

Číslo súťažiaceho:

Biologická olympiáda
Kolo: Celoštátne
Kategória: B
Teoreticko-praktická časť

Ročník: 60.

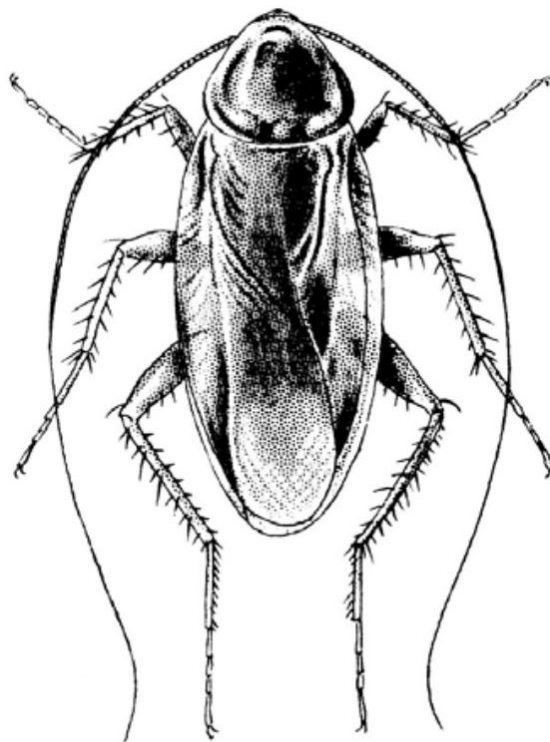
Školský rok: 2025/2026

Praktická úloha č. 2 (45 bodov, 90 minút)

Téma: Anatómia, morfológia a evolúcia hmyzu

Hmyz predstavuje mimoriadne úspešnú skupinu živočíchov, a to aj napriek malým rozmerom väčšiny jeho zástupcov. Jeho aktivita je úzko prepojená s našim každodenným životom a rozmanitosť jeho životných foriem zohráva kľúčovú úlohu vo fungovaní ekologických systémov a poskytovaní ekosystémových služieb.

V posledných rokoch však viacerí autori upozorňujú na výrazný pokles hmyzích populácií a biodiverzity v dôsledku ľudskej činnosti. Prečo je táto taxonomická skupina taká úspešná v priebehu miliónov rokov evolúcie? Mnohé z dôvodov už pravdepodobne poznáte a cieľom tejto praktickej úlohy nie je podať vyčerpávajúce odpovede. Zameriame sa však na vybrané aspekty morfológie a anatómie hmyzu, ktoré pomáhajú pochopiť jeho výnimočné postavenie v evolúcii živočíchov.



Šváb americký (*Periplaneta americana*)

Počas práce si všimnete konkrétne vonkajšie aj vnútorné štruktúry tela hmyzu a pokúsite sa ich prepojiť s funkciou a spôsobom života. Na základe pozorovaní zodpovedajte jednotlivé úlohy.

Skontrolujte, že máte na stole všetky potrebné **pomôcky a materiál**:

- šváb argentínsky (*Blattella germanica*) - jedinec pripravený na preparáciu (Úloha 1 a Úloha 5)
- v samostatnej eppendorf mikroskúmvke jedinec hmyzu pripravený na identifikáciu (Úloha 10)
- laboratórne (chirurgické) rukavice
- nožnice
- preparačné špendlíky
- preparačná miska
- petriho miska
- pinzeta
- strička s pipetou naplnená vodou
- stereomikroskop

1. časť: Úlohy z morfológie hmyzu

Úloha 1: Pozorovanie končatín hmyzu. Hmyz patrí medzi článkonožce (Arthropoda). Ich nohy (pedes) sú článkované a primárne určené na pohyb. Existujú rôzne modifikácie končatín, napríklad skákacie, hrabavé, plávacie alebo raptoriálne. V tejto úlohe budeme uvažovať, že nohy sa skladajú z piatich hlavných častí. K telu zo spodnej strany prisadá panvička (coxa), za ktorou nasleduje chocholček (trochanter), ktorý slúži najmä na pohyblivé spojenie panvičky a stehna (femur). Stehenná časť (femur) častokrát zohráva u hmyzu veľmi dôležitú úlohu a je obzvlášť dobre vyvinutá u skákavých modifikáciách nôh. Za ňou nasleduje zvyčajne dobre vyvinutá holeň (tibia). Na konci končatiny sa nachádza chodidlo (tarsus), ktoré býva spravidla tvorené viacerými článkami (tarsalia, tarsomery) a je ukončené vankúšikmi a pazúrikmi.

Pomocou nožničiek odstráňte jednotlivé končatiny a krídla. Nohy odstrihnite tesne pri tele, hneď za panvičkou, aby ste získali celú nohu. Vytvorte dôsledný nákres nohy švába a popíšte jej jednotlivé časti. Uved'te, či jednotlivé páry nôh sú rovnako dlhé. Detailne si prezrite vonkajšiu morfológiu švába.

Nákres 1

Úloha 2: V rámci prvej úlohy ste pitvali švába. Na základe vlastného pozorovania vyberte, ktorá z nasledujúcich morfológických charakteristík švába je správna.

- A. Šváby majú hryzavé ústne orgány, dva páry nôh, zvyčajne dva páry blanitých krídel v závislosti od pohlavia, bičikové tykadlá, dorzoventrálne sploštené telo, ktoré sa člení na hlavu, hrud' a bruško.
- B. Šváby majú bodavo-cicavé ústne orgány, tri páry končatín, zvyčajne dva páry krídel v závislosti od pohlavia a druhu, ružencové tykadlá, laterálne sploštené telo, ktoré sa delí na hlavohrud' a bruško.
- C. Šváby majú hryzavé ústne orgány, tri páry končatín, bičikové tykadlá, zložené oči, jednoduché oči (ocelli), dorzoventrálne sploštené telo, ktoré sa člení na hlavu, hrud' a bruško. Ak sú krídla prítomné, majú odlišnú štruktúru (prvý pár kožovitý, druhý pár blanitý).
- D. Šváby majú hryzavé ústne orgány, tri páry končatín, bičikové tykadlá, zložené oči a jednoduché oči (ocelli), laterálne sploštené telo, ktoré sa člení na hlavu, hrud' a bruško. Ak sú krídla prítomné, majú dva páry rovnakých blanitých krídel.

Číslo súťažiaceho:

Úloha 3: Končatiny švába sú

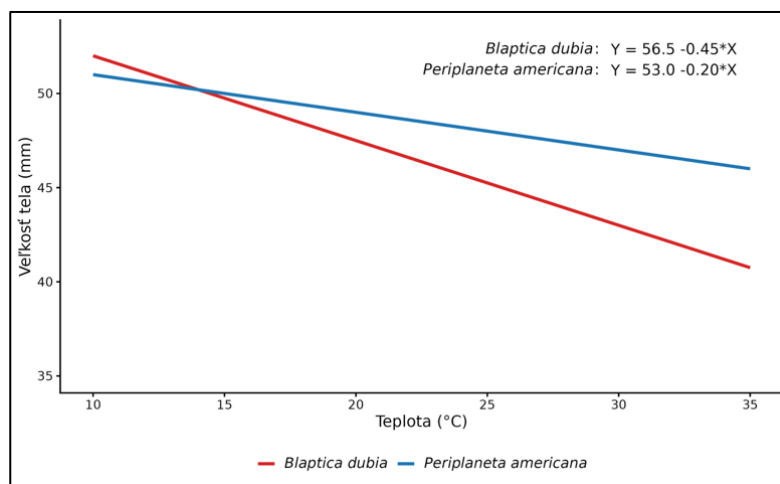
- A. behavé, dobre prispôsobené na rýchly pohyb po podklade.
- B. kráčavé.
- C. skákacie, ako u koníkov a kobyliiek.
- D. raptoriálne, určené na lov koristi.

Úloha 4: Pravidlo vzťahu teploty a veľkosti tela (temperature–size rule, TSR) hovorí, že u väčšiny ektotermných živočíchov, vrátane mnohých druhov hmyzu, vyššia teplota počas vývinu vedie k rýchlejšiemu rastu a vývinu jedincov, avšak k menšej konečnej veľkosti tela v adultnom štádiu. V tomto kontexte konečná veľkosť organizmu je determinovaná vzťahom medzi mierou rastu (growth rate) a rýchlosťou vývinu (rate of development). Keďže rýchlosť vývinu zvyčajne rastie s teplotou rýchlejšie v porovnaní s mierou rastu, konečná veľkosť má tendenciu s rastúcou teplotou chovu klesať.

Variabilita vo výslednej veľkosti tela švábov je ovplyvnená viacerými faktormi, ako je napríklad pohlavie či podmienky chovu. Predstavte si, že chováte dva druhy švábov (*Blaptica dubia* a *Periplaneta americana*) pri rôznych teplotách a meriate priemernú veľkosť ich dospelých jedincov. Na grafe (obrázok 1) nižšie sú znázornené hypotetické vzťahy medzi teplotou chovu a veľkosťou tela jedincov pre oba druhy. Lineárne vzťahy sú vyjadrené rovnicami uvedenými v grafe v pravom hornom rohu.

Vypočítajte predpokladanú veľkosť tela jedincov oboch druhov pri teplote chovu 30 °C a určite, ktorá populácia vykazuje silnejší prejav temperature–size rule.

Obrázok 1. Hypotetický graf znázorňujúci veľkosť tela vybraných druhov švábov *Blaptica dubia* a *Periplaneta americana* v závislosti od teploty ich chovu



Druh švába	Dĺžka tela pri teplote chovu 30 °C [mm]
<i>Blaptica dubia</i>	
<i>Periplaneta americana</i>	

Označte správnu možnosť:

- A. Pri 30 °C sú jedince oboch druhov rovnako veľké, pričom populácia *Blaptica dubia* vykazuje silnejšiu mieru TSR.
- B. Pri 30 °C sú jedince *Periplaneta americana* väčšie a zároveň tento druh vykazuje silnejšiu mieru TSR.
- C. Pri 30 °C sú jedince *Blaptica dubia* väčšie, pričom tento druh vykazuje silnejšiu mieru TSR.
- D. Pri 30 °C sú jedince *Periplaneta americana* väčšie a zároveň tento druh vykazuje slabšiu mieru TSR.

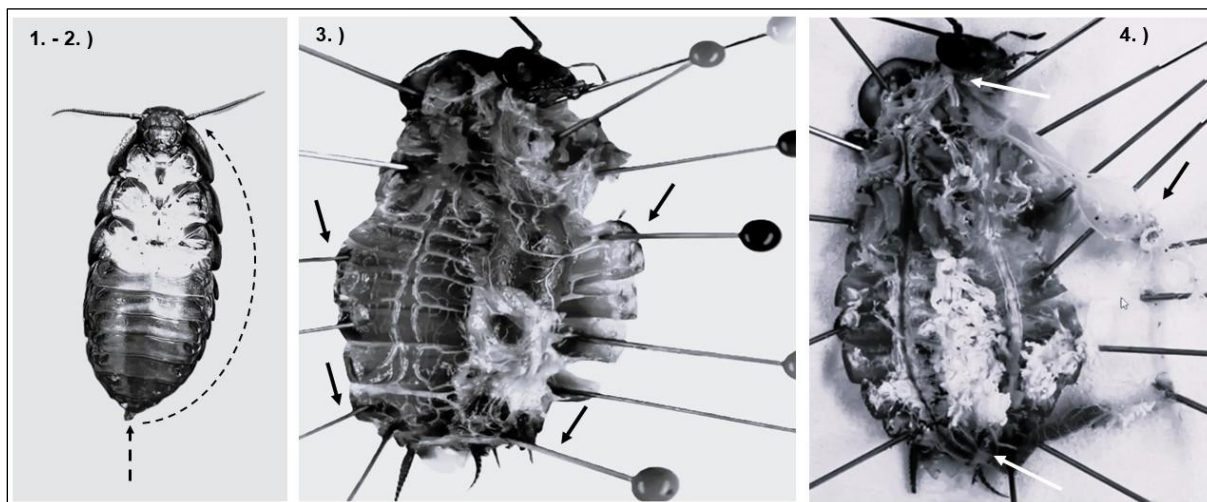
2. časť: Úlohy z anatómie hmyzu

Úloha 5: Pozorovanie tráviacej sústavy. Tráviaca sústava hmyzu má rúrovitý charakter a prebieha celým telom od ústneho otvoru až po análny otvor (anus). Je diferencovaná na tri ontogeneticky a morfológicky odlišné časti: predné črevo (stomodeum), stredné črevo (mesenteron) a zadné črevo (proctodeum). V závislosti od skupiny hmyzu v týchto častiach rozlišujeme rôzne špecializované úseky, ktoré plnia špecifické funkcie.

Od ústneho otvoru a ústnej dutiny nasleduje hltan (pharynx) a pažerák (oesophagus), ktorý posúva potravu do hrvola (ingluvies), kde dochádza k jej hromadeniu a zmäkčovaniu. Predné črevo je ukončené žuvacím predžalúdkom (proventriculus). Nasleduje stredné črevo (mesenteron), hlavné miesto chemického trávenia a vstrebávania živín. Mesenteron je tvorený žalúdkom (ventriculus), do ktorého vyúsťujú slepé tráviace výbežky (caeca gastrica), ktoré zväčšujú resorpčný povrch a produkujú tráviace enzýmy. Za ním nasleduje zadné črevo (proctodeum), ktoré tvoria časti ileum, colon a rektum. V nich dochádza k vstrebávaniu minerálnych látok a k resorpcii vody, pričom nestráviteľné tuhé zvyšky potravy sú vylučované cez análny otvor. Medzi stredným a zadným črevom sa nachádzajú Malpighiho trubice (tubuli Malpighii), ktoré predstavujú vylučovací orgán hmyzu.

Postup (vid'. text a obrázok):

1. Položte švába dorzálnou (chrbtovou) stranou na podložku.
2. Umiestnite nožničky ku análnemu otvoru a rozrežte dutinu švába po jednej bočnej strane až smerom k hlave.
3. Pomocou pinzety oddel'te ventrálnu (brušnú) stranu a pomocou špendlíkov pripevnite obe časti tela k podložke. V rámci vnútornej časti tela je vidieť viaceré vnútorné štruktúry a sústavy zodpovedné za fungovanie organizmu.
4. Tráviacu rúru opatrne oddel'te od tela na úrovni úst a rekta a premiestnite do Petriho misky s vodou. Pozorujte jednotlivé časti tráviacej sústavy a vytvorte náčrt. Popíšte jednotlivé časti.



Nákres 2

Úloha 6: Pri pitve švába ste v zadnej časti tela pozorovali jemné, žltkavé rúrkovité útvary vyúsťujúce do čreva. Ako sa tieto útvary nazývajú a akú funkciu majú?

- A. Vzdušnice – zabezpečujú dýchanie a výmenu plynov.
- B. Malpighiho trubice – slúžia na vylučovanie odpadových látok a reguláciu hospodárenia s vodou.
- C. Trávacie caeca – produkujú trávacie enzýmy a zvyšujú resorpčný povrch stredného čreva.
- D. Nervové gangliá – zabezpečujú prenos nervových vzruchov.

Úloha 7: Akú kombináciu typu cievnej a nervovej sústavy ste pozorovali pri pitve švába?

- A. Uzavretá cievna sústava + dorzálna/chrbtová nervová páska s gangliami
- B. Uzavretá cievna sústava + ventrálno-brušná nervová páska s gangliami
- C. Otvorená cievna sústava + ventrálno-brušná nervová páska s gangliami
- D. Otvorená cievna sústava + dorzálna/chrbtová nervová páska s gangliami

Úloha 8: Pri pitve švába ste si mohli všimnúť rozvetvený tracheálny (vzdušnicový) systém striebisto-bielej farby, dobre viditeľný vďaka prítomnému kyslíku. Uveďte, ktorá z možností je správna. Šváb dýcha pomocou:

- A. ústneho otvoru, pričom kyslík je rozvádzaný pomocou vzdušníc ďalej do tela.
- B. otvorov (stigmata, spiracula), ktoré sa nachádzajú laterálne po strane tela (najmä na hrudi a brušku) a vedú do vzdušníc.
- C. otvorov (stigmata, spiracula), ktoré sa nachádzajú ventrálne zo spodnej strany tela a vedú do vzdušníc.
- D. otvorov (stigmata, spiracula), ktoré sa nachádzajú laterálne po strane tela a vedú do pľúcneho vaku, kde sa kyslík hromadí a je odvádzaný vzdušnicami do celého tela.

Číslo súťažiaceho:

Úloha 9: Ktorá z nasledujúcich možností je správna? Šváby majú:

- A. bodavo-cicavé ústne orgány, skrátenu tráviacu sústavu so symbiotickými baktériami a živia sa výlučne šťavami z rastlín.
- B. hryzavé ústne orgány, diferencovanú tráviacu sústavu so symbiotickými mikroorganizmami, čo umožňuje omnivórny spôsob príjmu potravy.
- C. bodavo-cicavé ústne orgány s tráviacou sústavou prispôbenu na príjem telových tekutín a parazitický spôsob života.
- D. hryzavé ústne orgány, tráviacu sústavu so symbiotickými mikroorganizmami a výlučnú závislosť od rastlinnej potravy v otvorených biotopoch.

3. časť: Úlohy z identifikácie a evolúcie hmyzu

Morfológia a anatómia úzko súvisia s evolúciou a vznikom významných evolučných inovácií. Tieto poznatky môžeme využiť pri determinácii jednotlivých taxonomických skupín, ale aj konkrétnych druhov. Okrem moderných metód identifikácie, ako sú molekulárne metódy alebo identifikácia na báze umelých neurónových sietí, zostáva tradičným postupom využívanie dichotomických kľúčov. V nasledujúcich úlohách pomocou stereomikroskopu a pinzety identifikujte jedinca hmyzu do systematickej skupiny (úloha 10) a odpovedzte na kontrolné otázky z fylogeniezy hmyzu (úlohy 11 a 12).

Úloha 10: Pomocou priloženého a zjednodušeného dichotomického identifikačného kľúča, ktorý je určený iba pre vybrané skupiny hmyzu, určite, do ktorej systematickej skupiny patrí pozorovaný jedinec hmyzu. Uveďte, ktorá z nasledujúcich možností je správna:

- A. Siphonaptera
- B. Hemiptera: Heteroptera
- C. Hymenoptera
- D. Coleoptera

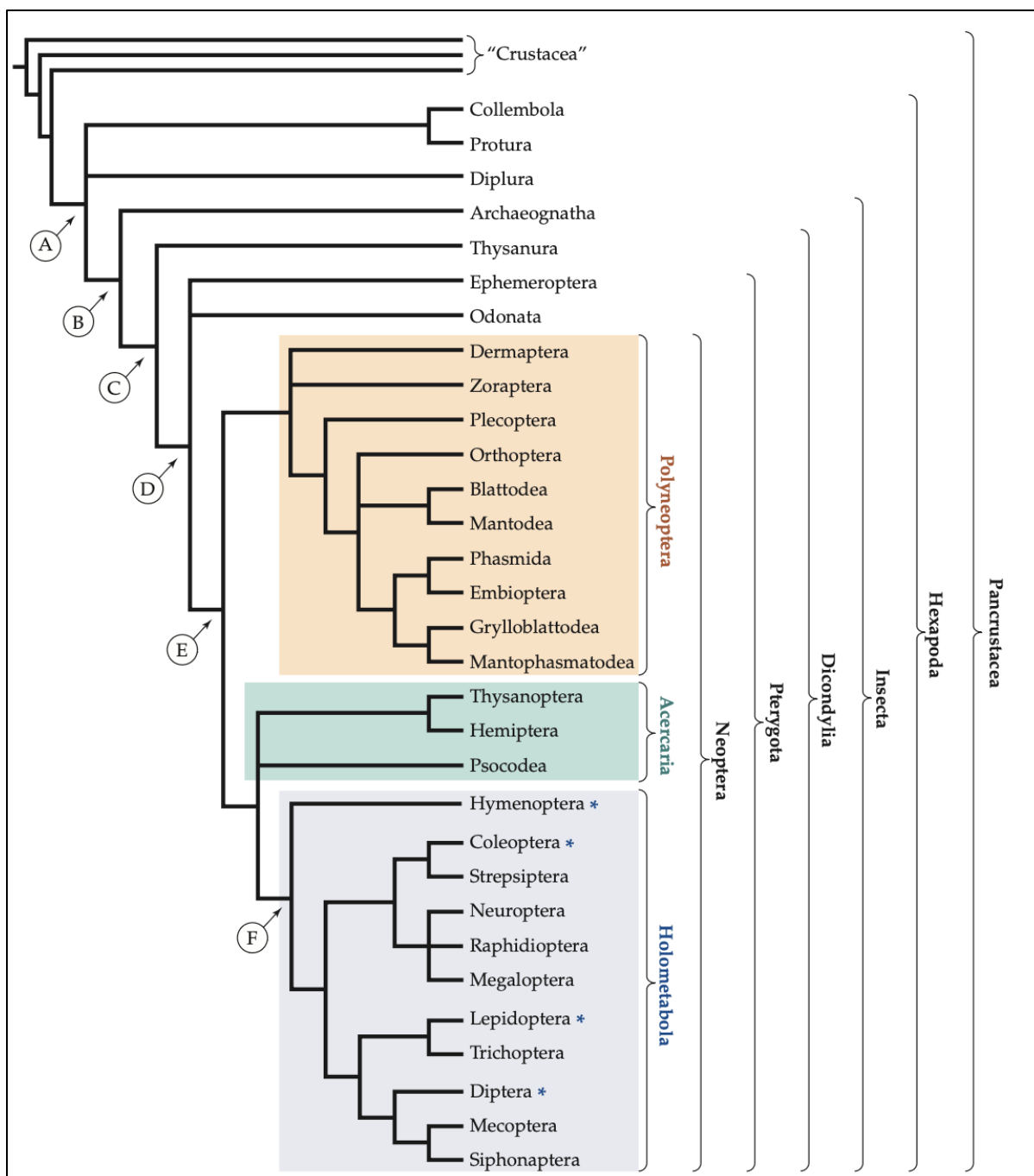
Dichotomický kľúč:

- 1. Krídla chýbajú 2
Krídla sú vyvinuté 3
- 2. Ústne orgány bodavo-cicavé, telo dorzoventrálne sploštené
Psocodea: Anoplura
Ústne orgány bodavo-cicavé, telo laterálne sploštené, skákavé zadné nohy
Siphonaptera
- 3. Oba páry krídel rovnakej štruktúry 4
Prvý pár krídel zhrubnutý, odlišný od druhého páru krídel 5
- 4. Krídla pokryté drobnými šupinkami
Lepidoptera
Krídla blanité, bez šupiniek
Hymenoptera
- 5. Prvý pár krídel zhrubnutý na báze (polokrovky), ústne orgány bodavo - cicavé
Hemiptera: Heteroptera
Prvý pár krídel celý zhrubnutý a tvrdý (krovky), ústne orgány hryzavé
Coleoptera

Číslo súťažiaceho:

Úloha 11: Na obrázku je kladogram znázorňujúci fylogenézu 31 radov Hexapoda s vyznačenými dôležitými evolučnými inováciami. Hlavné klady sú uvedené napravo od stromu. Najsúčasnější spoločný predok existujúcich taxónov, ktorého znaky významne prispeli k evolučnému úspechu hmyzu, je označený zakrúžkovanými písmenami naľavo od stromu. Označte, ktorú z nasledujúcich možností by ste dosadili za písmeno E.

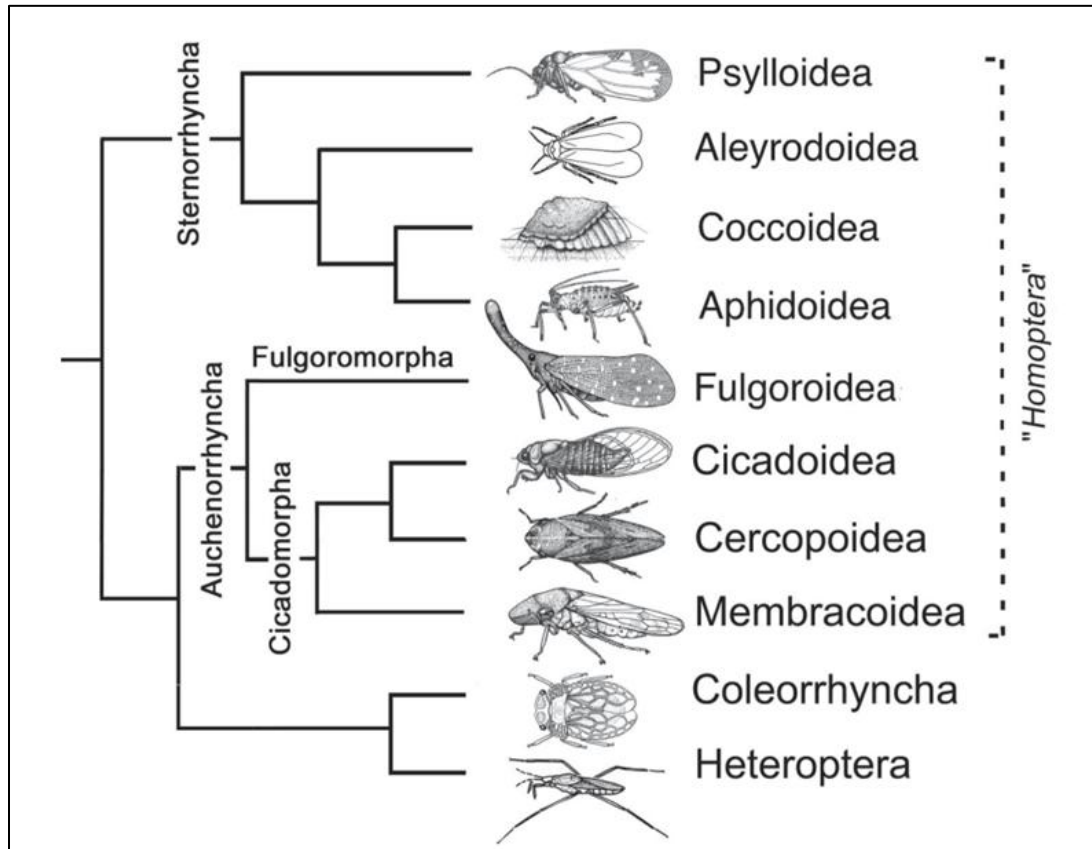
- A. Vývoj holometabolného vývinu (úplnej premeny)
B. Vznik schopnosti skladať krídla na bruško (abdomen)
C. Telo rozdelené do troch tagmát: hlava, trojčlánková hrud' s jedným párom jednovetvových končatín na každom článku, pôvodne 11-článkové bruško (abdomen)
D. Evolúcia krídel



Číslo súťažiaceho:

Úloha 12: Priložený kladogram znázorňuje súčasné poznatky o fylogenéze a evolúcii paraneopterného hmyzu. Na kladograme je vyznačená skupina „Homoptera“ (prerušovanou čiarou), do ktorej boli v minulosti zaradované skupiny Auchenorrhyncha a Sternorrhyncha. Podľa súčasných fylogenetických poznatkov skupiny netvoria spoločný podrad Homoptera, pretože (iba jedna odpoveď je správna):

- A. Auchenorrhyncha a Sternorrhyncha predstavujú parafyletické skupiny.
- B. Homoptera predstavuje parafyletickú skupinu.
- C. Auchenorrhyncha a Sternorrhyncha predstavujú monofyletické skupiny.
- D. Homoptera predstavuje monofyletickú skupinu.



KONIEC PRAKTICKEJ ÚLOHY

Zdroje obrázkov:

Brusca R.C., Giribet G., Moore W. (2023). Invertebrates (Fourth Edition). Oxford University Press.
Gullan P.J., Cranston P.S. (2014). The Insects, An Outline of Entomology (Fifth Edition). John Wiley & Sons, Ltd.
Gillot C. (2005). Entomology (Third Edition). Springer.