovede na takéto otázky často obsahujú správne i nesprávne a mnohokrát tiež úplne nepodstatné prvky. Pri hodnotení odpovedí na tieto otázky sa posudzuje, či žiakovo riešenie vyhovuje požiadavkám otázky bez ohľadu na to, či je elegantné, alebo kostrbaté. To znamená, že sa hodnotenie zameriava na vyhľadávanie správnych prvkov, namiesto strhávania bodov za nesprávne alebo nepodstatné prvky. Ak odpoveď spĺňa všetky stanovené kritériá, je označená ako úplná odpoveď a žiakovi je pridelené príslušné bodové ohodnotenie (napr.1 bod, 2 body apod.). Ak odpoveď kritériá nespĺňa, je označená ako nevyhovujúca, a žiak nedostane žiadny bod. Niektoré otázky umožňujú získanie čiastočného bodového ohodnotenia za čiastočnú odpoveď, ktorá spĺňa len niektoré z uvedených kritérií. Čiastočná odpoveď je väčšinou pridelená vtedy, keď žiak použije správny postup, ale dopustí sa v ňom nejakej chyby. V niektorých otázkach

sa okrem kvality odpovede hodnotí aj postup, ktorým žiak k svojej odpovedi dospel. V takom prípade môžu byť postupy riešenia zohľadnené bez ohľadu na úplnú správnosť riešenia. Ak je z odpovede zrejmé, že žiak pochopil problém a použil k jeho riešeniu správny postup, netreba trvať na bezchybnej formulácii, alebo formálne presnom grafickom znázornení. Vzhľadom k tomu, že ide o test riešenia problémových úloh, a nie o písomnú prácu z materinského jazyka, nemali by byť žiakom strhávané body za pravopisné chyby.

Podľa Palečkovej (2003) vyžadujú odpovede na všetky otvorené otázky a na niektoré uzatvorené otázky odborné vyhodnotenie, pričom by mala platiť zásada, že v prípade pochybností sa priraduje hodnotenie, ktoré je pre žiaka výhodnejšie.

Úlohy na dopĺňovanie sú na hodnotenie pomerne jednoduché. Body sa pridávajú podľa správne doplneného výrazu do vynechaného miesta v texte. Následne sa môžu získané body previesť na percentá a použije sa pri hodnotení známku dohodnutá stupnica. Používame jednotnú stupnicu pre vzdelávaciu oblasť človek a príroda ($100\%-90=1$, $89-75=2$, $74-50=3$, $49-30=4$, $29-0=5$). V uvedenom konkrétnom prípade (Obr.5, Príloha 1), mali žiaci dopĺňovať zložitý text, ale mali vhodné výrazy v pomiešanom poradí na výber pod textom. Tento typ úlohy vyžaduje najmä porozumenie, či pochopenie odborným termínom. S dopĺňovaným konkrétnym textom sa žiaci nestretli, to znamená že sa ocitli v novej situácii, ktorej riešenie si vyžaduje zmysluplné osvojenie pojmov a čítanie s porozumením. Úlohy (Obr. 3 a 5), tiež nie sú pre vyhodnotenie príliš náročné. Žiaci mali správne pomenovať obrázky alebo situácie, za čo získavali body s možnosťou prevodu na percentá a známku. Žiaci museli identifikovať obrázky, ktoré v takej konkrétnej podobe k dispozícii nemali. Na identifikáciu potrebovali zmysluplne pochopiť jednotlivé štádiá rodozmeny semenných rastlín a slovnej aj grafickej podobe. Následne mali tieto obrázky použiť pre zostrojenie cyklu rodozmeny. Tieto dve úlohy mali viac správnych alternatívnych riešení (niektoré obrázky inou formou dokumentovali to isté.) Najväčšie ťažkosti pre učiteľa, prináša hodnotenie tzv. otvorených otázok. Návrh riešení ako manuál pre hodnotenie je tak funkčný v obmedzenej miere. (Obr. 1, Obr.2 a 3).

didaktický komentár	V úlohách žiaci uplatňujú poznatky z biológie rastlín (rodozmena, rozmnožovanie rastlín) a základov evolučnej teórie. Riešia veľmi náročné úlohy z uvedenej tematiky z pohľadu evolúcie. Biologické poznatky majú význam len z hľadiska evolúcie, ale vyvedenie súvislostí v konkrétnych situáciách navodených problémovými úlohami je na žiakoch.	
spôsob hodnotenia	každá úloha max. 5 bodov	
zadanie problémových úloh	<ol style="list-style-type: none"> Niektoré znaky chýbajúce výtrusným rastlinám viedli k veľkému evolučnému úspechu semenných rastlín na súši. Uveďte tieto znaky a vysvetlite ich súvislosť s osídľovaním súše semennými rastlinami? Porovnajzte stavbu a funkcie šištinky u borovicorastov a kvetu. Ak peľové vrecúško prerastie ľahšie a rýchlejšie kratšou stielkou, prečo väčšina kvitnúcich rastlín má veľmi dlhú čnelku? Samooplodnenie má jasné nevýhody ako reprodukčná stratégia v prírodnom ekosystéme a nazýva sa aj ako „evolučná smrť“. V tejto súvislosti je prekvapujúce, že až 20% druhov krytosemenných rastlín sa na samooplodnenie stále spolieha. Vysvetlite ako je možné, že samooplodnenie je výhodou a zároveň z hľadiska evolúcie smrteľným koncom? 	
navrhované správne odpovede	prvá úloha	<ol style="list-style-type: none"> redukované gametofyty semenných rastlín sú chránené a využívajú sporofytom na rozdiel od gametofytov výtrusných rastlín semená majú ochrannú vrstvu - osemenie, chrániace embryo semená obsahujú málo vody - ochrana pred environmentálnym stresom (chlad, nedostatok vody, žiarenie) semená obsahujú výživu pre embryo
	druhá úloha	<ol style="list-style-type: none"> šišťičky aj kvety majú modifikované výtrusné listy (výtrusnice, čiže vajčička) produkujúce výtrusy šišťičky sú jednopohlavné, kvety bývajú častejšie obojpohlavné šišky majú vreteno a tyčinky, alebo podporné listene so semennými šupinami s nahými vajčkami, zatiaľ čo kvety majú modifikované listy na kvetné obaly a plodolisty, ktoré môžu zrastať a tvoria obal na vajčička - plástik, ktorý sa mení na plod
	tretia úloha	dlhé čnelky pomáhajú vyradiť peľové zrná, ktoré sú geneticky menejcenné, pretože nie sú schopné klíčiť v peľové vrecúško
	štvrtá úloha	krátkodobé samooplodnenie môže byť výhodné pre populácie, ktoré sú tak riedko rozptýlené, že distribúcia peľu je neúčinná, alebo nespoľahlivá. Z dlhodobého hľadiska je samooplodnenie evolučnou smrťou, pretože vedie k zníženiu diverzity, a tým vopred vylučuje uplatnenie prispôsobenia populácie adaptáciou.

Obr. 1 Návrh na hodnotenie otvorených otázok

Prameň: vlastný návrh

1. Niektoré znaky chýbajúce výtrusným rastlinám viedli k veľkému evolučnému úspechu semenných rastlín na súši. Uvedte tieto znaky a vysvetlite ich súvislosť s osídľovaním súše semennými rastlinami?
2. Porovnajzte stavbu a funkcie šištinky u borovicorastov a kvetu.
3. Ak peľové vrecúško prerastie ľahšie a rýchlejšie kratšou stielkou, prečo väčšina kvitnúcich rastlín má veľmi dlhú čnelku?
4. Samooplodnenie má jasné nevýhody ako reprodukčná stratégia v prírodnom ekosystéme a nazýva sa aj ako „evolučná smrť“. V tejto súvislosti je prekvapujúce, že až 20% druhov krytosemenných rastlín sa na samooplodnenie stále spolieha. Vysvetlite ako je možné, že samooplodnenie je výhodou a zároveň z hľadiska evolúcie smrteľným koncom?

1. Ak dôsledok evolúcie a prispôbovania súchozemským podmienkam na semenných rastlinách spojili špecifické rozmnožovacie orgány - kvety. Hlavný borovicorast má samičie a samčie kvety šištinky. U kvetov semenných rastlín sa vyvíjajú samičie kvetinky a samičie kvety. Rozlišovacia jednotka je semená. Pohládňujú mu procesy vzniku samičích a samičích gamét (gametogéneza) a procesy opelenia a oplodnenia.

2. Kvety semenných rastlín sú diploidné, pretože majú pohládňujúce orgány. Naše kvety splnia kvety. Pri borovicorastoch má kvety len jeden ok - integument sedi na semenných šupine (pohládňujúci list). Preto sa borovicorasty nazývajú aj nahosemenné rastliny. Kvety magnoliarastov majú 2 integumenty, vyvíjajú sa v semenníku pohládňujú. Preto sa magnoliarasty nazývajú aj krytosemenné rastliny.

- Semenná šupina sa premení na kvetku. Samičia kvetná šištinka s kvetnými semenami podľahne roztrhaniu a vytvorí otvorenú šištiku. Počas sa v nej semenná kvetka má unášať vetrom. Na pohládňujúce podmienky sa uchýlia v pohládňujú a časom vyklíčia.

3. ~~Samoplodnenie - opelenie vlastným peľom~~

5. ~~Samoplodnenie - opelenie vlastným peľom~~
~~by sa kvety opelené svojimi peľmi~~
~~by sa kvety opelené svojimi peľmi~~
~~by sa kvety opelené svojimi peľmi~~

4. - ak by došlo k samooplodneniu ich potomkovia by mali rovnaké znaky ~~ako ich rodičia~~
 a množili by sa prispôbiť inému prostrediu a došlo by k následnej vyhynutiu rastlín.

Obrázok 2 Žiacke riešenie problémových úloh

Prameň: vlastný návrh

- ~~fragment~~ - peľové a my sa ukladajú semená a vybušú
 ktoré rastú iba čisto vyprodukuje veľmi veľké a
 veľké sa musí rozširovať ~~...~~

① Výtvarné - ~~sa~~ vegetatívne → rozmnožujú sa kôrnými
 časťami stielky a vybušujú vo vybušniciach

semenné - sa vegetatívne rozmnožujú - pod kôrnými, kôrnými
 hl. sú pod kôrnými, odvetvami, úbočiami a
 kôrnými púčikmi

- peľo mali úspech semenné kôrné keď očakáme a
 kôrné kôrné vegetatívne organizmy tej rastliny → ~~...~~
 nové (vznikne nová rastlina) čo je vybušenie
 sa museli opísať že vybušenie pri dostatočných podmienkach
 a porovnať sa vybušenie a ešte aj keď u toho niektoré
 materiál veľmi drahý; takže by ~~...~~ po
 vybušení vybušenie rastliny nemali pokračovanie

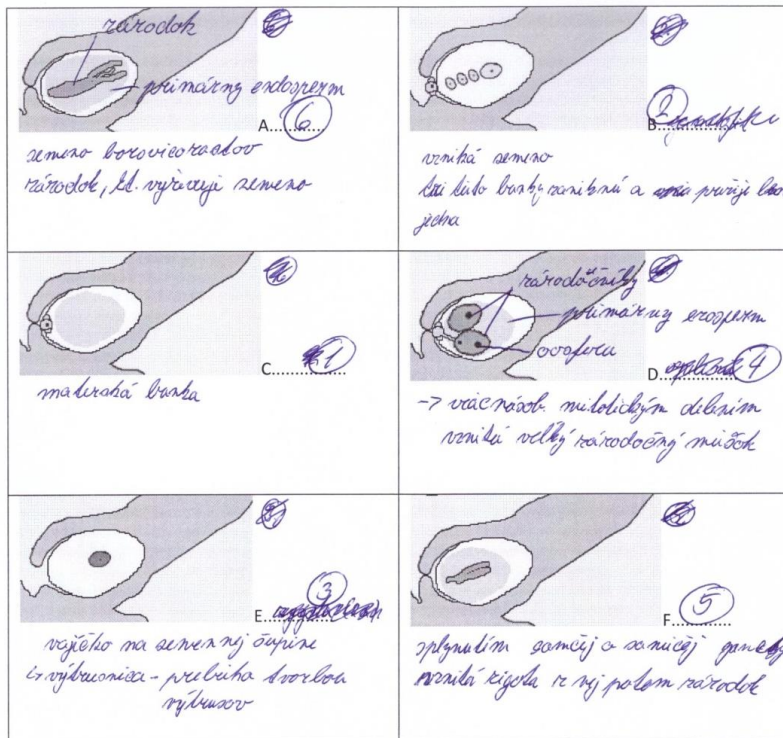
→ keď si ľudia robili kôrné v záhradkách so
 semenými rastlinami kôrné mali úspech

Obrázok 3 Žiacke riešenie problémových úloh

Prameň: vlastný návrh

V týchto problémových úlohách urobila žiacka množstvo chýb, aj keď produkovala rozsiahle slovné odpovede (Obr.3). Riešenie úlohy 1 dokumentuje nesprávne pochopenie zadania, pretože ako dôvod evolučného úspechu uvádza nesprávne spôsoby vegetatívneho rozmnožovania. Je pravda, že výtrusné rastliny sa častejšie rozmnožujú vegetatívne, napr. fragmentáciou stielky, ale uvedené žiacke vysvetlenie nesmeruje k týmto súvislostiam. Vysvetlenie je mimo kontext – napr. kvysvetleniu evolučného úspechu semenných rastlín udáva: „...tak si ľudia začali robiť záhradky so semennými rastlinami...“. Hodnotenie odpovede: 0/5. Niektoré rozdiely šišky a kvetu uvádza správne (1/5). Tretia odpoveď je úplne nesprávna a dokazuje nepochopenie pojmov stielka, čnelka a iných, čo rezultuje do ich nesprávneho kontextového použitia (0/5). 4. úlohu vyriešila čiastočne dobre, nesprávne uvádza výhody samooplodnenia (3/5). Celkovo žiacka získala z 20 bodov len 4, čo predstavuje známku nedostatočnú.

Dajte obrázky do správneho poradia(dopíšte poradie nad bodky) a napíšte čo zobrazujú.



- ↳ v samičom gamet. na tvorbu zárodočnitého -> každý jehna obsahuje zárodočnú diploidnú ovopétu
- ↳ pohlavie vzniká na dočasne k samičejmu gametof. => nastáva opelenie => na pohlavých bunkách sa vznikajú -> vďaka nim ich prinesie na samičiu sč. sč. čku
- ↳ samičia bunka sa delí a v regulátory b. a spermatozoia
- ↳ pohl. v. pr. prichádza na vajíčko vyklíči bez pohlav. v. č. čko, kt. sa dočasne jedna sperm. do vajíčka uloženie vo vajíčku => nastáva oplodnenie
- ↳ spojím a haploidných b. do jednej diploidnej v. č. čko z nej zárodok či bola bun. spojil
- ↳ vají. sa prameň na semeni, kt. vyvíja semeno
- ↳ vďaka odpúšťajú semeno ko sa dostane na zem a vzniká semenáčik či potom borovica

Obrázok 4 Žiacke riešenie problémových úloh

Prameň: vlastný návrh

V tejto úlohe bola sťažená situácia čiernobielym obrázkom, predpokladám, že farebný by bol vhodnejší. Problematické boli pre žiaka prvé tri obrázky – identifikácia 2n materskej bunky zárodočného miška (E), ktorá potom dáva po redukčnom delení vznik mladému jednobunkovému zárodočnému mišku, čiže prvej bunke gametofytu, či výtrusu (B), z ktorého vznikne gametofyt (C). Ďalšie obrázky sú v správnom poradí. Fakty dopísané pod obrázkom sú správne, len nie je isté ku ktorým patria. To môže nasvedčovať tomu, že žiak ich mohol odpísať a pritom im celkom nerozumie. Celkové hodnotenie je 3 body z 5, známka dobrý.

Vytvorte z obrázkov (v schéme použite písmená) schému rozmnožovacieho cyklu (rodozmenu) magnóliorastov - krytosemenných rastlín, niektoré rovnaké udalosti, či štruktúry sú na viacerých obrázkoch, vyberte len jeden. Do tabuľky dole dopíšte popis obrázkov.

Vaša schéma (z písmen a šípok):

```

    graph TD
      I --> M
      M --> S
      S --> D
      D --> C
      C --> K
      K --> E
      E --> N
      N --> R
      R --> F
      F --> G
      G --> I
  
```

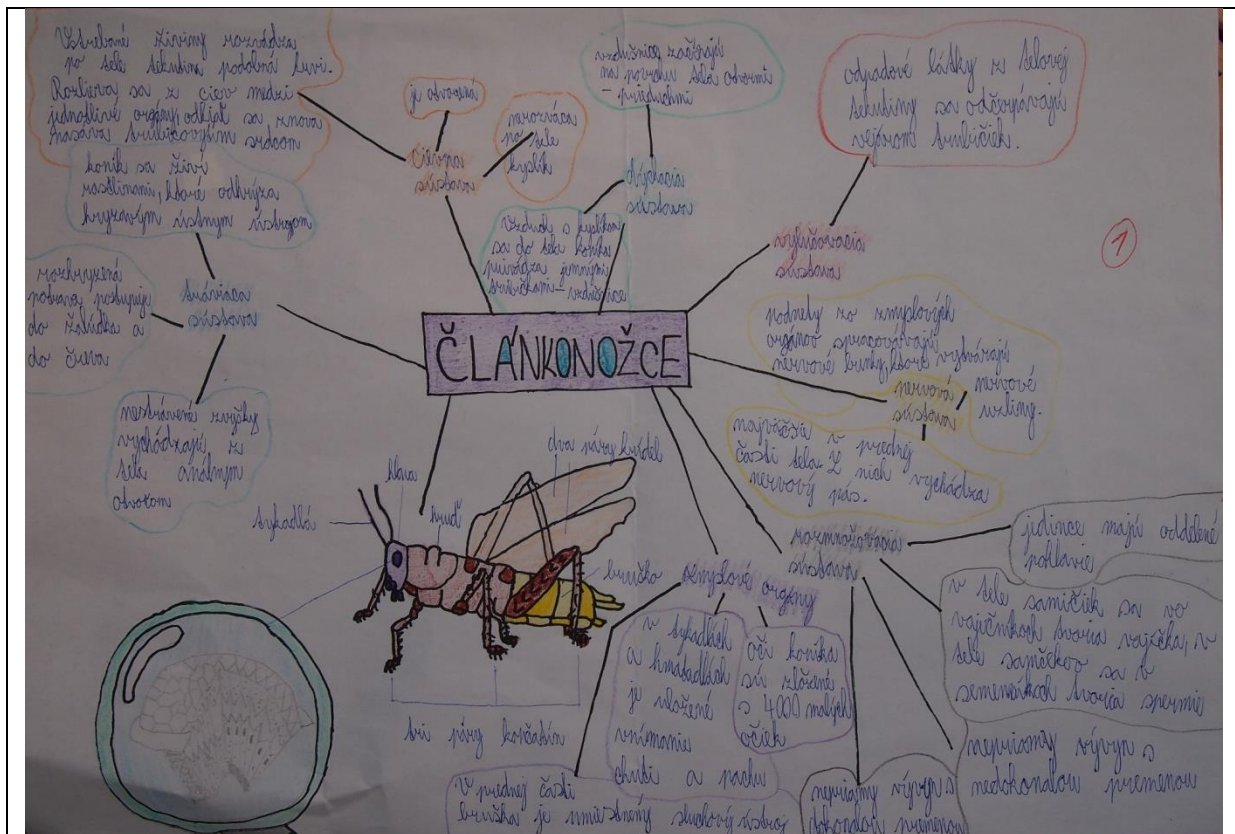
A	práchnička
B	práchnička
C	lyčinka (samčí pohlavný orgán)
D	práchnička mezoza
E	mladý sporofyt
F	práchnička v čase splynutia 2 sperm. b. a vajíčka
G	semenná v. s vajíčkami (samici pohl. orgán)
H	↳ zárodočný miesto
I	materská bunka zárodočného miesta v zraťujúcej fáze
K	peľové zrnko
L	peľové vrecúško
M	peľové zrnko a peľové vrecúško
N	semeno a embryon
Q	
P	gametofyt - veľký zárodočný miesto
R	dvójité oplodnenie
S	osyňa

Obrázok 6 Žiacke riešenie problémových úloh

Prameň: vlastný návrh

Žiacka postupovala správne, keď si systematicky vyčiarila (s chybami) obrázky týkajúce sa rodozmeny borovicorastov a zdvojené z rodozmeny magnóliorastov. Tak si pripravila prvky pre konštrukciu schémy rodozmeny. Menej úspešná bola v pomenovaní konkrétnych obrázkov do tabuľky. Tu môžeme zohľadňovať dve hľadiská. Podľa prvého si všimneme, či správne vyradila irelevantné obrázky do rodozmeny magnóliorastov (to spravila na 94%, pomýlila sa len v jednom obrázku (obr. I sa týka borovicorastov)). Druhé hľadisko je správne pomenovanie situácie štruktúr na obrázkoch, čo riešila menej

správne (67%, 8 z 12). Navyše zamieňa pojem zrelý zárodočný miešok so semenníkom piestika. V poslednom kroku mala použiť vybrané obrázky na zostavenie schémy rodozmeny. Ak by sme postupovali v hodnotení tak, že schéma musí byť správna ako celok, pravdepodobne by sme museli dať 0 bodov. Preto navrhujem hodnotiť aspoň správne zoradené dva prvky za sebou v schéme. Navyše správne riešenie vychádza správna identifikácia v predchádzajúcom kroku. Schéma je s menšími chybami hodnotiteľná známku chválitebnú. Celkovo žiacka by mala byť ohodnotená známku chválitebnú.



Obrázok 6 Žiacke riešenie problémových úloh

Prameň: vlastný návrh

Žiaci v príme dostali za úlohu vytvoriť pojmovú mapu z kapitoly z učebnice o sústavách článkonožcov (Obr.7). Žiaka som ohodnotil známku výbornú, pretože sa techniku pojmového mapovania, pomocou ktorej si tvoria schémy namiesto poznámok, ešte len učia. Správne vyčerpali všetky kľúčové pojmy a pavúkovým spôsobom aj správne pochopili a vyjadrili úroveň pojmov, prejavili pochopenie súvislosti medzi pojmi, význam a ich rangový systém. Nedostatočné je grafické prevedenie, priestorovo nerozlišil na dispozičnom formáte úrovne jednotlivých pojmov. Stráca sa tak vizuálna hodnota, dôležitá pre zapamätávanie si učiva na základe vizuomotorickej percepcie.

ZÁVER

Problémové úlohy a problémové vyučovanie pokladám za jednu s metodických ciest ako sa vyrovnat' s nekvalitou vo výchove a vzdelávaní. Žiaci na Slovensku majú často v hlavách rozsiahle zoznamy nepoužiteľných, prázdnych informácií, nečudo, že škola ich nebaví. Vedomosti sa až vtedy stanú skutočnými, ak ich vieme, alebo naši žiaci použiť. Zmysluplné zvládnutie pojmov môžu preukázať dobre premyslené a formulované problémové úlohy. Ich príprava je pre učiteľa náročná, preto sa v mojej OPS pokúšam o navodenie inšpirácie pre pedagogických praktikov. Pokladám za dôležité, aby sa v zbierkach úloh uvádzali aj správne odpovede, alebo ich návrhy. Uľahčí sa tým oprava a hodnotenie problémových úloh učiteľom. Najväčší odborný problém predstavujú tzv. otvorené úlohy, či otázky, kde nie je ani možné podať vyčerpávajúci kľúč správnych odpovedí. Hodnotenie takýchto úloh si vyžaduje pedagogickú prax, citlivosť učiteľa, schopnosť vžiť sa do žiakovho myslenia a jeho prekonceptov, ktoré mu možno nesprávne formovala aj škola. Správne pochopenie a aplikácia problémových úloh vo vyučovaní prináša prvky autentického a zmysluplného vyučovania čo by mal byť cieľ každého vzdelávania a výchovy.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ZDROJOV

1. ČÁP, Jan a Jiří MAREŠ. Psychologie pro učitele. Vyd. 1. Praha: Portál, 2001, 655 s. ISBN 80-717-8463-X.
2. FENYVESIOVÁ, Lívia. *Teória vyučovania - vybrané kapitoly*. 1. Nitra: PF UKF v Nitre, 2013. ISBN 978-80-558-0392-0.
3. KLIČKOVÁ, Marie. *Problémové vyučování ve školní praxi: vyučovací proces, učivo a jeho výběr, metody, organizační formy vyučování*. 2., rozš. a aktualiz. vyd., [V nakl. Grada] vyd. 1. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1989, 322 s. ISBN 80-042-3522-0.
4. KOTRBA, Tomáš a Lubor LACINA. *Aktivizační metody ve výuce: příručka moderního pedagoga*. 3. vyd. Brno: Barrister & Principal, 2015, 185 s. ISBN 978-80-7485-043-1.
5. KUBEROVÁ, Helena. *Didaktika ošetřovatelství: vyučovací proces, učivo a jeho výběr, metody, organizační formy vyučování*. Vyd. 1. Praha: Portál, 2010, 246 s. ISBN 978-80-7367-684-1.
6. PETTY, Geoffrey. *Moderní vyučování*. Vyd. 4. Praha: Portál, 2006, 380 s. ISBN 80-736-7172-7.
7. POSTLETHWAIT, John H a Janet L HOPSON. *Nature of life*. New York: McGraw-Hill Book Company, 1989, 820 s. ISBN 0075570351.
8. REECE, Jane B. *Campbell biology*. 9th ed. Boston: Pearson, c2011, 1309, [147] s. ISBN 978-0-321-73975-9.
9. ROSA, Vladislav. *Metodika tvorby didaktických testov*. 1. Bratislava: Štátny pedagogický ústav, 2007. ISBN 978-80-89225-32-3.
10. SKALKOVÁ, Jarmila. *Obecná didaktika: vyučovací proces, učivo a jeho výběr, metody, organizační formy vyučování*. 2., rozš. a aktualiz. vyd., [V nakl. Grada] vyd. 1. Praha: Grada, 2007, 322 s. ISBN 978-80-247-1821-7.
11. SLUKA, Tomáš. *Student-led Conference: Nová metóda sebahodnotenia v praxi*. 1. Bratislava: MPC, 2013. ISBN 978-80-8052-472-2. Dostupné z: http://www.mpc-edu.sk/library/files/T_Sluka_Student_-led_Conference_1.pdf
12. TUREK, Ivan. *Didaktika*. 3. Bratislava: Wolters Kluwer, s.r.o., 2010. ŠKOLA, 15. ISBN 978-80-8168-004-5.
13. TUREK, Ivan. *Inovácie v didaktike*. Bratislava: MPC, 2004. ISBN 80-8052-188-3.

Internetové zdroje

1. Metodický pokyn č. 21/2011 na hodnotenie a klasifikáciu žiakov stredných škôl. Dostupné z: <https://www.minedu.sk/metodicky-pokyn-c-212011-na-hodnotenie-a-klasifikaciju-ziakov-strednych-skol/>

2. PALEČKOVÁ, Jana a Dana MANDÍKOVÁ. *NETRADIČNÍ PŘÍRODOVĚDNÉ ÚLOHY* [online]. Prvé. Praha: Ústav pro informace ve vzdělávání – Divize Nakladatelství TAURIS, 2003 [cit. 2015-06-07]. ISBN 80-211-0460-0. Dostupné z: <https://kdf.mff.cuni.cz/vyzkum/materialy/netradicni-prirodovedne-ulohy.pdf>
3. *PISA 2012 Výsledky medzinárodného výskumu 15 – ročných žiakov v oblasti – Riešenie problémov z pohľadu Slovenska* [online]. In: . Národný ústav certifikovaných meraní vzdelávania NÚCEM [cit. 2015-05-31]. Dostupné z: http://www.nucem.sk/documents//27//PISA_2012_problem_solving.pdf
4. TOMÁŠEK, Vladislav a Eva POTUŽNÍKOVÁ. *NETRADIČNÍ ÚLOHY Problémové úlohy mezinárodního výskumu PISA* [online]. Prvé. Praha: Ústav pro informace ve vzdělávání – divize Nakladatelství TAURIS, 2004 [cit. 2015-06-07]. ISBN 80-211-0484-8. Dostupné z: <http://www.csicr.cz/getattachment/cz/O-nas/Mezinarodni-setreni-archiv/PISA/PISA-2003/Netradicni-ulohy-Tomasek.pdf>

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha 1 Doplnovačka – správne odpovede

Príloha 1 Doplnovačka – kľúč správnych odpovedí

Vajčička sú pri nahosemenných rastlinách uložené viac-menej voľne na **semenných župinách**, preto tieto rastliny označujeme ako **nahosemenné**.

V semenách krytoseменной rastliny je uložené **embryo**. Za vhodných podmienok začne semeno klíčiť (rastie embryo) a vyrastá z neho diploidný **sprôstok**. V prvom štádiu vývoja klíčiaceho semena sa objavujú klíčne listy, ktorých počet býva niekedy použitý ako základ klasifikácie krytosemenných rastlín (na jedno- a dvojkľúčolistové rastliny).

Narastajúce **eporoché**, v čase pohlavnej dospelosti sa, utvoria kvety. Zrastením viacerých samičích pohlavných orgánov - výtrusnic - vzniká **vajčička** (prostredná výtrusnica) a vajčičkové obaly (ostatné výtrusnice). Obaly vajčička - integumenty - sú dva, vzácnjšie jeden, a obrastajú celé vajčičko. Na vrchole však zostáva nezrastený otvor - peľový vchod. Vajčičko je chránené plodolistami, ktoré niekedy zrastajú a vytvárajú piestik. V jednom piestiku sa môže nachádzať aj viac vajčičok. Vajčička sú spojené s tzv. placentou vajčičkovou šnúrou.

Vo vajčičku, ktoré je mnohobunkové, vzniká jedna veľká bunka - **materská bunka zárodočného miesta**. Tá vstupuje do **redukčného (meiotického)** delenia, po ktorom vzniknú 4 **haploidné** bunky. Tri z nich zaniknú, štvrtá sa nazýva **haplobunkový materský zárodočný útvor** (je homológický so samičím výtrusom). V ňom prebehne 3 **mitotické** delenia a vznikne tak 8-jadrový 7-bunkový útvar. V jeho strede vzniká diploidné **generatívne jadro**, k hornému koncu útvaru sa premiestni valcová bunka - **materná**. Ostatné bunky sa rozdeľujú na syngédy a antipódy.

Č (samčie) pohlavné orgány sú **strobily**. V tyčinkách vznikajú peľové komôrky a v nich **peľové zrnko**. V čase zrelosti sa peľové zrnko skladajú z jednej **vegetatívnej** a jednej **generatívnej** bunky, alebo z jednej **vegetatívnej** a dvoch **generatívnych** buniek. Peľové zrnko sa musí nejakým spôsobom dostať na **blíziu** piestika (za pomoci vetra, živočíchov...). Tento proces sa nazýva **opelenie**. Na **blízne** začne peľové zrnko klíčiť a vzniká peľové **trubicisko**. To preniká až k **vajčičke**. Jedna generatívna bunka **oplodní** vajcovú bunku, z nej vznikne **zygota** a postupným **mitotickým** delením **zarodok** budúcej rastliny. Druhá **generatívna** bunka oplodní **centrálnu látku**, ktoré je však už pred oplodením **haploidná**, preto oplodením vzniká triploidná bunka, z ktorej sa utvorí triploidný tzv. sekundárny endosperm. Vajčičko sa postupne zmení na **semeno** a **piestik - semeník** (plodolisty) na plod. Antipódy a syngédy zaniknú. Blízna a čnelka a nepodielajú na vzniku plodu a väčšinou tiež zaniknú.

Machorasty majú výrazné striedanie generácií. Prevalu má **gametofyt**. Z jednobunkového haploidného **gameta** vyklíči vo vhodnom prostredí zelený **gametofyt**. Na ňom sa vyvinú z púčikov zelené rastlinky machov, ktoré sú jednodomé alebo dvojdomé. Jednodomé majú oba typy **pohlavných** orgánov **na jednom** rastlínke. Dvojdomé majú na samčích rastlínkach machu samčie pohlavné orgány a na samičích rastlínkach samičie pohlavné orgány. V **blíznom chobe** sa tvoria samčie pohlavné bunky (spermatozoidy). V **zárodočníčkoch** je nepohyblivá samičia pohlavná bunka (**vajcová bunka oostera**). Oplodnenie sa uskutoční vo vodnom prostredí (stačí aj rosa), kde sa spermatozoidy pohybujú k **zárodočníčkom**. Splynutím buniek vzniká **zygota**, z ktorej sa vyvinie diploidná valcovitá stopka s **výtrusnicou**. Vo vnútri výtrusnice prebieha **meioza** vznik haploidných výtrusov. Rodozmena je rovnakovýtrusová a rôznotvará.