

---

# 4. BIOLOGIJAS KOMANDU OLIMPIĀDE

Uzdevumu komplekts

11.–12. klašu grupa



AUTORI UN ORGANIZATORI:

Nauris Priķšāns, Markuss Gustavs Ķēniņš, Kristians Lelis,  
Huberts Zimackis, Marta Uzkalne, Eliāna Meiere, Arnolds Pīrāgs,  
Elza Strumpe, Līga Blumfelde, Kalvis Olivers Kālis, Evita Mārtinsonē

MŪS ATBALSTA:

Skolotāji Daina Mazmača, Anita Rozenblate un Jānis Zeimanis  
Rīgas Valsts 1. ģimnāzija un Rīgas Valsts 3. ģimnāzija,



Blockvis

---

2025. GADA 13. DECEMBRIS

---

# Preambula/noteikumi

Pirms sākat risināt uzdevumus, iepazīstieties ar turpmāko informāciju!

## 1. Komandas nosaukums ir jāuzraksta uz KATRAS LAPAS!

2. Pārliecinieties, ka esat saņēmuši visus uzdevumus: # I, II, III, IV, V!

#	Nosaukums	Tēma
I	“Sēnes, es apčur*** sēnes”	Sēnes
II	“Kur ir gēns?”	Genētika
III	“Potsa šūnu modelis”	Teorētiskā bioloģija
IV	“No one mourns the WICKED (T-cells)”	Imunoloģija
V	“Atšifrē sugu”	Bioloģiskā daudzveidība

Laboratorijas darbam (# VI) nepieciešamās lietas saņemsit pēc teorētiskās daļas beigām.

**Ja kaut kā trūkst, informējiet organizatorus līdz plkst. 10.15!**

3. Uzdevums “Atšifrē sugu” (# V) un laboratorijas darbs (# VI) ir identisks abām klašu grupām (9.-10. un 11.-12.).

## 4. Dienas plāns:

**10:00–12:30** Teorētiskās daļas uzdevumi (# I, II, III, IV, V – Atšifrē sugu).

**12:30–12:50** Atpūtas pauze.

**12:50–13:50** HOP tests un laboratorijas darbs (uzdevums # VI).

5. Praktiskās daļas/HOP testa ietvaros (12:45–13:45) komandai ir jāsadalās:

Dalībnieku skaits komandā	# dalībnieku iet uz HOP testu	# dalībnieku paliek pildīt laboratorijas darbu
4	2	2
3	2	1
2	1	1

Jūs varat paši izvēlēties savā starpā kuri komandas biedri dosies HOP testu un kuri paliks klasē pildīt laboratorijas darbu.

**Tēmas:** Laboratorijas darbs būs par sūnām.  
HOP tests būs par bioloģisko daudzveidību un bioloģiju vispārīgi.

Brīvprātīgie parādīs, kur jāiet uz HOP testu.

HOP tests 1. ģimnāzijā norisināsies Aulā (217. kab.). Aula atrodas foajē otrajā stāvā pa vidu trepju beigām. Bet 3. ģimnāzijā – bioloģijas kabinetos (402./403. kab.).

6. Drikstat pārkārtot telpu un izmantot tāfeli, bet olimpiādes beigās telpa jāatstāj tādā pašā stāvoklī, kādā to saņēmāt. Ja radāt bojājumus skolas inventāram, esat par to atbildīgi.
7. Lūdzam uzdevumu risināšanas laikā nepamest klasi. Ir atlauts apmeklēt labierīcības.
8. Jautājumu gadījumā varat vērsties pie brīvprātīgā, kurš atrodas jūsu gaitenī vai klasē.

I UZDEVUMS [50 P.]  
SĒNES, ES A\*\*\*\*\* SĒNES!

**Komandas nosaukums**

**1. Sēņu pamatprincipi un daudzveidība [11 p.]**

Sēņu valsts biologu starpā tiek parasti uzskatīta par mazsvarīgu un gan vidusskolā, gan universitātē par to māca ļoti maz. Šajā uzdevumā atklāsi satriecošas sēņu sugas un struktūras, kā arī apstiprināsi to ekoloģisko nozīmi.

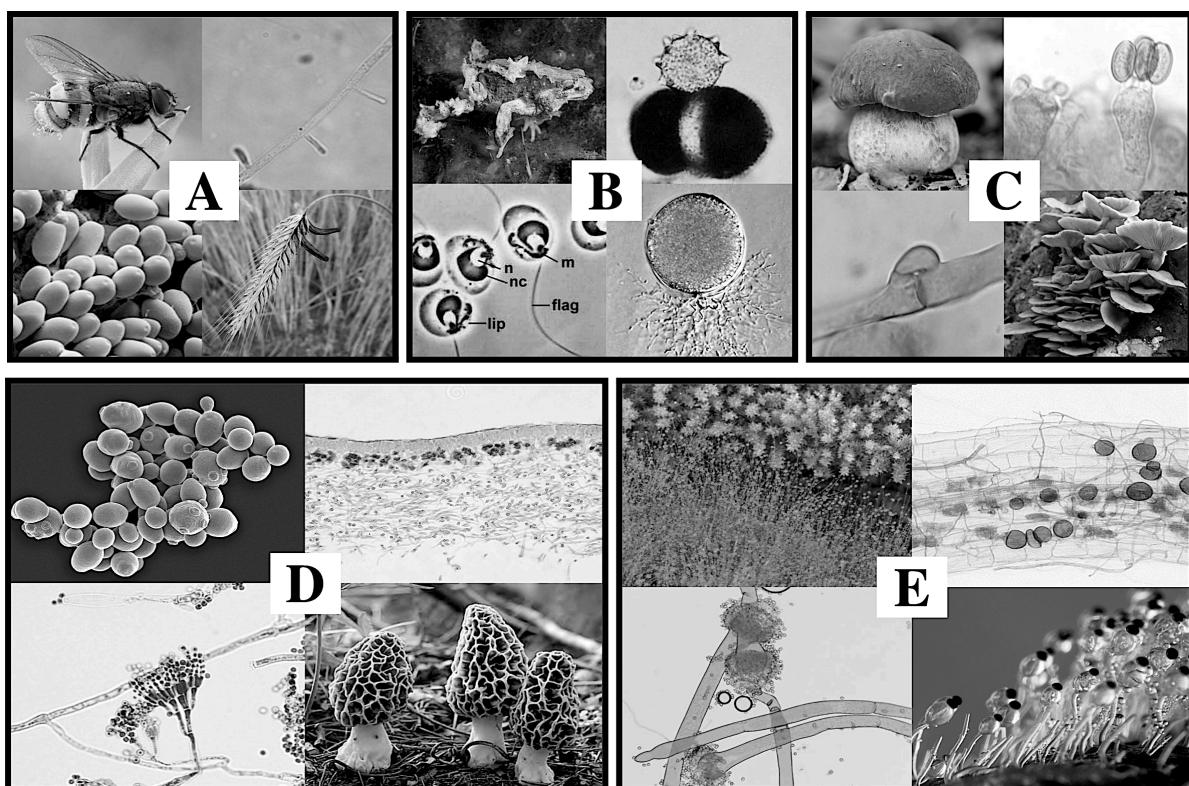
**1.1. jaut. [6 p.]** Zemāk dotajā tekstā par sēnēm ar       k.       apzīmēti trūkstoši vārdi. Atbilžu lodziņos ieraksti trūkstošos vārdus, kas atbilst katram skaitlim!

Parasti vārds "sēne" saistās ar gaileņu mērci vai nagu infekciju. Taču sēnes ir visapkārt un veido saikni ar visdažādākajiem organismiem. Sēnes ir heterotrofi, visbiežāk       1.      , proti, tās iegūst barības vielas no trūdošiem organismiem, izdalot gremošanas enzīmus vidē. Sēnes ir veidotas no vienas vai vairākām šūnām, kuras sedz no       2.       veidots šūnapvalks. Daudzšūnu sēnes sastāv no caurulveidīgiem pavedieniem jeb       3.      , kuras parasti atdala šķērssienas jeb septas. Sēnes var vairoties divos veidos. Bezdzimuma vairošanās ceļā šūnas dalās mitotiski un veido pumpurus (vienšūnas sēnēm) vai       4.      , kas bieži tiek izplatītas tālu no mātes organisma. Alternatīvi šīs (4.) struktūras var veidoties, šūnām daloties       5.      , lai iegūtu ģenētiski atšķirīgus pēcnācējus. Pēc tam divas atšķirīgas gametas saplūst un veido       6.      , atjaunojot organisma diploiditāti.

- |      |            |
|------|------------|
| (1.) | saprotrofi |
| (2.) | hitīna     |
| (3.) | hifām      |

- |      |           |
|------|-----------|
| (4.) | sporas    |
| (5.) | mejotiski |
| (6.) | zigotu    |

**1.2. jaut. [5 p.]** Izlasi sēņu taksonomisko grupu aprakstus un nosaki katrā 1. attēlā ilustrēto sēņu grupu! Katrai grupai atbilst tieši viena kolāža. Padoms: uzdevums ir samērā garš, pievērs uzmanību atlikušajam laikam!



1. attēls. Piecu sēņu taksonomisko grupu galvenās pazīmes.

Sēnu galveno taksonomisko grupu (no evolucionāri senākās līdz jaunākajai) apraksti:

**Hitrīdījsēnes:** senākā sēnu grupa ar kriptisku izskatu. Tām ir kustīga zoospora, un tās spēj augt uz dažādiem substrātiem: putekšņiem, celulozes, keratīna un hitīna. Ievērojama daļa ir mugurkaulnieku parazīti.

**Zoopagomicētes:** šīs sēnēm ir ‘nedraudzīgs’ dzīvesveids – tās ir gan vaskulāro augu, gan posmkāju parazīti un patogēni. Tām raksturīgas nekustīgas sporas un hifas bez septām.

**Mukoromicētes:** spēj veidot mikorizu ar augiem ar un bez vadaudiem, turklāt to hifām ir septas. Cilvēkiem labi pazīstamais maizes pelējums pieder šai grupai. Zinātniekiem interesē mukoromicēšu spēja ražot biodegvielu.

**Asku sēnes:** izplatīti piemēri ir zilā siera pelējums, raugei, kērpji un murķeli jeb läčpurni. To hifām ir septas, un tās vairojas, veidojot askus – iegarenas struktūras, kas satur astoņas sporas.

**Bazīdijsēnes:** šajā grupā iedalāma lielākā daļa no ēdamajām sēnēm. To hifām ir septas, un zināms, ka tās ir spējīgas veidot plašu un attīstītu mikorizas tīklu ar kokiem. Tās vairojas ar bazīdijām – struktūrām, kuru galos veidojas četras sporas.

Taksonomiskā grupa	Attēla burts
Hitrīdījsēnes	B
Zoopagomicētes	A
Mukoromicētes	E
Asku sēnes	D
Bazīdijsēnes	C

## 2. Sēnes — attiecību speciālistes [39 p.]

Sēnes veido visdažādākās attiecības ar citiem organismiem, parasti augiem un dzīvniekiem. Taču, lai labāk izprastu turpmākos piemērus, nepieciešams vispirms saprast šo mijiedarbību pamatus.

**2.1. jaut.** [1 p.] Savieno dotos attiecību veidus, kas raksturīgi sēnēm, ar atbilstošo definīciju!

- Parazītisms – mijiedarbība, kurā organisms ilgstoši gūst labumu, barojoties (+/-).
- Mutuālisms – mijiedarbība, kas ir izdevīga abiem organismiem (++) .
- Plēsonība – mijiedarbība, kurā viens organisms nogalina citu, lai iegūtu barību (+/-).

Sēnu attiecības ar augiem ir labi izzinātas, kā arī ekoloģiski, lauksaimnieciski nozīmīgas. Mikoriza ir mutuālistiska attiecība starp vairumu augu saknēm un sēni, kurā smalkās sēnu hifas palielina sakņu virsmas laukumu.

**2.2. jaut.** [1 p.] Kuru no šīm vielām sēne var iegūt labāk, ja veido attiecības ar augu? Apvelc pareizo burtu!

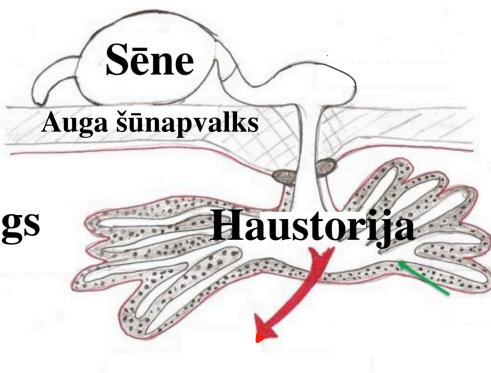
(A) Ūdeni

(B) Oglekļošanas gaismiņi

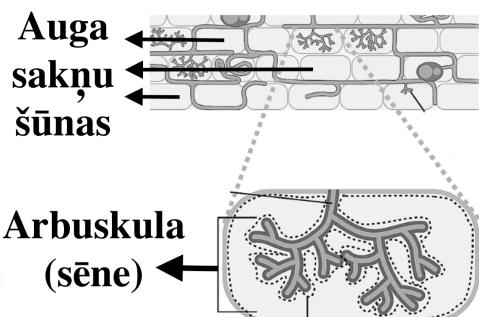
(C) Fosforu

(D) Kalciju

Tāpat arī izplatītas ir sēnes, kas parazitē uz augiem, piemēram, miltrasa. Šādas sēnes bieži veido specializētas struktūras – haustorijas. Attēlā 2. redzama shematska haustorijas uzbūve un attēlā 3. – arbuskulas uzbūve (arbuskulas veido lielākā daļa mikorizālo sēnu).



2. attēls. Shematska haustorijas uzbūve.



3. attēls. Shematska arbuskulas uzbūve.

**2.3. jaut. [2 p.]** Kāds strukturāls pielāgojums ir kopīgs haustorijai un arbuskulai? Kā tas ir noderīgs uzturvielu apmaiņai?

Lielis virsmas laukums, lai varētu labāk apmainīties ar vielām.

### Manipulējošās sēnes

Aptuveni 1500 sēnu sugu ir entomopatogēnas (inficē kukaiņus), un daļa no tām ietekmē kukaiņu uzvedību. Slavenākā no tām – *Ophiocordyceps unilateralis* – ieguva savu popularitāti kā iedvesmas avots videospēlei un TV seriālam “Pēdējais no mums” (The Last of Us). Šīs sēnes sporas inficē skudru un pakāpeniski pārņem tās uzvedību. Inficēta skudra atrad vietu virs zemes, kur var iekosties auga lapā vai stumbrā. Neilgi pēc tam sēne pilnībā pārņem skudru, tai ejot bojā. Visbeidzot sēne izaug ārpus skudras un izdala miljoniem sporu.

**2.4. jaut. [2 p.]** Kāpēc sēnei varētu būt izdevīgi un neizdevīgi izmantot kukaiņus savā augšanas/vairošanās procesā? Mini vismaz vienu priekšrocību un vienu trūkumu!

Priekšrocības: kustība ļauj izplatīt sporas un nogādāt tās labākos apstākļos. Trūkumi: kukaiņi ir mazi tādēļ, ka sliks uzturvielu avots, grūti iegūt uzturvielas ilgstoši un nenogalinot kukaini.

**2.5. jaut. [2 p.]** Piedāvā skaidrojumu, kādēļ vairākas sēnu sugas liek kukaiņiem rāpties auga galotnes virzienā!

Labāka pārnese ar vēju.

**2.6. jaut. [2 p.]** Mini divas idejas, ar kādu mehānismu palīdzību (vispārīgi) sēne varētu manipulēt kukaiņu uzvedību!

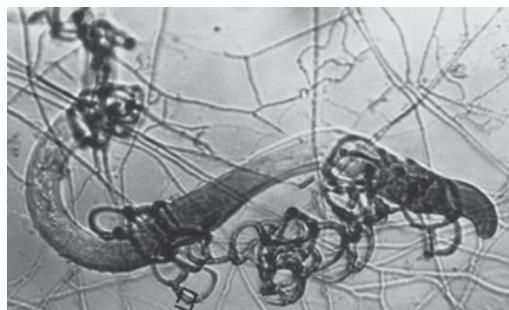
1. Izdalīt neurotransmiterus kukaiņa smadzenēs; 2. Atņemt uzturvielas, stimulējot uzvedību, kas saistīta ar bada stāvokli.

**2.7. jaut. [2 p.]** Viena sēnu suga, kas inficē cikādes, izmaina šo kukaiņu seksuālo uzvedību. Vīrišķās cikādes veic rituālus, kas raksturīgi sievišķajām, turklāt tās mēģina vairoties ar abu dzimumu īpatņiem. Kā šāda ietekme uz uzvedību varētu būt izdevīga sēnei?

Infekcijas pārnese fiziska kontakta celā.

### Agresīvās sēnes

Plēsonība evolucionējusi vairākas reizes dažādās sēnu grupās. Tās medī nelielus dzīvniekus augsnē, visbiežāk nematodes jeb veltītārpus. Dažas sēnu sugars, piemēram, *Arthrobotrys oligospora* veido sarežģītus slazdus, kuros tiek notvertas nematodes (4.). Tomēr parasti šādi slazdi tiek veidoti tikai tad, kad nematodes ir netālu.



4. attēls. Cērme *A. oligospora* slazdā.

**2.8. jaut. [2 p.]** Kāpēc sēnei varētu būt izdevīgs plēsonīgs dzīvesveids?

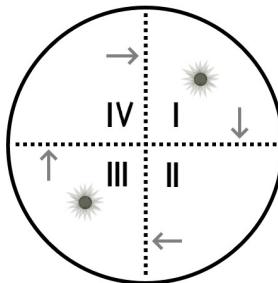
Lai iegūtu uzturvielas, piemēram, slāpekli, kas var trūkt augsnē (daudz slāpekļa proteīnos).

**2.9. jaut. [1 p.]** Kā sauc evolucionāru fenomenu, kad viena pazīme neatkarīgi parādās dažādās evolucionārās grupās? Konvergēnce/konvergentā evolūcija

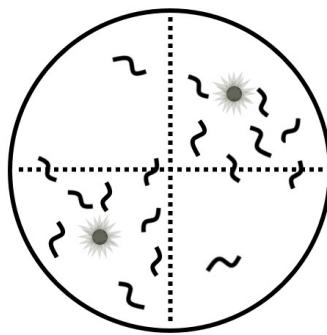
**2.10. jaut. [2 p.]** Piedāvā skaidrojumu, kāpēc sēne neveido plēsonīgās struktūras nepārtraukti!

Struktūru veidošanai visticamāk nepieciešams daudz energijas, līdz ar to nav izdevīgi tās veidot bez vajadzības.

Lai ievilinātu nematodes slazdā, sēne var izdalīt pievilinošus savienojumus, lai veicinātu nematožu hemotaksiju – virzišanos ķīmiska savienojuma gradiента virzienā. Tika veikts 4 punktu hemotaksijas tests (skatīt 5. attēlu): uz petri plates divos kvadrantos tika audzēta A. oligospora kultūra un pēc tam 17 cērmes tika ievietotas petri plates centrā. Lai noteiktu hemotaksijas indeksu, nepieciešams saskaitīt nematodes katrā no kvadrantiem un pielietot formula  $(I + III - II - IV) / (I + III + II + IV)$ , kur romiešu cipars norāda cērmju skaitu attiecīgajā kvadrantā. Ja cērme atrodas kvadrantā daļēji, pieskaiti to tikai tad, ja tā ir uz robežas (punktotās līnijas) pulksteņrādītājvirzienā no šī kvadranta. Skaidrībai 5. attēlā ar bultiņām norādīta robeža, kas jāpieskaita. Aplūko rezultātus ar pieaugušām (6. attēla) un jaunām (7. attēla) cērmēm.



5. attēls. Shematisks 4 punktu hemotaksijas testa attēlojums. Ar bultiņām norādīta robeža, kas jāpieskaita attiecīgajam kvadrātam. Starainās figūras apzīmē plēsonīgo sēni.



6. attēls. Eksperimenta rezultāti ar pieaugušām cērmēm.

7. attēls. Eksperimenta rezultāti ar jaunām cērmēm.

**2.11. jaut. [2 p.]** Nosaki katras eksperimentālās grupas hemotaksijas indeksu!

Pieaugušām cērmēm: 0.76; jaunām cērmēm: 0.18.

**2.12. jaut. [1 p.]** Kuras cērmes – jaunās vai pieaugušās – vairāk reagē uz sēnes pievilinošajiem signāliem?  
Pieaugušās.

**2.13. jaut. [2 p.]** Piedāvā skaidrojumu, kādēļ varētu atšķirties rezultāti dažāda vecuma cērmēm, domājot par pievilinošo savienojumu potenciālo identitāti! Zināms arī, ka dzimums ietekmē hemotaksijas indeksu.

Zinot, ka dzimums ietekmē hemotaksijas indeksu un ka tieši pieaugušās cērmes tiek pievilinātas, ticams skaidrojums būtu, ka pievilinošie savienojumu ir feromoni (saistīti ar vairošanos - attiecas uz dzimumnobriedušām cērmēm).

### Viltīgās ziedošās sēnes

Nereti vien Jāņos dzirdam jokus par kaisliem mīlētājiem, kas iet meklēt neeksistējošos papardes ziedus. Kaut gan varētu šķist, ka sēnēm ziedu arī nav, jauni atklājumi liecina, ka šāda svētku tradīcija varētu nebūt mīts. *Puccinia monoica* ir parazītiska rūsas sēne, kas klasificēta kā bazīdījsēne. Tā ar sporām un vēja palīdzību inficē vairākus augus. Tā rezultātā sēne ne tikai iegūst uzturvielas no auga, bet arī liek tam veidot gundegu ziediem līdzīgas struktūras no dzeltenām lapām. Šie pseidoziedi satur sēnes spermatogonijus un attēlo gundegas gan redzamajā, gan ultravioletā gaismā, kā arī izdala nektāram līdzīgu vielu un smaržu.

**2.14. jaut. [2 p.]** Kā sēnei varētu noderēt aprakstītā stratēģija?

Kukaiņu pārnese uzlabo sēnes seksuālās apaugļošanas iespējas, jo ļauj pārnest gametas (uz šo norāda fakts, ka pseidoziedi satur sēnes spermatogonijus). Seksuālā apaugļošana bieži ir izdevīga organismam, jo ļauj labāk pielāgoties mainīgiem apstākļiem (veido ģenētiski daudzveidīgus pēcnācējus, no kuriem kāds var izdzīvot).

**2.15. jaut. [1 p.]** Kā sauc procesu, kad kāds organisms attēlo citu organismu?

Mimikrija

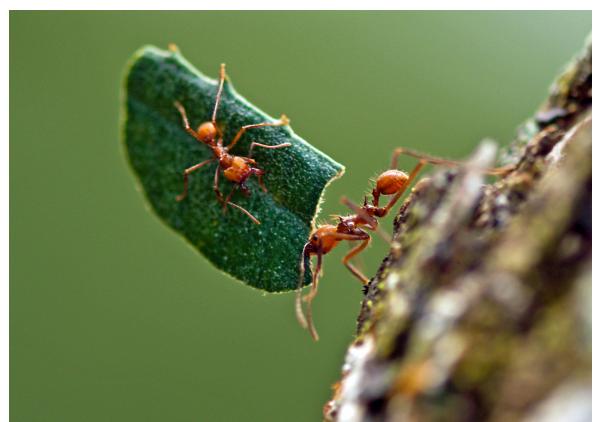
**2.16. jaut. [2 p.]** Piedāvā skaidrojumu, kādēļ gundegas tiek attēlotas arī UV gaismā?

Kukaiņi bieži vien spēj saskatīt gaismu ultravioletajā reģionā. Līdz ar to gundegu attēlošana UV gaismā iespējams noder, lai vēl vairāk pievilinātu kukaiņus.

### Īstās skudru karalienes

Vai kādreiz dokumentālās filmās esi ievērojis satrieçošu fenomenu: sarkanu skudru brigādes, kas taciņās pa lietusmežu nes lapu fragmentus? Tā nebūt nav fantāzija, un šīs lapgrīzējskudras ir notvērušas mikologu uzmanību pavisam interesanta iemesla dēļ – to izdzīvošana ir saistīta, un bieži vien arī atkarīga no sēnēm! Lapgrīzējskudras savāc lapas, lai barotu pūznī dzīvojošās sugars *Leucocoprinus gongylophorus* sēni, kas tālāk apgādāsaimniecībai, norādot uz skudru apbrīnojamo attīstību un saimes intelektu. Zinātniekim ir arī vērtīgi pētīt sēnu un skudru kopdzīvi un evolūciju, lai atklātu faktorus, kas ietekmē organismu koevolūciju. Pirmās sēnu kultivējošās skudras radās pirms 55-60 miljoniem gadu, turklāt lapgrīzējskudras, kas ir unikāli atkarīgas no mutuālisma ar *Leucocoprinus gongylophorus* evoļucionēja pirms 10 miljoniem gadu. Tieki plāsi uzskatīts, ka šīs skudras uzsāka sēnu dārza kultivāciju barības trūkuma iespāidā, kamēr citas sugars, piemēram, kluva plēsonīgas, lai apmierinātu ēdienu nepieciešamību.

Mūsdienās ir saglabājušās divas skudru ģintis (*Atta*, *Acromyrmex*), kas ietilpst lapgrīzējskudru (*Attini*) ciltī. Lai nodrošinātu sēnes klātbūtni katrā pūznī, karalienes lidojumā pārnes nokostu sēnes fragmentu uz sevis izvēlēto dzīvesvielu. Abās ģintīs arī sastopama tāda interesanta parādība kā sociālie parazīti. Nereti kādas sugars saime zaudē spēju kopt sēnu dārzus, taču tā ir arvien atkarīga no sēnes radītajām barības vielām. Rezultātā rodas jaunas, lapgrīzējskudrām tuvi radniecīgas sugars, kas slepus barojas citas saimes uzturētā sēnu dārzā, un gūst labumu no tā.

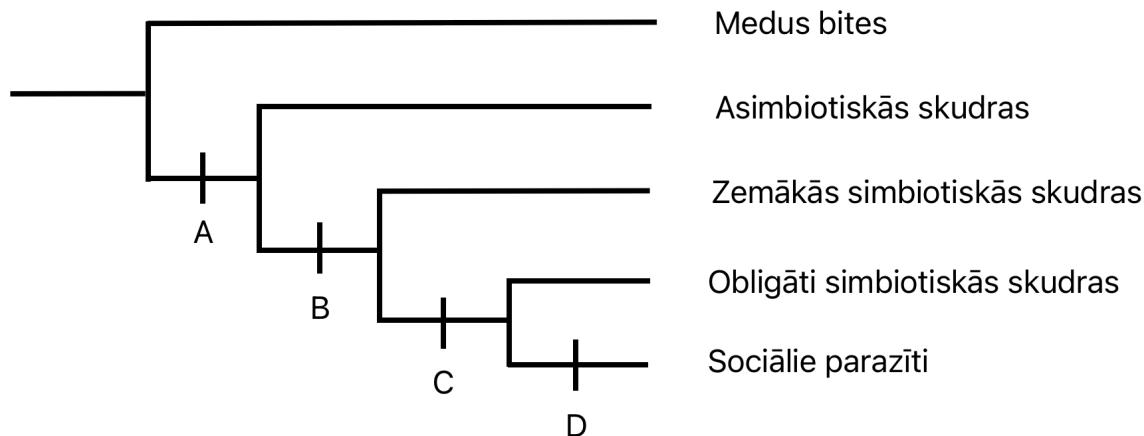


8. attēls. Lapgrīzējskudra 'sērfo' uz citas darbas-kudras lapu fragmenta.

**2.17. jaut.** [2 p.] Daudzas sugas, tostarp augi un to apputeksnētāji, specializējas un iegūst konkrētas nišas savā ekosistēmā. Nereti koevolūcijas rezultātā šādi organismi kļūst savstarpeji atkarīgi un nespēj viens bez otra izdzīvot. Kādus labumus no specializācijas gūst lapgriezējskudras un mutuālistiskās sēnes?

Specializācijas iespaidā mazinās sēnes konkurence par barības resursiem, turklāt sēne nodrošina skudru izdzīvi, barojot skudru nimfas. Var minēt arī, ka skudru karalienes nodrošina sēņu vairošanos, izplatīšanos.

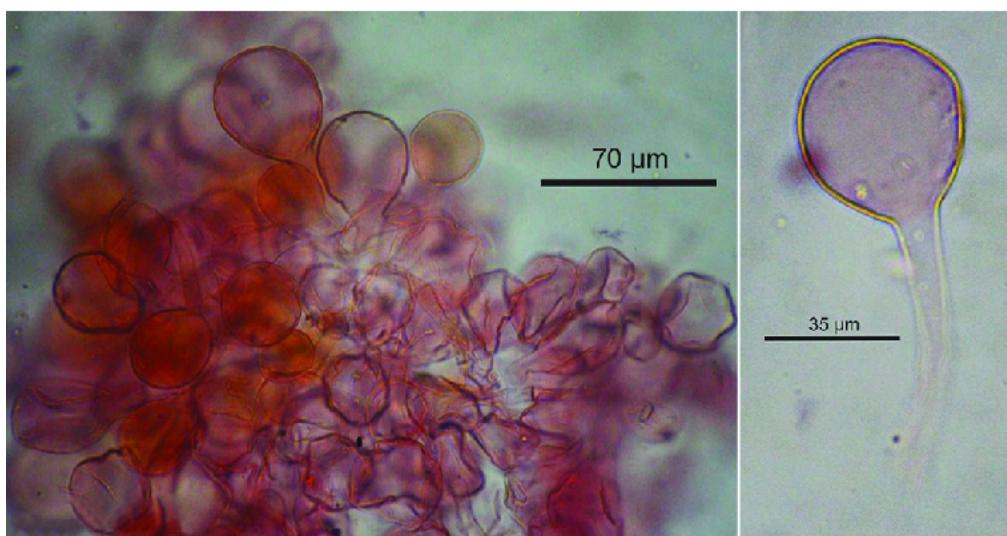
**2.18. jaut.** [2 p.] Izvēlies atbilstošu pazīmi katram filogenētiskā koka nogrieznim (9. attēls)!



9. attēls. Lapgriezējskudru un radniecīgu grupu filogenētiskais koks.

Pazīme	Nogrieznis
Sēņu dārzs	B
Zudis arginīna sintēzes gēns	C
Nesociāls dzīvesveids	D
Grauzējtipa mutes orgāns	A

Gongilīdijas (10. attēlā) ir struktūras, kas sastopamas evolucionāri jaunākās mutuālistiskās sēnes, tostarp *Leucocoprinus gongylophorus*. Tās būvētas no vairākiem hifu izaugumiem jeb stafilām un sastav no oglhidrātiem un lipīdiem. Ar gongilīdijām barojas skudru nimfas, turklāt tās nodrošina nieka 5% no darba skudru uzturvielām. Skudru karalienes barojas no neauglīgo mātišu olinām, turklāt tās pārnes nokostu gongilīdiju fragmentu uz nākamo pūzni, lai nodrošinātu sēnes klātesamību nākamajai saimei. Šī iemesla dēļ *Leucocoprinus gongylophorus* ir praktiski zudusi spēja veidot auglķermenęs, proti, dzimumvairošanās.



10. attēls. Gongilīdijas (*L. gongylophorus* hifu pārveidnes) zem gaismas mikroskopa.

**2.19. jaut. [1 p.]** Kāds risks pastāv *Attini* cilts skudrai, kas uzturu gūst tikai un vienīgi no gongilīdijām?

- (A) nepietiekami glikozes    (B) apnīk garša    (C) neiegūst taukskabes    (D) **slāpekļa trūkums**

Sēnu dārza apsaimniekošana ir izmēra ziņā pielīdzināma cilvēku industrializētai lauksaimniecībai – viena skudru saime var apstrādāt visas pieauguša eikalipta koka lapas vienas nakts laikā. Šādai lapu griesanai sēnes audzēšanas nolūkiem ir arī lielas sekas subtropiskajā vidē, kuru *Attini* cilts skudras apdzīvo. Kā augēdājiem, lapgriezējskudrām ir ievērojama ietekme uz ekosistēmas floru. Piemēram, gada laikā tās spēj iznīcināt 15% augu lapas un 50% augu sugu savā teritorijā. Tā iespaidā, apgabalos ar lapgriezējskudru pūžņiem sastopami 18% mazāk meža seguma, atbrīvojot gaismas pieejamību zemākos ekosistēmas slāņos. Dažos apgabalos, *Attini* skudras arī darbojas kā lauksaimniecības kaitēklis, iznīcinot iesēto ražu un bojādot ceļus un lauksaimniecības zemi ar pūžņu veidošanu. Viena daudzsološa pieeja lapgriezējskudru *Acromyrmex lobicornis* uzbrukumu atturēšanai kultūraugiem ir atkritumu savākšana no ligzdas un to izklāšana uz stādiem vai ap kultūraugiem.

**2.20. jaut. [2 p.]** Izmantojot iepriekš doto informāciju, paskaidro divus veidus, kā lapgriezējskudras ar savu darbību pozitīvi ietekmē lietusmeža ekosistēmu!

Piemēram, lauj mazākiem apēnotiem augiem izaugt – jaunas sēklas var izdīgt, jo saules gaisma sasniedz arī zemākos meža slāņus. Arī apēd visizplatītākās sugas, iznīcina monokultūras un traucē lauksaimniecību, kas citādāk apdraudētu ekosistēmu. Abi minētie piemēri uzlabo sugu daudzveidību. Var minēt arī augsnēs augšējo slāņu apstrādi un putnu, skudrulāču, parazītisko sēnu u.c. no skudrām atkarīgo sugu iedzīvi ekosistēmā.

Dažkārt sastopami organismi, kuru šūnās ir vairāk par diviem hromosomu komplektiem, tādā gadījumā organizmu dēvē nevis par haploīdu vai diploīdu, bet gan poliploīdu. Ievērojama daļa augu, kurus audzē lauksaimniecības nolūkiem ir poliploīdi, piemēram, lai rastu miltus zemnieki audzē parasto kviesi (*Triticum aestivum*) – heksaploīdu sugu. Pateicoties heterozei jeb hibrīdsparam (no anglu val. ‘hybrid vigour’), kam ir vairāki iespējami skaidrojumi, poliploīdi augi ir izturīgāki un aug lielāki par diploīdām sugām, turklāt hromosomu pārmēriba (‘gene redundancy’) mazina nukleotīdu delēciju ietekmi uz auga izdzīvotību.

Šādai hromosomālajai anomālijai ir arī būtiski riski. Poliploīdu šūnu kodoli var būt ievērojami lielāki par diploīdām šūnām, un tiem daloties bieži veidojas aneiploīdas meitšūnas ar nevienādu hromosomu skaitu. Tā kā gametas ar atšķirīgu hromosomu skaitu saplūstot veido organismu, kas nav savienojams ar dzīvību, poliploīdija izraisa organisma neauglību. Šī iemesla dēļ poliploīdija ir riskanta īpašība, kas parasti nevar pārdzimt sugās, kuras palaujas uz dzimumvairošanos.

**2.21. jaut. [2 p.]** Līdzīgi kā cilvēku kultivētiem augiem, tā arī *Leucocoprinus gongylophorus* raksturīgas poliploīdas šūnas. Nosauc divus iemeslus, kādēļ poliploiditāte ir neriskanta sēnei un izdevīga skudrai!

Hibrīdspara rezultātā sēnei var veidoties lielākas gongilīdijas, kas spēj pilnvērtīgāk pabarot skudru saimi. Poliploiditāte ir neriskanta sēnei, jo tā nereproducējas dzimumvairošanas celā, bet gan tiek pārnēsāta no vienas saimes uz citu (skatīt apakšuzdevuma ievadrindkopu).

**2.22. jaut. [1 p.]** *Leucocoprinus gongylophorus* šūnās sastopami arī vairāki kodoli, to vidējais skaits vienā hifas šūnā ir 9,4. Kādēļ, iespējams, polikariotiskas (vairākus kodolus saturošas) sēnes ir izdevīgākas lapgriezējskudrām?

- (A) efektīvāka enzīmu ekspresija    (C) labāks oksidatīvais metabolismns  
 (B) skudras zog kodolus no senēm, pārtiek no tiem    (D) efektīvāka fotosintēze

Lapgriezējskudru pūžnos mīt dažādi mikroorganismi. Piemēram, asku sēnu *Escovopsis* ģints satur sēnes, kas pārtiek no *Leucoagaricus gongylophorus* sēnes, izraisot sēnu dārza infekciju. Lapgriezējskudru pūžnus apdzīvo arī aktinobaktērijas no ģints *Pseudonocardia*, kas spēj sintezēt kandididīnu C – savienojumu, kas ir toksisks *Escovopsis* ģints sugām, taču ne *L. gongylophorus*. Šīs baktērijas uzturas skudru kutikulā un mutes dobumā. Skudras ir spējīgas cīnīties pret asku sēnu infekciju, ar antenām apziežot savu eksoskeletu un “aplaizot” mutuālistisko sēni, kā arī izgraužot inficētos bazīdijsēnes fragmentus un iznesot tos no pūzņa.

**2.23. jaut. [2 p.]** Atzīmē ‘X’ atbilstoši tam, kā *Attini* cilts skudru saimi ietekmēs sekojošie faktori (A, B, C, D)!

**Faktors A** – *Escovopsis* sēne.

**Faktors B** – Kandididīna C rezistences mutācija *Escovopsis* hromosomā.

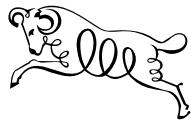
**Faktors C** – *Pseudonocardia*, kad pūznī nav sastopama *Escovopsis*.

**Faktors D** – *Escovopsis* un aktinobakterijas ar deleciju Kandididīna C sintēzes saistītā gēnā.

Faktors	Pozitīva ietekme	Neitrāla ietekme	Negatīva ietekme
A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> X
B	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> X
C	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> X	<input type="checkbox"/>
D	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> X

## II UZDEVUMS [53 p.]

### KUR IR GĒNS?



#### PAREIZĀS ATBILDES

Skolas bioloģijas kursa ģenētikas stundās esam ļoti daudz klausījušies par gēniem uz hromosomām: "vainaglapu krāsu nosaka gēns uz 1., bet zirņu formas gēns uz 2. hromosomas...", utml. Nu, bet, kur tad īsti uz hromosomas ir tas gēns?! Šajā uzdevumā aplūkosim

"ko bioloģijas skolotāji Jums nestāsta!",

proti, kas notiek, ja divi gēni atrodas uz vienas hromosomas!

#### 1. Vecais labais Mendelis [20 p.]

Lai pēc tam spētu noteikt no skaldījuma rezultātiem, vai gēni atrodas uz vienas hromosomas, sākumā aplūkosim situāciju, kad tā nav – gēni atrodas uz divām atšķirīgām hromosomām.

Apzīmēsim gēnus ar  $A$  un  $B$  un to alēles ar  $A$ ,  $a$  un  $B$ ,  $b$ , kur ar lielo burtu apzīmēta dominantā alēle.

**1.1. jaut. [6 p.]** Norādi ījas definīcijas dotajiem terminiem! **NB!** Iespējamas vairākas pareizās atbildes.

gēns	– hromosomas segments, kas iekodē pazīmi
alēle	– gēna veids
fenotips	– pazīmju kopums individuālā
genotips	– alēlu kopums individuālā
homozigots	– vienādās alēles vienā gēnā
heterozigots	– atšķirīgas alēles vienā gēnā

Puķuzirņu gēni  $A$  un  $B$  atrodas uz autosomālām hromosomām. Gēns  $A$  nosaka vainaglapu krāsu: ja būs  $A$  alēle, tad vainaglapas būs violetas, citādi – baltas. Atkal gēns  $B$  nosaka zirņu formu: ja genotips saturēs alēli  $B$ , tad zirņi būs apali, citādi – krunkuļaini. Pieņem, ka gēns  $A$  atrodas uz citas autosomālas hromosomas nekā gēns  $B$ .

Jānājis divos dārzos audzēja puķuzirņus; viņš neļāva bitēm apputeksnēt puķuzirņus, kā arī nelaut pašiem apputeksnēties, apsedzot auglenīcu ar plēvi. Vienā (1.) dārzā visiem puķuzirņiem bija violetas vainaglapas un krunkuļaini zirņi, bet otrā (2.) – baltas vainaglapas un apali zirņi. Katrā paaudzē viņš viena dārza puķuzirņiem nogrieza putekšņlapas ar nobriedušiem putekšņiem, sajauca tos kastītē un ar otu apzieda tā paša dārza puķuzirņu auglenīcas; katra dārza puķuzirņiem viņš to darija atsevišķi. Pazīmes nemainījās vairāku paaudžu laikā. Apzīmēsim šo par  $P$  paaudzi.

Tad  $P$  paaudzes puķuzirņus savstarpēji krustoja – 1. dārza putekšņus uzzieda uz 2. dārza puķuzirņu auglenīcām un otrādi. Nākamajā vasarā iegūtos puķuzirņus sauksim par  $F_1$  paaudzi. Pēc tam  $F_1$  paaudzes puķuzirņus krustoja savā starpā, iegūstot  $F_2$  paaudzi.

**1.2. jaut. [3 p.]** Uzzīmē Penneta režģi pirmajam krustojumam (no  $P$  paaudzes uz  $F_1$  paaudzi) un nosaki iegūto(s) fenotipu(s) un genotipu(s) – vairāku gadījumā, kādā proporcijā tie ir (piem., 1 : 3 vai 1 : 1)!

Penneta režģis ir [1 p.]:

$$P : AAbb \times aaBB$$

$$F_1 : \frac{\begin{matrix} \varphi \backslash \sigma \\ \hline Ab \end{matrix} \quad | \quad aB}{\begin{matrix} \hline AaBb \end{matrix}}$$

Tātad visiem genotips ir  $AaBb$  [1 p.], kas atbilst violetām vainaglapām un apaliem zirņiem [1 p.].

**1.3. jaut.** [2 p.] Apvelc pareizos burtus! Visiem izaudzētajiem  $F_1$  paaudzes puķuzirņiem bija (a) *violetas*, (b) *baltas*, (c) *gaiši violetas*, (d) *gan Baltas, gan violetas* vainaglapas un (a) *apaļi*, (b) *krunkuļaini*, (c) *mazliet krunkuļaini*, (d) *gan apaļi, gan krunkuļaini* zirņi.

**1.4. jaut.** [8 p.] Uzzīmē Penneta režģi otrajam krustojumam (no  $F_1$  paaudzes uz  $F_2$  paaudzi) un nosaki iegūtos fenotipu(s) un genotipu(s)!

**Režģis:**

Par katru pareizu rindu tabulā [1 p.]:

$$P : AaBb \times AaBb$$

		AB	Ab	aB	ab
F <sub>1</sub> :	AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
	Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
	aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
	ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

**Fenotipu skaldījums:** Proporcijai summā jāsanāk 16 (piem., 1 : 2 : 6 : 7).

Fenotips	Atbilstošie genotipi	Proporcija
violeti, apaļi	A—B—	9
violeti, krunkuļaini	A—bb	3
balti, apaļi	aaB—	3
balti, krunkuļaini	aabb	1

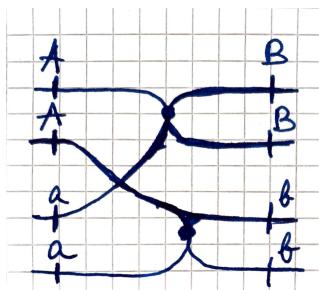
**Piezīme:** Mīnuss A— norāda, ka otra alēle nav nozīmīga: atbilst, gan AA, gan Aa. Tiks ieskaitīti abi pieraksta veidi: gan “A—”, gan “AA un Aa”. Par katru pareizu rindu [1 p.].

**1.5. jaut.** [1 p.] Ir zināms, ka alēles iekodē olbaltumvielu aminoskābju sekvoences. Norādi vienu iespējamu iemeslu, kā atšķirība starp A un a var noteikt ziedu krāsu!

Alēle A iekodē aktīvu enzīmu, bet a – neaktīvu.

## 2. Divi gēni [33 p.]

Mazliet teorija. Aplūkosim vienu hromosomu auglīmušā (diploīds organisms!). Ir zināms, ka pat, ja gēni atšķiras, starp indivīdiem šī hromosoma ir vairāk nekā 99% vienāda. Mejozes I laikā, aplūkojot divas hromosomas (abas no viena vecāka) zem mikroskopa, iespējams redzēt, ka tās var veidot X formas struktūras – vienas hromosomas viena hromatīda krustota ar otras hromosomas hromatīdu, kā redzams zemāk:



Šajā gadījumā iegūtajām četrām gametām alēles būs AB, Ab, aB un ab. Gametas AB un ab mēs saucam par *vecāku tipa* gametām, bet Ab un aB par *rekombinantām* gametām. Gēns A iekodē tievas spārnu dzīslas (A) (aa – resnas), bet gēns B – sarkanās acis (B) (bb – brūnās acis).



**2.5. jaut. [2 p.]** Iegūtās  $F_1$  paaudzes genotips būs

$F_1 :$	AB ab
---------	----------

un fenotips – tievas, sarkanas.

Tagad  $F_1$  paaudzi krustosim ar  $\frac{a}{a} \frac{b}{b}$  indivīdiem, proti,

$$F_2 : F_1 \times \frac{a}{a} \frac{b}{b}$$

**2.6. jaut. [12 p.]** Norādi visus iespējamos  $F_2$  paaudzes genotipus; atzīmē, kuri veidojas tikai, ja ir izveidojusies X forma starp gēniem  $A$  un  $B$ ! Norādi arī fenotipa numuru (no zemāk dotajiem)!

$F_2 :$	AB ab	Ab ab	aB ab	ab ab	;
Tikai, ja X :		X	X		;
Fenotipa № :	1	2	3	4	.

Fenotipu numuri: 1 – tievas dzīslas, sarkanas acis; 2 – tievas dzīslas, brūnas acis; 3 – resnas dzīslas, sarkanas acis; 4 – resnas dzīslas, brūnas acis; 5 – neviens no dotajiem.

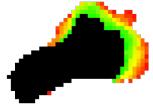
**2.7. jaut. [7 p.]** Ja attālums starp  $A$  un  $B$  ir 0,5 cM, cik % pēcnācēju būs genotips, kur bija jānotiek rekombinācijai starp  $A$  un  $B$ ? 0,5 % [1 p.]

Cik daudz katrā fenotipa  $F_2$  pēcnācēju iegūs? Atbildes norādi procentos ar divām zīmēm aiz komata.

Fenotips	Atbilstošie genotipi				Daudzums
1	AB ab				49,75 %
2	Ab ab				0,25 %
3	aB ab				0,25 %
4	ab ab				49,75 %

**Piezīme:** Par katru pareizu rindu [1.5 p.].

### III UZDEVUMS [52 P.]



### POTSA ŠĀNU MODELIS



#### Komandas nosaukums

Šajā uzdevumā vēlos jūs iepazīstināt ar īpašu bioloģijas apakšnozari no sērijas "ko bioloģijas skolotāja jums nestāsta?" — teorētisko (jeb kvantitatīvo) bioloģiju. Teorētiskā bioloģija ietver mazāk zināmas apakšnozares kā datorbioloģiju, bioinformātiku, biofiziku, matemātisko bioloģiju. Pieaugot datoru skaitlošanas jaudai, zinātnieki septiņdesmitajos gados sāka izmantot datorus evolūcijas pētīšanai vai bioloģisku parādību modelēšanai. Vienu šādu modeli mēģināšu parādīt šajā uzdevumā. No sākuma gan ir jāiziet cauri matemātikas un fizikas principiem, kas veido modeli — bioloģija ir sarežģīta! Uzdevumā esmu devis daudzus piemērus, kuri palīdzēs, ja teksts nav uzreiz saprotams!

#### 1. No matemātikas līdz fizikai. [15 p.]

Tā kā modeli izdomāja fiziķi, tā uztverei nepieciešamas priekšzināšanas par summas simbolu:

$$\sum_{k=1}^5 a(k)$$

Diagram showing the components of the summation symbol:  
beigu indekss (top green)  
funkcija, kas ir atkarīga no indeksa (right purple)  
summēšanas indekss (bottom left orange)  
sākuma indekss (bottom right red)

Piemēri:

$$\sum_{x=1}^5 x = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 = 15;$$

$$\sum_{y=2}^4 y^2 = 4 + 9 + 16 = 29$$

**1.1. jaut. [2 p.]** Tagad tavs gājiens. Aprēķini  $\sum_{x=1}^6 x$ .

$$\sum_{x=1}^6 x = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 = 21$$

**1.2. jaut. [2 p.]** Aprēķini  $\sum_{x=2}^3 x^3$ .

$$\sum_{x=2}^3 x^3 = 2^3 + 3^3 = 35$$

Locekļi, kuri nav atkarīgi no summēšanas indeksa (šeit —  $x$ ), ir konstantes:

$$\sum_{x=1}^3 (x^2 + a) = (1 + a) + (4 + a) + (9 + a) = 14 + 3a$$

$$\sum_{x=1}^2 (x + 5) = (1 + 5) + (2 + 5) = 13$$

**1.3. jaut. [2 p.]** Tavs gājiens. Aprēķini  $\sum_{y=1}^3(y - b)$ .

$$\sum_{y=1}^3(y - b) = (1 - b) + (2 - b) + (3 - b) = 6 - 3b$$

Summēt var arī mainīgos pēc to indeksiem:

$$\sum_{n=1}^3 E_n = E_1 + E_2 + E_3; \quad \sum_{n=1}^3 a_n E_n = a_1 E_1 + a_2 E_2 + a_3 E_3; \quad \sum_{n=1}^k E_n = E_1 + E_2 + \cdots + E_k.$$

**1.4. jaut. [2 p.]** Izraksti summu  $\sum_{n=1}^k a_n E_n$ .

$$\sum_{n=1}^k a_n E_n = a_1 E_1 + a_2 E_2 + \cdots + a_k E_k$$

Matemātika nebeidzas (tūlīt beigsies) — summēt var arī, piemēram, elementus režģī. Piemēram, summa režģim attēlā 1.a ir

$$\sum_{i,j} a_{ij} = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 = 45$$

Ievēro, ja beigu indekss nav dots, tas nozīmē summēt visus dotos elementus, šajā gadījumā — visus režģa elementus.

1	2	3
4	5	6
7	8	9

(a) režģis

1	2
3	4

(b) režģis

2	3
4	5

(c) režģis

1. attēls.

**1.5. jaut. [2 p.]** Aprēķini  $\sum_{i,j} a_{ij}$  režģim attēlā 1.b!

$$\sum_{i,j} a_{ij} = 1 + 2 + 3 + 4 = 10$$

Summēšana var klūt aizraujoša — summēt var, piemēram, arī elementa kaimiņus (ne diagonālos)! Šo var pierakstīt dažādi, bet es rakstišu  $\sum_{i,j \text{ kaimiņi}} a_{ij}$ . Režģim attēlā 1.b:

$$\sum_{i,j \text{ kaimiņi}} a_{ij} = (2 + 3) + (1 + 4) + (1 + 4) + (2 + 3) = 20.$$

**1.6. jaut. [2 p.]** Aprēķini  $\sum_{i,j \text{ kaimiņi}} a_{ij}$  režģim attēlā 1.c!

$$\sum_{i,j \text{ kaimiņi}} a_{ij} = (3+4) + (2+5) + (2+5) + (3+4) = 28$$

Uzdevumā būs jāveic līdzīgi aprēķini, tāpēc dodu trenēties jau tagad. Summēt var arī elementa un tā kaimiņu reizinājumus. Režģim attēlā 1.b to pierakstīšu šādi:

$$\frac{1}{2} \sum_{i,j} a_i a_j = \frac{1}{2} [(1 \times 2 + 1 \times 3) + (2 \times 1 + 2 \times 4) + (3 \times 1 + 3 \times 4) + (4 \times 3 + 4 \times 2)] = 25$$

Turpmāk uzdevumā pirms kaimiņu summām būs  $\frac{1}{2}$ , lai kompensētu to, ka katrs kaimiņu pāris tiek ieskaitīts divreiz.

**1.7. jaut. [3 p.]** Aprēķini  $\frac{1}{2} \sum_{i,j} a_i a_j$  režģim attēlā 1.c!

$$\frac{1}{2} \sum_{i,j} a_i a_j = \frac{1}{2} [(2 \times 3 + 2 \times 4) + (3 \times 2 + 3 \times 5) + (4 \times 2 + 4 \times 5) + (5 \times 3 + 5 \times 4)] = \frac{95}{2}$$

## 2. No fizikas līdz bioloģijai. [15 p.]

19. gs. divdesmitajos gados, Lenzs un Īzings izveidoja un raksturoja feromagnētisma modeli, kurā

- režģa elementi ir spini (nav svarīgi, ko tas nozīmē);
- spinam ir orientācija — uz augšu ( $\sigma = 1$ ) vai uz leju ( $\sigma = -1$ );
- katrs spins mijiedarbojas tikai ar kaimiņiem uz augšu, uz leju, pa labi vai pa kreisi.

Par režģa konfigurāciju sauc vienu no veidiem, kā orientēt visus spinus. Divas konfigurācijas ir dotas 3. attēlā. Konfigurācijas iespējamība  $P$  ir atkarīga no tās enerģijas  $\mathcal{H}$ :

$$P \propto e^{-\beta \mathcal{H}}, \quad (1)$$

kur ” $\propto$ ” nozīmē ”proporcionalis” un  $\beta$  ir konstante, kura mums nav svarīga. Tāpēc, jo lielāka ir konfigurācijas enerģija, jo mazāka ir varbūtība, ka šī konfigurācija izveidosies. Lai aprēķinātu  $\mathcal{H}$ , jāveic tā pati procedūra, kas 1.7. jautājumā: saskaita elementa un tā kaimiņu reizinājumus. Atkārto katram elementam un iegūtās vērtības saskaita:

$$\mathcal{H} = -\frac{J}{2} \sum_{i,j} \sigma_i \sigma_j, \quad (2)$$

kur  $J$  ir konstante, kura apzīmē mijiedarbību stiprumu. Turpmāk ņem  $J = 1$ .  $\sigma_i$  un  $\sigma_j$  ir spinu vērtības kaimiņatomiem, piemēram,

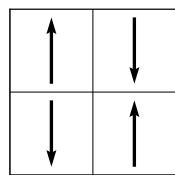
$$\sigma_\uparrow \sigma_\uparrow = 1 \cdot 1 = 1; \quad \sigma_\uparrow \sigma_\downarrow = 1 \cdot (-1) = -1.$$

Enerģijas aprēķins konfigurācijai 2.a attēlā:

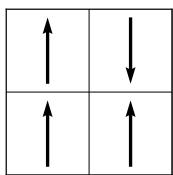
$$\mathcal{H} = -\frac{1}{2} \sum_{i,j} \sigma_i \sigma_j = -\frac{1}{2} [(1 \times -1 + 1 \times -1) + (-1 \times 1 + -1 \times 1) + (-1 \times 1 + -1 \times 1) + (1 \times -1 + 1 \times -1)] = 4.$$

**2.1. jaut. [4 p.]** Aprēķini energiju konfigurācijai 2.b attēlā!

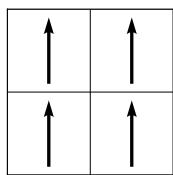
$$\mathcal{H} = -\frac{1}{2} \sum_{i,j} \sigma_i \sigma_j = -\frac{1}{2} [(1 \times -1 + 1 \times 1) + (-1 \times 1 + -1 \times 1) + (1 \times 1 + 1 \times 1) + (1 \times 1 + 1 \times -1)] = 0$$



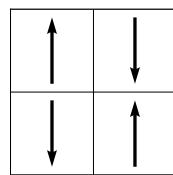
(a) konfigurācija



(b) konfigurācija



(c) konfigurācija

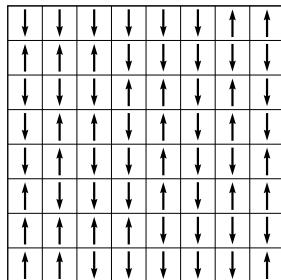


(d) konfigurācija

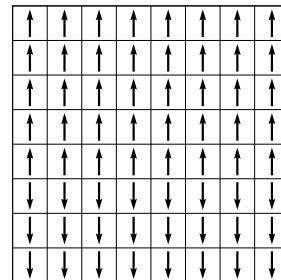
2. attēls.

**2.2. jaut.** [4 p.] Paskaidro, kurai no konfigurācijām 3. attēlā ir lielāka varbūtība ( $P \propto e^{-\beta H}$ )!

Lielāka  $P$  ir 3.b konfigurācijai, jo bultiņas vienā virzienā dod pozitīvus locekļus, padarot enerģiju negatīvu, tāpēc  $P$  ir augsta. Savukārt 3.a konfigurācijā dažādas bultiņas dod negatīvus locekļus, padarot enerģiju pozitīvu, un  $P$  zemu.



(a) konfigurācija



(b) konfigurācija

3. attēls.

Lai modelī iekļautu laiku, jāievieš veids, kā sistēma var pāriet no vienas konfigurācijas uz citu. To dara ar dažādiem algoritmiem. Neiedziļinoties tajos — ja jaunās konfigurācijas enerģija ir mazāka par vecās, tad tā tiek pieņemta ar varbūtību 1 (vienmēr pieņemta). Ja jaunās konfigurācijas enerģija ir lielāka, tad tā tiek pieņemta ar varbūtību  $P = e^{-\beta \Delta H}$ , kur  $\Delta H = H_{jaunā} - H_{vecā}$ . Citiem vārdiem, elementi uzvedas tā, lai minimizētu sistēmas enerģiju. Šis ir svarīgi turpmākajam uzdevumam.

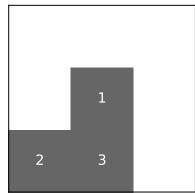
**2.3. jaut.** [7 p.] 2.b attēlā ir dota sākotnējā konfigurācija. Nosaki varbūtības šai konfigurācijai pāriet uz 2.c un 2.d attēlā redzamajām (atstāj nezināmos mainīgos). Uz kuru pāriet ir lielāka varbūtība un kāda ir šī sistēma — sakārtota vai sajaukta? Ieteikumi:  $H_{vecā}$  tu cerams aprēķināji 2.1. jautājumā. Tagad jāaprēķina  $H_{jaunā}$  un abas jāievieto  $P$  izteiksmē.

Pēc tādiem pašiem aprēķiniem kā 2.1. jautājumā,  $H_c = -4$  un  $H_d = 4$ .  $P_c = e^{4\beta}$  un  $P_d = e^{-4\beta}$ . Tātad pāriet uz 2.c konfigurāciju ir lielāka iespējamība. 2.c konfigurācija ir sakārtota, nevis sajaukta.

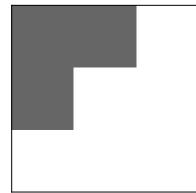
Laika gaitā tika veikti modeļa papildinājumi, kas gluži nejauši pavēra iespējas pielietojumiem bioloģijā. Lielu daļu papildinājumu veica Renfrijs Pots (1925–2005), kura vārdā modeli visbiežāk dēvē.

- Modelis tika vispārināts no divām spina orientācijām līdz neierobežotam skaitam dažādu stāvokļu vai objektu. Piemēram, 4. attēlā ir redzami deviņi objekti, piemēram, šūnas.
- Tika ieviests objekts, kas apzīmē vidi, piemēram, ūdeni, kurā atrodas šūnas.

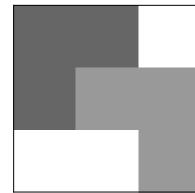




(a) viena šūna

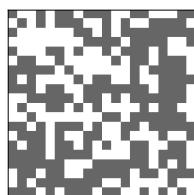


(b) viena šūna

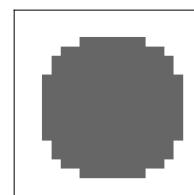


(c) divas šūnas

5. attēls. Šūnu konfigurācijas.



(a) konfigurācija

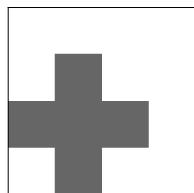


(b) konfigurācija

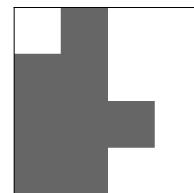
6. attēls.  $20 \times 20$  režģa konfigurācijas.

Nākamais vienādojumā ir tilpuma loceklis

$$\mathcal{H}_{\text{tilpuma}} = \sum_{i \in \text{šūnas}} \lambda_{\text{tilpuma}} (V_i - V_m)^2,$$

kur  $\lambda_{\text{tilpuma}}$  ir konstante un  $V_m$  ir konstante, ko sauc par mērķa tilpumu (šūnai definēts tilpums, piemēram, 10 pikseli). Jo vairāk šūnas tilpums atšķiras no mērķa tilpuma, jo lielāka  $\Delta\mathcal{H}$ . Atgādinu, ka  $\Delta\mathcal{H} = \mathcal{H}_{\text{jaunā}} - \mathcal{H}_{\text{vecā}}$ .**3.3. jaut. [4 p.]** Šūna ar  $V_m = 5$  pikseli un  $\lambda_{\text{tilpuma}} = 1$  ir dota 7.a attēlā. Kāda ir  $\Delta\mathcal{H}_{\text{tilpuma}}$ , kad šūna izplešas no 7.a uz 7.b attēlā redzamo? Ieteikums: attēlā ir tikai viena šūna, tāpēc  $\mathcal{H}_{\text{tilpuma}} = \lambda_{\text{tilpuma}} (V - V_m)^2$ . $\mathcal{H}_{\text{tilpuma}, a} = 0$ , jo  $V = V_m$ .  $\mathcal{H}_{\text{tilpuma}, b} = 1 \times (8 - 0)^2 = 64$ . Tātad  $\Delta\mathcal{H}_{\text{tilpuma}} = 64 - 0 = 64$ .

(a) konfigurācija



(b) konfigurācija

7. attēls. Šūnas izplešanās.

**3.4. jaut. [2 p.]** Paskaidro, kas notiktu, ja  $\lambda_{\text{tilpuma}} = 0$  vai  $V_m = 0$ !

Šādā gadījumā tilpuma mērķis būtu 0 un šūna pazustu.

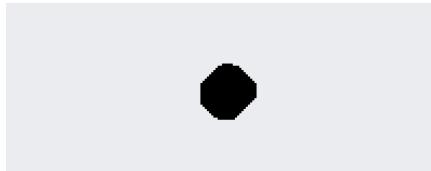
Pēdējais vienādojumā ir perimetra loceklis, kurš stādā līdzīgi kā tilpuma loceklis:

$$\mathcal{H}_{\text{perimetra}} = \sum_{i \in \text{šūnas}} \lambda_{\text{perimetra}} (P_i - P_m)^2,$$

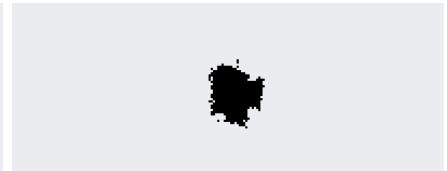
kur  $\lambda_{\text{perimetra}}$  ir konstante, un  $P_m$  ir konstante, ko sauc par mērķa perimetru. Šis loceklis nelauj šūnai nelogiski mainīt savu perimetru.

**3.5. jaut. [4 p.]** 8.a un 8.b attēlā ir izmainīts tikai  $P_m$ . Paskaidro, kāds tas ir katrā no attēliem un kāpēc!

8.a  $P_m$  ir mazs, jo šūna ir kompakta un 8.b  $P_m$  ir liels, jo šūna ir izplūdusi.



(a) konfigurācija



(b) konfigurācija



(c) konfigurācija

8. attēls. Konfigurācijas ar mainītu mērķa perimetru.

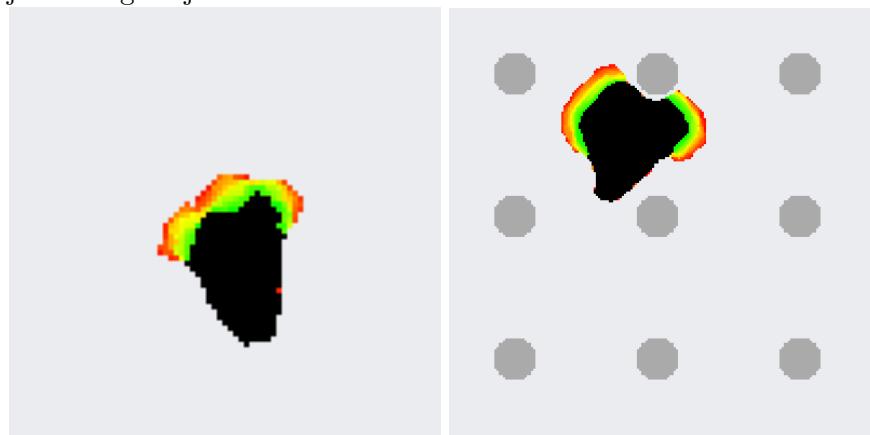
**3.6. jaut. [4 p.]**  $J$  ir līdzīga  $P_m$  konstantei. Kā ir jāmaina (jāsamazina/ jāpaaugstina)  $J$  konstante, lai šūna mainītos no 8.b uz 8.c attēlā redzamo? Atbildi uz iepriekšējo jautājumu, bet priekš  $P_m$  konstantes! Paskaidro, kādā veidā  $J$  un  $P_m$  konstantes ir līdzīgas!

*J* ir jāsamazina.  $P_m$  ir jāpaaugstina.  $J$  un  $P_m$  ir antagonistiskas konstantes (dara to pašu, bet pretēji) — augsta  $J$  un zema  $P_m$  tur šūnas elementus kopā.

**3.7. jaut. [4 p.]** Konfigurāciju 8.c attēlā var iegūt vēl vienā veidā. Bonusa jautājums: kuras konstantes(-šu) vērtība(s) ( $J$ ,  $\lambda_{\text{tilpuma}}$  vai  $\lambda_{\text{perimetra}}$ ) ir jāizvēlas 0, lai rastos šī konfigurācija? Vēl viens bonusa jautājums: Kas notiktu, ja izvēlētos negatīvu  $J$ ?

Jāizvēlas  $J = 0$  un  $\lambda_{\text{perimetra}} = 0$ , jo tad nebūtu enerģijas locekļu, kas turētu šūnu kopā. Ja  $J < 0$ , tad elementiem piemistu "anti-adhēzija", un ja enerģijas perimetra loceklis nespēj konkurēt, tad elementi mēģinātu izvairīties viens no otra, un izveidotos "anti-šūna".

Diemžēl nepaguvu parādīt modeļa pielietojumus, modelējot šūnu šķirošanos vai amēbveida šūnu kustīgumu (9. attēlā). Taču tu par to vari mācīties, ja izvēlies studēt bioloģijas programmā universitātē ar pieejamiem kursiem teorētiskajā bioloģijā. Vai, ja tev interesē tieši pamati un principi, pēc kuriem modeļi strādā, izvēlies studēt fiziku un maģistrā specializējies bioloģiskajā fizikā.

(a) Šūna pārvietojas tajā virzienā, ku-  
rā ir izveidojusies aktīna mala.

9. attēls.

(b) Var modelēt, kā šūna mijiedarbo-  
jas ar šķēršļiem.

# IV UZDEVUMS [52 P.]



## NO ONE MOURNS THE WICKED (T-CELLS)



### Komandas nosaukums

Imunoloģija ir sarežģīta un vēl joprojām līdz galam neizpētīta bioloģijas nozare, tomēr ļoti daudzi plaši zināmi un arī praktiski pielietojami atklājumi, kā vakcīnas, medikamenti, ko pielieto infekcijas slimību ārstēšanā, kā arī vēl nesen eksperimentālu, taču šobrīd jau plaši konvencionāli pielietojamu audzēju terapiju tehnoloģiskie pamatprincipi, kas ir virzījuši medicīnas progresu un veicinājuši veselību gan sabiedrības, gan arī individuālā līmenī, ir nākuši tieši no imūno šūnu daudzveidības un molekulāro īpatnību izpētes.

Šogad arī Nobela prēmija medicīnā tika piešķirta par atklājumiem un darbu saistībā ar imūno šūnu apakšpopulācijām, to īpašībām un funkcijām, tāpēc šajā uzdevumā uzzināsi vairāk par to, kā norisinās imūno šūnu attīstība, kā imūnsistēma spēj sevi regulēt un kādas varētu būt sekas, ja šie regulācijas mehānismi tiek traucēti.

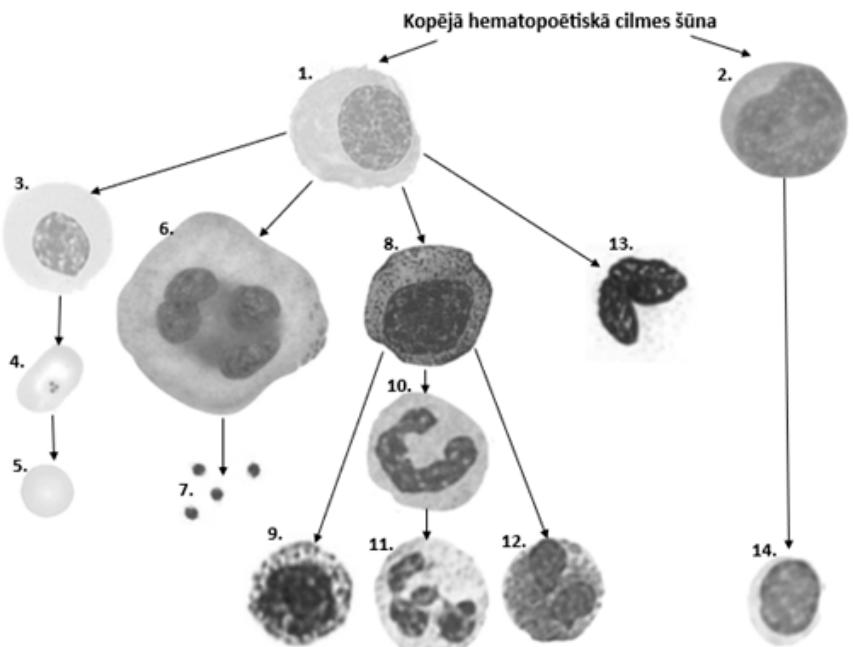
### 1. I know I'm just a mere munchkin, but even munchkins have feelings...[26 p.]

*"I have a personal score to settle with El—  
With the WITCH!"*

**1.1. jaut.** [14 p.] Aplūko asinsķermenīšu attīstības shēmu no kopējām hematopoētiskajām cilmes šūnām un izvēlies katram asinsķermenītim atbilstošo nosaukumu. Nem vērā, ka 5., 7. un 14. šūnai nosaukums nav dots un tas Tev ir jāuzraksta pašam. Visiem dotajiem nosaukumiem ir jātiekt izmantotiem.

Dotie asinsķermenīšu nosaukumi:

- granulocītu priekštečšūna,
- limfoblastiskā priekštečšūna,
- mieloblastiskā priekštečšūna,
- monocīts, • eritroblasts,
- stabīnkodolainais neutrofilais leikocīts,
- eozinofilais leikocīts, • retikulocīts,
- bazofilais leikocīts, • segmentkodolainais neutrofilais leikocīts, • megakariocīts.



1. attēls. Asinsķermenīšu attīstības shēma

- |      |                              |
|------|------------------------------|
| (1.) | Mieloblastiska priekštečšūna |
| (2.) | Limfoblastiska priekštečšūna |
| (3.) | Eritroblasts                 |
| (4.) | Retikulocīts                 |
| (5.) | Eritrocīts                   |
| (6.) | Megakariocīts                |
| (7.) | Trombocīti                   |

- |       |                                 |
|-------|---------------------------------|
| (8.)  | Granulocītu priekštečšūna       |
| (9.)  | Bazofilais leikocīts            |
| (10.) | Stabīnkodolainais neitr. leik.  |
| (11.) | Segmentkodolainais neitr. leik. |
| (12.) | Eozinofilais leikocīts          |
| (13.) | Monocīts                        |
| (14.) | Limfocīts                       |

**1.2. jaut.** [1 p.] Attīstoties 5. šūnai (no 3. uz 5. šūnu), ir redzama kādas centrāli izvietotas, tumšākas struktūras izzušanas process. Šīs struktūras atliekas vēl ir novērojamas 4. šūnā, ko sauc arī par Hauela-Džolija ķermeniem, taču 5. šūnā struktūra ir izzudusi pilnībā. Kas ir šī struktūra?

Kodols

**1.3. jaut. [1 p.]** Kāda procesa rezultātā norisinās šīs struktūras izzušana?

Enukleācija (arī eksocitoze)

**1.4. jaut. [2 p.]** Nosauc divus iemeslus, kāpēc 5. šūnai ir funkcionāli izdevīga struktūras izzušana.

Membrānas virsmas laukuma palielināšana (virsmas laukuma/šūnas tilpuma attiecības palielināšana), lai veicinātu gāzu veiksmīgāku difūziju uz/no citosola, brīvas vietas nodrošināšana citosolā, lai radītu maksimāli lielu hemoglobīna koncentrāciju šūnā, diskveida formas gūšanai, kas ļauj eritrocītiem deformēties un ciešāk piegult vienam pie otra, veidojot stabīnveida struktūras, kas atvieglo izklūšanu cauri kapilāriem, kuru lūmena diametrs ir mazāks par eritrocītu diametru. Arī citi pamatoti iemesli tiks ieskaitīti.

**1.5. jaut. [1 p.]** Zināms, ka putniem atšķirībā no zīdītājiem šīs struktūras izzušana 5. šūnas nobriešanas procesā nenorisinās. Kāpēc putniem struktūra saglabājas arī 5. šūnā?

Lai veicinātu lidspēju, liela daļa putnu kaulu ir dobi un tajos, izņemot ķili un skriemeļus, nav sarkano kaulu smadzeņu, kurās pastāvīgi varētu attīstīties jauni eritrocīti, līdz ar ko tiem ir jāsaglabā sava spēja dalīties (interesanti, ka kaulu smadzeņu trūkuma dēļ arī daudzu limfoīdo šūnu attīstība atšķirībā no zīdītājiem, putniem norisinās pamatā limfmezglos, kā Fabrīcija glotsomiņas limfmezglos).

**1.6. jaut. [4 p.]** 1.6. Asinsķermenīši pilda atšķirīgas funkcijas, lai gan to attīstības process un nobriešanas regulatorie mehānismi ir līdzīgi. Dažām šūnām – 9., 11. un 12. – ir raksturīgi īpaši ieslēgumi, kas piešķir tiem graudainu izskatu, taču katrai organismā ir sava funkcija. Iepazīstīties ar 3 klīniskajām situācijām. Katrā no šīm situācijām pacientam ir tīcis novērots paaugstināts paaugstināts konkrētas šūnas (9., 11. vai 12.) skaits. Izvērtējot pacientam novērotās pazīmes un sūdzības un arī izmantojot savas zināšanas, apraksti katras šūnas funkciju.

- **9. šūna:** Pacientei, 30 gadus vecai sievetei, pēdējo divu gadu laikā ir bijušas vairākas anafilakses epizodes, kas izpauðušas pēc kāda jauna ēdienu pagaršošanas. Epizodēm ir raksturīgs pēkšņs aizsmakums, sārti izsitumi, kas strauji noklājuši visu ķermenī un ir spēcīgi niezējuši. Pēc šīm epizodēm vienmēr ir saukta ātrā palīdzība, kas ir pacientei ievadījusi adrenalīnu, pēc kā simptomi mazinājušies, tomēr arī ikdienā ārpus šīm epizodēm paciente turpina izjust aizliktu degunu un nelielu niezi.

Mijiedarbība un līdzdalība alerģisko reakciju nodrošināšanā. Bazofili, tiekot aktivēti ar Imunoglobulīna E vai interleikīnu-3/18/33 palīdzību, pastiprināti izdala histamīnu un interleikīnu-4, kas veicina limfocītu un makrofāgu hemotaksi, asinsvadu caurlaidības palielināšanos un tūskas un izsitumu veidošanos, kā arī ierosina mazo elpceļu krampjus - bronhospazmas -, kas apgrūtina elpošanu

- **11. šūna:** Paciente ir 45 gadus veca sieviete, kurai ir raksturīgas dedzinošas sāpes dzimumorgānu apvidū, sāpēm pastiprinoties urinēšanas laikā. Papildus tam ir attīstījies arī drudzis (temperatūra ir 38°C) un vispārējs nogurums. Veicot urīna uzsējumu uz mikroorganismu barotnēm, tajā tiek noteikta *Escherichia coli* klātbūtne.

Nespecifisku primāri antibakteriālu imūno aizsargreakciju nodrošināšana un akūtas iekaisuma reakcijas veicināšana. Neitrofili piedalās dažādu organisma aizsargmehānismu nodrošināšanā, gan fagocītējot patogēnu un nodrošināt tā līzi, gan veicinot atsevišķu kodola segmentu eksocitozi un veidojot neitrofilo leikocītu ekstracellulāros DNS tīklus, kas veicina patogēna satveršanu, gan izdalot dažādus iekaisuma citokīnus, kā interleikīnu-1, gan audzēju nekrozes faktoru-alfa, kas veicina gan citu imūnšūnu aktivāciju, gan arī konstitucionālo iekaisuma simptomu, kā drudža, nespēka, galvassāpju ierosināšanu, medīejot asinsvadu diametru, CNS termoregulācijas centru aktivitāti, atsevišķu metabolo procesu intensitātes maiņu, apetītes sajūtas veidošanos.

- **12. šūna:** Pacients, vīrietis, 40 gadi, jau ilgstošu laiku cieš no vēdera diskomforta, kā arī ir novērojis svara zudumu. Pirms mēneša restorānā ir ēdis termiski neapstrādātu liellopa gaļu. Pēdējo reizi izkārnījumus arī pamānījis gaišus, gareniskus un posmotus veidojumus. Laboratorijā tika apstiprināts, ka pacienta fēcēs ir atrodams hermafrodīts organisms ar posmveida uzbūvi, kas sākas ar skoleksu un turpinās ar kaklinu un līdz pat tūkstoš proglotīdiem. Pirms tam pacients veicis asins analīzes pavasarī, kad arī tika noteikts paaugstināts šo šūnu skaits. Ārsta kabinetā tika apstiprināts, ka abas reizes savā starpā nav saistītas.

Pacientam balstoties uz anamnēzi un parazītiskā organisma atradni fēcēs, visdrīzāk ir raksturīga tenioze, ko ierosinājis govju vai cūku lentenis (lai veikto precīzāku diagnostiku, nav sniegti pietiekoši informācijas, par parazīta morfoloģiskajām pazīmēm), eozinoflie leikocīti ir, kā pienēmts uzskatīt, specifiski evolucionāri attīstījušās šūnas, kas piedalās lielu, pie dzīvnieku valsts piederošu parazītisku organismu, kā arī vienšūnu elimināciju, kas parasti notiek ar frustrētās fagocitozes palīdzību, aktīvi ārvidē izdalot lizosomālos enzīmus un nodrošinot patogēna iznīcināšanu, kā arī iesaistoties tālāku specifisko vai hronizējošo iekaisumu veidošanā. Papildus tam pateicoties spējai izdalīt Interleikīnu-5, kas nodrošina B limfocītu specifikāciju un īpašas somatiskās hipermutācijas, lai tie specializētos tieši imunoglobulīna E sintēzē, pastarpināti piedalās alergisko reakciju medišanās, līdzīgi kā bazofilas šūnās, bet caur pilnīgi citādākiem mehānismiem.

**1.7. jaut. [2 p.]** Kāda simptoma novēšanai ātrā palīdzība ievadīja pacientei adrenalīnu. Kāpēc būtu svarīgi pēc iespējas ātrāk novērst tieši šo simptomu?

Adrenalīns primāri tika ievadīts bronhospazmu izraisīta elpas trūkuma novēšanai, tā kā elpcelē muskulatūras relaksāciju regulē beta-2-adrenerģiskie receptori, kurus adrenalīns attiecīgi spēj aktivēt. Šo simptomu ir īpaši svarīgi novērst pēc iespējas ātrāk, tā kā pat dažas minūtes ilgs skābekļa deficitis jeb išemija var izraisīt neatgriezeniskas sistēmiskas izmaiņas īpaši centrālajā nervu sistēmā, veicinot pastiprinātu neironālo bojājeju, perineirālo iekaisumu, glijas funkcionālās izmaiņas un var ietekmēt pacienta turpmāko kognitīvo, afektīvo un kā arī smadzeņu bazālo funkcionalitāti.

**1.8. jaut. [1 p.]** Izmantojot doto informāciju, ja Tev būtu iespēja kā ārstam dod šai pacientei vienu ieteikumu, kas saistāms ar epizožu rašanos neparedzētos brīžos, kāds tas būtu?

Vienmēr nēsāt līdzi adrenalīna injekciju pildspalvas, nodrošināt injekciju pildspalvu pieejamību darba vietā, informēt radiniekus, draugus, kolēģus par atbilstošu rīcību alerģiskas reakcijas aizsākšanās brīdī, kā arī jebkurš cits logisks un pamatots ieteikums.

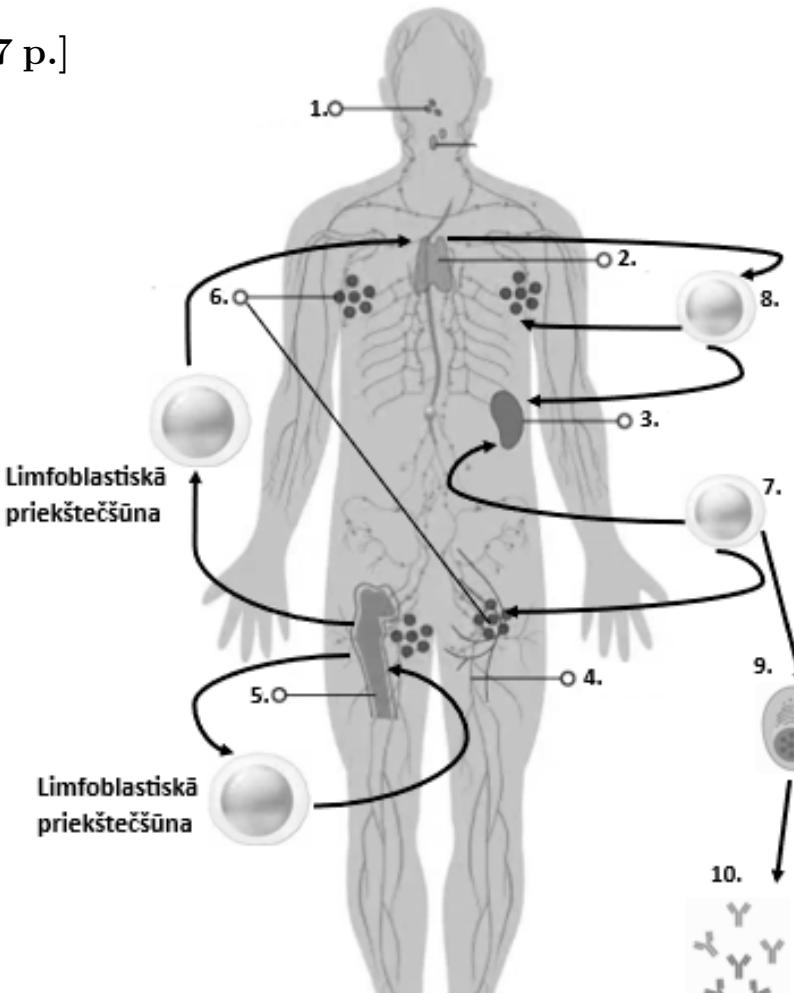
## 2. Every day more wicked [17 p.]

*“Every day more wicked  
Every day, the terror grows  
All of Oz is ever on alert”*

Tomēr hematoloģisko šūnu attīstība bieži vien nebeidzas ar histoloģiski novērojamām šūnas izmaiņām. Tai seko šo šūnu apakšpopulāciju veidošanās, ko biežāk nosaka dažādu šūnas virsmaņu proteīnu ekspresija.

**2.1. jaut. [10 p.]** Aplūko doto attēlu un uzraksti limfoīdo orgānu, šūnu, kā arī olbaltumvielu (10.) nosaukumus.

- (1.) Mandeles (adenoīdi)
- (2.) Tīmuss (aizkrūts dziedzeris)
- (3.) Liesa
- (4.) Limfvadi
- (5.) Sarkanās kaulu smadzenes
- (6.) Limfmezgli



- (7.)  B limfocīts
- (8.)  T limfocīts
- (9.)  Plazmocīts
- (10.)  Antivielas (imunoglobulīni)

**2.2. jaut.** [2 p.] Nosauc divas funkcijas, ko veic olbaltumviela, kas atzīmēta ar skaitli 10.

Patogēnu opsonizācija, patogēna aggregācija, limfoīdo šūnu attīstības regulācija, receptorfunkcija (piemēram, veidojot B limfocītu receptorus (BCR), tuklo šūnu aktivācija un alergisko reakciju indukcijs, komplementa sistēmas aktivācija, dabīgo galētājšūnu aktivācija un citas

**2.3. jaut.** [1 p.] Zināms, ka orgāns, kas atzīmēts ar skaitli 2., savu maksimālo masu un funkcionalitāti sasniedz pubertātes laikā, taču pēc tam lēnām degradējas, pamataudiem tiekot lēnām aizvietoti ar taukaudiem un blīvajiem saistaudiem. Šo procesu sauc par involūciju. Balstoties uz doto attēlu, paskaidro, kāpēc šis process norisinās.

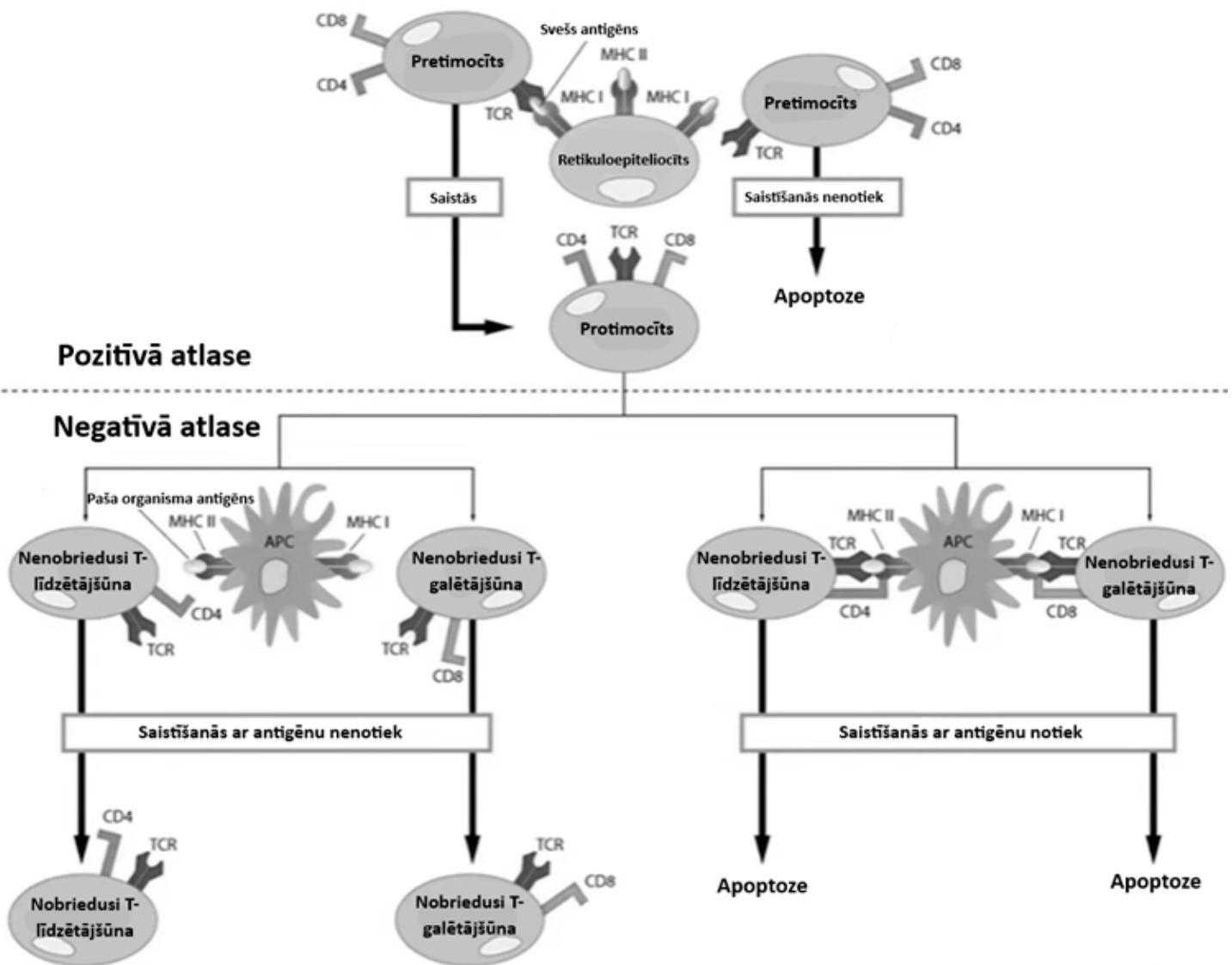
Līdz pubertātes vecumam pacienta T limfocīti tiek eksponēti praktiski visiem iespējamajiem (robežās, ko pats organisms vai saskares intensitāte spēj nodrošināt) patogēnu antigēniem un ir izstrādājušās katram antigēnam relatīvi specifiskas T limfocītu populācijas, kas spēj jau pastāvīgi proliferēt ar atmiņas šūnu palīdzību

**2.4. jaut.** [2 p.] Aplūko 3. attēlu, kurā parādīta T limfocītu primāro apakšpopulāciju veidošanās, kas norisinās 2. orgānā, un izskaidro pozitīvās un negatīvās atlases nozīmi.

Poitīvā atlase primāri nodrošina pret citu organismu patogēniem reaģētspējīgu T limfocītu atlasi, kas ir pietiekami aktīvi, lai ierosinātu imūno atbildi. Negatīvā atlase nodrošina pāraktīvu un pret paša organisma saviem antigēniem reaģētspējīgu T limfocītu iznīcināšanu no tiem limfocītiem, kas jau iepriekš ir tikuši pozitīvi selektēti.

**2.5. jaut.** [2 p.] Atzīmē, vai apgalvojums ir patiess vai aplams balstoties uz sniegto informāciju.

- |   | P                                   | A                                   |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|
| (1.) Ja nenobriedusi T līdzētājšūna spēs saistīties ar antigēnu, kuru tai prezentē makrofāgs, tajā palielināsies mitohondriju caurlaidība un citoplazmatiskā Ca <sup>2+</sup> jonu koncentrācija. | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| (2.) Protimocītam, uztverot retikuloepiteliocīta prezentētu kolagēna fragmentu un ar to saistīties, tā attīstība turpināsies par protimocītu.   | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| (3.) Nenobriedušai T-galētājšūnai, nespējot saistīties ar antigēnu prezentējošo šūnu, sāksies aktīvs kodola vezikulācijas process.  | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| (4.) CD4 proteīns ārpus negatīvās atlases procesa nespēj saistīties ar paša organisma antigēniem veselam cilvēkam.  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |



3. attēls. Limfocītu primāro apakšpopulāciju veidošanās process ar pozitīvo un negatīvo atlasi.  
 APC – antigēnu prezentējošā šūna.

### 3. The Girl in the Bubble [9 p.]

*"For the girl in the bubble*

*The pink shiny bubble*

*It's time for her bubble to pop"*

Iepriekšējos uzdevumos varēji iepazīties ar situācijām, kad imūno šūnu produkcija pārlieku lielā daudzumā var radīt kaitējumu arī pašam organismam. Tieši tāpēc tas ir izveidojis papildu mehānismus, kā šo produkciju vai konkrēto šūnu funkciju varētu ierobežot. Viens no tiem ir T-regulatorie limfocīti.

T-regulatorie limfocīti ir īpašas nobriedušas T-līdzētājšūnas, kas ir aktīvi sākušas ekspresēt FoxP3 proteīnu, kas lāuj tām piesaistīties pie citiem T limfocītiem un iniciēt to apoptozi, tādējādi mazinot to skaitu.

Kādā pētījumā tika salīdzināts: 1. T-regulatoro limfocītu relatīvais skaits attiecībā pret visām T-līdzētājšūnām, 2. neproliferējošo T-regulatoro limfocītu skaits pret visiem T-regulatorajiem limfocītiem, 3. aktīvi proliferējošo un pret-iekaisuma proteīnus nesekretējošo T-regulatoro limfocītu skaits pret visiem T-regulatorajiem limfocītiem, 4. aktīvi proliferējošo un pret-iekaisuma proteīnus sekretējošo T-regulatoro limfocītu skaits pret visiem T-regulatorajiem limfocītiem. Šo šūnu skaits tika noteikts gan Alcheimera slimības pacientiem, kas ir neirodegeneratīva slimība, kurā nervu šūnu bojāeju izraisa nekorekti konformētu proteīnu uzkrāšanās to citoplazmā, gan multiplās sklerozes pacientiem, kas ir neirodegeneratīva slimība, kurā nervu šūnu bojāeju izraisa autoimūns iekaisums.

**3.1. jaut. [3 p.]** Balstoties uz sniegtajiem grafikiem 4. attēlā, izskaidro, kuras slimības gadījumā būs raksturīgs

aktīvāks iekaisums, pamatojot to gan ar datiem no grafikiem, gan ar sniegtu informāciju par slimību.

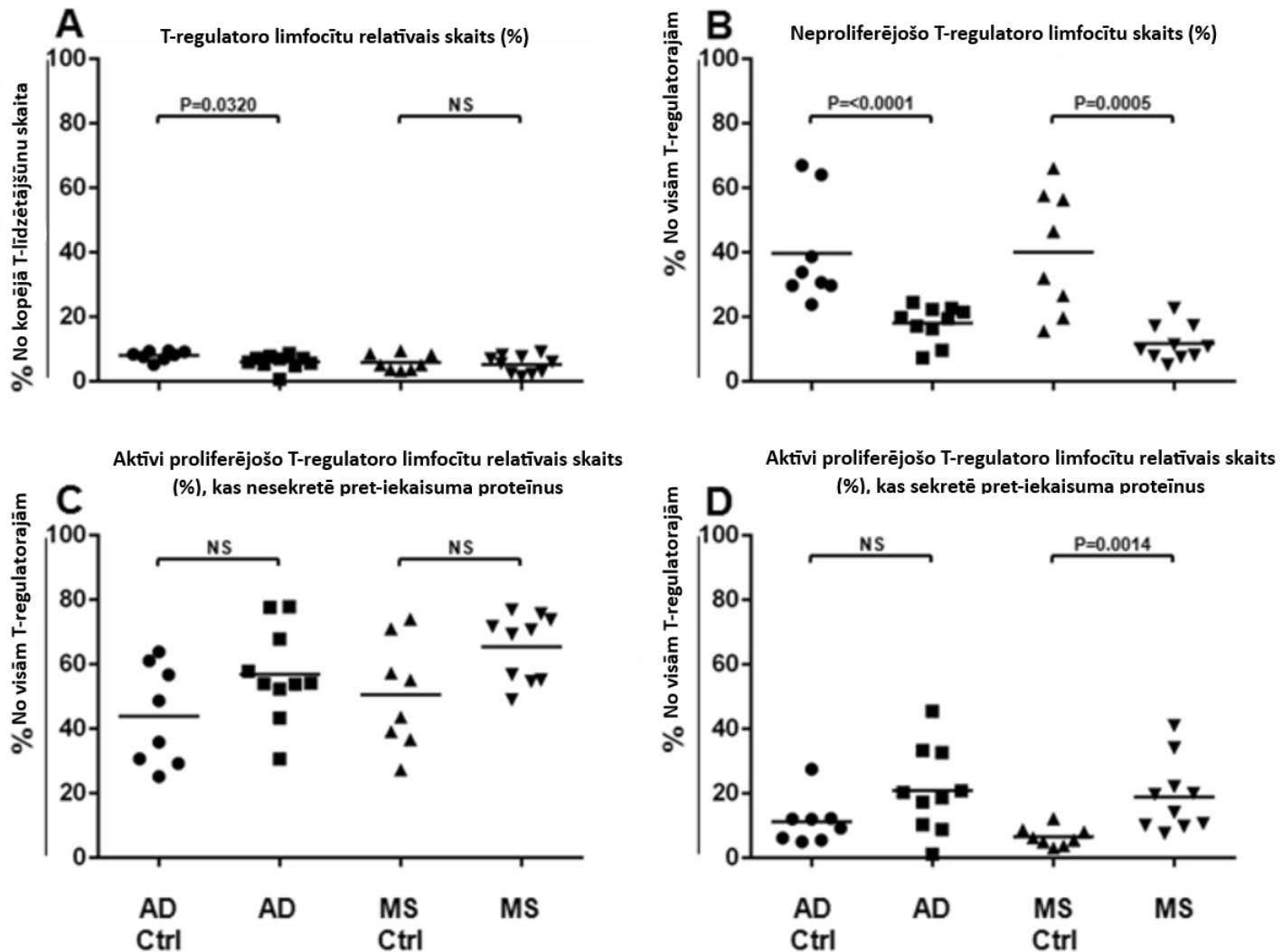
Zināms, ka multiplā skleroze ir autoimūna saslimšana, kuras patoģēnēzē attiecīgi ir hronisks un destruktīvs iekaisums, kuru ierosina palielināts uz paša organisma antigēnu reaģētspējīgu T citotoksisko un T līdzētājšūnu skaits, līdz ar ko primāri multiplās sklerozes gadījumā iekaisumam būtu jābūt intensīvākam nekā Alcheimera slimības gadījumā. Taču arī Alcheimera slimība viennozīmīgi var ierosināt iekaisumu, šūnu bojājuma dēļ, kas izraisa endogēnu reakciju uz šūnu satura nonākšanu starpšūnu matricē, taču tas būs sekundārs. Doto spriedumu balstoties uz uzdevuma nosacījumiem pamato arī 4. grafika dati, kurā aktīvi proliferējošo un pret iekaisuma citokīnus sekretējošo regulatoro T-limfocītu skaits ir statistiski būtiski palielināts tieši multiplās sklerozes gadījumā. Jebkurš cits, taču loģisks un pamatots spriedums arī tiks ieskaitīts.

**3.2. jaut. [3 p.]** Analizējot grafikus un izmantojot savas zināšanas, izskaidro, kāpēc, aktīvi proliferējošo un pret-iekaisuma proteīnus sekretējošo T-regulatoro limfocītu skaits ir relatīvi palielināts multiplās sklerozes gadījumā, bet nav Alcheimera slimības gadījumā? Kāpēc kopējais relatīvais T regulatoro limfocītu skaits multiplās sklerozes gadījumā būtiski palielināts nav, taču Alcheimera slimības gadījumā šī atšķirība ir būtiska?

Multiplās sklerozes gadījumā aktīvi proliferējošo un pret-iekaisuma proteīnus sekretējošo T-regulatoro limfocītu skaits ir statistiski būtiski palielināts, tā kā tā ir autoimūna saslimšana ar raksturīgu primāras ģenēzes neirālu iekaisumu, līdz ar ko T-regulatoro limfocītu skaits ir palielināts kā atbildes reakcijas uz daudz intensīvāku iekaisuma reakciju, salīdzinot ar Alcheimera slimību, kurai tā nav tik spēcīga. Alcheimera slimības gadījumā atšķirība starp relatīvo regulatoro T-limfocītu skaitu ir statistiski būtiska atšķirīga, taču jāpievērš uzmanība, ka limfocītu skaits slimības gadījumā ir tieši samazināts, salīdzinot ar kontroli, ko varētu, iespējams, skaidrot, ar primāro Alcheimera slimības incidences vecumu - 50-70 gadiem, un šim vecuma raksturīgo hematopoētisko šūnu proliferācijas aktivitātes mazināšanos -, jo nav zināms, vai izveidojot kontroles populāciju, tās videjais vecums tika pielīdzināts Alcheimera slimības videjam vecumam, taču visdrīzāk tas liecina par mērenas intensitātes, hronisku iekaisumu, pie kura T-regulatoro limfocītu skaits īsti neattīstās iekaisuma mazās aktivitātes dēļ, taču T-līdzētājšūnu skaits turpretī var būt palielināts, jo šūnu pamatpopulācija piedalās iekaisuma reakciju veicināšanā, un šajos grafikos T-regulatoro šūnu skaits ir izteikts proporcijā pret kopējā līdzētājšūnu skaiti. Statistiski būtiskas atšķirības starp relatīvo T-regulatoro šūnu skaitu multiplās sklerozes gadījumā nav novērojamas, jo salīdzinoši aktīvākas iekaisuma dabas dēļ, kas piemīt lielai daļai autoimūno slimību un īpaši multiplajai sklerozei, slimības gadījumā ir palielināts gan T regulatoro šūnu, gan kopējais T-līdzētājšūnu skaits.

**3.3. jaut. [3 p.]** Paskaidro, kā atšķiras aktīvi proliferējošo un iekaisuma proteīnus nesekretējošo T-regulatoro limfocītu relatīvais skaits abu slimību gadījumā, pamato kāpēc.

Abu slimību gadījumā aktīvi proliferējošo, bet iekaisuma proteīnus nesekretējošo T-regulatoro limfocītu skaits būtiski neatšķiras, ko var skaidrot ar to, ka tie nav īsti funkcionāli nozīmīgi un drīzāk atspoguļo šūnu populāciju no kā tālāk var attīstīties vai arī var arī neattīstīties atkarībā no iekaisuma izpausmēm pret-iekaisuma proteīnus sekretējošie T-regulatorie limfocīti.



4. attēls. T-regulatoro limfocītu relatīvā skaita un to apakšpopulāciju salīdzinājums multiplās sklerozes pacientiem (MS) un Alcheimera slimības pacientiem (AD) ar sev speciāli piemeklētām kontroles grupām (MS Ctrl un AD Ctrl attiecīgi). NS apzīmē statistiski nebūtiskas rezultātu atšķirības.



# V UZDEVUMS [47 p.]

## ATŠIFRĒ SUGU



### Komandas nosaukums

Varbūt dažiem jau no pagājušo gadu uzdevumiem ir pieredze ar šifrētajām sugām, bet šeit noteikumi! Zemāk ir doti vairāki sugu apraksti, kur katra aprakstā tiek raksturota cita suga, apzīmēta ar **X**. Apraksti ir neatkarīgi un sugaras neatkārtojas. Jūsu uzdevums ir atšifrēt, kas ir šī suga! Sugu nosaukumus atļauts ierakstīt **latviski, angļiski vai latīniski**.

Ir liela iespēja, ka daļa no jums zina ārkārtīgi daudz sugu, bet tādā gadījumā ir svarīga sekojošā piezīme: *jēdziens "suga" šajā uzdevumā lietots loti liberāli un var apzīmēt vairākas loti līdzīgas sugaras, kuru nosaukumi satur vienu vārdu. Tādā gadījumā atbildē, visticamāk, prasīts viens vārds, un pareizā atbilde ir kopīgais vārds visu šo sugu nosaukumā.* Piemēram, ja no apraksta nevar izšķirt sugu starp biešu mārīti, bezpunktu mārīti, sešpadsmitpunktu mārīti, rakstaino mārīti un citām, tad pareizā atbilde ir "mārīte"; *ja šādā gadījumā ierakstīsiet jebkuru no iespējamajām sugām, iegūsiet pilnus punktus.* Atkal, ja var izšķirt specifisku sugu, jāraksta tieši tā suga.

### 1. Metāla putni (droni?) noēd visus manus [...] [5,5 p.]

Suga **X** ir 2025. gada putns Latvijā. Ir teiciens, ka šie putni vienmēr apēd visus **A** (augļi no kādiem augļkokiem). To spalvojums ir gaismu lauzošs, kas liek izskatīties metāliski spīdīgiem. Šie putni ir gājputni, bieži dzīvo veidotos putnu būros. Sugas **X** putnēni izšķilas kaili un akli. Šādus putnus sauc par **B** (specifisks termins, kas raksturo šo situāciju). Sugai **X** novēroti 13 apakštaksoni, kurus sauc par **C**. **C** ir savstarpēji ģenētiski loti līdzīgi, individuāli spēj veidot veselus un auglīgus pēcnācējus viens ar otru, tomēr parasti ir ģeogrāfiski nodalīti un ar specifiskām ģenētiskām atšķirībām.

**1.1. jaut.** [1,5 p.] Kas ir suga **X**? (Pilns nosaukums) [Mājas strazds](#)

**1.2. jaut.** [1 p.] Kas katru gadu izvēlas gada putnu? [Latvijas Ornitoloģijas biedrība](#)

**1.3. jaut.** [1 p.] Kas ir **A**? [Ķirši](#)

**1.4. jaut.** [1 p.] Kas ir **B**? [Ligzdguli](#)

**1.5. jaut.** [1 p.] Kas ir **C**? [Pasugas](#)

### 2. Britu imperiālā ūdensroze? [5 p.]

Suga **X** ir ūdensrožu dzimtas augs, pazīstams neparasti lielo, šķīvveida lapu dēļ, kuru diametrs var pārsniegt 2,5 m. Sugas **X** nosaukums sākotnēji dots par godu Anglijas karalienei **A**, kura 19. gadsimtā simbolizēja Britu impērijas globālās ietekmes virsotni (karalienes vārds iekļauts latviskajā sugaras **X** nosaukumā). Sugai **X** ir labi attīstīti vēdinātājaudi jeb audi **B**, kas nodrošina peldspēju, lai balstītu lielās lapas. Milzīgo ziedu atplaukšana notiek naktīs, pirmajā no tām izplatot spēcīgu, ananasiem līdzīgu aromātu. Sezonas laikā katrs sugaras **X** augs spēj radīt 40 līdz 50 lapas. Plašu sabiedrības rezonansi ieguvis notikums plašsaziņas medijos "The Waterlily Weigh-Off 2025", kurā tiek noteikta maksimālā masa, kādu sugaras **X** (un arī citu ģints **C** sugu) lapa spēj noturēt. Šī gada rekords ir 83 kg.

**2.1. jaut.** [1,5 p.] Kas ir suga **X**? (Pilns nosaukums) [Karakiskā viktorija](#)

**2.2. jaut.** [0,5 p.] Nosauc Anglijas karalieni **A**! [Viktorija](#)

**2.3. jaut.** [1 p.] Kas ir audi **B**? [Aerenhīma](#)

**2.4. jaut.** [1 p.] Kāda ir aromāta funkcija? [Piesaista apputeksnētājus](#)

**2.5. jaut.** [1 p.] Kas ir ģints **C?** [Viktorijas](#)

### 3. Truba ar zobiem vai delikatese? [4,5 p.]

Suga **X** ir viens no vispirimitīvākajiem mugurkaulniekiem, kam vēl nav pilnībā izveidojies mugurkauls. Kaulu vietā šī dzīvnieka skeletu veido audi **A**. Sugas **X** ķermenī sedz kaila, glotaina āda, bet mute atgādina piltuvveida piesūcekni. Tradicionāli, lai zvejotu sugu **X**, uz upēm tiek veidotas speciālas struktūras **B**, kas ir īpaša laipa, no kurās upē iegremdē murdus, kur tiek ķerta suga **X**. Vairākās Latvijas pilsētās, piemēram, **K** un **L**, pat tiek rīkoti īpaši sugai **X** veltīti svētki, kur parasti arī iespējams nobaudīt sugu **X** dažādos pagatavošanas veidos, taču visbiežāk sugu **X** var baudīt ceptu ūjējā.

**3.1. jaut.** [1,5 p.] Kas ir suga **X?** [Nēģis](#)

**3.2. jaut.** [1 p.] Kas ir audi **A?** [Skrimšļi](#)

**3.3. jaut.** [1 p.] Kas ir struktūra **B?** [Tacis](#)

**3.4. jaut.** [1 p.] Kas ir pilsētas **K** un **L?** [Carnikava, Salavgrīva vai Pāvilosta](#)

### 4. Miris vai tikai tēlo? [3,5 p.]

Suga **X** ir visvairāk uz Ziemeljēm sastopamais somainis. Citi sugas **X** dzimtas pārstāvji dzīvo arī Centrālamerikā un Dienvidamerikā. Arī valstis **K** un **L**, kur dzīvo lielākā daļa somaiņu, dzīvo dzīvnieki ar līdzīgu nosaukumu, taču tie pieder citai kārtai un ir diezgan attāli sugas **X** radinieki. Šie dzīvnieki ir aktīvi naktīs, un tiem ir ļoti laba redze tumsā. Izmērā šī suga līdzinās mājas kakim. Līdzīgi kā sugai **Y**, arī sugas **X** pārstāvjiem ir garas astes bez apmatojuma. Angļu valodā ir izteiciens “tēlot **X**” (*playing X*), kas nozīmē “izlikties par beigtu”, kas ir šo dzīvnieku viena no stratēģijām, lai izvairītos no plēsēju uzbrukuma. Mazuļi piedzimstot ir aptuveni bites izmērā, un tās pēc dzimšanas tie ierāpas mātītes somā, bet, kad tie ir paaugušies, mātīte mazuļus nēsā uz savas muguras.

**4.1. jaut.** [1,5 p.] Kas ir suga **X?** [Oposums](#)

**4.2. jaut.** [1 p.] Kas ir valstis **K** un **L?** [Austrālija un Jaunzēlande](#)

**4.3. jaut.** [1 p.] Kas ir suga **Y?** [Žurka](#)

### 5. Ak... par šo mēs vairs nerunāsim. [5,5 p.]

Ne-suga **X** (ko patiesībā nemaz nevar dēvēt par sugu, jo uz to neattiecas sugars definīcija) radās pirms 6 gadiem, turklāt tai ir bijis neaprakstāms iespaids uz Zemeslodi. Tā ir ievērojami samazinājusi gaisa piesārņojumu, pasargājusi ekosistēmas, mazinājusi aktīvo konfliktu skaitu pasaulei un paātrinājusi cilvēces inovāciju noteiktās nozarēs. Tomēr cilvēki, lai apstādinātu ne-sugas **X** eksponenciālo pavairošanos un drausmīgo ietekmi uz sabiedrību, attīstījuši specializētu veidu, kā no tās atbrīvoties — izgudrojumu **A**. Ne-sugas **X** dēļ izgudrojums **A** attījies un zinātnieki izveidojuši jaunu izgudrojuma paveidu, kas satur trīsburtu molekulu **B**. Ar izgudrojuma palīdzību ne-sugas **X** negatīvā ietekme uz cilvēku, precīzāk, orgānu sistēmu **C**, ir mazināta. Interesanti, ka ne-sugas **X** latīnu nosaukums atgādina par kādu vēsturisku objektu **D**, kas nesen atrasts, nomests uz zemes pie muzeja Parīzē.

**5.1. jaut.** [1,5 p.] Ne-sugai **X** patiesībā ir neskaitāms klāsts ar nosaukumiem. Nosauc patieso! (1,5 punkti par pilno nosaukumu, 1 punkts par triviālo, 0,5 punkti par neprecīzo) [SARS-CoV-2](#)

**5.2. jaut.** [1 p.] Kas ir izgudrojums **A?** (Viens vārds) [Vakcīna](#)

**5.3. jaut.** [1 p.] Kas ir molekula **B?** [RNS](#)

**5.4. jaut.** [1 p.] Kas ir orgānu sistēma **C?** [Elpošanas orgānu sistēma](#)

**5.5. jaut.** [1 p.] Kas ir vēsturiskais objekts **D?** (Viens vārds) [Kronis](#)

## 6. Prometejs no Dieviem nozaga uguni [4,5 p.]

Sugai **X** (dažreiz arī uzskatīta par apakšsugu) ir pavisam nozīmīga loma sugas **Y** vēsturē. Zināms, ka abas sugas daļiņu biotopu apmēram 5000 gadus un pat ka **Y** tēviņi vairojušies ar **X** mātītēm. Kaut arī suga **X** noteikti izmira pirms 40 tūkstošiem gadu, tas novēdis pie tā, ka vairākas sugas **Y** populācijās sastopamas radniecīgās sugas DNS sekences. Kaut gan ir aplami pienēmts, ka sugas **X** gēni ir saistīti ar zemāku intelektu, mūsdienās arvien vairāk indivīdos tiek atklātas radniecīgās sugas pēdas, ar visaugstāko ģenētisko līdzību Ziemeļeiropas populācijās. Līdz mūsdienām izdzīvojusī suga **Z** ir visradniecīgākā sugai **Y**, tā dzīvo Āfrikas tropu mežos. Visas trīs iepriekšminētās sugas ir unikālas ar orgāna **A** lielo izmēru.

**6.1. jaut.** [1,5 p.] Kas ir suga **X**? [Homo neanderthalensis](#)

**6.2. jaut.** [1 p.] Kas ir suga **Y**? [Homo sapiens](#)

**6.3. jaut.** [1 p.] Kas ir suga **Z**? [Šimpanze](#)

**6.4. jaut.** [1 p.] Kas ir orgāns **A**? [Smadzenes](#)

## 7. Visi par vienu un viens par visiem [4,5 p.]

Suga **X** ir viens no populārākajiem kontinenta **A** dzīvniekiem. Šī iemesla dēļ tie ir plaši sastopami zoodārzos visapkārt pasaulei. Tie pieder plēsēju kārtai, kaķu apakškārtai un galvenokārt pārtiek no kukaiņiem. Suga **X** ir unikāla ar attīstītu sociālu struktūru. Gimenes locekļi viens ar otru nemitīgi sazinās vai nu ar skaņu (svilpieniem, rējieniem, pīkstieniem), vai arī ar ķermēņa valodu (cīkstoties, rotaļājoties utml). Viena no galvenajām aktivitātēm, kuru var arī uzskatīt par sugai īpatnēju, ir **B** (forma: darbības vārds nenoteiksmē + lietvārds lokatīvā). Ar tās palīdzību sugas **X** indivīdi paplašina redzes lauku un palīdz aizsargāt savu baru. Lai to īstenotu, nepieciešamas divas mehāniski noturīgas pakalpkājas. Kaut gan sugas **X** indivīdi ir ļoti, ļoti mīlīgi, izbēgot no zoodārza, tie var nodarīt lielu postījumu vetejai ekosistēmai.

**7.1. jaut.** [1,5 p.] Kas ir suga **X**? [Surikats](#)

**7.2. jaut.** [1 p.] Kas ir kontinents **A**? [Āfrika](#)

**7.3. jaut.** [1 p.] Kas ir aktivitāte **B**? (forma: darbības vārds nenoteiksmē + lietvārds lokatīvā)  
[Stāvēt sardzē](#)

**7.4. jaut.** [1 p.] Kādus sugas **X** īpatnus zoodārzi atlasa eksponācijai, lai novērstu invazīvu sugas **X** vairošanos?  
[Tēviņus vai mātītes \(tikai vienu dzimumu\)](#)

## 8. Au! Au! Au! Auuu! [5 p.]

Suga **X** ir viens no pasaulē lielākajiem grauzējiem, kas dzīvo Dienvidāzijā un Tuvajos Austrumos, kā arī Himalajos līdz 2400 m augstumam. Lielākoties suga **X** ir aktīva diennakts laikā **A**, kā arī tai patīk slēpties klinšu plaisās un pašu vai citu dzīvnieku raktās alās. Šo sugu var labi atpazīt, pēc tai raksturīgajām melnbaltajām struktūrām **B**, kas ir pat tikko dzimušiem mazuļiem, lai gan tad struktūra **B** ir mīkstāka. Šiem dzīvniekiem pie astes ir īpašas struktūras **B**, kas galā ir paresninātas un dobjas, tās ir iespējams reizē vibrēt, lai radītu šalcošu graboņu. Kad suga **X** jūtas apdraudēta, cenšoties aizbiedēt uzbrucēju, tās spēj arī izmantot struktūras **B**, lai izskatītos gandrīz divas reizes lielākas. Sugas **X** nosaukums ir saliktenis, kura otrs ir vārds ir plaši izplatīts, intelīgents mājlops **Y**.

**8.1. jaut.** [1,5 p.] Kas ir suga **X**? [Dzelončūka](#)

**8.2. jaut.** [0,5 p.] Kāds diennakts laiks apzīmēts ar burtu **A**? [Nakts](#)

**8.3. jaut.** [1 p.] Kas ir struktūra **B**? [Adatas](#)

**8.4. jaut.** [1 p.] Kāda ir īpašo struktūru **B** grabināšanas funkcija? [Censties aizbiedēt uzbrucēju](#)

**8.5. jaut.** [1 p.] Kas ir mājdzīvnieks **Y**? [Cūka](#)

## 9. Arktikas ūdeņu idillē adata rādīs ceļu [4,5 p.]

Suga **X** dzīvo aukstajos Ziemeļu Ledus okeāna ūdeņos. Tā ir īpaša ar to, ka tēviņu ilknis nekad nebeidz augt. Ilknus bieži izmanto cīniņos savā starpā. Reizēm gan arī dažām mātītēm attīstās ilknis. Šīs sugas kārtai pieder arī tādas sugas kā **Y** un **Z**. Sugai **Y** raksturīgas izteikti matriarhālas sociālas struktūras, kā arī okeānos var būt augstākie plēseji. Atsevišķiem ekotipiem (grupas dažādās populācijās) raksturīgas savas tradīcijas jeb medību metodes, kas bieži ir ļoti advancētas. Suga **Z** mēdz būt **Y** ēdienkartē. Arī suga **Z** veido sociālas struktūras jeb barus. Tie ir augsti intelīgenti dzīvnieki, kas spēj atpazīt sevi spogulī un izmantot rīkus. Medīšanai izmanto ehokāciju, izmanto specifiskus svilpienus indivīdu atpazīšanai, kā arī reizēm kožlā balonzivis, lai gūtu narkotisku efektu.

**9.1. jaut.** [1,5 p.] Kas ir suga **X**? [Narvalis](#)

**9.2. jaut.** [1 p.] Kas ir suga **Y**? [Zobenvalis](#)

**9.3. jaut.** [1 p.] Kas ir suga **Z**? [Delfīns](#)

**9.4. jaut.** [1 p.] Pie kādas klases pieder sugas **X**, **Y** un **Z**? [Zīdītāju](#)

## 10. Aristokrāti mirst! Nekad neēd uz svina šķīvjiem! [4,5 p.]

Suga **X** ir nakteņu dzimtas augs. Ikdienā gan biežāk ar vārdu “**X**” saprot šīs sugas augli, kas parasti ir sarkans, taču var būt arī citās krāsās. Bez sugas **X** nav iedomājama vairāku Eiropas kultūru virtuve, taču patiesībā tā nāk no Dienvidamerikas, un uz Eiropu to atveda spāņu konkistadori. Suga **X** piedar tai pašai ģintij kā suga **Y**, kuras tumši violetie augli arī ir lietojami pārtikā, kā arī suga **Z**, kuras augli nav ēdamti, taču pārtikā tiek plaši lietotas auga daļas **A**.

**10.1. jaut.** [1,5 p.] Kas ir suga **X**? [Tomāts](#)

**10.2. jaut.** [1 p.] Kas ir suga **Y**? [Baklažāns](#)

**10.3. jaut.** [1 p.] Kas ir suga **Z**? [Kartupelis](#)

**10.4. jaut.** [1 p.] Kas ir auga daļa **A**? [Bumbulis](#)