

---

# 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 Mārtinsonse

## 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.

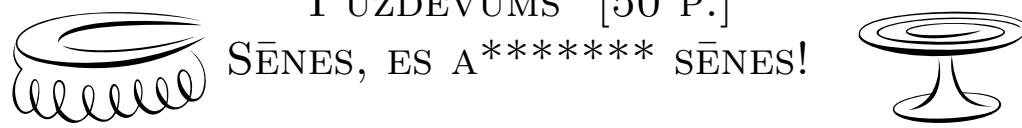
Brīvprātīgie parādīs, kur jāiet uz HOP testu.

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 cauruļveidīgiem pavedieniem jeb 3., kuras parasti atdala šķērssienas jeb septas. Sēnes var vairoties divos veidos. Bezdzimumvairošanās 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.)

(4.)

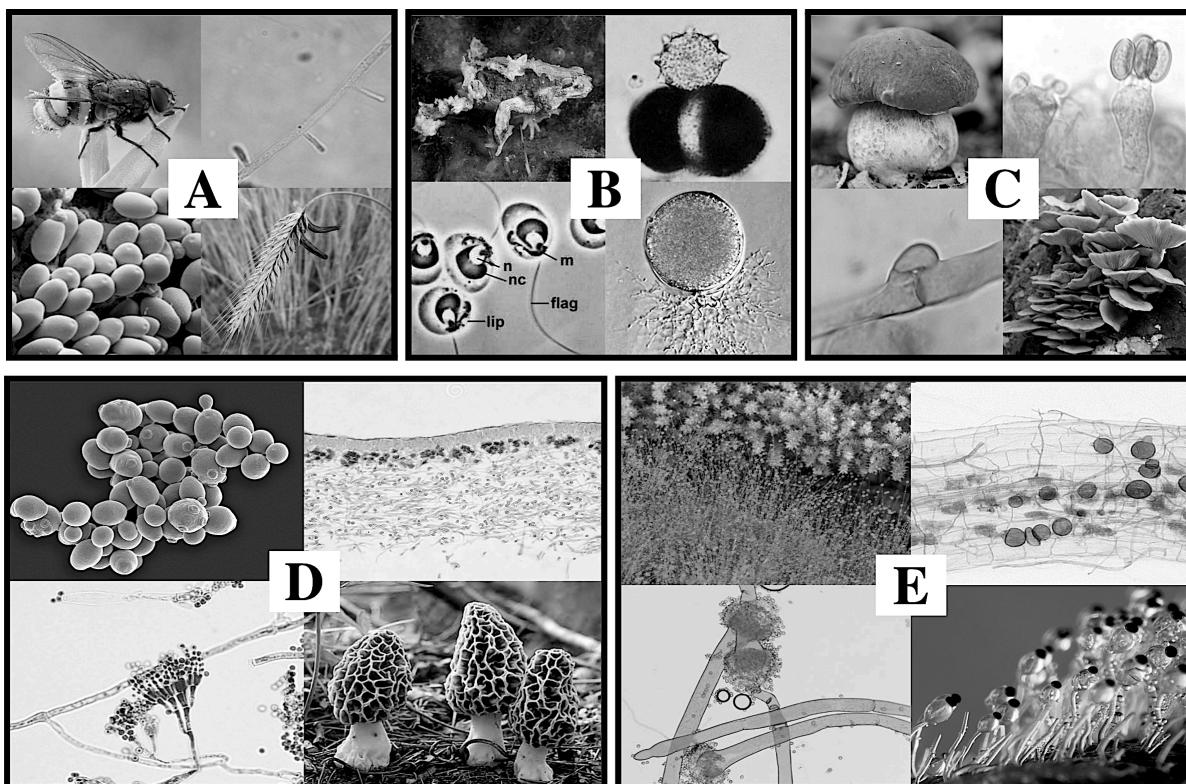
(2.)

(5.)

(3.)

(6.)

**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 sēņu grupa ar kriptisku izskatu. Tām ir kustīga zoospora, un tās spēj augt uz dažādiem substrātiem: putekšniem, celulozes, keratīna un hitīna. Ievērojama dala ir mugurkaulnieku parazīti.

**Zoopagomicētes:** šīm 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 pelejums, raugi, ķērpji un murķeli jeb lāčpurni. 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

Tabelas 1-3 išskaidriai aprašo Lietuvos žemėlapių klasifikaciją.

Taksonomiska grupa	Attela bur
Hitrīdijsēnes	
Zoopagomicētes	
Mukoromicētes	
Asku sēnes	
Bazīdijsēnes	

## 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!

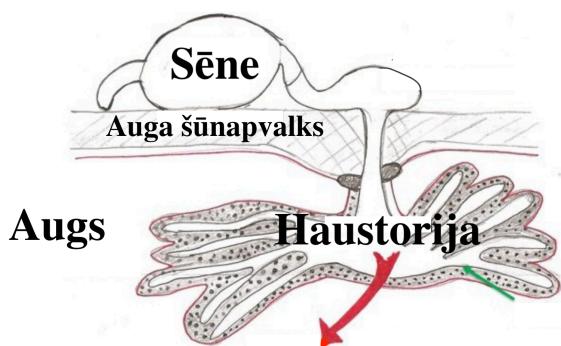
- |             |  |
|-------------|--|
| Parazītisms | Mijiedarbība, kas ir izdevīga abiem organismiem (+/+)  |
| Mutuālisms  | Mijiedarbība, kurā organisms ilgstoši gūst labumu, barojoties no cita organisma audiem vai virsmas (+/-) |
| Plēsonība   | Mijiedarbība, kurā viens organisms nogalina citu, 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.

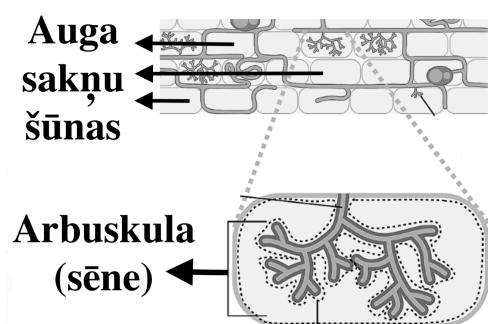
**2.2. jaut.** [1 p.] Kuru no šīm vielām sēne var iegūt labāk, ja veido attiecības ar augu? Apvelc pareizo burtu!



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



2. attēls. Shematsiska haustorijas uzbūve.



### 3. attēls. Shematiska arbuskulās uzbūve.

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

### 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 atrod 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!

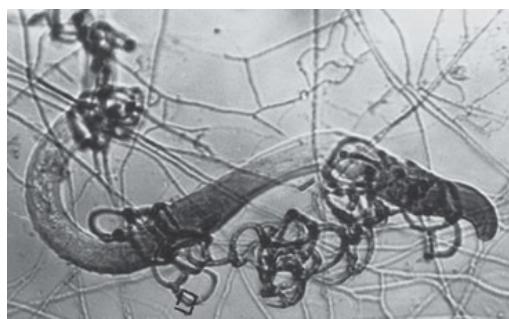
**2.5. jaut. [2 p.]** Piedāvā skaidrojumu, kādēļ vairākas sēnu sugars liek kukaiņiem rāpties auga galotnes virzienā!

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

**2.7. jaut. [2 p.]** Viena sēņu 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?

### Agresīvās sēnes

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



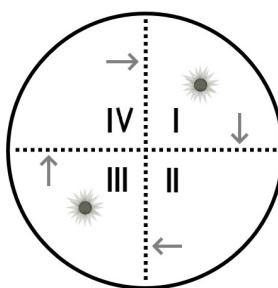
4. attēls. Cērme *A. oligospora* slazdā.

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

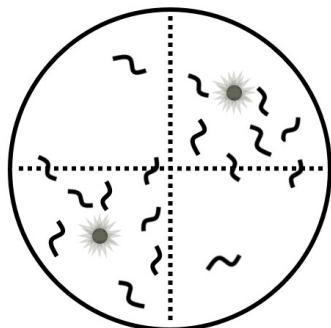
**2.9. jaut. [1 p.]** Kā sauc evolucionāru fenomenu, kad viena pazīme neatkarīgi parādās dažādās evolucionārās grupās?

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

Lai ievilinātu nematodes slazdā, sēne var izdalīt pievilinošus savienojumus, lai veicinātu nematožu hemotaksiju – virzīšanos 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 formulu  $(I + III - II - IV) / (I + III + II + IV)$ , kur romiešu cipars norāda cērmju skaitu attiecīgajā kvadrantā. Ja cērme atrodas kvadrantā daļēji, pieskaiti to tikai tad, ja tā ir uz robežas (punktotās līnijas) pulkstenrādītājvirzienā no šī kvadranta. Skaidrībai 5. attēlā ar bultiņām norādīta robeža, kas jāpieskaita. Aplūko rezultātus ar pieaugušām (6. attēla) un jaunām (7. attēla) cērmēm!

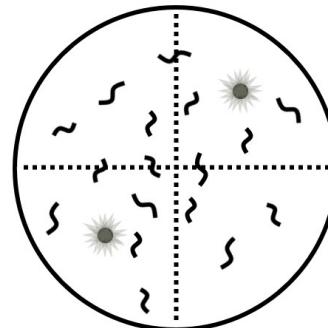


5. attēls. Shematisks 4 punktu hemotaksijas testa attēlojums. Ar bultiņām norādīta robeža, kas jāpieskaita attiecīgajam kvadrātam. Starainās figūras apzīmē plēsonīgo sēni.



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!

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

**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.

### 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 bazīdijsēne. Tā ar sporām un vēja palīdzību inficē vairākus augus. Tā rezultātā sēne ne tikai iegūst uzturvielas noauga, bet arī liek tam veidot gundegu ziediem līdzīgas struktūras no dzeltenām lapām. Šie pseidoziedi satur sēnes spermatogonijus un attēlo gundegas gan redzamajā, gan ultravioletajā gaismā, kā arī izdala nektāram līdzīgu vielu un smaržu.

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

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

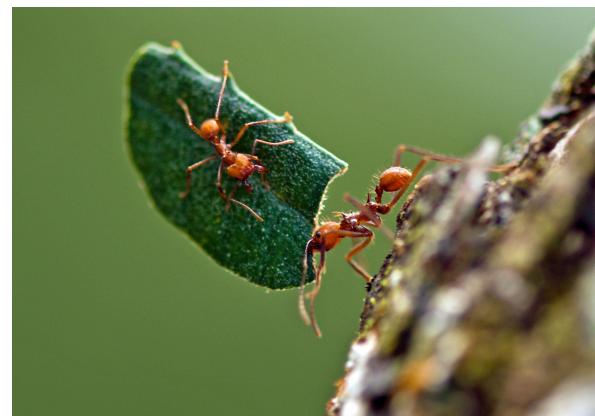
**2.16. jaut. [2 p.]** Piedāvā skaidrojumu, kādēļ gundegas tiek attēlotas arī UV gaismā?

### Īstās skudru karalienes

Vai kādreiz dokumentālajās filmās esi ievērojis satriecošu fenomenu: sarkanu skudru brigādes, kas tacīnās pa lietusmežu nes lapu fragmentus? Tā nebūt nav fantāzija, un šīs lapgriezējskudras ir notvērušas mikologu uzmanību pavisam interesanta iemesla dēļ – to izdzīvošana ir saistīta un bieži vien arī atkarīga no sēnēm! Lapgriezējskudras savāc lapas, lai barotu pūznī dzīvojošās sugas *Leucocoprinus gongylophorus* sēni, kas tālāk apgādāsaimi ar barības vielām, tostarp aminoskābi arginīnu, ko skudra nav spējīga sintezēt patstāvīgi. Šī “sēņu dārza” kopšana līdzinās cilvēku lauksaimniecībai, norādot uz skudru apbrīnojamo attīstību un saimes intelektu. Zinātniekim ir arī vērtīgi pētīt sēņu un skudru kopdzīvi un evolūciju, lai atklātu faktorus, kas ietekmē organismu koevolūciju. Pirmās sēņu kultivējošās skudras radās pirms 55-60 miljoniem gadu, turklāt lapgriezējskudras, kas ir unikāli atkarīgas no mutuālisma ar *Leucocoprinus gongylophorus* evolucionēja pirms 10 miljoniem gadu. Tieki plaši uzskatīts, ka šīs skudras uzsāka sēņu dārza kultivāciju barības trūkuma iespaidā, kamēr citas sugas, piemēram, kluva plēsonīgas, lai apmierinātu ēdienu nepieciešamību.

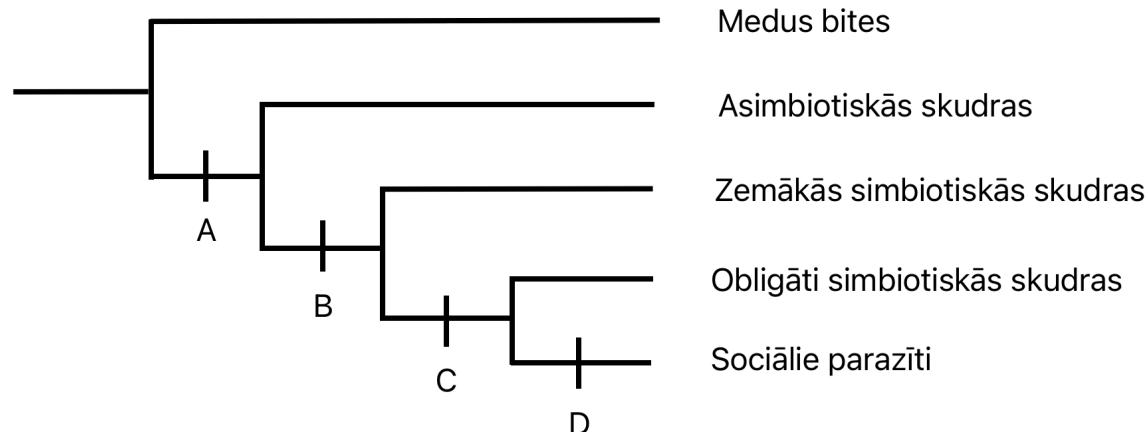
Mūsdienās ir saglabājušās divas skudru ģintis (*Atta*, *Acromyrmex*), kas ietilpst lapgriezējskudru (*Attini*) ciltī. Lai nodrošinātu sēnes klātbūtni katrā pūznī, karalienes lidojumā pārnes nokostu sēnes fragmentu uz sevis izvēlēto dzīvesvietu. Abās ģintīs arī sastopama tāda interesanta parādība kā sociālie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

**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 savstarpēji atkarīgi un nespēj viens bez otra izdzīvot. Kādus labumus no specializācijas gūst lapgriezējskudras un mutuālistiskās sēnes?



8. attēls. Lapgriezējskudra ‘sērfo’ uz citas darbaspudras lapu fragmenta.

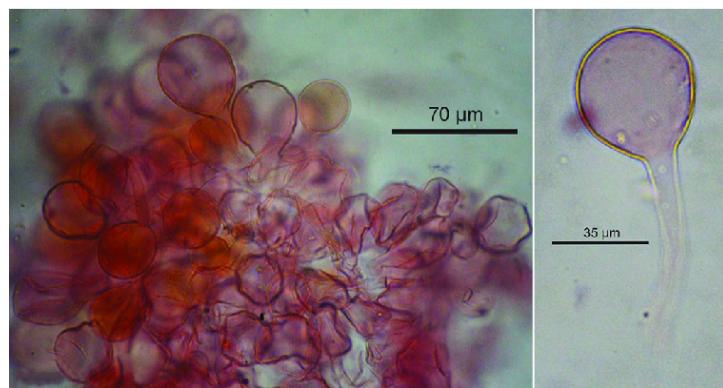
**2.18. jaut. [2 p.]** Izvēlies atbilstošu pazīmi katram filoģenētiskā koka nogrieznim (9. attēls)!



9. attēls. Lapgriežējskudru un radniecīgu grupu filoģenētiskais koks.

Pazīme	Nogriezni
Sēņu dārzs	
Zudis arginīna sintēzes gēns	
Nesociāls dzīvesveids	
Grauzējtipa mutes orgāns	

Gongilīdijas (10. attēlā) ir struktūras, kas sastopamas evolucionāri jaunākās mutuālistiskās sēnēs, tostarp *Leucocoprinus gongylophorus*. Tās būvētas no vairākiem hifu izaugumiem jeb stafilām un sastāv no oglhidrātiem un lipīdiem. Ar gongilīdijām barojas skudru nimfas, turklāt tās nodrošina nieka 5% no darba skudru uzturvielām. Skudru karalienes barojas no neauglīgo mātīšu 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 auglķermeņus, 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 taukskābes    (D) slāpekļa trūkums

Sēņu 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, lapgriežējskudrām ir ievērojama ietekme uz ekosistēmas floru. Piemēram, gada laikā tās spēj iznīcināt 15% augu lapu un 50% augu sugu savā teritorijā. Šī dēļ apgabalos ar lapgriežējskudru pūžņiem sastopami par 18% mazāk meža seguma, atbrīvojot gaismas pieejamību zemākos ekosistēmas slāņos. Dažos apgabalos *Attini* skudras arī darbojas kā lauksaimniecības kaitēklis, iznīcinot iesēto ražu un bojājot celus un lauksaimniecības zemi ar pūžņu veidošanu. Vienu daudzsološa pieeja lapgriežējskudru *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!

Dažkārt sastopami organismi, kuru šūnās ir vairāk par diviem hromosomu komplektiem, tādā gadījumā organismu dēvē nevis par haploīdu vai diploīdu, bet gan poliploīdu. Ievērojama daļa augu, kurus audzē lauksaimniecības nolūkiem, ir poliploīdi, piemēram, parastais kviesis (*Triticum aestivum*), ko izmanto miltu ražošanā, ir heksaploīda suga. Heterozes jeb hibrīdspara (no angļu val. ‘hybrid vigour’), kurai ir vairāki iespējami skaidrojumi, dēļ poliploīdi augi ir izturīgāki un aug lielāki par diploīdām sugām, turklāt hromosomu pārmēriņa (‘gene redundancy’) mazina nukleotīdu delečiju 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 organismā neauglību. Šī iemesla dēļ poliploīdija ir riskanta īpašība, kas parasti nevar pārdzīmēt 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!

**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 pūžņos mīt dažādi mikroorganismi. Piemēram, asku sēnu *Escovopsis* ģints satur sēnes, kas pārtiek no *Leucoagaricus gongylophorus* sēnes, izraisot sēnu dārza infekciju. Lapgriezējskudru pūžņus 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 pūžņa.

**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 aktinobaktērijas ar delečiju Kandididīna C sintēzes saistītā gēnā.

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

## II UZDEVUMS [53 p.]

### KUR IR GĒNS?



#### Komandas nosaukums

Skolas bioloģijas kursa ģenētikas stundās esam loti 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 īsas definīcijas dotajiem terminiem!

gēns	—
alēle	—
fenotips	—
genotips	—
homozigots	—
heterozigots	—

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 neļaut 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<sub>1</sub> paaudzi. Pēc tam F<sub>1</sub> paaudzes puķuzirņus krustoja savā starpā, iegūstot F<sub>2</sub> paaudzi.

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

##### 1.3. jaut. [2 p.] Apvelc pareizos burtus! Visiem izaudzētajiem F<sub>1</sub> paaudzes puķuzirņiem bija (a) *violetas*, (b) *baltas*, (c) *gaiši violetas*, (d) *gan Baltas, gan violetas* vainaglapas un (a) *apali*, (b) *krunkuļaini*, (c) *mazliet krunkuļaini*, (d) *gan apali, gan krunkuļaini* zirņi.

**1.4. jaut. [8 p.]** Uzzīmē Penneta režģi otrajam krustojumam (no F<sub>1</sub> paaudzes uz F<sub>2</sub> paaudzi) un nosaki iegūtos fenotipu(s) un genotipu(s)!

Režģis:

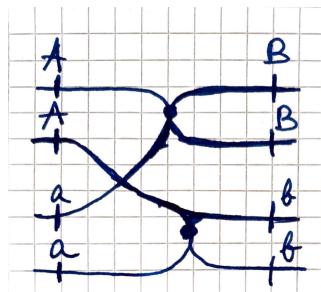
**Fenotipu skaldījums:** Proporcijai summā jāsanāk 16 (piem., 1 : 2 : 6 : 7).

Fenotips	Atbilstošie genotipi	Proporcija

**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!

## 2. Divi gēni [33 p.]

Mazliet teorija. Aplūkosim vienu hromosomu auglmušā (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 mikroskopā, 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 – sarkanas acis (B) (bb – brūnās acis).

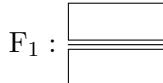
No šī briža uzdevumā organisma genotipu norādīsim uz abām hromosomas kopijām šūnā:

$$P : \frac{A\ b}{A\ b} \times \frac{a\ B}{a\ B}$$

Proti, virs daļsvītras ir viena hromosoma, bet zem – otra. Proti, P norāda krustojumu starp homozigotām augļmušām ar tievām dzīslām un brūnām acīm ar augļmušām ar resnām dzīslām un sarkanām acīm. No šī krustojuma iegūto paaudzi sauksim par F<sub>1</sub>, ko tad krustosim savstarpēji, iegūstot F<sub>2</sub> paaudzi.

**2.1. jaut. [2 p.]** Kāds būs iegūtās F<sub>1</sub> paaudzes fenotips?

Iegūtās F<sub>1</sub> paaudzes genotips būs



**2.2. jaut. [6 p.]** Pēc tam F<sub>1</sub> paaudzi savašarpēji krustoja. Ja visas iegūtās gametas būs vecāku tipa, norādi visas diploīdās gametu kombinācijas, ko var iegūt, krustojot F<sub>1</sub> paaudzi savstarpēji!



Kādu F<sub>2</sub> fenotipu skaldījumu iegūs? Aizpildi tikai tik rindas un genotipus, cik nepieciešams!

Fenotips	Atbilstošie genotipi	Proporcija
tievas dzīslas, brūnas acis	,  ,  ,	<input type="text"/>
<input type="text"/>	,  ,  ,	<input type="text"/>
<input type="text"/>	,  ,  ,	<input type="text"/>
<input type="text"/>	,  ,  ,	<input type="text"/>

### Attālums starp gēniem

No šī brīža pieņemsim, ka hromosomas *vienmēr* veido X formas struktūras (vienna hromatīda X struktūrā, otra nav).

**2.3. jaut. [2 p.]** Kāda ir maksimālā iespējamā rekombinantu gametu daļa (maksimums starp visiem gēnu pāriem uz hromosomas)? Jeb cik % rekombinantu nekad nav iespējams pārsniegt. Proti, rekombinanto gametu skaits dalīts ar visu gametu skaitu.  %

Atzīmē, kur uz hromosomas (zemāk dota viena hromatīda) atrodas gēni A un B, starp kuriem veidojas maksimāls rekombinantu gametu skaits!

**2.4. jaut. [2 p.]** Kāds F<sub>2</sub> fenotipu skaldījums tiks iegūts (P kā iepriekš), ja gēni A un B ir tik tuvu viens otram, ka X forma nekad neizveidojas pa vidu abiem gēniem?

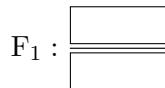
Aplūkosim divus gēnus, kas ir tik tuvu, ka tie tiek sadalīti rekombinantās hromosomās reti, bet ne pārāk reti. Mērīsim attālumu starp tiem centiMorganos [cM] – cik % pēcnācēju F<sub>2</sub> paaudzē ir ar rekombinantām hromosomām? Šis attālums būs starp 0 cM un maksimālo vērtību (skat. 2.3. jaut.).

Tāpat kā iepriekš, A nosaka spārnu dzīslu biezumu, bet B – acu krāsu.

Krustosim

$$P : \frac{A \ B}{A \ B} \times \frac{a \ b}{a \ b}$$

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



un fenotips – .

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)!

$F_2 :$	<input type="text"/>	,	<input type="text"/>	,	<input type="text"/>	,	<input type="text"/>	;
Tikai, ja $X$ :	<input type="text"/>	,	<input type="text"/>	,	<input type="text"/>	,	<input type="text"/>	;
Fenotipa № :	<input type="text"/>	,	<input type="text"/>	,	<input type="text"/>	,	<input type="text"/>	.

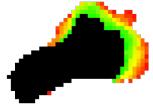
Fenotipu numuri: 1 – tievas dzīslas, sarkanas acis; 2 – tievas dzīslas, brūnas acis; 3 – resnas dzīslas, sarkanas acis; 4 – resnas dzīslas, brūnas acis; 5 – neviens no dotajiem.

**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  $B$ ?  %

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

Fenotips	Atbilstošie genotipi				Daudzums
1	<input type="text"/> %				
2	<input type="text"/> %				
3	<input type="text"/> %				
4	<input type="text"/> %				

### 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  $\sum_{x=1}^6 x$ .

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

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  $\sum_{y=1}^3 (y - b)$ .

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  $\sum_{n=1}^k a_n E_n$ .

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!

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!

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!

## 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:

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

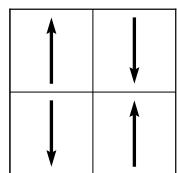
kur  $J$  ir konstante, kura apzīmē mijiedarbību stiprumu. Turpmāk ņem  $J = 1$ .  $\sigma_i$  un  $\sigma_j$  ir spinu vērtības kaimiņatomiem, piemēram,

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

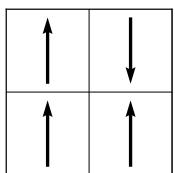
Enerģijas aprēķins konfigurācijai 2.a attēlā:

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

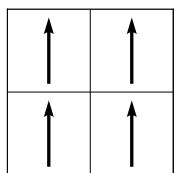
**2.1. jaut. [4 p.]** Aprēķini energiju konfigurācijai 2.b attēlā!



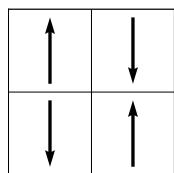
(a) konfigurācija



(b) konfigurācija



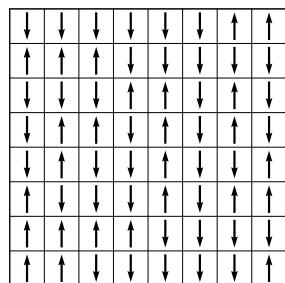
(c) konfigurācija



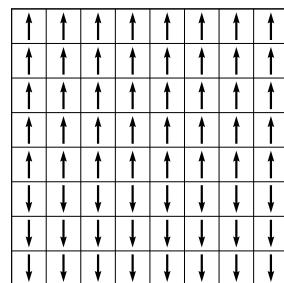
(d) konfigurācija

2. attēls.

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



(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. Neiedzīlinoties 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  $P = e^{-\beta \Delta \mathcal{H}}$ , kur  $\Delta \mathcal{H} = \mathcal{H}_{jaunā} - \mathcal{H}_{vecā}$ . 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 sajauktā? Ieteikumi:  $\mathcal{H}_{vecā}$  tu cerams aprēķināji 2.1. jautājumā. Tagad jāaprēķina  $\mathcal{H}_{jaunā}$  un abas jāievieto  $P$  izteiksmē.

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.

3. Algoritmam tika pievienots nosacījums, ka kāds objekts nevar parādīties cita objekta iekšienē, kas nozīmēja, ka tikai objektu robežas var mainīt formu.
4. Tika pievienoti bioloģiski nosacījumi (skatīt tālāk). Tālāk par objektiem saukšu tikai šūnas un vidi.

1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3
1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3
1	1	4	4	4	2	2	3	3	3	3	3
1	4	4	4	4	4	2	2	3	3	3	3
1	4	4	4	4	4	4	5	6	6	6	3
4	4	4	4	5	4	5	5	6	6	6	6
7	4	7	7	5	5	5	5	6	6	6	6
7	7	7	7	7	5	5	5	5	6	6	6
7	7	7	7	8	5	5	5	9	9	6	6
7	7	7	7	8	8	8	8	9	9	9	9
7	7	7	8	8	8	8	8	9	9	9	9

4. attēls. Potsa šūnu modela režga elementi veido objektus, piemēram, šūnas.

### 3. Bioloģija. [22 p.]

Šūnas ir sarežģītākas par metāliem, tāpēc sistēmas energija  $\Delta\mathcal{H}$  tika atjaunināta. Jaunais vienādojums ir

$$\Delta\mathcal{H} = \Delta\mathcal{H}_{\text{adhēzijas}} + \Delta\mathcal{H}_{\text{tilpuma}} + \Delta\mathcal{H}_{\text{perimetra}}. \quad (3)$$

Kad šūnas simulācija tiek ieslēgta, parādās šūna kā 8.b attēlā un, vienkāršotā valodā, katru sekundes simtdaļu tiek izmēģināta jauna šūnas konfigurācija, un, ja tā tiek pieņemta, šūna pamaina savu formu, un izveidojas jauks video.  $\Delta\mathcal{H}_{\text{adhēzijas}}$  ir līdzīgs vienādojuma loceklis tam, ko rēķinājām ar spiniem, taču tagad nem vērā arī diagonālos kaimiņus, kā arī **nem vērā tikai tos pikselu pārus, kuri nepieder vienai šūnai vai videi**:

$$\mathcal{H}_{\text{adhēzijas}} = \sum_{\substack{i,j \text{ kaimiņi} \\ \text{šūna}(i) \neq \text{šūna}(j)}} \frac{J}{2}, \quad (4)$$

kur  $J$  ir adhēzijas konstante. Jo lielāku  $J$  izvēlas, jo specīgāka ir adhēzija (vienu objekta elementu spēja turēties kopā). Joprojām  $J = 1$ . Izteiksmē vairs nekas nav atkarīgs no summēšanas indeksiem  $i, j$ . Tas ir saīsināts pieraksts, jo pilnu pierakstu būtu grūti saprast (un sakarīgi uzrakstīt).

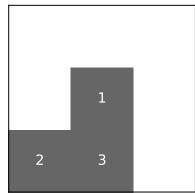
Attēlā 5.a, neskaitot kaimiņus divreiz un tāpēc nedalot ar divi:

$$\mathcal{H}_{\text{adhēzijas}} = J_{1,\text{kaimiņi}} + J_{2,\text{kaimiņi}} + J_{3,\text{kaimiņi}} = 6 + 1 + 3 = 10$$

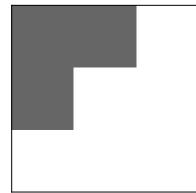
Ar sarkanu ir atzīmēts labojums, kurš tika veikts olimpiādes laikā.

**3.1. jaut. [6 p.]** Aprēķini  $\mathcal{H}_{\text{adhēzijas}}$  šūnu konfigurācijām 5.b un 5.c attēlā!

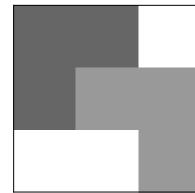
**3.2. jaut. [2 p.]** Ja  $J \neq 0$  un ir pozitīvs, paskaidro, uz kuru no konfigurācijām 6. attēlā tieksies kāda nejauša  $20 \times 20$  režga konfigurācija.



(a) viena šūna

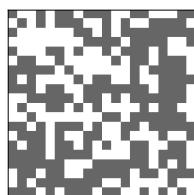


(b) viena šūna

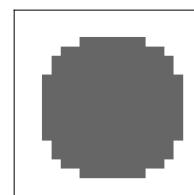


(c) divas šūnas

5. attēls. Šūnu konfigurācijas.



(a) konfigurācija



(b) konfigurācija

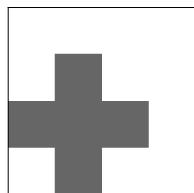
6. attēls.  $20 \times 20$  režģa konfigurācijas.

Nākamais vienādojumā ir tilpuma loceklis

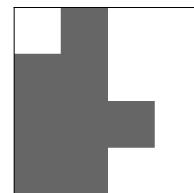
$$\mathcal{H}_{\text{tilpuma}} = \sum_{i \in \text{šūnas}} \lambda_{\text{tilpuma}} (V_i - V_m)^2,$$

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  $\mathcal{H}_{\text{tilpuma}} = \lambda_{\text{tilpuma}} (V - V_m)^2$ .



(a) konfigurācija



(b) konfigurācija

7. attēls. Šūnas izplešanās.

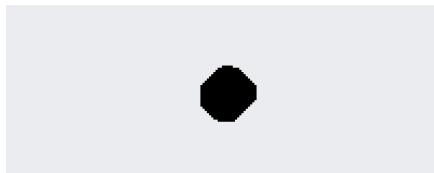
**3.4. jaut. [2 p.]** Paskaidro, kas notiktu, ja  $\lambda_{\text{tilpuma}} = 0$  vai  $V_m = 0$ !

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

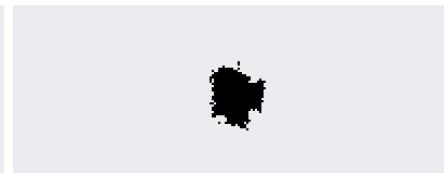
$$\mathcal{H}_{\text{perimetra}} = \sum_{i \in \text{šūnas}} \lambda_{\text{perimetra}} (P_i - P_m)^2,$$

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!



(a) konfigurācija



(b) konfigurācija



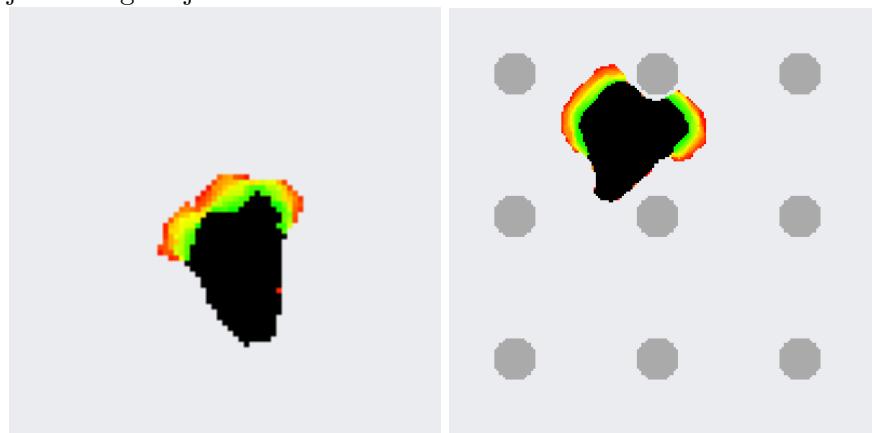
(c) konfigurācija

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!

**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  $J$ ?

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, kura ir izveidojusies aktīna mala.

9. attēls.

(b) Var modelēt, kā šūna mijiedarbojas 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.

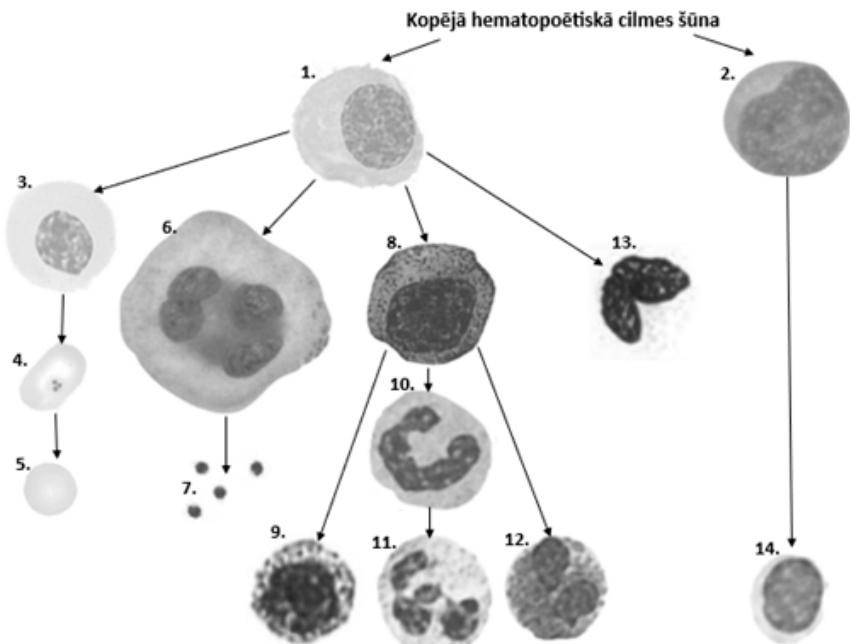
### 1. *I know I'm just a mere munchkin, but even munchkins have feelings...[26 p.]*

*"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,*
- *stabiņkodolaina neitrofilais leikocīts,*
- *eozinofilais leikocīts,* • *retikulocīts,*
- *bazofilais leikocīts,* • *segmentkodolaina neitrofilais leikocīts,* • *megakariocīts.*



1. attēls. Asinsķermenīšu attīstības shēma

- |      |                      |
|------|----------------------|
| (1.) | <input type="text"/> |
| (2.) | <input type="text"/> |
| (3.) | <input type="text"/> |
| (4.) | <input type="text"/> |
| (5.) | <input type="text"/> |
| (6.) | <input type="text"/> |
| (7.) | <input type="text"/> |

- |       |                      |
|-------|----------------------|
| (8.)  | <input type="text"/> |
| (9.)  | <input type="text"/> |
| (10.) | <input type="text"/> |
| (11.) | <input type="text"/> |
| (12.) | <input type="text"/> |
| (13.) | <input type="text"/> |
| (14.) | <input type="text"/> |

**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?

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

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

**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?

**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. Iepazīsties 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 sievietei, pēdējo divu gadu laikā ir bijušas vairākas anafilakses epizodes, kas izpaudušās pēc kāda jauna ēdienu pagaršošanas. Epizodēm ir raksturīgs pēkšņs aizsmakums, sārti izsитumi, kas strauji nokļājuši 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.

- **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 vispārejs nogurums. Veicot urīna uzsējumu uz mikroorganismu barotnēm, tajā tiek noteikta *Escherichia coli* klātbūtne.

- **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 izkārnījumos arī pamānjis 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.

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

**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?

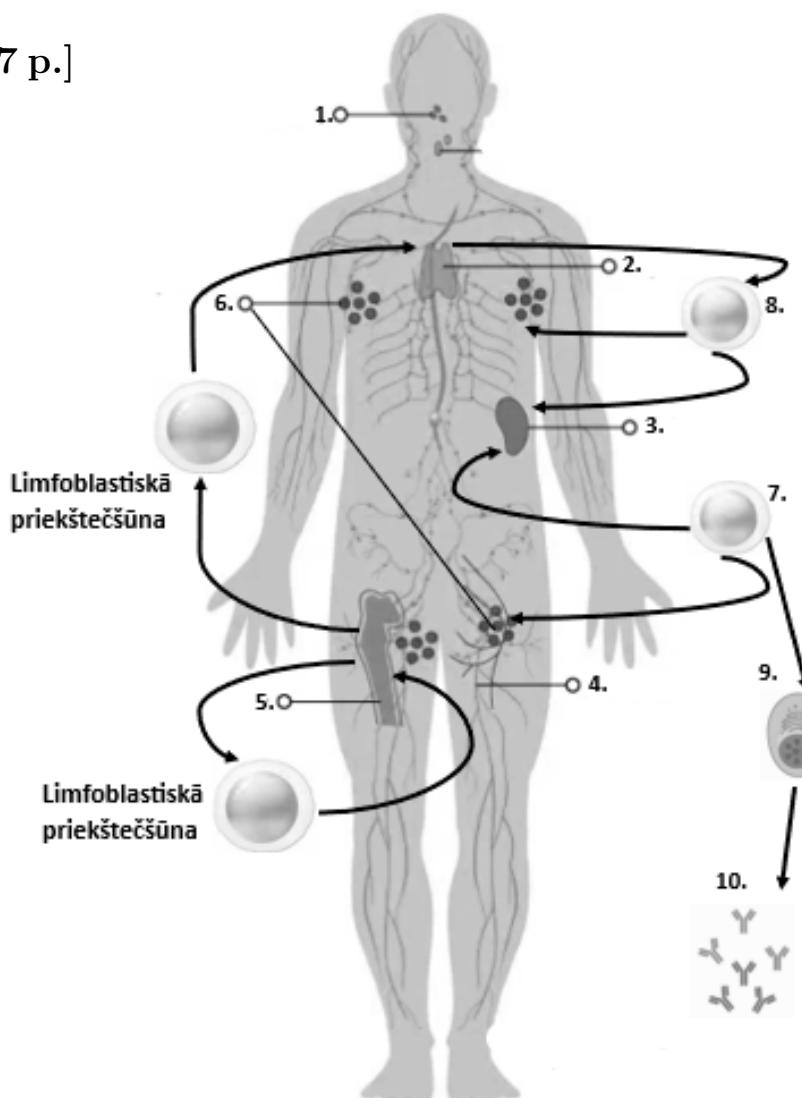
## 2. Every day more wicked [17 p.]

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

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

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

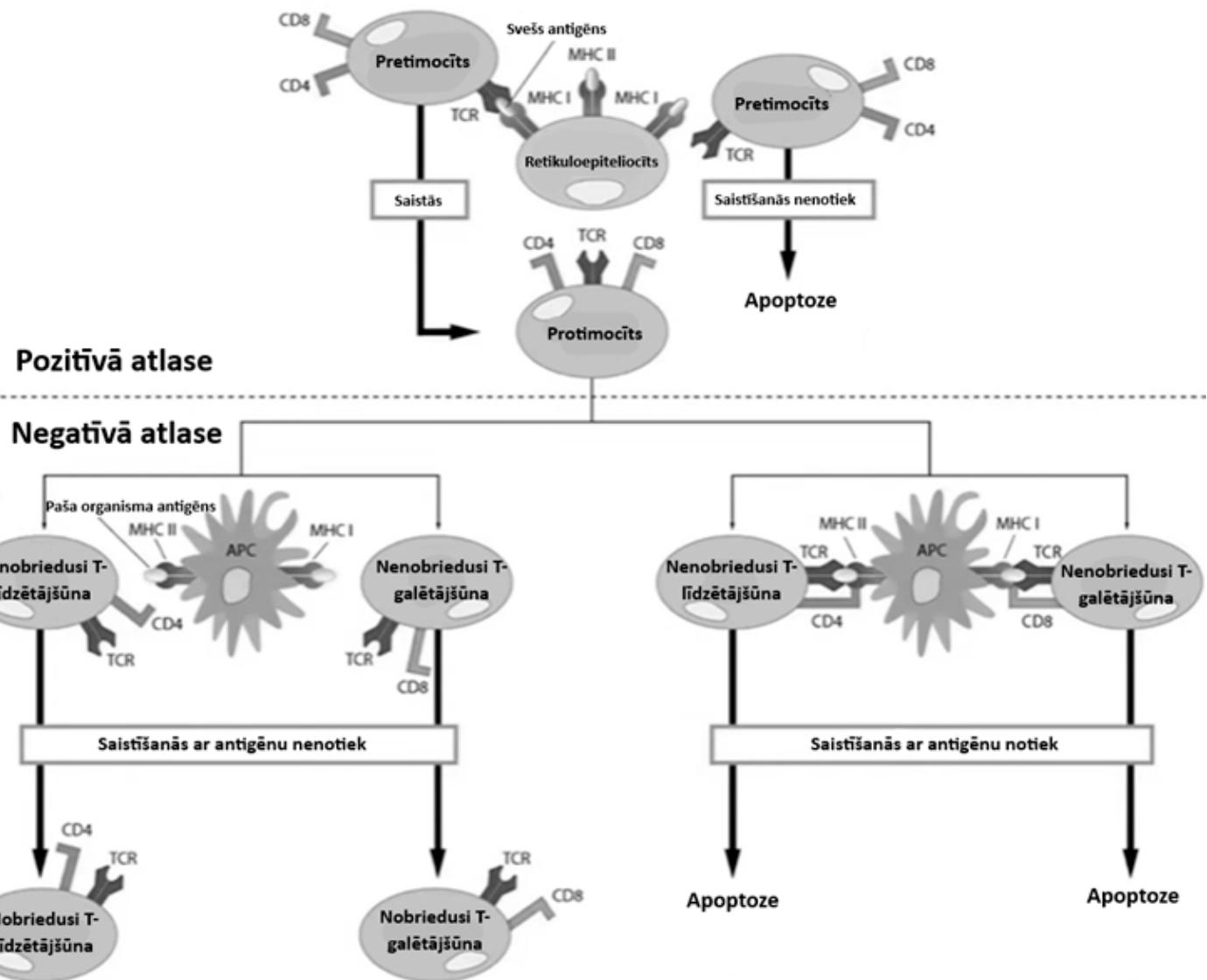
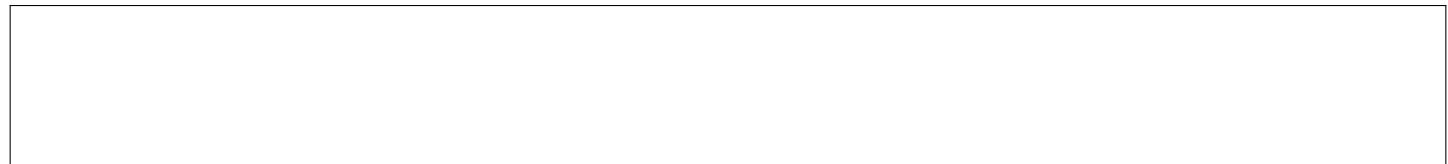
- (1.)
- (2.)
- (3.)
- (4.)
- (5.)
- (6.)
- (7.)
- (8.)
- (9.)
- (10.)



2. attēls. Limfātiskās sistēmas orgānu un ar tiem saistīto asins šūnu attīstības shematisks attēlojums.

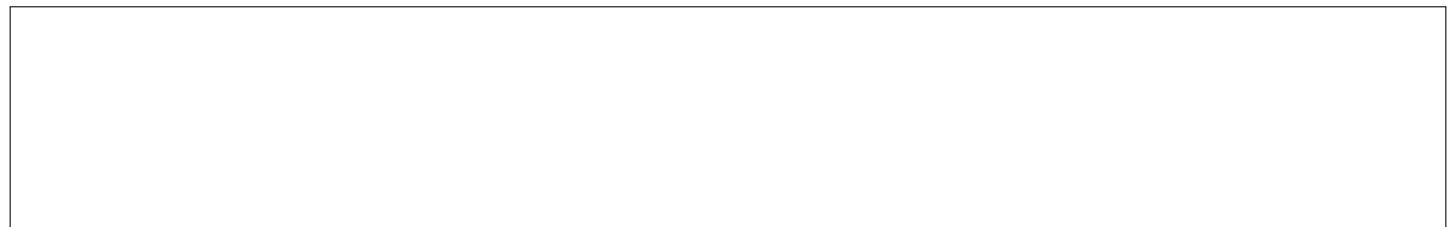
**2.2. jaut. [2 p.]** Nosauc divas funkcijas, ko veic olbaltumviela, kas atzīmēta ar skaitli 10.

**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 taukaaudiem un blīrvajiem saistaudiem. Šo procesu sauc par involūciju. Balstoties uz doto attēlu, paskaidro, kāpēc šis process norisinās.



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

**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.



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

- |   | <b>P</b>                 | <b>A</b>                 |
|---|--------------------------|--------------------------|
| (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 type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| (2.) Protimocītam, uztverot retikuloepiteliocīta prezentētu kolagēna fragmentu un ar to saistīties, tā attīstība turpināsies par pretimocītu.   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| (3.) Nenobriedušai T-galētājšūnai, nespējot saistīties ar antigēnu prezentējošo šūnu, sāksies aktīvs kodola vezikulācijas process.  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| (4.) CD4 proteīns ārpus negatīvās atlases procesa nespēj saistīties ar paša organisma antigēniem veselam cilvēkam.  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

### 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 produkcijs 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.

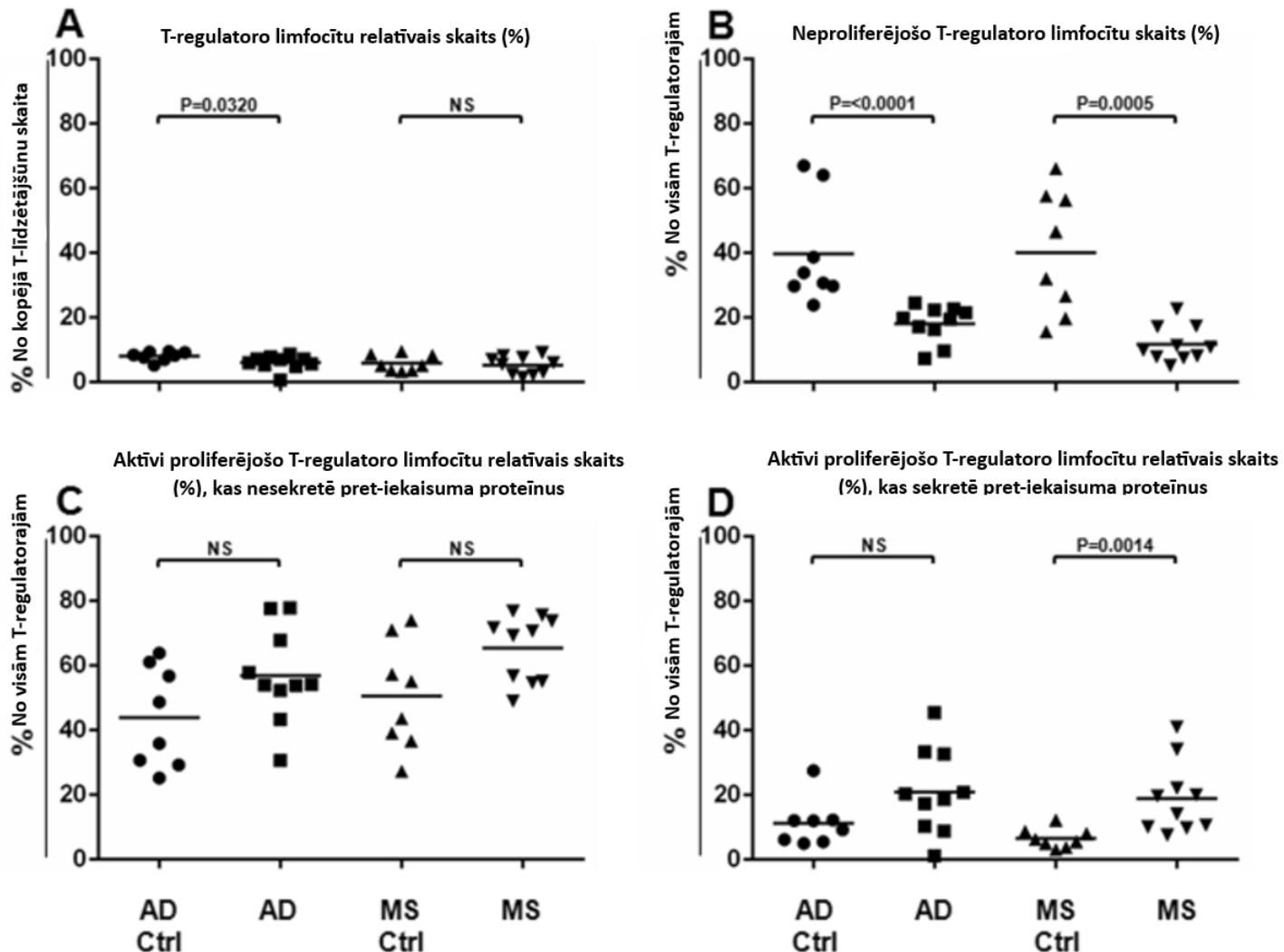
T-regulatorie limfocīti ir īpašas nobriedušas T-līdzētājšūnas, kas ir aktīvi sākušas ekspresēt FoxP3 proteīnu, kas ļauj tām piesaistīties pie citiem T limfocītiem un iniciēt to apoptozi, tādējādi mazinot to skaitu.

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 nesekretejošo T-regulatoro limfocītu skaits pret visiem T-regulatorajiem limfocītiem, 4. aktīvi proliferējošo un pret-iekaisuma proteīnus sekretejošo 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.

**3.2. jaut. [3 p.]** Analizējot grafikus un izmantojot savas zināšanas, izskaidro, kāpēc, aktīvi proliferējošo un pret-iekaisuma proteīnus sekretejošo 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?

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



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)

1.2. jaut. [1 p.] Kas katru gadu izvēlas gada putnu?

1.3. jaut. [1 p.] Kas ir **A**?

1.4. jaut. [1 p.] Kas ir **B**?

1.5. jaut. [1 p.] Kas ir **C**?

### 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 atplauksana 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)

2.2. jaut. [0,5 p.] Nosauc Anglijas karalieni **A**?

2.3. jaut. [1 p.] Kas ir audi **B**?

**2.4. jaut.** [1 p.] Kāda ir aromāta funkcija?

**2.5. jaut.** [1 p.] Kas ir ģints **C**?

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

Suga **X** ir viens no vispirītīvākajiem 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 kerta 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 ņelejā.

**3.1. jaut.** [1,5 p.] Kas ir suga **X**?

**3.2. jaut.** [1 p.] Kas ir audi **A**?

**3.3. jaut.** [1 p.] Kas ir struktūra **B**?

**3.4. jaut.** [1 p.] Kas ir pilsētas **K** un **L**?

### 4. Miris vai tikai tēlo? [3,5 p.]

Suga **X** ir visvairāk uz Ziemeljiem sastopamais somainis. Citi sugas **X** dzimtas pārstāvji dzīvo arī Centrālamerikā un Dienvidamerikā. Arī valstīs **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 kaķim. 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 īsi pēc dzimšanas tie ierāpjas mātītes somā, bet, kad tie ir paaugušies, mātīte mazuļus nēsā uz savas muguras.

**4.1. jaut.** [1,5 p.] Kas ir suga **X**?

**4.2. jaut.** [1 p.] Kas ir valstis **K** un **L**?

**4.3. jaut.** [1 p.] Kas ir suga **Y**?

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

Ne-suga **X** (ko patiesībā nemaz nevar dēvēt par sugu, jo uz to neattiecas sugas definīcija) radās pirms 6 gadiem, turklāt tai ir bijis neaprakstāms iespāids 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)

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

**5.3. jaut.** [1 p.] Kas ir molekula **B**?

**5.4. jaut.** [1 p.] Kas ir orgānu sistēma **C**?

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

## 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 dalījušas biotopu apmēram 5000 gadus un pat ka **Y** tēviņi vairojušies ar **X** mātītēm. Kaut arī suga **X** noteikti izmira pirms 40 tūkstošiem gadu, tas novedis pie tā, ka vairākās sugas **Y** populācijās sastopamas radniecīgās sugas DNS sekvences. 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**?

**6.2. jaut.** [1 p.] Kas ir suga **Y**?

**6.3. jaut.** [1 p.] Kas ir suga **Z**?

**6.4. jaut.** [1 p.] Kas ir orgāns **A**?

## 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. Ģimenes locekļi viens ar otru nemītīgi sazinās vai nu ar skaņu (svilpieniem, rejieniem, pīkstieniem), vai arī ar ķermeņa 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 pakalķajas. Kaut gan sugas **X** indivīdi ir ļoti, ļoti mīlīgi, izbēgot no zoodārza, tie var nodarīt lielu postījumu vietējai ekosistēmai.

**7.1. jaut.** [1,5 p.] Kas ir suga **X**?

**7.2. jaut.** [1 p.] Kas ir kontinents **A**?

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

**7.4. jaut.** [1 p.] Kādus sugas **X** īpatņus zoodārzi atlasa eksponācijai, lai novērstu invazīvu sugas **X** vairošanos?

## 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 mazuliem, lai gan tad struktūra **B** ir mīkstāka. Šiem dzīvniekiem pie astes ir īpašas struktūras **B**, kas galā ir paresnīnātas 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 vārds ir plaši izplatīts, intelīgents mājlops **Y**.

**8.1. jaut.** [1,5 p.] Kas ir suga **X**?

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

8.3. jaut. [1 p.] Kas ir struktūra **B**?

8.4. jaut. [1 p.] Kāda ir īpašo struktūru **B** grabināšanas funkcija?

8.5. jaut. [1 p.] Kas ir mājdzīvnieks **Y**?

## 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. Ilkņus 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 plēsēji. Atsevišķiem ekotipiem (grupas dažādās populācijās) raksturīgas savas tradīcijas jeb medību metodes, kas bieži ir ļoti advancētas. Suga **Z** mēdz būt **Y** ēdiens kartē. Arī suga **Z** veido sociālas struktūras jeb barus. Tie ir augsti intelīgenti dzīvnieki, kas spēj atpazīt sevi spogulī un izmantot rīkus. Medīšanai izmanto eholokāciju, izmanto specifiskus svilpienus individu atpazīšanai, kā arī reizēm kožlā balonzivis, lai gūtu narkotisku efektu.

9.1. jaut. [1,5 p.] Kas ir suga **X**?

9.2. jaut. [1 p.] Kas ir suga **Y**?

9.3. jaut. [1 p.] Kas ir suga **Z**?

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

## 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 augļi arī ir lietojami pārtikā, kā arī suga **Z**, kuras augļi nav ēdamī, taču pārtikā tiek plaši lietotas auga daļas **A**.

10.1. jaut. [1,5 p.] Kas ir suga **X**?

10.2. jaut. [1 p.] Kas ir suga **Y**?

10.3. jaut. [1 p.] Kas ir suga **Z**?

10.4. jaut. [1 p.] Kas ir auga daļa **A**?